

階層型道路ネットワーク計画における 道路間隔と目標旅行速度の設定方法

後藤 梓¹・中村 英樹²

¹正会員 名古屋大学大学院助教 環境学研究科 都市環境学専攻
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町C1-2(651))

E-mail: azusa@genv.nagoya-u.ac.jp

²フェロー会員 名古屋大学大学院教授 環境学研究科 都市環境学専攻 (同上)

E-mail: nakamura@genv.nagoya-u.ac.jp

階層型道路ネットワーク計画における、階層数、階層別道路間隔と目標旅行速度は、個別道路の設計・運用を行う上で目標値となる極めて重要な変数である。しかしながら、これらの設定方法については、ネットワーク全体が達成すべき拠点間目標旅行時間に基づくという方針が示されているのみで、具体的な数値は定性的、経験的に示されるにとどまっている。本稿では、これらをネットワークが達成すべき複数拠点間旅行時間の達成割合と建設費用の観点から評価する方法を提案する。また、トラフィック機能とアクセス機能のトレードオフ関係や、地形・沿道状況などがこれらの値に及ぼす制約条件について整理を行う。最後に、格子状ネットワークにおける直線トリップについて需要や目標旅行時間を仮定し、より効率的な道路階層を検討するシナリオ分析を行う。

Key Words : hierarchical road network, network planning, road spacing, target travel speed

1. はじめに

階層型道路ネットワーク計画とは、道路ネットワークを構成する全ての道路を機能的な階層に振り分け、階層ごとに設定される性能目標に基づいて道路構造設計や交通運用手法の方針を示すものである。ここで「機能的な階層」とは、道路に求められるトラフィック機能やアクセス・滞留機能に対応している。階層型道路ネットワークでは、各階層において性能目標が達成されることで道路の機能分担が実現し、交通を効率的に処理することができると同時に、生活道路からの通過交通の排除などにより周辺居住環境も良好に保たれることが期待される。

近年わが国でも、幹線道路での著しい遅れや生活道路での通過交通による居住環境の悪化などの問題を受け、道路ネットワークを階層型に再編する必要性が提唱¹⁾され、この実現に向けた議論が活発である。特に、ある性能目標(目標旅行速度)を達成するための道路構造や交通運用については、性能照査による検討手法の整理や現況分析が進んでいる^{2,3)}など。

しかしながら、何段階に階層化すべきか、各階層の性能目標はどの程度にすべきかについては、定性的・経験的に示される¹⁾にとどまっている。設定の基本方針は、

ネットワーク全体で達成すべき拠点間旅行時間などの性能目標に基づくとされているものの、ネットワーク上に様々な規模の拠点が複数分布する中で、できるだけ多くの目標を達成するための手法の構築が課題である。また、道路の機能分担を実現するには、トラフィック機能とアクセス・滞留機能のトレードオフ関係を考慮して、性能目標が段階的に変化する構成となるよう階層間の接続間隔などにも充分注意しなければならない。従って、各階層の性能目標と併せて、その配置間隔や異階層との接続の可否についても示す必要があるだろう。

そこで本稿では、わが国の階層型道路ネットワーク計画における道路階層の設定方法について議論する。道路階層とは、ネットワーク全体を構成する階層数、各階層の目標旅行速度、道路間隔および階層間の接続可否を示すものとする。なお、ネットワーク範囲内においては、各階層は一定の道路間隔で配置されるものと仮定する。

合理的かつ効率的な道路階層を設定するための評価項目として、ネットワーク内に複数配置された目標拠点間旅行時間の達成状況、および道路階層を実現するための建設費用を考慮する。拠点配置および拠点間トリップ需要は既知とし、目標拠点間旅行時間は、拠点の規模・重要度を考慮して上位計画で設定されているものとする。

2. 道路階層の設定方法

(1) 本研究が提示を目指す道路階層の定義

本研究は、道路階層を設定するための変数として、ネットワーク全体に存在する階層数 n 、階層 i ($1 \leq i \leq n$)の目標旅行速度 v_i [km/h]および道路間隔 s_i [km]、階層 i と階層 j ($j \neq i$)の接続可否 δ_{ij} を提示することを目的とする。

これらの変数は、階層化実現のためにネットワークが満足すべき条件を計画段階で示すものである。そのため、実用性を考慮した精度と定義域で議論する必要がある。

よって、階層数 n は最大でも6までの自然数とする。目標旅行速度 v_i は10km/h単位で設定し、最大で100[km/h]までとする。道路間隔 s_i は0.1km単位で設定する。 δ_{ij} はダミー変数であり接続可能な場合1、不可能な場合0を用いる。

トリップの起終点では、常に階層1でアクセス/イグレスを行うものとし、階層1の目標旅行速度は集散道路クラスを想定して $v_1=20$ [km/h]とする。実際にはこの下に細街路などが存在する場合でも、この影響は拠点間旅行時間に対して無視できる程小さく、また目標旅行速度により性能目標を規定すべき階層ではないことから、今回は考慮しない。さらに、集散道路の最小単位は区画や棟割り等により決定され変更できないことから、階層1の道路間隔も今回は $s_1=0.4$ [km]で所与とする。

階層レベルを表す変数 i が大きくなるほど、トラフィック機能優先の階層となり、目標旅行速度 v_i が高くなるものとする。すなわち、常に不等式(1)が成り立つ。

$$v_{i+1} > v_i \quad (1)$$

さらに、設定した目標旅行速度 v_i や道路間隔 s_i などが、トラフィック機能とアクセス・滞留機能のトレードオフ関係や地形・沿道条件を考慮して現実離れしていない値となっていることは、非常に重要である。計画段階において設定した値が、設計・運用段階で実現困難であれば、これ以降の拠点間旅行時間の評価等も意味をなさず、本末転倒となってしまう。従って、これらについては制約条件を設けることで対応する(3章)。

(2) 階層型道路ネットワークにおける拠点間トリップ

図-1は、階層型道路ネットワークにおける拠点間トリップを模式的に表したものである。階層型道路ネットワークでは、目標旅行速度 v_i の低い階層1から高速の階層へ段階的に乗換えることになるため、拠点間距離が長いほど上位の階層を使用可能となり旅行速度が高くなる。この結果として、長距離を結ぶ大規模拠点間連絡と短距離を結ぶ生活圏間連絡が、それぞれ別の階層に分担されることになる。

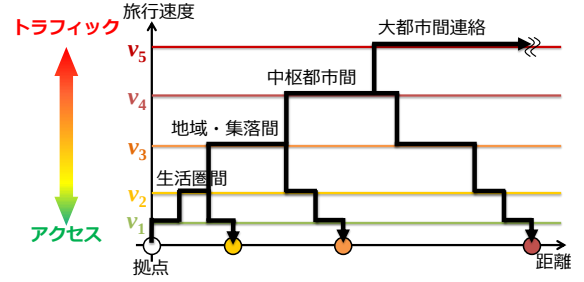


図-1 階層型道路ネットワークにおける拠点間トリップ

いま、直線距離が X_{target} [km]だけ離れたある拠点間を連絡するトリップ p が使用する階層数を k 、 $1 \leq i \leq k$ の階層 i の走行距離を x_i とすると、拠点間旅行時間 T 、旅行距離 X は次式の通り書くことができる。

$$T = \sum_{i=1}^k \frac{x_i}{v_i} + \sum_{i=2}^k \{t_R \cdot (v_i - v_{i-1})\} \quad (2)$$

$$X = \sum_{i=1}^k x_i \quad (3)$$

ここで、 $t_R \cdot (v_i - v_{i-1})$ は階層 $(i-1)$ から階層 i へ乗換える際の時間抵抗[h]を表す。通常、階層の接続箇所には、交差点やインターチェンジ、ジャンクションなどが存在し、階層間の目標旅行速度差が大きいほど、これらの施設の通行にかかる時間抵抗が大きくなることを表現している。 t_R は乗換え抵抗の度合いを決めるパラメータである。

式(2),(3)の拠点間トリップ p と(1)で定義した道路階層の関係をみると、 v_i は道路階層に設定される目標旅行速度 v_i に等しく、 k および x_i の値も階層数 n 、道路間隔 s_i 、目標旅行速度 v_i によって影響を受ける。従って、拠点間トリップ p の目標拠点間旅行時間 T_{target} [h]に対して、 $T \leq T_{\text{target}}$ となるように、道路階層を設定することができれば、拠点間目標に対して合理的なものとなる。

一方で、階層数 n 、道路間隔 s_i 、目標旅行速度 v_i を操作することは、整備に必要な建設費用が変化することも意味している。拠点間旅行時間を短くすることだけを考えれば、旅行速度の高い階層をできるだけ密な間隔に整備すれば良いが、それでは建設費用が高くなることは明らかである。従って、目標拠点間旅行時間の達成状況と建設費用の双方を考慮して効率性の高いものとするのが望ましい。

(3) 道路階層の合理性・効率性の評価

上述のように、合理性・効率性の観点から適切な道路階層を設定するためには、目標拠点間旅行時間の達成状況と建設費用の両方の観点について評価を行うことが重要である。

最も理想的な道路階層は、より少ない建設費用で全拠点間の目標旅行時間を達成可能なものであるが、拠点配置や地形条件から全拠点間での目標達成に莫大な投資を要する場合には、限られた費用でできるだけ多くの拠点間目標を達成することを目指すべきといえる。

a) 目標拠点間旅行時間の達成状況

目標拠点間旅行時間の達成度は、評価対象とする複数拠点間のうち、旅行時間が目標旅行時間と等しいか短くなる割合によって定義する。全拠点で目標旅行時間が達成されている場合、達成度は1となる。

b) 建設費用

建設費用は、道路に求められる性能と必要整備量によって決まる。各階層の性能は目標旅行速度 v_i によって表され、 v_i が大きいほど1単位当たりの費用も高くなると考えられる。一方、必要整備量は各階層の道路延長に比例し、これは道路間隔 s_i の逆数から求められる。また、階層 i を利用する需要が多いほど、目標速度を低下させずに需要を捌くための必要車線数が増えることから、今回は整備量が階層 i のトリップ需要 d_i に比例するものとする。

従って、ネットワーク全体の建設費用 C は、階層 i を建設するのに必要な費用に、階層ごとの重み α_i を乗じた総和とし、次式(4)により推定するものとする。

$$C = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\alpha_i v_i d_i}{s_i} \right) \quad (4)$$

道路階層・拠点配置に応じて、目標旅行時間達成度および建設費用が決定する関係を図式化すると、図-2のようになる。本稿では、このような関係を考慮して、仮想の格子状ネットワークに対して道路階層を設定することを目的に、各変数に設定すべき制約条件について説明し(3章)、実現される拠点間旅行時間の近似計算を行い(4章)、拠点配置・需要・目標旅行時間を仮定して、複数の道路階層シナリオについて目標旅行時間達成度および建設費用を評価するケーススタディを行う(5章)。

3. 各変数の制約条件

(1) 機能分担を実現するための制約条件

目標旅行速度の高い階層にも関わらず、道路間隔が小さく異階層との出入が頻繁にあったり、接続する階層との速度差が大きすぎたりする状況では、トラフィック機能とアクセス・滞留機能のトレードオフ関係から、目標旅行速度を維持するのが困難になるばかりでなく、乗換え時の安全面にも問題が生じかねない。これを防止し、階層化が本来意図する機能分担を実現しやすくするために、目標旅行速度 v_i 、道路間隔 s_i 、階層間の接続可否 $\delta_{(i,j)}$

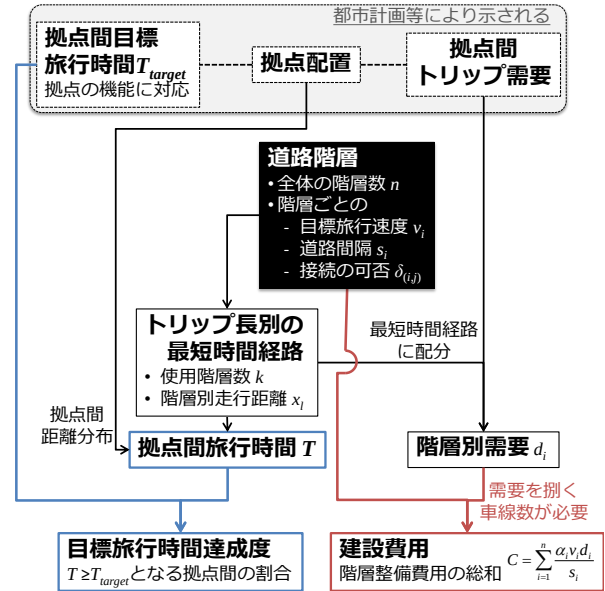


図-2 道路階層・拠点配置と評価指標の関係

に対して、以下のような制約条件を設ける。

a) 目標旅行速度 v_i

目標旅行速度を、段階的かつ急すぎない速度差で変化させるため、下記の制約条件を設定する。これは、階層間の速度差が常に40[km/h]以下となること(式(5))、一般道と自専道の間は特に急な速度差を避けること(式(6))、速度差は一定か递增すること(式(7))を表す。

$$v_{i+1} - v_i \leq 40 \quad (5)$$

$$v_{i+1} < 60, \text{ if } v_i \leq 30 \quad (6)$$

$$v_{i+1} - v_i \leq v_{i+2} - v_{i+1} \quad (7)$$

2.(1)で定義した目標旅行速度 v_i の範囲(20~100[km/h])に対して、上記の制約条件を加えると、その組み合わせは図-3に示すだけに限定される。

b) 階層間の接続の可否 $\delta_{(i,j)}$ および道路間隔 s_i

ドイツの階層型ネットワーク計画指針RIN⁹などによれば、階層間の接続は、通常上下二つ目の階層までとするのが一般的であるが、次章で行う旅行時間の計算が複雑化してしまうため、今回は隣接階層間のみを接続可能とし、それ以外は直接乗換えができないものとする。すなわち、 $\delta_{(i,j)}$ は以下の通りとなる。

$$\delta_{(i,j)} = \begin{cases} 1; \text{ if } j = i \pm 1 \\ 0; \text{ otherwise} \end{cases} \quad (8)$$

道路間隔 s_i は、各階層のアクセスのしやすさを左右する重要な変数である。図-4に示す通り、階層 i にとって階層 $(i+1)$ の道路間隔 s_{i+1} は上位階層に乘換えるために必要なアクセス距離を決定する変数となる。反対に、階層

($i+1$)にとって階層 i の道路間隔 s_i は下位階層からの出入交通が発生する頻度を決定するため、目標旅行速度 v_{i+1} を維持するのに適切な間隔を維持しなければならない。

このような隣接階層間の相互作用を考慮し、本稿では階層が上がるにつれて、道路間隔 s_i も目標旅行速度 v_i 同様に増大するように設定する。今回は、隣接階層間の道路間隔比 r_{si} が、目標旅行速度比 r_{vi} と比例するように設定するものとする。

ここに、階層間の道路間隔比 r_{si} 、目標旅行速度比 r_{vi} は式(9)、式(10)で定義し、両者が比例関係であるため式(11)が成立する。ここに、 γ は比例定数である。

$$r_{si} = \frac{s_i}{s_{i-1}} \quad (9)$$

$$r_{vi} = \frac{v_i}{v_{i-1}} \quad (10)$$

$$r_{si} = \frac{s_i}{s_{i-1}} = \gamma \cdot r_{vi} \quad (11)$$

このとき式(12)から、道路間隔 s_i は、 i と目標旅行速度 v_i および階層1の道路間隔 s_1 、目標旅行速度 v_1 を用いて表すことができる。さらに、式(12)において $i=n$ とおくと式(13)となり、道路階層の階層数 n と最下位、最上位の階層の目標旅行速度と道路間隔が分かれば、 γ を導出することが可能となる。

$$s_i = s_1 \prod_{j=2}^i r_{s(j)} = s_1 \gamma^{i-1} \prod_{j=2}^i r_{v(j)} = s_1 \gamma^{i-1} \frac{v_i}{v_1} \quad (12)$$

$$\gamma = \left(\frac{s_n v_n}{s_1 v_1} \right)^{\frac{1}{n-1}} \quad (13)$$

本研究では、2.(1)で定義したように $s_1=0.4[\text{km}]$ 、 $v_1=20[\text{km/h}]$ は所与としている。また、最上位階層についても、既存の高速道路ネットワークを変更することは高額となるため難しく、実態に基づいて v_n や s_n を設定することが妥当であると考えられる。さらに、 v_n が決まれば、図-3の中からこの条件を満たす組み合わせはさらに限定されることになる。例えば、 $v_n=80[\text{km/h}]$ となる速度の組み合わせは8通りしかない。これらについては階層数 n も既知であるため、比例定数 γ は式(13)から算出可能であり、さらに目標旅行速度 v_i は全て図-3により決まるので、各階層の道路間隔 s_i は式(12)により自ずから決定する。

(2) 地形・沿道状況による制約条件

上記で述べたような基本的な制約条件の他に、地形条件によって目標旅行速度の達成が困難な山地部や、道路間隔の変更が容易でない都市部については、それに対応

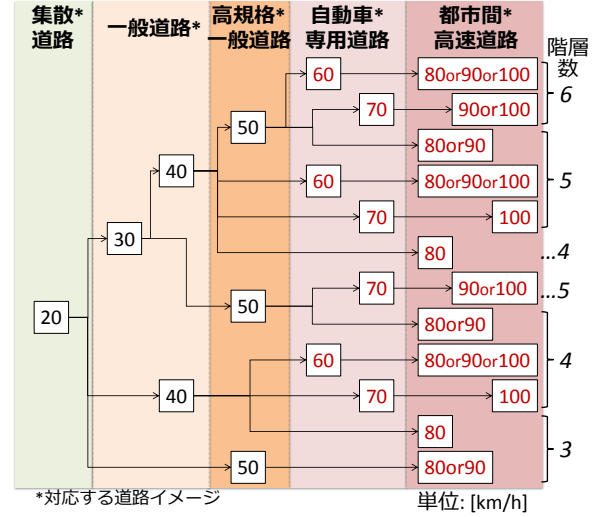


図-3 制約を満たす目標旅行速度の組み合わせと階層数

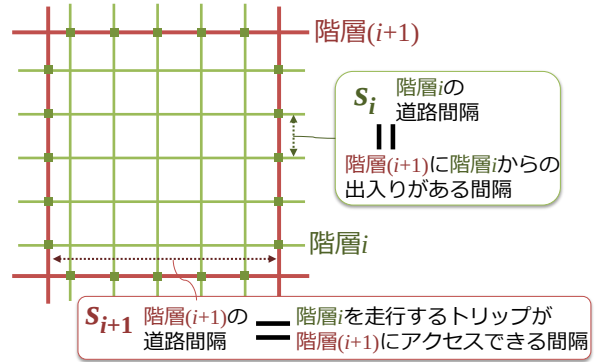


図-4 道路間隔と階層間の接続間隔の関係

した制約条件を設ける必要がある。

これらについては、本稿では扱わないが、いずれも旅行速度に関する実態分析³⁹⁾などを参考に制約を設定することが可能であると考えられる。

4. トリップ長別旅行時間の計算

ここでは、拠点間直線距離 X_{target} を連絡するトリップの拠点間旅行距離 X 、拠点間旅行時間 T を計算する。階層型道路ネットワークにおける拠点間トリップについては、既に2.(2)で述べたが、ここで示されるトリップ p の使用階層数 k 、階層別走行距離 x_k は、実は拠点間距離 X_{target} に依存するだけでなく、拠点内の起終点位置や、各階層と拠点の位置関係によってバラツキがある値である。

このうち、特に各階層と拠点の位置関係によるバラツキについては、拠点配置に応じた適切な道路ネットワーク形と階層設定を考慮する際には非常に重要である。例えば、格子状のネットワークであっても、格子に対して水平・鉛直方向に連絡すべき拠点がある場合と、対角方向にある場合とでは、上位階層を利用するために必要な

迂回距離も、達成される旅行時間もかなり異なる。今回は、迂回の影響が顕著な水平・鉛直方向に連絡する拠点間トリップのみを扱うが、今後、拠点配置別に評価を行うのが望ましい。

一方、同一拠点内の起終点位置によるバラツキについては、拠点内で平均的な値を以下に計算する。

全ての起終点の組合せに対して最短経路を特定し、旅行時間を計算することは容易でない。そのため本稿では、Tanner⁷⁾や桑原ら⁸⁾による既往研究などを参考に、隣接する二階層のみを考慮し、上位階層に対して下位階層の道路間隔は充分小さいと近似することによって、階層別走行距離を計算する。また、アクセス/イグレスが対称形となる起終点を用いることとする。

計算過程の詳細は省略するが、拠点間距離 X_{target} のトリップが階層数 $(i+1)$ で移動する場合の階層別走行距離は、図-5に示す経路A~Cのうち最短時間となるもので決まり、拠点間距離 X_{target} を道路間隔 s_{i+1} で除した商 m と余り a によって、次式のようになる。

$$x_{i+1} = \begin{cases} ms_{i+1} + \frac{3}{2}a - \frac{a^2}{s_{i+1}} + \frac{a^3}{s_{i+1}^2}; \text{if. } a < \frac{2s_{i+1}}{r_{v(i+1)} + 1} \\ -\frac{(s_{i+1} - a)^3 (r_{v(i+1)} + 1)(3r_{v(i+1)} - 1)}{2s_{i+1}^2 (r_{v(i+1)} - 1)^2} \\ + (m + \frac{3}{2})s_{i+1} - a + \frac{a^3}{2s_{i+1}}; \text{otherwise} \end{cases} \quad (14)$$

$$x_i = \begin{cases} \frac{1}{2} \left(s_{i+1} - a + \frac{2a^2}{s_{i+1}} - \frac{a^3}{s_{i+1}^2} \right); \text{if. } a < \frac{2s_{i+1}}{r_{v(i+1)} + 1} \\ \frac{(s_{i+1} - a)^3 (r_{v(i+1)} + 1)(-r_{v(i+1)} + 3)}{2s_{i+1}^2 (r_{v(i+1)} - 1)^2} \\ + \frac{(s_{i+1} - a)^2}{2s_{i+1}} + \frac{a^2}{s_{i+1}} - \frac{a^3}{2s_{i+1}^2}; \text{otherwise} \end{cases} \quad (15)$$

さらに、式(15)で示される階層 i の走行距離 x_i は、実際には階層 i より下位の階層も使って走行されることになり、このため今度は上式の拠点間距離 X_{target} に x_i を、 s_{i+1} に s_i を代入して同様の計算を行う。これを階層1まで繰り返すことによって、すべての階層別走行距離が計算でき、最終的に階層 $(i+1)$ まで使用した場合の拠点間旅行時間 $T(i+1)$ が得られる。

5. 格子ネットワークを用いたケーススタディ

ここでは、3章で説明した制約条件を満たす道路階層シナリオについて、トリップ需要、目標旅行時間を設定して、目標達成度・建設費用による評価を行う。ただし、4章で考慮したように格子に対して水平・鉛直方向の拠点間トリップのみを考慮する。

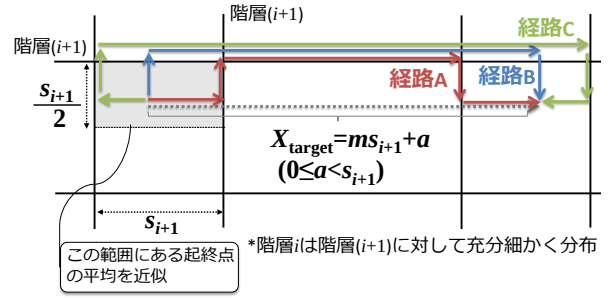


図-5 階層別走行距離の基本的な考え方

表-1 道路階層シナリオ

シナリオ	A	B	C	D	E	F	G	H
v_i	s_i							
20	0.4*							
30	1.0	1.3	1.2	2.1	1.9			
40	2.3	3.7	3.3	10.0*		2.3	10.0*	
50	4.9	10.0*			10.0*			10.0*
60	10.0*		10.0*			10.0*		
80	31.3*							
n	6		5		4		3	
γ	1.7	2.0	2.2	3.5	3.2	2.9	12.5	10.0

n :階層数, v_i :目標旅行速度[kmh], s_i :道路間隔[km], γ :式(13)の比例定数
道路間隔 s_i の黒塗り部分は階層なし, *は所与の値を示す。

(1) 道路階層シナリオ

3章で述べたように、道路ネットワークの最下位および最上位の階層は、現状道路からの変更が困難であるとして所与とする。

目標旅行速度については、階層1は2.(1)で定義したように $v_1=20$ [km/h]とした。また最上位階層については $v_n=80$ [km/h]を仮定した。これと図-3により、道路階層シナリオは、8つに限定される。

道路間隔については、階層1は2.(1)の通り $s_1=0.4$ [km]、最上位階層については $s_n=31.3$ [km]とした。 s_n の値は、わが国の高速自動車国道総延長⁹⁾が可住地面積内¹⁰⁾に一樣に分布している場合を仮定し、(総延長×2)÷可住面積で求めた。さらに今回は、高速道路のインター間隔も変更が困難であることを考慮して、階層 n への出入を行う間隔である階層 $(n-1)$ の道路間隔 s_{n-1} も10[km]で所与とした。これらの仮定のもと、階層1から階層 $(n-1)$ までの間において、3.(1b)で述べたような道路間隔比 r_{si} と目標旅行速度比 r_{vi} の比例関係を保つため、式(13)より比例定数 γ を算出して各階層の道路間隔 s_i を決定した。

以上によって、表-1に示す8つの道路階層シナリオが構築された。

(2) 拠点トリップ需要・目標拠点間旅行時間

拠点間トリップ需要および目標拠点間旅行時間は、本来拠点配置と相互に関係のあるものであるが、今回は仮

想ネットワークを考慮しているため、それぞれ独立に設定した。

拠点間トリップ需要については、わが国における全国的なトリップ長分布の傾向¹⁾を参考に図-6のように設定した。ただし、今回は対象トリップ長を100[km]までとした。総トリップ需要を100とし、図-6の各距離帯で構成比が一定であるものとして、トリップ長0.1[km]ごとに $(100 \times \text{トリップ長帯別構成比}[\%] \times 0.1 \div \text{トリップ長帯区間長})$ により需要を設定した。

目標拠点間旅行時間については、RIN²⁾を参考に市町村(レベルⅢ)、日常生活圏(Ⅳ)の2種類の拠点がそれぞれ相互に連絡する目標旅行時間を表-2のように定めた。ただし、拠点間距離 X_{target} については、わが国の拠点分布を参考に任意に設定したもので、道路ネットワーク上に複数ある拠点間それぞれの拠点間距離がここに示される範囲で一様に分布していることを仮定した。

(3) 拠点間距離と旅行時間

(1)で設定したA~Hの道路階層シナリオそれぞれについて、拠点間距離 X_{target} のトリップ旅行時間 T を、4章の近似計算により求めた。ただし、階層間の乗換え抵抗パラメータは $t_R = 8.3 \times 10^{-4}[\text{h}]$ とした。これは、階層間の旅行速度差が20[km/h]ある乗換えにつき、乗降合わせて60[sec]要することを意味する。

各階層シナリオにおけるの拠点間距離 X_{target} と旅行時間 T の関係を図-7に示す。これより、シナリオA, C, Fにおいて、全体的に旅行時間 T が短い傾向がわかる。これは、これらのシナリオにおいて、最上位階層($v_n = 80[\text{km/h}]$)に接続する階層($n-1$)の旅行速度が $v_{n-1} = 60[\text{km/h}]$ と高いためである。反対にシナリオD, Gでは、階層($n-1$)の旅行速度が $v_{n-1} = 40[\text{km/h}]$ と急に低くなるため、特に $X_{\text{target}} = 20 \sim 40[\text{km}]$ 付近での旅行時間が、他のシナリオに比べて長くなっている。また、シナリオG, Hでは、 $X_{\text{target}} = 5.0 \sim 10[\text{km}]$ 付近の短い距離帯で、旅行時間が長くなる。これは階層数が3しかなく、さらにその道路間隔がインター間隔10[km]によってかなり大きめに決定されてしまった影響だと考えられる。一方、階層数の多いA, B, Cなどでは、拠点間距離 X_{target} に対する旅行時間 T の傾きの変化がなめらかで、徐々に旅行速度が上昇する傾向が見て取れる。

図-8は、(a)階層数6のシナリオAと(b)階層数3のシナリオHについて、旅行距離に対する階層別走行距離の比率を示したものである。これより、(a)シナリオAでは、拠点間距離 X_{target} の増加に伴って上位階層の走行比率が増え、低速階層の走行比率が減少することがわかる。一方、(b)シナリオHでは、階層が3つしかないため、拠点間距離 $X_{\text{target}} = 10 \sim 40[\text{km}]$ の距離帯では、階層による分担が行えない。また拠点間距離 X_{target} の増加に対して低速階層の走

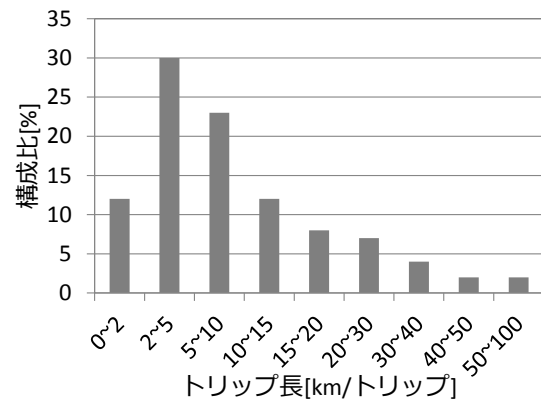


図-6 設定したトリップ長分布

表-2 設定した目標拠点間旅行時間

イメージする連絡	目標旅行時間 $T_{\text{target}}[\text{min}]$	拠点間距離 $X_{\text{target}}[\text{km}]$
Ⅲ-Ⅲ 市町村間	45	25~35
Ⅳ-Ⅲ 日常生活圏から市町村中心まで	30	12~15
Ⅳ-Ⅳ 日常生活圏間	25	5.5~6.0

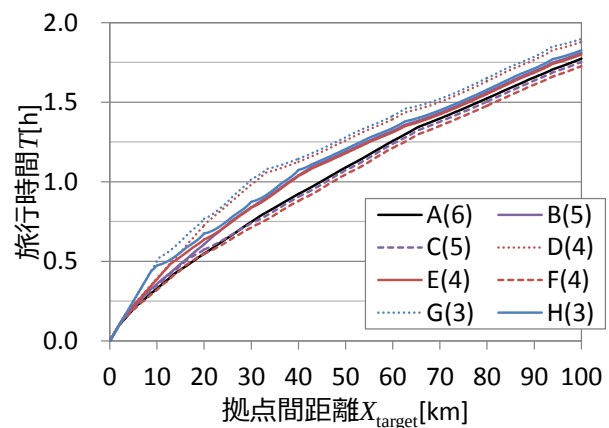


図-7 各道路階層シナリオでの拠点間距離と旅行時間の関係

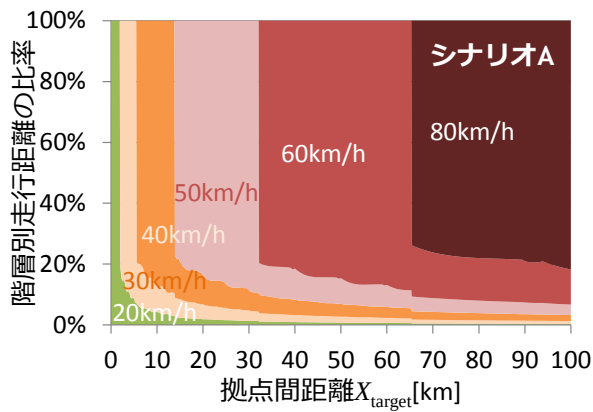
行比率が減少する傾向が、シナリオAに比べて小さく、アクセス/イグレスに時間がかかることを示唆している。

(4) 道路階層シナリオの評価

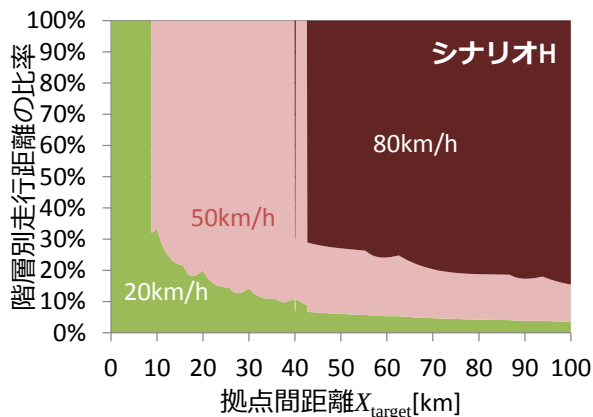
a) 目標旅行時間達成度の比較

道路階層シナリオA~Hにおける目標旅行時間達成度を図-9(a)に示す。これより、全シナリオにおいて日常生活圏間(Ⅳ-Ⅳ)の目標は達成できることがわかる。これは、目標旅行時間が5.5~6.0[km]に対して25[min]である結果、目標拠点間平均旅行速度が約13~14[km/h]にとどまり、ネットワーク中で最も低速の階層1の目標旅行速度20[km/h]をはじめから下回っているため自明であった。

一方、日常生活圏から市町村への連絡(Ⅳ-Ⅲ)についてはG, H, D, E, Fの順で達成度が低く、また市町村間(Ⅲ-Ⅲ)については全てのシナリオで達成度が1を下回る結果と



(a) シナリオA(6階層)



(b) シナリオH(3階層)

図-8 階層別走行距離の比率の変化

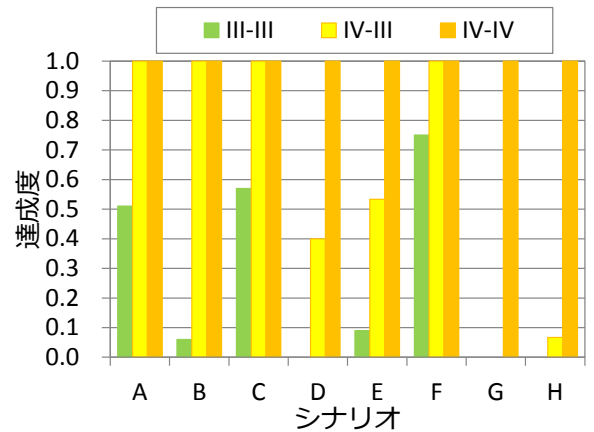
なった。IV-IIIの目標拠点間平均旅行速度は約24~30[km/h]、III-IIIについては約33~47[km/h]となっている。特にIII-IIIの目標を達成するには、目標拠点間平均旅行速度を上回る速度帯の階層が存在することに加え、低速階層からのアクセス/イグレスがスムーズであることが求められ、ハードルが高かったものと思われる。

全シナリオのうち、以上の三種類の拠点間に対して、最も達成度が高かったのは、シナリオFであった。

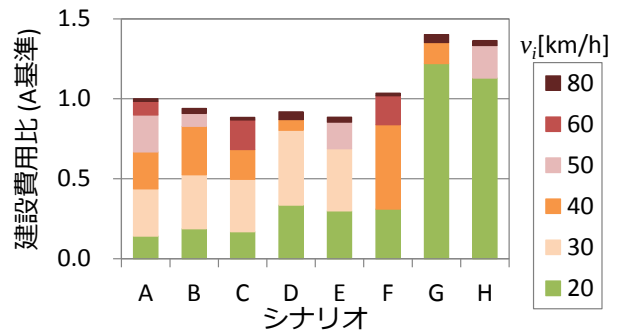
b) コストの比較

これらのシナリオにおける建設費用の比較を図-9(b)に示す。これより、階層が3つしかないシナリオG、Hでは、他のシナリオに比べて建設費用が明らかに高い。しかもその大部分が、低速階層である階層1によるものがある。この原因として、シナリオG、Hでは、階層2の道路間隔 s_2 が大きく階層1を走らなければならない距離帯が長く続くこと、長距離拠点間であってもアクセス/イグレスのために階層1を走行する比率が小さくならないことによって、階層1の需要が大きいことが挙げられる。階層数が少なすぎるとa)目標旅行時間の達成度の観点だけでなく、建設費用の観点からも効率が悪い結果となった。

また、階層数が最も多いシナリオAの建設費用も比較的高い。これは、階層数が多いほど道路間隔が密となる



(a) 目標旅行時間達成度



(b) 建設コスト(シナリオAを1.0とした比)

図-9 道路階層評価指標の比較

ためである。

建設費用が最小となるのはシナリオEであった。a)目標旅行時間達成度が最も高いシナリオFは、シナリオEと比べるとやや高コストとなる。しかしながら、最も低コストのシナリオEでは市町村間連絡(III-III)の達成度がかなり低いことに留意すべきである。これらのバランスを考慮して、最終的にどちらの道路階層を設定するか意思決定を行うことが必要といえる。

6. おわりに

本稿では、階層型道路ネットワーク計画において、階層数、階層別目標旅行速度および道路間隔を設定する方法について、制約条件の整理や旅行時間の算出、評価指標の検討を行った。また、格子状ネットワークを対象にトリップ需要・目標旅行時間を所与として与えた場合のケーススタディを行った。この結果、階層数が多いほど道路間隔が密となり、機能分担がきめ細やかに行われるが建設費用も高くなってしまうこと、階層数が少なすぎる場合には、拠点間連絡性能だけでなく建設費用の観点からも効率性が悪いことが示唆された。

今回、道路階層の組み合わせを限定するために用いた道路間隔と目標旅行速度の関係や、階層間の速度差に関する制約条件については、妥当性の検証が課題である。

また、山地部や都市部に特有の制約条件についても整理を進める必要がある。本稿では、最も基本的な格子状ネットワークを用い、拠点間連絡も水平・鉛直方向のみに限定した条件のもとでケーススタディを行っている。今後は、拠点配置と階層の位置関係による影響や、他のネットワーク形における旅行時間の計算方法について整理することで、より現実に近い拠点配置・ネットワーク形における道路階層の提示を行いたい。

参考文献

- 1) 中村英樹，大口敬，森田綽之，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.
- 2) 高橋健一，松本幹一，山川英一，阿部義典：性能照査型道路設計における交差・出入制限と階層区分道路の実現に向けた課題，土木計画学研究・講演集，Vol. 43，CD-ROM，2011.
- 3) 下川澄雄，森田綽之，有賀尚也：山地部道路の走りやすさを実現する旅行速度とその要因に関する分析，交通工学研究発表会論文集，Vol. 33，No. 9，CD-ROM，2013.
- 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・講演集，Vol. 45，CD-ROM，2012.
- 5) Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV)：Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN，2008.
- 6) 若林糾，泉典宏，野見山尚志，葛西誠，小田崇徳：一般道路のサービス水準評価に関する現状と課題，道路計画学研究・講演集，Vol. 47，CD-ROM，2013.
- 7) Tanner, J. C.: A Theoretical Model for the Design of a Motorway System, Transportation Research, Vol. 2 pp. 123-141, 1968.
- 8) 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 (土木計画学)，Vol. 67，No. 3，pp. 230-243，2011.
- 9) 国土交通省道路IR：道路統計年報2013 道路の現況，2014.
- 10) 国土交通省土地総合情報ライブラリー：土地所有・利用の概況（平成21年度集計結果），http://tochi.mlit.go.jp/syoyuu/H21/H21_index.htm(2014/04/23閲覧).
- 11) (一社)交通工学研究会：交通工学ハンドブック2014，丸善出版(株)，DVD-ROM，pp. 9-2-12，2014.

(?)

Discussion on Setting Road Spacing and Target Travel Speed for the Hierarchical Road Network Planning

Azusa GOTO and Hideki NAKAMURA