

階層型道路ネットワークの わが国への適用に向けた研究

日本大学理工学部交通システム工学科 教授 下川澄雄

秋田大学大学院工学資源学研究科土木環境工学専攻 教授 浜岡秀勝

概要：

本研究では、わが国の道路ネットワークにおける速度サービスの実態について分析を行い、わが国の道路は、主として高速道路と比較的低速の一般道路の2階層で構成されており、その中間的な速度サービスを担う 50km/h 以上の旅行速度を有する中間速度層が希薄であることを示した。そのうえで、簡易なシミュレーションを通じて、日常の生活圏の形成を図るうえで、また大小の都市間が連なる広域ネットワークの円滑で効率的な移動において中間速度を有する道路は非常に重要な役割を担うことが期待されるなど、道路階層全体の中での中間速度層の意義と役割について明らかにした。

キーワード: 道路ネットワーク, 機能分類, 道路階層, 中間速度層, サービス水準

1. はじめに

これまでのわが国の道路の計画・設計は、交通容量の増大といった“量の確保”が優先され、どのような都市・拠点間をどの程度の速度サービスで連絡すべきかといった“質の確保”に対する議論が十分なされてこなかった。このことが、バイパスや環状道路などが本来有すべきトラフィック機能を曖昧にし、その結果、速度サービスを低下させ、今日のような状況をつくりあげてしまったものと推察される。特に、地方部においては、人口が減少し、財政状況が厳しい中、周辺都市が相互に連携し限りある資源を共有した生活圏の形成が不可欠である。

そのためには、もう一度、道路の機能分類という考え方に立ち返り、個々の道路についてそれらが担うべき機能を明確にしたうえで、階層性を有する道路ネットワークに再編していく必要がある^{1), 2)}など。その際、道路階層化にあたっては、高速道路と一般道路の間の旅行速度域をカバーする道路階層(以降、「中間速度層」という)の存在が重要であると指摘されている^{3)~5)}など。しかし、それらがどのような役割を担うことになるのか明確ではない。

そこで、本研究では、わが国の速度サービスにみる道路階層の実態を踏まえたうえで、中間速度層の意義と具備すべき構造要件等を明らかにすることを目的とする。

なお、本研究は、2箇年にわたる研究を想定しており、本年度はわが国の速度サービスの実態を踏まえ、道路階層性、とりわけ中間速度層の意義について明らかにする。

2. わが国の速度サービスにみる道路階層の実態

わが国では、道路法でいう道路の指定・認定要件などを踏まえつつ、図-1に示すようなピラミッド型に図化された道路種類別延長図⁶⁾を用いて道路ネットワークの階層性について説明している場合が多々みられる。しかし、これは、道路の種類という構成要素を説明しているにすぎず、実現している道路の交通状態を踏まえた、道路の階層性の実態を正しく表現したものではない。

これに対し、図-2は、道路交通センサス⁷⁾(以降、「センサス」という)による混雑時平均旅行速度の推移をについて示している。これによれば、高速自動車国道の平均旅行速度は80km/h程度であるものの、一般道路の旅行速度はどの種類の道路も概ね30~40km/hで推移している。特に、この中では、一般道路の中で最上位の階層となる一般国道指定区間(以降、「直轄国道」という)であっても、他の種類の道路と比べて旅行速度が高いわけではない。ということである。

そこで、直轄国道に着目して、旅行速度別の道路延長

割合を確認した。図-3は、H22センサスの非混雑時の旅行速度別延長割合を示している。直轄国道においても高速道路と一般道路(40km/h程度)との間を埋めるような50km/h以上で走行できる区間は全体の4割程度にすぎず、3割を超える区間では旅行速度が40km/hを下回っていることがわかる。

さらに、図-4は、都道府県道以上の一般道路を対象として、非混雑時の旅行速度別にみる道路種別延長割合を示している。この中の直轄国道に着目すると、40km/hを下回るような旅行速度が低い区間(145千km)の中に直轄国道が1割程度含まれていることに加えて、50~60km/hの区間は2割程度、60km/hを超える区間にあっても4割程度しか担っていない。このように、道路構造令の解説と運用⁹⁾で示される道路の機能分類の理念が実態として実現できていない状況にある。

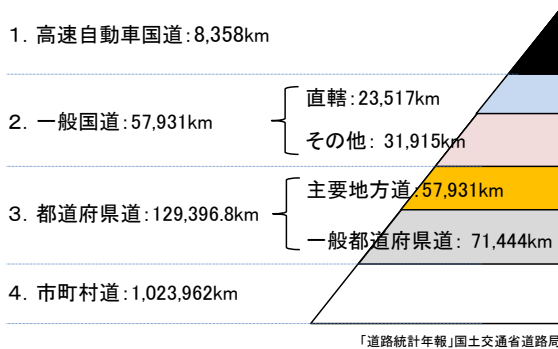


図-1 道路種別別道路延長(平成25年4月1日現在)

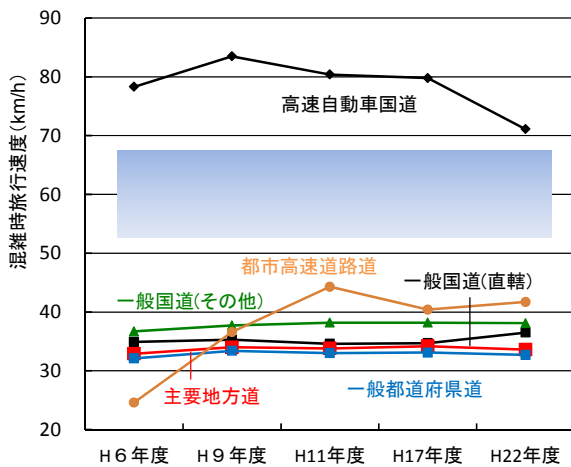


図-2 道路種別別混雑時旅行速度の推移

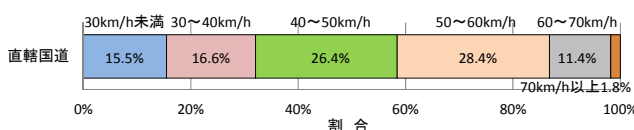


図-3 直轄国道の非混雑時旅行速度別延長割合

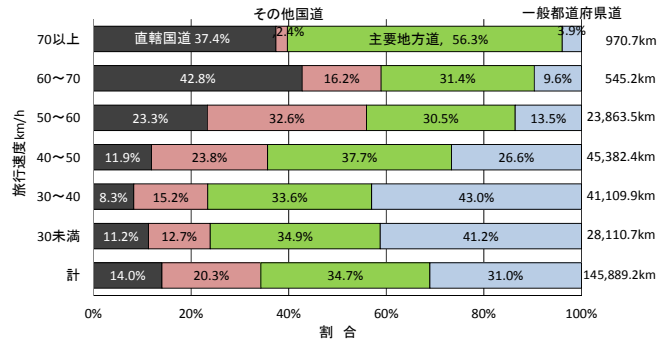


図-4 非混雑時旅行速度帯における道路種別延長割合

3. 都市間連絡道路にみる道路のサービス状況

(1) 分析対象都市と速度サービスの算出方法

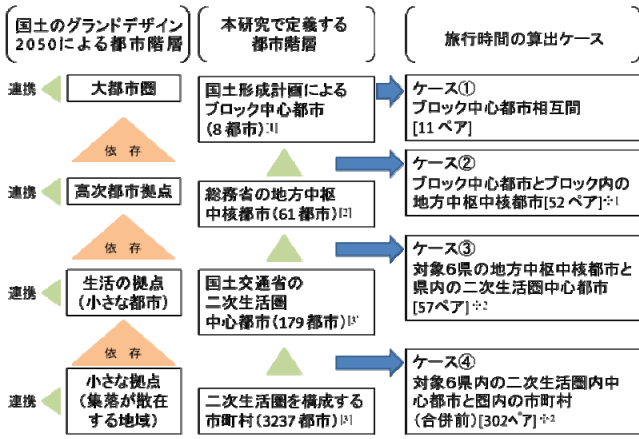
幹線道路は、道路法の指定・認定要件などで示されるように、都市・拠点間の有機的な連絡に資するものである。この中で、中間速度を有する道路は、高速道路を代替し、都市・拠点間の主要な動線(ラインホール)となる他、高速道路のアクセス・イグレス(以降、単に「アクセス」という)の一部を担うものと期待される。そこで、本研究では、都市規模の異なる都市間連絡において、ラインホールとそのサービスの実態について分析を行った。具体的に、本研究では、「国土のグランドデザイン2050」⁹⁾(以降、「グランドデザイン」という)で示される将来の都市構造を念頭に、図-5に示す都市階層を設定し、4種類の都市間ペア(4つのケース)について、以下の要領で速度サービスの状況を明らかにした。なお、日常の生活圏を形成するようなケース③、④については、本研究の趣旨から、高規格幹線道路が整備されている6県(栃木県、群馬県、富山県、岡山県、広島県、香川県)を対象とした。

- ①既存のGoogle Mapを用い、県庁または市町村役場位置を都市間の起終点とし、対象都市間の渋滞を含まない最短旅行時間と道路距離を算出する。その際、1つの二次生活圏内に、中心都市が2つ以上存在する場合は、人口が最も多い都市を対象とした。
- ②また、旅行時間と道路距離は、ラインホールとアクセスに分けて計上する。その際、高速道路が利用されない場合は、最上位の道路の種類をラインホールとし、都市高速道路はアクセスに含めた。

(2) 都市間を連絡する速度サービスの状況

a) 都市間連絡距離とラインホールのカバー状況

図-6は、4つのケースの都市間距離を示している。都市配置の状況からすれば、都市間距離は、都市(都市圏)規模が大きいかほど長く、小さいほど短い。この図から、ブロック中心都市相互間(ケース①)の平均距離は320kmであり、日常の生活圏を構成する都市間(ケース④)の平均距離は20km程度である。



※ 本研究で扱う都市階層の都市は、上位都市との重複を含んでいる。
 また、ブロック中心都市は北海道、沖縄を含まない。
 [1] 第15回高速道路のあり方検討有識者委員会配布資料2011/12/09より
 [2] 総務省「新たな広域連携」について2014/10より
 [3] 旧建設省が平成5年に定めた地方生活圏要覧より
 ※1 総務省の地方中核都市(61都市)から、北海道と沖縄に含まれる4都市とブロック中心都市と重複する5都市を除いた
 ※2 1つの二次生活圏内に、中心都市が2つ以上ある場合、人口が最も多い都市を中心都市として設定

図-5 本研究で対象とする都市間ペア

この図では、アクセス距離についても示している。アクセス距離は、都市規模が小さいほど短くなる。これは、高速道路ICが既成市街地内に設置されることは事実上困難であり、都市規模の大きさによって市街地の広がりや違いがみられるためと考えられる。しかし、この値は都市間距離全体に比べて短くならないので、都市間距離に占めるアクセス距離の割合は大きくなり、ケース④では約4割を占めている。一方で、ケース①では、1割にも満たないが、アクセス距離は30km弱であり、40km/hの旅行速度で走行したとしてもICに到達するまで45分程度の時間を有することとなる。つまり、そのレベルに関わらず都市間連絡においてアクセス性の改善は極めて重要なポイントとなる。

もう一つ着目したいのは、ラインホールが担う道路である。表-1は、ラインホールの高速道路カバー率を示している。このなかで、ケース③、ケース④は、高速道路の整備がなされている6県を対象としているが、そのカバー率はそれぞれ79%、24%である。ちなみに、ケース④では、20%の都市間が一般国道でもカバーされていない。

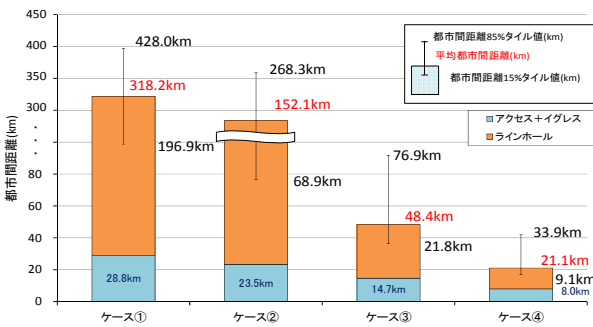


図-6 都市間を連絡する道路距離

表-2 高速道路のカバー状況

| | 対象ペア数 (都市間数) | 高速道路 カバー都市間数 | 高速道路 カバー率 |
|------|-----------------|-----------------|--------------|
| ケース① | 11 | 11 | 100% |
| ケース② | 52 | 52 | 100% |
| ケース③ | 57 | 45 | 79%(98%) |
| ケース④ | 302 | 72 | 24%(81%) |

()は高速道路+国道のカバー率

b) 都市間を連絡する旅行速度

図-7は、4つのケースの旅行速度を示している。ケース①は、都市間距離のうちラインホールが占める割合が91%と高く、しかも高速道路でカバーされていることから、都市間を連絡する平均旅行速度は80km/hを超えている。また、ケース②も都市間距離に占めるラインホールの割合が85%であるが、高速道路でカバーされているため、平均旅行速度は80km/hに近い値となっている。一方で、ケース③、ケース④は、都市間距離に占めるアクセスの割合が高くなるのと同時に、一般道路をラインホールとする都市間も存在するため、旅行速度は全体的に低く、特にケース④では平均で40km/h程度である。

そのため、ケース④に着目しラインホールの旅行速度別都市間数を図-8に示した。高速道路でカバーされない都市間数は表-1のとおり230存在するが、そのうちの1/3以上の81都市間が40km/hを、半数以上の128都市間が50km/hを下回っており、速度サービスに対する都市間の格差が懸念される。

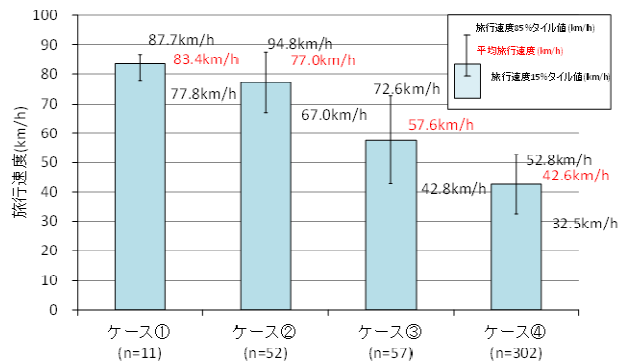


図-7 都市間を連絡する旅行速度(全体)

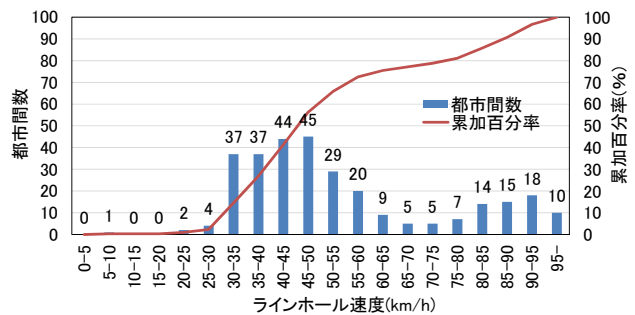


図-8 ラインホールの旅行速度別都市間数(ケース④)

4. 道路階層化における中間速度層の意義と役割

(1) 日常生活圏を形成する中間速度層の役割

都市間を連絡する道路のサービス状況を踏まえると、日常生活圏を構成する多くの都市間では、中間速度層が重要な役割を担うことが期待される。そこで、一般道路と高速道路に中間速度層を加えた3つの階層において、中間速度層が求められる合理的な旅行速度、並びに有効な都市間距離を明らかにすることを通じて、中間速度層の意義と役割を整理する。

本研究では、問題を単純化するため、図-9に示す一般道路と高速道路による2階層のネットワークに、中間速度層を加えた3階層のネットワークを想定する。

このとき、高速道路の利用は、中間速度層が加わり3階層となることで旅行時間が T' 減少する。また、距離 X_1 を超えると一般道路による移動よりも中間速度層を利用した方が旅行時間は短くなる。一方、高速道路を利用する場合よりも中間速度層を利用した方が旅行時間が短くなるのは距離 X_3 を下回る場合である。このことから、 X_1 および X_3 は、それぞれ以下の式で表すことができる。

$$X_1 = (2 Y_m / V_0) / (1/V_0 - 1/V_m) \quad (1)$$

$$X_3 = (2 (Y_1 - Y_m) / V_m) / (1/V_m - 1/V_1) \quad (2)$$

ここで、 $V_0=35\text{km/h}$ とすれば、(1)式から中間速度層 V_m と X_1 の関係は図-10のように示される。なお、ここでは、旅行速度が 65km/h のときの距離を1として表現している。この図から、旅行速度が $50\sim 55\text{km/h}$ を超えると距離はさほど短くはならず、中間速度層の有効な範囲(下限値)は広がらない。同様に、 $V_1=95\text{km/h}$ として V_m と X_3 の関係を確認すると $60\sim 65\text{km/h}$ が閾値(上限値)となる。このことから、中間速度層の合理的な旅行速度は、 $50\sim 65\text{km/h}$ 程度であると考えられる。

次に、図-9中段に示す一般道路、中間速度層、高速道路をそれぞれ利用した場合の旅行時間を距離帯別に算出する。そのうえで、中間速度層の利用が有効な距離帯 ($X_1\sim X_3$) とそれによる時間短縮効果を明らかにする。なお、本研究では、高速道路のIC間隔を実態から 10km とし、高速道路までの距離 Y_1 も 10km と仮定した。中間速度層までの距離 Y_m は 2km , 3km , 4km の3ケースとした。

図-11は、ケース1 ($Y_m=2\text{km}$) におけるそれぞれの旅行速度を表している。このケースで中間速度層の利用が有効な距離帯は $10\sim 50\text{km}$ 程度である。同様に算出した他のケースの値を含めて表-3に示す。全体としてみれば、最小で $10\sim 20\text{km}$ 、最大で $40\sim 50\text{km}$ がその範囲である。3. (2) で示した日常生活圏を構成する都市間連絡においては、高速道路よりもむしろ中間速度を有する道路が重要な位置を占めることとなる。

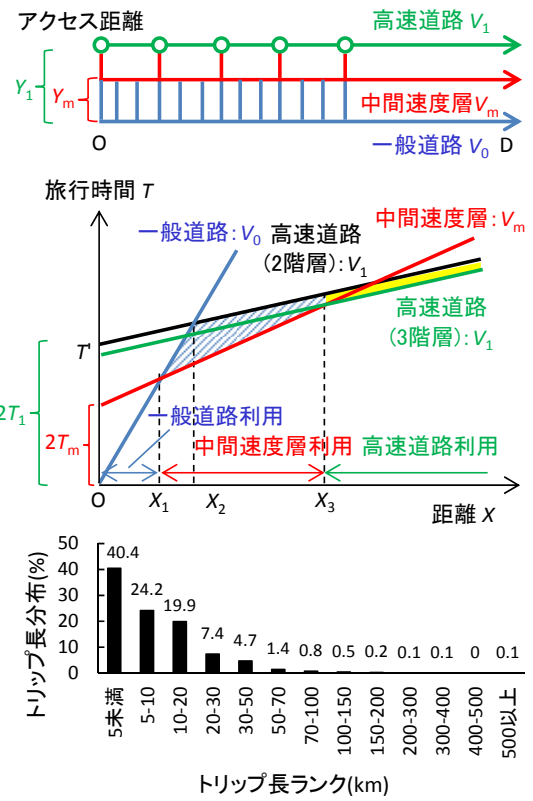


図-9 ネットワークモデル

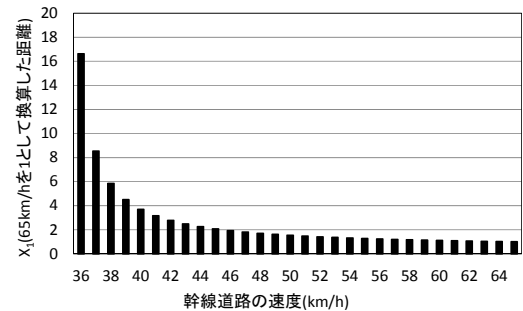


図-10 中間速度層の旅行速度と中間速度層が有利となる距離との関係(下限値)

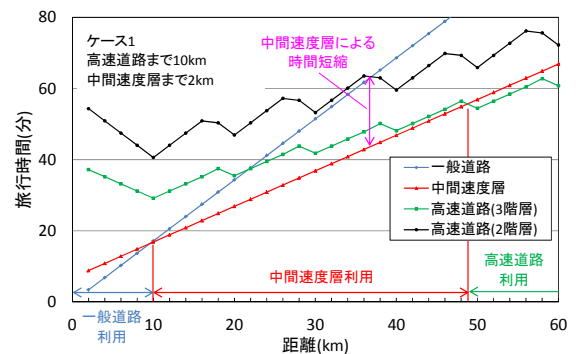


図-11 道路の種類別旅行時間(ケース1)

表-3 中間速度層の利用が有効な範囲

| 中間速度層までの距離 | 一般道路と中間速度層の交点 | 中間速度層と高速道路の交点 |
|------------|---------------|---------------|
| ケース1: 2km | 10km | 49 km |
| ケース2: 3km | 14 km | 40 km |
| ケース3: 4km | 19 km | 38 km |

さらに、図-11 から中間速度層利用による時間短縮効果を算出することができる。表-4 は、その結果を示したものであり、ケース 1 では 19 分、ケース 3 では 12 分の時間短縮が期待される。一方、中間速度層は、高速道路に連絡するまでの旅行時間を短縮させることとなり、高速道路利用者に対してもメリットが高い。本研究では、中間速度層から高速道路までの区間について、中間速度層によって連絡することを想定しているため、中間速度層から高速道路 IC までの距離($J_1 - J_0$)が長いケース 1 において最も旅行時間の短縮が図られることとなる。表-4 では、各ケースの最大・最小の値を示しているが、最大で 13~16 分の旅行時間の短縮効果が得られる。

表-4 中間速度層による旅行時間の短縮時間

| | 最大短縮時間 | 高速道路利用の短縮時間 | |
|-------------|--------|-------------|------|
| | | 最小 | 最大 |
| ケース 1 : 2km | 19 分 | 11 分 | 16 分 |
| ケース 2 : 3km | 15 分 | 10 分 | 14 分 |
| ケース 3 : 4km | 12 分 | 9 分 | 13 分 |

(2) 広域ネットワークにおける中間速度層の役割

(2) では、日常生活圏を形成するような 2 都市間に着目し、中間速度層の意義と役割について考察を行った。しかし、実際には、大小の複数の都市が連続して広域的なネットワークが形成されている。そこで、一般道路と高速道路の 2 階層で形成される広域ネットワークにおいて、中間速度層を加えることの意義と役割について簡易なシミュレーションにより考察を行う。

本研究では、基本ケースとして、図-12 に示す仮想ネットワークを考えた。具体的に、ネットワーク内に都市規模の異なる市町村が存在し、市が 5、町が 8、村が 12 という 3 種類合計 25 個の都市が存在する。

各市町村の間の距離は全て 20km に統一している。また、これらの都市と連絡する道路は 3 種類存在し、一

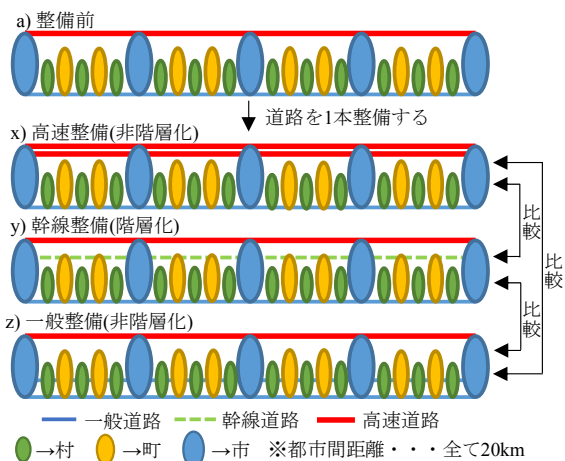


図-12 本研究で用いるネットワークと比較対象

般道路は全都市、中間速度を有する幹線道路は町と町間および市と町間、高速道路は市と市間のみを結んでいる。これに対して、本研究では、一般道路、幹線道路、高速道路をそれぞれ新たに 1 路線整備するシナリオを考えた。

一方で、このような仮想道路ネットワーク上では、現実の道路状況を想定した条件では評価できず、時間と交通量でしか評価できない。そのため、本研究では、表-5 に示す OD 表、並びに初期速度を一般道路 40km/h、幹線道路 60km/h、高速道路 80km/h とする表-6 に示す Q-V 図を設定し、分割 5 分 (5 分割) を行い移動時間の評価を行った。なお、本研究では、渋滞が発生しない状況を想定しており、初期速度に対して 20km/h 以下に低下した場合は渋滞として評価しないものとした。

表-5 OD 交通量と交通量の変化条件(基本ケース)

| OD | 交通量[台] | OD 距離に応じた交通量変化条件 |
|-----|--------|-------------------|
| 市と市 | 90 | 120km ごとに 18 台減 |
| 市と町 | 60 | 40km ごとに 3 台減 |
| 市と村 | 42 | 20km ごとに 1.2 台減 |
| 町と町 | 48 | 40km ごとに 3 台減 |
| 町と村 | 30 | 20km ごとに 2 台減 |
| 村と村 | 6 | 240km 以上の交通量は 3 台 |

表-6 各道路階層の QV 式と渋滞の条件(基本ケース)

| | Q-V 式 | 渋滞の条件 |
|------|--|---------------|
| 一般道路 | $V=40[\text{km/h}]-0.012 \times Q[\text{台}]$ | 速度が 20km/h 以下 |
| 幹線道路 | $V=60[\text{km/h}]-0.011 \times Q[\text{台}]$ | 速度が 40km/h 以下 |
| 高速道路 | $V=80[\text{km/h}]-0.008 \times Q[\text{台}]$ | 速度が 60km/h 以下 |

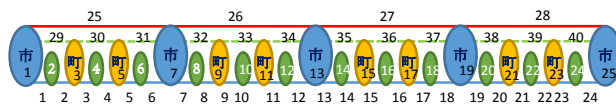


図-14 都市間のリンク番号

図-13 は、上記基本ケースにおいて、整備前の 2 階層に対して一般道路、幹線道路、高速道路のいずれかを新たに整備した場合のリンク間速度を示している。各リンクの番号は図-14 に示すとおりである。図中の幹線道路は、図-12. y) の状況であり、新たに整備される道路は幹線道路のみである。この中で、一般道路区間に注目すれば、全てのリンクにおいて幹線道が整備された場合の速度が最も高い。また、図-15 は、これを 10D あたりの移動時間(全 OD の総移動時間を OD 数で除した値)、1 トリップあたりの移動時間(全トリップの総移動時間を交通量で除した値)でみたものである。これをもても、幹線道路の移動時間が最も短く、幹線道路の整備がより効率的であることがわかる。

この結果に対し、上記の算出条件に対して、どのような条件を課せば優位性が逆転するのを確認するため、一般道路と高速道路の初期速度を向上させた 7 種

類の条件, 市町村間の距離を変更した 4 種類の条件, OD 交通量を負荷した 4 種類の条件において移動時間を算出した。また, 図-16 に示す 2 つの都市配置パターンに変えて移動時間を算出した。しかし, いずれの場合も幹線道路が優位であることに変わりはない。この原因は, 一般道路と高速道路の間に位置する機能として幹線道路が都市間の「わたり線」としての機能が発揮されるためであると考えられる。

図-17 は, 先の基本パターンと, 図-16 に示す 2 つ都市配置パターンとした場合の OD 内訳である。都市の配置を変更したネットワーク A, B の一般道路の利用率が高くなるのは自明であるが, いずれも一般道路と幹線

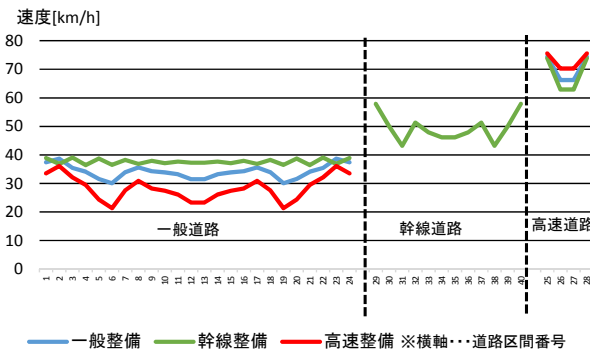


図-13 整備シナリオ別区間速度

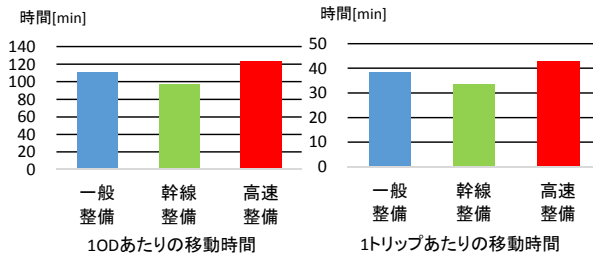


図-15 整備シナリオ別移動時間

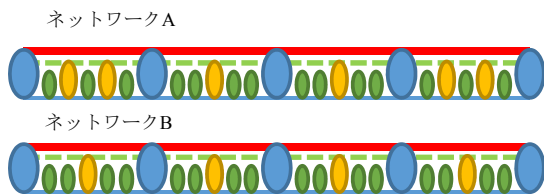


図-16 都市配置パターンの変更

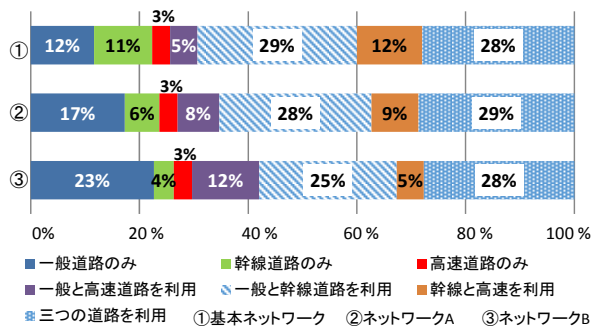


図-17 各ネットワークでの OD 内訳

道路, 3 つの道路を利用した OD が半数以上を占めており, 幹線道路のみの利用を大きく上回っている。

5. おわりに

本研究によって, 新たに以下に示す知見を得ることができた。

- ①わが国の道路の速度サービスは, 高速道路と 30~40km/h 程度の一般道路に 2 極化されており, この間を埋める中間速度階層が希薄である。
 - ②また, 市町村道から直轄国道に至る道路の機能分類(道路階層)という理念が実現できていない。
 - ③生活圏を形成する都市間では, 動線となる幹線道路の速度差に大きな開きがあり, 地域の持続ある発展を促すうえで支障をもたらすことが危惧される。
 - ④これに対して, 生活圏を形成する都市間(10~50km 程度)において, 中間速度を有する道路は高速道路と比べても有効であり, 高速道路のアクセスにも一定の効果が期待される。
 - ⑤さらに, 大小の都市が連なる広域的なネットワークにおいても, 中間速度層は「わたり線」の機能を果たし, 円滑な都市間移動に寄与する。
- これらを踏まえ, 今後は①実ネットワークにおける道路階層化とサービスの実態, ②中間速度層を実現する道路構造条件を明らかにし, 道路の技術基準に付加すべき内容等について提案していきたい。

参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬, 森田純久, 桑原雅夫, 尾崎晴男: 機能に対応した道路幾何構造設計のための道路階層区分の試案, 土木計画学研究・論文集, Vol. 31, CD-ROM, 2005. 6
- 2) 中村英樹, 大口敬: 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 (土木計画学), Vol. 67, No. 3, pp195-202, 2011.
- 3) 下川澄雄, 内海泰輔, 中村英樹, 大口敬: 階層型道路ネットワークへの再編に向けて, 土木計画学研究・論文集, Vol. 39, CD-ROM, 2009. 6
- 4) 下川澄雄, 内海泰輔, 野中康弘, 中村英樹, 大口敬: 道路の階層区分を考慮した性能照査手法の意義と課題, 土木計画学研究・論文集, Vol. 45, CD-ROM, 2012. 6
- 5) 後藤梓, 中村英樹, 下川澄雄, 喜多秀行, 内海泰輔: 日本における拠点設定と効率的な拠点間連絡を実現する階層型道路計画の枠組み, 土木計画学研究・論文集, Vol. 50, CD-ROM, 2014. 11
- 6) 国土交通省道路局, 道路統計年報 2013
- 7) (一社)交通工学研究会, 平成 22 年度道路交通センサス一般交通量調査, DVD-ROM など
- 8) (一社)日本道路協会, 道路構造令の解説と運用, 2017. 6
- 9) 国土交通省: 国土のグランドデザイン 2050, 2014. 7