

自動車エアコンのスイッチ形式が 操作性に与える影響について

Effects of differences in the control switch of air conditioning units on maneuverability

研究代表者	工学部機械工学科	准教授	樹野 淳也 Junya Tatsuno
共同研究者	工学部情報システム工学科	講師	中村 一美 Hitomi Nakamura
	次世代基盤技術研究所	博士研究員	米原 牧子 Makiko Yonehara
	工学部情報システム工学科	教授	田中 一基 Kazumoto Tanaka
	工学部知能機械工学科	教授	竹原 伸 Shin Takehara

Most traffic accidents are caused by inattentive driving. Inattentive driving occurs when drivers operate devices unrelated to driving. This paper evaluates the maneuverability of control switch of the air conditioning unit. We performed an experiment to compare the operation of three kinds of control switches: lever switch, knob rotary switch, and dial rotary switch. The experimental results showed that the subjects could perform the tasks more accurately using the knob rotary switch compared to that using the dial rotary switch and lever switch. The difference in the operation of three different control switches is as follows: In the case of the knob rotary switch and lever switch, the subjects are able to hold the switch at the central position by arm kinesthetic sense, and the motion error gets canceled when the subjects operate the control switch continuously. In contrast, in the case of the dial rotary switch, subjects are not able to recognize the switch rotation without visual confirmation, and the error accumulates whenever the subjects operate the switch. The next stage of this research involves the development of a switch that operates without visual confirmation. In the future, it is expected that the control switch of the air conditioning unit will not only possess a merchantable design but will also produce better results during its operation.

1. はじめに

自動車による交通事故は、近年減少傾向にあるものの、平成 22 年度の事故件数および死亡者数は、それぞれ約 73 万件と約 5 千人となっている⁽¹⁾。また、法令違反別交通事故発生件数では、事故原因の約 75%が安全運転義務違反であり、その法令違反となった行動は、安全不確認、脇見運転、動静不注視の順で多く、高齢者は安全不確認、若者は脇見運転の割合が高くなっている。さらに、事故類型別の交通事故件数では、追突と出会い頭で約 60%を占めている。これらのデータは、若者が脇見運転をして追突、高齢者が安全確認を怠り交差点で出会い頭といった事故のパターンが多いことを示唆している。本研究は、脇見運転の防止の一助になることを期待して、自動車の HMI について実験的に調査研究を行うものである。

脇見運転に関する研究は多くのアプローチから実

施されている。田久保ら⁽²⁾は、運転者の脇見行動のモデル化に取り組んでいるほか、森田ら⁽³⁾は、脇見運転とブレーキ操作時間との関係を実験的な観点から調査している。また、近年は、脇見運転の検知⁽⁴⁾に関するテクニカルな研究が多く見られる。武藤⁽⁵⁾が人身事故を対称に脇見運転の事故分析を行った結果なども参考にすると、脇見の要因は、運転操作以外の機器の操作が主たる要因の一つであり、その防止や改善は取り組まなければならないものとされている。

従って、脇見運転防止の観点からすると、自動車における操作系は、できるだけ視認を必要としないものが望ましいと考えられる。そこで、本研究では、運転中に行われる操作の一つであるエアコンスイッチをとりあげ、簡単な被験者試験により操作性を検討する。

2. 材料および方法

2.1 供試するエアコンスイッチ

自動車のインパネデザインは、時代とともに変化してきたが、操作系の方向性は、ステアリング・スイッチや統合スイッチに向かっていると判断できよう。

ステアリング・スイッチは、本来の運転操作デバイスであるステアリング・ホイール上に、各種の操作スイッチを配置することにより、ドライバの手先や視線の移動量を抑えることが期待され、開発されている。狭い領域に複数のスイッチを配置すると自ずとその数は多くなり、却って操作性が低下することが予想されることから、スイッチの個数やその配置方法についての研究が実施されている⁽⁶⁾⁻⁽⁹⁾。

統合スイッチには、BMW社のiDrive^{(10),(11)}やトヨタ社のリモートタッチ⁽¹²⁾のような例がある。これらのデバイスは、近年のPCのOSと同様にGUIの操作形式で、画面上のポインタを運転者手元に配置されたスイッチで動かし、機器の制御を行うものである。操作部をセンターコンソール付近に配置したため、操作時に腕の可動範囲が少なく、適切な運転姿勢を保つことができると言われているが、操作のためにはモニタへの視線移動が不可欠で、運転中に視線が前方からずれ、事故の危険性が高いシステムと推測される。一方、このようなシステムがすべてのグレードの車種に導入されることは考えにくく、しばらくは価格の高い自動車向けとなるであろう。今後の開発途上国における自動車普及を考慮すると、従来型のエアコンパネルの操作性検討は十分意義があるものと思われる。そこで、本研究は、現在多く用いられている以下の形式のスイッチの評価を行う。

図1(a)のエアコンスイッチは、古くから存在するタイプで、主にレバーをスライドさせ温度、風量、風向、内外気の調整を行うことから、ここでは「レバー式」と呼ぶことにする。スイッチと補機をワイヤで直接つなぐため、横にスライドするレバーが用いられた背景がある。

図1(b)のエアコンスイッチは、ダイヤルを摘んで回し温度、風量、風向を調節するタイプであり、ここでは「棒ダイヤル式」と呼ぶことにする。レバー式の次の世代の形式であり、レバー式と同様に補機を直接ワイヤで操作するものもあれば、バイワイヤ化された製品も存在するようである。なお、図1(b)の機種では、内外気の切り替えはボタンで行うよう



(a) レバー式



(b) 棒ダイヤル式



(c) 丸ダイヤル式

図1. 3種類の供試スイッチ

になっており、一部の操作がバイワイヤ化されていることがわかる。

図1(c)のエアコンスイッチは、棒ダイヤル式より後に製品化されたものであり、ダイヤルを挿んで回し調節することから、ここでは、「丸ダイヤル式」と呼ぶことにする。本方式のほとんどでは、ダイヤルに可変抵抗が組み込まれ、補機への操作信号がバイワイヤ化されている。

本章では、これらのスイッチ形式の操作性を比較する被験者試験の内容について述べる。

2.2 実験環境

図2に示した実験環境のように、ドライビングシミュレータ（フォーラムエイト，UCwin-Road Ver. 4）の環境下で実験を行った。被験者は、三画面モニタを見ながら運転操作を仮想的に行い、エアコンの温度調節行うタスクが運転中に与えられる。



図 2. 実験環境

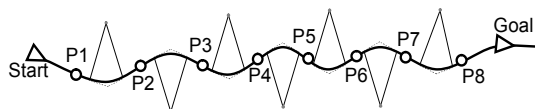


図 3. コースレイアウト



図 4. 指示画面

図 3 は、シミュレータ内に作成されたコースのレイアウトである。被験者に適度な運転操作負荷を与えるため、カーブが連続するコースとした。なお、コースの全長は 3040 m で、カーブの半径は約 600 m であった。コース中に設定されたポイント (P1 から P8) を通過すると、中央のモニターにタスクが表示され (図 4)、被験者はその指示にしたがいエアコンスイッチを操作する。

2.3 タスク

被験者のタスク内容を表 1 にまとめた。表のよう

に、エアコンの設定温度を調節するタスクであり、同様の上げ下げの指令を 2 回繰り返すことになっている。なお、実験に供試したレバー式および棒ダイヤル式のスイッチには、目盛値が示されていないことから、図 5 のように予め目盛の設定をするとともに、教示の段階で 22 °C、25 °C、28 °C の位置を被験者へ伝えた。

表 1. タスクの内容

ポイント	タスク
P1	25 °C から 28 °C に上げる
P2	28 °C から 25 °C に下げる
P3	25 °C から 22 °C に下げる
P4	22 °C から 25 °C に上げる
P5	25 °C から 28 °C に上げる
P6	28 °C から 25 °C に下げる
P7	25 °C から 22 °C に下げる
P8	22 °C から 25 °C に上げる



(a) レバー式 (b) 棒ダイヤル式

図 5. スイッチの目盛設定

本研究の目的は、脇見運転防止の観点において、視認なしの条件下でエアコンスイッチの操作性を検討することにある。そのため、本実験では、被験者がスイッチを視認できないようスイッチ上部に視線遮断用プレートを設けるとともに、視線を移動させないように予め指示した。また、スイッチを操作後、左手をステアリングハンドルに戻すと、丸ダイヤル式や棒ダイヤル式のようにダイヤルが三連になっている形式では、ダイヤルを誤選択するケースが予備試験で確認されたので、操作ダイヤル位置近傍にシフトノブを設け (図 2)、ダイヤル操作後はシフトノブに左手を置くよう指示した。

被験者が操作した温度レバー・ダイヤルの位置を把握するために、それぞれのエアコンパネルに変抵抗を取り付けた。その可変抵抗に安定化電源で DC 電圧を供給し、中間端子の電圧を AD 変換器 (CONTEC

社, AI0-160802AY-USB) に入力し, PC に取り込んだ。
 なお, 実験開始前に, 電圧値とスイッチ位置の関係を
 近似する曲線を求めた。

被験者には, レバー式, 棒ダイヤル式, 丸ダイヤ
 ル式のいずれのスイッチを各 1 回ずつ供試するが,
 スwitchの供試順序は, 順序効果を防ぐため被験者
 によって変えるとともに, 試験日を 1 日間隔で 3 日
 間設定した。被験者は, 日常的に自動車を運転して
 いる 18 名の 20 歳代の右利き男子大学生 (平均 20.7
 歳, 標準偏差 0.75 歳) とした。なお, 試験前には
 インフォームドコンセントを行った。

3. 結果および考察

3.1 指令値と操作値の差の評価

表 2 に, それぞれの温度調節指令の際に, 被験者
 が操作したスイッチが指し示した温度をまとめた。
 また, 図 6 から図 8 に, 例として, 被験者(s18)が
 操作したスイッチ位置の推移を示した。細い実線が
 被験者への温度調節指令値で, 太い実線は被験者が
 操作したスイッチが指し示す温度である。

この被験者の結果から, 次のようなことが見受け
 られる。丸ダイヤル式 (図 8) は, 指令回数が増え
 るにつれ, 指令値とスイッチ位置との差が大きくな
 っている傾向がある。一方, レバー式 (図 6) にお
 いては, 指令とスイッチ位置に差が発生しているも
 のの, タスク回数に伴った差の増加は見られなかつ
 た。他方, 棒ダイヤル式 (図 7) では指令とスイッ
 チ位置がほぼ同様で, ほとんど差が発生してない
 ことが分かる。

3.2 スイッチ形式の違いによる影響

このように, スイッチ形式の違いによって, 誤差
 の大きさやその累積度合いが異なることが予想さ
 れる。そこで, スイッチ形式ごとに, 各温度調節指
 示値における指示値 t^* と操作値 t_s の差を以下の式を
 用いて RMS 値 e_r を求め, 表 3 から表 5 にまとめた。

$$e_r = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (t^* - t_s)^2} \quad (1)$$

また, 図 9 は, 全区間の RMS 値を被験者ごとにグ
 ラフ化したものである。この結果について分散分析
 を実施した結果, 被験者間因子では, 有意差が認め
 られなかったことに対し ($F(17, 34)=0.95$), スイッ
 チ形式の因子では, 0.1%水準で有意差が認められた
 ($F(2, 34)=25.6$)。

表 2. 被験者のスイッチ位置の一覧

被験者	タイプ	28	25	22	25	28	25	22	25
s1	丸	26.2	25.1	23.8	25.7	27.2	25.9	24.7	26.2
	棒	28.0	25.0	22.5	24.5	27.4	25.0	22.5	25.1
	レバー	27.2	24.4	21.9	24.3	26.4	24.6	22.3	24.6
s2	丸	26.5	24.5	22.8	24.6	26.0	24.3	22.4	24.4
	棒	27.7	25.0	22.5	24.5	27.0	24.4	22.4	24.7
	レバー	27.2	25.0	22.8	24.6	26.5	24.5	22.5	24.6
s3	丸	27.0	25.0	22.7	24.5	26.0	24.6	22.5	24.5
	棒	27.4	25.0	22.5	25.0	27.4	25.0	22.5	25.0
	レバー	28.7	24.5	21.5	24.7	27.8	24.5	21.5	25.2
s4	丸	27.5	25.1	22.0	24.4	27.1	24.2	21.5	24.0
	棒	28.1	25.0	22.4	25.0	27.4	25.0	22.4	25.0
	レバー	28.1	26.4	24.1	25.9	28.2	26.2	24.1	26.4
s5	丸	28.6	26.2	22.9	26.1	28.6	25.7	22.6	24.9
	棒	28.0	25.0	22.0	25.4	27.5	25.0	22.5	25.6
	レバー	29.0	25.9	22.8	25.5	28.2	25.3	23.1	25.6
s6	丸	27.2	25.7	25.0	25.6	26.2	25.5	24.7	25.2
	棒	28.0	25.0	22.0	24.5	27.0	25.0	22.0	25.0
	レバー	27.3	25.8	23.3	24.7	26.9	24.2	21.5	24.3
s7	丸	28.3	25.8	23.1	25.9	29.4	27.2	25.1	27.6
	棒	28.0	25.5	21.9	25.0	28.0	25.0	22.4	25.0
	レバー	28.9	24.5	21.5	22.7	27.8	24.1	21.1	24.3
s8	丸	27.5	24.2	21.2	24.1	26.5	24.8	26.0	22.5
	棒	27.4	25.0	22.3	25.0	28.0	25.0	22.0	25.0
	レバー	28.3	23.7	20.7	24.5	27.8	24.1	21.4	23.8
s9	丸	27.5	25.6	22.9	25.4	27.0	25.5	22.6	24.9
	棒	28.0	25.0	22.3	25.0	27.4	24.9	22.3	25.0
	レバー	28.9	25.8	24.0	26.9	28.2	25.4	23.2	25.6
s10	丸	27.4	25.0	22.5	24.5	26.5	24.2	22.5	24.5
	棒	27.9	25.0	22.3	25.0	27.4	24.8	22.3	25.0
	レバー	28.1	25.4	22.4	24.5	27.3	24.4	22.1	25.0
s11	丸	26.9	24.1	20.6	23.6	26.6	22.6	18.8	22.0
	棒	28.0	25.6	22.0	24.4	27.4	25.0	21.9	24.5
	レバー	27.7	24.5	21.9	24.8	27.9	25.1	22.7	25.6
s12	丸	28.1	25.2	22.1	24.6	27.6	24.5	22.7	25.2
	棒	27.9	25.0	22.5	25.1	27.5	25.0	22.5	25.0
	レバー	27.3	24.1	21.9	24.2	26.4	24.1	22.2	24.6
s13	丸	26.4	24.0	21.9	24.2	26.0	23.7	21.6	24.0
	棒	28.0	24.5	22.1	25.1	28.0	24.9	21.9	24.7
	レバー	28.2	25.3	22.5	25.0	27.4	24.5	22.9	24.6
s14	丸	27.1	24.6	21.5	24.0	26.5	23.8	21.6	23.6
	棒	28.0	25.0	21.8	24.5	27.4	25.0	21.9	25.0
	レバー	27.3	25.8	23.7	25.6	27.4	25.8	24.1	25.9
s15	丸	27.5	25.5	23.5	25.5	27.5	25.0	23.0	25.0
	棒	28.0	25.0	21.9	25.1	28.0	25.0	22.4	25.0
	レバー	27.5	25.0	22.9	25.0	26.9	24.5	21.9	24.7
s16	丸	27.4	24.9	21.6	24.6	27.1	24.4	20.9	23.6
	棒	28.2	25.0	21.8	25.1	28.0	25.0	21.8	25.1
	レバー	28.3	24.8	21.4	24.8	28.3	24.4	21.4	25.3
s17	丸	27.8	24.9	21.2	24.0	26.4	23.6	20.7	23.6
	棒	28.1	25.0	21.8	25.0	28.1	25.0	21.3	25.0
	レバー	28.0	25.0	22.5	24.6	27.2	25.0	22.9	25.0
s18	丸	27.5	25.7	23.2	26.5	29.0	26.7	24.4	27.6
	棒	27.8	25.1	22.4	25.0	27.5	25.0	22.5	25.0
	レバー	28.3	25.8	22.6	26.4	28.6	25.4	22.8	25.5

そこで, スイッチ形式による差を検討するため
 Tukey の HSD 法を用いて多重比較を行った。その結
 果, レバー式と棒ダイヤル式, 丸ダイヤル式と棒ダ
 イヤル式, 丸ダイヤル式とレバー式では, いずれも
 5%水準で有意差が認められた ($p=0.009$, $p=1.0E7$,
 $p=0.002$)。本実験は, 脇見運転の防止の観点から,
 視認なしでエアコンスイッチの操作が正確に行え
 るかを知ることを目的としており, その観点で考察

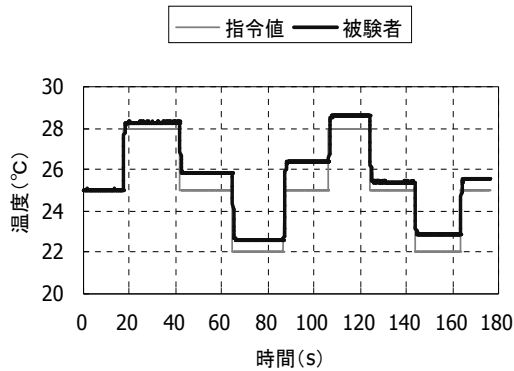


図 6. レバー式スイッチの推移の一例

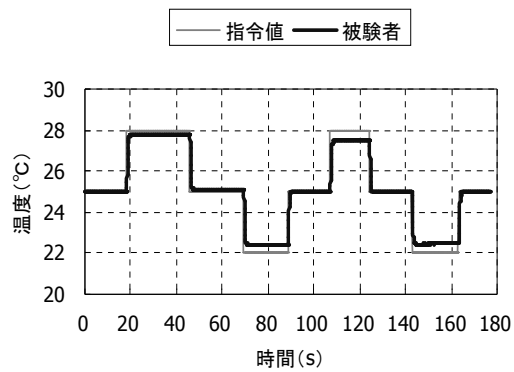


図 7. 棒ダイヤル式スイッチの推移の一例

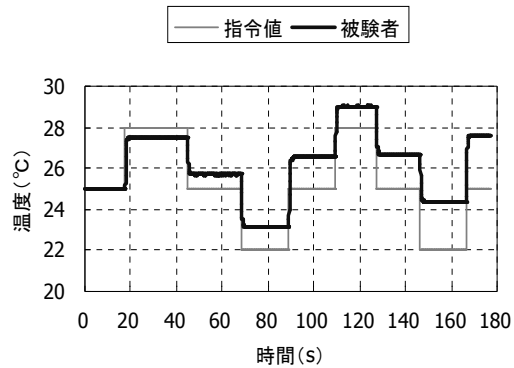


図 8. 丸ダイヤル式スイッチの推移の一例

すると、本実験の条件下では、棒ダイヤル式、レバー式、丸ダイヤル式の順で正確に操作できるということが示唆された。

3.3 操作性の差の原因

次に、スイッチ形式の違いにより、操作性に差が生じた原因について累積誤差の観点から考察を行う。図 10 から図 12 は、それぞれのスイッチ形式における、温度調節指示毎の RMS 値の平均と標準偏差を示している。スイッチ形式による RMS 値の大きさの違いについては、前節でも議論したように、明ら

表 3. RMS 値 (レバー式)

被験者	全区間	28	25	22	25	28	25	22	25
s1	0.27	0.77	0.64	0.09	0.67	1.64	0.37	0.32	0.36
s2	0.26	0.81	0.01	0.84	0.37	1.52	0.50	0.45	0.37
s3	0.16	0.69	0.49	0.46	0.34	0.19	0.47	0.46	0.17
s4	0.49	0.12	1.37	2.13	0.94	0.22	1.24	2.14	1.36
s5	0.26	0.96	0.91	0.84	0.54	0.24	0.29	1.13	0.55
s6	0.29	0.67	0.80	1.27	0.35	1.15	0.76	0.47	0.74
s7	0.38	0.94	0.49	0.46	2.35	0.23	0.88	0.90	0.73
s8	0.31	0.26	1.32	1.27	0.48	0.19	0.87	0.60	1.16
s9	0.41	0.94	0.81	2.00	1.85	0.22	0.43	1.16	0.55
s10	0.15	0.11	0.42	0.35	0.49	0.69	0.62	0.05	0.02
s11	0.14	0.27	0.47	0.10	0.23	0.15	0.05	0.73	0.56
s12	0.29	0.69	0.89	0.07	0.76	1.58	0.88	0.21	0.38
s13	0.17	0.20	0.28	0.47	0.02	0.58	0.49	0.87	0.36
s14	0.41	0.75	0.81	1.65	0.55	0.63	0.80	2.09	0.94
s15	0.20	0.53	0.04	0.86	0.04	1.12	0.49	0.14	0.35
s16	0.15	0.27	0.21	0.60	0.21	0.29	0.61	0.62	0.31
s17	0.17	0.01	0.01	0.51	0.45	0.76	0.04	0.90	0.04
s18	0.26	0.28	0.82	0.58	1.37	0.60	0.41	0.84	0.52
M	0.26	0.52	0.60	0.81	0.67	0.67	0.57	0.78	0.53
SD	0.10	0.31	0.39	0.61	0.60	0.51	0.30	0.56	0.35

表 4. RMS 値 (棒ダイヤル式)

被験者	全区間	28	25	22	25	28	25	22	25
s1	0.13	0.04	0.04	0.52	0.49	0.56	0.01	0.52	0.06
s2	0.19	0.31	0.03	0.50	0.54	0.99	0.64	0.44	0.26
s3	0.14	0.56	0.01	0.51	0.01	0.60	0.01	0.51	0.01
s4	0.10	0.07	0.02	0.40	0.00	0.59	0.05	0.42	0.01
s5	0.13	0.02	0.02	0.00	0.41	0.49	0.03	0.52	0.59
s6	0.14	0.03	0.01	0.04	0.53	0.96	0.02	0.04	0.01
s7	0.08	0.03	0.45	0.12	0.04	0.03	0.00	0.38	0.04
s8	0.08	0.56	0.00	0.32	0.02	0.02	0.00	0.04	0.02
s9	0.09	0.05	0.01	0.31	0.02	0.56	0.06	0.26	0.01
s10	0.10	0.06	0.01	0.28	0.01	0.60	0.25	0.34	0.00
s11	0.14	0.01	0.55	0.05	0.58	0.56	0.02	0.10	0.53
s12	0.11	0.06	0.02	0.47	0.05	0.52	0.02	0.49	0.04
s13	0.08	0.03	0.53	0.10	0.05	0.03	0.06	0.12	0.27
s14	0.09	0.02	0.01	0.19	0.46	0.56	0.03	0.11	0.02
s15	0.06	0.05	0.02	0.07	0.05	0.02	0.02	0.44	0.03
s16	0.05	0.21	0.03	0.22	0.14	0.03	0.03	0.18	0.05
s17	0.09	0.05	0.00	0.16	0.00	0.06	0.00	0.70	0.00
s18	0.10	0.21	0.07	0.37	0.02	0.52	0.01	0.45	0.02
M	0.10	0.13	0.10	0.26	0.19	0.43	0.07	0.34	0.11
SD	0.03	0.17	0.18	0.17	0.22	0.31	0.15	0.19	0.18

表 5. RMS 値 (丸ダイヤル式)

被験者	全区間	28	25	22	25	28	25	22	25
s1	0.52	1.84	0.07	1.82	0.70	0.85	0.85	2.68	1.23
s2	0.36	1.48	0.47	0.82	0.39	2.01	0.70	0.42	0.62
s3	0.31	1.04	0.01	0.66	0.46	1.99	0.38	0.50	0.48
s4	0.23	0.49	0.14	0.00	0.56	0.95	0.83	0.48	1.03
s5	0.27	0.59	1.15	0.90	1.08	0.59	0.70	0.57	0.07
s6	0.58	0.84	0.71	3.00	0.55	1.83	0.48	2.70	0.17
s7	0.64	0.30	0.79	1.07	0.94	1.44	2.24	3.10	2.55
s8	0.78	0.48	0.77	0.77	0.93	1.54	3.42	4.00	2.47
s9	0.22	0.55	0.55	0.91	0.40	1.00	0.47	0.60	0.06
s10	0.27	0.64	0.00	0.51	0.53	1.55	0.85	0.51	0.54
s11	0.72	1.09	0.93	1.44	1.40	1.40	2.42	3.21	2.98
s12	0.13	0.12	0.16	0.10	0.38	0.40	0.46	0.66	0.16
s13	0.42	1.62	0.98	0.13	0.85	2.00	1.32	0.45	1.00
s14	0.35	0.92	0.45	0.48	1.00	1.46	1.23	0.37	1.38
s15	0.26	0.46	0.48	1.51	0.48	0.47	0.02	1.00	0.03
s16	0.28	0.63	0.14	0.37	0.38	0.86	0.60	1.09	1.38
s17	0.39	0.17	0.15	0.84	1.00	1.61	1.39	1.26	1.39
s18	0.57	0.48	0.70	1.17	1.54	1.03	1.69	2.39	2.59
M	0.41	0.76	0.48	0.92	0.75	1.28	1.11	1.44	1.12
SD	0.18	0.47	0.35	0.70	0.35	0.51	0.84	1.17	0.94

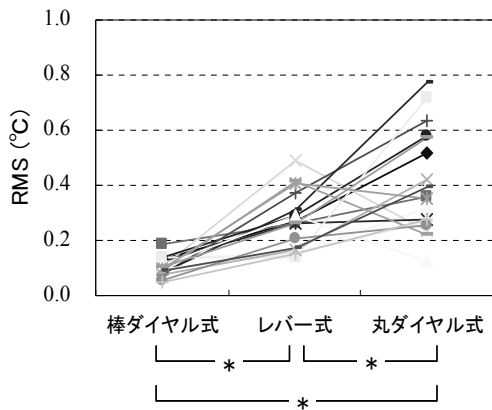


図9. 全被験者の RMS 値

かに異なることがわかるが、ここでは、スイッチ形式内での RMS 値の変化について議論する。

本実験のタスクは、温度調節スイッチの上げ下げであるが、図 6 から図 8 に示したように、中間の 25 °C を経由しており、25 °C の温度調節指令は延べ 4 回ある。そこで、25 °C を指令値とした際の RMS 値について検討する。具体的には、25 °C が指令値の際の 1 回目の RMS 値に対する 2 回目、3 回目、4 回目の RMS 値について t 検定を行った。

レバー式 (図 10) においては、1 回目の 25 °C 指令値の際の RMS 値 ($\bar{M}=0.60$) は、2 回目 ($\bar{M}=0.67$)、3 回目 ($\bar{M}=0.57$)、4 回目 ($\bar{M}=0.63$) といずれも有意差が認められなかった (NS: $t(34)=0.39, 0.27, 0.58; p<.05$)。棒ダイヤル式 (図 11) においても同様に、1 回目の 25 °C 指令値の際の RMS 値 ($\bar{M}=0.10$) は、2 回目 ($\bar{M}=0.19$)、3 回目 ($\bar{M}=0.07$)、4 回目 ($\bar{M}=0.11$) といずれも有意差が認められなかった (NS: $t(34)=1.25, 0.55, 0.12; p<.05$)。一方、丸ダイヤル式 (図 12) では、1 回目の 25 °C 指令値の際の RMS 値の平均値 \bar{M} が 0.48 であったのに対して、2 回目: 0.75, 3 回目: 1.11, 4 回目: 1.12 で、統計量を算出すると ($t(34)=2.27$)、($t(34)=2.87$)、($t(34)=2.61$) となり、それぞれ 5% 水準、1% 水準、5% 水準で有意差が認められた。

この結果は、レバー式や棒ダイヤル式にはスライド式と回転式の違いはあるものの、上肢の運動感覚からスイッチの中心を認識することができるため 25 °C 指令値において、視認なしでも比較的正確にスイッチを操作できたと考えられる。反対に、ダイヤルを掴む方式の丸ダイヤル式では、スイッチの絶対位置の認識が容易でなく、レバー式や棒ダイヤル式で可能であった中心位置での誤差消去が行えず、

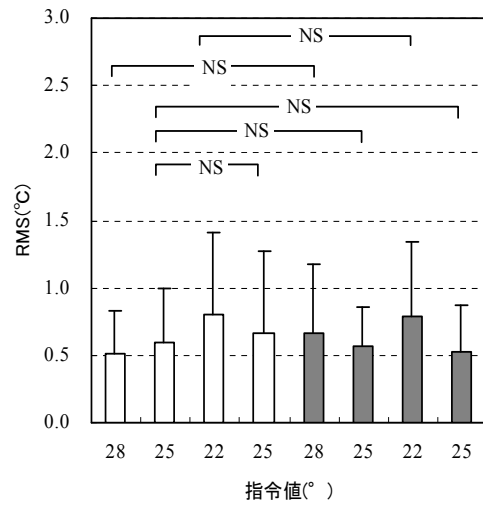


図10. 区間毎の RMS 値 (レバー式)

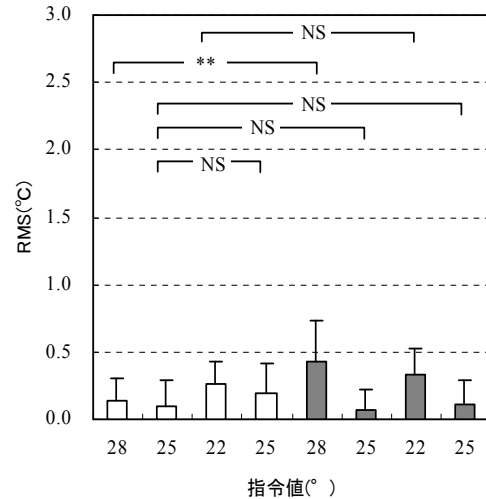


図11. 区間毎の RMS 値 (棒ダイヤル式)

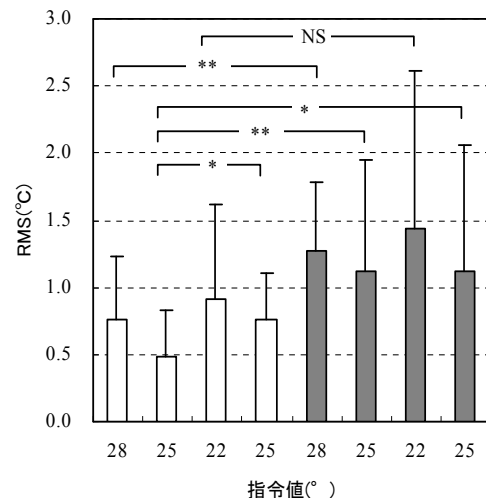


図12. 区間毎の RMS 値 (丸ダイヤル式)

誤差が累積する結果になったと推測できる。

加えて、28℃指令値と22℃指令値について、前半と後半とでRMS値に差があるかを検討した。その結果、レバー式では、前半の28℃の際のRMS値($\bar{M}=0.52$)に対して、後半のRMS値($\bar{M}=0.67$)で、有意差が認められなかった(NS: $t(34)=1.05$, $p<.05$)。また、22℃においても、前半のRMS値($\bar{M}=0.81$)に対する後半のRMS値($\bar{M}=0.78$)も有意差が認められなかった(NS: $t(34)=1.05$, $p<.05$)。

一方、ダイヤルを回転させる棒ダイヤル式と丸ダイヤル式では、ともに、22℃の指令値の前後半を比較した際、有意差が見られなかった(NS: $t(34)=1.27$, 1.59 ; $p<.05$)が、28℃の指令値では、統計量を算出すると($t(34)=3.04$), ($t(34)=3.45$)となり、ともに1%水準で有意差が認められた。

正確に操作ができると判断された棒ダイヤル式でこのような結果になった要因は、次のように考えられる。丸ダイヤル式はダイヤルを掴んで操作するが、棒ダイヤルは摘んで操作する。つまり、棒ダイヤル式では、スイッチの位置に応じて手先の姿勢が決定されることになる。本実験の操作は、言わば回内運動と回外運動と捉えることができるが、その回転方向により可動域特性や発生トルクが異なることが指摘されている^{(13),(14)}。そこで、回外動作に相当する28℃から25℃の指令の際の回転量 θ_{s1} と、25℃から22℃の回転量 θ_{s2} の総和 θ_s を回内動作に相当する22℃から25℃の指令の際の回転量 θ_{p1} と、25℃から28℃の回転量 θ_{p2} の総和 θ_p を表2のデータを用い被験者毎に求めた(表6)。回外動作の回転量 θ_s および回外動作の回転量 θ_p の平均と標準偏差は、それぞれ($\bar{M}=5.75$, $SD=0.40$)、($\bar{M}=5.42$, $SD=0.50$)となり、5%水準で有意差が認められた($t(33)=2.12$)。このことにより、1回目の28℃指令の際の操作位置と、2回目の位置の差は、回内動作と回外動作の動作特性の違いにより、僅かながら有意な差が発生したものと推測された。

4. おわりに

交通事故の主たる事故原因の脇見運転は、運転操作以外の操作を行うことに起因しているケースが多いことから、本研究ではエアコンスイッチを例に取り上げ、視認を伴わない条件の下での操作性を比較する実験を行った。

3種類のエアコンスイッチを供試した実験では、

表6. 棒ダイヤル式における回内動作と回外動作の比較

	回外動作 θ_s 28℃から22℃	回内動作 θ_p 22℃から28℃
s1	5.52	4.92
s2	5.19	4.51
s3	4.93	4.89
s4	5.67	5.01
s5	6.02	5.51
s6	6.01	5.08
s7	6.09	6.09
s8	5.12	5.70
s9	5.64	5.13
s10	5.66	5.12
s11	6.04	5.49
s12	5.47	5.01
s13	5.87	5.87
s14	6.17	5.63
s15	6.02	6.05
s16	6.43	6.19
s17	6.21	6.22
s18	5.42	5.11
M	5.75	5.42
SD	0.40	0.50

ダイヤルを摘んで操作する棒ダイヤル式、レバーで操作するレバー式、ダイヤルを掴んで操作する丸ダイヤル式の順で温度調節のためのスイッチ操作が正確に行えることが分かった。このように差が生じた原因は、棒ダイヤル式とレバー式では、腕の運動感覚により、スイッチの位置、特に中央の位置が把握可能であり、本実験のようにスイッチを連続して操作する場合には、操作途中で誤差がキャンセルされることにより、誤差の累積が発生しないものと考えられた。逆に、丸ダイヤル式では、視認なしではスイッチが指し示す位置を認識できないため、本実験のタスクでは、スイッチ操作毎に誤差が累積したと推測した。

本研究の結果を踏まえ、視認無しで操作できるスイッチの開発に取り組むことが次の課題である。本実験の結果は、製品開発のアイデアになりうると考えているが、実験や予備試験を通して見られた次のようなことも開発には重要であろう。棒ダイヤル式や丸ダイヤル式のように温度、風量、風向を調節するスイッチが並んでいるタイプは、被験者の左手をシフトノブに戻すような実験設定にも関わらず、被験者が間違っ温度調節以外を操作するシーンが見受けられた。つまり、ダイヤルを探すという作業

にも視認が必要ということである。本研究の目的は、脇見運転防止の観点からエアコンスイッチについて検討したものであるが、パネル全体のデザインについても、考える必要があることを意味している。例えば、温度スイッチはレバー式、風量スイッチは丸ダイヤル式、風向スイッチはボタン式というように、機能毎にスイッチの形式を異なるものにすれば、視認時間の短縮がはかれるものと思われる。マーケットを考えると、操作性が高いだけでなくデザイン性も重要であることは否めないが、デザイン性と操作性が両立するエアコンスイッチが開発されることを期待する。

おわりに、本論文に関して有益なご教示をいただいた(株)ユーシン福田岳部長、徳留哲夫課長に感謝いたします。また、本実験の実施には、本学学生島田理志君(現難波プレス工業(株))、中洲恵一君(現双葉工業(株))の努力によるところが多く、謝意を表します。

本研究の一部は、文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「地域連携による次世代自動車技術の研究」にて行われたことを付記する。

参考文献

- (1) 独立行政法人統計センター: 平成 22 年中の交通事故の発生状況,
<http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001070719>
- (2) 田久保宜晃, 藤岡健彦: 運転中の脇見行動に関する分析, *自動車技術会論文集*, 34 巻 2 号 (2003), pp.107-112.
- (3) 森田和元, 益子仁一, 岡田竹雄: わき見運転時のブレーキ操作の遅れに関する考察, *自動車技術会論文集*, 33 巻, 3 号, (2002), pp.161-166.
- (4) 渡邊隆介, 山本修身, 中野倫明, 山本新, 井東道昌: インナーミラー内臓撮像システムによる視線の検出, *信学技報*, 106 巻, 74 号, (2006), pp.65-69.
- (5) 武藤美紀: 脇見運転に関する考察, *月刊交通*, 28 巻, 4 号, (1997), pp.79-85.
- (6) 森若誠, 村田厚生: ステアリングスイッチの有効性に関する人間工学的検討 -スイッチ個数とスイッチ配置形式について-, *人間工学*, 40 巻, 5 号, (2004), pp.276-280.
- (7) 池村澄男, 石原荘一: 自動車用ステアリングホイールスイッチの操作性について, *日本機械学会論文集 C 編*, 71 巻, 702 号, (2005), pp.525-532.
- (8) 池村澄男, 石原荘一, 竹内淳一: 自動車用ステアリングホイールスイッチの操作性(表裏スイッチの影響), *日本機械学会論文集 C 編*, 73 巻, 725 号, (2007), pp.237-243.
- (9) 池村澄男, 石原荘一, 森勇氣: 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) *日本機械学会論文集 C 編*, 75 巻, 754 号, (2009) pp.1777-1783.
- (10) John H. Day: Can BMW's iDrive Pass Its Road Test Now?, *Electron Design*, Vol.52, No.14, (2004), pp.48-50.
- (11) Bernhard Niedermaier, Stephan Durach, Lutz Eckstein, and Andreas Keinath: The New BMW iDrive - Applied Processes and Methods to Assure High Usability, Lecture Notes in Computer Science, 5620, *Digital Human Modeling*, (2009), pp.443-452.
- (12) 林達彦: トヨタ自動車「レクサス RX」新 HMI 「リモートタッチ」を採用, *日経 automotive technology*, 12 巻, (2009), pp.108-111.
- (13) 野呂浩史, 藤島恵喜蔵, 松本博之: 三次元動作分析装置による前腕回内回外変換運動の定量的評価{回内成分と回外成分の比較, *リハビリテーション医学*, 30 巻, 8 号, (1993), pp.567-570.
- (14) 岩垣丞恒, 石井利雄, 網代忠宏: 前腕回外力並びに回内力について, *東海大学紀要*. 体育学部 6 巻, (1976), pp.43-48.