

道路の階層化に伴う効果の 定量評価に関する研究

根城 平¹・浜岡 秀勝²

¹学生会員 秋田大学大学院工学資源学専攻 土木環境工学専攻 (〒010-8502 秋田市手形学園町1番1号)

E-mail:m9013118@wm.akita-u.ac.jp

²正会員 秋田大学大学院准教授 工学資源学専攻 土木環境工学専攻

E-mail:hamaoka@ce.akita-u.ac.jp

道路の使われ方について、道路階層性に着目し交通量、交通容量、車両の走行速度などの要素を用いて仮想道路ネットワークにおける交通量の計算、定量評価を行った。仮想の道路ネットワーク上で、車での移動を考え交通量、道路の利用割合などを計算し、道路を階層化するメリットを導くものである。任意に定めた交通容量に対し、道路を通過する交通量を計算し、容量を超過した交通量を算出する。それを幹線道路整備(階層化)、高速道路整備(非階層化)、一般道路整備(非階層化)の3種類の整備を比較し考察する。最終的に道路階層化がもたらすメリット、階層化が有効となる状況を示した。

Key Words : hierarchy, traffic volume, traffic capacity, virtual road network, quantitative evaluation

1. はじめに

基本的に道路は、長距離の移動時には高速道路を利用し、短距離の移動時は生活道路を利用するよう、移動距離に応じて適切に使われるよう、階層を分けた設計がされている。しかし、短距離移動にも関わらず高い階層の道路を利用、移動時間短縮のため生活道路を利用、等の状況がみられる。以上のように、今日の道路の階層性は曖昧になっていて、道路の利用のされ方が問題視されている。道路に階層があるなら、道路階層ごとの利用目的にしたがうと、更に交通環境改善につながるのではないか。理想は、道路利用者が移動時に自ら意図せずに、移動距離に応じた階層の道路を利用することである。つまり道路の階層化が今日の道路交通環境を改善させる手段の一つと考えられる。そのためには、道路交通環境を向上させる道路整備を考えた時に、整備後に期待できる効果、特に道路に階層性を持たせた場合に生じる効果は何かを明らかにする必要がある。

本研究の目的は、階層性が十分ではない整備前のネットワークに対して道路整備をする際に、階層性を持たせる整備が良いか、それとも同じ階層の道路をもう一つ整備する方が良いのかを定量的に評価することである。具体的には図-1に示すように、道路整備により交通環境が改善されるのは当然であるが、その改善効果の中でも道

路整備による効果と階層化による効果に分離できる。その中で階層化によって生じる効果を知る必要がある。そこで図-2に示すように階層化を行った道路整備と、階層化を考えない道路整備を比較する。その結果から道路を階層化する場合のメリットを求められる。

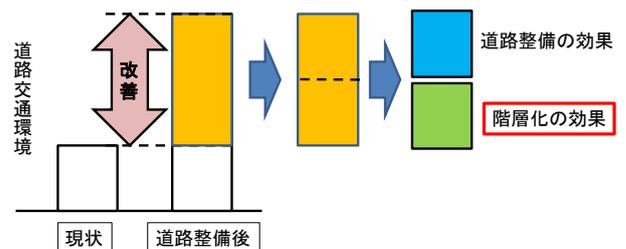


図-1 本研究の目的図

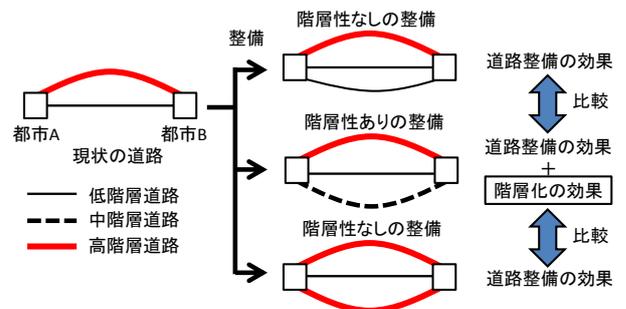


図-2 階層化効果の導き方

道路の階層区分に関して、下川ら¹⁾は階層区分ごとの性能目標として目標旅行時間の観点から考えている。道路を階層構造のネットワークへ再編する意義は大きいとして、その課題を階層区分の設定、先に挙げた性能目標の設定、道路構造のあり方、性能照査の実施と交通特性の大きく4つの観点から提示していた。後藤ら²⁾は、ネットワークの階層を構成する様々な要素の最適な組み合わせを導出する方法を提案している。階層区分数や道路間隔、交差部型式、自由走行速度などを詳細な式とともに考察し、階層型ネットワークの優位性を示す方法を述べている。また橋本ら³⁾は、都市間道路のサービス水準の観点から旅行速度、旅行時間を用いて道路階層性の評価を示している。先に示した論文と同様に、計画段階から目標(サービス水準)を定め、それを達成するための考察を行っていた。以上からいずれも階層化ネットワークが有効であり、再編への課題やその適切な構造要素、実例分析における現在の道路階層の実態が分かった。本研究では先の研究であまり触れられていなかった、道路階層化のメリットを定量的に示していきたい。実際にある事例から現在の道路階層性を評価し課題を挙げるのではなく、あくまで一般的な道路階層化のメリットを、仮想道路ネットワークを用いて考察する。次に評価に用いる仮想道路ネットワークや、速度、交通容量、交通量等の条件を示していく。

2. ネットワークと初期条件、評価基準設定

(1) ネットワークと初期条件

階層化の効果を求めるネットワークを考えるにあたり、整備前の状態は一般道路(低階層の生活道路のような道路)と高速道路(高階層の規格の高い道路)がそれぞれ1本という状態で設定する。ネットワーク内には市、町、村と3種類の都市が存在し、一般道路は全都市、高速道路は市間のみを結んでいる。この状態から何か1つ道路を新設するとして、以下の3種類の整備を考える(図-3)。

- i) 各市町間に新たに幹線道路(一般道路と高速道路の中間階層の道路)を整備して階層化するもの
- ii) 高速道路整備で市間を整備するもの(非階層化)
- iii) 一般道路整備で全都市間を整備するもの(非階層化)

以上i)~iii)の3種類の道路整備で比較評価する。整備前の状態から整備を施すと改善されるのは当然であるため、整備前と整備後の評価を目的とはしない。本研究は3種類の整備後の効果を比較するものである。図-3で、新設された道路が歪曲しているが、距離は変わらないとする。

ネットワーク内の交通量、道路階層毎の交通容量、走行速度などの初期条件(表-1)を示す。交通量に関して、都市間で流出流入量は同じとする。OD交通量は都市の大小に応じて変化する。市が最大の都市で、次いで町、

最後に村となる。各都市間の距離は図-3に示すように20km間隔である。市町間は40km、市市間は120kmである。高速道路は市のみ、幹線道路は市と町に、一般道路は全都市に繋がっている。

(2) 計算方法

計算するにあたりネットワークの道路を区間に分け、それぞれOD交通量に基づき交通量を計算する。すべての市町村から、各市町村への全ODを考える。移動経路選択は目的地までの所要時間に左右される。所要時間は各道路区間(図-4)の距離とその道路区間の階層の走行速度から道路区間毎の走行所要時間を求める。目的地までのルートで最も所要時間が少ない経路を選択する。所要時間が同じルートがあった場合、交通量を均等に分配し

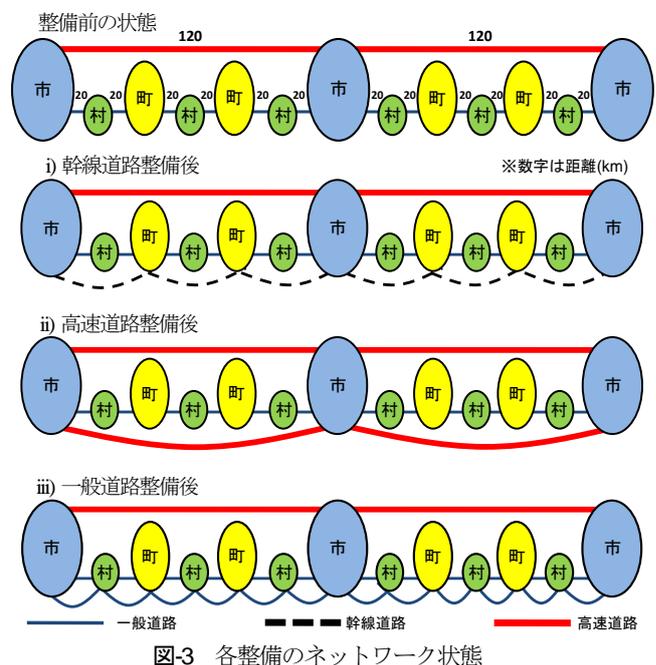


図-3 各整備のネットワーク状態

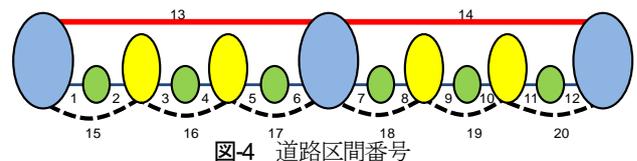


図-4 道路区間番号

表-1 初期条件

移動経路選択		道路出入口		
目的地までの所要時間	最短経路を選択	一般道路: 全都市	幹線道路: 市町間 高速道路: 市間	
		一般道路	幹線道路	高速道路
走行速度		40km/h	60km/h	80km/h
交通容量		600台	1000台	1200台

OD交通量(台)				
	市	町	村	合計
市	150	100	50	300
町	100	70	30	200
村	50	30	20	100
合計	300	200	100	600

て計算する。新設した道路に関して、高速道路、一般道路に新たに区間番号は設けず、整備前の道路番号区間と同じとする。交通量の計算は、移動に使用した道路区間に交通量を加算する方式で行う。交通量の値が大きいほど、その道路区間は多く利用されているとなる。交通容量を超えても交通量は存在するとして計算する。

(3) 評価基準設定

今回評価基準に用いる要素は、交通容量に対してそれを上回る超過交通量の合計台数である。道路の利用割合や旅行時間、その他様々な評価基準がある中でこの要素を選択した理由は、道路において交通容量を超える交通量の存在が障害と感じたからである。交通容量を超える交通量は渋滞の状態を示し、移動時間の遅延や追突などの交通事故をも招く恐れがある。超過交通量が少ないほどその危険は減少し、良い道路環境といえるのではないかと考えた。最初に整備前の状態の超過交通量を計算した後に、幹線道路整備、高速道路整備、一般道路整備も同様に超過交通量を計算し、どのような影響がみられたかをi)、ii)、iii)の3種類の整備で比較する。超過交通量を表す図の説明として例(図-6)を挙げる。交通容量と交通量の差が負の場合は超過交通量、正の場合は交通容量にその分余裕があることを示す。負の値が大きい道路区間ほど多く利用されている。

他に超過している割合(その道路階層を利用している車両の中での割合)や、一般道路、高速道路の利用割合(総交通量中一般、高速道路を利用している割合)などを計算する。以上の項目の中で、超過交通量の合計に着目し、超過台数最小の整備が最良の道路整備であるとする。

3. 初期条件下の仮想道路ネットワーク評価結果

最初に基準として整備前の状態を示し、そこから幹線道路整備(階層化)、高速道路整備(非階層化)、一般道路整備(非階層化)と結果を順に示していく。

(1) 整備前の状態評価

初期条件のもとに計算した整備前の状態の結果を以下に示す(図-7)。一般道路では、交通容量を超過している区間が多く高速道路は交通容量を超える交通量がないと分かった。主に超過交通量が多かったのは、ネットワーク中心部付近の一般道路である。ネットワークの中心部であるため、中心に位置する市や反対方向の都市に向かう際に多く利用されるためである。計算した結果(表-2)、整備前は一般道路が合計3720台と大幅に交通容量を超過しているが、高速道路には余裕があると分かった。次に整備前と各整備後の比較を先述の評価項目に基づいて幹線道路整備から順に表や図を用いて示していく。



図-6 図の説明

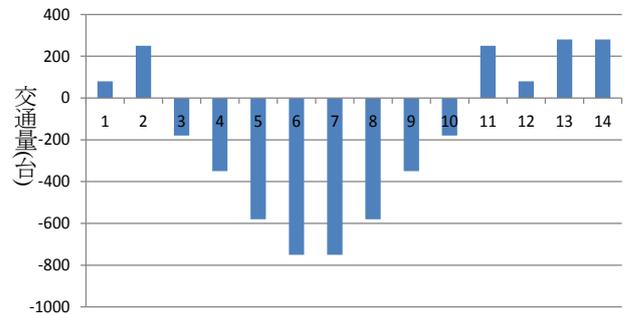


図-7 道路整備前の状態

表-2 道路整備前の超過交通量

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	3720	-	-

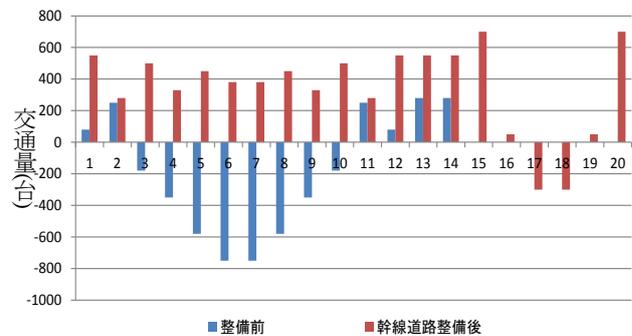


図-8 整備前と幹線道路整備後の比較
表-3 整備前と幹線道路整備後(階層化後)の比較表

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	3720	-	-
幹線道路整備	-	600	-

(2) 幹線道路整備後(階層化後)の評価

町と町の間で幹線道路を整備した際の交通量を計算した結果を次に示す(図-8)。なお、整備前の結果と数値比較できるように、整備前と幹線道路整備後の交通量計算結果両方を載せた表-3を示す。図-8より幹線道路整備後は各道路区間に大きく交通容量に余裕ができた。整備前にほとんどの区間で超過が認められた一般道路は超過台数が0台になり高速道路はそのまま超過がなかった。一方で新しく整備された幹線道路に交通量が集中し、ネットワークの中心部に位置する幹線道路区間で合計600台の超過が見られた。整備前にネットワーク中心部の一般道路が大きく超過していたのと同様に幹線道路を整備してもネットワーク中心部は超過が起きる。以上より、幹線道路整備(階層化)は多少超過したものの整備後に大きく交通量に影響を与えると分かった。

(3) 高速道路整備後(非階層化後)の評価

非階層化の高速道路整備後の図-9と評価項目比較表(表-4)を示す。高速道路を整備すると交通容量が大きくなる。しかし整備前から高速道路の交通量は超過していたから、更に交通容量に余裕ができた。高速道路の容量を大きくしても一般道路の超過交通量に影響を与えず、そのままネットワーク中心部の一般道路が合計3720台超過する結果となった。以上より、このネットワークで高速道路を整備しても大きな効果は見込めないと分かった。次に一般道路整備後の図-10と評価項目比較表(表-5)を示す。

(4) 一般道路整備後(非階層化後)の評価

図-10より、整備前大幅に超過していた一般道路が、一般道路整備後に大きく改善されて、交通容量に余裕ができたと分かる。依然としてネットワーク中心部で超過が見られるが、表-5を見て分かる通り一般道路で合計超過台数わずか300台となった。一般道路の交通容量を変化させても高速道路の交通量に影響はなく、高速道路は交通量の超過がなかった。以上より、一般道路の超過交通量を大幅に減少させたことから、この整備も有意義なものとなった。次に3種類の整備後の結果をまとめる。

(5) 各整備後の結果比較評価

3種類の整備の結果をまとめると、高速道路整備後は3720台、幹線道路整備後は600台、一般道路整備後は300台の超過となった。特徴的なのは、3種類の整備後すべてにおいて、ネットワーク中心部付近の道路(6、7番の一般道路、または、17、18番の幹線道路)が超過していたことである。以上の結果より、初期条件下で見ると3種類の整備の中では一般道路整備が最良の整備であるという結果になった。では幹線道路整備(階層化)が最良の整備になるのはどのような条件の時から次で初期条件を変化させて考察する。

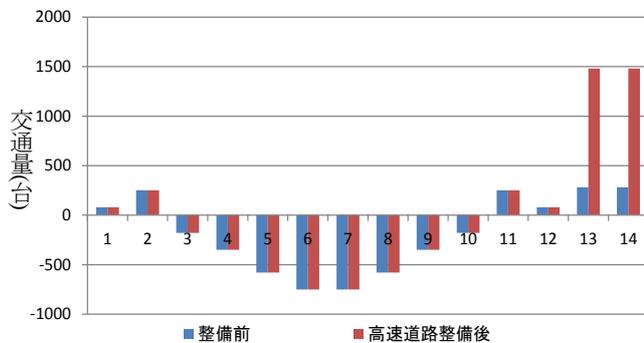


図-9 整備前と高速道路整備後の比較

表-4 整備前と高速道路整備後の比較表

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	3720	-	-
高速道路整備	3720	-	-

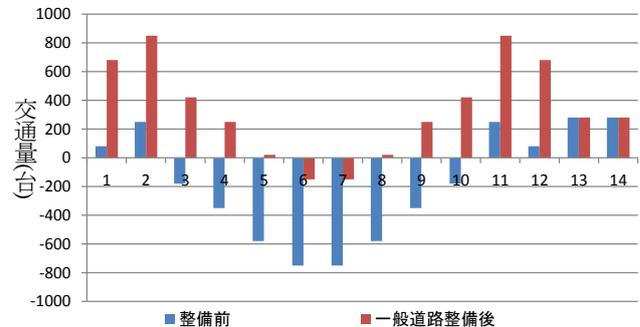


図-10 整備前と一般道路整備後の比較

表-5 整備前と一般道路整備後の比較表

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	3720	-	-
一般道路整備	300	-	-

4. 条件変化の概要と評価結果

ここでは、走行速度や交通量、交通容量などの初期条件を変化させ階層化が適している条件を明らかにする。初期条件のような環境では一般道路整備が最良となったが、様々な道路条件を考え、どのような状況で階層化が最良になるか、またどのような条件の時には階層化が必要ないかを検証するのが目的である。初期条件からの条件変化は以下に示す4種類、合計32パターンである。条件変化を考える際に、車両の走行する速度は走行速度に沿っていない場合があることや、個人差があり一定ではないから変化させて考える必要があると思った。交通量に関しては、都市の大きさは全国一律ではなく様々な大きさが存在するから、OD交通量も変化させる必要があると考えられる。交通容量も同様に、道路にも細かく種類があることを考慮すると、条件変化が必要と考えられる。都市条件に関しても、様々な道路状況、都市間隔を考慮して数パターン考えた。

初期条件時と同様に超過交通量を計算し、パターンごとにi)、ii)、iii)の3種類の整備でどれが最良かを評価した。結果、全32パターン中、11個のパターンで幹線道路整備(階層化)が最良であるという結果が出た。次に幹線道路整備が最良となった11パターンの中で例として、次の2パターンを考察する。

(1) パターン8 幹線道路速度50km/hの場合

このパターンは初期条件の幹線道路走行速度60km/hの条件を50km/hに下げて計算を行うパターンである(表-6にて全条件を記載)。その結果数値は以下の表-7の通りになった。幹線道路整備後(階層化後)は、ネットワーク中心部の幹線道路が160台超過と初期条件時より減少し、一般道路整備を下回り最良の整備となった。このパターンで幹線道路整備が最良になった要因は、幹線道路速度低下による車両移動経路選択変化にあると考えられる(図-7)。車両の移動経路選択は、目的地までの最小所要時間で決まるため、幹線道路の速度が遅くなると所要時間が増え、利用車数も減少する。そのため幹線道路を通行する台数が少なくなり超過交通量の合計台数も減少したと考えられる。

(2) パターン10 一般道路交通容量300台の場合

このパターンは初期条件の一般道路交通容量600台を半分の300台に減少した場合を考えたものである。表-8より、整備前の状態で一般道路が大幅に交通量超過するようになった。初期条件よりも多く超過していたため、一般道路を整備でもカバーできなかった。その中で幹線道路整備(階層化)は、一般道路の交通容量が低いにも関わらず、一般道路の超過が0台だった。よって、幹線道路整備(階層化)が最良の整備となった。

表-6 条件変化パターン表

速度 kmh	初期		変化						計	
	一般	幹線	20	30	50	-	-	-		
9	40	60	20	50	30	70	-	-	-	9
	80	90	100	110	120	-	-	-	-	
交通 容量 (台)	一般	600	300	400	500	700	800	900	-	9
	幹線	1000	800	900	1100	-	-	-	-	
	高速	1200	-	-	-	-	-	-	-	
交通 量 増加	市町 間	市村間 増加	町村間 増加	町村 →市 増加	市村 →町 増加	-	-	-	-	5
	都市 条件	町村 数減 2倍	町村間 10km 村数 3倍	市村間 10km 村数 4倍	町村間 30km	市村間 30km	-	-	-	
				隣接都市に+10台 100km以上離れている都市に-10台						

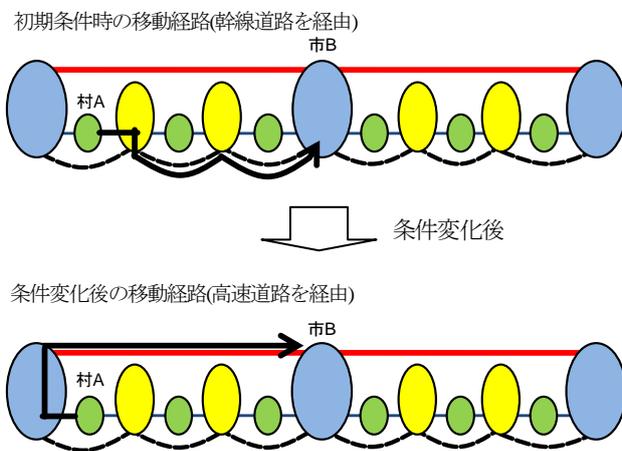


図-7 移動経路変化の例

要因としては、以下のことが考えられる。初期条件時既に超過交通量が多かった一般道路の交通容量を半分にする、超過交通量の増加は当然である。一般道路を整備しても、増大した超過交通量をカバーしきれなかった。幹線道路整備後(階層化後)は、一般道路交通容量に大きく余裕があるため交通容量が減少しても影響はなかった。以上より、幹線道路整備(階層化)は、ネットワーク内に超過交通量が多く存在する時に、他の整備よりも効果があると分かった。

(3) パターン全体の結果

全32パターンを計算した結果に関して考察する。条件が変化しても、車両の移動経路に変化がない場合などは、初期条件とほぼ同じ値をとっている。速度変化パターンを見ると、ほとんど一般道路整備が最良となっている。一方、都市変化ではほとんどのパターンで幹線道路整備(階層化)が最良となっていた。

大部分で一般道路整備が最良の整備となっていたが、それぞれ結果を分析した中で、幹線道路整備(階層化)が最良になる時に2つの共通点を見つけた。次に、幹線道路が最良となった時の2つの共通点について考察する。

(4) 幹線道路整備(階層化)が最良になるときの共通点

幹線道路整備(階層化)が最良となる全11パターンを考察して、移動経路変化と、過度の交通量についてという2つの共通点を見つけた。その共通点を順に考察する。

a) 共通点① 車両の移動経路変化について

初期条件の時の移動経路と比較して、目的地までの車両の移動経路が変化していた時があった。その要因は道路の走行速度変化、都市間距離変化などがもたらす移動所要時間変化が移動経路選択に影響を与えたからと考えられる。図-7のようにネットワークの端に存

表-7 パターン 8 の評価項目比

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	3720	-	-
幹線道路整備	-	160	-
高速道路整備	3720	-	-
一般道路整備	300	-	-

表-8 パターン 10 の評価項目

	超過交通量(台)		
	一般道路	幹線道路	高速道路
整備前	6680	-	-
幹線道路整備	-	600	-
高速道路整備	6680	-	-
一般道路整備	3720	-	-

表-9 パターン計算結果一覧

変化	最良整備	超過交通量(台)				
		一般	幹線	高速	合計	
	初期	一般	300	-	-	300
速度変化	1	一般	300	-	-	300
	2	一般	300	-	-	300
	3	一般	300	-	-	300
	4	一般	300	-	-	300
	5	一般	540	-	-	540
	6	一般	300	-	-	300
	7	一般	300	-	-	300
	8	幹線	-	160	-	160
	9	一般	300	-	-	300
交通容量変化	10	幹線	-	600	-	600
	11	幹線	-	640	-	640
	12	幹線	-	600	-	600
	13	一般	-	-	-	0
	14	一般	-	-	-	0
	15	一般	-	-	-	0
	16	一般	300	-	-	300
	17	一般	300	-	-	300
交通量変化	18	一般	300	-	-	300
	19	一般	300	-	-	300
	20	一般	280	-	-	280
	21	一般	300	-	-	300
	22	一般	280	-	-	280
都市条件変化	23	一般	360	-	-	360
	24	幹線	-	-	-	0
		一般	-	-	-	0
	25	幹線	-	600	-	600
	26	幹線	-	160	-	160
	27	一般	320	-	-	320
	28	幹線	-	600	-	600
	29	幹線	80	-	600	680
	30	幹線	1260	-	4740	6000
	31	幹線	2880	-	6860	9740
32	一般	-	-	-	0	

在する村からの移動経路変化が多く発生した。移動経路が幹線道路経由だったものが、交通容量に余裕のある高速道路を利用するようになった。これにより、幹線道路の超過交通量が減少し、幹線道路整備(階層化)が最良の整備となるパターンがあった。幹線道路を整備すると、一般道路からの交通が集中する傾向がある。しかし、幹線道路整備後に、交通容量に余裕のある道路の利用を促すようなものがあれば、幹線道路整備(階層化)が有効と考えられる。

b) 共通点② 過度の交通量に対して

幹線道路整備が最良となるパターンには、交通容量が初期条件より少ない場合、都市の数が増えてネットワーク内に多くの交通量が存在する場合などがあった。交通容量が少ない場合、ネットワーク内に多くの超過交通量が発生する。その中で幹線道路整備は、一般道路の交通容量が少ない場合でも影響を受けず、初期条件と変わらず少ない超過交通量を保っていた。ネットワーク内に都市が増えて交通量が増加する場合でも、ネットワーク内

には過度の超過交通量が発生する。その場合でも、幹線道路整備後(階層化後)の超過交通量はi)、ii)、iii)の整備の中で最小だった。このことより、対象とするネットワーク内に交通容量を大きく超える過度の交通量が存在する場合に幹線道路整備(階層化)は有効であると考えられる。最後に共通点①、②を含めた本研究のまとめと、今後の課題について述べる。

5. おわりに

(1) 本研究のまとめ

本研究では道路を階層化した際のメリットの定量評価を目的としていた。その考察結果、得られた結論をまとめて示していく。全体の結果(表-9)でみるとこのネットワークでは、一般道路整備が適切だと思われる。しかし、研究を進めていく中で、前項で述べたように以下の2つの共通点が階層化のメリットとして挙げられた。

- ・移動経路により、幹線道路整備後(階層化後)も幹線道路に交通が集中しないような場合
 - ・対象とする道路ネットワーク内に、交通容量を大きく超過する過度の交通量が存在する場合
- 大きくこの2つ点が道路ネットワークを階層化するメリットであると考えられる。

(2) 今後の課題

本研究では、任意に交通容量、交通量、車両の走行速度を設定するなど、あくまで仮想のネットワークを対象としている。今後この研究を進めていく上で、現実の道路環境により近い条件を設定する必要がある。また、今回の評価基準は超過台数の合計で評価するというものであった。しかし、他の観点からの評価基準で研究を進めることで新しい結論が出る可能性が高い。よって他の評価基準下での考察というのも必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 下川 澄雄：道路の階層区分を考慮した性能照査手法の意義と課題、土木計画学研究発表会・講演集 No.45 2012
- 2) 後藤 梓：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、土木計画学研究発表会。講演集 N.44 2011
- 3) 橋本 雄太：都市間道路のサービス水準の(実態と道路階層性評価、土木計画学研究発表会・講演集 No.45 2012
- 4) 阿部 義典：現状道路の問題点の体系的整理と階層化による問題解決へのアプローチ、土木計画学研究発表会・講演集 No.45 2012