

ギャップ選択時の判断要因に関する分析*

An Analysis of the Decision Factors at Gap Choice Situation*

清水哲夫**・森地茂***・浜谷健太****

By Tetsuo SHIMIZU**・Shigeru MORICHI***・Kenta HAMAYA****

1. はじめに

交通事故の原因の多くは人的要因であることは疑いのないことであるが、明らかにドライバーに過失がある場合を除き、多くの場合には人的ミスを誘引する道路構造要因や交通環境要因が存在する可能性があることは事実であろう。しかし、多くの研究結果¹⁾が示しているように、これらの関係については、事故統計原票をベースとした統計分析のみで特定することはその稀少性や、事故統計データ上の様々な制約などから現実的でないと考えられる。

逆に、事故そのものを見るのではなく、画像解析技術等、情報機器の進展を背景に、車両挙動を分析しその危険性を評価する試みが近年多く行われている²⁾。このようなアプローチを通じて、交通事故発生メカニズムを考察し、一部の事故類型についてはその要因を定量的に明らかにされている³⁾。しかし、外部観測による車両挙動は、ドライバーの様々な意志決定の後に生じた結果であり、なぜそのような挙動をしたのかについてはあくまでも定性的な想定域を出ず、危険性の要因についても特定することはやはり困難であると言わざるを得ない。

また、合流部のように、走行危険性が高いにも関わらず事故件数自体は少ない地点では、事故削減のみを便益と考えた場合にはサービス改善による効果は計上されない。しかし、安全や安心に対する便益が定義され、かつ、利用者がその向上を望むので

あれば、当然何らかのサービス改善がなされるべきである。ただし、サービスが地点の安全性をどの程度向上させるか把握するための適切な手法が欠如している。

以上で述べたことは、結局のところ、ドライバーの判断プロセスが未だ十分に把握されていないことが主な原因であるように感じられる。しかし、運転挙動を詳細に記録できるプローブ技術の発達⁴⁾に見られるように、新たな交通事故分析の枠組みが登場する可能性は高いものと想定される。

本稿では、合流部などのギャップ選択の局面を具体の対象として、プローブカーによる走行実験を通じて、交通環境等の要因がギャップの判断プロセスに及ぼす影響を分析することを目的とする。同時に、交通安全対策のオプションとして、簡易な走行支援情報を提供する実験を実施し、それがドライバーのギャップ選択の円滑性・安全性の向上に及ぼす影響を分析する。

2. ギャップ選択における判断プロセスと交通安全対策の関係

(1) ギャップ選択モデルの考え方

運転の局面の中で、合流部や交差点における右折という状況においては、本線あるいは対向車の車群の間に入り込む、もしくは車群の間を横切るという行動をとることになる。その際のドライバーの行動は、車間に対する流入可能性を判断し、可能と思えば合流（右折）を実行し、不可能と思えば合流（右折）を実行しないと考えることができる。この車間のことをギャップと定義する。さらに、ある本線車の合流部（交差点）通過時刻と次の本線車の通過時刻との差をギャップ時間と定義する。そして、このギャップ時間の大小に応じてドライバーが車間

*キーワード：交通安全，ITS

**正員，博(工)，東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1，TEL:03-5841-6128，E-mail:sim@planner.t.u-tokyo.ac.jp）

***正員，工博，東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

****非会員，東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻

に入る（横切る）行動の実行・中止を選択することをギャップ選択と定義する。

次に、一般道路の一時停止ありの合流部を例にモデル化を行う。合流部に到着したドライバーは本線を走行する後方車両を確認し、その車両が合流部地点に到着するまでに要する時間を瞬間的に予測する。この予測された時間を認知衝突時間 T_c と定義する。この T_c に対して、ドライバーが合流可能と判断すれば合流を実行し、合流不可能と考えれば合流を中止するであろう。このことは、ドライバーの持っているある種の基準時間 T_c が存在し、これよりも T_c が大きければ合流を実行し、小さければ合流を中止するという考え方で説明が可能となる。

次に、基準時間 T_c がどのような要素から構成されているのかを考える。 T_c は言い換えればドライバーにとって合流するために必要な時間の最小値であると考えることができる。この時、ドライバーが合流を実行するプロセスを分割して、そのプロセスに要する時間を考えればよい。

第一に、本線車を観察し、判断し、実行に移すまでの時間が必要である。この時間を判断時間 T_j と定義する。第二に、合流を開始してから本線への合流が完了するまでに車を操作する時間が必要である。この時間を操作時間 T_o と定義する。これで合流プロセスは完了であるが、この2つの時間だけでは本線車とぶつかるかぶつからないかギリギリの状況であり、そのような状況では一般的には合流しないため、いくらかの余裕を考慮していると考えられる。そこで、その時間を余裕時間 T_m とする。以上から、基準時間 T_c は以下の形で表現することができる。

$$T_c = T_j + T_o + T_m \quad (1)$$

以上は合流についての定式化であるが、このモデルは交差点での右折や脇道から優先道路への左折、道路の横断など、一時停止を伴う全てのギャップ選択局面で適用可能である。なお、合流部の本線車による避走については、本研究では考慮しない。

(2) 時間パラメータの変動特性

(1)のギャップ選択モデルにおける時間パラメータ(T_c, T_j, T_o, T_m)は、常に一定の値をとる確定値ではなく、様々な要因によってばらつきが生

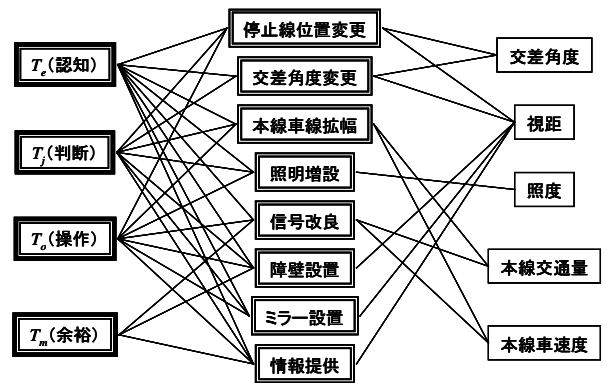


図-1 時間パラメータの変動と交通安全対策の対応

じる変動値であると考えられる。

これら時間パラメータの変動により事故が起こると考えられる。例えば、 T_c を T よりも大きく見積もれば、 $T_c > T_c > T$ という状況が生じ、事故が発生する。また、仮に $T_c = T$ であっても、 T_c の要素のどれか一つでも小さくなれば $T = T_c > T_c < T_c^*$ (T_c^* は判断の時間を含め、実際に合流に要した時間)となり、状況によっては $T < T_c^*$ となり事故が発生することがわかる。以上のことは、これら時間パラメータの変動を把握することにより、事故発生危険性が推測できることを示唆している。さらに、この変動の要因を特定化すれば、人為的にこの変動を安全側に変える対策を考えることが可能となろう。詳細は割愛するが、 T_c の変動要因は、道路構造、人的要因、本線交通状況、 T_j の変動要因は、道路構造、本線交通状況、人的要因、 T_o の変動要因は、道路構造、人的要因、車両挙動要因、 T_m の変動要因は、本線車状況、人的要因、流入部の待ち行列状況を想定する。

(3) 交通安全対策とギャップ選択モデルの対応

時間パラメータの変動要因を特定することにより危険度を把握し、最終的にはその低減に効率的な対策を実施する必要がある。そのためには、対策により、どのパラメータに変動を与えるかを予測できなければならない。このことが理解できていれば、例えば、あるタイプの事故を減らすために T_c を安全側に変える目的の対策を実施したが、その結果、 T_o の変動を誘発してしまい、その変動が危険側であるため新たな事故が生じるというような弊害を回避することができる。図-1に、本稿で想定する安全対策と時間パラメータの対応関係を示す。

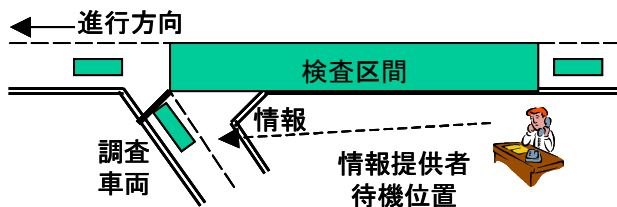


図-2 情報提供の方法

3. プローブカーを用いたギャップ選択実験

(1) 走行実験の概要

本走行実験は、2のギャップ選択モデルの検証、特に時間パラメータの変動要因を統計的に抽出・特定化するために、ギャップ選択を行う地点を複数の被験者にプローブカーで走行させ、運転操作・車両挙動・周辺環境などの詳細な観測データを取得することが目的である。実験の対象地点は、国道246号の青葉台ランプ(合流)・藤ヶ丘ランプ(合流)・市ヶ尾立体交差点高架下の横断部(横断)・横浜市道環状4号の桜台交差点(右折)の異なる形態のギャップ選択局面を有する計4地点(いずれも神奈川県横浜市青葉区)とした。

走行実験は2002年11月中旬の平日4日間で行った。被験者は東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻地域/情報研究室の学生8名である。実験車両は速度やハンドル操作角などの詳細データの観測が可能なプローブカー2台(日産ステージア(ST)と三菱グランディス(GR))で、国土交通省国土技術総合政策研究所から借用したものであり、一般の車両に内部観測のためのセンサーや周辺環境等を把握するためのCCDカメラを搭載したものである。その他、アイマークレコーダーを使用した。走行回数は合計で327回である。

(2) 情報提供の方法

実験車両のうち、GRのみ、また青葉台、藤ヶ丘の合流部2地点のみで、清水らの先行研究⁵⁾と同じ方法で図-2のように情報提供を行った。検査区間長については、到達時間4.5秒に相当する距離とした。これに平均走行速度を考慮して、青葉台ランプでは80m、藤が丘ランプでは100mとした。

(3) プローブカーの計測データ

表-1 時間パラメータの推定方法

T_j	振り向き(ミラー視)開始~振り向き(ミラー視)終了	見送り
	振り向き(ミラー視)開始~ブレーキから足を離す時点	本線通過前操作
	本線車通過時点~ブレーキから足を離す時点	本線通過後操作
T_o	アクセル踏み始め時点~速度30km/h強で前後加速度減少時点	
T_m	$T - T_j - T_o$ (踏み換え時間)	本線通過前操作
	$T - T_o$	本線通過後操作

STとGRはいずれも運転操作のデータとしてアクセル開度、ハンドル角、ブレーキランプ、操舵トルクなど、車両挙動のデータとして、速度、角速度、GPS位置、車間距離などが取得でき、0.1秒ごとに自動的に記録される。

実験車両内に設置した5台のCCDカメラにより、本線車および前後の車の状況、ドライバーの大まかな視線情報を撮影した。これらの映像は、本線のギャップ時間、速度、車種などの本線状況や、ドライバーの視線、流入部の行列で待たされた時間や後続車の有無などの行列状況を取得するために使用した。

(4) 分析データのコーディング方法

ギャップ選択モデルにおける時間パラメータの変動要因を抽出するためには、得られたデータから時間パラメータ値を推定する必要がある。その推定方法について表-1に整理する。

プローブデータのうち要因変数として使用するものは、アクセル開度、ハンドル角、前後加速度、横加速度、角速度、傾斜角の6項目である。アクセル開度については、踏み始めの時の傾きと最大値を説明変数として使用する。ハンドル角は流入実行直前から流入完了直後の最大値と最小値の差の値を使用する。前後加速度、横加速度、角速度については合流開始とともに0から増加(減)して十分大きく(小さく)なった時点から、流入完了して再び0に戻り始める時点までの平均値を使用する。傾斜角については、停止時の値を使用する。

4. ギャップ選択の判断要因に関する分析

(1) 分析方法

以下では、データに変動をもたらす要因(因子)がデータ変動にどの程度関与するか統計的に明らかにして変動の主要な影響因子を求める手法であ

表-2 分散分析の結果(情報の有無)

T_j	情報	平均(s)	偏差(s)	標本数
	なし	1.21	0.37	65
	あり	0.85	0.29	138
	分散比(p値)		17.7(0.00)	
T_o	情報	平均(s)	偏差(s)	標本数
	なし	4.23	0.71	74
	あり	4.69	0.53	181
	分散比(p値)		19.4(0.00)	
T_m	情報	平均(s)	偏差(s)	標本数
	なし	1.61	0.59	26
	あり	1.35	0.55	71
	分散比(p値)		2.3(0.13)	

る分散分析法を用いる。変動するデータを時間パラメータ T_j 、 T_o 、 T_m とし、因子は、3(4)のデータ以外に、慣れや疲れの要因として周回回数、本線状況要因としてギャップ時間、本線速度、本線車種を、心理的要因として見送り数、行列時間、後続時間を、人的要因としてドライバー、運転歴・運転頻度を、情報の有無と提供状況を用いる。

(2) 情報提供による影響

本稿では、紙面の制約上、情報提供が時間パラメータに与えた影響のみを紹介する。

ここでは青葉台、藤ヶ丘の2地点について情報が出ていないSTと情報が出ていたGRとに分けて、情報有無を因子として分散分析を行った。その結果を表-2に示すが、 T_j と T_o の変動に対しては有意で、 T_m に対しては有意でない結果となった。 T_j の変動傾向は、情報ありのときの方がなしのときよりも0.4秒短く、分散も小さい。 T_o の変動傾向は、情報ありのときの方がなしのときよりも0.4秒長い、分散は小さい。情報提供によって、判断に対する補助がなされた結果として T_j が減少し、かつ分散が小さいことから、判断が安定したと考えられる。ただし、 T_o については、情報ありの方の平均値が大きいという結果であるが、これは情報を注意している影響か、もしくはST、GRの車種による性能の違いによる影響が考えられる。分散は情報ありの方が小さく操作時間が安定していることから、後者の影響が大きいと推測される。

(3) その他の重要な結果

その他、道路構造に関しては、加速のしやすさ

が T_o に大きく影響すること、心理的影響では後続車や待ち時間の長いときに T_m が小さく T_o が大きくなること、人的要因では運転歴・年間走行距離が T_o と T_m に影響を与えることが確認された。

5. おわりに

本稿では、合流部などのギャップ選択の局面を対象に、ドライバーのギャップに対する判断プロセスを検討し、認知衝突時間、判断時間、操作時間、余裕時間、の4つの時間パラメータを定義することで、そのプロセスをモデル化し、これらの変動要因を考察した。その検証のために、ギャップ選択を行う複数の地点において、複数のドライバーにプロブカーで走行させ、運転挙動や車両挙動、周辺交通環境などの詳細なデータを効率的に取得する実験を行った。得られたデータを用いて、時間パラメータの変動を統計的に抽出するために分散分析を行い、加速のしやすさが操作時間に大きく影響すること、待ち時間の長いときに余裕時間が小さく操作時間が大きくなること、情報提供により、判断時間が減少し、余裕時間が増加することを示した。

なお、本稿は土木学会土木計画学研究委員会ITS社会に向けた交通事故分析に関する研究小委員会(代表:家田仁東京大学教授)の成果である。関係各位に記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 例えば、浜岡秀勝：地理情報システムを用いた交通事故分析方法に関する研究，東京大学博士論文，2001.
- 2) 浜岡秀勝，森地茂：一般道路合流部における追突事故発生要因の考察，土木計画学研究・論文集，No.19, No.4, pp.787-791, 2002.
- 3) 森地茂，浜岡秀勝：交差点事故と視覚情報の関連性の分析，第37回土木計画学シンポジウム論文集，pp.3-8, 2001.
- 4) 例えば，清水哲夫，飯島雄一，屋井鉄雄：高速道路合流部における走行支援情報提供に関する一考察，土木計画学研究・論文集，No.19, No.4, pp.839-846, 2002.
- 5) 清水哲夫，浅野美帆，森地茂：一時停止を伴う合流部における走行支援情報提供実験，土木計画学研究・講演集，No.26 (CD-ROM)，2002.