

操作方法発見のための探索的インタラクションにおける 状態遷移と状態理解に関する教示の影響

Analysis of Exploratory Interaction under the Conceptual Instruction
during Finding the Operation Sequence of Appliances

高田 和豊¹ 森川 幸治¹

Kazutoyo Takata¹, Koji Morikawa¹

¹パナソニック株式会社 先端技術研究所

¹ Advanced Technology Research Laboratories, Panasonic Corporation

Abstract: This paper describes the instruction of operational concepts and its effect on exploratory interaction during discovering operation sequence of appliances. We defined two operational concepts. One concept is related to a "State Transition" for translating the appliances states by button press. The other is related to a "State Perception" to understand the meaning of the information on display window in front of appliance. To analyze the effect of instructing of two concepts, 25 participants got usability test for a new inexperienced DVD recorder. The results showed "State Perception" is more effective to continue the exploratory operation.

1 はじめに

テレビや DVD 等の多機能機器は、リモコンに割り当てられる機能数が多く、1台で多くの機能を実行できる一方、操作方法が複雑になる傾向がある。ユーザはこれらの機器を初めて使用する際、操作方法の分からない機能に対して探索的な操作を行うことが多い。本研究では、このような多機能機器における探索的な操作過程を探索的インタラクションとし、教示によって操作方法の発見を支援する方法について実験と分析を行った。

操作発見を支援するには、個別機能の操作の教示方法の改善が考えられる。この場合、いかに個別の操作方法をわかりやすく説明するかが問題になる。一方、個別の操作方法の教示以外の方法も試みられてきた。鈴木らは、一連の機能操作を複数の下位課題に分割して教示する課題分割の有効性を報告している[1]。また羽山らは、ソフトのバージョンアップ時に差分機能のみを表示する方法の有効性を示している[2]。前者の方法は初心者のような機器操作経験が少ない場合に適し、後者は、同種のソフトや機種の変更に対して有効に働くと考えられる。しかし、DVD 等の多機能機器は類似の機能を多く持つため、操作方法の理解には機能の使い分けやユーザが持つ機器操作経験を踏まえた教示を考慮する必要がある。

これに対し筆者らは、映像機器の乗換え時の操作

に着目し、機器乗換え時に生じる複数の誤操作には、共通の誤った操作知識が関係することを実験により確認し、操作知識を概念レベルで正しく教示すれば機器操作の理解に有効である可能性を示した[3]。

本稿では、機能が多く個別の操作を一度に教示できない場合には、個別の操作方法の知識よりも、機器の内部状態を想像し、操作の結果の機器動作を正しく理解する知識の方が、探索による操作発見には有効であるという仮説を立てた。そして、先行実験[3]で得られた操作概念を、機器の状態を変化させる「状態遷移」の知識と、現在の機器状態を理解する「状態理解」の知識に分け、それぞれが探索的インタラクションに及ぼす影響を実験により評価した。

具体的には、それぞれ異なる操作概念教示を行った複数のユーザグループに、初めて使用する DVD レコーダを探索的に操作してもらい、教示概念別の操作正解率の比較、及び探索過程の解析による教示概念ごとの探索傾向の違いを比較した。

以上の実験により、操作概念教示は共通の要因を持つ複数機能の操作発見率を改善すること、及び状態理解に関する知識の教示は探索を継続させる効果があることを示す。

2 操作概念と探索過程

2.1 操作概念の定義

まず、機器乗換え時にユーザが操作を行う過程の概念を、DVD レコーダを例に定義する。

*連絡先: パナソニック株式会社 先端技術研究所
〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台 3-4
Email: takata.kazutoyo@jp.panasonic.com

図 1 に、DVD レコーダの各内部状態（○で示す）とその状態間を遷移するための操作（□で示す）の例を示す。DVD レコーダ等の多機能機器は多くの機器内部状態を持ち、状態間を遷移するための操作は現在状態に依存する特徴を持つ。

例えば、図 1 上部の状態である DVD の視聴中に、テレビ番組に切替えようとする際、状態間の遷移の組合せも膨大になり全ての遷移の操作を覚えることは困難になる。また、機器は複数の内部状態を持つため、現在の状態によって適切な操作は異なってくる。このため各時点の操作は何らかの内部状態を考慮した上位の知識で導き出される必要がある。

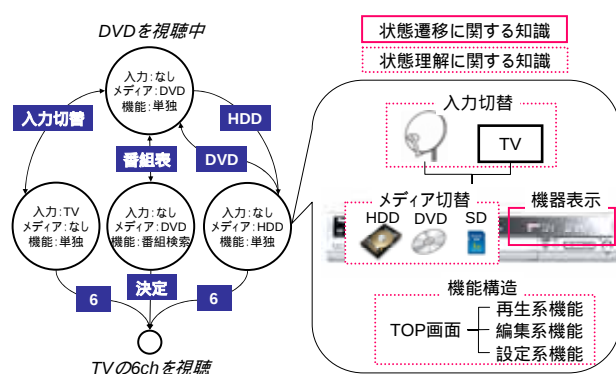


図 1 DVD レコーダにおける操作概念

そこで、本稿では操作概念を「機器の内部状態と状態遷移を理解するための知識」と定義する。筆者らの先行実験[3]によれば、DVD レコーダの操作概念は、表 1 に示すように機器の状態理解と状態遷移に関する 4 つの知識に分類された。

表 1 操作概念の種類

概念種類	概念名
(A) 状態理解	(A) 機器表示概念
	(B1) 入力切替概念
(B) 状態遷移	(B2) メディア切替概念
	(B3) 機能構造概念

表 1 の各概念の概要は以下の通りである。

(A) 機器表示概念：

機器本体が持つ状態表示ディスプレイから機器内部状態を理解する知識。例えば HDD モードから DVD モードへ切替えた場合に、点灯アイコンが HDD から DVD に変化する等、機器表示の理解のための知識に該当する。

(B1) 入力切替概念：

DVD と他の映像ソース（BS 放送、地上波デジタル、など）との関係を理解する知識。入力切替ボタンの操作知識に該当する。

(B2) メディア切替概念：

機器の記録メディア（HDD、DVD、など）の関係を理解する知識。メディア切替ボタンの操作知識に該当する。

(B3) 機能構造概念：

機器の機能ツリー構造を理解する知識。「サブメニュー」「機能選択」等、複数の機能が集約したメニューボタンの役割とその下のメニュー項目に関する知識に該当する。

2.2 探索的インタラクション

探索的インタラクションとは、正しい操作方法を知らない場合に試行錯誤によって操作を行いながら目的の操作方法を探索する際の操作過程である。

図 2 に操作概念と探索過程の関係を示す。機器をある現在状態 S0 から目的の状態 S3 に遷移させようとする際、操作の過程や正解操作の発見率はユーザーの事前知識によって異なる。ここで、事前知識を表 1 の 4 つの操作概念に当てはめて考える。

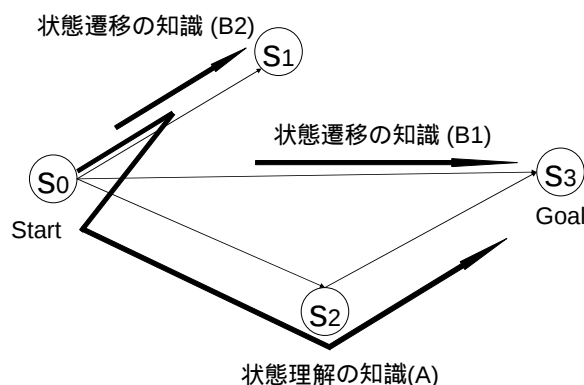


図 2 操作概念と探索過程

表 1(B) の状態遷移に関する概念は、その概念に関連する操作の場合には、正解操作はすぐに想起され最短経路の発見に有効に作用する（図 2 の B1）。一方、関連のない操作の場合には、目的の状態に到達できない可能性が高くなる（図 2 の B2）。

一方、表 1 (A) に示す状態理解に関する概念は、正しい操作はわからないものの、操作に対する機器の状態の変化は理解できるため、広範囲の探索を行いながらも、正解操作を発見できる（図 2 の A）。

以上の操作概念の機器操作への影響を検証するため、3 章では異なる操作概念を教示したユーザグループ間で DVD 操作結果を比較し、正解率および探索的インタラクションの違いを調査した。

このステップ 3 で記録された操作過程データの分析により、まず正解状態への到達率を、次に探索的

インタラクションの過程の違いを分析した。

表 3 教示後の操作テスト問題

	機器表示	入力切替	メディア切替	機能構造	操作テスト
Q1	○	○			BSデジタル放送の161ch表示
Q2	○		○		DVDソフトを再生
Q3	○		○	○	HDDの中の「彼らの海」を表示
Q4				○	HDDに録画した番組一覧を表示
Q5				○	DVD本体の初期設定画面を表示
Q6	○	○			地上アナログ6chの21時～の番組を調べる
Q7	○		○		HDDに録画している番組一覧を表示
Q8	○		○	○	HDDの中のリモコン写真を表示
Q9	○			○	本日21時からのNHKを録画予約
Q10	○	○	○		NHK2chの21時からの番組をHDDに録画予約
Q11				○	HDDの中の「彼らの海」をDVDにダビング
Q12				○	先ほどHDDに録画した番組をDVDにダビング
Q13	○	○			地上デジタル放送の41chを表示

3.3 実験結果 1：正解操作発見率の比較

3.3.1 操作概念教示前の操作結果

表 4 に操作概念教示前の確認テストの正解率を示す。各数値は表 2 に示した関連概念の対応表に基づき、概念ごとに各問題の正解率を平均して算出した。この正解率が概念教示後の正解率と比較するための基準値となる。グループ分けはランダムに行ったが、平均正解率は、0.29～0.48 の範囲でばらついていた。

全被験者に対する各問題に関連した操作概念ごとに比較すると、入力切替概念に関する問題の正解率は 0.17 となり、他の概念に関連する問題の正解率 0.35～0.54 と比べて低い値となる傾向が見られた。これは、BS や CS 等の記号のわかりにくさにより機器状態が把握しにくかったためと考えられる。

表 4 事前知識の確認テストの結果

		全問	問題に関連する概念			
			機器表示	入力切替	メディア切替	機能構造
教示グループ	A:機器表示	0.48	0.45	0.40	0.40	0.68
	B1:入力切替	0.34	0.33	0.07	0.33	0.64
	B2:メディア切替	0.29	0.30	0.13	0.33	0.40
	B3:機能構造	0.38	0.38	0.07	0.47	0.60
	C:教示なし	0.31	0.30	0.20	0.33	0.40
	全被験者	0.36	0.35	0.17	0.37	0.54

3.3.2 操作テスト結果

表 5 に操作概念教示後の操作テストの正解率を示す。正解率は表 3 に示した関連概念の対応表について概念ごとに対応する問題の成果率を平均して算出した。全問題の平均正解率は、操作概念教示なしのグループ C の 0.57 と比較して、概念教示ありのグループ A, B1, B2, B3 が 0.61～0.97 と高い値となった。

次に、教示しなかった操作概念に関連する問題の正解率の向上を見ると、教示概念の種類によりばらつきが見られた。例えば、機器表示概念を教示した

グループ A は、全問平均で最も高い正解率 0.96 となり、教示していない概念の問題に対しても高い正解率となった。一方で、メディア切替を教示したグループ B2 は、メディア切替えに関する問題に対する正解率は 0.84 で高かったが、他の教示していない概念の問題には、低い正解率 (0.25～0.77) となった。

表 5 教示後の操作テストの結果

			全問	問題に関連する概念			
				機器表示	入力切替	メディア切替	機能構造
教示グループ	A:機器表示	0.97	0.98	1.00	0.96	0.93	
	B1:入力切替	0.83	0.83	0.90	0.80	0.80	
	B2:メディア切替	0.61	0.60	0.25	0.84	0.77	
	B3:機能構造	0.70	0.70	0.45	0.84	0.80	
	C:教示なし	0.57	0.58	0.40	0.72	0.60	
	全被験者	0.74	0.74	0.60	0.83	0.78	

3.3.3 正解率の改善度の比較

図 4 に操作概念の教示前後の正解率の改善度を示す。教示なしのグループ C の 0.26 に対して、操作概念教示グループ A, B1, B2, B3 は 0.32～0.49 となり、いずれも高い改善が見られた。また、グループ別では、機器表示、入力切替の教示が 0.49 の向上で、特に有効であると確認された。

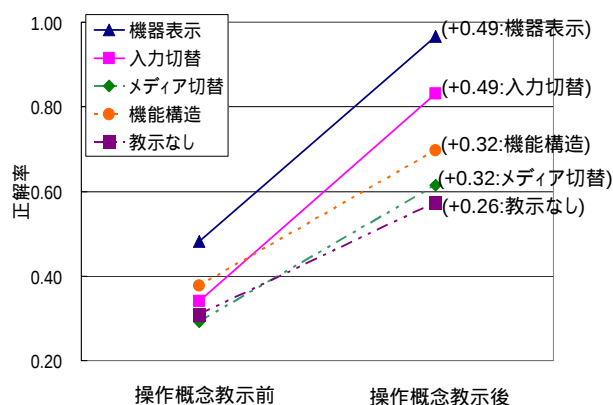


図 4 正解率の改善比

3.4 実験結果 2：探索過程の比較

本節では、概念教示が探索的インタラクションに与える影響を分析する。本実験では探索的インタラクションの過程でも操作方法を学習する特性があり、概念教示の影響のみが現れると考えられる教示終了直後の操作テスト Q1 を分析対象とした。

表 6 に各グループの正解率と各ボタンの平均押下回数を示す。分析対象の Q1 は「BS デジタル放送の 161 チャンネルを表示する」問題で、正解操作は BS

デジタル放送に切替える「放送/入力」を選択した後、チャンネル選択を行う方法と、まず「番組表」で番組の一覧表を表示してからチャンネルを選択する方法の2通りがあり、それ以外の操作は不要であり、誤操作とも呼べる。

正解はグループ A の全員とグループ B1 の 5 人中 4 人、不正解は他グループ全員で、Q1 に対して機器表示や入力切替の教示が有効であったと考えられる。

また、表 6 の色付け部分は平均押下回数が 1 回以上の部分を示す。この色付け部のパターン（押下ボタンの組合せ）は、各グループで異なる。例えばグループ A とグループ B1 はほぼ全員が正解したが、グループ A は番組表、放送/入力の両方のボタン操作から正解に到達し、グループ B1 は放送/入力のボタンのみで正解に到達している。また不要な操作（誤操作）ボタンについても、グループ A は HDD/DVD/SD 切替ボタンを平均 5.2 回押し、グループ B1 は誤ったボタン操作が 1.3 回以下と少ない。Q1 は、入力の切替えに関する操作であり、グループ B1 は入力切替の概念と操作を直接教示されているためと考えられる。このように教示概念によって、異なる探索が行われる傾向を確認した。

表 6 Q1 のボタン別の平均押下回数

		正解率	押下ボタン					
			正解操作			誤操作		
			放送/入力	番組表	HDD/DVD/SD切替	サブメニュー	機能選択	入力
教示グループ	A:機器表示	1.0 (5/5)	6.6	1.2	5.2	0.4	0.2	1.2
	B1:入力切替	0.8 (4/5)	8.0	0.0	1.3	0.0	1.0	0.8
	B2:メディア切替	0.0 (0/5)	6.0	4.0	0.0	0.0	2.3	7.0
	B3:機能構造	0.0 (0/5)	7.8	2.2	0.6	3.2	1.0	0.4
	C:教示なし	0.0 (0/5)	3.2	3.8	4.4	0.4	1.4	2.2

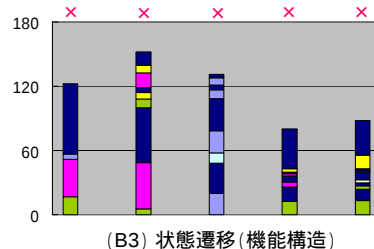
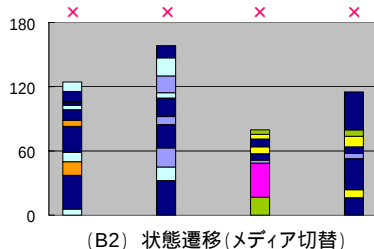
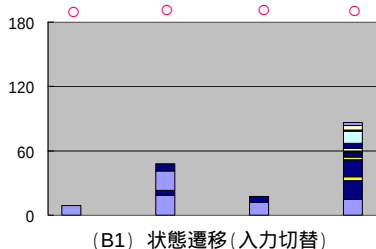
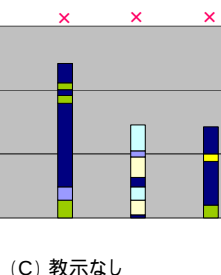
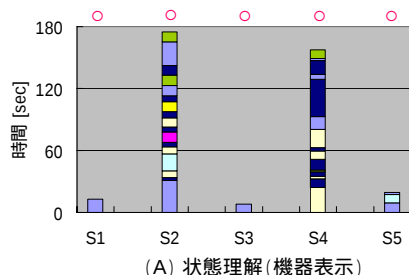


図 5 Q1 の押下ボタンの時系列変化

4 考察

4.1 教示概念が操作発見率に与える影響

3.3 の結果より、全ての操作概念教示グループが教示なしグループより高い正解率、改善度を示し、操作概念の教示が操作発見に有効なことを確認した。

次に「状態理解」の操作概念と「状態遷移」の操作概念を比較する。

状態理解（機器表示）に関する教示は、他の概念教示より高い正解率と改善度を示した。これは一回毎のリモコン操作に対するフィードバックとしての機器状態の変化が理解でき、試行錯誤による探索的インタラクションが行えたためと考えられる。

一方、各状態遷移に関する教示は、全般的には教示した概念に関連する問題に対して特異に正解率が向上する傾向が見られた。個別には、入力切替概念の教示は機器表示概念と同程度の正解率の改善を示した。入力切替概念に関する問題は確認テストで最も正解率が低かったため、特に操作概念の教示が正解率の向上大きく寄与したとも考えられる。

また、メディア切替、機能構造の両概念は、他の概念が関わる問題には大きな影響を与えず、比較的独立した概念であると言える。

4.2 操作概念が探索過程に与える影響

図 5 に操作テスト Q1 で各個人が押下したボタンの時系列変化を示す。横軸は被験者を示し、縦軸は操作終了までの時間で、各プロットはいつどの種類のボタンが押下されたかを示す。正解操作に到達した被験者のデータには○印、操作をあきらめたと申

告した被験者のデータには×印を付している。

正解操作に到達した状態理解（機器表示）教示グループ A と状態遷移（入力切替）教示グループ B1 の操作過程を比較すると、状態理解教示は、状態遷移教示に比べて押したボタンの種類数と押下回数が多い。また、正解操作に到達した時点の押下ボタンは、状態遷移（入力切替）教示では全ユーザが教示された「放送/入力」で正解したのに対し、状態理解教示では「放送入力」「番組表」の2つのボタンから正解に到達している。これより、状態理解教示は、操作方法が分からなくても、広範囲な探索を行い正解操作に到達できたと言える。

また、状態理解に関する教示 A では、全員が正解したが、3名はすぐに正解し、2名は多くのインタラクションの後に正解に到達している。他のグループでは被験者が早期に探索を諦めており、機器表示の理解が長時間に渡り探索が行えた要因と考えられる。

状態遷移に関する他の教示では、メディア切替グループ B2、機能構造グループ B3 は、広範囲の探索を行ったが正解操作に到達できていない。さらに全てのユーザが3分以内に探索を諦めていた。実験後のインタビューより、その原因は探索中に現在の機器の状態を把握できなくなったためと分かった。

また、メディア切替教示グループ B2 は探索過程で HDD/DVD/SD 切替ボタンが押されておらず、教示による正しい HDD/DVD/SD 切替ボタンの操作を獲得した結果、Q1 の放送の切替に関する操作には関係ないと理解していたと考えられる。同様に、機能構造教示グループ B3 では、サブメニューボタンの押下が多いことも、教示内容の影響と考えられる。

このように状態理解の知識 A は、探索を行う時の機器からのフィードバック理解の有効な情報となり、結果として複数の正解操作を発見できる可能性が高まった。一方、状態遷移の知識 B は、関連操作にのみ効果が高いと言える。

4.3 他機器やエージェントへの応用

DVD 操作から抽出した操作概念は、多くのデジタル機器に共通する概念であり、多くの機能を操作する機器であれば同様に応用できる。例えば、テレビや携帯電話、デジタルカメラ、パソコンなどは概念教示により操作性を向上できる可能性がある。

次に、機器の操作方法を教示するエージェントについて考察する。このタイプのエージェントは、ユーザの誤操作時に操作方法を教示したり、エージェントに対してユーザが使い方を質問したりすることが主であった。本稿の実験結果からは、探索的インタラクションにおいては、操作方法の説明より、操作結果が機器表示に与える変化（機器表示の見方）

の教示が有効な場合も多いと考えられる。

また、多機能な DVD の代わりに多機能な知能ロボットとのインタラクションを想定した場合、ユーザはロボットの持つ機能を探りながらロボットに対して働きかけをする。ここでロボットは個別の操作方法を全て教示しきれないため[4]、ユーザの働きかけに対するロボットの内部状態の変化をユーザに気付かせることが、探索的インタラクションによる機能発見に有効であると考えられる。具体的にはロボットが持つ機能や状態を分類し、状態表示を備え、機能をまとめた操作概念としての説明が有効である。

本実験で明らかになった、機器表示の理解は探索的インタラクションが長続きする要因にもなる点も、知能ロボットの設計には有用である。知能ロボットはインタラクティブに受け答えるだけでなく、内部状態の変化を伝える手段を持つことで、探索的インタラクションが長期間持続され、ロボットが多くの機能をユーザに提供できると考えられる。

5 おわりに

本研究では、多機能機器の操作探索に関して現在の機器状態を理解する「状態理解」の知識と、機器の状態を変化させる「状態遷移」の操作の知識に分け、それぞれが探索的インタラクションに及ぼす影響を実験により評価した。

実験結果より、各概念の教示は機器の操作性向上に有効に働く傾向を確認し、特に状態理解の知識が、探索的インタラクションによる機器操作方法の発見に最も有効であることを見出した。

今後は、ユーザが新しい機器を使用する前に保持している操作知識に応じた教示を行うため、機器の操作過程からユーザが保持していない操作概念を自動的に推定するアプローチ等も検討が必要である。

参考文献

- [1] 鈴木, 植田, 堤: 日常的な機器の操作の理解と学習における課題分割プラン; 認知科学, Vol.5, No.1, pp.14-25 (1998).
- [2] 羽山, 植田: 差分明示機能を組み込んだ適応的インタフェースの開発と評価; 認知科学, Vol.11, No.2, pp.124-142 (2004)
- [3] 高田, 森川: 機器乗換え時の操作における事前使用機器の影響とその誤操作要因の分析; 第22回人工知能学会全国大会論文集, 2H2-02 (2008)
- [4] 小林, 山田, 北村: ロボットの機能発見を促進する部分実行インタラクション; 第22回人工知能学会全国大会論文集, 1D2-8 (2008)