

ペダルトラッキングを用いた副次課題法の画面表示の検討

Effects of display images in pedal tracking as probe-task in subsidiary task procedure

宇野 宏 *1
Hiroshi UNO

中村 之信 *2
Yukinobu NAKAMURA

Abstract

The authors' previous research revealed that PC-based "pedal tracking," which controlled the simulated headway, was a suitable probe task in the subsidiary task procedure for assessing cognitive demand from operating in-vehicle information devices. This article examined the tracking performance in various display images to improve the utility of pedal tracking. The results suggested that simple and low stimulus-intensity images were beneficial and that there were different sensitivities of performance measures for "line-segment" and "square" display images.

1. はじめに

音声操作を主体とする情報機器タスクでは、認知負荷によるドライバの情報処理の障害が、運転行動に影響する可能性がある。しかし、認知負荷を直接測定する方法は未だ明らかでないため、現時点では、静的台上で評価対象タスクと成績測定作業を同時実施する副次課題法の手続きで情報処理資源の減少を推定する方法が有用と考えられる。

認知負荷による走行時影響に感度のある副次課題法として、筆者らはペダル操作により車間距離相当値を制御するトラッキング作業を成績測定作業とする方法を提案した¹⁾。ペダルトラッキングは、連続作業であるために時分割の対処方略が用いられにくく²⁾、操作モダリティが評価対象タスクと競合しない点、ならびに視覚的予見性が小さいため作業者自身が処理資源を消費して動揺方向を「予測」する必要があり、認知負荷による影響を受けやすい点に利点があると考えられる³⁾。

ただし、ペダルトラッキングの作業成績が全般に良好である場合には、タスク間の差が検出されにくいことが指摘されている⁴⁾。例えば、トラッキング作業に用いる画面表示として、制御対象が車間距離相当値であることを直感的に理解しやす

い表示を用いると、トラッキング作業が全般に容易になり、評価対象タスクの影響が現れにくくなる懸念がある。また、表示要素の着色等により刺激強度が大きい画面表示を用いると、トラッキング作業への注意配分が増し、相対的に評価対象タスクへの注意を減じて、結果として感度が低下することも懸念される。

そこで本稿は、ペダルトラッキングの画面表示による影響を調べることで、情報機器タスクの影響を評価する副次課題法に用いるにあたっての留意点を抽出することにした。

2. ペダルトラッキング作業の仕様

アクセルペダル操作により、先行車との車間距離を模擬した制御対象を許容幅(20~30m 範囲相当)内に収める補償トラッキング作業を作成した。

Fig. 1 にトラッキング作業の制御系を示す。

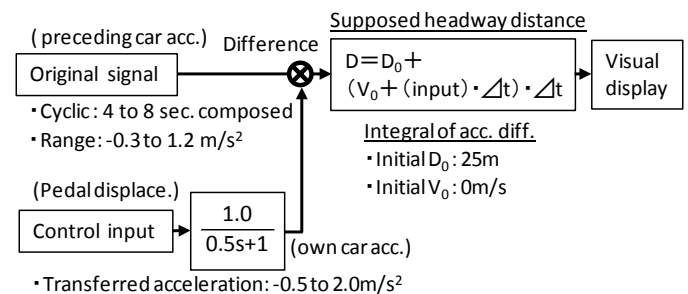


Fig. 1 Control system of pedal tracking task

*1 一般財団法人日本自動車研究所 安全研究部 博士(学術)

*2 一般社団法人日本自動車工業会 HMI分科会

市販のゲーム用ペダル、パーソナルコンピュータ、19インチCRTディスプレイを用いて設定した。ここで、周期と位相の異なる4つの正弦波を合成した変動信号を先行車の加速度相当値、実験参加者によるアクセル操作量の一次遅れ系を自転車加速度相当値、初期車間距離は許容幅の中央値、初期速度は0m/sとして車間距離相当値を求めた。

画面表示として、Fig. 2に示す単純図形（線分表示，方形表示）と詳細図形（図案表示）を設定した。19インチCRTディスプレイにて、前報^{1,2,3)}と同様の車間距離相当値を「線分」位置として表示する条件と、先行車背面に相当する「方形」または背面の「図案」が車間距離相当値に応じてサイズ変化する条件を設けた。

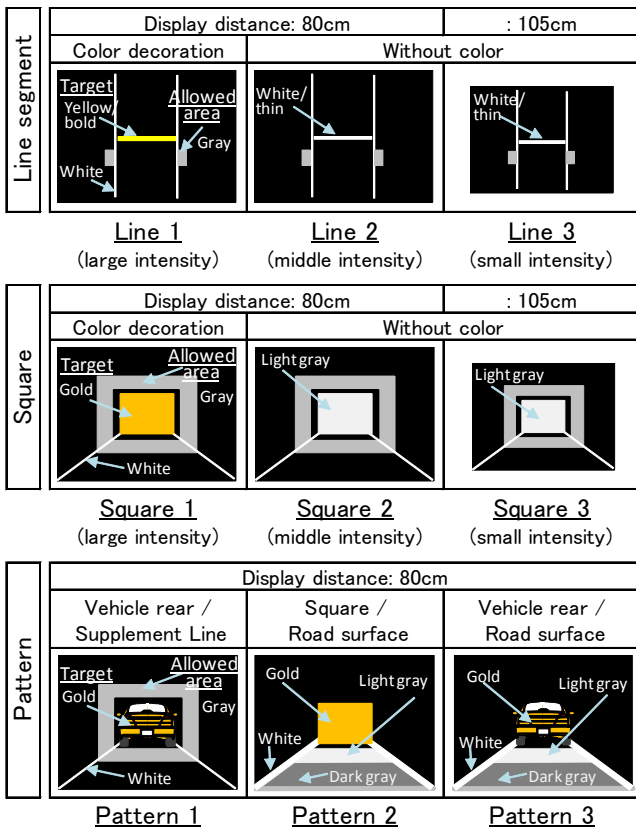


Fig. 2 Display images of pedal tracking tasks

線分表示では、トラッキング画面上方を遠方とする0~80m相当の範囲で上下に揺動する横線分を表示し、許容幅の範囲内に横線分を収めることを求めた。方形表示と図案表示は、先行車背面幅を1.8mとして車間距離相当値から求めた視角度に応じて、トラッキング画面中央を無限遠点、車間距離10mの視角度を画面全体とする比率で表

示し、許容幅を示す帯状の枠の範囲内に方形あるいは車両背面図案の外枠を収めることを求めた。

線分表示と方形表示では、色強調（有/無）と画面までの距離（80cm/105cm）により刺激強度の異なる3条件を設けた。図案表示では、先行車相当図形（単純方形，背面図案）と補助線（単純直線，路面図案）を組合わせた条件を設けた。

3. 評価対象タスク

表1に示す携帯型情報機器のタスクを設定した。スマートフォン型（NTT DOCOMO SC-02B）とタブレット型（同SC-01C）共通のタスクとして、VM1s/t（ネットラジオ選局；手操作のみ3回）、VC1s/t（地図上での周辺施設の音声検索；手操作4回+音声入力1回）を設定した。タブレット型では、VC2t（音声ツイッタ（1文節）；手操作6回+音声入力1回）、VC3t（音声入力模擬；手操作8回+音声入力4回（各5秒間の発話））、VC4t（音声入力模擬（音声主体）；手操作1回+音声入力4回（各5秒間の発話））を設定した。VC4tは、音声入力回数は多いが手操作ステップ数は1回のみであり、音声操作に特化したタスクとして設定した。

Table 1 Assessed tasks

| Digital assistant device task | Manual | Voice inputs |
|--|--------|---|
| Smartphone | | |
| VM1s Net-radio tuning | 3 | |
| VC1s Facility location search | 4 | 1 Facility name |
| Tablet | | |
| VM1t Net-radio tuning | 3 | |
| VC1t Facility location search | 4 | 1 Facility name |
| VC2t Voice twitter (1 short sentence) | 6 | 1 One sentence |
| VC3t Voice input with much manual operations | 8 | 4 Four categories for 5s each •Prefectures •Supermarkets •Restaurants •Stations |
| VC4t Voice input with few manual operations | 1 | 4 |

VM: Visual Manual task, VC: Voice Control task

4. 走行時影響のリファレンスデータ

テストコースでの先行車追従走行中に上記各タスクの実施を求め、15名のドライバ（年齢25~55歳）の横位置変動性（車両外側と車線区分線との距離の最大値と最小値の差）と車間距離変動性（車間距離の最大値と最小値の差）を集計したところ、両指標でタスク間の大小関係は概ね一致した⁵⁾。

ただし、Fig. 3 に示すように、音声操作に特化した VC4t では、手操作ステップ数が多く音声入力数の少ない VC2t に比して、横位置変動性は小さく、車間距離変動性は大きかった。これは、走行時の横位置変動性は主に視認手操作負荷の影響を反映するのに対して、車間距離変動性は視認手操作とともに音声操作による認知負荷の影響を反映することを示唆する。そこで本稿では、車間距離変動性を走行時影響のリファレンスデータとした。

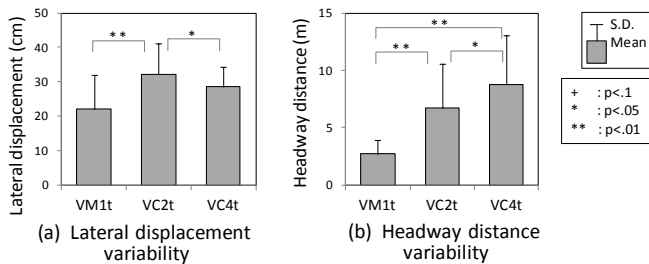


Fig. 3 Illustrations of driving impacts ⁵⁾

5. トラッキング画面表示の影響

5.1 方法

走行時影響に特徴がみられた評価対象タスクとして、タブレット型の VM1t (車間距離変動性小)、VC2t (同中程度)、VC4t (車間距離変動性は VC2t より大、ただし横位置変動性は VC2t より小) を選択した。トラッキング作業の 9 条件毎に実験セッションを設定し、3 通りの評価対象タスクとの同時実施試行をランダム順に行った。試行時間は 65 秒間とし、この間はタスクを反復して実施した。実験参加者には「評価対象タスクとトラッキング作業の両者へ注力すること、相対的優先度は評価対象タスクにおくこと」を教示した。トラッキング作業成績の分析期間は試行開始 5 秒後からの 60 秒間とした。事前に実験目的と実施内容を説明して参加の了承を得た男女ドライバ 12 名 (年齢 26~59 歳、運転歴 8~41 年) を参加者とした。

5.2 結果

分析期間中に許容幅から逸脱した時間比 (逸脱時間比) を集計した結果を Fig. 4 に示す。線分表示 (Line) と方形表示 (Square) では、タスク間の大小関係は VM1s < VC2t < VM4t の順であり、走行時の車間距離変動性の大小関係と整合した。一方、図案表示 (Pattern) では、先行車相当図

形と補助線の意匠によって大小関係が変化した。

画面表示を詳細化すると意匠の違いによりトラッキング作業成績が影響されるため、図案表示よりも線分や方形の単純図形を用いる方が有利とみられる。また、線分表示と方形表示では、いずれの刺激強度でもタスク間の見かけの大小関係は同様であるが、有意差の数と有意水準からは、刺激強度の小さい「色強調なし/視距 105cm」条件 (Line 3, Square 3) が、車間距離変動性の大小関係を、より適切に再現するとみられる。

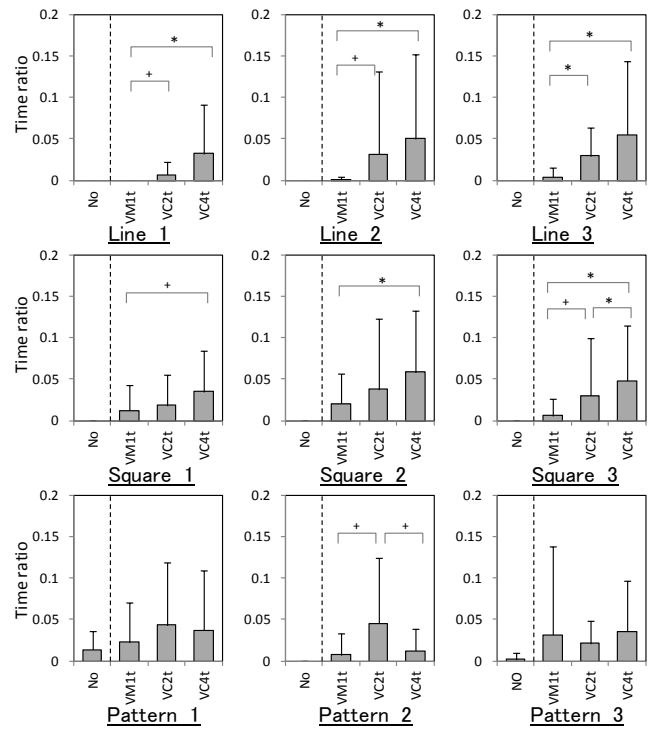


Fig. 4 Deviation ratio

6. 妥当性の確認

画面表示として適当とみられる線分表示 (Line 3) と方形表示 (Square 3) のトラッキング作業を、前掲表 1 の評価対象タスクと同時実施し、成績指標と走行時影響データとの散布を点検した。

6.1 方法

トラッキング作業の 2 条件毎に実験セッションを設け、7 通りの評価対象タスクとの同時実施試行をランダム順に行った。セッション構成、試行時間、装置、教示等は 5 節と同様とした。参加者は男女ドライバ 15 名 (年齢 26~59 歳、運転歴 8~41 年) とした。

6.2 結果

各評価対象タスクの逸脱時間比の集計値と、走行時の車間距離変動性ととの散布を Fig. 5 に示す。線分表示と方形表示ともに、対応関係の目安となる相関係数の危険率は 5%未満であり、車間距離変動性と対応した。ただし、方形表示の方が線分表示よりも逸脱時間比が総じて値が小さい。線分表示よりも方形表示の方が許容幅内に制御対象を収めるという作業が「容易」であることが窺える。

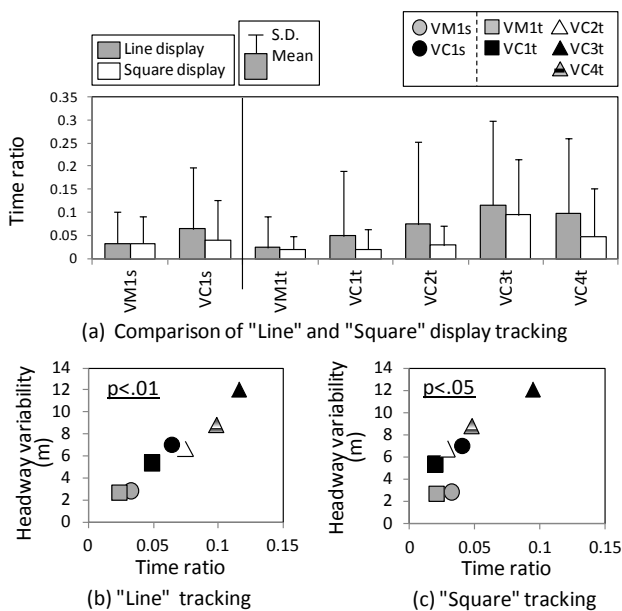


Fig. 5 Deviation ratio for each assessed-task

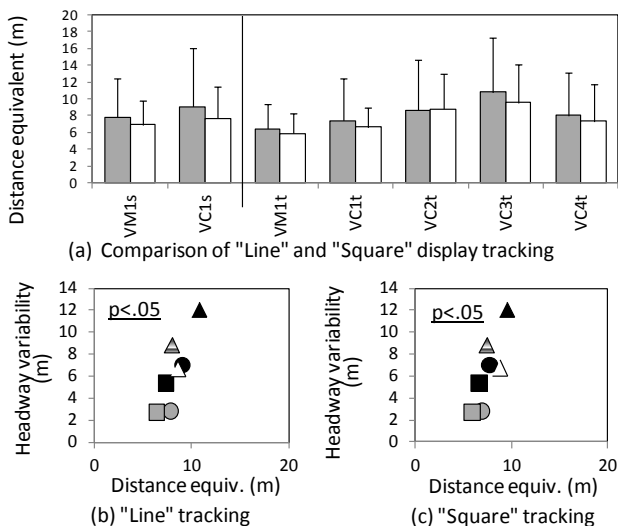


Fig. 6 Max-min difference of target signal for each assessed-task

逸脱時間比の絶対値が小さいことは、天井効果によりタスク間差の感度低下につながる恐れがあ

る。そこで、別の成績指標として、制御対象表示の最大値と最小値の差（制御対象最大最小差）を求めたところ、Fig. 6 に示すように、方形表示と線分表示の差は小さく、また各々のトラッキング作業は車間距離変動性と危険率 5%未満で対応関係を示した。方形表示のトラッキング作業を用いる場合には、制御対象最大最小差を用いることで感度低下を抑えることができると考えられる。

7. まとめ

二重課題法で情報機器タスクを評価するにあたり、ペダルトラッキングを副次課題とする際には、以下に留意することが有用とみられる。

- 画面仕様の詳細化は意匠の違いによる成績指標の変化を生じるため、制御対象表示として単純な図形を用いること。
- 線分表示と方形表示のトラッキング作業では、刺激強度の小さい表示を用いること。

この設定で得られるトラッキング作業成績は、評価対象タスク間差の感受性と、走行時の認知負荷を反映する車間距離変動性との対応を示すと予想される。今後は、より高度化した音声操作を備えるタスクや、音声以外の操作入力インタフェースによるタスクも対象として、適切な二重課題法の検討を進めることが重要と考える。

参考文献

- 1) 宇野宏, 中村之信: 音声操作を含むドライバインタフェースの台上評価方法に関する研究. 自動車技術会論文集, Vol.42, No.2, p.569-575 (2011)
- 2) 宇野宏ほか: 車載情報提供ドライバインタフェースによる負荷の台上評価方法に関する検討. 自動車技術会論文集, Vol.41, No.2, p.539-544 (2010)
- 3) 宇野宏, 中村之信: トラッキング作業を用いた二重課題法によるドライバインタフェースの台上評価方法に関する考察. 自動車技術会学術講演会前刷集 No.100-11, p.1-4 (2011)
- 4) Mizobuchi, S., et. al.: The effect of secondary task timing and difficulty on driving-related performance and modality selection. 20th ITS World Congress, Paper No. 3192 (2013)
- 5) 宇野宏, 中村之信: 情報機器の操作が運転行動に与える影響に関する実験研究. 自動車技術会論文集, Vol.45, No.2, p.387-392 (2014)