

ユーザインタフェース・メタファアの 定性的評価とその考察

佐藤究^{*1} 布川博士^{*1} 楠見孝^{*2} 野口正一^{*3}

^{*1}東北大学電気通信研究所 ^{*2}筑波大学社会工学系 ^{*3}日本大学工学部

概要

ユーザがコンピュータシステムを道具として使いこなすためには、システムの構造や機能を“理解する”必要がある。しかし、全くの初心者ユーザにとってコンピュータシステムを理解することは非常に困難である。

そのため、ユーザがシステムを楽しく容易に“理解”できるように支援するユーザインタフェースとして、メタファーを提供するユーザインタフェースが研究されているが、そのような認知科学的手法がどれだけ有効であるかを評価する手法の確立も非常に重要である。

本稿では、我々が作成したメタファーを提供する分散システムのためのUI、メタファーネットワークDoReMiを用いた、メタファー提供の有効性を評価する認知心理学実験について述べる。

A Qualitative Estimation and a Consideration of a UserInterface Metaphor

Kiwamu SATO^{*1} Hiroshi NUNOKAWA^{*1}

Takashi KUSUMI^{*2} Shoichi NOGUCHI^{*3}

^{*1}Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University ^{*2}Institute of Socio-Economic
planning, University of Tsukuba ^{*3}Faculty of Engineering, Nihon University

Abstract

We propose 'Metaphor-oriented User Interface', which make it possible that unpracticed users understand the systems they work on now. It is almost impossible for ordinary users to make good use of their systems, even if they employ (conventional) Graphical User Interface(GUI). Our 'Metaphor-oriented User Interface : Metaphor-Network DoReMi' present such systems to users through metaphor, which is more familiar to us, for making it easy for non-expert to understand structures, functions and operations of their systems.

In this paper, we describe results of cognitive-psychology experiment which use Metaphor Network DoReMi., and evaluate efficiency of 'DoReMi' itself with cognitive-scientific methods.

1 はじめに

ユーザがシステムを道具として使いこなすためには、非定型タスクの達成、新規タスクの容易な達成、障害への対応、のためのスキルを身に付ける必要があり、そのためにはシステムの構造や機能を“理解していく”必要がある。

しかし、全くの初心者ユーザ（以下単にユーザと呼ぶ）にとってコンピュータシステムは見慣れない複雑な装置であり、内部構造も動作も見ることができない箱である。しかも構造や機能は一般の生活経験から得られた既存概念とは大きくかけ離れた異質なものであり、システムに対するメンタルモデルの構築は非常に難しい。このことは、ユーザにとって大きな負担となるだけでなく、ユーザに不安を与え利用意欲をそぐことになる。

そのため、ユーザがシステムを楽しく容易に“理解”できるように支援するユーザインタフェース（以下UIと呼ぶ）として、メタファーを提供するユーザインタフェース[3][4][7][8]が研究されている。しかし実現手法だけでなく、そのような認知科学的手法がどれだけ有効であるかを評価する手法の確立も非常に重要である。

本稿では、我々が作成したメタファーを提供する分散システムのためのUIであるメタファーネットワークDoReMiを用いた、メタファーの有効性を評価する認知心理学実験について述べる。

2章で我々のメタファーに対する認知科学的立場について述べ、3章ではDoReMiの実装について述べる。4章で、DoReMiの有効性を評価するための認知心理学実験について述べる。5章はまとめである。

2 メタファーを提供するUI

2.1 メタファーを提供するUI

ユーザが対象に対するメンタルモデルを構築するためには、対象を手にとって自由に操作してみることが一番であるが、コンピュータシステムにおいては対象を手にとることも動作を目で見ることも不可能なため容易にメンタルモデルを構築することは難しい。しかし、一般にユーザはコンピュータに対しては初心者であっても、他の領域に関しては熟達者である。そこでユーザがあらか

じめ持っている知識や経験を生かしてコンピュータに接することができれば、システムへの親近性を高め、操作や概念の学習を容易にし、（タスクを達成するために）十分なメンタルモデルを構築することができると考えられる。そのための手法の一つとしてメタファーの提供がある。

UIにおけるメタファーの種類には大きく分けて、（A）同一領域における場面やカテゴリに依拠する換喩、提喩、（B）異なる領域間を結び付ける隠喩、直喩、アナロジー、の2種類がある[12]。（A）を実現したものとしてアイコン、（B）を実現したものとしてデスクトップメタファー、本メタファー[3]、テレビジョンメタファー[4]などが存在する。しかし一般的なデスクトップメタファーは、単にアイコン表示を用いたコマンド起動のためのプラットホームであって、実行されたコマンド内部に対してはメタファーを提供できない。また本メタファーやテレビジョンメタファーなどは、単一のタスクやアプリケーションに対してのみメタファーを提供するものであり、分散システムのような既存の巨大なシステムに適用することは難しい。

本稿におけるメタファーを提供するUIは、

（1）システム全体を統一した概念（メタファー）で利用できる。

（2）分散システム上で提供されるような、非常に多くの種類のアプリケーションや、類推に行われる追加、削除、変更にも、類推によって対処し、利用することを可能にする。また、障害からの復帰も類推によって可能にする。

という目的を持つため、システムの全局面にメタファーを提供し、メタファーの表現力を高めるために複数のメタファーを使用する。また、基本的には（B）のメタファーを用いるが、メタファーを単にシステムの説明のための手法とはせず、システムを概念を分解、合成し、既存の概念に再構築してユーザに提示し、使用させるための枠組として使用する。例えば、ユーザに取って異質概念である、エディタとメールコマンドをまとめて、ユーザに既存概念である郵便局として見せることにより容易にメンタルモデルを構築することを可能にしている。

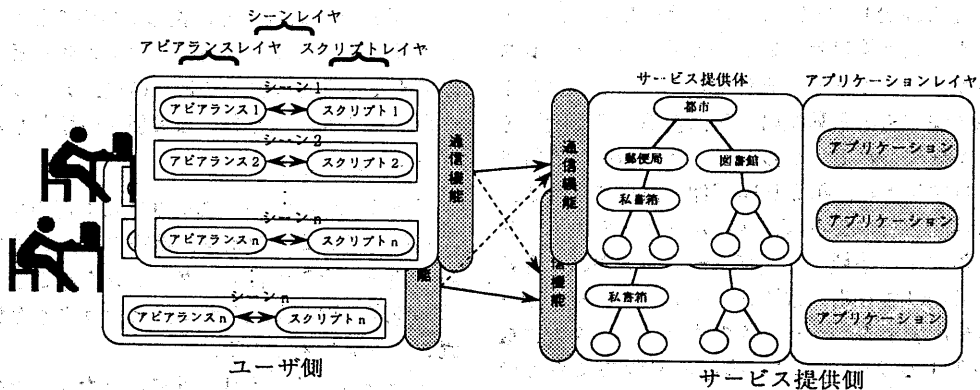


図1 DoReMiの論理モデル

2.2 UIメタファの認知工学的モデル

メタファのモデルについては様々な領域からの研究[13]がなされているが、本稿におけるメタファのモデルはGenterの構造写像(structure mapping)モデル[5][6]に基づいている。これは、メタファを例える対象の集合(基底領域)から、例えられる対象の集合(目標領域)への写像とし、目標領域と規定領域の属性関係、属性間関係、構造の対応の写像として扱うものである。本稿ではこれを比喩写像と呼ぶ。

さらに2.1で述べた視点に基づき、複数のメタファに認知的関係を持たせ、工学的実現に必要な概念との整合性を持つメタファの認知工学的モデルとして3種類の比喩写像を定義する[2]。

- (1) 第1比喩写像：システム、コマンドの各局面に対応し、その機能を表す比喩写像。これは属性の対応の写像である。さらに、複数のメタファを統一された概念で利用できるようにメタファの整合性をとるために以下の比喩写像が必要になる。
- (2) 第2比喩写像：比喩写像の集合を要素とするメタな比喩写像。この写像は比喩写像の構造化を意味する。例えば、2つの第1比喩写像、F郵便局、F図書館があるとすると、このままでは、それらの第1比喩写像は完全に独立であり、ユーザが、統一した概念に基づくメンタルモデルを作り上げることは難しい。そこで、それらを要素とする第2比喩写像であるF都市というメタな

比喩写像を導入して第1比喩写像を構造化することにより、ユーザは都市という目標領域のもとでF郵便局とF図書館の存在を関係づけることができるようになる。

- (3) 第3比喩写像：比喩写像を引数として比喩写像を返す比喩写像。この写像により複数の同種のメタファを整合性の取れた形で扱うことが可能になり、同種のカテゴリにある単独概念の関係をユーザに理解させることができる。つまり第2比喩写像：F都市は、「一般的な都市」というカテゴリそのものしか表現しえないが、第3比喩写像：F道路を用いることによって具体的な「都市A」や「都市B」といったものを表現できるようになる。

これらの第1～第3比喩写像を用いることにより、メタファを木構造として表現することが可能になる。この木構造はメタファを提供するUIを分散システム上に実現する際に都合がよい。またシーンとシナリオ(3.1.1参照)の概念を用いることによりユーザに提示することが容易である。

3 メタファネットワーク DoReMi[1][2]

2.2のモデルに基づき実装された、分散システムのためのメタファを提供するUIがメタファネットワークDoReMiである。DoReMiでは、親しみやすさ、メタファとしての広がり、拡張性などを考慮した結果、第2比喩写像の頂点に立つ比喩写像として「都市」を選択した。

現在DoReMiが対応しているサービスは、電子メール、図書検索サービス、電子メールアドレス検索サービスである。それぞれのサービスは第1比喩写像であるF郵便局、F図書館、F市役所を通して提供される。さらにサービスの中で実行されるコマンドは、第2比喩写像の概念に基づき、例えばF郵便局ならば、メールリストの表示→F私書箱の中の手紙、リードメール→F手紙、等によって提供される。電子メールアドレス検索サービスや図書検索サービス等のネットワーク上に複数存在するサービスは、複数のF都市に振り分け、第3比喩写像の実現であるF道路を提供し、都市間の切り替えを用いて表現する。また、都市の中にDoReMiを使用しているユーザを人メタファーとして提示することにより、ユーザ同士のリアルタイムなインタラクションを行える。

この様にメタファーネットワークDoReMiでは、分散環境上のサービスに対し統一的な概念に基づくメタファーを提供し、サービスを提供するマシンへの接続から、サービス上でのコマンド実行に至るまで断絶することなく整合性の取れたメタファーを提供することができる。

具体的なメタファーの提示方法については3.1.1で述べる。

3.1 実現モデル

DoReMiの論理モデル(図1)は(1)シーンレイヤ(2)サービス提供体(3)アプリケーションレイヤ、の3つの部分からなる。

アプリケーションレイヤはアプリケーション本体のことでありDoReMiでは特に既存のアプリケーションを想定している。

3.1.1 シーンレイヤ

シーンレイヤは、シーンとシナリオの概念(図2)に基づきメタファーを提供する比喩写像を可視化するレイヤーである。

(1) シーン

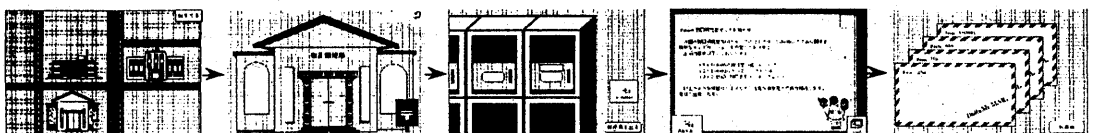


図2 DoReMiのシーンとシナリオ(部分)

その局面を最も端的に表した絵のことである。例えば、ネットワーク上から種々のサービスを起動できる局面では都市の地図の絵、メールコマンドが実行された状態ならば郵便局の絵となる。

(2) シナリオ

シーンからシーンへの認知的に無理のない繋がりのことである。例えば、都市の地図の絵で郵便局を選び、そこへ行くアクションを起こしたならば郵便局の絵が表示される、というような移動の流れがシナリオである。

モードレスな、シナリオに沿ったシーンの自由な移動がユーザにメタファーを提供することになる。しかし、そのための操作が複雑ではユーザに心理的負担をかけるため、ハイパーカードライクな操作インタフェースを採用した。

これらの概念を実現するために、シーンレイヤはシーンのビットマップで構成されるアビランスレイヤおよびシーンで生じるイベントに対応するためのスクリプトで構成されるスクリプトレイヤで構成される[2]。

3.1.2 サービス提供体

DoReMiでは提供するサービスとして、すでに分散システム上で稼動しているサービスを想定している。そのために従来のサービスとメタファーの間の整合性をとるアプリケーションインタフェース部がサービス提供体である。その内部構造は、メタファーに対応したオブジェクトの木構造になっている。それぞれのオブジェクトはシーンに対応し、オブジェクトのつながりがシナリオに対応している。

3.2 実現

DoReMiのシーンレイヤ、サービス提供体はLisp/HTEと呼ばれる、通信機能、ウィンドウ描画機能を持つ分散Lisp系によって記述されている。

現在シーンレイヤはワークステーション、パソコン上で動作している。

4 評価実験

本稿におけるメタファーが、システムの学習、理解に及ぼす効果およびメンタルモデル構築に及ぼす効果を定性的および定量的に評価するために認知心理学実験を行った。

本実験ではメタファー提供の程度に応じた3つの実験システムをDoReMiをもとに構築し、それぞれのシステムの利用状況からメタファーの役割と効果を評価する。

今回の実験では次の3つの観点、(1) メタファーがシステムの学習および理解に及ぼす効果、(2) メタファーにより生じる問題点の発見、(3) メタファーを提供するUIの使用におけるメンタルモデルの変化、から評価を行った。

4.1 実験装置

(1) DoReMiシミュレータ

Macintoshのハイパーカード上でDoReMiのシミュレータを作成した。

このシステムは、実際にはネットワークには接続されていないが、実物とまったく同様の挙動を示す。また、ユーザのアクション(マウスのクリック、キーボードからの入力)をデータとして収集するために、時間と共にユーザのアクションのログをとる機能が付加されている。

本実験では比較のための統制条件として、シーン条件およびシナリオ条件を設け、メタファー提供の程度、およびそのリアリティにより以下の3種類の実験システムを構築し、それぞれのシステムの利用状況からメタファーの役割を測定する。

- ・システムA：シーン及びシナリオがともに正常であるシステム。通常のDoReMiにあたる。
- ・システムB：シナリオが分断されているシステム。現実世界との対応が一部欠如している。
- ・システムC：シーンにビジュアル表示を用いないシステム。メタファーとしてのリアリティが不足している。

(2) 操作練習システム

コンピュータの初心者対象のため、マウス操

作やボタンの操作、文字の入力を練習させる操作練習システムをハイパーカード上で作成した。このシステムは一定の操作ができるようになるまで繰り返し操作の学習を行うようになっている。

(3) ビデオカメラ

発話プロトコル収集のために、被験者の操作の様子、音声をビデオカメラを用いて撮影した。

4.2 被験者

被験者は、東北大学教養部の学生15名(3グループ×5名)であり、コンピュータの利用に関しては全員初心者である。

被験者は、全員メインフレーム系でのプログラミングの授業を受けているためキーボード等に対する恐怖などはないが、マウスの使用経験、GUIの使用経験はほとんどない。また、被験者の中にパソコン通信の利用経験のあるもの、さらにネットワークを介してコンピュータを利用したことのあるものはいない。

各グループに、システムA～システムCを利用させる。それぞれのシステムの利用グループを以下では、グループA～グループCと呼ぶ。

4.3 実験の方法

実験時間は一人辺り30～40分で、学習への影響を調べるため当日(1回目)と1週間後(2回目)の2回をもって1実験とした。実験手順は以下の通りである。

- (1) 1回目に限り、最初に実験の簡単な説明、操作に関する被験者のばらつきをなくするための操作練習システムによる練習、簡単なマニュアルによるグループ毎のシステム操作の学習を行う。
- (2) 全グループに同じ課題(表1:4.4参照)を与え、全被験者のタスク達成までの発話プロトコルを収集し、あわせて、試行回数、エラー数、被験者のアクションをシステムにより記録する。
- (3) 図3の様な課題を行なわせ、メンタルモデルを調べる。本稿で定義した比喻写像との比較を容易にするため、ある概念(建築物、行為等)を表現するために必要なシー

1 回目, 2 回目共通の課題

- (1) 自分あての手紙を読み, 「ゼミの日時」について書かれた手紙に対して, 「了解しました」と返事を書く。
- (2) 「きわむさん (メールアドレスは不明)」に「今度研究会をしよう」と手紙を書く。
- (3) 書名: 「OSI」, キーワード: 「network」に該当する本のコピーサービスの申し込みをする

2 回目のみ追加された課題

- (1) 「楠見 (くすみ) さん」に書籍の検索ができる時間を手紙で教える。

表 1 課題

ンの集合と, 行為のシナリオ (手紙を出す等) を選択させることによってメンタルモデルを明らかにする。

- (4) 被験者にアンケートおよびインタビューを行い, システムに関する評定を求める。
- (5) 2 回目のみ, グループ B, C の被験者にはシステム A を, グループ A には, システム B, C を課題に関係なく利用してもらい, 比較した評定を求める。

4.4 課題

課題 1 は「郵便局に行って私書箱の中の手紙を読み, 返事を書く」という行動を行なわせる。

システムの提供しているメタファーをユーザが理解しているかを調べるのが目的である。

課題 2 は「郵便局で手紙を出す前に, 手紙を書く住所であるメールアドレスを市役所で調べる」という行動を行なわせる。

メタファーからの転移で「市役所に調べにくい」という解決案を類推できるかを調べるのが目的である。

課題 3 はシステムを使用中に, システムの中で障害が起こるように設定されている。図書館で本を検索し, そのコピーサービスを申し込むと, 「その本は, 本館ではなく, 野口研究室に置いてあります。責任者の布川に直接お申し込み下さい」というメッセージが表示されるようになっている。ユーザのシステムに対する理解と, メタファーからの転移によって障害を克服できるかどうかを調べるのが目的である。

課題 4 は 3 つの建物全てを利用するようになっ

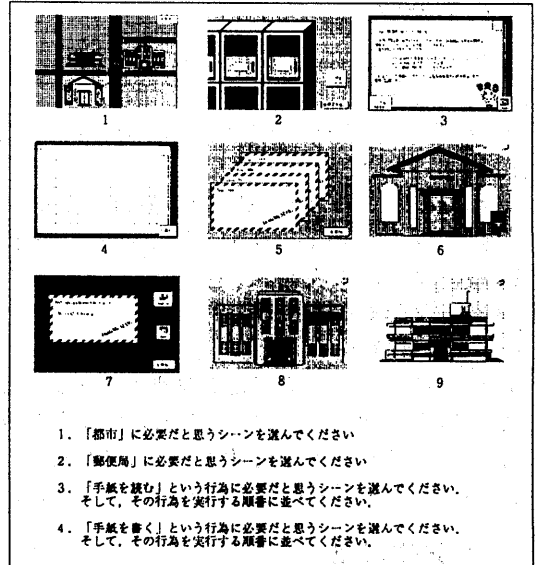


図 3 メンタルモデルを明らかにする課題

ている。2 回目の時にシステム全体をユーザが理解し記憶していたかを調べることが目的である。

4.5 結果と考察

以上の実験により, すべての被験者の発話プロトコル (約 600 分), 操作記録, システムの評定が収集された。

(1) メタファーのシステム学習, 理解に及ぼす効果

かなり抽象的な課題を与えられたにもかかわらず, ほぼ全被験者が課題を達成し, 2 回目の実験の時も「手順を逐一覚えてはいなかった」にもかかわらず課題を容易に達成した。課題達成時間は, 1, 2 回目ともグループ A, C, B の順番に長くなっており, 全グループで 1 回目より 2 回目の課題達成時間が短縮されている。短縮率はグループ A, C, B の順で小さかった。また全グループで, 1 回目ではあやふやだったプロトコルが 2 回目では自信ありげになった。

今回は比較実験を行っていないが一般の UNIX システムの学習状況を考えると, 学習の立ち上がり, 記憶の容易さという観点からメタファーの効果はかなり大きいといえる。

また, 「ためにしに××してみよう」などのプロトコルや「ゲームみたいで面白い」といった感想から, 利用の動機付け, 親しみやすさ, おも

しろさを与える効果があるといえる。

「検索だから図書館」, 「郵便局を出て図書館にいく, で, 文献検索をする」等のプロトコルから, サービス間の関係を理解した上で行動の方針を立てている様子が見られる。その結果として, メタファーによりユーザが構造にそくしたメンタルモデルを得, 理解してサービスを受けているといえる。

同様にプロトコルの分析から, かなりの部分で類推により行動の方針を立てている様子が見られる。たとえば, 「だめですね, 手紙を出すと言う手があるのですが」, 「えー, 布川って誰だ, そっか, これを見れば(市役所に行く)」といったプロトコルによりユーザは障害に, メタファーに基づく類推で解決しているといえる。

(2) メタファーにより生じる問題点の発見

UIでメタファーにより生じる問題点として, 主なものに次に3種類がある[12]。(A) 基底(たとえる)領域において重要な情報が脱落している(過剰単純化), (B) 基底領域の情報が目標(たとえられる)領域に関してエラーを導く(過剰一般化), (C) 基底領域の不適切な情報に焦点化を行う, である。本実験においては次の3つが発見された。

(2.1) メタファーによる制約

DoReMiでは, 市役所でメールアドレスを検索した後, 外にでることなく, 直接郵便局に行ける機能を提供している。これは便利ではあるが現実の都市では有り得ない事であり, メタファーの表現の制約を受けている。

プロトコルの解析やユーザからの評定から, ユーザはこのようなメタファーの制約を越えた機能に対して, グループAでは, 「気持ち悪い」という感想が大多数を占め, グループB, Cでは「便利で, 気持ち悪くはない」という感想が多く聞かれた。

このことから, メタファーのリアリティが増すにつれてユーザは実世界の信念をシステムに持ち込み, メタファーによる制約が強くなると考えられる。

(2.2) メタファーの過剰一般化による影響

本実験では, 都市のメタファーを過剰一般化して課題3の「野口研究室に直接お申し込み下さ

い」に対し, このシステムには存在しない「野口研究室の建物」を捜してさまよう被験者が何人かいた。

また, 図書館のメタファーを過剰一般化し, 課題4の「書籍の検索できる時間」を調べる事に対し, 図書館の利用案内で表示される「利用時間(厳密には図書検索サービスに接続できる時間帯)」は書籍の検索だけでなく, 何か別なこと(例えば図書の貸出)もできる時間と解釈し, 課題4を達成できなかった被験者も存在する。

(2.3) メタファーの事象のリアリティ

本稿ではメタファーの属性・構造のリアリティの高さを追及している。しかし, プロトコル解析・感想から本システムでは事象のリアリティの低さが問題になることが発見された。

本システムにおいて「手紙を投函する」には, 「封筒の絵シーン」で投函ボタンを押し, 「手紙を出しますか?」, 「手紙を出し終わりました」という2つのダイアログボックスによる確認を経て行われる。しかし, 2つのダイアログボックスで確認したにもかかわらず, 投函ボタンを再び押す被験者が多数存在した。このことは, 実生活では投函した手紙は「目の前から」消えるにもかかわらず, 本システムでは投函後もシーンを移動するためのボタンを押すまで封筒が表示され続けるという, メタファーの事象のリアリティの低さに起因する。

本システムでは(A)基底(たとえる)領域において重要な情報が脱落している(過剰単純化), (C)基底領域の不適切な情報に焦点化を行う, についてはとくに問題は起こらなかった。これは複数のメタファーを認知的整合性の取れた形で提供することにより, メタファーの表現力をあげているためである。

(3) メタファーを提供するUIの使用におけるメンタルモデルの変化

1回目のメンタルモデルの測定から, ビジュアルなしのグループ(グループC)ではシステムを単なる局面のリンクと捉えているが, ビジュアルがある場合(グループA, B)では局面の集合に意味を見いだしているという結果が得られた。

これは図3の課題の間2に対し, グループCでは80%が「郵便局のシーン」だけしか選択しな

かったが、グループA、Bの場合60%が「郵便局のシーン」とその他の郵便局に関係のあるシーンも含めて選択している。つまりビジュアルがある場合、機能の集合としての理解のメンタルモデルが形成されたと考えられる。

また、課題の間3、4においては、シナリオの断絶の有無に依存してグループA、Cでは80%以上の被験者が「郵便局のシーン」を選択したのに比べ、グループBで郵便局を選択したのは20%に留まっている。これはシステムに対する正しいメンタルモデルが妨げられていると考えられる。

2回目のメンタルモデルの測定では、ユーザBに関しては局面のリンクだったものが、機能の集合としてのメンタルモデルに発展している。グループCに関してはシナリオの断絶を黙認する形でメンタルモデルの形成が進むことがわかった。

全体として、シナリオ・ビジュアルの有無が理解の立上りに大きな差を与え、その後はどのグループも同様なメンタルモデルに収束して行くことが確認された。

4.6 総合考察

以上の結果と考察により、メタファーがシステムに対するメンタルモデルの構築を助け、学習、理解の大きな助けになるという結果が得られた。

3つの実験システムによる比較実験から、メンタルモデルの構築時においてはビジュアルよりもシナリオ（コンテキスト）が意味を持つことが分かった。このことから、ビジュアルよりもコンテキストを重視するUIの方がメンタルモデルの構築の補助の効果が発揮されるといえる。

さらに、「メタファーの事象のリアリティ」がメタファーの効果をあげるために重要であることが分かった。

ユーザインタフェースメタファーの欠点として、「メタファーによる制約」、「メタファーの過剰一般化」が確認された。今後、これらの欠点をおぎなうための手法の研究が必要である。

5 まとめ

メタファーを提供するUI実現のための認知工学的モデルおよび実現手法を提案し、都市メタファーを提供する分散システムのためのUI、メ

タファーネットワークDoReMiを実装した。

また、メタファーの有効性を評価するために、認知心理学実験を行った。定性的な結果としてメタファーの有効性、メタファーによる問題点が明らかになった。

参考文献

- [1] 布川博士, 三宅延久, 野口正一: メタファーネットワーク, 情報処理学会全国大会第42回講演論文集(1991), pp5-267~5-268
- [2] 佐藤究, 布川博士, 野口正一: 分散環境のためのユーザインタフェースメタファーとその実現, 1993 応用情報学シンポジウム講演論文集(1993)
- [3] 小林稔, 宮沢光政, 木下薫, 横山光男, 松下温: APTBook本メタファーを用いた情報検索, 情所研報ヒューマンインタフェース, 30-4 (1990)
- [4] 斎藤憲一: テレビジョンメタファー環境のプロトタイプとユーザの操作, 第6回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文(1990), pp137-142
- [5] Dedre Gentner: Structure-Mapping: A theoretical Framework for Analogy, Cognitive Science 7(1983), pp.155-170
- [6] Dedre Gentner: The mechanism of analogical learning, S. Rosniedeu and A. Drotomy(Eds): Similarity and analogical reasoning, Cambridge University Press(1989)
- [7] Henderson D.A. Jr, and CARD, S. K.: ROOMS: The use of multiple virtual workspaces to reduce space contention in a window-based graphical user interface, ACM Trans on Graphics Vol.5, No.3(1986), pp.211-243
- [8] Mander, R., Salomon, G. and Wong, Y. Y.: A 'Pile' metaphor for supporting Casual Organization of Information, Proceeding of CHI'92(1992), pp.627-633
- [9] 広瀬真: 多重メタファー環境の動的な再構成法, 第7回ヒューマンインタフェースシンポジウム講演論文集(1991), pp.539-548
- [10] 上田博唯, 比田井裕, 宇山政志: エージェンシーモデル-ダイミクに外見群と機能群をマッピングするアーキテクチャ-, 第7回ヒューマンインタフェースシンポジウム講演論文集(1991), pp.531-538
- [11] Nonogaki, H.: A construction of direct engagement for 21st century human interface, proceeding of the 6th symposium on Human interface(1990), pp.591-596
- [12] 楠見孝: 認知的インタフェースにおけるメタファーの役割, 情処研報98-IM-9(1993), pp103-112
- [13] 楠見孝, 松原仁: 認知心理学におけるアナロジー研究, 情処学会誌 Vol.34 No.5(1993), pp536-546