

交差点右折時の間隔受け入れ判断に関する二段階モデル

鈴木 雅洋・金子 寛彦

東京工業大学大学院 理工学研究科 附属像情報工学研究施設
〒 226-8503 横浜市緑区長津田町 4259 R2-60

1. はじめに

間隔受け入れ判断 (gap acceptance) とはある行動を遂行するためにある間隔 (時間, 空間) を受け入れることをいう¹⁻⁵⁾. 交差点において右折する場合, 運転者は対向車までの間隔を受け入れるか否か判断しなければならない (図 1). 本研究においては右折時の間隔受け入れ判断に関する二段階モデルを提案し, 派生する問題を議論する.

2. 対向車の速度の影響

モデルの提案に先立ち, その根拠となる実験を概観する. 右折時の間隔受け入れ判断に対向車の速度が及ぼす影響に関して, 鈴木・金子 (2005) はドライビングシミュレータを用い, 対向車の速度に広汎な条件 (20~120 km/h の 6 条件) を設けて検討を行った⁶⁾. シミュレータは三管式プロジェクタと大型スクリーン, 乗用車のカットボディからなり, スクリーンに投影したコンピュータグラフィックスアニメーション (以下, CG 動画とする) をステレオ呈示するため, 液晶シャッター眼鏡を用いた. CG 動画においては右折待機場面を模擬し, 具体的には被験者の乗用車が右折待機位置に停車, 対向車 2 台が同一速度によって走行した. 被験者は対向車の出現から通過までを観察後, 実際に運転していたとすれば対向車 2 台の間隔において右折するか (以下, 右折実行判断とする), 右折しなかったとしても安全を無視して無理をすれば右折できるか (以下, 右折可能判断とする), 右

折できるとすればその危険度を判断した. その結果, (A) 右折実行判断, 右折可能判断における受け入れ閾値 (それよりも間隔が大きければ [小さければ] 受け入れる [受け入れない] と判断) は対向車の速度の増加に従って時間的に減少した (図 3 左上), (B) 受け入れ閾値に対応した危険度は対向車の速度が変化しても大きくは変化せず, 対向車の速度の増加に伴う受け入れ閾値の時間的な減少を運転者のリスクテイキングに基づいて説明することは困難であった, (C) 安全のために確保した余裕 (具体的には受け入れ閾値における右折実行判断と右折可能判断との差) は対向車が高速の条件において空間的に飽和した.

3. 二段階モデル

上述の実験結果を説明するため, 運転者の判断に三つの仮定を置いた (図 2). 仮定 1 (図 2 左): 対向車の間隔 (以下, T_{gap} [時間], S_{gap} [空間] とする) が十分に大きい場合には空間のみに基づいて対向車の速度とは無関係に受け

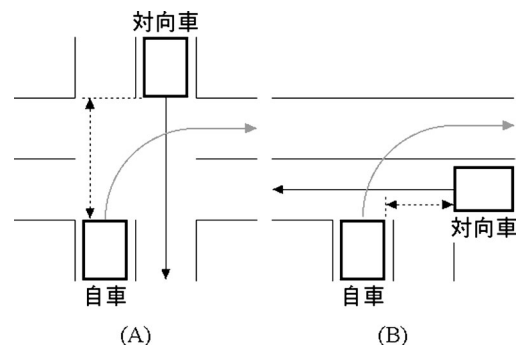


図 1 交差点右折時の間隔受け入れ判断. (A) 対向車が前方の場合. (B) 対向車が右方の場合.

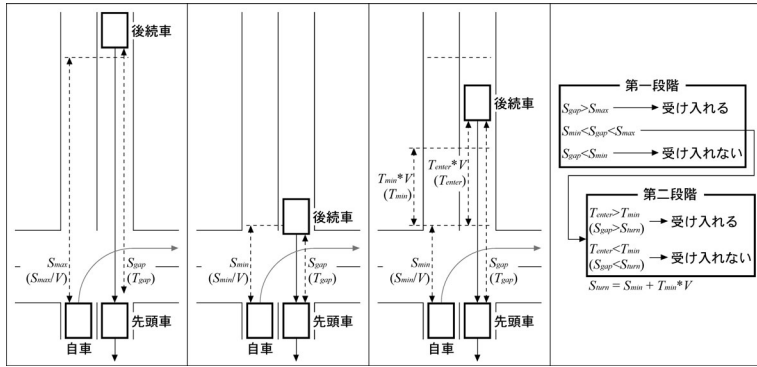


図2 運転者の判断に関する三つの仮定と二段階モデルの概念図。

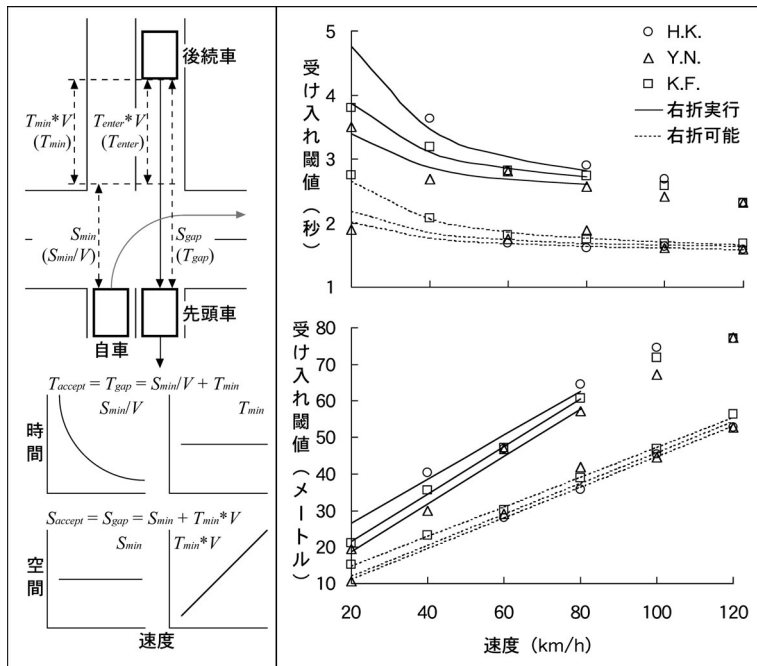


図3 第二段階に基づいた受け入れ閾値の解釈、及び直線回帰の結果。

入ると判断する（以下、この判断の閾値を S_{max} とする）。仮定2（図2中左）： S_{gap} が十分に小さい場合には空間のみに基づいて対向車の速度とは無関係に受け入れないと判断する（以下、この判断の閾値を S_{min} とする）。仮定3（図2中右）： S_{gap} が S_{max} よりも小さく S_{min} よりも大きい場合には後続車が S_{min} に進入する時間（以下、 T_{enter} とする）に基づいて受け入れるか否かを判断する（以下、この判断の閾値を T_{min} とする）。

三つの仮定をまとめると、対向車の速度とは

無関係に判断する第一段階（仮定1、仮定2）と対向車の速度が作用する第二段階（仮定3）とからなる二段階モデルを導くことができる（図2右）。なお、現時点においては便宜的に逐次処理のモデルを提案するが、今後、検討する必要がある。また、第二段階に関して、時間に基づく判断か、あるいは空間に基づく判断かを検討する必要がある。仮定3においては便宜的に時間に基づく判断（ T_{min} と T_{enter} との比較）とした。しかし、 T_{min} を空間に変換し（ $T_{min} * V$ 、 V は対向車の速度）、 S_{min} と足し合わせて閾値

表1 直線回帰の p^2 , 及び S_{min} , T_{min} の推定値

判断	被験者	p^2	S_{min}	T_{min}
右折実行	H.K.	0.933	14.4 m	2.17 s
	Y.N.	0.990	5.83	2.34
	K.F.	0.998	8.55	2.34
右折可能	H.K.	0.997	2.85	1.51
	Y.N.	0.977	3.68	1.52
	K.F.	0.998	6.64	1.46

S_{turn} を定義すると, S_{turn} と S_{gap} との比較により, 空間に基づく判断とすることもできる.

二段階モデルには検討を必要とする問題はあるが, 現時点における暫定的なモデルであっても上述の実験結果を説明することができる. まず, 対向車が高速の条件における安全のための余裕の空間的な飽和は第一段階に基づいて説明することができる. つまり, 空間のみに基づいて対向車の速度とは無関係に受け入れると判断した結果, 空間的な飽和が生じたといえる.

対向車の速度の増加に伴う受け入れ閾値の時間的な減少は第二段階に基づいて説明することができる. つまり, 第二段階に基づく, 受け入れ閾値 (以下, T_{accept} [時間], S_{accept} [空間] とする) は T_{enter} が T_{min} と等しいときの T_{gap} , S_{gap} と等しくなり (図3左上),

$$T_{accept} = T_{gap} = S_{min}/V + T_{min} \quad (1)$$

$$S_{accept} = S_{gap} = S_{min} + T_{min} * V \quad (2)$$

を導く. 式 (1) から, T_{accept} は S_{min}/V により対向車の速度の増加に従って減少するといえる (図3左中).

なお, 式 (2) によると, S_{accept} は対向車の速度の一次関数となる (図3左下). そこで, 上述の実験結果に関して, 安全のための余裕が空間的に飽和したと見なした右折実行判断の 100~120 km/h を除き, 対向車の速度の関数としての S_{accept} の直線回帰を行い (図3右), p^2 を求めた (表1). p^2 は右折実行判断, 右折可能判断ともにすべての被験者において 0.9 以上と極めて高く, 二段階モデルは上述の実験結果と適合するといえる.

対向車の速度の関数としての S_{accept} の直線回

帰からは S_{min} , T_{min} を推定することができる (表1). S_{min} の推定値は右折実行判断においては (特に Y.N., K.F.において) 自車の先頭から交差点の入口までの空間 (6 m) と近かった. 右折可能判断においては (特に H.K., Y.N.において) 右折に必要な前方の空間 (乗用車の最小回転半径やホイールベース, 全長の一般的な値 [それぞれ 5 m, 2.6 m, 4.5 m] から概算して 2 m 強) と近かった. これらは S_{min} の要因を示唆する結果として興味深い. 右折実行判断においては実際の運転と同様に安全を考慮した判断を求めたが, 交差点内に対向車が位置すれば安全な右折は困難である. 右折可能判断においては安全を無視した判断を求めたが, 右折に必要な前方の空間内に対向車が位置すれば無理な右折も困難である.

T_{min} の推定値を実際の交通場面における右折所要時間⁷⁾と比較すると, 右折実行判断においては右折所要時間の平均値と近く, 右折可能判断においては右折所要時間の最小値と近かった. 右折実行判断の T_{min} は普通に右折した場合の所要時間と, 右折可能判断の T_{min} は急発進, 急加速によって右折した場合の所要時間と密接に関係しているのかもしれない. 今後の検討が必要である.

4. 派生する問題

右折時の事故を防止するために二段階モデルを応用することは本研究の将来的な目標である. 応用するためにはモデルとしての妥当性, 信頼性を高めなければならない. 現時点においては便宜的に逐次処理のモデルを提案しており, 第二段階に関しても便宜的に時間に基づく判断とした. また, S_{max} や S_{min} , T_{min} の要因も明らかではない. これらの問題を検討することが必要である.

二段階モデルの妥当性, 信頼性を高めるためには基礎的な問題, つまり, 右折時の間隔受け入れ判断と密接に関係する運動知覚や空間知覚に関しても検討する必要がある. 二段階モデルにおいては速度や空間に主観, 客観の区別を置

かななかったことから、運動知覚や空間知覚は正確であることを暗黙のうちに前提としていた。その上において上述の実験結果を説明することができた事実は重要であるが、それとは別に、前提の妥当性に関しては検討しなければならないであろう。自動車のように実空間を高速移動する対象の知覚や交通環境のように広大な三次元空間の知覚に関しては未解明の部分が多い。

運動知覚に関しては興味深い知見がある。実際の交通場面を走行する自動車を刺激として到達時間予測を測定した実験によると、40 km/h 付近を境にして低速の自動車を実際よりも速く、高速の自動車を実際よりも遅く知覚した¹⁾。これを根拠に二段階モデルにおける運動知覚の前提は誤りであると単純にはいえるが、他方、この実験結果と二段階モデルとの比較から、到達時間予測と間隔受け入れ判断とにおいては異なった速度情報を用いているともいえる。今後の検討が必要である。

ところで、間隔受け入れ判断は右折のみに限定した判断ではない。例えば、2本の垂直の棒を水平に並べ、その間隔に自分の手を通すことができるか否かという判断⁸⁾は間隔受け入れ判断である。このように、間隔受け入れ判断は自己や対象を間隔に通す行動全般に広く関係する。本研究においては右折時の間隔受け入れ判断に関するモデルとして二段階モデルを提案したが、他の間隔受け入れ判断にも適用可能となるように発展的に拡張することができるであろう（このような作業は S_{max} や S_{min} 、 T_{min} の要因を解明する上でも興味深い）。二段階モデルは間隔受け入れ判断の基礎メカニズムの解明を牽引する役割を担っている。

5. おわりに

本研究においては右折時の間隔受け入れ判断に関する二段階モデルを提案し、派生する問題を議論した。二段階モデルは対向車の速度とは無関係に判断する第一段階と対向車の速度の影響を受ける第二段階とからなる。第一段階においては S_{gap} が S_{max} よりも大きい場合には受け

入れると判断し、 S_{min} よりも小さい場合には受け入れないと判断する。 S_{gap} が S_{max} よりも小さく S_{min} よりも大きい、つまり、第一段階においては判断することができない場合には第二段階において判断する。具体的には T_{enter} が T_{min} よりも大きい場合には受け入れると判断し、小さい場合には受け入れないと判断する。派生する問題に関しては応用に向けての課題と基礎研究への波及とがあった。今後はこれらの問題を検討することが重要となる。

追記 本研究はトヨタ自動車株式会社との共同研究の一環として行いました。また、トヨタ自動車株式会社の佐々木和也さんから貴重な助言をいただきました。記して深く感謝いたします。

文 献

- 1) 三浦利章：ギャップ・アクセプタンス行動およびその知覚的要因についての予備的研究。大阪大学人間科学部紀要, 6, 37-77, 1980.
- 2) 長山泰久：人間と交通社会。幻想社, 1989.
- 3) 篠原一光：運転における展望的時間評価。交通科学, 24, 53-60, 1996.
- 4) 篠原一光：自動車運転中の時間評価。松田文子, 調枝孝治, 甲村和三, 神宮英夫, 山崎勝之, 平伸二(編)：心理的時間—その深くて広い謎—。北大路書房, 303-314, 1996.
- 5) 内山伊知郎：運転者の先急ぎに関する教育における問題—松木論文に対するコメント—。心理学評論, 44, 14-18, 2001.
- 6) 鈴木雅洋, 金子寛彦：交差点右折時における運転者のギャップアクセプタンスに接近車の速度が及ぼす影響—複数車両事態における検討—。電子情報通信学会技術研究報告, HCS2004-42 HIP2004-87, 2005.
- 7) J. Wenzel and D. F. Cooper: Vehicle and driver effects on junction gap acceptance. *Traffic Engineering and Control*, 22, 628-632, 1981.
- 8) 羽原啓史, 安藤宏志, 金子寛彦：身体動作のための視覚的大きさ判断。電子情報通信学会技術研究報告, HIP2005-12, 2005.