

経営講演会

講演録

『自動運転がもたらすモビリティ革命』

(2018年11月26日 講演)

講師 東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構長
生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター 教授
須田 義大 氏



りそな中小企業振興財団



講 師 東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構長
生産技術研究所 次世代モビリティ研究センター 教授

須田 義大 氏

◆プロフィールご紹介

主な経歴 1987年 東京大学大学院工学系研究科 博士課程修了（工学博士）
1989年 法政大学工学部機械工学科 助教授
1990年 東京大学生産技術研究所 助教授
2000年 東京大学 国際・産学共同研究センター 教授
2007年 東京大学 生産技術研究所 千葉実験所 所長
2008年 東京大学 生産技術研究所 教授
2009年 東京大学 生産技術研究所 先進モビリティ研究センター 教授
2018年 東京大学モビリティ・イノベーション連携研究機構長
1991～1993年 カナダ・クイーンズ大学 客員助教授

主な受賞 日本機械学会論文賞 2回、日本機械学会技術賞、日本鉄道技術協会論文賞、
自動車技術会フェロー、日本機械学会フェロー、英国機械学会論文賞など

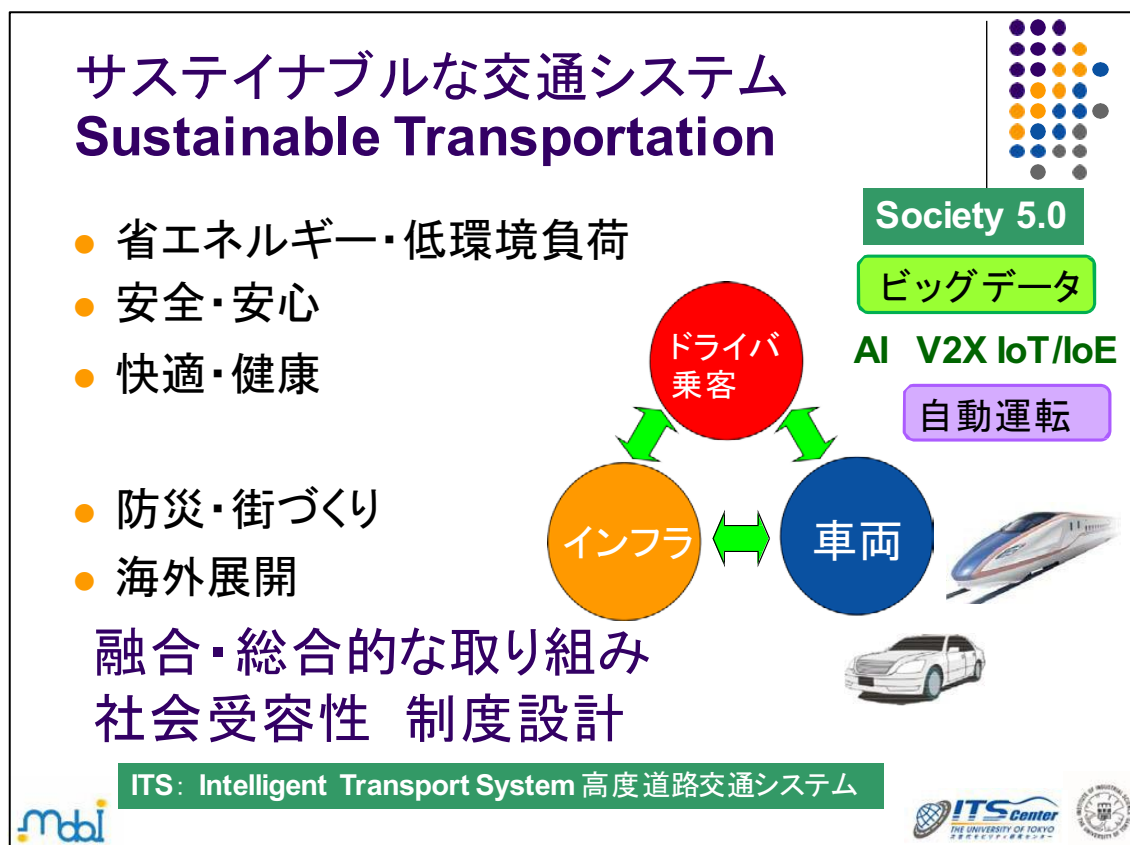
この講演録は、2018年11月26日に開催された、当財団主催の経営講演会を収録・編集したものです。なお、財団ホームページにも掲載しております。<http://www.resona-fdn.or.jp>

このページは空白ページです

●いままでのモビリティ研究の経緯

最初に、いままでのモビリティ研究についてご紹介いたします。

サステナブルな交通システムということで、ここ 20 年ほど ITS (Intelligent Transport Systems、「高度道路交通システム」という研究がなされています。その絵にあるように交通、「モビリティ」ということで、人の移動あるいは物の輸送には人間と、インフラと、車両が必ず必要でした。これに対して、緑色の矢印は情報通信技術、コミュニケーションです。これが皆バラバラに動いていたのが自動車の世界です。(図 1)



(図 1)

一方で、鉄道は車両、インフラ、ドライバー、情報通信、信号システムを鉄道会社が全部一元管理しています。そういうことで、非常にうまくコミュニケーションができています。ですから、非常に信頼性のある安全で省エネの乗り物ができました。自動車の世界もこういうオーガナイズされた世界をつくらうというのが ITS の世界でした。

我々の目標としては、将来のモビリティは「省エネルギー・環境低負荷、安全・安心、快適・健康」、これが満たされるものをつくらうということでやってきました。

大震災以降、「防災・まちづくり、あるいは日本の置かれている立場を考えると海外展開も非常に重要ですね」ということで、特にこの「融合・総合的」な取組みがモビリティでは非常に重要だということに進んできました。

実は、この ITS の研究は 20 年前に立てた目標がほぼ実現しており、ETC やカーナビ、最近の自動ブレーキなどの先進安全自動車でかなり実現しています。それに対して、昨今は **ソサエティ 5.0** と日本政府が言って、国連では **SDGs** と言っている取り組みです。産業では **インダストリー4.0** と言われていますが、情報革命によってビッグデータがたくさん集まると AI、人工知能も進化する。こういうことで、いままである意味で夢物語と思われていた自動運転が非常に現実的になってきたのがここ数年のところですよ。

そういう背景のもとに、私自身は**次世代モビリティ研究センター**で省エネプロジェクト、安全プロジェクト、地域に根差したプロジェクト、震災復興などいろいろやってきていますが、最近では「自動運転」を1つのターゲットにした研究をやっております。(図2)



次世代モビリティ研究センター (ITSセンター) の取り組み



エネルギーITS推進事業

自動運転隊列走行システムの研究開発

- ・車間距離4mの4台隊列走行システムを実現した
- ・自動運転隊列走行システムのためのHMIの研究開発した
- ・トラックの隊列走行システムに関する国の実証実験プロジェクトへつながる成果となった



広島ASVプロジェクト

- ・路面電車-自動車間で実現する車車間通信型ASVサービスの公道実証実験を世界に先駆けて広島市内で実施した
- ・広島をモデル地区として、公共交通車両を絡めることを特徴とするITS技術を駆使した道路交通安全対策への貢献が期待できる



震災復興

東北復興次世代エネルギー研究開発プロジェクト

- ・東北地域の復興を支援するため、災害に強く地域の持続ある発展を支えるエネルギー・モビリティを統合するマネジメントシステムの研究開発を推進してきた
- ・人間の行動モデルの構築や3次元計測に関する研究開発を実施した
- ・今後は石巻市をフィールドとした実証実験により成果の実証を行う予定である



柏ITS実証実験

- ・民間・自治体と共同で、ICTを活用して道路交通からのCO2排出状況を可視化のうえ地域市民に配信するシステムを構築した
- ・意識改革を促すことでCO2の排出を8%削減できる可能性を示した
- ・ITSセンターの主導により様々な技術の実地検証を行い、社会実装の足がかりを築いた



SIP-adus

次世代都市交通システム(ART)

- ・内閣府SIPにおいて、安全性・利便性に優れた公共交通であるARTのコンセプトと、それを実現する要素技術の開発企画を提案した
- ・2020年の東京五輪でのART導入に向けたSIPの研究開発案件に、提案内容が活用される方針である



社会還元・国際連携

社会還元 (ITSセミナーシリーズ)

中央のみならず地域のニーズに即したITSを普及促進させるため、各地の研究機関と共同のセミナーを26回開催した

国際連携

国内外の大学や研究機関との間で、共同研究やシンポジウムの共催、研究者や学生の相互訪問、施設利用や情報交換を行うこと等を定めた研究協力協定を締結し、外部との連携を積極的に推進してきた(合計20機関)






(図2)

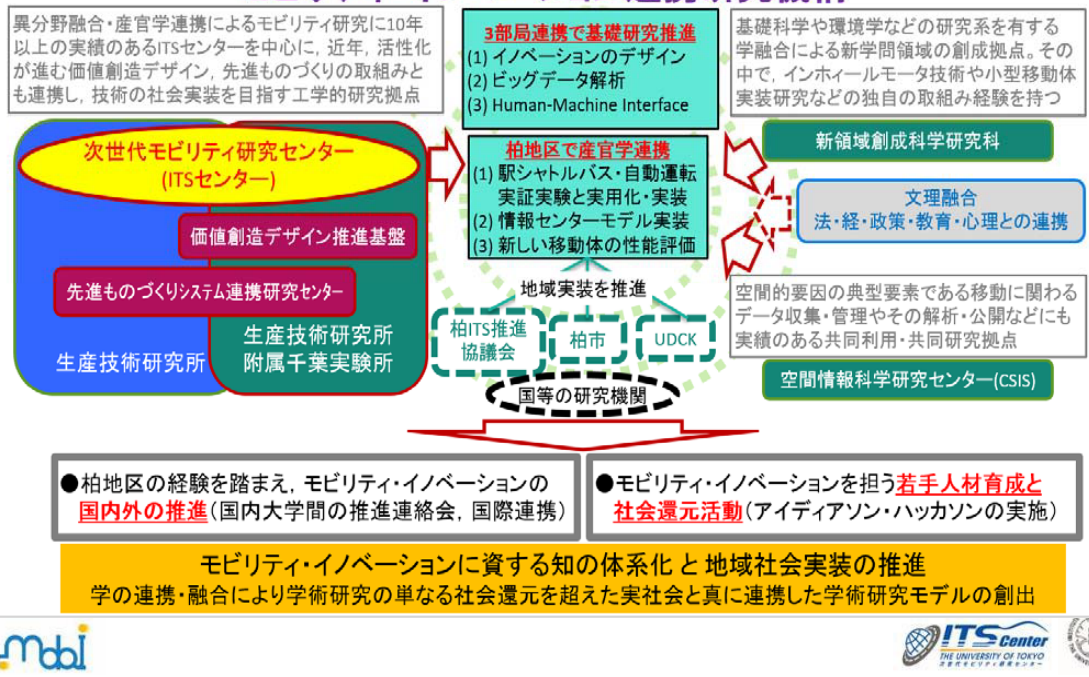
特に我々の研究は分野融合で、私は機械工学で車両を専門にしていますが、先ほどの絵のとおりインフラの専門家、情報通信の専門家、それと車両、機械の専門家、これが融合しなければなかなかできないということで、いま取り組んできている状況です。更にここ数年の動きに呼応して、東京大学では部局を超えた横断的な取り組みをしようということで7月に**モビリティ・イノベーション連携研究機構**が登場しました。工学系の間だけでなく、文系のメンバーにも参加してもらおうということで話を進めています。(図3)

東京大学 モビリティ・イノベーション連携研究機構 (UTmobl) 発足

2018.7.1



モビリティ・イノベーション連携研究機構



(図 3)

更に、モビリティ・イノベーション連携研究機構を核として、全国の大学と産学連携を進めていく取り組みをしており、海外との連携も視野に入れています。

●自動運転

いよいよ、本題になります。サステナブルなモビリティを実現するということで、私自身は3つあると思っています。1つは、まさに ITS をベースとした次世代の自動車**自動運転**です。それと、**パーソナル・モビリティ**、1~2人乗りの小さなものですが、きょうは省略させていただきます。それから、もう1つが**公共交通**です。自動車というパーソナルな乗り物では、自動運転するために ITS の技術を入れても数が多くなるとどうしようもないわけで、非常に人口密度が大きい、あるいは交通需要が大きいところは公共交通が必要になってきます。あるいは、昨今では高齢ドライバー問題がありますから、公共交通というのが非常に重要になってきているわけで、この3つをうまく進めていくことが重要だと思っています。今日は自動運転を中心にお話いたします。

この自動運転が登場して、実は自動車産業がいま非常に過渡期に向かっていると言われています。自動車業界挙げて **100年に一度の変革**だと言われています。それを象徴する言


葉が CASE と MaaS です。この言葉はここ 2~3 年で急速に普及し、我々は毎日のように聞いています。CASE は Connected、Autonomous、Share & Service、Electric です。

この CASE によって、いままでの自動車の特徴ががらりと変わります。自動車技術会という学術団体で中心となっていた人たちが、エンジンのエンジニアです。ところが、いまやエンジンはなくなってエレクトリックになってしまいました。更に、「シェア&サービス」ということで、いままでは車の運転は意のままに操れてドライビングの楽しさ、そういうことが 1 つ自動車のターゲットでした。しかも、高いオーナーカーを買ってもらうのが自動車産業でしたが、これがまさにコネクティッドで繋がってしまう。自動になるので、運転する必要がない。そして、オーナーカーではなくシェアなので、自動車の世界がまさに鉄道のようにになってしまう。

そういうことになるわけで、それを象徴する言葉が Mobility as a Service で、頭文字を取って MaaS と言い、自動車産業は MaaS になるということです。いままで公共交通が典型的でしたが、自動車も MaaS になるというのがここ 1~2 年の話です。

更に象徴的な動画をお見せしますが、これは「遠隔監視・操作型レベル 4 相当」です。詳しくは後にご紹介しますが、無人での公道走行が実証実験レベルで実現しています。今年の 2 月 25 日、羽田の整備場地区の公道で実証実験を行いました。(図 4)

遠隔監視・操作型 レベル4相当 自動運転 無人走行 公道実証実験 2018. 2. 25 羽田空港整備場地区





L4相当 遠隔監視・操作型 無人運転公道実証実験
警察庁 道路使用許可による公道実証実験策定

先進モビリティ株式会社 2014.6. 19設立 (東大・生研発ベンチャーとして発足)
SBドライブ株式会社 2016.4. 1設立
(ソフトバンクと先進モビリティの合弁会社として発足)



(図 4)

これを主催したのは全日空と SB ドライブ株式会社で、自動車産業や自動車とは全く関係

ありません。「先進モビリティ」というベンチャー会社を東大の私のところでつくり、自動運転バスを供給します。そして、SBドライブというソフトバンク系の社内ベンチャーとジョイントでやるということになっています。そして、この自動運転に全日空が注目して空港の中、あるいは空港の連絡に自動運転を導入したいということで、こういうデモンストレーションをやりました。しかも、これは「レベル4相当」の無人運転ということで、運転台に人がいない状況で公道を走りました。

道路交通法を管轄している警察庁もきちんとしたルールを決めていて、それを守れば無人車を走らせることができます。1人の保安員だけしか乗っておらず、運転台に人がいない状況で公道を走っています。

もう1つご紹介するのが、北海道大樹町で行った道の駅での自動運転実証実験です。これは国土交通省道路局が主催したもので、全国の道の駅を拠点として過疎地を含むいろいろなところで、ビジネスモデルづくりの検討のための実証実験です。これも、自動運転のバスを先進モビリティが提供して北海道で実証しました。12月、雪の中の自動運転の実証実験です。さすがにこれは運転台に人がいますが、手をハンドルから離して全部自動で走っており、雪の中でもできるということを実証しました。(図5)

国土交通省道路局 道の駅自動運転 2017.12.10 北海道大樹町



積雪路面上の自動走行



(図5)

あと沖縄でもやっていて、**正着制御**といってバス停にピッタリとつける実験です。これは車椅子のお客様がそのままバスに乗り込むことを考慮すると、停留所にピッタリと着けたい。これを手動でやると結構大変ですが、自動でやろうということです。4cm±2cm というオーダーがいま確保できています。(図 6)



(図 6)

これは別のプロジェクトで経済産業省と国土交通省で「ラストマイル自動走行」という実証実験ですが、公共交通のラストワンマイル、本当に末端のところを自動化したいということです。

これは、中山間地ということで滋賀県と三重県の県境で非常に田舎の地域です。木が生い茂ったところでは GPS の衛星電波が届かないので地上にちょっとしたマーカーを置いています。これはそのときの実証実験ですが、これも結構、地元には溶け込んだかと思っています。

(図 7)



山間地 GPS受信困難
2m 間隔の磁気マーカーで自己位置同定
降雪にも対応

(図 7)

また、上士幌町という北海道の真ん中辺りにある町の「ふるさと納税を集めて自動運転バスを買おう」というキャンペーンでは、トラストバンクというふるさと納税サイトがバスを購入して、そこがふるさと納税のキャンペーンをやっているということで、当初私が想定していたのとは違うストーリーでどんどん世の中が動いています。

そもそも、自動運転が日本でこれだけ注目を浴びるようになったのは、2013年5月の安倍総理による成長戦略スピーチがきっかけだと言われています。このとき、「アメリカでは**グーグル**が自動運転をやっているのに、なぜ日本では公道で走れないのか」ということで、「規制緩和をすべきだ」という文脈でお話をされました。

実は、この**グーグルカー**と我々がやっている自動運転の話は共通のルーツを持っています。それは、アメリカのアーバンチャレンジというコンテストです。アメリカの国防省が「地上戦闘車両を無人化しよう」というレースを企画し、優勝チームには賞金を出すということでアメリカ中のいろいろな大学が自動車産業とペアになってチャレンジしました。

いままで、アメリカの自動車産業は当然デトロイトがメッカでした。それに応じて、自動車をやっている大学はミシガン大学や、カリフォルニア大学のバークレーとか、MITとか、老舗の大学がやっていました。ところが、こういう無人運転レースになるとロボット技術を使うので参加大学の顔ぶれも大きく変わりました。優勝したカーネギーメロン大学とスタンフォード大学、いままで自動車では全く無名だった大学が1位、2位を獲得して、しかも、グーグルは大学の優勝チームを全部グーグルに就職させ、大学の先生まで移籍しました。そ

れで、グーグルは技術を手に入れて自動運転を始めました。更に、日本で言う国交省自動車局に相当するところのナンバー2がグーグルに移籍して、法律も作るということでどんどん進めています。これが、グーグルの自動運転のルーツです。

こういうことが我々も見えたので、2008年当時、実は経済産業省と協力して何とかアーバンチャレンジに負けない日本の産業界と大学を結集したプロジェクトをつくりましようと言ってつくられたのが、NEDO（新産業新エネルギー研究開発機構）プロジェクトです。それで、2008年に、大型トラックの「自動運転・隊列走行」ができました。

2013年2月に車間距離4mで追従する隊列走行の実証実験を行いました。このとき日本では公道実証実験ができなかったため、NEDOの筑波にあるテストコースを使って最終的な実証実験を行いました。見てわかるとおり、車間距離4mで走っているとほとんど電車と一緒にですね。(図8)

大型トラックの自動運転・隊列走行 NEDOプロジェクト 2008-2013



車間距離 4m 4台 自動走行(80km/h)
テストコースでの実験(隊列 および CACC)
未開業高速道路での実証実験
専用道での長期耐久試験(一部機能のみ)

NEDO (経済産業省) エネルギーITSプロジェクト
自動運転・隊列走行の開発 (JARI・東大ほか)



(図8)

自動運転の良さは、こういうふうに人間業ではできないことができることです。「人間より上手く走らせる、人間にはできないことをやる」、これが重要だということです。

2013年当時は、残念ながら技術開発に終わってしまいました。なぜかと言うと、これは経産省のプロジェクトだったので運送事業者とか道路とか、あるいはどのメーカーが造るかとか、そういうことを考えていなかったためです。

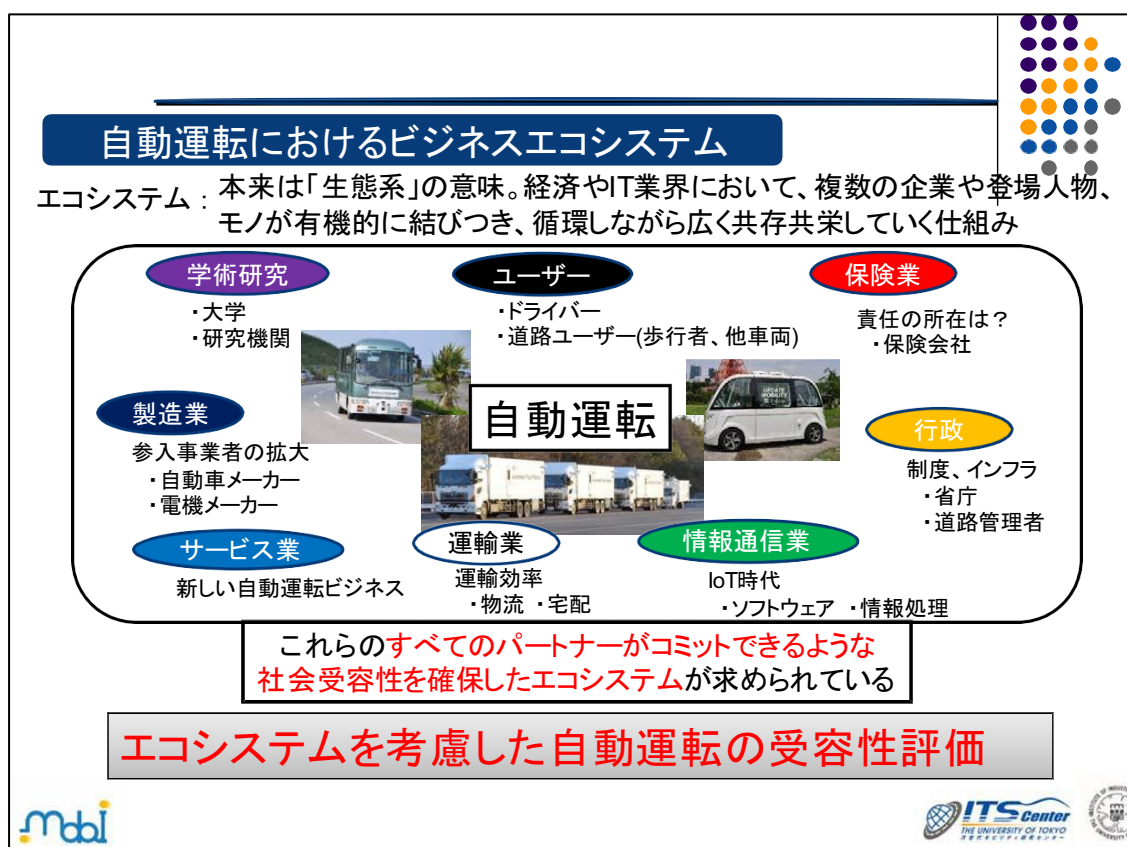
ところが、ここ2~3年で事情が大きく変わりました。社会的ニーズとしてトラックドラ

イバーが不足しています。特に、大型車の事故が起きたということで非常にドライバーの制限がかかって、こういうトラックだと何時間連続で運転してはいけないだとか、バスは500km以上走ると2人常務だとか、非常に厳しい条件がついています。

更に、先ほどのように車間距離を詰めるプロジェクトは何かというと省エネです。当時、自動運転は夢物語だということで、予算要求が難しく、省エネプロジェクトでした。実際に車間距離を詰めると燃費が、大体1.5倍ぐらいよくなる。そういうこともあり、非常にニーズが出てきました。

もう1つ重要なのは、隊列走行のドライバーが、「先頭のドライバーだけでいいではないか、後ろは無人にしろ」という話があって、そうすると物流業界のニーズに合うということで、まさに「**後続車両無人システムの技術開発**」が必要だという話になってきました。

言ってみれば、それは何かというと**エコシステム**です。NEDOで開発したのはまさに研究開発の部分で、研究開発のエコシステムはうまくいきました。メーカーもいたし、ティア1のサプライヤーさんもいたし、あるいは電機メーカーとか、いろいろな技術分野の人たちもいたし、いろいろな大学が入って研究しました。(図9)



(図9)

そういうことで実証実験まで行きましたが、いざ実用化しようとする、当然ドライバーや他の車の受容性もあります。当然、ルールも作らなければいけません。それから、運送事業者さんの意見も聞かないといけません。それと、誰がそういうトラックを造るのか、事故の

責任を誰が取るのか。それを、誰が保証するのか。保険もつくらなければいけないということで、いろいろな業界が一致団結して仕組みを作らなければいけないということで、まさに「**自動運転システムのエコシステム**」をつくらなければいけないということになったわけです。これが満たされないと、なかなか社会実装しないというところなんです。

私は、この反省から早速、「先進モビリティ」という会社をつくりました。当時、大企業は自動運転というリスクのあるものを造ろうとはしなかったので、「我々がやりますよ」と言い、更にソフトバンクとジョイントして進んできたというのが現状です。そして、先ほどの無人バスまで走るようになってきました。

おさらいすると、NEDO でやってきたのは有人隊列トラックのコンセプトであり、技術領域に限って考えればエコシステムが成り立ち、開発は成功しました。

ところが、ビジネス領域や行政領域、あるいはユーザーの領域までは考えていなくて、どのように社会に影響を与えるか、そういうところまでの評価にはとても行っていませんでした。ですから、エコシステムができていなくて実用化はない。しかし、いまやそれを全部丸にする新しいシステムがまさに開発されつつある状況です。

どういうことかということ、**遠隔操縦**のような考えです。この隊列走行では、実は**電子連結**というコンセプトを入れています。4台のトラック 1台1台が電子で連結・牽引されているということで、実はトラクターとトレーラーですよ。そういうコンセプトを入れることで法律のルール化ができるのではないかと。そういうことですから、いま行政領域についてはほぼ丸になりつつあります。いまはどちらかというと、一般ドライバーや隊列のドライバーが「本当に運転できるのですか」という状況に差し掛かっています。

もちろん、技術開発についても無人で走らせるためには十分な信頼性を確保しなければいけないし、コストダウンも必要になってくるので、技術開発をしています。幸い、これについては経済産業省が再びプロジェクトをつくってくれていま動いております。

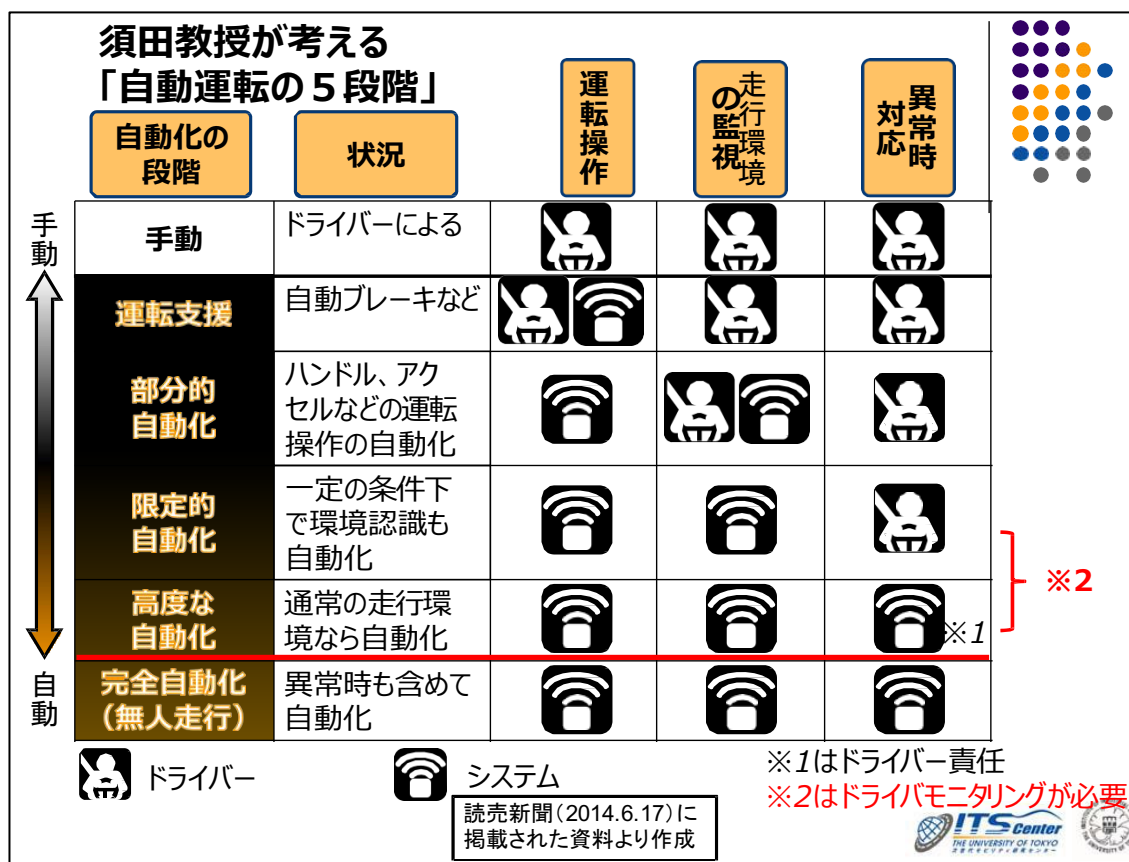
今年の 1 月にその前哨戦として、新東名で隊列走行の実証実験を行いました。まずは有人隊列で実験しました。こういう後続走行に向けたトラックの隊列走行がいま国家プロジェクトになって動いています。

今年 6 月に、産総研のつくば北サイトのテストコースで急ブレーキによる停止試験を報道公開しました。これは、3台同時に停まる。何故かということ、3台の車は、3系統の通信で情報を共有しています。ですから、先頭の車がブレーキをかければ後ろの車も同時にブレーキをかけるので、ここまで車間距離を詰めることができるわけです。

2014年当時、私は読売新聞から取材を受けて、「無人運転、日本も本気で」という見出しの記事が出ました。当時、「無人運転」はほとんど禁句でした。当時、自動車メーカーの経営層は、「自動運転などできるわけがない」という言い方でした。まあ技術者是一所懸命やっていたんですが。

しかも、5段階の自動運転レベルを定義して、地域限定のバス・トラックからやれ。そして、高齢ドライバー対策になる。そして、社会受容性と産・官・学連携が重要だ。実はいま

言われていることを全部このときに言ってちょうど4年経ちますが、まさにこの4年間はこういう形で動いています。(図10)



(図10)

2015年から2018年、政府がドラスティックに変わりました。それまでは経済産業省が一所懸命旗を振っていましたが、2015年以降はオールジャパンで旗を振ることになりました。筆頭は内閣官房で、「IT総合戦略室」というところが「官民ITS構想ロードマップ」を作って、「2020年までに高速道路の自動走行及び地域限定での無人自動走行サービスを実現させる」ということを宣言しています。

そのためには、道路交通法等、制約になる法律を変えろということで、今年の春に「制度整備大綱」を制定して、法律を変える道筋まで示し、更に、その「フォローアップ会議」で進捗状況まで検証している状況です。

こういう内閣官房の旗振りのもとに、内閣府がSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)を省庁横断型でつくり、経産省、警察庁、国交省、総務省の4省が入ったプロジェクトが2013年から動いています。今年度が最終年度ですが、幸いなことに今年度から第2期も始まり、いま「自動運転システムとサービスの実用化」というプロジェクトが、更に5年間のプロジェクトとして動き出しています。

経産省と国交省の自動車局は、「自動走行ビジネス検討会」をつくって、単なる研究開発ではなくて自動車産業、自動車周辺産業のビジネスを考えるという検討会です。

一番ドラスティックに変わったのが警察庁で、2015年以降、警察庁は自動運転を完全に推進する側に回りました。最初にやったのが公道実証実験のガイドライン策定で、それによって日本はいま世界で一番公道実証実験がやりやすい国になっています。アメリカでは許可が要りますが、日本はこのガイドラインに従えば許可は要らなくなりました。それどころか、無人走行、それも遠隔監視・操作という条件が付いていますが、「公道で無人でやっていい」というルールも作られました。

更に、自動車局は自動運転技術の技術基準の策定にいま動いています。国交省も道の駅を拠点とする自動運転サービス、更に自動運転戦略本部をつくって国交省横断的に動いています。

そういうことで、カーメーカーは独自にどんどん開発が進んでいますが、国で支援するプロジェクトは、産業界が必ずしも順調にいかないような、ベンチャーがやっているところとか、あるいは大型トラックのようななかなか開発が進まないところを重点的にやろうということで、いま国家プロジェクトとして動いているのが「**隊列走行**」と「**ラストワンマイル**」というプロジェクトです。もう1つ、「**自動バレーパーキング**」という駐車場の自動運転もあります。この前もお台場で実証実験をやりました。こういうプロジェクトの3つが進んでいるということです。

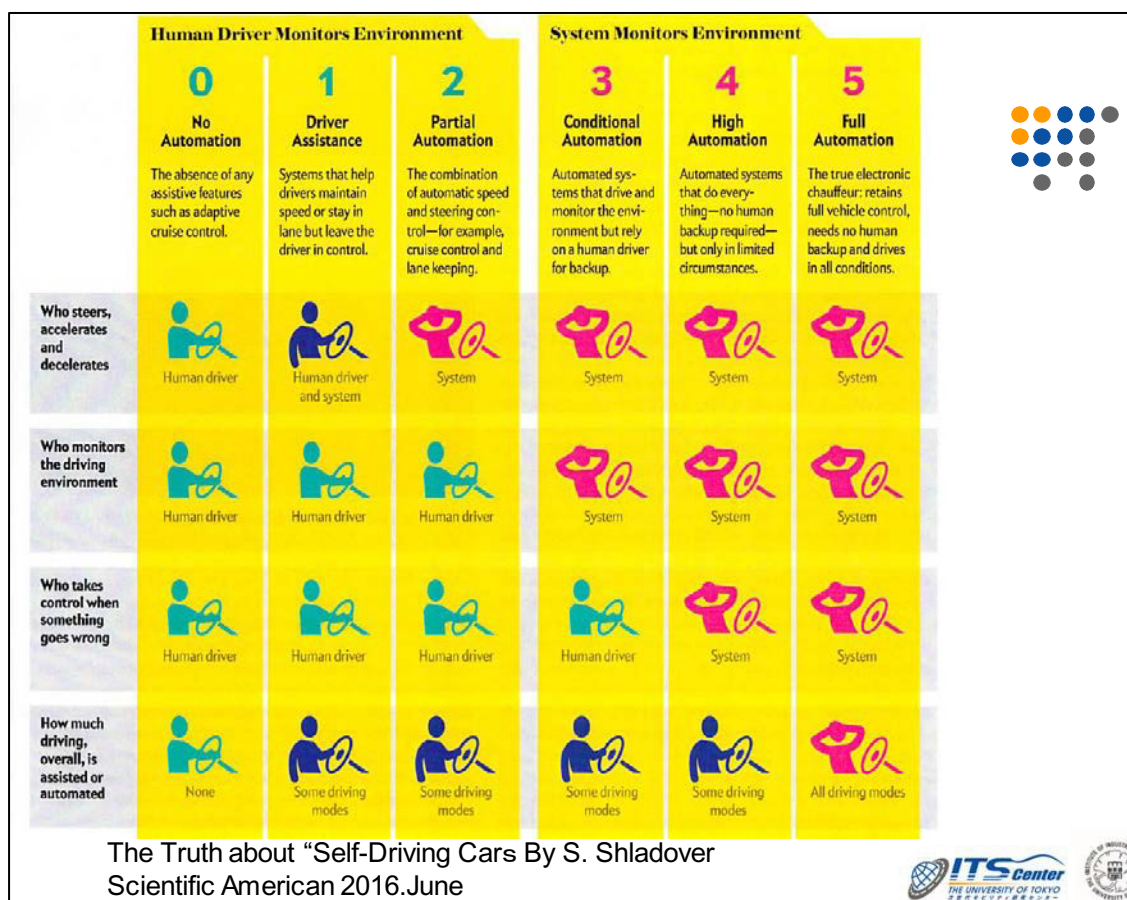
警察庁では、こういう検討会を開催して、いきなり第1回委員会の際に「自動走行の公道実証実験ができますよ」ということも宣伝してくれました。そういうことで、我々も安心して話ができるようになりました。

更に、「**レベル 4**」という、あとで具体的にご紹介しますが、ドライバーがいなくてもいいようなシステムまで視野に入れた検討会がいま進んでいます。

内閣官房についても、こういう無人走行を実現するのだということで、2018年版の改訂版では物流、サービスカー、高速バス、こういうものの自動運転化するということをロードマップとして示しています。いま、2019年版をつくる作業が始まっています。

●自動運転のレベルと進化のストーリー

自動運転、自動走行の定義が2013年段階ではなかった。そのため、当時は、私が勝手に「レベル 5」までを提案したわけですが、SAEというアメリカの自動車技術会が定義した5段階が、いま世界共通で使われています。イメージはこの図のようになります。この薄青緑色のドライバーは、しっかり運転しているということで、これは人間の役割です。それに対して、濃いドライバーは人間と機械が共存共栄でやりましょう。この赤のところは、人間は何もしなくていいということです。この「レベル 0」は手動運転。「レベル 1~5」に従って、人間がやらなくていいところが増えていって、最終的に「何もしなくていい」のが「レベル 5」です。(図 11)



(図 11)

実は、「レベル 1」はとうの昔に実用化しています。これは、1つの機能だけが自動化されているけれども人間が責任を持ちなさいというものです。これは、アダプティブ・クルーズコントロールということで、前の車に追従するようなことを指しています。これは既に 10 年以上前から商品化されています。

「レベル 2」は、いま商品化されています。これは、ハンドル、アクセル、ブレーキは機械がやってくれます。普通の状況では何もしなくていいですが、「何かあったときは、人間が責任を持ちなさい」ということです。

ここまでが世界的に実現していますが、高速道路の単路とか、使えるところが非常に限定的になっています。

「レベル 3」になると、「何かあっても機械がやります」というものです。しかし、最終的な責任は人間が取りなさい。自動運転ができなくなったときは、人間が代わりなさいというものです。

「レベル 4」になると、ある限定的なエリアではすべて機械がやります。だけど、できる場所は限られていますという。

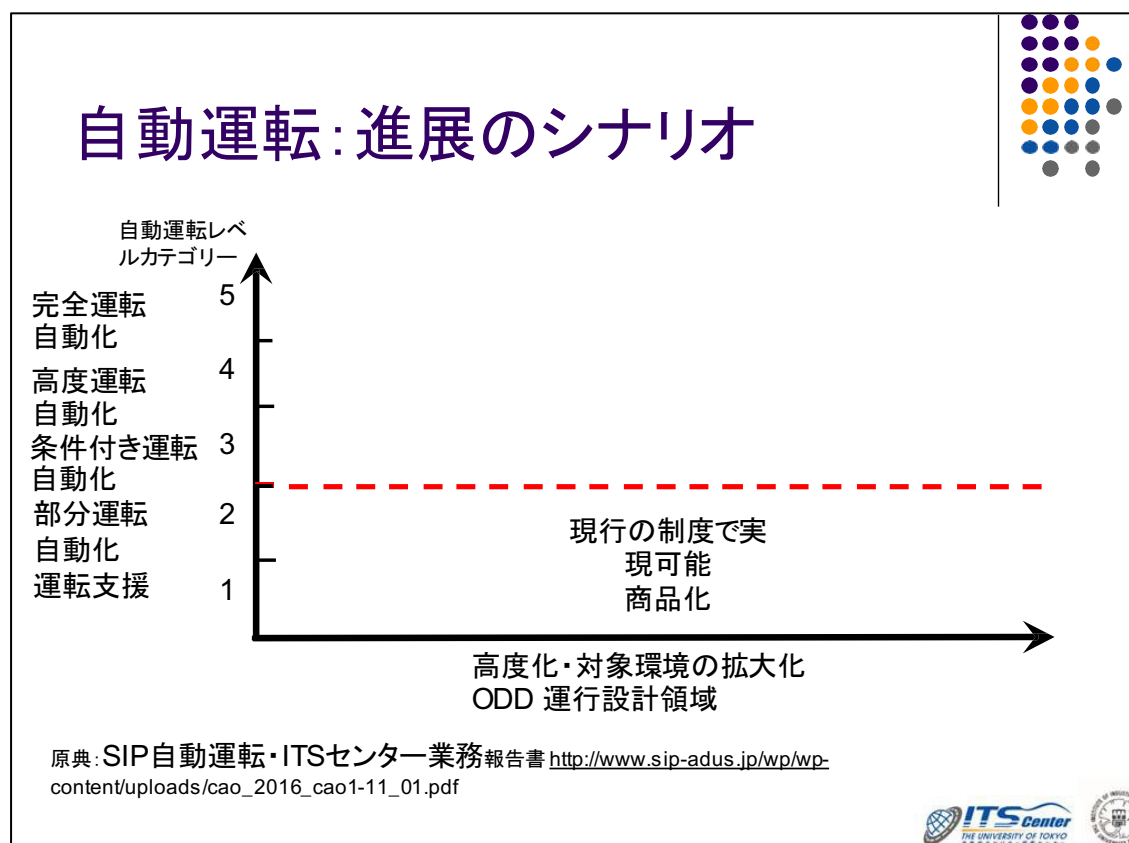
「レベル 5」は、機械が全部やるということです。

「レベル 2」と「レベル 3」の間の線は、現在のルールで「レベル 2」までしかオフィシ

ヤルにはできないということです。「レベル 3」以上になると、何らかのルール改正か解釈の変更が必要となるということです。ですけれども、政府としては「レベル 3、4」を早期に実現したいということで、内閣官房の未来都市会議で 2016 年にオーソライズされたロードマップでは「無人走行による移動サービス」を 2020 年、再来年の東京オリンピックまでに実現させるということを謳い文句にしています。

更に、トラックの隊列走行についても 2020 年に「新東名で実現」ということになっています。実現といっても実証実験のことで、事業化は 2022 年以降となっています。そういうことで、技術開発と同時にルールづくりも同時進行しています。

ここで重要なのは「自動運転進展のシナリオ」です。縦軸に自動運転のレベルが書いてあります。横軸は、「高度化・対象環境の拡大化」とありますが、これは、正式な定義で「ODD」と言われて運行設計領域です。実はこれは自動運転ができる条件ですが、こういうものを決めてそこで自動運転化しましょうという話です。(図 12)



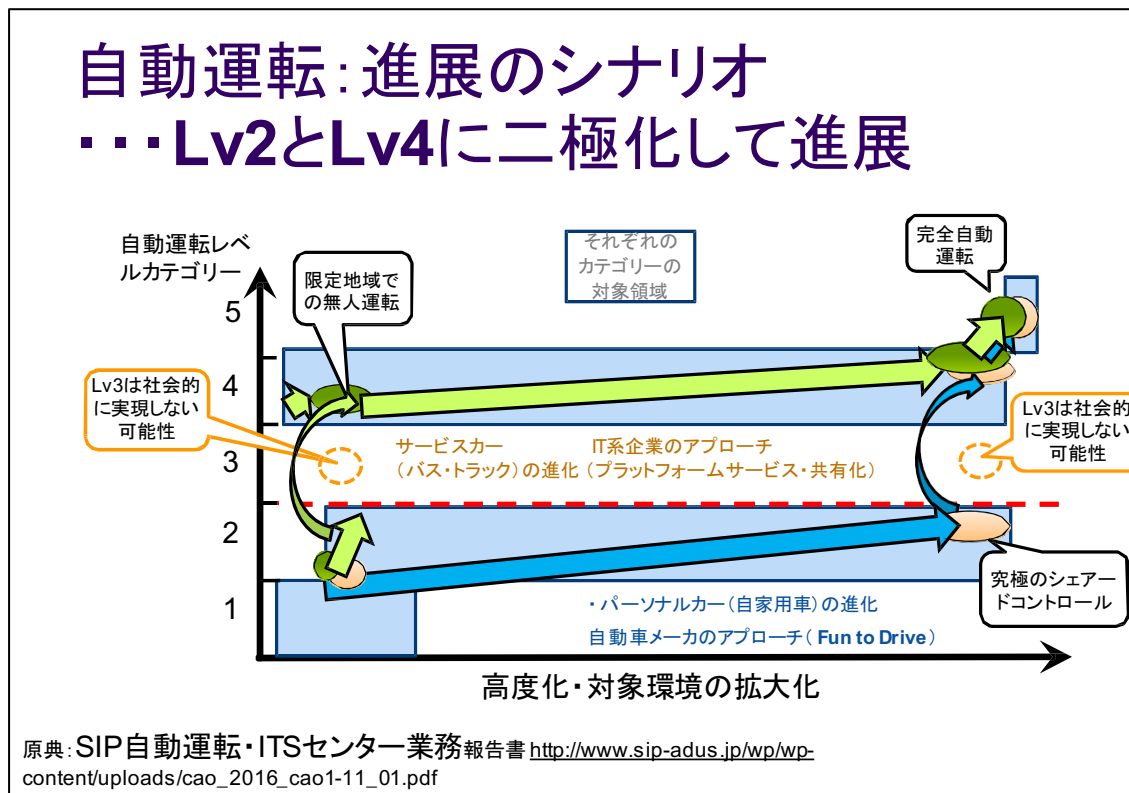
(図 12)

そうすると、現行の制度でも自動運転は実現できまして、「レベル 2」以下ですから赤い点線より下は商品化できます。ところが、「レベル 3」以上は商品化できないので、どういふストーリーで実現していくかが重要になっていきます。

そうしたときに、実はずっと自動車産業は対象を拡大しながらレベルを上げてくるというリアのモデルを考えていましたが、「2 つの進化のストーリー」ということが最近言わ

れるようになりました。

下の青色ルートが、自動車メーカーが開発している方式で「レベル 2」。いまは高速道路だけですが、それを一般道路に広げていく。それと同時に、「レベル 3、4」とステップアップしていくというストーリーです。ところが、「レベル 3」が曲者で本当に実現できるかどうかというのは専門家の間でいろいろ議論がされています。(図 13)



(図 13)

それは何かというと、基本的に「レベル 3」はドライバーに責任がないはずですが、「何かあったら、ドライバーが運転を代われ」です。言ってみれば、助手席に座ってずっと監視していることと等しいわけです。実は、それは人間にとって一番厳しい話です。

ただ、いまでもこれにチャレンジしているカーメーカーはあります。そういうことで、いま「レベル 3」のルール化も警察庁が一所懸命やっていますが、実現できるのは多分、高速道路の渋滞時ぐらいではないかと言われています。ですから、「レベル 3」になると相当ハードルが高くなります。

それと、更にドライバーモニタリングシステムが要ります。機械が、「急に霧が濃くなってきたので自動運転ができません」となったときに、運転を代わらなければいけません。そうしたときに、ドライバーが運転できる状態かどうか監視しなければいけない。だから、これは結構厳しいということです。

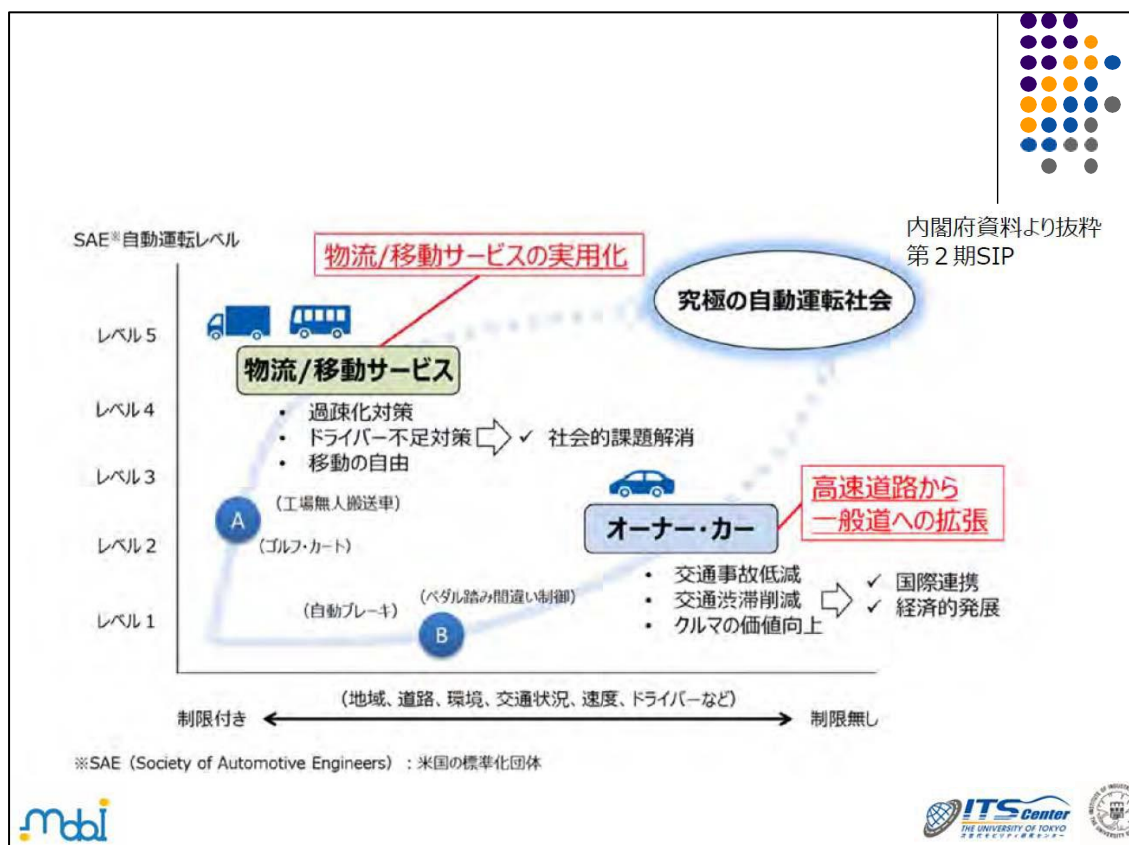
そうすると、人間が関わらないほうがよほど楽ではないかという話で、一足飛びに「レベル 4」でいく技術開発をしようというストーリーが出てきます。

それで、グーグル、あるいは**ナビア**などは「レベル 4」をやろうというベンチャーです。日本も一足飛びに「レベル 4」をやるとベンチャーのプロジェクトをどんどんつくらないとまずいということで、いま動いているのが先ほどのトラックの話とバスの話です。

そういうことで、「緑色のルート」は一足飛びに「レベル 4」になっています。そのかわり、「レベル 4」は技術的に非常にハードルが高いのでできる状況を非常に限定的にします。例えば、地域限定、ルート限定、場合によっては運行の条件も制限する。そのように非常に限定的ではあるけれども、むしろ人間が関与しない乗り物のほうが実現は早そうということになっているというところなんです。これが、先ほどの「ラストマイル」や「隊列走行の後続無人」というプロジェクトがこれに相当することになっています。

ここでの技術開発をどんどん進めて経験を積んでいき、ODD をだんだん拡大してできる領域を広げていく。そうすると、最終的に行き着くゴールは「完全自動運転」になります。

(図 14)



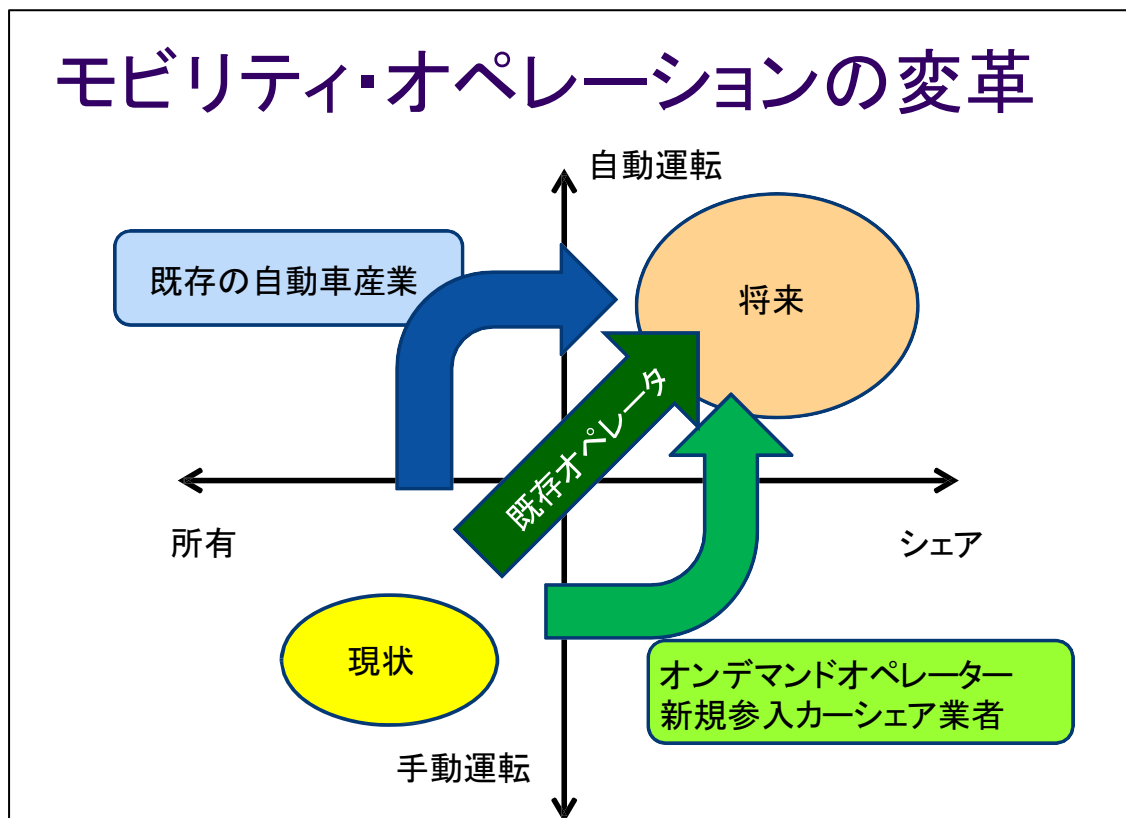
(図 14)

この絵を書いたのは実は私たちが、今年度から始まった第2期のSIPではこの絵が採用されて、2つのルートを両方やるということでいま政府の方針としてオーソライズされています。

ただ、この絵ができてしまうとまたすごいことが起きてしまいます。それは次にご紹介します。

●MaaS

それが、冒頭にご紹介した MaaS の話です。それを表している絵がこれですが、今度は表現を少し変えて縦軸に手動、自動です。それに対して、横軸は「所有とシェア」です。冒頭に CASE で S の文字で「シェア&サービス」と言っていたいますが、まさに「シェア&サービス」です。(図 15)



(図 15)

そうすると、現行の乗用車は左下の象限にあるわけです。これが、現在の自動車です。カーメーカーが「今度は 3 をやります」と言っていますが、このストーリーは青い線ですが、当然オーナーカーを狙ってそういう開発をしているわけです。

ところが、アメリカの乗り合いタクシーの **UBER** (ウーバー) はご存知でしょうか。ライドシェアをやっている会社で、利用したい人と暇なドライバー、空いている車をスマホで瞬時にマッチングさせるサービスをやっています。いままでは、カーシェアの実現性はないのではないと言われていましたが、結構実現されてしまっています。

日本の場合は素人のドライバーが運送事業をするのは許されていないので、**UBER** は日本でビジネスをやっていませんが、実はアメリカ、ヨーロッパの至るところでやっています。中国では中国版の **UBER** がやっています。

実は、この **UBER** が出てきたことでいまタクシーが駆逐されつつあります。外国では問

題があるドライバーがたくさんいたということもあって **UBER** が登場した途端に皆が使うようになりました。サンフランシスコに行くと、もうタクシーなどいません。皆、**UBER** という状況になってきています。更に、いまレンタカーまで駆逐されつつあります。

●シェア

そのようなことで、縦軸の自動化は自動車産業にも、新規ビジネス参入者にも同等に恩恵がある。そうすると、最終的に行き着く将来は「自動」で「シェア」になる。まさに **CASE** の世界です。要するに、完全に自動のボタン 1 つでどこにでも行くようになれば何も自分で車を持っている必要はない。そうすると、シェアサービスで完全自動という話の実現すれば、ビジネスの世界は変わってくるということです。

これは、2つのグループです。車を造っている既存の自動車産業といわゆる新規ビジネスの 2社ですが、実はここにもう 1つのプレーヤーが入って来る。いわゆる交通事業者でバス会社、タクシー会社、鉄道事業者です。これがいま俄然、自動運転に興味を持っています。

MaaS という言葉も相まって **JR** 東日本、東急、小田急、そういうところも皆「やります」と言っています。バス会社もいま神奈川中央交通、西鉄、京阪も「**自動運転バス**を走らせる」と言っています。そういうことで、こちらのほうがシェアとモデルを実現しているので一番近道ではないかということ、既存の自動車産業と公共交通オペレーターと新規ビジネスが三つ巴で争うか、仲良くするかという世界に入ってきているということです。

左上がいままでの日本のトヨタ、日産、本田みたいどころ。真ん中のルートが **JR** 東日本やバス会社のルート。右下がソフトバンク、グーグルということで、これが共存共栄していくシステムをつくらなければならないという形になっています。

もう 1つ重要なのが、地域です。「レベル 4」は地域限定になるので、いま全国の地方自治体が非常に関心を持ち始めました。先ほどの上士幌町はまさに自動運転バスを導入して、地域のモビリティを確保して地域を活性化しようとして動いています。外にもいろいろな自治体の市町村の長が連日のように私のところへ「やりましょう」とやって来ています。そういうことで、いままさに地域、交通オペレーター、新しいハードを提供するベンチャーが組んでやっていくという世界になってきました。もちろん、**OEM** もまさにそれに参入するという状況になってきています。

そういうことで、自動運転バスがある意味では一番近道で、こういうエコシステムを造れるのではないかといまやっています。実際に、地方自治体とバス事業者のメンバーを集めて昨年会合を開きましたが、非常に熱気がありまして、「ぜひ、自分の街で自動運転をやってほしい。それをオペレーションするのは我々のバス会社ですよ」、そういう話がいま水面下でたくさん動いているところです。

●自動運転の技術

さて、技術の話もきちんとしましょう。そもそも自動運転技術とは何か、これをご紹介します

たいと思います。

手動運転の車で、人間は**認知、判断、操作**という 3 つの動作をしています。それに対して、いわゆる安全運転支援の車や、「レベル 1~2」の車は、「操作」については比較的易しいので、ここは自動化しようということです。一定速度で走るというのは、人間より機械のほうがよほど賢くできるわけです。

そういうことで、認知、判断については人間がやるけれども、操作は機械がやるというのが実現しているところです。ということで、いまの技術開発は操作系よりも認知、判断の技術開発が主流になっています。

私が描いたのがこの絵で、運転操作の自動化は真っ先にできる。けれども、走行環境の監視はいつ人が飛び出して来るかとか、見えないところをいかに見るかということが重要だということでその技術開発、**センシング**です。あとは、異常事態をいかにやるか。ここら辺は、技術開発要素があるということです。(図 10)

いま技術開発の中で私が注目しているのは、**ヒューマン・マシン・インターフェース**です。「実は無人にしたほうが楽」と言っているわけですが、異常のときは誰かが助けに行かなければいけません。あるいは、設計段階、製造段階は何らか人の手が入ります。どの自動化レベルでも人間と機械のインターフェースをどうつくるかが非常に重要です。完全な自動運転車でも、始業点検、あるいはメンテナンスは誰がやるのかという話。特に、「レベル 2、3」になってくると、ドライバーとシステムの責任をどう分担するのか。あるいは、どううまく引き渡すのか。あるいは、職業ドライバーと素人ドライバーでどう違うか。いろいろな検討が必要になってきます。というわけで、これについていま私はこの研究を精力的にやっています。

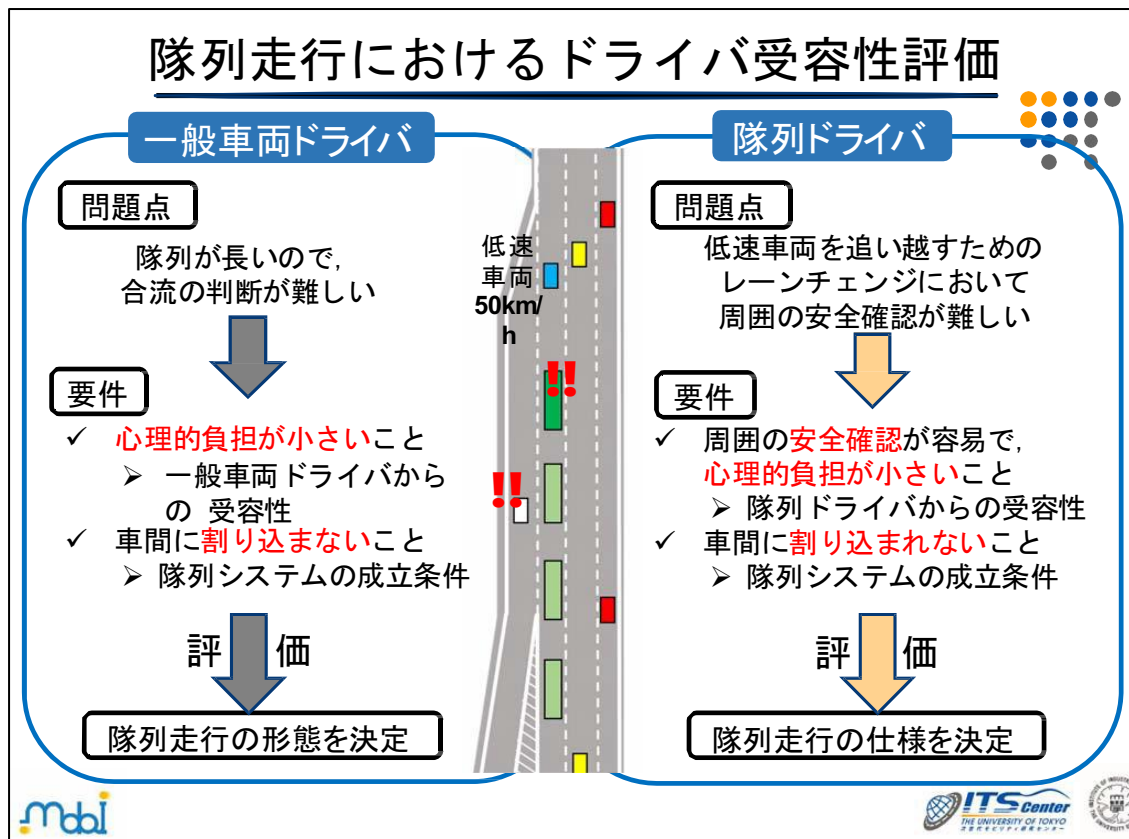
この研究のツールとして使っているのは、「**ドライビングシミュレータ**」です。実現していないものを評価するためには仮想空間で実験するのが有効で、危険ありません。それで、先ほどのトラックの無人走行については大型トラックのドライビングシミュレータを活用して実験しています。

その幾つかをご紹介しますと、1 つは隊列走行ドライバーの受容性評価です。隊列のドライバーとしての受容性、もう 1 つが一般車両ドライバーの受容性、周辺車両です。受容性を調べるには、科学的、客観的なデータ取りをしなければいけません。ですから、ドライビングシミュレータを使うけれども、生体計測です。緊張すると発汗するとか、脈拍が上がる、そのようなデータを取って実験しています。

実験の一例をご紹介しますと、こんな形になります。これは、途中のインターチェンジから本線に合流しようとする一般ドライバーの目線です。そこに、例えば 3 台隊列のトラックがやって来ました。そうしたときに「どうしますか」、こういう話です。

この隊列走行で一番困るのは、隊列の間に割り込まれることです。この割り込みを発生させないようにする研究です。幸い、このドライバーは後ろに入ることで合流できましたが、ここで意地悪をして追い越しを指示し、同時に、前方に障害物を置きます。場合によっては

割り込んでしまうことが起きるかもしれない。そういうことで、隊列の車間距離をどのぐらいにしたらいかがということが決まってきます。こういう実験をやっているわけです。(図 16)



(図 16)

今度は、逆に隊列走行ドライバーの目線から見ると、例えば、障害物があって遅い車に追いついたときに「追い越しできるのですか」ということです。こんなことも評価しないといけません。普通に考えると、3台隊列していたら無理ですねということなので、特殊なインターフェース、隊列走行を動かしているという後ろの映像なり情報をドライバーに伝えてやる。こういうことをすれば、ちゃんとレーンチェンジができますねという、そういうようなことの評価実験をやっています。

いままでの結果から、車間距離は10m未満が望ましい。車間距離を空けてしまうと、皆が間に入ってしまいます。それから、隊列も長ければ長いほど効率がいいのですが、いまのところ3台がいいところかなということで、実はこの実験をベースにガイドラインがいま決められつつあります。

ということで、こういう「ヒューマン・マシン・インターフェース」をもとに実現可能なシステムが構築されつつあります。

もう1つ、技術開発で重要な点がセンシングです。人間の目、五感は非常に優秀ですから、残念ながらなかなかいいセンサーがありません。

自動ブレーキのセンサーは大きく分けて3つ、いわゆるカメラ、赤外線レーザー、ミリ波レーダーです。この3つはそれぞれ一長一短があって、測距距離が長いのはミリ波レーダーとカメラですが、赤外線レーザーだと短距離しか見えません。その代わり、コストが安い。そして、歩行者検知ができるのはどちらかというカメラ系です。レーザー、レーダーは人間には反応しません。それから、悪天候でカメラだと逆光のときは機能しないとかいろいろあって、結局、これを全部組み合わせないといけないという話になっています。

更に、見えないところをセンシングする技術も必要です。人間の場合は何となく勘が働いたりしますが、機械はそうはいかないので、通信技術を使う。そこで、V2VやV2I、見えないところは通信で情報を貰うということで、**コネクテッドカー**という技術を開発しようということで、いま通信技術が自動車に非常に重要になってきています。いまは5Gが実現して大容量の高精度通信ができるのではないかと期待しているところです。

更に**デジタルマップ**。残念ながらも今の自動運転車は初めての道は走れません。地図があって、「ここは」と教えておかないと走れません。自己位置を同定するためにいろいろな技術がありますが、一番普及しているのが**GPS**で、日本の場合は準天頂ですね。ということで、いまこういう技術開発がいま進められています。

ただ、一番の課題は実は自律システムと**インフラ協調**です。当初、自動車メーカーはみんな「自律で行くのだ」と言っていました。ところが、自律だけでは無理なことがだんだんわかってきて、いまはインフラ協調をいかに安くやるかという話です。

インフラ協調をすると、今度はインフラの維持管理コストがあるし、誰が負担するかという協議が始まっています。特に信号を一所懸命カメラで認識して判断する、これがなかなか難しいので、信号情報を貰ったほうがいいのかという話になっています。

更に、無人運転には法律の壁があります。実は世界の「道路交通法」は**ジュネーブ条約**で決まっています。そのジュネーブ条約で、「走行中の車両は運転者がいなければならない」と書いてあるので、これが改定されない限り、ドライバーは人間です。ですから、いまどうしたら無人運転を制度化できるかに知恵を絞っています。一番簡単なのは条約を改正することですが、これはちょっと無理だと思っていましたが、最近可能性が出てきたので、いま期待しています。

実は、「AIが運転者だ」というのはアメリカが一時期言いましたが、日本では容認されていません。それで出てきた概念が、**電子牽引**と**遠隔操縦**です。電子牽引ということで、隊列走行のトラックは1台です。もう1つは遠隔操縦ということで、幸い「道路交通法」には「ドライバーは運転台に座っていなければいけない」とは書いていないので、ドライバーが外にいて遠隔化してもいいだろうということでいまやっています。最後は、専用道路ということですが。

●技術的課題

技術課題を幾つか紹介しますと**安全性の評価**です。自動運転は、実は安全になるというの

が定説です。しかし、誰が証明するのか。特に AI の場合、最近の機械学習、ディープラーニングになると誰もわからない。何でそうなるのかがわからない。そういうことで、信頼性、安全性の確保、この検証方法がまだ完全に確立していないということが非常に大きな課題です。

それから、コネクテッドカーは通信技術を使うので、**サイバーセキュリティ**という問題が出てきます。車が外から操られるだけではなく、車が乗っ取られて外のネットワークにテロを仕掛けるというような、両方の視点が必要です。ということで、いまこれについて検討しています。

まだまだ技術開発が必要ですから、自動車研究所には自動運転の評価拠点ができました。我々の大学にも、冒頭でご紹介したように柏キャンパスに実験フィールドを造って無人の車、自動運転バスを走らせて安全性評価等を行っています。

最後に「**モビリティ・デザイン**」です。エコシステムを考慮したデザインが非常に重要だということです。いままで紹介してきたことが全部実現すると、自動運転がもたらすものは何かというと安全性の向上だろうということです。

いま評価が難しいと言いましたが、自動運転で安全性が向上した例が鉄道です。いまや日本の主な鉄道はほとんど自動運転です。これによって、ほとんどの追突事故は防げています。そういうことで、安全性向上が見込まれることは確かです。実際に、交通事故の 9 割は解決できるのではないかと。それから、省エネになり、快適性も向上します。交通容量が増えれば渋滞も緩和し、環境低負荷になる。何と云っても、高齢ドライバー問題やドライバー不足も解決。ということで、交通体系の進化によって生産性が向上する。それによって、モビリティ社会は大きく変革されるということです。

ただ、私のように車の研究をずっとやっている人間にとって一番重要なニーズは、やはり人間にできないこと、人間より賢くする。そういうことをやらないと、自動運転は必要ではないということです。現在の法制度の下でも相当なことができます。更に、「レベル 4」を実現しようというのが政府の方針で、これによって将来的には無人物流、無人バス・タクシーができれば、全く新しいビジネスになるのではないかとということです。

重要なのは、自動運転だけではなくて、最初にご紹介したように自動車、公共交通、パーソナル・モビリティ、これをうまくコンバインしていくことが必要だということです。

最後になりますが、まさに **ITS/IT** ということが急速に進化して、エコシステムを考慮した自動運転をベースとした次世代モビリティができることが期待されています。ただ、それに伴って相当な変革が一緒に起きるということをご紹介して終わりにしたいと思います。

ご清聴、ありがとうございました。

(2018 年 11 月 26 日 (月) 東海大学校友会館にて)



**The Resona Foundation
For Small And Medium Enterprise Promotion**

〒141-0021

東京都品川区上大崎三丁目 2 番 1 号

Tel. 03-3444-9541 Fax. 03-3444-9546

URL: <http://www.resona-fdn.or.jp>

E-mail: staff@resona-fdn.or.jp