

日立 総研

特集

「自動運転が革新するモビリティの未来」

vol.11-2

2016年8月発行

表紙題字は当社創業社長(元株式会社日立製作所取締役会長)駒井健一郎氏 直筆による

日立 総研

vol. 11-2

2016年8月発行

- 2 巻頭言
4 対論 ～ Reciprocal ～

特集

「自動運転が革新する モビリティの未来」

- 日立総研レポート
- 12 社会・産業システムを革新する自動運転技術
研究第三部 技術戦略グループ 副主任研究員 雑賀光太郎
研究第二部 エネルギー・環境グループ 研究員 村田 朗
研究第三部 技術戦略グループ 研究員 宇田 裕一
- 特集インタビュー
- 16 自動運転普及のための課題とこれからのクルマのあり方
トヨタ自動車株式会社 コネクティッドカンパニー ITS企画部 部長 山本 昭雄
- 22 運転支援と自動運転による高齢者社会の活性化
名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ部門長 特任教授 二宮 芳樹
- 28 自動運転の法的課題と法的責任
明治大学 法科大学院 専任教授 中山 幸二
- 34 インターネット企業が生み出す自動車新市場の可能性
SBドライブ株式会社 代表取締役社長 CEO 佐治 友基
- Voice from the Business Frontier
- 40 自動運転時代における自動車部品メーカーの戦略
日立オートモティブシステムズ株式会社 常務執行役員CTO 技術開発本部長 川端 敦
- 46 研究紹介
48 先端文献ウォッチ

グローバリゼーションが見た夢

(株) 日立総合計画研究所
取締役社長
白井 均

今年にはビートルズ来日 50 周年に当たります。ビートルズの 4 人のメンバーが生まれ育ったのは、英国イングランド北西部に位置する港湾都市リバプールです。17 世紀にイングランドと北米との貿易が盛んになると商業都市として栄え、19 世紀にはアメリカ大陸、西インド諸島との三角貿易の拠点として発展しました。大西洋を臨むこの街の公園には、アメリカ大陸へ移住していった若い家族の銅像があります。かつて多くのヨーロッパの人々が、リバプールの港から新大陸への夢を抱いて旅立っていったのでしょう。

音楽での成功を夢見たリバプールの 4 人の若者は、1962 年 10 月に「ラヴ・ミー・ドゥ」でデビューし、瞬く間に英国の音楽シーンを席卷します。64 年 1 月には欧州大陸に渡りフランス公演、2 月には米国の首都ワシントンに乗り込みワシントン・コロシウムで初の米国公演を行います。今では信じられないようなことですが、ビートルズ以前に、英国から米国へ進出して成功したミュージシャンは皆無に近い状況でした。勢いは止まらず、6 月からはデンマーク、オランダ、香港、オーストラリア、ニュージーランドを回る世界ツアーを実施、日本公演を行った 66 年には、フィリピンでも公演しています。65 年には、ロック・ミュージシャンとして初めて大英帝国勲章 (MBE) を授与されるのですが、その理由は「英国経済が低迷する中、レコード、映画などを通じ外貨獲得に貢献した」というものでした。メンバーの中で最も若いジョージ・ハリソンは 22 歳、年長のジョン・レノン、リング・スターでもまだ 25 歳になるころのことです。

ユーラシア大陸の西側に位置する英国は、中世の時代からグローバル化の進展した今日まで世界との通商の恩恵を最も享受してきた国です。ビートルズの成功も、若者向けの音楽が世界市場を視野にビジネスとして成立することを示す先駆けとなり、その後数多くの若いミュージシャンが英国から世界に羽ばたきました。

その英国が、EU という世界最大の単一統合市場から離れるという衝撃的な決定をしました。第 2 次大戦後の世界経済の発展は、グローバリゼーションの拡大、すなわちヒト、モノ、カネの自由な移動を 2 国間、多国間、地域などで重層的に進め、自由な市場を拡大する取り組みによって支えられてきました。とりわけ英国は、79 年に首相に就任したマーガレット・サッチャーが主導したサッチャリズムと呼ばれる経済政策によって、グローバル企業がビジネスを展開しやすい市場重視の環境整備においても世界をリードしました。サッチャリズムは、その後米国のレーガノミクスにつながり、冷戦終結

を経て市場化の流れはグローバルに広がりました。今や、地球上の人口の9割以上がグローバルな市場経済のメカニズムの中に組み込まれ、発展途上国であっても、外国資本への開放政策などを取ることで、成長の機会を得ることができるようになりました。

これまでのグローバリゼーションの思想的背景には、市場メカニズムが国境の壁を越えて貫徹すれば、グローバルに資源の最適配分が達成されるという、古典的な経済学が前提とするような素朴な市場へのオプティミズムがあります。確かにグローバリゼーションの進展は、先進国、新興国を問わず多くの国・地域の経済発展に貢献してきました。一方でグローバリゼーションが進んでも、「国家」はナショナルな部分から離れることはできません。「国家」は国内の経済的福祉（ウェルフェア）の向上を図る責任を放棄することはできないからです。「個人」が経済的福祉の多くを「国家」に依存するという状況も見渡せる将来において変わることはないでしょう。

現在、先進国、発展途上国いずれにおいても国内の分裂が深刻となっています。富裕層と貧困層、中央と地方の対立、移民増加による民族間、宗教間対立など、多くの「国家」が国内に複数の対立軸を抱えています。対立の背景には、経済の長期低迷、失業率の高止まりなどの状況に社会的セーフティネットなど政策対応が追いついていないこともあります。不安や不満が過度に膨らんだ面もあります。英国の国民投票においても、ロンドン、エディンバラなど移民流入が多い都市で残留票が多く、移民流入が少ない地域で離脱票が多いという逆転現象も目立ちました。

過剰な愛国主義や地域主義に冷静かつ論理的に対応するためには、グローバリゼーションが見た素朴な経済的繁栄の夢を、理論と政策の両面から鍛え直す必要があります。オープン・マクロなどの経済学の進化も引き続き重要ですが、経済学だけにその任を負わせることはもはや困難な状況です。民族、宗教、技術など多面的なアプローチが不可欠となっています。

(補足)

大英帝国勲章（Order of the British Empire）には五つのランクがあり、ビートルズの4人が授与されたのは、5番目のランクのMBE（Member of the Order of the British Empire）。ただし、ジョン・レノンには1969年に自らの意思で返納。

ジオエコノミクス時代のグローバル経営

～世界は多極化パラダイムへ。複数進行する構造変化を捉えた事業戦略～

経済、地政学、安全保障の相互関係が高まる「ジオエコノミクス時代」。米国への一極集中から多極化へ世界経済のパラダイムが移行し始め、構造的な景気低迷、格差の拡大など、さまざまな問題が影響を及ぼしています。

今回は、ボストン コンサルティング グループ(BCG)の前日本代表、現在シニア・パートナー&マネージング・ディレクターの御立尚資氏をお招きして、ジオエコノミクスの視点から今後のグローバルな事業環境と経営戦略を考えていきます。



みたち たかし
御立 尚資氏

ボストン コンサルティング グループ
シニア・パートナー&マネージング・ディレクター

1957年、兵庫県生まれ。79年、京都大学文学部卒業、日本航空入社。92年、ハーバード大学経営学修士(MBA with High Distinction)。93年、ボストン コンサルティング グループ入社。2005年～2015年、同社日本代表を務めた。

経済同友会副代表幹事、同 観光立国委員会委員長、国連世界食糧計画WFP協会理事、京都大学経営管理大学院客員教授を務める。

著書として、『戦略「脳」を鍛える～BCG流戦略発想の技術』(2003年、東洋経済新報社)、『使う力』(2006年、PHPビジネス新書)、『経営思考の「補助線」』(2009年、日本経済新聞出版社)、『変化の時代、変わる力』(2011年、日本経済新聞出版社)、『ジオエコノミクスの世紀～Gゼロ後の日本が生き残る道』(2015年、日本経済新聞出版社)(共著)ほか、多数。

世界の構造は多極化ヘシフト

白井:いま世界は、経済が地政学的リスクや安全保障と密接に関連する「ジオエコノミクス」時代の様相を強めています。御立さんとユーラシア・グループのイアン・ブレマー氏の共著『ジオエコノミクスの世紀〜Gゼロ後の日本が生き残る道』(2015年、日本経済新聞出版社)を大変興味深く、共感を持って読ませていただきました。

20世紀末から今日までを振り返ると、世界貿易機関(WTO)や欧州連合(EU)のように、世界は個別の国の利益を超えた、理想主義を抱き進んできました。近年はグローバリズムやリージョナリズムの掲げた理想に対して、各国のナショナリズムが前面に出ているように感じます。現在の世界をどのように捉えておられますか。

御立:いわゆるポストモダンと言われた時代、すなわち国民国家(ネーションステート)が覇権を争っていた時代からEUのような地域共同体が構築され、さらにWTOのような世界規模の機関も生まれました。デジタル化が進み、世界は一つという「ワールド・イズ・フラット」が意識されたのが冷戦後です。ソビエト連邦が崩壊し、ロシアが米国にとって大きな脅威ではなくなりました。ソ連崩壊が東欧諸国をEU寄りにしたことも要因の一つです。

ソ連崩壊以降の世界は、米国という“スーパーポリスマン”が世界の安全保障を担うことを前提としていました。これは上部構造と下部構造と考えると分かりやすいかもしれません。下部構造、OSのようなものとしての安全保障があると、その上で、いわばアプリケーションのような活動を、より効率よくやることができるところが、現在、その下部構造が米国一極集中、「パックス・アメリカナ」から多極化へ移行しつつあり、その影響も始まっています。

これから21世紀後半に向けて、人口も経済も多極化します。米国、中国、インドの三極と、後はEUが一極として残れるかどうか、という世界になるでしょう。米国とEUは政治体制や安全保障の考え方も何とか今のところ整合性が取れていますが、中国とインドは不透明です。一極集中から多極化へパラダイムが移行する途中なので、どのような落ち着き方をするかは見えません。何が起るか分からない世界で、各国が自国の利益を守ろうと考えます。こうした中で、特に中国の経済的な躍進がさまざまな形で影響を及ぼしています。

梅棹忠夫さんが1957年に発表された『文明の生態史観』には、

「ユーラシアの帝国が築かれては、やがて滅ばされ混沌とする。これを繰り返している」という内容が書かれており、いま読み直しても面白さを感じます。中国、インド、イランのようにかつて大国であった記憶が残る国は、米国が世界のポリスマンでなくなるなら、自らが再び帝国を築けると考えます。中国はもちろん、インドも本音はそうでしょう。イランやトルコの覇権を意識した動きにもそれは表れています。ロシアも自国だけが取り残されるわけにはいかないと考えるでしょう。こうした動きはどんどん拡大しています。一方で、争いから落ちこぼれた国、リビア、イラク、イエメンのように政府が機能していない破綻国家も出ているのが現状です。今は大きなパラダイムとパラダイムの間の不安定な時期なので、帝國的な思想やレガシーが人々のセンチメントに強く現れている気がします。

中国と欧米の相互関係

白井:ジオエコノミクス時代の背景には中国の台頭があります。最近話題の『China2049』^注を読むと、中国は中華人民共和国建国100周年に当たる2049年までに世界のリーダーの地位を米国から奪取するために、長期的な国家戦略のもとに経済、軍事の強化に取り組み、プレゼンスを高めてきたことが分かります。一方で、中国の経済成長により欧米や日本の経済が潤ったのも事実です。

高速成長を続けてきた中国は「新常态」を掲げ、成長スピードを下げ、長期的に持続可能な成長のための構造改革に取り組んでいます。中国はさまざまな課題を克服しつつ、米国と並ぶ大国として影響力を高めていくことができるでしょうか。

注 『China2049』:マイケル・ビルズベリー著、野中香方子訳、森本敏解(2015年、日経BP社)。原本は『The Hundred-Year Marathon: China's Secret Strategy to Replace America As the Global Superpower』

御立:英国の経済学者アンガス・マディソン氏の研究によると、農業革命後のGDPはどの国も1人当たり400ドル程度に収斂したと考えられています。それに対して、産業革命後の工業社会では1人当たり1万ドルを超えます。ケタ違いの差が出るのが工業社会です。

中国は大国としての存在感を増していますが、まだ「工業社会化」を十分成し遂げていません。総人口は大きいので、「工業社会化」に成功し、1人当たりGDPが拡大すればさまざまな可能性が見えてきます。ただし、それには多くの課題を乗り越えな

ればなりません。日本の1950年代から70年代を振り返っても、公害対策など問題が起こるたびにモデル変更を重ねてきました。同じような道を中国も通らざるを得ませんが、ある程度の工業社会をつくり上げることはできるでしょう。

紀元1000年、1500年の農業社会の時代も、第1次産業革命後の1820年においても、中国とインドのGDPを合わせると世界の5割を占めていました。圧倒的な大国であったのは確かです。それが植民地支配によって1950年ごろには両国合わせても世界の7%まで下がりました。欧米に続き日本のGDPが上昇したのに



対し、中国は非常に苦しい経済状況が続きました。リバランスに向かう動きは止まらないでしょうが、それが永続的に進むのか、想像以上に早く成熟社会に行き着き停滞するのか、どちらかに分かれます。

GDPを支える人口変動を見ると、中国は生産年齢人口がすでに減り始めており、2030年代には人口全体も減り始めます。日本が21世紀に入って苦しんでいる問題に中国は豊かな社会に到達する前に直面します。西欧や日本の高齢化は先進国入りした後ですが、中国は貧富の差がまだ大きい段階で人口減少が始まるのですから、政府は焦りを感じているはずです。

白井:報道では米国主導のTPP(環太平洋戦略的経済連携協定)と中国が主導する一帯一路(海と陸のシルクロード構想)が対立構造として捉えられがちです。一方で、現在交渉中の米中投資保護協定のように、少なくとも経済面ではしっかり手を握り、実利を求めて関係強化を進める動きもあります。両国の主義主

張は異なりますが、今後どのような相互関係を構築していくとお考えですか。

御立:いろいろなシナリオが考えられますが、短期的には米中両政府のポリシーで緊張関係の度合いは決まります。極端に言えば米国大統領選挙の結果次第です。経済面では、双方にメリットのある関係を築こうとするのは間違いありません。例えば英国・米国・中国主催で科学技術サミットを実施するような協力関係もみられます。要は軍事以外での協力関係です。一時的に関係が冷え込んだとしても、できる限り協力していかなければ米国・中国ともに国力低下を招きます。池の中の鯨とまでは言いませんが、非常に大きな魚が池全体を枯らすわけにはいかないので、お互いに協力できるところは協力するスタンスを崩さないでしょう。米国一極集中から多極化へ移行していくにせよ、米国は自国の安全保障が緩む形は受け入れないはずで、中国は、どこまで踏み込めば米国が本気でスーパーポリスマンに戻るのかを見極めようとしています。南シナ海の問題も、安全保障の瀬踏みをしている状態と捉えています。米国と中国の外交関係に絡んで難しい立ち位置にいるのが日本です。日本は中国との関係だけでなく、北朝鮮との問題もあります。

欧州では、アジアインフラ投資銀行(AIIB)設立の際に最初に英国が参加を表明し、その後各国が続きました。ドイツも以前から中国との経済協力を積極的に。安全保障に強く関わらない限り現在のEU各国の方向性は変わらないでしょう。

白井:欧州と中国の経済関係は今後さらに深まっていくのでしょうか。欧州と中国との結びつきが強まれば、戦後の世界の安全保障を支えてきた米国と北大西洋条約機構(NATO)との関係にも影響が及ぶのか、あるいは経済と安全保障のすみ分けをきちんとできるのか、どのようにお考えですか。

御立:経済は経済、安全保障は安全保障と切り分けて考えるインセンティブは、米国、欧州、中国それぞれにあると思います。最終的に重視するのは、自国の経済的な利益を自らの意思で守れるかどうかです。

20世紀型経済モデルでは「市場アクセス」と「エネルギーアクセス」の確保が自国の経済的利益を守る上で非常に重要でした。現在重要な「市場アクセス」とは、最先端のデジタルなどの戦略的領域だと思います。「エネルギーアクセス」は、今後の技術革新で化石燃料に依存しない低コスト社会が実現するかどうかで未来が変わります。成功すればエネルギー安全保障に頭を悩ます必要がなくなり、経済の相互関係が良好に進む可能性もあります。

欧州が抱える二つの問題

白井: 冷戦終結後の欧州は「平和な時代」が続いてきましたが、最近ではロシアのクリミア併合に象徴されるような「東からの脅威」、シリア内戦・難民流入に代表される「南からの脅威」に加え、ギリシャ経済危機、英国のEU離脱など「内なる脅威」に直面しています。EUの将来をどのように捉えておられますか。

御立: EUはいずれ、7:3の確率で分裂の危機を乗り越え、発足時の理想に戻るとは思いますが、落ち着くまでに10年ぐらいはかかるでしょう。そもそもEU発足の背景には三つの要因があります。一つ目は、フランスとドイツが対立し、繰り返し戦争を起こしてきたことに対する反省です。2国を中心に手を結び、欧州を再び戦乱の地にはしないという思いがありました。二つ目は、古代ローマ帝国や中世のハプスブルグ家のような、文化精神が一致していたことです。三つ目は、当時の欧州経済は米国に大きな差をつけられていたので、経済的利益を得られるよう各国が手を組む必要がありました。

今のEUは二つの問題を抱えています。一つは、ドイツの1人勝ちとなっていることです。通貨統合をしても財政統合はしないという矛盾によって、結果的にドイツだけが実質的に通貨安と同様の恩恵を受けることになり、強い競争力を持つことになりました。圧倒的な貿易黒字ですから、周りの国々は非常に厳しい状況にあります。最初に申し上げた10年というのは、この議論やバランスにかかる年数です。

もう一つはエイジングの問題です。ドイツは、人口増による経済的メリットが得られるという判断で難民を受け入れています。この政府の姿勢に対し、職を追われた人々が高い失業率の改善を訴え、難民受け入れに反対しています。難民問題の議論は続いています。将来は人口が減少しても、ある程度成長が見込めることを考える必要があります。この課題に対して、いわゆる第4次産業革命の動きが拡大しIoTが1人当たりGDPを押し上げる時代が10年後に来る、と個人的には確信しています。

歴史を振り返ると、電力と大量輸送分野の革新で工業社会化が進み、急激に世界市場のパイが大きくなりました。豊かになり、人口が増え、平均余命が伸びました。

残念ながら、ITは今まで、このレベルの生産性上昇は果たしていません。ITによる生産性上昇はゼロという議論も出ているほどです。「1人当たりGDP400ドル」から、工業社会化により「1人当たりGDP1万ドル」に伸びた話をしましたが、例えば現在の日本の

1人当たりGDPが4万ドルとして、ITにより6万ドル、10万ドルという時代が訪れたときに、もう一度さきほどのような議論が出てくるのだと思います。そこまでは、まだ少しぎくしゃくするのではないかと思います。

長期停滞から抜け出す有効策とは

白井: 世界経済は先進国の比率が低下し、中国、インドなど新興国の比率が上昇しています。米国は2015年12月によやくゼロ



金利を解除しましたが、デフレ脱却に苦しむ日欧はマイナス金利を続けています。需要不足が続いて投資が増えない現状は、先ほどのIT革命の評価にも関連すると思います。元米国の財務長官で現在ハーバード大学のローレンス・サマーズ教授が指摘した先進国の長期停滞論も広がっており、現在の低金利状態を「ニューノーマル」と主張する人もいます。IoTなどの新たなイノベーションで、長期停滞を克服できるとお考えですか。

御立: 正しくはイノベーションを起こさないと、長期停滞の克服は難しいと言えます。21世紀後半から末にかけて、世界中の人口が減少し始めます。新興国の工業化に依存した世界GDPの成長も次第に行き詰まるのが目に見えています。こうした状況を本質的に打ち破るためには、IoT、ICTが生産性を上昇させることが不可欠で、個人的には実現できると思います。

1990年代から2000年代初めにかけて、BRICsの成長が世界経済をけん引しました。その一方で、日本、米国、欧州が貨幣供給

を拡大し続ける金融政策を実施した結果、企業の新陳代謝が低下しました。ある程度豊かな国になると、政治的にも新陳代謝を促すことが難しい環境になります。ただ、米国はある意味暴力的と言えるほどの資本主義の力が残っており、新陳代謝が起こります。ドイツも「シュレーダー改革」で労働移動が可能になり、新陳代謝を促進しています。北欧は福祉に多額の資金を注いでいますが、新陳代謝も行われており、経済には元気があります。ドイツ、北欧以外の西欧諸国と日本が新陳代謝できず低迷している状況です。

長期停滞克服にはイノベーションが不可欠ですが、それには資本や人材が柔軟に移動できる新陳代謝のメカニズムが必要です。日本、ドイツを除く西欧諸国、これからの中国も含め、政治、教育、社会的セーフティネットなどの面からイノベーションによる新陳代謝を促すことで、生産性上昇を実現できると考えます。

白井: 先進国だけでなく、中国など新興国でも、格差拡大が大きな社会問題となっています。米国では2011年にオキュパイ・ウォール・ストリート運動が起こりました。今年の大統領予備選挙でも、バーニー・サンダース氏が格差是正を訴えて予想以上に支持を伸ばしました。格差問題が深刻度を増しているにもかかわらず、どの国も解決への糸口が見えません。安定した社会はビジネスの重要な前提条件ですが、格差が社会の安定を揺がしています。今後改善に向かうのか、さらに深刻化するのか、また各国の社会に与える影響についてどのようにお考えですか。

御立: 格差は、税を踏まえた分配政策とパイの大きさの問題と考えます。パイがどんどん大きくなっているときは、格差が気になりません。よく邦画の『ALWAYS三丁目の夕日』を例に出すのですが、あのころは昨日よりも今日、今日よりも明日が良い時代でしたから、頑張れば次の世代にはもっと生活が良くなる、子どもたちにきちんと教育を受けさせれば将来豊かになれると親は信じていました。

税制も絡みますが、米国も中国も教育格差が世代を超えた貧困の根底にあります。この「世代を超えた」が大きな問題です。日本は、絶対値としての貧困の問題がありますが、私自身は格差が大きいかとは捉えていません。なぜなら日本は社会主義的とさえ言える税制になっており、ある程度までの資産なら3代も続けば相続税でなくなる仕組みだからです。つまり格差が「世代を超える」ことがありません。BCGの調査では、上位富裕層が保有する金融資産の割合は先進国で4割、5割あるのに対し、日本だけが2割台です。日本の格差は相対的に小さく、大金持ちでも世代を継

ば資産が減少します。日本のような税制は米国にも中国にもありません。

多くの国で富裕層は既得権を持っているので、政治的に現在の仕組みを壊せるかが格差問題解決の鍵を握ります。各国とも、残念ながら分配政策やパイの大きさに関わる根本の議論はなされていません。一方で日本の貧困問題は、ソーシャル・セーフティネットや教育システムなどに手を入れ新陳代謝を上げていけば改善できるはずで

ジオエコノミクス時代の企業経営

白井: 2015年は、リーマンショックの2008年以来、初めて世界



の1人当たりGDPが減少しました。ドルベースですからドル高の影響もありますが、それでも久々の減少です。それだけグローバル市場でのビジネスが難しい環境になっています。ジオエコノミクスの時代、日本企業がさまざまなリスクをコントロールしながら成長を続けるには、どのような視座が重要とお考えですか。

御立: ポイントは二つあります。一つは海外での事業展開です。海外事業を考える際、10兆円規模の企業なら世界のGDPとのリンクは避けられませんが、数千億円規模の企業では必ずしもリンクさせる必要はありません。2000年代の前半までは新興国で稼げるかが企業の成長を左右しました。中国事業でしっかりもう

けを出した企業と、それができなかった企業との間に大きな差が出ています。これから先は、中国で成功すれば勝ち組というわけではありません。再び先進国でのビジネスも視野に入れるべきでしょう。地域バランスとしては、米国のポートフォリオを高めることをおすすめします。一時はリスク回避のために「チャイナ+1」でASEANが注目されたのですが、グローバルなリスクがこれだけ高まると今までのようにはいきません。経済も強く安全保障のリスクも低い米国で事業を伸ばせるかが鍵となるでしょう。米国市場はオープンで競争は激しいですが、成功すれば業績に大きく貢献します。

もう一つのポイントは、イノベーションです。これからの10年はイノベーションの時代です。日本では医療・介護、観光を含むサー



ビス分野で確実に需要が増えるでしょう。問題は生産性、特に労働生産性が低いことで、これを解決できれば、大きなマーケットとなるのは確かです。2025年に向けて団塊の世代が医療好適期に入ってきます。病院や介護施設などのキャパシティ不足は明らかですから、これらの問題をマネジメントするソリューションを提供する必要があります。日本で良いモデルを築いた後は、高齢化が進む中国や欧州などで事業展開が可能です。「課題先進国」という言葉は好きではありませんが、日本ならではのモデルを世界に先駆けて提供できれば大きなチャンスが生まれます。もちろん、各国で医療保険や薬事規制などが異なるので簡単に

はいきませんが、そこでモデルをつくれれば、特に省人化、省力化、生産性向上で圧倒的な力を持てます。変化する社会のニーズをつかんでいける企業は伸び代が大きいのではないのでしょうか。

白井: 中国市場は固有の難しさはあるものの、従来の製品で事業展開できる部分もありました。今後は、イノベーションの代名詞のような米国市場が主戦場となるとすれば、経営者は経済的・地政学的リスクに目配りしつつ、米国市場への新たな挑戦も含めて成果を上げなければならないということですね。これからの企業リーダーは大変難しい役割になるとと思いますが、求められる資質や能力についてお聞かせください。

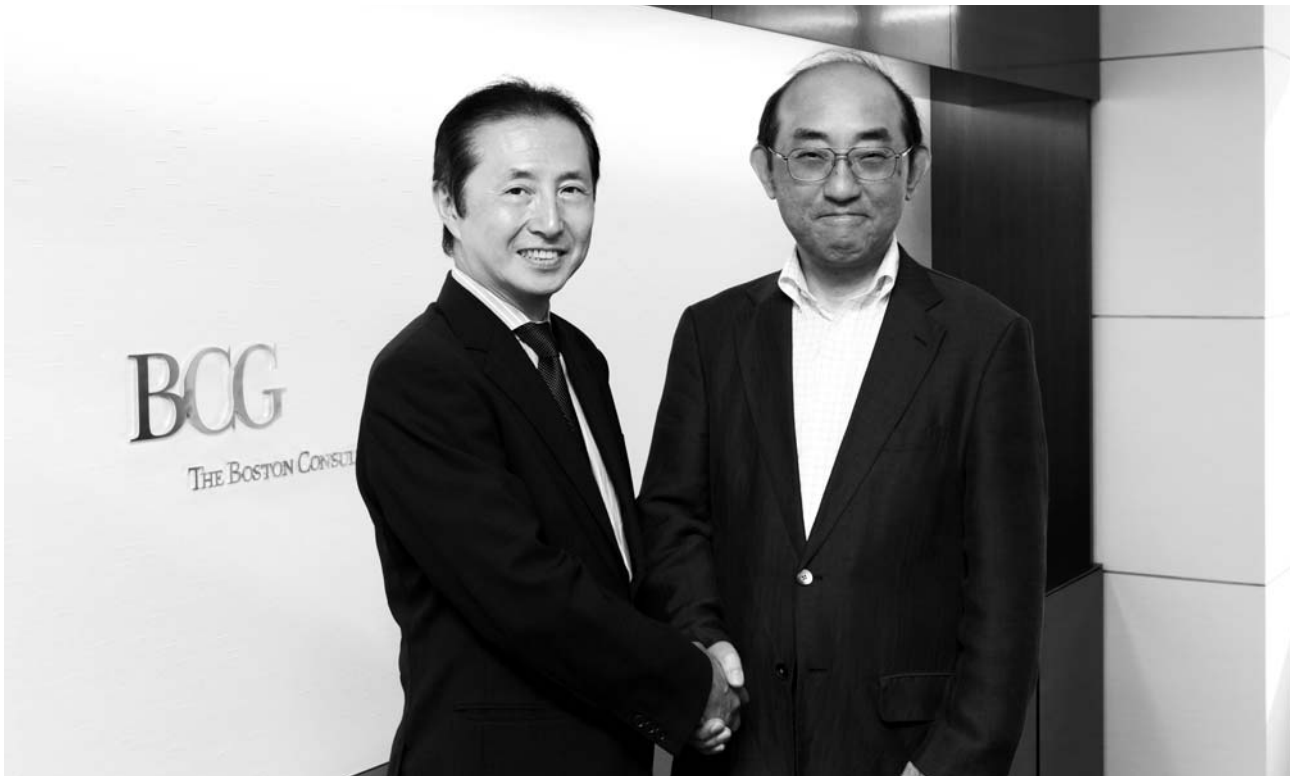
御立: 今の事業環境では、複数の時間軸を持つことが求められます。四半期決算を重視する制度には疑問を感じますが、少なくとも1年単位では結果を出し続けなければ資本市場に相手にされなくなります。ただし、1年の時間軸だけでは中期的な投資はできません。1年先を見据えると同時に、3年後、5年後のビジネスに投資することが必要と思います。裏を返せば、資本市場にまだ実体化していないものにお金を使うことを認めてもらう必要があるわけです。

不確実性の高い時代にこれを可能にするのは、「トラックレコード」と「構造改革」です。収益実績のトラックレコードがあり、投資余力があり、バランスシートが健全であること。変化の速い時代になればなるほど、他社より沈まない体力を持たなければ先への投資ができません。100年の計で人口問題がどうなるのか、30年の計で多極化に向けて何が起こるのか、ソーシャルニーズがどのように変わっていくのか。これらに目を配りつつ、3年から5年後に利益を出せる事業に資源配分することも重要です。

このように考えると、ビジネスリーダーは常に矛盾する複数の物事を見る能力を持つことが大切です。複数の時間軸を持つために、足元の技術や科学の変化に着目するのと同じくらいの力をかけて、歴史やリベラルアーツを通じて根本的なものの見方を探求していくリーダーが勝ち上がっていくのではないかと思います。

リスクアドバンテージを考える

白井: 日本企業全体では、金利ゼロにも関わらず預金だけが積み上がり、投資の勢いがありません。企業は、未来を信じることができず、投資してリターンを得るよりキャッシュを持つほうが良いと判断しているようにもみえます。このギャップをどう捉えま



すか。

御立: ビジネスリーダーに必要なコンセプトは、リスクアドバンテージだと考えます。リスクアドバンテージとは、競争相手より少ないリスクで同じリターン、あるいは同じリスクで高いリターンを得ることです。リスク100でリターン110を市場の平均値とした場合、リスク100でリターン150を得る人もいれば、リスク80でリターン110の人もいます。例えば中東でビジネスをする際、契約ノウハウを持つ会社なら80のリスクで済むのに、契約ノウハウがない会社は150もリスクを取るケースが見られます。

金融機関の経営幹部は、資本とリスクがビジネスに密接に結びついているので、みな、同じリスク量でどうビジネスでより高い成果を上げるかを日々考えていますが、一般企業はそのようにリスクをとらえていません。リスクが発生しても金融資産と違って工場の売却は簡単にはできません。リスクゼロを求めるあまり、投資の手が止まってしまうがちです。ビジネスリーダーには、「競争相手よりリスクアドバンテージがあれば、中長期的な勝ち組になれる」と信じる意識が必要と感じます。

今はパラダイムシフトの時期で巨額の設備投資をするステージではありません。必要な投資とのバランスを見ながら資本市場に還元することも重要と考えます。単に自社株買いだけでなく、バランスシートをよく吟味した上で慎重な判断が必要です。

IoT、AIがこれから10年で世の中を変え始めるとみているので、そうした分野への研究開発投資や、何が勝ち組になるかわからないなかで、ベンチャーやアントレプレナーのようにビジネスモデルの実験に投資することも有効だと考えています。

白井: 例えば、自動車産業と言えば車の製造・販売でしたが、自動運転、自動走行やカーシェアリングが一般的となり、将来は車を個人が保有する必要がなくなるかもしれません。そのような将来の可能性を考えると、ますますどこへ投資するべきか悩むことになりそうです。

御立: 自動車産業も研究開発と実験への投資が重要と思います。例えばトヨタにはさまざまな将来像に向けたシナリオがあり、それぞれに関連して小規模の企業に投資しています。超大型の投資は、既存事業での企業買収に使うか設備投資が基本です。グローバルに事業展開する企業は、ある程度、先を見通せる部分ではM&Aを手がけています。一方で、大型の設備投資はあまりやらない時代に入っている気がします。例えばファクトリー・オートメーションにおいて、プロセスのデータを活用した生産システム改革を行うにしても、今は、理想的な姿を高い確度で見通すのは難しい段階です。10年たったときには陳腐化してしまう可能性もあるので慎重に判断していかなければなりません。

一方、データアナリストやデザインプランニングを含めたAIの技

術者の育成や、AIの普及で職種が変わってしまう従業員の再教育などの教育投資は、金額はそれほど大きくないにしても、圧倒的に不足しているのではないかと思います。

先行きが見えない、しかし見えたときにボトルネックになるのは今やお金ではなく「人」です。日本企業は工場よりIoTで多能工化するための人材投資を進めるべきでしょう。

先端の技術やノウハウを学ぶには、グローバルな先端地域を活用する必要があります。やはり最先端技術が集まる米国のシリコンバレーに行くのが最適です。中国やインドも技術レベルが向上し、量産しやすい環境になっていますが、最先端となると圧倒的にシリコンバレーだと思います。

ユニークな着眼点を提供していく

白井:最後に御立さんのプライベートについて少し伺いたいと思います。長年にわたりビジネスの最前線で活躍してこられたが、判断や意思決定の際に大切にされる基軸、信条といったものがあれば教えていただけますか。

御立:私は根っからのコンサルタントですので、常にユニークな着眼点を持ちたいな、と心がけています。先進事例を学んだり、ほかの人の考えをキャッチアップしたりばかりだと、ユニークな着眼点ゼロで分かった気になってしまいます。普通の日線ではなく、ほかとは違う着眼点を提供できるかが勝負と思います。『ジオエコノミクスの世紀』をイアン・ブレマー氏と執筆したときも、彼のポリティカルアナリストとしての見方から、いろいろ勉強をさせてもらいながら、私も経済の主体側はこう動くはずだという見方やアジア的な歴史観からユニークな着眼点を提供できればと思いました。

白井:お仕事柄、出張が多く世界を飛び回っておられると伺っていますが、リフレッシュ法や趣味などをご紹介いただけますか。

御立:グローバルな世界でユニークな着眼点を持ち続けるためには自分の根本がとても大切という思いから、日本の文化や歴史の勉強を趣味にしています。最近では仏教の勉強も始めました。例えば「色即是空、空即是色」という言葉が持つ意味は、「物事の実態は関係性の中にある」という関係論ですし、生命を成り立たせている力を命と呼び、これを仏教では縁起と言います。これらは、どこか最新の生物学や物理学につながる話です。こうして趣味が思いがけず着眼につながることもあります。古いものや考え方には、最新のものの見方につながるものがたくさんあるの

です。ある先生から、日本の仏教は「仏教がインドから中国に入り、教義が哲学としても非常に高度になった。その段階のものを空海と最澄が持ち込み、その上につくりあげた側面がある。その後中国で仏教は苦難の時代を迎えることになるので、ある意味日本仏教は最先端を極めている」と教えていただきました。お茶も習い始めまして、ある年齢になってからは仕事と異なる分野、日本的な物事に興味が湧くようになりました。おいしい日本酒を飲むために、日本国内を歩いて回り、蔵まで足を伸ばすこともあります。こういうことがリフレッシュになり、結果的に仕事にも役立っています。

白井:本日はお忙しい中、いろいろなお話をお聞かせいただきありがとうございました。

御立:こちらこそありがとうございました。

※本掲載内容は、2016年6月8日実施のインタビューに基づいたものです。

編集後記

今回は、世界的なコンサルティング会社であるボストンコンサルティンググループの前日本代表、御立さんから、ジオエコノミクスの視点から見た世界の動きと企業経営について、わかりやすくお話いただきました。



世界が米国の一極集中から多極化へパラダイムシフトし、今後の展開が不透明な中で、各国が自国の利益を守る動きを強めていること、また、先進国における長期停滞を克服するためにはイノベーションが不可欠ですが、それには資本や人材が柔軟に移動できる新陳代謝のメカニズムを作らなければいけないというお話は示唆に富むものでした。

社会・産業システムを革新する自動運転技術

研究第三部 技術戦略グループ 副主任研究員 雑賀光太郎
 研究第二部 エネルギー・環境グループ 研究員 村田 朗
 研究第三部 技術戦略グループ 研究員 宇田 裕一

100年の歴史を有する自動車産業に大きな転換点が迫っている。本稿では自動運転に関する動向を俯瞰（ふかん）し、自動運転技術が広く活用される社会、自動運転の普及に向けた課題、解決に向けた取り組みを展望する。

1. 社会課題解決へ注目集める自動運転

1.1 都市化×モータリゼーションによる社会課題

自動車の普及は、多くの社会的便益を生み出してきたが、近年は都市の過密化と行き過ぎたモータリゼーションに起因する社会問題が深刻化している。

都市化×モータリゼーションが生んだ社会課題の筆頭は、交通渋滞である。日本国内だけでも毎年、約50億人・時間の損失が生まれている。また、2013年の世界の交通事故死者数は120万人に達する深刻な状態にある。約26秒に1人が交通事故で亡くなっており、早急な対策が求められる。加えて、CO2排出量の約2割が運輸部門であり、その大半が自動車の排ガスである。電気自動車などの開発と併せて、自動車の効率的なエネルギー利用による気候変動問題への対応が世界中で求められている（表1）。

表1 都市化×モータリゼーションによる社会課題関連指数

交通渋滞による損失時間（2012, 国内）	約50億人・時間
交通事故者数（2013, 世界）	125万人
道路輸送部門CO2排出量（2013, 世界） （ ）は2001年の数値	約55.5億t (約43.2億t)

資料：国交省、WHO、IEA 資料より日立総研作成

1.2 高齢化社会における移動制約者のケア

多くの先進国では、高齢化に起因する交通課題への対応も急務である。特に郊外に居住する高齢者は自動車の運転が困難になれば、公共交通機関を活用せざるを得ないが、郊外の公共交通機関は採算性の観点から路線を絞る方向にある。結果として選択肢が限定された高齢者が移動制約者となることが予見される。こう

した課題には、高齢者でも運転可能な安全支援機能を有する自動車の開発、もしくは省人化、自動化された安価な公共交通の新設などが解決策となる。

1.3 運転支援と無人運転の2軸で進む自動運転開発

都市化×モータリゼーションに起因する社会課題、高齢化社会の到来に伴う移動制約への解決策として注目されるのが、自動運転技術の実用化である。

国土交通省の自動運転の定義は「自動車の運転への関与度合いが高まった運転支援システムによる走行と無人運転」である。自動運転には支援による走行と無人運転の二つがある。NHTSA（米国運輸省道路交通安全局）は2013年に自動運転をレベル0～4に分類しており、自動運転に関する開発方針などを説明する際の基準として広く活用されている（表2）。ただし、今後、自動運転技術の普及がNHTSAのレベルの順に進展するとは限らない。

表2 車両の自動化の分類（NHTSA）

レベル0 (自動化なし)	・常時、ドライバーが運転の制御(操舵(そうだ)、制動、加速)を行う
レベル1 (特定機能の自動化)	・操舵、制動、加速の支援を行うが、全てを支援しない
レベル2 (複合機能の自動化)	・ドライバーは安全運行の責任を持つが、操舵・制動・加速の全ての運転支援を行う
レベル3 (半自動運転)	・機能限界になった場合のみ、ドライバーが自ら運転操作を行う
レベル4 (完全自動運転)	・運転操作、周辺監視を全てシステムに委ねるシステム

資料：NHTSA 公開資料

1.4 交通課題解決に貢献する自動運転

自動運転技術の実用化は、交通流の円滑化による渋滞の緩和・解消、CO2削減による環境負荷の低減、運転支援技術の導入による交通事故削減などさまざまな効果が期待される。都市化×モータリゼーションに起因する問題に対して自動運転技術は極めて有効であ

り、主要自動車メーカー、IT企業、各国政府、大学などは自動運転実現に向けてさまざまな取り組みを展開している。

2. 実用化を推進する企業・政府・大学

2.1 開発を加速させる自動車メーカー

自動車メーカーによる自動運転システムの開発は1950年代に開始された。近年、完全自動運転車の実現時期が各社から発表され、開発が加速している。現在自動車メーカー各社は、高速道路などの専用道路において、加速、操舵、制動という基本作業のうち、複数を同時にシステムが担当するレベル2の実用化に取り組んでいる。自動運転車への注力の度合い、技術開発のアプローチには多少の差はあるものの、各社は自動運転のレベル0から4へと段階的に自動化の度合いを高めるシナリオを想定している。

日産自動車は、ミニバン「セレナ」に自動運転機能を搭載し、高速道路の単一車線を自動走行する市販車を2016年8月下旬に発売する。渋滞時（低速域）のハンドル、アクセル、ブレーキ全ての自動化（レベル2）に対応する市販車は国内初となる。

トヨタ自動車は2015年10月に首都高速道路で自動運転技術を報道陣へ実演公開し、翌年1月には米国に人工知能技術の研究開発を行う新会社、Toyota Research Institute, Inc. (TRI) を設立している。同年5月26日から開催された伊勢志摩サミットでは一般道での自動運転走行実演用に開発中の新型自動運転実験車を提供した。一般道での走行を想定し、GPSやカメラに加え、周囲との距離を画像計測するため新規開発した高解像度LIDARを搭載している。

米国では、Fordが自動車メーカーとして世界で初めて、雪道を含む多様な道路環境や、夜間無点灯での自動運転車の走行実験に成功している。同社は運転支援技術と並行して、完全自動運転技術の開発を進めている。特に後者の開発では10年以上の研究期間を費やしている。システムからの運転操作切り替え要請にドライバーが適切に応じなかった場合でも、特定の運転モードで自動化された運転システムが車両の運転操作を行うことをめざしており、これはNHTSAが定義するレベル3とレベル4の間に相当する。

2.2 クロスインダストリー競争を仕掛けるIT企業

自動運転車の開発を進めているのは既存の自動車メーカーだけではない。IT企業も自動運転に関わるビジネスへの参入を狙っている。

近年特に注目を集めているのはGoogleである。レベル1～3を経ることなく、早ければ2017年に直接、レベル4の実用をめざしている。2009年に自動運転車プロジェクトを開始し、トヨタ自動車のプリウスやレクサスをベースとする車両、Googleオリジナルの車両を用いて現在までに150万マイルの公道走行実験を重ねてきた。2016年5月に欧米自動車大手のフィアット・クライスラー・オートモービルズ (FCA) と自動運転車の開発で提携すると発表した。FCAが提供するミニバンにGoogleの自動運転システムを搭載することで公道用実験車両を増やし、開発を加速させている。

自動運転車を用いた新たなサービス提供を試みる企業もある。2009年に創業したUberである。スマートフォンによるタクシーなどのオンライン配車サービスで創業し、現在は自動運転車を使った無人タクシーを実現する技術開発を進めている。2015年2月、自動運転車の開発に実績のある米国のカーネギーメロン大学と提携することで自動運転車開発を開始し、2016年5月に米国ペンシルベニア州ピッツバーグの街で認可を受けて自動運転車による走行実験を開始している。

日本でも、ロボット専業ベンチャーあるZMPが、ディー・エヌ・エー (DeNA) と共同で、ロボットタクシーの開発に着手している。2016年2月から神奈川県藤沢市で実証実験を開始し、2020年の東京五輪までに限定エリアでの無人タクシーのサービス開始をめざしている。人手不足や不採算で廃止された地方の路線バスなどに代わる移手段として無人タクシーは期待を集めている。

2.3 実用化を後押しする各国政府

各国政府も自動運転車の開発・普及に向けた課題の早期解決をめざし、さまざまな取り組みを展開している。

日本では、2014年6月に内閣府を中心に関係各省庁横断で戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) が開始され、プロジェクトの一つとして自動運転システムの開発・実用化に取り組んでいる。協調領域と競争領域を分けることでイノベーションの加速をめざし

ている。民間企業が開発する車両の自律化システム（カメラ、レーザー、LIDARなど）を競争領域、民間の競争領域に関わらない共通基盤技術（地図情報、セキュリティ、HMI（Human Machine Interface）、ITSを用いた先読み技術など）を協調領域とし、これらを組み合わせることで自動運転システムの早期実用化をめざす。民間企業の市場での販売時期については、信号情報や渋滞情報などのインフラ情報を活用した準自動運転システム（レベル2）は2017年まで、準自動運転システム（レベル3）は2020年代前半、完全自動運転システムは2020年代後半以降をめどとしている。

欧州では2014年に終了したFP7（The 7th Framework Program）での研究開発支援を引き継いだHorizon2020プロジェクトで自動運転システムの研究開発を推進している。主要プロジェクトであるAdaptIVe（Automated Driving Applications & Technologies for Intelligent Vehicles）では、欧州委員会の資金提供の下、自動車メーカーやサプライヤー、大学や研究機関など約30団体が参加しドライバーと自動運転システムの理想的な協力・協調関係のあり方について検討している。欧州では、自動車産業を抱えるドイツ、フランス、スウェーデンに加え、オランダ、フィンランドなども、実証試験実施に向けた制度整備、テストベットの指定を含む公道実証を推進している。

米国では、連邦政府（USDOT）主導による技術開発と一部の州による法制度や実験環境の整備が進んでいる。2014年11月にUSDOTは、「ITS Strategic Plan 2015 - 2019」を発行し今後5年間の研究開発計画を発表するとともに、実証プロジェクトを開始した。米国政府は、2016年1月、パイロットプロジェクトを通じて、安全な自動運転の開発と普及を加速するために今後10年間に40億ドル以上の開発投資を行うことを2017年度予算案で表明している。州レベルでは、カリフォルニア州などが公道実証に係る法規制の整備、ミシガン州はM-Cityなど実証環境の整備を推進している。

2.4 技術開発のハブとして存在感を高める大学

自動運転の技術領域は多岐にわたるため、投資効率化、開発加速の観点から、これまで以上に企業の枠を超えた連携が求められる。業界で研究資産を共有することが合理的な「協調領域」における技術開発や先端技術開発の受け皿として、中立の立場にある大学の役

割が増している。

米国では、ミシガン大学のアナーバーキャンパス内のミシガン大学MTC（Mobility Transformation Center）とミシガン州運輸省が、約1,000万ドルを投資し、32エーカー（約13万平方メートル）の土地に自動運転車やコネクテッドカーの走行実験を行う施設「Mcity」を建設している。複数のパートナー企業が共同出資することで、優先的に自動走行車の実験を行うことができる。スウェーデンのチャルマース大学にもテストコースを含む開発拠点が設けられ、衝突回避性能の評価などが行われている。

国内でも、2016年6月、大学など自動運転関連技術を持つ研究機関とメーカーとの連携を目的に北海道自動車安全技術検討会議が設立された。北海道を事務局とし、警察、東日本高速道路（NEXCO 東日本）などの道路管理者、北海道大学などの研究機関、テストコースを持つ市町村が参画している。産官学の連携のもと、高度な運転支援機能の開発・実用化をめざし、企業などによる実証試験推進の円滑化や研究開発を促進する環境整備や情報提供を行っている。

3. 自動運転技術による社会・産業システム革新

3.1 モビリティ産業の革新

自動運転の安全性への理解が浸透し、コストが低下すれば、自動運転は運転支援、無人運転の両方のアプローチで、自家用車、カーシェア用自動車、バスなど広範囲で採用が広がるであろう。

公共交通においては、車車間、路車間通信を備えたバスやタクシーが増加する。公共交通の位置情報の把握が容易となり、全交通機関の運行がリアルタイムで最適化され、市民はスムーズな公共交通の利用・乗り換えができる。

自動車利用のあり方も変わる。無人運転が一般化すれば、自動車の無人自動送迎が普及し、カーシェアの利用が増える。一人での利用が増加し、パーソナルモビリティの需要が高まる。

自動車保険のあり方も変わる。自動運転の普及により、自動車事故は減少する。そのため、個人ドライバー向け自動車保険市場は縮小するが、自動運転対応の自動車を販売する企業向けPL保険などが増加する。こうした保険が整備されることで自動運転対応車の開

発・販売はさらに拡大する。

自動運転によって移動のあり方が大きく変わるだけでなく、個人は自分に最もマッチした移動手段を選択できるようになる。

3.2 自動車産業以外への波及

自動運転技術は、他産業にも影響を及ぼす。

農林畜産業は自動運転技術の有望な応用分野である。田畑を耕す農作機械や家畜の飼料を運ぶ運搬機器を自動運転によって連続稼働させることで、人手不足を軽減できる。農林畜産業の大規模化が容易となり、生産性向上の一助となる。

また、ロボット技術と組み合わせた活用も有望である。特定の作業と移動をこなすロボットが労働負荷の大きい工場・工事現場に導入されることで、労働者は重い部材の運搬、過酷な環境下での作業から開放される。企業も人件費と人身事故の削減を両立できる。同様に、介護の現場にロボット×自動運転を導入することで、介護者の負荷が軽減され、介護者不足の問題が改善に向かうことが期待される。

このように交通分野以外の労働力不足を緩和し、生産性を向上させる自動運転技術は、少子高齢化を迎える先進国を中心にさまざまな社会問題解決に貢献する。

4. 自動運転時代の社会制度

多様な技術の融合体である自動運転は、市民に移動の自由を与え、クルマと人の関係を大きく変える可能性を持つ。クルマを含めた交通システムは人の命を預かるインフラである。自動運転の普及に当たっては、技術の先進性だけでなく、安全性の確保によって社会の受容性を高めることも重要である。実証実験が進み、自動運転の有用性が社会に認識されても、一度重大な事故が発生すれば、ユーザーの信頼が失われる恐れがある。

自動運転の安全性確保は、フェイルセーフの原則に基づいたシステム設計が前提となるが、加えてセキュリティ対策も重要である。自動運転車はクルマの位置情報、路面情報など多様な情報をネットワーク経由でリアルタイムにやり取りしながら運転制御を行う。そのため、ネットワークを介した外部からの誤データの受信、ウイルスによる攻撃などを想定したセキュリ

ティ対策が求められる。自動車の電子制御が進展し、ネットワーク接続が拡大する中、セキュリティ対策の重要性はますます高まることが予想される。

ただし、開発に当たっては、安全に関わるリスクとその軽減に要するコストのバランスについての検討も重要である。完璧な安全性を技術だけで実現しようとするれば、開発コストがかさみ、最終製品が高価格となる。技術に加え、社会制度の検討も不可欠である。自動運転車の走行を前提とした交通ルールの見直しなどにより、トータル社会コストを抑えることが自動運転の普及にとって重要となる。

本特集では業界の垣根を越えた協働的なアプローチによる自動運転の発展をめざして、さまざまな立場から自動運転による社会課題解決に取り組む方々にインタビューを実施した。

自動運転普及のための課題と これからのクルマのあり方

トヨタ自動車株式会社 コネクティッドカンパニー ITS 企画部 部長
山本 昭雄

CONTENTS

1. 人・社会とクルマがつながる新しいモビリティ社会
2. ITSの普及とクルマづくりへの影響
3. 次世代の協調型ITS
4. 自律型×協調型による自動運転の世界
5. 自動運転の普及が具現化するスマートモビリティ社会

(やまもと あきお) 1986年4月 トヨタ自動車株式会社に入社し、コーポレートIT部にて業務改革・改善・システム開発を経験、2003年1月 米国トヨタ自動車販売 副社長、2010年1月 総合企画部。その後2013年1月 トヨタ自動車ITS企画部、2014年より同部部長、現在に至る。

1. 人・社会とクルマがつながる新しいモビリティ社会

(1) 広がる人・社会とクルマとの接点

トヨタ自動車（以下、トヨタ）グループの2015年度新車販売は1,000万台に達している。しかし、この規模まで組織が成長したことに伴って、機能間の意思決定が非常に複雑になってしまい、従来の組織体制のままでは、今後持続的に成長していくことが難しいと判断し、製品・クルマのタイプ別に技術・開発・生産までそれぞれの組織で完結できる体制、カンパニー制を2016年度から導入した。その際、中長期先端・先行開発、ユニット開発などの目線で先進技術開発カンパニー、パワートレーンカンパニー、そしてコネクティッドカンパニーも新たに設置した。

コネクティッドカンパニーでは、IoTによりクルマが人・社会とつながる新たなモビリティのあり方を考えている。これからの自動車の事業はこれまでのようにクルマを提供するだけではなく、人・社会とクルマの接点を創出するという視点を加えていくことが重要である。また、その接点を介したサービスを展開する機能も自動車メーカーは担うことになるだろう。

その際に重要な要素がビッグデータ活用だ。社内活用の例で言えば、トヨタ車全てに通信機能を搭載すれば、クルマの不調をいち早く発見することでお客さまへの迷惑をゼロにするEDER (Early Detection, Early Resolution: 早期発見、早期解決) という取り組みをさらに迅速かつ高度化することが



できる。コネクティッドカンパニーは、ビッグデータをもっといいクルマづくりそのものに貢献すること、今までにないクルマの利用法を提案すること、社会的役割など新たなクルマの価値を追求することに生かしていく。

また、クルマが人・社会とつながる世界になり、IT業界から自動車事業への参入が相次いでいる。クルマに比べて、ITビジネスのスピードは速い。クルマの事業拡大には、今まで以上のビジネスサイクルのスピードアップが必要になってきている環境下で、コネクティッドカンパニーは、新たなクルマのバリューチェーンの創出をけん引する。

(2) 求められる社会課題解決の視点

コネクティッドカンパニー ITS 企画部では主に社会課題解決の視点、また協調領域のプロジェクトに取り組んでいる。

社会課題解決の視点から事業を考える場合、例えば交通事故の削減、渋滞の緩和などが想定されるが、

その交通事故の削減と同時に、クルマに新たな付加価値をつけることで、ユーザーから対価をいただける状況を創出することができるのではないかと考えている。社会課題解決を持続的に進めていくためには、社会貢献と利益を両立させることが重要である。

また、自動車業界には競争領域と協調領域という概念が存在する。競争領域とは、自社のクルマづくりを磨いていくことである。協調領域は、他社と連携して、新たなクルマの社会的な仕組みをつくっていくことである。例えば、ETC（電子料金収受システム）に関して、自動車会社やサプライヤーは自社の車載機製造、販売に重きを置いてしまうが、社会の受容性の観点からは民間の同業他社と、またインフラ整備の観点からは官公庁と、協調していく必要がある。自動運転では、基本的に制御部分は競争領域であるが、一方で地図の標準仕様などは会社の垣根を越えて協調する必要がある。

どのようなシステムを創出すれば、社会課題解決につながるかという視点が必要であり、クルマが人・社会とつながっていく中で、このような視点の重要性は増していく。

2. ITSの普及とクルマづくりへの影響

(1) 日本のITS普及の過程でのユーザーとクルマとの関係の変化

ITSの推進は、官民で策定した方針に基づいて展開され、VICS（※1）、ETCの開発・普及もこの官民連携の枠組みの中で進展している。

ITSが普及する中で、社会におけるクルマの位置づけも変化してきている。具体的には、クルマが単なる移動手段から、ライフラインインフラの一つの役割を担い始めている点を挙げることができる。例えば、クルマの移動の軌跡情報が社会のために役立っている実例がある。東日本大震災、熊本地震の際に利用された「通れた道マップ」では、一般の方々のみならず、物資の輸送、電気やガスなどのインフラ復旧に際して活用できる巡回ルートの把握など、さまざまな対策に役立てることができた。また車載カメラは、個人情報保護の問題との関係もある

が、防犯対策の一つの機能として役立てることが可能だと考えられる。クルマはライフタイムの内、実は5%の時間しか走行しておらず、95%の時間は停車していると言われている。そこで町の防犯カメラの死角になる部分を停車中のクルマの車載カメラが補うことができれば街の安全向上にも貢献できるだろう。

ITSの進展によってクルマは、移動の手段の一つとしてだけではなく、社会システムの一つとして位置づけられるようになる。今後、ITSに加え、将来的には、自動運転やシェアリングの普及によって、クルマの社会システムにおける位置づけはさらに大きく変わると考えられている。

(2) デジタル化でも変わらないクルマづくり

クルマづくりに関しては、デジタル化の進展は今後も進むだろう。クルマにおける電子部品の構成比率は既に約5割に達している。かつて、アクセルとエンジンは物理的にワイヤでつながれていたが、現在はアクセルを踏んだ情報が電子化されCAN（※2）を経由してエンジンの制御システムに伝えられる。こうした変化がかなり拡大してきている。しかし、設計ツールの進化やデジタル化は大きく進んだが、基本的なクルマづくりの考え方に関しては変わらない点も多い。トヨタがモータースポーツに取り組み、五大陸走破プロジェクトを行っているように、耐久性やレスポンスを確かめながら、さまざまな環境下でクルマを走らせる技術は、これからのクルマづくりにおいても依然として重要である。

3. 次世代の協調型ITSについて

(1) ITS Connect 対応商品の先行投入の狙い

新たな協調型システム、“ITS Connect”が2015年に日本でスタートした。これは、ITS専用周波数として、世界で初めて割り当てられたプラチナバンド760MHz帯を活用したものである。

昨年実用化されたITS Connectの一つが、車と路側インフラ間の通信（路車間通信）を活用することで、交差点の事故を減らす右折時注意喚起、赤信号注意喚起のサービスである。日本では減少を続けて

きた交通事故死者数が2015年は、15年ぶりに増加している。シートベルト着用の喚起、飲酒運転の取り締まり強化など、死亡事故を防止するためのさまざまな対策が進められている中で、新たな安全対策としてITS Connectの活用が期待されている。交通事故多発交差点は全国に約3,000カ所あり、その交差点での右折事故が、事故全体の1割ほどを占めているが、ITS Connectの活用はこれらの事故の防止にもつながる。トヨタは早期の普及環境の整備に向け、ITS Connectの先行投入を進めている。

また、路車間通信の他にも、車と車の間での通信技術（車車間通信）を活用したCACC（Cooperative Adaptive Cruise Control <トヨタの商品名は「通信利用型レーダークルーズコントロール」>）もITS Connectのサービスの一つだ。CACCは、前のクルマが加速したら、ほぼ同時に後ろのクルマも加速する、減速時も同様という追従走行の仕組みである。レーダーで車間を一定に保つ通常のACC（Adaptive Cruise Control）よりさらにスムーズな追従走行を実現する。前のクルマに引っ張ってもらっているような感覚をドライバーが受けるぐらい、とてもスムーズな追従走行を実現する。このシステムは、長距離運転に特に有効である。長距離トラックに同様のシステムを搭載することで、隊列走行への応用も可能と思われる。車間を狭くし、空気抵抗を減らすことができるので、燃費的にも非常に効率的な走行が可能になる。それぞれのクルマがITS Connectに対応していけばCACC活用の幅が広がり得る。

しかし、お客さまに価値を認めていただけるようになるためには“いかに普及させていくか”、これが非常に重要であり、最も苦勞する点の一つである。これは他メーカーや各省庁と連携して進めていかなければならない。ITS Connectのような新たなシステムが広く社会で利用されるまでには、多くの場合、長い年月を必要とする。ETCの実用化、渋滞情報のVICSも普及に約10～15年の年月を要した。ITS Connectによる安全対策の効果を上げるためには、まずシステムを普及させていくためのステップを地道に続ける必要がある。米国などでは2020年以降に販売される新車に車車間通信機能搭載を義務化する動きがあるが、日本でも同様の動きがあれば

ITS Connect普及の追い風になるだろう。

ITS Connectの実用化、普及を進めていくのが、2014年に設立されたITS Connect推進協議会である。ITS Connect推進協議会はITS Connectの基盤となる技術検討と運用支援を官民連携で積極的に推進する役割を担う。

(2) ITS Connect に対するユーザーやサプライヤーの反応

現在まで、展示会、体験試乗会、アンケートなどによるユーザーの反応はおおむね好評である。一方、「標準設定にしてほしい」、「インフラを増やしてほしい」、「今のクルマに取り付けできるようにしてほしい」などのリクエストがある。当面は、こうしたユーザーの声を受け止めながら、ITS Connectを広く普及させるために尽力する。

路側インフラや車載機メーカー、携帯端末や半導体関係、実証機器のメーカーなどの方々はITS Connectの普及をビジネスチャンスとして、非常に前向きにとらえている。海外のサプライヤーからも良い反応が届いている。彼らの関心が最も高いのがセキュリティである。クルマ対クルマのセキュリティをどのように標準化し、そして、オペレーションに落とし込みながら、どのようにサービスとして成立させるかという課題に向けた取り組みが重要である。欧米ではまだ実用化されておらず、現在はコンセプト議論や一部サービス実験が行われている。これに対して、日本では仕組みができていて、これからの取り組み・ノウハウに対して非常に興味を持たれている。

4. 自律型×協調型による自動運転の世界

(1) 自動運転実現に向けた技術的・社会的課題と自動車メーカーとしての対応

クルマ本体に備わったカメラやセンサーなどを使う自律型システムと、通信により見通し外の情報を受け取る協調型システムの連携により実現が期待される自動運転だが、自動運転の世界において自律型と協調型が「走る・曲がる・止まる」の実現にどの

ように関わり合うのか、また、その環境整備をどのように進めるのかの検討は、非常に難しい課題である。

自律型で走る自動運転に対して、協調型が一番大きく貢献できるのは、信号情報の伝達と考えている。例えば赤信号で止まる場合に、自動運転車が交差点前で急に止まると、運転者や後続車に負担がかかるだけでなく、追突事故の可能性もあり非常に危険である。いわゆるジレンマ・ゾーン（※3）は時速50kmから60kmでは大きくなるため、赤信号に変わる前に、信号側から「間もなく赤信号に変わる」という情報を自動運転車側に出しておくことが非常に有効となる。現在、自動運転車の利用は高速道路、自動車専用道路から取り組み始められているが、徐々に一般道も対象に加えられる。一般道の中でも市街地は特に難しいので、まずはバイパスや幹線道路からと想定されるが、幹線道路の制限速度はジレンマ・ゾーンの50km～60kmである。一般車と共存し、円滑かつ安全な自動運転を実現するためにも、信号情報の伝達は重要な課題となる。

また、合流の問題に関しても、路側機から前を走るクルマの情報を伝達する必要がある。さらに高度になれば、前の前のクルマやその先がどのような状況になっているかの情報も求められるようになる。自律型運転では先の状況が分からないので、前方を走っているクルマから得られる情報をクラウドでセンターに上げて、各コアに伝えるという仕組みも有効である。車車間のブレーキ情報なども含め、自律型だけでは見えない周辺情報の共有による運転のサポートも協調型の役割である。

自律型自動運転の技術では、合流や交差点で、他のクルマの動きを予測するなど、より複雑なシーンを予測できるアルゴリズムの確立、運転知能の実現も重要な課題である。自動運転対応の車両技術では、センシング精度の向上、情報処理チップの速度向上、省電力化が重要であり、位置把握のための地図情報では、データのアップデート、より郊外での地図整備や精度維持などが課題になる。この運転知能の実現と自動運転対応車両技術は実現に向けたハードルは高いが、AI（人工知能）や電子デバイス技術の進化とともに、解決可能になっていくと思われる。

これら技術的な課題に加え、今後、大きな問題となるのは、社会環境の整備に関連する、責任と保証に関する分野である。例えば、自動運転のレベル3までは、事故が起きた場合、基本的にドライバーの責任ということになると思われるが、レベル3の場合でも、システムに運転を任せ、本を読んだり寝てしまったりなどセカンドタスクを行った場合は誰が責任を負うのかという点があいまいであり、議論が必要である。自動運転技術は、100%安全ではない。現在も、各自動車会社は、衝突被害軽減ブレーキに関して、「止まる」とは記載していないことが多い。あくまで補助サポートであるのだが、そのことをユーザーにどこまで認識していただけているのかという懸念もある。このように、ステークホルダー間のコンセンサス作りは非常に難しい課題になると想定される。今後は自動運転での事故をカバーする保険商品も必要になり、被害者救済とPL（※4）についても検討する必要がある。

タイ・バンコクの道路、渋谷の交差点、鹿が出る田舎道などさまざまなシーンで安全な自動運転が確保できるかどうかこれがレベル4で完全自動走行となった場合には安全確保の難易度はさらに高まる可能性がある。このような状況下での社会環境整備に関するコンセンサス作りは、非常に困難な課題となる。

(2) Mobility Teammate Concept の狙い・連携による基盤技術開発の推進

Mobility Teammate Concept は、トヨタの自動運転のコンセプトである。安全、円滑、自由に移動できるモビリティ社会の実現をめざし、人とクルマが同じ目的を持ち、ある時は見守り、ある時は助け合う、気持ちが通った仲間・パートナーのような関係を築くという、トヨタ独自の考え方である。自動運転は方法論であり目的ではないが、交通事故削減、渋滞の解消の他、高齢者やハンディキャップを持つ方々を含め、全ての人に移動の自由を提供する自動運転の実現をめざしている。その Mobility Teammate Concept を支える三つの柱として、高度な認識・予測・判断を実現する「運転知能」、VtoX（※5）を活用した「つながる」、「人とクルマの協調」を掲げている。

AI技術開発では、異業種の企業・研究機関との連携を推進している。Toyota Research Institute, Inc. (TRI) では、ギル・プラット CEOのもと、研究機関などとの連携を進めながら、AI、ロボティックスのモビリティ技術への活用などに取り組んでいる。シリコンバレーに拠点を構えており、製造業をなりわいとするトヨタとは異なる勤務形態・組織風土を持っており、迅速な意思決定などIT企業のスピード感を取り入れている。マイクロソフト社との合弁会社である Toyota Connected, Inc. については、ビッグデータのマネジメントによる各種サービスの開発などを行っている。まずは北米に拠点を設置しているが、今後はグローバル活動を推進していきたいと考えている。

5. 自動運転の普及が具現化するスマートモビリティ社会

(1) 自動運転の世界における自動車メーカーとサプライヤーの関係・クルマの開発のプロセスのあり方

自動車メーカーとサプライヤーの関係は、ピラミッド（系列）型からパートナー型に変化していくと考えられる。とりわけ自動運転の世界・領域では、認知・判断部分で、非常に高度な技術が必要であり、今後、サプライヤーの淘汰（とうた）も起きる可能性がある。その一方で、AIやビッグデータの収集・蓄積・分析・活用といった分野など、トヨタだけで対応が難しい分野について、専門のIT企業と連携していくケースが増えてくると考えられ、企業間のアライアンスは今まで以上に重要となる。

ただ、その際に自動車メーカーとサプライヤーの関係性がパートナー型に変化するのには主に上流の部分であると考えられる。クルマは特に安全を重要視するプロダクトであり、クルマの構造が根本から変わらない限り、量産化の取り組みは自動車メーカー主導が続くと考える。アライアンスで獲得した技術をクルマづくりに生かしていく過程では、従来のピラミッド型の連携も引き続き重要であろう。

クルマと人・社会とのつながりが拡大していく中で、今までとは異なる技術が求められる上流工程、

また大量の情報を瞬時に扱っていく世界では、組織風土、勤務形態、業務遂行のプロセスが違うパートナー企業といかにビジョンを共有し、うまくシナジーを生める関係を築けるか、いかにスピード感を持って取り組めるかが重要になってくると考える。

(2) スマートモビリティ社会におけるユーザーにとってのクルマの位置づけとクルマの役割

ITS企画部では、「全ての人に移動の自由を提供する」ため、スマートモビリティ社会の実現に取り組んでいる。社会インフラの一部としてのクルマの役割が大きくなっていく中で、移動の自由をもっと広げていける、広げていかなければいけないと考えている。1970年代大規模に作られたニュータウンでは、地理的に高低差が多い丘陵地帯という立地に加え、住人の高齢化が進んでおり、タウンバスなどの従来の交通網だけでは移動ニーズをカバーできない状態が問題になっているとも聞く。この交通問題は、自動運転車の活用で解決が期待できる。高度な自動運転でなくとも、特に助けが必要な方の自宅近辺と近場のコミュニティへの行き帰りなど特定ルート、ラストワンマイルでの利用だけでも効果は大きいと考える。移動の自由によりコミュニケーションが生まれ、経済も活性化するサイクルが構築されるので、このような場作り、コミュニティ作りに貢献したい。ただし、こうした企画はトヨタだけでは実現が困難であるため、公共団体や地場の企業の方々と共同して進めることで初めて可能になると考えている。

Hamo (Harmonious Mobility Network: ハーモ) (※6)で活用するパーソナルモビリティに関しては、都市の地域活性化、観光地を含め、ユースケースと呼ばれる活用方策についてさまざまな検討を進めている。例を挙げると、フランスのグルノーブルでは、スモッグをもたらず過剰なクルマの交通分担率を減らしながら、トラムでの移動を補完する手段として、Hamoを使用した実証実験を進めている。このような街づくりを含め、シニア支援だけでなく、街の都市生活、交通政策にクルマをビルトインするというユースケースが存在している。別のケースとして、沖縄の美ら海水族館は年間400万人が来場するが、水族館から周辺にアクセスする手段が少ないことも

あり、美ら海水族館近辺の他のスポットへあまり人が流れていかない。そこで Hamo を活用してもらうことで、移動の自由を広げてもらい、新しい沖縄の魅力を来場者に伝えることが可能となる。今まで観光客が、行きたくても行けなかったポイントに人が流れ、地域活性化にもつながる。

こうした取り組みの拡大に伴って、0:100 ではないがクルマのコモディティ化が進む側面がある。しかし、トヨタは、つながる技術・サービスも併せて検討することで、クルマが単純にコモディティ化しないための施策を考える。また、トヨタのユーザーにはクルマを楽しむ方、クルマがお好きな方が多くいらっしゃる。そうした方々のために、トヨタは運転をはじめとしたクルマの楽しさについては、これからも追求していきたいと考える。

※本稿は山本昭雄氏へのインタビュー（2016年7月1日）をもとに(株)日立総合計画研究所が作成したものです。



※1 VICS (Vehicle Information and Communication System)

道路交通情報通信システム。道路わきに設置された発信機を経由し、VICS センターから送られてきた自分の車の位置、渋滞、事故、駐車場の混雑状況などに関するさまざまな情報を、専用の受信機を利用して走行中の車のカーナビ画面に表示する情報通信システム。(デジタル大辞泉、小学館発行より)

※2 CAN (Controller Area Network)

自動車などの内部で複数の装置を通信回線で接続し、相互に送受信するネットワークの規格。ドイツのボッシュ社が車載ネットワークの通信規格として開発。自動車の ECU、エンジン、ブレーキ、トランスミッションなどの制御に利用されるほか、工作機械、輸送用機械などでも用いられる。最大通信速度は 1Mbps。(デジタル大辞泉、小学館発行より)

※3 ジレンマ・ゾーン

そのままの速度では交差点に進入できず、かつ、通常の停止もできない領域。(日経ものづくり 2009年5月号、日経 BP 発行より)

※4 PL (Product Liability)

製造物責任。製品の欠陥により消費者が生命・身体・財産などに損害を被った場合、製造者などに賠償責任を負わせること。(デジタル大辞泉、小学館発行より)

※5 VtoX (Vehicle to X)

自動車と自動車(車車間)、または自動車と信号機や道路標識などのインフラ(路車間)がクラウドを通さずに直接に相互通信することによって、自動車事故や渋滞を低減することを目的としたもの。(ルネサス エレクトロニクス株式会社より)

※6 Hamo

パーソナルな乗り物や公共交通機関など、さまざまな移動手段をうまく組み合わせて、移動をシームレスに、快適にする交通システム。(トヨタ自動車株式会社より)

運転支援と自動運転による高齢者社会の活性化

名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ部門長 特任教授
二宮 芳樹

産学官連携で高齢者社会を見据えた研究開発を推進している、名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ部門長の二宮芳樹特任教授にお話を伺いました。

Q1. 二宮さまのご経歴についてお聞かせください。

名古屋大学の未来社会創造機構に赴任する前は、トヨタグループの豊田中央研究所に30年ほど在籍しました。自動運転のブームは1980年代から10年ごとに起きていますが、最初のブームの時から自動運転に携わっています。カメラを用いた周囲のセンシングや認識、障害物の危険に対する機械の知的な振る舞いなど、自動車の知能化のための車載画像認識などの研究をしてきました。90年代からは自動車の知能化をいかに運転支援に活用するか、80年代の研究の蓄積をベースに商品化レベルのシステムの研究にも携わってきました。トヨタ自動車における「プリクラッシュセーフティシステム」、「レーンキーピングアシスト」、「ナイトビュー」など、いわゆる運転支援の画像認識の応用を含むシステムにも携わることができました。当時は世界初のシステムでしたが、現在は多くの企業が参入する競争の激しい分野です。

Q2. 名古屋大学・未来社会創造機構モビリティ部門での取り組み、重点研究領域についてお聞かせください。

2014年4月、名古屋大学では産学官連携でJST(※1)が推進する『センター・オブ・イノベーション(COI)プログラム』(※2)のプログラムが開始され、同年、私が豊田中央研究所を退社して名古屋大学に赴任し、この産学官連携プロジェクトの推進に携わってきました。

(にのみや よしき) 1981年に名古屋大学 工学部 電子工学科を卒業し、1983年に名古屋大学 大学院工学研究科 電子工学専攻 博士課程前期を修了。同年、(株)豊田中央研究所に入社し第22研究領域のリサーチ・リーダー、情報エレクトロニクス研究部部长などを経て、2014年に名古屋大学 未来社会創造機構 モビリティ部門 部門長 特任教授に就任。現在に至る。



産学官連携プロジェクトは、10年後、どのように社会が変わるべきか、そのめざすべき社会像を見据えたビジョン主導型のチャレンジで社会実装につながる研究開発を支援するものです。与えられた三つのビジョン「少子高齢化先進国としての持続性確保」、「豊かな生活環境の構築(繁栄し、尊敬される国へ)」、「活気ある持続可能な社会の構築」の内、私たちは「活気ある持続可能な社会の構築」に対応し、高齢化が進む日本で、「高齢者が元気になるモビリティ社会」の実現をめざして、9年間のプロジェクトで取り組んでいます。高齢者になると健康維持だけでなく、自身の移動手段の確保も難しくなります。地方の過疎化、それによる公共交通の削減、核家族化や独居化、加齢による運転能力の低下などが原因です。この問題は特に中山間地域では顕著です。いつでもどこでも移動できる生き生きとした高齢化社会を実現するために、自動運転技術のさまざまな

応用も研究されています。移動の自由をいかに確保するかは最低限のQOLを確保するにも非常に重要な課題です。

Q3. 名古屋大学COIの4部門・1センター、モビリティ部門にある三つのグループについて、それぞれの役割、特色、連携についてご紹介ください。

名古屋COIには基礎研究を推進するものとして、安心・安全なモビリティを準備するモビリティ部門と、高齢者が外出したくなる理由・「コトづくり」を研究開発する情報基盤部門、サステナブル基盤部門、くらし・健康基盤部門があります。加えて、社会イノベーションデザイン学センターは、モデルコミュニティと呼ばれる高齢者の元気な町づくりを実際に試して、持続性や社会受容性などを含め高齢者と一緒に技術の実現性評価と具現化を進める部門で

す。「安全に、安心に、楽しく行こう」、「町に出よう」、「元気に行こう」の3テーマを柱に、めざすべき将来の姿を構築します。

モビリティ部門は3グループで構成しています。高齢者のためのモビリティを作るためにはまず人の問題があります。高齢者の加齢により低下する運転能力を調べ、それを補うため、生体センシング要素技術の開発を行うのが、「人間・加齢特性グループ」です。モビリティ部門の中心になるのは、高齢者が安心して運転できるように、事故や運転時のストレスを低減する機能を持ったクルマを開発する「知能化モビリティグループ」です。そして、交通自体を高齢者にやさしくするストレスフリー交通マネジメントと道路ネットワーク全体の交通流の最適化をめざす「交通・情報システムグループ」があります。

3グループの連携は、クルマにどのようなインフラが整備されれば、クルマと交通システムが人や社

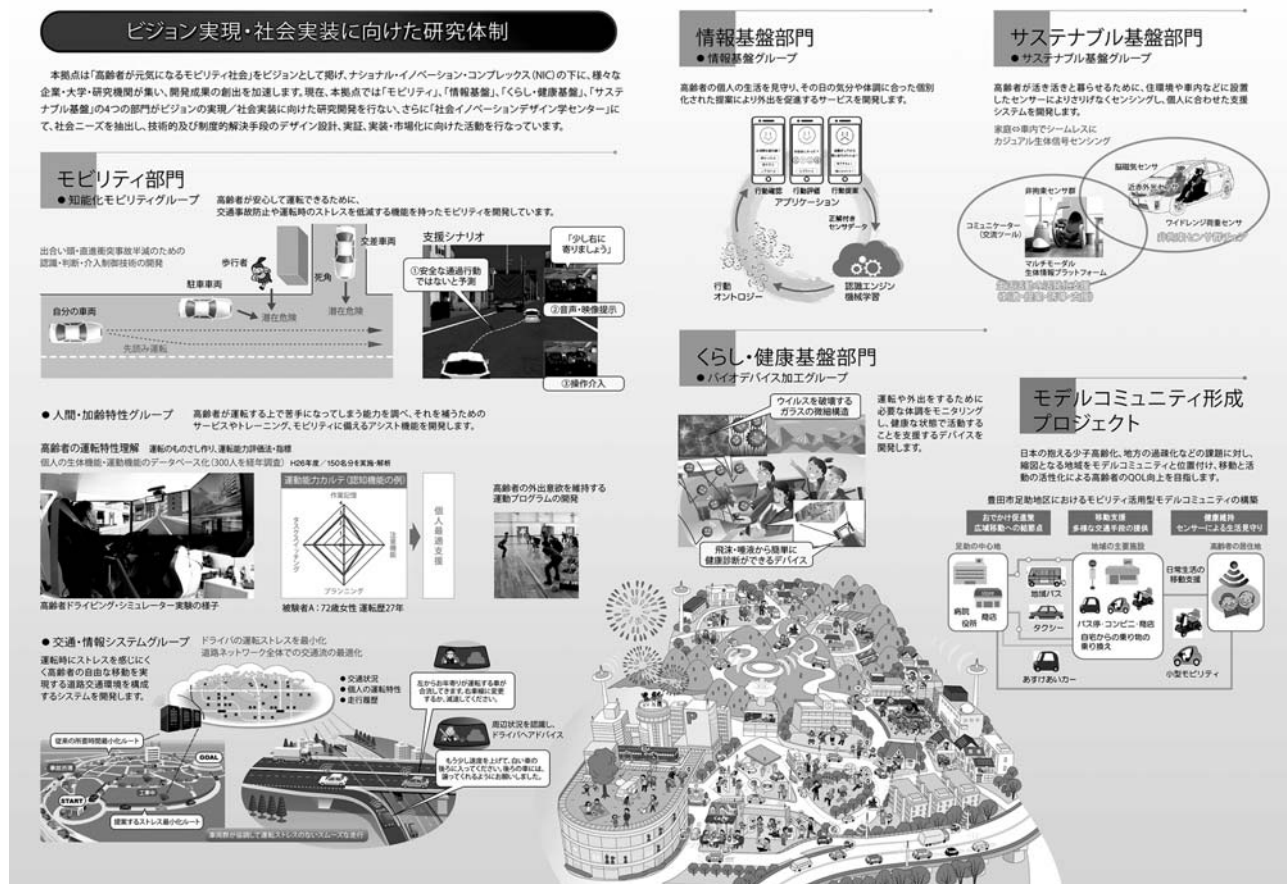


図1：名古屋大学 未来社会創造機構 研究体制図
資料：名古屋大学

会にやさしくなるのかをテーマに進めています。ダイナミックマップ（※3）という新しい交通情報インフラを研究しています。ダイナミックマップにより、クルマ自体の安全確保と交通流全体のストレス最小化といったモビリティ部門内の連携が進展します。

Q4. 高齢者の移動手段（モビリティ）として、自動運転、運転支援の技術にはさまざまな選択肢があります。高齢者運転支援の方向性をどのようにお考えですか。

高齢者のモビリティは徒歩・自転車に加え、バス・タクシー、自家用車の同乗、さらに自身で運転する人も少なくありません。それらが先ほど述べた地方の過疎化、公共交通削減、独居化、体力低下、運転能力低下により脅かされますが、高齢者のさまざまな趣向、条件、能力に応じた幅広い対策を用意するのがCOIの考え方です。例えば、オンデマンドで自宅前まで来てくれるバスやタクシーのような気軽に使える新しい公共交通が必要であり、そこに自動運転導入の可能性があります。近年、地域限定で、低速かつルートもおおよそ決まっている、レベル4の自動運転を早期導入する話もでてきて、政府のロードマップにも取り上げられるようになりました。

一方で、運転能力は低下しても、運転を継続したい高齢者もたくさんいます。そうした高齢者が安全・安心に運転できる運転支援を開発することも必要になります。私たちは同じ自動運転技術を活用した地域限定、低速、あるいは遠隔での自動運転と、人と車が協調運転を行う高度運転支援という異なるタイプのモビリティを研究ターゲットとしています。

運転支援の一つの方向は、われわれが「指導員型」と呼ぶヒト主体の高度運転支援です。これは助手席の運転指導員が運転者をサポートするイメージで「黒子型」、「スーパバイザ型」ともいわれます。われわれは高齢者に一番受容性の高い形の支援は何かと考え、「指導員型」をモデル化しようと思います。

もう一つの方向は、車主体の高度運転支援です。

車両に搭載が進んできた全車速追従機能付きクルーズコントロールは、車速はクルマが決め、行き先は人間が考えるという非常に便利な道具といわれますが、より賢く進化させた、言うなれば乗馬における馬と人の関係のような「名馬型」も、高齢者の対応を見極めながらですが、必要と考えます。

地域限定・低速のレベル4自動運転のタクシーや乗り合いバスのようなモビリティと高度運転支援の2つがターゲットですが、どちらの実現にも一般道路で非常に賢い自動運転技術ができるかどうかが開発のキーとなります。



Q5. 高精度地図やダイナミックマップは、カメラやセンサーを用いた自律型運転支援システムの環境理解、判断、操作をサポートします。研究開発の現状と将来の展望、課題についてもお聞かせください。

アクティブな外界センサーなど安全を担保するさまざまなセンサーの開発に加えて高精度な地図の整備が必要になります。自動運転レベルが上がるにつれ、非常に高いレベルの信頼性と頑健性が要求されるので、センサーの認識結果と高精度地図という二重系システムが必要になります。特に日本の一般道路でレベル4の自動運転を実現するには、高精度地図の利用なしでは考えられません。またそれと同時に、最近ではDeep Neural Netなどで技術進歩している画像認識をさらに機能アップすることも重要になります。

また、将来、ベテランドライバ以上の能力を持つ自動運転を作っていくには、自律型の自動運転では把握できない死角や遠方の情報を入手する仕組みも必要になります。その方策としてダイナミックマップという将来の交通情報インフラを提案しています。ダイナミックマップは地図の上に移動物を全部載せようとしているので、見えない場所がない状態になり、高齢者に多い、出会い頭の事故を効果的に防止できます。さらに将来にはダイナミックマップにより、交差点などでの通行制御をネゴシエーションできるようになれば、より安全かつ快適な自動車交通が実現され、いずれ信号が不要になるかもしれません。



図2：名古屋大学未来社会創造機構の実験車両
資料：名古屋大学

Q6. 高齢者に多い認知症だけでなく脳卒中やてんかんなどのリスクへの対応として、ドライバーのモニタリングはどのように発展するとお考えですか。

2016年、国土交通省から「ドライバー異常時対応システム」のガイドラインが発表されました。まずは原因が何であれ、システム側でドライバーから正常な運転操作が行われていないことを確認する段階があります。システムによりドライバーの異常が検知され、さらにドライバーの応答が一定時間確認できない場合には、システム側からの制御によりハザードランプの点滅で周囲の車両に異常を報知すること、後続車に配慮しながら減速することがガイド

ラインに盛り込まれています。名古屋COIは、心拍のモニターシステムや生体センシング、顔の画像センシングなどを活用して、ドライバーの異常をいち早く予測し、運転回避を推奨する次のステップのシステムを考えています。朝、クルマに乗った際、あるいは休憩の際に、そうした警告が与えられればよいですが、人体情報の予測は医療関係者との連携が必須と考えます。

Q7. 交通空白地帯居住者など交通制約者の移動手段についてどうお考えですか。過疎地域で自動運転が限定的に普及する可能性についてもお聞かせください。

過疎地域などで先行して自動運転が限定的に普及することは十分考えられます。オランダやスイスでは実際に低速の自動運転車が走っています。国内でも神奈川県藤沢市、石川県珠洲市などで、すでに実証実験が始まっています。愛知県でも年内に15カ所（15市町村）で自動運転の実証実験を行う予定です。中山間地域の町に自動運転のタクシーを入れて、高齢者の足を「作る」実験です。認知症の方が自動運転タクシーをうまく利用できるかは議論の必要がありますが、遠隔操作やコンシェルジュ的なサービスでサポートするアイデアも出ています。

Q8. 運転支援や自動運転への高齢者の心理的受容性は、個人ごとに差があると思います。今後どのような取り組みが求められるでしょうか。

指導員のコンセプトをご紹介しましたが、どのようなインターフェイスが適切か、悩ましいところです。一番の問題は、運転能力が落ちているのに自信満々な方たちです。個人の能力に応じて、運転がうまい人は保険料が安くなるなどのインセンティブを与える方法が考えられますが、運転レベルを気づかせるための仕組みも考えるべきだと思います。自動運転については好みの運転スタイルを調整することも考えています。

Q9. 交通流全体から見て、高齢者の自動運転車の位置づけはどのようにあるべきでしょうか。

もみじマークのように、周囲が許容できるようマークを付ける。ある程度地域の運転の仕方に合わせることも必要ですが、基本的には、自動運転車はゆっくり走ることを周囲に認識してもらうことが必要です。道路からはみ出さない、フレキシブルな線路を走る電車のような乗り物と思ってもらうのです。自動運転車もゆっくり走った方が、周りに迷惑をかけません。低速走行でも最初は十分役に立つと思います。



Q10. 名古屋 COI 拠点がめざす「高齢者が元気になるモビリティ社会」実現の社会的なメリットは、どのようなものでしょうか。

モビリティは若者を含め地域のすべての人の乗り物であり、大都市の渋滞問題、交通事故問題など、他の社会課題の解決にもつながります。高齢者用モビリティを作ることは、すべての人のモビリティを作ることにつながります。高齢者が生き生きすることは、介護などの高齢者問題に関わる若い世代へも影響します。高齢者が幸せにならないと、他の世代も幸せになれません。個人的な意見ですが、年齢で高齢者を区切り一方的に支援するのではなく、働きたい元気な高齢者が活躍できる社会システムも必要と考えます。

Q11. 期待される機能やそれを実現するために大学はどのような人材を育て、企業はその人材をどう活用すべきでしょうか。

私たちは、大学と企業を垣根なく人材が行き来し、技術も行き来する場を作ることを描いています。現在の日本では、大学と企業の交流は活発とはいえません。欧米の取り組みを見習い、企業と大学の協働の中で、優先して取り組むべき研究課題を特定し、技術など得られた成果を評価すると共に、評価基準そのものを議論する場を作りたいと考えます。現在の国内の産学連携の一つ上のレベルをめざせる交流の場です。そうすれば大学側は、企業側のニーズや自らがすべきことが分かり、企業側も大学の技術への理解が深まり大学で育った学生を即戦力として起用できます。企業の人材も大学で勉強・研究できるなど、お互いに有益なはずで、名古屋大学の未来社会創造機構がそのような場になって、大学と企業の間を取り持つことにより、横に広い人脈と技術の輪を持った人を育てたいと思います。

欧米では博士号取得者が研究者として、世の中の研究をリードする形が一般的ですが、日本ではほとんどの方が修士号を取得しても博士課程に進みません。大学と企業のコミュニケーション不足が一因と思います。現状では日本に留学してきた海外の研究者を育てる形になってしまっています。グローバルな視点で、企業が大学を活用し、育てる意識も必要と感じます。

Q12. 今後、自動運転車をめぐるステークホルダー（大学、完成車メーカー、部品メーカー、新規参入プレイヤーなど）間の関係はどのように変化するのでしょうか。

日本を代表する多くの大企業が行ってきた自前主義は破綻しています。例えば Google が蓄積したデータを活用した改善で音声認識技術の水準を高めてきたように、自動運転も蓄積されたデータを持ったプレイヤーが影響力を持つ可能性があります。自動運

転は要素技術の研究だけでは完結しません。データ蓄積とビジネスのサイクルを、スピード感を持って回すプレイヤーが競争で優位に立てるはずでありません。そのためにはさまざまな業界と協力関係を構築し、地域を巻き込んだ研究開発のエコシステムを構築することが重要となるでしょう。自動運転車をめぐるステークホルダーの関係はすでに変化し始めています。例えば、ダイムラーのステレオビジョンを製造していたコンチネンタルは、自動車メーカーがやるべきことまで全部絵を描いています。いつの間にかタイヤメーカーから巨大なモビリティクラウドサービス企業になろうとしています。

自動運転時代に重要となる、ダイナミックマップについては、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)(※4)で協議が重ねられ、今年5月には三菱電機を中心に民間企業6社で、ダイナミックマップ基盤企画会社が設立されています。われわれもSIPで検討しているものより、一つ先の地図をとということで、DM2.0(ダイナミックマップ2.0)の取り組みを考えています。このような協調領域への取り組みを行う場合、省庁のように複雑な調整が必要なく、民間企業のように利害関係が発生しない大学が中心となって活動を束ねることができれば、スムーズな開発が可能と考えます。そうした全体像を新たに提案していくことも大学の役割として重要と思います。

(インタビュー：2016年7月11日)

※1 JST (Japan Science and Technology Agency)
「文部科学省管轄の国立研究開発法人 科学技術振興機構。イノベーション創造を推進し、知の創出から研究成果の社会還元とその基盤整備を担う国の中核的機関。」

(JST ホームページより)

※2 センター・オブ・イノベーションプログラム(COIプログラム)

「10年後の目指すべき社会像を見据えたビジョン主導型のチャレンジング・ハイリスクな研究開発を最長で9年度支援するJSTのプログラム。」

(JST ホームページより)

※3 ダイナミックマップ

「自動走行システムにおいて進路生成のために、従来の道路線形を示す地図情報に加え、道路の構造や走路の環境等の情報を統合化したデジタルな地図情報。」

(内閣府、戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)自動走行システム研究開発計画より)

※4 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)

「Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program。内閣府『総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)』が自らの司令塔機能を発揮して、府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために平成26年度に新たに創設したプログラム。CSTIが重点課題として10課題を選定している。」

(JST ホームページより)

自動運転の法的課題と法的責任

明治大学 法科大学院 専任教授
中山 幸二

(なかやま こうじ) 1979年に早稲田大学法学部卒業後、1986年に同大学院博士後期課程単位取得満期退学。神奈川大学法学部の専任講師・助教授・教授を経て2004年に明治大学法科大学院専任教授に就任。現在に至る。

1990～91年、2008～09年にかけて独ケルン大学訴訟法研究所客員研究員、2010～2014年には法科大学院協会事務局長を歴任。

自動運転実用化に向け、法律や規制の側面から検討すべきことを明治大学法科大学院専任教授の中山幸二教授に伺いました。

1. 自動運転車の実用化に向けた法整備

Q1. 自動運転技術の急速な発展に伴い、法律や規制の整備に注目が集まっています。自動運転の実用化や実証実験の今後の展開に際し、道路運送車両法(※1)や道路交通法(※2)は、どのような変更が求められますか。議論の進捗(しんちょく)状況についても教えてください。

まず議論の状況・進捗についてですが、幸いにも警察庁が道路交通法や道路運送車両法の法整備も含めた検討に着手しています。2015年10月に有識者会議が開催され、2016年4月7日に調査報告書『自動走行の制度的課題等に関する調査研究』が公表され、刑事責任や民事責任、行政法上の責任の検討課題が整理されました。6月27日には本年度の第1回有識者会議が開かれています。

自動運転技術の発展に応じて、さまざまな法整備が必要になりますが、道路運送車両法がまず整備されてきています。ジュネーブの国際基準(WP29)で承認されると、各国で国内法化されていくという流れになっていますが、日本では道路運送車両法の保安基準が該当します。少し前の例になりますが、2014年11月に大型バス、トラックへの居眠り警告装置の設置が保安基準に加われました。これは新型車に居眠り警告装置を設置しなければ型式認証されないというものです。また、2016年1月15日のスキーバスツアー事故を受けて大型バスや貸し切り観光バスにドライブレコーダー設置義務が加わりました。最近ではバックミラーの代わりに、カメラなどで代用することを条件としたミラーレスが解禁されました。道路運送車両法は、今後も技術開発に応じて数カ月単位で整備・改正されていくと思われます。



問題は道路交通法です。道路交通法は国際的な道路交通条約(ウィーン条約やジュネーブ条約)をベースにしています。ウィーン条約では「車両の制御をシステムに委ねていても、オーバーライドまたは自動運転モードをオフにできる環境では、運転者が操縦しているものとみなす」とし、自動運転レベル3を認める改正がすでになされています。しかし、日本やアメリカが加盟しているジュネーブ条約では、まだ実現していません。改正案は出されているものの、加盟国の3分の2が積極的な賛成をしていない状況です。私の解釈としては、現段階では、「運転をシステムに委ねていても、運転者が乗車しており、緊急時にオーバーライド可能な状態ならば、運転者による操縦とみなす」という解釈がすでにデファクトスタンダードになっていると考えていますので、それを前提に解釈運用が可能と思います。

ジュネーブ条約が改正されれば国内の道路交通法、特に道路交通法70条の安全運転義務を見直す必要があります。これまでは運転者に確実な交通環境の監視義務や確実な操作義務があり、運転者が全

での制御を担うとされていましたが、レベル4の完全自動運転のもとでは、その運転者の役割をシステムが代替します。そのため、道路交通法にも道路交通条約と同様の条文を加えることが望ましいでしょう。もし加えないとしても、現状に合わせた解釈と通達を出すということになっていくと思います。

Q2. 道路運送車両法が整備されてきている一方で、道路交通法を変える難しさはどのような点にあるとお考えですか。

道路交通法の改正のポイントは、社会的合意が得られるかという点ではないでしょうか。レベル2では運転者に主権がありドライバーが事故の責任を負うため、現行法のままでも運用可能とされていますが、レベル3以降になるとシステムが責任を負うことも想定した法律の整備が必要になります。そのためには、やはり社会的合意がなければならないと思います。

日本能率協会総合研究所が実施したアンケート調査によると、意外にも、自動運転に対して肯定的な意見が多くありました。自動運転車両が自宅付近の生活道路を走ることに對してもそれほど違和感がないと考える人も多いようです。このようなデータの公表や自動運転に関する講習会の開催、イベントにおける国民への告知、テレビコマーシャルでの宣伝などを通じて社会的合意を作ることが必要だと思えます。今後急速に進む高齢化はその大儀となるはずです。高齢者の足になるという点は社会的な支持を受けるのではないのでしょうか。

一方で、先日テスラの自動運転車による死亡事故が発生しましたが、このような事故が相次ぐと、「自動運転は怖い」という気持ちが世論を動かしてしまい、立法活動にブレーキがかかる可能性も出てきます。かつて、自動車事故の場合、刑法上の業務上過失致死傷が適用されていましたが、飲酒運転事故の被害者遺族から厳罰化の強い要望が出て、自動車運転過失致死傷罪が刑法に新設され、さらに、刑法の特別法として自動車運転処罰法が制定されて危険運転致死傷罪が設けられました。2001年、2007年、2013年と3度にわたって法律が改正されており、やはり世論を無視することはできません。

Q3. 日本で自動運転の法律や規制が整うにはまだ時間が必要な印象を受けます。過疎地域などから限定的に法律や規制の整備が進むことは考えられますか。

過疎地域や離島から法整備が進むこともあり得ると思います。経済産業省と国土交通省が設置した「自律走行ビジネス検討会」では、全国一律ではなく、高速道路やイベント会場、駐車場、離島、過疎地など、さまざまな環境を想定して検討を行っています。環境によって自動運転のニーズが異なりますから、それぞれの地域のニーズに沿って発展すると思われま

最近気になるのは、ITS構想ロードマップ2016にも入ってきた遠隔操作型の自動運転です。海外の事例ですが、ギリシャのトリカラ市では、2015年9月から2016年2月にかけてEV路線バスの公道実験を実施しています。遠隔システムにより、ハンドル、アクセル、ブレーキの付いていない路線バスが市内2.4kmを周回するというものです。

本来はウィーン条約により、ドライバーなしでの走行は認められていませんが、ギリシャ政府は「ドライバーが必ずしも運転席に座っている必要はない」、「外からドライバーが操作しても良い」と法解釈することで積極的に実験を後押ししています。トリカラ市は、ギリシャ政府のお墨付きを得た上で、市の関連交通法規を改正し、実験を開始したということでした。今のところスピードは10km前後のゆっくり運転ですが、それでも、このような技術が将来的には過疎地域の足になることもあり得るのではないかと思います。

Q4. 自動運転分野での日本の国際競争力を伸ばすためには、法規制を定める政府はどのように取り組むべきとお考えですか。

安倍首相が2013年11月に国会周辺の公道で自動運転車に試乗し「さすが日本の技術は世界一だ」「日本を世界で最もイノベーションが起りやすい国にしたい」と発言されましたが、自動車産業の国際競争力を考える上で、この影響は大きかったと思えます。これまでバラバラに予算を使っていた5府庁省(内閣府、国土交通省、総務省、警察庁、経済産業省)が内閣府を中心に結束し、国家戦略として進めると

いう動きが、遅まきながら進みました。

2014年には日本再興戦略および科学技術・イノベーション総合戦略に基づき、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）が創設されました。特に協調領域と競争領域を仕分けしたのはイノベーションを加速する上で、素晴らしいことだと思います。例えば地図やセンシング技術の一部は協調領域とすることで、多分野にわたって資金や人員をまわすことができるようになります。

もともと高い技術力を持つ日本ですが、国際標準化という国際的なルールセッティングにおいて後れを取り、他国に追い抜かれてしまうことがありました。現在、自動車安全・環境基準を多国間で審議する国連の自動車基準調和世界フォーラム（WP29）や道路交通安全作業部会（WP1）それぞれにおいてドイツやイギリスと共同議長を務めています。国内の協調領域を国内標準にすることにとどまらず、国際標準化することができれば日本の競争力を高めることにもつながります。国際競争の観点では、やや遅れていたと思いますが、現状はうまく競争できているのではないかと思います。

2. 自動運転車の開発に関わる法整備

Q1. IT企業や自動車メーカーの中には自社の自動運転車が事故を起こした場合の法的責任を負うことをすでに認めている企業も出てきています。レベル3までの運転者の責任領域に関して、どのような過程を経て法律や規制が整備されていくとお考えでしょうか。

刑事責任についてですが、個人的には今後、自動車運転過失致死傷の適用例は縮小するとみています。運転をシステムに依存するということは、運転者の予見義務や結果回避義務がシステムに移行し、運転者の責任が減ると考えられるからです。代わって、メーカーの刑事責任の拡大が危惧されていますが、これについても実際には少ないと思います。プログラムを組んでバグが生じた、当初予定していなかったような事故が生じた場合に、開発責任者がすぐに責任を負うということになれば萎縮してしまい、怖くて開発できなくなってしまいます。ある程度、制度が開発責任者を守ることになるので

はないでしょうか。責任の所在はどこに行くのかという話になりますが、どちらかというところ、不良品を開発し市場に出したという方ではなく、事故が頻発し危険な品と分かっているながら回収しなかった場合に例外的に責任を追及されることになると思います。つまり、回収義務違反に重点が置かれるということです。

民事責任については、現在議論されているところです。レベル3までの自動運転車で人身事故が起きた場合、運転者がオーバーライド可能な状態である限りは自動車の所有者が運行を支配しているということで、被害者救済のために自動車損害賠償保障法（※3）が適用されることになりそうです。ただ、レベル4になるとやはり状況が大幅に異なるので、もっと多くの検討が必要になるとみえています。

Q2. 完全自動運転実現には、全く新しい法律の整備が必要だと思われます。製造物責任のあり方も大きく変わると考えられますが、将来の法体系をどのように想定されますか。

完全自動運転車は、自動車のセンサー情報に加え、道路や地図、準天頂衛星、道路などから発信される情報を人工知能が読み取って自動車を走らせることになります。このような自動運転車はシステムが複雑で、事故が起きた場合、どこに欠陥があるか証明することは非常に難しくなります。レベル4の世界はまだ誰にも想像がつかない状態ですが、個人的には、そういったケースでは、AIロボットが自動車を走らせているとし、ロボットが責任主体になるのではないかと考えます。つまり、ロボットが人工的な法的主体になるということです。

民法の世界では、もともと法的主体として、人間たる「自然人」のほかに、人工的に創出した「法人」（Artificial Person）も、法律上「人」と扱われています。事故を起こした場合には、その団体が責任を負うことになります。これは120年前に日本に導入された民法の法的創作です。AI進化の加速を鑑みると、ロボットが新しい第3の責任主体になるという考え方もあながち空想ではないでしょう。

この説をベースに将来の民事責任については二つのモデルを提示したいと思います。一つ目のモデルは、システム責任の実体化であり、自動運転車に責

任財産を付けて認可登録し、事故が起きたときは責任財産から簡易に損害を賠償するという考え方で。この責任財産に対して自動運転システムに関与する自動車メーカー、サプライヤー、地図業者、道路インフラ管理主体、情報通信事業者が資金を拠出し保険を購入してもらいます。事故が起きた後、最初に責任財産から被害者を救済した上で、事故原因がはっきりしたら、そこに対して求償していく。そういう2段階の考え方があって良いと思います。最近、議論のたたき台としてこのような考え方を発信していますが、反発とともに、少しずつ関係者に浸透し始めているように思います。

もう一つのモデルは、現状の自賠責保険制度の支払い主体に自動車メーカーも加わってもらうという考え方です。現在、自賠責保険は自動車の購入者が保険料を支払っています。交通事故により被害を負った被害者と遺族の救済を目的としているため、運転者自身は救済されません。自動運転が普及すればシステムの暴走により運転者が交通事故に巻き込まれる可能性が出てくるため、支払い主体として自動車メーカーにも加わってもらい、運転者自身も救済される仕組みを構築すべきだと思います。

レベル4の世界では、現在の自賠法を正当化する根拠、前提を欠きますので、大幅に見直すことも含めて検討しています。いずれにしても、議論はまだ始まったばかりです。

Q3. 完全自動運転の実用化に向け、自動車メーカーやサプライヤーなどの製造業にはどのようなリスクが出てくるのでしょうか。取るべき施策はどのようなことが考えられますか。

交通事故が生じた際、自動車の構造上の欠陥を証明することはとても難しいことです。そのため、特に日本では、自動車に構造上の欠陥が想定される場合でも、まず運行共有者が損害を賠償し（実際には保険会社が払う）、その後メーカーに求償できることになっています。しかし、原因を究明するにはあまりにもコストと手間がかかるため、日本では、自動車に欠陥が想定される場合でも、自賠法とその保険で吸収し、原因を究明しないまま終わってしまうというのが現状です。

自動運転が普及すれば、運転者の責任割合が減り、

PL（※4）責任が増えてくると思われます。原因が究明できる限りは、メーカーの欠陥、あるいはサプライヤーの部品の欠陥というような形で製造物責任を追及していくことになると思います。こうした動きに対し、製造業は保険会社と連携してPL訴訟のリスクを最小限にしていく必要があると思います。

実は保険会社もPLリスクを保障するような保険の検討を開始しており、各地の公道で行われている実証実験に合わせた保険を売り出しています。実証実験中に事故が発生した場合は実験事業主体が責任を負う必要がありますが、その補償分を保険会社が払うということですから、一種のPL保険の性質を持っています。

3. 自動運転実現による社会制度の変化

Q1. 自動運転実現により影響を受ける法律・社会のルールにはどのようなものがありますか。

まず保険制度が挙げられます。日本損害保険協会（損保協会）が2014年の8月から「ニューリスク研究会」を設置し、自動運転時代における保険実務や法的観点などについて、専門的・多角的な検討を行っています。そこで、レベル2までは対人事故・対物事故ともに現行法で対応でき、レベル3については、ドライバーが運転に介入できることから「運行支配」が存在し自賠法の適用は可能だろうということ（対物事故の場合は現行法で対応）が確認されています。また、レベル4になると現行法体系の枠外になるので現時点では、保険制度変更の方向性は見通せないということでした。

次に運転免許制度が挙げられます。2通りの考え方がありそうです。まず、レベル3のもとでは基本的にはシステムが運転を行うため、高齢者の運転免許を緩和するという考え方。もう一方は、システムが機能限界となった場合には、運転者がオーバードライブして引き継ぐ能力が求められ、普段の免許プラスアルファが必要という意見です。運転免許制度の変更は確実と思われますが、基準が意外にも重くなるという意見と軽くなるという意見の両方が存在しているということです。

車検制度の関係では、将来的にクルマのコネク

テッド化が進むと、内蔵される自己診断装置を通じて、部品の摩耗状態や故障を検知し所有者に通知するということが可能になると思われます。また、現在数年間隔で行われている車検も場合によっては、点検対象がもっときめ細くなる可能性があります。例えば、ソフトウェアのアップデートでクルマの性能が上がるような時代には、プログラム自体は常に最新バージョンにアップデートされる一方で、機構部分が古いまま取り残されるということが考えられます。例えば中古車はハードが古い上に、ソフトウェアも更新されていない場合、システムにリスクが残ります。あるいはソフトウェアにハードがついていけないという問題も想定できますので、車検制度も対応が求められると思います。

Q2. 保険と免許と車検以外に自動運転が普及する過程で、大きく議論する必要があるトピックはありますか。

今後は、単なる技術の面だけではなく、「移動の自由」について考える必要が出てきます。人間の生活にとってどれだけ移動が大事なものなのかということです。これはどこの国でも議論がなされています。ヨーロッパでは国境を越えて移動の自由があり、まさに移動が人権の一つとして考えられているわけです。このような人権を守るために国がお金を出すようになってきており、今後このような議論が大きくなっていくと思います。

Q3. 最後に今後、自動運転車をめぐるステークホルダーの関係がどのように変化するとお考えでしょうか。

まず完成車メーカー、部品メーカー、新規参入プレイヤーの関係ですが、IT企業、特にグーグルの参入で大きく変化しました。それまで日米欧の自動車メーカーがじっくりと自動車開発を行ってきましたが、スピーディーな対応が求められるようになっています。自動車メーカーの中にもIT企業と提携する企業が出てきており、既存プレイヤーと新規参入企業の間で主導権争いが激化しています。サービスが多様化するという意味で、新旧しのぎを削ると思われるかもしれませんが、それでも伝統的な自動車メーカーが

提供する走る喜び、Fun to drive という部分は、まだまだ残っていくと思います。

IT企業の次に存在感を増してきているのが部品メーカーです。親会社以外はもちろん、海外の自動車メーカーにも部品を納めるようになってきており、自動車メーカーとの関係性が変わってきていると思います。今後、日本の特徴的なピラミッド方式も少しずつ変わっていくでしょう。

政府との関係では、こと自動車に関しては、世界標準を作るための産官学連携が進んでいくと思います。また、政府・国が自動運転にお金を使うことは、単に産業を育成するだけではなく、移動する自由、国民の生活の基本を保障する側面もあります。交通自体が公共性を持っているということだと思えます。意外なことに都市部、特に首都圏にも交通過疎地は存在しており、自動運転車はその解消にも役立ちます。

今後の行方はまだまだ分からないところがありますが、少なくとも法整備は2016年に大きく進んで、2017年には最初に申し上げた車両関係、道路規制関係の整備が先行し、2019年には限定的ながらレベル3の法整備が完了するのではないかと思います。



(インタビュー：2016年7月8日)

※1 道路運送車両法

自動車・原動機付自転車・軽車両などの道路運送車両の登録・保安基準・点検・整備・検査などについて定めた法律。昭和26年（1951）制定。

（デジタル大辞泉、小学館発行より）

※2 道路交通法

道路における危険を防止し、その他交通の安全と円滑とを図ることを目的として、道路交通の基本的ルールを確立するとともに、違反行為に対する罰則と、反則行為に関する処理手続きを定めている法律。昭和35年（1960）施行。道交法。

（デジタル大辞泉、小学館発行より）

※3 自動車損害賠償保障法

昭和30年7月29日・法律第97号。自動車の運行における損害賠償を保障する制度で、併せて自動車運送の健全な発達に資することを目的とした法律。

※4 PL (Product Liability)

製造物責任。製品の欠陥により消費者が生命・身体・財産などに損害を被った場合、製造者などに賠償責任を負わせること。

（デジタル大辞泉、小学館発行より）

インターネット企業が生み出す 自動車新市場の可能性

SB ドライブ株式会社 代表取締役社長 CEO
佐治 友基

(さじ ゆうき) 1985年茨城県日立市生まれ。2009年上智大学経済学部卒業、同年ソフトバンクモバイル株式会社(現ソフトバンク株式会社)に入社。営業部門で施策推進などに従事。2010年ソフトバンクグループ代表・孫正義による後継者発掘・育成プログラム「ソフトバンクアカデミア」の第1期生として参加して以来、新規事業の企画・提案などを手掛ける。2016年4月、SBドライブ株式会社を設立し、同社代表取締役社長 / CEO、先進モビリティ株式会社社外取締役に就任、現在に至る。
連絡先: yuki.saji@g.softbank.co.jp

CONTENTS

1. SBドライブ社について
2. SBドライブ社の自動運転事業
3. 自動運転事業の今後の展開
4. 自動運転が普及した社会

1. SBドライブ社について

(1) SBドライブ社設立のきっかけ

2015年、宮内謙がソフトバンク株式会社(以下、ソフトバンク)代表取締役兼CEOに就任した際、若手を含む全社員対象に、中・長期で取り組むべきビジネスプランのアイデアコンテストが開催された。500件程度の応募があった中で、自動運転に関する私の提案が評価され、その後事業化のため2016年4月にSBドライブ社を設立した。ソフトバンクのアイデアコンテストにおいて最も早く事業化された提案である。

コンテスト後、最初は1人でプロジェクトを遂行していたが、2015年7月に現在SBドライブ社COO(最高執行責任者)の宮田とCTO(最高技術責任者)の須山に出会った。当時Yahoo! Japanに在籍していた2人は、社内で自動運転関連の提案をしていた。Yahoo! Japanとソフトバンクでシナジーを生み出せる可能性があると思い、3人で事業を開始した。

(2) 東京大学須田義大教授との出会い

3人で事業を開始すると決めたが、自動車関連業界に進出するにあたって、IT企業であるYahoo! Japanとソフトバンクだけでは次の手が見えず、市場と研究開発の現状を勉強するために、東京大学の須田義大教授を訪ねた。須田教授は国土交通省・経済産業省が共同で行う「自動走行ビジネス検討会」や、警察庁の「自動走行の制度的課題等に関する調



査検討委員会」のメンバーで、自動運転技術に加え法改正や規制分野に詳しい方である。須田教授から須田教授とトヨタ自動車出身の青木啓二氏が設立した先進モビリティ社を紹介いただいた。先進モビリティ社は、自動運転の要素技術開発で、さまざまな実証実験に取り組んできた2人が、NEDO(国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構)の隊列走行プロジェクトで意気投合し、自動運転の実用化のために設立したベンチャー企業である。ソフトバンクは自動運転事業化のため先進モビリティ社との連携を決め、研究開発加速のため、4カ月後の2015年12月には約5億円の出資を決めた。その後、事業会社設立を提案し、2016年4月にSBドライブ社の設立がソフトバンクから承認された。同月には

福岡県北九州市、翌月には鳥取県八頭町と自動運転車の社会実証・実用化に向けた連携協定を締結した。

(3) 自動運転ビジネス着目の契機

自動運転に着目した契機は、IoTの新しいビジネスプランを策定する中で、自動車の圧倒的な台数とネットワーク化によって想定される通信量の多さである。5G（※1）活用について検討した際に、社会課題解決に直結する使い方があるのではと考えた。

交通事故死者数の下げ止まりによる新たな対策、ドライバー不足などへの対応として自動運転実用化に期待が高まっているという時流もあった。さらに、前職の営業企画部時代、スマートフォン販売戦略の現場で、通信キャリアは今後通信サービスにとどまらないサービスやソリューションを提供しなければユーザーから選ばれなくなるという危機感もあった。

2. SBドライブ社の自動運転事業

(1) SBドライブ社の事業構想

SBドライブ社はソフトバンクグループの自動運転事業の中核会社である。われわれが交通事業のオペレーターになるのではなく、提供すべきは自動運転ができる製品（クルマ）とサービスのパッケージと考えている。

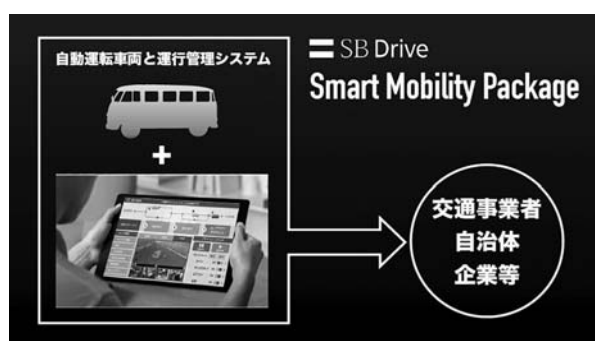


図1：SBドライブ社“Smart Mobility Package”
資料：SBドライブ社

まず取り組んだのは、物流会社やバス会社、自治体などが抱える課題の洗い出しである。例えば、地方のバス会社は約9割の路線が赤字で、黒字路線の収益を赤字路線が吸い取る状態にある。赤字路線を自動運転で無人化できればコストが削減できる。さらに削減分で黒字路線への人員転換、増便ができ、

最終的に収益が上がるはずである。必要なバスの台数、車両形態などバス会社の自動運転ニーズを具体的に探ることで、今はまだ不透明な自動運転のあるべき姿を顕在化し、先進モビリティ社が、技術開発・実用化を加速させる。

クルマ作りを担う先進モビリティ社は、自動運転実現のための要素技術を集めて、纏（まと）める力を持つ。大手自動車部品サプライヤー、東京大学など研究機関と画像認識、AIといった先端技術開発で積極的に連携している。また、関連法改正などの環境整備が必要な部分は関係省庁と連携している。先進モビリティ社は量産能力がないので、大手のトラックやバス車両メーカーと連携し、量産化に向けた共同研究に取り組んでいる。

自動運転バスは、基本的には自律走行できる機能を持つことを想定しているが、人間の判断や許可を求める場合は補助的に遠隔通信を使う。事業者にわれわれのクルマやシステムを使ってもらう際は、遠隔操作しやすいシステムであることも重要である。高齢ドライバーにも分かりやすいインターフェース作りを含めたシステムの作りこみをめざす。SBドライブ社の交通事業者向け自動運転バス事業は、製品販売ではなく、交通事業者向けITシステムの提供を収益にしたい。

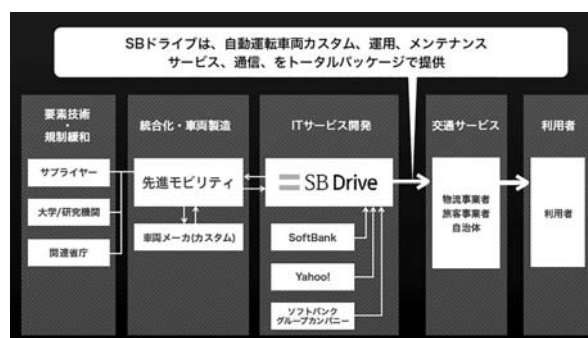


図2：SBドライブ社のサービスコンセプト
資料：SBドライブ社

(2) 想定する顧客ニーズ

SBドライブ社の事業領域はバスとトラック（商用車）向けの自動運転システムである。

バスは、当初は1路線を往復するシャトルバスだが、オンデマンド化の進展によって、止まるバス停が増えることを想定している。自動走行システムは

限定区域でレベル4をめざす。安全性を考慮し、コンセプトを明確に打ち出すにはレベル4の自動運転がマッチする。

トラックは、隊列走行導入を検討しており、先頭車両が自動運転レベル2、後続車両は無人の自動運転レベル4を想定している。人とシステムが最も協調するレベル3は省略し、われわれは先頭を人間、後続はシステムと、役割分担を明確にした取り組みを描いている。

自動運転の普及により、運転から解放される移動時間が新たな価値を生む。その解放時間は、広告を見る時間やコンテンツを消費する時間へ変化し、大きな市場が生まれる。そこで、利用者が移動する状況に合うサービス展開を進めていきたい。例えば、行き先にある店舗の広告をその人に合った形で表示するなどが考えられる。自動運転を成立させることで市場を作り、サービス分野にも早く取り組みたい。

(3) SBドライブ社と先進モビリティ社の連携

先進モビリティ社は研究や技術を担当している。強みは自動車の仕組みを理解し、自動運転車の実用化に対応できることである。車両の型式認定を取得し、国内の事業運送法や車両規定に沿って道路を走る製品を作ることができる。

SBドライブ社は、技術を世の中に根付かせる役割を担う。ビジョンを持った製品を普及させるためには、iPhoneをイメージすると分かるように、安い価格と戦略的な販売が有効である。自動運転車はまだ研究段階だが、世の中に根付かせるためには、同じようなプロセスを行う「ディストリビューター」が必要である。ユーザーが使いやすいサービスを構築することが重要である。交通事業者に加え、交通事業者が最終的にサービスを提供する乗客をユーザーとして想定している。乗客向けのB to Cサービスでは、すでにYahoo! JAPANが乗り換え検索や地図、カーナビなどを展開している。自動運転サービスと連携すれば、ドア・ツー・ドアの移動が便利になり、ユーザーも増える。まずは、B to BとB to Cの両方からサービスを構築したい。

(4) めざすべきパートナーシップ

自動運転ビジネスには当然クルマが必要であり、自動車メーカーと部品サプライヤーの動向が鍵となる。メーカー各社が少しでも前向きに取り組めるよう、まずはユーザーニーズの顕在化に努める。国土交通省など関連省庁からは、ガイドライン策定などに民間企業からの要望が有効と聞いており、われわれから技術や市場について発信することにより、官民連携で自動運転普及を加速することが可能と考える。ソフトバンクは、AIやIoTといった先端分野も狙う。自動運転はAI、IoTから通信、ロボットまですべてが関わるハイブリッドな市場であり、異分野間でシナジーを発揮しやすい。ただし避けるべきは、自社でのガラパゴス化(※2)である。たとえ同じ製品をグループ企業が扱っていても、市場で最も優れた製品を契約したい。よくいわれる「オールジャパン」では標準化が大変難しい。企画段階からオープンに、グローバルな企業とのパートナーシップも狙う。自動運転車両は価格が高くなる可能性があり、トラック会社、バス会社にとっては最初の導入コストがボトルネックになる。ファイナンスやカーリースなどのスキームで、車両を導入しやすい仕組みを作ることも、実用化のために必要なステップと思う。

(5) 今後の実証実験

実証実験にあたっては、自動運転を行うための認知機能のトレーニングが重要である。クルマに付けたセンサーが、きちんと人やモノを認識するかを公道でテストするが、走った距離・時間に重きを置くのではなく、センサーがどれだけ学習できたかが重要となる。バスは、北九州市や八頭町で走るルートがすでに決まっている。決まったルートを効率よく何回も往復すれば、あちこちの道をやみくもに走るよりも効率よく精度の高い学習ができる。われわれが用意するプローブカー(※3)にLIDAR(※4)やミリ波センサー(※5)、カメラなどを取り付け、道路画像や道路の点群データを取り込みながら学習させ、認識精度をどんどん上げる。この自律走行実験と並行して、クルマと信号の協調などのインフラの実験も進める。

3. 自動運転事業の今後の展開

(1) パターン化による潜在市場見極め

日本全国の道路をパターン化する上で重要な基準は、交通量である。日本の町は、①地方都市、②過疎地域、③一部の道路しか混雑しない観光地、④交通量が一定の離島、⑤特殊な道路環境を抱える被災地の五つのパターンに分類できる。五つのパターンそれぞれモデル地域を選定し、その内の二つ、北九州市（地方都市）と八頭町（過疎地）とはすでに提携を結んでいる。提携の公表後、数十の自治体から実証実験の申し出を頂いた。複数のパターンに属する町もあるが、多くの町は少なくとも五つのいずれかにあてはまる。より多くの自治体とつながりやすくなり、自動運転市場顕在化の調査が進めやすくなったことは、大きな収穫である。

(2) 過疎地や地方都市部における新たなバス事業

現時点で自動運転バスのニーズが最も高いモデルは、台数では過疎地、乗客数では地方都市である。過疎地が多い中山間地域（※6）は国土の7割を占め、路線数も多いが旅客数は少ない。一方、都市部は面積は限定されているが乗客の数は多い。

過疎地の自動運転バスは無人化をめざす。都市部は自動運転のニーズは大きいですが、無人化とサービス向上を並行してめざす。都市部の路線には人を雇っても黒字になる路線が多いため、無人化で赤字路線から人員を削減した分で、乗客の多い黒字路線のワンマンバスをツーマンバスにするニーズがある。高齢者の乗客が増えているため、緊急発進時に転ばないようサポートするなどホスピタリティを提供していく。このようにドライバーの仕事を奪わず、新たな仕事を生み出す可能性があることは素晴らしいと考える。黒字路線を無理に無人の自動運転にすることはないと柔軟に捉え、どの路線から導入すべきか事業者の身になって考えることが必要である。

(3) 鍵を握る自治体の評価、サポート

これからのモビリティは利用シーンに応じて、自由にサービス形態を変化させる。地域や事業にマッ

チした移動手段を用意して、使いやすいサービス、パッケージを事業者と一緒に作り、今すぐ使える形で提供することを検討しており、自治体からは前向きに評価されている。警察との調整や地元事業者の紹介など、自治体からの支援もあり、実用化に向けて地域が動いていることを肌で感じる。どこかで成功事例を示すことができれば、こうした動きが全国的に広がる。



4. 自動運転が普及した社会

(1) クルマ業界が直面するシェアリングの進展

自動運転化が進むことでクルマのシェアリングサービスが拡大する。現在5%ほどといわれるクルマの稼働率が、シェアリングの普及で50%程度まで上昇する。クルマを持っていなくても、いつでもどこでもクルマが使えるようになれば、異なる交通手段がシームレスにつながるだろう。

公共交通機関として、自宅に寄ってくれるバス、24時間走っているバスが登場すれば、バスとタクシーの境目はなくなるかもしれない。公共交通で利用されるクルマの所有者も変わる可能性がある。現在は交通事業者が自ら車両を購入するが、将来投資家がクルマに投資し、交通事業者がオペレーションを請け負うことで投資を回収する社会となる可能性がある。交通事業者は車両取得リスクを軽減し、投資家と交通事業者が利益を共有する新しいビジネスモデルが成立するかもしれない。

1台のクルマを複数の人間が利用し、稼働率が高

くなると、クルマが売れなくなるという議論もあるが、そう単純ではない。稼働率が上がることで商品のプロダクトサイクルが短くなり、その結果、最新商品が市場にどんどん投入され、循環する市場に変わってほしい。最新の安全確保も必要になる。クルマとヒトの関係で最も重要となる移動時間を考えれば、「移動制約者（※7）」はお年寄りや子ども、障がいを持った方だけでなく、都会で満員電車に乗る人々も交通によって住む場所や通勤地などを制限されており、一種の「移動制約者」といえる。自動運転の普及でモビリティサービスが多様化し、移動時間を自分の時間として取り戻すことができれば、生活は大きく変わる。

(2) 安心なクルマとサービスが創るエコシステム

自動車産業が保有型からサービス型へ変わっていくにつれて、市場は大きく変わり、価値はハードからソフトへ移行する。スマホアプリのように、移動時間をターゲットとしたクルマ向けソフトウェア企業の参入が拡大し、移動時間の活用が増える。夕食の買い物をタクシーの中でつぶやけば、そのレシピに必要な野菜を安く売るルートを回ってくれるサービス登場などが考えられる。移動サービスを提供する業者も多数現れるだろう。自動車の価値がソフトに移っても、今まで安全な製品を作ってきた自動車メーカーがその強みを生かしてこれからも利益を確保できることも重要である。移動するニーズを満たすだけの安価なEVが登場する可能性もあるが、移動時間を安心して楽しめるハイスペックなクルマづくりも求められる社会が望ましい。自動車メーカーとサービス事業者との間のエコシステムをうまく作ることが不可欠である。

※本稿は佐治友基氏へのインタビュー（2016年7月15日）をもとに（株）日立総合計画研究所が作成したものです。

（※1） 5G

第5世代移動通信システム。超高速、低遅延、多数接続等がシステム要件とされ、その実現に向けた研究開発が世界各国で進められている。広帯域による高速通信を実現するため、5Gではミリ波帯を含む周波数帯の利用が検討されており、幅広い周波数を利用するシステムが混在したヘテロジニアスネットワーク構成となることが想定されている。

（総務省、「平成28年度における電波資源拡大のための研究開発の基本計画書（案）」に対する意見と総務省の考え方並びに基本計画書より）

（※2） ガラパゴス化

（ガラパゴス諸島の生物進化のように）周囲とはかけ離れた、独自の進化をすること。特にIT技術やインフラ、サービスなどが国際規格とは違う方向で発達すること。

（デジタル大辞泉、小学館発行より）

（※3） プローブカー

自動車を移動体の交通観測モニタリング装置と捉え、きめ細かな交通流や交通行動、位置情報、車両挙動さらには気候や自然に関わる状況をモニタリングするシステム。

（財団法人道路新産業開発機構、ITS HANDBOOK 2006-2007より）

（※4） LIDAR（ライダー）

レーザー光を用いるレーダー。パルス状のレーザーを発光し、対象物からの反射光や散乱光によって距離を測ったり、エアロゾルや雲の粒子を検出したりする。

（デジタル大辞泉、小学館発行より）

（※5） ミリ波センサー

ミリ波帯の電波を用いたセンサー。ミリ波は周波数にして30GHzから300GHz、波長にして1mmから1cmまでの電波であり、電波の中でも光に近い周波数帯のため比較的光に近い性質を有する。

走行する車両や人などの位置と速度を瞬時に検知することができ、従来技術であるレーザーセンサーと比較して、雪・霧等の悪天候下においても安定した検知性能を有しているのが特長。

（総務省、ミリ波センサについてより）

（※6） 中山間地域（ちゅうさんかんちいき）

平野の外縁部から山間地を指し、日本の国土面積の約7割を占める。

（農林水産省ホームページより）

（※7） 移動制約者

高齢者・障がい者よりは広い枠組みで捉えた、交通行動上、人の介助や機器を必要としたり、さまざまな移動の場面で困難を伴ったり、安全な移動に困難であったり、身体的苦痛を伴う等の制約を受ける人々。

（国土交通省、移動制約者の定義と配慮事項（案）より）

Voice from the Business Frontier

日立オートモティブシステムズ株式会社 常務執行役員 CTO 技術開発本部長 川端 敦

～自動運転時代における自動車部品メーカーの戦略～



(かわばた あつし) 1983年日立製作所入社。2001年日立研究所情報制御第二研究部長。2009年機械研究所所長。2011年交通システム社CTO。2012年5月日立オートモティブシステムズ(株)CTO、2013年4月同社取締役CTO兼技術開発本部長、2015年4月同社常務取締役CTO兼技術開発本部長を歴任。2016年4月より同社の常務執行役員CTO技術開発本部長に就任し、現在に至る。

2012年から日立グループの日立オートモティブシステムズで最高技術責任者(CTO)として指揮を執られている川端敦氏に話を伺いました。

Q1. 日立オートモティブシステムズの沿革、現在の事業内容等々含めましてご紹介をお願いします。

日立製作所の自動車機器事業は1930(昭和5)年、多賀工場の分工場が発電機を製造するところから始まりました。その後独立して佐和工場となり、関係が強かった日産自動車さまとのお付き合いをさせていただきながら、世界で最初にコンピューターを使ったエンジン制御システムを開発しました。

転機を迎えたのは2009年7月1日です。2004年10月に佐和工場と旧ユニシアジェックス(日立ユニシアオートモティブ)、それから旧トキコ、この3社が合併して出来た事業母体が2009年に独立し、日立オートモティブシステムズが設立されました。そこに日立製作所のグループ会社であるクラリオンを合わせ、現在の日立オートモティブシステムズグループが形成されています。2009年にはリーマンショックを受けたグローバルレベルでの自動車業界の経営環境悪化、2011年には東日本大震災などもございましたが、少

しずつ業績を伸ばしまして、2015年度の売上高は1兆円を超えるまでになりました。

事業内容につきましては、一言で説明できないほど幅広い製品群を扱っているというのが日立オートモティブシステムズグループの特徴になります。日立オートモティブシステムズでは、自動運転に関連するステレオカメラなどの制御系の製品、ステアリング、サスペンション、ブレーキ、プロペラシャフト、エンジン、バルブ、ピストン、さらにEV(電気自動車)関係の電池、モーター、インバーターと幅広く製品を手掛けています。また、クラリオンは1940年にラジオ事業で創業しましたが、現在は車載情報機器に事業のかじを切っております。最近では、安全・安心を軸に事業を展開しており、自動車を真上から俯瞰(ふかん)映像として見るサラウンドアイ(SurroundEye)(※1)や、日立オートモティブシステムズと連携した、クルマを自動的に駐車する自動駐車システムの開発を行っており、いわゆるナビメーカーからの脱皮をめざしているという状態です。

これだけ幅広いと、ポートフォリオが広すぎる、選択と集中の時代に合っていないと言われることもあります。しかし、世界的に見て、これほどの製品群を幅広く扱っている企業は他にありません。また、自動運転を考えた場合には、先ほど挙げたコンポネントの全てが必要になってきます。自動運転時代、電子制御時代に乗り出していくことを意識しながら事業を進めております。

Q2. さまざまなコンポネントをお持ちの立場からご覧になって、ここ10年で、自動車のコンポネントの在り方はどのように変わってきたでしょうか。

最近ではサスペンションにもコンピューターが入るようになってきました。以前からブレーキにコン

ピューターは入っていますし、ありとあらゆる部品が電子化される時代になってきました。旧ユニシアジェックス（日立ユニシアオートモティブ）や旧トキコで扱っているブレーキ関係にも電子制御化の時代が来ており、佐和工場、群馬工場で製造している電子制御装置が、油圧機器の中に組み込まれるようになっていきます。それに加えて、これまでの内燃機関からEV（電気自動車）、HEV（ハイブリッド電気自動車）という電動化の流れがあります。これらについて、2004～05年から佐和工場プロジェクトを立ち上げ、モーター、バッテリー、インバーターの開発に集中的に投資してきました。日立オートモティブシステムズでは「電子電動化」という言い方をしておりますが、この流れにうまく乗れたと思います。

Q3. 海外にもかなり幅広く事業展開をされていますが、海外地域の展開状況をご紹介ください。

2004年10月に三つの会社が合併し、加えて、クラリオンがもともと独立した事業体として商売を行っていたこともあり、それぞれの会社が保有していた拠点が、中国・アジア・ヨーロッパ・米州を中心に点在しています。その中で、事業規模が最も大きいのは北米で、拠点数が最も多いのは中国になります。

ガバナンス面では、2011年から地域統括制を導入しています。各地域統括会社のトップに現地のナショナルスタッフを据え、地域ごとに拠点を管理する体制を整えています。

海外に多数の拠点を持つのは、お客さまが求めている「地産地消」型の事業戦略を推進するためです。お客さまの近くに生産機能を持ち、即時対応できるようにすることを第一に考えています。もちろん、為替リスクを回避することやBCP（※2）の観点からも重要です。

Q4. 日立オートモティブシステムズの自動運転に関する取り組みとして、2016年2月に茨城県ひたちなか市の常陸那珂（ひたちなか）有料道路にて、自動運転車の実証実験が行われましたが、今回の公道実験の目的を教えてください。

弊社は十勝に全長2kmほどのテストコース（図1）

を所有しており、さまざまな実験を通じて成果を積み上げてきました。このテストコースは、ある程度きれいに白線を引いてある箇所もあれば、白線のない道路を想定したコースもあり、さまざまな状況のシミュレーションが可能です。しかし、いざ公道を走行すると、中途半端に白線が見えている箇所などテストコースにはない特殊な条件が存在します。さまざまなユースケースを積み上げるために、今回茨城県において、実証実験を行いました。

実証実験の目的を一言で申し上げるならば、「自動運転時代に弊社が提供できる部品を作るための情報収集」ということになります。制御装置が高速道路でどう動くかを確認しつつ、新たに得た情報を制御装置に還元するのが目的になります。



図1 十勝テストコース
（日立オートモティブシステムズより提供）

Q5. 自動運転のレベル1からレベル4のうち、今回はレベル2の実験をされたと伺っていますが、実験を通じて、レベル2の実用性をどのように見ていらっしゃいますか。

通常の走行であれば、多少雨や雪が降る状況でも走行可能です。白線が見えるところではできる限り白線

と白線の間を走り、白線が見えなければ前のクルマを追従する。白線が見えず前を走るクルマもなければ、道路の端を認識して逸脱しないように走るというように、さまざまな状況を想定したアルゴリズムを搭載することで対応が可能です。道路工事が行われていたとしても、VICSなどで情報を入手すれば、あらかじめ備えることが可能です。

問題は突発的な事象への対応です。例えば、前のクルマが荷物を落とした場合、ルールを犯したクルマが路肩を走りだした時などです。実際に運転していて、突発的な事象や事故を防がなくてはならない非常時の状況は存在しますが、そのような状況でなければ、普通に走ることができます。

Q6. 自動車メーカーも自動運転の実証実験を行っていますが、自動車コンポーネントの総合プロバイダーとして、日立オートモティブシステムズが公道を使って実験を行う意義はどこにありますか。

1番の目的は、画像センサーの精度向上です。弊社では画像センサーを生産しておりますが、そこから得られた情報を基に、外界をどのように認識し、どのように判断するかというロジックが重要になります。いわゆるアルゴリズムを向上させるためには、実際に公道を使っての実験が欠かせません。

弊社ではブレーキやステアリングなど走行制御系の製品の生産も行っていますが、自動運転時代には、画像センサーが情報を捉えて、認識・認知をし、判断して最終的にブレーキをかけたり、ステアリングを切る場面まで含めて、「どうあるべきか」の議論が必要になります。また、自動車メーカーさまもそのような議論が既に済んでいるコンポーネントをお求めになると考えますので、自動車メーカーさまのニーズをある意味先取りするために、いろいろなコンポーネントをプロバイダー側から提案することをめざしています。

Q7. 自動車メーカーの中には高価なコンポーネントを用いて自動運転の研究を進めている企業もありますが、今回の日立オートモティブシステムズの実証実験では今ある商材を前提にレベル2の実証実験をされたという理解でよろしいでしょうか。

弊社は部品メーカーなので、実証実験の目的は自動運転のチャンピオンデータを作ることではなく、自動運転時代にカーメーカーに提供できる部品を作ることになります。そのため、今回ひたちなかで実験させていただいた車両も、センサー部分に関しては、弊社で開発したミリ波レーダーと、クラリオンで生産しておりますサラウンドアイ、そしてステレオカメラだけで制御を行いました。コントローラについては、汎用(はんよう)パソコンを使用する機会が多いですが、弊社ではそれを一切使わずに、実際に量産を前提に設計したユニットを使っております。数年後には量産できる状態の部品のみを搭載し、実験を行ったため、仮に、自動車メーカーさまに「明日持ってきてほしい」と言われても、すぐに提案できる状態になっています。

自動車メーカーさまと自動車部品メーカーである弊社では自動運転に対するアプローチが異なります。自動車メーカーさまが自動運転を極めることをめざしているのに対し、弊社は自動運転時代に使えるコンポーネントを早く提供することをめざしています。ですから、自動運転のクルマが完成し、弊社の部品を欲しいと思われた時に販売可能な条件が整っていることが重要と考えます。

Q8. 2016年度より五つ目の事業部として情報安全システム事業部を新設されました。日立オートモティブシステムズでは自動車運転に貢献する幅広い製品群が事業部をまたいで存在します。全体を取りまとめる機能として位置づけられているという認識でよろしいでしょうか。

その通りです。日立オートモティブシステムズには技術開発本部という先行技術開発を担当する組織があり、ここでは事業部に関係なくさまざまなコンポーネントをつなぎ合わせてテストコースでのデモ用のクルマの提供も行っています。技術開発本部で先行開発した技術は、各事業部で商材に生かされておりますが、今回、それぞれの事業部にまたがった商材をつなぎ合わせて、システムとしてお客さまに提案することを目的に、情報安全システム事業部を設立しました。

Q9. 自動運転分野では必要となる技術が多岐にわたりますが、日立オートモティブシステムズおよび日立グループとしての強みはどのような点にあるとお考えでしょうか。

自動運転のキー・コンポーネントはセンサーですが、ステレオカメラ等で非常に強い技術を持っている点、それからもう一つは幅広い製品群を統合制御する技術を持っているという点です。センサー技術と統合制御技術の両方に長（た）けているというのが特徴、強みと言えらると思います。

また、日立グループの中にも強みの一つとあります。日立製作所の研究所ではマイコンの製造や組み込み制御の研究が行われておりましたが、日立製作所の技術を支えていた研究所が近くに存在し、先輩方が解決してきたノウハウが使えることは大きなアドバンテージだと思っています。

Q10. 自動運転技術はどのように発展するとお考えですか。サプライヤーである日立オートモティブシステムズおよび日立グループとして、どのレベルをめざしておられますか。

アメリカのNHTSA（米国運輸省道路交通安全局）が定義している自動運転レベルのうち、レベル4は加速・操舵（そうだ）・制動を全てドライバー以外が行い、ドライバーがまったく関与しない完全走行自動システムの状態です。レベル1、2、3、4と要求技術の程度はだんだん難しくなっていく訳ですが、レベル1から進化しながら4に近づいていくという発想がある一方、レベル4だけは正常進化の過程を経ずに、突然変異的に実現される可能性があると思います。非常に限定した地域で、インフラ側のサポートがある程度期待できる環境を作ったならば、レベル4の実現性は高いと感じます。

弊社ではまずはレベル2をめざしておりますが、その先のレベル3を見据えながら徐々に研究を重ねています。レベル2とレベル3では、信頼性に関する考え方が大きく変わりますが、制御アルゴリズムの方向性は同じです。

Q11. 完全自動運転を実現するためには、多岐にわたる技術が必要と考えます。全てに関して底上げの必要性もあると思いますが、その中で鍵を握る技術は何だと思われますか。

自動運転は大きく分けると、認知と判断、制御と三つのブロックに分かれます。ブレーキを含め制御に関しては、突然凍結した路面に遭遇した際の対応など、特殊条件下の問題対応の必要性は残りますが、一定の要求水準まで到達しています。

課題が山積しているのは、認知の部分です。通常の環境下での走行には問題ありませんが、特殊な状況にどう対処できるか、あるいはルールを守らないクルマとどのように共存して走るかなど、認知技術はまだ熟成が必要です。ただ、何をやるにしても、モノが見えない、あるいは認識できないと話になりませんので、まずは状況把握の精度向上に取り組むこととなります。白線などはかなり器用に認識ができますが、走行中に認知すべき対象としてさまざまなオブジェクトが考えられ、それが何か判定することに関してはまだまだ難しい状況で、取り組まなければならない課題です。

判断は認知の後のフェーズですが、ここも今後まだまだ鍛えていかなければいけない領域です。例えば歩行者を見つけた時に、普通のドライバーであれば、歩行者が飛び出してくる可能性や転倒する可能性など歩行者の動きをある程度予測しながら運転することができますが、自動運転車が同じように判断できるようになるにはまだ時間を要します。一つの取り組みとして、弊社では、人の体の向きなどからその後の動きをクルマに予測させることができないか研究をしています。

Q12. 自動運転車の実用化に向けて、認知・判断・制御以外にどのような課題があると思われますか。

認知・判断・制御以外にも、自動運転の大きな課題として社会の受容性があります。自動運転システムを装備していても使ってもらえないと意味がありません。認知・判断などの課題をクリアしても、自動運転車を安心して使ってもらえるかどうか、どこまで受け入れてもらえるかという受容性の議論が出てくると思います。

安心感という点では、セキュリティの問題もあります。クルマがネットワークにつながり始めたり、コンピューターのプログラムをダウンロードしてクルマの性能をアップデートすることが普通のクルマにも採用される状況になれば、セキュリティの重要性は非常に高くなります。日立オートモティブシステムズでもセキュリティに注力して開発しておりますが、弊社ではセキュリティゲートウェイというユニットをクルマに実装し、外につながる世界と内部の制御の世界を完全に分断する構造を考えています。

Q13. 自動運転技術の発展に伴い、「クルマづくり」に大きな変化が起こると考えられますが、自動車部品業界が受ける影響を、どのように想定されますか。

自動運転時代において、認知・判断・制御のうち、認知・判断については、日夜アルゴリズムが改善されていく可能性があり、アップデートによる性能改善が頻繁に行われる可能性があります。クルマにソフトウェアがダウンロードされ、自分の所有しているクルマが進化することになるので、走行品質を決める要素の中で、ソフトウェアに対する比重が今よりもっと高くなるでしょうし、開発サイクルも短くなってくると思います。あまり望んではいませんが、「Software Defined Vehicle」という形になるのではないのでしょうか。そうなれば、自動車部品メーカーの開発は、現在の3年周期でハードウェアとソフトウェアの進化が同期していますが、その同期がズレてくる可能性が出てきます。

Q14. 自動運転社会が到来した暁には、自動運転車をめぐる、部品メーカー、完成車メーカーなどのステークホルダーの関係はどのように変化するとお考えでしょうか。

クライスラーがグーグルと提携しましたが、そのような動きは今後も出てくると思います。弊社はクルマを製造している訳ではありませんので、クルマに関してのAs a Serviceという観点からITベンダーと当社がつながることは、ちょっと想像ができません。

ただ「コネクテッド」の世界は必ずきます。クラリアンがグーグルと組んでサービス提供をしているように、コネクテッドの中でもTCU（※3）と呼ばれる車載通信装置を用いてエンターテインメント系サービスを提供するような、今までのITベンダーのフレームワーク内の話であれば、提携することもあり得るかもしれません。日立グループ内にも、ITベンダーとの提携を模索している部門もありますので、情報を交換しながら検討していくことになります。



（インタビュー：2016年7月12日）

※1 サラウンドアイ (SurroundEye)

クラリオン株式会社の登録商標。安全運転支援システムの一つで、クラリオンが独自に開発した俯瞰ビュー型・駐車支援カメラシステム。走行支援、死角補助、駐車支援、車両安全確認、停留所接近、乗降確認など、ニーズや用途にあわせて車種ごとにラインナップ。

(クラリオン株式会社より)

※2 BCP (Business Continuity Plan)

大地震等の自然災害、感染症のまん延、テロ等の事件、大事故、サプライチェーン（供給網）の途絶、突発的な経営環境の変化など不測の事態が発生しても、重要な事業を中断させない、または中断しても可能な限り短い期間で復旧させるための方針、体制、手順等を示した計画のこと。

(内閣府、事業継続ガイドライン（平成25年8月改定）より)

※3 TCU (Telematics Communication Unit)

車載通信装置のこと。

(クラリオン株式会社より)

PPP 事業で求められるリスク低減と資金調達最適化

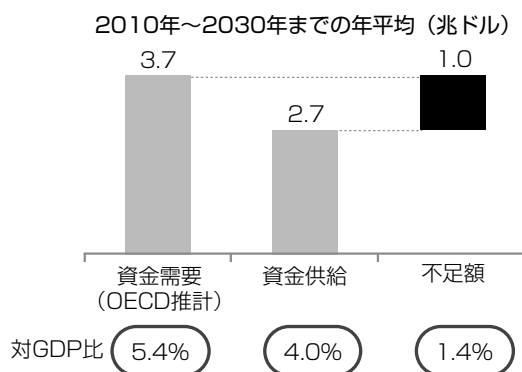
研究第二部 副主任研究員
藤井 佑二

社会インフラ（以下インフラ）整備の需要が世界的に拡大する一方、整備を担う政府は財源不足に直面しており、その結果、官民連携パートナーシップ（Public Private Partnership、以下 PPP）事業など民間資金を活用したインフラ整備が拡大している。日立総研では、地域や事業分野ごとの動向、事業リスク低減、資金調達といった事業成立上の課題などの視点から PPP 事業の研究を進めている。

1. 不足するインフラ整備資金と民間資金活用の模索

経済成長、人口増加、都市化、既存インフラの老朽化から、世界的にインフラ整備の需要が拡大している一方、インフラ整備を担う政府は年金や医療費といった社会保障費の増大などにより、インフラ整備資金の不足に直面している。

世界経済フォーラムの推計（2010年～2030年までの年平均）によれば、OECD 諸国のインフラ整備の資金需要が3.7兆ドル／年（GDP比5.4%）に上る。一方、実際の資金供給額は2.7兆ドル／年（GDP比4.0%）にとどまり、毎年1兆ドル（GDP比1.4%）が投資不足となる見込みである（図1）。



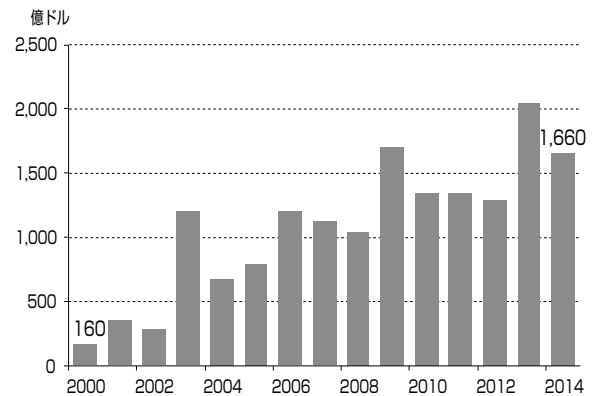
資料：世界経済フォーラムより日立総研作成

図1 インフラ整備の資金需要と資金供給

先進国を中心に、インフラ整備向け資金の不足から、PPP 事業のように民間資金を活用したインフラ整備を模索する動きが活発化している。

民間資金によるインフラ整備の中で、最も民間の事業責任範囲が広い事業形態が PPP 事業である。PPP 事

業は民間事業者が資金調達・設計・建設・運営・保守までを手掛け、数十年という長期にわたりインフラ事業に携わるものが多い。世界の PPP 事業の規模は、2000年の160億ドルから2014年には1,660億ドルに拡大しており、民間事業者の事業機会も広がっている（図2）。



注：交通、上下水道、ごみ処理場、娯楽施設が対象

資料：各種資料より日立総研作成

図2 PPP 事業の総事業費

2. PPP 事業で求められる事業リスク低減

2.1 アベイラビリティ契約による需要リスクの回避

PPP 事業は、規模が大きく期間も長いいため、民間事業者は契約や収益性向上などによる事業リスクの低減を図ることが重要である。

事業リスクの低減には、政府（発注者側）と民間事業者の契約方式が重要である。PPP 事業の契約方式は、大きく分けて、リアルツール契約とアベイラビリティペイメント契約に分かれる（表1）。リアルツール契約では、民間事業者が必要予測や料金徴収まで手掛けるが、アベイラビリティ契約では民間事業者は需要リス

表1 PPP 事業における政府・民間の契約方式

契約方式	需要リスクの負担		リスク負担					
	料金回収	料金決定	設計	建設	資金調達	運営保守	需要予測	料金徴収
リアルツール	利用者 ↓ 事業者	規制の範囲内で事業者が決定	民間					
アベイラビリティ	利用者 ↓ 発注者 ↓ 事業者	契約時に政府と事業者間で取り決め	民間				政府	

資料：各種資料より日立総研作成

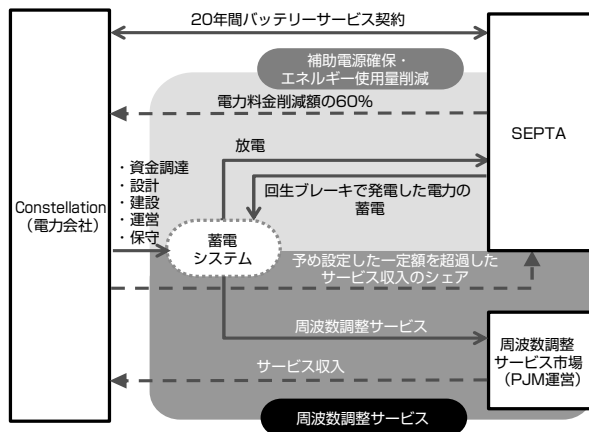
クを負わず、サービスレベルと施設などの状態に応じて、需要の増減に関係なく収入を得る。そのため、一般的にアベイラビリティ契約の方がリアルツール契約より民間事業者が負担するリスクが低いとされている。

2.2 付随事業による収益性の向上

事業リスクを低減するためには、PPP 事業に付随した事業により収益性向上を図る工夫も必要である。

米国の PPP 事業では、近年収益性向上の取り組みが見られる。電力会社 Constellation と米国の南東ペンシルバニア鉄道交通局が 2016 年、PPP 事業による蓄電システム整備のために締結した、20 年間のバッテリーサービス契約はその代表例である（図 3）。Constellation は、蓄電システムの資金調達・設計・建設・運営・保守を手掛け回生ブレーキで発電した電力の蓄電・放電により、補助電源の確保と電力消費量の削減を手掛ける。

同事業では、Constellation は電力消費量削減に加え、蓄電電力を利用し、独立系統運用機関 PJM が運用する電力市場向けの周波数調整サービスを手掛ける。電力料金の削減額に加え、周波数調整サービスの収入により、収益性の向上を図り、事業リスクを低減している。



資料：各種資料より日立総研作成

図 3 蓄電システム整備事業の概要

3. 政府・民間資金による資金調達最適化

PPP 事業の資金調達は、従来銀行の長期融資が主体だったが、バーゼルⅢ規制など金融規制の影響により、銀行融資だけで事業資金を調達することが難しくなっている。そのため、民間事業者は、銀行融資に加え、政府資金などさまざまな資金調達手段を利用する必要がある。その際、各資金調達手段を金利、利用期

間、利用条件などの面で比較し、自社の事業モデルをもとに資金調達の組み合わせを検討することが重要である。

例えば、米国では銀行による長期融資が少なく、PPP 事業では民間の債券市場や政府の資金支援を組み合わせることで資金を調達する。PPP 事業の資金調達としては、TIFIA・WIFIA 信用プログラム、州政府の私的活動債など政府の直接・間接の資金支援、特定の事業収入を返済原資にしたプロジェクトボンドと呼ぶ民間の証券市場を活用した資金調達手段がある（表 2）。

連邦政府が拠出する TIFIA・WIFIA 信用プログラムは、金利は低く、利用期間は 35 年という超長期だが、バイアメリカン条項が適用される。州政府の私的活動債は、対象事業分野が連邦政府に比べ広く、連邦所得税が免除されるため、民間からの資金調達と比べ金利が低い。州ごとに発行上限がある。プロジェクトボンドは、対象事業分野や利用条件の制約は基本的になく期間は比較的長期になるが、金利は相対的に高くなる。

表 2 米国における PPP 事業の資金調達手段と特徴

資金調達種類	対象事業分野	金利	期間	利用条件
TIFIA 信用プログラム	・運輸関連の事業全般	低	最長 35 年間	・バイアメリカン条項
WIFIA 信用プログラム	・上下水道関連の事業全般	低	最長 35 年間	・バイアメリカン条項
私的活動債	・運輸 ・上下水道 ・廃棄物処理 ・地域冷暖房 ・教育施設 ・緑化ビル	低	施設の合理的な耐用年数の 120% が上限	・州政府により発行上限あり ・事業分野によっては資産の政府所有が必要
プロジェクトボンド	指定なし	高	通常 10 年超	制約はなし

注：TIFIA は Transportation Infrastructure Finance and Innovation Act、WIFIA は Water Infrastructure Finance and Innovation Act の略称

資料：各種資料より日立総研作成

4. 日立総研による今後の取り組み

先進国を中心に今後ますます PPP 事業の拡大が見込まれる中、日本のインフラ機器メーカー、建設会社が PPP 事業に関わる機会が増えていくと予想される。日立総研では、PPP 事業におけるリスク低減、最適な資金調達を調査・研究していくことで、日系企業のインフラ事業のグローバル展開に貢献していく所存である。

CYBER-PHYSICAL ATTACKS: A Growing Invisible Threat By G. Loukas

研究第三部 主任研究員 宮崎 祐行

コネクテッド・カーや SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition: 産業用制御システム)をはじめ、センサで情報を収集しサイバー空間からフィジカル空間を監視・制御するサイバー・フィジカル・システムが、近年の IoT (Internet of Things) の進展により拡大している。

このようなシステムを標的とすることによって、現実社会 (フィジカル空間) にも被害を加えようとするサイバー攻撃 (サイバー・フィジカル攻撃) が増加している。

本書は、サイバーおよびフィジカル攻撃の多様化する手法とその対策について、事例を交えながら一般の人にも理解できるように解説している。

1. 拡大する攻撃被害

人々の生活を直接支えるインフラへのサイバー・フィジカル攻撃は影響が大きいので、その対策は極めて重要な課題である。本書ではさまざまな事例が挙げられている。

エネルギー分野：2010年にイランのナタンズ核燃料施設が攻撃された。スタックスネットというマルウェア (悪意あるソフト) が USB メモリ経由で施設内の制御コンピュータに感染し、ウラン濃縮用遠心分離機が稼働不能となった。サイバー空間から物理的目標をピンポイントで狙う巧みな攻撃だった。このような重要システムのネットワークは公衆網と分離して運営されているため、サイバー攻撃を受けにくいという運営側の認識があり、セキュリティ対策の意識が低いところを攻められた。

水分野：水道設備では、ポンプ、ゲート等から水位やゲート開閉の計測データを収集、監視、制御するために SCADA システムを用いる。2007年に米の水路管理用 SCADA がマルウェアに感染し、水路が強制変更され、河川が増水する事態が発生した。水路のシステム管理者が、解雇されたことの意趣返しとして感染させたものである。サイバー空間から簡単に水路制御

を行えるシステム設定になっていたため、アクセス制限管理が不十分であった。

鉄道分野：2008年にポーランドの路面電車がポイント切り替え信号を攻撃され脱線、衝突した。14歳の少年が改造したりリモコン端末で、制御コマンドを信号機に直接送信し、攻撃を加えた。無線を使った制御システムにもかかわらず、セキュリティ対策がなかった。

自動車分野：2010年米国で、80台以上の自動車のエンジンが一斉に始動不能となった。顧客の支払い遅れに備え、ディーラーがネット経由でイモビライザ (電子的な盗難防止システム) を操作できるシステムを、解雇された元従業員が悪用した。

これら事例から伺えるのは、サイバー・フィジカル攻撃に対するオペレータや管理者の対策意識が低いことである。サイバー空間とフィジカル空間が IoT で容易につながることへの意識が低く、セキュリティ対策が脆弱 (ぜいじゃく) だった。従来は、社会インフラシステムは公衆回線から分離させて運営されることが多く、攻撃被害の事例は少なかった。今や、その認識は早急に改められなければならない。

2. 多様化する攻撃手法

社会インフラの運営に用いられるサイバー・フィジカル・システムは、長期の連続稼働が求められ、システム更新のために運営を中断することはできない。IoT の進展にともない外部からのアクセスが容易になっているにもかかわらず、システム更新が難しいため、セキュリティの脆弱性に迅速に対応できない状況となっている。

例えば電力系統運営では、電力機器の稼働状態をネットワーク経由で監視、制御するために SCADA システムを用いる。SCADA にセキュリティの脆弱性が発見されたとしても、電力系統は連続稼働が求められるため、システム更新ができないことがある。また電力システム改革により、発電、送電、小売りが分離され、異なる業者がオープンなネットワークを

介して情報をやりとりすることが多くなるため、サイバー攻撃を受けやすい。実際に、米国土安全保障省のICS-CERT (Industrial Control Systems - Cyber Emergency Response Team) のサイバー攻撃インシデント報告によると、2013年の報告件数はエネルギー分野が最も多い(145件)。

自動車は、ナビゲーションシステムを利用したコネクティッド・カーなど、ネットワークのオープン化が進みつつある。ナビゲーション用のGPS (Global Positioning System) 信号や交通料金支払いのETC (Electronic Toll Collection System) 信号は、仕様が公開されており、路車間通信などへの攻撃を受けやすい。

このように、社会インフラはシステム更新対応が困難であるため、ネットワークのオープン化を狙ったサイバー攻撃が拡大しており、従来以上に多様なリスクパターンを評価する必要がある。

3. 物理攻撃の新たな脅威と対策

システムに対する物理攻撃がサイバー空間へ影響するフィジカル・サイバー攻撃についても、新たな脅威が指摘されている。

センサへの物理攻撃がわかりやすい。レーザを用いた距離センサは、対象に鏡を設置しレーザの反射を曲げると計測できなくなる。赤外線センサは温度を計測するが、窓ガラスを通すと検知できない。超音波によるモーションセンサは、泡や防音材を使うと計測できない。センサへの物理攻撃によって、正しい計測データをサイバー空間で収集できなくなる。対策としては、センサデータの経過時間監視による急激な変化の早期認識、複数種類のセンサデータから確からしい値を推定する、などによる異常の早期認識が考えられる。

センサやアクチュエータ搭載の端末装置 (IoT 端末) を狙った物理攻撃も登場している。IoT 端末はフィジカル空間に多数設置され、無線通信でネットワークを形成する。この無線ネットワークに、偽装IoT 端末を侵入させ、あるいはIoT 端末をマルウェア感染させることで、IoT 端末ネットワークをスタックさせることができる。

このような攻撃に対しては、端末の特長を生かした対策が進んでいる。例えば、IoT 端末のリソース制限による対策である。IoT 端末は電池駆動する場合が多

く、小型かつ低消費電力の装置が求められる。電池寿命を長くするため、センシング時間、データ処理量、通信頻度などに制約を設ける。IoT 端末がネットワークで接続すべき装置をあらかじめ限定することも多い。接続できる対象装置のリスト (ホワイトリスト) を端末に設定し、設定以外の装置からの通信を拒否することもできる。さらに、IoT 端末は無線で情報のやりとりを行うため、外部との接点となるコネクタが不要となる。従って、USB メモリ経由による人為的なマルウェア感染を予防できる。

センサやIoT 端末以外にも、新たなフィジカル・サイバー攻撃手法が存在する。例えば、キーボードをたたく音や振動から、タイピングパターンを解析することができる。スマホの振動センサでも解析可能である。PC 電源ケーブルから漏れる電磁波を計測することでデータ暗号化の種類を推測することも可能であり、PC モニターによる部屋の明度変化からモニター画面を再現することも理論上可能である。これら、フィジカルなハッキングに対してはフィジカルに対策できる。滑り止めシートでキーボードの振動を抑制、ノイズフィルタ用フェライトコアでケーブル漏えい電磁波を遮断、のぞき見防止フィルタでモニター画面の輝度を減少、というように、簡単な手段で十分な効果が得られる。

新たな攻撃は、その手法を明らかにしないと対応が難しい。本書ではサイバー・フィジカル・システムの特長を生かした多様な対策手法が提案されており、社会インフラ運営のセキュリティ担当者が対策を検討する際に重要な点を指摘している。

4. むすび

本書は、サイバー攻撃がフィジカルへ与える影響、フィジカル攻撃がサイバーに与える影響を示し、攻撃への具体的な対処法を紹介している。今後、サイバーとフィジカルの連携が拡大することを想定すると、サイバー、フィジカル個別の対策では十分とは言えない。自動車において、サイバーでGPS 位置情報を攻撃しつつ、フィジカルで距離センサを妨害すれば大きな事故につながる。従って、対策は位置情報と稼働状況を同時に判断するサイバー・フィジカル連携監視のような包括的アプローチが求められる。

日立 総研

vol.11-2

2016年8月発行

発行人 白井 均

編集・発行 株式会社日立総合計画研究所

印刷 株式会社 日立ドキュメントソリューションズ

お問合せ先 株式会社日立総合計画研究所

東京都千代田区外神田一丁目18番13号

秋葉原ダイビル 〒101-8608

電話：03-4564-6700（代表）

e-mail：hri.pub.kb@hitachi.com

担当：副主任研究員 坂本 真理

<http://www.hitachi-hri.com>

All Rights Reserved. Copyright© (株)日立総合計画研究所 2016（禁無断転載複写）
落丁本・乱丁本はお取り替えいたします。

日立 総研

www.hitachi-hri.com