親指操作型ダイヤル式統合スイッチの開発とその有効性評価*

村田厚生**, 森若 誠**, 王 曙光**

A thumb-operated dial-type integrated switch for automobile use was developed, and the task completion time for this type of integrated switch was compared with that for a traditional integrated switch. The rotation torque of an encoder and the rotation diameter were selected as experimental parameters. An attempt was made to identify the recommended condition of rotation torque and diameter. It was demonstrated that the thumb-operated dial-type integrated switch led to faster task completion time as compared with the traditional integrated switch. As for the thumb-operated dial-type integrated switch, the following combination of the rotation torque and the rotation diameter were not proper: diameter of 20 mm for the rotation torque of 12.9 mN·m and 9.2 mN·m, and diameters of 20 mm and 40 mm for the rotation torque of 8.6 mN·m. It was also suggested that the optimal condition cannot be identified using the condition of the rotation force only, and that the optimal condition must be determined taking into account the combination of the rotation torque and the rotation diameter.

親指のみで操作可能な親指操作型ダイヤル式統合スイッチを開発し、これを親指と人差し指のつかみ操作と親指の押し動作によって操作する従来型との操作完了時間をビデオ分析によって比較した。エンコーダの回転トルク、ダイヤルの回転直径を実験変数として、親指操作型ダイヤル式統合スイッチの最適な設計条件を同定した。その結果、開発した統合スイッチは従来型よりも速い操作を可能にすることが示された。親指操作型統合スイッチにおいては12.9 mN·m、9.2 mN·mの回転トルクにおいてはダイヤルの直径25 mm、30 mm、40 mm（直径20 mmは不適切である）が、8.6 mN·mの回転トルクではダイヤルの直径25 mm、30 mm（直径40 mmは不適切である）が望ましいことが明らかになった。また、ダイヤルの回転トルクと直径から求められた回転力として適切な範囲を一元的に指定することは難しく、回転トルクと直径の組み合わせによって適切な条件を設定しなければならないことが示された。

（キーワード：統合スイッチ、操作時間、親指操作型ダイヤル式統合スイッチ、回転直径、回転トルク）

1. はじめに

自動車用コックピットモジュール内には、ノブ、レバー、押しボタン、ロータリースイッチ、トグルスイッチなどの様々なコントロールが配置されている（McCormickとSanders¹⁾）。これらのコントロールは、主としてラジオ操作や車内温度調節のために利用されている。自動車用コックピットモジュールでの車載機器の操作によって運転時の視覚的負担や操作負担が増加する（Wirewille²⁾、Wickmanら³⁾）。また、これらのコントロールの操作性は、設置位置、使用頻度、区別のしやすさなどによって影響され¹⁾、さらには表示装置との関連においてコントロール

を設置しなければならないことが示されている^{4,5)}。

Dukicら^{6,7)}は、スイッチ（押しボタン式）の配置がドライバの視覚行動にいかなる影響を及ぼすかを調査した。実際の道路での運転時のスイッチ配置（正面を向いて運転しているときのアイポイントから水平方向の離心率によって特徴づけを実施）とその中心視から脇見に推移した場合の脇見時間（visual time off road）の関係を検討した。その結果、実際には統合スイッチを用いた実験は実施していないが、統合スイッチの設置位置としてドライバの側方が、脇見時間を減少させるという点で望ましいのではないかと推測した。

by wire技術の進展により、電気信号による種々のコックピットモジュールの制御が可能になり、さらにはスイッチの設置位置にバラエティを持たせることができるようになった。これによって、BMWのiDriveなどに見られるようなダイヤル式統合スイッチも普及してきたが、その有効性は十分に検証されておらず、設置位置も運転席

* 受付：2009年6月5日 受理：2009年11月5日

** 岡山大学大学院自然科学研究科

Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University

の側方か左前方がほとんどである。また、MurataとMoriwaka⁴⁾や森若と村田⁵⁾の研究ではダイヤル式統合スイッチではなく、左前方またはステアリング部に設置された非統合スイッチが用いられている。

ノブなどの様々なコントロールの操作性は、設置位置、使用頻度、区別のしやすさなどによって影響されることが示されているものの¹⁾、詳細な設計条件について検討した研究は少ない。Bradley⁸⁾は、ノブの最適な直径の条件について検討を加え、ノブの回転時の摩擦抵抗に応じて、ノブの直径とノブを回転させて所定の作業を完了するまでの時間のU字型の関係は異なり、ノブの回転時の摩擦抵抗が小さい場合は、大きい場合に比べて、U字曲線がいくぶんフラットになる、すなわち作業完了時間は直径の影響を受けにくくなることを示した。ただし、回転トルクと直径が作業時間にいかなる影響を及ぼすかに関しては体系的に明らかにされていない(トルクと直径をどのように設定すれば望ましいかに関しては、明確に述べられていない)。また、この研究では、ノブのみを用いた操作性テストを実施しており、ノブによって何かを制御する状況は想定していない。Carter⁹⁾は、水面下で使用するノブのデザイン基準を提案したが、ノブの直径のみについてしか言及していない。Øvergårdら¹⁰⁾は、ノブの直径と回転トルクが操作性に及ぼす影響について検討し、直径と回転トルクが操作パフォーマンスに及ぼす影響を明らかにした。しかしながら、直径と回転トルクの組み合わせの影響についてはほとんど言及されていない。以上の結果を、表示画面のメニュー選択等に用いる自動車用ダイヤル式統合スイッチのデザイン・開発には直接適用できない。

統合スイッチは、ステアリング・スイッチよりも多くの機能を1つのスイッチで統合化できる省スペース効果があり、今後の普及が期待されるため、より操作性の高いスイッチの開発とその有効性の検証は、有用な知識となり得る。これまでに用いられているダイヤル式統合スイッチは、親指と人差し指による回転と親指によって押しスイッチ(決定スイッチ)を押す動作によって構成されている(写真1 (b) 参照)。統合スイッチをステアリング部に設置する場合には、この操作方法よりも親指のみで操作できるような操作方式の方が動作学的観点からは、操作時間の短縮を可能にすると考えられているが、これまでは、ステアリングに統合スイッチを設置することを想定して、親指のみで操作可能なダイヤル式統合スイッチを開発し、その操作性をダイヤルの直径、回転トルクの組み合わせに基づいて体系的に評価した研究は報告されていない。

写真1 (a) 親指操作型ダイヤル式統合スイッチ、(b) 従来型統合スイッチ

Photo 1 (a) Thumb-operated dial-type integrated switch and (b) Traditional dial-type integrated switch.

本研究では、ダイヤルの直径と回転トルクを実験パラメータとして、親指のみで操作可能な親指操作型ダイヤル式統合スイッチを開発し、これと仮想運転環境下¹¹⁾で使用している親指と人差し指による回転ダイヤルの回転と親指による決定スイッチの押下によって操作する従来型との動作時間を比較し、開発した親指操作型ダイヤル式統合スイッチの有効性を検証した。本研究では、これまでに自動車の運転状況を想定して使用している従来型統合スイッチ¹¹⁾をさらに改良することを目的として、親指操作型ダイヤル式統合スイッチを開発したため、ステアリング部に統合スイッチを取り付けてスイッチを押す作業を行わせた。本研究の結果は、自動車以外の一般的な状況におけるスイッチ操作にも適用できる。

2. 親指操作型ダイヤル統合スイッチ

Panasonic電子製の11型GSエンコーダを3種類用いた(EVER004Z9017: 8.6 mN・m, 9.2 mN・m, 12.9 mN・m)。それぞれの回転トルクは8.6 mN・m, 9.2 mN・m, 12.9 mN・mとした。これらのエンコーダは、24回の回転で1周して元に戻るようになっている(1回の回転では、 $360/24=15^\circ$ だけ回転する)。これに写真1のような自作の回転ダイヤルを取り付け、親指のみで操作できる統合スイッチを開発した。この方式の統合スイッチ(写真1 (a) 参照)では、ダイヤルを回転させることによりメニューを選択し、写真1 (a) のAを矢印の方向から親指で押すことによって決定する。親指と人差し指による回転動作に基づいて操作する統合スイッチでは、親指と人差し指でダイヤルを掴んでこれを回転させることでメニューを選択し、親指で写真1 (b) のBを矢印の方向から押すことによって決定する。この方式の統合スイッチはBMWのiDriveや

Hondaのオデッセイなどの数多くの自動車で用いられている。親指操作型ダイヤル式統合スイッチと従来型統合スイッチの設置状況を写真2に示す。

本研究では、4種類の回転ダイヤル直径（20 mm, 25 mm, 30 mm, 40 mm（すべての回転ダイヤルに高さ1 mmの溝が刻まれている（写真1参照）。上記に示した長さは溝の高さも含めた長さ））、3種類の回転トルク（8.6 mN・m, 9.2 mN・m, 12.9 mN・m、この大きさは1単位のスイッチ押し操作における最大値。回転を始めた直後のトルクの値が最大となるため、この時のトルクの値と解釈可能）の組み合わせ12条件に対して、指定動作による操作性評価を実施し、タイプ（a）と（b）の操作時間を比較し、操作しやすい条件を同定した。

タイプ（b）では回転ダイヤルを掴んでメニューを選択した後に親指をBに移動させるのに時間がかかることが想定される。一方、タイプ（a）では、親指のみで操作するため、写真1（b）に示す従来型のように親指と人差し指による回転と親指をBまで移動させてこれを押す動作に分かれていないため、指の総移動経路も短く、動作に要する時間が短くなると予測される。したがって、本研究で提案するタイプのスイッチは、回転ダイヤルの直径と回転トルクを適切に選択すれば、指の動作の観点から従来の統合スイッチよりも速いスイッチ操作を可能にすると考えた。以上が、親指操作型ダイヤル式統合スイッチの開発の動機である。

写真2 (a) 親指操作型ダイヤル式統合スイッチの設置状況、(b) 従来型統合スイッチ

Photo 2 (a) Installation of thumb-operated dial-type integrated switch and (b) Installation of traditional dial-type integrated switch.

以下の章では、開発した親指操作型ダイヤル式統合スイッチの有効性を検証し、最適な回転トルクとダイヤルの直径を明らかにしていく。

3. 実験方法—親指操作型ダイヤル式統合スイッチの操作性評価—

3-1. 被験者

被験者は普通自動車運転免許証を所持する21歳～23歳の若年者20名とした。

3-2. 実験装置

第2章で述べた写真1（a）と（b）に示す統合スイッチを用いて、座位で実験を実施した。この時の操作完了時間を1/100秒の精度で計測するためにビデオタイマー（FOR A, VTG-33）を用いた。ステアリングとして、Logitech製MOMO Racing Force Feedback Wheelを使用した。

3-3. 実験課題

図1に実際の作業で使用した画面を示す。従来型統合スイッチは、右回転させるとカーソルが下方向に移動し、左回転させるとカーソルが上方向に移動するようになっている。これは、ラジオの音量等の操作とは異なっている（ラジオの音量等は、右回転させると上方向に移動し（値が上昇し）、左回転させると下方向に移動する（値が減少する））。作業は、ダイヤルを3単位分（使用したエンコーダの1単位分の回転は $360/24=15^\circ$ ）回転させて、画面の選択項目を3つ上（または下）に移動させて、逆方向の回転操作によって元の位置に戻し、決定キー（写真1（a）と（b）ではそれぞれAとB）を押すものである。「温度」の項目が初期位置のときは、カーソルを下に3つ移動し「A/C」の項目を選択した後、カーソルを上を3つ移動し、再び「温度」の項目を選択する。「A/C」の項目が初

図1 メニュー選択画面

Fig. 1 Display for menu selection task.

期位置のときはカーソルを上3つ移動し「温度」の項目を選択した後、カーソルを下に3つ移動し、再び「A/C」の項目を選択する。実際の操作環境では、「温度」、「風量」、「風向」、「A/C」のいずれかを選択した後に、項目選択または値選択を行う必要があるが、本研究ではこれを実施しなかった。被験者にはこの項目選択作業をできるだけ速くかつ正確に行うように指示した。

3-4. 実験手順

図1で、「温度」が初期位置の場合、「A/C」が初期位置の場合をそれぞれ10回ずつ、合計20回の作業を1条件の作業とし、この作業を回転トルクとダイヤルの半径を組み合わせた12条件実施した。12条件の実施順序は、各被験者でランダム化した。また、親指操作型統合スイッチと従来の統合スイッチの実施順序は、順序相殺し、半分の被験者は親指操作型、従来型の順で、半分の被験者は従来型、親指操作型の順で実施するグループに割り当てた。時間の分析においては、失敗試行は除いた（失敗試行の数がかかなり少なかったため）。表示画面に課題が提示されてから決定スイッチを押すまでの時間を反応時間（操作完了時間）として計測した。また、反応時間を表示画面に課題が表示されてからダイヤルを回転し終わるまでの時間（反応時間1）とダイヤルを回転し終わってから決定スイッチを押すまでの時間（反応時間2）に分けた。ステアリングを両手に持った状態でスイッチ押し作業を行うようにするのが望ましい運転姿勢であるが、従来型統合スイッチでは両手でステアリングを持ったままスイッチ押し操作を行うことが無理であるため、従来型統合スイッチを操作する場合には右手のみによる片手運転を認めた（親指操作型統合スイッチを用いてスイッチ操作

写真3 実験状況の概要

Photo 3 Outline of experimental setup.

を行う場合には、必ず両手でステアリングを持つように指示した）。親指操作型統合スイッチでは、左手の親指以外の4本の指でステアリングを支持させた。実験状況の概要を写真3に示す。実験後、被験者には使用したスイッチについて自由に意見や感想を述べてもらうようにした。

4. 実験結果

従来型、親指操作型いずれに関しても、各直径、トルクを組み合わせた条件でのエラー率は、すべて1%未満で差はなかった。

エンコーダの回転トルク、ダイヤルの直径、親指操作型と従来型の違いで操作完了時間（反応時間）の平均値を比較した結果を図2に示す。操作方式、回転トルク、ダイヤルの直径を要因とする3元配置の分散分析を操作完了時間に対して実施した結果、操作方式（親指操作型と従来型）（ $F(1,19)=41.207$, $p<0.01$ ）、ダイヤルの直径（ $F(3,57)=9.088$, $p<0.01$ ）、回転トルク（ $F(2,38)=4.028$, $p<0.05$ ）の主効果が有意であった。また、回転トルクと操作方式の交互作用（ $F(2,38)=4.078$, $p<0.05$ ）が有意であった。FisherのPLSDによる多重比較の結果、ダイヤルの直径20 mmと25 mm、20 mmと30 mm、20 mmと40 mmが有意であった（ $p<0.01$ ）。同様の多重比較の結果、トルク9.2 mN・mと12.9 mN・mで有意差が検出された（ $p<0.01$ ）。親指操作型の各回転トルクでの任意の直径の組み合わせに対して、FisherのPLSDによる多重比較を行った結果、以下のような有意な（ $p<0.01$ ）組み合わせが得られた。12.9 mN・m：(20 mm, 30 mm), (20 mm, 40 mm), 9.2 mN・m：(20 mm, 25 mm), (20 mm, 30 mm),

図2 ダイヤルの直径、回転トルク、スイッチタイプ間での操作時間の比較

Fig. 2 Mean task completion time as a function of diameter, torque, and switch type.

図3 操作時間に対する回転トルクとスイッチタイプの交互作用

Fig. 3 Rotation torque by switch type interaction for task completion time.

図4 スイッチタイプごとの操作時間（反応時間1，反応時間2），反応時間1，反応時間2の比較

Fig. 4 Mean completion time for reaction time 1, reaction time 2, and total reaction time (task completion time) as a function of switch type.

(20 mm, 40 mm), 8.6 mN·m : (20 mm, 25 mm), (20 mm, 30 mm). 従来型に対しても同様の多重比較を実施した結果，以下のような有意な ($p < 0.01$) 組み合わせが得られた. 12.9 mN·m : (20 mm, 30 mm), (20 mm, 40 mm), 9.2 mN·m : (20 mm, 25 mm), (20 mm, 30 mm), (20 mm, 40 mm), 8.6 mN·m : (20 mm, 25 mm), (20 mm, 30 mm). 操作完了時間に対する回転トルクと操作方法の交互作用を図3に示す.

操作完了時間（反応時間）を反応時間1と反応時間2に分けて比較した結果を図4に示す. 反応時間1に対して操作方式，回転トルク，ダイヤルの直径を要因とする3元配置の分散分析を実施した結果，ダイヤルの直径 ($F(3, 57) = 5.198, p < 0.01$) の主効果のみが有意であった. 操作方式の主効果は有意ではなかった.

回転トルク T をダイヤルの直径 d で割ることによって回

図5 回転力ごとの操作時間の比較

Fig. 5 Mean task completion time as a function of rotation force.

転に必要な力 (T/d) を12条件で求めて，この力と操作方式の関数として操作完了時間を表示したものを図5に示す. 親指操作型の操作完了時間に対して，力0.46～1.06 N（ただし，直径20 mm，回転トルク8.6 mN·mで0.86 N，直径20 mm，回転トルク9.6 mN·mで0.92 Nとなる場合は含まない）の8条件とその他4条件をそれぞれグループに分けて，平均値の差の検定を実施した結果，有意差 ($t = 14.512, p < 0.01$) が検出された.

被験者から，「親指操作型の統合スイッチも操作に慣れるまでにそれほど時間を要しない」，「ステアリング部に統合スイッチを取り付けるのであれば親指操作型統合スイッチが良いのではないか」というような肯定的な意見が得られた. 一方，「直径の短いスイッチ（20 mm）は操作が難しい」，「人によっては（例えば指が短い人）直径の長いスイッチ（40 mm）を親指操作で行うのはきついのではない」という意見も得られた.

5. 考 察

図2より予測通り，親指操作型ダイヤル式統合スイッチの操作完了時間が短くなることがわかった. また，予想通り親指操作型ダイヤル式統合スイッチの操作完了時間の短さは，図4に示すように，ダイヤルを回転し終わってから決定スイッチを押すまでの時間（反応時間2）が，親指操作型の方が従来方式よりも短かったことが1つの原因ではないかと考えられる.

親指操作型では，親指で回転ダイヤルを上側に1クリック分回せば図1のメニュー選択画面の選択項目は上に1つ移動する（回転ダイヤルを下側に1クリック分回せば図1

のメニュー選択画面の選択項目は1つ下に移動する)。一方、従来方式では、回転ダイヤルを時計方向に回せば、図1のメニュー選択画面の選択項目は下に1つ移動し、回転ダイヤルを反時計方向に回せば、図1のメニュー選択画面の選択項目は下に1つ移動する。親指操作型統合スイッチの方が、回転ダイヤルの移動方向と表示画面のメニュー項目の移動方向のコンパチビリティ (compatibility)¹²⁾が高い。コンパチビリティが考慮されている操作-表示系では、ラジオの音量調節時のように、右回転-メニューが上方向へ移動、左回転-メニューが下方向へ移動となるが、本研究で使用した従来型統合スイッチは、右回転-下方向、左回転-上方向となっており、コンパチビリティが考慮されていない。親指操作型統合スイッチは、上回転-上方向、下回転-下方向でコンパチビリティのある表示系である。にも関わらず、本研究の範囲では、反応時間1は親指操作型と従来型で差が現れなかった(図4参照)。しかし、親指操作型スイッチはコンパチビリティのある操作-表示系となっているため、より実践的な使用環境においてコンパチビリティのある親指操作型統合スイッチのほうが従来型統合スイッチよりも操作時間をさらに短縮する潜在的可能性を有しているのではないかと推察される。

図2および図5より、親指操作型に関しては、回転トルク $12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では直径 25 mm 、 30 mm 、 40 mm が、回転トルク $9.2 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では直径 25 、 30 、 40 mm が、回転トルク $8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では直径 25 、 30 mm が望ましいことが分かる。親指操作型では本実験で使用した $8.6\sim 12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ の範囲内では操作時間はほぼ同じであり、操作時間が従来型よりも比較的安定していることが示された。回転トルク $8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では、回転トルク $12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 $9.2 \text{ mN}\cdot\text{m}$ と少し様相が異なり、直径 40 mm は大きすぎるため、素早い操作が実現不可能であるということが明らかになった。従来型では、親指操作型に比べていずれの条件でも反応時間が長くなることはすでに述べた通りであるが、親指操作型統合スイッチと異なり、回転トルク $9.2 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では、他の回転トルクよりも反応時間が長くなり(これが図3に示した回転トルクと操作方式の交互作用の原因となっていると考えられる)、いずれの直径でも高いパフォーマンスを達成不可能である。回転トルク $12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では直径の影響を受けにくく、直径 25 、 30 、 40 mm が望ましい(図2参照)。また、以上より、親指操作型、従来型のいずれでも直径 20 mm は望ましくないことが分かる。前述の被験者から得られた「直径が短いスイッチは操作が難しい」という意見もこの結果を支持していた。

図5に示すように、親指操作型に関しては、直径 20 mm

を除いて、望ましい回転力の範囲はほぼ $0.46\sim 0.86 \text{ N}$ であるように見受けられる。直径 20 mm 、回転トルク $8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ では回転力は 0.86 N となるが、直径が 20 mm のため不適切であると判断され、さらにはこの範囲外の直径 25 mm 、回転トルク $12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ も速い操作速度を保証するため、回転力がこの範囲内にあれば望ましいと結論付けることは難しいように思われる。以上のように、親指操作型においては、回転トルクと直径の組み合わせが操作性に影響を及ぼし、回転力による一元的な視点からは、望ましい条件を明らかにすることはできない。したがって、この関係(回転トルクと直径の組み合わせ)を考慮しながら適切な条件を設定しなければならない。

スイッチの直径 20 、 25 、 30 、 40 mm に対する1回の回転操作での移動量(カーソルを1行分上または下へ移動させるのに必要な物理的移動量)は、本研究で用いたエンコーダでは、24回の回転で1周し終わるため(1回の回転操作では、ダイヤルは 15° 回転する)、それぞれ 7.85 、 9.81 、 11.78 、 15.70 mm となる。直径 20 mm で不適切(反応時間が長くなった)であったのは、移動量 7.85 mm は短すぎるため、操作しにくかったのではないかと推察される。本研究の範囲では、最低でも移動量が 9.81 mm 程度は必要になることが示唆される。

Øvergårdら¹⁰⁾は、高いトルクでは回転力も大きく、操作に時間を要し、低い回転トルクではエラーが多くなるため、指への負担が軽くなれば必ずしも適切な動作条件を与えるとは限らないと指摘した。ただし、この研究では、回転トルクと直径の関係については言及されていない。本研究から明らかになったように、コントロールスイッチの使いやすさは、回転力のみの一元的な側面からは規定できず、回転トルクと直径の関係を考慮しながら、操作方式ごとに使いやすい条件を明らかにしていく必要がある。

一方、従来型では、図5に示すように、速い操作完了時間を保証する回転力の範囲を親指操作型ほど明確には定めることができない。回転トルクと直径の組み合わせから、図4に示す6つの条件、($12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 25 mm)、($12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 30 mm)、($12.9 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 40 mm)、($8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 25 mm)、($8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 30 mm)、($8.6 \text{ mN}\cdot\text{m}$ 、 40 mm)、が速い反応時間を保証することが示唆された。

親指操作型と従来方式の望ましい条件(回転トルクと直径の組み合わせ)を表1にまとめておく。本研究では、模擬運転作業環境下¹¹⁾で使用していた従来型統合スイッチを動作学的観点から改良することを重視したため、自動車の模擬運転作業を実施せず、ステアリングに設置されたスイッチを操作する作業のみを実施した。そのため、

表1 各スイッチでのダイヤル直径と回転トルクの推奨

Tab. 1 Recommended design parameter for each switch type.

Switch type	Torque mN·m	Diameter mm			
Type (A) Thumb- operated	12.9	20 ×	25 ○	30 ○	40 ○
	9.2	20 ×	25 ○	30 ○	40 ○
	8.6	20 ×	25 ○	30 ○	40 ×
Type (B) Traditional	12.9	20 ×	25 ○	30 ○	40 ○
	9.2	20 ×	25 ×	30 ×	40 ×
	8.6	20 ×	25 ○	30 ○	40 ○

○ : recommended × : not recommended

自動車操作以外の状況においても本研究で提案したような統合スイッチを用いれば、操作時間を短縮することができると思われる。

6. 結 論

本研究では、親指のみで操作可能にすれば操作完了時間が短縮可能であるという仮説のもと親指操作型ダイヤル式統合スイッチを開発し、親指と人差し指のつかみ動作と親指の押し動作によって操作する従来型の統合スイッチと開発した親指操作型ダイヤル式統合スイッチの操作完了時間をビデオ分析により解析した。エンコーダの回転トルク、ダイヤルの回転直径を実験変数として、親指操作型ダイヤル式統合スイッチの最適な設計条件を同定した。その結果、親指操作型統合スイッチの有用性が検証された。また、親指操作型統合スイッチにおいては12.9 mN·m、9.2 mN·mの回転トルクにおいてはダイヤルの直径25 mm、30 mm、40 mm（直径20 mmは不適切である）が、8.6 mN·mの回転トルクでは25 mm、30 mm（直径40 mmは不適切である）が望ましく、スイッチの回転力として適切な範囲を一元的に指定することは難しく、直径とトルクの組み合わせで適切な条件を設定しなければならないことが明らかになった。この条件で設計された親指操作型ダイヤル式統合スイッチは、従来の統合スイッチよりも高い操作速度を確保できることが期待される。

今後の課題として、より実践的な仮想運転環境または実車環境において親指操作型ダイヤル式統合スイッチの有効性をさらに検証していく必要がある。本研究では、スイッチの設置位置をステアリング部としたが、その他

の設置位置での使いやすさについても明らかにしていく必要がある。本研究では、仮想運転環境¹¹⁾や自動車に実装されている従来型統合スイッチを想定して、親指と人差し指でつまんで、親指で決定キーを押す操作を対象としたが、スイッチを2指でつかんだ状態のままスイッチを押す操作を行うと、本実験の親指操作型統合スイッチと同様の結果が得られるのではないかと予想される。この点についても今後明らかにしていく必要がある。

参考文献

- 1) E. J. McCormick and M. S. Sanders : Human Factor in Engineering and Design, McGrawHill, 1987.
- 2) W. W. Wirewille : Visual and manual demands of in-car controls and displays, In Automotive Ergonomics, B. Peacock and W. Karwowski (eds.), 299-321, 1993.
- 3) A. S. Wickman, T. Nieminen and H. Sammala : Driving experience and time-sharing during in-car tasks on road of different width, Ergonomics, 41 (3), 358-372, 1998.
- 4) A. Murata and M. Moriwaka : Applicability of location compatibility to the arrangement of display and control in human-vehicle systems : Comparison between young and older adults, Ergonomics, 50 (1), 1-13, 2007.
- 5) 森若誠, 村田厚生 : ディスプレイとコントロールの設置位置を考慮したステアリング・スイッチの有効性検証, 人間工学, 40 (1), 12-20, 2004.
- 6) T. Dukic, L. Hanson, K. Holmqvist and C. Waternberg : Effect of button location on driver's visual behavior and safety perception, Ergonomics, 48 (5), 399-410, 2005.
- 7) T. Dukic, L. Hanson and T. Falkmer : Effect of driver's age and push button location on visual time off road, steering wheel deviation and safety perception, Ergonomics, 49 (1), 78-92, 2006.
- 8) J. V. Bradley : Optimum knob diameter, Human Factors, 11 (2), 353-360, 1969.
- 9) R. C. Carter : Knobology underwater, Human Factors, 20 (4), 641-647, 1978.
- 10) K. J. Øvergård, K. I. Fostervold, H. V. Bjelland and T. Hoff : Knobology in use : an experimental evaluation of ergonomics recommendations, Ergonomics, 50 (5), 694-705, 2007.
- 11) 村田厚生, 森若誠, 王曙光 : 自動車用統合スイッチと非統合スイッチの操作性比較, 人間工学, 45 (4), 209-218, 2009.
- 12) C. D. Wickens, J. D. Lee, Y. Liu and S. E. G. Becker : An Introduction to Human Factors Engineering, Pearson Education, Inc., 2004.