

研究ノート

新しいモビリティ社会の形成：
自動運転関連技術の動向（2）

徳田 昭雄*

井上 佳三**

要旨

自動運転関連技術の発達は、さまざまな社会問題の解決の糸口になりうるものである。例えば、交通事故の約9割が運転者のミス、いわゆるヒューマンエラーによるものと言われている。自動運転技術は、このヒューマンエラーを最小化し、交通事故の数や規模を大幅に削減するものと期待されている。また、急速に発展するアジアの新興国の都市部のみならず、大都市への人口集中が進む先進諸国において交通渋滞がもたらす重大な経済損失が問題となっているが、この課題に対しても自動運転技術は有効な回答となるはずである。くわえて、自動運転技術は限界集落におけるモビリティの確保や、既存の観光資源の魅力度の向上・ツーリズム産業の育成などに寄与しうるなど、社会イノベーションやサービス・イノベーションの核となる技術と位置づけられる。

本研究ノートでは、モビリティ関連技術の動向について、公知の事実並びに独自のヒアリングに基づき、技術開発の状況を抑えておく。すなわち、自動運転技術を中心に、交通流の制御や移動体の群制御技術、通信技術など関連技術について、その最新動向を前号と2回に分けてマイクロ（主要企業及び注目企業の取り組み）レベルで報告する。

キーワード

自動運転，自動走行，モビリティ，標準化

* 立命館大学経営学部 教授

** 株式会社自動車新聞社 代表取締役

目 次

- 1 自動運転技術の国際枠組みの動向
- 2 自動車の自動運転技術の動向
- 3 商用車の自動運転技術の動向
- 4 その他 (コムーター) の自動運転技術の動向 (以上 56 巻 2 号)
- 5 交通流の制御 (以下 本号)
- 6 移動体の群制御技術
- 7 通信技術

5 交通流の制御

自動運転技術と同時並行で進められているのが、コネクテッド・ビークル、ないしコネクテッド・カーといったいわゆる“コネクテッド”の技術である。コネクテッドとは、クルマの持つ様々な情報をもとに、クルマそのものの制御や交通流の制御も行い、安全かつ効率的な移動や、それに関連する新たなサービスを提供しようというものである。

コネクテッド分野では、クルマのデータを用いた交通流の制御、クルマ自身を制御する群制御技術、そしてそれを支える通信技術の 3 つが中心的な技術となる。

交通流の制御については、すでに日本でも普及している ETC システムが代表的である。車載器の情報をもとにクルマを識別し、位置情報をもとに交通流の制御を行うことができる。一例としてロードプライシングがあげられる。

5-1 三菱重工メカトロシステムズ

三菱重工メカトロシステムズ株式会社 (以下、MHIMS) は、三菱重工株式会社の 100% 子会社であり、高速道路の料金収受機械や ETC システムなどを手がけている。吸収合併や事業統合等の変遷はあるものの、半世紀にわたって高速道路の料金収受システムを手がけてきた。また、国内外でその技術・ノウハウを駆使した製品・サービスを展開している。たとえば、MHIMS がシンガポールに納入している ERP システム²⁵⁾ は約 20 年にわたって同国における渋滞抑制に貢献している。その他、マレーシア、ベトナム、スリランカでも ETC システムや交通管制システムなどを納入している。

① マルチレーン・フリーフロー

マルチレーン・フリーフローは、道路の頭上に設置し、複数車線の走行車両に対して料金精算を行う門型の課金ポイントである。キャッシュレスで料金精算ができるという点では従来の ETC カードを使った料金所 (シングルレーン) と同様だが、シングルレーンのように車線ごと

に設置する必要がないという点で決定的に異なる。シングルレーンで必要だった追加スペースは不要になり、高速道路の出入り口はよりシンプルになる。バーの設置も不要になるため、料金精算の際にわざわざ減速する必要もない。一般道路と高速道路がよりシームレスに繋がるため、渋滞の最大の要因である不要な減速を減らし、渋滞の緩和にも効果を発揮する。マルチレーンで料金精算することによって、クルマの自由な流れ（フリーフロー）を生み出そうというのが、マルチレーン・フリーフローの概要である。

マルチレーン・フリーフローの活用範囲は高速道路の料金精算だけに留まらない。クルマの走行速度に関わらず特定の位置情報を識別することが可能であることを活かし、駐車料金の支払い、車両の走行管理、自動車税管理の効率化など幅広い ITS アプリケーションへの応用を検討している。

MHIMS は 2015 年 10 月 1 日より、マレーシアで MLFF の実証実験を行っている。現地政府の協力のもと、同国の ITS 関連企業と共同で取り組んでいる。試験では、マレーシア特有のナンバープレートに合わせたチューニングや、さまざまな気象条件でのデータ収集などを行い、社会実験として実際の高速道路においてモニター車両による実証を進めている。同国政府は、2018 年の MLFF 導入を目指している²⁶⁾。

② シングルレーン ETC システム

ETC (Electronic Toll Collection : ノンストップ料金收受) システムは、料金所における料金收受業務を無線通信によって行うものである。通行車両は料金所での一時停止の必要なくなるため、料金所での渋滞緩和、走行時間の短縮、排気ガスの低減、燃料節約など、利便性・快適性とエコを両立したシステムになっている。

マルチレーン ETC システムが複数車線を走行する複数の車両に対して同時に料金收受を行うものであるのに対し、シングルレーン ETC システムは、従来の磁気カードなどを用いた料金收受システムと同様に 1 車線ごとに料金收受を行う。シングルレーン ETC システムは、従来の料金所に追加導入するだけで良いため、高速道路網の発達した日本ではこちらが主流となっている。

一口にシングルレーン ETC システムと言っても、車種ごとに通行料金が一定である均一区間道路と、走行距離と車種によって通行料金が異なる対距離道路とでは、適用されるシステム構成も大きく異なる。MHIMS では、ETC システム導入以前より半世紀に渡って国内高速道路の料金收受システムを手がけてきた実績をもとに、国内外で様々な料金收受に応じたシステムを開発・納入している。

③ Global ETC システム

Global ETC システムは、日本での実績をもとに海外で展開している海外向けの ETC システムである。OBU (On Board Unit) は車載器本体とカードの 2 ピース構造になっている。世界で最も流通している非接触式カード Mifare のほか、様々なスマートカードに対応しており、多国間での活用を見込むことができる。また課金ポイントに関しても、シングルレーン ETC から MLFF (マルチレーン・フリーフロー) まで対応しているなど汎用性が高い。駆動方式はバッテリーで、リアルタイムでの課金やプリペイド残高の確認が可能である。また、電車やバスなどの交通カードと ETC カードを一体化すれば、さらなる普及と利便性の向上が見込まれる。

④ ERP システム

MHIMS は 1998 年、世界初となる ERP (Electronic Road Pricing : 電子式道路課金) システムをシンガポール交通局に納入し、現在に至るまで同国の交通量の抑制および渋滞緩和に寄与している。ERP システムは、車両に搭載した車載器と、都市部や高速道路に設置された門型課金ポイント (ガントリー) との間で無線通信による電子課金を行う。基本的な仕組みは国内の ETC システム (シングルレーン) と同様だが、シンガポールではほぼすべての自動車に車載器が装着されているため、ETC 搭載車と非搭載車が混在する日本の高速道路とは異なり、ガントリーから複数車線の複数車両に対して課金を行うマルチレーン・フリーフロー (MLFF) 方式が採用されている。課金ポイントでの減速が不要であること、車線ごとの機器が不要であることから、渋滞緩和と省スペース化が実現されている。

課金額は車種・場所・曜日・時間帯などによりフレキシブルに対応が可能となっており、効果的に通行量を抑制することができる。また、不正通行車両に対してはガントリー上部のカメラでナンバープレートを撮影して利用者を特定し後日罰金を課すことによって不正通行の取り締まりと抑制をはかっている。ERP システムの導入により、シンガポールでの混雑時交通流入は 20% 減少するなど、渋滞緩和と環境保全に対して効果を発揮している。

⑤ EPS

ERP システムの導入に伴って、シンガポール国内のほぼすべての車両に通信用の車載器が装着されることになった。この車載器を「道路上での決済だけでなく駐車場の決済にまで活用できないか」との考えから始まったのが EPS (Electronic Parking System : 電子式駐車場システム) である。2002 年より同国にて開発・納入が行われた。

駐車場側のアンテナと車載器の無線通信により自動的に課金やバリア開閉などを行うため、ドライバーは駐車場に出入りするときに、窓を開けてチケットをとったり支払いをしたりする

必要はなくなった。また、操作時間がなくなるため、入口・出口での渋滞を抑制する効果もある。

⑥ 次世代型 ERP システム

次世代型 ERP システムとは、現行の ERP システムが無線通信による課金方式に対し、次世代型 ERP システムは測位衛星の信号から位置を特定し課金するシステムである。2016 年にシンガポール陸上交通庁より受注を受けており、このタイプのシステムが広く都市部に導入されるのは世界初になる。

従来、門型構造物（ガントリー）が行っていた車両情報と位置情報を特定する役割を、測位衛星が代替することになるため、道路上にガントリーを設置する必要がなくなり、景観の改善が期待されるという。また、ガントリーの設置コストの面から従来では現実的でなかった課金ポイントの柔軟な変更が可能になった。ビッグデータをもとに課金方式を多様化させたり、渋滞情報の配信といった課金以外のサービスを提供したりといったことも可能になる。

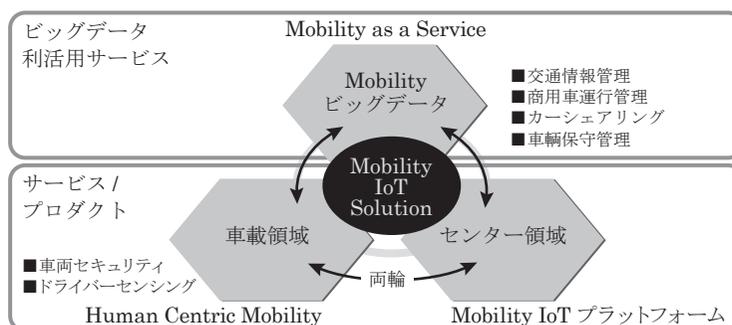
5-2 富士通

日本の大手の IT ベンダーである、富士通株式会社（以下、富士通）は、「Meta Arch」という IoT データ活用基盤サービスなどを展開してきた。2016 年 2 月に「Mobility IoT 事業本部」を設立し、自動車業界への参入を狙っている。

表 3 Mobility IoT 事業本部・3つの営業部門の担当領域

事業企画統括部	新サービス企画・協業推進、SIP等政府プロジェクト連携、技術・ビジネスアライアンス
Mobilityサービス事業部	クラウドサービス・プラットフォーム提供、システム設計・構築・運用、AI、3Dマップのマネジメント
Mobilityフロントシステム事業部	ヒューマンセントリックシステム、センサー・セキュリティ、車載技術インテグレーション

図 8 富士通の Mobility IoT 事業ドメイン



出所) 富士通株式会社「富士通の Mobility IoT 事業への取り組み」2016 年 6 月 29 日

Mobility IoT 事業本部は、クラウドやセキュリティ、ネットワークなどの関連部門に横串を通し、モビリティを中心とした顧客へのサービスやソリューションの提供などを行うことを目的としている。「事業企画統括部」「Mobility サービス事業部」「Mobility フロントシステム事業部」の3つの営業部門からなる(表 2-5-2)。また、同事業本部としては注力すべき領域を「センター領域」「車載領域」「Mobility ビッグデータ領域」の3領域に分けて捉えている(図 8 参照)。

① HMI 関連

富士通の考える Mobility IoT のプラットフォームでは、情報化社会において、人間を中心とした(ヒューマンセントリック)システムの設計に注目している。というのも、障害物や歩行者、路面状態といったクルマの周辺の環境をセンシングだけでなく、運転者の居るクルマの中の情報も重要になるからである。富士通は、既に肌輝度の変化による脈拍計測技術や、視線による前方不注視検知などの技術を保有している。これら既存技術に加え、カメラによる顔検出や虹彩認証などの技術に新しく取り組むことによって、ドライバーのモニタリングをサービスビジネスへ展開するねらいがある。

② セキュリティ関連

特に車載領域においては、セキュリティを重視している。富士通は、銀行や官公庁などのサービス構築で培ったセキュリティ関連技術をもとに、ECU や社内ネットワークの防御に注力するようである。また、クラウド領域でも、車輛・クラウド連携防御やサイバー攻撃防御などを行っていくとのことである。

③ AI での取り組み

富士通は、AI を活用した運転制御にも取り組む。車内外のセンサーやデバイスで、ドライバーの状態や周辺環境データを収集することはもちろん、運転手が運転できる状態にあるか否かといった、認知・予測・判断を行うことが必要であると認識している。我々が取材した Mobility IoT 事業本部事業企画統括部・統括部長の松村道郎氏によると、「AI の活用をしながらディープ・ラーニングを車載に組み込むアルゴリズムや、チップの開発をしていこうと考えている」とのことである²⁷⁾。クルマの運転制御だけでなく、プローブデータを集めてそれを分析し、渋滞や路面状態、車輛の状態や事故発生のリスクなどをクラウドで分析するためにも AI を活用していくねらいのようである。

こうしたクラウドでの AI 分析・予測においては、富士通の持つスーパーコンピューター「京」の技術を応用し、高速な処理を実現する。松村氏によると「ビッグデータが集まる中で、

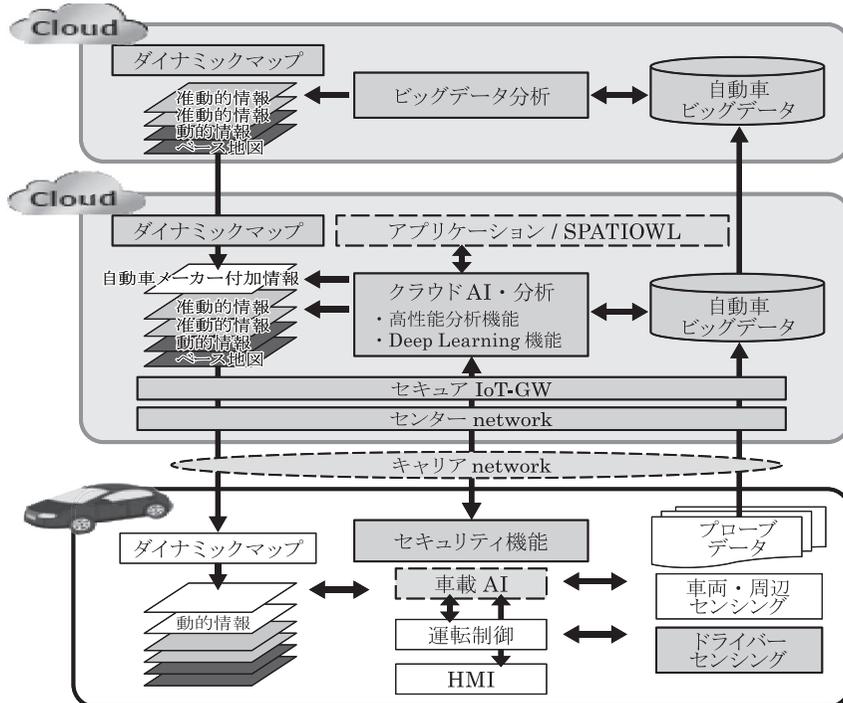
いかにそれをセキュアに、素早く処理するかが大切になる」という²⁸⁾。さらに富士通では、スーパーコンピューターの技術に加え、5Gの通信によるデータの集配信を見据えたエッジコンピューティングの技術にも取り組んでいるようだ。

④ ダイナミックマップでの取り組み

富士通はダイナミックマップの管理を、IoTプラットフォームの中に組み込もうと考えている(図9参照)。地図は、自動運転に欠かせないものとして重要視されている。日本国内でも、内閣府のSIP(戦略的イノベーションプログラム)を中心として、ダイナミックマップを構築するためのコンソーシアムが組まれている。

そもそもダイナミックマップとは、路面や車線の情報、建物の場所など静的な情報をベースとして、車両から集積した事故や渋滞などの動的情報を重ねていくというものである。しかし、これらのデータはサービスとして上手く活用されていないのが現状である。松村氏によると、「地図そのものをつくるわけではない。メーカーやサプライヤーが得意とする地図を構築するところまでは行われていても、システムとして動かした時に機能するかどうかはあまり検討されていない。IT会社として、地図のデータをいかに活用していくか考えていきたい」と

図9 富士通のダイナミックマップ管理



出所) 富士通株式会社「富士通のMobility IoT事業への取り組み」2016年6月29日

のことである。

⑤ ビッグデータを活用したサービス

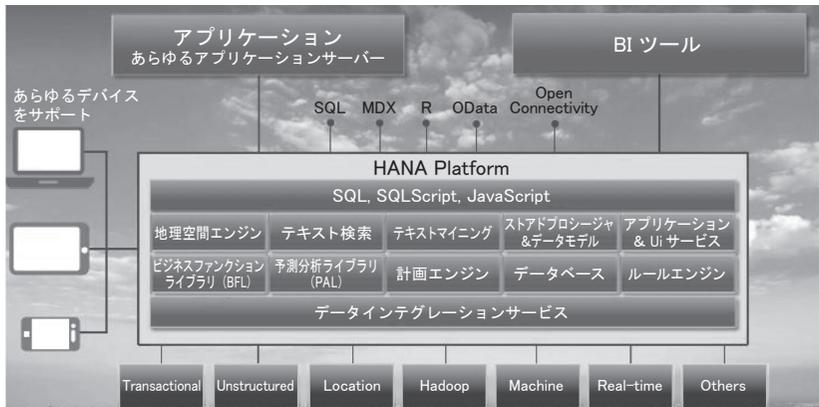
富士通は、クルマから集まるビッグデータを用いたサービスとして、「SPATIOWL」という交通情報の管理基盤をサービスとして開発している。鉄道やバス、地下鉄などのさまざまな交通機関の情報を統合することによって、利用者向けにマルチモーダルの最適なルートを検索するサービスを行うことができるという。

また、流通・運送業者向けには、配送料・配送先情報から事前に自動配車し、隊列走行をコントロールするなどのサービスを行うことができる。将来的には、必要最小限のドライバー配置計画や、商用車の車輛診断や故障予測などの運行管理も可能になるようである。

5-3 SAP

SAP はドイツに本社を置くソフトウェア会社である。ERP (Enterprise Resource Planning : 基幹系情報システム) による大企業向けのソリューションを提供する企業として知られている。同社の主力製品には、インメモリ方式の高速データ処理が可能なデータベースソフトウェア SAP HANA と、それをベースにつくられた、PaaS (Platform as a Service) である図 10 の SAP HANA Cloud Platform (以下、HCP) がある。

図 10 SAP HANA Cloud Platform



出所) SAP ジャパン株式会社「コネクテッドカービジネス展開企業向け新サービスおよび自動車産業ビジネス戦略について」2016年3月23日

SAP ジャパンは 2016 年 3 月 3 日に HCP 上で動作するソリューションである Vehicle Insights 及び Vehicles Network を発表し、自動車向けソリューションへの本格的な参入を表明した。Vehicle Insights 及び Vehicles Network は、クラウド型プラットフォームである HCP の機能を利用して、SAP 自身がソリューションとして構築したものである。同社

では、開発期間の短縮や開発費用の削減に加え、リアルタイムでの解析が可能であること、オープンプラットフォームであることなどのメリットを挙げている。特に、インメモリ方式である HCP により、大量のセンサーから得られる膨大なデータをリアルタイムに分析できることを強調している。

① Vehicle Insights

Vehicle Insights とはコネクテッド・カー向けの車両情報分析を目的とした SaaS (Software as a Service) のひとつである。「Insight」という名が示すように、センサーから取得したデータを分析し HCP 上で稼働するソフトウェアである。自動車に限らず、フォークリフト、農機具、電車などのビークルから得られる位置情報や速度、走行の経路などのデータ分析を目的としている。SAP 社内でも、フリート車両の管理に運用しているようである。

Vehicle Insights の最初の活用例として、バス危険運転検知システムがある。バスの車両情報をもとに運行状況を可視化し、急ブレーキや蛇行運転などの危険運転が行われていないか監視することができる。くわえて、事業者だけでなく乗客やその家族、宿泊先のホテルなどさまざまなステイクホルダーを巻き込み、家族が今どこにいるのか、バスが予定通り運行しているか確認するといった幅広い活用が可能になる。

ただし、SAP ジャパンのインダストリークラウド事業統括本部・コネクテッドビークル事業開発・ディレクターの松尾康雄氏によると、「Vehicle Insights の一般出荷が始まるといっても、さまざまなビークルでそれぞれの用途があり、全てが同じように使えるインターフェイスをつくるのは難しい」とのことである²⁹⁾。車両管理のために Vehicle Insights を利用するとしても、バス管理とフォークリフトでは管理する情報、表示する情報は全く異なる。そこで、それぞれに特化した機能や画面をつくり、Vehicle Insights とセットで提供する形になるそうだ。

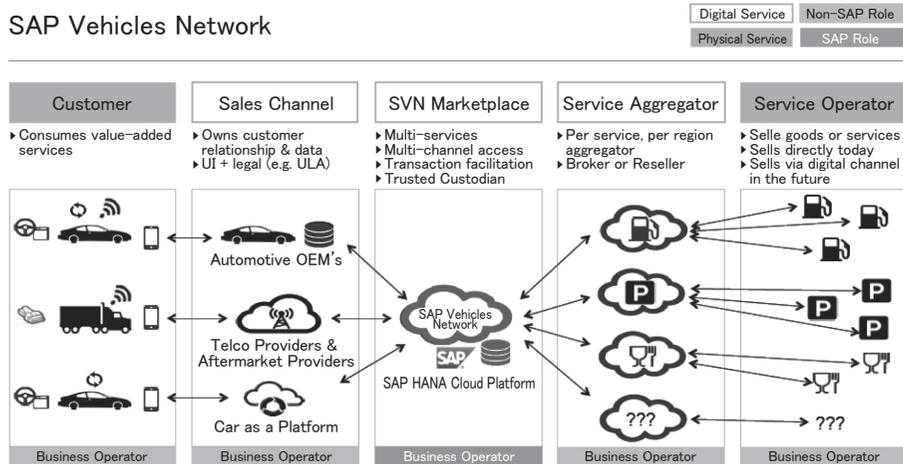
松尾氏によると Vehicle Insights のコンセプトは「Vehicle Insights を使うことで、いろいろな機能を安くつくれるようになるというもの」だという³⁰⁾。例えば小さいバス会社などでは、デジタコを利用して多様なデータを取るのではなく、スマホをバスの車内に置き、その位置情報や加速度のデータを取得して、最低限の見える化をするということも可能になる。今までやりたいと思っていても自社開発では難しかったものが、HCP の Vehicle Insights で手軽にできるようになるという。

② Vehicles Network

Vehicles Network とは、自動車メーカーやサプライヤーをつなぐ B2B ネットワークソリューションである。Vehicle Insights が、分析して可視化することが特徴なのに対して、

Vehicles Network はネットワークを構築し、自社のデータを他のステイクホルダーとのビジネスに生かせるサービスをつくる B2B のネットワークソリューションである (図 11 参照)。

図 11 SAP のビークル・ネットワーク



出所) SAP ジャパン株式会社「コネクテッドカービジネス展開企業向け新サービスおよび自動車産業ビジネス戦略について」2016年3月23日

具体的な取り組みとしては、2014年から Vehicles Network を取り入れたサービスの実証実験を開始している。一例としてトヨタ IT 開発センター、VeriFone 社と共同で行われたクルマの給油をシンプルにするサービスが挙げられる。一般的に、ガソリンスタンドを利用するためには、最適なガソリンスタンドを探しスタッフへの現金の支払いが必要である。しかし、このシステムでは、最も近いガソリンスタンドへのナビゲーションが表示され自動決算が行われるため、そのような手間が不要になる。

従来、給油サービスを行うには、OEM が一社一社ガソリンスタンドと契約する必要があった。Vehicles Network では、OEM 側とガソリンスタンドがこのネットワークに相互に登録することで、一社一社と契約し情報を交換するのではなく、ネットワーク上に登録されている同種のデータを収集することが可能である。このように、Vehicles Network はクラウド上のマーケットプレイスとして利用することができる。当ソリューションは、独フォルクスワーゲンのグループ会社である SEAT 社が採用するなど、実際に欧州で出荷されている。

5-4 HERE

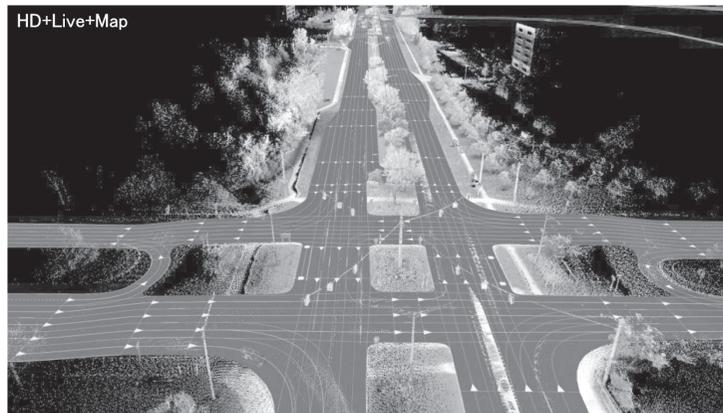
HERE は、ドイツを本拠にオンラインの地図を開発・提供し、こと高精細マップで世界をリードしている企業である。世界的に大きなシェアを持つ同社だが、日本における地図の整備は進んでいない。また、2015年の独自動車メーカー3社 (BMW、ダイムラー、アウディ) によ

る買収に伴い、HEREの地図がドイツに独占されるのでは、という懸念を抱く企業も少なくない。2016年12月27日には中国のTencent Holdings (騰訊控股) およびNavInfo (四維図新) と戦略的パートナーシップを結ぶことを発表、2017年2月8日には日本ではパイオニア株式会社及びその子会社であるインクリメント・ピー株式会社との提携を発表するなど、世界的にプラットフォームとしての地位を確立していく狙いである。

HEREは、リーディング・ロケーション・クラウドのサービスを提供し、自動運転に必要な不可欠である高精細マップの分野で世界をリードしている。モノがどこにあるのか、人がどこにいるのか、クルマがどこにあり何をしているのかという情報は、IoTの世界や自動車業界はもちろん、その他コンシューマービジネスにおいても重要性がますます高まっている。HEREはそれを一つの「クラウド・インフラストラクチャー」に集約し、位置情報によってつくられたアプリや経験を自動車業界やコンシューマーカンパニーに提供している。

クラウドベースの高精度HDマップでは、cm単位で位置を明らかにできる極めて精度が高い位置情報が提供できる。高い精度の位置情報がわかることによって、クルマやスマートフォンに対してパーソナライズされたナビゲーションの経験を提供することが可能である。

図 12 HERE の HD Live Map



出所) HERE「HERE: The Location Cloud Company」2016年7月12日,
TU-Autonomous Vehicle and ADAS Japan 2016

2015年、HEREはクルマから得られるセンサー情報を取り込み、HDマップに反映するためのオープン仕様を世界で初めて公表した。OEMだけでなく、他の業界のプレーヤーを巻き込み、標準化されたオープンな仕様を使って様々なデータを地図に取り込んでいくねらいのようである。

地図は、もはや2Dのナビゲーションマップという時代ではなく、クラウドベースであることに加え「Map for the moment」、つまりある瞬間の情報が必要になるというのがHEREの考えである。この「Map for the moment」を実現するために同社が開発しているのが、HD

Live Map である (図 12 参照)。クルマの周辺がどういう状況なのか、例えば進んだ先で交通事故が発生しているか否か、渋滞が悪化しそうかどうかといったダイナミックな環境情報を取り入れることができる。また、cm 単位の高精度な位置特定ができる。

高精度な地図をつくるためには膨大なデータが必要になるが、そのデータ収集には LiDAR 搭載のクルマを走らせている。スキャンしたクルマの周辺情報を基に、自動で HD マップを生成する。cm 単位の高い精度を持っているため、走っている道路の境界、曲がり具合、坂の傾斜度などもわかるようになるという。また、単に障害物があることを認識するだけでなく、ディープ・ラーニングなどの技術を取り入れることにより、例えば目の前に橋があるという情報や速度規制標識の認識なども可能になる。

先述の SAE 自動運転レベルに従うと、レベル 4～レベル 5 の完全自動運転が世界全体の規模で実用化されるのは 2030 年以降だと考えられている。自動運転には地図が不可欠であるが、地図を作成するのはそれほど容易なことではない。特に HD マップでは、相応な専門知識、分析能力が重要である。

同社の Head of Product Marketing – Automotive の Martin Birkner 氏は、「HERE は 30 年にわたり実績を積み重ねてきた自信があります。その知識と実績を生かし、自動運転実現に向けた HD マップの作成にまい進していきます」と、今後の自動運転技術の開発をリードしていく意気込みを見せている³¹⁾。

6 移動体の群制御技術

おそらくコネクテッド技術と自動運転技術の親和性を最も表しているのが移動体の群制御技術であろう。クルマの位置情報や走行速度、目的地などの情報をもとに、適切な車間距離をとってクルマどうしの衝突を避ける技術である。この技術で重要になるのは人工知能を用いたディープ・ラーニングである。様々な外部環境が入り乱れる移動体の制御、即ち自動運転では、クルマがあらゆる場면을学習し、適切な制御が求められる。

6-1 トヨタと Preferred Networks

トヨタは 2015 年 12 月 17 日、株式会社 Preferred Networks (以下、PFN) への出資を発表。出資金額は 10 億円にのぼり、PFN が強みとする機械学習やディープ・ラーニングをはじめとする AI 分野での技術力を活用するねらいである。

PFN は 2016 年 1 月にラスベガスで開催された国際家電見本市 (International CES) にて、クルマが自ら衝突を防止する動きを学ぶ「分散機械学習」のデモンストレーション展示を出展し、大いに注目を集めた。シミュレーションのために使用したモデルカーを会場内で動かす、

機械学習のデモンストレーションを実施した。システムを搭載した6台のモデルカーを使い、狭いコース内で学習したレベルによってそれぞれどのような走り方をするかを見せるという内容であった（図13参照）。

図13 トヨタによる分散機械学習のデモンストレーション



出所）筆者 2016年1月26日撮影@ラスベガス，CES 2016

モデルカーは、自分の位置をコースの上に取り付けられたカメラで判断し、衝突しそうになっては止まって別の方向へ走り、そこでまた別のモデルカーとぶつかりそうになって回避するという動きを繰り返す。学習時間が長くなるにつれ判断が的確になり、4時間ほどで走行がスムーズになることが紹介された。システムにプログラミングされているのは移動経路のみで、回避行動や方向などは指定していない。ぶつかった場合にペナルティを課すことだけをインプットするだけでクルマに搭載されたシステムが自ら学習する仕組みになっている。

① エッジコンピューティング

エッジコンピューティングとは、クラウドコンピューティングのデータセンターとエッジ（端末）との間にデータ処理を行う別のサーバーを用意することである。データの演算処理を分散し、ネットワークの即時性を確保することができる。今までの分散処理とは全く違ったアプローチが求められることから、PFNではクラウドとエッジ側で分散協調してシームレスに処理をできるようなフレームを開発し、これらのモジュールを自動化するため、全てを学習可能なコンポーネントで構成することを目指している。

② DiMO と Chainer

DiMO（Deep Intelligence in Motion）はPFNが開発するモジュール群である。この中核を担うのが Sensor Bee という、分散された環境にあるそれぞれのマシンでストリーム処理を行う

エンジンである。同社では「Sensor Bee」を用いる分野として「自動車」「製造業」「医療・健康」を想定している。

DiMO には Chainer という人間の脳の神経回路を模した、ニューラルネットワークという機能を取り入れている。一般的に、コンピューターは、単純な作業は得意だが、認知・判断のような複雑な作業は苦手だと言われている。この問題に対して、人間の脳を真似することで対処しようとしたのがニューラルネットワークである。ネットワークのプログラミングの構造は同じにする必要があったものの Chainer ではどのようなプログラミングの構造にも対応可能である。また、さまざまな学習と予測ができることから、マルチ GPU にも対応することが可能である。

③ 実際の学習の仕組み

Chainer を用いた強化学習の実例として、クルマの学習デモが紹介された。サーキットの中をクルマに見立てたアイコンが移動するというもので、クルマの認識・制御系の反応や、壁や他の車との距離、現在の速度などをもとに、クルマがどのような動きを行うべきか考える。クルマは速度が速ければ速いほど高い報酬を得ることができるが、コースアウトしたり壁や他の車に衝突したりするなど、誤った走行をすれば罰が与えられる。クルマは得られる報酬を最大化するにはどのように行動すればいいかを経験を通して学習する。

実際、ニューラルネットワークは右折カーブの手前で減速することが最も多く報酬が得られると推測しており、さらに学習が進むと、カーブを曲がりきれず壁にぶつからないようカーブの手前でのみ減速するようになる。このような学習を積み重ねることによって、クルマはサーキットをより速くコースアウトをすること無く正確に走行できるようになる。現在のニューラルネットワークの能力では、これらを 1 時間程度で学習してしまうという。

ランダムに障害物を設置した場所で訓練を行えば、クルマはやがて未知の状況にも自然に対応する能力を身につけていくという。

従来の技術開発では、人間が交通ルールを作り、それをソフトウェアのプログラミングに組み込むことによって、クルマが交通ルールを理解するという成り立ちが主流であった。しかし Chainer を用いれば、機械自身が交通ルールを学習するので、何千〜何万にも及ぶ場合分けや例外事項といったものまでクルマ自身で学習するようになり、システムの大幅な開発工数の削減が期待される。

信号なし交差点では「カリキュラムラーニング」という技術が用いられている。衝突時の罰を厳しくすると、クルマはルールの変化に対応できずに停車してしまうが、しばらく時間が経つと自然に走れるようになり、それまでよりも車間距離をとりながら走行するようになる。ここからさらに、交差点やクルマの数を増やして学習の難易度を上げていくことによって習熟度

を高めている。

6-2 NVIDIA

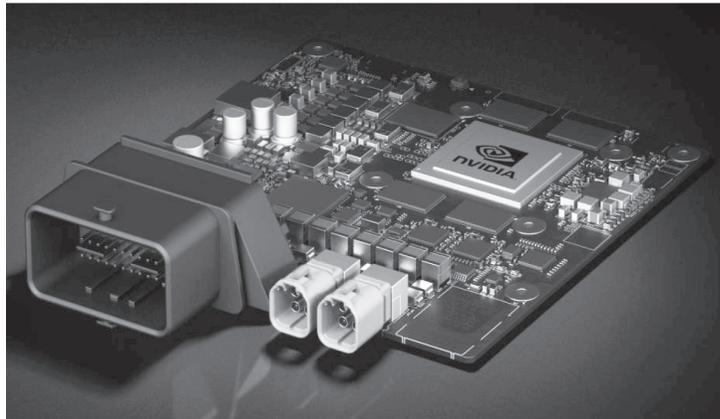
NVIDIA Corporation（エヌビディアコーポレーション）は、米国の半導体メーカーであり、GPU³²⁾で高い技術力とシェアを持つ。GPUで培った技術をもとに、AI技術、ディープ・ラーニングなどの分野でも高い技術力を発揮している。

2016年10月5日に東京工業大学と共催でGTC Japan 2016（GPU Technology Conference）を開催し、次世代スマートカーへの搭載をねらったカー・コンピューター「NVIDIA DRIVE」の中からPX2、さらには新OS「DRIVEWORKS ALPHA 1」や自動運転カー「BB8」などを発表している。

① DRIVE PX 2 AUTO CRUISE

AIを活用したボードとして、NVIDIAは「NVIDIA DRIVE PX 2 AUTO CRUISE」を発表している。これはシングルプロセッサのDRIVE PX 2でオートクルーズによる高速道路の自動運転向けに設計されており、非常に小さい10WのAIコンピューターである（図14参照）。

図14 NVIDIAのDRIVE PX 2 AUTO CRUISE



出所) NVIDIA「ディープラーニング AI 革命」2016年10月5日, GTC Japan 2016

AIハイウェイドライビング、自己位置推定、マッピングなどを行うことができるほか、冷却法としてパッシブクーリング機能を備えている。オートクルーズ³³⁾、オートシャフター³⁴⁾、無人での自律走行までを同一のアーキテクチャで実現できる。くわえて、スケール可能なアーキテクチャを採用しているため、さまざまな車に対応可能である。

② DRIVEWORKS ALPHA 1

「DRIVEWORKS ALPHA 1」は、自動運転車用のオペレーティングソフトウェアである。DRIVEWORKS はいくつかの異なる部分から成り立っている。オキュパンシーグリッドがデータベースのような役割を果たし、周囲情報などを蓄積していく。

データはリアルタイムに更新され、次に周囲がどのように動くのかということ予測することができる。このシステムでは、3つの異なる AI (DriveNet, OpenRoadNet, PilotNet) を用いている。3次元の検知とクラウドの HD マップに基づいて位置推定を行う。周囲の状況を認識しオキュパンシーグリッドを更新して、さらに可視化を行う。可視化することによって、AI が知覚したものをヒトの目で見えて知ることができるようになる。

この技術がさらに進化すれば、将来的に車にはミラーが不要になる。オキュパンシーグリッドによって車の周囲の情報はすべて知覚され、可視化されてしまうからである。

③ 自動運転 AI カー「BB8」

NVIDIA では、「BB8」と呼ばれる小さな AI カーを開発している。車内に内蔵されたカメラで撮った映像から、ドライバーの運転を模倣することで操縦を学習する。

カラーコーンの間を抜ける障害物実験では、はじめはカラーコーンにぶつかるものの、どんどん学習を進めてカラーコーンの間を走れるようになった。学習を進めることで、レーンの有無に関わらず、たとえブラインドコーナーでも問題なく、ヒトが行うような動作で走行することが可能になった。さらに学習が進み、雨や夜にも対応することができるようになったという。

中国の Baidu (百度) や、ニューヨークの TomTom は、自立走行車開発で NVIDIA とパートナーシップを結び、開発のプラットフォームとして採用する。

④ XAVIER

XAVIER (エグゼビア) は、ビジュアルコンピューティング、ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC)、人工知能 (AI) の交点の部分、つまりインテリジェントマシンのための AI コンピューティングに特化した次世代 SoC³⁵⁾ である。

XAVIER は、70 億個のトランジスタを持っており、また、8 コアのカスタム 64 ビット ARM プロセッサと 512 個の次世代 Volta GPU、新コンピュータービジョンアクセラレータ、2 基の 8K HDR ビデオプロセッサを内蔵、ASIL C レベルの機能安全設計といった機能を持つ。2 つの Parker + と 2 つの Pascal が 1 つの XAVIER に相当し、一般的なパソコン約 100 台分にも相当する性能を実現するという³⁶⁾。

7 通信技術

携帯電話の普及が進んだ 1990 年代，テレマティクスサービスによって自動車が「車外とのつながり」を持つようになり始めた。昨今ではスマートフォンなどモバイル端末の普及によって，車内にいてもさまざまな情報にアクセス可能である。これら IT (Information Technology) / CE (Consumer Electronics) の製品特性を有するモバイル端末の普及が，「車外とのつながり」を促進している。他方，交通事故および交通事故死者数のさらなる減少を目指して，車車間通信 (V2V) や路車間通信 (V2I, I2V)，歩車間通信 (V2P) を活用した協調型運転支援システムが整備されつつある。協調型運転支援システムは，近未来に実現が目指されている自動運転・協調走行システムへの第一歩である。安全なモバイルソサイエティの実現に向けて，自動車にはますます「車外とのつながり」が要請されている。

クルマから，クルマに内蔵されたカメラやセンサー，OBD などさまざまなモジュールのデータを集め，ビッグデータとして蓄積し，テレマティクス，自動運転分野などのサービスに利用していくことが世界的なトレンドになっている中，通信技術の重要性がますます高まっている。

ここでは，5G の動向と IT/CE との融合および協調型運転支援システムの構築という観点から，通信技術の動向を抑えておく。また通信関連企業として昨今注目を集めているソラコム の活動をトレースしておく。

7-1 5G 及び 5GAA

世界的な動きとして，自動車と通信の業界の連携の動きが加速している。クルマと通信は密接不可分なものとなってきており，その中で注目されるのが 5G の次世代通信技術である³⁷⁾。

これまでは主に携帯電話で移動通信システムが使われてきた。1980 年ごろに第一世代が始まり，2000 年ごろに i モードやメールなどが当たり前になる第三世代が登場し，第四世代でスマートフォンが普及してきた。そして 2020 年をめどに第五世代の移動通信システムを実現しようという議論が起こっている。

また，5GAA という動きがある。これは「5G Automotive Association」の略で，BMW，アウディ，ダイムラーの自動車会社と，エリクソン，インテル，ノキア，クアルコムなど通信会社が協力し，次世代移動通信システム「5G」技術を利用したコネクテッド・カー関連のサービス，自動運転サービス，さらに業界標準や業界横断的な実証実験を進めていこうというものがある。現在急速に参加メンバーが増えており，2017 年 1 月末時点で約 30 社が加盟している。

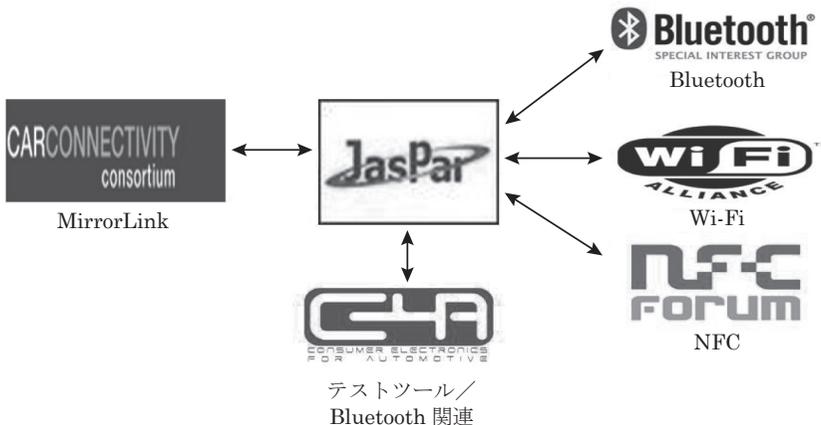
7-2 IT/CE との融合

Google や Apple は、これまで自動車業界とは遠い存在であった。しかしモバイル端末と車載システムの融合によって、自動車業界における両社のプレゼンスが一気に高まりそうな気配である。すでに両社は、車載用ソフトウェアと車載インフォテインメントシステムとの融合にむけて動き始めている。車載 UI (User Interface) や端末・車載システム間の通信プロトコルをはじめとする、各種インターフェイスの標準化が当面の活動ターゲットになる。

他方、自動車メーカーも IT/CE 分野の技術を車載システムへ融合するために、インターフェイスの標準化に取り組み始めている (図 15 参照)。各社独自のシステムを打ち出しつつ、車載システムと IT/CE に共通の標準的な「リファレンス・プラットフォーム」の策定や、W3C コンソーシアム (World Wide Web Consortium) と協調しながら HTML5 を用いた WEB 技術の導入を視野におさめている。

IT/CE と車載システムの融合の課題は、相互運用性 (interoperability) の確保である。通信プロトコルの標準化とその普及もさることながら、標準規格に基づき実装されたシステムの相互運用性を担保するために、並行してコンFORMANCE試験仕様や認証システムの整備が欠かせない。すでに自動車業界では、Apple や Google など個別企業との協調を模索しながらも、他方において標準化機関と連携を図りながら相互運用性の確保に努めている。下図は、主要通信プロトコル (無線) における標準コンソーシアムと日本の自動車業界の協調関係を示している。日本の自動車業界は、これらの標準コンソーシアムに個別に参画しつつ、JasPar として国内の声をひとつに纏めながら多面的に標準化活動を展開している。

図 15 JasPar の協調ネットワーク (IT/CE)



出所) 筆者作成。

ターミナルモード型については、MirrorLink との融合に向けて CCC (Car Connectivity Consortium) と協調している。テザリング型については、NFC フォーラム、Wi-Fi アライア

ス、Bluetooth SIG（Special Interest Group）などの標準化団体と標準化領域の確定やコンフォーマンス仕様の策定をすすめている。そのほか、テストツールや手法の標準化に向けては、ドイツのVDA（association of the German automotive industry）傘下のCE4A（Consumer Electronics for Automotive）と情報交換を行っている。IT/CEとの融合と相互運用性の確保に向けて、このようなグローバルかつ多様なアウトリーチ活動がますます欠かせなくなっていく。

7-3 協調型運転支援システムの構築

自動車業界では、これまで交通事故および交通事故死者数の減少を目指して「自律型運転システム」を導入してきた。それは、事故回避のための警報や操作支援といった予防安全技術のほか、衝突被害軽減ブレーキや自動緊急ブレーキなどPCS（pre-crush safety）システムの開発・実装によって実現されている。そして今日、車車間通信（V2V）や路車間通信（V2I，I2V），歩車間通信（V2P）を利用した「協調型運転支援システム」の導入期にある。それは、先行車や周辺車両，路側機，センター設備，歩行者からの情報をもとにドライバーや車載センサーの検出限界を超える範囲の情報（障害物，路面凍結，路肩規制，急ブレーキ）を活用して事故回避操作を支援するシステムである。

3年前の「ITS 世界会議東京 2013」では「ITS Green Safety」というコンセプトのもと、様々なセンシング技術，通信ネットワーク技術，計測技術，プローブ技術，ナビゲーション技術を用いた協調型安全運転システムのショーケースが披露された。通信ネットワーク技術に着目するならば，同システムの実現には，ネットワークの形態によって策定された多種多様な標準的通信手段（V2V：Wi-Fi，700MHz帯，5.8/5.9GHz帯，V2I・I2V：FM多重，DSRC，Zigbee，ETC，電波ビーコン，光ビーコン，VICS）を用いて，サブシステム間の相互運用性の確保しながら技術の社会実装を実現していくことが望まれる。

同時に，協調型安全運転システムの実現には，自動車業界のみならずインフラ側の関係省庁や業界団体，研究機関など幅広いステイクホルダーとの政治的調整も不可欠である。社会のあるべき姿を掲げながら，ステイクホルダーの間で全体最適化を図っていくガバナンスモデルについても議論を深めていかなければならない。

7-4 セキュリティ

自動車の「車外とのつながり」を前提とする場合，最重要課題のひとつに上るのがセキュリティである。IPA（独立行政法人 情報処理推進機構）は，様々なネットワークと自動車がつながることによって，自動車がサイバー攻撃の対象にされる危険性が高まってきているとする。そして，自動車の将来を見据えた情報セキュリティ対策の現状と課題を指摘している³⁸⁾。ここでは，車車間（V2V），（V2I）および路車間通信（V2I，I2V）の欧米の動向について，代表的な

産官学連携プロジェクトを紹介する。

欧州におけるセキュリティに関わる R&D および標準化の一翼を担っているのが、フレームワークプログラム (FP7) の助成を受けた PRESERVE (Preparing Secure Vehicle-to-X Communication Systems) である。PRESERVE は「車内のつながり」(automotive in-board network) のセキュリティに関わる EVITA (E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications) の成果を取り込みつつ、「車外とのつながり」に関わる SeVeCom (Secure Vehicular Communication) や PRECIOSA, OVERSEE (Open Vehicle Secure Platform) などのプロジェクト成果を統合しながら、V2X 通信のセキュリティ向上につとめている。

PRESERVE は、米国の ITS 向けセキュリティ規格との標準化を図る役割も担い、米国運輸省や IEEE を含む EU-US ITS Cooperation HTG (Harmonization Task Group) に参加している。欧州側の上位にあたる組織は欧州の C2C-CC (CAR 2 CAR Communication Consortium), 標準化については欧州 ETSI (European Telecommunications Standards Institute) になっている。

米国における「車外とのつながり」に関わる R&D および標準化は、IntelliDrive イニシアティブの中で推進されている。IntelliDrive の推進主体は、運輸省傘下の RITA (研究・革新技術庁: The Research and Innovative Technology Administration), NHTSA (道路交通安全局: National Highway Traffic Safety Administration) である。また、IntelliDrive は自動車メーカーによるコンソーシアム CAMP VSC3 (Crash Avoidance Metrics Partnership, Vehicle Safety Communications 3) が進める Connected Vehicle プロジェクトの R&D 活動と連携している。

JARI (財団法人 日本自動車研究所) の調査によれば、米国ではイニシアティブの関連プロジェクトである車車間通信アプリケーション検証の VSC-A, 安全運転・交通渋滞解消の Safe Trip2, 安全支援アプリケーションの検証 Safety Pilot 等の研究開発成果を活用し、SAE や IEEE 等の標準化項目の検討を加味した上で、欧州との協調システムの標準化の推進を進める体制を確保している。このうち Safety Pilot プロジェクトでは、セキュリティやプライバシーについても評価の対象になっている。Safety Pilot は、先述の RITA から助成を受けたミシガン大学 TRI (Transportation Research Institute) が中心となって、CAMP VSC3 等と進められている産官学連携プロジェクトである。プロジェクトでは、セキュリティのため V2I には双方向通信を利用するが、V2V には一方向通信だけを使う方法が示されているという。また、IEEE 1609.2 (Security Services for Applications and Management Messages) で標準化された電子証明書技術が採用され、CAMP VSC3 による電子証明書の検証回数を削減する“Verify-On-Demand”などの工夫が導入されている模様である。

7-5 ソラコム

株式会社ソラコム (以下、ソラコム) は同社の社名と同じ SORACOM という IoT 通信プラッ

トフォームを手がけている。SORACOM は、MVNO³⁹⁾として、NTT ドコモの通信基地局を使ったデータ通信 SIM を提供するプラットフォームである。

ソラコムは、2016年7月6日に、未来創生ファンドからの資金調達を行っている。それに関連し、未来創生ファンドに出資しているトヨタと、KDDI が推進するコネクテッド・カー向けグローバル通信プラットフォームについてパートナーシップを構築することも発表した。また、7月13日には主催カンファレンスの「SORACOM Conference 2016 “Discovery”」を開催するなど、自動車のコネクテッド分野に本格的に乗り出している。

① 概要

ソラコムは、MVNO であり、自社では実際の回線を持たず、NTT ドコモの回線を利用して通信サービスを行っている。また、SORACOM は、モバイル通信とクラウドを一貫して提供する IoT 通信プラットフォームでもある。通常、モバイル通信を行う場合は、基地局とデータセンター、などさまざまなハードウェアに膨大な初期投資をする必要がある。ソラコムは、基地局を NTT ドコモから借り、クラウド上にソフトウェアを構築することで、バーチャルキャリアを作り上げている。

② IoT への特化

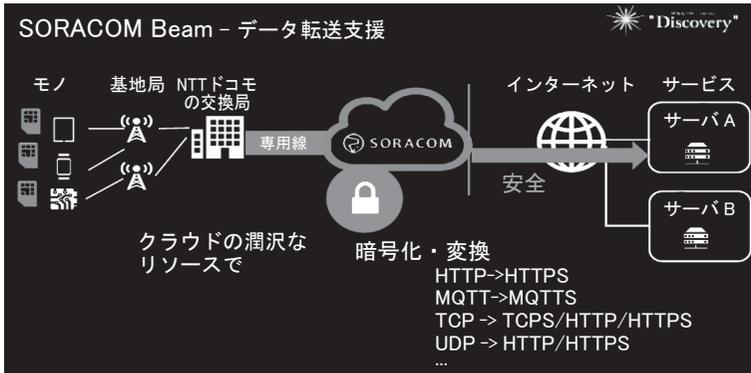
IoT 向けに特化した SORACOM Air では、SIM の利用開始、停止、解約、速度変更、利用状況を Web 上で監視・管理することができる。通信が増えれば、膨大な数の SIM カードを管理する必要がある。API を使ったプログラムでの操作も可能で、数万枚にわたる SIM カードでも管理が容易になる。一日 10 円の従量課金制で、通信料は 1MB あたり 0.2 円となっている。

③ セキュアな通信

SORACOM はクラウドのリソースを使って、セキュアな通信を可能にする（SORACOM Beam：図 16 参照）。

IoT が広まると、顧客情報など機密性の高い情報を頻繁に送受信することになり、当然高いセキュリティが必要になるが、通信デバイスの少ないリソースでは暗号化が困難なときがある。Beam を使用することで、デバイスとサーバー間の通信の暗号化をクラウド上で代わりに行うことができる。これを発展させた SORACOM Funnel では、AWS や Azure などのクラウドサービスにデータを転送することができる。サービスごとに認証の仕方が違うため、それぞれにデータを中継するサーバーを立てる必要があったが、Funnel では画面で設定を行うだけで AWS や Azure への接続が可能になる。

図 16 SORACOM の SORACOM Beam



出所) 株式会社ソラコム「基調講演 Discovery ~IoTの最先端を探しに~」2016年7月13日

SORACOM のシステムは、AWS 上に構築されている。企業のシステムが AWS 上にある場合、SORACOM のプラットフォームを直結することができる (SORACOM Canal)。通信デバイスから SORACOM のキャリアの閉域網を通して直結された企業のシステムへデータを送ることができ、データがインターネットを介することがなくなる。

しかし、全ての企業のシステムが AWS 上に構築されているわけではない。SORACOM のシステムと、AWS 外部の企業システムを専用線でつなぐこともできる。物理専用線でつながるものが SORACOM Direct、仮想専用線でつなぐサービスが SORACOM Door である。

④ モビリティへの導入事例

SORACOM の導入事例としては十勝バスが挙げられる。全ての路線バスにスマートフォンを置き 5 秒ごとに位置情報をクラウドへ送信している。また、バスの乗換えアプリ「もくいく」と連携して、リアルタイムなバスの位置情報を用いて路線案内を行っている。バス停へのバスの到着時間の検索や通知を行うことができるようになる。SORACOM Air を使うことにより、通信料を 10 分の 1 まで下げることができ、また 130 台にも及ぶバスの SIM カードの管理負担が低減されたという。また、SORACOM は Japan Taxi でも導入された。同社はタクシーの後部座席にタブレットを置き、サイネージで広告動画を配信しているが、動画という重いコンテンツのアップデートにかかる通信料が大きな負担であった。SORACOM を使用することによって、API により料金が最安値となる夜間帯に動画をダウンロードする仕組みを構築し、通信料の削減に成功した。

東海クラリオンでは、ドライブレコーダーに SIM カードを挿して通信を可能にした「CL-2CM」のサービスの提供を行おうとしている。急激なブレーキ時などクルマの走行情報を安全運転指導に使用したり、事故を起こした際の動画によりトラブル発生時の初動対応へと活用

したりすることができる。

(以上)

<注>

- 25) Electronic Road Pricing System : MHIMS の手がける電子式道路課金システムのこと。交通量の多い区域の出入り口に設置することで、電子式の課金をを行い、負のインセンティブによって流入量の制限を行う。詳細は後述する。
- 26) 三菱重工メカトロシステムズ ホームページ / ニュースリリース <http://www.mhims.co.jp/>
- 27) 2016 年 6 月 29 日 @ 本店・川崎工場
- 28) 2016 年 6 月 29 日 @ 本店・川崎工場
- 29) 2016 年 3 月 23 日 @SAP ジャパンビル (SAP ジャパン本社)
- 30) 2016 年 3 月 23 日 @SAP ジャパンビル (SAP ジャパン本社)
- 31) 2016 年 5 月 17 日 @ ウェスティンホテル東京
- 32) Graphics Processing Unit : コンピューター等の画像処理をする部品のひとつ。NVIDIA ではパソコン向け GPU である GeForce や、ワークステーション向けの Quadro や NVS などが主力製品。スパコン向け、スマホ・タブレット向けのものも手がけている。
- 33) 高速道路でのハンズフリーなクルージングのこと。
- 34) 「take me home」といえば、自分を家に連れて行ってくれるような機能のこと。
- 35) System-on-a-Chip : 集積回路のチップ上に多目的機能を集積して設計された集積回路製品のこと。
- 36) NVIDIA 共同創業者兼 CEO ジェンソン・フアン氏の GTC JAPAN 2016 での説明より。
- 37) 注目のもう一つの技術が LPWA (Low Power Wide Area) と呼ばれる省電力で通信コストが低い通信技術である。こちらは人感センサーなどのセンサーデータのように、そこまで大容量のデータを取り扱わない分野で注目されている。
- 38) IPA 技術本部 セキュリティセンター (2013) 『自動車の情報セキュリティ動向に関する調査 報告書』 独立行政法人 情報処理推進機構
- 39) Mobile Virtual Network Operator のこと。他社の無線通信回線設備を用いて、自社ブランドで通信サービスを行う事業者を指す。

<参考文献>

- 国土交通省 (2016) 『第 2 回 G7 交通大臣会合 長野県・軽井沢交通大臣会合宣言』 http://www.mlit.go.jp/kokusai/kokusai_tk1_000100.html (2016 年 9 月 26 日)
- 内閣官房 IT 総合戦略室 (2016) 『自動運転レベルの定義を巡る動きと今後の対応 (案)』 http://ww.kantei.go.jp/jp/singi/it2/senmon_bunka/detakatsuyokiban/dorokotsu_dai1/siryou3.pdf (2017 年 5 月 30 日)
- IPA 技術本部 セキュリティセンター (2013) 『自動車の情報セキュリティ動向に関する調査 報告書』 独立行政法人 情報処理推進機構
- NAVYA TECHNOLOGY <http://navya.tech> (2017 年 5 月 30 日)
- 自動運転標準化研究所 http://www.mlit.go.jp/report/press/jidosha07_hh_000207.html (2017 年 5 月 30 日)

- 本田技研工業 プレスリリース <http://www.honda.co.jp/> (2016 年 12 月 24 日)
- ヤマトホールディングス プレスリリース <http://www.yamato-hd.co.jp/news> (2016 年 12 月 24 日)
- 三菱重工業メカトロシステムズ ホームページ / ニュースリリース <http://www.mhims.co.jp> (2016 年 12 月 24 日)

Shape a New Mobility Society: Trend of the Autopilot-related Technology (2)

Akio Tokuda *

Keizo Inoue **

Abstract

The development of autopilot-related technology can be a clue to solving various social problems. For example, it is said that about 90% of traffic accidents are due to driver's mistake, a so-called human error, and the related technology is expected to minimize this human error, greatly reduce the number and size of traffic accidents and so on. In addition to the serious economic loss caused by traffic congestion in not only urban areas of rapidly developing emerging countries but also developed countries where population concentration is concentrated in large cities, it is also a problem that the technology should be raises an effective answer. In addition, the technology can be regarded as a core technology for social and service innovation, such as securing mobility in marginal settlements, improving the attractiveness of existing tourism resources and cultivating tourism industry, etc.

In this research note, we try to overview the technology based on known facts and original hearing we have conducted by focusing the such a technology as traffic flow control, mobility group control technology, communication technology, etc.

Keywords:

autopilot, autonomous cruising, self-driving car, mobility, standardization

* Professor, Ritsumeikan University School of Business Administration

** Representative Director of Automobile Newspaper Co., Ltd.

