

# 階層的道路ネットワーク計画設計のモデル化\*

## Hierarchical Road Network - Modeling for Planning and Design\*

桑原雅夫<sup>1)</sup>、森田緯之<sup>2)</sup>、尾崎晴男<sup>3)</sup>、中村英樹<sup>4)</sup>、大口敬<sup>5)</sup>、浜岡秀勝<sup>6)</sup>、田中伸治<sup>7)</sup>

Masao Kuwahara<sup>1)</sup>, Hirohisa Morita<sup>2)</sup>, Haruo Ozaki<sup>3)</sup>,  
Hideki Nakamura<sup>4)</sup>, Takashi Oguchi<sup>5)</sup>, Hidekatsu Hamaoka<sup>6)</sup>, Shinji Tanaka<sup>7)</sup>

### 1. はじめに

道路は、トラフィック、アクセス、滞留などの機能を持つが、それぞれの機能の大小によっていくつかの階層に分けることができる。我々は、別途の研究発表<sup>2, 6)</sup>で論じているように、もっともトラフィック機能を重視し長トリップを受け持つ高規格幹線道路、反対にアクセス機能を重視し、短トリップを受け持つ地先小径にいたるまで、表1のように街路の階層区分と接続関係を提案している。従来の自動車専用道路であるかどうかと地方部/都市部の別による道路構造令による種級区分に比べると、本提案は道路機能と連結スケール（トリップ長）に着目して、より道路階層とその役割を明確に対応付けたものになっている。

道路を計画設計する際には、これらの道路階層ごとにどのようなネットワーク配置とすべきかについて、あるべき姿を論じる必要がある。これまでにも、ネットワーク設計論としては内外でいくつかの研究が見ら

れる。街路網の配置間隔を最初に本格的に研究したのは、FawazとNewell<sup>12)</sup>と思われるが、旅行費用と建設費のトレードオフ問題を数理的に解析している。我が国でも、腰塚、鈴木、藤田ら<sup>9, 10, 11)</sup>が格子状、放射環状ネットワークにおけるトリップ長や最適化に関する研究を発表している。また、近年では、街路網を数理計画問題として最適化しようとする試み<sup>7, 8)</sup>も見られる。

しかしながら、これら既往研究では、(1)時間的にダイナミックな解析がされていない、(2)道路の接続関係について、接続によるLOSの低下、通過交通の排除などの考慮が成されていない、(3)同じOD特性を持つ需要が対象空間的に一様分布していると仮定している、等の課題がある。

本稿では、これらの既往研究の問題点を考慮しながら、表1の街路網（主要幹線道路、街路、細街路）のネットワーク設計について考察する。

### 2. 評価項目

設定した交通需要を街路ネットワークにロードすると、交通状態が生まれる。街路ネットワークの計画・設計に当たっては、このようにして作られる交通状態を表現する評価項目を、まず洗い出す必要がある。

<街路網を密にすると向上する指標>

- ・ アクセシビリティ

ある2地点が接続されているかどうか、接続さ

\*キーワード：道路構造，道路設計，交通運用，

階層ネットワーク，動的交通解析

1)正会員 Ph.D. 東京大学国際産学共同研究センター 教授

(東京都目黒区駒場4-6-1, TEL:03-5452-6418,

E-mail: [kuwahara@iis.u-tokyo.ac.jp](mailto:kuwahara@iis.u-tokyo.ac.jp))

2)フェロー 工博 日本大学 総合科学研究所 教授

3)正会員 工博 東洋大学 工学部 教授

4)正会員 工博 名古屋大学 大学院工学系研究科 助教授

5)正会員 工博 首都大学東京 大学院都市環境科学研究科 教授

6)正会員 工博 秋田大学 工学資源学部 助教授

7)正会員 工博 東京大学 生産技術研究所 講師

表1 道路の階層区分と接続方式

	街路		
	C-IV [主要幹線街路]	D-IV [街路]	D/E-V [細街路・地先小径]
C-IV [主要幹線街路]	信号交差 [RA/無信号平面交差]	信号交差 [RA/無信号平面交差]	NA
D-IV [街路]		信号交差 [RA/無信号平面交差]	無信号平面交差 (一部信号交差)
D/E-V [細街路・地先小径]			無信号平面交差

れていたとしても大幅な迂回を強いられていないか。

- ・ ネットワークリダンダンシー  
あるリンクが損壊した場合でも、適当な迂回経路は確保できているか。
- ・ トリップ距離、トリップ時間  
移動に伴う旅行距離と旅行時間が、街路網によってどのように変化するか。
- ・ リンク交通量  
街路網によって、各リンクが受け持つ交通量は時間とともにどのように変化するか。道路の容量と需要は適切にバランスしているか。
- ・ 外部費用  
街路網によって、環境指標（排ガス排出量、道路騒音など）、安全性（事故率など）がどのように変化するか。

<街路網を密にすると負荷が大きくなる指標>

- ・ 建設・維持管理費  
街路網を建設・維持管理する費用はどの程度か。
- ・ 道路面積  
街路網によって、必要とする階層ごとの道路面積は、どのように変化するか。
- ・ 接続頻度とLOS  
道路間の接続頻度によって、上位階層の道路の走行速度が、どれだけ低下するか。通過交通は排除できるかなど。

上記の指標は、街路を密にするとプラスに働くものとマイナスに働くものに一応大別してはいるが、街路の設計の仕方により逆に働く指標もあることをお断りしておく。

また、これらの評価項目は、所与の需要をネットワークにロードすることを前提としており、ネットワーク整備による需要の弾力性については、別途考慮する必要がある。

街路ネットワークの評価に際しては、その地域の特性（歴史・文化を考慮した都市計画など）を考慮して、これらの指標を総合評価する必要がある。すなわち、地域によって、これら指標の適切なレベルは異なるわけで、現存する街路網が適切なレベルにあるかどうか、将来の街路網計画が適切な指標レベルを満たすかどうかなどの評価は、地域に依存するところが大きい。

### 3. 街路ネットワーク設計モデルの仮定

#### 3. 1. 街路ネットワークと設計変数

これから街路ネットワーク設計のモデル化を行う。先述の通り、本稿では図1にある3種類の街路を対象とする：Level 3（主要幹線）、Level 2（街路）、Level 1（細街路）。ここでは簡略化のため、ネットワーク形状は正方格子型とし、各レベルの街路間隔を $s_3, s_2, s_1$ とおく。また、街路のLOS代表値として各レベルの自由走行速度を、 $v_3, v_2, v_1$ とする。これら6つの変数が、設計変数である。

表1の接続関係にあるように、Level 3には、Level 2しか接続しておらず、利用者は起点からLevel 1→Level 2→Level 3の順を追って上位階層に連絡し、Level 3を利用して終点付近まで行き、そこからLevel 3→Level 2→Level 1の順を追って終点に到着する。ここには明確に各階層が受け持つトリップが定義されており、Level 3で囲まれる領域をDistrictと呼べば、District内のトリップはLevel 1とLevel 2のみを使って移動し、Level 3はDistrict間の移動を受け持つことになる。従ってLevel 2は、District内の移動を迅速にする効果の他、District間の移動に対してもLevel 3との接続間隔を規定する効果を合わせ持つ。

なお、街路網の設計に当たっては、設計段階から渋滞を作ってしまう設計は行わないという前提から、交通渋滞は起こらないものとする。

### 3. 2. トリップ経路

利用者はなるべく旅行時間の小さな経路を選択するものと仮定する。しかしながら、現実を考慮しつつ解析を容易にするために、追加の仮定として、利用者は上位階層の道路になるべく早くアクセスするものとする。すなわち、Level 1で発生したトリップは、一番近いLevel 2にまずアクセスし、Level 2からは、最短のLevel 3にアクセスする。(これら2つの仮定は厳密には相反する場合もあるが、多くの場合は最短経路は、2番目の仮定の経路上に存在することが多い。)

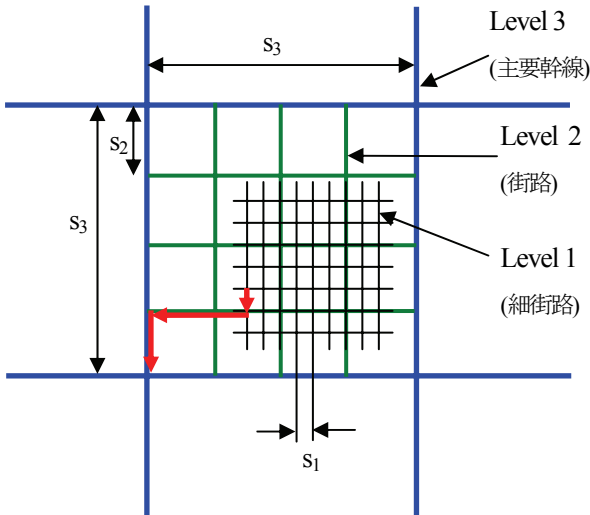


図1 街路ネットワーク

### 3. 3. 連続細街路 (Level 1)

最下位の階層については、アクセシビリティを重視して考察する。図2の $s_1'$ については、建物2軒分の間隔以上にしてしまうと、間に挟まれた建物からは全く街路にアクセスできないため、建物2軒分の間隔とする。一方、 $s_1$ については、破線で囲まれた領域内から領域の外への移動に関しては、全く影響を与えない代わりに、同じ領域内の移動に対しては、 $s_1$ を大きくすると大きな迂回を強いることになる。

どれだけの迂回がアクセシビリティとして妥当かについては様々な考え方があがるが、いずれにしろアク

セシビリティを考慮して $s_1$ を決定することができる。我が国の様々な都市のLevel 1街路を見てみると、 $s_1$ は概ね100m前後である。

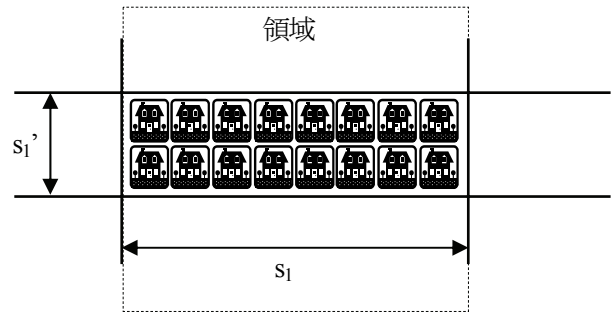


図2 Level 1 ネットワーク

Level 1街路は長方形格子を形成すると考えられるが、先に仮定した正方格子に対応付けるため、新たに $s_1$ を次のように定義し直す：

$$1/s_1 = (1/s_1 + 1/s_1')/2$$

Level 1街路の間隔は、上位間隔に比べて十分に短いものとし、本解析では明示的に $s_1$ を考慮せず、連続的にLevel 1の格子ネットワークが整備されているものとする。

## 4. 解析方法に関する考察

紙面の関係で詳細は省略するが、前章までの仮定に基づけば、先述の各評価指標は比較的容易に求めることができる。

### 4. 1. トリップ距離、トリップ時間

図3は、Level 1からLevel 2へのアクセスを描いたものであるが、平均アクセス距離は $s_2/6$ になる。同様に、Level 2からLevel 3へのアクセス距離も街路間隔 $s_1$ の関数として評価することができる。

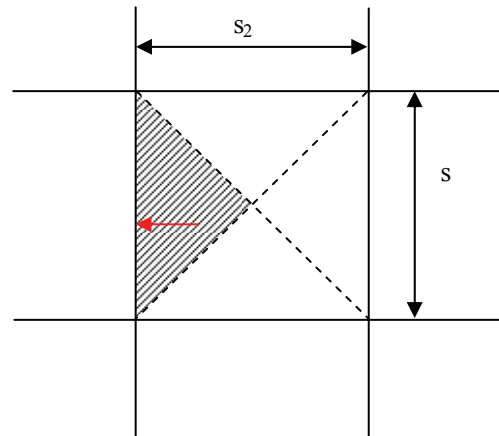


図3 Level 2 ネットワーク

アクセス距離が評価できれば、街路の自由走行速度  $v_i$  より、平均トリップ時間も求められる。

#### 4. 2. リンク交通量

経路の取り方に前述のようなルールを導入しているので、交通需要が与えられれば、それをネットワークにロードしてリンク交通量を求めることができる。問題は、需要をどのように与えるかであるが、ある範囲で一律の OD 需要を仮定することによって、ある程度まで解析的にリンク交通量を評価することができる。(一律な OD 需要という意味は、どこからどこに行くにも同じ OD 需要という意味ではなく、ある地点から発生する需要の目的地の分布が、一定範囲の発生点では同じという意味。)

#### 4. 3. 外部費用

平均トリップ時間、リンク交通量などから、排ガス量、道路騒音などの環境指標は、概略評価することが可能である。一方、安全性指標については、要検討課題である。

#### 4. 4. 建設・維持管理費、道路面積

階層別の街路間隔  $s_i$  と、単位延長当たりの建設・維持管理費用、さらに道路幅員より、これらの指標は評価することができる。

#### 4. 5. 接続による LOS の低下

Level 2 の間隔が密になると、Level 3 へのアクセス間隔が短くなるために、Level 3 の走行速度が低下してしまう可能性がある。これについては、別途研究であり、その結果を組み込むことで、この影響を定量評価することができるものと考えている。

#### 5. 今後の研究方針

本稿では、階層的な街路のネットワーク設計について、研究の必要性、分析の前提・仮定、および解析方法に関する方法論について考察を行ってきた。今後は、4章での解析方法に基づいて、評価指標を具体的に定

量評価していくことになる。その際のもっとも大きな課題は、交通需要をどのように設定すべきかである。

従来の研究では、対象範囲のすべてについて一律の交通需要を仮定しているものが多く、理論的には解析が容易ではあるが、実世界との乖離が大きい。本研究では、対象範囲をいくつかに分け、例えば、Level 2 あるいは Level 3 の街路で囲まれるエリアについては一律の需要を設定しても、エリアが異なれば異なる需要を設定できるようにして、対象地域内の時間的・空間的な需要の分布を考慮する工夫を考えている。

なお、交通需要について、本研究では道路の交通需要を所与として、それを適切に裁くことができる街路ネットワークについて研究を行っている。当然ながら、そもそも道路の需要自体を、これからの都市政策の中でどのように設定していくべきなのかという根本的な課題については、本研究とは別途の検討が必要である。

#### 参考文献

- 1) 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, No.31, CD-ROM, 2005.
- 3) 日本道路協会: 道路の交通容量, 1984.
- 4) Transportation Research Board: Highway 5) Capacity Manual 2000, 2000.
- 5) Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen (FGSV): Richtlinien für die Anlage von Straßen, Teil: Leitfaden für die funktionale Gliederung des Straßennetzes RAS-N, 1988
- 6) 大口 敬・中村英樹・森田綽之・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No.31, CD-ROM, 2005.6
- 7) Jen-Jia Lin and Yu-Sheng Shen : Designing Local Street Spacing by Grey Programming, Environment and Planning B: Planning and Design 2006, Vol.33, page 601-617, 2006.
- 8) David Levinson and Bhanu Yerra: Self-Organization of Surface Transportation Networks, Transp. Sci. 2006
- 9) 宮川雅至: 省エネルギー都市の道路網構成, ARSC 第20回研究発表会, 2006.12
- 10) 鈴木勉, 腰塚武志: 格子状高速交通網を持つ敏平面における距離・時間分布, 日本OR学会秋季研究発表会, 2003.9
- 11) 藤田学洋, 鈴木勉: 放射環状高速交通網を持つ都市平面における平均距離と交通網の最適パターン, 日本OR学会秋季研究発表会, 2003.9
- 12) Fawaz M.Y. and Newell G.F. : Optimal Spacings for a Rectangular Grid Transportation Network I, II, Transp. Res. Vol.10, 1976