IT

解説 第2部：ITを支える機械工学

Information Technology and Transportation: Toward Better Intelligent Transportation Systems

と交通：よりよいITSを目指して

石田 東生
Haruo ISHIDA

◎1951年6月生まれ／1974年東京大学工学部土木工学科卒業，1982年筑波大学社会工学系講師に就任
◎研究・専門テーマは交通計画，都市計画
◎筑波大学教授 社会工学系
(〒305-8573 つくば市天王台1-1-1)
E-mail : ishida@sk.tsukuba.ac.jp

はじめに

機械学会誌編集部から依頼されたテーマは「IT社会を支えるインフラ技術」であるが，筆者の専門は交通計画や交通政策であり，IT社会の現在およびあるべき姿を考えた上でそれを支える社会資本の整備とそのあり方について限られた紙面で論じることが筆者の力量にあまるので，「ITと交通」というタイトルで，主としてITと交通の関係について考えてみたい。本論では，まずITが交通行動に与える影響と21世紀における都市と交通についての概観をふまえた上で，交通分野におけるIT活用の現在と計画を紹介し，最後に，活気にあふれた国際競争力のある，安全であり安心して暮らせる日本の都市，地域，社会を環境に優しい形で実現していくためにIT，あるいはITS（Intelligent Transport Systems：高度交通システム）への期待と課題を整理したい。

ITと交通行動

ITと交通の関係を考えるために，まずITに支えられた情報，通信の進展が交通の量と質にどのような影響を与えるかについて考えてみたい。すなわち，情報，通信の発達は交通需要の増加をもたらすかどうか。情報・通信と交通は代替関係にあるのか，補完関係にあるのかという問いかけである。

情報・通信が交通行動に与える影響については，従来から多くの議論がなされてきている。代替関係とは，コーヒーと紅茶のように一方の消費量の増加が他方の消費量の減少をもたらすような関係をいう。一方，補完関係とは，例えばコーヒーと砂糖の消費量の間の関係のように

コーヒー消費量の増加が砂糖消費量の増加をもたらすというものである。ファックスやインターネットなどにより人の移動なしにコミュニケーションが可能となり，交通の必要性が減少するのであれば，ITは物理的な交通を代替していることになる。また，電子的なコミュニケーションによって物理的な交通が，例えばTVの観光番組によってその場所に行ってみたくなる，あるいは恋人同士が電話での会話では飽きたらずに実際に会いたくなることなどのように，誘発されれば情報・通信と交通は補完関係にあるという。情報・通信と交通の間にはこの両方の関係が存在していることは，誰でも理解できるであろう。問題はどちらの関係がより強く，したがって交通量はITの発達によって増加するか，減少するかである。

この問いに定量的かつ正確に答えることは実は非常に難しい。交通の量は種々の統計データによって経年変化が観測されていて，鉄道，自動車，航空等の種々の旅客流動調査によれば経済の成長よりも速い速度で成長していることが報告されている。インターネット上の情報の量を計測することはほとんど不可能であるが，交換される情報の量は非常に高速度で成長していることはあらためて強調するまでもない。現在のところ，交通の量も情報の量も増加している。交通の量はある程度は情報・通信によって代替されてはいるものの，誘発される量も少なからず存在している。そして情報・通信の発達によって社会のアクティビティのレベルが上昇し，それによって交通の量が増加しているという側面が強いと思われる。e-commerceの発達により物流がますます個人化・個別化するとともに，多頻度輸送などサービスレベルが向上し，結果的に貨物車の交通量が増加していることなどはこのことの現れであろう。逆に移動をさらに快適なものに，旅行をさらに充実したものにする

ために多くの情報を事前に収集するということが多く行われているように、情報と交通の間には補完的な関係がより強いと考えても差し支えないであろう。

将来にもこの傾向は続くのであろうか。テレコミュニケーションの効果はどの程度期待できるのであろうか。業務交通はテレコミュニケーションによってどれだけ減少するのであろうか。このことについては多くの研究がなされているが統一的な見解は示されていないようである。しかし、科学技術政策研究所の第7回技術予測⁽⁴⁾の結果によると、「テレワーキングやテレショッピングの普及により都市内の交通量が現在より20～30%程度減少する」という将来予測に対して、交通専門家の62%は実現しないと考えていて、ITによって交通の量が劇的に減少するとは考えていないようである。

21世紀の都市と交通

前章で述べたように、交通の量がITの発達によってむしろ増加するのであれば21世紀の交通はどのようになるであろうか。20世紀、特に第二次世界大戦後は全世界において、交通の中心は自動車によって占められてきた。我が国においても自動車保有台数は急激な増加を続けている。筆者が生まれた1951年には我が国の自動車保有台数は約60万台であったが、1999年には7300万台を越えていて、国民1.7人に1台の自動車が存在していることになる。そして、われわれの生活、都市、地域は自動車の普及に伴って想像以上に変容している。自動車保有率上昇の影響は自動車利用の増加という表面的な変化にとどまらない。市街地の人口密度は全般的に低下しているが、自動車保有の進展は都市の郊外化・低密度化を促進させている。自動車を下駄がわりに利用できるようになり、住居の選択の自由度が大きく向上したので、公共交通が便利な、あるいは徒歩、自転車通勤できるような密集市街地に住まざるを得なかったわれわれが、郊外にゆったりとした住居を選択できるようになったのである。買い物、レジャー等の目的地も自動車の高いモビリティにより、より広い範囲の中から自由に選択できるようになった。選択の幅がふえることによって消費生活のレベル

が大幅に向上したのである。このような消費生活の変化は、郊外型の小規模住宅地や、幹線道路やバイパス沿いに数多く立地しているロードサイド店に代表されるような都市構造と形態の変容をもたらし、これが再び自動車依存型の生活をわれわれに強いているという側面もある。また、一方でバス交通に典型的にみられるように公共交通は、乗客数の減少とそれに伴う赤字の増加と路線の廃止という悪循環に陥っている。これらが相互に関連して自動車保有を増大させ、都市構造やわれわれの生活を変化させているという循環構造が確かに存在する。中心に自動車が位置を占めていることはいうまでもない(図1)。そして、ここに現代都市における混雑・環境・交通事故などの交通問題の原因と、解決が難しい理由が存在する。自動車がもたらす恩恵や便利さが大きければ大きいほど、その人の自動車利用は増加するし、減少させることは難しいのである。

「21世紀の都市とそこで交通が果たすべき役割」を考えるためには、まず21世紀の都市がどのようなものであるかを想像しなくてはならない。想像力の貧困のためかもしれないが、どうも21世紀の大半において都市は20世紀のそれと変わらないのではないかと思う。その理由は至って単純で、都市の建設、変容には長い時間がかかるという一点にある。部分的な改良はなされるかもしれず、また必要であるが、都市のありようそのものを大きく変えるような新しいコンセプトはまだ定まっていない。20世紀の新しい都市を規定したいろいろな概念が提案されてから、実践に移されるまで長い時間が必要であった。日本における大規模ニュータウンの構成原理の主要なものとして、緑地をたっぷり取り、工業と住居の分離を提案したハワードの田園都市

図1 生活／都市構造の変化と自動車

(1898), 幹線道路によって囲まれた大街区内に高層ビルを建設し, 効率的でオープンスペースにあふれた健康的な都市を提唱したコルビジェの考え方(300万人のための現代的都市 1933), さらに自動車時代の都市における街路の段階構成を最初に提唱したブキャナンのレポート(1963)がある。ほとんどすべてのニュータウンでこれらの実現形をみることができるし, 旧市街地でもこれらの概念にしたがった方向での改良・整備が目指されている。ここで注意したいのは, これらの概念がいずれも100年から40年以上前に提案されていることと, 自動車の存在と利用を大前提にしていることである。社会的にかなりの程度受け入れられた概念であって, 初めて実現に移される。さらに実際の都市の建設・整備には長い期間を要する。例えば, 筑波研究学園都市は建設が決定されて30年以上経過しているがまだ既成の段階である。このように考えると, 21世紀の少なくとも前半には新しいコンセプトに基づく都市は出現していないことはかなりの確からしきで主張できるのではないだろうか。望むと望まないにかかわらず, 自動車交通システムとそれを大前提としている都市の構成原理は今しばらくその意義と効用を保つであろう。21世紀の都市とそこでの望ましい都市交通のあり方は, 保守的に思えるかもしれないが, このことを前提にして考えるべきであろう。夢物語のような技術革新は期待しないほうが安全である。

よりよい交通とITへの期待

容易には量的減少が期待できない21世紀の交通においても自動車は中心的な位置を占め続けるであろうし, 現在の環境, 混雑, 事故といった種々の交通問題も持ち越されそうである。財源制約や環境制約, さらに都市内の空間制約がますます厳しくなることが明らかなかで, われわれはどのような対処を考えれば良いのだろうか。

渋滞や環境問題, あるいは決して快適とはいえない道路交通のサービスレベルの低さは, 容量と交通需要とのバランスがうまくとれていないことが原因である。交通需要が交通工学的な交通容量を超過するから渋滞が発生するのであり, 環境容量以上の交通需要が存在するため大

気汚染や騒音等の環境問題が起こる。快適な移動を実現するための容量を仮に快適容量と名付けると, 快適容量以下の交通需要であれば快適な移動が保証されることになる。環境容量や快適容量は現在いずれも概念的なものであって, 数値でもって明確には示されておらず, 今後の研究が待たれる。しかし, これらの概念を用いると, 交通問題の解決ないしは軽減の方策としては基本的には「容量を上げるか」, 「需要を削減するか」の二つの方法しかないことがわかる。以下順に簡単に述べる。

交通工学的な交通容量の増加は道路の新設や改良, あるいは既存のネットワークの効率的な活用等によって達成される。主要渋滞ポイントは交差点付近が多くみられるので, 交差点の改良やさらに動的で柔軟な交通制御システムの開発はその地点の渋滞を軽減させるだけでなく, ネットワーク全体の交通容量を増加させる点で大きな効果を有する方策である。ITを活用したより高度な交通流の管理制御システムの必要性は論を俟たないであろう。大都市域では都市計画道路の整備速度は必ずしも大きくはなく, 容量増加という観点からは環状道路や空間効率性の高い自動車専用道路の整備が緊要である。現在の都市内高速道路はその延長に比して多くの交通量を分担し, 都市内交通の円滑化に大きな役割を果たしているが, 同時に沿線環境問題も深刻である。しかし環境問題をうまく解決できれば, 道路網の交通工学的容量の増加は当然として, 幹線道路に交通を集中させるにことにより, 都市全体の環境容量と快適容量を増加することも可能である。環境問題に配慮した新しい都市内幹線道路のデザインと整備思想が望まれる。パークアンドライドの推進や結節点の整備, 物流拠点の整備と道路網との連結という複数の交通機関の連携を, 情報提供をさらに充実させることなどにより推進しようとするマルチモーダル施策も, 交通システム全体の容量を増加させるの有力な施策であることも指摘しておきたい。

交通需要マネジメント(Travel Demand Management: TDM)は需要を削減する方策である。これには, 相乗り促進, 時差出勤や情報提供による経路誘導などの短期的施策, 公共交通の利便性向上や自転車・歩行空間の整備による乗客誘導という中期的施策, さらに自動車依存度が小さくなるように都市構造や土地利用を改変し

ていくという長期的な政策、あるいはロードプライシングや駐車料金などの経済的手法など幅広いスペクトルが存在する。

容量増加策においても、またTDMにおいてもITへの期待は非常に大きい。情報提供による経路誘導、あるいは公共交通への誘導はITなしには考えられないし、混雑と環境の状況に即応する形で適切な交通量を実現するためには電子式料金徴収システム（Electric Toll Collection System：ETC）技術をさらに発展させた動的なロードプライシングの導入が不可欠であろう。

我が国におけるITSの展開

ITSの戦略的展開に関しては、国土交通省、総務省、経済産業省、警察庁が協力して、1995年に「道路・交通・車両分野における情報化実施指針」、続いて1996年に「高度道路交通システム（ITS）推進に関する全体構想」を定めている。後者は利用者サービスと今後20年間の開発・発展計画を定めたマスタープランであり、①VICS等のナビゲーションシステムの高度化、②自動料金収受システム、③安全運転の管理、④交通管理の最適化、⑤道路管理の効率化、⑥公共交通の支援、⑦商用車の効率化、⑧歩行者等の支援、⑨緊急車両の運行支援、の九つの開発分野を定めている。

このうち、国土交通省ではITSを支える社会資本としての道路のあり方を「スマートウェイ」という言葉で表現している。スマートウェイとは高度な機能を備えた「スマートカー」および、スマートウェイとスマートカーの間の情報通信を円滑に行う「スマートゲート」と三位一体となってITSの整備を推進するとされている。スマートウェイは、人・モノ・情報の円滑な推進を実現し、国際競争力の向上に資すること（①、②、⑦）、道路交通利用者の安全性の向上・バリアフリー化の推進・道路交通の円滑化を通じた環境の改善という快適な生活空間の実現（③、④、⑤、⑥、⑧）、活力ある地域と国土の構築・災害に強い社会の形成という安全で安心な国土の形成（③、⑨）へ貢献することが期待されている。またITSの実現にはさまざまな課題を解決しなければならないが、これらの研究開発を通して技術交流や先端的モデルとしての実現形を

世界に示すという国際貢献も意義としてあげられている。

これらの諸技術のうち、例えば道路交通情報通信システム（Vehicle Information and Communication System：VICS）やETCはすでに実配備されているし、また安全運転の管理、歩行者等の支援、公共交通の支援などに関しては、一部実証実験、あるいはさらに大規模に社会実験が開始されている状況にある。今後の技術開発の展開と進展に期待したいが、純技術的な視点から開発だけに終始することはもはや社会的に許されない状況である。ITSは高度な、したがって高価な機器の設置と運用を伴うことが多いので、その開発や運用に当たってはやはり費用対効果分析をはじめとするいろいろな方法によって評価を十分に行い、国民への説明責任を果たすことが不可欠である。

ITS実現に向けての課題：政策評価

つい最近まではITSのセールスは、「ITSはこういうこともできます。こんな素晴らしい効果を発揮します」ということが中心であった。つまり、夢を売ることでつまされた部分が少なからず存在していた。しかし、前述したように実現性に対する真剣な議論が実証実験や社会実験を通して開始されていて、十分な評価が不可欠である。

ITSやスマートウェイを構成する種々の施策・技術の目的・目標を明確にした上で、その効果と影響ならびに実行に要する費用を分かりやすく納税者である国民や各種のユーザに説明することが必要である。スマートウェイは技術開発研究を含めて社会資本として公共事業として推進されることが多いと思われるので、この点は特に重要である。

分かりやすい評価と方法論の明確性

評価を実施する際に重要なことは、第一に国民の目に分かりやすいものであることである。その技術や事業の目的および目標が明確に、できれば数値をもって表現されていることが重要である。目標が明確であればそれを達成できたかどうかのチェックは容易である。分かりやすさを保証する別の条件は、方法論の明確性である。効果や影響の計測の方法とその根拠につい

ては学問的厳密性が要求されるのは当然であるが、同時に社会的に広く受け入れられている技術であるという条件も忘れてはならない。費用便益分析は評価のための強力な道具であり、費用や便益のさらに厳密かつ広範囲にわたる項目の計測に向けて技術開発がなされつつある。しかし技術が高度化し、方法が複雑になればなるほど内容が分かりにくくなることも反面の事実である。さらに性能を上げ、適用範囲を拡大するべく計測技術を開発することはいうまでもなく重要であるが、同時に、現在の水準では、社会資本が提供するサービスの質の評価や景観や地域の活性化などの計測が難しく、かつ社会的関心の高い項目も存在するという限界についても自覚することが重要である。

効率的な評価実施にむけてのデータ整備⁽³⁾

分かりやすい、かつ正確な評価を実施するためにデータが重要であることはあらためて指摘するまでもない。しかし、社会資本施設が提供するサービスを分かりやすく表現するアウトカム指標が十分整備されているとは言い難いのが現状である。例えば、ITSによる渋滞の緩和効果を計測するときに、ユーザにとっての最大の関心事である旅行時間とその変動が現在のところ十分には把握されていないという問題が存在する。我が国においては種々の統計資料が準備されているが、計測技術の未確立もあってサービスレベルの計測は非常に少ない現状にある。したがって、アウトカム指標を用いた効果や影響の計測と把握に限定すればデータの不足感是否めない。位置特定技術を活用した人や自動車の行動追跡技術はサービスレベルの計測にも、また人の交通行動分析理論の再構築にも新たなブレークスルーを提供しつつあるが、今後ともIT技術なども最大限活用して、評価に必要なデータの収集・蓄積方法、システムの開発に取り組むべきである。

社会実験の適用

ITSは、従来の道路や鉄道などの施設整備を中心とした「量の計画論」と異なり、IT技術によ

る既存ストック（もし必要ならば新規整備も行うが）の総合的で柔軟な賢い運用による「質の計画論：サービスレベルの高度化」を目指すものである。

一つの施策や事業によって効果が劇的に発現することは期待できない場合も多く、いくつかの施策を組み合わせるパッケージ化し地域で実行するという方法も重要である。便利さ、快適性、事業性や環境への効果が皮膚感覚でユーザや事業者、納税者である国民に理解していただくことがITSの普及・進展には重要であり社会実験的な手法の適用が望まれる。

費用削減の努力と官民の協働

多くの技術が開発されつつあり実用されているものも少なくない。しかし実用されているものであっても普及率が低いこともあり高価格であることが多く、普及に拍車がかからないという側面も存在する。低コストを実現することがやはり大きな課題である。ITSに必要な装置は大きく分類すると、移動する人や自動車が持つ装置と道路側に設置される各種センサ、通信装置など、また収集・解析・蓄積・伝達される情報の処理システムから構成される。これらを低費用で構築していくためにはそれぞれの場所での努力は勿論必要であるが、多数の関係者の連携が何よりも求められる。

いろいろな交通問題を解決し、強い日本を支えるための交通システムを実現するためには、従来のようにインフラ整備のみでは解決できないことが誰の目にも明らかであろう。既存の膨大なストックを活用し、効率的、安全・安心な、快適な交通システムを環境にやさしい形で、しかも小さい財政負担で整備することは21世紀の日本を左右するといってもよいくらい緊急かつ重要な課題である。そのためには、ITの活用が何よりも必要であることを再度強調して終わりたい。

（原稿受付 2001年12月10日）

●参考文献

科学技術政策研究所（2001），
第7回技術予測調査。
道路新産業開発機構（2001），
ITS Hand Book, 2000-2001。
国土交通省（2001），政策評価，実施要領。