

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 Analysis about Relations with Road Structure and the Travel Speed in the General Road

○下川 澄雄¹, 森田 緯之², 小山田 直弥³

○Sumio SHIMOKAWA¹, Hirohisa MORITA², Naoya KOYAMADA³

現行の道路計画設計では、ある条件のもと設定された種と級、並びに設計速度によって横断面構成や線形要素などの道路構造が決定される。しかし、これは、個々の道路が本来担うべき機能とサービス水準を保障したものではない。特に、通行機能が重要視される道路においては、目標旅行速度を明確にしたうえで、現状におけるそれらの達成状況と道路改良等による達成の可能性を照査する必要がある。そのためには、旅行速度を低下させる要因とその関係を定量的に明らかにする必要がある。本研究では、その一環として、道路構造と旅行速度との関係について分析を行い、縦断線形、車道幅員、平面線形と旅行速度とは一定の関係がみられることを明らかにした。さらに、これらを定式化し、一定の速度サービスを実現するための道路構造条件を提示することができた。

Keywords: 一般道路, 道路計画, サービス水準, 性能照査

1. はじめに

車線幅員の大きさや縦断勾配などの線形要素の厳しさは、走行速度に大きな影響を与えるものであり、これらは設計速度などを介して道路の計画設計に反映されている¹⁾。しかし、これら道路構造は、ある設計区間に対して平均的な技量を持った運転者が安全に走行できる最低限の走行速度を保証したものであり、これにより設計区間全体を通じたサービス水準(例えば、目標旅行速度)が規定されるわけではない。

一方で、例えば、道路線形の厳しい“つづら折れ”区間の旅行速度は、同じ設計速度の直線区間と比べて低いことが想像されるように、道路構造は、一定程度の延長を有する旅行速度にも少なからず影響を与えていることが考えられる。

そこで、本研究では、平成 22 年度道路交通センサスデータ(以降、「H22 センサス」という)²⁾を用い、道路構造と旅行速度との関係を定量的に明らかにするとともに、一定の速度サービスを実現するための道路構造条件を提示するものである。

2. 一般道路の道路構造と旅行速度に関する既往研究と本研究の位置付け

一般道路のサービス水準を説明する代表的指標である旅行速度の大きさは、交通需要に加えて信号交差点密度に左右されることが知られている³⁾。これは、一般道路の旅行速度が主として、単路部の旅行時間に信号交差点による遅れ時間が加えられたものであり、信号交差点

密度が高いほど、旅行時間が増加するためである。

一方で、単路部の旅行時間の大きさは、路線バスや大型車に代表される低速車両の存在、沿道土地利用の状況などに影響されることは容易に想像されるが、これに加えて道路構造との間にも何らかの関係があるものと考えられる。

例えば、国土交通省では、道路幅員や車線数、カーブの大きさや多さ、縦断勾配、歩車分離の状況などのデータをもとに「道路の走りやすさマップ」を作成し公表している⁴⁾。道路の走りやすさには、円滑性や安全性、走行の安定性など多くの要素が含まれているものと考えられるが、国土技術政策総合研究所が実施したアンケート調査⁵⁾によれば、これらの中に含まれる道路構造要素はドライバーの走りやすさをよく反映しているとしている。

また、筆者ら⁶⁾が H22 センサスを用いて行った山地部道路のうち、車道幅員が 5.5m 以上の交差点のない 2 車線道路区間を対象とした分析によれば、旅行速度の低い区間では高い区間と比べて、車道幅員が狭く、縦断線形や平面線形が厳しいことが明らかとなっている。

このように、既往研究によれば、道路構造と旅行速度との間には一定の関係がみられるようであるが、これらを定量的に説明しているわけではない。

道路ストックの量から質への転換が求められている中で、コストの削減を図りながら最大の利用者サービスを提供するためには、個々の道路が本来求められる機能を明らかにし、現状におけるそれらの達成状況や道路改良等による達成の可能性を照査する必要がある⁷⁾。

1 正会員, 博士 (工学), 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 e-mail: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp Phone: 047-469-5503

2 正会員, 工学博士, 日本大学理工学部交通システム工学科

3 非会員, トヨタカローラ神奈川(株)

本研究において、これらの関係を明らかにすることができれば、一定の速度サービス水準を確保するための道路構造を提示することができ、道路の計画設計(性能照査)の目安となるなど、実務面において種々の活用が期待される。

3. 分析方法

3.1 分析データ

本研究では、著者ら⁹⁾が過年度に作製したデータセットを用い分析を行う。このデータセットは、図1に示す本州25府県の山地部道路のうち、H22センサスにおいて昼間非混雑時の旅行速度調査を行っている区間の中から、区間延長が2km以上で交差点のない2車線かつ車道幅員5.5m以上の改良済み区間(27区間)を抽出し、これにYahoo JAPANが提供しているルートラボ⁸⁾の縦断面図などのデータを加えたものである。

本研究で山地部道路の交差点のない区間を対象としたのは、交差道路はもちろんのこと沿道からの出入交通もできるだけ避けるなど、道路構造と旅行速度との関係をより明確にするとともに、道路構造の異なる区間を効率的に収集しようと考えたためである。また、2km以上の区間としたのは、隣接区間の影響を極力排除しようとしたためである。

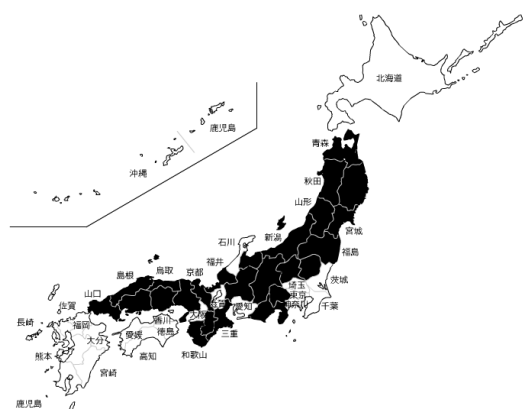


図1 分析対象府県(25府県)

3.2 対象区間の概況

(1)対象区間の交通状況

本研究で対象とする27区間の交通概況を図2に示す。対象区間の非混雑時平均旅行速度は、30~70km/程度である。また、この図の横軸は、昼間12時間交通量を12時間で割った時間平均交通量である。昼間12時間交通量の中には、ピーク時間帯が含まれているため、この交通量はオフピーク時の交通量よりも高い値となっているはずである。しかしながら、対象区間の値はほとんどが1,000台/hを下回っており、1,400台/hを超える2区間も旅行速度が60km/hを超えている。このことから、対象区間の交通量は、旅行速度を低下させるような要因とは

なっていないものと判断される。

さらに、図3は、昼間12時間の大型車混入率と非混雑時平均旅行速度との関係を示している。対象区間の大型車混入率は、30%を超える区間もみられるが、図2にみる交通量の状況を合せて考えれば、旅行速度に対する大型車の影響も少ないものと考えられる。

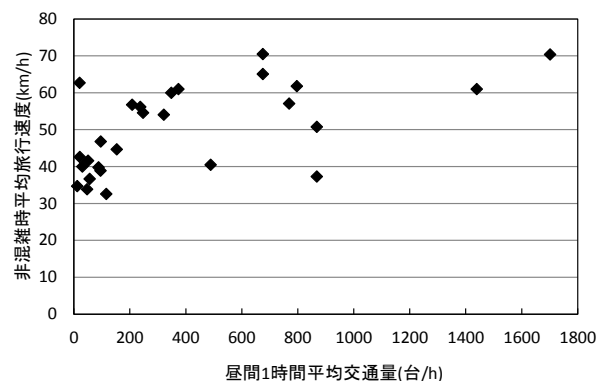


図2 昼間平均交通量と非混雑時平均旅行速度

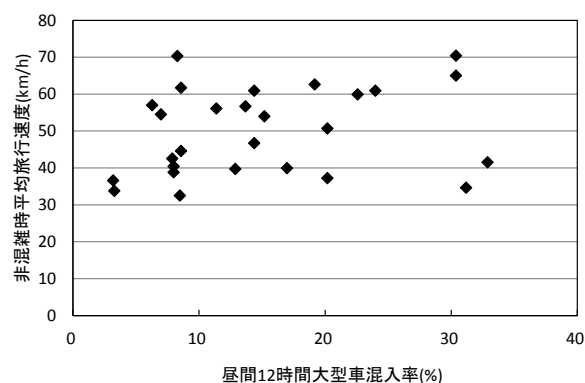


図3 大型車混入率と非混雑時平均旅行速度

(2)対象区間の交通運用等の状況

本研究は、山地部道路を対象としており、「追越しのための右側部分はみ出し通行禁止」(以降、「追越し禁止」という)などの道路標示がみられる場合も多い。このような安全対策の結果として、対象区間では旅行速度の低下をもたらしている可能性がある。

そのため、本研究では、Google ストリートビュー⁹⁾など既往の地図データ等で確認可能な追越し禁止や減速等を促すための道路標示の有無を確認し、旅行速度との対比を行った。表1は、対象区間におけるこれらの設置状況を示している。対象区間において、これらの道路標示を有する区間は必ずしも多いわけではなく、27区間のうち5区間は、いずれの道路標示も確認できなかった。

一方、図4は、対象区間を追越し禁止区間と可能な区間に分け、それぞれの非混雑時平均旅行速度を比較している。追越し禁止区間は、線形や視距が良好で速度が出やすい区間や視距がとり難く、カーブが厳しい区間などが含まれるものと考えられ、旅行速度は総じて抑制され

ているものと推察される。しかし、追越し禁止区間の旅行速度は、追越し可能な区間と比べて総じて高く、この中には、60km/hを超える区間も含まれている。また、旅行速度が低い区間も追越し可能な区間と比べて旅行速度が低いわけではない。このことから、追越し禁止の標示が旅行速度を抑制しているとは必ずしも言えない。

同様に、減速等を促すための道路標示と旅行速度との関係にも有意な差は認められない。これは、ある一部の区間では、これらにより速度低下を起こしたとしても、区間全体としての旅行速度の低下をもたらしているわけではないためと推察される。

さらに、図5は、対象区間の指定最高速度と非混雑時平均旅行速度との関係を示している。指定最高速度が40km/h、50km/hの区間では旅行速度に30km/h程度のバラツキがみられるが、全体として指定最高速度が高い区間ほど旅行速度が高い傾向にある。指定最高速度は、道

路構造規格が高く線形が緩やかな安全で走りやすい道路ほど高いことが想定され、この結果はこのことの表れであると推察される。

3.3 道路線形の表現

3.2で示したように、本研究で対象とする27区間のデータセットを用いれば、交通状況や交通運用等の影響がともなわない道路構造と旅行速度との関係を明らかにすることができるものと考えられる。

しかしながら、道路構造要素のうち、縦断線形や平面線形については、その厳しさを区間全体の値として表現する必要がある。そこで、本研究では、筆者ら⁹⁾が提案している縦断線形にあつては平均勾配(最大高低差/区間延長)、平面線形にあつては迂回率(区間延長/起終点間の直線距離)と振幅率(ルートの振幅/起終点間の直線距離)を用いることとした。

ここで、平均勾配を用いているのは、高低差が大きいほど、区間における縦断線形の影響は大きくなり、同じ高低差でも区間長が長いほど縦断線形の影響が小さくなることが予想されるためである。

また、平面線形については、図6の上段・中段にみられるように、起終点(x, y)を結んだ直線距離(d_0)が同じ区間の場合、線形が厳しい区間ほど道路距離(d_n)は長くなる(図6では、道路Aよりも道路Bの線形が厳しく $d_1 < d_2$ となる)。一方で、起終点を結んだ直線距離に対し、迂回の程度が大きく、しかもその道路距離が同じ場合は、図6の中段・下段にみられるように、ルートの振れ幅(r_n)が小さい区間ほど、線形が厳しいものと考えられる(図6では、道路Bと道路Cの道路距離は同じ($d_2 = d_3$))であるが、道路Bの線形が厳しく $r_2 < r_3$ となる)。そのため、それぞれの値を直線距離で除し、迂回率、振幅率として指標化したものである。

表1 対象区間における道路標示設置の状況

	追越し禁止の道路標示※1	減速等を促す道路標示※3
あり	17(3) ※2	15
なし	9	12
不明	1	0

※1 追越しのための右側部分はみ出し通行禁止

※2 ()は一部区間で存在するものであり内数

※3 道路標示に加え、カラー舗装、減速帯(段差等)を含む

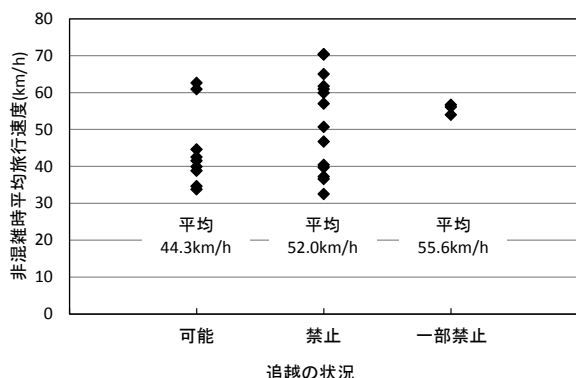


図4 追越しの状況と非混雑時平均旅行速度

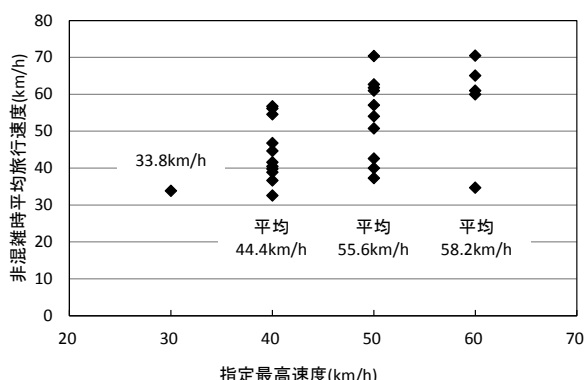


図5 指定最高速度と非混雑時平均旅行速度

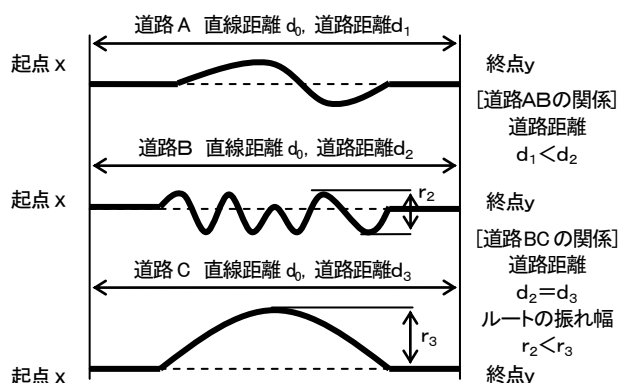


図6 直線距離、道路距離、ルートの振れ幅の関係

4. 道路構造と旅行速度との関係

4.1 縦断線形と旅行速度

各区間の最高・最低の標高をYahoo JAPANのルートラ

ポの縦断面図から読み取り平均勾配を求めた。図7は、この値と非混雑時平均旅行速度との関係を示している。この図からも明かなように、平均勾配が大きい区間ほど旅行速度が低い傾向にある。

ここで、上り勾配が大きく長い区間ほど速度が低下しやすく、反対方向となる下り勾配区間では速度が出やすくなり、旅行速度に差が生ずることが考えられる。図8は、平均勾配と非混雑時の方向別旅行速度の比(最小値/最大値)を示している。さらに、本研究で対象とした27区間の中には、標高の最高点・最低点とともに起点または終点にあり、区間を通じて一様に上り(下り)勾配が続いていると判断される区間が10区間存在する。図8では、それらを白抜き表示している。

これによれば、対象27区間のうち16区間は、方向別の旅行速度が5%以内であり大きな差はみられない。これに対し、一様に上り(下り)勾配が続いている区間は、平均勾配が全体の中でも高いグループに属するものの、多くの区間では、方向別の旅行速度の差が5%程度である。また、これら区間のうち、下り勾配の旅行速度が上

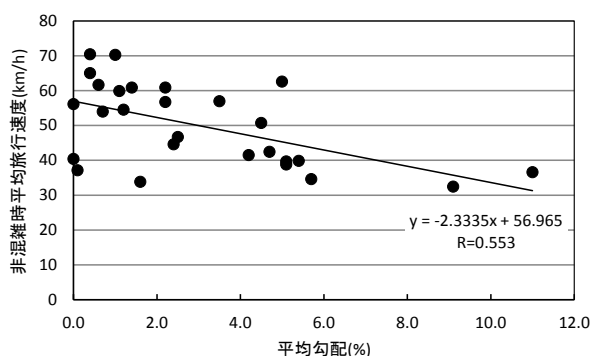


図7 平均勾配と非混雑時平均旅行速度

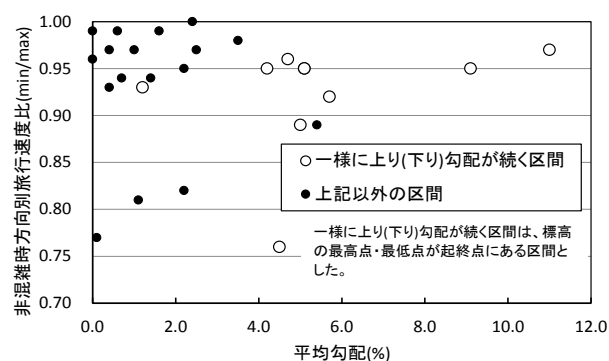


図8 平均勾配と非混雑時の方向別旅行速度比

表2 上り(下り)勾配の方向と旅行速度との関係

標 高		旅行速度の大小要関係		区間数
起点	終点	起点→終点	終点→起点	
最高点	最低点	大	小	3
最低点	最高点	小	大	1
最高点	最低点	小	大	3
最低点	最高点	大	小	3

り勾配のそれよりも高い区間が4区間であるのに対し、低い区間が6区間であった。このことから、勾配の上り・下りと旅行速度の大きさには明確な関係はみられないことが確認された(表2参照)。

4.2 車道幅員と旅行速度

H22 センサス²⁾では、車道幅員を「車道(専ら車両の通行の用に供されることを目的とする道路の部分であり、車線、停車帯等によって構成される)の幅員の合計であり、中央帯および路肩の幅員は含まない」と定義し、代表断面の値を示している。そのため、本研究で対象としている山地部道路において、車道幅員は車線幅員に車線数を乗じた値となる。

図9は、車道幅員と昼間非混雑時旅行速度との関係を示している。各車道幅員においては、旅行速度に20km/h程度の差はみられるものの、車道幅員が広いほど旅行速度は高い傾向にある。また、データ数は限られているものの、この図からは、安定的に50km/h以上の旅行速度を確保するためには、6~6.5m程度(第3種第2級、第3級に相当)の車道幅員は確保する必要があることが示唆される。これは、車道幅員と走行速度の関係を説明した金子の実験結果¹⁾と同程度である。

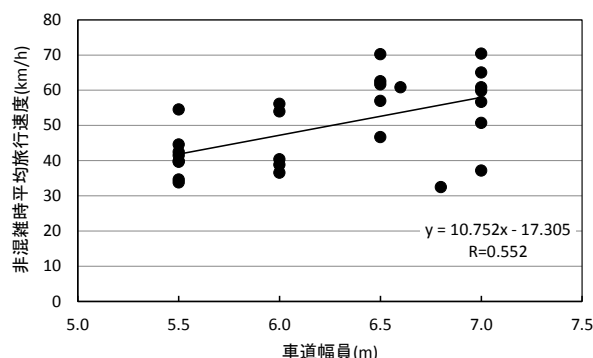


図9 車道幅員と非混雑時平均旅行速度

4.3 平面線形と旅行速度

3.3で示したように、迂回率が大きい区間ほど平面線形は厳しく、同じ迂回率の場合、振幅率が大きいほど平面線形は緩やかなはずである。また、旅行速度も、これに追従するものと考えられる。

図10は、迂回率と振幅率との関係を50km/hを境とする2つの速度階層に分けて表示している。本研究で対象とした27区間は、迂回率1.5未満(20区間)、振幅率0.3未満(21区間)が多くを占めている。また、旅行速度が50km/hを下回る区間の多くは迂回率が概ね1.5を超えており、迂回率が1.5付近では振幅率が大きいほど旅行速度は高いように見受けられる。

図11は、迂回率と非混雑時旅行速度との関係を3つの振幅率のグループに分けて示している。上記のとおり、

迂回率と旅行速度には一定の関係があり、迂回率が大きいほど旅行速度は低いことがわかる。

これに対して、図 10 でも明らかなように、振幅率は迂回率が小さい区間では必然的に小さな値となる。このため、迂回率が小さい層では、振幅率を用いて旅行速度の大きさを説明することは難しい。これは図 11 から明らかであり、迂回率の低い区間が多く存在する本研究において振幅率を用いることは適切であるとは言えない。

さらに、このような迂回率が小さくなると振幅率が小さくなるという迂回率と振幅率の関係は、本研究での目的の一つである旅行速度と道路構造との定量化にあたり、多重共線性も危惧される。

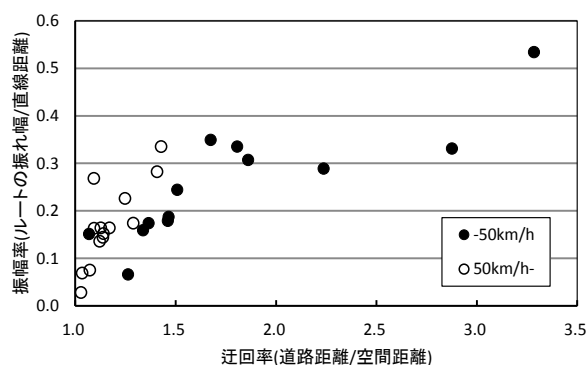


図 10 迂回率と振幅率との関係

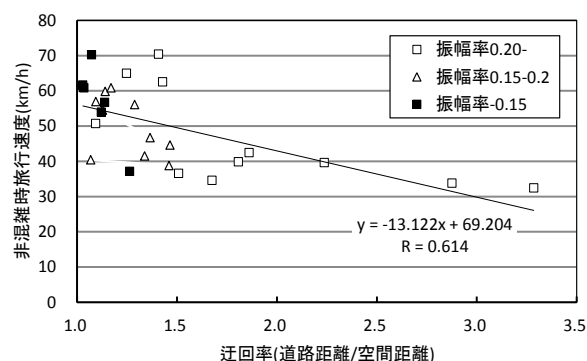


図 11 迂回率と非混雑時旅行速度

4.4 その他の道路構造と旅行速度

本研究では、これまで示した 3 つの道路構造要素に加え、中央分離帯や歩道の設置状況など他の道路構造要素についても旅行速度との関係を確認している。

図 12 は、そのうちの中央分離帯の有無と非混雑時平均旅行速度との関係を示している。中央分離帯の設置状況は、H22 センサスでも調査項目として含まれているが、本研究では Google ストリートビューなどを用い直接観測を行った。その結果、ポストコーンなど簡易な施設を中心に 7 区間で中央分離帯の存在を確認することができた(未設置が 11 区間、不明が 9 区間)。

ただし、本研究では、2 車線道路を対象としており、いずれも一部の区間で設置されているのみであった。そ

のため、この図からも明らかなように、中央帯分離帯の設置と旅行速度との間には明確な関係は認められない。

また、歩道やバス路線の設置状況、3 区間で存在する登坂車線など、その他の道路構造要素についても旅行速度との関係は認められなかった。

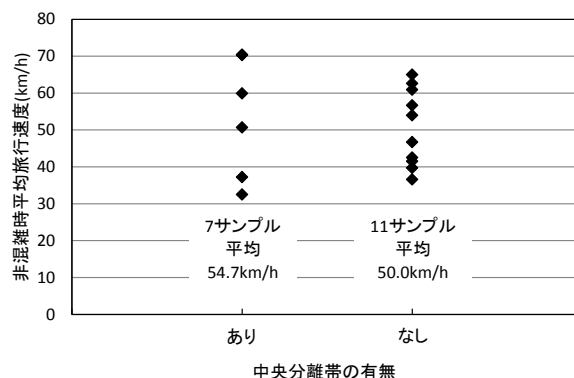


図 12 中央分離帯の有無と非混雑時平均旅行速度

4.5 道路構造要素による旅行速度の定式化

これまでの分析により、縦断線形や車道幅員、平面線形は、一定の延長を有する区間の旅行速度に対し、少なからず影響を与えていることが確認された。

そこで、これらと旅行速度との関係について定式化した。式(i)がその結果である。ただし、平面線形は、4.3 より迂回率を説明変数とした。これによれば、符号関係も正しく、比較的高い相関性が得られており、精度よく旅行速度を説明しているといえる。

$$V = -7.623X_1 + 7.261X_3 - 1.179X_4 + 22.699 \quad \dots (i)$$

$$\text{重決定係数 } R^2 = 0.580, \text{ P 値} = 1.5 \times 10^{-4}$$

ここで、

V : 平均旅行速度、 X_1 : 迂回率、 X_3 : 車道幅員(m)、

X_4 : 平均勾配(%)

5. 一定の速度サービスを実現する道路構造条件

本研究で用いたデータは、交差点がなく、沿道からの出入りや交通量の影響が極めて少ないと判断される区間を対象としている。つまり、本研究で得られた結果は、道路構造が旅行速度に及ぼす潜在的な影響の大きさであり、これは道路の計画設計にあたっての前提条件となる。一方、式(i)は、これら道路構造と旅行速度との関係を一般式で表したものであるが、これはある一定の速度サービスを確保するための道路構造条件を提示していることにほかならない。

そこで、図 13 では、それを表現する試みとして、式(i)を用い、目標とする旅行速度を確保するための迂回率と平均勾配との関係を車道幅員から想定される道路の種級区分別に例示した。種級区分別に表したのは、道路構造

は、種級区分にもとづき決定されるが、図 13 に示すような性能曲線を考慮することで、設計区間において旅行速度という性能の付与が期待されるためである。その際、車線幅員は、種と級によって一律に決定される。特に、本成果の活用が想定される(地方部の)第 3 種道路の車線幅員は、級区分によって固有な値を有しており、級区分との明確な対応付けが可能なのである。この図からは、以下について読み取ることができる。

- 旅行速度 60km/h を達成しようとする場合の平均勾配の最大値は、第 3 種第 1 級の場合 4%、第 3 種第 2 級の場合 1%であり、迂回率の最大値は、第 3 種第 1 級の場合 1.7、第 3 種第 2 級の場合 1.2 となる。
- 旅行速度 50km/h を達成しようとする場合の平均勾配の最大値は、第 3 種第 2 級の場合 9%、第 3 種第 3 級の場合 6%であり、迂回率の最大値は、第 3 種第 2 級の場合 2.5、第 3 種第 3 級の場合 2 となる。

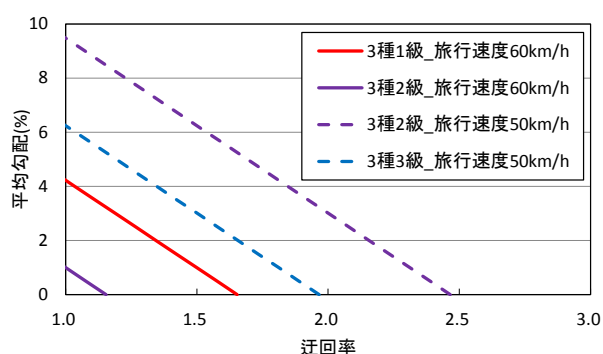


図 13 旅行速度の性能曲線(例)

6. おわりに

本研究は、H22 センサスのうち、交差点のない交通量等の影響が極めて少ないと判断される 25 府県 27 区間を対象に、道路構造と旅行速度との関係について分析を行った。これにより、以下の点が明らかとなった。

- 縦断線形、車道幅員、平面線形と旅行速度とは一定の関係がみられ、これらを精度よく定式化できた。また、これを用いた旅行速度の性能曲線を通じ、一定の速度サービスを実現するための道路構造条件を提示することができた。
なお、これら以外の道路構造要素などと旅行速度との間には有意な差は認められなかった。
- その際、縦断線形や平面線形の厳しさについては、区間全体の状況として捉え説明できる指標が必要となる。筆者らが提案する、平均勾配、迂回率はこれらを適切に表現することができた。
- 一様に上り・下り勾配が続く区間において、旅行速度の違いは認められず、勾配の上り・下りと旅行速度の大きさには明確な関係がみられなかった。
- 50km/h 以上の旅行速度を確保するためには、6～

6.5m 程度の車道幅員が求められる。これは、道路構造令において車線幅員の根拠の一つとしている金子の実験結果と同程度であることを確認した。

現行の道路計画設計では、ある条件のもと設定された種と級、並びに設計速度によって横断面構成や線形などの道路構造が決定される。しかし、これは、個々の道路が本来担うべき機能とサービス水準を保障したものではない。特に、通行機能が重要視される道路では、目標旅行速度を明確にしたうえで、その達成に向けた効果的・効率的な対策を講じるとともに、達成の可能性を照査する必要がある。そのためには、旅行速度を低下させる要因とその関係性を定量的に明らかにする必要がある、本研究は、その一環として位置付けられるものである。

しかしながら、これらの研究は、緒についてばかりであり、明確にすべき点も多い。そのため、実務への適用を念頭に置きつつ、今後ともこうした研究成果を一つ一つ積み上げていく必要がある。

参考文献

- (一社)日本道路協会：道路構造令の解説と運用，2004.2
- (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，2004.2，DVD-ROM
- 橋本雄太，小林寛，山本彰，上坂克己：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・講演集，Vol45，2012.6
- 国土交通省記者発表資料；道路の走りやすさマップ“全国お試し版”の公表について
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/06/060904_.html(アクセス：2014 年 4 月 25 日)
- 国土技術政策総合研究所記者発表資料；走りやすさマップのアンケート結果と道路構造評価ランクによる日本の道路ネットワークの現状について
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/20061115.pdf>(アクセス：2014 年 4 月 25 日)
- 下川澄雄，森田緯之，有賀尚也：山地部道路の走りやすさを実現する旅行速度とその要因に関する分析，第 33 回交通工学研究発表会，pp43-49，2013.9
- 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
- Yahoo!JAPAN ルートラボ：
<http://latlonglab.yahoo.co.jp/route/>(アクセス：2014 年 4 月 25 日)
- Google ストリートビュー：
<https://www.google.co.jp/maps/@35.5016159,140.3097574,9z/>(アクセス：2014 年 4 月 25 日)