

# ドライバの情報処理の遅れに関する研究

日大生産工(院) ○伊倉智和 日大生産工 景山一郎

## 1. 序論

近年、度重なる法規制や車両安全対策の進展に伴い交通事故死者数は減少傾向にある。しかし交通事故件数は、自動車の普及に比例して増加の一途をたどっており、大きな社会問題となっている<sup>1)</sup>。ドライバは走行中様々な情報を得ることで進路を決定し、操作を行うまでに多くの情報を処理しなければならない。そのため交通事故発生的主要原因の1つとして、ドライバの認知・判断・操作ミスが挙げられる<sup>2)</sup>。

自動車の運転には情報を認知する能力、適切な判断力、車両を操作する運転能力、時々刻々変化する道路環境や車両状態量に対する反応速度や筋力などの様々な能力が必要とされる。ここでドライバのミスというのも一種の能力低下によって引き起こされた結果であると考えられるので、これらの能力の低下は自動車の運転において大きな影響を及ぼすと考えられる。従ってドライバの情報処理を解明し定量的に扱う事で、交通事故の要因解析や安全性にもつながるものと考えられる。

本研究では、ドライバの制御動作を定量的に取り扱うためドライバモデルを構築し、その内部において実際のドライバが行っていると考えられる、情報処理の遅れや予測動作を表現する手法の確立を行う。これによって、走行中ドライバが車両状態量等の取得により行う制御動作のための情報処理方法が解明できるものとする。そこで、本研究では、ドライバの反応時間の遅延にともなう、情報処理遅れや予測動作を解析するための第1段階として前方視野の制限を行うことで、予測動作の削除を行い、ドライバモデルの内部構造を検討する。その後ドライバの情報処理過程について解析を行う。

## 2. ドライバモデルの構築

### 2.1 入力情報

ドライバモデルとは、ドライバの制御動作を表現したモデルである。つまり、ドライバが処理している入力情報に対し、その時行われる制御動作を再現するものである。この制御動作を再現するためには、

実際にドライバが処理に用いているであろう入力情報、及び情報処理に要した時間について検討する必要がある。

まずドライバが車両に与える出力は、操舵、アクセル、ブレーキの3つがあげられる。ここで方向制御モデルを考える場合、ドライバの予想進路と車両軌跡が一致するために外乱や路面状況を考慮し希望角に一致させるためにステアリングトルクを用いているものと考え、ドライバの出力をステアリングトルクとする。

次にドライバが得る入力情報には、通常ドライバは周囲の道路形状などの環境情報と速度などの車両状態量を絶えず知覚し、現在の進路と希望進路との偏差を無くすよう車両の制御を行っていると考えられる。ここで車両情報とは実験によって得られた、操舵角、操舵角速度、操舵角加速度、前後方向速度、横方向速度、横方向加速度、前後方向加速度、縦方向加速度、横滑り角、ロール角、ピッチ角、ヨーレイト、ロールレイト、ピッチレイト、ヨー角加速度、ロール角加速度、ピッチ角加速度の計17個としドライバモデルを構築する。

### 2.2 ドライバモデル

ドライバの制御動作は、強い非線形性を持つと言われているが、車両の姿勢や経路を連続的に手動制御する場合には、ドライバの制御量の大部分はドライバが得る情報との間に線形な関係があると考えられる。そこでこれらの関係を表現する手法として線形的な取り扱いを行うことができるシステム同定手法である、重回帰分析を用いた<sup>3)</sup>。

重回帰分析とは出力情報を目的変数  $y$ 、入力情報を説明変数  $x_n$  とおき、入出力情報を線形関係式で導き出し、偏回帰係数  $a_n$  によって目的変数に対する各説明変数の影響度で分析を行う手法であり、以下の(1)式で表される<sup>4)</sup>。

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + \dots + a_n x_n \quad (1)$$

ここでは交差点やカーブにおけるドライバの情報処理を表現するため、横方向制御動作を表現するド

ライバモデルを構築する。

実際にモデルを構築する際、重回帰分析では入力情報間の相関が高い場合、重回帰係数の標準誤差が非常に高くなる多重共線性の問題が発生する。この問題を回避するため、各入力情報間においてステップワイズ法を用いて入力情報の選定を行った。

### 2.3 モデルの入出力関係の検討

通常ドライバは車両状態量を知覚した後、人間内部の情報処理過程を経て、操舵を行う。ドライバは知覚した情報を元に現在までの経験や知識などから将来の情報の予測を行い、車両を制御することが考えられる。また知覚している情報と過去の車両状態量から判断し、車両を制御する情報処理の遅れをもつことが考えられる。そこでドライバへの入力情報にこれらを考慮する必要がある。しかし入力情報である車両状態量は情報が単体で発生することはまれであり、状態量はそれぞれが複雑に関係し合っていると考えられる。よって重相関係数で入出力関係を検討する。モデルへの入力情報がモデルの出力情報に対して、最もマッチングをよくすることで、本来ドライバが情報処理に用いている情報を表現できる。よって1入力情報ごと出力情報に対し、0.01秒ごとずらしながら重回帰分析を行う。これによって算出された結果をドライバへの入力情報に対する操舵の情報処理の遅れ時間とする。重回帰分析を用いて算出することで、入出力関係を連成的な関係でおきながら、各情報の情報処理の遅れ時間の算出が行えた。ここで重回帰分析の決定係数が最大となるように評価関数を決定し、最もマッチングを良くする観点から、最急降下法を用いた。ここで算出した情報処理の遅れ時間の上限は±1.0秒とし、マイナス方向をドライバの情報処理遅れ、プラス方向を予測動作とした。ここで算出された情報処理の遅れ時間をモデルの入力情報に考慮し、重回帰モデルを構築した。

## 3. 実車実験

### 3.1 操舵におけるドライバの情報処理

上述のドライバモデルを構築し、算出した情報処理の遅れが実際の遅れ時間とどのような関係にあるのか検討するため実車実験を行った。

通常運転は予測的操作と視覚、体感等による修正的操作により操作をしていると考えられるため、ドライバへの道路形状からの予測操作を制限する実験を実施した。

### 3.2 実験方法

実験には国産2200CCの前輪駆動乗用車を用い、Fig. 1の示すスラローム区間にて、ドライバの予測操作を制限するためにフロントガラスの一部にマスキングを行い視界の制限した状態で走行した

(Fig. 2)。走行速度は20～40km/hの低速で行い、視界の制限の度合いを10, 20, 30m、視界制限なしと変化させて走行を行った。被験者は、週5～6回自動車を運転する運転頻度の高い若年ドライバとした。被験者の自然な運転動作を計測するためには、ドライバが実験車両の運転に十分慣れている必要がある。そこで実験前に被験者には実験車両において習熟走行を行わない、十分に慣れたことを確認した後実験を行った。また実験を進めていくとパイロンの間隔に慣れてしまい、情報処理ではなくプログラム操舵になってしまうことが考えられるため、2走行毎にパイロン間隔を変化させて実験を行った。

これにより、ドライバから予測操作を分離し、ドライバ本来の各情報に対する応答遅れを計測できる。また視界の制限の度合いを変化させることにより、予測距離が情報処理にどのような影響を与え、情報処理の遅れ時間がどのように変化するか観察する。これにより、現在までに行ってきたドライバモデルの検証する。

## 4. ドライバの制御動作解析

### 4.1 モデルの検証

本モデルは、ドライバが行った制御動作を再現することを目的とするため、ドライバモデルから得られた結果がどの程度実験値を表現しているのか検証する必要がある。そこで構築したモデルの検討をふまえて、Fig. 3に30km/h時の実験結果となるハンドルトルクの実験値とモデルの結果により得られた解析値を示す。細かな部分では再現できていない部分も見られるが大部分は一致し、実験値と解析値との

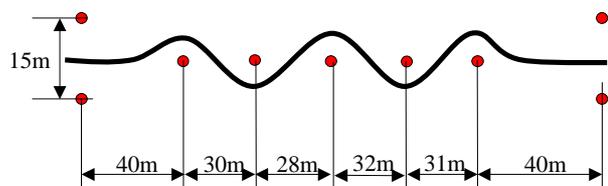


図1 走行コース

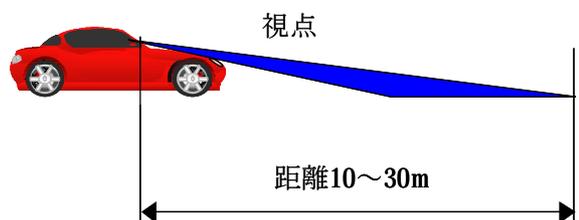


図2 視界制限状況

決定係数も  $0.96$  と高いことから、本モデルにおいて、ドライバの制御動作を十分再現したものと考えられる。

#### 4.2 情報処理の遅れに関する検討

算出した情報処理の遅れ時間について実験条件ごとの比較を行う。ここでは特徴的な結果の得られた  $30\text{km/h}$  時の解析結果について Fig4 示し検討を行う。まずスラロームを行う場合に必要となる、横方向の情報である横方向速度、横滑り角、ロール角、ヨーレイト、横方向加速度についての情報処理の遅れ時間に着目し、算出した結果を図4に示す。これらの情報の傾向として視界制限の幅が大きい程、情報に対して操舵を行うまでに要する時間が大きくなっていることがわかる。これは視界を制限することにより一定の距離に近づくまで、スラロームをするべきパイロンを認知することが出来ないため、通常の操作のように現在の情報と視覚情報から将来の操作をあらかじめ予測しておくことが出来ない。それによって情報を得てから処理を行うため、視界制限が無い状態に比べ、大きな値を示していると考えられる。また視界の制限距離が  $30\text{m}$  の条件と制限なしの条件の場合での結果の変化が少ないのは、 $30\text{m}$  先の情報を得られることによって、パイロンを認識してから予測を行うまでに十分な時間が得られているためと考えられる。

逆に前後方向、ピッチ情報に関しては視界制限の幅と情報に対する操舵を行うまでに要する時間に関係を見ることが出来ない。これは前後方向、ピッチ角情報に関しては、現在横方向制御モデルを構築しているため、また、実験条件でも一定速で行っているため、前後方向の制御は行っていないためだと考えられる。

これらの結果よりに視界を制限したことによって、情報を入手してから情報処理を行い、操舵を行うまでの人間内部の情報処理過程に要する時間が算出されていると考えられる。

#### 4.3 ドライバ運転動作解析

次にモデルの評価を横方向制御動作に対する各説明変数の影響度の比較によって行う。影響度の比較には、各説明変数が目的変数に対してどのくらい重要性を持っているかを相対的に比較することが出来る標準偏回帰係数の絶対値を用いた。これは説明変数、及び目的変数の各平均値を  $0$ 、標準偏差を  $1$  として無次元化し、重回帰分析を行うことで得られる。以下に横方向モデルにおけるドライバの運転動作の違いに着目した解析結果を示す。ここで視界を制限した距離によってドライバの情報処理過程がどのように変化するのか比較を行う。 $30\text{km/h}$  時の視界制限距離変化の解析結果を図5に示す。

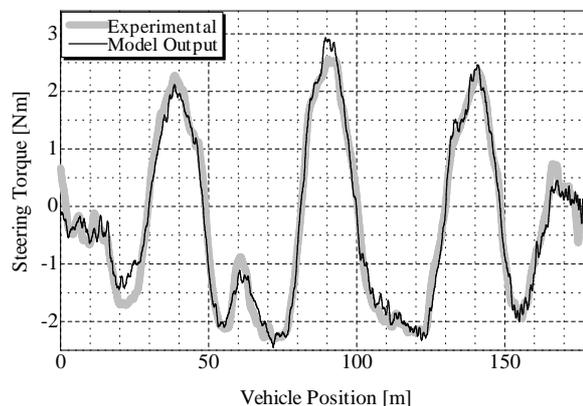


図3 実験値と解析値の比較

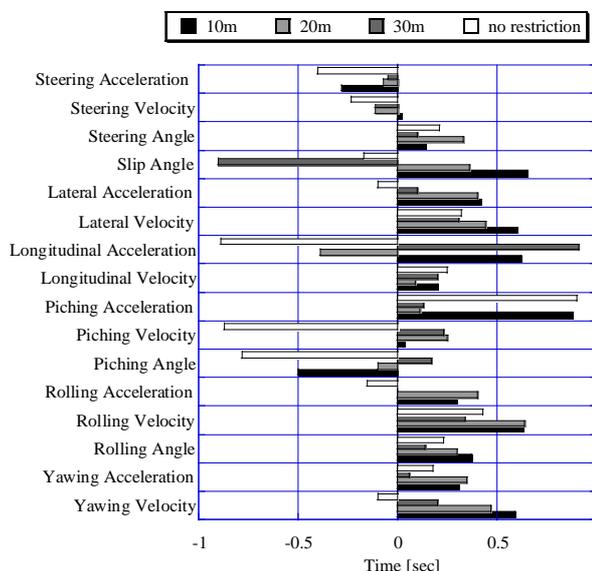


図4 情報処理の遅れ時間の比較

ここで制限距離毎に特徴的な情報を観察していくと、各条件で操舵角、操舵角速度、ヨーレイト、横方向加速度など横方向情報に対し大きな寄与度を持っていることが分かる。試験がスラロームであるため、操舵に必要な横方向情報を重視しているためだと考えられる。

また操舵角、ヨーレイト、横方向速度の情報に関しては前方情報制限幅が小さくなるほど、これらの情報を重視する傾向があることが観察できる。逆に横方向加速度、ヨー角加速度、操舵角加速度などの情報は制限幅が大きくなることによってハンドルトルクへの寄与度が大きくなっていることがわかる。これは制限距離が小さい場合、ドライバは前方の予測を行うことができ、パイロンを認識してからどういった操舵をするべきなのか情報の処理を行い、予測を行うことが出来るためだと考えられる、逆に制限距離が大きくなることでドライバは将来の操舵を

予測することが出来ないため、微分項の情報を重視することで、現在の車両状態量に対する変化量に対して操舵を行っているためだと考えられる

## 5. 結論

本研究ではドライバの情報処理過程について検討を行うため、ドライバが用いる情報から制御動作を再現するドライバモデルを構築し、その後要因解析手法によりドライバの情報処理過程を示した。本ドライバモデルはドライバの情報処理の遅れをモデルより情報処理の遅れが各入力情報異なることを表現する手法であり、走行環境の条件によって手法の確認を行い正当性を示すことで本解析を行った。以下にその結果を示す。

- 1) ドライバの情報処理の遅れが各入力情報ごとに異なることを示すとともに、走行条件や環境条件によってドライバが予測動作や情報処理の遅れに違いがあることを示した。
- 2) 構築したドライバモデルから、ドライバの制御動作を十分に再現できることを示した。
- 3) ドライバに視界を制限させ実験を行うことで、モデルから算出した結果が人間の情報処理過程で考えられる処理の遅れ時間に近いことを確認した。

本研究ではドライバの情報処理過程の手法確立を目的とし、ドライバの情報処理の遅れや予測動作が各入力情報に異なることを示した。これにより重回帰分析によるモデルより、ドライバ内部の情報処理

を精度良く表現することが出来るようになった。また、情報処理の遅れを考慮することで、本来ドライバが自動車運転時に行っている情報処理過程を検討を行うことが出来るようになった。モデルよりドライバが運転時に情報をどのように知覚し、情報処理を行っているのかを示し、運転特性の傾向が検討できる可能性を示した。

今後ドライバの情報処理過程の違いを明確に表すことにより運転の質の変化の検出や年齢等の個人差が算出できるようドライバモデルの構築を進めていきたい。

## 6. 参考文献

- 1) 交通安全白書総務省編：大蔵省印刷局（平成14年版）
- 2) 井口雅一：人間機械系，共立出版，(1970)
- 3) 大西信太郎：多変量解析によるドライバモデルの構築とその操縦動作の因子解析に関する研究，自動車技術会学術講演会前刷集，No. 92-00, pp25-28(2000)
- 3) 菅民郎：多変量解析の実践(上)，現代数学社（1998）
- 4) 宇野宏，藤田和男：通常走行における高齢ドライバの運転特性に関する研究，自動車研究，Vol. 24, No. 1, pp. 33-36（2001）
- 5) 堀口明伯，末富隆雅：ドライビングシミュレータを用いた運転者のヨー方向感覚特性の研究，自動車技術会学術講演会前刷集，931, pp85-88（1993）

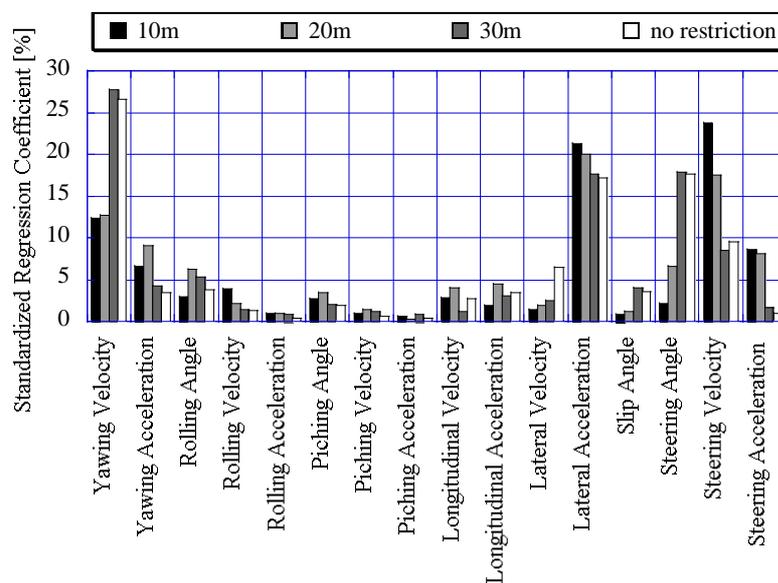


図5 ハンドルトルクに対する標準偏回帰係数