

ドライバの運転行動計測とベイジアンネットを用いた行動解析

坂口靖雄 ((社)人間生活工学研究センター) 赤松幹之 (産業技術総合研究所)

あらまし：個人に適合した自動車運転支援システムの実現のためには、運転状態を評価した上でどのように支援するか判断が求められるが、支援の適合度を高める上で、過去の運転行動を蓄積してモデル化することが効果的であると考えられる。我々は、運転中の操作行動および交通状況を計測するシステムを搭載した実験車を開発し、実路での運転行動を計測した。さらに、運転行動のモデル化を行うため、ベイジアンネットを用いた計測結果の解析を行った。ここでは、交差点で左折する前の減速・停止行動を対象として、ドライバの一連の操作行動（アクセル、ブレーキ、ウィンカー）を行う地点、速度等をノードとしてベイジアンネットを構築し、それぞれのノード間の関連を求めている。この結果から、ある運転行動が通常の運転行動から逸脱しているかどうかの判定が可能となり、判定に基づいて運転支援を行うことが可能となる。

1. はじめに

「交通安全」が叫ばれつづけて久しいが、交通事故によって年間1万人近くの方が亡くなっている。この死者数は年々減少傾向にあるものの、事故件数や負傷者数増加はなお増加中である。従って、安全性の向上、とくに事故自体の発生を回避する「予防安全」の向上が重要なテーマとなっている。

安全性向上のほか、渋滞の解消、環境問題への対応などを目的として ITS (Intelligent Transport Systems: 高度道路交通システム) を用いた運転支援システムが推進されている。事故原因のほとんどはヒューマンファクタであるといわれており、ITS による情報提供や警報など、危険度に応じた適切な運転支援を行うことで事故の発生を予防できることが考えられる。しかし、画一的な支援では個人に適合できず、支援が万人に受け入れられない恐れが生じる。そこで、ドライバ個人の運転行動を蓄積し、モデル化を行った上で、現在の運転行動と比較し、蓄積された行動（通常の行動）から逸脱している場合に運転支援を行えば、「不必要な警報が頻繁に出る」といった状況が減少することが期待される。

我々は、この目的を実現するため、自然な状態でのドライバの操作行動および交通状況を同時に計測するシステム（ドライブレコーダ）を搭載した実験車を開発し、実路での運転行動を計測した。さらに、さらに、運転行動のモデル化を行うため、ベイジアンネットを用いた計測結果の解析を行った。

2. 運転行動計測のための実験車の開発

2.1 ドライブレコーダ

運転行動データを計測するために、ドライブレコーダを搭載した計測用車両を開発した[1]。ドライブレコーダのシステム構成を図1に示す。本システムは、D-GPS や広角レーザーレーダなどの各種センサ、6台のCCDカメラ、2台のマイク、信号処理装置、データ記録・制御用ノートパソコンで構成されている。ドライブレコーダによって、ドライバのアクセル、ブレーキ、ハンドル等の操作や、車両の位置、速度、加速度、姿勢等の情報およびレーザーレーダとカメラによる車両周辺環境情報などの計測・記録が可能である。図2にドライブレコーダを搭載した運転行動計測用実験車の外観を示す。本実験車は、被験者に威圧感のある計測器や計器類はなるべく目立たないように配慮されている。

2.2 実路計測

前節で述べた実験車を用いて実路計測実験を行った。実験は図2の実験車両4台を用いて、茨城県つくば市周辺の公道で行った。走行経路は、所要時間約30分程度の4コースを設定した。走行は、平日の予め決められた時間に出発して決められた目的地まで走行する通勤を想定した運転文脈とした。

被験者は男性16名、女性16名で平均年齢は37.8歳(22-57歳)、平均運転歴は15.1年(3-37年)であった。走行4コースに各4名を割り振り、4台の実験車で10分の間隔をおいて走行することで、各コースではほぼ同じ時間帯に走行できるようにした。1グル

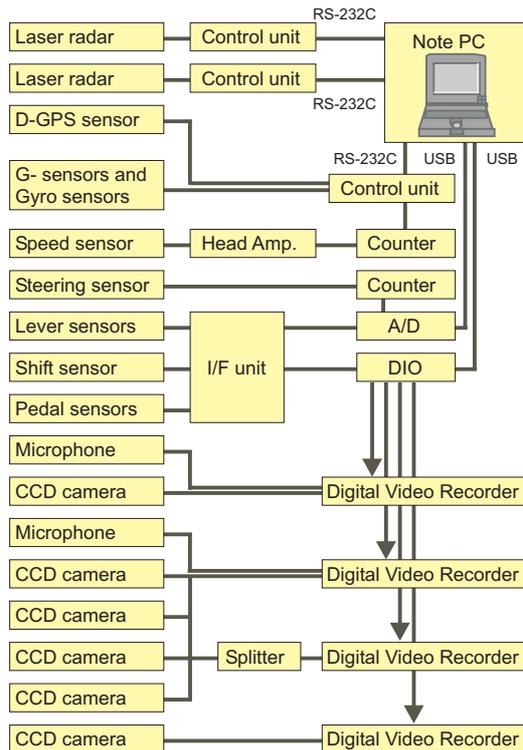


図1 データレコーダ構成図



図2 運転行動計測用実験車

ープ16名からなる2つのグループに分けて走行実験を行った。1日4コースで合計16名全員が走行し、最終的には各被験者が35~40トリップの走行を実施した。被験者は事前に出発地点から目的地までの経路を、地図を見ずに到達できるように練習走行を実施し。被験者には普段通りの運転方法で運転するように教示した。

2.2 実路計測

前節で述べた実験車を用いて実路計測実験を行った。実験は図2の実験車両4台を用いて、茨城県つくば市周辺の公道で行った。走行経路は、所要時間約30分程度の4コースを設定した。走行は、平

日の予め決められた時間に出発して決められた目的地まで走行する通勤を想定した運転文脈とした。

被験者は男性16名、女性16名で平均年齢は37.8歳(22-57歳)、平均運転歴は15.1年(3-37年)であった。走行4コースに各4名を割り振り、4台の実験車で10分の間隔をおいて走行することで、各コースではほぼ同じ時間帯に走行できるようにした。1グループ16名からなる2つのグループに分けて走行実験を行った。1日4コースで合計16名全員が走行し、最終的には各被験者が35~40トリップの走行を実施した。被験者は事前に出発地点から目的地までの経路を、地図を見ずに到達できるように練習走行を実施し。被験者には普段通りの運転方法で運転するように教示した。

出発地から目的地までの走行実験中は、継続してドライブレコーダにより計測およびデータ蓄積を行った。さらに「ドライバ状態の計測」として、走行前後にRASおよび身体負担に関する調査を行い、さらに走行後、運転疲労の要因チェックに関する調査およびNASA-TLXを実施した。

さらに、ドライバ・タイプの分類のため、最終走行終了後に運転スタイルチェックシート(DSQ)[2]、負担感受性チェックシート(WSQ)[2]、安全運転自己診断(SAS592)を実施した。

3. ベイジアンネットによる運転行動のモデル化

前章で述べたドライバの運転行動計測結果をモデル化するために、ベイジアンネット(以下BN)の構築を試みた。

3.1 ベイジアンネット構築

本発表においては、非優先(一時停止標識・表示あり)のT字路で左折する前の減速・停止を対象として、運転行動のBN構築を試みた。

停止するまでのドライバの主な行動を記述すると、

- ・アクセルを離す
- ・アクセルからブレーキに足を移動
- ・ブレーキを踏む
- ・ウィンカーを出す
- ・停止する(実際には停止しないことが多い)

である。このそれぞれの行動のタイミング(地点・速度)や、行動に伴う車両状態が相互にどのように関係しているかを、BNを用いてモデル化した。

モデル化のために用いたデータは、被験者6名の約240トリップのうち、先行車がない約100トリップである。

BN構築に用いたパラメータ（それぞれBN上のノードとなる）を表1に示す。パラメータは連続変数では構築が難しいので、5ランクに離散化した。「几帳面な運転傾向」はDSQによる運転スタイルの1項目で、2.0~3.5（0.5刻み）に分布するスコアをランク2~4に割り当てた。その他のノードのパラメータ（地点=停止線からの距離、速度、減速度）は小さい方から10%、20%、40%、20%、10%をそれぞれ「ランク1」~「ランク5」に振り分けることで離散化した。BN構築にはBN Power Constructorを用いた。

表1 BN構築用パラメータ

行動など	パラメータ
几帳面傾向	DSQスコア
アクセル離す(1)	速度
	地点（停止線までの距離）
ブレーキペダルに足を乗せる(2)	速度
	地点（停止線までの距離）
ブレーキを踏み始める(3)	速度
	地点（停止線までの距離）
最大減速度に達する(4)	速度
	地点（停止線までの距離）
ウィンカーを操作	速度
	地点（停止線までの距離）
停止する(5) (最低速度に達する)	速度（停止したときは0）
	地点（停止線までの距離）
(1)と(2)の時間差	時間
(1)と(3)の時間差	時間
(2)と(3)の時間差	時間
(3)と(4)の時間差	時間
(4)と(5)の時間差	時間

3.2 結果と考察

BN構築結果を図3に示す。

この図で矢印が張られたノード間では、それぞれのパラメータ（速度、距離、時間）の間に何らかの関係があることを示している。それぞれの関係について詳細をみてゆくと以下ようになる。

- 1) アクセルオフ地点が交差点から遠いほど、ブレーキに足を乗せるまでの時間が長い（アクセルに足を乗せたまま走りつづけている）
- 2) ブレーキ開始から最大減速度に達するまでの時間は、ブレーキ開始地点が遠いほど長くなる（遠くからブレーキをかけるときは一気に踏まず、少しずつ踏み込んでいる）
- 3) 几帳面傾向が高い人は、最低速度が低い傾向がある（交差点進入時に十分減速している）

ここで得られたノード間の関連は、5ランクに離散化されたそれぞれの事象が発生する条件付確率として記述されている。そこで、ある特定の運転行動を、得られたモデルに当てはめると、その運転行動がどの程度モデルに合致しているか（=当該運転行動が起こる確率）を求めることができる。もし合致度が低い（そのような行動をとる確率が低い）と判断されるならば、それを「通常の運転行為からの逸脱」とみなし、情報提供や警告など、必要な支援を行うことができる。たとえば、ブレーキ開始速度とブレーキ開始地点の関係を用いて、停止線に接近しているにもかかわらずブレーキを踏んでいない場合に警告を行うなどの支援が考えられる。

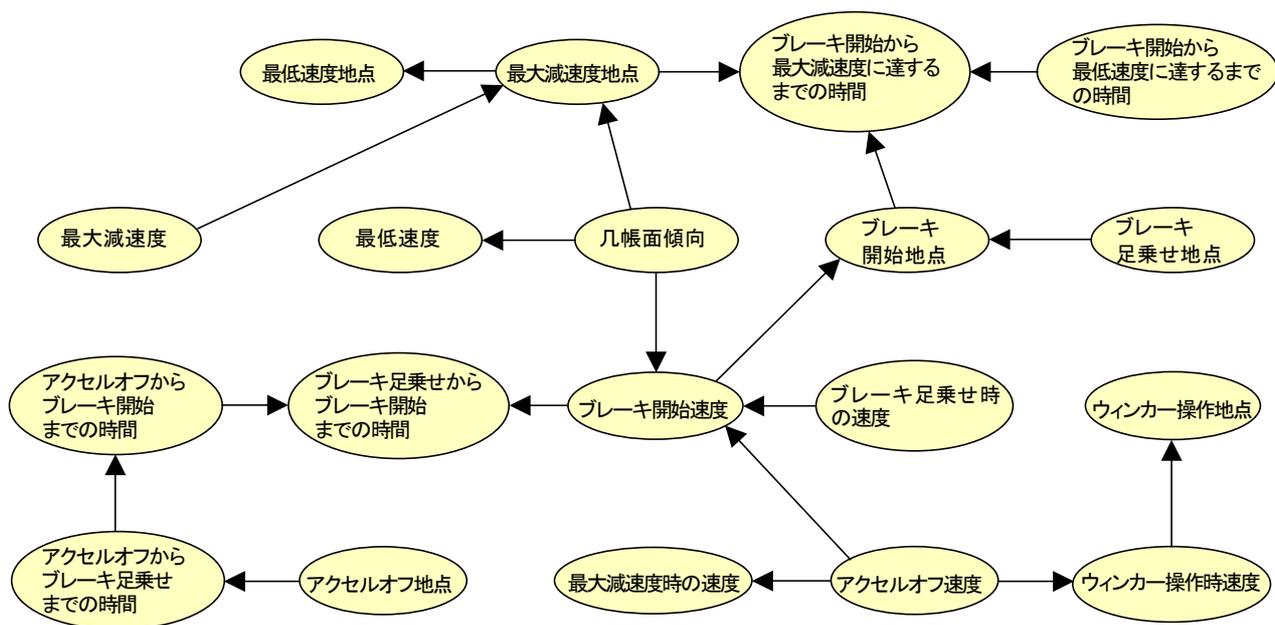


図3 ベイジアンネット構築結果

4. まとめ

個人に適合した運転支援技術の開発のためには、個人の癖や性格を考慮する必要があり、そのためにはまず個人ごとの運転操作の特徴を抽出する必要がある。我々は、この目的を実現するために、運転行動を計測するための実験車を開発し、実路を運転したときの運転行動データを計測した。さらに、運転行動データをモデル化するためにベイジアンネットを構築し、個々の操作に関するパラメータの相互関係を求めた。今後、他の運転場面でのモデル化やモデルから得られた条件確率分布を用いた支援方法の開発などを進めてゆく予定である。

なお、本研究は通商産業省工業技術院（現・経済産業省）の産業技術基盤研究開発プロジェクト「人間行動適合型生活環境創出システム技術」として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）からの委託を受けて、社団法人間生活工学研究センター（HQL）が実施したものである。

文献

- [1] 坂口、滝口、大桑、赤松：「ドライバの運転行動計測用車両の開発と運転行動データベースの構築」、自動車技術会 2002 春季学術講演会、28(2002)
- [2] 石橋、大桑、赤松：「運転者特性把握のための運転スタイル・運転負担感受性チェックシートの開発」、自動車技術会 2002 春季学術講演会、261(2002)