

強くしなやかな国土を支える
道路ネットワーク形成に向けた研究最前線

道路研究部長

森 望

強くしなやかな国土を支える道路ネットワーク形成に向けた研究最前線

道路研究部長 森 望

はじめに

道路は、国民生活や経済活動を支える最も基盤的な社会資本であり、2011 年東北地方太平洋沖地震をはじめとする大規模な災害時には、救援や復旧・復興活動を支えるインフラとしても非常に重要な役割を担うことが再認識されたところである。

しかしながら、我が国の実状としては、建設後年数を経た橋梁等の道路構造物が増加し、その維持管理を適切に進めることが喫緊の課題となり、その一方で、道路ネットワークの整備状況は、首都圏の環状道路や地方部の高規格幹線道路など、決して十分とは言えず、早期整備が必要な状況である。

本稿では、今後の道路構造物の維持管理や道路ネットワークの課題分析等に関して、国土技術政策総合研究所（以下、「国総研」）において取り組んでいる研究について、紹介する。

1. 道路構造物の維持管理

2011 年東日本大震災を契機として、今後、発生が懸念される東海、南海、東南海地震などの巨大地震による被害想定の見直しなど、震災に対する社会資本の在り方についての議論が行われているところである。特に、太平洋沿岸部で甚大な津波被害を受けた今回の震災では、東北道や一般国道 4 号といった東北地方の南北を縦貫する幹線道路から沿岸主要都市へのアクセスルートが早期に確保できたことが、地震後の復旧・復興に大きく貢献したように、道路ネットワークを構成する道路の、橋梁、トンネル、土工、舗装は、それぞれ単体ではなく、路線として一体となり道路としての機能を発揮させなければならない。更には、限られた予算と人員の制約の中で、道路ネットワークとして必要な水準を維持していくためには、道路ネットワークとしての予防保全的な維持管理が求められる。

1.1 道路構造物のおかれている現状

国が管理する直轄国道の道路橋においては、橋梁定期点検要領（案）（平成 16 年 3 月、国道・防災課）に基づき、供用後 2 年以内の初回点検、その後は 5 年間隔で実施されている。一方で、地方公共団体管理の道路においては、定期点検の必要性を認識しつつも、予算や人員の制約から、点検が行われていないケースもある。また、トンネル、土工については、点検により、対策の必要性の観点からの評価が行われているものの、道路橋のように、客観的なデータとしての損傷状況に関する記録の蓄積は行われてきていない。したがって、トンネル、土工については、今後、点検で取得すべきデータとその評価方法について提案できるように、過去の点検記録等を用いた分析を実施しているところである。ここでは、主に、道路橋に関する資産の現状と点検データの分析の事例、道路ネットワークとしての状態評価の試みについて述べる。

1.2 道路橋資産の現状

現在、我が国では、約 65 万橋の道路橋資産を保有している¹⁾。そのうち、橋長 15m 以上の橋梁（約 16 万橋）では、建設後 40 年以上のものが約 30%、建設後 30 年以上のものが約 50%と、急速に高齢化が進んでいる（図 1-1）。また、それに伴い、経年劣化による損傷が増加している。この中には、鋼トラス橋斜材の破断や鋼主桁の重大な疲労亀裂、プレストレストコンクリート橋の緊張材の腐食による破断など、深刻な損傷も発生している²⁾。図 1-2 は全国の地方整備局で行われた直轄道路橋の定期点検³⁾結果を整理したものである。図 1-2(a)に、対策区分の判定結果別橋梁数の比率を示す。全国の直轄道路橋の約 40%が、C（速やかに補修を行う必要がある。）と判定されており、少なくとも次回の点検（5 年間隔）までには補修等を行う必要があると判断されている。また、図 1-2(b)は、架設年代（橋年齢区分）毎の橋の状態を整理したものである。個々の橋梁が置かれている条件は様々であるものの、全体的な傾向としては、経年に従ってより深刻な状態のものが多くなっている。なお、供用開始から 40 年以上経過したものでは、状態区分の内訳がほぼ同じとなっており、平均的な劣化の状況に大きな差がない結果となっている。これは、供用開始から 40 年以上経過した橋では、塗装の更新など、様々な補修補強が行われているものが含まれている可能性が考えられ、適切な時期に適切な対策を行うことの重要性を示唆しているものと考えられる。

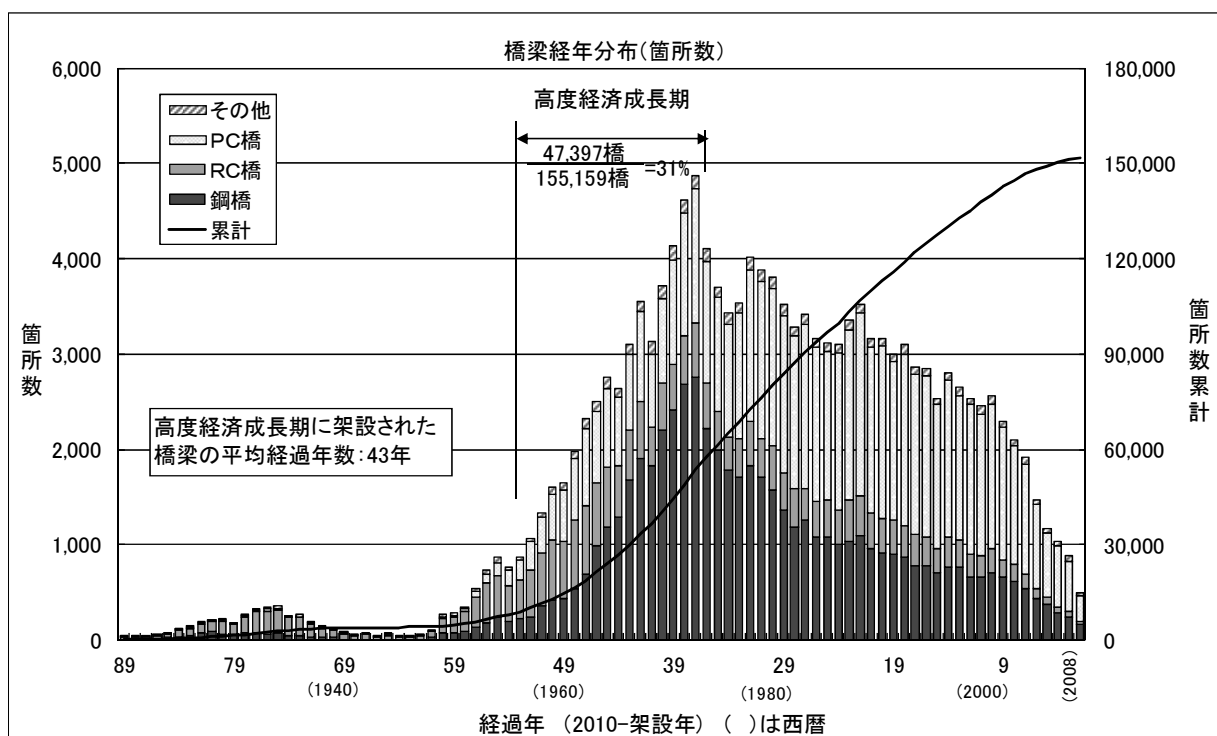
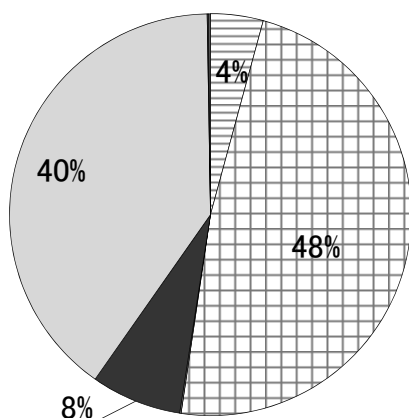
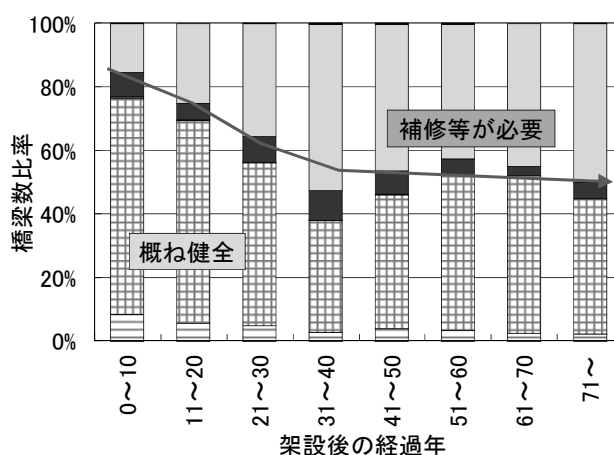


図 1-1 橋梁数の経年変化（橋長 15m 以上のもの）（国総研資料第 645 号より）



(a) 対策区分別橋梁数比率



(b) 判定区分の経年変化

【凡例】

対策判定区分	判定の内容
E1	橋梁構造の安全性の観点から、緊急対応の必要がある。
E2	その他、緊急対応の必要がある。
C	速やかに補修等を行う必要がある。
S	詳細調査の必要がある。
M	維持工事に対応する必要がある。
B	状況に応じて補修を行う必要がある。
A	補修を行う必要がない。

図 1-2 直轄道路橋の定期点検結果（国総研資料第 645 号より）

以上のように、様々な環境で長期に供用される道路橋では、建設から年数を経るに従って様々な劣化や損傷等が生じるものであり、設計上の目標や仮定にかかわらず、供用し続ける限り、点検などによる状態の適切な把握と劣化や損傷に対する補修・補強などの維持管理を実施していくことが必要である。したがって、現在の厳しい財政状況下、予防保全などの取組みにより管理費を抑制しつつ、これらの膨大な道路資産を長期にわたり良好な状態に維持していくことは社会的にも重要な課題となっている。

1.3 点検データの分析による道路橋の現状の把握

橋梁点検の体系は、異常の早期発見・早期対処のための日常パトロール、定期的に橋の各部に近接して損傷の有無や機能状態を目視で詳細に把握する定期点検、一般的な目視点検だけでは損傷把握が不十分な塩害等の事象に対する特定点検、地震や台風で被災の恐れがある場合の異常時点検等から構成されている。同じ橋に対して、これら異なる複数の点検が補完し合い実施されることで、橋の最新情報が的確に把握できる。なお、これらは、各管理者の判断と責任でもって選択、実施されているのが実情であり、点検水準が全国で必ずしも統一されていないという課題がある。

一方で、どの点検も目視による点検を基本としており、地中部、水中部、部材内部の状況は、間接的にでも表面に何らかの症状が現れない限り捕捉できない。また、日常パトロールも含め点検は間欠的であり、突発的な異常を直ちに知るには限界がある。このような

課題が浮き彫りとなった近年の事例として、主桁に発生した大規模な疲労き裂を定期点検時に初めて発見した例、コンクリートに埋め込まれたトラス橋の斜材がコンクリート内部で腐食して突然破断した例、鋼製のパイルベント橋脚が水中部で大きく断面欠損していることを点検以外の調査で偶然発見した例²⁾などが挙げられる。平成 24 年に改定された道路橋示方書⁴⁾では、こうした、点検や補修補強などの維持管理が困難な構造を避けるように、設計段階から配慮すべきである旨の規定が盛り込まれ、今後、整備される道路橋については、維持管理の確実性及び容易さが十分に考慮された構造が採用されていくことが求められている。

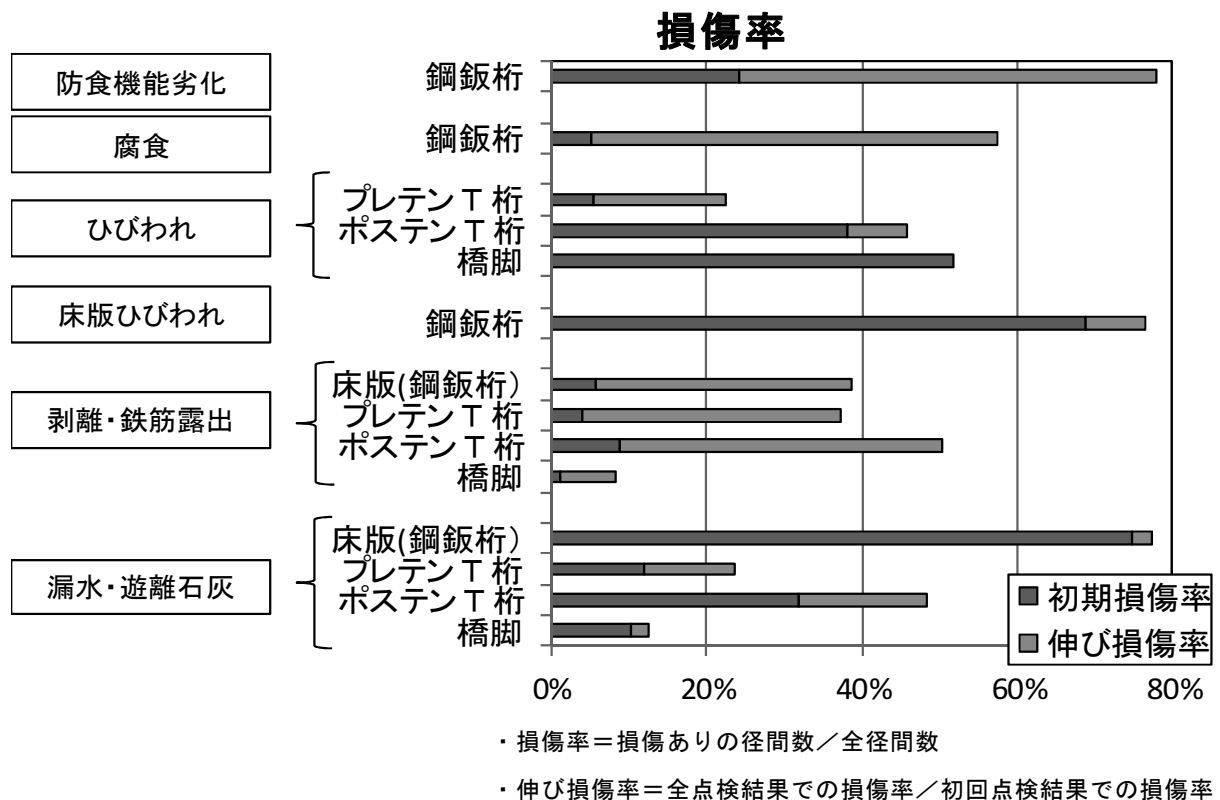


図 1-3 初回点検結果および全点検結果での損傷発生状況

図 1-3 は、初期品質が劣化進行に与える影響を分析するために、平成 16 年橋梁定期点検要領(案)に基づき点検された、直轄 8 地整にて管理する道路橋における全点検結果と、そのうち、供用後 2 年以内に行われる初回点検結果のそれぞれに対する損傷種類別の損傷率を、主な損傷の主な部位について積算棒グラフとして示したものである。損傷の特徴は、大きく 3 タイプに区分された。初期損傷率が小さく、その後の経年により損傷率が増加するものとして、腐食、剥離・鉄筋露出、初期損傷率がやや高く、その後の経年により損傷率が増加するものとして、防食機能の劣化、初期損傷率は高いものの、その後の経年による増加は少ないものとして、ひびわれ、漏水・遊離石灰、床版ひびわれである。第 3 番目のタイプの損傷は、初期損傷の発生を抑制すれば、又は初期損傷に早期に対処すれば、予防保全に有効に寄与する可能性があることを示唆していると考えられる。引き続き、デー

橋梁マネジメントシステム（BMS）と呼ばれ、橋の損傷の進行を理論や経験を取り込んだ統計処理やコンピュータシミュレーションによって予測し、更に補修時期や工法を変えて維持管理シナリオに対応したライフサイクルコストの試算などを行うものである。橋梁管理と BMS の関係を図 1-5 に示す。直轄道路橋でも、コンクリートの塩害、RC 床版の疲労、鋼部材の腐食などの劣化予測が行える BMS を作成して検証を進めている⁵⁾。

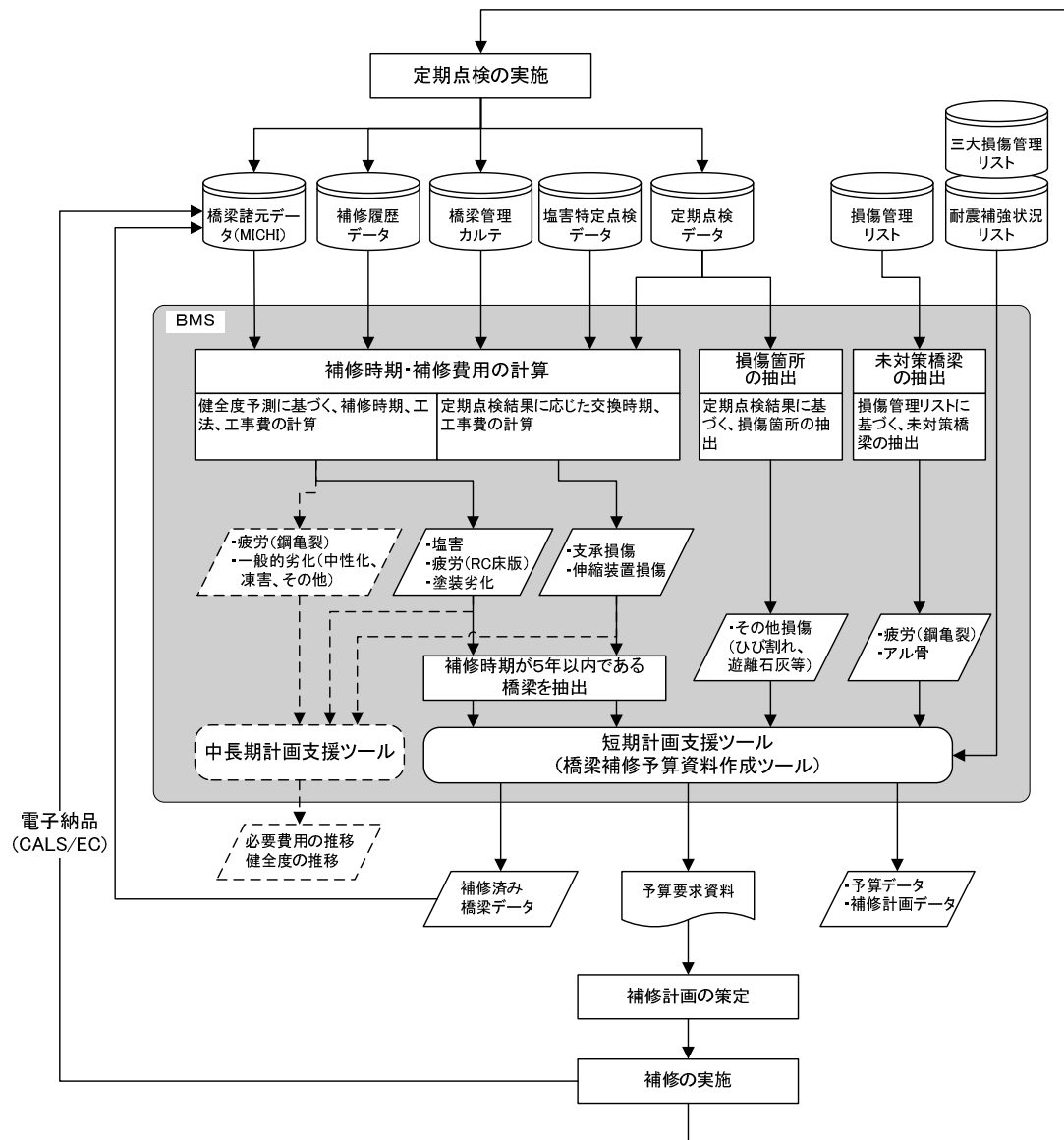


図 1-5 橋梁管理の流れと BMS の関係

しかし、ここで重要なことは、橋は極めて複雑な構造体であり、かつ、架橋環境や利用実態によっても劣化進展の状態は千差万別であるため、予測と現実の間には大きな乖離が避けられないことである。劣化予測の一例を図 1-6 に示す。

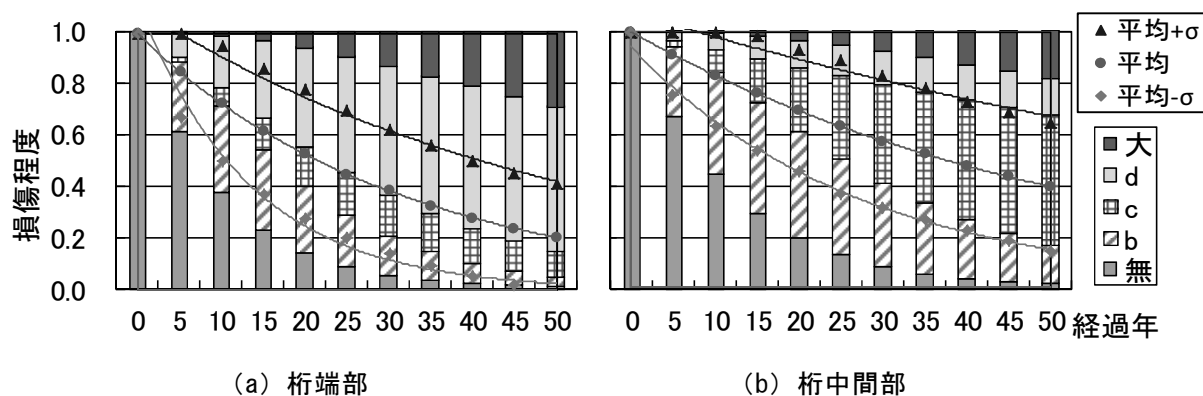


図 1-6 鋼板桁橋の主桁腐食（A、B 塗装系）の劣化曲線

この図は、全国の直轄道路橋を対象に、一般塗装系の塗装を施した鋼主桁の腐食の進行を、桁端部と桁中間部に区分し、同一橋梁の同一箇所に対して異なる時期に行われた2回の定期点検結果から、マルコフ遷移として求めたものである。同図には、損傷程度「無」～「大」を1.0～0.0の数値に置き換えた上で求めた各年の平均とその近似曲線を、標準偏差を含めて示している。部位により腐食の進行に差があることが読み取れる。

一方、標準偏差を考慮した劣化曲線からは、劣化曲線の信頼性は高くないことが分かる。腐食の進行は、架橋環境（沿岸部かどうか、凍結防止剤散布の有無など）でも異なるし、同じ橋でも部位毎に異なる⁶⁾など、損傷はローカルな条件に大きく影響される。つまり、統計から求めた劣化予測には圧倒的に大きなバラツキがあるのが実態であるということが明らかとなってきた。このバラツキの程度も考慮した将来の資産価値の推計を行うために、信頼性を考慮した劣化予測手法の開発を進めているところである。

しかしながら、将来予測に基づいて予防的な措置を行ったり、補修補強時期の最適化、予算の重点配分などの予算戦略を模索したりすることは、道路資産全体のライフサイクルコストの最小化に資する合理的な維持管理手法であるものの、将来予測の信頼性には解消困難な大きな限界があり、それらに過度に依存しない現実的で信頼性の高い維持管理体系の構築が不可欠であると考えている。

1.6 道路ネットワークとしての維持管理

道路ネットワークは、構造面から見た場合、橋梁、トンネル、土工、舗装の道路構造物群から成り立っている。近年、新設構造物では特定の機能における性能に着目した基準に基づく整備が進められつつあり、既設構造物に対しても機能の性能状態に着目して合理的に管理しようとする検討が進められている。道路構造物も将来的には、各構造物の個々の性能のみならず、道路ネットワークとの関わりの中でその性能を評価して、全体として調和のとれた合理的な整備や管理を行うことが必要である。

例えば、地震発生時にこれらのどれかが被災すれば、ある区間は通行規制を余儀なくされる。道路構造物の種類に応じて復旧期間に差はあるものの、路線として一定の管理水準を確保するためには、道路構造物を群として捉えた同一観点からの評価を行い、選択と集

中でもって脆弱部に対処することが、今後重要となる。現状では、道路構造物の状態について、道路利用者や一般国民に理解しやすく示されているとは言えず、点検、補修・補強等の維持管理行為の必要性や重要性が適切に理解されているかは明確でない。このため、国総研では、点検データを用いて、道路構造物の種類を問わず共通の指標で現有性能を評価する手法の開発を進めている。現有性能は、道路の通行機能と道路構造物の機能について表 1-1 に示す整理を行い、耐荷性（重量車両の通行に対する信頼性）、災害抵抗性（災害時に所要の機能・性能が発揮されることの信頼性）、走行安全性（日常的な安全・快適な車両走行に対する信頼性）の 3 性能各々の総合評価指標を設定している。

表 1-1 道路の通行機能と道路構造物の機能、性能との関係

道路法	通行機能	道路構造物の機能	道路構造物の性能	
通常の衝撃に対して安全	安全性	路面の確実な支持	耐荷性	重量車両の通行に対する信頼性
	信頼性		災害抵抗性	災害時に所要の機能・性能が発揮されることの信頼性
安全かつ円滑な交通の確保	円滑性	路面の平坦性の維持	走行安全性	平常時の安全・快適な車両走行に対する信頼性
	快適性	走行空間の確保		

指標は、構造物に損傷がない状態で発揮されるはずの性能が損傷等によって損なわれている程度のみに着目することとしている。これは、現在一般に供されている道路構造物の基本的な性能には極端に大きな差異がないと考えられることと、地震対策が未実施等の別途に既存不適格性を個別に評価し得る要因は、損傷状態とは別に明確に特定できることから、損傷状態による評価とは別に把握しており、両者を適宜組み合わせ活用することが適当であると考えためである。今後、既設構造物が建設当時に適用された基準や設計・施工技術との関係において実際に具備している性能水準を明らかにして、現況評価に反映させる手法を確立していく予定である。

橋梁、土工、トンネル、舗装について、3 性能の低下誘因、性能が低下する素因を表 1-2 に示す。表の下段には、性能が低下する素因に対して、現状の一般的な点検における把握状況を合わせて示している。未把握の素因は性能面からの状態把握のために不可欠であり、現在の点検等で把握できていない事象が抽出されたものと考えることができる。

これらの指標の算出は、構造物の種類を問わず、その性能に関連する部材の点検結果に基づく損傷程度と、性能への影響に応じた重み係数で計算される。算出結果は、数値そのものではなく、「補修等の必要性のない程度の健全状態」（60 点以上）、「早期に補修する必要性が高いと考えられる状態」（30 点以上 60 点未満）、「所要の性能を満足していない可能性が高い状態」（30 点未満）の 3 区分で評価することとした。これは、限られた点検データから機械的に個々の構造物の状態を定量化することの限界を考慮し、一方で指標化の目的と想定する活用方法を検討した結果である。

表 1-2 道路構造物の性能低下要因と把握状況

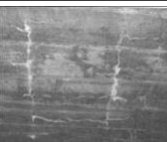
性能		耐用性	災害抵抗性		走行安全性	
性能低下誘因		重交通荷重	地震	豪雨	(突発性事故)	(路面状態)
性能が低下する 素因	橋梁	・主桁 ・床版の疲労損傷や材料劣化	・下部工の傾斜 ・支承の損傷 ・落下防止構造の損傷	・洗掘	・床版の疲労損傷や材料劣化	・段差(伸縮装置)の状況
	土工(盛土・切土)	—	・対策工の損傷 ・のり面の変状 ・路掛坂無	・対策工の損傷 ・のり面の変状	・対策工の損傷 ・のり面の変状 ・浮き石 ・表土の浸食	—
	トンネル	—	・覆工のひびわれや材料劣化 ・背面空洞 ・抗口の変状	—	・覆工のひびわれや材料劣化 ・異常土圧	—
	舗装	—	—	—	・路面下の空洞	・摩耗、流動

: 定性的把握
 : 未把握
 : 定量的把握

走行安全性の観点で総合評価指標した事例を表 1-3 に示す。例えば、総合評価指標が 30 点未満に判定されたものは、橋梁の床版の抜け落ち、トンネル坑門からのコンクリート片の落下及び斜面の表層土の崩壊の危険性の高い状態で、いずれも通常走行に対して潜在的危険性が構造物の種類に拘わらず同じ程度であることを表現している。

道路構造物毎の総合評価指標等に基づき、道路ネットワークの性能マップの例を図 1-7 に示す。各道路構造物で、機能ごと（耐用性、災害抵抗性、走行安全性）に評価が異なること、機能ごとにどの路線の性能が劣っているかなどについて、視覚的にとらえることが可能となっている。この図は、道路をネットワークとして評価して対策の優先度を決定するなどの全体最適管理に用いることができると考えている。

表 1-3 走行安全性の総合評価指標の例

	橋梁	トンネル	土工
30点未満	 床版抜け落ち	 坑口上部コンクリートの「うき」	 表層土のずり落ち
60点未満	 床版の遊離石灰を伴うひびわれ	 覆工側壁部の「うき」	 壁面より水のしみ出し

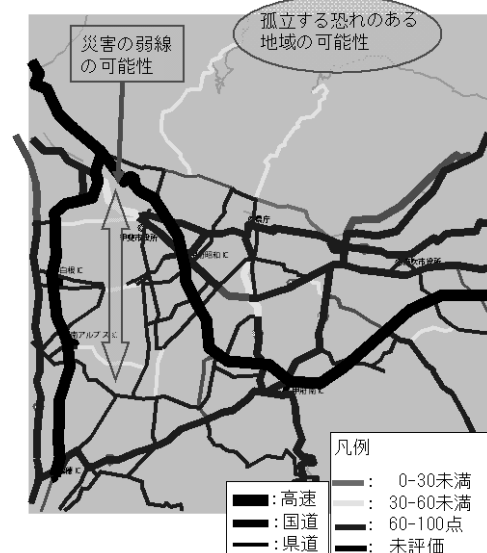


図 1-7 ネットワークの性能マップ（イメージ）

平成 23 年 3 月の東日本大震災では、津波による道路構造物の被災は甚大であった一方、地震動による被災は、橋梁及びトンネルにおいては顕著でない中、土工構造物においては法面・盛土を始めとして少なからず被災した。この被災の程度と性能指標とを対比し、適

合性を検証した。東日本大震災における土工構造物の被災程度と性能指標の関係を、表 1-4 に示す。なお、被災の程度は、被災図や写真から読み取った定性的評価である。被災無しで 30 点未満が多いのは安全側の設定からは許容され则认为られる一方、被災大で 60 点以上は数は少ないものの不整合である。被災大の内容は、舗装のクラックや盛土肩部の変状等の指標算出に考慮していないものに加え、切土表層部の流出など指標算出項目も含まれているなど、今度の課題が抽出された。

表 1-4 土工構造物の性能指標と被災の程度との相関

①法面 (箇所)				②盛土 (箇所)			
性能指標	被災の程度			性能指標	被災の程度		
	無	小	大		無	小	大
60点以上	10	2	6	60点以上	6	1	5
30～60点	21	4	4	30～60点	2	2	1
30点未満	58	15	10	30点未満	20	7	2

1.7 大規模災害に向けた取組み

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災では、巨大津波の発生により社会資本が甚大な被害を受けた。道路橋においても、沿岸部や河川部の道路橋の上部工や橋台背面土が津波により流出するなど、過去にあまり例のない被害が多数確認された⁷⁾。また、橋本体には、大きな損傷が生じていないものの、橋台背面土の沈下により段差が発生し、供用性に影響を与えた事例も見られた。

東北地方太平洋沖地震の地震発生直後から、道路部門においては、(独)土木研究所構造物メンテナンスセンターと連携し、国土交通省の緊急災害対策派遣隊(TEC-FORCE)として現地での技術指導にあたりるとともに、自主調査チームを編成し、現地での被災状況について調査を実施している。

地震動による被害については、兵庫県南部地震以降に改定された道路橋示方書により設計された橋梁やこれに準じて耐震補強が行われた橋梁では、落橋が危惧されるような致命的な被害は確認されていない。一方で、耐震補強が施されていない橋梁には、これまでの大規模な地震においてもみられた損傷が確認された。写真 1-1 は、架橋位置が約 400m 離れた近接する 2 橋について、耐震補強の有無による被災状況を対比したものである。地盤条件も大きく変わらず、同方向に架橋されていることから、ほぼ同程度の地震動の影響を受けたものと推察される。耐震補強が完了していた橋では、特に被害が認められないものの、耐震補強されていない橋では、橋脚の段落し部のせん断ひび割れの発生や支承部の損壊などが生じており、震災後には通行止め措置がとられている。このように、今回の震災において、地震動による被害については、兵庫県南部地震以降取り組んできた耐震補強により補強された橋梁では致命的な損傷が見られなかったことから、これまで進めてきた耐震設計の整備と耐震補強策の有効性が確認できたと考えている。

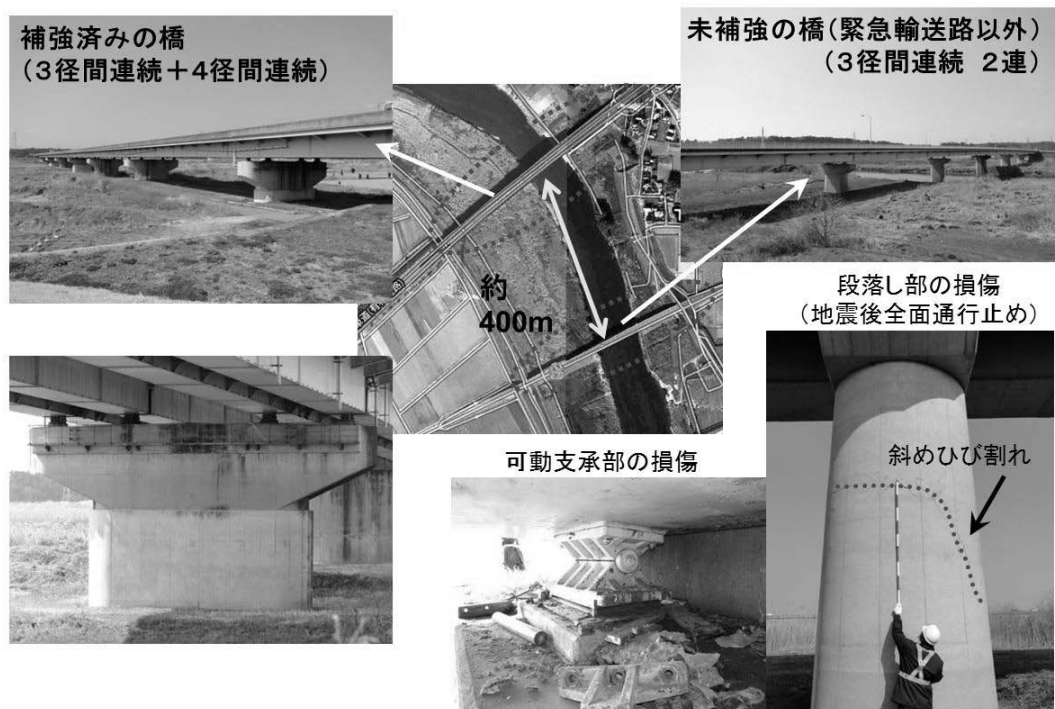


写真 1-1 耐震補強された橋とその近傍の耐震補強されていない橋

津波による被害については、材種、形式、規模を問わず、多数の上部工が流出している。一方で、上部工高さを大きく超える浸水が生じたにも拘わらず、大きな損傷を生じなかったものも多い。写真 1-2 は、沿岸部に架けられた PC 橋の事例である。上部構造が反転して落下している桁や、隣の桁と離れずにそばに着地している桁、流出していない桁など、近接しているにも拘わらず、多岐にわたる損傷となっており、これらの津波外力と橋梁の各種条件の複雑な相関関係の解明が必要であると考えている。このように、津波が橋に及ぼす影響については、不明な点も多く、現在、各機関において被害メカニズムの解明や津波による橋への影響の評価方法などについて、調査や研究が進められているところであり、現時点で基準化には至っていない。平成 24 年道路橋示方書では、このような状況を踏まえて、津波による浸水が予想される地域の道路橋の計画にあたっては、地域の防災計画や関連する道路網の計画とも整合するように、橋梁架橋位置や形式の選定を行うように規定するに留まっている。

国総研においては、道路橋設計基準において、津波外力に対して設定すべき要求性能を明らかにするため、東日本大震災で津波の影響を受けた橋梁について、その被害及び抵抗メカニズムの分析を行っている。特に、基準化にあたっては、レベル 2 地震動の作用を受けた後に、津波の作用を受ける道路橋に対し、地震後の供用性や復旧性に応じて、レベル 2 地震動により認めることのできる損傷形態と、設定した損傷性状に確実に制御するために必要な条件について明らかにする必要があると考えている。今回の震災において、上部構造が流出した橋梁における下部構造の損傷形態は様々であり、橋脚に致命的な損傷が生じていないものもあれば、橋脚基部で著しい損傷を受けたものもある（写真 1-3）。こうした様々な損傷形態に対し、必要な要求性能水準を設定し、設計において要求性能を満足

するように、損傷を制御することも考えられる。

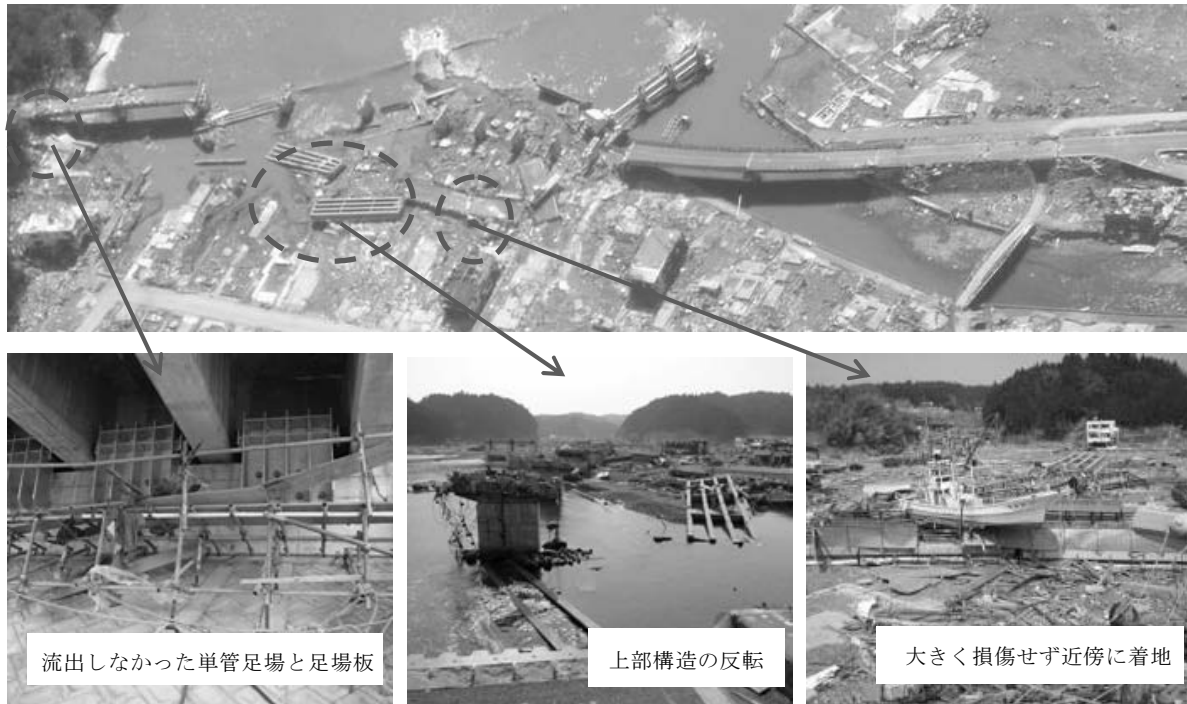


写真 1-2 近接した橋梁における多岐にわたる被災形態の例



(a) 橋脚は比較的健全な例



(b) 橋脚に致命的な損傷が生じた例

写真 1-3 上部構造流出橋梁における下部構造の損傷形態の事例

2. 民間プローブデータの活用による道路のサービスレベルの評価と確保

本章では、民間プローブデータを利用した「全国の旅行速度の把握」、「交通円滑化のための要対策箇所の抽出方法の研究開発」、「道路のサービスレベルの評価指標の開発」、「都市間道路ネットワークの現状と課題に関する研究動向」などの研究の紹介を通じて、道路のサービスレベルの評価と確保に関する研究動向を紹介したい。

2.1 民間プローブデータとは

民間プローブデータは、自動車メーカーやカーナビメーカー、携帯電話等のアプリケーションサービスプロバイダが、会員のカーナビ、携帯電話、スマートフォン、タブレット端末の GPS 機能を用いて収集している一般車両の時間と位置に関するデータである。

これら民間プローブデータは、時間情報と位置情報と有していることから、一つの特徴として旅行速度に関し従前実施してきた実走行調査に比べ時間的空間的に大量のデータとして集計することが可能である。国総研では、このような特徴を有する民間プローブデータを道路計画、道路施策の評価をはじめとする道路分野への活用について検討を行っている（図 2-1）。

現在、国総研で取得しているデータは、全国の幹線道路を対象に、デジタル道路地図（以下「DRM」という。）の区間毎に 15 分単位の平均所要時間データである。そのデータ項目は、表 2-1 の通りである。

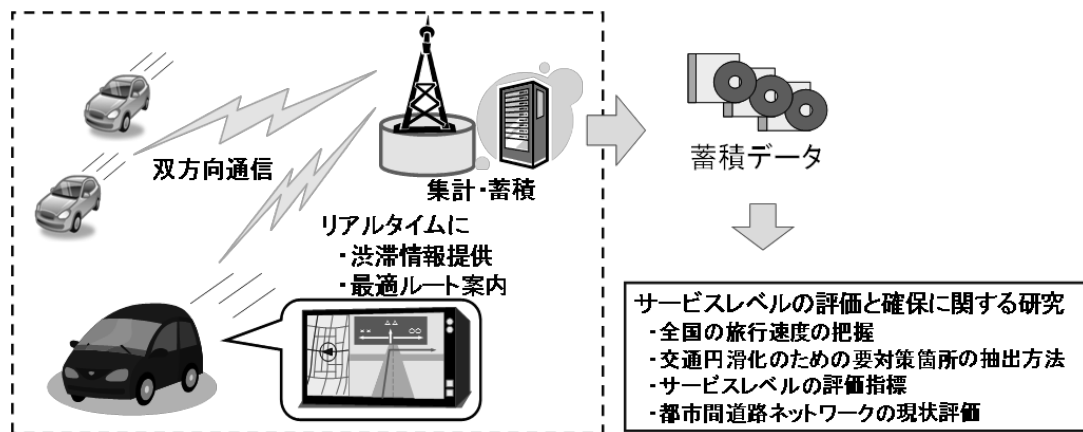


図 2-1 プローブデータの活用

表 2-1 一般車プローブデータの項目

進入 ノード	退出 ノード	日付	進入時間 (15分毎)	平均 所要時間 (秒)	情報 件数 (件)
0001	0002	20120416	1015	90	2
0002	0001	20120416	1015	80	1
0002	0001	20120416	1030	85	3
...	...	...	...	...	...

2.2 全国の旅行速度の把握

2.2.1 混雑時旅行速度と非混雑時旅行速度など時間別の旅行速度⁹⁾

平成 17 年以前の道路交通センサスでは、混雑時の旅行速度として混雑方向のみを対象に試験車両による実走行調査を行っていたが、平成 22 年調査においては、民間プローブデータの活用により、方向別、更には混雑時・非混雑時別をはじめとする道路区間別・地域別・方向別・時間帯別の旅行速度の把握が可能となった。

図 2-2 は、平成 22 年道路交通センサス旅行速度を用いた分析の一例として DID 地域における混雑時と非混雑時の両方の旅行速度を道路種別別に比較したものである。この図よ

り、高速道路では、混雑時と非混雑時とで大きな速度変化が起こっている一方、一般道路ではその速度差は数 km/h 以下と小さいことがわかる。このように、時間的空間的に豊富な民間プローブデータの活用により、混雑時間帯・非混雑時間帯など時間を区切った分析が可能であり、より道路利用の実情をきめ細かく捉えた対策の検討につなげることができるといえる。

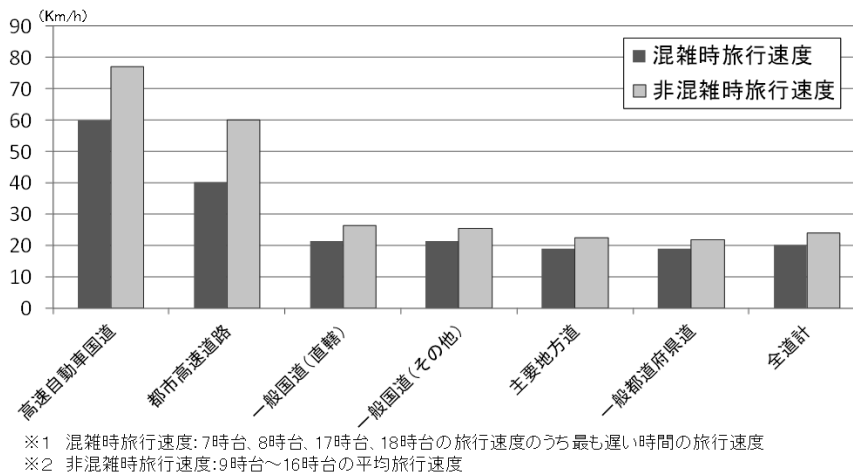


図 2-2 DID 地域における混雑時・非混雑時旅行速度の比較

2.2.2 旅行速度の季節変動¹⁰⁾

図 2-3 は、季節変動の把握事例として、全国の直轄国道を対象に、秋季（平成 23 年 10 月）と冬期（平成 24 年 2 月）の平日朝ピーク時間（7 時台～8 時台）の交通調査基本区間（図 2-4 参照）別に平均旅行速度を算定し、その速度比（2 月/10 月）を算定したものである。この際、上下方向いずれもプローブデータが取得されている場合のみを算定対象とし、上下方向いずれかでプローブデータが取得されていない場合は未取得として扱った。

この事例では、プローブデータの活用により、北海道や東北、北陸、中国の日本海側で冬期の気象条件の影響を反映した速度低下の実態も把握できることがわかる。

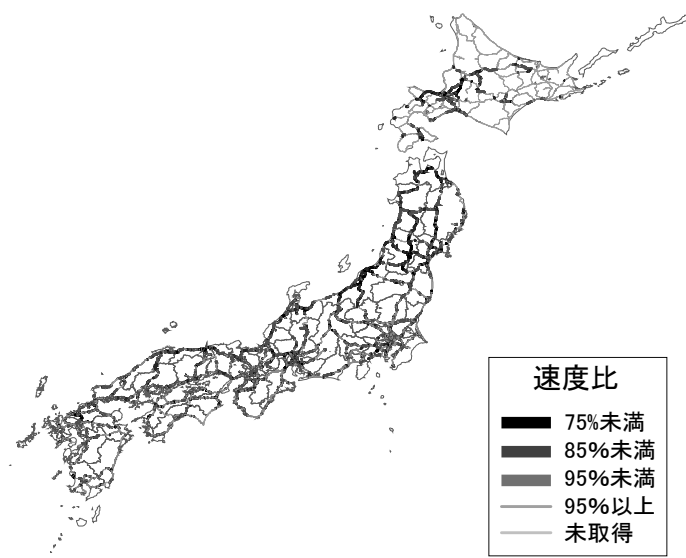


図 2-3 直轄国道における 10 月と 2 月の速度比較 (2 月/10 月)

2.3 交通円滑化のための混雑状況の把握

我が国における道路交通の諸課題の中で、交通渋滞による損失は依然として大きく、道路の交通円滑化は非常に重要な施策である。交通円滑化に関しては、実測データに基づき、渋滞発生の著しい交差点である「主要渋滞ポイント」を抽出し、優先順位を付けて重点的対策を行うことが求められる。

一般的に、渋滞は、交差点や隘路などのボトルネック箇所を起点として発生することが多く、その影響は道路ネットワーク上に広がっていく。したがって、より効果の高い交通円滑化を推進していくためには、どこが交通のボトルネックとなっているか、その影響がどのようなメカニズムでどの程度の範囲に及んでいるかを把握することが必要である。国総研では、効率的に“ボトルネック箇所を特定”し、“線の又は面的に広がる渋滞の程度を把握”するため、図 2-4 に示すように、ボトルネックとなりうる主要交差点毎に区間を切った区間を交通調査基本区間として定義した。これを受けて、平成 22 年に実施された道路交通センサス調査に本定義が導入され、全国 9 万の交通調査基本区間となった。この交通調査基本区間は、区間の接続情報も保持しており、交差点の抽出が可能となっている。図 2-5 は、東京及びその近郊の交通調査基本区間同士の交差点を対象として、交差点への流入方向の損失時間を合計した交差点単位の損失時間の面的な分析例である。これまで膨大な労力を有した広域の交差点単位の損失時間の集計、地図への描画を容易に実施できることとなった。

また、渋滞は線的に又は面的に広がることから、あるボトルネック交差点を起点とする渋滞を正確に評価しようとする場合、図 2-6 に示すように、複数の交通調査基本区間、必要な場合は一定規模のネットワークについて影響範囲を特定する必要がある。この評価ため、現在、民間プローブデータを用いて、時間別に渋滞の影響範囲の拡大状況の把握を試みている。

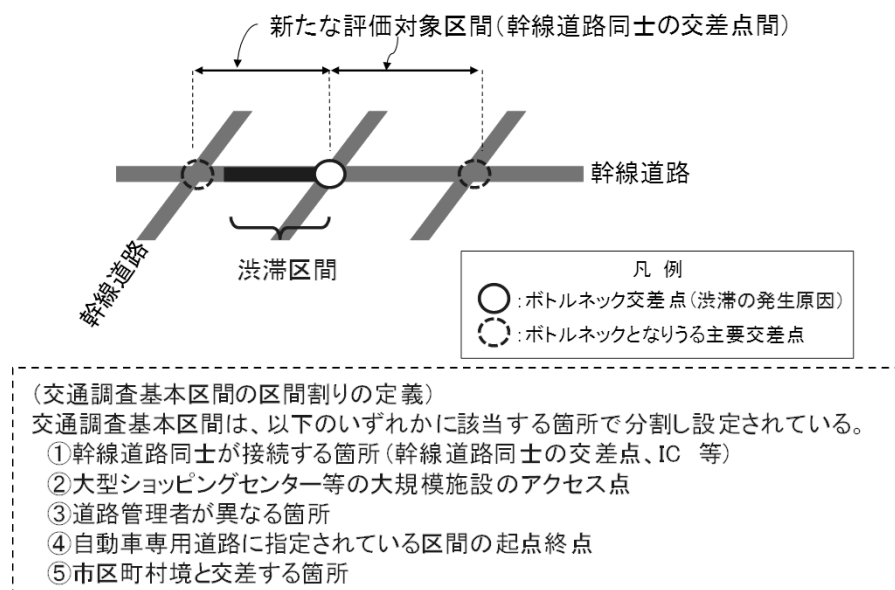


図 2-4 交通調査基本区間のイメージと区間割の定義¹¹⁾

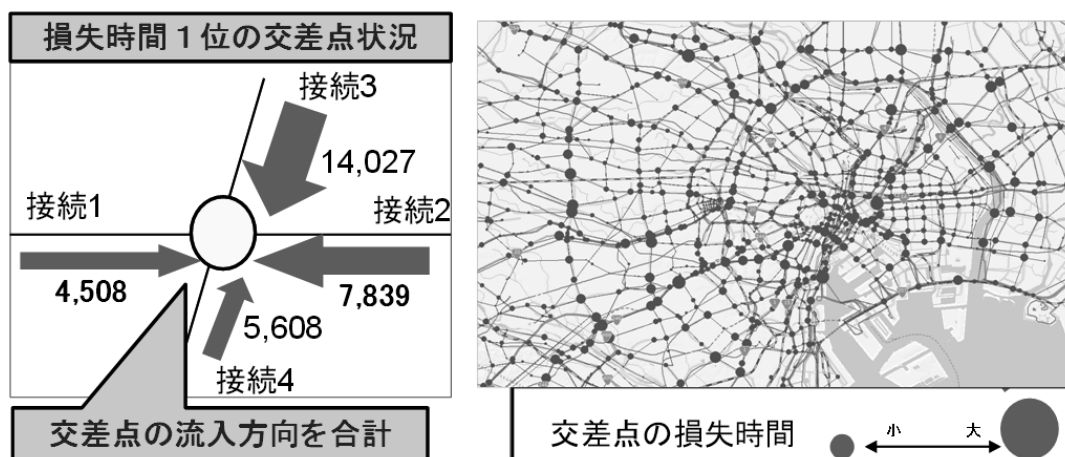


図 2-5 交差点単位の渋滞量の定量化例

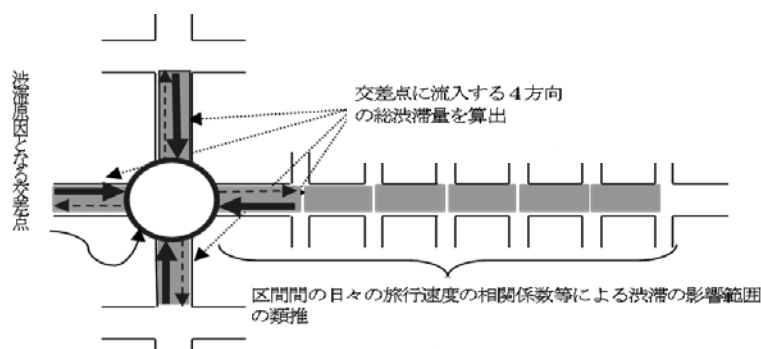


図 2-6 複数の区間にまたがって影響を及ぼしている渋滞

2.4 道路のサービスレベルの把握

2.4.1 損失時間¹⁰⁾

損失時間は、渋滞等がない自由走行の時と比べ余計にかかる時間を示し、道路のサービスレベルを評価する代表的な指標として活用されている。その算定は、自由旅行速度時の所要時間と実際の所要時間の差を区間毎に算出した後、その損失時間に当該区間の交通量及び平均乗車人員を乗じて合計することにより算出するものである（図 2-7）。

実走行調査により旅行速度データを収集していた平成 17 年度以前は、旅行速度データが収集できる道路区間も限られており、全国の一部の道路区間の算定にとどまっていた。一方で、民間プローブデータは、道路種別・区間・時間帯等に関係なくデータが蓄積されていることから、広域の道路区間を対象として、実測データに基づく損失時間の算定が可能となる。

また、自由走行速度は、平成 17 年以前のセンサスでは、一般国道であれば DID 内は 35km/h、DID 外は 50km/h という形で道路種別や DID の別により、一律の自由走行速度を設定していた。民間プローブデータを用いることで、自由走行速度についても実データに基づく設定が可能となる。現在は、自由走行速度として、特異的に速度の高い車両を除くため、区間

毎の年間実績速度の上位 10% タイル値が採用されている。

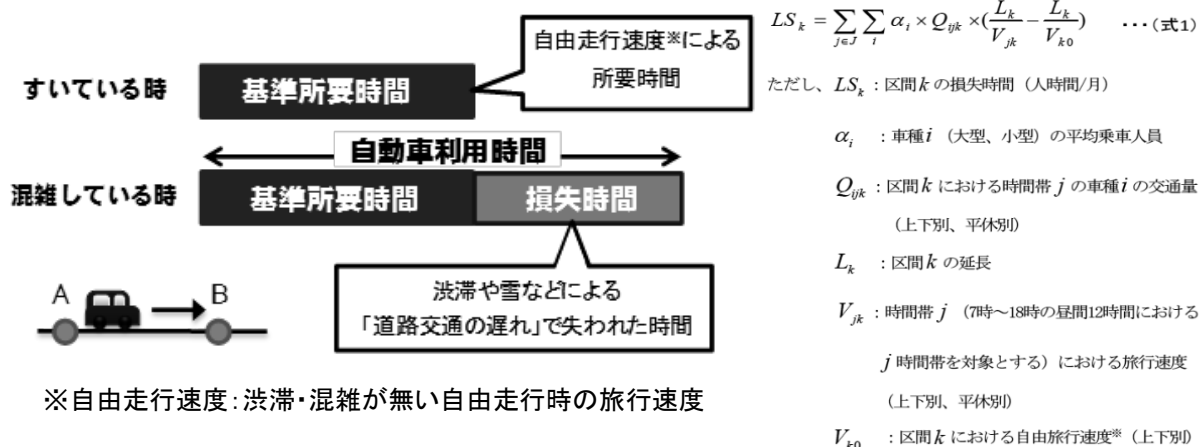


図 2-7 損失時間の算定式と算定イメージ

2.4.2 時間信頼性¹⁰⁾

道路施策の実行による旅行時間の短縮効果については、従来は平均所要時間の短縮という形でしか表現できなかった。しかし、このように日々のプローブ旅行時間データを有効活用することにより、従来から議論検討はされてきたものの評価手法として確立されていなかった定時性を新しい指標として活用できると考えている。なお、定時性は時間信頼性とも呼ばれ、米国、英国などでは、道路交通のサービスレベルをあらわす指標として近年注目されており、道路事業評価における評価項目としても活用され始めている(図2-8)。国総研では、道路事業評価での時間信頼性便益の算定手法、道路施策による時間信頼性の向上効果の評価手法構築を目指して、プローブ旅行時間データの分析による幹線道路における道路条件や交通条件をもとにした時間信頼性指標に関する研究に取り組んでいる。

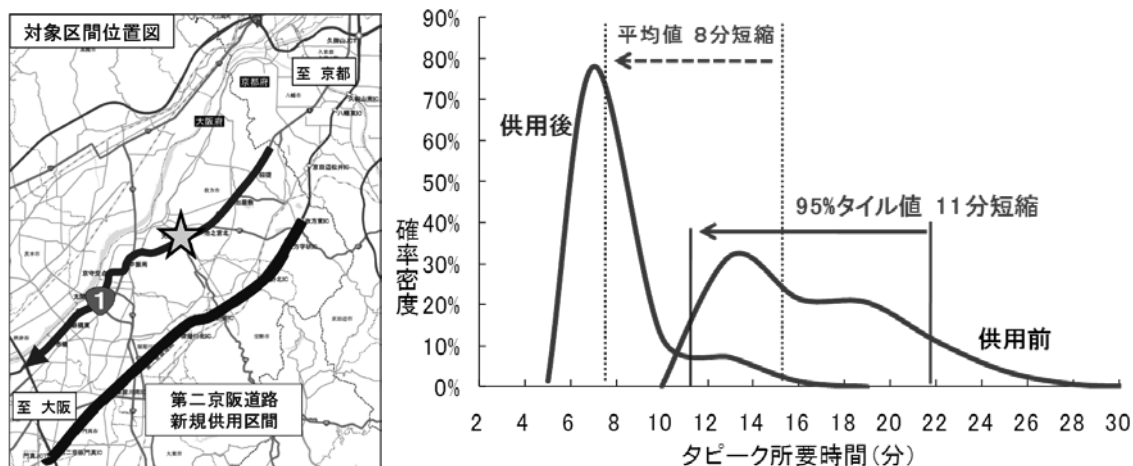


図2-8 第二京阪道路供用(平成22年3月20日供用)に伴う一般国道1号の
主要渋滞ポイント(☆印)の通過に要する所要時間の時間信頼性の向上効果

2.5 都市間道路ネットワークの現状と課題の把握

2.5.1 都市間道路のサービスの現状¹²⁾

隣接する生活圏の中心都市間の平均旅行時間を図 2-9 に示す。平均旅行時間については移動距離に起因するため、ゾーン面積が大きく都市間距離が長い北海道等において、隣接する生活圏の中心都市への移動に時間がかかっている。また、長野県や岐阜県などの山間部において、隣接生活圏への移動に 2 時間以上を要する生活圏ゾーンも存在する、さらに、中国地方においては、山陽側あるいは山陰側の縦断ルートに比べ、山陽・山陰間の横断ルートにおいて旅行時間が長くなる傾向にある。このように、民間プローブデータの活用により、全国を対象として都市間移動の所要時間の算定が可能となる。

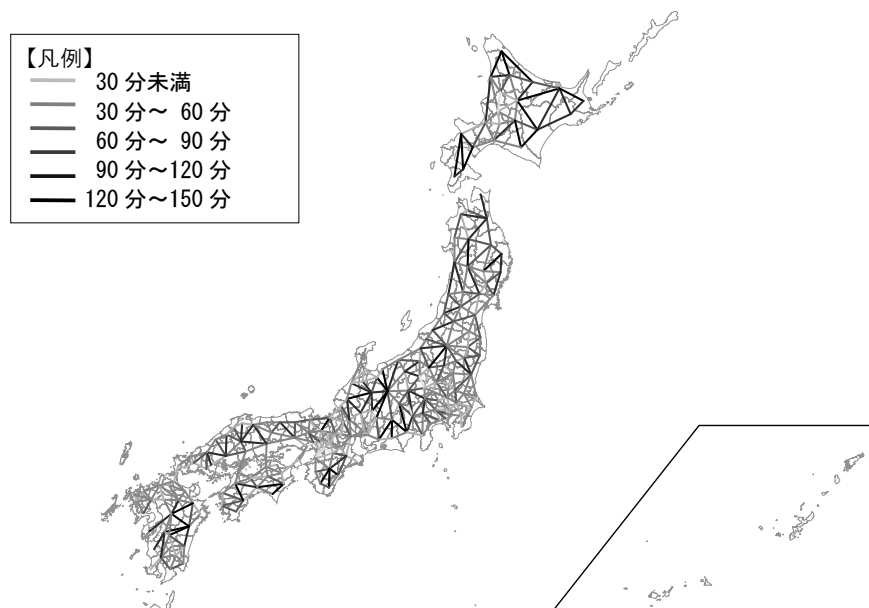


図 2-9 隣接する生活圏の中心都市間の平均旅行時間の比較

次に、隣接する生活圏の中心都市間の平均旅行速度を図 2-10 に示す。平均旅行速度では、東京、大阪都市圏において 30km/h 未満の低い旅行速度がみられるほか、三陸沿岸や、近畿・四国地方の太平洋側等においても、旅行速度の低い地域が存在する。これらの地方部においては、高速道路の未整備区間の存在やアクセス不良が要因となったと考えられる。旅行速度の低下がプローブデータの活用により把握できている。このように、民間プローブデータの活用により、全国を対象とした都市間移動の旅行速度の低下状況の把握が可能となる。

2.5.2 都市間道路のサービスの低下要因¹²⁾

図 2-11 に本州の都府県庁所在地間の高速道路を利用したルート探索結果を用いて集計した道路の種級区分別の平均旅行速度の集計結果を示す。

次に、図 2-12 に本州の都府県庁所在地間の一般道のみを利用したルートにおける平均旅行速度と信号交差点密度の関係を示す。都市間平均旅行速度は、信号交差点密度が高いほど低下する傾向にある。信号交差点が少ない方が、高いサービスレベルを確保できてい

ることが分かる。

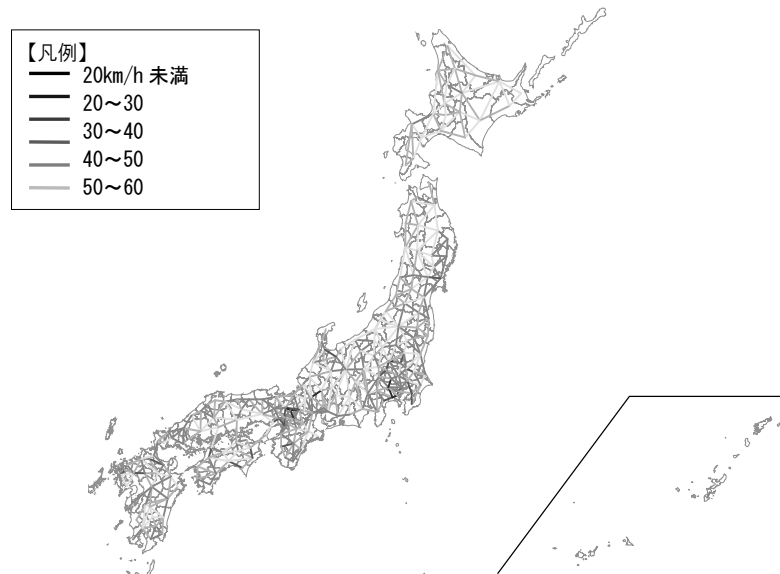


図 2-10 隣接する生活圏の中心都市間の平均旅行速度の比較

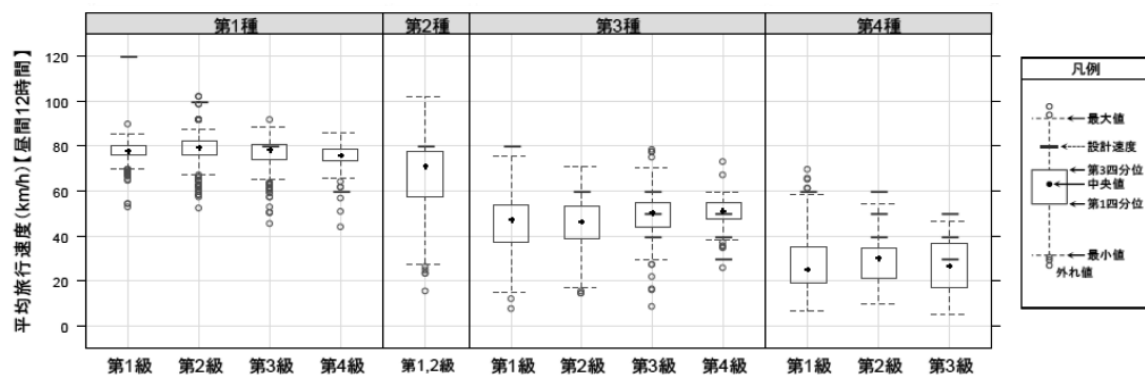


図 2-11 道路種級区分別の平均旅行速度特性

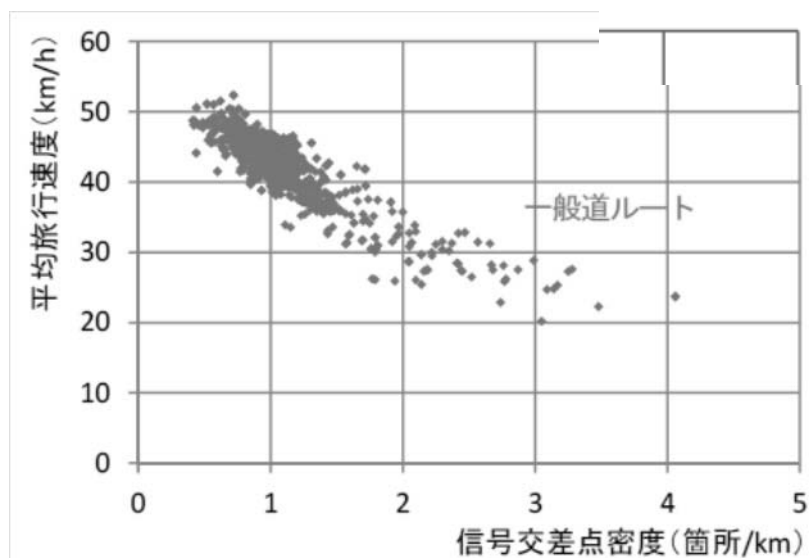


図 2-12 都府県庁所在地間の平均旅行速度と信号交差点密度

2.6 今後の研究展開

民間プローブデータという時間的空間的に大量のデータ取得が可能であるという特徴と全国約9万の交通調査基本区間とをリンクさせることによる分析手法とその結果を紹介した。これらの分析結果は、現在のところ一次集計に近いものであるが、これらを用いた指標、評価手法、統合的・総合的な手法を目指して取り組んで行きたい。

また、このようなどちらかと言えばマクロ、あるいはそれに近い集計・分析という活用に加え、ミクロな活用も考えられる。例えば、表2-1に示すように、現在国総研が取得している民間プローブデータは、DRM 区間単位のデータであるものの、交差点の右左折・直進の別が分かれば、交差点の方向別分析が可能となる。また、プローブデータから急な加減速地点が分かれば、交通安全への活用も考えられる。今後は、プローブデータの更なる活用という観点でも研究を行っていく予定である。

2.6.1 交差点の方向別交通流分析¹³⁾

図2-13は、交差点の右左折・直進の判別が可能なプローブデータを用いて、京急蒲田駅近くの東蒲田二丁目交差点を対象として実施した交差点通過時間の右左折・直進の方向別分析事例である。平成23年2月から11月までの10カ月のプローブデータを用いて、北側からの流入について、右折と直進との所要時間の比較を行った。8時台の直進と右折との所要時間分布を比較したところ直進の所要時間より、右折の所要時間の方が明らかに大きいことが分かった。また、右折車両が本線に影響を与えている可能性があると考えられる。

今後は、道路区間のサービスレベルの評価だけでなく、本事例のように、交差点通過時間の方向別分析に取り組み、交差点を対象としたサービスレベルの低下要因抽出と対策検討に活用できるような手法の研究に取り組んで行きたい。

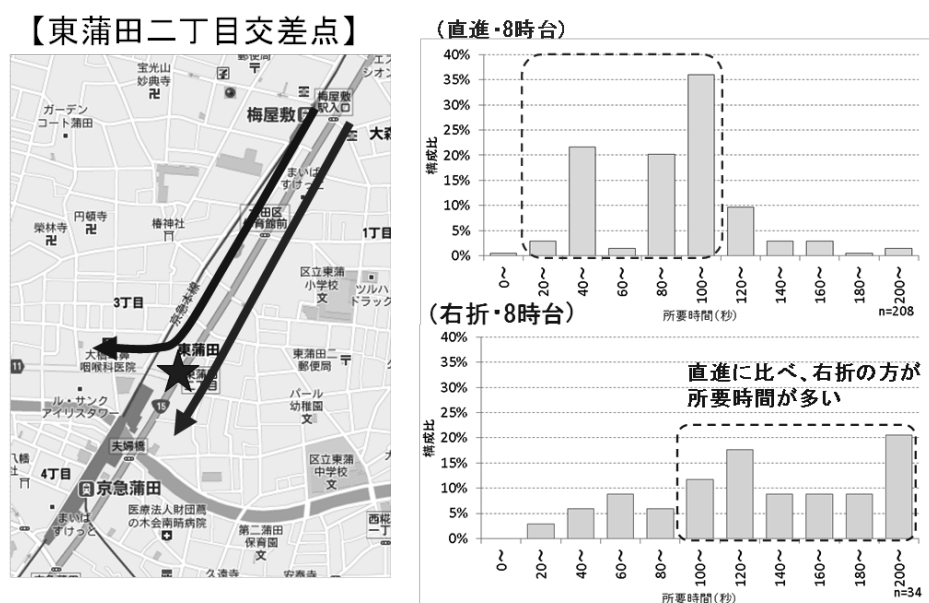


図2-13 プローブデータを用いた交差点の方向別分析

2.6.2 急な加減速を用いた潜在的な事故危険箇所の抽出¹⁴⁾

交通安全対策は、交通事故発生状況及び現地の道路交通環境等から事故危険箇所の抽出、事故要因分析、対策立案、実施、効果検証、追加対策の必要性検討といったサイクルで実施される。幹線道路の交通安全対策におけるこのサイクルは、基本的に事故データを基にして行われるが、交通事故が稀な現象であることから、対策箇所の抽出から対策の実施まで、実際に発生した交通事故を対策の対象として実行されることとなる。また、効果の検証において数年の期間が必要であり、効果検証の結果、追加対策が必要となった場合は、効果検証まで更に期間が必要となる。現状では事故発生は多くはないもののヒヤリとする事象の発生が多い潜在的に事故の危険性を有する箇所の抽出が難しい、また、生活道路に多いと言われている物損事故については事故データとして蓄積されていないことから、生活道路の交通安全対策は、必要なデータが必ずしも十分に収集されていないという課題もある。

このような課題に応えるべく、交通安全対策における上記のサイクルを進めるにあたって必要なデータのより効率的な取得・分析を可能とする手法として、プローブデータを活用する方法についての研究を進めている。

すでに、プローブデータの交通安全対策への活用事例としては、急ブレーキが多数発生した箇所を抽出し、交通安全対策の実施箇所の選定に役立てられている例もある。その他にも、生活道路におけるプローブデータを用いることにより、走行速度の状況を面的に把握し、交通安全対策の検討や効果把握に活用することも考えられる。このようなことから、国総研では、プローブデータから取得できるデータと危険箇所抽出や交通安全対策の効果把握に必要なデータの種類や精度等の関係を検証し、交通安全対策へのプローブデータの活用について調査研究を進めている。

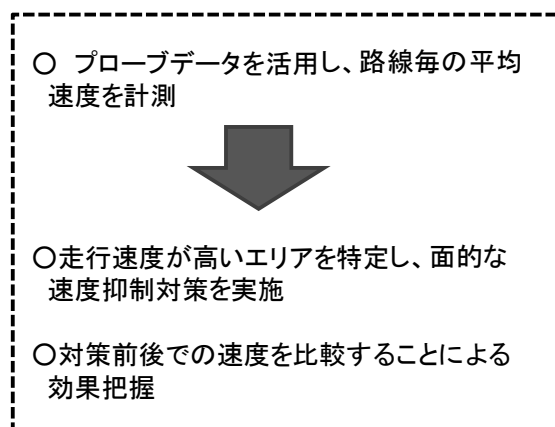


図 2-14 生活道路におけるプローブデータ活用のイメージ

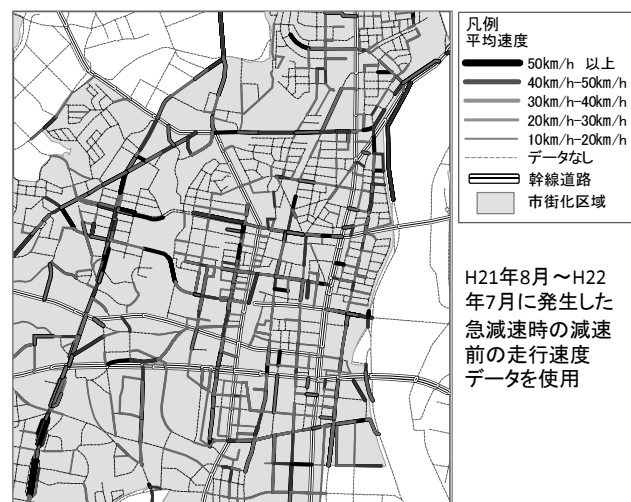


図 2-15 民間プローブデータによる生活道路の走行速度把握の例

おわりに

以上、道路構造物の維持管理と道路のサービスレベルについて、国総研道路研究部での研究の取組みを紹介した。国総研道路研究部では、この他にも道路交通の安全性向上、空間再構築等に関する研究にも取り組んでいる。

今後も、国総研道路研究部では安全かつ円滑・快適な道路交通を将来にわたって経済的に維持・確保していくための、ハード、ソフト両面の研究を進めていきたいと考えており、関係各位のご指導、ご協力をお願いする次第である。

(参考文献)

- 1) 平成 21 年度・平成 22 年度道路構造物に関する基本データ集、国土技術政策総合研究所資料第 635 号、2011
- 2) 玉越隆史：橋梁事故からの教訓－米国ミネソタ州 I-35W 落橋事故の例を踏まえて－、土木技術 Vol.66、No.9、pp36-41、2011.9
- 3) 橋梁定期点検要領(案) 平成 16 年 3 月 国土交通省道路局、
- 4) http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3_2.pdf
- 5) 道路橋示方書・同解説 I 共通編、(社)日本道路協会、2012.4
- 6) 道路橋の計画的管理に関する調査研究－橋梁マネジメントシステム(BMS)－、国総研資料第 523 号、2009
- 7) 道路橋の健全度に関する基礎的調査に関する研究－道路橋に関する基礎データ収集要領(案)－、国総研資料第 381 号、2007
- 8) 平成 23 年(2011 年)東北地方太平洋沖地震土木施設災害調査速報、国土技術政策総合研究所資料 第 646 号、土木研究所資料 第 4202 号、2011
- 9) 道路交通センサス一般交通量調査の見直しと新たな展開、土木計画学研究・講演集 Vol.45、2012
- 10) 道路交通データの収集・分析の新たな展開～プローブ旅行時間データ等の活用に向けて～、国総研資料第 614 号、2010
- 11) 交通調査基本区間標準・基本交差点標準、国総研資料第 666 号、2011
- 12) 都市間道路のサービス水準の実態と道路階層性評価、土木計画学研究・講演集 Vol.45、2012
- 13) プローブデータを用いた交差点における交通動向分析のケーススタディ、土木計画学研究・講演集 Vol.45、2012
- 14) 社会資本整備審議会道路分科会 第 40 回基本政策部会配布資料、国土交通省、2012.08.30