

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

吉田 諒 安村 通晃
慶應義塾大学 環境情報学部

近年の家電製品におけるリモコン操作は液晶パネルなどを用いるため、視覚に頼る操作を必要とするものが多い。そのような場合、視覚障害者や高齢者など視覚による情報入手に制限のあるユーザーにとって困難を伴っていると考えられる。

我々は、視覚障害者のために音声認識とテンキーを用いたリモコンを2種類試作し、評価してきた。今回、以前開発した音声認識とテンキーの2方式の統合を行ない、携帯電話型リモコンとして試作、評価を行なったので報告する。

Prototyping and Evaluation of an Integrated Remote Control as a Mobile Phone for People with Visual Impairment

Ryo Yoshida and 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.

Previously, we have developed two types of Remote Control (RC) for people with visual impairment, one with voice recognition and the other with numeric keys. We combined the two RCs and proposed as a Mobile Phone RC.

1 はじめに

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が不足している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と考えられる。

我々は以前、視覚障害者向けに音声認識を用いた音声リモコンとテンキーを用いたテンキーリモコンの試作、評価を行なった。音声リモコンは操作にかかる時間が短い、音声の誤認識やコマンドが分からないという問題があった。一方テンキーリモコンは操作にかかる時間が長かったが、ボタンの機能を知ることができるヘルプモードの機能が有効的で、主観的評価が高かった。

本研究では、音声リモコンとテンキーリモコン両方の良さを取り入れるため、この2つの方式を統合した。また、デバイスとしては、今後のユーザーの利

便性を考慮し、携帯電話を用いることとした。この携帯電話型の統合リモコンを試作し、その評価を行ない、有効性を検証した。

今回開発した携帯電話型リモコンの基本方式は以前開発した音声リモコンとテンキーリモコンをベースとしているため、これらのリモコンとその評価実験についてまず説明する。

2 これまで開発してきたリモコン

2.1 以前開発した音声リモコン

音声リモコンは、音声コマンドを発話することで家電を操作するリモコンである。自然言語を用いた音声コマンドによる操作は我々が日常的に発する言葉での操作が可能のため非常に直感的であり、視覚障害者に対するアンケートやヒアリング調査からも音声認識に対する期待は高いことが分かった。



図 1: テンキーリモコンレイアウト

音声リモコンでは設定の変更と設定の確認をするための基本的なコマンドを用意し、検証にあたった。Microsoft SAPI 用の音声認識エンジン Julius for SAPI と Microsoft SAPI の音声合成機能を利用するためのアプリケーションを Microsoft Visual C #にて作成した。

音声リモコンを操作する方法として、一段階で発話する方式と、機能名を発話しその後機能名をどのように変更するかを発話する二段階の方式の二通りを用意した。一段階の例として、例えば「電源を入れる」「温度を2度さげる」などがある。二段階の例として、例えば「電源」と発話すると、「電源をどうしますか?」とシステムが応答するので、「入れる」と発話するものである。

一つの表現に対しても、「電源」と「パワー」や、「入れる」「つける」「オンにする」など複数のパターンを用意し、語尾のバリエーションも用意した。

2.2 以前開発したテンキーリモコン

テンキーリモコンとは、USB テンキーから入力を行ない、音声合成を用いたフィードバックを行なうものである。Microsoft Visual C #を利用し、テンキーの入力と Microsoft SAPI のコントロールを行なうリモコンの開発を行なった。

ユーザーの記憶への負担軽減策として、テンキーの特性である規則的な配置を利用して機能を割り当てを行なった(図1)。

まず、右下にあるエンターキーは他のキーよりも大きい形状になっているので、これを電源ボタンとし、左側1列を「設定」、右側1列を「確認」、中央の列は上を温度上昇、下を温度下降とした。中央の突起のあるボタンはヘルプボタンとした。

テンキーリモコンにおいて、既存の機能の他にヘルプモードを用意した。ヘルプボタンを押すとヘルプモードに切り替わり、その状態でヘルプボ

表 1: 主観的評価のスコア

通常	音声	テンキー
2.4	2.9	4.4

タン以外のキーを押すとその機能を音声で確認することができる。また、ヘルプボタンを突起のある真ん中のキーに割り当てたことでユーザーがすぐに見つけやすいようにした。

そして、テンキーリモコンでも音声リモコン同様にすべての操作に対し音声フィードバックを設けた。

2.3 これまでの2つのリモコンの評価実験

これまで テンキーリモコン、音声リモコンそれぞれの有効性と問題点を検討するために、11名の晴眼者と8名の視覚障害者の合計19名の被験者に対し評価実験を行なった。11名の晴眼者には、入室前にアイマスクをしてもらい、視覚情報を遮断した状態で行なった。晴眼者の実験に関しては省略するが、評価結果は視覚障害者に対する実験とほぼ同じ傾向の結果が得られた。

エアコンに付属してきたリモコン(以下「通常リモコン」と開発した音声リモコン、テンキーリモコンの3つのリモコンを対象に評価を実施した。

通常リモコンの実験にあたっては、事前に実験で使用するボタンの位置と機能、設定が変わった場合に報知音が鳴ることを説明した。音声リモコンに関しては使用する音声コマンドの例と発話方法、テンキーリモコンに関してはそれぞれのボタンに対する機能の割り当てとヘルプモードの使用方法について説明した。

被験者に実行してもらったタスクは以下の6つである。

- タスク1: 電源を入れる
- 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: 設定温度を2度上げる
- タスク6: 風量を強風にする

この実験で得られた結果を図2に示す。

また、実験後にそれぞれのリモコンに対し、同様の形態のリモコンを将来的に使用したいかについて5段階で評価してもらった(表1)。

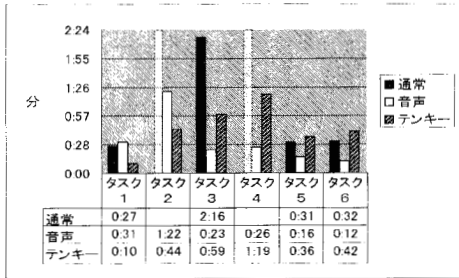


図 2: 視覚障害者を対象とした評価実験における各タスク達成時間 (平均)

通常リモコンは視覚情報以外のフィードバックが不足しているため、操作時間も長く、主観的評価も低いという結果になった。音声リモコンは最も操作にかかった時間が短かったが、発話の誤認識や音声コマンドが分からないなどの理由が要因し、主観的評価は 2.9 という結果であった。テンキーリモコンはヘルプモードを使用する被験者が多く、操作時間が最も長かったが、主観的評価は 4.4 と高い点数になった。音声を用いることで素早く操作することができる一方で、テンキーでヘルプを使いながら操作するほうがより好まれた。

3 携帯電話型統合リモコンの試作

これまでの実験結果を踏まえた上で今回、我々は音声とテンキーをを統合させた、より使いやすいリモコンの検討を行なった。音声とテンキーを併用することにより、ユーザーが音声とテンキーを状況によって使い分けて操作を行なうことができ、操作効率を高めることができると考えた。ボタンと音声入出力を持つ携帯電話型リモコンとして、これまでの音声リモコンとテンキーリモコンの統合を行なった。

3.1 システム構成

携帯電話型リモコンの一部として、本システムでは Skype を利用した。VoiceXML や TAPI などの技術を利用したシステムは既に多く存在するが、Skype を用いた理由として従来試作したシステムの継承が容易であった点や、一般の電話回線を介さずに利用できるという点などがある。特に、Skype のような一般的に普及しているサービスを利用することでシステムの有効性の検証を行なうこともできると考えた。

Skype と音声合成、音声認識を行なう SAPI の音声の受け渡しには仮想サウンドデバイス VirtualAudioCable を使い、DTMF 信号解析には



図 3: 試作で使用した Skype 端末

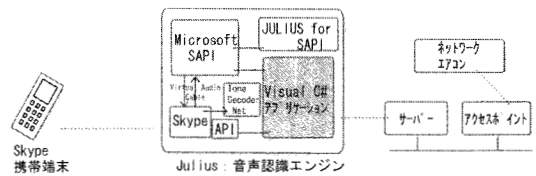


図 4: 携帯電話型リモコンシステム構成図

ToneDecoder.Net を用いた。アプリケーションは Microsoft Visual C #にて作成した (図 4)。

今回は都合により、エアコンとサーバーが通信する部分が使用できなかったため、前回の実験時と同じ動きをする仮想的なエアコンをサーバーに置いて、実験を行なった。

以前のテンキーリモコンでは、設定状態確認用のボタンを設けていたが、ヘルプモードの中でボタンの機能名ともに設定状態を読み上げるように変更した (図 5)。また、ヘルプモードは 0 番に割り当てた。

音声コマンドは、前回の試作時には一段階の方式と二段階の方式を用意していたが、事前の説明で一段階のものしか紹介しておらず、ユーザーが言いよどんだ際に二段階の方式のコマンドとして認識さ

電源 1	温度上 2	風量 3
運転モード 4	温度下 5	湿度 6
7	8	9
*	ヘルプ 0	#

図 5: 携帯電話型リモコンボタンレイアウト

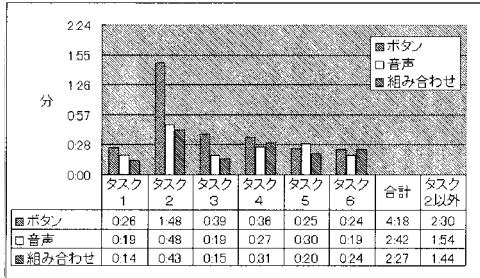


図 6: 携帯電話型リモコンの評価実験における各タスク達成時間（平均）

れてしまうこともあったため、今回は一段階のみを用意した。

また、音声によるヘルプモードを用意した。「ヘルプ」と発話するとヘルプモードに切り替わり、ヘルプモードで何かキーワードを発話するとそのキーワードに関する機能と設定状態を音声でフィードバックする機能である。

4 評価実験

携帯電話型リモコンを用いて、ボタンのみを用いた実験、音声のみを用いた実験、そしてボタンと音声を組み合わせたものの、3回の評価実験を行なった。ボタンのみの実験と音声のみの実験の順序は被験者ごとにランダムに行なった。今回は晴眼者8名に対してアイマスクをしてもらった状態で実験を行なった。

以前の評価実験と同様に、以下の6つのタスクを行なってもらった。

- タスク1：電源を入れる
- 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：設定温度を2度上げる
- タスク6：風量を強風にする

図6は各タスク達成にかかった平均時間とその合計時間である。合計時間は組み合わせたものが最も短く、次に音声のみ、そしてボタンのみという順になった。ボタンのみの実験のタスク2では、システムエラーやタスク未達成の影響で3名のみの結果となってしまったため、タスク2を除いた数値も計算したが、ほぼ同様の結果となった。

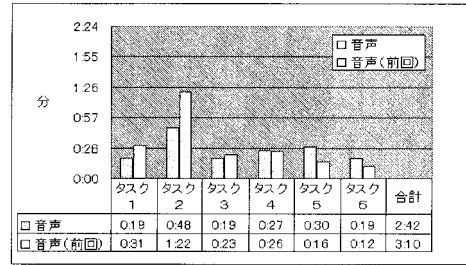


図 7: 音声における各タスク達成時間（平均）と合計時間の比較

ボタンのみの操作が長かった原因として、ヘルプモードの使用で時間がかかったという点や、始めのほうでヘルプモードの使い方に慣れていなかった点などがある。タスク2においては状態の確認する方法が分からずに状態の設定を行なってしまった被験者が数名いたため、タスク達成に余計に時間がかかってしまった。

音声のみで音声ヘルプを利用したユーザーは2名で、そのうち1名はコマンドを確認するためではなく、状態確認用のコマンドが分からずに、状態確認の目的で使用していた。

組み合わせの実験では、4名がボタンのみで行ない、1名が音声のみ、3名が実際に合わせて使用していた。組み合わせた被験者は、電源や温度設定をボタンで行ない、風量の設定や設定状態確認は音声で行なうような使い分けをしたり、音声が認識されなかったためにボタン操作に切り替えて操作を行っていた。合わせて使用した3名のタスク達成時間は、残りの5名の実験結果と比較してもほとんど変わらなかった。

図7と図8は今回の音声のみと前回の音声リモコン、今回のボタンのみと前回のテンキーリモコンの操作の実験結果をそれぞれ比較したものである。

音声のみ、ボタンのみとも前回の実験よりも操作時間は短くなっている。その要因として音声フィードバックを簡略化した効果が挙げられる。また、ボタンの方では状態確認用ボタンをなくし、ヘルプモードに統合したことで操作するボタン数が減ったことによる効果もあると考えられる。

また、組み合わせの実験でボタンのみを使用してタスクを行なったユーザーが多かったため、ボタンを用いた実験と、2回目でボタンのみを使用して操作を行なったユーザーのデータを比較した(図9)。2回目では操作時間は短縮されており、学習効果があったと考えられる。

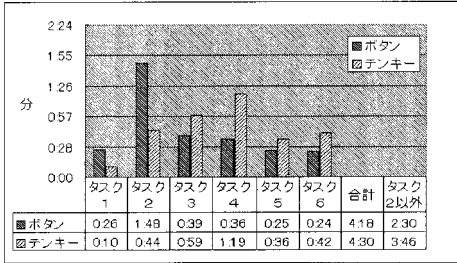


図 8: ボタンとテンキーにおける各タスク達成時間(平均)と合計時間の比較

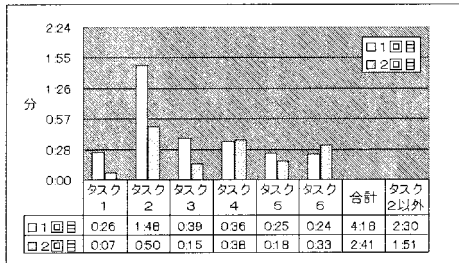


図 9: ボタン使用の学習効果

また、実験後にそれぞれの操作方法について主観的評価をもらった(表2)。平均では組み合わせた操作方法が3.8と一番評価が高く、次にボタンが3.1、そして音声は2.9という順になった。ボタンの方がより好まれた傾向にあったが、音声のほうが評価が高かった被験者もいた。

実験後に挙げられたその他の感想としては、「何回も押すような場合は音声のほうが良かった」、「ボタンが小さく、位置が分かりにくかった」、「反応が遅かった」、「音声フィードバックを聞くために耳につけながらやるのが難しかった」、「音声フィードバックが聞き取りにくかった」などがあった。

5 考察

今回の評価では、ボタンと音声を組み合わせた操作方法が最も操作時間が短く、主観的評価も一番高いという結果になった。組み合わせた操作方法では、実際に組み合わせた使い方をした被験者は3名で、残りの4名はボタンのみ、1名は音声のみを使用して操作を行なった。多くの被験者は単一の方式を使って操作を行なったが、中には音声とテンキーを組み合わせて使用する被験者もいた。ある被験者は設定はボタンで行ない、状態の確認は音声で行っていた。別のユーザーは音声で認識されなかつ

表 2: 主観的評価のスコア

音声	ボタン	組み合わせ
2.9	3.1	3.8

たため、ボタン操作に切り替えて操作を行っていた。しかし、音声とボタンを組み合わせで使用した3名の操作時間は、残りの被験者との差はほとんど無かった。

主観的評価に関しては、ボタンを好んだ被験者はボタンの評価が高く音声の評価が低く、音声を好んだ被験者は音声の評価が高くボタンが低いという傾向であったが、組み合わせにおいては双方から高い点数を得られた。

このことから、今回の実験では音声とボタンをどちらでも利用できる操作方法を用意することにより、ユーザーは二方式を組み合わせた使い方ができるといふ点だけでなく、より好んだ操作方法を選択することができる点において、操作時間短縮、高評価につながったと考えられる。組み合わせることによる操作時間の短縮にはつながらなかったが、ある方法での操作がうまくいかない場合でも、別の方法を利用すれば操作できるという点において良い評価が得られたと考えられる。

今回の試作に用いた音声ヘルプは2名の被験者が利用し、使った被験者からは分かりやすかったという意見が得られた。ボタンを利用して音声コマンドを知ろうとした被験者は今回はいなかった。以前行なった実験で、コマンドが分からないという意見が多く挙がったため、今回音声コマンドに関するヘルプを用意したが、今回の実験を通して、ヘルプモードとしてコマンドの一例を紹介するだけでなく、今発話しているコマンドがなぜ認識されないのか、どのようにコマンドが誤認識されているのかの情報も提供した上でのコマンドの候補の提示が必要であると感じられた。

また、音声、ボタンともに音声フィードバックを簡略化したことや、テンキーの操作ボタン数を減らしたことにより、以前行なった実験よりも操作時間は短くなっていった。また、組み合わせの実験でボタンのみを使用した被験者は1回目よりも操作時間は短くなっており、今後学習効果による操作時間の変化についても検証する必要がある。

今回はシステムの一部で無線LANを使用していたため、音声の一部途切れてしまうような場面があった。また、利用した機材の都合上DTMF音の音量が小さく、認識されないこともあった。使用した機材のボタンの小ささや音声通話による反応の遅

延が気になった被験者も多かった。システム面の改良も今後行なっていきたいと考えている。

6 まとめ

我々は、以前開発を行なった音声リモコンとテンキーリモコンを統合した携帯電話リモコンの試作を行ない、統合による有効性を検証した。目隠しをした8名の被験者に対して行なった評価実験では、ボタンと音声を組み合わせた操作方法が最も操作時間が短く、次に音声、ボタンという結果になった。主観的評価でも組み合わせた操作方法が最も高く、次にボタン、音声の順になった。組合わせの実験でもボタンのみ、音声のみで操作した被験者が多く、二つの機能を実際に組み合わせて操作した被験者の操作時間は残りの被験者の操作時間とほとんど変わらなかったが、被験者は好んだ操作方法を選択して操作することができるために、全体として操作時間の短縮と高評価につながったと考えられる。

7 謝辞

今回、評価実験に参加して下さった実験協力者の方々に感謝する。

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」の助成を受けた。

参考文献

- [1] 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, 情報処理学会第116回ヒューマンインタフェース研究会研究報告,(2005).
- [2] 吉田恵, 安村通晃: テンキーリモコン方式を用いた家電操作の試作と検討, 情報処理学会第116回ヒューマンインタフェース研究会研究報告,(2005).
- [3] 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).
- [4] 吉田恵, 安村通晃: 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, 情報処理学会第122回ヒューマンインタフェース研究会研究報告,(2007).
- [5] 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).
- [6] 安村通晃, 伊賀聡一郎, 福井寿文: 音声対話システムの試作と評価, 慶應義塾大学 湘南藤沢学会, KEIO-IEI-RM 93-009, ISBN 4-906483-14-3, (1993).
- [7] 前田晃秀, 中野泰志, 中野聡子, 大河内直之, 湯沢聡子, 福島智, 竜口隆三: 視覚障害者の認知特性からみたりモコン操作系のユーザビリティ-ウォシュレットリモコンを中心に-, ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集 Vol.2003, pp.603-606 (2003).
- [8] 伊藤英一: 障害者の利用を考慮した音声認識による情報家電の制御-ホームネットワークにおけるマルチモーダルインタフェースの提案-, 電気通信普及財団研究調査報告書 No.16,Pt.3, pp.775-782 (2001).