

マ 090.1-3



知的創造活動を支援する認知ツールの設計

明治大学 理工学研究科

新領域創造専攻 デジタルコンテンツ系

中村美恵子

Design of Cognitive Tools Supporting Intellectual and
Creative Activity

by

MIEKO NAKAMURA

Program in Digital Contents Studies, Program in Frontier Science and Innovation

Graduate School of Science and Technology

Meiji University

知的創造活動を支援する認知ツールの設計

内容梗概

本研究では、人間の知的創造活動を支援するためのコンピュータと人とのインタラクションについて検討する。人間の知的創造活動の基本は、種々の情報の中から関連を見だし、またそれらを組み合わせることによって新たな情報や知見を創出することであると言える。知的創造活動の第一歩として、人間は情報を自らの中に取り込む必要がある。情報を効果的に取り込むため、また、取りこんだ情報相互の関連や組み合わせを考えることから新たな気づきを誘発するためのインタラクションデザインの検討が必要である。本論文では、人間の知的創造活動の中でも、その初期の情報の取り込みと気づきを促すツールを認知ツールと呼びそのインタラクションデザインの検討を行う。

現状では、知的創造活動を行うために、個人が使用しているツールは、コンテンツを美しく整形し人に見せるためにデザインされたものが多い。それらは、情報を取捨選択したり、そこに至るまでの個人の思考の履歴を消去するものであると言える。しかし、知的創造活動とは、種々の情報をそのコンテキストまで含めたかたちで表現し、概観すること、それによって、情報の背後にある関係に気づいたり、情報同士の組み合わせによってその先に続く情報を推測することである。情報相互の関係や構造などを試行錯誤的に考えるためには、情報をそぎ落としたり、思考の過程を消去してしまうことは望ましくない。

認知ツールの設計にあたっては、情報の取り込み段階での曖昧な情報を曖昧なまま表現したり、情報同士の関連や情報の背後にあるコンテキストを自由に表現できることが必要である。また、表現された情報全体を概観したり、それらとのインタラクションにより情報同士の構成や関係性への気づきを促すことも必要である。このような表現と操作、そして気づきのプロセスと、その相互作用の必要性については第2章で述べる。

第3章では主に言語情報の取り込み支援としてメモ帳を例に挙げ、意味のま

とまりの表現と空間配置が情報の取り込みに有効であることを示す。第 4 章では、曖昧な状態での数値情報を取り込むための可視化表現の実験を行い、その結果、長方形による面積表示の可能性について言及する。

第 5 章からは、それまでの章で述べたことを受けて、家計簿を認知ツールとするためのインタラクションデザインについて述べる。一般的に家計簿は、正確な収支の履歴を残すこととその集計が主眼になりがちである。そのための支援の方法として、効率的な入力方法や、簡単で美しい集計表示といった機能が追求されているが、それらは家計簿本来の目的達成のための支援とは言い難い。家計簿本来の目的とは、収支の履歴を正確に残すことではなく、家計簿をつけることによって、家計の現状を把握し、気づきを得て将来への計画を立てるための知的創造活動である。そこで、第 2 章で述べた空間配置と、第 3 章で述べた面積表示を基本デザインとし、家計簿本来の目的を達成するため、認知ツールとしての支援の在り方について提案を行う。また、評価実験や長期使用実験を通じて、そのインタラクションデザインにどのような効果があったか検討する。また、提案したインタラクションデザインが思考の道具としてどのように貢献したか、家計簿として、そして予算検討のためのツールとして使用した具体例についても述べる。

第 8 章では本論文全体の結論を述べる。認知ツール設計にあたっての指針として、知覚される表現と、表出される表現の相互作用を促進すること、外部記憶としての補助効果を有効活用すること、知覚と行動を一体化することの 3 点を挙げ、本論文の結論とする。

Design of Cognitive Tools Supporting Intellectual and Creative Activity

Abstract

In this thesis I explore the interaction design between human and computer to support the early stage of the human intellectual and creative activity. For the first step of the intellectual and creative activity, we need to absorb information and think the relation, combination or structure of the absorbed information to get awareness about the information. I think further research is needed about the interaction design of computer tools that helps a person to absorb the information effectively and think the relation, combination or structure of the absorbed information. In this paper I explore the interaction design of the tools that helps an early stage of the human intellectual and creative activity. I call such tools as “cognitive tools”.

We use variety of tools that was designed to make contents to show others. The design concept of those tools is make contents look as beautiful as possible for the sake of the presentation to others. In a sense, such tools may be expedients that screen information and delete the history of thinking of a person. Because the information like slight tips or related data that was derived from the way of thinking is not sometimes essential and noisy for others to see the contents. There are still problems in the current situation that we use the same tools for the intellectual and creative activity. Cognitive tools need the function that gives a view of all the information about the contents ambiguously. That is opposite to screen the information. Furthermore the functions such as expressing relation or structure of the information and manipulating handling them to categorize or make structure are needed. The design concept of cognitive tools must be quite different with the normal computer application tools that were designed to make contents look as beautiful as possible.

In the second chapter I state the concept model of the intellectual and creative activity. In the activity we need the cycle of expression, interaction and get awareness. And I state about the general cognitive tools and some previous work of cognitive tools. In the third chapter I give some an example of cognitive tools. A memorandum-book is a kind of cognitive tool that support to absorb language information. In this chapter I indicate the effectiveness to express the semantic collection of words and the spatial arrangement of it.

In the fourth chapter I state about the experiment of the visualization of numeric information. The purpose of this experiment is to characterize the visualization to grasp ambiguous numeric information and change of it. By the experiment it was revealed that spatial arrangement of rectangles that area size are proportional to numeric data is more effective to notice the change of the data than the spatial arrangement of lines that length are proportional to numeric data.

From the fifth chapter to the seventh chapter I state the interaction design of the house hold account to make it cognitive tool. In general people often tend to aim at correct history of the balance sheet. However it is not the true purpose of the house hold accounting how effective to entry data or how ease and beautiful to sum up. The true purpose of the house hold accounting is to grasp the present condition of the family budget, get awareness about it and make an economical plan for the future. House hold accounting system must be a kind of cognitive tool.

I propose the interaction design of a house hold accounting system to make it a cognitive tool. The interaction design is based on the spatial arrangement state in the second chapter and the area size representation state in the third chapter. I state about some experiment about the interaction design and long-term use too. I concrete example how it worked as the tools of thinking by the use of a house hold accounting system and drawing up a budget system.

In the eighth chapter I state the result of this paper. Those are three vital points for the design of cognitive tools. The first is to assist the interactions between the expressions conceived and the expression that represents the person's original image. The second is to leverage the effect of the external memory. The third is to integrate the perception and action.

目次

第1章 序論	1
1.1 本研究の背景	1
1.2 本研究の目的	3
1.3 本論文の構成	5
第2章 知的創造活動について	8
2.1 知的創造活動のプロセス	8
2.2 認知ツールの定義	14
2.3 知的創造活動のための認知ツール	16
2.4 本章のまとめ	18
第3章 情報取り込みの支援	19
3.1 はじめに	19
3.2 関連研究	20
3.3 予備実験	22
3.3.1 実験方法	22
3.3.2 実験結果	24
3.3.3 考察	24
3.4 システム概要	25
3.5 本章のまとめ	27
第4章 数値情報の可視化表現	28
4.1 はじめに	28
4.2 関連研究	30
4.3 実験	31
4.3.1 実験の目的	32
4.3.2 実験方法	32

4.3.3	実験結果	36
4.4	実験の考察	39
4.5	本章のまとめ	41
第5章	家計簿ツール	43
5.1	はじめに	43
5.2	関連研究	45
5.2.1	思考支援について	46
5.2.2	家計簿について	47
5.3	デザインコンセプト	47
5.3.1	概要把握のためのデザイン	47
5.3.2	予算管理のためのデザイン	49
5.3.3	入力手法のデザイン	52
5.4	システム概要	52
5.4.1	画面レイアウト	52
5.4.2	レイヤ表示	53
5.4.3	入力方式	54
5.4.4	支出分散機能	56
5.4.5	集計機能	57
5.5	評価実験	61
5.5.1	評価実験1 (配置実験)	62
5.5.2	評価実験2 (入力実験)	64
5.5.3	評価実験3 (把握実験)	66
5.5.4	長期使用に基づく考察	69
5.6	本章のまとめ	72
第6章	認知ツールとしての再設計	74
6.1	はじめに	74
6.2	解決すべき問題点	75
6.2.1	費目分類の固定化	75

6.2.2	費目内の分類のわかりにくさ	76
6.2.3	キー入力とタグ配置の問題	76
6.2.4	集計機能とタグ位置の問題	77
6.2.5	ディスプレイサイズの問題と倍率	78
6.2.6	複数口座への対応	78
6.3	システムの再設計	78
6.3.1	システム画面	78
6.3.2	入力機能	80
6.3.3	レイヤ機能	80
6.3.4	カテゴリ分け機能	80
6.3.5	集計機能	82
6.3.6	口座管理	84
6.4	本章のまとめ	88
第7章	思考の道具としての具体的貢献	89
7.1	提案システムによる気づき	89
7.2	予算検討ツールとして	96
7.3	本章のまとめ	99
第8章	結論	100
8.1	認知ツールとしての家計簿	100
8.2	知覚と思考のフィードバック	102
	謝辞	102
	参考文献	102
	研究業績	102

第1章 序論

1.1 本研究の背景

本研究では、人間の知的創造活動を支援するためのコンピュータと人とのインタラクションについて検討する。個人の中に情報を効果的に取り込む、情報全体の概要を把握する、取り込んだ情報から新しい気づきを得るといった個人の知的創造活動を支援するための認知ツールがどうあるべきか提案を行う。

ヒューマンコンピュータインタラクション（以下 HCI）の分野は、人間の行動をどのように取得し（入力インタフェース）、コンピュータによる処理結果をどのように提示するか（出力インタフェース）、およびその相互作用について考える学問である。この「相互作用」（インタラクション）は、情報の認知、学習をサポートし、知識の創発・発展・共有行為を仲介することによって人間の知的創造活動を支援することまで包含している。これは、コンピュータが単なる計算機ではなく、人間の知的創造活動を支援する認知ツール（Cognitive Tool）となりつつあることを意味する。

一方、個人がその知的創造活動を行うために日常的に使用するコンピュータツールを考えてみると、Microsoft Office に代表されるワープロソフトやスプレッドシートなどのアプリケーションがある。例えば、ワープロソフトは文字の挿入、削除、複写や移動などが容易に行えるとして急速に普及してきた。そのデザインコンセプトは、文章を美しく整形し、人に見せるためのツールとして発展してきた傾向が強い。既に他のメディア上に表現されている文章を清書するために使われることも多い。新規にワープロ上で文章を作成する場合も、既に個人の頭の中にある情報を、文字の挿入や削除の機能を使いながら、表現し直していると言える。アウトラインプロセッサのような機能によって、文章の

構成を概観することはできるが、文章の構成を考えたり練り直したりするための機能として十分とは言えず、文章創出のためには言い難い。まして、個人の想念が文章の形になる前の曖昧な思考を支援しているとは言えない。ワープロを使って新規に文章を作成する人が増えた今日においても、ワープロソフトは、情報を発信するためのツールであると言える。発信する元の情報を創出する、もしくは、その前段階の情報を個人の中に取り込むためのツールとはなっていない。

また、スプレッドシートは、アップルコンピュータなどのコンピュータで動作した VisiCalc に由来する。コンピュータで会計業務が行えるとして広く普及し、その後グラフ機能やデータベース機能なども追加され、より強力なツールとなった。数字を入力していくだけで、簡単に積算、集計され、好みや目的に沿ったグラフ表示を行うこともできる。反面、美しく一覧表示された図表からは、きれいに整形されたデータになる以前の数値として取り込めない情報や情報のコンテキストが切り捨てられている可能性が高い。また、関数の設定やマクロ機能など集計作業を簡単にしたり、集計結果を美しく整形するための機能を追加すればするほど、入力データがどのように結果に反映されているか、集計結果を見て元々の数値データがどのような値だったのかを推測することが難しくなってくる。この入力と出力結果の乖離は、会計などの専門家が財務データを扱う際のスプレッドシート（表計算ツール）統制からも明らかである。スプレッドシート統制とは、スプレッドシートを用いて財務データを扱う場合に必要とされる内部統制である。2007年に経済産業省が定めた「システム管理基準追補版（財務報告に係るIT統制ガイダンス）」[1]には「計算結果等の検証が適切になされないと処理結果としての財務報告に誤りや虚偽が発生するリスクがある」と記載されている。つまり、現在のスプレッドシートは、結果としての情報を表現するところに主眼が置かれ、元々の情報を取り込み思考する段階での支援としてデザインされたものではない。

このように、今日個人が日常的に使用しているツールは、文章や数値データを美しく表現するためのツールであり、ただ単に美しく表現された文章や、一覧表、グラフからは、そこに到達するまでにふり落とされてきた情報の痕跡や、積み重ねてきた個人の思考の履歴などが残らない。それらのツールは、情報をスクリーニングし、個人の思考の履歴を消去するためのツールであるとも言え

る。しかし、文章の推敲段階や、それ以前の情報の取り込みや理解の段階、あるいは、数値データの意味を読み取る、関連を考えるとといった試行錯誤的な思考を支援することは、新たな気づきを得ることに繋がり、個人の知的創造活動の幅を広げるために有効である。本論文では、情報を個人の中に取り込み、理解、吸収するため、そして、情報にまつわる試行錯誤的な思考を巡らすためのツールのインタラクションデザインについて検討する。

1.2 本研究の目的

本研究では、個人が日常的に使用するコンピュータツールにおいて、情報を効率的に取り込み、理解、吸収する、そして、取り込んだ情報を元に、試行錯誤的な思考を行い、新たな気づきを得るための支援のあり方について検討する。人間の知的創造活動の中でも、新たな情報を表出する段階ではなく、その前段階の情報の取り込みと解釈を行う活動を支援するツールのインタラクションデザインの提案を行う。本研究では、そのようなツールを認知ツール (Cognitive Tool) と呼ぶことにする。

個人のアイデア帳やメモ帳に見られるように、思考の初期段階において作成されるコンテンツは、自らの思考を整理し深めるためのものであり、自らの記憶に留めるための情報の試作品、脳のワーキングメモリの表出である。ここで言う情報の試作品とは、作成されたコンテンツが、知覚した情報を書き写しただけとか、ふと脳裏によぎった思いつきをメモしただけの、知識として未完成なものであることを意味する。ワーキングメモリとは比較的短時間に行われる情報の処理・保持・再取得の認知的メカニズムのことであるが、ワーキングメモリの表出とは、その短時間に限って脳内に保持された情報を外部記憶として表現することを意味する。これらのコンテンツは美しく整形して人に見せるためのものではない。コンテンツの作成者も享受者も自分自身であり、作成と享受の相互作用によって、個人の思考を支援すべきである。このような思考の初期段階で用いるためには、コンテンツを美しく整形して表示するというデザインコンセプトで設計されたツールとは異なるツールが必要である。本研究で目指す認知ツールは、個人の「思考の道具」となるものであり、コンテンツの作成者も享受者も自分自身であるという立場に立つ。コンテンツを作成すること

が最終目標ではなく、作成されるコンテンツ自体も個人の思考を支援する一要素となる。コンテンツ作成過程において、情報を取り込み、人間の思考を深めることのできるインタラクションデザインを追求する。

美しく表現することは情報を整理、統合するためのひとつの方法である。反面、その操作のために、人間の思考が寸断されたり、整形や集計されることによって、元々の情報の持つニュアンスやコンテキストが失われる可能性も危惧される。人間の思考の初期段階では、種々雑多な情報が入り乱れたかたちで存在する。例えば、文章を書く場合を考えると、文章の頭から順に記述するわけではないし、その文章の目的や全体的な構成が常に明確になっているとは限らない。主に伝えたい情報の他に、冒頭の言葉のイメージ、関連するエピソードの数々、提示する図表の概要など、さまざまな情報が混在する中から、全体的な構成を考えたり、一つ一つの文をつなぎ合わせたりしていく。情報の順番や組み合わせを考えたり、情報の重み付けを行っていく段階で新たな発想が生まれることもある。このような思考途中の曖昧な情報を曖昧なまま表現したり、曖昧な情報のニュアンスやコンテキストを保持したまま表現することは、知的創造活動の初期段階において、情報を美しく整理統合することよりも重要であると考えられる。

また、認知ツール自体の本来の目的の再確認も重要である。例えば、メモ帳は自分自身のために使われているポピュラーなツールであり、情報取り込みのための認知ツールであると言える。情報の取得段階において、その情報を書き留めるために使用される。書き留めるという行為がただ情報を記録として残すためだけではなく、書き留める行為による記憶促進、書き留められた内容を視覚からフィードバックすることによる情報整理や記憶促進などの目的を持つと考えられる。また後から見直したときに、その内容を思い出しやすくなっているなどの効果も期待される。このような目的で使用される認知ツールには、書き留めやすい、記憶しやすい、見返しやすといった機能が追求されるべきであり、豊富な整形機能などは副次的な機能とされるべきである。本研究で取り上げる認知ツールについては、その認知ツールが、人間のどのような知的活動の支援を期待され、また支援すべきなのかに立ち戻って考える。

このように認知ツールの設計にあたっては、情報の取り込み段階での支援のための、曖昧な情報の表現と操作をベースに、認知ツールそれぞれの本来の目

的にそった支援が必要である。それを達成するためには、人間の認知プロセス（知覚・認知・理解・記憶）に関する認知科学的・心理学的アプローチから導出された知見も欠かせない。本論文では、認知科学的・心理学的知見を幅広く参考にしながら、認知ツールのインタラクションデザインの提案を行う。

ただし、認知ツールそのもののインタラクションデザインの提案が本論文の目的ではない。認知ツールとしてのインタラクションデザインを考える上で、どのような検討が必要か、認知ツール設計において注目すべき要点を提供することが、本論文の目的と考えている。

1.3 本論文の構成

本論文は以下のように構成されている。

第2章では、人間の知的創造活動のプロセスと、本論文で支援対象とするプロセスについて述べる。また、一般的な認知ツールを紹介するとともに、これまでの知的創造活動の支援について述べる。まず2.1節では、知的創造活動のプロセスについて、複数のモデルを用いて説明する。そのモデルの共通点とともに、本論文で支援の対象とする知的創造活動の初期段階、情報の取り込みや概要把握、気づきを得るプロセスについて説明する。2.2節では、認知ツールの一般的な定義と分類について述べながら、本論文で目的とする認知ツールの立場について説明する。2.3節では、これまで行われてきた知的創造活動を支援するシステムの概要について紹介する。

第3章では、情報接触の初期段階での情報の取り込みについて考える。主に言語情報の取り込みとして、テキストの空間配置による可視化表現について述べる。情報取得の初期段階の行為としてメモを取ることは多いことから、メモツールを例に情報の取り込みについて考える。3.1節では近年のメモツールの傾向やPCでメモを取るときに必要とされる条件について述べる。3.2節では、関連研究について述べながら、効果的な情報取り込みのためのメモツールの要件について考える。3.3節では、3.1節、3.2節で検討したメモツールの要件をもとに、どのようなメモが記憶に残りやすいかという実験を行う。実験の結果から、認知ツールとしてのメモツールのデザインコンセプトをまとめ、それをもとに作成したメモツール **CatchyMemo** のシステム概要について3.4節で述べる。3.5

節では第3章のまとめを行う。

第4章では、数値情報の取り込みのための可視化表現について考える。数値データの概要を読み取ることは、一つ一つの詳細な数値データを読み取るよりも支援の必要があると考えられる。そこで、数値情報を取り込む際の、数値データ同士の比率やバランスの把握、変化の有無など、全体の概要を読み取ることを目指した可視化表現の検討を行う。4.1節では、数値情報の概要把握のための可視化の意味について述べる。4.2節では、数値データの可視化手法の関連研究について述べる。4.3節では、第4章で行う評価実験の意味について説明し、実験の詳細とその結果について述べる。4.4節では、実験の考察を行う。4.5節で第4章のまとめを行う。

第5章では、実際に認知ツールの例として、家計簿を取り上げ、そのインタラクションデザインの提案を行う。一般的に家計簿は、正確な収支の履歴を残すこととその集計が主眼になりがちである。家計簿入力中のその場における収支の状況把握や収支内容への気づきを促すためのデザインは考えられていない。入力をいかに効率的にするか、集計をいかに簡単にまた、美しくするかを検討しかされていないようでは、家計簿は認知ツールとはいえない。そこで、家計簿が認知ツールとなるための要件について検討するとともに、3章で示した空間配置と、4章で示した数値情報の可視化手法を取り入れる形で、新しい家計簿のインタラクションデザインを提案する。5.1節では、家計簿の現状と、認知ツールとしての家計簿の目的について述べる。認知ツールとしての家計簿は、気づきを促したり、試行錯誤的な思考を巡らす支援をする必要がある。5.2節では、思考支援と、家計簿についてそれぞれ関連研究を紹介する。5.3節では、認知ツールとしての家計簿としての具体的なデザインコンセプトについて述べる。そのデザインコンセプトに基づいて作成した認知ツールとしての家計簿 **CatchyAccount** について、5.4節でシステム概要を説明する。5.5節では、**CatchyAccount** のさまざまな機能についての実験を行う。配置実験、入力実験、把握実験では、提案システムの最も基本とする金額の面積提示と空間配置の効果について調べる。また、長期使用に基づく考察を行う。5.6節では、5.5節で行った3種類の実験と、長期使用実験についてまとめて考察し、5.7節では、第5章で提案した認知ツールとしての家計簿のまとめを行う。

第6章では、第5章で設計した **CatchyAccount** が、認知ツールとして不十分で

あった点，更に改善すべき点について考察し，認知ツールとしての再設計を行う．6.1節では，家計簿の本来の目的と，認知ツールとしての家計簿のあり方について再検討する．6.2節では，第5章で述べた CatchyAccount の問題点を述べ，その再設計の方針について説明する．6.3節では，再設計された CatchyAccount のシステムについて具体的に説明する．6.4節で第6章のまとめを行う．

第7章では，CatchyAccount が実際に認知ツールとして，どのように機能したか，具体例を交えながら説明する．7.1節では，家計簿としての CatchyAccount の貢献について述べる，7.2節では，予算検討ツールとしての CatchyAccount の貢献について述べる．

第8章では本論文全体を総括し，本論文の結論を述べる．8.1節では本論文で認知ツールの例として取り上げた家計簿についてまとめを行う．8.2節では，認知ツールのインタラクションデザイン設計において，肝要となる点はなにか，設計のための要件について述べ，本論文の結論とする．

第2章 知的創造活動について

本章では，人間の知的創造活動のプロセスや知識構築のプロセスモデルについて述べながら，本研究で支援する知的創造活動のプロセスモデルを示す．また，認知ツールの定義を示しその役割や分類について述べ，本論文で目指す認知ツールの立場について説明する．これまで行われてきたコンピュータを用いた知的創造活動の支援システムについても紹介する．

2.1 知的創造活動のプロセス

書籍の情報，Web 上に表現されている情報，講演会などで話される情報など，我々の身の回りにはさまざまな情報があふれている．しかしそれらが，そのまま個人の中に取り込まれるわけではない．さらに，何らかの意識的な活動なくしてそれらを基に新しい知識や情報が創発されるわけではない．ここで言う意識的な活動とは，能動的な意識活動や，情報に対する具体的操作だけではない．ふとした弾みに思いついたアイデアであったとしても，その根底には潜在的な意識活動があるはずであり，それらを含めて意識的な活動と称している．つまり，人間がさまざまな情報を取り込み，理解，吸収し，それらから新たな気づきを得て，新しい知識の創発につなげるにはさまざまなプロセスが必要であり，そのプロセスを遂行するための操作も必要となる．

知識科学では，知識は「暗黙知」と「形式知」の間の絶え間ない変換によって創造されるとしている．個人の中に蓄積された，言語化されていない知識を「暗黙知」と呼ぶ．この暗黙知の概念はポランニーが提唱したものである．人はつねに言葉にできることよりも多くを知ることができるとして，「言語の背後にあって言語化されない知」のことを暗黙知とよんだ[2]．ポランニーは暗黙知

によって日常的な知覚・学習・行動を可能にし、知を更新するとも述べている。この暗黙知の言葉の意味を、野中は「経験や勘に基づく知識のことで、言葉などで表現が難しいもの」と定義した。これは、人間ひとりひとりの体験に基づく個人的な知識であり、信念、ものの見方、直観、価値システムといった無形の要素を含んだものである。さらに、野中はこの暗黙知を「形式知」と対立させて組織におけるナレッジマネジメントの分野に応用した[3]。形式知とは、文章や、図表、数式などによって表現、説明できる知識のことである。

この組織における知識創発のプロセスを、SECI モデルとして説明する[4](図1)。暗黙知は個人の中に蓄積されたものであるが、他者と経験を共有することにより、他者の暗黙知を獲得することができ、これを共同化と呼ぶ。この段階では暗黙知は言語化されていない。暗黙知を第三者にも分かりやすいように言語化することを表出化と呼び、表出することで暗黙知は形式知となり、第三者との共有が可能となる。表出された形式知はそのままでは個人が活用することができないため、内面化により暗黙知として獲得する必要がある。このような変換プロセスを繰り返して、集団としての知識が獲得されていく。

本研究で支援するのは、この内面化のプロセスであり、形式知を個人の中で消化し、暗黙知として身につけるプロセスである。



図1 SECI モデル

SECIモデルで扱っているのは、集団としての知識構築であるが、個人の中でもこのような繰り返しを行うことにより漠然とした情報を知識として獲得していくと考えられる。その場合に、本研究で目指す認知ツールの支援対象は、このSECIモデルのサイクル全体であると言える。表出化と内面化のサイクルをスムーズに回すことにより知的創造活動を支援する。

知識獲得のプロセスをデータから見たのが、データマイニングと呼ばれる分野である。データマイニングでは、膨大な量のデータに埋もれる興味深い知識を発見するプロセスをKDD (Knowledge Discovery in Database) プロセスと呼ぶ(図2) [5]。KDDプロセスとは次のような4段階からなっている。まず、データ獲得・選択のプロセスでは、対象領域の性質を理解し、事前知識と必要なデータ、ならびにデータマイニングの目標を設定する。前処理のプロセスでは、データからノイズや異常値を除去する。連続データの離散化または、離散データの連続化などの作業も含まれる。データ変換のプロセスでは、前処理されたデータを、知識発見アルゴリズムが適用できるように変換する。これには、多くのデータが表形式で表されているのに対し、単純な表形式で表すことのできないデータの変換も含まれる。パタンの発見プロセスでは、知識発見アルゴリズムを適用して、興味あるパタン(知識)の候補を抽出する。データ解釈と評価のプロセスでは、抽出したパタンを解釈・評価して知識を得る。このプロセスまでで十分な知識が得られなかった場合は、一つ前のプロセスが繰り返される。どこまで戻らなければならないかは事前にはわからない。

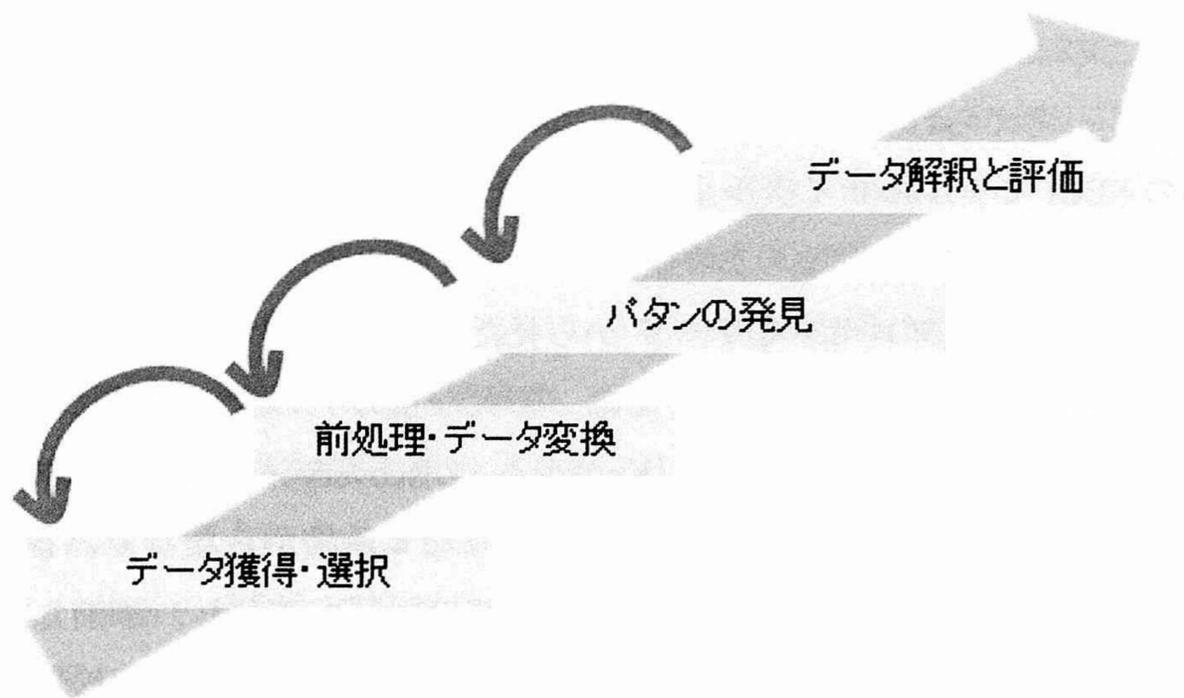


図2 データからの知識発見 (KDD プロセス)

真に有用な知識を得るためにはこれらのプロセスを個別に実行するだけでは不十分であり，知識を利用する側からの積極的なフィードバックが必要とされる．KDD プロセスをサイクルとすることが必要であり，これをアクティブマイニングと呼ぶ（図3）．アクティブマイニングでは，

- 必要な情報源を探索し，前処理を実施するアクティブ情報収集
- 種々の構造を持つデータに適した柔軟なマイニングを実現するユーザ指向アクティブマイニング
- 理解しやすい表示と結果に対するユーザの積極的なフィードバック環境を提供するアクティブユーザリアクション

に分け，それらをらせん状に繰り返しながら，知識の構築を目指す．

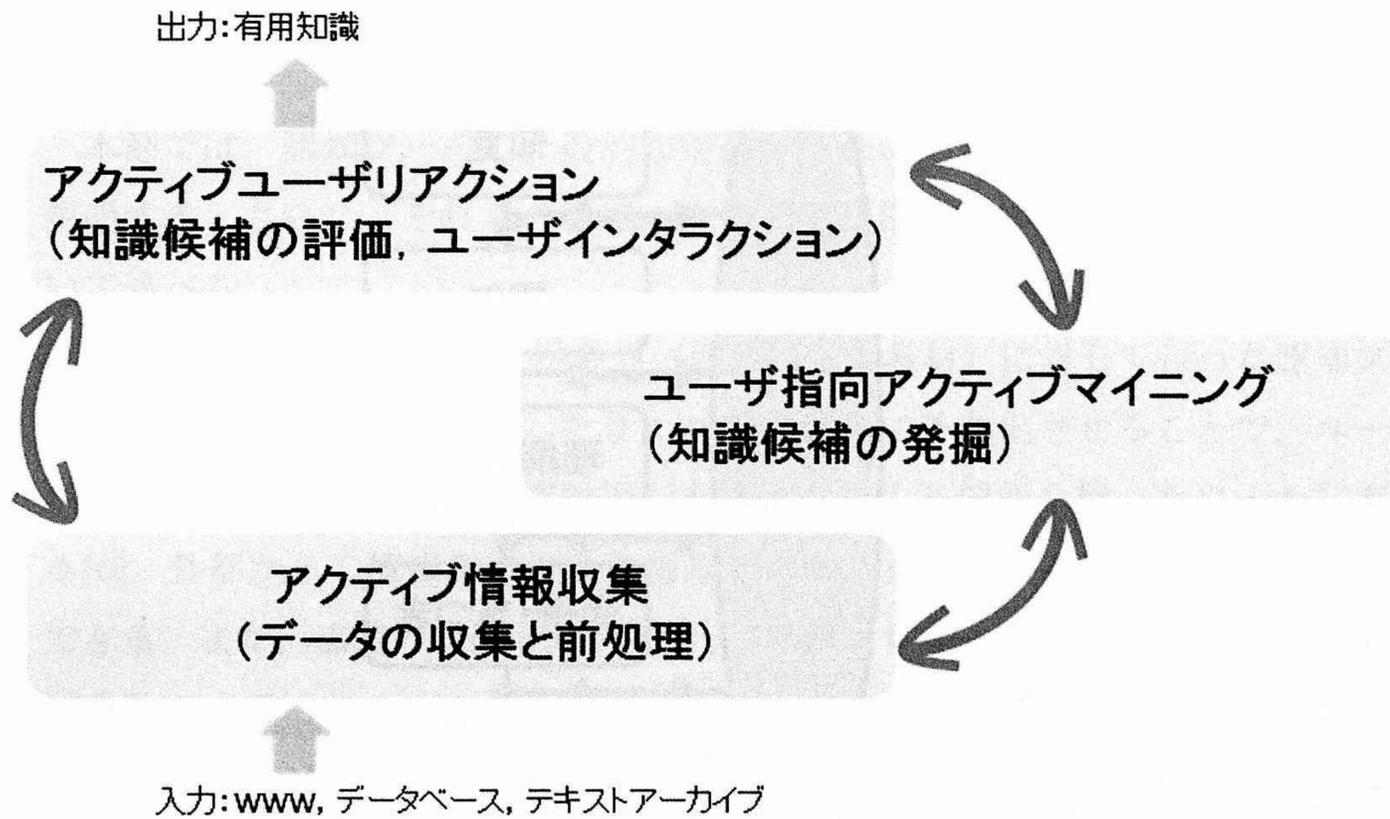


図3 アクティブマイニングプロセス (知識発見のらせんモデル)

いずれのプロセスモデルでも、知識の獲得や発見のために、繰り返しのプロセスが重要であり、繰り返しとそれぞれのプロセスの連携が知識獲得のために重要であると言える。本研究で対象とする個人での知的創造活動においても、プロセスごと、またプロセス全体での繰り返しが必要となる。そのプロセスを図4のようにモデル化する。

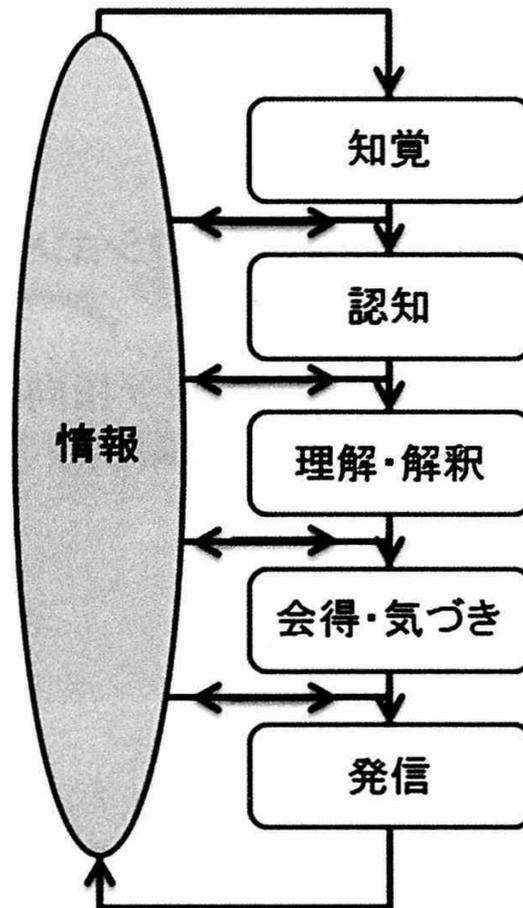


図4 個人における情報取得プロセス

書籍，Web での情報，またごく身近な個人的な情報など情報の公私の別や規模にかかわらず，人間はさまざまな情報に接触することによって情報を知覚する。その段階で情報は認知されておらず，個人の中に取り込まれてはいない。視覚や聴覚に入った情報を意識的，無意識的に関わらず認知することにより，個人の中に情報の取り込みを開始する。この段階での情報の理解は表面的なものであり，本当に情報の意味を納得したとは言えない。情報の意味を解釈することによって，個人にとって本当に情報を理解した，情報を会得したと言える。会得した情報から気づきを得たときに，それは新しい情報を獲得したことになり，更にその気づきを元に新しい情報の発信へと繋がっていく。これらのプロセスにおいても，それぞれのプロセスが必ずしも順番に起きるのではなく，それぞれのプロセスを繰り返したり，また後戻りしたりしながら，最終的な知識の獲得（気づき）に繋がっていく。

本研究で目指すのは，このモデル化における情報の取り込みや理解・解釈の試みを支援して気づきを得る為の認知ツールである。

2.2 認知ツールの定義

本節では、認知ツールの一般的な定義とそれに対応する認知ツールについて説明する。さらに、それらの中で、本研究で目指す認知ツールの位置付けについて述べる。

認知ツールとは、“ユーザが外界（例えば学習教材）に対して行った認知プロセスやその生成物を可視化したり、ユーザ自身に外在化させることで、ユーザが認知プロセスを明瞭化・客観視できるようにする機能を持ったツール”である[6]。外部からの情報を取り込む認知プロセスを支援するツールと言うことができる。また、広義の定義を用いると、“テクノロジーを使って学習するための道具”[7]と言うことができる。コンピュータを用いたツール、一般に使われているワープロソフトやプレゼンテーションソフト、データベースまでも認知ツールに含めることができる。

Iiyoshi らは、認知ツールの役割を大きく 5 種類にわけその例とともに一覧表にまとめている[8]（表 1）。これは学習に用いられる認知ツールについて、その使用環境下での役割に従って分類したものである。Iiyoshi の分類では、認知ツールの役割について、（1）情報にアクセス可能にする、（2）頭の中の情報を表出可能にする、（3）情報同士の関連や構成を見いださせる、（4）情報の再構成を可能にする、そして、（5）総合的な学習環境の 5 つに分類している。それぞれの役割に対して、データベースやスプレッドシートなどの例が挙げられている。これらのツールは、教育や学習目的以外でも用いられており、一般的な知識活動にも用いられている。個人が情報を獲得する上で、これらのツールを使うことによって、我々は膨大な量の情報に触れるだけでなく、情報を分析・分類・再構成することができる。このような認知ツールを使うことによって我々は、新しい知識を獲得し、知的活動の幅を広げてきた。

表1 認知ツールの役割（広義の解釈）

Roles of Cognitive Tools	Examples
I. Information Seeking: These tools allow student to retrieve and identify information through learning situations that require the seeking of information.	Databases Search engines
II. Information Presentation: These tools enable information to be presented in a meaningful and appropriate representation.	Graphic Organizers Concept Maps
III. Knowledge Organization: These support students by allowing them to use a tool to establish relationships among information by structuring or restructuring information by manipulating information.	Spreadsheets Presentation Tools Notebook Tools
IV. Knowledge Integration: Such tools allow students to connect new information to prior knowledge therefore students are building a larger array of information.	Mapping tools Simulations
V. Knowledge Generation: Tools used to generate eLearning environments.	Authoring Software Collaborative Learning

表1を前節で述べたような個人としての知識の獲得という面で見ると、これらの役割、特に(2)、(3)、(4)の役割は、相互に関連しながら、らせん状に繰り返され、その繰り返しを体験するによって、個人の知識として構築されていくものである。従って、これらの役割においてツールを使い分けるよりは、これらの役割を横断的に支援するツールが求められる。

また、表1で示した学習の手段としての分類以外に、人間の知的活動のどのプロセスを支援するかで認知ツールの支援方法を分類することもできる。

- 記憶やメタ認知などの認知プロセス自体を支援する方法
- 低レベルの認知スキルを支援することにより、高レベルの思考に対して人間の脳のリソースを残そうとする方法

- 不要な情報を遮断し、主となる知的活動に専念させる方法
- 複雑な問題を解くときの仮定の作成や作成した仮定のテストをサポートする方法

これらの分類のなかで、本論文で目指す認知ツールは、主に記憶やメタ認知などの認知プロセス自体の支援を行うものである。情報の取り込みや、取り込んだ情報からの気づきの促進を支援する。

メタ認知とは、外部の情報の認知に対して、自分自身の認知を対象とした認知のことであり、情報の認知プロセスの効率や効果を高めるためのより高次の認知であるとされている[9]。このメタ認知を活性化するための認知ツールには学んだ内容やその関連をナビゲーション履歴として提示するもの[10]や、学んだ知識や概念の意味的關係を概念地図上で提示するもの[11]、ナビゲーション履歴と知識マップの両方を提示するもの[12]などがある。これらのツールは、明確な学習対象を持っており、その効果的な学習を支援することを目的としている。本論文ではさらに学習の意味を広げ、明確な対象を持った学習だけでなく、日常の種々の情報の取り込みから、それらからの気づき、自由な発想をも含めた人間の知的創造活動の支援を目的とする。

2.3 知的創造活動のための認知ツール

前節では、一般的な認知ツールの定義と、その分類について述べた。本節では、本研究で目的とする知的創造活動を支援する認知ツールについて、これまでに行われてきた取り組みを紹介する。これらのシステムに共通するところは、人間の認知プロセスのモデルが先にあり、それに基づいた認知ツールとして設計されているところである。

Guiford は創造的思考を、発散的思考と収束的思考に区別している[13]。発散的思考とは、ある問題に対して、関連がある情報や想起される情報をできるだけ大量に収集する思考であり、ブレインストーミングなどのように、さまざまなアイデアを発散させる思考である。収束的思考は、発散的思考によって集めたアイデアをばらばらなものからまとまりのあるものに集約していくときの思考である。また、國藤は人間の創造的問題解決プロセスを「発散的思考」、「収

束的思考」,「アイデア結晶化」,「評価・検証」に分類し,「発散的思考」,「収束的思考」,「アイデア結晶化」までを支援するシステムを発想支援システム,「発散的思考」,「収束的思考」,「アイデア結晶化」,「評価・検証」の全プロセスを支援するシステムを思考支援システムと呼んでいる[14].

発散的思考のプロセスは,問題提起や現状把握を目的としており,ブレインストーミングやマインドマップなどが用いられている.ブレインストーミングでは,結論厳禁,自由奔放,質より量,結合改善の4原則を守り,集団で多くのアイデアを出し合い,発想を誘発することを目的としている.マインドマップは,中央のキーワードから連想される言葉やイメージを放射状につないでいく発想法であり,頭の中で起きていることを目に見えるようにした思考ツールと言われている[15].

収束思考のプロセスは,一度発散的思考により創出したアイデアを収束的思考によりまとめていくことであり,問題の本質を追究することを目的としている.その代表的な技法としてKJ法がある[16][17].収束的思考の際には,与えられた情報の構造化や取捨選択を行い,問題の本質を抽出していく.

中小路らはデザインの初期段階での創造性支援を行っている.Schönが提唱するreflection-in-actionとreflection-on-actionというふたつの認知プロセス[18]に則して,デザインの初期段階における内省を外在化し,インタラクティブに支援する認知ツールを提案している[19].これは,デザイナーが思考する際に,スケッチにより外在化表現を行い,そのスケッチからの働きかけにより,より創造的な解を産み出していくことに着目し,Representational Talkbackという概念とその増幅(ART: Amplifying Representational Talkback)を行うものである[20].

Finkeは創造性の一般モデルとしての「ジェネプロアモデル」を提唱した[21].このモデルでは,創造プロセスを生成段階とそれに続く探索段階に分け,その段階を繰り返し,時にはそれらに制約が加えられることで創造の産物が生まれるとしている.Wallasは創造的な思考のプロセスを,準備期,孵化期,啓示期,検証期の4つに分けている[22].また,Bodenは創造的思考や新規なアイデアの獲得には,概念空間の変換が必要であり,空間の変換による変化が大きな創造性を生じさせるとしている[23].相原らの提案するEn Passant 2は,Finkeの提唱するジェネプロアモデルにWallasの提唱する思考プロセスを重ね,孵化期において制約の変更を行うことによって,Bodenの述べる概念空間の変換を起

こすという創造的思考モデルを採用している[24]. 相原らの提案した En Passant2 は忘却や思い違いといった自発的には変更できない制約を外的な刺激によって変換し、創造的な思考を促すものである.

網谷らは、“知識というものは形式的に記述することができ、万人が共有することができる”といった伝統的認識論を廃し、“知識は文脈に依存して動的に再構築されるものであり、静的に蓄積されるものではない”という立場に立つ[25]. そこで知識を分解して保存しておく「液状化」と保存されて知識を現在の文脈にあわせて再構成する「結晶化」を実現するためのシステム KNC を提案している[26]. ここで言う知識の液状化とは、人間の行為を、文脈を持った情報に分解、蓄積することであり、結晶化とは、蓄積された情報の断片とその情報間の関係をユーザの現在の文脈に沿った形で結合して提示することである.

これらのシステムは、いずれも概念空間の探索を支援し、概念空間中に存在しているものの、気づかれていない情報への気づきや、気づかれていない関連性への気づきを促すものである.

2.4 本章のまとめ

本章では、人間の知的創造活動のプロセスや、知識構築のプロセスについて説明しながら、本研究で支援する知的創造活動のプロセスモデルの定義を行った. 一般的な認知ツールの定義では、明確な学習対象をもった学習支援の為のツールとして定義されることが多いが、本論文で目指す認知ツールでは学習の意味を広げ、種々の曖昧な情報の取り込みやそれから気づきを得ることも、学習として支援対象とする. また、認知ツールの中でも特に知的創造活動の支援を目指したこれまでの研究について紹介した.

第3章 情報取り込みの支援

視覚や聴覚によって知覚された情報を、自らの中に取り込もうとしたときに、メモを取ることは多い。メモを取ることは、最初に接触した情報を一旦視覚的な情報に変換し、そこに書かれた文字や図を見ることにより、再度情報を自分自身の中に取り込もうとする情報取り込みのための操作である。本章では、情報の接触の初期段階に用いられることの多いメモツールに焦点をあて、効果的な情報の取り込みのためのインタラクションデザインについて検討する。

3.1 はじめに

近年、クラウド上にデータを保存できる GoogleDrive[27]や Evernote[28]、手書きメモをデジタルに取り込むことの出来る SHOT NOTE[29]など、マルチプラットフォームに対応するメモツールが多用されている。これらは、デジタルデータとして大量のデータを保管し、必要となったときにいつでも検索し、参照可能とすることを主眼としている。「知的生産の技術」の中で梅棹は“「発見の手帳」は、単なる精神の成長の記録などではなくて、知的蓄積のための手段なのだから、それはあとで利用できなくてはならない”と手帳の効用について述べている[30]。したがって、後から手軽に利用できることは大切である。

さらに、見返すことが大切であるならば、見返した際にその内容を効率的に想起できることが望ましい。何度見返したとしても、初めて見るような印象になってしまうのでは、見返したときの効果は少なくなると考えられる。Byorkらは、記憶はコンテキストを活性化することにより機能する[31]と述べている。Benjamin はコンテキストを広げるほど、思い出すスピードや正確さを高めると述べている[32]。従って、後から見返したときに、そのメモを作成した当時のコ

ンテキストが活性化できれば，記憶にも残りやすく，思い出すスピードや正確さが高まると考えられる。

PCでノートを取るときによく用いられるツールとして，テキストエディタがあるが，テキストエディタで作成したノートは，テキストの羅列になりがちで，印象に残りにくく，後から見返した際も内容を想起しにくいと考えられる。装飾や配置のアレンジ，メモを取りながらふと思いついた内容の走り書きなどによるコンテキストの追加は，記憶想起の手がかりとなるが，文章の整形に時間を取られ過ぎると，情報を素早く入力することができない。また，ふと思いついたメモ書きと，重要な情報が同じ並びとしてテキスト入力されているのは，後から見返したときに，返って混乱することも考えられる。そこで，PCでノートを取る際の操作性とともに，記憶に残りやすく，また後から見返したときに内容を想起しやすいノートについて検討が必要であり，そのようなノートを簡単にとれるメモツールが必要であると考えられる。

まず，3.2節ではノートツールの関連研究について述べる。3.3節では，記憶に残りやすいノートの特徴を調べた比較実験について述べる。3.4節では，実験の結果を踏まえ，講演や講義のメモを素早く作成することができ，且つ記憶にも残りやすいノートツールについて説明する。3.5節で本章のまとめを行う。

3.2 関連研究

PCでのノートテイキングの問題として，辰川らは，文字，数式や図形との混在による操作性を挙げている [33]。手書きノートに比べて，PCでのノートテイキングでは，図形や数式の入力に操作性の問題が生じる。そこで，テキストの入力にキーボード，図形の入力にペンを用いることで，テキストも図形も素早く入力するノートエディタの提案を行っている。講義中のノートテイキングについての研究では，ノートPCだけでなく，教室という環境のもとで，教室全体をシステムとするものが多い。駒形らは講義のリアルタイム画像を表示しながら，ペンをつかってノートをとるシステムを提案している[34]。これらは，効率的にノートを取るための操作性の研究である。

記憶に残りやすいテキストの研究として Diemand-Yauman らの研究がある [35]。学習のための教材には，できるだけ分かりやすくするために見やすく美し

く表現する工夫が凝らされている。一方で、学びにくい教材のほうが長期記憶に残るとする知見がある[36]。そこで、Diemand-Yauman らは、通常のフォントで書かれたテキストと、薄くてあまり見慣れない見づらいフォントで書かれたテキストでの学習効果を測定した。高校生の授業の副教材に見慣れないフォントを用いて半年間授業を行った結果、従来あまり使われていない見づらいフォントで書かれたテキストを用いたクラスのほうが、テストの成績がよかったという結果を得ている。これは、見づらいフォントを用いることが理解や記憶促進に有効であるという、常識とはまったく異なった知見である。この知見はノートツールにも応用可能であり、自分の為に作成するノートであっても、このような効果が期待できると考えられる。

また、見返したときの情報を取り込むための研究として、Tashman らのアクティブリーディングの提案がある[37]。これは、電子書籍を読む際、マーカー機能や抜き出し機能を用いて能動的な読書を行うことにより、理解促進を期待するものである。ノートを見返す際にも、電子書籍を読むとき同様、インタラクティブな操作が可能となれば、情報の理解が促進されると考えられる。

日常生活の中で、自然と情報の見返し環境を提供するシステムに、渡邊らのメモリアムがある[38]。ユーザが蓄積したメモやキーワードを基に、それらと関連する情報を Web から探しだし、常時提示するシステムである。情報を日常生活の中で自然と見返すだけでなく、情報と情報の意外な組み合わせにより、新たな発想や気づきに出会うことを目的としている。

Fouse や Weibel らは、紙に書いた文字や図形だけでなく、同時に、音声やタイムスタンプ、GPS 情報なども PC に取り込むことの出来るデジタルペンとノートを開発した。また、その使い方についても調査している[39][40]。この調査は、高機能なデジタルペンとノートが行動学的研究にどのように貢献するかを調べたものである。デジタルペンとノートの高機能化により収集されるデータが、フィールドでの時系列データを含めたデータ収集と、データ収集後の研究室でのデータ分析にいかに関与されるかの研究である。これらの研究では、情報を収集した後の利用方法に主眼を置いているが、本章で述べるメモツールでは、情報収集段階での支援を目指している。

山本らは「書いてまとめる」プロセスの支援のために、ユーザが表現したいと思う事柄をより自然に表現でき、その表現したものからユーザにとって有用

な情報がわかりやすくフィードバックされることが重要だと述べている[20]. また、何を書くかを考える作業の最中に現れる「メタコメント」が非常に重要であると述べている. PCでの情報の入力の際に、テキストの羅列に終わらないために、メタコメントをいかにデジタルデータ上に反映するかが重要になってくる. そのメタコメントの一つとして、岩崎らはノート PCに内蔵された加速度センサを用いて打鍵圧を取得している. 打鍵圧という非言語情報をメタコメントとしてテキストの装飾に反映している[41].

3.3 予備実験

関連研究の調査などから、PCでメモを作成するメモツールに必要な仕様や、より記憶に残りやすいノートを作成するため仕様として次のような項目が挙げられる.

- 操作が手軽であること
- メタコメントとしての装飾が付けられること
- 見慣れないフォントを使うこと
- 見返した時のインタラクションが可能であること

このうち、個人用のメモツールとして、メタコメントとしての装飾と見慣れないフォントが記憶の促進に効果があるか実験を行った. 装飾については、操作性との兼ね合いも考えつぎのような機能に限定した.

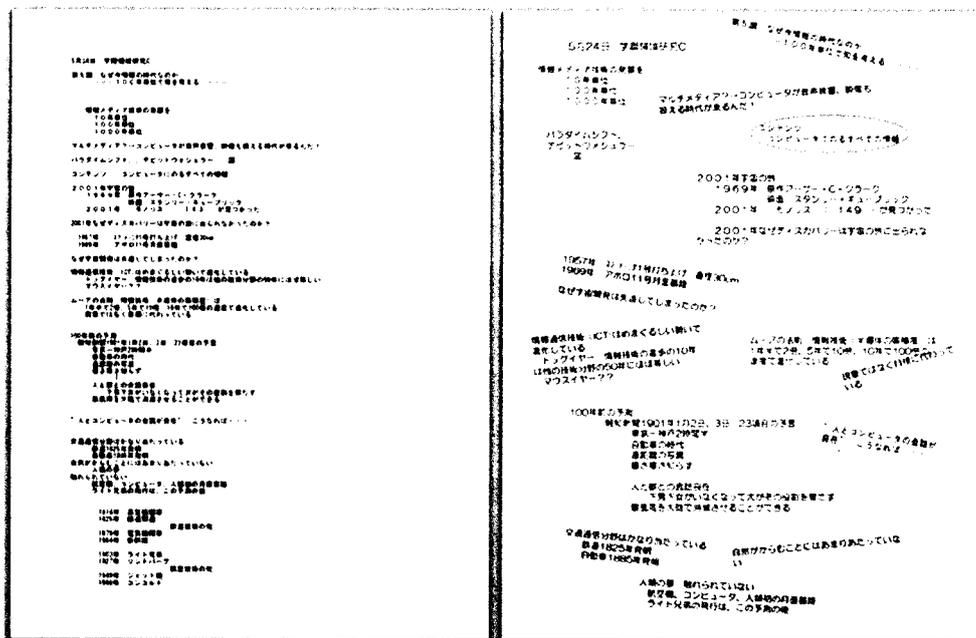
- テキストボックスごとにひとまとまりとした文字を空間的に配置する
- テキストボックスごと斜めに傾ける
- テキストボックスのフォントサイズを変更する
- 簡単な図形（直線，楕円，矢印）を描画する

また、フォントは、通常明朝体やゴシック体が用いられることが多いため、見慣れないフォントとして手書き風のフォントを採用した.

3.3.1 実験方法

この実験では、実際に筆者が大学の講義を受けながら作成した講義ノートをもとに、次の2種類のノートを作成した. ノートAはWindowsのアクセサリソ

フトであるメモ帳ソフトを使って作成した実際の講義ノートである（図5左）。ノートBは、ノートAをもとにPower Pointを使用して、手書き風のフォントを用い、文章のまとまりごとにテキストボックスを分け、それを空間的に配置するとともに簡単な装飾を施したものである（図5右）。ノートA、ノートBを用い、いずれかのノートを見たときの記憶への影響を調べた。講義の内容は情報技術の発展について概観したものであり、被験者はその授業を受講していない大学生、大学院生である。



Aグループ

Bグループ

図5 テキストの配置と記憶との関係の予備実験

実験の手順は次のとおりである。

- (1) 被験者にいずれかのノートを見せ、5分間学習させる。
- (2) ノートを見ない状態で、5分間休憩させる。
- (3) 確認テストを行う。
- (4) もう一方のノートを見せ、次の二つの質問に回答させる。

Q1. テスト前に見せてもらおうとしたらどちらのノートがいいか.

Q2. 自分でとるならどちらのノートがいいか.

また、学習の際やその後の休憩での書き込みなどは禁止した。

3.3.2 実験結果

テスト終了後の質問では、Q1, Q2 どちらにおいても、16人中9人がAと解答した。整然としたノートAと、ランダムに記述したノートB、どちらもほぼ同数の支持があり、人によって好みが分かれることがわかった。

確認テストの結果を表2に示す。整然とテキストが並んだノートを見せられたAグループよりも、ランダムに書かれたノートを見せられたBグループの方が高得点であり、t検定5%の水準で有意 ($t(14)=-2.49, p<.05$)であることが確認された。つまりテキストの内容は同じでも、テキストを空間的に配置し簡単な装飾を加えたノートのほうが記憶に残るという結果が出た。

表2 確認テストの平均点と標準偏差

	A グループ	B グループ
平均点	3.25	6.25
標準偏差	1.63	8.5
t 値	2.49	

3.3.3 考察

この実験で用いた機能のうち、どの機能、もしくはそれらの組み合わせが記憶効果を促したのかは定かではなく、それについてはより詳しい実験が必要となる。しかし、この実験で用いたノートのように、テキストの意味のまとまりを重視し、その意味のまとまりごとにテキストを空間配置した構造は、知覚されやすく記憶促進の効果もあると考えられる。このことはゲシュタルト効果として説明することもできる。ゲシュタルトとは、視覚情報からまとまりをもった構造を知覚することをいい[42]、近くにあるもの(近接)、閉じているもの(閉合)など、ある部分がまとまりをもって周囲から分かれる要因が挙げられてい

る。テキストを意味のあるまとまりごとに空間配置したことは、テキストの言語情報としての意味のまとまりを、視覚表現としてのまとまりが補足したと考えられる。

Marshall らは空間的ハイパーテキストとして、このような空間配置が曖昧な構造や不完全な構造を作成でき、ユーザの意図を反映しやすいと述べている [43][44]。メモを取るときは、そのメモの内容を多少なりとも実感しているはずである。その内容による意味のまとまりを表した空間的な配置は、作業中に考えたユーザの意図の表現であり、そのメタコメントとしての意図の表現が視覚情報としてユーザに分かりやすくフィードバックされていると考えられる。

B グループのようなノートは一般的なワープロソフトやドロー系ソフトで作成することは可能であるが、それらのツールは概して高機能である。そのため操作の選択肢が多く、装飾のための操作に時間がかかってしまう。講義に用いるノートツールは素早くテキスト入力が行えることが望ましく、テキストの装飾を行うことで入力や思考の流れを妨げてしまつては本末転倒となる。講義ノートをとる際にテキストエディタを使うひが多いのも、そこにひとつの理由があると考えられる。そこで、この実験で用いた簡単な装飾に限定し、文字を空間的にランダムに配置するといった視覚効果を簡単に付与できるような機能を持ちながら、簡単に素早くテキスト入力の行えるノートツールが必要であると考えられる。

3.4 システム概要

CatchyMemo は講演会や授業などの際のノートテイキングを想定し、素早くノートを取りながらできるだけ記憶にとどめることを促すノートツールである。図6にその使用例を示す。

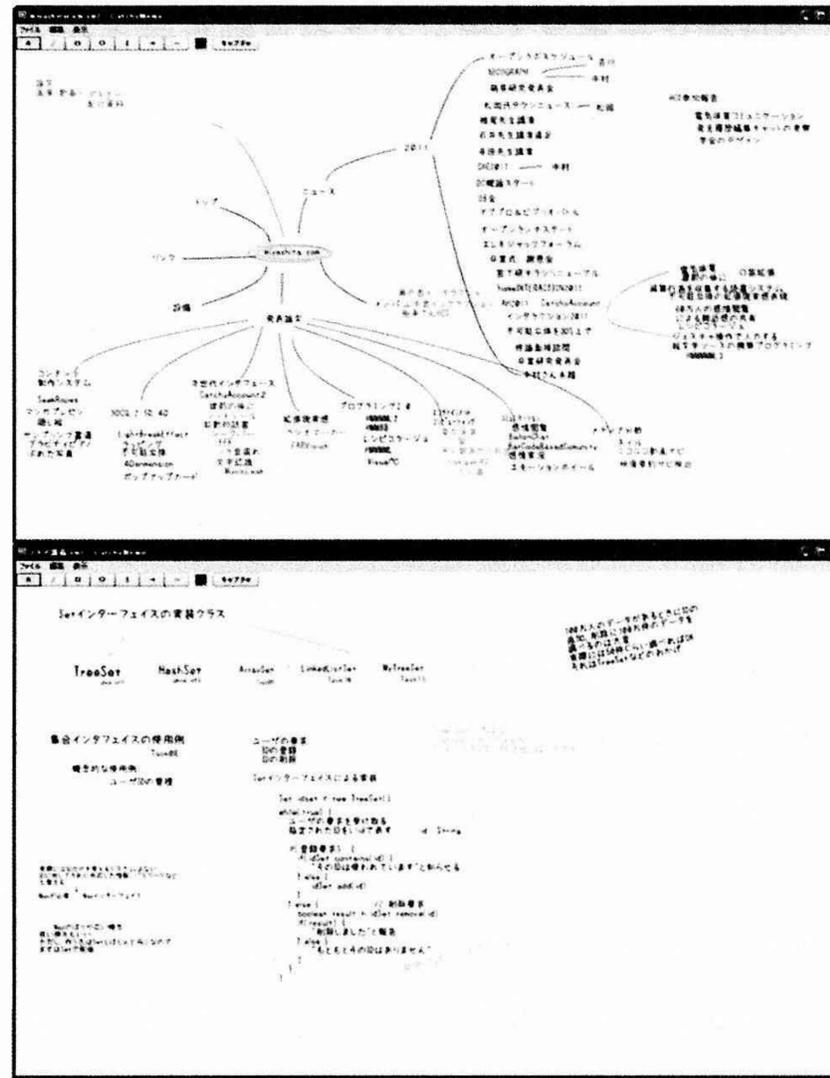


図6 CatchyMemo 使用例

テキスト入力を素早く行うため、また、できるだけ印象に残るノートを作成するために次のような機能を用意した。

- テキストボックスの自動生成機能
- フォントサイズの変更機能
- テキストボックスの移動機能
- テキストボックスの傾き変更機能
- 色変更機能
- 図形（直線，楕円，長方形，矢印，括弧，曲線）描画機能
- 画像貼り付け機能

テキストを自由に配置するためにはテキストボックスの指定が必要になるが、

本システムでは常にテキストボックスが自動生成されており、任意の時点でテキスト入力を行うことができる。また、画面上をクリックするだけでその位置に新しくテキストボックスを生成することもできるので、任意の位置にテキストを入力することができる。また、入力されたテキストは、ドラッグすることで、簡単に移動させることもできる。

テキストボックス単位で文字を入力するは、意味単位のまとまりによってテキストを配置することに繋がる。インデントによる行頭位置の変化や改行の連打による空白行の挿入以上にダイナミックに表示位置を変更することができるため、意味のまとまりを視覚表現としてより表しやすくなっている。文字の大きさや傾きはテキストボックスごとに指定できるため、評価実験で用いたノートBのような表示が手軽に指定できるようになっている。

その他の機能はいずれも、マウスクリックやドラッグ、ショートカットキーの入力で操作できるようになっており、ノートの作成に必要な最低限の描画機能を最小限の操作で実現できるようにした。これらの機能により、講演や講義のノートテイキングに必要となる必要最低限の機能を備えながら、素早くノートテイキングが行えるようになっている。

3.5 本章のまとめ

本章では、講義や授業の際に、ノートを取りながら効果的に記憶に留めることを目指したノートツール *CatchyMemo* を提案した。メモを取ることは、情報を視覚的な情報に変換し、そこからのフィードバックをもとに、情報を再度取り込む作業だと言える。本章で行った実験では、テキストを意味のまとまりで分け、それを空間的に配置したり、簡単な装飾を加えることで、記憶効果が高まることが示された。

本章で述べたメモ帳は、思考の初期段階において、自らの思考を整理し深めるためであったり、脳のワーキングメモリにある比較的短期間しか保持されない情報を留めるためのコンテンツ作成として使用される。その内容による意味のまとまりを表した空間的な配置は、作業中に考えたユーザの意図の表現であり、そのメタコメントとしての意図の表現が視覚情報としてユーザに分かりやすくフィードバックされていると考えられる。

第4章 数値情報の可視化表現

言葉と同様に、数値を理解することも現代の我々の思考にはなくてはならないものである。本章では数値を、数字を読むことで理解するのではなく、量として知覚し、その大きさを実感して取り込むための可視化表現について述べる。

4.1 はじめに

人間は身の回りの現象を理解しようとするときに数という数量を表すための抽象的な概念を導入し、一般化することで複雑な現象を解明してきた。さまざまな現象を数値として表すことで、比較する、計算する、予測するなど複雑な処理を行うことができる。このように数はとても強力な概念である。今日の情報化社会においては、ほとんどすべての情報がデジタル化され、数値として処理することが可能となっている。

一方、大量の数値が羅列された場合、人間はそれらの一つ一つの数値を読むことはできても、それぞれの関係を読み取り、比較したり、全体像を把握したりすることは困難である。そのため、コンピュータを用いた可視化研究が盛んに行われ、複雑な現象や情報の理解に役立っている。例えば、Twitter ネットワークとフォロワー関係を示すマップや音楽バンドのコラボレーションのマップ、タンパク質の相同性を表すグラフなどが、ビジュアル・コンプレキシティ[45]の中で紹介されている。これらの中には、即時性、インタラクティブ性を持ったものもあり、ビジュアルとのインタラクションを繰り返しながら情報提示の切り口を変え、さまざまな角度から情報の理解を促すことができる。

データの規模にかかわらず数値データをもとに、状況の理解を深めたい機会は身近な日常にも存在する。例えば、日々の購入活動の結果としての収支情報

や、月ごととタスクごとの作業時間の管理などがある。身近な数値データを扱う時に頻繁に利用されているツールとして、スプレッドシートがある。スプレッドシートは正確な数の記録や集計に長け、現在一般に広く利用されているツールである。数値を一覧表形式で眺めるだけでなく、グラフ機能なども備わっているため、数値情報をさまざまなグラフとして手軽に表示することができ、ビジュアルな要素を加えて閲覧することができる。

スプレッドシートの普及により、身近なデータを簡単に集計し、グラフ表示できるようになった。最終集計として人に提示するためのグラフであれば、数値データの性質を踏まえた上で、それに合致するグラフの表示形式を選択し、データのどのような特質を提示するかによって、そのデザインを決定することになる。しかし、正確な集計表を作成したり、グラフを表示することは、身の回りにあふれる数値データを理解する最終的な目的ではないはずである。数値データの概要や構成を把握し、数値に隠された意味を読み解くことがその本来の目的である。本章で目指すのは、最終集計に到達する以前の、数値の概要把握のためのデザインである。

本章では、数値データ全体の概要を把握したり、複数のデータセットを見比べて変化や特徴を見いだすためのデザインについて検討する。例えば、日々の来場者数を年齢層や性別によって分析する、毎月の収支の推移を把握するといった作業には、一つ一つの数値を正確に見定める以上に、全体の傾向を大まかに把握し、傾向を見いだすことが必要となる。また、数値データを図形として表示する形式は、さまざまなものが考えられるが、本章では、グラフ提示の基本となる直線と長方形の二種類の提示方法を比較し、その認知特性について評価実験を行った。直線提示と長方形提示によって、全体像の把握や、細部の見極めにどのような違いがあるか実験を行った結果、数量としての把握、細部の把握については、どちらの提示方法も特に差は現れなかった。一方、変更箇所に対する気づきにおいて、長方形提示のほうが優れていることがわかった。

4.2節では、数値データの可視化手法の関連研究について述べる。4.3節では、本章で行う評価実験の意味について説明し、実験の詳細とその結果について述べる。4.4節では、実験の考察を行い、4.5節では本実験の意味を再確認しながら、数値情報の可視化表現の意味について考察する。

4.2 関連研究

岩槻は数値データの理解におけるグラフ提示の役割について調べている。その結果、数値データを文章で説明した場合に対してグラフ提示することは、認知的負荷を軽減し空間的なイメージを促すことにより、より深い理解が促すと述べている[46]。数値データの理解においてグラフ化は有効な手段であると言える。岩槻らの実験で用いられていたデータはシンプルな一次元のものであったが、Wickhamらは、高次元のデータのグラフ化を行っている[47]。確率分布関数を用いることにより高次元のデータを低次元に落とし、棒グラフや円グラフをはじめとする1次元や2次元グラフでの可視化が可能としている。面積に比例させることにより、数量、割合、確率などを同様の手法を持って扱えととし、様々なグラフのバリエーションを紹介している。

Clevelandらは、さまざまなグラフにおける量的データの認知精度について調べている。その結果は、色<体積・曲率<面積<長さ・方向・角度<位置となり、面積による提示は、長さ提示に比べて、その認知精度に劣ることがわかった[48]。しかし、Clevelandらもそれらが、データ表示のためのフレームワークに過ぎず、他のコンテキストや何を表現しようとするかが大切だと述べている。

複雑なデータや大規模データを可視化する研究も盛んであり、ビジュアルコンプレキシティ[45]のなかに多数紹介されている。複雑なデータが美しく可視化されるだけでなく、インタラクティブ性を持って、可視化表現を動的に変化させデータの理解を促している。

数値を面積表示する可視化表現としてツリーマップがある。もとはハードディスクの使用状況を可視化するために提案された手法である[49]。ツリーマップの表示形式とそのアルゴリズムについては様々なものがある。表示する長方形のアスペクト比が大きくなると見づらくラベルもつけにくいいため、全体のアスペクト比を減少させる再帰的アルゴリズム[50]や正方形化するアルゴリズム[51]が提案されている。各ノードの表示をクッションのような3D表現を用いたもの[52]や、長方形の代わりに多角形を用いたもの[53]など、表現方法についてさまざまな研究が行われている。大きさ以外に順番を持つノードを表現する方法[54]、ノードの中に時系列情報を持つデータを表現する方法[55]などの研究もある。

白石らはレコードの一つ一つをつぶつぶとして表現することにより、カテゴリなどの分類を視覚的に行う分析ツールの提案を行っている[56]. このツールでは一つ一つのつぶつぶがそれぞれ1つのレコードとなっており、つぶつぶの集まりによってレコード数という数値を表現していると言える. 伊藤らは、大規模階層型データの可視化手法「平安京ビュー」を提案している. 平安京ビューでは、葉ノードを黒いアイコンで、枝ノードを長方形の枠で表すことにより階層構造の分布を一画面上に表示し、概観することを可能にしている. また、表形式データの探索を行うために、行と列それぞれのクラスタリングの結果を平安京ビューを用いてお互いに操作可能な状態で左右に表示する手法の提案も行っている [57][58].

面積表示したときの図形の形による数値情報の認知の正確さを調べた Kongらの実験がある. 正方形よりも長方形のほうが大きさの比較においてより正確であることを実験で示している[59]. この実験で用いられた長方形は2:3の長方形であり、これは正方形よりも大きさ比較において有効であった. 一方、2:9のようなアスペクト比が極端に大きくなる長方形は面積の比較実験において有効でないことが示されている.

数値を図形表示した場合に面積以外の物理的特徴についても考慮する必要がある. 図形の物理的特徴と、どの図形がどの程度目立つかという誘目性には、色>面積>空間周波数の関係が成り立つといわれている[60]. また特徴を変化させたときの異質性と誘目性には、色の異質性>面積の異質性>形の異質性>テクスチャの異質性の関係が成り立つといわれている. したがって、面積表示したときに、その面積変化の効果よりも色変化の効果のほうが目立ちやすいということが考えられ、数値データを図形の長さや面積として表示した際の色彩の選択には注意が必要となる.

4.3 実験

数値データをグラフ表示するとき、その最も基本的な形式として、棒グラフや帯グラフのように直線の長さや面積で提示するもの、円グラフのように角度や面積で提示するものがある. また、関連研究で述べた **Treemap** の形式では、単に面積だけで提示している. 座標データのようにペアとなる数値データを表

示するには、散布図や折れ線グラフのように2次元の座標軸上の位置によって提示するものもあるが、本章では、ペアを持たない単体の数値データを表示する方法について検討する。

4.3.1 実験の目的

図形の物理的特徴の中で、数値データを表すために棒グラフや積み上げグラフは直線の長さ評価軸とし、円グラフは扇形の角度を評価軸としている。そのいずれのグラフにおいても、面積も数値データに比例しており、数値データを表す物理的特徴となっている。ツリーマップ[49]のような長方形を用いた表示では、そのアスペクト比が変化するため、面積のみが数値データを表す物理的特徴となっている。長さ、角度、面積のどの物理的特徴が概要把握に貢献するかは明らかでなく、本章の評価実験はそれを明らかにするための一つの試みとなっている。本章の実験では、長さと面積を評価軸に持つ図形で数値を表したときと、面積のみを評価軸に持つ図形で数値を表したときに、認知の変化の有無や程度を明らかにする。

本実験で目的とするのは、図形によって表された詳細な数値データの比較ではなく、図形によって表された数値データに変化があった場合に、その変化に対する認知や、複数の数値データを概観したときの概要把握への影響である。複数の数値データを、直線で提示した場合と、長方形で提示した場合について実験を行う。

4.3.2 実験方法

本実験では、数値データを直線で表示した図形（図7上）もしくは長方形で提示した図形（図7下）を5秒ごとに3枚提示し、その後、提示した図形についての質問を行った。

数値データは2000から300000の間で乱数を発生させ、その乱数5個を1セットとしている。この数値データのセットを乱数セットと呼ぶことにする。直線提示の画像は、乱数セットに比例する長さを持つ5本の線分である。長方形提示の画像は、乱数セットに比例する面積を持つ5個の長方形である。これらの画像を直線提示または長方形提示の画像もしくは単に提示画像と呼ぶことに

する。

乱数セットの値と解像度の関係から、一定の比率で画面表示した場合、画面内に図形が収まらない場合がある。その際には画面に収まるサイズに倍率を操作している。また、提示される直線の幅は15ドット固定とし、長方形は5:6から5:9までの間のアスペクト比を持つ縦長、もしくは横長の長方形とした。アスペクト比と面積認知の正確さを調べた先行研究[59]では、面積が正確に認知できるアスペクト比は、 $2:3 > 1:1 > 2:9$ となっている。そこで今回の実験では、アスペクト比2:3の長方形を中心に、極端にならない範囲でランダムにアスペクト比を決定している。また、この長方形の縦長、横長の別もランダムに決定した。



図7 提示画像（上：直線提示，下：長方形提示）

被験者には次に示す手順に従って、提示画像による認知実験を行う。

- (1) 直線／長方形提示画像を 5 秒提示，0.5 秒空白，5 秒提示と切り替えながら 3 種類提示する。
- (2) 直線の長さ／長方形の面積に関する問題に解答させる（図 8）。
- (3) (1)で提示した画面を一度に提示する(図 9)。ただし，3 種類の提示画像のうち一つは，乱数セットのうちの数値データを一つ入れ替え，先に示した画像とは異なる画像となっている。被験者には，先ほどと入れ替わった提示画像を解答させる。
- (4) (1)から(3)を 10 回繰り返す。

<p>線の長さの合計を 大きい順に答えてください。</p> <p>最大</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>中間</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>最小</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>一番 長い 図形があったのは何番目ですか？</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>一番 短い 図形があったのは何番目ですか？</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p><input type="text" value="OK"/></p>	<p>長方形の面積の合計を 大きい順に答えてください。</p> <p>最大</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>中間</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>最小</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>一番 大きい 図形があったのは何番目ですか？</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p>一番 小さい 図形があったのは何番目ですか？</p> <p><input type="text" value="[1]"/> <input type="text" value="[2]"/> <input type="text" value="[3]"/></p> <p><input type="text" value="OK"/></p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

図8 長さ・面積に関する設問

上記の実験を，直線を用いた実験と長方形を用いた実験の 2 回行った。それぞれの実験の間には 5 分間の休憩を取らせ，どちらの実験を先に行うかは被験者ごとにランダムとした。また，(2)，(3)の設問に対する回答時間に特に制限は

設けなかった。

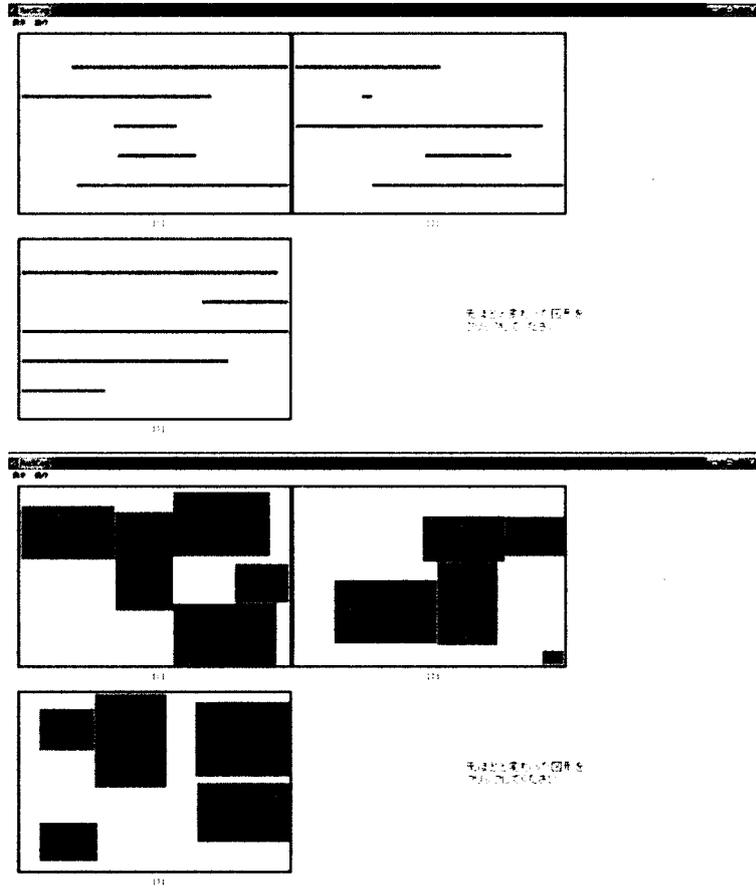


図9 変化した図形に関する設問

実験に先立ち、各被験者には実験の内容を説明し、実験システムの使用方法に慣れるため、練習問題に解答させた。従って、被験者は実験で問われる設問の内容について理解したうえで、提示される画像を眺めている。

本実験では、色彩による誘目性[60]の影響をなくすため、どちらの図形も50%のグレーとした。(1)の提示画像のサイズは、1057×705ドット、(3)で提示した問題画面中の提示画像のサイズは454×303ドットである。これは、ディスプレイ内に一覧表示するためであり、最初に提示した画面の約0.43倍の大きさとなる。被験者は20歳代の大学生または大学院生12名である。

4.3.3 実験結果

10問中の正答数の平均を表3に示す。

表3 解答結果の平均値

問題	直線提示 (平均正答数)	長方形提示 (平均正答数)	t 検定 (p-Value)	Wilcoxon の 符号付き順位 検定 (p-Value)
1. 合計値最大の提示画像	4.3	4.4	0.88	1
2. 合計値中間の提示画像	3.8	4.1	0.51	0.54
3. 合計値最小の提示画像	5.1	4.9	0.74	0.52
4. 最大値を含む提示画像	7.8	6.1	0.031*	0.045 **
5. 最小値を含む提示画像	5.3	5.6	0.72	1
6. 変更のあった提示画像	5.7	7.4	0.021*	0.034 **

*は t 検定 5%水準で有意差有り

**は Wilcoxon の符号付き順位検定 5%水準で有意差有り

各設問に対して、対応有り t 検定を行った。最大値を含む提示画像の番号を答える問題では、直線提示のほうが高得点であり、t 検定 5%水準で有意差があった。また、変更のあった提示画像を選択する問題では、長方形提示のほうが高得点であり、t 検定 5%水準で有意差があった。

ここで用いた t 検定は、正規分布に従うことを仮定する統計手法である。今回の設問では、設問 4,5,6 がまったく独立しているのに対して、設問 1,2,3 は、最大、中間、最小を選ぶということで、問題内容に相関が存在する。また、設問 4,5 においても、最大値を含む画像と最小値を含む画像は独立でありながら、その言葉の関連から、被験者が設問の独立性を勘違いする場合も考えられる。そこで、正規分布を仮定しないノンパラメトリック検定である Wilcoxon の符号付き順位検定も行った。その結果においても、最大値を含む提示画像を答える問題と、変更のあった提示画像を答える問題で $p < 0.05$ となり、それぞれ直線提示

と長方形提示で有意差が確認された。

また、実験終了後に被験者へのアンケートを行った。アンケート内容は、直線提示、長方形提示において、実験時の着目点や記憶のための工夫、その他気づいたことである。回答結果の一部を表4に示す。

直線提示、長方形提示どちらの場合も、図形単体ではなく、提示画像全体を一つの図形として記憶しようとする被験者が多かった。一方、長さや面積に関する設問に答えるためには、合計値や割合を判断し順位という数値で記憶にとどめる必要もあったと考えられる。この図形としての記憶と数値としての記憶は、相反する記憶とみられ、どちらかに集中しすぎるともう片方の記憶が怪しくなると回答した被験者がいた。

表4 アンケート結果

直線提示	<ul style="list-style-type: none"> ・長い直線から短い直線への移動の流れとして覚えた。 ・全体を一つの図，文字として見る。 ・長めの直線があるときに，画面の横幅全体よりどの程度短いか（余白はどのくらいあるか）を特に見ていた。 ・長さの合計や最大・最少の線の長さの順位付けを逐次行った。 ・各画像ごとの最少・最大の直線の長さ。 ・線を繋げて横いっぱい線をどれだけ作れるかを記憶する。 ・画面半分より長いものの数とその配置を大体で覚えました。
長方形提示	<ul style="list-style-type: none"> ・図形の配置を何かに見立てて覚えた（白鳥が左に飛んでいる 日本列島 鴨 這い這いする子供）。上下左右に固まっている場合それを覚えた。 ・小さいものや，一つだけ離れている場合はそれを記憶。密集している場合は長方形に囲まれた隙間の部分を覚えた。 ・直線とは異なり，画面の横幅いっぱいとか縦幅いっぱいになる長方形はなかったので，「縦は画面の半分ちょっとで，横幅はそれらの7割くらい」という覚え方をしました。 ・大きさの合計や最大・最少の大きさの順位付けを逐次行った。 ・各画像ごとの最少・最大の長方形の大きさ。画面に対する長方形の占める率。 ・中ぐらいの大きさの図形の数を数える。 ・大きいものがいくつあるかと，大体の配置を覚えるようにしました。
その他気づいたこと	<ul style="list-style-type: none"> ・目の錯覚で小さな長方形に囲まれたものは大きく見えるので，絶対的に（1）～（3）で一番大きな長方形を認識するのは難しいということはあるのでしょうか。そう考えて以降，ぼくはあまり錯覚に左右されないように，上記のように画面の何割程度，という見方をするようにしました。 ・長方形の場合，縦が長いものと横が長いものなどの大きさ比較が非常に難しく，勘で答えてしまったものが多いです。直線の方が微妙な差もあるていど認識できました。サイズの合計の方が全体を見て判断できたためにわかり易かったと思います（正確に覚えていられたかどうかは別として）。 ・長さ，面積の比較と最小，最大に集中しすぎてしまうと，変化した配置に関する問題に自信を持って答えられないことがあった。「今回はこれが一番小さいだろうな」など，一度当たりをつけて覚え，次にそれより小さい形が出てきた場合に，焦ってあやふやになってしまうことがあった。

自由記述のアンケートと同時に、各設問に対する解答の確信度を50から100の数値で記入させた(50:確信なし, 100:正解を確信)。得られた確信度の平均値を表5に示す。どちらの提示においても、長さ/面積の合計値が最大や最小の提示画像を問う設問の確信度に対して、中間の提示画像を問う設問の確信度が低いことがわかる。また、長さ/面積が最大/最少の図形を持つ提示画像を答えさせる設問では、直線提示のほうが確信を持って解答したことがわかる。この設問に対して、最大値の解答は実際に直線提示のほうが高得点となっているが、最小値の解答では有意な差はなかった。変更のあった提示画像を問う設問では、他の設問に対して、確信度が低くなっている。しかし、実際の解答の正答率は他の問題と大きくは変わらない。

表5 確信度の平均値

問題	直線提示	長方形提示
1. 合計値が最大の提示画像	75	71
2. 合計値が中間の提示画像	60	60
3. 合計値が最小の提示画像	74	73
4. 最大値を含む提示画像	92	72
5. 最小値を含む提示画像	91	82
6. 変更のあった提示画像	56	58

4.4 実験の考察

今回は5個の数値データをもとに、直線の長さによる提示と、長方形の面積による提示において、認知や記憶の内容や精度が異なるか実験を行った。設問は、提示画像の合計値に関する問題、最大値、最小値に関する問題、変更のあった提示画像を問う問題であった。実験後のアンケートで、“長さ、面積の比較と最小、最大に集中しすぎてしまうと、変化した配置に関する問題に自信を持って答えられない”とあったとおり、合計値や最大値、最小値を問う問題と、変更のあった提示図形を問う問題では意識すべき点が異なる。したがって、被

験者はそれぞれの問題に対処するために次に述べるような異なる二種類の記憶方法を試みていたと考えられる。

提示画像の記憶方法は、大きく分けて二とおりの記憶方法を試みていたことがアンケートから読み取れる。一つは、5個の図形を含む提示画像を、何か別の画像に見立て別の画像として覚える方法である。この図形として記憶する方法では、提示された直線や長方形だけを見るのではなく、余白の量や配置に着目した被験者もあり、提示された画像全体を、新たな画像として再構成していたと言える。この記憶方法は、数量を図形オブジェクトとして表示したことによって可能となる記憶方法であり、変更のあった提示画像を問う問題に対しての記憶方法だと考えられる。

もう一つは、各画像が表示画面における占有率、順位といった数量として記憶する方法である。この記憶方法は、提示画像の大きさの順番や、最大値・最小値を問う問題に対処するための記憶方法だと考えられる。これらの問題に解答した後に被験者は、変更のあった提示画像を問う問題に解答しなければならなかったために、変更のあった提示画像を問う問題では、他の問題に比べて確信度が下がっていたと考えられる。

解答結果から、最大値を含む提示画像の選択では直線提示のほうが有意に高得点であり、また、アンケートによる確信度でも、最大値、最小値を問う問題は、直線提示のほうが長方形提示よりも自信を持って解答していたことがわかる。最大値を含む提示画像の選択で、直線提示のほうが高得点であった原因として、画面の解像度の関係が考えられる。提示画像のもとになった数値が2000から300000までばらついており、最大値を直線として画面内に納めるために倍率処理を行っている。このため、直線の提示画像で最大値が含まれる場合、ほとんど表示画面いっぱい直線が表示されてしまった。したがって、表示画面の左右にほとんど隙間がない直線が表示された場合は、無条件にその直線が最大値を示すと判断することができる。被験者は、他の直線との比較を行うことなく、提示画面のサイズとの比較で最大値の判断ができたのではないかと考えられる。提示画像以外の評価軸が存在してしまったという点で、最大値を選ぶ問題で直線提示が有利であるかどうかは、再実験の検討が必要である。

一方、最小値を含む提示画像の選択では、直線提示と長方形提示に正答率の差はほとんどなく、アンケートの確信度とは異なった結果となっている。この

ことから、最小値を含む提示画像の選択の場合、最大値と異なり、表示画面のサイズとの比較が一意でなくまた、短い直線において提示画像間の比較が、被験者が感じたほど容易でなかったと言える。最小値を選ぶ問題では、直線提示のほうが確信をもって解答していたにもかかわらず、実際の得点では長方形提示との差が認められなかった。実際に直線提示のほうがわかりやすいが、その差が微妙なため、正解にまでたどり着けなかったのか、最大値提示において直線提示のほうが解りやすかったため、最小値でも解りやすいと思い込んでしまったのかなど、どのような原因で直線提示の確信度が高くなったのかについては、再度検討が必要である。

変更のあった提示画像を問う問題では、長方形提示のほうが高得点であり、有意な差が見られた。この設問は他の設問とは異なる認知方法や記憶方法を要求する設問であり、認知的負荷が高いと考えられる。また、合計値の順番や、最大値・最小値を問う問題の後に出題されており、脳の注意力はそれらの問題に答えるために割かれることになる。

この設問に対する確信度は他の設問に比べて低いことから見ても、この設問は意識的な記憶に頼ることが難しいと考えられる。しかし、長方形提示においては、直線提示よりも有意に高得点であったということは、長方形提示のほうが、短時間、かつ認知的負荷が高い脳の注意力をその一部分しか使えないような状況においても記憶に残りやすいということができる。

今回の評価実験では、直線の長さと同面積の長方形の面積の比較のみを行っている。図形表示においては、その配置や色との組み合わせ、また、直線や長方形以外の図形による提示との比較などは今後の課題である。

4.5 本章のまとめ

本章では、数量をグラフとして可視化する際に最も基本的な図形である直線と長方形について、提示された数量の認知に差が出るのではないかと仮説を立てて評価実験を行った。

提示画像の合計値の順位を選ぶ問題では、直線提示においても長方形提示においても、差が認められなかった。最大値を選ぶ問題では、直線提示のほうが高得点であることが示された。しかし、これについては提示図形以外の要因が

関係した可能性も考えられるため、再検討の必要がある。

提示画像の変化を見つける問題では、長方形提示のほうが高得点であり、有意な差が認められた。短時間の視覚刺激状況下で、記憶の意識的な確信度には差がないにもかかわらず、長方形提示においてはその変化に気づくことが容易であった。このことから、複数のグラフや画像を見比べながら、その変化や傾向を見いだす際には、長方形提示のほうが、直線提示よりも変化に気づきやすく、有効であると考えられる。この詳細な理由については今後の検討が必要である。

一つ一つの数値を綿密に比較するには、棒グラフのような長さ提示による比較が適していることが、先行研究でも確かめられている[48]。本章では、詳細な数値の比較ではなく、全体の概要把握や、画像間の変化の把握に対しては、どのような可視化が有効であるか、実験によって示した。ツリーマップを始めとして、多くの数値データが図形の面積提示によって可視化されている。本章の実験ではその有効性の一端を示したと言える。

第5章 家計簿ツール

第3章では、情報の取り込みの初期段階において、情報のメタコメントとして、テキストを意味のまとまりごとに自由に空間配置したり、簡単な装飾を加えることの有効性について述べた。第4章では、面積表示による数値データの可視化表現の効果について述べた。本章では、それらをもとに、個人が日常的且つ身近に数値データを扱うためのツールとして家計簿を取り上げる。家計簿を例に、初期の情報取得段階での支援とそれに伴う気づきや思考を促す認知ツールのインタラクションデザインについて述べる。

家計簿という応用例を挙げる前に、一般的な認知ツールについてその骨格となるべきインタラクションデザインについて論ずるべきであるかも知れないが、認知ツールとしての性質上、どのようなデータを扱うのか、何を見せ、何に気づきたいのかといった、そのツール本来の目的や使われ方に沿ったかたちでしか、そのインタラクションデザインの詳細を語るができないと考えた。そこで、本章では、認知ツールの具体例として、家計簿を挙げ、家計簿本来の目的について再考するとともに、その目的を達成するための認知ツールのインタラクションデザインについて提案する。また、その評価実験についても述べ、提案したインタラクションデザインの効果を論じる。

5.1 はじめに

家計簿や小遣帳をつける人にとって、その目的は何であろうか。収支の履歴を正確に残すことだけが、家計簿をつける目的ではないはずである。現状の問題点を見つけ、将来を良くするため計画を立てることがその本来の目的ではないだろうか。筆者は、収支の現状を把握し、将来への計画を立てるための知的

創造活動として家計簿をとらえた。例えば、歴史的な出来事を並べ、それらからその時代の傾向や事件の因果関係などを読み解くことは知的創造活動であると言える。家計においても、収支の状況から、家計の傾向を読み取ったり、収支項目間の関連に気づくことは知的創造活動であると考えられる。本節では家計簿の現状と、認知ツールとしての家計簿のあるべき姿について考える。

家計簿をつけたいと思っても、なかなかつけ始められない人やつけ始めても続けられない人も多い。その原因の一つに“入力に面倒”ということがある[61]。そのため、入力の負担を軽減する支援にはさまざまなものがある。携帯電話で手軽に記録できる、口座履歴そのものをダウンロードできるといった機能がそれにあたる。しかし、データを手軽に入力することを支援するだけでは、むしろデータの持つ意味を見失ってしまう可能性がある。データの入力を行いながら現状を把握したり、問題点に気づくことのできるデザインも必要である。

現状の把握を行うために、集計機能やグラフ表示機能がある。これらに求められることは、集計結果からその元となったデータに立ち返って、問題を検討できることだと考える。しかし、集計結果を見て分かることは、今月（今年）はトータルでこんなに使ってしまったとか、この項目は先月より多かった（少なかった）といったことである。なぜ多かったのか、少なかったのかを調べようとするととたんに分析が困難になることがある。一覧表の項目を個別に調べることによって大きな出費があればそれが原因であるかもしれないが、もしかすると、先月が少なかったから今月が多く見えるだけなのかもしれないし、一つ一つの支出金額は小さくても支出の回数が多かったからかもしれない。このような分析をするためには、入力データと集計結果の関係が一覧できるデザインであることが望ましい。

また、集計結果を提示するタイミングについても、日々の入力作業と同時であることが望ましい。入力作業だけを行って、家計簿を閉じてしまうことは多い。しかし、入力作業だけを行って集計を見ずに作業を終えてしまえば、データとして正確な履歴は残せても、現状の問題を把握することは難しく、その延長となる将来への計画を立てることも難しい。後日集計した結果から原因を推測するよりも、日々の作業と一体となった概要把握のデザインが必要であると考えられる。

このように、現状の家計簿では入力したデータから何かを読み取るデザイン

とはなっていない。家計簿をつけ続けるモチベーションの維持が難しいのは、入力作業が労力をかけるだけに終わってしまい、そこから得られるもの（気づき）が少ないからではないだろうか。家計の内容について自分では十分把握しているつもりであっても、無駄な支出が嵩んでいることに気づかないとか、より有効な資金の使い方があることを見逃している場合もある。また、家計の行為者であるからこそ気づかない、さらには、気づきたくない事実もあり得ると考えられる。家計簿は現状の把握から気づきを得て、将来への計画にいたるユーザの思考を手助けする「思考の道具」となるべきである。そのためには、手間を減らす支援ではなく、家計の現状を把握するため、気づきを増やすための支援が必要である。ここで言う気づきとは、例えば客観的な事実 A 、 B が記述されているときに、 $A+B$ が C であるというような、記述された内容から導き出される新しい事実に気づくこと、また、 $A>B$ というような、記述された内容相互の関連に気づくといったことである。そこで本章では、家計の現状を把握し、気づきを増やすための家計簿のインタラクションデザインを提案する。

まず、5.2 節では思考支援や家計簿の関連研究について述べる。5.3 節では提案するシステムのデザインコンセプトを説明する。5.4 節では、そのデザインコンセプトに基づいて試作した提案システムの概要について述べる。5.5 節では評価実験について述べ、目的とするデザインコンセプトがどの程度実現できたかを考察する。5.6 節で全体の考察を行う。

5.2 関連研究

家計簿を家計簿本来の目的を達成するための認知ツールとするためには、収支履歴を正確に記録するためのデザインではなく、概要を把握し、気づきや思考を促すためのデザインが必要である。そのためには、前章までの考察から、数値データを、図形を用いて面積表示し、空間配置する方法が有効であると考えられる。そこで本節では、まず空間配置を用いた一般的な思考支援について述べながら、数値データを扱う思考支援について触れる。また、一般的な家計簿のインタフェースとして用いられることの多いスプレッドシートに関する研究にも言及するとともに、家計簿についての関連研究も紹介する。

5.2.1 思考支援について

人間の思考を支援する方法の一つとして、空間配置の利用がある。空間的にオブジェクトを配置する空間的ハイパーテキストは、情報の優先順位付けや選別が行える表現の手段として Marshall らによって提唱された[43][44][62]。空間配置は木構造よりも曖昧な構造や不完全な構造を作成でき、ユーザの意図を反映しやすいと述べられている。また、酒井らは空間的に配置された構造を表す図を用いることが情報伝達としての可視化において有効であり、理解を助けると述べている。特に、未整理の知識を関連付けていくブレインストーミングにおいて、空間配置による階層集合の可視化が有効性である[63]。

中小路らは空間的ハイパーテキストを創造的な情報創出のための思考の場とした[19]。空間的ハイパーテキストを用いたアプリケーションは、その表現と表現に対する操作によって、それを使う人の問題に対する理解を深め、解の創出に至る思考の過程に影響を及ぼすと述べている[64]。

空間配置は、データ分析の1ステップであるカテゴリ分類にも有効である。Watanabe らは、アイコンの空間的なまとまりを自動的にグループとして扱う Bubble Clusters を提案しており[65]、分類してから表示するのではなく、表示されたアイコンを操作しながらカテゴリを分類していくことを可能にしている。白石らはレコードの一つ一つをつぶつぶとして表現することにより、カテゴリなどの分類を視覚的に行う分析ツールの提案を行っている[56]。このツールでは一つ一つのつぶつぶがそれぞれ1つのレコードとなっており、つぶつぶの集まりによってレコード数という数値を表現していると言える。このようなグラフィカルなツールをインタラクティブに操作することについて、Eick らは見たい情報にフォーカスを当てられることや、いろいろな角度から推論したり、見方を統合したりできることが利点だと述べている[66]。

数値データを扱うツールとして、最も利用されているのがスプレッドシートである。家計簿のインタフェースデザインとしても、スプレッドシート形式のものが多数存在する。スプレッドシートは、2次元上に数値を配置する空間表現ということもできる。しかし、これまでに紹介した空間表現とは異なり、その配置は縦横の制限が加わり、整然と並んだ数値データを見ることになる。Kandogan らは自由な空間配置とスプレッドシートのインタフェースの関係につ

いて調査している[67]. スプレッドシートのソートや計算機能がデータの編集に有効に働くのに対して, 自由な空間配置を用いたツールのほうが, 複数の項目を考慮しながら発想しなければならない日々の自由な問題解決に有効であったと述べている. このことから, 数値情報取得の初期段階において, 一つ一つの数値データの意味や数値データ同士の関連を考えたり, 全体からの気づきを得るためのインタフェースデザインとして, 制約の多いスプレッドシート形式よりも, 自由な空間配置が望ましいと言える.

5.2.2 家計簿について

家計簿の記載を支援するために, 蕪澤らは財布からの入出金を自動記録するためのシステムを提案している[68]. これはデータの入力を早く正確に行うための支援である. Kestner らはクレジットカードやオンラインバンクの普及により失われがちな金銭感覚をタンジブルに提示する財布の試作を行っている[69]. 本章での提案手法は金銭感覚を, 図形を用いた視覚情報とインタラクションで提示することを目指しているが, Kestner らの研究では触覚によって提示する手法を提案している. 中川らは購買データの自動取得とそのデータの自動分析の研究を行っている[61]. 入力の手間を減らすことや, データの分析を自動で行うことによって, 家計簿をつけ続ける支援をしているが, 家計簿データを購買履歴として企業側から利用することを目指したものであり, 本章で目指す家計簿ツールとは方向性が異なるものである.

5.3 デザインコンセプト

本節では, 家計簿をつける作業によって, 自然と収支の現状把握を促すことができ, 現状の問題や将来への計画など, さまざまな気づきを与えることのできる家計簿のインタラクションデザインについて考察する.

5.3.1 概要把握のためのデザイン

数値データ全体の概要把握のためには, 数値データ一つ一つを読み解くのではなく, 全体を一覧できることが重要である. そのために, 数値データを長さ

や面積のような図形の物理的特徴として表示することで、多くの数値データを一度に視覚的に知覚し一覧することができる。このとき、図形オブジェクト自体が複雑な形態をしていた場合、その認知的負荷が増大することが考えられる。また、図形オブジェクトへのインタラクションを行うときの操作方法の複雑化にもつながる。図形オブジェクトの表現形態としてはできるだけシンプルなもの望ましい。

オブジェクトの空間配置は、暗黙的にオブジェクト相互の関連や構造を構築でき[43]、柔軟で曖昧な構造を扱うのに適している[65]。また、スプレッドシート形式の表示に比べて、空間配置が自由な発想支援に貢献することは関連研究でも示されている[67]。自由な空間配置を用いることで、従来の家計簿の日付による順序づけや、費目ごとの分類とは異なった、自由な発想で個々の収支の関連付けや全体の概要把握が行えると考えられる。また、長方形での面積表示は、直線の長さでの表示に比べて変化に気づきやすいことは4章で示している。従って長方形の面積表示を採用することで、棒グラフのような直線表示に比べて、変化に気づきやすいインターフェースが構築できると考えられる。

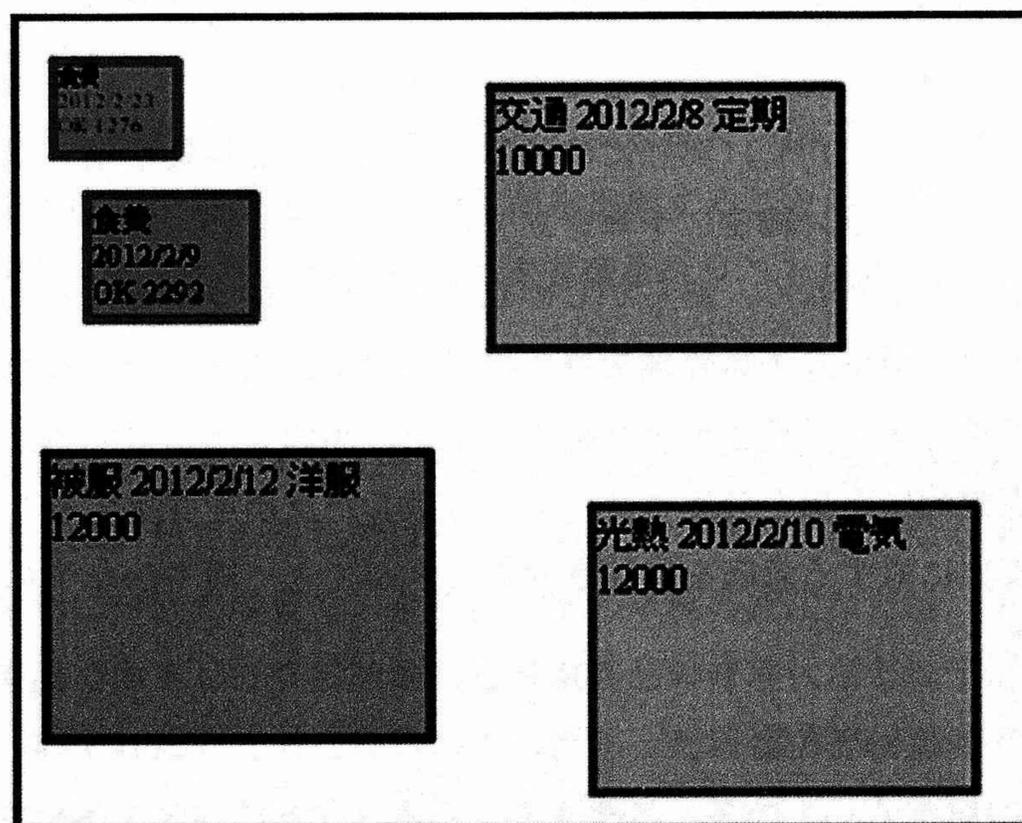


図10 面積表示図形の空間配置。

そこで、常に全体を概観できるデザインとして、長方形の空間配置を用いる方法を提案する(図10)。収支の各項目の金額を面積換算し、その面積を持つ長方形を入力と同時に提示する。関連する項目を近くに配置したり、注意が必要な項目を他と離して配置することにより項目同士の関連を確認できるとともに、全体の概要も一目で把握することができる。

家計簿をつける際に、ユーザは一つ一つの金額や残金の差異といった細かなことにとらわれがちで、全体を見渡すことが疎かになることが多い。また、入力作業と集計作業が分かれていては、日々のデータを入力しただけで作業を終えてしまいがちである。提案する長方形の空間配置のインタフェースデザインでは、日々の収支データを入力すると同時に、金額を面積換算した長方形図形を表示することができる。既に入力済みのデータとの関連や分類考えて新たに入力したデータを置くこともでき、日々の入力作業を行いながら、全体の中での位置づけや、データ同士の関係性を確認することにつながる。

5.3.2 予算管理のためのデザイン

予算管理は家計簿の重要な機能の一つである。費目ごとにあらかじめ定めた金額(予算)と現状の金額との差を見ることによって、収支の振り返りを行うものである。しかし、実際には月単位の出費、長期的な積み立てを必要とする出費などがあり、綿密に予算を立てることは難しい。また、臨時支出の発生を抑えることも難しく、あらかじめ立てた予算に従うことは難しい。そこで提案手法では、厳密な予算管理を行うのではなく、過去のデータを大まかな枠組みとする緩やかな予算管理を目指す。また、高額支出に対する支出計画については、仮想的に支出を分散させ、その分散した支出を表示することにより、常に高額支出に対する意識を継続させることができ、緩やかな予算管理が行えると考える。

- 過去との重畳

提案手法は金額を長方形の面積に換算して表示する。その長方形を月単位で配置し、過去のデータをレイヤ表示すれば、自然と過去のデータと比較しながら現在のデータを見ることができる(図11)。「前月より今月はもう少し節約しよう」、「今月半ばの時点で先月の半分くらいだから、いいペース」など、過去

の実績データからの差分から、自然と現状を振り返ることができる。

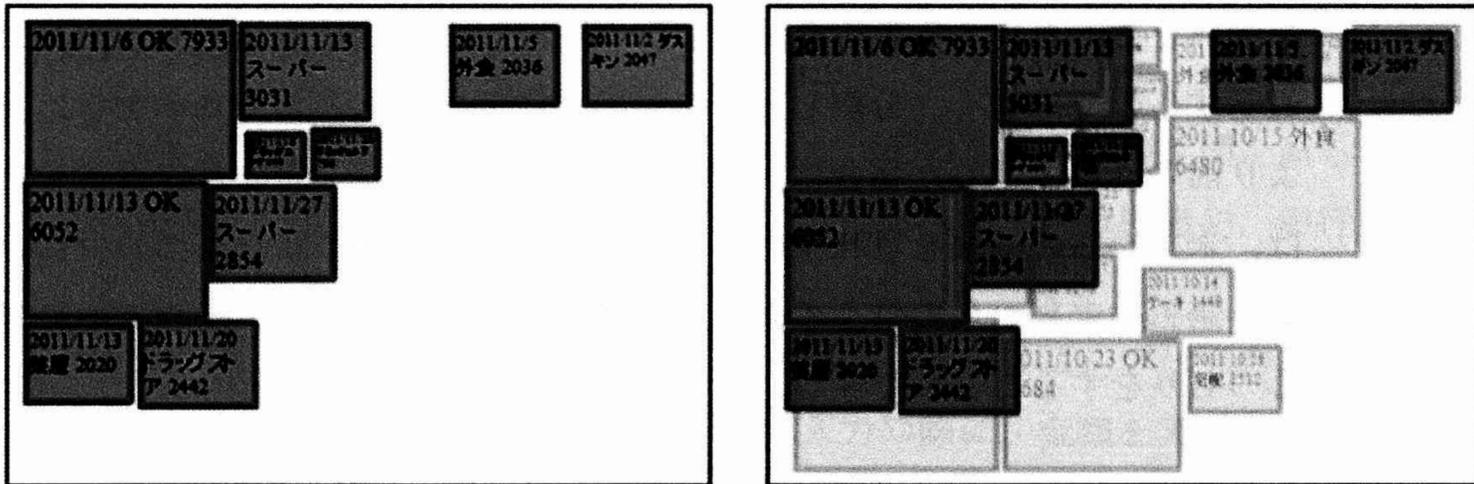


図11 過去との重畳 (左:レイヤ無し, 右:レイヤ有り)。

また、定期的な支出項目を月をまたいでも同じ位置に置いておけば、未払いの支出に対してもその位置を空けておく操作が可能となる。今後発生する支出に対しての心づもりとなる。また、突然発生した臨時支出は、他の図形とは異なる位置に置くことによって通常の支出とは異なる支出であることが確認できる。予算管理のための特別な操作をすることなく、過去のデータとの比較によって通常の収支予定や臨時支出の存在を把握することができる。日常のデータ入力作業の延長として、緩やかな予算管理を行うことができる。

- 支出分散

予算管理の難しさの原因の一つに高額な臨時支出の存在がある。ここでいう臨時支出とは、想定の有無ではなく、ある月で特別大きくなる支出をいう。例えば、半年に一回の学費や、数年に一度の車検の費用などは、予定することのできる支出であるし、突然故障した家電製品の修理代などは予定できない支出である。いずれにしてもこれらの支出があった場合、それだけでその月の収支が大きくマイナスになってしまうこともある。そのような支出に対しては、前もって積み立てしておいたり、赤字分を翌月以降で補填するなどの対処が必要となる。その場合、高額な支出が支払い月だけの表示にとどまっていたのでは、前もってその支出に対しての備えをすることが難しい。また、赤字があった月

の補填をするためにその後の月の支出を抑えることも記憶に頼るしかなくなってしまう。

このような場合に対処するために、過去や未来の月に積み立てや赤字の補填を図形として表示する手法を提案する(図12)。高額支出の図形を支出月だけに表示するのではなく、分割し、その他の月に仮の支出として表示する。支出月より前の月に表示した場合は、前の月からの積み立て、先の月に表示した場合は、未来からの補填を意味する。この機能により、実際には支出の少ない月でも、過去や未来からの借金のような図形が画面に表示され、高額支出に対して心づもりをすることができる。

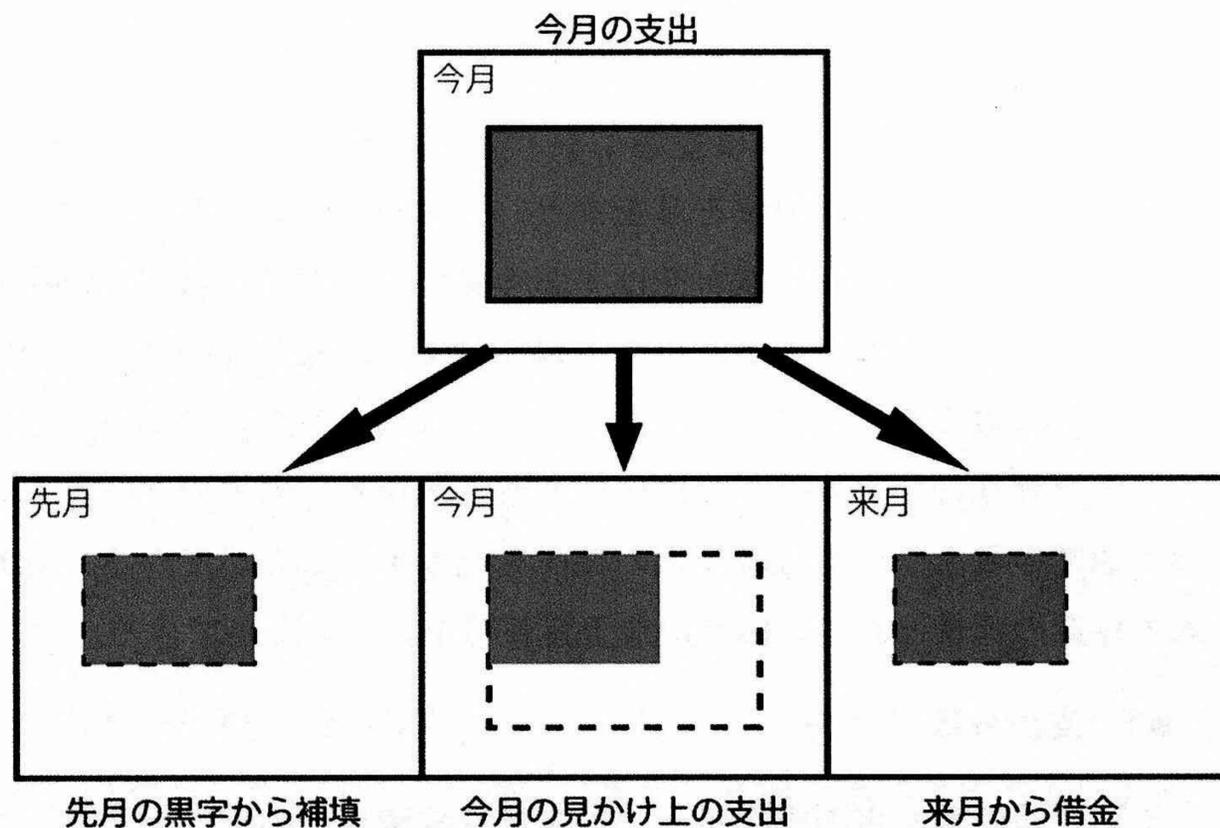


図12 支出分散.

この機能は実際に臨時支出が発生した場合だけでなく、支出計画にも用いることができる。例えば、半年後の支出計画に対して、今月からの積立分を分散配置してみる。分散配置した時点で、積立額が大きすぎるとなった場合は、半年後の支出を縮小する、または更に長期的な支出計画にするといった対策を考えることができる。今月、未来月にかかわらず、実際の支出月を基準に、過去

や未来の予算から借りてくることで、長期的な収支バランスをとるためのやりくりを支援するデザインである。

5.3.3 入力手法のデザイン

家計簿をつける際の入力の手間は大きく、そのため入力の手間を減らすための支援はさまざまなものがある。携帯で手軽に入力できる機能や、銀行口座やクレジットカードの履歴情報のダウンロードサービスなどが該当する。しかし、多くのデータがあまりにも簡単に入力されてしまったら、データの意味を見失いかねない。そこで本論文では、データ入力の際に、金額を実感させたり、データ同士の関連を考えさせる手法を提案する。

例えば、似たような項目の入力時には、複製機能を用いるようにすれば、以前のデータとの比較が自然と行える。新規データの入力をしながら、過去のデータとの差額や発生頻度を再確認することができるはずである。また、100万円といわれたときに、100万という数字でなく、札たばをイメージするように、金額と現金のイメージは密接に関わりあっている。そこで金額の入力に数値ではなく現金のアイコンを用いることにより、実世界に近づいたインタフェースになると考える。

5.4 システム概要

本章では、前節で述べたデザインコンセプトに従って実装した家計簿ツール CatchyAccount の概要を、画面レイアウト、レイヤ表示、入力方式、支出分散機能に分けて述べる。

5.4.1 画面レイアウト

提案システム CatchyAccount の画面レイアウトを示す(図13)。左側が操作エリア、中央が図形表示エリアである。図形表示エリアの長方形(以降タグと呼ぶ)の一つ一つが収支データの項目を表している。タグの面積が金額を、色が費目(カテゴリ)を表している。収支データが入力されると同時に、図形表示エリアにタグが表示されるようになっている。

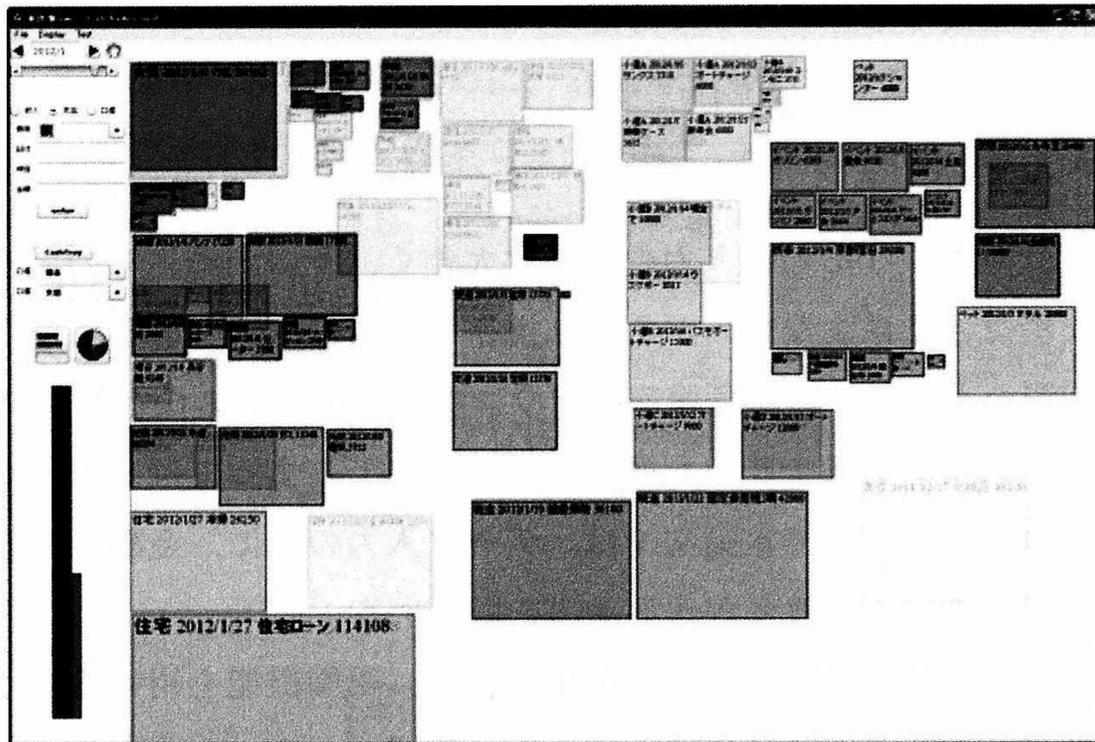


図13 CatchyAccount 画面レイアウト。

操作エリアでは、費目、日付、金額などの家計簿データのキー入力が行えるほか、最前面に表示する月の選択、レイヤ表示の切り替えなどが行える。操作エリア下部の棒グラフは、最前面表示された月の総収入と総支出の比率を示す。データの入力が行われると、自動的にタグを表示するとともに、この棒グラフも更新されるようになっている。

タグの色は費目に対応している。費目と色の対応は自由であり、途中で変更もできる。費目に対応する色に変更されたときは、既に入力済みのデータのうち、その費目のタグの色が変更される。費目が新しく追加されたときは、対応する色を新たに指定でき、指定しないときはデフォルトの色が適用される。

5.4.2 レイヤ表示

レイヤ表示の切り替えは、操作エリア上部のスライダーで行う。図12は今月分のレイヤの下に前月分のレイヤを、アルファ値を落として表示し、2か月分のデータを表示した例である。前月の支出が薄く表示されているため、前月支出があったにもかかわらず、今月支出がないものを即座に確認でき、入力し忘れの防止にもなる。このレイヤ表示では、下層レイヤのタグの塗り色をアルフ

ァ値 0.3 と薄くするだけでなく、最前面レイヤのタグの塗り色もアルファ値 0.5 としている。これにより最前面レイヤのタグのほうが大きくなってしまった場合でも、下部のレイヤのタグが完全に隠れることなく大きさの比較を行うことができる。

5.4.3 入力方式

金額の入力は数値キーでの入力以外に、タグの複製方式とタグの描画方式、そして、現金のイメージアイコンをドラッグする方式を持つ。

- 複製方式

既に入力済みのタグの上で右クリックすると、操作リストが表示される。「複製」を選択すると右側に同じ大きさのタグが描画される（図 14）。日付、項目など修正すべき内容だけをキー入力することで新たなタグを作成することができる。定期的に発生する定額の収支の入力に有効であり、定期的に発生していることの再確認に繋がる。

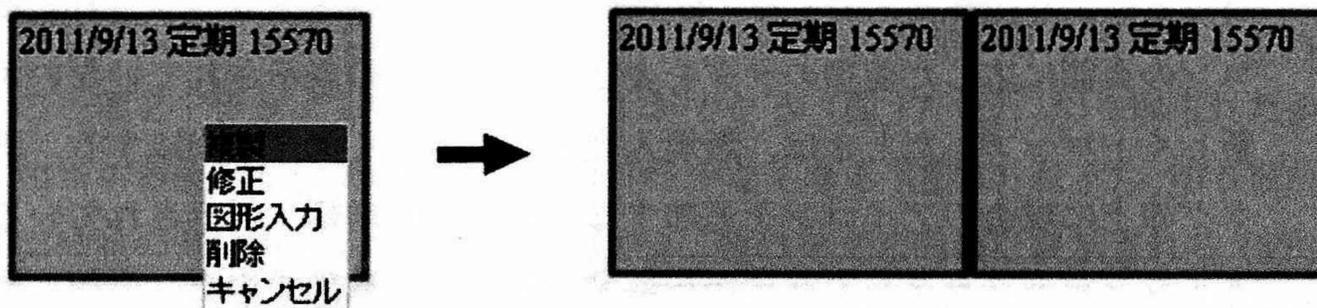


図14 複製方式.

- 図形描画方式

既に入力済みのタグの上で右クリックすると、操作リストが表示される。「図形入力」を選択すると図形描画モードになる。画面上の何もないところでマウスドラッグするとタグを描画することができる（図 15）。図形描画されるタグの費目、項目は元のタグと同じものが自動設定され、入力する金額は描画する図形の大きさによって決まる。この場合も複製方式と同じで、日付、項目など修

正すべき内容だけをキー入力することで新たなタグを作成することができる。同じ項目の収支が発生するものの、そのたびに金額が変化するようなものの入力に有効である。金額が大きくなった場合は、マウスを大きく動かすことになり、金額の変化をマウス操作によって実感することに繋がると考えられる。

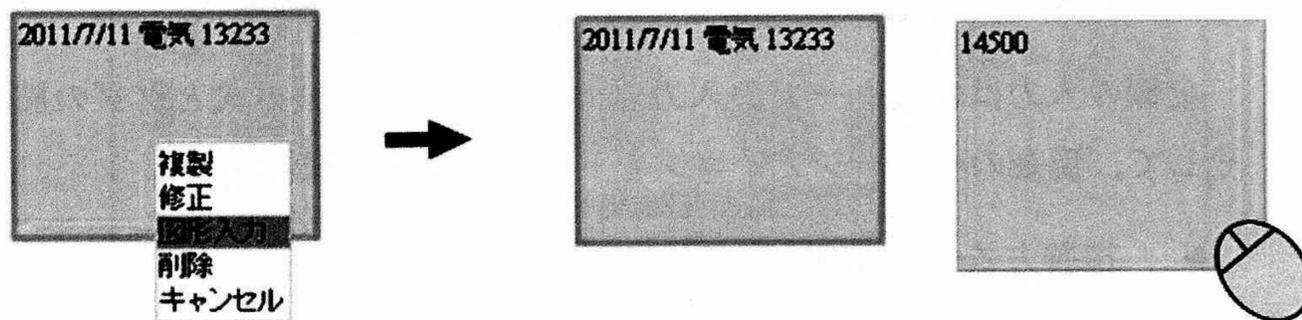


図15 図形描画方式.

- 現金アイコン方式

現金アイコン方式は、現金のイメージアイコンをドラッグアンドドロップすることにより金額を入力する(図16)。ドラッグアンドドロップされた現金アイコンの金額に応じた面積のタグを表示する。タグの表示されていないエリアに新しくドロップしたときは、新規入力として新しくタグを作成する。既にあるタグの上に現金のアイコンを追加することにより増額、表示されている現金のアイコンをドラッグしてタグから離すことにより減額できる。増額、減額に応じてタグの面積も変化するようにになっている。また、増額操作を繰り返す場合は、現金アイコンをクリックするだけで、目的のタグの増額ができるようになっている。タグの上に現金アイコンをドロップするたびに、タグの面積が大きくなるのが視覚的に確認でき、金額の大きさを実感することに繋がる。

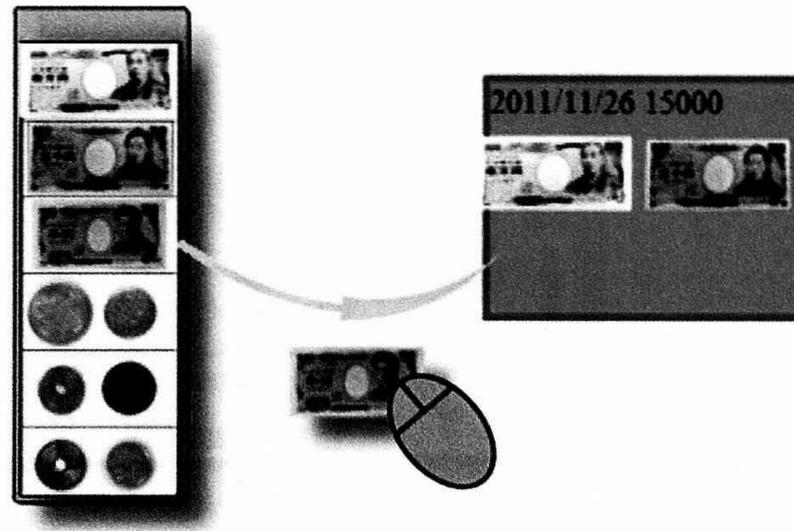


図16 現金アイコン方式.

5.4.4 支出分散機能

支出分散機能は、ひと月内の収入で賄うことのできないような高額な支出に対して、その前後の月に仮の図形を表示することにより、前もって積み立てしておいたり未来からの補填の意識をもたせる機能である。操作方法を図17に示す。

分散したい高額支出タグの上で右クリックし、分散機能を選択すると、支出の一部をドラッグして切り取ることができる(図17上)。切り取られた金額に相当する金額だけその月の支出合計は少なくなる(図17左下)。切り取った支出は他の月にドロップすることができ、他のタグと同様に表示される(図17右下)。タグの外枠が点線表示になっているのは、そのタグが実際には他の月の支出であることを示している。また、切り取られた元のタグは、実際の支出金額の面積を点線で表示し、残りの金額を色つきで表示している。切り取ったタグを、実際の支出よりも前の月にドロップした場合は、バーチャルな「積み立て」であり、先の月にドロップした場合はバーチャルな「ローン」である。この機能により、実際には支出のない月でも、高額支出に対しての心づもりをすることができ、長期的な視野に立って収支バランスをとることができる。

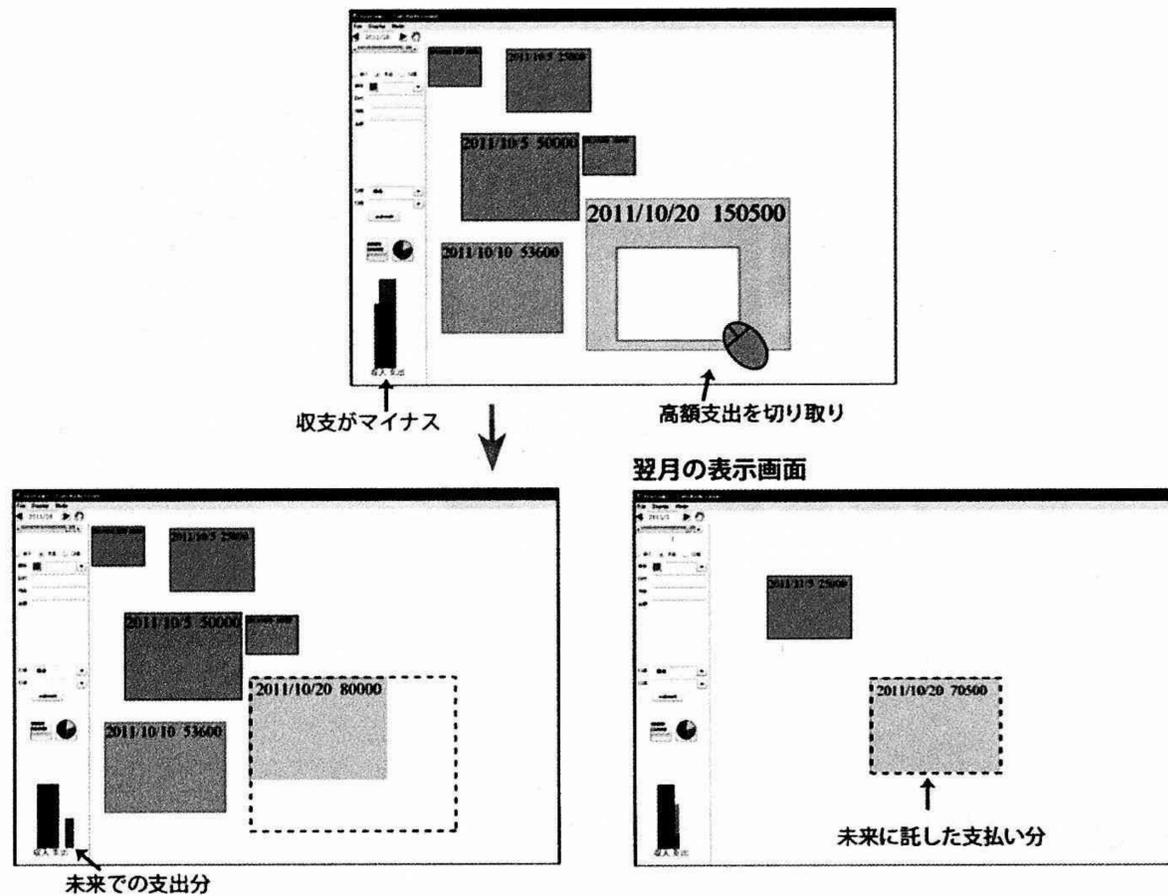


図17 支出分散機能.

5.4.5 集計機能

提案システムは、メイン画面の左下に、常に該当月の収支を棒グラフで表示している（図18）。青い棒グラフが収入合計、赤い棒グラフが支出合計である。赤い棒グラフの上に積み上げられている黄色いグラフは他の月から仮想的な支払いとして分散された金額である（図18左）。他の月に分散配置した項目がある場合、過去に配置した金額は、中央の棒グラフの左側に、未来に配置した場合は、中央の棒グラフの右側に、それぞれの金額の棒グラフが表示される（図18右）。分散配置した金額分、中央の支出の棒グラフは短くなっている。このグラフは、最前面に表示している月の収入と支出のバランスを比較するためのものであり、棒グラフの長さは各つきごとに相対的になっている。そのため最前面に表示する月を変更すると、表示される集計グラフのスケールが異なることがある。

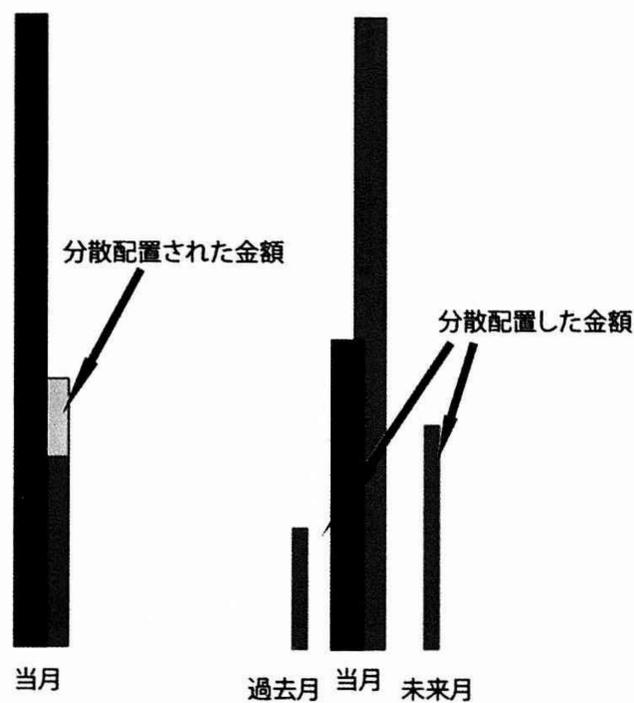


図18 収支の集計表示

また、操作エリアの集計ボタンをクリックすることにより、費目ごとの集計（図19）と総集計（図20）を表示することができる。集計表示された棒グラフや円グラフでも各図形の面積は金額に比例し一定となっている。このような棒グラフや円グラフでの集計表示は、一般的な家計簿でも備えている機能である。しかし、一般的な家計簿では、集計操作をしてはじめて、個々の収支金額がサイズ情報と色情報をもって表示されることになる。提案システムでは、収支金額が常に色情報サイズ情報をもった図形として表示されるため、個々のタグを見失うことが少ないと考えられる。例えば、使いすぎの項目があった場合に、実際にどの支出が合計金額を押し上げているのか、追跡が容易になる。このようなもとのデータと集計データとのリンクは情報の量が多くなるほど有効であり、興味深いところや例外などを素早く直感的に見いだすことができる[66]。

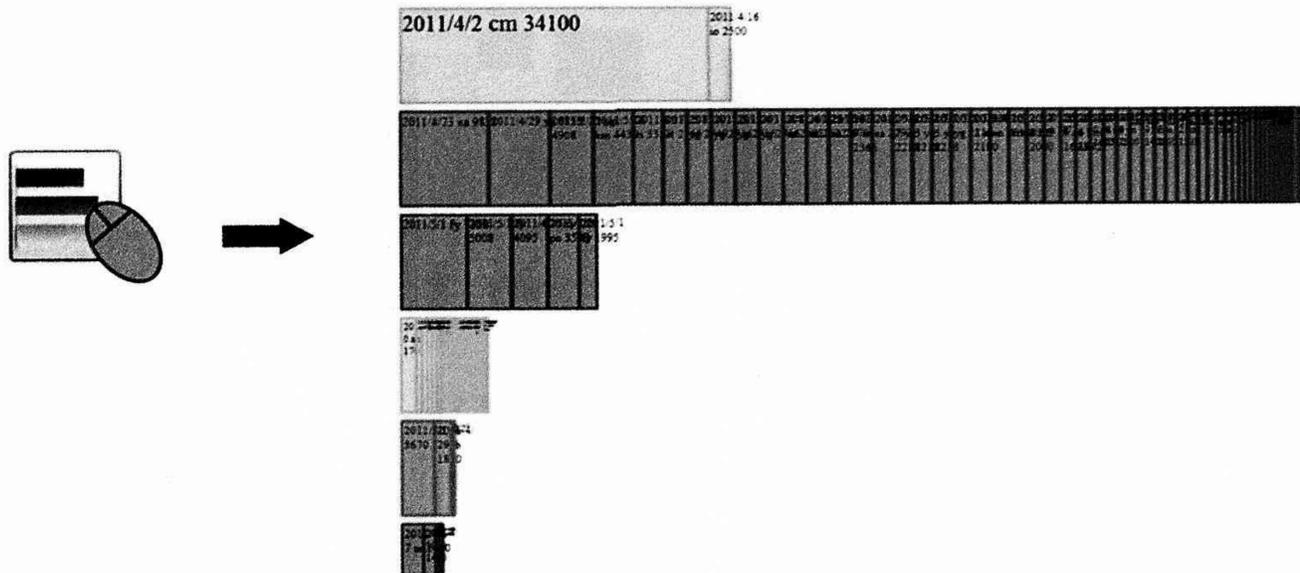


図19 費目別集計

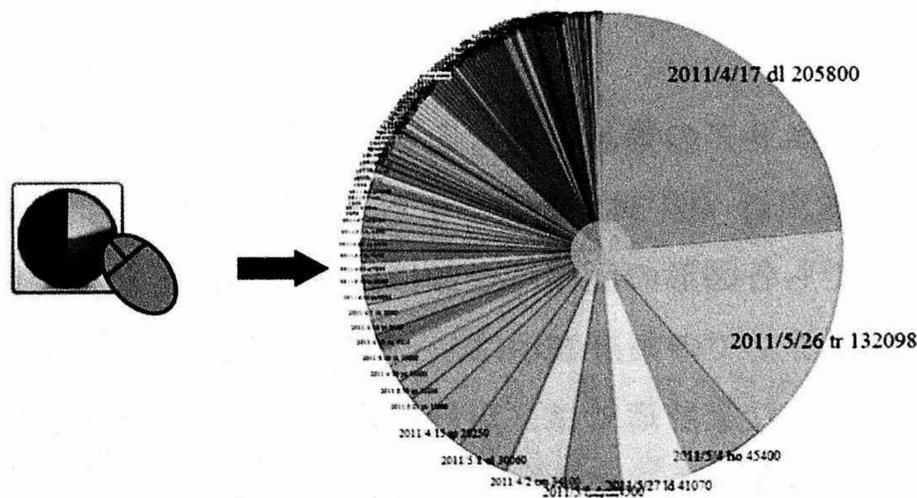


図20 総集計

また、提案システムは、部分集計機能も備えている。画面上の特定のタグをマウสดラッグして囲むことで、指定したタグのみを合体し、合計金額を表示することができる（図21）。これにより、旅行の交通費と宿泊費のように費目の異なった支出でも簡単に合体させ、合計金額を合体した図形の大きさと数値の両方で確認できる。

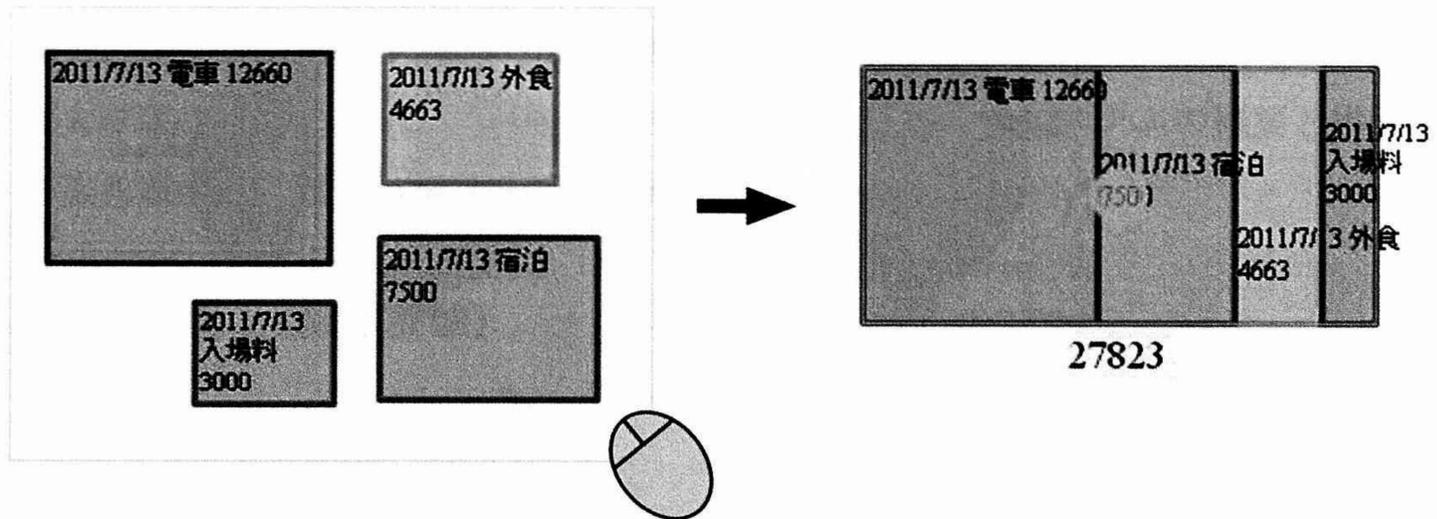


図21 部分集計機能.

また、合体した図形の変形機能（図 22）や、分離機能（図 23）も備えている。変形機能は合体したタグの中心をダブルクリックすることで、横長の帯グラフ、縦長の帯グラフ、円グラフの順番で変形する。合体したタグの一つをドラッグアンドドロップして合体図形から引き離すことで、分離することができる。一度の旅行にかかった総額がいくら、その旅行中に行ったコンサートの代金だけを外すといくらといったように、試行錯誤的に金額に対する思考を巡らせることができる。

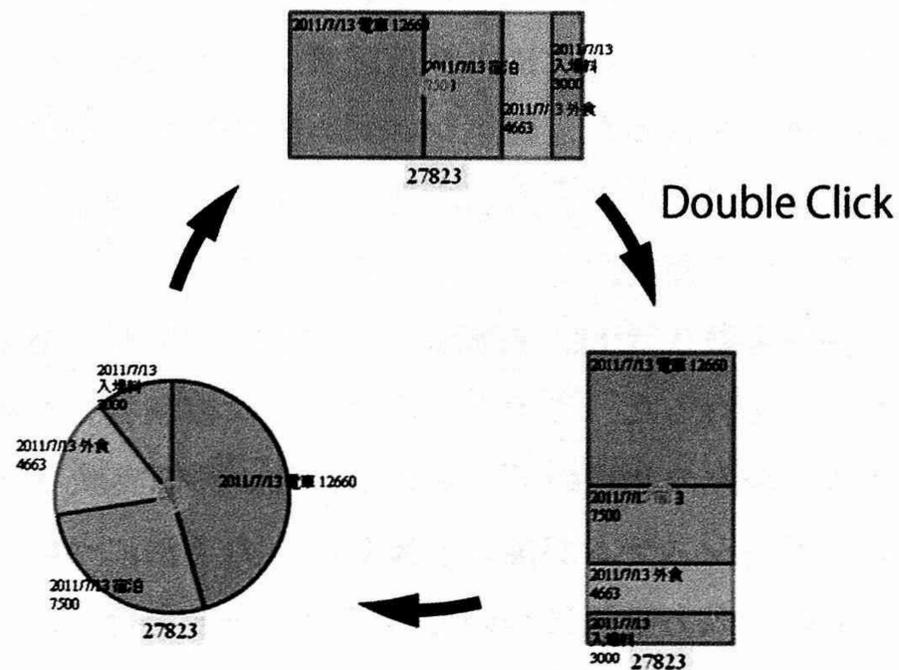


図22 合体図形の変形

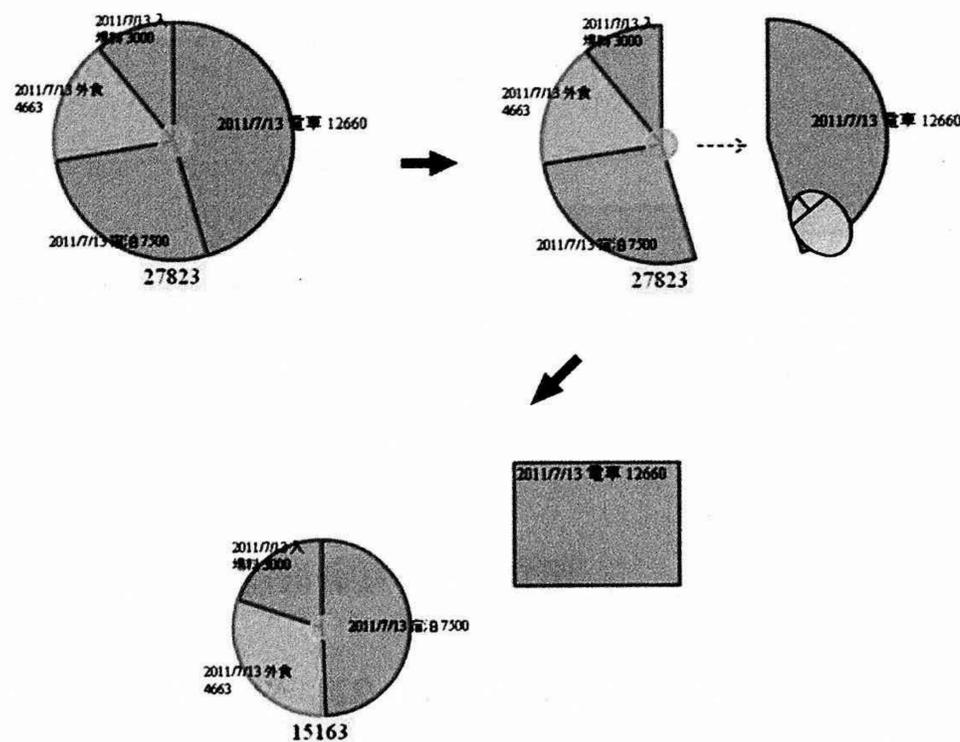


図23 合体図形からの分離

5.5 評価実験

本節では、提案システムの使われ方とその効果について調べた評価実験について述べる。今回の実験では、データの入力と配置方法の調査、それに加えてそれらのインタラクションにより被験者がどの程度それぞれのタグについて把握したかの確認を行った。提案システムのコンセプト全体の確認とはなっていないが、提案システムの最も基本とする金額の面積表示と空間配置の効果について調べたものである。

まず、評価実験1では、被験者に自由にタグを配置させ、その意図についてのアンケートを行った。このときのデータは被験者ごとの配置の比較を行うため、既に入力済みの共通のデータを用いた。評価実験2では、実際にデータを入力させ、提案システムが備える複数の入力手法について、その使用状況を調べるとともに、入力手法についてのアンケートを行った。入力データはデータの違いによる入力手法のばらつきをなくすため、すべて共通のデータを用いた。評価実験3では、被験者が入力、自由配置したタグがどの程度印象に残ってい

るか確認テストを行った，このテストでは，一般的な家計簿で集計表示に使われることの多い円グラフとの比較実験を行った．被験者はすべて20代の大学生と大学院生12名である．実験に先立って，被験者には本システムの概要と操作方法を説明し，操作の練習を行っている．

5.5.1 評価実験1（配置実験）

- 実験手法

評価実験1では，あらかじめ用意されているデータを被験者に自由に空間配置させた．データ件数は50件であり，あらかじめ用意したデータを読み込んだときの初期画面を図24に示す．被験者には，このデータを自分が家計簿をつけると仮定して見やすい位置に配置するように指示した．時間の制限は設けず，納得のいくまで操作するように指示したさせた．実験終了後，配置方針についてアンケートを行った．

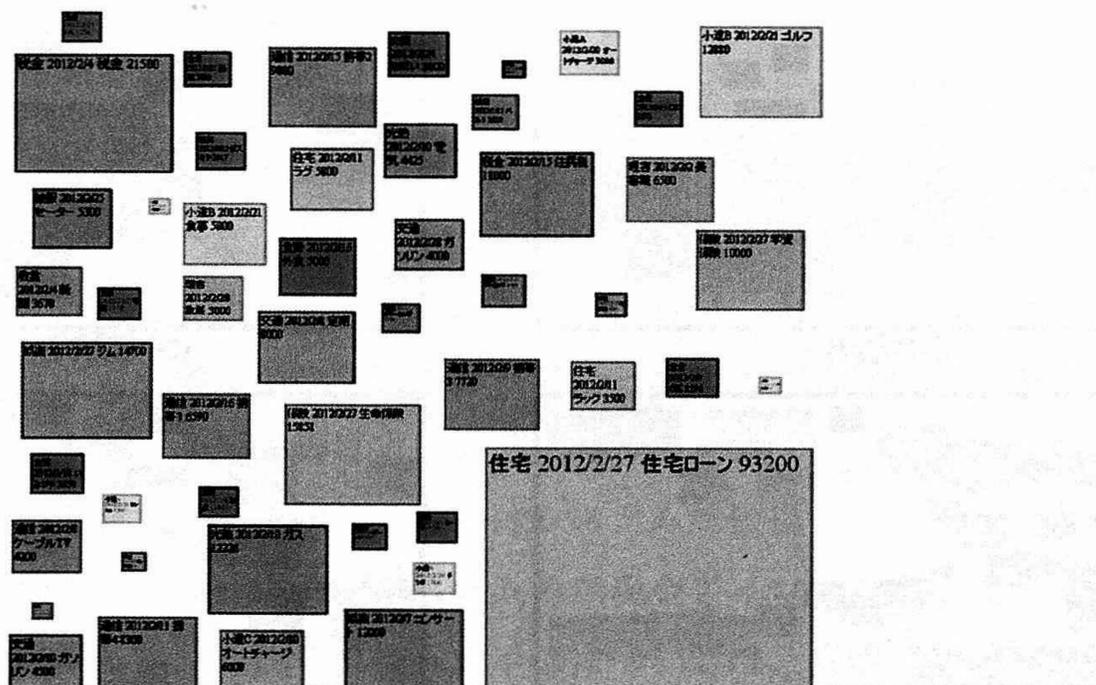


図24 配置実験 初期画面.

- 結果と考察

配置結果の例を図25に示す．被験者12名中11名が費目（色）を基に配置し

ていた(図25(a),(b),(c))が、1名だけは日付を基に配置していた(図25(d))。費目を基に配置した被験者も、どの費目を画面内のどこに配置するかは被験者ごとにまちまちであった。被験者Aは、“変動の大きそうなもの、日付がまちまちになりそうなものを上に、金額が大きく変動が少なく定期的に支払わなければならないさそうなものを下に”配置したと回答している。被験者Bは“左側に食費や娯楽等のプライベート的なものを、右側に光熱費・通信費等パブリック的なもの”を配置したと回答しており、被験者Cは“空間的に家から近いものを左、遠いものを右に。自分の体から近いものを上に、遠いものを下に”配置したと回答している。このことから費目ごとの性質の違いを画面内の配置で表現していたと言える。また、被験者Aはコンサートの支出タグの隣に同日の駐車場の支出を配置するなど、費目の枠を外れた配置も行っている。被験者Cは費目内での配置を日付順に右下がりにするなどして日付の要素も配置に取り込んでいる。

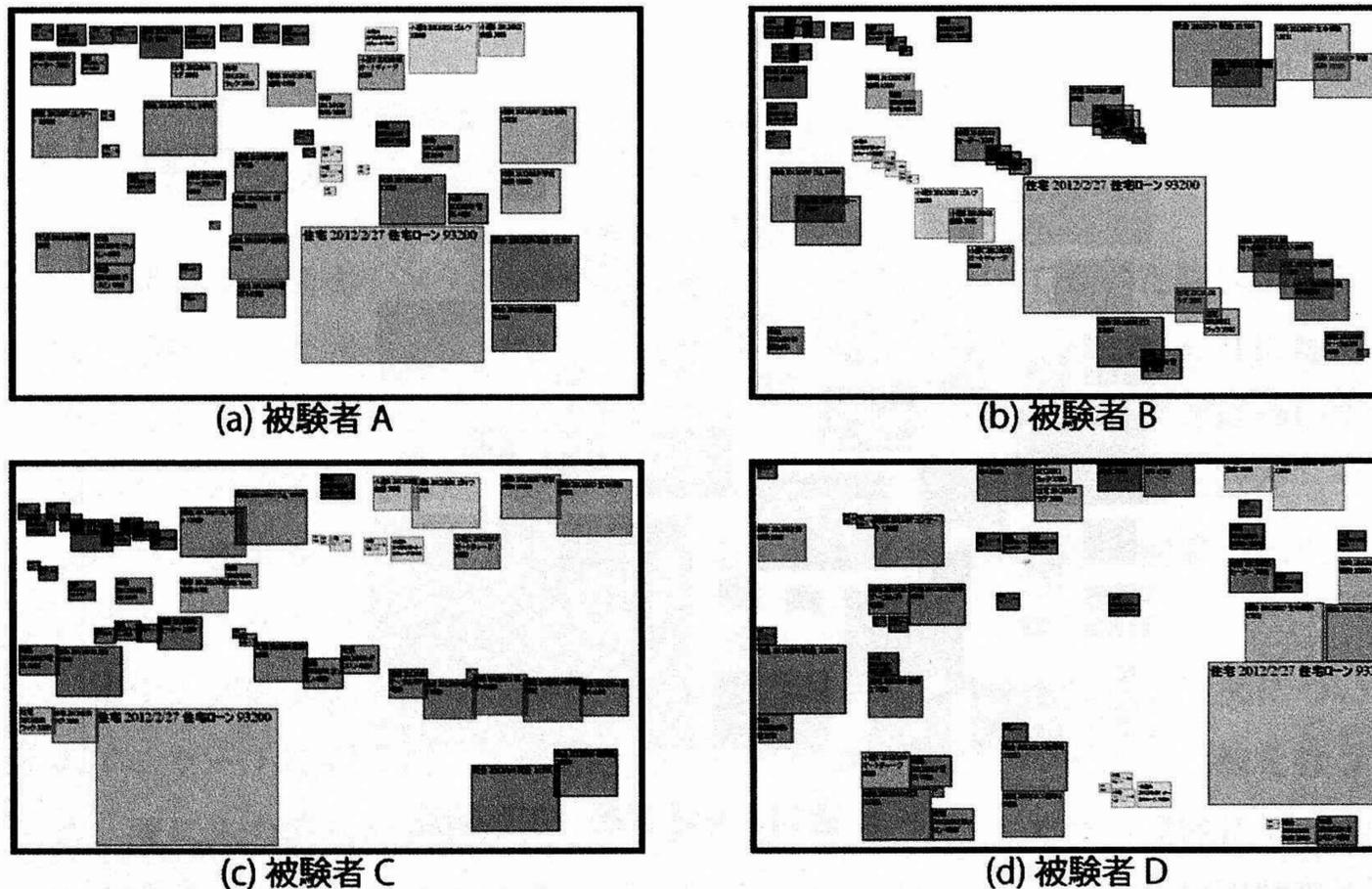


図25 配置実験 配置結果の例。

コンサートに行ったときの駐車場代を娯楽費とするか交通費とするかという

ように、家計簿をつけながら迷うことは良くあることである。提案手法では空間配置という特性を生かし、このような曖昧な点を曖昧なまま表現できると言える。また、配置の方法も個人によりさまざまであり、支出データの項目の意味や項目同士の関連をいかに表現するか、被験者の自由な思考を表すことができたと考えられる。

今回の評価実験では、著者が考えていた以上に、被験者ごとに異なったタグの配置をすることが確認できた。それらの配置は被験者それぞれの意図を形にしたものである。ただし今回の実験では、似たタグを少しずらした形で重ねて配置する被験者も多くいた。このような配置を行った場合、5.4.2で述べたような過去データとのレイヤ表示をおこなった際、その差がわかりにくくなることが考えられる。過去データとの重畳表示の効果については今回実験を行っていないため、重畳表示を行った時の見やすさ、また、その効果については評価できていない。

5.5.2 評価実験 2 (入力実験)

- 実験手法

評価実験 2 では、被験者に実際にデータを入力させ、提案システムの入力手法の使い方を調べた。入力項目は 10 件であり、評価実験 1 で使用したデータに追加して入力させた。入力内容は、費目、日付、項目、金額である。入力方法は、通常の家計簿で用いられるキーによる直接入力の他に、提案手法である複製による入力、図形描画による入力、現金アイコンによる入力である。どの手法を用いて新規タグを作成したかはシステムで監視した。また、金額の入力方法についても、キーボードからの入力か現金アイコンによる入力をシステムによって監視した。それぞれの入力手法については、実験前に練習を行っているが、実際にどの方法で入力するかは被験者の自由にさせた。

- 結果と考察

表6に各被験者が用いた入力手法の回数を示す。

表6 データ入力手法の利用回数.

被験者	新規タグの作成方法				金額入力方法	
	直接	複製	図形描画	現金アイコン	キー入力	現金アイコン
a	1	9	0	0	10	0
b	2	5	3	1	7	2
c	10	0	0	0	10	0
d	0	10	0	0	10	0
e	10	0	0	0	10	0
f	4	6	0	0	10	0
g	0	2	0	8	1	9
h	10	0	0	0	10	0
i	9	1	0	0	10	0
j	2	8	0	0	10	0
k	10	0	0	0	10	0
l	9	0	1	0	10	0

ほとんどの被験者が入力用テキストボックスに直接キー入力する方法を用いている。“エクセルと同じような入力だったので、違和感なく使えた”や“一番スタンダードに細かい設定まで打ち込めるのがいい”といった意見が得られ、提案システム特有の入力手法よりも、慣れている入力手法を選んだことがわかった。一方、複製方式を多用した被験者からは、“似た項目を入力するのに便利”や“入力を簡略化できた”など、複製方式を使うことによって入力の手間が省けるという意見が得られた。また、“新しく作られる図形が関連する図形の近くに作られる”、“複製元も記憶に残りやすい”など提案手法ならではの意見も得られた。

図形描画入力は、大きな金額の入力に際してはマウスを大きく動かすことになるため、“でっかい出費をした時の入力方法としては一番気持ちよかった”との意見もあったが、細かい金額の指定については、“他の方法を併用しなければ

ならず、二度手間”になるためかあまり使用されなかった。現金アイコンでの入力は“多少の金額の増減がやりやすかった”との意見や“複製との併用がやりやすかった”との意見もあるため、複製や図形描画による入力は現金アイコンの入力と組み合わせることで更に使いやすいものになると考えられる。特に、キーボードからの入力に慣れない人にとっては有効な入力手法だと考えられる。

提案手法は、入力のスピードよりもデータの理解を深めるための入力手法の提案であるが、操作が面倒な入力手法はやはりユーザに敬遠されがちである。一度図形描画入力を試みて操作方法に躓いた被験者は“それ以降図形描画入力を使わなかった”というように、入力手法についてはユーザの慣れも重要になってくる。しかし、一部の被験者は、複製による入力や、現金アイコンによる金額の入力方式を使用し始めると、ほとんどその方法を用いて入力しており、提案する入力手法が受け入れられる可能性も垣間見られた。

提案システムの入力手法は、入力のスピードよりもデータを概観し、気づきを増やすことを重視したものである。しかし、実際には面倒な入力手法は敬遠され、利用されない。評価実験でも慣れたキー入力手法を用いる被験者が多かった。そのため、提案手法による入力が、どの程度データの概観や気づきを促すことができたかは不明である。ごく一部の被験者は、複製入力や現金アイコン入力を多用しており、提案手法が受け入れられる可能性も見られた。

また、一部の意見として、複製による入力は、まず複製元となるタグを探すためか“複製元も記憶に残りやすい”という回答も得られたことから、提案手法が、他の項目との比較を促す入力手法であるという可能性も考えられる。

5.5.3 評価実験3（把握実験）

- 実験手法

評価実験3では、評価実験1, 2で被験者が自由に配置したデータを使って、それぞれのタグがどの程度印象に残っているか、テキストを表示しない状態で該当するタグを推測させる実験により評価した。データ入力についての評価実験2の終了後、被験者には5分の休憩を取らせ、その間提案システムの画面は見ないように指示した。その後、項目名や金額を示すテキストを非表示にした状態で、次の二つのモードで実験を行った。一つは、被験者自らが配置した自

由配置モードであり、もう一つは金額順でソートした円グラフモードである(図26)。テスト問題として、費目、日付、項目、金額がテキスト表示される。どちらのモードも、ランダムに現れるテスト問題に該当するタグをクリックさせ、正解が出るまでの時間を計測した。テスト問題はそれぞれ20問がランダムに出題される。順位効果相殺のためどちらのモードを先にするかは被験者ごとにランダムとした。また、画面に表示されているタグは、配置実験で用いた50件と入力実験で用いた10件の計60件である。

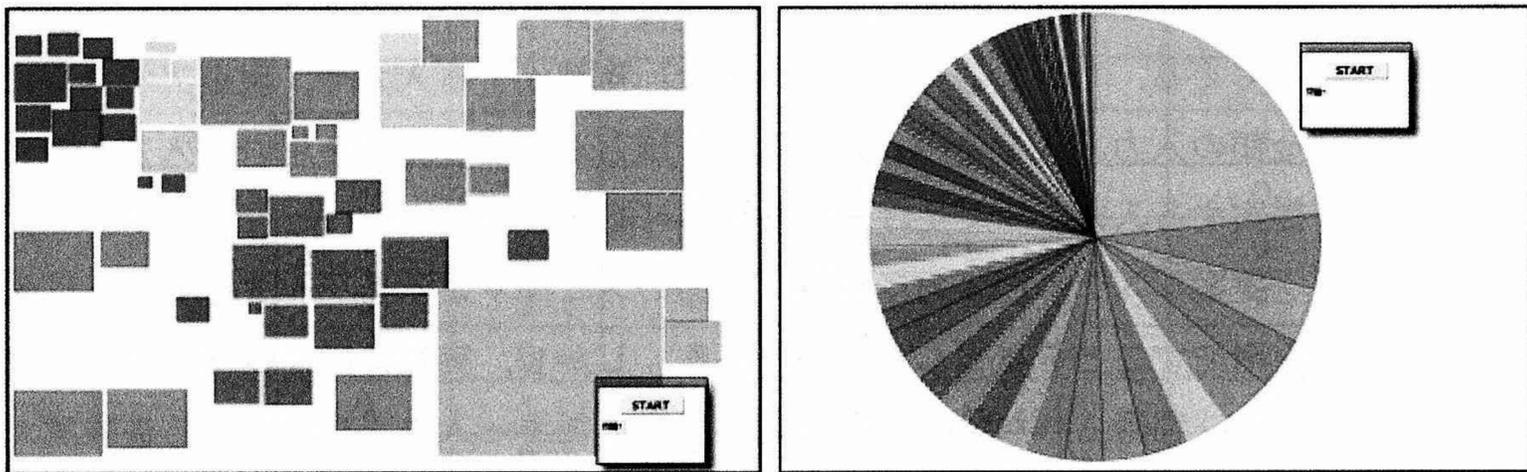


図26 自由配置モード(左) 円グラフモード(右)。

- 結果と考察

図27に被験者ごとの回答時間のグラフを示す。この結果を対応有り両側t検定を行ったところ($t(11)=-3.532, p<.05$)となり、5%水準で自由配置と円グラフの間に有意差が確認された。円グラフは金額によってソートされているため、金額を目安にタグを探すことができると考えられるが、個人の思考を反映した自由配置のほうが該当するタグを速く探せることが分かった。

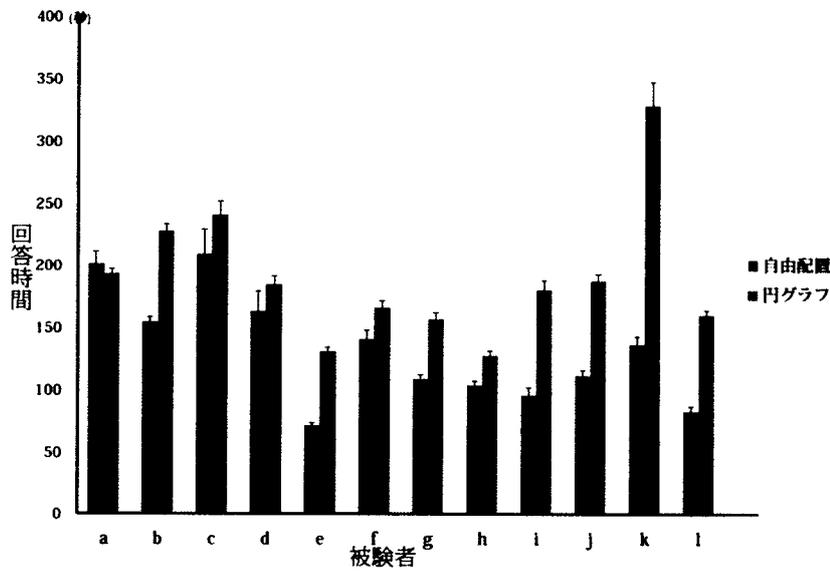


図27 被験者ごとの回答時間.

また、図 28 に一度も間違わずに回答できた問題数（正答数）の平均値のグラフを示す。この結果を対応有り両側 t 検定を行ったところ($t(11)=4.083, p<.05$)となり、これも 5%水準で自由配置と円グラフの間に有意差が確認できた。短時間での配置作業であったが、被験者は独自のルールに基づいて配置した位置関係を、かなり正確に把握していることがわかった。

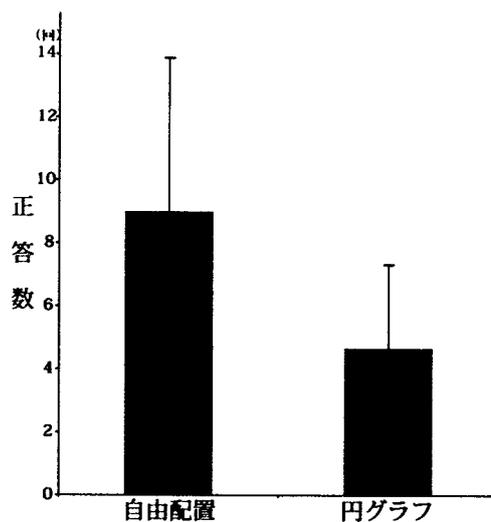


図28 一度も間違わずに回答できた問題数（正答数）.

テストデータでの配置実験ではあったが、被験者の意図を反映した配置は印象に残り、円グラフによる集計よりも、個々のデータの把握がしやすいことが分かった。この実験に先立っては、円グラフと帯グラフの比較実験を行っている。帯グラフのアスペクト比を一定にした状態では、円グラフに比べかなり難しいテストになったため、今回は円グラフとの比較実験を行った。家計簿の集計グラフとして用いられることの多い円グラフであるが、円グラフを構成する扇形と支出項目との対応は把握しずらく、ユーザごとの自由な評価軸によって配置された自由配置のほうが把握しやすいと言える。提案システムでは常に全体を眺めながら入力作業や配置作業をしており、全体を概観することと部分を把握することがシームレスに行えるデザインであると言える。

このことは、検索誘導性忘却を起こさせないためにも有効であると考えられる。検索誘導性忘却とは、ある情報の検索に伴い、それと関連する他の情報の記憶成績が低下する現象である[70][71]。ある項目を確認しようとしたときに、テキスト入力による検索を行った場合、その項目に関連する他の項目が想起されにくい状態になることが危惧される。しかし検索誘導性忘却は、検索練習によってのみ生起し、項目の再提示では生起しないことが示されている[72]。常に全体が提示されている提案手法のデザインは、テキストの入力による検索の必要性が少なく、検索誘導性忘却が生起しにくいと考えられる。

5.5.4 長期使用に基づく考察

著者は2011年4月から2012年7月の15ヶ月間提案システムを使用し、その評価を行ってきた。本節ではその使用方法と所感について述べる。

- 空間配置の利用方法

提案システムの使い始めは、タグの配置場所に迷うこともあったが、頻繁に入力する項目から徐々に配置場所が決定する傾向が見られている。過去のデータをレイヤ表示できるようになってからは、食費のように、ほぼ一定の支出となる費目は、月初めからその費目のための空間を確保しておくようにしたため、結果的に確保した空間の大きさが、その費目のおおよその予算額と思えるようになった。反対にたまにしか出てこない項目については、何度も置き場所を変

更する操作を行った。後から見返したときにすぐに見つけやすいように、レイヤを重ねて表示したときも他の費目と重ならない位置を探して試行錯誤を行ったためである。

- 途中経過の確認のしやすさ

同じ費目を固めて配置するようにしたため、毎月ほぼ一定の支出がある費目について、月の途中でも支出状況の確認ができた。前月のデータを重畳表示することで、「今月 10 日までで、先月の 1/3 程度の支出だから先月と同じペース」、「今月は先月に比べて使いすぎだから、これからはちょっと気をつけよう」といった確認が入力と同時にできた。

- 金額の変動への注意

定期的にある支出において、過去のデータに比べて金額が変動した場合、誤差的な変動なのか、季節的な変動かなど意味を考えることがあった。ただし、レイヤーによる重畳表示では、2、3 ヶ月の比較が限度であり、特定の項目に絞ったうえで、長期変動を把握する為の表示が必要であると思われる。

- 入力忘れや二重入力のミスの軽減

入力が終われば捨ててしまうレシートと違って、ある程度保存しておく領収書などは、入力済みか未入力かわからなくなり迷うこともあるが、試作システムの場合、ひと月分が一覧できるので入力忘れや二重入力のミスの確認が容易であった。例えばひと月に 1 回の電気代のような支出は、未入力なら前月分が薄く表示される。そのため今月分は未入力だと認識でき、毎月重ねて同じ位置に置いておけば入力済みであることが分かる。

また、月に 1 回から数回の支出項目に対して、一定期間ごとの支出であることの再確認ができた。反対に、予定より短い期間での支出となったときに、その原因を考えさせるきっかけとなった。

- 入力方式の使い分け

通勤定期代や生命保険の引き落としなど、毎月同じ金額の支出に対しては、複製方式を多用した。前月の同じ項目のタグを複製し、日付のみ修正することで、毎月の支払いの確認となった。電気代のように、月ごとに変動する支出に対し

ては図形入力方式を用いていたが、やはり細かな金額までマウスであわせるのは難しく、提案システムでも500円単位での描画にするよう仕様変更した。しかし、これによって、現金アイコンでの入力方式と併用しやすくなった。

現金アイコンでの入力方式ができてからは、複製や、図形入力方式でタグを作成し、端数は現金アイコンをクリックすることで実際の金額に調整するようになった。また、コンビニでの支払いなど、細かな支出は前回のダグの上に現金アイコンをドラッグアンドドロップすることで、入力を簡単に済ませるようになった。この場合一回ごとの支出額や日付の情報が失われてしまうが、それらの細かい情報を後から必要としたことはない。反対に、1ヶ月間のコンビニでの支払金額が入力と同時に集計されていることになり、少額の買い物が積み重ねでかなり大きくなることの確認になった。

● ディスプレイサイズの問題

提案システムの使いやすさは、ディスプレイの大きさに依存する。ディスプレイサイズの異なるPCを使用した場合、そのディスプレイサイズに合わせてタグを配置し直したくなることがあった。あまり小さな画面では、タグが収まりきらず概要把握にも問題が生じるが、拡大、縮小の機能を追加したときは、それに頼るあまり金額の大きさが把握しづらくなることがあった。ある程度固定的な倍率指定についての検討も必要であると感じた。

● 分割支払い機能

提案システムを使い始めて、毎月一定額の支出については把握できるようになったため、高額支出への問題意識が強くなったと思える。ただし、この機能があるからと行って、高額支出を抑えられたとは言えない、学費や車検代など、高額支出の項目は削ることのできないものが多いためである。また、分割支払いの表示に寄って定期的な支出を抑えられたところまでは、確認されていない。

● 集計機能

操作ボタンによる月全体の集計機能はあまり使うことはなかった。この原因として、通常の画面で費目ごとの集計がほぼ確認できること、月の収支の総合計が棒グラフとして常に表示されていることなどが考えられる。反対に特定のタグを集めて集計する機能は、イベントがあったときにそのイベントでトータ

ルの支出を確認するのに役立った。

5.6 本章のまとめ

本章では、認知ツールの例として家計簿を取り上げた。認知ツールとしての家計簿は、収支の履歴に終わることなく、家計の現状の概要を把握し、それに対する気づきを促すためのツールであるべきである。そのためのインタラクションデザインの提案を行った。空間配置や面積表示を用いた家計簿の特性を生かし、レイヤによる過去との比較や視覚的なフィードバックを得る入力方式についても提案している。提案システム *CatchyAccount* を用いて評価実験を行い、個人の家計に対する考えや意図を反映しやすいことが確かめられた。

家計簿をつけながら現状を把握し、将来の計画を考えることのできる認知ツールとしての家計簿をつけることは、単なる入力作業ではなく、将来へ計画を立てるという情報創出の場であると言える。

中小路らは、創造的情報創出のためのインタラクションデザインの鍵として、次の4項目を挙げている[64]。

- 曖昧さを表現できる表現系
- <解>と<問題>とを表せる表現系
- 作りかけの<部分>と、できあがりつつある<全体>とを同時に概観できる表現系
- これらを、<直感的に>操作できる操作系

提案システムは、娯楽費であるコンサートのタグに並べて、同じ日の支出である駐車場のタグを置いた被験者がいたように、費目の分類枠を越え、空間配置によってその曖昧さを自由に表現することができる。過去のデータとの重畳表示で緩やかに予算管理を行えることは、<解>と<問題>とを表していると考えられる。長期使用で徐々に図形の配置を決めていったことは、作りかけの<部分>と、できあがりつつある<全体>とを同時に概観しながらの作業と言える。また、各項目の配置作業や入力作業を行うだけで、それらの位置関係や項目の内容を把握していたことも、<部分>と<全体>を同時に概観してい

た結果だと言える。項目を空間配置するだけで、被験者それぞれの評価軸を自然と作成していたことは、その操作が＜直感的＞であるからに外ならない。今回提案した家計簿は、これらの点から、家計の未来を考えるための認知ツールとなり得ると考えている。

ただし、評価実験や、長期使用実験を通して、提案した家計簿における問題点もいくつか浮上してきた。それらの問題点とその検討については、次章で述べる。

第6章 認知ツールとしての再設計

前章では、認知ツールの例として家計簿を取り上げ、そのインタラクションデザインの提案を行った。提案システム *CatchyAccount* の評価実験では、空間配置がユーザの意図を表現でき、家計に対する個人の評価軸に沿って自由にタグを配置することが確認された。空間配置が印象に残りやすく、認識精度も高いことが示された一方で、円グラフや棒グラフによる集計表示の有効性への疑問も浮かび上がった。本章では、前章までの検討で浮かび上がった問題点を洗い出し、認知ツールとしての家計簿の再設計を行う。

6.1 はじめに

前章では、家計に占める個々の支出の意味や大きさを実感するための家計簿のインタラクションデザインを提案した。その背景には、一般の家計簿において、家計簿をつけること自体が目的となっているのではないかという問題意識があった。家計簿に関するアンケートにおいても、つけるのが面倒という回答や、つけ続けられない理由として、入力や計算が面倒という意見が多く、収支を簡単に入力できる機能や自動集計の機能が望まれている[61]。その一方で、入力したデータや、その集計結果をどのように利用するかを検討は殆どなされていない。

著者は、家計簿をつけ続けられない本当の理由が、入力が面倒なことだけではなく、面倒な入力をこなしたとしても、その結果を有効に利用できないからではないかと考えた。家計簿が、収支履歴の記録とその集計にとどまっていれば、日々の家計をやりくりするために家計簿をつける必要は少ない。家計簿から家計の現状を把握し、将来の生活設計に生かしてこそ家計簿をつける意味があると考えられる。

そこで、第5章において、家計について考えるための家計簿であり、認知ツールとしての家計簿 *CatchyAccount* の提案を行った。*CatchyAccount* の基本デザインは、金額を面積に換算し、その図形を空間配置することである。このデザインにより、入力中のデータだけに集中するのではなく、自然と収支の概要を確認しながら入力作業を行うことができる。一つ一つの入力と全体の概要把握とを同時に行えるデザインである。

しかし、その評価実験と長期使用実験において、いくつかの問題浮かびあがってきた。本章では、それらについて検討し、認知ツールとしての家計簿のインタラクションデザインの再設計を行う。まず、6.2節では、前章で設計した家計簿の認知ツールとしての問題点について述べる。6.3節では、それらを解決するためのシステムの再設計の方針について述べる。6.4節で本章のまとめを行う。

6.2 解決すべき問題点

本節では第5章で行った評価実験や、長期使用実験において浮かび上がった認知ツールとしての問題点について述べる。

6.2.1 費目分類の固定化

一般の家計簿と同じく、*CatchyAccount* でも、収支の入力の際に費目による分類を行ってきた。*CatchyAccount* では費目に対応する色が決まっていることで、面積換算された図形（以後タグと呼ぶ）を費目ごとの色で表現することができる。一つ一つの金額は小さくても同じ色のタグがたくさんあれば、その費目はトータルとして大きな金額になっていることが一目でわかる。また、あるイベントの支出をまとめたで配置したとしても、その配置内でのそれぞれの費目の占める割合も視覚的に把握することができる。

システム設計当初は、費目の追加や対応する色の変更を自由に行えるようにしていた、しかし、いったん費目を決定した後は、なかなか新しい費目を追加したり、今まである費目を分割するなどの操作が行われなかった。家計簿をつけていて、どの費目に分類するか迷うことはよくあることであるが、そのような場合においても、新しい費目を追加するよりも、いずれかの費目に分類し、

その配置を調整する（通常は費目ごとに固めているタグを、あるタグだけは離しておく、もしくは、他の費目のタグの近くに配置するなど）ことで、その項目を他と区別することが多かった。

ある支出のカテゴリ分けを考えることは、その支出が家計の中でどのような位置付けであるかを考えるきっかけになる。例えば、毎日使っている家電製品が壊れたときの修理代と、興味本位で買ってしまった家電製品を同じ“住居備品”のようなカテゴリに入れてしまっているのだろうか。後者はより“娯楽”や“小遣”的なカテゴリのほうが望ましいのではないか。このような、それぞれの支出のカテゴリを考えることは、家計簿をつける作業を、支出の用途や重要度などを確認、実感することである。従って、カテゴリ分類をできるだけ固定化せず、常に考えさせるインタフェースデザインが必要である。

6.2.2 費目内の分類のわかりにくさ

提案システムでは、費目ごとに色が固定であったため、費目内での区別がつきにくいという問題があった。費目内での区別のつきにくさは、図 19 や図 20 のような集計表示をしたときに特に顕著となる。自由空間配置では、色と位置情報によって区別されていたタグが、位置情報を失う上に、同じ色のタグが固めて表示されてしまうために、区別することが困難になってしまう。このことは、長期使用実験で集計操作があまり用いられなかった原因の一つとも考えられる。

6.2.1 で示したようなカテゴリ分けに迷うような項目の場合、同じカテゴリ内に入れたとしても、それぞれの支出に対する意識は全く異なるはずである。それら“避けられない出費／抑えられる出費”，“強制的で仕方ない出費／楽しみのための出費”，“客観的重要度／主観的重要度”などの区別を、同じカテゴリ内でも認識可能であれば、集計表示されたとしても一覧しやすい。従って、同じカテゴリ内でも更に細かく分類表示したり、ユーザの意識の違いを表現できることが望ましい。

6.2.3 キー入力とタグ配置の問題

提案システムでは、金額の入力方式として、キー入力による方法、複製によ

る方法、図形描画による方法、現金アイコンによる方法の4種類を実装しており、ユーザの好みに応じて使い分けるようにしていた。このうち、キー入力方式は、数値の入力として一般に用いられている方式であり、5.5.2の評価実験においても使用する被験者が多かった。しかし、この方法では、入力したタグが自動で配置されるために、タグの配置に関してユーザの意図が反映されず、タグの位置を見失うこともあった。ユーザの意図を反映するためには、入力後ユーザが意図的にドラッグアンドドロップしてタグの位置を修正する必要がある。しかし、その操作は強制的でないため、実際に操作されるかどうかは不明確である。ただ機械的に入力した場合に、提案システムの認知ツールとしての意味を実感しないままに終わってしまうことも危惧される。そこでタグの新規入力においても、必ずユーザの意図を反映した配置を促す必要があると考えられる。

6.2.4 集計機能とタグ位置の問題

提案システムでは集計機能として、総集計の円グラフ表示、費目別集計の棒グラフ表示、個別集計の帯グラフと円グラフ表示を実装していた。しかし、長期使用実験において、総集計や費目別集計があまり使用されないということが判明した。この原因として、ユーザが自由配置したタグの状況で概要が把握できるということがある。しかし、それだけで集計グラフの必要がなくなるわけではない。アンケートやデモ展示の際にはタグ同士の隙間が気になるという意見も多数よせられており、タグ同士をあわせて集計グラフの状態にする要望はかなりあった。それでも集計グラフがあまり使用されなかった原因として、集計グラフにしたときに、その位置情報が失われ、それぞれのタグの認識が困難になることが考えられる。また、6.2.2でも述べたように、同じ費目は同じ色で表示されていたために、費目ごとに固めて表示した場合、タグ上のテキストでしかそれぞれのタグを区別することができない。これは、集計グラフにしたときに、それぞれのタグがもっていた位置情報としてのメタコメントが失われるということである。情報取り込みの初期段階に重要となるメタコメントが失われることは認知ツールとして好ましいことではない。そこで、できるだけ位置情報を考慮した集計方法や、集計表示したときにもタグの区別が可能となる表示が必要となる。

6.2.5 ディスプレイサイズの問題と倍率

提案システムは、金額に比例した面積を持つタグを表示するために、金額が大きくなるとディスプレイに入りきらないという問題が発生する。そのために、スクロール機能も備えているが、全体を確認したいときに全体が見えないのは問題である。しかし、マウスホイールの操作によって、自由に表示倍率を設定できる機能を実装したときには、金額の大きさが実感しにくくなるという問題が発生した。一定の倍率で表示できるのが理想ではあるが、ディスプレイサイズの問題は避けて通れないため、固定倍率での表示倍率切り替え機能が必要である。

6.2.6 複数口座への対応

提案システムでは、収支の内容に対してだけの記述であり、どの口座からあるいは現金からの収支であるかの区別はされていなかった。しかし実際には、現金によって支払う場合もあれば、銀行口座から直接引き落とされる場合もある。クレジットカードの場合は実際の支出（商品の購入）とキャッシュフローとしての支出（銀行からの引落とし）の日付が異なるため、銀行残高だけ見ていると、余裕があるように思えても、実際には残高不足に陥る場合も考えられる。そこで、複数口座の管理機能は家計簿として必要であると考えられる。しかも、それぞれの口座履歴を詳細に記述するのではなく、口座状況が緩やかに提示され、口座情報の概要把握を促すデザインが望ましいと考えられる。

6.3 システムの再設計

本節では、前節で述べた問題点に対処するために、新たに設計した CatchyAccount のシステム概要について、追加・変更した機能を中心に説明する。

6.3.1 システム画面

提案システムでは、ひとつひとつの収支金額を面積換算し、その面積を持つ

図形(タグ)として空間配置したビジュアライゼーションを採用している(図29)。タグの色, 配置は自由に設定することができる。このメイン画面と入力に用いる画面を別ウインドウとし, 概要を確認するときにはメイン画面だけを大きく表示できるようにした。また, 入力用の画面を別ウインドウとしたことで, 入力中の項目と関連している入力済みのタグの近くに, 入力ウインドウを移動させて, 入力作業ができるようにした。

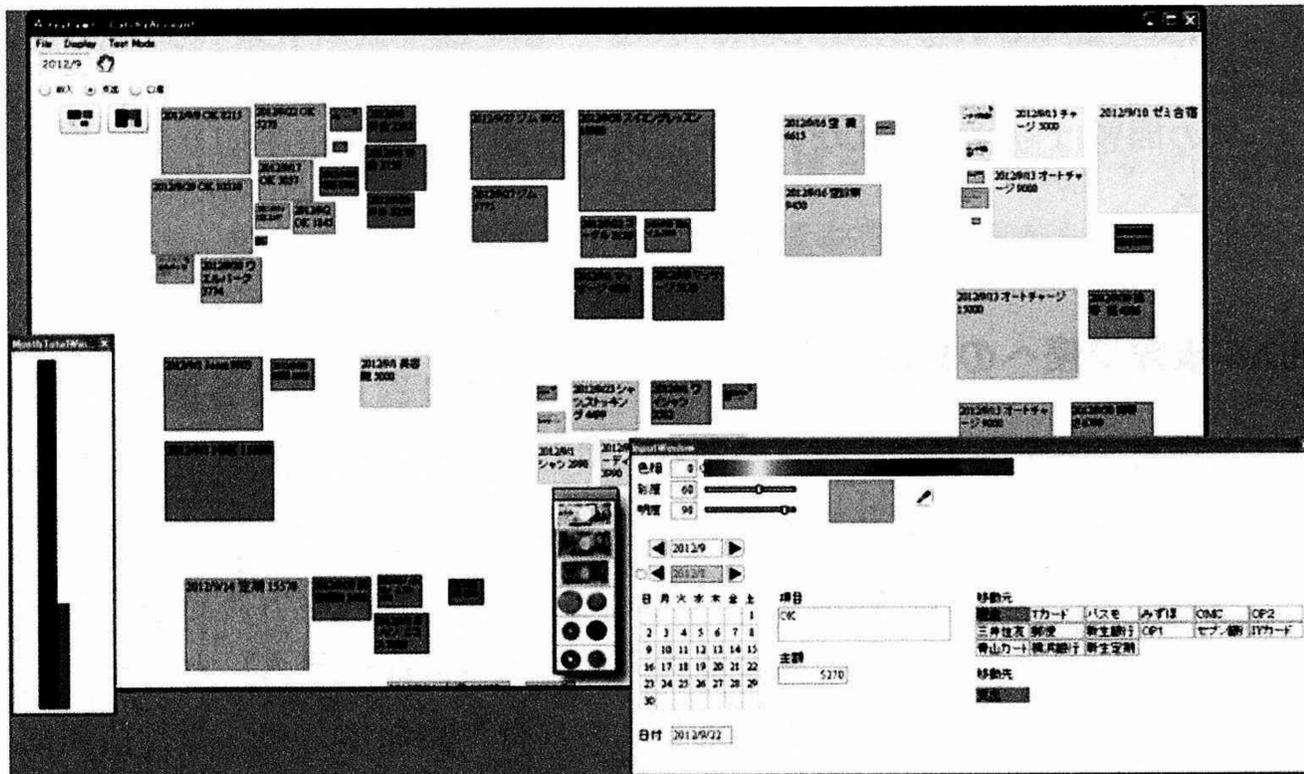


図29 画面イメージ(メイン画面(中央)と月集計 Window(左下), CashTray(中央下), InputWindow(右下))

メイン画面はラジオボタンの選択により, 収入画面, 支出画面, 口座画面を切り替えることができる。データ入力に用いる InputWindow や CashTray, 月の収支バランスを示す MonthTotalWindow は必要に応じて表示非表示を切り替えることができる。

InputWindow は入力に用いるだけでなく, 項目の詳細情報の表示画面にもなっている。タグの上をマウスオーバーすると, そのタグの詳細情報が InputWindow に表示される。金額が小さいために, タグ上のテキストでは, タグの詳細情報が確認しづらい場合も InputWindow により簡単に確認できる。また, 各タグの口座情報はこの機能により確認することができる。

6.3.2 入力機能

データ入力には InputWindow を用いる。InputWindow 上で、項目の色、日付、項目の内容を入力し、口座を選択する。メイン画面上に、CashTray から現金アイコンをドラッグアンドドロップすると新規入力できる。入力したタグは引き続き修正モードになっているため、入力項目を確認／修正し、Modify ボタンを押すことにより確定する。いったん確定したタグはクリックすることにより、修正モードになり、入力を修正することができる。

既に入力したタグと同じ色で新しいタグを入力したい場合はスポイト機能を使うことができる。InputWindow 上のスポイトボタンをクリックした状態で、既にあるタグをクリックするとそのタグの色が InputWindow 上にコピーされる。その状態で、現金アイコンをドラッグアンドドロップすると、新たなタグを作成することができる。

今回の修正では、新規入力の際に必ず現金アイコンのドラッグを用いるようになっていて、現金アイコンがドロップされた位置に新しいタグが作成されるので、ユーザは、既に配置してあるタグとの関係を考えながら、新規のタグの位置を決めることができる。既にあるタグを右クリックすることでそのタグの複製をつくる機能や、図形描画機能で新しいタグを入力する機能は従来と同じである。

6.3.3 レイヤ機能

レイヤ機能は、入力中の月のレイヤの下に、他の月のデータを薄く表示する機能である。InputWindow の表示月のチェックボタンをクリックすることにより、レイヤ表示のオン／オフを切り替えることができる。表示される月は任意に切り替えることができる。従来は、最前面に表示されている月よりも過去の月しか表示することができなかったが、現行のシステムでは、過去の月を最前面にし、その月よりも将来の月を下層に表示するなど、柔軟な操作が行える。

6.3.4 カテゴリ分け機能

今までの“食費”，“交通費“のような費目ごとにタグを分類することをやめ、

色を選択することで、タグごとの分類や関連度を表すようにした。入力する際に、タグの色を InputWindow 内の色相、彩度、明度で指定する。選択された色は、InputWindow 上の矩形で確認することができる。選択した色でよければ、キャッシュトレイから現金アイコンをドラッグすることにより新規入力できる。既に入力したタグと同じ色を付けたい場合は、スポイトモードを使用する。スポイトボタンをクリックした状態で、既に入力されたタグをクリックすることにより、そのタグの内容を InputWindow にコピーすることができる。このとき、色だけでなく日付や項目、口座情報なども InputWindow にコピーされるため、必要事項を修正し、現金アイコンをドラッグアンドドロップすることにより、同じ色のタグが新規入力できる。また、いったんスポイトで吸い取った色から、色相、彩度、明度を変更することにより、既に使った色と近い色を選択することもできる。

従来の費目による分類の機能は、色相の値で行っている。従って、同じ色相を用いながら、彩度や明度を変更することで、同じグループ内での分類を行うことができる。たとえば、従来の食費に分類されていたタグの色相を 0 とし、日常の買い物と、それ以外の買い物、外食などを、彩度、明度で区別することができる (図 30)。

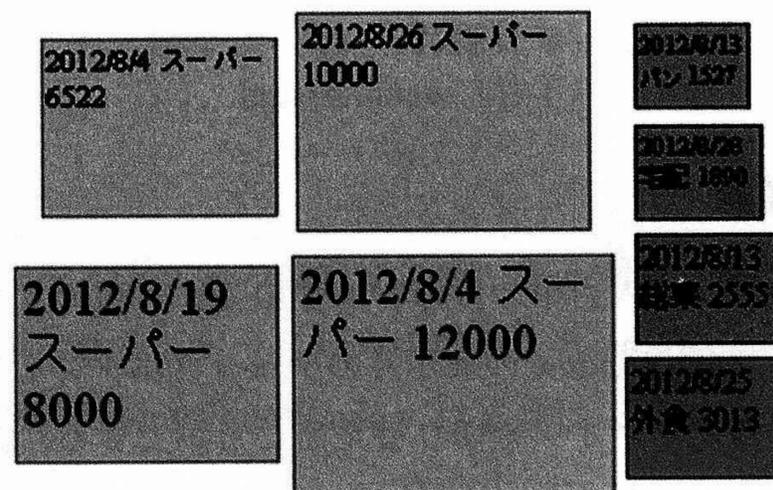


図30 色による分類

ただし、色相、彩度、明度による色指定は自由度が高い一方、どの程度ユーザが意図したとおりの視覚効果が得られるかは難しい問題となっている。この

ため望みの視覚効果が得られるまで、ユーザは試行錯誤を繰り返すことになるが、そのことが思考の機会を促すことも考えられる。

6.3.5 集計機能

提案システムは用途によって4種類の集計機能を持つ。このうち月の総収支を棒グラフで表す機能は、別ウインドウ（月集計 Window）として、表示・非表示の切替えができるようにしたが、表示内容としては5章での述べたとおりである。

その他の集計ではツリーマップ形式を採用した。元のタグの位置関係をできるだけ保持する形で、ツリーマップ形式で各タグを合体した集計表示とした。これは、タグの配置がユーザの意図を反映したものであり、集計表示したときにその位置関係が大幅に変化すると元のタグを見失う恐れが大きいためである。

- 個別集計

個別集計機能は、複数のタグを集計するとき、それらのタグを囲むようにドラッグアンドドロップすることで、合計額を表示する機能である（図31）。旅行の時の交通費や宿泊費など関連のある項目をまとめ、合計額を見たいときなどに使用する。合計金額の欄をダブルクリックすることで元の表示に戻すことができるため、必要に応じて、合体と分離を行うことができる。

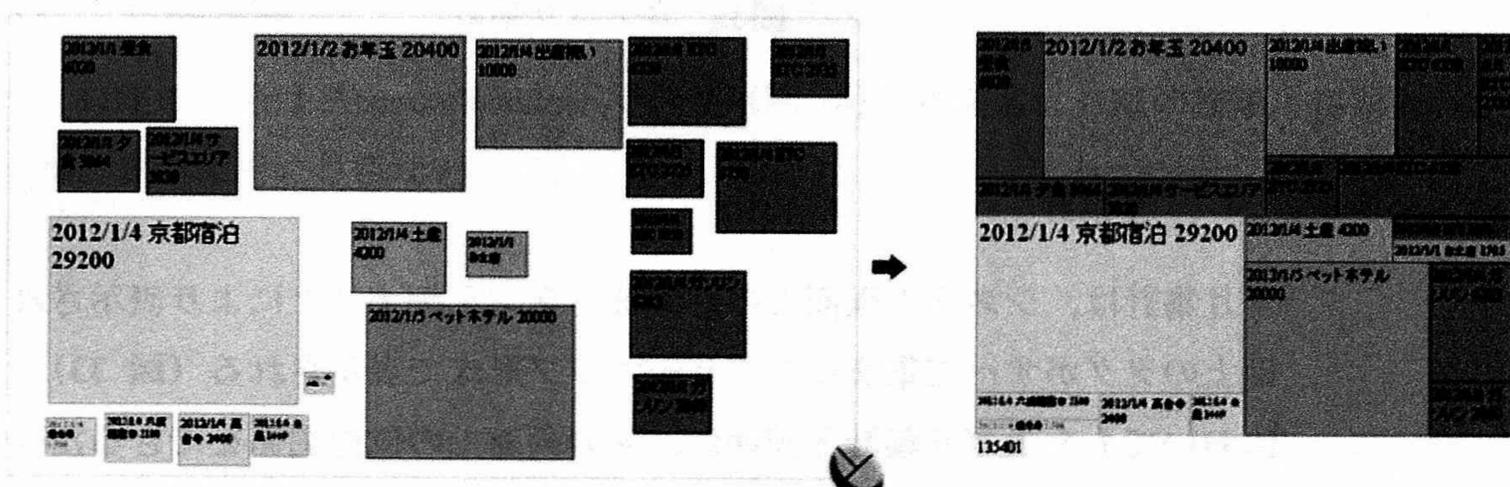


図31 個別集計

- カテゴリ集計

カテゴリ集計は、システム画面上のカテゴリ集計ボタンを押すことにより表示される。画面上のタグが、色相ごとのカテゴリとなって、ツリーマップ形式で表示される（図 32）。カテゴリごとの合計金額も表示されている。提案システムでは、費目による分類は行っていないが、この機能によって色相での分類は従来の費目での分類に近いものになっている。また、各項目は同じ色相でも明度や彩度により色の区別を行っているため、カテゴリ間の比較だけでなく、カテゴリ内での詳細情報も認識しやすくなっている。カテゴリ集計ボタンを再度クリックすることにより元の表示に戻る。

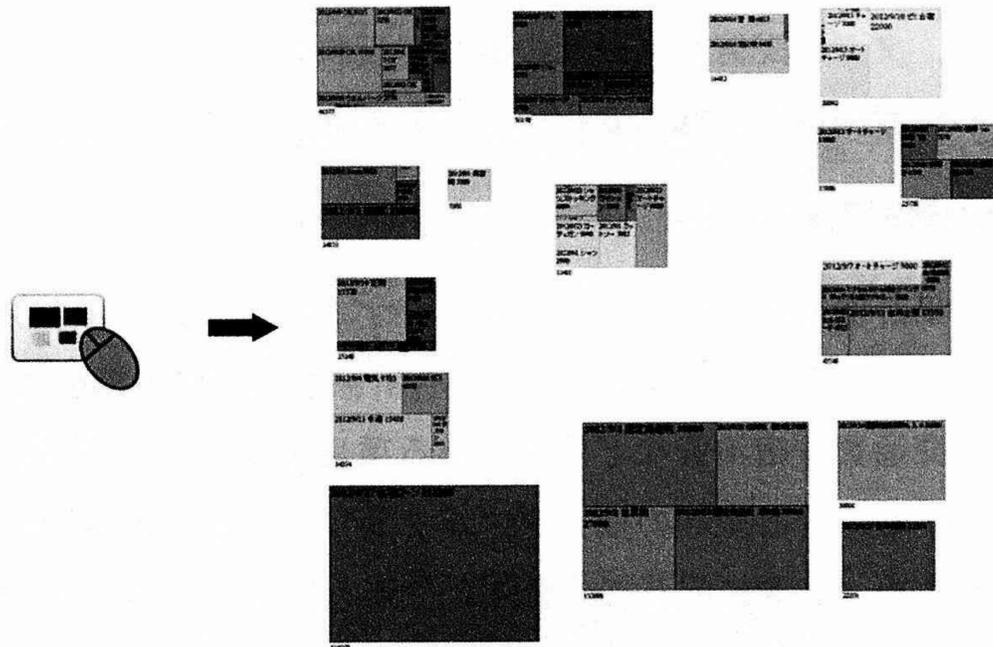


図32 カテゴリ集計

- 月集計

月集計は、システム画面上の月集計ボタンを押すことにより表示される。画面上のタグがすべて集まってツリーマップ形式で表示される（図 33）。月集計においてもカテゴリ集計と同様に、元の画面上の位置関係をできるだけ保持した状態でのツリーマップ形式になるため、元のタグを見失うことが少なくなっている。月集計ボタンを再度クリックすることにより元の表示に戻る。

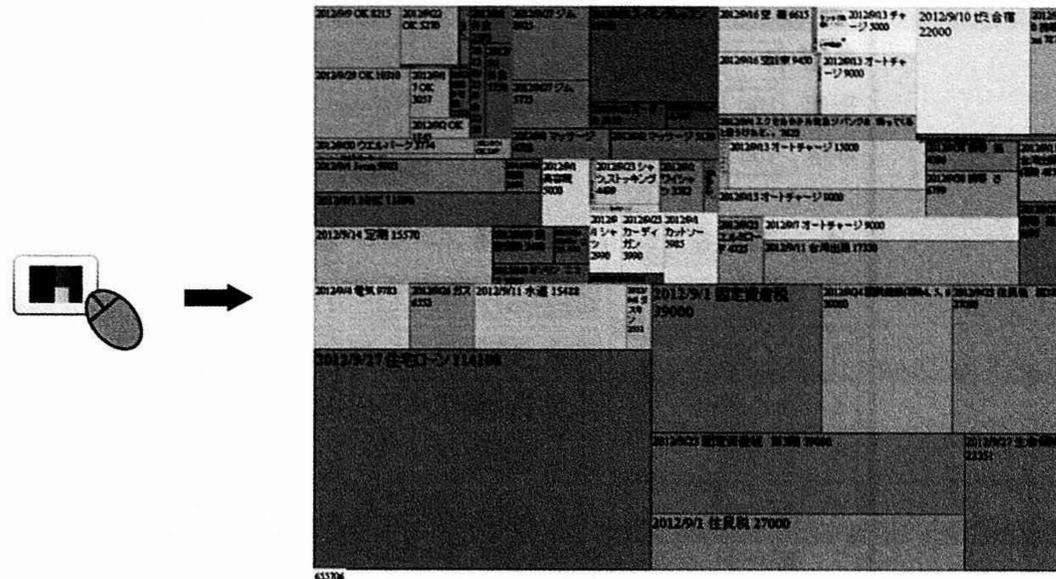


図33 月集計

6.3.6 口座管理

口座管理機能は、収支が実際にどの口座を通じて行われたかを記録するものである。現金によって支払う場合もあれば、銀行口座から直接引き落とされる場合もある。クレジットカードの場合は実際の支出（商品の購入）とキャッシュフローとしての支出（銀行からの引落とし）の日付が異なるため、銀行残高だけ見ていると、余裕があるように思えても、実際には残高不足に陥る場合も考えられる。CatchyAccountでの口座管理方法は次のようになっている。

(1) 口座登録

口座の登録は AccountWindow で行う（図 34）。口座名、口座の種類、初期金額、表示に用いる色などを登録する。

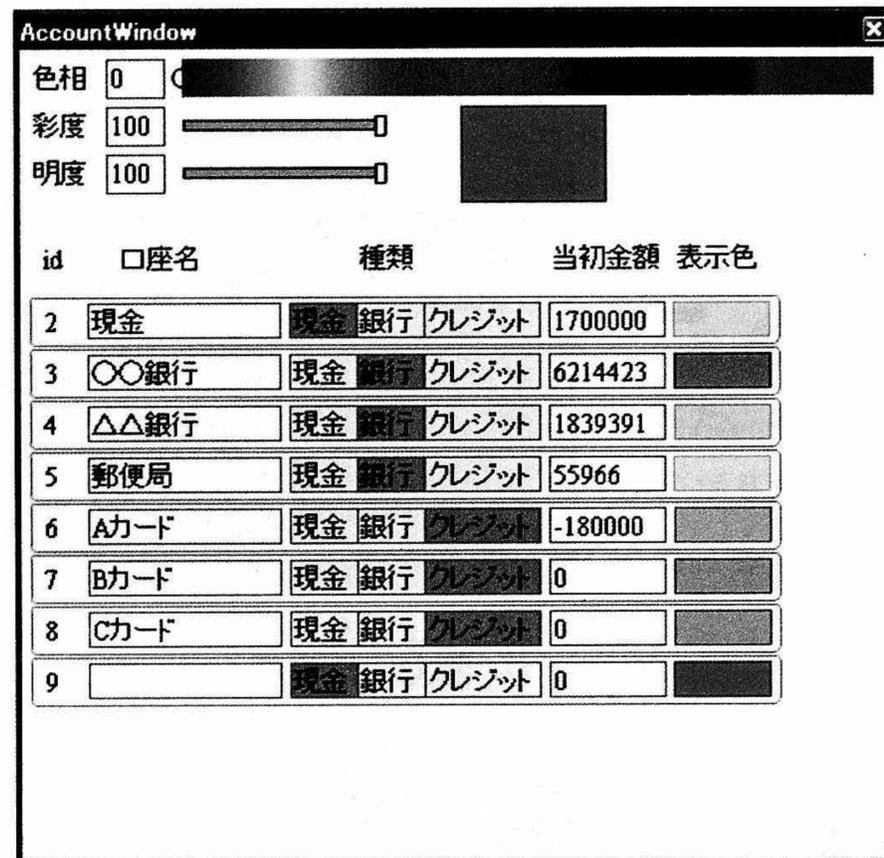


図34 AccountWindow

(2) 収支入力時の口座選択

収支の入力は InputWindow を用いて行う (図 35)。データ入力時には日付や項目名などの入力の他に、口座を選択するようになっている。収入の場合は、どの口座に入金されたかを、収入から口座への金額の移動 (図 35 上段) として入力する。支出の場合は、どの口座から出金したかを、口座から支出への金額の移動 (図 35 中段) として入力する。InputWindow の口座表示は、メイン画面を収入画面と支出画面で切り替えれば、自動的に変わるようになっている。また、銀行から現金を下ろした場合や、クレジットカードで支払った金額が銀行から引き落とされた場合などは、口座間の金額移動であり、収入にも支出にも入らない。その場合は、メイン画面を口座モードに切り替えると、口座から口座への金額移動が入力できるようになっている (図 35 下段)。

収入

支出

口座移動

図35 収支入力時の口座選択

(3) 口座画面と口座情報の確認

口座の確認はメイン表示画面の口座モードで行う。

現金や銀行口座の場合は、ツリーマップ状の入金のタグの上にツリーマップ状の出金タグが重ねられた状態で表示される(図36)。入金タグよりも出金タグのほうが大きいと金額が不足することがわかる。例えば、あらかじめ決まっている出金や引落しを期日より前に入力しておいたときにそのような場合が起き

る。そのような場合は、何らかの対策が必要なことがわかる。重ねて表示しているため、下になっている入金タグの詳細が見づらくなっているが、入金タグの詳細を確認したいときは、出金タグをドラッグすることで下になっている入金タグを確認できる (図 36 右)。

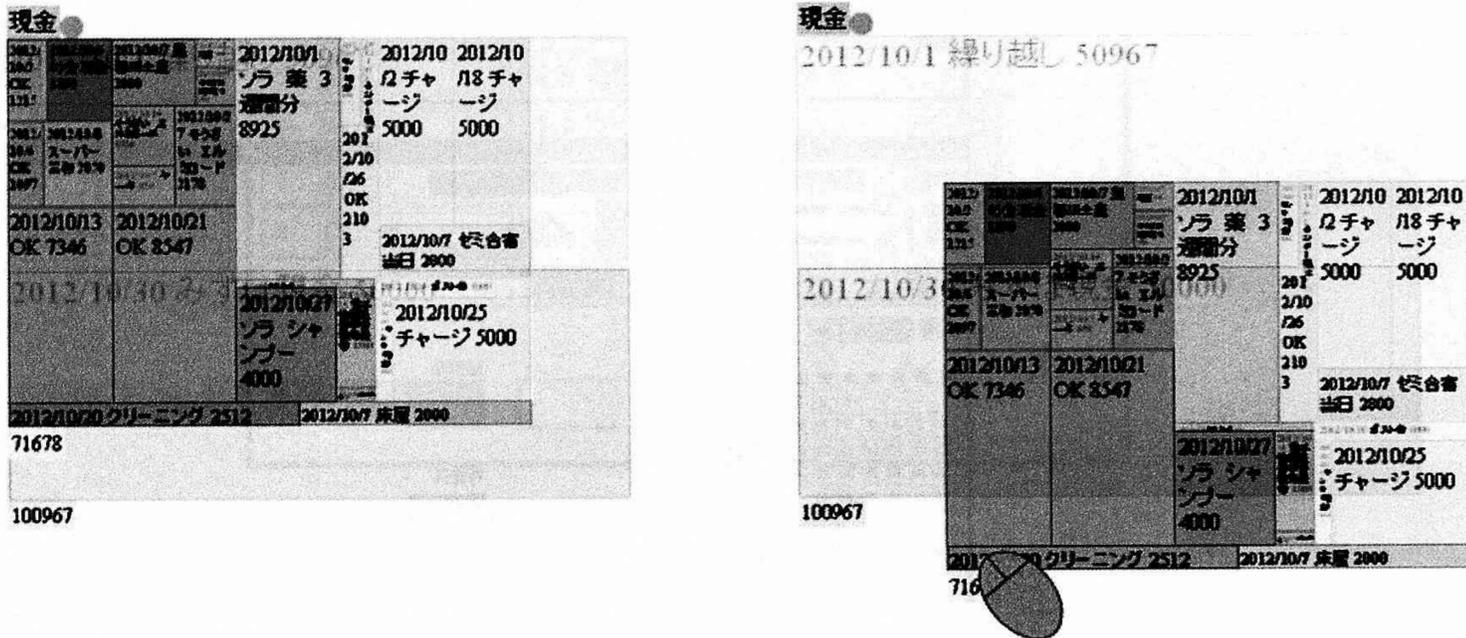


図36 口座の確認

クレジットカードの場合は、引落とし済みなのか今後引き落とされる支出なのかがわかるようになっている (図 37)。引落とし済みの支出は、引落としのタグ (銀行からクレジットカードへの現金移動) の上に重ねて表示される。下段に表示されているタグは、支出としての入力したものの、今後引き落とされることになるため、銀行の残高に注意する必要があることがわかる。



図37 クレジットカードの確認

6.4 本章のまとめ

本章では、前章で提案した CatchyAccount の認知ツールとしての問題点について述べ、その再設計を行った。提案したインタラクションデザインは、詳細な色情報を用いることで、入力データのメタコメントとしての情報の幅を広げた。また、画面の表示／非表示やレイヤ表示画面の選択など、ユーザの思考や好みに合わせて、操作できる幅を広げたほか、新規入力時のキー入力だけの入力方法を廃止し、常に、入力中のタグの配置を考えさせるデザインとした。

また、複数の口座情報の扱いを可能にしながら、その情報も長方形の面積として提示することで、収支のバランスの把握を容易にした。

これらのデザインが、どのように思考を促すことに貢献したか、その具体例については次章でのべ、認知ツールとしてのまとめを行う。

第7章 思考の道具としての具体的貢献

本章では、初期の情報取得段階の支援とそれに伴う気づきや思考を促す認知ツールとして、提案システム CatchyAccount がどのように貢献したか、具体的に例を挙げながら説明する。また、提案システムの具体的な思考を重ねるプロセスにおける有効性を示すため、予算検討を事例に、その使われ方を調べる。

7.1 提案システムによる気づき

ここでは、提案システムによる気づきの例を具体的に述べる。

(1) 高額な収支への気づき

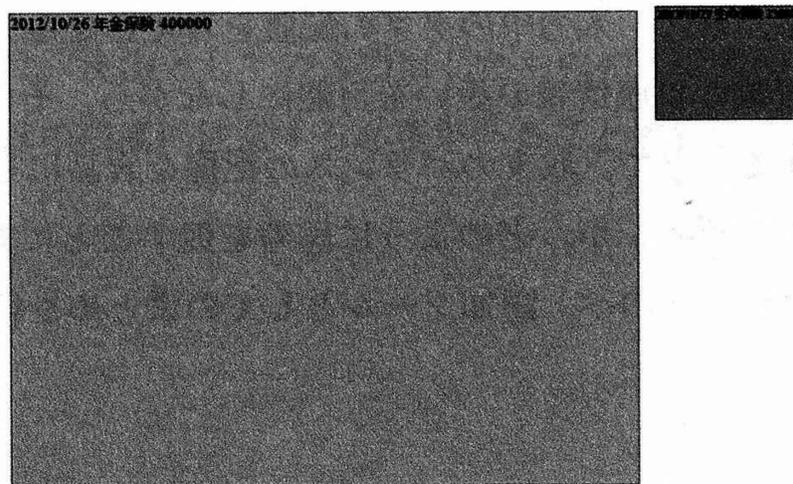


図38 大きさの違いの可視化

一つ一つの金額はその金額に比例した面積を持つ図形（タグ）として表示さ

れる。これにより、大きな支出は一目で見分けることができる(図38)。スプレッド形式の表示では大きな金額も小さな金額も同じ一行で表示され、その大きさの認識するためには数字を読む必要がある。提案システムでは、数字を読む認知的解釈よりも、知覚的解釈により直感的に素早く理解することができる。

(2) 数の多い支出への気づき

金額はそれほど大きくない場合でも、同じような支出が何度もある場合はトータルとして大きな支出になる場合がある。提案システムでは、同じ項目の支出が繰り返し起きたときには、そのタグの色や配置ですぐに気づくことができる(図39)。スプレッドシート形式での記述では、項目ごとにソートしたり集計しなければ他の記述の中に埋もれてしまう可能性が高いため、提案システムの可視化での効果は大きい。



図39 数の違いの可視化

(3) 色による分類

提案システムは入力作業において、そのタグがどの分類に属するか常に顧慮を要求するデザインとなっている。以前入力した項目とどの程度近いのかを考えながらの入力となる。例えば、以前は単純に交通費として換算していた定期代は、交通費の中でも削ることができない定期的な支出であり、娯楽に使った自家用車のガソリン代や、急遽使ったタクシー代とは異なる細目となる。提案システムでは、そのような一つ一つの項目へのこだわりを、タグの位置や配色で表すことができる。

各タグへの彩色は最終的に各ユーザがそれぞれの考えのものと決めるものであるが、例えば次のような方法がある。交通費関係を、色相 220 とし、定期的に発生し削減が難しい支出には明度や彩度を高く、不定期で削減可能のあるもの、もしくは削減を希望している項目の明度や彩度を低くするなどの方法である (図 40)。

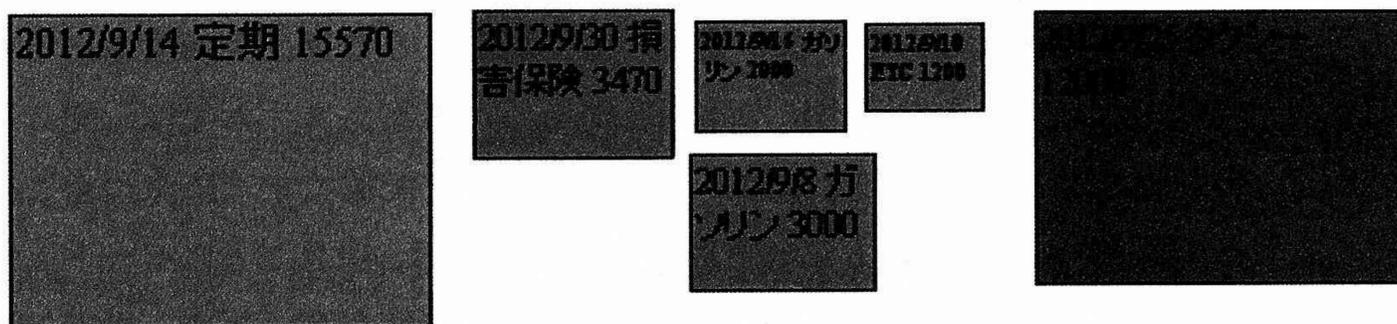


図40 色による分類

このようなカテゴリ分けへのこだわりは、入力作業中に常に、前回ほどのような分類にしたかという振り返りを促すものである。あらかじめ定めた費目への画一的な分類を強いるのではなく、家計簿をつける人それぞれの思いを表現することができ、それを画面上で常に概観しながら行う入力作業は、データを入力するだけで終わりになってしまいがちな、家計簿をつける作業に振り返りの要素を付加するものである。

また、ここで採用された色は、分類ごとの集計を見るときを目安にもなり得る。例えば、いくつかのグループで支出が嵩んでいた場合に、削減が難しい支出として明度や彩度を高く表現された項目が多いグループよりも、明度や彩度が低いグループを重点的に削減対象として検討することもできる。それまで、費目の枠の中に閉じ込めていた情報を、色を用いて多様に表現することで、新しいやりくり (アイデア) の創出に繋がることも可能である。

(4) 他の項目や他の月との比較

提案システムは、入力作業をしながら常に他の項目との比較を促すデザインとなっている。入力中に入力済みのタグが視野に入るようになっているため

ある。入力しながら、以前入力した同種の項目との金額（タグの大きさ）の比較や回数（タグの数）の比較を自然と行うことになる。前回よりも高額になった、月にほぼ何回支出しているなどの確認が自然と促される。

レイヤ表示機能をオンにすると、他の月との比較も容易である。月に1度の支出の比較だけでなく、レイヤ表示される月を選択することにより、数ヶ月に1度の支出の比較なども行えるようになっている。図41はレイヤ表示したものの一部（色相0の集計）である。食費関係の支出が並んでいるが、異なる月であっても比較的安定した支出であることがわかる。図41ではマウสดラッグにより横に並べて表示しているが、実際には重なって表示されているため、ほとんど大きさが等しいことが一目でわかる。

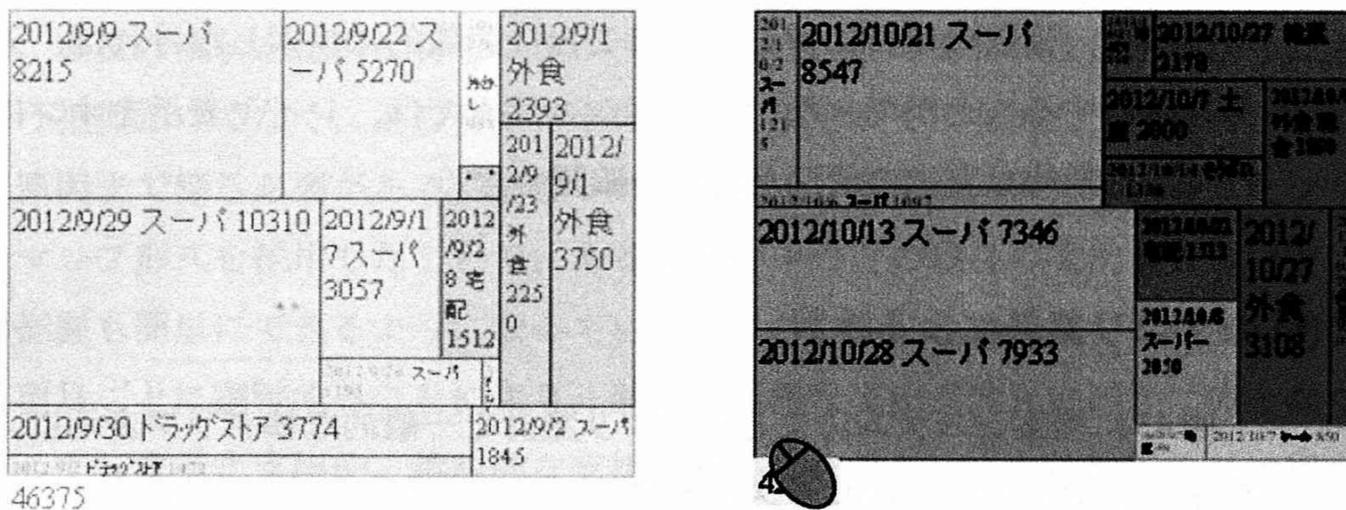


図41 レイヤ表示による比較

(5) 未入力項目への気づき

レイヤ入力機能は、入力済みまたは入力中の項目の他の月との比較だけでなく、未入力の項目への気づきにも有効である。通常の家計簿の入力では、電気代やガス代など、定期的な支出は数多くある。それらが今月入力済みかどうか確認するために、通常の家計簿では検索機能を使うことになる。一方、提案システムでは、前月の支出をレイヤ表示するだけで確認することができる。前月のガス代タグの上に今月のガス代タグが重ねて表示されていなければ、未入力だとわかるからである（図42）。

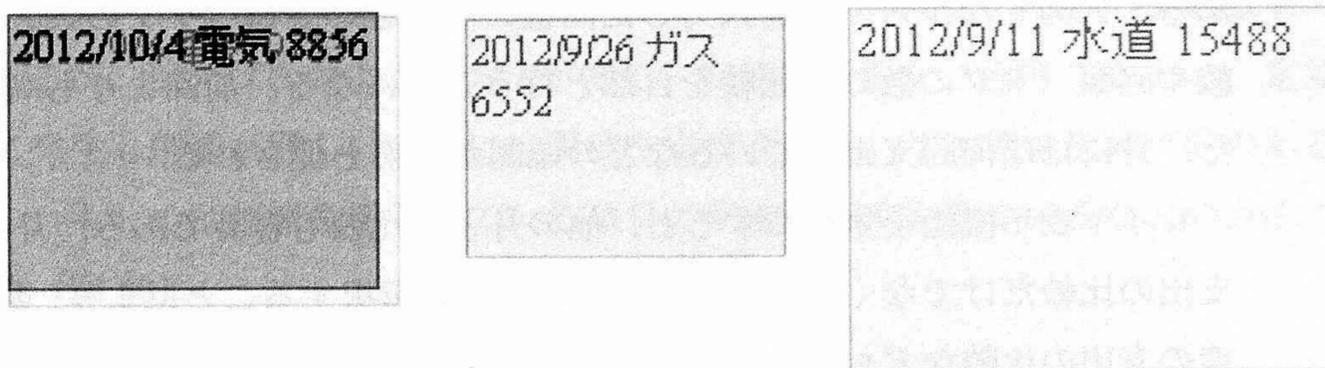


図42 未入力項目への気づき

提案システムの特徴として、“確認しよう”という明確な意思を持たなくてもこのような確認ができることが挙げられる。検索を用いる場合は、電気代、ガス代など、複数の項目に対して項目ごとに意識的に検索しなければ、入力の有無を確認することができない。提案システムでは、レイヤ表示をオンにするだけで、定期的な支出の状況が自然と確認できる。

(6) カテゴリ集計による検討

図43に提案システムによるカテゴリ集計と一般的な棒グラフ表示による費目別集計の例を示す。提案システムでは、色相によるグループ化を行った上で、それぞれのタグをツリーマップ形式で合体し、面積表示している。図43右の棒グラフを使った集計では、費目ごとの比較が行いやすく、どの費目が多かったら、どの費目が少なかったかが一目でわかるようになっている。しかし、実際にどのような項目で支出されているかは、このグラフからはわからなくなっている。

例えば、支出削減のための検討を例に考えてみる。例えば、一番高額な支出が住宅ローンであり、削減できないとなったとき、右側の棒グラフ表示では、次にどの費目について検討すればいいか迷ってしまう。それに対して、提案システムでは、それぞれの項目が色分けされているために、一つ一つの項目の詳細が判明しやすい。入力の段階で削減可能だと思ったり、削減したいと思ったタグを、削減不可能なタグと異なる色となるように、明度や彩度を変更しておけば、そのようなタグの多いカテゴリを中心に、削減のための検討を進めれば

いいことがわかる。

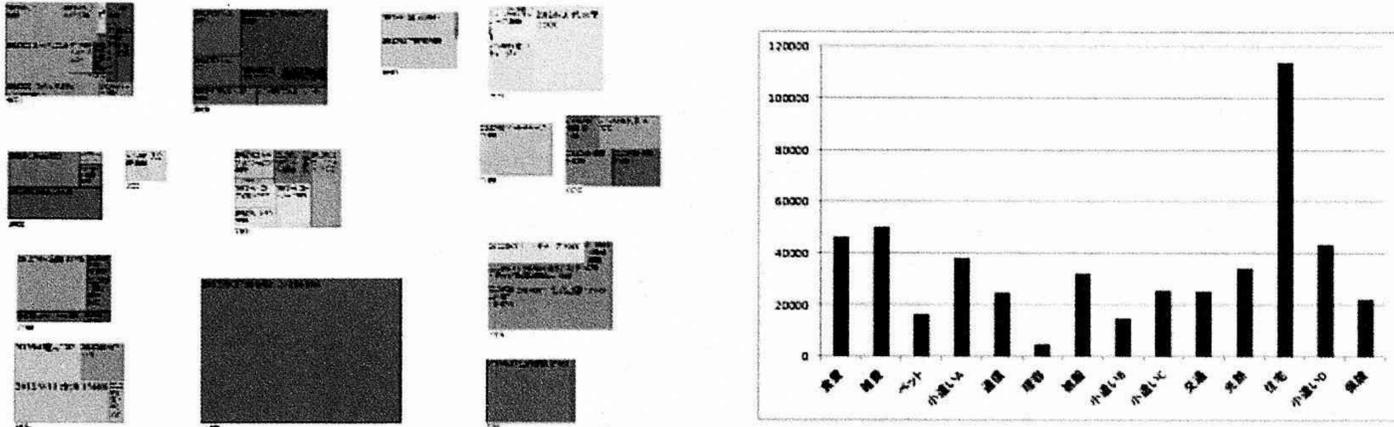


図43 カテゴリ集計の比較（左：CatchyAccount，右：一般的な棒グラフ）

収支の現状を把握し将来に生かすためには、どの費目の支出が多かったという把握だけでなく、その費目の中の、どの項目が支出を押し上げたのかという原因まで探る必要がある。提案システムでは、階層構造の表示に適したツリーマップ形式を採用したことで、ある費目の中のどの項目の支出が大きいという把握も簡単にできるようになっている。また、同じ色相の中でも彩度や明度を項目ごとに調整することにより、削減不可能な支出が大きいのか、何となく使ってしまった支出や、趣味的な支出が嵩んだのかといった把握も一目で行うことができる。

(7) 残高不足への気づき

収入画面、支出画面でそれぞれ収入や支出の家計全体としての傾向を把握することができる。しかし、その情報だけでは、家計のやりくりに限ることがある。例えば、銀行に残高はあるものの、下ろすのを忘れていたため、現金での支払いができない場合もあれば、公共料金の引落とし口座に残高が不足し引落としができなかったということも起こりうる。現金であれば、財布の中身を確認することで、手持ちの金額が少なくなっていることが把握できるが、銀行残高の場合は、記帳する、オンラインバンキングで確認するなどの手間が必要なため、つい見過ごしがちである。提案システムでは、口座ごとの収支を簡単に確認することができる。図44では銀行の口座残高が不足している例を示す。下側の薄

く表示されているのが、繰越金や入金などのタグ、上側に濃く表示されているのが出金のタグである。下側のタグよりも上側のタグが大きいいため、残高不足が発生することがわかる。

提案システムの口座モードでは、口座画面に切り替えるだけで、登録済みのすべての口座について、図44のように収支状況が表示されるため、どの口座に余裕があり、どの口座が残高不足に陥っているか気づきやすい。

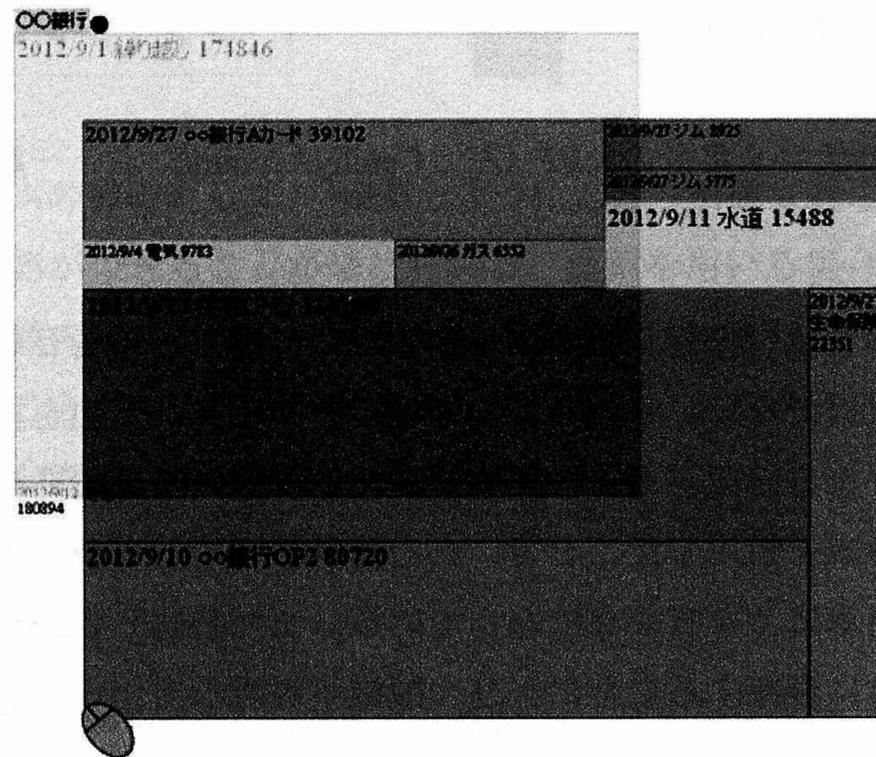


図44 残高不足の例

(8) 口座ごとの用途の把握と例外への気づき

口座モードでの表示により、口座ごとの用途に気づくことができる。また、通常の用途以外への支出があった場合などにも把握しやすくなる。図45ではクレジットカードの引き落としが主に携帯電話やケーブルテレビ代など、比較的毎月一定額の出費に充てられていることがわかる。それらの引落としの上に、被服や住宅設備などの購入品の引落としが、当月よりも翌月以降の引き落としに多く加算されており、翌月以降の引落としに注意すべきことがわかる。

Aカード ●

2012/9/30 携帯 D 4387	2012/10/27 携帯 A 7878	2012/9/30 携帯 D 6799
2012/10/1 ケーブルTV 9676	外食 3108	2012/9/30 携帯 B 6895
2012/10/27 カバン 6255		
2012/9/6 ダスキン 2551		
47648		
2012/11/4 ユニクロ 10950	2012/10/31 携 帯 C 9004	
	2/1 1/4 プ ー ツ 2880	
2012/11/1 ケーブルTV 9574		
2012/10/31 携帯 A 5917	2012/10/30 携 帯 D 8451	
2012/11/4 カットソー 3150		
2012/10/4 ダスキン 2551		
2012/11/1 ダスキン 2551		
2012/11/8 浄水フィルター 13125	2012/10/31 携 帯 B 5750	
73903		

図45 口座用途の把握

7.2 予算検討ツールとして

本節では、提案システムを、予算を検討するためのツールとして使用した例について述べる。これは、家計簿が実際に発生した収入や支出について、その結果を記録することが基本となるのとは異なり、予算の使用計画立案段階での試行錯誤的思考に提案システムを利用したものである。

まず、各予算とその金額を、口座管理画面を用いて入力する(図46)。この例では、予算は既に配分された金額が定まっており、配分額に対する検討は必要ない。

The screenshot shows a window titled 'AccountWindow' with a color selection interface at the top. It includes sliders for '色相' (Hue) set to 0, '彩度' (Saturation) set to 100, and '明度' (Brightness) set to 100. Below this is a table with columns for 'id', '口座名' (Account Name), '種類' (Type), '当初金額' (Initial Amount), and '表示色' (Display Color). The table contains 10 rows of budget entries, all with the type '現金 銀行 クレジット' (Cash Bank Credit).

id	口座名	種類	当初金額	表示色
2	現金	現金 銀行 クレジット	0	
3	予算A	現金 銀行 クレジット	1300000	
4	予算B	現金 銀行 クレジット	110000	
5	予算C	現金 銀行 クレジット	450000	
6	予算D	現金 銀行 クレジット	150000	
7	予算E	現金 銀行 クレジット	1000000	
8	予算F	現金 銀行 クレジット	50000	
9	予算G	現金 銀行 クレジット	0	
10		現金 銀行 クレジット	0	

図46 予算登録

次に、支出予定の考えられる項目を支出画面で入力する。どの予算から支出するか、予算内に収まりそうかといったことは考えずに、まず思いっくだけの支出項目を入力する。図47の例で項目入力の際に行った配色の調整は次のようになっている。

イベントごとや、印刷費、機材費など大まかな費目で色相を変える。

同じ色相の中でも配色を調整する。例えば、あるイベントの参加費は明度を高く、運送費は明度を抑えてといったようにする。別のイベントについても記入途中、そのイベントでも運送費が発生することに気づき、運送費のタグを付け足すなどの操作を行っている。

また、同じ色相の中でも金額が決定したものは彩度を高くし、支出することは決まっているものの金額が未確定、支出の有無が未確定となるほど彩度を低くしている。この結果、各項目の確信度などが一目でわかるようになる。

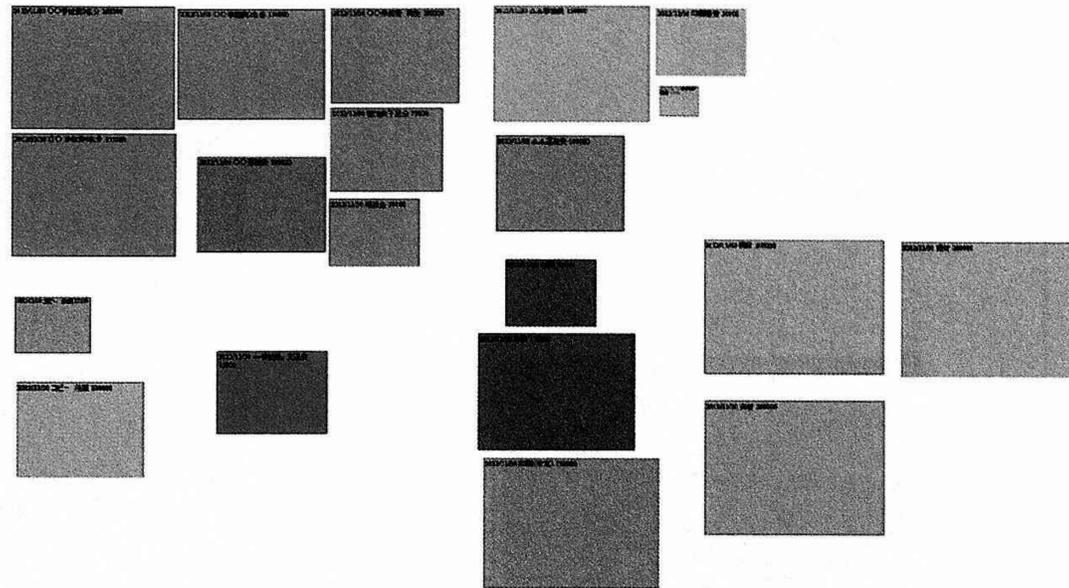


図47 支出予定登録

考えられる支出項目を入力した後、どの予算から支出するかを、おおよその検討をつけ設定する。その後、口座画面に切り替えて、各予算の支出状況を確認する。図48左の設定では、一つの予算がオーバーすることがわかる。支出予定を他の予算に振り分ける、それまでとは別の予算を調達するなどの処理を行い、それぞれの予算内に収まるように調整している（図48右）。

提案システムでは、このような試行錯誤的操作を、金額の大きさを実感しながら行える。まずどの支出に手をつければいいかが一目でわかる。一つの予算内で収まらない支出については、細かい支出に分割し、複数の予算から支出するなどの操作も、金額の大きさを視覚的に確認しているため、分割する大きさの目処を立てることができる。また、彩度の低いタグが広い面積を占めていれば、多少予算よりオーバーしていてもいいのではないかとといった、曖昧な調整も可能である。再度の低いタグは金額が決定した項目ではないので、金額が決定した段階で、随時見直しを行うことで、予算内に納めることができるのではないかとといった心づもりからである。

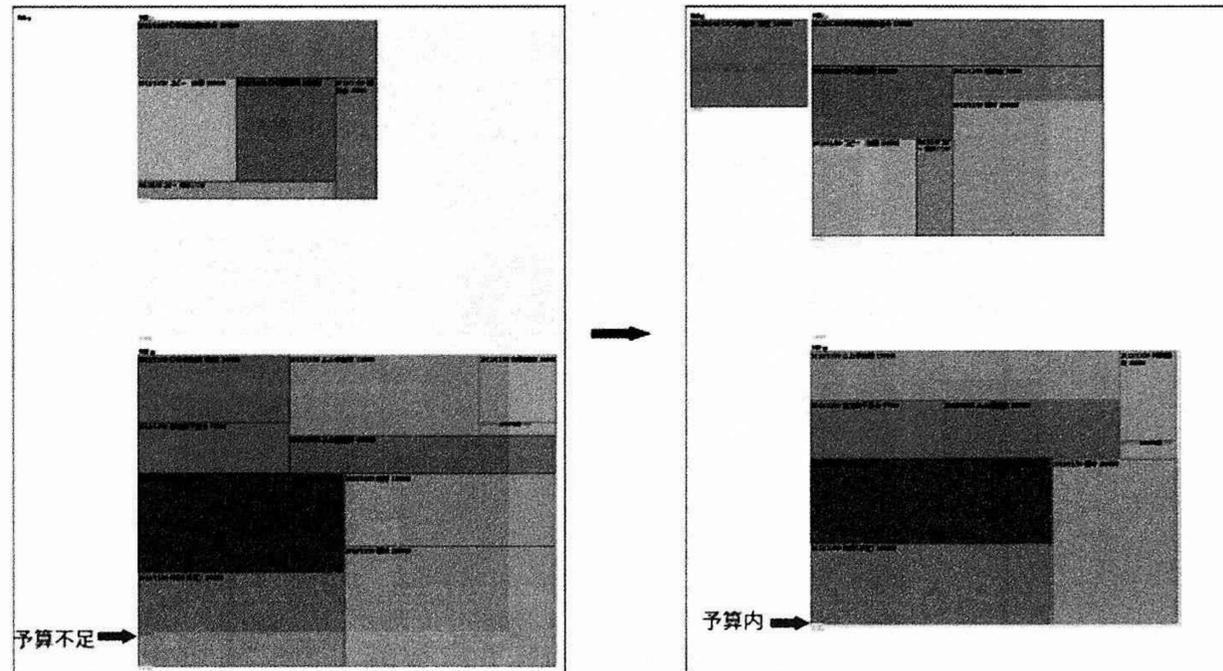


図48 予算の調整

7.3 本章のまとめ

本章では、提案システム **CatchyAccount** が家計の気づきにどのように貢献したか、具体的に例を挙げて説明した、金額の変化や入力の有無、残高不足などを視覚的に確認できるデザインであることを示した。また、予算検討ツールとして使用しながら、提案システムを操作することによって、支出予定項目をオブジェクトとして具体的に操作しながら、思考を重ねられることを示した。

第8章 結論

本論文では、家計簿を認知ツールの例として取り上げ、そのインタラクションデザインについて提案した。本章では、提案したインタラクションデザインの認知ツールとしての意味について考える。さらに、本論文での取り組みを踏まえ、認知ツール設計において、考慮すべき点について述べ、本論文の結論とする。

8.1 認知ツールとしての家計簿

本論文では、初期の情報取得の支援とそれに伴う気づきや思考を促す認知ツールの提案を行った。認知ツールとして、どのような支援が必要かを考えるために、そのツール本来の目的を考える必要がある。そこで具体的なツールの例として家計簿を取り上げた。家計を考えること、収支バランスを知って、対策や計画を練ることは人間の知的創造活動であると言える。その知的創造活動の中でも前段階、収支バランスの概要を把握しそこから気づきを得るという知的創造活動を支援することが、本論文で目指す認知ツールとしての家計簿の目的である。そこで、収支データとしての数値の理解と概要の把握を促すためのインタラクションデザインの提案を行った。提案手法は、金額を面積で表しながら、収支金額にまつわるコンテキストやメタコメントを空間配置や彩色によって表現したものである。従来の家計簿がスプレッドシート形式のインタフェースを持つことが多いのに対して、全く新しいデザインだと言える。

提案システムの空間配置や彩色の意味は、ユーザの意図を活かしながら自然な操作で分類、集計やグループ化を可能とすることである。また、微妙な彩色を用いて項目を区別可能にすることで、従来の固定化しかねない費目による分

類よりも、より柔軟で詳細な分類を可能にする。このことは、単に分類するグループの数を増やすことを目的とするのではない。そのグループの意味、グループ同士の距離、グループ内の要素の関係などを考えることが、それぞれの要素（収入や支出金額）の関係や客観的・主観的重要度を考えることに繋がるからである。つまり思考を促すことを目的とする。澤田らが、色や形といった知覚的特徴が、認知的特徴と相まって、対象をより正確に捉えることができる[73]と述べているように、提案システムの視覚的表現は、それぞれの収入や支出の意味と密接に関係する。数値情報である金額と項目名や備考としてテキスト表示されていた認知的情報を、提案システムでは図形オブジェクトとすることで認知的特徴を知覚的特徴として可視化したものである。

次に、可視化された情報の取り込みについて考えてみる。砂山らが、効率的な情報収集のためには、ある程度情報を分散し、人間が眺めて解釈したり、傾向を把握しやすいクラスタリングが必要である[74]と述べている。伊東は、概念形成の基本はグルーピングとして説明できる[75]としており、KJ法[16][17]などもグループ化を用いた概念生成方法であることを考えると、情報を自らの中に取り込み、概念を形成するためには、情報のクラスタリングが重要である。KJ法が自らの手で情報をクラスタリングしていくのと同じく、提案システムも、配置や彩色を考えることで、ユーザの意思によってクラスタリングしていく手法を採用している。

提案手法は、一度定めた費目に強制的に分類したり、自動的に分けられたりするよりも、常にどのグループかをユーザに問いかけるデザインとなっている。問題の設定や発見が画期的であるといわれる根拠はパターン化とグルーピングが従来の枠に囚われない独創的なものである[75]ときであり、提案手法においてもユーザの思考によるパターン化やグルーピングが、問題の発見やその解決に貢献すると思われる。家計簿で扱うデータは、個人の身の回りのデータであり、手動で図形オブジェクトを操作することによりデータの背景やコンテキストをできるだけ損なわないグルーピングが可能である。この点で、本手法は、大規模データを扱うツールとは全く異なるインタラクションデザインとなる。

家計のやりくりにおいて、ただ一つの正解というものはない。日々の作業の中で、現状の把握を試みながら試行錯誤的な思考を重ねるインタラクションデザインを提供することが、認知ツールとしての家計簿に求められる。本

論文で提案した手法はその一例を示したと言える。ただし、本論文で提案した手法は、知的創造活動の中でも、その初期段階の支援を重点的に行っている。知的創造活動の後半、得られた気づきから実際の将来計画を立案する段階においては、新たな支援が必要であると考ええる。

8.2 知覚と思考のフィードバック

本論文では、知的創造活動の初期段階を支援する為の認知ツールの設計を、実際の認知ツールを例にそのインタラクションデザインの提案を行った。その方法は、視覚によるフィードバックと、フィードバックされた情報の操作、そして、その結果の表現というように視覚的表現の知覚と思考の相互作用を促すことを基本とする。本論文では、このような知的創造活動の初期段階の情報取り込みと発想や気づきを促す支援のための認知ツール設計の原則として次の3点を挙げる。

まず、知覚される情報と、表出する表現の相互作用を促進することである。そのために、情報のフィルタリングを行わず、情報のコンテキストやニュアンスまでも表現可能にすることが必要である。講義メモなどにおいて講義の本論との関連が少ないためにメモ帳の隅に小さく記述しておいた関連情報が、新しいアイデアのきっかけになるかもしれないし、情報の色付けを行うことで新たな分類への気づきにつながることも考えられる。これは、情報の収集を手がかりとして、その収集された情報の活用を目指すものである。情報の多様性はアイデアの質に大きく影響する[76]。どのような情報をいかに知覚可能にするかは、認知ツールごとの特質にも関係するが、できるだけ多くの情報を表現可能、知覚可能にすることが必要である。

人間は何か思考を巡らせるときに、ただ頭の中で考えるだけでなく、紙とペンを用意し、アイデアを目で確認できる形にしながら考えを深めていく。石井は、その知的生産活動を支えてくれた、最も重要な思考の技術として、「Visual Thinking」(視考)をあげている[77]。また、ベルタンは「図の記号学」の中で、一度作ればそれで終わってしまうような図は作成すべきでなく、そこに内包されている諸関係がすべて見えるようになるまで順次再構成していく[78]と述べている。Wainerは地図にプロットすることで、19世紀にロンドンで起きたコレ

ラの汚染源となっていた井戸を特定した[79]. なかなか気づくことが困難な問題も、図示したり、地図を見たりすれば一目瞭然になることがある. このように表現することは大切であるが、ここでとどまっていたのでは、可視化ツールである. 石井やベルタンが述べるように、順次再構成し、考えを深めていくことが認知ツールとして重要となる.

次に、外部記憶としての補助効果を有効活用することである. 清川らは、外的に情報を提示することによって、個人の内的な手がかりによる知識利用の限界を克服することが可能である[76]と述べている. このような外的資源は認知負荷を軽減するもの[80]として捉えられている. 外部記憶による記憶負荷軽減の例としては、よく知られるハノイの塔の問題が挙げられる. この問題では、外的情報は、記憶負荷の軽減と同時に、外的情報による制約とも考えられる. 外的に情報が示されることによって、今度はその情報に制約されるという見方もできる. しかし自由な発想を促すツールにおいて制約が強すぎると、発想が制限されてしまう恐れもある. 情報を外的に提示することによる認知負荷の軽減と、外的に表現された情報からの制限を鑑みながら、個別の認知ツールの目的に合った有効活用を計るべきである.

最後に、本論文で示したシステムが、入力と同時に出力を行っていたように、行動と知覚の一体化が肝要である. Gibson は動くために知覚しなければならないのと同時に、知覚するために動くこともしなければならないと述べている[81]. また、Swenson らは知覚によって行為が誘導されることと行為によって知覚の機会を増やすことは同時に起きる[82]と述べている. これは、人間とコンピュータの関係においても同じであり、人間の行為としての入力とその結果として知覚されるようになる出力が、また人間の行為を促すことになる. この相互依存的なサイクルをより有効なものにするためにヒューマンコンピュータインタラクションの研究が必要である. 認知ツールの設計においては、そのサイクルを妨げない、さらには、操作と知覚の一体化が必要だと考えられる.

ここで挙げた 3 つの要件は、知的創造活動を支援する認知ツールとしての設計指針とも言うべきものである. これらに類する知見やアイデアは、個々に他の文献にも述べられている. しかし、それらのアイデアは、KJ 法のように比較的トップダウン的思考で、実装、評価されているものが多い. 一方、本論文では、統計学や認知科学、心理学などの知見を積み重ね、関連する評価実験を行

うことで、ボトムアップ的にこれらの知見を導き出したものである。これらを基本に、ツールごとの本来の目的を追求し、表現の方法やインタラクションの方法を検討することが肝要である。

謝辞

本研究を遂行するにあたりご指導いただいた方々，研究環境を整えていただいた方々，暖かい励ましと応援をいただいた方々，さまざまな局面でお世話になった方々に，心より感謝の意を表したいと思います。

指導教官である宮下芳明先生には，大学院博士後期課程の三年間だけでなく，大学院入学前から相談に乗っていただきました。博士後期課程進学後も，研究とはなにか，研究の進め方といったことから，研究者としての考え方といった非常に広範囲のご指導を頂きました。また，長く社会人として過ごした後の入学であった私に，細やかなお心遣いを頂きました。深く感謝いたします。

管啓次郎先生，倉石信乃先生始め新領域創造専攻の先生方には，中間発表の折を始めとしてさまざまなアドバイスをいただきました。また，福地健太郎先生，松山直樹先生には快く副査をお引き受けくださり，ご指導いただきました。心より感謝いたします。

明治大学情報科学の先生には，情報科学科資料室勤務の際に，さまざまなお話しをさせていただきながら情報科学にふれる機会を頂きました。特に井口幸洋先生には，大学院進学という思いがけない挑戦を勧めていただきました。玉木久夫先生には，本論文で述べた **Treemap** のアルゴリズム作成のご指導を頂きました。ほかにも，情報科学科の先生がたには，お会いするたびに暖かい励ましの言葉をかけていただきました。有り難うございました。

中小路久美代先生には，その研究内容を多く参考にさせていただきただけでなく，直接ご意見を頂き指導いただきました。伊藤貴之先生には，参考文献を紹介いただくなど，大学や研究室を越えたご指導を頂きました。そのほか，学会での発表の際などには，大勢の先生方，研究者の方，また，他大の学生の方にも多くのアドバイスや，励ましを頂きました。心よりお礼申し上げます。

大学院進学のきっかけとなった論文は三菱重工業勤務時代のものであり，その執筆をサポートしてくださった堀内貢氏と，論文について具体的に指導くださった岩田満氏に感謝します。この論文では，車両エンジン部品の設計初期段階において，設計者の勘や経験に頼りがちだった試作品設計に，設計者の勘や経験を生かし，設計者の試行錯誤的思考を支援する方法について述べています。この論文は，本博士論文に直接関係するものではありませんが，設計初期段階

の試行錯誤的思考を支援するという考え方は、本論文での認知ツールの設計にも通じるものだと思っています。本論文の根底となる考え方を与えてくださったと感謝しております。

宮下研究室のメンバーには、社会人からの、そして博士後期課程から突然入学してきた私を、研究室の一員として快く受け入れていただきました。また、評価実験への強力や、論文のチェックや発表練習などさまざまな面で助けていただきました。深く感謝いたします。

大学院進学を快く許し、暖かく見守ってくれた家族にも感謝します。両親、義父母ともに、いつも私の体調を心配しながらも応援してくれました。ここにお礼申し上げます。

最後になりましたが、本論文執筆中に、学部時代の恩師であります林健児先生がお亡くなりになりました。暖かなお人柄に導かれたことに感謝するとともに、ご冥福をお祈り申し上げます。

参考文献

- [1] システム管理基準 追補版(財務報告に係る IT 統制ガイダンス). 経済産業省, 2007.
- [2] マイケル・ポランニー (著), 高橋勇夫 (訳). 暗黙知の次元, 筑摩書房, 2003.
- [3] 野中郁次郎 (著), 竹内弘高 (著), 梅本勝博 (訳). 知識創造企業, 東洋経済新聞社, 1996.
- [4] 北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科: ナレッジサイエンス, 紀伊国屋書店, 2002.
- [5] 元田浩, 山口高平, 池本周作, 沼尾雅之. データマイニングの基礎, オーム社, 2006.
- [6] Susanne P. Lajoie. Computers as Cognitive Tools: No More Walls: Theory Change, Paradigm Shifts, and Their Influence on the Use of Computers for Instructional Purposes - Vol. 2, Lawrence Erlbaum Associates, 2000.
- [7] David H. Jonassen. Computers as Cognitive tools: Learning with Technology, Not form Technology, *Computing in Higher Education*, Vol. 6, No. 2, pp. 40-73, 1995.
- [8] Toru Iiyoshi, Michael J Hannifin, Feng Wang. Cognitive tools and student-centered learning: Rethinkingtools, functions, and applications, *Educational Media International*, Vol. 42, No. 4, pp. 281-296, 2005.
- [9] John Bransford, National Research Council (U.S.). Committee on Developments in the Science of Learning, National Research Council (U.S.). Committee on Learning Research and Educational Practice. How people learn: brain, mind, experience, and school, National Academy Press, 2000.
- [10] Ron R. Hightower, Laura T., Ring, Jonathan I. Helfman, Benjamin B. Bederson, James D. Hollan. Graphical multiscale Web histories: a study of padprints, *Proceedings of the ninth ACM conference on Hypertext and hypermedia : links, objects, time and space---structure (HYPERTEXT '98)*, pp. 58—65, 1998.
- [11] Brian R. Gaines, Mildred L. G. Shaw. WebMap: Concept Mapping on the Web, *Fourth International World Wide Web Conference*, pp. 171-183, 1995.
- [12] 柏原昭博, 平良一朗, 新谷真之. 認知的徒弟制に基づく認知ツールのデザインとメタ認知支援, *先進的学習科学と工学研究会, 人工知能学会*, Vol. 20, pp. 37-42, 2007.
- [13] Joy Paul Guilford. *The nature of human intelligence*, McBraw-Hill, 1967.
- [14] 國藤進. 発想支援システムの研究開発動向とその課題, *人工知能学会誌*, Vol. 8, No. 5, pp. 552-559, 1993.
- [15] トニー・ブザン (著), 神田昌典(訳). ザ・マインドマップ, ダイヤモンド社, 2005.
- [16] 川喜田二郎. 発想法, 中央公論社, 1987.

-
- [17] 川喜田二郎. KJ 法—混沌をして語らしめる, 川喜田二郎著作集, 中央公論社, 1996.
- [18] Donald Schön. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books, 1983.
- [19] 中小路久美代, 山本恭裕. インタラクシオンデザインにおけるスケッチ: ARTware プロジェクトの事例から, *Design シンポジウム 2010*, 精密工学会, 2010.
- [20] 山本恭裕, 高田眞吾, 中小路久美代. “Representational Talkback” の増幅による「書いてまとめる」プロセスの支援へ向けて, *人工知能学会論文誌*, Vol. 14, No. 1, pp. 82-92, 1999.
- [21] Ronald A. Finke, Thomas B. Ward, Steven M. Smith. *Creative Cognition*, The MIT Press, 1992.
- [22] Graham Wallas. *Art of Thought*, Harcourt Brace, 1925.
- [23] Margaret A. Boden. *The Creative Mind: Myths and Mechanisms*, George Weidenfeld and Nicolson, 1990.
- [24] 相原健郎, 堀浩一. 記憶の想起に基づく創造性支援, *情報処理学会論文誌*, Vol. 42, No. 6, pp. 1377-1386, 2001.
- [25] Ikujiro Nonaka. *Viewpoints on Knowledge Management from Knowledge Science*, Presentation material at the 4th Symposium on Knowledge Science, 2003.
- [26] 網谷重紀, 堀浩一. 知識創造過程を支援するための方法とシステムの研究, *情報処理学会論文誌*, Vol. 46, No. 1, pp. 89-102, 2005.
- [27] GoogleDrive,
<https://drive.google.com/start?continue=https://drive.google.com/%23#home>
- [28] Evernote, <http://evernote.com/intl/jp/>
- [29] SHOT NOTE, <http://www.kingjim.co.jp/sp/shotnote/english/>
- [30] 梅棹忠夫. *知的生産の技術*, 岩波書店, 1969.
- [31] Robert A. Bjork, Alan Richardson-Klavehn. On the puzzling relationship between environmental context and human memory, In *Current issues in cognitive processes*, The Tulane Flowerre Symposium on cognition, 1989.
- [32] Aaron S. Benjamin. Memory is more than just remembering: Strategic control of encoding, accessing memory, and making decisions, *Psychology of Learning and Motivation*, Vol. 48, pp. 175-223, 2007.
- [33] 辰川肇, Neigel Ward. キーボードとペンを併用するノートエディタ, *インタラクシオン 2002*, pp. 209-216, 2002.
- [34] 駒形伸子, 大平雅雄, 蔵川圭, 中小路久美代. リアルタイム講義における受講者の思考活動に着目した支援に関する研究, *情報処理学会研究報告ヒューマンインタフェース 2001*, pp. 35-40, 2001.
-

-
- [35] Connor Diemand-Yauman, Daniel M. Oppenheimer, Erikka B. Vaughan. Fortune favors the Bold (and the Italicized): Effects of disfluency on educational outcomes, *Cognition*, Vol. 118, No. 1, pp. 111-115, 2011.
- [36] Robert A. Bjork. Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing*, MIT Press, pp. 185-205, 1994.
- [37] Craig S. Tashman, W. Keith Edwards. LiquidText: A Flexible, Multitouch Environment to Support Active Reading, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'11)*, pp. 3285-3294, 2011.
- [38] 渡邊恵太, 安村通晃, ユビキタス環境における眺めるインタフェースの提案と実現, *情報処理学会論文*, Vol. 49, No. 6, pp. 1984-1992, 2008.
- [39] Adam Fouse, Nadir Weibel, Edwin Hutchins, James D. Hollan. ChronoViz: a system for supporting navigation of time-coded data, *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems (CHI'11)*, pp. 299-304, 2011.
- [40] Nadir Weibel, Adam Fouse, Colleen Emmenegger, Whitney Friedman, Ed Hutchins, Jim Hollan. Digital Pen and Paper Practices in Observational Research, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'12)*, pp. 1331-1340, 2012.
- [41] 岩崎健一郎, 味八木崇, 暦本純一. ExpressiveTyping : 本体内蔵型加速度センサによる打鍵圧センシングとその応用, *WISS2008 論文集*, pp. 91-94, 2008.
- [42] 三浦佳世. 知覚と感性の心理学, 岩波書店, pp. 87-100, 2007.
- [43] Catherine C. Marshall, Frank M. Shipman III. Spatial Hypertext: Designing for Change, *Communications of the ACM*, Vol. 38, No. 8, pp. 88-97, (1995).
- [44] Catherine C. Marshall, Frank M. Shipman III, James H. Coombs, VIKI: spatial hypertext supporting emergent structure, *Proceedings of the 1994 ACM European conference on Hypermedia technology (ECHT '94)*, pp. 12-23, 1994.
- [45] Manuel Lima (著), 久保田晃弘 (監), 奥いずみ (訳). ビジュアル・コンプレキシティー情報パターンのマッピング, ビー・エヌ・エヌ新社, 2012.
- [46] 岩槻恵子. 説明文理解におけるグラフの役割 : グラフは状況モデルの構築に貢献するか, *教育心理学研究*, Vol. 48, No. 3, pp. 333-342, 2000.
- [47] Hadley Wickham, Heike Hofmann. Product plots, *Visualization and Computer Graphics*, *IEEE Transactions*, Vol. 17, No. 12, pp. 2223-2230, 2011.
- [48] William S. Cleveland, Robert McGill. Graphical Perception: theory, experimentation, and application to the Development of Graphical Methods, *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 79, No. 387, pp. 531-554, 1984.
- [49] Ben Shneiderman. Tree Visualization With Treemaps: A 2-D Space-Filling Approach, *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, Vol. 11, No. 1, pp. 92-99, 1992
-

-
- [50] Martin Wattenberg. Visualizing the Stock Market, CHI '99 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI'99), pp. 188-189, 1999.
- [51] Mark Bruls, Kees Huizing, Jarke J. van Wijk. Squarified Treemaps, Proceedings of the Joint Eurographics and IEEE TCVG Symposium on Visualization, pp. 33-42, 2000.
- [52] Jarke J. van Wijk, Huub van de Wetering, Cushion Treemaps: Visualization of Hierarchical Information, Proceedings of the 1999 IEEE Symposium on Information Visualization (INFOVIS '99), pp. 73-78, 1999.
- [53] Michael Balzer, Oliver Deussen, Claus Lewerentz. Voronoi treemaps for the visualization of software metrics, Proceedings of the 2005 ACM symposium on Software visualization (SoftVis '05), pp. 165-172, 2005.
- [54] Wood J., Dykes J.: Spatially ordered treemaps. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 14, No. 6, pp. 1348-1355, 2008.
- [55] Aimi Kobayashi, Kazuo Misue, Jiro Tanaka. Edge Equalized Treemaps, Proceedings of the 2012 16th International Conference on Information Visualisation (IV '12), pp. 7-12, 2012.
- [56] 白石宏亮, 三末和男, 田中二郎. つぶつぶ表現を用いたカテゴリデータの視覚的分析ツール, インタラクシオン 2009 論文集, 情報処理学会, pp. 105-112, 2009.
- [57] 伊藤貴之, 山口裕美, 小山田耕二. 長方形の入れ子構造による階層型データ視覚化手法の計算時間および画面占有面積の改善, 可視化情報学会論文集, Vol. 26, No. 6, pp. 51-61, 2006.
- [58] 橘春帆, 伊藤貴之. 左京と右京: 大規模表形式データの可視化の一手法, 芸術科学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 22-33, 2008.
- [59] Nicholas Kong, Jeffrey Heer, Maneesh Agrawala. Perceptual Guidelines for Creating Rectangular Treemaps, IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics archive, Vol.16, No.6, pp. 990-998, (2010).
- [60] 田中昭二, 井口征士, 岩館祐一, 中津良平. 画像領域の物理的特徴に基づく誘目度評価モデル, 電子情報通信学会論文誌. A, 基礎・境界, Vol. 83, No. 5, pp. 576-588, 2000.
- [61] 中川優里, 泉井透, 伊勢川暁, 荒井健太郎, 其田雅徳, 成田雅彦, 小木哲朗. 個人に関わる情報の取得と運用方法の提案—家計簿システムによる購買情報の自動取得と運用方法について, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J95-D, No. 4, pp. 825-833, 2012.
- [62] Jim Rosenberg. And And: conjunctive hypertext and the structure acteme juncture, Proceedings of the 12th ACM conference on Hypertext and Hypermedia (HYPERTEXT '01), 51-60, 2001.
- [63] 酒井恵光, 山口和紀, 川合慧. 図形オブジェクトの遠隔度に基づく階層集合の可視化, 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 9, pp. 3455-3470, 1999.
- [64] 中小路久美代, 山本恭裕. 創造的情報創出のためのナレッジインタラクシオンデザイン(AI フロンティア論文), 人工知能学会誌, Vol. 19, No. 2, pp. 235-246, 2004.
-

-
- [65] Nayuko Watanabe, Motoi Washida, Takeo Igarashi. Bubble Clusters: An Interface for Manipulating spatial Aggregation of Graphical Objects, Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '07), pp. 173-182, 2007.
- [66] Stephen G. Eick, Graham J. Wills. High Interaction Graphics, European Journal of Operational Research Vol. 81, No. 3, pp. 445-459, 1995.
- [67] Eser Kandogan, Juho Kim, Thomas P. Moran, Pablo Pedemonte. How a Freeform Spatial Interface Supports Simple Problem Solving Tasks, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '11) , pp. 925-934, 2011.
- [68] 菲澤賢三, 志築文太郎, 田中二郎. 家計簿の自動記録のための使用金額認識システム, 情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol.2011-HCI-144, No. 23 pp.1-8, 2011.
- [69] John Kestner, Daniel Leithinger, Jaekyung Jung, Michelle Petersen. Proverbial Wallet: Tangible Interface for Financial Awareness, Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction (TEI '09), pp. 55-56, 2009.
- [70] Malcolm D. MacLeod, C. Neil Macrae. Gone but not forgotten: The transient nature of retrieval-induced forgetting, Psychological Science, Vol. 12, No. 2, pp. 148-152, 2001.
- [71] 丹藤克也, 仲真紀子. 検索誘導性忘却の持続性, 心理学研究, Vol. 78, No. 3, pp. 310-315, 2007.
- [72] Michael C. Anderson, Elizabeth L. Bjork, Robert A. Bjork. Retrieval-induced forgetting: Evidence for a recall-specific mechanism, Psychonomic Bulletin and Review, Vol. 7, No. 3, pp. 522-530, 2000.
- [73] 澤田玲子, 土屋裕和, 脇田真清, 正高信男. 知覚的特徴と認知的特徴の統合, 認知科学, Vol. 15, No. 2, pp. 269-279, 2008.
- [74] 砂山渡, 濱岡秀平, 奥田澄. 情報袖手のためのテキストデータ集合の再帰的クラスタリング, 知能と情報 (日本知能情報フェジイ学会誌), Vol. 24, No. 3, pp. 697-706, 2012.
- [75] 伊藤道生. 暗黙知と知の創発「技術の知の本質」, 東京大学出版会, 1997.
- [76] 清河幸子, 鷲田祐一, 植田一博, Eileen Peng. 情報の多様性がアイデア生成に及ぼす影響の検討, Cognitive Studies, Vol. 17, No. 3, pp. 635-649, 2010.
- [77] 視考の技術, <http://ascii.jp/elem/000/000/081/81781/>
- [78] ジャック・ベルタン. 図の記号学, 地図情報センター, 1982.
- [79] 村山功. 外的資源における課題と認知主体の変化, 認知科学, Vol. 2, No. 4, pp. 28-38, 1995.
- [80] Jill H. Larkin, Herbert A. Simon. Why a Diagram is (Sometimes) Worth Ten Thousand Words. Cognitive Science, Vol. 11, No. 1, pp. 65-100, 1987.
- [81] James J. Gibson. The Ecological Approach to Visual Perception, Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc. 1979.
-

-
- [82] R. Swenson, M. T. Turvey. Thermodynamic Reasons for Perception-Action Cycles, *Ecological Psychology*, Vol. 3, No. 4, pp. 317-348, 1991.

研究業績

査読付き論文誌

- [1] 堀内貫, 岩田満, 吉井美恵子. "ファジィ集合を導入したランダム型処理"を用いた試行錯誤的な設計計算の実験的考察, システム工学会, Vol. 9, No. 1-2, pp. 39-51, 1985.
- [2] 中村美恵子, 宮下芳明. 認知ツール設計に係る認知科学および心理学的知見, 日本ソフトウェア科学会論文誌 コンピュータソフトウェア, Vol. 29, No. 1, pp. 118-129, 2012.
- [3] 中村美恵子, 宮下芳明. 「思考の道具」をめざした家計簿のインタラクショナルデザイン, 芸術科学会論文誌, Vol. 11, No. 4, pp. 176-185, 2012.

査読付き国際会議

- [4] Mieko Nakamura, Homei Miyashita. CatchyAccount: A System for Acquiring a Realistic Sense of Expenditures, ACM Augmented Human International Conference 2011, 2011.

査読なし国内会議

- [5] 中村美恵子, 宮下芳明. 知覚的解釈を促すノートツール, 情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol. 2010-HCI-139, No. 12, pp. 1-6, 2010.
- [6] 中村美恵子, 宮下芳明. CatchyMemo2 : 記憶定着を促すメモ帳, WISS2010, WISSChallenge, 2010.
- [7] 中村美恵子, 宮下芳明. CatchyAccount2 : 金額の知覚的解釈による家計簿, 第10回 NICOGRAPH 春季大会, CD-ROM 予稿集, 2011. [最優秀ポスター賞受賞]
- [8] 中村美恵子, 宮下芳明. 金額の理解を促すインタラクショナルデザイン, 情報処理学会研究報告, ヒューマンコンピュータインタラクション研究会報告, Vol. 2011-HCI-145, No. 5, pp. 1-8, 2011.
- [9] 中村美恵子, 宮下芳明. 金額を実感する入力手法の提案, WISS2011, 第19回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ論文集, pp. 176-178, 2011.
- [10] 中村美恵子, 宮下芳明. 家計簿を「思考の道具」とするインタラクショナルデザイン, インタラクション 2012 論文 DVD, pp. 325-330, 2012.

記事

- [11] プリンタ用ターゲットアダプタの設計, 最新 SCSI マニュアル, CQ 出版, pp. 83-104, 1989.