

「交通制約者等の移動支援システムと
既存システムとの整理・統合に関する調査研究」
報告書

平成 31 年 3 月

一般社団法人 UTMS 協会

目次

ページ

1.	はじめに.....	1
1.1	調査研究の背景と目的.....	1
1.2	本調査研究の位置付け.....	1
1.3	調査研究の方法.....	2
1.3.1	調査研究体制.....	2
1.3.2	調査研究概要.....	2
1.3.3	調査研究スケジュール.....	4
1.4	用語の定義.....	4
2.	課題及び検討内容.....	5
2.1	平成29年度調査研究における課題.....	5
2.2	本調査研究における検討内容.....	5
2.2.1	既存の交通安全施設との整理・統合に関する検討.....	5
2.2.1.1	高度化P I C Sとの整理・統合に関する検討.....	5
2.2.1.2	高度化P I C Sへの鳴動要求機能の追加に関する検討.....	5
2.2.1.3	トータルコストの削減に関する検討.....	5
2.2.1.4	技術の調査及び市場調査.....	5
2.2.2	プロトタイプの作成及び動作試験.....	5
2.2.3	仕様書体系の整理.....	6
2.2.4	今後の普及拡大に関する検討.....	6
3.	検討結果.....	6
3.1	本調査研究における検討結果.....	6
3.1.1	既存の交通安全施設との整理・統合に関する検討結果.....	6
3.1.1.1	高度化P I C Sとの整理・統合に関する検討結果.....	6
3.1.1.2	高度化P I C Sへの鳴動機能の追加に関する検討考察.....	11
3.1.1.3	トータルコストの削減に関する検討考察.....	13
3.1.1.4	技術の調査及び市場調査考察.....	19
3.2	プロトタイプの作成及び動作試験.....	23
3.2.1	プロトタイプの作成結果.....	23
3.2.2	動作確認試験結果.....	25
3.3	仕様書体系の整理結果.....	30
3.4	今後の普及拡大に関する検討考察.....	30
3.4.1	統合による効果が見込まれる導入場所について.....	30
3.4.2	既存システムのサービス向上提案について.....	30

4	今後の課題	32
4.1	BLE路側機の普及拡大	32
5	まとめ	38
5.1	本調査研究の成果	38
5.2	検討すべき課題	38
	引用文献.....	40

1. はじめに

1.1 調査研究の背景と目的

これまで、歩行者（特に高齢者、視覚障がい者）の安全を支援することを目的として、信号の状態を音声で知らせたり、歩行横断時の青時間を延長したりして、交通事故の防止を図るシステム（P I C S）が整備・運用されてきたが、近い将来に現実となる超高齢化社会を見据えた、わが国の次の世代に資する次世代交通システムの実用化に向け交通制約者等の移動支援システムを構築する必要がある。

東京オリンピック・パラリンピック開催に当たっては、インバウンド需要も含め大会会場周辺では、観客等による交通集中による道路交通の混雑が予想されている。交通弱者、車椅子利用者、高齢者等を含めた交通制約者等にとってもアクセスしやすい交通環境を整備することが重要である。

交通制約者等の移動支援システムが、東京オリンピック・パラリンピック開催後も、お台場臨海都市において活用されるとともに、それらがベストプラクティスとして地方都市等へ普及していくことが期待されている。

本調査研究ではプレオリンピック開催時（2019年度）までに歩行者等支援情報通信システム（P I C S）を高度化すること及び超高齢化が進行するわが国の課題解決に資すること等を出口と想定している。

また、超高齢化社会を迎えるに当たり交通制約者等も増加の一途をたどることが予想され、「世界一安全」な道路交通社会を目指す我が国にとって、利便性と経済合理性を兼ね備えた、交通制約者等の移動支援システムを実現するための技術開発・方策に関する検討を行い、早期に実用化し、普及させていくことは極めて重要である。

1.2 本調査研究の位置付け

本調査研究は平成26年度より実施している戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）「自動走行システム」のうち、次世代交通システムの開発に係る「交通制約者等の移動支援システムの開発」に当たるものとなる。

これまでの各年度の検討経緯については次のとおりである。

(1) 平成26年度

交通制約者等の移動支援システムの開発に向けた基本設計に係る調査研究

(2) 平成27年度

交通制約者等の移動支援システムの開発に向けた基本設計

(3) 平成28年度

交通制約者等の移動支援システムの開発に向けた基本機能検証と詳細機能検討

(4) 平成29年度

交通制約者等の移動支援システムの開発に向けたモデル実証

(5) 平成30年度

交通制約者等の移動支援システムと既存システムとの整理・統合に関する検討

本年度は5箇年計画の最終年度であり、これまでの検討結果の成果となるものである。

1.3 調査研究の方法

1.3.1 調査研究体制

一般社団法人UTMS協会は、高度情報通信技術を活用した新交通管理システム（UTMS:Universal Traffic Management Systems 以下「UTMS」という。）に関する調査、研究及び開発により、道路交通のインテリジェント化を推進するとともに、UTMSに関する国内外における標準化を推進することにより、UTMSに関する事業の発展を図り、もって道路交通の安全と円滑の確保及び道路交通と環境の調和を図り、公共の福祉の増進に寄与することを目的としている。

当協会は、理事会の下に企画調整委員会、研究開発委員会、標準規格化委員会、国際活動委員会の4つの委員会を常設している。また、それぞれの委員会下に分科会、さらに配下に作業部会を設置し、それぞれのステージに応じて各種活動を実施している。

本調査研究は、既に整備されている交通安全施設のうち、交通信号制御機又は歩行者用交通信号灯器と接続して使用し、音により情報提供する音響式交通信号付加装置との融合が利用者にとって好ましいサービスを提供できると考えられることから、音響式交通信号付加装置を既存システムとして、音響等による新たな視覚障がい者誘導システムであるBLE路側機を使用した高度化PICSとの整理・統合に関して、研究開発委員会／高度交通管制システム分科会／高齢者等歩行者保護に関する検討作業部会において調査研究を行ったものである。

1.3.2 調査研究概要

信号の状態を音で知らせたり、歩行横断時の青時間を延長したりして交通制約者等の安全を支援し、交通事故の防止を図るシステム（PICS）の高度化に向け、平成29年度までの検討結果を基に、既存システムとの整理・統合に関する検討、プロトタイプの作成及び動作試験並びに仕様書体系の整理を表1～2のとおり実施した。

表1 昨年度と本年度の調査研究概要

平成29年度 (実施済)	平成30年度 (本年度)
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><p>交通制約者等の 移動支援システムの開発 に向けたモデル実証</p><ul style="list-style-type: none">・実証実験実施・仕様化検討提案書の修正・インタフェース規格書の修正・システム概説書の修正・システム検査マニュアルの作成</div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><p>交通制約者等の移動支援 システムと既存システム との整理・統合に関する 調査研究</p><ul style="list-style-type: none">・プロトタイプの作成及び動作試験・統合によるトータルコストの削減・BLE路側機の普及拡大に関する 検討・仕様書体系の整理</div>

表 2 本調査研究の実施概要

実施項目	概 要
1 活動計画	<p data-bbox="264 347 663 627">(1) 活動計画の立案</p> <p data-bbox="663 347 1388 627">音響式交通信号付加装置との統合を実施するに当たり、活動計画を立案する。</p> <ul data-bbox="663 448 1388 627" style="list-style-type: none"> ・活動方針の検討 ・整理・統合によるサービス向上の検討 ・BLE路側機の普及拡大に関する検討 ・スケジュールの作成
2 プロトタイプ評価	<p data-bbox="264 683 663 873">(1) 評価機器の作成 (プロトタイプ)</p> <p data-bbox="663 683 1388 873">BLE路側機と音響式交通信号付加装置を統合した評価機器(プロトタイプ)の作成を行う。</p> <ul data-bbox="663 784 1388 873" style="list-style-type: none"> ・プロトタイプの作成 ・プロトタイプの評価項目の検討 <p data-bbox="264 873 663 1064">(2) 動作評価</p> <p data-bbox="663 873 1388 1064">プロトタイプについて、活動計画に従い、動作評価を行う。</p> <ul data-bbox="663 963 1388 1064" style="list-style-type: none"> ・プロトタイプ動作評価項目の確認 ・統合によるトータルコストの削減
3 仕様検討	<p data-bbox="264 1131 663 1366">(1) 仕様書案作成</p> <p data-bbox="663 1131 1388 1366">「警交仕規 1015 号 音響式交通信号付加装置」に、高度化 PICS 仕様を包含し、整理を行う。</p> <ul data-bbox="663 1232 1388 1366" style="list-style-type: none"> ・機器の構成、機能 ・接続規格の追加 ・現行運用の課題に対する仕様の見直し
4 報告書作成	<p data-bbox="264 1433 663 1572">(1) 報告書作成</p> <p data-bbox="663 1433 1388 1572">プロトタイプの評価結果及び、仕様検討結果のまとめを行う。</p>

1.3.3 調査研究スケジュール

本調査研究のスケジュールは表3のとおりとした。

研究内容については、毎月の全体打合せにて、都度内容の審議・レビューを行いながら進めた。

表3 本調査研究スケジュール

項目	平成30年					平成31年		
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
活動計画の立案	→							
評価機器の作成 (プロトタイプ)		→	→	→	→	→		
動作評価							→	
仕様検討 仕様書案作成		→	→	→	→	→		
報告書作成							→	→
全体打合わせ			▲	▲	▲	▲	▲	▲

1.4 用語の定義

本報告書で用いる主な用語の定義は、次のとおりとする。

(1) P I C S

信号の状態を音で知らせたり、歩行横断時の青時間を延長したりして交通制約者の安全を支援し、交通事故の防止を図るシステム。歩行者等支援情報通信システム。

(2) 高度化P I C S

P I C Sのサービスを受けるために必要であった、専用端末又は白杖用反射シートを使用せず、普及が進んでいる携帯電話を利用し、一般的な無線通信手段（Bluetooth Low Energy。以下「BLE」という。）を用いて信号情報の提供等を行うシステム。

(3) BLE路側機

携帯電話との交通情報等の送受信を無線通信（Bluetooth）で行う単独の装置。

本調査研究報告書におけるBLE路側機は平成29年度調査研究における成果品を指す。

(4) 携帯電話

Bluetooth 4.*を搭載したスマートフォン等の携帯端末を示すものとする。

なお、Bluetooth 4.*はBluetooth 4.0以降を表す。

(5) 音響式交通信号付加装置

交通信号制御機又は歩行者用交通信号灯器と接続して使用し、音により情報提供するための付加装置。

2. 課題及び検討内容

2.1 平成 29 年度調査研究における課題

「交通制約者等の移動支援システムの開発に向けたモデル実証」報告書（平成 30 年 3 月）における課題の概要は次のとおりであった。

- (1) 新システムと現行の歩行者支援装置との整理の必要性
- (2) スマートフォン以外の専用端末によるサービスでの実現性
- (3) GPS 精度が出にくい場所における位置精度の向上
- (4) ナビゲーションシステム等他のアプリケーションとの連携によるサービス向上

これらの課題のうち(1)及び、(2)は実証実験を踏まえた考察の中で課題として認識された被験者（視覚障がい者）アンケート調査結果からの要望事項であり、(3)及び、(4)については、システムの高度化に関する内容であった。

本調査研究は、(1)の課題について、「既存システムとの整理・統合に関する調査研究」として、実施することとした。

2.2 本調査研究における検討内容

本調査研究に当たっては、次の内容に留意して進めた。

- (1) 平成 29 年度までの調査研究の取組を基とし、サービス向上について検討するとともに、整備・運用コストの削減について検討する。
- (2) 交通安全施設端末装置の各製造会社において、実現可能な方法とする。
- (3) 調査に当たっては、最新の技術動向等を取り入れる。

2.2.1 既存の交通安全施設との整理・統合に関する検討

2.2.1.1 高度化 P I C S との整理・統合に関する検討

平成 29 年度の調査研究における課題を受けて、高度化 P I C S とその他の交通制約者等の移動の円滑化に資する交通安全施設に関して、効果的かつ効率的な整備を図る観点から整理・統合について検討した。

本調査研究では、高度化 P I C S の機能を既存の交通安全施設と整理・統合することによるサービスの向上等について検討を実施した。

2.2.1.2 高度化 P I C S への鳴動要求機能の追加に関する検討

平成 29 年度の調査研究における課題を受けて、高度化 P I C S のサービス向上を目的として音響式交通信号付加装置への鳴動要求機能を追加するために必要となる機能ブロックについて検討を実施した。

2.2.1.3 トータルコストの削減に関する検討

既存の交通安全施設と整理・統合による整備・運用に係るトータルコストの削減について検討した。統合による効果として筐体寸法の小型化、内部部品の共用化等を着眼点として検討を実施した。

2.2.1.4 技術の調査及び市場調査

既存の交通安全施設と整理・統合に先立ち、適用可能な最新技術について文献調査及び市販されている製品の市場調査を実施した。

2.2.2 プロトタイプの作成及び動作試験

2.2.1 の検討を踏まえ、音響式交通信号付加装置への鳴動要求機能を備えた B L E 路側

機と高度化P I C Sの機能を備えた音響式交通信号付加装置を統合したプロトタイプを作成し、これらが問題なく動作すること及び既存システムへ影響を与えないことを確認した。

2.2.3 仕様書体系の整理

2.2.1 及び 2.2.2 を踏まえ、交通制約者等の移動の円滑化に資する交通安全施設について仕様書体系を整理するとともに、音響式交通信号付加装置の仕様書案を作成することとした。

2.2.4 今後の普及拡大に関する検討

既存の交通安全施設との統合は、BLE路側機による高度化P I C S普及への第一ステップであり、交通制約者等の移動の利便性を向上させるためには、例えば、交通制約者のための施設と交通ターミナル等の2地点を結んだ経路上から、より幅広い交差点において、高度化P I C Sのサービスが提供されることが望ましい。そのため、今後考えられる普及拡大方策についても併せて検討を行うこととした。

3. 検討結果

3.1 本調査研究における検討結果

3.1.1 既存の交通安全施設との整理・統合に関する検討結果

3.1.1.1 高度化P I C Sとの整理・統合に関する検討結果

(1) 既存の交通安全施設に係る端末装置調査

仕様書体系の整理及び仕様書案の作成に先立ち、交通制約者等のための既存の交通安全施設に係る端末装置を調査した。その結果、表4に示す3種類の装置が該当した。

表 4 既存の交通安全施設に係る端末装置一覧

	端末装置名称	概要・機能
1	交通信号制御機	概要：高齢者等要求信号の有無により、高齢者等青時間に切り替え、歩行者用青時間を延長する 機能：高齢者等感応機能
2	音響式交通信号付加装置	概要：音又は音声による歩行者信号情報提供等や、歩行者用青時間を延長する（通信メディアは赤外線、無線を含む） 機能：以下の4種類がある ① 視覚障がい者誘導機能 歩行者青信号を表示している間、視覚障がい者を音により誘導する ② 歩行者支援誘導機能 歩行者信号の状態や通り名称を携帯端末装置等に音声で知らせる ③ 歩行者支援案内機能 白杖検出信号を受信し、歩行者信号の状態等を音声で知らせる ④ 歩行者支援簡易案内機能 歩行者青信号初頭を音声で知らせる
3	歩行者用押ボタン箱	概要：押ボタン箱の位置や受信確認を音により知らせ、制御機に対して高齢者等要求信号を送出する 機能：高齢者等横断要求受付機能 送信機からの無線信号又は歩行者の押ボタン操作により高齢者等横断要求を受付ける

(2) 既存の交通安全施設に係る端末装置の運用状況を踏まえた検討

既存の交通安全施設に係る端末装置は、その性質上複数の装置（交通信号制御機と音響式交通信号付加装置又は歩行者用押ボタン箱等）を連携させて、一つのシステムとして運用する事が前提となっている。よって、本調査研究においては、今後の柔軟な運用に配慮して、現状の運用する形態を損なわない形で整理することとした。

(3) 統合に関する検討

これらのシステム運用形態を損なわないことを前提に、既存端末装置の整理をするに当たり、目的の融合性が最も高いものを統合対象とすることとした。

平成 29 年度の調査研究における成果物である「BLE 路側機 仕様化検討提案書(案)」は、高度化 P I C S の機能を単体で実現する装置となっている。対象者は視覚障がい者等であり、既存装置である音響式交通信号付加装置と導入場所が重複する状況が容易に想定される。

その場合においては、2つの装置を個別に製造・設置するため、機器費用及び工事費用

がそれぞれ発生し、不経済となることから、2つの装置の統合検討を実施することとした。

(4) 統合対象装置の選定

平成 29 年度の調査研究における成果物である「携帯電話を用いた交通制約者等の移動支援システム システム定義書（案）」において、目的等は表 5 のとおりと記載されている。

表 5 システム定義書（案）一部抜粋

項目	内容
目的	汎用端末である携帯電話を通して、歩行者信号の状態を音で知らせたり、歩行横断時の青時間延長を行うサービスを実現するシステムを定義し、視覚障がい者の交差点における移動を支援し、利便性の向上や交通事故の防止を図る。
概要	本システムは、以下のサービスを実現する。 (1) 歩行者信号情報提供サービス 携帯電話を通じて、交差点情報および動的情報（信号の状態、信号の残り時間に関する情報等）を提供する。 (2) 歩行者青時間延長サービス 携帯電話を通じて、歩行者青時間を延長する。
サービスの対象者	視覚障がい者（全盲、弱視）

既存の交通安全施設に係る端末装置調査より、歩行者青時間を延長する装置は、交通信号制御機であり、歩行者青時間の延長を要求する装置は、音響式交通信号付加装置及び歩行者用押ボタン箱であるため、統合対象は要求側装置のうち、どちらか一方となる。

一方、平成 29 年度の調査研究におけるシステム定義書（案）の目的では、「歩行者信号の状態を音声で知らせたり、歩行横断時の青時間延長を行うサービスを実現するシステムを定義し、視覚障がい者の交差点における移動を支援し、利便性の向上や交通事故の防止を図る。」とあり、既存装置である音響式交通信号付加装置の「音または音声による歩行者信号情報提供等や、歩行者用青時間を延長する（通信メディアは赤外線、無線を含む）」との融合性が高いことから、本調査研究における統合対象装置を音響式交通信号付加装置とした。

(5) 統合後の構成

統合前のそれぞれの機器について、機能ブロックごとに整理し、(図 1～2) 重複箇所や共用可能箇所の検討を実施した。

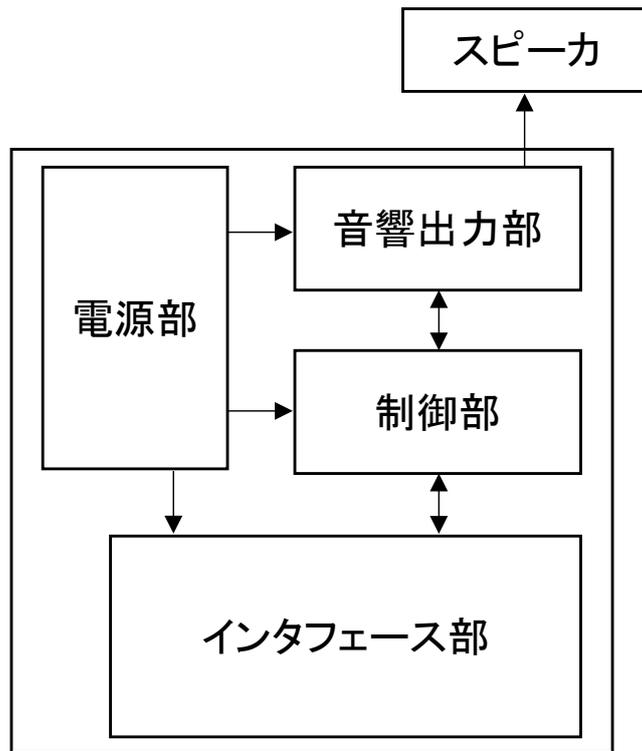


図 1 音響式交通信号付加装置 システム構成 機能ブロック図

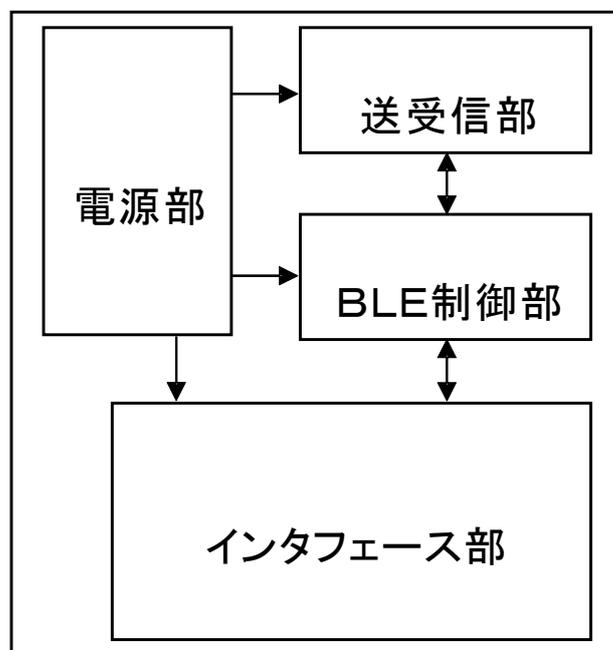


図 2 B L E 路側機 システム構成 機能ブロック図

機能ブロックごとの使用目的を表 6 に示す。

表 6 機能ブロックと目的

No.	装置名	機能ブロック名	目的
1	音響式 交通信号 付加装置	電源部	商用電源(AC)→内部使用電圧(DC)へ変更
2		音響出力部	音響信号を増幅し、スピーカへ出力
3		制御部	マイクロプロセッサにより制御処理・異常監視
4		インタフェース部	他装置との物理接続と信号変換
5	BLE 路側機	電源部	商用電源(AC)→内部使用電圧(DC)へ変更
6		送受信部	BLE規格に基づいた電波を制御
7		BLE制御部	マイクロプロセッサにより制御処理・異常監視
8		インタフェース部	他装置との物理接続と信号変換

同等の機能を持つ機能ブロックについて、それぞれ共用・統合の観点から集約を検討した。同時に、統合可能な機能ブロックにおいて確保すべき要件を表 7 にまとめた。

表 7 統合可能な機能ブロックと必要要件

No.	機能ブロック名	必要要件
1	制御部	異常動作同時監視(2装置分)
2	電源部	電源容量(2装置分)
3	インタフェース部	外部接続装置等との最大接続容量

ここまでの検討を踏まえると、統合後の機能ブロックは図 3 の構成が可能と考えられる。

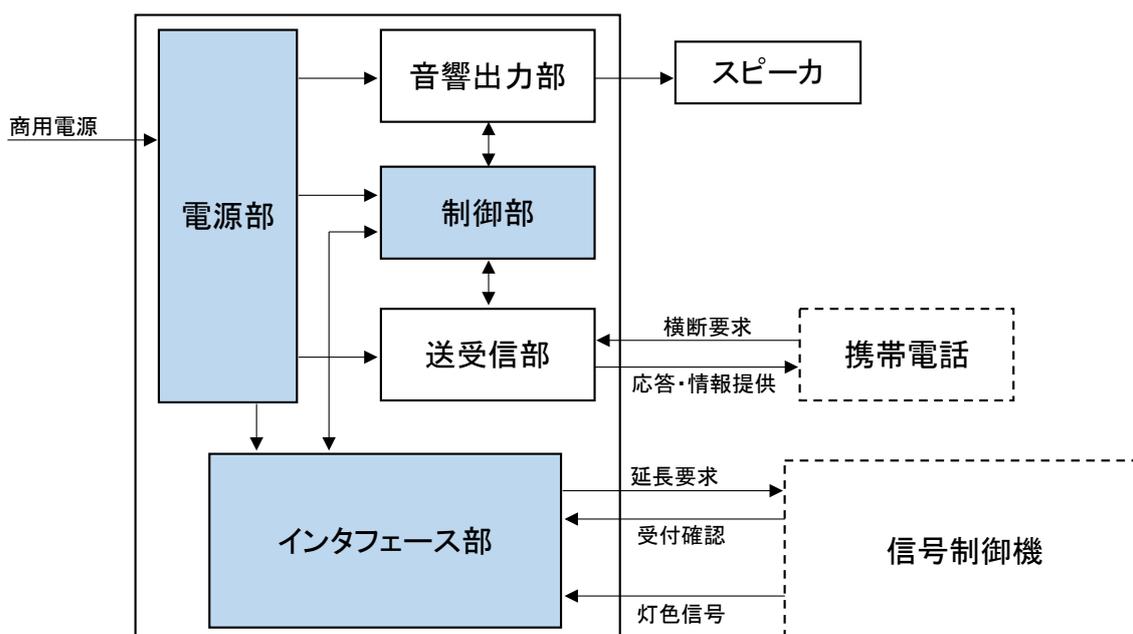


図 3 統合後：システム構成 機能ブロック図

3.1.1.2 高度化P I C Sへの鳴動機能の追加に関する検討考察

平成 29 年度の調査研究においては、青時間延長機能のみ存在していたが、平成 29 年度の実証実験における被験者（視覚障がい者）の要望から、音響式交通信号付加装置への鳴動要求機能追加が課題として挙げられた。

本調査研究では、音響式交通信号付加装置と高度化P I C Sを統合するに当たり、鳴動要求によるサービス向上の検討を実施するために、携帯電話からの青時間延長要求時に同時に鳴動要求が行える回路構成とした（図 3）。図 4 は B L E 路側機単体と音響式交通信号付加装置で鳴動要求機能を実現させるために必要となる装置の機能ブロック図である。

(1)BLE路側機と音響式信号付加装置が別装置の場合

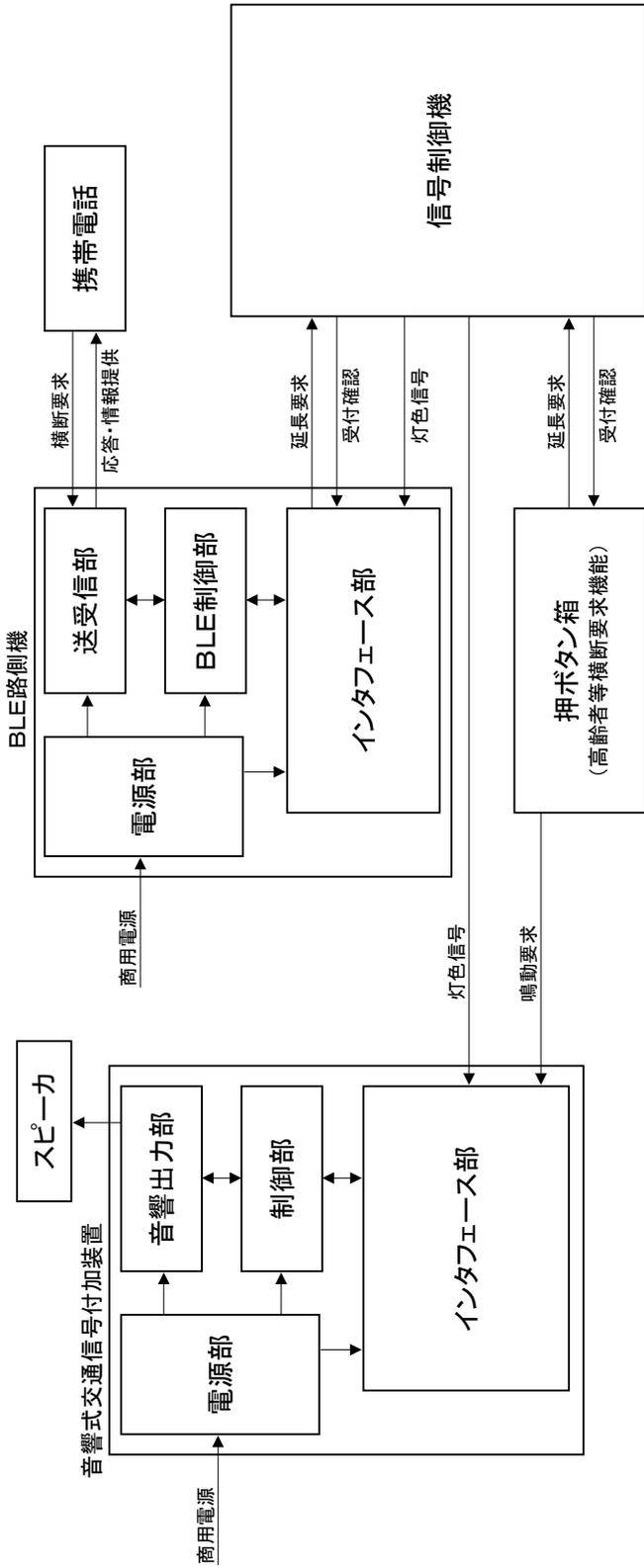


図 4 統合前システム構成 機能ブロック図

3.1.1.3 トータルコストの削減に関する検討考察

トータルコストの比較に当たっては表 8 のとおり、統合前後の2条件として算出した。

B L E 路側機単独及び統合後の機器は、量産設計前のため、削減効果は統合前の音響式交通信号付加装置と B L E 路側機をそれぞれ新規に導入し、単独に設置する場合を基準（100%）として、統合後を削減率（%）にて算出した。

トータルコストの削減比較は、本調査研究におけるプロトタイプにおける一例である。

表 8 トータルコスト 削減比較

	内容	基準
統合前	音響式交通信号付加装置と B L E 路側機をそれぞれ単独に設置する場合	100%
統合後	統合した装置（1台）のみを設置する場合	—

(1) 統合によるトータルコストの削減効果の算出に当たり、事前に試算条件を設定した。

ア 音響式交通信号付加装置と B L E 路側機をそれぞれ新規に導入し、設置する交差点を比較対象とした。

イ 比較対象機器は図 5 統合前の①～③を統合し、④とした（統合に関与しない機器は含まない。）。

ウ 柱は鋼管柱（内通式）とした。

エ 塗装、拡張機能等は標準とした（統合前後で塗装・拡張機能は同じとした。）。

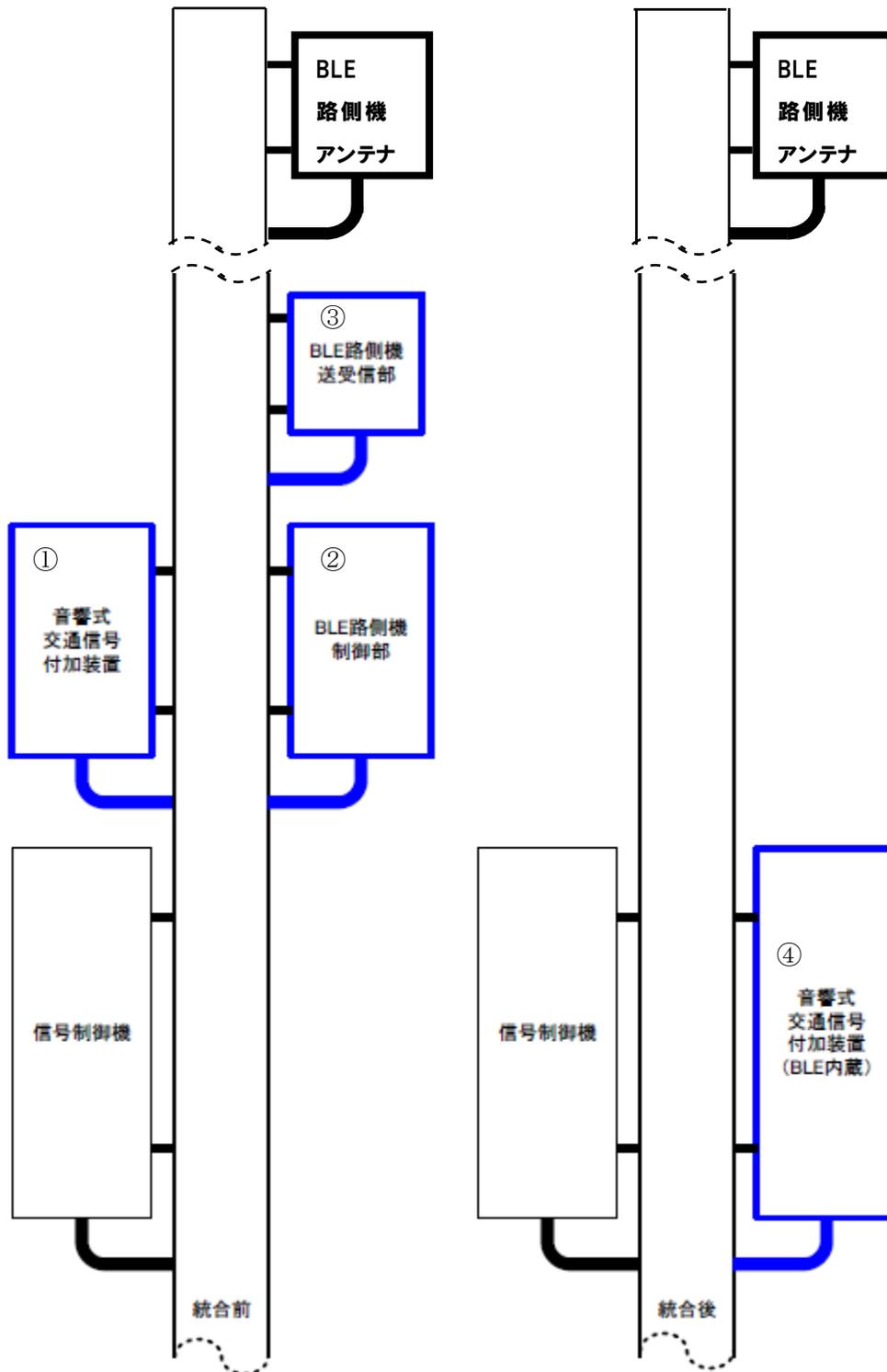


図 5 比較対象機器 (①~④)
左 ; 統合前 右 : 統合後

(2) 算出

トータルコストの削減効果において、最も寄与率が高い部位は筐体（本体）の体積（個数）減少に係る費用であり、次に内蔵部品の共用化、全体の組立費用の順となると考えられる。

ア イニシャルコスト（機器費）に係るコスト削減

装置を収納する筐体の統合・小型化の検討を実施した。各装置の統合前筐体寸法は図6～8のとおりであり、統合後筐体寸法は、図9のとおりである。

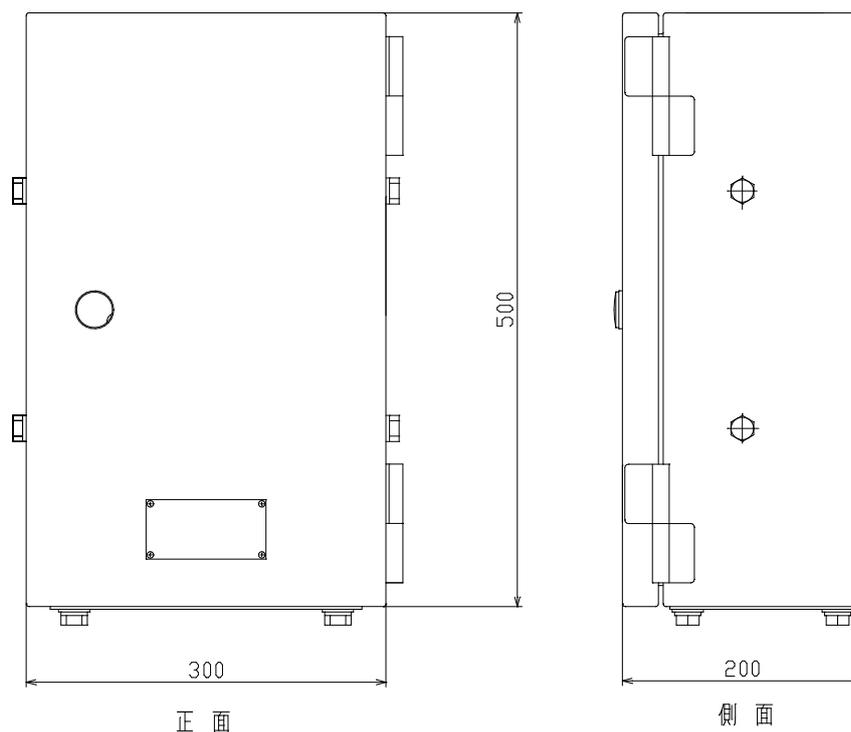


図 6 音響式交通信号付加装置 外形図

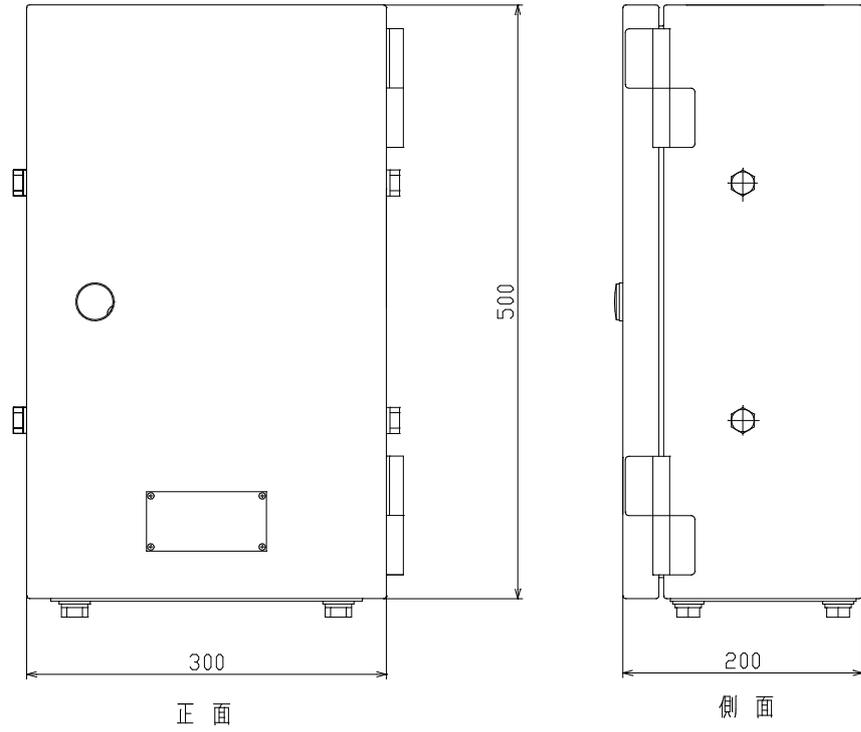


图 7 BLE路側機 制御部 外形図

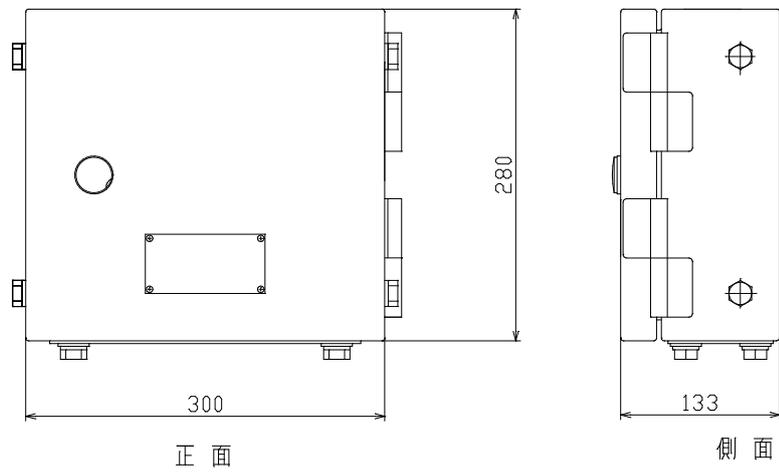


图 8 BLE路側機 送受信部 外形図

本調査研究においては、統合後の動作確認用として、図9の筐体寸法でプロトタイプを作成した。

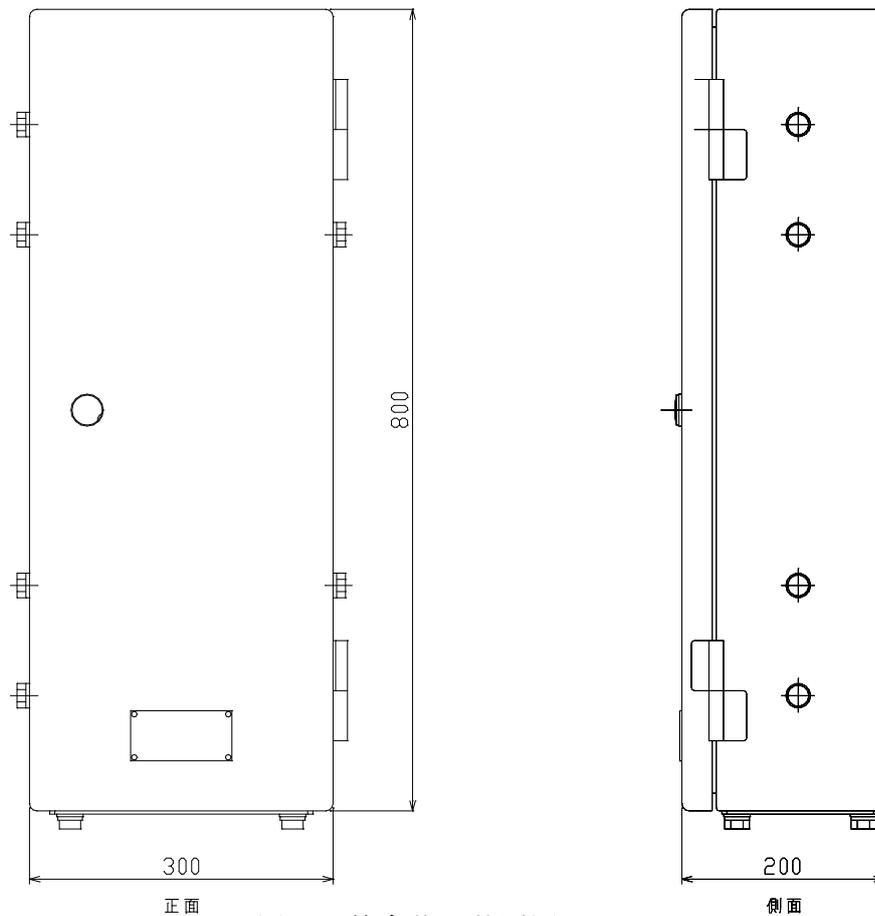


図9 統合後：外形図

コスト削減の最も比率が高い筐体の体積比を算出すると以下のとおり約 2/3 となった。

- ・ 統合前：0.071 m³
 - (a) 音響式交通信号付加装置 $0.3 \times 0.5 \times 0.2 = 0.03\text{m}^3$
 - (b) BLE路側機 制御部 $0.3 \times 0.5 \times 0.2 = 0.03\text{m}^3$
 - (c) BLE路側機 送受信部 $0.3 \times 0.28 \times 0.133 = 0.011\text{m}^3$
- ・ 統合後：0.048m³
 - 音響式交通信号付加装置（内蔵） $0.3 \times 0.8 \times 0.2 = 0.048\text{m}^3$

筐体は統合の効果により、67.6%に小型化することが可能であった。

ただし、本調査研究におけるプロトタイプでは制御部の内部基板、インタフェース部の内部基板等の一体化までは行えておらず、将来的にはさらなる小型化が見込まれる。

内蔵部品については、電源、ブレーカ、端子台、内部シャーシ、インタフェースの各部品に低減が見込まれることから機器のコスト削減効果を算出したところ、イニシャルコストの削減率は約▲10%（BLE路側機及び音響式交通信号付加装置の総額に対する割合である。以下同じ。）であった。機器コスト削減の内訳を表9に示す。

表 9 機器コスト削減率の内訳

1. BLE路側機 制御部			
	部位	主な理由	削減率
①	筐体(内部シャーシ含)	機器統合による削減	▲4.8%
②	制御部	制御回路の共用化による削減	▲0.4%
③	電源部	制御系電源、ブレーカの共用化による削減	▲0.5%
④	インタフェース部	灯器点灯信号受信回路等の共用化による削減	▲0.3%
小計			▲6.0%
2. BLE路側機 送受信部			
	部位	主な理由	削減率
⑤	筐体(内部シャーシ含)	機器統合による削減	▲4.5%
⑥	制御部	制御回路の共用化による削減	▲0.2%
⑦	電源部	制御系電源の共用化による削減	▲0.5%
⑧	インタフェース部	共通基板化による削減	▲0.3%
小計			▲5.5%
3. 音響式交通信号付加装置 (内蔵)			
	部位	主な理由	削減率
⑨	筐体(内部シャーシ含)	機器統合による筐体の大型化	+1.7%
合計 (①+②+③+④+⑤+⑥+⑦+⑧+⑨)			▲9.8%

注) BLE路側機のコスト削減比率(筐体以外)は、音響式交通信号付加装置へ内蔵する際に発生するコスト増分を相殺して算出している。したがって、音響式交通信号付加装置のコスト増は筐体のみを記載した。

イ インシヤルコスト(工事費)に係るコスト削減

新規に装置を導入・設置する交差点において、工事費用の差異は図5の青枠に示すとおり筐体3個から1個に削減されることであり、その他の機器(BLE路側機アンテナ等)の工事費については同等であり、筐体の設置に係るコスト削減率を算出した。

ウ ランニングコスト(電力費)に係るコスト削減

音響式交通信号付加装置とBLE路側機の統合により、契約機器が2機器から1機器に削減されるものの、現状の音響式交通信号付加装置の定格消費電力は50VAに近いと想定されるため、(周囲音が非常に大きい環境下で9車線に対応する音響を8スピーカから出力する音量が必要)BLE路側機を統合した場合、契約電力容量を現在よりも一つ大きい契約容量へ変更しなければならない可能性がある。

一例として、交差点設置機器の契約種別が公衆街路灯Aと仮定した場合の1交差点における電力料金の月額変動は次のとおりとなる。

料金は「電気供給約款」東京電力(平成28年1月1日実施)平成28年6月1日以降の料金表より算出した。

削減分：214円30銭/月(小型機器料金 1機器分)

増加分：128円99銭/月(50VAまでの契約から100VAまでの契約に変更分)

差額：▲85円31銭/月(▲39.9%)

表 10 トータルコスト削減効果

	項目	削減率（統合前 100%）
ア	イニシャルコスト（機器費）	▲ 9.8%
イ	イニシャルコスト（工事費）	▲ 8.3%
ウ	ランニングコスト（電力費）	▲39.9%

注) 削減効果は、本調査研究におけるプロトタイプの一例の試算である。

3.1.1.4 技術の調査及び市場調査考察

B L E 路側機には、歩行者青時間延長サービスが基本機能として実装されているものの、平成 29 年度の調査研究における課題として既存システムである音響による誘導を望む声もあったことから、統合によるサービス向上としての鳴動要求機能を検証することとした。

鳴動要求機能の実現に当たっては、音響式交通信号付加装置「視覚障がい者誘導機能」の付加機能である「高齢者等感知信号受信機能」を用いることとした。

音響式交通信号付加装置の視覚障がい者誘導機能については、タイムスイッチにより音量を「昼音量」、「夜音量」及び「音量切」に切替えが可能であり、夜間などの時間帯や設置状況によっては、現状では周辺環境に十分配慮して運用する必要がある。

統合の効果として、鳴動要求機能を実現することにより視覚障がい者等が必要とした場合のみ音響誘導を要求し、利用することが可能となる。これにより、夜間等の周辺環境への更なる配慮が可能となるとともに、これまでタイムスイッチにて夜間に「音量切」となっている箇所の交差点利用に不安を感じていた視覚障がい者等が活動範囲（活動時間帯）を広げられることに繋がると考えられる。

夜間における音響式交通信号付加装置の鳴動による、周辺環境への影響の対策とその効果を表 11 にまとめた。

表 11 夜間における周辺環境への影響の対策比較表

対策案		影響・効果	評価
1. 音源による対策			
①	音圧（音量）を低下させる	視覚障がい者の誘導効果減	×
②	設置位置を窓面等より低くする	車両・歩行者等による音響遮蔽	×
③	指向性を狭くする	必要外の音漏れ抑制可能	○
④	屋外スピーカ以外で代替する		○
2. 住宅による対策			
⑤	二重サッシ等防音加工する	コストが現実的でない	×
3. 運用による対策			
⑥	夜間は鳴動させない	夜間視覚障がい者が利用出来ない	×
⑦	必要時のみ鳴動させる	騒音発生回数を最小限に抑制可能	○

対策案より、評価が×以外の③、④、⑦の3項目のうち、④、⑦については本調査研究にて検討中である B L E 路側機を経由し、携帯電話と連携することで実現可能となることから、本項における検討項目は③の指向性スピーカを利用する場合の適用可否とした。

(1) 過去のUTMS協会実証実験結果

2006年に、UTMS協会にて、信号制御装置（付加装置）作業部会で指向性スピーカ（平面波）を使用した実証実験を岡山県立大学と共同で実施しており、その結果を再編集して引用した。また、同時にパラメトリックスピーカ（超音波）によるデモも実施している。

- ・実験日時：2006年1月26日 9～16時
- ・実験場所：新鶴見ドライビングスクール
- ・被験者：20～60代の男性18名
- ・実験方法：下記のとおり、ア、イの2種類を実施

ア 指向性スピーカから発せられる異種鳴き交わり方式⁽¹⁾ 2種類、同種同時方式⁽²⁾

2種類の併せて4種類で歩行体験をして頂き、10段階評価のアンケートを実施。

設問内容は、目標を特定出来るか、音の方向は取りやすいか、音の聞きやすさ。

注⁽¹⁾ 横断歩道上で向かい合ったスピーカから異種の誘導音を交互に出力する音響誘導方式

⁽²⁾ 横断歩道上で向かい合ったスピーカから同種の誘導音を同時に出力する音響誘導方式

イ 従来スピーカと指向性スピーカを比較、どちらが良いかアンケートを実施。

- ・実験結果：下記のとおり

ア 表12

イ 表13、図10～11

表12 指向性スピーカによるアンケート評価点平均値

音響条件	設問	渡る目標とする前方のスピーカを特定出来るか（横断開始前）	渡る方向を知るためのスピーカ音の方向は取りやすいか（横断開始後）	この音の聞きやすさの程度はどうか
	評価点	10：十分特定できる 0：全く特定できない	10：非常に取りやすい 0：全く取れない	10：ちょうどよい 0：非常に聞きづらい
異種鳴き交わり ピヨ/ピヨピヨ		6.8点 (最小3、最大10)	7.2点 (最小4、最大10)	7.5点 (最小3、最大10)
異種鳴き交わり カッコー/カカッコー		7.2点 (最小4、最大10)	7.4点 (最小4、最大10)	7.8点 (最小3、最大10)
同種同時方式 ピヨ		4.8点 (最小0、最大10)	5.1点 (最小0、最大10)	7.5点 (最小4、最大10)
同種同時方式 カッコー		5.4点 (最小0、最大10)	6.2点 (最小3、最大10)	7.8点 (最小5、最大10)

同種同時方式は、横断開始前、開始後の平均点が異種鳴き交わり方式よりも低い結果となった。これは従来のスピーカと比較して指向性スピーカでは距離感がなく、どちらを歩いているか、どれだけ歩いたかわからないためと思われる。スピーカの真下にいると音が聞こえにくく、視覚障がい者等に不安を与えることになってしまうので、今後の課題といえよう、と結論づけられていた。また、アンケートの最小値は最低評価側の0～5にとどまっている。

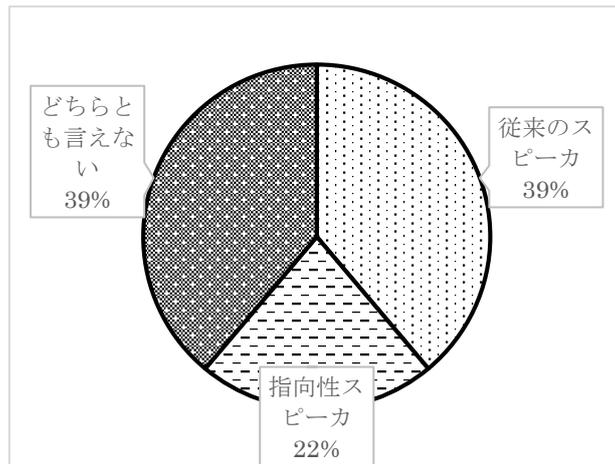


図 10 設問 4

渡る目標とする前方のスピーカは
どちらのスピーカが特定しやすいか (横断開始前)

横断開始前の「渡る目標とする前方のスピーカはどちらのスピーカが特定しやすいか」の設問に対しては、指向性スピーカが特定しやすいと回答したのは 22%であるに対して、従来のスピーカと回答したのは 39%と従来のスピーカが支持されていた。

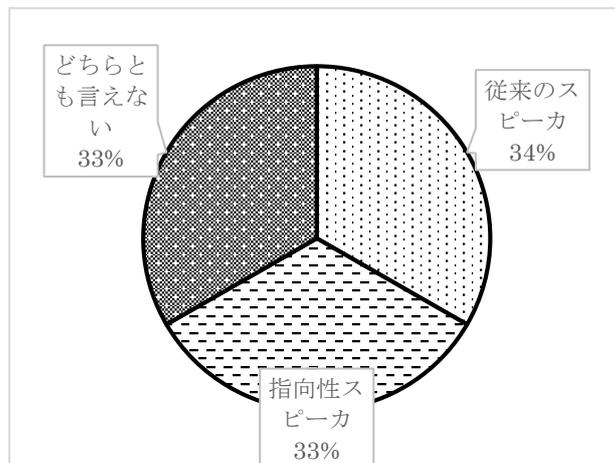


図 11 設問 5

渡る方向を知るためのスピーカ音の方向は
どちらのスピーカがとりやすいか (横断開始後)

横断開始後の「渡る歩行を知るためのスピーカ音の方向はどちらのスピーカがとりやすいか」の設問に対しては、それぞれ同率で差異はなかった。

表 13 設問 6

音響条件	設問	この音の聞きやすさの程度はどうか
	評価点	10：ちょうどよい 0：非常に聞きづらい
指向性スピーカ		7.9点 (最小5、最大10)

「この音の聞きやすさの程度はどうか」の設問に対しては、最小は5点であるものの、平均値としては、7.9点であった。

(2) 最新技術文献調査結果

国立国会図書館データベースに収録された文献のうち、「指向性スピーカ」が含まれるものは51件（平成31年1月11日現在）、そのうち本調査研究の対象となると考えられる文献は1件^[1]のみであり、それも平成21年発表と、直近10年間は指向性スピーカ等の実用化に向けた研究がなされていない状況である。

当該文献では、先行研究において指向性スピーカによる誘導性の高さが報告^{[2][3][4][5]}されているものの、研究機関構内での実験であり、周囲音（騒音等）の存在する一般交通環境とは異なる事を指摘している。

また、過去の視覚遮断直進歩行研究において側面から周囲音を受けた場合、音源とは逆の方向に歩行軌跡の偏りが起きた報告^[6]を引用し、筆者らは周囲音が視覚情報制限下における指向性スピーカの進路誘導に与える影響について実験的に検討を行った結果であった。

まとめは、以下のとおりであった。

ア 周囲音が存在しない場合は、指向性の高いスピーカの方が誘導効果は高い。

イ 周囲音が存在する場合は、スピーカの指向性の如何にかかわらず、走行軌跡は周囲音源の反対側に歩行軌跡が偏るが、指向性の高いスピーカでは、指向性の低いスピーカに比べて、明らかに誘導音源へ向かわない事例が多く観察され、同スピーカを進路誘導に利用する際には注意を要することが指摘されている。

その原因は、周囲音の影響で誘導音源の方向を取りにくくなり、誘導音源とやや違う方向へ進んだ場合に、指向性スピーカ条件では容易に指向角度外へ出てしまい、最終的には誘導音を失い、復帰不能となると推測されている。

前述の文献に加え、直接の対象ではないが参考になると考えられる文献は4件であった。

参考となる文献の内容は、視覚障がい者が探したい物体をロボット等の画像認識技術等で検知した後、指向性スピーカを対象物へ向けて超音波を照射すると、物体表面で反射を起こし、可聴域に変化して、ユーザーに対しあたかも探している物体から音が発せられているかの様に知覚する原理を応用した新しい技術を用いたもの^{[7][8]}等であった。

(3) 市場調査結果

本年度調査研究時点において、指向性スピーカ、パラメトリックスピーカ等の製品について、一般に販売されている製品をWeb上で調査した結果を表14に示す。

表 14 市場調査結果

No.	名称	ラインナップ	製造会社
1	指向性音響システム	<ul style="list-style-type: none"> ・狭指向性 ・小型超指向性 ・超指向性 	三菱電機エンジニアリング株式会社
2	超指向性スピーカ	<ul style="list-style-type: none"> ・小型超指向性 ・超指向性 	株式会社 HSS Japan
3	楕円パターン指向性スピーカ	<ul style="list-style-type: none"> ・120×90 度 	パナソニック株式会社
4	フラットパネルスピーカ	<ul style="list-style-type: none"> ・小型 ・中型 ・大型 	株式会社エフ・ピー・エス

一部、鉄道駅舎等で使用実績があるものの、多くは室内における広告や展示物の音声案内用途であり、屋外で使用可能な製品は僅かであった。また、音響誘導用途で一般販売されている製品はなかった。

(4) 周辺環境への影響の低減策

本調査研究においては、指向性スピーカを利用する場合の適用可否について過去の実験結果、最新の文献調査及び市場調査により検討を実施したが、平成 18 年当時の実験課題が解決されておらず、その後の技術開発、一般販売及び市場導入も報告されていないことから、③の指向性スピーカを利用する方法の実用化は時期尚早と考え、④屋外スピーカ以外で代替すること、⑦必要時のみ鳴動させることの 2 点を携帯電話と連携させる高度化を以て夜間における周辺環境への影響の低減策とすることとした。

将来的にはスピーカの真下でも視覚障がい者に不安を与えない音量を付加する様な三次元的な音量特性の実現や、横断歩道に適切な指向角度と境界特性（歩行時に音源方向を見失わずに修正可能な余裕度）を持った指向性スピーカの開発が期待される。

3.2 プロトタイプの実験及び動作試験

3.2.1 プロトタイプの実験結果

本年度調査研究においては、トータルコストの削減を見据えつつ、平成 29 年度までの成果物を用いて、音響式交通信号付加装置と一体化させたプロトタイプを作成した。

作成したプロトタイプは図 12 のとおりである。

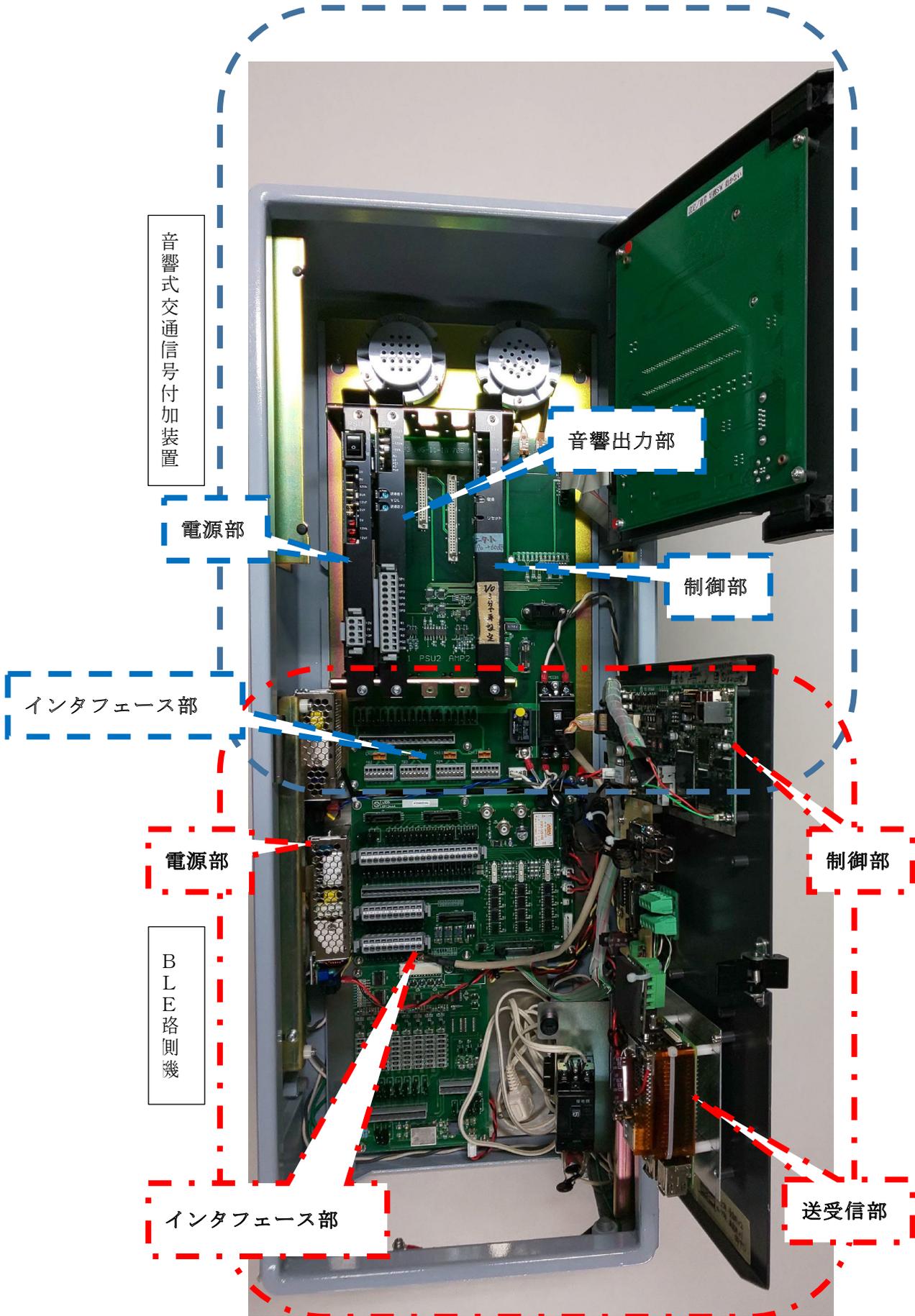


図 12 作成したプロトタイプ 内観

3.2.2 動作確認試験結果

動作確認試験は次のとおりに実施した。

(1) 評価方法の検討

本調査研究に使用する機器は平成 29 年度の調査研究の成果品であり、機能・性能の確認は平成 29 年度までに全て終了していることから、本調査研究は既存システムと統合したプロトタイプを用いた場合に①BLE 路側機の基本機能が正常に動作するか、②携帯電話からの鳴動要求が動作するか、③既存システムへ影響を与えないか、④信号灯色を点灯させて付近道路への影響を与えないかの 4 点を評価項目に設定した。

(2) 試験計画の立案

試験は統合した機器の動作確認を目的としているため、公道ではなく、構内での実施とした。場所の選定に当たっては、①適度な広さがあること、②GPS 精度が確保できること（上空が見渡せること）、③周囲に電波環境を阻害させる様な建築物、装置等がない環境であること等を考慮して、静岡県駿東郡の工場敷地内を選定した。

平成 29 年度の実証実験における機能確認の追試験により、高度化 P I C S の基本機能の正常動作を確認するとともに、統合される音響式交通信号付加装置（スピーカを含む）と、併設が予想される高齢者等横断要求受付機能付き歩行者用押ボタン箱（無線受信機能含む）まで含めたシステムで検証した。また、利用者へのサービス向上として携帯電話からの要求により、音響式交通信号付加装置の鳴動確認試験を追加した。

試験計画の詳細についてはア～クのとおりとした。

ア 試験目的

平成 29 年度に実施された高度化 P I C S（BLE 路側機と携帯電話の連携）実証実験を受け、本調査研究では既存システムと統合したプロトタイプを用いて機器の動作について確認することを目的とした。

イ 試験概要

既に整備が進んでいる音響式交通信号付加装置に高度化 P I C S の機能を統合した。また、携帯電話からの要求に対して、音響式交通信号付加装置を鳴動させる動作の確認を実施した。

ウ 試験日時

2019 年 2 月 15 日（金）15 時～16 時

エ 試験場所

コイト電気株式会社 本社構内道路（想定横断歩道 図 13）

静岡県駿東郡長泉町南一色 720 番地

緯度：35.159767 経度：138.890808（Google Maps）



図 13 試験場所（Google Maps より）

オ 試験項目

- (ア) サービスイン通知機能の確認
 - (イ) 歩行者信号情報サービスの確認（信号灯色情報、経過時間情報）
 - (ウ) 歩行者青時間延長サービスの確認
 - (エ) 携帯電話アプリからの鳴動要求動作の確認
 - (オ) 高齢者等横断要求受付機能付き歩行者用押ボタン箱（無線受信機能含む）の単独動作確認（既設システムへの影響確認）
- ((ア)～(ウ)(オ)：平成 29 年度実施項目の再確認、(エ)：統合による動作確認（新規）)

カ 試験機器

試験で使用した機器は表 15 のとおり。

表 15 試験機器一覧

No.	機器名称	数量	備考
1	音響式交通信号付加装置 (BLE内蔵)	1	プロトタイプ (BLE路側機は平成 29年度成果品使用)
2	BLEアンテナ部	1	平成29年度成果品使用
3	携帯電話(専用アプリ)	12	平成29年度成果品使用
4	交通信号制御機	1	高齢者等感応機能付
5	高齢者等横断要求機能付 歩行者用押ボタン箱(無線送信機付)	1	延長要求確認用 影響確認用
6	音響式交通信号付加装置用 スピーカ	2 (1, 2φ各1)	鳴動確認用
7	LED歩行者用信号灯器	2 (1, 2φ各1)	灯色確認用
8	ストップウォッチ	1	歩行者青時間確認用

キ 試験手順

- (ア) 利用者は、アプリケーションを起動しておく。
- (イ) 利用者は、サービス対象領域外から対象の想定横断歩道へ近づく。
- (ウ) サービス対象領域に入り次第、交差点名称が通知されるか確認する。
- (エ) 歩行者信号情報が正常に通知されているか確認する。
- (オ) ストップウォッチで延長制御実施側の歩行者青時間を計測する(要求前)。
- (カ) 携帯電話から要求ボタンを押し、延長要求の受付を確認する。
- (キ) 音響式交通信号付加装置からの鳴動を確認する。
- (ク) ストップウォッチで延長要求実施側の歩行者青時間を計測する(要求後)。
- (ケ) 高齢者等横断要求機能付歩行者用押ボタン箱のボタンで正常動作を確認する。
- (コ) 高齢者等横断要求機能付歩行者用押ボタン箱の無線送信機で正常動作を確認する。

ク 評価項目

今回の試験では、平成29年度に実施された高度化PICS実証実験で使用されたBLE路側機と同一品を、音響式交通信号付加装置と統合した。そのため、BLE路側機としての基本機能である各歩行者溜りへの電波到達評価、アプリケーション自体の動作(OSの違いを含む)、携帯電話の種類(携帯電話機種、Bluetooth Version、GNSSによる違いを含む)等の動作確認は既に実施済みである。また、視覚障がい者等被験者へのアンケート調査についても実施済みであることから今回は重ねて実施していない。

評価項目は次のとおりとした。

- (ア) BLE路側機の基本機能が正常に動作すること
- (イ) 携帯電話からの要求に対して、歩行者青時間延長と同時にスピーカからの鳴動が正常に動作すること
- (ウ) 高齢者等横断要求機能付歩行者用押ボタン箱（無線送信機を含む）が正常に動作すること（既設システムへの影響確認）

(3) 試験状況

試験当日の状況は図 14～18 のとおりであった。

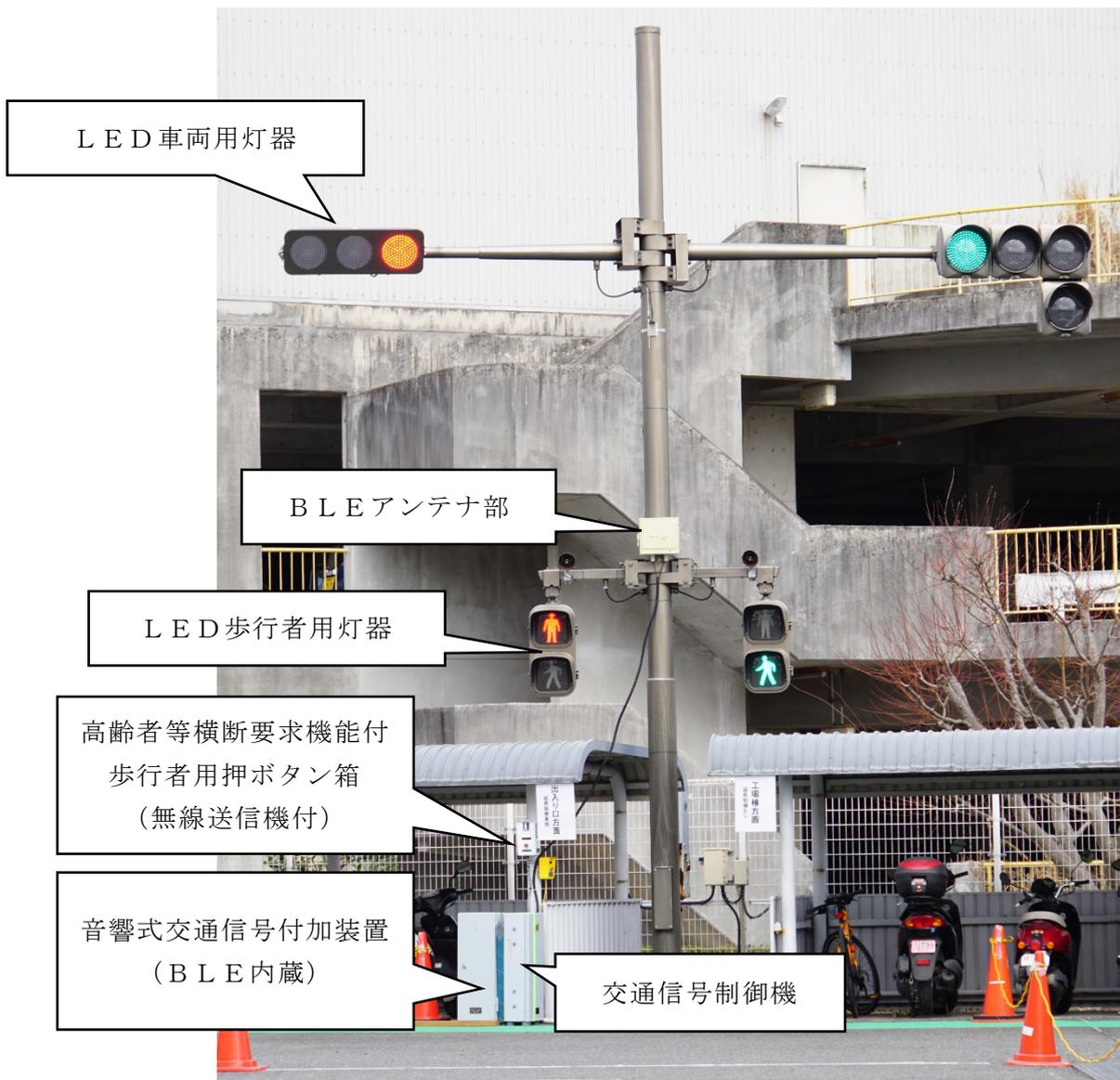


図 14 試験設備概要



図 15 試験状況



図 16 歩行者青時間確認状況



図 17 既存システムへの影響確認
(ボタン)



図 18 既存システムへの影響確認
(無線送信機)

(4) 試験結果

下記の評価項目に対しての試験結果を表 16 に示す。各項目とも正常動作を確認し、統合プロトタイプの動作に問題がないことを確認した。

表 16 試験結果

	評価項目	結果
(ア)	B L E 路側機の基本機能動作確認	正常動作を確認
(イ)	携帯電話からの要求に対し、歩行者青時間延長と同時にスピーカからの鳴動確認	青時間延長を確認 スピーカから鳴動の正常動作を確認
(ウ)	高齢者等横断要求機能付歩行者用押ボタン箱 (無線送信機を含む) の正常動作確認	押ボタン操作、無線送信機操作の双方で正常動作を確認

3.3 仕様書体系の整理結果

既存の交通安全施設の整理・統合を実施した結果を踏まえ、「音響式交通信号付加装置仕様書」に対して、新規機能として追加することで検討を開始したが、歩行者支援誘導機能（歩行者信号の状態等を携帯端末装置等に知らせる機能）について、近年整備実績がないことから、「歩行者支援誘導機能」を併せて廃止し、「BLE路側機 仕様化検討提案書」の内容を「歩行者支援通信機能」として、「携帯電話との通信を行い、横断要求信号を受信し、歩行者信号の状態等を情報提供する」機能として整理して追加した。

統合に当たっては、高齢者等歩行者保護に関する検討作業部会において、月一度程度の審議を行い、装置の製造上に関して制約条件がない様に留意し、仕様書案を作成した。

作成した「音響式交通信号付加装置 仕様書案」を別添1に示す。

3.4 今後の普及拡大に関する検討考察

3.4.1 統合による効果が見込まれる導入場所について

- (1) 「高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律」（いわゆる、「交通バリアフリー法」における特定経路を構成する道路にある横断歩道
- (2) 上記(1)のほか、視覚障がい者の利用頻度が高い施設（駅、役所、視覚障がい者団体がある施設、盲学校、リハビリテーションセンター、病院、障害者スポーツセンター等の社会福祉施設）の周辺にある横断歩道
- (3) 上記(2)に示す視覚障がい者の利用頻度が高い施設とその付近の公共交通機関のターミナル（駅やバス停等）を結ぶ歩行経路を含む地域及び交通の要となる各地域の主要ターミナル付近にある横断歩道
- (4) 音響式交通信号付加装置設置交差点の夜間において、周辺環境への影響低減対策として、「音量切」に設定している横断歩道及び周辺環境への影響が予見される横断歩道。

3.4.2 既存システムのサービス向上提案について

既存システムが導入されている交差点に高度化P I C Sの機能を追加整備する場合には、サービス向上の観点から、本調査研究で検討した必要時に青延長と鳴動要求が実現可能なシステムとすることが望ましい。

運用方法を本調査研究で検討した必要時に青延長と鳴動要求が実現可能なシステムとするために、現状の3種類のモデルケースを想定し、それぞれ追加が必要となる装置・付加機能の整理を行った。

現状モデルケースを表17、高度化P I C Sの機能の追加整備に必要な装置・付加機能を表18に示す。

表 17 現状モデルケース

No	設置装置	付加機能	運用方法
1	①音響式交通信号付加装置	—	終日（常時）又は時間限定（常時）鳴動
	②信号制御機	—	
2	①音響式交通信号付加装置	高齢者等感知信号受信	<ul style="list-style-type: none"> ・鳴動要求受付時間帯における歩行者用押ボタン箱からの高齢者等横断要求受付時に鳴動出力 ・歩行者用押ボタン箱からの高齢者等横断要求受付時に青延長
	②信号制御機	高齢者等感応	
	③歩行者用押ボタン箱	高齢者等横断要求受付	
3	①信号制御機	高齢者等感応	歩行者用押ボタン箱からの高齢者等横断要求受付時に青延長
	②歩行者用押ボタン箱	高齢者等横断要求受付	

- 備考 1 押ボタン運用時間帯は、タイムスイッチ設定にて「終日」「夜間のみ」など選択可能。
 2 夜間等「音量切」に設定した時間帯は、横断要求有でも鳴動サービスを行えない。

表 18 高度化 P I C S の機能の追加整備に必要な装置・付加機能

No	設置装置	付加機能	運用方法
1	① 音響式交通信号付加装置	—	携帯電話でも信号の状態を確認可能
	② 信号制御機	—	
1	③ <u>B L E 路側機</u>	<u>—</u>	
1 — 2 ・ 2	①音響式交通信号付加装置	高齢者等感知信号受信	<ul style="list-style-type: none"> ・鳴動要求受付時間帯における歩行者用押ボタン箱又は B L E 路側機からの要求受付時に鳴動出力 ・歩行者用押ボタン箱又は B L E 路側機からの要求受付時に青延長
	②信号制御機	高齢者等感応	
	③ <u>歩行者用押ボタン箱</u>	<u>高齢者等横断要求受付</u>	
	④ <u>B L E 路側機</u>	<u>—</u>	
3	①信号制御機	高齢者等感応	
	②歩行者用押ボタン箱	高齢者等横断要求受付	
	③ <u>音響式交通信号付加装置</u> <u>(B L E 内蔵)</u>	—	

- 備考 1 下線部は追加が必要となる装置・付加機能である。
 2 全てのケースで各装置間の配線接続工事が必要となる。

4. 今後の課題

4.1 BLE路側機の普及拡大

BLE路側機の普及拡大は、すなわち高度化PICSの普及拡大である。高度化PICSについては、当初は交通制約者等の移動支援システムとして検討を開始したが、その対象範囲を一般利用者まで拡大させ、道路利用者全体の利便性向上を目指すことも考えられる。

普及拡大への課題は次の事項が考えられる。

- (1) コスト（イニシャル及びランニング）の低減
- (2) 機器サイズの小型化
- (3) 利用者の利便性向上（携帯電話アプリケーション）

(1)のイニシャルコストについては、汎用化し整備数を増大させることにより低減されると考えられる。また、ランニングコスト及び(2)の小型化については、BLE路側機の運用システムの適用対象装置を拡大させ、より柔軟に複数装置へ内蔵ができるようにすることで、整備数の増大と消費電力の低減によるランニングコストの低減につながる事が期待される。

ロードマップのイメージを図19に示す。

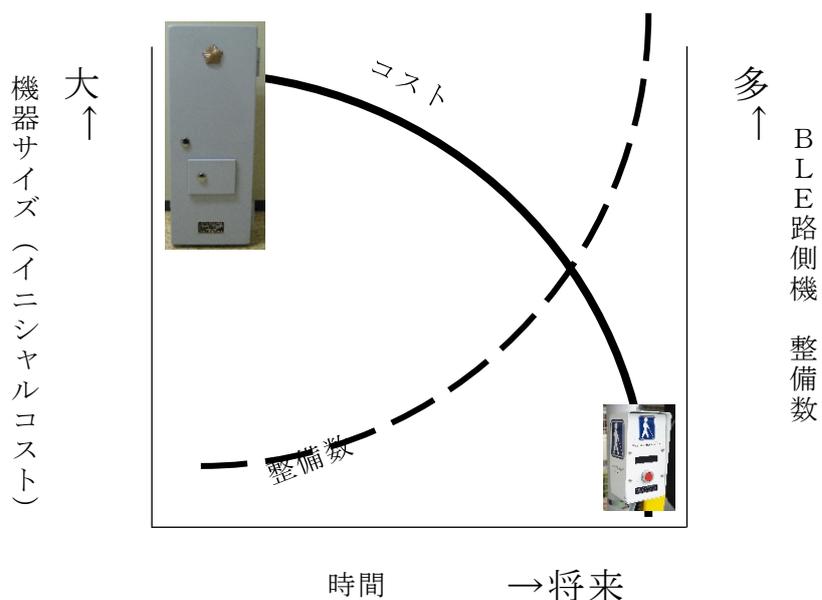


図19 普及拡大に至るロードマップ

これらを考慮して、今後の普及拡大方策として想定される運用例を図20～24、表19～23に示す。



図 20 BLE路側機を単体で整備（平成 29 年度までの成果）

表 19 BLE路側機単体整備の場合のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・単体で整備可能 ・既存交差点へ追加が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・機器、工事費用大 ・交差点設置機器大による景観への影響



図 21 BLE 路側機を音響式交通信号付加装置に統合（本調査研究の成果）

表 20 音響式交通信号付加装置統合整備の場合のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・新設時に費用削減可能（機器・工事費用） ・夜間の鳴動による近隣騒音対策 ・信号柱への風圧荷重減少 	<ul style="list-style-type: none"> ・筐体の大型化



図 22 BLE路側機を交通信号制御機に統合（今後要検討）

表 21 交通信号制御機統合整備の場合のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・新設時に費用削減可能（機器・工事費用） ・信号柱への風圧荷重減少 ・音響式交通信号付加装置不要箇所にも設置可能 ・景観に優れる 	<ul style="list-style-type: none"> ・筐体の大型化 ・BLE路側機機能故障時の信号制御機機能に対するフェールセーフ

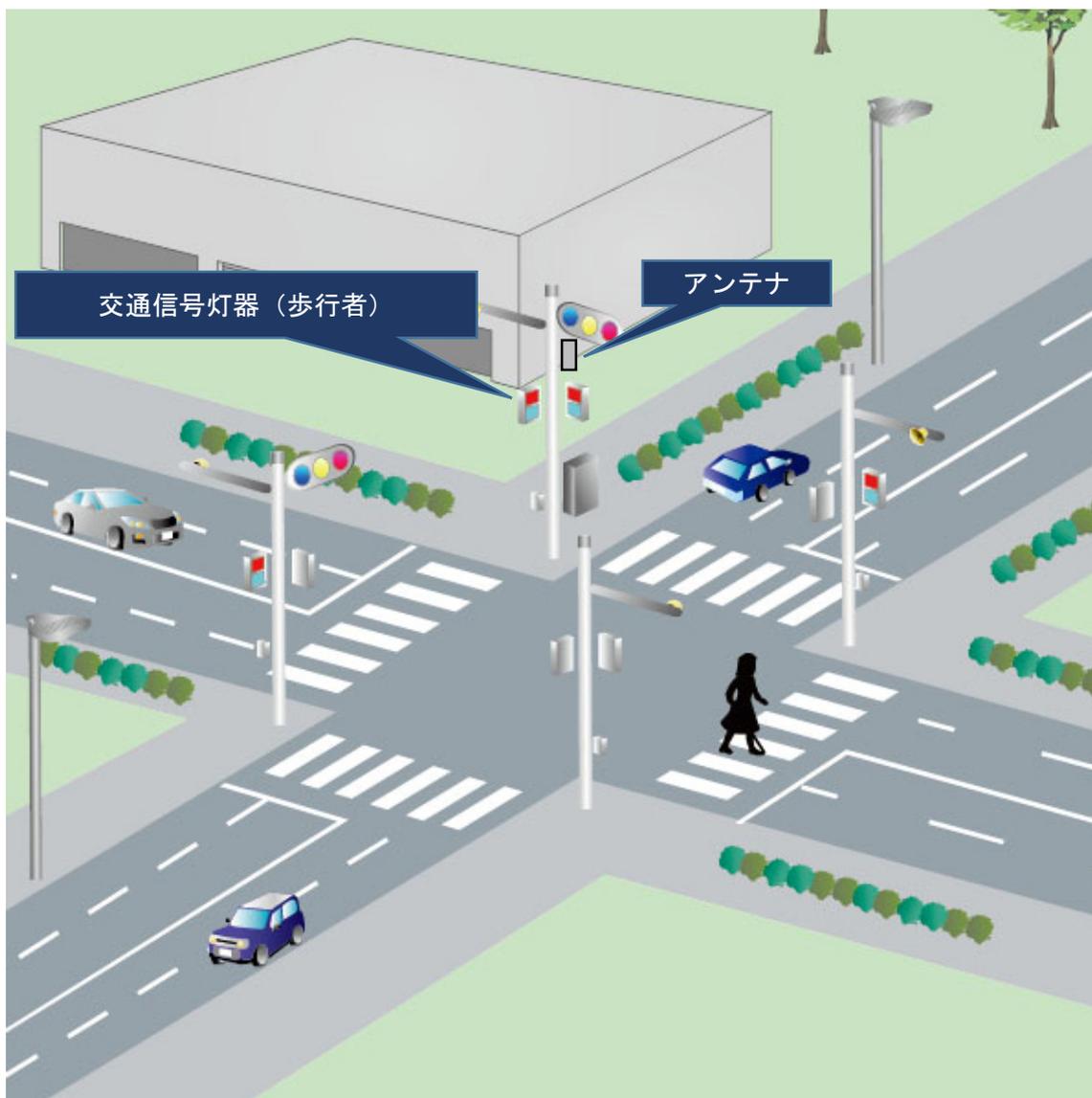


図 23 BLE路側機を交通信号灯器（歩行者用）に統合（今後要検討）

表 22 交通信号灯器（歩行者用）統合整備の場合のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・新設時に費用削減可能（機器・工事費用） ・信号柱への風圧荷重増加なし ・音響式交通信号付加装置不要箇所にも設置可能 ・景観に優れる ・歩行者灯器のLED化に合わせてBLE路側機の展開が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・LED灯器更新後の交差点への追加方法（既存品には後付け不可の可能性あり）

課題：BLE路側機及びアンテナの小型化

BLE運用方法追加検討（小エリアでの複数機器の連携等）



図 24 歩行者用押ボタン箱に統合（今後要検討）

表 23 歩行者用押ボタン箱統合整備の場合のメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・新設時に費用削減可能（機器・工事費用） ・信号柱への風圧荷重増加なし ・音響式交通信号付加装置不要箇所にも設置可能 ・景観に優れる ・専用端末の代替が可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・既設箇所への追加方法 （既存品には後付け不可）

課題：BLE路側機・アンテナの小型化

BLE運用方法追加検討（小エリアで複数機器を連携等）

歩行者多数の場合の到達エリア確認等

5. まとめ

5.1 本調査研究の成果

本調査研究においては、次の検討を実施し、各項目の検討結果をすべて本報告書にまとめ、所期の目的を達成した。概要は次のとおり。

(1) 既存の交通安全施設との整理・統合に関する検討

ア 高度化P I C Sとの整理・統合に関する検討

今後の柔軟な運用にも配慮して、現状のシステム運用形態を損なわない形で、既存装置から最も融合性が高いと考えられる音響式交通信号付加装置を統合対象とした。また、機能ブロックごとに重複箇所や共用可能箇所について検討した。

イ 高度化P I C Sへの鳴動要求機能の追加に関する検討

音響式交通信号付加装置と高齢者等横断要求受付機能付歩行者用押ボタン箱及び交通信号制御機を連携させることで、携帯電話からの青時間延長要求時に同時に鳴動要求が行える回路構成を実現した。

ウ トータルコストの削減に関する検討

イニシャルコスト（機器費・工事費）、ランニングコスト（電力費）について本調査研究におけるプロトタイプの一例の試算としてそれぞれ算出した。

エ 技術の調査及び市場調査

音響式交通信号付加装置を設置した交差点においては、これまで夜間などの時間帯や設置状況によっては、周辺環境に十分配慮する必要がある。本調査研究における統合による効果と合わせて、最新技術の調査を実施したが、採用可能な技術は見いだせなかった。

(2) プロトタイプの作成及び動作試験

音響式交通信号付加装置とB L E路側機を統合したプロトタイプを作成し、下記の評価項目について動作試験でそれぞれの正常動作を確認した。

ア B L E路側機の基本機能が正常に動作すること

イ 携帯電話からの要求に対して、歩行者青時間延長と同時にスピーカからの鳴動が正常に動作すること

ウ 高齢者等横断要求機能付歩行者用押ボタン箱（無線送信機を含む）が正常に動作すること（既設システムへの影響確認）

(3) 仕様書体系の整理

本調査研究における成果物として、別添1「音響式交通信号付加装置 仕様書案」を作成した。

(4) 今後の普及拡大に関する検討

B L E路側機の普及拡大に関する課題を抽出し、今後のロードマップから想定される運用例を示した。

5.2 検討すべき課題

今後の課題としてコストの低減、機器サイズの小型化、利用者の利便性向上を挙げたが、今後統合を進めるべき装置に関する検討と、小型化に伴い平成29年度の調査研究における成果物である「携帯電話を用いた交通制約者等の移動支援システム システム定義書

(案)」におけるサービスエリアの前提条件を再度確認する必要があると考えられる。

現在のサービスエリアは大きな一つの円として想定され、サービス対象エリアが見通せる柱の上部（大型車による電波の遮断を考慮して、設置高は約5m）に送受信部を設置することを前提条件としているが、将来的に装置が小型化された場合を想定すると、歩行者用交通信号灯器や歩行者用押ボタン箱に送受信部（アンテナ）を含めて内蔵することまでが考えられる。

その場合のサービスエリアは各装置からの横断歩道半分までの半径数mの小サービスエリアとして、大型車による電波の遮断影響は低減されるものの、歩行者溜りの人数による電波の遮断影響や、送信元が増えることにより、各装置を連携させる等の追加検討が今後の課題と考えられる。

また、音響式交通信号付加装置が設置されている横断歩道であり、歩行者用押ボタン箱が設置されていない横断歩道では、BLE路側機を設置しても鳴動要求ができない。鳴動要求を行うためには、BLE路側機のほか、歩行者用押ボタン箱の設置が必要となる。

周囲への影響に配慮しつつ、視覚障がい者等が横断歩道をより安全に横断できるようにするためには、音響式交通信号付加装置への鳴動要求が一つの解決策となる。しかし、BLE路側機に加えて歩行者用押ボタン箱を設置すると、費用も高額となる。そのため、歩行者用押ボタン箱の鳴動要求機能をBLE路側機に統合することに関する追加検討も今後の課題と考えられる。

引用文献

1. 碓 直史他. 視覚情報制限下における超指向性スピーカの進路誘導性の評価. 出版地不明 : 日本交通科学協議会, 2009 年.
2. 大森 清博他. 視覚や聴覚の障害に応じた情報の提示方法に関する研究. 出版地不明 : 平成 17 年度兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集, 2005 年.
3. 酒井 新一他. スピーカの指向性が視覚障がい者用の歩行に与える影響ーパラメトリックスピーカの適用検討ー. 出版地不明 : 電子情報通信学会技術研究報告, 2004 年.
4. 田口 穰他. スピーカの指向性が視覚障がい者の歩行に与える影響. 出版地不明 : 日本音響学会研究は票会講演論文集, 2004 年.
5. 松野 博文他. 視覚障がい者のための誘導システムの開発ー視覚障がい者用音響信号のスピーカの誘導機能の確認試験ー. 出版地不明 : 平成 15 年度版兵庫県立福祉のまちづくり工学研究所報告集, 2003 年.
6. 大倉 元宏他. 周囲音が視覚遮断直進歩行に及ぼす影響. 出版地不明 : 人間工学, 2006 年.
7. 倉持 祐介他. 音声認識エンジンと超指向性スピーカを用いた Kinect 白杖システムの基礎的検討. 出版地不明 : 第 40 回感覚代行シンポジウム講演論文集, 2014 年.
8. 戒能 孝治他. 超指向性スピーカを搭載したロボットによる視覚障がい者への音背案内に関する基礎的検討. 出版地不明 : (一社)電子情報通信学会 信学技報 WIT2014-53, 2014 年.

別添 音響式交通信号付加装置 仕様書 (案)