トリップ発着地点の多様性に着目した道路ネットワーク階層化の効果分析

内海　泰輔[1]・吉岡　慶祐[2]・喜多　秀行[3]・浜岡　秀勝[4]

[1]正会員　株式会社 長大　社会基盤事業本部（〒550-0013 大阪市西区新町 2-20-6）
E-mail: utsumi-t@chodai.co.jp

[2]正会員　日本大学理工学部　交通システム工学科（〒274-8501　千葉県船橋市習志野台 7-24-1-745A）
E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

[3]正会員　株式会社 長大　（〒550-0013 大阪市西区新町 2-20-6）
E-mail: kita@crystal.kobe-u.ac.jp

[4]正会員　秋田大学 土木環境工学コース（〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1）
E-mail: hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

本研究では，各種サービスを享受するために各拠点にアクセスする「依存トリップ」と，居住地等の個別施設間を移動する「基礎トリップ」に着目することで，これまで十分に議論・整理されていなかった拠点間を階層型道路ネットワークで連絡することの有効性について検証した．具体的には，京阪神 PT 調査結果を用い，依存トリップ，基礎トリップの実態とともにそれらを推計する方法を検討・構築した．そして，線的(1 次元)かつ等間隔に拠点が存在する仮想的な都市圏を対象に，拠点間の総旅行時間と対象道路ネットワークを整備する際の費用を試算することで，下位から上位の拠点に向かうほど，また上位の隣接する拠点間連絡ほど速達性の高い道路とすることの効果を定量的に示した．

Key Words: *: hierarchical road network, connection between centers,*

1.　はじめに

行政や医療，商業等の生活･都市機能を有する拠点には，日常的に利用する拠点から高度なサービスが受けられる拠点まで様々な階層が存在する．そして，日常生活や社会活動を営むうえで，これら拠点を一定の移動機能を有する道路にて効率的に連絡することは不可欠である．「新たな広域道路ネットワークに関する検討会 中間とりまとめ」においても，人やモノの流れが経済をまわし，その流れの速達性を確保することでより経済効率が上がるため，主要な都市間の速達性を確保することが重要とされている[1]．

これら拠点間を連絡する道路ネットワークを計画する場合，下位から上位の拠点に向かうほど，また上位の隣接する拠点間連絡ほど，速達性の高い道路とする階層型の道路ネットワークとすることが一般的である．たとえば，**図-1** は，「機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)[2] [以下，ガイドライン(案)とする]」に

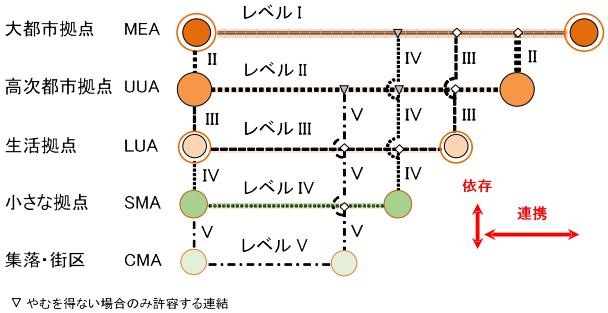


図-1　拠点間連絡と連絡レベル[2]

て示されている拠点間連絡と連絡レベルの概念図である．レベルⅠ～Ⅴは拠点間の連絡レベルを示しており，レベルⅠになるにしたがい移動機能の高い，すなわち速達性の高い道路が相応しいとされている．

しかしながら，人やモノの流れを効率的にするために，「なぜ，道路ネットワークを階層型に構築することが望ましいのか？」という点については，これまで十分に議論・整理されているとは言い難い．筆者らは内海･喜多･

浜岡･吉岡 [3]にて，サービスを享受するためのトリップ(依存トリップ)に着目することで，より高度なサービスを受けることが可能な上位の拠点ほどカバー圏域が大きくなり，その結果，下位から上位の拠点に向かうほど速達性の高い道路が求められることを示している．しかし一方で，本依存トリップのみでは同一階層間の移動の必要性を十分説明できないことを言及したうえで，階層型道路ネットワークの必要性を説明するためには，居住地等の個別施設間を移動するトリップ(基礎トリップ)にも着目する必要があることを提示している．しかしながら，これらは下位と比較し上位の拠点間連絡ほど速達性の高い道路とすべきという概念的な比較に留まっている．

そこで本研究では，既存調査データを用い依存トリップ，基礎トリップといった 2 種類のトリップの実態を分析・考察したうえで，簡単な仮想道路ネットワークを用いることで階層型道路ネットワークを構築することの効果を定量的に検証することを目的とする．以下，第 2 章では本研究で着目する 2 種類のトリップについて概説する．次いで，第 3 章では既存調査データをもとに移動の実態について概観したうえで，本研究における依存トリップ，基礎トリップの考え方を整理し，それぞれを推計する手法を提示する．そして，第 4 章では第 3 章にて整理した考え方にもとづき発着トリップを設定したうえで，単純な仮想道路ネットワークを用いた簡便な手法により，下位から上位の拠点に向かうほど，また上位の隣接する拠点間ほど，速達性の高い道路で連絡することの効果を定量的に検証する．最後に第 5 章でとりまとめを行う．

2. 本研究で着目するトリップ

本研究では，特定のエリア(空間的範囲)の人に集合的なサービスを提供する拠点施設への移動(トリップ)と，特定の人しか利用しない，いわゆる個別施設への移動(トリップ)の 2 種類のトリップに着目する．ここでは仮に前者を「依存トリップ」，後者を「基礎トリップ」と呼ぶ．たとえば，業務目的であれば，空港や駅，物流拠点など不特定多数の人が利用する拠点施設への移動・運搬と，個人宅への訪問や配達などがあるが，前者は依存トリップであり，後者は基礎トリップにあたる．また，自由目的でみても，百貨店やスーパーなどへの買い物は依存トリップといえ，祖父母宅や知人宅への訪問などは基礎トリップに該当する．

a) 依存トリップ

医療や教育，買い物など日常生活や社会活動を営むために必要となるサービスを提供する拠点施設への集散的な移動(トリップ)．高度医療の受診や嗜好品の購入など日常的でない高次のサービスを享受するために，上位の拠点階層へ移動する．

b) 基礎トリップ

知人宅や工場といった特定の人しか利用しない個別施設等を着地とする個別の移動(トリップ)．上位や下位など拠点階層に関係なく存在する移動である．

3. 依存・基礎トリップの実態と推計手法

(1) 実態分析の必要性

先述した既往研究 [3]にて，本研究で着目する 2 種類のトリップが存在すること，また，それが人やモノの流れを説明するうえで無視できない存在であることを報告しているが，本研究では更にこれら 2 種類のトリップを推計する考え方を整理・検討するため，既存調査を活用したデータ分析を実施した．

(2) 依存・基礎トリップの推計の考え方

ある拠点間を移動する総トリップには依存トリップと基礎トリップが混在している．ここでは，これらを分離して推計する．

まず，依存関係にない同一の拠点階層間の移動には，そもそも依存トリップは存在しないと仮定したうえで，同一拠点階層間のトリップを全て基礎トリップ q_{ij}^{B} とし推計式を構築する．なお，基礎トリップ数は，発地，着地それぞれのポテンシャルを示す発生・集中トリップ数 G_i・A_j と，直線距離 d_{ij} との関係にて説明できると考え，都市間・地域間の流動を説明するときに一般的に用いられる重力モデルを適用する(式(1))．

$$q_{ij}^{B} = \exp[\alpha]\frac{\left(\mathrm{G_i}A_j\right)^{\beta}}{\mathrm{d}_{ij}^{\gamma}} \tag{1}$$

ここに，

q_{ij}^{B}：ゾーン i, j 間の基礎トリップ数，G_i：ゾーン i から発生トリップ数，A_j：ゾーン j の集中トリップ数，d_{ij}：ゾーン i,j 間の直線距離，α, β, γ：パラメータ

そして，依存関係にある下位の拠点から最寄りの上位拠点までのに向かう移動に着目する．構築した推計式により基礎トリップ数 q_{ij}^{B} を算出したうえで，観測された総トリップ数 q_{ij}^{All} との差により依存トリップ数 q_{ij}^{D} を求める．

$$q_{ij}^{D} = q_{ij}^{All} - q_{ij}^{B} \tag{2}$$

ここに，

q_{ij}^{D}：ゾーン i,j 間の依存トリップ数，q_{ij}^{All}：ゾーン i,j 間の総トリップ数

表-1　拠点階層と有する施設･領域 [2)]

拠点階層		拠点施設 Facility		拠点領域 Area		拠点階層の具体例	
		略称	具体例* (機能と対応)	略称	目安となる範囲		三大都市圏内の場合
大都市拠点	三大都市圏	MEF	のぞみ停車駅,国際空港, 国行政機関(整備局等), 国際展示場, 本社・支社(上場企業)など	MEA	第二環状道路内部	東京,名古屋,大阪	―
	ブロック中心都市				都市域	仙台,新潟, 広島,福岡など	―
高次都市拠点	完結型	UUF	ひかり停車駅，地方空港, 県庁政令指定市役所, 第三次医療施設, 国公立大学,百貨店, 支店(上場企業)など	UUA	市街化地域	秋田,千葉, 浜松,京都, 神戸,岡山など	新宿,品川,栄,梅田, 難波など
	相互補完型					花巻+奥州+一関, 松江+米子, 三島＋沼津など	―
生活拠点		LUF	快速停車駅,市・区役所, 一般病院，高等学校, 営業所(上場企業), 大型SC(都市部，地方部(郊外部))など	LUA	中心市街地 商業 集積地区	伊豆,下田, 一宮,多治見 バイパス沿線地区, など	中野,高円寺,金山, 千里など
小さな拠点 (地区・住区)		SMF	駅，バスターミナル，旧役場庁舎,診療所, 小中学校，スーパーマーケット，JAなど	SMA	学区	旧町村, 学区など	学区など
集落・街区		CMF	集会所，自治会	CMA	集落・街区	X丁目など	X丁目など

*上位の拠点は，それより下位の拠点で提供される機能(施設)を包含することを前提とする.

(3)　データ分析

ここでは，第 5 回近畿圏 PT 調査(以下，PT 調査とする)を用い，近畿圏における人の流動に着目し分析した.

まず，ガイドラインに示されている拠点階層の考え方(**表-1**)に則って，PT 調査の対象市町村の拠点階層を**表-2**のように設定した．具体の設定方法については，柿元ら[4)]の考え方を参考にした．なお，PT 調査ではゾーン設定の関係で複数の市町村が 1 つのゾーンとして整理されている場合がある．その際は，複数ある市町村のうち最も上位の拠点階層をあてはめることとした．次に，依存関係にある最寄りの上位拠点を明確にするため，各拠点の役場を代表地点とし GIS によって全ての拠点間の直線距離を計測した.

表-3 は加古川市・高砂市を発地とするゾーンの設定結果の例である．表中にあるトリップ数は内々トリップを除く全目的のトリップ数である．なお，本研究では市町村間など比較的広域な移動を対象とするため，徒歩や自転車，バスといった比較的距離の短い移動は分析対象から除いた．一方，近畿圏では鉄道ネットワークが充実しており，各拠点への移動に鉄道を利用することも考えられる．そのため，自動車に加え鉄道による移動も分析の対象に加えた.

PT 調査において加古川市と高砂市は同一ゾーンとして扱われていた．これら 2 市に拠点階層をあてはめたところ，加古川市，高砂市ともに LUA に該当した．そのため，ここでは本ゾーンの拠点階層を LUA とするとともに，加古川市の市役所を当該拠点の代表地点として設定した．次に，各拠点間の直線距離を用い最寄りの上位拠点を選定した．その結果，最寄りの UUA(中位拠点)は

表-2　拠点階層と設定結果例

拠点階層	該当する主な市町村
MEA	大阪市
UUA	神戸市，京都市，大津市，西宮市，尼崎市，吹田市，….
LUA	加古川市，明石市，三木市，西脇市，伊丹市，…
SMA	八幡市，向日市，城陽市，和泉市，…



図-3　加古川市･高砂市および周辺地域の位置関係

表-3　加古川市･高砂市 発生トリップの着地

順位	着地	階層	距離(km)	ﾄﾘｯﾌﾟ数	割合*	備考
1	神戸市	UUA	33.3	44,607	31.9%	依存ﾄﾘｯﾌﾟ含む
2	明石市	LUA	19.1	36,027	25.8%	
3	三木市･小野市	LUA	14.4	9,864	7.1%	
4	大阪市	MEA	61.0	7,317	5.2%	依存ﾄﾘｯﾌﾟ含む
5	西宮市･芦屋市	UUA	45.9	3,253	2.3%	
6	西脇市他	LUA	28.8	2,943	2.1%	
7	尼崎市	UUA	51.8	1,867	1.3%	
8	吹田市･摂津市	UUA	61.9	924	0.7%	
9	伊丹市･宝塚市	LUA	51.4	467	0.3%	
10	三田市	LUA	38.1	339	0.2%	
―	その他	―	―	32,273	30.0%	
	計(内々を除く)			139,881	100.0%	

※ゴシック：拠点とした市町村，網掛け：最寄りの上位拠点
＊：総トリップに占める割合

兵庫県の県庁所在地である神戸市，MEA(上位拠点)は近畿圏のブロック中心都市である大阪市となった．

表-3 からもわかるように，最寄りの上位拠点である神戸市や大阪市のほかにも，明石市や三木市といった同一階層の拠点(LUA)や，西宮市，尼崎市など他の上位拠点(UUA)への移動が存在するが，これらのほとんどは本研究で着目している基礎トリップと想定される．一方で，最寄りの上位拠点として設定した神戸市や大阪市へのトリップには，高次のサービスを享受するための依存トリップだけでなく，他の拠点同様，知人宅等への移動といった基礎トリップが含まれるものと考えられる．すなわち，最寄りの上位拠点へのトリップは，依存トリップと基礎トリップの合計といえる．

(4) 基礎トリップの推計結果と考察

依存トリップが存在しないと考えられる LUA 間，UUA 間といった同一拠点階層間の移動(1,163OD)を対象に，基礎トリップ数の推計式(式(1))のパラメータを推定した．その結果を**表-4** に示す．各パラメータの t 値は 1.96 以上あり，また決定係数も 0.743 と高く，説明力の高い推計式を構築することができた．

なお，**図-4** は構築した推計式より求めた近畿圏 PT 対象地域の直線距離別のトリップ数分布である．人の移動ということもあり，10km 未満と比較的距離の近い拠点間では基礎トリップ数が一定以上存在するが，拠点間距離が 20km を超えるようになると基礎トリップ自体は存在するものの数が少なくなることがわかる．一方，本研究では対象としていないが，モノの移動においては，都市間・地域間を超える個別施設間の広域的な運搬が想定され，基礎トリップ数が一定程度存在すると推察する．特に，最近ではインターネット通販などの影響もありその数は増加しているものと考える．これは，東京-大阪間など都市間の高速道路を多くの物流トラックが利用していることからも明らかである．

(5) 依存トリップの推計結果と考察

(4)で構築した推計式を用い，下位(LUA)から最寄りの上位の拠点(UUA，MEA)に向かう移動の依存トリップ数を推計した．

表-5 は，道路および鉄道ネットワークの同一直線上に最寄りの中位拠点(UUA)と上位拠点(MEA)が位置する下位拠点(LUA)の依存トリップ数の推計結果である．たとえば，加古川市の場合，総トリップ数の 30.5%が最寄りの中位拠点である神戸市への依存トリップであり，更にその約 1/10 にあたる 4.4%が上位拠点の大阪市への依存トリップである．また，東近江市の依存トリップ数の割合は，中位拠点(京都市)が 5.9%，上位拠点(大阪市)が 0.4%である．総トリップ数に対する依存トリップ数の割合自体には拠点によってバラつきがある．これは拠点間の距離によるものと考えられる．一方，中位拠点と上位拠点の依存トリップ数の比率(b/a*100)をみると約 1/10 前後であることが確認できる．

なお，たとえば，伊丹市のように最寄りの中位拠点と上位拠点が，道路や鉄道ネットワークの同一直線上にないケースでは，依存トリップ数は逆転し上位拠点の方が多くなる傾向がみられる．これは，単純な直線距離ではなく，道路や鉄道のネットワークを考慮した実距離や時間距離がトリップ数に影響しているためと考える．今後は，これらの傾向もふまえたうえで推計式の精度をあげていく必要がある．

表-4 パラメータ推定の結果(全目的)

パラメータ	係数	標準誤差	t 値
α	-4.63	0.694	-6.67
β	0.74	0.028	26.06
γ	-1.96	0.041	-47.87
相関係数	0.862		
決定係数	0.743		
サンプル数	1,163		

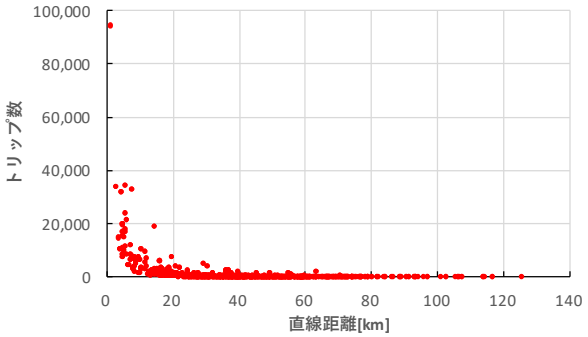


図-4 基礎トリップ推計結果

表-5 依存トリップ数と総トリップに占める割合

No	発地	総ﾄﾘｯﾌﾟ [A+B]	A.依存ﾄﾘｯﾌﾟ 計	a.中位	b.上位	(b/a*100)	B.基礎ﾄﾘｯﾌﾟ
1	東近江市※1	63,769	4,042	3,790	252	6.7%	59,727
		100.0%	6.3%	5.9%	0.4%		93.7%
2	草津市※1	179,945	60,692	53,885	6,807	12.6%	119,253
		100.0%	33.7%	29.9%	3.8%		66.3%
3	明石市※2	153,709	83,496	77,920	5,576	7.2%	70,213
		100.0%	54.3%	50.7%	3.6%		45.7%
4	加古川市※2	139,881	48,827	42,696	6,131	14.4%	91,054
		100.0%	34.9%	30.5%	4.4%		65.1%
5	西脇市※2	41,399	6,829	6,226	603	9.7%	34,570
		100.0%	16.5%	15.0%	1.5%		83.5%
―	伊丹市※3	209,411	21,608	0	21,608	-	187,803
		100.0%	10.3%	0.0%	10.3%	-	89.7%

上段：トリップ数．下段：総トリップ数に対する割合
※1. 中位：大津市，上位：大阪市　　※2. 中位：神戸市，上位：大阪市
※3. 中位：尼崎市，上位：大阪市

4. 階層型道路ネットワークの有効性検証

(1) はじめに

ここでは，3. にて把握した依存トリップ，基礎トリップの実態・傾向をふまえ，単純な仮想道路ネットワークを用いた簡便な手法によって，下位から上位の拠点に向かうほど，また上位の隣接する拠点間連絡ほど速達性を高い道路とする階層型道路ネットワークを構築することの有効性を検証する．

(2) 検証条件

a) 拠点配置

本来，拠点は面的(2 次元)に存在するが，ここでは簡単のため線的(1 次元)に存在するものと仮定する．そして，上位拠点を中心に 2 つの中位拠点と 4 つの下位拠点で構成される都市圏を想定する．**図-5** は 2 つの都市圏が隣接する拠点配置のイメージである．

なお，隣接する拠点間の距離は 5km とし，上位拠点間の距離は 45km とする．大阪市と京都市や神戸市，奈良市との距離は 30～40km であり，近畿圏の実態とも大きくは乖離していない．

b) OD 交通量

各拠点の拠点階層に応じて総発生・集中トリップ数を設定する．ここでは PT 調査をふまえ，仮に下位拠点を 5 万トリップ/日，中位拠点を 30 万トリップ/日，上位拠点を 50 万トリップ/日とする．

次に**式(1)**を用い，各拠点の発生・集中トリップ数と直線距離の関係より，各拠点間の基礎トリップ数を推計する．なお，**図-5** では 18 拠点のみを示しているが，実際にはその外側にも拠点が存在するものと考え，基礎トリップは 18 拠点以外も考慮し推計する．

そして，発生トリップ数と基礎トリップ数の差をもとに依存トリップ数を算出し，最寄りの上位の拠点へ移動するものとする．このとき，下位から中位拠点へ向かうトリップ数(依存トリップ A)と，下位から上位拠点へ向かうトリップ数(依存トリップ B)の比率は 3.(5)を参考に 10 : 1 とする．なお，一般に上位拠点は中位拠点の機能も包含する．そのため，上位拠点に隣接する下位拠点(たとえば，拠点 4)の依存トリップは，全て上位拠点(たとえば，拠点 5)に向かうものとする．

c) 道路ネットワーク(検証ケース)

ここでは**図-6** に示す 3 種類の道路ネットワークを想定する．

まず，**ケース 0** は基本ケースとし，全ての拠点間を速達性が低い下位道路でのみ接続するケースとする．次に，**ケース 1** はケース 2 に加え都市圏内の中位拠点と上位拠点とを速達性がやや高い中位道路で接続するケースとする．そして，**ケース 2** は都市圏間も効率的に移動できる

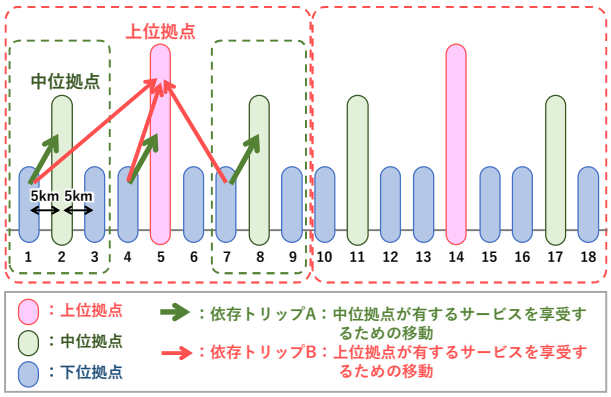


図-5 想定する拠点配置

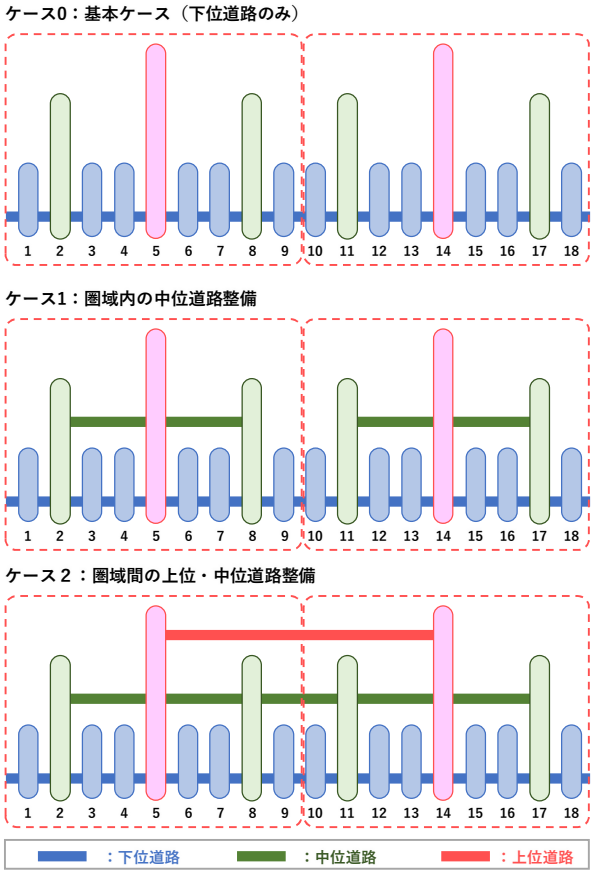


図-6 想定する道路ネットワーク

よう都市圏内に限らず，上位拠点間は速達性が最も高い上位道路で，中位拠点間および中位-上位拠点間は中位道路でそれぞれ接続するケースとする．

ケース 0 とケース 1 とを比較することで下位から上位の拠点に向かうほど，ケース 1 とケース 2 とを比較することで上位の隣接する拠点間連絡ほど，速達性の高い道路とすることの有効性を検証することができる．

(3) 効果の検証方法

(2)に示した OD 交通量と道路ネットワークから，拠点間の総旅行時間と対象ネットワークを整備する際の費用を算出し，それらを各ケース間で比較することで階層型道路ネットワークを構築することの効果を試算する．な

お，試算する範囲は**図-5** で示す 18 拠点間とし，この外側への移動については便宜上それぞれ両端の拠点から発着するものと仮定する．

a) 総旅行時間

ここでは各拠点間の最短旅行時間の総和として，総旅行時間を求める．

$$T_1 = \sum_i \sum_j t_{i,j} \tag{3}$$

ここに，

T_1：総旅行時間，t_{ij}：i,j 間の最短旅行時間

拠点 i, j 間の旅行時間 t_{ij} は，経由する階層の道路の速度と距離から算出するが，各階層の道路は，需要に関わらず設定した旅行速度が保たれるものと仮定する．

また，中位道路・上位道路が接続されるケース 1 やケース 2 では，拠点間によって最短距離で移動するのではなく，たとえ遠回りをして距離が長くなったとしても，中位道路や上位道路を使用したほうが旅行時間は短くなる場合も発生する．このような場合は，最短の旅行時間で移動するものと考える．

b) 整備費用

速達性の高い道路ほど拠点間の旅行時間は単調に減少し効果が大きくなる．しかし一方で整備にかかる費用も増加する．ここでは各道路の旅行速度に比例し整備費用が生じるものと仮定し，便宜上，**式(4)**により整備費用を設定する．

$$C_1 = \sum_k 0.1 \times v_k \times L_k \tag{4}$$

ここに，

C_1：整備費用，v_k：道路 k の旅行速度，L_k：道路 k の整備延長，なお，道路 k は，下位道路，中位道路，上位道路である．

(4) 検証結果と考察

a) 圏域内の中位道路整備の効果(ケース 0 vs ケース 1)

都市圏域内の依存関係にある中位-上位の拠点間を速達性の高い中位道路で連絡することの効果を検証する．

まず，ケース 0 に対するケース 1 の総旅行時間の変化(比率)を**図-7** に示す．当然ながら，中位道路を整備し，その旅行速度を高くするほど総旅行時間が減少することとなる．ただ，中位道路の旅行速度が 60～80km/h など，ある程度まで高くなるとそれ以上は減少幅が小さくなる傾向がみてとれる．

次に，中位道路を整備するためにかかる費用を考慮する．整備費用に対する総旅行時間の減少時間の比率を**図-8** に示す．これより，下位道路の旅行速度に応じて中位道路を整備する効果の大きさは異なり，下位道路の旅行速度が低い方が整備費用に対する効果が大きくなることがわかる．また，下位道路の旅行速度に関わらず，下位道路に比べて中位道路の旅行速度が 20～30km/h 程度

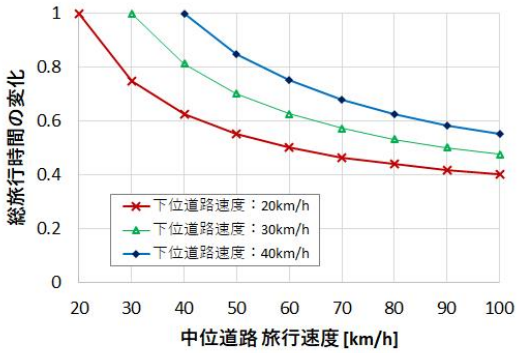


図-7 総旅行時間の変化[ケース 1/ケース 0]

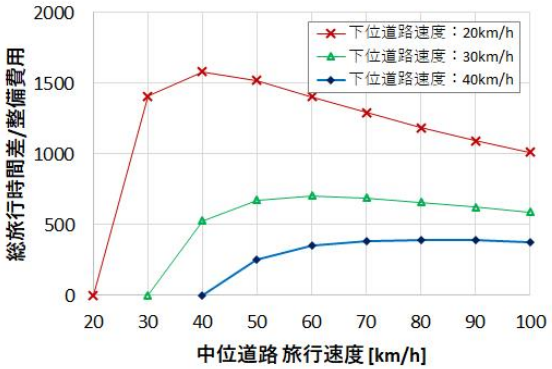


図-8 整備費用に対する減少時間の比率
[(ケース 0－ケース 1)整備費用]

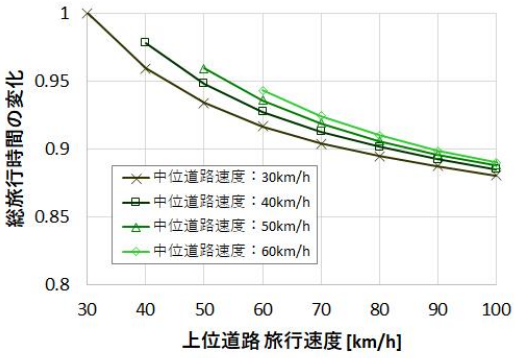


図-9 総旅行時間の変化[ケース 2/ケース 1]

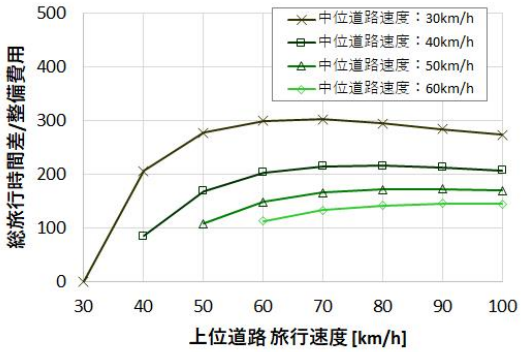


図-10 整備費用に対する減少時間の比率
[(ケース 1－ケース 2)整備費用]

高い場合に，整備費用に対する効果が最も大きくなる傾向も確認できる．

以上より，下位から上位の拠点に向かうほど中位道路のような速達性の高い道路で連絡することが，拠点間の総旅行時間を減少させ移動の効率性を高めるといえる．またその際には，下位道路よりも 20～30km/h 程度旅行速度が高い道路とすることで費用対効果が大きく，より効果的であると考えられる．

b) 圏域間の中位・上位道路整備の効果(ケース 1 vs ケース 2)

依存関係に関係なく，圏域を跨ぐような拠点間も含め上位の隣接する拠点間を中位および上位道路で連絡することの効果をケース 1 とケース 2 を比較することで検証する．なお，ここでは，下位道路の旅行速度は 30km/h とする．

まず，ケース 1 に対するケース 2 の総旅行時間の変化(比率)を**図-9** にて確認する．中位道路と上位道路の旅行速度が同じであっても総旅行時間は減少しており，圏域間を中位道路もしくは上位道路で連絡すること自体に効果があることがわかる．これは，基礎トリップの移動が圏域内だけでなく圏域間にも存在するためであり，隣接する上位の拠点間をより速達性の高い道路で連絡することは，基礎トリップに対してより効率的な移動サービスを提供することとなるといえる．このほか，a)同様，上位道路の旅行速度が高くなるほど総旅行時間が減少すること，ただ，旅行速度が一定以上となると減少幅は小さくなること，も確認できる．

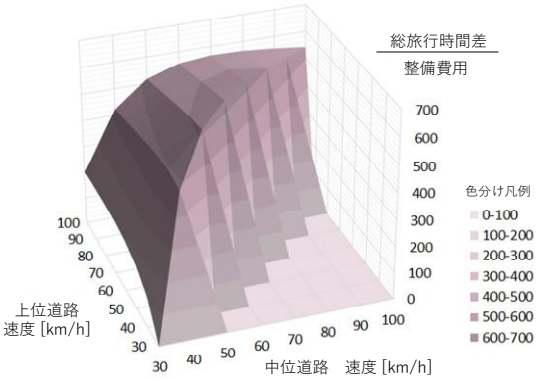
次に，圏域間の中位および上位道路を整備するために必要となる追加費用を加味する．**図-10** は追加整備費用に対する総旅行時間の減少時間の比率である．中位道路の旅行速度が 30km/h～60km/h の場合に応じて，それぞれ，30km/h のときは 70km/h，40km/h のときは 80km/h，50km/h のときは 90km/h，60km/h のときは 100km/h が，それぞれ費用対効果が最も大きくなる．

以上より，圏域を跨ぐような拠点間も含め上位の隣接する拠点間を中位および上位道路といった速達性の高い道路で連絡することは，基礎トリップの移動効率性を高めるうえで重要といえる．また上位道路は，中位道路よりも 40km/h 程度旅行速度を高くすることが整備費用に対する効果が大きくなると考えられる．

c) 幹線道路および高速道路の速度の組み合わせ

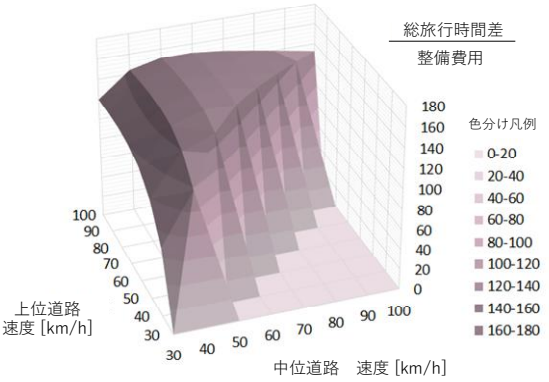
ここでは，ケース 0 に対して中位道路および上位道路を整備するケース 2 において，下位道路，中位道路，上位道路の最適な速度階層の組み合わせを考える．なお，下位道路の旅行速度は 30km/h とする．

まず，依存トリップと基礎トリップの両方を考慮する．**図-11** は，中位道路と上位道路の旅行速度別に，整備費用に対する総旅行時間差を示したものである．中位道路，



		上位道路速度							
		30	40	50	60	70	80	90	100
中位道路速度	30	0	114.4	165.9	190.2	200.9	203.7	202.4	200.0
	40		481.9	493.3	487.7	473.7	457.1	439.7	422.2
	50			616.7	602.6	582.6	560.8	538.5	516.8
	60				642.4	622.0	599.8	577.6	555.6
	70					629.4	608.7	587.6	566.8
	80						602.3	583.1	564.1
	90							571.0	553.8
	100								539.7

図-11　総旅行時間差／整備費用[下位道路 30km/h]
(総トリップ：依存トリップ+基礎トリップ)



		上位道路速度							
		30	40	50	60	70	80	90	100
中位道路速度	30	0	68.4	99.3	113.9	120.4	122.1	121.3	119.9
	40		118.3	139.8	148.6	150.9	150	147.5	144
	50			151.5	158.1	159.4	158	154.9	151
	60				157.8	158.8	157.5	154.7	151.2
	70					154.5	153.4	151.1	148
	80						147.9	146	143.2
	90							140.3	138
	100								132.6

図-12　総旅行時間差／整備費用[下位道路 30km/h]
(基礎トリップ)

上位道路ともに 60km/h のケースが総旅行時間差／整備費用の値が最も高い結果となった．これは，3.(4)で述べたように，本研究では人の流動に着目し基礎トリップ数を推計したため，拠点間距離が 20km を超えるような広域的な基礎トリップが少なく，その結果，圏域を跨ぐ基礎トリップ数よりも，最寄りの上位拠点への依存トリップ数の方が多くなり，下位から上位の拠点に向かう依存関係の道路ネットワークの重要度が高くなったためと考えられる．

そのため，本研究で生じた依存トリップと基礎トリッ

プの構成の偏りの影響を除くため，基礎トリップのみに着目し，中位道路と上位道路の旅行速度別に，整備費用に対する総所要時間差を**図-12** に整理した．これをみると，中位道路は 50～60km/h，上位道路は 70～80km/h，あたりで総旅行時間差／整備費用の値が高くなる結果となった．

このように，依存トリップだけでなく基礎トリップを考慮することで，圏域間の上位・中位道路を連絡することの効果が明らかとなる．また，それらの道路の速度を差別化することにより効率的な道路ネットワークが形成されるものと考える．

5. おわりに

本研究では，サービスを提供する拠点施設への移動である依存トリップと，特定の人しか利用しない個別施設等を着地とする基礎トリップの 2 種類のトリップに着目し，それぞれを推計するための方法を検討，構築したうえで，単純な仮想道路ネットワークを用いた簡便な手法により，階層型道路ネットワークで拠点間を連絡することの有効性を示した．

まず，依存関係にない同一拠点階層間の移動には依存トリップが存在しないと仮定したうえで，既存調査データをもとに基礎トリップ数を推計するモデル式を構築した．そして，基礎トリップ数の推計結果をもとに総トリップ数から中位拠点および上位拠点への依存トリップを算出し，中位拠点と上位拠点の依存トリップ数の比率(b/a*100)が約 1/10 前後であることを明らかにした．

次に，構築したモデル式や分析結果より得られた知見を用い，線的(1 次元)かつ等間隔に拠点が存在する仮想的な都市圏を対象に，拠点間の総旅行時間と対象ネットワークを整備する際の費用を試算することで，下位から上位の拠点に向かうほど，また上位の隣接する拠点間連絡ほど，速達性の高い道路とすることの効果を定量的に整理し，拠点間を階層型道路ネットワークで連絡することの有効性を明らかにした．

ただ一方で，1)本研究では人の動きのみを対象としたこともあり，モノの動きなど広域的な移動も含めた基礎トリップの実態を必ずしも的確に説明できていないこと．また，2) 基礎トリップ数を道路や鉄道のネットワークを考慮した実距離や時間距離ではなく，単純な直線距離により推計しているため，実態と乖離している恐れがあること，3)単純な仮想道路ネットワークでかつ，道路整備にかかわる費用など多くの仮定にもとづいた検証結果であること，といった課題も存在する．今後は，これら課題をひとつひとつ解決し精度を上げていく予定である．

謝辞：本稿の執筆にあたっては，一般社団法人 交通工学研究会の基幹型研究「道路の交通容量とサービスの質に関する研究」委員の皆さまから貴重なご意見・ご助言を頂いた．ここに記して謝意を示す．

参考文献

1) 国土交通省 HP：新たな広域道路ネットワークに関する検討会 中間とりまとめ，https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/road_network/pdf/interim-report.pdf
2) 一般社団法人交通工学研究会 HP：機能階層型道路ネットワーク計画のためのガイドライン(案)，http://www.jste.or.jp/Activity/h27-29.pdf
3) 内海泰輔，喜多秀行，浜岡秀勝，吉岡慶祐：トリップ発着地点に着目した階層型道路ネットワークの考え方の再整理，土木計画学研究・講演集 No.66，6pp，CD-ROM，2022.11.
4) 柿元祐史，張馨，内海泰輔：拠点間移動の実態分析に基づく目標旅行時間検討手法の提案，土木計画学研究・講演集 No.68，8pp，CD-ROM，2023.11.(掲載予定)

(2023. 10. 13 受付)

EFFECT ANALYSIS OF HIERARCHICAL ROAD NETWORK FOCUSING ON TRIP ORIGINS AND DESTINATIONS

Taisuke UTSUMI, Keisuke YOSHIOKA, Hideyuki KITA and Hidekatsu HAMAOKA