

ヒューマンモデルによるドライバーエラー解析と予防安全 対策立案

Human model-based analysis of car accidents for preventive safety

研究代表者 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 准教授 野田 賢
Masaru Noda, Associate Professor
Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology

アブストラクト：

自動車事故の多くはドライバーの認知・判断ミスに起因するといわれている。公的機関による自動車事故調査は事故後の聞き取りによるものが多く、なぜそのような事故が発生したかをドライバーの認知情報処理プロセスレベルまで踏み込んで議論しているものは少ない。本研究では、ドライビングシミュレータを使って交通事故を再現し、交通事故の直接原因となるヒューマンエラーの発生メカニズムを解明する。ヒューマンエラーの発生メカニズムが明らかになれば、事故につながるヒューマンエラーを防ぐ有効な方策を示したり、事故の発生に至る途中の段階でエラーの連鎖を断ち切る方策を打ち出すことができる。ヒューマンモデルを用いることで、事故を防ぐドライバー支援策を立案する方法および支援策の効果やドライバーへの受け入れられやすさを定量的に評価することができる。

Abstract:

It is said that most car accidents originate from cognition and judgment errors of human car drivers. Though public agencies investigate the causes of car accidents through interviews after the accidents, they don't examine them from the viewpoint of cognition and judgment errors of drivers. Recent rapid progress in driving simulations enables us to simulate car accidents in a virtual driving environment with a human subject. One objective of this research is to analyze the mechanism of human error by measuring the behavior of a driver in a simulated accident. The other objective is to develop a driver model to simulate information processing by a car driver before and after an accident according to obtained simulation results. We will propose an effective driver support system to prevent human errors using a developed driver model. The driver model can also be used to evaluate quantitatively the effectiveness and operability of the proposed driving support system.

1. 研究目的

本研究では、事故やヒヤリ・ハットの発生メカニズムをシミュレーションによって分析するために、交差点通過時の認知情報処理プロセスをコンピュータシミュレーションするためのプログラムを開発する。まず、ドライビングシミュレータを用いたドライバの交差点通過行動実験から、ドライバの交差点通過行動モデルをタスクシーケンスとして表し、ドライバの基本的な認知情報処理プロセスをシミュレーションするためのプログラムを開発する。ヒューマンエラーの一例として、一般ドライバを不十分な安全確認を取り上げ、事故やヒヤリ・ハット事象が発生する可能性を、いろいろな条件のもとでシミュレーションによって調べる。同時に、ドライバの不安全な運転

行動から事故が発生するメカニズムを詳しく分析する方法について検討する。

2. 研究経過

2.1 無信号交差点における非優先側ドライバの通過行動タスクシーケンス

ドライビングシミュレータを用いた走行実験により、ドライバの直進での交差点通過行動データを収集した。ビデオ画像、ドライブレコーダによるアクセルやブレーキ操作記録、アイマークレコーダによる視線移動記録から交差点通過行動を認知情報処理レベルのタスクに分解し、ドライバの交差点通過行動における基本的な認知情報処理プロセスを図1に示すタスクシーケンスとしてモデル化した。タスクシーケンスは、交差点進入準備プロセス、停止プロセス、

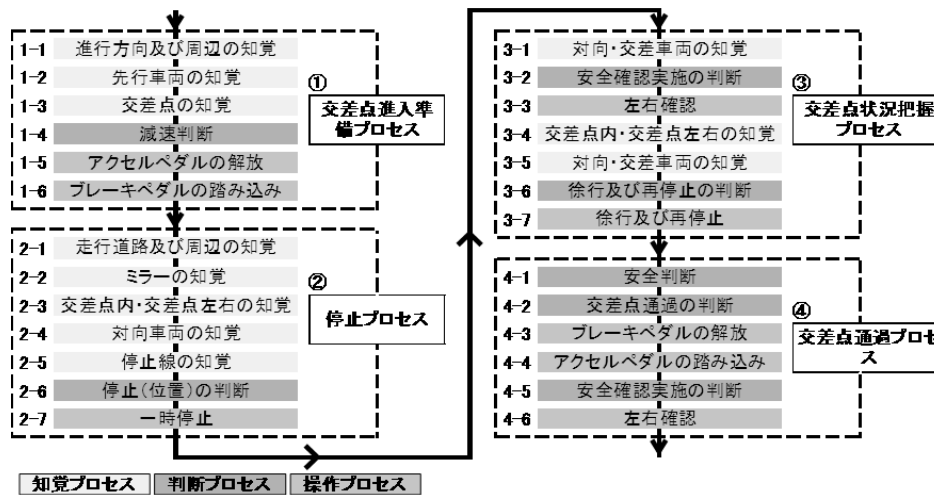


図1 ドライバの交差点通過行動タスクシーケンス

交差点状況把握プロセス、交差点通過プロセスから構成される。

2.2 交差点通過行動のモデル化

図1のドライバの交差点通過行動タスクシーケンスを参考に、非優先側ドライバの交差点通過行動をコンピュータ上でシミュレーションするために、非優先側ドライバモデルの詳細化を行った。

実在するある交差点を参考にし、基本となる交差点の形状と座標系を図2のように設定した。座標系の原点は交差点の中心で、x軸は右向きを正、y軸は上向きを正とした。

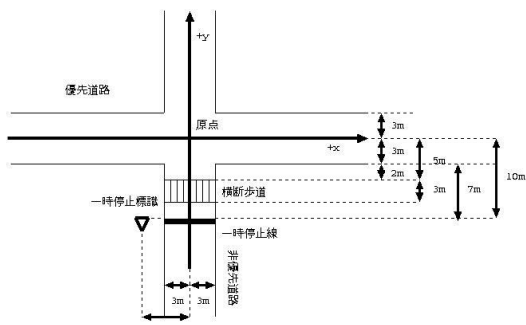


図2 交差点形状と交差点の座標の取り方

(1) 交差点通過行動プロセス

視覚に関して本研究では、図3に示す自動車先端を中心とした円弧状の領域をドライバの視野とみなした。ドライバは、視野に入った物体のみを知覚することができる。また、安全確認のため一定の角速度で一定の角度まで左右に視線を移動するとした。

交差点進入準備プロセスでは、一時停止標識の知覚後、減速を判断し、アクセルを

放しブレーキを使って一定の減速度で減速する。ただし、一定の減速度で減速した場合、停止線に到達するまでに自車速度が0になるときは減速せず、そのままの速度で走行するとした。

(2) 停止プロセス

このプロセスでは、横断歩道の知覚、横断歩道付近の安全確認後、横断歩道付近の歩行者の有無に関わらずブレーキを踏んで減速し、一時停止線上で停止する。減速時には上限値があるため、減速開始位置、車両の初期速度によっては、一時停止線上で止まらない場合も起こる。

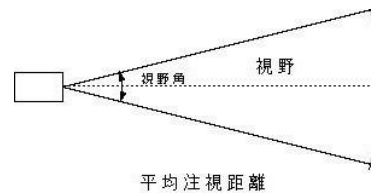


図3 ドライバの視野

(3) 交差点状況把握プロセス

このプロセスでは、一時停止線で横断歩道付近の安全確認した後、徐行しながら車の先頭が交差点入り口に達するまで前進し停止する。

(4) 交差点通過プロセス

交差点通過プロセスの認知情報処理フローを図4に示す。図中の平行四辺形は知覚、ひし形は判断、四角形は操作を表す。まず、交差道路の安全確認を行い、交差車両の有

無を確認する。交差車両がない場合や、交差車両がその時点での速度で走行した場合の交差点入口到達までにかかる時間 $TTCr$ (Time To Cross road) が4秒以上、もしくは0秒以下のとき、非優先側車両は加速し交差点を通過するとした。交差点を通過中に交差車両を知覚したとき、交差車両の $TTCr$ が0秒以上1秒以下であれば急ブレーキを踏んで停止する。 $TTCr$ が1秒より長ければ、加速を継続する。交差車両の存在によって停止した場合、交差車両が通過してしまうか、 $TTCr$ が4秒以上、もしくは0秒以下になれば、再び加速し交差点を通過するとした。

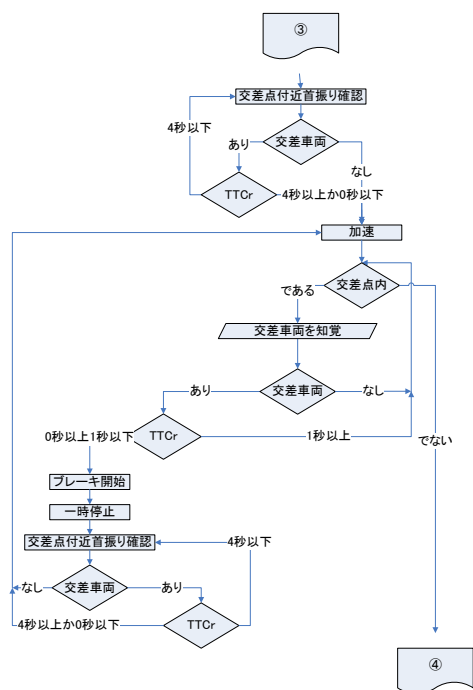


図4 交差点通過プロセス

2.3 交差点通過行動シミュレーション

非優先側車両の初期位置を固定したまま、非優先側車両の初期速度、優先側車両の初期位置及び初期速度の3条件を様々に変化させてシミュレーションを行い、事故がどのような条件で発生するかを調べた。ここでは、一般ドライバに広く見られる十分な安全確認をしないドライバのシミュレーションを行うため、視線の左右の移動範囲を小さい値に設定した。

非優先側車両の初期位置は -100 m、初期速度は 10 km/h から 50 km/h までの 10 km/h

おきの5通りとした。優先側車両の初期速度は 10 km/h から 100 km/h までの 10 km/h おきの10通り、初期位置は左側 -20 m から -200 m まで 20 m おき、および右側 20 m から 200 m まで 20 m おきの合計20通りとした。シミュレーション条件のすべての組合せは1000通りとなる。

1000通りのシミュレーションの結果、非優先側ドライバの事故は7件発生した。事故が発生した7条件を表1にまとめた。

表1 事故が発生した条件

条件	優先側車両 初期位置 [m]	優先側車両 初期速度 [km/h]	非優先側車 両初期速度 [km/h]
a	-80	10	40
b	-160	20	40
c	80	30	10
d	120	50	20
e	160	20	40
f	180	10	10
g	180	30	50

2.4 事故事例の分析

事故が発生した条件 a におけるシミュレーション結果を優先側車両と非優先側車両の位置関係と視線の向きから詳しく分析した。図5に、シミュレーション開始後23.1秒、24.6秒、25.3秒、27.3秒における非優先側ドライバの視野と二車の位置関係を示す。23.1秒に、非優先側車両のドライバは、交差道路の左奥を確認しているが、左 45° までしか確認していないため優先側車両は視野の中に入っていない。続いて、24.6秒には右 45° 、25.3秒には正面方向に視線の向きを変えて交差車両の有無を確認したが、このドライバの視線移動の範囲が狭く、左側から交差点に進入する優先側車両の存在を知覚できなかった。その結果、非優先車両は25.5秒に交差点を通過するために発進し、27.3秒に優先側車両と衝突した。

全事故事例を分析した結果、7件すべてについて上記の事故事例と同じく、安全確認を行ったにもかかわらず、視線の移動範囲が狭い不十分な安全確認によって事故が起きていることがわかった。ちなみに、模範ドライバのように交差点通過判断時の視線の移動範囲を左右 90° にして安全確認を行った場合、事故は発生しなかった。

3. 研究成果

本研究では、タスクシーケンスによって表したドライバの交差点通過行動をベースに、いろいろなタイプのドライバの交差点通過行動を模擬するためのシミュレーションプログラムを開発した。安全確認が不十分な一般ドライバを想定し、様々に交差車両の条件を変えて交差点通過行動シミュレーションを繰り返した結果、不安全な行動が、事故やヒヤリ・ハット事象を引き起こすことがシミュレーションで再現できた。また、シミュレーション結果を詳しく分析することによって、ドライバの視線移動範囲と事故の発生との関係を明らかにすることができることを示した。

4. 今後の課題と発展

今回開発したシミュレーションプログラムは、様々なタイプのドライバが起こす出会い頭事故のシミュレーションに使える。これらのシミュレーション結果の提示は日常的に不安全な行動をしているドライバの安全意識を改善させるのに役立つと考えられる。

5. 発表論文リスト

(1) 小坂田泰宏、野田賢、西谷紘一：無信号交差点非優先側ドライバ通過行動シミュレーションプログラムの開発、ヒューマンファクターズ（投稿中）

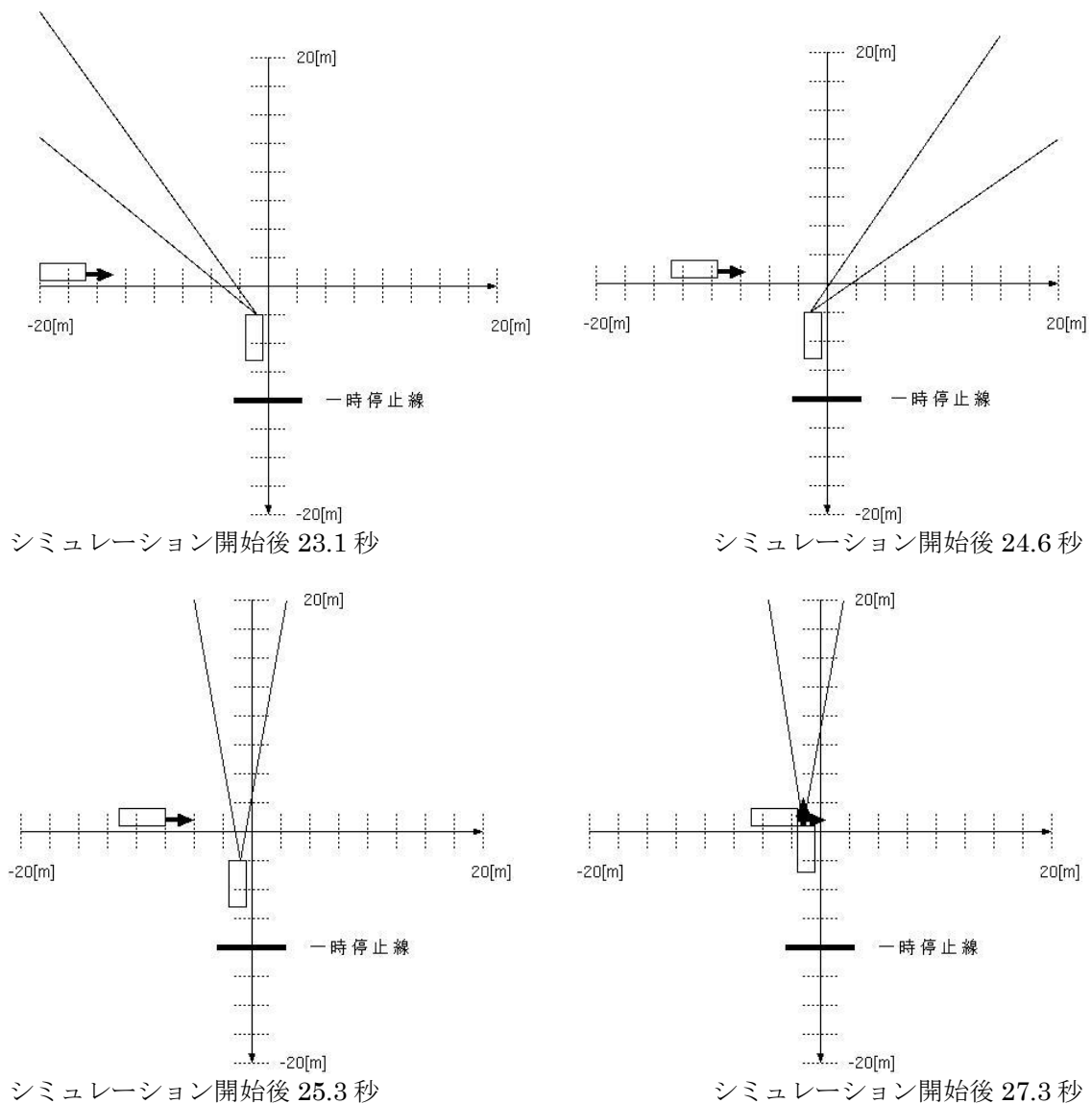


図5 ドライバの視線移動と二車の位置関係