

一般道路において中間速度層を実現するための 道路構造条件等に関する研究

小山田 直弥¹・下川 澄雄²・吉岡 慶祐³・森田 緯之⁴

¹学生会員 日本大学大学院 理工学研究科社会交通工学専攻 (〒274-8501 千葉県船橋市習志野台7-24-1)

E-mail: csna15006@g.nihon-u.ac.jp

²正会員 日本大学教授 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp

³正会員 日本大学助手 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: yoshioka.keisuke@nihon-u.ac.jp

⁴フェロー会員 日本大学客員教授 理工学部交通システム工学科 (同上)

E-mail: hi-morita@i-transportlab.jp

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の形成が極めて重要である。しかし、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、二極化されており、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（中間速度層）が十分でない。そのため、本稿では、平成22年度道路交通センサスを用い、共通条件分析、付帯条件分析という新たなアプローチを提案した。さらに、これを用いて、一般道路において50km/hの旅行速度を実現するための道路構造条件（閾値）を明らかにした。

Key Words : Road of level terrain, intermediate speed, Hierarchical road, level of service

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必要不可欠である。しかし、わが国の道路のサービス速度は、高速道路と（低速の）一般道路によって二極化されており、その間を埋める旅行速度を実現する階層（以降、「中間速度層」という）が十分でない¹⁾。このことが道路の効率的な移動を阻害している原因の一つとなっている。

これに対し、下川ら²⁾は一般道路と高速道路に中間速度層を加えた3つの階層が存在する場合、生活圏を形成するような都市間距離においては、50～65km/h程度の中間速度層を有する道路が有効であると説明している。後藤ら³⁾は、拠点レベルに応じて設定した目標旅行時間に対し、それを達成するための道路階層の組み合わせの検討を行っているが、その中で中間速度層が重要な役割を担っていることを指摘している。

このように、中間速度層の意義は多くの論文などを通じて説明されてきた。しかし、中間速度層に相当する旅行速度を実現することのできる道路構造についてはこれ

まで十分に議論されていないのが現状である。

そこで、本研究では、多車線の一般道路を対象に平成22年度道路交通センサス（以降、「H22センサス」という）データ⁴⁾および、既存の一般に得られる地図データ⁵⁾を用い、旅行速度が50km/hを超える中間速度層を実現するための道路構造条件等を明らかにすることを目的とするものである。

2. 既往研究の整理と本研究の位置づけ

階層的な道路ネットワークを実現するにあたり、特にトラフィック機能が特化した道路階層にあつては、各階層が目標とする旅行速度と道路構造条件等との関係を明らかにしたうえで、既存の道路空間の再編を進めていく必要がある。

橋本ら⁶⁾は、実現される都市間の旅行速度に対して、影響を与える道路構造の要因について数量化Ⅰ類による分析を行っている。その結果、信号交差点密度が旅行速度と最も関係が深く、これに加えて、代表沿道状況や指

定最高速度にも一定の関係がみられることを明らかにした。

内海ら⁷⁾は、都市や拠点間連絡における十分な旅行速度を確保するために必要な条件を提示することを目標に、旅行速度と道路構造の関係について分析を行っている。ここでも、都市内の幹線道路に着目し、旅行速度と道路構造の関係について、数量化Ⅰ類による分析を行い、信号交差点密度、アクセスコントロールなどが、旅行速度への影響が大きい要因としてあげている。

しかしながら、これらの研究では旅行速度に関係する道路構造の導出にとどまっており、所定の旅行速度を実現するために担保しなければいけない道路構造条件を明らかにしたわけではない。

これに対し、野村ら⁸⁾は、地方部道路を対象に、50km/hを実現するための道路構造条件について分析を行っている。その結果、旅行速度50km/hを実現する条件として、a. 多車線では第3種1級、2車線では、第3種2級に相当する幅員を有していること、b. 多車線道路では、信号交差点密度1.5箇所/km以下、代表信号交差点の青時間比（以降、「青時間比」という）が60%以上であること、c. 2車線道路では、信号交差点密度1.0箇所/km以下、青時間比が65%以上であることを示している。しかしながら、この研究では、1都9県を対象とした少ないサンプルであること、交通量の少ない区間のみを対象としているため、右折専用車線や中央分離帯などと旅行速度との間に有意な関係性を示せていないことなどが課題としてあげられている。

このような先行研究を踏まえ、本研究では、中間速度を実現する種々の道路構造条件等をより明確に分析すべく、幹線道路である全国の都道府県道以上の道路を対象に、より実証的な視点から分析を行う。

3. 分析の考え方と手順

(1) 分析にあたっての手順

本研究では、全国の道路交通状況が網羅的に把握でき

るH22センサスデータを用いることとする。しかし、現実には、ここから得られる中間速度が実現できている区間は僅かであると考えられる。そのため、このような状況の中で全国すべての区間データを用いて分析を行った場合、当該データは全体の中に埋没してしまい、旅行速度との明確な関係性や、閾値を見出せなくなる恐れがある。内海らの研究によって所定の旅行速度を実現できる道路構造条件を見い出せなかったのは、このことが原因の一つと考えられる。

そこで、本研究では、図-1に示すように中間速度が実現している区間のみに着目し、共通する条件について分析（共通条件分析）を行う。さらに、その結果を踏まえ、共通条件の妥当性を確認する付帯条件分析という2つの分析手順を提案した。

a) 共通条件分析(Step1)

中間速度（50km/h）を実現している区間を抽出し、共通する道路構造条件等（交通量、信号交差点密度、車線幅員、代表信号交差点の青時間比、右折専用車線、中央分離帯、アクセスコントロール、大型車混入率、交差点密度、バス優先・専用レーン、沿道状況）を明らかにする。

b) 付帯条件分析(Step2)

a)で明らかとなった道路構造条件等に対して、共通条件を全て満たしながらも50km/h未満の区間を抽出し、それが達成できていない原因を明らかにする。この分析を通じて共通条件に加味すべきものがあれば共通条件分析にフィードバックする。

(2) データセットの作成

H22センサス区間について、図-2の手順により抽出作業を行い、分析対象となる858区間を得た。この中で、H22センサスの信号交差点密度は、起点から終点を下りとし、終点側の信号交差点はカウントしていない。そのため、センサス区間のうち、下り方向を分析に使用すると、対象とすべき終点側信号交差点が集計上含まれていないこととなる。そこで、本研究では上り方向のみを対象とするとともに、道路構造のもつ潜在的な速度環境を

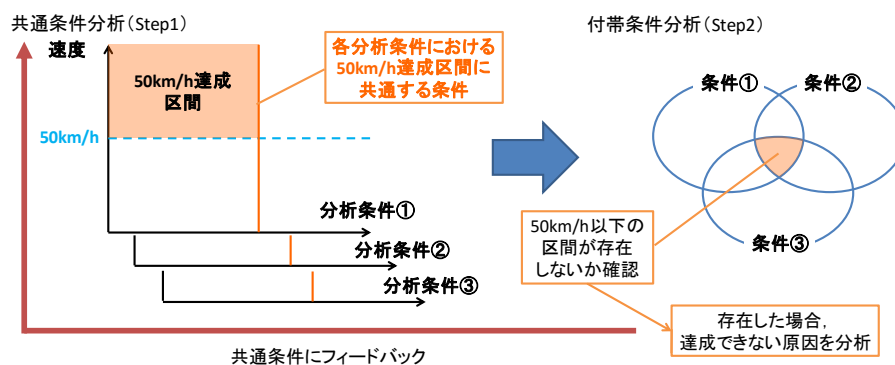


図-1 本研究の分析手順

扱う必要から、旅行速度データは非混雑時旅行速度とした。さらに、共通条件として扱う50km/hを達成している区間においては、青時間比について主道路と従道路の交通量比と青時間比が±10%以上の差がある区間、信号交差点数は、本線の旅行速度への影響が小さい押しボタン式や立体交差の側道の信号交差点などを地図データで確認し除いたうえで再集計した。

4. 50km/h達成区間の分析（共通条件分析）

図-3は、図-2で抽出した多車線の一般道路858区間について、非混雑時交通量と旅行速度の関係をみたものである。非混雑時交通量とは、平日12時間交通量（上り方向）から、H22センサスでピーク時間帯（7～9時、17～19時）とする4時間の交通量を引き、残りの8時間で除した値であり、これを車線あたりで表示している。これによれば、交通量と旅行速度の間に相関性はみられず、それぞれの道路構造等に起因して旅行速度に差異が生じていることが推察される。共通条件分析では、このうち、旅行速度50km/hを実現している63箇所（赤枠内）を対象として分析を行う。

表-1は、50km/h達成区間の道路種類と沿道状況の内訳を示している。対象区間は一般国道、とりわけ直轄国道が75%と多くを占めている。また、沿道状況はDID地区が15区間、その他市街地が16区間、平地部が半数以上の32区間であった。また、図-4は、交通量ランク別の区間数割合を50km/h以上と50km/h未満の別に示している。旅行速度が50km/hを上回る対象区間の中には800台/車線・hを超える区間が27%存在しており、旅行速度が高くても交通量の多い区間が存在していることがわかる。

(1) 信号交差点密度と代表信号交差点の青時間比

図-5は、50km/h達成区間の交通量と信号交差点密度の関係を示している。対象63区間のうち、信号交差点が存在しない41区間（信号交差点密度0箇所/kmの区間）は交通量が少ない区間から多い区間まで幅広く存在し、交通量が概ね800台/車線・hを超える区間では、17区間のうち1区間を除き信号交差点が存在しない。また、旅行速度が60km/hを超える31区間うち26区間は信号交差点が存在しない区間である。一方、信号交差点が設置されている区間では、プロットされた信号交差点密度の上限値は交通量が少ない区間ほど高くなる傾向にあり、概ね青い破線（式(1)）で内包されている。

$$Y = -0.0016X + 2.3 \quad (\text{ただし, } 0 \leq X \leq 800) \quad (1)$$

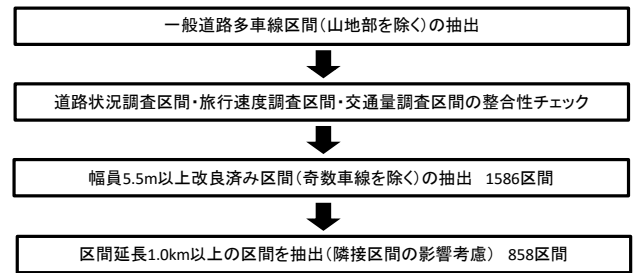


図-2 分析対象区間データの抽出

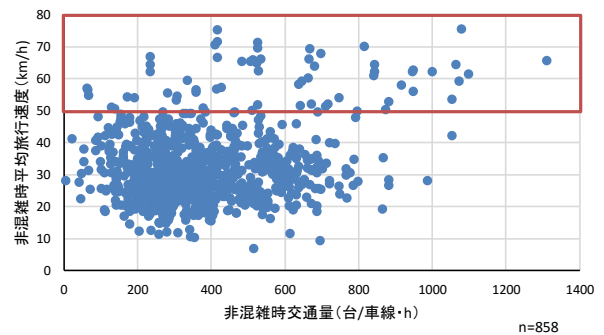


図-3 非混雑時交通量と旅行速度の関係

表-1 50km/h達成区間の道路種類と沿道状況

	区間数			合計
	直轄国道	その他国道	都道府県道等	
DID	12	0	3	15
その他市街地	11	0	5	16
平地	24	5	3	32
合計	47	5	11	63

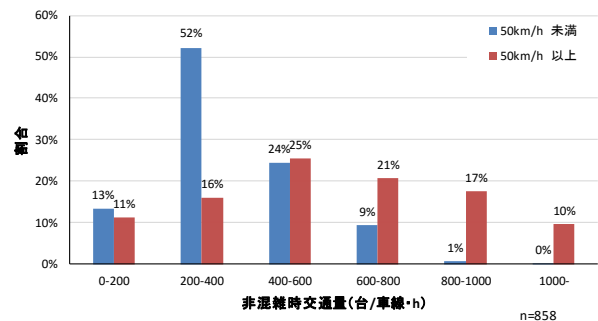


図-4 交通量ランク別50km/h達成区間数の割合

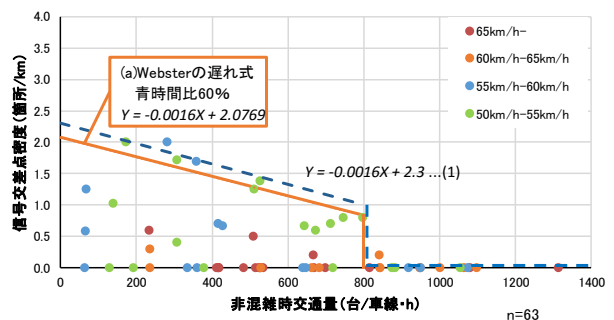


図-5 信号交差点密度と非混雑時交通量の関係

ここで、

X : 非混雑時交通量 (台/車線・h)

Y : 信号交差点密度 (箇所/km)

図-6は、50km/h達成区間のうち信号のある22区間について青時間比と交通量の関係を示している。これによると、プロットされた青時間比の下限値は交通量に関わらず60%程度であるのに対し、交通量が多い区間の中には、青時間比の高い区間が含まれ、上限値は概ね青い破線の中に内包している。

次に、信号交差点密度と青時間比の関係について図-7に示す。これによれば、信号交差点密度が1.0箇所/kmを下回るような比較的低い区間の中で、青時間比が高い区間が必ずしも旅行速度が高いとは言えない。また、図-5、図-6では、それらと交通量の間において上限値を示すことができるものの、それぞれの関係についての相関関係を見出すことはできない。以上のことから、本研究で対象とした50km/h達成区間において、旅行速度と信号交差点密度、青時間比、交通量との間に明確な関係を見出すことはできないことから、図-5で示した青い破線は閾値として概ね妥当であると考えられる。

ちなみに、図-5の橙色の線は、式(2)に示すWebsterの遅れ式から、青時間比が60%、サイクル長100秒としたときに、50km/hを実現するための信号交差点密度を求めたものである。具体的には、単路区間の終点に独立した信号交差点を設けた状況を想定し、以下の前提条件によって式(2)から求められる交差点需要率別の旅行時間に、信号交差点密度の逆数をとった単路区間距離に相当する旅行時間を加え、旅行速度が50km/hとなる信号交差点密度を求めた。その際、800台/車線・hにおいて旅行速度が50km/hとなる交差点需要率は60%であった。これによれば、本研究で閾値として示す青い破線に比べて切片は0.2箇所/kmほど低いが、傾向はほぼ同じであり、大きな差がみられない。

(前提条件)

- ・交差点は十字交差点、信号現示は単純2現示とし、右折待ちは考えない
- ・信号サイクル長は100秒とする
- ・青時間比は60%とする
- ・単路区間の旅行速度は65km/hとする（無信号交差点区間における平均旅行速度を使用）

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

ここで、

W : 平均遅れ時間 (秒)

g : 代表信号交差点の青時間比

C : サイクル長 (秒)

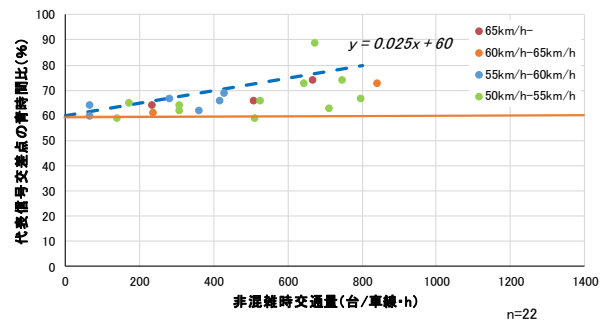


図-6 非混雑時交通量と青時間比の関係

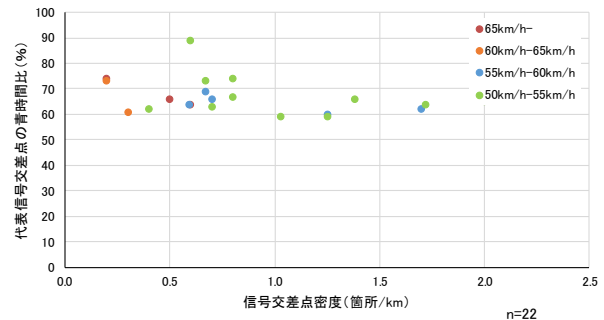


図-7 信号交差点密度と青時間比の関係

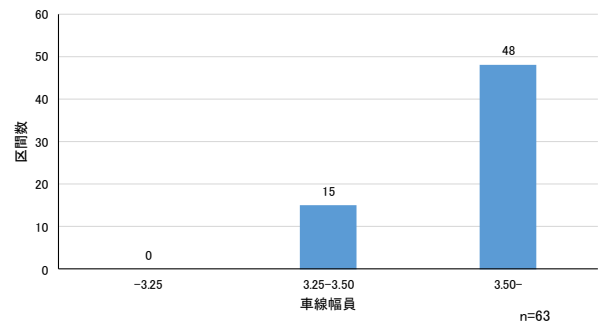


図-8 車線幅員別区間数

λ : 交差点需要率

q : 流入交通量 (台/車線・h)

x : λ/g

(2) 車線幅員

図-8は、50km/h達成区間の車線幅員別区間数を示している。対象全区間において車線幅員が3.25m以上である。このことから、車線幅員3.25m以上（第3種2級相当）が旅行速度50km/hを実現している区間に共通する条件といえる。

(3) 右折専用車線

図-9は、50km/h達成区間における、右折専用車線の設置の有無を非混雑時交通量と旅行速度との関係として示している。なお、ここではアクセスコントロールされて

いる区間や未表示データを除く23区間を対象としている。これによれば、交通量の少ない区間であっても右折車線が設置されており、交通量が800台/車線・h付近では右折禁止としている区間もみられる。交通量の少ない区間では、右折のラグは十分にあり、右折待ちによる後続車両への影響もほとんどない場合も想定されるが、中間速度を実現すべき道路はトラフィック機能が期待されるとともに、安全性の観点からも右折専用車線は不可欠であると考えられる。

(4) 中央分離帯

図-10は、50km/h達成区間の中央分離帯の設置状況について、地図データから設置延長を読み取り、各区間の割合をプロットしている。これによれば、63区間のうち57の区間で中央分離帯が全区間で設置されている。その一方で、交通量が400台/車線・h以下の区間において中央分離帯の設置率の低い区間もみられる。これら区間は、田畑などが広がり沿道に建物がわずかに点在する程度であった。中央分離帯は、沿道において都市的土地利用がなされている区間においては不可欠と言えるが、このような交通量や沿道条件下では中央分離帯はなくても50km/hの旅行速度を達成することは可能であると考えられる。

(5) アクセスコントロール

図-11は、旅行速度が50km/hを実現している区間における、アクセスコントロールの状況の違いを示している。交通量が800台/車線・hを超える区間では、出入自由の区間は存在しておらず、交通量が800台/車線・h以上の区間では、出入制限が必須の条件であるといえる。この値は、図-5に示す信号交差点密度の閾値の最大値とも合致するものである。

(6) その他の道路構造条件等

(1)～(5)のほか、旅行速度に影響があると考えられる大型車混入率、交差点密度、バス優先・専用レーンと旅行速度との関係についても分析を行ったが明確な関係はみられなかった。

(7) DID地区にみる沿道との接続

一般に、沿道土地利用が高度化すると、その出入交通による本線車線の錯綜により、旅行速度の低下をもたらすことは想像に値しない。一方、本研究で対象とする50km/h達成区間のうち、DID区間は15区間と全体の2割以上を占めることから、決して少ないとは言えない。そこで、DID地区を対象に沿道との接続関係を確認した。

図-12は、分析対象のDID区間における交差方式を示している。これによれば15区間のうち、完全出入制限は

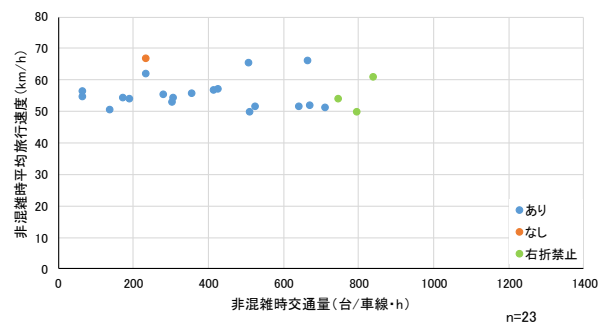


図-9 右折専用車線の有無と非混雑時交通量の関係

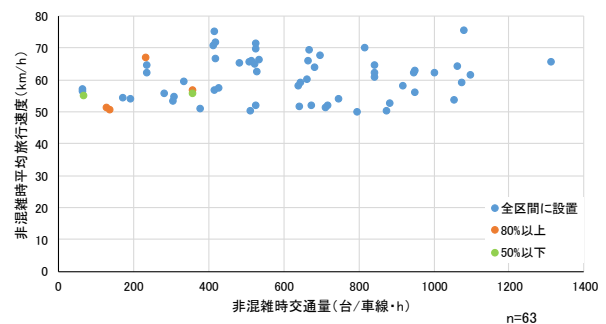


図-10 中央分離帯の有無と非混雑時交通量の関係

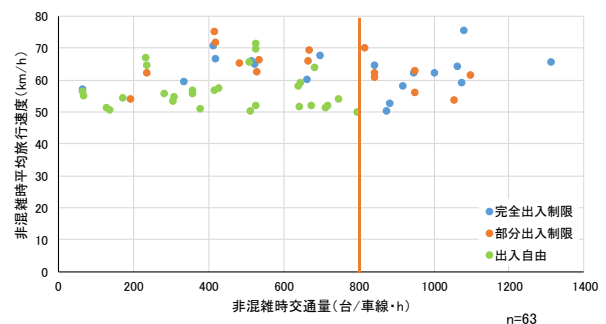


図-11 アクセスコントロールの有無と非混雑時交通量の関係

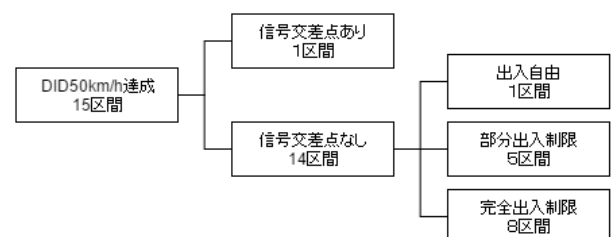


図-12 分析対象のDID区間における交差方式

8区間、部分出入制限は5区間であり、沿道とはほとんどが完全、あるいは一定程度の制限が講じられている。

次に、信号交差点ありの1区間、信号交差点なしで出入自由の1区間について、接続道路と沿道との出入状況について地図データを用いて確認した（表-2、図-13、図-14参照）。信号交差点ありの一般国道4号郡山市内は、対象区間の6割程度が切土構造、立体構造により沿道と

表-2 DID 出入自由の 50km/h 達成区間

	路線名	区間延長 (km)	非混雑時旅行速度 (km/h)	信号交差点密度 (箇所/km)	接続道路	備考
①	一般国道 4 号 (福島県郡山市内)	1.6	52.1	0.6	・ 2 車線道路 (代表信号交差点) ・ 1 車線道路: 2 路線	・ 対象区間の 6 割程度が切土構造により沿道と分離されている (副道的な道路により出入口が集約) ・ 接続道路は、住宅地への地先道路である ・ 沿道施設との出入口は 1 箇所のみである
②	一般国道 4 号 (埼玉県越谷市内)	1.2	58.3	0.0	・ 2 車線道路: 1 路線 ・ 一方通行出口: 1 路線 ・ 1 車線道路: 1 路線	・ 対象区間の 6 割程度が立体構造により沿道と分離されている ・ 接続道路は、住宅地への地先道路である ・ 沿道施設との出入口は 4 箇所のみである



図-13 DID50km/h達成区間の確認 (福島県郡山市内)



図-14 DID50km/h達成区間の確認 (埼玉県越谷市内)

は実質的に分離されている。また、残りの区間での接続は、代表信号交差点に加えて、住宅地への地先道路2路線と沿道建物(駐車場)への4箇所の出入口のみであった。

また、信号交差点のない一般国道4号越谷市内についても約6割の区間が立体構造であり、接続する道路は3本の地先道路と、1箇所の沿道建物へ出入口のみであった。

このことから、旅行速度50km/hを達成するためには、沿道との出入は物理的にないか、一定程度の制限を設ける必要があることがわかった。

(8) 50km/h達成区間における共通条件

以上の結果から、表-3に示す条件が、旅行速度50km/hを実現している区間に共通する道路構造条件等となることが明らかとなった。

5. 50km/h未達成区間の分析 (付帯条件分析)

共通条件分析で整理された、旅行速度が50km/hを実現するための条件(閾値)は、単独の道路構造条件と旅行速度との関係から設定したものである。そこで、表-2で整理した共通条件の妥当性を検証するため、付帯条件分析を行った。ここでは、平地部道路による結果を示す。

表-3 旅行速度50km/hを実現するための条件

	道路構造条件	50km/hを実現するための条件
①	交通量	有意な関係なし
②	信号交差点密度	信号交差点のない区間又はある場合は、以下の式に応じた信号交差点密度の設定が必要 $Y = -0.0016x + 2.3$ $800 \geq x \geq 0, Y \geq 0$
③	代表信号交差点の青時間比	60%以上
④	車線幅員	3.25m以上
⑤	右折専用車線	設置が原則
⑥	中央分離帯	平地部の交通量が少ない区間を除き、設置が必要
⑦	アクセスコントロール	800台/車線・h以上の場合、出入制限を行う
⑧	大型車混入率	有意な関係なし
⑨	交差点密度	有意な関係なし
⑩	バス専用・優先レーン	有意な関係なし
⑪	沿道との接続	接続はないが、一定程度の制限が必要

分析対象区間は、図-2に示すとおり858区間存在し、そのうち平地部は2割に相当する170区間が存在する。さらに、50km/hを達成している32区間を除くと、対象は138

これに対して、共通条件を満たしているものの、旅行速度が50km/hを実現できていない区間を図-15のステップで確認したところ、5区間が抽出された。この5区間を表-4示す。抽出された区間に対して詳細にみると、区間①は旅行速度がほぼ50km/hであり、表-2の共通条件を即座に否定するものではない。その他の4区間については、地図データを用いて確認を行った。

例として、図-16に表-4⑤の区間を示す。この区間は、起点付近において一部区間が2車線であることが確認でき、道路構造上特殊な要因を有していることが確認できた。表-4に示す他の3区間についても同様に共通条件を満たしながらも50km/hを実現することのできない要因が確認された。このことから、非混雑時旅行速度が50km/hを下回る区間において、共通条件に該当する区間は実質的に存在しておらず、平地部に関しては提案した共通条件が、50km/h以上の中間速度層を実現するための道路構造条件等（閾値）として妥当であることが確認された。

6. おわりに

本研究では、旅行速度50km/hを実現するための道路構造条件等を明らかにするために一般道路の多車線区間において分析を行い、以下の知見を得た。

- ①共通条件分析、付帯条件分析という新たなアプローチを提案し、今まで明らかとされてこなかった所定の旅行速度を実現するために担保しなければいけない道路構造条件等（閾値）を示すことができた。
- ②共通条件分析にて、表-2に示す50km/hを実現するための道路構造条件等（信号交差点密度と交通量、代表信号交差点の青時間比、車線幅員、右折専用車線、中央分離帯、アクセスコントロール、沿道状況）を明らかにした。
- ③特に、DID地区のように沿道利用が連担するような区間では、沿道との一定程度の制限を設ける必要があることが確認された。
- ④平地部道路において付帯条件分析を行い、50km/hを下回るが共通条件を満たしている区間は、道路構造上特殊な要因を有していることが確認でき、平地部に関しては、共通条件の妥当性を明らかにした。

今後は、各沿道状況の特徴を整理するとともに、DID、その他市街地においても付帯条件分析を行い、一般道路の多車線区間における共通条件の妥当性を検証する。

さらに、ここで明らかとなった50km/hを達成する道路構造条件等の実務への展開を念頭に、国道バイパスなどトラフィック機能が期待される道路を対象に、中間速度

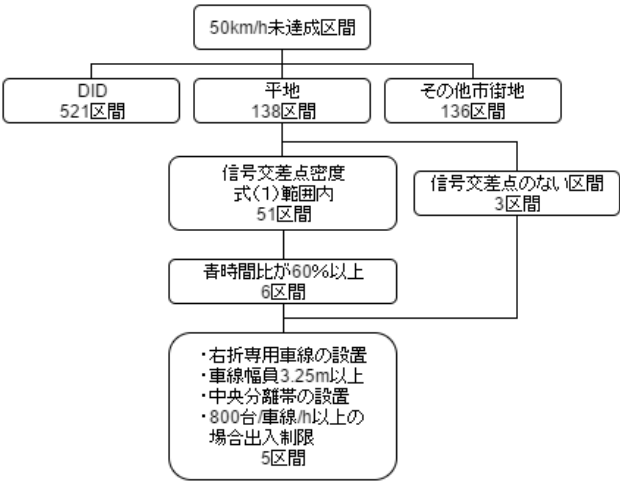


図-15 付帯条件分析のステップ



図-16 50km/h未達成区間の確認

を実現するための対策等の検討を含むフィールドスタディを行っていく予定である。

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, Vol.45, 2012.
- 2) 下川澄雄, 森田緯之, 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応範囲, 土木学会論文誌 D3, Vol.71, No.5, pp.1_613-1_622, 2015.
- 3) 後藤梓, 中村英樹：拠点配置特性に応じた機能的階

表-4 50km/h 未達成区間の道路構造

	路線名 (区間番号)	区間延長 (km)	非混雑時 旅行速度 (km/h)	信号交差点 密度 (箇所/km)	非混雑時 交通量 (台/車線・h)	車線幅員 (m)	青時間比 (%)	右折専用車線 の有無	中央分離帯 の有無	アクセス コントロール	備考
①	一般国道19号 (21300190410)	2.0	49.3	1.5	324	3.25	68	あり	あり	出入自由	ほぼ50km/hを達成
②	鳴門公園線 (10303540390)	3.2	42.7	0.9	139	3.25	61	あり	あり	出入自由	区間内で該当路線が右折方向に 屈曲する交差点を含む
③	一般国道42号 (30300420500)	1.2	42.6	0.8	417	3.50	67	あり	あり	出入自由	4車線区間の終端部であり、 そこから1車線ずつに分岐、 かつ特定の方向に交通が集中
④	一般国道141号 (20301410170)	1.4	36.6	1.4	278	3.25	69	あり	あり	出入自由	区間内の一部に2車線区間が存在
⑤	一般国道354号 (10303540390)	1.7	37.2	1.8	309	3.25	60	あり	あり	出入自由	区間内の一部に2車線区間が存在

層型道路網公正に関する研究，土木計画学研究・講演集，Vol.51，2015.

- 4) (一社)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
- 5) Google Map： <https://www.google.co.jp/maps/>
- 6) 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.47，2013.
- 7) 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.49，2014.
- 8) 野村昭博，下川澄雄，森田綽之：地方部の道路において中間速度層を実現するための道路構造の提案，土木計画学研究・講演集，Vol.51，2015.

(2016.7.31 受付)