原著論文

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

— 体制化と親近性の視点からのアプローチ —

広川 美津雄*, 井上 勝雄**, 岩城 達也**, 加島 智子***

* 東海大学, ** 広島国際大学, *** 近畿大学

Fundamental Study on an Intuitive Interface Design Theory

– Approach from Viewpoint of Organization and Familiarity –

Mitsuo HIROKAWA*, Katsuo INOUE**, Tatsuya IWAKI** and Tomoko KASHIMA***

* Tokai University, 4-1-1 Kitakaname, Hiratsuka City, Kanagawa 259-1292, Japan

** Hiroshima International University, 555-36 Kurosegakue, Higashihiroshima City, Hiroshima 739-2695, Japan

*** Kinki University, 1 Takaya Umenobe, Higashi-Hiroshima City, Hiroshima 739-2116, Japan

Abstract : In recent years, as information equipment has become multi-functional, an easy-to-use interface has been demanded. Particularly, an interface design that can be operated intuitively is urgently required. Therefore, we have re-examined this problem from the point of view of familiarity and organization along the flow of execution of user behavior for the design method, characteristics, and the meaning of an intuitive interface by use of a literature search, a questionnaire survey, and experiments. Based on our results, after reviewing patterns that combine the recognition and operation by a user, we classified interfaces into four types. As a result, we have clarified the characteristics and requirements of an intuitive interface and design guidelines which form the methodological framework of an intuitive interface design. The current study focused on information terminals using a touch panel, but the design guidelines proposed should be applicable to the interface design of various devices.

Keywords : Product design, Interface design, Design theory

1. 研究の背景と目的

近年、誰もが使う携帯型情報端末の多機能化が進展している。それらのインタフェースを観察すると、アイコンなどのUI (User Interface) 要素で構成された表示部やタッチ式操作部のように、直感的に操作できるものが主流になってきている。その技術的背景として、スマートフォンに見られるように、デバイス技術の発展により小型で高精細なタッチ式ディスプレイが開発され、ほとんどの操作部が表示画面の中に入っているインタフェースが普及した。

しかし、社会的背景として、多機能な携帯型情報端末を使いこなせないユーザーが増えてきている。とくに、増加する高齢者の情報リテラシーの観点から、急を要する状況下でも使いやすく、直感的に操作できるインタフェースが希求されている。問題点として、情報機器に対する現実世界での操作だけでなく、画面内の仮想世界での操作も使いこなせないことがあげられる。認知科学の二重界面理論では、ユーザーと道具の界面および道具と外界との界面があり、ユーザーが道具を使いこなすとき、意識の上でこの2つの界面が一致すると「身体化」されたと提唱者の佐伯が述べている [1]。インタフェースデザインの観点からは、多機能な情報機器においてもユーザーにインタフェースをなるべく意識させず、操作対象に集中できるようにするインタフェースの「透明性 (Transparency)」 [2] や「不可視性 (Invisible)」 [3] が重要

であるといわれている。

ところが、最近のスマートフォンやタブレット型PCのインタフェースは、機器の操作部から現実世界のインタフェースがなくなり、かわって仮想現実を表示する画面の中がUI要素やコンテンツなどで構成され複雑になってきている。その結果、現実世界のインタフェースが身体化したにもかかわらず、ユーザーは仮想のインタフェースに煩わされ、透明性を確保できないことが問題である。本研究では、この問題を解決するために、使いやすく、直感的に操作できる「直感的インタフェース」とは何か、また特性はどのようなものかを考察し、その設計論の基本的枠組みを提案することが目的である。

これらを目的とした研究はさまざまな分野で進められている。たとえば、入力装置やセンサーの開発など技術主導による実世界志向インタフェース、インタフェースの透明性や不可視性を提唱したユビキタスコンピューティング、立命館大学のサイトウアキヒロ教授が提唱するゲーム機の直感的インタフェースに焦点を当てた「ゲームニクス」などがある。認知心理学の観点からは、「メタファ」に関する研究がある [4]。また、「メンタルモデル」の用語がよく使われるが、学問分野や著書によって意味内容が異なっている。インタフェースデザインの観点から山岡俊樹らの研究では、メンタルモデルを「ターゲットドメイン」および「ベースドメイン」、ならびに「Functional Model」および「Structural Model」のように構造化して、設計論への視点を提供している [5, 6]。

2. 研究の方法

1章で紹介した先行研究を横断的に見ると、HCD (Human Centered Design) やユニバーサルデザインの考え方が根底にある。インタフェースデザインとしては、ユーザーのインタフェース資源を最大限に引き出すことが重要である。しかし、プロダクトデザインやインタフェースデザインの立場からの直感的インタフェースデザインの研究は少ない[注1]。このため筆者らは、直感や直感的インタフェースの言葉の定義、ユーザーが直感的インタフェースに対して持つ印象や要件に関するアンケート調査、心理学分野の文献調査、および心理実験などの基礎的研究から始めた。

ユーザーと機器との相互作用に着目すると、ユーザーの操作は、現行の操作対象の認知だけでなく、操作経験の記憶によっても誘導される。この操作対象の認知や操作の過程において、ユーザーは多くの関連する要素をまとめて行為を遂行している。ユーザーの行為を説明する著名なモデルとしてノーマンの「行為の7段階理論」およびラスムッセンの「行為の3階層モデル (SRK モデル)」があるが、両者とも直感的な行為の説明やユーザーのはたらきを積極的にインタフェースに組み込む視点が無い[注2]。そのため、行為遂行の流れを貫くユーザーのはたらきをインタフェースデザインの設計論に組み込む新たな視点と考え方を導入する必要がある。ここから、本研究では、認知、行為、記憶に関する認知心理学の知見を援用して、分析と考察の方法として用いた。

心理学では多くの関連する要素をまとめるはたらきを「体制化」(Organization)と呼び、「人間の記憶容量には限界があり、表象として貯蔵できる形に変換する必要がある」、「覚えたい内容を何らかの基準で整理し、全体を組織化すること」と説明している[7]。本研究では、行為遂行の流れを貫くユーザーのはたらきとして「体制化の法則」(群化、まとまりの法則: Law of Organization)を拡張した考え方をを用いる。また、ユーザーは操作経験の記憶の助けを借りて、現行の操作対象を理解したり、操作したりする。その際、過去の操作経験と現行の操作経験とが類似していればしているほど記憶、理解および操作がしやすくなる。心理学ではこれを「親近性」(Familiarity)と呼ぶ。本研究では、この体制化と親近性の考え方を分析・考察の方法として用いた。

3. 直感的インタフェースの概念

「直感的操作」「直感的インタフェース」などの言葉は人口に膾炙しているが、その意味や特性についてはほとんど明らかになっていない。直感的インタフェースとは何か、またその特性はどのようなものかについて考察を論理的に進める上で、その意味を定義する。

3.1 辞書的な意味

広辞苑(第5版)によれば、直感は「説明や証明を経ないで物事の真相を心でただちに感じ知ること」とある。さらに、ただちには「じかに、直接に。」および「すぐに、即座に。」

と記されている。すなわち「直」は、空間的・時間的の近接を意味する。「感」は意識をしないで「感じる」ことである。類義語の「直観」は、intuitionの訳であり、哲学用語として使われる。哲学事典を要約すると「主に概念を用いて分析によって全体を知るのではなく、各事物の形態・形相を対象とし、全体の無媒介的な把握の方法」である[8]。

これらの意味範囲は、ユーザーと対象との相互作用において、対象の認知に限定されている。しかし、ユーザーと機器との相互作用においては、ユーザーの機器に対する認知だけでなく、認知に伴う操作というもう1つの過程がある。この点を考慮して、「時間的・空間的の近接」や「無媒介的」をインタフェースの観点から解釈すると、ユーザーと操作対象との間に現実世界のデバイスや仮想世界のUI要素などが介在しない直接的な操作ということになる。以上をまとめて、直感的インタフェースとは、操作対象を意識的な意味解釈によらず主に形態によって瞬時に認知することができ、かつ対象を瞬時に直接的に操作することができるインタフェースである。

3.2 直感的操作に関するアンケート調査と実験

筆者らは、辞書的な意味をインタフェースの視点で明確化するために、2011年からユーザーが直感的インタフェースに対して持つ印象や要件に関するアンケート調査を実施した[9-11]。その結果を集約すると、「思考から行動へのタイムラグが少ない操作」、「自然な動作に近い」、「日常の動作と同じように扱える」、「操作した後の反応スピードが速い」、「分かりやすい表示」、「一目で操作法が分かる」などであった。また、2013年1月から2月、大学生20名による系列学習課題による潜在学習の実験によれば、課題操作に要する時間が230ms以下であるとユーザーは「直感的」と主観的に判断することがわかった[12]。これらの調査や実験結果は、辞書的な意味を具体的に説明している。

4. 行為遂行の流れにおける3つの体制化

体制化は、ノーマンが「誰のためのデザイン？」で提唱する「行為の7段階理論」の流れに沿って行われると考える。本稿では、図1に示すように行為遂行の流れを「認知過程」

図1 行為遂行の流れ（ノーマンからの翻案）

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

と「操作過程」分け、前者を「対象の知覚」と「意味の解釈」の2段階で、後者を「操作意図の形成」と「操作感覚の形成」の2段階で構成する。意味の解釈の段階は、フィードバックの評価も含む。

この体制化を、見やすさを指向する「形態の体制化」、分かりやすさを指向する「意味の体制化」、および使いやすさを指向する「操作の体制化」の3つに分けて定義する[13]。そして、行為遂行の流れに沿って、先行する処理は後続の処理を誘導する。すなわち、「形態の体制化」は「意味の体制化」と「操作の体制化」を、「意味の体制化」は「操作の体制化」を誘導する。

4.1 形態の体制化

形態の体制化は、行為遂行の流れにおける、感覚・知覚段階の体制化である。ヴェルトハイマーは、人間は刺激を単純で明快な方向へと知覚しようとするとして「プレグナンツの法則」を示した。具体的には、近接の要因、類同の要因、閉合の要因などのゲシュタルト(Gestalt: 形態)を指す。また、変形や強調によって1つのまとまりのある形として知覚されるようにする図と地の分化の要因もゲシュタルトである。身体動作と連動する操作対象の変化や動きは、動かない地に対して動く図が共通運命の要因である。

実際、インタフェースにおいても、形、色、光、位置、動きなどの形態的要素や感覚的要素の関連付け、強調、明確化などによって、見やすさや視線誘導を助け、知覚が成立するようにデザインが行われている。逆に、操作に関係ない部分を隠す表示の制約によって、図を強調することも行われている。この知覚が成立すると、意味の解釈、操作意図の形成、操作感覚の形成、操作の実行を誘導する。人間の感覚は、動くものに対して敏感なため、図の部分動かすと形態や意味の体制化だけでなく、操作の体制化を促す。たとえば、マウスやタッチパネルのドラッグ操作によって、画面内のUI要素やコンテンツが移動したり、押下操作によってボタンが凹んだりするフィードバックの動きは、ユーザーの行為を受け付けたことや処理が発生していることをユーザーに確信させる。

多機能なスマートフォンのように、UI要素が多くなり選択肢が増えると選択に時間がかかる。ヒックの法則は、操作の決断に要する時間は、選択肢が増えるほど長くなるとしている。これは、前章で述べた直感的インタフェースの定義と背反する。この問題を解決するために、多くのUI要素を見やすくまとめるユーザーの形態の体制化を促す必要がある。これを図2に示すiPhoneを例に説明する。

iPhoneの画面とその下にあるホームボタンは、明確に区別されている。頻繁に使うホームボタンはヒックの法則を適用し、最下位に1つだけ配置されている。ハードキーになっているので、画面内のアイコンとは類同の要因によって区別される。また、アイコンを画面の中に配置することによって、閉合の要因もはたらいっている。これらは最下部のアイコンと上部のアイコンに分かれ、近接の要因によって区別される。

図2 形態の体制化 (iPhoneの例)

さらに、指の水平方向のスライドにともなう移動する上部のアイコンは、運動や変化をとにもする要素はまとまって見えるという共通運命の要因によっても区別される。このように、ホームボタンを含めると、形態の体制化によってユーザーは3つのレベルでアイコンの位置、重要度、使用頻度などを容易に区別できる。このことをiOSヒューマンインターフェイスガイドラインは「外観の整合性は、アプリケーションがどれだけ美しいかを示す尺度ではなく、アプリケーションの外観がその機能とどれほど整合しているかを示す尺度」であると示している[14, (p.21)]。

4.2 意味の体制化

意味の体制化は、知覚が成立した後、表示部のUI要素や用語の意味、機能、操作などについて解釈したり操作結果を評価したりする段階の体制化である。ユーザーは、数字、文字、単語、ピクトグラム、アイコン、アニメーションなど意味を持った複数の言葉やUI要素に対して、まとまりをもった解釈をする。たとえばチャンキングは、要素のグループ化や語呂合わせによって、複数の要素を単純化して記憶するはたらきである。また、「+」(拡大)・「-」(縮小)、上下左右を示す矢印アイコンなどは、組み合わせで配置することにより、操作方法の意味をいっそうわかりやすくする。インタフェースデザインとしては、意味的要素の階層構造やグループ化などによって、分かりやすさを助け、機能や操作について解釈できるようにする。意味の体制化が成立すると、ユーザーの論理的な推測によって、操作意図の形成、操作感覚の形成、操作の実行などが促進される。また、操作を実行した結果のフィードバックに対しても形態や意味の体制化がはたらき、次の操作の認知過程を誘導し、目標が達成されたと評価されると1つの行為が完結する。

図3に意味の体制化の例を示す。0から9までの数字を順に配置することによって「テンキー」を表し、数値入力を促す。これに四則演算記号が加われば全体として「電卓」を表して計算を促す。また、「電話開始」や「電話終了」のアイコンが加われば全体として「電話器」のインタフェースを表し、プッシュ操作を促す。同様に、デスクトップ・コンピュータ

図3 意味の体制化（数字の例）

の画面は、ファイル、フォルダ、ゴミ箱などの複数の意味的要素から1つの「デスクトップ」が構成される。

形態的要素は意味を持つことが多いので、形態の体制化と意味の体制化は密接に関係している。テンキーの例では、キーの色や配置などの形態的要素が意味的要素にもなっているので、形態的要素の構成の違いが、意味の体制化の違いとなって現れている。また、EPG（電子番組表）は、番組の数と同数の選択肢があるため検索に時間がかかる。これに対して、時間帯や放送局名など同種の意味的要素を閉合の要因でグループ化することによって、見やすくかつ分かりやすくしている。

4.3 操作の体制化

操作の体制化は、行為遂行の流れにおける操作意図の形成や操作感覚の形成の段階で、目標に従って操作をまとめるはたらきである。前段までの認知過程における形態や意味の体制化の結果得られた見やすさ、分かりやすさが、その後の操作の過程を誘導する。その結果、ユーザーは認知と操作を結合しようとする。逆に、認知と操作が結合しなければ、ユーザーはどのように実行したらよいかわからなくなり、操作経験の記憶や現行の認知過程を見直すための試行錯誤を繰り返す。ギブソンは「アクティブタッチ」の概念を用いて、手の動作の体制化や認知と操作の結合について、能動的に操作対象に触れることによって、1つの「目的」や「意図」を実現する柔軟に組織されるダイナミックなシステムであると説明している[15]。ここに認知過程における体制化および操作過程の体制化、ならびに認知と操作を結合する体制化というユーザーの主體的、能動的はたらきを認めることができる。

1つの目標を達成するために、通常複数の行為から構成される。フィードバックは、先行する操作と後続の操作を時間的に結合し、体制化を促す。先行する操作の結果を認知することによって、ユーザーによる形態や意味の体制化がはたらき、後続の操作を誘導する。その結果、対象がどのようなものを認知するために対象を操作すること（Action for Perception）、および対象を操作するために操作結果を認知すること（Perception for Action）が循環する[16]。すなわち、複数の行為が時間的に体制化される。

実際の機器との相互作用では、認知過程において、触覚情報だけでなく、視覚情報や音声情報なども組み合わせられ、

形態や意味の体制化がはたらいっている。それに続く操作過程においては、1つの目標を達成するために複数の身体動作が空間的にも時間的にも柔軟に体制化される。たとえば、マウス操作を分析すると、メニューやカーソルへの視線移動、およびマウス操作にともなう指・手・腕の感触や動きなど多くの認知、操作、フィードバックなどから構成されている。ユーザーは途中で失敗しても、目標が達成されるまで試行を繰り返すという目標に対する能動性がある。

操作の体制化を促すインタフェースの例として、スライドバーの直線移動、ダイヤルやドアノブの回転、アイコンの格子状配列などは、複数の行為が発生しないように、時間軸にそって空間的に操作を誘導する。また操作対象の操作部が大きいとフィッツの法則がはたらき、無駄な動作が排除され操作の体制化を促進する。さらに、自然な視線や手の流れを利用したゲーテンベルグダイアグラムの法則は、時間軸にそって空間的に操作を誘導する。機器の操作部は、一般的にこのレイアウトになっている。また、カメラのコントロール部は、左右の手や指の操作が同期するように、本体をつかむような空間的配置になっている。同様に、十指によるキーボードの配置、両手による車のハンドルなども空間的に操作の体制化を促すインタフェースである。

この章をまとめると、ユーザーは、行為遂行の流れにおいて、目標に従って形態の体制化、意味の体制化、操作の体制化によって、諸要素をまとめ行為を遂行している。このような考え方から、インタフェースデザインの目的は、ユーザーと機器との相互作用において、対象の知覚から操作の実行までの各要素が相互に関連をもつようにユーザーの体制化を促すことである。

5. 行為遂行の流れにおける3つの親近性

ユーザーは類似した経験があれば、現行の行為は円滑に行われる。これを示唆するのが、Tarvingらが提唱した心理学の「符号化特定性原理」である。これを簡潔に表現すれば、「記憶は、覚える際の状況（符号化文脈）と、思い出す際の状況（検索文脈）との一致の程度が大きいほどよくなる」というものである[7, (pp.76-78)]。インタフェースでは、ユーザーの行為や操作対象などから構成される記憶と現行の行為とが類似していると、記憶の活性化につながり、体制化を促すと考えられる。このように記憶と現行の行為が類似しているほど解釈や操作がしやすくなることを本研究では心理

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

学概念「親近性 (Familiarity)」を拡張して用いることにする。

行為の集積としての記憶が活性化するときも、現行の行為遂行の流れに従うと考え、親近性はそれぞれの体制化の段階における記憶との類似性であり、「形態の親近性」「意味の親近性」「操作の親近性」を定義し、分析を進める(図4)。

5.1 形態の親近性

形態の親近性とは、形態の体制化において、形態的要素や感覚的要素が記憶と現行の行為との間で類似していることを指す。形態の親近性が高ければ、それを手がかりにして、記憶が活性化し、現行の操作における形態、意味および操作の体制化を促す。たとえば、使ったことがあるキーボードの配列やキーの形状と現行のそれとが類似していた方が見やすく、入力しやすい。また、シンボルマークや交通標識などの形や色に特徴のある形態は、記憶や再認されやすく、2度目以後の親近性効果が高い。

形態の親近性は、現実世界だけでなくディスプレイの仮想世界においても認められる。マイクロソフト社のWindowsに関するガイドライン[17]を引用すると「見慣れたメタファは、ユーザーが行なう作業にとって、直接的かつ直感的なインタフェースとなる。メタファにより、ユーザーは自分の知識と経験を生かすことができ、ソフトウェアの表現は直感的なものとなりまた身に付けやすくなる」と記載されている。情報機器のアイコンやコンテンツなどは、現実世界を模倣、変形、強調した「形態のメタファ」によって、形態の親近性を持つ。たとえば、EPGのレイアウトは、実際の新聞の番組表と形態の親近性が高いので、新聞の番組表の閲覧・検索方法が活性化され、EPGの閲覧・検索方法を瞬時に認知することができる。電子書籍、電子地図、空港のチェックイン端末などのインタフェースにもコンテンツ自身に形態のメタファが使われ、直感的な分かりやすさを表現している。このように、状況を意味解釈によらず主に形態によって瞬時に認

図4 行為遂行の流れにおける体制化と親近性

知することを「直感的認知」と呼ぶことにする。

形態の親近性を一層前進させた考え方に、スキューアモルフイックデザイン (Skeuomorphic Design) がある[18]。表示部に商品サンプルを並べた自動販売機が良い例である。Apple社のアプリのアイコンやコンテンツは、現実世界の質感、陰影、立体感、動きなどを模倣したデザインを採用して評判となった。しかし、現実世界が変わり模倣形態と合わない場合は、その極端な具体性が原因となって親近性が失われ、ユーザーが戸惑うという問題が発生する。

なお、操作対象やコンテンツに対して直接的に操作することは「直接操作 (Direct Manipulation)」と呼ばれている。これは、ユーザーがインタフェースを意識しなくて済むので透明性が高い。図5-Aの仮想世界における間接操作は、画面が複雑であり、ボタンやスクロールバーなどのUI要素に対する解釈が必要になる。一方、図5-Bの仮想世界における直接操作は、UI要素を意識する必要がなく、コンテンツが強調されるのでインタフェースの透明性が高い。この場合、コンテンツが現実世界の「形態のメタファ」であると、透明性が高いことに加えて、親近性が高く、直感的インタフェースの重要な要件となる。

5.2 意味の親近性

意味の親近性とは、意味の体制化において、意味的要素が、記憶と現行の行為とで類似していることを指す。なお、「意味の体制化」で述べたように、ピクトグラム、アイコン、アニメーションなども文字と同じように意味を持つので、意味の親近性の効果がある。これらの意味的要素によって、経験したことのある機種、OS、アプリ、機能、操作方法などについての知識や操作経験の記憶を想起することができる。

図5 仮想世界における直接操作と間接操作

これらはそれぞれ意味記憶、エピソード記憶として理解されている。この意味の親近性を手がかりにして記憶が活性化し、意味の体制化、操作の体制化などを促す。

図6に示すように、具体名詞はイメージと一緒に記憶されるが、抽象名詞はイメージと一緒に記憶されないという心理学の二重符号化仮説によれば、インタフェースに使う操作用語、部位名称は、抽象名詞より具体名詞の方が同時に記憶される情報量が多いので記憶と現行の意味の親近性が高い。また、画像の方が言語よりも記憶成績がよいという画像優位性効果によれば、インタフェースに使う言葉よりアイコンなどの画像の方が同時に記憶される情報量が多いので記憶と現行の意味の親近性が高い。要するに、抽象名詞より具体名詞の方が、また言葉より画像の方が、記憶と現行の意味の親近性が高く、再認性が優れている。インタフェースデザインでは、よく使う機能をワンタッチで操作できる「目的型インタフェース」[19]の操作用語に、電子レンジでは「グラタン」、洗濯機では「毛布」などのように、具体的な操作対象物の名称が使われるのは、意味の親近性およびそれと関連付けられた形態の親近性が記憶を活性化し、現行の操作対象の解釈が容易で時間がかからない、つまり分かりやすいからである。

GUIで用いられるアイコンは、スキューアモルフィックデザインのように人工物や自然界に存在する物の形態や動作などをリアルに表現することが多い。これによって、形態の親近性に加えて意味の親近性も合わせ持つ。言葉とくらべて同時に記憶される情報量が多く、記憶や再認性が優れている。このため、直感的認知に加えて、解釈による理解、分かりやすさの特性を合わせ持つ。しかし、アイコンに用いられる形態的メタファは、現実世界を変形、強調して表現することが多く、意味を正確に伝えることができないことがある。それに対して「ゴミ箱」「フォルダ」など言葉による意味のメタファは、意味の解釈に認知的負荷や時間がかかるが、意味が正確に伝わるので、アイコンとは相補性がある。そのため、機器の表示部にはアイコンと言葉が組み合わされることが多い。

5.3 操作の親近性

操作の親近性とは、操作の体制化において、指・手・腕・足・体やその動きなど操作を構成する要素が、記憶と現行の操作とで類似していることを指す。操作の親近性を手がかりにして、記憶を活性化し、現行の操作の体制化を促す。日常の操作を観察するとかなりの部分が身体記憶化され、意識せ

ずに繰り返し行われている。そのような操作は、操作過程における操作意図の形成や操作感覚の形成が瞬時に行われ、操作過程の自動化を実現する。これを「直感的操作」と呼ぶことにする。

身体記憶化された操作の1つは、さまざまな操作の基本となる自然な身体動作である。人間の筋肉や骨格に支配され、押す、叩く、握る、踏むなどの生得的な動作であり、直感的操作である。これは、日常生活で繰り返えされ、記憶と現行の操作は極めて親近性が高く、意識せずに行為が遂行される。Microsoftのタブレット型PC「Surface」のInteraction Design ManagerであるD. Makoskiによれば、この自然な身体動作を使ったユーザー体験をNUE (Natural User Experience) と呼び、これを機器の操作に採用したのがNUI (Natural User Interface) であるとしている[20]。タッチ操作、電子ブックのページめくり、および手のひらや体全体を使ったジェスチャコマンド、音声対話などにユーザー体験をリアルに再現する「操作のメタファ」を利用したNUEが使われている。一度経験すれば、2度目からは操作の親近性による記憶の活性化によって、認知と操作の結合が直ちに行われ、直感的操作を可能にする。

身体記憶化された操作のもう1つは、目標を達成するために、認知と操作の繰り返しによって習得した身体動作である。使い始めは分かりにくく、使いにくい機器でも、習熟によって意識しなくてもまとまった操作として実行できるようになる。すでに述べたマウス操作のように、ユーザーの習熟によって、意識しなくても一連の操作として実行できるようになる。これは「手続き記憶」と呼ばれ、複数の操作が体制化された状態で記憶されている。日常生活において、繰り返し実行された操作の記憶であり、NUEと同じく記憶と現行の操作は極めて親近性が高い。そのため、認知が成立すると、操作過程が自動化され、直感的操作を可能にする。

ニールセンは、ユーザビリティの特性の1つに学習のしやすさをあげている[21]。NUEはほとんど学習する必要がないのに対して、手続き記憶による操作は学習に時間を要する。タッチパネル操作は、ほとんど学習する必要がないNUEで構成されているので、学習しやすい。反対に、ダブルクリックのような非NUE要素を含むマウス操作の習熟には時間がかかる。

「操作のメタファ」を使ったリアルで即時的・逐次的なフィードバックは、直感的操作と次の行為の直感的認知とを瞬時に結合し、インタフェースをあまり意識せずに操作でき、直感的インタフェースを実現する。たとえば、図5-Bに示した仮想世界における直接操作は、電子地図や写真のピンチ、ドラッグ、回転などのタッチ操作によって、現実世界において指で物を移動する速度や方向と同様に、コンテンツが指に吸い付くように移動・伸縮・回転するフィードバックを実現する。一方、図5-Aに示したUI要素を介する間接操作は、拡大・縮小のボタンを押して地図を伸縮したり、スクロールバーで移動したりする。このため、前者は仮想世界の対象をNUEで直接操作している身体感覚を得ることができ、操作の

図6 二重符号化仮説と画像優位性効果

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

親近性が高い直感的なインタフェースとなっている。また、UI要素に対する認知や操作の過程や時間を省略でき、認知的・身体的負荷が軽減し、仮想世界におけるインタフェースの透明化を実現する。なお、以前からマウス、トラックボール、ジョグダイヤル、スタイラスペンなどの入力装置を使って仮想世界のコンテンツを直接操作する方法はあったが、現在ではタッチパネルが主流になってきた。

この章を要約すると、ユーザーは現行の行為における認知と操作を結合するため、体制化を試みる。ユーザーの体験に基づく記憶と現行の行為との親近性は、ユーザーの記憶を活性化し、体制化を促す。体制化と親近性のはたらきによって、ユーザーは行為の処理数や処理時間を減らすことができる。とくに形態の親近性は直感的認知を、そして操作の親近性は直感的操作を促す。直接操作は、操作の親近性が高く、インタフェースの透明化が可能となる。直感的インタフェースデザインとしては、直感的認知や直感的操作を促す親近性をユーザー体験や記憶に求めることになる。

6. 認知と操作の結合パターンとインタフェースの型

体制化と親近性の観点から、以下に4つの認知と操作の結合パターンを示し、次に各結合パターンに対応するインタフェースの型を提示する。

6.1 認知と操作の結合パターン

ノーマンは「行為の7段階理論」において、行為はこれらのすべての段階を経由する必要はないと述べている。すなわち、認知と操作の結合にはさまざまなパターンがあることになる。図7に示すように、認知過程は、意味解釈を経て操作過程と結合する場合（結合パターン①と③）と直ちに操作過程と結合する場合（結合パターン②と④）が考えられる。一方、操作過程は、操作意図の形成から操作感覚の形成の段階を経て実行に移される場合（結合パターン①と②）と、直ちに操作感覚の形成の段階を経て実行に移される場合（結合パターン③と④）が考えられる。その結果、認知過程と操作過程の結合のパターンは、4つに分類できる。

この分類を使って、ユーザーの機器操作に対する柔軟なインタフェースの能力を解明する。ユーザーが機器を操作する時、結合パターンの優先順位は、直感的な結合の④から正確な結合の①の方向へ遷移する。それは、ユーザー自身が持つインタフェース資源を最大限に活用し、認知的・身体的負荷を最小限にするため、常に直感的な行為を指向しているからである。対象の知覚の段階において、情報の保持と処理の機能を備えたワーキングメモリのうち視覚情報を記憶するメモリはアイコニックメモリである。この情報保持時間は約500msと言われ、この時間以内に認知と操作を結合しようとする。その結果、まず結合パターン④の直感的認知と直感的操作の結合が最優先で行われる。感覚レベルの体制化と親近性によって、感覚記憶と身体記憶が瞬時に結合する。これに失敗すると、②または③の部分的に直感的な結合パターンを選択する。これにも失敗すると、最後に①の正確な結合パターンを選択する。

このように、結合パターンは一時的に④から①の方向へ遷移する。しかし、ユーザーは常に直感的な行為の流れを指向しているため、習熟にともなって結合パターンは、①から④の方向へ遷移する。

6.2 4つのインタフェースの型

直感的インタフェースデザインの設計論を進めるにあたって、いままでの考察をもとに機器のインタフェースを分類し、その特性を明らかにしておく。行為遂行の流れに基づいて分類した4つの結合パターンは、そのままインタフェースの分類に応用した。

(1) 論理型インタフェース

このインタフェースは、図7に示す結合パターン①に該当する。ユーザーは、このボタンは何を意味するのか（解釈）、どう操作するのか（操作意図の形成）を意識しなくてはならない。このインタフェースの特徴は、「意味の解釈」と「操作意図の形成」の段階が論理的意味処理によって結合する。これは、論理的意味処理に認知的負荷や時間がかかるが、正確な行為を実行できる。CUI (Character User Interface) は、この型のインタフェースに該当する。コマンドやパスワード

図7 認知と操作の結合パターン

ドなどの文字入力に、記憶の再生および操作の特定などの論理的意味処理が必要である。また、パソコンのメニュー表示とマウスとの組み合わせによるGUIは、記憶の再認、表示部や操作部の意味解釈や評価および複雑な操作の特定や組み立てなどの論理的意味処理が必要なインタフェースである。同じく、言葉によるウィザード形式のインタフェースも論理的意味処理が必要である。このインタフェースは、意味記憶やエピソード記憶の学習に時間がかかる。論理的意味処理に必要な知識が不足する場合は、外部のマニュアルやインストラクターの教示が必要になる。インタフェースデザインとしては、意味解釈や操作の組み立てをわかりやすくする意味の体制化が重要である。そのために、意味の親近性が高い「意味のメタファ」や具体名詞を表示部や操作部に採用することが求められる。

(2) 直感的認知型インタフェース

このインタフェースは、図7に示す結合パターン②に該当する。操作対象の意味を解釈する、操作の結果を評価するなどの過程が短絡される。操作対象の形態の親近性が、記憶を活性化し、対象の知覚が瞬時に操作意図の形成と結合する「直感的認知」を形成する。認知過程において、記憶を想起したり、表示部・操作部の意味を解釈したりする必要がないが、操作過程は論理型インタフェースと同じく、操作を特定したり組み立てたりするなどの体制化に認知的・身体的負荷や時間がかかる。インタフェースの例として、デバイスでアイコンを操作するGUI、および電子地図や電子書籍のコンテンツを直接操作するGUIがある。また、コントローラを使ったシミュレータおよび娯楽用シミュレーションゲームなどもこのインタフェースに該当する。インタフェースデザインとしては、直感的認知を形成する観点から、状況を意味解釈によらず主に形態によって瞬時に認知する形態の体制化が重要である。そのために、現実世界やその記憶と親近性が高い形態のメタファや特徴のある形態などを表示部に採用することが求められる。

(3) 直感的操作型インタフェース

このインタフェースは、図7に示す結合パターン③に該当する。操作経験の記憶を想起する、操作を特定するおよび組み立てるなどの「操作意図の形成」の過程が短絡される。「意味の解釈」が「操作感覚の形成」と結合し、瞬時に直感的操作を実現する。認知過程は論理型インタフェースと同じく、記憶の想起、表示部や操作部の意味解釈などの体制化に負荷がかかるが、操作過程において操作を特定したり組み立てたりする必要がない。たとえば、銀行ATMや切符自動販売機のように、表示部に文字が使われ、操作部にタッチパネルを使った場合がこのインタフェースに該当する。表示部の意味解釈が終了すると、タッチ操作の身体記憶が活性化され、直ちにタッチ操作を実行できる。インタフェースデザインとしては、直感的操作を形成する観点から、操作過程の自動化を実現する操作の体制化が重要である。そのために、現実世界やその記憶と親近性が高いNUEや手続き記憶など身体記憶化された行為を誘導する表示部・操作部をデザインするこ

とが求められる。

(4) 直感的インタフェース

このインタフェースは、図7に示す結合パターン④に該当する。ユーザーは、認知過程において、記憶を意識して想起する、表示部・操作部の意味を解釈する必要がなく、また操作過程において行為を特定したり組み立てたりする必要がない。感覚レベルの体制化と親近性によって、感覚記憶による直感的認知と身体記憶による直感的操作が結合する。これらはそのまま、直感的インタフェースの要件でもある。このインタフェースの例として、商品サンプルを並べた自販機やスマートフォンのように表示部に形態のメタファや形態の特徴のあるアイコンを使い、操作部にタッチパネルを使った場合が該当する。また、操作対象やコンテンツを直接的に操作する直接操作もこのインタフェースに該当する。直感的インタフェースデザインとしては、すでに述べた直感的認知と直感的操作の組み合わせにすることが求められる。詳細は次の章で述べる。

直感的なインタフェースのはじまりは、GUIのWYSIWYGと言われている。マイクロソフトのWindowsのインタフェースに関するガイドラインに「直感的」という記述が登場した[17]。形態のメタファを採用したGUIによって結合パターンは①から②へ遷移し、認知過程が直感的な「直感的認知型インタフェース」となった。その後、タッチパネルに代表されるNUIが登場して、操作過程が直感的な「直感的操作型インタフェース」が誕生した。また、認知過程、操作過程ともに直感的な「直感的インタフェース」への道が開けた。

ここまでのまとめとして、表1に4つのインタフェースの特性をまとめた。これらを比較することによって、特性の相違が明確になり、インタフェース全体の中で直感的インタフェースを位置づけることができた。また、従来ひとくくりに扱われてきた直感的インタフェースを、直感的インタフェースと2つの準直感的インタフェースに分類することができた。さらに、ユーザーの機器操作の習熟度および論理型から直感的インタフェースへの段階的相違について、この結合パターンの時間的遷移として示した。

7. 直感的インタフェースデザインの方法論的枠組み

これまで体制化や親近性などの分析概念を導入して、使いやすいインタフェースや直感的インタフェースの意味や行為が成立する過程について考察を進めてきた。これまでの考察をもとに、直感的インタフェースを再定義すると、直感的認知と直感的操作が結合したインタフェースである。操作対象や操作結果に対する感覚レベルでの即時的な認知ならびに記憶された身体感覚による対象の直接的操作ができるインタフェースである。以下に直感的インタフェースの特性をまとめ、続いてデザイン指針を示し設計論の基本的枠組みを提示する。

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

表1 4つのインタフェースの型

	論理的インタフェース	直感的認知型インタフェース	直感的操作型インタフェース	直感的インタフェース
認知過程の体制化	形態および意味の体制化	形態の体制化	意味の体制化	形態の体制化
操作過程の体制化	操作意図の形成が必要な非NUE要素の体制化	操作意図の形成が必要な非NUE要素の体制化	NUE要素など身体記憶に基づく操作の自動化	NUE要素など身体記憶に基づく操作の自動化
認知過程と操作過程の結合形式	論理的な結合	論理的な結合から感覚的な結合へ（操作の習熟度による）	論理的な結合から感覚的な結合へ（認知対象の理解度による）	感覚的な結合
結合速度	遅い	習熟によって速くなる。操作意図の形成に要する時間による	習熟によって速くなる。意味の解釈に要する時間による	速い（アイコニックメモリの情報保持時間以内）
結合精度	正確。結合が一義的。	習熟によって精度があがる（操作の習熟度による）	習熟によって精度があがる（認知対象の理解度による）	曖昧。習熟によって精度があがる。
親近性	形態の親近性、意味の親近性および操作の親近性	形態の親近性および操作の親近性	形態の親近性および操作の親近性	形態の親近性および操作の親近性
学習の難易度	意味記憶、エピソード記憶、手続き記憶の学習に時間がかかる	手続き記憶の学習に時間がかかる	意味記憶やエピソード記憶の学習に時間がかかる	学習が容易
フィードバック	ダイアログボックスなどの意味の表示	リアルな即時的・逐次的・感覚的表現	ダイアログボックスなどの意味の表示	リアルな即時的・逐次的・感覚的表現
画面内の操作対象	言葉や意味を持つUI要素（間接操作）	コンテンツ（直接操作）やアイコン	言葉や意味を持つUI要素（間接操作）	コンテンツ（直接操作）やアイコン
透明性	認知過程、操作過程の透明性が低い	認知過程の透明性が高い	操作過程の透明性が高い	認知過程、操作過程の透明性が高い
インタフェースの例	デバイスで意味を持つUI要素を操作するCUI。マウスによるメニュー操作	マウス操作のGUI。デバイスでコンテンツを直接操作する電子地図、電子書籍、シミュレータ、シミュレーションゲーム	NUEで意味を持つUI要素を操作する銀行ATM、切符自動販売機	NUEでアイコンを操作するタッチパネル。NUEでコンテンツを直接操作する電子地図や電子書籍
用途	効率性、正確性が要求される定形的タスク	見やすさ、分かりやすさが要求されるタスク	正確さと使いやすさが要求されるタスク	行為の連鎖が要求されるタスク、切迫した状況でのタスク

7.1 直感的なインタフェースの特性

- ① 直感的インタフェースは、ユーザーに直感的認知および直感的操作を形成する。
- ② 直感的認知は、表示部・操作部の意味解釈や評価を意識しないで、感覚レベルの形態の体制化によって瞬時（アイコニックメモリの情報保持時間内）に完了する。
- ③ 直感的インタフェースの表示部・操作部は、シンプルであり、瞬時に形態の体制化が完了する（ヒックの法則）。
- ④ 直感的操作は、操作意図の形成を意識しないで、身体記憶による操作を実行する。
- ⑤ 直感的インタフェースのフィードバックは、次の直感的認知を形成する。その結果、迅速に行為が連鎖する。
- ⑥ 直感的インタフェースは、インタフェースを意識せずに対象を操作でき、透明性が高い。
- ⑦ 直感的インタフェースは、新たな解釈や操作を学習する必要がないので、習熟に時間がかからない。初心者は操作に戸惑うが、少ない経験で意識しなくても操作できるようになる。

7.2 直感的インタフェースデザインの指針

(1) ユーザーの行為の観察と分析

直感的インタフェースデザインはHCDの考え方が基本にある。デザイン指針としては、ユーザーのインタフェース資源を最大限に引き出すことが重要である。ユーザーのインタフェース資源には、体制化、親近性、直感的認知、直感的操作、記憶、目標に対する能動性などがある。そのために、3つの体制化と3つの親近性の分析概念を用いて、ユーザーと機器との相互作用を観察することから始める。それによって得られたデザイン要件に対して、以下に示す指針に従って

デザインを進めることとなる。

(2) 直感的認知の形成

直感的認知が成立するためには、対象の知覚に要する時間をアイコニックメモリの情報保持時間以内に留めるデザインが重要になる。そこで、デザインの原則であるヒックの法則やフィッツの法則が示すように、認知時間を短縮するため、操作対象の形態の体制化が重要である。

表示部のデザインの方法としては、形、色、光、位置、動きなどの形態的要素や感覚的要素の関連付け、強調、明確化、表示の制約などによって、見やすさや視線誘導を助け、知覚が成立する方法が使いやすいインタフェースおよび直感的インタフェースの基本となる。また、形態的メタファを採用したアイコンやコンテンツは、操作経験の記憶を活性化し、直感的認知を形成する。親近性のモデルや度合いは、個人差や文化差があるが、ソースは生物、自然、物理法則、人工物、類似したインタフェースなどが考えられる。

(3) 一貫性の原則

インタフェースデザインの一貫性や標準化の目的は、同じ機器内や類似機器の体験が、現行の行為と類似性を保つようにすることであり、記憶と現行の操作の親近性を高くすることである。逆に、インタフェースに独自性や新奇性を求めると親近性が失われ、記憶が活性化されにくくなる。シュナイダーマンの「インタフェース設計の8原則」やニールセンの「ユーザーインタフェースの10原則」の中で「一貫性の原則」が提唱されている。iOSの事例では、「一貫性のあるユーザー体験を推進するため」OSとの一貫性、アプリケーション内での一貫性、バージョンの間で一貫性を保つように一貫性の原則を繰り返し規定している[14, (pp.57-58, pp.144-145)]。

一貫性の原則にならってデザインすることは、行為遂行の流れに沿って形態の一貫性、意味の一貫性、操作の一貫性をデザインすることである。とくに、形態（感覚記憶）や操作（身体記憶）の一貫性は、直感的認知や直感的操作のインタフェース資源を継承することになり、直感的インタフェースの要件である。カメラは、時代とともに機能や技術は大きく変わっているが、基本的な形態と操作の一貫性を継承している。また、キーボードはキーの大きさや位置などの形態の一貫性を継承している。

(4) 直感的操作の形成

ユーザー体験をリアルに再現する「操作のメタファ」を利用したNUEは、記憶と現行の操作の親近性が高く、一度操作すれば認知と操作が結合し、直感的操作を形成する。インタフェースデザインの方法として、日常の体験や操作の中で使われている生得的な動作をNUIに適用する。一方、習熟に時間がかかる手続記憶による操作は、NUEを構成要素に組み込む、あるいは非NUE要素を排除することによって習熟に要する時間を削減することができる。

(5) フィードバックの親近性

ユーザー体験と親近性が高いフィードバックの即時的・逐次的表現が直感的インタフェースの要件となる。たとえば、タッチパネルのページめくりでは、指の動きに合わせて対象が指に吸いつく表現によって、直感的認知がはたらく、後続のNUEを誘導する。また、最近のデジタルカメラは、タッチ操作によるピント合わせ、絞り、画像効果などの結果が瞬時にディスプレイにフィードバックされ、次の操作のプレビューの役割を果たし、ディスプレイから目を離さずに連続的に操作できる。なお、タッチパネルの例では、フィードバックの認知に視覚と指先の触覚に限定されているが、仮想世界に対する操作を振動などで五感にリアル訴えるフィードバックを利用したインタフェースは「ハプティック・インタフェース」(Haptic Interface)と呼ばれ、親近性の高い操作感覚が直感的認知を提供する。

(6) インタフェースの透明化

直接操作は、現実世界や仮想世界において、インタフェースを介さずに機器やコンテンツを操作することである。操作の親近性が高く、インタフェースの透明化を実現する。インタフェースを意識しない直感的インタフェースの重要な要件となる。シュナイダーマンは「ユーザー・インタフェースの設計」の中で、直接操作の実現方法として次の3点をあげている。1つ目に、操作対象及び動作の連続的な表示。2つ目に、複雑な構文ではなく、物理的動作やボタンによる操作。3つ目に、操作対象への影響が即座に見られる高速で逐次的かつ可逆的な操作。これらは既に述べた操作対象をわかりやすく表示する「形態の体制化」、身体操作を伴う「操作の体制化」、および「即時的逐次的フィードバック」に該当する。

以上が、直感的インタフェースデザインの指針であり、使いやすいインタフェースの指針でもある。直感的インタフェースデザインとしては、これらの要件は必要条件である。

(7) 直感的インタフェースの限界と対策

直感的インタフェースは、優れたインタフェース特性がある一方、認知と操作の結合に論理的弱さ、および単純なNUEによる操作に限界があるため、限られた状況で機能する。

まず、体制化や親近性はユーザーの生活体験および記憶再生能力や身体能力に負うところが大きく、認知と操作の結合に個人差がある。加えて、一人のユーザーの認知と操作の結合パターンは、機器操作の習熟度によって時間とともに遷移する。とくに未体験のユーザーには使いにくい。したがって、インタフェースに柔軟性や持続性を持たせるには、4つのインタフェースの選択と組み合わせによって、これらの特性を補うように、デザインすることが望ましい。

また、単純なNUEだけでは複雑な操作や正確性が必要な操作には向いてない。身体操作の単純さや透明性と機器の多機能性との間には矛盾がある。一般的に、機器の機能を多くすると、インタフェースの透明性を実現しにくくなる。このように、デザインする機器の用途によって求められるインタフェース特性が異なる。したがって、実際のインタフェースデザインでは、表1で示したインタフェース特性を参考に、用途に適したインタフェースの型を選択するかこれらを組み合わせてデザインすることになる。

8. 結 論

本研究は、行為の流れを3つの体制化と3つの親近性の視点で分析し、デザインの基本的枠組みを提示した。これらの成果を以下に要約する。

(1) 直感的インタフェースの意味の明確化

従来、直感的インタフェースの用語は定義がなく、多様な意味でつかわれてきた。本研究は、この用語を定義し、また4つのインタフェースの型を提示したことによって、直感的インタフェース、準直感的インタフェースおよび論理的インタフェースの間の段階的な相違点を統一した視点で、明らかにした。

(2) 体系的な分析視点とデザイン指針

本研究の体系的な分析視点でユーザーの行為を仔細に分析することによって、デザイン対象となる直感的インタフェースの要件を抽出できる。たとえば、メタファは、従来アイコンなど「形態のメタファ」が一般的であったが、意味のメタファや操作のメタファにも拡張できる。同様に、インタフェースの一貫性についても3つの視点で分析できる。これらの分析視点で抽出した直感的インタフェースの要件を、指針に照らして実際のデザインに応用することができる。

(3) ユーザーのインタフェース能力に即した柔軟なデザイン手法

本研究の直感的インタフェースデザインには、HCDの考え方が根底にあり、ユーザーの能動的なインタフェース資源を活用することが基本である。したがって、ユーザー特性や機器操作能力の違いに対して、認知と操作の結合パターンを選択したり、組み合わせたりする柔軟なデザイン手法が可能である。

直感的インタフェースデザインの設計論の基礎的考察

本研究は、タッチパネルを使った情報端末を中心に考察してきた。しかし、ここで示した直感的インタフェースの要件やデザイン指針はさまざまな機器やデバイスのインタフェースデザインにも応用が期待できる。直感的インタフェースは、繰り返し述べてきたように、使いやすさ、迅速な操作、透明性、学習効果、能動性などの優れたユーザビリティ特性を持っているため、少子高齢化に向けてのユニバーサルデザインなどの社会的背景から、今後一層重要性を増すと考えられる。

本研究は、文献調査、アンケート調査、実験などをもとにした考察を中心に進めてきた。しかし、感覚レベルで認知と操作が結合する直感的インタフェースには、「知覚表象システム」「手続き記憶」などの潜在記憶が深く関わっていると考えられる。方法論的枠組みを具体化するためには、体制化や親近性の定量的把握が今後の課題である。

謝 辞

本研究は、JSPS 科研費 (24603035) の助成を受けて行われた。ここに深く感謝する。

注

[注1] CiNii (NII 学術情報ナビゲータ) を利用して“直感的インタフェース”(インターフェースを含む)について「論文検索」で検索すると11件が、「全文検索」で検索すると39件がヒットした(2014年7月)。しかしこれらは、CG 描画や画像検索、および福祉や医療用ロボティクスなど特定分野でのインタフェース研究であり、プロダクトデザインやインタフェースデザインの設計論に関する論文は皆無であった。

[注2] ノーマンは、「誰のためのデザイン?」の中で、直感的行為と関連する記憶の重要性や「意識的でない行為」について個々にページを割いて言及しているが、これらと「行為の7段階理論」と関連づけてない。また、ラスムッセンの「行為の3階層モデル(SRK モデル)」は、ユーザーの行為を「技能ベース」「規則ベース」「知識ベース」の3つに分け、ヒューマンエラーの分析に重点が置かれている。直感的行為に近い「技能ベース」については、意識的な制御がないので、ベテランがエラーを引き起こしやすい行為として否定的に捉えている。

参 考 文 献

- [1] 竹内啓編:意味と情報(佐伯胖著:機械と人間の情報処理), 東大出版会, 1988.
- [2] M. Weiser: The Computer for the 21st Century, Scientific American, 265(3), pp.94-104, 1991.
- [3] D.A. Norman: The Invisible Computer, MIT Press, 1998.
- [4] 楠見孝: インタフェースにおけるメタファ, デザインと記号論, 日本デザイン学会誌, 10(1), pp.64-73, 2002.
- [5] 山岡俊樹: メンタルモデルに基づくデザイン作成ガイドライン案, 第7回日本感性工学会春季大会講演集, 日本感性工学会, pp.109-111, 2012.
- [6] 土井俊央, 富永彩容子, 山岡俊樹, 西崎友規子: 操作時のメンタルモデル構築要素についての一考察, デザイン学研究, 58(5), pp.53-62, 2012.
- [7] 太田信夫: 記憶の心理学, 放送大学教育振興会, 2008.
- [8] 山崎正一, 市川浩: 現代哲学事典, 講談社, 1970.
- [9] 山下千成美, 井上勝雄, 広川美津雄: 直感的なインタフェースデザインの一考察, 第6回日本感性工学会春季大会講演集, 12E-09 (CD-ROM), 2011.
- [10] 広川美津雄, 山下千成美, 井上勝雄: 直感的なインタフェースデザインの基礎的研究, 第7回日本感性工学会春季大会概要集, SI-4 (CD-ROM), 2013.
- [11] 井上勝雄, 広川美津雄: 直感的なインタフェースデザインの調査分析, 第8回日本感性工学会春季大会講演集, 5-1 (CD-ROM), 2013.
- [12] Iwaki, T., Nakamura, N., and Inoue, K.: Basic study of the intuitive feel for user interface using the serial reaction time task, Proceeding of 5th International Congress of International Association of Societies of Design Research, pp.2691-2696, 2013.
- [13] 広川美津雄, 井上勝雄: 直感的なインタフェースデザインの設計論の試み, 第8回日本感性工学会春季大会概要集, 5-2 (CD-ROM), 2013.
- [14] Apple, iOS ヒューマンインターフェイスガイドライン <https://developer.apple.com/jp/devcenter/ios/library/documentation/MobileHIG.pdf>
- [15] 佐々木正人: アフォーダンス, 岩波書店, p.68, p74, 1994.
- [16] Turner, P.: Towards an account of intuitiveness. Behavior and Information Technology, 27(6), pp.475-482, 2008.
- [17] Microsoft, The Windows Interface Guidelines for Software Design (Redmond, WA: Microsoft Press, 1995), p.4.
- [18] <http://www.lifehacker.jp/2012/11/121102appleskeuomorphic-design.html>
- [19] 井上勝雄: インタフェースデザインの教科書, pp.52-56, 丸善出版, 2013.
- [20] Daniel Makoski: Beneath the Surface, MiX08, March 2-4, 2008. http://video.ch9.ms/slides/mix08/UX08_Makoski.pptx
- [21] ヤコブ・ニールセン, 篠原稔和(訳), 三好かおる(訳): ユーザビリティエンジニアリング原論, 東京電機大学出版局, pp.21-29, 2002 (第2版).

広川 美津雄（正会員）

1977年 千葉大学大学院工学研究科終了，現在東海大学教授，修士（工学），工業製品のデザインコンセプト策定やインタフェースデザインなどの設計・評価に関する教育研究に従事，2004年 日本感性工学会出版賞受賞，日本デザイン学会，日本人間工学会，日本感性工学会，日本情報科教育学会などの会員。

井上 勝雄（正会員）

1978年 千葉大学大学院工学研究科修了，三菱電機(株) デザイン研究所部長を経て，2002年より広島国際大学・教授，博士（工学），「インタフェースデザインの教科書」（単著，丸善出版，2013）など著書多数，1996年 日本デザイン学会研究奨励賞受賞，2004年・2005年・2008年 日本感性工学会出版賞受賞，2005年 日本知能情報ファジイ学会著述賞受賞。

岩城 達也（正会員）

1997年 広島大学生物圏科学研究科修了，現在広島国際大学教授，博士（学術），人とモノとの関係を，ヒトの感情の多様性や時間変化の観点から，心理生理学手法を用いてアプローチする教育研究に従事，日本生理心理学会，日本感情心理学会，日本感性工学会などの会員。

加島 智子（非会員）

2010年 大阪大学大学院情報科学研究科修了，博士（情報科学），現在近畿大学講師，次世代基盤研究所 兼任，献立計画問題，教育評価手法，農業情報システムに関する研究に従事，日本オペレーションズ・リサーチ学会，日本経営システム学会，教育システム情報学会，日本経営工学会などの会員。