

触覚と音声を用いた視覚障害者用家電リモコンの提案と評価

吉田 恵, 安村 通晃

慶應義塾大学 環境情報学部

家庭用電化製品におけるリモコン操作は、視覚情報以外のフィードバック不足のために視覚障害者や高齢者などのユーザーにとって、それらの操作は多くの困難を伴っている。本研究では、視覚障害者が抱える家電製品に対する問題を解決するためのインタフェースとして、以前はテンキー方式リモコンを提案した^[1]が、今回はスライダーとダイヤルを用いたリモコンを試作し、リモコンとしてこれらのデバイスが有効であるかの調査を行ったので報告する。

Prototyping and Evaluation of a Remote Control System using Rotational Dial and Slider for Home Appliance

Megumi Yoshida & Michiaki Yasumura

Faculty of Environmental Information, Keio University

Today, there are many home appliances using visual interfaces such as LCDs. Since these appliances need to be operated with our vision, users with visual impairment are facing difficulties. We have made an research on how those users are using home appliances, and as an interface to solve those problems, we suggest the household appliance system using two haptic devices, the rotational dial and slider for the tactile input and sound feedback.

1 はじめに

近年の家庭電化用製品は多機能化した反面、操作が複雑化しその操作は視覚情報に依存してきている。そのため、日常生活には欠かすことできない製品の操作が視覚障害者や高齢者など視覚情報が得にくいユーザーにとって、ますます困難になってきている。

本研究の前段階として、テンキー方式リモコンの試作と検討を行なった。これは、視覚障害者の家電製品に対する問題点を解決するためのインタフェースとして、テンキーによる入力に音声フィードバックを加えた方式のリモコンにおける評価実験を行ったものである。その結果、フィードバックが音声だけでは確認に時間がかかる為、触覚的な確認が欲しいという要望が強かった。このため、今回テンキーではなく、スライダーとダイヤルという触覚を用いたデバイスを用いて、家電機器の操作と状態把握の両方を行なう方式を試作し、評価した。^[1]

2 ダイヤル型・スライダー型リモコンの設計と試作

視覚障害者に対するヒアリング調査やアンケートを通じて得られた知見^[2]を元に、リモートコントローラー（以下リモコン）に焦点を当てその改善策を提案する。家電機器の操作にはリモコンが必要な場合が多いが、これにはさまざまな問題がある。視覚障害者や高齢者にとってのリモコンの問題点としては、①機械に向けて操作しないといけない、②ボタン数が多い為に記憶の負担が大きい、③フィードバックがリモコンの液晶や報知音のみ、などが挙げられる。これらの問題点は日常的に使用する機器に対して不安を抱えながら生活をするにもつながる。以前に試作したテンキー方式リモコンでは、①や②の問題点を大きく改善できたが、③の問題点ではまだフィードバックが音声のみでは確認に時間がかかるという課題が残っており、被験者からはデバイスの位置などで触覚的に確認したいという意見があった。^[1]

これらの問題点を解決するために、今回の試作ではスライダーとダイヤルで操作する触覚型リモコンを提案する。

今回試作に用いたのは Phidgets¹ のスライダーとローテーションセンサー（ダイヤル）である。スライダーの可動範囲は 6cm、ダイヤルの回転範囲は 300 度で直径 50mm である。（図 1）

プログラミング言語としては C #, Phidgets の値を得るためには PhidgetServer² を利用した。音声合成は SAPI を利用した。（図 2）

これらを用いて、2 種類の実験を行なった。

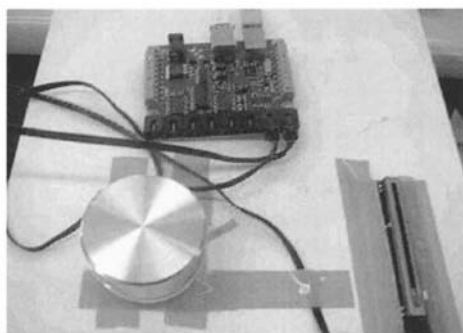


図 1: 試作に用いたスライダーとダイヤル

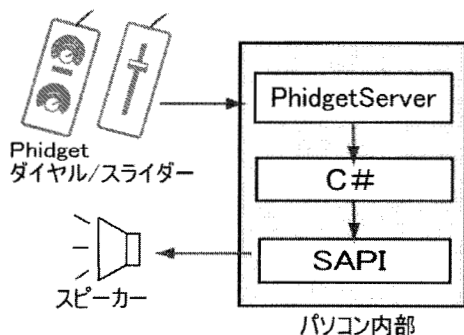


図 2: システム図

3 実験 1: スライダーとダイヤルの基本特性把握

3.1 方法

スライダーやダイヤルの調整可能な段階を様々に変更し、その段階がどの程度ならば操作が可能

かを調査するための実験を行なった。

被験者は 20 代の男女学生計 9 名（男性 4 名、女性 5 名）を対象として実験を行った。視覚情報がない状態でどの程度操作や確認が可能かを調査するため、被験者にはアイマスクを着用してもらった。今回の実験では①設定操作の調査と②状態確認の調査を行なった。

①ではスライダーとダイヤル、共に操作可能な値の範囲を 3 段階用意し、被験者にはそれぞれ段階ごとに 4 つのタスクを実行してもらい、それぞれのタスク達成の所要時間を計測した。なお、スライダーとダイヤルの使用順番は学習効果による偏りを防ぐために被験者毎に順番を変えて行なった。操作可能範囲は、以下の 3 段階である。

範囲 1. 最小値 0～最大値 8

範囲 2. 最小値 0～最大値 16

範囲 3. 最小値 0～最大値 24

また、タスクは以下の 4 つを提示した。

タスク A. 最小値→最大値に移動

タスク B. 最小値→最大値の 1/2 の値に移動

タスク C. 最大値の 1/2 の値→最大値 - 1 の値に移動

タスク D. 最大値 - 1 の値→最小値 + 1 の値に移動

今回使用したスライダーとダイヤルは移動したときに「カチッ」という手ごたえがなく流動的に移動してしまうため、「カチッ」という報知音を鳴らし、操作した際に値が変わったということを、触覚以外でも知ることができるようにした。ただし、値の音声フィードバックは与えず、報知音と感覚のみを手がかりにタスクを実行してもらった。

②では設定されている値をデバイスの操作部の位置のみを手がかりに確認してもらった。確認してもらう値はスライダー、ダイヤル共に最大値 3～14 まで 1 段階ごとに変化させて行なった。実験者がスライダーとダイヤルの値を変化させ、被験者にはそれぞれの値を触覚的に答えてもらった。例えば、最大値 7 の場合で実験者が 5 の値に操作部を移動させて設定し、被験者にその値を答えてもらう、というものである。これを最大値 3～14 で 1 段階ずつ行なった。なお、学習効果による偏りを防ぐために、被験者毎に実験におけるスライダーとダイヤルの使用順番と実験者が変化させる値はランダムに変えて行なった。また、実験者が変化させる値はすぐに認識できるであろう最小値、最大値は除き、その他の値を設定した。

¹ 『Phidgets Inc.:Unique and Easy to Use USB Interfaces』
<http://www.phidgets.com/>

² 『USB センサを使ってみよう (PhidgetServer 編)』
<http://mobiquitous.com/device/phidget-server.html>

3.2 計測結果

①の設定の調査では、各タスクにおける段階ごとの所要時間を計測した。なお、それぞれのタスクにおいて間違えた場合は一旦計測を止めてタスクをやり直してもらい、達成できた場合の計測時間を最終的な結果とした。図3は段階ごとのタスク達成合計所要時間である。その結果、操作可能範囲が増えるにつれて所要時間が増加した。また、スライダーよりもダイヤルの方タスク達成に時間がかかっている。また、図4は段階別の合計エラー回数であるが、各タスクごとにエラーして操作した回数も、所要時間と同様に操作可能範囲が増えるにつれて増加し、スライダーと比較するとダイヤルの方が、間違いの回数が多くなる傾向になった。

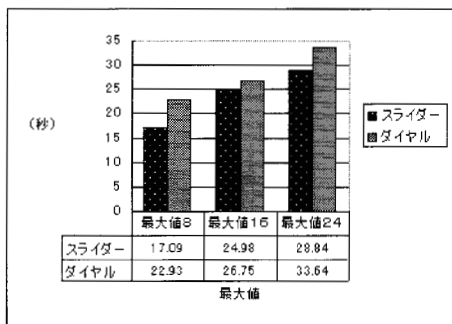


図3: 段階別タスク達成合計所要時間

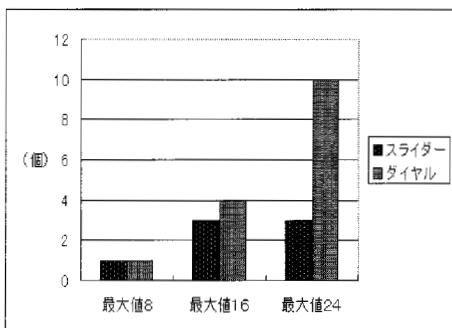


図4: 段階別合計エラー回数

②の状態確認の調査では最大値を変化させ、その値を被験者に答えてもらった。図5は、その値が確認できたかどうかの正答率の推移である。この正答率は、全被験者中の正解した人数の割合であるが、最大値が上がるにつれて正答率は低くなる傾向にある。また、スライダーと比較するとダイヤルの方が正答率がやや低めになっており、ダ

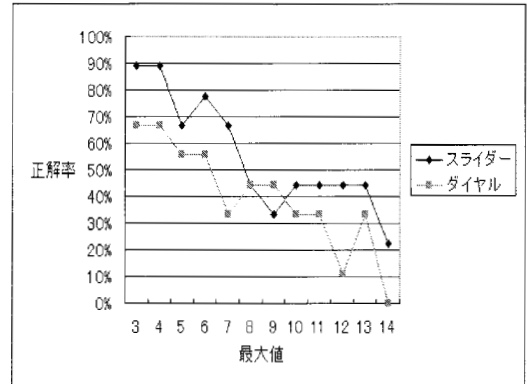


図5: 確認正解率

イヤルの最大値14の状態では全被験者が確認不可能であった。

そして実験後の被験者の意見には、状態確認の際にスライダーは可動範囲が明確で半分の位置がわかりやすかったので確認が取りやすいが、ダイヤルは可動範囲が300度のため、半分の位置がわかりにくかったので確認は困難であったというものもあった。使用するダイヤルの可動範囲が360度であれば、ダイヤルの確認もやや正答率が上がる可能性もある。

4 実験Ⅱ：実機を想定した操作実験

4.1 方法

スライダーとダイヤルを用いた家電操作リモコンの有効性と問題点を検討するために、両方のデバイスを同時に使用した2つのパターンの実験を実施した。パターンは以下の2つである。

パターン1. ダイヤルで設定対象の変更を行ない、スライダーで状態設定

パターン2. スライダーで設定対象の変更を行ない、ダイヤルで状態設定

スライダー、ダイヤル共に可動範囲の最小値から最大値へ上げるにつれて変更する状態は以下の通り。

設定対象変更. 電源→風量設定→運転モード設定→室温設定

電源. オン→オフ

風量設定. 微風→弱風→強風→自動

運転モード. 冷房→暖房→除湿→送風→自動

室温設定、17 度から 30 度まで 1 度ずつ上がる

すべての操作には音声フィードバックを設け、被験者はそのフィードバックと触覚的な情報を手がかりに操作を行なうものとする。また、設定対象の変更を行なう際、現在の設定状態を音声でフィードバックすることで、確認することができるようにした。

被験者は男女合計 8 名（男性 6 名、女性 2 名）で、いずれも 20 代の学生で晴眼者であり、実験においてアイマスクで目隠しをしてもらった。被験者には実験者から指示されたタスクを行なってもらい、それぞれのタスクの所要時間を計測し、実験後に被験者からの意見を聞いた。

なお、実験を行なうパターンの順番は学習効果による偏りを防ぐために被験者毎に順番を変えて行なった。また、被験者には初期設定状態は知らせずに実験を開始し、実行してもらうタスクは各リモコンの実験前に繰り返し指示した。

初期設定は、以下の通り。

- 電源：オフ
- 運転モード：自動
- 室内温度：23 度
- 風量：微風

この状態から実行してもらうタスクは以下の 6 つである。

タスク 1. 電源をオンにする

タスク 2. 運転モードを確認する

タスク 3. 運転モードを冷房にする

タスク 4. 現在の設定温度を確認する

タスク 5. 温度を 2 度上げる

タスク 6. 風量を強風にする

今回の試作では直接エアコンなどの機器操作は行っていないが、実際のエアコン操作を想定した形で実験を実施した。また、本研究の最終的な目標として、双方向性を持ったスライダーやダイヤルでの操作・確認を行なうことにある。今回の実験では、タスク間で実験者が手動で次のタスクの初期設定の位置にスライダー、またはダイヤルの操作部を移動させたが、初期設定が自動的に切り替わることが目標である。

また、実験後にそれぞれのパターンの使いやすさを 5 段階で評価してもらった。

4.2 計測結果

各タスクにおける、それぞれのパターンの所要時間を計測した。図 6 は各タスク達成の平均所要時間であるが、パターン 1 のタスク 4 は、1 人の被験者がダイヤルで設定状態を変更する際に室温設定の位置がわからず操作を断念し、実験者が操作したため、この 1 人分のデータを除外した。全体的にパターン 1 の方がパターン 2 よりも短い時間で操作でき、全タスク達成にかかった時間の平均はパターン 1 が約 76.25 秒、パターン 2 が約 109.50 秒となり、パターン 1 の方が大幅に速く達成できた。それぞれのタスクごとに見てみると、タスク 4 において、両パターンともに時間がかかっているが、これは、設定対象を変更する際に「室温設定」が最大値域に設定されていたために被験者がなかなかこれを見つけられなかったことが原因である。また、タスク 6 においても時間がかかっている。これは、「微風」から「強風」に変更する際、強風が可動範囲の最大値部分にあるというイメージを被験者の多くは持っていたが、実際の最大値部分は「自動」に割り当てられているため、操作時に一度最大値まで上げてから 1 段階下げるといふ行為を行なった被験者が多かったためであると考えられる。

それぞれのパターンの使いやすさを 5 段階で評価してもらったところ、パターン 1 の平均が 3.6、パターン 2 の平均が 3.1 という結果になった。ほとんど評価は変わらないが、パターン 1 の方が使いやすいという意見がパターン 2 よりもやや多く得られた。

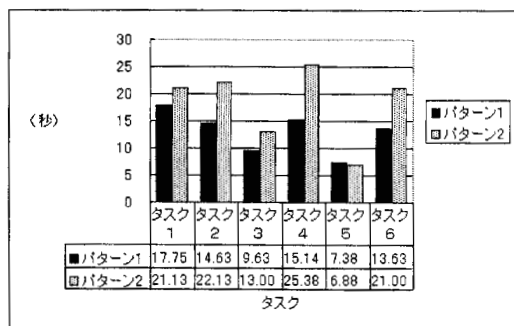


図 6: 各タスク達成の平均所要時間

パターン 1: ダイヤルで対象設定, スライダーで状態設定

パターン 2: スライダーで対象設定, ダイヤルで状態設定

4.3 考察

実験後に被験者から意見や感想をインタビューしたところ、温度設定においてスライダーを上下させる操作ではイメージが掴みやすいが、ダイヤルだとわからないといった意見がいくつか聞かれた。また、電源のオンとオフなど2つの状態変化の場合はダイヤルではやりにくいという意見が多く、その操作にはスライダーやダイヤルではなくスイッチ型が適しているのではないかという意見もあった。

5 まとめ

今後、スライダーやダイヤルが、設定対象を変更した際に現在の設定状態と連動して動くシステムにすることを検討したい。また、テンキーリモコンと併用することで汎用的にさまざまな家電製品を操作することが可能になると考えられる。

謝辞

本研究の実施に際し、評価実験に参加して下さった皆様方に感謝する。なお、本研究は、科学研究費補助金『特定領域』『障害者・高齢者のコミュニケーション機能に関する基礎的研究』の一部として行なったものである。

参考文献

- [1] 吉田恵, 安村通晃, テンキー方式を用いた家電操作の試作と検討, 情報処理学会 ヒューマンインタフェース研究会, HI116, pp.71-76, (Nov. 2005).
- [2] 吉田諒, 安村通晃, 音声リモコン方式を用いた家電操作の試作と検討, 情報処理学会 ヒューマンインタフェース研究会, HI116, pp.65-70, (2005.11).
- [3] 鈴木敬明, 易強, 桜川智史, 田村久恵, 望月融, 澤畑広信, ガス給湯器用浴室リモコンにおけるユニバーサルデザインのための視覚障害者配慮設計—数値設定操作に基点音を用いた場合の有効性と問題点—, 認知科学, Vol.10, No.3, pp370 – 384, (2003.9).
- [4] 長嶋祐二, 安村通晃, 猪木誠二, 市川薫, 岡本明, 権藤恭之, 手嶋教之, 畠山卓朗, 高齢者・障害者支援とバリアフリー技術の動向, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.4, pp.394 – 412, (2003) .
- [5] Yasumura, M., Yoshida, R. and Yoshida, M., Prototyping and Evaluation of New Remote Controls for People with Visual Impairment, ICCHP 2006, Springer LNCS 4061, pp.461-468, (2006.7).
- [6] 吉田 諒, 安村通晃, 音声とテンキーを統合した視覚障害者向け携帯電話型家電リモコンの試作と評価, 情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会, (2007.2).

付録

実験Ⅰにおける各タスクの平均達成時間とエラー個数の表、実験Ⅱにおける被験者全員のタスク別達成時間の表を付録とする。

■実験Ⅰ

表 1: スライダー各タスクの平均達成時間 (単位: 秒)

	A	B	C	D	合計
最大値8	4.06	4.17	3.90	4.96	17.09
最大値16	4.10	6.76	5.74	8.38	24.98
最大値24	4.25	8.72	6.48	9.39	28.84

表 2: ダイアル各タスクの平均達成時間 (単位: 秒)

	A	B	C	D	合計
最大値8	5.97	5.62	3.72	7.62	22.93
最大値16	5.99	6.96	5.40	8.40	26.75
最大値24	6.36	8.84	8.75	9.69	33.64

表 3: スライダー (上) とダイアル (下) の各タスクのエラー個数 (単位: 個)

	A	B	C	D	合計
最大値8	1	0	0	0	1
最大値16	0	1	0	2	3
最大値24	0	2	1	0	3

	A	B	C	D	合計
最大値8	0	0	0	1	1
最大値16	0	1	1	2	4
最大値24	1	3	3	3	10

■実験Ⅱ

表 4: パターン 1 各被験者計測結果 (単位: 秒)

	タスク1	タスク2	タスク3	タスク4	タスク5	タスク6	計
被験者1	27	28	7	30	8	28	128
被験者2	6	26	4	92	6	16	150
被験者3	35	13	12	14	10	22	106
被験者4	50	41	34	10	10	22	167
被験者5	17	20	15	22	6	20	100
被験者6	17	11	8	14	4	14	68
被験者7	8	5	9	10	6	14	52
被験者8	9	33	15	11	5	32	105
平均	21.13	22.13	13.00	25.36	6.88	21.00	109.50

表 5: パターン 2 各被験者計測結果 (単位: 秒)

	タスク1	タスク2	タスク3	タスク4	タスク5	タスク6	計
被験者1	5	19	7	20	6	6	63
被験者2	11	17	3		6	9	46
被験者3	46	12	23	29	9	14	133
被験者4	19	14	10	11	6	11	71
被験者5	22	12	7	21	8	15	85
被験者6	15	16	13	8	9	11	72
被験者7	15	14	7	11	10	17	74
被験者8	9	13	7	6	5	26	66
平均	17.75	14.63	9.63	15.14	7.38	13.63	76.25