

# 安全な走行領域を考慮した 段階的危険予測学習支援システムの開発

辻文武<sup>\*1</sup>, 松原行宏<sup>\*1</sup>, 岩根典之<sup>\*1</sup>, 岡本勝<sup>\*1</sup>, 山元翔<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> 広島市立大学大学院情報科学研究科

<sup>\*2</sup> 近畿大学工学部

## Development of Learning Support System for a Stepwise Hazard Prediction Skill Considering a Safe Driving Area

Fumitake TSUJI<sup>\*1</sup>, Yukihiro MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Noriyuki IWANE<sup>\*1</sup>, Masaru Okamoto<sup>\*1</sup>,  
Sho Yamamoto<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup> Graduate School of Information Sciences, Hiroshima City University

<sup>\*2</sup> Faculty of Engineering, Kindai University

安全かつ余裕のある自動車の運転を行うために危険予測は必要である。先行研究では、段階的に学習状況を変化させることで危険予測を学習できるシステムの開発を行った。本研究では、ドライバの運転ストラテジを定性的に表した Field of Safe Travel を用いて、安全な走行領域を学習する手順を追加し、安全な走行領域を制限する要因を学習できる状況を提案して実装した危険予測学習支援システムの開発を行った。

キーワード:学習支援システム, 危険予測運転, Field of Safe Travel

### 1. はじめに

自動車による交通事故は、令和元年に約 38 万件発生している。この自動車事故の原因の一つとして、運転中に起こりうる危険を予測する危険予測が十分に行えていないという可能性が挙げられる。危険予測の学習は、危険予測ディスカッションとして自動車教習所で行われている。しかし、技能講習と学科教習を合わせても 3 時間と短く、時間の都合上、十分に学習することができず、学習したことが無い運転状況下で素早く、適切に危険予測を行う、適応的な能力が身につかない可能性がある。そのため、事故映像から危険を探すシステムを開発し、危険予測や事故につながる状況を学習させて危険予測を練習させる研究などが関連研究として行われているが、従来の危険予測学習を拡張する取り組みになっており、危険予測自体を学習する研究はあまり行われていない<sup>(1)</sup>。そこで、先行研究ではオブジェクトに着目をし、オブジェクト個々の理解

を深めることで適応的な能力を身につける危険予測学習支援システムの開発を行った<sup>(2)</sup>。また、先行研究では Situation Awareness<sup>(3)</sup>と呼ばれる、人の行動モデルに基づいたシステムの演習手順を提案しており、この手順に従って演習を行ってもらうことで、危険予測自体の学習も行うことができた。しかし、先行研究の手順では、危険予測をふまえた運転経路の提示は一例のみであり、具体的にどのように運転経路を決めればよいのか分からない、不十分なものであった。

そこで本研究では、この運転経路の提示に着目し、実際の運転時のように、危険予測をふまえてどのように走行すれば良いのか学習することができる、危険予測の適応的な能力を身につけてもらうための学習支援システムの開発を行った。

### 2. Field of Safe Travel をふまえた危険予測

周囲の運転状況から、ドライバの運転ストラテジを

表 1 本システムの演習手順

演習手順	演習内容
1	運転状況の確認
2	危険に繋がるオブジェクトの選択
3	起こりうる危険の選択
4	危険に繋がる動作の選択
5	行うべき対処の選択
6	安全な走行領域の選択

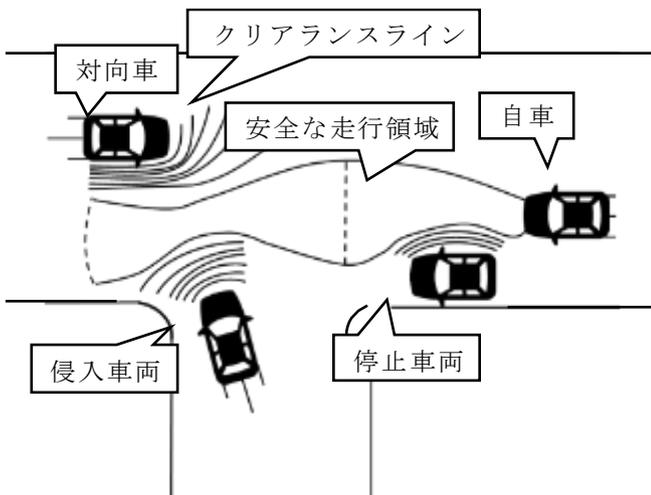


図 1 Field of Safe Travel の例<sup>(4)</sup>

定性的に表した Field of Safe Travel という概念がある<sup>(4)</sup>。図 1 に一例を示す。右端にある車が自車であり、自車が直進をしている状況を表している。周囲のオブジェクトとしては、停止車両、侵入車両、対向車がある。周囲のオブジェクトは衝突すると事故につながるため、負の価値を持っており、周囲にはクリアランスラインと呼ばれる、動きの予測を表した負の価値を持った線が表されている。図 1 では、停止車両は動いていないため、クリアランスラインの間隔が狭くなっている。侵入車両は左折をするために速度を落としている状況であるため、クリアランスラインの間隔がやや狭くなっている。対向車は直進をしている状況であるため、前方のクリアランスラインの間隔は広がっているが、左右へはあまり移動しないと考えられるため、間隔は狭くなっている。クリアランスラインは周囲のオブジェクトに近いものほど負の価値が高く、遠いものは負の価値が低いため、クリアランスラインについて考えることで、リスクの大きさについても考えることができる。自車の進行方向上に示されている領域が危険にあう可能性が低いと考えられる安全な走行領域と呼ばれる領域で、周囲のオブジェクトのクリアランスラインや道路の形状等によって曲がったり、奥行や幅が伸縮したりする特性を持っている。この安全な走行領域の幅の中央を走り続けることによって、最も安全に走行することができるというものである。

この Field of Safe Travel をふまえた危険予測は、運転状況(State of The Environment)から、運転状況

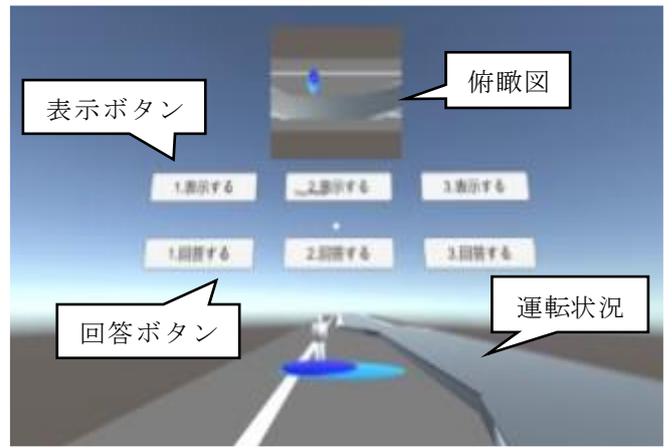


図 2 開発システムでの表示画面

し運転に関係のある要素を抜き出し、要素ごとの関係性を整理する(Situation Awareness Level 1, 2). その要素から、次の状況を予測する(Situation Awareness Level 3). そして危険を回避するための安全な行動と安全な移動領域を選択し(Decision), 実際に操作をして結果を検証する(Performance of Actions). 次の状況の予測では、オブジェクトの振る舞いをふまえた上で、危険な配置に移行しないか推測したのちに、適切な、安全につながる動作の選択と安全な移動領域を選択し、行動する。システムでの演習手順は、この危険予測の手順に沿って表 1 のようにしており、表 1 の手順に沿って問題を解いてもらうことによって、危険予測の手順そのものについても、体験をしながら学習をしてもらう。

Field of Safe Travel に基づいた安全な走行領域を考える手順を図 2 のようにシステムに実装した。上部の「表示する」と書かれた表示ボタンを押すとそれぞれ

のボタンに対応した **Field of Safe Travel** が表示される。表示ボタンは 3 つあり、それぞれ正解、自車の安全な走行領域が間違っているもの、周囲のオブジェクトのクリアランスラインが間違っているものが表示される。学習者には表示ボタンを押してもらい、それぞれの部分が異なっているか考えてもらうことで間違っている理由まで考えてもらう。その後、対応した番号の「回答する」が書かれた回答ボタンを押すことで正誤のフィードバックを返す。不正解の時は、間違っている部分と理由をフィードバックとして返し、もう一度考え直してもらう。また、**Field of Safe Travel** は図 1 のように上から見た図で考えると分かりやすいため、画面上部に俯瞰図が表示されるようにした。この俯瞰図と下の運転状況を照らし合わせて考えてもらうことにより、実際の自動車運転時の **Field of Safe Travel** が考えやすいようにしている。

### 3. 検証実験

実験の目的として、**Field of Safe Travel** を追加した演習の有効性の確認と、**Field of Safe Travel** について学習することができたかの検証を行う。実験手順は、事前の危険予測テストとして、**Q1** は「あなたが自動車学校の教官だとして、危険予測の学習時に学生に危険予測の手順を教えるとき、どのように教えますか」という問で、危険予測をどのような手順で行っているか、**Q2** は「画像 1~8 を見て、それぞれ「危険だと思ったもの」「それはどんな危険か」「なぜその危険が起こるか」を記述してください」という問でどの程度危険予測ができるのか、**Q3** は「自車が安全に走行できると思う範囲をマーカー等で記述してください」という問で安全な走行領域はどこかの 3 点を確認する。その後、システムの利用方法の説明をし、システムを用いての学習を、こちらで用意した課題をすべて終えるまで行ってもらおう。演習後、事前危険予測テストと同じ内容で事後危険予測テストを行い、アンケートに回答してもらった。事前と事後の危険予測テストの結果を比較し、システムを用いた演習が危険予測の方法に影響を与えるかどうかを検証する。また、アンケートでは、システムを用いた演習を行うことにより、危険予測の手順や能力に変化があったかどうかを主観的な評価を

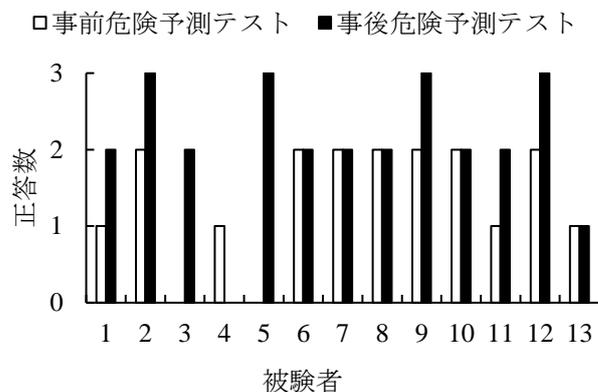


図 3 Q1 の事前事後における正答数の比較

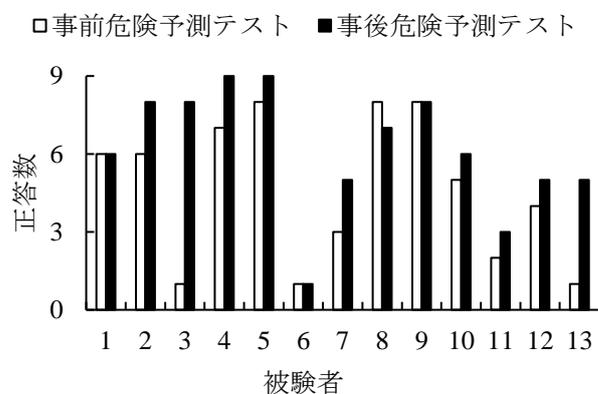


図 4 Q2 の事前事後における正答数の比較

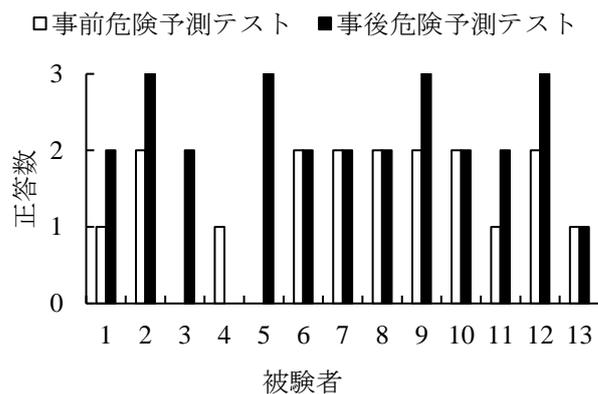


図 5 Q3 の事前事後における正答数の比較

してもらおう。実験の被験者は大学生 7 名・大学院生 6 名の計 13 名を対象とした。

図 3 に **Q1** の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す。「危険に繋がるオブジェクト

の発見」, 「起こりうる危険」, 「危険を回避するための行動」の3点が書けていることを, 一つ1点として確認を行った。次に, 図4にQ2の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す。画像2のみ危険が2つある問題にしたため, 危険1つにつき1点として, 満点は9点とした。図5にQ3の事前と事後の危険予測テストでの各被験者の結果の比較を示す。各画像で安全な走行領域が書けていることを確認したため, 満点は8点とした。

Q1, Q2, Q3のいずれも, 事前テストの方が点数が高く, 事後テストでは点数が下がってしまった被験者が1名いたが, 事後の危険予測テストの方が点数が高くなる被験者が半数以上であったという結果が得られた。また, 各問で事前と事後テストの結果を有意水準5%でt検定を行ったところ, Q2はp値が0.14となり有意差が確認できなかったものの, Q1とQ3はp値が0.04となり有意差が確認できた。Q3のField of Safe Travelを考える問題で, 事後危険予測テストの方が点数の低かった被験者10の回答を確認すると, 事前と事後の危険予測テストで車線数が違う問題で正答数が下がっていた。他の被験者の回答も確認をすると, 同様に事前と事後の危険予測テストで, 車線数が異なる問題で間違えている被験者が数名見受けられた。事前と事後の危険予測テストで使用した画像は, Q2の危険箇所は同じになるようにしていたものの, 車線数は異なっているものがあったため, Q3の比較の画像としては不適切であった可能性がある。また, システムで実装していた学習状況では, いずれも片側1車線であったため, 2車線以上の場合について学習できなかったと考えられる。

以上の結果より, 被験者の半数以上がシステムで演習を行うことにより, 危険予測の手順や安全な走行領域の考え方を身につけることができたことが確認された。また, 危険予測の能力は有意差が確認できなかったものの, 過半数の被験者が事前より事後の危険予測テストの点数が上がっていることから繰り返し演習を行うことによって危険予測の能力を上げることができると示された。よって, 本システムでの演習によって, 危険予測の仕方に変化を与えることができ, 適応的な危険予測の能力を身につけることができる可能性を示した。

## 4. おわりに

本研究では, 道路の走行位置周囲の運転状況からドライバの運転ストラテジを定性的に表したField of Safe Travelを用いた, 安全な走行領域を考慮できる危険予測学習支援システムの開発を行った。

検証実験では, システムを用いた演習の前後に危険予測テストを行い, 結果の比較を行うことで危険予測の能力が上がっているか, 安全な走行領域を考える上での知識が身についたかどうかの確認を行った。実験後に正答数が下がった被験者が各問に1人ずついたものの, 半数以上の被験者は正答数が上がるという結果が得られた。また, 事前と事後テストの結果を有意水準5%でt検定をしたところ, 危険予測の手順と安全な走行領域の学習では有意差が確認でき, システムを用いることで危険予測の手順についての知識が高まり, 安全な走行領域についても学ぶことができたことが確認できた。これらの結果から, システムで演習を行うことで, 危険予測の手順や安全な走行領域について学習することができ, 危険予測の適応的な能力を身につけることができる可能性を示した。今後の課題として, 正答数が下がってしまった被験者や, 変わらなかった被験者が複数人いたため, システムでの演習手順の提示の方法やシステムに実装する学習状況の追加や整理, フィードバックの明確化の検討を行っていく予定である。

## 参考文献

- (1) 中村愛, 島崎敢, 伊藤輔, 三品誠, 石田敏郎: “タブレット端末と事故映像を用いたハザード知覚訓練と運転行動の変化”, 人間工学, Vol.49, No.3, pp.126-131 (2013)
- (2) 辻文武, 山元翔, 松原行宏, 岡本勝, 岩根典之: “臨場感を高めた段階的危険予測スキル学習支援システムの開発”, 教育システム情報学会第44回全国大会論文集, pp.257-258 (2019)
- (3) Endsley, M. R.: “Toward a theory of situation awareness in dynamic systems”, HUMANFACTORS, Vol.37, No.1, pp.32-64(1995)
- (4) Gibson, J. J. and Crooks, L. E.: “A THEORETICAL FIELD ANALYSIS OF AUTOMOBILE-DRIVING.”, The American Journal of Psychology, Vol.51, No.3, pp.453-471 (1938)