

高速道路合流部における 人間の意思決定モデル構築に関する研究

日大生産工(院) ○大塚康平 日大生産工 景山 一郎

1 まえがき

平成 21 年度の国内における輸送機関別人員輸送と貨物輸送の分担率をみると、自動車による人員輸送の割合は 74.4%、貨物輸送(トンキロ)の割合は 63.9%となっている。¹⁾また、自動車の平均走行キロ数は約 40km/台・日である。しかし、40km までの走行における高速道路の利用率は約 16%となっており、高速道路の有効利用がなされていないのが実状である。²⁾

先行研究により実施された高速道路の利用に関するアンケート調査の結果、高速道路の合流部やジャンクションに対して苦手意識を持つドライバーが半分を占めることが分かった。また、高速道路の合流におけるフィールド調査の結果、合流車両が本線への乗り移りのタイミングが計れず、合流部で立ち往生するといった高速道路の円滑な利用に好ましくない状況が確認された。このことから苦手意識をもつドライバーに対し合流部支援の必要があると考えられる³⁾。

そこで本研究では、人間の特性を考慮に入れた高速道路合流部における運転支援システムの構築を目的として、実車実験の結果とアンケートを基にシステムの合流判断を行う意思決定過程の構築を行う。

2. 交通流調査

高速道路合流部での意思決定過程を考慮するに当たって、ドライバーがどのような情報を基に合流を行っているのか確認を行う必要がある。そこで、高速道路の合流部を撮影することで、実際に合流部でどのような合流が行われているのかを確認した。調査は図 1 のようにビデオカメラを用いて合流部の撮影を行い、合流車両と本線車両との関係を調べたも

のである。

撮影時の本線の交通量は約 2930 台/時であり、合流車両は合計で 696 台であった。

解析した結果を図 2 に示す。図 2 は合流車両が合流動作を開始した段階で、本線を走行する前方および後方の車両に対してどの程度車間距離が開いているかを示している。距離は本線上の車線境界線を基に算出し、合流開始地点において合流車両の前後 40m 以内の車両のデータを抽出した。

図 2 を比較すると、合流車両は前方車両よりも後方車両に対して距離をとる傾向があることがわかる。また、映像を確認すると、スムーズに合流を行う合流車両は加速区間に入ったとき、速度を調節し合流車線中央付近から合流を開始しており、合流部に入る前もしくは入った後にどの位置で合流するのか素早く決定し、それに合わせて速度を調節していると考えられる。この時、横に並んだ車両の後ろに合流する際に本線車両が自車両の隣を通り過ぎる前に緩やかに合流動作を行う車両があることから、本線を走る車両の将来位置を予測して合流位置決定、速度調整を行っていると考えられる。

以上の事から、合流部での意思決定過程において、他車両を含んだ将来による予測判断と、その判断を基にした速度調節が必要であることが考えられる。

3. 実車実験

交通流調査によって得られた車間距離がどの程度正しいのか確認するために、実際の高速道路合流部を用いて確認を行った。場所は京葉道路幕張 IC から武石 IC の間の合流部で行い、実験車両に非接触型 2 軸速度計および光ファイバージャイロ、レーザーレンジファ

Study on human decision-making model construction on highway junction

Kohei OTSUKA, Ichiro KAGEYAMA

インダー, RTK-GPS, 車載カメラ(前方および後方, ドライバの映像を撮影)を搭載して行った. また, 車両を運転した実験協力者はインフォームドコンセントを得た高速道路の走行に慣れたドライバーであり, 実験内容は, 加速区間に標識通りの速度で進入し, 加速区間に入ると同時に本線を走行する車両の確認を行い, 自由に合流を行うといったものである. 32回の合流時のデータの中から, 後方に位置している車両が50m以内の時のデータを有効として19回分を取り出して検討を行った. 結果を図3に示す. 図3および車載カメラによるドライバー映像を確認すると相対距離が近いもしくは相対速度が大きい場合, ドライバは頻りに後方に視線を向けていた. このことから, ドライバは相対距離と相対速度の2つの情報を利用していると考えられる. また, 相手が速度を落とすなどの動作をした場合, その場所に入ることが確認されたため, 相手車両の相対加速度も判断に利用していると考えられる.



図1 交通流調査場所

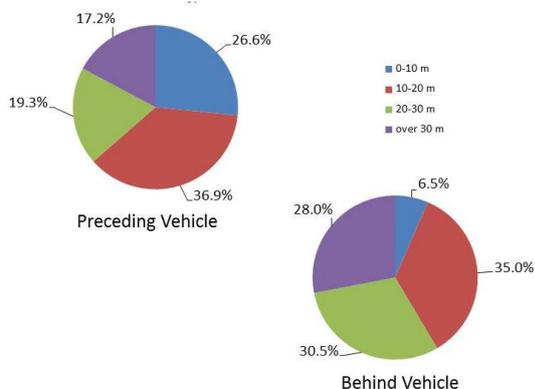


図2 本線走行車両との距離関係

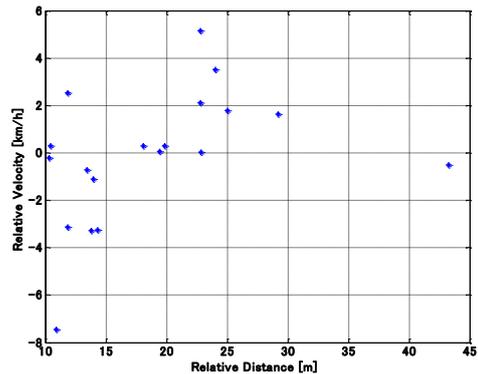


図3 実車実験の結果

4. 意思決定モデル

4.1 意思決定モデルの概要

交通流調査および実験より得られた結果から, 意思決定モデルの構築を行う. 本研究では, ドライバが行う意思決定過程を予測した情報を基にした合流判断, 予想した情報を基にした速度調節. 現在の情報を基にした合流判断の3つに分けて考えた. ここで, 将来における合流判断と現在における合流判断は同じ情報と評価基準を利用して判断を行っているとは仮定した. これはドライバーが行う判断には一定の基準があり, それが大きく変化することはないと仮定したためである. これら3つの判断をモデル化することで, 人間の意思決定過程を模擬できると考え, モデルを構築する. 構築した意思決定モデルの概要を図4に示す.

構築したモデルは, まず現在の自車の速度と位置, 本線を走行する車両の相対位置, 速度より合流部終端部に到達するまでの時間と到達した際の位置関係, 速度関係を推測する. 推測した情報を基に, 合流部終端までにどの位置に合流できるのか判断するモデル, 将来の合流位置と相対情報を基に減速および加速といったどのように速度を変化させるのか判断するモデル, 現在の情報から今, 合流できるのか判断するモデルの3つから構成されており, これらの判断に人間の意思決定過程を入れることで, 人間の特性を模擬できるものと考えられる.

また, 合流部において本線を走行しているドライバーは合流車線を走る車両の状態を観察し, それに合わせて加速や減速, 車線変更による回避行動を行っている. そこで本研究に

において構築した意思決定モデルではそのような状況下で、その位置での合流が可能かどうかを確認するモデルを入れることとした。

4.2 AHP モデル

本研究では先に記述したそれぞれの意思決定モデルを構築するに当たって階層分析法(以下、AHP法)を用いる。AHP法は1971年にThomas L.Saatyによって数学と心理学に基づいて開発、提唱された意思決定手法である⁴⁾。AHP法では意思決定過程を「総合目標」と「評価基準」、「代替案」の関係でとらえ、階層構造を構築する。ここで「総合目標」は意思決定の目的、「代替案」はその目的を解決するために必要な項目、「評価基準」は各代替案を評価するのにための項目である。これらの各階層の要素間の重要度を一対比較で主観的に評価していく。

4.3 アンケート調査

AHPを用いて意思決定モデルを構築するためアンケート調査を行った。アンケート内容は回答者に高速道路合流車線を走行している車両からみた3秒間の前方の映像と後方の映像を視聴してもらい、「相対距離」「相対速度」「相対加速度」「合流車線終端部までの距離」の4項目について一対比較を行った後、VAS(Visual Analogue Scale)を用いて各評価基準の意思度合いの記入である。今回行ったアンケートの対象者は免許所有歴20年以上の協力者が2名、免許所有歴2年以上の協力者が4名の計6名であり、高速道路の合流において苦手意識のないドライバを対象とした。

4.4 AHPによる意思決定モデル

アンケートの4つの項目を評価基準とし、総合目標には合流、速度調整の2つとして前方および後方それぞれに対してモデルを構築した。前方および後方それぞれにモデルを構築した理由としてはアンケート結果より、前方と後方では意思決定を行う際に重みを置く要素が異なっている考えられるためである。

各要素の重みは、一対比較の個数とVASの点数を掛け合わせ、平均をとった値をマトリックス表示し、そのマトリックスの固有ベクトルと固有値を算出。固有ベクトルより求めた。また、固有値を整合性指数C.Iとしてその妥当性の検討に利用した。次に評価基準に関する各代替案の評価を絶対評価法で行った。今回用いた絶対的評価水準として「安全」「やや安全」「ふつう」「やや危険」「危険」の5項目

を設定した。これらは評価基準と同様に重みの算出を行った。この重みは周辺環境や前方・後方車両の関係からいずれかの値を利用するのか判断を行う。これらの各評価基準間の重みと各代替案間の重みをかけあわせることで、最終的なモデルの出力とした。

4.5 デットレコニング

本研究では合流位置判断および速度判断に現在の状態量から将来の状態量を推測した値を用いている。後に車両にシステムを載せることを考慮して本研究では相対位置および相対速度から将来の相対位置、相対速度、相対加速度を算出している。算出方法としては位置及び速度に関してはテーラ展開を用いており、加速度は算出した速度の微分値を用いている。

5. 交通流シミュレーション

構築した意思決定モデルを検証するため、高速道路合流部を模擬したシミュレーションを実施した。コース形状は本線1車線、合流線1車線の計2車線の簡易的なコースであり、合流部の形状はゼブラ区間を100m、加速区間を100m、テーパー部を50mとしている。

5.1 計算条件

シミュレーション条件は自車のゼブラ区間進入速度を80km/hとして、本線を走行する車両の内、前走車および後続車の初期速度を80km/h、90km/h、100km/hとし、それぞれ110km/hおよび80km/hの範囲内で加速・減速を行うものとした。本線を走行する車両それぞれの初期位置は自車を基準として前方車0m、後方車30mとした。また、本線車両のダイナミクスは考慮しておらず、モデルへの入力は、「合流車線終端までの距離」「本線前走車両の相対距離、相対速度」「本線後続車の相対位置、相対速度」として、モデルの出力を合流判断、速度判断とした。合流判断がなされると、合流車両は自身の前に車両がある場合はその車両に追従し、前方に車両がなければ速度を100km/hまで上げる動作をするモデルとした。また、自車両の運動として、先行研究で構築された危険感を基にしたコース形状設定と多点注視モデルと車両モデルを用い解析した³⁾。

5.2 計算結果

図5,6にシミュレーション結果の一例を示す。図5は本線車列の最前列に、図6は車列の真ん中に合流判断を行った場合の図であり、

上から順に自車両の走行軌跡，操舵角，車線変更の判断，加速の判断，減速の判断結果を示している．加速および減速の判断によって車両は速度を変化させ，合流判断によって車両は合流を開始する．図5，6より本線に車両が2台存在する場合において，合流および速度調整の判断が入力情報から行なわれていることがわかり，本線の車両の位置関係から合流位置判断が行われていることがわかる．

以上の事から，本研究で構築したドライバの位置決定モデルが本線への合流時に適切な判断を行っていることが分かる．

6. 結論

本研究は高速道路合流部の運転支援システム構築のための，ドライバの意思決定過程を模擬した意思決定モデルの構築を行ったものである．意思決定モデルは交通流調査と実車実験を基に，3つの判断に分けた．これらの判断部の構築にはアンケート結果を用いてモデル化し，人間の特性を模擬した．その結果，本線に車両が2台いる場合の意思決定について，構築した意思決定モデルを用いて判断を行わせた際，安全に合流することが出来る可能性を示すことができた．

今後の課題としては，合流判断に対してより本線を走行する車両の詳細な予測判断を組み込むことが必要になる．

また，実際に運転支援システムを構築するに当たり，熟練度の高い対象者によるアンケート結果を得ると共に，その運転歴や運転傾向などから分類分けを行い，それぞれ対象者に対して適合度の検討を行う必要がある．

「参考文献」

- 1) 国土交通省：国土交通資料，交通関係統計資料集，
- 2) 国土交通省道路局：道路交通センサからみた道路交通の現状，推移(データ集)
- 3) 小林賢知，高速道路合流部における運転支援に関する研究(第2報)，自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No.97-11，(2011)p.1-6.
- 4) 木下栄蔵，AHPの理論と実際，日科技連 (2000) p.12-19.

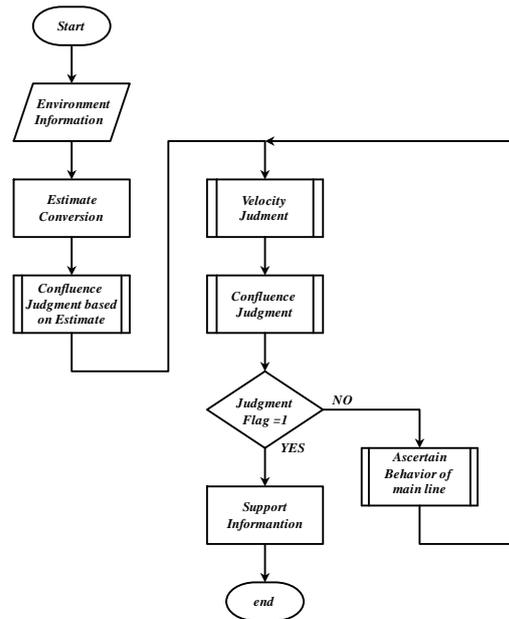


図4 意思決定モデルのフローチャート

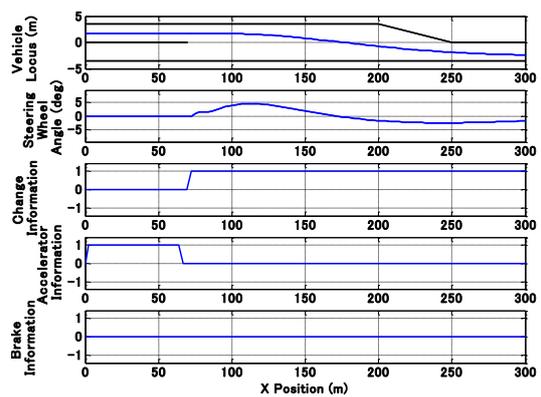


図5 シミュレーション結果1

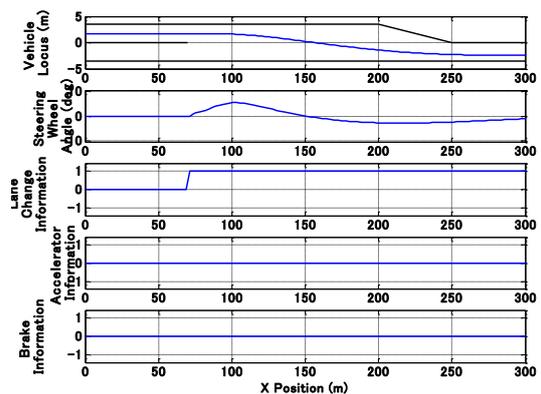


図6 シミュレーション結果2