

ワンマンドア開閉スイッチ誤扱い防止に関する研究

○杉本 守久 (西日本旅客鉄道株式会社)

[機] 島宗 亮平 小美濃 幸司 (財団法人鉄道総合技術研究所)

A Study of Error Prevention of Operation with Door Switches
on One-Man Operated Trains

○Morihiisa Sugimoto (West Japan Railway Company)

Ryohei Shimamune, Koji Omino (Railway Technical Research Institute)

False operation to open the opposite doors occurs on one-man operated trains (without conductors). An abstracted experiment by personal computers was performed to examine the influence of how to use hands when operating the switches. The experiment was composed of four conditions of combination between how to use hands and 'finger-pointing and call'. The result showed that false operation decreased by combination between both hands and 'finger-pointing and call'.

キーワード：ワンマン車両，ドア開閉スイッチ，ヒューマンエラー，抽象化実験，指差喚呼

Key Words：One-Man Operated Train, Door Switch, Human Error, Abstraction Experiment, Finger-Pointing and Call

1. はじめに

地方の鉄道線区では収益性を改善するためワンマン運転が導入されており，従来は車掌が担当していた業務の一部を運転士へ移管している¹⁾。乗客の乗降時におけるドア開閉扱いもその1つであるが，ワンマン運転士がホームと反対側のドアを開扉してしまう誤扱いが発生している。

ワンマン運転士がドアを開扉する際の基本作業は，所定停止位置およびホームの有無・状態の確認を行った後，ドア開閉スイッチを操作する。ただし，手の使い方は定められてなく，右手のみを使う場合，左右の手を混在させて使う場合，左右のホームに合わせて左右の手を使い分ける場合など，統一されていないのが現状である。

本報告では，パソコン上で抽象化した実験により，ワンマンドア開閉スイッチ操作に使用する左右の手を統制した条件下で左右の手の使い方により誤扱い発生に有意差がみられるかどうかの検討を行った。

2. 実験内容

2.1 実験装置

実験装置は，課題を提示するためのパソコンと，ドア開閉スイッチに相当する左右スイッチを備えたスイッチ箱から構成される(図1参照)。パソコンは，モニタサイズ15インチのノート型パソコン(Satellite J50およびJ60：東芝製)を使用した。スイッチ箱は，奥行52mm×幅272mmの鍵盤状の2つのスイッチ(左用と右用)が204mm間隔で設けられている。パソコンおよびスイッチ箱は，高さ705mmの事務用机に設置し，被験者が座る腰掛は事務用椅子(コクヨ製CRS-G285)を用いた。

2.2 実験方法

被験者に主課題であるパソコン画面からホームの方向に相当するランドルト環(右又は左方向)を提示し，その方向のスイッチを扱った際の誤扱いを条件間で比較する実験とした。実験条件は，左右の手の使い分けを統制するほかに，提示された左右方向をより意識づけするために指差喚呼を組み合わせた以下の4条件とした。

- 条件1 左右のスイッチ扱いとも片手(利き手)のみで行う(指差喚呼なし)。
- 条件2 右のスイッチ扱いは右手，左のスイッチ扱いは左手で行う(指差喚呼なし)。
- 条件3 片手(利き手)で指差喚呼を行った後，左右のスイッチ扱いとも片手(利き手)のみで行う。
- 条件4 右のスイッチ扱いは右手で指差喚呼を行ったあと右手で行う。左のスイッチ扱いは左手で指差喚呼を行ったあと左手で行う。

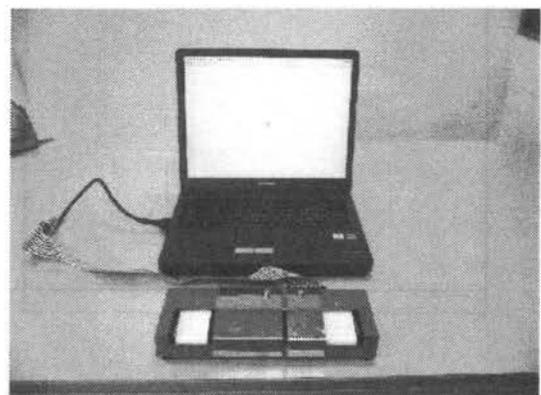


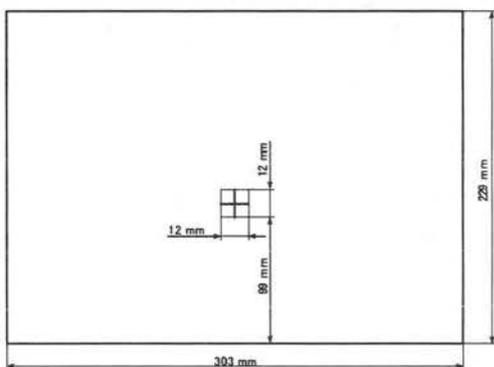
図1 実験に使用したパソコンとスイッチ箱

実際に発生するドア開閉スイッチの誤扱い発生確率は約 180 万回に 1 回程度であり、実際と同様に左右方向を提示してスイッチ操作を行うだけでは誤扱いの発生に膨大な試行回数が必要となる。そこで、本実験では副課題を課すことにより被験者への負荷を増加させスイッチ操作誤扱い発生確率を上げることとした。この副課題は、2つの2桁の数字について和を求める暗算（繰り上がりなし）とした。また、可能な限り被験者を増やすとともに1回当たりの試行時間を短縮することにより、多くの試行回数を実施することで条件間の有意差を見出すこととした。

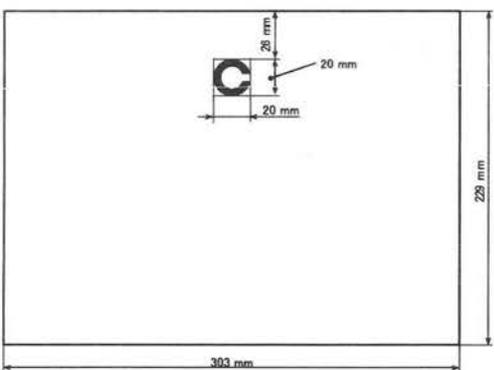
評価項目は、スイッチ操作誤扱い発生確率と副課題の暗算不正解率とした。

2.3 実験手続き

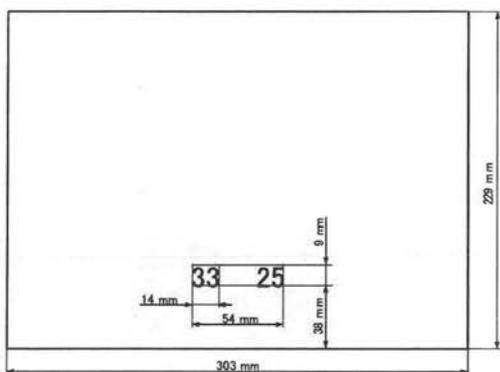
1 試行の流れは、まずパソコン画面に試行の合間に表示される図2(a)の「+」画面が3秒間現れるので、被験者は図3(a)のように両手を膝の上に置いて待機（基本姿勢）する。次に図2(b)の方向画面により主課題であるランドルト環が2秒間表示されるので提示された方向（右又は左）を覚える。この時、指差喚呼を行う条件では、図3(b)のように指差喚呼を行い腕を伸ばした状態を保持する。次に方向画面が消えて図2(c)の数字画面による副課題（暗算課題）が最大で8秒間表示されるので、被験者は暗算を行い答えが出た時点で図3(c)のようにスイッチを扱う。その後、基本姿勢に戻してから暗算結果を口頭で答える。スイッチを



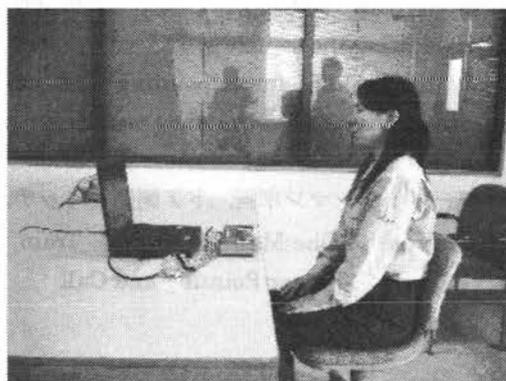
(a) 試行合間の画面



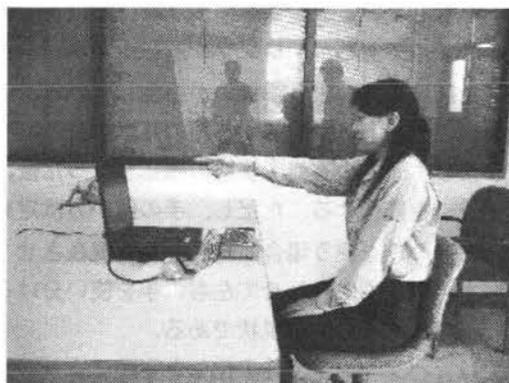
(b) 方向画面



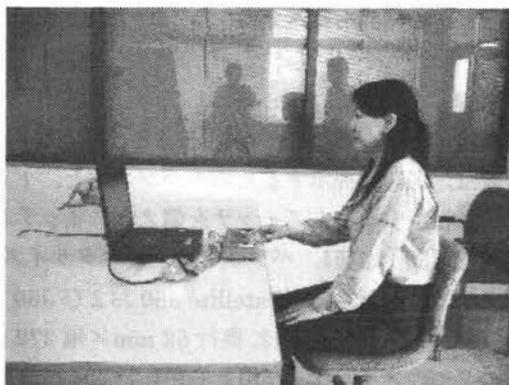
(c) 数字画面



(a) 基本姿勢



(b) 方向を覚える (写真は指差喚呼あり)



(c) スイッチ扱い

図 2 パソコンに表示される画面

図 3 被験者の動作

扱った段階でパソコン画面は数字画面から「+」画面に切り替わり、同様の試行が繰り返される。被験者へは、この作業を正確に速やかに行うよう教示した。

被験者は、各条件とも100試行の本実験を行った。なお、練習不足による操作誤扱いを防止するため、各条件の直前に説明用課題10試行を用いて実験担当者からの説明を受け、続いて練習用課題20試行を実施し、実験方法を十分に習得した上で本実験を行った。1条件を行うのに要する時間は、説明や練習を含めて約20分であった。各条件の間には5分間の休憩を設けた。

各条件の順番および前の実験の影響(順序効果)を均一にするため、被験者へ条件を提示する順番は、全ての組合せとなる24通り(=4×3×2×1)の試番とし、これを乱数によりランダムに被験者へ割り当てた。

2.4 被験者

被験者は、一般から募集した82名(男性45名、女性37名)で、年齢は運転士とほぼ同年齢となる19歳から61歳とした。被験者の属性を表1に示す。なお、実験には86名の被験者が参加したが、特異と考えられる4名は解析対象から除いた。

左利きの被験者については、片手のみによるスイッチ操作(あるいは指差喚呼)の条件1・3において、予めどちらの手を使用するか選択させた。左利きの被験者は4名で、左手を選択した被験者は2名であった。

被験者は、椅子に背筋を伸ばして深めに腰掛け、椅子の位置を前後に調節して目とパソコン画面の距離を800mmに保持した。椅子の高さは被験者が各自座りやすい高さに調節した。また、スイッチを押す際に、腕が伸びたり窮屈にならないよう、スイッチ箱の位置を前後に調節して腕が少し曲がる状態で実験を行った(図3(c))。

3. 結果

解析対象とした被験者82名の延べ試行回数、スイッチ操作の誤扱い数および副課題として与えた暗算の不正解数を表2にまとめる。各条件とも試行回数は8,200回であり、全試行回数は32,800回であった。

3.1 スイッチ操作誤扱い

左右押し間違いによるスイッチ操作の誤扱いは、全試行32,800回に対し37件(0.11%)発生した。

図4にスイッチ操作誤扱い発生確率の条件別比較を示す。左右押し間違いによる誤扱い発生確率は、条件1、条件2、条件3および条件4で、それぞれ0.17%(14件)、0.20%(16件)、0.09%(7件)および0.00%(0件)であった。

4つの条件を1要因とした分散分析で条件間に有意差が見られた($p<0.05$)。その上で多重比較を試みたところ条件1と条件4、条件2と条件4、条件3と条件4にそれぞれ有意差が見られた($p<0.05$)。また、今回の誤扱い数は

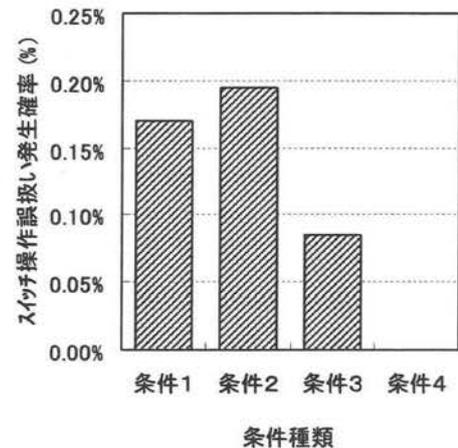


図4 スイッチ操作誤扱い発生確率の比較

表1 被験者の属性

	30歳未満	30歳以上 40歳未満	40歳以上 50歳未満	50歳以上	合計
男性	6名	13名	15名	11名	45名
女性	8名	8名	11名	10名	37名
合計	14名	21名	26名	21名	82名

表2 試行回数・スイッチ操作誤扱い数・暗算不正解数

条件	手の扱い	指差喚呼	試行回数	スイッチ操作 誤扱い数	暗算不正解数
1	片手	なし	8,200	14	87
2	両手	なし	8,200	16	97
3	片手	あり	8,200	7	97
4	両手	あり	8,200	0	125
合計			32,800	37	406

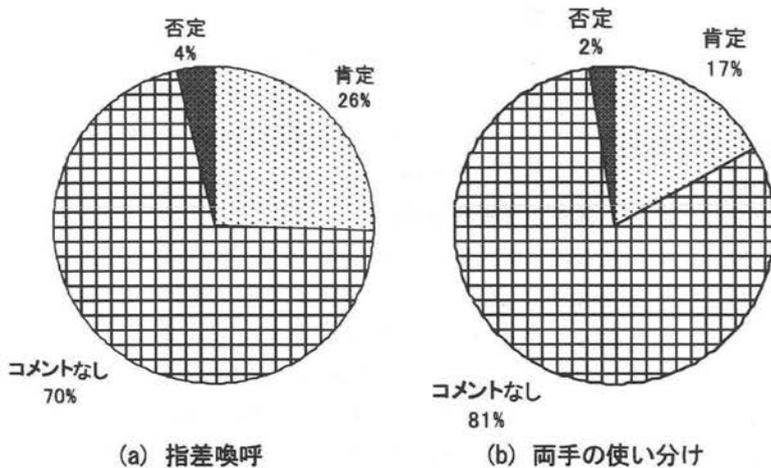


図 5 自由記述の肯定・否定意見の割合

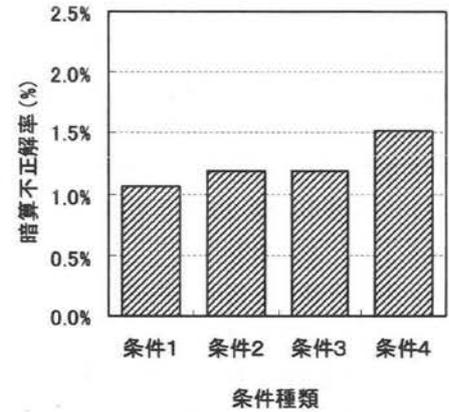


図 6 暗算不正解率の比較

正規分布をしてないことから、開平変換を行った 1 要因分散分析、フリードマン検定およびコクランの Q 検定²⁾を試みたが何れも同様の結果が得られた。これより「両手」と「指差喚呼」を組み合わせること（条件 4）で誤扱いが減少することが示唆される。

図 5(a)は、全条件を終了した後の自由記述から、指差喚呼の肯定・否定に関する記述件数の割合を示したものである。自由記述の質問が「お気づきの点や感想」を求めたものなので、指差喚呼の肯定・否定については「コメントなし」が 70% (58 名) と多くを占めているが、「肯定」が 26% (21 名) で「否定」の 4% (3 名) を上回る結果であった。図 5(b)は、同様に両手の使い分けに関する記述件数の割合を示したものである。「肯定」が 17% (14 名) で「否定」の 2% (2 名) を上回る結果であった。これらより、指差喚呼、両手の使い分けとも被験者からは概ね肯定的な印象を受けたと考えられる。なお、両手の使い分けを肯定した 14 名のうち指差喚呼を否定した人は 1 名であり、両方を組み合わせた条件 4 も概ね肯定的に受け取られていると考えられる。

3.2 暗算不正解

副課題として与えた暗算の不正解は、全試行 32,800 回に対し 406 件 (1.24%) であった (表 2)。

図 6 に暗算不正解率の条件別比較を示す。暗算不正解率は条件 1、条件 2、条件 3 および条件 4 でそれぞれ、1.06% (87 件)、1.18% (97 件)、1.18% (97 件) および 1.52% (125 件) であった。

4 つの条件を 1 要因とした分散分析で条件間に有意な差が見られた ($p < 0.05$)。その上で多重比較を試みたところ、条件 1 と条件 4 のみ有意差が見られた ($p < 0.05$)。これより、条件 4 は条件 1 よりも課題の負荷が高く、それ以外の条件間には負荷の差がなかったと考えられる。

スイッチ操作の誤扱い数は、「両手」と「指差喚呼」を組み合わせた条件 4 が圧倒的に少ない結果 (発生なし) であったが、副課題の暗算不正解率は最も高い結果となった。このことは、人間の認知処理能力 (リソース) が個人ごとに一定であるとすれば、今回のケースでは「両手」と「指

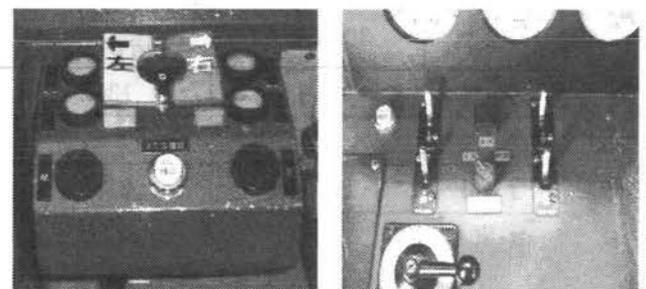
差喚呼」を組み合わせることで作業負担が増し、より多くのリソースを使うこととなる。このため、同時に課した暗算課題へのリソースが減少し、正解率が低下したものと解釈できる。すなわち、スイッチ操作の誤扱い防止には条件 4 が優れているものの、作業負担が増加することに注意を要する。

4. まとめ

ワンマン運転士がホームと反対側のドアを開扉してしまう誤扱いが発生している。ワンマンドア開閉スイッチ操作時の左右の手の使い分けの影響を調べるため、パソコンによる抽象化した実験を行った。実験条件は、左右手の使い分けを統制するほかに、提示された左右方向をより意識づけするために指差喚呼を組み合わせた 4 条件とした。この結果、条件 4 (指差喚呼、スイッチ扱いとも右側は右手、左側は左手) において誤扱いが減少することが示された。

参 考

実際のワンマンドア開閉スイッチの例を付図 1 に示す。



(a) 103 系・113 系 (b) キハ 120 系
付図 1 ワンマンドア開閉スイッチ例

参 考 文 献

- 久保田博：新版鉄道用語事典，pp. 334，グランプリ出版，2003。
- 森敏昭，吉田寿夫：心理学のためのデータ解析テクニカルブック，北大路書房，1990。