

機器乗換え時の操作における事前使用機器の影響

高田 和豊^{†1} 森川 幸治^{†1}

本研究では、多機能機器の買換え時における操作性に着目し、機器操作における事前使用機器の影響を分析した。複数の AV 機器間の相互の乗換えに関するユーザテストを行い、テストで得られた誤操作パターンを分析した結果、正解操作は 1 つでも、事前知識によって誤操作が複数通りに発生することを見出した。また、事前知識によって引き起こされる誤操作は、すべての機能に対して均等に発生するのではなく、新しく追加された機能でかつ、機種ごとに異なる操作手順を持つ操作ボタンにおいて発生しやすいことを明らかにした。さらに、これらの誤操作パターンによれば誤操作からユーザの操作意図が推定でき、この推定結果から適応的な操作支援が実現できる可能性を示す。シミュレーションにより誤操作が発生したときにユーザが本当にしたかった操作が正しく推定できる割合は、ユーザの事前知識が分からない場合に比べて 8%の改善を示し、特に新しく追加された機能に対しては 16%以上改善されることを確認した。

Transfer of Operational Knowledge Influenced by Experienced Appliances

KAZUTOYO TAKATA^{†1} and KOJI MORIKAWA^{†1}

This paper describes the simulation of the usability of new appliances, considering the transfer of existing operational knowledge to the use of the new device and its error analysis. We considered the usability of a DVD recorder and observed that, for the same test problem, different kinds of errors were generated, due to the different operational experiences of the users. In particular, when the operation procedure was different to the user's knowledge of other appliances, more errors were observed. When a model of the user's previous knowledge was included in usability simulation, prediction accuracy for intended operation was improved by 8%, while estimation of new function usability was improved by 16%. These results suggest that estimation of an operational model for each user will contribute to develop an adaptive help system.

1. はじめに

新しく購入した機器の操作性を考える際、ユーザがその機器の操作をまったく予想できない場合はまれであり、それまでの機器使用経験等から操作手順を推定するのが一般的である。しかし、以前に使っていた機器と操作手順が完全に一致しない場合、誤操作が生じやすくなり、購入した機器の操作性が低下してしまう¹⁾。本研究では、特に機器の乗換え（機種変更）時の操作性に注目し、ユーザテストにおける誤操作の分析から、事前使用機器は誤操作の仕方にも影響を与えていることと、誤操作からの操作意図推定により操作支援が行えることを示す。

これまで機器の操作性を改善するために、主に 2 つのアプローチが提案されてきた。

1 つ目は「できるだけ多くの人々が利用可能であること」を基本コンセプトとしたユニバーサルデザイン（UD）のアプローチである^{2),3)}。たとえば、ボタンの文字を読みやすくしたり、操作説明マニュアルの作成を工夫したり⁴⁾する取り組みがあげられる。これらは、機能数が少ない機器（たとえば白物家電）の操作性向上には有効である。しかし AV 機器のような多機能機器では、機器利用経験とその操作知識はユーザごとに異なるため、UD の考え方だけでは必ずしも正しい操作が想起できないという課題がある。

2 つ目は機器がユーザの操作に応じてヘルプや提示情報を切り替える適応的インタフェースのアプローチである。これはユーザが持つ操作知識は個別に異なることを前提とし、類推や知識転移等の認知的側面から、個々のユーザに応じた操作性向上を目指した取り組みで⁵⁾、機器操作系列の違いから機器側の動作を変化させるものである。

機器操作の想起に関するユーザ適応過程の従来研究として、伊藤⁶⁾は、PC モニタの設定操作メニューを題材とし、ユーザは機器を初めて操作する際、操作を繰り返しながら単純なルールを構築することを報告している。また山中^{7),8)}は、2 機種のカーナナビ間の乗換えに関する操作実験を行い、乗換え前後の機器の操作モデルが異なる場合に誤操作が生じることを実験的に示し、乗換え前に使用した機種別の操作経験を修正しながら新しい機種別の操作を行うことを報告している。

これらの研究は、ユーザが機器操作を行う場合に操作モデルを持ち、モデルに基づき操作を行っていることを示唆している。しかし、これらの研究では、誤操作の発生に対する操

^{†1} パナソニック株式会社先端技術研究所
Advanced Technology Research Laboratory, Panasonic Corporation

操作性向上の工夫までは述べられていない。ここで、ユーザが実現したい機能を「操作意図」と定義すると、適応的な情報提供に基づく操作性向上のためには、ユーザの操作や誤操作の内容からユーザの操作意図や事前知識の推定が必要になると考えられる。

そこで本研究では、AV 機器の乗換え時の操作を題材に、異なる事前知識を持つ複数のユーザが、同一の新しい機器を操作する場合に、事前知識に応じてどのような誤操作が発生するかを明確にし、その誤操作パターンのデータベースを用いることで、ユーザの操作意図が推定できることを示す。

具体的には、複数の AV 機器間の相互の乗換え時の誤操作の内容を分析し、正解操作は 1 つでも、事前知識によって誤操作が複数通りに発生することを見出した。また、事前知識によって引き起こされる誤操作は、すべての機能に対して均等に発生するわけではなく、新しく追加された機能で、かつ、機種ごとに異なる操作手順を持つボタン操作において発生しやすいことを明らかにした。

さらに、ユーザの意図操作に対して実際に行った 1 つ 1 つの誤操作を「誤操作パターン」と定義すると、ユーザの事前知識が分かれば、これらの誤操作パターンのデータベースを用いることにより、誤操作からユーザの操作意図が推定でき、この推定結果から適応的な操作支援が実現できる可能性を示す。シミュレーションにより誤操作が発生したときにユーザの操作意図を正しく推定できる割合は、ユーザの事前知識が分からない場合に比べて 8% の改善を示し、特に新しく追加された機能に対しては 16% 以上改善されることを確認した。

以上の実験および操作支援システムへの応用の可能性について順に述べる。

2. 操作モデルの定義

本章では、機器乗換え時にユーザが操作手順を想起するプロセスに関して、操作モデルの概念を用いて説明する。ここでは操作モデルを、ユーザの実現したい機能（操作意図）を具体的な操作手順に変換するときのルールと定義し、各ユーザがそれぞれ持つものとする。一方、機器がある操作手順で操作された場合に、機器側で実際の動作に変換するときのルールを動作モデルと定義する。

図 1 に操作モデルが機器乗換え時の操作に与える影響を概念図で示す。乗換え前 (1) に機器 A、機器 B の異なる操作経験を有し、異なる操作モデルを持つユーザ A とユーザ B は、乗換え後 (2) に機器 C を操作する際にそれぞれの持つ操作モデルに基づいて操作手順を考え、操作（操作 A'、操作 B'）が実行される。機器乗換え時には、各ユーザの操作モデルは、乗換え後の機器 C の動作モデルとは一致しないため、誤操作が生じる。また、乗換え前

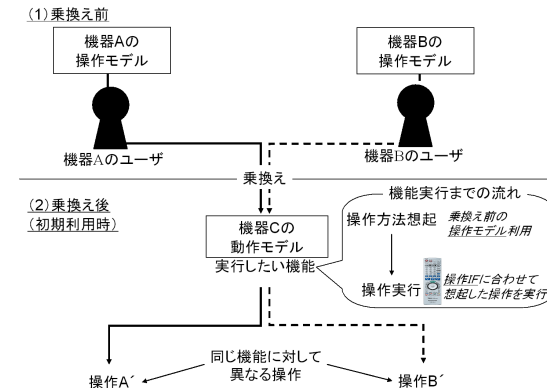


図 1 機器乗換え時の操作モデルの影響
Fig. 1 Transfer of operation knowledge.

の操作経験が異なることから操作 A' と操作 B' は必ずしも一致するとは限らない。

また機能を実行するまでには、操作手順想起と操作ボタンの探索/決定/押下の 2 段階の思考を行うと想定した。最初は乗換え前の操作モデルを用いて乗換え前の機器での操作手順を想起する段階で、次にリモコンのボタン配置やラベル、GUI の表示等の新しい機器の操作 IF を見ながら新しい機器での具体的な操作ボタンを探す段階である。

この考え方に基づくと、誤操作は、機器の動作モデルとユーザの操作モデルが一致しない場合や、乗換え後の操作 IF から具体的な操作ボタンが見つけれられない場合に発生すると考えられる。本論文では最初にこれらの現象をユーザテストによって確認し、誤操作の発生パターンを分析した。

3. 実験 1：事前知識が操作パターンに与える影響の観察

3.1 実験目的

本実験の目的は、事前に類似機器の操作教示後に初めて使用する機器の操作テストを行った場合の、教示機器とテスト結果の関連を明らかにすることである。実験では、ほぼ同等の機能を持ちながら操作手順が異なる機器として HDD 搭載型 DVD レコーダを選定した。HDD 搭載型 DVD レコーダは従来のテープ型 VTR とは映像の記録媒体等が異なり、映像操作等の新しい機能を実行する操作手順が、機種ごとに異なっていた。

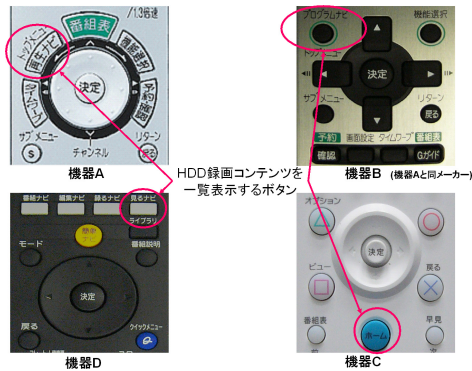


図 2 リモコンインターフェースの違い

Fig. 2 Difference of remote control interface.

3.2 実験方法

3.2.1 被験者

被験者は DVD レコーダの操作経験のない大学生 15 人とし、実験は 2005 年 7 月 25 日～7 月 29 日に行った。

3.2.2 実験構成

本実験で用いた実験対象機種は、A、B、C、D の 4 種類とした。機種 A と機種 B は製造メーカーが同一であり、それ以外はそれぞれ異なるメーカーの製品であった。選定にあたっては、実験実施当時に広く入手可能であり、かつ、機種間の動作モデルが異なることを基準とした。

被験者とテレビ画面 (36 inch) との距離 (180 cm) は通常家庭でテレビを見る自然な距離として決定した。また、被験者への問題提示、および機器操作を行うため、実験者は被験者の後方で待機した。図 2 に実験に用いたリモコンの一部を示す。特に操作手順の差が大きい、機能選択のためのカーソル移動と決定ボタンとその周辺部分を抽出した。機能選択のためのカーソル移動と決定ボタンは使用頻度が高く、これらのボタンのデザインと、その周辺のボタン配置は各機器の設計思想や動作モデルと関連している。また、図 2 に操作の一例として HDD の録画コンテンツを一覧表示するボタンを丸で囲んで示す。機器 A では「再生ナビ」、機器 B では「プログラムナビ」、機器 C では「ホーム」、機器 D では、「見るナビ」と、機器ごとにボタン名や位置、デザインが異なっている。他にも TV 電源や DVD

表 1 問題用紙の一例 (教示機器 : 機器 A)

Table 1 Example of questionnaire (A).

	問題	正解操作
Q5	DVD-ROM再生	DVD⇒再生
Q6	再生を停止	停止
Q7	6chを表示	HDD⇒6
Q8	6chをHDDに録画	録画
Q9	録画を停止	停止
Q10	HDDの録画番組一覧表示	再生ナビ

電源の ON/OFF、再生するメディア (HDD か DVD か) の切替え方法等に大きな違いが見られた。

3.2.3 実験手順

実験は 3 つのステップで行った。まず 15 人の被験者を 3 人ずつの 5 つの教示グループに分け、うち 4 グループは事前の操作経験を得るため上記の 4 機器のうちの 1 つの機器の操作手順を教示した。また、1 グループは機器の操作経験を有しない初心者と想定するため教示を行わなかった。教示なしのグループはステップ 3 のみを行っている。実験は 1 人ずつ順番に行い、被験者 1 人に対する実験時間は約 60 分であった。

ステップ 1 : 教示 (20 分)

教示グループごとに指定された DVD レコーダの正解操作付き問題用紙を配布した。機器 A の教示用の操作問題 (全 20 問) の一部を表 1 に示す。操作問題は全機器に共通した機能のみを使った連続操作を想定して作成した。教示は正解操作付き問題用紙をユーザに渡し、実際にリモコン操作と機器動作の確認をしてもらった。正解操作欄にはリモコンのボタンの操作手順を記載している。なお、Q5 のように複数の操作手順を要する場合には『⇒』と表記している (例 : 「DVD」ボタンを押した後に「再生」ボタンを押す)。このステップ 1 により、実験的に図 1 (1) に示す乗換え前の操作モデルの獲得を想定した。

ステップ 2 : 確認テスト (10 分)

ステップ 1 で教示した操作手順の確認テストを行った。間違えた操作は再度教示を行い、全問正解を確認後、ステップ 3 に進んだ。ステップ 2 により、実験的に図 1 (1) に示す乗換え前の操作モデルの獲得を確認した。

ステップ 3 : 操作テスト (30 分)

操作テストは教示の際に用いた機器以外の 3 つの評価用機器 (教示なしグループに対しては 4 つの機器) に対して、ステップ 2 と同一の問題に対する操作ボタンをリモコン操作面

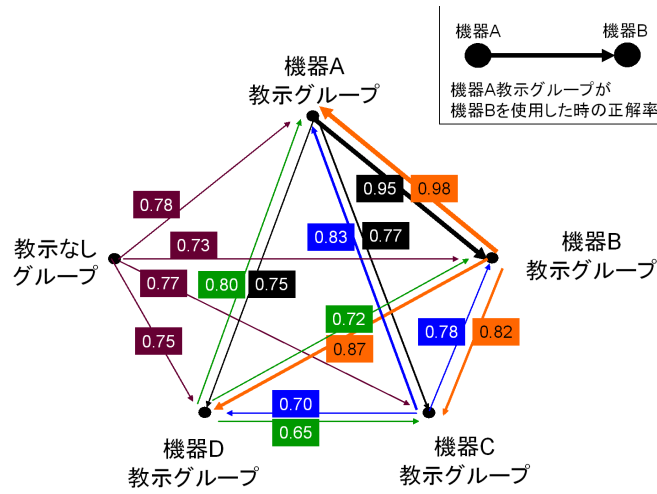


図 3 指示グループ別の正解率遷移図
Fig. 3 Transition of accuracy among each group.

が印刷された紙面に記入させた。紙面への回答により、実際の機器動作によるフィードバックをなくし、未使用の他の機器に対する指示効果が現れないようにした。ステップ 3 により、実験的に図 1 (2) に示す乗換え後の操作結果を取得した。

なお、結果の集計時には 3 人ずつ割り当てた各グループの被験者のうち、機器 D の被験者 1 人は、日本語が分からずリモコンボタンの文字が十分理解されなかったため、信頼性の欠けるデータとして、解析対象から除外した。

3.3 実験結果と事前使用機器の影響の確認

3.3.1 指示グループ間の相互正解率遷移図

まず、各指示グループの各評価機器に対する相互の操作正解率の遷移図を図 3 に示す。図 3 は、各指示グループから評価機器へ矢印を結び、全問題の平均正解率を付記した。たとえば「機器 A → 0.77 → 機器 C」は、機器 A の操作を指示したグループが機器 C を操作したときの 3 人の被験者の 20 問の平均正解率が 0.77 であった、という意味である。

指示なしグループの各機器に対する正解率は 0.73 ~ 0.78 で大きな差は見られず、各機種の間隔が初心者にとって分かりやすく設計されているといえる。一方、特定機器の学習経験を持つグループでは正解率にばらつきが見られた。特に、機器 D → 機器 C の正

表 2 指示グループ別の評価機器 A の正解率
Table 2 Accuracy of device-A among each group.

	指示なし	機器B指示	機器C指示	機器D指示
Q7	0.0	1.0	0.0	0.0
Q10	0.7	1.0	0.0	0.0
Q20	0.0	1.0	0.0	0.7
全問平均	0.78	0.98	0.83	0.80

解率 0.65 が指示なし → 機器 C の正解率 0.77 を下回っている。この結果は事前の指示が乗換え後の機器操作に悪影響を与えている例である。逆に、機器 A → 機器 B の正解率 0.98 は、指示なし → 機器 B の正解率 0.73 より高い。機器 A と機器 B は同一メーカー製で類似したインターフェースを持ち、動作モデルも類似しているため乗換え後の機器操作に好影響を与えているといえる。

3.3.2 指示グループ別の正解率 (評価機器 A)

次に、特定の評価対象機器に対する各グループの操作正解率を比較した。評価対象機器は機器 A とした。正解率は多くの問題で類似していたが、4 つの指示グループの操作テスト結果のうち、グループ間の操作正解率の差が 0.5 以上見られた問題に対する正解率と全問題の平均を表 2 に示す。

平均の正解率を見ると機器 B 指示グループが他よりも高くなり、他指示グループ間の正解率の差は小さい。しかし、Q7, Q10, Q20 に関しては、指示グループによって正解率に偏りが見られた。この正解率の偏りの傾向は、評価対象が機器 B, 機器 C, 機器 D の操作結果についても見られた。

3.4 誤操作の要因と誤操作パターンの違い

表 2 に示した指示内容によって個別の問題に対する正解率が大きく異なった要因としては、図 1 から推測できるように、操作モデルが異なる場合と、操作インターフェースが異なる場合とが考えられる。以下に、特徴的な誤操作事例をいくつか抽出し、間違え方を含めた誤操作の要因とその間違え方の違いについて述べる。

表 3 に評価機器 A の操作テストにおける誤操作例を示す。Q7「テレビの 6ch を表示」の正解操作は「HDD」ボタンを押してテレビを表示させるモードに切り替えた後に、「6」ボタンを押す手順であるのに対し、誤操作した機器 C, 機器 D 指示グループでは「6」ボタンを最初に選択している。これは、機器乗換え前の操作モデルをそのまま適用したために生じた誤操作といえる (機器 C, D では「6」ボタンを最初に押す操作手順が正解)。同様

表 3 評価機器 A に対する誤操作例

Table 3 Error operation examples of device A.

	正解	教示なし	機器B教示	機器C教示	機器D教示
Q7	HDD⇒6	6	-	6	6
Q10	再生ナビ	番組表	-	HDD	番組表
Q20	決定	録画モード 予約確認	-	録画 予約確認	録画モード

に Q20「画面上で選択されている番組を録画予約」も同一機能に対して異なる操作モデルを持っていたために発生した誤操作である。

一方、Q10「HDD に録画している番組の一覧を表示」は図 2 に示すように、同一の機能に対するリモコンボタンの名前、位置が異なるため、操作インターフェイスが異なることで生じた誤操作である。また、機器 B を教示したグループは、操作手順、リモコンボタンの名前、位置が評価機器 A と同じため正解操作であった。以上のような誤操作の傾向は他の評価機器に対しても同様であった。

ただし、誤操作時に間違っして選択したボタンは各教示グループで異なっていた。たとえば、Q10の問題に対して、教示なし、機器 D の教示グループは「番組表」を押して間違えているが、機器 C の教示グループは「HDD」を押して間違えている。

Q10 の正解操作「再生ナビ」は録画コンテンツに関する機能が集約されたボタンであり、図 2 に示すように機器 A 以外では「プログラムナビ」「ホーム」「見るナビ」と、それぞれ異なる名称が付与されている。すなわち、Q10 は、それぞれ異なる事前知識から想起された操作であるため、間違っして選択したボタンが教示グループで異なる傾向を示したと考えられる。

以上のように、機器乗換え前後で異なった事前知識を持っている場合には誤操作が生じやすく、同一の操作に対して事前知識にばらつきがある場合には、異なった誤操作パターンを示す傾向が観察された。

4. 実験 2：事前知識による誤操作パターンの違いの統計的検証

4.1 実験目的

3章の実験 1 では図 3 および表 3 に示すようにユーザの事前知識によって機能の正解率や誤操作パターンが異なるという結果が観察された。しかし、被験者数が各教示グループで 3 人ずつと少なかった。そこで、本章では実験 1 で得られた結果を、被験者数を各教示グループ 20 人に増やすことで統計的に検証した。

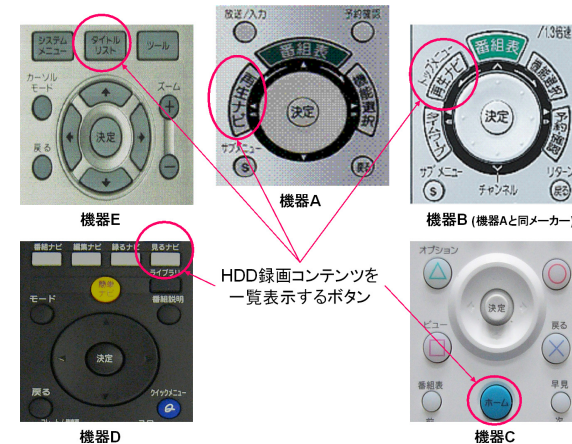


図 4 リモコンインターフェイスの違い

Fig. 4 Difference of remote control interfaces.

4.2 実験方法

4.2.1 被験者

DVD レコーダの操作経験のない 100 人 (27 才 ~ 80 才, 平均 50.8 歳) に対する紙面によるアンケート形式とし、実験は 2006 年 3 月 13 日 ~ 3 月 23 日に行った。

4.2.2 評価対象機器

同等の機能を持ちながら操作手順が異なる機器として A, B, C, D, E の 5 種類の HDD 搭載型 DVD レコーダを選定した。機種 A と機種 B は製造メーカーが同一であり、それ以外はそれぞれ異なるメーカーの製品であった。選定基準は実験実施当時に広く入手可能であり、機器の操作体系が異なることとした。

図 4 に各機器のカーソル移動と決定に関する部分を示す。また、操作の一例として HDD の録画コンテンツの一覧表示ボタンを赤丸で示す。機器 A, B では「再生ナビ」、機器 C では「タイトルリスト」、機器 D では「ホーム」、機器 E では「見るナビ」と、機器ごとにボタン名や位置、デザインが異なっている。他にも TV 電源や DVD 電源の ON/OFF, 再生メディア (HDD か DVD か) の切替え方法等に大きな違いが見られた。

4.2.3 実験手順

実験は紙面によるアンケート形式で行った。初めに 100 人の被験者を 20 人ずつの 5 グ

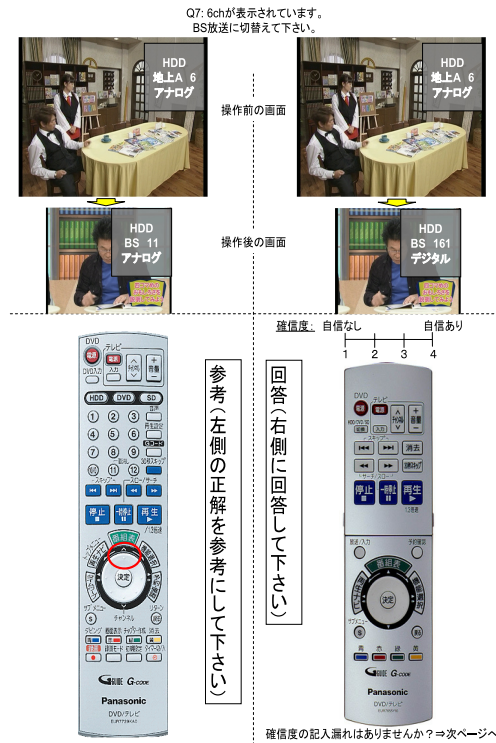


図 5 アンケートの一例
Fig. 5 Example of answer sheet.

グループに分け、4グループは事前の操作知識を与えるために機器B~Eから1つの機器の操作手順を教示し、残りの1グループは初心者と想定するため教示を行わなかった。図5にアンケートの例を示す。これは機器Aの操作性評価を行う場合のシートの例である。まず、紙面最上部には操作問題を提示し、その下には状態遷移の前後を示すために、操作前の画面と操作後の画面を提示した。画面には内部状態の変化のヒントとなる現在の記録媒体やチャンネル番号等も明示した。また、紙面左下には教示機種における正解操作の提示部分を赤丸で提示した。被験者は、これらの情報から、紙面右下の回答部分にある評価対象機器のリモコン画像から最初に押すべきと思う操作ボタンに丸印を付ける、という形式で回答した。なお、左半分に正解ボタンを示すことで、実験的に図1(1)に示す乗換え前の操作モデルの

表 4 質問項目の例

Table 4 Example of questionnaire entries.

Q8	マトリックスのDVDが本体に入っています。このDVDを再生して下さい。
Q9	DVDの再生中です。停止して下さい。
Q10	DVDの再生中です。次のチャプタ(章)を再生して下さい。
Q11	8chの番組が表示されています。この番組をハードディスクに録画して下さい。
Q12	8chの番組を録画中です。録画を停止して下さい。

獲得を想定した。質問項目(全24問)の一部を表4に示す。

4.3 実験結果

4.3.1 有効回答数

各グループ20人のうち、記入漏れや回答形式間違いを除いた有効回答数は、教示なし、機器B、機器Eの各教示グループが18人、機器Cの教示グループが17人、機器Dの教示グループ19人であった。

4.3.2 教示グループ別の操作正解率

評価対象機器Aに対する正解率は各教示グループによって異なり、全24問に対する平均の正解率は、機器B教示グループが0.77と最も高く、次に機器C、D、E教示グループがそれぞれ0.60、0.60、0.62で並び、教示なしは0.53と最も低い値になった。これは今回の評価対象機器Aは、機器Bと同じメーカー製であり、共通の操作体系を持っていたため、機器Bの教示が効果的であったと考えられる。

次に、教示グループ間の正解率を見ると、差が0.4以上見られた問題は全24問中9問あった。これら9問の個別正解率と全問題の平均正解率を表5に示し、最も正解率の高かったグループの値をグレー部で示している。問題別に正解率の偏りを見ると、Q24「画面で選択されている『ダビングの方向』を変更」では機器B教示グループが0.61で最も高く、機器Eは0.11で最も低い値を示した。一方、Q16「選択されている番組を消去」では機器E教示グループが0.78で最も高く、機器B教示グループは0.33で最も低い値を示した。このように、本実験でも実験1の表2と同様、同一の問題に対する間違え方が教示グループ間で異なる結果が観測された。教示グループ間の正解率に対して分散分析を行った結果、教示グループ間の全問題に対する正解率に有意差があることを確認した($p < 0.01$)。以上の結果より、実験1で得られた「事前知識によってそれぞれ異なる操作傾向を示す」ことが検証

表 5 操作正解率
Table 5 Operation accuracy rate.

問題	教示なし	機器B 教示	機器C 教示	機器D 教示	機器E 教示	全 被験者
Q5	0.11	0.94	0.24	0.11	0.17	0.31
Q8	0.17	0.61	0.35	0.32	0.33	0.36
Q13	0.39	1.00	0.24	0.47	0.67	0.56
Q15	0.17	1.00	0.00	0.26	0.44	0.38
Q16	0.72	0.33	0.71	0.68	0.78	0.64
Q18	0.28	0.89	1.00	0.53	0.61	0.66
Q20	0.33	0.94	0.88	0.58	0.89	0.72
Q23	0.72	0.94	0.53	0.32	0.56	0.61
Q24	0.28	0.61	0.18	0.26	0.11	0.29
全問題	0.53	0.77	0.60	0.60	0.62	0.62

できた。

5. 事前知識を用いた操作支援に関するシミュレーション評価実験

5.1 シミュレーションの目的

実験 1, 2 では、ユーザの事前知識が異なる場合には同一の操作意図（各問題番号に対応した、ユーザの実行したい機能）に対する間違い方が異なることを明らかにした。筆者らは、この知見から、逆にユーザの事前知識が分かれば、これらの誤操作パターンのデータベースを用いることにより、機器側は一部の誤操作について間違い方から操作意図を推定でき操作支援を行える可能性があるという仮説を立てた。ここで、誤操作の発生については、「ヘルプ」ボタンや「戻る」ボタンの押下時から判定できることを想定している。また、ユーザの事前知識はユーザ入力により正しく与えられていることを前提とする。

この仮説を検証するために、実験 2 で得られたデータに基づき、事前使用機器が分かる場合と分からない場合の、誤操作時の操作意図推定性能をシミュレーションにより比較した。

具体的には、教示グループごとの誤操作例を個別に用いて作成した操作意図推定方法と、全被験者の誤操作例を統合して作成した操作意図推定方法について、操作意図が正しく推定できた割合を比較した。また、2 種類の推定方法で正解率に差が生じた操作を分析し、事前知識を用いた操作意図推定が有効に働く操作の特性を分析した。

5.2 方法

5.2.1 操作意図推定方法の概要

誤操作発生時の操作意図推定方法には、UNIX シェルのヒストリ機構等に広く使用されている過去の事例を単純に集計した手法⁹⁾を用いた。具体的には、実験 2 で得られた「問題番号 → 誤操作ボタン」の結果から「誤操作ボタン → 問題番号」の逆推定テーブルを作成し、出現頻度の最も高い問題番号を操作意図として出力する。以下、この逆推定テーブルを操作意図推定リストと呼ぶ。ボタン操作はリモコン上に配置されたボタン種類に対応した 35 種類、問題数は 24 問である。

5.2.2 実験手順

本実験は以下の 3 つのステップで実施した。

ステップ 1: リスト作成用・評価用データ準備

実験 2 で得られた有効回答数 90 人の操作データのうち、操作意図推定リスト作成用には奇数番号被験者（45 人）のデータを使用し、評価用には偶数番号被験者（45 人）のデータを使用した。

ステップ 2: 操作意図推定リスト作成

操作意図推定リストは、教示グループごとの操作データを用いて作成したリスト（以下、教示別リスト）と、全教示グループのデータを統合して作成したリスト（以下、統合リスト）の 2 種類を用意する。

作成方法は、各リストの対象データに対して、実験 2 で得られた「問題番号 → 誤操作ボタン」の事例を集計し、「誤操作ボタン → 問題番号」の逆推定テーブルを作成する。たとえば、機器 B 教示グループの誤操作事例のうち、「再生」を押して間違えた被験者数が 7 のべ 12 人で、内訳が Q5 で 7 人、Q8 で 5 人のとき、「再生」ボタンに対する操作意図推定リストには「再生」→ ((Q5, 7 人), (Q8, 5 人)) と記憶される。すなわち、ユーザが「再生」ボタンを押して間違えた場合には、機器は最も出現頻度の高い Q5 を意図した操作として出力する。

ステップ 3: 精度比較

評価用データ中の誤操作したボタン操作に対し、作成した各操作意図推定リストの最も出現頻度の高い問題番号を出力する。そして、出力した問題番号と、ユーザが実際に間違えた問題番号が合致した場合に正解と判定する。以上の方法により、教示別リストと統合リストを用いた操作意図の正解率を比較する。

表 6 操作意図推定の正解率比較

Table 6 Comparison of operation accuracies.

	教示なし	機器B 教示	機器C 教示	機器D 教示	機器E 教示	全被験者
教示別 リスト	0.62 (40/65)	0.76 (25/33)	0.49 (24/49)	0.52 (28/54)	0.78 (46/59)	0.63 (163/260)
統合 リスト	0.59 (38/65)	0.55 (18/33)	0.49 (24/49)	0.46 (25/54)	0.61 (36/59)	0.54 (141/260)
改善率 (教示-統合)	+0.03 (+2)	+0.21 (+7)	0 (0)	+0.06 (+3)	+0.17 (+10)	+0.08 (+21)

5.3 結果

教示別リストと統合リストを用いたそれぞれの操作意図の正解率を、各教示グループ、およびリモコンボタンの機能特性ごとに比較して分析した。以下、順に説明する。

5.3.1 教示グループに対する正解率

表 6 に教示別リストと統合リストを用いた意図推定の平均正解率と、教示別リストの正解率から統合リストの正解率を引いた改善率を示す。括弧内は分母が誤操作数であり、分子は正解数を示す。全教示グループの正解率は教示別リストで 0.63、統合リストで 0.54 となり、教示別リストを用いた方が 8% 向上した。また、教示グループごとに見ると、機器 B、機器 E 操作グループでは教示別リストの正解率が 17% 以上向上した。一方、教示なし、機器 C、機器 D 操作グループでは差が小さく、特に機器 C グループは両リストでまったく同じ結果となった。

この改善率の違いは、推定に用いたリストの性質の違いに起因する。統合リストでは、様々な機種の誤操作パターンが混在したまま操作意図の推定が行われるので、一般的な誤操作についてのみ対応でき、機種独自の操作手順等がある場合には対応できない。機器 B と機器 E のグループで改善率が高かった理由は、機器間の操作手順がそれぞれ異なっており、明確な誤操作パターン (= 誤操作からの操作意図の推定が容易) が形成されていたため、教示別リストが有効だったと考えられる。

5.3.2 ボタン種類別の正解率比較

次に、表 7 にボタン種類別に分類した正解率と、該当するリモコンボタンの数を示す。括弧内は分母が各ボタン種類の誤操作数であり、分子は正解数を示している。また、改善率は教示別リストと正統合リストの正解率の差分であり、括弧内は誤操作数の差分を示している。ボタン種類は各ボタンに割り振られた機能の特徴の観点から以下の 4 つに分類した。

表 7 ボタン種類別の正解率比較

Table 7 Operation accuracy of button group.

	基本操作	切替	多重機能	GUI
ボタン数	18	3	4	10
教示別 リスト	0.86 (62/72)	0.58 (35/60)	0.51 (34/67)	0.52 (32/61)
統合 リスト	0.86 (62/72)	0.55 (33/60)	0.40 (27/67)	0.31 (19/61)
改善率 (教示-統合)	0 (0)	+0.03 (+2)	+0.11 (+7)	+0.21 (+13)

基本操作グループは、従来の DVD レコーダや VHS ビデオでも使用されてきた再生や停止等のボタン群であり、全機種間で共通のラベルや操作手順を持つ。切替えグループは入力切替えや HDD/DVD 切替え等のコンテンツ対象の切替えに関するボタン群である。次に、多重機能グループは、サブメニューや番組表等の複数の機能が集約されたボタンである。さらに、GUI グループはカーソルや決定等の GUI 操作に特化したボタン群である。基本操作グループと切替えグループ以外では DVD レコーダで新しく追加された機能が多く、ラベル名や操作手順が機種間で異なっている。

ボタン種類間の正解率の差は、GUI グループで 31% → 52% と 21% 向上し、最も大きくなった。また、多重機能の操作でも 10% 以上の差が生じた。この 2 つの新しい機能に対する操作グループに限定すると、事前知識を与えた方は 16% の精度が向上した。一方、基本操作、切替えという一般的な機能では差が小さかった。

GUI グループと多重機能グループの間でリスト間の正解率に差が生じた誤操作を見ると、事前知識が新しい機器の操作にそのまま適用されていた。たとえば、録画日時を切り替える操作では、評価機器 A の正解操作は「左右カーソル」であったのに対し、教示グループ B は機器 B の正解操作である「上下カーソル」をそのまま適用して誤操作になり、教示グループ E は機器 E の正解操作である「決定」を適用して誤操作になっている。

基本操作や切替えに関する操作は、すでに操作モデルの適用方法は確立して機種間の差も少なく安定しており、誤操作の傾向も機種間では差がなく、正解率の差が生じなかったと考えられる。一方、多重機能や GUI はまだ新しく操作方法が機種間で異なるため、機種ごとのリストが有効であったと考えられる。

6. 考 察

ここでは実験結果の操作支援への応用、適用範囲、従来技術との関連について順に述べる。本実験では、5章の評価結果の分析から、機能が集約したボタン操作や、操作が類推されやすいGUI操作等、機器に新しく追加された操作に対しては事前知識の影響が強く反映され、間違え方が事前知識によって異なることが分かった。このような操作については、UD等のデザインによる統一的な操作性の向上に加え、ユーザ個別の操作支援が必要であることを示唆している。この個別支援はDVDレコーダに限らず、一般的な操作方法が確立していない新しい機能を持つ機器に対しては、特に有効である。これらの機器に対して適応的な操作ヘルプを設計する際、事前知識が強く反映される操作群については、事前に各々の誤操作データベースを用意することでユーザに合わせたヘルプが提示でき、マニュアルやヘルプの検索時間の削減が可能になると考えられる。

また、5章ではユーザによって操作モデルが正しく与えられたことを前提としたが、ユーザ負担のない個別支援の実現には、ユーザの操作モデルの推定が必要になる。表3に示す操作モデル別の誤操作事例のデータベースをあらかじめ実験等から用意しておけば、ユーザの誤操作した機能とその操作内容から操作モデルを推定できる可能性がある。たとえば、表3のQ10「録画一覧を表示する」という機能に対して、HDDボタンを押下して間違えた場合には、ユーザは機器Bの操作モデルを持つと推定できる。また、一般的には事前に持つ操作モデルが同一であっても誤操作に対する操作意図は複数存在するため、操作意図の候補を複数提示して選択させることで、対話的に操作モデルを特定する方法も有効だと考えられる。このように機器がユーザの操作モデルを適切に推定できれば、実効可能な機能が限定できる場合において、それぞれの操作モデルに応じた支援が可能になる。たとえば、ユーザの乗換え前の操作モデルが表3の機器Cであることが事前に分かれば、ユーザが番組表を表示した際に、番組表から実行可能な機能の中で誤操作が生じる頻度が高いQ20「番組表から録画予約」に対して、「録画や予約録画ではなく決定ボタンで録画予約が行えます」とヘルプ提示することで、誤操作を未然に防止できる。

次に、本実験で得られた知見の適用範囲について述べる。今回の実験では操作に対する最初のボタンのみで評価を行った。そのため、本実験で得られた知見は、1回の操作で実行できる操作や、複数手順が必要な操作の最初のステップについては、適用可能であると考えられる。

次に従来研究との関連について述べる。本研究の操作モデルは広義にはメンタルモデルと

呼ばれている¹⁰⁾。一方で、ヘルプ提示に関して本村ら^{11),12)}はユーザの行動を推定するためのモデルをユーザモデルと定義し、複数ユーザの行動事例をもとにベイズ推定を用いて行動予測を行っている。この方法では、多くのユーザが誤操作しそうな操作に対して支援が行える。しかし、機器乗換え時の操作は表3に示すように、事前の操作経験によってばらつくため、個人ごとに事前に持つ操作モデルを考慮することで、不要なヘルプの防止や、間違え方の違いに応じた操作ヘルプの提示等、細やかな支援を行える可能性がある。

7. おわりに

本研究では、AV機器の乗換え時の操作を題材に、事前知識に応じてどのような誤操作が発生するかの関係を分析した。

実験の結果、正解操作は1つでも、事前知識によって誤操作が複数通りに発生することを見出し、その誤操作は、機種ごとに異なる操作手順を持つ新機能において発生しやすいことを明らかにした。また、ユーザテストのデータを用いた評価実験により、誤操作時にユーザの操作意図を正しく推定できる割合は、ユーザの事前知識が分からない場合に比べて、すべての操作に対して8%の改善を示し、特に新しく追加された機能に対しては16%以上の改善ができる可能性を示した。

今後は実際の機器利用シーンにおける評価や、操作後の学習効果が事前知識に与えることの影響を検証する必要がある。また、操作前後の画面遷移やリモコン・GUIのボタン配置を考慮した誤操作要因の分析や、複数ステップの操作手順と機器側とのインタラクションを考慮できる操作モデルの拡張、異なる事前知識を持つユーザに対する誤操作防止のための教示方法について取り組んでいきたいと考えている。

参 考 文 献

- 1) Norman, D.A.: Cognitive engineering, *User-Centered System Design*, Norman, D.A. and Draper, S.W. (Eds.), Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum, pp.31-61 (1986).
- 2) 伊藤英一: 計算機インタフェースのユニバーサルデザイン, ヒューマンインタフェース研究会報告 2000-HI-90, pp.25-31 (2000).
- 3) 岡本 明: ユニバーサルデザインに関する一考察, 電子情報通信学会技術研究報告 SITE (技術と社会・倫理), Vol.102, No.367, pp.11-16 (2002).
- 4) 海保博之: くだばれ, マニュアル!, 新曜社 (2002).
- 5) Douglas, S.A. and Moran, T.P.: Learning Text Editor Semantics by Analogy, *Proc. CHI '83 Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.207-211 (1983).
- 6) 伊藤育世: 操作モデルの簡潔なインターフェイスの提案, 日本認知科学会第24回大

会論文集, pp.332-333 (2007).

- 7) 山中裕也: 複数機種のカーナビゲーション操作に適応するメンタルモデル構築過程, 電子情報通信学会技術研究報告 HCS (ヒューマンコミュニケーション基礎), Vol.103, No.586, pp.43-47 (2004).
- 8) 山中裕也: カーナビゲーションの機種変更データからみたインターフェイス, 電子情報通信学会技術研究報告書 HCS (ヒューマンコミュニケーション基礎), Vol.104, No.581, pp.53-57 (2005).
- 9) 増井俊之: ペンを用いた高速文書入力手法, *Proc. Workshop on Interactive Systems and Software (WISS 1996)*, 近代科学社, pp.51-60 (1996).
- 10) D.A. ノーマン: 誰のためのデザイン?—認知科学者のデザイン原論, 新曜社 (1990).
- 11) 本村陽一, 金出武雄: ヒトの認知・評価構造の定量化モデリングと確率推論, 電子情報通信学会技術研究報告書 NC (ニューロコンピューティング), Vol.104, No.585, pp.25-30 (2005).
- 12) 本村陽一, 西田佳史: ペイジアンネットワークによるヒューマンモデリング, 人工知能学会誌, Vol.22, No.3, pp.320-327 (2007).

(平成 22 年 6 月 3 日受付)

(平成 23 年 1 月 14 日採録)



高田 和豊 (正会員)

2000 年青山学院大学機械工学科卒業, 2002 年同大学院修士課程修了. 同年松下電器産業株式会社 (現パナソニック株式会社) 入社, 先端技術研究所にてユーザモデリング, 人と機械のインタラクションに関する研究に従事. 2010 年広島大学大学院情報工学専攻博士後期課程入学.



森川 幸治

1996 年名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了. 日本学術振興会特別研究員を経て, 1997 年松下電器産業株式会社入社. 現在, パナソニック株式会社先端技術研究所主幹研究員. 人の認知機構のモデル化や認知状態の推定に関する研究に従事. 博士 (工学)