

一時停止を伴う合流部における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 at “Stop-and-go” Merging Section *

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、飲酒や暴走などの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が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否定できない。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マクロ的な事故要因の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当然現実的でない。

逆に、発生した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、車両挙動を詳細に分析して、錯綜などの危険性を評価する試みが多く行われているようになってきている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ミクロな視点で考察し、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している³⁾。しかし、実現した車両挙動はドライバーの様々な意志決定の末に生じた結果であり、外部観測からは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ず、対策のモチベーションは低くなる。しかし、安全や安心に対する便益が明確に定義され、かつ、利用者がその向上を望むのであれば、何らかのサービス改善が当然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分析手法は十分に整備されていない。清水ら⁴⁾は、都市高速道路の合流部を対象に、AHS導入

などのサービス改善が合流部の安全性向上に及ぼす影響をシミュレーション分析により導出する方法を提案しているが、用いられている安全性の指標がドライバーの主観と整合しているかどうかは今後の課題となっている。

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⁵⁾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。

本研究では、一時停止を伴う合流部における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、清水らの研究⁶⁾と同様に、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、合流部においては、本線の車群の間に流入す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、可能と思えば流入を実行し、不可能と思えば流入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に流入する行動の実行・中止を選択することをギャップ選択と定義する。

合流部でのギャップ選択行動は、喜多・平井⁷⁾や清水ら⁴⁾が高速道路を対象にモデル化を行っているが、本研究のような一時停止を伴う合流部でのギャップ選択行動はむしろT字型の無信号交差点におけるギャップアクセプタンス行動に近いように思われる。HCM2000⁸⁾では、無信号交差点でのMinor Streetからのギャップアクセプタンスの推定式が提唱されており、流入車種、進行方向、

*キーワード：ITS、交通安全

** 正員、博士（工学）、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻（東京都文京区本郷 7-3-1、TEL:03-5841-6128、E-mail:sim@civil.tu-tokyo.ac.jp）

*** 正員、工博、政策研究大学院大学

**** 学正員、東京大学大学院工学系研究科社会基盤学専攻

道路規格による調整項が考慮されている。しかし、このままでは道路構造の改良や ITS サービスの導入がギャップアクセプトランスに及ぼす影響を把握できない。

ここで、一般道路の一時停止ありの合流部におけるギャップ選択のメカニズムのモデル化に関する本研究の考え方を述べる。以下のモデル化の考え方は既に清水らの研究⁹⁾でも述べられているが、読者の理解を容易にするために再掲する。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 を以下の形で表現することを考える。

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

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_o , T_j , 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 を実際のギャップ時間 T よりも大きく見積もれば、 $T_c > T > T$ という状況が生じ、流入開始後にそのことに気づかず何の対処もしなければ事故が発生する。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。以上のことは、時間パラメータの変動を把握することにより、事故危険性が推測できることを示唆している。さらに、それらの変動要因を特定すれば、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。

T_c の変動要因として考えられるのは、後述するように視覚特性によるものが一番大きいと考えられる。視覚特性に立脚した変動要因として考えられるものは、道路構造、人的要因、本線交通状況などが考えられる。道路構造では、本線との交差角度や傾斜角、明るさ、本線の線形（カーブか直線か）、視距などが挙げられる。人的要因としては、疲労や慣れ、運転歴、年齢などが考えられる。本線交通状況としては、車種（大きさ、色など）、速度などが考えられる。

T_j の変動要因として考えられるのは、道路構造、本線交通状況、人的要因などが挙げられる。道路構造では、交差角度により本線後方に振り向くのに要する時間が変化し、確認がミラーによるか直視かでも変わってくる。また、明るさや視距、線形なども考えられる。本線交通状況としては、車種や速度、交通量、ギャップ時間などである。人的要因としては、慣れ、疲労、運転歴、年齢などが考えられよう。

T_o の変動要因として考えられるのは、道路構造、人的要因、車両挙動要因などが挙げられる。道路構造では、本線との交差角度が大きければハンドルをより多く回さなければならぬため加速に要する時間もより長くなるし、傾斜角が大きければそれだけ加速に力が必要になるため、時間がかかるだろう。人的要因としては、運転歴が長い人は操作時間も早く、特定の地点を何度も走っていれば慣れにより操作が早くなると考えられよう。

T_m の変動要因と考えられるのは、本線車状況、人的要因、流入部の待ち行列状況などが挙げられる。本線車状況では、本線交通量が多く、なかなか流入できない状況では、強引に流入しようとするかもしれない。待ち行列状況では、合流部に行列が形成され流入部に到達するまでに長時間待たされるといらいらして少しでも早く流入したいという心理になるだろうし、逆に流入待ちをしていて後続車両に並べられると、せかされている気になって早く流入しなければならないという心理が働くかもしれない。人的要因としては、運転歴が浅い初心者は運転に不安があつて余裕を多く見積もるかもしれないし、慣れてきたドライバーは運転技術に自信があるため相対的に余裕を少なく見積もるであろう。

(3) 奥行運動知覚に関する心理学的知見

既に述べたように、 T_c の変動要因として最も大きく影

響してくるものが視覚特性であるが、視覚特性の中でも、特に奥行運動知覚が重要となる。物体の運動を眼が捉えるときには、視線方向の距離が一定である平面上における運動（2次元運動）と、視線方向に物体が動く運動（3次元運動）を考慮するが、後者を奥行運動知覚と言い、知覚に誤差が生じやすい。ギャップ選択の局面における視対象である本線車は接近運動であり奥行運動となるため、知覚の誤差が生じやすいことになる。

奥行を知覚するために眼球が必要な情報は、輻輳角、両眼視差、単眼視差、網膜像の大きさである。ギャップ選択時にドライバーが必要な情報は認知衝突「時間」であるが、この時間は直接算出できる訳ではなく、物体までの距離を知覚すると同時に接近速度を知覚し、時間は知覚された「距離」÷「速度」で間接的に算出されていると考えられる。名手は物体の奥行運動による網膜像のサイズ比が移動距離を知覚していると主張している^{9),10)}。また、下野らは網膜像のサイズ比とともに輻輳角の変化も距離知覚の手掛かりとなっていると主張している¹¹⁾。一方、速度を知覚する手掛かりとしては、上でも述べられているように網膜像のサイズ比が最も主要な手掛かりとなっている。さらに、名手は既往の研究での網膜像の拡大速度を抽出するニューロンが存在しているという知見を踏まえて、拡大速度を神経が直接知覚する機能と網膜像のサイズ比を手掛かりとする機能の両方が働いていることを主張している¹²⁾。以上から、網膜像の大きさの変化がもっとも有効な奥行運動知覚であり、それが使えないときに輻輳角が手掛かりとなる。しかし、輻輳角は遠方に対象物がある場合には誤差が大きくなると考えられる。

奥行運動知覚の中で、もう1つ重要なものが奥行恒常性であり、いわゆる錯視の一種である。網膜に映る像は光学的な関係にあり距離に反比例ため、極端に近いものは非常に大きく映り、極端に遠いものは非常に小さくみえるはずであるが、実際には脳は物体の大きさを保つように網膜像の大きさを変換して認識する働きを持つ。これを奥行恒常性と呼び、様々な錯視の原因となっている。具体的には、遠く（近く）にある物体は大きく（小さく）見ようという働きが生じるのである。

以上の奥行運動知覚に関する知見を踏まえて、ギャップ選択場面における T_e の変動要因を想定する。第一に、本線との交差角度が小さくほぼ奥行方向に本線を確認する状況のときには変動が大きくなると考えられる。第二に、網膜像の大きさを調節する機能により、小さな対象（二輪など）は遠くの対象であると知覚されやすく、危険側に変動しやすく、同様に大きな対象（大型トラックなど）も変動要因となりうる。第三に、奥行恒常性により、周囲に何もないと対象が小さく遠く見え、建物などの手掛かりがあると大きく近く見える傾向となり、周辺

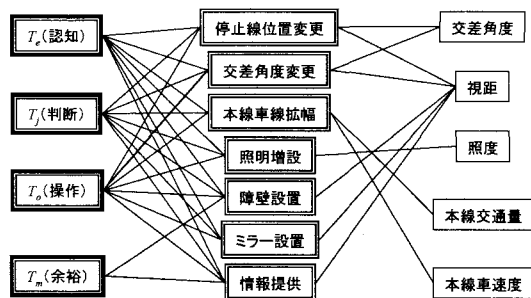


図-1 時間パラメータの変動と交通安全対策の対応

環境が視覚の変動に寄与すると考えられる。ただし、この影響については以下の分析では考慮していない。

なお、奥行運動知覚ではないが、白井はミラー視による速度判断についての実験を行い、ミラー視による車両の速度判断はずれが大きいとことを確認している¹³⁾。

(4) 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れば、例えば、あるタイプの事故を減らすために T_e 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を誘発するという弊害を回避することができる。

図-1は安全対策と時間パラメータの対応関係の一つの考え方である。流入部の交差角度を変える対策は T_e 、 T_j 、 T_o の変動に影響を与えと考えられる。停止線位置を変更する対策では、視距や本線との角度が変わると同時に、流入距離も変化するため、 T_e 、 T_j 、 T_o の変動が考えられる。障壁設置による対策では、視距の変化や後続車からのプレッシャーの減少などにより、全ての時間パラメータに影響を及ぼすであろう。照明増設対策では、明るさによる視認性の向上により、 T_e 、 T_j 、 T_o を変動させるだろう。ミラー設置では、本線車の有無が確認できるようになるため視距が確保できる効果と、判断の誤差が大きくなることなどから、 T_e 、 T_j 、 T_o に、本線の車線幅では、第一車線の交通量が減少する代わりに平均速度が増加することなどから、全ての時間パラメータに影響を与えと考えられる。最後に、情報提供でも全ての時間パラメータに影響を及ぼすであろう。

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



図-2 実験対象地点の写真

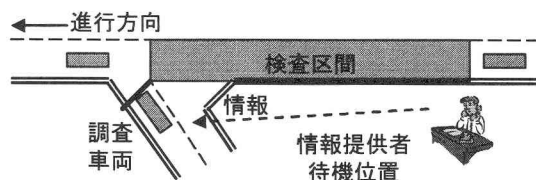


図-3 情報提供の方法

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・藤ヶ丘ランプの2地点（いずれも神奈川県横浜市青葉区）であり、図-2の写真のように、両ランプでは本線と合流車線の交差角度が異なる。なお、いずれも合流部直前の本線は車線変更禁止であるため避走することができない。

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の男子学生8名である。年齢は22～26才で、運転歴は5年未満が半数である。運転頻度は月1回程度が最も多く、年間走行距離も10,000kmの1名を除いて2,000～4,000kmである。実験の時間帯は概ね午前10時から午後4時であり、本線で渋滞は発生していない。調査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

表-1 時間パラメータの推定方法

T_j	振り返り（ミラー視）開始～振り返り（ミラー視）終了	見送り
	振り返り（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
	本線通過時点～ブレーキから足を離す時点	本線通過後操作
T_0	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	$T - T_0$	本線通過前操作
	$T - T_j - T_0$	本線通過後操作

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、被験者の視線の方向を確認するためにアイマーカーレコーダーを使用した。走行回数は全被験者の合計で、青葉台ランプ93回、藤ヶ丘ランプ162回である。

(2) 情報提供の方法

実験では、清水らの研究⁶⁾と同じ方法で図-3のように情報提供を行った。調査車両が停止線に到達した段階で検査区間に1台でも車両が存在すれば“止まれ”，存在しなければ“進め”との情報を提供している。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、藤ヶ丘ランプでは100mとした。情報が提供された走行回数は全被験者の合計で、青葉台ランプ63回、藤ヶ丘ランプ120回である。なお、被験者はこの情報に必ず従わなければならないというわけではなく、参考とするだけでよいという指示をした。

(3) プローブカーの計測データ

ST と GR はいずれも運転操作のデータとしてスロットル開度、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、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。

調査車両内に設置した 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) 時間パラメ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算定する必要がある。その方法について表-1に整理する。

T_j については合流実行せずに見送ったケース、合流実行したケースのうち本線車が通過前に（流入ギャップが到達する前に）操作を開始（ブレーキから足を離す）しているケース、本線が通過した後に（流入ギャップが到

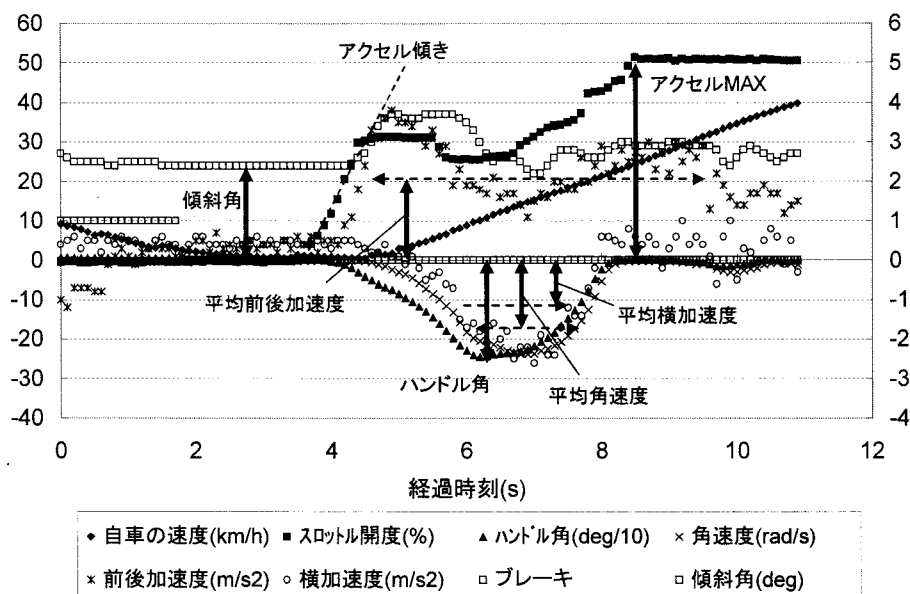


図-4 要因変数のコーディング方法

達してから) 操作を開始したケースの3つを考える。第一のケースについては、アイマークレコーダーの映像とCCDカメラのドライバーを撮った映像から本線を観察する動きが把握できるため、その観察している時間を判断時間とした。具体的には、振り返り(ミラー視)開始時点から振り返るのをやめて戻る(ミラーから視線を外す)時点までとした。第二のケースは、判断し終わったことがブレーキから足を離すという行動に表れると考え、振り返り(ミラー視)時点からブレーキから足を離す時点までの時間とした。第三のケースは、本線が通過してから判断していると考えられるため、本線通過時点を開始時点としてそこからブレーキから足を離す時点までとした。

T_0 については、開始時点はアクセルを踏み始めた時点とした。終了時点については、どの時点で合流を終了したか定義する必要があるが、速度が30km/hを超え、かつ前後加速度が減少し始める時点を終了時点とした。

T_m については、2つのケースを考える。第一は本線が通過した後には操作しているケースで、第二は本線車が通過する前に判断を終了して操作を開始しているケースである。第一のケースでは、実際のギャップ時間 T から T_j と T_0 を引いた値を算定値とした。第二のケースでは、本線車が通過する前に判断が終了し、ブレーキを離してアクセルを踏むタイミングを見計らっているケースであるから、 T_j を引かず実際のギャップ時間 T から T_0 のみを引いた値を算定値とした。

なお、 T_0 については、今回の実験からその値を算定することは非常に困難であり、以降の変動要因の分析から

は除外せざるを得ない。

(5) 要因変数のコーディング方法

プローブデータのうち要因変数として使用するものは、スロットル開度、ハンドル角、前後加速度、横加速度、角速度、傾斜角(調査車両前後方向の水平状態からの傾き)の6項目である。図-4に示す運転操作・車両挙動関連図を用いて、具体的に方法を説明する。スロットル開度については、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、流入待ちで停止している時の値を使用する。

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_0 、 T_m とし、因子は、3(5)ので作成したデータ以外に、地点、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台数(見送ったギャップ数)、行列時間(合流車線内で待機した時間)、後続車の有無

表-2 地点を要因とした分析結果

	地点	平均(s)	偏差(s)	標本数
T_j	青葉台	0.95	0.57	82
	藤が丘	0.98	0.60	121
	分散比(p値)	0.1(0.79)		
T_o	地点	平均(s)	偏差(s)	標本数
	青葉台	5.18	0.74	93
	藤が丘	4.19	0.56	162
	分散比(p値)	145(0.00)		
T_m	地点	平均(s)	偏差(s)	標本数
	青葉台	1.03	0.74	42
	藤が丘	1.72	0.62	55
	分散比(p値)	25(0.00)		

表-3 前後加速度を要因とした分析結果

	前後加速度	平均(s)	偏差(s)	標本数
T_j	2.5m/s ² 未満	0.97	0.52	103
	2.5m/s ² 以上	1.02	0.58	79
	分散比(p値)	0.3(0.57)		
T_m	前後加速度	平均(s)	偏差(s)	標本数
	2.5m/s ² 未満	1.26	0.78	35
	2.5m/s ² 以上	1.52	0.72	66
	分散比(p値)	2.9(0.09)		

表-4 ギャップ時間を要因とした分析結果

	ギャップ時間	平均(s)	偏差(s)	標本数
T_j	6.0s未満	0.91	0.50	18
	6.0s以上	0.95	0.56	27
	分散比(p値)	0.1(0.78)		
T_o	ギャップ時間	平均(s)	偏差(s)	標本数
	6.0s未満	4.51	0.70	39
	6.0s以上	4.30	0.72	44
	分散比(p値)	1.7(0.19)		
T_m	ギャップ時間	平均(s)	偏差(s)	標本数
	6.0s未満	0.94	0.63	31
	6.0s以上	1.98	0.73	41
	分散比(p値)	41(0.00)		

表-5 本線車速度を要因とした分析結果

	本線車速度	平均(s)	偏差(s)	標本数
T_j	55km/h未満	1.09	0.55	35
	55km/h以上	1.06	0.62	61
	分散比(p値)	0.0(0.92)		
T_o	本線車速度	平均(s)	偏差(s)	標本数
	55km/h未満	4.72	0.71	59
	55km/h以上	4.39	0.66	105
	分散比(p値)	9.1(0.00)		
T_m	本線車速度	平均(s)	偏差(s)	標本数
	55km/h未満	1.69	1.28	51
	55km/h以上	2.74	1.78	101
	分散比(p値)	14(0.00)		

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。有意水準は全て $\alpha=0.05$ とする。なお、周回を重ねることによる慣れの影響については、各時間パラメータの変動に有意な影響を与えていなかったことを記しておく。

(2) 地点による影響

地点を因子とした場合に、道路構造条件と交通流動条件が組み合わさったが分析されることになる。両地点の道路構造条件については、本線車線幅は同一であり、勾配についてもほぼ同様であり、交差角度の差異が最も顕著である。交通流動条件については、本線速度（密度）差異が最も顕著である。表-2に地点を因子とした場合の一次元分散分析の結果を示すが、 T_o 、 T_m が有意、 T_j が有意でない結果となった。青葉台ランプの T_o が1秒程度大きい理由は、交差角度が大きいために流入に時間がかかることにありと考えられる。青葉台ランプの T_m が1秒以上も小さい理由は、密度が大きいため多少無理に流入している可能性が考えられる。

なお、結果は割愛するが、地点別にハンドル角と傾斜角を因子として一次元分散分析を実施したが、差異の値自体が小さく、全ての時間パラメータで有意な結果を得ることができなかった。

(3) 運転操作による影響

次に、平均前後加速度を因子として一次元分散分析を行った。 T_o については、加速度が大きければ必ず小さくなくため考察対象からは除く。また、当初はより細かい前後加速度の分類で分析を行ったが、2.5m/s²を境にして、それ以上と未満の領域では平均や標準偏差に大きな差異が見られなかったことから、最終的に2つの分類とした。結果を表-3に示す。 T_j が有意でないことから、判断に時間がかかった場合でも慌てて加速していないと理解できる。一方、 T_m は若干有意でなかったが、加速度の大きい方が大きくなっており、余裕があるから極度に加速しないという直感的な理解と異なる。これは T_m の算定方法上の特性で、加速した結果 T_o が小さくなり、 T_m が大きくなったためと考えられる。結果は割愛するが、スロットル開度についても同様の傾向が見られる。

(4) 本線交通状況による影響

はじめに、ギャップ時間の大小自体が時間パラメータの変動に与える影響を分析する。ギャップ時間が7秒以上の場合を除き、6秒で分類して一元分散分析を実施した。その結果を表-4に示すが、 T_m のみ有意であった。この理由については先ほどと同様に算定方法上の特性であると考えられる。すなわち、ギャップ時間の大小自体は T_o や T_j の変動に影響を及ぼさない可能性があるが、サンプル数が少なく確定的なことは言えない。

次に、本線後方車の速度の影響を分析した。やはり当初はより細かい分類で分析を行ったが、最終的に2つの分類としている。表-5に一次元分散分析の結果を示すが、本線車速度の相違が T_j の変動に影響を及ぼさないことが見て取れる。なお、本線後方車の車種の影響については、

表-6 合流待ち状況を要因とした分析結果

見送り台数	平均(s)	偏差(s)	標本数
0	1.35	0.79	33
1~3	1.52	0.74	32
4~	1.46	0.70	35
分散比(p値)	0.4(0.66)		
行列時間(s)	平均(s)	偏差(s)	標本数
0	1.49	0.72	52
1~30	1.45	0.76	41
30~	0.90	0.74	8
分散比(p値)	4.5(0.04)		
後続車有無	平均(s)	偏差(s)	標本数
なし	1.49	0.77	47
あり	1.42	0.68	35
分散比(p値)	0.2(0.67)		

表-7 情報の有無を要因とした分析結果

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)		

期待に反して有意な結果は得られなかった。

(5) 合流待ち状況による影響

流入待ち時間が長かったり、合流車線において後方に長い行列が形成されたりする場合、 T_m を短くして流入を試みることが予想される。ここでは T_m に限定して、見送り台数、行列時間、先頭待ち時の後続車有無、の3要因の影響を分析した。結果を表-6に示すが、行列時間のみに有意となった。合流までに時間を要することではいららが増して T_m が減少したと考えられる。

(6) 被験者特性による影響

被験者特性の内、普段の運転状況が最も大きく影響すると考えられる。結果は割愛するが、運転歴が長いほど、年間走行距離が多いほど、 T_m が有意に小さい結果となった。すなわち、運転になれていないドライバーは T_m を大きめに見積もることになる。

(7) 情報提供による影響

最後に、情報有無を因子として分散分析を行った。その結果を表-7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⁽²⁾が考えられるが、残念ながらこれらの分離は不可能である。

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。

このような実験ではしばしば、被験者が情報提供実験の趣旨や意図を理解して行動し、結果に何らかのバイアスが入る可能性が指摘される。しかし、合流は現実にはそのようなことを考える余裕のない行動であり、被験者が非常に運転に慣れているとしても、意図的に協力することは不可能であると考えている。

5. おわりに

本研究では、一時停止を伴う合流部における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にいて、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考慮することで、そのモデル化を行い、これらの変動要因と交通安全対策との対応関係を考察した。

その検証のために、2地点において複数の被験者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。同時に、ギャップ選択に走行支援情報が与える影響を分析するために、情報提供実験も実施した。

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、交差角度が大きい場合に操作時間の大きくなること、待ち時間が長いときに余裕時間が小さくなること、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。

今後の課題としては、高齢ドライバーや職業ドライバーを含めた被験者属性の多様化、調査地点の多様化などを通じて、本研究の結果の一般性を確認していく必要がある。また、4つの時間パラメータの存在についても直接検証することは容易でなく、本研究の取り扱いも単なる推定値である。この仮定に対する合理性や妥当性については、別の観点から詳細に検証していく必要があるものと考えている。

なお、本研究は、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：家田仁東京大学大学院工学系研究科教授）の活動の一環として行ったものであり、プロブカーをお貸しいただいた国土技術総合政策

研究所を始め関係各位からの多大な協力や、小委員会での議論を通じて多くの有益な示唆を頂いた。記して謝意を表する次第である。

[注1]：今回の実験では、他の実験との組み合わせの関係上、情報提供の場合にはGRを、情報提供なしの場合にはSTを使用していた。筆者の運転感覚では、STの方がよりトルクフルな車両であり、加速に要する時間が小さくなっていた可能性がある。

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) 清水哲夫、屋井鉄雄、飯島雄一：AHSへの対応行動を考慮した都市高速道路合流部の運用評価分析システムの開発とその適用、土木学会論文集、2004。（登載決定）
- 5) 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。
- 6) 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の考察とその実験方法、土木計画学研究・論文集、No.20, No.4, pp.865-870, 2003。
- 7) 喜多秀行、平井克尚：運転行動分析に基づく低速合流時の潜在事故危険度推定法、土木計画学研究・論文集、No.11, pp.327-334, 1995。
- 8) Highway Capacity Manual, Transportation Research Board, 2000。
- 9) 名手久貴：網膜拡大像による奥行き距離知覚、日本心理学会第64回大会論文集、pp.475, 2000。
- 10) 名手久貴：網膜拡大像による距離知覚(2)、日本心理学会第65回大会論文集、pp.104, 2001。
- 11) 下野孝一、中溝幸夫、東山篤規：距離知覚とバーゼンス、心理学評論、Vol.43(3), pp.335-348, 2000。
- 12) 名手久貴：接近対象の移動距離知覚における網膜像の拡大情報とサイズ比情報のダイナミクスについて、大阪大学院人間科学研究科紀要、Vol.3, pp.57-68, 2001。
- 13) 白井信義：スピード感の研究—後方知覚について—、大阪大学人間科学部卒業論文、1980。

一時停止を伴う合流部におけるギャップ選択時の判断要因に関する分析*

清水哲夫**・森地茂***・浜谷健太****

本論文は、一時停止を伴う合流部におけるギャップ選択の局面を対象に、判断の変動に与える要因について実証的に分析を行うことを目的としている。始めに、ドライバーのギャップに対する判断プロセスを4つの時間パラメータを導入してモデル化を行い、時間パラメータの変動要因と交通安全対策との対応関係を考察した。モデルの妥当性検証のために、プローブカーを利用したギャップ選択実験と情報提供実験を実施し、得られたデータを用いて時間パラメータの変動に与える要因を分散分析により抽出した。

An Analysis of the Decision Factors at Gap Choice Situation at “Stop-and-go” Merging Section*

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

The objective of this study is to analyze the decision factors to merging behavior at “Stop-and-go” merging sections. Firstly, the model is formulated by introducing four time parameters in decision process, and the factors of variance of time parameters and their relation with safety provisions are considered. Secondary, the field experiment of gap choice and information service is conducted at two merging sections. Finally, analysis of variance is applied to obtain the significant factors to time parameters.
