自動車用ステアリングホイールスイッチの操作性*
(視線移動量小の表面8個スイッチ左側配置)池村 澄男^{*1}, 石原 荘一^{*2}, 森 勇気^{*3}Maneuverability of Automobile Steering Wheel Switches
(Left Side Layout of Eight Obverse Switches with Short Eye Travel)Sumio IKEMURA^{*4}, Soichi ISHIHARA and Yuhki MORI^{**} Faculty of Science and Technology, Meijo University,
1-501 Shiogamaguchi, Tempaku-ku, Nagoya-shi, Aichi, 468-8502 Japan

Arrangement of steering wheel switches is vital for safe and easy maneuverability of the vehicle. In our previous study, following result was presented, 6 switches arranged on the middle or upper area of steering wheel can be handled more easily than those on the lower area as used before on the market. In this study, considering that the number of steering wheel switches is expected to be increased, maneuverability of 8 switches arranged on the upper and left area of the steering wheel was studied. Maneuverability of 4 kinds of switches were studied using our driving simulator, 8 switches on the left upper side were found to be the best, as the eye travel from the forward scene to the target is shorter.

Key Words: Human Interface, Automobile, Maneuverability, Steering Wheel Switch, Acquisition Time, Short Eye Travel, 8 Switches on Left Upper Area

1. 緒 言

ステアリングホイールスイッチは、手元にあるので目と手の移動量が少なく運転姿勢を崩さないでスイッチ操作が可能である。スイッチを見ないで操作が可能で、前方視界から視線をそらすことなく運転に集中でき、安全性・操作性が良いと考えられる。

筆者は、左右各3個のスイッチを、親指先の軌跡に合わせた上部配置、ホイールリムに沿った上部配置、中部配置および下部配置の4種類の操作性について研究し、親指先の軌跡に合わせた上部配置と市販車に多い中部配置の方が、以前の市販車に多かった下部配置のスイッチ

より操作性が良いということを明らかにした¹⁾。

市販車のステアリングホイールスイッチについての調査結果を図1に示す。この結果より少なくとも8個のスイッチが必要であると考え、引き続いて左右各4個にした(a)表面8個と、操作性を向上させるための一手段として表面スイッチの一部を裏面に移した場合の操作性について研究した²⁾。

前回までのステアリングホイールスイッチと現在実施中のカーナビゲーション画面スイッチの操作性試験の過

Fig.1 Number of switches in the markets

* 原稿受付 2008年9月8日。

^{*1} 正員, 名城大学理工学部(〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501)。^{*2} 正員, 永年会員, 名城大学理工学部。^{*3} (株)本田技術研究所四輪開発センター(〒321-3393 栃木県芳賀郡芳賀町下高根沢)。

E-mail: ikemura0315@wh.commufa.jp

程で、目的のスイッチが離れた左右のどちらにあるのか、表裏のどちらにあるのかを見定めるのに時間を要することが明らかになってきたので、今回は8個スイッチの操作性向上の別の手段として、8個スイッチを片側表面にまとめることを考えた。

初回の研究時に今後のセンタメータ車の普及を考えてスイッチ配置を決めたが、その考え方も踏襲して、今回はセンタメータとインパネスイッチの方向で視線が向きやすく、しかもスイッチを探す範囲を狭くして探しやすくするために、左側にのみ配置した表面8個スイッチの操作性について研究した。

なお従来から左右対称のスイッチ配置が多かったが、最近の市販車の中には、図2に示すような非対称で左半分に集中したスイッチ配置のものが一部見られる。このようなスイッチ配置を採用するに当たっては、操作性に関する研究がなされているものと考えられるが、公表された論文が見当たらない。

Fig.2 Example of steering wheel switches in the market

2. 実験装置

2・1 供試品 本研究におけるスイッチの形状は、初回の研究¹⁾で操作性の良いことが明らかとなった親指先の軌跡に合わせたものとした。またその配置は初回の研究¹⁾で操作性の良かった上部左右各4個の配置を基準にし、新しく左側だけに4個・4個計8個のスイッチ3種類の

操作性について研究した。

スイッチは図3に示す各4個とし、記号には規則性を持たせて記憶しやすくするとともに、手探りを可能にするために、基準面より1.5mm浮き出した。

Fig.3 Tested switches

スイッチ配置は次の4種類とし、ステアリングホイール上の配置を図4に示す。

- (a)上部左右各4個(基準), (b)左側上下各4個,
(c)左上各4個並列配置, (d)左上各4個対向配置

Fig.4 Tested switch layout

2・2 実験装置

操作試験中に運転者の注意力を前方に集中させるために、本実験にて使用した自動車模擬運転装置を図5に示す。前方視界は焦点調節³⁾を考慮して、図5に示したように3m前方の100インチのスクリーン上に投影した。図6には本実験にて使用した装置全体の構成を示す。

Fig.5 Driving simulator

Fig.7 Forward scene

2・3 実験要領

(1)自動車模擬運転装置にて模擬運転中に、操作すべきスイッチの記号を、図7に示す前方視界中央部にコンピュータ プログラムによって10秒ごとにランダムに表示した。

被験者には図7に示すようなステアリングホイール操作と連動して左右に移動する自車に見立てた図形を、中央線から逸脱しないように操作させながら、表示されたスイッチを極力速く押すよう指示した。90km/hの定速走行とし、被験者の運転操作はステアリングホイール操作のみとした。被験者には事前に模擬運転操作を十分に慣れさせ、各実験前に使用するスイッチの配置を確認のため練習させた。なお実験中のステアリングホイールのグリップ位置は自由としたが、指はスイッチから離しておいて、操作指示が出てからスイッチに触るようにした。

(2)1種類のスイッチ配置の実験における操作回数は、各スイッチにつき5回、スイッチ数は8個あるので計40回とした。

(3) 被験者のスイッチ操作への慣れと疲労による集中力の低下を考慮して、被験者1名に対して1日1種類のスイッチ配置のみについて実験した。

2・4 実験条件

(1) 実験前に被験者全員に対して、実験の内容や注意事項を教示し、最善の努力を持って作業を遂行するように指示した。

(2) 安全走行のために運転操作が最優先であり、余裕あるときのみスイッチを操作するように指示した。

(3) 実験室内の環境は、温度20～25℃、湿度55～65%であった。

Fig.6 Experimental setup

(4) 被験者は21歳～25歳までの健康な男子学生7名、女子学生1名で、普通自動車運転免許保持者であり、自動車の運転に習熟しているものを選出した。なお、被験者は全員右利きであった。

2.5 評価指標 運転中におけるスイッチの操作性評価のために、操作時間と車線逸脱量の測定、被験者のビデオ映像による目の動き・操作エラー回数の解析および被験者によるNASA-TLX⁴⁾のWork load indexの大きさを調査した。

(1) 操作時間

各スイッチ操作の操作時間を測定した。ここで操作時間とは、スイッチの操作指示が前方視界画面に表示された瞬間から、被験者が指示されたスイッチを押した瞬間までの時間とし、両瞬間の時間を電気信号にて捉えてエクセル表上に落して、その差を算出して求めた。

(2) 車線逸脱量

スイッチ操作中の運転成績の指標として図7に示すように被験者に自車に見立てた図形を目標走行範囲に合わせる作業をさせ、そのずれ量を画面上での画素のドット数で0.001秒刻みで測定し、その平均値を車線逸脱量として採用した。車線逸脱量の大きさを、実際に走行した場合の数値として扱うことはできないので、この車線逸脱量を相対評価の尺度としてのみ使用する。

(3) 視認割合(視認頻度)

スイッチを40回操作するうち、何回スイッチを視認したかを、CCDカメラにて記録した映像から視認回数を解析して、その視認回数を40で除して視認割合を求めた。

(4) 作業負荷

各実験終了直後、NASA-TLX⁴⁾にて被験者のWork load indexの大きさを調査した。

(5) 主観評価

どのスイッチの操作性最良であると感じたかという主観評価を被験者に記述させた。

なお、実験中の操作エラーを解析したが、操作エラーはほとんど無かったので、実験結果ではエラー率に関する記述は省略した。

3. 実験結果および考察

(1) 操作時間

操作時間の実測結果を図8に示す。

この結果より、(a),(c),(d)の操作時間には有意な差は認められないが、その中では(d)左上対向配置の操作時間

Fig.8 Acquisition time
(average $\pm$ standard deviation)

が短い傾向にあり、(b)左側上下配置の操作時間は明らかに長い。

なお、2・3 (2) に示すように、1種類のスイッチについて取った40個のデータについて、スイッチの種類ごとに有意差検定を実施し、それぞれの有意水準を*,**の記号にて示した。

インパネスイッチに近い左上にスイッチをまとめることにより、探す範囲が狭くなるので予想通り探しやすくなり、しかも上方に配置することにより前方視界からの視線移動量が少なく、さらに(c)左上並行配置と(d)左上対向配置の間に僅かではあるが差があるのは、対向配置の場合の方が8個のスイッチの間隔が広いので探しやすく、かつ押しやすいことによるものと考えられる。

また(a)上部左右配置と(b)左側上下配置のかなり大きな差は、上部左右配置の場合はステアリングホイール上部にあるので前方視界からの視線移動量が少なく、しかも左右とも親指先の軌跡に沿った位置にあるので、押しやすい¹⁾のに対して、左側上下配置の場合は前方視界からの視線移動量が大きく、しかも下部配置部分は押しにくい¹⁾ことを裏付けている。

以上の実験結果を、被験者の視線移動量の観点から考察してみると次のようになる。

各スイッチの配置を、前方水平位置から視線の最大移動角にて整理すると、表1に示す通りとなる。

なお、視線の左右中心はステアリングホイール中心線の垂直上方にあるものとする。

Table 1 Maximum eye travel

	Maximum eye travel		
	Vertical	Horizontal	Combined
(a) Upper side, right & left	Upper + 24.7°	R & L ± 13.6°	36.7°
(b) Left side, upper & lower	U & L ± 35.2°	Left - 15.6°	72.1°
(c) Left upper, side & side	Lower - 24.7°	Left - 15.6°	29.2°
(d) Left upper, opposed	Lower - 23.8°	Left - 15.6°	28.5°

Fig.9 Acquisition time vs. max. eye travel

Fig.10 Average acquisition time vs. maximum eye travel

視線の最大移動角が小さいほど目的のスイッチを見付ける時間が短くなると考えられるので、視線の移動角と操作時間の全データとの関係を整理すると図9のようになり、両者の間には明らかに強い相関関係がある。

この場合(c)と(d)との区別がしにくいので、図9に示す値の平均値を使用してみると、図10に示すようになり、視線の移動角には大きな差はないが、(c)左上並行配置のスイッチは2個のスイッチが密着しているので、目的のスイッチを見付けても、スイッチを押すときに隣のスイッチを押さないように注意する必要があるために、(d)左上対向配置と比べてスイッチの操作性を悪くしているものと考えられる。

Fig.11 Deviation from the target lane (average $\pm$ standard deviation)

(2) 車線逸脱量

操作試験中における車線逸脱量の実測結果を、図11に示す。この実験結果より、車線逸脱量には有意な差は見られないが、(c)左上並行配置と(d)左上対向配置の車線逸脱量が小さい傾向にある。

(3) 視認割合(視認頻度)

視認割合のビデオ映像による解析結果を図12に示す。(d)左上対向配置と(a)上部左右配置が同程度に視認割合が少ない。(c)左上並行配置の視認割合が(d)左上対向配置と比較して多いのは、前述の通り、2個のスイッチが並んで密着しているので、目的のスイッチを見付けても、スイッチを押すときに隣のスイッチを押さないように注意する必要があることに対応しているものと考えられる。また

Fig.12 Rate of glances while handling each switch (average $\pm$ standard deviation)

Fig.13 NASA-TLX Work load index

(b)左側上下配置の視認割合は明らかに多いが、これはスイッチの位置が分かりにくいことによるものと考えられる。

(4) NASA-TLX⁽⁴⁾の Work load index

NASA-TLX の Work load に関するアンケートの結果を図13に示す。なお、これは Physical Demand, Temporal demand, Performance, Effort, Frustration を含んだ Total work load のインデックスを示す。

この結果より、Work load index については、(d)左上対向配置の場合が最小で、次いで (a)上部左右配置、次に (c)左上並行配置となっており、(b)左側上下配置の場合が明らかに大きい。

なお、図12と図13を比較すると、その傾向が非常に良

Fig.14 Number of subjects who evaluated best to use

く似ており、スイッチを見る作業が被験者の作業負担になっているものと推定される。

(5) 被験者による主観評価

被験者が実験直後に答えた評価結果を図14に示す。これは上述の実験結果と NASA-TLX の Work load index の結果を裏付けているが、スイッチ配置による差が大きくなっている。

(6) まとめ

操作時間、車線逸脱量、視認割合、NASA-TLX の Work load index および被験者による主観評価から得られた結果の順位を一覧表にしたものを表2に示す。なお、差がありそうでも有意差の認められなかったものは同じ順位とし、全ての評価項目は相対比較を示すもので、絶対的な判断基準では無い。

表2の結果より、(d)左上対向配置の操作性が最良で、次いで(a)上部左右配置、(c)左上並行配置が良く、(b)左側上下配置の操作性が最も悪いという結果が得られた。

(1)～(4)の結果では、(b)左側上下配置以外に大きな差は得られなかったが、(5)被験者による主観評価を示す図14では、非常に大きな差となって表れており、総合的に見ると、今回実験した4種類のスイッチ配置の中では、(d)左上対向配置の操作性が最良であると言える。

本研究結果より、初回の研究¹⁾において操作性が最良となったスイッチ配置:親指先の軌跡に合わせた上部左右配置よりも、操作性の良いスイッチ配置:左上対向配置が得られたことになる。

Table 2 Every evaluated item ranking

	Acquisition time	Deviation from the lane	Rate of glance	Work load index	Subject evaluation	Average ranking
(a)Upper side, right & left	1	1	1	2	2	1.4
(b)Left side, upper&lower	4	4	4	4	4	4
(c)Left upper, side & side	1	1	3	3	3	2.2
(d)Left upper, opposed	1	1	1	1	1	1

4. 結 言

市販車のステアリングホイールスイッチを調査した結果、少なくとも8個のスイッチが必要と考え、8個の操作性を向上させる手段の一つとして、今回は左側に配置したスイッチの操作性について研究した。

親指先の軌跡に合わせた配置を基本として, (a)上部左右各4個配置, (b)左側上下各4個配置, (c)左上各4個並行配置および(d)左上各4個対向配置について操作性を研究した. これら4種類の配置についてスイッチの操作時間, 視認回数, 車線逸脱量, NASA-TLXのWork load indexおよび被験者による主観評価などより, 次のような結果が得られた.

(1) 左上各4個対向配置の操作性が最良で, 次いで上部左右各4個配置が良く, 左側上下各4個配置のスイッチの操作性が最も悪かった.

初回の研究¹⁾で操作性の良かった上部左右配置より左上対向配置の操作性が良かったことは, 8個スイッチの操作性をさらに向上する手段の存在が明らかになったと言える.

(2) スwitchをセンタメータとインストルメントパネルスイッチ方向の左側だけにまとめることにより, 探す範囲が狭くなって, しかも上方に配置することにより前方視界からの視線移動量が少なく, さらに対向型で上下に少し離れた配置によって押しやすくなったものと考えられる.

(3) 前方視界から目標スイッチまでの視線移動量とスイッチの操作時間との間にはかなり強い相関関係がある.

なお, 本研究に使用したスイッチは基礎的な研究として実験したものであり, 実用する場合にはさらに改良を要することを付言する.

参考文献

- 1) Ikemura, S., Ishihara, S., On Maneuverability of Automobile Steering Wheel Switches, *Transactions of the JSME, Series C*, Vol.71, No.702 (2005-2), pp.171-178
- 2) Ikemura, S., Ishihara, S., Takeuchi, J., : Maneuverability of Automobile Steering Wheel Switches — Switches on obverse and reverse sides —, *Transactions of the JSME, Series C*, Vol.73, No.725 (2007-1), pp.237-243
- 3) Miura, T., Shinohara, K., Safety Problem in Using Automobile Navigation System, *The Japanese Journal of Ergonomics*, Vol.36, Supplement (2000), pp. 144-147
- 4) NASA TLX : Task Load index
<http://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/tlxpublications.html>