

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23611016

研究課題名(和文)メンタルモデルの骨組みの解明とそれに基づくメンタルモデル設計手法の構築

研究課題名(英文)Mental model construction method based on framework of mental model

研究代表者

山岡 俊樹(YAMAOKA, Toshiki)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号：10311789

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：メンタルモデルに基づくデザイン作成ガイドラインとメンタルモデル構築度の簡易計算式を構築した。最初か途中の画面にシステム構造の概要が分かる情報を提示する。各画面にて提示情報を理解させ、置かれている状況を理解させる。各画面間あるいは画面内の要素間の関係を理解させる。操作の確認としてフィードバックを与える。ユーザがメンタルモデルのマクロレベルの情報を得て理解するので、機能選択情報を分かりやすく提示する。使用経験のあるユーザの場合、システムの振舞予測とシステム要素間の相互作用を提示する。使用経験の浅いユーザの場合、表示の理解、状況の理解、プランニングが重要なキーワードである。

研究成果の概要(英文)：GUI design guideline and easy construction degree of mental model were constructed

1. Show the structure of systems on the first or another screen. 2. Make users understand information presented on the screens. 3. Make users understand the situation of systems. The consistency, visual cue, context make users understand the situation. 4. Make users understand the relation between screens, and relation of elements on the screen. Make clear the relations using the visual cue and mapping. (5) Feedback is needed for confirmation of operation. 6. As users can understand functional selection information of macro level regarding mental model at first, it should be shown easily. 7. Operational prediction of systems and interaction between elements of system are presented for experienced users, while planning and understanding presentation and situation are important keywords for inexperienced users.

研究分野：デザイン学

科研費の分科・細目：9041

キーワード：メンタルモデル 認知 手がかかり ユーザインタフェース 画面設計 GUIデザインガイドライン メンタルモデル構築度計算方法

1. 研究開始当初の背景

様々な機器の中にコンピュータが内蔵され、その結果ブラックボックス化している。そのため、機器内部の状況は不明で、唯一機器とユーザとの接点が操作画面や操作部となっている。この操作画面や操作部をデザインする際に一番重要な項目がメンタルモデルである。ところが、メンタルモデルの基本的なレベルでの研究は進んでいるが、それをどのようにデザインに反映させるのが未定である。

2. 研究の目的

本研究はユーザの持つメンタルモデルをどのように機器に反映させてデザインするのかを解明することである。

3. 研究の方法

(1) Gentnerの構造写像モデルとメンタルモデルの関係を検討する。

(2) 過去構築したメンタルモデル構築のための7項目を検討し、デザインプロセスと対応づけして、デザイナーやエンジニアにアンケートを取り、デザインガイドラインを作る。

(3) 実験協力者に対して、様々なインタフェースを持つ製品を提示して、どのように操作するのかのプロトコルデータを取る。

4. 研究成果

(1) Gentnerの構造写像モデルとメンタルモデルの関係

メンタルモデルには、structural modelとfunctional modelがある。structural modelは“How it works：システムの構造や動き”の意味であり、文脈非依存型である。functional modelは“How to use it：システムの操作の手続き”の意味で、文脈依存型である。

メンタルモデルを用いて、操作を類推する場合、よく把握しているメンタルモデルがベースドメイン(base domain)であり、まだよく分かっていないことをターゲットドメイン(target domain)という。ベースドメインである既知のメンタルモデルをターゲットドメインに写像(mapping)することにより、操作を理解することができる。写像は類推において、重要な

役割を担う。我々の身の回りのものや知識を記述する場合、対象(object)、属性(attribute：対象の性質)、関係(relation：対象間の関係)を活用する。関係により結合した対象を関係の項(あるいは引数(argument))という。

ベースとターゲットの関係を考える際、表面的(属性)類似性、関係や構造の類似性、目標の類似性により検討を行う。例えば、水道の蛇口を考えてみると、ベースは古典的な回転式のつまみがあるスタイルであるが、ターゲットとしてつまみでなくプッシュ式である場合、構造の類似性により結びつけられる。Gentnerの構造写像モデルによると、構造的に整合しているものが一対一に写像され、属性は写像されないで、つまみ式の蛇口の持つ操作の構造が写像され、プッシュ式の操作の属性に置き換わって操作が可能となる(図1)。

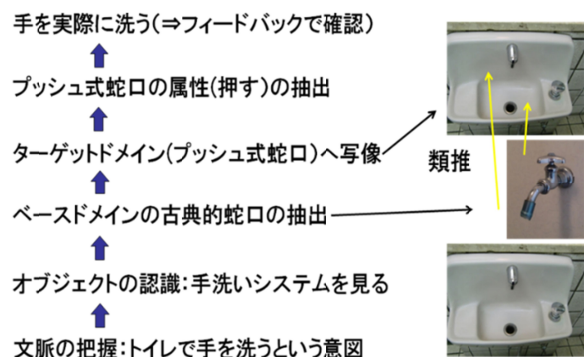


図1 蛇口の類推

(2)メンタルモデル構築あるいは構築度合いを推定するデザイン項目

ある程度のメンタルモデル構築度合いを推定することが可能な5項目を抽出した。

機器やその画面に表示されている用語や内容を理解できる。(表示の理解)

操作中、機器がどのような状態なのか理解することができる。(状況の理解)

操作目標を達成するために、自分が何をすべきか分かる。(プランニング)

機器を操作する時、その機能の使い方やどのような動作をするか想定できる。(システムの振舞予測)

機器のパーツ間の関係や画面の階層構造が理解できる。(システムの要素間の相互作用)

次に、デザイナー、エンジニアに対するアンケート調査から下記のデザインガイドラインを構築した。

前述した5項目を活用し、どの側面が弱いのか、全体の構築度合いを把握する。以下に5項目に対応したデザイン対策を述べる。

機器やその画面に表示されている用語や内容を理解できる。

ターゲットユーザの理解できる分かりやすい用語の使用

操作中、機器がどのような状態なのか理解することができる。

各画面内に状況を知らせる手がかり情報他を提示する

操作目標を達成するために、自分が何をすべきか分かる。

a)システムの構造(structural model)を把握できる情報を提示する。b)ナビゲーション情報や手がかり情報の提示

機器を操作する時、その機能の使い方やどういう動作をするか想定できる。

操作手順(functional model)の概略を各操作画面に提示する。

機器のパーツ間の関係や画面の階層構造が理解できる。

システムの構造(structural model)を把握できる情報を提示する。

(3)画面間に関するデザインガイドライン

適用範囲

製品の操作部、GUI画面、製品操作マニュアルなどで、人間が使う人工物全般に係わる。

メンタルモデルを構築できる様にデザインする

(図2)

・最初か途中の画面にシステムの構造の概要が分かる情報を提示しメンタルモデルを構築させる

(最初の画面で構造またはメタファを示して、トップダウン的にStructural Modelを構築させる)

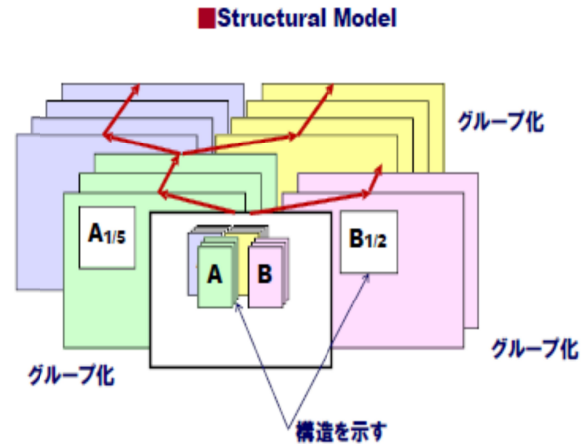


図2 Structural modelを構築

・途中の画面に現在の状況を知らせる情報を提示し、メンタルモデルを構築できるように配慮する

(最初に構築させるか、徐々に構築させるのか、システム特性、構造化コンセプトから決める)

・手がかり、情報間の関係付けにより、画面間の関係(グループなど)を明確化させる

(グループ化された情報の可視化)

・GUI要素(現在位置表示など)の一貫性により文脈を発生させ、Structural Modelを作りやすくする。

・GUIデザインコンセプトにより、逐次型情報提示か並列型情報提示の方法を決める

(逐次型情報提示:Functional Modelが主に重要、並列型情報提示:Structural Modelが主に重要)

(4)画面内に関するデザインガイドライン

現状のGUIの最大の問題点は、各パーツ(情報)間の関係が表示されていないことである。そのため、ユーザはそれらの関係を記憶しておかねばならず、負担となっている。

各画面において提示情報を理解させる

・“情報の分類”、“重要な情報は強調”、“情報間の関係付け”、の3原則から情報を整理する

・分かりやすい用語を用いる

画面内において、置かれている状況を理解させる

・一貫性、手がかり、文脈により、操作状況を理解することができるようにする

・タブ表示の活用，現在位置表示，全行程表示などにより現在の状況が分かるようにする

・メタファを使いメンタルモデルを構築しやすくする

画面内の要素間の関係を理解させる(ナビゲーション)

・“手がかり”，“用語”，“マッピング”，“一貫性”，“フィードバック”，“動作原理”(画面インタフェースデザインの6原則)を使って，ナビゲーションをできるようにする．

(最初に何をすべきか直感的に分かるようにする，手がかり(番号,矢印など)，関係付け(べた面，枠線などによるグループ化)によりパーツ(情報)間の関係を明確化させる，重要な情報はウエイト付け(強調，コントラスト：大)をする)

(5)メンタルモデル構築度計測方法の検討

メンタルモデルには，システム全体をマクロ的に見るとStructural model(システムがどう動くのか)とFunctional model(システムをどう使うのか)が考えられるが，ミクロ的に見ると，あるタスクを達成するための分節化された様々な操作方法が考えられる．前者をマクロメンタルモデル，後者のモデルをマイクロメンタルモデルと定義する．マクロとマイクロメンタルモデルの組み合わせ，及びC・Pの程度の見方からメンタルモデルの特性を把握できることが分かった．また，今回の実験では，主に実験協力者は使用経験のある製品なので，表示の理解，状況の理解，プランニングよりもシステムの振舞予測とシステム要素間の相互作用が強く影響が出た．従って，通常使用している製品や画面の場合，システムの振舞予測とシステム要素間の相互作用の2項目を検討すればよいのが分かった．

以上の知見から，メンタルモデルの構築度は，操作ができた全Pレベルの確率の合計にCの数で割った数が構築度と定義する．例えば，Cレベルで3つの選択肢があり，それぞれのPのできた確率がそれぞれ，0.5，1，0.3とすると，その合計1.8にCの個数3で割ると0.6が構築度(Cレベルの構築度)となる．一方，分岐した操作の流れであるPレベル構築度を低下さ

せるボトルネックは，分岐する際の不適切な情報および長押しボタンのようなメンタルモデルが構築されていない操作の場合などである．Pレベルでの最適な構築度を考える際，0.5では半数のユーザしか使えないので，経験則的には0.7以上は必要と思われる．従って，全体のCレベル構築度でも0.7以上となり，ユーザビリティ上，大きな問題にならないと考えられる．

また，Cレベルでの5原則に基づきユーザの操作達成確率を推定し，Pレベルでの一部の特異的なタスクの操作達成可能性をある程度把握しておけば，メンタルモデル構築度の推測は可能である．

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Doi,T.,Yamaoka,T., Proposal of Usability Metrics

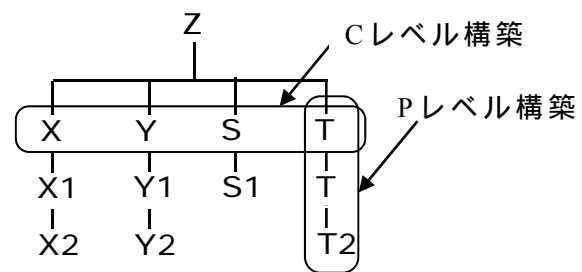


図3 CレベルとPレベル

based on Inspection Method, The bulletin of JSSD, 査読有,60(5), 2014, pp.69-74

土井 俊央,石原 啓介,山岡 俊樹, ユーザインタフェースにおけるユーザのメンタルモデル構築度合想定のためのアンケートの提案, デザイン学研究, 査読有,60(4), 2013, pp.69-76

〔学会発表〕(計17件)

Toshiki Yamaoka, User-Interface Design Points Based on Mental Model, ACHI 2014, 2014, 3月24日,バルセルナ, スペイン

Ryota Mori, Toshiki Yamaoka, On the Measurement of Mental Models for Interface Design, ACHI 2014, 2014, 3月24日,バルセルナ, スペイン

山岡 俊樹, メンタルモデルに基づくユーザインタフェースデザインのポイント,人類動態学会第42回東

日本大会, 2013, 11月17日, 東京

山岡 俊樹, メンタルモデルをデザインに反映させる方法の考察, 人類働態学会西日本大会第38回大会, 2013, 10月27日, 鹿児島

茶木 盛暢, 山岡 俊樹, 人間のメンタルモデル構築に着目したデザイン評価手法の一提案, 電子情報通信学会技術研究報告, 2013, 10月27日, 鹿児島

Toshiki yamaoka, Examining the Relationship Between Cue and Mental Model, The 1st International Conference on Ambient Intelligence and Ergonomics in Asia Proceedings, 2013, 7月4日, 台中, 台湾

上島 佳祐, 山岡 俊樹, メンタルモデル構築度計測方法の検討, 人類働態学会第48回全国大会, 2013, 6月16日, 和歌山

山岡 俊樹, 李 傳房, 周 金枚, メンタルモデル構築度計測方法の検討, 日本人間工学会49回全国大会, 2013, 6月2日, 東京

岡澤 直也, 山岡 俊樹, メンタルモデルをデザインに反映させる一提案, 人類働態学会第41回東日本地方会, 2012, 11月10日, 東京

Keita Yasui, So Yanagimoto, Kana Kobayashi, Toshiki Yamaoka, Examining Characteristics of four mental models, APCHI, 2012, 8月30日, 松江

山岡 俊樹, GUI デザインのための評価方法の提案, 日本デザイン学会第59回研究発表大会, 2012, 6月24日, 札幌

Toshiki yamaoka, A GUI design guideline to construct mental model easily, 14th Korea-Japan Joint Symposium, 2012, 5月26日, 済州島, 韓国

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, 2012, 3月3日, 高松

柳本 聡, 小林 加奈, 山岡 俊樹, メンタルモデルにおける Functional Model と Structural Model による製品特性の把握, 平成23年度日本デザイン学会第4支部研究発表会, 2011, 12月10日, 岡山

山岡 俊樹, 機器操作部, GUIに対するメンタルモデル構築方法の試案, 平成23年度日本デザイン学会

第4支部研究発表会, 2011, 12月10日, 岡山

土井 俊央, 富永 彩容子, 山岡 俊樹, 西崎 友規子, ユーザインタフェースにおけるメンタルモデル構築度合測定尺度の基礎的考察, 第13回日本感性工学会大会, 2011, 9月4日, 東京

Yuki Yamada, Keisuke Ishihara, and Toshiki Yamaoka, A Study on an Usability Measurement Based on the Mental Model, HCI International 2011, 7月10日, オランダ, 米国

〔図書〕(計2件)

山岡 俊樹, 共立出版, デザイン人間工学, 2014, 199

山岡 俊樹(編著), 前川 正実, 平田 一郎, 安井 鯨太, UX・画面インタフェースデザイン入門, 日刊工業新聞社, 2013, 215

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山岡俊樹 (YAMAOKA, Toshiki)

和歌山大学・システム工学部・教授

研究者番号: 10311789