

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP） 自動走行システム

自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討における自動走行システムの高度化及び普及展開に向けた社会面・産業面の分析に関する調査

報告書

平成29年3月

東京大学 生産技術研究所

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム

自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討における自動走行システムの高度化及び普及展開に向けた社会面・産業面の分析に関する調査報告書

目次

1. 調査概要	1-1
1.1 調査目的	1-1
1.2 調査内容	1-1
1.2.1 社会・産業に対するインパクトの明確化及び中長期シナリオ策定に向けた基礎検討	1-1
1.2.2 産学官が連携したオープンな検討体制の構築	1-2
2. 社会・産業に対するインパクトの明確化及び中長期シナリオ策定に向けた基礎検討	2-1
2.1 社会・産業に対するプラス・マイナス両面のインパクトの明確化	2-1
2.1.1 自動走行の影響に関する国内外の過去の調査・研究レビュー	2-1
2.1.2 革新的発明品の市場化などに関する調査研究のレビュー	2-7
2.1.3 自動走行システムの進化の方向性の明確化	2-9
2.1.4 社会・産業に対するインパクトの明確化	2-13
2.2 社会・産業に対するインパクトにかかる検証・評価する課題の基本概念的整理	2-17
2.2.1 検討すべき項目の抽出	2-17
2.2.2 政策評価指標（KPI）の設定	2-25
2.2.3 フォローアップすべき効果項目	2-26
2.3 シナリオ策定を目途とした検討スケジュールの立案	2-27
2.3.1 社会トレンドの整理	2-27
2.3.2 シナリオ策定に向けた検討スケジュール案	2-31
3. 産学官が連携したオープンな検討体制の構築	3-1
3.1 大学の専門家等を中心とした検討体制の構築	3-1
3.1.1 様々な分野の大学の専門家等を中心とした検討体制の構築	3-1
3.1.2 検討内容	3-3
3.1.3 検討会のまとめ	3-4
3.2 今後の継続かつオープンな産学官連携体制の構築に向けた具体的な案や進め方の提案	3-5
3.2.1 産学官連携の国内外の事例整理	3-5
3.2.2 連携のあるべき姿、具体的な実施内容・進め方	3-8

参考資料	参-1
参考 1 : 自動走行の影響に関する国内外の過去の調査・研究レビュー	参-1
参考 2 : 革新的発明品の市場化などに関する調査研究のレビュー	参-27
参考 3 : 検討会の議事概要	参-41
参考 4 : 検討会のまとめ	参-51

1. 調査概要

1.1 調査目的

SIP は、総合科学技術・イノベーション会議が府省・分野の枠を超えて自ら予算配分して、基礎研究から出口（実用化・事業化）までを見据えた取組を推進するために創設されたプログラムであり、その対象課題、各課題のプログラムディレクター、予算配分については、総合科学技術・イノベーション会議において決定された。対象課題の一つである自動走行システムについては、研究開発計画

(http://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku/6_jidousoukou.pdf) に基づき、

- ① 交通事故低減等 国家目標の達成
- ② 自動走行システムの実現と普及
- ③ 東京オリンピック・パラリンピックを一里塚として飛躍

を目的・出口戦略として関係各省庁と連携して研究開発を推進することとしている。

このうち、内閣府では、

内1：自動走行システムの実現に向けた諸課題とその解決の方向性に関する調査・検討

内2：交通事故死者低減の国家目標達成に向けた調査・検討

を実施する。

近年、自動走行システムについては、世界各国の自動車メーカーの他、IT系企業などの新興企業も積極的に開発に取り組むなど、世界的に関心が高まってきている。今後、自動走行システムの高度化及び普及展開を推進していくためには、日本国内外における社会的・産業的な影響や変化に伴うリスクを明確化し、どのように対処していくのか、長期的な視点でシナリオを策定し、自動走行システムに対する国民の更なる理解を図ることが必要である。

1.2 調査内容

1.2.1 社会・産業に対するインパクトの明確化及び中長期シナリオ策定に向けた基礎検討

自動走行システムの高度化及び普及展開のためには、今後の社会面・産業面に対するプラス／マイナス両面のインパクトを明確化し、その対処に向けたシナリオの策定が必要である。

上記を見据え、平成28年度事業では、表1-1のような観点（例）から、数値的な指標やリスク等を定め、検証・評価する課題の基本概念を整理する。また、シナ

リオ策定を目途とした検討スケジュールを立案すること。なお、これには社会受容性の向上のための発信及び国際的な相互理解等を視野に入れ、立案すること。

表 1-1 検討する項目（例）

	検討項目
社会面	交通事故死者低減、環境負荷（CO ₂ ）低減、渋滞削減、高齢化対策、地方活性化、過疎化対策、交通制約者支援、交通教育、サイバー攻撃やテロのリスク 等
産業面	自動車産業（OEM、サプライヤー）への影響、情報通信（IT）産業・保険業界等自動車周辺産業への影響、新サービス創出等

1.2.2 産学官が連携したオープンな検討体制の構築

上記 1.2.1 の調査検討の実施にあたり、公平かつ中立的な観点から、大学の専門家等を中心にした検討体制を構築すること。その専門家等は、工学分野に加え、社会・経済の他、幅広い分野からメンバーを募る。（メンバー数：10名程度以下）

検討を進めるにあたり、上記 1.2.1 の課題や検討スケジュールについて、内閣府や関係者等と連携を図り、評価を行う。

将来も継続して自動走行システムの高度化及び普及展開を推進していくためには、産学官が連携しつつ、様々な課題を抽出し、継続的に対応していく必要がある。上記の検討体制は、継続的かつオープンな産学官連携体制に繋がるものであり、その構築に向けて具体的な案や進め方を提案する。

2. 社会・産業に対するインパクトの明確化及び中長期シナリオ策定に向けた基礎検討

2.1 社会・産業に対するプラス・マイナス両面のインパクトの明確化

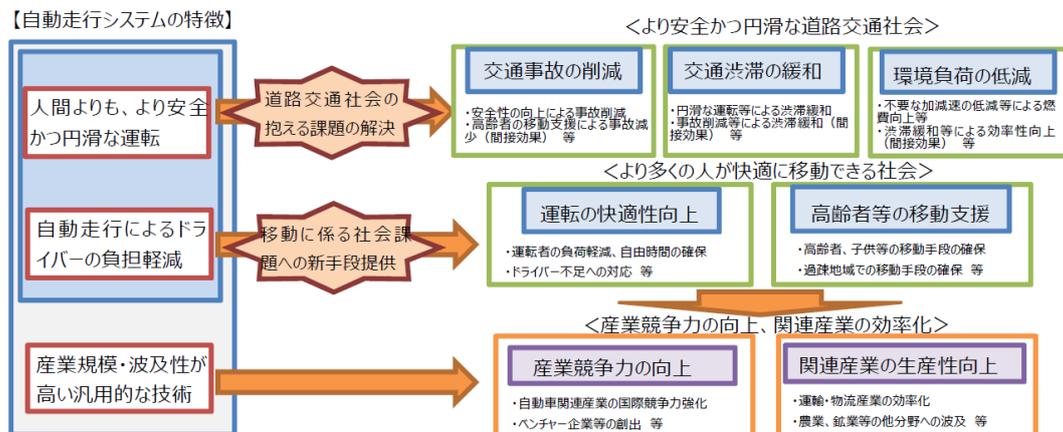
2.1.1 自動走行の影響に関する国内外の過去の調査・研究レビュー

国内文献では、交通事故の削減、渋滞の解消・緩和、環境負荷（温室効果ガス排出量）の軽減、高齢者等の移動支援をインパクトとして取り上げていることが多い。例えば、「官民 ITS 構想・ロードマップ 2016」で整理されており、運転の利便性の向上や産業競争力の向上、関連産業の生産性の向上などもインパクトとして整理されている。



出典：国交省資料（自動運転の効用他）

図 2-1 自動運転のインパクト

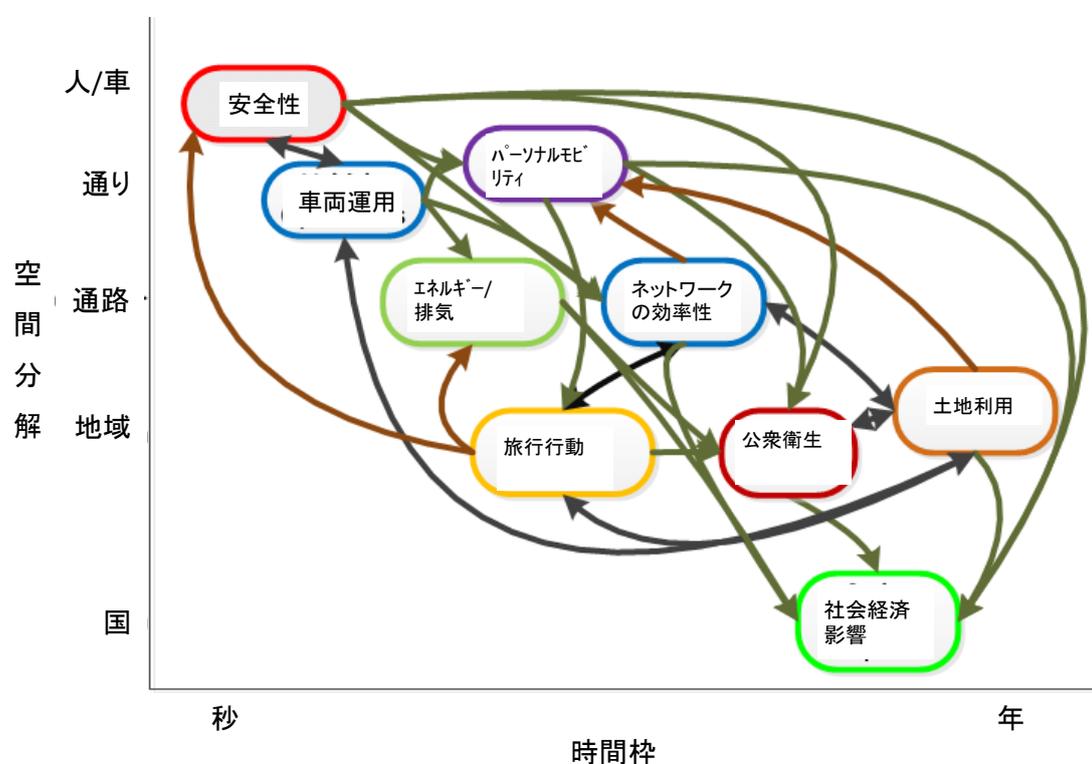


出典：官民 ITS 構想・ロードマップ 2016

図 2-2 自動走行システムの社会的期待

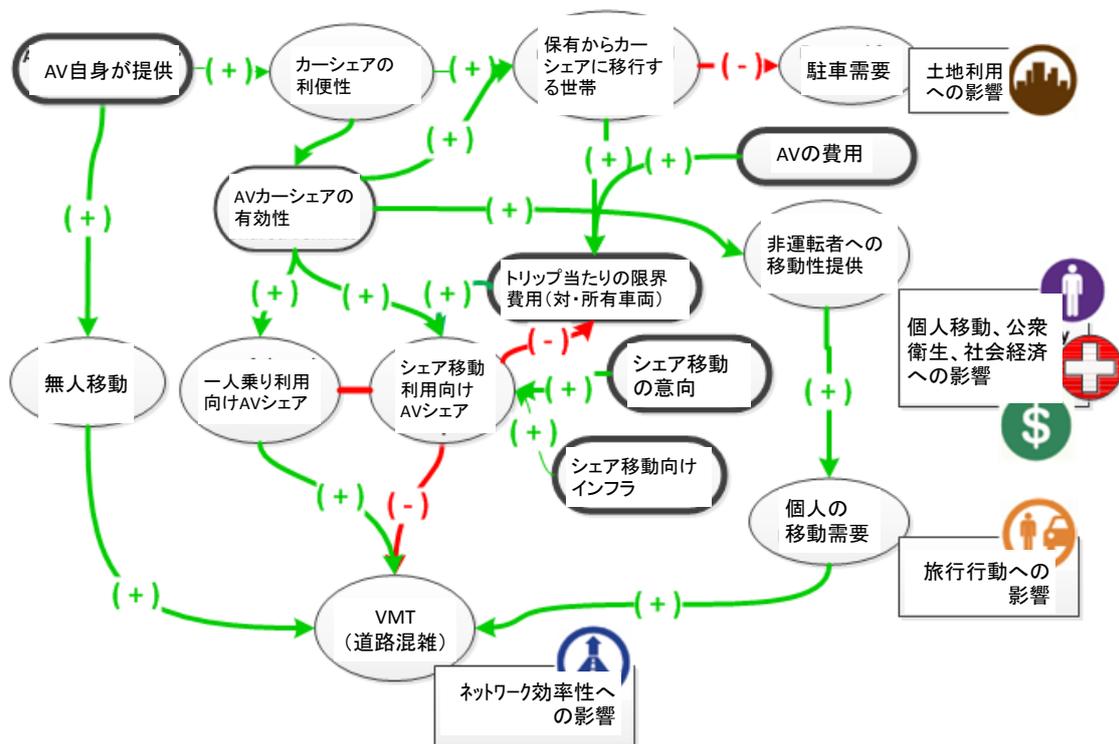
国外では、第3回SIPワークショップでのScott Smith氏(USDoT:米国連邦交通省)の「自動運転システムの利益評価」に関する発表資料で体系的に整理されており、安全性やネットワークの効率性、エネルギー/排出量等の他に、費用や車両運用、資産管理、旅行行動、公衆衛生、土地利用、社会経済などの直接・間接の影響があるとしており、空間・時間の広がりの中で下図のように整理を行っている。

発表資料の中には、次頁に示したように、直接的影響から間接的影響への移行例を整理しており、自動運転車両(AV)が利用者に提供する影響について整理がなされている。また、排出量については、交通シミュレーションモデルを用いた定量的な評価も行われている(次頁の表参照)。



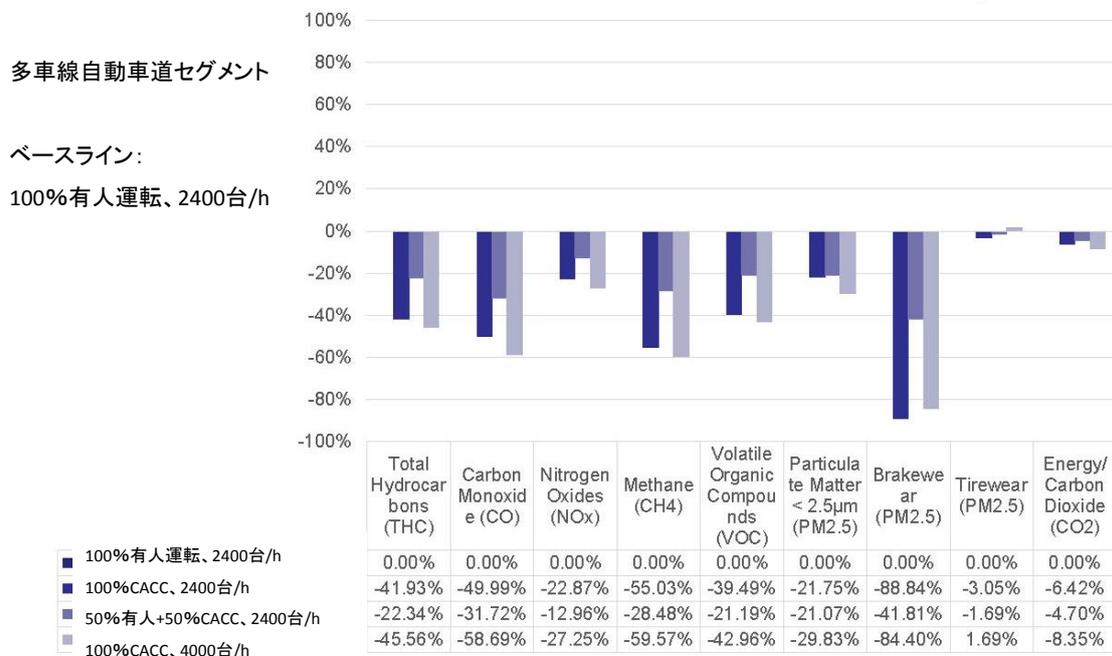
出典：Benefits Estimation for AV system

図 2-3 自動運転システムの社会・経済面の影響 (時空間での要素の関連性)



出典：Benefits Estimation for AV system

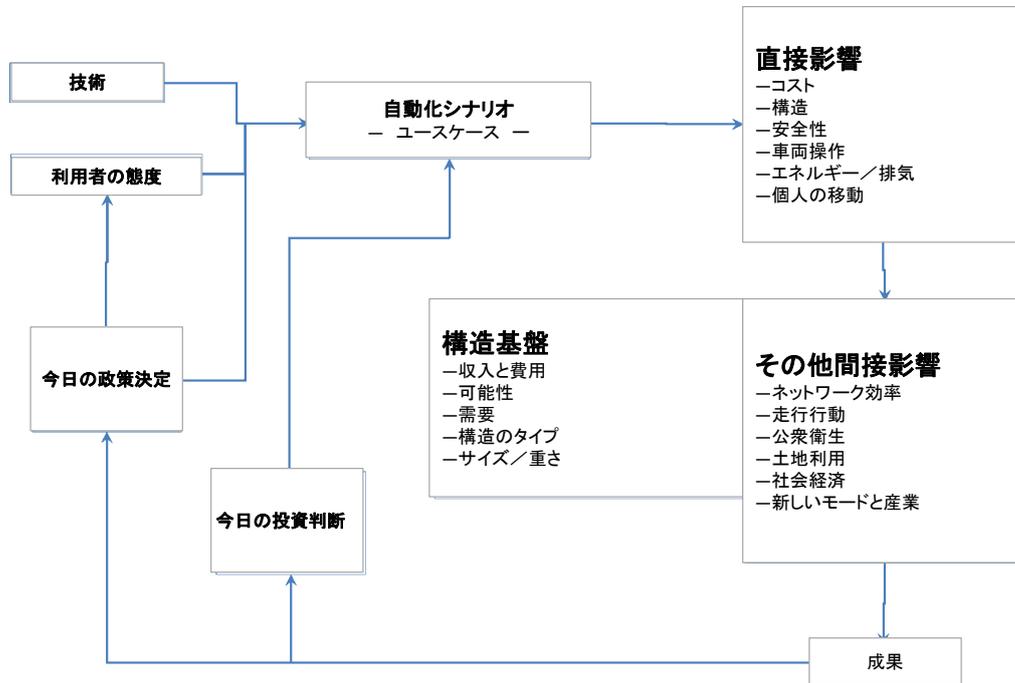
図 2-4 自動運転システムの社会・経済面の影響（因果関係）



出典：Benefits Estimation for AV system

図 2-5 自動運転が大気環境や地球温暖化に与える影響の試算

また、TRB_AVIS2016 の Breakout Session Impact Assessment では、以下の整理がなされている。



出典：Breakout Session Impact Assessment (TRB_AVIS2016_proceedings_agenda)

図 2-6 自動運転システムの社会・経済面の影響（因果関係）

自動化システム	直接的	媒介 (一次)	間接的 (二次)
Automated 自動制動/速度 制御	より近距離の車間距離？	Market penetration 市場浸透、リスク需要	リンクキャパシティの増加 公共政策
L 緯度案内 guidance	L 車線維持	市場浸透、リスク需要 スケール 市場浸透 Market penetration	レーン幅要件の削減 Requirements 公共政策
F 完全自動化	Driverless 無人運転 操作	利用者の習慣 制度 ビジネスモデル	Reduced demand 駐車需要の減少 市場
G クラッシュ回避 技術 technology	F 車両重量 の削減	規制 一般受容	Use of automated 若者/老人による自動 車両の使用 社会動向
		スケール 市場浸透	舗装の影響の低減 Impacts 公共政策
		電気自動車バッテリー 技術	電気自動車の範囲の 増加 改良された公益 体
			Increased mobility 非ドライバーのモ ビリティの向上
			PMRコストの削減
			排出量削減 emissions

出典：Breakout Session Impact Assessment (TRB_AVIS2016_proceedings_agenda)

図 2-7 自動運転システムの直接・間接の影響

表 2-1 国内事例の整理表

分野	項目	安全・持続可能な交通社会の実現に向けた協調 ITS の提言	官民 ITS 構造・ロードマップ 2016	ITS による未来創造の提言	経産省における自動走行関連の取組みについて	自動車の自動化運転その許容性を巡る学際的研究	自動運転の効用ほか
社会	交通事故死者低減	安全性向上	交通事故の削減	交通事故の削減	道路交通における安心・安全の確保	安全性	交通事故の削減
	環境負荷 (CO2) 低減	環境負荷の低減	環境負荷の低減	エネルギー消費の総和の最小化	—	—	—
	交通渋滞削減	円滑性の向上	交通渋滞の緩和	渋滞の未然防止や早期解消	—	便利性の維持と強化	渋滞の解消・緩和
	交通制約者支援	移動ニーズへの適切な対応 (高齢者等の交通弱者対策)	高齢者等の移動支援 (高齢者、子供等の移動手段の確保)	—	—	—	—
	高齢化対策			高齢者が安全で快適に移動可能	高齢者等の移動支援	少子高齢化社会における移動手段のオプションを提供	高齢者等の移動支援
	地方創生・地方活性化	移動ニーズへの適切な対応 (地方部・中山間部)	—	移動ニーズへの適切な対応 (地方部・中山間部)	地方の活性化	—	—
	過疎化対策	—	高齢者等の移動支援 (過疎地域での移動手段の確保)	—	—	—	—
	交通教育	—	—	—	—	—	—
	サイバー攻撃・テロのリスク	—	セキュリティのリスクが上がり、サイバーテロ等による道路交通社会への影響大	—	—	—	—
	法制度と社会受容性への影響	—	—	—	—	現行の法制度がおいついていない	—
	大都市・都市・地方システムや国土計画への影響	—	—	—	—	—	—
	道路・街路・まちづくりなどインフラの構造・維持管理水準・基準への影響	—	—	—	—	—	—
	通信インフラへの影響	—	—	—	—	—	—
	物流・流通分野への影響	—	運輸・物流産業の効率化 ドライバー不足	トラックの自動隊列走行システムや高度安全運転支援機能により物流面の効率化	—	—	国内輸送の更なる効率化
	投資・ファイナンス環境への影響	—	—	—	—	—	—
	公共概念と費用負担・税・料金と受益者負担・原因者負担論理への影響	—	—	—	—	—	—
	運転免許制度への影響	—	—	—	—	—	—
	社会と個人との関わり合い	—	—	—	—	—	—
医療・介護	—	—	—	—	—	—	
その他	快適性の向上 (運転負荷の軽減)	ドライバーの運転技量の低下	高度な運転支援機能により快適さを楽しむ	—	交通手段・生活手段の多様化 公共交通の補完	—	
経済	自動車産業 (OEM、サプライヤ) への影響	—	自動車産業の競争力強化	—	自動車産業の競争力強化	—	—
	情報通信産業・保険業界・計測機器作業等自動車周辺産業への影響	—	—	—	—	—	—
	新サービス・新産業創出	—	産業競争力の向上 (ベンチャー企業等の創出)	—	新たな関連産業の創出	—	—
	一般産業界における雇用・労働環境変化への影響	—	—	—	—	—	—
	関連作業・技術者 (整備工場、整備士など) への影響	—	—	—	—	—	—
	シェアリングエコノミー・プラットフォームビジネスとの関係・相互作用	—	シェアリングエコノミーとの競合・連携	—	シェアリングエコノミーとの競合・連携	—	—
	その他	—	車両販売のビジネスモデルの変化	—	産業競争力の強化	観光・ガイドツアー	国際競争力の強化

表 2-2 国外事例の整理表

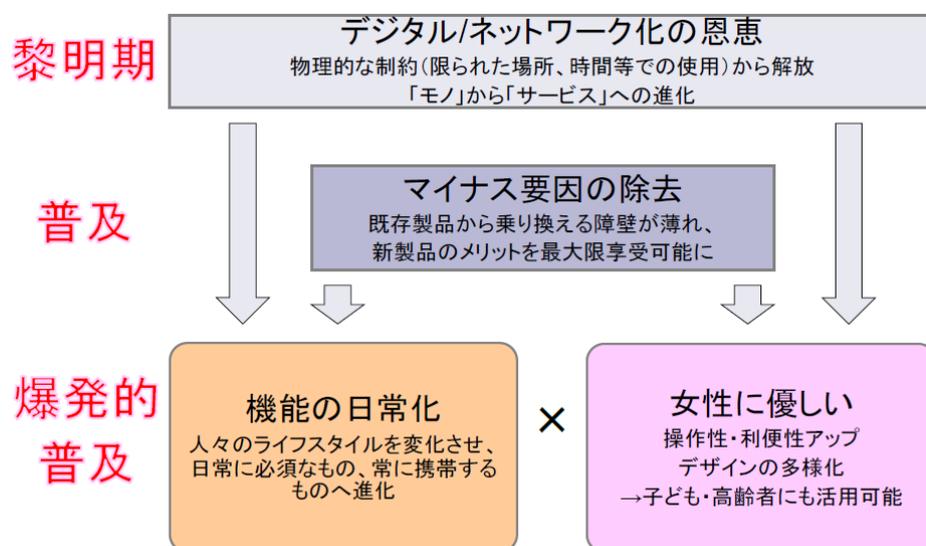
分野	項目	Benefits Estimation for AV system	Breakout Session Impact Assessment	Dr. Steven E. Shladover
社会	交通事故死者低減	Safety 安全性	Safety 安全性	安全性の向上
	環境負荷 (CO2) 低減	Energy/Emission エネルギー/排出量	Energy/Emission エネルギー/排出量	エネルギー使用量と排出量の削減
	交通渋滞削減	Network Efficiency ネットワークの効率性	Network Efficiency ネットワークの効率性	道路インフラ容量の拡大・交通流の向上
	交通制約者支援	Personal Mobility パーソナルモビリティ	Personal Mobility パーソナルモビリティ	—
	高齢化対策	Personal Mobility パーソナルモビリティ	Personal Mobility パーソナルモビリティ	—
	地方創生・地方活性化	—	—	—
	過疎化対策	—	—	—
	交通教育	—	—	—
	サイバー攻撃・テロのリスク	—	—	—
	法制度と社会受容性への影響	—	—	—
	大都市・都市・地方システムや国土計画への影響	Land Use 土地利用	Land Use 土地利用	—
	道路・街路・まちづくりなどインフラの構造・維持管理水準・基準への影響	Asset Management 資産管理	Asset Management 資産管理	—
	通信インフラへの影響	—	—	—
	物流・流通分野への影響	—	—	—
	投資・ファイナンス環境への影響	—	—	—
	公共概念と費用負担・税・料金と受益者負担・原因者負担論理への影響	—	—	—
	運転免許制度への影響	—	—	—
	社会と個人との関わり合い	—	—	—
医療・介護	Public Health 公衆衛生	Public Health 公衆衛生	—	
その他	Vehicle Operations 車両運用 Travel Behavior 旅行行動	Vehicle Operations 車両運用 Travel Behavior 旅行行動	—	
経済	自動車産業 (OEM、サプライヤ) への影響	—	—	—
	情報通信産業・保険業界・計測機器作業等自動車周辺産業への影響	—	—	—
	新サービス・新産業創出	—	—	—
	一般産業界における雇用・労働環境変化への影響	—	—	—
	関連作業・技術者 (整備工場、整備士など) への影響	—	—	—
	シェアリングエコノミー・プラットフォームビジネスとの関係・相互作用	—	—	—
	その他	Socio-Economic 社会経済	Socio-Economic 社会経済 New Modes and Industry 新しいモードと産業	—

2.1.2 革新的発明品の市場化などに関する調査研究のレビュー

ここでは、革新的発明品で爆発的に普及した「スマートフォン」「デジタルカメラ」「デジタルオーディオプレイヤー」を取り上げ、既存文献等を活用して普及メカニズムの整理を行った。

各製品の詳細については参考資料に整理し、ここでは爆発的普及のメカニズムについて整理を行った。

公益社団法人日本経済研究センターでは、製品の爆発的普及には「機能の日常化」「マイナス要因の除去」「女性層の取り込み」の3つの要因があると整理している。



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 2-8 爆発的な普及の3要因

(1) 機能の日常化

従来製品にない新製品の特徴をみていくと、各製品の機能がユーザーにとってより身近な存在になっている。例えば、スマートフォンでは、携帯電話の提供する「連絡を取る」というサービスに「インターネット、情報共有」といったサービスが追加され、耐久消費財というモノ自体ではなく、耐久消費財が提供するサービスの進化が、「機能の日常化」を導き、新たな需要を掘り起こしている。

(2) マイナス要因の除去

「機能の日常化」という爆発的に普及した製品の特長は、製品が登場した当初か

ら存在していた。しかし、どの製品もすぐに普及したわけではない。新製品から得られるメリットが、従来製品から乗り換えるデメリットを超えなければ、普及は限定的である。従来製品と比較し、劣っている点がある程度解消されてから、爆発的普及が加速している。

(3) 女性層の取り込み

爆発的普及には、性別に関係なく受け容れられることが不可欠である。製品が爆発的に普及した時期、女性の保有率が上昇しており、女性層が爆発的普及を牽引したと考えられる。女性層を取り込むことができた背景には、デジタル化によって物理的な制約から解放され、自由に製品をデザインすることが可能になったことや、女性が扱いやすい便利な機能の追加などがある。

2.1.3 自動走行システムの進化の方向性の明確化

(1) 進化の二極化

自動走行システムの進化の方向性は、「高度な運転支援」と「高度な自動運転」に二極化すると考える。前者は、最後はドライバー責任だが、ほとんどがシステムによる制御でLv2の高度化した姿、後者はドライバーがいない移動体でLv4の対応できる環境が広がった姿である。Lv3は技術開発の面からはLv4の車両開発の過程に発生しうるが、技術面、法律・規制面、社会的ニーズを踏まえると、最終的には存在せず、全てLv5に集約されるものと想定する。

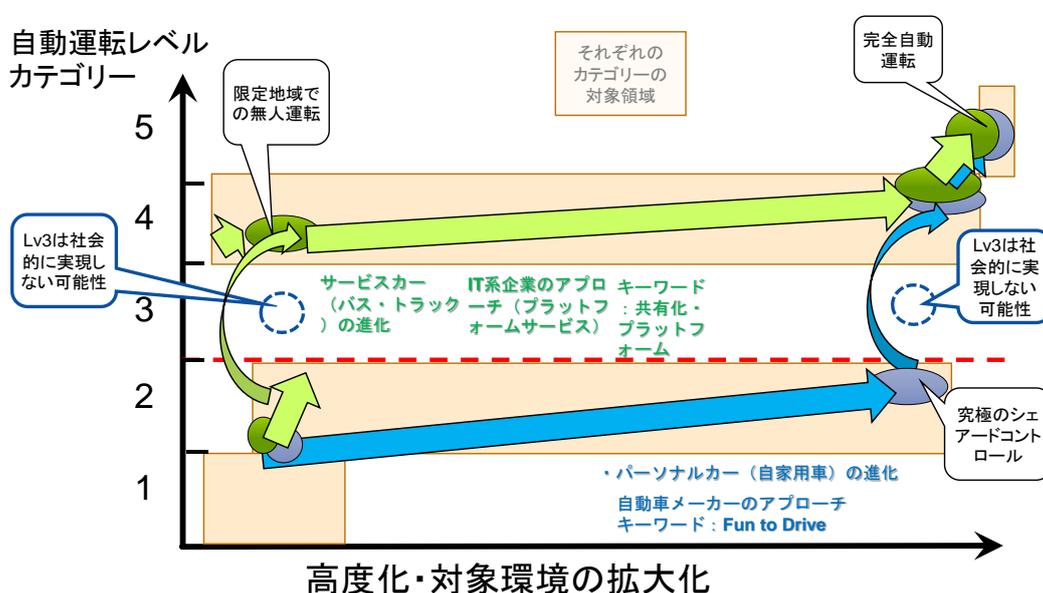


図 2-9 自動走行システムの進化の姿

(2) Lv3の位置づけ

Lv3は技術的には存在し、Lv4の車両開発の過程で発生し得る。Lv3車両で、システムの能力限界な環境等をテストコース等の走行で突き止め、それらを克服することで、Lv4に近づいていく。

一方、Lv3の存在に当たっては、ドライバーのレベル（スキル）分けが必要である。システムよりドライバーの方が、スキルが高い状況の時のみLv3が存在し得る。なお、ドライバーとシステムのスキルの大小は環境・状況によって変化する。

ドライバー < システム

（例：衝突軽減ブレーキ、自動衝突回避、高齢ドライバー運転支援）→Lv2かLv4であるべき。

ドライバー > システム

（例：自動運転システムの公道実証実験時等技術開発時の一時的な運用）→Lv3が存在し得る

また、Lv3には技術面、法律面・規制面で以下のような課題がある。

技術面では、居眠りを含むセカンドタスク中のドライバーが、(例えば 4 秒以内に) 運転タスクに戻れるのかという課題がある。これは、事実上、システムはドライバーの状態を常時把握しておく必要があるということになり、技術的に実現可能であるかどうかという課題がある。

また、法律面、規制面では、Lv3の乗客は、必要に応じてドライバーに変わるため、運転免許所持や飲酒運転の禁止など、ドライバーと同じ責任を負う必要があるといった課題がある。また、ドライバーと同じように、最先端の技術に対応出来る状態でなければ安全性を確保できないため、法律・規制面で危険性がある。

一方、社会的ニーズに関しては、ドライバーのスキルが高ければLv3は存在し得るが、普通のドライバーはLv3の車両を好まず、社会的ニーズが少ないと考えられる。

つまり、技術開発の面からはLv3は存在するが、社会的なニーズ等を踏まえるとLv2又はLv4に二極化し、最終的にはLv5に集約すると考えられる。

(3) 社会的ニーズからみた二極化の方向

1) Lv2の社会的ニーズ

Lv2の進化した形は、シェアードコントロールや人馬一体型等が想定され、多様な社会的なニーズが存在する。

例えば、衝突軽減ブレーキや自動衝突回避のような既存の自動車の安全性向上や、ART正着制御のような既存のサービスの高度化、運転スキルが低下した高齢ドライバーに対して高度化したLv2車両のみ運転可能な運転免許要件の緩和などの高齢者ドライバー支援(地域のモビリティ確保)、高度化したLv2トラック等のみ運転可能な運転免許要件の緩和などによる運送業やバス運行会社のドライバー不足支援などが社会的ニーズとして考えられる。

2) Lv4の社会的ニーズ

一方、Lv4の進化した形は、ドライバーがいない移動体(無人運転システム)が想定され、こちらも多様な社会的なニーズが存在する。

例えば、ラストワンマイルや子供の通学・送迎等の過疎地/地方の交通弱者(高齢者、運転免許を持たない人等)のモビリティ確保、混在交通下でのバスの自動運転によるバス等のドライバー不足の支援、カーシェア・ライドシェアの自動運転化による自動車の共有化、主に幹線道路における拠点間完全無人運転や市街地等での配送時完全無人運転等による運送業のドライバー不足の支援・輸送コストの削減、区域制限のないバレー駐車などが社会的ニーズとして考えられる。

上記で整理した社会的ニーズを、自動運転レベルカテゴリと高度化・対象環境の拡大化の2軸で整理したものが以下の図である。社会的ニーズが、Lv2、Lv4 のカテゴリの対象領域にあることが分かる。

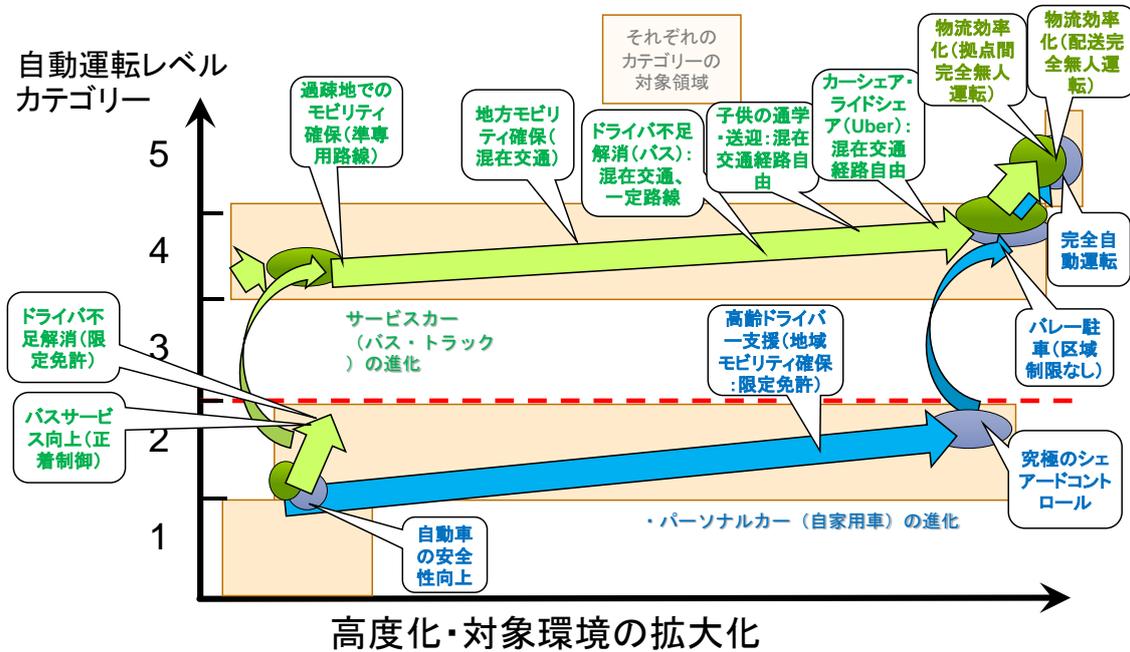


図 2-10 自動走行システムの進化の姿（案）～ニーズからのアプローチ～

また、具体的なサービスとその実現可能時期を、自動運転レベルカテゴリーと高度化・対象環境の拡大化の2軸で整理したものが以下の図である。年を追うごとに、高度化・対象環境の拡大化が進んでいることが分かる。

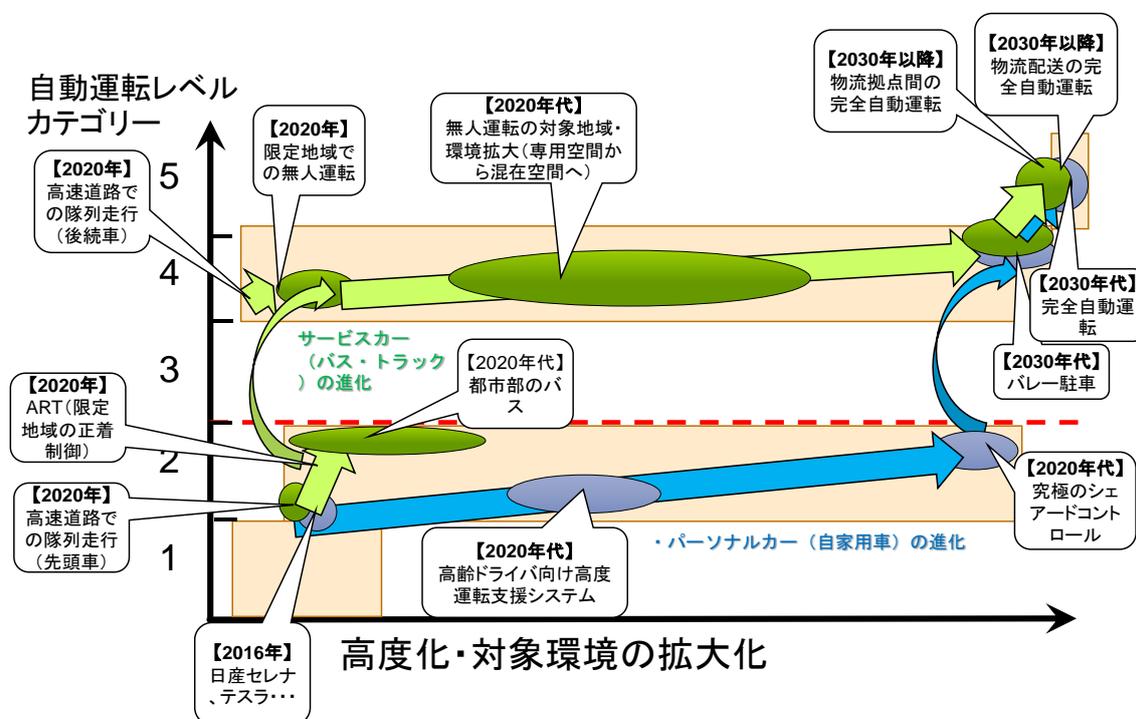


図 2-11 自動走行システムの進化の姿 (ロードマップ)

2.1.4 社会・産業に対するインパクトの明確化

自動走行システムの高度化及び普及展開のため、今後の社会面・産業面に対するプラス／マイナス両面のインパクトを明確化する。社会・産業に対するインパクトの整理にあたっては、先に示した自動走行システムの進化の方向性は、「高度な運転支援」と「高度な自動運転」に二極化するという考え方を踏まえ、それぞれを Lv2 の高度化、Lv4 とし、さらに Lv2 の高度化と Lv4 の共通の内容として整理する。

(1) インパクトの分類

社会・産業に対するインパクトの明確化にあたって、対象となる自動走行システムは、現状の自動運転開発の世界的流れ等を考慮し、以下に示す 3 つの分類とする。なお、この 3 つの分類に加え、それぞれの共通事項となる内容についても整理する。

- 人流・パーソナルカー（自家用車）
- 人流・サービスカー（バス、ライドシェアも含む）
 - ラストワンマイル（Lv2：ART、Lv4：無人運転バス等）を含む
- 物流・サービスカー（トラック）
 - 隊列走行（先頭車：有人(Lv2 の高度化)、後続車：無人(Lv4 の高度化)を含む

(2) 社会へのインパクト

自動走行システムの高度化及び普及展開に関する今後の社会面に対するプラス／マイナスのインパクトを以下の表に示す。

ここでは、先に示した自動走行システムの進化の方向性を Lv2 の高度化、Lv4 とし、さらに Lv2 の高度化と Lv4 の共通の内容とし、インパクトの対象とする自動走行システムは、人流・パーソナルカー、人流・サービスカー、物流・サービスカー（トラック）の 3 つとそれぞれの共通事項に関して、今後の社会面に対するプラス（+）／マイナス（-）の整理を試みた。

表 2-3 社会へ期待されるインパクト

	Lv2の高度化	Lv4	共通
人流・ パーソナルカー	<ul style="list-style-type: none"> ・交通事故削減(高齢ドライバ)(+) ・交通制約者支援(高齢ドライバ)(+) ・免許制度(緩和)への影響(+) 等		<ul style="list-style-type: none"> ・移動の楽しみ(+) 等
人流・ サービスカー (バス)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライバ不足解消(限定免許)(+) ・バスサービス向上(正着制御)(+) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・交通制約者支援(+) ・地方創生・地方活性化、過疎化対策(+) ・都市、地方システム、国土計画、まちづくりへの影響(+,-) ・公共概念と費用負担への影響(+,-) ・社会的便益と追加義務付与への影響(+,-) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・運行コスト縮減(+) ・ドライバ不足解消(+) ・移動の楽しみ(+) 等
物流・ サービスカー (トラック)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライバ不足解消(限定免許)(+) ・運転手運転負担軽減(+) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・物流、流通コスト縮減(+) ・ドライバ不足解消(+) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・物流、流通コスト縮減(+) ・一般車両の走行への影響(-) ・隊列構築・解消による影響(新たな道路インフラ整備)(+,-) 等
共通事項		<ul style="list-style-type: none"> ・社会的受容性、倫理哲学への影響(+,-) ・法制度への影響(+,-) ・新たな保険のニーズ(+) ・インフラ構造、維持管理水準への影響(+,-) ・新たなインフラ(高精度地図)整備への影響(+,-) ・走行台キロ、渋滞、環境負荷の増加(-) ・税、料金、受益者負担等への影響(+,-) ・医療・介護、健康・福祉への影響(+) ・移動中の人の活動の変化(+) ・交通教育への影響(無人車両)(+,-) ・新たな免許制度への影響(-) ・自動車産業、周辺産業への影響(+,-) 等	<ul style="list-style-type: none"> ・サイバー攻撃、テロリスク(-) ・環境負荷低減(+,-) 等

(3) 自動車産業へのインパクト

1) エコシステムの覇者

a. サービスプラットフォームの覇者

シェアリングサービスが進展すると、Fan to Drive から Fan to Move の世界へと変化し、顧客とモビリティ・サービスをむすぶ「サービスプラットフォーム」を誰が握るのが重要である。

現在、サービスプラットフォームは、携帯電話産業においては docomo (i-mode) のようなサービス・インテグレータ、Apple (App Store) のような端末メーカー、Google (Google Play) のような OS 提供メーカーなどが、自動車産業においては Uber (サービス・インテグレータ)、トヨタ (端末メーカー) が、それぞれ覇権を握っているという状況である。

Google は OS (Android) を無償提供し、端末メーカーの仲間づくりを行い、サービスプラットフォーム (google play) の普及を加速した。自動運転車のサービスプラットフォームの覇権争いにおいても、同様の戦略を狙ってくる可能性が高い。

b. オープン・モジュラー化とエコシステム (生態系) の支配者

製品の複雑化に伴い、産業構造はクローズ・インテグラル型 (垂直統合) からオープン・モジュラー型 (水平分業) に進化する。オープン・モジュラーの世界では、モジュールごとに Winner-Take-All のデファクト・プレーヤーが生まれやすい。

例：IT 産業のインテル、マイクロソフト、Google、Facebook など

自動走行システムにおいても、デファクト・プレーヤーの候補となりうる企業が存在し、それぞれ完成車メーカー等と提携を進めている。

オープン・モジュラー化に際しては、自社の R&D 資源を注力すべき競争領域や他社のデファクト技術を活用すべき領域を見極めなくてはならない。特に IoT の世界ではネットワーク外部性と規模の経済が働きやすいために、自前主義にこだわりすぎると、競争優位を大きく失ってしまう可能性があり、注意が必要である。

政策的には、発想の基本は、欧州通信産業の競争力強化のために、通信規格 (GSM) はオープン (標準) にして新興国で仲間づくりを行い、基地局はクローズ (ノキアやモトローラの特許) にして利益を獲得した「オープン&クローズ戦略」モデルが参考になる。

2) 自動運転とシェアリング

自動運転車は購入費が高い（初期投資が高い）ため、運行供用者を通じた普及が先に来ると想定される。また、修理・点検できる業者がディーラーなどにのみ限定されたり、日常的な維持管理について高度なものが求められてしまう可能性もある。

そのため、多くの運行供用者は、公共交通の他、シェアリングによるビジネスを行うと想定される。

- ⇒ 自動運転車は、普及初期段階は公共交通及びシェアリングサービスに活用される場面が多いと想定される。
- ⇒ 自動運転車の普及はシェアリングサービス市場の拡大と連動すると想定される。

3) 完全自動運転車をつくるインセンティブ

完全自動運転車で走行中に事故が発生した場合、その責任はドライバーの過失にはなりにくいおそれがあり、そのような事故の責任を取ってまで完全自動運転を社会実装させるのかという点に関しては、再考の余地がある。

また、完全自動運転とシェアリングが進めば、完全自動運転車の稼働率が上昇し、クルマの台数が減少し、完成車メーカーのビジネスが大幅に縮小する可能性がある。したがって、既存の完成車メーカーにとっては、破壊的イノベーションになりうる。また、このようなクルマのデザインや HMI は、標準化が求められる。

⇒ 完全自動運転車は移動のための単なる汎用デバイスになる。

一方で、高稼働率及び高水準な維持管理・点検の必要性からの買い換えサイクル短縮により、販売台数の維持・増加を促す制度設計によるインセンティブ維持も有効ではないかと考えられる。

2.2 社会・産業に対するインパクトにかかる検証・評価する課題の基本概念の整理

本節では、前節で行った自動走行システムの高度化及び普及展開の社会面・産業面に対するインパクトの明確化を踏まえ、期待されるインパクトにおける留意事項・検討事項を整理するとともに、数値的な指標やリスク等を定め、検証・評価する課題の基本概念を整理する。

2.2.1 検討すべき項目の抽出

(1) 期待されるインパクトにおける留意事項・検討事項

先に示した通り、自動走行システムの進化の方向性を Lv2 の高度化、Lv4 とし、さらに Lv2 の高度化と Lv4 の共通の内容に分けて、インパクトの対象とする自動走行システムを人流・パーソナルカー、人流・サービスカー（バス）、物流・サービスカー（トラック）の3つとそれぞれの共通事項に関して、インパクトが発揮されるための前提条件等の観点から、以下の表に示すように、期待されるインパクトにおける留意事項・検討事項を以下の表に整理した。

表 2-4 期待されるインパクトにおける留意事項・検討事項

	Lv2の高度化	Lv4	共通
人流・ パーソナルカー	<ul style="list-style-type: none"> ・高齢ドライバーの交通事故対策に必要なLv2技術の具体化 ・高齢ドライバーの交通制約者支援に必要なLv2技術の具体化 等		<ul style="list-style-type: none"> ・移動を楽しくする条件整理 等
人流・ サービスカー (バス)	<ul style="list-style-type: none"> ・バスのサービス向上につながる条件整理 等	<ul style="list-style-type: none"> ・交通制約者支援に必要なLv4技術の具体化、コスト構造分析 ・地方創生・地方活性化、過疎化対策に必要なLv4技術の具体化、コスト構造分析(インフラ整備条件を含む) ・都市、地方システム、国土計画、まちづくりへの影響の具体化 ・公共概念と費用負担への影響整理 ・社会的便益精査と追加義務付与によるコスト分析 等	<ul style="list-style-type: none"> ・移動を楽しくする条件整理 等
物流・ サービスカー (トラック)	<ul style="list-style-type: none"> ・ドライバー負担軽減につながる条件整理 等	<ul style="list-style-type: none"> ・物流・流通全体のコスト構造分析 ・ドライバー不足緩和につながる条件(労働基準法上の位置づけ)整理 等	<ul style="list-style-type: none"> ・物流全体のコスト構造分析 ・一般車両への影響整理、悪影響最小化の条件整理 ・隊列構築・解消に伴う影響整理(新たなインフラ整備等)、悪影響最小化の条件整理 等
共通事項	<ul style="list-style-type: none"> ・免許制度(緩和)の整理 等	<ul style="list-style-type: none"> ・社会的に受け入れられる条件、倫理哲学にかかる分析整理(乗客やオペレータの受容性を含む) ・法的責任の明確化、セーフティーネットの確立 ・必要となるインフラ構造、維持管理水準の明確化 ・必要となる新たなインフラ(高精度地図など)の整備水準・更新等にかかるコスト分析 ・走行台キロ、渋滞、環境負荷の影響分析 ・税、料金、受益者負担等の影響分析 ・医療・介護、健康・福祉への影響分析 ・移動中の人の活動の変化分析 ・交通教育への影響分析 ・新たな免許区分の必要性検討 ・自動車産業、周辺産業への影響 等	<ul style="list-style-type: none"> ・サイバー攻撃、テロリスクの影響分析 ・環境負荷低減への影響分析 等

(2) 特に留意・検討すべき項目

1) 技術上の課題

最後はタイヤの性能に左右されるため、制御に限界があり、事故をゼロにすることはできない。また、熟練ドライバーのような動きをするためには、制御モデル（deep learning）に状況認識、リスクの取捨選択の判断を組み込みことが重要である。更に、ソフトウェアには必ずバグが存在し、ソフトウェアの更新が必須である。更新忘れなどのリスクも常に存在し、責任の所在にも影響を与えることとなる（ドライバ・オペレータは常に最新版を保つ責任を負う）。

いわゆる「トロッコ問題」については、プログラミングすること自体が問題である。リスクの序列化をもたらし、制御アルゴリズムに倫理的リスクを抱えることとなる。

また、通信はつながらないこと、遅れることがあり得ると想定すべきである。車両制御に関しては自律走行の補助とすべきである。直接制御に影響しない走行情報を相互に交換することは有益である。また、遠隔操作の場合、通信が切れた場合（切れることを想定すべき）の安全な停車等の制御が不可欠である。

そして、信頼性と遅延はトレードオフの関係にある。全ての自動運転車のデータを無線通信でリアルタイムに送信することは非現実的であり、有用なデータの選定（経路選択情報など）、非リアルタイムでの情報収集（地図の更新情報（静的情報）等）に特化する等の工夫が必要である。

完全なセキュリティはなく、計算量とのトレードオフであることに留意が必要である。

2) 社会受容性

自動走行システムは、対象環境が限定的なほど、社会的に受け入れやすくなる。

<Lv4 共通>

自動運転車の導入リスクが社会的に受け入れられるかどうかは、他のドライバーとの関係、歩行者・自転車等との関係（広義の HMI）によって異なり、また、地域の慣習・倫理観との関係にも影響を受け、地域によって受け入れられる条件は異なる。

また、「トロッコ列車」問題は存在し続けるため、ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協でき、許容できる環境を整えることが必要である。倫理的な規制・アルゴリズムの判断は国が行うことを想定すると、社会的効用を最大化するような車を国が普及させているということになる。

<Lv4 人流・サービスカー（バス。シェアリングカーも含む）>

バスやシェアリングカーの自動運転が社会的に受け入れられるかどうかは、乗客が1人で乗れるのか、子供だけで乗れるのか、乗っていて心地よいものかといった乗客の受容性を考えることが必要であるし、乗ることの楽しさも必要である。

また、社会的ニーズ（公共性）があるか、社会的ニーズを踏まえた公的支援が必要かについても（費用対効果があるかについても）、考える必要がある。

<Lv2>

Lv2についても社会受容性を考慮する必要がある。例えば、AEB（自動緊急ブレーキ）の減速度の大きさやセンサーの検知性能、ACC・LKA搭載車両と他車両との関係、自動車線変更時の周囲への影響についても社会受容性を考える必要がある。また、横断歩道手前の自動停止などのローカルルールへの対応も必要であるし、これらの安全性能を高める技術への過信も課題として捉える必要がある。

<社会的受容性の確保に向けて（特にLv4）>

- システム導入初期：社会受容性の変容が認められるような地域に限定する
自動運転車の導入リスク（事故をゼロにできないシステム、社会的ジレンマなど倫理的課題を抱えたシステム）に対して当該地域で社会的許容が必要である。
 - 交通手段がなく、自動運転を導入することで（住民が）メリットを感じる地域で、許容されやすいのでは？（地域の習慣・倫理観、生活環境等に左右され、地域ごとに異なる）
 - 走行速度・走行空間等の条件を決め、自動運転車両の使い方、歩行者・他の車両のドライバーの行動の変更（制約）等の社会的コンセンサスをとる等の多様な対応が必要である。
 - 住民にも一定の負担（位置情報端末の所持等）を求める必要がある。また、地域での取り組みに応じて必要な法律改正も検討する必要がある。

- 上記地域で運行の実績を積み、他地域に展開する
実際に自動運転車を見せていくことも重要である。

- 並行して、一般市民への広報・啓発活動が重要である
自動運転車の能力・限界を分かってもらうことが必要（知識のギャップを埋める努力が必要）である。また、社会全体に期待や需要を高めるような広告・イベントとのタイアップ等の戦略が必要である。

- より受容される（新たな）交通ルールがあるべき

自動運転社会では、ルールに則った交通の実現がこれまで以上に求められる（例えば、欧州、米国は、一般車両も規制速度等を守っている等）。交通ルールを守ることが最も交通状況が良くなる、という状況が理想的であるべきであり、限定的な空間（離島・ニュータウン・ゾーン 30 地区など）において、より受容される（新たな）交通ルールを適用することなどもあり得る。

3) 都市のデザインとの関係

都心デザインとの関係では、コンパクトシティ（居住立地の集中化）との関係を整理することが必要である。

人口減少社会では、コンパクトシティ化が命題であり、20年後を目指した土地利用計画、道路計画を考える上で、縮退地域、拠点化地域の分け、縮退地域の縮退方法が課題となっている。このコンパクトシティにおいて自動運転のニーズがどこにあるのか、例えば、拠点間移動（コンパクトシティ間）なのか、拠点内移動（コンパクトシティ内）なのかを考える必要がある。

一方で、自動運転により、移動サービスのコスト構造が変化し、居住立地が変化する可能性もある。すなわち、遠くに居住することの費用が低下し、居住立地がコンパクトシティに逆行し、分散化する可能性が指摘されている。

移動費用が低減することに着目すると、縮退地域への自動運転バス（Lv4）の導入が期待され、住民の移動を保障することができるかもしれない。ただし、これは、自動運転バス（Lv4）の維持管理・運行費用がデマンド交通の費用を下回る必要があるし、Lv4の車両の維持管理・運行費用の精査が不可欠である。

縮退地域に住み続けることのコストを考えると、フローで見ても赤字であり、ストックに至っては大赤字である。縮退地域で住み続けること（例えば、都市を維持していくこと）のベネフィットを時間軸も考慮して精査することが必要であり、住み続けるためには社会全体でコストを支払うコンセンサスが必要である。どんな様態の縮退地域、つまり、コンパクトシティ実現のための住み替え等をどの程度実施するか、をデザインする必要性、公共福祉サービスの持続可能性での評価の必要性がある。

そういった議論を踏まえながら、都市のデザインを踏まえた自動運転車の導入戦略が必要である。

また、市街地では、自動運転により駐車場の需要が減少する一方、道路上の走行車両が増加するかもしれず、その関係を整理する必要がある。

4) ビジネスモデル

自動運転がビジネスとして成り立つか否かといった視点も必要である。ビジネス

としての成立しやすさは、人口が少ない地域よりも人口が多い地域でより可能性があり、恩恵を受ける人の大小とも関係する。市場規模を考えると、特に中核都市等でビジネスとして成立するかの実証が必要である。

また、ビジネスの成立しやすさと技術的・制度的ハードルの低さのギャップの存在に留意が必要である。過疎地は、他種類の移動体が少なくコントロールしやすく、先行導入の社会実験が行われやすいが、ビジネスの成立のしやすさ（人口の大小）とは反対になる。

一方で、制度が整っていないため、ビジネスとしてはリスクが大きい状況にある。ジュネーブ条約との関係で言えば、条約改正前の Lv4 の取扱について整理が必要である。例えば、道路交通法の想定外の案件として、時限立法で対応することも考えられ、欧州、米国へ対抗するため、日本発のストーリーを提示する必要がある。

さらに、市場の創造、マーケティングの必要性がある。そのために、具体的な箇所において、ビジネスモデル実証（ビジネスエコシステムの検討）を行う必要がある。

5) 公共性／税・料金

自動運転の普及により、公共の概念が変化する可能性に留意すべきである。

これまでは、「道路」は「公共材」であり、「移動体」は「個別交通」と「公共交通」であった。「移動サービス」はビジネスとして設計され、採算割れなら公的資金が投入されていた。

しかし、自動運転成熟後の社会は、「移動体」を個人所有しない可能性があり、「移動サービス」は公共サービス（＝道路インフラ＋ソフトインフラ／個別輸送・マス輸送問わず）となるので、シビルミニマムを検討する必要がある。つまり、市場取引はプラスアルファのサービス競争の中で実現すると考えることができ、権利（移動権）と義務（税）の再整理が必要となる。その際、考慮すべきは、移動費用の低下（人件費が不要）により公的に維持することの可能性が増大することである。

このことを踏まえて、自動運転システムの導入・運用における公的資金の導入と市場原理との関係を整理する必要がある。

6) 交通マネジメント

自動運転の普及により、交通マネジメントの枠組みが変わる可能性について留意が必要である。

自動運転車の普及により、車線・速度制御、経路誘導への直接介入による交通管制が可能となるため、動的混雑課金や通行権の市場取引が可能となる可能性があり、経路誘導・インシデント（事故）マネジメントの重要性が増大する。

また、ビッグデータの収集・蓄積・学習により交通の最適化が図られる可能性がある。交通需要・交通サービスにかかるリアルタイム情報収集し、これらのデータを蓄積・学習することにより将来を予測する技術が向上する。そのため、異次元の交通円滑化（交通渋滞発生 최소화）が図られる。一方で、全体最適と利用者最適の背反といった課題に直面し、ネットワーク全体の混雑費用最小化と個人の最短費用経路選択行動が一致しない可能性がある。

一方で、人の運転レベルよりスキルが低い自動運転車は渋滞を引き起こす可能性もある。

7) 国際標準化戦略

自動運転の国際標準化に乗り遅れると、つながる世界(コネクテッドカーの世界)でガラパゴス化する可能性がある。

5G ネットワークは、欧米企業と中国企業を中心にコンソーシアム活動が活性化しており、例えば、5GAA (5G Automotive Association) は、アウディ、BMW、ダイムラー、エリクソン、ファーウェイ、インテル、ノキア、クアルコムを創設メンバーとして、合計 33 社が加盟している。5GAA の目的はコネクテッドカーをめぐる通信環境の「標準化」であり、5GAA において ITU のデジュール標準が成立した場合、日本の完成車メーカーが独自の規格を追い求めるとガラパゴス化してしまう危険性がある。

8) 倫理的課題

倫理的な課題として「トロツコ問題」はあるが、それを何らかの形でプログラミングすることが問題となる。プログラミングにより判断の序列化をつくってしまい、それを制度として固定化してしまうことが課題である。

この課題については、ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協できる許容できる環境を整えることが肝要である。倫理的な規制・アルゴリズムの判断は国が実施することを想定し、その際、社会的効用を最大化するような車を国が普及させているということになる。

モラルに関して正当性の考え方がいくつかあり、1つの原理に収束しない可能性がある。しかし、慎重に倫理的に考えてしまうと、リスクは当然あるので自動運転車の普及について何も出来なくなる可能性がある。

9) 法的課題（民事法の観点）

自動運転の普及は、行為主体や技術性・専門性の内容が拡散し、責任主体が今までと異なる様相を呈し、手続きを含めた民事法の対応が問題となる可能性がある。

例えば、自賠法の運行供用者に責任を課すスキームを維持するのか、運行供用者概念の変容も視野に入れるのかといった議論が必要となる。

また、自動運転に種々のサービス等を組み合わせることにより、更なる問題の複雑化、機密性等の付随的なリスクが発生する可能性がある。

運転手が制御できない状況下での事故はシステム側に責任を帰属させてもよいという発想が出てくるなど、運行供用者概念を巡る議論は、今後深めるべき内容である。例えば、自動車以外の自動化されたシステム（鉄道・航空機など）の事故を参考事例として責任の所在などを把握してもよい。また、運行供用者概念が変容するならば、自動車賠償責任法とは異なるセーフティーネットで民事的な部分をカバーする必要がある。

2.2.2 政策評価指標（KPI）の設定

前述したように、自動走行システムの進化（実用化）は、Lv2の進化とLv4の進化の2つの方向性が考えられる。したがって、政策評価指標（KPI）もそれぞれのレベルに併せて適切な指標を設定することで、投入する施策の評価を行う必要がある。本節では、Lv2、Lv4の進化の姿を踏まえ、以下のKPI（案）の検討を提案する。

これらは、自動走行システムの進化（実用化）の進捗を現すKPIである。

- 技術（Lv2、Lv4）の普及状況
 - 例：出荷台数等
- 技術の高度化・対象環境の拡大化状況
 - 例：関連法規や基準の自動運転普及を目的とした改定・追加の件数
- サービス（隊列走行・ラストワンマイル等）の実用化状況
 - 例：サービス実用化箇所数

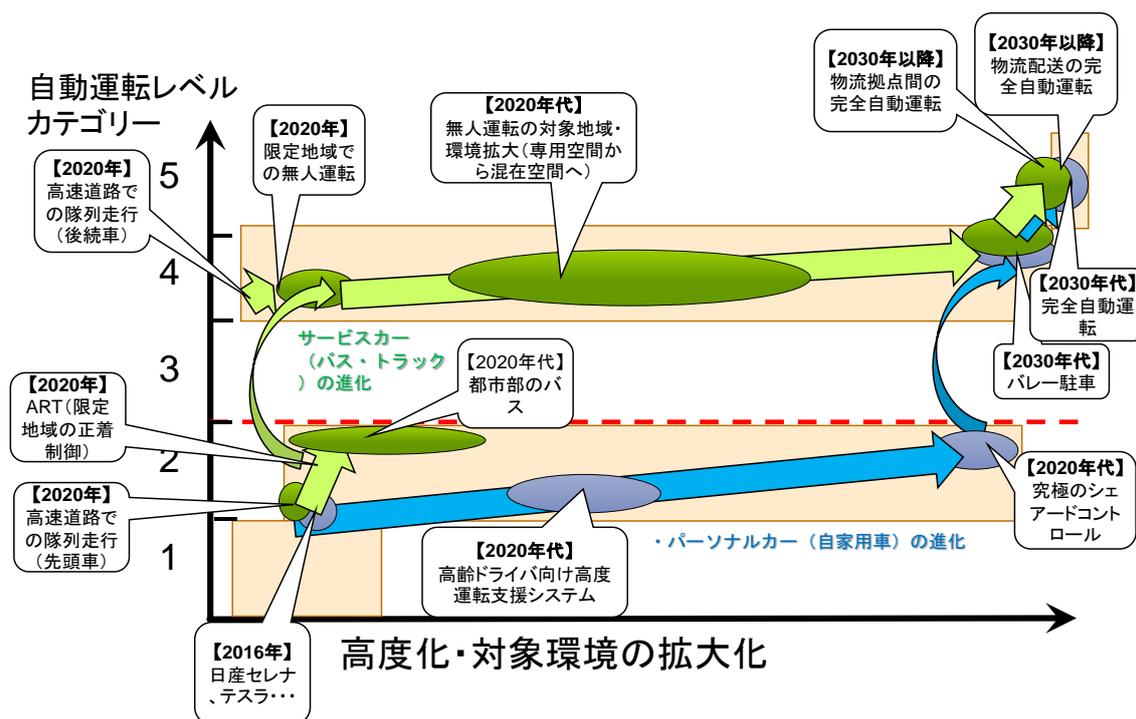


図 2-12 自動走行システムの進化の姿（ロードマップ）（再掲）

2.2.3 フォローアップすべき効果項目

自動走行システムの進化（実用化）は、技術的な進化の状況だけではなく、社会全体でフォローアップすべき項目を設定し、進捗の評価を行う必要がある。本節では、社会受容性の高まりやシェアリングサービスの高まりを表す項目等についての検討を提案する。

(1) 社会受容性の高まり状況

社会受容性の高まりを示す項目としては、「自動走行システムの実証実験・実用化箇所数」などが考えられる。

(2) シェアリングエコノミーの高まり状況

シェアリングエコノミーの高まりを示す項目としては、「シェアリングサービス利用者数・利用台数」などが考えられる。

(3) 新たなサービスの実現・創出状況

自動走行システムに付随する新たなサービスは様々なものが開発・提供される可能性があり、新たなサービスの実現・創出を示す項目としては、「新ビジネス企業数」などが考えられる。

(4) 自動車産業の変化状況

自動車産業の変化を表す項目としては、「水平分業体制への変化状況」などが考えられる。

2.3 シナリオ策定を目途とした検討スケジュールの立案

本節では、社会トレンドを整理し、この社会トレンドを踏まえた上で、「いつまでに、誰が、何を、どこまで行う」等を明示した検討スケジュール（短期、中・長期）の提示を行う。

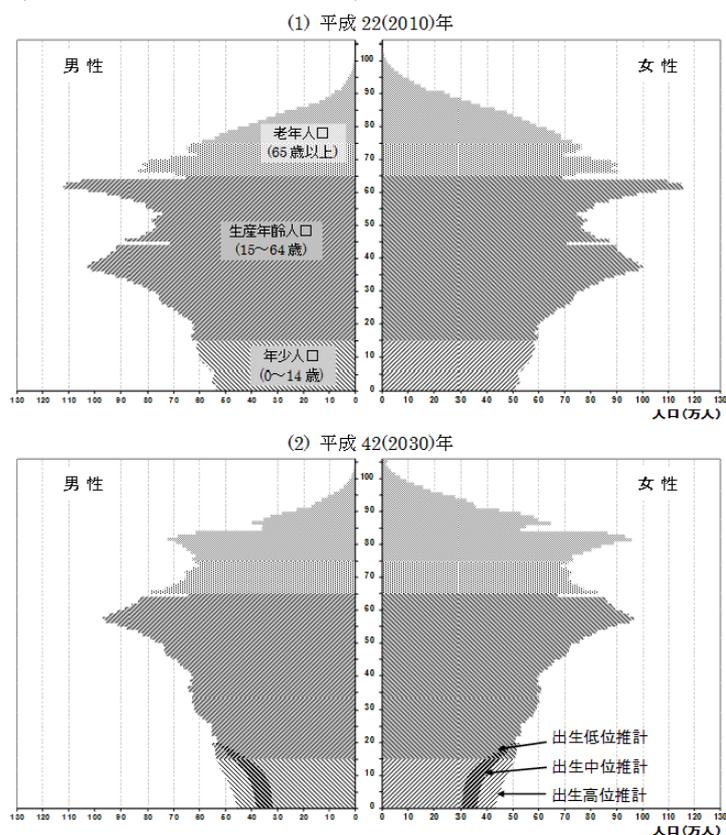
2.3.1 社会トレンドの整理

(1) 産業構造の変化、人口減少状況・少子高齢化社会など社会的トレンド

現状及び将来（2030年）の動向が把握できる「人口減少・高齢化」、「エネルギー・環境」、「産業競争力」について社会トレンドの整理を行った。

1) 人口減少と高齢化

- 総人口 : 日本 1.28 億人(2010年)→1.17 億人(2030年)→9,700 万人(2050年)
世界 69 億人(2010年)→83 億人(2030年)→93 億人(2050年)
(出典/<http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.htm> : 総務省統計局)
- 生産年齢人口 : 8,200 万人 (2010年) →6,800 万人 (2030年)
- 老年人口 : 2,900 万人 (2010年) →3,700 万人 (2030年)
- 年少人口 : 1,700 万人 (2010年) →1,200 万人 (2030年)



(出典/http://www.ipss.go.jp/syoushika/tohkei/newest04/h1_1.html : 国立社会保障・人口問題研究所)

- 高齢化率

- ・ 日本 : 23.0% (2010年) → 31.6% (2030年)
- ・ アメリカ : 13.1% (2010年) → 19.9% (2030年)
- ・ フランス : 16.8% (2010年) → 23.1% (2030年)
- ・ イギリス : 16.6% (2010年) → 21.1% (2030年)
- ・ ドイツ : 20.4% (2010年) → 28.0% (2030年)

(出典/<http://www.stat.go.jp/data/sekai/0116.htm> : 総務省統計局)

- 年齢別運転免許保有者数 (2012): 24歳以下約600万人、65歳以上1400万人

(出典/運転免許統計, 2012 : 警察庁交通局)

2) エネルギー政策の転換と環境問題

- 地球温暖化防止排出ガス削減

- ・ 地球規模での2050年CO2排出量削減目標 : 50%
- ・ 先進国での2050年CO2排出量削減目標 : 80%

(出典/2013年以降の対策・施策に関する報告書, 2013 : 環境省中央環境審議会)

- ・ 世界のCO2排出量 (2010): 中国24.4%、アメリカ17.7%、ロシア5.3%、日本3.8%

(出典/http://www.iccca.org/chart/chart03_02.html : 全国地球温暖化防止活動推進センター)

- ・ 世界のCO2排出量予測 : 先進国49% (2008) → 35% (2030) → 29% (2050)
途上国51% (2008) → 65% (2030) → 71% (2050)

(出典/2050年までの低炭素社会に向けたエネルギー供給シナリオ, 2011: 日本エネルギー経済研究所)

- 世界のエネルギー資源可採年数 : 石油 42年(2008)、天然ガス 60年(2008)
石炭 122年(2008)、ウラン 100年(2007)

- 世界のエネルギー需要 : 120,13億トン(2007年実績) → 167,90億トン(2030年見直し)

- ・ 日本 : 4% (2007年実績) → 3% (2030年見直し)
- ・ OECD(日米除く) : 22% (2007年実績) → 17% (2030年見直し)
- ・ 中国 : 16% (2007年実績) → 23% (2030年見直し)
- ・ アジア(日中韓印除く) : 7% (2007年実績) → 8% (2030年見直し)
- ・ ロシア : 6% (2007年実績) → 5% (2030年見直し)

(出典/<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/energy-in-japan/energy2010html/world/> : 経済産業省資源エネルギー庁)

- 運輸部門における石油依存度低減目標 : 98% (2000年度) → 80% (2030年度)

(出典/エネルギー白書, 2007 : 経済産業省資源エネルギー庁)

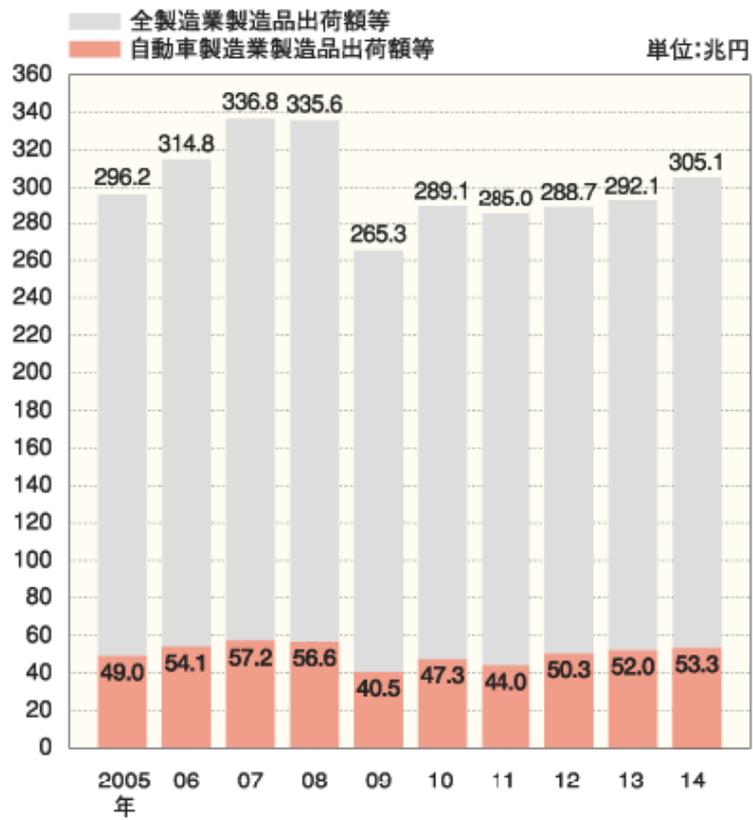
- 日本における次世代自動車 (電気自動車、燃料電池車、ハイブリッド車等) 導入予測
・ 総保有台数の約38% (2030年) ・ 販売台数の約57% (2030年)

(出典/次世代自動車普及戦略, 2009 : 環境省次世代自動車普及戦略検討会)

3) 産業競争力

- 実質 GDP の伸び率：1%程度（2005 年）→1%半ば（2030 年）
 - 1人当たり実質 GDP：1%程度（2005 年）→2%程度（2030 年）
(出典/「日本 21 世紀ビジョン」専門調査会報告書(「日本 21 世紀ビジョン」における経済の姿・指標), 2005：内閣府)
 - 世界の地域別 2030 年までの経済成長率
 - ・アメリカ：3%、EU：1.6%、中国：6.9%、インド：4.1%
(出典/2030 年の世界経済と日本経済の姿, 2005：国土交通省)
 - 高齢者の労働力率：28%（2005 年）→32%（2030 年）
(出典/「日本 21 世紀ビジョン」専門調査会報告書(「日本 21 世紀ビジョン」における経済の姿・指標), 2005：内閣府)
 - 労働力人口：6,650 万人（2005 年）
 - 5,782 万人（労働市場への参加が進んだ場合の 2035 年）
 - 5,293 万人（労働市場への参加が進まない場合の 2035 年）
(出典/将来の高齢者人口及び高齢化率、労働力人口の将来予測, 2009：国土交通省)
 - 労働生産性の伸び率：1%強（2005 年）→2%強（2030 年）
 - 産業構造
 - ・産業別 GDP シェアの変化：非製造業 76.4%（2000 年）→80%（2030 年）
製造業 23.6%（2000 年）→20%（2030 年）
 - ・産業別雇用シェアの変化：非製造業 79.6%（2000 年）→91.3%（2030 年）
製造業 20.4%（2000 年）→8.7%（2030 年）
 - コンテンツの市場規模（GDP 比）：2%（2005 年）→5%（2030 年）（年率 6.7%成長）
 - 訪日外国人旅行者数：614 万人（2004 年）→4,000 万人（2030 年）
(出典/「日本 21 世紀ビジョン」専門調査会報告書(「日本 21 世紀ビジョン」における経済の姿・指標), 2005：内閣府)
- *参考データ：国内の旅行消費額（2010 年）23.8 兆円
(訪日外国人旅行分 1.3 兆円（2010 年）→約 8.5 兆円（2030 年度予測）
(※旅行者増加数に比例と仮定)
(出典/Press Release 観光統計, 2012.5.11：国土交通省観光局)

参考：自動車製造業製造品出荷額（2010年）：47兆円



(出典/ http://www.jama.or.jp/industry/industry/industry_3g1.html : 日本自動車工業会)

2.3.2 シナリオ策定に向けた検討スケジュール案

(1) 短期

今後 2～3 年の短期においては、以下の課題の検討を想定する。

- 社会受容性
 - 自動運転車の導入リスク（事故がゼロにできないシステム、社会的ジレンマなど倫理的課題を抱えたシステム）の社会的許容促進
 - 他のドライバーとの関係、歩行者・自転車等との関係（広義の HMI）
 - 乗客の受容性（1人で乗れるのか、子供だけで乗れるのか、乗っていて心地よいものか）、
 - 実績の積み上げ、一般市民への広報・啓発戦略 等
- 自動走行システムの導入・運用における公的資金導入と市場原理との関係性整理
 - 公共の概念の再整理（公共交通の再定義）
- 都市のデザインとの関係
 - 移動サービスコスト構造の変化による居住立地の変化
- 市場の創造、マーケティングの必要性
 - ビジネスモデル実証（ビジネスエコシステムの検討）
 - ニーズ（利用者・社会システム）とシーズ（技術）のマッチング
- 国際的な相互理解のための欧米諸国をはじめとする国際連携

(2) 中・長期

中・長期を見据えては、以下の課題の検討を想定する。

- 新たな免許区分の必要性検討（Lv2 限定免許等）
- 法的責任の明確化、セーフティーネットの確立
- より受容される（新たな）交通ルールづくり
- 必要となるインフラ構造、維持管理水準の明確化
- 走行台キロ、渋滞、環境負荷の影響分析（交通マネジメントの枠組みの変化分析を含む）
- 国際標準化、基準策定等国際的な連携の枠組み、推進体制、方向性検討
- 途上国をターゲットとした、安価普及型低機能な自動走行システムの検討（新たなマーケットの開拓）

(3) 隊列走行・ラストワンマイル

1) 隊列走行

- 事業者のニーズから必要となる自動運転レベル車両の明確化

物流業界は、荷さばき・幹線輸送・個別配送を含めたトータルでのコスト縮減が求められている。したがって、ドライバー不足解消の解が無人トラックであるならば、幹線（高速道路）だけでなく、枝線（一般道）を含めた、物流拠点間の完全自動運転（Lv5）が不可欠である。そのためには、幹線輸送、個別配送、荷捌きに対して、それぞれ別の自動化技術の導入が必要となる。

また、ゴミの各戸収集など静脈物流の自動運転導入も検討すべきである（ラストワンマイルの物流版）。

2) ラストワンマイル

- 社会的受容性の検討

自動運転車の導入リスクが社会的に受け入れられるよう、他のドライバーとの関係、歩行者・自転車等との関係（広義の HMI）当該地域の慣習・倫理観との関係整理が必要である。

また、「トロッコ列車」の問題は存在し続けるので、ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協でき、許容できる環境を整えることが必要である。

一方で、1人で乗れるのか、子供だけで乗れるのか、乗っていて心地よいものかといった乗客の受容性も考慮する必要があり、乗ることの楽しさを享受できるかも検討が必要である。

併せて、公共性・費用対効果（社会的ニーズとの関係、社会的ニーズと公的支援との関係）も整理する必要がある。

- 社会的受容性の確保のための取り組みの必要性

自動運転車の導入リスク（事故をゼロにできないシステム、社会的ジレンマなど倫理的課題を抱えたシステム）が地域で許容されることが必要であるが、それは、地域の習慣・倫理観、生活環境等に左右され、地域ごとに異なる。特に、交通手段がなく、自動運転を導入することで住民がメリットを感じる地域で、許容される可能性が高い。

走行速度・走行空間等の条件を決め、自動運転車両の使い方、歩行者・他の車両のドライバーの行動の変更（制約）等の社会的コンセンサスをとる等の多様な対応が必要であり、住民にも位置情報端末の所持等、一定の負担を求めることも必要である。

その前に、一般市民への広報・啓発活動が重要であり、自動運転車の能力・限界を

分かってもらうために、知識のギャップを埋める努力が必要である。また、社会全体に期待や需要を高めるような広告・イベントとのタイアップ等の戦略が必要である。

- 過疎地への導入に当たっての公共性の整理

過疎地で住み続けること、すなわち国土を維持することのベネフィットを、時間軸を含めて精査することが必要であり、住み続けるために社会全体でコストを支払うコンセンサスを得ることが必要である。

3) 共通

- ビジネスモデル成立、エコシステム成立の有無の観点

一般論として、人口が多い地域ほどビジネスが成立しやすい。したがって、技術・制度的ハードルが低い過疎地は先行導入しやすいが、人口密集地域、混在交通の中での Lv4 が、本来、人に多く求められる可能性がある。

- 完全自動運転の初期投資費用、維持管理費用、保険等の費用を含めた運用コストの精査の必要性

例えば、自動運転車は点検・修理に高度な技術が求められ、限られた工場等では実施できないとなれば、それはコスト高の要因となる。

- 完全自動運転のバス・トラックは誰がつくるのか

供給可能なサプライヤーが海外メーカーのみとなるのは、国際競争力という点では望ましくない。

- ビジネスとしてのリスクの最小化の必要性

ジュネーブ条約改正前の Lv4, Lv5 の取扱等、制度が整っていないことは、ビジネスのリスクが大きく、特区の活用を考える必要がある。

3. 産学官が連携したオープンな検討体制の構築

3.1 大学の専門家等を中心にした検討体制の構築

3.1.1 様々な分野の大学の専門家等を中心とした検討体制の構築

(1) 検討会委員

東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センターの学内外の充実したネットワークを活かし、工学、社会等の広範な分野から、若手を中心とした大学の専門家を委員とし、検討体制の構築を行った。

表 3-1 検討体制（メンバーリスト）

氏名	所属	専門
糸久 正人	法政大学 社会学部 准教授	技術経営
今井 猛嘉	法政大学大学院 法務研究科 教授	刑法
植原 啓介	慶應義塾大学 環境情報学部 准教授	情報通信
○大口 敬	東京大学 生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター 教授	交通制御工学
垣内 秀介	東京大学大学院 法学政治学研究科 教授	民事手続法
北村 友人	東京大学大学院 教育学研究科 准教授	教育学
塩見 康博	立命館大学 理工学部環境システム工学科 准教授	交通工学
菅沼 直樹	金沢大学 新学術創成研究機構 未来社会創造研究コア自動運転ユニット 准教授	ロボット工学
中村 彰宏	横浜市立大学大学院 国際マネジメント研究科 教授	公共経済
森本 章倫	早稲田大学 理工学術院 社会環境工学科 教授	都市計画
ポンサトーン・ラクシンチャラーンサク	東京農工大学 機械システム工学科 准教授	機械力学制御
山崎 吾郎	大阪大学 CO デザインセンター 特任准教授	文化人類学

○は座長

(2) 検討会の開催日程

検討会の開催日程および主なテーマを以下に示す。

表 3-2 検討会の開催日程

	開催日	テーマ
第一回	平成 28 年 12 月 26 日	・自動走行システムの現状把握 ・各分野における自動走行システムにかかる課題・提案等
第二回	平成 29 年 1 月 27 日	・社会・産業へのインパクトにかかる各分野からの意見、議論 ・上記対応への中・長期シナリオにかかる各分野からの意見、議論
第三回	平成 29 年 2 月 10 日	・持続的な産学官連携体制の構築のあり方にかかる各分野からの意見
第四回	平成 29 年 3 月 8 日	・社会・産業へのインパクト、中長期シナリオのまとめ ・持続的な産学官連携体制の構築のあり方のまとめ

3.1.2 検討内容

検討会では、以下の内容について議論を行った。なお、参考資料として、議事概要を巻末に添付する。

- ・自動走行システムの進化の姿
 - ・自動走行システムの進化の姿の図（案）
 - ・モビリティオペレーションの変革
 - ・Lv3 は最終的になくなる？
 - ・社会的ニーズ（Lv2 の高度化）
 - ・社会的ニーズ（Lv4）
 - ・自動走行システムの進化の姿の図（案）：（社会的）ニーズからのアプローチ
 - ・自動走行システムの進化の姿（ロードマップ案）
- ・技術上の課題
- ・社会的受容性
- ・都市のデザインとビジネスモデル
- ・公共性／税・料金
- ・交通マネジメント
- ・エコシステムの覇者
- ・既存完成車メーカーの完全自動運転車をつくるインセンティブはどこに？
- ・国際標準化の戦略の重要性
- ・倫理的課題（再掲）
- ・法的課題（民事法の観点）
- ・隊列走行・ラストワンマイルのロードマップにおける検討すべき課題

3.1.3 検討会のまとめ

検討会のまとめ資料は参考資料に掲載した。

3.2 今後の継続かつオープンな産学官連携体制の構築に向けた具体的な案や進め方の提案

3.2.1 産学官連携の国内外の事例整理

産学官連携の事例については、研究組合、民間会社による共同団体、官が予算を用意し、民が研究を進める組織の3団体について整理を行った。

(1) AICE

AICE は自動車用内燃機関技術研究組合（The Research association of Automotive Internal Combustion Engines）の略称であり、エネルギー消費量削減やCO₂排出量削減等が社会的に求められる状況の中で、自動車用エンジンの高効率化、低排ガス化の課題を共同で解決することを目的とした団体である。

1) 組合設立の目的

自動車の更なる燃費の向上・排出ガスの低減に向けて、内燃機関の燃焼技術および排出ガス浄化技術において各企業で共通な課題について、自動車メーカーおよび研究機関で学の英知を活用して基礎・応用研究を実施し、その成果を活用して各企業での開発を加速することを目的としている。

2) 実用化の方向性

燃焼技術、後処理技術などの諸課題について、科学的な現象の解明、モデル化、評価手法策定などを行い、その成果を各企業において製品開発に反映し、より高性能な省燃費および低排出ガスの内燃機関を市場投入することを目指している。

3) 事業化の目途の時期

各企業組合員が、各々の研究課題終了後に、順次各社の製品開発に反映することとしている。

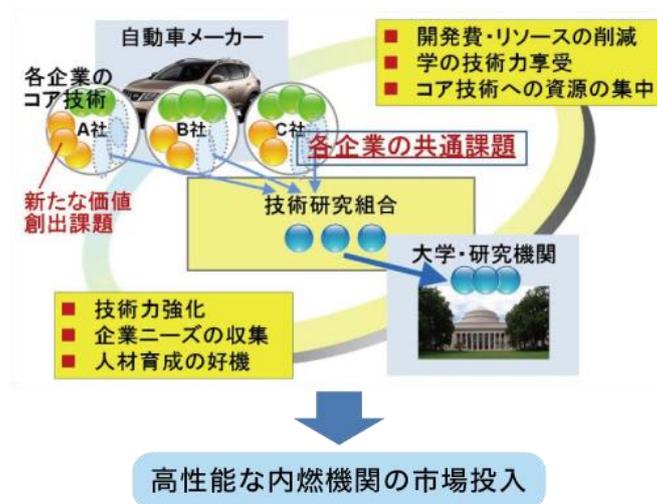


図 3-1 AICE の仕組み

(2) 一般社団法人 UTMS 協会

1) 協会設立の目的

高度情報通信技術を活用した UTMS 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、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。

2) 事業の内容

- ・ UTMS に関する調査、研究及び開発並びにその成果の普及
- ・ UTMS に関する国内外における標準化の推進
- ・ UTMS に関する知的財産権の保有及び管理
- ・ UTMS に関する国内外の機関、団体等との交流及び情報交換
- ・ その他、この法人の目的を達成するために必要な事業

3) 組織の構成

自動車メーカー、自動車部品メーカー、電機メーカー等の民間会社が結集し、社団法人を設立している。

(3) JTOP(旧 JCAP)

経済産業省の支援を受け、一般財団法人石油エネルギー技術センターが窓口となり、「CO2 削減」、「燃料多様化」、「排出ガス低減」の3つの課題を同時に解決する最適な自動車・燃料技術の開発及び高精度な大気質推計モデルの開発と活用のプログラムを実施している。

自動車排出ガス低減による大気改善を主要な課題としていたプログラム「JCAP (Japan Clean Air Program) : 1997~2006」に引き続き、2007年度より5年間にわたり石油業界および自動車業界と共同で実施している。



図 3-2 JCAP の枠組み

3.2.2 連携のあるべき姿、具体的な実施内容・進め方

(1) 新たな組織、連携構築の提案

新たなエコシステム（生態系）構築の重要性を踏まえると、海外の産学官が連携して研究する組織等とも対峙し、日本固有の課題にも対処できるような組織を提案していく必要がある。3.2.1 で整理した事例等を踏まえると、以下のような連携の姿が考えられる。

- 産学官合同の新法人設立（技術研究組合、学協会、独立研究所等）
- 省庁横断型枠組み構築、産との窓口、学との窓口
- 民間会社による共同団体設立（ITS Japan との関係要整理）
- 全国共同利用施設の設立
- 穏やかな大学間連携

また、産学官の役割分担、持続的資金の流れ、人材育成、異分野間の連携構築については、以下の枠組みが考えられる。

- 産が資金・人材を出資し、学が人材（特任）を派遣し、その組織（受け皿）に対して官が資金支援（補助金等）する枠組み。
- 資金については産業界からの出資と、官側からの税制改正や補助金等による持続的な資金の流れを検討。
- 人材については、産からの人材出資、学からの人材派遣を想定。実学と理論の両面から実際のフィールド・課題を対象に実証的な研究を行う中で人材を育成していくことを想定。
- 異分野間の連携については、学がハブとなって幅広い分野の専門家を招集し、新たに生じる課題に対応する。

(2) 今後 2、3 年で実施すべき内容の提案

今後 2、3 年で実施すべき内容としては、下記の項目が挙げられる。

- 現在の検討体制の継続・拡充
 - IT 関係、セキュリティ系、マーケティング系、医療系専門家の追加
- 学の all Japan 組織（受け皿）検討
 - 今後の自動走行システムの種々の検討のための、幅広い分野の専門家が集まった、学の all Japan 組織（受け皿）検討の必要性
- 産官学連携体制
 - AICE（自動車用内燃機関技術研究組合）のような組織（産の資金拠出、官からの支援の受け皿）に加えて、学からのリソース提供（特任教員の派遣等）による産官学連携体制の必要性

参考資料

参考 1：自動走行の影響に関する国内外の過去の調査・研究レビュー

(1) 国内の調査・研究レビュー

国内の調査・研究レビューについては、以下の文献について情報の収集・整理を行った。

- ・安全・持続可能な交通社会の実現に向けた協調 ITS の提言
- ・官民 ITS 構想・ロードマップ 2016
- ・ITS による未来創造の提言
- ・経産省における自動走行関連の取組みについて
- ・自動車の自動化運転 その許容性を巡る学際的研究
- ・自動運転の効用ほか（国交省資料）

資料名	安全・持続可能な交通社会の実現に向けた協調 ITS の提言	出所	—
作成者	東京大学生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター	作成時期	2016年10月
社会・産業に対するインパクト			
<p><交通事故死者低減></p> <p>自動車による交通事故の発生件数は平成16年をピークに近年は減少傾向にある。交通事故による死者数においては、平成8年に1万人を下回って以降継続的に減少しており、平成21年に5,000人を下回り、近年は4,000人に近づいている状況である。しかし、その一方で、歩行者による事故が占める割合が高いこと、更には交通事故による死者の内、半数以上が高齢者であること等から、今後は歩行者や高齢者をターゲットにした安全対策が重要になってくる。</p> <p>交通事故の内訳を事故の類型別に見ると、追突事故、出会い頭事故が多くを占めている。また、事故の発生場所に注目すると、一般道では市街地での事故が全体の約4分の3を占めており、このうち、交差点と単路部で半数ずつ発生している。なお、高速道路の事故は、発生件数は少ないものの、一般道路に比べて死亡事故の割合が高い。また、一度高速道路上で事故が発生すると、事故処理に伴う渋滞や通行止め等により、物流システムに多大な影響を与える等、社会に与える損失が甚大になりやすい。</p> <p>なお、交通事故の内、ヒューマンエラー（発見の遅れ、判断の誤り、操作の誤り）に関する事故は事故全体の9割以上を占めている。協調 ITS 技術を用いることで、従来の安全対策では対処しきれなかったドライバーの運転操作に直接介入するような対策も実現することができ、更なる事故の削減が期待される。</p> <p>人が移動する際に、安全性に関わるリスクをゼロにすることは不可能である。人々の経済活動を維持しつつ、許容できる範囲でリスクを最大限に低下させるという考え方が必要である。</p> <p><環境負荷（CO2）低減></p> <p>自動車交通は、NOx、SPM等を排出し、交通量の多い箇所では沿道環境に多大な影響を与えている。特に、大型車のディーゼルエンジンによる排ガスの影響は大きい。これらによる沿道への影響を最小限にするため、都市部では排ガス規制や環境ロードプライシング等の各種の施策が実施されている。また、温室効果ガスに着目すると、日本のCO2の全排出量の内、その約17%が運輸部門であり、更にその内の約86%が自動車交通によるものである。</p> <p>環境負荷を低減させるために、クリーンな車両を普及させること、環境に優しい運転方法を定着させることと合わせて、円滑性の向上（渋滞の削減等）や環境に優しい移動方法への転換等に取り組んでいく必要がある。</p> <p><交通渋滞削減></p> <p>全国での渋滞損失額は年間約12兆円と莫大である。</p> <p>一般道路では依然として都市部の幹線道路を中心に渋滞が発生している。</p> <p>高速道路ではETCの導入により料金所での渋滞は削減したものの、速度低下が発生するサグ部等のボトルネックでの渋滞は引き続き発生している状況である。</p> <p>渋滞対策はハード/ソフト両面で様々な対策が行われている。首都圏では今後、三環状により道路ネットワークが構築され、道路ネットワークを上手く活用した道路を賢く使う取り組みが行われようとし</p>			

ている。

なお、現状では、車両感知器等により渋滞の発生状況を把握しているが、センサーのない箇所の交通状況は把握できない。センサーのある箇所では渋滞が発生した状況を把握しているが、渋滞の発生自体を予測し、ダイナミックに分散を図る施策までは実施できていない。今後は、道路ネットワーク上の交通状況をモニタリングし、蓄積してきた過去の交通状況データを活用の上、よりダイナミックな渋滞発生抑制施策を実施していくような取組みが必要である。

<交通制約者支援><高齢化対策>

人は、誰もがどこにいても移動できる環境が必要である。例えば、移動する人に着目すると、自らが運転して移動できる手段を持たない高齢者等の交通弱者に対して、容易に利用できる手段が必要である。

<地方創生・地方活性化>

移動する場所に着目すると、地方部や中山間部等においても、移動できる手段が必要である。しかし、現状は、人口集中の度合いや地勢的な特性より、地域間で移動のしやすさに偏りがある状況であると言わざるを得ない。

人々の移動ニーズが適切に反映されるように、地域のマスタープランを策定する際には、地域の特性に留意して、交通体系のあり方を検討する必要がある。

このような「移動ニーズへの適切な対応」という視点は、今後の協調 ITS を検討する上で、欠かせない新たな評価軸の1つとして考えられる。

<その他>

自動車の利用シーンは多様化しており、通勤・通学、商用、買い物、レジャー等幅広い目的や場面が挙げられる。自動車の利用シーンや利用目的が多様化する中、自動車は単なる移動手段としてではなく、移動自体に快適さや楽しさが求められるべきものである。

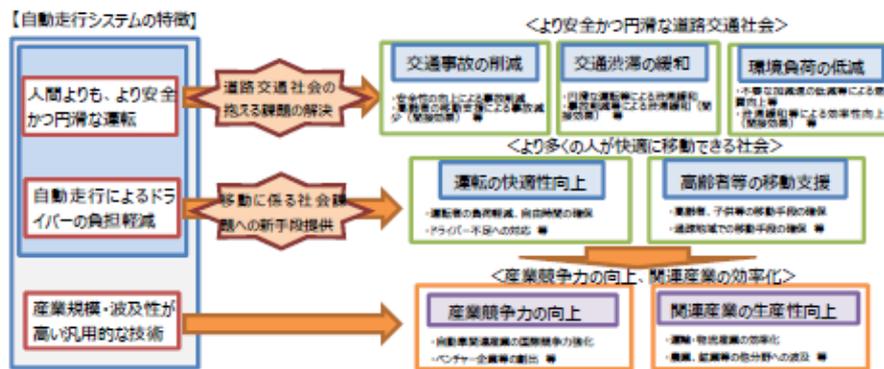
快適性を考える上では、運転時の運転負荷の軽減や、公共交通への乗換えの際のストレスフリー等も重要な要素である。

移動時の快適性を向上させることは、移動そのものを楽しくすることに繋がり、更には高齢者等の新たな移動需要の発掘等にも繋がり、人々の生活を変える新たなきっかけになる可能性を秘めている。

資料名	官民 ITS 構想・ロードマップ 2016	出所	—
作成者	高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部	作成時期	2016年5月

社会・産業に対するインパクト

【図2】自動走行システムによる社会的期待（例）



＜交通事故死者低減＞

自動走行システムは、今後すぐに世の中に普及する訳ではないものの、今後10～20年の間に急速に普及していくことが予想されており、これに伴い大きな今後社会に対して大きなインパクトを与える可能性がある。具体的には、自動走行システムは、一般的に人間よりもより安全かつ円滑な運転を可能とするものであり、この結果、交通事故の削減、交通渋滞の緩和、環境負荷の軽減など、従来の道路交通社会の抱える課題の解決に大きく資するものとなることが考えられる。

また、自動走行システムは、それらの課題解決に加えて、ドライバーの運転負担の大幅な軽減を可能とし、特にレベル3、レベル4の自動走行システムは、移動に係るこれまでの社会的課題に対して新たな解決手段を提供する可能性がある。

更に、自動車関連産業は、周辺産業を含め産業規模が大きく、また、波及性が高い汎用性の高い技術をベースにする産業である。上述のような課題を解決するような新たな自動走行技術を基にイノベーションを進めていくことにより、自動車産業の競争力強化や新たな産業の創出だけでなく、移動・物流業界の効率化・革新を通じた広範な産業への影響や、自動走行技術の他分野（農業、鉱業等）への波及も考えられる。

将来的には、自動走行システムの普及によりドライバーの運転技量が低下するとの指摘もあり、その影響の有無を含めて検討が必要となる可能性がある。

＜環境負荷（CO2）低減＞

環境負荷の低減

＜交通渋滞削減＞

「自動走行システム」については、2020年までの高速道路での準自動パイロットの市場化及び無人自動走行移動サービスの実現を図ることにより、2020年までに世界最先端のITSを構築する。その上で、「完全自動走行システム」を実現できる技術を含め更なるレベルの高度化や、海外への展開も視野に入れつつ、主として新車としての自動走行システムの社会への導入普及を図ることにより、交通事

故の削減、交通渋滞の緩和、高齢者の移動支援等を達成し、2030年までに世界一安全で円滑な道路交通社会を構築することを目指す。

その際、この自動走行システムの社会への導入普及は、交通事故、交通渋滞、環境問題といった現在の道路交通社会が抱える課題の解決だけでなく、高齢者や過疎地での移動手段の問題、物流業界等でのドライバー不足といった移動に係る現在の社会課題に対して新たな解決手段を提供するなど、各種の巨大な社会的利益が期待される。特に、少子高齢化への対応、地方創生の必要性など特有の課題 29 を抱える我が国においては、特にこれらの課題解決にあたって重要になると考えられるレベル 3、レベル 4 を含む自動走行システムの開発を戦略的に進めることにより、世界的な産業競争力強化などを達成することを目指すものとする。

その際、このような自動走行システムに係る戦略立案の基盤としても、また、公正・中立的な情報の提供による社会の受容性の向上のためにも、今後自動走行システムによる社会的インパクト評価に係る調査を推進する。なお、自動走行システムによる社会的インパクトは、その自動制御活用型のレベルに加え、その国・地域における社会・交通等を巡る情勢によって、大きく異なることに留意する。

<交通制約者支援>

<高齢化対策>

高齢者等の移動支援（高齢者、子供等の移動手段の確保）

<過疎化対策>

高齢者等の移動支援（過疎地域での移動手段の確保）

<サイバー攻撃・テロのリスク>

今後、自動車の制御システムの電子化が進むとともに、特にモバイル型を含む協調型システムを通じた自動走行技術が進展するにつれ、セキュリティのリスクが上がるとともに、サイバーテロ等による道路交通社会への影響も大きくなると考えられる。このため、ハッキングを含む自動車に係るセキュリティ対策への関心が高まってきている。特に、自動車のセキュリティは、所有者・運転者などが被害を受けるだけでなく、むしろ加害者側になる可能性もあることを踏まえると、その対策は重要な課題である。

<物流・流通分野への影響>

運輸・物流産業の効率化
ドライバー不足

<その他（社会）>

ドライバーの運転技量の低下

<自動車産業（OEM、サプライヤ）への影響>

自動車産業の競争力強化

<新サービス・新産業創出>

産業競争力の向上（ベンチャー企業等の創出）

<シェアリングエコノミー・プラットフォームビジネスとの関係・相互作用>

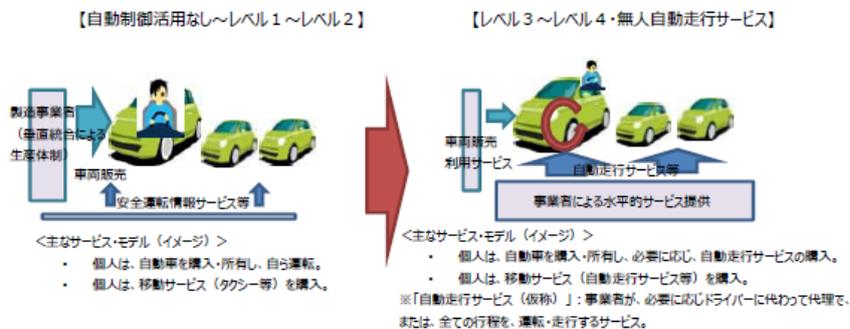
このような自動走行システム化の進展は、社会にインパクトを与えるだけでなく、今後、自動車・移動サービスに係るビジネス・モデルやその付加価値の重心を変化させることにより、自動車・移動サービスを巡るこれまでの産業構造自体が大きく変化する可能性がある。

具体的には、これまでの自動車はドライバーによる運転を前提としていたため、自動車・移動サービスに係る付加価値は、製造事業者による垂直統合体制で生産された車両を、ドライバー等に対して販売することに重心があった。しかしながら、自動走行システム（特にレベル3以降）においては、ドライバーに代わってシステムが運転を行うため、当該システムを通じて多数の車両に対して移動サービスを提供するような水平型に展開する事業者によるビジネスに、今後の付加価値の重心がシフトする可能性がある。更に、このような水平的ビジネス基盤は、特にレベル4・無人自動走行移動サービスにおいて、現在拡大しつつある共有型経済（シェアリングエコノミー）の進展に伴う配車・マッチング等に係る水平的ビジネス基盤などとの競合、連携が進む可能性がある。

<その他（経済）>

車両販売のビジネスモデルの変化

【図3】自動走行技術の進展に伴うビジネス・モデルの変化（イメージ）⁹
<車両販売を中心としたビジネス・モデルの変化の方向（例）¹⁰>



資料名	ITSによる未来創造の提言	出所	—
作成者	ITS Japan	作成時期	2016年4月
社会・産業に対するインパクト			
<p><交通事故死者低減></p> <p>ITSは、自動車の事故を未然に防ぐ安全装備の充実、交通管制システムや道路管理システムからの情報を活用した安全運転支援、そして、自動運転につながる要素技術を活用して統合化した高度安全運転支援システムの実用化と普及により、一層の交通事故の削減に貢献する。個別に開発されてきたシステムが統合化されることにより、個々の車両周辺だけではなく周辺を走行する車両や前方の道路状況に関する情報を共有して、車両群全体の安全を確保するようにドライバーへの情報提供や車載システムの制御内容を最適化する。事故や危険事象のリスクを事前に情報提供し、事故直前では被害を軽減するアクティブセーフティ技術などの装備により、運転の習熟度や加齢による認知力の低下などの影響を補い、誰でも安全に運転することが可能となる。</p> <p><環境負荷（CO2）低減></p> <p>安全運転支援のために開発されたシステムは、交通の整流化による渋滞の未然防止や早期解消、通行車両全体のエネルギー消費量の総和の最小化にも効果を発揮する。</p> <p><交通渋滞削減></p> <p>20世紀以来、都市交通の問題であった渋滞は、動的な情報提供や経路案内、公共交通の利用増加により、ほぼ解消される。また、大型連休などに発生していた都市間高速道路での激しい交通渋滞も消滅し、誰もが快適に、観光旅行や帰省を楽しむことができるようになる。これは、車両やインフラから集約された多くの交通データを解析して渋滞発生の予測などを精緻に行うことが可能となり、利用者の到着希望時間に合わせて最も効率的な交通モードを提案し、自動車を利用する区間については、最適な出発時間や走行ルートを推奨することで実現される。</p> <p><高齢化対策></p> <p>自動車への依存度が高い地域でも最低限の移動手段を公共交通によって提供する。さらに、高齢者や子供を含めた個々の移動ニーズに適切に対応できるよう、公共交通に加えて乗用車のシェアリングや超小型電気自動車などのパーソナルモビリティを実用化して走行環境を整備し door-to-door の移動ができるようにする。自ら運転する高齢者も、高度運転支援機能を装備したパーソナルモビリティを利用することにより安全で快適に移動することができる。</p> <p>例えば、クルマを運転することができない、都市郊外に居住する高齢者が、電気で稼働する安全・快適な小型モビリティで、病院への通院や買い物にでかける。小型モビリティでは、自宅の敷地から公道を経て、目的地まで安全な経路を分かりやすくナビゲーションしてくれる「お出かけパートナーロボット」となり、買い物後の食材なども十分に積むことができる。また、これまで限定的な運行本数や路線により「使いにくい」とされてきたバスなどの公共交通機関も、小型で住民のデマンドに応じた新たな形態のバスが出現し、子供から高齢者まで誰もが快適に街を移動・周遊することができるようになり、豊かな地域生活が実現される。</p>			

<地方創生・地方活性化>

現在の移動手段は、自家用車を利用した場合には交通集中による渋滞により遅れが頻発、また地域内のバスなどの公共交通についても、低頻度の運行や交通事情による遅れなど、必ずしも効率的なモビリティではない。2030年、地域の交通は、ITSにより都市内の交通需要と供給のバランスを統合的に管理し、地域内の渋滞の発生は限りなくゼロに近づくとともに、個人のリクエストに応じて利用できるバスやカーシェアリングなどにより地域内の移動時間が大幅に短縮する。

また、情報通信ネットワークの更なる発達により、就業や就学の形態は一変する。利用者の都合に合わせて自宅や遠隔地での就業・就学が可能となり、むしろ、家族や友人とのコミュニケーションを優先した外出や遠隔地のオフィス間の協業から発生するビジネストリップが増加する。

ビジネスにおいては、情報通信ネットワーク環境の充実により、自動車や公共交通機関での移動中においても、オフィスのデータを自由に使い、移動中の遠隔会議やコミュニケーションが可能となる。これにより、対面での面会は交渉の節目や現場確認などに限られるようになり、一定の場所に毎日出勤する就業形態は変化し、固定のオフィスやデスクを持たずに、外出・移動を基本にビジネスパートナーとコミュニケーションをとる新しいビジネススタイルが増加する。

現在の通勤・通学のような定常的移動と異なり、多様な目的地への低頻度移動にはITSによる個々の移動ニーズに最適化した情報提供の役割が一層重要になる。

<物流・流通分野への影響>

ITSは、トラックの自動隊列走行システムや高度安全運転支援システムのように次世代の輸送手段を提供することと、荷の動きやトラックの運行管理、鉄道、船舶、航空などマルチモードの統合的物流管理などの情報システムの両面から物流の効率化を実現する。

企業活動の重要な基盤である物流では、総合交通体系の充実により渋滞による遅れをほぼ解消し、災害や社会的要因による障害も迂回できるような輸送ネットワーク運行支援システムを確立する。輸送リードタイムの短縮や到着時間の予知精度を上げることで、より高効率の物流システムを実現し企業活動の生産性を飛躍的に向上させる。その結果、時間やコストの観点での距離が短縮し、これまで産業が集積していなかった地域や既存の産業が衰退した地域における新たな生産活動や商業活動が可能となる。また、グローバルに展開されたサプライチェーンを機動的に運用し国際競争力を高めることにも貢献する。

個人の生活においては、製品を顧客に届ける流通過程の物流も飛躍的に拡充し、日用品や食料品などの小売消費財はネットショッピングなどで購入し、自宅に配送して受け取ることが常態化する。こうした商流のネットワーク構築により、価値の高い商品を提供する個人商店がグローバルな一般消費者と直接つながり、より大きなマーケットを獲得することが可能になる。消費者は、より自分のライフスタイルや嗜好にあった商品を世界中から選択して、購入することが可能となる。

また、これまで日用品などの買い物およびその移動に費やされていた多くの時間を一人一人にとって最も価値のある活動に充てることが可能となる。雇用形態の多様化に伴うライフスタイルの変化や多様な価値観に沿った自己実現を支える。

<その他>

ITS によって渋滞による遅れがほぼ解消され、高度な運転支援機能により安全性が向上、運転者の疲労などの状態に応じて適切に運転をサポートする機能も充実する。運転者自らの意思で好きな場所に自由に移動できるドライブは、より安心して運転する楽しさ、快適さを楽しむことができる環境が整備される。また、再生可能エネルギーの利用が普及し、エネルギー消費効率も飛躍的に向上しているため、エネルギーが移動の制約要因ではなくなっている。

移動の目的と手段を統合的にサポートする情報サービスにより、クルマによる移動の意味も大きく変化する。ネットワークを利用したバーチャルな体験と、実際に移動・訪問することによる実体験が融合し、誰もが本当に体験したいサービスや商品を求めて、より遠くに出かけることになる。移動のもたらす価値が浮き彫りになり、高付加価値なモビリティの提供が総合産業として発展する。

クルマの空間の中で同乗者と楽しくコミュニケーションし、変化する景色や環境を楽しみ、地域の店舗や食べ物などの情報を入手し、訪問することでしか味わうことのできない地域の魅力を体感するドライブ旅行を実現する。また、観光地などでは、移動が単なる手段ではなく、移動自体が地域の観光コンテンツとなり、個々の嗜好や目的に応じた旅行・移動の提案が行われる新たなサービスとして実現される。具体的には、業務や学校の休暇と連動し、システムが周遊旅行のプランを立案、クルマの利用だけでなく、幹線交通と都市内の公共交通、さらにはカーシェアリングなどの新たな都市内モビリティを複合的に利用することにより、待ち時間や渋滞に悩まされることなく、スムーズで快適な移動が可能となる。

さらに、海外から来訪する外国人旅行者なども安心して運転し、公共交通を利用して移動できる環境が整備され、地域の魅力の国際的な市場価値が飛躍的に向上することとなる。

資料名	経産省における自動走行関連の取組みについて	出所	JARI セミナー
作成者	吉田健一郎（経済産業省製造産業局自動車課 ITS 推進室長）	作成時期	2016年2月

社会・産業に対するインパクト

<交通事故死者低減>

道路交通における安心・安全の確保

日本の交通事故死者数 2015年 4,117人 →2018年目途 2,500人以下に（目標）

交通事故の約9割がドライバーの運転ミス

<高齢化対策>

高齢者等の移動支援

<地方創生・地方活性化>

地方の活性化

高齢者や子育て世代、車いす利用者等にもやさしい移動手段の提供



<自動車産業（OEM、サプライヤ）への影響>

自動車産業の競争力強化



<新サービス・新産業創出>

新たな関連産業の創出



<シェアリングエコノミー・プラットフォームビジネスとの関係・相互作用>

シェアリングエコノミーとの競合・連携

<新サービス・新産業創出>

産業競争力の強化

資料名	自動車の自動化運転 その許容性を巡る学際的研究	出所	IATSS 内報
作成者	今井猛嘉 (法政大学大学院教授)	作成時期	2016年3月

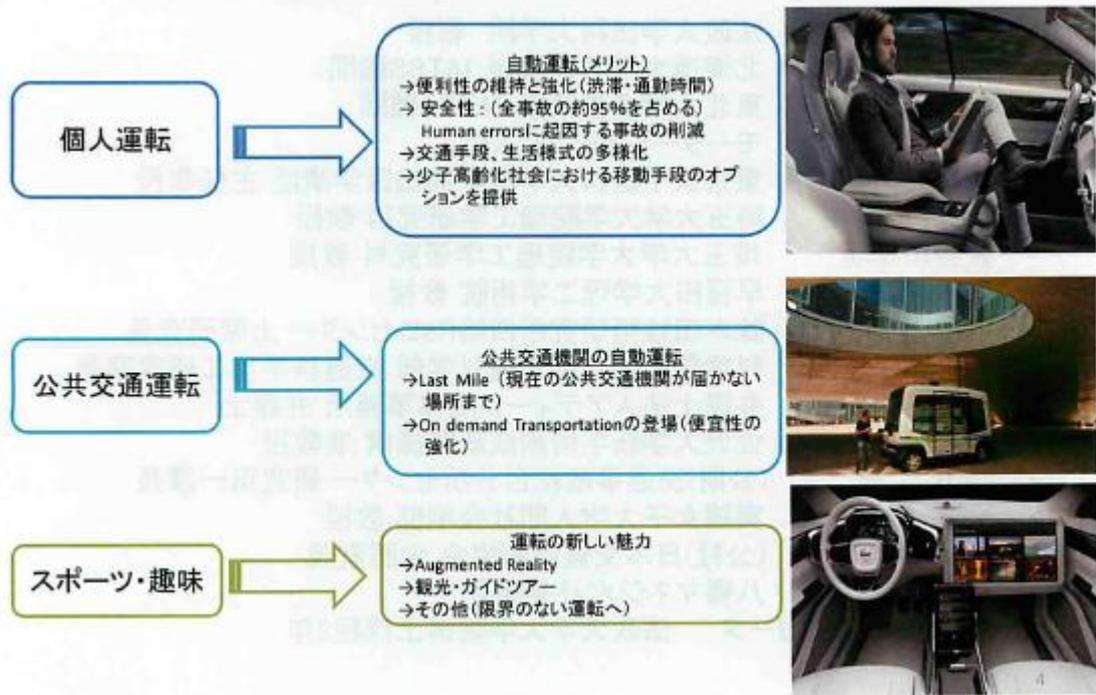
社会・産業に対するインパクト

<交通事故死者低減>

安全性

個人運転 ⇒ 自動運転 (メリット)

- 便利性の維持と強化 (渋滞・通勤時間)
- 安全性: (全事故の約 95%を占める)
- Human errors に起因する事故の削減
- 交通手段、生活様式の多様化
- 少子高齢化社会における移動手段のオプションを提供



<交通渋滞削減>

便利性の維持と強化

<高齢化対策>

少子高齢化社会における移動手段のオプションを提供

<法制度と社会受容性への影響>

現行の法制度が追い付いていない

理論的課題

- ① 事故発生前の問題 (通常、想定しておくべき事項)

→送受信されるデータの安全性確保

(自動化運転車両、Connected Vehicle に共通する技術的課題。現時点では未解決。Data Hacking への防御策等)

(Data update の失敗による事故責任は②の問題)

② 事故発生後の問題 (被害者の保護等)

→事故原因は何か? ソフトの不具合? データ不正確?

→被害者、被害車両の保護、法的責任を負うのは誰?

→自動化運転車両と乗員の優先的保護?

<その他 (社会) >

交通手段・生活手段の多様化

公共交通の補完

<その他 (経済) >

観光・ガイドツアー

資料名	自動運転の効用ほか	出所	—
作成者	国土交通省	作成時期	—

社会・産業に対するインパクト

<交通事故死者低減>

交通事故の削減

<交通渋滞削減>

渋滞の解消・緩和

<高齢化対策>

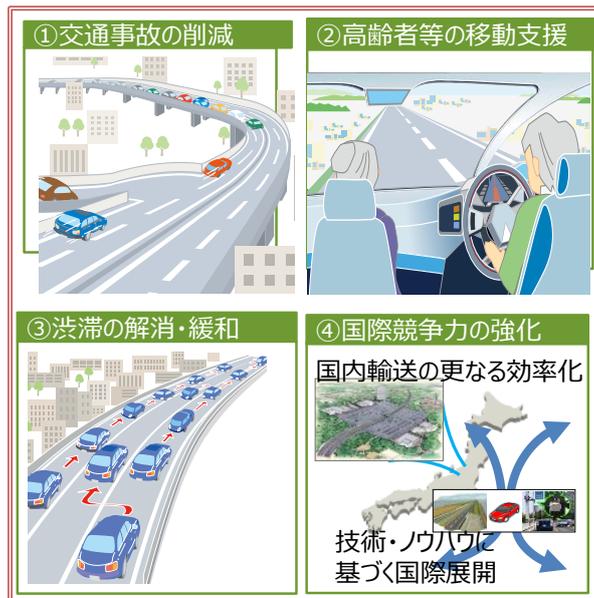
高齢者等の移動支援

<物流・流通分野への影響>

国内輸送の更なる効率化

<その他>

国際競争力の強化



(2) 国外の調査・研究レビュー

国外の調査・研究レビューについては、以下の文献について情報の収集・整理を行った。

- Benefits Estimation for AV Systems (3rd SIP-adus Workshop)
- Breakout Session Impact Assessment (AVS2016)
 - Direct impacts of automated driving
 - Indirect impacts : Fuzzy Definition
-

資料名	Benefits Estimation for AV Systems	出所	3rd SIP-adus Workshop
作成者	Scott Smith, U.S. Department of Transportation	作成時期	2016年11月

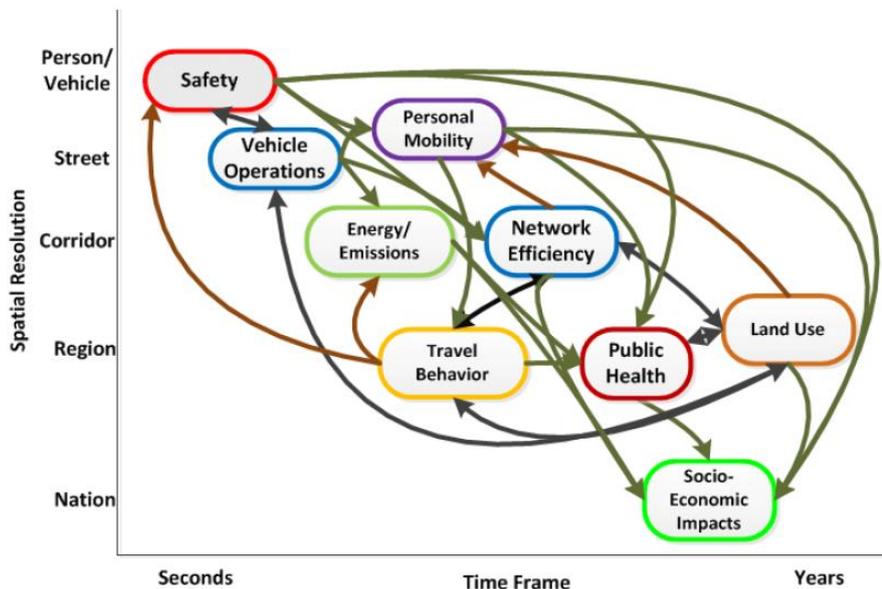
概要

自動運転の効用に関するフレームワークを提示し、研究に必要なデータの交換の方法、欧州・米国・日本における自動運転に関する影響評価サブグループの動向を紹介。

社会・産業に対するインパクト

自動運転の直接・間接の影響として、①費用、②インフラ、③安全性、④車両運用、⑤エネルギー/排出量、⑥パーソナルモビリティ（マルチタスク、アクセシビリティ）、⑦資産管理（レーン・レーン幅、V2I（車両・インフラ間）の保険、大きさと重量）、⑧ネットワークの効率性、⑨旅行行動、⑩公衆衛生、⑪土地利用、⑫社会経済を提示。

Framework



直接的影響として、車両運用、エネルギー/排出量、費用とインフラ、安全性、パーソナルモビリティを取り上げて整理。



U.S. Department of Transportation

Direct Impacts: Vehicle Operations, Energy, Emissions

- Vehicle operations: acceleration, deceleration, lane keeping, car following, lane changing, gap acceptance
- Energy and emissions: affected by changes in the driving cycle
 - Fuel Consumption
 - Criteria Pollutants (CO, NO_x, PM₁₀, PM_{2.5}, and SO₂)
 - Other Pollutants (HC and VOCs)
 - GHGs (CO₂ and other greenhouse gases)
- Importance: societal cost of congestion, air pollution and GHG emissions



U.S. Department of Transportation

Direct Impacts: Cost & Infrastructure

- Capital and operating cost estimate for a production system
- Infrastructure requirements (road markings, signs, signals, mapping, V2V, V2I, V2P communications)
- Importance: supports the business case for widespread adoption



Direct Impacts: Safety

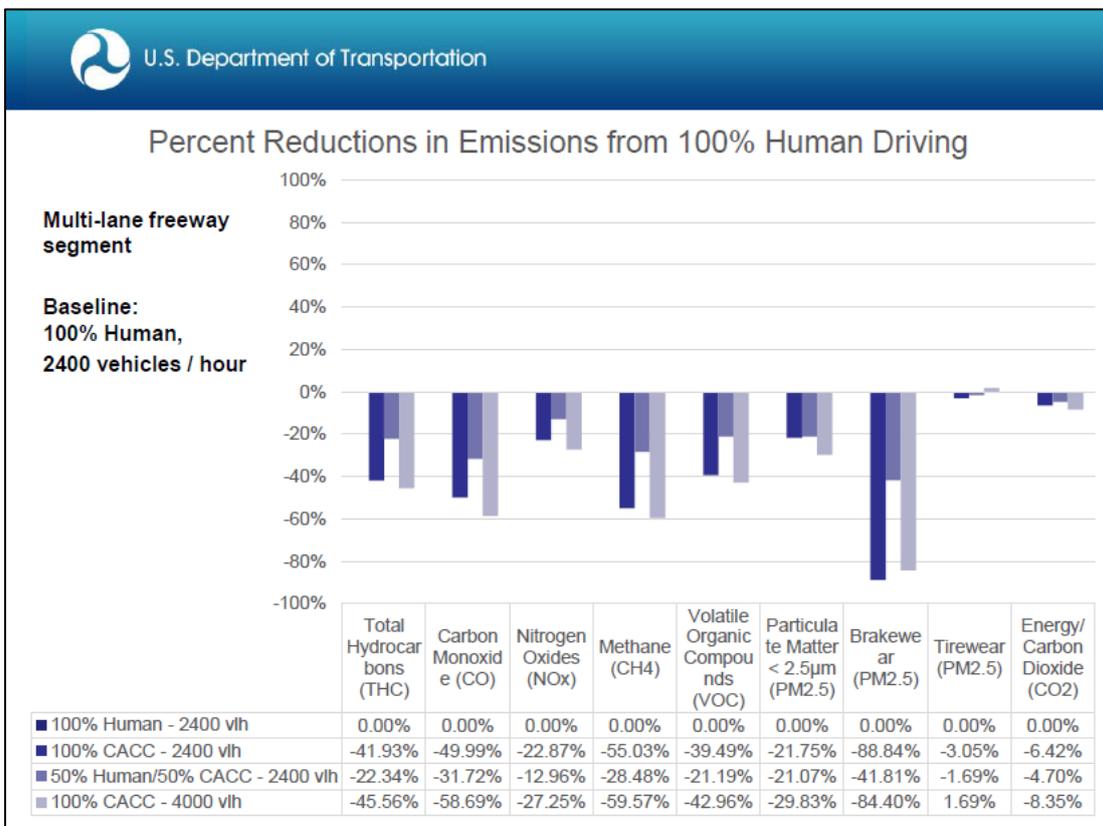
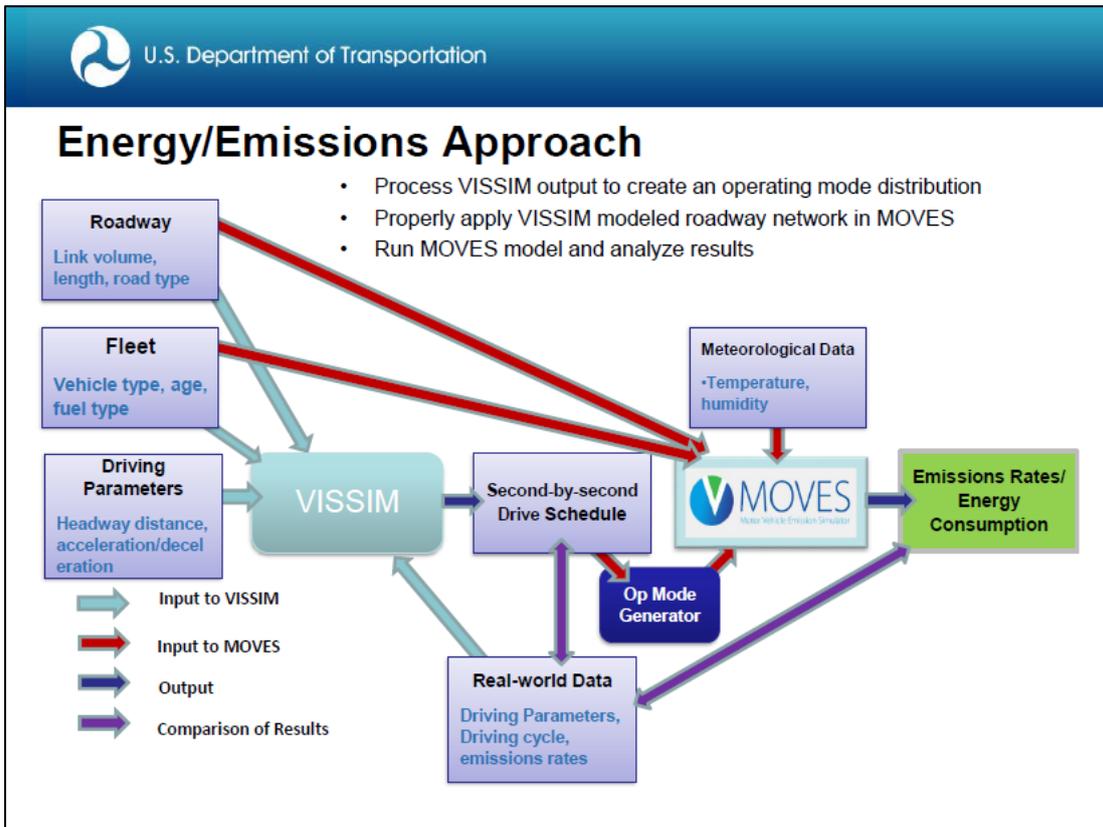
- Ultimately measured as fatalities, injuries and property damage for vehicle occupants and other road users
- Challenging to measure because crashes are rare events
- Proxy measures
 - Traffic violations (e.g., lane departure, following too closely)
 - Extreme maneuvers (e.g., sudden braking, steering, acceleration)
 - Instances where the human driver must take control
 - Exposure to near-crash situations
 - Response to near-crash situations
- Importance: human-caused crashes have a huge societal cost



Direct Impacts: Personal Mobility

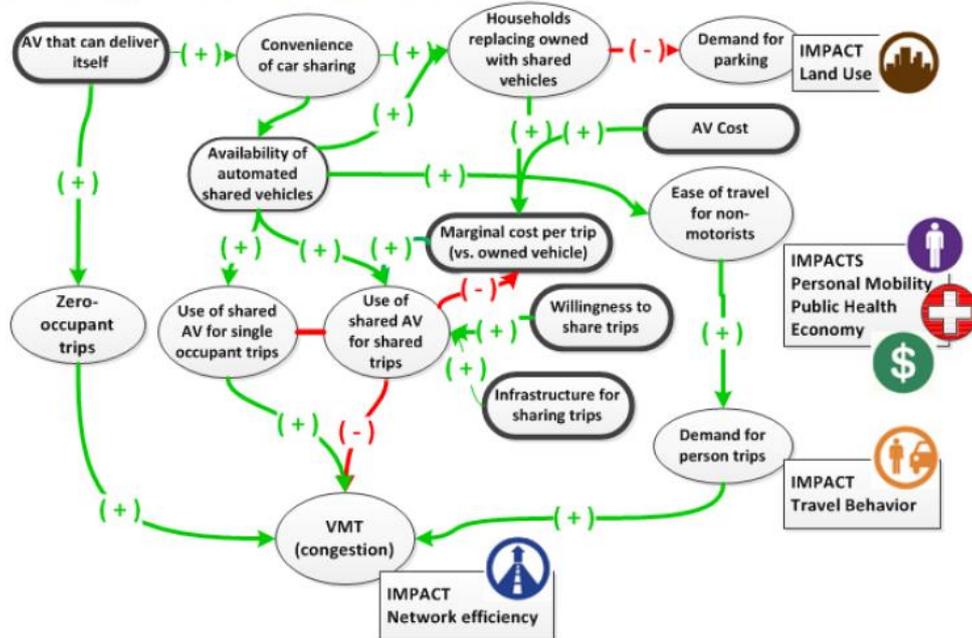
- Is a travel option available to someone (e.g., a non-motorist)
- Journey quality (comfort), travel time, out of pocket cost
- Ability to engage in other activities while en-route
- Different effects on different sub-populations (e.g., non-motorists)
- Fleet (truck or bus) driver productivity
- Importance: higher levels of automation may significantly improve personal mobility, particular for populations that are not well-served today.

エネルギー/排出量についてはマイクロシミュレーションを使用した効果測定結果を提示している。



最後に直接的影響から間接的影響への移行例として、自動運転車両（AV）が利用者に提供する影響について整理がなされている。

Example of an AV that can deliver itself to a user



資料名	Breakout Session Impact Assessment	出所	AVS2016 Impact Assessment
作成者	—	作成時期	2016年7月

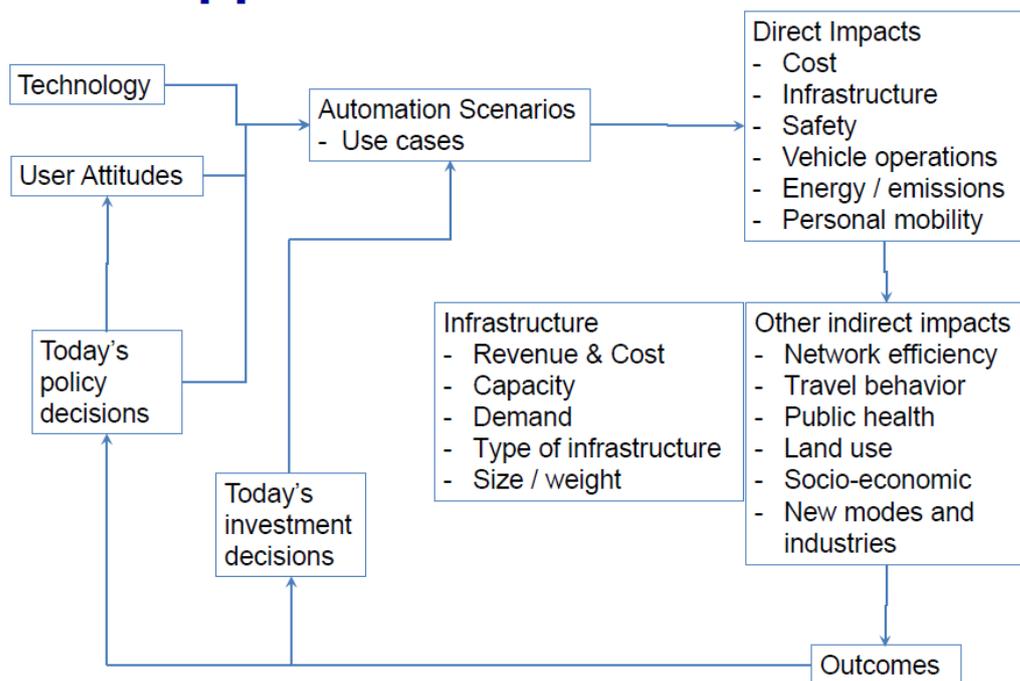
概要

2016年7月にサンフランシスコで行われた自動運転シンポジウム・アセスメント分科会のオープニングセッションの発表資料。目標に、①自動運転による影響を考慮したシステムへの影響、②適切なパフォーマンス指標やベースラインの確立など、得られた考察を最大限活用するためのテストの設計の改善、③直接的影響と間接的影響との間の最も重要な関係の特定、④「良い成果」をより確実にするための投資と政策を検討することが掲げられている。

社会・産業に対するインパクト

自動運転の直接的影響として①費用、②インフラ、③安全性、④車両運用、⑤エネルギー/排出量、⑥パーソナルモビリティ)、間接的影響として⑦ネットワークの効率性、⑧旅行行動、⑨公衆衛生、⑩土地利用、⑪社会経済、⑫新しいモードと産業を提示。

Our Approach



直接的影響と間接的影響に分けてディスカッションを行っている。

Part 1

Examine direct impacts

- Cost
- Infrastructure needs
- Safety
- Vehicle operations
- Energy / emissions
- Personal mobility

Use cases

- Low speed shared shuttle
- Urban delivery
- Truck platooning
- Passenger car-mid level
- Private fully automated vehicle
- Shared fully automated vehicle

What are appropriate performance indicators? How does one establish a baseline for comparison? How does one design an automated vehicle field test or simulation to gain the appropriate insights? What data can be shared with third parties?

19 July 2016

AVS 2016

6

Part 2

Examine indirect impacts

- Network efficiency
- Travel behavior
- Infrastructure
- Public health
- Land use
- Socio-economic

Infrastructure Impacts

- What happens to transit?
- Highway capacity
- Demand (highway, transit)
- Size and weight
- Type of infrastructure
- Implications for revenue and funding
 - Road, transit

Today's investment decisions

- Defer
- Accommodate risk
- Change

Today's policy decisions

- For acceleration
- For externalities

19 July 2016

AVS 2016

7

資料名	Breakout Session Impact Assessment - Direct impacts of automated driving	出所	AVS2016 Impact Assessment
作成者	Satu Innamaa Principal Scientist, Ph.D. VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.	作成時期	2016年7月
概要	<p>自動運転の直接的な影響について、現場で測定可能か、国・地域レベルまで拡張できるか、間接的な影響につながるか、間接的な影響を評価する基礎がつけられるかを検討。課題として比較のベースラインの作成や間接的な影響のフィードバック効果を上げている。</p>		
社会・産業に対するインパクト	<p>直接的な影響に関連する問題を、費用・インフラ、車両運用、安全、エネルギー/排出量、パーソナルモビリティについて整理している。</p>		
 <h3>Questions related to direct impacts</h3> <ul style="list-style-type: none">  Cost: Once an automation application has moved out of prototyping, and into production, what is a reasonable estimate of the capital and operating cost for the technology?  Infrastructure: What is needed (road markings, signs, signals, mapping, V2X communications) to support the application? <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: left;"> <p>AUTOMATED VEHICLES SYMPOSIUM 2016</p> <p><small>USERS. VEHICLES. INFRASTRUCTURE.</small></p> </div> <div style="text-align: right; font-size: small;"> <p>SYMPOSIUM: July 19-21, 2016 ANCILLARY MEETINGS: July 18 & 22, 2016 Hilton San Francisco Union Square</p> </div> </div>			

Questions related to direct impacts



▪ **Vehicle Operations:** What is the interaction of AVs with other vehicles and road users?

- Vehicle operations include acceleration, deceleration, lane keeping, car following, lane changing, gap acceptance: all affect highway capacity
- Relevant automation applications include those which provide longitudinal and/or lateral control with respect to the road and other vehicles.
- Is an important input to the overall capacity impact of AD, although limited by the small penetration rate of field tests.

Questions related to direct impacts



▪ **Safety:** How to measure/assess direct safety impacts in field tests as crashes are rare events?

- Safety is measured as fatalities, injuries and property damage for vehicle occupants and other road users.
- Other road users may include pedestrians, bicyclists, slow-moving vehicles, construction workers and first responders.
- Proxy measures are often used. These measures may include traffic violations, instances where a human driver must take control of the vehicle, exposure to near-crash situations, and responses to near-crash situations.

Questions related to direct impacts



- **Energy / Emissions:** How to measure direct energy / emission impacts if traffic flow impacts do not exist in field test (with small number of test vehicles)?
 - Energy and emissions includes both the energy consumption of the vehicle through a driving cycle, and tailpipe emissions of pollutants including greenhouse gases
 - The direct energy/emissions impacts comes from the change in the driving cycle

Questions related to direct impacts



- **Personal Mobility:** How to measure mobility impacts for all kind of demographic groups?
 - Mobility from a user's standpoint includes journey quality (comfort, etc.), travel time, cost; and whether the travel option is available to someone (e.g., a non-motorist). It also includes equity and accessibility considerations.
 - Challenges in measuring personal mobility impacts include the variety of sub-populations who may be affected in different ways, and the difficulty in assessing the actual value of automation to a person based on survey data
 - In the context of a fleet operation (trucking or transit), it is the direct impact on labor. Is the driver still needed?
 - What are the implications of automation for driver productivity (ability to multi-task or reduced fatigue)?

資料名	Breakout Session Impact Assessment - Indirect impacts : Fuzzy Definition	出所	AVS2016 Impact Assessment
作成者	—	作成時期	2016年7月

概要

間接的影響が不明瞭な定義のため、直接的影響との対比で定義。影響の波及するメカニズムを整理した上で、間接的影響の項目別に影響を例示。最後に研究課題も提示。

社会・産業に対するインパクト

影響の波及するメカニズムを下表のように整理。

AUTOMATION SYSTEMS	DIRECT	MEDIATION	INDIRECT (PRIMARY)	MEDIATION	INDIRECT (SECONDARY)
Automated braking/speed control	Closer vehicle spacing potential	<ul style="list-style-type: none"> Market penetration, risk acceptance 	Increase in link capacity	Public policy	Reduced need for new capacity
Latitudinal guidance	Lane keeping	<ul style="list-style-type: none"> Market penetration, risk acceptance Scale Market penetration 	Reduced lane width requirements	Public policy	Restriping existing ROW for lane additions
Full automation	Driverless operations	<ul style="list-style-type: none"> User habits Institutions Business models 	Reduced demand for parking	Market	Reduced space for parking (freed for other uses)
		<ul style="list-style-type: none"> Regulation Public acceptance 	Use of automated vehicles by young/old	Social behavior	Increased mobility for non-drivers
Crash avoidance technology	Reduced vehicle weight	<ul style="list-style-type: none"> Scale Market penetration 	Reduced pavement impacts	Public policy	Reduced PMR costs
		<ul style="list-style-type: none"> Electric vehicle battery technology 	Increased electric vehicle range	Improved utility	Reduced emissions

ネットワーク効率、交通行動、資産管理、公衆衛生、土地利用、社会経済について影響を例示している。



Examples



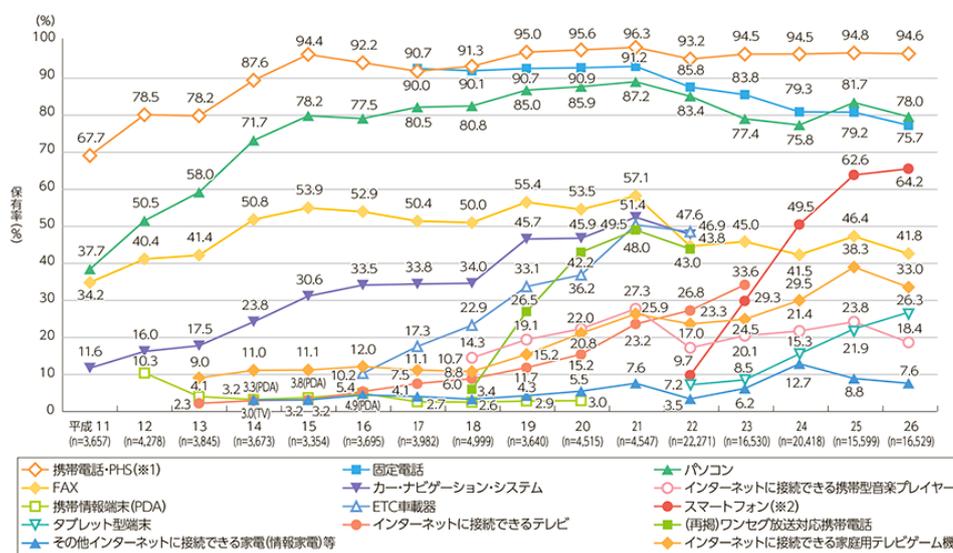
-  **Network Efficiency** -- reduced need for new capacity, transportation system maintenance & operations (TSM&O)
-  **Travel Behavior** -- vehicle access for non-drivers (old, young disabled, low income); travel becomes more convenient for drivers
-  **Asset Management** -- reduced cost of pavement maintenance and repair (PMR), roadside appurtenances
-  **Public Health** -- increased penetration of low emissions electric vehicles, reduced active transportation, improved accessibility to medical care for non-driving populations
-  **Land Use** -- reduced land for parking, safe complete streets (multimodal)
-  **Socio-Economic – Examples of impacts**
 - Safety: reduced need for insurance
 - Transit: AVs replace transit in low density corridors
 - New business models: reduced need for private vehicle ownership
 - Changes in labor markets: professional drivers

参考 2：革新的発明品の市場化などに関する調査研究のレビュー

ここでは、革新的発明品で爆発的に普及した「スマートフォン」「デジタルカメラ」「デジタルオーディオプレイヤー」を取り上げ、既存文献等を活用して普及メカニズムの整理を行った。

(1) スマートフォン

平成 26 年末の情報通信機器の普及状況をみると、「携帯電話・PHS」及び「パソコン」の世帯普及率は、それぞれ 94.6%、78.0%となっている。また、「携帯電話・PHS」の内数である「スマートフォン」は、64.2%（前年比 1.6 ポイント増）と急速に普及が進んでいる。



(出典) 総務省「平成 26 年通信利用動向調査」

図 1 スマートフォンの普及状況

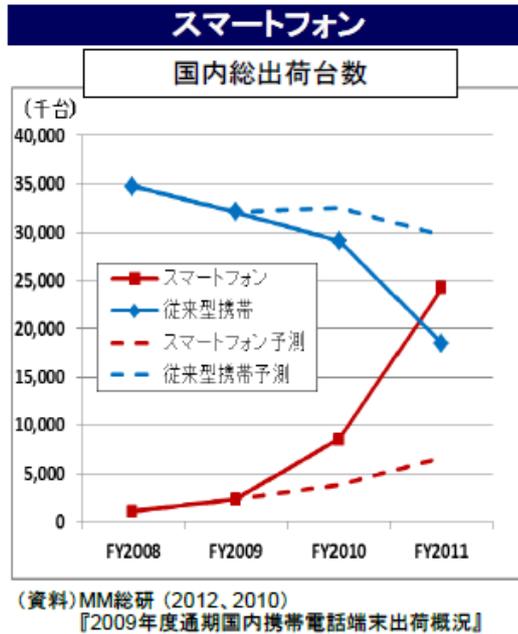
スマートフォンの歴史

時期	機種名	備考
黎明期	2004年12月	702NK 国内初 スマートフォン
	2008年7月	iPhone3G 国内初 iOS端末
	2009年7月	HT-03A 国内初 Android端末
拡大期	2010年8月	au @ezweb.ne.jp 利用可能
	2010年9月	ドコモ @docomo.ne.jp 利用可能
	2010年10月	Galaxy S iPhone 対抗機
	2010年11月	IS03 おサイフケータイ、ワンセグ、赤外線通信 対応ケータイ
2011年8月	Xperia ray 女性向けスマートフォン	

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 2 スマートフォンの歴史

- ✓ 2011年度 国内携帯電話総出荷台数は、従来予測 610万台の「約4倍 2417万台」
- ✓ 総出荷台数の「56.6%」を占め、従来型携帯電話を逆転
- ✓ 特に2011年以降の伸びが顕著



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 3 スマートフォンの従来型携帯の出荷台数の推移

公益社団法人日本経済研究センターでは、スマートフォンの爆発的普及には「機能の日常化」「マイナス要因の除去」「女性層の取り込み」の3つの要因があると整理している。

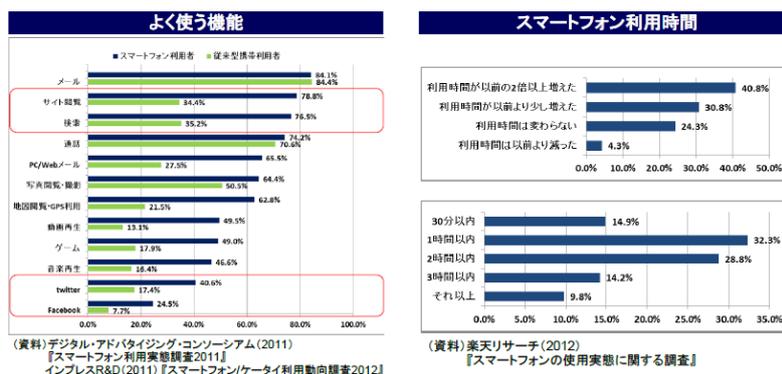
1) 機能の日常化

アンケート調査によると、従来型形態電話と比較し、スマートフォンの方が「サイト閲覧」「検索」機能の利用頻度が圧倒的に高い。iモードや ezweb といった、携帯キャリアが用意した閉ざされた空間から、オープンなインターネットを快適に利用できるようになった。また、Twitter や Facebook の利用頻度も従来型携帯電話よりも高くなっており、ソーシャルメディアとの親和性の高さネットワークを通じた情報共有が盛んになっていることが分かる。さらに、スマートフォンはカメラや音楽再生、動画再生、ゲームなどの豊富な機能を揃えており、それらがインターネットと融合することにより、どこにでも持ち歩き、携帯ゲーム機、パソコンなど、他の電子機器の機能を取り込みながら普及しているのである。その結果、従来の形態電話よりも利用時間が大幅に伸びており、インターネットや他の機能がより身近な存在になった。

携帯電話の提供する「連絡を取る」というサービスに「インターネット、情報共有」といったサービスが追加され、耐久消費財というモノ自体ではなく、耐久消費

財が提供するサービスの進化が、「機能の日常化」を導き、新たな需要を掘り起こしている。

スマートフォンの特長①



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 4 スマートフォンの特長①

スマートフォンの特長②

【デジタル・ネットワークの恩恵】

- ✓ インターネットと様々な機能が融合した。結果、「どこにでも持ち歩き、その場で使える」ようになり、旧来製品の機能を再定義し、より使い勝手が増した
- ✓ デジカメ、携帯音楽プレイヤーなど、他の電子機器を取り込みながら成長



取り込まれた製品	スマートフォン機能	スマートフォンの付加価値
パソコン	Web閲覧 動画再生	起動が早い どこでも見れる、小型化
コンパクトデジタルカメラ	カメラ	ソーシャルメディアとの連携 撮影したその場で共有
携帯音楽プレイヤー	音楽再生	その場で楽曲を購入 歌詞検索
携帯ゲーム機	ゲーム	その場で購入
	多様なアプリケーション	地図、スケジュール帳、SNSなど、 自分好みにカスタマイズ

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 5 スマートフォンの特長②

2) マイナス要因の除去

「機能の日常化」という爆発的に普及した製品の特長は、製品が登場した当初から存在していた。しかし、どの製品もすぐに普及したわけではない。新製品から得られるメリットが、従来製品から乗り換えるデメリットを超えなければ、普及は限定的である。従来製品と比較し、劣っている点がある程度解消されてから、爆発的普及が加速したのである。

2008年「iPhone」発売時には、従来型携帯電話に存在した「おサイフケータイ」「赤外線通信」「ワンセグ」機能はスマートフォンには搭載されていなかった。また、ドコモ、auは携帯電話のメールアドレスを引き継ぐことができず、多くのユーザーがスマートフォンへの乗り換えを躊躇していた。しかし、2010年8月以降にメールアドレスの引き継ぎが可能となり、2010年10月以降に「おサイフケータイ」「赤外線通信」「ワンセグ」機能が搭載されたスマートフォンが発売されると、急速に普及が広がった。

マイナス要因の除去(スマートフォン)

- ✓ 2010年半ば以降、従来型携帯電話にあって、スマートフォンにはなかった機能が追加され始めたことが普及の後押しとなった

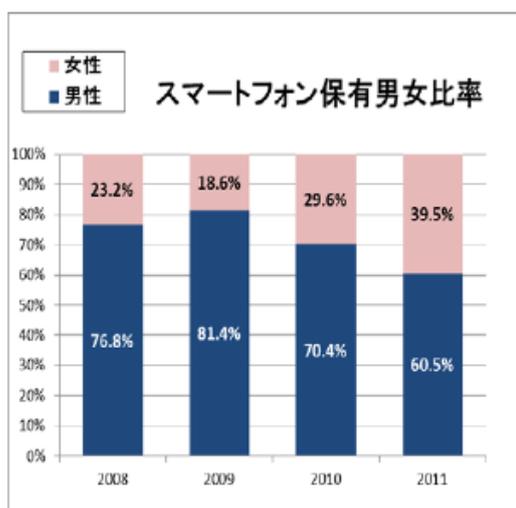
① 機能の追加/向上	② メールアドレスの引継ぎ
<ul style="list-style-type: none">✓ おサイフケータイ✓ 赤外線通信✓ ワンセグ✓ カメラ性能の向上  <p>docomo SH-03C ドコモ初のおサイフケータイ搭載 ワンセグ、赤外線通信対応 960万画素 2010年12月3日発売</p>  <p>au IS03 au初のおサイフケータイ搭載 ワンセグ、赤外線通信対応 957万画素 2010年11月26日発売</p>	<p>【ドコモ】 2010年9月 SPモード提供開始 @docomo.ne.jpのメールアドレスを スマートフォンでも利用可能</p> <p>【au】 2010年8月 @ezweb.ne.jpのメールアドレスを利 用可能</p> <p>両社とも、絵文字・デコレーションメー ルにも対応</p>

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

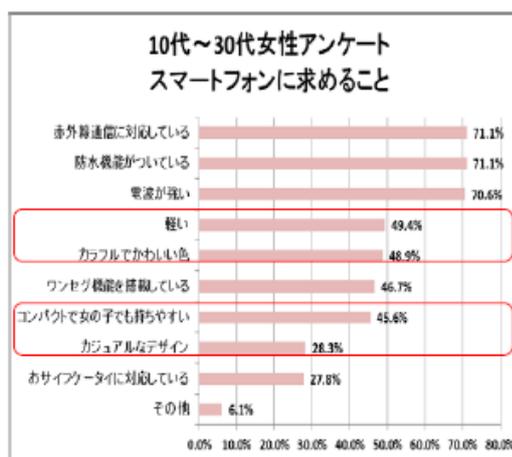
図 6 スマートフォンにおけるマイナス要因の除去

3) 女性層の取り込み

女性のスマートフォン保有率は、2010年から2011年にかけて伸びが顕著であり、2011年以降のスマートフォンの爆発的普及は、女性が牽引したといえる。この背景としては、女性にとって便利なアプリが登場したことがあげられる。例えば、スマートフォンでレシピを見ながら料理をしたり、子供をあやすために動画を見せたりといった使い方が可能になり、子育て層からの支持を集めた。またデザイン面でも、2011年8月に発売された「Xperia ray」など、従来より小型化した女性向けモデルが登場した。女性層の中でも10代から30代までの世代は、スマートフォンに対して、「軽い」「カラフル」「コンパクトで持ちやすい」といったデザインのこだわりを強くもっている。女性層をターゲットにした機種が登場も、スマートフォンが爆発的に普及した一因となっている。



(資料)インプレスR&D(2011、2010)
『スマートフォン/ケータイ利用動向調査2012』
『ケータイ白書2011』



(資料)MMD研究所(2011)
『女性のスマートフォン利用に関する調査』

- ✓ 2010年~2011年にかけて、女性の伸びが顕著
- ✓ 2011年以降の爆発的な普及は女性が牽引

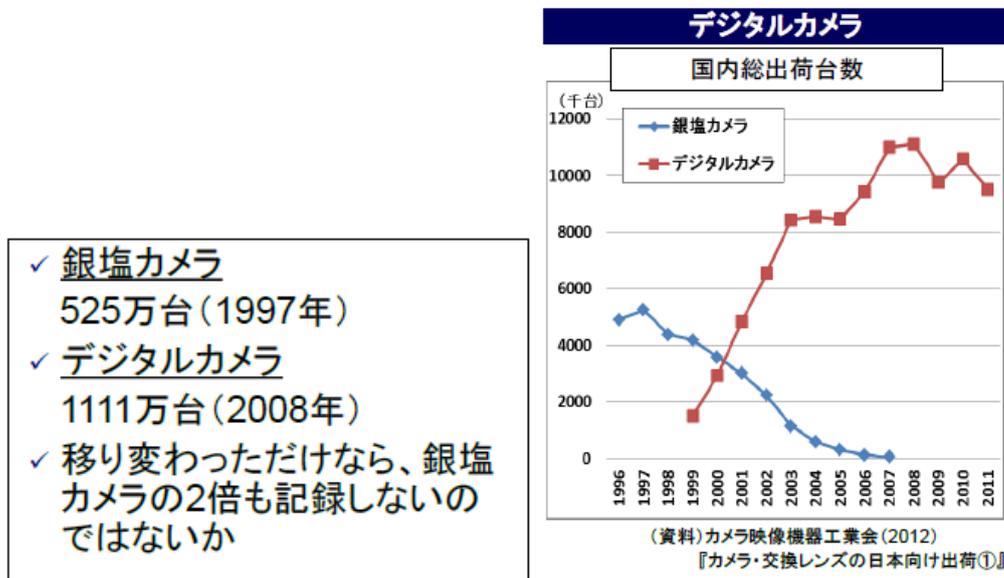
✓ デザイン・持ちやすさ
「軽い」「カラフル」「持ちやすい」といったデザインに関するこだわりが強い

女性層をターゲットにしたコンパクト・カラフルな機種が増え、女性がほしいと思うスマートフォンが登場した

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 7 スマートフォンにおける女性層の取り込み

(2) デジタルカメラ



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 8 デジタルカメラと銀塩カメラの出荷台数の推移

デジタルカメラの歴史

時期	出来事	備考
1988年	富士写真フィルム(現 富士フィルム)「FUJIX DS-20」開発	世界初のデジタルスチルカメラ
1995年	カシオ計算機より「QV-10」が発売され約20万台の大ヒット	パソコンに直接接続して画像を取り込むことができる 液晶パネルを世界初搭載 従来製品よりも低価格
2001年	総出荷台数(日本向け)で銀塩カメラを追い抜く	
2004年	普及率が50%を超える	
2005年	京セラがカメラ事業から撤退	業界再編が進み始める
2008年	過去最高の総出荷台数(日本向け)1111万台を記録 銀塩カメラの統計が終了	
2006年	コニカミノルタが写真関連事業全般から撤退	
2012年	イーストマン・コダックが破産申請	

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 9 デジタルカメラの歴史

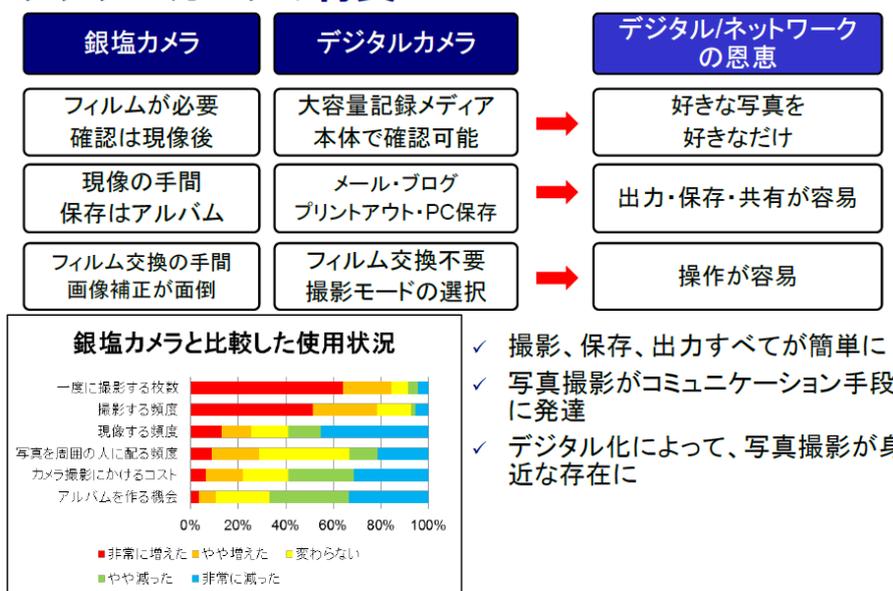
公益社団法人日本経済研究センターでは、デジタルカメラの爆発的普及にも「機能の日常化」「マイナス要因の除去」「女性層の取り込み」の3つの要因があると整理している。

1) 機能の日常化

従来の銀塩カメラでは、写真撮影にはフィルムが必須であり、一度に撮影できる枚数はフィルムによって制限を受けていた。また、撮影した写真はその場で確認することができず、現像するまで上手く撮れているか分からなかった。さらに写真を人と共有する方法は、現像した写真を見せたり渡したりすることが主であった。ところが、デジタルカメラの登場により、大きな変化が訪れる。第一にフィルムが不要なくなった。撮影した画像はデジタル化され、一度に撮影できる枚数が劇的に増えた。第二に液晶モニタの搭載により、撮ったその場で確認することができ、納得がいくまで何度でも撮り直しができるようになった。第三に人との共有方法が変化した。現像する頻度が減り、メールやブログ等にてデータのまま人と共有できるようになった。アンケート調査によると、「ネット上に写真を公開したことがある」と44%の人が回答しており、また、ネット上に投稿する理由の53%は「友人や知人に近況を知らせるため」と写真が思い出を残すものからコミュニケーション手段へと変化していることがわかる。結果として、銀塩カメラよりも写真を撮影する頻度が上がった。

カメラが提供する「写真を撮って観る」というサービスが「好きなだけ撮ってその場で確認できる」ようになった。耐久消費財というモノ自体ではなく、耐久消費財が提供するサービスの進化が、「機能の日常化」を導き、新たな需要を掘り起こしている。

デジタルカメラの特長



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 10 デジタルカメラの特長

2) マイナス要因の除去

「機能の日常化」という爆発的に普及した製品の特長は、製品が登場した当初から存在していた。しかし、どの製品もすぐに普及したわけではない。新製品から得られるメリットが、従来製品から乗り換えるデメリットを超えなければ、普及は限定的である。従来製品と比較し、劣っている点がある程度解消されてから、爆発的普及が加速したのである。

1995年に発売された「QV-10」の画素数は、35万画素であり、銀塩カメラの写真と比較すると明らかに画質が劣っていた。2000年以降、A4に印刷した際にも鑑賞に堪えうる300万画素を超える製品が主流となり、画質のマイナス要因は解消されていった。同時に価格も年々下落し、出荷価格をみると1999年には4万5000円以上であったが2年後の2001年には3万円台まで下がり、普及が加速していった。

マイナス要因の除去(デジタルカメラ)

① 画素数の進歩

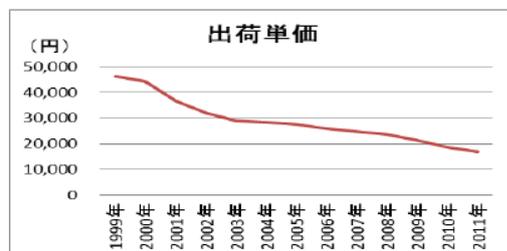
- ✓ 画素数はこの17年で飛躍的に進歩 (Canon)
 - 1996年 57万画素
 - 2012年 1600万画素
- ✓ A4に印刷した際に十分な画素数は約300万画素
 - 2000年過ぎから主流に

	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年上半期
100万画素未満	1,126,057				
100万以上～200万画素未満	2,308,368	3,833,772	3,382,836	2,475,926	385,532
200万以上～300万画素未満	1,653,782		6,885,306	10,793,341	3,835,120
300万以上～400万画素未満		6,508,312			7,712,868
400万以上～500万画素未満			4,485,101	11,281,257	2,573,883
500万画素以上					2,323,387
デジタルカメラ合計	5,088,207	10,342,084	14,753,243	24,550,524	16,830,790
光学ズーム有り	3,182,004	8,139,424	11,684,619	20,986,695	14,646,691
光学ズーム無し	1,906,203	2,202,660	3,068,624	3,563,829	1,943,853
レンズ交換式一眼レフ					240,246
	5,088,207	10,342,084	14,753,243	24,550,524	16,830,790

(資料)カメラ映像機器工業会(2003)
データ:カメラ情報センター

② 価格の下落

- ✓ 1万画素あたりの価格は急速に下落
- ✓ 出荷単価も年々下落



(資料)カメラ映像機器工業会

年	参考機種 (Canon)	有効画素数 (万)	価格	1万画素あたり価格
1996	PowerShot 600	57	128,000	2,246
1997	PowerShot 600N	57	118,000	2,070
1998	PowerShot A5	81	74,800	923
1999	PowerShot S10	211	89,800	426
2000	PowerShot S20	334	99,800	299
2001	PowerShot G2	400	115,000	288
2002	PowerShot A200	200	32,000	160
2012	PowerShot A2300	1600	9,390	6

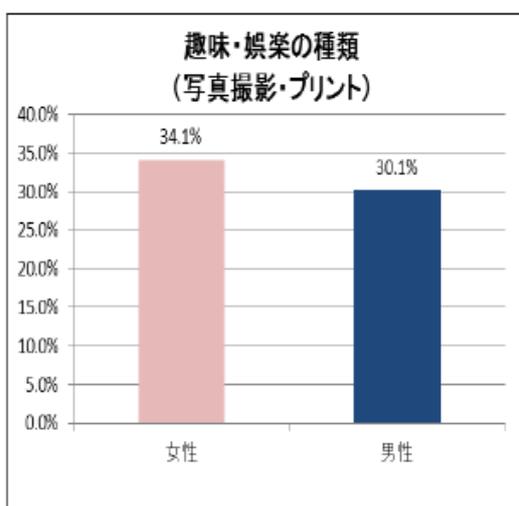
(資料)Canonホームページ、2012年は「ヨドバシ.com」

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

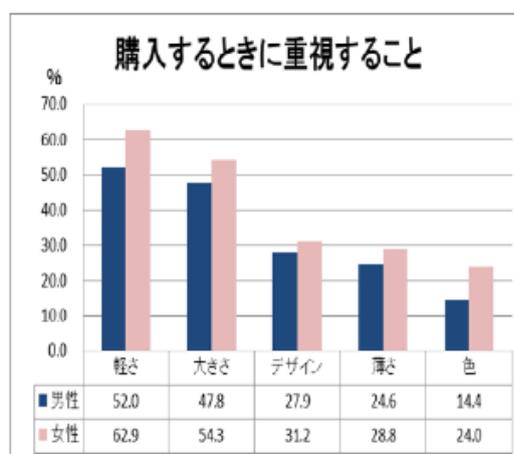
図 11 デジタルカメラにおけるマイナス要因の除去

3) 女性層の取り込み

カシオ計算機が2010年に実施したアンケート調査によれば、女性が、「自分が写っている写真で満足していない理由」の8割近くが「自分の表情が変」というものであった。女性には、写真に綺麗に映りたいという潜在的な欲求が存在し、スマイルシャッターや美肌モードなど、自分の納得がいく写真を撮れる機能の追加が、女性層の取り込みに貢献したと考えられる。また、従来の銀塩カメラと比べてコンパクトになることやカラーバリエーションの増加により、女性が持ち歩いてもファッションとして違和感のないものとなった。



(資料)総務省(2006)『社会生活基本調査』



(資料)DIMSDRIVE(2005)

『デジタルカメラに関するアンケート』

✓ 写真撮影を趣味とする人は、男性30.1%、女性34.1%と男性を上回っている

✓ 一眼レフの女性の購入者割合が増加
2004年:2.3%
2011年:16.1%

(資料)カメラ映像機器工業会(2012)
『日本市場のデジタルカメラ購入者特性(男女別構成)』

✓ デザイン・大きさ

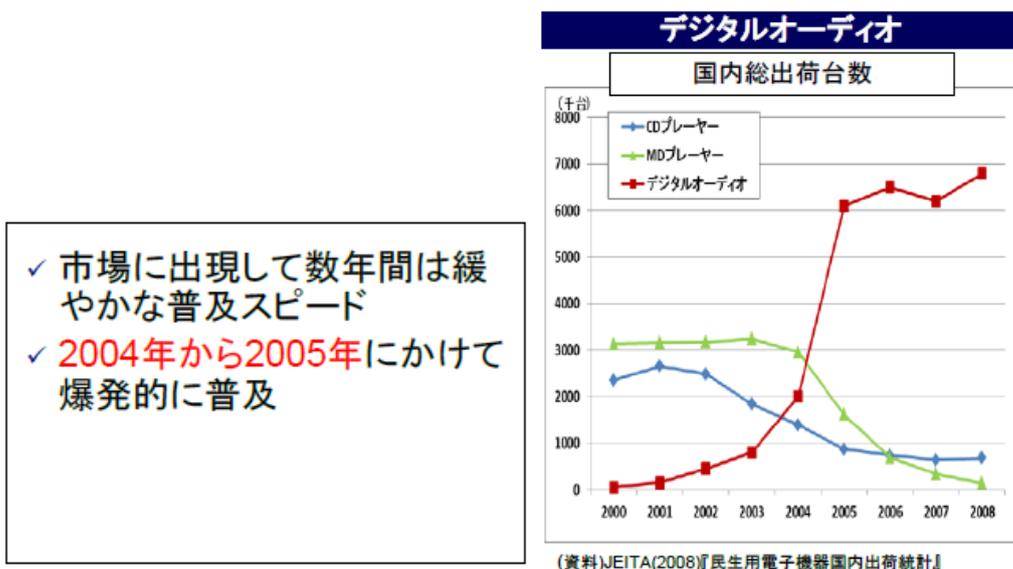
デザイン関連でのアンケートでは全て女性が男性を上回っている

2009年にはカメラとしては世界初となる100タイプのバリエーション(ペンタックス)

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 12 デジタルカメラにおける女性層の取り込み

(3) デジタルオーディオプレイヤー



出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 13 デジタルオーディオプレイヤーと CD、MD の出荷台数の推移

デジタルオーディオプレイヤーの歴史

	時期	主要な出来事
黎明期	1998年2月	世界初のデジタルオーディオプレイヤー「mpman」発売。
	1999年12月	ソニーが「NW-MS7」を発売。日本の大手メーカー初参入。
拡大期	2001年10月	Appleより「iPod」発売。HDD搭載により大容量化実現。
	2004年7月	「iPod mini」発売。端末の大幅な小型・軽量化。この年の出荷台数でCDプレイヤーを追い抜く。
普及期	2005年6月	2005年6月、iPodがPodcastサービスに対応。インターネットからラジオ番組をダウンロードし、iPodで楽しめるようになる。
	2005年8月	音楽配信サービス「iTunes Music Store」が日本上陸。
	2005年9月	「iPod nano」発売。さらなる端末の小型・軽量化。
	2005年10月	iPodが動画再生に対応。この年の出荷台数で、MDプレイヤーを追い抜く。

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 14 デジタルオーディオプレイヤーの歴史

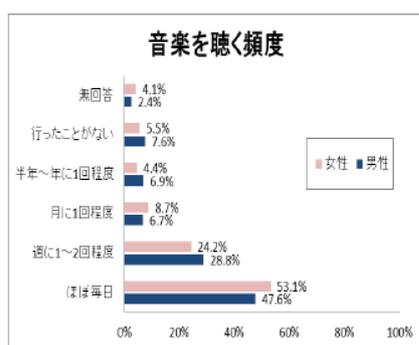
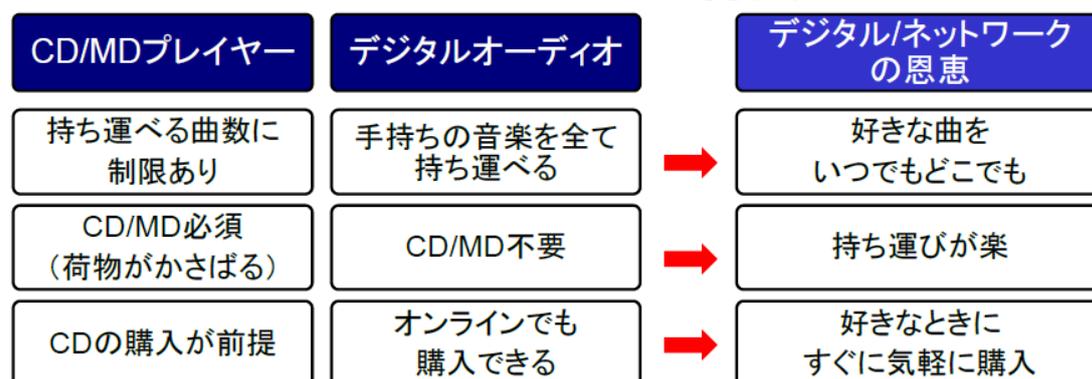
公益社団法人日本経済研究センターでは、デジタルオーディオプレイヤーの爆発的普及にも「機能の日常化」「マイナス要因の除去」「女性層の取り込み」の3つの要因があると整理している。

1) 機能の日常化

従来の CD プレイヤーで音楽を聴くには、CD という物理媒体が必須であった。持ち運べる曲数は CD の枚数に依存しており、数が増えると荷物もかさばった。別の CD に入っている曲を聴く際には、入れ替えなければならず不自由な状態であった。しかし、デジタルオーディオプレイヤーの登場により、CD という物理媒体が必要なくなり、一度に数百曲持ち運べるようになった。曲の購入方法もインターネットからの購入という選択肢が増え、手持ち曲の中から気分に合わせていつでも聴きたい曲を聴けるようになった。

携帯音楽プレイヤーが提供する「音楽を聴く」というサービスが「好きな曲を好きな時に聴ける」ようになり、耐久消費財というモノ自体ではなく、耐久消費財が提供するサービスの進化が、「機能の日常化」を導き、新たな需要を掘り起こしている。

デジタルオーディオプレイヤーの特長



(資料) 日本レコード協会(2006)『2005年度音楽メディアユーザー実態調査』

- ✓ 日本人にとって、音楽を聴くという行為は**生活の一部**
- ✓ 手持ちの音楽を外へ全て持ち運べるデジタルオーディオには潜在的な需要が存在していた
- ✓ デジタル化によって、より音楽が身近な存在に

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 15 デジタルオーディオプレイヤーの特長

2) マイナス要因の除去

「機能の日常化」という爆発的に普及した製品の特長は、製品が登場した当初から存在していた。しかし、どの製品もすぐに普及したわけではない。新製品から得られるメリットが、従来製品から乗り換えるデメリットを超えなければ、普及は限定的である。従来製品と比較し、劣っている点がある程度解消されてから、爆発的普及が加速したのである。

1999年発売のソニー製品や、2001年発売の初代「iPod」の価格帯は4万円以上であり、CD・MDプレイヤーに比べると倍以上の価格差があった。2005年に「iPod nano」が発売され、1万台の製品が登場し、爆発的に普及することになった。

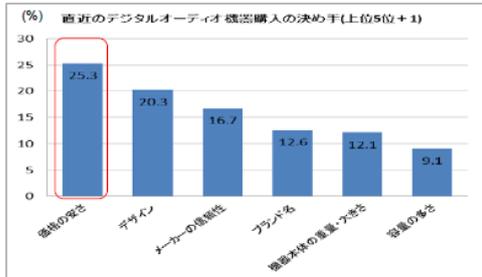
マイナス要因の除去(デジタルオーディオ)

①価格の下落

- ✓ 発売当初は高価格がネック
 <価格・容量推移>

発売日	機種名	メーカー	価格	容量	1MBあたり価格	収録曲数
1998年2月	mpman	セコムシステムズ	59,800円	64MB	934円	15曲
1999年12月	NW-MS7	ソニー	45,000円	64MB	703円	15曲
2000年6月	NW-E5	ソニー	40,000円	96MB	416円	20曲
2001年11月	iPod classic 第1世代	Apple	47,800円	5GB	9.5円	1,250曲
2002年9月	iPod classic 第2世代	Apple	36,800円	5GB	7.3円	1,250曲
2004年7月	iPod mini	Apple	28,140円	4GB	7円	1,000曲
2004年7月	NW-HD1	ソニー	53,000円前後	20GB	2.65円	5,000曲
2005年9月	iPod nano第1世代	Apple	17,800円	1GB	17.8円	250曲
2006年9月	iPod nano第2世代	Apple	17,800円	2GB	8.9円	500曲
2007年9月	iPod nano第3世代	Apple	17,800円	4GB	4.4円	1,000曲

(資料)シードブランニング(2010)『アップルとライバル企業の分野別戦略と市場動向』ほか



(資料)日本電産協会総合研究所(2005)『ポータブルデジタルオーディオプレーヤーと音楽配信サービスに関する消費者調査』

②小型・軽量化

- ✓ 徐々に小型・軽量化
- ✓ より外に持ち運びやすく

<重さ・サイズ推移>

機種名	重さ	サイズ
iPod classic	185g	102×61.8×19.9mm
iPod mini	103g	91.4×50.8×12.7mm
iPod nano	42g	90×40×6.9mm

(資料)シードブランニング(2010)『アップルとライバル企業の分野別戦略と市場動向』ほか



iPod classic

iPod mini

iPod nano

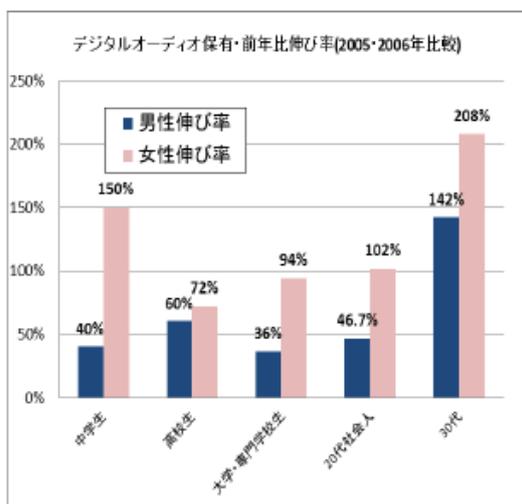
12

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

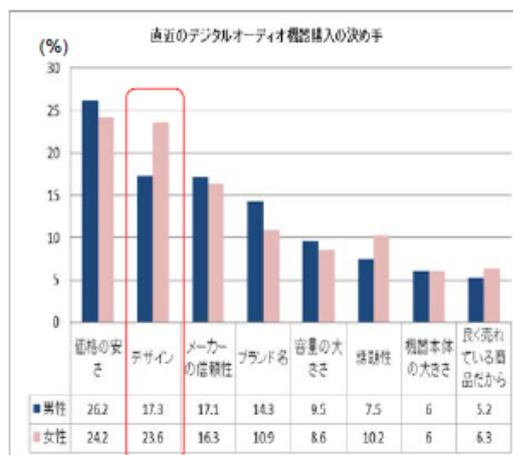
図 16 デジタルオーディオプレーヤーのマイナス要因の除去

3) 女性層の取り込み

デジタルオーディオを購入する際の決め手は、男女とも一番が価格、二番がデザインである。ただし、女性がデザインを購入する決め手とする割合は男性よりも上回っており、男性と比べて、女性がデザインを重要視していることが分かる。2004年に「iPod mini」、2005年に「iPod nano」が発売されるなど、コンパクトかつカラフルな機種が登場した。これにより、女性が外に持ち運びやすくなり、需要を喚起した。特に、「iPod nano」発売前後のデジタルオーディオ保有率の伸びを男女で比較すると、若年層では女性の方が高くなっており、爆発的普及を牽引する一因となった。



(資料) 日本レコード協会(2006、2007)
『2005・2006年度音楽メディアユーザー実態調査』



(資料) 日本能率協会総合研究所(2005)
『ポータブルデジタルオーディオプレーヤーと音楽配信サービスに関する消費者調査』

- ✓ デジタルオーディオが急激に普及した時期、**女性の保有率が急上昇**
- ✓ 特に**若年層**で顕著

✓ デザイン面での訴求

女性の購入動機は一番が価格の安さ、二番がデザイン

iPod mini、iPod nanoといったコンパクトでカラフルな機種の登場

出典：公益社団法人日本経済研究センター資料

図 17 デジタルオーディオプレイヤーの女性層の取り込み

参考 3 : 検討会の議事概要

第 1 回～第 4 回の検討会の議事概要を次頁に示す。

1 日時：平成28年12月26日（月）10:00～12:00

2 場所：東京大学生産技術研究所 An 棟 4 階小会議室

3 出席者

委員 法政大学 糸久准教授、法政大学大学院 今井教授、東京大学 大口教授、
東京大学大学院 垣内教授、東京大学大学院 北村准教授、金沢大学 菅沼准教授、
横浜市立大学大学院 中村教授、早稲田大学 森本教授、
東京農工大学 ポンサトーン准教授、大阪大学 山崎特任准教授

事務局 東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター（須田教授、坂井准教授、中野准教授、大石准教授、小野特任准教授、貝塚助教）、一般財団法人計量計画研究所、社会システム株式会社

4 議事概要

（1）開催趣旨について（資料3）

（事務局より資料3について説明）

- ・自動運転は、完全自動（無人運転；公共交通・シェアリングが主）と高度な運転支援（個人所有）に2極化するのではないか。法律、社会的受容性の向上、保険等様々な側面で捉える必要がある。
- ・どんな地域で誰にニーズがあるかを想定し、切り分けて考える必要がある。高齢者で運転できない・現在の運転免許がない人→完全自動→新しい免許の必要性、都市部渋滞を楽に運転→高度な運転支援→免許の緩和の必要性など、自動運転と高度な運転支援では、結論の方向が異なる。
- ・ポジティブリスト（前向きな社会の創造）とネガティブリスト（対応が必要な課題）を分けることが大切ではないか。
- ・都市計画の観点からは、日本のコンパクトシティは環境負荷より人口減少に対応する社会構造が必要。交通システムのトータルデザインを考え、その中でどの部分を自動運転が担うべきかを考えておく必要がある。
- ・自動運転車両が溢れると、渋滞の発生により予測外の事故の発生や、速度が低下による効率の低下の可能性など、ネガティブな面もありえる。
- ・経済の視点から考えると、車で移動できるようになると、都市が広がり他のインフラ整備コストがかかる。社会基盤の整備・更新は遅いため、どの部分に自動運転を適用するのか考えないと将来につけ残すのではないか。時間軸も意識した議論があってもよい。
- ・自動運転の発展のビジョンが出来た上で、実現のために何をすべきかが課題。自動運転の導入後、免許や車庫証明等の既成のツールをどのようにするのか、また、経済的なインセンティブ、税制面など、グローバル化を意識した検討の必要がある。
- ・エコシステム（生態系）のポイントは、キーストーン種と呼ばれるエコシステム全体の仲間作りをして発展していくような種類がいること。自動運転をエコシステムと考えたときに、複数のエコシステムが併存し、競争が生じるものとする。スマホだと、アップルとグーグルでは open と close が全く異なっており、このような観点から見るとおもしろいと思う。

(2) 自動運転を取り巻く現状について (資料 4-1～-3)

(事務局より資料 4-1～3 について説明)

- ・ 自動運転に関連して新たな検討が進んでおり、欧米の動向を把握するためにも継続的に他国とコミュニケーションをとり、標準化や調整が必要とされる。その中で、アカデミアもきちんとコミットしていかないといけない。
- ・ 自動運転を誰が使うのか、誰がコントロールするのか、例えば成熟していない人間（未成年）が使うことを想定したときに、どこまで規制をするのかということも考える必要がある

(3) 本検討会のアウトプットイメージ (資料 5)

(事務局より資料 5 について説明)

- ・ 自動運転を検討する中で人、物、サービスをパッケージとして考える必要がある。
- ・ 高齢者だけではなく、若い人が住みたくなるまちづくりの視点からも検討できればよい。
- ・ 自動運転による事故回避というキーワードも必要。
- ・ 法律家の議論のためにも、技術系の方からの現在の技術水準・近い将来の予測等の提示が求められる。
- ・ 完全自動運転の導入時には教育啓発を同時に行うとともに、危険性の社会への理解促進も必要。
- ・ 自動運転の導入による現在の自動車社会の課題解決可能性について、フレームとして議論しておき、その上で自動運転が社会にもたらす便益の可能性をポジティブに捉えた議論が必要。
- ・ 道路課金の方法が変わってくると考える。現在課金できていないコストに対して、適切な課金をする仕組みへの変更について議論するべき。過疎地域での実験では、全体として課金の仕組みが変わることを見ていくことも良い。
- ・ 自動運転の仕組みが入ってくることを契機にして、受益者負担、原因者負担、経済原理に従わない公共の負担などを整理し直すきっかけとすることができればよい。
- ・ 議論の出発点として、狭義での自動走行、運転支援そのもののメリット・デメリットに加えて、自動走行と既存技術との組み合わせや、それにより生じるメリット・デメリットも意識して整理して行くことが考えられる。
- ・ 完全自動を目指す話といまの車社会を発展させる話について、あるべき姿と今から行えることを法律、制度、技術、まちづくりなどの視点から一通り入れて整理する方法があるのではないか。

以上

1 日時：平成 29 年 1 月 27 日（金） 18:20～20:40

2 場所：東京大学生産技術研究所 As 棟 3 階中セミナー室 5（As313・314）

3 出席者

委員 法政大学 糸久准教授、法政大学大学院 今井教授、慶應義塾大学 植原准教授、
東京大学 大口教授、東京大学大学院 垣内教授、立命館大学 塩見准教授、
横浜市立大学大学院 中村教授、早稲田大学 森本教授
（WEB 参加：金沢大学 菅沼准教授）

事務局 東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター（坂井准教授、中野准教授、大石准教授、小野特任准教授、平沢助教、杉町特任助教、貝塚助教）、一般財団法人計量計画研究所、社会システム株式会社

4 議事概要（各資料に対する主なご意見）

（1）垣内委員からの話題提供（資料 3-2）

- ・自動運転では、事故の行為主体と責任主体が食い違ってくるのではないかとされている。運行供用者概念をめぐる議論として、運転手がコントロールできない状況下での事故では、システム側に責任を帰属させてもよいという発想が出てくると思われるが、これから議論が深まる話である。
- ・大阪のニュートラムの追突事故のように自動車以外の自動化されたシステムの事故を参考事例として責任の所在などを把握してもよいのではないか。
- ・民法専門の明治大学・中山幸二教授からは、自動運転を発展させようとして供用者概念が変容せざるを得ないのだとすると自賠責法とは別のタイプのセーフティーネットで、民事的な部分をカバーしなければならぬと、ご意見いただいている。

（2）今井委員からの話題提供（資料 3-7）

- ・自動運転の車は、レベル 2（高度な運転支援）かレベル 4（完全自動運転）に 2 極化するのではないかと。レベル 3 の車両で手動に切り替わったときに対応するためには、相応のスキルが必要である。
- ・自動運転の導入は社会受容性の変容が認められるような地域に限定し、車両の速度や走行空間の条件を決め、車の使い方や車両周囲の方の行動を変更といった社会的コンセンサスをとるなどの多様な環境を整えなければ、自動運転は成功しないと考えられる。
- ・スキルがなくても移動体を動かせる新たな限定免許を作るのであれば、今とは異なる保安基準をクリアした高度化したレベル 2 の車両を対象として、救われる人が出てくるという整理が合いそうである。それが高度化レベル 2 であり、レベル 3 ではないと思われる。

（3）菅沼委員からの話題提供（資料 3-4）

- ・自動走行の合意を得られる地域は、交通手段がないと困りかつ自動運転を導入すれば助かる地域ではないかと。公共交通機関の廃止や自分で運転できなくなるリスクによるデメリットを住民が許容できるかという議論の中で、自動運転の導入が必要という話もある。

- ・緊急車両への自動運転を導入は合意が得られやすいと考えられ、まず緊急車両に自動運転を導入して、自動運転に対する感性をつけるとよいかもかもしれない。
- ・法律や規制の運用を車だけを対象とするのではなく、位置情報端末の所持の規制を地域住民に課すなども議論に含めれば、導入の可能性があるのではないか。
- ・体の不自由な方や酔っ払いもいるため、規制に 100%依存するわけではないが、リスクを下げるために規制して、社会的を求めることになると思う。

（４）森本委員からの話題提供（資料 3-6）

- ・地上デジタル放送の導入時には、商品のライフサイクルも考慮した助走期間の設定やアナログテレビ用の変換機も作成された。自動運転も同様に、助走期間や後付機器が必要となるのではないか。
- ・レベル 4 を導入する際に、自動運転車両と非自動運転車両が混在するより、一度に（一気に）切り替えた方が社会は幸せという議論もある。
- ・社会受容性を考えると、これまで人間が受容していたレベルからの移行、即ち自分ら運転操作を行っているが、実は全てシステムが監視していて、気が付いたら実は自分は何もしていないというシェアードドライブの究極のようなものへシームレスに移行すればよいのではないか。
- ・地方ではタクシー運転手の人材確保の問題から自動運転と競合が起こらずスムーズに導入できる可能性や、自動運転車両のオペレーションをリスクとともにタクシー業界が引き受けてくれることも考えられ、対立ばかりではないと考える。

（５）中村委員からの話題提供（資料 3-5）

- ・コンパクトシティや立地適正化において、集約拠点の議論があるのに対し、撤退エリア（過疎地）の議論がされていない。撤退エリアを福祉的な観点から自動運転を導入して助け、社会全体の便益を上げていく方法がよいのではないか。
- ・過疎地域を切り捨てることで都市を維持できなくなるなどの時間軸を積んでコストベネフィットを考えると、過疎地域で住み続けることのベネフィットの精査とともに、過疎地域に住んでもらうことに社会全体でコストを支払うコンセンサスが得られてよいと思う。一方で赤字になっている構図のままでは維持できないのでどうするのかも考えなければならない。

（６）糸久委員からの話題提供（資料 3-1）

- ・エコシステム（生態系）を支配するものが最も経済的な利益を得ることができ、産業進化の方向をリードできる。携帯電話で言えば、Apple、Google、docomo（i モード）は勝者であり、エコシステムの支配者となっている。

以上

第3回 自動走行システムの社会的影響に関する検討会 議事概要

1 日時：平成29年2月10日（金）15:00～18:30

2 場所：東京大学生産技術研究所 As 棟 3 階中セミナー室 4（As311・312）

3 出席者

委員 法政大学 糸久准教授、慶應義塾大学 植原准教授、東京大学 大口教授、東京大学大学院 北村准教授、立命館大学 塩見准教授、東京農工大学 ポンサトーン准教授、大阪大学 山崎特任准教授

（WEB 参加：金沢大学 菅沼准教授、横浜市立大学大学院 中村教授）

事務局 東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター（坂井准教授、中野准教授、大石准教授（WEB 参加）、小野特任准教授、貝塚助教）、一般財団法人計量計画研究所、社会システム株式会社

4 議事概要（各資料に対する主なご意見）

（1）植原委員からの話題提供（資料 3-1）

- ・ 見えないところの把握には通信が必要。また、通信に加え、見えないところの把握のためのセンサーと車両制御のための AI が自動運転には必要。
- ・ 車両制御は操縦（maneuver）レベルでは自律制御し、戦術（tactical）レベルでは通信で情報を得て判断させるとよいと思われる。車両制御（特に操縦レベル）では、0.数秒での判断が必要であるため、通信に絶対的な信頼性を置くことは危険である。
- ・ 通信による情報を使うことへの検討やセキュリティも含めたリスクの在りよう、通信に絶対はないので設計上の考慮が必要であるという非常に重要な示唆である。
- ・ 通信の質や責任の所在の問題からすると、制度設計は難しいものになると想定される。一例として自動運転システムのアップデートを実施済か否かで責任がシステムなのかドライバーなのか変わってくるのが想定され、常に最新版に保つという責任をドライバーや自動運転事業者は負うことになり得る。

（2）北村委員からの話題提供（資料 3-2）

- ・ 技術は当初の想定以外の使われ方がされてきている。自動運転も同様に、その技術を人間の楽しみ方や使い方、それを使った社会やビジネス等の想定外のものを生むように知恵を使うということになる。
- ・ 自動運転では、ユーザーインターフェースの検討はあまりされていない。ボタンではなく、音声認識入力システムなどを考える必要があるのではないか。
- ・ 人間と機械が協調してお互いを高め合うといった点が興味深い。
- ・ 与えられた環境が違う世代によって、考え方、社会的影響、経済行動が変わってくる。受容性等の検討において、自動運転普及過渡期と自動運転ネイティブ（今はいないが）の世代の人を分けて考える視点が必要ではないか。

(3) ポンサトーン委員からの話題提供 (資料 3-4)

- ・リスクを取捨選択せずに単に減速するような制御の車両であると、周囲の車両への迷惑になりかねない。リスクの動的変化の理解を深め、AI (判断・行動) のモデルに、状況の認識、リスクの取捨選択の判断を組み込んでいくことが重要である。一方で、車以外の道路の規制や人間への注意喚起などの不確実なリスクを極力減らすような仕組みを導入する必要があるのではないか。
- ・人間がストレスを無くすためには適度なストレスが必要と言われている。移動体に乗っている環境下にどう人間を置くのがよいのか、医学的、心理的な研究も含めて検討が必要ではないか。
- ・運転を含めて完全に機械に権限移譲する方向 (レベル4以上) とシェアードコントロール (レベル1, 2) の方向があり、そのどちらにどのような技術を活用するべきか、が重要な観点ではないか。

(4) 塩見委員からの話題提供 (資料 3-3)

- ・全体最適化を標準設計とすると最適と思わない人が出てくる。最適化の適用は必要なときに限定的し、また、料金負荷などの仕組みが作ればよいと思う。また、個々にどの程度協力を求めるかの議論が必要であろう。
- ・首都高速を自動運転車だけ走行可能とすればインセンティブが高まるという議論があるが、全自動車利用者からみると首都高速の利用者は少なく、普及は難しいのではないか。市場メカニズムのみならず、戦略的に公的な目的のためにという論理を組み立てた上で、社会的に納得させるようにしないと普及しないのではないか。

(5) 山崎委員からの話題提供 (資料 3-5)

- ・責任問題や社会受容性等の論点において、人間の価値観・倫理観・哲学等の倫理問題であることを厳密に理解せずに、単にセーフティーネット・保険が必要と議論されてきている。新技術の導入時の制度設計において、どのような倫理観に基づいているのかを整理して、リスクを国民と理解しながら、社会として妥協できる範囲を決めて、導入する必要があるのではないか。
- ・慎重に倫理的に考えてしまうと、リスクは当然あるので自動運転車の普及について何も出来なくなる。何もしないと無責任だが、まじめに考え過ぎるとリスクを重視し過ぎて自動運転車を社会に導入できなくなる。
- ・社会的ジレンマはジレンマであり解決することはできず、ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協できる許容できる環境を整えることが肝要である。
- ・事故を後で検証ができるように、車中の情報をログとして残して、事故の教訓をシステムの改善につなげる使い方をするルールを作りが必要であろう。

以上

1 日時：平成29年3月8日（水）16:00～18:15

2 場所：TKP 新橋カンファレンスセンターカンファレンスルーム 4A

3 出席者

委員 法政大学 糸久准教授、法政大学 今井教授、東京大学 大口教授、東京大学大学院 垣内教授、立命館大学 塩見准教授、金沢大学 菅沼准教授、横浜市立大学 中村教授、早稲田大学 森本教授、東京農工大学 ポンサトーン准教授、大阪大学 山崎特任准教授

事務局 東京大学生産技術研究所次世代モビリティ研究センター（須田教授、坂井准教授、中野准教授、大石准教授、小野特任准教授、平沢助教）、一般財団法人計量計画研究所、社会システム株式会社

4 議事概要

（1）各委員からの話題提供まとめ、討議（資料3、参考資料1、2）

- ・ジュネーブ条約の下の道路交通法であり、条約の規定は特区でも解決できない。レベル3はジュネーブ条約の規定に係るが、レベル4は条約が想定していないため、道路交通法で規制されていない地域や時間を限定した空間を対象に実験してデータを取るという整理になるのではないか。
- ・当面は永続的なシステムとしてではなく、特区の更新を続けるという対応になるのではないか。その間に条約の解釈が変更や条約改正の働きかけをするというあたりが落とし所になるのではないか。
- ・自動運転に対応した道交法を作ることも見据えつつ、普及過程で一般車両と自動運転車両が混在し、人間が運転する前提の道路交通法をどう自動運転にも対応させるべきか議論が必要であろう。
- ・民事法上の責任が誰かにあるのかは整理すべき問題であり、議論を深める必要がある。それとは別にセーフティネットは必要であり、自動運転でも事故はなくすことができないので、被害を受けた方への賠償が迅速かつ十分に実現されないと社会的受容性には大きな打撃になろう。
- ・閉鎖された空間である島、ニュータウンのような住宅地で実験はできないか。
- ・人口が多い中核都市の一般道で自動運転の恩恵を全く受けなくてもよいのか。ビジネスモデルをどうすればよいのか提案できたらインパクトがあるのではないか。
- ・市民に参加してもらうためには、モデルケースなどを示すなど啓蒙活動を更に行う必要がある。
- ・一般市民はマスコミの情報しか持っておらず、無人でどこでも行けるイメージの一般の理解と技術的・制度的課題の多い現実との乖離が生じており、ギャップを埋める必要がある。理解を深めて貰うための方法論、チャネルがあるのかを検討し、マスコミに任せておくだけではない。
- ・自動運転の車両の技術開発の大きなウエイトをHMIが占めており、広義のHMI、自動運転車とそれを受け止める社会側の歩行者、自転車等とどのようにコミュニケーションをとる仕組みを作るか、真剣に考えないとならない。

- ・自動運転が増加すれば全員が道交法を守ることになるが、一般車両が混在する道交法違反の車にどう対応するのか議論が必要であろう。
 - ・自動運転以外の車も自動運転に合わせるようなルール、規則、社会的なコンセンサスを得ないと、自動運転をそのまま社会のあり方、倫理観に合わせることは困難である。
-
- ・自動運転が人間の能力をはるかに上回る状況が明らかになれば、国民の理解は進むと思う。事故のリスクはどちらにもあるが、相対的にどちらのリスクが高いかという議論ではないか。
 - ・運転レベルの善し悪しをどのように評価すべきか議論があるのではないか。シミュレータで人間と自動運転の車のリスク回避状況を比較してみると良いのではないか。
-
- ・地方を良くするという議論では、コンパクトシティとパッケージにするべきではないか。使う自動運転のシステム像とサスナビリティな地域の設計をセットにしないと意味がない。
 - ・まちの中で公共交通と自動運転の空間のトータルデザインをどのようにするかを議論が必要である。
 - ・縮退エリアで自動運転のコスト（開発費、管理費）がデマンド交通の人件費に対してどれぐらいかという議論であろう。自動運転のコストが大幅に下がらないと普及は難しいのではないか。
 - ・自動運転の普及で駐車場は不要となるかもしれないが、現在止まっているとされる 95%の車が道路空間上に溢れることにもなり、良いことではないのではないか。
-
- ・サービスカーを誰が作るのか、何台の需要があるのか、どれぐらいの費用で作れるのかまで詰めた議論が必要である。
 - ・最初は開発コストの方が高くなるので、市場の中で開発したいという企業は出てこないのではないか。また、制度的が整っていないことは相当な事業リスクなので、企業として投資がしにくいのではないか。
-
- ・今は日本発で外国に外圧かけるぐらいのストーリーを作る意気込みがあった方がよい。欧米というよりも、中国・インド・アフリカのような大きなマーケット、交通安全死者が多い地域を見据えた将来ビジョンを立てて、移動体の仕組み、街づくりも一緒にして考えなければならない。
-
- ・高度化したレベル 2 と 4 の混在がレベル 3 ではないか。緊急時に権限が移行するのではなく、責任が持てる段階で移行すればレベル 3 でもよいのではないか。
 - ・レベル 3 の車両で緊急時にドライバーの対応状況のデータを集めて、それを組み込んでいくことで、レベル 4 を洗練することができるのではないか。
-
- ・レベル 4 が無人走行できる技能を持つと、車のメンテナンスは重要となり、個人所有は非現実的である。レベル 2 でも自動ブレーキの整備は一般の民間整備場では難しい。今後はディーラーがサービスステーションになるのではないか。
 - ・自動運転車を中古車とするのか、中古車とした場合、責任は誰が取るのかも問題となるのではないか。
 - ・自動車メーカーは責任の観点から、レベル 4 の自動運転車を販売せず、リースする方向になり、年数が

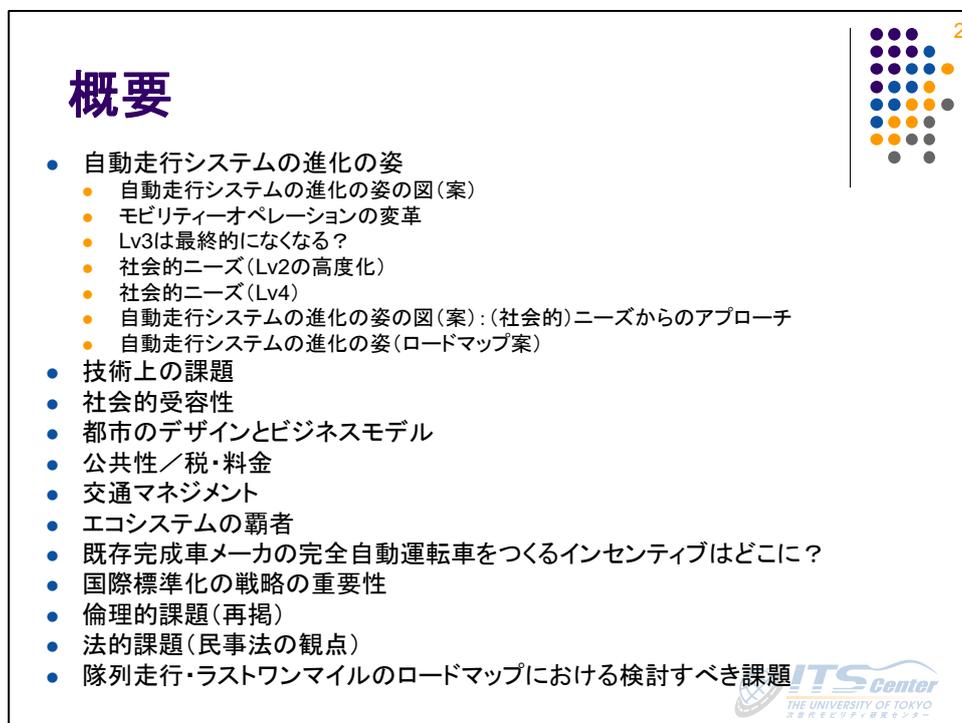
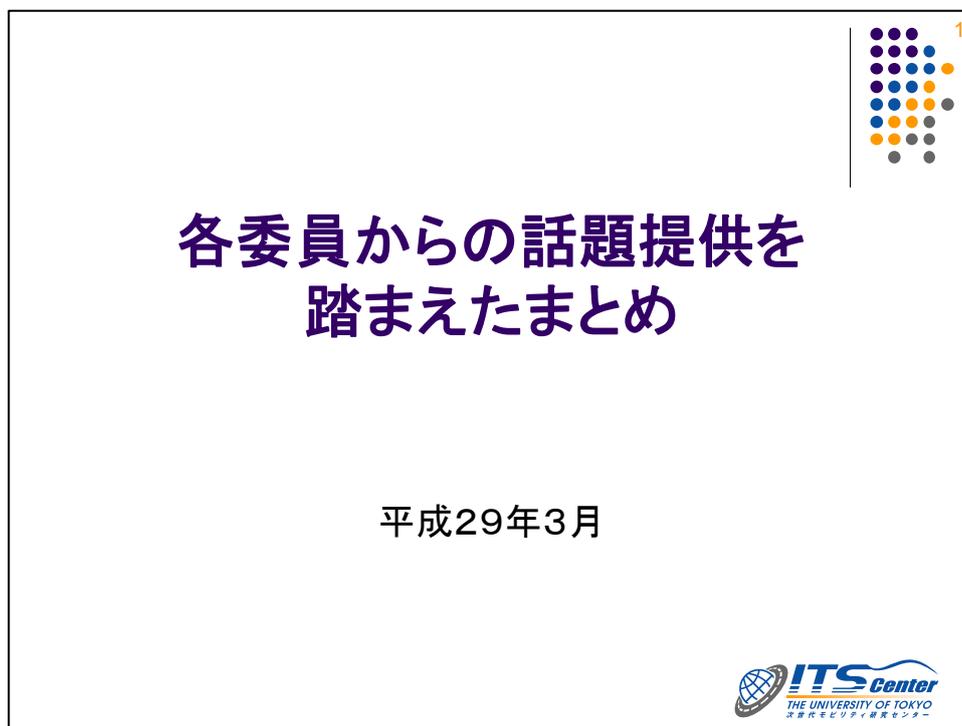
経過したら ADAS の機能を切ってレベル 2 として中古車として売るということはあるかもしれない。

(2) とりまとめについて (資料 4)

- ・今年度は、セキュリティやマーケティング的思想の議論が十分でなく、引き続き検討していくべき議論であろう。また都市計画、ビジネスモデルというキーワードが少ないのではないか。
- ・コンパクトシティや留意点、駐車場の問題の視点もコンパクトシティと絡めた課題整理、実験だけではなくビジネスモデルが成立つことも留意すべきという記載も追加すべきと思われる。
- ・どんなまちを目指すのかを考え、社会的受容性の高いところからはじめ、最終的にはまち全体へ広がっていくシナリオ、それが目指す街であると整理をすればよいのではないか。

以 上

参考 4 : 検討会のまとめ



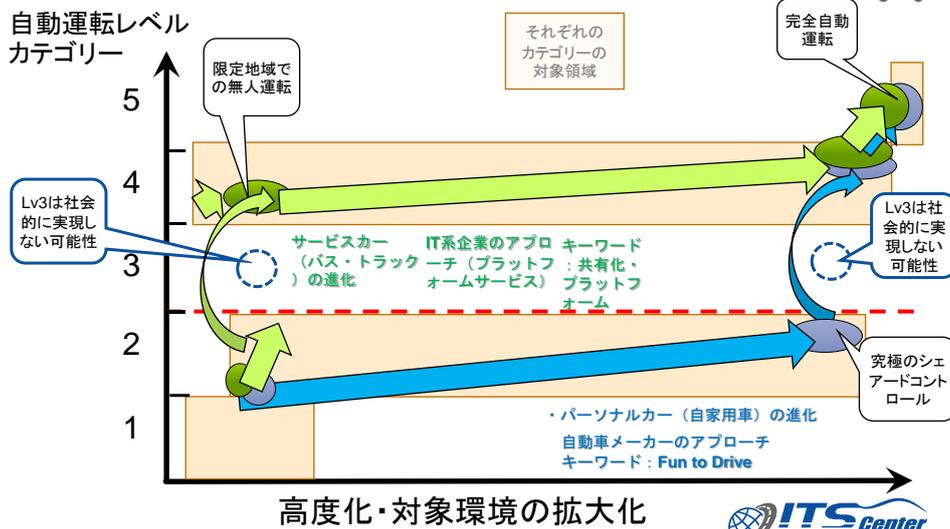
自動走行システムの進化の姿



- 進化は二極化 (Lv2とLv4)
 - 最後はドライバー責任だが、ほとんどがシステムによる制御
→Lv2の高度化した姿
 - ドライバーがいない移動体
→Lv4の対応できる環境が広がった姿
- 技術開発の面からはLv3は存在する
 - Lv4の車両開発の過程に発生しうる。
- 最終的には、Lv5に集約する



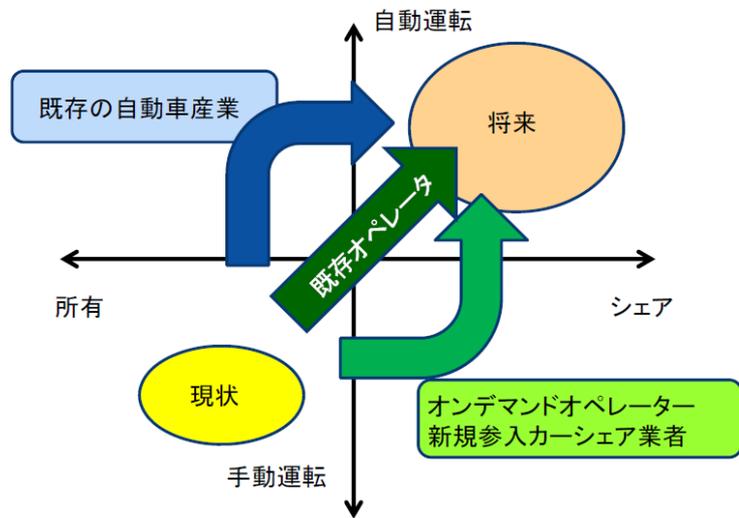
自動走行システムの進化の姿(案)



モビリティオペレーションの変革



5



Lv3は最終的になくなる？



6

- Lv3は技術的には存在する
 - Lv4の車両開発の過程に発生しうる。
 - Lv3車両で、システムの能力限界な環境等をテストコース等の走行で突き止め、それらを克服することで、Lv4に近づいていく
 - Lv3の存在に当たっては、ドライバのレベル(スキル)分けが必要。
 - システムよりドライバの方がスキルが高い状況の時のみ、Lv3が存在し得る
 - ドライバとシステムのスキルの大小は環境・状況により変わる
 - ドライバ < システム (例: 衝突軽減ブレーキ、自動衝突回避、高齢ドライバ運転支援)
 - Lv2又はLv4であるべき。
 - ドライバ > システム (例: 自動運転システムの公道実証実験時等技術開発時の一時的な運用)
 - Lv3が存在し得る





Lv3は最終的になくなる？

- 技術面：
 - セカンドタスク(居眠りを含む)中にドライバーは(例えば4秒以内に)運転タスクに戻れるのか？
→事実上、システムはドライバの状態(Readiness)の常時把握が必要(本当にできるのか?)。
 - 法律面、規制面
 - Lv3の乗客は、事実上、現状の法律上のドライバーと同じ責任を課される(運転免許が必要、飲酒はダメなど)。
 - Lv3は必要に応じて乗客がドライバーに変わること。最先端の技術で対応できない状況で人間に替わっても安全性は確保できないため、法的には危険。(誰もLv3の運転手になりたがらない)
 - 社会的ニーズ
 - Lv2またはLv4に分類される。
- ドライバのレベル(スキル)が高い場合Lv3は存在しうるが、一般的にはドライバはLv3車両を好まない
- 技術開発の面からはLv3は存在するが、Lv2又はLv4に二極化し、最終的にはLv5に集約する



社会的ニーズ(Lv2の高度化)

- Lv2の高度化
 - シェアードコントロール、人馬一体型 等
- 社会的ニーズ
 - 既存の自動車の安全性向上
 - 衝突軽減ブレーキ、自動衝突回避...
 - 既存のサービスの高度化
 - ART正着制御、など
 - 高齢ドライバー支援(地域のモビリティ確保)
 - 対象:運転スキルが低下した高齢ドライバー
 - 高度化したLv2車両のみ運転可能(運転免許要件の緩和)
 - ドライバ不足支援(運送業、バス他)
 - 高度化したLv2トラック等のみ運転可能(運転免許要件の緩和)





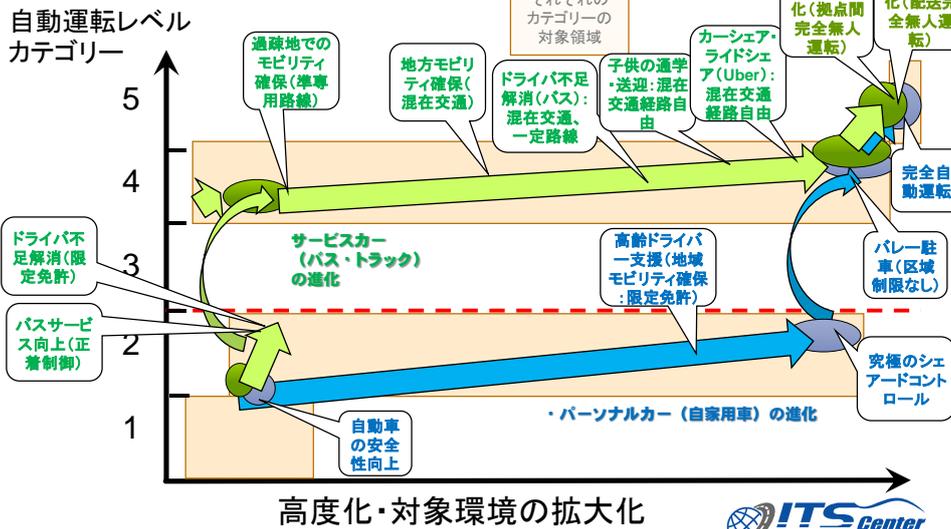
社会的ニーズ(Lv4)

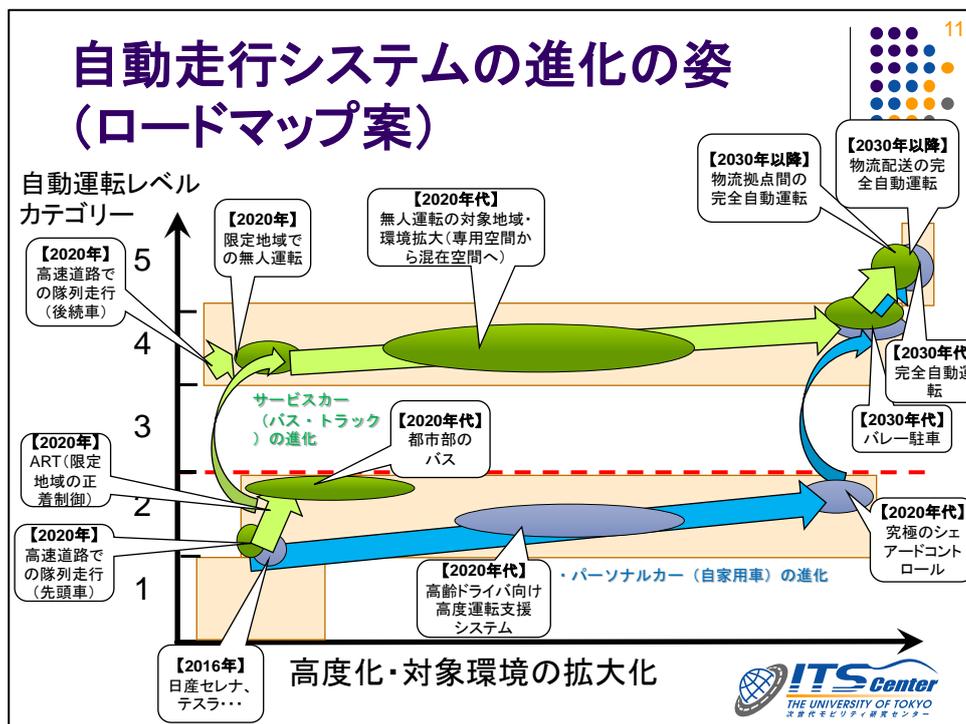
- 過疎地/地方の交通弱者(高齢者、運転免許を持たない人等)のモビリティ確保
 - ラストワンマイル(ルート固定/ルート自由(デマンド型))
 - 子供(児童・生徒)の通学・送迎(ルート自由)
- ドライバ不足支援(バス等)
 - 混在交通下でのバスの自動運転(ルート固定・ルート自由)
- 自動車の共有化
 - カーシェア・ライドシェアの自動運転化
- ドライバ不足支援・輸送コスト削減(運送業等)
 - 拠点間完全無人運転(主に幹線道路)
 - 配送時完全無人運転(市街地を含む)
 - 「高速道路での隊列走行」だけでは、ニーズをカバーしきれない恐れ(拠点~高速道路間(=一般道)も無人運転の必要があるのでは?)
- バレー駐車(無人自動駐車)
 - 限定空間/市街地内

対象環境の拡大化



自動走行システムの進化の姿(案): (社会的)ニーズからのアプローチ





技術上の課題

- 制御技術・アルゴリズムの課題
 - 最後はタイヤの性能に左右される。
→制御の限界→事故をゼロにはできない
 - 熟練ドライバーのような動きをするには、制御モデル (deep learning) に状況認識、リスクの取捨選択の判断の組み込みが重要。
 - ソフトウェアには必ずバグが存在し、ソフトウェアの更新が必須。更新忘れなどのリスクが常に存在する。
→責任の所在にも影響 (ドライバー・オペレータは常に最新版を保つ責任を負う)
- 倫理的課題
 - 「トロッコ問題」: プログラムすることが問題。それで序列化、制度化をもたらす。
→制御アルゴリズムに倫理的リスクを抱える

ITS Center
THE UNIVERSITY OF TOKYO
次世代モビリティ研究センター



技術上の課題

- 通信技術の限界
 - つながらないこと、通信遅れはあり得ると想定すべき
 - 車両制御に関しては自律走行の補助とすべき
 - 直接制御に影響しない走行情報を相互に交換することは有益
 - 遠隔操作の場合、通信が切れた場合(切れることを想定すべき)の安全な停車等の制御が不可欠
 - 信頼性と遅延はトレードオフ
 - 全ての自動運転車のデータを無線通信でリアルタイムに送信できるのは非現実的
 - 有用なデータの選定(経路選択情報など)、非リアルタイムでの情報収集に特化(地図の更新情報(静的情報)など)
 - 完全なセキュリティは「ない」。
 - 計算量とのトレードオフ



社会的受容性

- 対象環境が限定的ほど、社会的に受け入れやすくなる
- Lv4共通:
 - 他のドライバーとの関係、歩行者・自転車等との関係(広義のHMI)
 - 自動運転車の導入リスクが社会的に受け入れられるか→地域の慣習・倫理観との関係(地域によって受け入れられる条件は異なる)
 - 「トロッコ列車」問題は存在し続ける。ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協でき、許容できる環境を整えることが必要。
 - 倫理的な規制・アルゴリズムの判断は国が実施と想定。その際、社会的効用を最大化するような車を国が普及させているということになる。
- Lv4人流・サービスカー(バス、シェアリングカーも含む):
 - 乗客の受容性(1人で乗れるのか、子供だけで乗れるのか、乗っていて心地よいものか)、
 - 乗ることの楽しさが必要
 - 公共性・費用対効果(社会的ニーズとの関係、社会的ニーズと公的支援との関係)
- Lv2にも受容性の課題はある
 - AEB(自動緊急ブレーキ)の減速度の大きさ、センサの検知性能、
 - ACC・LKA搭載車両と他車両との関係、自動車線変更時の周囲への影響、
 - 横断歩道手前の自動停止などのローカルルールへの対応
 - これらの技術への過信も課題



社会的受容性の確保(特にLv4)のためには...



- システム導入初期: 社会受容性の変容が認められるような地域に限定
 - 自動運転車の導入リスク(事故がゼロにできないシステム、社会的ジレンマなど倫理的課題を抱えたシステム)の当該地域での社会的許容が必要
 - 交通手段がなく、自動運転を導入することで(住民が)メリットを感じる地域で、許容されやすいのでは?(地域の習慣・倫理観、生活環境等に左右され、地域ごとに異なる)
 - 走行速度・走行空間等の条件を決め、自動運転車両の使い方、歩行者・他の車両のドライバの行動の変更(制約)等の社会的コンセンサスをとる等の多様な対応が必要
 - 住民にも一定の負担(位置情報端末の所持等)を求める必要も。
 - 必要な法律改正も実施
- 上記地域で運行の実績を積み、他地域に展開
 - 実際に自動運転車を見せていくことも重要
- 並行して、一般市民への広報・啓発活動が重要
 - 自動運転車の能力・限界を分かってもらう必要(知識のギャップを埋める努力)
 - 社会全体に期待や需要を高めるような戦略の必要性(広告・イベントとのタイアップ等)



社会的受容性の確保(特にLv4)のためには...



- より受容される(新たな)交通ルールがあるべき
 - 自動運転社会では、ルールに則った交通の実現がこれまで以上に求められる。
 - 欧州、米国は、一般車両も規制速度等を守っている等
 - 交通ルールを守ることが最も交通状況が良くなる、という状況が理想的であるべき。
 - 限定的な空間(離島・ニュータウン・ゾーン30地区など)において、より受容される(新たな)交通ルールを適用するなどもあり得る。





都市のデザインとの関係

- コンパクトシティ(居住立地の集中化)との関係
 - 人口減少社会では、コンパクトシティ化が命題
 - 20年後を目指した土地利用計画、道路計画
 - 縮退地域、拠点化地域の分け、縮退地域の縮退方法が課題
 - 自動運転のニーズはどこにある？
 - 拠点間移動(コンパクトシティ間) vs 拠点内移動(コンパクトシティ内)
 - 移動サービスコスト構造の変化による居住立地の変化
 - 遠くに居住することの費用が低下し、居住立地が分散化？
 - 移動費用低減なら、縮退地域への自動運転バス(Lv4)導入に期待。
→自動運転バス(Lv4)の維持管理・運行費用がデマンド交通の費用を下回る必要有。
→Lv4の車両の維持管理・運行費用の精査が不可欠
 - 縮退地域に住み続けること:コストはフローで赤字、ストックでは大赤字
 - 縮退地域で住み続けること(都市の維持)のベネフィット(時間軸を含め)の精査、
住み続けるために社会全体でコストを支払うコンセンサスの必要性
 - ・ どんな様態の縮退地域(コンパクトシティ実現のための住替え等をどの程度実施するか)をデザインする必要があるか、公共福祉サービスの持続可能性での評価の必要性
 - 都市のデザインにおける自動運転車の導入戦略の必要性
 - 駐車場(減少) vs 道路上の走行車両(増加?)との関係を要整理



ビジネスモデル

- ビジネスが成り立つ視点が必要
 - 成立しやすさ:人口少地域<人口多地域
恩恵を受ける人の大小も関係
 - 「ビジネスの成立しやすさ」vs「技術的・制度的ハードルの低さ」のギャップの存在に留意
 - 過疎地は、多種類の移動体が少なくコントロールしやすく、先行導入の社会実験が行われやすい
 - ビジネスの成立のしやすさ(人口の大小)とは反対
- 制度が整っていない:ビジネスとしてはリスク大
 - ジュネーブ条約との関係:条約改正前のLv4の取扱いの要整理
 - Lv4:道交法の想定外として、時限立法で道交法を変える?
→日本発のストーリーの提示の必要性(欧州、米国へ対抗するため)
- 市場の創造、マーケティングの必要性
 - ビジネスモデル実証(ビジネスエコシステムの検討)



公共性／税・料金

- 公共の概念の変化
 - 既存:「道路＝公共施設」、「移動体」＝「個別交通、公共交通」
移動サービス:ビジネスとして設計し、採算割れなら公的資金の投入
 - 自動運転成熟後(移動体を個人所有しない):
「移動サービス＝公共サービス(＝道路インフラ＋ソフトインフラ／個別輸送・マス輸送問わず)
＝シビルミニマム、市場取引はプラスアルファのサービス競争の中で実現」
→権利(移動権)と義務(税)の再整理が必要では？
 - 移動費用の低下(人件費必要性低減)による公的維持可能性の増大
 - 過疎地で住み続けること(都市の維持)のベネフィット(時間軸を含め)の精査、住み続けるために社会全体でコストを支払うコンセンサスの必要性(再掲)
 - どんな様態の縮退地域(コンパクトシティ実現のための住替え等をどの程度実施するか)をデザインする必要があるか、公共福祉サービスの持続可能性での評価の必要性
- システムの導入・運用における公的資金導入と市場原理との関係性の再整理



公共性／税・料金

- 移動サービスのコスト構造が大きく変化
 - 道路の効率的利用、移動費用の低下、子供が一人で移動可能、公共交通の位置づけ、居住立地の影響
 - 道路関係財源、自動車関連諸税、環境税的減税枠組み、高速道路料金・移動サービス対価の価格設定／取引方法の変革。
 - 自動運転車はEVと親和性が高い:EVは旧道路財源的に「ただ乗り」
 - 道路特定財源制度の廃止に対して、受益者負担／原因者負担および公的財源負担(税)のバランスの再検討の必要性
 - ICTでの道路課金も可能
 - インフラ建設維持、安全面を配慮した道路課金の可能性(距離単価が必要)。さらに混雑課金による交通需要調整技術開発の可能性。
 - 情報通信技術、ファイナンス技術や社会的／経済的仕組みの変容(シェアリングエコノミー台頭を含む)と自動運転システム
 - 個人保有しない／できない移動システムによる便益と費用の取引に適合性が高い可能性
- このテーマについては今後、議論が必要



交通マネジメント

- 交通マネジメントの枠組みが変わる可能性
 - 自動運転車の普及により、車線・速度制御、経路誘導への直接介入による交通管制が可能。
 - 動的混雑課金／通行権の市場取引
 - 経路誘導・インシデント(事故)マネジメントの重要性増大
 - ビッグデータの収集・蓄積・学習による交通最適化
 - 交通需要・交通サービスにかかるリアルタイム情報収集
 - 上記データの蓄積・学習による将来予見技術
 - 異次元の交通円滑化(交通渋滞発生最小化)の可能性
- 全体最適と利用者最適の背反の課題
 - 人の運転レベルよりスキルが低い自動運転車は渋滞を引き起こす可能性。
 - ネットワーク全体の混雑費用最小化と個人の最短費用経路選択行動の不一致。

エコシステムの覇者

～サービスプラットフォームの覇者～

- シェアリングサービスの進展→Fan to DriveからFan to Moveの世界への変化→顧客とモビリティ・サービスをむすぶ「サービスプラットフォーム」を誰が握るのか
- サービスプラットフォームの覇権
 - 携帯電話産業
 - docomo (i-mode) のようなサービス・インテグレータ
 - Apple (App Store) のような端末メーカー
 - Google (Google Play) のようなOS提供メーカー
 - 自動車産業なら、
 - Uber (サービス・インテグレータ)、
 - トヨタ(端末メーカー)、
 - Google (OS提供メーカー)
 - GoogleはOS (Android) を無償提供し、端末メーカーの仲間づくりを行い、サービスプラットフォーム (google play) の普及を加速
 - Googleは自動運転車のサービスプラットフォームの覇権争いにおいても、同様の戦略を狙ってくる可能性が高い

エコシステムの覇者

～オープン・モジュラー化とエコシステム(生態系)の支配者～

- 製品の複雑化に伴い、産業構造はクローズ・インテグラル型(垂直統合)からオープン・モジュラー型(水平分業)に進化
 - オープン・モジュラーの世界では、モジュールごとにWinner-Take-Allのデファクト・プレーヤーが生まれやすい。
 - 例:IT産業のインテル、マイクロソフト、Google、Facebookなど
 - 自動走行システムにおいても、デファクト・プレーヤーの候補となりうる企業が存在し、それぞれ完成車メーカー等と提携を進めている
- オープン・モジュラー化の注意すべき点
 - 自社のR&D資源を注力すべき競争領域の見極め
 - 他社のデファクト技術を活用すべき領域の見極め
 - 特にIoTの世界ではネットワーク外部性と規模の経済が働きやすいため、自前主義にこだわりすぎると、競争優位を大きく失ってしまう可能性。
- 政策的には、発想の基本は、欧州通信産業の競争力強化のために、通信規格(GSM)はオープン(標準)にして新興国で仲間づくりを行い、基地局はクローズ(ノキアやモトローラの特許)にして利益を獲得した「オープン&クローズ戦略」モデルが参考になる



自動運転とシェアリング

- 自動運転車は、運行供用者を通じた普及が先に来ると想定
 - 購入費が高い(初期投資が高い)
 - 維持管理の課題
 - 修理・点検できる業者が限定(ディーラーのみ等)の可能性
 - 日常の維持管理も高度なものが求められる可能性
 - 多くの運行供用者は、公共交通の他、シェアリングによるビジネスを行うと想定。
- 自動運転車は、普及初期段階は公共交通及びシェアリングサービスに活用される場面が多いと想定
- 自動運転車の普及はシェアリングサービス市場の拡大と連動すると想定



既存完成車メーカーの完全自動運転車をつくるインセンティブはどこに？



- 交通事故の責任問題
 - ドライバーの過失にはなりにくいおそれ
 - 事故の責任を取ってまで完全自動運転を社会実装させるのか？
 - ビジネス縮小の可能性(？)
 - 完全自動運転とシェアリングが進めば、自動車の稼働率が上昇、クルマの台数は減少。
 - そうしたクルマのデザインやHMIは、標準化志向が求められる可能性。
 - 一方で、高稼働率及び高水準な維持管理・点検の必要性からの買い換えサイクル短縮により、販売台数の維持・増加を促す制度設計によるインセンティブ維持も有効では？
- 完全自動運転車は移動のための単なる汎用デバイスに
- 一部は小型の自動運転車に代替され、結果として、完成車メーカーのビジネスは(大幅に?)縮小する可能性あり。
- 完全自動運転+シェアリング社会の到来は、既存完成車メーカーにとっては破壊的イノベーションになる可能性が高い。



国際標準化の戦略の重要性



- 例)つながる世界でガラパゴス化？
 - 5Gネットワークは、欧米企業と中国企業を中心にコンソーシアム活動が活性化
 - 例えば、5GAA(5G Automotive Association)は、アウディ、BMW、ダイムラー、エリクソン、ファーウェイ、インテル、ノキア、クアルコムを創設メンバーとして、合計33社が加盟
 - 5GAAの目的はコネクテッドカーをめぐる通信環境の「標準化」
 - ITUのデジュール標準として成立した場合、日本の完成車メーカーが独自の規格を追い求めるとガラパゴス化してしまう危険性がある。





倫理的課題(再掲)

- 「トロッコ問題」はあるが、何らかの形でプログラミングすることが問題。それで序列化をつくってしまい、制度化してしまうため。
 - ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協できる許容できる環境を整えることが肝要
- 倫理的な規制・アルゴリズムの判断は国が実施と想定。その際、社会的効用を最大化するような車を国が普及させているということになる。
- モラルに関して正当性の考え方がいくつかあり、1つの原理に収束しない。
- 慎重に倫理的に考えてしまうと、リスクは当然あるので自動運転車の普及について何も出来なくなる。



法的課題(民法の観点)

- 行為主体や技術性・専門性の内容が拡散し、責任主体が今までと異なる様相を呈し、手続きを含めた民法の対応が問題。
- 自賠法の運行供用者に責任を課すスキームを維持するのか、運行供用者概念の変容も視野に入れるのかといった議論も必要。
- 自動運転に種々のサービス等を組み合わせることにより、更なる問題の複雑化、機密性等の付随的なリスクが発生
- 運転手が制御できない状況下での事故はシステム側に責任を帰属させてもよいという発想が出てくるなど、運行供用者概念を巡る議論は、今後深まる話である。
- 自動車以外の自動化されたシステム(鉄道・航空機など)の事故を参考事例として責任の所在などを把握してもよい。
- 運行供用者概念が変容するなら、自賠責法とは異なるセーフティーネットで民事的な部分をカバーすべき





隊列走行・ラストワンマイルのロードマップ における検討すべき課題

- 隊列走行
 - 事業者のニーズから必要となる自動運転レベル車両の明確化
 - 物流業界は、荷さばき・幹線輸送・個別配送を含めたトータルでのコスト削減が求められている
 - 幹線輸送において、ドライバ不足解消＝無人トラックなら、高速道路だけでなく一般道を含めた、物流拠点間の完全自動運転が必要(Lv5が不可欠?)
 - 幹線輸送、個別配送、荷さばきは、それぞれ別の自動化技術での高度化を。
 - ゴミの各戸収集など静脈物流の自動運転導入も検討すべき(ラストワンマイルの物流版)
 - ビジネスモデル成立、エコシステム成立の有無の観点(再掲)
 - 人口が多い地域ほどビジネスが成立しやすい(一般論)
 - 人口密集地域、混在交通の中でのLv4, Lv5が求められるのでは?
 - 完全自動運転の初期投資費用、維持管理費用(点検・修理ができる工場等の立地状況も含む)、保険等の費用を含めた運用コストの精査の必要性
 - 例)点検・修理は高度な技術が求められ、限られた工場等でしか実施できない?→コスト高の要因となる
 - 完全自動運転のトラックは誰がつくるのか(国内メーカー?、海外メーカー?)
 - 海外勢のみとなるのは、国際競争力という点では望ましくない。
 - ビジネスとしてのリスクの最小化の必要性
 - 制度が整っていない(ジュネーブ条約改正前のLv4, Lv5の取扱等)ことは、ビジネスとしてリスク大→特区の活用



隊列走行・ラストワンマイルのロードマップ における検討すべき課題

- ラストワンマイル
 - 以下のような社会的受容性にかかる検討(再掲)
 - 他のドライバーとの関係、歩行者・自転車等との関係(広義のHMI)
 - 自動運転車の導入リスクが社会的に受け入れられるよう、当該地域の慣習・倫理観との関係整理が必要(地域によって受け入れられる条件は異なる)
 - 「トロック列車」問題は存在し続ける。ジレンマであることを確認した上で、社会的に妥協でき、許容できる環境を整えることが必要。
 - 乗客の受容性(1人で乗れるのか、子供だけで乗れるのか、乗っていて心地よいものか)
 - 乗ることの楽しさが必要
 - 公共性・費用対効果(社会的ニーズとの関係、社会的ニーズと公的支援との関係)
 - 社会的受容性の確保のための以下のような取り組みの必要性(再掲)
 - 自動運転車の導入リスク(事故がゼロにできないシステム、社会的ジレンマなど倫理的課題を抱えたシステム)の当該地域での社会的許容が必要
 - 交通手段がなく、自動運転を導入することで(住民が)メリットを感じる地域で、許容されやすいのでは?(地域の慣習・倫理観、生活環境等に左右され、地域ごとに異なる)
 - 走行速度・走行空間等の条件を決め、自動運転車両の使い方、歩行者・他の車両のドライバーの行動の変更(制約)等の社会的コンセンサスをとる等の多様な対応が必要
 - 住民にも一定の負担(位置情報端末の所持等)を求める必要も。
 - 一般市民への広報・啓発活動が重要
 - 自動運転車の能力・限界を分かってもらう必要(知識のギャップを埋める努力)
 - 社会全体に期待や需要を高めるような戦略の必要性(広告・イベントとのタイアップ等)

隊列走行・ラストワンマイルのロードマップ における検討すべき課題



- ラストワンマイル
 - 過疎地への導入に当たっての公共性の整理(再掲)
 - 過疎地に住み続けること:コストはフローで赤字、ストックでは大赤字
 - 過疎地で住み続けること(都市の維持)のベネフィット(時間軸を含め)の精査、住み続けるために社会全体でコストを支払うコンセンサスの必要性
 - ビジネスモデル成立、エコシステム成立の有無の観点(再掲)
 - 人口が多い地域ほどビジネスが成立しやすい(一般論)
 - 技術・制度的ハードルが低い過疎地は先行導入しやすいが、人口密集地域、混在交通の中でのLv4が、本来多くの人に求められるのでは?
 - 自動運転の初期投資費用、維持管理費用(点検・修理ができる工場等の立地状況も含む)、保険等の費用を含めた運用コストの精査の必要性
 - 例)点検・修理は高度な技術が求められ、限られた工場等でしか実施できない?→コスト高の要因となる
 - 完全自動運転のバスは誰がつくるのか(国内メーカー?、海外メーカー?)
 - 海外勢のみとなるのは、国際競争力という点では望ましくない。
 - ビジネスとしてのリスクの最小化の必要性
 - 制度が整っていない(ジュネーブ条約改正前のLv4, Lv5の取扱等)ことは、ビジネスとしてリスク大→特区の活用

