

JCCA 一般社団法人 建設コンサルタンツ協会

2016 年度 懸賞論文 「これから必要な土木施設とは？」

## 付帯施設の IoT 化と高質化による新しい道路空間のあり方の提案

東京大学大学院工学系研究科

社会基盤学専攻

高柳 誠也

# 1 はじめに

情報技術が発展し、近年ではIoT (Internet of Things) によって私たちの暮らしが変化することが予測されている。特に、自動運転車については技術開発が進んでおり、2035年には約3割の自動車には自動運転機能が搭載されると予測されている。ETCやカーナビの高機能化などITS技術が今後も発達することが想定されており、それに応じたシステムの構築についての検討も行われている(図1、2)。更に、都心部においてはカーシェアリングサービスが今後も広がっていくことが予想される。このように車両の状況が変化すると予測されている中、その基盤インフラである道路やそれに付帯する施設群(街灯、標識等)はどのように変化するであろうか。

また、日本国内においては人口減少・少子高齢化の進行により今後様々な社会問題が起こると予想されている。特に急速に後期高齢者人口が増加することから、自家用車を運転することができなくなり、買い物や通院、通勤といった移動を公共交通やタクシーに頼らざるを得なくなる人口やその割合が増加することが予想されている。更に、人口減少やそれに伴う税収減などにより、公共サービスが低下し、生活の利便性が低下することが予想される。そうした状況の中で、今後の道路の維持管理のあり方を見直す必要がある。

機能面にとどまらず、空間の質という観点からみると、現在の一般的な道路の景観は望ましいといえるだろうか。信号、電柱、街灯、標識、ガードレールといった様々な付帯施設が点在し、トータルでデザインされた道路空間は少ない。交通空間の安全性という機能性の確保が必要なのはもちろんだが、電柱地中化以外にも街灯や標識等をより長寿命化そして高機能化とともにデザイン性も高め、道路空間全体のトータルデザインによる高質化する必要があるだろう。

以上のような状況の中で、日本の将来における道路空間の具体的なあり方を考えることが必要であろう。特に、これまでのような管理者による画一的な規格化されたものではなく、地域特性を踏まえたものが必要である。そこで今回は、道路の付帯施設である街灯・標識をスマート街灯・スマート標識としてより高度な情報技術を集約させたものに更新することによって、道路環境の維持管理の簡易化と高質化をもたらし、利用者にとってより豊かな空間になることを提案する。

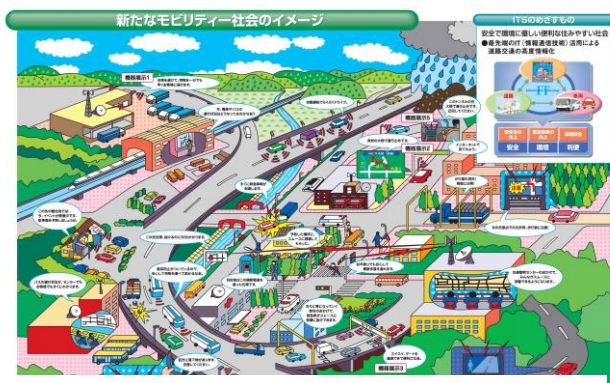


図1 ITS技術の普及イメージ図<sup>2)</sup>

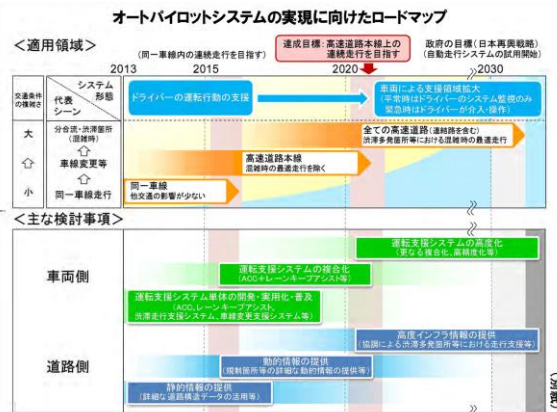


図2 自動運転への対応技術のロードマップ<sup>5)</sup>

## 2 付帯施設群のIoT化の促進 -スマート街灯・スマート標識-

道路空間には交通を維持するための様々な施設が置かれているが、それらはそれぞれ単機能であるものが多い。これらをIoTによる暮らしの変化に合わせて高機能化することによって、多くの利点があると考えられる。例えば、街灯が多くのセンサーやカメラを付置できるものへと改変することができれば、様々なデータを入手することができる。また、そのセンサーには車からの情報を受信可能なものも付置できるようにすることによる相互作

用が期待できる。街灯の間隔はある程度一定間隔であるため、これまでよりも精度の高い情報を得ることも可能になる。このようにして、街灯や標識柱をIoT化し、「スマート街灯」「スマート標識」を更新時に設置することによって、具体的には以下のような展開が期待できる。

1点目は、道路の維持管理の簡易化である。今までは舗装の破損状況や路面状況については定点カメラや点検車によってチェックを行っていた。定期的なチェックによらず迅速な状況を管理するには随時データを入手する必要があり、スマート街灯を設置することで路面状況（積雪、凍結、損傷など）についてはより細かい情報を、精度高く把握することが可能になる。また、今後は自動車関連技術も高度化し、走行中データから路盤の凹凸や損傷を把握可能となることが予測され、そうした情報を逐次受信することによって、道路の状況をより精度高く、リアルタイムに把握することが可能になる。大規模なビッグデータとなることによって、今後の効率的な維持管理や道路補修の方策を検討することができ、結果として維持管理費の節約につながることを期待される。

2点目は、道路周辺の環境情報による災害リスクの把握が容易になることである。例えば、川沿いに走る道路の街灯には、河川側に向けたカメラやセンサーを設置し、洪水の状況を把握し、山沿いの街灯には土砂崩落を監視するためのセンサーとの連携を行うことでより精緻なモニタリングを行う。その結果、災害によって道路が寸断される危険性などについて把握することができる。また、気象データなどと関係させることにより、これまでよりも解像度高く、局所的な災害（土砂崩落、ゲリラ豪雨など）にも対応した避難情報の提供を行うことが可能になる。避難先までの経路における危険性も把握できるため、細かい的確な情報をカスタマイズして提供することも可能になる。

3点目は、信号制御や公共交通などとの関係によりユーザーの利便性が高まる点である。信号制御については、街灯や標識柱からの画像データにより、交差点周辺の交通状況をリアルタイムで解析し、最適な信号制御を行うことが可能になる。更に、気象データや時間などについて解析することによって、交通状況を予測し、より精緻な制御が可能となるはずである。その結果として、工事期間で片側通行にした際の影響や、新しい道路を建設した場合の費用対効果の試算においてより精緻な推計を行うことが可能になる。また、バスやタクシー（将来的にはUberなどのサービスも考えられる）の移動状況も把握することが可能となることで、バスの到着予想時刻などもよりユーザーへ正確に情報を届けることができる。中山間地などでは、オンデマンドバスなどとの連携を行うことも可能になるだろう。

以上のように、スマート街灯やスマート標識によって、そこに付帯したセンサーやカメラなどで得られる情報を利用した利便性の強化とともに、道路を走行する車両からのデータを随時入手によって利便性を高めていくことが可能になる。

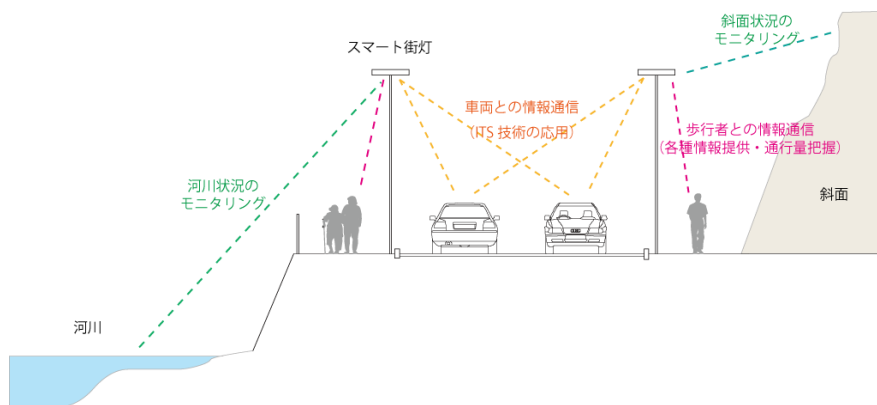


図 3 スマート街灯のイメージ図（筆者作成）

### 3 情報のオープンデータ化と情報集約と提供方法の改善

道路環境の改善に向けて、スマート街灯やスマート標識により多くのデータを入手可能になることによって、それらを分析し、よりユーザーに的確に情報提供するシステムが必要となる。このためには、様々なデータをオープンデータ化することによって、多くの企業や研究者によって分析が可能にすることが必要である。オープンデータ化によって細かい解像度で多様なデータを組み合わせた様々な分析が可能となり、防災と気象との関連性から避難情報についての知見や、交通関連の研究（信号制御、渋滞軽減など）が進み、都市計画やまちづくりといった部分での展開も可能となる。

また、その他のデータも今後解像度が上がったビッグデータとなるため、他分野との関係により多くのデータや知見を得られることになるだろう。こうしたデータを分析した情報は、各地域によって必要な情報として編集され、ユーザーに対して有効な形で提供されるのが望ましい。ここで、都市部、人口が少ない地域（中山間地域など）、周辺に居住者がいない地域にわけ、オープンデータ化されたデータの活用方法についての可能性を検討する。

#### 3.1 都市部における展開

都市部の場合は、車両を利用しているユーザーに対してのサービスが充実することが考えられる。具体的には自動運転車の普及とともに信号制御や交通渋滞の減少、解消が進むものと考えられる。また、スマート街灯が民間施設に普及すると、大型駐車場における誘導や、滞在時間などの情報と施設利用（商業施設であれば購買情報など）との関連などとのデータと結びつけることができ、違法駐車などの減少や、一定期間空車しているスペースの有効活用（カーシェアリング用車両駐車場への転用等）も可能となる。

また、都市部においては、歩行交通の状況を把握することも重要である。街灯などにはこれまで放送機材や防犯カメラといったものが付随していたが、今後はスマート街灯等よって通行量や通行状況を把握しデータ化していくことによって、防犯のみならず、まちづくりなどの計画策定における基礎資料になることが期待できる。

災害時などの非常時においても状況把握や情報収集においてスマート街灯、スマート標識が活躍すると想定できる。ユーザー側のデバイス（スマートフォン等）から様々な地点のリアルタイムの情報を入手することができるようになり、集団でのパニックや混乱といった事象が少なくなり、結果としてデマや不正確な情報による二次被害を軽減することにつながると考えられる。

#### 3.2 人口が少ない地域における展開

人口が少ない地域においては、今後も人口減少や少子高齢化が進捗することが予想される。それに伴い様々な問題が生じる。そこで、スマート街灯、スマート標識が活躍することになる。

例えば、近年増加している獣害に対する対策について、スマート街灯から監視することによってより詳細かつ的確に対策をとることが可能になる。また、局所的な土砂災害や河川洪水に対してもモニタリングすることによって、これまでは細かく把握できなかった地域でも避難対策などを的確に行うことができるようになる。雪かきの必要性なども豪雪地帯においては有用な情報になるだろう。

また、オンデマンドバスやコミュニティバスの利便性も既存の ICT の役割に道路状況などスマート街灯などから得たデータを付加することによって高まり、医療や介護の現場においてもより効率的な運営のためにデータを活用することができるようになる。

#### 3.3 周辺に居住者がいない地域における展開

周囲に居住者がいない地域においても、道路インフラは地域間を結ぶ重要土木施設であるため、その状況を把握することが必要である。特に、これからは維持管理費を軽減する必要があるため、より細かい解像度で道路状

況を把握する必要があるだろう。特に無居住区域は自然災害に対して脆弱性を持つ箇所も多い。土砂崩落や陥没といった通行止めとなる場所を無人である程度把握することができれば、人的災害や被害をおさえることが可能になる。

また、前述のように道路の状況を把握するだけでなく、斜面や河川、港湾といった状況をモニタリングすることによって、局所的な災害や自然現象への対策をとりやすくなる。また、交通事故や単独事故についても早急に把握することができ、救急・警察などの初動時間を短縮することも可能になる。

以上のように、地域性や場所性に応じて、求められる情報の種類と質が異なってくる。そのため、地域性に配慮していくためには、道路管理者だけではなく利用者や周辺住民にとってどのような情報を集約し、提供するかといったことがより重要になる。VICS 情報をカーナビで受信といった既存の形式にはとどまらず、よりユーザー側にとって必要な情報を主体的に選択、組み合わせができるようにすることが必要である。そして、大量のデータがあるため、ユーザー側にとってわかりやすい情報へと編集、伝達する技術者と連携する必要がある。

今後の情報技術の発展を注視する必要があるが、これからは必要な情報が得られるアプリケーションが開発され、それをデバイスにインストールを行う形式などが考えられる。また、行政情報などはより伝達しやすい形へと変容するであろう。

#### 4 住民主体でデータを有用なものにしていく仕組みづくりの検討

様々なデータを解像度高く得られるようになり、それらをベースに技術者や研究者により知見が深まったとしても、実際のユーザーにとって有用なものでなくてはならない。そして、更には道路空間に対して「行政任せ」ではなく主体的に考える機会としてスマート街灯・スマート標識と関係性を持つ必要があると考えている。

なぜなら、このようなスマート街灯には、ある程度の費用がかかると考えられ、全てのスマート街灯に全てのセンサーやカメラをつけることは非現実的であるため、その場所に見合った設備やクオリティを決めていかなければならないからである。維持管理費を将来的に低減することを目的であるものが、莫大な費用をかけるのは本末転倒である。通常は、道路管理者を中心にその場所に必要な設備やクオリティについて検討を行い、地域住民などは関わらないが、今回の提案では地域住民にも必要なデータを得て、活用することが可能なことから、住民参加型のまちづくりと連動する必要があると考えている。

自動運転車が普及すると、道路空間は車だけの空間から、様々な利活用ができる空間へと転換する可能性が広がる。また高齢化や人口減少によって、車の所持率、種類（自動運転車か否か）、公共交通の状況などが変化する。そして道を自転車や歩行、車いすなど車以外の交通モードで利用する割合も多くなるだろう。そうした際には、道路を単なる道路としてではなく、質の高い空間にしていくために地域性や住民のまちづくり活動との連携があることが望ましい。

都市部においては、子どもの通学路であることを時間帯によって車にその情報を伝えて注意喚起をする、日曜日の午後は地域活動としてフリーマーケットをすることを道路占有許可が得られた段階でスマート街灯からも情報を流し、近くにいる方々のデバイスへその情報を提供するなど、地域活動との連携が行われる可能性がある。

地方部においては、地域課題の解決に向けて必要なものについて、今後の地域（集落）のあり方を見据えながら議論することが必要である。農業が重要であれば、農作物を管理するための気象データや獣害防止のためのカメラの優先順位が高いが、災害への恐れがある場合は、河川の状況や斜面の状況などがわかるためのカメラやデータの優先順位が高くなる。また、利便性を考えて交通に関する情報を重視する地域も出てくるだろう。このよ

うに必要な情報は場所ごとに異なる上に、どのように編集された情報が適しているのかについて主体的に取り組む必要がある。

たとえ高質なものが増えることが可能であったとしても、それが不必要なデータや、利便性が低いものであれば意味がない。また、住民主体でなければ維持管理について行政任せになってしまう。そのようになってしまった場合には、スマート街灯やスマート標識の可能性を十分生かせないままになってしまう。これから行政サービスだけに頼ることなく、地域主体で地域課題の解決やコミュニティ形成が必要とされている中、スマート街灯やスマート標識の導入に際して、地域にとって最も利便性が高まるための工夫をすることは、地域づくりに寄与することになると考えられる。

## 5 終わりに-質の高い道路空間をより効率的に維持していくために。そして愛着のもつ道路空間に向けて-

あらゆる技術が発達していくものの、今後も自動車交通とその基盤インフラとなる道路は変わることはないだろう。自動運転技術が発達し、更に普及した場合においては、ロードサイドの広告のあり方や舗装が変わる可能性はあるものの、既存の道路インフラの基本的形状は変更することはなく、街灯や標識という付帯施設についてもなくなる可能性は低いと考えられる。その場合、車両やその制御技術が進化するのに合わせて、道路のあり方も進化していくことが必要である。そしてその時には、必ず道路に設置する必要がある街灯や標識を IoT 化することが最も効率的であり、可能性があるとは私は考えている。

土木構造物にも耐用年数（減価償却期間）が定められている。例えば、金属製の街路灯は 10 年という短さである。今後の道路維持管理コストを考えると、街路のみならず様々な付帯施設はより長寿命化を目指す必要があるとともに、単機能から様々な機能を付加すること、それも機能を自由に付加することが可能な形で行うことが必要である。単に古くなったものを取り替える、ということではなく、今後の道路空間のあり方をより質の高いもの、そして維持管理のコストを低減させることに寄与するかどうか、ということ熟考した上で計画的に取り組むことが、結果として数十年後には成果がでるのではないかと考えている。

道路はあって当たり前という認識が一般社会には広がっている。しかし、人口減少社会を迎えた日本においては、今後全ての道路を道路管理者だけで維持管理することは不可能であり、道路としての機能が果たせなくなる場所も多くなるであろう。既に橋梁等の構造物では老朽化問題が露呈している。そうした中で、丁寧にデザインされた街灯が、様々な機能を持っており、車や住民と情報交換をしていくことは、今後の暮らしに豊かさを与えるだろう。そして、その設置に際して、住民主体の取り組みを導入することで、「単にあたりまえのようにあるもの」から、「自分たちの意見が組み込まれてあるもの」と意識が変化すれば、単なる道路であっても愛着をもつ人が増えると想定される。

道路は基本的には車両輸送や移動のためにある。その機能性を落とすことなく、人間のための道路空間として質の高いものを実現するためには、「自分たちが関わっている」という意識をもつことが重要である。まちづくりの分野では様々な取り組みが行われている上、お祭りや歩行者天国といったイベントによって道路空間が変容して地域住民が愛着を抱いているケースもある。しかし、そうした特別な意味をもたない一般的な道路において、愛着をもつというケースは少ない。それは、常に車両や安全の論理が優先され、人間の意見を汲み入れる余地がなかったためではないだろうか。スマート街灯やスマート標識は、単に IoT 化によって情報技術の発展に対応するものをつくるべきというものとどまらず、これまでの一般的な道路の中に、住民やユーザーの声や要望を反映できるとともに、利便性を向上させ、より豊かな生活を送るための一助になる可能性があると考えている。

土木を専門としている人々や企業と、情報技術を専門としている人々や企業は、もっと綿密な連携をとるべき

である。現在ではまだ ITS 技術の分野が構築物、構造物の分野まで応用しているとは言えない。双方の利点を生かした技術革新によって、より高質化・高機能化を目指し、豊かな生活をもたらす可能性は大きいと考えている。本論文での提案はその一つとして、不勉強な部分もあり稚拙な部分もあるが、我々と最も利用する機会が多く、身近なインフラである道路のあり方から可能性を模索する必要がある。また、このような技術革新による更新は、単に利便性が高まるだけではなく、質の高い空間が生まれ、良い景観を生み出すことも可能である。今後も、インフラが単に利便性が向上するだけではなく、人々の豊かなくらしに寄与するものの可能性について模索していきたい。(7859 字)

## ■参考文献

- 1) 桃田健史：『IoT で激変するクルマの未来』，洋泉社，2016
- 2) 特定非営利法人 ITS Japan：「ITS による未来創造の提言」，2013  
[http://www.its-jp.org/wp-content/uploads/2013/11/ITS-future-vision\\_j\\_140130.pdf](http://www.its-jp.org/wp-content/uploads/2013/11/ITS-future-vision_j_140130.pdf)
- 3) 『道路標識設置基準・同解説』，日本道路協会，2003
- 4) 『道路照明施設設置基準・同解説』，日本道路協会，2003
- 5) 「オートパイロットシステムの実現に向けて」，国土交通省 HP  
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/autopilot/pdf/torimatome/honbun.pdf>
- 6) 「国内外における最近の自動運転の実現に向けた取組概要」，国土交通省 HP  
<http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/autopilot/pdf/04/8.pdf>
- 7) 「高速道路の将来展望について」，国土交通省 HP  
<http://www.mlit.go.jp/common/000997371.pdf>
- 8) 国土技術政策総合研究所：「景観デザイン規範事例集（道路・橋梁・街路・公園編）」，2008  
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryoutnn/tnn0433pdf/ks0433.pdf>
- 9) 財団法人道路環境研究所：『道路のデザイン』，大成出版社，2005