

交差形式に応じた階層型道路ネットワーク性能 に関するケーススタディ

浅野 美帆¹・後藤 梓²・内海 泰輔³・中村 英樹⁴・水野 裕彰⁵

¹正会員 名古屋大学大学院助教 工学研究科社会基盤工学専攻
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2(651))
E-mail: asano@genv.nagoya-u.ac.jp

²学生会員 名古屋大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻 博士後期課程 (同上)
E-mail: azusa@genv.nagoya-u.ac.jp

³正会員 株式会社 長大 社会事業本部 社会システム部
(〒550-0013 大阪府大阪市西区新町2-20-6)
E-mail: utsumi-t@chodai.co.jp

⁴正会員 名古屋大学大学院教授 工学研究科社会基盤工学専攻
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2(651))
E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

⁵非会員 国土交通省中部地方整備局 中部技術事務所
(〒461-0047 名古屋市東区大幸南1-1-15)
E-mail: mizuno-h85ab@cbr.mlit.go.jp

道路の機能に応じたサービスを提供する階層型ネットワークの概念は、国内外を問わずその重要性が認識されてきた。特にわが国では、幹線道路の混雑や生活道路における通過交通といった課題解消のため、実用展開に向けた議論が行われている。しかし、階層間の交差形式や階層ごとの自由走行速度といった階層ネットワークの構成要素の設定が、個別の道路やネットワーク全体の性能に及ぼす影響については、計画段階においては定量的に検証されてこなかった。本論文では、利用者均衡配分に交差点遅れを組み込むことでこれを明示的に評価可能な手法を構築し、名古屋都市圏周辺を模擬した格子状の仮想ネットワークを用いて検証を行った。その結果、適度なアクセス制限や立体交差が機能的階層化の実現に有効に機能することが示された。

Key Words : *functionally hierarchical road network, junction types, network performance*

1. はじめに

階層型道路ネットワークとは、各階層に区分された道路に、道路ネットワークの担うべき機能を分担させることで、合理的かつ効率的な交通運用を実現するネットワークである。

道路の通行に必要な機能は、周辺施設からの出入庫や駐車のためのアクセス・滞留機能（以降、アクセス機能）と、長距離移動を円滑に行うためのトラフィック機能の2つに大別される。一般的に両機能はトレードオフの関係にあるとされ、ひとつの道路に全ての機能を詰め込むことは困難である。道路利用者はトリップの起点から終点に至るまでに、アクセス/イグレス、集散、通過交通と各段階で異なる機能を必要としており、道路ネットワークもこれらに応じた階層化が必要となる。

道路ネットワークの機能的階層化の必要性は国内外で認識されており、日本でも道路構造令の解説と運用¹⁾に明記されている。しかし実際には、①トラフィック機能を重視すべき上位道路であっても、多くの信号交差点設置や、不十分な沿道アクセス制限のために多くの停止や長い遅れを被る、②幹線街路から生活道路、生活道路から幹線街路のように、相反する機能の道路への相互アクセスが容易、など、機能と実現されるサービスの不一致が生じている。

このような課題を解消するために、道路計画・設計段階において、機能を明確にした道路区分と、サービスレベルに基づいたネットワーク性能評価の導入が必要とされている²⁾。しかし、道路ネットワークの機能的階層化の際に検討されるそれぞれのネットワークの構成要素が、ネットワーク性能にもたらす効果の定量的評価は行われ

ていないのが現状である。

そこで、本研究ではケーススタディとして名古屋都市圏のネットワークを対象に、階層型道路ネットワークを構成するための要素とネットワークのサービスレベルとの関連性を比較評価することを目的とする。

2. 階層型道路ネットワークの構成要素

道路ネットワークの機能的階層化検討に必要なネットワーク構成要素は、以下の通り整理される³⁾。

(1) 階層ごとの道路配置

a) 階層区分数

全く階層性を持たないネットワークにおいては、全ての道路が同じ自由走行速度で走行することとなる。このとき、沿道アクセスの影響などから、道路はある程度低い旅行速度しか実現できず、性能目標を達成できない場合が生じる。一方で、階層性が確保されればこうした問題が解消されると考えられる。ただし、最適な階層区分の数はネットワークの規模や拠点配置によって異なる可能性があることに留意が必要である。

b) 階層ごとの道路間隔

各階層の道路間隔は大きいほど迂回距離や上位の道路へのアクセスに必要な距離を増大させ、旅行時間が長くなる⁴⁾。一方で、これが小さいほど交差点が増加、すなわち遅れ時間の増大につながる。このような上位道路へのアクセス性と交差点遅れのトレードオフを考慮して決定する必要がある。

(2) 交差点形式と旅行時間

a) 単路部での自由走行速度による基本旅行時間

単路部での自由走行速度は、その道路で実現される速度の上限値を表し、交通の円滑性、安全性に直接関係するものである。なお設計にあたっては、この値に応じて、道路の線形、車線幅員や勾配、ランプ・クランクなどの幾何構造要素が決定されるべきである。

b) 交差点形式に着目した遅れ時間

一般道路におけるボトルネックは基本的に交差点であり、遅れ時間の大半は交差点遅れとみなすことができる⁵⁾ことから、立体交差、信号交差点、無信号交差点、ラウンドアバウトといった交差点形式は、円滑性に大きな影響を与え、計画段階でも無視できない。

(3) 本研究で対象とするネットワーク構成要素

階層型ネットワークにおける道路の接続関係や交差形式を評価するためには、需要に応じて生じる交差点遅れを考慮しながら、各階層で達成される旅行速度と利用者の経路選択行動の相互関係を把握する必要がある。

本研究では、上記のうち、階層区分数と交差点形式による遅れ時間の変化に着目したシナリオを設定し、これらの構成要素がネットワーク全体の性能に及ぼす影響を調べる。

3. 交差点遅れを考慮した利用者均衡配分

階層ごとの交差点形状の設定方法を評価するためには、交差点形状に応じた遅れ時間を明示的に表現することが必要である。本稿では、計画段階において比較的入手が可能な入力情報のみで全体の傾向をつかむことのできる静的配分を、交差点遅れを明示的に考慮した形に改良して適用した。

(1) リンクコスト関数の設定

本研究では、リンクパフォーマンス関数 t_a を単路部走行時間と交差点遅れ、料金抵抗によるコストの和として式(1)のように定義した。単路部走行時間はリンク長と自由走行速度のみから求められ、交通量に依らない関数とした。これは、街路においては遅れ時間の大半が交差点遅れによるものとみなせる⁵⁾ため、単路部での遅れが交差点遅れに比べて無視できると仮定したことによる。

$$t_a(\mathbf{x}) = \frac{l_a}{v_{f,a}} + d_a(\mathbf{x}) + \frac{c_a}{W} \quad \mathbf{x} \in \Omega \quad (1a)$$

ここに、 l_a : リンク a のリンク長、 $v_{f,a}$: リンク a での自由走行速度、 $d_a(\mathbf{x})$: リンク a の下流端交差点遅れ、 c_a : リンク a の通行料金 (高速道路の場合のみ)、 W : 時間価値。 Ω は式(1b)-(1d)を満たすリンク交通量ベクトルの集合である。

$$\sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} - Q_{rs} = 0 \quad \forall rs \quad (1b)$$

$$x_a = \sum_{k \in K_{rs}} \sum_{rs} \delta_{a,k}^{rs} f_k^{rs} \quad \forall a \in A \quad (1c)$$

$$f_k^{rs} \geq 0, x_a \geq 0 \quad (1d)$$

ここに、 x_a : リンク a の交通量、 f_k^{rs} : OD ペア rs 間の経路 k の経路交通量、 $\delta_{a,k}^{rs}$: OD ペア rs 間の経路 k にリンク a が含まれるとき1、そうでないとき0である。 A は対象ネットワークに含まれるリンクの集合である。

(2) 交差点遅れの表現

信号交差点の場合、遅れ時間はリンク交通量と信号パラメータの関数となる。今、ノードが四枝交差点であるとする。ここでは便宜的にリンクの標記を上下流端ノ

ードIDを用いて標記する。遅れを算出する対象リンク ij と、当該交差点 j に流入する他のリンク kj, mj, lj が図-1の関係にあり、信号パラメータも単純二現示制御で図のとおり設定されているとする。個別の交差点は孤立交差点として扱い、右左折による遅れは考慮しない。このとき、遅れ時間はHighway Capacity Manualの式⁶⁾を用いて以下のように表される。

$$d_{sig,ij}(\mathbf{x}) = \begin{cases} \frac{C_j}{2} \frac{(1 - \frac{G_{ij}}{C_j})^2}{(1 - \frac{x_{ij}}{sN_{ij}})}; \text{if } Y_{ij} < 1 \\ \frac{C_j}{2} (1 - \frac{G_{ij}}{C_j}) + \frac{C_j(Y_{ij} - 1)}{2Y_{ij}} (\frac{T}{C_j} + 2); \text{otherwise} \end{cases} \quad (2a)$$

$$Y_{ij}(x_{ij}) = \frac{x_{ij} C_j}{sN_{ij} G_{ij}} \quad (2b)$$

ここに、 s : 1車線あたりの飽和交通流率、 N_{ij} : リンク ij の車線数、 T : 過飽和遅れが累積される一定時間、 C_j : ノード j のサイクル長、 G_{ij} : リンク ij の方向に配分される青時間、 Y_{ij} : リンク ij のdegree of saturationである。

式(2a)では、当該流入リンクが過飽和かどうかの場合分けして遅れを評価する。信号パラメータが所与の場合、旅行時間は非飽和・過飽和によらず当該リンク交通量 x_{ij} のみに対する単調増加関数である。

(3) 均衡配分の定式化

確定的利用者均衡状態は、以下の変分不等式問題と等価であることが知られている。

$$\text{Find } \mathbf{x}^* \in \Omega \text{ such that} \\ \sum_{a \in A} t_a(\mathbf{x}^*) \cdot (x_a - x_a^*) \geq 0 \quad \forall \mathbf{x} \in \Omega \quad (3)$$

(2)のようにリンクコスト関数のリンク間相互作用が無視できる場合、式(1a)のリンクコスト写像 $\mathbf{t}(\mathbf{x})$ は正定値行列となり、この利用者均衡配分は等価な最適化問題を構築することができる。この場合、Frank-Wolfe法等の一般的なアルゴリズムを用いて均衡解を一意に求めることができる。

(4) 信号パラメータの取り扱い

(2)では信号パラメータを所与としたが、計画段階の検討において信号パラメータを適切に見込むことは容易ではない。一般に信号パラメータは、与えられたリンク交通量に見合った容量を確保し、かつ遅れが小さくなるように設定される。仮に、当該交差点の交通量に対して常に最適な信号パラメータが設定できるとすると、そのリンク交通量での期待遅れ時間は、以下の信号パラメータのもとでの遅れ時間となる。

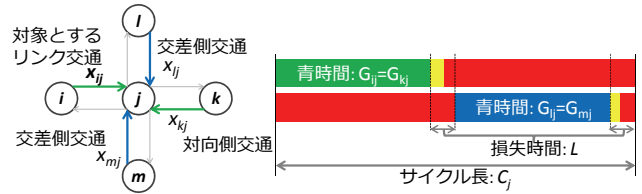


図-1 信号制御パラメータと青時間に対応するリンクの方向

$$C_j(\mathbf{x}_j) = \min \left(\frac{1.5L + 5}{1 - \lambda_j}, C_{\max} \right) \quad (4a)$$

$$G_{ij}(\mathbf{x}_j) = \frac{\lambda_{ij}}{\lambda_j} (C_j - L) \quad (4b)$$

$$\lambda_j(\mathbf{x}_j) = \lambda_j + \lambda_{ij} \quad (4c)$$

$$\lambda_{ij} = \lambda_{kj} = \text{Max} \left(\frac{x_{ij}}{sN_{ij}}, \frac{x_{kj}}{sN_{kj}} \right), \lambda_{lj} = \lambda_{mj} = \text{Max} \left(\frac{x_{lj}}{sN_{lj}}, \frac{x_{mj}}{sN_{mj}} \right) \quad (4d)$$

ここに、 L : 損失時間、 λ_j : ノード j の需要率、 λ_{ij} : リンク

ij の需要率、 \mathbf{x}_j はノード j に流入するリンク交通量ベク

トルである。サイクル長は Webster 式を基本とし、上限サイクル長を設けた。このとき、式(2a)はノード j に接続する各リンクの交通量の関数となり、リンク間に非対称な相互作用がある ($\mathbf{t}(\mathbf{x})$ の Jacobian が非対称となる)

問題となり、最適化問題を構築することができない。

(5) 緩和法を用いた近似解の導出

(4)のようなリンク間相互干渉のある問題の解法の1つに、「緩和法」がある⁷⁾。これは、本来相互干渉のある旅行時間関数を用いるところを、旅行時間関数のJacobi行列を対角化したものに近似して扱うことにより、相互干渉のある部分を固定した緩和問題として記述するものである。緩和法では、収束計算の m 回目繰り返しにおけるリンク交通量 $\mathbf{x}^{(m)}$ が既知であるとき、 $m+1$ 回目繰り返しにおいて、リンクコスト関数 $t_a(\mathbf{x})$ の代わりに

$$\hat{t}_a(\mathbf{x}, \mathbf{x}^{(m)}) = t_a(x_1^{(m)}, \dots, x_a, \dots, x_L^{(m)}) \quad (5)$$

を用いる。もし収束すれば、これは式(2)の変分不等式の解に一致することがわかっている。そこで、本稿では以下の最適化問題について、Frank-Wolfe法を用いて解の探索を行う。収束解が求められれば、それが即ち均衡解となる。

$$\min Z(\mathbf{x}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(x_1^{(m)}, \dots, \omega, \dots, x_L^{(m)}) d\omega \quad (6)$$

Subject to $\mathbf{x} \in \Omega$

(6) 本解法の留意点

一般的に知られている通り、リンク相互作用のある利用者均衡配分では解の唯一性が保証されていない。特に信号交差点では、遅れ時間が交差方向交通量の増分に対して増加関数になるとは限らないので、安定解を得られない場合もあり得る。

また、本手法では、信号交差点の制御パラメータが常にその交差点の流入交通量に対して最適化された状態の遅れ時間を評価している。これは現実的には、交差点の流入交通量から逐次的に最適パラメータを調整する感应式信号制御が全ての信号交差点に導入されているケースと捉えられる。既往研究⁸⁾⁹⁾では、利用者均衡状態において社会的最適化を行うための信号制御手法を二段階最適化問題により解く方法も提示されている。今回の手法における結果の信号パラメータは、これらの手法のように社会的最適解を与えるものではないことに留意されたい。

4. 評価シナリオの設定

(1) 基本ネットワークの構成

名古屋北西部都市圏の実際の道路ネットワークを模擬した、一辺1kmの格子からなる30km四方の格子状ネットワーク(図-2)を用いて、本手法により道路階層化の効果を検証した。道路区分は、高速道路、一般国道、一般県道レベルの道路を想定し、実際の道路設置間隔を参考に6段階で設定している。高速道路と一般道路とはICのみで接続することとした。また、一部の交差点は立体交差とした。

本稿で用いたネットワークは、実際のネットワークの特性や変化量のオーダーを知るためにある程度実情に近い形にはしているが、細部のネットワーク接続状況等は実際とは異なる。そのため、現況再現性については問わないこととする。

(2) OD交通量の設定

対象ネットワーク内に7つの拠点都市を置き、①拠点都市中心部と郊外部間、②拠点都市間、および③対象ネットワーク内外・内外・外外のODパターンを設定した(図-3)。拠点都市にはそれぞれ中心部、郊外部とで別個のゾーンを設定した。また内外交通量を扱うため、

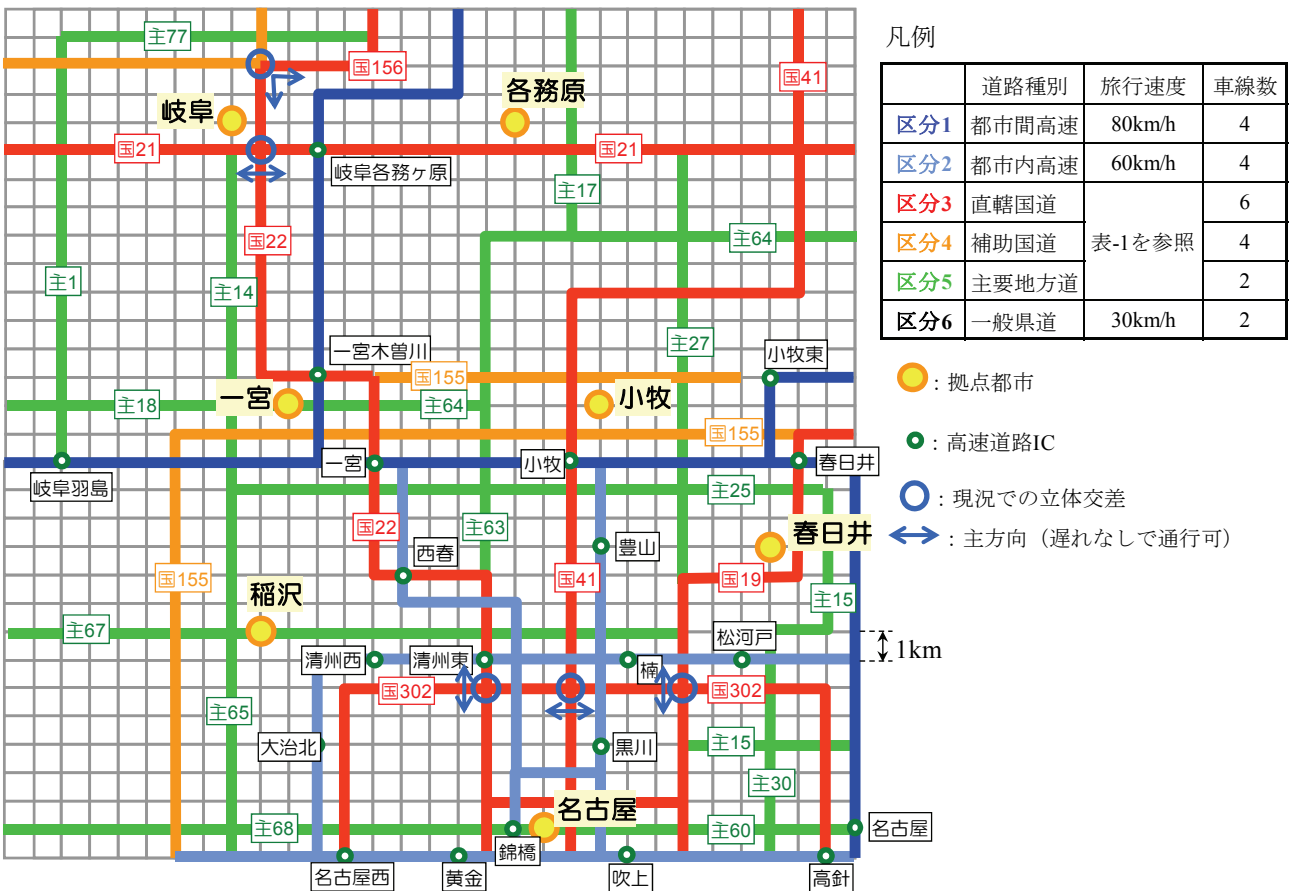


図-2 名古屋都市圏仮想格子状ネットワーク

表-1 シナリオの設定

	階層数	接続間隔/交差部形式	自由走行速度 (km/h)			備考
			区分3 直轄国道	区分4 補助国道	区分5 主要地方道	
現況	1	・基本的に平面交差(信号制御) ・現況を意識し一部立体	50	50	50	・現況は幹線系道路の差はなし
ケース0	1	・全て平面交差(信号制御)	50	50	50	・単階層の基本形
ケース1	3	・全て平面交差(信号制御)	60	50	40	・多階層(3階層)の基本形
ケース2	3	・基本的に平面交差(信号制御) ・区分3/区分4間は立体交差	60	50	40	・多階層の改善形
ケース3	3	・基本的に平面交差(信号制御) ・区分3/区分6間の接続なし	60	50	40	〃
ケース4	3	・基本的に平面交差(信号制御) ・区分3/区分6間2km間隔で接続	60	50	40	〃
ケース5	3	・ケース2+ケース4	60	50	40	〃

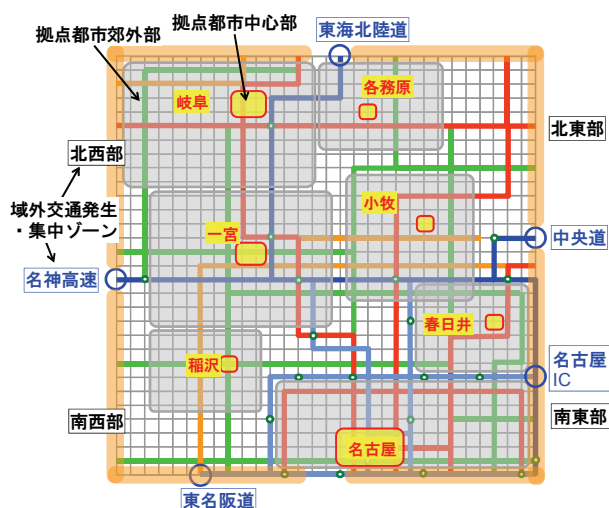


図-3 拠点都市の設定

対象ネットワーク外縁の一般道路上の北東・北西・南東・南西部と、高速道路上の5箇所それぞれセントロイドを設定した。これらについて、平成17年道路交通センサスのOD交通量、および平成22年センサスの走行台キロを参考に、ピーク時OD交通量を設定した。具体的な手順は以下の通りである。

- 1) 東海ブロック（岐阜・静岡・愛知・三重県）の平成17年から平成22年の走行台キロの伸び率に比例させてBゾーン間日OD交通量を設定する。
- 2) 各Bゾーンを拠点都市圏域（中心部及び郊外部）に対応させ、各圏域間の集約日OD交通量を推計する。
- 3) 全てのODに対し、ピーク時OD交通量として日OD交通量の10%を与える。
- 4) 格子ネットワークにおいて、拠点都市圏域に含まれる全てのノードから一様に需要が発生すると仮定し、OD交通量をその拠点都市圏域に含まれるノード数で割るこ

とにより、1ノード当たりのOD交通量を設定する。

なお、実際のセンサスデータでは大型車と普通車が区別されているものの、今回はすべての車両を普通乗用車として取り扱った。

(3) 高速道路料金の取り扱い

高速道路では、実際の料金設定をもとに c_a を設定した。均一料金区間（区分2道路）では、実態と同様の料金を設定した。また、都市間高速（区分1道路）では、NEXCOの距離別料金区間料金換算式を適用した。

時間価値 γ は40.1円/台・分⁹⁾とした。

(4) 階層化シナリオ

現状では幹線系一般国道(区分3-5)の機能的階層化が必ずしも明確になっていないと考えられることから、これらの自由走行速度、交差部形式を変えた複数のシナリオを設定、比較することで階層化の効果を検証した。

表-1に、設定したシナリオの一覧を示す。「現況」では、道路ネットワークの現状に鑑み、幹線系一般道路（直轄国道、補助国道、主要地方道）の自由走行速度（現況の道路性能）は一律50km/h、すなわち明確な階層分離ができていない状況とした。また、既に立体交差となっている代表的な箇所は交差部型式に反映させた。

また、ケース0とケース1は、道路ネットワークを階層化することによる効果を検証するため、接続間隔や交差部形式は固定とし、自由走行速度による階層数のみを変化させたシナリオである。その他のケースは、交差部型式の見直し（立体化）や、高い階層の道路へのアクセス制限（アクセスコントロール）による効果の検証を目的としている。立体交差では、主方向となる区分3道路同士を遅れなしで接続するリンクを別途設けることとし、

主従方向間と従方向同士の移動には信号交差点を通行することとした(図4)。

その他の配分に必要なパラメータは、 $s=2000$ [veh/h], $T=15$ [分], $L=10$ [秒], $C_{max}=200$ [秒]とした。また、均衡配分の繰り返し計算は、各500回ずつ実施した時点でほぼ収束が見られたため、計算打ち切りとした。

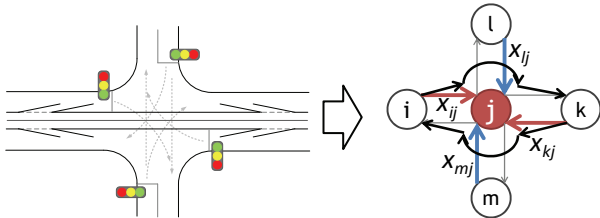


図4 立体交差の表現

5. 階層化の効果検証

(1) 階層化の効果

a) 総旅行時間

図5に、各ケースの総旅行時間を示す。階層化が明確になるにつれて、総旅行時間が低下していくことがわかる。高い階層間を立体交差にする(ケース2)よりも、低階層とのアクセス制限を設ける方(ケース3)が旅行時間が減少する傾向がみられる。但し、アクセス制限を強くしすぎると(ケース3⇔ケース4)、区分6との交差点遅れが解消し区分3の遅れ時間は短くなるものの、各起点ノードから区分3へのアクセス時間が長くなり、全体としての旅行時間が大きくなると考えられる。

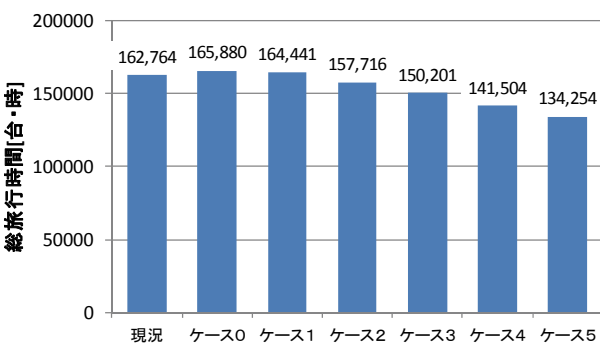


図5 総旅行時間

b) トリップ長別平均旅行時間

図6に、トリップ長別の平均旅行時間(ただし、高速道路利用分を除いたもの)をケース別に比較したものを示す。ケース0, ケース1では、トリップ長によらず現況とほぼ同等の旅行時間となった。ケース3ではトリップ長が30km以上の利用者の旅行時間が大きく改善する。ケース5では、トリップ長の短い利用者から長い利用者まで満遍なく全体的に旅行時間が改善することがわかる。

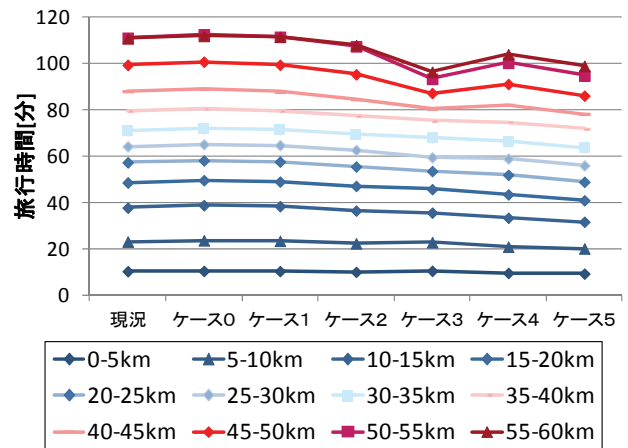


図6 トリップ長別の平均旅行時間

c) トリップ長別階層利用率

トリップ長の短い利用者と長い利用者で利用する道路区分が分かれているほど、道路の機能がうまく分担されているといえる。例えば、トラフィック機能とアクセス機能が明確に分担されたネットワークであれば、長距離トリップ利用者はアクセス部分以外では区分6をほとんど利用しないはずである。そこで、ある階層Aの利用率(=(階層Aの走行台キロ)/(総走行台キロ))を階層別利用率と定義し、トリップ長別に集計した。なお、確定的利用者均衡配分ではOD間の利用経路を特定できないため、ここでの経路は各ODごとに最短時間経路の1つを任意に抽出した便宜的なものだが、全体としての傾向は評価できると考える。

図7は、トリップ長別の階層利用率をケースごとに整理したものである。現況、ケース0では、30kmを超える長距離トリップでも主要地方道の利用割合が多い。立体交差化を行う(ケース1⇨ケース2)と、長距離トリップの一般県道利用者が直轄国道・補助国道へと転換する。

アクセス制限については、直轄国道に極端なアクセス制限をかけた場合(ケース3)、長距離トリップ車両の直轄国道の利用率が増えているものの、その多くが高速道路からの転換となっている。アクセス制限を程々に行ったケース(ケース4, 5)では、一般県道から直轄国道への転換が図られた上で、ケース3に比べて高速道路からの転換が抑えられている。

(2) 個別の対策の効果検証

上記の結果を総合的に鑑みて、個別の対策が機能的階層化に及ぼす影響を考察する。

a) 自由走行速度の階層化

ケース0とケース1を比較すると、単路部における自由走行速度を階層的に設定しても、拠点間旅行時間等の旅行時間指標についてはほとんど改善がみられない。これは、一般道においては交差点での遅れが旅行時間低下の

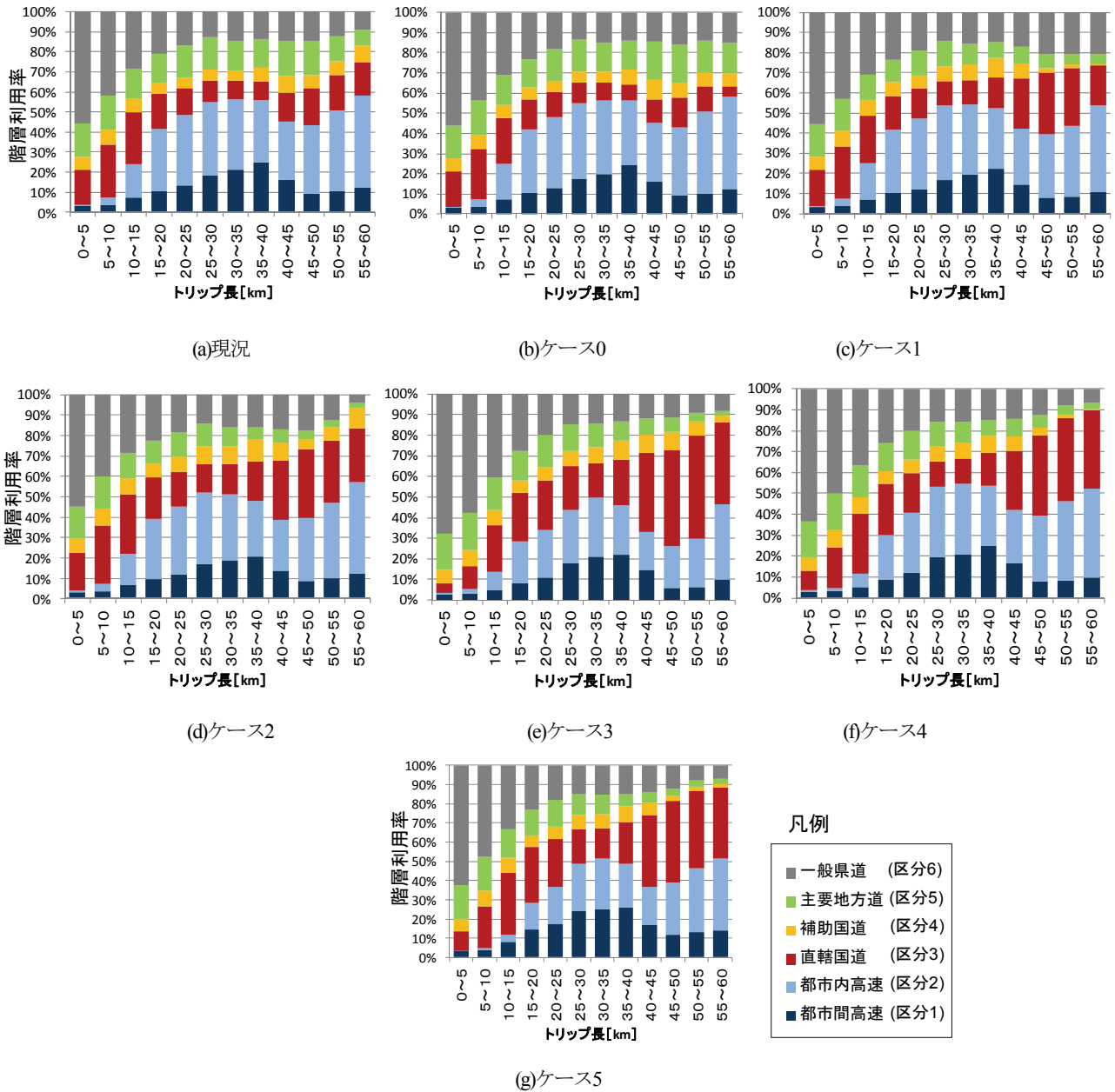


図7 トリップ長別階層利用率

主要因であるためと考えられる。したがって、自由走行速度を上げるだけでは、ネットワーク性能の大幅な改善は見込めないことがわかる。ただし、自由走行速度を階層化することにより、長距離トリップ車両が主要地方道から直轄国道へと転換できている。

b) キー交差点の立体交差化

キー交差点の立体交差化（ケース1→2）により、旅行速度が全体的に向上する。また、長距離トリップにおいて一般県道から補助国道・直轄国道への転換がなされており、道路の機能分担を促進することができたといえる。

c) アクセス制限

アクセス制限（ケース1→3, 4）により、直轄国道の旅行速度は大幅に上昇する。しかし、ケース3のように大幅なアクセス制限を行った場合、低規格の一般道より

むしろ高速道路から直轄国道への利用者転換が行われてしまう。

アクセス制限の間隔を2kmにしたところ（ケース4）、長距離トリップにおける一般県道から直轄国道への転換が図られつつも、高速道路からの転換は抑えることができた。

6. おわりに

本論文では、名古屋都市圏を模擬した仮想ネットワークを対象に、階層型道路ネットワークを構成するための要素である交差部形式、階層数、階層ごとの自由走行速度とネットワークのサービスレベルとの関連性について配分計算による評価を行った。その結果、以下の知見を

得ることができた。

- 一般道路において、自由走行速度を道路階層ごとに設定することは、円滑性の観点からは必ずしもネットワーク性能の改善にはつながらない。ただし、階層化により長距離トリップ車両がより高次の階層を利用する効果は見られることから、安全・快適性の観点からは道路階層ごとに走行速度が段階的に設定されるようなネットワーク構成にすることが望ましい。
- キー交差点を立体交差化することによる円滑性対策は、当該道路の旅行速度を向上するのみならず、長距離トリップ利用者がより高規格の道路を利用することで、道路の機能分担にも寄与する。
- 一般県道から直轄国道へのアクセス制限を行い、2km間隔ごとに接続を行うことで、直轄国道の旅行速度が大幅に向上する。また、拠点間旅行時間、総旅行時間や階層利用率など様々な観点において、ネットワークの性能が向上する。
- アクセス制限をかけ過ぎると、直轄国道の旅行時間自体は大幅に改善するが、低規格の道路から大回りして直轄国道にアクセスしなければならず、結果として全体の旅行時間は増加してしまう。アクセス制限は適度に行うことが重要である。

今回の結果の多くは、個別対策の効果としては既に一般的には得られている知見ではあるものの、道路ネットワークの機能的階層化の観点からその効果を論じたという意味で本論文の意義があるといえよう。

なお、本稿で示した配分モデルでは単路部の遅れを考慮していないが、実際には沿道アクセスによる速度低下の問題も指摘されている。また、高速道路においては交差点以外の地点がボトルネックとなり渋滞が発生する。これらを考慮するためには、単路部における速度低下をリンクコスト関数で表現することが今後必要である。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2004。
- 2) 中村英樹，大口敬，森田緯之，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・講演集 Vol. 31，CD-ROM，2005。
- 3) 後藤梓・中村英樹・浅野美帆：階層型道路ネットワーク構成要素に関する最適解の導出方法，土木計画学研究・講演集 No.44,CD-ROM，2011。
- 4) 桑原雅夫，若公雅敏，王鋭：街路の階層的配置によるネットワーク設計に関する一考察，土木学会論文集 D3，Vol.67，No.3，pp.230-243，2011。
- 5) 大口敬，中村英樹，森田緯之，桑原雅夫，尾崎晴男：ボトルネックベースで考える道路ネットワーク計画設計試論，土木計画学研究・講演集 Vol. 31，CD-ROM，2005。
- 6) Highway Capacity Manual 2010, Transportation Research Board

- 7) (社)土木学会：交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－，丸善(株)，1998。
- 8) Ziyou, G. and Yifan, S.: A Reserve Capacity Model of Optimal Signal Control with User-equilibrium Route Choice, Transportation Research Part B 36, pp. 313-323, 2002.
- 9) Teklu, F., Sumalee, A. and Watling, D.: A Genetic Algorithm Approach for Optimizing Traffic Control Signals Considering Routing, Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering 22, pp 31-43, 2007.
- 10) 国土交通省 <http://www.mlit.go.jp/road/ir/ircouncil/hyouka-syuhou/4pdf/s1.pdf>

(2012.5.7 受付)