

地方部において中間速度層を実現するための 道路構造の提案

野村 昭博¹・下川 澄雄²・森田 綽之³

¹正会員 株式会社オリエンタルコンサルタンツ (〒151-0071 東京都渋谷区本町3-12-1)
E-mail: nomura-ak@oriconsul.com

²正会員 日本大学教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

³フェロー会員 日本大学客員教授 交通システム工学科 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)
E-mail: hi-morita@i-transportlab.jp

効率的な道路交通を実現するためには、階層構造を有する道路ネットワークが不可欠である。しかしながら、わが国の道路のサービス速度は、高速道路と(低速の)一般道路によって2極化されており、その間を埋める旅行速度が50km/hを超えるような階層の道路が十分でない。このことが、道路利用者の効率的な移動を阻害している一因となっている。

そこで、本稿では、「道路構造令の解説と運用」に反映することを念頭に、これまでの既往研究の成果を踏まえ、平成22年度道路交通センサスデータ、既存の地図データを用い、中間速度層が満足すべき道路構造について明らかにした。

Key Words : hierarchical road, level of service, Road planning and design, Road Network

1. はじめに

効率的な移動を実現するためには、階層構造を有する道路ネットワークが不可欠である。しかしながら、わが国の道路のサービス速度は、高速道路と(低速の)一般道路によって2極化されており、その間を埋める旅行速度が50km/hを超えるような階層の道路(以降、「中間速度層」という)が十分でない¹⁾。このことが、効率的な移動を阻害している原因となっている。

これに対して、既存研究²⁾では、旅行時間短縮の観点から中間速度層の推奨速度と適用範囲(都市間距離)、およびそれによって期待される時間短縮効果については示されているものの、これを実現するための道路構造についてまでは明らかにしていない。

そこで、本研究では、これまでの既存研究の成果を踏まえ、平成22年度道路交通センサス(以降、「H22センサス」という)データ³⁾および地図データ^{4), 5)}を用い、中間速度層が最低限満足すべき道路構造について明らかにすることを目的とする。

2. 既存研究の整理と本研究の位置付け

下川ら²⁾は、わが国の道路において、中間速度層を含んだ階層ネットワークが形成されていないことを指摘したうえで、一般道路と高速道路の2階層に中間速度層を加えた3階層の道路ネットワークを有する簡易なモデルを用いた試算により、以下に示す中間速度層が有すべき旅行速度と適用範囲などを明らかにした。

① 中間速度層の旅行速度は、50~65km/h程度が望ましく、これを超過すると高速道路と競合する可能性がある。

② 東海道沿線のはしご状のネットワークを念頭に、一般道路から高速道路および中間速度層までの距離をそれぞれ10km, 2~4kmとした場合、中間速度層が有効な都市間距離は、生活圏を形成する10~50km程度となる。

本研究では、この中間速度層に相当する旅行速度50km/h以上を満足できる道路構造について明らかにする。ただし、これらの検討にあたっては、現行の道路の計画設計の構成要素が政令である「道路構造令」で定められている現状から、道路の種級区分を念頭に置きながら進めていく必要がある。このことから、まず中間速度

層を担う道路区分の設定を行ったうえで、目標とする旅行速度を満足するために必要な道路構造を明らかにする。なお、本研究では、関東甲信越(1都9県)を対象に、道路延長が最も多くを占める地方部(第3種)の道路について分析を行った。

3. 種級区分の設定と道路延長

(1) 種級区分の設定

種級区分の設定は、表-1の要領にもとづくものとした。ただし、各道路の「計画交通量」は明らかでないため、級区分の決定によって得られる、「車線数」「車線幅員」を用いて判別した。

ただし、道路の存する地域に関しては、道路構造令の解説と運用では、明確な定義が示されていない。そのため、本研究では、街路事業等の状況に鑑み、都市部を便宜的に H22 センサスの「代表沿道状況」のうち、人口集中地区(DID 地区)とし、地方部を DID 地区以外とした。

表-1 種級区分設定のための H22 センサス対応表

	決定要素	道路構造令	H22センサス
種区分	道路の種類	高速自動車国道および 自専道又はその他	同左
	道路の存する地域	都市部 地方部	DID DID以外
級区分	道路の種類	高速自動車国道	同左
		一般国道	主要地方道
		都道府県道	一般都道府県道 指定市一般市道
	道路の存する地域の地形	市町村道	—
	計画交通量	—	—
横断面構成	—	車線幅員	

(2) 種級区分の道路延長

(1)にもとづき種級区分の設定を行ったところ、対象地域における第3種の道路は約3万km余りであり、全延長(約4万km)の78%を占めている。

表-2は、そのうちの第3種第4級以上の道路延長を示している^{注1)}。これによれば、第3級の道路が全体の46%を占めていることがわかる。本来、都道府県道では平地部の第4級は存在しない。しかし、道路構造令には級を1級下げられる規定があるため、ここでは第4級を規定した。

表-2 第3種道路の級区分別道路延長

	第1級	第2級	第3級	第4級	合計
平地部	320.0km 2%	5,780.4km 28%	7,332.2km 36%	5,021.4km 24%	18,454.0km
山地部	—	22.8km 1%	4,401.0km 42%	2,683.2km 25%	7,107.0km
合計	320.0km 1%	5,803.2km 19%	11,733.2km 38%	7,704.6km 24%	25,561.0km

これに加えて、表-3は、第4級以上の道路の車線数別延長を示している。これによれば、多車線道路の割合は、平地部でも10%にすぎないことがわかる。

表-3 第3種道路の車線数別道路延長

	2車線	多車線	合計
平地部	16,598.6km 90%	1,855.4km 10%	18,454.0km
山地部	69,77.5km 98%	129.5km 2%	7,107.0km
合計	23,576.1km 92%	1,984.9km 8%	25,561.0km

4. 種級区分別サービス水準の実態把握

(1) 級別の旅行速度分布の特徴

級別の旅行速度の状況を明らかにするにあたり、隣接区間や交通量の影響を除くため、区間延長が1.0km以上で、各級の設計基準交通量を下回る区間を対象に分析を行った。設計基準交通量は車線数決定に用いる交通容量であり、基本交通容量の4割程度の値である。本研究で想定しているオフピーク時においては、良好な走行環境が実現しているものと推察される。

図-1は、多車線道路の旅行速度ランク別延長割合を示している。多車線道路は、旅行速度が50~60km/h付近で2つの階層に分かれ、旅行速度の高い層の多くは、第1級の道路が占めている。ただし、旅行速度の低い層の中にも、第1級の道路は多く含まれている。

これに対して、図-2は、2車線道路の旅行速度ランク別延長割合を示している。2車線道路は、各級とも同様の分布形状であり、級区分ごとに階層構造を有していない。

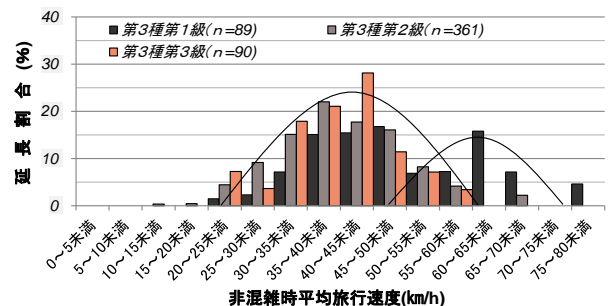


図-1 旅行速度ランク別道路延長割合(多車線)

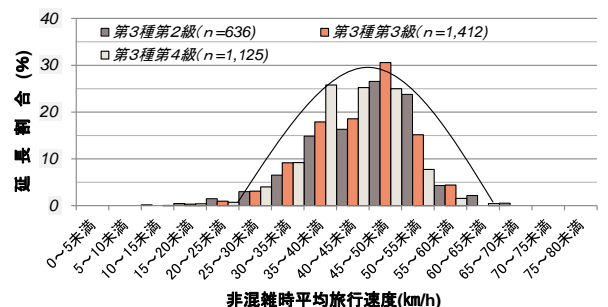


図-2 旅行速度ランク別道路延長割合(2車線)

(2) 道路延長を考慮した級別の旅行速度分布の特徴

(1)では、旅行速度別延長の割合を示して比較・分析している。しかし、級ごとに延長が異なることから、これらを考慮する必要がある。

具体的には、「実際の級区分別の旅行速度別道路延長：L」と表4、表5のA、Bを乗じた「級区分別の旅行速度別期待延長：M(=A×B)」の比(L/M)を用いて評価を行った。

ここで、Aは(旅行速度帯別合計延長／総延長)、Bは級別の合計延長であるが、各旅行速度帯において、この比(L/M)が1.0を上回る級ほどより多くの延長をカバーしている級であり、各旅行速度帯を実現している代表となる級区分といえる。

表4は、多車線道路の級区分と実現される旅行速度の関係について示している。これによれば、上位の級ほど高い速度領域を担う傾向にあり、中間速度層に相当する旅行速度 50km/h 以上を担う道路区分としては、第1級の道路がこれにあたるものと考えられる。

これに対して、表5は、2車線道路の級区分と実現される旅行速度の関係について示している。これによれば、2車線においても多車線と同様に、上位の級ほど高い速度領域を担う傾向にある。なお、2車線道路で中間速度層に相当する旅行速度 50km/h 以上を担う道路区分としては、第2級の道路がこれにあたるものと考えられる。

表4 各旅行速度を代表する級区分(多車線)

	30.0未満	30.0～40.0未満	40.0～50.0未満	50.0～60.0未満	60.0～70.0未満	70.0～80.0未満	合計延長(B)
第1級	0.31	0.63	0.93	1.14	4.59	6.64	167.1km
第2級	1.18	1.06	0.98	1.00	0.45	0.00	765.9km
第3級	0.89	1.11	1.15	0.85	0.00	0.00	176.0km
割合(A)*	0.12	0.35	0.35	0.12	0.05	0.01	1109.0km

※総延長(1,109.0km)に対する旅行速度延長の割合。

表5 各旅行速度を代表する級区分(2車線)

	30.0未満	30.0～40.0未満	40.0～50.0未満	50.0～60.0未満	60.0～70.0未満	70.0～80.0未満	合計延長(B)
第2級	1.06	0.74	0.89	1.62	4.02	0.00	1715.6km
第3級	0.91	0.94	1.02	1.13	0.00	0.00	3970.6km
第4級	1.08	1.21	1.04	0.53	0.64	0.00	3347.2km
割合(A)*	0.05	0.29	0.48	0.17	0.01	0.00	9033.4km

※総延長(9,033.4km)に対する旅行速度延長の割合。

5. 中間速度層に相当する旅行速度と道路構造の関係

4.(2)より、中間速度層を担う道路区分としては、多車線では第1級、2車線では第2級が担当することが明らかとなった。そこで、これらを対象に中間速度層に相当する旅行速度と道路構造の関係について分析を行った。

なお、これまでの分析では、上下平均の旅行速度を用いている。ここでは上り・下りの別や信号交差点の位置などを個別に確認し、多車線「35区間」、2車線「137区間」を再抽出した。

(1) 多車線道路の道路構造と旅行速度

旅行速度に影響を与える大きな要因としては、一般に単路部は「沿道出入りの状況」や「中央分離帯」など、交差点部では「信号交差点密度」や「代表交差点の青時間比(以降、単に「青時間比」という)」があげられる。

a) 単路部の道路構造と旅行速度との関係

単路部の道路構造と旅行速度との関係を明らかにするため、旅行速度「50km/h 以上」と「50km/h 未満」のグループからそれぞれランダムに5区間ずつ抽出を行い、旅行速度に影響を及ぼすと考えられる「沿道出入りの状況」や「中央分離帯の有無」などについて示した路線カルテを作成した。しかしながら、これらを確認したところ、旅行速度と道路構造の間には一定の関係性はみられなかった。

これは、本研究では、交通量の少ない区間を対象としているため、仮に開口部より沿道出入りや転回があったとしても、結果的に後続の車両へはほとんど影響を及ぼさないためと推察される。

b) 信号交差点と旅行速度との関係

一方で、信号交差点と旅行速度との関係については、「信号交差点密度」、「青時間比」を説明変数とする重回帰分析を行い、式(1)を得た。

$$V = -11.442X_1 + 0.417X_2 + 43.392 \dots\dots (1)$$

(重決定係数 R²=0.621)

ここで、

V：非混雑時平均旅行速度(上り、下り)

X₁：信号交差点密度(箇所/km)、X₂：青時間比(%)

これについて、各変数のt値およびp値をみると、サンプル数が限られている影響もあり青時間比の値については、必ずしも有意な水準であるとはいえないが、相関性は高く2つの要因と旅行速度には一定の関係がみられるものと判断される。(表-6参照)

表-6 式(1)のt値、p値

	X1	X2	切片
t値	-5.827	1.863	2.845
p値	1.792E-06	0.071	0.008

V：非混雑時平均旅行速度(上り、下り)、

X1：信号交差点密度(箇所/km)、X2：代表交差点の青時間比(%)

一方、図3は、式(1)で用いたデータを旅行速度別にプロットした。これによれば、中間速度層に相当する旅行速度 50km/h 以上を満足するためには、信号交差点密度 1.5 箇所/km、青時間比 60%が閾値となりそうである。

ここで、青時間比については、式(2)に示す Webster の遅れ式⁹⁾を用いてその妥当性を追求することができる。

$$w = \frac{(1-g)}{2(1-\rho)} C + \frac{x^2}{2\rho(1-x)} \quad \dots\dots (2)$$

ここで、

ρ : 交差点流入部の需要率=(q/S)

S : 飽和交通流率=2,000(台/青1時間)

g : 信号スプリット=($(C-R)/C$)

C : 信号(最適)サイクル長=67(秒)

R : その交通が当面する赤信号時間長=青時間比ごと(秒)

x : (ρ/g)

図4は、0.67kmの区間に1箇所信号交差点が設置された信号交差点密度が 1.5 箇所/km の場合を想定し、設計速度で走行した際の流入交通量と旅行速度の関係を青時間比別に示している。これによれば、青時間比が 55% の場合は、旅行速度 50km/h 以上を達成することは困難であり、青時間比 60%が閾値となることがわかる。

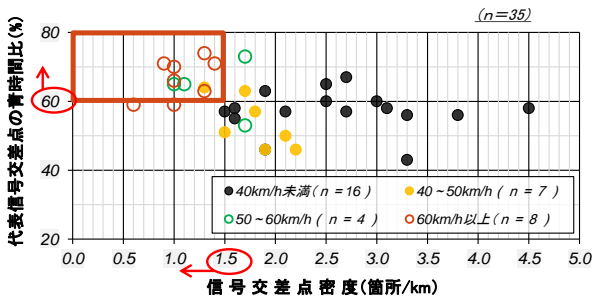


図-3 旅行速度別の信号交差点密度・青時間比

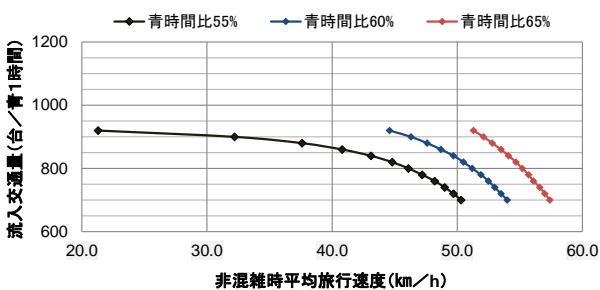


図4 青時間比と旅行速度の関係

これまでの分析結果を踏まえると、図-5に示すように、中間速度層を満足するために必要な「信号交差点密度」と「青時間比」を説明変数とする性能曲線を示すことができる。なお、式(1)によれば、青時間比が低い場合においても信号交差点密度が低ければ、旅行速度 50km/h

以上を満足できることになる。しかし、Webster の遅れ式から得られた結果によれば、青時間比は 60%以上が望ましいことがわかる。このことから、中間速度層の担う旅行速度 50km/h 以上を満足するためには、2つの要因は赤で着色された範囲となる。

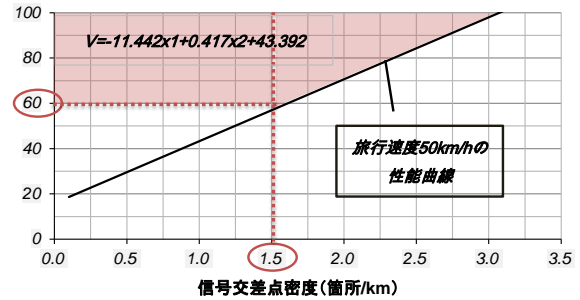


図-5 信号交差点密度と青時間比の性能曲線

(2) 2車線道路の道路構造と旅行速度

(1)で得られた多車線道路の結果を踏まれば、サービス速度を決定する要素としては、「信号交差点密度」と「青時間比」があげられる。しかし、H22 センサデータに2車線道路の青時間比は含まれていない。

そこで、図-6では、信号交差点密度と旅行速度の関係を示した。これによれば、中間速度層に相当する旅行速度 50km/h 以上の区間において信号交差点密度が 1.0 箇所/km 以上となる点が少ないことから、2車線道路では信号交差点密度 1.0 箇所/km が閾値となるものと考えられる。

一方、Webster の遅れ式は車線数に関わらず適用できることから、2車線道路の信号交差点密度の場合についても同様に計算すると、信号交差点密度が 1.0 箇所/km の場合の青時間比の閾値は 65%となることがわかった。

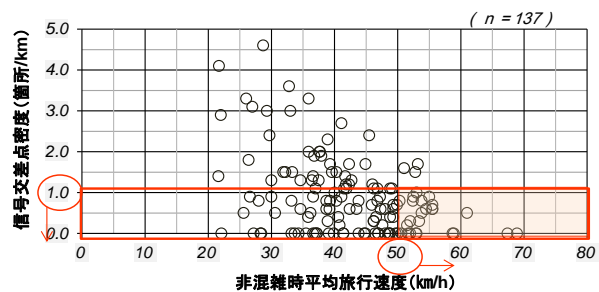


図-6 信号交差点密度と旅行速度(2車線)

その一方で、2車線道路では、特に「右折専用車線の有無」が旅行速度に大きく影響すると考えられる。しかし、H22 センサには右折専用車線のデータは存在しない。このため、信号交差点密度 1.0 箇所/km 未満の中で信号交差点が 1 箇所も設置されていない区間を除いた 33 区間を対象に、地図データ^{4), 5)}を用いて「右折専用車線」の設置状況について確認を行った。図-7は、「右折

専用車線の設置率」と「旅行速度」の関係について示している。本来、旅行速度が高い区間では右折専用車線の設置率が高く、低い場合はその逆であり、多くは赤色で着色した範囲に含まれると考えられる。しかし、今回のデータから右折専用車線と旅行速度との間にこのような関係はみられなかった。

この原因としては、多車線道路でも示したように、本研究の対象区間は交通量が少なく、仮に右折車が存在していても、これが後続車をブロックし遅れを発生させるには至っていないためであると推察される。

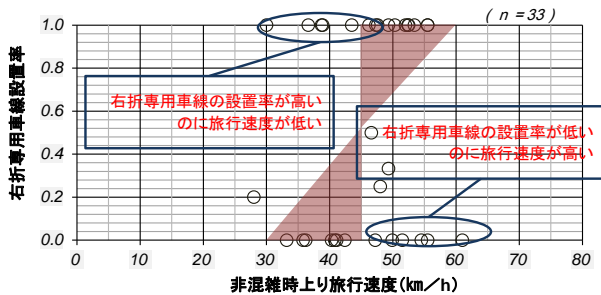


図-7 右折専用車線の設置率と旅行速度(2車線)

6. まとめ

本研究では、以下の4つの知見を新たに得ることができた。これらの結果は、今後予想されるサービス水準を考慮した「道路構造令」の改定にあたり、極めて有効な知見であると考えられる。

- ① 地方部の道路において、中間速度層に相当する旅行速度 50km/h 以上を担う道路の区分は、多車線では第3種第1級、2車線では第3種第2級が担当する。
- ② 多車線道路において中間速度層に相当する旅行速度を満足するためには、信号交差点密度 1.5 箇所/km、青時間比 60%が閾値となり、図-5 に示す範囲を満足している必要がある。
- ③ 2車線道路においては、青時間比のデータを得ること

ができないが、Webster の遅れ式を踏まえれば、信号交差点密度 1.0 箇所/km、青時間比 65%を閾値とするのが妥当である。

- ④ なお、本研究では、交通量の少ない区間を対象としているため、結果的に「右折専用車線」や「中央分離帯」の有無は旅行速度に影響を及ぼさなかったが、これらの必要性は言うまでもない。

今後は、データの蓄積による精度の向上や都市部での検討が必要である。また、これに加えて、交通量の多い時間帯を対象に、旅行速度と単路部の道路構造との関係についても明らかにしていきたい。

注記

注1) 表-2に示した第4級以上の道路の他に、車線幅員275m未満の既存不適格となる2車線道路が3,627.0km存在。第5級に相当する1車線道路が1,841.km存在し、第3種の道路のそれぞれ約12%、約6%を占めている。

参考文献

- 1) 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 No.45, 2012年6月
- 2) 下川澄雄, 森田紳之, 土屋克貴: 道路ネットワークにおける中間速度層の意義と適用範囲, 土木計画学・論文集, Vol.49, No.376, 2014年6月
- 3) 交通工学研究会, 平成 22 年度道路交通センサス一般交通量調査, CD-ROM
- 4) Yahoo!地図: <http://map.yahoo.co.jp/>
- 5) Google マップ: <https://www.google.co.jp/maps>
- 6) 交通工学研究会, 改定 平面交差の計画と設計 基礎編第3版, pp135-136, 2007年8月

(2015.04.24受付)

Proposal of the Road Structure for Realizing Intermediate Speed Hierarchy in Rural Area

Akihiro NOMURA, Sumio SHIMOKAWA and Hirohisa MORITA