

## 高速道路における運転支援システム構築に関する基礎的研究 — 流入・流出における運転支援システムについて —

日大生産工(院) ○小林 賢知 日大生産工(専任教員) 景山 一郎  
日大生産工(専任教員) 栗谷川 幸代 大阪産業大学工学部 金子哲也

### 1. まえがき

現在自動車の交通機関としては、一般道路や高速道路などが各地にまでいきとどいており、行きたい場所へ簡単に移動することができる。この自動車の交通網の普及に伴い移動が便利になる一方で、初心者や一部の主婦の運転者の中には高速道路に苦手意識がある運転者が多くみられ、他の同乗者に運転を任せている人がいるのが実情である。しかし、このような状況は走行距離や走行地域を制限することになり、好ましいものではない。

そこで本研究では、苦手意識があるため高速道路を利用しない運転者でも負担なく高速道路を利用することができる運転支援システムの構築を目的とし、第一段階として、高速道路の走行に関するアンケート調査ならびに、これを基に高速道路の走行中に運転者へ提供する運転支援情報を決定する運転支援システムの提案を行う。

### 2. 高速道路の走行に関するアンケート調査

#### 2.1. アンケートの趣旨

高速道路における運転支援システムを考える上で、運転者は高速道路を走行しているとき、どのような状況で負担を感じ苦手意識を持っているのかを把握する必要がある。

そこでアンケートは、普段の運転に関するアンケートと高速道路の運転に関するアンケートの2種類を実施した。前者は、日常でどのくらい自動車を運転しているのか、また普段どんな場所を運転しているのかを把握するためのアンケートである。一方、後者では高速道路を走行している際に運転者はどのような状況において苦手と感じているのかを把握するためのアンケートである。

#### 2.2. アンケート項目

普段の運転に関するアンケートの項目は、「年齢」「性別」「免許保有年数」「運転頻度」「普段運転をしている場所」である。この普段運転している場所は自由に回答してもらった。一方、高速道路の運転に関するアンケートの項目は、「高速道路の利用頻度」「走行中の平均速度」「苦手と感じる状況」である。この苦手と感じる状況には選択肢を設けた。選択肢としては「本線への合流」「車線変更や追い越し」「料金所」「ジャンクション」「ETC」「特になし」「その他」の7項目とし、複数回答も可能とした。また、選択肢を選んだ理由として自由筆記で回答させた。

#### 2.3. アンケート調査結果

アンケート対象者は、学生、会社員や主婦など年齢層を幅広く取り、免許保有者を対象とし230名の方にアンケート調査を行った。この中で高速道路における項目「苦手と感じる状況」で「特になし」を回答した人は、今回は対象外としたため138名の方を対象に集計を行った。この各年齢層は表1に示す。

まず、普段の運転に関する結果として図1に運転頻度に関する結果を示す。図1より対象者の半数が1週間に6,7日とほぼ毎日自動車を運転していることが確認できる。また「普段運転している場所」に関する回答結果は「家の周辺」「職場や買い物の往復」という回答が約8割を占めており、このことから運転者の多くは湊く慣れた場所を中心に運転していることが確認できる。

次に、高速道路の運転に関する結果として、図2に全体の「苦手と感じる状況」の結果を示す。図2より「ジャンクション」「本線への合流」が共に約30%と多いことが確認できる。

---

Fundamental study on construction of drive assist system on highway  
— About the drive assist system in the inflow and outflow —

Yoshinori KOBAYASHI, Ichiro KAGEYAMA,  
Yukiyo KURIYAGAWA, and Tetsuya KANEKO

また、図3,4の男女別の結果からも「本線への合流」と「ジャンクション」が多いことがわかる。このことから、運転者は高速道路において「本線への合流」「ジャンクション」の状況において苦手と感じていることが確認できた。さらに、自由筆記した結果より「いつ隣に移ればいいのか分からない」「タイミングが取りにくい」「後続車との関係が分からない」「後続車に気がいってしまい危ない」など多く回答されていた。このことから、高速道路を運転する運転者の多くは後続車や周りの状況を判断しながら、乗り移りのタイミングを決定するという状況において苦手と感じていることが確認できる。そこで構築が必要な運転支援システムとしては「本線への合流」となる。

### 3. 運転支援システム

#### 3.1. システム構成

われわれが普段自動車を運転するとき、工事などの障害物や対向車、横断歩道を渡る歩行者など、様々な環境情報が存在する。この環境情報から運転者が認知行動・判断行動・操作行動を行い、自動車を操縦している。そこで、提案する運転支援システムは、運転者への負担を軽減するために、様々な環境情報を用いて運転支援システムが判断を行い、運転者に支援情報を音声やデバイスなどで提示するものである。

提案する運転支援システムは、環境情報から判断を行い、運転者へ提示する支援情報の決定を行うシステムである。図5に構築した運転支援システムの概要を示す。

#### 3.2. 走行経路生成モデル

走行経路生成モデルの概要を図6に示す。このモデルは危険感モデル、多点注視二次予測モデルと車両モデルを用いて構築している。それぞれのモデルの概要を以下に示す。

##### 3.2.1. 危険感モデル

運転者は走行中に路肩、歩行者や障害物などの道路環境から様々な危険を感じていると考えられる。日常の経験で路肩に近づいたとき、危険を感じて離れようと反対側に操舵を行う。同じように歩行者や障害物からの危険を感じ、近づかないよう操舵を行う。また複数の要因の影響がある場合には危険と感ずる度合いは増加する。

ここでは、道路環境から運転者が受けている危険の度合いを危険感として扱う。この危険感は、運転者による操舵などの運動行動を決定する1つの要因である。そこで、過去の研究において、共同研究者の一人は、車両が路肩に近づくとつれて瞬時心拍数の変化が指数関数的に増加することを確認した。図7にゆっくりと路肩へ徐々に近づいたときの瞬時心拍

Table 1 Number of people in age group

Age group	Number of people
15~24	36
25~34	17
35~44	16
45~54	38
55~64	22
65~74	9
Number of totals	138

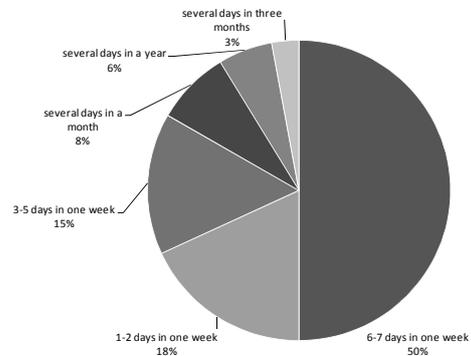


Fig.1 Driving frequency

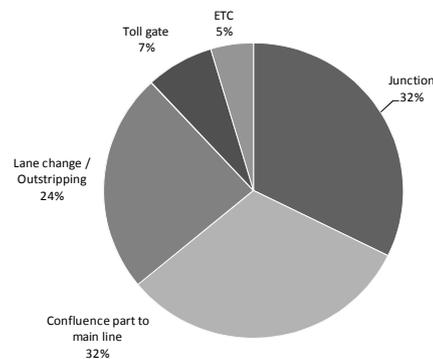


Fig.2 Ratio of load of highway

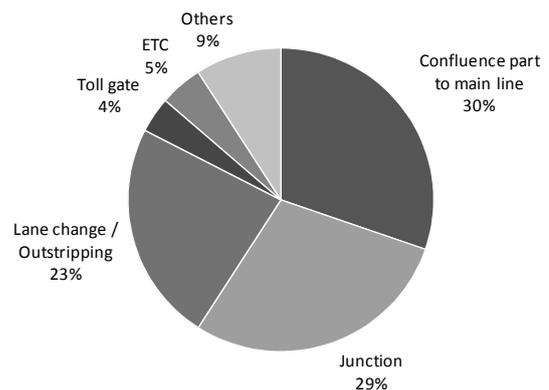


Fig.3 Ratio of loads of man in highway

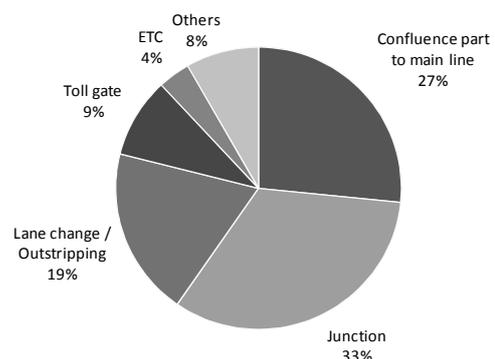


Fig.4 Ratio of loads of woman in highway

数の変化率を示す．そこで，運転者の受ける危険感を，以下の指数関数で表現することができ，走行コースはこの危険感をうい決定される<sup>3)</sup>．

この危険感は左右に対して考えられるために，左側の危険感は式(1)，右側の危険感は式(2)を用いて算出した．ただし， $A$ は切片値もしくは道路端の危険感の値， $L$ が曲線の緩和長さ， $y$ が道路幅方向の距離である．

$$R_l = Ae^{-\frac{1}{L_l}y} \quad (1)$$

$$R_r = Ae^{-\frac{1}{L_r}(y_p-y)} \quad (2)$$

この危険感を用いた危険感モデルを次のドライバモデルでの舵角の決定に用いている．また， $A$ や $L_l$ ， $L_r$ の値を変化させることで，危険感モデルにおける運転者の個人差を表現することが可能となる．構築したモデルは速度変化に対応できるようにそれぞれを速度関数として置いた．

### 3.2.2. 多点注視二次予測モデル

多点注視二次予測モデルは，まず前方の道路環境情報から人間が感じる危険感を前方の予測位置において道路幅方向に表現し，右側の危険感と左側の危険感から予測位置における左右の危険感の差を偏差として算出する．この予測位置は前方二次予測モデルから算出した将来の予測位置である．ここで，横方向位置 $Y$ ，操舵ゲイン $K$ ，ヨー角 $\theta$ ，横すべり角 $\beta$ ，注視距離 $L$ とする．

また，運転者は通常予測位置の1点のみの情報で運転をしているとは考えられないため，予測位置において注視点の前後状況も考慮する必要がある．そこで，注視距離 $L$ の1/2を標準偏差( $\sigma$ )と，注視位置から前後0.5 $\sigma$ の偏差に正規分布関数の重み関数をかけあわせる．この掛け合わせた値の平均値をとり，新たな横位置の偏差として扱う．この重み関数は式(3)に示す通りである．

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

また，運転者はこの偏差に任意の操舵ゲインをかけることにより操舵角を車両に操舵角を与えると考え，式(4)により舵角を算出した．

$$\delta = K_\delta \varepsilon_{\text{risk}} \quad (4)$$

ここで， $\delta$ は実舵角， $K_\delta$ は危険感と関連する操舵ゲイン， $\varepsilon_{\text{risk}}$ は危険感モデルにおける左右の危険感の偏差である．

### 3.3. 意思決定モデル

アンケートの結果から「乗り移りのタイミング判断」「後続車との位置関係の判断」が重要であることが確認された．そこで後続車

との位置関係と乗り移りのタイミングの判断を行うモデルが必要となる．このモデルはセル・オートマトンを用い， $x$ 軸方向に3.5[m]， $y$ 軸方向に3.5[m]を1セルとしており，走行区間は本線と合流部の2車線のみとした．また，このモデルは厳密な判断を目的とせず，他車両と自車両の将来の合流位置における合流の可否の判断のみを目的としたために，他車両のダイナミクスは考慮せず，自車両のみダイナミクスを考慮してある．構築した意思決定モデルの概要を図8に示す．システムはセルの占有状態の観測を行う部分と，セルの占有状態を判断する部分に分かれている．占有状態の判断には合流ローカルルールを規定し判断を行う．この合流ローカルルールは，将来の合流位置における他車両との位置関係の判断を行うものであり，他車両が自車両に対し前後14セル以内に存在しない場合は合流可能とする．一方，他車両が自車両に対し前後14セル以内に存在する場合は合流不可能とする．合流不可能の場合は，他車両との相対速度に応じて加減速の判断を行う．

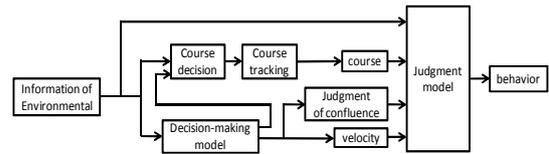


Fig.5 Driving assist system

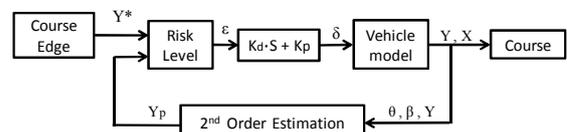


Fig.6 Course decision and tracking model

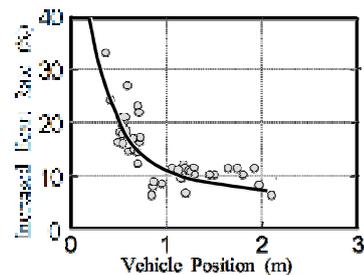


Fig.7 Increased Heart Rate

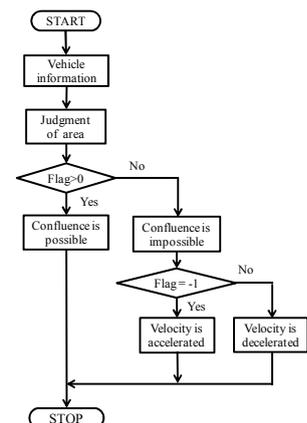


Fig.8 Decision-making model configuration

#### 4. 交通シミュレーション

構築した運転支援システムの検証を行うために、高速道路の本線合流に対する交通シミュレーションを実施した。コース形状は、本線と合流部の2車線とし、本線合流部は900[m]から1200[m]の個所とした。また意思決定モデルはシミュレーションの0.1[s]間隔で随時判断を行う。

##### 4.1. シミュレーション条件

運転支援システムの交通シミュレーションは、自車両の初期速度80[km/h]で速度変化ありとし、他車両の速度は70[km/h], 80[km/h], 90[km/h]一定の3条件で実施した。また、今回の交通シミュレーションでは、他車両は後続車の一台のみとして、他車両の初期位置は自車両より後方40[m]の位置に配置した。モデルの入力値は「左右の白線情報」「他車両との相対位置と相対速度」であり、出力値は「合流可否判断情報」「自車両の加減速度判断情報」「走行コース情報」となっている。

##### 4.2. シミュレーション結果

後続車の速度70[km/h], 80[km/h], 90[km/h]の3条件で実施した交通シミュレーションの結果を図10,11,12に示す。後続車70[km/h]の結果より、後続車が自車両より相対速度が遅く自車両が加速を行い、合流可能という判断がされているのが確認できる。同じく後続車80[km/h]の結果でも、自車両が加速を行い、合流可能という判断がされている。一方、後続車90[km/h]の結果では自車両との相対速度より減速という判断がされ、後続車が自車両を追い越してから合流という判断がされているのが確認できる。以上のことから、後続車が後方に存在する場合の自車両の加減速の判断、合流の可否判断、走行コースと求められることが確認できた。

#### 5. 結言

今回、高速道路における運転支援システムは、危険感モデル、多点注視二次予測モデルを用いた走行経路生成モデルと、セル・オートマトンの基本的な考え方をを用いた意思決定モデルを用いて構築を行った。そして構築した運転支援システムの交通シミュレーションを実施した。結果として、構築した運転支援システムを用いることで、自車両の乗り移りのための走行コース、後続車との関係を考慮した加減速判断情報、将来の本線への合流位置における合流判断情報を求めることができ、運転者への運転支援情報提示のための判断情報を決定するモデルの構築の可能性を示すことができた。

今後の課題としては、この判断情報から運転支援情報の提示を行うタイミングなどを行

うモデルの構築が必要となる。また、情報提示を音声やデバイス表示などで行い、ドライビングシミュレータを用いて実験を行ったのち、実車両を用いた実験により支援システムの検証を行う必要がある。

#### 「参考文献」

- 1) 脇田佑希子ほか：セルオートマトン法による道路合流部の交通シミュレーション, 計算数理工学論文集Vol. 9, 論文 No. 15-091211
- 2) 玉城龍洋ほか：セル・オートマトンによる自動車専用道路の交通シミュレーション, 情報処理学会論文誌：数理モデル化と応用, Vol. 46 No. SIG 10 (TOM 12)
- 3) 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, Vol24, No. 2, April, p. 81-87

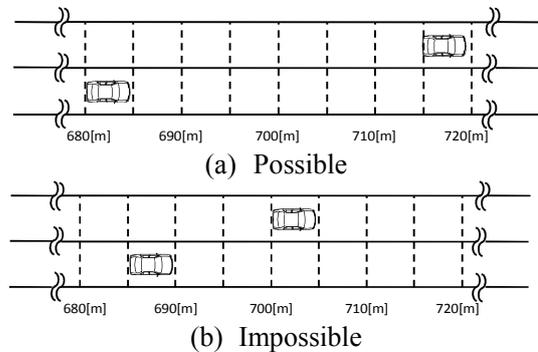


Fig.9 Judgment condition in ramp

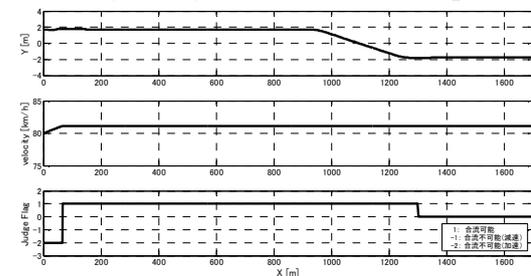


Fig.10 Confluence judgment ( 70[km/h] )

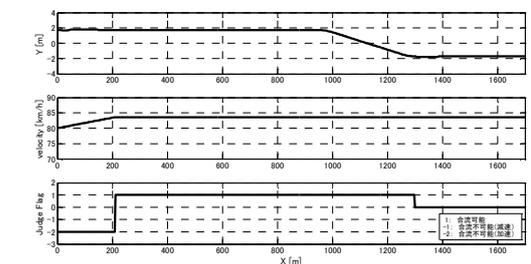


Fig.11 Confluence judgment ( 80[km/h] )

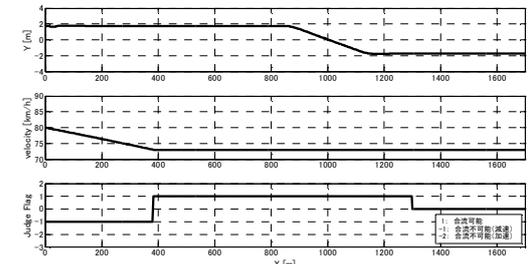


Fig.12 Confluence judgment ( 90[km/h] )