

序章 ITSの潮流

自動車は、車両技術、生産技術、社会インフラ、燃料のイノベーションの連鎖によって発展し、経済発展や生活の持続的向上に貢献してきた。さらに、電動化、ネットワーク化、自動運転の技術革新が急速に進み産業構造の劇的な変化や社会変革が起こりつつある。国際競争に勝ち残る必須の要素として各国が戦略的に取り組んでいるところである。これらの動きは、まさにITSの歩みそのものであり、ITS Japanが2013年にとりまとめた「ITSによる未来創造の提言」、その実行計画として推進している2016～2020年の中期計画において精力的に取り組んでいる。本稿では、技術革新と社会変革の大きく、かつ、急激な潮流を俯瞰した。

1. イノベーションの連鎖による自動車の発展の歴史

1986年にカール・ベンツが内燃機関による自動車を発明して132年を迎える。画期的な発明ではあったが、直ちに市場に受け入れられ普及したわけではない。1900年頃にはエンジンの電動スターターやトランスミッションの操作性向上など野心的な技術者による自動車本体の技術革新が進展した。また、ヘンリーフォードによるT型フォードの流れ作業による生産性の画期的向上と部品の互換性確保に代表される生産技術の革新も進み、画期的なコスト低減と品質の安定により普及が加速した。さらに、1913年に篤志家によりリンカーン・ハイウェイ協会が、ニューヨークとサンフランシスコを結ぶ大陸横断自動車道路の期

成同盟として発足した。後にInterstate Highway 80号線として整備され、全米の高速道路網へと繋がった。建設財源確保の仕組みとして燃料に課税し特定財源として運用するHighway Trust Fundが創設された。すなわち、インフラ整備と財源確保という社会システムの革新が行われたことになる。このように、内燃機関の発明に続く、製品・生産の技術革新、インフラ整備など社会システムの革新というイノベーションの連鎖が自動車の普及につながり、「いつでも、だれでも、どこへでも」移動可能な私的な空間としての自動車が普及し、物流を含めたモビリティの発展が経済の成長、社会・文化の発展を支えてきた。

2. ITS：電子・情報技術によるイノベーション

高度成長期に自動車が急速に普及すると交通事故、環境汚染、渋滞による都市機能の麻痺などの問題が顕在化した。一年間の交通事故死者数が1万6千人を超え、日清戦争の全戦死者数に匹敵することから、「交通戦争」と呼ばれた。自動車の改良、道路施設の整備、交通安全教育、取締りの強化など総合的対策がとられ改善の方向に向かった。しかし、1980年代後半のいわゆる「バブル経済」の時期に交通需要の増大に伴う問題の深刻化がみられた。そこで、技術開発及び実用化が進展しつつあった情報通信技術や電子制御技術を活用して交通の諸課題を解決する取組みが本格化した。それが、ITS：Intelligent Transport Systems

である。この電子・情報技術を核とするITSという新たなイノベーションは、先進技術を交通分野に応用する段階から次第にスコープを拡大し、より根源的な社会的課題解決に資する取組みに進展してきた。ITS Japanでは、2013年に「ITSによる未来創造の提言」をとりまとめ将来の社会の姿を描いて国内外に発信した。その実現に向けて、2016年から2020年の中期計画を、将来の姿を実現するための実行計画と位置づけ、「ITSによる安全・安心で活力ある社会を実現する統合的アプローチ」として、価値創造やサービスの視点から技術論へブレークダウンし自治体との協働の下で社会実装する取組みを強化している。

3. 新たな技術革新の波と社会変革

私たちを取り巻く技術革新の波は、個々の装置の性能向上や機能の置き換えに留まらず、ライフスタイルや社会の仕組みにも波及し、分野横断的なビジネスモデルの革新や国際的な主導権の移行が急速に進む予兆が顕在化している。自動車に関する主要な技術革新は、電動化、ネットワーク化、自動運転であるということが共通の認識になっている。

1) 電動化

①エネルギー消費の削減

自動車の電動化は、エネルギーの使用効率を画的に高めることを目的に、エンジンの動力を駆動用と発電の両方に利用するハイブリッド車が1997年に商品化され、続いてバッテリーへの充電のみから電力を供給する電気自動車、充填した水素から電気化学的に発電する燃料電池車が製品化された。

電気をどう作るかという点を除いて、ハイブリッド車、電気自動車、燃料電池車に使われている技術は共通である。いずれも、蓄電池を搭載して減速時に運動エネルギーを電力に変換して再利用を行うことでエネルギーを有効活用するという構造になっており、運動エネルギーの回収と再利用がエネルギー効率を高める鍵となっている。

一方、世界で約2割の二酸化炭素排出源となっている自動車の地球温暖化対策としては、発電の段階から走行段階までの全体(Well to Wheel/油田から車輪まで)で排出量を捉えなければならない。現在の日本のように、火力発電への依存度が高い国では、電気自動車が走行中に二酸化炭素を排出しないといっても、発電段階の排出を考慮するとエンジンを搭載したハイブリッド車と比較して優位性は小さい。すなわち、これらの技術選択は、国のエネルギー政策が深く関わることになる。欧州が電気自動車に大きく舵を切った背景として、各国の発電の5割程度が再生可能エネルギーと原子力になっており、特にフランスでは約94%に達していることが挙げられる。ちなみに、日本は16.2%である。(出典：日本のエネルギー2017、資源エネルギー庁)

また、エネルギーの供給は大きな利権がからむ国際商品であり、18世紀の鯨油に始まり石油や天然ガスは国際覇権につながり紛争や経済危機の原因にもなってきた。エネルギー防衛の観点からも、自然エネルギーの活用により自給率を少しでも高めることと合わせて、電動化の方向性を見定めることが必要である。

②制御性能の画的向上

電動化により自動車の制御性能も飛躍的に向上している。車輪の制御がサーボモーターになったことにより、エンジンの加減速特性や流体による自動変速では達成できない水準の制御性能が実現している。また、エンジンの動力を利用していたパワーステアリングの油圧ポンプやエアコンも省エネの観点で電動化された。ステアリングも電動化されたことにより、走行制御の「走る・曲がる・止まる」のすべてを精緻に電子制御することが可能になった。このような電子制御化は自動運転に必須の要素となっており、電動化の促進は地球温暖化対策が唯一の動機づけではない。

③バッテリーの遠隔モニター

電気自動車に搭載される大型リチウム電池は、充放電の管理が航続距離やバッテリー寿命を左右するばかりでなく、セルごとの精緻な充放電管理を行わないと発熱などのトラブルにつながるリスクがある。そこで、メーカーが常時バッテリー状態を監視し、不測の事態への対処と改良へ構えをとることが行われている。エコカーは車両技術単独では成立せず、情報通信ネットワークへの接続を構成要素とした統合的なシステムとなっている。

2) ネットワーク化

ビッグデータ、IoT (Internet of Things)、AIは、医療、行政、交通、流通、製造などあらゆる分野で膨大な経済価値を生み出すことが指摘されてきた。(出典：“Big data : The next frontier for innovation, competition, and productivity”, McKinsey Global Institute, June 2011)しかし、スマートフォンの普及により、日常生活での利用が企業活動や公的機関での活用よりも先行し、急速かつ広範囲に浸透してきた。スマートフォンのハードウェアおよびソフトウェアがオープンなプラットフォームとなり、起業家が提供するきめの細かい利用者参加型の情報収集・提供サービスが可能になった。普及とともに既存の事業者も相次いで参入してショッピングや様々な手続きが居場所にかかわらずオンラインで済むようになった。暮らしの利便性が飛躍的に向上するという直接的効果に加え、世論の形成に大きな影響力を持つようになった。また、地理的制約を超えて趣味・趣向を共有したり、災害時に支援したりする新たなコミュニティが形成されている。これらを、社会変革の視点で次のように整理することができる。

①参加型情報収集・活用の仕組み

ネットワーク化がもたらす利便性の向上は家族、友人とのコミュニケーションの方法が会話からメールやSNSなどに移り、多くの仲間が写真や映像を瞬時に共有できるようにもなった。従来は報道機関、企業、行政機関が情報の提供元であり、個人は受け手という一方通行の関係が定着していたが、情報ネットワーク上では個人の情報発信力も同等である。報道や選挙などでも重要な要素となりつつあり、世論形成に果たす役割が大きくなるとともに、情報操作や扇動などに利用されるリスクも顕在化してきている。また、スマートフォンの機能として組み込むことによって、個人発の大量のデータを組織的に収集することが可能になった。IoT、ビッグデータと呼ばれているものの多くはこのように収集されたデータであり、即応性に優れた利用者視点のきめの細かい情報提供サービスで活用されている。

人々が多様性を発揮する上でも重要なツールになっている。特定の分野で優れた知識やスキルを持っていても身近に仲間が見当たらないということが往々にしてある。しかし、全国に目を向ければ多くの仲間を見出すことができる。すなわち、地縁に拠らない新たなコミュニティの創出が可能であり、成果物の経済価値について社会的に認知を得ることも可能になる。

このように、ネットワーク化は、情報交換や情報収集・活用の手段の変化に加えて、社会的議論への直接参加や自己実現など個人の多様性を活かすことのできる社会への変容に寄与することが期待される。

②新たなビジネスの創出

情報化社会という言葉は古くから使われているが、ビジネスとしての参入には、技術的専門性、大きな設備投資、システムの運用・維持、専用情報端末の普及など障壁が高く、実際の利用主体は大企業や行政機関に限られていた。しかし、スマートフォンでは、まったく異なるビジネス構造が採られており、参入障壁が消滅した。すなわち、端末機器は携帯電話の延長線上で利用者が既に保有し、費用は埋没コストとなっている。端末の基本ソフト（OS：Operating System）に加えて、サービス・ビジネス参入者が開発するアプリケーション・ソフトの開発ツールが無償で提供されており、その販売ルートや代金決済の仕組みも用意されている。このように、情報インフラ・端末とサービスが分離されたことにより、提供するサービスに優位性があれば容易に参入し、多くの利用者を獲得できるようになった。そして、起業家が躍進する環境を提供することになった。

このように、利便性が高く、個人の自己実現の場が増え、意欲的な起業家が活躍できるシステムは、急速に社会の隅々にまで浸透し、日常生活や社会活動全体が大きく依

存するようになってきた。そして、その情報システムの基盤は、数社の巨大グローバル・クラウド・オペレーターの寡占状態にある。しかし、今後の爆発的拡大を考えれば、情報ネットワーク社会の進展は、まだ、緒に就いたばかりである。後述する欧州委員会のように真にオープンでセキュリティ、プライバシー、データの所有権が保護される仕組みの構築への模索が始まっている。

③ライフスタイル・経済活動への波及

消費行動も大きく変わってきた。工業製品ばかりでなく店頭在庫に依存せず検索さえできれば入手できる生鮮品や嗜好品など地域の特産品の購入がネットショッピングへシフトした。また、書籍、音楽、映画などがデジタル化し物理的な輸送なしにデータ配信で購入できるようになった。さらに、個人間での売買、共有、自作コンテンツの販売などオークション、シェアリング・エコノミーといった取引形態が一般の消費者に広く普及している。

アルビン・トフラーは、情報革命の結果として消費者が生産者にもなることを“Prosumer”化と呼んだ。（出典：“The Third Wave”, Alvin Toffler, 1980）また、ジェレミー・リフキンは、シェアリング・エコノミーが、大量生産し大規模流通網を通じて販売する消費形態を前提とする、現在の資本主義経済の変革につながるという考え方を示した。（出典：“Zero Marginal Cost Society”, Jeremy Rifkin, 2014）

確かに、ネット販売が普及したことが、従来の流通にのらない地方の特徴ある産品・技能の復権に寄与していることは事実である。「個」と「個」をつなぐ多様な消費が実現しつつあり、ジェレミー・リフキンが“Collaborative Commons”と呼んでいるような、新たな形態の共有コミュニティが形成され、耐久消費財の共有による資産の有効活用やブランド衣料品のリユースなど、高付加価値商品に囲まれた満足度の高い生活を低コスト利用することが既に始まっている。

このような急激な変化は、工業製品を安定した高品質で大量に提供する製造業を中核とする日本の産業構造を根幹から揺るがす大変革である。

3) 自動運転

自動車の安全性を高めるために1991年から官民で進められてきた先進安全自動車（ASV：Advanced Safety Vehicle）推進計画は、2016年から第六期の五ヶ年計画に入った。高度なセンシングと運転操作の支援により事故を未然に防止し、事故が起こってしまった場合も被害を軽減することが可能になってきた。大型車には「衝突被害軽減ブレーキ」の装着が義務付けられ助成制度も作られた。2017年からは、「安全運転サポート車」として自家用乗用

車への本格普及期に入った。また、運転者の視界からも車載センサーの検知範囲からも外れている車両や歩行者の状態を外部から無線通信で知らせる「協調型運転支援」システムが2011年に世界に先駆けて実用化された。

このように人の運転を支援する車両技術と無線通信技術を統合し、さらに高精度デジタル地図、衛星測位、人工知能などの先進技術を組み合わせることにより自動運転が現実のものになりつつある。1996年に上信越自動車道の未供用区間（小諸IC－東部湯の丸IC間11km）を用いて11台の車が80km/hで完全自動走行を行った建設省のAHS（Automated Highway System）プロジェクトは画期的なものであった。しかし、使われた技術も車両も研究のための試作段階のものであり、実用化には多くの課題が残されていた。その後、前述のように高度運転支援技術の製品への搭載や協調型運転支援システムの実用化が進み、さらに、電動化が急速に進んだことにより、市販車両の電子制御化と制御性能の画期的向上が実現した。すなわち、品質

が安定し原価改善が進んだ市販車に環境認識のセンサーや車両挙動を判断する機能を搭載することで自動運転を行うことができるようになった。これが、自動運転が現実味を帯びてきている背景である。

人が運転操作から解放されることから、少子高齢化による労働力不足対策や自家用車に依存している地方での高齢者の移動手段の確保といった社会的課題解決の手段として期待が寄せられている。しかし、技術開発に加えて制度整備や自動運転車が走行するための環境整備、社会受容性の醸成などの課題が残されている。さらに、構成技術の変化に伴う産業構造の変化や自動車の付加価値構造が車両そのものから移動サービス提供ビジネスに移る可能性が強く認識されている。自動運転という、電動化、ネットワーク化を包含する高度な統合システムがもたらす、計り知れない規模とスピードの社会変革に目を向けなければならない。

以下、自動運転を中心に、実用化の課題と国際動向、技術革新と社会変革との関わりについて述べる。

4. 自動運転の実用化の課題

1) 自動運転の構成技術

人による自動車の運転は、認知、判断、操作のサイクルを繰り返しているといわれている。自動運転でも同様であり、カメラやレーダーなどの車載センサーによって走行環境を認知し、走行車線や回避動作など車両の動きを判断する。そして、アクセル、ブレーキ、ステアリングを制御する。このような車両単独の技術に、衛星測位による自車の絶対位置計測、あらかじめ整備した高精度三次元デジタル地図、無線通信から得る動的な交通情報などの情報基盤技術を統合することで自動運転を行う。

あらゆる交通環境下で完全に自動で走行するには多くの課題が残されており、当面は自動走行と人による運転を組み合わせることになると考えられる。一定の条件下では自動走行し、その条件が満たされなくなると人が運転するという、運転権限の移譲がおこることになる。そこで、人の能力や行動特性を分析し、「人」と「機械」の関係をどのように設計するかが大きなテーマになる。さらに、運転をする人と車両の制御システムの間だけでなく、自動運転車両と他の車両や歩行者などの道路利用者の間のコミュニケーションも必要である。また、データ通信を駆使して高度なソフトウェア制御を行う自動運転システムでは、脆弱性対策と収集したデータの所有権と保護にかかわるセキュリティとプライバシーも重要な構成技術である。

車両搭載技術は製品化に向けての競争が活発化しており着実に進展している。一方、人とシステムの関係や情報基

盤などの共通技術やセキュリティ・プライバシーの確保については、国のプロジェクトの下で業界横断での取組みが進められている。

2) 制度的課題

自動車が個人の生活や社会で大きな役割を果たすようになり、国際商品として貿易額も大きくなる過程で、様々な制度や法律が作られ国際調和が図られることにより、その発展を支えてきた。しかし、いずれも人が運転することを前提としており、自動運転の実用化にあたっては様々な見直しが必要である。特に、安全の確保のためには、車両の安全基準やその評価方法と自動車が走行する際の交通ルールの両面から、各国あるいは国際的な場で活発な検討が行われている。また、万が一事故が起きた場合の責任の扱いについても議論が始まっている。

① 車両安全基準

日本における自動車の安全性は、道路運送車両法に基づき保安基準が定められており国による認証が行われている。米国では、Federal Motor Vehicle Safety Standards (FMVSS) が定められているが、国による認証はなく自動車メーカー自身による自己認証となっている。欧州では、日本と同様に認証制度をとっている。

安全性確保のための、自動運転車両が備えるべき機能および性能の基準づくりは実用化に向けての大きな課題であ

る。様々な走行環境において、起こりうるあらゆる状況を想定して安全を確保するためには、どのような機能と性能が必要なかを洗い出すこと自体が容易でない。さらに、安全性評価のための実施可能な技術的手法を確立しなければならない。また、陸続きの国々で国境を越えて往來することや、貿易の非関税障壁とならないように、国際的に基準の調和を図る必要がある。国連の欧州経済委員会(UNECE WP29)において国際的な検討が進められている。

②交通ルール

車両の技術的安全性の基準と併せて、自動車の使用方法に関するルールは、道路交通法に定められている。日本は、人が運転することを前提にした「道路交通に関する条約」(ジュネーブ条約)を批准し、道路交通法もこれに準拠しており、完全自動運転の実用化のためには、条約と法規の見直しが必要である。国連の欧州経済委員会(UNECE WP1)において国際的な議論が進められている。

③事故が起きた場合の責任

万が一事故が起きた場合、民事責任、刑事責任、製造物責任、を整理する必要がある。民事責任については、被害者の救済を優先して自動車賠償責任保険を適用する方向である。その後、原因究明の結果に応じて求償することになる。保険会社による自動車保険(任意保険)においても、同様の考え方を適用する方針が損害保険協会から示されている。刑事責任や製造物責任については、今後の検討テーマとなっている。また、原因究明のために、データ記録装置の装着やデータの提供の義務化などが議論されている。

日本では、「自動運転に係る制度整備大綱」がとりまとめられ、高度自動運転の初期段階である2020年～2025年頃の、公道において高度自動運転車と従来の非自動運転車が混在するいわゆる「過渡期」を想定して、2020年までに高度な自動運転の実現に必要な関連法制度の見直し方針を策定した。(平成30年4月17日、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部(I T総合戦略本部)決定)

3) 社会受容性の醸成

自動運転の実用化は、交通事故の削減、高齢者の社会参

画の支援、労働力不足への対策、など幅広い社会課題の解決につながることを期待されており、既に述べたように技術開発や制度整備が加速している。一方で、複合的な最新技術を導入することによる新たな潜在的なリスクも考慮する必要がある。高度運転支援技術により交通事故を未然に防ぐ効果が大きいことは安全運転サポート車の実績からも示されている。しかし、自動運転では「支援」を超えて生死にかかわる判断をコンピューターに委ねることになる。人の運転では考えられなかったような新たなリスクを伴うことも考えられる。技術革新の成果を効果的に実用化するためには、正の側面と負の側面の両方から評価して社会として受け入れる素地を作らなければならない。このような問題は、専門家が結論を出して一般市民の理解を促す従来のアプローチではなく、専門家が選択肢と判断材料となる社会的効用と潜在的リスクの定量的データを判断材料として提示し、市民による参加型の議論を通じて導入の是非、制約条件などの合意形成を行わなければならない。それが、社会受容性醸成の姿である。

このような議論において、従来の機械による自動化とは異質な、理念にかかわる問題が提起されている。社会受容性の根底にある論点として検討する必要がある。

- 人は交通ルールに従って自動車を運転しているが、高速道路への合流直前は、流れに乗るために速度超過の状態にあることが多い。また、違法駐車車両がいる場合には、禁止されていても対向車線にはみ出して通行するのが普通である。人は、必ずしも厳格に交通ルールを守らないことによって交通の流れを確保している場合がある。この実態をどうするのか。
- どうしても衝突が避けられないような限界状態での人の危険回避行動は「咄嗟」の操作であり、論理的合理性を説明することができない。制御システムの場合は、ソフトウェアに記述された評価関数などによる論理的判断であり、履歴も残っているはずである。その回避動作の妥当性はどう評価するのか。あらかじめ設計指針を作るようなことはできるのか。
- 学習機能を有する人工知能に生死にかかわる判断の権限を委ねることは妥当か。機械学習の結果行われた判断について、判断の論理を解明することは困難だといわれている。自動運転システムの行動規範を作り、遵守を要求し、それを検証することはできるのか。

5. 自動運転の実用化による社会的課題解決への期待

自動運転は我々の暮らしや社会にどんな効用をもたらすのか。社会受容性醸成の根幹となる問いである。自動運転の実用化には、技術開発に加えて制度的課題解決にも大き

なりソースを投入しなければならない。それに値するだけの価値をもたらすものなのか。定量的な評価はこれからの課題であるがふたつの側面から議論されている。ひとつは

自動車の商品としての高付加価値化であり、もうひとつは公共交通および物流のように社会活動全体への貢献である。

1) 自家用車の自動運転

交通事故の9割以上が運転者の認知・判断・操作の誤りに起因するといわれており、自動運転技術による事故削減が期待されている。しかし、そのためには必ずしも完全自動運転である必要がなく、人の運転を前提とした運転支援システムでも大きな効果が期待できる。自動運転特有の価値として、長時間の運転から人を解放し、移動時間を仕事や趣味など他の目的に利用することが挙げられている。

欧州では、ローマ時代に建設された城塞都市とそれらを結ぶ街道が、その構造を維持しながら、半径数キロメートルの中心市街地と高規格道路で結ばれた郊外の住宅街へと発展した。自家用車で片道1時間以上かけて通勤する人も多く、この通勤のために費やす時間を他の目的に利用したいという期待が強い。米国でも、住環境の優れた住宅街が都市の外へ外へと建設され長時間の運転による通勤が増えている。JD Power社の市場調査でも、自家用車の自動運転化の商品性は通勤時間を運転以外の目的（Secondary TaskまたはSecondary Activity）に活用することであると示している。米国エネルギー省（U.S. Department of Energy）のシミュレーションでも、自動運転車の実用化の影響で走行距離が長くなるという結果を得ている。その結果、自動運転による燃料消費効率の向上を走行の長距離化が打ち消してしまい、省エネルギー効果は期待できないという見通しを示している。

日本では、自動車への依存度が高い地方において、高齢化に伴い自動車の運転ができなくなると、日常生活に大きな支障をきたし、社会活動への参加が困難になってしまいうことが大きな問題になっている。そこで、高度な運転支援機能により少しでも長く安全に運転できるようにして自立的な移動を支えるとともに、いよいよ安全に運転することが難しくなった人々には自動運転の移動サービスを提供することが期待されている。これについては、次の項目で詳しく述べる。

2) 高齢者の社会参画の支援

政府の「国土のグランドデザイン2050」で示され、「国土形成計画（全国計画）」（平成27年8月14日閣議決定）策定の根底にある課題認識は、急激な高齢化と人口減少による活力の低下と地域社会の崩壊である。これに対処するための重要な視点は、高齢者の高い能力と経験を活かした社会参画の支援である。

年齢で線を引いて退職し社会福祉のもとで生計を立てる

という構造を維持することは困難である。むしろ、家庭や社会を支えてきた経験豊富な人材は貴重な存在であり、若い頃の経済価値追求からは離れても、地域社会を維持するための活動などには継続的に寄与することができるようにすべきである。しかし、年齢とともに、経験や体力は個人差が大きくなるので、多様性に応じて社会活動に参画できるように自立的な暮らしを続ける環境を整えることが重要である。

地方の高齢者は長年自動車を運転してきた人々であり、これから高齢者はパソコンで仕事をし、スマートフォンを使いこなしてきた世代へ推移する。このような人々に自動運転技術による自立的移動と情報ネットワークによる多次元の「つながり」を提供して社会活動への参画を支援することは、我々が直面する社会課題の解決に極めて重要な要素である。

3) 世界的な人口の増加、都市部への集中

日本では人口減少が深刻な課題だが、世界の人口は増加を続けている。発展途上国ばかりでなく、欧米先進国においても微増が続くことを予測している。特に、都市部への人口集中が加速し、主要都市では数十年で人口が倍増するとしている。既に、交通渋滞、駐車場不足、大気汚染等の悪化が顕在化しており、その対策が行政の主要課題となっている。また、日本の大都市のように公共交通が整備されているところは少なく、交通手段の不足が貧困からの脱却、格差の是正を妨げる大きな要因であるとの認識も共有されてきた。そこで、交通制約者を含め、誰もがいつでも快適かつ低料金で移動でき、交通渋滞やCO₂削減等の課題解決に貢献できる交通体系の構築が「スマートシティ」の大きなテーマとなっている。

そこで注目されているのが、Mobility as a Service (MaaS) という概念である。個人が保有する自動車に依存した生活圏の拡大と社会・経済活動の発展は成長の限界に達し、このままでは都市機能が麻痺してしまうことが懸念される。大胆な公共交通へのシフトが必要だが、人々の行動を変えていくことは容易でない。そこで、特定の移動手段にとらわれることなく個人にとっても経済的かつ便利で、公共的観点からも社会課題の解決に結びつく統合的な人・モノの移動サービスを提供しようというものである。

具体的には、既存の交通事業者に運行情報、予約、乗車券の購入のオープン化を義務付け、情報システムを駆使し多様な移動手段を組合わせて、利用者の趣向に合わせた最適な目的までの移動の経路選択、予約、支払いをスマートフォン上で提供する新たなビジネスを創出するものである。また、シェアリングやオンデマンド運行による資産の稼働率向上、自動運転による人件費の削減を狙っている。フィンランドでは、既に法整備が済み運用が始まっている。

欧州各国に加え世界各地で導入検討が加速している。

以上のように、大きな技術革新の波を統合的に社会シス

テムのイノベーションの推進力とし、社会の根幹にかかわる課題の解決に結びつけようとしている。

6. 欧州の戦略的取組み

欧州委員会は、電動化、ネットワーク化、自動運転の技術革新の急速な進展と社会的な波及効果に着目し、その実用化に向けた研究開発や制度面での環境整備で先行するとともに、産業競争力確保およびグローバルなルール作りにおいて主導権を握るための方策を講じている。

欧州委員会主催の自動運転に関する国際会議（The 1st European Conference on ‘Connected and Automated Driving’, 2017年4月3～4日）において、Carlos Moedas Commissioner (Research, Science and Innovation) は、自動車交通の安全と環境保全のブレークスルーの3要素 (disruptive triangle) は、1) Autonomous drive、2) Connected cars、3) Electric vehiclesであるとした上で、社会参加の拡大などの社会的効用に期待するとしている。また、多様な連携の強化が鍵であり、1) 情報の共有、2) 通信業界と自動車業界の連携、3) 欧州連合加盟国間の連携、の重要性を強調した。また、Violeta Bulc Commissioner (Mobility and Transport) は、欧州の交通問題について、26,000人/年の交通事故死があり、交通からのCO₂排出が全体の1/4を占め、10億Euro/日の渋滞損失が生じているとして、技術革新がこれらの課題を解決し社会変革をもたらすことに期待するとした。そのために、多様な交通手段を融合した新たなコンセプトに基づき、統合的な組織体制の下で、標準化やデータのオープン化を進め、特定企業の独占を排除した健全な競争環境を創出し、社会的な仕組みとビジネスモデルを構築するという考え方を示した。

このような方針のもと、Learning by Doing（机上の議論を繰り返すのではなく、現場で実行する中から課題を抽出して対策を進める）を合言葉に、様々な課題への対応を戦略的に進めグローバルな動きを先導している。

自動運転に関しては、欧州連合加盟国の運輸閣僚会議において、国境を越えた域内共通の制度整備に2019年までに目途をつけること（Declaration of Amsterdam, Cooperation in the field of connected and automated driving, 2016年4月）を採択し、様々な活動が推進されている。

産業競争力の観点では、技術革新や新たなサービスの普及による産業構造の急速な変化が進む中で、欧州の自動車産業が世界をリードし続けるための方策について政府と自動車産業の経営陣が議論を重ねた。（GEAR2030：High

Level Group on the Competitiveness and Sustainable Growth of the Automotive Industry, 2015-2017）欧州の自動車産業が国際競争力を維持するための主要課題は、二酸化炭素を排出しない自動車（ZEV*/電気自動車、燃料電池車、ZEC**/プラグイン・ハイブリッド車）と協調型自動運転（Connected and Automated Driving）であるとしている。ZEV/ZECに関しては、次世代バッテリーの研究開発および生産の強化に注力するとしている。協調型自動運転に関しては、欧州連合と加盟各国による大規模な研究開発と資金提供を行い、連携した政策・制度面でのアクションによる域内市場の創出を行う。また、広範な影響を考慮して、産業構造の急激な変化に伴う就労問題や自動運転の社会受容性に深く関わる倫理問題にも取組むとしている。

* ZEV: Zero Emission Vehicle

** ZEC: Zero Emission Capable Vehicle

欧州連合では、情報基盤やビッグデータの特定の域外企業による寡占化が進むことを懸念して、自治体向けの共通情報基盤（FIWARE：Future Internet WARE）を構築し、欧州連合加盟国の89都市（2017年4月時点）で検証を進めている。また、膨大な個人データが域外で収集・活用されることにより潜在利益が流出することを防ぐために、データの所有権はデータの発生元にあるという理念を確立し、General Data Protection Regulation（GDPR）を制定した。2018年5月25日に施行され、グローバルな事業展開をしている日本企業にも少なからぬ影響が及ぶことになる。

欧州連合加盟各国にも様々な動きがある。特に、文字通り世界をリードする自動車産業を擁するドイツでは、認識はしていても困難なため具体的検討に着手できていないような課題に対しても果敢に取組んでいる。代表的なものは、自動運転車の安全基準づくりと評価手法の確立である。（Pegasus Project）また、交通・デジタルインフラ担当大臣の諮問（Ethics Commission）により、人文・科学的な視点が求められる理念や倫理の問題に対する体系的検討が行われ、多面的な課題抽出と方向性が提示された。このように、どんなに難しい課題であっても、実用化に向けて避けて通れないのであれば、率先して取組み国際議論を先導するというのは、世界の自動車産業のリーダーであることを自認するドイツらしい姿勢であるように思われる。

7. 産業や社会の構造変化

自動車の発展の歴史は、内燃機関の機械技術、生産技術、社会インフラのイノベーションの連鎖によって実現してきた。さらに、電子制御・情報処理技術を駆使したITSへと進化してきた。そして、我々が直面しているのは、電動化、ネットワーク化、自動運転という新たな技術革新の波と、それに伴う急激な社会変革である。産業面では、機械や電子機器といった製造業から、データの収集・利活用をベースとする統合的移動サービス提供ビジネスへと移りつつある。また、そのような動きはあらゆる社会活動や個人の暮らしに波及している。

1) 自動車の電動化

地球温暖化の原因となる二酸化炭素の排出量を削減することを目指して、電動化による自動車のエネルギー消費効率向上に取り組んできた。電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車、いずれも製品化と普及において日本の自動車産業は世界をリードしてきた。そして、充放電など動作状態の管理が不可欠なことからネットワーク接続につながり、ステアリングも併せた電動化による画期的な制御性能の向上が自動運転への道を拓くことにもつながった。

エンジンやトランスミッションといった機械要素がサーボモーターと制御回路に置き換わり、鋳造・鍛造・機械加工・組立といった設備集約的で、かつ、蓄積してきた高度な技能を活かした製造工程が大きく変わり、新規参入の障壁が低下するといわれている。現実はそのほど単純ではないが、産業構造が変化することは確実である。

8. 目指すべき社会

技術革新によって革新的サービスが生まれ、暮らしや社会が大きく変わろうとしている。経済活動のグローバル化が進み、産業構造も大きく変化している。国際社会で主導権を握る企業や国も大きく入れ替わる可能性がある。他方、技術では解決できない多くの社会課題に直面しており、技術革新を社会システムの変革に結びつける体系的な取り組みが求められている。

総合科学技術・イノベーション会議は、第五期科学技術基本計画（平成28年1月22日、閣議決定）の中で、未来の産業創造と社会変革に向けた新たな価値創出の取組とし

2) Internet of Thingsと大規模クラウドによるビッグデータ活用

車両単体の性能が向上し、スマートフォンの日常生活への浸透によりシェアリング・エコノミーのように消費行動が急速に変化していることから、自動車のビジネスもモビリティ関連の総合サービスで差別化する方向に変化している。移動情報と生活・ビジネス情報の統合による革新的サービスにおける新たな付加価値創造の担い手は、プラットフォーム（Platformer）と呼ばれる巨大クラウドのオペレーターとユニコーン（Unicorn）と呼ばれるような起業家になっている。既存の自動車産業や情報電子産業も移動手段から移動サービスへの転換に向けて様々な取組みを進めている。

3) グローバル覇者の劇的な入れ替わり

自動車の部品構成が機械から電気・電子へと転換が進んでいる。情報電子産業においても機器の製造を母体としない、データの収集と利活用に特化した新規参入企業が急速に事業を拡大している。産業構造の劇的な変化は、既存の製造業やそれらが立地する国にとっては危機であり対応に躍起になっている。一方、起業家や既存の産業基盤を持たず、国際的枠組みづくりに長けた国にとっては、世界の主導権を握る好機となっている。ダボス会議（World Economic Forum Annual Meeting, 2018年1月23～26日）でYuval Noah Harari氏が指摘したように、社会や生命にまで及ぶ膨大なデータを手中に収めた一握りの人達が世界の動きを支配する時代（デジタル専制主義、Digital Dictatorship）が来るかもしれない。

て、サイバー空間とフィジカル空間（現実社会）が高度に融合した「Society 5.0」を未来の姿として掲げている。また、「Society 5.0の実現に向けた改革」と題した「未来投資戦略」（平成29年6月9日、閣議決定）では、一人一人のニーズに合わせて少子高齢化などの社会課題を解決するための戦略分野のひとつとして、自動運転を用いた「移動革命」を挙げている。

このような国の方針の下で進められている戦略的イノベーション創造プログラムの自動走行システム研究開発をSIP-adus（adus: Automated Driving for Universal

Services) と名付けた。多様な地域社会で暮らす人々が多様な能力を最大限発揮してひとりひとりの充実した暮らしの実現と地域社会の活性化に貢献できるように、自動運転技術の開発・実用化と社会システムのイノベーションを押し進める、という意味が込められている。

技術革新が技術偏重社会へと向かうのではなく、ネットワークでつながることや移動が容易になることで、人々の暮らし・仕事、そして、多様な自己実現が地理的拘束から解放され、情報ネットワークによるつながりが新たなコミュニティを形成して人々が支え合う社会を実現しなければならない。

ITSは、電子制御や情報通信技術の交通分野への応用による安全・環境・利便の実現を目指して、産官学連携のも

と、ファースト・ステージ、セカンド・ステージ、それぞれ10年の取組みで成果を上げてきた。そして、2013年に東京でITS世界会議を開催したことを契機に、より大きな社会的課題に目を向け、創造すべき価値から議論を始め、それを実現するための統合的移動サービスと技術・情報基盤を描き、実証段階に入ろうとしている。このアプローチは、まさに本稿で俯瞰した、技術ばかりでなく社会変革に着目したグローバルな戦略的取組みと軌を一にするものである。ITSは、社会を支える重要な要素として新たな発展の局面を迎えている。