

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2007～2008
 課題番号：19760177
 研究課題名（和文）
 機器操作タスクが自動車運転行動に及ぼす影響
 研究課題名（英文）Effect of In-Vehicle Operation Task on Driving Behaviors of Automobile
 研究代表者
 和田 隆広（WADA TAKAHIRO）
 香川大学・工学部・准教授
 研究者番号：30322564

研究成果の概要：

IT技術の進展に伴い、自動車などの一般交通機械にも様々な機器が導入され、交通安全の向上および、利便性の向上が図られている。一方でこのような車載機器はドライバの注意散漫などを誘発し、事故発生リスクを増加させる可能性がある。そこで本研究ではまず機器操作タスクによって生じる操作性の影響を調査するため、ドライバモデルの構築を行った。またシミュレータ実験を実施し、機器操作タスクによって生じる運転操作への影響を明らかにした。さらに導出したドライバモデルのパラメータ同定法を導出した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	2,000,000	0	2,000,000
2008年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	390,000	3,690,000

研究分野：知能機械システム、人間機械システム

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学、機械システム

キーワード：ワークロード、フィジカルタスク

1. 研究開始当初の背景

情報化の進展により、自動車などの一般向け交通機械内にも様々な情報機器が導入されつつあり、ドライバに与えられる情報が増加している。これに伴いドライバは運転に直接関係の無い付加タスクを実行する頻度が増加し、本来の安全運転へ悪影響を及ぼす可能性がある。例えばカーナビゲーションなどの機器は視線移動やオペレーションのしやすさを考慮して配置や設計を行う必要がある。そこで本研究では人間機械系として見た場

合に、ドライバの運転パフォーマンスに上記のような付加タスクがどのような影響を及ぼすかを解明し、安全なインタフェース設計などへつなげることを目的としている。付加タスクは以下の3種類に分類できる。1) 機器ディスプレイの注視など視線をそらせたり、音声情報へ注意をそらせる「Perceptual task」、2) 思考などによって注意分散を生じさせる「Mental task」、3) ボタン押しなどの操作によって本来の運転に用いる操作機能を低下させる「Physical task」である。それぞれのタスクは人間の認知・判断・操作

のシーケンスに対して悪影響を及ぼし、結果として自動車運転操作および車両運動へ悪影響を及ぼす。そこで認知・判断・操作のシーケンスに配慮したインターフェースデザインを行うことが安全上重要である。

2. 研究の目的

そこで本研究では機器操作タスクに伴うフィジカル、メンタルな負荷による主運転操作行動への影響を解明することを目的とする。具体的には姿勢変動を伴うリーチングタスクを中心とし、そのようなタスクが運転操作に与える影響を実験的に調査し、それがドライバパフォーマンスとしてどのような点に現れているのかをドライバモデルを解析する。一方で運転操作性の定量化についても、筋電位との関係から明らかにする。本報告書では紙面の都合上、リーチングタスクが運転操作に及ぼす影響を中心に記述する。なおここではリーチングを伴うタスクを **Physical Workload (PWL)** と呼んでいる。

3. 研究の方法

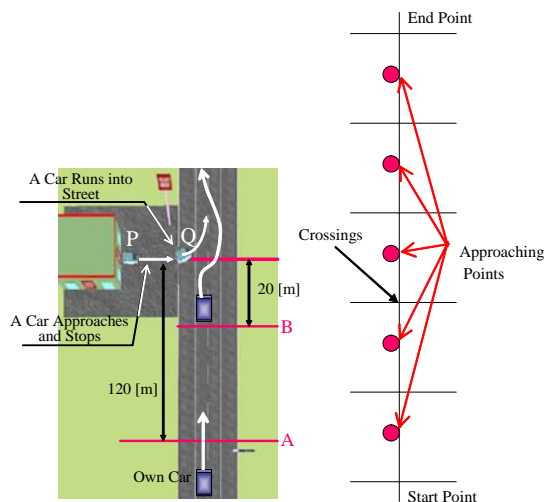
3.1 緊急回避実験

本節では、PWL 付加時の操舵による回避性能を評価するために、車両が飛び出してくる緊急状況での実験を行った。緊急状況の視野画像の一部を図 1 (a)に示す。また、図 1 (b)に示すように、交差点を含む直線道路に、道路脇の駐車場から出ようと道路に近づいてくる車両が存在するポイントが 5 箇所あり、このうち 1 箇所のみで危険車両が自車前方に割り込んでくる。以下、この条件について説明する。危険車両が存在する各々のポイントで、自車がライン A を通過した後、危険車両が点 P から移動を開始し、点 Q にて停止する。5 箇所のポイントのうちランダムに 1 箇所のみで自車がライン B を通過後、危険車両が自車進行中の車線に進入する。このときの自車と危険車両との距離 d を 20m と設定した。自車の速度は 60km/h 一定とし、回避条件はステアリングのみである。なお、対向車はいないことを前提とし、右側に回避するよう指示した。PWL の対象は実験 I と同様 a) ハザードランプ、b) 助手席、c) ダッシュボードである。また、行動戦略は iii) 体のみであるが、具体的には、対象に腕を伸ばしたままの状態で行うこととした。被験者は、20~23 歳の学生 6 名である。各実験 2 回ずつ測定を行った。

PWL 課題による姿勢の変化を計測するため、モーションキャプチャ(応用計測研究所製 QuickMagIV)を使用した。測定点は、顎、両肩、両肘、両手首の 7 点である。また、運転時の眼の動きを計測するため、アイマークレコーダ(ナックイメージテクノロジー社製 EMR-8B)を使用した。



(a) One Scene of Steering Avoidance



(b) Experimental Condition

図 1 実験コース

実験に用いた DS を図 2 に示す。アクセル・ブレーキペダル、ステアリングにはそれぞれエンコーダが取り付けられており、カウンタボードを介して PC に接続されている。ドライバの操作量に基づいて PC で計算された車両の位置と角度から走行映像を作成し、ドライバ前方 2.3 [m] のスクリーンに投影している。

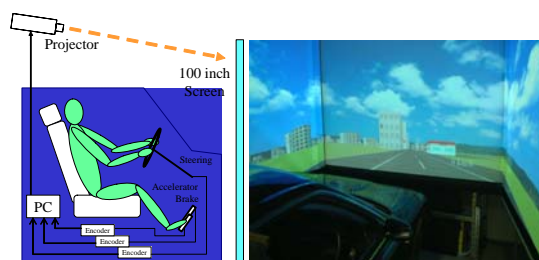


図 2 ドライビングシミュレータ

4. 研究成果

(1) 実験結果

図 3 に自車がライン B を通過した時刻を基準とした全被験者の PWL 対象毎の操舵角を示す。ただし紙面の都合上、ここでは最も影響の大きかったタスク (c) ダッシュボードと、基準となる (d) Notask のみ示す。図中の太い実線は実験を行った被験者 6 名の平均を表す。まず、飛び出してきた車両を回避するために、右に操舵し、車両を回避した後、元のレーンに戻っている。被験者、実験毎にばらつきが

見られるが、PWLを付加することにより、回避終了後に操舵角のオーバーシュートが起こっており、PWLの対象がa), b), c)の順にオーバーシュート量が大きくなっている。また、オーバーシュートのピークの時刻を見比べると、PWL対象がa), b), c)の順に早くなっていることが分かった。さらに、PWL対象a), b), c)の順に振幅が大きくなっている。これらのことから、PWLを付加することにより、すばやく操舵することは出来るが、細かい操舵が行い難くなっていると考えられる。

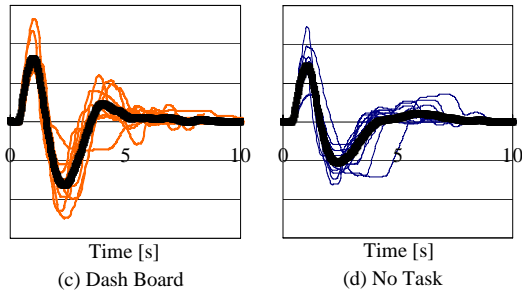


図3 操舵行動の結果

(2) 機器操作タスク付加時のドライバモデルの構築

図1に示すとおり、ドライバモデルは、視覚情報に関わる車両位置の予見・予測部の一次進み、体の動きに伴う操作性を考慮した応答部の一次遅れおよびむだ時間から構成される。これら、むだ時間、予見・予測部、応答部をそれぞれ式(1)~(3)に示す。また、式(1)~(3)によるドライバモデル全体を式(4)に示す。

$$G_{Lag} = e^{-s}, \quad (1)$$

$$G_{eye} = 1 + T_{eye}s, \quad (2)$$

$$G_{body} = \frac{k_{body}}{1 + T_{body}s}, \quad (3)$$

$$\frac{\delta}{y_r - (y + L\psi)} = k_{body} \frac{1 + T_{eye}s}{1 + T_{body}s} e^{-s} \quad (4)$$

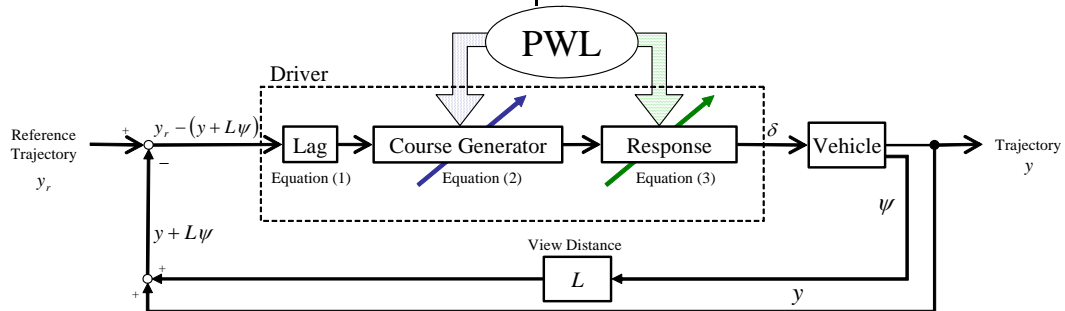


図4 機器操作タスクを加味したドライバモデル

ここで、 T_{eye} , T_{body} はそれぞれ予見・予測部、応答部での時定数を表す。また、 k_{body} は、応答部でのゲインを表し、 τ はむだ時間を表す。これらのパラメータについて考えると、PWLを付加することにより脇見が生じ、視覚情報が遮断されるために予見・予測部の T_{eye} が変化すると考えられる。また、PWLによる体の動きは、操作性に関わると考えられ、 k_{body} , T_{body} に影響すると考えられる。

ここで、人間-車両系としては車両の予測位置と目標位置の偏差をフィードバックする前方注視モデルを使用する(図5)。また、車両モデルは以下のような横方向、重心回りの回転に関する2自由度モデルである。

$$M\dot{y} = F_f + F_r, \quad (5)$$

$$I_z\ddot{\psi} = A_f F_f - A_r F_r, \quad (6)$$

$$F_f = -C_f \frac{\dot{y} - V\psi + A_f \dot{\psi}}{V} - \delta, \quad (7)$$

$$F_r = -C_r \frac{\dot{y} - V\psi - A_r \dot{\psi}}{V}, \quad (8)$$

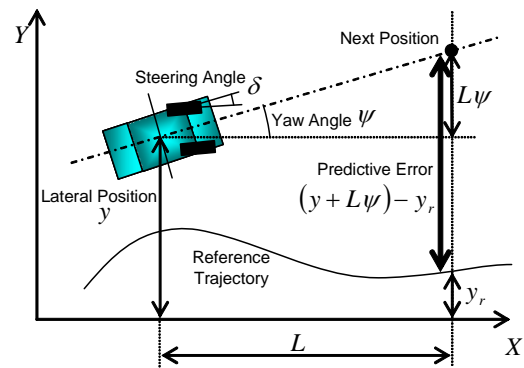


図5 前方注視モデル

(3) ドライバモデルを用いた操舵行動の計算結果

ここでは実験結果で得られた操舵行動の変化について、前節で導出したドライバ-車両モデルのシミュレーションにより検討

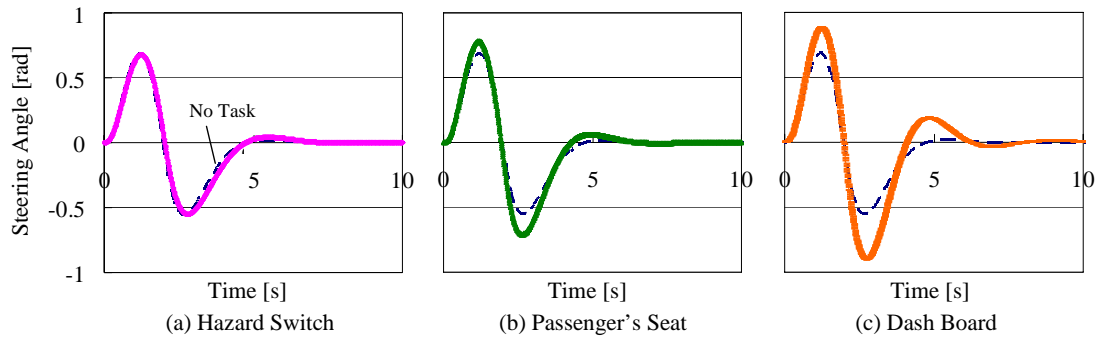


図6 シミュレーション結果

する。実験Iの結果を元に、時定数 T_{eye} , T_{body} , むだ時間 τ , パラメータゲイン k_{body} を決定し、目標変位をサインカーブで近似

した。図6 (a), (b), (c)にシミュレーションの結果を示す。図中 PWL を負荷しない場合を点線で示す。PWL 対象 a), b), c)の順に、回避後のオーバーシュートが大きくなっている。また、図6 (b), (c)では、No Task, a)ハザードランプに比べ、オーバーシュートのピーク位置が早くなっている。さらに、PWL 対象 a), b), c)の順に振幅が大きくなっている。これらの傾向はドライビングシミュレータによる操舵回避性能実験の結果と同様であり、緊急回避動作に及ぼすPWLの影響を検証した。

(4) 機器操作タスクによるドライバモデルのパラメータ変動の同定結果

機器操作タスクが操作行動に与える影響を、ドライバモデルのパラメータ変動として表現することを考える。モデル同定は非線形最適化問題を解くこととなるため、ここでは遺伝アルゴリズムGAを用いた。

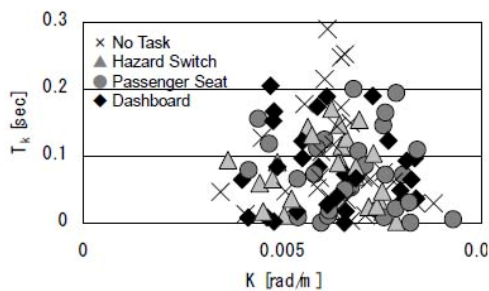


図7 パラメータ同定の結果

図7に同定結果を示す。ここでは明らかな傾向を見受けられなかった。この理由について考察する。ヒトは機械的インピーダンスの調整能力を有しており、これが器用な動作の実現に重要と考えられている。運転時にも機械的インピーダンスが状況に応じて調整されていることがわかっている。そこでドライバは運転姿勢の変化に伴うパラメータ変動に

対して自らの腕のインピーダンスを変化させ、ドライバモデル全体として見た場合にその影響が小さくなるようにしていると考えられる。

なおここでは省略したが、主運転タスクにおける手腕の機械的特性の定量化が重要と考え、手腕の筋電位計測に基づくハンドル操作性との関係性の研究を実施した。ハンドルのトルクを制御できる反力装置を用い、ハンドルの機械インピーダンスを変化させ、ワインディングロードを運転させた際の操作のしやすさと、筋電位出力、さらに操舵角などの運転に関わる各種変数との関連を調査した。その結果、押し回し操舵時には上腕三頭筋が反力設定変化の影響を受けやすく、適度に操作性が高くなる筋活動の大きさが存在することを示唆した。

以上から、機器操作タスクによる運転操作出力の変動に関するマクロモデルと、操作のしやすさに関する特徴が得られたため、両者の関連性を明らかにすることで操作性低下の原因と、ハンドル周りの反力設定変化による支援システムの構築へとつなげることが今後の課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件, 査読有)

- ① Asao, T., Wada, T., and Doi, S., "Analysis of Driving Performance with Reaching Task", Proceedings of 9th International Symposium on Advanced Vehicle Control, Oct., Kobe, Vol.1, pp.444-448, 2008.
- ② 朝尾隆文, 和田隆広, 土居俊一, 塚本一義, "リーチング動作時の運転行動の解析", 自動車技術会論文集, Vol.38, No.6, pp.271-276, 2007

〔学会発表〕（計 1 件）

- ① 内藤康貴, 和田隆広, 土居俊一, ”自動車ハンドル操作時の筋活動の解析”, 第 41 回日本人間工学会 中国・四国支部大会, 2008 年 11 月 22 日, 広島

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 隆広 (WADA TAKAHIRO)
香川大学・工学部・准教授
研究者番号：30322564