# 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

\*日本大学 正会員 〇下川澄雄 日本大学 正会員 森田綽之 坪井工業(株) 正会員 有賀尚也

# 1. はじめに

道路の走りやすさを説明する指標の一つとして旅行速度があげられる。都市内街路などに代表される一般道路の旅行速度は、交通需要などに加えて交差点の間隔や構造、歩車道の分離、沿道施設の立地とその出入り構造等に影響することが知られており、旅行速度と信号交差点密度との関係「などをはじめ、これらを実証的に説明した論文は数多くみられる。

これに対し、交通量が少なくネットワーク密度が小さい郊外部や山地部の一般道路における旅行速度は、交差点間隔などとともに車線幅員、曲線半径や縦断勾配といった線形要素が大きく関与しているものと考えられる<sup>2)</sup>. しかし、これらと旅行速度との関係は、数値データにもとづき必ずしも明らかにされているわけではない.

そこで、本研究では、これらの関係を明確にするため、 平成22年度道路交通センサス(以降、「H22センサス」 という)<sup>3)</sup>を用い、山地部道路における旅行速度とその 大きさを説明する要因を明らかにすることを目的とする.

# 2.「道路の走りやすさマップ」による道路のサービス水 準の提供と本研究の位置づけ

道路構造データを用いて山地部を含む道路のサービス 水準を表現し、その結果を道路利用者に対して情報提供 する試みが全国の道路管理者によって行われている.

国土交通省では、道路の種類ではなく走りやすさに着目し、これを区間ごとにランキングした「道路の走りやすさマップ」を平成18年度より提供している<sup>4</sup>.この中で、一般道路については、郊外部・山地部と市街地部に分け、道路の幅員や車線数、歩車分離の状況、カーブの大きさや多さ、縦断勾配などのデータをもとに走りやすさを5つのランクに色分け表示している.

「道路の走りやすさ」は、高速性や走行の安定性、安心感などに代表される円滑性や安全性等の要素を包含しているものと考えられるが、国土技術政策総合研究所のアンケート調査<sup>5)</sup>によれば、約7割のドライバーから走りやすさのランクと実際の走行感覚が「一致」もしくは「概ね一致」という回答を得ており、道路の走りやすさマップに含まれる道路構造の構成要素は、ドライバーの走り

Keywords: 一般道路, 山地部, サービス水準 \* 連絡先: shimokawa.sumio@nihon-u.ac.jp (Phone) 047-469-5503 やすさを良く反映しているとしている.

道路の走りやすさマップの作成は、観光地など現地の 道路事情に不慣れなドライバーへの情報提供に加え、道 路ネットワークの連続性などの観点から問題点・課題を 分析し、道路整備計画に役立てていくことを意図してい る. しかし、この中で、道路の走りやすさを説明する要 因を分析した結果までは明らかにされていない.

本研究では、道路の走りやすさを構成する種々の要素のうち、走行性を説明する旅行速度を取り上げ、山地部 道路を対象として、その要因を分析するものである.

# 3. 山地部道路の道路交通特性

### 3.1 山地部道路の延長と旅行速度

図1は、H22センサスによる全国の一般道路(都道府県道以上)における沿道状況別の延長割合を示している.一般道路の延長は183千kmに及んでいるが、このうち1/3以上は山地部に属している.

また、図2は、山地部道路の昼間非混雑時における平均旅行速度を道路の種類別に示している。これによれば、直轄国道の平均旅行速度は50km/hを超えているなど、一般道路全体と比べて高い傾向にある。ただし、山地部道路では、一般国道と都道府県道の旅行速度に大きな差があり、これは一般道路全体と比べても顕著である。

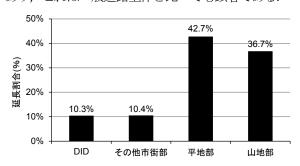


図1 山地部道路の沿道状況別道路延長の割合

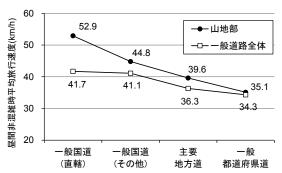


図2 山地部道路の昼間非混雑時平均旅行速度

# 3.2 山地部道路の信号交差点密度と旅行速度

図1のうち、山地部道路の割合が高い本州25 府県(図3 参照)を対象として、H22 センサスにおいて昼間非混雑時旅行速度を調査している区間のうち、2 車線かつ車道幅員5.5m以上改良済み区間の抽出を行い、2,653 区間を得た.また、この中で、信号交差点を有する区間は約6割であり、直轄国道の約2割、一般府県道の約6割は信号交差点のない区間であった(表1参照).

図4は、これらのうち、信号交差点を有する区間すべてを対象として信号交差点密度と昼間非混雑時旅行速度との関係を示している。H22センサスでは、上り・下り別の旅行速度が示されており、図4ではそれぞれをそのままプロットしている。この図からは、信号交差点密度が高いほど旅行速度は低くなるようにも読み取れるが、既往研究<sup>1)</sup>でみられるような明確な傾向は確認できない。これは、道路の種類別にみても同様である。

一方,対象とした25 府県の信号交差点密度は,0.4 箇所/kmであった.これは,信号交差点の設置間隔が2.5kmに1箇所程度であることを意味しており,山地部道路は,他の道路と比べて信号設置間隔が長いことは想像に値しない.つまり,山地部道路は,他の沿道状況と比べて交通量が少ない中で3,信号待ち時間などによる影響が少ないことから,図2に示すように,平均旅行速度は高いものの,道路の幅員や線形要素などが要因の一つとなって大きなばらつきをもたらしているものと推察される.



図3集計対象府県(25府県)

表 1	山地部道路の区間属性	(25 府県)
		140 /1921

	信号交差点の ある区間数	無信号交差点 の区間数	交差点のない 区間数
	めの区间数	の区间数	心间数
一般国道	515	88	27
(直轄)	(1,328.2)	(251.0)	(37.1)
一般国道	604	286	46
(その他)	(1,924.6)	(1,076.7)	(81.9)
主要地方道	382	311	76
土安地万坦	(1,059.4)	(947.2)	(128.1)
一般府県道	103	176	39
一放桁乐坦	(295.7)	(597.7)	(75.0)
A =1	1,604	861	188
合 計	(4,607.9)	(2,872.6)	(322.1)



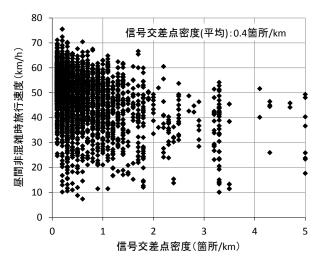


図 4 山地部道路の信号交差点密度と昼間非混雑時 旅行速度との関係(25 府県)

# 4. 山地部道路の道路構造と旅行速度との関係

山地部道路の旅行速度と道路構造との関係を明確に するため、交差点の影響を排除すべく、表1のうち交差 点のない区間(188 区間)を対象に分析を行う.

図 5 は、昼間 12 時間におけるピーク時交通量と混雑時旅行速度との関係を示している。なお、旅行速度は、上り・下りのうち低い値を用いている。これによれば、対象区間における交通量は 1,500 台h を上回る程度であり、ピーク時間帯においても旅行速度を低下させるような交通状況にはないことがわかる。これは、この図の交通量と旅行速度との関係をみても明らかである。

このことから、図5で対象とした区間において、昼間 非混雑時の区間データを用いれば、交差点と交通量の影響をともなわない山地部道路の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.

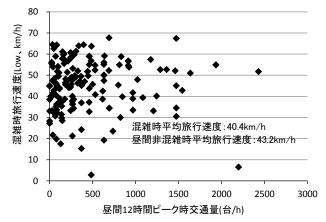


図5 交差点のない山地部道路のピーク時交通量 と混雑時旅行速度との関係(25 府県)

# 4.1 分析にあたっての着眼点

プローブ車両によって、時間的・空間的に多くの旅行 速度データが着実にストックされることにともない、 H22 センサスでも混雑時に加えて昼間非混雑時の旅行速 度データが上り・下りの別で提供されるようになった.

本研究では、この方向別の旅行速度に着目し分析を行う.具体的には、各区間で得られる方向別の旅行速度のうち大きい値を横軸に、小さい値を縦軸とした散布図を作成する.さらに、これを図6に示すA~Bの3つのグループに分類する.この中で、グループAは、上り・下りとも旅行速度が高く、その差も小さい層であり、比較的高速なサービスが実現している区間である.一方、グループBは、上り・下りともに旅行速度が低い層である.また、グループCは、上り・下りのどちらかの旅行速度が高く、速度差が大きい層である.

すなわち、これらグループにおける道路構造の特徴を 比較評価することで、山地部道路が旅行速度を低下させ ている構造的要因、つまり山地部道路において旅行速度 の大きさを説明する要因を明らかにすることができるも のと考えられる。その際、例えば、以下のような仮説が 想定される。

a.仮説1:グループAは,縦断勾配が比較的緩やかで, 急カーブが少ない,山地部の中でも高台など の比較的平坦な区間.

b.仮説 2: グループ B は、急カーブが多く、車道幅員 も狭い区間. さらに、厳しい縦断勾配との組 み合わせにより、旅行速度をさらに低下させ る可能性.

c.仮説 3: グループ C は,縦断勾配が厳しく連続的であり、これによって旅行速度を低下させ,上り,下りの速度差を大きくさせる区間.

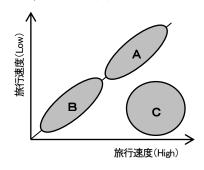


図6旅行速度のカテゴリー化 (イメージ)

# 4.2 比較サンプルの抽出

# (1) 抽出方法と抽出サンプル

4.1 の方法にもとづき作成した交差点のない 188 区間 における昼間非混雑時旅行速度分布を図7に示す. これによれば、旅行速度が 70km/h を超えるような区間もあれば、30km/h を下回るような区間もみられるなどばらつきが大きい.

また、表2は、それぞれの区間の旅行速度の比(低い値/高い値)と差(高い値ー低い値)のランク別区間数を示している。旅行速度の比が大きいほどその差は小さく、旅行速度の比が小さいほどその差は大きくなるが、

旅行速度の比が 0.95 以上の区間は 90 に及び, その多くが速度差 2.0km/h 以下の区間である。速度差が 2.0km/h を超える区間 (実際には 3.0km 未満) は, 旅行速度 (低い値) が 50km/h を超える区間である。一方, 旅行速度の比が 0.8 未満の区間は 19 であり, このうち 16 区間は速度差が 10km/h を超える区間である。

これらを踏まえ、本研究では、以下に示す要領により、A~Cの3つの層にグループ化し、合せて16のサンプルを得た。その際、隣接区間については、同様の道路交通条件であれば区間統合を行うとともに、データの安定性の観点から一定程度の区間長を有している区間を抽出するものとした。

グループ A: 旅行速度の比が 0.95 以上で,区間延長が 2.0km 以上のうち,旅行速度の高い上位 6 区間.

グループ B: 旅行速度の比が 0.95 以上で, 区間延長が 2.0km 以上のうち, 旅行速度の低い下位 6 区間.

グループ C: 旅行速度の比が 0.80 以下で, 区間延長が 1.5km 以上の区間 (4 区間).

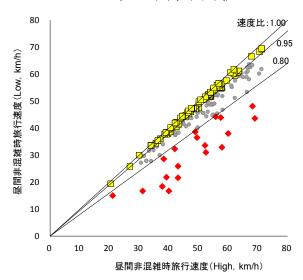


図7 交差点のない山地部道路の 昼間非混雑時旅行速度分布

表 2 交差点のない山地部道路の 昼間非混雑時旅行速度分布(区間数)

		旅行速度の差(高い値ー低い値) km/h					
		0~2.0	2.0~4.0	4.0~6.0	6.0~	(10~)	計
旅行速度の比(低い値/高い値)	1.0 ~0.95	76	14	0	0	(0)	90
	0.95~0.90	2	20	20	1	(0)	43
	0.90~0.85	0	2	15	8	(1)	25
	0.85~0.80	0	0	0	11	(5)	11
	0.80~	0	0	0	19	(16)	19
	計	78	36	35	39	(22)	188

※旅行速度の差 (10~) は、6.0km/h を超える区間のうち、10km/h を超える区間

#### (2) 抽出サンプルの概要

(1) において抽出した 16 のサンプルについて, 道路 の種類および方向別の昼間非混雑時旅行速度, 指定最高 速度を表 3 に示す.

この中で、グループ A の旅行速度は 55~70km/h, グループ B は 35~40km/h 程度であり、グループ間の旅行速度には明確な差がみられる。また、グループ C は、上り・下りで 10~25km/h 程度の速度差がみられ,他のグループの速度差 (0.5~3km/h) とは大きな違いがみられる。一方、道路の種類は、旅行速度の高いグループ A は、一般国道が多くを占め、旅行速度の低いグループ B は、地方道が多くを占めているものの、最も旅行速度が高い区間が地方道であるなど、道路の種類がもつ階層性と旅行速度の大きさとの整合性はみられない。また、各グループの旅行速度を実勢速度とみなせば、グループ A は指定最高速度を 1.2~1.4 倍程度上回っており、グループ B は同程度、グループ C は高い速度と低い速度のおおよそ中間にある。

グル 一プ	No.	延長 (km)	道路の種類	非混雑 速度(k 上り		指定最 高速度 (km/h)
	A-1	5.1	一般県道	69.5	71.3	60
Α	A-2	2.0	一般国道(その他)	71.3	69.2	50
	A-3	2.2	主要地方道	62.1	61.2	50
	A-4	3.7	一般国道(直轄)	62.3	59.4	50
	A-5	3.9	一般国道(その他)	57.6	56.3	50
	A-6	7.1	一般国道(その他)	57.1	55.1	40
	B−1	28.7	主要地方道	34.0	33.6	30
	B-2	4.2	主要地方道	36.0	37.1	40
В	B-3	6.7	一般国道(その他)	39.7	37.9	40
В	B-4	5.1	一般県道	40.6	38.7	40
	B-5	2.4	一般県道	40.6	40.2	40
	B-6	6.9	一般国道(その他)	40.5	42.5	40
С	C-1	1.7	主要地方道	43.6	69.0	60
	C-2	1.7	主要地方道	48.1	68.2	60
	C-3	2.3	一般国道(直轄)	57.5	43.9	50
	C-4	5.0	一般国道(直轄)	32.3	42.0	50

表 3 抽出サンプルの概要

# 4.3 道路構造の違いと旅行速度への影響

# (1) 縦断勾配による影響

上り勾配が厳しく長い区間ほど速度は低下しやすく, 逆方向となる降坂区間では速度は出やすくなる. このことから, 方向別旅行速度の差が大きい区間であるグループ C では, 他のグループと異なり縦断勾配が厳しく長い 区間が含まれているものと考えられる.

図8は、Yahoo JAPANが提供しているルートラボ<sup>6</sup>の縦断図より読み取った各区間の高低差を区間延長で除した値(以降、「平均勾配」という)と昼間非混雑時旅行速度の関係を示している。平均勾配としたのは、高低差が大きいほど、区間における縦断勾配の影響は大きくな

り、同じ高低差でも区間長が長いほど縦断勾配の影響は 小さくなることから、これを一般化したものである\*\*1.

これによれば、グループ C の平均勾配には、他のグループと比べて有意な差はみられない。また、図 9 に示すグループ C の縦断図にみられるように、C-3 を除けば登坂または降坂のいずれかが多くを占めておらず、大きな高低差がみられるわけでもない。このことから、グループ C で抽出したサンプルでは、縦断勾配の大きさと旅行速度には明確な関係をみることはできない。一方で、旅行速度の低いグループ B の平均勾配は、ばらつきが大きく、6 区間うち 3 区間では、他グループを上回っており、旅行速度に影響をもたらしている可能性がある。

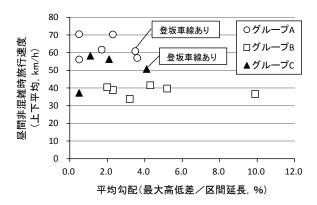


図8 平均勾配と昼間非混雑時旅行速度との関係

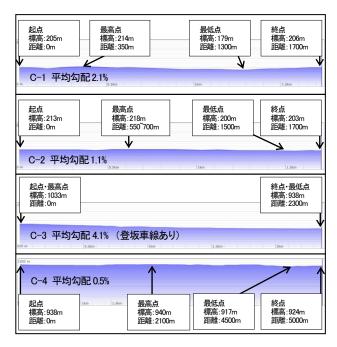


図 9 グループ C の縦断図

### (2) 平面線形による影響

小さい曲線半径のカーブが数多く存在するような区間(以下,「線形の厳しい区間」という)では、走行方向に関わりなく旅行速度は低いことが想定される. すなわち,両方向ともに旅行速度が高いグループ A と旅行速度が低いグループ B では、平面線形に違いがみられるものと考えられる.

ここで、図 10 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 10 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(道路距離が長く)、しかもその道路距離が同じ場合は、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 10 では、道路 C よりも道路 B の線形が厳しく  $d_2$  =  $d_3$  かつ  $r_2$  <  $r_3$  となる)\*\*2.

これを踏まえ、図 11 は、グループ A、グループ B について、道路距離とルートの振れ幅との関係を示している。ただし、ここでは、区間相互の比較ができるように、それぞれを直線距離で除している(以下、それぞれ「迂回率」、「振幅率」という)。これによれば、グループ B は、グループ A と比べて総じて迂回率が高く、同程度の迂回率の区間と比較すると、振幅率が小さいことがわかる。また、この2つのグループ個々の区間の迂回率と振幅率との関係について単回帰式を作成すると、ともに右肩上がりとなるが、グループ A に対してグループ B の傾きは小さく、迂回距離が長くなってもルートの振れ幅は広がらない。このことから、旅行速度の高い層と低い層とは、この傾きで判別できそうであり、旅行速度の低い層の平面線形は、高い層のそれと比べて厳しいことがわかる。

ちなみに、旅行速度の低いグループBについて、重回帰分析を行うと式(1)が得られる. データ数は限られているが、旅行速度は迂回率が大きくなると低下し、振幅率が大きくなると増加する、という上記で想定した傾向がみられる.

$$V = -4.763x_1 + 10.799x_2 + 44.600$$
 ... (1)

重決定係数 R<sup>2</sup>=0.568,P 値=0.284

ここで,

V:旅行速度(上下平均), $x_1:$ 迂回率, $x_2:$ 振幅率

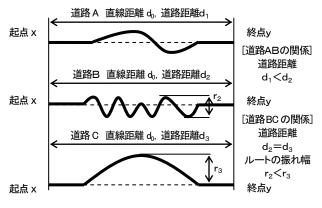


図 10 直線距離, 道路距離, ルートの振れ幅の関係

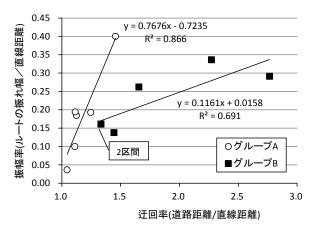


図 11 迂回率と振幅率との関係

# (3) 車道幅員による影響

H22 センサスでは、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。」<sup>3)</sup>と定義し、代表断面の値を示している。このため、山地部道路においては、登坂車線を除けば、車線幅員を表現しているものと考えられる。

図 12 は、グループ A、グループ B の車道幅員と昼間 非混雑時旅行速度の関係を示している。なお、グループ B には、登坂車線を含む区間が存在するが、図中では代表幅員 (6.6m) が表示されている。この図からは、旅行速度の高いグループ A と旅行速度の低いグループ B とでは、車道幅員に明確な違いがみられる。このことから、車道幅員は、山地部道路の旅行速度の大きさに影響をもたらしていることがわかる。しかし、この 2 グループの 各区間における車道幅員と旅行速度をみると、グループ A には正の関係が認められるものの、平面線形などの影響が大きいためか、グループ B には明確な関係はみられない

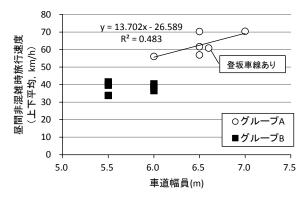


図 12 車道幅員と昼間非混雑時旅行速度との関係

# (4) 旅行速度を低下させている構造的要因

(1)~(3)により、旅行速度の低いグループBは、他のグループと比べて厳しい道路構造にあることが明らかになった。しかし、旅行速度の低い区間において、旅行速度

を低下させている構造的要因までは考察していない.

そこで、(1)~(3)で使用したグループ B のデータを用い、重回帰分析により、説明変数の目的変数に対する影響の強さを検証した(式(2)参照).データは、6 サンプルであり、統計上は有意とはいえないが、旅行速度と道路構造との間には一定の関係があるものと考えられる. なお、車道幅員の符号がマイナスとなっているのは、図 12 にみられるように、抽出したデータのみでは車道幅員と旅行速度との間に正の関係が認められないためである. ちなみに、式(3)は、説明変数から車道幅員を除いた旅行速度と道路構造との関係を参考までに示している.

一方,表3は,式(2)から得られた説明変数のt値およびp値を示している。このうち,t値(絶対値)は,迂回率が最も大きい値を示している。すなわち,旅行速度が低い区間では,平面線形が旅行速度の低下に最も強い影響を与えており,(1)~(3)の結果を踏まえると,厳しい縦断線形が平面線形と組み合わされて速度の低下を助長させているものと推察される。

$$V = -0.689x_1 - 9.880x_2 + 44.470x_3 - 4.813x_3 + 77.005$$
 ... (2)  
重決定係数  $R^2 = 0.996$ ,  $P$  值 = 0.138  
 $V = -0.934x_1 - 3.420x_2 + 104.537x_3 + 35.757$  ... (3)  
重決定係数  $R^2 = 0.901$ ,  $P$  值 = 0.268

ここで,

V:旅行速度(上下平均), $x_1:$ 平均勾配, $x_2:$ 迂回率,

x3:振幅率, x4:車道幅員

表 4 式 (2) の旅行速度の要因分析

	係数	t値	P値
切片	77.005	10.082	0.063
平均勾配	-0.689	-4.702	0.133
迂回率	-9.880	-8.774	0.072
振幅率	44.470	4.829	0.130
車道幅員	-4.813	-3.909	0.159

# 4. まとめ

本研究は、山地部道路の走りやすさに着目し、その代表的指標である旅行速度とこれを低下させる構造的要因を把握するため、交差点や交通量の影響が少ないと考えられる区間を対象に、H22 センサスデータを用いて分析を行い、以下の特徴を明らかにすることができた。

- a.山地部の一般道路では、信号交差点密度と旅行速度 に都市部などでみられるような明確な関係はみら れない.
- b.交差点や交通量の影響がない山地部の道路において,

- 実現する旅行速度は、30km/h を下回る区間もあれば、70km/h を上回る区間もあり、非常にばらつきが大きい。
- c.旅行速度と指定最高速度とを比較すると、旅行速度 が低い区間では、旅行速度と指定最高速度が同程度 であり、旅行速度が高い区間では1.2~1.4 倍程度指 定最高速度を上回っている.
- d.旅行速度の高い区間が上位の道路種別とは限らない. つまり、道路の種類という階層では道路のサービス 水準を適切に表現できていない.
- e.また、旅行速度の低い区間では、高い区間に比べて 縦断線形や平面線形が厳しく、車道幅員が狭い区間 であり、道路構造条件が旅行速度の低下をもたらし ている。
- f.さらに、旅行速度が低い区間においては、その速度 低下は平面線形による影響が強く、厳しい縦断線形 がこれを助長しているものと推察される.

今後の課題としては、以下の内容があげられる.

- a.分析精度の問題から、調査範囲を拡大するなど、より多くのデータを取得し、道路構造それぞれの構成要素が旅行速度の低下に与える影響の度合いについて、より詳細に分析する必要がある.
- b.その際,本研究では、旅行速度の低い層に対する分析にとどまっているが、山地部道路全体をとらえることで、旅行速度が実現する構造的特徴をより明確にし、一般化していくことも必要である.
- c.道路構造要素のうち、縦断線形、平面線形は、道路 台帳附図の中にも記載されていない場合が多く、記 載されている場合でも、これを用いてある一定の区 間のサービス水準との関係を説明するためには、こ れらを包含できる何らかのマクロ的な指標の設定 が必要となる. これに対し、本研究では、縦断線形 は平均勾配、平面線形は迂回率と振幅率を代理指標 として提案し用いているが、この妥当性についても 合わせて検討する必要がある.
- d.さらに、旅行速度は、道路の走りやすさを説明する 一つの指標にすぎない.このため、これらに安全性 などを加えた総合的な評価指標として道路の走り やすさを捉えていく必要がある.

#### 補注

- \*\*1 本研究では、一定の区間において実現しているサービス水準とその影響要因を分析することを主眼としており、縦断勾配と登坂性能との関わりなどについて分析を行うものではない。
- \*2 起終点を結んだ直線距離  $(d_0)$  と道路距離  $(d_n)$  が 等しい場合  $(d_0=d_n)$ , ルートの振れ幅  $(r_n)$  は0

となるなど、 $d_n/d_0$ の値が小さい場合は、必ずしも厳しい線形とはならない。

# 参考文献

- 1) 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, 2012.6.
- 2) (一社)日本道路協会;道路構造令の解説と運用, pp184-185, pp309-320, pp391-400.
- 3) 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, DVD-ROM
- 4) 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.co.in/kisha/kisha06/06/060904 html/アク
  - http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/06/060904\_.html(アクセス:2013年4月2日).
- 5) 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: 2013 年 4 月 2 日)
- 6) Yahoo!JAPAN ルートラボ:
  http://latlonglab.yahoo.co.jp/route/(アクセス: 2013 年 4 月 2 日)