

ドライバーの運転挙動と主観評価によるカーブの安全性評価に関する研究

A Study on Effect of Driving Behavior and Subjective Judgment on Curve Assessment

北海道大学大学院工学研究科 ○学生員 梶座 邦朝 (Kunitomo Kunugiza)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 萩原 亨 (Toru Hagiwara)
 北海道開発土木研究所 正員 徳永 ロベルト (Roberto Tokunaga)
 北海道大学大学院工学研究科 フェロー 加賀屋誠一 (Seiichi Kagaya)
 北海道大学大学院工学研究科 正員 内田 賢悦 (Ken-etsu Uchida)

1. はじめに

北海道では、都市間を結ぶ基幹道路は大きな役割を果たしている。これらの多くは交通量の少ない2車線道路であり、特に郊外や山間部では単独で走行する機会が多くなる。その結果、前の車に追従して情報を得ることができないため、走行速度の選択やブレーキのタイミングなどの判断を自分で下し危険を回避する必要がある。この点が北海道の自動車交通が抱える特徴であり、そのため判断材料のひとつとしてより信頼性のある道路情報が求められている。

この研究では、これらの道路のうち山間部2車線道路のカーブ区間に焦点を絞り、潜在的な危険のあるカーブを発見するべくカーブの安全性評価を行う。潜在的な危険のあるカーブとは、普段の運転行動の中で犯す判断ミスが多かったりきつと感じることの多いカーブのことで、そのようなカーブはたとえ事故に繋がらなかったとしても危険であると言えることができる。交通量が少ない道路では事故の記録されているカーブがはたして事故の記録されていないカーブよりも危険かどうか、統計的に判断することは困難である。また、事故が記録されているそれぞれのカーブに対して適切な対策をたてる事も困難である。そこで、普段の運転行動から潜在的な危険のあるカーブを発見し、ドライバーの感覚に合致した信頼性のある情報提供に結び付けていく事が必要であると考えた。

山間部2車線道路での危険に関する研究は数多く行われているが、その多くは事故の統計データに基づいて危険なカーブを特定している。一方で、事故が発生していないカーブについては、カーブの危険について普段の運転行動から測る試みはほとんど行われていない。また、これまでの研究では事故データを用いたカーブの危険を評価する指標としては、曲線半径と走行速度の物理的関係が用いられてきた。事故データを用いたこれらの研究では、曲線半径が小さくなるに従って事故率が増加することが示されている¹⁾²⁾³⁾。しかし、曲線半径が小さいカーブがすべて危険であるとは限らないし、同じ線形を持つカーブでも危険の度合や事故率が違うこともある。

つまり事故率の違いはドライバーのカーブ緩急に対する判断ミスによって生じていると考えられる。そこで本研究では、ドライバーのカーブ緩急判断を用い、山間部2車線道路でのカーブの安全性を評価する試みを行った。

鈴木らは、昼間、夜間においてカーブ緩急の主観の評価とカーブ線形との関係を調査した⁴⁾。彼らは、曲線半径、曲線長、走行速度の3つが事前評価と事後評価に対して大きく影響していることを見つけた。加えて、交通管制施設や道路景観もまたカーブ緩急の主観の評価に対して影響を与えていることを明らかにした。

また林らは、ドライバーに与える情報の違いと昼夜の違いがドライバーの主観評価に与える影響を調べるため実車実験を行った⁵⁾。この研究では、情報を与えることでドライバーの主観評価が改善されることが示されている。

これらの研究は、カーブ線形だけでなくドライバーのカーブ緩急判断が、カーブの潜在的な危険を発見するのに重要なことを示している。本研究では、2003年夏に実車実験を行い、ドライバーのカーブ緩急に対する主観評価を測定した。

研究の目的は以下の通りである：

- ・ 道路線形と走行条件が、カーブでの運転挙動と主観評価に与える影響を示すこと。
- ・ 運転挙動と主観評価の関係を示すモデル（主観評価モデル）を構築すること。
- ・ 主観評価から、カーブでの適切な走行速度を推計しドライバーの感覚に合致した信頼性のある情報提供を行うこと。

2. 実車実験

2.1 実験区間

図-1に実験区間を示す。実験は国道393号（日交通量2500台）の山間部で行った。実験の開始地点は17.000kpとし、24.000kpを折り返し地点として片道5km、往復10kmを実験区間とした。

図-2に実験区間における実験対象カーブの線形情報を示す。往路に下り縦断勾配のカーブ9個、復路に上り縦断勾配のカーブ7個を設定し、カラーコーンを目印と置くことで被験者が対象カーブを確認できるようにした。

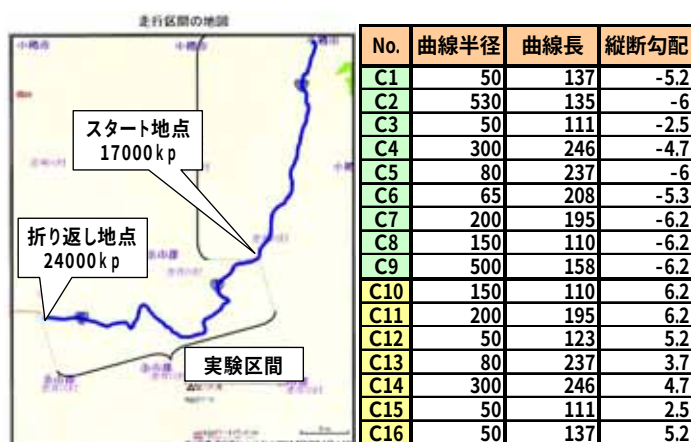


図-1 実験区間

図-2 線形条件

2.2 被験者

表－1に被験者属性を示す。被験者は国道393号の走行経験がほとんどなく普段から車を運転している一般ドライバー男女60人を選定した。各被験者は、重複効果を避けるため各1回走行した。

2.3 主観評価

実験中ドライバーは指定された16個のカーブのきつさについて事前評価と事後評価の2種類の評価を行った。

a) 事前評価

ドライバーが次のカーブを発見した時点で、そのカーブのきつさをどう予測したか評価する。「非常にきつい」、「きつい」、「普通」の3段階で評価を行った。「非常にきつい」とは、曲線半径が小さく曲線長の長いカーブを指し、「きつい」は曲線半径が小さく曲線長がそれほど長くないカーブを指す。「普通」は前述のカーブより緩いカーブを指す。

b) 事後評価

ドライバーはカーブ通過後、事前評価の予測に対して感じた実際のきつさについて、「思ったよりきつかった」、「思った通り」、「思ったより緩い」の3段階で評価を行った。「思ったよりきつかった」は予測したきつさよりもきつかったことを指し、「思ったとおり」はほぼ予測した通りのきつさであったことを指す。「思ったよりも緩い」は予測したきつさよりも緩かったことを指す。

表－2に示すように、事前評価と事後評価を組み合わせることによりカーブの総合的なきつさ指標を作成し主観評価とした。主観評価は、ドライバーがカーブのきつさをどの程度に感じたかを示す指標であり、点数が低いほどドライバーの感じたきつさはきつくなる。

2.4 運転挙動

運転挙動データを得るために、実験車にはGPSシステム、加速度計、記録用コンピュータ、記録用ステアリングボタン等を搭載した。これにより、1/20秒刻みで走行データ（走行速度、縦加速度、横加速度、ブレーキ操作、カーブ発見位置）を記録した。1回の走行データから、各設定カーブのボタン押し位置の3秒前を始点、カーブ終点（ETC）通過の3秒後を終点として切り分け、16個のカーブ走行データを作成し運転挙動とした。ここで3秒とは連続カーブにおいて次のカーブにかからない時間の最大値である。図－3にカーブ走行データのイメージ図を示す。

また、ビデオカメラと音声によりドライバーの行動と主観評価を運転挙動と同時に記録した。

2.5 実験手順

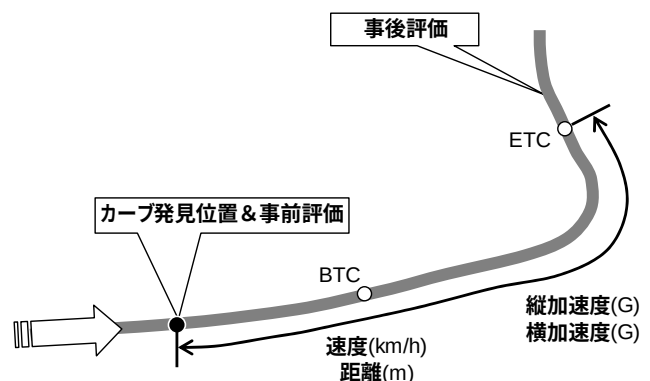
被験者には実験車に乗り込み操作に慣れる時間を与え、その後実験スタッフが実験内容について説明を行った。その際、走行速度は安全のため速度制限を超えないよう指示した。次に一定水準の運転ができるよう走行練習を行った。走行練習は実験区間での繰り返し走行を避けるため練習走行区間を設け行った。この時点で、上の

表－1 被験者属性

昼					夜				
No.	性別	年齢	年間走行距離 (km)		No.	性別	年齢	年間走行距離 (km)	
1	M	49	13,000	0.8	31	M	41	9,000	0.8
2	M	32	12,000	1.0	32	M	25	10,000	1.2
3	M	32	120,000	1.0	33	M	46	20,000	1.0
4	M	41	15,000	0.9	34	M	42	7,000	1.0
5	M	54	50,000	1.2	35	M	31	10,000	1.5
6	M	24	3,000	1.0	36	M	22	18,000	1.0
7	M	60	10,000	1.5	37	M	25	5,000	1.0
8	F	42	5,000	1.2	38	M	26	10,000	1.0
9	F	47	5,000	1.0	39	M	26	12,000	1.2
10	F	50	12,000	0.7	40	M	29	15,000	0.8
11	F	40	5,000	1.5	41	M	39	10,000	0.9
12	F	41	5,000	1.0	42	M	42	30,000	1.0
13	F	44	6,000	1.0	43	M	26	10,000	2.0
14	F	43	6,000	1.2	44	M	25	12,000	1.5
15	F	42	3,000	0.7	45	M	22	30,000	1.2
16	F	39	7,000	0.7	46	M	35	15,000	1.5
17	F	32	1,000	1.0	47	M	65	6,000	1.0
18	F	31	1,500	1.0	48	M	32	6,000	0.8
19	F	46	3,000	1.0	49	M	24	15,000	2.0
20	F	29	3,000	1.5	50	M	46	18,000	0.9
21	F	50	8,000	0.7	51	M	53	10,000	1.0
22	F	53	5,000	1.0	52	M	52	5,000	1.1
23	F	46	1,400	1.5	53	F	43	10,000	1.0
24	F	48	12,000	1.0	54	F	46	4,000	1.0
25	F	44	7,000	1.2	55	F	52	1,000	1.2
26	F	25	12,000	1.5	56	F	35	5,000	0.8
27	F	41	3,000	0.7	57	F	32	6,000	0.7
28	F	38	7,000	1.5	58	F	32	1,000	1.2
29	F	41	8,000	1.5	59	F	29	5,000	0.8
30	F	39	1,000	1.2	60	F	30	6,000	0.7

表－2 主観評価

事前評価	事後評価	主観評価
とてもきつい	思ったよりきつかった	1.とてもきつい
	思った通り	2.きつい
	思ったより緩い	3.普通
きつい	思ったよりきつかった	2.きつい
	思った通り	3.普通
	思ったより緩い	4.緩い
普通	思ったよりきつかった	3.普通
	思った通り	4.緩い
	思ったより緩い	5.とても緩い



図－3 カーブ走行データ

条件を満たさないドライバーは、被験者から除外した。練習走行後、被験者には実験区間を走行してもらい運転挙動と主観評価を記録した。図-3に示すように、走行中被験者はカーブを発見するとハンドル部に設置したボタンを押し、その後事前評価を行った。さらに、カーブを通過後、事後評価を行った。16カーブを走り終わった後デジタルデータはすべて保存し、被験者にはカーブの緩急評価についてアンケートを行った。

3. 実験結果

3.1 曲線半径と運転挙動

図-4に曲線半径に対する走行速度の平均値、標準偏差を示す。曲線半径は左から右にいくにつれて大きくなる。平均速度はすべての条件下において42.8(km/h)から62.7(km/h)であった。下り勾配と上り勾配の平均速度に大きな差はないが、昼夜の違いによって平均速度には少しの違いがある。

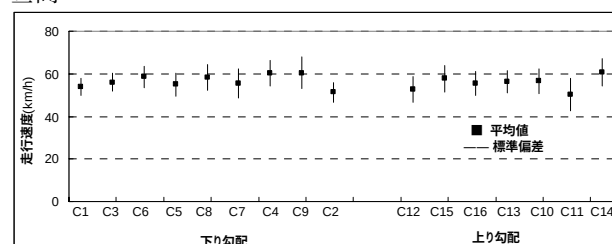
図-5に曲線半径に対する最大縦加速度の平均値、標準偏差を示す。下り勾配での最大縦加速度の平均値は-0.174(G)から-0.037(G)であり曲線半径が大きくなるにつれてやや減少する。上り勾配での最大縦加速度の平均値は-0.109(G)から0.065(G)と下り勾配よりも高い値を示しており、曲線半径が大きくなるにつれて減少している。また、曲線半径が80(m)のC13からはドライバーは減速ではなく加速している。昼夜による差はあまり見られなかった。

図-6に曲線半径に対する最大横加速度の平均値、標準偏差を示す。下り勾配での最大横加速度の平均値は-0.115(G)から0.394(G)であり曲線半径が大きくなるにつれて減少する。上り勾配での最大横加速度の平均値は0.094(G)から0.382(G)であり、下り勾配と同様に、曲線半径が大きくなるにつれて減少している。下り勾配、上り勾配の違いによる差はほとんど見られない。しかし、昼間の平均値は、夜間に比べ大きくなっている。

3.2 曲線半径と主観評価

図-7に曲線半径に対する主観評価の構成割合を示す。被験者の答え忘れ等の理由で各カーブの回答数にはばらつきがあるが、1つのカーブにつき約30名分のデータを記録した。どのケースにおいても「1:とてもきつい」と答えた被験者はいなかった。下り勾配では、カーブによって構成割合が大きく変化している。曲線半径が50(m)から80(m)のC1,C5,C6では「2:きつい」と答えた割合は、昼間で20%、夜間で30%から40%を示している。曲線半径が150(m)から200(m)のC8,C7では、「3:普通」と答えた割合が昼間では20%を示している。曲線半径が300(m)以上のC4,C9,C2では、「5:とても緩い」もしくは「4:緩い」と答えた割合が昼夜ともに90%を超えている。上り勾配では昼夜による差はほとんど見られない。曲線半径が50(m)から80(m)のC12,C15,C16,C13では「2:きつい」と答えた人の割合が20%から30%を示している。曲線半径が150(m)以上のC10,C11,C14では、「5:とても緩い」もしくは「4:緩い」と答えた割合が80%を超えている。

昼間



夜間

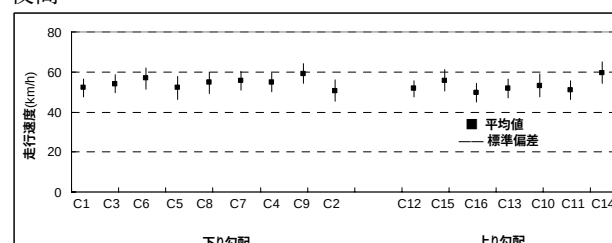
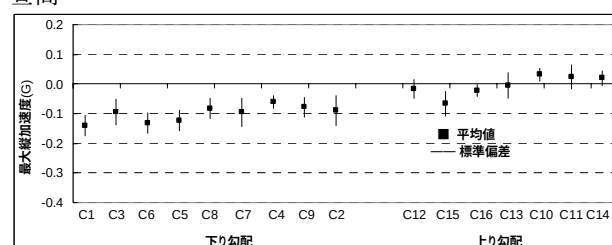


図-4 走行速度-曲線半径

昼間



夜間

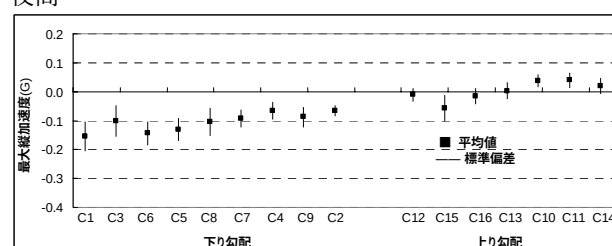
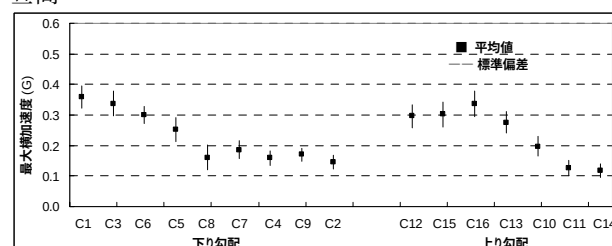


図-5 最大縦加速度-曲線半径

昼間



夜間

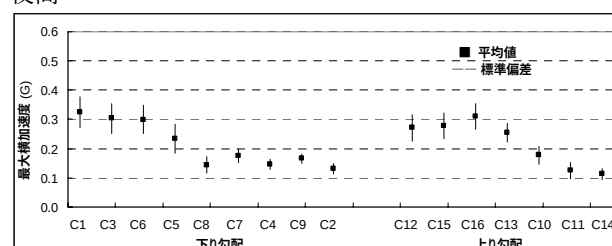


図-6 最大横加速度-曲線半径

4. 分析

実験結果より、曲線半径が小さくなるにつれて、横加速度、縦加速度共に大きくなることが分かった。また、上り勾配では下り勾配よりも縦加速度の値は小さくなる。したがってドライバーは、カーブのきつさに合わせて縦加速度と横加速度を調整していると考ええる。つまり、2つの加速度に対応した走行を行っていると言える。したがって、縦加速度と横加速度から主観評価を導くことが可能と考えられ、そのための主観評価モデル構築を行う。図－8に走行条件と最大縦横加速度の関係を示す。昼間には主観評価がきついとなるほど横加速度の値が大きくなり、縦加速度の値が小さくなるが夜間では逆の傾向が見られる。これは、ドライバーの個人特性や走行条件によって縦加速度と横加速度が主観評価に与える感度が異なるためと考える。したがって主観評価モデル構築に当たりこれらの要因を考慮する必要がある。

図－9に主観評価モデルのイメージ図を示す。運転挙動として走行速度を用い主観評価を表すメリットの1つは、インプットとして走行速度を与えるとドライバーがどのように感じて走行しているかを測ることができ、カーブの安全性や快適性を測る1つの指標になることである。またインプットとして主観評価値を与えると、ドライバーの感覚に応じた走行速度の提案が行える。ドライバーの感覚に応じた走行速度が信頼性のある走行速度であると言える。さらに、提案した速度に対して、再度走行速度を計測することで有効性を検討できる。

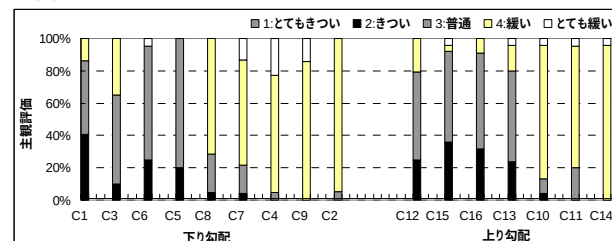
5. 今後の課題

主観評価モデルの構築には相互情報量最適化や重回帰分析を用いることを考えている。数ある運転挙動データの中から、モデルの適合度の高いもの、説明のつくものを選びモデルを構築する予定である。

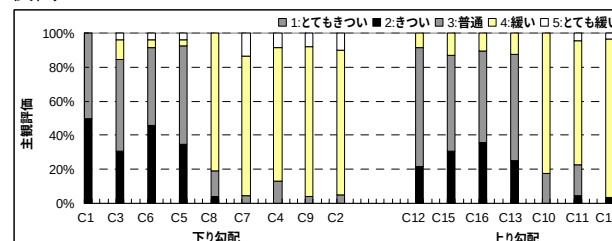
参考文献

- 1) Belanger et Al.: Horizontal Alignment(Technical Sheet), PIARC Technical Committee on Road Safety(C13), Road Safety Manual, World Road Association, pp320-353, 2003
- 2) Zegeer et Al.: Safety Effects of Geometric Improvements on Horizontal Curves, Transportation Research Record No. 1356, pp. 11-19, 1992.
- 3) Persaud et Al.: Guidelines for Identification of Hazardous Highway Curves, Transportation Research Record No. 1717, pp. 14-18, 2000.
- 4) Suzuki, K., Hagiwara, T., Ohmi, T., Tokunaga, R.A., and Asano, M. (2001); Effects of Traffic Control Devices and Road Scenes on a Driver's Judgment of Curve Sharpness, Proceedings of the First International Driving Symposium on Human Factors in Driver Assessment, Training and Vehicle Design, pp. 384-389.
- 5) Hayashi, K., Tokunaga, R., Asano, M., Hagiwara, T., Kagaya, S. (2003); Effects of Information Provision on Driver's Curve Sharpness Judgment, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5, pp. 2444-2457 (CD-ROM)

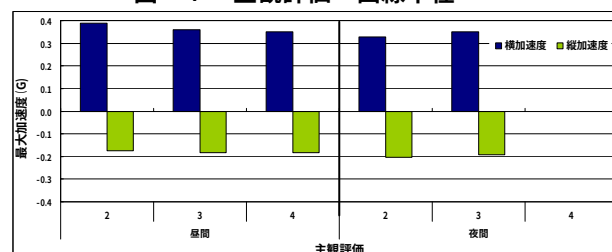
昼間



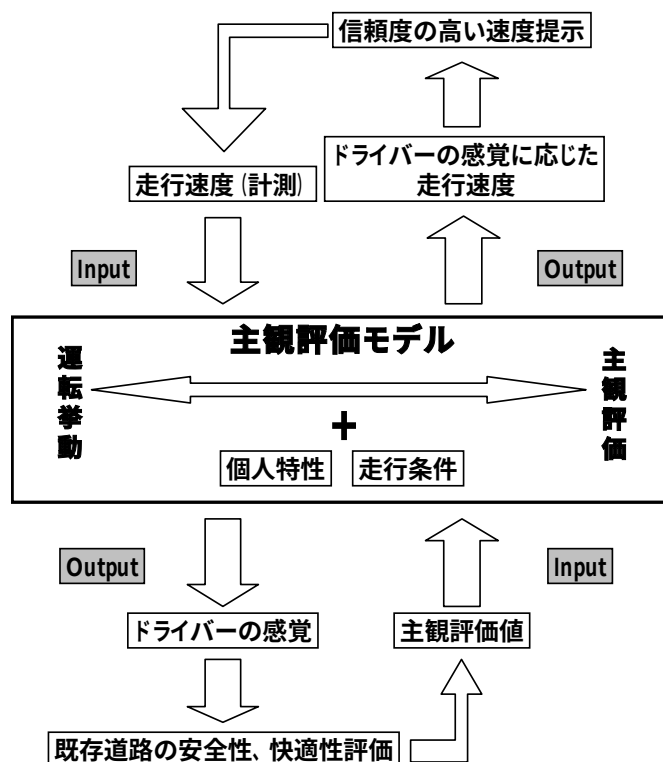
夜間



図－7 主観評価－曲線半径



図－8 縦加速度、横加速度－走行条件



図－9 主観評価モデルイメージ図