わが国の交通容量とサービスの質に関する 研究の変遷と現状

泉　典宏[1]・邢　健[2]・野中康弘[3]・大口　敬[4]

[1]非会員　株式会社オリエンタルコンサルタンツ（〒450-0003愛知県名古屋市中村区名駅南2-14-19）
E-mail: izumi@oriconsul.com

[2]正会員　株式会社高速道路総合技術研究所（〒194-8508 東京都町田市忠生1-4-1）
E-mail: xing@ri-nexco.co.jp

[3]正会員　株式会社道路計画（〒170-0013 東京都豊島区東池袋2-13-14 マルヤス機械ビル）
E-mail:y_nonaka@doro.co.jp

[4]正会員　東京大学生産技術研究所（〒153-8505 東京都目黒区駒場4-6-1）
E-mail: takog@iis.u-tokyo.ac.jp

性能照査型道路計画設計の実現に向けては，交通運用状態を的確に評価するための交通容量やサービス指標の整備が必要である．わが国ではこれまで，交通容量に関する実証的調査・研究が，実務・研究の双方で積極的に行われ，膨大な研究成果が蓄積されているが，それらの成果は未だ体系的に整理されるに至っていない．一方，本来道路が提供すべきサービスを的確に評価するための指標は研究途上にあると認識する．そこで本稿は，これまでの道路計画設計の考え方とそれに資する交通容量およびサービスの質に関する研究の変遷と現状について概観する．

***Key** Words : Road Network, Road planning, traffic-capacity, level of Service*

1. はじめに

性能照査型道路計画設計の実現に向けては，交通運用状態を的確に評価するための交通容量やサービス指標の整備が必要である[1)]．わが国ではこれまで，交通容量に関する実証的調査・研究が，実務・研究の双方で積極的に行われ，膨大な研究成果が蓄積されているが，それらの成果は未だ体系的に整理されるに至っていない．一方，本来道路が提供すべきサービスを的確に評価するための指標は研究途上にあると認識する．

そこで，本稿では既往レビュー論文から，わが国における道路計画設計の考え方と交通容量およびサービスの質に関する研究動向を概観し，その変遷と現状を把握するとともに，今後の研究の方向性について議論する．

2. わが国の道路計画設計の考え方

わが国の道路計画・設計思想の変遷については，森田による「道路構造令の解説と運用にみる日本の道路計画・設計思想の変遷」[2)]に詳しい．本項ではこれをもとにわが国の道路計画の思想について，主に道路構造基準の面からわが国の道路作りの思想および道路の機能に関する考え方の変遷について整理する．

(1) 道路構造基準と道路計画思想の変遷

昭和33年に，戦前に分かれていた「道路構造令」と「街路構造令」が「道路構造令」に一本化され，これにあわせて昭和35年に「道路構造令の解説」が出版された．以降，昭和45年に道路構造令が大幅改正され，あわせて「道路構造令の解説と運用」が出版，これ以降も政令の大幅な改正にあわせて「道路構造令の解説と運用」が昭和58年，平成16年に改訂されている．以下では「道路構造令の解説と運用」をその改訂年次からそれぞれ「昭和58年版」，「平成16年版」という．

なお「道路構造令の解説と運用」は，「道路構造令」の政令そのものではなく，この政令の解説と運用であり，技術的参考情報が記載された書籍である．この点において，実務の現場では，政令と技術的解説の混同が生じ，書籍に示された数値全てが不可侵な基準値のように誤っ

て解釈される場合があり，地域特性に応じた技術的工夫の目を阻んできた側面もあった．

a) 全国の道路水準を一定に保つ整備方針

政令（道路構造令）の主旨は，昭和35年に最初に「全国の道路を一定の水準に保つ」ことであると記述され，この思想が近年にまで至る．

具体には，昭和45年に政令の目的が「道路構造に関する技術的基準を政令で定める理由」として記述され，次の３点が挙げられている．

・道路の構造の全国的な統一を図る
・道路交通は車又は人との相互関係により成り立つため，道路の構造と車両の企画の統一を図る必要がある．
・道路建設には土地収用権があり，道路の損壊等には罰則が適用されるため，構造面から道路の範囲を明確にする必要がある．

この全国的な統一を図る目的で，昭和45年及び昭和58年の解説と運用には「標準幅員」が示されていた．この標準幅員は全国の道路の水準を保つ役割を果たしてきた一方で地域の特性に応じた技術的工夫がなされない側面もはらんでいた．このため，後述する平成16年度版においては柔軟な計画思想のもとに弾力的に基準を運用する機運を育むためこの標準幅員は削除された．

b) 計画思想の転換（地域状況に応じた柔軟な計画へ）

平成16年版において，「地域に応じた弾力的な基準の運用」が謳われた．これにより，それ以前の「全国的な統一を図る」趣旨から，「道路を計画・設計する場合には，地域の状況を踏まえて，当該道路の重視すべき機能を明確にした上で，地域に適した道路構造を採用する」と記され，大きな方針転換がなされた．地域の実情に応じた道づくりを推進し，道路整備のコストの縮減を図るため，道路構造の選択肢を広げることを目的とした道路構造令の改正が行われた．

さらに，平成23年の「地域の自主性及び自立性を高めるための改革の推進を図るための関係法律の整備に関する法律」（一括法）を受け，平成24年に道路構造令が改正された．各地方自治体においては，平成25年3月31日までに都道府県道及び市町村道の構造の技術的基準について，設計車両，建築限界，橋・高架橋等の荷重条件を除き，政令（道路構造令）で定める基準を参酌して条例を定めることとなった．これにより，都道府県道以下の道路については，地域の実情に応じた道作りの選択肢が一層広がる可能性が高まった．

(2) 道路の機能に関する考え方の変遷

昭和58年版において道路の機能分類の考え方が初めて導入され，この機能分類の考え方を道路の計画に適用する思想が新しく導入された．この時の道路の機能は，「交通機能」，「土地利用誘導機能」，「空間機能」の３つに分類される．

その後の平成16年版では，それまでの自動車を中心とした道路の計画・設計思想から，歩行者・自転車も含めた道路の計画・設計思想に大きく転換した．また，交通機能のなかに，道路の階層別による「通行機能」と「アクセス機能」の分担の考え方が示されるとともに，さらに「滞留機能」が追加された．また昭和58年版における「土地利用誘導機能」が削除され，「空間機能」の一部として市街地形成が追加された．

このように平成16年版からは，道路構造の決定にあたっては，当該道路の機能を十分考慮し，地域の状況に応じて必要とする機能に対応した道路構造とすることが示された．また，地域特性や交通特性，ネットワーク特性を考慮して，それぞれの道路での多様な主体と必要とされる多様な交通機能や空間機能を明確化して道路の構造を決定すること，その際に道路利用者に提供されるサービスの観点から道路の機能が発揮されるよう計画することが示されている．

ただし，計画する道路のサービスの質や水準をどのように考え，どのように計画へ反映するのかといった具体的な記述はされていない．今後の各地方自治体での条例への反映も含めて，その道路に期待される機能に応じたサービスの質と水準の目標設定，およびその水準を確保するための計画設計手法について今後検討を深めていく必要がある．

また，平成16年版では道路の機能と道路の分類において「多機能道路」が示されている．この多機能道路は，自動車及び歩行者等の両者を対象とし，さらには通行・アクセス・滞留のいずれの機能も有する道路とされている．この“多機能性“が実態としては重視する機能を曖昧とし，結果として必要な機能が発揮されない道路構造となっている場合が多い．このため今後は，道路の階層区分と求める機能を明確にした道路計画手法及び求める機能を発揮するための道路構造の設計手法を確立していくことが望まれる．

3. 交通容量とサービス水準に関する研究の変遷

(1) 道路の交通容量

ここでは，これまでの交通容量に関する研究の変遷について，片倉の論説[3]，高速道路総合技術研究所の報告[4]，道路の交通容量[5]，交通容量データブック2006[6]をもとに以下に整理する．

a) 単路部の交通容量

わが国における単路部（主に高速道路，一部に一般道路も含む）の交通容量研究の変遷をまとめて図-1に示す．

1) 高速道路の計画期（1950年～1960年）

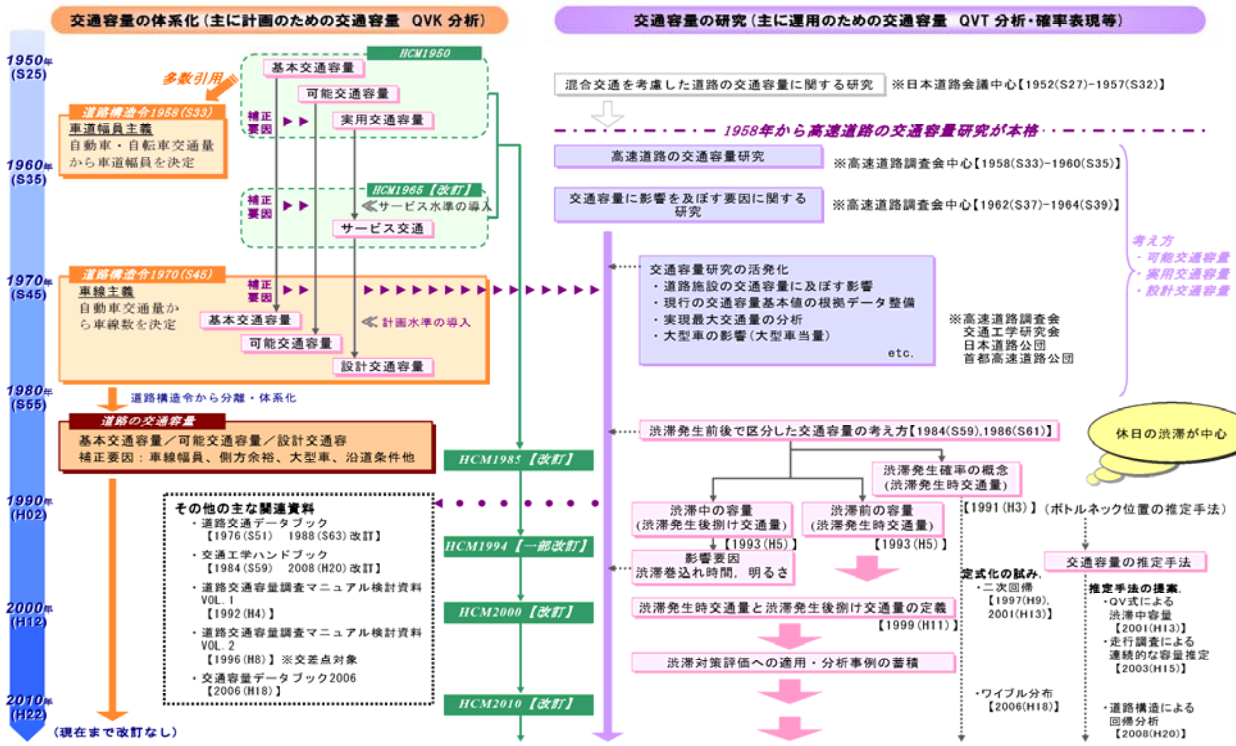

図-1　我が国における交通容量研究の変遷(高速道路単路部ボトルネックの例)

道路の交通容量に関する資料はほとんど存在しなかったため，1958年（S33）制定の道路構造令では，米国のHCM1950が参考とされた．米国のHCM1950は一般的な交通容量の概念を初めて体系化したものであり，交通容量は基本交通容量／可能交通容量／実用交通容量として整理されている．わが国で最初の交通容量に関する研究発表は，1953年（S28）の第2回道路会議：特定課題「混合交通を考慮した道路の交通容量算定について」であり，当時は自動車と自転車の分離構造の概念はなく，自動車と自転車の混合交通を前提とした交通容量が研究されている．交通容量に関する記述は道路構造令（S33）に盛り込まれたが，関連資料がほとんど存在しなかったため，その多くを米国HCM1950から引用した．自動車と自転車の交通量をもって車道幅員を決定する車道幅員主義がとられていた．

2) 高速道路の黎明期（1960年～1970年）

米国のHCM1965（改訂版）にサービス水準の概念が導入された．わが国でも1970年（S45）の道路構造令改訂に伴い，設計交通量と計画水準の概念を導入するとともに，車線主義へと移行した．

米国のHCM1965（改訂版）では，個々の道路形式についての最大交通量を扱った交通容量と，6段階に交通状態を区分し各区分のサービス交通量を定義したサービス水準の概念が導入された．わが国では財団法人高速道路調査会において，1959年から高速道路の交通容量に関する研究が本格的に始動し，1963年（S38）の第7回道路会議：特定課題「道路及び交通条件の自動車走行に及ぼす影響について」において，主として基本的な交通容量値とその考え方がとりまとめられ，2車線道路の基本交通容量が求められた．これはQ-V相関直線の外挿と，速度と車頭間隔との関係から求めたもので，往復2車線で2,500台／時としている．多車線道路については実測データが少なかったため，追従車頭時間が２車線道路と同じとして，基本交通容量を2,500台／時／車線と推定している．

1970年（S45）の道路構造令改訂では，車線数を自動車量から定めるといういわゆる車線主義の導入とともに，この値がわが国の道路交通容量の基本値とされた．また，HCM1965（改訂版）が参照され，交通容量の補正要因など多くの事項が引用された．ただし，サービス水準とサービス交通量の概念は用いられず，独自のサービス指標として設計交通容量を算定するための計画水準の概念が導入され，交通容量は基本交通容量／可能交通容量／設計交通容量として整理された．

3) 高速道路の渋滞発現期（1970年～1990年）

「道路の交通容量」（社団法人日本道路協会；1984）の発行により，わが国の交通容量も一応の体系化をみた．この頃から高速道路の単路部における渋滞が顕在化し始め，高速道路における交通容量の実証研究も盛んになり，渋滞発生前後の交通容量を区分する概念が登場する．

国内における道路交通データ集として，1976年（S51）に「道路交通データブック」（交通工学研究

会）が発行され，交通量に関する基礎的データが整備されている．1982年（S57）の道路構造令改訂にあわせて，1983年（S58）に出版された「道路構造令の解説と運用」から交通容量に関する記述が分離され，1984年（S59）に「道路の交通容量」（社団法人日本道路協会）として体系化された．具体には，昭和45年版では示されていた基本交通容量（台/時）から設計基準交通量（台/日）への導出過程を示した算定根拠が，昭和58年版以降は「道路構造令の解説と運用」から削除され，「道路の交通容量」に記述されることとなった．これは，当時最新の知見から多車線道路の基本交通容量が2,200（台/時/車線）に見直されたが「設計基準交通量」は政令で改正されなかったため，両者の関係が成立しなくなったことによる．このため，実務者が道路設計を行う際に設計基準交通量が概念的に時間交通容量から切り離され，誤って日単位の交通容量として扱われる場面が生じた．

一方，交通容量の研究においては，この頃から高速道路単路部のトンネルやサグにおいて渋滞が顕在化するようになり，そのメカニズム解明に関する研究が盛んになる．また，渋滞前の交通量が可能交通容量よりも小さいこと，一旦渋滞が発生すると，交通量の低下量が著しいことなどの報告がなされ，渋滞発生前後の交通容量を区分する概念が登場する．

4) 高速道路の渋滞隆盛期（1990年～現在）

交通容量の捉え方が緻密化し，渋滞前の容量（渋滞発生時交通量）と渋滞中の容量（渋滞発生後捌け交通量）に区分されるようになる．また，渋滞発生確率や渋滞巻込まれ時間による容量変動に関する研究報告がなされている．

渋滞前の容量（渋滞発生時交通量）については，交通量階層別の出現回数に対する渋滞発生回数を指標化した渋滞発生確率の概念が登場し，これを二次回帰やワイブル分布で定式化する試みがなされている．渋滞中の容量（渋滞発生後捌け交通量）については，渋滞巻込まれ時間が長くなると交通量が低下することや明るさの違いによって交通量が変動するなど，これまでの補正係数になかった影響要因が認められている．また，近年では道路幾何構造や交通特性を説明変数として交通容量を推定する試みがなされている．

b) 平面交差部の交通容量

一般道路の交通容量として最も一般的な交通容量上のボトルネックは平面交差部であり，一般道路の計画・設計においては平面交差部の交通容量がきわめて重要である．このため，これまでも平面交差部の交通容量に関して研究蓄積が行われてきた．

1977年には交通工学研究会の「平面交差点研究委員会」が平面交差点の交通容量に関して種々の研究調査から飽和交通流率の値やその影響要因，容量解析の方法について取りまとめ，「最新　平面交差の計画と設計」が出版され，以降数度にわたって改定されてきている．

(2) サービス水準の研究の変遷

道路のサービス水準としては，評価の対象に応じて評価指標は様々な視点があるが，ここでは道路交通の運用状態をトラフィック機能面から評価・判定する指標に絞って論ずる．

わが国ではこれまで交通容量（あるいは交通容量をベースとした設計基準交通量）が道路の計画設計に用いられ，道路の期待される機能に応じた目標サービスを念頭として交通流の質を評価することは必ずしも考慮されていなかった．しかし，今後の道路の計画・設計においては，期待される機能に応じた道路のサービス目標を念頭に，サービス水準を見据えた計画に基づく道路作りが必要である．この点において，サービス水準の評価方法を確立することが強く望まれる．

ここでは，これまでのサービス水準に関する研究の変遷について，片倉の論説[3]，道路の交通容量[6]，交通容量データブック2006[9]をもとに整理する．

a) 計画段階におけるサービス水準の概念

わが国では，サービス水準の考え方は歴史的には米国HCM1965にならって概念形成されてきた．ただし，計画手法への導入としては独自の方法がとられ，「道路の交通容量」に示されている「計画水準」という形で導入された．これは，幹線道路の単路部を意識したもので，道路の計画段階においてその道路が提供すべきサービス（トラフィック機能の質）を確保するために，質の程度として３つのランクに分けて設定されているものである，具体には，計画水準は交通需要である30番目時間交通量と可能交通容量の比を低減率（Qn／C，交通量・交通容量比）として，地方部道路と都市部道路の別にそれぞれ３ランクの水準に応じた値が定められている．しかし，この計画水準は，設計に用いる「設計交通容量」を「可能交通容量から低減させる値」であり，設計時間交通量における交通状態を交通容量限界ギリギリではなく安全率を持たせて計画する概念であるともいえ，本来のサービス水準として交通運用状態を表現するものではない．

本来の交通の質を評価し計画するためのサービス水準とは，計画設計された道路条件において実現される交通流現象の実態を交通の質として評価すべきものである．

また，「道路の交通容量」では単路部のサービス水準について，設計速度（Vd）に対する旅行速度（Vs）の比（Vs／Vd）をもって表現する方法が一つの考え方として紹介されている．これについてはあくまでも当時の研究過程において検討されてきたものを今後の研究の足がかりとして紹介しているものであり，本来の道路利用

者が受け取るサービスの質については，道路階層別に期待される能力によって異なることから，この考え方の是非も含めて検討が望まれる事項である．

b) 運用段階におけるサービス水準評価

一方で，運用段階での交通の実態を評価する指標として，一般によく用いられてきた「混雑度」がある．この「混雑度」は“12時間交通量”と“評価基準とする12時間交通量”を用いて1日（昼間12時間）の交通状況を評価している指標である．したがって，利用者が遭遇する個々の時間帯の評価ではないため，道路利用者の視点で交通状況の水準を表現しているものではない．

わが国では，道路の交通運用状態として，利用者にどのような交通サービスの質が提供されているかを図る指標およびそれを評価する方法については，各所で研究が行われているが，まだ十分な体系化がなされていないのが現状である．特に一般道路においては，区間の交通状態と交通量及び様々な影響要因との関係が明確になっておらず，区間としてのサービスを計画し運用評価する手法の確立が望まれる．

4. 交通容量・サービスの質に関する研究動向と今後の研究の方向性

わが国における交通容量・サービスの質に関する研究動向と今後の研究の方向性に関しては，大口らによる「日本における交通容量・サービスの質に関する研究の概観と展望」[7]に詳しい．ここでは大口らのレビューに最近のボトルネック対策の現状を鑑み，交通容量とサービスの質に関する今後の研究の方向性を議論する．

大口らは，日本における交通容量とサービスの質に関する研究に関して，1)道路区間別の交通容量と渋滞の実態，2)都市間高速道路に顕著に見られる単路部ボトルネックの交通現象に関する知見，3)単路部ボトルネックに関する実証研究，4)合流部などその他のボトルネック区間も含めた高速道路における交通容量と容量改善策に関する研究成果，5)信号交差点と無信号交差点に関する交通容量研究の知見，6)日本におけるサービスの質やサービス水準に関する取組み研究などの観点から概観し，全体を総括して今後への展望を指摘している．

(1) 交通容量に関する研究動向

高速道路は，一般道路と比べて車両感知器データやパトロールなどにより交通状況をかなり正確に把握できることから，ボトルネック現象や交通容量に関する実証研究に精力的であり，膨大な研究成果を蓄積してきている．しかし，それらの研究成果から計画・設計段階で単路部ボトルネックを特定し，その交通容量を予測する技術の開発には至っていない．また，最近では高速道路単路部ボトルネックにおいて内側車線への車線利用率の偏りを是正する対策や，渋滞発生後発進交通流率の増大対策の試みもなされてきているが，渋滞状況を大幅に改善するまでには至っていない．さらに，路肩を活用した暫定的な車線増運用によるボトルネック対策も中部地域を皮切りに導入されつつあるが，欧州にみられる動的運用としての実現には道半ばである．今後は，単路部ボトルネックなどその交通容量を予測できるような根本的メカニズム解明に資する研究開発や，渋滞軽減や解消に大きな効果を発揮する施策に関して，研究・実務両面から戦略的に研究・開発に取り組むことが必要であると考える．

一方，一般道路における最も一般的な交通容量上のボトルネックは平面交差部であり，交差部の立体・平面形式の採用計画，採用された形式における構造設計，および交通運用や交通制御の企画において，安全性の評価と併せて適切に交通容量を評価することが極めて重要とされる．こうした観点から，交差部，とくに平面交差部の交通容量に関して，これまでにも一定の研究成果が蓄積されきた．またラウンドアバウトや信号制御設計との組合せなど，最近ますます研究が活発となっていることは心強い．こうした活動をさらに活性化させ，実務で活用されるような体系化や実検証を徹底し，今後，実務マニュアルなどに反映させていくことが必要であると考えられる．

(2) サービスの質と水準に関する研究動向

通行性能に特化した高速道路や高規格幹線道路などでは，サービスの質や水準を旅行時間などで比較的単純に評価可能であり，こうした観点からの研究は既に一定の成果を得ている．しかし都市内の街路におけるアクセス機能の評価や，多機能な街路におけるサービスの質の評価手法は未だ開発されておらず，自動車以外の交通主体に対するサービスの質などに関しては，自転車，歩行者ともにまだ極めて限定的な研究例しかない．今後，各交通主体に対して道路が提供すべきサービスの質やその水準に関して，実際の道路計画や設計，交通運用状態の評価と改良企画などで検討できるよう，多角的な取組みを精力的に推進すべきである．

(3) 今後の研究の方向性

大口らによれば，今後の研究・整備が必要であるものとして以下の指摘がなされている．

- 日本の道路の大部分を占める一般の往復2車線道路の交通容量やサービスの質に関しての知見は未だ十分とは言い難い．日本特有の長い追越規制区間の存在，密な沿道立地と多数の信号交差点といった条件に対応した交通容量とサービスの質に関わる研究が必要である．

特に都市内街路の信号交差点では，制御の高度化のために必要な基礎的研究や，利用者のサービス質評価指標として重要な遅れに関する知見を蓄積することが必要である．

・交通運用段階における渋滞長や旅行時間は，利用者への情報提供における道路の交通混雑状況の評価指標として既に定着している．旅行時間やその信頼性は一つの重要なサービス水準指標であり，その予測手法や信頼性評価手法の確立は重要な研究課題である．

・ボトルネック交通容量を超過した交通需要により交通渋滞が発生することは，そもそも本来の道路が提供すべき通行の性能が実現されていない．道路ネットワークの拡充が進んできた今こそ，本来の道路が提供すべき交通サービスを適切に考慮した性能照査型の計画・設計法の確立が必要である．

5. まとめ

以上のように，2. でわが国における道路計画設計の考え方の変遷と現状における課題を整理した．3. では，交通容量とサービス水準に関する研究の変遷を，4. ではその研究動向と今後の研究の方向性を整理してきた．これより，現在わが国の道路計画設計手法が抱える課題や今後の方向性に対する大きな示唆を得たものと考える．

今後は，上記までの指摘事項を踏まえ，交通容量・サービスの質に関するこれまでの研究成果について体系的に整理することが重要となる．これに加えて，新たな局面を迎えた道路計画設計，すなわち性能照査型の計画設計手法の導入を念頭に置き，研究成果の取りまとめにあたっては，これを見据えた技術指針の整備が必要であると考える．具体には，性能評価可能な道路パフォーマンス指標の整備と道路の交通性能指標と照査方法の検討が求められることになるであろう．

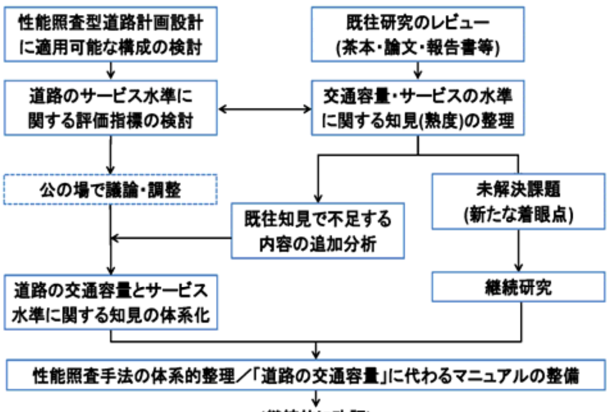

図-2 今後の研究手順（イメージ）

性能評価可能な道路パフォーマンス指標の整備にあたっては，性能照査型道路計画設計に適用可能な構成を見据え，道路の交通性能指標と照査方法の対応関係に配慮した構成を検討したうえで，『道路の交通容量』に代わる交通容量とサービス水準に関する最新の考え方と知見を提示することが必要であり，交通容量・サービス水準に関する膨大な知見を体系的に整理するとともに，研究成果の熟度に応じて適宜追加分析を実施することが求められる．

そして，道路の交通性能指と照査方法の検討として，走行性能の評価方法（モデル化），性能目標達成に向けた交通運用方法を検討することが必要であると考える．

以上をまとめて，今後の研究の方向性と進め方に関する一例を図-2に提案して結びとする．

参考文献

1) 中村英樹・大口敬：Editorial - 性能照査型道路計画設計の導入に向けて，土木学会論文集D3, Vol.67, No.3, pp.195-202, 2011.7.

2) 森田綽之：『道路構造令の解説と運用』にみる日本の道路計画・設計思想の変遷，土木学会論文集D3，Vol.67，No.3，pp.203-216，2011.7.

3)片倉正彦：日本の道路交通容量マニュアル，交通工学Vol.27，No.2，1992.

4) 株式会社高速道路総合技術研究所：平成21年度交通ボトルネック対策手法の検討報告書，2011.5.

5) 社団法人日本道路協会：道路の交通容量，昭和59年9月

6) 社団法人交通工学研究会：交通容量データブック2006，2006.2.

7) 大口敬・中村英樹：日本における交通容量・サービスの質に関する研究の概観と展望，土木学会論文集D3，Vol.67，No.3，pp.217-229，2011.7.