Ⅱ.特　　集

■ITとIBSの取り組み
―交通政策の新たな潮流―

●企画趣旨

◆鼎談◆　交通政策の課題とITの活用

●ITを活用した道路政策評価の展望と課題
●地域特性を考慮したプローブカー活用方策の検討
●ITを活用した交通調査の高度化と課題
●ITを活用した環境計測と政策評価

●特集あとがき

目次へ

特集：IT と IBS の取り組み―交通政策の新たな潮流―

企画趣旨

牧村　和彦*　毛利　雄一**

IT（情報技術）の進展はめざましく、交通のデータ収集をみてもプローブカーに代表されるように人や車両の軌跡はいとも簡単に時空間上にプロットされ、渋滞ポイントや異常地点の検出は既に実用化されるに至った。目の虹彩の模様や顔の輪郭から個人を自動識別する技術を用いた監視システムは近々空港等に導入され行動の追跡も可能となる。また、準天頂衛星システムが事業化されれば、25 センチの誤差で移動体の位置が把握できる時代が到来する。一方で GPS を活用した走行距離による課金システムがオランダで頓挫したことに象徴されるように、IT の進展によりプライバシーの問題は今後益々重要となる。

これまで IBS では、移動体通信技術を活用した交通調査の改善、IT を利用した政策評価指標の研究、マルチモーダル情報提供が交通行動に及ぼす影響分析や所要時間予測の研究、CALS（Computer Aided Logistic Support）の研究などに取り組んできた。特に政策評価指標の研究は国土交通省の業務委託により平成 12 年度及び 13 年度の 2 カ年間、重点的に議論し、平成 14 年 7 月 9 日は「IT を用いた交通調査研究報告会」として、成果を報告させていただいている。この調査研究では、移動体通信技術や画像解析技術、環境計測技術、シミュレーション技術などの基礎技術を用い、実務の政策評価への導入に重点を置き、渋滞、環境、安全、歩行者などのテーマについて、計測、分析・予測、評価の研究に取り組んできた。成果の一部は、例えば全国の渋滞損失計測として国土交通省で本格導入されている。

本特集号では、これまでの IBS の IT に関する様々な取り組みの中から、「渋滞」、「環境」、「歩行者」、「地方都市での活用」の 4 つのテーマを取り上げ、IT を活用した政策評価指標の構築という視点から、これまでの成果と今後の展望と課題について論じることとした。

また、「交通政策の課題と IT の活用」というテーマで鼎談を企画し、有識者の方々から今後想定される IT の動向、IT が都市や交通に及ぼす光と影、今後のシンクタンクとして研究していくべき研究テーマについて議論いただくこととした。

＊交通研究室　＊＊経済社会研究室

目次へ

◆鼎談◆　交通政策の課題と IT の活用

（司会）黒川　洸　㈶計量計画研究所理事長
矢島　隆　㈶計量計画研究所顧問（元帝都高速度交通営団理事）
山田雅夫　㈲山田雅夫・都市設計ネットワーク主宰　（敬称略）

黒川：この鼎談は、所報の特集企画の一環として、IT と交通はどのようなことになるのだろうかという視点で、お話し合いをしたいということです。

今日我々が話すのは、IT を今後どうやって使うかという話もありますし、私から見ると IT というのが先にあって、それが交通で使えるか使えないかというような兆候が若干長くあり過ぎているという気がいたしますので、そのあたりも話題にしたいと思います。

もともと ITS（Intelligent Transportation Systems）という分野で、世界会議が毎年行われています。それも、官とかコンサルタントだけではなくて、そのような情報、デバイスをつくっている民間側がかなりバックアップしていて、そういう技術が発達してきたわけです。そういう中でだんだん分かってきたのは、そういうデバイスはあるのだけれども、どのように使うかという問題と、一体何が本当のニーズなのかというような議論が十分されないままに、今まで来ているところがあるような気はいたします。

そんなことも含めて、今日は 3 人で、一体今からの交通政策ではどんなことを考えなければいけないのだろうかというような話と、そのときに IT というものはどんな役割を果たすかということ、あるいはどうやってうまく使っていこうかというような話をさせていただこうかと思っております。

交通の今後の潮流

矢島：まず、交通に関してどんなことが今後の流れだろうかというところをお話ししたいと思います。

交通の問題は大都市と地方都市とありますが、先に地方都市の方を申し上げますと、車依存の傾向はこの先も続くだろうと思います。そうすると、車をどう使うかとか、車をどう渋滞しないようにするかといった問題とか、車に乗れない人はどうするのかという問題が、多分これからもっとクローズアップされてくるのだろうと思っています。

一方、大都市の方は、自動車交通と公共交通に中身が分かれるわけですが、自動車交通でいえば、やはり物流の問題が大きく出てくるだろうと思います。環境なりエネルギーという問題と絡んで、物流、特にトラックの積載効率をどう高めるのかという話が出てくるだろうと思っています。

それから、人流―自動車交通としての人の流れ―について既に議論はされていますが、どうやって抑制をするのか、あまり押さえつけるという意味ではありませんが、需要管理をどうやっていくかということが、多分問題として出てくると思います。

一方の公共交通は、私も地下鉄会社にいましたけれども、どうやってシステム全体としてのシームレス化をしていくか、あるいは結節点をうまく運営していくかというところが、焦点のように思います。あとは、公共交通といっても、鉄道のようなものを離れて、高齢者とか身障者の方々が自由に動き回れるようなモビリティーを大都市の中で確保するにはどうしたらいいかという焦点もあります。ただしそれは量としてはまとまらないわけで、量としてはま

とまらないディマンドに合わせてどのように公共交通システムを運営するか。こんな問題が多分出てくるのではないかと思っています。

いろいろ申し上げるポイントはあると思いますが、とりあえず交通についてはそんな潮流が今後いよいよ強まっていくのかなということをまずは申し上げておきます。

矢島　隆（やじま　たかし。工学博士）
1945 年生まれ。東京大学工学部都市工学科卒業。建設省（当時）に入省後、マサチューセッツ工科大学大学院に留学し修士号を取得。その後、アジア開発銀行都市開発専門官、茨城県土木部都市計画課長等を経て、建設省都市交通調査室長を務め、大規模開発地区に関連する交通計画検討（マニュアル策定）などの中心的役割を果たす。その後、千葉県都市部技監、建設省区画整理課長、同地方道課長、同大臣官房技術審議官（都市局担当）を歴任。帝都高速度交通営団理事を経て、現在、㈶計量計画研究所顧問。

機器、情報（データ）、そして都市のスピード

山田：私はここ 15 年くらい、位置情報に関した、例えば電子地図（デジタルマップ）をもとにした空間情報を、実際に企業の事業化であるとか都市計画に活かそうということをやってきています。そこで感じることは、今までの流れを見れば当然将来が分かるわけですが、非常にスピードが速いということです。それはハードウエアもそうですし、例えば 3 年前に予測できなかった時代が今日時点で実は起きております。それは、一つにはコンピューターの性能にもよります。カーナビなどは分かりやすい例だと思うんですが、かなり価格も安くなってきましたし、非常に使いやすいものにもなっています。あれもどんどん進んでいくわけですが、そういうスピード化がすごく速いということと、機械の陳腐化はセットなわけです。すぐ使えなくなる。あるいは機械を変えなければいけないという問題が同時に起きています。この問題は特に交通とかインフラもそうですが、かなり長い間使われる物的な施設と、下手をすると 1〜2 年で陳腐化するものをどう組み合せるかということが絶えず起きてくるということで、とても難しい問題かなと思っています。これが正直な実感です。

それからもう一つは、データの陳腐化という問題があります。例えば今の電子地図は市販されていますけれども、大体 1 年に 1 度データが変わるんです。ということは、1 年の間に何か起きますと、走っていったら、ないはずのところにビルが建っているということが当然起きます。これを何とか早くできないかという話はあるんですが、東京のようにしょっちゅうビルが建ったり壊されたりしていますとフォローできないということで、やはり 1 年に 1 回のデータ更新では使えないということが結構出ています。データの陳腐化という意味とは別に、使えないということが現実にあるものですから、これも何とかしなければいけないというようなことがあって、IT に関してはもとになるデータの信憑性ということが絶えず問題になっているというのが、正直なところです。

地方都市と大都市という話が出ましたけれども、私は専ら大都市の仕事をしてきたので、地方都市で分かるのは中部圏ぐらいです。中部圏は車社会で、車を使った社会においての IT はどうかというのはとても大きなテーマかと思います。多分、いま行われている社会システム、車を使った社会よりももっと進化するということは分かるんですが、計画づくりは多分 10 年後とか 20 年後なので、そのときをど

山田　雅夫（やまだ　まさお。都市設計家）
㈲山田雅夫・都市設計ネットワーク主宰。1951 年岐阜県生まれ。東京大学工学部都市工学科卒業。㈳日本建築学会・情報システム本委員会委員。科学万博（1985 年）開催、みなとみらい 21、東京臨海副都心の開発に参画。著者としては「未来史の脳人都市」（河出書房新社）、「電子地図の力」（日経 BP 社）、「現代用語の基礎知識（都市問題）」、「情報都市論」（共著、NTT 出版）など。

目次へ

ういうふうに読むかというのは、とても大事なテーマかなと思っています。問題提起ですけれども、そんなことを考えています。

黒川：どうもありがとうございます。交通政策の大きなフレームというのは、いま矢島さんにお話しいただいたようなことだと思います。そんな中で、矢島さんにご質問しますが、そういうときにここで言っているようなITというのはどんなところに使い勝手のいい場所があるんだろうかというような話です。そのときに、いま山田さんが言ったようなIT側の技術革新の速さと交通計画や交通施設などが持たなければいけないある程度のロングスパンの意味合いとか、そういうのはどんなふうに考えたらいいんだろうかというお話を聞かせていただければと思います。

それから山田さんの方には、ではそういう位置情報などというのは、最新のものは持てるんだけれども、最新のものを持つことが一体どういう意味を持っているのか。あるいは、過去からの歴史を引きずった情報と瞬間的に得られる情報のそれぞれの意味、計画だとか交通政策の中に新しいものがボンボン入ってくることと、古いものとを一体どう結びつけたらいいのかということで、何か意見があったら披瀝していただきたいと思います。

黒川　洸（くろかわ　たけし。工学博士、東京工業大学名誉教授）

1941年生まれ。東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。大学院修了後、建設省（当時）に入省、建築研究所都市施設研究室長を務め、パーソントリップ調査の調査体系確立などの中心的役割を果たす。その後、筑波大学教授、東京工業大学大学院教授、早稲田大学大学院客員教授を歴任。現在、㈶計量計画研究所理事長。

ハードとソフトの兼ね合い

矢島：大都市の方はいろいろ問題が鮮明かもしれませんので、大都市の話をとりあえずさせていただきます。いろんな分野でITというのは使えそうだなという感じはあります。ただ、使えそうだということと、本当に政策として使うという話とは、大分距離があるような気がしています。今の段階はまだどんなところに使えそうかということを議論したり研究したりする段階なのではないか、その際にハードの開発のスピードとソフトの研究とのマッチングみたいなものが大事なのではないかと思っていますが、実際はハードのスピードの方が速いのかなという感じを、今は持っております。

どんな分野かということですが、例えば自動車交通のうちの物流であれば、トラックが空で走っているということが一番の不効率のもとなわけです。これをいかに効率を上げてやるかということによって、台数は減るはずです。減るはずだけれども、ではどうしてそれは減らせないのか。それは個々の事業者が個々のニーズに応じていろいろ動いているからで、例えば、東京に来たトラックに引越し荷物を載せてやると、地方に行く引越しは安くて済むということがあります。これがもう少し情報技術を使って組織的に行われれば、物流の効率というのは上がるはずだというところまでは誰でも分かっている。しかし、実際にどうなんですかとなると、あっちの事業者とこっちの事業者のデータをやりとりするのは、なかなか難しいといった問題が、すぐに出てきてしまうということがありそうです。

人流については、例えば人が通勤したり用を足したりという自動車交通をできれば抑制したい、あるいはそういう需要を管理したいということが言われているわけで、現に東京都でもそういう研究がされているわけです。ただ実際は、今の状態で都心に流入してくる自動車の人流（乗用車）をコントロールするのに有効な方法はどうもないというのが、とりあえずの到達点のような感じです。しかし、一方で自動車のナンバープレートをIT化しておけば、そのIT化とプライシングをセットにしてやれば、いわゆるロードプライシングというものができるはずだということもよく分かります。よく分かりますが、それは技術の方が遅れているのではなくて、ロードプライシングというのを本当に政策としてやるのか、

ということに対するコンセンサスがなかなかとれないということであろうと思います。だから、これもハードとソフトの部分が少しマッチしていない、ソフトの方はまだなかなか条件が揃っていないということの一例だと思います。

一方、公共交通ですが、この分野ではITを使った技術というのは実際に使われ始めているなという印象を私は持っています。一つの例は、私が前にいた営団地下鉄というのを中心にして、私鉄も含めてパスネットが稼動し始めています。鉄道を利用する場合は乗り換えが一番面倒なわけで、特に、一々乗り換えの切符を買ったり何かするところが不便なわけですが、改札口をスムーズに通れることが一つのソフトな意味のシームレス化であるというふうに、利用者からは大変好評をいただいているのではないかと思いますし、そういう方向をさらに志向するのではないかと思います。

もう一つの公共交通の側面である高齢者や身障者の方々の移動の自由をどう確保するか。この部分は、ディマンドタクシーとか、ディマンドバスとかいっているものが、恐らく近々できるのではないかという感じを私自身は持っています。それを感じさせるものは、例えば武蔵野のムーバスに代表されるようなものです。お年寄りというのは、なかなか歩くのが面倒ですから、なるべく近いところにバスストップが欲しい。また、東京の郊外は幅が狭い道路しかありませんから、そこを通れるようなミニバスが要る。そういうところのニーズをムーバスはうまくつかまえたと思います。あれは、15分間隔で走っていると思います。これをもう少しディマンド化していくということもあり得ると思いますが、大都市ではディマンド化する必要はないかもしれません。地方の中小都市の方がディマンド化のメリットがあるかもしれない。あるいは、大都市でも郊外の方がディマンド化のメリットがあるかもしれない。ムーバスというシステムが既に現実に稼動していて、さらにもう一段先に行けばディマンド化ができそうだなと思っているところであります。

また、ITというのは、交通の分野でいろんな活用の範囲がありそうだけれども、実際使っていくためのニーズとか、それにかかる費用を誰が払うとかそういう部分があって初めてハードが生きるわけで、ハードだけが先に行ってもどうも難しいなという部分を感じております。

実用化上の課題

山田：パスネットは私もヘビーユーザーでございまして、あれはやはり非常にいいですね。

私が今関わっています空間を相手にするものでは、例えばこういうことだと思います。道端でタクシーを呼ぼうとします。今どこどこにいるから、近くのタクシーに来てほしいというときに、目印がない場合があります。通り名は何だろうと思っても、よく分からない。どこだか分からないけど来てくださいという話になるわけですが、こういった時に例えば携帯電話を持っていたとして、地図情報上に自分の今の位置を表示でき、タクシーの運転手さんがここで呼んでいるなということが分かれば、あとは一番近い車が行けばいいわけです。こういうできたらいいなということはあるんですが、現実にやれているかというとやれていないです。

最近やれたらいいというメニューはいっぱい上がるんですが、いざ実用化となったときに障害が結構多いのです。

私は今、慶應大学でそういったことの実証実験を何社かの企業とやっていて、確かにいろいろ問題があるなということが分かりました。例えば、今は携帯電話でも位置情報を出すようなものがありますから、あれを持っていればすぐできるかなと私も最初は思いました。実際に実証実験をやってみますと、都内はいいのです。非常に精度よく出せるのです。5 m以内でこの場所と分かります。ところが、ある地方都市でやりましたら、200 mぐらい違うところへ行ってしまったんです。200 mも違いますと、下手をすると線路の向こう側に行ってしまうわけです。そういうことが現実に起きています。これはまだ1ヵ月のテストですが、ここのところ毎週やっていまして、いろんなところに行っては位置を測定していて、こういうことが起きるのです。

これはどういうことかというと、やはりアンテナの数によります。つまり、サービスの濃いところほど位置情報も正確という状況があるわけです。結局、交通と同じです。需要があるところほど投資もされるものですから、その成果もちゃんと出るんですが、地方都市に行きますと、いまだ位置情報の精度は実際使えない部分が結構あるということがあります。ですから、この段階でやろうとしても、多分トラブルが出てくるということがあります。

それから、先ほど地図も１年に１度しか更新しないと言いましたけれども、結構、道路の据えかえとかありまして、現実に地図ベースが合っていないものですから、電子地図をベースにして行ってみたら道がなかったとかということが現にあるというようなことで、障害となる要素が一つ、二つではないです。

多分、一つの結論が出せますのは、例えば東京の山手線の中ぐらいでしたら、逆にやれてしまうということは分かっています。今でもすぐにやれます。ですから、やれるところからやっていくんだという考え方で私はいいと思います。ただ、全国一律一斉にというのは、どうもつらいかなというのが正直なところです。

何のための IT か？必要な情報とは？

黒川：IT 側から見ているから、IT 側の信頼性がこんなところだからまだそれはできないんだと言われるわけですが、ちゃんと使えるところがあるのに、もう少しどうして踏み出していかないのかなという気はします。

例えば今、IBS でも国土交通省から委託を受けて、いろいろ研究しています。IT を活用すると、例えばプローブカーからものすごい量のデータが出てきてしまうわけです。それをどうやって始末するかということを研究していて、何とかそれぐらいの情報量なら、見たいものにコンバートすることはできそうだということまでは来ています。

ただ一方で、計画する側が使いたい、例えば交通政策上使いたいといった場合、そのときは一体何が欲しいんだということになります。どちらかというと、今 IT をやる方は、こんなに細かいところまで調べられますよという方向に一生懸命になっていて、本当は何に使うかということになると、どれぐらいのことを考えればいいのかということを検討しているところは少ないのかなという気がします。そこら辺はどういうふうに今から考えていかなければいけないのか。私は交通政策をやる側から見ると、こっち側が発信しないといけないという気がするわけです。

もう一つ矢島さんの話で気になるのは、こういうことは頭の中では効率化が図れるのは分かっている、だけど、例えば企業間のビジネスのルールという方から見るとできないことがあることです。どこかにバリアーがありそうだというニュアンスは分かるんですけれども、そこら辺がどんなふうになるのかは気になります。

矢島：新しいシステムが導入されると、必ず誤作動する場合があるのは、ある意味で宿命的なものかもしれません。ただし、お金を取り扱うシステムは、やはり相当の信頼度があって、しかもシステムのつくり方として、知らないうちに取られてしまうという感じでない方がいいような感じがします。お金を取り扱うシステムは、特にお金の取り扱いに関する信頼度を上げないと、いつのまにか銀行口座から引き落とされています、便利でしょうというだけでは、どうも本当の普及というのはおぼつかないと思います。

黒川：情報量と必要な情報の考え方は。

山田：特に交通がそうだと思いますが、日常的な通勤・通学のように決まったところを通る場合は、ネックになるのはさっきのように料金だとかお金の支払いとかですから、そこさえスムーズに行ければ非常に皆さん快適だと思います。ただ、例えば観光地に行ったりするときは、全く違うんです。卑近な例で、地方の人が東京に来たときに、観光目当てに来たとします。観光スポットが多すぎて、途端にパニックになるわけです。こういうときに IT はどう使うかというのは結構重要なテーマだとは思うんですが、なかなか正解がないんです。本来、自分の見たいものの情報だけが欲しいのですが、下手をすると IT というのは情報を膨大に送ってしまうのです。人間はそんなにキャパがないですから、いきなり送られても困ってしまうのです。

個人のプライバシーをどう守るか？

黒川：今後のITを使った交通政策を考えるというときの、一つの立場ですが、一人ひとりの、交通システムのユーザーという立場ではなくて、何かそういうことから政策に資するような情報を取り出すという立場もありますよね。われわれ研究所もそういう立場にいるわけですけれども。そうすると、それが普及していったときに怖いのは、そのデータをとろうとする側から見ると、個人がどこにいるかという位置情報を欲しがることになるのです。ということは、位置情報を知るということは、ある個人のプライバシーをもらうことになります。自分がどこにいて何をしたいかということを常にどこかにいるマスターに教えているわけです。そうするとマスターの立場になっている人から見ると、だれがどこで何をしているか。何を志向しているかは、全部一応情報として持ててしまう。そのときに、プライバシーは一体どういうふうにして守るべきなのか。いや、そういうものはこういうときにはいいんだと、それはプライバシーではないんだというふうに言うのか。もしかしてそれと世の中の他のデータベースが全部リンクされて完全に個人の情報がプライバシーの外に行ってしまうというような問題が、IT化が進んでいくと必然としてなるべきなのか、そうではないようにプロテクトされるべきなのかというあたりについては如何でしょうか。

プライバシーとこういうITの発展はどういうふうに考えておいて、その交通に使えるからいいじゃないかという理論と、どうリンクさせたらいいんだろうか、そのあたりについて何かお考えがあればちょっとお聞かせ願いたいと思います。

山田：位置情報の分かる携帯電話を持って、私もある実験の被験者を何日間かやってみたんですけれども、やっぱり気持ち悪いです。特にトイレなんかに行こうかと思うとちょっと考えてしまいます。どうしたかといいますと、その間電源を切ったのです。電源をつけている限り、絶えず位置情報は送られるんですよ。本当は実験中にいけないんでしょうけれども。さすがに電源を切れば分かりませんから、その間は本人はどこにいたか不明になるのです。それを持って、今のお話は身をもって知って、ちょっとプライバシーは何とかしてほしいと思いました。こ

の場合は、精度がよすぎて困るんです。渋谷区内のどこかにいるぐらいならまだいいんですけれども、5メートル以内にまで位置が特定されるのは本当にたまらないです。

矢島：今たまたま電源を切るとおっしゃったのは、非常に象徴的だと思いました。システムが全部連動してしまうと今のようなプライバシー問題が生じるわけで、いろんなシステムが適当な大きさに切れている方が、恐らくシステムとしても使いやすいしプライバシーも守れるということに、多分なるのではないかと思います。電源を切るといったら、これはまた時間的に物理的に切っておられるからいいけれども、あれもこれもつながっているかもしれないと考えると、そら恐ろしいような感じです。

黒川：一般には、いろんな人の位置情報まで知りたいわけです。例えば渋谷駅で困っている人はどういう人か、どこで困っているのかは位置情報でそこの所要時間を計れば分かります。そこに何のバリアーがあったかというのは、後づけすれば分かるわけです。そういう意味では、シームレス化したいという方から見れば、そういう情報は欲しいというのがあるんだけれども、そこのバランスをどういうふうにしたらいいか。少しずつシステムを切りなさいというのは、また一つのやり方だと思います。

山田：確かにせいぜい二つぐらいまでのシステムはいいけれども、その先はダメというような形にしておけば、悪用されるというときは結構何段階か経ますので、まず守られるだろうとは思います。それは確かにそうだと思います。

黒川：そこら辺がプライバシーを守りながら、いろんなITをうまく使いながらというところの、一つ

目次へ

の歯どめかなという気がします。

山田：私は最近、IT の今後については大体楽天派だと思われているらしいです。今日はちょっと辛口のことをあえて言いましたが、そんなに悲観的な方ではありません。やはり、普及するだろうと思います。とても便利なものなんです。ですから、特にパスネットはいい例だと思いますが、物流分野は私は詳しくは分かりませんけど、特にここ 2〜3 年すごく進んでいるんじゃないですか。

ただ、仕事上での活用はいいと思うんですけれども、比較的自分の自由な時間をどうするかというときに、余り IT に振り回されてはどうかなとは思います。

地球環境問題と IT

黒川：今、地球環境問題から見て持続可能な成長みたいなことが言われていますが、いろんなものを効率化して、資源を余り使わない方向に持っていけば、持続可能な方向に行くとは思います。けれども、今の POS システムにしても何でも効率を上げた分、さらにもっとハイレベルのサービスへコンバートしていくとか、さらに密度の高いサービスをする方向に持っていくというふうに行きがちです。そこをもう少しうまく使える道具にならないかということが、私にはものすごく気になっています。

我々がやっていることは、効率よくすればするほど、さらに忙しい世界を志向するようになっているような気がします。もう少し地球環境問題とかそういう方向から見て、うまく IT を使うというスタンスがとり得るのかどうか。あるいは、それはもう IT の問題ではなくて、そういうことをどう扱うかという社会の問題なのか。

矢島：どうもそうみたいですね。IT はどっち側にでも使えるはずですけれども。

山田：そうですね。本来中立ですから。社会がどちらを求めているかの問題の方が大きいと思います。

黒川：日本では、地球環境にやさしいというのは、だれに聞いても重要だと言うけれども、それよりも重要なのはサービスであったりして、一番重要とはされない場合もありますね。

IT を使えば、持続可能な社会になりますというキャッチフレーズで、IT を使うのはいかにもいいことだみたいなことを言っている風潮も片方で見えるんですけど、本当はそういう問題を我々はどう扱っていったらいいか。単なる道具だというふうに捉えるのでしょうか。

山田：ただし、道具にしては工夫次第ではとんでもなく有効な道具なので、可能性があり過ぎるものですから、逆に危ないんですね。

矢島：道具に人間が使われてしまっているところがありますよね。

山田：むしろ、最近はその可能性の方が高いです。それと、何か IT のスピード感に皆さんとにかく後れたくないという恐怖でやっている感じもします。

黒川：総括ではないですけれども、やはりいま最後に言ったように、IT というのは可能性は大きいものだし、いろいろなことに使える可能性もあるけれども、使う人だったり、使われ方によっては、非常に危ないというところもあるから、そこら辺をよく考えながらやりましょうというのが、多分今日お話しいただいた中での一つの結論です。恐怖感ではなくて、もう少し IT を使う側と使われる側の便利さを追求するようにしたいですね。

どうもありがとうございました。

（平成 14 年 11 月 25 日㈪　9:30〜10:50、㈶計量計画研究所　第一会議室）

特集：IT と IBS の取り組み―交通政策の新たな潮流―

IT を活用した道路政策評価の展望と課題

牧村　和彦*　中嶋　康博*　名倉　俊明**　佐藤　弘子**

By Kazuhiko MAKIMURA , Yasuhiro NAKAJIMA, Toshiaki NAGURA and Hiroko SATO

1．はじめに

2002 年 8 月の社会資本整備審議会基本政策部会の中間報告[1)]では、道路整備の目標を道路の整備量を確保することから質の高い交通サービスを提供することに転換する必要性が唄われ、成果を重視した評価システムを導入し、重点的に整備する路線を峻別する必要があると提言している。政府では、交通サービスの程度を表す客観的な政策評価指標の一つとして渋滞による経済損失を用いることとしており、渋滞を表現するアウトカム指標が益々重要となる。

これまで実務で道路計画などに用いられてきた代表的な渋滞関連指標には、平均旅行速度、渋滞長、渋滞損失額などがある。平均旅行速度や渋滞長の計測は人手により行われ、渋滞損失などの経済損失はシミュレーションにより推計されてきた。しかし人手による計測の場合にはデータ精度や調査コストなどの問題があり、シミュレーションの場合には推計精度の問題がある。

一方、IT(情報技術)の進展により、位置特定技術の向上や解析技術（移動と滞在の判別技術、経路特定技術等）が向上し、きめ細かな交通状況が再現できるようになり、渋滞ポイントの特定、事後評価、政策評価といった交通計画への適用や旅行者情報提供や交通需要マネジメントなどの施策への適用、交通調査への適用などが技術的に可能となりつつある。

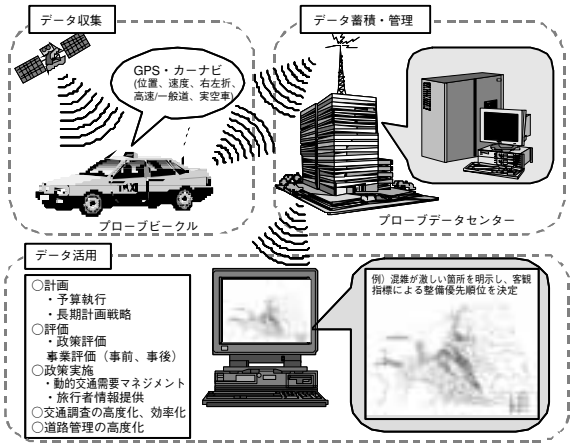
そこで本稿では、プローブカーを用いて収集されるデータの特徴を分析し、政策評価への活用方策についての提案を行うとともに、今後の課題に触れることとする。

2．プローブカーデータの特徴

2―1．プローブカーデータ

(1) プローブカーの概念

プローブカー（Probe Car）[注1)]とは、自動車を移動体の交通観測モニタリング装置と捉え、きめ細かな交通流動や交通行動、位置情報、車両挙動さらには気候や自然に係わる状況をモニタリングする車両と定義できる（図－1)。一般的な車両（例えば普通自家用自動車）には数百のセンサーがあり、カーナビゲーションシステム（以下カーナビ）や GPS（Global Positioning System）から収集される位置情報と組み合わせることで、車両のきめ細かな挙動を把握することが可能である。このように収集したデータを蓄積、加工し、交通データベースを構築することで、道路管理者は政策評価や事業評価、交通調査の高度化等に適用できる。近年プローブカーを活用した社会実験や実用化事例が多く登場しており（表－1)、次世代交通データのキラーコンテンツとして注目されている。



図―1　プローブカーの概念

出典）IBS 作成

＊交通研究室　＊＊情報システム研究室

表－1　代表的な導入・実験事例

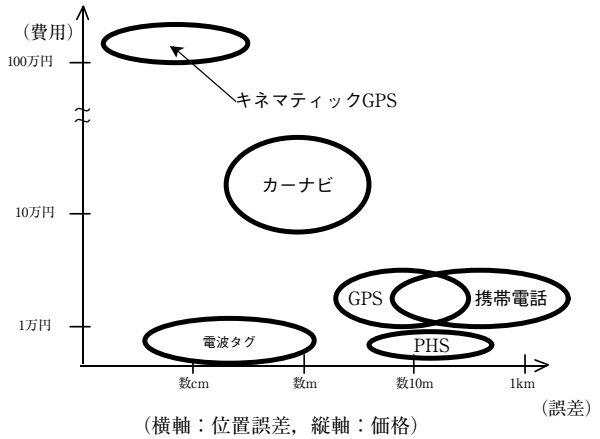
目的	国名、都市名	実施主体	台数	車載器	導入レベル
旅行者情報提供	ドイツ	DDG 社（民間）	10,000（一般車）	GPS	本格実施
	シンガポール	政府	7,000（タクシー）	GPS	本格実施
	サンアントニオ	州政府	78,000（一般車）	タグ	本格実施
	横浜	JSK（民間）	300（タクシー、バス等）	GPS	実験（2001）
	名古屋	インターネットITS（民間）	1,500（タクシー）	GPS	実験（2002）
渋滞損失計測	日本	国土交通省	不明（全国幹線道路対象）	カーナビ GPS バスロケ PDA	本格実施

出典）文献 2 より IBS 加筆

(2) 位置取得デバイスの種類と特徴

位置を取得するデバイスは、カーナビや GPS、携帯電話、PHS、電波タグ等様々である（図－2）。カーナビや GPS から収集されるデータは主に、時刻、車両の位置（緯度・経度）、地点速度、方向である。カーナビの場合には GPS から収集されるデータに加え、ジャイロセンサー[注2]を用いた自律航法[注3]やマップマッチングをカーナビ内で行っているため、精度の高いデータである。また、地点速度は ECU から車速パルス信号[注4]を収集し算定している。カーナビは GPS では把握できない地下道路、トンネル内、高架下、駐車場内などでデータが精度高く収集でき、マルチパスが発生する都市部で精度高く位置情報を得ることができる特徴があり、都市部での正確な渋滞状況や旅行速度を収集する場合に適用性が高い（図－3）。

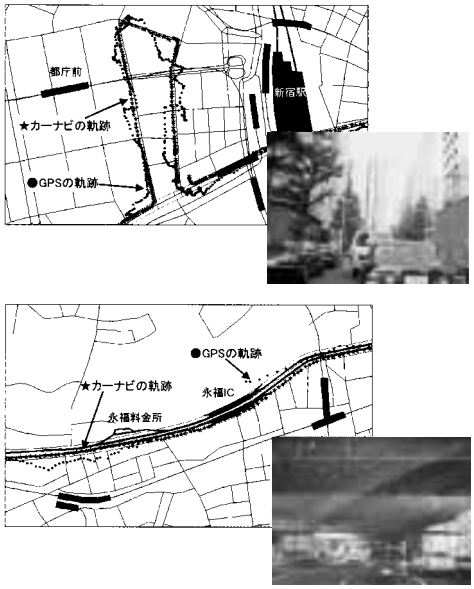
携帯電話や PHS は、センターとの通信を行う際に、複数のアンテナ ID とそれらの電界強度より、位置の把握を行う。PHS の位置特定精度は都心部では GPS と同程度の精度があるものの、郊外では GPS やカーナビと比較して低い特徴を持つ。携帯電話は GPS 内蔵のものは GPS と同様の特性であるが、GPS が内蔵でないものは、1 km 程度の精度である。



（横軸：位置誤差，縦軸：価格）

図－2　位置取得デバイスの特徴の概念図

注）用途に合わせプローブカーとして上図のデバイスが用いられている（国内外）　　出典）IBS 作成



（上：新宿副都心、下：高架下）

図－3　カーナビデータの特徴

注）GPS のみでは、衛星が捕捉できない高架下やトンネルでは位置が取得できない。また、都市部はマルチパスの影響を受け、路線の特定が難しい。一方カーナビは都市部で精度高くデータを収集できる。　出典）文献 2

2－2. 車両の特性

表－1 に示したようにプローブカーとして利用される車両には、タクシー、路線バス、高速バスや長距離バス、トラック、一般車両等様々であり、用途により異なる。本稿では渋滞関連の政策指標として活用しているタクシーやバスから収集される特性を整理した。

(1) タクシー[3)]

タクシーは 24 時間様々な種類の道路を走行している車両であることから、タクシーによるデータ収集は、多様な道路の特性把握が可能である。表－2 は都市別のタクシーの走行結果をまとめたものであり、図－4 は DRM リンク[注5]毎の取得サンプル数を示している（サンプル数の算定方法等は文献 4 に詳しい）。大都市では、1 日当たりの走行距離が 200～

目次へ

300 km と長く、中村のような地方都市でも 150 km を走行している。その中で、道路総延長のうち、実際に走行した道路の延長（リンク捕捉距離）は、大都市では平均走行距離の 60～90%、地方都市では 35% 程度となっている（表－2 最右欄）。これは、大都市では単位面積における道路密度が高く、走行圏域が広いため多くのルートの情報が収集でき、リンク捕捉距離が長くなっている。地方都市では、単位面積における道路密度が低く（つまり、代替経路が少なく）走行圏域が狭い。

次に、東京を例に取り車両が 1 回以上リンクを通過した場合を捕捉リンクとし、捕捉リンク延長を総リンク延長で除したリンク捕捉率を用いて、1 年間収集されたデータのカバー状況をみた（図－5）。ここでは東京 23 区をほぼカバーする DRM 2 次メッシュの 20 km 四方内の道路網を対象に算定した。タクシーデータは国道、主要地方道、一般都道といった幹線道路について各時間帯で日中 5～7 割以上を捕捉している結果が得られ、タクシーの行動圏域が比較的広範囲に拡がっていることが分かる。

また、20 km 四方のリンクの時間帯別平均取得サンプル数を図－6 に示した。国道、主要地方道、一般都道では、時間当たり平均 15～30 回程度データが取得できていることが分かる。ただし、高速道路（首都高速含む）やその他道路（細街路）では 7 回前後と相対的に低い。特に渋滞が激しい首都高のデータは日中ほとんど取得されていない。

このようにタクシーは一部の特定路線や地区での取得データが少ないものの、比較的広範囲に一般道を中心にデータが収集できることから、取得したいエリアの大きさを考慮し、エリア内の営業所と配備台数を適切に選定することで、面的な季節変動や月変動、曜日変動や時間変動などのパフォーマンスをモニタリングする場合の適用性が高い車両である。

(2) 路線バス

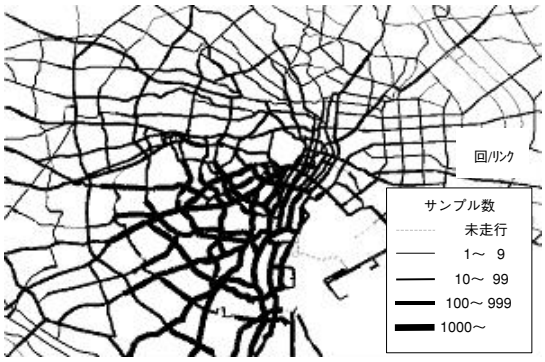
路線バスは決まった路線を決まった時刻で走行している車両であることから、特定路線の旅行時間や変動特性を把握することが可能である。バスロケーションシステム（以下バスロケ）が導入されている都市では、車両毎にバス停通過時刻がセンターに蓄積されており、センターに蓄積されたデータを利用することで、車両毎のバス停間旅行時間の算定が可能である。また、近年普及が進んでいる GPS タイプのバスロケでも同様であり、取得間隔毎の位置データがセンターに蓄積されており、主要交差点間の旅行時間データを生成できる。車載器や通信コス

表－2　主要都市のタクシー走行特性

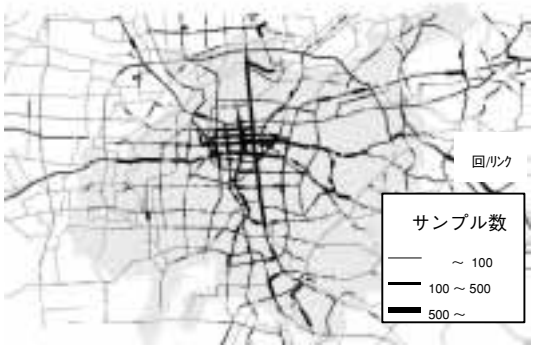
都市	台数	車両	平均走行距離（km/台/日）	リンク捕捉距離（km/台/日）
東京	20	タクシー	280	166
横浜	20	タクシー	212	152
名古屋	1500	タクシー	233	209
中村（高知）	5	タクシー ディマンドバス	150	51

注）リンク捕捉距離：道路総延長のうち、実際に走行した道路延長
出典）IBS 作成

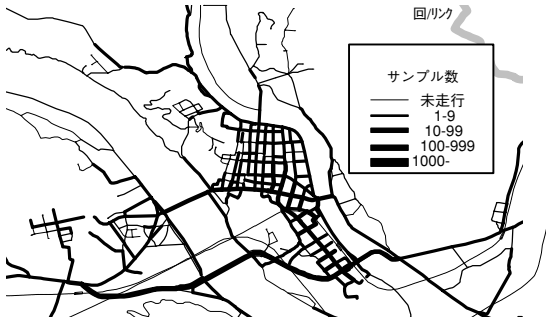
＜東京 23 区の例（縦 20 km×横 20 km）＞



＜名古屋市の例（縦 30 km×横 30 km）＞

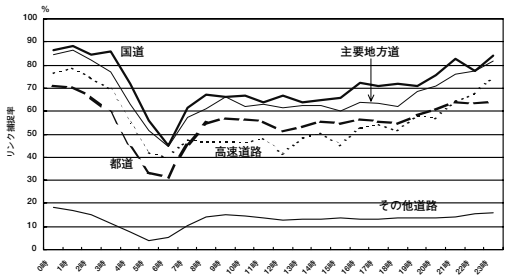


＜中村市の例（縦 4 km×横 5 km）＞



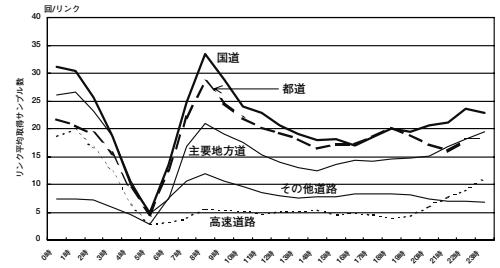
図－4　都市別リンク別データ取得数

出典）IBS 作成



図－5　時間帯別道路種類別捕捉率（平休計）

注）都内 20 km 四方内の道路を対象にタクシーの 2000 年 5－12 月のデータより算定　　出典）IBS 作成



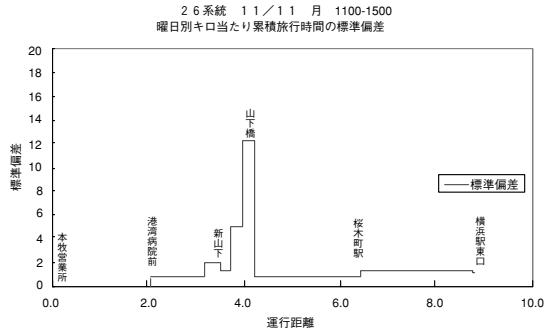
図－6　時間帯別道路種類別平均取得サンプル数（平休計）

注）都内 20 km 四方内の道路を対象にタクシー 2000 年 5－12 月のデータより算定　　出典）IBS 作成

トは全く不要であり、既存バスロケデータを入手し、加工プログラムを開発することで特定路線の旅行時間や変動特性が把握できる。

図－7 は横浜市営バスのバスロケデータを用いて km 当たり旅行時間の変動をみたものである。データはある 1 日の 10 時～15 時までの本牧～横浜駅までの走行データである。路線バスは毎日ほぼ同じ時刻を走行するため、いつも同じ時間で通過できる区間なのかそうでない不安定な区間なのかの状況が把握でき、旅行時間の変動特性が一目で理解できる。また、図－8 は福岡の路線バスに GPS を搭載して収集された 7 ヶ月間のデータから、約 500 m 区間毎の時間帯別平均旅行速度の状況を図示したものであり、いつどの区間が渋滞しているかが一目で理解できる（計測やデータ作成については文献 5 を参照）。

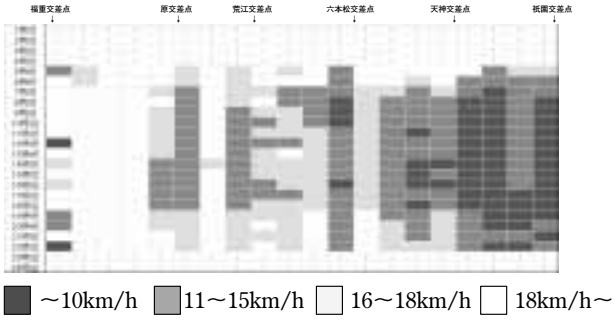
路線バスをプローブカーとして利用するメリットの一つは、短期間に大量のデータが取得できる点がある。1 時間に 2 台のプローブ車両があれば、1 ヶ月で平日 40 サンプルのデータが路線単位で収集できる。年間当たり約 500 サンプルになる。タクシーの場合、路線単位でこれだけのデータを収集するには相当量のプローブ台数が必要となり、調査したい



（横軸：運航距離、縦軸：旅行時間の標準偏差）

図－7　旅行時間の標準偏差（横浜）

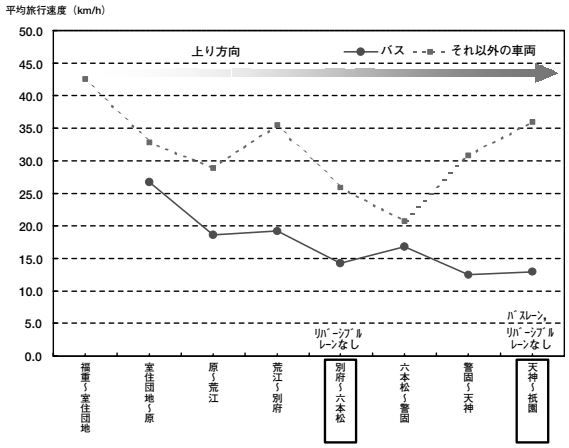
注）横浜市営バスデータ（本牧～横浜駅、26 系統データの 1 日の 10 時～15 時の走行データ）より IBS 作成



（横軸：500 m 間隔の区間、縦軸：時間帯）

図－8　時間帯別区間別平均旅行速度（福岡）

注）GPS により 1 分毎に収集される路線バスの走行結果より IBS 作成。図は R 202 号（国体通り平日上り）の祇園～福重交差点の約 10 km。



図－9　バスと一般車の旅行時間比較

注）GPS により 1 分毎に収集される路線バスとそれ以外（乗用車、トラック）の休日の走行結果より IBS 作成。図は国道 202 号（国体通り休日上り）の祇園～福重交差点の約 10 km。図の計測時間帯における福重～天神間はバス専用レーン及びリバーシブルレーン。ただし、別府～六本松間は工事中のため、リバーシブルレーンなし。天神～祇園間はバス専用レーン及びリバーシブルレーンなし。

目次へ

路線が決まっている場合には、バスデータは有効である。ただし、バスは時刻表により運行されている点、バスの乗降の時間が含まれる点、専用レーンなどを走行する場合がある点などに留意が必要である(図－9)。渋滞損失のように数億円という精度でバスの旅行時間を利用する場合や5分単位で旅行時間や予測時間を提供する場合と小数点一桁オーダーで精度が要求される場合の旅行速度調査等、目的に応じてデータを補正し、利用することが重要である。

3．プローブカーを活用した政策評価関連指標の提案

本章では、プローブカーデータを用いたパフォーマンス指標算定方法の提案ならびに東京のタクシーデータを用いた指標の算定を試みた。政策評価関連指標として、本稿では、リンク旅行速度、区間旅行速度、面旅行速度、燃料消費量、渋滞損失時間・損失額の5つの指標について定式化する。

(1) リンク旅行速度

DRMのノード間の平均旅行速度（km/h）及び標準偏差の算定方法を(1)式及び(2)式に示す。ノード間とはDRMの場合には、交差点間を指す。

リンク平均旅行速度；

$$\overline{V}^{l}=\frac{n\cdot D^{l}}{\sum_{i}^{n}T_{i}^{l}}=\frac{n\cdot D^{l}}{\sum_{i}^{n}\frac{D^{l}}{V_{i}^{l}}}=\frac{n}{\sum_{i}^{n}\frac{1}{V_{i}^{l}}} \tag{1}$$

リンク標準偏差；

$$\sigma^{V^{l}}=\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}\left(V_{i}^{l}-\overline{V}^{l}\right)^{2}}{n-1}} \tag{2}$$

ここで、D^{l}はリンクlの距離(km)、T_{i}^{l}はサンプルiリンクlの旅行時間(hour)、V_{i}^{l}はサンプルiリンクlの旅行速度(km/h)、nはサンプル数である。

(1)式を用いて国道246号の約2km区間におけるリンク間旅行速度を算定した。データは5月から12月までの8ヶ月間のデータである。図－10は縦軸に時間帯、横軸に区間をとり、旅行速度ランク別に色分けして表示したものである。DRMのリンク間は平均100メートル程度であることから、詳細な旅行速度の状況が把握可能である。

図－10より表参道交差点では、午後2時～6時頃まで渋滞が激しくなっており、青山3丁目交差点や赤坂見附交差点では、日中ずっと混雑していることが分かる。このように、時間帯と交差点間を図－10のように表現することで、いつどの交差点が渋滞しているのかが一目で明らかとなり、渋滞ポイントの特定や交差点改良やTDMなどの実施前後の事業評価などへの適用が可能である。

(2) 区間旅行速度

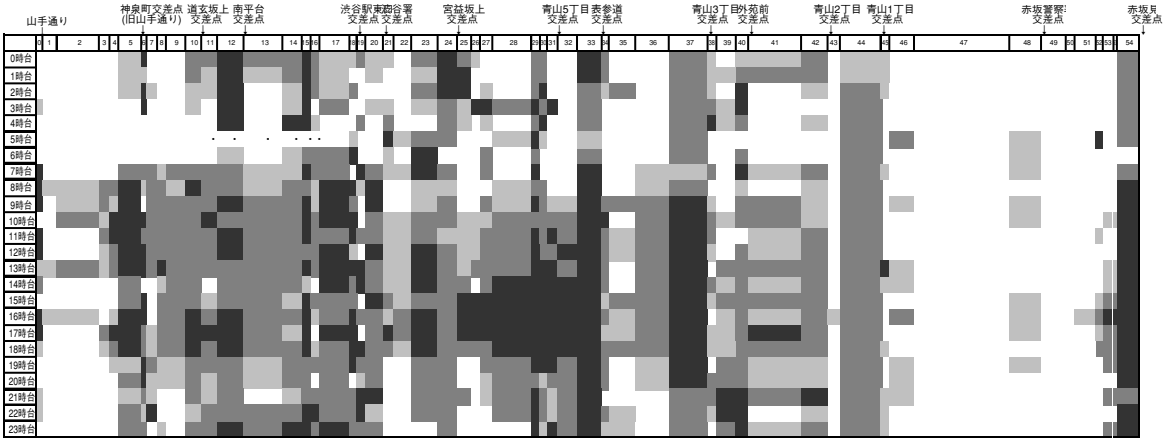
リンク旅行速度を用いて、特定区間の旅行速度を算定する方法を(3)式及び(4)式に示した。区間で算定することで、センサス区間や路線の平均旅行速度及び標準偏差が算定可能となる。

区間平均旅行速度；

$$\overline{V}^{L}=\frac{n\cdot D^{L}}{\sum_{i}^{n}T_{i}^{L}}=\frac{n\cdot D^{L}}{\sum_{i}^{n}\frac{D^{L}}{V_{i}^{L}}}=\frac{n}{\sum_{i}^{n}\frac{1}{V_{i}^{L}}} \tag{3}$$

区間標準偏差；

$$\sigma^{V^{L}}=\sqrt{\frac{\sum_{i}^{n}\left(V_{i}^{L}-\overline{V}^{L}\right)^{2}}{n-1}} \tag{4}$$



図－10　国道246号の交差点間時間帯別平均旅行速度（旧山手通りから外堀通り間）　出典）文献4

凡例：10km/h以下，10～20km/h，20km/h～30km/h，30km/h以上

目次へ

ここで、D^L は区間Lの距離(km)、T_i^L はサンプルi区間Lの旅行時間(hour)、V_i^L はサンプルi区間Lの旅行速度(km/h)、n はサンプル数である。(3)式を用いて放射の幹線道路である目黒通り約2kmの区間平均旅行速度を算定した。データは6〜8月までの3ヶ月間の8〜10時台の平日タクシーデータを用いた。結果を図−11に示した。目黒通り上りの平均旅行速度は14.3km/h、下りは20.3km/hという結果が得られた。従来のセンサス旅行速度調査では、3サンプル程度で数キロのセンサス区間の平均旅行速度を算定したものが、プローブデータでは、交差点間で算定でき、どの交差点で走行性が低くなっているかが把握できる。図では目黒通りと都内の重要な環状道路である山手通り等との交差点で著しく旅行速度が低下していることが分かる。

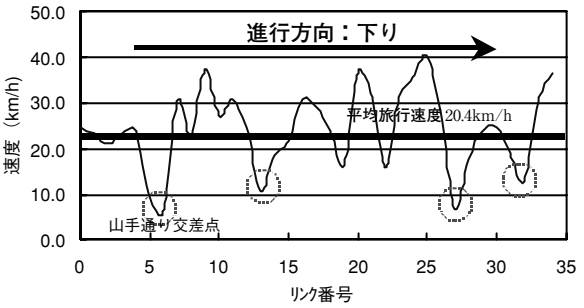
また、人手で計測する場合には、車両のかかる費用、運転手及び計測員の人件費が必要である。一方カーナビ調査の場合には、カーナビ車載器の費用(車載器1台約20万円）のみである。人手による計測コストは、計測路線延長により大きく変わることとなり、一概にカーナビ調査との比較は難しいが、費用面でもコスト軽減が可能であるといえる。

(3) 面旅行速度

面での旅行速度の算定式を(5)式に示した。面で表現することで区別や地区別（例えば、環状道路内と外、コミュニティーゾーン内など）の平均旅行速度として利用できる。

面（メッシュ）平均旅行速度；

$$\overline{V}^M = \frac{\sum_{l=1}^{M} n^l \cdot D^l}{\sum_{l=1}^{M}\sum_{i=1}^{n} T_i^l} \qquad (5)$$



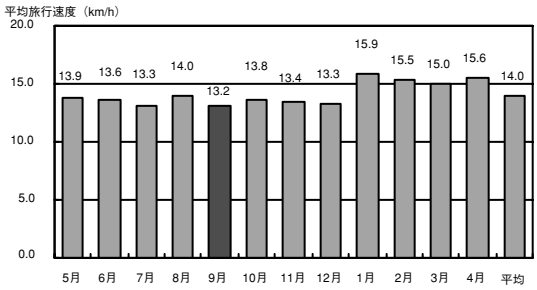
図−11　目黒通りのリンク別平均旅行速度（下り）

注）既存のセンサス旅行速度では太線の状況しか把握されないが、プローブカー調査より細線のように渋滞ポイントなどが一目で分かる。図はタクシー3ヶ月間のデータよりIBS作成

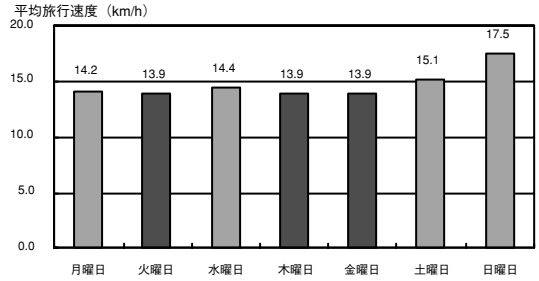
ここで、D^l はリンクlの距離（km)、T_i^l はサンプルiリンクlの旅行時間（hour)、n^l はリンクlのサンプル数である。

(5)式を用いて、平成12年5月〜平成13年4月の10〜18時台のタクシーデータを用いて、東京23区内の20km四方における月別、曜日別、時間帯別の平均旅行速度を図−12に示した。このように長期間蓄積されたプローブデータを用いることで面的なパフォーマンスモニタリングが可能である。図は20km四方の算定結果の例であるが、区別の旅行速度や区内の生活道路のみの旅行速度や環状道路内と外の算定が可能である。またコミュニティゾーン内といった特定地区の算定も可能であり、面的な政策の評価指標としての利用が期待できる。ただし、タクシーデータを用いる場合には、リンク別サンプ

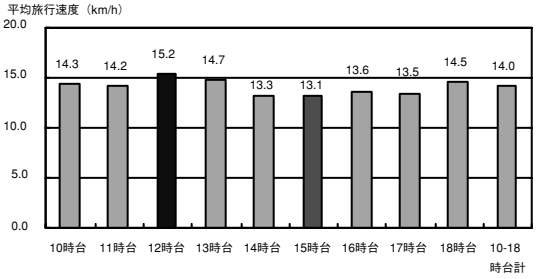
＜月別＞



＜曜日別＞



＜時間帯別＞



図−12　月別、曜日別、時間帯別の平均旅行速度

注）東京23区の20km四方1年間の10時〜18時台のタクシー走行データより推計　　出典）IBS作成

目次へ

ル数やリンク捕捉状況(特定の道路に偏りがないか)、異常値がないかどうか等を十分確認する必要がある。

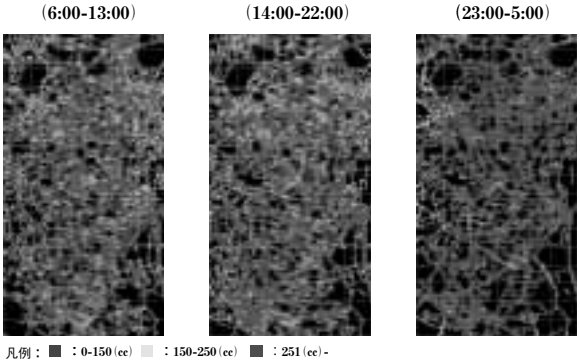
(4) 燃料消費量

1秒ごとのカーナビデータを用いて、既存研究[6]で提案された燃料消費量の算定式より燃料消費量(cc)の算定が可能である。算定式を(6)に示した。第1項は走行時間に関する項、第2項は走行距離に関する項、第3項は加速度に関する項の和で表される。

燃料消費量；

$$Q = 0.3T + 0.028d + 0.056\sum_{k=1}^{K}\delta_k(v_k^2 - v_{k-1}^2) \qquad (6)$$

ここで、T は旅行時間(sec)、d は旅行距離(m)、v_k は計測サンプル周期k毎の車速、δ_k は計測サンプル周期k毎のパラメータで加速時＝1、低速・減速時＝0、K は総サンプル数である。(6)式より、東京6月のタクシー20台のデータより燃料消費量の推計を行った。図－13はDRMデータを100m四方に分解し、100m四方毎の時間区間別燃料消費量の推計結果を示している(図はタクシーの走行挙動みから推計)。これによりどの時間帯のどこで多くの燃料が消費されているかが分かると共に、道路の整備効果の指標としても活用可能となる。特に1秒毎の位置データや地点速度データを収集することで、既存の平均速度による排出推計では十分表現できない交差点付近の加減速を加味した排出特性が把握可能となる。



図－13　100mメッシュ時間区間別燃料消費量

出典）文献4

(5) 渋滞損失時間、損失額

最後に、年間渋滞損失時間の算定方法を(7)、年間渋滞損失額の算定方法を(8)～(10)式に示す。渋滞損失時間や損失額は、リンク、区間、面のいづれの場合も算出可能であり、ここでは年間の算定方法を示した。

年間渋滞損失時間（分・年）；

$$t^{loss} = \sum_{T}\sum_{i} t_{i\cdot T}^{loss\cdot w}\times 243 + \sum_{T}\sum_{i} t_{i\cdot T}^{loss\cdot h}\times 122 \qquad (7)$$

但し、$t_{i\cdot T}^{loss\cdot w} = \bar{t}_{i\cdot T}^{jam\cdot w} - \bar{t}_{i}^{off\cdot w}$、$t_{i\cdot T}^{loss\cdot h} = \bar{t}_{i\cdot T}^{jam\cdot h} - \bar{t}_{i}^{off\cdot h}$

ここで、$\bar{t}_{i\cdot T}^{jam\cdot w}$ はT時台の平日におけるリンクiの平均通過所要時間（分）、$\bar{t}_{i\cdot T}^{jam\cdot h}$ はT時台の休日におけるリンクiの平均通過所要時間（分）、$\bar{t}_{i}^{off\cdot w}$ はT時台の平日におけるリンクiのオフピーク平均通過所要時間（分）、$\bar{t}_{i}^{off\cdot h}$ はT時台の休日におけるリンクiのオフピーク平均通過所要時間（分）である。

年間渋滞損失額（円・年）；

$$c^{loss} = \sum_{T}(c_T^{loss\cdot w} + c_T^{loss\cdot h}) \qquad (8)$$

平日の時間帯別渋滞損失額；

$$c_T^{loss\cdot w} = \sum_{i}\sum_{m}(t_{i\cdot T}^{loss\cdot w}\times Q_{i\cdot T}^{m\cdot w}\times tv^{m\cdot w})\times 243 \qquad (9)$$

休日の時間帯別渋滞損失額；

$$c_T^{loss\cdot h} = \sum_{i}\sum_{m}(t_{i\cdot T}^{loss\cdot h}\times Q_{i\cdot T}^{m\cdot h}\times tv^{m\cdot h})\times 122\times \gamma^{h} \qquad (10)$$

ここで、$Q_{i\cdot T}^{m\cdot w}$ はT時台の平日リンクiの車種m交通量（台/h)、$Q_{i\cdot T}^{m\cdot h}$ はT時台の休日リンクi車種m交通量（台/h)、$t_{i\cdot T}^{loss\cdot w}$ は平日T時台のリンクiにおける渋滞損失時間（分)、$t_{i\cdot T}^{loss\cdot h}$ は休日T時台のリンクiにおける渋滞損失時間（分)、$tv^{m\cdot w}$ は平日車種mの時間価値（円/台・分)、$tv^{m\cdot h}$ は休日車種mの時間価値(円/台・分)、γ^{h} は休日交通係数である。

(7)から(10)式を用いて、東京区部の幹線道路における2000年4月～2001年3月までの1年間の渋滞損失時間及び損失額を算定した。なおここで、オフピークの旅行時間は0時～6時台の平均旅行速度とし、車種別交通量は道路交通センサスの交通量を用いた。また時間価値や休日係数は、参考文献8の我が国の便益計測マニュアルに遵守した方法を採用した。その結果、年間6,751億円の渋滞損失額（首都高除く）という結果が得られた。道路種類別には一般国道1,842億円、主要地方道3,041億円、一般都道1,868億円であった。ここでの算定結果はタクシーのデータが取得されたリンク及び時間帯のみでの推計であり、取得されていない時間帯などの補正を特に行っていない。そのため、結果は過小推計されている点に注意が必要である。取得できないあるいは取得データに偏りがある路線については、セン

目次へ

図－14　渋滞損失３Ｄマップ（東京 23 区）

注）１年間の １ タクシーによる走行データのみから推計
出典）IBS 作成

サスデータによる補正や他データ（都営バスのバスロケデータ等）による補正などを行い、精度を向上する事が課題である。

首都高中央環状延伸が一般道路に及ぼす実際の効果や今後想定される乗り継ぎ料金制や時間帯別料金制による影響や経済効果といった広域的な評価の指標としての利用が期待される。

4．まとめ

本稿では、プローブカーから得られるデータの車両別の特性について分析を行い、今後の政策評価として適用可能なパフォーマンス指標について、指標の定式化及びタクシーデータを用いた指標算定を試みた。

本稿で得られた成果は以下である。

1）タクシーデータは比較的広範囲に様々な道路のデータが収集できることから、面的な季節変動や月変動、曜日変動や時間変動などの道路パフォーマンスをモニタリングする場合の適用性が高い。東京の場合、時間帯別にリンク当たり平均 15～30 サンプルのデータが幹線道路において取得され、また、20 km 四方のエリアにおいて時間帯毎に 5～7 割のリンクをカバーすることが明らかとなった。この場合の計測にかかる費用は 600 万円程度（20 台のカーナビ機器費用）であり、常時観測調査機器（トラカン）1 台の 2 分の 1 程度で上記データが取得できることを意味し、今後実務における広域的な政策評価や交通調査の効率化や高度化に寄与することが期待できる。

2）路線バスは決まった路線を決まった時刻で走行している車両であることから、特定路線の旅行時間や変動特性を把握したい場合に適用性が高い。既に多くの都市でバスロケが導入されており、既存データを活用することで車載費用や通信費用をかけることなく時間帯別の主要交差点間旅行時間や変動特性の把握ができ、事業の事前事後の影響や渋滞損失額や損失時間を用いた経済評価といったマクロな計測に今後適用されていくことが期待できる。

3）車両位置のデータを用いることで、交差点間や路線、面的な平均旅行速度、燃料消費量、渋滞による損失時間及び損失額の 5 つのパフォーマンス指標の定式化を行った。収集されたデータを用いて指標化を行うことで問題箇所把握の精度に貢献でき、また渋滞関連事業の事前事後評価の新たな指標として適用可能であることを示した。

本稿で提案した指標を政策評価の指標として本格的に普及及び導入していく上での課題を以下に整理した。

1）政府では渋滞による損失を毎年モニタリングしていく方針を示しており、東京などの大都市では路線バスなどの計測では費用面や路線数などに限界があり、タクシーデータを組み合わせた損失計測の検討が必要である。ただし、タクシーは営業所から半径 5～10 km を走行圏域としていることが明らかとなっており[7]、路線によって特定時間帯や特定区間のデータが取得できない特性がある。東京都市圏全体といった大都市圏の面的な計測にあたっては、営業所の選定と配備する台数の検討が課題である。また、交通管理者の保有する VICS リンクデータ[注6]を利用することでビーコンが設置された幹線道路の旅行速度が把握でき、これらデータの活用や組み合わせの検討も重要である。

2）定期的な渋滞損失をモニタリングしていくためには、路線の旅行時間データをモニタリングしていくだけでは不十分であり、交通量のデータが必要である。渋滞損失が発生している都市部の交通量データは交通管理者が保有しており、交通管理者が保有している交通量データの早期公開が望まれる。

3）現在実施されているプローブカーデータを用い

た事業の事前事後評価では、所要時間の短縮効果のみを対象としている。走行経費の短縮や本論文で紹介した燃料消費量の削減効果についてもプローブデータから推計可能であり、実務での蓄積を今後進めていくことが重要である。また、NOx 排出量などの推計も可能となりつつあり、環境排出量の削減効果については、車両からの排出量と車両挙動との特性把握、排出原単位の検討などが課題である。

なお本稿は紙面の都合から政策評価に限定して今後の可能性と課題について報告を行った。プローブカーは、伝統的に手計測で行われている旅行速度調査や渋滞長計測調査、路上駐車計測調査、経路把握調査、観光調査など交通調査の効率化や精度向上に寄与でき、調査結果や推計精度が向上することで、従来よりも信頼性の高い客観的なデータを国民に提供できる。また、交通量データとプローブカーから算定される旅行時間データを用いることで、きめ細かな道路パフォーマンス関数の推計が可能となる。このことにより、将来の交通計画の目標として従来の交通量だけではなく、ピーク時旅行速度や平休別の旅行速度の目標値など、量だけではなくサービス水準を目標とした将来計画の策定が実現のものとなろう。

謝辞

本稿は、昨年度及び一昨年度の IBS 受託業務の一部を本特集用にとりまとめたものである。国土交通省に感謝の意を表する次第である。

なお本稿で紹介した内容の中で、プローブカーを用いた計画の体系、旅行速度の算定手法、旅行速度や渋滞損失算定及び表現のそれぞれについて、国総研から特許出願中である。

注 1) 国際標準化 TC 204 WG 16 では、今後プローブカーは、プローブビークル（Probe Vehicle）と表記する方針である。現在の一般的な呼称は、日本：プローブカー（Probe Car)、アメリカ：プローブビークル（Probe Vehicle)、欧州：フローティングカー（Floating Car）である。

注 2）ジャイロセンサーとは、別名、自律航法ユニットと言い、独力で方向を測位するための角速度（1 秒間に何度動いたか）を検出するセンサーである。一般的にカーナビゲーションにはジャイロセンサーが取り付けられており、その位置計測の仕組みとしては、車速データから車の移動距離を計算し、ジャイロ（地磁気）から方位の変化を検出して地図上に自車位置を表示している。

注 3）自律航法とは、GPS による位置計測に頼らず、曲がった方向をジャイロセンサー（注 2）にて、路面の傾斜を傾斜計（G センサー）で位置を決定する方法のことをいう。近年のカーナビは GPS と自律航法の両方を用いるハイブリッド型が一般的である。衛星が捕捉できない駐車場内の案内等は自律航法のみで位置を計測している。

注 4）パルス信号とは、信号の伝送方法の一つである。ここでは、自動車の ECU（エンジンコントロールユニット）から車速の信号をパルス信号にて取得しているという意味で用いている。

注 5）本稿では、DRM（Digital Road Map）のリンクのことを「DRM リンク」と呼んでいる。（DRM はノードとリンクから構成される。）

注 6) VICS リンクデータとは、VICS (Vehicle Information and Communication Systems) システムにおいて取り扱われる種々の情報を効率的に処理するための位置表現用の道路リンクである。VICS リンクは一般的に DRM リンクよりも区間延長が長い（DRM リンクをいくつかつなぎあわせたもの)。

参考文献

1）道路整備五カ年計画中間報告，社会資本整備審議会道路分科会, 2002 年 7 月

2）菊地春海，瀬尾卓也：GPS が交通調査を変える～プローブカーによるパラダイムシフト～，測量，2002 年 3 月

3）(財)計量計画研究所：IT を用いた交通データ収集研究報告会，2002 年 7 月 9 日

4）K. Makimura, H. Kikuchi, S. Tada, Y. Nakajima, H. Ishida and T. Hyodo: Performance Indicator Measurement Using Car Navigation Systems, Presented on the 81th Transportation Research Board CD/ROM, Washington DC, 2002.

5）田中利行，中嶋康博，佐藤弘子，牧村和彦：プローブカーを用いたリアルタイム道路交通情報提供システムに関する研究，交通工学研究発表会，2002. 11

6）大口敬：道路交通における燃料消費量推定方法に関する考察，土木計画学研究・講演集 No. 22，pp 575－pp 578，1999 年 10 月

7）石田東生，岡本直久，鈴木完，牧村和彦，中嶋康博：プローブカーによる走行速度調査の適用可能性，第 1 回 ITS シンポジウム，2002. 12

8）道路投資の評価に関する指針検討委員会編，道路投資の評価に関する指針(案)，平成 10 年 6 月

地域特性を考慮したプローブカー活用方策の検討

An Examination for Practical Use of Probe Vehicles in Consideration of Regional Characteristic

秋元　伸裕*　森尾　淳**

By Nobuhiro AKIMOTO and Jun MORIO

1．本検討調査の背景・目的

(1) 検討調査の背景

中山間地域をはじめとする地方部においては、一般的に人口密度が低く、公共交通機関の成立可能性も低いことから、自動車依存度が高く道路がなければ生活が成り立たない状況にあると考えられる。

これら中山間地域では、都市部に比べ交通量が少なく、また混雑度も低いことから、交通量や混雑度といった既存の評価指標を使って道路整備の必要性を示そうとしても、都市部に比べて優先度が高く評価されることはほとんどないと考えられる。

そのため、中山間地域の側から見れば、自動車代替性が相対的に低く道路整備に対するニーズが相対的に高いものの、交通量や混雑度といった既存の評価指標のみに基づく全国一律の優先順位では、道路整備が進まないという結果につながる。

(2) 検討調査の目的

こういった背景のもと、本検討調査は、道路交通センサス等から得られる交通量や混雑度といった従来型の代表的な指標以外に、プローブカーデータを活用して、地方部（特に中山間地域）における道路の必要性を適切に評価できるようなパフォーマンス指標および評価手法の検討・提案を試みることを目的とするものである。

2．検討調査の内容と対象地域

本稿は、「地域特性を考慮したプローブカー活用方策検討調査（国土交通省四国地方整備局中村工事

表－1　各調査の概要（取得データ等）

調　査	期　間	サンプル数など	取得データ					
			取得間隔	緯度・経度	地点速度	前後・横加速度	その他のデータ	車載機
疲労度調査	一般道路（2日間）平成13年11月15日,17日 ■高知⇔中村114km（R33、R56）	一般道路：2名×2回 ※20代男性（この区間走行経験なし）	1秒	○	○	○	・旋回角速度 ・フリッカー値 ・自覚症状しらべ	SR
	高速道路（2日間）平成13年11月16日,18日 ■高松⇔松山162km（高松道、松山道）	高速道路：2名×2回 ※20代男性（この区間走行経験なし）						
道路整備効果調査	平成13年12月6日～平成14年2月 （山間部を走行する宅配車両は44日間）	宅配車両：2台 ※市街地1台,山間部1台走行 監督官官用車：2台 ※市街地1台,山間部1台走行 ➔計4台	1秒	○	○	○	・旋回角速度	SR
プローブ・システム調査	平成12年12月～平成14年3月（1年4ヶ月）	デマンドバス: 1台 路線バス: 2台 タクシー: 4台 デイケアセンター車: 1台 工事事務所官用車:3台 市役所公用車: 1台 ➔計12台	100m	○	○	－	・実車・空車（タクシー） ・到着（デマンドバス）	※

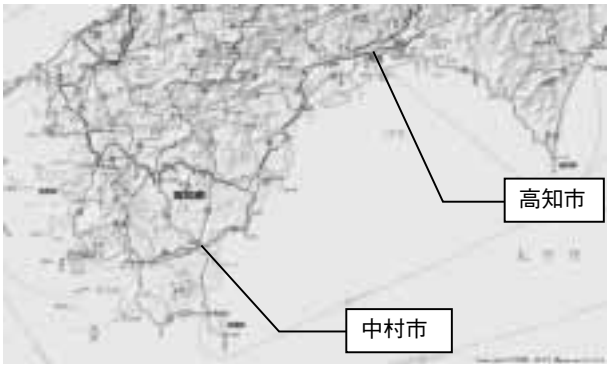
【車載機】
SR　位置情報、速度に加えて前後・横加速度まで取得可能な車載機（データテック製）
※ 中村まちバスの車載機（松下製）

＊都市・地域研究室　＊＊交通政策研究室

目次へ

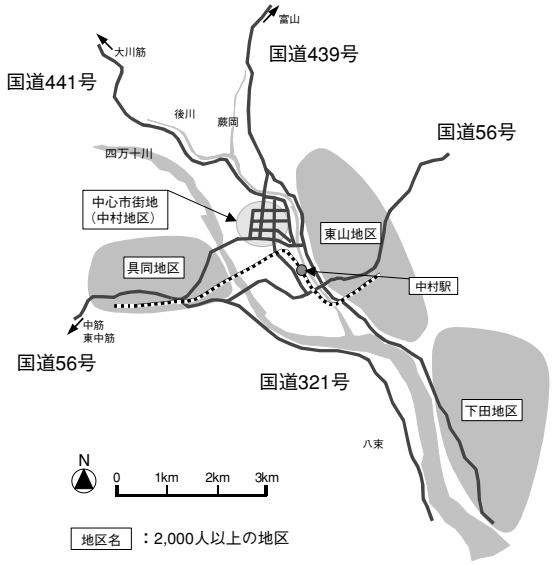
事務所委託業務)」における検討結果をベースにとりまとめたものである。表－1に示した実態調査および検討を行っているが、本項では、「疲労度調査」、「道路整備効果調査」について述べる。

調査対象地域は、高知県中村市およびその周辺地域である。中村市は、四国地方南西部、高知市から約100 km離れた県西南地方に位置する。三方を山に囲まれ南東で太平洋に面し、日本最後の清流四万十川が貫通する、人口約3万5千人の都市である。



図－1　中村市の位置

市街地は約1 km四方の大きさで、四万十川と支流の後川に囲まれた中州に、小京都と呼ぶに相応しい碁盤の目の道路網で構成されている。この市街地の南端部を国道56号が東西方向にかすめ、足摺岬方面からの国道321号、四万十川上流部の中山間地域からカーブしながら下ってくる国道439号・441号が市街地に通じている。



図－2　中村市の市街地と主な幹線道路

3．疲労度調査

(1) 調査の目的および最終的な目標

高速道路、一般道路において疲労度に関するデータ、プローブカーによる走行特性のデータを収集し、ドライバーの疲労度の視点からみた指標の提案と試算を行うことを目的とする調査である。

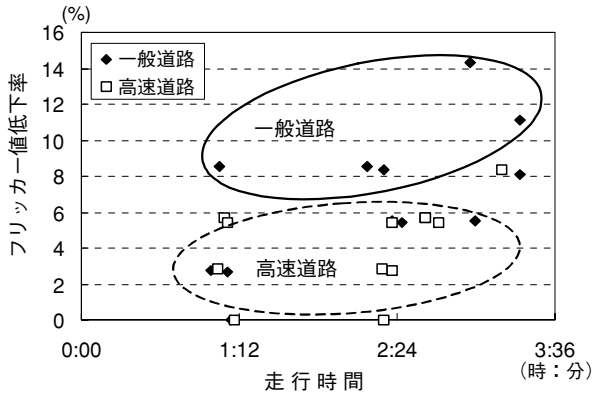
また、本調査のねらい、および最終的な目標としては、プローブカーデータをもとにした、ドライバーの運転疲労度を表す指標の構築・算出検討、および「ドライバーの運転疲労度軽減のためには、走行性の高い道路の整備が必要である」といった、地方都市における道路整備の必要性を示す指標としての活用の方向性検討が考えられる。

(2) 運転時間と疲労の蓄積（フリッカー値※低下率）

一般道路では、時間経過に従い疲労の蓄積度合いを表すフリッカー値低下率が高くなる傾向にある。

高速道路でも、時間経過とともにフリッカー値は低下する傾向にあるが、一般道路と比較して低下率は小さい（図－3)。

このことから、一般道路は高速道路と比較して疲労が蓄積される傾向にあると推測される。



図－3　道路種類別フリッカー値低下率の推移

(3) 一定の閾値を超える加速度の発生状況

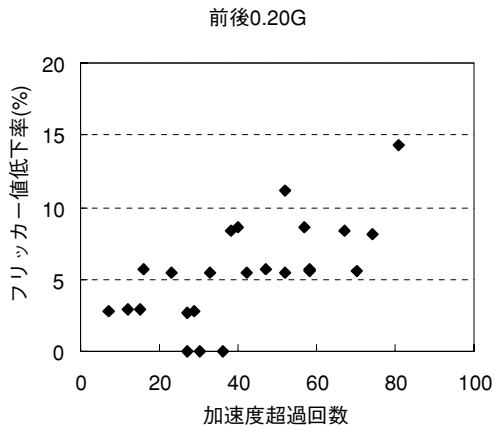
一定以上の加速度発生箇所を地図に落とすと、一般道路の場合、発進・停止時の前後加速度は市街地での発生が目立ち、カーブ走行時の横加速度は、山間部区間で目立つ。また、横加速度は特定区間での発生が多く、前後加速度と比べ距離あたりの発生密度は高いことがわかった。

高速道路の場合、前後・横加速度とも一定の閾値を超える観測値の発生はほとんど見られなかった。

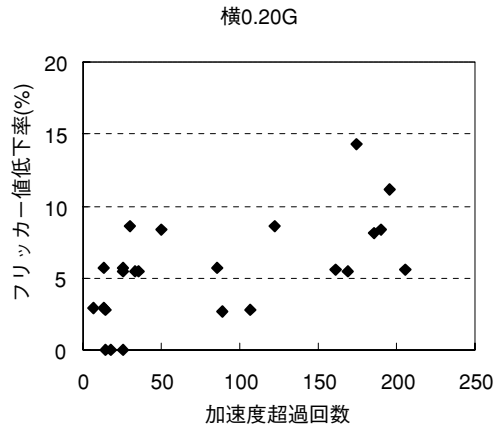
(4) 加速度発生回数とフリッカー値低下率の関係

前後加速度・横加速度ともに、0.2Gを一定の閾値としてこれを超える回数と、疲労の蓄積状況を表すフリッカー値低下率の関係を分析した。図－4・5のように、各加速度が0.2Gを超える回数とフリッカー値低下率は概ね線形の関係があり、結果として加速度0.2G超過回数が少ない場合は、疲労の蓄積度合いが少ないと考えられる。

なお、運転中にヒヤリと感じるレベルといわれている前後加速度0.3G超過回数とフリッカー値との関係はあまり見られなかった。ヒヤリと感じるほどの強いレベルの加速度ではなくても、それが繰り返しドライバーに負担として加わることにより、疲労度が蓄積される可能性があることが推察される。



図－4　前後加速度0.2G超過回数とフリッカー値低下



図－5　横加速度0.2G超過回数とフリッカー値低下

(5) 分析結果のまとめ

一般道路では、時間経過に対応してフリッカー値低下率が高くなる傾向にあるが、高速道路では、一般道路と比較してグラフの傾きは小さい。一般道路は高速道路と比較して疲労が蓄積されると推測される。

前節までの検討を整理すれば、前後加速度・横加速度とも加速度超過回数の少ない高速道路の場合と、市街地での前後加速度、山間部カーブでの横加速度の発生が多い一般道路の場合では、後者の方がフリッカー値の低下率が大きく、運転の継続により疲労が蓄積していく可能性が高いと推測される。

4．中山間地域道路整備効果調査

(1) 調査の目的および最終的な目標

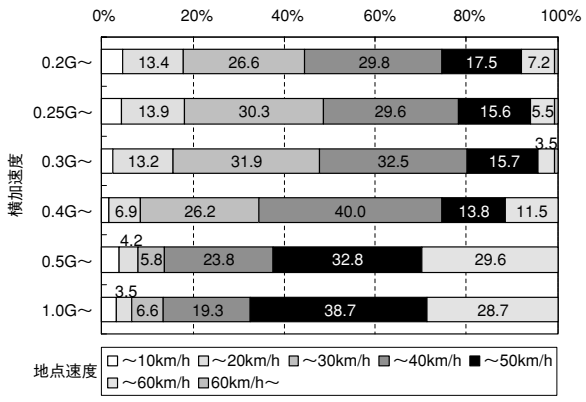
本調査は、中山間地域における山間部の道路走行時の運転状況を的確に表す指標について、プローブカーデータをベースとした検討を行うことを目的としている。

最終的な目標としては、プローブカーデータをもとに、山間地の道路におけるドライバーの運転環境を表す指標を構築・算出するとともに、「山間部における道路運転環境を向上するには、さらなる地域幹線道路の整備・改良が必要である」といった、地方都市における道路整備の必要性を示す指標として位置づけていくことが考えられる。

(2) 国道441号走行データの分析

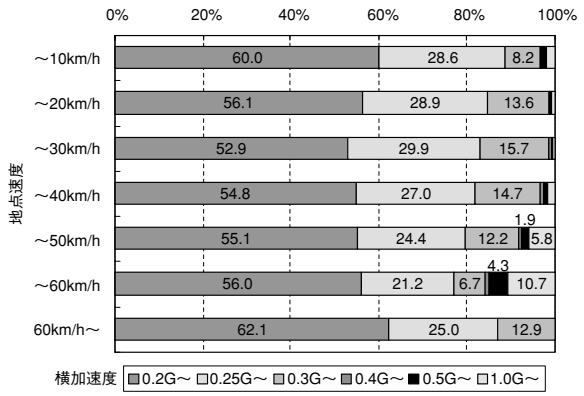
まず、中村市から北西方向へ伸びる国道441号を走行したプローブデータをもとに、速度と横加速度の関係を分析し、カーブが多いといった道路線形の問題から通常走行時に比べ低速でも大きな横加速度が発生していると判断するための閾値抽出を試みた。

0.5G以上の横加速度は地点速度40～60 km/hでの発生率が高く（図－6）、また地点速度60 km/h以上の場合、発生する横加速度は最大でも0.3Gである（図－7）といった特性があった。



図－6　横加速度別地点速度構成比

目次へ

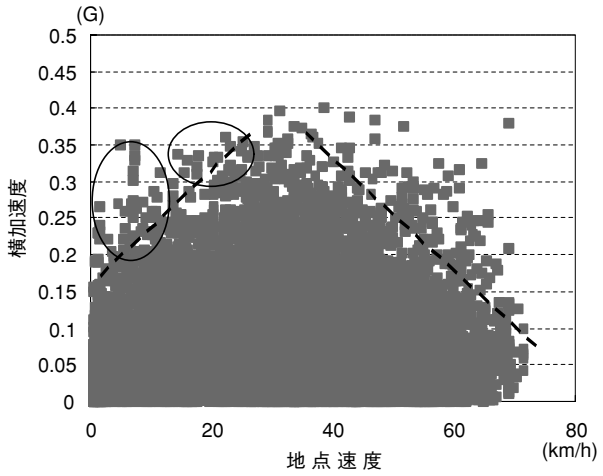


図－7　地点速度別横加速度構成比

地点速度と横加速度の関係は（図－8）、40 km/h 程度までは速度が高くなるほど発生する横加速度の上限値は大きくなるが、逆に 40 km/h を超えると速度が高くなるほど横加速度の上限値は小さくなる傾向がある(図の破線)。この傾向は、首都圏の山間部区間を走行したデータにおいても同様にみられた。

横加速度は、カーブ区間前後など遠心力が大きく変化する地点で発生すると考えられるが、同じ箇所でも走行速度が高いほど大きくなる。ドライバーに負担を与える山間部のカーブ区間の走行という視点から、低速でも大きな横加速度が発生する地点を抽出することが考えられる。

ここでは簡単のため、図－8 において破線を超える、概ね 20 km/h 以下で 0.2 G 以上、20～40 km/h で 0.3 G という閾値（図－8 の楕円）を設定した。



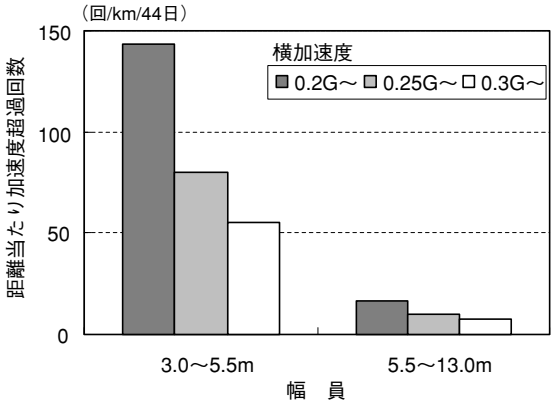
図－8　地点速度と横加速度の関係

(4) 道路状況と横加速度発生状況との関係

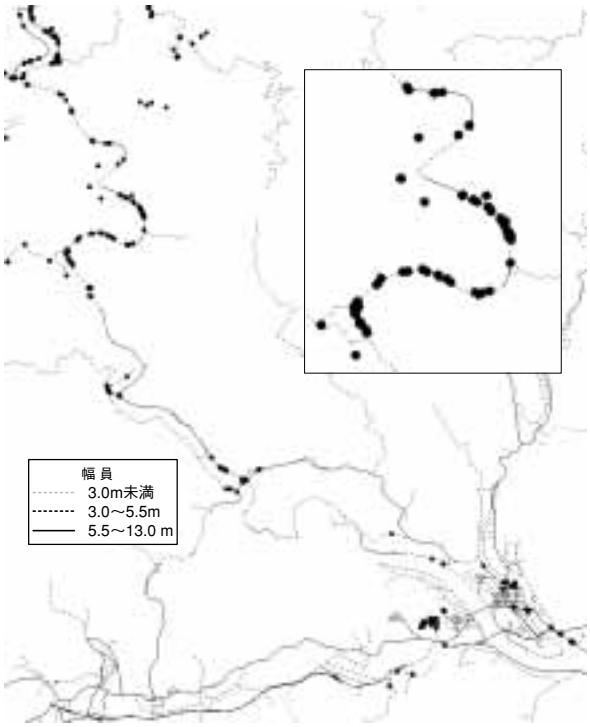
幅員が狭い区間では横加速度の距離あたり閾値超過回数が多く、幅員 3.0～5.5 m 区間は、5.5 m～13.0 m 区間の約 8 倍となる（図－9）。

また地点速度 20 km/h 以下の低速で横加速度 0.2 G を超える箇所は、ほとんどが幅員 3.0～5.5 m の区間であり、その発生箇所は、地点速度 40 km/h 以下 0.3 G 以上の場合よりも、特定箇所に集中している状況であった（図－10）。

具体的に道路台帳と照らし合わせてみると、狭幅員でカーブが連続する区間で、低速でも大きな横加速度が発生しており、特に急カーブの頂点付近で顕著にみられる（図－11）。

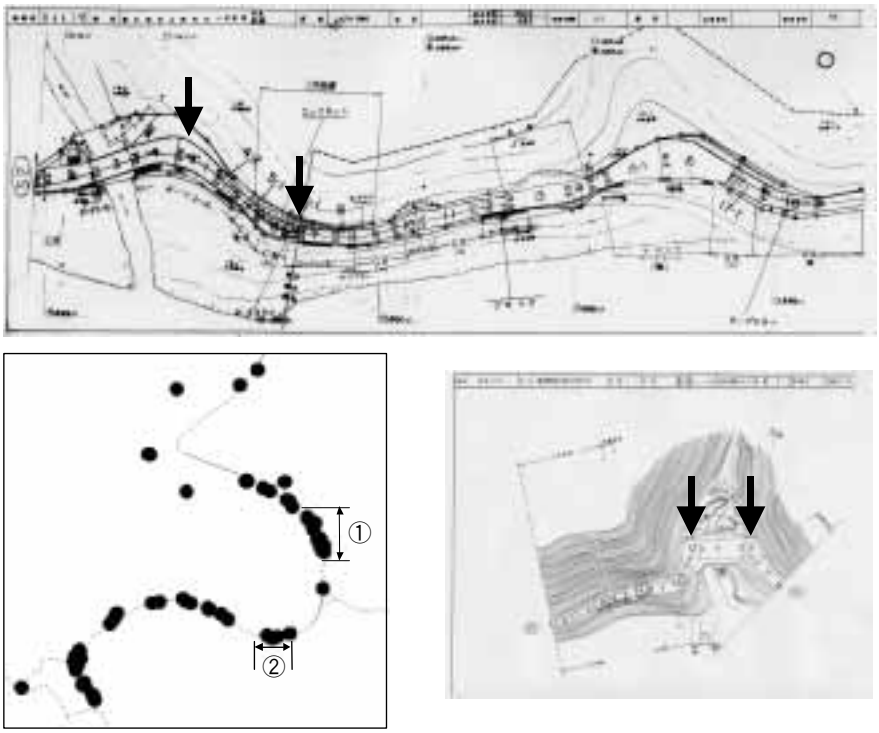


図－9　幅員別・距離あたり横加速度閾値超過回数



図－10　R 441 周辺の横加速度閾値超過箇所
（地点速度 20 km/h 以下横加速度 0.2 G 以上）

目次へ



図－11　地点速度 20 km/h 以下・横加速度 0.2 G 超過箇所の道路整備状況の例／箇所図（左下図）
区間①：短い区間で比較的急なカーブが連続（上図）
区間②：旧道改良区間前後の急カーブ（右下図）

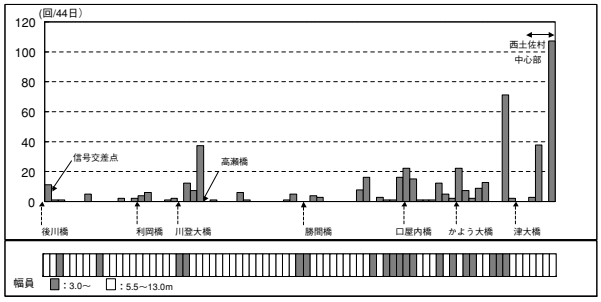
(5) すれ違い困難箇所

道路幅員が狭く、対向車とのすれ違いが困難であると想定される箇所として、宅配車両のプローブデータから停止回数を分析した。停止回数が多い箇所として、幅員が減少する区間の前後や、四万十川を渡る橋のたもとの交差点周辺などがあげられる（図－12・13）。（ここでは、GPS 位置が 10 秒～2 分の間変化しなかった箇所を停止とした。10 秒未満は一時停止や短時間の GPS 受信不能状態の可能性が高く、2 分以上は荷物の積み卸し等による停止の可能性が高いため、それぞれ除外した。）

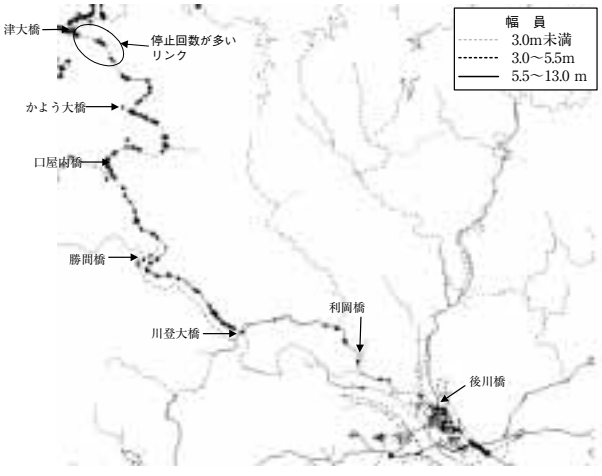
道路台帳と照らし合わせると、停止回数の多い箇所は幅員減少区間の前後とほぼ一致しており、ここで対向車を待避していると推察される（図－14）。

(6) 分析結果のまとめ

国道 441 号走行時の速度と横加速度の関係を分析し、頻繁な運転動作を要し疲労蓄積も考えられる低速走行時の横加速度が、幅員 5.5 m 未満のカーブ連続区間で、特に集中して発生することを確認した。また、GPS の位置変動から算定した停止時間から、対向車のすれ違い待ちと思われる一旦停止が、幅員が増減する箇所の前後で、発生することを確認した。

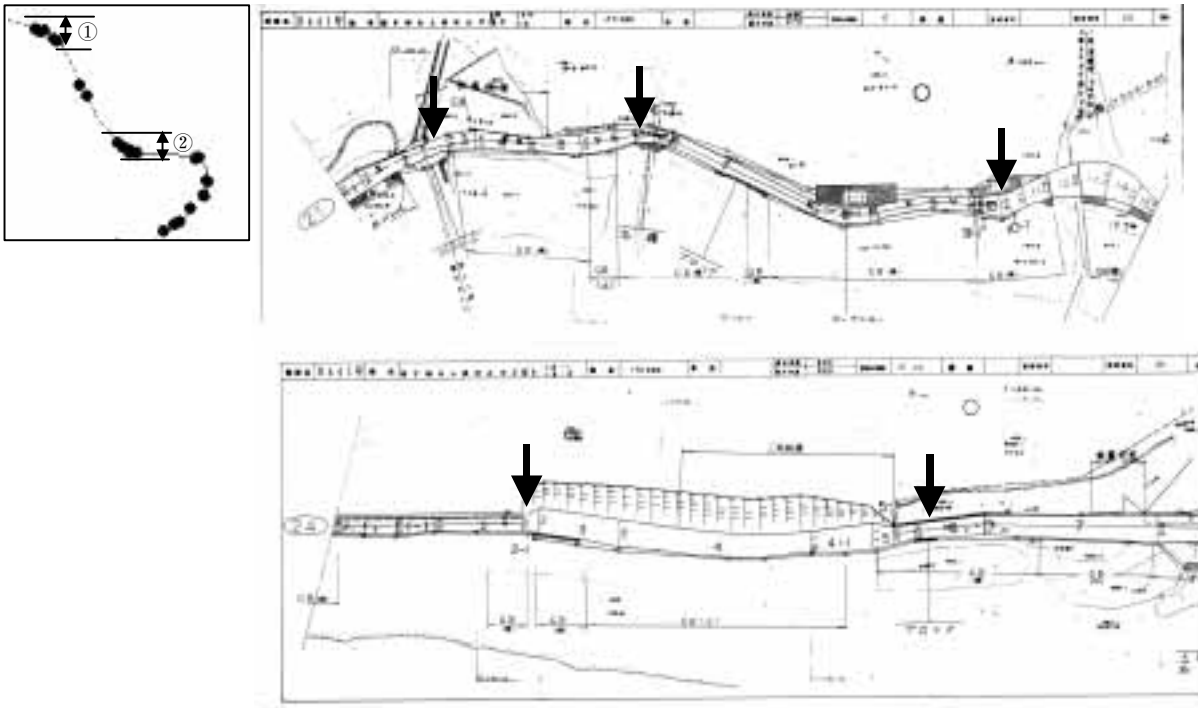


図－12　国道 441 号のリンク別停止回数と道路幅員との関係



図－13　国道 441 号における停止発生箇所

目次へ



図－14　停止回数の多い箇所における道路整備状況の例／箇所図（左図）
区間①：幅員減少地点の退避所（右上図・右端矢印の箇所）
区間②：幅員 8 m に改良された区間の前後における停止（右下図）

5．今後の課題

今回の疲労度調査では、少サンプルではあるが、疲労の蓄積と前後・横加速度 0.2 G 超過回数との関係性が認められた。また一般道路と高速道路で、閾値となる前後・横加速度 0.2 G を超える加速度の発生回数には大きな差があることから、同じ運転距離・時間であっても一般道路の方が疲労の蓄積が進む可能性があるとの考察を行った。

今後は、被験者や走行区間のサンプル数を増やした継続的なデータ収集や、他の疲労度測定方法による試行が考えられる。また、収集データをもとに、個人差、線形などの詳細な道路整備状況、天候・昼夜時・交通量といった走行時の状況等との関連性分析を通じ、閾値 0.2 G の妥当性の検証や、一般的・普遍的な指標化の検討を進める必要がある。

中山間地域道路整備効果調査では、低速時横加速度および一旦停止回数を、道路整備・改善の必要性を示す指標の案として示した。

低速時横加速度と、速度、および道路線形としてカーブだけでなく道路幅員との関係についても示したが、今後他の車種や山間部道路の走行データ収集と、これをもとに縦断、視距、見通し、路面などの詳細な道路整備状況、交通量との関係分析が考えられる。今回 20 km/h 以下 0.2 G・40 km/h 以下 0.3 G とした閾値についても、理論的な面を含めた検証が必要であると考えられる。

停止回数については、他の車種・道路データを含めた一般化、適切なリンク単位での距離あたり回数等のわかりやすい表現方法の開発、などの課題がある。

長期的には、提案した指標を軽減させる具体的な道路改良方法や、整備優先順位等の課題がある。

《謝辞》

本調査は、中村工事事務所委託「地域特性を考慮したプローブカー活用方策検討調査」の調査ワーキング（委員長：朝倉康夫神戸大学教授）において討議をいただいた。貴重なご指導・ご意見をいただいた関係各位に厚く御礼を申し上げる次第である。

※注）フリッカー値（による疲労度測定法）

断続光として認識可能な、1 秒あたり光源点滅回数の限界値。神経・精神的疲労による平常時からの低下率から、疲労の度合いを測定する。最もポピュラーに行われている疲労度測定法のひとつ。

IT を活用した交通調査の高度化と課題

Advances and Problems of Traffic Survey by Using of Information Technology

西山　良孝*　牧村　和彦**　中嶋　康博**

By Yoshitaka NISHIYAMA, Kazuhiko MAKIMURA and Yasuhiro NAKAJIMA

1．はじめに

交通現象の把握は、交通施設計画や TDM 等ソフト施策検討の基礎データであるばかりでなく、実施施策の効果検証のためにも必要である。これまで、交通現象の把握は、専らアンケート調査や人手による追跡、及びカウント調査が主流であり、被験者の記憶に頼ったアンケート回答や 1 日調査に対するデータへの信頼性、また、被験者の調査負荷や調査費用等が課題となっていた。さらに近年は、より詳細な行動データへのニーズが高まるなど、既往の調査手法の限界が指摘されている。

近年の IT（情報技術）の進歩はめざましく、日々の交通現象を正確、詳細に、また被験者への負荷少なく継続的に取得することが可能となっている。

交通行動の基本データである OD（出発地・目的地）、及び経路情報は、時々刻々と移動する位置座標情報として、GPS（Global Positioning System）により把握可能となった。我が国では GPS を用いたカーナビゲーションシステムが広く普及しており、GPS を搭載した自動車そのものを測定機器とみなすプローブカーは、新たな交通流動把握、分析ツールとして道路走行状況や渋滞状況の把握などに利用されている。

一方、歩行者の回遊行動把握に関しては、高層建築物が立地する都心部、地下街、施設内等について GPS が利用できないことから、PHS の利用が提案されているが、その測定誤差は GPS に比較して大きく、歩行者経路の特定が課題となっていた。

本稿では、歩行者系の行動把握を中心に、IBS がこれまで取り組んできた情報機器を用いた交通行動把握の事例を紹介し、それぞれの事例から得られた知見をもとに、調査への適用可能性と今後の課題について考察する。

事例の紹介は、はじめに PHS を用いた歩行者行動の測定手法について、PHS 利用の課題とされる位置測定誤差の補正手法に関する研究結果を示す。次に、行動データとして、OD や経路情報とともに重要な行動目的などの情報を i－mode を用いて把握する研究を示す。最後に、より詳細な歩行者の施設出入りを把握する測定機器として電波タグを用いた研究について示す。

2．PHS による歩行行動把握及び誤差補正手法

GPS や PHS による位置測定誤差に対し、カーナビゲーションでは、自動車の走行空間が道路に限られることから、道路位置データを電子化し自律航法やマップマッチング技術等を用いて誤差の補正を行っている。しかしながら、歩行者系の行動は移動空間に制限が無いことから上記手法の利用は難しい。

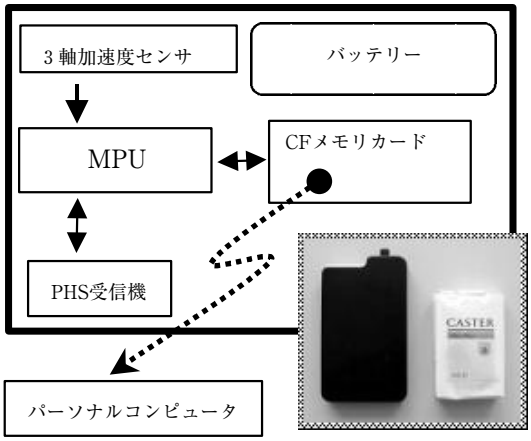
PHS を利用した歩行者経路の推定については、岡本他[1]は PHS パワーアンテナを使用することによって、また羽藤他[2]は複数の PHS キャリアを使用することによって位置精度を高めるという提案がなされている。

本研究では市街地内の施設が個々に設置している PHS 自営アンテナに着目し、商用 PHS 位置特定サービスにより得られる位置データを、自営アンテナ位置情報を用いて補正する手法を提案するものである。また、調査機器携帯者の加速度情報から歩行状態を識別し、PHS 自営アンテナによる補正位置を基準点とした地点間速度に歩行速度閾値を用いることで、位置特定のノイズ点（建築物による PHS 電波の反射や、他の電波の影響から大きく測定位置に誤差が生じた位置データ）をカットする方法の検討も行った。

＊東北事務所　＊＊交通研究室

(1) 測定装置

本研究では、図－1に示すPEAMON（PErsonal Activity MONitor）[3]を測定機器として用いた。PEAMONは、加速度センサーで行動状態を識別し、PHSデータ（PHSアンテナID情報と電界強度）とともにメモリカードに記録する機器であり、複数のPHSアンテナキャリア（アステル、NTT、DDI、自営）の電波を同時に測定することが可能である。



図－1　PEAMONの機能と外観

(2) 位置補正手法について

①商用PHS位置特定サービスの問題点

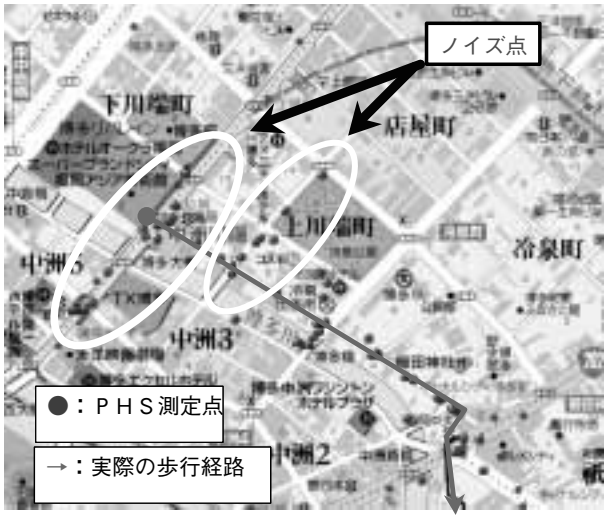
PHSによる位置測定は、PHS商用キャリアが設置したアンテナごとのIDと電解強度を測定し、アンテナ位置座標データから、いわば三角測量の要領で、位置座標を特定するものであるが、PHS商用キャリア電波は、街中の構造物により影響を受ける。

図－2は、商用PHS位置特定サービスを利用して変換された被験者の位置（緯度、経度、施設名）を示したものである。図に示すように、地下街、駅構内などの施設内では、アンテナの設置数が少ないため、ある代表点1箇所に集約されるという問題がある。また、沿線建物によるPHS電波の反射（マルチパス）の影響で、図－3のように位置データが飛ぶ（ノイズ点）現象が生ずる。

②自営アンテナ位置データベース

ここで、我々が着目したのは自営アンテナである。自営アンテナとは、構内電話など個々の施設内のみで使用する目的で設置されたPHSアンテナであり、商用のPHSアンテナに比べてパワーは弱く、自営アンテナの電波が届く範囲は狭小範囲に限られる。このことは、事前に自営アンテナの位置が把握されていれば、自営アンテナ電波が取得された場合の被験者の位置特定は非常に精度高く把握することが可能となることを意味する。

図－2　商用PHS位置特定サービスによる位置解析例（天神地下街回遊）



図－3　商用PHS位置特定サービスによる位置解析例2（中州川端地区回遊）

本研究では、自営アンテナのPHSデータをあらかじめ測定して自営アンテナ位置データベースを構築し、そのデータと歩行実験によりPEAMONで取得したPHSデータをマッチングすることで位置を推定することを試みた。今回測定した自営アンテナ位置データベース例を表－1に示す。ここでCSIDとは、PEAMONで取得されたPHSアンテナのID番号である。

目次へ

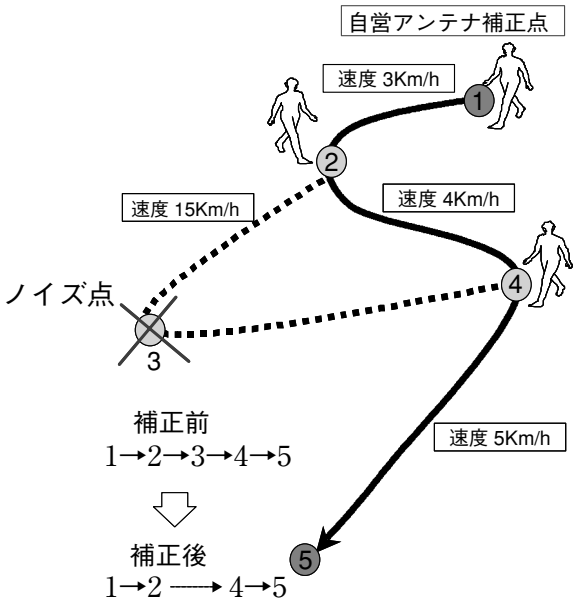
表−1　自営アンテナ位置データベース例

場所	CSID
地下街（ブティクホラヤ前）	4FAED620000、4FDBCC10404
地下街（西 W−4、ソラリアステージ方面出口）	4C7F4588C08、4FDBCC10404、4F43E5E0000
地下街(西 W−8、天神ビル方面出口)	4C888C38000
地下街（ステンドグラス前）	50787210108、4C888C38000

③歩行速度閾値

機器で取得した位置座標の異常値を検出する方法として、連続的に位置座標が補足されることから、測定地点間の移動速度を算定し、速度異常値を示す測定値を削除することも行った。

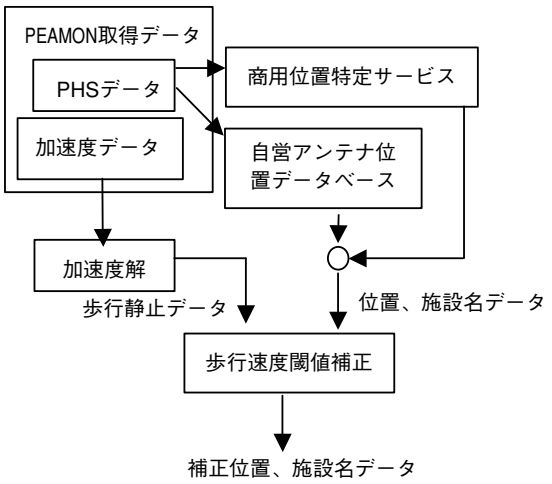
PEAMON に内蔵された加速度センサーから識別された歩行状態のデータについて、連続する 2 地点間ごとに直線距離と移動時間から地点間速度を算出し、速度が閾値以上の地点を異常値としてカットすることとした。この場合、2 地点とも位置座標が不正確では地点間速度は信頼できないが、精度の高い位置特定が可能となる PHS 自営アンテナによる補正点を真値と考え、これを基準点として速度算定を行った。なお、速度閾値は、人間の平均歩行速度が 3〜5 km/h であることから、10 km/h を設定した。



図−4　速度閾値による位置修正イメージ

④位置補正処理の流れ

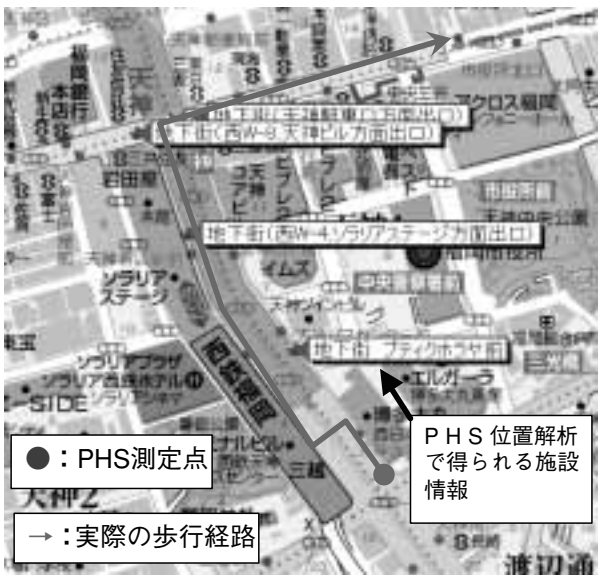
位置補正処理の流れを図−5 に示す。PEAMON で取得された PHS データ（商用キャリア）は、商用位置特定サービスによって位置、施設情報に変換され、このデータと、自営アンテナ位置データベースを用いて得られた位置、施設情報は、測定時刻を基準にして融合される。次に加速度情報を用いて、歩行／静止情報を解析し、歩行状態データについて歩行速度閾値を考慮して速度異常点をカットする。



図−5　位置補正処理の流れ

⑤位置補正実施例

自営アンテナ情報を適用して位置補正を行った例を図−6 に示す。補正前は図−2 で示すように地下街での位置情報が 1 箇所のみであったが、本手法によって、歩行経路を推定することが可能となった。



図−6　自営アンテナによる補正例（天神地下街回遊）

歩行速度による位置補正を行った例を図−7 に示す。補正前の図−3 に比較し、スタート地点で 200 m 程

目次へ

度のノイズ点があったが、補正後は 50 m 程度に納まっていることが確認される。

図－7　速度閾値による補正例
（中州川端地区アーケード街回遊）

(3) 実証試験（福岡市天神・川端地区）

実証実験は、平成 14 年 2 月の土・日（2、3、9、10 日）に、福岡市天神・川端地区内 6 ヶ所の駐車場利用者に対し、入庫時に PEAMON を配布し、駐車場に戻ってきたときに PEAMON を回収することで、データ収集を行った。なお、実験参加者数は全体で 643 人であった。

補正前後の測定結果の一部を図－8～9 に示す。

図－8　補正前の実査測定結果例

地下街での代表点やノイズ点が補正されていることが確認できる。また、回収時に行ったアンケートへの記入データを真値とした場合の施設立ち寄り識別率の比較を表－2 に示す。商用 PHS 位置特定サービスでは識別できない施設での立ち寄りも識別可能となっていることが分かる。

図－9　補正後の実査測定結果例

表－2　施設立ち寄り識別率

立ち寄り施設	識別率	
	補正前（%）	補正後（%）
福岡三越	95	97
Z-SIDE	95	98
新天町商店街	0	88
警固公園	0	87

(4) 実験結果の考察

ここで提案した PHS による取得位置の補正方法の実務への適用性は実証実験の結果からも非常に高いと考えられ、これまで困難であった都心など市街地部の歩行行動把握に有用なシステムと考えられる。

本システムを今後各地域で利用するためには、事前の自営アンテナデータベースの構築が必須であり、データベースの効率的な作成とともに、その更新方法が課題として残る。

3．GPSとi-modeを用いた交通行動の把握

先に示したGPSやPHSでは、OD、経路、及び時刻については、調査機器を携帯するだけで自動的にデータ取得が可能となる。一方、「行動目的」や「移動手段の内訳」などの行動データは別途把握するか推計することが必要となるが、本節ではこれらの付加的なデータ取得をi-modeによりユーザーが入力することで、付加データを把握し、即時にデータの電子化を図る手法の研究を行った。

(1) 機器の取得内容

GPS及びi-modeのそれぞれの取得データの内容は表－3の通りである。両機器が個々に取得するデータの突き合わせは、共通に把握する時刻をキーとすることとした。

i-modeで取得したデータは、Webサーバーへ転送し、サーバー内で、CSVファイルとして蓄積することとした。処理概要を図－10に示す。

表－3　GPS、i-modeの取得データ

	i-mode	GPS
出発地		○
出発施設	○	
出発時刻	○	○
到着地		○
到着施設	○	
到着時刻	○	○
移動目的	○	
移動手段	○	
公共交通混雑状況	○	
運賃、定期利用	○	
移動経路		○

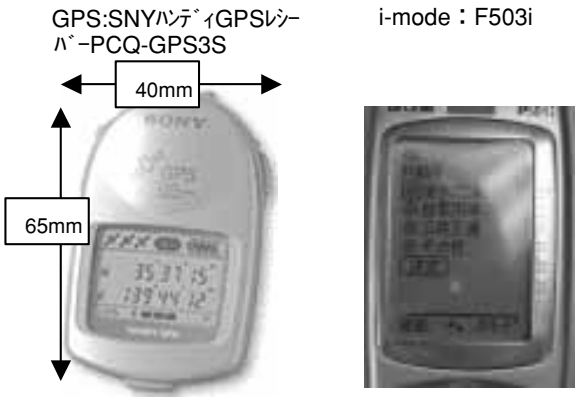
事前準備（ユーザー入力）
①個人ID登録　→　Webサーバーへ転送
②個人属性、施設名称入力　→　Webサーバーへ転送
行動データ取得（ユーザー入力）
③ID入力　→　Webサーバーへ転送
④出発時データ入力　→　Webサーバーへ転送
⑤到着時データ入力　→　Webサーバーへ転送
（複数のアンリンクトリップを行う場合には、④、⑤の入力を繰り返す）
行動終了後（サーバー管理者）
⑥行動データの確認　→　Webサーバーから個人PC

図－10　i-modeの処理概要

(2) 実験実施状況

①実験概要

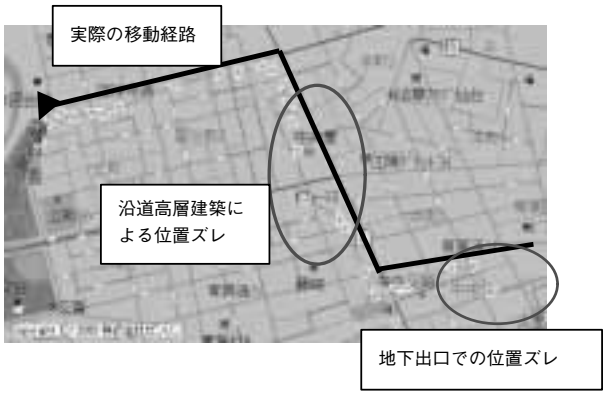
実験は、仙台都市圏にて、自家用車、JR、路線バス、徒歩を乗継ぐ通勤行動を設定し行った。測定に使用した機器は、市販されている中から携帯性を考慮し、図－11示す機器を用いた。



図－11　実験に使用した機器

②GPSによる位置取得結果

実際の移動経路とGPSによる取得位置を図－12に示す。GPSは人口衛星を用いて位置データを取得するため、天空が見えない施設内などの場合には位置取得ができず、天空が見える場所に移動しても、位置データの再取得までには時間を要し、かつ取得位置に誤差が生じた。また、沿道に高層建築物が立ち並ぶ場合にも、電波の反射から取得位置に誤差が生じている。



図－12　GPSによる位置ズレ

③i-modeによるデータ取得結果

本実験で作成したi-modeシステムでは、入力したデータの送信は、個々のアンリンクトリップ(手

目次へ

段トリップ）が終了するたびごとでも、目的地に到着した後で一連のアンリンクトトリップを一括して送信することでも可能とした。今回の実験では、データ送信状況を把握するため、アンリンクトトリップの終了ごとに送信したが、データは全ての状況において転送が可能であった。サーバー上のデータ蓄積結果（一部）は、図－13 のとおりである。

出発	ID	名前	性	年齢	出発日時	手段 1	手段 2	手段 3	運転有無	運賃支払い
到着	ID	名前	性	年齢	到着日時	料金	目的 1	目的 2	到着地略称	予定・未定場所
出発	1001	対象者 A	男	42	3/28/08:39	自家用車	乗用車		いいえ	
到着	1001	対象者 A	男	42	3/28/08:50		移動途中		多賀城駅	予定場所
出発	1001	対象者 A	男	42	3/28/08:52	公共交通	鉄道	ＪＲ		運賃支払い
到着	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:14		移動途中		青葉通駅	予定場所
出発	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:15	徒歩/二輪車	徒歩			
到着	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:17		移動途中			予定場所
出発	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:21	公共交通	車	バス		運賃支払い
到着	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:32		移動途中			予定場所
出発	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:32	徒歩/二輪車	徒歩			
到着	1001	対象者 A	男	42	3/28/09:36		通勤/通学	勤務先	officeA	予定場所

図－13　i-mode によるデータ取得結果

(3) 実験結果の考察

本実験では位置取得に GPS を用いたが、街中では多少の取得位置ズレがみられるものの、概ねの経路把握は可能なレベルである。天空が見える場所という制約はあるものの、PT 調査等で設定されるゾーン単位での移動に関する補足には充分適用可能である。

i-mode で取得する付加データに関しては、本実験では、手段、施設などの標準的な PT 調査項目に加え、TDM 評価に必要と考えられる公共交通の混雑状況や利用料金など、網羅的な設問項目を準備した。実験後の被験者からは、入力作業が面倒であったとの感想もあり、実際の調査にあたっては、調査目的に添った設問項目の絞り込み、選択式項目の設定などの工夫が必要となる。また、情報機器への入力に対しては、高齢者や児童などが扱いやすい工夫も必要となろう。

調査への適用としては、移動目的や手段のみを複数日にわたって把握するダイヤリー調査、公共交通の待ち時間や乗り継ぎ時間の把握調査、時差出勤やパークアンドライドなどの TDM 施策の評価が考えられる。

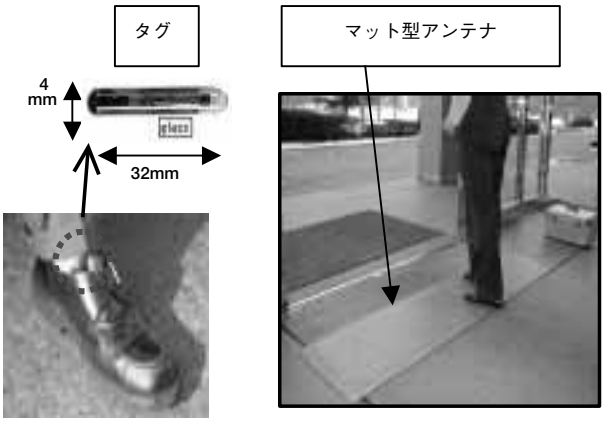
なお、本実験時には GPS と携帯電話の 2 種類の機器を携帯したが、実験後に両機能が統合された GPS 携帯電話も一般に販売が開始され、より小型化した調査機器が利用できることを付記する。

4．電波タグを用いた都心歩行回遊行動の把握

都心部などでの歩行回遊行動を理解するには、施設外の歩行行動とともに、施設内などでの滞在時間の把握も重要と考えられる。本節では、特定施設の出入り状況を把握するために、電波タグシステムを用いた実証実験について紹介し、その有効性を示す。

(1) 実験機器

電波タグシステムは、調査被験者が携帯するタグ部分と、タグ携帯者が通過した情報（時刻とタグ ID）を補足するアンテナ部分からなるが、今回の実証実験では、図－14 に示す非常に小型のタグと、施設出入り口へ敷設するマット型のアンテナを用いた。実証実験は、2. で紹介した福岡市天神地区での PHS の実験に合わせて行った。アンテナの設置は、商業施設 Z－SIDE の出入口部、及び新天町商店街の通路部に設置した。タグは、今回用いたアンテナの補足範囲が概ね 70 cm 以内であることから、被験者の靴やズボン折り返しに装着している。



図－14　タグシステム

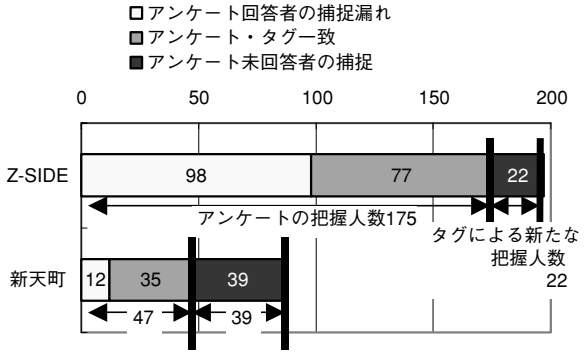
(2) 実証実験結果の概要

以下に、実験終了時のアンテナ敷設箇所への立ち寄り状況ヒアリング結果と、アンテナ補足結果との比較を紹介する。

Z-SIDE では、アンケートで「立ち寄った」と回答してもタグによる捕捉を確認できなかった人が多かったのに対し、新天町商店街では逆にタグの捕捉数がアンケートの立寄り回答数を超えるという結果となった。

目次へ

この原因は、Z-SIDE では地下道経由で施設外に出る通路にアンテナを設置していなかったことによる捕捉漏れと考えられ、新天町商店街については沿道商店に立ち寄らなかったため「商店街に行った」という認識をせずに通過している人が多かったためと推察される。



図－15　アンケート回数とタグ捕捉数の関係

Z-SIDE、新天町商店街ともに、アンケートで「立ち寄った」と回答した人以外に、タグにより立ち寄った被験者が多数確認され、被験者の記憶に頼ったアンケート回答を上回る機器による捕捉の正確性が確認されたと考えられる。

このように、電波タグはピンポイントでの位置取得の確実性から、都心などの比較的限定された地区内の移動はもちろん、ターミナル駅での乗り継ぎ行動把握、イベント時の会場内やレクリエーション施設内での回遊、立ち寄り行動、休憩施設の利用状況などの把握に適用性が高いと考えられる。

5．IT を活用した交通調査の展望と課題

(1) IT を活用した交通調査の展望

現在、全国で中心市街地の再生やバリアフリーの視点から、中心市街地に着目した事業の計画立案、評価が行われているが、歩行者行動を十分には把握されていないのが現状であり、そのため、事業の評価を定量的に行うことも困難と思われる。中心市街地といった限られた空間での歩行者行動の把握には今回紹介した PHS や電波タグを用いることで、歩行の詳細な移動経路や歩行圏域、立ち寄り施設や施設数、立ち寄り施設の回遊パターン、都心の滞留時間や施設内滞留時間と施設外歩行時間、さらには休憩場所や休憩時間などの指標が把握可能である。当然ながらこれら指標は、来街手段別や個人属性別に計測可能である。このような都心歩行回遊指標は、既往のアンケート調査やヒアリング調査、追跡調査などでは調査労力や調査精度などから計測困難な指標であった。計画の立案段階における問題点の把握や事業の実施前後における評価への活用として、これら都心歩行回遊指標の適用性は高いと考えられる。

また、PT 調査やセンサス OD 調査などの広域的な移動を把握するに際しては、GPS や PHS を携帯するだけで技術的には把握が可能であるものの、個人属性やゾーン間 OD、移動目的、移動手段といった付加的なデータの把握は現段階では、何らかの形で被験者に負荷が発生する。今後ジオコーディング技術（住所情報を地図データ（位置座標データ）とマッチングする技術）や、移動手段の判定技術などの開発が進むことで付加的データの自動判別も可能となるかもしれない。しかし現状では、PT 調査やセンサス OD 調査に全てを代替することは困難である。ただし、高度情報機器をこれら調査の補完として活用してくことは十分可能である。

特に近年の社会ニーズに対応した調査を実施していく上で、例えば高齢者の詳細な交通行動調査や観光交通、イベント交通といった特定の交通調査への適用が考えられる。また、従来の OD 調査はある 1 日の交通行動を把握する調査であるが、1 週間や 1 ヶ月間といったダイアリー調査への適用も有効である。

また、現在、市街地内で交通流動阻害などの面から大きな問題となっている宅配貨物車両の共同化の効果把握、あるいは物資輸送状況の把握など物流系の調査への適用も有効と考えられる。

さらに近年交通行動変容を目的とした交通調査（例えば、トラベルブレンディング調査やトラベルスマート調査等）が成果を挙げている。これら調査は人手によるアンケート調査結果より交通行動の分析や環境排出量を推計し、被験者にその診断結果をフィードバックすることで交通行動の変更を促す施策である。ただし、人手による調査労力は膨大であり、被験者数に限界がある。人手による部分を高度情報通信機器に置き換えることで、上記課題がクリアされる可能性が高い。

(2) IT を活用した交通調査の課題

前述したように IT を活用した交通調査に対する

目次へ

期待は高く、その可能性も大きいと考えられる。ただし、実務に普及展開していく上では様々な課題が残されている。

まず、詳細に（かつ膨大な量で）得られるデータの一連の処理（集計、分析、評価）に対応したモデルが確立されていないことが挙げられる。そのため施策効果の事前分析や予測などができない状況がある。

また、従来の人手を中心とした調査とIT機器を利用した場合の、調査費用の低廉化、及び調査期間の短縮化がどの程度図られるかの検証が必要である。IT機器を使用する場合の費用として、機器作成に関わる費用が問題となろうが、ある程度大量に開発製作し、要望のある調査主体にレンタルするなどの体制・組織などIT機器利用方法の検討も必要であろう。

さらに、調査対象者の選定（抽出方法）や、IT機器の配布・回収方法の検討、取得された膨大なデータの管理の検討も必要であろう。

最後に、IT機器を用いた調査、データ管理にあたっては、被験者のプライバシー保護が大きな課題と考えられる。

6．おわりに

本研究をおこなうにあたり、(株)アイ・ティ・リサーチの鈴木明宏氏に機器製作、実査に関し多大なご協力をいただいた。またPHSによる位置補正手法についても重要な指摘をいただいた。ここに記して謝意を表する。

なお、本稿は平成14年土木計画学春大会の提出論文をもとに、本特集用に加筆修正を行ったものである。

参考文献

1）岡本篤樹・近藤勝直・朝倉康夫・田名部淳：狭域調査におけるPHSシステムによる位置特定機能の利用可能性について，2001，土木計画学研究・講演集

2）羽藤英二・香川涼子・富島俊宏・岡本篤樹・朝倉康夫：都市内行動モデル検証のための電界基配列に基づく位置特定アルゴリズム，2001，土木計画学研究・講演

3）岡本篤樹・鈴木明宏・李竜煥・田名部淳・朝倉康夫：PEAMON（Personal Activity MONitor）の開発と機能実験，2000，土木計画学研究・講演集，23(1)，659－662

4）鈴木明宏・西山良孝・中嶋康博・牧村和彦・田中利行：PHSと自営アンテナを用いた一補正方法に関する研究，2002，土木計画学研究・講演集

5）中嶋康博・西山良孝・矢部努・牧村和彦・田中利行：移動体通信機器を用いた歩行者交通行動のモビリティ指標化に関する基礎的研究，2002，土木計画学研究・講演集

IT を活用した環境計測と政策評価

Information Technology for Environment Monitoring and Policy Evaluation

毛利　雄一*　馬場　　剛**　森尾　　淳***

By Yuichi MOHRI, Tsuyoshi BABA and Jun MORIO

1．はじめに

我が国の幹線道路の大気質に関する沿道環境は、大都市を中心としてその環境基準の達成率が非常に厳しい状況にある。特に、浮遊粒子状物質（SPM）については、二酸化窒素（NO_2）以上に環境基準の達成率が厳しく、自動車 NOx 法（「自動車から排出される窒素化合物の特定地域における総量の削減等に関する特別措置法」）により指定された首都圏および大阪兵庫圏の 196 市区町村ばかりでなく、全国的にも深刻な問題となっている[1)]。また近年、尼崎訴訟をはじめとして、自動車交通から排出される大気汚染（SPM、NO_2）と健康被害の因果関係が道路環境訴訟として提訴され、沿道環境に対する地域住民からの問題提起とともに、それに対する沿道環境改善のための取り組みが注目されてきている。また、このような様々な環境改善に対する交通政策の適用・実施に対し、定期的な観察の下に評価ができる環境モニタリングの必要性も重要視されてきている。自動車がもたらす沿道環境については、現状の大気汚染の進行状況と、様々な政策に対してどのように変化しているかを定期的に測定し、わかりやすい有効な情報として提供され、政策の有効性を判断していくことが今後重要であろう。例えば、環境省および国立環境研究所がホームページで 2000 年より開始した大気汚染物質広域監視システム（通称：そらまめ君）[2)]は各地方自治体が大気汚染常時監視測定局において、測定した光化学オキシダント（Ox）、NO_2、SPM 等の結果（1 時間ごとの速報値）をオンラインシステムにより収集し、地図上にその濃度の表示を行っている。さらに光化学オキシダントについては、その濃度に対応し、注意報と警報を発令している。このような情報は、政策を実行する意思決定者あるいは地域住民に対し有益な情報であるとともに、今後の環境政策評価には欠かせない情報である。しかし一方で、自動車からの排出ガスについては、道路上を走行する自動車から直接計測しているわけではないために、大気質のモニタリングとは異なり正確性、適時性に欠けていた。しかし最近では、道路上を走行する自動車の排出ガスを直接計測する方法が開発され、道路沿道や交差点で時々刻々変化する自動車排出ガス量を精度良く推計することに期待が寄せられている。また、この新しい計測方法は、自動車が大気環境へ及ぼす影響が整備不良や過積載などの一部の自動車によって引き起こされているのではないかという疑問に対しても、有効な回答を与えてくれるものと期待される。

本稿では、このような背景から、自動車走行に係わる環境大気の測定に着目し、その計測方法と近年の新しい技術を用いた計測について紹介する。

2．大気汚染の計測方法の現状

(1) 常時観測

大気汚染状況の常時監視は、大気汚染防止法第 22 条により、都道府県知事に義務付けられている。各地方自治体では、これに基づき、大気環境の汚染状況把握と大気汚染防止対策のための資料を得る目的で、大気環境測定網の整備を図っている[3)]。具体的には、住宅地などに設置される「一般環境大気測定局（一般局）」、道路周辺に設置される「自動車排出ガス測定局（自排局）」で常時監視が行われている。また、測定局で測定されたデータは、中央監視局に伝送され、データ処理を行うシステムとして、大気汚染常時監視システムが地方自治体に設置されている。大気汚染常時監視システムは、測定値をオンラインで中央監視局に伝送し、短時間で処理し、狭い地域の監視に止まらず、広域大気汚染に対して、

＊経済社会研究室　＊＊環境資源研究室　＊＊＊交通政策研究室

目次へ

的確な対応をする上で重要な役割を担っている。先に紹介した環境省および国立環境研究所がホームページで公開している大気汚染物質広域監視システム（通称：そらまめ君）以外にも、東京都では、都内の大気汚染の状況をホームページで提供している[4]。

常時観測での測定方法は、大きく分けて湿式と乾式がある。湿式とは、測定対象ガスを溶液に吸収させ、その溶液の性質の変化から対象ガス濃度を求める方法で、溶液の調整、交換、廃液処理が必要である。乾式とは、計測・分析の工程で溶液を用いない方法で、平成８年に追加公示された。SO_2 の紫外線蛍光法、NOx の化学発光法、オゾンの紫外線吸収法などがある。

測定局では、さまざまな汚染物質を測定するため、限られた空間に測定器を設置していく必要がある。湿式より測定器の小さくなった乾式でも自排局の場合５m^2 程度の面積が必要であり、設置場所の確保の面から容易に設置することはできないのが現状である。表－１に大気汚染に関わる環境基準とその測定方法を示す。

(2) NOx，SPM 計測器の特徴

表－２、表－３には製品化されている NOx 計測器と SPM 計測器の例[5]を示す。現在の測定器は、測定値の信頼性向上の工夫に加え、機器の小型化・軽量化とコンピュータ制御によるデータ管理とオンライン化の技術向上が進められている。特に機器の小型化・軽量化によって固定的な設置だけではなく持ち運び可能となり、交通流や沿道状況に対応して、適宜計測可能な計測器が普及し始めている。

表－１　大気汚染の環境基準及び測定方法

	二酸化硫黄	一酸化炭素	浮遊粒子状物質	二酸化窒素	光化学オキシダント
環境基準	１時間値の１日平均値が 0.04 ppm 以下であり、かつ、１時間値が 0.1 ppm 以下	１時間値の１日平均値が 10 ppm 以下であり、かつ、１時間値の８時間平均値が 20 ppm 以下	１時間値の１日平均値が 0.10 mg/m^3 以下であり、かつ、１時間値が 0.20 mg/m^3 以下	１時間値の１日平均値が 0.04 ppm から 0.06 ppm までのゾーン内又はそれ以下	１時間値の１日平均値が 0.06 ppm 以下
湿式測定法	溶液導電率法	－	－	ザルツマン試薬を用いる吸光光度法、	中性ヨウ化カリウムを用いる吸光光度法
乾式測定法	紫外線蛍光法	非分散型赤外線式分析計を用いる方法	濾紙捕集による重量濃度測定法又はこの方法によって測定された重量濃度と直線的な関係を有する量が得られる光散乱法、圧電びん法、若しくはベータ線吸収法	オゾンを用いる化学発光法	電量法、紫外線吸収法又はエチレンを用いる化学発光法

表－２　NOx 計測器の例※

会社名	形　名	測定方式	測定範囲	大きさ	備　考
A 社	窒素酸化物自動測定器	化学発光法	0～0.1/0.2/0.5/1 ppm	寸法 440×220×500 mm 重量：約 24 kg	パソコン出力可能
	窒素酸化物自動測定器	吸光光度法	0～100/200/500 ppb	寸法 500×1560×570 mm 重量：約 110 kg	－
B 社	大気中窒素酸化物自動計測器	化学発光法	0～0.15/0.1/0.2/0.5/1.0 ppm	寸法 430×230×550 mm 重量：約 25 kg	メモリーカード使用可能
C 社	大気中窒素酸化物測定装置	ザルツマン試薬による吸光光度法	0～0.1/0.2/0.5 ppm	寸法 460×1580×500 mm 重量：約 125 g	モデム接続可能
	大気中窒素酸化物測定装置	化学発光法	0～0.05/0.1/0.2/0.5/1.0 ppm	寸法 470×1330×645 mm	－
D 社	大気汚染監視用 NOx 濃度測定装置	クロスモデュレーション方式セミ減圧化学発光法	0～0.1/0.2/0.5/1 ppm 0～5/10/20/50 ppm 0～10 ppm の任意の４レンジ	－	－

目次へ

表－3　SPM 計測器の例※

会社名	形　名	測定方式	測定範囲	大きさ	備　考
A 社	β 線式浮遊粉じん計	β 線吸収法	0～1/2/5 mg/m^3	寸法 430×220×500 mm 重量：約 21 kg	–
	ハイボリウムエアサンプラ	サンプリング	吸引流量： 最大 1200 *l*/min	寸法 575×1227×445 mm 重量：約 18 kg	–
	ローボリウムエアサンプラ	サンプリング	吸引流量： 最大 30 *l*/min	寸法 400×1300×400 mm 重量：45 kg	–
B 社	浮遊粒子状物質測定装置	β 線吸収法	0～5mg/m^3（パルス出力。プリント記録） 0～1/0～5 mg/m^3（アナログ出力）	–	–
C 社	大気汚染監視用 SPM 濃度測定装置	β 線吸収法	0～0.25/0.5/1/5 mg/m^3	–	–

※NOx 計測器・SPM 計測器は環境計測器ガイドブック[4]より抽出したもので市販製品化されているものはこの限りではない

3．個々の自動車の排出ガスの計測技術

先に示した環境改善に対する交通政策に対応して環境モニタリングを行っていくためには、交通流と大気中の汚染物質との関係を分析していく必要がある。自排局では、大気汚染の著しい交差点の道路端付近の大気を測定しており、その地点の交通流との関係を分析することも可能である。しかし、自排局による測定においても、個々の自動車がどの程度の大気汚染物質を排出しているかを測定することは不可能である。現在、個々の自動車の排気ガスは新車時、車検時に室内実験での測定が行われているが、試験モードが実際の走行中の状態を再現しているかについては判断が難しい。特に車両の速度、加減速による詳細な挙動や、積載重量による影響等、実際の走行特性に対応した NOx の排出量の実態を室内試験の結果に基づいて推計することは、必ずしも適切とは言い難い。

そこで、実際の走行中における排出ガスの実態を把握するために次のような技術が開発されている。1 つは、車両に NOx 計測器を搭載し、実際の走行中の NOx を継続的に計測することであり、他方は、リモートセンシング技術を応用した方法である。

(1) 車載型 NOx 計測器

NOx 排出量は、速度、加速度などの走行状況により大きく変動するため、実際の走行状況と NOx 濃度とを同時に把握することが重要である。これらの要請に対応し、小型軽量な直挿型の NOx 計を活用した車載型 NOx 計測器が開発されている。この機器は、道路走行時の NOx 濃度をリアルタイム（0.1 秒毎）で計測できると同時に、排出ガス流量、空燃比などエンジンや排出ガスの性状、車速、エンジン回転数等の自動車の走行状況などの情報も収集し蓄積することが可能である。さらに、このような機器と GPS の位置情報を組み合わせることで、自動車が走行した地点や路線と NOx 排出量を対応づけることが可能になる。

開発当初は写真－2 に示すように、排気管を加工してセンサを取り付けていたため、センサの設置、撤去の工事が必要で、数多くの車両で計測することは容易ではなかった。現在では、センサ類をまとめ、

写真－1　車載型 NOx 計測器の設置例（トランク）

写真－2　センサ類の排気部への設置状況

目次へ

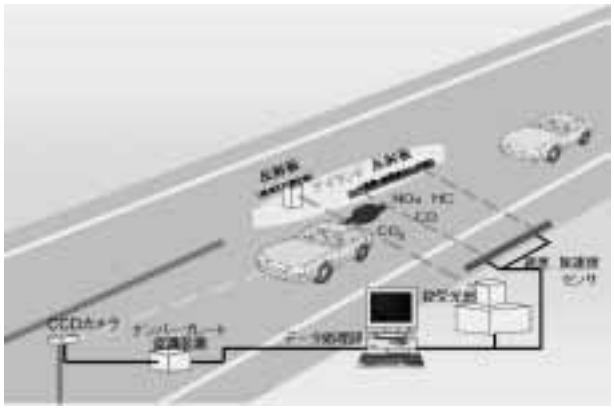
設置撤去が容易なアタッチメント式に改良されている。

(2) リモートセンシング技術による計測器

近年、光の散乱、吸収、発光を利用したサンプルの採取を伴わないリモートセンシングによる環境大気の計測機器の開発が進められている。このような機器を路側に設置することで、走行中の自動車の排出ガスの計測が可能となる。

リモートセンシングでは、赤外線（紫外線）分光の原理を利用し、発光源から赤外線（紫外線）を反射板に向けて発光し、反射してきた光の弦数量を計測することにより通過した環境大気中の汚染物質の濃度を算出する。図－1にリモートセンシング計測の概念を示す。

海外ではリモートセンシングによる計測結果を利用して、排出ガス濃度の低い自動車への排出ガス検査の免除や、排気ガス濃度の高い自動車への修理の勧告などの利用が試みられている。



図－1　リモートセンシングによる計測の概念

4．車両挙動を考慮した排出ガス計測調査[6)]

ここでは、土木学会「道路利用の効率化及び環境負荷軽減のためのITS研究小委員会WG 2.1」での計測調査について紹介する。この調査は、筆者らがWGでの活動として中心的に計測を行ったものである。

(1) 調査の概要

a）調査のねらい

現在開発されているまたは開発中であるさまざまな機器を用いた実走行に基づいた排出状況（排出量、排出濃度）を計測する方法論をとりまとめる。また、計測結果を用いて実際の走行の状態と排出特性（NOx、SPM）の関係について整理する。最終的には、交通のミクロシミュレーションモデルへ適用するNOx、SPMの排出原単位の作成を目標とする。

b）計測の体系

計測は前述の「車載型」と「リモートセンシング」の2種類の計測方法を採用する。各計測方法の特徴を、排出特性を把握する上で考慮すべき項目とその計測可能性の視点から整理した（表－4）。

車載型の計測は、様々な道路を走行することで、道路特性別のデータを取得することができる利点がある。一方でリモートセンシングの計測では、車両登録番号と陸運局のデータを照合することにより車種、使用燃料のデータを取得することが可能になる。本調査では、高速道路のIC部でリモートセンシングの計測を実施し、軸重計により車両重量のデータを合わせて取得した。

表－4　排出特性を把握する上で考慮すべき項目の計測可能性

ねらい	車載型	リモートセンシング
速度・加速度別	○ ・特定の車両ではあるが、利用する道路や交通状況に対応したデータを加速度別に整理することにより可能	○ ・特定の路線ではあるが、複数の異なる車種から取得されるデータを加速度別に整理することにより可能
車両特性 （車種、使用燃料、積載状況等）	△ ・計測器を載せ替えることにより可能だが台数は限定される。 ・積載重量は考慮できない。 （積み荷の状況、満載／半載程度なら分かる）	○ ・車両ナンバーを取得し、陸運局のデータより車種、使用燃料のデータを取得 ・ICの軸重計を利用することにより、総重量を取得
道路特性 （高速／一般道、勾配等）	○ ・さまざまな道路を走行することで、道路特性別のデータを取得することができる。	× ・特定の路線に機器を固定するため不可能

目次へ

(2) リモートセンシングによる計測調査

a）調査目的

①車種別速度／加速度別 NOx 排出濃度の計測

・通過する車両を車種別に分類し、速度／加速度別の NOx 排出濃度を計測する。

・どのような車種及び走行特性が NOx 排出濃度に与える影響が大きいのかを整理する。

②車種・走行特性に対応した排出原単位の作成

b）調査概要

①調査日程

・平成 14 年 10 月（平日 3 日間）

②調査地点

・東名高速道路　横浜青葉 IC 入口　第 2 レーン

c）調査内容

①リモートセンシングによる計測

・リモートセンシング計測装置により、個々の車両の排出ガスの成分を計測する。

・車両挙動と排出ガスとの関連性の分析のため、速度・加速度計を設置し、排気ガス計測と同時に車両の速度と加速度を計測する。

・路側に CCD カメラを設置し、車両のナンバープレート画像を撮影し、上記で得られた排出ガスデータと車両とを対応させる。

・軸重計により車両の重量データを取得する。

表−5　リモートセンシング計測の概要

計測項目	計測装置
NOx 濃度	リモートセンシング計測装置
速度・加速度	速度・加速度センサ
車両登録番号	CCD カメラ
車両総重量	軸重計

写真−3　リモートセンシングによる計測風景

②周辺の環境計測

・交通量による周辺の大気環境への影響や、特に排出濃度の高い車両の影響を確認するために、NOx、SPM の測定を行った。

表−6　周辺の環境計測の概要

計測項目	計測装置
NOx 濃度	乾式計測装置
SPM（粒径別個数）（濃度）	パーティクルカウンター
	ローボリウムエアサンプラー デジタル粉じん計
風向・風速 気温・湿度、日照量	風向／風速計

(3) 車載型計測装置による計測

a）調査目的

①（車種別）速度／加速度別 NOx 排出源単位

・0.1 秒毎に計測した NOx 排出濃度、速度、加速度から速度／加速度別の NOx 排出原単位（g/km）を作成する。

②（車種別）速度／加速度別 SPM 排出特性

・0.1 秒毎に計測した不透明度（オパシティ）、速度、加速度から速度／加速度別の SPM 排出特性を把握する。

b）調査概要

①調査日程

・平成 14 年 9 月末〜10 月中旬

・朝・夕のピーク時、日中の 1 日 3 回、合計約 6 時間走行

②走行ルート

・様々な速度帯のデータを得るために高速道路、一般道路から構成した。また、勾配のデータを得るために起伏のある道路を設定した。

・横浜青葉 IC 周辺のルートを設定し、リモートセンシングと同時に計測した。

c）調査内容

①計測項目

・NOx 濃度、PM の代理指標である不透明度（オパシティ）を計測する。また排出量を算出するために必要な吸気流量などのその他必要な指標も計測する。

・車両挙動と排出ガスとの関連を分析するため、車両の速度と加速度を計測する。

・PM と代理指標である不透明度（オパシティ）の関係を確認するために、別途シャシーダイナ

モ試験を行う。

②計測間隔

・0.1秒毎

③計測車両および積載条件

・4t積みの車両（いすゞフォワード[H06規制車]をベースにした散水車）

・空、半載、満載の積載条件で計測する（散水車のタンクの水量で積載条件を調整）。

表－7　車載型計測装置による計測項目

計測装置	計測項目
車載型計測装置	NOx濃度、不透明度（オパシティ）、吸気流量、吸気圧、吸気温度、大気圧、大気温度、大気相対湿度、酸素濃度、エンジン回転数
セイフティレコーダ	緯度・経度、地点速度、前後加速度、横加速度

写真－4　計測車両

5．今後の環境に関する政策評価へ向けて

本稿で紹介した常時観測における大気環境の測定手法、実走行時の自動車排出ガス計測手法に関する技術は、①交通施策の環境改善効果を計測するための環境モニタリング、②走行条件（速度・加速度、積載条件）、道路条件（勾配）に応じた排出原単位の作成などに有効である。

近年では、TDM（交通需要マネジメント）等の交通施策が各地で検討されているが、施策を比較、検討するためには環境改善効果を推計・計測する手法が必要である。

これまでの環境改善効果の推計・計測では、走行条件や道路条件を反映した排出原単位を適用しておらず、また、交通量についても日交通量をベースに推計を行う等、TDM等の細やかな交通施策の効果を検討する手法としては十分ではなかった。これらの施策効果を精度よく推計するためには、ミクロシミュレーション等を用いた交通量の詳細な推計と、走行条件、道路条件に応じた排出原単位の適用が望まれるところである。また、道路沿道での環境モニタリングにより、施策による環境改善効果を適切な場所で正確に把握することも必要である。

今後、環境に関する政策評価においては、上記の手法を活用することにより、環境改善効果を精度良く推計・計測することが不可欠である。

6．おわりに

本稿では環境計測技術の最新動向の一部について紹介を行った。筆者らは計測環境に関する専門家ではないため、化学的側面や大気環境特有の技術について十分に解説できていない面が多々あることをご容赦いただくとともに、本稿に対する批判や新たな指摘を受けて、新たな環境技術に関する知識を深めていきたい。

なお、本稿の2章及び3章の内容は、国土交通省の受託業務の内容及び文献7を今回の特集用に加筆修正したものである。

参考文献

1）国土交通省地方道・環境課道路環境調査室：沿道環境・地球環境問題における課題の現状と対策，道路，VOL.739，pp 8－13，2002

2）http://www-aeros.nies.go.jp/index.html

3）環境庁大気保全局：環境大気常時監視マニュアル，1990

4）http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/index.htm

5）公害対策技術同友会：環境計測器ガイドブック（第5版），2000

6）牧村和彦：ITS技術を用いた局所的な交通環境変化の分析，効率・環境改善に向けたITS　―現状と課題―　土木計画学ワンデーセミナー　シリーズ30，pp 41－52，2002

7）毛利雄一・森尾淳：環境計測の最新動向，交通工学，Vol.36，No.4，pp 9－13，2001

特集あとがき

今回の所報では、交通政策の新たな潮流として、IBS のプロジェクトにおいても積極的に取り組んでいる IT（情報技術）を取りあげ、特集を組みました。

これら取り組みは、交通調査、政策評価指標の改善、行動データの効率的収集など、計画技術の向上を目指すものであり、交通計画における IT の役割は、今後益々重要になるものと考えられます。

＊　＊　＊

研究論文に先立って掲載しました鼎談「交通政策の課題と IT の活用」では、大別すると次のような意見が示されました。

①IT の進歩と計画サイドのニーズ

進歩の著しい IT を交通計画にどのように活用できるかということが先行し、交通計画サイドにおけるニーズに関する議論が後追いになっているのではないか。

②IT の活用と交通計画

IT の先進的な活用方法は様々考えられるが、実際に計画に活用しようとすると、制度や企業間のルールなどが時に障壁となる場合がみられる。

③計画サイドのニーズとプライバシー

計画サイドとしては、例えば移動体の時々刻々の位置情報へのニーズが高いが、一方で個人のプライバシーの問題に抵触する恐れがある。

④IT の活用可能性

①～③のような課題を抱えながらも、IT は、より適切な政策評価、公共交通の利便性向上、高齢社会への対応、さらに持続可能な社会を実現していくための重要な手立てとなる。そのためには、IT を使う人や使い方について十分な議論が必要である。

＊　＊　＊

次に掲載しました研究論文では、IBS における IT 分野での取り組みとして、移動体通信技術を活用した交通調査の改善、IT を活用した政策評価指標の改善、マルチモーダル情報が交通行動に及ぼす影響分析や所要時間の研究、CALS の研究が示されました。

前記の鼎談で示された課題との関係で整理すると、次のような論点が整理されます。

①の「IT の進歩と計画サイドのニーズ」については、これまで評価指標として用いることの少なかった渋滞損失、ドライバーの疲労度、環境評価指標等の取得可能性が示され、交通計画への活用可能性が示された。一方で、計画サイドのニーズを今後整理していく必要がある。

②の「IT の活用と交通計画」の関連については、現状では IT を交通調査、計画に適用する事例は多くはなく、制度等の整備も十分ではないため、引き続き IT の活用事例を増やしていくことが重要である。

③の「計画サイドのニーズとプライバシー」については、交通計画の役割・重要性についての市民の理解を得る努力を続ける必要がある。

＊　＊　＊

以上の特集全体をふまえ、IT の活用は既に、交通調査・計画への適用段階に入っていると考えられ、今後は、適用事例を増やしながら、計画サイドのニーズを的確に反映した活用方法、交通計画への適用方法を検討すべきであると考えます。

最後に、交通計画のさまざまなニーズに対する IT の活用可能性が大きいことは間違いなく、交通計画の IT 分野において IBS が先進的・先導的な役割を担うべく、今後とも先進的な研究・調査活動に取り組んでいくことをあらためて決意して、特集を締めくくりたいと思います。

（編集委員会）

目次へ