

平成 26 年度

戦略的イノベーション創造プログラム

(自動走行システム) :

「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証

平成 27 年 3 月

(委託先)

一般財団法人 日本自動車研究所

目 次

研究開発の内容および成果等（要約）	序- 1
はじめに	序- 1
序章	序- 2
1. 課題の抽出	序- 2
2. 走行映像データベースの技術開発項目	序- 2
3. 走行映像データベースの開発目標	序- 9
4. 研究開発成果	序-10
第1章 走行映像データの収集	I - 1
1.1 データ収集設計	I - 1
1.1.1 走行計画立案	I - 1
1.1.2 トライアル走行	I - 15
1.1.3 まとめと今後の課題	I - 30
1.2 データ収集車両の開発	I - 32
1.2.1 データ収集システムの開発	I - 32
1.2.2 データ収集車両の製作	I - 67
1.2.3 データ収集システム車両の評価	I - 85
1.2.4 運用確認走行	I - 110
1.2.5 データ収集の運用管理ソフトウェアの検討、試作	I - 124
1.2.6 保守メンテナンス	I - 132
1.2.7 まとめと今後の課題	I - 137
1.3 走行映像データの収集 まとめ	I - 139
1.3.1 データ収集車両の製作	I - 139
1.3.2 データ収集システムの開発・評価の実施	I - 139
1.3.3 トライアル走行の実施	I - 139
1.3.4 走行計画の考え方	I - 140
1.3.5 年度開発目標の達成	I - 140

第 2 章 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証と成果	II - 1
2.1 タグ付け技術開発	II - 1
2.1.1 シーン抽出機能	II - 1
2.1.2 自動タグ付け機能	II - 13
2.1.3 手動タグ付け GUI 開発	II - 21
2.1.4 フレーム間補間技術開発	II - 32
2.1.5 まとめと今後の課題	II - 36
2.2 走行映像データベースの開発と実証	II - 37
2.2.1 走行映像データベースの開発と実証	II - 37
2.2.2 リアルタイム可逆圧縮技術の開発	II - 73
2.2.3 検索用データベース開発	II - 85
2.2.4 まとめと今後の課題	II -105
2.3 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証 まとめ	II -106
第 3 章 研究開発全体企画・管理	III - 1
3.1 研究開発全体企画・管理	III - 1
3.1.1 全体工程表の策定	III - 1
3.1.2 開発検討会の運営	III - 2
3.2 研究開発全体企画・管理 まとめ	III - 5
おわりに	結 - 1
参考資料	参考 - 1

研究開発の内容および成果等（要約）

はじめに

2018年を目処に交通事故死者数を2500人以下とし、2020年までには世界で最も安全な道路交通社会を実現すると共に、交通渋滞を大幅に削減するとした政府施策目標を達成するにあたり、人為的ミスの抑制や円滑な交通流の実現に向けた自動走行システムの実用化と普及が期待されており、その根幹をなす周辺環境認識技術の発展が望まれる。

平成26年度「戦略的イノベーションプログラム（以下、SIPと称す）（自動走行システム）「走行映像データベース」の構築技術の開発と実証」（以下、本事業と称す）は、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの構築技術の確立を目標として、SIP自動走行システムに係る事業の一環として実施されたものである。

自動走行システムを視野に、日本の交通環境に合致した次期予防アセスメント（対歩行者等）を、欧州に先行して具現化するため、認識性能評価の基盤となる大量の走行映像データの収集する。実施に当り全周囲に高解像度カメラを搭載したデータ収集車両の開発し、国内および海外（米国、欧州、アジア一部）の市街地、繁華街や高速道路等の様々なシーンで撮影を行う。また、先端的な情報処理技術を選択応用し、大容量のデータを効率良く扱うデータシステムの構築への取組みとして、自動タグ付け技術の開発、リアルタイム高可逆圧縮技術の開発および検索用データベースの開発を行った。

序 章

従来の歩行者辞書では、未検出や誤検出が存在する歩行者情報を、自動走行センサに求められる歩行者の姿勢（大人／子供、前後左右向き、直立／屈曲等）や自転車乗車など認識用映像辞書の充実で認識率の向上を図るため、12万シーン以上（約5000時間の歩行者辞書を計画）の走行映像データを収集し、目標述べ歩行者600万事例の走行映像データベースを構築するための技術開発としての課題の抽出、開発項目および開発目標の詳細を示す。

1. 課題の抽出

認識性能評価の基盤となる走行映像データベースの構築に際して、国内外の周辺環境技術の開発の動向を調査した。国内の競争領域に対して、欧州は協調領域として図序1-1に示す各プロジェクトにより計画的・組織的にデータ収集を実施している。

- ・国内：自動車メーカー（OEM:Original Equipment Manufacturer）やサプライヤ毎にばらばらにデータ収集を実施。
- ・欧州：目標や戦略を共有し計画的・組織的にデータ収集を実施。



図序 1-1 欧州の取組み概要

他方国内は、自動車メーカー（OEM）やサプライヤ毎にばらばらにデータ収集している。一つの事例として、自動車に搭載が進みつつある被害軽減ブレーキ（FCW）の画像認識方式を採用する富士重工業では、1999年に第一世代、2003年に第三世代（ADA：アダプティブ・ドライビング・アシスト）を実用化し、2008年に「EyeSight」を投入後、2010年「EyeSight（ver.2）」、2014年「EyeSight（ver.3）」と進化おり、20万kmを超える距離を走行し画像データを収集分析している。（出典：富士重工業 HP 抜粋）

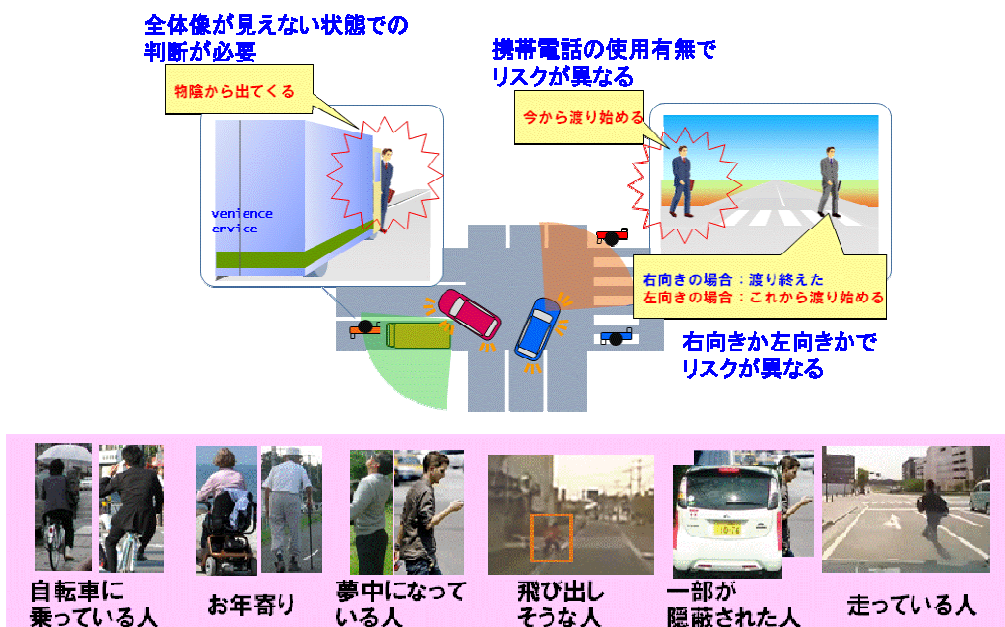
上記の課題等を考慮し、データ収集および自動タグ付け作業を行う走行映像データベースプラットフォーム構築を協調領域とした技術開発を実施した。

2. 走行映像データベースの技術開発項目

2.1 技術開発にあたっての基本的考え方

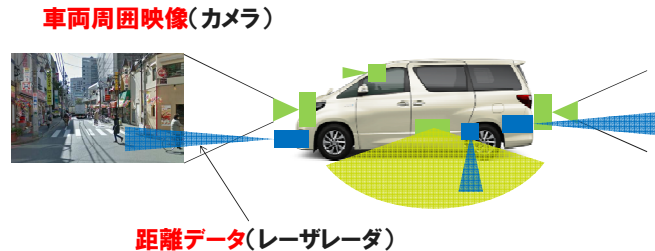
開発項目及び開発目標を定めるにあたり、自動走行システムの周辺環境認識技術の対象物として、歩行者および自転車等が存在するシーンを中心とした走行映像データの収集を設定した。

従来技術の歩行者の存在を検知する認識用映像辞書に対して、図序 2-1 に示すように歩行者の向き（正面、横、後）、周辺環境（時刻・照度変化、天候、路面状態）および状態（停止、移動、その他）などの歩行者状態を、市街地、繁華街（オフィス街、歓楽街）や高速道サービスエリアなどの映像取得シーンで収集する。



図序 2.1-1 走行映像データの収集（イメージ）

また、本事業が終了後の5年間程度は利活用が可能なように、日本、米国、欧州、アジア一部の走行映像データを含み、カメラの解像度はハイビジョンとし、車両周囲360°を撮影するとともに、車両周辺の障害物との距離をレーザレーダで取得し、合わせて車速、ブレーキ、ステアリング、ターンシグナル、ワイパー等の車両情報を収集出来るデータ収集車両を製作する。



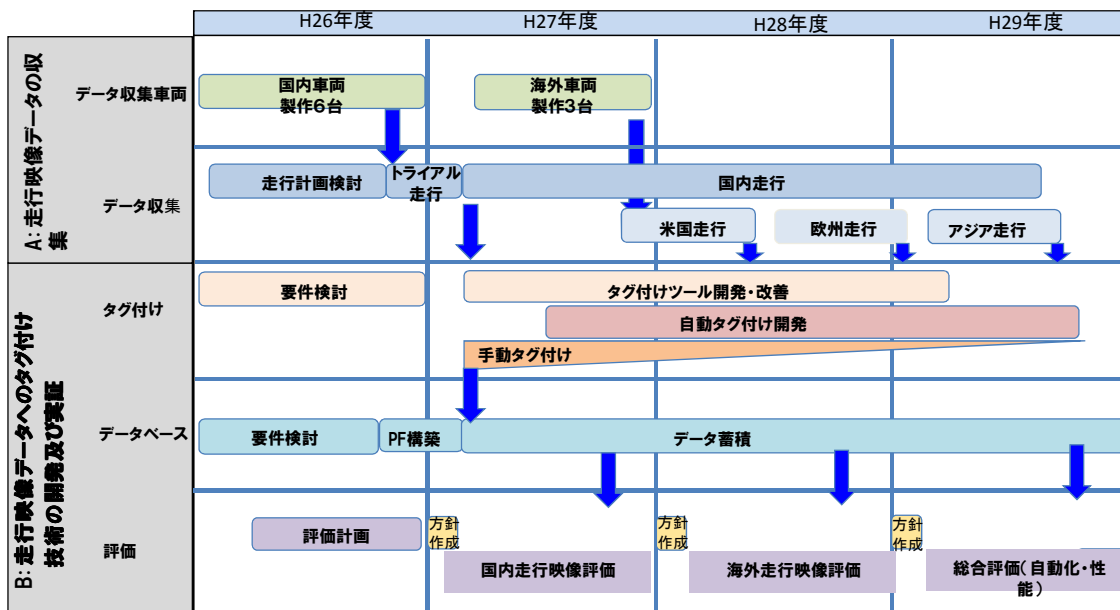
図序 2.1-2 データ収集車両（イメージ）

2.2 技術開発項目

本事業は、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの確立を目標に、2つの研究開発テーマである

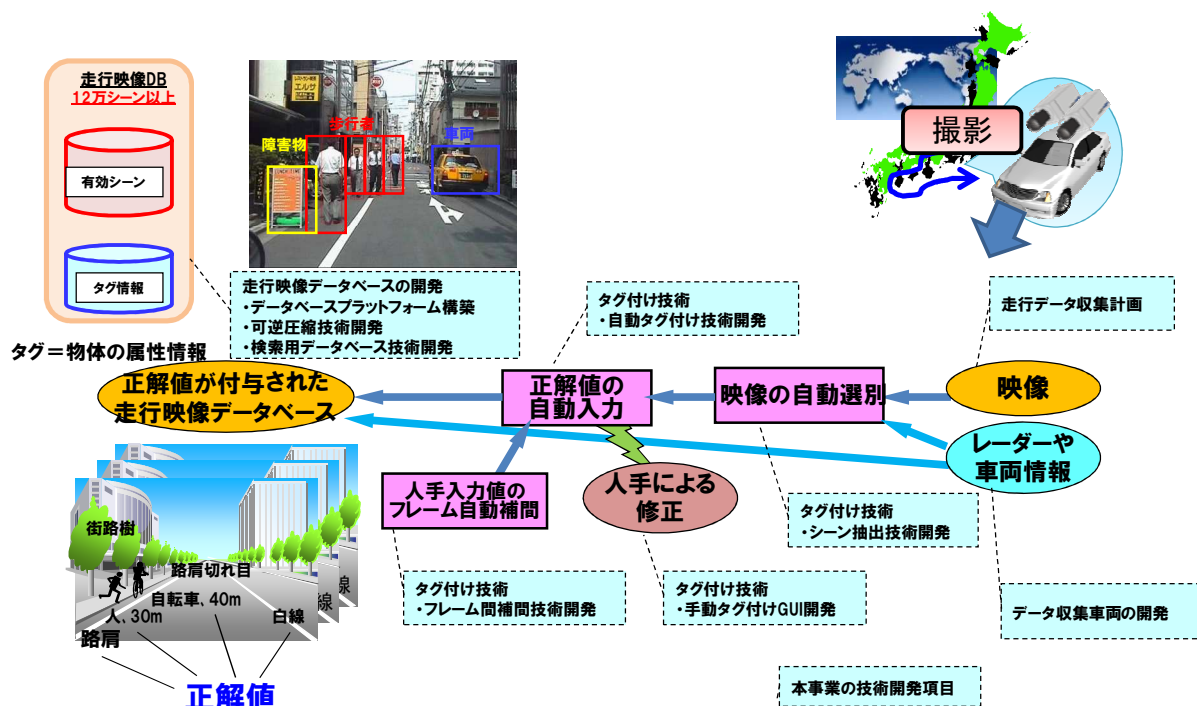
- ・テーマ A. 走行映像データの収集
- ・テーマ B. 走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証

を図序 2.2-1 の研究開発の流れに示すように、4年間の事業を通して実施を計画している。



図序 2.2-1 研究開発の流れ

主な技術開発項目の概要を図序 2.2-2 に示す。



図序 2.2-2 技術開発項目 (概要)

走行映像データベース構築には、公道走行で行われる走行映像データの収集に係るデータ収集車両およびデータセンターで行う走行映像へのタグ付けに係る走行映像データベースプラットフォームが必要であり、以下の技術分野を選定した。

- (1) 国内外の走行映像データを収集する「走行計画技術開発」
- (2) 高解像度カメラ等を搭載した専用車両を製作する「データ収集車両の開発」
- (3) 収集した走行映像データにタグ付けを行う「タグ付け技術開発」
- (4) 大容量な走行映像データを処理するための「走行映像データベース開発」
- (5) 走行映像データベースの利活用を有効にするための「検索用データベース技術開発」

それぞれの技術分野について更に必要な詳細技術項目やシステム信頼性を向上するための技術項目を定め開発を行った。

(1) 走行計画技術開発

データ収集対象シーンとして対象となる計測対象(例えば、向きや動きの異なる歩行者、自転車、二輪車、四輪車など種類の異なる車両、信号機、カードレール・縁石、電柱などの路側物)や考慮すべき要件(例えば、様々な天候、時刻(照度)、路面状態、車両密度、道路種別・形状(単路・交差点、一般道・高速道)など)の条件を考慮し、それらを含むシーンとしての国内外走行計画の立案を技術項目として定めた。

(2) データ収集車両の開発

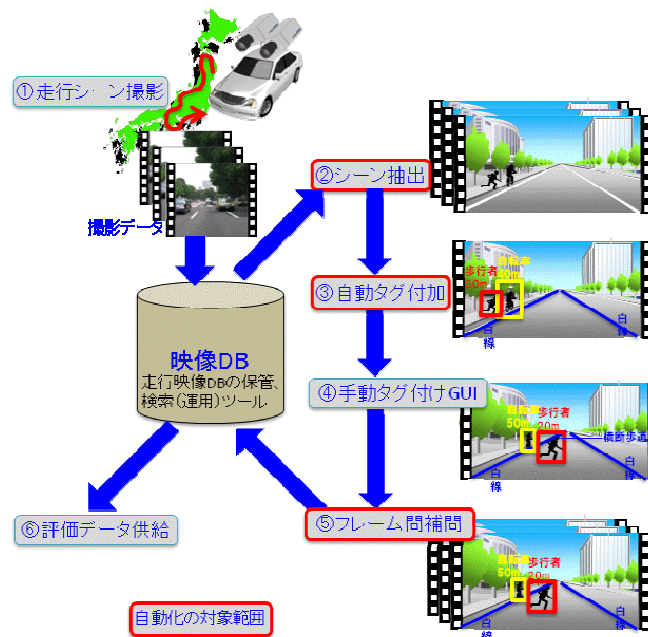
車両に搭載するカメラ、レーザレーダ、その他の機器データを、時刻を基準に同時収集するデータ収集システム開発、大容量の高解像度カメラの走行映像データを高速に長時間記録する映像記録システム開発、各システムの制御ソフトウェア開発および公道走行が可能な艤装対応を施した特殊車両の製作を技術項目と定めた。

(3) タグ付け技術開発

走行映像データから、潜在的な危険性を有する障害物（歩行者、自転車等）が撮影されているシーンを抽出し、これらを自動的に判別するタグ付け技術として、表序 2.2-1 に示す 4 つの機能（シーン抽出機能、自動タグ付け機能、手動タグ付け GUI 機能、フレーム間補間機能）開発を技術項目として定めた。

表序 2.2-1 タグ付け技術開発の機能概要

技術項目	内容	目標
シーン抽出機能	障害物が撮影されているシーンを抽出する。また、タグ付けを行う必要のあるフレームを抽出する機能	総走行映像から 1/20 のシーンの自動抽出する。 リアルタイム自動有効シーン抽出の実現する
自動タグ付け機能	必要要件にもとづいた対象物に対する自動タグ付けを行う機能	効率的なタグ付け作業を行える自動タグ付けツールの実現する。
手動タグ付け GUI 機能	自動タグ付け機能で付加されたタグ情報を GUI を用いて検証し、修正する機能	入力は映像データと自動タグ付け機能のタグファイルとし、タグの属性と座標を出力する。
フレーム間補間機能	手動タグ付け機能のタグファイル出力のタグ情報と座標を用いて、前後のフレームに対して自動でタグ情報を補間する機能	従来の人手対応のタグ付け作業に対し、確認作業時間を含ずに 1/6、作業時間を含めて 1/4 に削減する。



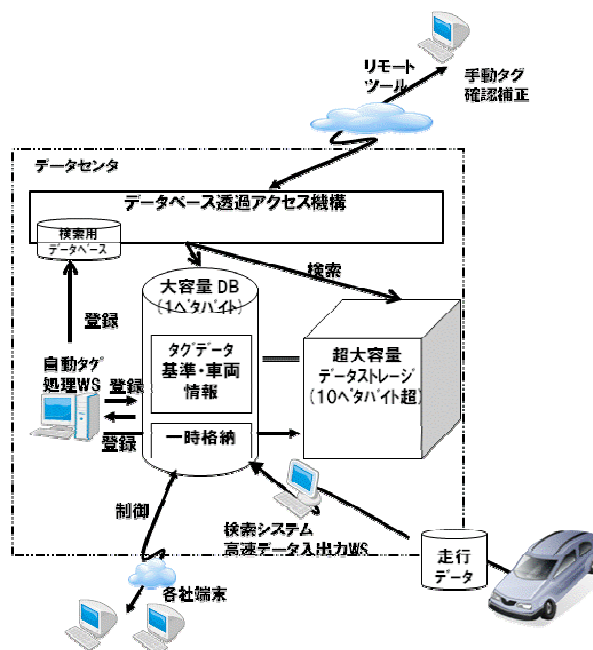
図序 2.2-3 タグ付け技術開発の詳細

(4) 走行映像データベース開発

① 走行映像データベースプラットフォーム構築

走行映像データベースの詳細な取得計画に対応して、必要な要件定義を行いデータベースシステム設備仕様および詳細なデータ処理手順を技術項目と定めた。

要件定義に基づき、データサーバの設備（大容量データサーバ、超大容量ストレージ、処理ワークステーション、ネットワーク装置等）、制御ソフトウェアやデータセンターで構成される走行映像データベースプラットフォームを構築する。



図序 2.2-4 走行映像データベースのシステム構成図

表序 2.2-2 走行映像データベース開発

技術項目	内容	目標
走行映像データベース開発	データベースプラットフォーム構築	従来型サーバに比べ消費電力 1/5、コスト 1/2 での大容量データベースプラットフォーム実現する

② リアルタイム可逆圧縮技術開発

複数のカメラで同時取得される動画、特に画像が撮像素子から直接出力される RAW データを対象に、高速に可逆圧縮するソフトウェアの開発を技術項目と定めた。

表序 2.2-3 リアルタイム可逆圧縮技術開発

技術項目	内容	目標
リアルタイム可逆圧縮技術開発	RAW データ画像圧縮技術開発	RGB ベイヤー画像での可逆高圧縮技術を開発し、元画像の 50% 圧縮を実現する
	リアルタイム圧縮技術開発	汎用ワークステーションレベルよりリアルタイム圧縮の実現する

(5) 検索用データベース技術開発

走行映像データと収集された映像以外の車両情報や映像から生成されるタグ情報に対して、効率的な検索する検索用データベース開発を技術項目と定めた。

ユーザからの問合せ要求に対して、検索用データベースを実行し、走行映像データ群である超大容量ストレージから抽出するデータベース透過的アクセスシステム開発、検索用データ生成プログラム開発および検索用データベース構築を行う。

表序 2.2-4 検索用データベース技術開発

技術項目	内容	目標
検索用データベース技術開発	検索用データベース構築	検索用データベースを構築しない場合に比べて、1/10 の検索応答性能を実現する

3. 走行映像データベースの開発目標

本事業における走行映像データベースの最終開発目標は、以下の通りである。

(目標) 延べ歩行者事例：600 万事例

(取得計画)：走行距離 10 万 km 以上により国内 4,380 時間（約 12 万シーン以上）および海外 548 時間の合計 4,928 時間の走行映像データを収集する。

(成果物)

- ・ 走行映像データベース（走行映像データ、車両情報、タグ付け情報を含む）
- ・ 技術開発項目に対応した各種の製作仕様書およびソフトウェア仕様書
- ・ データ収集車両および走行映像データベース関連の総合評価（自動化、性能）

また、表序 3-1 に平成 26 年度の成果目標および開発目標のまとめを示す。

表序 3-1 研究開発テーマ別の成果目標および開発目標のまとめ

年度	年度成果目標	走行映像データの収集	タグ付け技術の開発と実証
平成 26 年度	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ収集車両開発および走行映像データベースプラットフォーム構築を完了 ・ 開発検討会や次世代高度運転支援システム推進委員会における事業計画レビューを実施 	<ul style="list-style-type: none"> ・ データ収集設計（国内&海外走行計画立案） ・ データ収集車両 6 台製作 ・ トライアル走行によるデータ収集車両の性能検証および走行映像データ収集の運用検証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 4 つの機能（シーン抽出機能、自動タグ付け、手動タグ付け GUI 機能、フレーム補間機能）の要件検討、ソフトウェア実装し機能を検証 ・ 走行映像データベースプラットフォーム構築 ・ 検索性データベース開発の方式調査および設計検証 ・ リアルタイム可逆圧縮ソフトウェア開発および性能検証

4. 研究開発成果

平成 26 年度は、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの研究開発として、テーマ A 走行映像データの収集、テーマ B 走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証として、以下に成果の概要を示す。

4.1 走行映像データの収集

4.1.1 データ収集設計

(1) 走行計画立案

① 概要

歩行者 600 万事例の目標を達成させるために、映像取得対象としての歩行者の映像取得目標時間を 300 時間とし、映像取得シーン数目標を 6 万シーンとした。市街地、繁華街（オフィス街、歓楽街）を中心としたトライアル走行を行い、走行計画日数の妥当性を検証した。

② 結論

市街地の走行計画を 1,362 日とした場合、歩行者全体シーン数が約 60 万、有効シーンを 1/4 と仮定して約 15 万シーンの取得が可能であり、目標 600 万事例を十分達成できる。

③ 国内走行計画

市街地、繁華街等の地域性および道路種別ごとに国内の走行日数計画を立案した。

海外は、北米、欧州、アジアを予定し、合せて国内の 1/4 の規模、各々 200 時間の走行を計画した。

種別	走行時間 (時間)	走行日数 (日)	年あたり走行日数(日)		
			H27年度	H28年度	H29年度
市街地	7500	1362	384	534	444
繁華街	625	114	32	45	37
東名高速	16	4	1	2	1
首都高速	14	4	1	2	1
阪神高速	6	2	1	1	
名古屋高速	6	2	1	1	
国道	160	40	11	16	13
県道	80	20	6	8	6
市道	20	5	2	2	1
山岳路	18	6	2	2	2
サービスエリア	250	63	18	25	20
観光地	275	50	14	20	16
寒冷地	154	28	14	14	

図序 4.1-1 国内走行計画

(2) トライアル走行

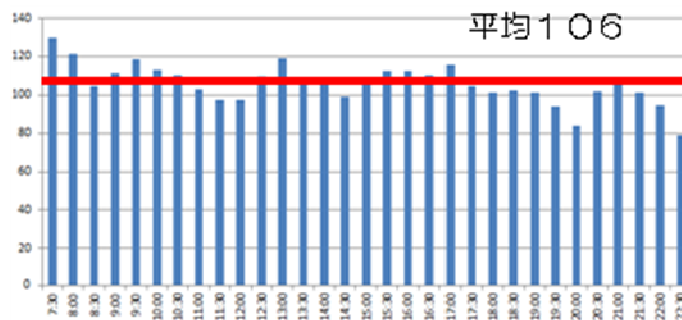
① トライアル走行地域

市街地（蕨駅、吉祥寺駅、武蔵小杉駅の周辺）、繁華街（新橋駅・有楽町駅、渋谷駅の周辺）を実際の計測車両を用いてトライアル走行し、遭遇シーンの分析を行った。

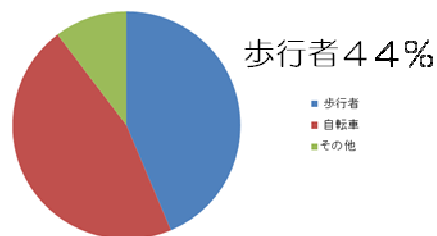
② 遭遇シーン数、歩行者割合

走行中にシーンに遭遇した時、操作トリガスイッチを操作してシーン数をカウントした。また、歩行者、自転車、その他の分類を行い以下のデータ解析結果が得られた。

- ・シーン数（1時間）：200
- ・歩行者割合：44%



図序 4.1-2 30分あたりのシーン数（市街地）



図序 4.1-3 市街地の歩行者割合（蕨）

③ 歩行者シーン数予測

- ・総シーン数（1日：5.5時間）：1,000 シーン
- ・歩行者シーン数（1日）：440（総シーン x 歩行者割合 44%）
- ・市街地走行計画（3ヶ年）：1,362 日
- ・歩行者シーン数（3ヶ年）：約 60 万
- ・有効歩行者シーン数（3ヶ年）：約 15 万（歩行者シーン 1/4 割合と想定）

(3) まとめと今後の課題

① まとめ

走行映像データベースを構築するために、歩行者取得目標 600 万事例を達成する走行計画（走行日数）を立案した。トライアル走行において、映像取得とトリガ操作を実施し、トリガ操作回数とトリガ操作時の操作対象（歩行者、自転車、他）を解析した結果、計画した走行日数で十分目標を達成できることが分かった。

② 今後の課題

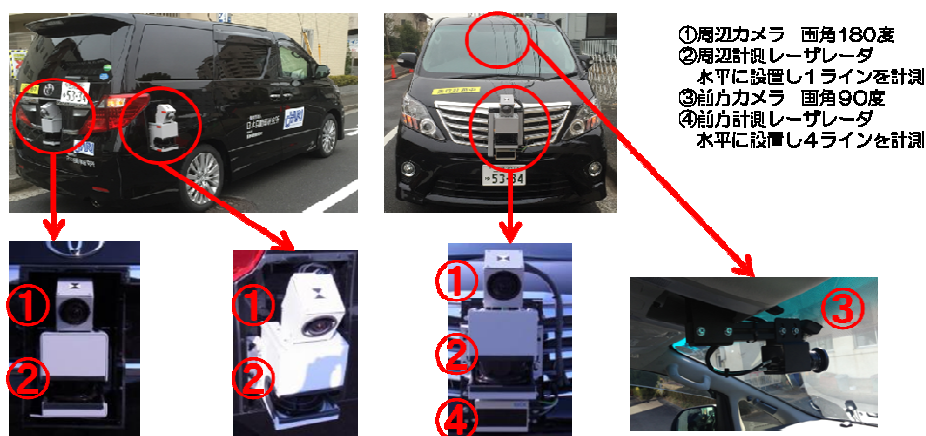
データ収集システムにおいて、計測者（オペレータ）の前方視認性を向上させるため、助手席での操作が可能となるような計測器レイアウトの検討を行う。また、走行映像データ収集の進捗状況を管理するツールの条件整理として、対象物（歩行者、自転車、二輪車、車両、路側物等）の選定操作を簡単に確実にできる改良が今後の課題である。

4.1.2 データ収集車両の開発

① データ収集システムの開発

走行計画に基づき、要件検討を行い対象物（歩行者、自転車、二輪車、車両、路側物等）の走行映像データ収集システム仕様を策定しデータ収集システムを開発した。

項目	周辺監視(360度)	前遠方監視(90度)
収集対象データ	<ul style="list-style-type: none"> ・車両ボデー直下から20m範囲の全周囲360度にある歩行者、障害物(自転車、二輪車、車両) ・路側物(信号機や標識等固定障害物、看板やコーン等の移動障害物) 	<ul style="list-style-type: none"> ・通常走行時、旋回走行時の歩行者、障害物(自転車、二輪車、車両) ・路側物(信号機や標識等固定障害物、看板やコーン等の移動障害物)
収集検知範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・検知範囲 : 0~20m ・角度分解能: 0.333度 ・設置高さ : 86cm程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・最遠点 : 70m ・角度分解能: 0.5度



データ収集システム車両の外観図

図序 4.1-4 データ収集システム諸元

② データ収集車両の製作

開発したデータ収集システムを走行映像データを収集する車両として、ワゴン車両を選択し車両改造、艤装および装置搭載の要求仕様を取りまとめ、公道走行が可能なデータ収集車両を6台製作した。

項目	スペック
ベース車両	トヨタ アルファード 240S カンリン車 4WD 乗車定員4名
搭載センサ	カメラ 周辺監視 4台 レンズ画角:180度 前遠方監視 1台 レンズ画角: 90度 解像度:1920x1200 12bit フレームレート:60fps
	レーザーレーダ 周辺監視 4台 スキャンレイヤ数:1 スキャン角度:190度 周端数:50Hz レンズ中心軸:下向き30度 前方監視 1台 スキャンレイヤ数:4 スキャン角度:85度 周端数:50Hz 前方バンパー位置に配置
記録時間	最大8時間 カメラ1台毎にGTBのSSDを搭載
GPS	GPS時計 位置データ(緯度・経度)を取得
センサ同期	専用の同期機構により、カメラ、レーザーレーダのデータを同期取得する
システム電源容量	2000W増強(オルターネータ容量アップで搭載装置要求に対応)

開発した収集車両



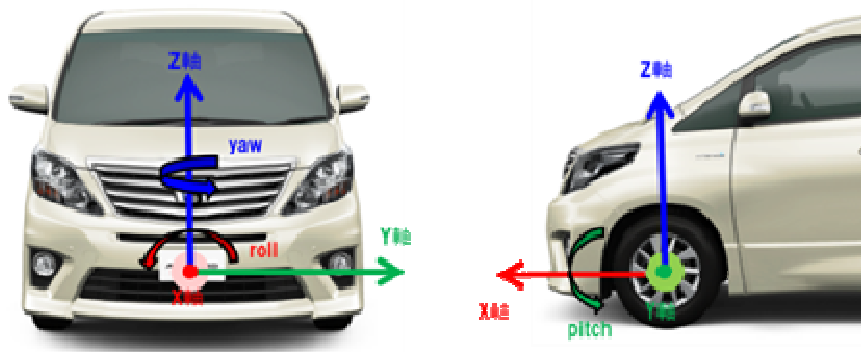
図序 4.1-5 データ収集車両の製作仕様

③ データ収集システム車両の評価

製作したデータ収集車両を用いて、カメラおよびレーザーレーダの車両キャリブレーション、車載カメラの映像最適化チューニングを行った。

(i) 車両キャリブレーション

車両原点を前輪車軸中央としてカメラ、レーザーレーダの座標系を計測、映像距離算定のデータを生成した。



図序 4.1-6 車両キャリブレーション基準軸

表序 4.1-1 カメラキャリブレーション結果例

	X座標(mm)	Y座標(mm)	Z座標(mm)	Roll(°)	Pitch(°)	Yaw(°)
前カメラ	992.956	-14.354	711.807	0.10	30.41	0.22
後カメラ	-3940.323	-7.792	694.620	-0.70	29.78	179.66
右カメラ	-3521.071	-963.089	674.915	-0.09	30.54	-91.98
左カメラ	-3513.170	956.213	687.688	-0.09	29.02	92.22

表序 4.1-2 レーザキャリブレーション結果例

	X座標(mm)	Y座標(mm)	Z座標(mm)	Roll(°)	Pitch(°)	Yaw(°)
前レーザ	981.7	-6.4	474.1	-0.20	0.44	0.17
後レーザ	-3923.7	-13.3	422.7	1.22	0.15	179.61
右レーザ	-3513.4	-946.1	434.5	-0.13	-0.42	-92.15
左レーザ	-3515.6	922.3	431.6	0.91	0.40	92.74

(ii) 収集映像の高品質化

現状でフルハイビジョンのダイナミックレンジの高い CCD (Charge Coupled Device) カメラを選定した。ただしオートアイリス機能をもったレンズ製品がないため、シャッターを制御することで画像を評価した。

CCD の平均輝度からのオートシャッター機能をベースに、天候／時間帯／地域などの影響によるカメラ制御を行った。下記の 5 種類のシャッター速度をシーンによって設定し、撮像データの最適化をはかった。データ品質が高ければ後処理で画像認識可能な映像に変換できることを確認した。

表序 4.1-3 シャッター速度設定条件

シャッター速度	想定シーン
0.3ms	早朝・快晴
1.0ms	朝・昼・晴
3.0ms	曇(明るめ)
8.0ms	曇(暗め)・夕方
15.3ms	夜間



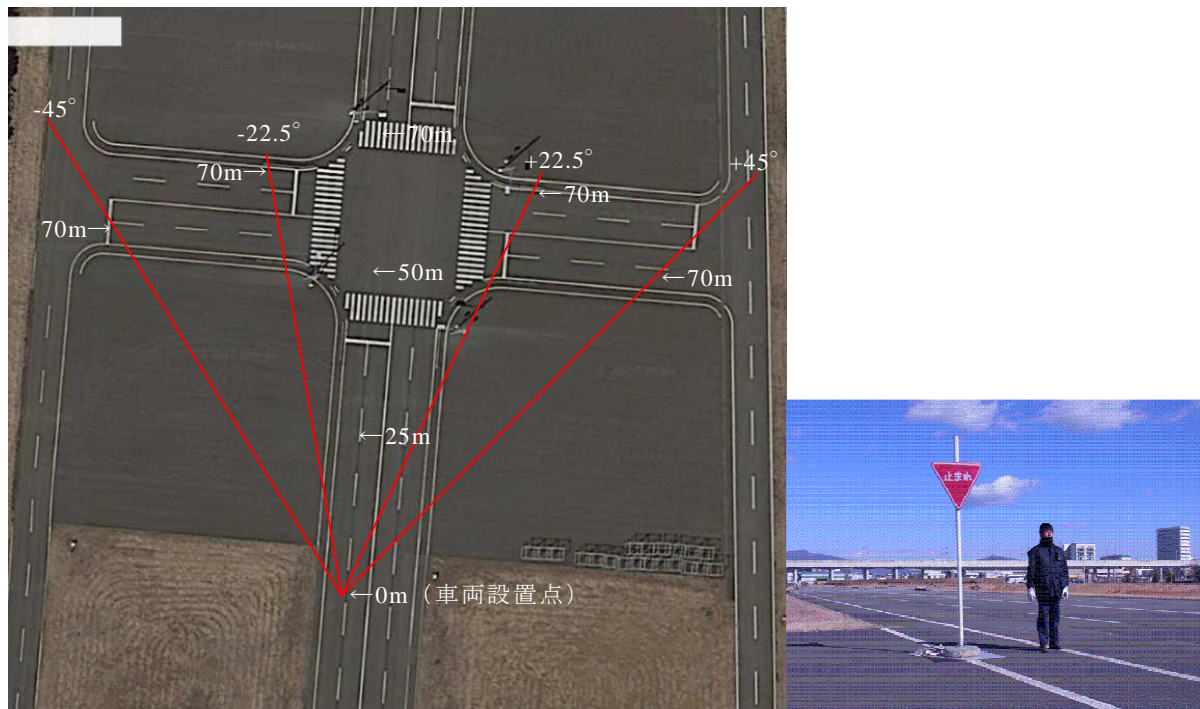
図序 4.1-7 夜画像 Gain 調整結果(シャッター速度 15.3ms 2015/2/25 21:35 新橋曇り)

(iii) 模擬市街路評価実験

データ収集車両において、模擬市街路を用いて画像データに自車両から歩行者との距離データを付与するのに用いられる前遠方監視4層レーザレーダおよび周辺監視1層レーザレーダの検知性能の評価実験計画を立案しデータ収集を実施した。

<実験内容>

- ・前遠方監視4層レーザレーダ：静止歩行者検知性能
- ・前遠方監視4層レーザレーダ：歩行者／自転車の移動体検知性能
- ・周辺監視1層レーザレーダ：歩行者検知性能試験
- ・周辺監視1層レーザレーダ：歩行者死角範囲確認試験



(出典) 地図：Google Earth

図序4.1-8 前遠方監視4層レーザレーダの測定点イメージ、歩行者状況

<結果>

データ収集車両に搭載された前遠方監視4層レーザレーダ1台および周辺監視レーザレーダ4台における検知性能試験を実施し、データ収集車両の検知仕様に対して、歩行者(大人／子供)および自転車の基本的な検知性能は確認ができた。但し、レーザレーダの特徴

として反射率の高い白線などの対象物を絶えず計測するため、対象物に対する距離情報や方位情報の干渉情報となる課題が抽出された。

4.1.3 まとめと今後の課題

① まとめ

立案された走行計画に基づき、データ収集システムの要件検討を行い、システム開発を行った。また、開発したシステムを車両に搭載しデータ収集車両を製作し、動作検証や車両キャリブレーションおよび性能検証を行い、走行映像データ収集の準備を完了した。

② 今後の課題

・国内走行映像データの安定した収集に向けた計測器レイアウトの変更対応およびデータ収集用運行管理ソフトウェアの機能高度化に向けた対象物の選択操作の容易化対応の検討を行う。

4.2 走行映像データベースへのタグ付け技術の開発および実証

4.2.1 タグ付け技術開発

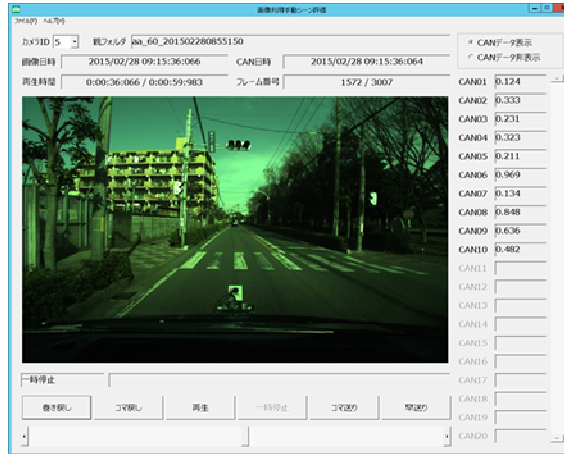
(1) シーン抽出機能

① 概要

シーン抽出技術開発では走行映像に含まれる歩行者や車両などの障害物が映っているシーンだけを画像と CAN データを用いて抽出する技術を開発した。また、抽出機能だけでなく撮影された RAW ベイヤー画像を RGB JPEG (Joint Photographic Experts Group) 画像に変換し確認する機能も有する。

② 研究成果

画像と CAN データを用いてシーンを抽出すると同時に JPEG 画像に変換するアルゴリズムを検討し、プログラム実装を外注し、シーン抽出プログラムを開発した。

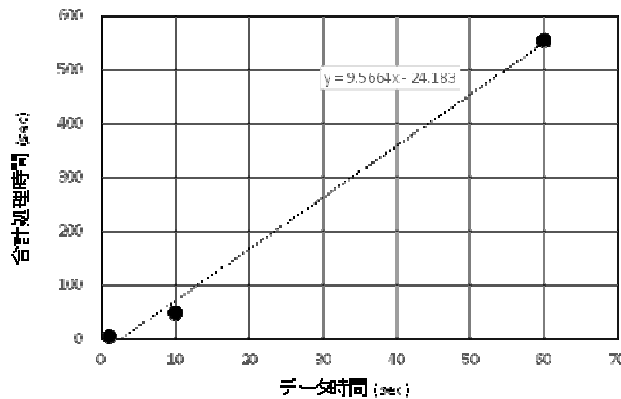


ビューアー画面

図序 4.2-1 ビューアー画面

③ 課題

データ収集車両（6 台分）の走行映像データを処理するためには、画像処理アルゴリズムの最適化による高速化が必要になる。



図序 4.2-2 変換パフォーマンス

(2) 自動タグ付け機能

① 概要

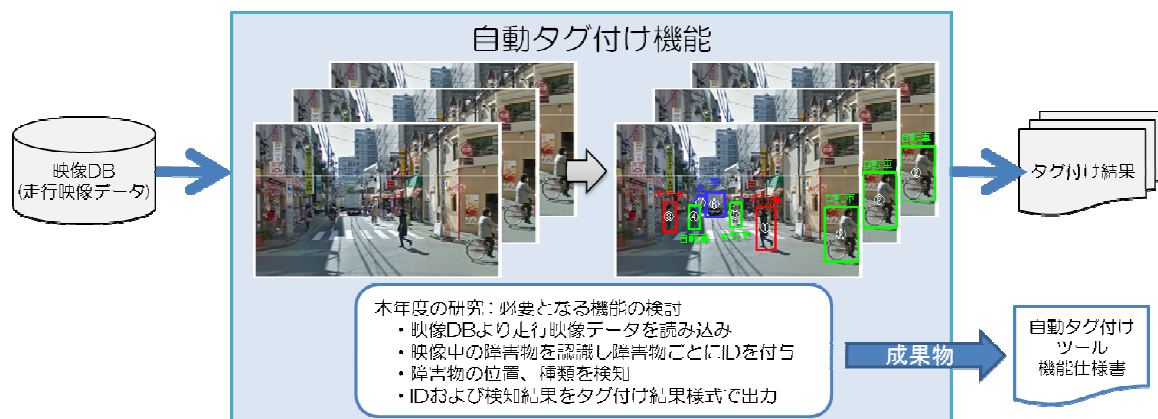
効率的なタグ付け作業を実現するために、走行映像データ中の障害物を検知し自動的にタグ付けする機能を有する。

② 研究成果

自動タグ付け機能として必要な機能を整理

- ・ 走行映像データベースより走行映像データを読み込み
- ・ 走行映像中の障害物を検出し、障害物ごとに ID を付与、種類を認識
- ・ 認識結果をタグ付け結果として出力

研究結果を「自動タグ付けツール機能仕様書」として整理した。



図序 4.2-3 自動タグ付け機能

③ 課題

自動タグ付けツールとして、タグ付け技術開発の関連するシーン抽出機能、手動タグ付け GUI 機能およびフレーム補間機能とのインタフェース仕様の最適化を図る。

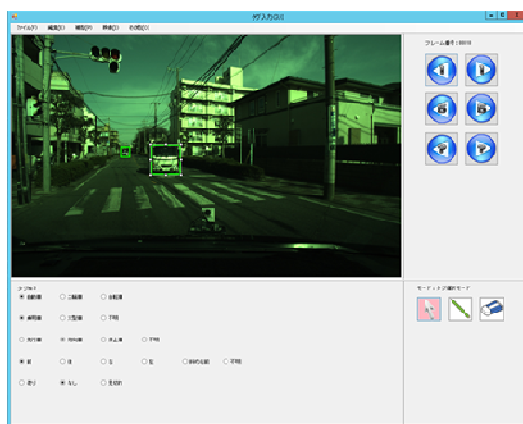
(3) 手動タグ付け GUI 機能

① 概要

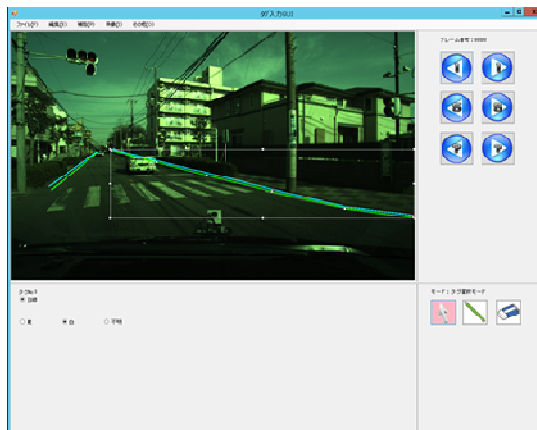
手動タグ付け GUI 機能開発では撮影された映像に対して人手でタグ情報を付加するためのソフトウェア開発を行った。また、タグ情報を XML (Extensible Markup Language) ファイルとして出力する。

② 研究成果

シーン抽出技術にて抽出された JPEG 画像を読み込み、設定ファイルに応じて動的にタグ情報表示を変更し、対象物に応じて矩形や線分で選択可能なアルゴリズムの開発を行った。また、タグ情報を汎用性の高い XML ファイルとしての出力を確認した。



図序 4.2-4 矩形 (対象物) タグ選択画面



図序 4.2-5 線分（境界線等）選択画面

③ 課題

人手による作業であることから使い勝手の改良が必須である。実際に作業者の意見を求め改良を行う。

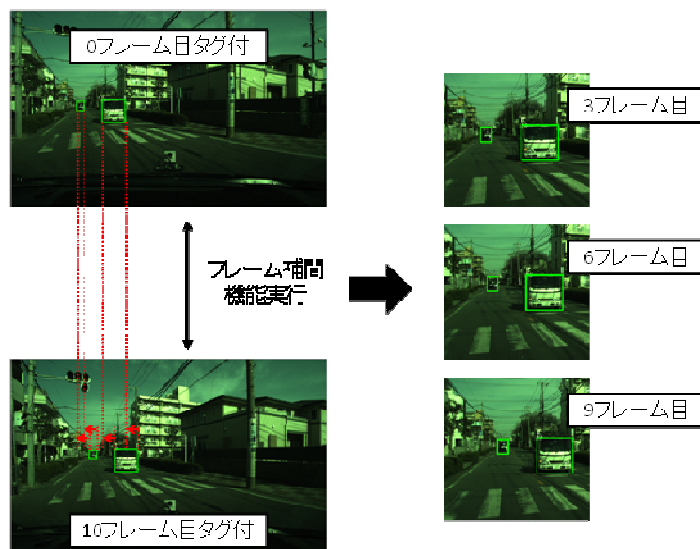
(4) フレーム間補間機能

① 概要

全ての画像に対し手動でタグ付けを行うことは困難である。そこでフレーム間補間技術開発により前後のタグ情報を元に間のフレームに自動的にタグを付ける機能の開発を行った。本機能は手動タグ付け機能の一部として実装することで開発コストを下げる事が可能となる。

② 研究成果

フレーム間補間技術として考案したアルゴリズムを元にソフトウェアは開発した。線形補完を用いてタグの付与されていないフレームにタグが自動で付与されることを確認した。



図序 4.2-6 フレーム間補間結果

③ 課題

自動タグ付け技術との相性の良いアルゴリズムの開発を行う。

(5) まとめと今後の課題

① まとめ

- ・タグ付け技術開発として、シーン抽出機能、自動タグ付け機能、手動 GUI 機能およびフレーム補間機能の要件検討を実施しソフトウェアを開発した。
- ・トライアル走行映像を活用して、開発した各ソフトウェアを機能毎に単体動作確認等を実施した。

②今後の課題

- ・歩行者検知用辞書と車両検知用辞書を元にアルゴリズムの検討を行う
- ・タグ付け技術開発における各機能間の入出力インタフェース仕様の最適化を行う。

4.2.2 走行映像データベースの開発と実証

(1) 走行映像データの開発と実証

① 開発目標

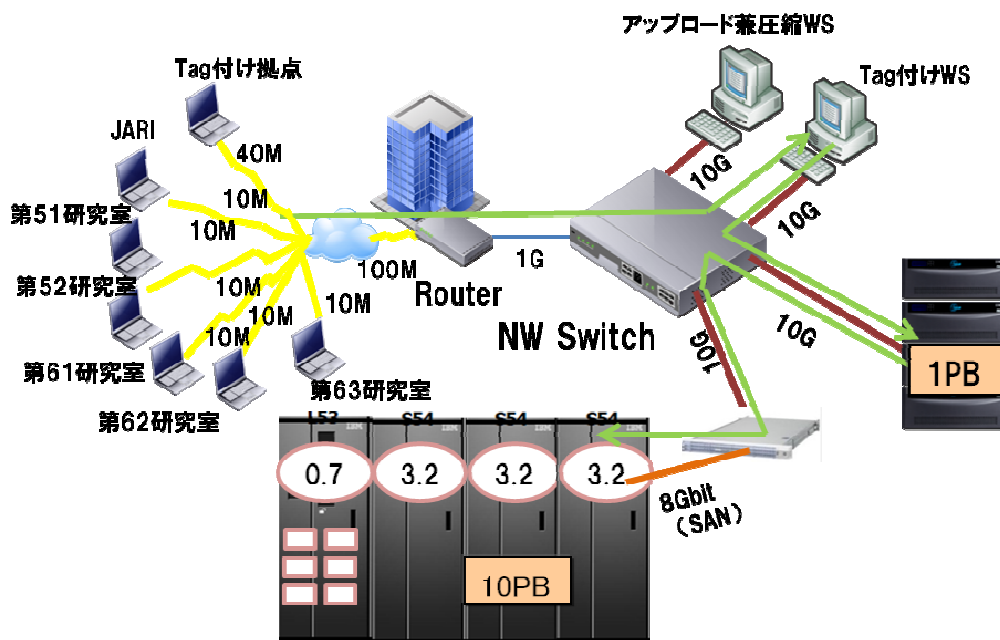
先端的な情報処理技術を選択応用し、大容量のデータを効率良く扱うデータベースシステムを構築する

表序 4.2-1 開発目標

技術	内訳	目標
走行映像データベース開発	データベースプラットフォーム構築	従来型サーバに比べ消費電力 1/5、コスト 1/2 (目標)での大容量データベースプラットフォーム実現
可逆圧縮技術の開発	RAW データ画像圧縮技術開発	RGB ベイヤー画像での可逆高圧縮技術を開発し、元画像の 50% 圧縮 (目標) を実現
	リアルタイム圧縮技術開発	汎用ワークステーションレベルによるリアルタイム圧縮の実現

② 開発内容

走行映像データベースプラットフォームを構築する。



図序 4.2-7 走行映像データベースのシステム構成図

③ 研究成果

(i) 走行映像データベースプラットフォーム構築

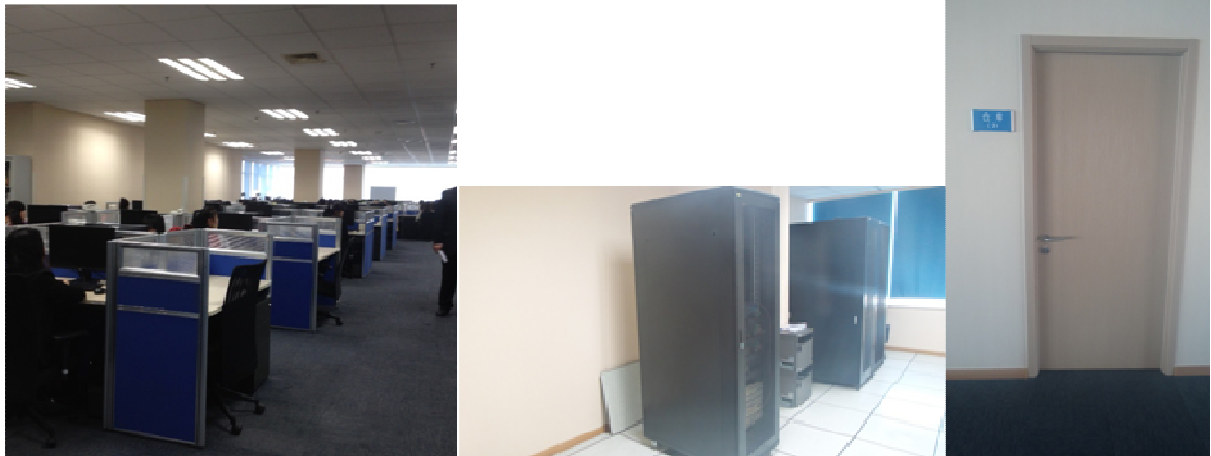
開発目標を満足する走行映像データベースプラットフォームを構築し運用を開始した。

表序 4.2-2 走行映像データベースの成果まとめ

目標	成果
大容量実現 ・1PB NAS (Network Attached Storage) ・10PB テープアーカイブ	EMC 社 Isilon NL400*10 台 IBM 社 TS3500 にて、 目標容量を満足
処理性能 ・アップロード 260TB/週 ・テープ記録 260TB/週	100 時間/週の稼働換算で ・アップロード 328TB/週 ・テープ記録 216TB/週
従来型サーバに比べ ・消費電力 1/5 ・コスト 1/2	試行時の実測からの換算で ・消費電力 約 1/8.4 ・コスト 約 1/2.6

(ii) タグ付け拠点調査

候補企業リストアップを行い、タグ付け実績、タグ付けツール保有および調査への参加意思などを考慮し、国内 1 法人および海外事務所を保有する日本法人 2 法人の 3 つの法人に対してアンケート調査票の実施および現地拠点調査を国内 1 法人と中国に事業所を保有する日本 1 法人で実施した。



図序 4.2-8 海外拠点調査例（作業環境、サーバ、施錠倉庫）

(iii) 手動タグ付け作業試行

トライアル走行で収集した市街地、繁華街、駐車場、一般国道等で収集した 100 時間を越える走行映像データに対して、有用なシーンを抽出し手動タグ付け作業を行い、タグ付け情報結果を研究開発にフィードバックした。



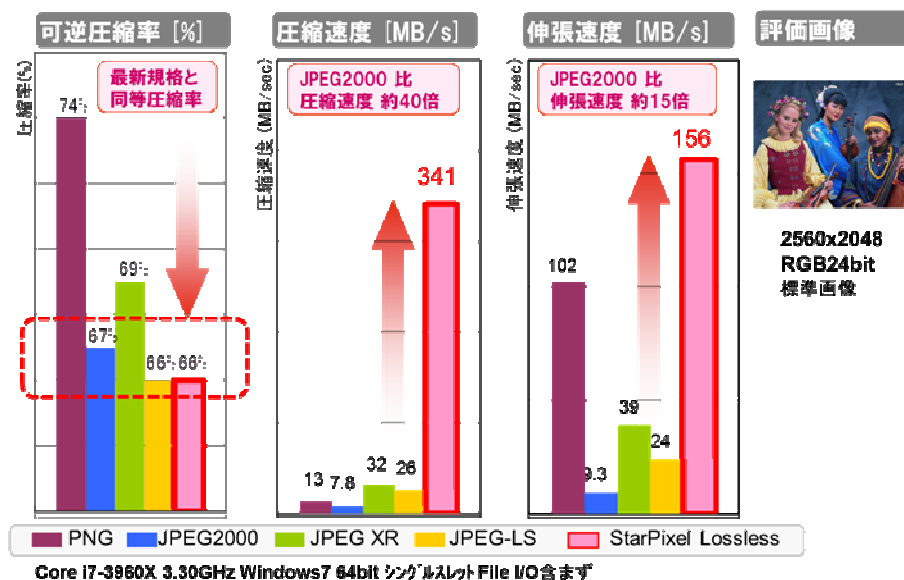
図序 4.2-9 手動タグ付け試行作業の実施例

(2) リアルタイム可逆圧縮技術の開発

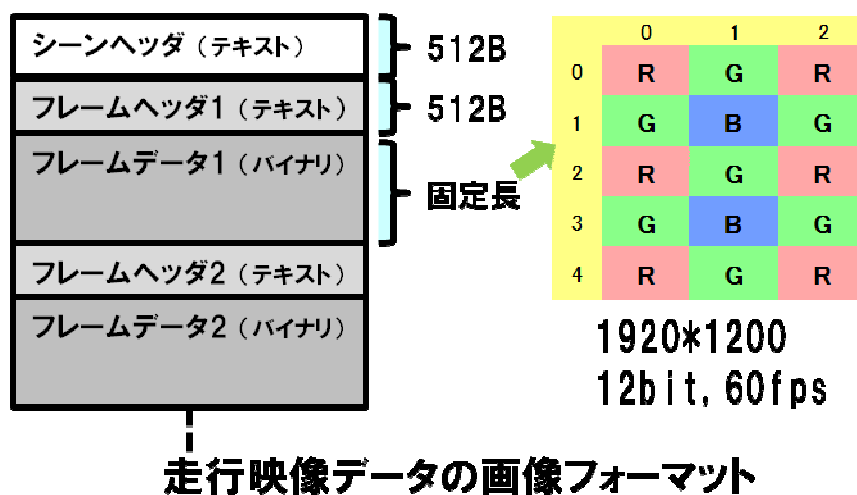
(2)-1 高速可逆圧縮ソフトウェアの開発

① 研究成果

StarPixel 技術(宇宙探査衛星にて実績)を走行映像データの RAW ベイヤ (BGGR)画像フォーマットに適用し高速可逆圧縮ソフトウェアを実現した。



図序 4.2-10 可逆圧縮方式の比較

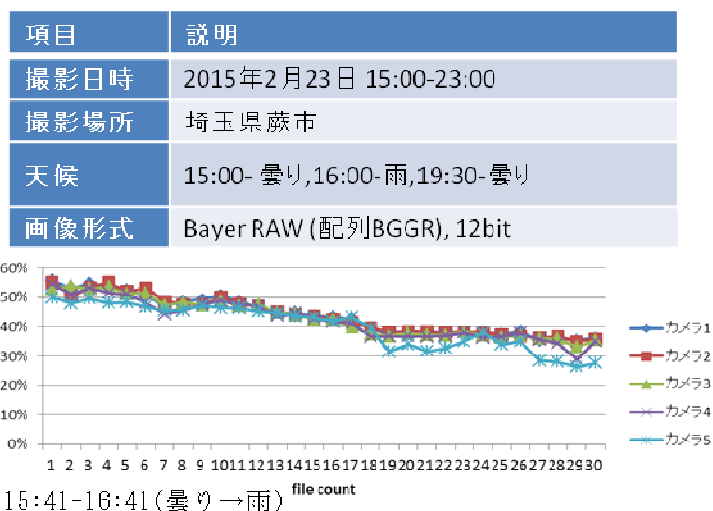


図序 4.2-11 走行映像データの画像フォーマット仕様

(2)-2 リアルタイム圧縮性能の検証

① 研究成果

RGB ベイヤー画像での圧縮率 50%を満足するとともに、転送同時圧縮を 3%弱のオーバーヘッド転送完了するリアルタイム可逆圧縮を実現した。



図序 4.2-12 走行映像データの圧縮率例 (平均 42.7%)

表序 4.2-3 リアルタイム可逆圧縮技術の結果まとめ

目標	成果
RGB ベイヤー画像での可逆高圧縮技術を開発し、元画像の 50%圧縮を実現	約 131GB の走行映像データで圧縮後 43GB (約 33%)
汎用ワークステーションレベルによるリアルタイム圧縮の実現	アップロード WS (Xeon/2.6G) 約 31GB 走行映像データを 176 秒 (データ転送のみ) ⇒181 秒 (転送同時圧縮) 3%弱のオーバーヘッド転送完了

(3) 検索用データベース開発

① 概要

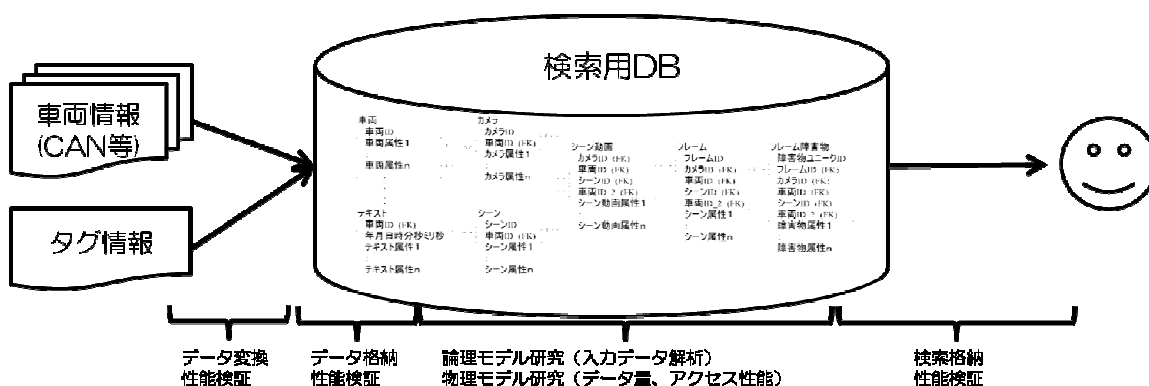
走行データとして収集された映像以外の情報から効率的な検索を実現する技術を開発するため、検索用データベースのデータモデルを検討し仕様書を作成する。またデータ変換、格納および大量データに対する検索が実現可能か検証を行う。

② 研究成果

検索データベースの実現に向けた研究と開発

- ・車両/タグ付け技術が生成するデータから論理データモデル仕様を研究
- ・データ量の想定から物理データモデル案を研究
- ・各種データを物理データモデルに変換するプログラムの開発と性能の検証
- ・サンプルデータによる検索性能検証による物理データモデルの妥当性検証

研究結果を「検索 DB 設計仕様書」として整理した。



図序 4.2-13 検索用データベース 機能イメージ

(4) まとめと今後の課題

① まとめ

走行映像データベースのプラットフォームとなるサーバーを構築し、目標とした処理性能、電力・コストを達成出来る事を確認した。また、手順書を用いて輸送用 NAS に格納したトリアル走行の結果を、データセンタに配送すると共に、輸送用 NAS の仮設置、データのアップロード、輸送用 NAS の返送までの一連のオペレーションを実施し、大きな問題無く運用が可能である事を確認した。更に、走行映像データベースに用いる高性能画像においても、目標とした可逆圧縮性能がリアルタイム処理で実現出来る事が確認出来た。

② 今後の課題

走行映像データの取得運用に合わせ、設備トラブル対応を含めた運用マニュアルを整備し、円滑なデータベース運用の推進を行なう。これと共に取得したデータを用いて、リアルタイム圧縮技術の検証を進めると共に、更なる効率的な走行映像データ取得に向け、データ取得の上流工程である、データ収集車両運行の中での圧縮技術の活用についても検討を行なう。

4.3 研究開発全体企画・管理

(1) 全体工程表の策定

① 研究成果

- ・ 研究開発の進捗管理を行う全体工程表をとりまとめを実施した。
- ・ 設計情報の工程管理を実施した。

(2) 開発検討会の運営

開発検討会を3回開催し、走行映像データベースの研究開発の概要、走行計画、タグ付け方針およびデータ収集車両の見学等を行い、研究開発内容の摺合わせ、アドバイスおよびコメントを研究開発に反映した。



図序 4.3-1 開発検討会状況

次世代高度運転支援システム推進委員会を2回開催し、開発計画や研究開発内容等を説明し、アドバイスやコメントを頂き研究開発に反映した。



図序 4.3-2 次世代高度運転支援システム推進委員会（データ収集車両展示会）

研究開発全体企画会議を8回開催し、必要な共通なシステム仕様や重要課題の検討や課題対応を協議した。



図序 4.3-3 研究開発全体企画会議状況

(3) まとめと今後の課題

① まとめ

平成26年度の開発目標に係る研究開発の進捗管理を定期的に行い、年度成果目標および2つの個別テーマの開発目標を達成した。

② 今後の課題

開発検討会および次世代高度運転支援システム推進委員会に対する継続的な研究開発状況の情報発信を行い、研究開発との摺り合わせやフィードバックを行う。

第 1 章 走行映像データの収集

1.1 データ収集設計

1.1.1 走行計画立案

(1) 全体走行計画概要検討・作成

① 映像収集時間の検討

(i) データ収集目標

国内、海外合せて歩行者 600 万事例の収集を目標とするが、まず、国内で 600 万事例が収集可能となるような走行計画を立案する。

歩行者 600 万事例とは、カメラで取得した映像データの中で、歩行者の動画から 0.1 秒単位に抜き出した歩行者の数を意味する。すなわち、歩行者の撮影時間 60 万秒を目標とすることとなる。60 万秒を時間換算すると、166.67 時間となる。

データ収集車両には合計 5 台のカメラを搭載するが、少なくとも 1 台のカメラで 167 時間の歩行者撮影時間を確保できれば、歩行者 600 万事例の目標を達成できる。

(ii) 対象物全体撮影時間概要

データを収集するための走行計画を立案する上で、少なくとも歩行者撮影目標時間（167 時間）を確保するために、余裕を持った走行計画を立てる必要がある。ここでは、約 2 倍の撮影時間を確保できるように走行計画を立案することとする。さらに、歩行者以外も含め、対象物取得時間計画を以下に定義する。

<対象物取得時間計画>

歩行者：300 時間

自転車：350 時間

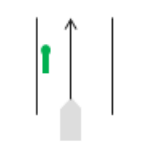
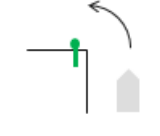
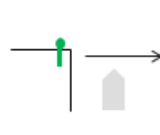
路側物体：320 時間

(iii) シーン別映像時間予測（歩行者、自転車）

例えば、歩行者に対して追い越しを行う等、車両が歩行者等の対象に遭遇してから対象より離脱するまでの間を、シーンと呼ぶ。シーンを大別すると、「追い越し」、交差点等での「旋回」、交差点等での「歩行者横切り」となる。同様に、自転車において、「追い越し」、「旋回」、「自転車横切り」と定義する。

歩行者のシーン別映像時間を予測すると、表 1.1-1 のようになる。

表 1.1-1 シーン別映像時間予測（歩行者）

シーン	イメージ図（例）	映像時間
追い越し		$70(\text{m}) \div 7(\text{m/s}) = \text{約 } 10 \text{ 秒}$ ($7(\text{m/s}) = 25(\text{km/h})$)
旋回		$70(\text{m}) \div 5(\text{m/s}) = \text{約 } 15 \text{ 秒}$ ($5(\text{m/s}) = 18(\text{km/h})$) 右折、左折の両方を含む
歩行者横切り		交差点へ接近、車両停止まで 15 秒 車両停止後、歩行者横断終了まで 30 秒 合計：約 45 秒

歩行者追い越しシーンでは、自転車と歩行者との相対速度を 25km/h とし、70m 前方からカメラで歩行者を捉えると仮定すると、自転車の前遠方監視カメラが歩行者を捉えてから歩行者へ追いつくまでの時間は、およそ 10 秒となる。

交差点等に歩行者が存在し、自転車が交差点で旋回するシーンにおいては、自転車が交差点手前で減速して低速で交差点を旋回することを想定して、自転車と歩行者の平均相対速度を 18km/h とした。この時、追い越しシーンと同様に映像時間を予測すると、およそ 15 秒となる。

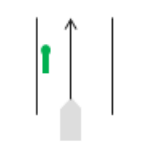
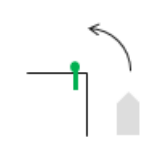
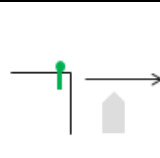
交差点で歩行者が横切るシーンにおいては、自転車が交差点へ接近して交差点手前で停止するまでの時間を旋回シーンと同じ 15 秒と仮定し、自転車が停止してから歩行者が横断終了するまでの時間を 30 秒と仮定、合計、およそ 45 秒と予測した。

同様に、自転車に対するシーン別映像時間を予測すると、表 1.1-2 のようになる。

自転車追い越しシーンでは、自転車と自転車との相対速度を 18km/h とし、歩行者シーンと同様に計算すると、およそ 15 秒となる。

交差点シーンは歩行者と同様な映像時間と推定し、旋回、横切りともに歩行者シーンと同様の映像時間と予測した。

表 1.1-2 シーン別映像時間予測（自転車）

シーン	イメージ図（例）	映像時間
追い越し		70(m) ÷ 5(m/s) = <u>約 15 秒</u> (7(m/s) = 18(km/h))
旋回		70(m) ÷ 5(m/s) = <u>約 15 秒</u> (5(m/s) = 18(km/h))
自転車横切り		交差点へ接近、車両停止まで 15 秒 車両停止後、自転車横断終了まで 30 秒 合計： <u>約 45 秒</u>

(iv) 歩行者全体の目標シーン数

(ii)項より、歩行者の全体撮影時間目標を 300 時間としている。ここで、全体撮影時間目標よりシーン毎の割合から、シーン別の総撮影時間と総シーン数目標を求めた結果を、表 1.1-3 に示す。

表 1.1-3 歩行者全体データに対するシーン割合

シーン	1 シーンあたりの時間(秒)	シーン割合	時間割合	総撮影時間(時間)	総シーン数
追い越し	10 秒	3	30	100	36000
旋回	15 秒	1	15	50	12000
歩行者横切り	45 秒	1	45	150	12000

追い越しに遭遇する確率は、旋回に遭遇する確率の 3 倍、旋回と横切りは同等の確率と推定した。

シーン割合では

$$(\text{追い越し}) : (\text{旋回}) : (\text{歩行者横切り}) = 3 : 1 : 1$$

これを時間割合に換算すると

$$(\text{追い越し}) : (\text{旋回}) : (\text{歩行者横切り}) = 30 : 15 : 45$$

総撮影時間目標が 300 時間であるから、これをシーン別に割り振ると、

$$(\text{追い越し}) = 100 \text{ 時間}$$

$$(\text{旋回}) = 50 \text{ 時間}$$

$$(\text{歩行者横切り}) = 150 \text{ 時間}$$

となる。

さらに、総撮影時間を1シーンあたりの時間で割ると、シーン別の総シーン数目標を求めることができる。

(追い越し) = 36000 シーン

(旋回) = 12000 シーン

(歩行者横切り) = 12000 シーン

歩行者全体では、60000 シーンが目標となる。

(v) 自転車全体の目標シーン数

同様に自転車に対するシーンの割合を示したものが表 1.1-4 である。

表 1.1-4 自転車全体データに対するシーン割合

シーン	1シーンあたりの時間(秒)	シーン割合	時間割合	総撮影時間(時間)	総シーン数
追い越し	15 秒	3	45	150	36000
旋回	15 秒	1	15	50	12000
歩行者横切り	45 秒	1	45	150	12000

総シーン数を、歩行者と同等のシーン数とした。結果、総撮影時間は 350 時間となり、総シーン数は 60000 シーンとなる。

(vi) 路側物体の撮影時間

映像取得は、歩行者、自転車のみではなく、信号、ガードレール、電柱などの路側物体、駐車車両、二輪車等も取得する。それらを包括的にデータ取得するために、ある道路の区間を連続的に走行し、走行した全データを映像データとして蓄積する。

走行する道路は、高速道路、国道、県道、市道、および山岳路とする。

高速道路は路側物体がカメラの画角に入り込みやすい条件である比較的道路曲率が大きい区間を選定する。幹線高速道路から東名高速（秦野中井~御殿場）、都市高速から首都高速、阪神高速、名古屋高速を選定した。

その他、国道から 10 路線、県道から 10 路線、市道から 10 路線、山岳路から 3 路線を選定する。

以上の路線について、映像取得時間（走行時間）を表 1.1-5 に定義した。

表 1.1-5 路側物体の映像取得時間（走行時間）

道路	1 区間(片道)の走行時間（時間）	総映像取得時間（時間）	総区間走行回数（回）
東名	0.5	16	32
首都高速	0.875	14	16
阪神高速	0.375	6	16
名古屋高速	0.375	6	16
国道 10 路線	2	160	80
県道 10 路線	1	80	80
市道 10 路線	0.25	20	80
山岳路	0.75	18	24

結果、路側物体の総映像取得時間は 320 時間となる。

② 映像保存時間の検討

歩行者の映像データを保存し蓄積する場合、走行区間の全データを映像データとして保存するとデータ量が膨大となり、データ輸送効率低下やタグ付け作業効率の低下を招く。

それを解決する為に、走行しながら必要となるシーンに遭遇したときに外付けのボタンを操作し、データへ操作トリガ信号を付与する機能を設け、操作トリガ信号前後の映像データのみ保管して、映像データ量が膨大になることを防ぐ。

操作トリガ信号による映像データ抽出は、主に歩行者や自転車をターゲットとした、市街地、繁華街、オフィス街、観光地の走行で有効とする。

(i) 操作トリガによる映像保存時間の検討

図 1.1-1 に操作トリガによる映像保存のイメージを示す。

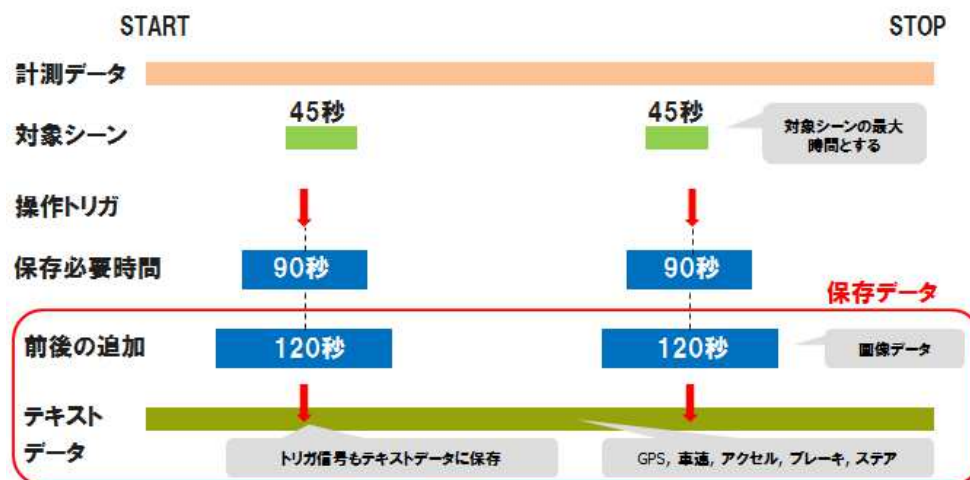


図 1.1-1 操作トリガによる映像保存のイメージ

①映像収集時間の検討 で述べたように、歩行者、自転車の映像時間の最大値を 45 秒とした。操作トリガは、この 45 秒の映像区間に入力されるはずである。操作トリガ信号を中心として前後 45 秒（トータル 90 秒）の映像区間を保存すれば、対象シーンの映像が確保されることになる。但し、対象が映っていないシーンから映っているシーンへの連続的な動画としても需要があると想定し、前後 15 秒の区間も映像保存することとした。従って、操作トリガ信号の前後 60 秒（トータル 120 秒）の区間を映像保存区間とする。

操作トリガを連続して操作した場合、操作トリガの間隔が 120 秒以内であれば、連続した映像データとして保存される。

(i) 映像保存の総合計時間

①映像収集時間の検討 にて各シーン毎の目標取得シーン数を述べた。これを基に、データ保存の総合計時間を求めた結果を表 1.1-6 に示す。

表 1.1-6 データ保存の総合計時間

		シーン数	1 シーンの時 間 (秒)	合計時間 (時間)	総合計時間 (時間)
歩行者	追い越し	36000	120	1200	4380
	旋回	12000	120	400	
	横切り	12000	120	400	
自転車	追い越し	36000	120	1200	
	旋回	12000	120	400	
	横切り	12000	120	400	
停止車両	追い越し	1000	120	33	
路側物	東名	32	1800	16	
	首都高速	16	3150	14	
	阪神高速	16	1350	6	
	名古屋高速	16	1350	6	
	国道	80	7200	160	
	県道	80	3600	80	
	市道	80	900	20	
	山岳	24	2700	18	
歩行者	サービスエリア	1000	97	27	

(注 1) 停止車両は、市街地等の走行で存在した場合にデータ保存する。

(注 2) サービスエリアは市街地等とは別に走行を計画する。

国内の映像保存総合計時間目標を 4380 時間とする。海外は国内の 1/4 の規模で実施し、海外の取得目標を 548 時間とする。

③ 目標走行時間

①映像収集時間の検討 で述べたように、歩行者の取得シーン目標が 60000、自転車の取得シーン目標が 60000、合計 120000 シーンの歩行者、自転車シーンを取得することを目標とする。効率良く歩行者と自転車のシーンを取得するために、市街地および繁華街を集中的に走行する。自転車のシーンが多めに取得できると想定される市街地走行に比重を置き、

目標シーン数を市街地 90000 シーン、繁華街 30000 シーンとする。

市街地とは、住宅地を多数含む地域で、生活路と呼ばれる道路が多数存在する地域を指す。繁華街とは、オフィスビルが立ち並ぶオフィス街と飲食店等多数存在する歓楽街を指す。その他、観光地とサービスエリアは個別で計画する。

市街地走行にて、5分あたり平均1シーン、繁華街走行にて、5分あたり平均4シーンに遭遇すること、平均車速が12km/hであることと仮定した場合、走行時間と走行距離は表1.1-7のようになる。

表 1.1-7 市街地、繁華街の走行距離予測

	5分走行あたりの平均シーン数	目標シーン数	平均車速 (km/h)	走行時間 (時間)	走行距離 (km)
市街地	1	90000	12	7500	90000
繁華街	4	30000	12	625	7500

市街地と繁華街の合計走行距離は、97,500kmとなる。

一方、路側物を主目的とした走行の距離は、表1.1-8に示すようになり、10,640kmとなる。合計の走行距離は108,140kmとなり、すなわち、10万km走行の条件であれば、市街地走行にて、5分あたり1シーンのデータが取得できれば、シーン数の目標を達成できる。

後述の具体的な走行地域選定では、市街地については、5分あたり平均1シーンのデータが取得できるように、比較的歩行者が多い地域を選定する。さらに、より多くの自転車データも取得できるように、極力平坦な地形の地域を選定するように配慮する。

表 1.1-8 路側物を主目的としたシーンの走行距離

道路種別	走行回数 (片道)	片道距離 (km)	平均車速 (km/h)	走行時間 (時間)	走行距離 (km)	総走行距離 (km)
東名高速	32	35	70	16	1,120	10,640
首都高速	16	35	40	14	560	
阪神高速	16	20	50	6	320	
名古屋高速	16	20	50	6	320	
国道	80	60	30	160	4,800	
県道	80	30	30	80	2,400	
市道	80	5	20	20	400	
山岳路	24	30	40	18	720	

これらの走行時間に加え、サービスエリア、観光地、寒冷地の走行時間を一覧で示したものが、表1.1-9となる。

表 1.1-9 目標走行時間

種別	走行時間（時間）	備考
市街地	7,500	
繁華街	625	オフィス街、歓楽街
東名高速	16	
首都高速	14	
阪神高速	6	
名古屋高速	6	
国道	160	
県道	80	
市道	20	
山岳路	18	
サービスエリア	250	1000 シーン取得。1 シーン 15 分（高速 1 区 間走行時間）。
観光地	275	50 日×5.5 時間
寒冷地	154	28 日×5.5 時間

④ 自然環境

カメラの周辺環境認識技術に影響を受ける自然環境因子として、周囲照度（昼夜）、対象物や周辺構造物の影の影響（太陽高度）、天候（晴れ、曇り、雨、雪）が挙げられる。これらの自然環境が網羅できるように走行計画を組み立てる。

昼夜、太陽高度を網羅するように、表 1.1-10 に示す時間帯にて計画する。雪以外の天候については、年間を通して繰り返し走行する事によりそれぞれの天候条件に遭遇するものとして計画し、特に天気予報等から走行地域を変更するようなことはしない。

ただし、雪については、寒冷地の走行として個別に走行計画を立てて対応することとする。

表 1.1-10 時刻別分類

時刻	目的
7:00~9:00	太陽高度低い条件（東方向）。 市街地、オフィス街
9:00~15:00	太陽高度高い条件。 市街地、オフィス街、歓楽街、観光地
15:00~17:00	太陽高度低い条件（西方向） 市街地、オフィス街、歓楽街、観光地
17:00~23:00	夜間 市街地、オフィス街、歓楽街、観光地

また、路側構造物を目的とした走行（高速道路、国道、県道、市道、山岳路）においても、昼夜および周辺構造物の影の影響を考慮し、表 1.1-10 の時刻条件を網羅できるように走行計画する。

⑤ 3ヶ年の走行配分

表 1.1-8 の走行時間から走行日数を割り出し、3ヶ年の走行日数に割り振った結果を、表 1.1-11 に示す。

表 1.1-11 走行種別の3ヶ年計画

種別	走行時間 (時間)	走行日数 (日)	年あたり走行日数(日)		
			H27年度	H28年度	H29年度
市街地	7,500	1,362	384	534	444
繁華街	625	114	32	45	37
東名高速	16	4	1	2	1
首都高速	14	4	1	2	1
阪神高速	6	2	1	1	
名古屋高速	6	2	1	1	
国道	160	40	11	16	13
県道	80	20	6	8	6
市道	20	5	2	2	1
山岳路	18	6	2	2	2
サービスエリア	250	63	18	25	20
観光地	275	50	14	20	16
寒冷地	154	28	14	14	

- (注1) 市街地、繁華街、寒冷地は1日5.5時間走行可能とした。
(注2) 国道、県道、市道は1日4時間走行可能とした。
(注3) 山岳路は3コース選定し、1コースを2日で実施することとした。
(注4) 観光地は、拠点からの移動日数を含まない。

計測車両6台で実行した場合、週単位での映像取得時間を推定すると、以下となる。

市街地、繁華街：計測車両4台×5.5時間×5日

その他の道路：計測車両2台×5.5時間×2.5日

(非計測時間の2.5日は移動等で車両を使用できない時間を意味する)

従って、週単位で走行時間は延べ5台で5.5時間を5日分、すなわち、137.5時間となる。ここで、歩行者、自転車等の対象物有効時間割合を1/2とすると、68.75時間となる。

⑥ 海外走行計画

海外走行は、北米、欧州、アジアを計画する。②映像保存時間の検討で述べたように、海外の映像取得総合計時間目標は、548時間である。マージンを考慮して、各々の映像取得時間を、北米200時間、欧州200時間、アジア200時間とする。

(2) 国内走行計画策定

① 走行場所選定

(i) 市街地

市街地での主な映像取得対象は、歩行者と自転車である。老若男女、多種多様な歩行者と自転車の映像取得が期待できる。表 1.1-11 で示すように、市街地の走行時間比率を多く計画している。さらに効率良く多量の映像データを取得できるように、人口密度の高い地域、自転車保有台数の多い地域を選定する。

表 1.1-12 に自転車保有台数上位の都道府県を示す。

表 1.1-12 自転車保有台数上位の都道府県

順位	都道府県	自転車保有台数（千台）
1位	東京都	8999
2位	大阪府	6515
3位	埼玉県	5436
4位	神奈川県	5315
5位	愛知県	4084
6位	千葉県	3763

（出典）一般財団法人 自転車産業振興協会（2008年）

自転車保有台数上位5位までの都道府県を選定し、走行地域を東京都、大阪府、埼玉県、神奈川県、愛知県とする（寒冷地は除く）。

さらに、これらの都道府県から、人口密度の多い市町村を選定する。

表 1.1-13 に各都道府県別の人口密度上位の市町村を示す。これらの市町村から歩行者、自転車の通行量が多いと推定されるエリアを選定し、エリアを集中的に走行する。エリア選定においては、事前実地調査を行い、走行規制や道路幅等の走行の支障の有無を確認しておく。問題がある場合は、エリア変更を行う。

表 1.1-13 市町村別人口密度

都道府県	順位	市町村	人口密度(人/km ²)
東京都	1位	武蔵野市	12929.5
	2位	西東京市	12398.2
	3位	狛江市	12324.1
	4位	三鷹市	11277.8
	5位	国分寺市	10509.6
大阪府	1位	大阪市	11980.6
	2位	守口市	11523.7
	3位	豊中市	10702.1
	4位	門真市	10609.3
	5位	吹田市	9853.2
埼玉県	1位	蕨市	14020
	2位	川口市	8979.3
	3位	草加市	8893.3
	4位	志木市	7683.3
	5位	和光市	7313.9
神奈川県	1位	川崎市	9989.6
	2位	横浜市	8433.8
	3位	大和市	8432.6
	4位	座間市	7362.7
	5位	茅ヶ崎市	6583.1
愛知県	1位	名古屋市	6935.3
	2位	大治町	4535.8
	3位	岩倉市	4512.9
	4位	北名古屋市	4440.4
	5位	知立市	4185.9

(出典) 総務省統計局 国勢調査人口等基本集計 (平成 22 年)

(注) 東京 23 区については、住宅地の走行規制区域が多い為、除外した。

(ii) オフィス街 (繁華街)

オフィス街の主な映像取得対象はビジネスマンである。比較的多くのオフィスビルが存在するエリアを選定する。

東京、名古屋、大阪で場所を選定する。例えば、東京では、新橋エリアを選定する。

(iii) 歓楽街 (繁華街)

飲食店や映画館等の娯楽施設があり、レジャー目的の歩行者が多数存在するエリアを選定する。

東京の場合、新宿、渋谷等を選定する。

(iv) 観光地

主な映像取得対象は、レジャー目的の歩行者である。東京近郊、大阪近郊、名古屋近郊からエリアを選定する。

例えば、東京近郊であれば、鎌倉、箱根等を選定する。

(v) サービスエリア

主な映像取得対象は、駐車場の車路を走行中に、駐車スペースから施設へ移動する歩行者の横切りである。

映像取得区間は、高速道路本線からサービスエリア導入路へ入った地点から取得開始し、最も施設寄りの車路を走行した後、本線への導入路に至った時点で取得終了するものとする。

サービスエリアの選定においては、比較的駐車台数が多く、歩行者が多い場所を選定する。東名高速では、小型車の駐車台数が最も多い、海老名サービスエリアを選定する。

(vi) 路側構造物

高速道路は一般道路に比べて路側帯の幅が広く、路側構造物が車載のカメラに対して外側に映る傾向がある。例えばカメラの歩行者検知システムにおいて、道路曲率が大きい方がカメラ前方に路側構造物が映りやすく、歩行者と誤認識しやすいと考えられる。従って、幹線高速道路や都市高速の映像取得対象である路側構造物については、比較的道路曲率が大きい区間が数多く存在する場所を選定する。

設計速度 80km/h 以上の国内幹線高速道路では、比較的曲率が大きい道路が連続する、東名高速秦野中井 I.C.～御殿場 I.C.を選定する。

首都高速、大阪都市高速、名古屋都市高速では、環状線、及び環状線から放射状に延びる路線で曲率が大きい道路を含む路線を選定する。

国道、県道、市道については、東京、大阪、名古屋近郊道路を選定する。国道 10 路線、県道 10 路線、市道 10 路線とする。

山岳路については、区間距離 30km 程度の 3 路線を選定する。例えば、富士スカイライン（御殿場～富士宮）、伊豆スカイライン（熱海～中伊豆）、箱根スカイライン～国道 1 号ルートを選定する。

表 1.1-14 国道の選定例（片道）

地域	道路	起点	終点	走行距離 (km)
東京近郊	国道 1 号	川崎	小田原	60
	国道 16 号	横須賀	相模原	60
	国道 246 号	大和	御殿場	60
	国道 20 号	上高井戸	上野原	60
	国道 254 号	練馬北町	小川町	60
	国道 4 号	西新井	小山市	60
大阪近郊	国道 1 号	梅田	石山	60
	国道 2 号	梅田	明石	60
名古屋近郊	国道 1 号	名古屋	亀山	60
	国道 19 号	名古屋	恵那	60

(出典) 独自にて算出

(vii) 寒冷地

主な映像取得対象は、風景が積雪状態の歩行者である。道路や路側物が雪に覆われており、比較的歩行者が多い地域を選定する。

選定候補としては、札幌、小樽の市街地やスキー場等のレジャー施設がある場所となる。時期としては、比較的積雪量が多い、1月が好適である。

② 走行時間帯の設定

走行時間帯は、データ取得目的に応じて、表 1.1-15 のように設定する。

表 1.1-15 走行時間帯の設定

データ取得目的	取得対象	走行時間帯
市街地	歩行者・自転車	7:00～23:00
オフィス街	歩行者	7:00～23:00
歓楽街	歩行者	9:00～23:00
高速・国道・県道・市道・山岳路	路側構造物	7:00～20:00
サービスエリア	歩行者	7:00～20:00
観光地	歩行者	9:00～23:00
寒冷地	歩行者	7:00～23:00

歩行者を対象とした場所では、7:00～23:00 を基本とする。但し、サービスエリアでは、夜間のデータは 20:00 までと 20:00 以降で特に変化する要因が無いと考え、20:00 までとした。また、歓楽街や観光地では、7:00～9:00 の時間帯に歩行者の数が少ないと想定し、9:00 から走行開始でも構わないものとした。

③ 日々の勤務体制

7:00～23:00 を走行計画とした場所での日々の勤務体制は、図 1.1-2 で示す様に、早番、遅番の 2 交代制とする。

図では、12:00～13:00、20:00～21:00 を食事休憩としているが、休憩時間帯のデータが不足しないように、日々の休憩時間をシフトしながら実行することとする。

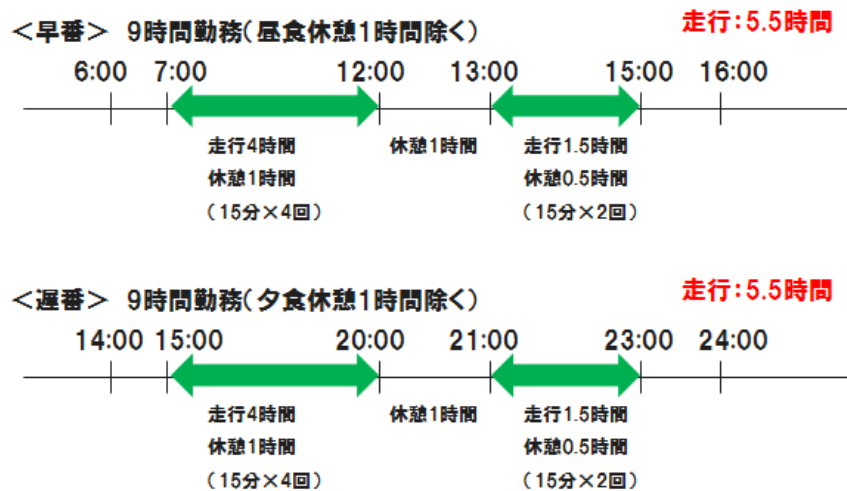


図 1.1-2 日々の勤務体制

④ 考慮すべき事項

(i) 歩道の有無

市街地走行の場合、歩道上の歩行者と車道付近に存在する歩行者の両方の映像データを取得できるように、おおよそ、歩道有を50%、歩道無しを50%程度となるように走行する。

例えば、駅を中心に半径1.5kmの範囲を網羅的に走行する計画をした場合、当日の走行の傾向から選定道路を修正しながら走行する（午前中に歩道有道路が多かったら、午後は歩道無し道路を多く走行するなど）。

(ii) 土日祭日の走行

平日の走行に偏らず、土日祭日も走行できるように計画する。尚、歓楽街は平日も実施する。

(iii) 高速道路等走行規制

高速道路の集中工事日、その他規制等を事前に確認し、走行したい条件が可能であるか事前確認する。

⑤ 映像データ取得タイミング

(i) 映像記録開始、終了

目的の走行エリアの走行開始時に映像記録を開始する。目的の走行エリアから離脱したとき、映像記録を終了する。尚、休憩の為に駐車場等へ車両を停止させた場合、駐車場へ車両を停止させ、車両停止後に映像記録を終了させる。映像記録の再始動は、駐車場でエンジンを始動させたときとする。また、走行中に信号等で車両を停止させた場合は映像記録を継続させる。次項で説明する操作トリガも有効とする。

(ii) 操作トリガ

人物等の対象物が撮影されていることを示す操作トリガについて、シーンマークスイッ

チの操作は、以下のタイミングとする。

- ・前遠方監視カメラの画角範囲内にて、前方 30m 以内に対象物が入り込んできたとき、トリガ操作する。
- ・車両外部の状況を目視で確認し、対象物は目視で直接確認する。
- ・前方 30m のエリアは、操作者が感覚により学習する。
- ・歩行者、二輪車、路肩駐車車両、駐輪車両を対象とする。
- ・歩道上の駐車車両、駐輪車両は対象外とする。
- ・路側構造物を目的とした走行においても、歩行者等のトリガ対象物が現れたら、トリガを操作する。
- ・対向車側の対象物もトリガ対象とする。
- ・一度トリガ操作をした場合、10 秒以上経過後に次のトリガ操作を行う。
(人物の集合体など、連続してトリガ操作することを防止するため)

1.1.2 トライアル走行

(1) 計画立案

① トライアル走行の目的

本格的データ収集に向けて、実際に走行を計画しているエリアの数ヶ所を選定して、実際の走行時間帯に則った走行を行い、課題を抽出して走行計画へ反映させることを目的とする。

② トライアル走行での検証内容

以下の内容について、実際に計測を行い、検証する。

- ・5 分あたりのシーン数（トリガ操作回数）の統計的データを取得し、場所、時間帯での差を検証する。
- ・走行開始時刻、終了時刻（休憩時間帯除く）から、走行場所での平均車速を求める。平均車速は、計画した走行時間から目標とする走行距離を得られるかどうかの検証のために必要となる。
- ・日々の勤務上の問題点の抽出。例えば、拠点から測定場所への移動時間が多くかかる場合、計画した走行時間を確保できない可能性がある。

③ トライアル走行場所選定

表 1.1-16 に示す場所をトライアル走行として選定する。

表 1.1-16 トライアル走行場所選定

目的	都道府県	場所	対象
市街地	東京都	武蔵野市エリア（吉祥寺駅周辺）	歩行者・自転車
	神奈川県	川崎市（武蔵小杉駅周辺）	歩行者・自転車
	埼玉県	蕨市（蕨駅周辺）	歩行者・自転車
歓楽街	東京都	渋谷駅周辺	歩行者
オフィス街	東京都	新橋駅周辺	歩行者
路側構造物	国道 16 号	横浜市～横須賀市	路側構造物

（注）路側構造物に関して、取得した映像データをカメラの感度調整に利用できるように、トンネルを含む道路を選定した為、国道 16 号とした。

④ トライアル走行日程

表 1.1-17 の日程に従い、トライアル走行を行う。

表 1.1-17 トライアル走行日程

日付	曜日	走行地区	走行時間帯	備考
2月18日	水	吉祥寺	7:15～23:00	
2月19日	木	吉祥寺	7:15～23:00	
2月20日	金	新橋	7:15～23:00	12:30～15:30 展示の為中断
2月21日	土	渋谷	7:15～23:00	
2月22日	日	渋谷	7:15～23:00	
2月23日	月	蕨	7:30～23:00	
2月24日	火	新橋	7:15～23:00	12:30～15:30 展示の為中断
2月25日	水	新橋	7:15～23:00	
2月26日	木	新橋	7:15～23:00	
2月27日	金	渋谷	7:15～23:00	
2月28日	土	蕨	7:30～23:00	
3月1日	日	国道 16 号	7:15～23:00	
3月2日	月	渋谷	7:15～23:00	
3月3日	火	武蔵小杉	7:15～23:00	
3月4日	水	武蔵小杉	7:15～23:00	
3月5日	木	新橋	12:30～15:15	中断分の補てん

⑤ トライアル走行経路

(i) 武蔵野市エリア（吉祥寺駅周辺） 市街地

トライアル走行では、径路を指定して走行するパターンと、エリアを指定してエリア内を自由に走行するパターンと、2種類の走行パターンを実行する。

図 1.1-3 に、吉祥寺駅周辺の具体的な走行ルートを示す。走行ルート指定を3パターン（図の青線、赤線、水色線）および、自由走行パターン（吉祥寺駅を中心に1.5kmのエリア、及び重点走行エリア（紫楕円）を指定）を示す。

表 1.1-18 に指定ルートの特徴を示す。



図 1.1-3 吉祥寺駅走行ルート

表 1.1-18 指定ルート一覧（吉祥寺駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	ルート1	6030	30分	主要道路
	ルート2	8480	40分	井の頭公園、大学周辺
	ルート3	3960	20分	大学周辺

< 現地状況 >

- ・ 駅前通りは時間帯通行規制が多い
- ・ 一方通行路が多い
- ・ 駅周辺は歩行者、自転車がが多い
- ・ 自動車、自転車が終日多い
- ・ 住宅街は、日中閑散としている道路が多い
- ・ 主要道路としている箇所は、自転車がが多い

- ・井の頭公園駅周辺は、道路幅狭く、走行可能箇所が少ない
- ・主要道路に自動車が集中しており、渋滞が多い

(ii) 川崎市エリア（武蔵小杉駅周辺） 市街地

図 1.1-4 に、武蔵小杉駅周辺の具体的な走行ルートを示す。同様に、走行ルート指定を 3 パターンおよび、自由走行パターン（武蔵小杉駅を中心に 1.5km のエリア、及び重点走行エリアを指定）を示す。

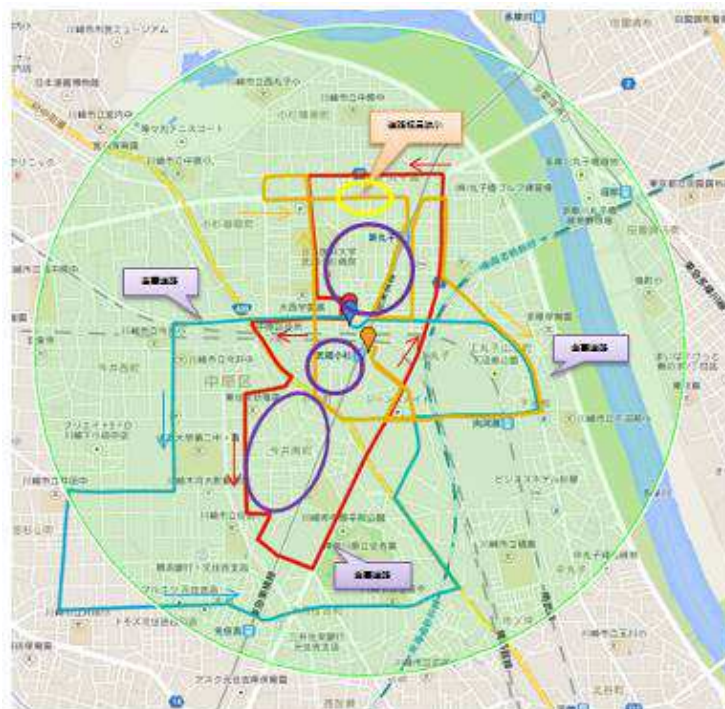


図 1.1-4 武蔵小杉駅走行ルート

表 1.1-19 指定ルート一覧（武蔵小杉駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	ルート 1	5430	30 分	駅間接続道路
	ルート 2	7160	40 分	駅周辺、住宅街
	ルート 3	6610	50 分	駅周辺、住宅街

<現地状況>

- ・駅前通りは時間帯通行規制が多い
- ・一方通行路が多い
- ・駅周辺は歩行者、自転車が多い
- ・自動車、自転車が終日多い
- ・住宅街は、日中閑散としている道路が多い
- ・主要道路としている箇所は、歩行者、自転車が少ない
- ・主要道路の一部で大規模工事をしている。

(iii) 蕨市エリア（蕨駅周辺） 市街地

図 1.1-5 に、蕨駅周辺の具体的な走行ルートを示す。同様に、走行ルート指定を 3 パターンおよび、自由走行パターン（蕨駅を中心に 1.5km のエリア、及び重点走行エリアを指定）を示す。

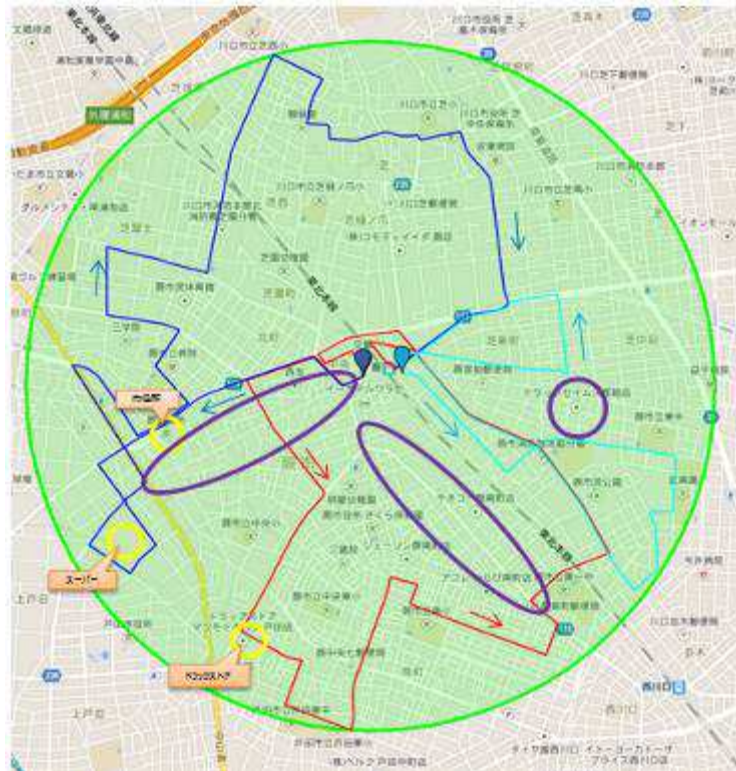


図 1.1-5 蕨駅走行ルート

表 1.1-20 指定ルート一覧（蕨駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	ルート 1	7360	30 分	主要道路、住宅街
	ルート 2	8820	40 分	市役所、スーパーマーケット
	ルート 3	5410	30 分	住宅街、病院

< 現地状況 >

- ・ 時間帯通行禁止区間は少ない
- ・ 一方通行路が多い
- ・ 駅周辺は歩行者、自転車が多い
- ・ 住宅街は、日中閑散としている道路が多い
- ・ 日中は、スーパー、公園へ向かう人も多い
- ・ 道路幅員は、主要道路以外は狭いが、走行はしやすい。

(iv) 渋谷駅周辺 歓楽街

図 1.1-6 に、渋谷駅周辺の具体的な走行ルートを示す。同様に、走行ルート指定を 3 パターンおよび、自由走行パターン（渋谷駅を中心に 1.5km のエリア、及び重点走行エリアを指定）を示す。



図 1.1-6 渋谷駅走行ルート

表 1.1-21 指定ルート一覧（渋谷駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	ルート 1	3120	40 分	駅周辺
	ルート 2	4690	30 分	渋谷駅、表参道駅
	ルート 3	4090	25 分	渋谷駅、住宅街

< 現地状況 >

- ・ 時間帯通行禁止区間が多い
- ・ 一方通行路が多い
- ・ 全体的に歩行者、自転車が多い
- ・ 住宅街でも、自転車、歩行者が比較的多い
- ・ 交差点通過者が車両近傍を歩行するケースが多い

(v) 新橋駅、有楽町駅周辺 オフィス街

図 1.1-7 に、新橋駅、有楽町駅周辺の具体的な走行ルートを示す。同様に、走行ルート指定を 2 パターンおよび、自由走行パターン（有楽町駅、新橋駅を中心に 1.5km のエリア、及び重点走行エリアを指定）を示す。

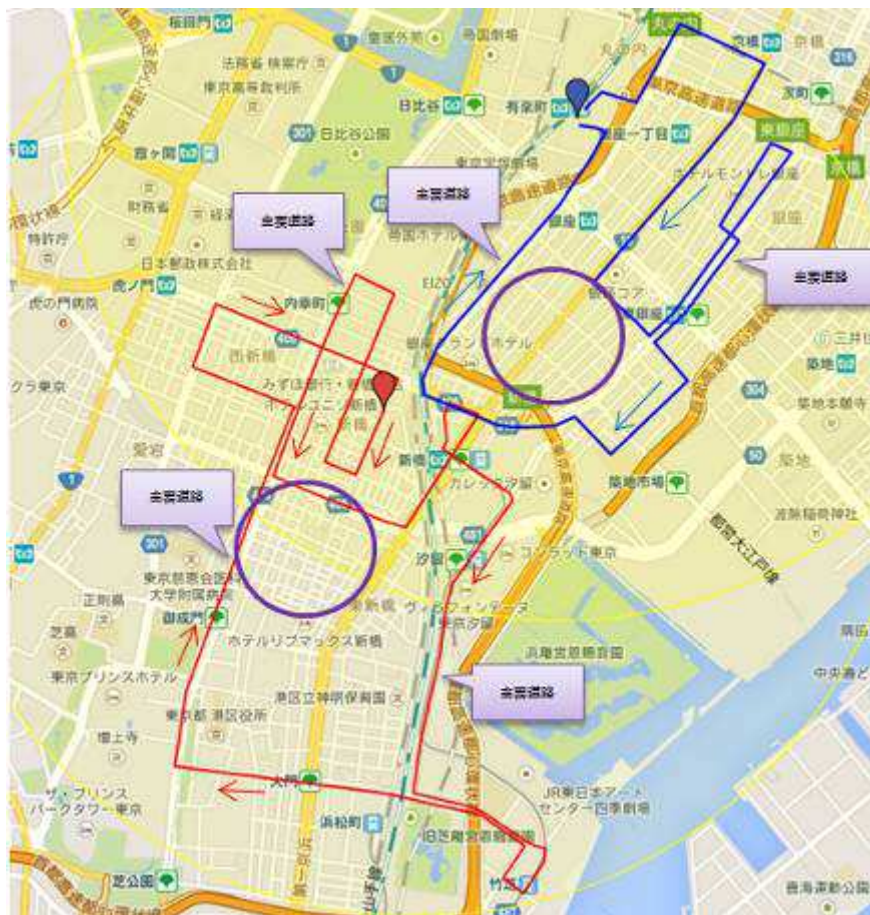




図 1.1-7 新橋駅走行ルート

表 1.1-22 指定ルート一覧（渋谷駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	ルート 1	8170	40 分	駅周辺
	ルート 2	5530	30 分	駅周辺、オフィス街、主要道路

< 現地状況 >

- ・ 時間帯通行禁止区間が多い
- ・ 一方通行路が多い
- ・ 全体的に歩行者、自転車が多い
- ・ 交差点通過者が車両近傍を歩行するケースが多い


(vi) 国道 16 号 路側構造物

図 1.1-8 に、国道 16 号の走行ルートを示す。このトライアル走行の目的は、連続した画像を取得した際の問題点の抽出、及び比較的暗いトンネルを走行したときの問題点抽出である。



図 1.1-8 国道 16 号走行ルート

表 1.1-23 指定ルート一覧（渋谷駅周辺）

線種	ルート名称	径路延長(m)	周回時間	選定理由
	国道 16 号	49500	4 時間	トンネルが多い

走行に於いては、主に第一車線を走行するパターンと、複数車線を車線変更しながら走行するパターンで実施する。

早番、遅番、それぞれ 2 往復。2 往復の内訳は、1 往復目は第一車線走行、2 往復目は複数車線を車線変更しながら走行することとする。

(vii) 大型スーパー・ショッピングモール駐車場 歩行者

駐車場内の歩行者を映像シーンとして取得するために、駐車場の走行もトライアル走行として行う。場所は、南町田アウトレットモールとする。駐車場内を走行する場合は、GPS アンテナを取り外す（立体駐車場高さ制限バーに接触する恐れがあるため）。

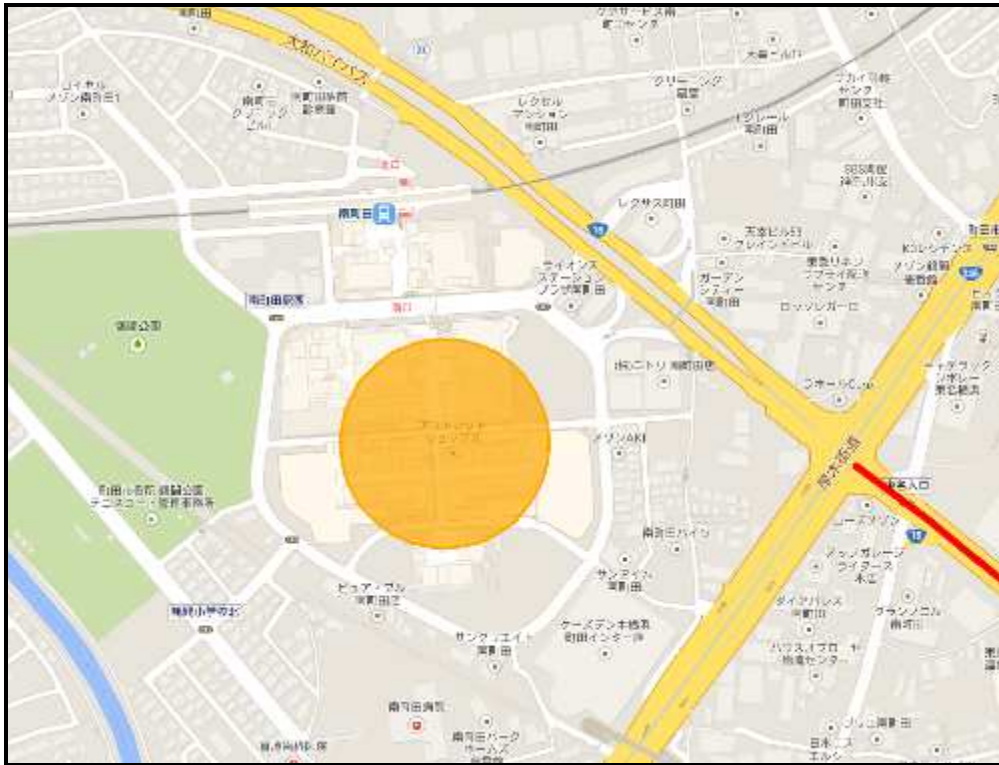


図 1.1-9 駐車場ルート（南町田アウトレットモール）

⑥ トライアル走行での時間帯別走行方法の指定

トライアル走行計画において、時間帯別に走行方法（ルート）を規定する。走行方法とは、前述したように、「径路 1 を走行」、「径路 2 を走行」、「径路 3 を走行」、「自由走行」の区別がある。

図 1.1-10 に指定走行方法一覧を示す。

日付	曜日	収蔵地	5時	6時	7時	8時	9時	10時	11時	12時	13時	14時	15時	16時	17時	18時	19時	20時	21時	22時	23時	24時					
2月18日	水	普通車	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	0	15	30	45	
2月19日	木	普通車			R1	R2	R3	R1	R2	F	R3+F	R1	R2	F	R3	R2+F	R1	R3	F								
2月20日	金	新機			R1	R1+F	R2	R2+F	R1				R1	R2	R1+F	C	R2+F	R1	R1+R2								
2月21日	土	渋谷			R3	R1+R2	R3+F	R1+R2	R2	R1			R1	R2	R3	R1	C	R2+F	R3+F	R1+F							
2月22日	日	渋谷			R2	R1	R1+F	R2	R2	F	R3+F		F	R1	R2	R3	C	R1+F	R2+F	R1+R2+F							
2月23日	月	原			R1+R3	R2+R3	R1+R2	A	R3+F	R1+F	R2+F		R1	R2	R3	F	R2+F	R1+F	R3+F	R1+F							
2月24日	火	新機			R1+F	R1+R2	R2+F	A	R1				R1	R2	R1+F	R2+F	R1	F									
2月25日	水	新機			F	R1+R2	R1	R2	R1+R2	F	R2		R3+F	R2	R2+F	R1+F	B	R1	F								
2月26日	木	新機			R1+R2	R1+R2	A	R1	R2	R1	R1		R1	R2+F	R2+F	R1	C	R1	R1+F	F							
2月27日	金	渋谷			R1	R1+R3	R2+F	A	R2+R3	R3	F		R2+R3	R1	R2+F	R1+R3	C	R1	R1+F	F							
2月28日	土	原			R2+F	R1+R3	R1	R2	R2+R3	R2+F	R3		R2	R1	R3	C	R1	R1	F	R1+F	R2						
3月1日	日	原			Q-1	Q-2	B	Q-1	P	Q-2			Q-1	Q-2	C	Q-1		Q-2									
3月2日	月	渋谷			F	R1+R2	R3+F	B	R3	R1	R1	R2	R3	R3	R2	R1+F	C	F	R2+R3+F	R1	R2						
3月3日	火	渋谷小特			R3	R1	R2	F	R1	R2	R3		R1	F	R2	R3	R1	R2	R1	R3							
3月4日	水	渋谷小特			R1	R2	R3	A	F	R1+R2	R1+R3+F		R3	R2	R1	R2	F	R2+R3	R2								
3月5日	木	新機							R1	R2																	

経路「1」を走行	R1
経路「2」を走行	R2
経路「3」を走行	R3
自由経路走行	F

図 1.1-10 時間帯別指定ルート

図 1.1-11 に示す様に、食事休憩の時間帯をシフトし、同一時刻のデータが極端に少なくならないように考慮する。

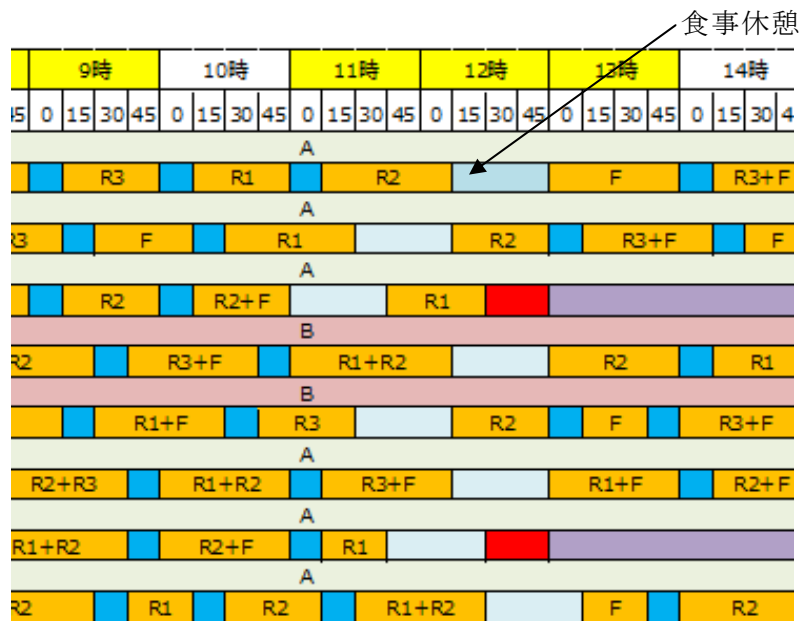


図 1.1-11 食事休憩時間帯のシフト

(2) トライアル走行

① 走行実績

計測車両を図 1.1-12 に、走行風景の一例を図 1.1-13、計測風景の一例を図 1.1-14 に示す。



図 1.1-12 計測車両外観



图 1.1-13 走行風景（例）



图 1.1-14 計測風景（例）

表 1.1-24 に日毎の走行距離、走行時間、平均速度を示す。

表 1.1-24 日毎の走行距離、走行時間、平均速度

日付	時間帯	場所	分類	走行距離 (km)	走行時間 (h:m:s)	平均速度 (km/h)
2月18日	早番	吉祥寺	市街地	70.93	5.2917	13.404
2月18日	遅番	吉祥寺	市街地	68.00	5.2542	12.942
2月19日	早番	吉祥寺	市街地	70.98	5.2462	13.531
2月19日	遅番	吉祥寺	市街地	67.19	4.8586	13.829
2月20日	早番	新橋	オフィス	36.87	2.0125	18.32
2月20日	遅番	新橋	オフィス	53.55	5.1792	10.34
2月21日	早番	渋谷	歓楽街	77.8	5.2458	14.831
2月21日	遅番	渋谷	歓楽街	53.38	4.9833	10.712
2月22日	早番	渋谷	歓楽街	62.52	5.3208	11.75
2月22日	遅番	渋谷	歓楽街	58.78	4.5792	12.836
2月23日	早番	蕨	市街地	35.22	2.65	13.291
2月23日	遅番	蕨	市街地	62.38	4.1	15.215
2月24日	早番	新橋	オフィス	17.27	1.5125	11.418
2月24日	遅番	新橋	オフィス	42.72	4.3083	9.9157
2月25日	早番	新橋	オフィス	47.27	4.3339	10.907
2月25日	遅番	新橋	オフィス	59.44	5.6833	10.459
2月26日	早番	新橋	オフィス	57.7	4.9794	11.588
2月26日	遅番	新橋	オフィス	54.03	4.7669	11.334
2月27日	早番	渋谷	歓楽街	64.53	5.8836	10.968
2月27日	遅番	渋谷	歓楽街	54.29	4.6044	11.791
2月28日	早番	蕨	市街地	55.01	4.0594	13.551
2月28日	遅番	蕨	市街地	78.29	5.3514	14.63
3月1日	早番	国道16号	路側構造	86.96	5.0833	17.107
3月1日	遅番	国道16号	路側構造	125.81	5.3447	23.539
3月2日	早番	渋谷	歓楽街	61.51	5.3369	11.525
3月2日	遅番	渋谷	歓楽街	60.316	5.2333	11.525
3月3日	早番	武蔵小杉	市街地	78.398	5.8333	13.44
3月3日	遅番	武蔵小杉	市街地	79.69	5.9294	13.44
3月4日	早番	武蔵小杉	市街地	75.9	5.2833	14.366
3月4日	遅番	武蔵小杉	市街地	75.69	5.6667	13.357

(注1) 2/20、2/24 は走行車両展示の為に計測中断したため、参考値とする。

② 結果解析

(i) 走行時間、平均速度

市街地、オフィス街、歓楽街ともに、走行時間=5.5時間、平均車速=12km/hと予測していた。平均走行時間、平均車速の結果を表 1.1-25 に示す。

表 1.1-25 平均走行時間、平均車速の結果

	平均走行時間 (h)	平均車速 (km/h)
市街地	4.96	13.75
オフィス街	4.10	11.79
歓楽街	5.15	11.99

走行時間は予測を若干下回り、平均車速は市街地で予測より若干高く、オフィス街と歓楽街はほぼ予想通りとなった。

(ii) シーン数、頻度

図 1.1-15 に、トリガ操作の頻度分布図を示す。

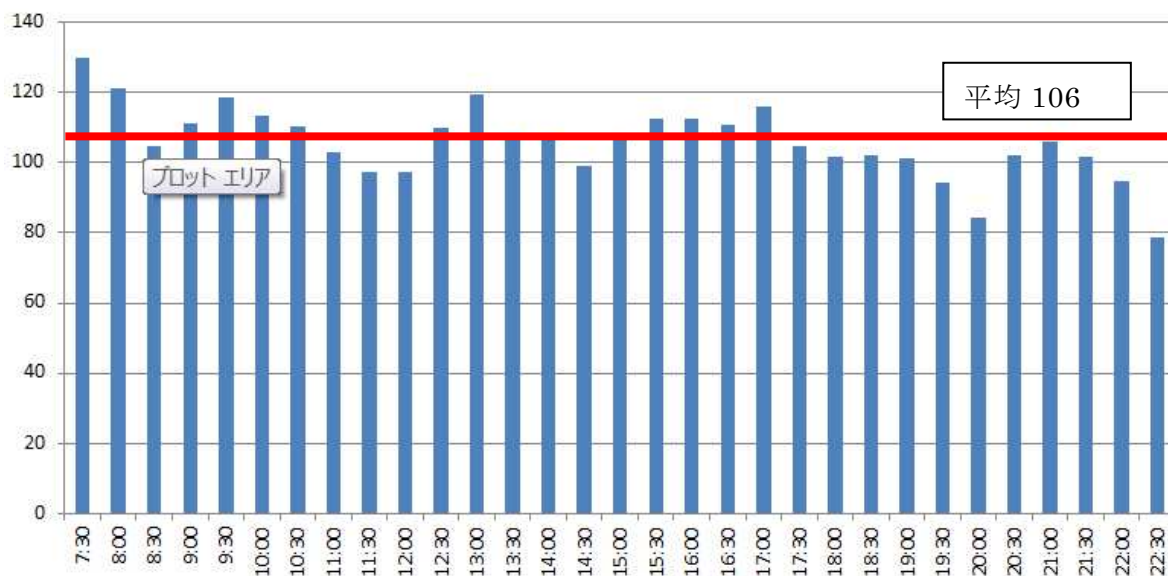


図 1.1-15 30分走行あたりのトリガ操作数頻度分布 (市街地平均)

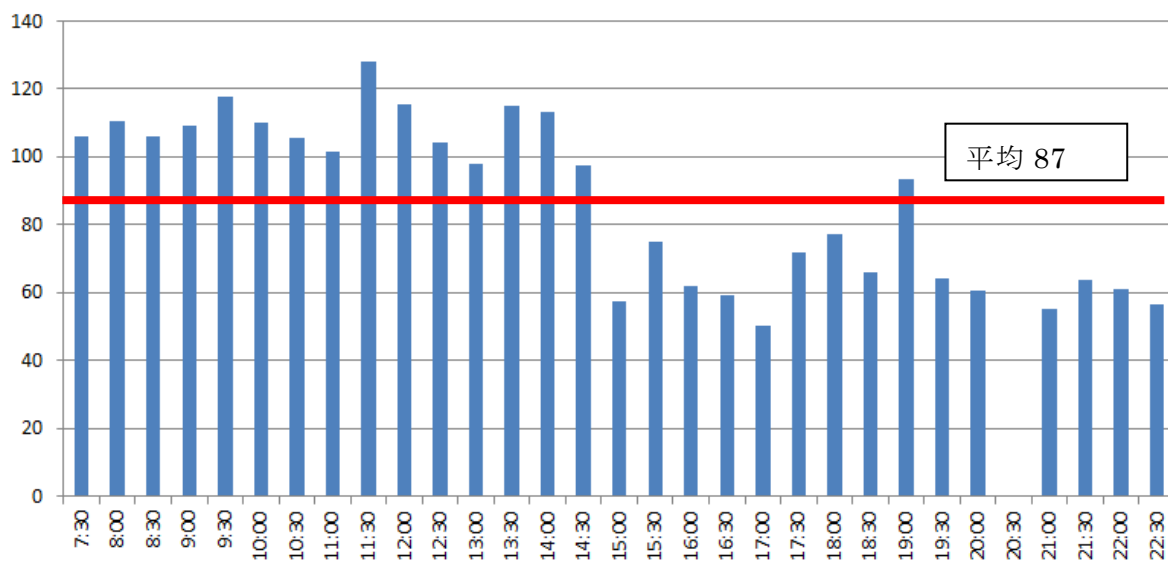


図 1.1-16 30分走行あたりのトリガ操作数頻度分布（歓楽街平均）

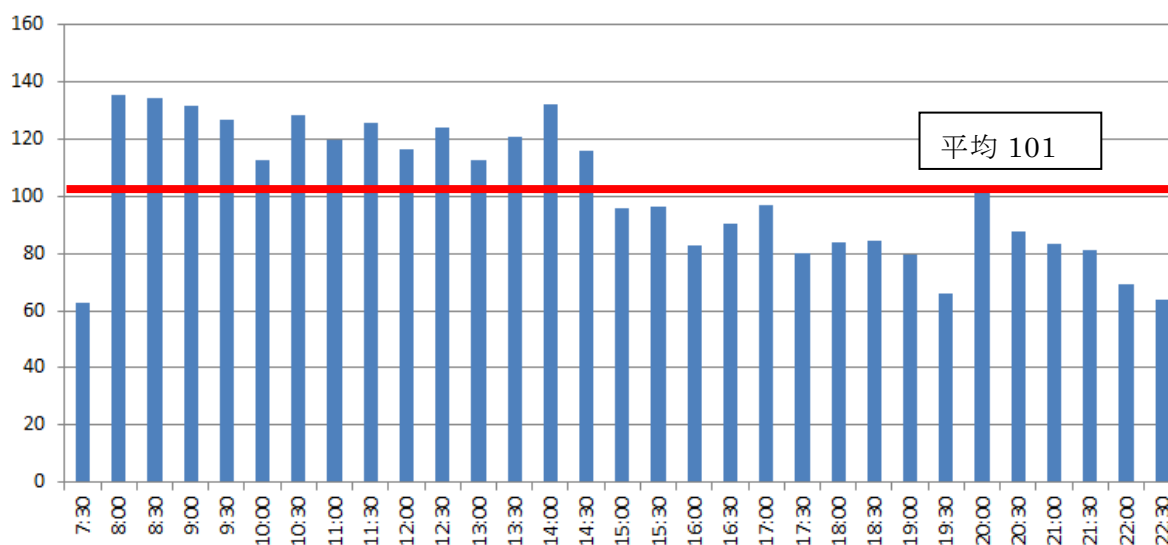


図 1.1-17 30分走行あたりのトリガ操作数頻度分布（オフィス街平均）

(iii) 歩行者、自転車割合

取得したデータの中で、市街地（蕨、武蔵小杉）、及び繁華街（渋谷）について、操作トリガに対する歩行者、自転車の割合を集計した結果を、それぞれ、図 1.1-18～19 に示す。

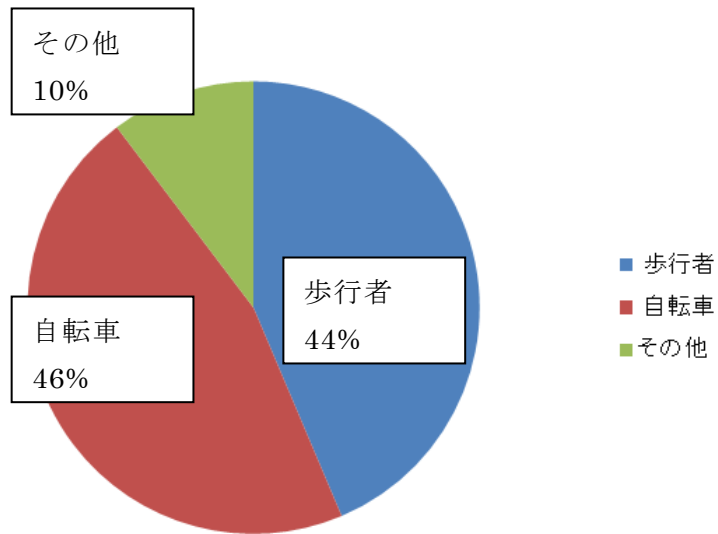


図 1.1-18 市街地の歩行者、自転車割合（蕨 2月28日）

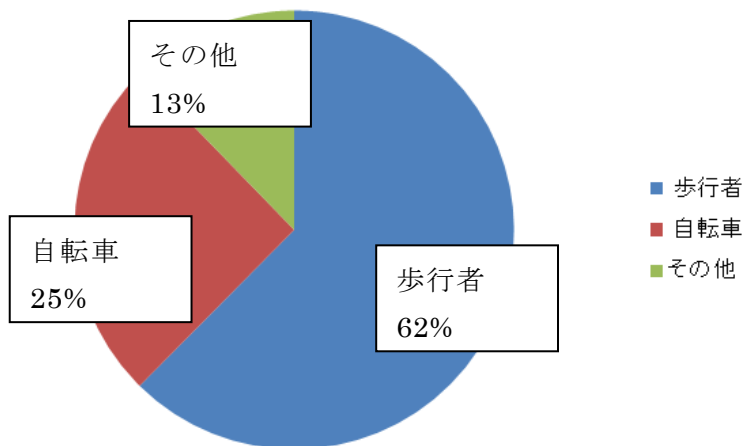


図 1.1-19 市街地の歩行者、自転車割合（武蔵小杉 3月3~4日）

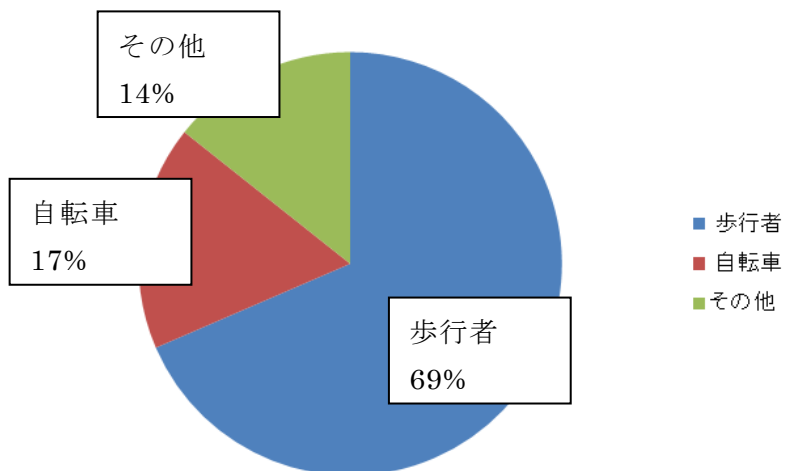


図 1.1-20 繁華街の歩行者、自転車割合（渋谷 3月2日）

③ 全体走行計画に対する歩行者取得シーン数目標とトライアル走行結果比較

1.1.1 (1) ① 映像収集時間の検討 で述べたとおり、歩行者取得シーン数の目標を、全体で6万シーンとした。ここで、トライアル走行で取得したシーン数と比較する。

表 1.1-11 より、市街地の計画走行日数を 1362 日、繁華街の計画走行日数を 114 日としている。

トライアル走行の結果、表 1.1-25 より、市街地の平均走行時間はおよそ5時間となった。また、図 1.1-15 より市街地の30分あたりトリガ数は約100トリガであり、1時間あたり200トリガとなった。従って、1日のトリガ数が1000トリガとなる。ここで、比較的歩行者割合が少ない蕨の結果（図 1.1-18 より44%）を例にとり、歩行者数を推定すると、1日440シーンとなる。市街地の走行計画を1362日としたので、市街地の歩行者全体シーン数は、約60万シーンとなる。さらに、タグ付けとして有効となるシーンを1/4と仮定（1/2が自車線側、さらにその1/2が有効なデータ）すると、15万シーンの歩行者データを取得できることになり、十分目標を達成することができる。(1)③の目標走行時間で述べた歩行者および自転車の取得シーン目標の12万シーンは達成できる見込みである。

④ トライアル走行の良かった点、および改善点

特に懸念していた、緊急対応、不測の事態、近隣住民からの問い合わせ、クレームは無かった。ステッカー類の効果があったと思われる。

事前調査を実施してルート指定を行った為、スムーズな走行ができた。今後の課題としては、フリー走行（ルートを指定しない走行）でのスムーズな走行方法を検討することである。

オペレータは後部座席に着座した状態での操作としたが、助手席に着座して、さらに車両前方の視認性を向上させると尚良い。助手席付近の操作機器のレイアウト方法が今後の課題となる。

⑤ 作業マニュアル

1.2 データ収集車両の開発 1.2.4 運用確認走行 で日々の計測開始、計測終了の操作マニュアルを添え付ける。

1.1.3 まとめと今後の課題

(1) まとめ

走行映像データベースを構築するために、歩行者取得目標600万事例を達成する走行計画（走行日数）を立案した。トライアル走行において、映像取得とトリガ操作を実施し、トリガ操作回数とトリガ操作時の操作対象（歩行者、自転車、他）を解析した結果、計画した走行日数で十分目標を達成できることが分かった。

① 走行日数計画の妥当性

走行種別（市街地、繁華街、路側構造物、サービスエリア、観光地、寒冷地）毎に走行日数を割り当て、3ヶ年の走行日数計画を立案した（表 1.1-11）。年間走行日数の最大値が 672 日であるが、6 台で運用した場合、1 台あたり 112 日となり、十分走行可能な日数といえる。

② 目標シーン数の確保

市街地走行において、1 日の操作トリガ数が 1000 トリガ（表 1.1-25、図 1.1-15 より）であり、走行計画 1362 日（表 1.1-11）と歩行者割合 44%（図 1.1-18）から、約 60 万トリガとなる。このうち、タグ付けとして有効となるシーンを 1/4 と仮定すると 15 万シーンの歩行者データを取得できることになり、目標とする 6 万シーンの歩行者データを取得可能となる。

(2) 改善案、改善計画

① 走行計画

トライアル走行では、走行計画に対して概ね計画通りの走行ができており、走行計画は妥当なものである。更なる改善点としては、拠点からデータ取得区域までの移動時、移動と共に映像データを取得することである。その効果として、特に路側構造物に対する映像データの取得時間を増加させることができると考えられる。

事前調査を実施してルート指定を行う事によりスムーズな走行を可能としたが、ルート指定せずにエリアを拡大していく方策を検討する必要がある。

② トリガ操作

トライアル走行開始前、トリガ操作のルールを 1.1.1(2)⑤映像データ取得タイミングで示した状態で実施した結果、以下の操作ルールとした方が情報量を拡充できることが分かった。

<トリガ操作ルール改善案>

- ・ 10 秒経過を待たずに、新たな対象物を発見した場合はトリガ操作を行う。
- ・ 分類仕分けボタンを用意し、対象物種類（歩行者、自転車、その他すべて）のボタンをトリガ操作の後に操作する（2 月 28 日以降のトライアル走行で追加した）。

また、今回のトライアル走行では後部座席にて操作を行ったが、助手席での操作が可能のように改良すると、前方視認性が向上し、尚良い。

1.2 データ収集車両の開発

1.2.1 データ収集システムの開発

車両に搭載するカメラ、レーザレーダ、その他の機器データを、時刻を基準に同期させて収集するシステムおよび、大容量となる複数カメラの映像データを高速に長時間（4～8時間程度）記録するデータ収集システムの開発を行う。

(1) 仕様検討・部品調査・製作指示書の作成

走行映像用データ収集車両は、高速走行下で、より遠方の障害物認識を行なうために、高速、高解像度のカメラ（1920×1080 ピクセル、フレームレート 60fps）を搭載する。また、自車と障害物の距離が近接した状況に置かれる歩車未分離の道路環境や、交差点内走行支援も考慮し、全周囲(360°)の映像取得と共に周辺障害物までの測距を死角無しに行なうことから、下記仕様を満たす機器を選定する。

- ・車両前遠方監視：画角 90 度／距離 70m までの物体を認識可能
- ・車両周辺監視：車両周囲 360 度／車両外側面 20m までの物体を認識可能
- ・走行車両情報：取得可能な走行状況
- ・位置情報：記録時の位置情報(緯度／経度／高度)
- ・取得時刻：記録時の時刻
- ・走行データ保管：1 日(4~8 時間)走行カメラ映像をリアルタイム記録

① カメラ選定

(i) カメラ要求仕様

- ・夜間など暗い環境下撮影映像で物体識別、タグ付け作業が可能なこと
- ・車両前遠方：画角 90 度以上、70m 先の人識別可能な解像度
- ・車両周辺：複数カメラを用いて全周囲 360 度監視
- ・カメラ撮影時のデータが劣化せず、状態復元可能なこと
- ・車両への取り付けが容易であること

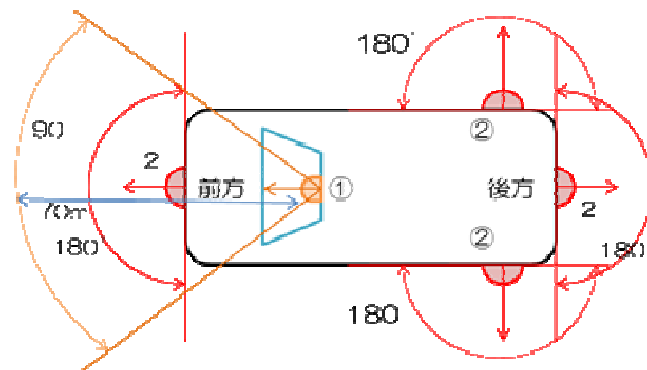


図 1.2-1 カメラ撮影画角イメージ図

上記からのカメラ選定基準を下記に示す。

なお、データ収集システムを容易に構築するため、車両前遠方監視および車両周辺監視で同機種カメラを選定する。画角に対しては異なるレンズを利用することで対応する。

表 1.2-1 カメラ選定基準

解像度	1920×1080 以上
フレームレート	60fps 以上
シャッター	グローバルシャッター
アイリス制御	マニュアル
モノクロ/カラー	カラー
記録フォーマット	RAW データ出力
ダイナミックレンジ	夜間撮影画像にて確認
画素ビット長	夜間撮影画像にて確認
出力インターフェース	艀装配線の為の車内引き回しが容易
同期機構	外部同期制御可能

(ii) カメラ性能比較

(a) イメージセンサ比較

イメージセンサとして、CMV2000@CMOSIS と、IMX174@SONY を候補とした。性能比較結果を下記に示す。

表 1.2-2 イメージセンサ候補機能一覧

品名	CMV2000	IMX174
メーカー	CMOSIS	SONY
画素数	2048×1088	1920×1200
画素サイズ	5.5×5.5μm	5.86×5.86μm
シャッター	Global	Global
センササイズ	2/3"	1/1.2"
フレームレート	70fps	120fps
量子効率	53%	76%
ダイナミックレンジ	53dB	73dB
読み出しノイズ	16.8 e-	6.8 e-
モノクロ/カラー	カラー	カラー
搭載カメラ	IF,メーカーを選ばず 産業用カメラが多数あり	PointGrey/東芝テリー/iDS USB3.0 カメラ

(参考) 車両前遠方監視用 90 度画角レンズ「LM6HC」を使用した場合の画角
 CMV2000 : 89.23×53.04 度
 IMX174 : 89.16×61.32 度

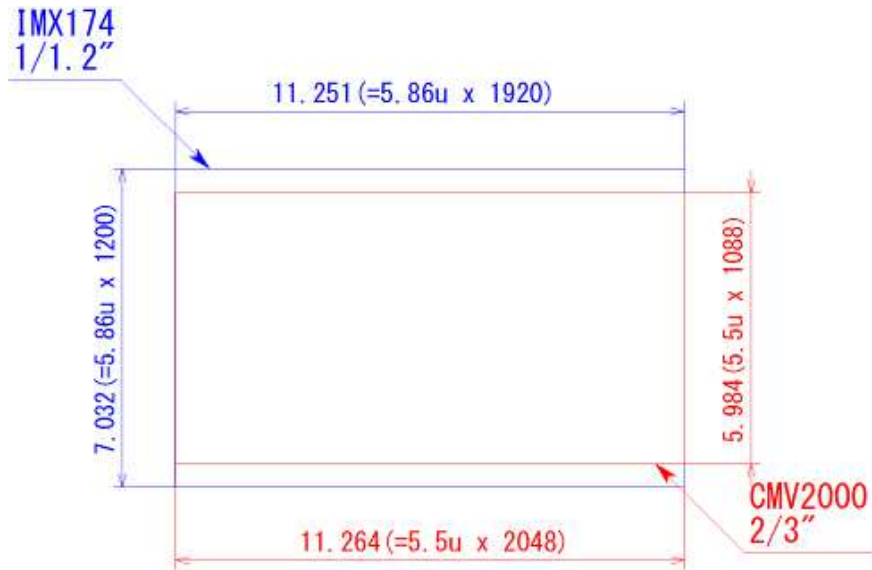


図 1.2-2 イメージセンササイズ比較

表 1.2-3 シャッター速度/Gain による映像比較

	CMV2000	IMX174
Exposure:2mS Gain:0dB		
Exposure:1mS Gain:12dB		

【撮像素子】

- ・ CMOSIS CMV2000
使用カメラ：Aprolink ADP2M-C-CL
- ・ SONY IMX174
使用カメラ：Pointgrey GS3-U3-23S6C-C

【試験概要】

- ・ 壁にチャートを貼り、撮影条件を変えて2台のカメラで撮影
- ・ レンズは Fujinon HF25HA-1B (25mm) を使用し、壁までの距離は約 60cm
- ・ 撮影したチャートの大きさは A4 サイズ
- ・ カメラメーカーが異なるため、以下の手順で画像の明るさを揃えた
 - －カメラゲインを 0dB に設定
 - －光時間（シャッター速度）を 7msec に設定
(ADP2M-C-CL の露光時間が離散値しか設定できないため 7msec に設定)
 - －2台のカメラ画像の色合いが同等となるように（目視で）ホワイトバランスを調整
 - －2台のカメラ画像の明るさが同等になるように（目視で）レンズの絞り値を調整

【画像比較結果】

- ・ Exposure :2msec、Gain:0dB で、中央部にライトを照射
IMX174の方が周辺までよく見えている
- ・ Exposure :1msec、Gain:12dB
IMX174の方が周辺までよく見えている
(ゲイン設定は、ADP2M-C-CL が最大 12dB、GS3-U3-23S6C-C が最大 18dB であるため、12dB で比較)

センサのスペックや実際の映像を比較した結果、ダイナミックレンジの広さ、読み出しノイズの少なさなど IMX174の方がCMV2000よりも優れており、夜間も含めた高画質を期待できる。また、素子の横方向のサイズはほぼ同じだが、縦方向のサイズの画素数が多いこともあり、大きくなっているため、上下方向の画角も広くなる。

実際の映像比較においても IMX174の方がよく見えており、スペックの高さが実証された。このことから、性能が高い IMX174 を選定した。

(b) カメラ比較

前項イメージセンサに適合するカメラを選定候補対象とする。

東芝テリー製は IMX174 を搭載しているが、画素の出力ビット数が 8 ビットのため、比較対象から外した。

インタフェースは高画素、高フレームレートに対応した USB3.0(Universal Serial Bus)、CameraLink、Coaxpress の中から現状のカメラの入手性、価格、将来性のバランスから USB3.0 を選択した。下記のカメラを選定候補とし、機能比較を行った。

- ・ UI3060CP-C-HQ／UI-3360CP-C-HQ @iDS
- ・ GS3-U3-23S6C-C／GS3-U3-41C6C-C @PointGrey

表 1.2-4 カメラ候補機能一覧

品名	UI3060CP-C-HQ	UI-3360CP-C-HQ	GS3-U3-23S6C-C	GS3-U3-41C6C-C
メーカー	iDS		PoinGrey	
画素数	1920x1200	2048x1088	1920x1200	2048x2048
センサ	IMX174	CMV2000	IMX174	CMV4000
フレームレート	160fps	152fps	162fps	90fps
IR カットフィルタ	有			
レンズマウント	C			
信号出力 I/F	USB3.0			
外形 (WxHxL)	29x29x29mm		44x29x58mm	
課題	新製品のため、在庫が無く、早急に手配が必要	ダイナミックレンジが狭い	5m ケーブルが固く、艱装配線が困難。ホストコネクタ側の接触不良原因になりやすい	←ダイナミックレンジが狭い

ベンチマークの結果、PointGray のカメラはケーブル配線が固く、艱装配線時の課題があるため、UI3060CP-C-HQ@iDS のカメラを選定した。

(c) レンズ比較

車両前遠方監視用レンズと車両周辺監視用レンズの 2 種を選定する。

前項カメラに適合するレンズとして、センササイズが大きいため、適合センササイズは 1 インチ用レンズを選定した。

車両前遠方監視用レンズは画角 90 度以上、車両周辺監視用レンズは画角 180 度以上の C マウントレンズを候補対象とする。

表 1.2-5 レンズ候補機能一覧

用途	遠方監視 画角 90°		周辺監視
品名	LM6HC	VS-0618H1	FE185C086HA-1
メーカー	KOWA	VST	FUJIFILM
センササイズ	1"	1"	1"
焦点距離	6mm	6mm	2.7mm
解放 F 値	F1.8	F1.8	F1.8
画角(水平)	96.8°	94.8°	185°
アイリス制御	マニュアル	マニュアル	マニュアル
レンズマウント	C	C	C
歪曲収差	-0.2%	-0.19%	(魚眼)
振動対策	ロック機構		
外形	Φ54x56.2mm	Φ64.5x57.2mm	Φ56.5x52.2mm
質量	216g	200g	160g

ベンチマークの結果、車両前遠方監視用レンズは LM6HC@KOWA、車両周辺監視用レンズは FE185C086HA-1@FUJIFILM を選定した。

屋外を撮影するため、本来ならばオートアイリス機能を持つことが望ましいが、上記スペックを満たしたオートアイリスレンズが無く、FujiFilm 製で 90 度画角のオートアイリス機能を持ったレンズがあり、カスタム開発の検討も行ったが、本来 CCD(Charge-Coupled Device)用のレンズのため、プリズムを追加する必要があり、その構造が選定したカメラの構造へも影響するため、今回は採用しないこととした。

オートアイリス機能については、今年度で撮れた映像の品質と合わせた 27 年度の検討課題とする。

(iii) カメラ選定まとめ

車両監視用カメラおよびレンズとして、下記の機器を選定した。

表 1.2-6 カメラ選定結果

対象製品	選定製品名	選定理由
イメージセンサ	IMX174@SONY	ダイナミックレンジが広い 読み出しノイズが少ない 夜間映像表示が優れている
カメラ	UI3060CP-C-HQ@iDS	高フレームレート対応 臙装配線がしやすい
90 度レンズ (車両前遠方監視用)	LM6HC@KOWA	
180 度レンズ (車両周辺監視用)	FE185C086HA-1@FUJIFILM	

なお、夜間の映り込み評価（ダイナミックレンジ/bit 長/Gain 調整/シャッター速度）、配線関係、インタフェース、シャッター速度による映像・外部同期・保存時タイムスタンプなどについては、事前実験および車両搭載後に評価を行う。

② レーザレーダ選定

(i) レーザレーダ要求仕様

カメラで捉えた対象物までの距離情報としてレーザレーダ情報を利用する。そのため、レーザレーダの要求は下記のようにカメラと同等とする。

- ・車両前遠方：画角 90 度以上、70m までの測距可能
- ・車両周辺：複数レーザを用いて全周囲 360 度監視

上記要求仕様より、レーザレーダ選定基準を下記のように定める。

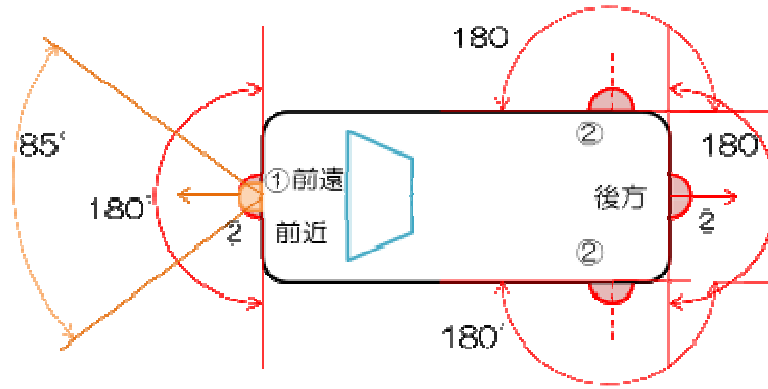


図 1.2-3 レーザレーダスキャン角度イメージ図

表 1.2-7 レーザレーダ要求仕様

項目	仕様(前遠方)	仕様(周辺)	条件
測定距離	70m 以上	20m 以上	捕捉対象物位置による
レイヤ数	4 以上	1 以上	車両挙動によらず対象物補足可能
スキャン角度	85°以上	180°以上	各レンズ画角(90°,185°)と同等
角度分解能	0.5°以下	0.333°以下	対象物補足可能
スキャン回数	50Hz 以上		カメラフレームレート(60fps)に近い回数
測定誤差	±10%以下	±10%以下	画像解析正解値として実用に耐えうる こと
同期入力	外部同期有		画像撮影タイミング同期可能
環境仕様			屋外環境に耐えうること
動作温度	-30~50℃		
保管温度	-30~70℃		
保護クラス	IP67 以上		屋外環境に耐えうること
外形	200x200x200mm 以下		車両取り付け時に支障なきこと
質量	4kg 以下		車両取り付け時に支障なきこと

(ii) レーザレーダ性能比較

(a) 前遠方監視用レーザレーダ性能比較

車両前遠方監視用レーザレーダは、車体上下ブレが遠方監視へ与える影響が大きいことを考慮し、4レイヤ以上の機能を有する機器を選定候補とする。

LD-MRS@SICK と LUX2010@IBEO を選定候補とし、性能比較を行った。

表 1.2-8 車両前遠方監視用レーザレーダ機能比較結果

項目	仕様	LD-MRS(SICK)	LUX2010(IBE0)
測定距離	100m 以上	○ 0.3-200m (average) 50m(反射率 10%)	○ 0.3-200m (average) 50m(反射率 10%)
レイヤ数	4 以上	○ 4	○ 4
スキャン 角度	85°以上	○ 85°	○ 85°
角度分解能	0.5°以下	○ 0.5°(50Hz) /0.25°(25Hz) /0.125°(12.5Hz)	○ 0.5°(50Hz) /0.25°(25Hz) /0.125°(12.5Hz)
スキャン回数	50Hz 以上	○ 50/25/12.5Hz	○ 50/25/12.5Hz
同期入力	外部同期有	○ 有	○ 有
環境仕様 動作温度 保管温度	-30～50℃ -30～70℃	○ -40～70℃ -40～95℃	○ -40～85℃
保護クラス	IP67 以上	○ IP69k	○ IP69k
外形	200x200x200m m 以下	○ 164.5 mm x 88 mm x 93.2 mm	○ 164.5 mm x 88 mm x 93.2 mm
質量	4kg 以下	○ 1kg	○ 1kg

性能としては同じであるため、価格および日本の対応メーカーを所有している LD-MRS@SICK を選定する。

(b) 周辺監視用レーザレーダ性能比較

車両周辺監視用レーザレーダは近距離計測であるため、車体上下ブレが周辺監視へ与える影響周辺監視は小さいことを考慮し、1 レイヤでの機能を有する機器を選定候補とする。LMS511@SICK と UXM-30LXH-EWA@北陽を選定候補とし、性能比較を行った。

表 1.2-9 車両周辺監視用レーザレーダ機能比較

項目	仕様	LMS511(SICK)	UXM-30LXH-EWA (北陽電機)
測定距離	30m 以上	○ 40m(反射率 10%) 80m(反射率 100%)	○ 30m 80m(反射率 90%)
レイヤ数	1 以上	○ 1	○ 1
スキャン 角度	180°以上	○ 190°	○ 190°
角度分解能	0.333°以下	○ 0.333°(50Hz) /0.25°(35Hz) /0.167°(25Hz)	○ 0.125°
スキャン 回数	50Hz 以上	○ 100Hz/75Hz/50Hz /35Hz/25Hz	× 20Hz
測定誤差	100mm 以下	○ 50mm	○ 50mm
同期入力	外部同期有	○ 有	× 無
環境仕様 動作温度 保管温度	-30～50℃ -30～70℃	○ -30～50℃ -30～70℃	○ -30～50℃
保護クラス	IP67 以上	○ IP67	○ IP67
外形	200x200x200mm 以下	○ 160 mm x 155 mm x 185 mm	○ 124 mm x 126 mm x 150mm
質量	4kg 以下	○ 3.7kg	○ 1.2kg

スキャン回数と同期入力の比較結果より、車両周辺監視用レーザレーダは LMS511(SICK 社製)を選定した。

(iii) レーザレーダ選定まとめ

車両前遠方および周辺用のレーザレーダは下記を選定した。

表 1.2-10 レーザレーダ選定結果

対象製品	選定製品名	選定理由
車両前遠方監視用レーザレーダ	LD-MRS@SICK	4 レイヤ対応機器 価格
車両周辺監視用レーザレーダ	LMS511@SICK	スキャン回数、外部同期に対応

事前実験および搭載後評価において、外部同期・保存時タイムスタンプばらつき、ミラ一回転ズレ、到達距離・反射率・測距精度・画角などの評価を行う。

③ 容量ストレージ選定

(i) 大容量ストレージ要求仕様

車両でのデータ収集は、高解像度カメラデータを 1 日最大 8 時間記録するため、高速な書込み速度と大容量なストレージが必要となる。また、車両計測結果を保存する PC は振動が大きいいため、耐衝撃性が必要となる。そのため、車両内データ保存には、振動に強く、読書速度が高速な SSD(Solid State Drive)を選定する。

上記からの大容量 SSD 選定の要求仕様を下記に示す。

表 1.2-11 SSD 要求仕様

項目	仕様	条件
フォームファクタ	2.5inch	車載機器の小型化
インタフェース	SATA 6Gbps	一般的な PC が備えるインタフェースであること
容量	3TB 以上	一般的な PC が備える SATA インタフェースの数(システムディスク用を除き、3port)でカメラ 1 台、1 日分の容量 5TB 以上が接続できること ※このため、1TB では実現不可能
読取・書き込み速度	250MB/s 以上	2 台並列書き込みで 1 秒間(60frame) の画像データ 250MB を処理するのに 2 倍の余裕があること
環境仕様 動作温度 保管温度	0~55℃ -40~90℃	車載でのデータ収集に耐えうること
振動(動作時)	2GRMS 以上	車載でのデータ収集に耐えうること
衝撃(動作時)	100G 以上	車載でのデータ収集に耐えうること
消費電力	7W 以下	HDD 以下で可能な限り省電力が望ましい

(ii) 大容量ストレージ性能比較

SSD-3000M@Fixstars と SDLLOC DR-038T-5CAI@SunDisk を SSD 選定候補とし、性能比較を行った。

表 1.2-12 SSD 機能比較

項目	仕様	SSD-3000M (Fixstars)	SDLLOC DR-038T-5CAI (SanDisk)
フォームファクタ	2.5inch	○ 2.5inch	○ 2.5inch
インタフェース	SATA 6Gbps	○ SATA 6Gbps	△ SAS 6Gbps
容量	3TB 以上	○ 3TB	○ 4TB
読取・書き込み速度	250MB/s 以上	○ 350MB/s	○ 400MB/s
環境仕様 動作温度 保管温度	0~55℃ -40~90℃	○ 0~55℃ -55~95℃	○ 0~70℃ -40~90℃
振動(動作時)	2GRMS 以上	○ 2.17GRMS	○ 2.17GRMS
衝撃(動作時)	100G 以上	○ 400G (1000G 試験中)	○ 1000G
消費電力	7W 以下	○ 5W	○ 7W

価格と納期の比較結果より SSD-3000M(Fixstars 社製)を選定した。1 日で 8 時間の記録を実現するためには 6TB の容量が必要となる。撮影ソフトウェアでは 4 ドライブまでの並列書き込みに対応しているため、1.5TB 以上の容量を持った SSD が必要となる。性能、価格、入手性の面から SSD-3000M(Fixstars 社製)を選定した。

(iii) 大容量ストレージ選定まとめ

大容量ストレージは 3TB 以上の大容量かつ、SATA(Serial AT Attachment)のインターフェースに対応している SSD-3000M@Fixstars を選定した。

ただし、車載搭載実績のある SSD は無いため、事前実験／搭載後において、読み込み・書き込み速度評価／長時間耐久評価／振動評価(車載搭載)／SATA インターフェース評価を行う。

④ 輸送用 NAS(Network Attached Storage)選定

(i) 輸送用 NAS 要求仕様

車両で収集した日毎の膨大なデータをデータセンタへ輸送するための大容量ストレージシステムを選定する。データセンタへは週毎の輸送を想定しているため、1週間分のデータ保存容量が必要となり、かつ円滑な車両基地書き込み、データセンタ読み込み用の高速インターフェースを持つことが必要となる。

上記より、NAS には大容量と高速性が求められる。

(ii) 輸送用 NAS 性能比較

TS-EC1080Pro、SS-EC2479U-SAS-RP、TS-EC1280U-R を NAS の選定候補とした、性能比較結果を下表に示す。

表 1.2-13 NAS 性能比較

品名	メディア	最大容量	サイズ・質量	IF	課題／利点
TS-EC1080Pro	3TB SSDx10	30TB (RAID0)	218(H)x327(W) x321(D) mm 13.7kg	10GbEx2	△19 インチラック に 2 台並ばない △冗長性が無い △1 日分の容量 ○R/W 速度が速い
	6TB HDDx10 +mSATA	48TB (RAID5)	218(H)x327(W) x321(D) mm 20.3kg	10GbEx2	△重い △19 インチラック に 2 台並ばない △1 日～2 日分の 容量
SS-EC2479U -SAS-RP	3TB SSDx20	60TB (RAID0)	88(H)x439(W) x520(D)mm 13.6kg	10GbEx2	○19 インチラック に設置 ○R/W 速度が速い ○軽い △24 ドライブまで 追加可能
TS-EC1280U-R	6TB HDDx12	60TB (RAID6)	88(H)x443(W) x531(D)mm 23.5kg	10GbEx2	○19 インチラック に設置 △R/W 速度が SSD に比べて遅い △重い

(iii) 輸送用 NAS 選定まとめ

現状の NAS は 60TB の容量が上限となる、インタフェースは高速で汎用性のある 10Gbit イーサネットを選定した。また、データセンタ側での省スペース化を考慮し、筐体は 19 インチラックに収められるラックマウントタイプを選定した。

内蔵ディスクは基本的に HDD(Hard Disk Drive)を使用するが、1 周間のデータ量が一時的に増大することや、運用面でより短時間で処理する必要性が想定されることから、一部は SSD を使用する。

この条件から、HDD を内蔵する NAS は「TS-EC1280U-R」、SSD を内蔵する NAS として「SS-EC2479U-SAS-RP」を選定した。

表 1.2-14 輸送用 NAS 選定結果

対象製品	選定製品名	選定理由
HDD 内臓 NAS	TS-EC1280U-R	19 インチラック搭載可能 60TB と容量が大きい
SSD 内臓 NAS	SS-EC2479U-SAS-RP	19 インチラック搭載可能 60TB と容量が大きい R/W 速度が速い

⑤ センサ同期システム仕様

カメラ、レーザレーダ、その他機器データを時刻基準で同期収集させるため、記録時のセンサ機器の同期を行うシステム構成として同期回路を作成する。

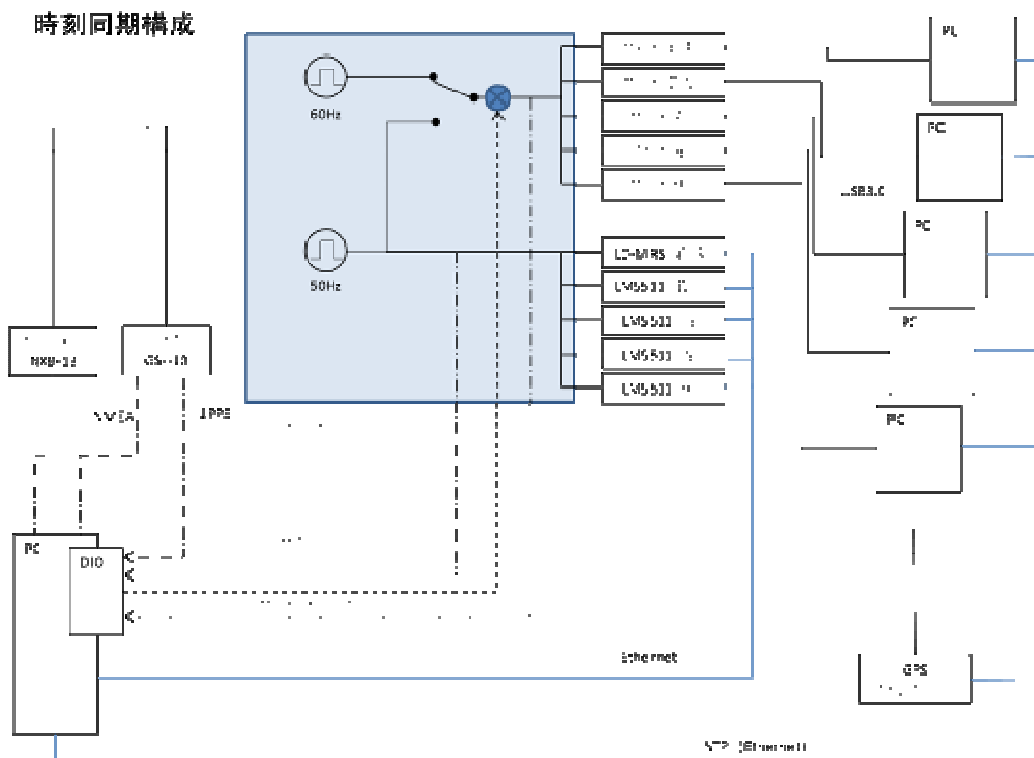


図 1.2-4 時刻同期構成

トリガ系の構成は以下の通り。

- ・ 基本的にはトリガ発生器がすべての撮影・計測タイミングを決定する。
- ・ 秒あたりの撮影頻度は50Hzまたは60Hz、レーザ計測頻度は50Hzとする。
- ・ 全PCはGPS(Global Positioning System)タイムサーバからのNTP(Network Time Protocol)情報を利用して、NTP精度で同期して動作する。
- ・ 全体用PCに対して、GPS装置より1PPSで毎正秒にパルスが発生し、GPS時刻とNTP時刻のずれを常時計測する。
- ・ 全体用PCで、レーザデータと計測時刻を保存する。
- ・ カメラ用PCについてはNTP時刻と画像の関連付けを行う。

⑥ その他選定機器について

(i) GPS 精密位置計測&1PPS発生用 (高精度位置の測定用)

(ii) GPS タイムサーバ (システムのタイムスタンプ基準用)

(iii) 業務用カーナビ (GPS不測時等のMAPマッチング用)

- ・ GPSタイムサーバから全PCにEthernetで接続する。
- ・ レーザ群からのデータ接続については同一のセグメントを使用するか、別セグメントを用意するかについてはデータ量と遅延を見て決定する
- ・ 1PPSの信号を発生するGPS装置については、他の位置計測用GPSと兼用とする。また、下記の機器がGPS関連機器として用意されている。

(2) 事前実験評価

各選定機器を用いて、事前の単体実験評価を行った。

① カメラ事前評価

夜間撮影時は周囲が照度不足しているため、撮影対象物が判断できない可能性がある。ほぼ真っ暗であった夜間撮影映像から明るさ調整をおこなった上での対象物判別ができることを目標に、撮影時の最適条件の調査と撮影時課題について事前評価を行う。

(i) Gain 値/bit 長の映像評価

選定カメラおよびレンズを用いて、Gain 値/bit 数のパラメータ値を振り、映像評価を行った。

表 1.2-15 撮影条件

天候	夜間 小雨
絞り	開放
シャッター速度	16ms
評価レンズ	LM6HC (90度) / FE185C086HA-1 (180度)
カメラ	GS3-U3-23S6C-C
イメージセンサ	IMX174











表 1.2-16 評価パラメータ

Bit 長	10bit/12bit
Gain	1/2/4/8/16 倍
確認方法	保存データをカラーPNG(Portable Network Graphics)で確認

表 1.2-17 前遠方監視用レンズ（画角 90 度）映像確認結果

明度	1 倍	2 倍	4 倍	8 倍	16 倍
12bit					
10bit					

表 1.2-18 周辺監視用レンズ（画角 180 度）映像確認結果

明度	1 倍	2 倍	4 倍	8 倍	16 倍
12bit					
10bit					

(ii) カメラ評価まとめ

(a) 考察

Gain 上昇は画像内の情報量損失となるため、低い Gain 値で映像が鮮明に見えることが望ましい。

10bit/12bit データで比較すると、画像を鮮明に把握するために必要な Gain 値は、10bit データでは 8 倍程度必要であるのに対し、12bit データは 4 倍程度で鮮明な映像判断ができることがわかる。また、下位 bit の影響差が出る明度 16 倍の画像内の数カ所に対し、bit 単位画像比較を行ったが、ノイズレベルやバックグラウンドレベルはほぼ同一であった。

(b) 結論

撮影データは、画像情報損失を可能な限り少なくするため、本システムでは 12bit RAW データ保存とし、撮影時は情報損失が無い Gain 値 0 で撮影を行い、明るさが不足している場合には、データ取得後の画像処理側で Gain を上げた画像確認を行う。

(c) 課題と対策

Gain 値 0 で撮影を行う場合、撮影中の映像が暗くなってしまうため、ディスプレイ上での撮影状況把握が困難となる。この場合、シャッター速度を変えることによって明るさの調整を行う。

シャッター速度を遅くすることで、画像のブレの影響が懸念されるため、実際の車両計測時にシャッター速度変更による画像影響度の評価を行うこととする。

② レーザレーダ事前評価

レーザレーダ機器を用いて距離計測ができることを評価した。

(i) 周辺監視用レーザレーダ測距評価

周辺監視用 1 レイヤ用レーザレーダ LMS511 において、認識物体位置情報が取得できることを目標とし、測距対象物の距離と位置が正しく取得できているかを確認した。

レーザ対象範囲内に対象物として段ボールを用いた。レーザレーダから 2m 離れた箇所へ斜め方向に配置し、データ受信結果として角を認識できているかを確認した。

確認用ソフトウェアは SICK 社の SOPAS を利用し、測距結果を画面表示する。

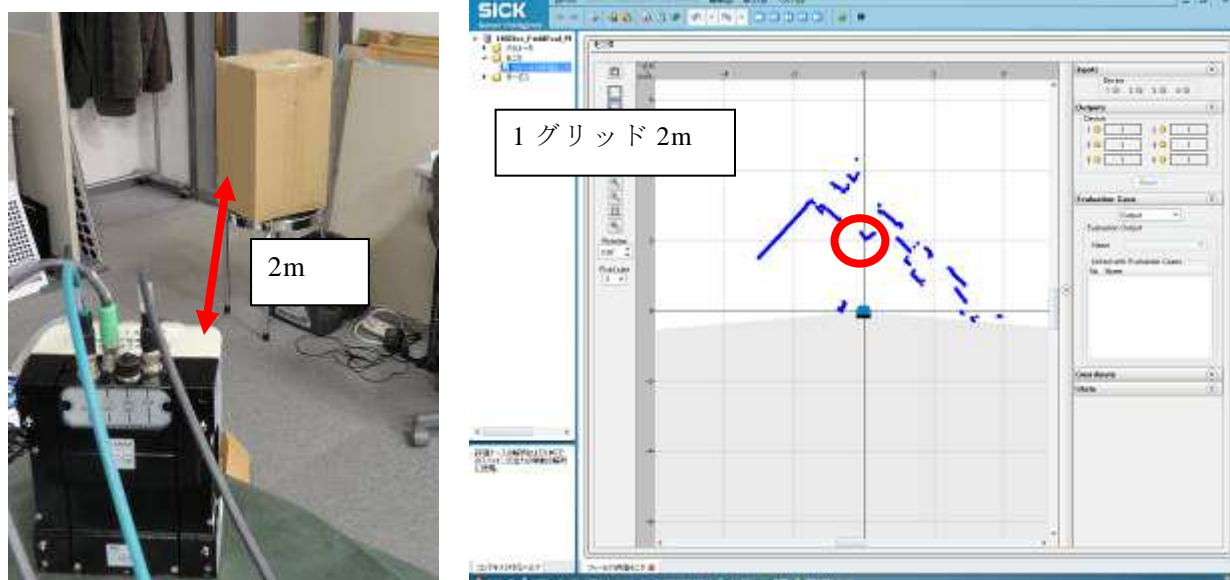


図 1.2-5 LMS511 事前評価

測距結果画像を確認すると、前方 2m の正面に、段ボールの角が認識されており、距離、形状が正常に受信できていることがわかる。また、右方向 0 度以下の箇所においても物体認識が確認できる。

以上より、1 レイヤの測距データとしては正常に受信できていることが確認できた。

(ii) 前方監視用レーザーレーダ測距評価

前方監視用 4 レイヤ用レーザーレーダ LD-MRS において、計測対象物体位置情報が取得できることを目標とし、測距対象物の距離と位置が正しく取得できているかを確認した。レーザー対象範囲内に対象物として段ボールを用いた。レーザーレーダから 2m 離れた箇所へ斜め方向に配置し、データ受信結果として角を認識できているかを確認した。

確認用ソフトウェアは SICK 社の SOPAS を利用し、測距結果を画面表示する。

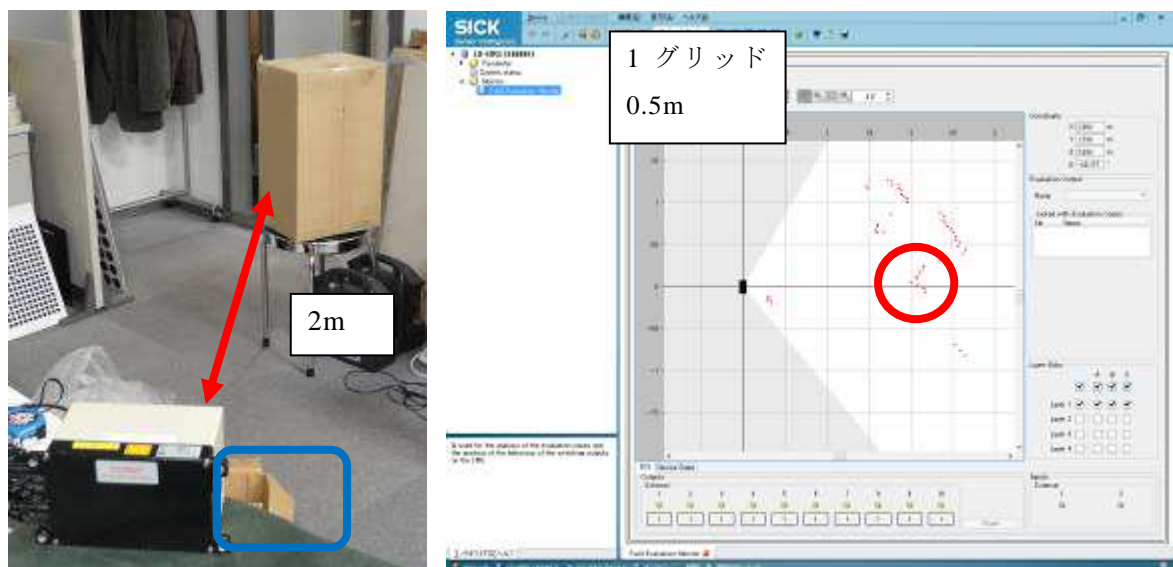


図 1.2-6 LD-MRS 事前評価

測距結果画像を確認すると、前方 2m の正面に、段ボールの角が認識されており、距離、形状が正常に受信できていることがわかる。また、レーザー配置台下部にあるダンボールも認識できていることから下方向に対しての物体認識が確認できる。

以上より、4 レイヤの測距データとしては正常に受信できていることが確認できた。

(ii) レーザレーダ評価まとめ

(a) 結論

測距データについては 1 レイヤ、4 レイヤ共に問題なく受信できていることが確認できたため、距離データを用いたソフトウェア開発を進める。

(b) 課題

- ・ 周辺監視では 4 台の機器情報をマージして表示する予定であるが、統合評価時に対応

する。

- ・測距データの天候による影響が課題となるが、屋外における評価については、車両搭載後に行う。

③ SSD 評価

SSD では長時間の撮影データに倒し、取りこぼしなく録画できることが重要となる。そのため、書き込み速度評価および長時間動作評価を行い、今回のデータ収集システムに耐えうるかの評価を行う。

選定した **FIXSTARS SSD 3000M** を用いて、読み込み速度評価/書き込み速度評価/書き込み方式評価/長時間動作評価を行った。データ収集撮影においてはカメラ映像が大容量・高速化の課題となるため、映像に着目して評価を行う。

目標とする最低書き込み速度は

$$1920[\text{pix}] \times 1200[\text{pix}] \times 2[\text{Byte}] \times 60[\text{fps}] = 276.480,000[\text{MB/s}]$$

であるが、より安定したディスクへの高速書き込みを確保するため、複数台ディスクへの分散書き込みのを行う既存技術を活用する。今回は 2 台のディスクへの分散書き込みを行うことにすると

$$276,480,000[\text{MB/s}] / 2 = 138.240,000[\text{MB/s}]$$

が目標書き込み速度となる。

※RAW12bit は 2byte で処理されるとして計算

また、長時間記録確認は、1 日 4 時間以上で計算すると、

$$1920[\text{pix}] \times 1200[\text{pix}] \times 2[\text{Byte}] \times 30[\text{フレーム}] \times 4[\text{時間}] \times 60[\text{分}] \times 60[\text{秒}] = 1,990,656 [\text{MB}] \doteq 2[\text{TB}]$$

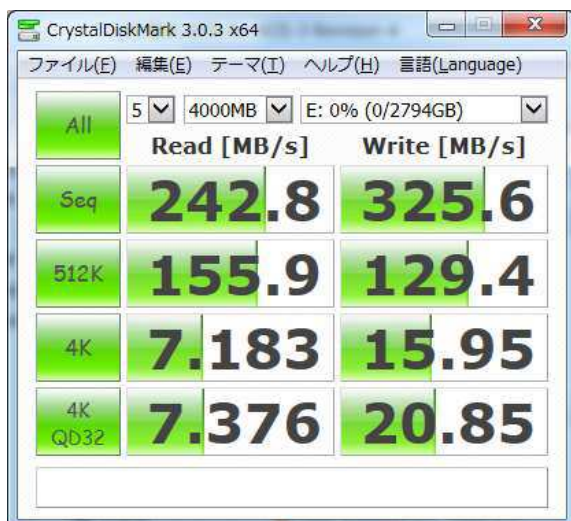
となる。

そのため、SSD の事前評価目標は、1920x1200 12bit 60fps を SSDx2 へ 4 時間以上分散書き込みを実施し、取りこぼし、エラーなく画像保存できることを目標とした。

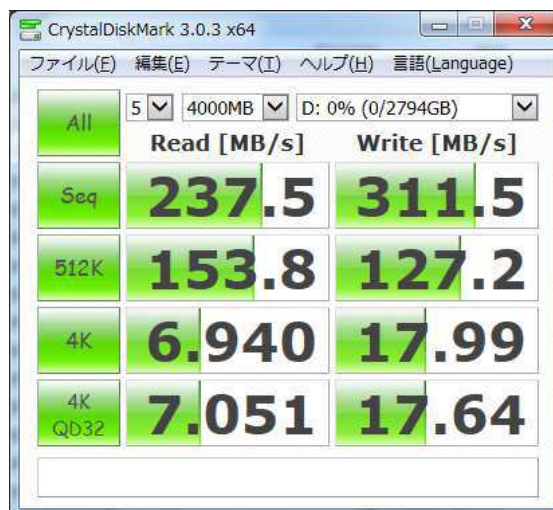
(i) 読み込み速度評価

利用ポートの違いによって読み書き速度が影響を受けるかの評価と、基本速度が間に合うかについて評価を行う。マザーボードの SATA ポート利用時と、拡張 SATA ポート利用時の 2 種の環境におけるディスクアクセス速度評価を行った。

速度評価結果を下記に示す。



マザーボードの SATA ポート接続



拡張 SATA ボードに接続

図 1.2-7 ディスクアクセス速度結果

読み書き共に目標の 138MB/s 以上の速度がでていたため速度的には問題ないことを確認した。

(ii) 書き込み速度評価

分散書き込み実施時に、映像取りこぼし、エラーが発生しないことの評価および、高速化手法の確認として、最適な書き込み方式の評価を行う。

カメラ撮影アプリを起動して、60fpsでの撮影/書き込みを、4台のSSDへ分散書き込みを2時間実施し、遅延なく画像保存できるかの評価を行った。

合計431,603フレームを撮影し、FIXSTARS SSD 3000M 2台と、SAMSUNG 850Pro 2台の合計4台のSSDへ、それぞれ107,908枚、448GBの画像をエラーなく保存できた。また、30fpsでFIXSTARS SSD-3000M 2台へ分散保存を1時間実施し、問題なく保存が行えることを確認した。

さらに、SSD書き込みソフトウェアで、書き込み方式を変えた速度評価を行った。ファイルの書き込み方式は、WriteFile (Windowsのキャッシュあり)、WriteFile (Windowsのキャッシュなし)、fwrite の3方式でそれぞれ行い、書き込み速度を比較した。

比較書き込みは、iDS社製カメラ撮影と同等画像で行い、評価画像は、横2048 pixel x 縦1088 pixel x 2Byte (12Bit撮影のため) で4.25MB、60fpsで3600枚、合計14.9GBの書き込み(1分間相当)を行い、書き込み時間を測定した。

評価用PCは、CPU Intel Core i5 46703.4GHz (4コア)、メモリ8GB、チップセットIntel Q87 Express、追加コントローラチップMarvell88SE9230。OSはWindows7 SP1 64Bit。

ドライバは、Q87 ExpressがIntel Rapid Storage Technology 12.9.0.1001、Marvell 88SE9230がMarvell社製ドライバ1.2.0.1027を使用した。

FIXSTARS SSD-3000Mは、マザーボードと拡張SATAボードに1台ずつ接続した。
SSD書き込み速度評価の結果および、アプリ2個を同時実行した結果を以下に示す。

表1.2-19 Q87 Expressに接続した個体（シリアル 12）

	Q87 Express(シリアル12)		Marvell 88SE9230(シリアル11)	
	保存時間 (秒)	保存速度 (MB/秒)	保存時間 (秒)	保存速度 (MB/秒)
Fwrite	99.54	153.71	123.29	124.10
WriteFile (キャッシュあり)	95.55	160.13	86.20	177.49
WriteFile (キャッシュなし)	57.20	267.48	58.28	262.53

表 1.2-20 書き込み実行時間

	fwrite		WriteFile(キャッシュなし)	
	保存時間 (秒)	保存速度 (MB/秒)	保存時間 (秒)	保存速度 (MB/秒)
Intel Q87 Express	100.06	152.91	55.15	277.43
Marvell 88SE9230	145.35	105.26	71.26	214.71

4 台の分散書き込条件であれば、現在の撮影仕様で書き込み速度が十分間に合うことが確認できた。Windows のキャッシュが効いている場合に比べ、Windows のキャッシュを使用せずに書いた方がかなり早い結果となったため、書き込み時は WriteFile のキャッシュなし方式を採用する。

アプリ 2 個を同時実行した場合、Q87Express に接続した個体に比べ、Marvell 88SE9230 に接続した個体の速度低下が目立った。

(iii) 長時間耐久評価

iDS 社製 USB 3.0 カメラ 1 台で撮影を行い、2 台の SSD へ交互に保存するテストを行った。画像保存は、1 ファイルにつき 1 回の WriteFile() 関数を使用し、Windows のキャッシュを使用しない設定で書き込んだ。

SSD の表面には温度センサを張り付け、一定時間ごとに S.M.A.R.T. 情報の温度と、温度計の筐体温度を記録した。室温は、テスト 1 では 20℃前後、テスト 2、3 ではエアコンの冷房設定で 26℃である。なお、今回評価に用いたカメラは、実際に使用する予定のカメラとは撮像素子が異なり、2048 x 2048 の解像度を持つが、設定した解像度の分だけ撮像素子の中央部分を使用している。

- ・テスト1：カメラ解像度：1920 x 1080 12bit 60fps
- ・テスト結果：テスト開始から6 時間41 分経過時に、SSD の各残容量が1GB 切ったので終了。撮影エラー、保存エラーともになし。

表 1.2-21 テスト中の温度（単位：℃）

	シリアル No.18		シリアル No.20	
	S.M.A.R.T.	筐体	S.M.A.R.T.	筐体
開始時	38	31.8	38	32.1
1 時間後	45	37.4	45	37.6
2 時間後	46	37	45	38.1
3 時間後	46	37.6	46	38.2
4 時間後	46	37.5	46	38.2
5 時間後	46	37.2	45	38.4
6 時間後	45	37.1	45	37.8
6 時間 41 分後	45	36.7	45	37.1

- ・テスト2：カメラ解像度：2048 x 1080 12bit 50fps
- ・テスト結果：テスト開始から7時間31分経過時に残容量不足でファイルが保存できなくなったので終了。撮影エラー、残容量不足になるまでの保存エラーはなし。

表 1.2-22 テスト中の温度（単位：℃）

	シリアル No.18		シリアル No.20	
	S.M.A.R.T.	筐体	S.M.A.R.T.	筐体
開始時	41	33.3	41	33.5
1 時間後	45	36.9	45	37
2 時間後	46	37.3	45	38.2
3 時間後	46	37.6	46	38.1
4 時間後	46	38.4	46	38.9
5 時間 35 分後	47	38.1	46	39.2
7 時間後	47	38.5	46	39.9

- ・テスト3：カメラ解像度：1920x 1200 12bit 50fps
- ・テスト結果：テスト開始から7時間15分経過時に残容量不足でファイルが保存できなくなったので終了。撮影エラー、残容量不足になるまでの保存エラーはなし。

表 1.2-23 テスト中の温度（単位：℃）

	シリアル No.18		シリアル No.20	
	S.M.A.R.T.	筐体	S.M.A.R.T.	筐体
開始時	41	32.9	40	33.4
1 時間 40 分後	47	38.4	46	38.9
2 時間 55 分後	47	38.3	47	38.7
5 時間後	47	38.8	47	39.4
6 時間 20 分後	47	38.5	47	39.1
7 時間 06 分後	47	38.2	46	39.5

3TB SSD 2 本をすべて埋めるまで書き込みを行う撮影テストを 3 回繰り返したが、いずれも、書き込み中は、S.M.A.R.T. 情報で 46 ~47 °C、表面の温度センサは 37~40°C で安

定して動作した。今回使用した 5inch ベイ用リムーバブルマウンタ MB994SP-4S には冷却ファンがついているため、その効果もあると思われる。

また、画像の保存に、Windows のキャッシュを使用しない設定で保存を行うことで、50fps、60 fps でも、SSD 2 台での保存に十分な書き込み速度が得られた。

3TB SSD は実際の容量は2.72TB で、2 台合わせて5.44TB であるため、実際に使用する撮影解像度の1920 x 1200 12Bit 50fps で撮影した場合、圧縮など行わずに保存していくと、7時間15分で2台分書ききってしまうことが分かった。

(iv) SSD 事前評価まとめ

(a) 考察

長時間記録を行う際でも書き込み速度は問題とならないが、最大 8 時間までの記録については、SSD 容量が不足する恐れがあることがわかった。また、書き込み時の SSD 内部温度はかなり高温となることが想定され、長期利用による故障の可能性と、夏場の連続測定時の車内温度に不安が残る。

(b) 結論

温度については不安が残るが、他に大容量 SSD が無いため、書込みおよび長時間評価においての問題未発生および、SSD が試作品であることを考慮し、現状の SSD を選定して計測を進める。

(c) 課題

SSD 評価を行った際に発生した課題を下記に示す。

・ドライブ温度について

2時間程度書き込みテストを行った後S.M.A.R.T.情報では内部温度が85 度を超えていた。温度計で測ったドライブ表面温度は60 度を超えた程度であるが、たとえ空冷したとしても夏場の車内で長時間の連続動作にはやや不安がある。

④ CAN(Controller Area Network)データ取得評価

車内走行情報として、CAN データが正常に取得できるかを評価する。

Vector VN-1610 を使用して CAN バスのパケット受信/テキスト変換を行った。CAN のフォーマットは以下のようにになっている。

- ・受信時刻 VN-1610 が受信した時刻 (ナノ秒まで)
- ・ID データの識別子。数値が小さいほどバスでの通信優先度が高い。
標準フォーマットでは、上限値は 0x7FF。
- ・データ長 0~8。
- ・データ 8 バイトにパディングされたデータ。

8.690.458.624, 0620, 8, 10 00 FF FF 80 00 28 A0
8.737.005.568, 0610, 8, 20 00 00 64 C0 FF FE E0
8.766.816.256, 0442, 8, 4F 12 00 00 05 00 00 00
8.871.919.616, 044F, 8, 40 02 00 00 00 00 00 00
8.970.633.216, 0440, 8, 42 02 00 00 04 00 00 00
8.990.834.688, 0620, 8, 10 00 FF FF 80 00 28 A0
9.066.733.568, 0442, 8, 4F 12 00 00 05 00 00 00

受信時刻
ID
データ長
データ

図 1.2-8 CAN データ受信内容

受信時刻はこのままでは使用できないため、GPS 時刻での保存開始時刻を記録し、保存開始時刻と最初に保存したデータの時刻から、各データの GPS 時刻を求める。

```

2015-02-21_07-10-56.477.964.288, 0022, 8, 02 27 00 00 00 00 00 53
2015-02-21_07-10-56.478.185.472, 0023, 7, 02 2B 01 C7 00 00 1F 00
2015-02-21_07-10-56.479.455.232, 0610, 8, 20 00 13 64 C0 FF FE E0
2015-02-21_07-10-56.481.421.312, 01E0, 4, 00 00 00 00 00 00 00 00
2015-02-21_07-10-56.485.640.192, 03A0, 8, 00 00 00 00 00 00 00 12
2015-02-21_07-10-56.486.541.312, 00E2, 6, 07 54 07 02 00 0A 00 00
2015-02-21_07-10-56.486.696.960, 0020, 3, 00 00 04 00 00 00 00 00
2015-02-21_07-10-56.486.901.760, 00B0, 6, 07 62 06 FA 00 0A 00 00

```

図 1.2-9 GPS 受信時刻変換結果

データは、ID により内容の解釈方法が異なる。ここでは、現在判明している速度の例を挙げる。

速度データは ID=0xB4 であることが判明している。データは、6 バイト目と 7 バイト目のビッグエンディアンの 2 バイト値で、得られた値を 0x400 で割ると、0.1Km/h 単位の数値となる。

たとえば、

00B4, 8, 00 00 00 00 CC 07 35 C4

このデータの速度部分は $0x0735 / 0x400 = 1.80175$ 。10 倍して、18.0Km/h であると解釈でき、妥当な値であることより、CAN の正常取得ができていたことがわかった。

(3) データ収集システムの製作

データ収集システムでは、前遠方および前後左右に対する 5 台のカメラ/5 台のレーザレーダを用いて、走行車両の撮影を行うシステムを同様な既存技術の活用により構築した。主な構成は下記。機器の時刻同期(同期回路、タイムサーバ)、撮影時刻情報(GPS)、位置情報(カーナビ)、車両情報(CAN/ウィンカー・ワイパー)、タグ候補タイミングトリガ(シーンマークスイッチ)、音声情報(捕捉付加情報)

① データ収集システム構成

車両内のデータ収集の接続システム構成を下記に示す。

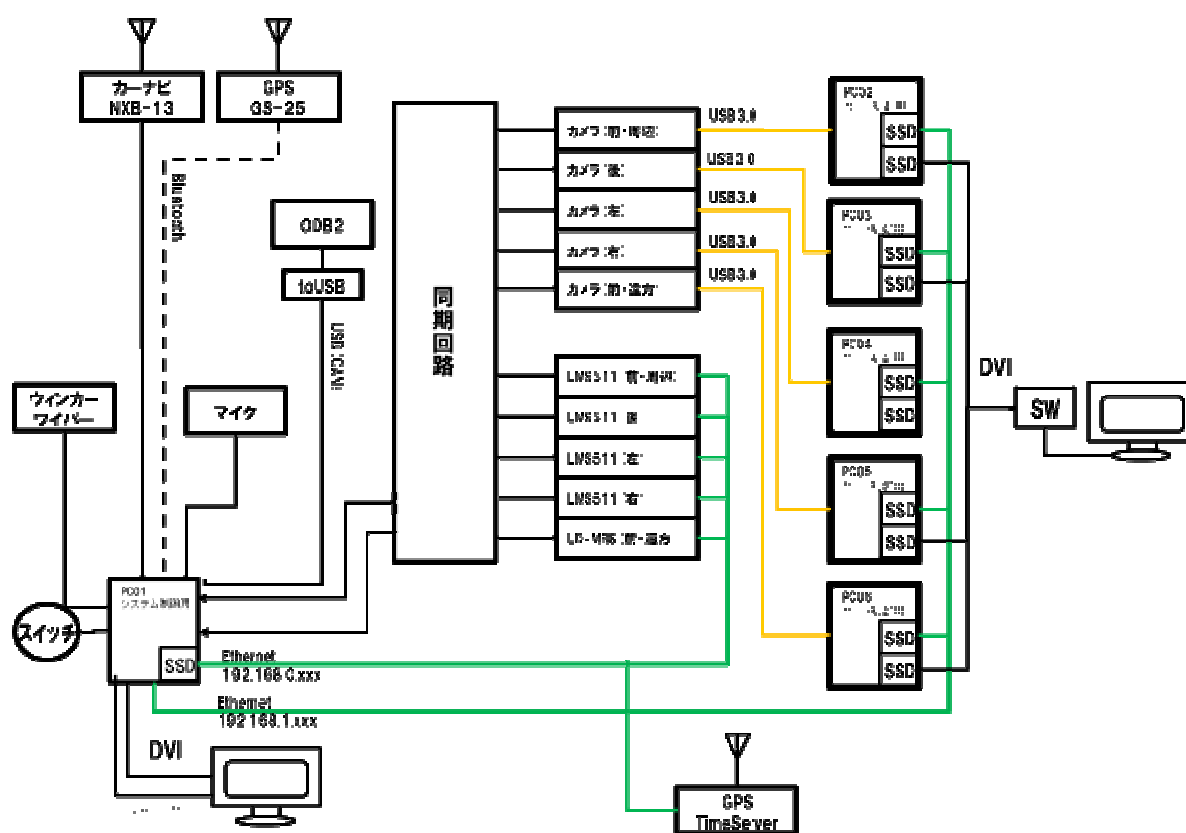


図 1.2-10 データ収集システム構成

カメラ撮影は高速処理かつ大容量データを取り扱うため、カメラ 1 台に対して SSD2 台が搭載されたカメラ専用 PC1 台で処理を行う。その他機器の保存および機器制御は、システム制御用 PC でまとめて処理を行う。

カメラおよびレーザレーダ機器間の同期をとるための同期回路ブロック図を下記に示す。

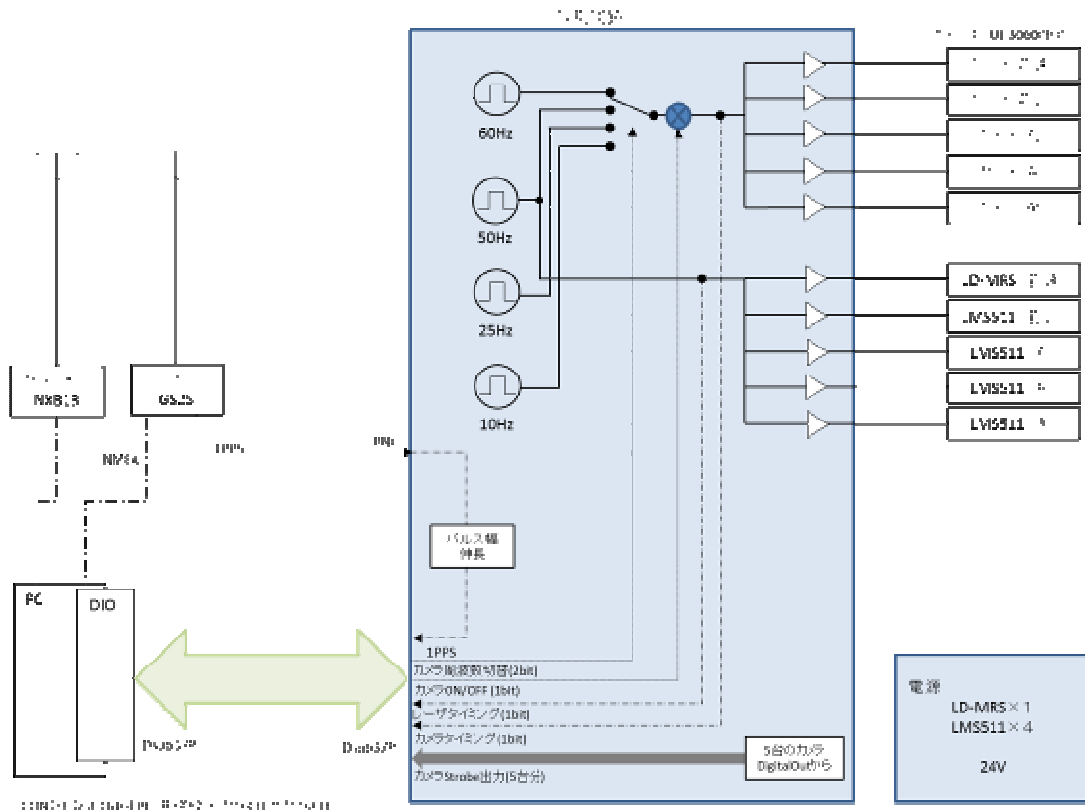


図 1.2-11 同期回路ブロック図

同期回路は、GPS（ライカ社製 GS25）からの 1PPS 情報を基に、60Hz/50Hz/25Hz/10Hz の同期信号を生成し、各カメラ／レーザレーダへの同期信号を生成する。

また、トンネルなど、GPS 受信ができなくなった場合の対策が必要となることを考慮し、同期回路内部で最終 1PPS 受信タイミングを基準とした内部カウンタを作成し、GPS の 1PPS 相当の同期基準信号を作成し各機器間の同期をとることができるようにしている。

車両内で実行されるソフトウェア処理のシステム構成を下記に示す。

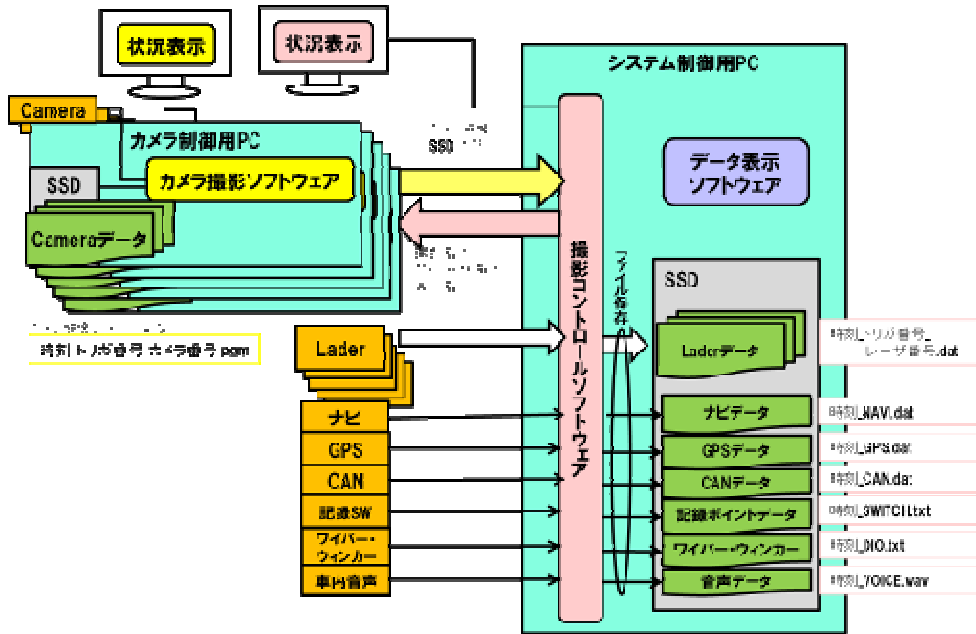


図 1.2-12 車両内システム構成図

撮影の開始/終了及び、撮影状況確認は、システム制御用 PC 内の撮影コントロールソフトウェアで実施する。

カメラ撮影は撮影コントロールソフトウェアからの命令により、カメラ制御用 PC 内のカメラ撮影ソフトウェアで実施される。

(i) カメラ撮影ソフトウェア

カメラ撮影ソフトウェアは要求仕様を元に、既存技術を活用して構築した。

オペレータ席正面にある、左側メインディスプレイに表示され、撮影中の 1 台のカメラ情報及び、記録情報を表示する。

なお、カメラ 1 台毎に 1 台の PC/カメラ撮影ソフトウェアが用意されており、他カメラに切り替える際は、ディスプレイ切替機のスイッチによってカメラ画面を切り替える。

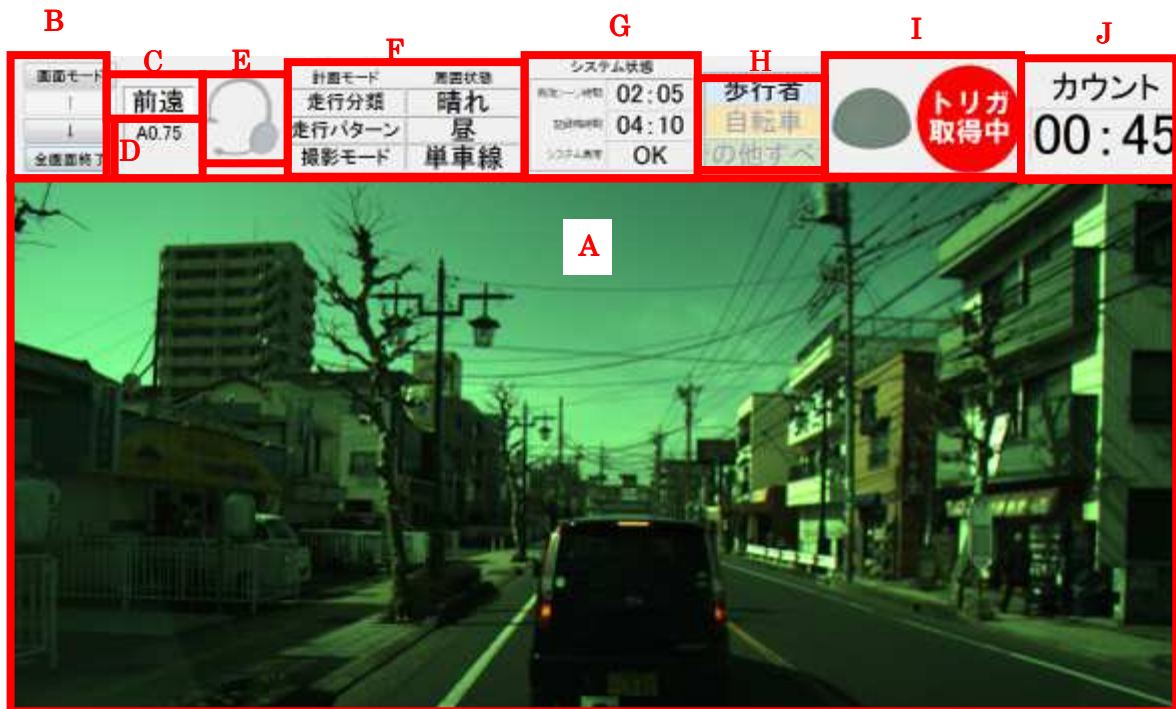


図 1.2-13 メインディスプレイ

カメラ撮影ソフトウェアは下記の機能を搭載している。

インターフェースとなる画面は、撮影対象を中心に表示するためのメインディスプレイと計測機器の動作状態を示すサブディスプレイからなる。

メインディスプレイでの対応箇所 (A~J)

A : カメラ映像表示

B : カメラ表示位置調整

C : カメラ配置表示

D : シャッター速度状態表示(AUTO 時 : A+設定値 / マニュアル時 : 設定値 最大 15.3)

E : 音声データ録音中表示(シーンマークスイッチ押下後 3 秒間点灯)

F : 静的記録情報(天候 / 時間帯 / 車線)表示

G : システム状態表示(有効シーン撮影時間 / 撮影可能残時間 / システム状況)

H : 動的記録情報(歩行者 / 自転車 / その他)表示

I : シーンマークスイッチ有効タイミング表示 (シーンマークスイッチ押下時に有効表示)

J : スイッチ押下後経過時間表示 (~60 秒)

その他

- ・カメラ表示位置上下調整
- ・カメラ制御アドバンスド表示
- ・カメラ撮影/停止制御
- ・カメラ / PC 情報転送(映像サムネイル / SSD 残量情報 / 保存遅延情報)
- ・保存用フォルダ/ファイル自動作成
- ・影画像ファイル保存

- ・カメラ制御(シャッター速度変更/Gain 調整)
- ・カメラシャッター速度取得

(ii) 撮影コントロールソフトウェア

撮影コントロールソフトウェアは要求仕様を元に、既存技術を活用して構築した。

撮影コントロールソフトウェアは、オペレータ席右側にある、サブディスプレイに表示され、各センサ状態の監視および異常発生を確認すると共に、カメラ撮影ソフトウェアおよび、センサ記録開始/終了などの制御を行う。

撮影コントロールソフトウェアの機能は下記。

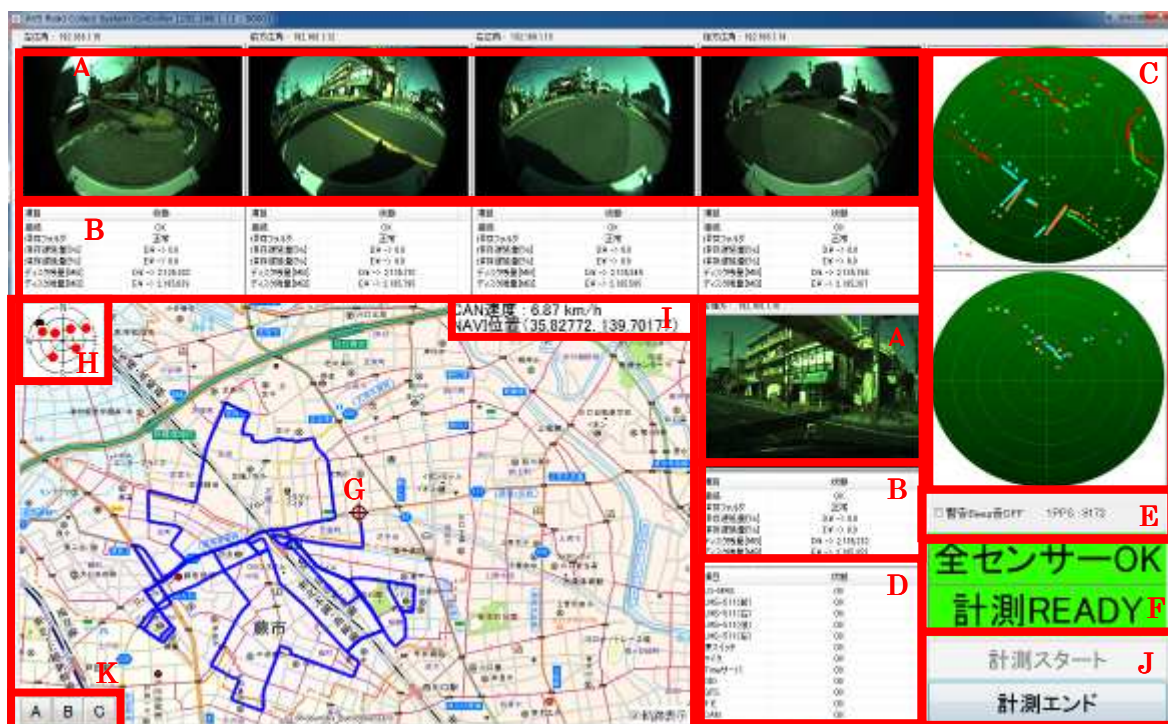


図 1.2-14 サブディスプレイ

サブディスプレイでの対応箇所 (A~J)

- A : カメラ映像サムネイル表示(上：左/前/右/後、下：前遠)
- B : カメラ PC 状況表示(SSD 認識/保存遅延状況(D/E ドライブ)/SSD 残量(D/E ドライブ))
- C : レーザレーダ取得情報表示(上：周辺監視用 4 台統合表示/下：前方監視用表示)
- D : 機器状態監視(レーザレーダ前遠/レーザレーダ前・右・左・後/Push スイッチ/マイク/タイムサーバ/ウィンカー・ワイパー/GPS/ナビ/CAN)
- E : 異常発生時の警告音 E : 異常発生時の警告音
- F : 全体センサ異常/計測可能状況
- G : 現在地地図表示/走行軌跡表示
- H : GPS 受信状況表示 (受信衛星数/衛星受信強度/位置情報)
- I : CAN 情報表示(速度情報)/ナビ情報表示(位置情報)
- J : 計測開始/終了の機器一括制御

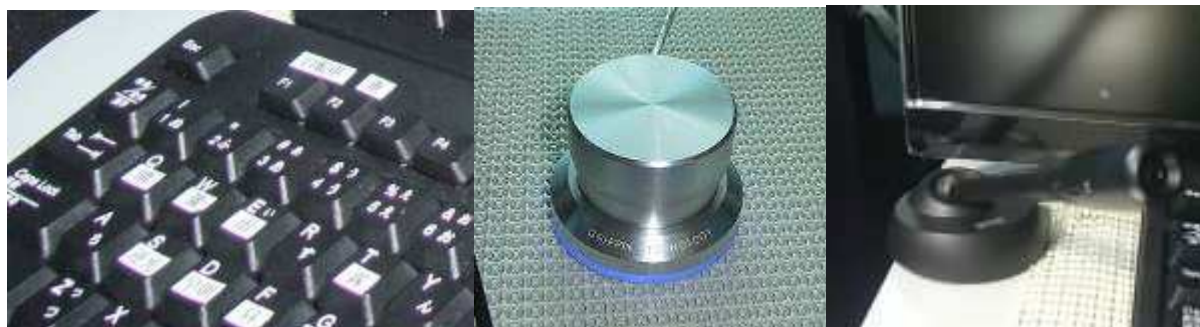
K：日報ソフトウェアを起動

その他

- ・ 保存用フォルダ／ファイル自動作成(カメラ以外)
- ・ レーザレーダ／GPS／カーナビ／CAN／ウィンカー・ワイパー／音声／スイッチ情報
／エラーログ データ保存
- ・ 機器同期制御
- ・ 有効シーンのマークスイッチ記録 (Push スイッチ)
- ・ 詳細分類保存(静的情報(天候・地域など)/動的情報(歩行者/自転車など)のキー割り当て)
- ・ カメラ撮影シャッター速度変更命令
- ・ カメラ撮影シャッター速度変更命令

※基本計測手順説明

- ・ PC 及びソフトウェア起動準備完了
- ・ 撮影コントロールソフトウェアから接続異常がないことを確認
※初回起動のみ GPS が正常受信できている必要がある。
- ・ 撮影コントロールソフトウェアの「計測スタート」を押す
- ・ 車両前方を確認し、撮影対象者発見時にシーンマークスイッチおよび対象の分類情報
キーを同時に押す
- ・ スイッチ押下後 3 秒以内に補足情報をマイクで録音
- ・ 計測終了時に「計測エンド」を押す。
- ・ 各ソフトウェアの終了



各種シーン情報入力キー

シーンマークスイッチ

補足情報録音マイク

図 1.2-15 計測入力デバイス



図 1.2-16 車両内オペレーションディスプレイ

② データ処理システム

データ収集終了後、車両内 SSD を拠点に持ち帰り、データサーバへ輸送する前処理として、撮影データ確認/データ変換などを行う。

拠点での処理システム構成を下記に示す。

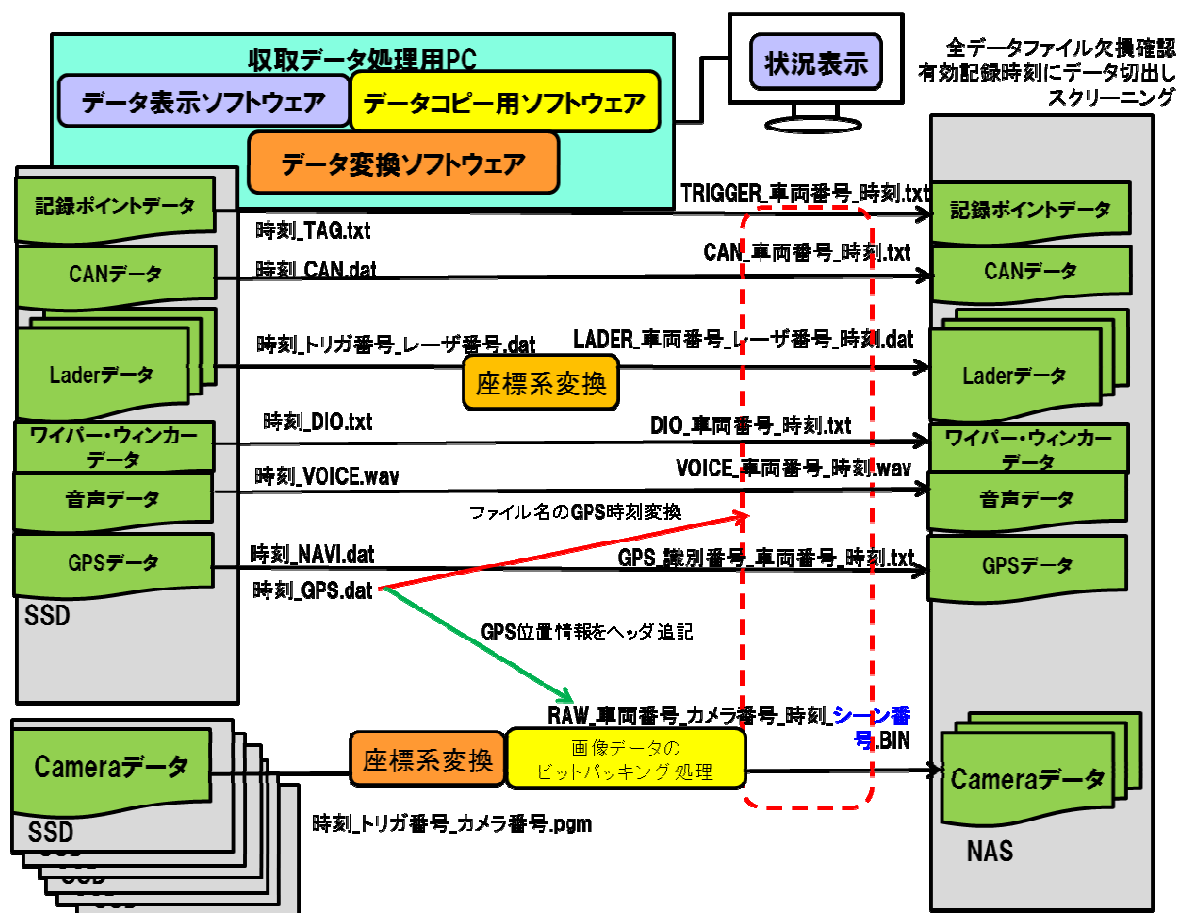


図 1.2-17 拠点処理システム構成

収集データは、カメラ撮影 PC5 台×SSD2 台とコントローラ用 PC の SSD×1 台の合計 11 台の SSD を 1 回のセットとし、拠点で処理を行う。

拠点処理用 PC に、収集データ 11 台の SSD をセット後、PC およびソフトウェアを起動し、撮影された SSD のデータを運搬用 NAS へ編集コピー処理を行う。

(i) データコピーソフトウェア

データコピーソフトウェアは要求仕様を元に、既存技術を活用して構築した。データコピーソフトウェアの GUI 画面を下記に示す。



図 1.2-18 データコピーソフトウェア GUI 画面

データコピーソフトウェアの主な機能は下記。

- ・ SSD スロット内の選択関連データを指定ディスクへ編集コピー
- ・ 車両収集済データの PC/機器間時間ズレを GPS 時間基準でファイル名反映
- ・ カメラ映像データを RAW データフォーマットへ変換
- ・ 撮影情報を映像データヘッダへ追記
- ・ コピー処理状況ログ表示/ファイル出力、エラー内容ファイル出力

データ収集された SSD には収集データの他に撮影情報(機器情報/ドライブレター)が保存されており、データコピーソフトウェア起動時に、撮影情報ファイルを読み込むことで、任意のスロットに接続された SSD 内容を自動認識する。

保存先の NAS 情報を選択して保存対象情報にチェック後、撮影日時のコピーデータを選択し、「コピー開始」スイッチを押すことで、データ変換およびコピーが開始される。

進行状況はステータスバーおよびログ情報を確認し、エラー有無、コピー完了を確認する。

<p>[ドライブ情報] 車両識別名=ALPHARD01 カメラ名=Camera4 ドライブレター=E:</p>	<p>[ドライブ情報] 車両識別名=ALPHARD01 カメラ名=Controller ドライブレター=D:</p>
---	--

左：カメラ用 SSD 識別ファイル(RCSCap_DriveIdentify.ini)

右：コントローラ用 SSD 識別ファイル(RCSController_DriveIdentify.ini)

図 1.2-19 SSD 識別ファイル例

(ii) データ表示ソフトウェア

コピーデータが正常に撮影されていたかをデータ表示ソフトウェアで確認する。

コピー編集時に使う拠点用の表示ソフトウェアと車両側で収集データを確認する表示ソフトウェアを用意した。

ただし、両者は、ハードウェア環境が異なるため、動作上の機能的な制約がそれぞれにある。

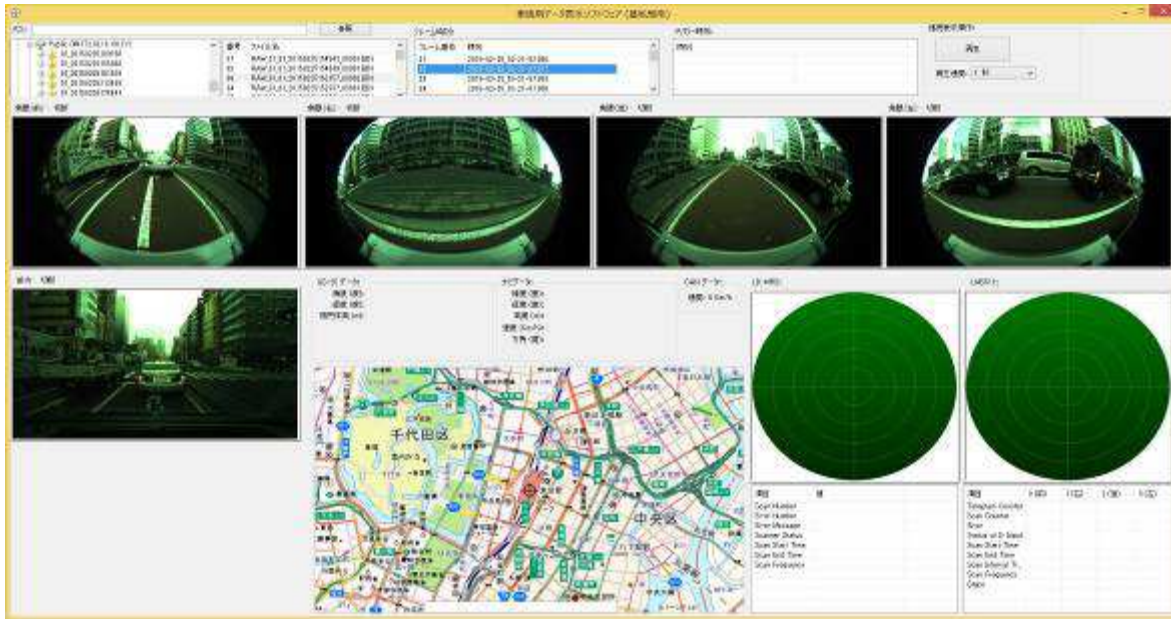


図 1.2-20 データ表示ソフトウェア GUI 画面

上部はファイル情報が左からフォルダ情報・1秒単位ファイル・フレーム単位時刻・シーンマークの時刻が表示されており、各単位での情報を表示することができる。

左上のフォルダ選択から、NAS 上にある、コピー終了後の撮影日付フォルダを選択すると、自動的に撮影情報（5カメラ映像／レーザ点群（前遠・前後左右）／GPS 情報（緯度・経度・高度）からの地図表示／CAN 情報／撮影時情報）が表示される。

表示させたい情報を選択後、再生速度をリストから選択後「再生」スイッチで動画が再生される。撮影内容を確認した上で、静止画切り出しを行うことができる。

③ キャリブレーションチェック

キャリブレーションは専門技術のある外注の既存技術により要求仕様に基づき対応技術を応用構築した。

カメラやレーザレーダなどの撮影機器を車載取り付けする際には、水平・回転などのブレ無く正確に取り付けることは難しく、搭載後に本来の位置とのズレが生じてしまう。車載への機器取り付け後、キャリブレーション計測機材を用いて、カメラ・レーザレーダのブレ度合を計測し、理想搭載位置に対するズレ量を求め、ズレ量のパラメータをソフトウェア側へ反映させることにより、正確な搭載状態で撮影しているように補正をかけることができる。

本来の位置とのズレ量を補正するキャリブレーション作業は、レンズ固有の歪を補正するための内部パラメータと、搭載時の位置ズレを補正する外部パラメータを求めることで表示補正することができる。

(i) カメラキャリブレーション

既知サイズの特徴を持ったマーカを、任意位置に置いて撮影を行い、カメラの映り方からズレ量を求める。

マーカが表示されている画像位置に対し補正をかけるため、対象物が映り込むであろう位置にマーカを置いて計測するのが望ましい。

実際の撮影時の対象物位置である近距離、遠距離および高さ方向のさまざまな位置に特徴を持った計測マーカを置いて撮影を行う。また、撮影時の位置関係を把握するため、トータルステーションを用いてカメラ／マーカの正確な座標位置を求めておく。

キャリブレーション作業での計測者搭乗時に車体が傾かないよう、車両全体をジャッキアップした状態で撮影を行う。



図 1.2-21 車両ジャッキアップ状態

下記のように計測用の特徴マーカを用意する。なお、マーカの色は識別しやすいように変えているが、同色でも問題はない。



図 1.2-22 高さ方向用マーカと遠／近用マーカ

計測時の各器材がどのような配置であったか、マーカおよびカメラ位置を撮影と合わせて記録、各カメラに対しても、中心位置が把握できるようなマーカを貼り付けておき、トータルステーションで正確な位置座標を記録しておく。



図 1.2-23 トータルステーションとカメラ位置把握マーカ

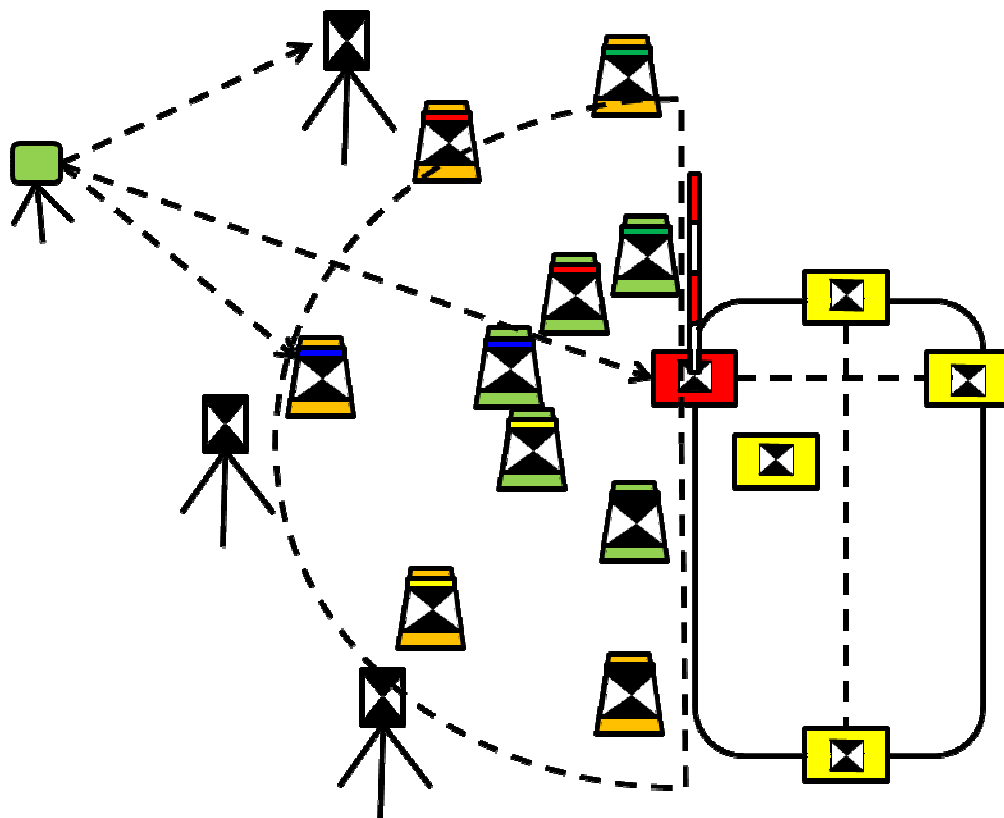


図 1.2-24 撮影カメラ・マーカ配置および計測イメージ

(ii) レーザレーダキャリブレーション

周辺監視用レーザレーダおよび前遠方監視用レーザから水平にレーザレーダが照射されていることを過去の知見を活かして計測確認する。

レーザレーダからは赤外レーザが照射されており、対象物に照射された位置を確認することで、レーザレーダ機器の傾きズレを確認することができる。暗視スコープを用いることで赤外レーザレーダが照射ポイントを確認することができる。ただし、暗視スコープは光を増幅するため、夜間のみでの測定となる。

基本はカメラキャリブレーション時の計測と同様に、車体ジャッキアップ状態から車両周辺にターゲットを配置した状態で測量を行う。

レーザレーダは水平照射のため、高さ方向を正確に定めておく必要性から、車体には疑似乗員として水を入れたポリタンクをおいて重量調整を行い、車体沈み込み状態で計測する。また、道路傾斜による影響も大きいことから、水準系を用いて道路の傾斜も測定した。暗視スコープを覗いてレーザレーダから照射された光がターゲットマーカにあたっている箇所を確認し、マークする。

マークした位置を基準にトータルステーションで座標を計測する。



図 1.2-25 レーザレーダキャリブレーション用計測機器

1.2.2 データ収集車両の製作

(1) 仕様検討・製作指示書等の作成

① 車両要求

高速な高解像度のカメラ映像を確実に収集するために、相互影響が少ない構成としてカメラ1台につき1台の専用PCを用意することにした。カメラ以外の制御・収集は別PCで行うものとし、カメラ用PC5台+制御PC1台=6台の高性能デスクトップPCを車両搭載した。これらのPCを含む機器類の搭載のための車両要求仕様を下記に示す。

- ・社内機器搭載スペースおよび計測者の作業スペースが広い収容力が高い車両。
- ・走行における車両状態をできるだけ多く把握するため、収集可能なCAN情報の多い車両（ADAS(Advanced Driver Assistance System)系の機器が多く搭載されCAN通信が行われている車両）。
- ・搭載機器類の電気容量が高く安定供給できるもの。機器投入電力のピーク値がカバーできる電力容量が必要。2KW以上（特に瞬停するケースが危険。）

上記要求仕様からの車両の選定条件

車内空間：ワンボックスカー

CAN情報：CAN ID情報が関係会社から入手しやすいこと

電気容量：ハイブリッド車または発電機搭載で対応

入手性：価格(モデルチェンジ時期)、取扱い販売店

艤装対応：過去艤装実績車両

選定条件より、トヨタ アルファード(ガソリン車)を収集用車両として選定した。

当初、ハイブリッド車両選定を検討したが、電気容量としては標準装備のものでは不足するため強化、改造を要するが、ハイブリッド車両の改造の難易度が高いと判断、ガソリン車にて、オルタネータを大容量のものに取り替えて容量確保する方向で、既に開発中であった特殊仕様品を業者と相談して採用した。



図 1.2-26 トヨタ アルファード

車両取り付け用カメラ・レンズ・レーザは下記の仕様に基づき艤装を行った。

② カメラ構成

- ・前方撮影カメラ×1台 ①
- ・周辺撮影カメラ×4台 ②

4台の周辺撮影用カメラのレンズ中心軸は下向き 30°

前後左右は車両面から垂直 90°方向

前方撮影用（高さ 1200mm~1700mm 程度 ミラー位置またはダッシュボード中央）

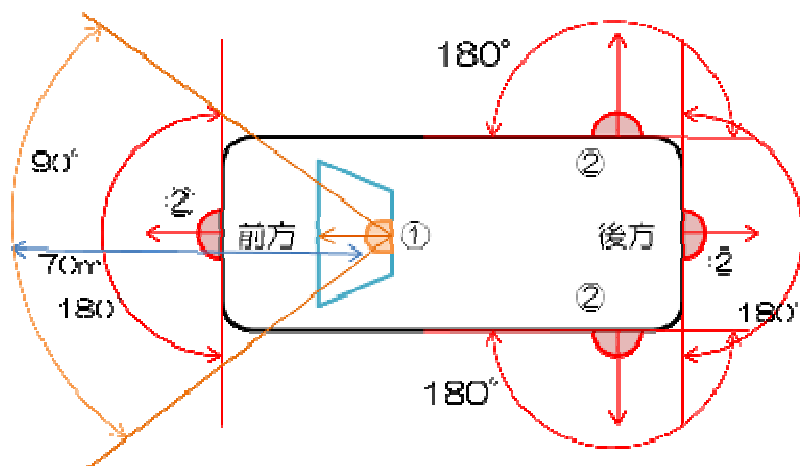


図 1.2-27 カメラ設置方向イメージ図

③ レーザー構成

- ・前方計測レーザ LD-MRS 400001 ×1台：水平に設置し、高さ 4 ラインを同時計測
- ・周辺計測レーザ SICK LMS-511 20100Pro ×4台：高さ 600mm~700mm に水平に設置し
水平のみ 1 ライン

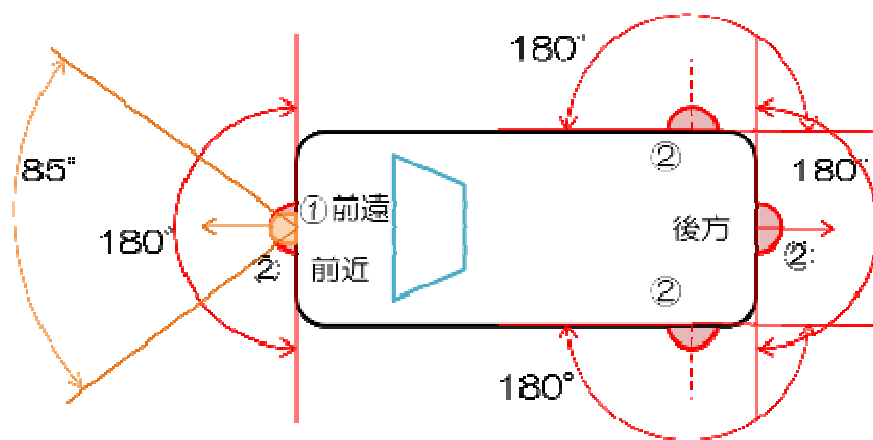


図 1.2-28 レーザ設置方向イメージ図

(2) 車両製作（車両改造・艤装・設備搭載）

開発車両の前後左右に搭載するカメラおよびレーザレーダ（LMS511）は、車両周辺をできるだけ死角なく捉えることを目標に設計し、また外部に突起するセンサ類の艤装は、公道を走行するための安全性を最優先に考慮し室内等に埋込む構造を検討した。

① 車両前部製作

車両中央部に周囲と高さ調整したレーザレーダ(LMS511)を搭載し、その上部にカメラ、下部に LD-MRS を搭載する。なお、レーザの高さは 120cm 程度の子供を捕捉することができる高さを確保した。

前遠方の障害物を捕捉するための LD-MRS は前を走行する車両の車両下をレーザがすり抜けないように極力高めの位置に水平に装着し、坂道、速度変化による車両の前後のゆれ、乗員の重量による傾きなどの影響を 4 層のレーザ幅でカバーできることを期待して製作した。

下図は、車両が上下に 1.6° の傾きであれば 70m 先の 1.9m 高さの人物は捕捉できる。30m 先であれば上下 2.4° の傾きでも捕捉できる。

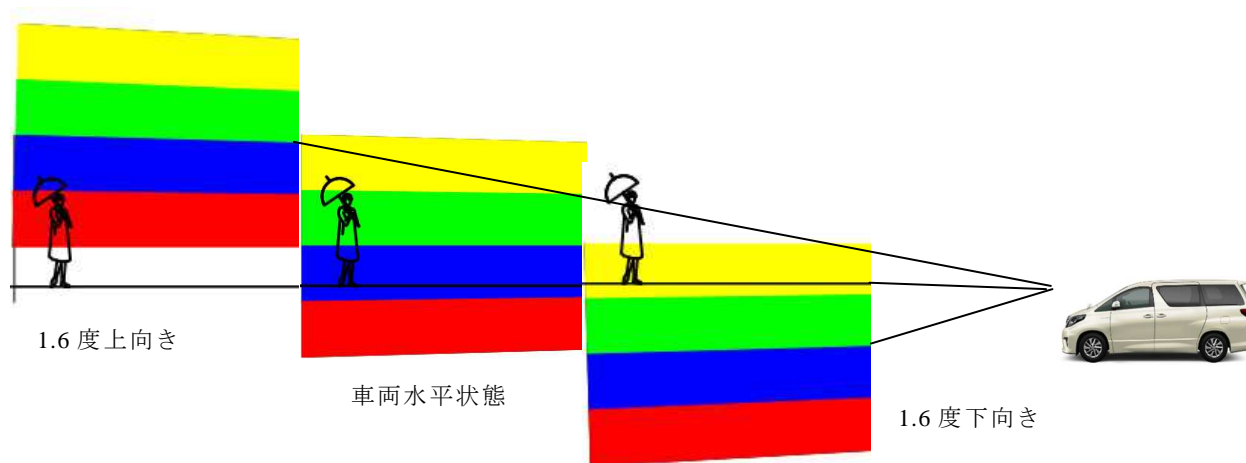


図 1.2-29 LD-MRS 照射幅イメージ（70m 先に 190cm の対象物がある場合）

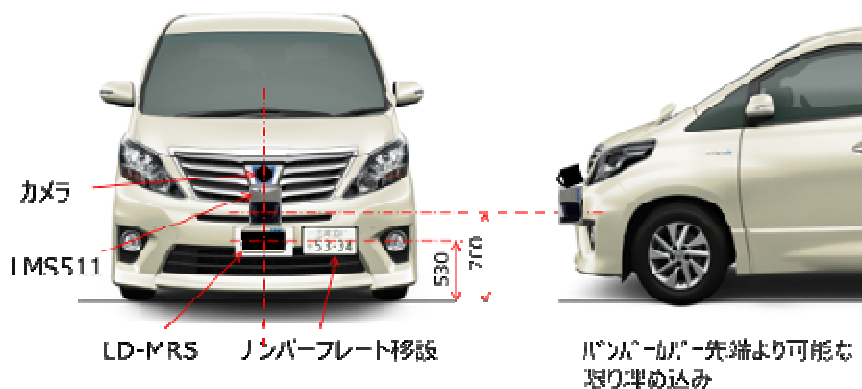


図 1.2-30 車両前部イメージ

【車両の改造内容】

前方はセンサを支えるボディ部分の剛体がないため補強金具を車両のフレーム部に追加した。下側の LD-MRS センサの高さ確保のために、全体が高めの位置になり補強金具が長くなるため、ゆれ等の振動を抑えるため補強部の剛性強化を考慮した。



図 1.2-31 車両前部改造イメージ

② 車両後部製作

後方のバックハッチドアはセンサを支える強度はないため、穴を開けて車両側にセンサを取り付ける構造とした。ハッチドアの開閉時の干渉スペースをとるため穴を上下大き目に、センサ位置を高めに配置、ナンバープレートに移設した。

(最終的にナンバープレートは右上に移設。)

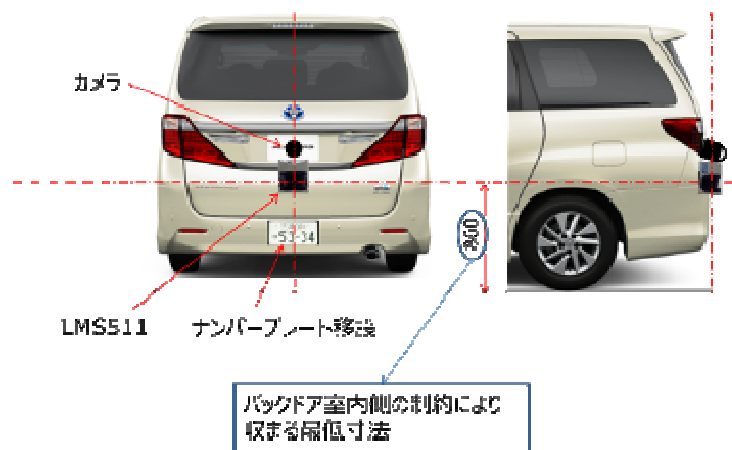
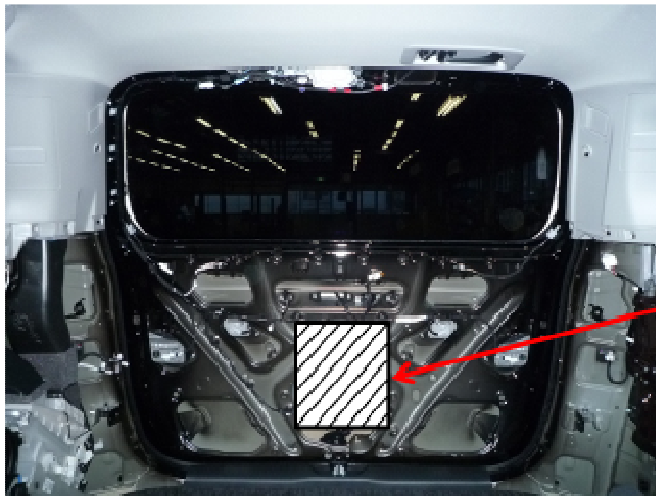


図 1.2-32 車両後部イメージ

【改造内容】



- ・バックドアパネル切り欠き
- ・補強追加（現車合わせ）
- ・雨対策

図 1.2-33 車両後部改造イメージ



室内フロア部に骨格を設置して
レーザを据え付け。

バックドア開口部よりレーザが顔
を出すように設置。

図 1.2-34 車両後部内装取り外し状態

③ 車両側部製作

側面部のセンサ取り付けは前部ドアの前も検討したが、前部は取り付けスペース無し。
最近の車両のサイドドアはスライド式が一般的なためセンサとの干渉を避けるために取
り付け位置を後方部ぎりぎりに設置。ガソリタンクなどに干渉しない位置確保のため高
さがやや高めになった。側面センサの高さもこの高さにあわせた。

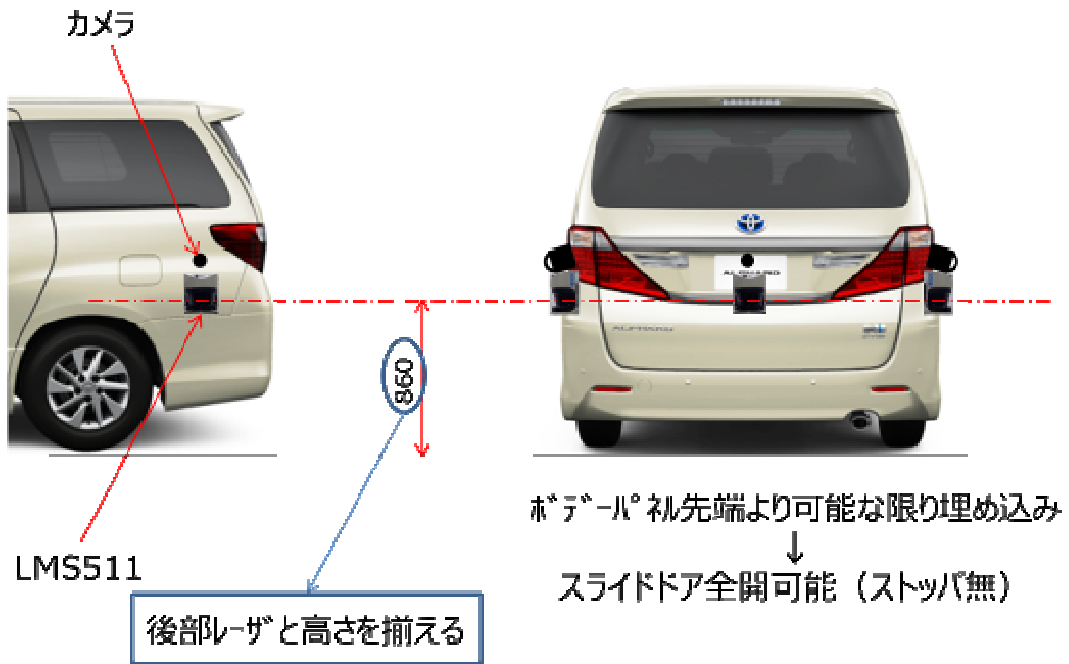


図 1.2-35 車両側部イメージ

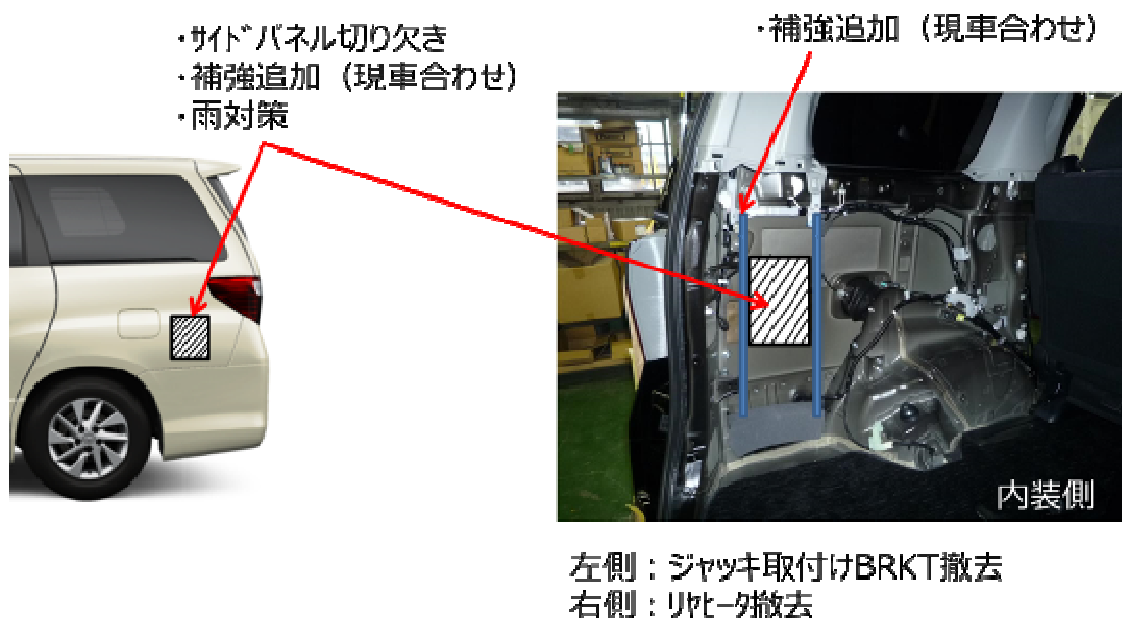


図 1.2-36 車両側部改造イメージ

④ 右後方部加工について

車両右後部にリアヒータユニットが取り付けられていたが、センサ実装のため撤去した。リアエアコンがないため機器類、社内環境の悪化が懸念される。

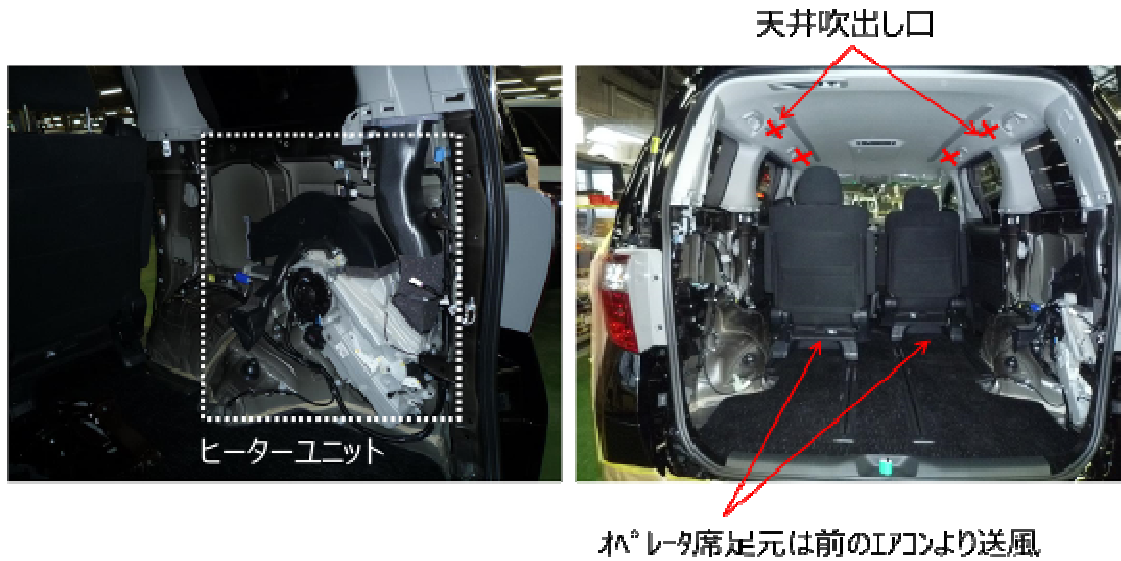


図 1.2-37 右後方部のリアヒータ位置

⑤ 前後、側面レーザ、カメラ位置関係

カメラとレーザレーダは同一筐体に固定し各方向毎には調整による座標系ずれが生じない構造とした。

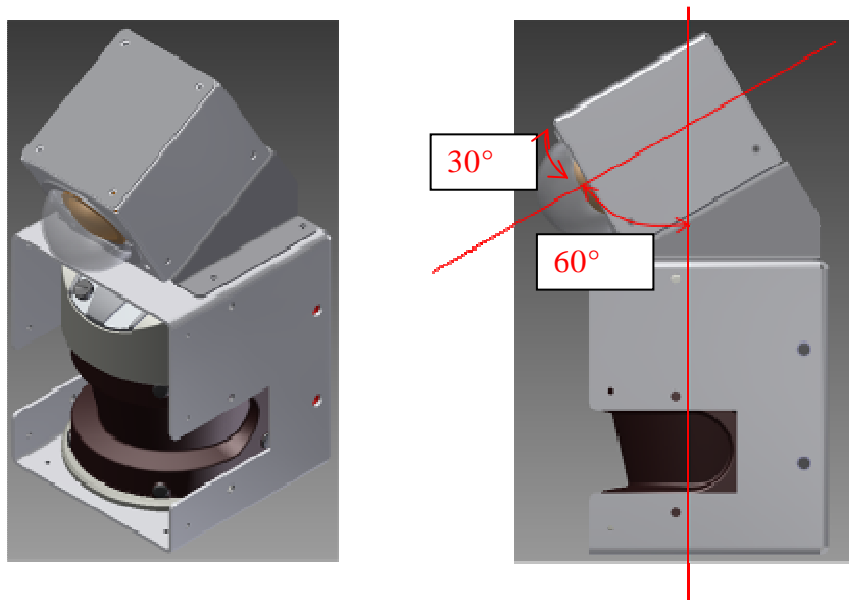


図 1.2-38 前後レーザ・カメラ取り付けイメージ

【カメラ・レーザ調整機構】

カメラ・レーザの位置調整を行えるように回転・上下方向の角度微調整が可能な機構とした。

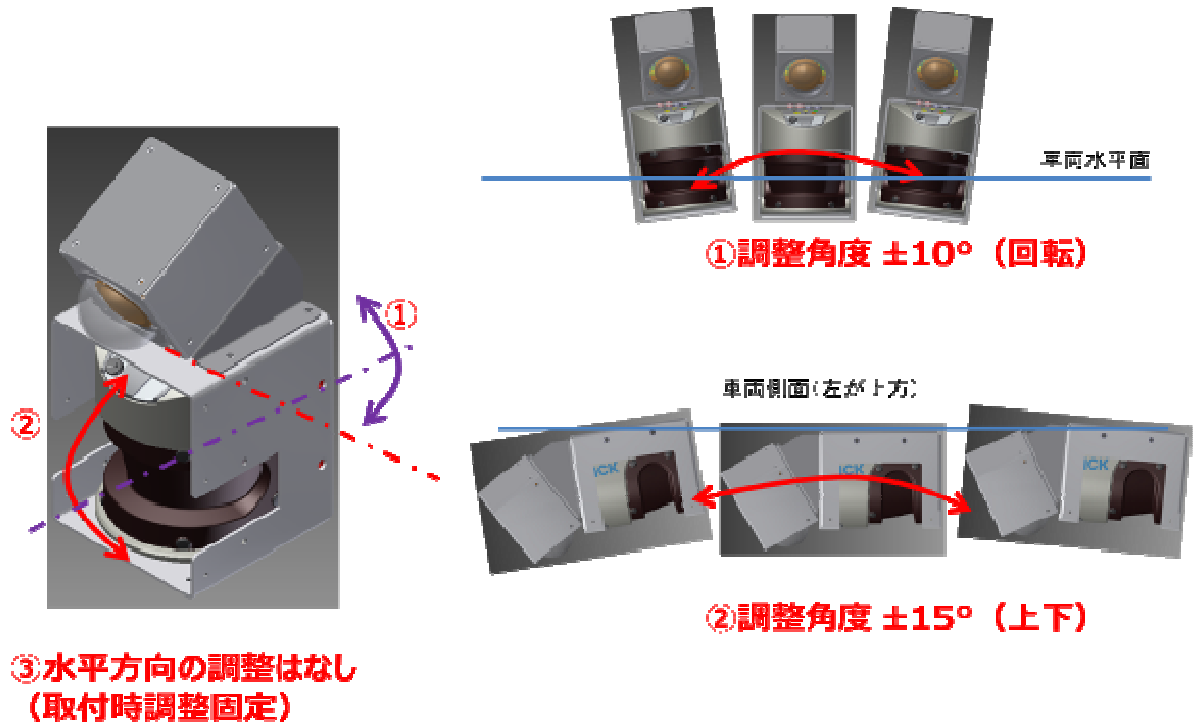


図 1.2-39 レーザ調整機構

180° 画角の周辺撮影用のカメラは撮影対象物を車両 0m から 20m の範囲とするが、20m 先においてカメラを水平方向設置で撮影した場合、信号 5m 以上を空と仮定すると、全画面 40%が空となってしまう、認識対象物が無い無効画像となってしまう。そのため、レンズ中心をやや下方に向けるように配慮する。魚眼レンズ歪補正の関係上認識対象は中央付近に収めておくことが望ましいため、20m 先において 5m 以上の無効範囲を全画面 20%程に抑え、車両下 0m から比較的歪補正精度がとりやすくするために下方 30° の傾き角度に設定した。

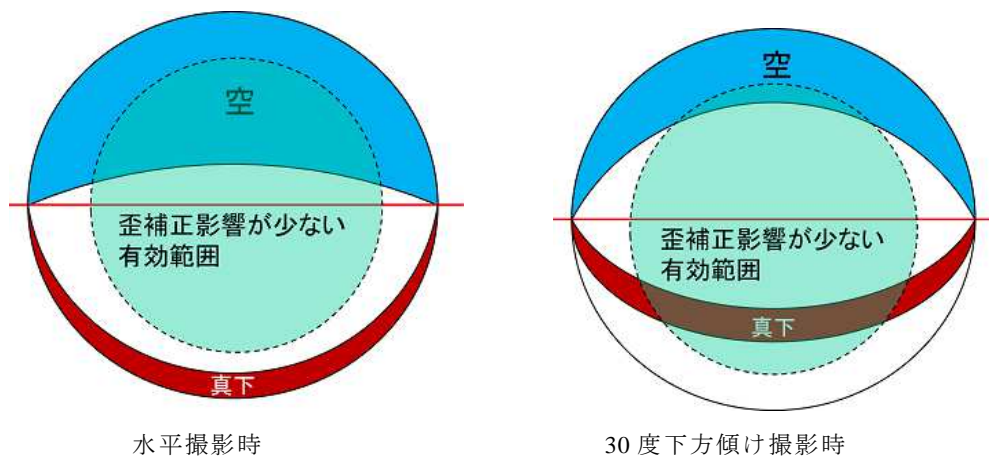


図 1.2-40 周辺カメラ撮影イメージ



図 1.2-41 カメラ下方傾け調整

⑥ カメラアクリルドームとレンズの位置関係

雨天時および走行時の飛散防止のカメラレンズ保護のため、カメラ用ドームを被せる。

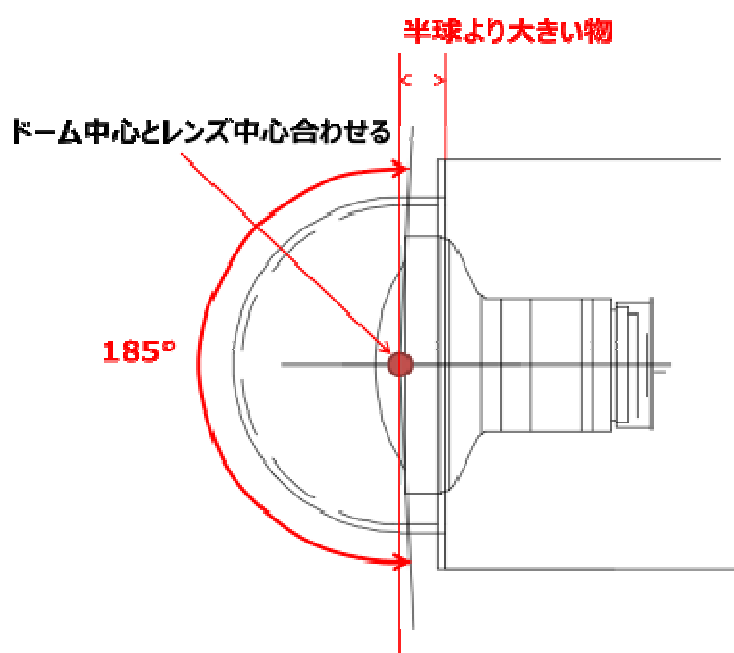


図 1.2-42 カメラ用ドーム

⑦ 外部突起の公道走行対策

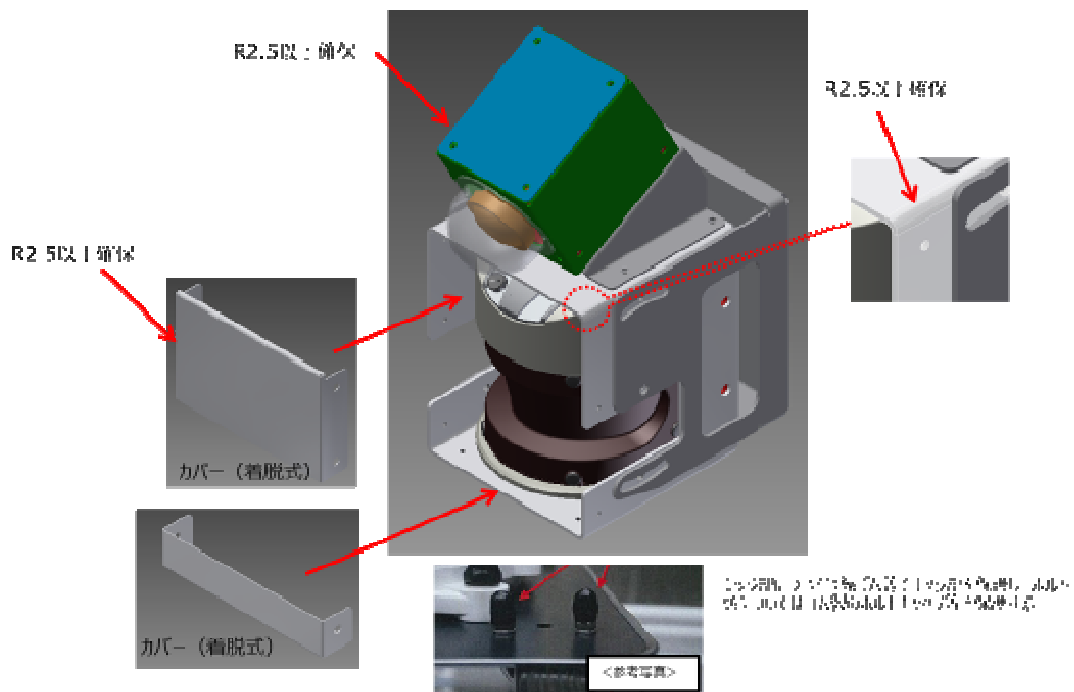


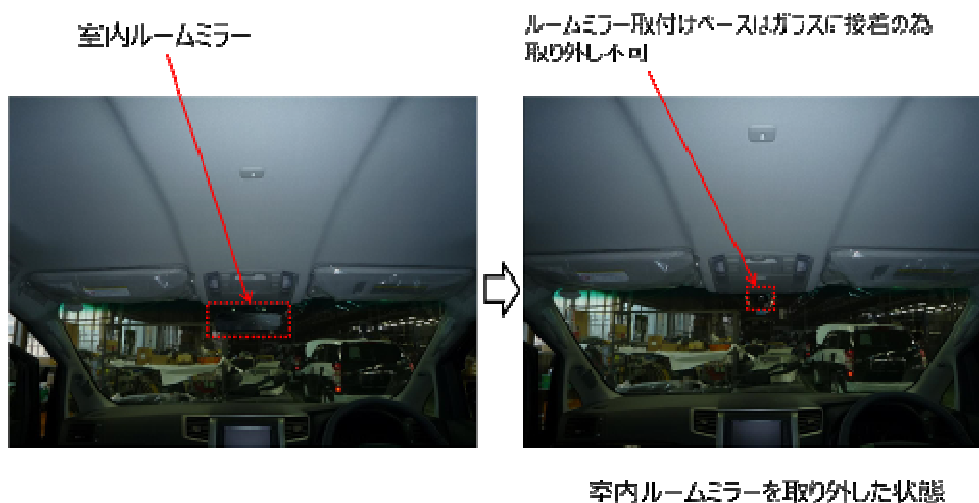
図 1.2-43 R2.5 外部突起対策

⑧ 前遠方カメラ取り付け概要

前遠方カメラは室内、運転者視覚に近い位置からの撮影を目標とする。

法令制約を考慮し、運転者の視界を妨げないため室内ルームの位置にミラーをはずして取り付けことにした（後方確認がしにくくなったため安全対策を別途考慮）。助手席がある場合は助手席の前は振り付け不可。

フロントガラスにはシェード印刷されているため、それを避けてかつワイパーの清掃がされる位置に取り付け、カメラ取り付けアングルが長くなったためゆれ防止を検討した。



室内ルームミラーを取り外した状態

図 1.2-44 前遠方カメラ取り付け位置確認



図 1.2-45 前遠方カメラ取り付け台

⑨ 車内機材配置構成

オペレータは基本として後部左側に乗車し中央に配置されたテーブル上でモニタ画面を確認しながら計測操作を行うことを想定。機材は後部座席を撤去し免震構成を配慮したラックマウントにて設置、データ収集の際に毎回の SSD の交換が必要なため、SSD 交換のしやすい位置とした。なお、前方カメラへの USB3 の配線は規定の配線長内で設置するため助手席後ろの計測用テーブル下に配置した。

GPS アンテナからの信号は一般的にノイズの影響を受けやすいため干渉の少ないループ内側の他の信号と完全に分離した経路にて配線し目的どおり良好な結果を得られた。

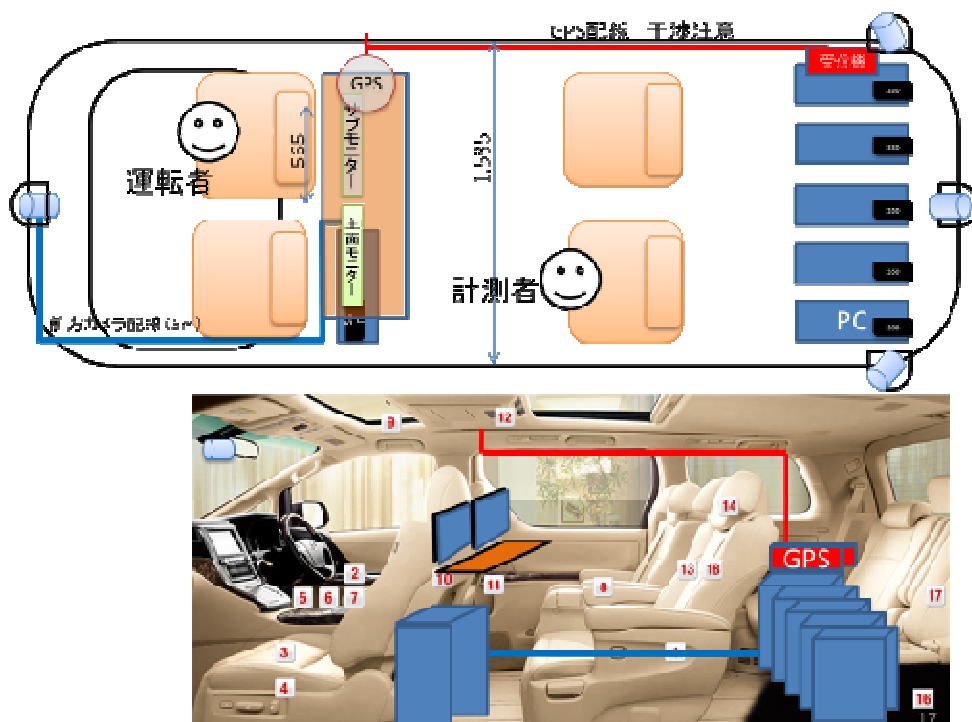


図 1.2-46 車内機材配置

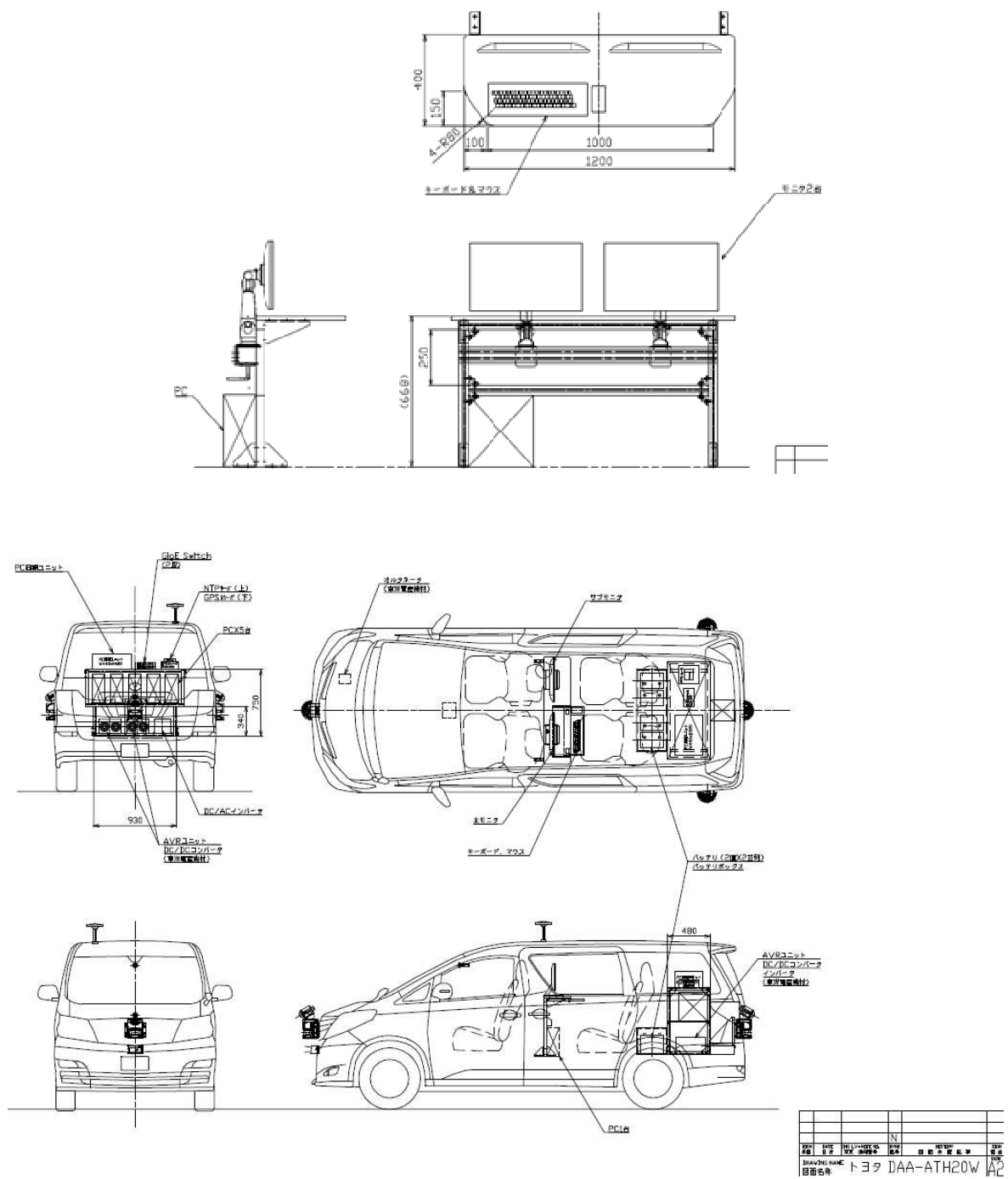


図 1.2-47 オペレーション用テーブル

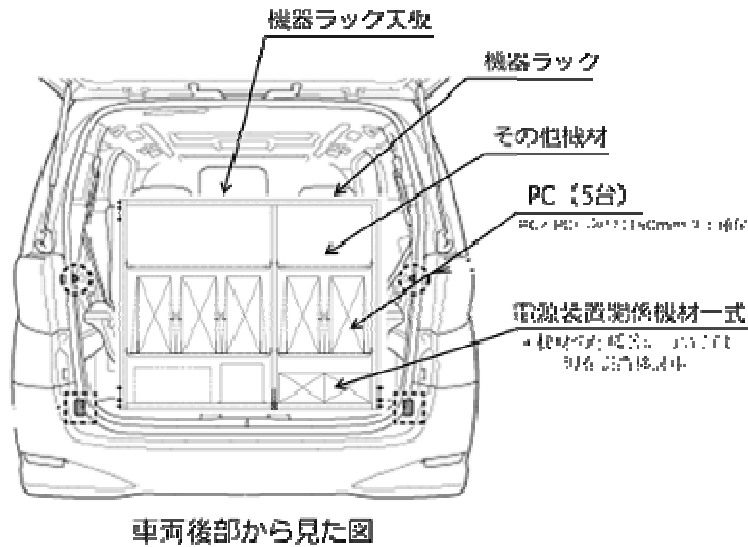


図 1.2-48 車内機材配置詳細

⑩ その他の車両搭載機器の実装

(i) GPS アンテナ

GPS アンテナの高さは2mを超えるため、ショッピングセンターの屋内駐車場の走行など高さ制限で通行できない場合があることが想定された。したがって、GPS アンテナの台座をマグネットで取り外し可能なものに変更した。

GPS アンテナは、位置を特定する車両原点にする場合が多く、可動させないことが通常であるため、マグネットはできるだけ強力なものとし、取付け位置も付け替え誤差がでないように三角の位置合わせがしやすいマーキングシールを屋根に貼り付けるようにした。



図 1.2-49 GPS アンテナ

(ii) GPS 本体

GPS アンテナからのケーブルは、他の配線等と併走、交差させないように後部のラックの最寄の位置に短く配線せるようにし Leica GS-25 に接続されている。

当初はバッテリー交換タイプだったが、運用を考え AC アダプタに交換。



図 1.2-50 Leica GS-25 GPS

(iii) 前遠方カメラ

前遠方カメラはルームミラー位置に設置した。



図 1.2-51 前遠方監視用カメラ

(iv) PC 計測機材

機材は基本的にハッチバック側に搭載している。前カメラのみケーブル長の引き回しの関係により最後部搭載が困難であったため、後部座席テーブル下に搭載した。



図 1.2-52 PC 他の機材配置

(v) 同期ユニット

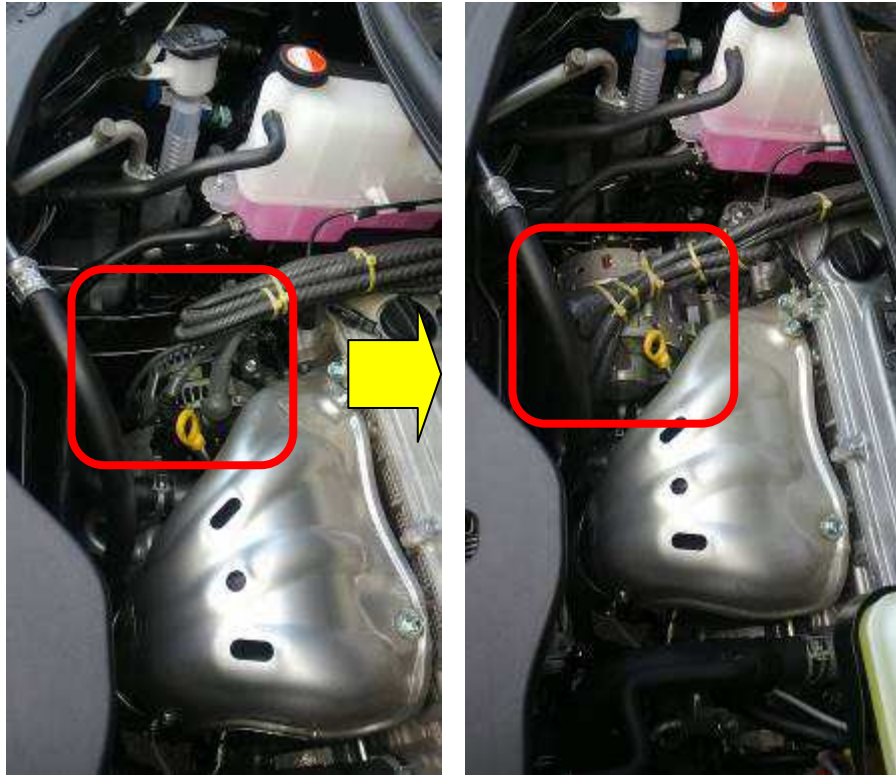
カメラ・レーザの同期をとるための同期回路は、レーザレーダの寒冷地対策としてヒータ機能を追加されたものを搭載している。



図 1.2-53 同期回路

(vi) オルタネータ改造

車内計測には膨大な電力が必要となるため、標準アルファードに搭載されているオルタネータを、大容量電力が発電可能なオルタネータと交換した。



左：改造前
右：改造後

図 1.2-54 改造オルタネータ

オルタネータ改造に伴い、バッテリー、AVR(Automatic Voltage Regulator)ユニット、コンバータ、インバータを搭載している。



図 1.2-55 バッテリー・AVR ユニット・コンバータ・インバータ

(3) データ収集車両の追加製作

(1)、(2)で述べたデータ収集車両について、全く同一の車両型式、及び同一の設計にて、計 5 台の追加製作を行った (図 1.2-56~1.2-59)。



図 1.2-56 データ収集車両追加 5 台（外観前景 1）



図 1.2-57 データ収集車両追加 5 台（外観前景 2）



図 1.2-58 データ収集車両追加 5 台（外観後景 1）



図 1.2-59 データ収集車両追加 5 台（外観後景 2）

1.2.3 データ収集システム車両の評価

(1) データ収集システムの仕様動作確認とシステム性能およびシステム要件（成立性）の確認

車両へ搭載したデータ収集システムにより、データ収集車両システムとして、全搭載センサの結合テストを行い、実働環境におけるシステム評価を行った。

① システム仕様動作確認

下記内容についてシステム評価を行う。

- ・ハードウェア起動確認
- ・全車載センサ／機器接続評価
- ・全車載センサ／機器動作・状況表示評価
- ・全車載センサ／機器記録・保存確認
- ・全車載センサ／機器 1 日走行耐久評価

ハードウェア起動後の各機器が正常起動しているかを下記内容にて確認した。

表 1.2-24 ハードウェア起動確認

対象機器	確認内容	結果
カメラ用 PC5 台	電源投入後にエラー無く起動すること	合
制御用 PC1 台	電源投入後にエラー無く起動すること	合
カメラ 5 台	カメラ撮影ソフトウェア起動時に映像表示されること	合
周辺監視レーザ 4 台 前遠方監視レーザ 1 台	電源投入後に機器ステータス画面にエラー表示無く起動すること	合
GPS	電源投入後にステータス画面にエラー表示無く起動すること	合
カーナビ	電源投入時に、現在の地図を正常表示すること	合

各センサ・機器が正常に接続されているかを下記内容にて確認した。

表 1.2-25 全車載センサ／機器接続評価

対象機器	確認内容	結果
カメラ用 PC5 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ TCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)で 192.168.1.xx のネットワーク上に他 PC を確認できること ・ SSD を D/E ドライブとして認識していること 	合
制御用 PC1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・ TCP/IP で 192.168.1.xx のネットワーク上に他 PC を確認できること ・ TCP/IP で 192.168.0.xx のネットワーク上にレーザ機器を確認できること ・ SSD を D ドライブとして認識していること 	合
カメラ 5 台	各 PC 上の USB 接続カメラとして認識されていること	合
周辺監視レーザ 4 台 前遠方監視レーザ 1 台	制御用 PC 上から TCP/IP で 192.168.0.xx のネットワーク上にレーザ機器を確認できること	合
GPS	制御用 PC 上から RS232C 経由で 1pps データ受信できること ※屋外の GPS 受信可能な場所で起動すること	合
カーナビ	制御用 PC 上から RS232C 経由で一定時間毎のナビ情報を受信できること	合
CAN	制御用 PC 上から USB 認識され、一定時間毎にデータ受信できること	合
シーンマークスイッチ ／マイク	制御用 PC 上から USB 認識されること	合

GPS の正常受信後にカメラ撮影ソフトウェアおよび撮影コントローラソフトウェアを立ち上げ、計測スタート前後において、各機器が正常に動作しているかを下記内容に従い確認を行った。

表 1.2-26 全車載センサ／機器動作・状況表示評価

対象機器	確認内容	結果
カメラ用 PC5 台	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ映像が遅延なく表示されること ・カメラ配置表示（前／右／左／後／前遠）が表示されていること ・「画面モード」により、カメラ画像が全画面表示/上下移動表示に切り替わること ・ディスプレイ切替機に応じた PC 画面が表示されていること ・有効シーン時間がシーンマークスイッチ押下毎に増加していること ・撮影に応じて記録残時間が減少していること ■カメラ撮影ソフトウェア立ち上げ、計測スタート後のシーンマークスイッチ押下時に下記動作を確認 ・スイッチ押下時のスイッチ表示が 3 秒間点灯すること ・スイッチ押下後 1 分間「スイッチ取得中」が点灯すること ・1 分後に消灯すること ・スイッチ押下後 1 分間カウントがカウントアップすること ・1 分後にカウント停止すること ・スイッチ押下後 3 秒間マイクスピーカ表示がアクティブになること ■撮影コントローラ PC のキーボード操作によって下記が変化すること ・シャッター速度およびカメラ表示明度が変化すること ・スイッチ押下と合わせて動的表示(歩行者/自転車/その他)がアクティブになること ・キー操作に応じて周囲状況(晴/昼/車線)が変化すること 	合
制御用 PC1 台	<ul style="list-style-type: none"> ■撮影コントローラ上で下記を確認する ・GPS 正常受信完了までは異常状態で計測スタートできないこと ・「全センサ OK」が表示されていること ・センサ異常が表示されていないこと ・5 台のカメラ PC 搭載 SSD(D/E ドライブ)が認識・容量減少していること 	合
カメラ 5 台	<ul style="list-style-type: none"> ・カメラ撮影ソフトウェア上で、撮影中のカメラ映像が遅延なく表示されていること ・撮影コントローラソフトウェア上でカメラ映像位置が赤表示となっていないこと ・撮影コントローラソフトウェア上で各 PC 映像が遅延なく表示されていること 	合
周辺監視レーザ 4 台 前遠方監視レーザ 1 台	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影コントローラソフトウェア上で・周辺監視用レーザ点群が走行に応じて遅延なく 4 色表示されていること ・周辺監視用点群において、同一対象物を表示する際に、大きくズレないこと ・前方監視用レーザ点群が走行に応じて遅延なく 4 色表示されていること ・レーザ表示が消えないこと 	合
GPS	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影コントローラソフトウェア上で GPS 衛星が正常信されている(黒表示/表示無しのみになっていない)こと 	合
カーナビ	<ul style="list-style-type: none"> ・現在地と同じ地図が表示されていること ・NAVI 位置が走行に応じて変化していること ・走行ルートに従い、走行軌跡が表示されていること 	合
CAN	<ul style="list-style-type: none"> ・撮影コントローラソフトウェア上で CAN の速度情報が走行に応じて変動していること 	合

計測スタート後、シーンマークスイッチを押し、各機器が正常にファイル保存しているかを下記内容に従い確認を行った。

表 1.2-27 全車載センサ／機器記録・保存確認

対象機器	確認内容	結果
カメラ 5 台	・計測スタート後、D:¥RCS¥Data および E:¥RCS¥Data の下の日付フォルダ・カメラ名・時・分・秒のフォルダが作成され、カメラ撮影ファイルが保存されていること	合
前遠方監視レーザ 1 台	・計測スタート後、D:¥日付¥機器名¥時フォルダの下にレーザデータファイルが保存されていること	合
GPS	・計測スタート後、D:¥日付¥危機名¥次フォルダの下に GPS データファイルが保存されていること	合
カーナビ	・計測スタート後、D:¥日付¥機器名¥時フォルダの下に NAVI データが保存されていること	合
CAN	・計測スタート後、D:¥日付¥機器名¥時フォルダの下に CAN データが保存されていること	合
ワイパー／ウィンカー	・計測スタート後、D:¥日付¥機器名¥時フォルダの下に DIP フォルダが保存されていること	合
マイク	・計測スタート・シーンマークスイッチ押下後、D:¥日付¥機器名 ¥時フォルダの下に音声データファイルが保存されていること	合
シーンマークスイッチ	・計測スタート。シーンマークスイッチ押下後、D:¥日付¥機器名 ¥時フォルダの下にシーンマークスイッチ情報ファイルが保存されていること	合

4 時間連続撮影を行い、システム異常が発生しないことを、下記内容に従い確認を行った。

表 1.2-28 全車載センサ／機器 1 日走行耐久評価

対象機器	確認内容	結果
カメラ用 PC5 台	・スイッチ操作時の表示が正常でありつづけること ・シャッター速度自動設定の際に最大値 15.3 を超えていないこと ・システム異常が発生しないこと	合
制御用 PC1 台	・各 PC の SSD 認識エラーとならないこと ・各 PC の SSD 残量が残っていること ・センサ異常が発生しないこと	合
カメラ 5 台	・撮影中にカメラ映像が乱れないこと	合
周辺監視レーザ 4 台 前遠方監視レーザ 1 台	・撮影中にセンサエラーが発生しないこと ・計測範囲内対象物がある場合は点群表示されていること	合
GPS	・GPS 取得できない場合もシステム停止しないこと ・1 PPS 受信が正常カウントされていること	合
カーナビ	・現在地の地図と大きくずれていないこと ・走行軌跡が大きくずれていないこと	合
CAN	・CAN 速度表示が大きくずれていないこと	合

② キャリブレーション結果

データ収集車両に搭載したカメラ、レーザレーダセンサ取付け位置の調整および正確な座標系の測定を行った。

走行運用時の乗務員を含めた搭載重量考慮し、平地静止状態条件化での計測結果を以下に示す。

(i) 平地静止状態に関する標準姿勢

- ・運転席 60kg
- ・ナビゲータ席(中央左) 60kg
- ・サブナビゲータ席(中央右) 40kg

(ii) キャリブレーション基準座標の定義

- ・原点：左右前輪中央、車輪の中心高
- ・X軸：左右後輪中央から左右前輪中央への方向、(上下成分除外)
- ・Y軸：X軸に対して垂直、車両の横方向(右前輪から左前輪方向。上下成分除外)
- ・Z軸：平地に対する鉛直上方向
- ・Roll:進行方向中心軸回転(X軸に対して右ネジ方向回転を正)
- ・Pitch:上下アオリ回転(Y軸に対して右ネジ方向回転を正)
- ・Yaw:水平回転(Z軸に対して右ネジ方向回転を正)

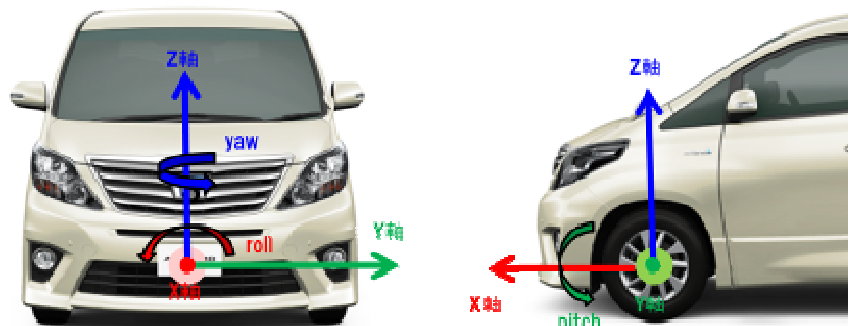


図 1.2-60 キャリブレーション基準軸

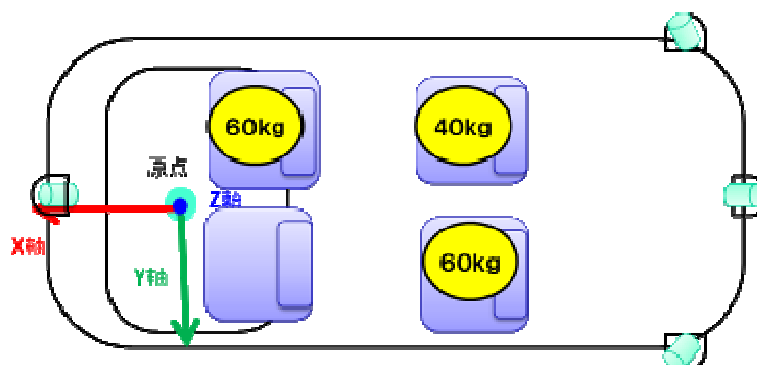


図 1.2-61 乗員配置イメージ

表 1.2-29 カメラキャリブレーション結果

	X 座標(mm)	Y 座標(mm)	Z 座標(mm)	Roll(°)	Pitch(°)	Yaw(°)
前カメラ	992.956	-14.354	711.807	0.10	30.41	0.22
後カメラ	-3940.323	-7.792	694.620	-0.70	29.78	179.66
右カメラ	-3521.071	-963.089	674.915	-0.09	30.54	-91.98
左カメラ	-3513.170	956.213	687.688	-0.09	29.02	92.22

表 1.2-30 レーザキャリブレーション結果

	X 座標(mm)	Y 座標(mm)	Z 座標(mm)	Roll(°)	Pitch(°)	Yaw(°)
前レーザ	981.7	-6.4	474.1	-0.20	0.44	0.17
後レーザ	-3923.7	-13.3	422.7	1.22	0.15	179.61
右レーザ	-3513.4	-946.1	434.5	-0.13	-0.42	-92.15
左レーザ	-3515.6	922.3	431.6	0.91	0.40	92.74

(2) シーン別映像収集調整パラメータの確認検証

① 走行映像収集シーン仕様

(i) 走行映像収集シーン仕様として、以下を挙げる。

- ・歩行者追い越し（歩道無し）
- ・歩行者追い越し（歩道有り）
- ・交差点左折時の歩行者
- ・交差点右折時の歩行者
- ・歩行者横切り
- ・車道を走行する自転車を追い越し
- ・歩道を走行する自転車を追い越し
- ・交差点左折時の自転車
- ・交差点右折時の自転車
- ・自転車横切り
- ・駐車車両追い越し
- ・駐輪二輪車追い越し
- ・対向車両（自動車、二輪車）
- ・対向車線側の歩行者
- ・対向車線側の自転車
- ・路側構造物（ガードレール、看板標識、信号、電柱、樹木、他）

(ii) 収集に必要な機能

上記仕様に関わる有効シーンを映像データにマーキングする仕組みを車両機能に追加し、収集ルールを決めてオペレータに記録させるようにした。

(a) 照度への対応

上記すべての収集シーンにおける仕様対象物に対して、明るさによるカメラ映像の品質管理は重要である。

5台のカメラ映像とシャッター速度との関係性を評価するしくみを設けて照度と収集映像と関係を調査し設定値を特定した。(2) ③ シャッター速度と収集画像の妥当性確認とシャッター速度設定値の決定 で報告。

(b) シーンマークスイッチの設置

カメラ撮影中にスイッチを押下することで、スイッチの押された時刻を記録し、その時刻データにより、スイッチを押したときの映像が特定できる仕組みをシステムに追加した。

具体的には再生の際に同時刻のマーク映像へジャンプできるビューワ機能や、そのマークポイントを中心に前後 120 秒の映像データをコピー抽出する機能など盛り込むことで、仕様に適合するシーンを切出すことができるようにした。

シーンマークの押下は下記のように実施

- ・路側構造物以外の仕様に示す対象物（歩行者、二輪車、駐車車両）
- ・対象物は全遠方カメラの映像に写った時点で押下する
- ・夜間の走行はカメラ映像は暗く対象物を判定できないため、直接目視にて昼間と同様な判断でスイッチを押下する

スイッチ押下のルール（10秒ルール）

- ・同じ対象物が連続的に映像に入る場合はスイッチを押さない
- ・多くの対象物が連続映像に入ってくる場合は、10秒間は連続してスイッチを押さない。

仕様を仕分けするために準備した操作機能（トライアル走行では未使用）を図 1.2-62、図 1.2-63 に示す。

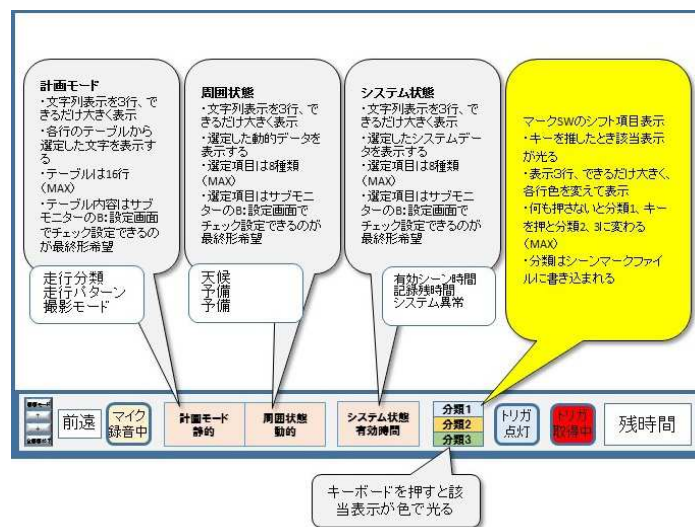


図 1.2-62 メインディスプレイでの表示

ID	操作	キー機能	機能内容	操作	割付けキー
1	直入力	シャッター設定	シャッタ速度選択 (,,,,)	キーを割付け。押下で確定	1,2,3,4,5,6,7,8,9,0
	属性付与	カメラ選択シフト	前、右、左、後 (なにも押さない場合は前遠方)	カメラを選ぶ、+設定キーで確定	F9,F10,F11,F12
1'	直入力	シーンシャッター設定	シーン速度選択 (,,)		F9,F10,F11,F12
2	直入力	トリガスイッチ	トリガ時刻	専用SW。押下で確定	トリガSW
	属性付与	トリガ分類シフト	分類1：歩行者、二輪車、左駐車車両、走行エリア障害物 分類2：右車線対象物、走行不能エリア対象物 分類3：交差点外横断歩道、その他	分類を選ぶ、+トリガスイッチで確定 ※何も押さないと分類1とする	F1：分類2 F2：分類3 F3,F4は予備
3	直入力	周辺環境設定	環境1：天気、晴、曇、雨、雪、霧、予備… 環境2：トンネル、逆光、早朝、昼、夕方、夜、予備… 環境3：車線なし、単車線、複数車線、横断歩道、予備…	環境を選ぶ。押下で確定	環境1：Q,W,E,R,T,Y,U,I,O,P 環境2：A,S,D,F,G,H,J,K,L 環境3：Z,X,C,V,B,N,M
	直入力	プログラム実行	サブプログラム：始業点検、予備、予備、(自動シャッター)		F5,F6,F7,F8
5	直入力	特殊キー	前の処理を取り消し		ESCキー

- ・ ID1の機能はトライアル走行時に使用。本運用時はID1'に切替え可能なようにする。切り替えはメンテナンス画面設定でおこなう。
- ・ シフトキーは押されたら選ばれていることが画面に表示されること(分類：無色→カラー表記、カメラ選択：選定カメラ表記)
- ・ 直入力キーは押され入力たことが分かる表記がされること
(周辺環境設定は表記エリアに内容を表記)
- ・ 割付けキーは機能内容に記載したものを左から割付け、未定義は予備。

図 1.2-63 キー操作割付仕様

② 模擬市街路コース環境によるデータ収集作業

- ・ 模擬市街路コースの実験設備を用いて交差点、単路（直線路、カーブ路等）および路側物など公道環境に近い走行環境を計画し構築した。
- ・ 歩行者ダミー（大人・子供）を用いてデータ収集車両の測距レーダの静的動作性能データ収集および代表的なデータ整理を実施した。
- ・ データ収集車両の走行時における以下の走行映像データを収集および代表的なデータ整理を実施した。
 - －歩行者ダミーの追い越し、旋回（左折、右折）および横切り（横断）
 - －自転車の追い越し、旋回（左折、右折）および横切り（横断）
 - －停止車両（自動車・二輪車）や路側物の同時撮像
 - －対向車両（自動車・二輪車）や路側物の同時撮像

(i) 模擬市街路コース環境によるデータ収集作業

(a) データ収集車両の概要

トライアル走行に先立ち、データ収集車両の製作仕様の確認実験として、茨城県つくば市の JARI 模擬市街路（東コース）の実験設備である交差点や単路（直線路、カーブ路等）および路側物（信号機、縁石や白線や横断歩道等の路面表示）を用いて、公道に近い走行環境で実施した。

データ収集車両の諸元を表 1.2-31、データ収集車両の外観図を図 1.2-64、またデータ収集車両の検知仕様を表 1.2-32 に示す。

データ収集車両は、トヨタ製ワゴンのアルファードをベースとし、車載カメラ 5 台やレーザーレーダ 5 台、制御 PC6 台や表示モニター 2 台等の電源を確保するために、ガソリン車両のオルターネータ容量をアップしている。

表 1.2-31 データ収集車両の諸元

項目	スペック	
車両	トヨタ アルファード 240S ガソリン車 4WD 乗車定員 4 名	
搭載センサ	カメラ	周辺監視：4 台 レンズ画角：180 度 前遠方監視：1 台 レンズ画角：90 度 解像度：1920x1080 12 ビット フレームレート：60fps
	レーザレーダ	周辺監視：4 台 スキャンレイヤ数：1 スキャン角度：185 度 周端数：50Hz レンズ中心軸：下向き 30 度 前遠方監視：1 台 スキャンレイヤ数：4 スキャン角度：85 度 周端数：50Hz 前方バンパー位置に配置
記録時間	最大 8 時間 カメラ 1 台毎に 6TB の SSD を搭載	
GPS	Leica GS25 GPS 時計 位置データ（緯度・経度）を取得	
システム電源容量	2000W（オルターネータの容量アップで対応）	

データ収集車両の前後左右の周辺には、周辺監視カメラ（画角 180°）と周辺監視 1 層レーザレーダをセットとした検知モジュールを配置している。また、車室内には前遠方監視カメラ（画角 90 度）および前方バンパー付近に前遠方監視 4 層レーザレーダを設置した配置構成である。

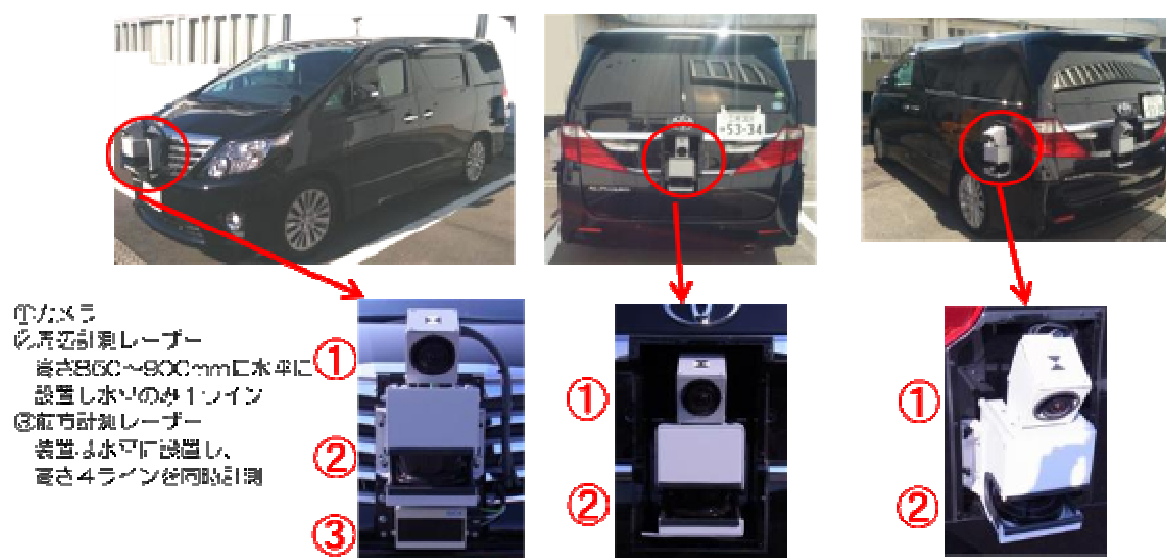


図 1.2-64 データ収集車両の外観図

表 1.2-32 データ収集車両の検知仕様

項目	周辺監視（360度）	前遠方監視（90度）
収集データ	<ul style="list-style-type: none"> ・車両ボデー直下から 20m 範囲の全周辺 360 度にある歩行者、障害物（自転車、二輪車、車両） ・路側物（信号機や標識等固定障害物、看板やコーン等の移動障害物） 	<ul style="list-style-type: none"> ・通常走行時、旋回走行時の歩行者、障害物（自転車、二輪車、車両） ・路側物（信号機や標識等固定障害物、看板やコーン等の移動障害物）
監視範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・検知範囲：0～20m ・角度分解能：0.333 度 ・設置高さ：86cm 程度 	<ul style="list-style-type: none"> ・最遠点：70m ・角度分解能：0.5 度

(b) データ収集車両評価実験計画の概要

データ収集車両に搭載された車載カメラ 5 台のレジストレーション作業やカメラ内部パラメータおよび 5 台レーザレーダのキャリブレーション作業後に、画像データに自車両と歩行者との距離データを付与するのに用いられる前遠方監視 4 層レーザレーダおよび周辺監視 1 層レーザレーダの検知性能の評価実験計画を立案しデータ収集を実施した。

(b)-1 前遠方監視 4 層レーザレーダ：静止歩行者検知性能

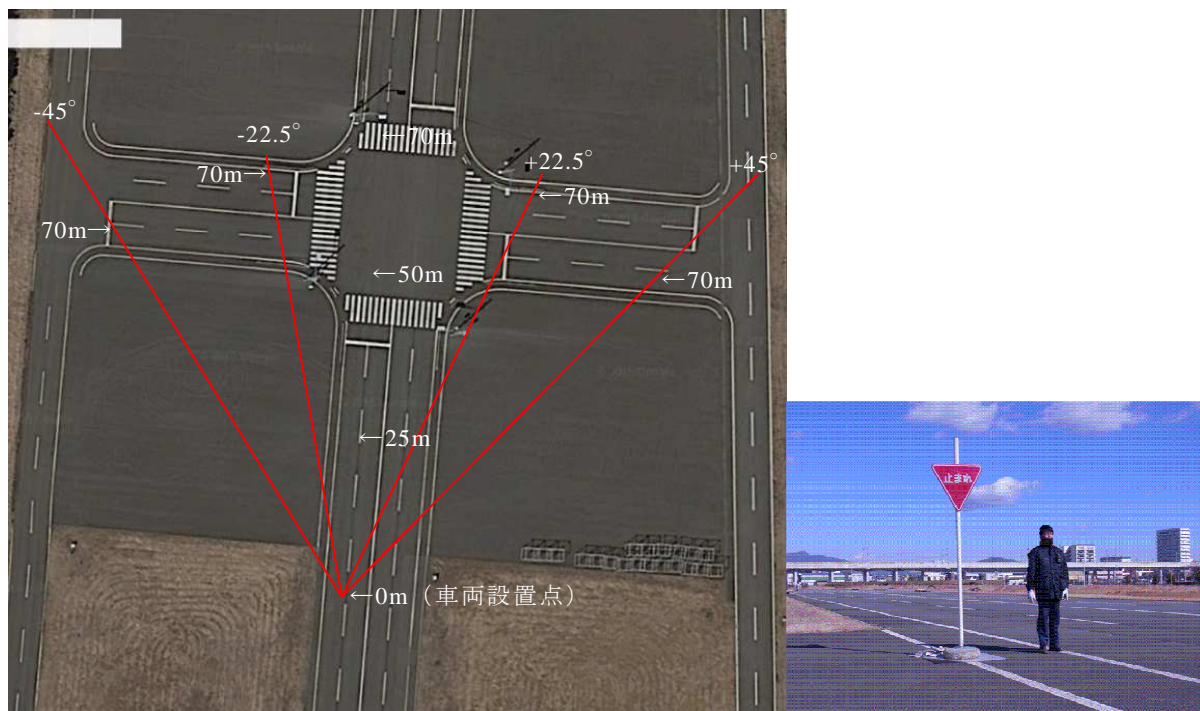
【実験方法】

- ・測定対象：歩行者（大人 180cm、子供 120cm）、向き（前、横）の最大検知距離と方位
- ・実施条件：自車両停止、歩行者停止
- ・測定点：0 度（50m～100m の 5m 毎）、 ± 22.5 度（5m～70m の 5m 毎）、 ± 45 度（5m～60m の 5m 毎）

図 1.2-65 に前遠方監視 4 層レーザレーダ装置の測定点イメージを示す。模擬市街路の距離イメージを示すために、図中に直線部（25m、50m、70m）、検知範囲 90° （左 -45° ～右 45° ）および検知範囲 45° （左 -22.5° ～右 $+22.5^\circ$ ）の目印線を示す。

レーザレーダセンサは、白色に近い色彩ほど高反射する傾向を有しており、コース上の前方約 45m と約 70m の横断歩道からの路面反射の影響の有無を確認する配置とした。

また、対象物の歩行者（大人／子供）は、同図の右側に示すように歩道帯に目印としての標識とともに設置した。



（出典）地図：Google Earth

図1.2-65 前遠方監視4層レーザレーダの測定点イメージ、歩行者状況

図1.2-66は、前方25m地点左側に横断歩行者を前遠方監視カメラ（画角90°）撮像した映像データの例である。



図1.2-66 前遠方監視カメラ（画角90°）映像データ例（前方25m地点左側に横断歩行者）

【結果】

表1.2-33から表1.2-35に前遠方監視4層レーザレーダの距離別や検知角度の結果を示す。

表1.2-33は角度+0° 検知一覧では、測定範囲50mから100mにおいて、概ね距離誤差±0.5m、角度誤差±5° のデータ分布の特徴を示している。

但し、90m、80m、70m、65m、60mにおいて対象物の一部で未検知（LOST）の発生、85m地点の対象物の一部で距離誤差が-5mに拡大および50m地点の対象物の一部で角度誤差が+17° 増大が発生しており、タグデータに距離情報を付与する際には、画像データ側の大まかな距離から路面反射などの誤差要因となるレーザレーダ測距データの異常データの排除を考慮するアルゴリズム実装が必要であると考えます。

表1.2-33 静止歩行者角度0°検知結果一覧

条件: 角度 0° (静止状態)																										
実測値		100				95				90				85				80				75				
向き/計測値	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離		
歩行者 (子供)	前	1	3	2.5	100.35	3	2.5	95.3	3	2.5	90.1	2	5.5	81.8	3	3.5	80.3	3	3.5	75						
		2	3	2.5	100.31	3	2.5	95.2	3	2.5	90.2	2	7.5	83.7	2	7.5	81.9	3	3.5	75.1						
	横	1	3	2.5	100.25	3	2.5	95.2	3	2.5	90.2	2	6.5	83.1	2	5.5	80.4	3	3.5	75						
		2	3	2.5	100.25	3	2.5	95.3	2	5.5	91.2	2	6.5	83.1	2	5.5	80.3	3	3.5	75.1						
歩行者 (大人)	前	1	3	2.5	100.31	3	2.5	95.4	LOST			2	4.5	80.1	2	2.5	80.3	3	3.5	75						
		2	3	2.5	100.25	3	2.5	95	LOST			2	4.5	80.1	2	2.5	80.2	2	3.5	75.1						
	横	1	3	2.5	100.29	3	2.5	95.2	2	6.5	85.6	2	4.5	80.1	3	3.5	80.2	3	3.5	75						
		2	3	2.5	100.25	3	2.5	95.3	3	2.5	90.2	2	4.5	80.1	3	3.5	80.3	3	3.5	75.1						
自転車	前	1	3	2.5	100.31	3	2.5	95.3	LOST			2	4.5	80.1	3	3.5	80.3	3	3.5	75.1						
		2	3	2.5	100.33	3	2.5	95.3	LOST			2	4.5	80.2	3	3.5	80.3	2	3.5	75						
	横	1	3	2.5	100.25	3	2.5	95.3	3	2.5	90.2	2	2.5	85.3	2	2.5	80.1	3	3.5	75.1						
		2	3	2.5	100.25	3	2.5	95.3	3	2.5	90.2	2	2.5	85.3	LOST		2	3.5	75							

70			65			60			55			50		
レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離	レイヤ	角度	距離
3	3.5	70.5	LOST			1	3	60	1	3	55	2	3.5	50.01
3	3.5	70.5	1	3	65.1	1	3	60	2	3.5	55.1	2	3.5	50.04
3	3.5	70.5	2	2.5	65	1	3	60	1	6	35.9	3	20.5	49.79
3	2.5	70.1	2	2.5	65.1	1	3	60	1	3	54.9	3	21.5	49.92
3	3.5	70.5	2	2.5	65.2	LOST			2	3.5	55.1	2	3.5	50.04
LOST			2	2.5	65.2	1	6	54.4	2	3.5	55.1	3	3.5	50.01
LOST			2	2.5	65.2	1	6	54.4	2	3.5	55	2	3.5	50.21
3	3.5	70.5	LOST			1	6	54.4	2	3.5	55	3	3.5	50.18
3	3.5	70.5	2	2.5	65.8	3	4.5	60.6	3	23	52.6	3	3.5	50.54
3	3.5	70.5	2	2.5	65.8	3	4.5	60.5	3	23	52.7	3	3.5	50.55
3	3.5	70.5	LOST			2	3.5	60	2	3.5	55.1	3	4.5	50.15
3	3.5	70.5	LOST			3	3.5	60.4	2	3.5	55.1	2	4.5	50.14

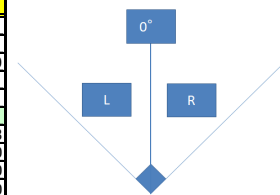
【考察：検知範囲90° 領域】

前遠方監視カメラ（画角90°）に対して、前遠方監視レーザレーダは分解能を重視した設定のため設定仕様が85°（左側35°+右側50° 合算領域）と最大検知範囲の仕様に差異があり、表1.2-34に検知範囲90° 領域（左右各角度45°）における距離別データの一部結果を示す。

歩行者（大人／子供）は、距離55mから70m間全て未検知（LOST）である。また、距離40mから50mにおいても、左側および右側ともに歩行者（大人／子供）に未検知が発生しており、センサ実力値の範囲でのデータ収集の状況が伺える。そのため、検知範囲90° におけるデータ収集結果は、参考扱いにするのが望ましい。

表1.2-34 検知範囲90°領域検知結果一覧

		条件:角度 L45° (静止状態)						条件:角度 R45° (静止状態)					
実測値		50		45		40		50		45		40	
向き/計測値		レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離
子供	前	1	LOST	1	45 44.9	LOST	1	45 49.9	2	45.5 44.7	1	45 39.9	
		2	1 45 49.81	1	45 45	LOST	1	45 49.9	2	45.5 44.7	1	45 40	
	横	1	LOST	LOST	LOST	1	45 49.8	LOST	2	44.5 40			
		2	LOST	LOST	LOST	1	45 49.8	LOST	LOST	LOST			
大人	前	1	LOST	LOST	1	45 40	2	44.5 49.9	1	45 45	2	44.5 39.8	
		2	1 45 50.12	LOST	1	45 40.1	1	45 50	1	45 45	1	45 40	
	横	1	1 45 49.98	1	45 45.1	1	45 40	1	45 50	2	44.5 45	3	44.5 40
		2	1 45 50.12	1	45 45	1	45 39.9	2	44.5 49.9	1	45 45	1	45 40



【考察：検知範囲45° 領域】

表1.2-35に検知範囲45° 領域（左右各角度22.5°）における距離別データの一部結果を示す。

距離70m間まで歩行者（大人）および自転車は検知可能であった。但し、歩行者（子供）は、距離45mから60m間において、左側および右側ともに未検知が発生している。そのため、検知範囲45° 領域における歩行者（子供）の最大検知距離は40m以下に設定するのが望ましい。

表1.2-35 検知範囲45°領域検知結果一覧

		条件:角度 L22.5° (静止状態)						条件:角度 R22.5° (静止状態)							
実測値		60		55		50		50		45		40		35	
向き/計測値		レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離	レイヤ	角度 距離
子供	前	1	LOST	1	22 55	1	16 49.8	1	23 49.9	1	23 44.9	1	23 39.9	1	23 34.8
		2	LOST	3	27.5 54.4	1	22 49.8	LOST		1	23 44.9	1	23 39.9	2	23.5 34.8
	横	1	LOST	2	31.5 55.8	1	22 49.9	2	22.5 49.9	LOST		1	23 40	1	23 34.9
		2	LOST	2	31.5 55.9	1	22 50	2	22.5 49.8	LOST		2	22.5 39.9	2	22.5 35
大人	前	1	2 22.5 59.69	1	22 55	2	22.5 50.2	1	23 50.1	2	22.5 44.9	2	22.5 39.9	2	22.5 34.9
		2	2 22.5 59.69	3	30.5 54.1	2	22.5 50.1	1	23 50.1	1	23 45	1	23 39.9	3	22.5 35.1
	横	1	2 22.5 59.69	3	30.5 54	3	31.5 51.4	1	23 49.9	2	22.5 45	1	23 400	1	23 35
		2	2 22.5 59.6	3	30.5 54	2	31.5 51.2	1	23 49.9	2	22.5 44.9	1	22.5 40	1	23 34.9
自転車	前	1	2 31 55.79	2	21.5 55.6	2	21.5 50.1								
		2	2 31.5 56.2	2	21.5 55.7	2	21.5 50.6								
	横	1	2 31.5 56.25	3	31.5 53.3	2	21.5 50.3								
		2	2 31.5 56.27	3	31.5 53.2	1	23 50.1								

(b)-2 前遠方監視4層レーザレーダ：歩行者／自転車の移動体検知性能

【実験方法】

- ・測定対象：歩行者（大人 180cm）、自転車の路肩移動体および道路横断移動体検知
- ・実施条件：自車両停止、歩行者移動／自転車移動
- ・測定点：路肩移動（自車両から25mから75m間を一定速度で移動）
道路横断（自車両から25m、50m、70m遠方地点を一定速度で移動）

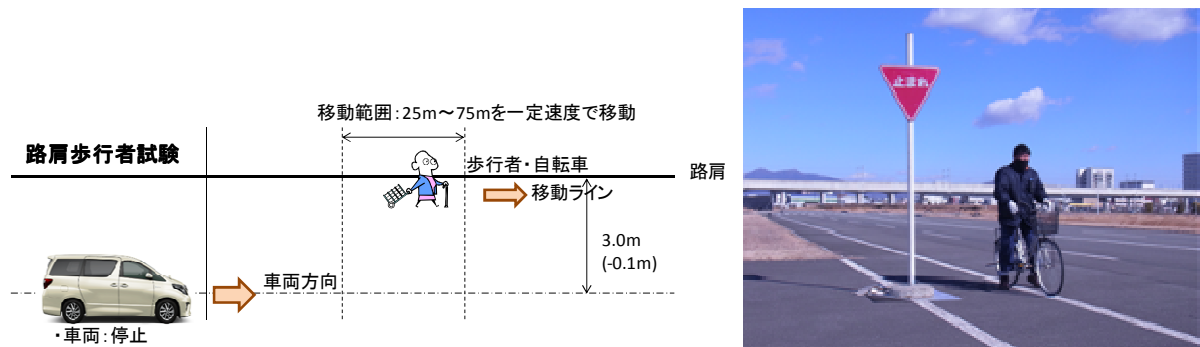


図1.2-67 路肩移動体検知試験

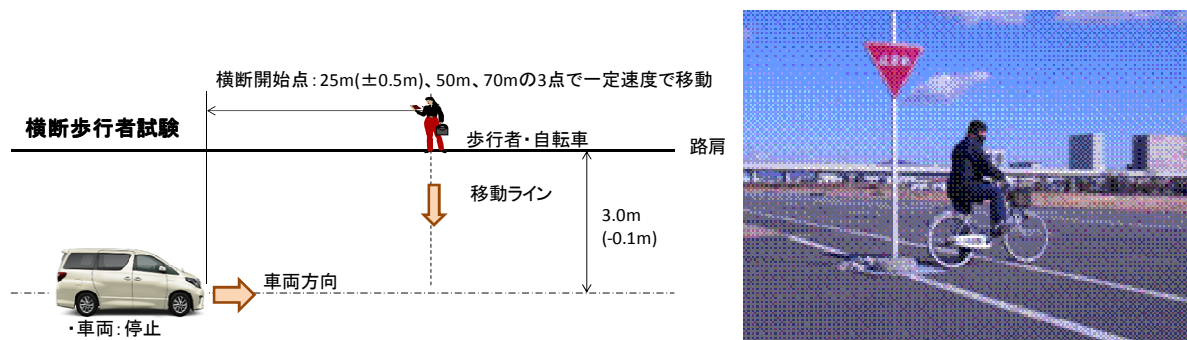


図1.2-68 道路横断移動体検知試験

【結果：歩道移動体】

表1.2-36に歩道移動体検知結果（左側歩道50m⇒70mに移動）一覧を、図1.2-69に歩道移動体検知（歩行者）および図1.2-70に自転車移動体検知（自転車）の距離と方位の計測データをグラフ図を示す。

検知距離は、ほぼ直線的に検知された計測データが得られているが、歩行者および自転車の正確な自車両に対する距離データが得られていないため、参考データの扱いとする。

表1.2-36 歩道移動体検知結果一覧（左側歩道50m⇒70mに移動）

	種別	検知距離	(参考) 方位	備考
検知精度	歩行者	4812～ 7005cm	+3.5° ～ +2.5°	
	自転車	4215～ 6205cm	+3.5° ～ +2.5°	距離62m以上70m間は未検知 (LOST)

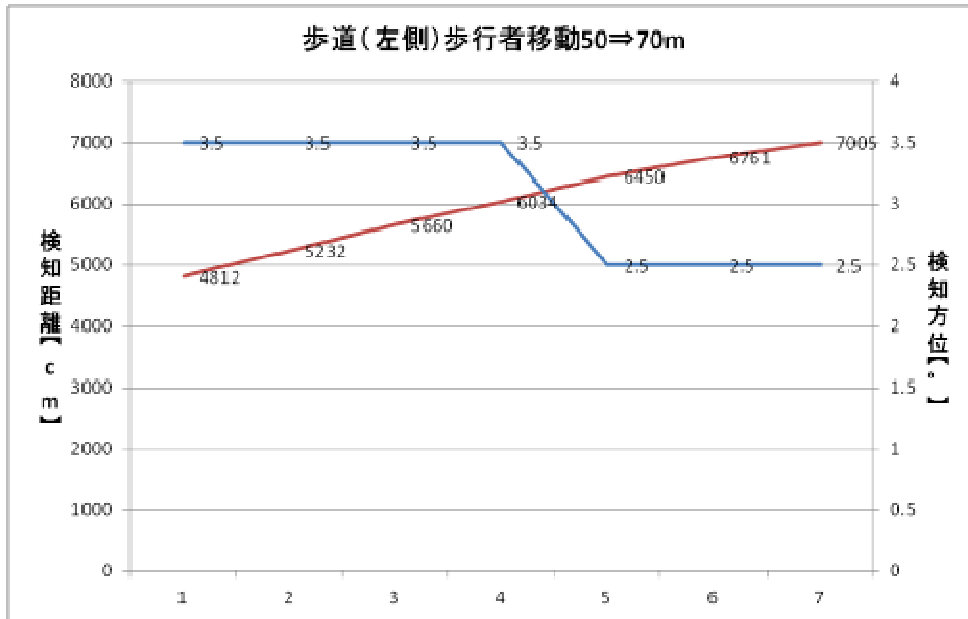


図1.2-69 歩道移動体検知結果（歩行者左側50m⇒70m）

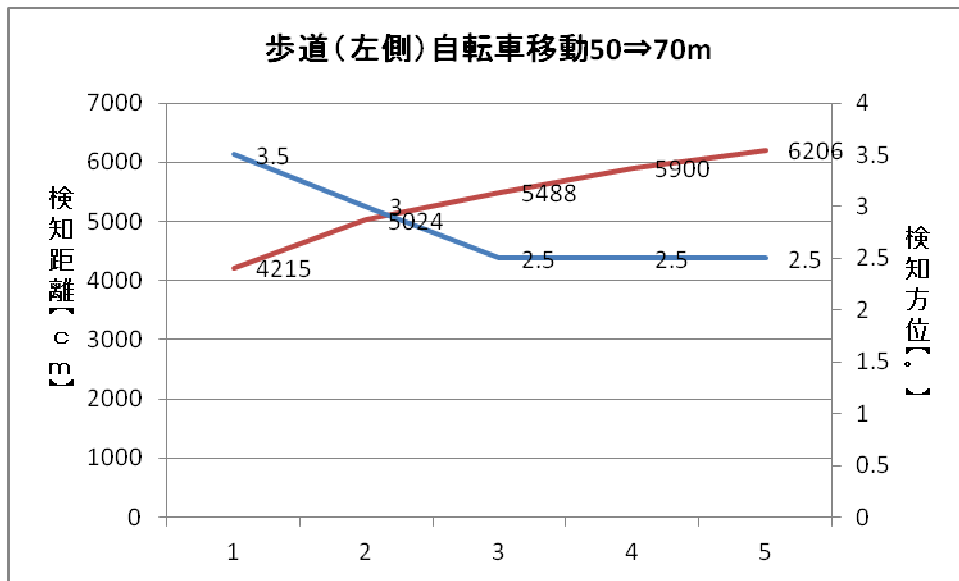


図1.2-70 自転車移動体検知結果（左側50m⇒70m）

【結果：道路横断移動体】

表1.2-37に道路横断移動体検知結果（横断距離25m左側⇒右側横断）一覧を、図1.2-71に道路横断移動体検知結果（歩行者）および図1.2-72に道路横断移動体検知結果（自転車）の検知距離と方位の計測データのグラフ図を示す。

前方の道路横断移動体との距離データは、左右の両端になる程検知距離誤差が+0.9%から+11%程度発生する傾向が見られたため、前遠方監視4層レーザレーダ検知精度は+10%程度の誤差を含めて扱う必要がある。

表1.2-37 道路横断移動体検知結果一覧（歩行者、自転車）

検知精度	種別	検知距離	平均	(参考) 方位	備考
	歩行者	2481 (-0.8%) ~ 2631 (+5.2%) cm	2531cm +1.2%	11~-15.5°	
	自転車	2477 (-0.9%) ~ 2776 (+11%)	2754cm +10.2%	14.5~-27°	

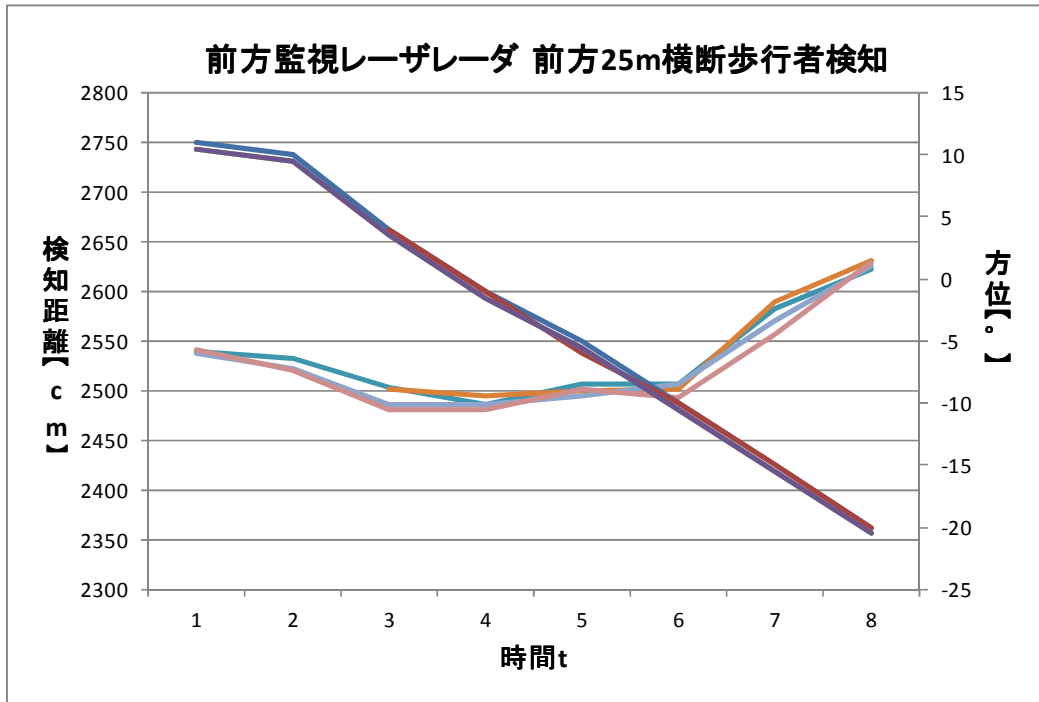


図1.2-71 道路横断移動体（歩行者）検知データ（前方25m）

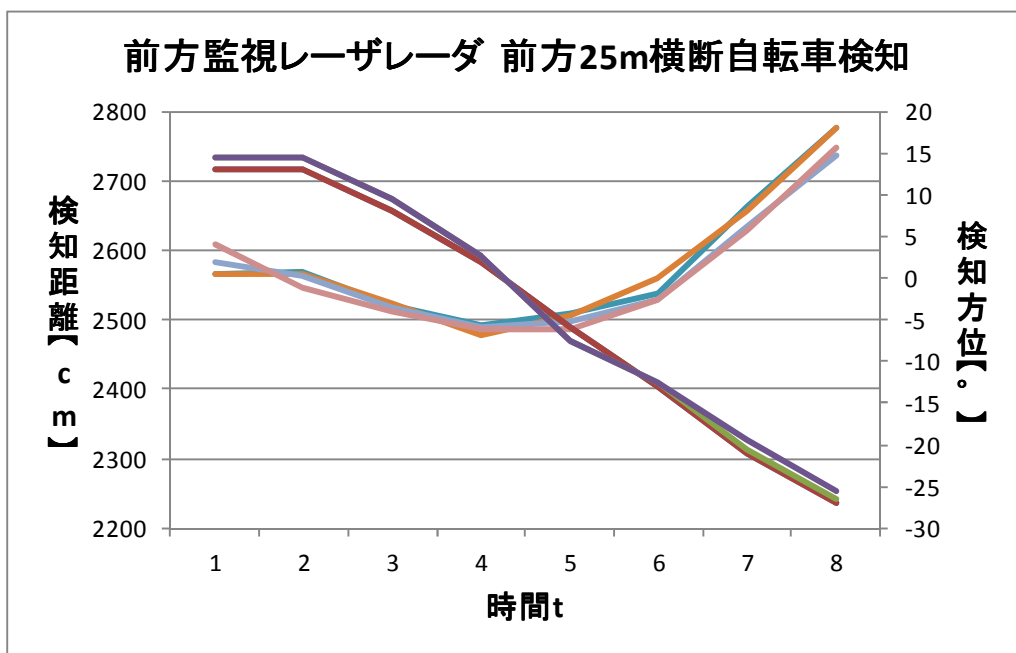


図1.2-72 道路横断移動体（自転車）検知データ（前方25m）

【考察】

自車両の前方45mから70m付近に交差点の横断歩道が存在しており、前遠方監視4層レーザレーダのうち最も路面に近いビームのレイヤー0やレイヤー1は、絶えず約50m前後の検知距離を返信する傾向が見られており、タグ情報に検知距離を示す際に上記を考慮する必要がある。



図1.2-73 道路横断移動体（歩行者前方50m）画像データ

#	Layer	Echo	Deg	Dist(mm)	
1	1	0	18	50290	横断歩道白線の反射
1	1	0	16	49680	
1	1	0	15	49520	
1	1	0	14	49180	
1	1	0	13	48910	
1	1	0	10	42150	
1	1	0	8	45270	
1	1	0	7	43830	
1	1	0	-5	50360	横断歩行者
2	2	0	24.5	51520	信号機柱
2	2	0	10.5	42130	歩道白線反射
2	2	0	-4.5	50210	横断歩行者
3	3	0	24.5	51870	信号機柱

図1.2-74 道路横断移動体（歩行者前方50m）前遠方監視4層レーザレーダデータ

(b)-3 周辺監視1層レーザレーダ：検知性能試験

【実験方法】

図 1.2-74 に歩行者子供ダミーを用いた周辺監視 1 層レーザレーダの検知性能試験を示す。周辺監視レーザレーダは、スキャン角度を優先し 1 層タイプでスキャン角度 190°、角度分解能 0.333° を採用した。そのため、前後左右の検知範囲内において、2 つのレーザレーダで検知出力が得られる検知範囲が存在する。例えば、歩行者 B をデータ収集車両の右 45° 前方約 14.1m に配置した場合、周辺監視前方レーザレーダおよび周辺監視右方レーザレーダが歩行者ダミーを検知が可能であり、同様に歩行者 C から F における各々のレーザレーダが検知した距離と方位を計測し検知性能を確認した。なお、方位は各周辺監視レーザレーダ間のキャリブレーションが未完了のためレーザレーダ出力値から計算した参考値である。

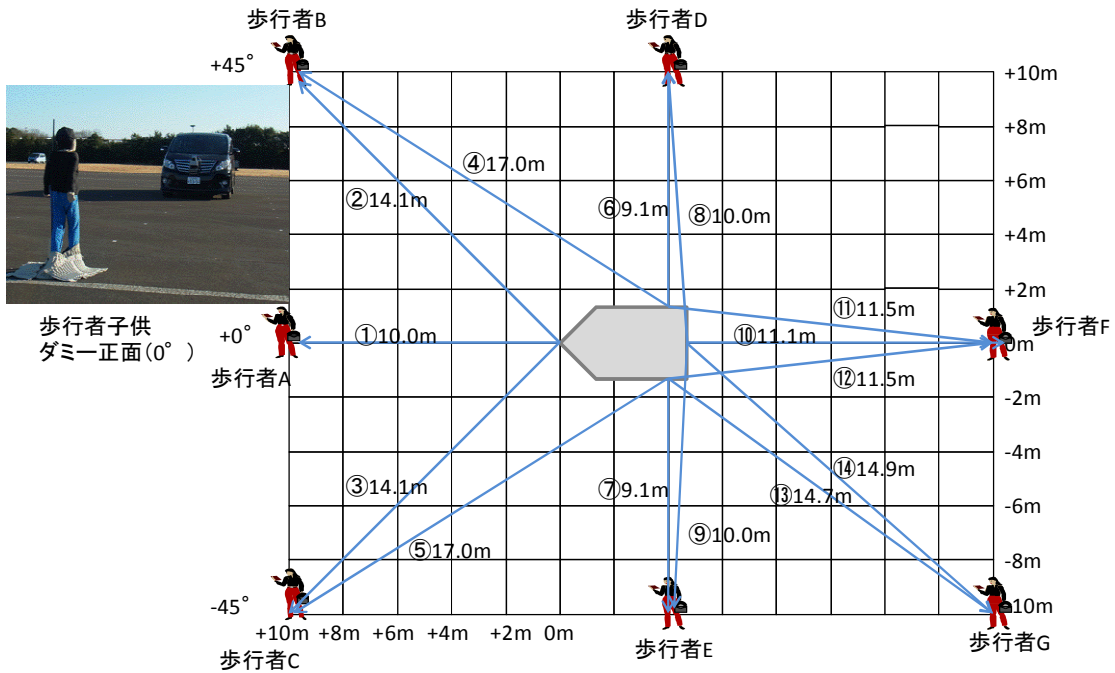


図 1.2-75 周辺監視 1層レーザレーダ歩行者検知

【結果】

表 1.2-38 に周辺監視 1層レーザレーダの車両の全周囲に歩行者子供ダミーを設置した際の検知性能（距離、方位）の結果を示す。

検知距離のバラツキは-0.4m から+0.2m と精度±5%以内、方位のバラツキは-6.0° から+2.9° と精度±10%以内の検知性能であった。特に方位は、対象物とレーザレーダの角度（俯角）が低い場合の④、⑤および⑭は、方位誤差が大きくなる傾向があった。

表 1.2-38 周辺監視 1層レーザレーダの検知性能一覧（距離、方位）

	歩行者 A	歩行者 B	歩行者 C	歩行者 D	歩行者 E	歩行者 F	歩行者 G
実測値	① 10.0m 0°	② 14.1m 45°	③ 14.1m 315°	⑥ 9.1m 90°	⑦ 9.1m 270°	⑩ 11.1m 180°	⑬ 14.7m 225°
計測値	9.8m (-0.2m) 88.6° (-0.4°)	14.3m (+0.2m) 44.9° (-0.1°)	13.9m (-0.2m) 315.4° (+0.4°)	9.0m (-0.1m) 90.6° (+0.6°)	9.0m (-0.1m) 265.9° (-4.1°)	11.0m (-0.1m) 180.3° (+0.3度)	14.9m (+0.2m) 224.9° (-0.1°)
実測値	/	④ 17.0m 45°	⑤ 17.0m 315°	⑧ 10.0m 90°	⑨ 10.0m 270°	⑪ 11.5m 180°	⑭ 14.9m 225°
計測値	/	17.0m (±0m) 39° (-6.0°)	16.8m (-0.2m) 309.9° (-5.1°)	未検知 (LOST)	未検知 (LOST)	11.4m (-0.1m) 178.3° (-1.7°)	14.5m (-0.4m) 219.3° (-5.7°)
実測値	/	/	/	/	/	⑫ 11.5m 180°	/
計測値	/	/	/	/	/	11.5m (±0m) 182.9° (+2.9°)	/

方位：自車両の進行方向上を 0° とし、車両の仮想点に対して時計方向に回転する場合の角度で示す。

(b)-4 周辺監視 1 層レーザレーダ：死角範囲確認

【実験方法】

歩行者子供ダミーを車両周辺に配置し、周辺監視 1 層レーザレーダの前後左右の検知範囲に未検知となる死角があるかを確認した。(図 1.2-75 に実施イメージを示す)

【結果】

車両の近傍の場合、前方バンパーの両側近傍は死角が発生しないが、車両後方のバンパーの両側近傍に歩行者ダミーが触れる程度近接した時に後方レーザレーダは検知するが車両の右側レーザレーダおよび左側レーザレーダの死角範囲がある事が確認された。

また、車両周辺の距離 10m 程度に歩行者ダミーを設置した場合、歩行者 D および歩行者 E において、左右の各レーザレーダは歩行者ダミーを検知しているが、後方レーザレーダは未検知の領域がある結果が得られた。

【考察】

上記の結果からレーザレーダが完全な死角範囲はない事が確認されたが、死角発生時には出力データが一つとなる事から信頼性を向上させるデータ処理対応が必要と言える。

なお、上記の車両の近傍および車両から 10m 程度周辺の場合でも、周辺監視カメラ(画角 180°)の 4 つの各映像データには、上記の歩行者ダミーの死角が発生しない結果が確認された。

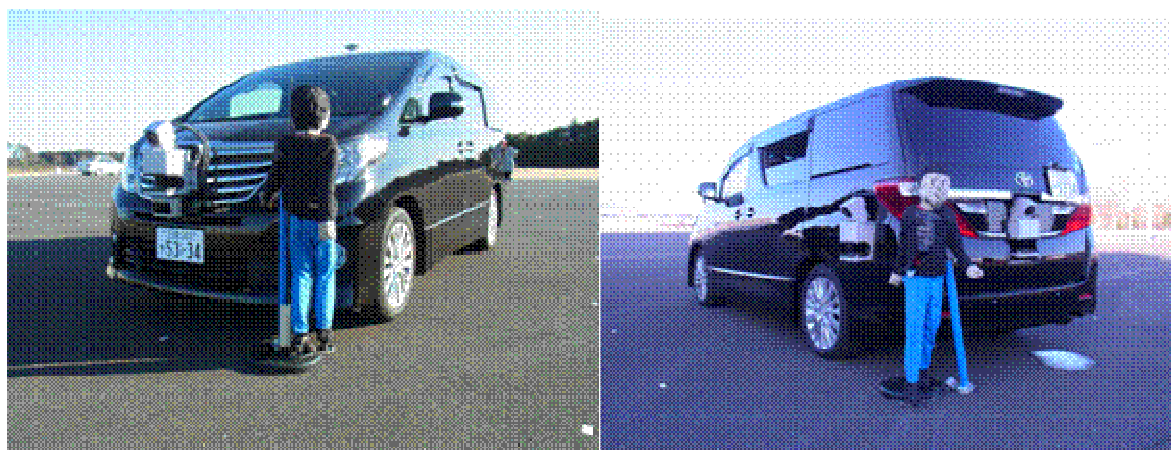


図 1.2-76 周辺監視 1 層レーザレーダ死角範囲確認

(b)-5 まとめ

データ収集車両に搭載された前遠方監視 4 層レーザレーダ 1 台および周辺監視レーザレーダ 4 台における検知性能試験を実施し、表 1.2-32 に示したデータ収集車両の検知仕様に対して、歩行者(大人/子供)および自転車の基本的な検知性能は確認が出来た。但し、レーザレーダの特徴として反射率の高い白線などの対象物を絶えず返信するため、対象物に対する距離情報や方位情報の干渉情報となる課題が抽出された。

今後は、走行映像データベースプラットフォーム側の自動タグ付け技術開発において、対象物に対する距離情報や方位情報に対する妥当性を検証した上で、情報を付与する必要があると考える。

③ シャッター速度と収集画像の妥当性確認とシャッター速度設定値の決定

(i) 照度におけるシャッター速度と目視画像品質の検討













各シーンの撮影に最適なシャッター速度を設定するために、照度とシャッターの関係を調べ、画像の映り具合の検討を行った。シャッター速度による画像の評価は、走行背景の差が発生しないように、同一箇所で行った。





走行中は周囲の明るさが変わるため、撮影時に適したシャッター速度を設定しながら見やすい映像として保存することが望ましい。

今回選定した撮影用カメラは、センサ側でシャッター速度の自動切り換えが可能であるが、設定されているシャッター速度の通知に誤差を生ずるため、正しい設定値を把握するのに時間差が生じる。また、非常に細かくシャッター速度が変化するため動画の明るさに対する連続性がかえって損なわれる可能性が高い。

正確にはセンサによる自動シャッターの追従性と把握できる設定値の時間差を詳細に調べて、よりよい設定値の閾値と設定遅延やヒステリシスを求める必要があるが、今回は、一旦自動シャッター速度設定を用いて撮影した後、映像とシャッター速度値を確認し、適切なシャッター速度を求め、固定値として PC 側から設定する方法をとることにし評価を行った。

表 1.2-39 固定シャッター値による映像の目視確認

時刻	照度計値	自動シャッター速度	候補画像 1	候補画像 2
10:00	56900[lux]	0.16ms	 0.3ms	 1.0ms
11:00	63200[lux]	0.15ms	 0.3ms	 1.0ms
13:00	89800[lux]	0.13ms	 0.3ms	 1.0ms
14:00	75100[lux]	0.14ms	 0.3ms	 1.0ms
15:00	63200[lux]	0.15	 0.3ms	 1.0ms
16:00	31000[lux]	0.23	 0.3ms	 1.0ms

17:30	1420[lux]	8.82		
			3.0ms	8.0ms
18:00	247[lux]	15.35		
			8.0ms	15.3ms

【考察】

シャッター速度調査の考察結果を下記に示す。

自動でのカメラシャッターの値は明るい部分のハレーションをなくすためにやや暗めに設定されているように思われるため、目視による画像評価は、自動シャッターの値を参考に固定シャッター値を決め画像を比較した。

照度 90000 から 60000 くらいまでは、シャッター速度 0.3ms としておけばほぼ良好な画像が得られる。50000 から 20000 くらいで 1.0ms、10000、5000 以下で 3.0ms への設定変更が、数百 lux 以下の夜は 15ms の設定が必要になる。

夕暮れ以降の夜間撮影においては、シャッター速度最大値の 15.3ms でも肉眼による確認が困難であるが、画像の後処理として Gain 調整をすれば判別可能となることを別途確認できたため今回はこのままでよいものとした。

詳細には、必要なシーンにおける対象物の画素データを確認し、レンジ内に収まっているか、必要な対象物に対し適切な映像処理が可能かなどを評価することが必要。





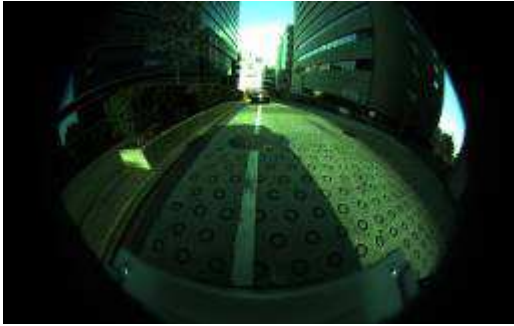



【課題】

朝から夕方までは照度が大きく変化することはないため、設定値の変更はあまり必要ないが、夕方から夜にかけて照度減少が激しいため、時刻で照度設定を行うのは適切でないと思われる。また、設定値が高めになっていると白とびしてしまう可能性も大きいいため、撮影したい対象物に対しやや暗めに設定しておくのが適当と思われる。

(ii) 各カメラシャッター速度の決定

今回は、前項の各照度における画像目視確認結果から、明るさに対する影響が大きいことから、時刻および天候においてシャッターの設定値を決めることとし、前遠方カメラの画像も確認を行った。

表 1.2-40 レンズによるシャッター速度毎の映像確認

明るさ	前カメラ(180度画角レンズ)	前遠方カメラ(90度画角レンズ)
6:48 朝 1500 [Lux]	シャッター速度：1.3ms(Auto) 	シャッター速度：1.5ms(Auto) 
11:40 昼前 117800 [Lux]	シャッター速度：0.2ms(Auto) 	シャッター速度：0.8ms(Auto) 
15:30 昼過ぎ 26800 [Lux]	シャッター速度：1.0ms(固定) 	シャッター速度：1.0ms(固定) 
21:37 夜 -	シャッター速度：15.3ms(Auto) 	シャッター速度：15.3ms(Auto) 

今回のシステムでは5種類のシャッター速度をPC側キーボードから全カメラ一括で設定する機能を搭載している。大まかにわけて、下記の5種類のシャッター速度を、シーンによって手動設定することにした。

表 1.2-41 シャッター速度設定値

撮影シーン（明るさ）	シャッター速度
早朝・快晴	0.3ms
朝・昼・晴	1.0ms
曇(明るめ)・	3.0ms
曇(暗め)・夕方	8.0ms
夜間	15.3ms

【今後の課題】

- ・180度レンズ撮影映像と90度レンズ撮影映像を比較すると、90度レンズ映像は暗く映ってしまうため、他カメラよりもシャッター速度を遅くし、明るめに設定するほうがよいと思われるため撮影映像から判断して設定値を最適化する。
- ・60fps撮影時のフレーム間時間により設定可能な最大シャッター間時間は15.3msが限界である。今後フレーム速度を落としてより明晰な画像を撮影する対応を行うかは今後の課題とした。
- ・早朝／朝／昼／夕方／夜／晴／曇／雨などの周囲の状況を走行記録するが、この記録に連動させてシャッター設定を行うアイデアを考えている。ただし、トンネル、高架下、ビル影などの短時間の明るさ変化には対応できないため、映像に与える影響を別途検討する必要がある。
- ・高速なシャッター速度の設定はセンサの変更機能を活用するのが望ましいが、設定された値がリアルタイムに把握できないため活用の仕方を検討する必要がある。

④ 夜間の走行におけるカメラ設定の検討

(i) 映像明度調査

収集走行中は天候／時間帯／地域などの影響により、カメラ撮影時の明るさが大きく変動してしまうが、特に対応が必要なのが夜間の映像になる。夜間映像での撮影状態を確認するための明度調整方法はGain調整とシャッター速度調整の2種がある。

- ・Gain調整は電氣的に明るさを増幅するが、画素情報を増幅するため、情報欠損（白飛び）やノイズ増加が発生する。
- ・シャッター速度調整は、カメラの露光時間を調整して明度を調整する。したがって、撮影時の明るさについてはGain調整ではなく、シャッター速度で調整を行い、撮影後の画像確認用処理で、Gainを上げて映像確認を行くこととした。

夜間の暗い環境下で撮影した画像に対し、どの程度まで明るさ調整を行えるかを確認した。

昼と夜のGain調整結果を下記に示す。

表 1.2-42 昼画像 Gain 調整結果(シャッター速度 0.8ms 2015/2/25 15:35 新橋 曇り)









Gain×1	Gain×2
	
Gain×4	Gain×8
	

表 1.2-43 夜画像 Gain 調整結果(シャッター速度 15.3ms 2015/2/25 21:35 新橋 曇り)

Gain×1	Gain×4
	
Gain×16	Gain×64
	

【考察】

シャッター速度 15.3ms で撮影した暗い画像も、ゲイン 0、ホワイトバランス 0 として、センサ画素データに手を加えないで収集しておけば、後処理にて Gain 調整など画像編集を行えば、ある程度認識可能な映像になることを確認した。

【課題】

収集時および収集した映像から有効シーンを抽出するときの画像の見易さ、手動タグ付け作業のための視認性の確保のために、目視しやすい適切な画像の絵作りが重要であることが再認識された。特に次回までには、夜間の収集データの目視確認機能が必ず必要である。

また目的にあった有効な映像を収集できているかの映像品質の判断ツールが必要であることも認識できた。

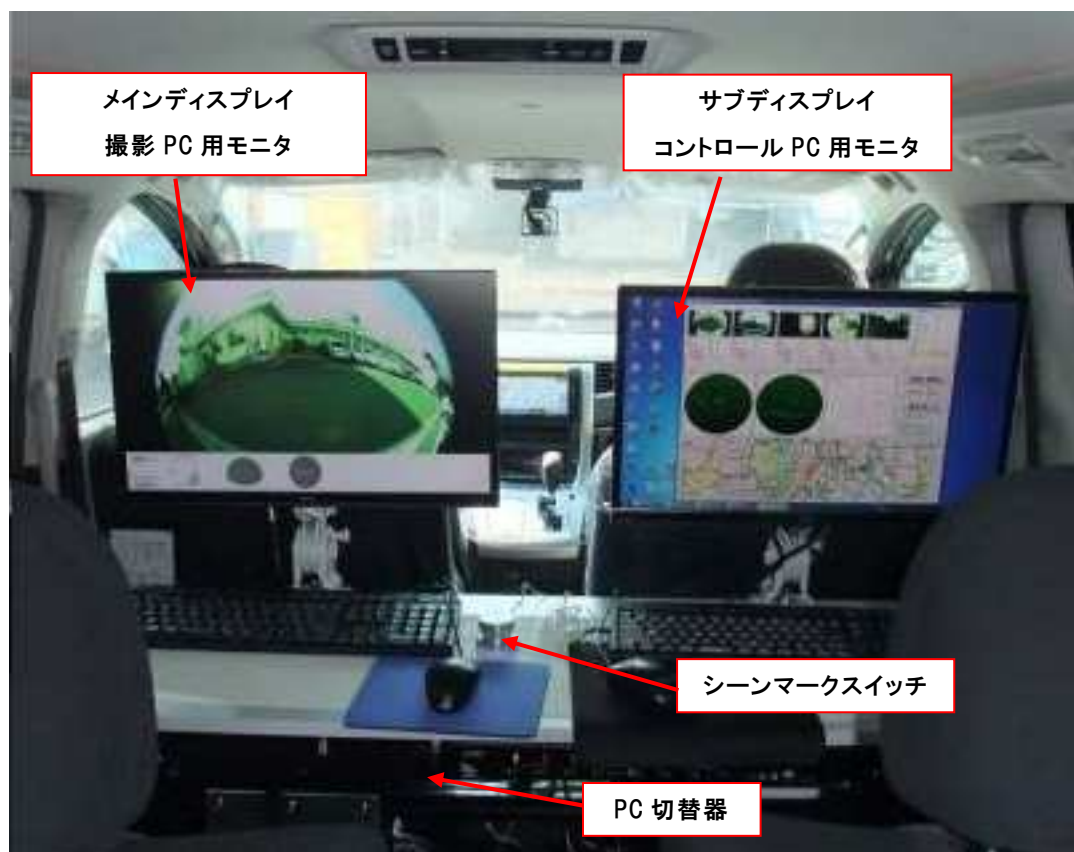
1.2.4 運用確認走行

(1) データ収集走行運用テスト

データ収集の運用テストを兼ねて、本番の収集作業を模したトライアル走行を実施した。以下にマニュアルに記した運用の概要と注意点を示す。

① システムの起動

- ・ 車載のインバータ電源を ON にする前に、GPS 受信機の電源を ON にする。GPS 受信機はバッテリー駆動のため、単独で動作が可能となっている。GPS 受信機は、起動後に衛星の捕捉に時間がかかること、また、起動時に出力端子に出力される信号で誤動作する可能性があるため、一番先に電源を入れる。
- ・ インバータ電源を ON にすると、PC の電源が自動的に入り、OS 起動後計測用アプリケーションが自動的に起動する。
- ・ アプリケーション起動時に、各機器の動作状態をチェックして、異常があれば、アラームを出すしくみになっている。コントロールソフトウェアの GUI 画面を下記に示す。



(写真の画面や配置は運用前の初期バージョン、のちに改良を加えた)

図 1.2-77 車内オペレーション・コックピット



図 1.2-78 カメラ PC 切り替え構成

② データ収集走行中のオペレーション

走行時、メインディスプレイには前遠方カメラの映像を表示し、あらかじめ決めておいた撮影ターゲットがディスプレイ写った際に、シーンマークスイッチを押すこととした。これにより収集時にオペレータが検知したターゲットの写った有効なシーンを後から見つけやすくした。運用時はシーンマークスイッチを押した時刻の前後 1 分ずつ計 2 分の画像を切り出してデータセンタに送付する構想としている。

マークすべきターゲットが連続して多すぎる場合を想定して、スイッチ押下後 10 秒間は、スイッチを押さない運用を実施した。

シーンマークスイッチを押すと 3 秒間音声を録音できる機能を追加することで付加的な情報を収集できるようにした。

③ システムエラーの検知

センサなどの機器にエラーが発生した場合や、記録用 SSD の残量が少なくなった場合など、データ収集が正常に行われなない状態をオペレーション作業中にもわかりやすく通知する機能表示をサブディスプレイ側に集約し、速やかな問題発見ができるように考慮した。

エラーが検知された場合は、サブディスプレイに、すべてのエラーを通知する大きめエラー表示とともに BEEP 音を鳴らして通知する。詳細なエラーは状態表示で確認できるが、エラー箇所が黄色く強調表示されるようにした。

カメラ撮影の異常については、各カメラの撮影映像のモニタ表示が赤い画面に遷移する。



全てのエラーを示す拡大エラー表示



カメラモニタ部のエラー表示

図 1.2-79 サブディスプレイ エラー表示の例

④ 運用テスト／トライアル走行による課題と運用改善

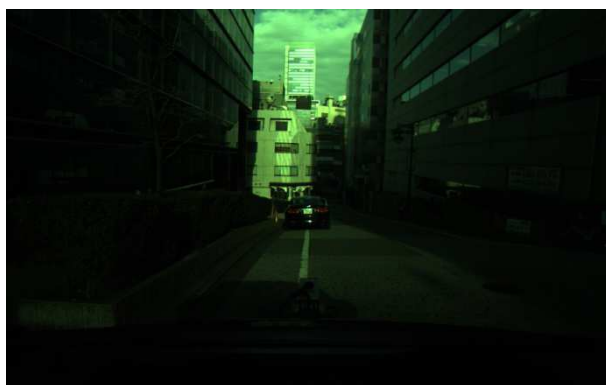
トライアル走行を行っていくうえで、実運用までに対処すべき問題や課題が明確になった。対策を行った事項に対して下記に示す。

(i) 周辺監視用カメラと前遠方監視用カメラの明度差

周辺監視用カメラと前遠方監視用カメラは同一のものを利用しているため、カメラ映像はほぼ同じであると思われたが、レンズの違いにより前遠方監視用カメラ映像の方が暗めに表示された。この影響を受け、5台カメラで同一のシャッター速度で撮影した場合、前遠方映像のみ暗く撮影されてしまう。シャッター速度を自動設定したところ、シャッター速度は周辺監視カメラが0.2msであったのに対し、前遠方監視カメラでは0.8msとなり、前遠方監視カメラが明るめに設定が必要であることがわかった。



周辺監視前カメラ



前遠方監視カメラ

図 1.2-80 シャッター速度 1.0ms 固定



周辺監視前カメラ(0.2ms)



前遠方監視カメラ(0.8ms)

図 1.2-81 シャッター速度自動

(ii) 照度計と自動シャッター速度による、適正シャッター速度調査

カメラセンサの受光輝度値からシャッター速度を自動設定する機能を活用し、映像の撮影状態を最適にする方法を検討した。この自動シャッター機能はセンサ撮像状態の変化に敏感に反応するためほとんど一定しないためフレーム毎にシャッター速度を特定記録するこ

とが困難であった。また、ビル影や高架下の通過時などで急激な明るさ変動があると最適設定も追従できない状況があったため、自動設定されるシャッター値を参考に照度を計測して、明るさシーンに対する適正值をもとめることとした。シャッター速度はシーン（時刻および天候）にあわせて手動で設定し、急激な照度変化に対するシャッター設定は変えないことで運用テストを行った。映像を評価し問題なければ同じ方針で運用をおこなう。

(iii) GPS 時刻のシステムへの影響改善

データ収集車両システムは、GPS 時刻を基準とした同期システムであるが、GPS の信号周期が 1s 毎でしか送られてこないこと、トンネルや衛星が捕捉できない地域、時間帯で信号が更新されないことなどがあるため、コントローラ PC の時刻、同期ユニットのタイマーの 3 者で補完機能を持たせている。

長時間のトライアル走行によって GPS の時刻の扱いに検討不足があることが確認できた。

- ・システムの最初のスタート段階で GPS を受信しないとシステムが起動しない。
- ・GPS の時刻を各装置に反映させる機会が少なく、各 PC などでの表示上の時刻が長時間のうちにずれる。（相対的な時間認識は一致しているためシステム上の矛盾はない）上記、いずれも対応を検討する。

(iv) 夜間画面見やすさ向上対策

夜間はシャッター速度を MAX である 15.3ms に設定してもディスプレイ内で計測対象を見つけるには暗い映像であった。PC 側およびディスプレイのガンマ補正機能調整を行うことで、ある程度の夜間映像も確認できるようにした。

また、拠点での映像データ確認時にも同様のことがあったため、PC およびディスプレイのガンマ補正機能で映像の見やすさ向上を行った。

(v) シーンマーク時の分類対応

トライアル走行当初は計測対象発見時にシーンマークスイッチのみを押す計測方法であったが、データ収集側において、有効シーンを確認サーチしようとする、シーンマークを基に探すことが現実的に非常に重要なことであることがわかった。

このことは、同様に計測時に捕捉できる収集可能な情報は、できるだけ正解情報として記録して後工程のタグ付け処理に引き渡せるようにしておくことが、有益な情報提供になり得ることを連想させた。オプションとして装備していた記録分類機能や情報入力機能を運用時にさらに活用できるように拡張検討をはかる。

(vi) エラー解析用のログファイル機能追加

車両計測ソフトウェアおよびコピー編集ソフトウェアなどにおいて、エラー分析を充実させるため、ログファイル出力情報を詳細にするように改版した。

(vii) ディスプレイ配置の運用改善

シーンマーキングのオペレーションは、前遠方ディスプレイに対象物が写ったら押下するという運用ルールを実施したが、特に夜間は撮影画像のままでは視認性が悪く対象物識別が困難であった。

そこで、ディスプレイの高さをテーブル下端まで下げることにし、オペレータがディスプレイの上部空間から直接周辺を確認できるようにし、ディスプレイと実際の視界の両方で対象物を認識しマーキングを行えるように改善した。

運用時には、ディスプレイの映像を対象物がしやすい絵に作り直して実際の視界より見やすいものに変更する。



図 1.2-82 ディスプレイ高さ調整

(viii) 車載ノイズ対策

前方カメラの信号接続は、USB3.0の高速インターフェースを用いており、推奨規格長が5mとなっているため、エンジンルームを経由して配線する際のノイズの影響が無視できないと思われる誤動作がPCの装置に発生した。特に原因と思われるのはオルタネータの大電流配線であったため、USB側のケーブルにシールド対策を入念に行った。

一応、走行テストでは問題は回避できている状態。綿密な追加調査が必要。



図 1.2-83 ケーブルノイズ対策シールド

(ix) 安全対策：収集作業への問い合わせトラブル防止

走行中のトラブルや住民などへの説明用に、素性を示す表記と、計測目的を表示するためのステッカーやマグネットの印刷、貼付けを行った。

また、走行期間中は、問い合わせ HP を開設し、問い合わせ説明の資料を車両搭載して走行を行った。



図 1.2-84 走行トラブル対策（所属ステッカー・計測中表示）

(x) 安全対策：突起物の夜間危険提示対策

車両艤装完成後、夜間の車両、歩行者、すり抜け二輪車などの周囲への安全掲示対策として、カメラ／レーザ突起物の危険存在を知らせるための反射板を設けた。もっと目立つ危険表示も検討したが法令上の制約で LED(Light Emitting Diode)点灯などは不可、反射板も色指定の範囲で、過度の表示は認可されない。本運用までにもう少し目立つ方法を検討する。

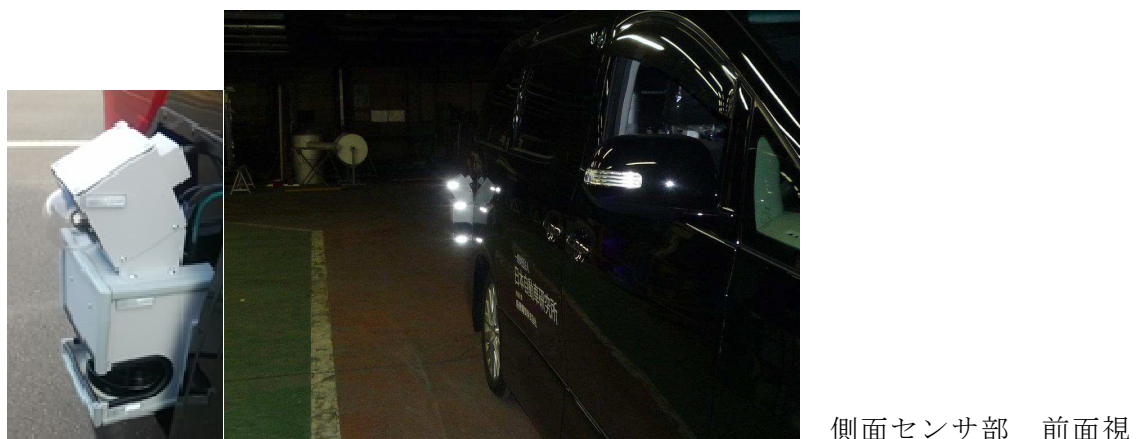
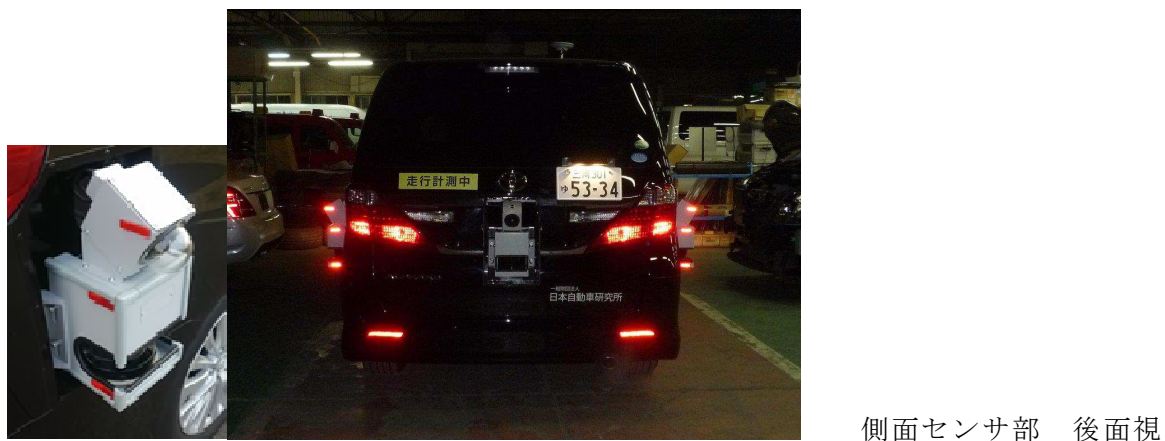
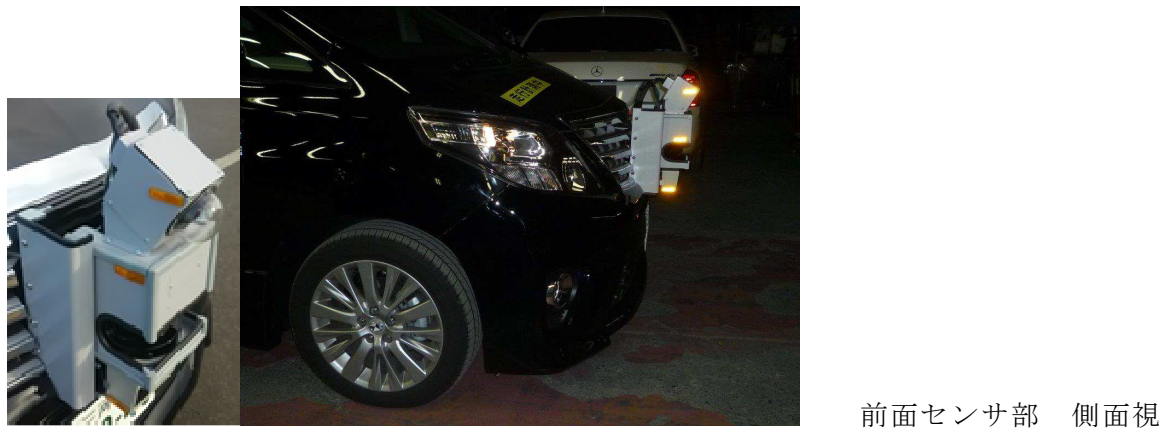


図 1.2-85 面反射板対策

(xi) 安全対策：運転手向けビューモニタの設置

今回の車両は前遠方カメラの取り付けを運転者に近い目線に近づけることを重視したため、ルームミラーを除去している。したがって後方の視界は非常に悪い。また、車両前方に取り付けたカメラ・レーザは車両より 15cm ほど飛び出しているため、狭い交差点や路地から出るときなど、安全確認のために前方に多く進入することになり、突起部分が横断者に認知されにくい場合は接触の危険性が高い。

(側面のカメラ／レーザレーダも車両から 11cm 程飛び出しているがこちらはサイドピラーの 20cm より少ない。)

これらの危険回避のための視界を運転者に確保するために、計測で利用している前方／後方のカメラ映像を運転者用のモニタを設置し表示できるように安全確認対策を行った。

当面はオペレータ確認用の前方 180 度カメラ／後方 180 度カメラ映像を、運転席側でのモニタに切替え表示できるようにしたが、180° 歪のない認知しやすい画像に変換し 360° アラウンドモニタを無線映像で供給する対策を検討する。



図 1.2-86 車両前後確認用ディスプレイ

(xii) 走行運用対応

トライアル走行において、表 1.2-44 に示す様に、収集したデータを SSD から NAS へコピーし、データセンタへ送付する送付用データを管理する管理表を作成して運用した。

表 1.2-44 収集データ管理表

IPアドレス	ホスト名	撮影日	場所	天気	コピー日時	コピー方法	完了チェック	使用容量/全容量
172.16.10.7	KNAS07	2/19 遅番	市街地 吉祥寺	晴	2/24 2:34~	編集コピー	✓	40.4T/542T
		2/24 遅番	オフィス街 新橋	曇	2/25 9:35~	編集コピー	✓	
172.16.10.10	KNAS10	2/25 遅番	オフィス街 新橋	曇	2/26 8:19~	編集コピー	✓	31.2T/542T
		2/26 遅番	オフィス街 新橋	雨	2/27 11:32~	編集コピー	✓	
172.16.10.12	KNAS12	2/23 遅番	市街地 蕨	雨⇄曇	2/24 13:11~	編集コピー	✓	31.2T/542T
		2/26 早番	オフィス街 新橋	雨	2/27 12:59~	編集コピー	✓	
172.16.10.16	KNAS16	2/27 遅番	繁華街 渋谷	晴	2/28 11:14~3/1 2:22(15h)	編集コピー	✓	43T/542T
		3/2 遅番	繁華街 渋谷	晴	3/3 9:26~3/4 7:45(22h)	編集コピー	✓	
		3/5 早番	オフィス街 新橋	晴	3/6 8:56~18:00(11h)	編集コピー	✓	
172.16.10.17	KNAS17	2/27 早番	繁華街 渋谷	晴	2/28 11:36~	編集コピー	✓	38.9T/542T
		3/2 早番	繁華街 渋谷	晴	3/3 9:42~3/4 4:26(19h)	編集コピー	✓	
172.16.10.18	KNAS18	2/28 早番	市街地 蕨	晴	3/1 10:54~	編集コピー	✓	29.2T/542T
		3/4 早番	市街地 武蔵小杉	曇⇄晴	3/5 6:55~3/6 0:08(17h)	編集コピー	✓	
172.16.10.19	KNAS19	2/28 遅番	市街地 蕨	晴	3/1 11:40~3/2 6:11(18.5h)	編集コピー	✓	38.9T/542T
		3/3 早番	市街地 武蔵小杉	曇	3/4 7:24~3/5 2:16(19h)	編集コピー	✓	
172.16.10.20	KNAS20	3/1 早番	一般道 横浜	雨	3/2 9:19~	編集コピー	✓	37.4T/542T
		3/3 遅番	市街地 武蔵小杉	曇	3/4 9:22~3/5 5:27(20h)	編集コピー	✓	
172.16.10.21	KNAS21	3/1 遅番	一般道 横浜	雨	3/2 9:26~3/3 8:37(23h)	編集コピー	✓	38.3T/542T
		3/4 遅番	市街地 武蔵小杉	晴	3/5 6:57~3/6 8:26(25h)	編集コピー	✓	

管理表の運用トライアル走行の結果、データの媒体が SSD から車両基地 PC を介して NAS へ移動して行く際に、いつどこで収集したデータかどの NAS に編集コピーされ、どのような結果、状態なのかを把握するのが難しいことが分かった。

従って、SSD と NAS の関連性が時系列で分かるように管理表へ情報を追加すると管理表として充実させることができる。このような管理表の改善が今後の課題となる。

(2) データサーバへのデータ収集運用テスト

データ収集走行にて収集したデータの整理、データのメディア転送、データサーバーへのアップロード、メディア返却、次回のデータ収集走行までのサイクルの運用評価と課題検討を行い、操作マニュアル、手順書を作成する。

① データ収集車両側の運用

データ収集の運用テストを兼ねて、本番の収集作業を模したトライアル走行を実施した。

データ収集においては車両で収集した複数 PC のデータを統合整理する後処理プロセスが必要であり、さらにデータサーバーに送るために不要シーンを削除し所定のフォーマットに組み上げるためのコピー編集のフェーズが必要となっている。

以下にマニュアルに記した収集車両基地で行う運用とサーバーへの輸送に関する概要と注意点を示す。

(i) データ収集から前処理までの流れ

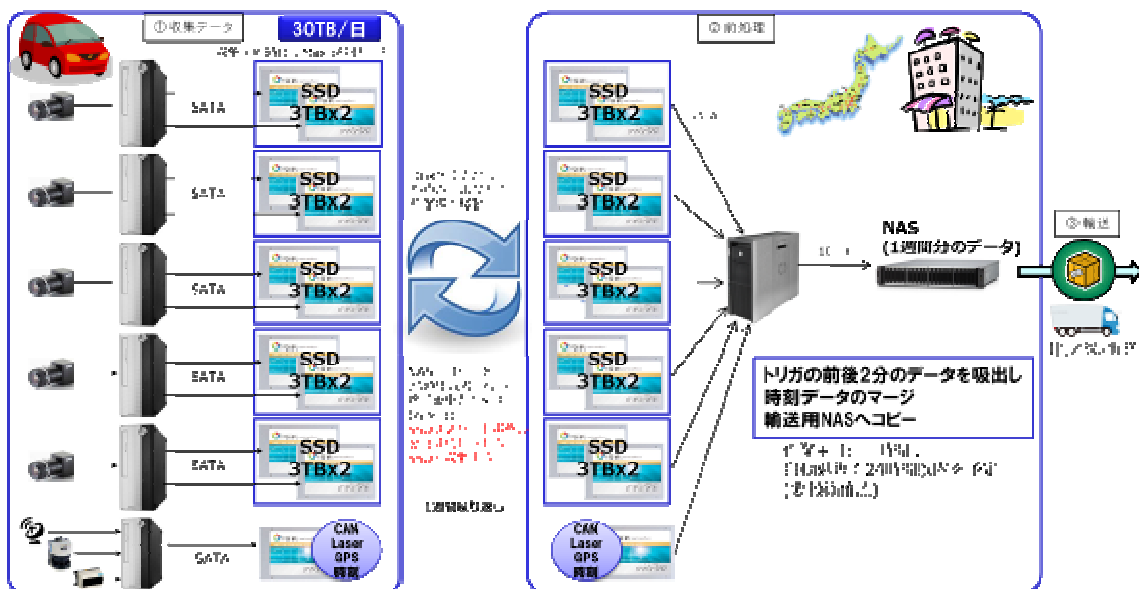


図 1.2-87 データ収集から前処理までの流れ図

(ii) 収集データ

収集車両からは一回の走行で計 11 台の SSD が回収される。内訳は映像関係で 1 カメラに 3TB の SSD が 2 台、5 カメラ分で 10 台の SSD が回収され、他にレーザレーダ、CAN、GPS、ナビ、同期情報、シーンマーク情報の SSD が 1 台回収される。回収された SSD 内のデータは、車両拠点 PC の後処理によりデータサーバに送るフォーマットに編集され、NAS にコピーしてデータサーバーのあるセンタに運搬される。

車両 PC と拠点 PC 間の受け渡しは、リムーバブルトレイに装着した 2 組 SSD を用意しており、走行毎に入替を行い走行時間の中にコピー編集を行うように運用する。

通常は、1 走行 24 時間サイクルで行うことを想定しており、コピー編集、運搬にかかる時間も 24 時間以内で行うものとする。

(iii) コピー編集処理

コピー編集処理としては下記を行う。

- ・収集したカメラデータは、フレーム毎にファイル化された静止画像の状態では 2 台の SSD に交互に記録されているため 1 つにまとめ並べ直す。
- ・ハードで同期化されたカメラ 6 台分のフレームファイルの同一時刻のファイルに GPS 時刻を基にした同一の時刻ファイル名をつける。
- ・各フレームファイル内の画像データの未使用ビットを除去し有効ビットだけに詰め込む処理を行う。
- ・シーンマーク前後 120 秒間のフレームファイルを切り出して 1 秒毎の動画ファイルに連結処理し、運搬用 NAS にコピーする。

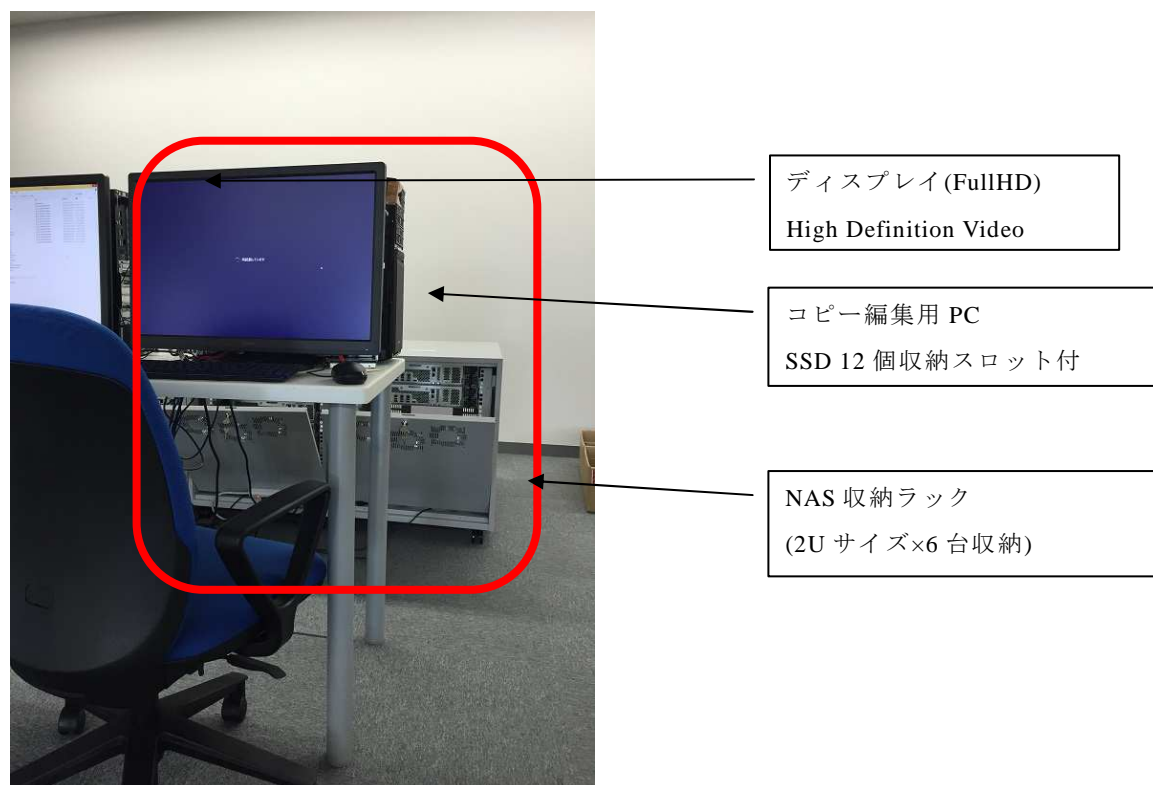


図 1.2-88 車両拠点のコピー編集用 PC



図 1.2-89 コピー編集ソフトウェア画面

(iv) 収集運用サイクル

収集からデータサーバへの搬送まで運用サイクルは以下のように考えることができる。

- ・ 収集走行完了からコピー編集処理を実施するが、想定では 5.5 時間/日で、
 収集容量： $5.5 \text{ 時間} \times 3.40\text{T/時間} = 18.7\text{TB}$
 処理時間： $18.7\text{TB} \div 1.00\text{T/時間} = 18.7 \text{ 時間}$
 となっており、間に合うスペックである。
- ・ 走行記録用 SSD と車両拠点でのコピー編集処理用 SSD の 2 セットを準備使用し、一走行毎に交換するようにした。
 収集時間およびコピー編集時間の相互影響をなくし、オーバーヘッドを最低限にした。
- ・ 収集したコピー編集データは、1 週間分を運搬用 NAS に蓄積しデータセンタに発送する。
- ・ 1 週間の搬送用 NAS は車両送付側 1 セット、データサーバ側 1 セット、運搬中 1 セットを用意し、各プロセス間での遅延影響をなくし、オーバーヘッドを最低限になるように 1 週間でサイクルが回ることを想定した。1 週間分のデータをためることができると、収集計画の平均化を検討できるようにした。

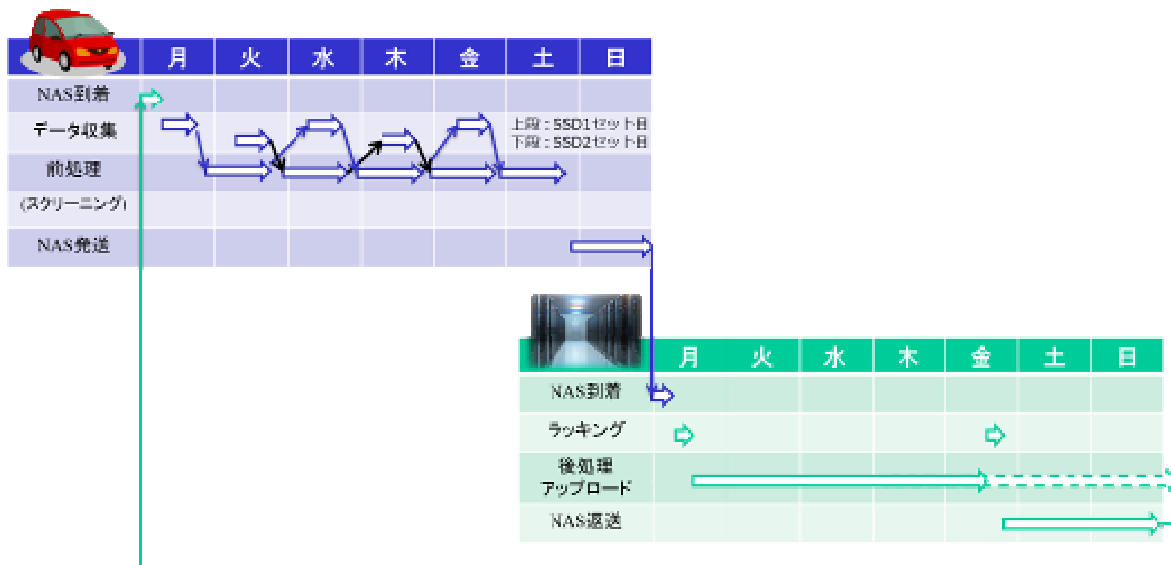


図 1.2-90 データ収集から NAS 返送までの収集スケジュール（サイクル）

② データ収集車両側、拠点運用での課題

車両基地運用で確認した課題、検討事項は次の通り。

- ・ 前処理作業の前に、車両で取得したデータがきちんと撮れているか、前処理作業が終わった後に必要なデータが収納されているかを確認するステップがないため、ビューソフトウェアで確認できる機能を追加検討する。その際に、走行距離、撮影時間、有効シーン時間の集計表示機能も合わせて検討する。
- ・ 上記に関連して、車両での収集時に有効なシーンであるにもかかわらず、シーンマークスイッチを押せなかった、あるいはシーンマークスイッチを間違えて押してしまった場合などに、前処理の時にシーンマークや付加属性を追加、削除する機能があると有効シーンの精度がより高まるので、継続して検討する。
- ・ データの媒体が SSD から車両基地 PC を介して NAS へ移動して行く際に、いつどこで収集したデータかどの NAS に編集コピーされ、どのような結果、状態なのかを把握するのが難しい。これらを見える化するためのチェックリスト、管理表、NAS への表示（かんばん）を整えることを検討する。また、正常に進まなかった場合の対処方法もマニュアルに追加することも検討する。
- ・ 映像データは車両での収集からデータセンターまで RAW データのため、データ量が膨大で手軽に見ることが出来ない。そのため、ビューソフトウェアに RAW データを JPEG に変換する機能を追加し、シーン毎にファイル変換出来る機能を追加した。

③ データ運搬運用

データの運搬サイクルは、データ収集側の処理とデータサーバ側のアップロード処理のそれぞれが滞らないように連携したやりとりが必要になる。

これ以外に、送受間のデータの過不足が生じないための運用管理作業も必要になるが、今回はおもに輸送における運用課題の確認を行った。

データ収集においては車両で収集した複数 PC のデータを統合整理する後処理プロセスが必要であり、さらにデータサーバに送るために不要シーンを削除し所定のフォーマットに組み上げるためのコピー編集のフェーズが必要となっている。

以下にマニュアルに記した輸送に関する運用概要と注意点を示す。

(i) 車両基地の処理運用サイクル

車両基地で1週間分(月曜日から金曜日)のデータをNASに入れて、週末にデータセンタへ発送する。

翌月曜日にデータセンタでNASを受け取り、1週間かけてアップロードを実施する。アップロード終了後の金曜日に車両基地へNASを返送するため、車両基地では月曜日にNASを受け取る。

(ii) 運搬サイクル(発送、到着時間設定)

- ・ 発送地：トライアル走行の横浜車両基地
- ・ 発送時間：金曜日のPM(または土曜日のPM)
- ・ 到着地：データセンタ 愛知県日進市
- ・ 到着時間：月曜日の9:00

(iii) NASの梱包形態

NAS購入時の梱包箱は耐久性に不安があるため、金属製のケースを使用することとした。



図 1.2-91 NAS ケースの内部と外観

(iv) NASの運搬方法

NASの輸送に必要な条件は下記の通りになる。

NASのケースサイズ：709mm x 620mm x 213mm 3辺合計 1542mm

質量：HDD NASの場合 24kg ケース 11kg 合計 35kg

SSD NASの場合 13kg ケース 11kg 合計 24kg

運送業者で上記の条件に対応可能か検討した結果を下記に示す。

表 1.2-45 NAS 運搬方法の検討

サービス／運送会社	時間指定	サイズ 3 辺 160	質量	保険
カンガルービジネス便 西濃運輸	午前指定可能 時間指定不可	対応可	対応可	対応可
宅急便 ヤマト運輸	時刻指定可能	対応可	不可 25k 以下	保障 30 万以下
ヤマト便 ヤマト運輸	時刻指定不可	対応可	対応可	保障 100 万以下 別契約あり
飛脚ラージサイズ 佐川急便	時間帯指定可 AM/PM	対応可	対応可	保障 30 万以下
ジャストタイム便 佐川急便	時間指定可 AM は 10:00 以降	対応可	不可 30k 以下	保障 30 万以下

NAS の質量が 30kg を超えるため、時間指定可能なサービスの適用外になる。

トリアル走行では西濃運輸のカンガルービジネス便の午前指定で発送したが、実際の到着は 14 時近くになり、混載便のため、他の荷物の状況により到着時間が遅れることが分かった。

④ データ運搬運用での課題

(i) 一般的なサービスでは時間指定が期待できないことから、データセンタ側の運用方法も確認しながら、チャーター便などの輸送方法も検討に加える。

(ii) 走行映像データベースプラットフォーム側対応

2.2.1 (3) 走行映像データベースシステムの実証、① 設備性能確認、(v) 走行映像データ輸送・アップロード試行結果の項目に示すように、データセンタ運用手順書に従い、走行映像データ収集チームとの間でデータの輸送と機器の仮設置、データアップロード、機器の返送について試行を行った。基本的なオペレーションを実行しサーバーを含めた機能確認はできたが、一部の懸念点については、詳細の作業手順書を作成する中で運用方法を決定する必要がある事が判った。

1.2.5 データ収集の運用管理ソフトウェアの検討、試作

(1) データ収集の運用管理ソフトウェア仕様

走行車両から得られた映像から最終的に得られるタグ付きのデータを生成するまでには様々な工程を経ていくが、これらの進捗管理を行う必要がある。また、特に走行車両や手動タグ付けなどはデータセンター外での作業となるため NAS などの物品の受け渡しの管理も行う必要がある。そこで、これらの運用管理を行うソフトウェアの開発を行っていく。

運用管理を行うためには基本的に物品やデータのインプットとアウトプットを管理していくことになる。すなわち以下のようなインプットとアウトプットのやりとりを管理し運用することになる。

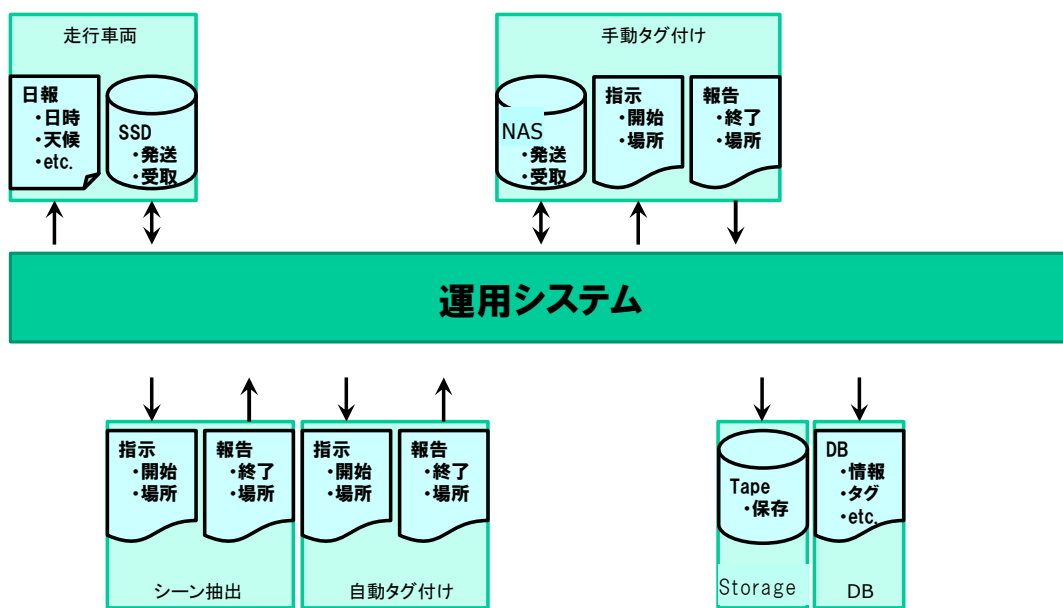


図 1.2-92 運用システムイメージ

表 1.2-46 物品とデータのインプットとアウトプットの例

工程	インプット	アウトプット
走行	走行計画	日報
NAS 輸送	NAS No. 宅配伝票番号	NAS No. 宅配伝票番号
シーン抽出	処理前ファイル名	処理後ファイル名 ログ
自動タグ付け	処理前ファイル名	処理後ファイル名 ログ
手動タグ付け	NAS No. 宅配伝票番号 処理前ファイル名	NAS No. 宅配伝票番号 処理後ファイル名 ログ
検査	処理前ファイル名	処理後ファイル名 ログ
データベース格納	処理済みファイル名	ログ
テープ格納	処理前ファイル名	テープ ID

これら以外にも、ドライバーや手動タグ付け作業や自動タグ付け機能のバージョン管理といったアップデートされる可能性のあるものも管理対象である。

特にタグ付けを行う際には歩留まり、すなわち取得データ数や走行距離に対する歩行者のタグ付け数も含めて管理していくことになる。歩留まりは歩行者 600 万事例を収集するために必要な走行計画や手動タグ付け工数、保管するテープの物品管理に影響するため重要である。

そこで、これらを含めた運用管理ソフトウェアの仕様を策定していく。トライアル走行で具体的に何を管理するかを判断するための材料や指針となるものが整った。

(2) データ収集の運用管理ソフトウェア試作

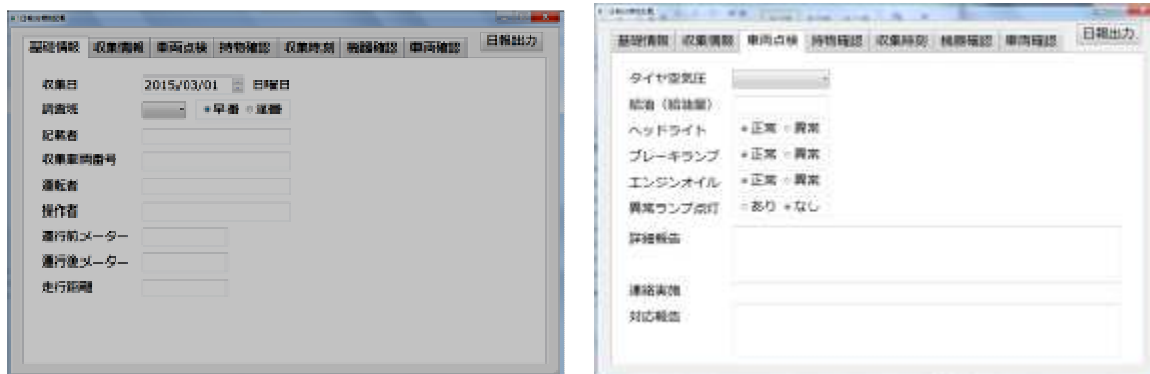
(1) で述べた運用管理システムの要件検討をすすめるために、本年度のトライアル走行の計画遂行時に必要となる運用管理項目をまとめ、運用管理データとして収集する仕組みの試作を行った。試作内容は運行計画の遂行に必要な運転日報と、今後各作業工程や遠隔拠点間で必要となる情報、連絡の相互共有を可能とするための基本的なクラウドプラットフォームの構築を行った。

基本的な考え方は、今後、各工程で必要となる処理ツールや、市販ツールなどを組み合わせ、できるだけ柔軟に拡張可能な情報共有システムをセキュアな環境として提供し、データベース構築に必要な運用俯瞰システムを構築できるように基本部分を試作し、試行を行うこととした。

試行構築したツールおよび環境は以下のとおり。

① 日報システム

走行計画に適合した記録内容、特に走行に必要な項目の事例としての試行とクラウドにあげるためのデータを CVS(Concurrent Versions System)で出力するかたちで Excel にて作成した。



運転者向け記載内容（一部）



オペレータ向け記載内容（一部）

図 1.2-93 日報入力画面

データ収集の日報は、記載内容を運転者が行う車両まわりの点検および車両外観チェックと、オペレータが行うシステムの始業機能確認とに分け、走行の開始と終了に記載することを想定して必要と思われる項目と、当面の走行で発生する諸問題を記載する形で作成した。

今後の運用のためにクラウドの運用管理データベースのフィールドの拡張をし易いものに改版しているが、トライアル走行の結果などにより必要な情報の精査を行い、入力し易いフロント部を作成する予定。

② リアルタイム運行システムの活用と収集可能データの調査

市販ツールとの情報連携により、走行計画の管理有益な情報の利活用を検討するためにトライアル走行で情報を収集し、クラウドにあがる情報について調査検討した。



図 1.2-94 渋谷地区収集走行（AK7 リモート画面 マイクロテクノロジー社 製品）

【AK7 の主な機能・機能概要】

- ・モニタリング（リアルタイム車両管理）
 - －複数台のリアルタイム車両管理
 - －地図上での車両位置の確認
- ・トラック（運行軌跡表示）
 - －走行軌跡表示
 - －駐車ポイント
 - －車両位置の時刻確認
- ・各種レポート
 - －平均時速
 - －走行距離
 - －走行時間

今後の走行計画および実施管理のために、走行位置の時刻確認、走行距離、走行時間、平均時速が参考になった。走行マッピングとともに有効シーンの収集時間やオペレータ操作情報がリアルタイムに収集できれば走行状況把握のための必要状況がかなり把握できる。

③ クラウドシステムの基盤試作

(i) 開発の基本的な考え方

今回のトライアル走行データ収集走行のフェーズは、トライアンドエラーの試みによって継続的なスパイラルな運用改善を行っていく必要がある。また、クラウドセンタとしての特性を活かしたデータ連携活用や運用管理の仕組みも検討し、国内や海外での走行やリモート環境での①収集作業、②データ管理作業、③タグ付け作業といった一連の作業を効率的に管理できるようにすることが重要と考えた。そのため、今回のトライアル走行のた

めの試作範囲だけでなく、①、②、③の一連の作業管理を念頭におき、スパイラルな改善、拡張に対応できるシステム構造を検討した。

まず、①収集作業、②サーバデータ管理作業、③タグ付け作業といった一連のプロセスステージから人間系またはシステム系の手段によってクラウドセンタにデータが集約されることにより、作業進捗状況や作業効率のための把握を行うことが可能になる。

どのようなデータがどのようなプロセスステージにあり、必要な映像シーンがどの程度の歩留まりで取得されているかを管理可能とするための ToBe モデル（あるべき姿モデル）を想定した。但し、この ToBe モデルは、試行錯誤の末に形成されるため、管理項目データや手段などは効率的に変化していく必要があると考えられる。したがって、中核となるデータエンティティは想定されるものの、従属的なデータ項目は変化することを前提として、作業をすすめるために必要となるエンティティデータ管理と、その作業によって生成されたデータのアドレス管理とで構成される構造をクラウドで構成することとした。

(ii)試作内容

本年度の試作では、データ収集作業を対象とし、その収集作業を管理するために必要となる日報データの管理とその作業によって収集生成される映像データを運用管理する構造を想定した。

この考え方を映像データの蓄積作業やタグ付け作業にも応用することで、今回構築した管理構造を利活用できるようにすることも要件として企画構想を行った。また、今回のクラウドへのデータ集約手段としては、各ステージに必要な機能を容易に作成できるものとして(2)①日報システム の Excel を活用したデータ入力ツールを手段とした。

試作版の Excel 日報は、管理したい情報を基本情報、収集情報、車両点検情報、持物確認情報、収集時刻情報、機器確認情報、車両確認情報といった7種のシートに分類し、クラウドセンタにアップロードしたり、クラウドセンタからダウンロードできるようなアドインメニューを備えた構造とした。アドインメニューを利用する際には、ログイン認証機能によってクラウドへのログイン許可が必要となる。

トライアル走行で必要となる日報を定義し、Excel をフロントエンドとした日報システムを計測車両の PC に実装し、日報入力を実施した。クラウドで収集したデータは以下の通りである。

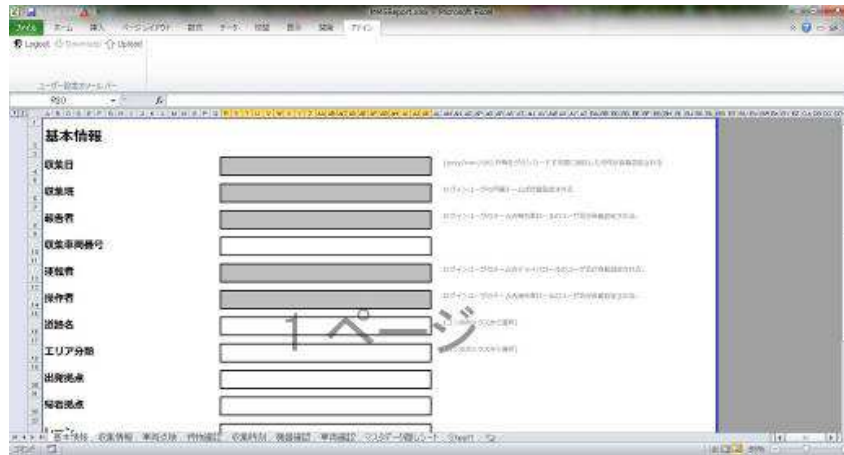


図 1.2-95 Excel 版日報 改定版



図 1.2-96 WEB 管理画面

Excel 版日報は、容易に項目の追加変更ができ、また、オフライン状態でもデータ入力ができるといった利点を考慮した。報告者は、この Excel 版日報にコンボボックス選択やコピー&ペーストなどの機能を活用しながら報告内容を記述し、クラウドセンタにアップロードし、アップロードされたデータは、管理者が WEB 画面から確認できるようになり、コメントなどを追記できる構造となっている。

また、Excel 版日報の内部構造は、スパイラル開発に耐えられるよう変更対応しやすいタグ構造形式になっており、そのデータ構造がクラウドセンタにアップロードされる。アップロードされたデータは、タグ構造に応じた処理がなされることになる。そのため、今回手動入力されたデータであっても、次期バージョンで車載機やタグ付けツールとシステム自動連携にバージョンアップする際は API(Application Programming Interface)を追加するだけで基本的なタグ構造を継承して活用できるように考慮されている。

(iii)次期バージョンへの考慮

今回のトライアル走行での対応で得られた日報データと車載システム（リアルタイム運行システム）のデータ、および、今後開発するタグ付けツールの仕様から作業や作業環境の特性や有効な画像シーンの歩留まりなどが分析できることが確認できた。

また、走行計画から収集作業および日報の記述など一連のプロセス運用も試行することで、システム連携によって効率的かつ正確な情報取得のための対策が考えられることも確認できた。

拡張性として、収集走行計画の管理データとのインターフェースデータやタグ付けツールとのインターフェースデータを①収集作業、②サーバデータ管理作業、③タグ付け作業のエンティティデータ管理とその作業によって生成された自動タグ付けデータ、加工途中データ、タグ付け完了データのアドレス管理をクラウド上で行えるようにし、作業の管理だけでなく、効率的な作業のための分析や、タグ付けしたデータの保管管理も行えるように活用したい。

複数車両によるデータ走行収集の管理、管制とタグ付け拠点の作業進捗管理を連携させたクラウドによるグループウェアのイメージ、（データサーバとの管理連携は未記入）

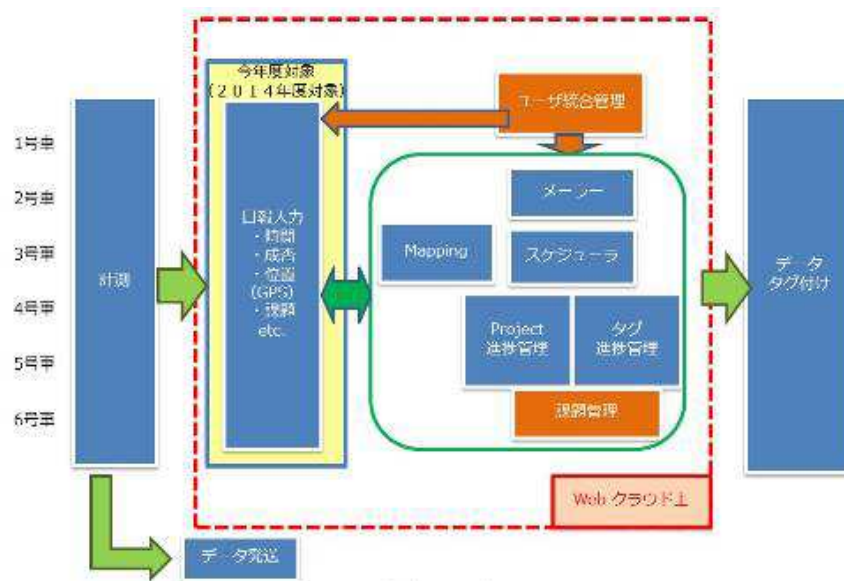
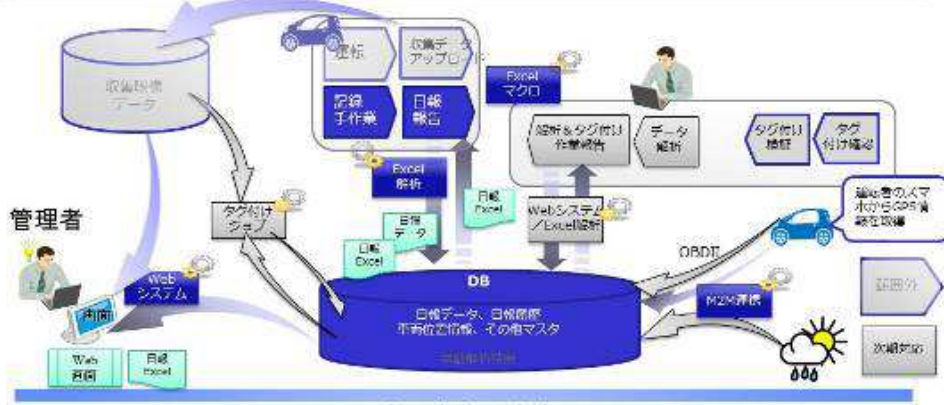


図 1.2-97 システム全体イメージ

運用イメージ

- ・作業はWebシステムで、ドライバ、配、ドライバー、詳細、編集、集計は管理者がWebから行える。
- ・ドライバは決まったExcel形式（Webからダウンロード可能）で日報を入力する。決まったExcel形式には入力データが自動で書き込まれて入力時にコンパイルバックの通知が出る。Excelのマクロで管理画面と連携する。Excel上のダウンロードボタンで日報がWebシステムにアップロードされる。Excel上のダウンロードボタンで、日ごと集計、過去の日報がダウンロードできる。ダウンロードした日報を参照して上書き更新（再アップロード）できる。
- ・ドライバは原則1日の終わりに1日集計をアップロードする。収集データはExcelで開いた時に表示され、編集可能とする。
- ・アップロードされたExcelの日報データをDB化する。
- ・管理画面は上がって来たデータの一覧をWeb上で閲覧することができる。
- ・一覧から日報を選択したら、ブラウザ内でExcelが開く（参照のみ）
- ・コメントの入力が必要な場合、Excelをダウンロードして、コメントを入れてアップロードする。（この機能が固まったら、コメントは同期対応で、次フェーズはWebから検索できるようにする）
- ・今回は収集データの日報情報のみだが、集計の履歴データも同期対応は次回とする。
- ・日報の形式が変更されるように柔軟なデータ構造のDB化ができる仕組みとする。



①収集作業、②データ管理作業、③タグ付け作業といった一連のプロセスステージでの作業管理、データ管理、運用イメージ

図 1.2-98 運用イメージ

(iv)結果評価

走行計測作業は車両内で実施する時間が非常に長いため、日報入力は作業開始時と終了時に入力することとし、中間での状況報告などはスマホ、タブレットなどで実施できるようにしたほうがよい。

また、試行併用したリアルタイム運行システムの運行情報により、走行位置、時刻、走行速度、燃費などを収集できるため、マニュアルによる入力を必要としない情報も確認できた。これらの連携を整備することで、今後行う走行計画や実績管理が、作業員、管理者ともにし易くなる事が確認できた。

映像データに追加付与していきたい様々なシーン情報などリアルタイムに抽出し、フィードバックし易くできることも再認識できた。(有効シーンの収集状況や抽出条件の状況の確認による対応判断や指示、収集映像の分類仕分け条件の情報化を実現し易くする手段としてなど。)

1.2.6 保守メンテナンス

本年のトライアル走行の経験をベースに以下のマニュアルおよび対応フローを作成した。

(1) 車両操作マニュアル、始業点検、整備マニュアル

① 車両システムの操作マニュアル

車両システムの操作マニュアルを作成した。

② 始業点検マニュアル

カメラ・レーザの軸ずれのないことを確認する点検プログラムの操作方法を記載した。

③ 異常時の対応マニュアル

想定およびトライアル走行で発生した事例を元に作成した。

④ 安全対策検討依頼シート

走行運行中などに発生または想定される安全が損なわれそうな問題、課題を報告する。

⑤ 修理依頼関係先リスト

日常的な点検、チェック、整備マニュアルで解決できない不具合、故障についての問い合わせ窓口を確認し体制を構築するための修理依頼先リストを作成した。

不具合対応マニュアルにより不具合の対象部分を車両、装置、システム全般におおまかに分けて、それぞれの窓口を明確にするようにする。走行車両・地区毎に専任の対応窓口を当てる運用も計画する予定。

⑥ 緊急対応マニュアル

緊急時の連絡網、連絡先、対処方法を記載する。

(2) 車両維持管理検討

① 日常の維持管理、点検事項

計測運行時に実施する始業点検（計測系、車両系）および日報記載チェックを行い車両、機材の状態を把握する。また走行中に発生するワーニングエラーなどを計数し計測ログとして収集する。

これらのデータから、故障し易い機材や長時間稼働による劣化などを推定し、故障発生に備えられるかを試みる。今回実施した点検事項を下記に示す。

システムで検知できる機器のエラーの累計などを、装置やシステムの故障予測データとして活用する機能は考案追加中。

※維持管理（始業点検、日報チェック）での異常検知の際は、異常時対応マニュアルに従い所定の対処を行った後、連絡と日報に記載報告を行うものとする。

(i) 車両搭載センサ計測器関係

- ・ 始業目視点検
 - － 明らかな物理的欠損、破壊の有無を確認する。取り付けのゆがみ、固定部のはずれの確認を行なう。取り付け固定ねじ類のゆるみの有無を確認する。
 - － カメラレンズやレーザ窓、車両フロントガラス汚れのチェックと清掃を行なう。
 - － カメラのドーム内、レーダの取り付け BOX への水の侵入や結露の有無を確認する。
 - － GPS アンテナの曲がり、接続コネクタのゆるみ、錆、取り付け磁石の不良の有無を確認する。

- ・ 始業点検ソフトウェアでの確認
 - － 各センサ等の機器接続チェックを行なう。
 - ※各コネクタの緩みは目視チェックのみ。接合部の抜差しは不良の原因になるため、毎日の点検では行わない。
 - 接続ケーブルのチェックは、1ヶ月程度か、まとまった連日計測が終わった際に点検する。計測装置のエラーログの集計確認も行う。

- ・ SSD の確認
 - － SSD は新規書き込み状態になっているか？
 - SSD の書き込み回数は有限のため新規書き込み状態については必要条件を別途定義する。
 - － SSD は各 PC 所定のものを装着しているか？
 - 特に SSD の装着はケース部やコネクタ部が壊れやすいため精密機器として丁寧に行うこと。
 - － SSD の装着状態の確認。走行毎の交換の抜き差しにより破損していないかをチェックして入れ換えること。入れ換え回数の記録確認を行う。
 - ※別途入れ換え回数による交換時期を定義する。
 - 定期点検により SSD ケース部 (PC 側、SSD 側) は交換する。

- ・ データ収集ソフトウェアでの異常確認
 - － レーザ
 - 接続エラー表示の確認とレーザチャートの表示を確認する。
 - エラーが解消しない場合は、レーザ本体表示のエラーLEDの確認をケースの窓を開けてセンサ本体のエラー表示を確認する。
 - － カメラ
 - 計測サブモニタによる異常表示の確認と表示画像の状態を確認する。
 - － SSD
 - 接続エラー表示の確認と SSD の残容量表示の正常値表示を確認する。

－GPS

- 接続エラー表示の確認とスターマップ表示での衛星捕捉状態が所定数以上表示されていることを確認する。

－CAN

- CAN データからの表示している速度表示が正常であることを確認する。

－タイムサーバ

- 接続エラーの確認とシステムの起動により正常であることを確認できる。
(システムの基準時刻であるため GPS の時計との一致確認を追加する)

－同期ユニット

- システム全体の起動にて正常であることを確認する。
(基準同期信号を生成しており、機能しないとシステムが立ち上がらない。)

(ii) 車両系 (車両本体)

- ・ 車両損傷確認
- ・ 走行距離、タイヤ空気圧、給油量、ベッドライト、プレーキランプ、エンジンオイル、異常ランプ点灯チェックを行う。
- ・ オルタネータ周りのベルトの緩みの目視、触診チェックを行なう。
⇒緩み等がある場合は、交換する。
- ・ オイル交換は適度に行うようにし、次回交換の想定距離を上回ることが無いようにする。
- ・ 車両の外観については、車両専用の布等を利用し綺麗にしておく。洗車の場合は、手洗い洗車のみとし、カメラカバーを必ず付けた状態で行う。
- ・ 車内は常に清潔に利用し、定期的に車内清掃を行うようにする。
- ・ ケーブル等の引き回しがあった場合は、その旨を日報に記載報告する。
- ・ 接触、事故によるキズ、凹みが発生した場合は、速やかに関係区に連絡を取り修理を行う。

(iii) 車体外装構造物の故障、破壊、およびセンサ故障における課題

- ・ 車両外部に取り付けているセンサはレーザレーダをはじめとして故障修理、代替交換に非常に時間がかかるため在庫状況の確認や価格を定期的にトレースする必要がある。
- ・ 走行計画が大きく中断しないように修理、入手に時間がかかるものは、メンテナンス部品の準備が必要となる。
- ・ カメラ、レーダの突起物の損傷修理、修理可能な損傷レベルによる依頼段取り、対応期間、価格の確認を行なう。

② 定期点検

車両本体のディーラーによる1年点検の実施。

搭載センサの点検（メーカー推奨による点検の確認実施）1年以内を想定。

- ・カメラ、レーザレーダのキャリブレーションチェック
- ・オルタネータのバッテリー電圧のチェック（年1回）
→正常に充電がなされているか、基準数値を下回る場合は調整・修理の実施
- ・ステッカーの張り替え（汚れ、はがれなどの補修）
- ・艤装部品のガタつきの確認（振動によるネジ等の緩み）及びネジ等の締め直し
→各部品の触診を行い、ネジ等の締め直しを行う。
- ・安全対策部品の張り替え、修正加工（反射板等）

(3) トライアル走行で加入した保険および考慮事項

既存事業化にて実施されている計測走行車両等の配慮事項、保険および、労働条件などの状況をヒヤリングし、計測作業における運転者、搭乗者および、走行で関与する一般市民の安全補償を検討した。

- ・運転者は、年齢制限及び運転対象者の限定はしない。
- ・同乗者についても、無制限とする。
- ・保険適用範囲は、対人・対物無制限、自損事故の場合でも適用可能とする。
- ・車両保険以外にも、社内のPC類の破損、盗難に対応する為、動産保険の加入も行う。

【車両保険・事故保険：保険種類 TAP】

- ・運転者の年齢条件 21才以上補償
- ・賠償に関する補償
- ・対人賠償 無制限
- ・対物賠償 無制限
- ・自身の人身傷害 無制
- ・車両保険 一般条件 免責金額 0万円 車両保険金額 1,970万円

1. 自動車保険（車両保険）

■衝突、接触、墜落、転覆、物の飛来、物の落下、火災、爆発、台風、洪水、高潮その他偶然な事故、盗難により生じた損害に対して保険金をお支払いします。

【一般条件】

電柱・ガードレールに衝突	当て逃げ	車庫入れに失敗	お車同士の衝突	二輪自動車・原動機付自転車との衝突	火災・爆発	盗難	いたづら・落書・窓ガラス破壊	落下中・落下中の物との衝突	台風・たつ巻・洪水・高潮	地震・噴火・津波	電氣的・機械的事故
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×

■保険金をお支払いしない主な場合

- ・パンク等のタイヤのみに生じた損害（火災・盗難により生じたタイヤの損害は対象です。）
- ・欠陥、摩滅、腐しよ、さび、その他自然の消耗
- ・法令により禁止されている改造を行った部分品または付属品に生じた損害
- ・故障損害（偶然な外来の事故に直接起因しない電気的作用または機械の稼働に伴って発生した事故による損害（電氣的・機械的損害）です。）

2. 機械保険（車両搭載機械に関する特約条項「特殊用途自動車以外」）

■不測かつ突発的な事故により生じた損害に対して保険金をお支払いします。【新価】

電柱・ガードレールに衝突	当て逃げ	車庫入れに失敗	お車同士の衝突	二輪自動車・原動機付自転車との衝突	火災・爆発	盗難	いたづら・落書・窓ガラス破壊	落下中・落下中の物との衝突	台風・たつ巻・洪水・高潮	地震・噴火・津波	電氣的・機械的事故
○	○	○	○	○	×	×	○	○	×	×	○

■保険金をお支払いしない主な場合

- ・〈車両搭載機械に関する特約条項「特殊用途自動車以外」〉
⇒車両の他の部分と同時に損害を被った（同時損害）時は対象外となります。

■修理費用に含まれない主な費用

- ・仮修理費用
- ・損傷を受けた部分の修理に伴い、他の部分の交換に要した費用
- ・模様替えまたは改良による増加費用

■復旧義務あり

※ただし、法令規制その他やむを得ない事情の場合は、保険の対象の時価が限度となります。

3. 動産総合保険

■不測かつ突発的な事故により生じた損害に対して保険金をお支払いします。【時価】

電柱・ガードレールに衝突	当て逃げ	車庫入れに失敗	お車同士の衝突	二輪自動車・原動機付自転車との衝突	火災・爆発	盗難	いたづら・落書・窓ガラス破壊	落下中・落下中の物との衝突	台風・たつ巻・洪水・高潮	地震・噴火・津波	電氣的・機械的事故
○	○	○	○	○	○	○	○	○	△	×	×

■保険金をお支払いしない主な場合

- ・保険の対象が日本国外にある間に生じた損害
- ・置き忘れ、紛失、万引きによって生じた損害
- ・台風、たつ巻、洪水、高潮等の水災
- ・画像表示装置のみに生じた損害
- ・清掃作業中における作業上の過失

図 1.2-99 補償内容概要（取引保険会社 東京海上日動）

(4) 車両保管および駐車場条件

高価な計測機器を搭載する車両であるため、以下の条件を満たす、または代替条件を考慮して駐車スペースを選定するためのチェック項目を検討した。

- ・シャッター付もしくは、屋内のセキュリティの高い箇所を選定する。
（夜間等に不特定多数の人が出入りしない場所）
- ・両サイドの計器類の接触を防ぐため、1台当たりの駐車幅を大きめのところを確保する。
- ・車両及びGPSアンテナを考慮し、高さ制限2.5m以上まで対応可能な箇所とする。
（高さによる確保が困難な場合は、GPSアンテナを取り外しての運用を行う）

1.2.7 まとめと今後の課題

(1) まとめ

本年度は走行映像データベースの構築のためのサンプル映像を収集可能な車両システムの開発と、収集走行本番に対応するための運用上の機能の確認および、問題課題の抽出と対策を行うことを目標に、データ収集車両の製作からトライアル走行までを実施し、開発目標を達成した。そのおもな成果を以下に記載する。

① 全体成果

要求仕様を満たす要件性能を持つ機器を調達しシステム構築を実施し、公道走行可能な車両システムを開発した。これによって、データ収集の運用試行、タグ付け評価のためのサンプル映像の提供、サーバ蓄積に必要な圧縮評価データを提供できた。

② 車両システム開発

フル HD 画像のカメラ 5 台、フレームレート 60fps の撮影に、1 日 8 時間の記録容量に対応できるデータ収集車両システムを実現した。

収集タイミングの異なるセンサデータのすべてに GPS 時刻基準のタイムスタンプを当てるデータ様式を実現したことで、後のデータ活用研究において、時間関係を壊すことなく利活用ができるデータベースの基本部分を構築することができた。

公道を実際に走行し必要と思われる安全対策を考慮した。車両カメラ、レーザーレーダの突起物への反射板取り付け、運転手への周辺映像のモニタ追加など実施した。

③ データ収集運用機能

各カメラへ任意のシャッター速度を同時設定する機能を装備し、シーン毎に適切な設定値をセットできるようにして、テスト走行を行い本番運用に適用するための設定値を求めた。

映像データの収集時に有効シーン対象物の撮影ポイントを記録する機能および対象の分類を仕分けする機能を装備した。この記録によりデータ収集後に、撮影時有効シーンおよびシーン対象物の映像検索や取得状況解析が容易に出来るようになった。

④ 収集データファイルの基本構築

収集した映像データをデータサーバにアップするためのフォーマットに編集コピーするソフトウェアを開発、5.5 時間/日の収集データに対して 18.7 時間で処理終了する程度のパフォーマンスとなっている。24 時間以内で処理を終えることが出来るため 1 日毎の走行本運用が実現可能となる。

⑤ 運用管理システム基本環境の構築

各プロセスに必要な EXCEL ベースの管理データをクラウドにアップ/ダウンできる基本的なデータベースを構築した。管理フィールドを任意に追加できるデータベースにしてい

るので、必要になる各プロセス管理や情報共有環境の構築に利用する。

(2) 今後の課題

本運用走行に向けて対策を進めるべき、主な課題と対応案を以下にあげる。

- ① データ収集用モニタの表示は、収集しているカメラ画像をそのまま表示しているため、夜間は暗くて見えない。表示データは、記録用データとは別にして、肉眼よりも見やすい表示を行うようにする必要がある。(夜映像へ対応は最優先)
- ② 記録交換を行う SSD は、毎日抜き差しすることもあり、もっとも悪条件で利用することになるため、注力管理する仕組みを追加するとともに、メーカーの品質向上のためのファームウェア改良などを継続的に依頼していく必要がある。
- ③ 安全運転環境の改善に留意し、運転者への安全対策のみでなく、車両外の関係者にも危険を回避する仕組みを提供していく必要がある。運用までに周辺モニタの機能と標準装備ウィンドウのスモークを夜間における後方確認ができないため除去する。
- ④ 車両拠点の運用において、収集データの品質確認、データサーバに送付するデータの品質確認をするプロセスを盛り込まなければいけない。その他、不具合対応、異常時の対応マニュアル類の整備が必要。(運用に向けた確認がまだ不十分)
- ⑤ NAS の送付は当初目標とした時刻指定での運搬はできないようなので運用を少し見直す必要がある。本運用は 1 週間毎の輸送になるためデータ収集計画との整合を図ること。車両拠点は短期で移動する場合は、業者の選定も再評価する必要がある。
- ⑥ 運用管理ソフトウェアは、データベース構築技術全体を支援するものと考えており、走行計画の対応だけでなく、サーバのデータ管理、タグ付け管理への拡張が必要。

1.3 走行映像データの収集 まとめ

1.3.1 データ収集車両の製作

ベース車両（トヨタ アルファード）をもとに、計測設備を搭載するための車両改造・艤装を行なった。車両の前後左右に搭載するカメラおよびレーザレーダは、車両周辺をできるだけ死角なく捉えることを目標に設計し、また外部に突起するセンサ類の艤装は、公道を走行するための安全性を最優先に考慮し室内等に埋込む構造とした。

車両中央部に周囲と高さ調整したレーザレーダを搭載し、その上部にカメラ、下部にレーザを搭載した。前遠方の障害物を捕捉するためのレーザは前を走行する車両の車両下をレーザがすり抜けないように極力高めの位置に水平に装着し、坂道、速度変化による車両の前後のゆれ、乗員の重量による傾きなどの影響を4層のレーザ幅でカバーする設計で製作した。

車両後部は後方のバックハッチドアはセンサを支える強度がないため、穴を開けて車両側にセンサを取り付けた。車両側面部のセンサ取り付け位置は後方部端に設置した。

前後、側面のレーザ、カメラの位置設定、車内機材（PC、SSD、GPS、同期ユニット）を設置した。

1.3.2 データ収集システムの開発・評価の実施

車両へ搭載したデータ収集システムにより、データ収集車両システムとして、全搭載センサの結合テストを行い、実働環境におけるシステム評価を行った。

車両に搭載した下記設備のシステム仕様動作確認を行った。

カメラ用 PC5 台、制御用 PC1 台、カメラ 5 台、周辺監視レーザ 4 台、前遠方監視レーザ 1 台、GPS、カーナビ、CAN、シーンマークスイッチ／マイクを予め設定した評価確認事項に基づき評価し、全てが確認できた。

1.3.3 トライアル走行の実施

本格的データ収集に向けて、実際に走行を計画しているエリアの数ヶ所を選定して、実際の走行時間帯に則った走行を行った。走行エリアは東京都、神奈川県、埼玉県の市街地、歓楽街、オフィス街で、5分あたりのシーン数（トリガ操作回数）の統計的データを取得し、場所、時間帯での差を検証した。

結果、走行時間は予測を若干下回るも、平均車速は市街地で予測より若干高く、オフィス街と歓楽街はほぼ予想通りの結果となった。

トライアル走行の結果、市街地の平均走行時間はおよそ5時間となった。また、市街地の30分あたりトリガ数は約100トリガであり、1時間あたり200トリガとなった。従って、1日のトリガ数が1000トリガとなる。比較的歩行者割合が少ない蕨の結果を例にとり、歩

行者数を推定すると、1日440シーンとなる。

市街地の走行計画を1362日としたので、市街地の歩行者全体シーン数は、約60万シーンとなる。さらに、タグ付けとして有効となるシーンを1/4と仮定（1/2が自転車側、さらにその1/2が有効なデータ）すると、15万シーンの歩行者データを取得できることになり、十分目標を達成することができる。

1.3.4 走行計画の考え方

本格的な走行映像データベースを構築するために、歩行者取得目標600万事例を達成する走行計画（走行日数）を立案した。トライアル走行において、映像取得とトリガ操作を実施し、トリガ操作回数とトリガ操作時の操作対象（歩行者、自転車、他）を解析した結果、計画した走行日数で十分目標を達成できることが分かった。走行種別（市街地、繁華街、路側構造物、サービスエリア、観光地、寒冷地）毎に走行日数を割り当て、3ヶ年の走行日数計画を立案した。

表1.1-11 走行種別の3ヶ年計画は年間走行日数の最大値が672日であるが、6台で運用した場合、1台あたり112日となり、十分走行可能な日数となることが分かった。

1.3.5 年度開発目標の達成

全体工程で設定した技術開発目標である走行計画立案、トライアル走行、データ収集システムの開発、データ収集車両の製作、データ収集システム車両の評価、運用確認テスト走行、データ収集の運用管理ソフトウェアの検討、試作および保守メンテナンスなどを含む走行映像データベースシステムの構築技術を計画通り実施し、本格的な国内走行映像データ収集に向けた準備段階を完了したことで、今年度の開発目標を達成できた。

第2章 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証と成果

2.1 タグ付け技術開発

2.1.1 シーン抽出機能

(1) 概要

走行車両で撮影を行った映像は膨大なデータであり、障害物の映っているシーンだけでなく、障害物の映っていないシーンも多数含まれる。障害物の映っていないシーンが多く含まれてしまうと、無駄な処理が増えてしまうため後工程である自動タグ付け機能や手動タグ付け機能において作業が非効率になってしまうことが懸念される。

そこで、シーン抽出ではデータ収集車両で撮影された映像から障害物などが撮影されている有効なシーンを抽出することを目的とする。シーン抽出方法としては、画像認識によるシーン抽出と、CAN（Controller Area Network）データなどのデータ収集車両の情報を元にした画像を用いないシーン抽出の両面から検討を行う。前者は画像を用いるため認識精度の向上と共に必要なシーンを抽出することが可能であるが低速であり、後者は画像を用いないため高速にシーン抽出を行うことが可能になる。両者の抽出方法は、どちらか一方を用いることも可能であり、両者を用いてシーン抽出精度を高めることも可能となる。

本機能にて、シーン抽出のためのアルゴリズムの開発やパラメーターの最適化を行い、そのプログラムの実装は外注で行った。

(2) 仕様

以下にシーン抽出フローのイメージ図を示す。入力映像データ中からある指標に基づきシーンを選定し、映像データからシーン抽出を行う。

例えば、車両から撮影した走行映像データ中において、障害物（車両）が存在するシーンだけを切り取り、複数のシーンとして抽出し、保存する、というフローとなる。

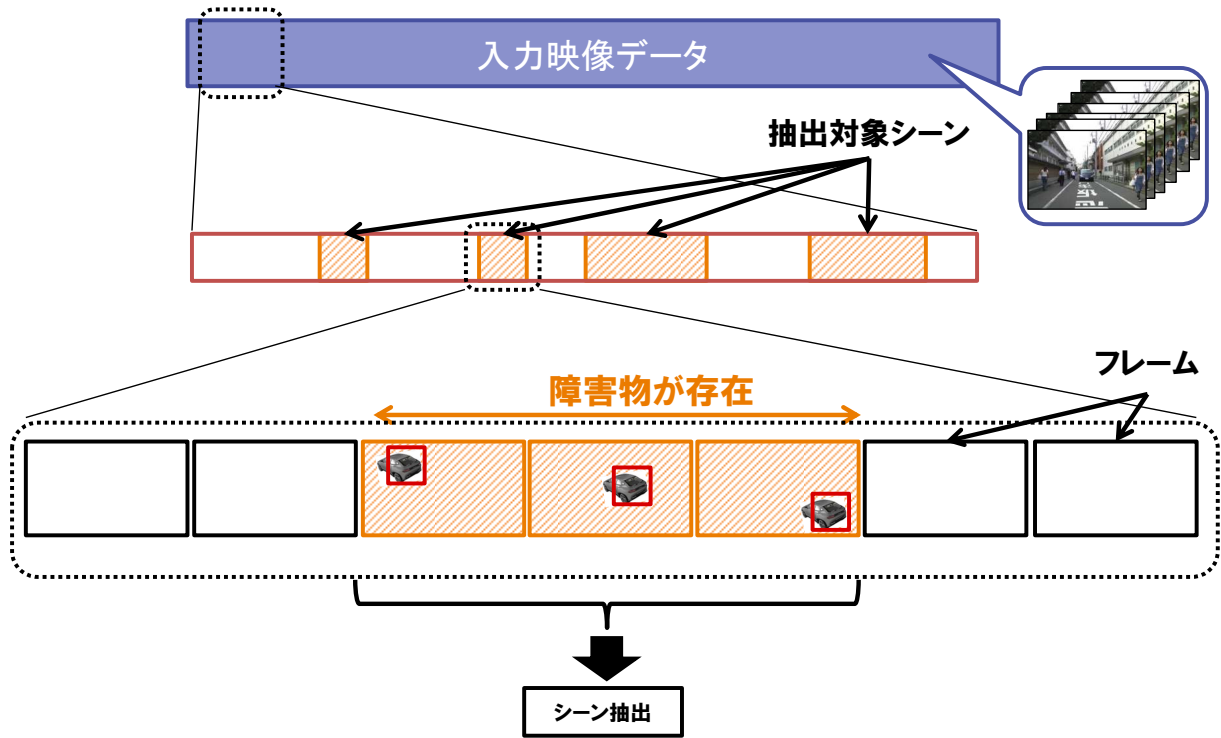


図 2.1-1 シーン抽出フローイメージ

次にシーン抽出ソフトウェアのブロック図とその処理フローを示す。

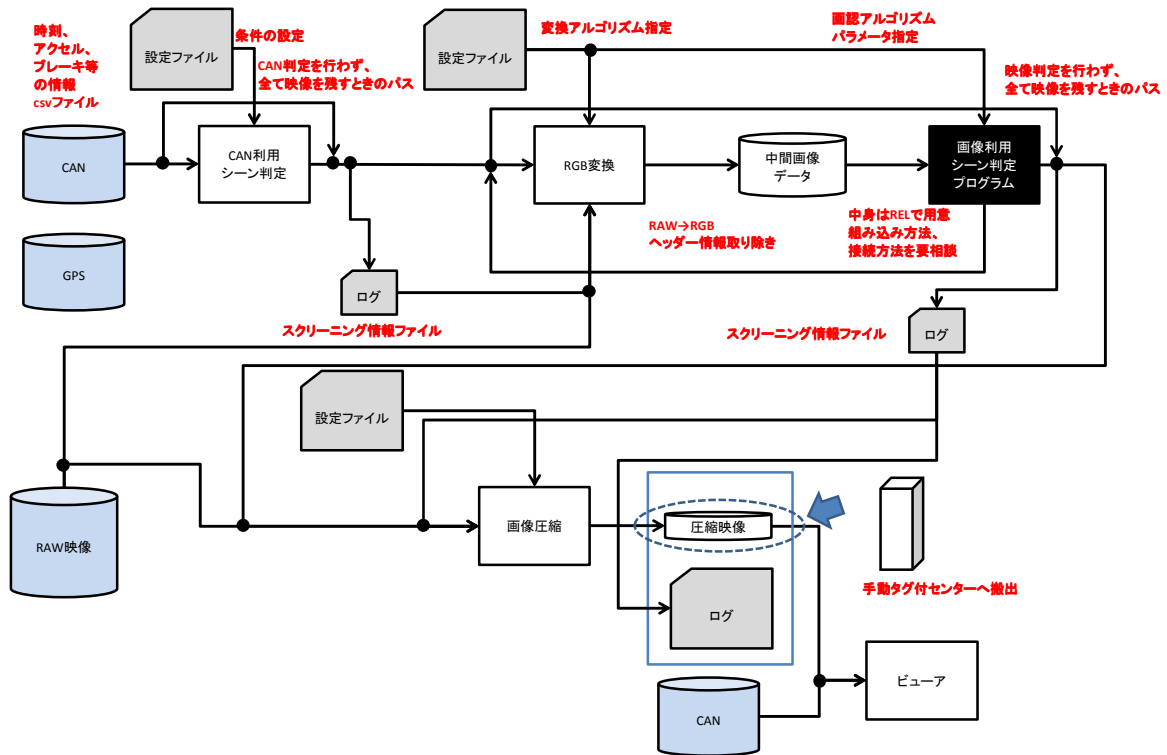


図 2.1-2 シーン抽出ソフトウェアブロック図

この中には大きく分けて 5 つの機能が存在する。

- ① CAN 利用シーン判定機能
- ② RGB 画像形式変換機能
- ③ 画像利用シーン判定機能
- ④ 画像圧縮機能
- ⑤ ビューアー機能

それぞれの機能は以下のとおりとなる。

- ① CAN 利用シーン判定機能

CAN データを元に映像の中に必要なシーンが含まれているかどうかを判断する機能である。

- ② RGB 画像形式変換機能

映像の元画像形式である RAW 形式の ベイヤ画像はそのままでは画像処理を行いつらいため RGB 画像形式変換機能により RGB 形式に変換する。

- ③ 画像利用シーン判定機能

上述の RGB 画像形式変換機能で変換された画像を画像認識により障害物を検知することで必要なシーンかどうかを判定する機能である。

- ④ 画像圧縮機能

後工程で画像を再利用しやすいように JPEG (Joint Photographic Experts Group) 形式の画像に変換する機能である。

- ⑤ ビューアー機能

実際に正しくシーン抽出ができたかどうかを判断するために映像と CAN データを閲覧できる機能である。

表 2.1-1 シーン抽出ソフトウェアブロック図内記述

名称	説明
CAN	入力データの一つとしてサーバーに格納されているデータ。時刻、アクセル、ブレーキなどの情報が CSV ファイルフォーマットで保存されている。
CAN 利用シーン判定	CAN 情報を利用して連続した映像から抽出すべきシーンを判定するモジュール。
設定ファイル	CAN 利用シーン判定や RGB 変換、画像利用シーン判定、画像圧縮などの機能において用いるパラメータなどを記述したファイル。
ログ	映像から抽出するシーンの開始時間と終了時間等を記載したスクリーニング情報ファイル。
RAW 映像	ベイヤ形式の RAW 映像ファイル。
RGB 変換	画像認識用の画像を作成するために、ベイヤから RGB フォーマットへ変換するモジュール。画像データは OpenCV の Mat 型を参考のこと。必要な基本変数は輝度の配列、1 画素情報のタイプ（ビット長、カラー/グレースケール）、画像縦幅、画像横幅。
中間データ	RGB 変換ブロックによって生成された画像データ。必要な基本変数は輝度の配列、1 画素情報のタイプ（ビット長、カラー/グレースケール）、画像縦幅、画像横幅。
画像利用シーン判定プログラム	画像認識プログラム。OpenCV ライブラリを利用して C++ で記述することを想定。入力として画像データ、出力としてシーンを抽出するためのログファイルを出力する。
画像圧縮	抽出されたシーンに対して、圧縮処理を施すモジュール。RAW 形式の連続フレーム画像情報を入力とし、JPEG 形式の連続フレーム映像/画像に圧縮する。
ビューアー	デバッグのために、映像と CAN データを取り込み、ビューアに表示するモジュール。デバッグ用として利用するため、自動シーン抽出プログラムとは独立して動作する。

① CAN 利用シーン判定機能

CAN データを元に映像の中に必要なシーンが含まれているかどうかを判断する機能である。

シーン抽出で用いる CAN データは以下のものを用いるものとする。

- ・アクセル
- ・ブレーキ
- ・ハンドル/ヨーレート
- ・変速
- ・ドア開閉/シートベルト
- ・ウインカー
- ・ワイパー
- ・ライト
- ・ハザードランプ
- ・クラクション
- ・速度
- ・エンジン回転数

これらは主にドライバーによる操作を示すものであり、これらの CAN データに特異なデータがある場合には何らかの理由によりドライバーが操作を行ったことになる。このドライバーによる操作を元にシーン抽出を行う試みである。実際にはウinkerとワイパーは CAN データに含まれないため、取得可能なようにしてある。

また、映像データを CAN データに相関があることを確認するためには映像の RAW 形式と CAN データの対応付けが重要になる。

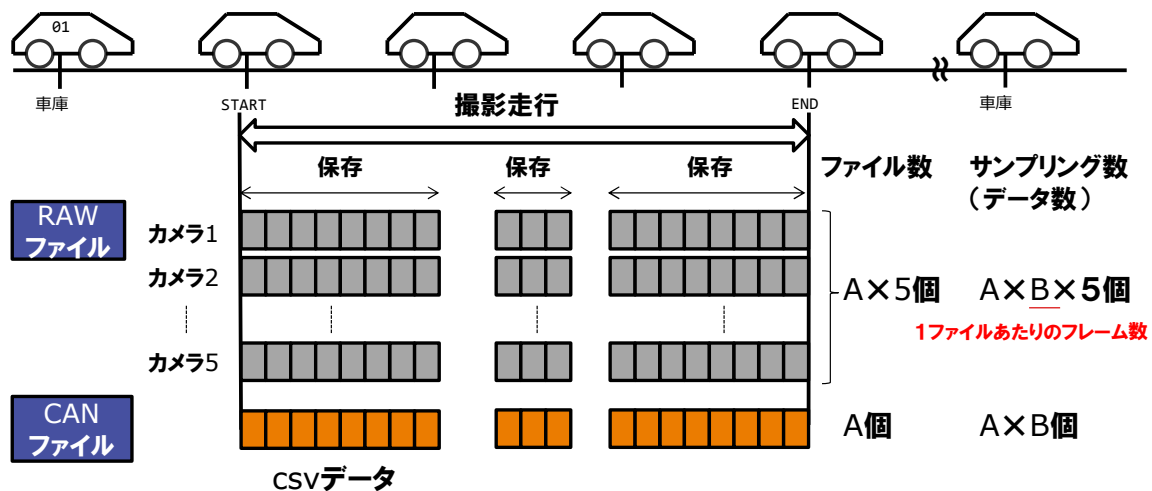


図 2.1-3 RAW と CAN データファイル相互対応イメージ

図 2.1-3 が示す内容は以下のとおりである。

- ・ファイル数はカメラ 1 台から生成される RAW 形式映像データと CAN データで 1 対 1 に対応させる。
- ・データ数も基本的に 1 対 1 対応する形で CSV (Comma Separated Values) 形式に変換された CAN データが用意される。

具体的には、映像データを取得するカメラが 60 fps であれば CAN データも 1/60 秒単位で保存された CSV ファイルとなる。

ただし、カメラの取得フレーム数が一定ではない状況もあるため、ファイル内のタイムスタンプの「秒」データが切り替わった先頭のデータを基準として対応を取るようにした。

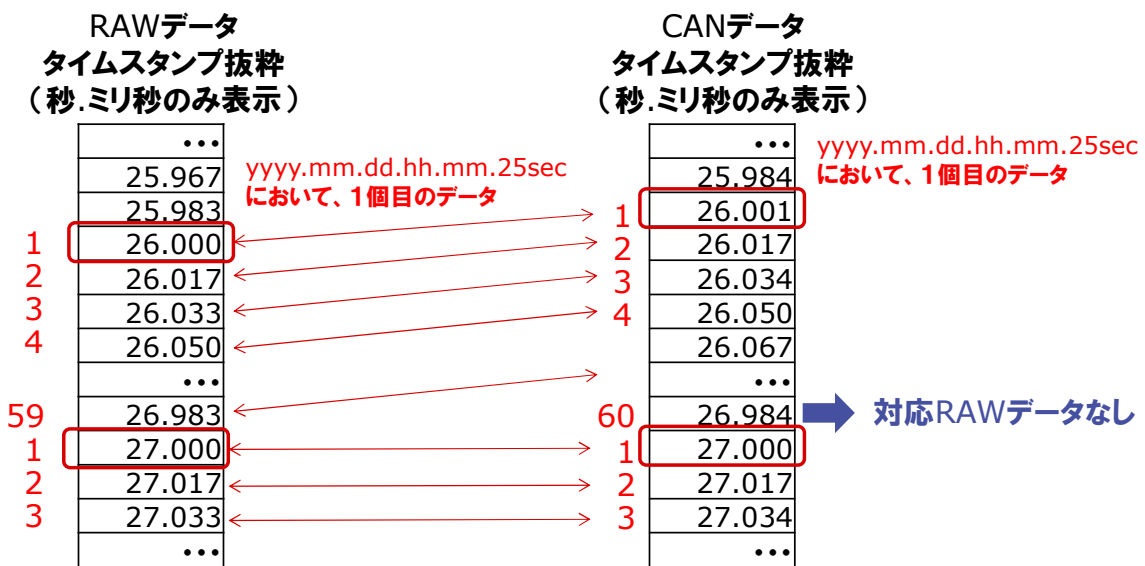


図 2.1-4 RAW と CAN のフレーム間対応

② RGB 画像形式変換機能

取得する RAW 形式のベイヤ画像は特殊な形式になっている。

- ・シーン単位で 512 byte のシーンヘッダーが含まれている。
- ・各フレームは PGM (Portable Graymap format) 形式の画像であるが、通常 PGM 形式は 8 bit または 16 bit カラーであるが、本形式は 12 bit カラーで 3 bit 幅を利用する 12 bit パッキング形式になっている。
- ・上記の各フレームが連続し、全体のシーンを構成している。

そのため、シーンヘッダーを削除し、12 bit カラーを 8 ビットに変換し、さらにベイヤ画像から RGB 画像に変換する必要がある。本機能はこれらの変換を行うものである。

③ 画像利用シーン判定機能

画像認識により障害物の有無を判断するが、本機能の画像認識は速度を優先し完全な画像認識を行うものではない。有効なシーンはトライアル走行を重ねていく中で議論を行い精査決定していく内容であるため、現状は判定する枠組みのみを実装する形となっている。

④ ビューアー機能

実際に正しくシーン抽出ができたかどうかを判断するために映像と CAN データを閲覧できる機能である。本機能には以下の機能が含まれる。

- ・映像ファイル読込機能
複数の映像ファイルを読み込み、ビューアに表示する機能
- ・画像ビューア機能

入力画像を表示する機能

- ・ CAN データ表示機能

画像ビューアと連動して CAN データを表示させる機能

(3) 評価装置

ここで本機能の評価を行うために購入を行い、実際に評価を行ったサーバーのスペックを以下に挙げる。

表 2.1-2 評価用サーバースペック

項目	スペック
ハード	HP DL360 Gen9
CPU	Xeon E5-2640 v3 2.60GHz 1P/8C FIO DL360 Gen9 Xeon E5-2640 v3 2.60GHz 1P/8C CPU DL360 Gen9
OS	Windows Server 2012 R2 Standard (ROK) X 4
メモリ	HP 8GB 1Rx4 PC4-2133P-R
HDD	HP 200GB ME SC 2.5 型 12G SAS SSD X 6

上記スペックのサーバーを 2 台を用いてシーン抽出機能と手動タグ付け GUI、フレーム間補間機能の評価を行っている。

またデータセンタ内の環境が整うまでは HDD (Hard Disk Drive) 等を用いてデータを受け渡しする必要があるため、1 T (Tera) B の HDD を 2 台を用いてトライアル走行のデータのやり取りを行った。

(4) 辞書データ

① 辞書データ概要

シーン抽出機能ではシーンを抽出するために、画像を用いた画像認識によるシーン抽出と CAN データを用いたシーン抽出の 2 種類の抽出方法を用いる。前者の画像認識によるシーン抽出では機械学習を用いるため、初期段階では歩行者と車両の辞書データ (画像データ) が必要になる。

そこでシーン抽出の機械学習の辞書として歩行者と車両の辞書の仕様を作成し外注によりデータを取得した。

② 辞書データ仕様

障害物の中でも特に歩行者と車両の辞書を以下の仕様で準備を行った。

- ・ 歩行者の辞書用の画像として 10,000 枚以上、車両の辞書用の画像として前方 5,000 枚以上と後方 5,000 枚以上を収集する。ただし、この枚数は辞書を作成するのに十分な数を意味するのではなく、今年度取得可能な現実的な枚数で決めてある。
- ・ 有効な機械学習の辞書として扱うために歩行者の画素数を 32×64 ピクセル以上とし、

車両の画素数を 32×32 ピクセル以上とする。これより小さいピクセル数の場合には物体の特徴量を十分に検知できない。

- ・歩行者と車両を囲む際に余白は上下左右 5 ピクセル程度とする。これは辞書データの中に本来の障害物と異なる情報を極力含めないようにするためである。
- ・レンズなどにより歪んだ画像は不可とする。

ただし、実際に公道を短期間走行した際に得られるデータのため、取得データ数等は出来高とした。

③ 辞書データ結果

実際に収集できたデータは以下の通りである。

表 2.1-3 得られた辞書用画像数

項目	枚数
歩行者画像数	17,750 枚
車両画像数	18,967 枚

これらの画像に関しては機械学習を行い、最適アルゴリズムを検討した上で高速画像認識によるシーン抽出に用いていく。これらの枚数が機械学習を行う上で十分であるかどうかは実際にアルゴリズムを最適化した上で機械学習を行う必要がある。もしも枚数が不足と判断された場合には、本事業の中で得られた走行映像データベースの中から学習用データを足していくことも検討する。

(5) 評価結果

評価時に入手したデータはあくまで 1 分間のサンプルデータでしかないので、歩行者や車両が映っておらず画像認識や CAN データを用いたシーン抽出のアルゴリズムの最適化としては実際に歩行者や車両が映っている映像を入手後に検討を行っていく。。

以下は、この 1 分間のデータを元に評価を進めたものである。

① 機能評価

以下の通り各機能が問題なく動作していることを確認した。

表 2.1-4 CAN 利用シーン判定機能

項目	結果
CAN データを正常に読み込むことが可能か?	○
映像データを正常に読み込むことが可能か?	○
条件式を元に判定が可能か?	○

表 2.1-5 RGB 画像形式変換機能

項目	結果
RGB 形式に変換することが可能か?	○

表 2.1-6 画像利用シーン判定機能

項目	結果
条件式を元に判定が可能か?	○

表 2.1-7 画像圧縮機能

項目	結果
RGB 形式から JPEG 形式に変換可能か?	○

表 2.1-8 ビューアー機能

項目	結果
変換された JPEG 形式の画像を読み込むことが可能か?	○
問題なく映像を表示することが可能か?	○
問題なく CAN データを表示することが可能か?	○

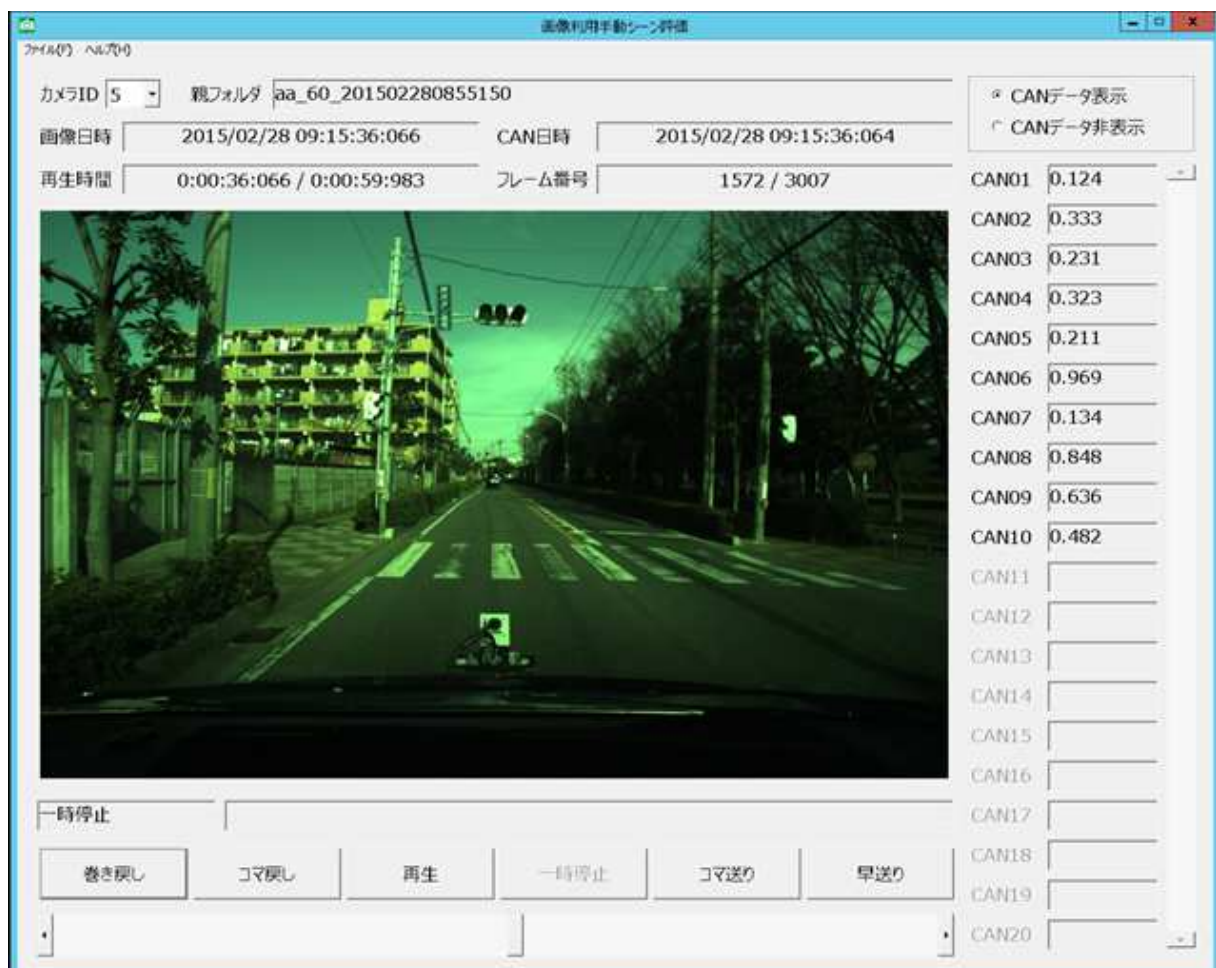


図 2.1-4 ビューアー画面

② パフォーマンス評価

以下に実際の撮影時間（データ時間）の 1 秒、10 秒、60 秒を処理した際にかかった時間を示す。

表 2.1-9 パフォーマンス評価

データ時間 (sec)	試行回数	CAN データ読み込み時間 (sec)	RAW データ読み込み時間 (sec)	RAW 画像圧縮時間 (sec)	合計 (sec)
1	1	0	2	4	4
	2	1	1	5	5
	3	0	1	6	6
	平均	0	1	5	5
10	1	0	9	56	56
	2	1	14	48	48
	3	0	12	41	41
	平均	0	12	48	48
60	1	3	79	585	585
	2	2	82	525	525
	3	2	79	550	550
	平均	2	80	553	553

また、この表の平均をグラフにしたものを以下に示す。

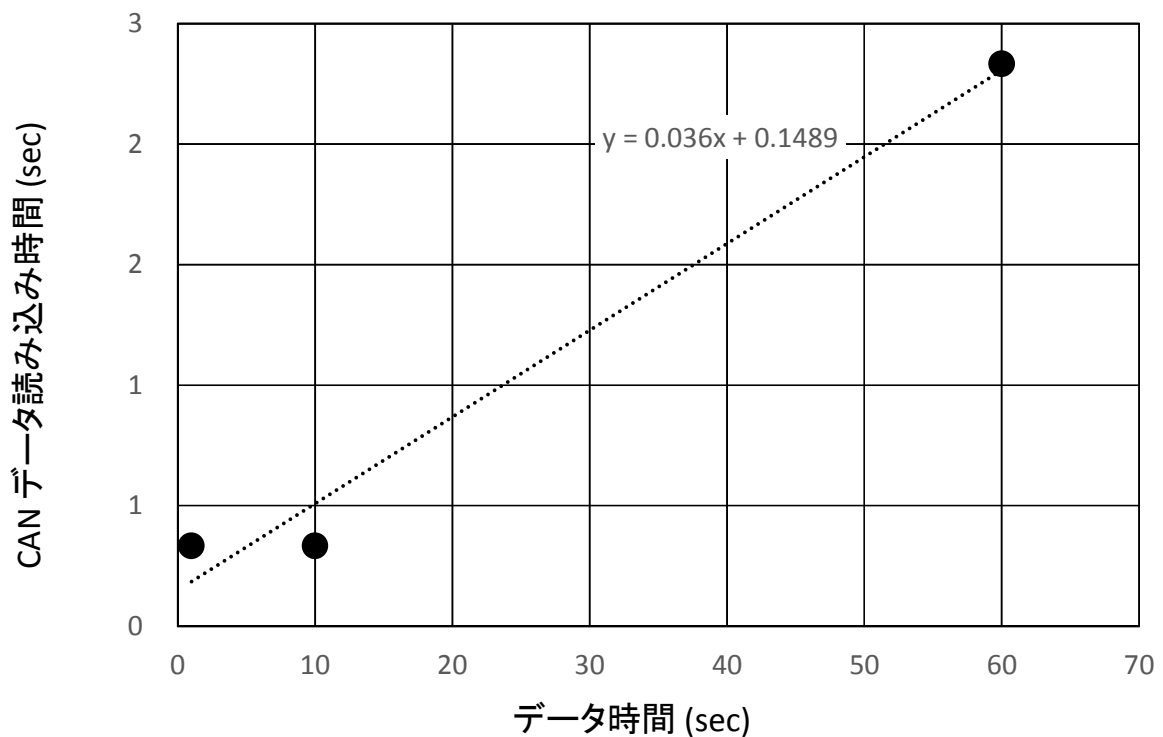


図 2.1-6 データ時間と CAN データ読み込み時間

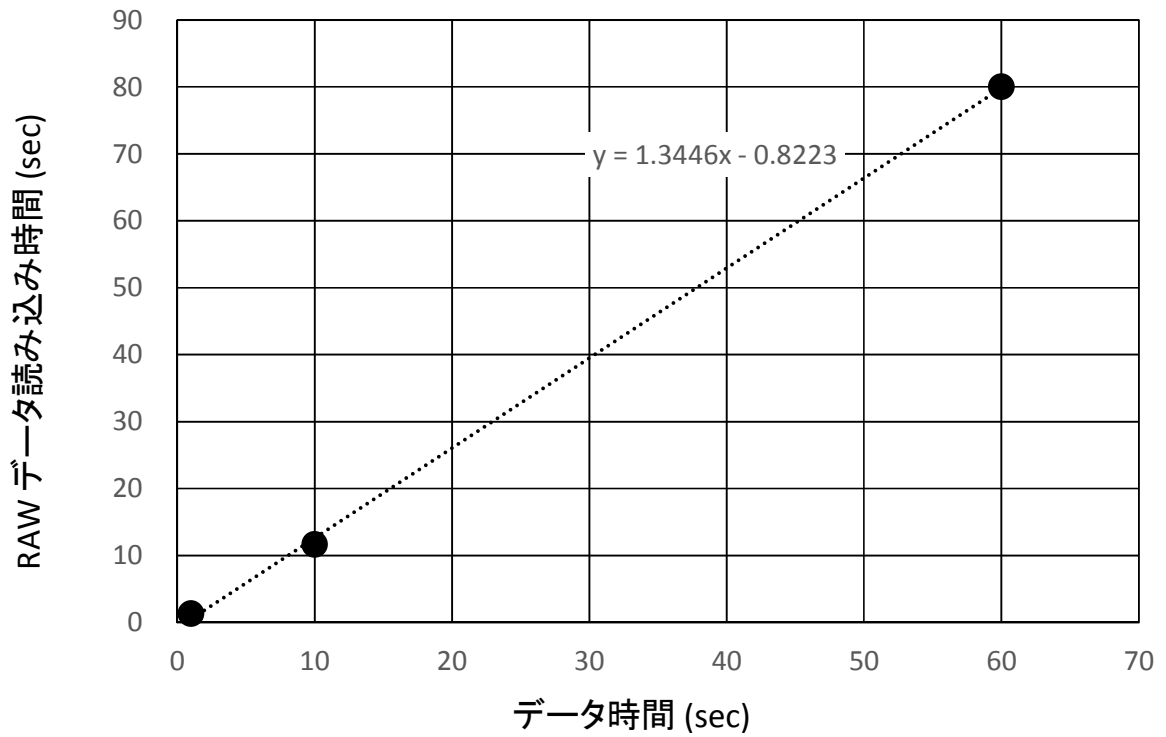


図 2.1-7 データ時間と RAW データ読み込み時間

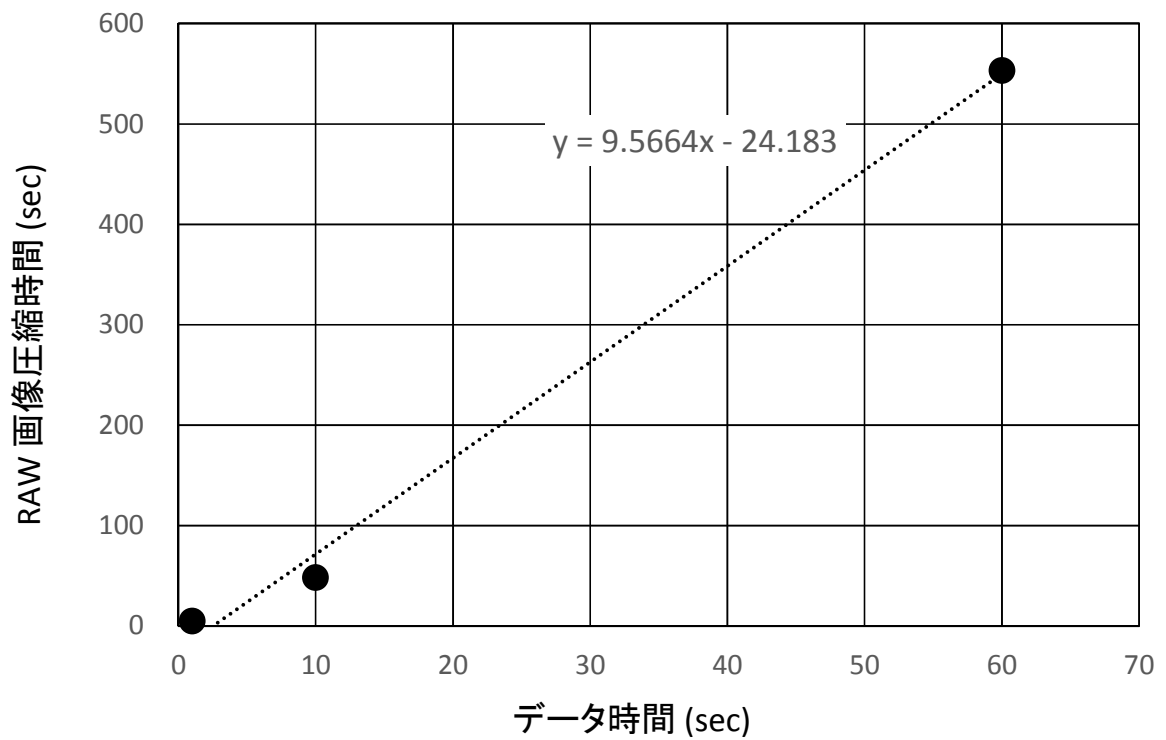


図 2.1-8 データ時間と RAW 画像圧縮時間

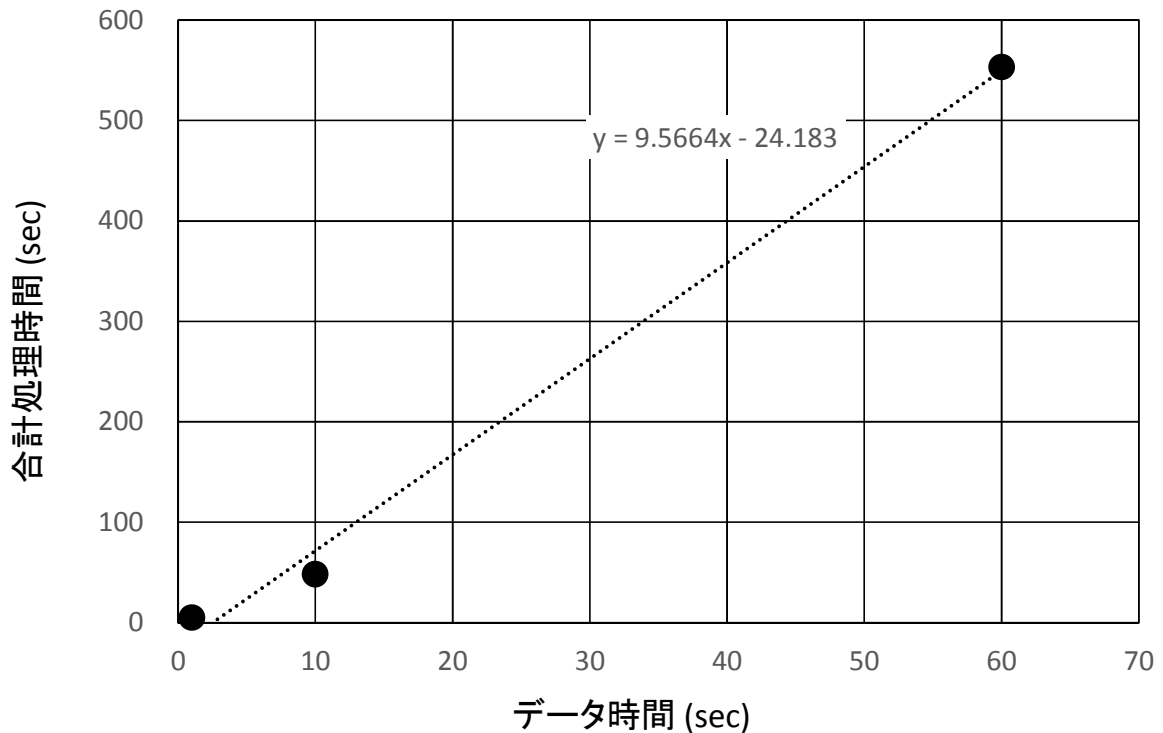


図 2.1-9 データ時間と合計処理時間

上図に示された数式は最小二乗法による近似曲線であるが、データ時間と合計処理時間の傾きが約 10 であることから、データ時間に対して約 10 倍の処理時間がかかっていることが分かる。その中でも RAW 形式ベイヤ画像から RGB 形式 JPEG 画像に変換する時間がほぼ支配的であることも分かる。ただし、現状は CPU を 1 コアのみ使用していることから、走行映像データベースプラットフォームのストレージの I/O の最適化や並列処理による処理能力向上も順次評価を行う。

(6) まとめと課題

シーン抽出を行うために必要な枠組みを有するソフトウェアとしてシーン抽出機能を開発することが出来た。これにより RAW 形式ベイヤ画像から後工程で用いる RGB 形式 JPEG 画像への変換を行うことが可能になった。

ただし、実行速度や実車両のデータやどのようなシーンを有効であると判断するかといった部分は今後の課題である。

① CAN データによる判定式の最適化

CAN データによる判定式は現状簡単なものしか利用できない。実際に走行映像と合わせて確認し、判定式を最適化していく必要がある。また判定式がハードコーディングになっているため、柔軟に対応できるようにプログラム実装を外注する。

② 画像認識アルゴリズムの最適化

現状は障害物を認識するためのアルゴリズムが最適化されていない。画像認識のアルゴリズムを最適化させるとともに十分な実行速度が得られない場合などにはアルゴリズムのプログラム実装を外注していく。

③ 実行速度

最も大きな問題が実行速度の問題である。現状、撮影時間に対して約 10 倍の時間がかかっているため、6 台の車両が本格稼働した場合には追いつかない。今年度のプログラム実装には並列処理など改善の余地があるため、高速化のアルゴリズムを検討後にプログラム実装を外注に依頼し、撮影時間に対してその日のうちに処理可能な速度を目指す。

2.1.2 自動タグ付け機能

本事業は、車載カメラによる歩行者や自転車等の障害物を認識するシステムを開発における性能評価・検証に用いる正解データを提供するための仕組みを研究・開発するものである。

本事業における「走行映像データへのタグ付け技術の開発」では、走行映像データから潜在的な危険性を有する障害物（歩行者、自転車、他の車両等）の撮影されているシーンを抽出し、これらの位置及び種類を自動的に判別（タグ付け）する仕組みを研究することが目的となる。

従来、走行映像データから潜在的な危険性を有する障害物の映っているシーンや、その障害物を抽出し分類する作業は人手によって行われていた。この人手によるタグ付け作業は、実際に映像を目で確認し、その中に映っている障害物を目視で抽出、種類を判別したうえで、手動でタグ情報を付与するという手順で行われる。また映像中の障害物の位置を特定するために、映像中の障害物を手動操作により矩形で囲み、その矩形の位置の情報もタグ情報とともに記録するなどの作業も同時に行われる。これらの作業を走行映像の各フレームに対して行うこととなるため、膨大な工数が必要となっていた。例えば、1 秒間に 60 枚（フレーム）の映像が 10 秒あった場合、タグ付け対象となる画像数（フレーム数）は、 $60 \text{ 枚/秒} \times 10 \text{ 秒} = 600 \text{ 枚}$ となる。仮に 1 枚の画像に対する手動タグ付け処理に必要な時間を 1 分とした場合、10 秒の映像全てにタグ付けを行うには、 $1 \text{ 分/枚} \times 600 \text{ 枚} = 600 \text{ 分} = 10 \text{ 時間}$ が必要となる。この前提で 100 時間分の走行映像データに対してタグ付けを行うのであれば、タグ付け対象となる画像数は $60 \text{ 枚/秒} \times 3600 \text{ 秒} \times 100 \text{ 時間} = 2 \text{ 億 } 1600 \text{ 万枚}$ 、必要となる工数は 36 万人時間と膨大となる。

一方、車載カメラによる走行映像と、映像からの物体認識ソフトウェアを使った障害物認識システムを開発し精度を高めるためには、検証のために多くの走行映像データが必要となる。一般的に物体認識ソフトウェアでの認識精度向上には、まず認識ソフトウェアの辞書を強化するための走行映像を採取し、そこに映っている障害物を人手によりタグ付けし正解データを作成、走行映像と正解データを認識ソフトウェアに読み込ませて学習させるという手法をとる。しかし前記のように、走行映像データが膨大になるにつれ、障害物

の映っているシーンおよび障害物の抽出のための工数も膨大になることが課題であった。この従来人手によって行っていた作業の一部を機械的に行い自動化することは、正解データの作成にかかる工数を縮小することとなり、結果的に障害物認識システム開発のためのハードルを下げることに繋がる。

そこで本事業では、画像認識技術によって走行映像データから抜き出された障害物を自動的に抽出する「自動タグ付け機能」を実現するために必要となる要件を整理する。

(1) 危険シーンの検討を元にしたタグ付け対象障害物の検討

タグ付け対象を選定するにあたり、障害物を有効に認識する必要のあるシーンを効率良く抽出するために、まず既知の危険シーンを検討し、その危険シーンを構成する障害物を洗い出すことにより、タグ付け対象の障害物の種類および属性を検討した。

まず危険シーンとして、事故の事例や交通教本などを参照し、一般的に起こりうる危険な状況を検討した。例えば

- ・渋滞中の対向車線から、子供が飛び出してきた
- ・併走する自転車が、歩道から車道への飛び出し
- ・駐車場で、車の陰から子供が飛び出し
- ・交差点での自転車の飛び出し
- ・...

などである。さらにこれら危険シーンのうち、車対歩行者および車対自転車の事例に注目し該当する危険シーンを検討し整理した。

次に、抽出した危険シーンを元に、それを構成する障害物の種類の洗い出しを行った。危険シーンの内容、状況を検討するとともに、そのシーンを構成するために必要となる障害物を抽出し、そのシーンを構成する障害物のうち画像認識の立場から検出可能なものを抽出している。さらに抽出した障害物と、危険シーンとの関連性についてまとめ、タグ付け対象とする障害物を体系的に整理した。

表 2.1-10 危険シーンと障害物の関連表

危険シーン	障害物							
	人物・動物		乗り物：小		乗り物：大			道路…
	歩行者	その他	自転車	その他	乗用車	大型車	その他	標識…
渋滞中の対向車線から、人が飛び出してきた					○	○		
併走する自転車が、歩道から車道への飛び出し			○					
駐車場で、車の陰から人が飛び出し								
交差点での自転車の飛び出し			○					
…								

(2) 自動タグ付け機能の必要機能

次に「自動タグ付け機能」に必要となる機能について整理する。

「自動タグ付け機能」には、従来人手によって障害物を検出し、その障害物にタグなどの情報を付与する作業を自動的に行うことが求められる。自動タグ付け機能の入力情報は、障害物などが映った走行映像データであり、出力情報は検出した障害物のタグ付け結果である。

自動タグ付け機能は入力情報に対して、映像のフレーム毎にタグ付け結果を出力する。具体的には、入力となる走行映像データのフレーム毎に、

- ・入力となる走行映像データの読み込み
- ・映像中の障害物を認識し、障害物ごとに ID を付与
- ・映像中の障害物の映っている範囲を座標位置として検出
- ・障害物の種類を認識、判断
- ・結果を出力

という一連の処理を行い、走行映像データ中の障害物の認識結果を出力する機能を有する必要がある。

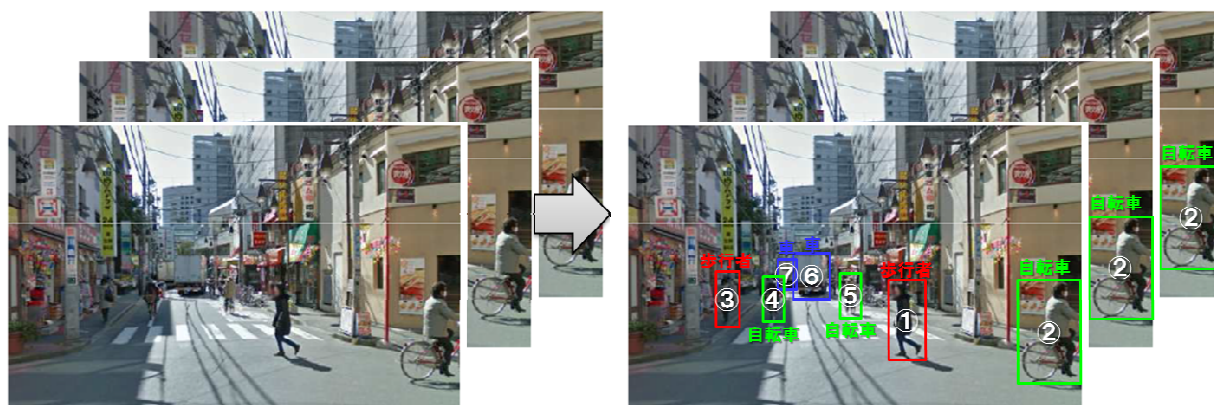


図 2.1-10 走行映像とタグ付け結果

映像より障害物を抽出し認識するには、画像による物体認識ソフトウェアが一般的に使われる。物体認識ソフトウェアによって、認識しタグ付けできる障害物の種類や、一度にタグ付けできる障害物の数が異なるため、仕様を整理するにはこれらに対しても考慮が必要である。

映像より検出された障害物が多い場合、タグ付けする優先順位を考慮することが望ましい。例えば、一般的には自車両より近い障害物は危険度が高く、逆に距離が遠くなるほど危険度は低くなると考えられるため、自車両からの距離によって優先順位をつけるといった方法が考えられる。しかし本事業における自動タグ付け機能においては、障害物との距離を検知するための機能を有していないため、優先順位付けは行わない。自動タグ付けの後段で行われる手動タグ付けとともに、タグ付けの優先順位付けについては今後の検討課題である。

また自動タグ付け機能における最大タグ付け付与数などの制限は設けないが、実際に自動タグ付け機能をツール化し稼働する際には、処理対象となるデータ量とタグ付け全体の処理速度との兼ね合いにより、制限を加えることも考慮する。

(3) 入力となる走行映像データの読み込み

まず入力となる走行映像データを機械的に処理するために、走行映像をコンピュータへ読み込み、1 フレーム毎に処理を行う。走行映像データは、時系列で連続して撮影された静止画や、それらを一つにまとめた動画形式など、様々な標準様式が考えられるため、画像形式変更に対応できるように考慮が必要となる。



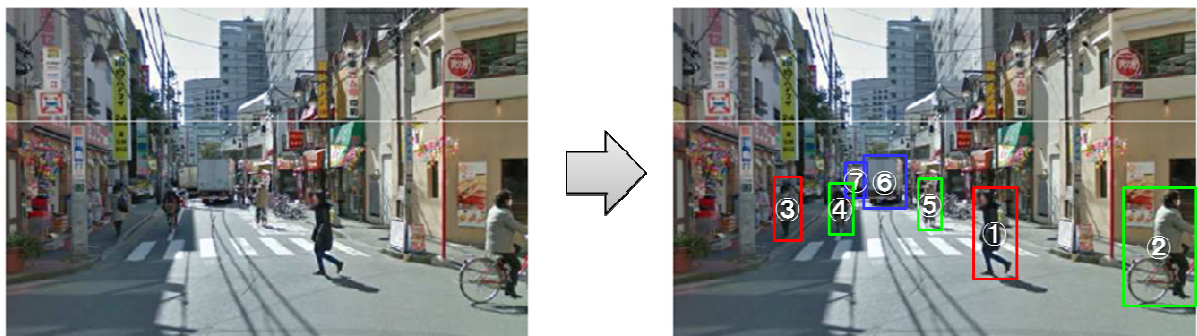
走行映像データをコンピュータへ取り込みフレーム毎に処理

図 2.1-11 走行映像データの読み込み

(4) 映像中の障害物を認識し、障害物ごとに ID を付与

物体認識ソフトウェアを用いて、映像の中から障害物を抽出し ID を付与する機能である。抽出した障害物毎に割り振られる ID の番号は、基本的にユニークな ID を付与する事が望ましい。これは、一連のシーンの映像において、検出した障害物が常に映像に映っている場合は問題が生じる可能性は低いが、障害物が他の障害物や構造物などの影に一旦隠れることにより映像中から消え、その後影から出ることにより再び映像に映るような場合に、新たな障害物として別の ID が割り振られると障害物の動きをトレースすることが困難となるためである。

ID 番号を付与する順番について様々な方法が考えられるが、物体認識ソフトウェアの実装依存とする。自転車に対する障害物の近い順とする方法も考えられるが、物体認識ソフトウェアでは障害物までの距離の測定は機能対象外であるため、この手法は対象外とする。



①～⑦ 障害物ごとに付与された ID

図 2.1-12 走行映像と障害物ごとの ID 付与

(5) 映像における障害物の座標位置検出

物体認識ソフトウェアを用いて、映像中の障害物を検出し、その障害物が画像のどの位置に存在するかを抽出する機能である。具体的には、映像中の障害物を囲うように長方形を設定し、その左上頂点および右下頂点の映像中の座標位置を出力する機能となる。

図 2.1-13 の映像における障害物の座標位置検出では、例として画像中央付近の ID=①の障害物の座標位置検出を示している。障害物を囲うように長方形を設定し、その長方形の左上座標を $(x1,y1)$ 、右下座標を $(x2,y2)$ として出力する。実際の処理は、この座標位置検出の操作を検出した障害物全てに対して行う。

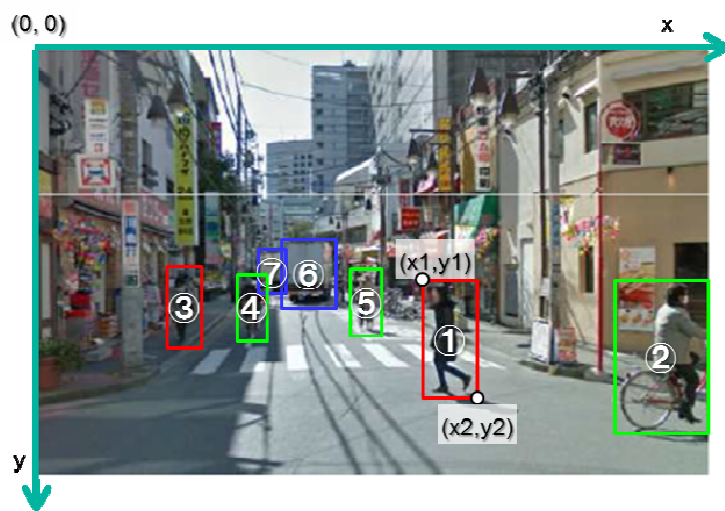


図 2.1-13 映像における障害物の座標位置検出

(6) 障害物の種類を認識、判断

検出した障害物の形状などをもとに、映像による物体認識ソフトウェアを使い障害物の種類を自動的に認識、判断し、結果を出力する機能である。自動タグ付けする障害物の対象範囲は、物体認識ソフトウェアに依存する。本事業においては NEC の持つ技術であるオブジェクト認識ソフトウェアをそのまま適用するため、その認識範囲とする。



図 2.1-14 障害物の種類を認識、判断

(7) 結果出力

これまでに得られた、障害物毎の ID、障害物の画像中の座標位置、障害物の種類を、予め定められた書式で出力するための機能である。本事業においては、自動タグ付け機能の処理後に、自動タグ付け機能の認識漏れ、認識誤りを手動で追加、修正するための手動タグ付け処理が行われる。このため、自動タグ付け機能の出力をそのまま手動タグ付けでも使うことのできるよう、規定された共通の書式で出力する必要がある。本事業においては、共通のフォーマットを用いることとする。

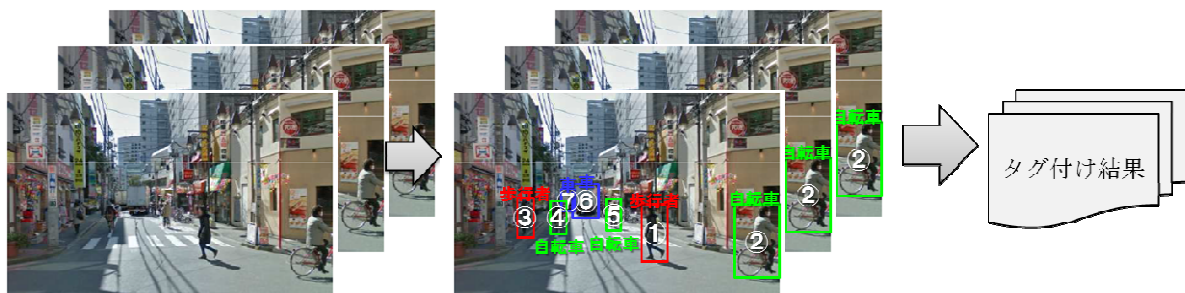


図 2.1-15 結果出力

(8) 自動タグ付け機能のソフトウェア要件

自動タグ付け機能は、データセンタに設置されたタグ付け用コンピュータ上で稼働することを前提に動作環境を規定する必要がある。

データセンタのタグ付け用コンピュータには、Windows OS が使われる想定であるため、自動タグ付け機能においても動作対象 OS は Windows7 以上とする。また今後のシステム拡張なども考慮し、Linux を含むマルチ OS 上での動作を考慮すること。

自動タグ付け機能はデータセンタのコンピュータ上で稼働することになるが、稼働のためにオペレータがデータセンタに常駐しなくとも済むように、リモート環境からプログラムの実行を可能とする必要がある。これら、マルチ OS 上での動作、およびリモート環境での動作の観点より、自動タグ付け機能はコマンドラインからの動作を前提とし、GUI 等 OS 依存部分を設けないこととする。

自動タグ付け機能を動かす際には、入力となる走行映像データのファイルと、出力となるタグ付け結果ファイル、それぞれの保管場所を自動タグ付け機能の起動パラメータとしてコマンドラインより指定できる必要がある。なお走行映像データの取得が進み、自動タグ付け対象となる走行映像データが多量かつ多種類となる場合には、入力となる走行映像データの格納場所、および出力データの格納場所を連続的に指定することも想定される。このため自動タグ付け機能は、予め別ファイルなどで用意された入出力データの格納場所を読み込んで処理する機能も持つこととする。

自動タグ付け機能の中核となる機能は物体認識ソフトウェアであるが、ここでは NEC の保有するオブジェクト認識ソフトウェアをそのまま使用することを前提に、その他のソフトウェアブロックの構成および機能を検討する。オブジェクト認識ソフトウェアを稼働するためには、オブジェクト認識ソフトウェアが対応する様式に入力となる映像データの様式を変換する機能と、オブジェクト認識ソフトウェアの出力を本事業で定める様式に変換する機能、また各機能を連携動作させるための機能が必要となる。これらをふまえ、自動タグ付け機能は、以下のように4つの機能ブロックで構成することとする。

- ①入力インターフェイスブロック
- ②出力インターフェイスブロック
- ③動作制御ブロック
- ④オブジェクト認識ブロック

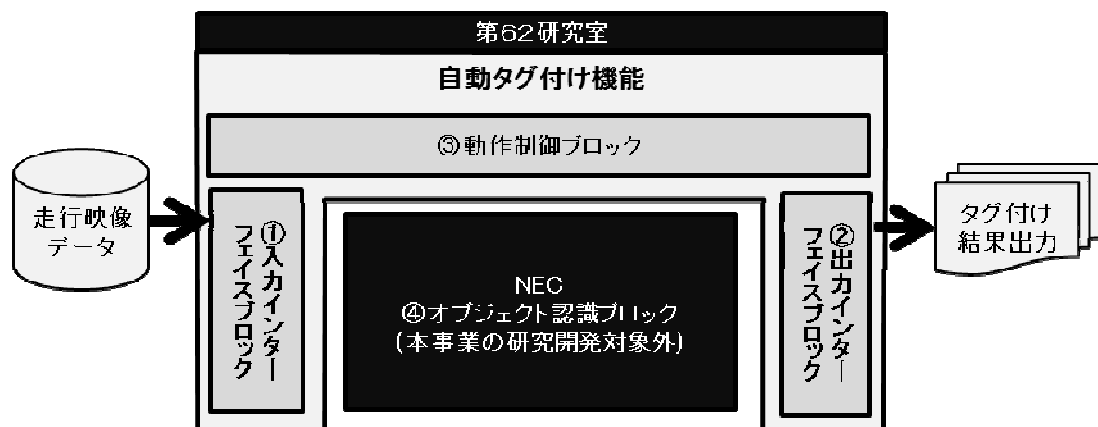


図 2.1-16 自動タグ付け機能ソフトウェア機能ブロック図

本事業における自動タグ付け機能の開発対象は、①～④の機能ブロック範囲である。④の機能ブロックは、既に NEC の保有するオブジェクト認識ソフトウェアをそのまま適用することによって実現する。本事業において当該ブロックの開発・機能強化等を行わない。

各機能ブロックの詳細を以下に説明する。

① 入力インターフェイスブロック

自動タグ付け機能へのインプットデータとなる映像データを、指定された場所から読み取り、「④オブジェクト認識ブロック」で認識できるデータ形式へ変換する機能を提供するブロックである。

入力データの形式は、本事業にて定める映像データ様式に対応する。また、今後の対応様式の拡張に柔軟に対応できる構造とするために、それを考慮したソフトウェア構成とすること。

② 出力インターフェイスブロック

「④オブジェクト認識ブロック」からの出力を、本事業におけるタグ付け様式ヘデータ形式変換し、指定された場所へファイルとして格納するための機能ブロックである。今後の出力形式の変更等に容易に対応できるソフトウェア構成とするよう考慮すること。

③ 動作制御ブロック

「①入力インターフェイスブロック」「④オブジェクト認識ブロック」「②出力インターフェイスブロック」それぞれを連携動作させるための機能ブロックであり、各ブロック間のデータの受け渡し、各ブロックの起動／終了を制御するための機能ブロックである。インプットとなる走行映像データは、本事業ではデータセンターのストレージ上にファイルとして保管される。このため当機能ブロックでは、コマンドライン上から入力された走行映像データの格納場所およびファイル名を取得し、「①入力インターフェイスブロック」へ通知する機能を持つこととする。

また「②出力インターフェイスブロック」からの出力データは、当事業では予め定められたネットワークストレージ上へ格納する必要がある。このため当機能ブロックは、コマンドラインから入力された出力先ストレージのパスおよびファイル名を取得し、「②出力インターフェイスブロック」へ通知する機能を持つこととする。

④ オブジェクト認識ブロック

走行映像データのフレーム毎に、そこに映っている障害物を検出し、障害物の種類や映像中の障害物の位置などを出力する機能ブロックである。当該機能ブロックは、NECの保有するオブジェクト認識ソフトウェアをそのまま適用し実現する。このため当機能ブロックは本事業における研究・開発対象とはしない。自動タグ付け機能における障害物の認識種類やタグ付けデータの範囲などは、NECのオブジェクト認識ソフトウェアに依存する。

2.1.3 手動タグ付け GUI 開発

(1) 概要

手動タグ付け GUI (Graphical User Interface) は、入力映像データ中に存在する検出対象が存在する領域について GUI を用いて指定し、その座標データ及び検出対象の種類や属性等を保存したタグ情報を保存することを目的とする。

さらに手動タグ付け GUI 機能はその名前のおり人手により作業するためのツールであるため、機能が十分なだけでなく、人の使いやすさ (ユーザビリティ) を重要視して作成する必要がある。また、今後実際にユーザーが利用した際のユーザビリティを十分に考慮しアップデートを行っていく。

以下にタグ入力作業のイメージ図を示す。映像が入力として与えられ、その映像中に映

る歩行者や車両などの「タグ付対象」を作業者が探索し、座標や分類情報などを付加する作業環境をタグ入力 GUI で実現する。

また、タグの種類決定は「1.1.1 (1) ② 映像保存時間の検討」で述べられている障害物から検討を行った。

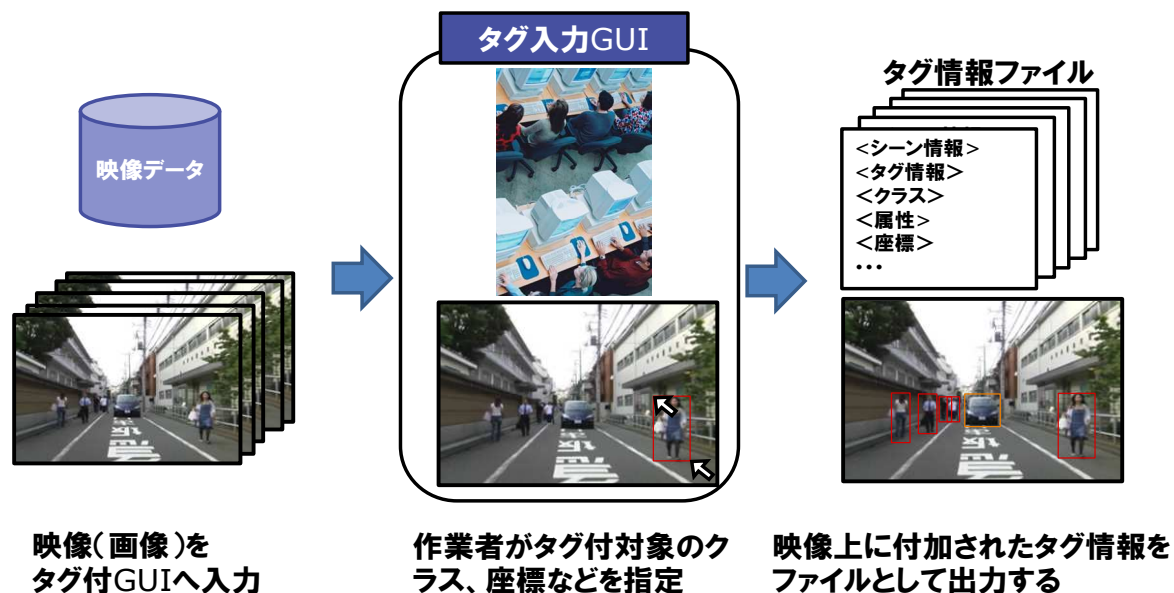


図 2.1-17 手動タグ付け GUI 作業イメージ

(2) 仕様

① 全体仕様

以下にタグ入力作業のフローイメージを示す。タグ付作業は大きく三つのステップから構成され、人手による 1 次タグ付作業、一定フレーム飛ばしで作成されたタグ情報の自動フレーム補間処理、最後にタグ付け結果の目視による確認が行われる。

フレーム補間は別機能であるが、手動タグ付けとの関連性や連続性があることから同一ソフトウェアの中に実装を行っている。

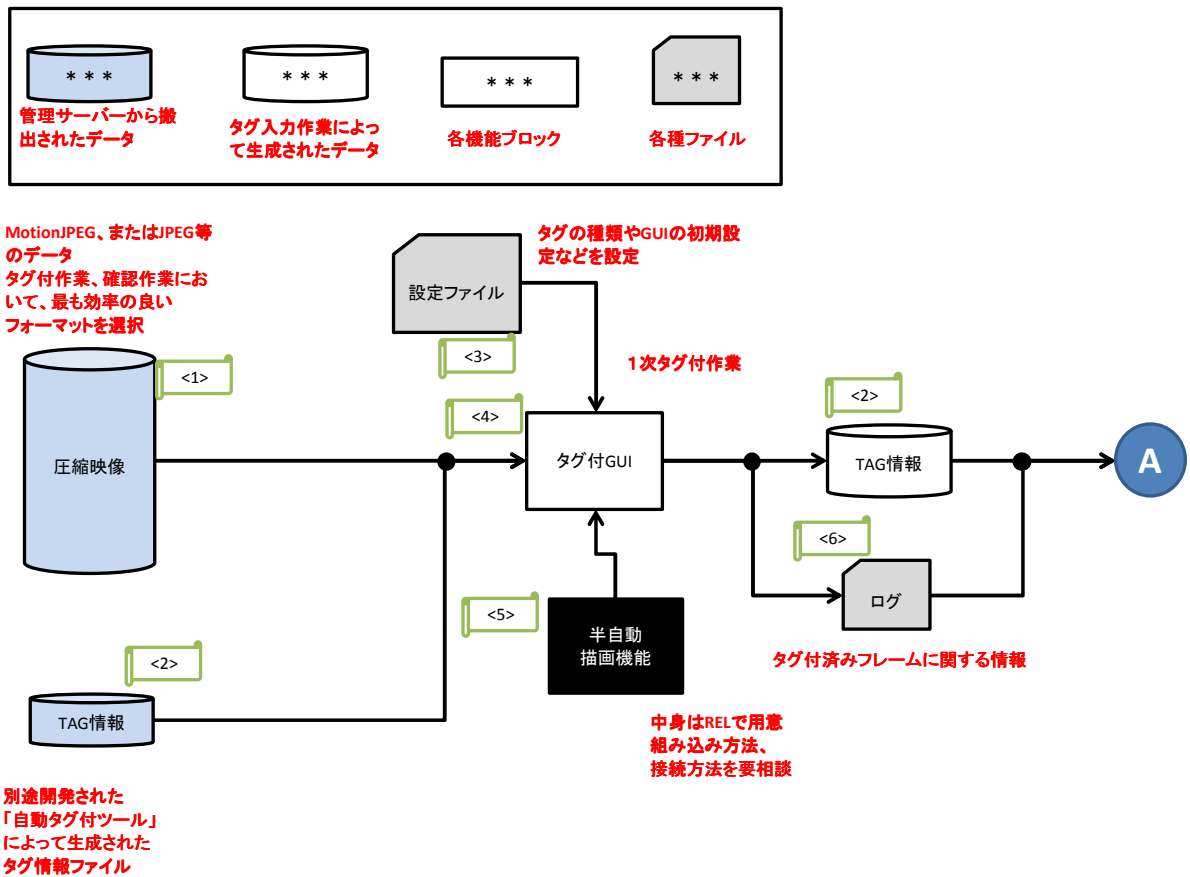


図 2.1-18 手動タグ付け GUI によるタグ入力フローイメージ(1)

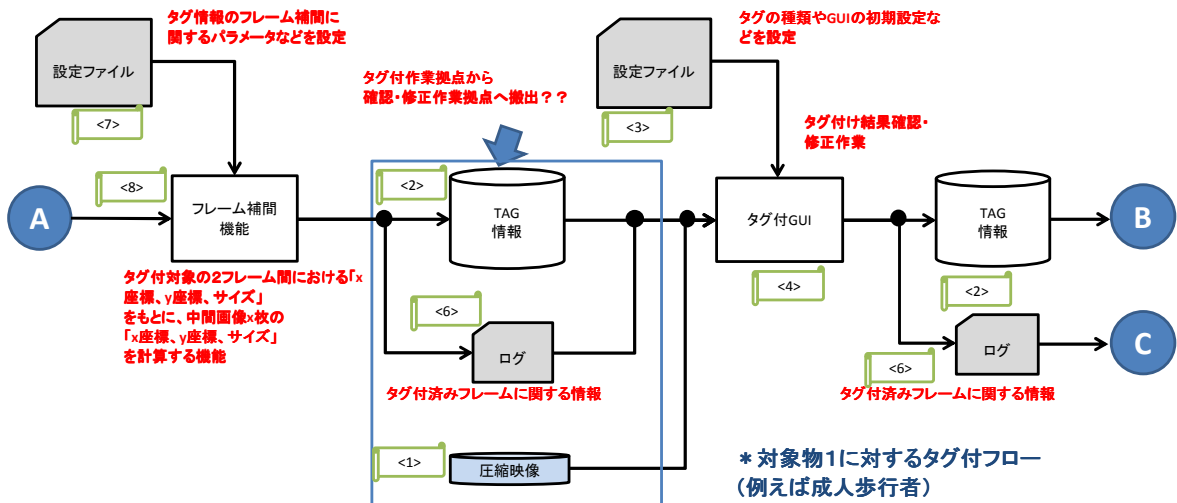


図 2.1-18 手動タグ付け GUI によるタグ入力フローイメージ(2)

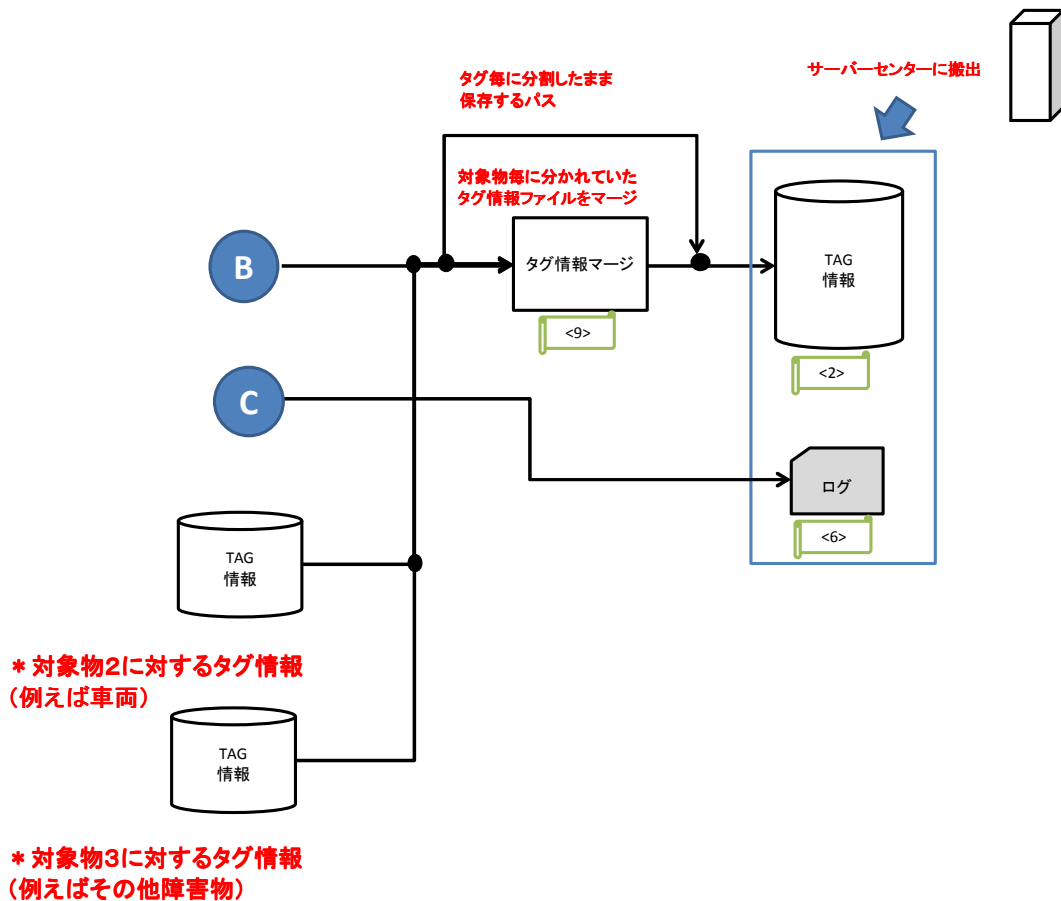


図 2.1-18 手動タグ付け GUI によるタグ入力フローイメージ(3)

以下に上図の個々の機能の説明を行う。

- 圧縮映像
JPEG 画像またはその他のフォーマットで圧縮された映像を示す。フォーマットはタグ付け作業時の処理速度と転送データサイズを考慮して決定を行う必要がある。
- タグ情報
事前に生成されたタグ情報データがある場合は取り込み、初期タグ付け候補として作業者に後段のタグ付け GUI 機能にて表示する。
- 設定ファイル
タグの種類 (歩行者、自動車など) や GUI 構成等の初期設定を記述したファイルである。管理者によってタグ付け作業者それぞれの分担に応じてどの設定ファイルを読み込むかを指定する。
- タグ付け GUI 機能
作業による目視で映像に対してタグを付加する作業を補佐する GUI を示す。

- ・半自動描画機能
1 クリックでタグ付対象の座標を検出するプログラムでアルゴリズムは最適なものを検討した上で後から実装可能な仕組みとする。
- ・ログ
タグ付作業を行ったフレームのインデックスなどをログとして残すファイルである。
- ・設定ファイル
タグ情報のフレーム補間に関するパラメータを設定。補間の種類や、最近傍の探索方法、何フレーム飛ばして補間を行うか、等の設定を行うファイルである。
- ・フレーム補間機能
タグ付対象の 2 フレーム間における「x 座標、y 座標、サイズ」をもとに、中間画像 x 枚の「x 座標、y 座標、サイズ」を計算する機能を有する。
- ・タグ情報マージ
対象物毎に作成されたタグ情報をマージするプログラム。同一のフレームに対する異なる対象の情報を一つにまとめる処理である。

② GUI 構成

以下に手動タグ入力 GUI のイメージ図を示す。タグ入力 GUI はタイトルバー、メニューバー、作業エリアから構成され、作業エリアは複数のパネルを有する。

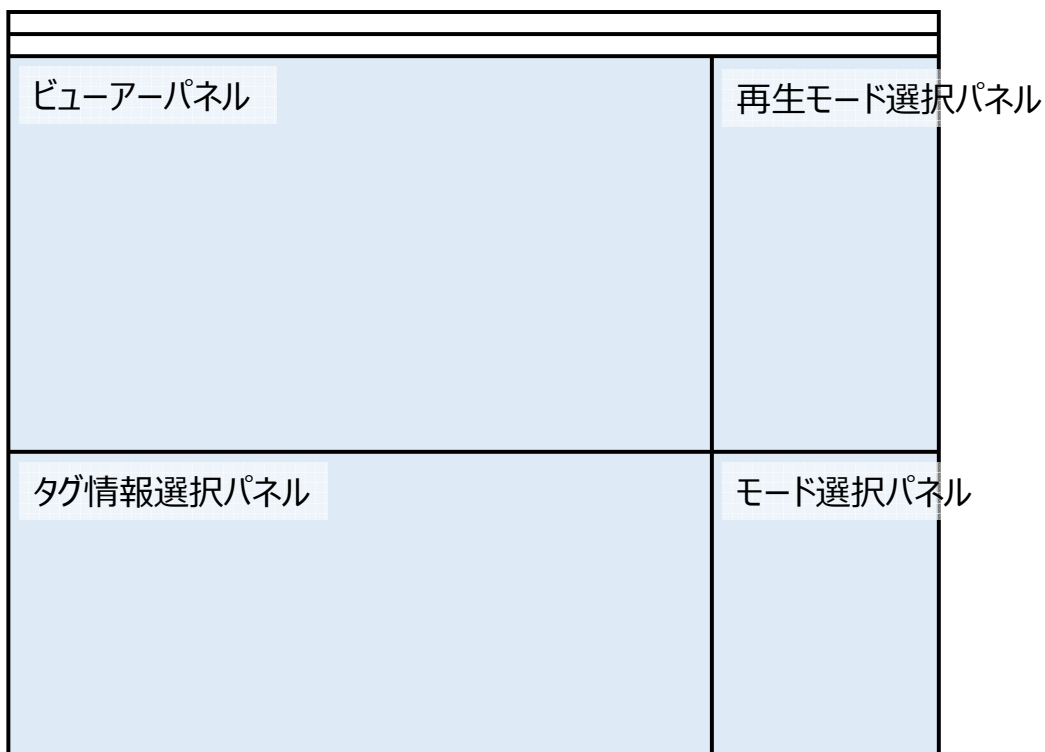


図 2.1-19 作業エリアのレイアウトイメージ



図 2.1-20 手動タグ付け GUI によるタグ入力フローイメージ

- ビューアパネル
読み込んだ映像データ内の1つのフレームを表示する。タグ描画モードでビューアパネルをクリックすることで例えば歩行者や車両などの位置を指定する。指定された座標はタグの座標情報として一時保存され、描画（矩形や直線）はビューアパネル上に表示されたままとする。マウス右クリックでクリック位置を基点とした拡大を行う。
- モード選択パネル
タグ描画モード、タグ選択モード、タグ削除モード、再生モードを指定するボタン（ラジオボタン）を有する。
- 再生モード選択パネル
各種ボタン（1 フレーム送り、1 フレーム戻し、5 フレーム送り、5 フレーム戻し、指定フレーム送り、指定フレーム戻し）を有する。
- タグ情報選択パネル
タグ情報を選択するボタン（ラジオボタン等）を有する。ビューアパネル上で選択された矩形・直線のタグ情報に対して、タグ情報選択パネルで選択された種類や属性を付与し、一時保存する。

③ タグ種類

GUI を構成するには、実際のタグの種類をある程度限定しておかなければ、その都度 GUI の構成を変更することになる。そこで、一度に画面で選択できる障害物のタグ (属性情報) は 7 分類 × 7 選択種に限定してある。

また、タグの種類の設定は「1.1.1 (1) ② 映像保存時間の検討」で述べられている障害物から検討を行った。

表 2.1-11 タグ一覧

対象物	分類 1	分類 2	方向	付属物	隠れ
歩行者	大人 子供 (小さい人) 不明	男 女 不明	前、後、右、 左 不明	なし、荷物、 傘、手押車 不明	あり、なし 不明
自動車	乗用車 大型車 (バス・トラック) 不明	先行車 対向車 停止車 不明	前、後、右、 左、右+前 不明	—	あり、なし、 見切れ 不明
二輪車	大型 小型 (原付) 不明	—	前、後、右、 左、右+前 不明	—	あり、なし、 見切れ 不明
自転車	—	—	前、後、右、 左、右+前 不明	なし、荷物、 傘 不明	あり、なし、 見切れ 不明
その他移動体	—	—	—	—	—
路側物	信号機	赤、黄、緑 矢印 不明	前、右、左 (矢 印のみ)	—	あり、なし、 見切れ 不明
路側物	静止障害物	—	—	—	—
路側物	移動障害物	—	—	—	—
路側物	白線	—	—	—	—
路側物	黄線	—	—	—	—

④ 初期設定

上述のタグを一つのアプリケーションで実現するために初期設定を最初に読み込むことで対応させることを行った。そのため、以下のような初期設定ファイルを準備する方法を用いる。

以下に歩行者と車両・二輪車・自転車の場合の初期設定ファイルを載せている。

表 2.1-12 歩行者用初期設定ファイル

OBSTACLE	=	"歩行者"
MARKING_TYPE	=	"矩形"
CLASSIFICATION_1	=	"大人,子供,不明"
CLASSIFICATION_2	=	"男,女,不明"
CLASSIFICATION_3	=	
BELONGINGS	=	"傘,荷物,不明"
DIRECTION	=	"前,後,右,左,斜め右前,不明"
HIDDEN	=	"あり,なし,見切れ"

表 2.1-13 車両・二輪車・自転車用初期設定ファイル

OBSTACLE	=	"自動車,二輪車,自転車"
MARKING_TYPE	=	"矩形"
CLASSIFICATION_1	=	"乗用車,大型車,不明"
CLASSIFICATION_2	=	"先行車,対向車,停止車,不明"
CLASSIFICATION_3	=	
BELONGINGS	=	
DIRECTION	=	"前,後,右,左,斜め右前,不明"
HIDDEN	=	"あり,なし,見切れ"

このような初期設定ファイルを準備することで様々な障害物へのタグ付けに対応させることが可能になる。

また、全ての対象物が同じ色の矩形や線分で指定されると区別できないため、色に関しても各対象物毎に指定できる。

表 2.1-14 歩行者用色設定ファイル

OBSTACLE	=	#f00000
CLASSIFICATION_1	=	#0f0000,#0e0000,#0d0000
CLASSIFICATION_2	=	
CLASSIFICATION_3	=	
BELONGINGS	=	
DIRECTION	=	
HIDDEN	=	

表 2.1-15 車両・二輪車・自転車用色設定ファイル

OBSTACLE	=	#000f00
CLASSIFICATION_1	=	#000f00,#000e00,#000d00
CLASSIFICATION_2	=	
CLASSIFICATION_3	=	
BELONGINGS	=	
DIRECTION	=	
HIDDEN	=	

色の指定はハッシュ (#) に続けて 16 進数の RGB の並びで指定するものとする。変数 OBSTACLE に指定された色に対して、それぞれの変数 CLASSIFICATION_1 等で指定された色を OR 演算したものになる。

⑤ タグ付け

タグ付けを行うものは、その指定方法から 2 つに分類できる。一つは車両や人などのように対象物を矩形で囲むものであり、もう一つは白線などのように対象物を直線で結ぶものである。

従来のタグ付け作業から矩形で囲む作業者と直線指定をおこなう作業者は分けた方が効率が良いと言われているため、本 GUI では起動時に前述の初期設定ファイルを指定することで項目を限定させた。

⑥ 出力タグファイル

出力タグファイルは汎用性を考慮し XML (Extensible Markup Language) 形式で出力するものとする。以下にタグの XML 形式を示す。

表 2.1-16 車両・二輪車・自転車用初期設定ファイル

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!-- シーン情報 -->
<scene id="%% SCENE_ID%%">

    <!-- シーン固有情報 -->
    <date>%% START_DATE%%</date>
    <car id="%% CAR_ID%%">
        <camera id="%% CAMERA_ID%%">
            <type>%% CAMERA_TYPE%%</type>
            <rate>%% FRAME_RATE%%</rate>
        </camera>
    </car>

    <!-- フレーム情報 -->
    <frame id="%% FRAME_ID%%">

        <!-- フレーム固有情報 -->
        <date>%% FRAME_DATE%%</date>

        <!-- 障害物情報 -->
        <obstacle class="%% OBSTACLE_CLASS%%" id="%% OBSTACLE_ID%%">

            <!-- 障害物共通情報 -->
            <marking_type>%% MARKING_TYPE%%</marking_type>
            <position>%% X1%%,%% Y2%%,%% X2%%,%% Y2%%,...</position>
            <generator_1>%% GENETATOR_1%%</generator_1>
            <generator_2>%% GENETATOR_1%%</generator_2>
            <generator_3>%% GENETATOR_1%%</generator_3>

            <!-- 障害物属性情報 -->
            <attribute>
                <!-- 障害物の分類 1 -->
                <classification_1>%% CLASSIFICATION_1%%</classification_1>
                <!-- 障害物の分類 2 -->
                <classification_2>%% CLASSIFICATION_2%%</classification_2>
                <!-- 障害物の分類 3 -->
                <classification_3>%% CLASSIFICATION_3%%</classification_3>
                <!-- 障害物の付属物 -->
                <belongings>%% BELONGINGS%%</belongings>
                <!-- 障害物の向き -->
                <direction>%% DIRECTION%%</direction>
                <!-- 障害物の隠れ -->
                <hidden>%% HIDDEN%%</hidden>
            </attribute>
        </obstacle>

        <!-- 障害物情報 (複数の場合) -->
        <obstacle class="*****" id="*****">
            :
        </obstacle>
        :
    </frame>

    <!-- フレーム情報 (複数の場合) -->
    <frame id="*****">
        :
    </frame>
</scene>

```


(4) 評価結果

① 機能評価

以下の項目に対して動作確認を行い、問題なく機能することを確認した。

表 2.1-17 機能評価結果

項目	結果
変換された JPEG 形式の画像を読み込むことが可能か?	○
初期設定ファイルを読み込むことが可能か?	○
指定されたフレーム単位でジャンプすることができるか?	○
矩形でタグ指定を行うことが可能か?	○
直線でタグ指定を行うことが可能か?	○
タグファイルを出力することが可能か?	○

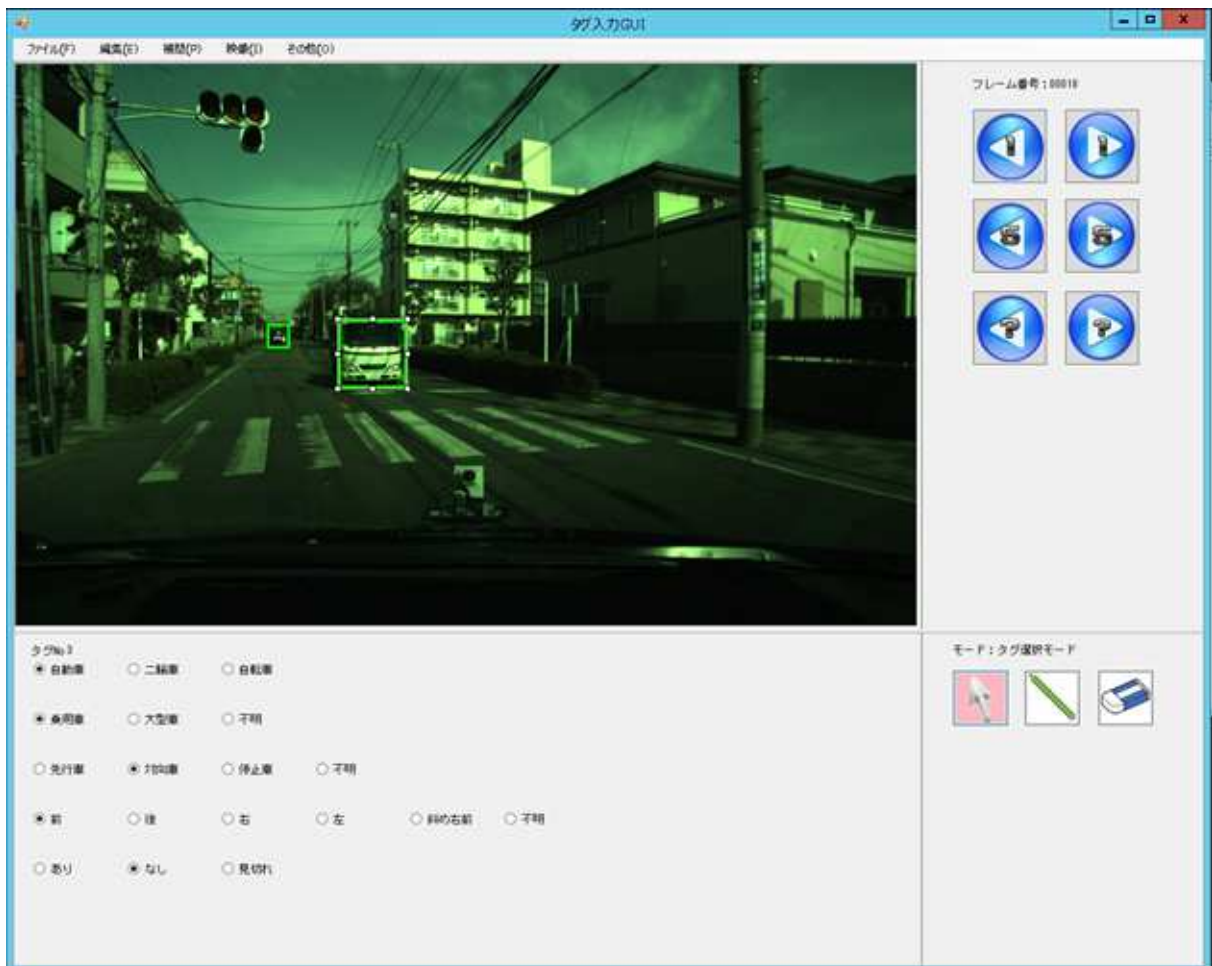


図 2.1-21 タグ付け画面（車両）



図 2.1-22 タグ付け画面（白線）

(5) まとめと課題

手動タグ付け GUI 機能開発により、あらかじめ用意された画像に対してタグ付けを行うことが出来た。後述するフレーム間補間技術開発と合わせることで作業者にかかる負担（クリック数等）を低減させることも可能である。

実際に評価を行う中で、さらにユーザビリティを向上するための施策もいくつか挙げられており、実際に手動タグ付けを行う作業者に利用してもらった際の意見を反映させることで手動タグ付けの工数削減に貢献していく。

2.1.4 フレーム間補間技術開発

(1) 概要

本機能はタグ情報が付加された複数のフレームを元に、その中間、または前後のフレームに対して自動的にタグ情報の補間を行うものである。

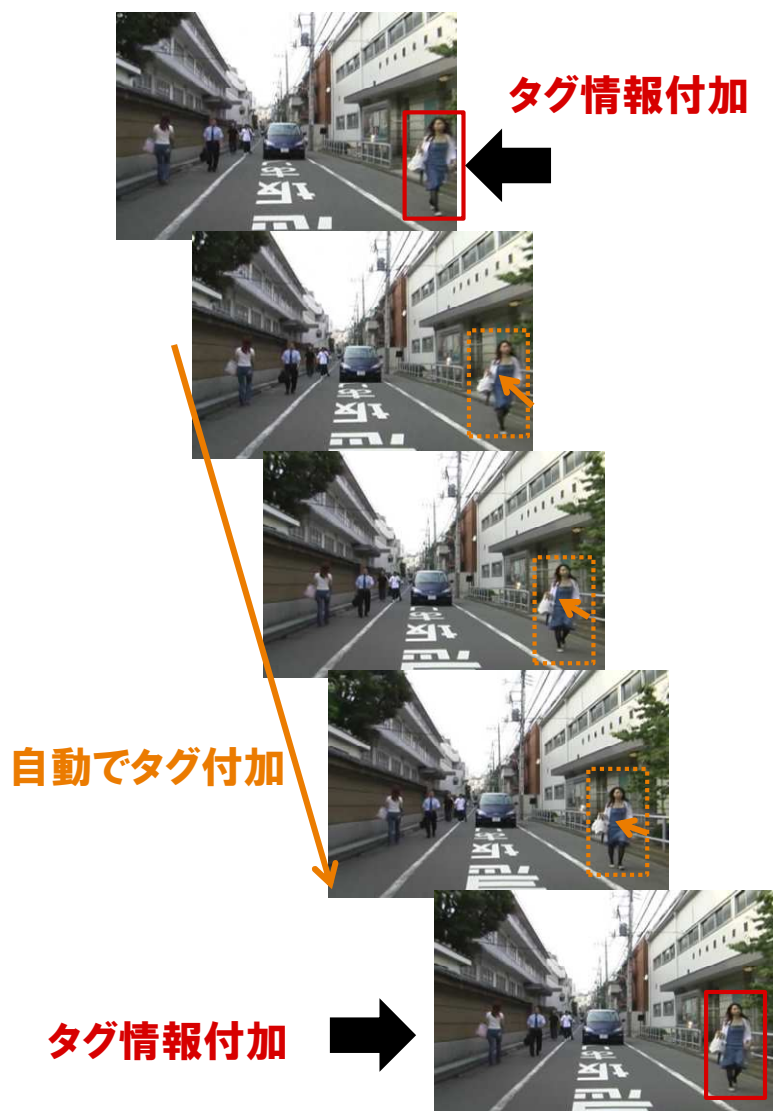


図 2.1-23 フレーム間補間イメージ

(2) 仕様

以下にフレーム間補間機能の仕様について示す。

① 全体仕様

本機能はタグ情報が付加された複数のフレームを元に、その中間、または前後のフレームに対して自動的にタグ情報の補間を行うものである。

② 線形補完

線形補完機能はタグ情報を付加された 2 枚のフレームを元にその中間のフレームに対してタグ情報の補間を行う機能である。以下に線形補完機能のフローを示す。

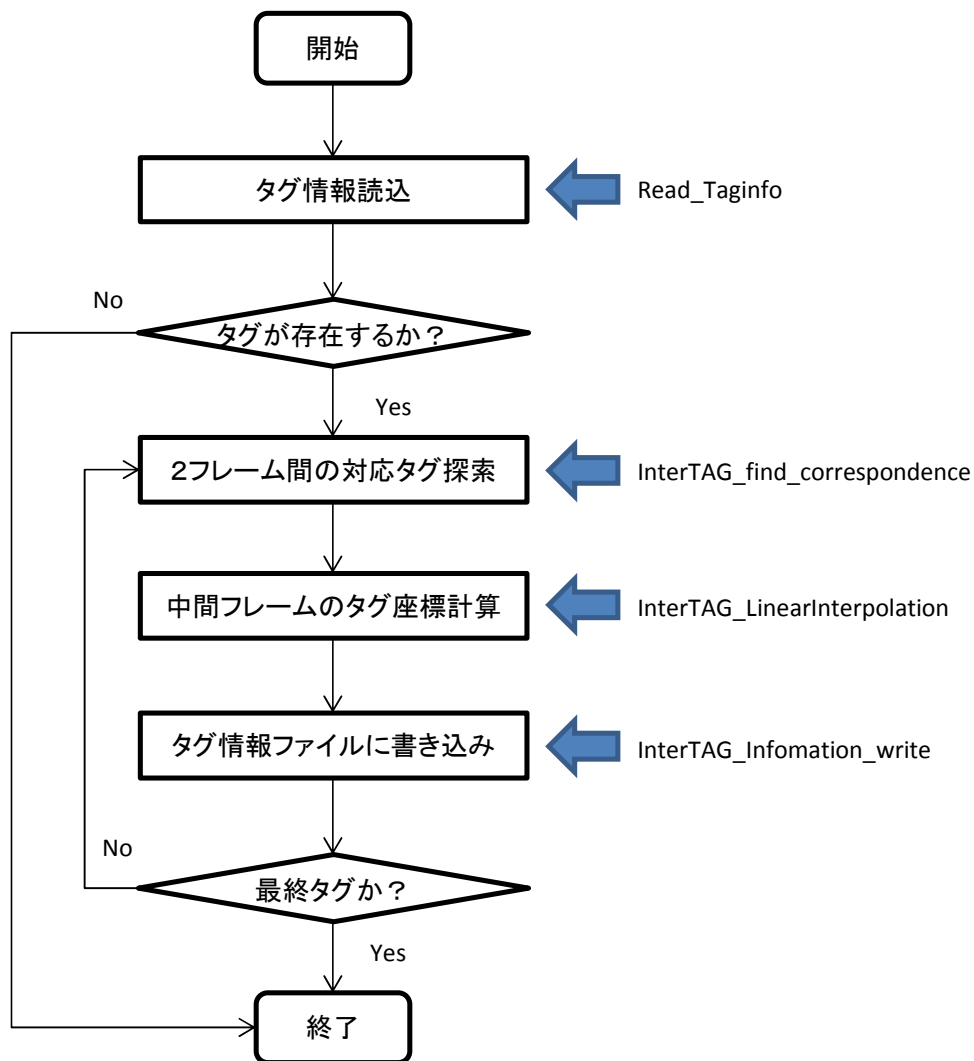


図 2.1-24 タグ情報フレーム補間フロー

線形補間機能はタグ情報を付加された 2 枚のフレームを基にその中間のフレームに対してタグ情報の補間を行う機能である。上図に線形補間機能のフローを示す。

まず、Read_Image モジュールにて、映像データから指定した範囲のフレーム画像を取り込む。次に対応するタグ情報を Read_Taginfo モジュールにて読み込む。1 フレーム内に複数のタグ付情報が存在する場合、補間開始フレーム及び終了フレームにおける同一対象の対応付が必要となる。従って、個別のタグ付けされた対象に対して、2 フレーム間の対応を InterTAG_find_correspondence モジュールにて探索する。次に、中間フレームのタグ座標を計算し、タグ情報ファイルに書き込む。開始フレームの全タグに対して、補間処理が行われ、中間フレームのタグ情報書き込みが行われた時点で本モジュールの動作は終了する。

(3) 評価結果

フレーム間補間機能について評価した結果を以下に示す。

① 機能評価

以下の項目に対して動作確認を行い、問題なく機能することを確認した。

表 2.1-18 機能評価結果

項目	結果
任意のフレーム間に対して座標の補間ができるか?	○
補間を行った際に他のタグ情報も引き継ぐことが可能か?	○
タグに付けられた同じ ID 同士で補完を行うことができるか?	○

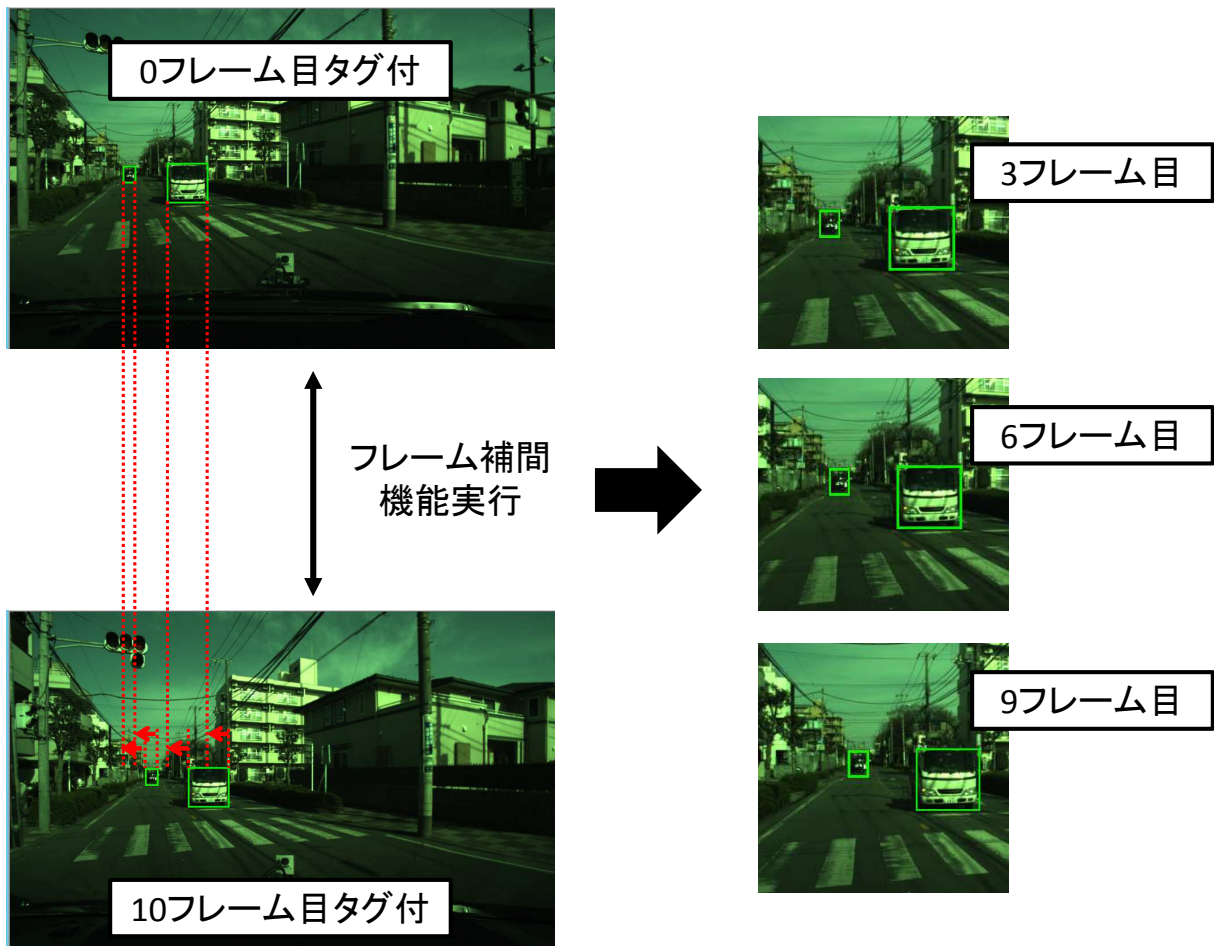


図 2.1-25 フレーム間補間実行結果

(4) まとめと課題

今回実装したものは線形補間アルゴリズムによるフレーム間補間は、撮影された画像のフレームレートが約 60 fps と高速であるため、トライアル走行の映像では当初予定していた 6 フレーム単位のフレーム間補間は問題なく補間することが出来た。また、直線道での映像のように線形補間に適した映像では 25 フレーム単位のフレーム間補間でも問題なく補間でき、手動タグ付けの工数削減に効果があると考えられる。

また、歩行者と車両をトラッキングしたいというニーズもあることから線形補間以外にもトラッキング機能の必要性について検討していく必要がある。

2.1.5 まとめと今後の課題

撮影データから CAN データおよび画像認識によるシーン抽出、さらに手動タグ付けにより各フレームにタグ情報を付与することが可能になった。これらはまだ最小限の動作であるため、CAN データおよび画像認識は判定アルゴリズムを実装するための枠組みのみであり今後のアルゴリズムの最適化が必要である。また、特に高速化や効率化ではアルゴリズムを含めた改善が必要である。

現時点では個々の開発機能は手動で動作させる必要があるため、自動的に起動されデータの受け渡しを行うための運用管理ソフトウェアも必要になってくる。特に自動タグ付け機能との連携はまだ行っていないため、今後インターフェイスの仕様を含めて検討していく。

手動タグ付けに関しても、仕様のおりに動作するだけでなく、実際に作業を行う作業者のユーザビリティを含めた改善が必要である。

2.2 走行映像データベースの開発と実証

2.2.1 走行映像データベースの開発と実証

(1) 走行映像データベースシステムの要件検討

① 設備仕様検討、詳細処理手順検討

走行映像データベース（以下、走行映像 DB と称す）としてのデータ取得計画に合致するサーバーの要件開発を行なう。

図 2.2-1 サーバー利用計画事例に示す様に定常のオペレーションでは、サーバーではサーバーアップロード、テープ書込、タグ付けが同時に実施される。これらの内容が並行で実施出来るサーバーが必要となる。

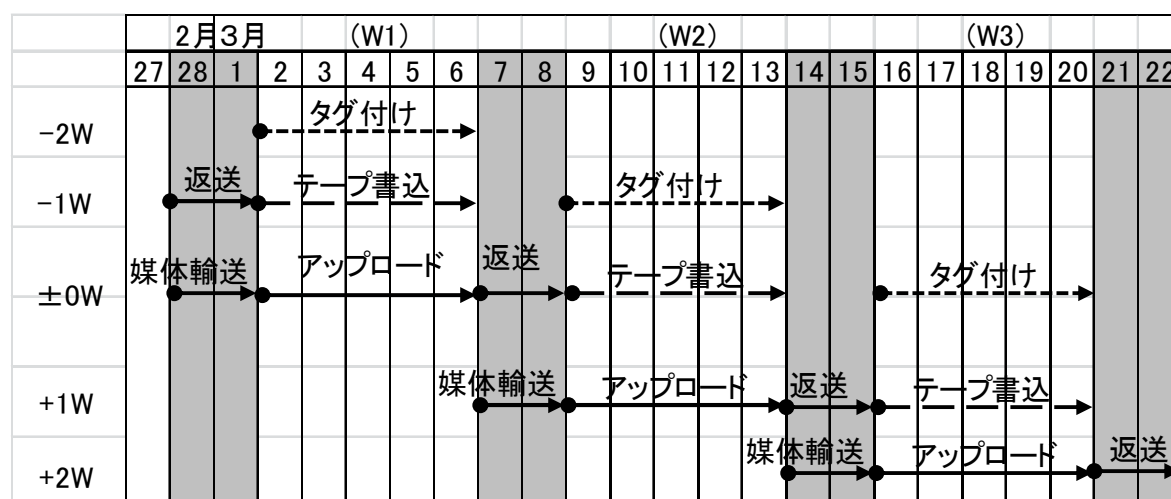


図 2.2-1 週毎のサーバー利用計画(2月/3月での事例)

走行映像データベースに必要な性能要件を、以下のパラメータを前提に検討する。

- ・ 走行映像撮像 : 延べ 14 時間/日、5 日間/週(車両運行計画より)
 - ・ カメラ数 : 撮像 5 台、同時タグ付け 2 台
 - ・ 品質・フレームレート : 1920*1200*12bit、60fps
 - ・ タグ付けシーン割合 : 10%
 - ・ 自動タグ付け間引き : 6 フレーム毎
- ・ データアップロード性能
必要となるアップロード環境の目標値は、以下の計算より 260TB を 100 時間以内とする。
1 週間でのデータ量 = 14h*3600*5 日*(1920*1200*12bit*60fps)*5 台 ≒ 260T (Tera) B/週
データセンタに毎週月曜日の午前中に輸送用 NAS (Network Attached Storage) が届き、毎週金曜日に返送すると、
1 週間の稼働時間 = 24 時間 * 4 日 + 数時間 ≒ 100 時間

・大容量データベース (HDD) 性能

図 2.2-1 の週毎のサーバー利用計画から、3 種類のオペレーションを実施しつつ、データ検索を実現する必要がある。

1 週間でのデータ容量 = 260TB/週 を 50% 圧縮してデータ量を削減しつつ、3 種類のオペレーションする為に約 400TB がワークエリアとして必要となる。海外でのまとまったデータ撮像を考慮し、ワークエリアとしては 2 倍の 800TB を用意すると共に、収集したデータの検索システム用に 200TB を備える事で、総計 1P (Peta) B のデータ容量が必要である。

・超大容量データストレージ

本研究では、通常のバックアップ用途のテープドライブとは異なり、走行映像データの本体を格納するストレージとして自動テープ搬送付きの大容量テープストレージを設置する。以下に示す様に、想定する総走行時間である、約 5,000 時間(国内 4380 時間、海外 548 時間、合計 4928 時間)に対して可逆圧縮技術を活用して容量を抑制しつつ、必要なデータ容量を備えるとともに、1 週間で取得する走行映像データを遅滞なくテープストレージに記録する事が出来る書込速度が必要である。

$$\text{総データ量} = 5000 \text{ 時間} * 3600 * (1920 * 1200 * 12\text{bit} * 60) * 5 \text{ 台} * 50\% = 9.3\text{PB} \approx 10\text{PB}$$

$$1 \text{ 週間でのデータ量} = 14\text{h} * 3600 * 5 \text{ 日} * (1920 * 1200 * 12\text{bit} * 60\text{fps}) * 5 \text{ 台} * 50\% \approx 130\text{TB/週}$$

$$1 \text{ 週間の稼働時間} = 24 \text{ 時間} * 4 \text{ 日} + \text{数時間} \approx 100 \text{ 時間}$$

・タグ付けワークステーション性能

自動タグ付け用ワークステーションに対しては、サーバーと接続して使用するワークステーションとして、多数の演算コアを備える事で処理を分散させる事で、大量の走行映像データに対する処理能力を備える。具体的には以下の様な検討結果から、実働コア数として 50 コア程度を目標値とする。

$$1 \text{ 週間タグ付けフレーム数} = 14 \text{ 時間} * 3600 * 5 \text{ 日} * 2 \text{ 台} * 60\text{fps} * 10\% / 6 \approx 500,000$$

$$\text{フレーム毎処理時間} = 12\mu\text{S}(\text{HOG} + \text{SVM}) * 100,000 \text{ 回} * 20 \text{ 辞書} = 24 \text{ 秒}$$

$$\text{処理必要コア数} = 500,000 * 24 \text{ 秒} / (100 \text{ 時間} * 3600 \text{ 秒}) \approx 33 \text{ コア}$$

$$\text{タグ付け対象物の増加等を考慮し、50\%の余裕を見ると要求コア数} \approx 50 \text{ コア}$$

② タグ付け拠点調査

(i) 調査フロー

タグ付け拠点調査に当り、図 2.2-2 に示す調査フローに従い調査を実施した。

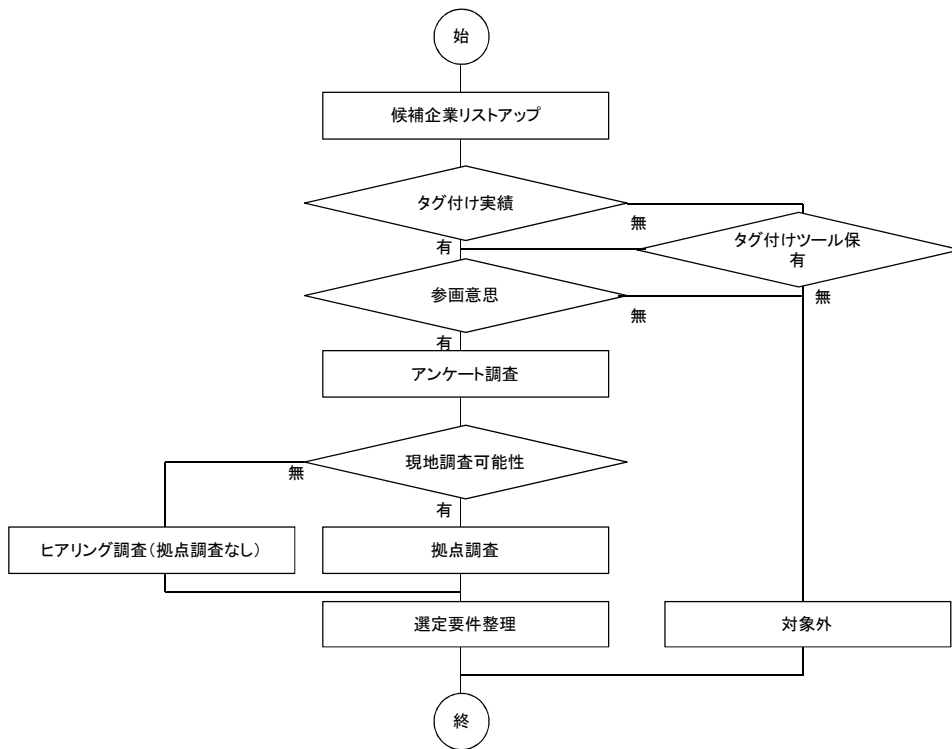


図 2.2-2 タグ付け拠点調査フロー

候補企業リストアップを行い、タグ付け実績、タグ付けツール保有および調査への参加意思などを考慮し、国内 1 法人および海外事務所を保有する日本法人 2 法人の 3 つの法人に対してアンケート調査票を送付した。また、現地調査の可能性がある法人に対して現地拠点調査の実施、都合が付かない場合返却頂いたアンケート調査票に対するヒアリング調査の 2 段階で調査を実施した。

(ii) アンケート調査

表 2.2-1 にアンケート調査票を示す。大項目として、走行映像データの輸送時に必要な期間、作業場所のセキュリティや災害対応等の「施設」条件、保有するサーバーやクライアント PC (Personal Computer) の性能条件、イントラ通信やインターネット通信等の通信環境および使用するソフトウェアなどのライセンス管理等の「設備」条件、作業実施体制や作業者スキルや教育体制などの「管理」条件、作業者レベル、管理者レベルなど「その他管理」条件の 4 点で、記述回答方式で実施した。

アンケート調査票の回答作成に合わせて、会社概要や事業実績およびセールスポイント等を記述した会社紹介資料を併せて、作成回答を頂いた。

表 2.2-1 アンケート調査票

	課題	項目	回答欄	
施設	(1)Tag 付け拠点所在地			
	(2)監査（支援）容易性	旅程長さ		
		発着可能日		
	(3)災害への備えが出来ている事	地震		
		風水害		
		火災		
	(4)基本インフラ安定性	電力		
		非常用電源		
		上下水道		
	(5)施設環境	大気		
		雑音		
	(6)セキュリティ	入室管理		
テロ、暴動				
設備	(1)十分な品質のサーバー環境があるか	サーバー性能		
		機器冗長性		
		UPS 性能		
	(2) 十分な品質のクライアント環境があるか	PC 環境		
		ディスプレイ		
		UPS 性能		
	(3)十分な品質のネットワーク環境があるのか（内部）	通信速度		
	(4) 十分な品質のネットワーク環境があるのか（外部）	通信速度		
		データセンターとの通信		
	(5)機器サービス体制	サーバー保守修理		
		クライアント保守修理		
		内外通信保守修理		
	(6)情報セキュリティ、ライセンス管理	耐ウイルス対応		
		使用ソフト管理		
		ライセンス管理		
	管理	(1)拠点内部／外部管理者	組織図	
			責任、判断基準	
		(2)作業者の人員、シフト体制、組織	共通体制	
個別案件体制				
(3)現場マネジメント		業務割当て		
		業務進捗管理		
		業務品質管理		
(4)作業者の教育、育成		教育プロセス		
		育成プログラム		
		改善活動		
(5)情報セキュリティ		拠点作業者		
		工事作業者		
		支給ソフト管理		
(6)HDD 物理搬送可能か		荷受／発送環境		
		開梱／梱包環境		
		安定発送		
		（日数、ロスト）		
その他管理		(1)作業者レベル	モチベーション	
	責任感			
	(2)管理者レベル	マネジメントレベル		
		責任感		
	(3)組織業務レベル	組織マネジメントレベル		
		品質管理、向上		

拠点調査では、作成回答頂いた会社紹介資料の内容説明や質疑応答に続き、アンケート調査票の内容確認として、「設備」条件の現物確認や本事業においてタグ付け作業を実施する際に問題となる項目に対する解決策の可能性に関して質疑応答を実施した。

(iii) 現地調査

図 2.2-3 に海外拠点調査および図 2.21-4 に国内拠点調査を実施した調査先の環境条件の一部を示す。

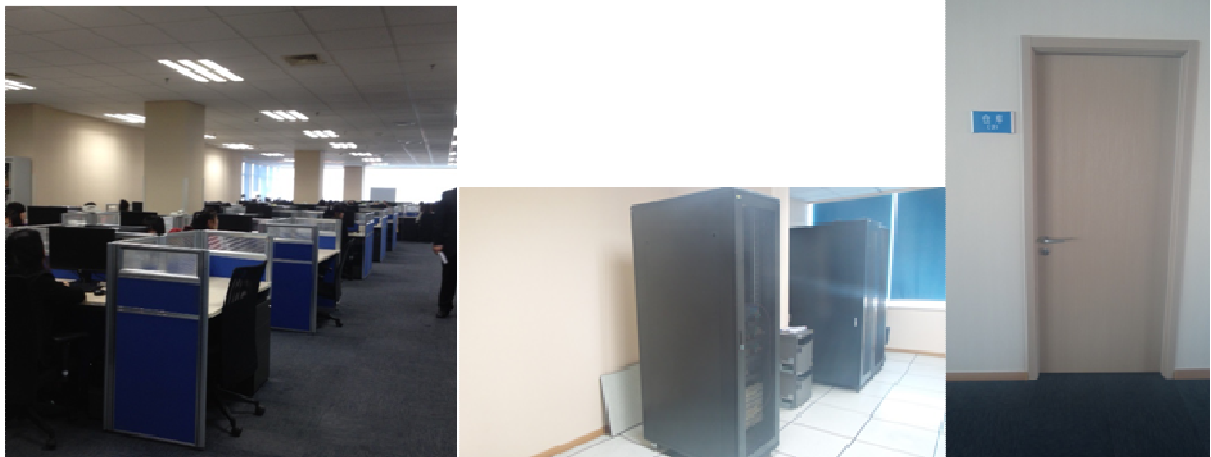


図 2.2-3 海外拠点調査（作業環境、サーバー、施錠倉庫）



図 2.2-4 国内拠点調査（作業環境、クライアント PC、施錠倉庫）

(iv) まとめ

タグ付け拠点調査に実施したアンケート調査票および拠点調査やヒアリング調査から、走行映像データベースシステムの要件検討のタグ付け試行対応の選択要件整理として、表 2.2.1.1-2 に示す通り「費用」、「管理」、「設備」、「納期」および「品質」を評価項目として加点方式で整理する事を検討した。

表 2.2-2 選定要件整理

評価項目	主 な 内 容
費用	要求仕様書に対する見積金額
管理	リソース投入規模（作業員数、品質管理体制）
設備	要求仕様書との合致内容数
納期	条件の有無
品質	過去同様な作業に対する実績（規模、品質クレームの有無等）

国内拠点候補および海外拠点候補の現地調査を行い、主にデータ処理環境に関する質疑応答や立地・建屋環境の見学等を通じた実施県境の検証を実施した。

各社ともにタグ付け拠点として、基本的なインフラを整備する事は可能だと判断するが、法人 A（中国）は十分なタグ付けの経験がありものの、日本との通信回線の品質に問題があり、本格的な活用に向けては、法人 A（日本）との連携による記憶メディアの輸送管理の体制構築が必要である。法人 B では、ほぼ全員が車両運転しており、走行映像データの作業理解度は最も期待できるが、組織的にはタグ付け作業の経験が無く、仕組みの構築・運用には時間が必要である。法人 C（インド）では、十分な IT（Information Theory）インフラとタグ付けの組織経験が期待できるが、大容量の NAS を毎週宅配する今回の様なプロジェクトの場合には、物流日数や通関日数的に対応は困難である。

表 2.2-3 タグ付け候補拠点の技術比較表

タグ付け拠点調査内容		63研究室		
	項目	法人A (中国)	法人B (日本)	法人C (インド)
施設	(1)所在地	大連市	長野県塩尻市	Kerala, India
	(2)災害備え 地震/風水害/火災	特に問題なし	特に問題なし (新耐震、消防法準拠)	特に問題なし
	(3)基本インフラ 電力/電源/水道	特に問題なし	特に問題なし (新耐震、消防法準拠)	特に問題なし (非常用発電機装備)
	(4)施設環境 大気/騒音	特に問題なし	特に問題なし (新耐震、消防法準拠)	特に問題なし (空調、複層ガラス)
	(5)セキュリティ 入室/暴動	特に問題なし	特に問題なし	特に問題なし
設備	(1)サーバー	性能：別途検討要	性能：別途検討要	性能：Xeon2620
	(2)クライアント PC/ディスプレイ	Corei3/22インチ	Corei3/19インチ	Corei7/22インチ
	(3)内部ネット	100Mbps	1Gbps	LAN経由
	(4)外部ネット	10Mbps	1Gbps	基盤10Gbps 実質100Mbps
	(5)機器サービス	保守契約＋社内	保守契約	保守契約＋社内
	(6)セキュリティ ソフト/ライセンス	管理あり	管理あり	管理あり
管理	(1)物理搬送対応 搬送時間	3日	1～2日	輸送5日+税関3-4日

(2) 走行映像データベースプラットフォームの構築

要求仕様書に基づき、各社からの提案を確認しながら、技術的な得失・要求性能への満足度を確認した。

法人 A の提案は Isilon 社のスケールアウト型 NAS を採用しており、大容量のデータを蓄積・運用するには、大変に優れた性能が期待できる。その一方で、法人 B の提案は、ORACLE 社の大容量テープを採用しており、テープライブラリとしては 1/3 以下の本数で、目標のライブラリ容量が達成可能である。

表 2.2-4 にて示す通り、両法人共に要求水準を満足している事を確認した。

表 2.2-4 概略要求項目と提案内容一覧

要件内容	法人A提案		法人B提案	
立地、耐災害、オペレーション等	愛知県日進市	◎	神奈川県横浜市	○
プロトコル、基本性能、冗長性	スケールアウト型	◎	セクション分割(4)	○
10PB以上の対応	IBM: 対応可能	○	ORACLE: 対応可能	○
10.5PBのメディア	対応可能(2.5TB/巻)	○	対応可能(8.5TB/巻)	◎
セキュリティ、ネットワーク帯域	対応可能	○	対応可能	○
アップロードWS、タグ付けWS	HPC社製:Xeon	○	HP社製:Xeon	○
画像圧縮・伸張ソフトライブラリ 圧縮率、圧縮速度	NEC技術活用: 試行良好	○	東芝技術活用: 試行良好	○
連続運転向け運用管理、毎週オペレーション	対応可能	○	対応可能	○
総合評価	---	○	---	○

費用を含めた比較選定にて決定した法人 A 製のシステムにおいて、設計・選定した内容を各案件毎に示す。

① サーバー概略要件

(i) サーバー全体構成

サーバーの全体構成を図 2.2-5 サーバー全体構成図に示す。

通常のデータセンタとは異なり、走行映像 DB にて扱うデータ量の規模が大きく、一般的なデータセンタで用いられる通信回線を用いたオペレーションでは扱う事が困難である。データセンタでの高速大容量のデータ取り込みを実施するため、複数のデータ収集車両から送付されるデータ輸送用 NAS を、毎週のオペレーションでデータセンタ内に仮設置・取外し工事を実施する必要がある。

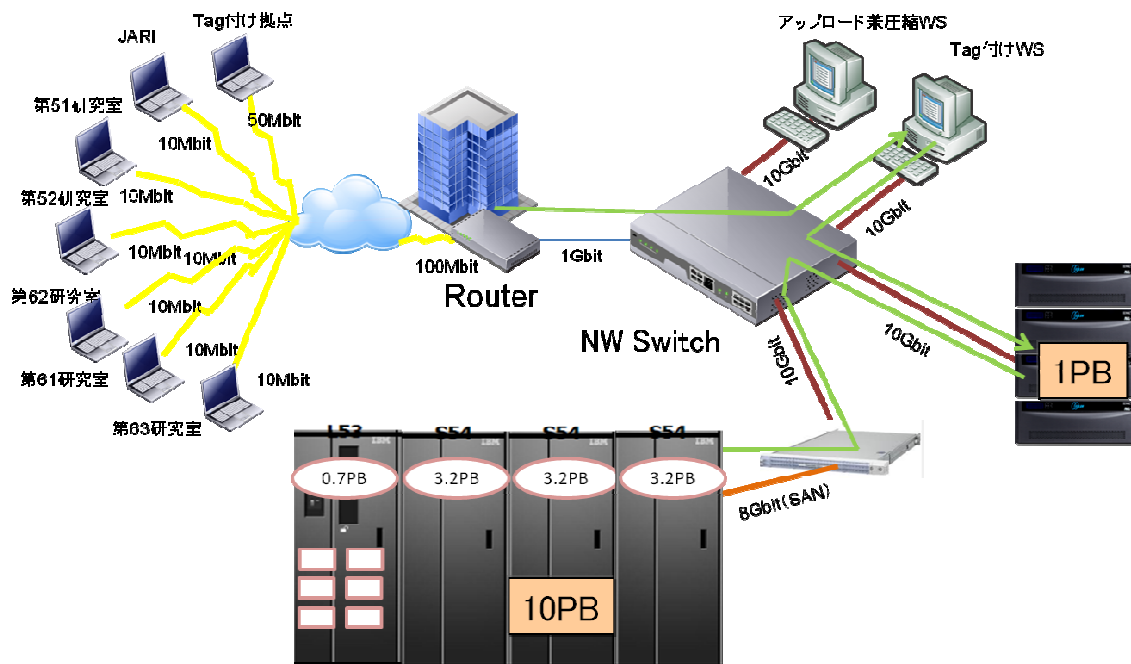


図 2.2-5 サーバー全体構成図

(i). NAS (Network Attached Storage) 設計

本システムでは、大容量のデータを保管する目的で EMC ストレージ Isilon を使用する。NAS の基本性能は、単位時間当たりのデータ入出力速度と、単位時間当たりの処理取り扱い速度に依存する。今回の走行映像 DB では、取り扱うデータサイズが大きく、単位時間当たりのデータ入出力速度が支配的であり、効率良く複数の HDD (Hard Disk Drive) に分割してデータを管理する仕組みが重要である。Isilon はデータアップロード、テープライブラリ書込、タグ付け更にデータの検索利用等の、大容量ストレージを複数の処理で同時使用するサーバーシステムとして、自動的に最適なアクセスが可能な様に、超高速インフラネットワークでクラスタ構成を制御する事ができる。走行映像 DB プロジェクトでは、期待する総容量を達成するため Isilon NL400 を 10 ノード使用すると共に、同時 2 故障に対応する為、データ保護のポリシーを N+2 とする。

表 2.2-5 Isilon ストレージの基本仕様

機器名	物理ディスク容量	システムメモリ	フロントエンドネットワーク	インフラネットワーク	電源
Isilon NL400	4TB×36 基 (144TB)	48GB	1G×2 ポート 10G×2 ポート	InfiniBand 接続×2 ポート	冗長化 (2 基)



筐体前面に HDD 24 基



筐体背面に HDD12 基

図 2.2-6 Isilon ストレージの HDD 構成

表 2.2-6 システム容量と Isilon ストレージ数の仕様

	使用可能ディスク容量
システム構成後 1 ノード	130TB
全ノード (10 ノード)	1.27PB



図 2.2-7 Isilon ストレージとネットワーク構成

(ii) テープライブラリ設計

必要となる LTO ドライブ数を 1 ドライブあたり最大転送速度と各週の処理データ量から以下の計算式で求める。

$$260\text{TB/週} * 50\% \text{可逆圧縮率} / (100\text{h 稼動時間} * 3600\text{s}) / 160\text{MBps} (1 \text{ドライブ性能}) = 2.3 \text{台}$$

50 本/週のテープ交換時間、タグ付け拠点等へのデータ書き出し等を含め、ドライブ数としては 4 台を導入する。本システムにおけるテープストレージの役割として大容量保管かつ拡張性に対応可能な「IBM TS3500」を採用する事で、24 時間の連続自動稼働を実現する。図 2.2-8 テープストレージ構成に示すように、基本フレーム L53 1 基と拡張フレーム S54 3 基の構成で、表 2.2-7 テープストレージの基本性能に示す様に、目標とする 10PB を実現する。また 4 台のドライブは 2 台単位で IO サーバーと直接接続する事で、低価格化と遅延の最小化を行なう。

図 2.2-8 テープストレージ内部構成 に自動テープ投入装置、自動テープ交換装置等の外観を示す。



図 2.2-8 テープストレージ構成

表 2.2-7 テープストレージの基本性能

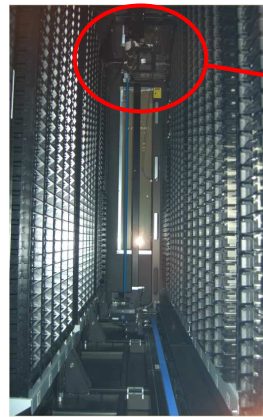
	L53 (基本フレーム)	S54 (拡張フレーム)
テープロボット	1基 (冗長化も可能)	—
LTO ドライブ数	4ドライブ (最大 12)	—
搭載可能カートリッジ	245	1320
保管可能容量(非圧縮)	0.6PB	3.2PB
テープ I O スロット	16 カートリッジ×2	—
本構成での最大搭載可能カートリッジ数 245 (L54 1 基) + (1320×S54 3 基) =4205 LTO6 容量 : 2.5TB / 1 カートリッジ 総容量 = 4205 * 2.5 = 10.5125PB		



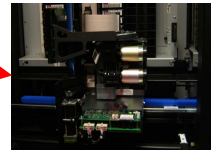
テープ IO スロット



テープ IO スロット
テープ投入時



ロボット搬送



L53 内部

LTO ドライブ
4 基



S54 内部

図 2.2-9 テープストレージ内部構成

(iv) ワークステーション設計

走行映像 DB サーバーでは、サーバーシステムの管理、アップロード、自動タグ付け等の用途で、複数のワークステーションを導入する。表 2.2.1.2-5 サーバー／ワークステーション機能一覧に導入する機器群を一覧で示す。

必要となるネットワーク性能を各週の処理データ量から以下の計算式で求める。

$$\text{延べ撮像時間 (週間合計)} = 14 \text{ 時間} * 5 \text{ 日間} = 70 \text{ 時間}$$

時間当りの画像データ量は $= 1920 * 1200 * 12\text{bit} * 60\text{fps} * 5 \text{ カメラ} * 3600 \text{ 秒} = 3.7\text{TB/h}$
延べ撮像データ(週間合計) $= 3.73 * 70 \text{ 時間} \approx 260\text{TB} / \text{週}$

$260\text{TB}/\text{週} * 50\% \text{ 可逆圧縮率} * 8\text{bit} / (100\text{h} \text{稼動時間} * 3600\text{s}) = 2.9\text{G (Giga) bps}$

10G イーサネット通信の実行速度は一般的に 5Gbps 程度である事から、ピーク時のデータ収集を 2 倍程度までの能力と考え、ボトルネックになるネットワークは 10G*2ch 構成とする。

この検討結果から、処理のボトルネックとなるアップロード用ワークステーションには、リアルタイム可逆圧縮を実行しつつ、最大 8 台の輸送用 NAS を処理する事を考慮し、データ転送 WS (Workstation) としては、CPU (Central Processing Unit) は 8 コア、ネットワークは 10Gbps の 2 系統とする。

解析用ワークステーションは、並列処理による自動タグ付け性能を確保するために、CPU として 12 コア*2 個のワークステーションを 2 台導入し合計 48 コア構成とする。
具体的な導入ワークステーションを図 2.2-10 各種サーバー/ワークステーション外観、表 2.2-8~9 にサーバー/ワークステーションの機能と仕様の一覧を示す。



DNS サーバー、監視(ESRS)サーバー
IO サーバー



アップロード用 WS(上段)
解析用 WS(中・下段)

図 2.2-10 各種サーバー、ワークステーション外観

表 2.2-8 サーバー/ワークステーション機能一覧

サーバー名/ワークステーション名	役割
IO Server	Isilon に保管されているデータを LTO テープに格納を指示するサーバー、あるいは、その逆に LTO テープからデータを取り出し Isilon に保管を指示するサーバーである。Isilon とは、10GBASE ネットワークで通信し、テープ装置(TS3500)とは、FibreChannel 8Gb で通信する。
DNS サーバー	本システム内の DNS サーバー、NTP サーバーの機能を持つサーバーである。
監視(ESRS)サーバー	Isilon 保守専用サーバーである。 (ESRS : EMC® Secure Remote Support の略) ESRS の要件として Multilingual User Interface Language Packs をインストールし、英語モードでの使用を可能にしている。
アップロード用ワークステーション	輸送用 NAS から Isilon へデータ格納を指示するサーバーである。データ転送量が多いと想定される為、CPU コア数とネットワーク帯域を確保する。CPU は、8 コア、ネットワークは、10GBASE-T×2 本使用可能である。また、映像圧縮を実行するワークステーションでもある。
解析用ワークステーション	画像処理 (タグ付け) 用ワークステーションである。画像処理パフォーマンスを上げる為、より多くの CPU コア、メモリを必要とする。CPU は、12 コア×2CPU、メモリは 128GB である。

表 2.2-9 サーバー/ワークステーション仕様一覧

サーバー名/ワークステーション名	OS	CPU	メモリ	ネットワーク	HDD
IO Server	RedHat Enterprise Linux v.6(x86_64)	Intel® Xeon® Processor 4Core E5-2609 v2 2.50GHz	8GB	10GBASE-T X 2 ポート	SAS 146.5GB X 3 基
DNS サーバー	Windows Server2012 Standard	Intel® Xeon® Processor 4Core E3-1220v3 3.10GHz	4GB	1GBASE-T X 1 ポート	SAS 146.5GB X 2 基
監視(ESRS)サーバー	Windows Server2008 R2 Standard	Intel® Xeon® Processor 4Core E3-1220v3 3.10GHz	4GB	1GBASE-T X 1 ポート	SAS 146.5GB X 2 基
アップロード用ワークステーション	Windows7 Pro 64bit	Intel ® Xeon® Processor 8Core E5-2640v3 2.6GHz	32GB	10GBASE-T X 2 ポート	SATA 1TB X 1 基
解析用ワークステーション	Windows7 Pro 64bit	Intel ® Xeon® Processor 12Core E5-2690v3 2.6GHz × 2CPU	128GB	1GBASE-T X 1 ポート	SATA 1TB X 1 基

(v) データセンタ立地・設備要件

走行映像 DB に利用するデータセンタは、複数の走行映像データ収集車両からの大容量データを毎週宅配送付して、データセンタ内での仮設置などの簡易工事の必要性があるため、建物の堅牢さ災害への備えに加え、保守管理の容易さにも考慮し、交通アクセスの利便性にも配慮が必要である。

今回利用する、法人 A データセンタについては、表 2.2-10 データセンタ立地概要、表 2.2-11 データセンタ設備概要にその概要を示す。

表 2.2-10 データセンタ立地概要

法人 A データセンタ 立地概要	
アクセス	名古屋市中心部より、鉄道 30 分程度(最寄り駅より徒歩 10 分) / 高速自動車道 最寄り IC より 車 約 10 分
建物概要	鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造 5 階建 平成 5 年 3 月竣工
建物	新耐震基準ビル+データセンタフロア 床免震
立地特性	東海地震において、液状化の可能性が極めて低い。 最寄海岸線より 17km 以上隔離、建物立地標高約 70m。 河川氾濫など水害の可能性が極めて低い。 半径 100km 以内に原子力発電所がない。
受電	中部電力 (60Hz)、6600V 本線 + 予備線 (2 経路)

表 2.2-11 データセンタ設備概要

項目	内容
床加重 (ラック搭載重量)	1,000kg/m ² (700kg/ラック)
フリーアクセス高	600 mm
1 ラックあたりの電源容量	3KVA (最大 6KVA)
自家発電設備	有 (無給油連続運転 24 時間、最長 72 時間連続運転可能) ↓ 無給油連続運転 72 時間 ※燃料タンク増設
無停電電源装置	N + 1 冗長構成
空調設備	N + 1 冗長構成
運用体制、メンテナンス体制	24 時間 365 日対応有人対応、カスタマーエンジニア駐在
認証	ISO/ICE27001 (ISMS)、P マーク、LGWAN-ASP
回線キャリア	マルチキャリア対応

走行映像 DB に利用するデータセンタは、一般的なデータセンタに備えるべき防火設備、バックアップ電源設備、空調システム、防犯セキュリティ、モニタリング等の設備を備える必要がある。図 2.2-11 データセンタの設備概要に主要設備の概要を示す。

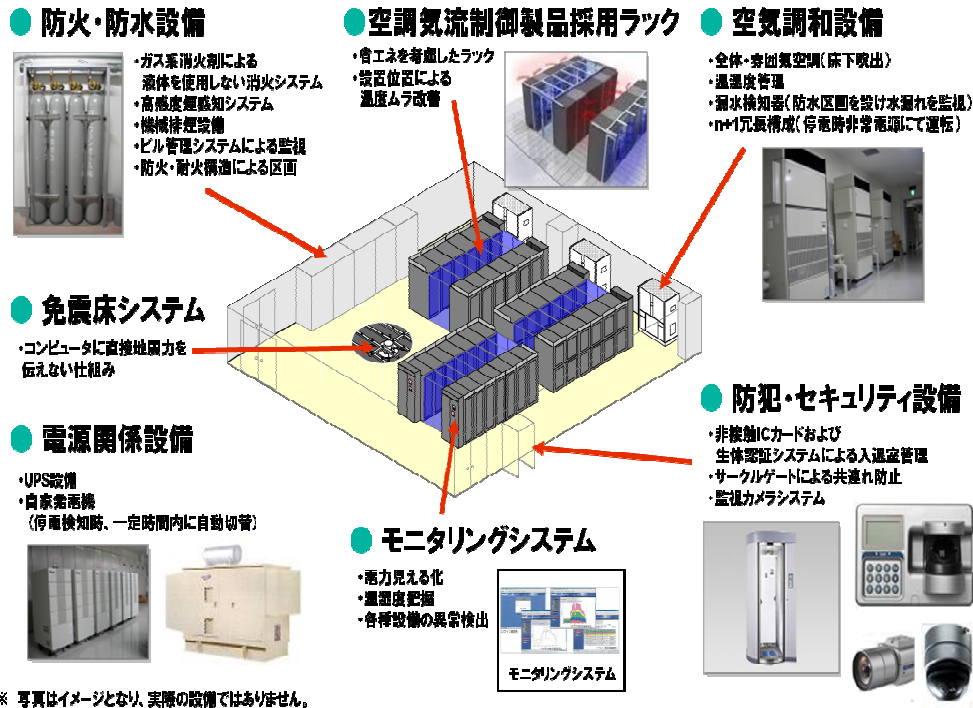


図 2.2.-11 データセンタの設備概要

(vi) セキュリティ要件

走行映像 DB では不特定多数の交通環境情報が蓄積される事から、人的なセキュリティに関しても適切な備えが必要である。データセンタへの入館管理に加え、機密度の高いエリアに関しては更なる入室管理、監視カメラによる未然防止などセキュリティ面でも適切な配慮が必要である。本データセンタでは、1) から 3) で示す様なセキュリティ設備を適切に運用する。

- (a) データセンタ建屋への入館では事前申請による入館者管理する
- (b) データセンタ室内への入室は、非接触 IC カード及び生体認証システムによる入退室管理、サークルゲートによる共連れ入室防止する



図 2.2-12 データセンタのセキュリティ設備 1

- (c) データセンタ室内では、ラック毎の施錠で管理（他システムの無断操作、誤操作を防止）と共に、監視カメラシステムによる常時監視を実施する



監視カメラ

図 2.2-13 データセンタのセキュリティ設備 2

(vii) 機器配置設計

本システムはテープ装置での自動搬送装置の制約から、テープ装置を一行に配置し、通路を挟んだ反対側にサーバー等の機器を 4 本のラックに設置する。走行映像 DB の特徴である複数の走行映像データ収集車両からの大容量データ輸送用 NAS を借り設置する事が出来るように、サーバーラックには事前に搭載用レールと必要な電源、ネットワークケーブルを配策し、毎週の仮設置がスムーズに実施出来るように配慮する。

図 2.2-14 機器配置図、図 2.2-15 ラック内機器配置図にデータセンタ内での設置状況を示す。特に輸送用の NAS 設置エリアは走行車両毎に 2 台の NAS での輸送に加え、海外での走行映像データ撮影に備え 4 台の臨時設置を可能である。

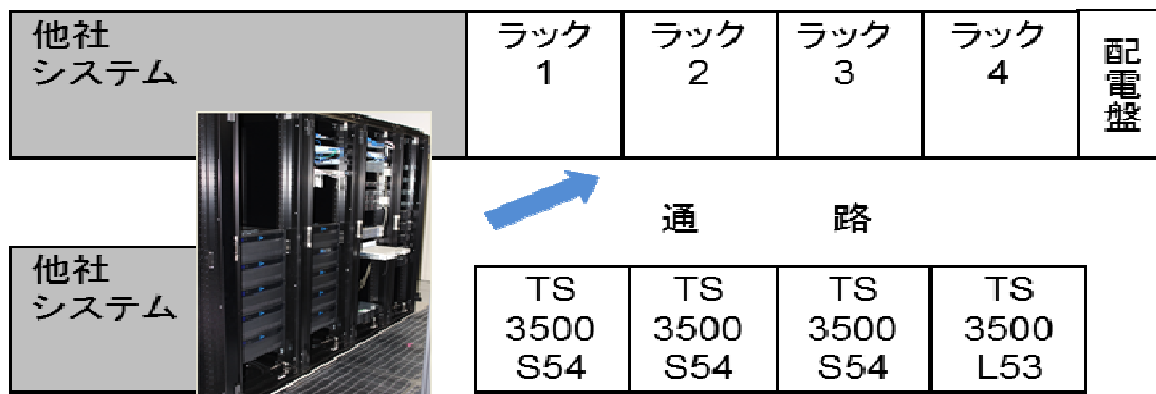


図 2.2-14 機器配置図

位置	G12 (ラック1)	位置	G13 (ラック2)	位置	G14 (ラック3)	位置	G15 (ラック4)
42	搭載不可	42	搭載不可	42	搭載不可	42	搭載不可
41		41		41		41	
40		40	ONU	40	L3SW (Arista 7050T-	40	
39		39	棚板	39		39	
38		38		38	L2SW CentreCOM GS924	38	
37		37	UTM (Fortigate200D)	37		37	
36		36		36	DNS Express5800	36	
35		35	SSL-VPN (MAG2600)	35	監視 Express5800	35	
34		34		34		34	搬送用NAS QNAP待機用
33		33	L3SW (Arista 7050S-	33		33	
32		32		32	アップロード WS	32	
31		31		31		31	搬送用NAS QNAP待機用
30		30		30	解析用 WS	30	
29		29		29		29	
28		28		28	解析用 WS	28	搬送用NAS QNAP待機用
27		27		27		27	
26		26		26		26	
25		25		25		25	搬送用NAS QNAP 用
24		24		24		24	
23		23		23		23	
22	EMC Isilon NL400	22	EMC Isilon NL400	22	IO Server Express5800	22	搬送用NAS QNAP 用
21		21		21	IO Server Express5800	21	
20		20		20		20	
19	EMC Isilon NL400	19	EMC Isilon NL400	19	KVM スイッチユニット	19	搬送用NAS QNAP 用
18		18		18	コンソールユニット	18	
17		17		17		17	
16		16		16	搬送用NAS QNAP待機用	16	搬送用NAS QNAP 用
15	EMC Isilon NL400	15	EMC Isilon NL400	15		15	
14		14		14		14	
13		13		13	搬送用NAS QNAP待機用	13	搬送用NAS QNAP 用
12		12		12		12	
11	EMC Isilon NL400	11	EMC Isilon NL400	11		11	
10		10		10	搬送用NAS QNAP待機用	10	搬送用NAS QNAP 用
9		9		9		9	
8		8		8		8	
7	EMC Isilon NL400	7	EMC Isilon NL400	7	搬送用NAS QNAP待機用	7	搬送用NAS QNAP 用
6		6		6		6	
5		5		5		5	
4		4		4	搬送用NAS QNAP仮設置	4	搬送用NAS QNAP 用
3	InfiniBand SW	3	InfiniBand SW	3		3	
2		2		2		2	
1	搭載不可	1	搭載不可	1	搭載不可	1	搭載不可

図 2.2-15 ラック内機器配置図

(viii) 電力、設置面積の設計

大容量のデータを保管するテープストレージと HDD ストレージについて、必要とするインフラ環境（設置面積、電力）の視点から比較し、最適設備を検討する。

表 2.2-12 ストレージ方式による設置面積、電力の比較表において、TS3500 と Isilon の構成で格納できる容量 10PB を基準に比較を行った。その結果、カタログ設計値ベースでは、テープストレージは、HDD ストレージと比較して、設置面積については、約 30%の削減、電力については、約 93%削減と大きく削減が可能である。

表 2.2-12 ストレージ方式による設置面積、電力の比較表

ストレージ構成	設置面積	電力（仕様書ベース）
IBM TS3500 (テープストレージ) L53(0.6PB)+S54(3.2PB)x3 基	横 305cm ×奥行き 120cm 1PB あたり 3,588cm ²	1.6KVA
EMC Isilon (HDD ストレージ) X400(130TB)1 ノード 79 ノード 必要、1 ノード 4U	42U ラック 8 基必要 1 基 横 60cm ×奥行き 110cm 1PB あたり 5,176cm ²	1 ノードあたり 0.8KVA 79 ノード 63.2KVA

(ix) テープストレージ制御ソフトコマンド体系

図 2.2-16 テープ制御でのデータ転送に示す様に、大容量 NAS とテープストレージ間でのデータ転送の仕組みを備える。テープ制御は下記リストのコマンドの組み合わせにて制御を行なう。

- ①テープ投入 (ltoent) : 自動投入口よりテープを機器に取り込む
- ②テープ排出 (ltoexit) : 自動排出口にテープを取り出す
- ③書き込み要求 (ltowrite) : 特定のテープに対しデータを書き込む
- ④読み出し要求 (ltoread) : 特定のテープからデータを読み出す
- ⑤テープの予約 (ltores) : ライブラリからドライブに特定のテープをセットする
- ⑥テープの解放 (ltorel) : ドライブにセットされたテープをライブラリに戻す

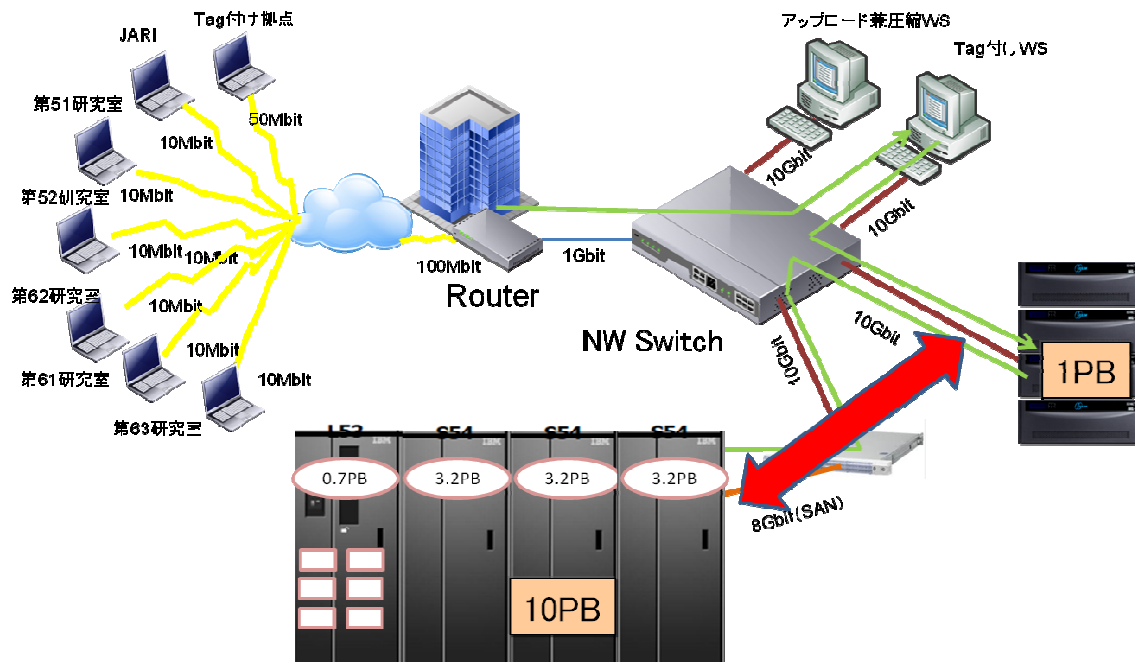


図 2.2-16 テープ制御でのデータ転送

以下、表 2.2-13 から表 2.2-18 に、各テープコマンドの詳細を示す。

- 表 2.2-13 ①テープ投入 (ltoent) コマンド表、
- 表 2.2-14 ②テープ排出 (ltoexit) コマンド表、
- 表 2.2-15 ③書き込み要求 (ltowrite) コマンド表、
- 表 2.2-16 ④読み出し要求 (ltoread) コマンド表、
- 表 2.2-17 ⑤テープの予約 (ltores) コマンド表、
- 表 2.2-18 ⑥テープの解放 (ltorel) コマンド表

表 2.2-13 ①テープ投入 (ltoent) コマンド表

名前	ltoent
書式	ltoent [options] [Vol_ID[,Vol_ID...]]
説明	<p>ltoent は、LTO ライブラリの「投入／排出口」の LTO カートリッジを HomeSlot (LTO ライブラリ筐体内の LTO カートリッジ格納棚) に移動する。</p> <p>-A オプションを指定すると、「投入／排出口」に格納されているすべての LTO カートリッジを HomeSlot に移動する。</p> <p>-F オプションを指定すると、LTO カートリッジを lufs 形式でフォーマット後に HomeSlot に移動する。</p> <p>複数の LTO カートリッジを同時に格納したい場合は、Vol_ID (ボリューム ID) を","カンマで区切り連続して指定することができる。</p>
オプション	<p>-A 「投入／排出口」に格納されているすべての LTO カートリッジを HomeSlot に移動する。</p> <p>-F lufs 形式でフォーマット後に HomeSlot に移動する。</p> <p>-F -A,-FA 「投入／排出口」に格納されているすべての LTO カートリッジを lufs 形式でフォーマットし、HomeSlot に移動する。</p>
終了ステータス	0 正常終了、0 以外 異常終了
○結果出力	<p>標準出力 LTO カートリッジが正常に格納された場合、格納が完了した LTO カートリッジのボリューム ID を出力する。複数カートリッジが指定されている場合、1 巻の処理完了ごとに終了したボリューム ID を出力する。</p> <p>標準エラー 異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する</p>
○エラーコード一覧	<p>0001 LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0002 LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0003 システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p>

表 2.2-14 ②テープ排出 (ltoexit) コマンド表

名前	ltoexit
書式	ltoexit Vol_ID[,Vol_ID...]
説明	<p>ltoexit は、指定された LTO カートリッジを「投入／格納口」に移動する。 複数の LTO カートリッジを同時に排出したい場合は Vol_ID を","カンマで区切り、連続して指定することができる。</p>
オプション	なし
終了ステータス	0 正常終了、0 以外 異常終了
○結果出力	<p>標準出力 LTO カートリッジが正常に排出された場合、排出した LTO カートリッジのボリューム ID を出力する。複数カートリッジが指定されている場合、1 巻の処理完了ごとに終了したボリューム ID を出力する。 標準エラー異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する</p>
○エラーコード一覧	<p>0001 LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。 0002 LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。 0003 システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p>

表 2.2-15 ③書き込み要求 (ltowrite) コマンド表

名前	ltowrite
書式	ltowrite file 正 Vol_ID [副 Vol_ID --nomirror]
説明	<p>ltowrite は、指定されたファイルを指定された正副 2 巻の LTO カートリッジに書き込む。File で指定する「書き込みファイルリスト」のフォーマットは以下の通りとする。</p> <pre> /mnt/data/20150301/AA001.mpeg /mnt/data/20150301/AA001.text /mnt/data/20150302/BA001/mpeg </pre>
オプション	<p>file 正 Vol_ID 副 Vol_ID file で指定された書き込み対象リストファイルに記述されているすべてのファイルを指定された正副 2 巻の LTO カートリッジに同時に書き込む。</p> <p>file 正 Vol_ID --nomirror file で指定された書き込み対象リストファイルに記述されているすべてのファイルを指定された正 1 巻の LTO カートリッジに書き込む。</p>
終了ステータス	<p>0 正常終了、0 以外 異常終了</p>
○結果出力	<p>標準出力 LTO カートリッジに書き込みが完了したファイル名を出力する。複数ファイルが指定されている場合、1 ファイルの処理完了ごとに終了したファイル名を出力する。</p> <p>標準エラー異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する</p>
○エラーコード一覧	<p>0001 LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0002 LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0003 システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p>

表 2.2-16 ④読み出し要求 (ltoread) コマンド表

名前	ltoread
書式	ltoread Vol_ID[:ファイル名] directory
説明	<p>ltoread は、指定された LTO カートリッジに書き込まれているファイルを directory で指定されたディスクに読み出す。</p> <p>ファイル名オプションを指定しない場合、指定された Vol_ID に格納されているすべてのファイルを読み出す。</p>
オプション	<p>ファイル名 Vol_ID で指定された LTO カートリッジに書き込まれているファイルからファイル名で指定されたファイルを読み出す。</p>
終了ステータス	<p>0 正常終了、0 以外 異常終了</p>
○結果出力	<p>標準出力 LTO カートリッジからの読み出しが完了したファイル名を出力する。複数ファイルが指定されている場合、1 ファイルの処理完了ごとに終了したファイル名を出力する。</p> <p>標準エラー異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する</p>
○エラーコード一覧	<p>0001 LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0002 LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p> <p>0003 システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。</p>

表 2.2-17 ⑤テープの予約 (ltores) コマンド表

名前	ltores		
書式	ltores Vol_ID		
説明	ltores は、I/O サーバで指定された LTO カートリッジが使用できるように予約する。		
オプション	なし		
終了ステータス	0	正常終了、	0 以外 異常終了
○結果出力	標準出力	予約した Vol_ID を出力する。	
	標準エラー	異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する	
○エラーコード一覧	0001	LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。	
	0002	LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。	
	0003	システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。	

表 2.2-18 ⑥テープの解放 (ltorel) コマンド表

名前	ltorel
書式	ltorel Vol_ID
説明	ltorel は、I/O サーバから指定された LTO カートリッジを解放する。
オプション	なし
終了ステータス	0 正常終了、 0 以外 異常終了
○結果出力	標準出力 解放した Vol_ID を出力する 標準エラー 異常終了時にエラーコード"ErrorCode:9999"を出力する
○エラーコード一覧	0001 LTFS に起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。 0002 LTO コマンド内の処理においてエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。 0003 システムコールに起因したエラーが発生したことを示す。エラー内容の詳細については、同時出力されたメッセージに示す。

(3) 走行映像データベースシステムの実証

① 設備性能確認

走行映像データベースシステムの実証項目を、図 2.2-17 データの流れと確認内容に示す。輸送用 NAS を用いて、データのアップロード、テープへの格納、取り出し、遠隔地からのアクセス性能、設備の消費電力を一連の作業を通じて性能確認する。

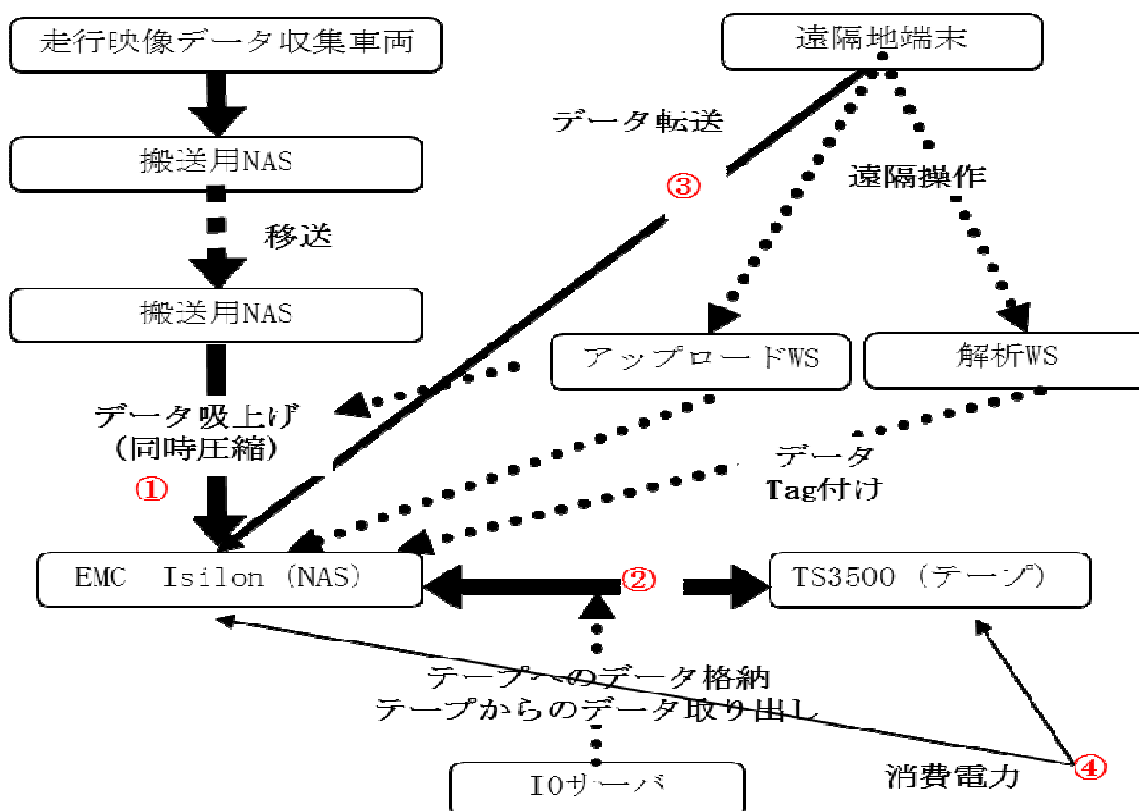


図 2.2-17 データの流れと確認内容

表 2.2-19 評価項目と判断基準一覧

工程	データ量	作業可能時間	必要性能
①輸送用 NAS →EMCIsilon	NAS 50TB/1 台×5 台 +α=260TB	月曜日午後より金曜日 午前まで 100 時間	NAS 1 台 0.52TB/h (144MB/s)
②EMC Isilon←→TS3500	①でコピー、圧縮されたデータ圧縮後の容量を 130TB と想定	金曜日午後より月曜日 午前まで 100 時間	DRIVE 1 台 0.33TB/h (90MB/s)
③遠隔地端末 ←→EMCIsilon	数百 M (Mega) B サイズのファイルを使用	遠隔地からネットワーク回線を通じてアクセスし安定に動作すること。	
④消費電力	ラック単位での一日の消費電力	基本設計書よりテープと HDD との対比で約 3% であること。	

(i) データアップロード性能

表 2.2-20 データアップロード性能確認結果に示す様に、126GB(200MB*630 ファイル)nのデータにを用い、輸送用 NAS から EMC Isilon(NAS)への転送速度を測定した。

その結果、目標性能の 144M (Mega) B/s を上回る 182MB/s の転送速度が得られる事が確認出来た。

また、輸送用 NAS の仮設置～認識作業は、1 台あたり 15 分程度かかる事が確認出来た。走行映像データ取得チームとの連携を含めた、作業手順書に反映してゆく。

表 2.2-20 データアップロード性能確認結果

		内容	方法	使用データ	実測時間	判断
1	データ	輸送用 NAS 接続、認識作業	ラッキング、配線	評価用 NAS	10min	参考
			起動確認、認識作業	評価用 NAS	5min	参考
2	アップロード性能	データアップロード連続処理	アップロード用 WS からの操作で輸送用 NAS から EMC Isilon へデータコピーを実施する。	平均 200MB 630 ファイル	182MB/s	○

(ii) データ格納・取出し性能

表 2.2-21 テープ格納・取出し性能確認結果に示す様に、テープを TS3500 との間で出し入れする場合に必要な時間を計測した。取出し側に関しては、32 本(80TB)においても 4 分弱で実施可能であることが確認出来たが、格納側に関しては初期化時間の影響もあり、32 本で 96 分もの時間が必要で有ることが判った。週間での走行映像データは圧縮後でも 125TB 程度あり、これに相当する 50 本のテープを格納するには 2.5 時間必要であり、その間はテープライブラリを専有してしまうので、データセンターでのオペレーション手順書を整備する中で、実施時間などに配慮する必要が有ることが判った。

表 2.2-21 テープ格納・取出し性能確認結果

		内容	方法	使用データ	実測時間	判断
1	テープ格納性能	メディア連続格納時間 (初期化含む)	IO サーバーからの操作で LTO テープメディア 32 本を IO スロットから TS3500 内部へ初期化後、格納する指示をする。(32=IO スロット数)	無し	96m15s	参考
2	テープ取出し性能	メディア連続排出時間	IO サーバーからの操作で LTO テープメディア 32 本を TS3500 内部から IO スロットに連続排出する指示をする。		3m52s	参考

表 2.2-22 データ格納・取出性能確認結果に示す様に、テープに対する格納・取出し性能は、約 150MB/s 程度と目標の 90MB/s を満足する事を確認した。参考として輸送用の NAS (HDD Raid) を用いた書込速度を計測した。その結果テープ装置を用いたデータの格納時間は輸送用 NAS に対して、約半分程度の速度が達成出来る事が確認出来た。

表 2.2-22 データ格納・取出性能確認結果

		内容	方法	使用データ	実測	転送速度
1	テープデータ格納性能	単独テープへのデータの格納速度	IO サーバーからの操作で LTO テープメディア 1 本にデータを格納する	10GB	1m9.3s	145MB/s
				100GB	11m27.9s	145MB/s
		単独テープからのデータの取出速度	IO サーバーからの操作で LTO テープメディア 1 本からデータを取り出す	10GB	1m6.5s	149MB/s
				100GB	10m48.3s	154MB/s
		【比較】汎用 NAS へのデータ格納速度	IO サーバーからの操作で EMC Isilon から汎用 NAS にデータを格納する指示をする。	10GB	29.6s	338MB/s
				100GB	4m3.1s	411.3MB/s

(iii) DC 外との通信性能

表 2.2-23 遠隔地通信性能確認結果に示す様に、データセンタとの間にて通信速度制限の有無に関わらず安定な通信が実施出来る事を確認した。遠隔地からのデータアップロードに関しては、書込先の EMC Isilon に十分な書込性能が有るため、通信速度を有効に使用した通信が実施できるが、ダウンロードに関してはローカル PC のデータ書込速度が制約となり、アップロードの 1/5 程度の速度しか出ない事が確認された。この計測結果をタグ付け拠点へのデータ転送の仕組み構築に反映してゆく。

表 2.2-23 遠隔地通信性能確認結果

		内容	方法	使用データ	実測	転送速度
1	外部通信環境性能	アップロード (制限無し)	遠隔地から EMC Isilon にデータをコピーする。	200MB× 1 ファイル	103s	16.1Mb/s
2		ダウンロード (制限無し)	EMC Isilon から遠隔地にデータをコピーする。	200MB× 1 ファイル	543s	3.1Mb/s
3	外部通信環境性能	アップロード (制限 3MB/s)	遠隔地から EMC Isilon にデータをコピーする。	200MB× 1 ファイル	548s	3.0Mb/s
4		ダウンロード (制限 3MB/s)	EMC Isilon から遠隔地にデータコピーする。	200MB× 1 ファイル	627s	2.6Mb/s

(iv) 消費電力性能確認結果

表 2.2-24 データセンタラック別消費電力(9日間の平均)に示す様に、ハードディスク装置の消費電力は1PBあたり134KW(10PBでは1340KW)との計測結果が得られた。その一方で、テープアーカイブTS3500の消費電力は、5.6KWと約1/20の電力で済む事が確認出来た。サーバートータルの電力としては、以下に示す通り従来型サーバーに比較し、電力は1/8.4に削減できる事を確認し、目標とした1/5を満足出来る事が確認できた。

- ・従来サーバー10PBでの電力 = $(64.6+69.4)*10+21.6+2.2+5.6=1369.4KW$
- ・従来サーバーとテープライブラリ活用サーバーでの電力比 = $163.4 / 1369.4 \approx 1 / 8.4$

また導入コストに占めるHDDの費用は、10PBの容量を構築した場合に、テープアーカイブに比べ1/12程度である。以下概算見積りの通り、従来サーバーでのコストを10PBのテープアーカイブを1とした指標で計算すると、トータルコストでも約1/2.6で構築が可能であり、目標としたコスト1/2を満足出来る事が確認出来た。

- ・従来サーバーコスト = $12(\text{HDD NAS}) + 4(\text{その他} + \text{データセンタ費用}) = 16$
- ・テープライブラリ活用サーバーコスト = $1(\text{テープ}) + 4(\text{その他} + \text{データセンタ費用}) + 1.2(\text{HDD NAS 1PB}) = 6.2$
- ・コスト比較 = $6.2 / 16 \approx 1 / 2.6$

表 2.2-24 データセンタラック別消費電力(9日間の平均)

	ラック別	消費電力(kwh)	主な搭載機器
1	ラック 1 G-12	64.6	EMC Isilon 5ノード分
2	ラック 2 G-13	69.4	EMC Isilon 5ノード分
3	ラック 3 G-14	21.6	各種サーバー、輸送用NAS(変動有)
4	ラック 4 G-15	2.2	輸送用NAS(変動有)
5	テープ装置	5.6	IBM TS3500
6	全体	163.4	

(v) 走行映像データ輸送・アップロード試行結果

図 2.2-18 データセンタ運用手順書1、図 2.2-19 データセンタ運用手順書2を用いて、走行映像データ収集との間でデータの輸送と機器の仮設置、データアップロード、機器の返送について試行を行った、基本的なオペレーションを実行しサーバーを含めた機能確認が出来たが、以下1)~5)の項目については、詳細の作業手順書を作成する中で運用方法を決定する必要がある事が判った。

1) NAS 配送

- ・データセンタに配送するにあたって時間指定できず、結局は14:00頃到着したデータ輸送用NASの台数を活用したオペレーションのサイクルを決定する事で対応可能だと考え、作業手順書の充実をはかる。

2) NAS 設置について

- ・重量があるためラッキング、取り外し作業は二人必須
ラックの中でも高所への設置は特別な場合に限定する様に作業手順に明記する

3) 冬期の作業

- ・寒いところを輸送する結露の可能性有り
1 日室内に放置し結露が無くなった状態で起動するように、データ輸送用 NAS の台数を活用するオペレーションのサイクルを検討する

4) NAS 内の電源ケーブル

- ・データセンタの電源タップ仕様は頻繁なコンセントの抜き差しは想定されず、頻繁に抜き差しすると故障の原因になる可能性がある。本体のみ輸送するなど、輸送用 NAS 用の電源ケーブルの扱いを含めて、詳細運用を決定する。

5) サーバー、輸送用 NAS のフォルダ構成について

- ・デフォルトで複数のフォルダ有り (WEB,Public,Home,Homes、Qsync)
今後オペレーションの詳細化に伴い決定する。

1. 本案件の概要

【目的】

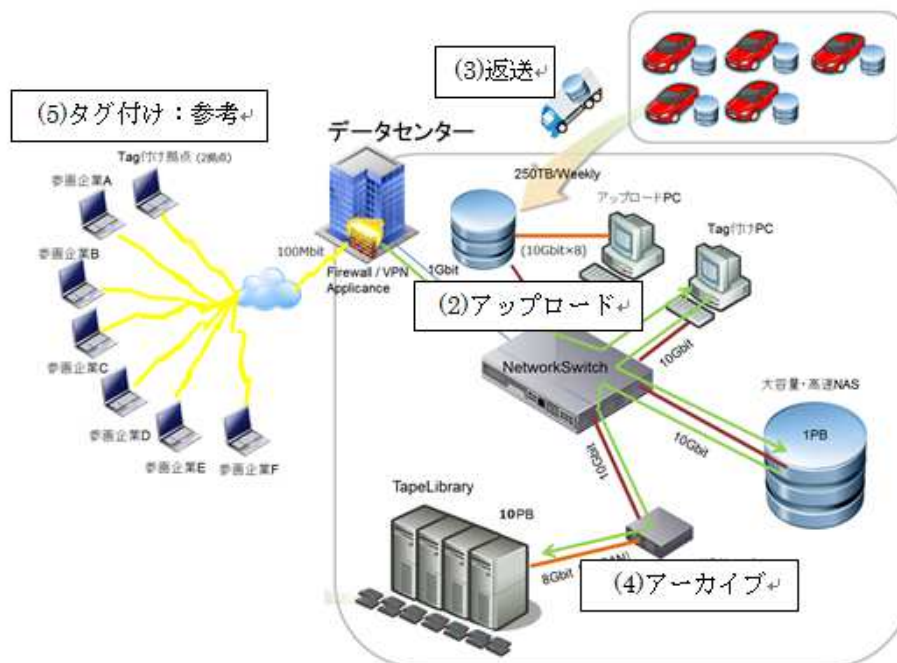
- 本プロジェクトはデータ収集チームが遠隔地にて車両走行したデータをデータセンター設備に格納し、データベース化するものとなります。

【期間】

- 2015年3月から2018年2月の36ヶ月（ただし毎年4月は年度区切りとして実質的に活動休止期間とする）



2. オペレーション概要概要



- ◆ 継続的に機器の作動を監視し、不具合が発生した場合は必要な措置を取ります。
- ◆ 遠隔地の車両チームから、1週間に合計で250TBのデータが入った機器が搬送されてきます。
- ◆ アップロードPCでは車両チームから送付されてきたデータを、100時間以内に大容量・高速NASへアップロードします。
- ◆ アップロードが完了した機器は、指定された場所に返送します。

図 2.2-18 データセンタ運用手順書 1

< 運用・保守 > ..

(1) 障害検出 ..

- ・データセンター側ではエラー監視とPINGによる死活監視を実施する。 ..
- ・障害切り分けをデータセンター側で実施し各メーカーに対して必要な対応を実施する。 ..
- ・月例会を実施し、障害報告レポート、課題管理票、利用状況報告書を提示する。 ..
- ・ ..

(2) 週1回の頻度で車両8チームから個別に送付される機器を仮設し、手順に従いアップロードをする。 ..

- ・機器の梱包開梱、外観異常確認（水没、破損等） ..
- ・機器のラッキング、ネットワーク接続、ドライブ認識 ..
- ・機器のファイルシステム異常確認（ドライブプロパティ）、 ..
- ・ファイル名重複が無いが確認 ..
- ・Isilonにコピー先フォルダを作成する（暫定：作業開始日 ex.20150302） ..
- ・ファイルコピー（圧縮&コピーコマンド：別途指示）によりIsilonに作成したコピー先フォルダにコピーを実施 ..
- ・ファイルコピー処理終了後に、処理異常が発生しなければ、指定されたDBにコピー完了を記録（暫定：指定メール連絡） ..
- ・ ..

(3) 処理後の機器を指定した送付先（最大8箇所）に発送する。（発送費用は別途） ..

- ・転送完了を確認し、機器をアンラッキングする（電源断、ネットワーク断、取外し） ..
- ・梱包前の機器確認（外観に異常無き事を確認） ..
- ・機器梱包 ..
- ・発送伝票作成（暫定：送付先は別途指示） ..
- ・宅配業者引き渡し（毎週金曜の夕方指定時間） ..
- ・ ..

(4) Isilonに取り込んだファイルをテープアーカイブにバックアップする ..

- ・指定されたコマンドを打ち込み、テープバックアップのスク립トを作成する（暫定：別途指示） ..
- ・テープバックアップのスク립トを起動する（暫定：別途指示） ..
- ・テープバックアップのスク립ト終了後に、指定されたDBにテープコピー完了を記録（暫定：指定メール連絡） ..
- ・ ..

(5) Isilonに取り込んだファイルからタグ付け作業を実施する（暫定：別チームがリモートで作業）：参考 ..

- ・タグ付けを実施するファイル（シーン）を選定する ..
- ・タグ付け用にファイルを切り出し専用エリアにコピーする ..
- ・タグ付け用にファイル加工を実施（圧縮？） ..
- ・必要なファイルをタグ付け拠点にコピーする（LTO書き出し&指定場所に発送？） ..
- ・処理後のIsilonフォルダを削除する ..
- ・タグ付け結果を検索DBに取り込む ..
- ・ ..

以上 ..

図 2.2-19 データセンタ運用手順書 2

② 手動タグ付け作業試行

(i) 手動タグ付けツール要求仕様

データ収集車両のトライアル走行における走行映像データに対して、表 2.2-25 に示す手動タグ付けツール仕様にて、約 12 万フレーム分の手動タグ付け作業を実施した。

表 2.2-25 手動タグ付けツール要求仕様

項目	要求仕様
PC	Intel(R)Core (TM)i3 CPU 相当以上、メモリ 4GB 以上
OS	Windows 32bit 相当以上
画像データ形式	JPG (必須) 、PNG (必須)、BMP、RAW、GIF、IAW 等
出力拡張子	XML、CSV
画像解像度	1280x960～1280x720 相当
同一画像上タグ付け上限値	最大 20

(ii) 走行映像データ仕様

図 2.2-20 は、データ収集車両を用いた走行映像データ収集のイメージ図である。データ収集車両に乗車する操作員が事象発生（例えば、歩行者との通過等）のイベント時に押下される操作トリガ信号の前後 60 秒（120 秒毎のデータ群）を対象として、走行映像データ（画像データ、測距レーザレーダのデータおよび車両情報）が保存される。

手動タグ付け試行作業は、トライアル走行で収集した走行映像データの中から有効シーンと想定される画像データに対して、上記の操作トリガ信号の記録時刻ログ等を用いて、3 つのカメラ（前遠方監視カメラ（画角 90°）、周囲監視左側カメラ（画角 180°）および周囲監視右側カメラ）（画角 180°）に対して、60fps で撮像された画像データを 10fps（0.1 秒毎）に手動タグ付け試行作業を行い、タグ付け技術開発に作業結果のフィードバックを実施した。

■操作トリガSWを歩行者への接近から歩行者手前約30mに押し下し画像データを蓄積

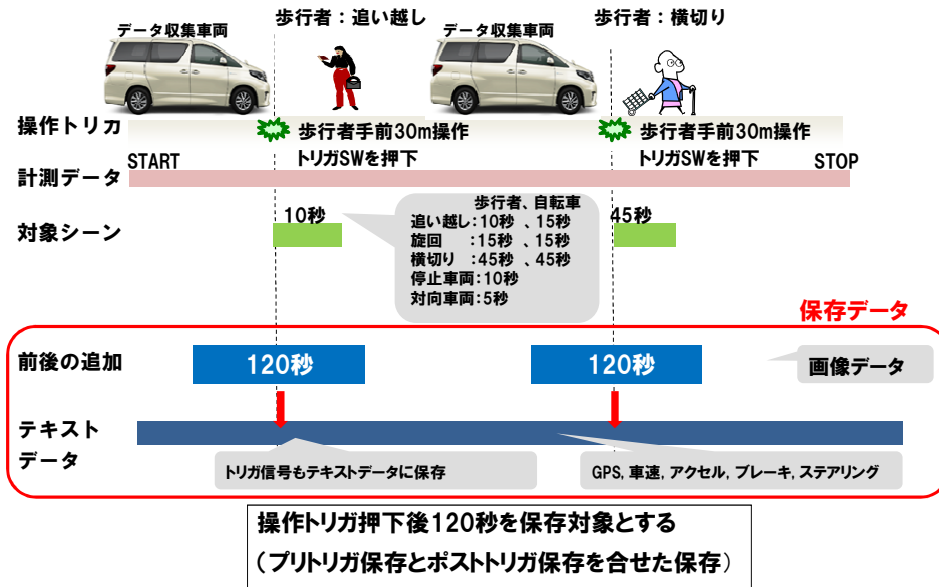


図 2.2-20 走行映像データ収集イメージ図

(iii) 手動タグ付け作業仕様

<タグ付け数>

1 フレーム当りの対象は、以下のそれぞれが出現する 10 対象を基本モデルとした。

- 路肩 (1) : 自車両を含む車両が走行可能な道路範囲を規定する
- 白線 (1) : 自車線の両側を規定する
- 歩行者 (5) : 自車両の近傍からの最大数
- 二輪車 (2) : 自車線の前方二輪車両 (停止車両を含む) または、対向車線の二輪車両
- 車両 (1) : 自車線の前方車両 (停止車両を含む)、対向車線の車両

<タグ付け編集作業の基本手順>

図 2.2-21 に下記に示すタグ付け編集作業の基本手順のイメージ図を示す。

- ・地平線を示す仮想的な線を引く (これより上方は、タグ付け作業の対象外の範囲とした。)
- ・自車両の両側白線に線を引く (カーブ路の場合は、数点での直線近時を行う事とした。)
- ・路肩 (車両が走行可能な限界線) の両側に線を引く。また路肩 (限界線) の外側に歩道があればタグ付け対象範囲とした。
- ・優先順位は以下の通りとし、その領域に係る障害物の近方から遠方にタグ情報を付与していく事。
 - 1) 自車線内
 - 2) 自車線の左側から左側の路肩 (左側の車両が走行可能な限界線)
 - 3) 自車線の右側から右側の路肩 (右側の車両が走行可能な限界線)

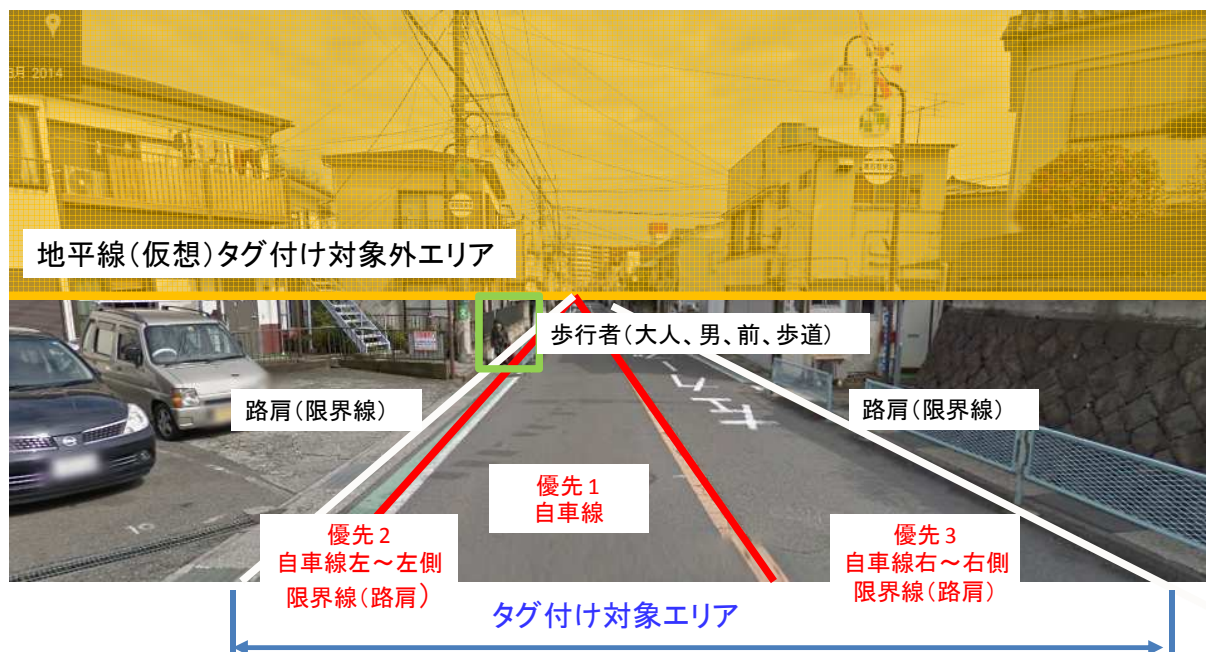


図 2.2-21 手動タグ付け編集作業の基本手順

・ 10 対象の扱いについて

10 対象のうち、路肩（限界線）および白線（自転車線の両側白線）を除いた 8 対象において、実際に撮影された走行映像の対象数がモデルと異なる場合は、下記に示す優先順位を考慮してタグ情報を付与する事とした。

歩行者 > 二輪車（自転車 > 二輪車） > 車両（先行車 > 停止車両 > 対向車両）

例えば、歩行者数が 3 名（基本モデルの -2 名）でかつ、自転車が 4 台（基本モデルの +2 台）存在した場合は、合計する対象数が 10 になるようタグ付け編集作業を行う事とした。

< タグ付け情報 >

トライアル走行で収集した走行映像データへのタグ付け試行対応とし、手動タグ付け GUI 機能は、手動タグ付け GUI ツールの技術開発を実施中である事から、表 2.1-11 タグ一覧を参考に JARI が実施したタグ付け拠点調査においてヒアリングした調査拠点の保有するタグ付けツール仕様の共通項目を取り纏め、表 2.2-26 属性情報一覧をタグ情報要件とした。

表 2.2-26 属性情報一覧

項目	ID	種別 1	種別 2	移動方向	歩行位置	起点
歩行者	対象毎	大人 子供 不明	男 女 不明	前 後 右 左 左前 右前 左後 右後 不明	歩道 車道	X1/X2 Y1/Y2
自動車	対象毎	先行車 対向車 停止車 隣接車	—	—	—	X1/X2 Y1/Y2
二輪車	対象毎	自転車 二輪車 軽車両	—	—	—	X1/X2 Y1/Y2
白線	対象毎	白 黄				X1/X2 Y1/Y2

(iv) まとめ

図 2.2-22 にトライアル走行で収集した走行映像データを表 2.2-26 のタグ情報に基づき、手動タグ付け試行作業を実施した一例と XML 形式のタグ情報結果例を示す。

図 2.2-22 に手動タグ付け試行作業の実施を、図 2.2-27 にタグ情報 XML 形式の一例を示す。



図 2.2-22 手動タグ付け試行作業の実施例

表 2.2-27 タグ情報 XML 形式の一例

```

<?xml version="1.0"?>
-<Root>
<ID>1</ID>
<FilePath>C:\Users\qiaoying\Desktop\Camera5-2 フレーム
¥2015-02-21¥09¥16¥30¥2015-02-21_09-16-30.002_0248495_5.jpg</FilePath>
<Name>Frame_1</Name>
<Infors/>
-<Tags>
-<Tag KindName="TTagRect">
<ID>1</ID>
<Name/>
<Point_X>354</Point_X>
<Point_Y>551</Point_Y>
<Width>82</Width>
<Height>194</Height>
-<Infors>
<タグ種類>歩行者</タグ種類>
<歩行者_年齢>大人</歩行者_年齢>
<歩行者_性別>女</歩行者_性別>
<歩行者_移動方向>後</歩行者_移動方向>
<歩行者_歩行位置>歩道</歩行者_歩行位置>
<歩行者_隠れ>あり</歩行者_隠れ>
<自動車_車両>先行車</自動車_車両>
<自動車_隠れ>なし</自動車_隠れ>
<二輪車_車両>自転車</二輪車_車両>
<二輪車_隠れ>なし</二輪車_隠れ>
<白線_色>白</白線_色>
</Root>

```

2.2.2 リアルタイム可逆圧縮技術の開発

(1) 高速可逆圧縮ソフトウェアの開発

① 圧縮方式選定

高精度の画像データを効率的に蓄積・転送する為に、画像の可逆圧縮技術が広く研究されている。インターネットでの画像掲載に広く用いられる PNG (Portable Network Graphics) 技術、JPEG (Joint Photographic Experts Group) 技術の後継として規格化された JPEG 2000 などの技術が一般的に知られているが、高い圧縮率を達成しようとする、圧縮・伸長ともに大きな処理時間が必要であり、走行映像データの取得やデータベース化において、画像圧縮技術を利用する事が困難であった。最新の研究では、図 2.2-23 可逆圧縮技術の性能比較にて示すように、StarPixel (宇宙探査衛星にて実績有り) などでは、高い圧縮率と高速の圧縮速度・展開速度が達成出来ている。本研究では、効率的にリアルタイム可逆圧縮技術

を開発するために、既存の StarPixel 技術を走行映像データに用いられるベイヤ RAW (BGGR)データに適合修正する事で短期間かつ安価に圧縮ソフトを実現する。

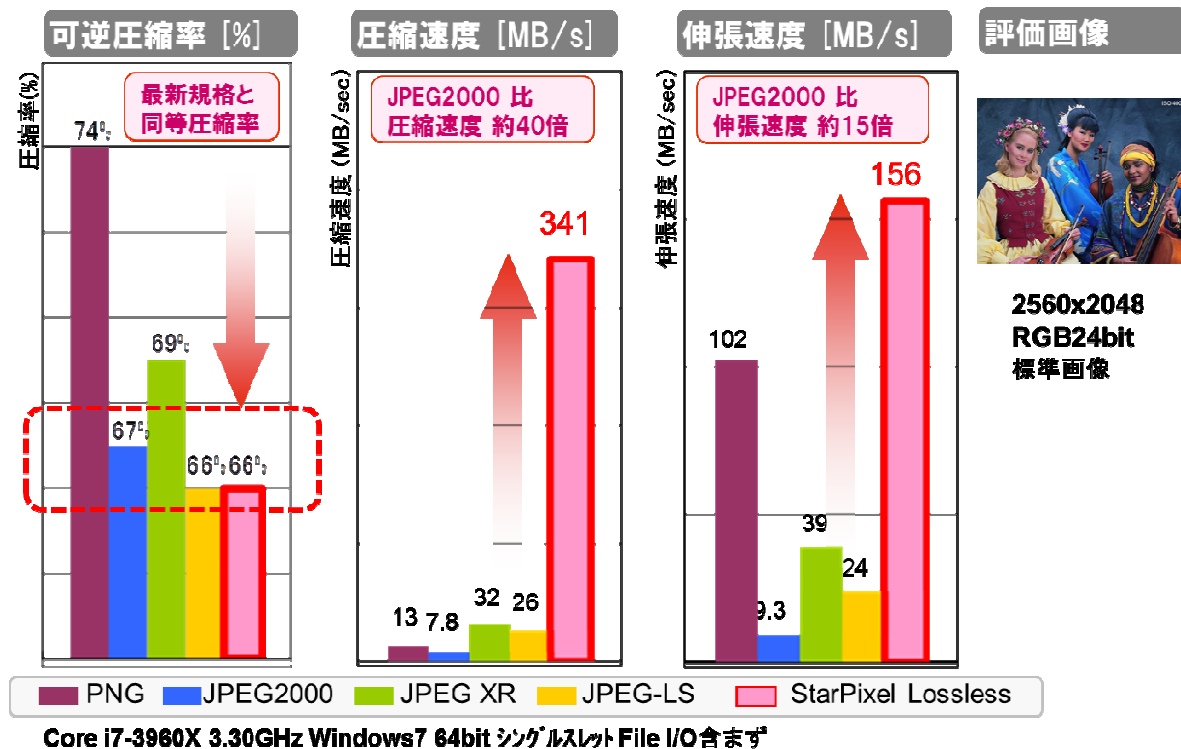


図 2.2-23 可逆圧縮技術の性能比較

② ソフトウェア仕様書作成、ソフトウェア実装

図 2.2-24 リアルタイム可逆圧縮のデータフロー図にて示す通り、走行映像データを大容量 NAS にアップロードする時に、アップロードと同時に大容量データを可逆圧縮する事で、サーバー規模の大幅圧縮（低価格化）を実現する。

本ソフトでは指定された走行映像のファイルを可逆圧縮して指定されたファイルに出力する。圧縮処理はファイルヘッダを除く画像データに対してフレーム毎に実行され、ヘッダ部分は圧縮されずに出力ファイルに格納する。また、可逆圧縮された走行映像のファイルを伸長し指定されたファイルに出力する伸長処理では、ファイルヘッダを除く画像データに対してフレーム毎に実行し、ヘッダ部分はそのまま出力ファイルに格納する。

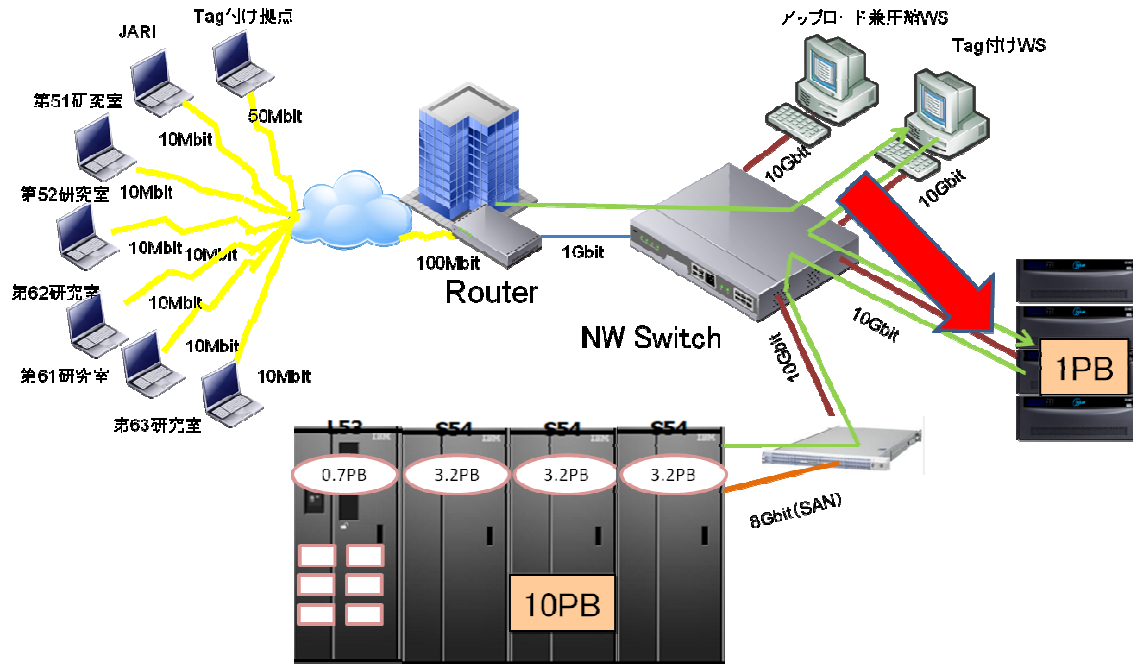


図 2.2-24 リアルタイム可逆圧縮のデータフロー図

以下に可逆圧縮・伸長のコマンド実装結果を示す。

表 2.2-28 ①可逆圧縮(vencsp)コマンド表

表 2.2-29 ①可逆伸長(vdecsp)コマンド表

表 2.2-28 ①可逆圧縮(vencsp)コマンド表

名前	vencsp
書式	vencsp infile outfile
説明	映像ファイルを StarPixel 形式で可逆圧縮してファイルに出力する。
パラメータ	なし Usage を表示 infile エンコードする入力映像ファイルパス。絶対パスまたは相対パス outfile エンコード結果を保存するファイルパス。絶対パスまたは相対パス
終了ステータス	0 エンコード成功 1 パラメータ書式エラー (同時に Usage を表示) 2 入力ファイル(Open/Read)エラー 3 入力ファイルフォーマットエラー 4 出力ファイル(Open/Write)エラー 5 メモリ確保エラー 10 エンコードエラー
○結果出力	標準出力メッセージ Encode Complete (xx byte -> yy byte) エンコード成功時に出力。 元ファイルサイズ(xx)とエンコード後のファイルサイズ(yy)を出力。
○エラーコード一覧	Encode Error (xx frame) エンコードエラー発生時に出力。 エラーが発生したフレーム番号(xx)を出力。

表 2.2-29 ①可逆圧縮(vdecsp)コマンド表

名前	vdecsp
書式	vdecsp infile outfile
説明	StarPixel 形式で可逆圧縮された映像ファイルを伸長してファイルに出力する。
パラメータ	
なし	Usage を表示
infile	デコードする入力映像ファイルパス。絶対パスまたは相対パス
outfile	デコード結果を保存するファイルパス。絶対パスまたは相対パス
終了ステータス	
0	デコード成功
1	パラメータ書式エラー (同時に Usage を表示)
2	入力ファイル(Open/Read)エラー
3	入力ファイルフォーマットエラー
4	出力ファイル(Open/Write)エラー
5	メモリ確保エラー
10	デコードエラー
○結果出力	
標準出力メッセージ	
Decode Complete (xx byte -> yy byte)	デコード成功時に出力。
元ファイルサイズ(xx)とデコード後のファイルサイズ(yy)を出力。	
○エラーコード一覧	
Decode Error (xx frame)	デコードエラー発生時に出力。
エラーが発生したフレーム番号(xx)を出力。	

(2) リアルタイム圧縮性能の検証

① 圧縮検証の概要説明

走行映像データベースの撮像形式である 1920*1200,60fps,ベイヤ RAW(BGGR),10/12bit カメラを用いて、リアルタイム可逆圧縮の検証を行った。検証にはデータセンタに用いるアップロード用ワークステーションを使用した。

表 2.2-30 評価サンプル一覧(短)、表 2.2-31 評価サンプル一覧(長)に使用するデータを一覧として示す。また、図 2.2-25 評価サンプル画像例(短)、表 2.2-32 評価サンプルの取得条件(長)にサムネイル画像例と取得条件を示す。

表 2.2-30 評価サンプル一覧（短）

ファイル名	深度 [bit]	フレーム 数	サイズ[byte]	説明
2bit-5mm_all-12bit.bin	12	28	62,217,728	画角 90°
12bit-fe_all-12bit.bin	12	40	138,260,992	画角 180°
10bit-5mm_all-12bit.bin	10	18	22,288,114	画角 90°
10bit-fe_all-12bit.bin	10	41	141,717,504	画角 180°



12bit-5mm_all-12bit.bin



12bit-fe_all-12bit.bin



10bit-5mm_all-12bit.bin



10bit-fe_all-12bit.bin

図 2.2-25 評価サンプル画像例（短）

表 2.2-31 評価サンプル一覧（長）

系列名	ファイル数	総フレーム数	総ファイルサイズ [byte]	説明
01_20150223154009	150	9000	31,108,684,800	15:40-16:40 曇り-雨
01_20150223181913	150	9000	31,108,684,800	18:19-19:19 雨, 夜間
01_20150223194024	180	10800	37,330,421,760	19:40-20:50 曇り, 夜間
01_20150223215030	150	9000	31,108,684,800	21:50-22:50 曇り, 夜間
合計	630	37800	130,656,476,160	

表 2.2-32 評価サンプルの取得条件(長)

項目	説明
撮影日時	2015年2月23日 15:00-23:00
撮影場所	埼玉県蕨市
天候	15:00-16:00 曇り、16:00-19:30 雨、19:30-曇り
カメラ数	5
画像形式	ベイヤ RAW (配列 BGGR), 12bit
ファイル格納単位	同一カメラの連続 60 フレーム(1 秒)を 1 ファイルに格納 (1 file のサイズ 207,391,232 byte)
間引き	ファイル単位で 1/120 に間引き (各カメラ映像から 120 秒間隔で 1 ファイル抽出)

(i) 可逆圧縮率(10/12bit)確認結果

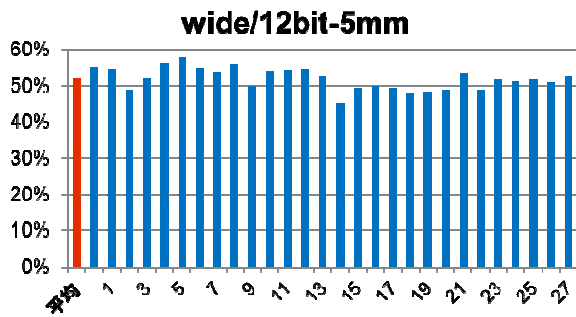
表 2.2-33 サンプル(短)での圧縮率評価結果に示す様に、12bit 画像に対する画像圧縮率は 51.88%, 50.60%であり、約半分強に情報量が削減される。10bit 画像に対しては、42.98%, 41.94%の画像圧縮率であり、12bit 画像よりも圧縮効率が低い。これは、画像データを構成する各画素の輝度情報のうち、圧縮が効きやすいのは上位ビットに対応する情報分であり、下位 2bit は圧縮しにくいと考えられる。

ここで使用した、符号化レート[bit/pixel]は、圧縮後データの 1 画素あたりの平均ビット数を示し、画像圧縮率[%]は符号化レートを圧縮前のビット深度[bit]で割って算出した。この圧縮率定義では、圧縮率が小さいほど圧縮の効率が低いことを表す。

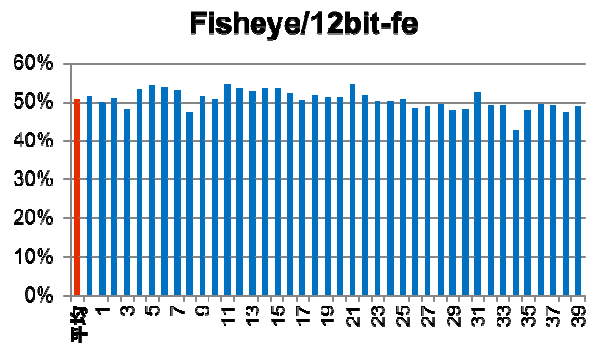
図 2.2-26 サンプル(短)での圧縮率の時間変化に示す様に、画像単位で圧縮率を算出し、時間偏移でグラフ化した結果では、撮影された画像や照明条件の違いにより圧縮率は変動する。例えば 12bit-5mm_all-12bit.bin では、橋の下を通過したために暗く映ったフレーム(フレーム 14)で圧縮性能が最も高くなっている。

表 2.2-33 サンプル(短)での圧縮率評価結果

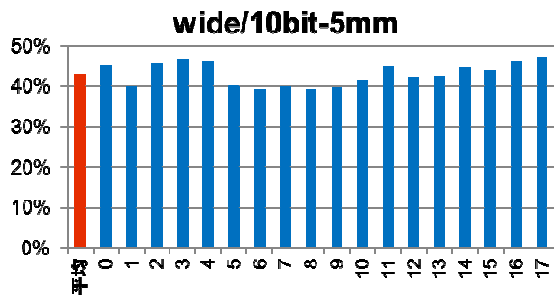
ファイル名	深度 [bit]	符号化レート [bit/pixel]	画像圧縮率 [%]	説明
12bit-5mm_all-12bit.bin	12	6.226	51.88	画角 90°
12bit-fe_all-12bit.bin	12	6.073	50.60	画角 180°
10bit-5mm_all-12bit.bin	10	4.298	42.98	画角 90°
10bit-fe_all-12bit.bin	10	4.194	41.94	画角 180°
12bit 画像平均	12	6.149	51.24	
10bit 画像平均	10	4.246	42.46	



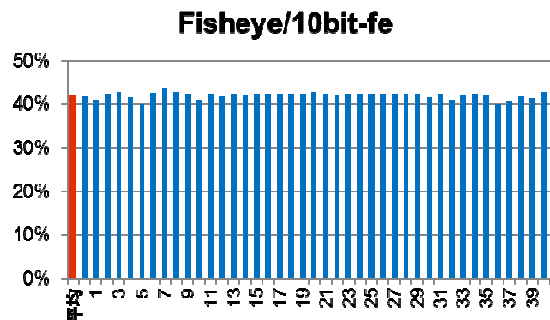
(1) 12bit-5mm_all-12bit.bin



(2) 12bit-fe_all-12bit.bin



(3) 10bit-5mm_all-12bit.bin



(4) 10bit-fe_all-12bit.bin

図 2.2-26 サンプル(短)での圧縮率の時間変化(圧縮率-フレーム No)

表 2.2-34 サンプル(長)での圧縮率評価結果に示す様に、長時間サンプル 4 系列に対し圧縮を適用し、ファイル圧縮率を評価した結果では、合計 130.7GB の映像データが 32.9% の 43.0GB まで圧縮されることが分かる。圧縮率としては約 33% であり、本研究の目標とした圧縮率 50% を満足できる事が確認された。

ただし、系列別にみると、昼間に撮影されたサンプル系列 01_20150223154009 の圧縮率が最も悪く 42.7% である。その他の夜間時のサンプルは 30% 前後の圧縮率となっている事から、圧縮性能が撮影時の照明条件に依存するものと考えられる。

表 2.2-34 サンプル(長)での圧縮率評価結果

系列名	圧縮前 総ファイル サイズ[GB]	圧縮後 総ファイル サイズ[GB]	ファイル 圧縮率 [%]	説明
01_20150223154009	31.11	13.27	42.65	15:41-16:41 曇り→雨
01_20150223181913	31.11	9.68	31.10	18:20-19:20 雨, 夜間
01_20150223194024	37.33	10.80	28.94	19:41-20:51 曇り, 夜間
01_20150223215030	31.11	9.24	29.69	21:51-22:51 曇り, 夜間
平均	130.66	42.98	32.90	
夜間平均	99.55	29.97	29.85	

図 2.2-27 サンプル(長)での圧縮率の時間変化(圧縮率-時間順ファイル No)に示す様に、昼間のサンプル(1) 01_20150223154009 に光量依存の傾向が顕著に表れている。撮影開始時から天候が曇りから雨に転じるにつれて、圧縮性能が向上している。また、カメラ間での圧縮率の違いは少なく、画角 90°・画角 180°ともに同じように変化している事が判った。それ以外の夜間の映像サンプル 3 系列に対する圧縮率は、30%付近を中心に変動する。昼間のサンプルと同様に、カメラ間での圧縮率の違いも少なく、夜間走行のデータに限定した平均値では圧縮率 29.9%と言う高い圧縮性能の結果が得られた。

今回の評価確認によって、撮像画像の条件による圧縮率の大きな変化が確認されたため、走行映像データベースにて扱う、トータルでの可逆圧縮技術の性能を判断するためには、走行映像データの収集に伴い、晴天や冬期等の季節・天候による圧縮性能の違いや、都市部・郊外等の環境による圧縮性能の違いについても確認して行く事が必要である。

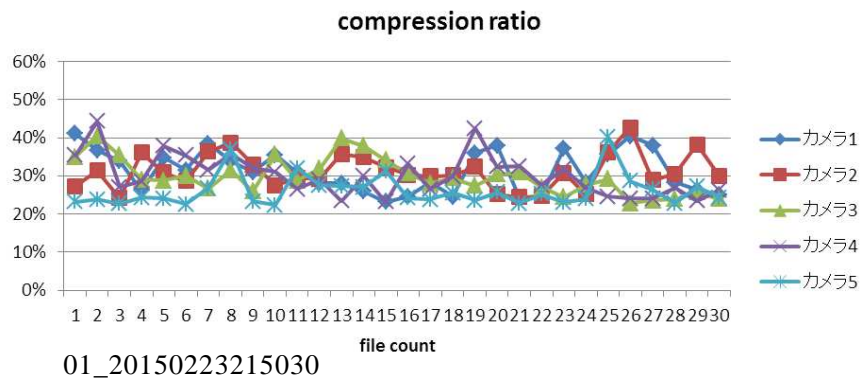
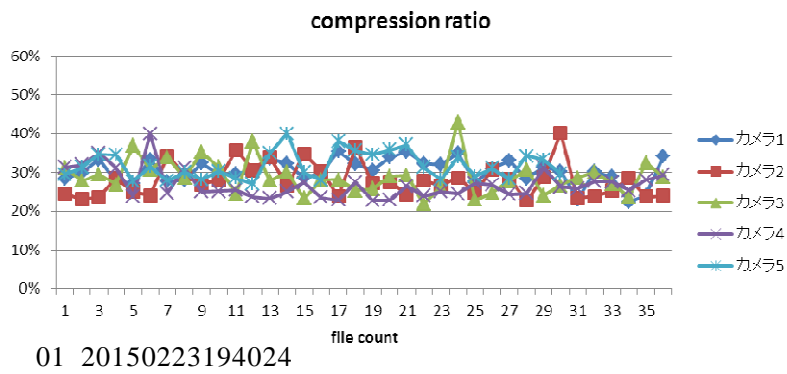
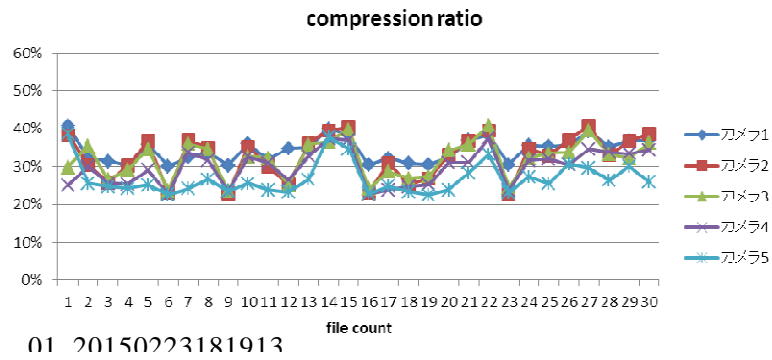
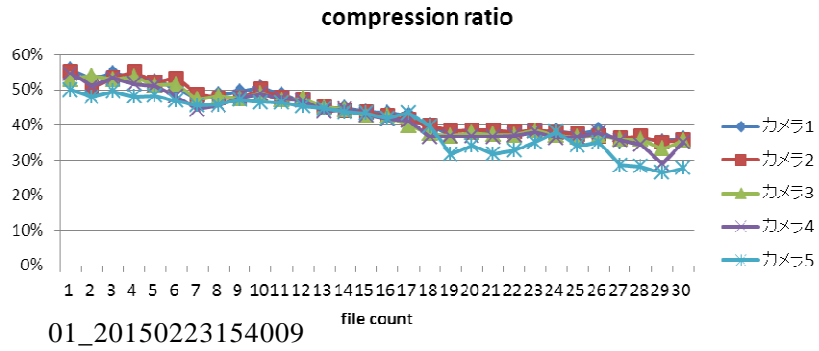


図 2.2-27 サンプル(長)での圧縮率の時間変化(圧縮率-時間順ファイル No)

(ii) 圧縮、解凍速度確認結果

表 2.2-35 サンプル(長)での圧縮速度評価結果にて示す様に、アップロード用 WS (Intel Xeon E5-2640v3, 2.6GHz) にて、シングルスレッド実行での圧縮処理のスループットはフレーム数で 69.1[frame/sec]、非圧縮時の画像データ量換算で 239[MB/sec]となり、1カメラの映像データを CPU 1 コアで、撮影時間未満で処理可能である。車両での走行映像撮像においては、データ書込以外の処理も同時に実施する必要があるため、今回の結果のみで判断する事は困難であるが、車載 PC でのリアルタイム圧縮を実施する事も不可能ではない処理速度が得られた。

表 2.2-35 サンプル(長)での圧縮速度評価結果

系列名	サイズ [GB]	file 数	処理時間 [sec]	処理時間 [msec/60frame]	速度 [fps]	スループット [MB/sec]
01_20150223154009	31.11	150	119.8	799	75.1	260.0
01_20150223181913	31.11	150	133.0	887	67.7	233.9
01_20150223194024	37.33	180	161.4	897	66.9	231.3
01_20150223215030	31.11	150	132.4	883	67.9	234.9
全データ	130.66	630	546.7	868	69.1	239.0

表 2.2-36 サンプル(長)での伸長速度評価結果に示す様に、伸長処理のスループットは 57.1 [frame/sec]、198 [MB/sec]である。1カメラの映像データの撮影時間は若干超過するものの、ほぼそれに近い処理時間で伸長処理が可能である。一般的な性能の HDD 読み書き速度を越える程度の速度での処理が出来ており、データの配布用等の用途ではリアルタイム伸長として活用できる結果が得られた。更に高性能な大容量 NAS との組合せにて使用する場合は、複数スレッドを活用することで更なる高性能化も期待できる。

表 2.2-36 サンプル(長)での伸長速度評価結果

系列名	ファイル サイズ [GB]	file 数	処理時間 [sec]	処理時間 [msec/60frame]	速度 [fps]	スループット [MB/sec]
01_20150223154009	31.11	150	160.2	1,068	56.2	194.1
01_20150223181913	31.11	150	156.4	1,043	57.5	198.9
01_20150223194024	37.33	180	188.0	1,044	57.5	198.6
01_20150223215030	31.11	150	155.7	1,038	57.8	199.8
全データ	130.66	630	660.3	1,048	57.2	197.9

(iii) アップロード用ワークステーションでのリアルタイム処理確認結果

表 2.2-37 アップロード処理でのリアルタイム性能評価結果に示す様に、データセンターでのリアルタイム可逆圧縮の利用を想定した処理性能の確認結果では、非圧縮のデータ転送が 31GB のサンプルデータにて 176.37 秒であったのに対し、転送と同時に圧縮した場合は 181.61 秒と、わずか 5.24 秒、率にして 3%弱のオーバーヘッドで転送が完了した。本研究の目標としたリアルタイムでの可逆圧縮を、実用的には達成できた。

表 2.2-37 アップロード処理でのリアルタイム性能評価結果

転送方法	転送 file 数	読出ファイル サイズ合計[GB]	書込ファイル サイズ合計 [GB]	処理時 間 [sec]	スループッ ト [MB/sec]
非圧縮(xcopy)	150	31.11	31.11	176.37	176.4
圧縮 (vencsp)	150	31.11	13.27	181.61	171.3

表 22-38 ダウンロード処理でのリアルタイム性能評価結果に示す様に、データセンターの NAS からローカル HDD に転送する場合には、31GB データに対し非圧縮で 410.56 秒、圧縮ファイルの伸長を伴うコピーでは 432.85 秒で実施出来る事が確認できた。処理時間の差は 22.29 秒、率にして 5%強のオーバーヘッドで転送でき、実用的なリアルタイム伸長技術として利用が可能である事が確認出来た。

表 2.2-38 ダウンロード処理でのリアルタイム性能評価結果

転送方法	転送 file 数	読出ファイル サイズ合計 [GB]	書込ファイル サイズ合計 [GB]	処理時間 [sec]	スループッ ト [MB/sec]
非圧縮(xcopy)	150	31.11	31.11	410.56	75.8
圧縮 (vdecsp)	150	13.27	31.11	432.85	71.9

(iv) 汎用可逆圧縮技術との処理性能比較結果

図 2.2-28 汎用可逆圧縮技術との処理性能比較結果に示す様に、一般的に用いられる ZIP 圧縮技術、最新の高圧縮技術である JPEG 2000 を用いて、走行映像データのサンプル画像を用いて比較圧縮した結果、圧縮率で JPEG 2000 から 16%高性能、圧縮速度は 30 倍、伸長速度は 20 倍の性能を確認した。また ZIP 圧縮に対しては圧縮率で 28%、圧縮速度は 12 倍、伸長速度は 1.6 倍高性能であった。特に走行映像データベースにて重要な性能である、圧縮率と高速な可逆圧縮としては、大変優れていることが確認出来た。

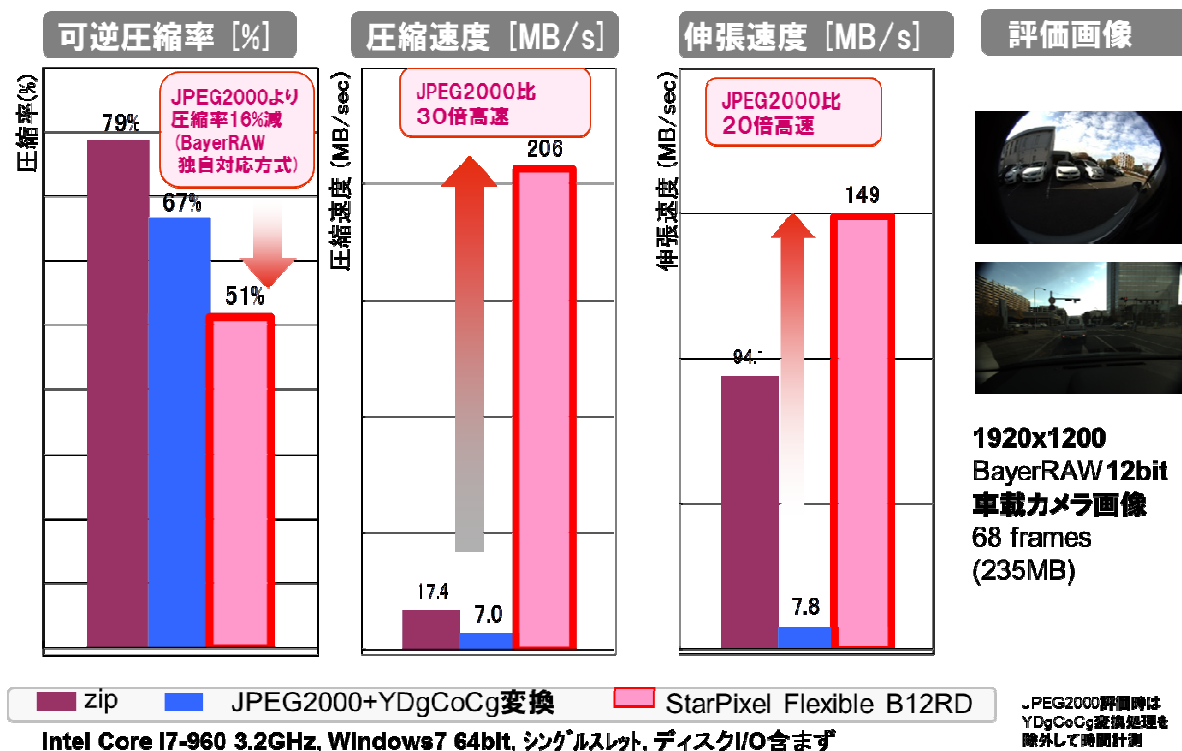


図 2.2-28 汎用可逆圧縮技術との処理性能比較結果

2.2.3 検索用データベース開発

本事業における「検索用データベース構築」では、蓄積された走行映像データに関する情報に対し、効率的なシーン検索をするための画像に付随するテキスト情報（以下、メタデータ）の構造を研究することが目的となる。

そこで本事業では、検索用データベースを実現するために必要となる要件を整理した。

(1) 検索用データベース構築

検索用データベースの構築に向け、本事業で収集されるデータの洗い出しと、データの関係性について考察し、検索データベースのデータモデルについて検討する。

① データ種別の調査

(i) データのあり方の検討

検索用データベースを設計するにあたり、まず「走行映像データベースの構築技術の開発及び実証」において生成されるデータについて洗い出し、そのデータ特性を検討した。

まず、車両で生成されるデータには下記のデータが存在する。

- ・画角（90°）カメラ画像データ
- ・画角（180°）カメラ（前後左右）データ
- ・CAN データ

- ・前遠方監視レーザーデータ
- ・周辺監視レーザーデータ
- ・Leica GS-25 GPS (Global Positioning System) データ
- ・NXB-13 GPS ナビ データ
- ・キャリブレーション (座標補正) データ

また、データセンタで生成されるデータには下記のデータが存在する。

- ・タグ情報データ

これらのデータの中で、映像シーンおよび画像フレームを特定するために利用されうるデータは下記である。

- ・CAN データ
- ・Leica GS-25 GPS データ
- ・NXB-13 GPS ナビ データ
- ・タグ情報

次に、これらのデータについて、データ生成量について整理した。

画像データは、カメラ毎に 60fps で生成される。画像への付与情報であるタグ情報はカメラに依存するため、60data/(sec*camera)で生成される。その一方で、CAN/ナビ/GPS等の情報は各デバイス毎に生成される。各デバイスは車両毎に1つ搭載される。これらのデバイスは、各デバイス単位に任意のタイミングでデータを出力する。特に CAN 情報については、車両内の各々のセンサーが値の変更が発生した任意のタイミングでデータを生成するため、ある時間断面における全センサーデータが揃っていない。

検索用データベースはシーン (画像) の検索を実現することを目的としているため、画像を検索するためのデータは、画像に対応したデータに変換しデータベース化する必要がある。そのため、CAN/GPS/ナビの各データはデータ毎に画像が取得されたタイミングを特定可能な情報に変換する必要がある。また、タグデータは、シーン情報とフレーム情報がある。特にタグ情報は、1フレームに複数の障害物が検知される場合があるため、フレームに対し検出された障害物を複数列挙する必要がある。画像に平均 N 個の障害物が検知された場合、出力行数としてはフレーム数の N 倍になる。検索用データベースにデータを格納する場合、事前にこのようなデータの変換をすることが必要である。以下「表 2.2-39 データの関係 1」に検索用データベースを含めた整理結果を記載する。

表 2.2-39 データの関係 1

種別	車両	車両加工	データセンタ	検索用 DB
画像	60 data/sec	← (切り出し)	← (切り出し)	無 (対象外)
CAN/GPS/ナビ	デバイス依存	←	←	60 data/sec
タグ	無	無	60 data/sec	60 * N data/sec

(ii) データベースの論理設計の検討

データベースの論理設計について検討する。論理設計においては、データベースで管理対象とするものから抽出された概念に対し、リレーショナルデータベースによってデータ管理をするためのモデル化を検討する。ここでは、リレーショナルデータベースの論理設計として、エンティティの抽出と正規化を行う。

まず、検索用データベースに関連するエンティティ（実体）として、以下を抽出した。

- ・車両

内容：車両 ID を主キーとして、車両に関する属性を保持する表。

- ・カメラ

内容：車両 ID とカメラ ID をキーとして、カメラに関する情報を保持する表。

- ・シーン

内容：車両 ID とシーン ID をキーとして、シーンに関する情報を保持する表。

属性に、シーン切り出しを行った理由（例：横断歩道での歩行者を追い越すシーン）特徴が含まれている場合、シーン抽出検索に利用する。

- ・シーン動画

内容：車両 ID、カメラ ID シーン ID をキーとして、シーン動画に関する情報を保持する表。特に属性は、動画や各種テキストファイルへのパス情報を含み、シーン表、フレームテキスト表そしてフレーム障害物表での検索結果から得られる抽出対象シーンを特定後に本表を利用してファイル格納パスを抽出する。

- ・フレーム

内容：車両 ID、シーン ID、カメラ ID そしてフレーム ID をキーとして、フレームに関する情報を保持する。情報は、画像に付与された情報や、タグ付け技術によってフレームレベルに付与されるオーバーフローフラグ等が格納される。

- ・テキスト

内容：車両 ID および時間をキーとして、CAN、GPS およびナビ等から得られた情報を保持する。

また、検索に本表を利用し、その結果をフレーム動画に結合した場合に、結果が 0 件となる場合、シーン切り出しによって切り捨てられたシーンを検索したことになる。そのため、そのようなユースケースが頻出する場合、シーン切り出し担当者へシーン抽出条件を再考するようにアドバイスすることが可能である。

各フレームには、車両で取得した情報から、前記「① データ種別の調査検討 (i) データのあり方の検討」で検討された通り、フレーム単位のテキスト情報が存在する。

なお、CAN、GPS およびナビ等の情報は 60data/sec に変換し統一しており、条件検索表である本表に全てのテキストデータは結合し格納可能である。

- ・タグ

内容：車両 ID、シーン ID、カメラ ID、フレーム ID そして障害物ユニーク ID をキーとして、障害物の情報である障害物分類、位置、そして距離等を保持する。

上記のエンティティについてリレーショナルデータベースとして論理設計を行った結果を図 2.2-29 検索データベース 論理設計に示す。なお、属性については現時点で未定である。また、シーン動画/フレーム/フレーム障害物の各エンティティにおいて主キーに車両 ID/車両 ID2 があるが、これは異なるエンティティであるカメラおよびシーンから依存リレーションがあるために記載されているが、これらは同一車両であるため同値である。

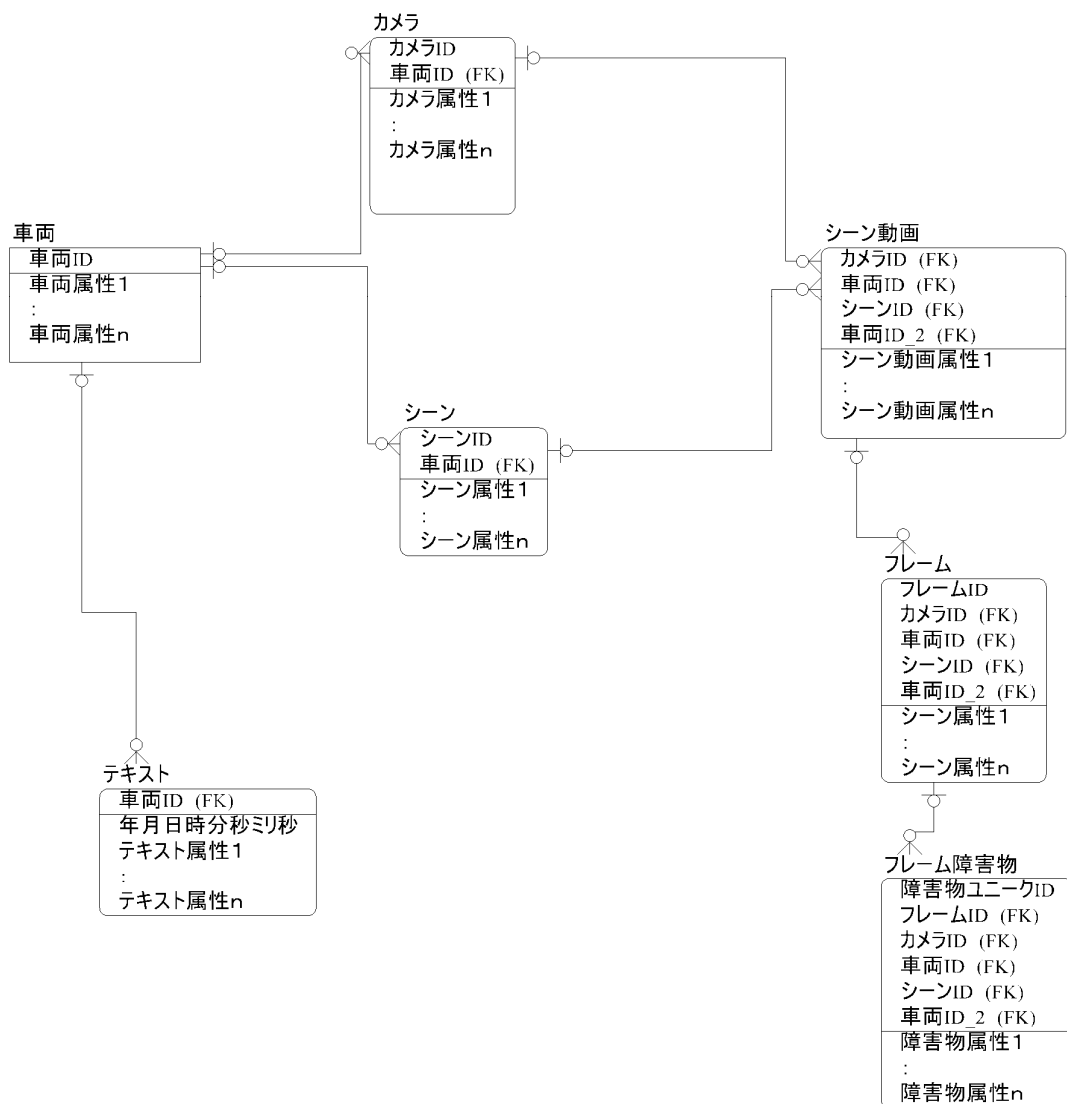


図 2.2-29 検索データベース 論理設計

(iii) データ量の推測

データ取得計画より、データ収集時間の計画は以下の通りである。

表 2.2-40 データ収集計画

	国内（時間）	海外（時間）
障害物	4033	504
路側物	347	43

一方、取得予定シーン数が 12 万であり 1 シーンは 120 秒であることから、タグ付け対象時間は上記のうち 4,000 時間と想定される。一方で、CAN 等の画像以外の情報については、タグ付け時間以外も収集対象とするため、4,928 時間のデータが生成される。「① データ種別の調査 (ii) データベースの論理設計の検討」において、CAN 等の情報はフレームに紐づく情報として定義しているため、格納対象は 4,000 時間分に限定されるが、ここでのデータ量の見積りにおいては、切り出されたシーン以外の時間も見積り対象とする。

論理設計された各表についてデータ量を推測する

- ・車両
件数：総車両台数に一致（10 未満）
- ・カメラ
件数：総カメラ台数に一致（車両台数×5=50 未満）
- ・シーン
件数：12 万レコード
- ・シーン動画
件数：60 万レコード（シーン数×カメラ台数）
- ・フレーム
件数：8.6 億レコード（4000 時間×60 分/時間×60 秒/分×60fps）
- ・フレームテキスト
件数：10.6 億レコード（4928 時間×60 分/時間×60 秒/分×60data/sec）
- ・タグ
件数：86 億レコード（フレーム件数×平均障害物数）

(iv) 物理データベースモデル検討

論理設計、データ量、アクセス要件等を考慮し、プラットフォーム上にデータベースを構築するにあたり、非機能要求を満たすためにデータベースの配置方法について物理設計を行う。

データ量の推測の結果より、データ量が多く物理設計として考慮すべき対象となるのは、フレーム、フレームテキストおよびフレーム障害物である。これらの表以外は、件数が十分に少なく、一般的な RDBMS（Relational DataBase Management System）において一般的な設計論で構築することが可能である。

まず、フレーム、フレームテキストおよびフレーム障害物の各表について、表の分割について検討する。

本事業では、2年以上の期間をかけて走行映像データを収集する。車両で収集された走行映像データは、車両からデータセンタを転送されサーバーへ格納される。このデータの搬送は週次で行われるため、検索性データベースへのデータ更新つまり挿入もまた週次で行われることになる。

一般的にデータベースでは特定表のデータ量が増加すると、更新性能が悪化する傾向になる。そのため、物理的な表のデータ量はある一定の量となるように表を分割する。フレーム、フレームテキストおよびフレーム障害物の各表は、データの更新タイミングおよびデータの粒度の関係から、表を分割する要素には下記が考えられる。

- ・ 時間 RANGE
- ・ 車両 ID

時間 RANGE については、月次または週次が考えられる。月次分割の場合、収集期間が2年程度のため、各表は24分割程度になると想定される。また、週次の分割の場合、移動による収集不可期間等を考慮し月平均4週と仮定した場合、収集期間から各表は96分割程度になると想定される。月次分割とした場合、表へは月に4回程度の更新が発生するため、データの挿入は0件の表ではなく前週の表への追記になるため、各週で性能差が発生する。そのため、本事業では、毎週初期ロードで済むようにするため、データ更新の都度表を作成する週次 RANGE での時間分割を採用することとする。

次に、車両 ID での分割を検討する。各表は上記の通り時間 RANGE で96分割している。これをさらに車両 ID で6分割すべきかを検討する。分割によるレコード件数は以下の通りである。

表 2.2-41 時間 RANGE による表の分割

表名	総件数	分割数	分割表の件数
フレーム	8.6 億件	96	896 万件
フレームテキスト	10.6 億件	96	1104 万件
フレーム障害物	86 億件	96	8958 万件

表 2.2-42 時間 RANGE+車両 ID による表の分割

表名	総件数	分割数	分割表の件数
フレーム	8.6 億件	576	149 万件
フレームテキスト	10.6 億件	576	184 万件
フレーム障害物	86 億件	576	1493 万件

上記より、RDBMSにおける表数がある一定の件数の範囲に収まるように、フレームおよびフレームテキストは、時間 RANGE による分割とし、フレーム障害物については、時間 RANGE+車両 ID による分割として設計を進める。

次に表の代替キーについて考える。論理設計では、シーン内の位置を特定するための情報として、フレーム ID を利用している。しかし、すべてのデータはフレーム ID とほぼ等価な値である撮像日時が属性として格納されている。これをフレーム ID の代替キーとして利用する。

最後に、索引について検討する。一般的に、索引は検索条件が明確な場合に、データを検出するための I/O 回数を削減するために定義する。検索用データベースに格納する全情報は検索条件となりうる値を格納しているため、全列が検索条件となりうる。

そのため、一般的な RDBMS を利用する場合には、索引を各列に個別に定義するか、または定義しないかの選択になる。今後のデータ活用の状況を考慮し、特に絞り込みに利用される特別な列がある場合には、特定の列への索引の定義が考えられる。

しかし、RDBMS としてカラムストア型データベースを活用する場合、データ構造が行（レコード）に指向したのではなく、列（カラム）に指向した構造をとっており、索引を定義することが不要である。そこで、本事業のように全列がどのような検索をされるか、事前に定義できない場合にはとても有効なデータストアである。

② 検索用データベースの仕様

平成 26 年度の研究・開発の成果として、検索用データベースの仕様として以下の方針とすることを考えている。

・データ変換

入力データと検索用データベースの構造の違いを吸収するためのデータ変換処理が必要となるが、③-2 の検証の結果、変換処理は週次処理として処理可能な時間に収まることが期待されるため、変換処理の実装およびデータモデルは実現可能である。

・RDBMS の選定

(3) の検証結果より本事業における検索用データベースでは、一般的な RDBMS を利用するのではなく InfoFrame DataBooster のようなカラムストア型データベースを採用することは、安定した高速性能やデータ容量の観点では有効である。

・データベース物理デザイン

データベースの物理設計では、ここまで検討してきた論理設計を基に、RANGE 分割や代替キーの選択を考慮し設計を行う。物理設計表において表名に YYYYWW とあるものは、当該年度（YYYY）の第何週（WW）であることを表している。

車両

車両ID
車両属性1
:
車両属性n

シーン

車両ID
シーンID
シーン切り出し理由

シーン動画

車両ID
年
月
日
時
分
秒
シーンID
動画ファイルパス
テキストファイルパス

フレーム_YYYYWW

車両ID
カメラID
年
月
日
時
分
秒
ミリ秒
フレームID
オーバーフローフラグ
フラグ1
フラグ2
フラグ3

フレーム障害物_YYYYWW_車両ID

カメラID
年
月
日
時
分
秒
ミリ秒
障害物ID
フレームID
フレーム内順序番号
障害物位置
分類1
分類2
分類3
付属物
方向
隠れ

デバイス

車両ID
デバイスID
デバイス属性1
:
デバイス属性n

フレームテキスト_YYYYWW

車両ID
カメラID
年
月
日
時
分
秒
ミリ秒
フレームID
CAN属性1
CAN属性N
GPS属性1
GPS属性N
ナビ属性1
ナビ属性N

図 2.2-30 検索用データベースの仕様

- 車両 ID 表
 内容：車両 ID をキーとし、車両に関する属性を格納する表。本表を検索に使用することはないが、検索画面に情報表示する場合に利用する。
- デバイス表
 内容：車両 ID とデバイス ID をキーとし、デバイスに関する属性を格納する表。本表を検索に使用することはないが、検索画面に情報表示する場合に利用する。
- シーン表
 内容：車両 ID とシーン ID をキーとし、シーンに関する属性を格納する表。シーン切り出しの理由となった条件区分を格納するため、検索時の絞り込み条件となる。検索パターンに応じて本表で得られるシーン ID と他表のシーン ID を結合し、さらなる絞り込みを行う。
- シーン動画表
 内容：車両 ID と年月日をキーとし、シーン動画に関する属性を格納する表。検索結果は最終的に本表と結合し、検索条件に合致するシーンまたはフレームが記録されているファイルを抽出する。なお、動画ファイルが存在しない場合、該当の情報はシーン切り出しにより削除されたシーンである。
- フレーム YYYYMM
 内容：車両 ID,カメラ ID そして時間をキーにしてフレーム情報を格納する表。本来、フレーム ID をキーにするべきだが、テキスト表との関係を考慮し、フレーム ID の代替として時間を設定している。本表は、時間 RANGE 分割の対象表であり、年 YYYY と週 WW で分割している。
 本表に格納するデータはタグ (XML) 由来であるが、車両由来であるフレームテキスト表に結合し格納することが可能である。ただし、シーン切り出しされている場合、情報が欠落するため NULL となる。
- テキスト YYYYMM
 内容：車両 ID,カメラ ID そして時間をキーにしてテキスト情報を格納する表。本表は、時間 RANGE 分割の対象表であり、年 YYYY と週 WW で分割している。本表にフレーム YYYYMM 表の情報を結合し格納することが可能である。ただし、シーン切り出しされている場合、情報が欠落するため NULL となる。
- フレーム障害物
 内容：車両 ID,カメラ ID,時間そして障害物 ID をキーにして障害物を格納する。本表は、時間 RANGE+車両 ID 分割の対象表であり年 YYYY と週 WW と車両 ID で分割している。

③ 課題

平成 26 年度の研究範囲では、以下を未確定事項となっている。

- ・各表の属性
- ・データ型

特に未確定の属性において、シーンテーブルの属性は重要である。シーン属性として格納すべき情報は、開発検討会でも意見をいただいているシーンを検索するための情報であり、車両側でシーン切り出し時に設定するのかタグ付け時にシーン情報を設定するのかなどの検討が必要である。

(2) 検索用データ生成プログラム開発およびアクセス方式調査

本開発は、検索用データベースの仕様と入力となるデータ種別の構造が異なるため、データ変換に関するプログラムの開発と性能検証を行い、検索用データベースのデータが生成できることを確認することを目的とする。

① データ変換プログラムの開発

(i) CAN データ変換

CAN データは以下が入力ファイルの仕様である。

表 2.2-43 CAN 入力データ仕様

列数	列タイトル	備考
1	時間	基準時間からの経過時間（※）であり、右の書式で与えられる：“秒.ミリ秒.マイクロ秒.ナノ秒”
2	データ ID	データの種別（65 種類）
3	データ長	
4	データ	
5	フラグ	正常受信している場合は 00、エラーフレームは 01 になり、数字の後にエラー内容の文字列を表示

上記 CAN データを検索用データベースの物理定義にあわせるため、下記の構成にデータを変換するプログラムを開発する。

表 2.2-44 CAN データ 検索用データベース格納仕様

列数	列タイトル	備考
1	車両 ID	
2	年	基準時間に入力データの時間列を足したものから導出
3	月	
4	日	
5	時間	
6	分	
7	秒	基準時間に 1/60sec を付与した連番
8	曜日	
9	データ ID1 のデータ	列数 2~7 の時刻のときの、データ ID のデータ
:	:	
74	データ ID65 のデータ	

CAN 入力データの時間列は各センサーの値が変更された時間であり、各センサー毎に出力される時間はバラバラであり、シーン動画におけるフレームとの時間的な関係性が無い。一方、出力ファイル形式の年月日時間分秒とは、シーン動画におけるフレームと一対一で対応可能な時間である。このデータの差を埋めるため、データを補完する以下のデータ変換を行う。

time	id	Length	data	flag
9.130.819.584	0440	8	4000800000000000	00
9.131.057.152	044F	8	4F00800000000000	00
9.146.753.024	0442	8	4200800000000000	00
9.203.466.240	0440	8	4001800004000000	00
9.208.635.392	0620	8	1080FFFF800028A0	00
9.235.677.184	044F	8	4F01800000000000	00
9.246.801.920	0442	8	4201800003000000	00
9.298.624.512	0440	8	4202000004000000	00
9.396.797.440	0442	8	4002000003000000	00
9.400.721.408	044F	8	4001000000000000	00
9.493.520.384	0440	8	4202000004000000	00
9.508.806.656	0620	8	1000FFFF800028A0	00
9.586.778.112	0442	8	4F02000003000000	00
9.628.827.648	0621	8	1100000000000000	00
9.638.191.104	0622	8	1200000000000000	00
9.642.606.592	0630	8	1700000000000000	00
9.647.030.272	0610	8	20000084C0FFFE0	00
9.647.390.720	0624	8	1A00004949000000	00
9.656.614.912	0638	8	13001F0000000000	00
9.657.032.704	0611	8	2100003000000099	00
9.657.794.560	0633	8	3100000000000000	00
9.691.029.504	044F	8	4002000000000000	00
9.735.757.824	0680	8	C800090000000000	00
9.788.801.024	0440	8	4202000004000000	00
9.808.904.192	0620	8	1000FFFF800028A0	00
9.886.777.344	0442	8	4F12000003000000	00
9.990.684.672	044F	8	4002000000000000	00
10.088.914.944	0440	8	4202000004000000	00
10.109.075.456	0620	8	1000FFFF800028A0	00
10.147.028.992	0610	8	20000084C0FFFE0	00
10.186.776.576	0442	8	4F12000003000000	00
10.204.258.304	0620	8	1080FFFF800028A0	00
10.290.675.712	044F	8	4002000000000000	00
10.306.985.984	0442	8	420100F000000000	00
10.314.244.096	0620	8	1080001FB08028A0	00
10.324.017.152	0022	8	0000000000180042	00
10.324.246.528	0023	7	00000000039008200	00
10.343.079.936	0361	4	0000000000000000	00

図 2.2-31 入力データ例

主キー時刻	0440	0442	044F	0620
2015/01/23 12:59:59.000	データ無し	データ無し	データ無し	データ無し
2015/01/23 12:59:59.017	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.033	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.050	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.067	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.083	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.100	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.117	4000800000000000	↓	4F00800000000000	↓
2015/01/23 12:59:59.133	↓	4200800000000000	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.150	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.167	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.183	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.200	4001800004000000	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.217	↓	↓	4F01800000000000	1080FFFFB00028A0
2015/01/23 12:59:59.233	4201800005000000	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.250	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.267	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.283	4202000004000000	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.300	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.317	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.333	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.350	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.367	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.383	↓	4002000005000000	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.400	↓	↓	4001000000000000	↓
2015/01/23 12:59:59.417	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.433	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.450	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.467	↓	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.483	4202000004000000	↓	↓	↓
2015/01/23 12:59:59.500	↓	↓	↓	↓

図 2.2-32 出力データ例

(ii) タグデータ変換

タグ情報である XML(Extensible Markup Language)ファイルは 1 以上のシーンからなり、1 シーンは、1 以上のフレームからなる。1 フレームは、1 以上の障害物の情報からなる。検索データベースに格納する情報として、1 障害物に対し、1 レコードを出力する。このとき、シーン固有情報は同一シーンでは同じであり、フレーム固有情報は同一フレームで同じである。

XML ファイルの各要素及び属性の値を、表 2.2-45 に示された形式としてレコードを作成する。

なお、XML を変換するために利用するパーサーの性能影響を考察するため、以下の 3 種類を利用した変換方式を検討する。

- XMLLite
- MSXML
- 独自実装

表 2.2-45 XML データの構造化

列名	備考	
車両 ID	主キー構成列	
カメラ ID		
年		
月		
日		
時間		
分		
秒		
曜日		
フレーム ID		
障害物 ID		
同一障害物内順序番号		障害物属性
障害物位置		
分類 1		
分類 2		
分類 3		
付属物		
方向		
隠れ	フレーム共通情報 (同一フレームで重複)	
オーバフローフラグ		
交差点フラグ		
障害物区分		

② 性能検証

(i) CAN データ変換

サンプルデータとして、2分、10分、20分、60分、120分そして240分のデータを作成し、変換プログラムを実行した。その結果、処理時間は入力データ量に線形に比例することが分かった。

また、240分のデータが約50秒で処理出来ている。このことから、週あたりのデータ量が42時間であることを考えると約9分程度で処理可能であるため、週次のデータ生成処理時間として問題ないことがわかる。なお、本処理は単一スレッドで実行しており、例えば、

車両毎にデータを処理したとすると、6 並列で処理が可能であるため、約 1.5 分程度まで処理時間を短縮することは容易である。

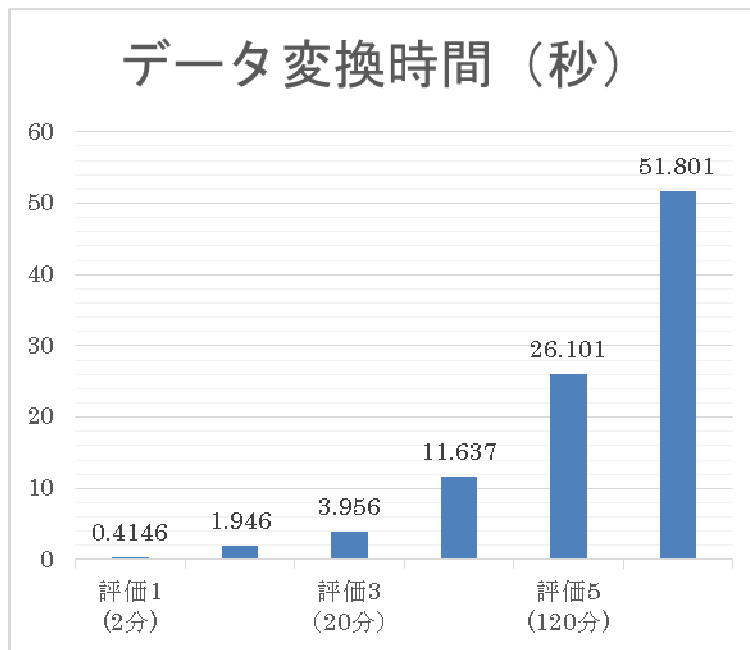


図 2.2-33 CAN データ変換処理時間

(ii) タグデータの変換

タグデータはシーン単位に生成されるため、シーン長である 120 秒のデータの処理時間を計測する。XML パーサを変えた場合の処理時間は以下の通りである。

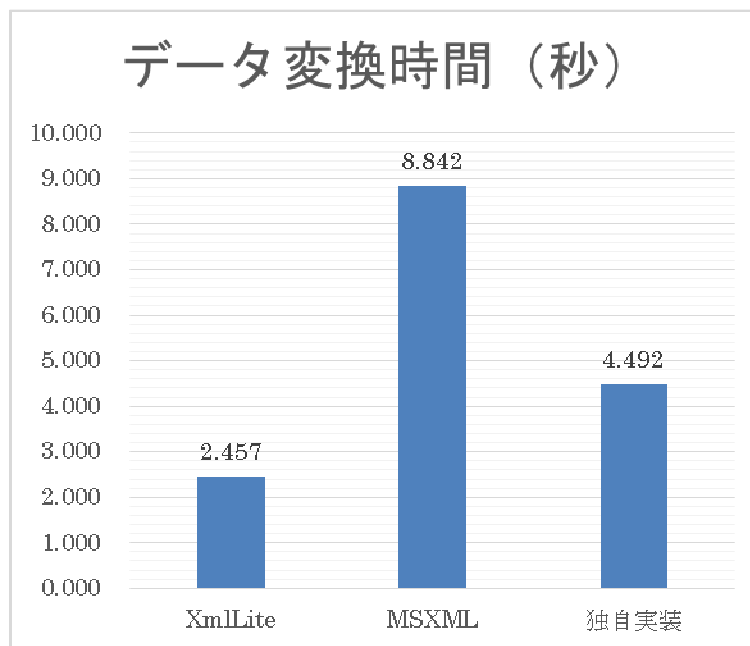


図 2.2-34 タグデータ変換時間

XMLLite は機能的には少ないが、本処理のような単純な XML データの読み込みの場合には、軽量なパーサーであり最も性能が良いことがわかる。一方、MSXML は機能が豊富だが、XPath 検索等を行わない場合には、処理時間のみが増大している。独自実装については、性能最適化が十分ではなかったため、XMLite より高速化することはできなかったが、XMLLite でも十分な性能を得られたため、今後の本データ変換において、XMLLite を利用する方針として問題ないことが判明した。

また、1 シーン・2 分のデータが約 2.45 秒で処理出来ている。このことから、週あたりのシーン量が 1,250 であることを考えると約 51 分程度で処理可能であるため、週次のデータ生成処理時間として問題ないことがわかる。なお、本処理は単一スレッドで実行しており、例えば、車両毎にデータを処理したとすると、6 並列で処理が可能であるため、約 9 程度まで処理時間を短縮することは容易である。

(3) 検索用データベース構築に向けたデータベース物理設計の検証

- ・リレーショナルモデルをもとにサンプルとなる入力データを生成
- ・入力データを一般的なレコードストア型データベースである PostgreSQL と検索用途に特化したカラムストア型データベースである InfoFrame DataBooster へデータを格納した場合のデータ容量を試算
- ・複数種類の検索パターンに対し、PostgreSQL および InfoFrame DataBooster 用の検索用アプリケーションを開発
- ・サンプルデータとアプリケーションを用い性能検証を実施

① リレーショナルデータの更新性能とファイルサイズの検証

(i) 更新性能の検証

表データが膨大になる表に関しては、フレームおよびフレームテキストが週次 RANGE でのデータを分解であり、フレーム障害物は週次 RANGE+車両 ID での分割とする方針としたため、いずれも週単位で初期ロードでの更新となる。

一般的な RDBMS としてオープンソースソフトウェアである PostgreSQL を採用した。PostgreSQL 上で索引無しで定義した場合と全列に索引を索引定義した場合の更新性能を測定した。また、カラムストア型データベースとして NEC 製 InfoFrame DataBooster を活用した場合の更新性能を測定した。InfoFrame DataBooster では、保存データファイルの圧縮・非圧縮が選択可能であるためこれらも測定した。

フレームテキストとして CAN データを参考に作成した 1,000 万件のデータ、およびフレーム障害物として 1,500 万件のデータを用意し性能を検証した。

表 2.2-46 一括更新性能

単位：秒

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
テキスト	90	984	20	30
障害物	302	1,355	27	67

また、フレームテキストについては週次 RANGE 分割であり、全車両のデータが同一表にロードされる。車両からのデータ到着タイミングが異なるなどの理由によりデータロードが一括ではなく車両毎の追記になる可能性がある。そこで、データ収集車両台数（6台）ごとにデータを分割し追記で処理する場合の性能を検証した。

表 2.2-47 分割更新性能

単位：秒

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
1回目	22	157	8	6
2回目	25	165	6	8
3回目	24	166	7	10
4回目	23	164	8	11
5回目	23	167	8	13
6回目	21	176	10	14
合計	137	995	46	62

上記の結果から、分割・一括によらず極端な性能劣化はないことがわかる。各 DBMS の索引有無や圧縮有無の差にやって性能差があるが、最遅ケースにおいても週次の更新時間は1時間未満であり、データ格納に問題はないと考えることができる。

(i) データファイルサイズ

サンプルデータを各条件において RDBMS へ格納した場合のデータファイルの容量について計測した結果は以下の通りである。

表 2.2-48 1週間のデータ量

単位：GB

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
テキスト	1.09	5.52	0.63	0.02
障害物	1.63	7.34	0.84	0.02

上記測定結果から、二年分のデータ容量を算出すると下記の通りである。

表 2.2-49 二年間のデータ量

単位：GB

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
テキスト	105	530	61	2
障害物	940	4,227	482	12

更新性能とデータファイルサイズの検証の結果、一般的な RDBMS で索引を定義下場合には、ファイルサイズが肥大化するため、それ以外の選択肢にすべきである。特にフレーム障害物ではタグ情報の種別が固定されており、同値の繰り返しデータが多くなる。そのため、カラムストアデータベースのような重複排除技術を内包する RDBMS を選択することで、データ容量の削減が実現できることがわかる。

なお、本測定にはサンプルデータを用いている。一般的な RDBMS がレコード単位にデータを格納しているため、データ量はレコード長×レコード件数でほぼ確定するため、データの内容（特性）への依存は低い。その一方で、カラムストア型データベースである InfoFrame DataBooster はカラムのデータ内容の特性によりデータを自動的に重複排除し格納する。そのため、実際のデータが格納された場合に再度見積りを行う必要がある。ただし、本評価において、各カラムのデータはバリエーションを考慮したデータを作成しているため、ある程度信頼性の高い容量試算値データであると考えられる。

② 検索性能の検証

(i) 検索アプリケーションの開発

収集データに基づき、以下の 5 パターンの検索パターンを用意した。

1) 特定のスピードレンジでブレーキを踏んでいるシーンの抽出

```
select distinct 年月,時,分 from "CAN" where スピード BETWEEN 50 AND 60
and ブレーキ=100;
```

2) 夕方のシーンの抽出

```
select distinct 年月,時,分 from "CAN" where 年月 in
('2015/01/4','2015/01/11','2015/01/18') and 時 = '15' and 分 BETWEEN '40.00'
AND '49.99';
```

3) フレームレベル タグ情報の検索

```
select distinct 年月日,時,分秒 from タグ表 where "S 対象物" = '歩行者' and "S
分類 1" = '大人' and "S 分類 2" = '女' and "S 方向" = '前' and "F 交差点" = 'off' and
"S 隠れ" = 'あり';
```

4) シーンレベルタグ情報の検索

```
select distinct 年月日,時,分秒 from タグ表 where "overflow" = 'on' union
```



```
select 年月日,時,分秒 from タグ表 where "overflow" <> 'on' and
"S 対象物" = '歩行者' group by 年月日,時,分秒,ミリ秒 having count(*) >=2;
```

5) 歩行者と自転車が同一画像に存在するシーンの抽出

```
select distinct 年月日,時,分秒 from(select 年月日,時,分秒,ミリ秒 from タグ表
where "S 対象物" = '歩行者') as tag_a natural join (select 年月日,時,分秒,ミリ秒
from タグ表 where "S 対象物" = '自転車') as tag_b;
```

上記の 5 パターンは SQL で表現されているため、PostgreSQL での計測は、上記 SQL を実行し計測する。InfoFrame DataBooster での計測は、上記 SQL と同様の処理になるように InfoFrame DataBooster の API を組み合わせたアプリケーションを作成し、性能を検証する。開発言語には、InfoFrame DataBooster の簡易開発言語であるマクロと Java を用いたアプリケーションの 2 通りの方式で開発した。

マクロ方式の例（クエリ 1 の処理）

```
$Load( // テーブルの Load
  D:¥SIP¥data¥マクロ¥更新性能 // Load するパス名
  CAN_ALL // Load するテーブル名
)
$MultiSearch( // 多項目検索
  CAN_ALL // テーブル名
  1 // 集合 ID
  =BEGIN=
  "スピード" BETWEEN 50 AND 60 // 検索条件式
  =END=
)
$MultiSearch( // 多項目検索
  CAN_ALL // テーブル名
  2 // 集合 ID
  =BEGIN=
  "ブレーキ" = 100 // 検索条件式
  =END=
)
$ExUnique( // ユニーク行の抽出
  CAN_ALL // テーブル名
  3 // 集合 ID
  =BEGIN=
  年月 // 抽出項目
  時 // 抽出項目
  分 // 抽出項目
  =END=
  Y // 元の順序を保存？ <Y or N>
)
$ExtSubTable( // 集合の抽出
  result1 // 新規テーブルの名称
  CAN_ALL // テーブル名
  4 // 集合 ID
  N // TableID の表示 <Y or N>
  N // RecNo の表示 <Y or N>
  =BEGIN=
```

年月 // 抽出項目
 時 // 抽出項目
 分 // 抽出項目
 =END=

)

(ii) 検索性能の測定

1ヶ月分のサンプルデータに対し、各クエリ実行した性能は下記の通りである。

表 2.2-50 1か月分のデータの性能実測値

単位：秒

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
クエリ①	39.2	2.4	4.8	2.9
クエリ②	39.0	30.2	4.9	3.0
クエリ③	24.3	1.4	6.1	4.0
クエリ④	32.9	1.8	6.3	4.0
クエリ⑤	30.7	1.8	6.7	4.2

PostgreSQL の索引ありのケースが性能上早いケースが多いが、データファイルサイズの関係で実現が困難なこと、およびクエリ②に代表される検索条件による結果件数が増大するケースにおいて性能劣化が著しい特徴がある。これは、一般的に RDBMS では、ディスク I/O 量を削減するために索引を利用するが統計情報が不十分な場合や検索条件にヒットするレコード件数が多い場合には I/O が削減できず性能が劣化するためである。このようなことから、一般的な RDBMS を使用すると性能予測が難しいという問題がある。また、索引を使用しない場合には、性能が著しく劣化する。

一方、InfoFrame DataBooster のような、事前に検索パターンを決められない場合でも高速な性能を実現するカラムストアでは、クエリのなようによらず、ある程度一定した検索結果を得ることができる。本測定でも InfoFrame DataBooster を利用した測定では、一定した性能が得られている。また、本事業で生成されるデータはカーディナリティが低い列が多いため、カラムストアによる重複データの排除技術が有効に動作し、データ量が圧縮される傾向にあることが、ファイルサイズの検証から判明している。そのため、InfoFrame DataBooster を利用する場合、圧縮機能を利用した場合、クエリ性能が改善している。

上記測定は、1ヶ月分のデータの場合の想定であるが、これを全データとした場合の試算値は以下の通りである。

表 2.2-51 全データの場合の検索性能 試算値

単位：秒

	PostgreSQL		DataBooster	
	索引なし	索引あり	非圧縮	圧縮
クエリ①	3,758.8	227.7	456.8	275.6
クエリ②	3,740.3	2,896.6	467.8	289.6
クエリ③	13,968.8	784.5	3,520.3	2,279.8
クエリ④	18,965.0	1,038.0	3,606.5	2,300.2
クエリ⑤	17,667.1	1,050.8	3,835.6	2,417.9

なお、InfoFrame DataBooster では、アプリケーションを並列に実行することが可能であることと、各アプリケーションスレッドは各 cpu(core)を有効に活用することから、サーバー搭載 core 数まで並列度を向上されることが可能である。本 PJ で導入するサーバーは 12core であるため、以下の性能が期待できる。なお、DataBooster 自体が core を有効に活用しているため、HyperThreading による効果は少ない。

表 2.2-52 並列度を上げた場合の性能改善試算値

単位：秒

	DataBooster	
	圧縮	圧縮+並列
クエリ①	275.6	23.0
クエリ②	289.6	24.1
クエリ③	2,279.8	190.0
クエリ④	2,300.2	191.7
クエリ⑤	2,417.9	201.5

2.2.4 まとめと今後の課題

走行映像データベースのプラットフォームとなるサーバーを構築し、データセンタにハードウェアと圧縮並びにテープアーカイブ制御の基本ソフトウェアを導入し、ベースとなるプラットフォームの運用を開始した。処理用ワークステーションに対して、各社からのリモート接続を確認し、データの蓄積検索・自動タグ付け技術開発をリモート環境から実施出来る基本プラットフォームが完成し、目標の性能を満足している事を確認した。

また、走行映像データの収集は、手順書を用いて輸送用 NAS に格納したトライアル走行の結果をデータセンタに配送し、輸送用 NAS の仮設置、データのアップロード、輸送用 NAS に返送までの一連のオペレーションを実施し、大きな問題無く運用が可能であることを確認した。今後、走行映像データの取得運用に合わせ、設備トラブル対応を含めた運用マニュアルを整備し、円滑なデータベース運用の推進を行なう。これと共に取得したデー

タを用いて、リアルタイム圧縮技術の検証を進めると共に、更なる効率的な走行映像データ取得に向け、データ取得の上流工程である、車両運行の中での圧縮技術の活用についても検討を行なう。

2.3 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証 まとめ

テーマ B の走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証では、先端的な情報処理技術を選択応用し、大容量の画像データを効率良く扱う技術開発を行い、検討した要件仕様を開発検討会にて委員との意見交換や摺り合わせを実施した。

研究開発成果として

- ・ 4 つの機能（シーン抽出機能、自動タグ付け、手動タグ付け GUI 機能、フレーム補間機能）の要件検討を行い、ソフトウェア実装し機能を検証した。
- ・ 大容量（1PB NAS および 10PB デープアーカイブ）の走行映像データ蓄積および目標処理性能 260TB/週を実現可能とする走行映像データベースプラットフォーム構築した。
- ・ 検索用データベース開発として、論理データモデル仕様を検討し、データ量の想定から物理データモデル作成した。各種データを物理データモデルに変換するプログラムの開発を行い、サンプルデータによる検索性能検証による物理データモデルの妥当性検証を行い、成果を検索データベース設計仕様書として整理した。
- ・ RGB ベイヤー画像でのリアルタイム可逆圧縮ソフトウェア開発し、元画像の圧縮率 50% を実現した。また、汎用ワークステーションレベルによるリアルタイム圧縮の実現し、圧縮転送を同時に行い 3%弱のオーバーヘッドで転送完了を確認した。

以上から平成 26 年度のテーマ B の開発目標を全て達成した。

第3章 研究開発全体企画・管理

3.1 研究開発全体企画・管理

3.1.1 全体工程表の策定

2テーマである走行映像データの収集（以下、テーマAと称す）および走行映像データへのタグ付け技術の開発及び実証（以下、テーマBと称す）について、研究開発全体企画会議を8回開催し、インタフェース仕様やデータ受け渡し等の設計情報の工程管理を整理し、全体工程表を策定して2テーマの連携を図りつつ研究進捗管理を行った。

事業実施にあたっては、全体推進として、自動車メーカー（OEM:Original Equipment Manufacturer）に委員の委嘱を行い開発検討会を3回開催し、研究開発内容の摺り合せや意見交換等を行い研究開発にフィードバックした。また、外部有識者が参画する次世代高度運転支援システム推進委員会を2回開催し、開発計画や研究開発実施内容等に関して、助言を頂き研究活動にフィードバックした。

3.1.2 開発検討会の運営

テーマAおよびテーマBに共通したシステム仕様や重要な課題などを検討する場として開発検討会を設置し開発統括を行い、下記の研究成果が得られた。

(1) 開発検討会

成果のまとめ

- ・3回開催（平成26年12月19日、平成27年1月16日、平成27年2月20日）
- ・本事業の概要説明を行い主旨を理解頂いた。
- ・歩行者600万事例データ収集のための走行計画（撮影時間4,928時間、収集シーン、対象物）などを確定させた。
- ・走行計画に基づき走行映像データのタグ付け方針の議論を行い、タグ付け内容を確定させた。
- ・製作したデータ収集車両の見学会を実施し、データ収集に必要な機装車両の機能や性能を確認した。



図 3.1-1 第2回 開発検討会の様子



図 3.1-2 車両見学会の様子

(2) 研究開発全体企画会議

成果のまとめ

- ・今年度の計画・課題などについて 8 回開催した。
- ・走行計画に基づき以下の研究内容を協議し仕様や課題などを検討した。
 - －走行計画は撮影時間 4,928 時間（国内、海外）で、12 万シーン以上の走行映像データを収集し、最終目標の延べ歩行者 600 万事例を目指す。
 - －データ収集車両（画像フォーマット）
 - －走行映像データベースプラットフォーム仕様（データ収集・運搬・アップロード、サーバ基本性能の確認、評価検証の考え方）
 - －タグ付け技術開発（タグの種別、自動タグ付け開発、手動タグ付け内容）
 - －検索データベース仕様
- ・トライアル走行した中間分析報告を実施し、歩行者 1,000 シーン／日、歩行者率 44% のデータから推計し最終目標の延べ歩行者 600 万事例を達成可能を確認できた。



図 3.1-3 研究開発全体企画会議の様子

(3) 次世代高度運転支援システム推進委員会

成果のまとめ

- ・ SIP 走行映像 DB の開発計画や研究開発実施内容等に概要説明を実施した。
- ・ データ収集車両の見学とその紹介を実施、および事業の概要説明（前回のおさらい）の後、質疑応答を実施し、委員の意見、コメントを研究開発に反映した。



図 3.1-4 次世代高度運転支援システム推進委員会での車両展示会

3.2 研究開発全体企画・管理 まとめ

(1) 今年度の成果

- ① 走行映像データの収集（テーマ A）まとめ
 - ・データ収集設計（国内&海外走行計画立案）を実施した。
 - ・データ収集車両 6 台製作した。
 - ・トライアル走行による走行計画の妥当性の検証、データ収集車両の性能検証および走行映像データ収集運用上の課題確認を検証した。

- ② 走行映像データへのタグ付け技術の開発および実証（テーマ B）まとめ
 - ・4 つの機能（シーン抽出機能、自動タグ付け、手動タグ付け GUI(Graphical User Interface) 機能、フレーム補間機能）の要件検討およびソフトウェア実装し機能を検証した。
 - ・走行映像データベースプラットフォーム構築した。
 - ・検索性データベース開発の方式調査および設計検証した。
 - ・リアルタイム可逆圧縮ソフトウェア開発および性能検証した。
- ③ 研究開発全体企画会議を 8 回開催し、インタフェース仕様やデータ受け渡し等の設計情報の工程管理を整理し、全体工程表を策定して 2 テーマの連携を図りつつ研究進捗管理を行った。
- ④ 開発検討会を 3 回開催し、研究開発内容の摺り合せや意見交換等を行い、研究開発にフィードバックした。
- ⑤ 次世代高度運転支援システム推進委員会を 2 回開催し、開発計画や研究開発実施内容等に関して、助言を頂き研究開発にフィードバックした。
- ⑥ 上記から平成 26 年度の成果目標であるデータ収集システム車両の製作および走行映像プラットフォーム構築を完了し、本格的な走行映像データベースの蓄積を行い準備段階を達成した。

(2) 今後の課題

- ① 開発検討会および次世代高度運転支援システム推進委員会に対して、継続的な研究開発状況の情報発信を行い研究開発内容の精査を実施する。
- ② 走行映像 DB の評価対応として、収集した走行映像データ等の事業成果の一部を評価コメントの提供を前提条件とし、関係者（開発検討会の委員（OEM）、研究機関等）に提供するなど効率的な評価方法を検討する。

おわりに

本事業は、自動走行に供する周辺環境認識技術の設計開発と評価を効率的に行う走行映像データベースの構築技術の確立を目標として実施された。約5ヶ月間と短期間での開発期間であったが、効果的に走行映像データを収集するためのデータ収集システム車両を製作し、トライアル走行によるデータ収集車両の性能検証および走行映像データ収集の運用検証、タグ付け技術開発、リアルタイム可逆圧縮技術開発、検索性データベース開発などを含む走行映像データベースプラットフォーム構築を計画通り実施し、走行映像データ収集に向けた準備段階を完了できた。

また、事業推進の中で開発検討会を開催し、自動車メーカーのニーズを反映した事業推進の方向性等を検討した。さらに、経済産業省直轄事業の「次世代高度運転支援システム研究開発・実証プロジェクト」を受託しており、研究テーマの一つである「ドライバモデルの有効性の検証」と連携を図り、技術開発の水平展開や共有化の可能性などを合わせて検討した。

本事業は、研究3年目までに民間での事業化目処の結論を出すために、事業スキームに関して開発検討会の場で関係者と議論し、当研究期間の事業の途中でもデータの一部を外部に提供しその評価とフィードバックを頂くことを検討していくこととした。

－禁無断転載－

経済産業省委託

平成 26 年度戦略的イノベーション
(自動走行システム):
「走行映像データベース」の構築技術の開発及び実証

報告書

平成 27 年 3 月

発行 一般財団法人 日本自動車研究所
東京都港区芝大門 1-1-30
日本自動車会館 12 階
TEL 03 (5733) 7925