

拠点配置特性に応じた 機能的階層型道路網構成に関する研究

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 持続的共発展教育研究センター
(〒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

今後わが国では、人間活動の中心となる拠点間を効率的に連絡するため、道路網を機能的階層型に再編してゆくことが重要である。そこで本研究では、地域の都市拠点配置特性を考慮した上で、道路網が有すべき道路網の階層数および階層別道路間隔・旅行速度の組み合わせからなる階層構成を提案することを目的とする。本稿では、まず日本において特徴的な拠点配置特性を持つ三地域を対象に、拠点間距離および拠点から高速道路までのアクセス距離の分布特性について分析した。さらに、この分析結果を踏まえて、拠点間距離や高速道路までのアクセス距離が与えられた場合の、階層型道路網構成を検討した。これにより、集散道路と高速道路の間に中間階層を追加することで、高速道路までのアクセス時間が短縮できる効果が示された。

Key Words: hierarchical road network, network planning, urban center, target performance

1. はじめに

今後、人口減少や資源・財政制約がますます厳しくなるわが国において、効率的かつ持続的に人間活動を維持してゆくためには、国土のグランドデザイン¹⁾で示されるような「コンパクト+ネットワーク」な国土構造を形成することが重要である。この概念は、生活機能や都市機能を持つ施設をある領域内に集約した拠点を形成し、拠点内部の交通利便性を高めること(=コンパクト)、そして拠点同士を効率的かつできるだけ高速で移動可能とすること(=ネットワーク)と読み取ることができる。

本研究は、道路交通の観点からこれを実現するために、道路網を中長期的な改良・更新によって機能的階層型に再編し、拠点間連絡性能を高めてゆくことを目指した取り組み²⁾などのひとつに位置づけられる。中でも道路の計画段階を対象に、拠点間連絡性能目標(旅行時間を想定)に対して、これを実現するための階層型道路の網構成を提案することを最終目標としている。ここでいう階層型道路網構成とは、道路網の階層数および階層別道路間隔・旅行速度の組み合わせであり、個別道路の計画・設計・運用を行う際の性能目標となるものである。

しかし、たとえ同等の機能を持つ拠点であっても、地域により拠点間距離や迂回距離、隣接拠点の位置関係などの配置特性が異なるため、これらを考慮した上で、階層型道路の網構成を決定する必要があるといえる。

そこで本稿では、わが国における拠点配置特性について実態分析を行うと共に、拠点間距離や高速道路までのアクセス距離の違いに応じた階層型道路の網構成の検討を行う。

2. わが国の階層型道路網構成を考える上での論点

(1) 拠点を連絡するための道路網という考え方

著者ら³⁾は、階層型道路網構成設定の拠り所とすべく、日本における拠点の定義と目標旅行時間の試案を提示している。ここでは、表-1に示す通り、拠点は各種機能を持つ拠点施設と、それらが集約された拠点領域として階層的に定義される。さらに、この拠点階層に応じて、表-2のように「個別施設から拠点まで」および「同一階層の直近拠点間」の目標旅行時間が設定される。

この枠組みはドイツの交通網計画指針RIN⁴⁾に倣ったものであり、RINにおいても同様の流れで道路網の目標旅行時間が示されたのち、各階層の拠点を連絡する道路

階層と目標旅行速度が提示されている。しかし、RINに記載の道路階層別目標旅行速度は、ドイツの標準的な拠点配置や地形、沿道状況によるものである。

比較的平坦な地形に拠点が様に分布しているドイツとは異なり、日本の国土は南北に縦長かつ山河の多い地勢条件から、都市圏に拠点が密集する一方、山間部では点在しているなど、その配置特性が地域によって様々である。このような日本の拠点配置特性を反映した道路網構成の提示が望まれる。

(2) 道路交通の問題点

現在わが国の道路は、下川ら⁹⁾が示すように、特に一般道については旅行速度の観点からはほとんど差別化されておらず、高速道路とそれ以外の低速の一般道に二極化した現状にある。この二極化は都市間連絡サービスの実態にも現れており、橋本ら⁹⁾は、都市間の平均旅行速度の地域間比較を通じて、高速道路が未整備であったりアクセスが悪かったりする都市間で旅行速度が低下すること、一般道のみを走行するルートでは殆どの都市間で旅行速度が40km/h以下にとどまることを示している。

(3) 階層型道路網に求められること

以上を踏まえ、わが国の道路を改良するに当たり確認すべき事項は、以下の三点に大別される。図-1はその概念を表す。

A) 拠点間距離と目標旅行時間に対して、移動のラインホールとなる道路の旅行速度を確保すること：特に、三大都市圏、高次都市拠点を連絡する場合は高速道路、高規格道路の利用が基本となる。下位の道路を階層的に構成しても、ラインホールとなる道路の旅行速度が充分でなければ目標は達成できない。このような問題を持つ箇所では、高規格道路整備や拠点再配置が必要となる。

B) ラインホールとなる高速道路・高規格道路へのアクセスを確保すること：拠点からラインホールとなる道路までのアクセス距離が長い場合には、道路を階層化し、徐々に速度を高めながら接続できるような網構成とすることが効果的であると考えられる。これはICアクセス時間などの評価に直結する事項で、現在わが国で重視されつつある高速道路の有効活用にも繋がる。

C) それぞれの拠点領域内部の効率的な移動を実現すること：地域特性、拠点階層、拠点領域の大きさ、トリップ特性などを考慮して、拠点領域内の道路機能が分担される網構成とする必要がある。都市内高速の必要性などの議論とも関係する。

道路網を階層型に再編するに当たっては、これらを実現すべく道路の目標旅行速度やアクセス距離(道路間隔)などの網構成を決定しなければならない。

表-1 拠点階層の定義(著者らによる先行研究⁶⁾を一部修正)

拠点階層		拠点施設 Facility		拠点領域 Area	
		略称	具体例* (機能と対応)	略称	範囲の めやす
大都市圏 拠点	三大都市圏	MEF	のぞみ停車駅, 国際空港など	MEA	第二環 状道路 内部
	ブロック 中心都市				都市域
高次都市 拠点	完結型	UUF	ひかり停車駅, 県庁/ 政令指定市役所, 地方 空港, 第三次医療施設, 国立大学, 百貨店など	UUA	市街化 地域
	相互補完 型				
生活拠点		LUF	駅, 市役所, 一般病院, 大型ショッピングセ ンター, 高等学校など	LUA	中心 市街地 (DID)
小さな拠点		SMF	小中学校, 旧役場庁舎, スーパーマーケット, JA, パスターミナル, 診療所など	SMA	学区
集落・住区		CMF	集会所, 自治会	CMA	住区・集落

*上位拠点は下位拠点が有する施設(機能)を包含する事が前提。

表-2 目標旅行時間

拠点階層	目標旅行時間	
	個別施設から 拠点*まで	同一階層の直近 拠点*まで
大都市圏 MEC	≤3.0h	≤3.0h
高次都市 拠点 UUC	完結型	≤1.0h
	相互補完型	≤1.0h
生活拠点 LUC	≤30min	≤45min
小さな拠点 SMC	≤15min	≤20min
集落・住区 CMC	徒歩圏内	徒歩圏内

*拠点領域内の代表点(Center,代表点)を用いて評価する。

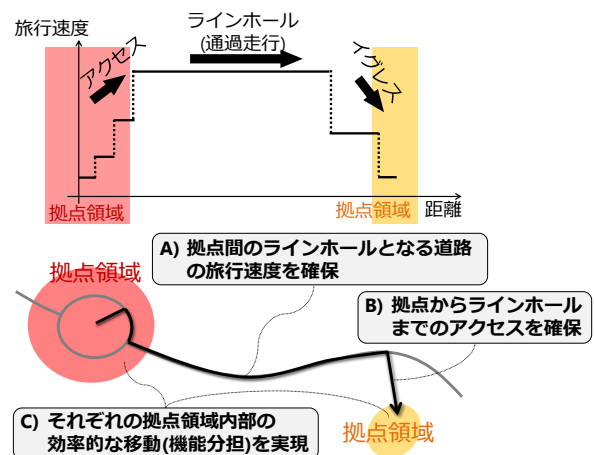


図-1 道路改良に際して確認すべき事項のイメージ

(4) 目標旅行速度を設定する上で留意すべき制約条件

ここまで、道路網が実現すべき性能の観点から網構成を検討することについて述べてきたが、一方で、そこで設定される目標旅行速度が、運用段階においてある程度

需要が負荷された場合でも、道路構造や交通運用により実現可能な値とすることにも留意しなければならない。これは具体的には、トラフィック機能とアクセス機能のトレードオフ関係を考慮し、目標旅行速度の達成に対して無理のない平面交差間隔としておくことに他ならない。例えば、橋本ら⁷⁾、内海ら⁸⁾は、信号交差点密度や沿道アクセスなどの影響によって、旅行速度が変化することを実証している。幹線道路に交差点を密に配置することにより速度が低下すると、通過交通が生活道路に流入しやすくなるなどの影響も示唆されていることから、この関係は、階層網構成を検討する上で無視できない。

3. 拠点配置特性の実態分析

ここでは、地理情報システム(GIS)を用いて、実際にわが国の地図上に拠点を設定し、その配置特性を調べる。配置特性として、今回は特に拠点間距離および高速道路までのアクセス距離の測定を行う。

分析データには、一般公開されている国土数値情報(市町村役場及び公的集会施設、公共施設、都市地域、鉄道駅、高速道路の位置および属性データ)¹⁰⁾を用いた。分析ソフトウェアはArcGIS for Desktops 10.2である。

今回は、(a)青森・岩手・秋田県からなる北東北地域、(b)神奈川・静岡・愛知県からなる太平洋地域、(c)滋賀・京都・大阪・奈良・兵庫県からなる関西地域の三つを例として分析する。(a)北東北地域は拠点が粗かつ二次的にまばらに分布する地域、(b)太平洋地域は拠点が密かつ一次元的に分布する地域、(c)関西地域は拠点が密かつ大阪を中心として放射状に分布する地域の代表として選定したものである。

(1) 拠点の抽出

拠点は、従来の行政区分等による分類ではなく、表-1に示す拠点施設を有しているかといった機能を重視して抽出する。また、特に小さな拠点や生活拠点などについては、将来深刻となる人口減少などに対する持続可能性を考慮し、必要最低限の機能を持つ施設が集約可能かどうかを考慮する。本稿では、以下に述べる判定基準によって、各階層の拠点中心を設定した。

- ・ **高次都市拠点中心UUC:** 府県庁、および府県庁所在地と重複しない政令市市役所。
- ・ **生活拠点中心LUC:** 市町村本庁のうち、半径4km以内に一般病院および駅があり、かつ高等学校または警察署のどちらかがある箇所。
- ・ **小さな拠点中心SMC:** 行政サービスを提供する施設(LUCから除外された市町村本庁と行政支所・出張所)のうち、診療所を含む医療施設、郵便局、派出所・交

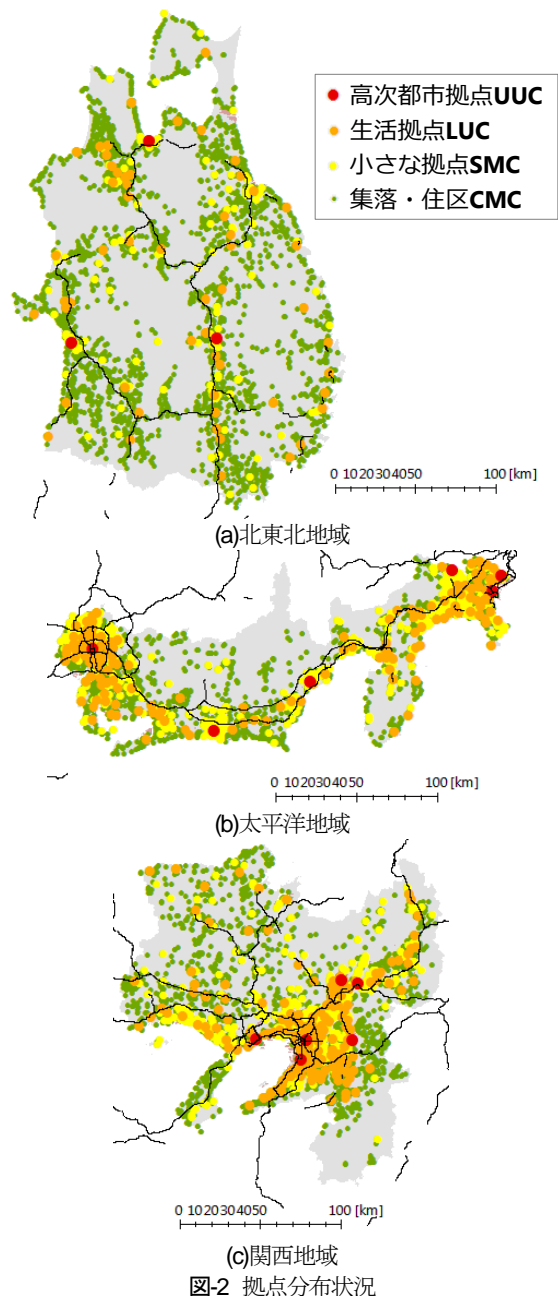


図-2 拠点分布状況

番を含む警察施設、中学校が全て半径3km以内に存在し、かつそのうち三つ以上は半径2km以内にある箇所(徒歩圏に機能を集約が基本のため)。

- ・ **集落・住区中心CMC:** SMCから除外された箇所および公民館、集会施設。

この基準によって、三地域の拠点を抽出した結果を図-2に示す。なお、今回は大都市圏どうしのような対象地域外にわたる連絡は考慮せず、大都市圏中心MECに分類されるべき名古屋・大阪についても高次都市拠点UUCとして扱う。

拠点の定義を提案した著者らの先行研究³⁾では、MEA、UUAといった上位の拠点領域の中に、下位の拠点が内包される場合があり、このような場合の拠点間距離は内包されない拠点の場合と比べ小さくなることに言及して

いる。本稿でもこの影響を考慮して、配置特性を調べる。今回は簡易的に拠点領域を特定するため、都市地域データにより定義される「市街化地域」を用い、抽出した拠点のうちとこれ重なる点をすべて上位の拠点領域に内包される「市街地内の拠点」、それ以外をすべて上位の拠点領域に内包されない「市街地外」拠点とみなす。

(2) 拠点間距離の違い

今回は特に集落・住区中心CMCから上位拠点中心までの距離に着目して比較する。CMCを個別施設の代表点と捉えれば、これは表-2で示される「個別施設から各拠点中心まで」の目標旅行時間に対応する距離となる。各地域の市街地内外別拠点間距離分布を図-3に示す。

拠点が密に分布する図-3(a)市街地内の方が、圧倒的に拠点間距離が短い。距離が違っていても拠点階層が同じであれば目標旅行時間は同じであるため、市街地内の拠点間を結ぶ道路の方が、市街地外の拠点間を結ぶ道路より旅行速度が低くてよいことになる。

逆に、図-3(b)市街地外の、特に北東北では集落CMCがまばらに分散しているため、個別施設から上位の拠点までの距離が長い。このような拠点を目標旅行時間内に連絡するためには、一般より高い速度が求められる。

ただし、ここで示す結果は直線距離であるため、地形条件による迂回の影響を考慮すると、さらに拠点間距離が長くなる区間もあると予想される。これを考慮した上で、各拠点間について2.(3)Aで述べたラインホールが確保すべき旅行速度の検討を行う必要があるといえる。

(3) 高速道路までのアクセス距離

ラインホールへのアクセス確保の観点(2.(3)B)から、各地域における拠点から高速道路までのアクセス距離に関する傾向をみるため、拠点と高速道路との直線距離分布を図-4に示す。

市街地外の拠点でも、中央値はCMCで6km程度、LUCで4km以下となっている。これは、高速道路網が比較的疎な北東北のような地域においても、多く拠点が高速道路沿いに偏って分布しているためである。

しかしながら、分布のばらつきをみると高速道路まで10km以上離れている拠点も存在する。これは主に山間部や半島に位置する拠点である。このような拠点に対しては、高速道路との間に中間速度層を作ることによってアクセス性を高めることが重要であろう。

4. 階層型道路網構成の理論的検討

ここでは著者らの先行研究¹¹⁾による手法を活用して、現状の拠点配置特性を考慮しつつ複数の階層化シナリオ

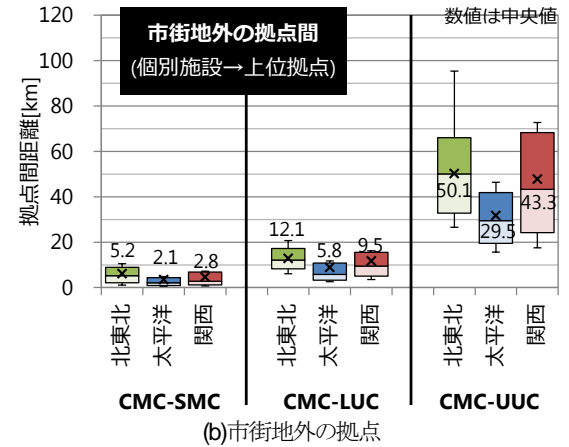
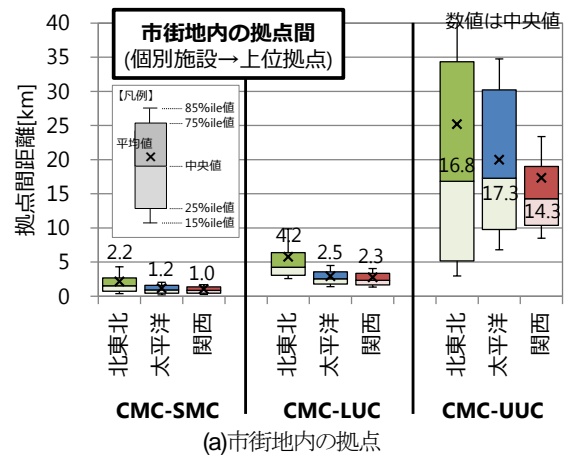


図-3 個別施設から上位拠点までの拠点間距離

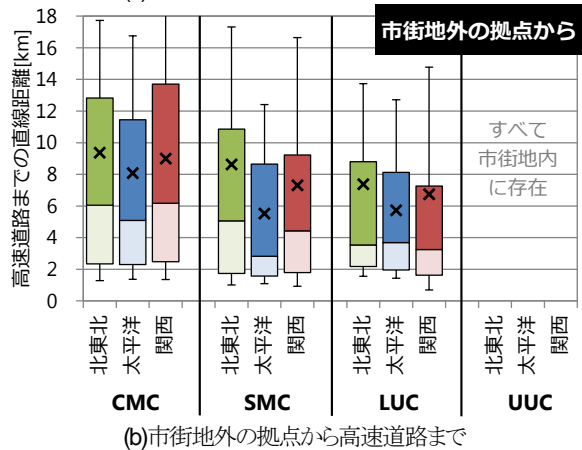
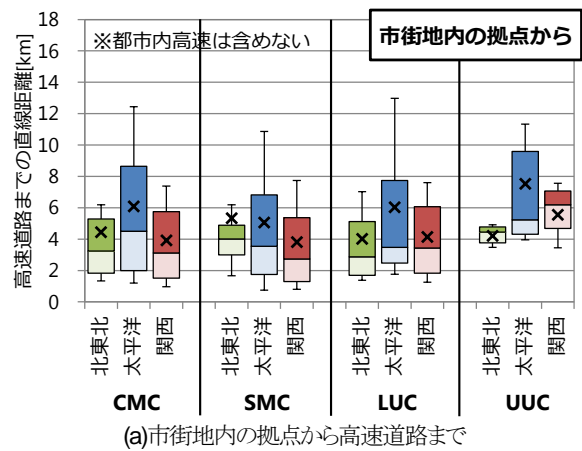


図-4 拠点から高速道路までの距離

を適用した場合の効果の比較し、階層型道路網構成の検討を行う。今回は高規格道路の整備ではなく、一般道の階層化施策に着目した検討を行うこととし、高速道路までのアクセス確保(2.(3)B)および拠点領域内の連絡確保(同, C)の観点からシナリオを評価する。

(1) 検討方針

a) 階層化シナリオの設定

現状道路網を踏まえ、最も低速の道路(集散道路)は旅行速度・道路間隔が所与とし、さらに最も高速の道路(高速道路や高規格道路)も、旅行速度・IC間隔・拠点から高速道路までのアクセス距離が既知であるものとする。

この間に中間階層を追加するシナリオの効果を検証する。中間階層の目標旅行速度は、階層間の速度差が大きくなりすぎないことに注意して選択する。

また、2.(4)に述べたトラフィック機能とアクセス機能のトレードオフを考慮して、目標旅行速度を維持するために確保すべき道路間隔および下位階層からの接続間隔を設定する。いま、階層*i*の旅行速度を v_i 、道路間隔を s_i 、階層*i*が一つ下位の階層(*i-1*)と交差する接続間隔を s_{i-1} とする。階層*i*は、単路部は自由走行速度 v_f で走行でき、同一階層*i*との交差点、および一つ下位の階層(*i-1*)との交差点でそれぞれ遅れ $d_{i,i}$ 、 $d_{i,i-1}$ を被るものとしたとき、理論的には、旅行速度 v_i は式(1)で計算できる。

$$v_i = \frac{1}{\frac{1}{v_{f_i}} + \frac{d_{i,i}}{s_i} + \frac{d_{i,i-1}}{s_{i-1}}} \quad (1)$$

図-5は、式(1)の関係から旅行速度に応じた道路間隔を設定する一例である。ただし、 $d_{i,i}=20[\text{sec}]$ (RABで需要率0.7程度に相当)、 $d_{i,i-1}=3[\text{sec}]$ (従道路一時停止制御の主道路側を想定)とし、 $s_i=2s_{i-1}$ を仮定している。

b) 旅行時間の近似的算出

市街地内の道路についてはネットワークが格子形状に近似できるものとして、先行研究¹¹⁾同様に最短経路と旅行時間を数値計算により求める。これは、格子の中に交通需要が一様に発生していると仮定し、格子までの平均到達距離と時間を計算するものである。

(2) 上位の拠点に内包されない拠点

ここでは、地方部にある上位の拠点領域に内包されない生活拠点LUA、小さな拠点SMA、集落CMAを対象に、階層化の有効性について検証する。最も低速の集散道路は旅行速度20km/h、道路間隔0.4km、高速道路は地方部における実態を参考に旅行速度80km/h、IC間隔11kmを所与とする。高速道路までのアクセス距離についても、3.(3)で調べたように拠点配置特性として既知とする。

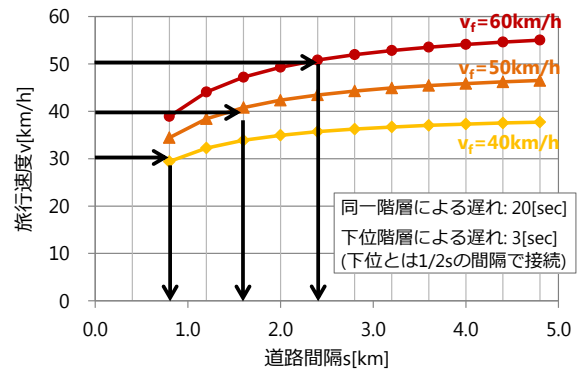


図-5 旅行速度を維持するための道路間隔の設定例

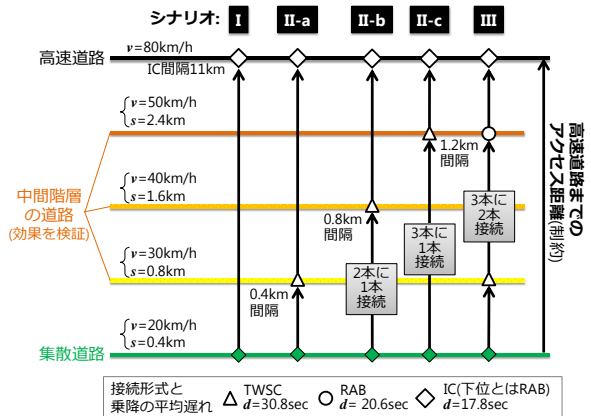


図-6 検討した階層化シナリオ

a) 検討したシナリオ

今回は図-6に示すように、道路の階層化シナリオを構築した。ここで、シナリオIは階層化を行わず集散道路を直接高速道路へ接続するもの、シナリオII-a-II-cはそれぞれ30km/h、40km/h、50km/hの目標旅行速度を持つ中間階層を追加するもの、シナリオIIIは30km/h、50km/hの二つの中間階層を追加するものである。中間階層の目標旅行速度に対して確保すべき道路間隔および下位階層との接続間隔は、図-5に例示した関係から求めた。

なお、異なる階層間の乗換え抵抗として、接続形式別に乗降の平均遅れを旅行時間に加算する。ここでは、山川ら¹²⁾による提案を参考として階層間の接続形式を決定し、IC流入時については一意に15[sec]、平面交差についてはHCM¹³⁾の各推定式より遅れを算出した。遅れ算出の際の想定需要は、道路の交通容量¹⁴⁾に記載の交通量・交通容量比(地方部、計画水準1)と同じ0.75を仮定した。

b) 高速道路へのアクセス時間

図-7(a)は、高速アクセス距離が4kmの場合のアクセス時間と使用する階層を示している。ここでは、中間階層を追加するシナリオII-a~IIIに加えて、階層化は行わずに高速道路のIC間隔11kmを半分の5.5kmに短縮するシナリオI、IC間隔の短縮とシナリオII-aを組み合わせたシナリオII-a'についても検討を行っている。

これより階層化を行うことで、上位道路への接続制限に伴う迂回が生じ旅行距離は伸びるものの、アクセス時間は短縮できることがわかる。特に、中間階層の旅行速度が高いほど短縮効果が大きくなる。ただし、中間階層が50km/hのシナリオII-cに、さらに30km/hの中間階層を追加(シナリオIII)してもあまり変化はみられなかった。これは、乗換抵抗の影響で、二つの中間階層の差別化ができなかったためと考えられる。また、今回の結果では、階層化シナリオ(II-a~III)の効果は、IC間隔を半分にするシナリオ(I')より大きいことも示された。

図-7(b)に、高速アクセス距離を4~12kmに変化させた場合のアクセス時間を示す。これより、階層なしシナリオIでは4km離れた拠点からでも20min以内の高速アクセスを達成できないが、50km/h(シナリオII-c)または30km/h+50km/h(シナリオIII)の中間階層を追加することで、10km離れた拠点までアクセス可能となることがわかった。

c) 拠点領域内部の連絡

図-8は、各シナリオにおける拠点内内交通の距離と旅行時間の関係を表している。各個別施設からSMCまでの目標旅行時間を達成可能な距離をみると、どのシナリオにおいても5km程度まで連絡できる。また、このようなトリップでは、乗り換え抵抗や迂回の影響で、集散道路をそのまま走行する方が最短経路となっている。つまり小さな拠点については、その領域がコンパクトな場合には中間階層は必要ないといえる。言い換えると、拠点領域をコンパクトにすると、高速アクセス交通だけが中間階層を使い、内内交通は集散道路のみを使うという機能分担が実現することを意味している。

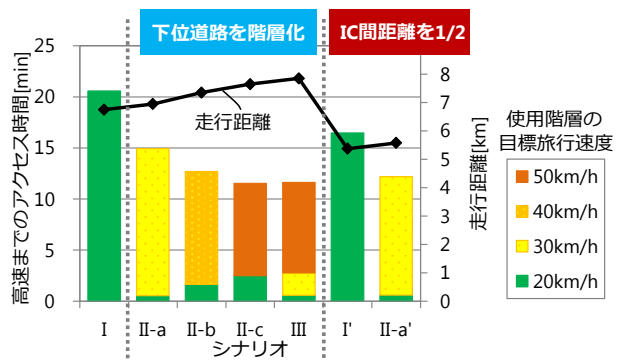
生活拠点中心LUCについては、拠点領域が大きく内内交通の移動距離が長い場合でも階層化によって17km程度まで時間内に連絡できることがわかった。

(3) 上位の拠点に内包される市街地内の拠点

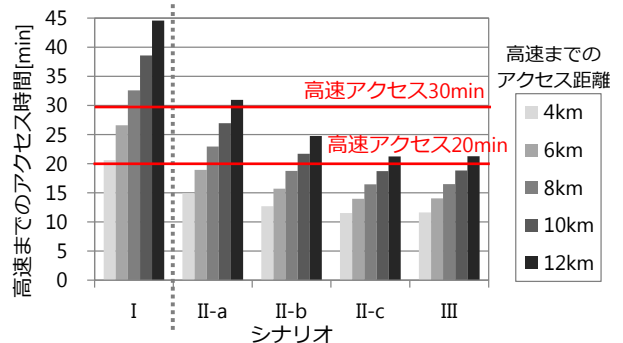
大都市拠点MEA、高次都市拠点UUAについても、(2)と同様に検討を行う必要がある。しかしながら、交通需要の多い都市部では、平面交差点に信号交差点が避けられず、この場合の旅行速度と道路間隔の関係は、系統制御をはじめとした様々な要因によって複雑に決まるため、式(1)の適用が困難であると考えられる。また、需要の影響の大きい都市部の拠点領域内の移動を評価する上では、トリップ長分布などの特性も考慮することが望ましい。さらに、都市高速道路の位置づけについても示すべきである。これらの検証は今後の課題とする。

5. おわりに

本研究では、拠点配置特性について実態分析を行うと

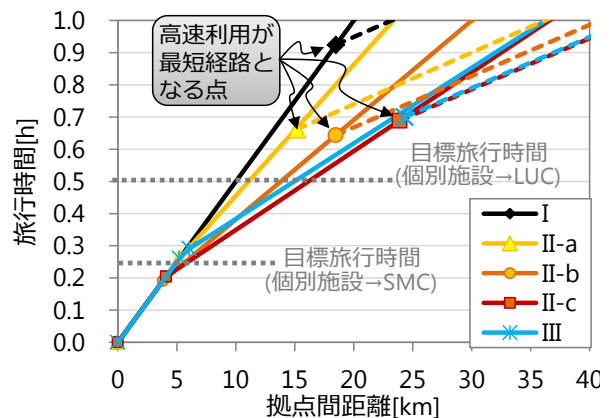


(a)高速アクセス距離4kmの場合のアクセス時間と使用する階層



(b)アクセス距離を変化させた場合のアクセス時間

図-7 階層化シナリオ別アクセス時間の比較



(高速道路利用の最短経路はアクセス距離4kmを仮定して算出)

図-8 階層化シナリオ別拠点間距離-旅行時間の関係

ともに、これを考慮した階層型道路網構成について理論的検討を行った。ただし、今回の理論的検討による試算は、旅行速度と道路間隔の関係式や、階層間乗り換え抵抗に関する仮定に依存する。これらの感度について把握し、都市圏域内の中心都市、地方部の都市、集落などの実態に応じてより適切なものとする必要がある。

その上で今後は、拠点配置特性(拠点間距離、高速アクセス距離など)をある程度パターン化することで一般的な階層化のめやすを提示するとともに、拠点間距離に対する迂回の影響なども考慮した上で、拠点階層別にラインホールとなる道路の目標旅行速度を提案する予定である。

謝辞

執筆にあたって、一般社団法人交通工学研究会の基幹研究課題「道路の交通容量とサービスの質に関する研究グループ」委員の皆様にご指摘を頂いた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土のランドデザイン2050～対流促進型国土の形成～，47ページ，2014.
- 2) 中村英樹，大口敬，森田紳之，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，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・講演集，Vol. 50，CD-ROM，2014.
- 4) Forschungsgesellschaft für Straßen -und Verkehrswesen (FGSV)：Richtlinien für integrierte Netzgestaltung RIN，2008.
- 5) 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.
- 6) 橋本雄太，小林寛，山本彰，上坂克巳：都市間道路のサービス水準の実態と道路階層性評価，土木計画学研究・講演集，Vol. 45，CD-ROM，2012.
- 7) 橋本雄太，小林寛，山本彰，中野達也，高宮進：信号交差点密度等の道路状況と旅行速度の関係についての実態分析，土木計画学研究・講演集，Vol. 47，CD-ROM，2013.
- 8) 内海泰輔，泉典宏，山川英一，野見山尚志，若林糾：交通性能照査型道路計画・設計のための走行サービス実態分析，土木計画学研究・講演集，Vol. 49，CD-ROM，2014.
- 9) 下川澄雄，森田紳之，小山田直弥：一般道路の道路構造が旅行速度に及ぼす影響に関する実証的分析，交通工学論文集，Vol. 1，No. 2(特集号A)，pp. A_19-A_25，2015.
- 10) 国土交通省：国土数値情報，<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html> (2015/04).
- 11) 後藤梓，中村英樹：機能的階層型道路ネットワーク計画における性能目標の設定，Vol. 1，No. 2(特集号A)，pp. A_107-A_115，2015.
- 12) 山川英一，内海泰輔，泉典宏，野見山尚志，若林糾：道路階層別の走行性能を実現するための道路構造条件と道路階層区分相互の接続方法，土木計画学研究・講演集，Vol. 51，CD-ROM，2015.
- 13) Transportation Research Board: Highway Capacity Manual 2000 and 2010.
- 14) 日本道路協会：道路の交通容量，1984.

(2015.4.24受付)

A STUDY ON THE COMPOSITION OF FUNCTIONALLY HIERARCHICAL ROAD NETWORK CONSIDERING DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF REGION/DISTRICT CENTERS

Azusa GOTO and Hideki NAKAMURA