

高速道路における運転支援システム構築とその評価

日大生産工 (院) ○小林 賢知 日大生産工 栗谷川 幸代
日大生産工 景山 一郎

1. はじめに

現在、自動車の道路環境は、一般道路や高速道路などが全国にいきとどいており、様々な場所への移動が便利になってきている。しかしこの交通網の普及に伴い、利便性が向上する一方で、運転を苦手とするドライバーはうまく利用できないでいるか、他のドライバーに運転を任せているのが実情である。このような状況はドライバーの走行距離や走行地域を制限することになり、好ましくない。

この運転を苦手とするドライバーがどのような状況で苦手意識を持つのか把握するため、アンケートを実施したり、このアンケート結果としては、全体的に多くのドライバーが合流部やジャンクションに苦手意識を持っていることが確認できた。また多くのドライバーが苦手と感じる状況である合流部に関して、運転頻度別、運転歴別、性別などで比率を求めて比較を行なうと、初心者や熟練者、毎日運転をしているドライバーやたまに運転をするドライバーなどにあまり差が見られず、合流部を使用するドライバーの多くはこれらに関係なく、合流部に苦手意識を持つことが明確となった。一方で、なぜ合流部を苦手と感じるのかを記述式で回答してもらった結果、他車両との関係の把握や合流を行なうときの判断タイミングの難しさが多く回答された。

そこで本研究では、苦手意識を持つドライバーが多い高速道路の合流部において、ドライバーへの負担を軽減するための運転支援システムの構築を行ない、構築した支援システムの提供する支援情報をドライバーに与えた場合の効果を、実車両を用いて検証した。

2. 運転支援システム

普段自動車を運転するときに、対向車、歩行者、信号機など様々な情報を認識し、判断してから自動車を操縦していると考えられる。このドライバーの認知・判断・操作行動は運転中繰り返されるものであり、認知・判断の情報が多大であればドライバーへの負担が増加し、結果として認識ミスや判断ミスなどのヒューマンエラーにつながる可能性が高く危険なものとなる。

そこで、提案する運転支援システムは、このドライバーの認知・判断の負担を軽減するために、様々な環境情報から判断を行い、ドライバーへ必要な情報を提供する支援情報の決定を行なうものである。

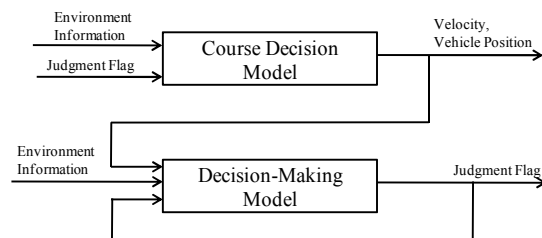


Fig.1 Driver-Assist System

運転支援システムは、走行経路生成モデルと意思決定モデルの2つから構成されている。前者の走行経路生成モデルは、危険ポテンシャルモデル、多点注視二次予測モデル、車両モデルを用いて構築をしている。一方後者の意思決定モデルは、意思決定手法の一種であるAHP法を用いて構築している。図1に提案する運転支援システム概要を示す。また、以下に構築に用いた危険ポテンシャルモデルと意思決定モデルの概要を以下に示す。

2. 1. 危険ポテンシャルモデル

ドライバーは運転中、前方の路肩、歩行者、障害物などに対して危険意識を持つ。この危険意識はドライバーにより異なり、危険意識が多ければ、対象物に対して大きく回避行動を取るために、加速や減速といった動作を行なうと考えられる。そこで、道路環境からドライバーが受ける危険意識の度合いを危険感として扱う。この危険感、ドライバーによる操舵などの運転行動を決定する1つの要因である。

過去の研究において、共同研究者の1人は、直進走行時に車両がゆっくり路肩に近づくにつれてドライバーの瞬時心拍の変化が指数関数的に増加することを確認している²⁾。このことから、ドライバーが走行中に受ける危険感Rを、式(1)に示す指数関数で表現することができ、危険感を用いることにより、自車両の走行経路を決定する。

ただし、Aは切片値または道路端の危険感の値、Lは曲線の緩和長さ、yは道路幅方向の距離である。

$$R = A e^{-\frac{1}{L}y} \quad (1)$$

図2に危険感の概要を示す。前方の左右に対して危険感を配置し、左側の危険感と右側の危険感を合成し、将来自車が走行する位置での危険感偏差εを算出している。また、切片値Aや曲線の緩和長さLの値を速

Evaluation and Construction of Driver-Assist System on Highway

Yoshinori KOBAYASHI, Yukiyo KURIYAGAWA, and Ichiro KAGEYAMA

度変化に対応させることにより、速度に対しての危険感の影響を考慮し、ドライバの個人差を表現することが可能となる。

2.2. 走行経路生成モデルのシミュレーション

2.2.1. シミュレーション条件

構築した走行経路生成モデルをシミュレーションにより検証した。走行コースは車幅3.5[m]の2車線であり、350[m]から750[m]で車線変更を行なう。自車両は速度80[km/h]一定とし、入力データは左右の白線情報である。

2.2.2. シミュレーション結果

図3にシミュレーション結果を示す。図より左右の白線情報を認識することにより、将来車両が走行する経路を決定することができ、白線に沿って車線変更を行なえることが確認できた。そこで、本支援システムでは、走行経路生成モデルで車両の動きを表現し、将来の自車両の位置や速度などの算出を行なう。

2.3. 意思決定モデル

ドライバは環境情報から認知・判断から操作を決定している。実際に合流部の場合様々なタイミングで本線へ合流することができるが、このタイミングを決定する際、本線を走行している他車両との関係を必ず把握する必要がある。しかし、この他車両との関係を把握することがドライバへの大きな負担となっているのが実情である。そこで意思決定モデルは他車両との関係から合流するタイミングの判断を行なう。

意思決定モデルにはAHP法を用いた。AHP法は、複雑な意思決定を扱うための構造化された手法であり、1970年代にThomas L. Saatyによって数学と心理学に基づいて開発された。AHPでの意思決定過程は、目的・評価基準・代替案の階層構造で表現し、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ものである。

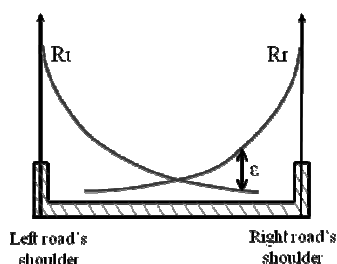


Fig.2 Risk potential model

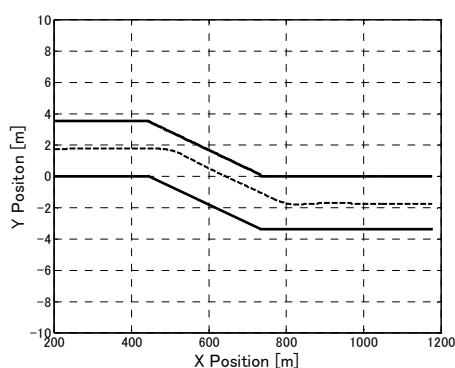


Fig.3 Simulation result

モデルの利点は、条件が増えた場合、評価基準を増やすことにより大幅なモデルの変更が必要ないことや、客観的な情報だけではなく、主観的な人間の判断も評価として利用できることである。

構築したモデルの概要を図4に示す。モデルは本線への合流を判断するモデルと速度を判断するモデルの2つから構成されている。各モデルの最終目的には「本線への合流」、各評価基準に「環境」「車線」「相対速度」「相対距離」を設定した。この「環境」は合流部の終了位置に対する危険度合を用いており、度合いの算出には車両の前方に危険ポテンシャルモデルを配置した。「車線」は自車両がどの車線にいるのかという情報である。

モデルでは、はじめに各評価基準間の優先度を決定する。この優先度を表1に示す。優先度は主観的に評価することができ、ドライバによって優先度の度合いを決定することができる。この優先度を用いて、各評価基準間で一対比較を行ない、最終的に一対比較の結果をもとに各評価基準の重みを算出する。

次に、各評価基準に設けた絶対水準の優先度と重みを決定する。設定した絶対水準は「安全」「やや安全」「普通」「やや危険」「危険」である。評価基準と同様に各項目に対して一対比較を行ない、重みを算出する。この重みに関して、環境や他車両の関係からどの値を使用するのか判断を行なう。それぞれの評価基準に閾値を設け、閾値より大きいか小さいかによって絶対水準の5項目の中から決定している。

以上の各評価基準間の重みと各代替案間の重みを掛けあわせることにより、最終的な値を算出しモデルの判断とする。

2.4. 交通シミュレーション

2.4.1. シミュレーション条件

構築した運転支援システムの検証を行なうため、高速道路の本線への合流を対象とした交通シミュレーションを行なった。走行コースは本線及び合流部の2車線である。合流部の形状は、ゼブラ区間を70[m]とし、その先の合流部は240[m]とした。自車両の条件は、初期速度80[km/h]であり、速度は判断により変化するものとする。他車両の条件は、速度70, 80[km/h]一定の2条件であり、初期位置は自車両の後

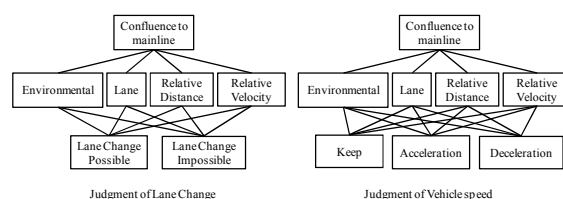


Fig.4 Decision-Making model

Table 1 Evaluate the hierarchy

	Environmental	Lane	Relative Distance	Relative Velocity
Environmental	1	2	1/4	1/3
Lane	1/2	1	1/8	1/6
Relative Distance	4	8	1	4/3
Relative Velocity	3	6	3/4	1

方20[m]から走行を開始する。モデルへの入力情報は、左右の白線情報と環境、車線、他車両との相対位置・相対速度である。意思決定モデルはシミュレーション時間で随時判断を行なう。

2. 4. 2. シミュレーション結果

図5, 6にシミュレーション結果を示す。各判断フラグは1の場合は指令あり, 0の場合は指令なしとする。結果から、各条件においてモデルで判断が行え、車両の走行軌跡から合流部の区間内に本線へ合流できることが確認できた。

以上のことから、構築した運転支援システムにより本線への合流時の判断を行なうことができ、この意思決定過程を用いることで、支援情報を決定できる可能性を示すことができた。

3. デバイス評価

3. 1. 実験方法

構築した運転支援システムから提供する情報により、高速道路の合流部においてドライバーへの影響または効果を検証するために、実車両を用いて実験を行なった。またドライバーには普段の運転と同じように安全に走行してもらった。

3. 1. 1. 実験コース

試験を実施した場所は、京葉高速道路幕張IC（下り入口）と武石IC（下り出口）の区間の合流部である。幕張ICの合流部の形状は、ゼブラ区間約60[m]、合流区間約155[m]であり、本線は2車線である。

3. 1. 2. 被験者

実験には21～24歳の男性2名の被験者に協力をしてもらい実施した。被験者には事前に書面と口頭で教示を行ない、同意後、実験を実施した。被験者へ行なった教示は「実験の内容と手順」「危険と感じた時の中止について」「デバイスの表示の意味」である。また、実験の前後にアンケート調査を実施した。実験前は選択肢から回答を選択して頂く形式、実験後は質問を口頭で答える形式を用いた。

3.1.3. 実験条件

実験は、判断に対する表示タイミングの遅れ時間を0～2秒の3条件設け、遅れ時間は被験者に提示しない。走行は、ゼブラ区間及び合流部で、デバイスの表示に合わせて運転をしてもらった。

3.2. アンケート調査

実験で実施したアンケート内容は、実験前は普段の運転に関する項目と高速道路の運転に関するものである。実験後はデバイスのタイミングや表示の仕方に関する項目である。下記の4項目は実験後に実施した主観評価の項目である。各項目には、それぞれ選択肢を5つ用意した。以下に各項目と選択肢を記載する。

1. デバイスを利用したときにどう感じたか。

選択肢：「便利」「やや便利」「普通」「やや不便」「不便」

2. 他車両との位置関係はどうでしたか。

選択肢：「安全」「やや安全」「普通」「やや危険」「危険」

3. デバイスの表示タイミングはどうでしたか。

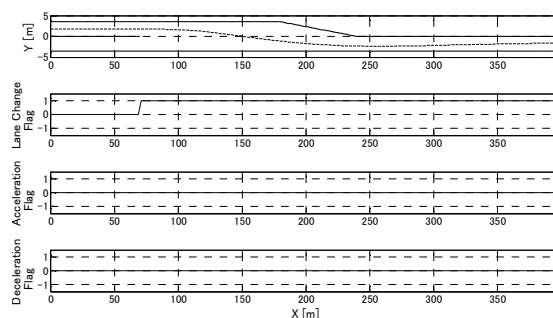


Fig.5 Result of vehicle speed 70 km/h

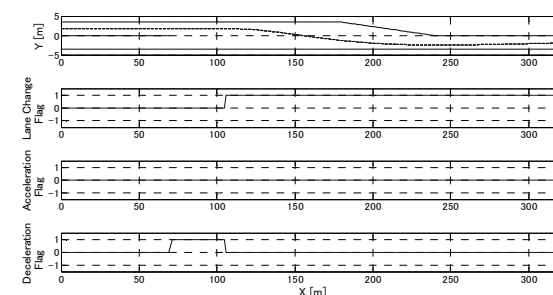


Fig.6 Result of vehicle speed 80 km/h

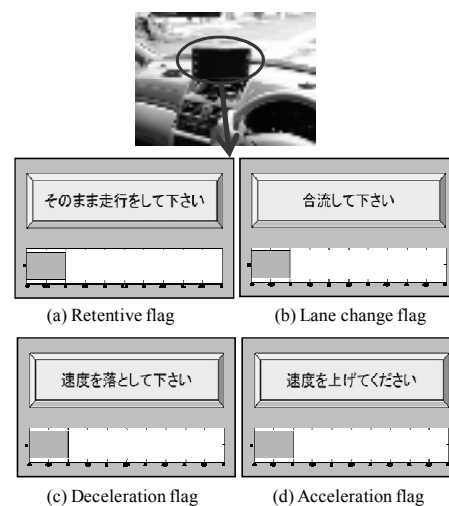


Fig.7 Display of flag information

選択肢：「早い」「やや早い」「普通」「やや遅い」「遅い」

4. デバイスの提示によって危険もしくは違和感がありましたか。

選択肢：「感じた」「やや感じた」「あまり感じない」「感じない」「分からない」

3.3. デバイス画面

実験で使用したデバイスの画面を図7に示す。画面上部にモデル判断を表示する。モデルの判断は運転維持、合流、減速、加速の4パターンであり、表示は「そのまま走行して下さい」「合流して下さい」「速度を落として下さい」「速度を上げて下さい」である。また、画面が表示されると同時に音を鳴らしてドライバーに知らせた。

3. 4. 実験結果

実験後に行なった被験者へのアンケート結果を図8, 9, 10, 11に示す。図8は、デバイスの表示タイミングの感じ方に関する結果である。回答の選択肢は、「早い」「やや早い」「普通」「やや遅い」「遅い」の5項目である。結果として、判断の提示に遅れを設けると被験者は遅いと感じることが確認できた。図9は、デバイスの提示による危険や違和感に関する結果である。回答の選択肢は、「わからない」「感じない」「あまり感じない」「やや感じた」「感じた」の5項目である。結果として、デバイスの表示時間を遅らせることによってデバイスに違和感もしくは不信感を感じやすくなることが確認できた。図10は相対距離とTTC (Time To Collision) と他車両との関係に関する結果である。回答の選択肢は「安全」「やや安全」「普通」「やや危険」「危険」の5項目である。図中の数値は表示タイミングである。結果として、相対距離が小さくてもTTCが大きくなればドライバは危険と感じないことが確認できた。図11は相対距離とTTCとデバイスの表示に関する結果である。結果として、デバイスの表示が遅くなれば相対距離やTTCが小さくなくても不信感を持つことが確認できた。

以上のことより、構築した運転支援システムの判断結果を、ドライバへ提示しても負担や違和感を与えないことが確認できた。

4. 結論

本研究では、苦手意識を持つドライバが多い高速道路の合流部において、ドライバへの負担を軽減するための運転支援システムの構築を行なった。結果として、交通シミュレーションにより、構築したシステムでドライバが苦手とする他車両との関係から判断を決定することができ、判断によって合流できることを示せた。また、このシステムを用いてドライバへ支援情報を提示しても、負担や違和感を与えないことが確認でき、構築した意思決定過程により支援を行なえる可能性を示すことができた。今後の課題は、被験者を増やし、ドライバに支援情報を与えたときの効果をさらに検証する必要がある。

参考文献

- (1) 小林賢知：高速道路における運転支援に関する研究，自動車技術会秋季学術講演会前刷集，No. 123-10, p. 11-16 (2010)
- (2) 景山一郎：前方視野の危険感を用いたドライバモデルについて，自動車技術会論文集，No. 2, Vol. 2, April, p. 81-87
- (3) 金子哲也：自律走行車両のためのドライバモデルおよび車両モデルを考慮した制御目標のリアルタイム生成，自動車技術会春季学術講演会前刷集，No. 72-11, p. 7-12 (2011)
- (4) 木下栄蔵：AHPの理論と実際，日科技連出版

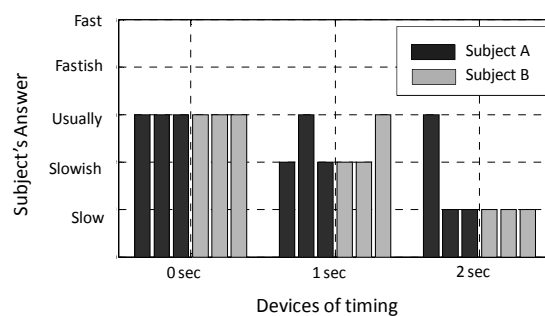


Fig.8 Result of feel by device timing

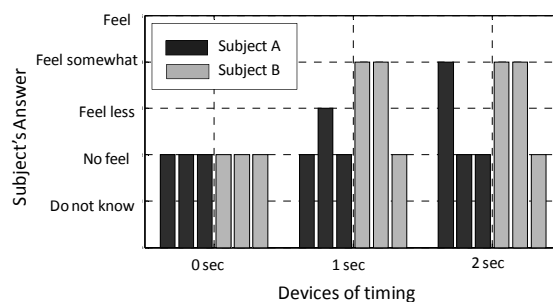


Fig.9 Result of Risk by device information

