

高速道路における道路構造が希望速度に与える影響に関する研究

名古屋大学工学部 学生会員 ○鈴木 健悟
名古屋大学大学院 正会員 柿元 祐史

名古屋大学大学院 学生会員 Edwin Akandwanaho
名古屋大学大学院 フェロー会員 中村 英樹

1. はじめに

高速道路における利用者の満足度は、その利用者の期待する速度レベルが達成できない場合に低下する。ドライバーは、満足して走行できる速度として希望速度をもっており、前方の低速車の影響で希望速度未滿でしか走行できない状況(追従状態)はドライバー満足度の評価指標として広く利用されており、近年では希望速度を用いた追従判定が提案されている¹⁾。希望速度に関して、Catbagan and Nakamura²⁾は 2 車線道路において平日と休日、降雨の有無、車種、道路構造などの運転条件が希望速度に及ぼす影響を分析しているが、縦断勾配の大きさ、平面線形による影響は考慮されていない。従って本研究では、道路の縦断勾配(以降、勾配)と平面線形が希望速度に与える影響を分析することを目的とする。

2. 分析方法

2.1 使用データ

中日本高速道路提供の速度、車頭時間を観測したパルスデータを用いて、東名阪、中央、新名神の 3 路線の合計 13 地点を分析対象に行った。使用したデータは、東名阪および中央では 2016 年 11 月、新名神では 2015 年 11 月の 1 か月間とした。対象とした車両は、追越し車線を走行している小型車とし、降雨のない平日の昼間(8:00~16:00)とした。各地点の道路構造等データ概要を表-1 に示す。

2.2 分析方法

本研究では、他の車両から影響を受けない自由流の状態、ドライバーは希望速度で走行できると考え、自由走行速度と希望速度は等しいと仮定する。希望速度の推定には Hoogendoorn³⁾によって提案された速度と車頭時間のデータによる自由速度推定手法を用いた。Hoogendoorn³⁾は、車頭時間によって追従、非追従を区別し、車頭時間 $t[s]$ による追従確率を決定するため合成車頭時間モデル $f(t)$ を用いる。このモデルの一般形は確率密度関数によって次のように与えられる。

表-1 データ概要

番号	路線	方向	サンプル数	勾配 [%]	平面線形 R[m]	規制速度 [km/h]	付近の施設
1	東名阪	上	62,240	0.00	右 2000	80	650m上流にIC
2			59,447	1.83	- ∞		-
3		下	63,543	0.00	左 2000		650m下流にIC
4			61,650	-1.83	- ∞		-
5	中央	上	45,879	0.98	右 600		-
6		下	71,351	-0.98	左 600		速度注意標識
7	新名神	上	41,105	-2.18	左 5000	100	300m上流にトンネル
8			41,093	-2.00	- ∞		-
9			41,335	0.19	右 14991		-
10			33,781	1.26	左 8000		1.1km下流にSA
11		下	38,675	2.72	- ∞		60m下流にトンネル
12			36,456	-0.19	左 14991		-
13			39,385	-0.94	右 8000		1.1km上流にSA

$$f(t) = g_1(t) + h_1(t) \tag{1}$$

ここで $g_1(t)$ 、 $h_1(t)$ は追従、非追従成分である。このモデルは小さい車頭時間で追従および非追従の混在、十分に大きい車頭時間で完全自由流と仮定している。この車頭時間の閾値 $T[s]$ は車頭時間分布から決定され、対象地点では表-2 に示すとおり、 T は概ね 6~8(s)となり、一部 10,12(s)など大きい数値も見られた。閾値 T を用いて $h_1(t)$ が推定すると、車頭時間による追従確率関数は次式の条件付確率関数 $\theta(t)$ によって与えられる。

$$\theta(t) = \frac{g_1(t)}{f(t)} = \frac{f(t)-h_1(t)}{f(t)} \tag{2}$$

また、自由速度分布の生存関数 $\hat{S}_\infty(v^0)$ は Kaplan-Meier 法を修正した次式(3)で与えられる。

$$\hat{S}_\infty(v^0) = \prod_{j=1}^{n_{v^0}} \left(\frac{n-j-1}{n-j-\theta_j} \right) \tag{3}$$

$$\hat{F}_\infty(v^0) = 1 - \hat{S}_\infty(v^0) \tag{4}$$

ここで θ_j は式(2)の条件付確率関数である。これらより、累積自由速度分布関数 $\hat{F}_\infty(v^0)$ は式(4)によって導出され、本研究ではこの関数を用いて希望速度の分析を行った。

3. 分析結果

勾配や平面線形のみの影響を考慮するため、勾配の分析は R=5000[m]以上の地点を直線区間として扱い、平面線形の分析では勾配が-1%~1%の地点を平坦な地点と仮定した。

3.1 実勢速度と希望速度の比較

道路構造の違いによる希望速度と実勢速度との大小関係に乖離がないことを確認するため、実勢速度と希望速度の比較を行った(図-1)。ここで実勢速度は、車頭時間 $t > T$ となる車両を自由走行車とし、その車両の速度を用いた。その結果、希望速度が実勢速度に対して大きくなっているが、道路構造によらず同じ傾向であることが確認された。

3.2 縦断勾配との関係

異なる縦断勾配下での希望速度分布を図-2に示す。±1.00%以内および「1.26」の地点では、概ね同様の傾向であることから、±1.00%程度であれば勾配の影響を受けないと言える。また、±2.00%を超える急勾配では希望速度への大きな影響が見られ、上り勾配では希望速度が低下し、下り勾配では希望速度が増加した。「-2.18」と「-2.00」の2地点を比較した際の速度の乖離については、「-2.18」がトンネル上流300mに感知器があるため、トンネル通過後速度の上昇が十分でないなどの周辺状況の影響により希望速度小さくなっている可能性がある。また、規制速度の低い区間(「-1.83」、「1.83」)においては、勾配による影響の感度が低くなる可能性も示唆された。

3.3 平面線形との関係

異なる平面線形下での希望速度分布を図-3に示す。「右600」の地点を除きRが小さいほど希望速度が下がり、Rが8000m以上では平面線形による影響はほとんど見られない。また、左カーブに比べ右カーブのほうがわずかに希望速度は高くなる傾向があり、右ハンドルや見通しの影響も考えられる。「右600」の地点は、急カーブかつ規制速度が低いにもかかわらず希望速度が大きい。この要因として、付近に施設や障害物が存在しないことや、緩やかな上り坂により先の見通しが良いことが影響していると推察される。

4. おわりに

本研究では、勾配・平面線形と希望速度の関係を分析し、勾配は±2.00%から希望速度に影響があり、平面線形はRが小さくなるに従い希望速度が小さくなることを示した。今後、希望速度の影響要因(降雨の有無、平日と休日、昼夜、車種、視距など)を整理し、希望速度と影響要因の関係についてモデル化を行う。

表-2 分析対象と結果

番号	勾配 [%]	平面線形 R[m]	規制速度 [km/h]	分析対象		結果 T [s]	平均希望速度 [km/h]
				勾配	平面線形		
1	0.00	右 2000	80	○	○	6	108.1
2	1.83	- ∞		○		8	103.8
3	0.00	左 2000			○	6	107.9
4	-1.83	- ∞		○		7	107.9
5	0.98	右 600			○	12	114.0
6	-0.98	左 600			○	6	102.6
7	-2.18	左 5000	100	○		8	117.3
8	-2.00	- ∞		○		9	120.4
9	0.19	右 14991		○	○	10	113.1
10	1.26	左 8000		○		8	112.4
11	2.72	- ∞		○		7	107.1
12	-0.19	左 14991		○	○	10	111.3
13	-0.94	右 8000		○	○	8	112.7

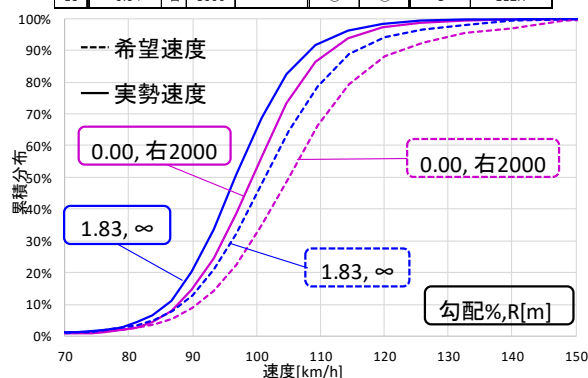


図-1 実勢速度分布と希望速度分布の比較

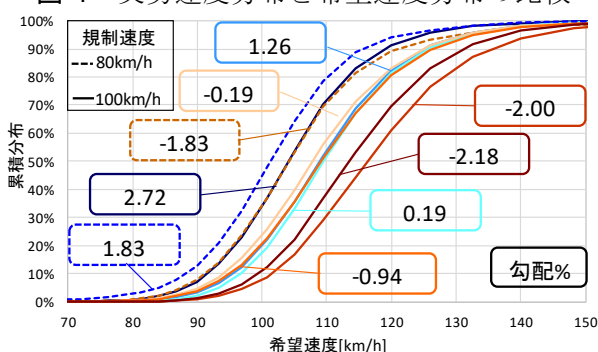


図-2 異なる縦断勾配下での希望速度分布

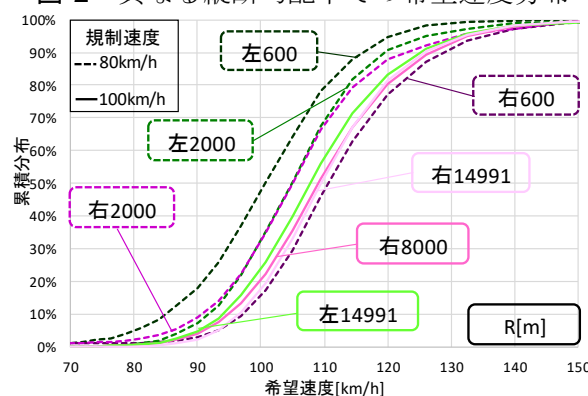


図-3 異なる平面線形下での希望速度分布

謝辞

本研究に際して、ご協力いただいた中日本高速道路株式会社の関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 中村英樹, 大口敬, 桑原雅夫, 森田緯之, 尾崎晴男: 道路政策の質の向上に資する技術研究開発成果報告レポート, No.17-3, 2008
- 2) Catbagan, J. L. and Nakamura, H.: Two-Lane Highway Desired Speed Distributions under Various Conditions, 87th TRB Annual Meeting, 10 pages, CD-ROM, 2008.1
- 3) Hoogendoorn, S. P.: Unified Approach to Estimating Free Speed Distributions, Transportation Research Part B, Vol. 39, pp.709-727, 2005.