



コネクティッド／自動運転を見据えた交通システム

Traffic Management System toward Connected and Automated Vehicles Era

鷺見 公一
Koichi Washimi

我が国では、1950年代のモータリゼーションの急速な進展に伴って深刻化した交通事故増大や渋滞問題に対して、官民一体となって対策に取り組み成果を挙げてきた。この中で当社は、東京都に導入された広域交通制御システムの開発を始め、その後の国内における信号制御の発展に主導的役割を果たしてきた。また、培った技術をベースに新興国の交通課題に対処するため、JICAプロジェクトによりカンボジア・プノンペン交通管制システムの導入等を進めている。さらなる安全性向上に向けては、路車協調型の安全運転支援システムに関する取り組みを行っているところであり、センサや無線通信装置の開発・製品化を行ってきた。今後、コネクティッド・自動運転時代の新たなニーズに対応すべく、AI・シミュレーション技術を活用した次世代交通システムの研究開発にも取り組んでいる。本稿では、住友電工の交通システムに対する過去実績及び将来に向けた取り組みを報告する。

Traffic accidents and congestion problems have been reduced by the efforts of public and private sectors. Sumitomo Electric Industries, Ltd., a leading supplier of intelligent transport systems, has contributed to the development and installation of wide area traffic management systems. For more safety, infrastructure-vehicle cooperative driving safety support systems using sensing and wireless communication technologies are expected to be one of the best solutions to traffic problems particularly near intersections. To meet these needs in the era of connected and automated vehicles, we have been researching and developing new technologies utilizing artificial intelligence and simulations. This paper reports on our previous and future efforts for advanced traffic management systems.

キーワード：交通管制、安全運転支援、路車協調、コネクティッド、自動運転

1. 緒言

わが国では、モータリゼーションの急速な進展が経済発展や生活水準の向上に大きく寄与してきた一方、交通事故の増大や渋滞・公害の深刻化など、社会システムへの負の側面も顕在化してきた。これに対して、当社は1960年代後半からITS (Intelligent Transport Systems) への取り組みを開始し、警視庁交通管制センターへの交通管制システムの導入などで、道路交通安全の向上や渋滞の軽減に寄与してきた。また、モータリゼーションが爆発的に加速している新興国でも、かつての日本と同様に交通事故や渋滞問題が深刻化しており、日本で培った交通管制技術で貢献すべく、東南アジア圏を中心にシステム導入に向けた取り組みを行っている。この際、日本のシステムをそのまま適用するのではなく、各国の技術・ノウハウを取り入れ、各国固有の交通事情に即した形で導入することが肝要である。

前述の取り組みにより、日本の交通事故死者数は減少傾向にあるものの、交差点周辺の交通死亡事故が約半数を占めており、また、高齢者の死者数の比率も過半数を占めている状況である。さらなる安全性向上に向けてはこれらの対策が不可欠であり、現在官民一体となって路車協調型の安全運転支援システムの導入・普及に向けた取り組みを行っているところである。本システムにおいては、車両や歩行者のセンシング技術、無線通信技術が重要なコンポーネン

トとなり、当社は技術開発・製品化を行ってきた。

さらに当社は、AIやシミュレーション技術を取り入れた交通管制システムの他、自動運転車のスムーズな走行を支援する信号情報提供の導入に向けた製品開発など、広範囲にわたる実績と新技術の開発により、コネクティッド・自動運転時代の新たなニーズにも応えるべく、不断の努力を行っている。

本稿では、住友電工の交通システムに対する過去実績及び将来に向けた取り組みを報告する。

2. 交通管制

2-1 日本の交通事故推移と国策

日本ではモータリゼーションの進展とともに、1950年代から交通事故が急激に増加し(いわゆる第一次交通戦争)、1970年頃には交通事故死者数が1万6千人を超えた。1971年度に交通安全基本計画(5ヶ年計画)が策定され、各種交通施策の実施に加えて、交通管制センターの導入により、交通事故死者数は10年間で約半減した。しかし、車の保有台数が増加し続けたことから交通事故死者数は再び増加に転じ、1988年には1万人を超えた(いわゆる第二次交通戦争)。同時に、渋滞、環境の悪化も社会問題となり、1996年には、関連5省庁がITS全体構想(長期ビジョン)を策定

し、9つの開発分野について、産学官における研究開発等推進のための共通目標が設定された。その後、ITSの導入が進み、交通事故死者数も減少してきたが、減少率は低下しており、また、高齢者（65歳以上）の事故死者数の比率が約55%となっており、未だ多くの課題を抱えている。

2-2 交通管制の歴史と当社取り組み

住友電工における交通管制の取り組みは、1968年に東京大学他と実施した中央装置から遠隔で信号制御を行う甲州街道パイロット実験に端を発する。1970年には、東京都の広域交通制御システムを他社・団体と共同で受託し、その後の国内における信号制御の発展に主導的役割を果たしてきた。1995年には車両検知センサで収集される最新の交通状態に基づいて信号青時間を最適化する国内初の自動生成信号制御⁽¹⁾を開発し、これをベースとした信号制御方式（MODERATO制御）が日本標準方式として警察庁に採用された。また、2004年に愛知県で開催されたITS世界会議では、当社が開発した国内初の自律分散制御方式（プロファイル制御）のショーケースデモが行われ、その後、全国の都道府県警によって導入が進められている。このように、従来は信号制御の高度化によって交通流の円滑化を図るといった社会ニーズがあり、当社がそれに応える技術開発を主導してきた。

一方、近年の地方財政悪化は、インフラ老朽化等の社会問題を深刻化させており、信号制御においても、より低コストでレジリエントなシステムへの転換が求められている。当社は、こうした社会ニーズの変化を背景として、従来の車両検知センサに替わって、ICT技術の進展により普及が急速に進みつつあるコネクティッドカー（つながる車）から収集される走行軌跡情報（プローブ情報）を利用した新たな信号制御システムの開発を進め、その実用化を主導しているところである。さらには、信号灯色予定情報を車に配信し、車自身が走り方を変えろといったインフラと車が相互に協調して交通流を円滑化する協調型交通管制の実現を目指している。

2-3 プローブ活用交通施策

より安全・円滑・快適な道路交通環境を実現するために、カーメーカ等の民間プローブ情報を活用し、過去に遡った交通状況の把握や分析を実施している。

当社は、2014年から2年間にわたり、岡山県の交通渋滞の緩和に向けた調査研究を実施した。この研究では、プローブ情報の渋滞対策等への活用方法検討とともに、即効的な交通事故防止対策および中長期的な渋滞緩和対策を策定した。プローブ情報の速度解析により速度低下が集中している地点を抽出し、定常的に渋滞が発生している箇所を把握できた。この抽出箇所を中心に交差点分岐率や平均停止回数等の詳細な分析を実施し、交通管制システムでカバーされていない地域での渋滞や、従来は固定センサでしか把握できなかった特定方向の渋滞を把握できた。また走行軌跡を分析することで、混雑時等に抜け道として利用されてい

る生活道等も把握することができた。

これらの分析結果を元に、①信号制御パラメータの見直し、②管制エリアの拡充、③情報提供の高度化の基本方針を立て、継続的に渋滞対策に取り組んでいる。

2-4 新興国への展開

東南アジア諸国では、諸外国のシステムが導入されることもあるが、各国固有の交通事情（例：タイでは路地の流入車両が多い等）に即さない、技術・運用ノウハウが現地側に伝授されない又はできないことにより導入後の維持管理が困難となりシステムが使用されなくなるといったケースも見受けられる。従って、日本のシステムをそのまま適用するのではなく、各国固有の交通事情に即し、かつ現地スタッフによるシステムの維持管理が可能な形で導入することが重要である。以下に近年の取り組みとしてタイとカンボジアでの例を紹介する。

タイでは、前述の観点から、2014年より現地企業と技術交流を進め、お互いの信号制御方式を融合することにより現地の交通事情に適した制御方式を考案し、現地企業でソフトウェア作製および既存信号機に組み込むことにより継続的な維持管理を可能とするシステムの開発を進めてきた。このシステムを用いたパイロット事業として、2015年から2016年にかけてのJICA（国際協力機構）プロジェクトにて首都バンコク内の連続した5交差点の信号制御改善を行い、年間約5千万円の経済効果（信号待ち時間の低減による人件費損失改善の試算値）が得られた。今後、交通管制センターを含めたシステム拡張を目指し、取り組みを継続している。

カンボジアでは、日本政府のODA無償資金協力による首都プノンペンの115交差点規模の交通管制システム構築案件を受注し、現在施工を進めている。本案件は、交通管制センター、監視カメラ、光ファイバネットワーク、信号機、車両検知センサを含む大規模なプロジェクトであり、急速な車両数の増加に伴い深刻化しているプノンペン都の交通事故・渋滞の低減・緩和が大きく期待されている。



写真1 プノンペン交通改善

3. 協調システム (V2X)

3-1 導入動機と各国状況

日本では2016年3月11日に策定された第10次交通安全基本計画において、「①2020年までに交通事故死者数(24時間死者数)を2,500人以下とし、世界一安全な道路交通を実現する。②2020年までに死傷者数を50万人以下にする。」との目標が掲げられている。しかしながら、交通事故死者数は3,694人(2017年)であり、この目標達成のためには、更なる取り組みが必要である。その取り組みの一つとして、路車協調型の安全運転支援システムがあり、官民連携してシステムの開発と導入に取り組んでいるところである。一方、米国でも約35,000人が交通事故で亡くなっている。深刻な交通事故の94%はヒューマンエラーから発生していることから、その対策としてコネクティッドカー及び自動運転の取り組みを加速させており、現在、全米30以上の都市でコネクティッドカーの実証実験が行われている。また、欧州でもコネクティッド及び自動運転の技術が交通事故死者ゼロや渋滞削減につながることから、協調型ITSの実現に向けて様々な取組みが開始されている。

3-2 安全運転支援システム

日本の交通事故による死傷者数は、近年、減少傾向にあるものの依然として58万人以上と高い状態で推移している。特に交通事故死者数に着目すると、65歳以上の割合が55%を占めており、原因別では「認知」「判断」「操作」の遅れや誤りによる事故が大半を占めている。そのため、高齢者ドライバーによる交通事故の発生件数の増加への対策が急務となっている。交通事故の被害軽減策としては、これまでカーメカを中心に開発が進められてきた衝突被害軽減ブレーキやレーンキープアシストといった車両自律型の安全支援システムが挙げられるが、交差点内では車から直接見通せない事象に起因した交通事故も多く発生しており、車両自律型の安全支援システムだけでは十分とは言えない。そこで、車と車、車と路(インフラ)を無線通信でつないで相互に情報を交換することで対象車両から直接見通せない事象を把握して安全運転を支援する協調型安全運転支援システムへの期待が高まっている。

こうした背景のもと、警察庁においては、車と路をつなげることでドライバーの認知・判断をサポートする協調型安全運転支援システムであるDSSS(Driving Safety Support Systems)の研究開発と実用化が推進されてきた。当社は、路を軸としたITSの実証実験や標準化を推進している一般社団法人UTMS協会の実証実験に参画し、DSSSのキーコンポーネントである700MHz帯ITS無線路側機、車の位置と速度を検出する車両検知センサ、横断歩道の歩行者の存在を検出する歩行者検知センサや、信号灯色予定情報の出力が可能な信号制御機等の研究開発とフィールド実証を進めてきた。加えて、ITS無線セキュリティの技術仕様、相互接続性確認方法並びにこれらの運用検討を行うITS Connect推進協議会に2014年10月の設立当初より幹事会員として参

画し、インフラの整備・管理を担う官と車の普及促進を担う民が連携した運用の枠組みの構築にも貢献してきた。これらの活動が実を結び、「右折時衝突防止支援システム」、「(右折先)歩行者横断衝突防止支援システム」及び「信号見落とし防止支援システム」の3システムが2015年より実用化され、市販車両に向けた実用サービスが提供されている。2018年3月末時点で8都府県、81交差点にシステムが導入されている。現在は、DSSSの高度化を進め、ITS無線路側機をはじめとする前述のキーコンポーネントを軸に自動運転支援インフラの検討を進めている。

3-3 センシング技術

DSSS用の車両検知センサは、車両が交差点に到達するまでの時間を正確に予測するために、広い検知エリアと、高精度な距離/速度検知性能が求められる。当社は、交通管制用として画像式センサを販売してきた実績を生かし、DSSS用の画像式車両検知センサを開発し、実用化した。一方、歩行者検知センサは、夜間に自らが光を発することがない歩行者を安定して検知することが求められる。そこで当社は、天候や明るさの変化の影響を受けない、ミリ波レーダ式歩行者検知センサを新規に開発した。ミリ波レーダは、電波を送信し、物体からの反射波を受信することで、その物体までの距離や方位を計測するセンサである。当社が開発したミリ波レーダ式歩行者検知センサは、高いアンテナ設計技術により広い検知エリアを確保しており、そのために設置位置の自由度が高いことが特長である。また、反射波の特徴情報の解析から、歩行者を追跡してその動きを予測する機能など、インフラ設置用として独自に開発したアルゴリズムにより、高い検知精度を実現している。現在は、これらのノウハウを生かし、車両検知センサとしてのミリ波レーダを開発中である。

4. 次世代交通

4-1 AI交通管制

これまでの交通管制システムは、道路上に整備された車両検知センサからの情報を基に交通状況を算出し、信号制御や交通情報の提供を行ってきたが、これら車両検知センサの維持コストが地方財政の疲弊と共に負担となっている。一方で近年、プローブ情報の活用やAIによる機械学習が実用化されていることから、プローブ情報と車両検知センサ情報の相関を学習させ、その結果を用いて、プローブ情報から従来と同等の精度で交通状況を算出することで、車両検知センサの削減を図る研究を行っている。

4-2 広域交通シミュレーション技術

交通シミュレータは、例えば新しい道路建設計画、事故や工事に対する迂回路誘導計画、大規模イベントや自然災害時の対応など、様々な交通対策の検討及び効果推定を行う際に最も効果的な支援ツールの1つである。一方で、検討対象が東京都全域のように広域になると、交通量、渋滞

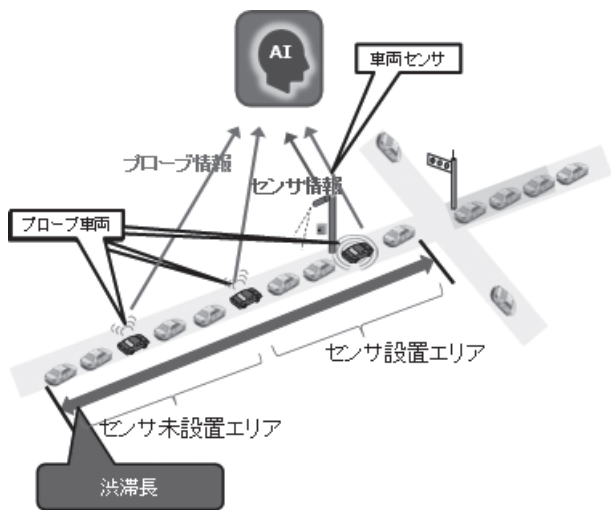


図1 AI交通管制

及び旅行時間を実交通観測値に合うように再現させることが困難であった。また、交通対策の検討では、想定される複数の状況（シナリオ）に対して、交通管理者が交通への影響と対策の効果を比較する必要があり、シミュレータ操作の簡素化も重要である。

そこで、交通管制システムが管理するデータを活用し、自動調整による再現性向上及び操作の簡素化を実現する技術を開発した。この技術は、SOUND交通シミュレータ（東京大学生産技術研究所が開発）に組み込まれ、2011年4月から警視庁交通管制センターで運用されている⁽²⁾。図2は、2011年3月の東日本大震災で発生した渋滞状況をシミュレーションで再現した例である。横軸が時刻、縦軸が東京23区内の総渋滞長で、2011年3月4日（地震の1週間前）、3月11日（地震当日）、及び当日の渋滞を交通シミュレータで予想した結果を表している。交通シミュレータは、首都高速道路閉鎖、交通需要の増加及び交差点の処理効率低下など、入力されたシナリオに基づいて総渋滞長の変化傾向を概ね正しく再現した。更に、発生需要の調整など、シナ

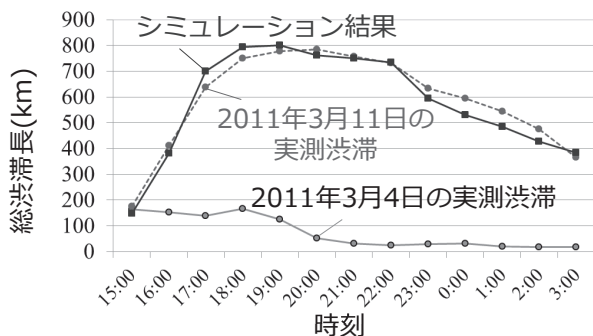


図2 交通シミュレーション結果の例 (出展: ITS世界会議2012)

リオを追加することで、この時にどのような交通対策が有効であったかを事後検証することが可能であり、将来の対策検討に役立てられている。

東京では、2020年の東京オリンピック・パラリンピックを始め、様々なイベントが予定されており、また、大規模な災害に対する備えも必要である。広域交通シミュレータは、交通対策の検討支援ツールとして利用されている。

4-3 自動運転に向けた取組み

自動運転車両は、車載カメラ等により信号灯色を認識し発進/停止/減速を制御することが想定される。しかし、例えば逆光時に認識精度が低下する場合や、先行する大型車などのために信号灯器が隠れて見えない場合も考えられる。また、走行速度によっては、青信号から黄信号への変化時に、黄信号終了時まで停止線を越えることも無理なく停止することもできない領域（ジレンマゾーン）が生じる。これらによって、自動運転車両が信号無視や出会い頭事故を起こしたり、あるいは急ブレーキが作動して搭乗者の怪我や後続車との追突を招くなどの懸念がある。一方、これらを回避するために信号交差点手前で毎回減速や一時停止をすることも考えられるが、自動運転車両としての商品価値を損ねたり社会受容性を損ねたりする懸念がある。よって、これらの解決手段として、信号機の現在灯色や次の灯色に切り替わるまでの残秒数を無線通信等で随時提供することが、安全な自動運転には不可欠である。信号情報の提供により、信号交差点でのスムーズな通過や停止を支援することが可能となる。

代表的な通信方式として、V2I (Vehicle to Infrastructure) とV2N (Vehicle to Network) の2種類が考えられる。V2Iは、交差点に設置した路側機から車両へ直接送信するもので、日本では700MHz帯、欧米等では5.9GHz帯が専用帯域として割り当てられている。また、V2Nは、4G (LTE) や将来的には5Gのモバイル回線を使って送信する方法である。

一方、信号機には、①交通管制センターと接続し、交通状況に応じて各灯色の秒数を毎回決定するもの（集中制御）と、②交通管制システムと接続せず、曜日や時間帯ごとに予め設定したパターンで各灯色が動作するもの（地点制御）があり、さらにそれぞれの中には、③押しボタン信号や車両検知センサなどによって各灯色の残秒数が即座に変化するもの（感応制御）がある。

①または③のように灯色秒数が頻繁に更新される信号交差点では、路側からの直接送信により最新情報をリアルタイムに提供可能なV2Iの方式が自動運転向けに適していると考えられる。一方、②でかつ感応制御でない信号交差点では、各交差点の動作パターンを予め登録したデータセンターを設け、そこからV2Nの方式で配信することにより、V2Iよりも整備費用を抑えられる可能性がある。このように、V2IとV2Nを適材適所で併用することにより、自動運転に必要なインフラ整備の早期拡大が期待できる。

技術的な課題として、誤提供防止の仕組みの検討がある。通信遅延のゆらぎが大きい場合、それを考慮して交差点通過／停止の判断が車両側で必要となる。また、信号機には、機器故障と判断した時や管制センターとの通信異常時に、所定の保安動作に切り替わる機能があるため、その作動を監視して情報提供内容に即座に反映する機能の実装がV2I/V2Nともに必要である。こういった課題への解決策なども含め、自動運転に適したV2I/V2Nの早期実現に向け、当社では、自動車メーカーと連携してシステム開発に積極的に取り組んでいる。

5. 結 言

日本の交通管制システムを中心とした当社の交通システムは、路・車・人・社会を繋ぐコネクティッド型のシステムへ進化を遂げてきている。住友電工は、安全・安心・快適な社会の実現という不変のビジョンを掲げつつ、環境変化に柔軟に対応し、引き続きグループ一丸となって貢献していく。

参 考 文 献

- (1) Susumu Miyata, Motoyoshi Noda, Tsutomu Usami, "STREAM (Strategic Realtime Control for Megalopolis-Traffic) Advanced Traffic Control System of Tokyo Metropolitan Police Department," 2nd World Congress on ITS, Yokohama (1995)
- (2) Hirofumi Ogami, Hajime Sakakibara, Shigeki Nishimura, Takeshi Setojima, "REPEATABILITY ENHANCEMENTS OF TRAFFIC SIMULATOR BY INTRODUCTION OF TRAFFIC FLOW COMPENSATION METHODS," 19st World Congress on ITS, Vienna (2012)

執 筆 者

鷲見 公一 : システム事業部長

