

## 掲示板メタファを利用した3次元広視野電子作業空間

前野 恭平<sup>\*1</sup> 鬼柳 牧子<sup>\*1</sup> 木村 朝子<sup>\*1</sup> 柴田 史久<sup>\*1</sup> 田村 秀行<sup>\*1</sup>

### Stereoscopic Wide-View Electronic Working Space Using Bulletin Board Metaphor

Kyohei Maeno<sup>\*1</sup>, Makiko Oniyanagi<sup>\*1</sup>, Asako Kimura<sup>\*1</sup>,

Fumihisa Shibata<sup>\*1</sup> and Hideyuki Tamura<sup>\*1</sup>

**Abstract** – We have developed a system named "Wide-view electronic working space" combining hand gesture and large arch screen. This system is extended to a stereoscopic vision space and the depth feeling is given in the working area. Firstly in manipulating 2-D images in the extended system, we have tried to design several planar working areas, where more important objects are put in front area. This is a metaphor of several bulletin boards aligned parallel to user. In this paper, we present the results of the layout of planar working area, access methods and visibility designed to suit this bulletin board metaphor.

**Keywords:** Bulletin Board Metaphor, Stereoscopic Image Display, Hand Gesture, Layout Design, and Data Access Method

#### 1. はじめに

コンピュータの高機能化により、一度に処理するデータ量が増え、また複数のアプリケーションを並列処理することも可能になった。このため、デスクトップ型モニタの限られた画面サイズでは満足できず、広い作業を確保できる大型スクリーンや壁面ディスプレイの利用が増加している [1][2]。こうした広い作業領域でのデータの操作方法には、マウスなどによる既存のポインティング手法ではなく、作業者にとってもっと直観的なインタフェースの採用が期待されている。筆者らは、ポスト WIMP 型のインタフェースとしてジェスチャ操作を選択し、3台のプロジェクタとアーチ型スクリーンで構成する「広視野電子作業空間」の研究開発を進めてきた [3]。

このシステムでは、スクリーンに左右両眼に視差のある一対の映像を投影し、液晶シャッター眼鏡等を装着することにより、容易に立体映像空間を体験できるシステムに拡張できる。実際、我々は当初からその発展形を想定して、広視野立体映像空間をジェスチャ操作することを試みてきた。これは即ち、視野の大半を占める広画面の平面的作業領域に奥行き感を与え、新しい作業領域を構成することになる。

この発展的な用途には様々な可能性があるが、我々はまず2次元の画像を操作する上で、多層の平面的作業領域を設け、重要なものほど手前に配置するという用法を考え、その有用性を検証することにした。現在の PC がデスクトップ・メタファと称せられるのに対して、これは言わば多数の掲示板を配して利用するメタファである。

本研究では、この掲示板メタファによる電子作業システムを実装し、データの配置、視認性、操作性に関して検討する。以下では、2章で掲示板メタファの導入背景、3章で掲示板の配置と視認性問題、4章でジェスチャによるデータ・アクセス方法を述べ、5章で提案手法の有効性評価の実験結果を報告する。

#### 2. 奥行き知覚の有効利用と掲示板メタファ

##### 2.1 広視野電子作業空間の3D拡張

両眼立体視により広視野電子作業空間に持たせた「奥行き感」の有効利用法として、じっくり眺めたい重要なものを手前に置くという人間の自然な要求に合った(画像)データ閲覧を取り上げる。

一般に、多数のデータを3D映像空間に自由に配置可能とすると、図1のようになるのが自然である。しかるに、人間の空間知覚能力は上下左右の方向よりも奥行き方向の方が劣っているので、全方向を対等に扱うのではなく、左右方向を重視して配置した方が視認性が高い。また、ジェスチャ操作でデータを掴んで再配置するという本研究のような場合は、この視認性が操作性にも直接影響を与える。特に、データそのものが2次元画像の場合には、図2に示すような多重の層を考え、その上に画像データを配置するという概念を導入する方が考えやすく、かつ実用的なシステムを構築しやすいと考えられる。

データの重要度に応じて奥行き情報を割り当てる場合は、このそれぞれの層に重みづけすることになる。

##### 2.2 掲示板メタファの導入

一般にメタファの利用は、利用者のもつ過去の知識や経験を、現在の状況に橋渡しをする。これは、現実世界の機器に限らず、実物体を模した仮想物体にも有効であ

\*1: 立命館大学大学院 理工学研究科

\*1: Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

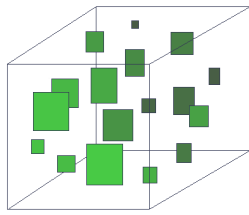


図 1 自由配置

Fig.1 Free Placement

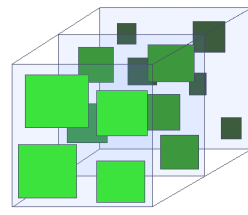


図 2 層を利用した配置

Fig.2 Layered Placement

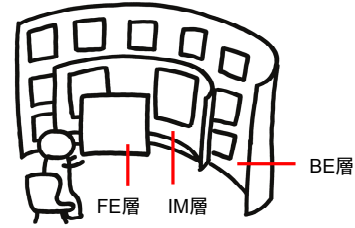


図 3 掲示板の 3 層配置

Fig.3 Three Layers of Bulletin Boards

ると言える [4].

コンピュータ内で構築した仮想環境を臨場感豊かに提示し、実時間対話型体験を可能にした「人工現実感」(VR)分野では、しばしば「部屋のメタファ」「町のメタファ」が用いられている。これは、空間内の(視点)移動の手段がある場合に実現できる。本研究では、VR分野で利用されている没入型の立体映像表示装置を利用しているが、現時点では空間移動しての作業まで飛躍することはせず、同じ立ち位置で奥行き感を重視した電子データの操作作業に限って研究開発を進める。

本研究で我々が導入した層構造の採用は、「掲示板メタファ」だと言うことができよう。即ち、現実世界で掲示板に多数の書類やポスターを貼ったり移動させたりする感覚を拡張し、複数の電子掲示板を重要度に応じて使い分け、かつジェスチャ操作で電子データを自在に閲覧・配置・移動・管理できるシステムである。大きな制約条件は、扱うデータが掲示板のポスターのように各層上に強制配置されることだけである。

### 3. 掲示板の配置と視認性

#### 3.1 掲示板の配置と意味付け

掲示板としての層の数は、重要度による奥行きの意味をつけて、全データを見渡せる層、詳細を見るための最前列層、詳細を見た後に一時的に退避する中間層の 3 層構造を選択した(試みに 4 層以上も実装してみたが、意味付けが煩雑になるだけで利便性は向上しなかった)。

この 3 層を、操作者に近い側からフロントエンド(FE)層、インタメディアート(IM)層、バックエンド(BE)層と名付ける。奥 2 つの掲示板は図 3 のように利用者を中心とする円弧形とした。掲示板を円弧形にすることで、同じ層にあるデータと利用者の距離が常に等しく、全てのデータが利用者の方向を向くようにしている。実際、BE 層はなるべく多数のデータ表示できるよう、スクリーン面そのものを使用する。FE 層では作業時に 2 次元データが見やすいよう掲示板の形状を平面とする。

#### 3.2 掲示板とデータの視認性実験

現実世界の掲示板は不透明で色がついており、大きさと位置が容易に視認できる。しかし、電子的な掲示板は半透明とすることも、無色透明にしてデータだけを貼り付けることもできる。どの方法を選択するかは利用者の好みが分かれることが予想されるので、3 層構造の妥当

性確認と共に、背景となる層の透明度(不透明/半透明/透明)を可変にして評価実験を行った。被験者は 17 名(男 15 名、女 2 名)で、結果は以下の通りである。

- ・ 被験者の反応は、3 層式のデータ配置は重要度が一目で分かり、直観に合致すると概ね好評であった。
- ・ 熟練者には可能でも、掲示板を無色透明にする提示方法は層の存在と位置が分かりにくく、「色付けした半透明の板」か「不透明の背景」を置く方が好ましいという声がほぼすべてであった。
- ・ 掲示板の色は、半透明では濃い目のブルー、不透明は明るいブルーを好む者が多かったが、個人差があるので、体験者が選択できる方式が好ましい。

## 4. 掲示板の大きさとデータ・アクセス方法

### 4.1 不可視領域と掲示板の大きさ

上記の視認性実験結果では、掲示板は半透明でも不透明でも良いということになったが、最大の違いは、半透明の場合、FE 層や IM 層より後の層に置いたデータが見えることである。これは、作業領域の有効活用には好都合だが、そのデータへのアクセスがしにくく、全体としての作業効率が低下するという問題がある。このため、電子掲示板は実物の掲示板と同様、不透明であることを選択した。ただし、BE 層はスクリーン面そのものであるため透明の板とした。IM 層は水色、FE 層は白色が見やすいという意見が多かったので、これをデフォルト色とした。

上記の選択により、図 4 に示すように、体験者から見て、FE 層、IM 層の隠される領域は不可視領域であるので、この部分にはデータを置くことも取り出すことも許さない。それゆえに、3 層面の大きさと位置関係は、実行したいタスクに応じて、慎重に決定する必要がある。

FE 層は、じっくりデータを比較する作業を考えると少なくとも 2 枚以上のデータ表示領域が要る。IM 層は一時退避領域なので、FE 層と BE 層の邪魔にならない程度の大きさにする。BE 層は当該タスクで必要となる全データを表示したいため、IM 層や BE 層ではサムネール表示を利用すれば、効率良くデータが配置できる。

システムの座標系は、図 4 に示した通りである。座標系の原点は、 $x-z$  平面上ではアーチスクリーンの円弧の中心、 $y$  軸上では床面と  $y$  軸が交わる点に位置し、利用者はここに立って操作する。今回開発したシステムでは、デ

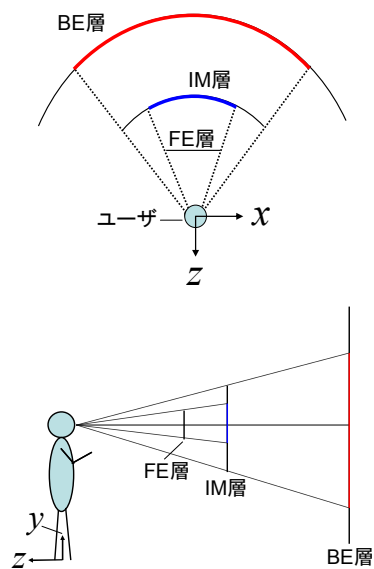


図 4 不可視領域 (上: x-z 平面 下: y-z 平面)

Fig.4 Invisible Area (above: x-z plane below: y-z plane)

フォールト値として、各掲示板の中心位置は、BE 層で(0, 1.36, -3.0)[m]、IM 層で(0, 1.2, -1.5)[m]、FE 層で(0, 1.2, -0.8)[m]とし、掲示板の大きさは、BE 層で縦 1.8m、弧長 5.9m、IM 層で縦 0.5m、弧長 1.52m の曲面とし、FE 層で縦 0.2m、横 0.36m の長方形とした。

この構成で実現したシステムの体験風景を図 5 に示す。

#### 4.2 掲示板へのアクセス方法

ジェスチャを利用した掲示板へのデータ・アクセス方法としてまず思いつくのは、実際に利用者が掲示板に手を伸ばしてデータを貼り付けたり、移動したりするアクセス方法である。ただし本システムでは、利用者の立ち位置を固定して、利用者から最短の掲示板(FE 層)ま

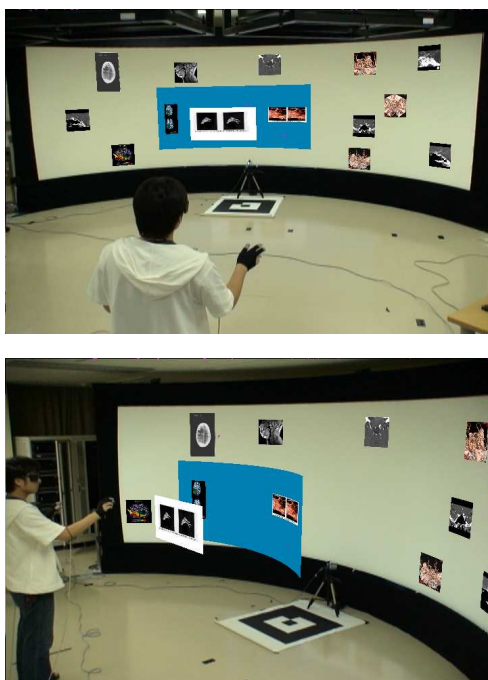


図 5 掲示板操作の様子

Fig.5 Scene of Bulletin Board Operations

での距離でも、腕を目一杯伸ばした時の長さよりも大きい。そこで、利用者の腕の曲げ伸ばしに応じて、伸ばしたときには BE 層、曲げたときに FE 層、その中間のときに IM 層にアクセスすると解釈する方法を採る。この方法を「3次元アクセス法」と呼ぶ。即ち、ジェスチャ操作の1種として、対象となる掲示板の選択に3次元空間中での腕の曲げ伸ばしを使う方法である。

一方、本研究では掲示板同士が重なる領域は不可視領域であり、利用者から見える掲示板領域のみアクセス可能である。そこで、利用者が指差す方向と、掲示板が交差する点を求め、その中で最も前方の掲示板に属する点を利用者がアクセスしているポイントと解釈する方法が考えられる。この方法を「2次元アクセス法」と呼ぶ。即ち、水平方向での指差しの位置を対象となる掲示板の選択に使う方法である。

### 5. 2つの評価実験

#### 5.1 アクセス方法の比較実験

【実験目的】3次元アクセス法と2次元アクセス法の操作性に関して主観評価し、その結果を比較・検討する。

【被験者】大学生6名。

【実験内容】以下の手順で実施した。

- (1) 被験者は2つのアクセス方法の口頭説明を受ける。
- (2) 理解したら、各操作法に慣れるまで時間をかけてシステムを体験する。
- (3) 3層の掲示板に配置された画像データを移動する作業を、各アクセス法を用いて1分ずつ行う。
- (4) 作業後「操作の確実性」「操作のしやすさ」に関して、それぞれ5段階評価(最高点が5)を行う。
- (5) 各アクセス法について、自由意見を述べる。

【結果と考察】体験者6名の5段階評価の平均値と標準偏差を図6に示す。この実験結果から、以下の知見が得られた。

- ・操作の確実性、しやすさ、いずれも「2次元アクセス法」の評価が高い。
- ・アクセス法に慣れる段階で、「2次元アクセス法」の

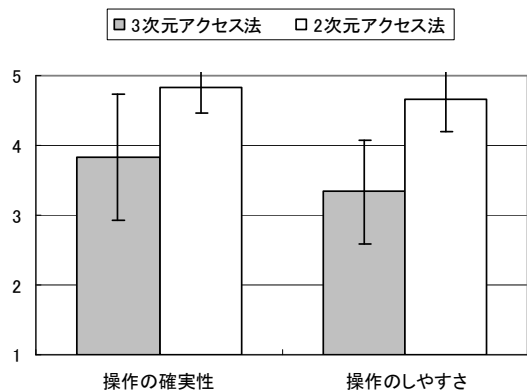


図 6 アクセス方法の評価実験結果

Fig.6 Results of Access Method Evaluation

方が、操作方法に関する質問も少なく、操作に慣れるまでの時間も短かった。

- ・「両眼立体視による奥行き感はあるので、3層の違いは実感できるが、掲示板間の距離と実空間の距離がすぐに一致しない」「3次元アクセス法を用いる場合は、腕をどの程度曲げ伸ばしすれば各掲示板にアクセスできるのか、判断しにくい」という意見が多かった。
- ・上記の問題がないため、相対的に「2次元アクセス法」が簡単に操作できると感じたとの意見があった。

## 5.2 掲示板の適切な高さ確認実験

【実験目的】作業者の身長に応じた掲示板の高さ調節の必要性確認と設定値の決定

【被験者】身長 156cm から 179cm までの男女 5 名。

【実験内容】以下の手順で実施した。

- (1) BE 層は固定スクリーンであり、容易に変更できないので対象外とし、他の 2 層の高さを可変とする。
- (2) FE 層、IM 層の順に掲示板の高さを変更し、被験者は、最も操作しやすいと感じた位置を指定する。
- (3) 上記実験後に、高さ調節の有効性等に関して、自由に意見を聴取する。

【結果と考察】各被験者が見やすい、操作しやすいと感じた FE 層、IM 層の高さと各人の身長との関係を図 7、8 に示す。縦軸は掲示板の中心の高さ、横軸は各被験者の目線の位置（被験者の身長から 13cm 引いた位置）である。破線は目線と層の位置が同じ高さの点を結んだ線である。

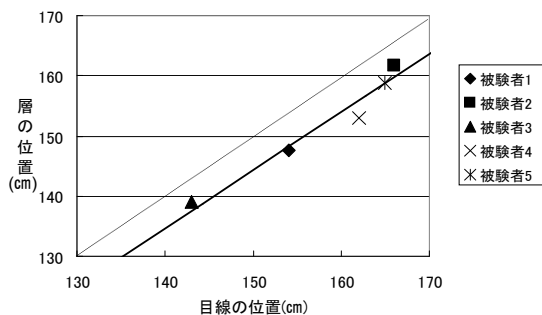


図 7 身長と掲示板の高さの関係 (FE 層)

Fig.7 Relationship Between Users' Heights and Position of Bulletin Board (FE Layer)

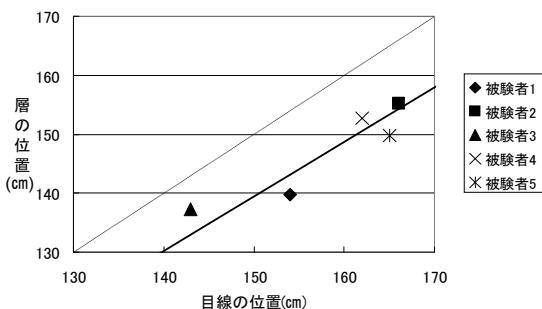


図 8 身長と掲示板の高さの関係 (IM 層)

Fig.8 Relationship Between Users' Heights and Position of Bulletin Board (IM Layer)

あり、実線は実験結果をもとに描いた最小 2 乗法による回帰直線である。この結果から、以下の知見が得られた。

- ・被験者全員が高さ調節機能の有用性を実感した。
- ・被験者の身長と被験者が見やすいと感じる掲示板の高さはほぼ比例している。
- ・掲示板の高さは目線よりも低い位置が好まれ、FE 層は約 5cm、IM 層は約 10cm 目線より低くすると良い。
- ・IM 層の結果は FE 層よりもばらつきが大きく、被験者の好みにより差がある。IM 層は一部が FE 層に隠されるため、意図的に FE 層と IM 層の高さをずらし、IM 層の上部や下部のスペースを有効活用したいと考えた被験者がいたためである。
- ・「掲示板を目線と手の位置の間の高さに配置することで、作業中に手を大きく動かさずに済む」というコメントもあった。

## 6. むすび

広視野電子作業空間に立体映像表示を導入して作業効率上げる一方法として、重要度の高いデータを手前から配置する奥行き情報の活用、かつ掲示板のメタファを導入した結果を報告した。

本研究で実装したのは、3層の掲示板を想定した 2 次元データの閲覧・管理システムで、データの視認性・操作性の観点から評価実験を行い、その有効性を確認するとともに、ヒューマンインタフェース設計上、有意義な知見が得られた。

本研究は、広視野電子作業空間システムを様々な形に発展・拡張して行く上での一歩に過ぎないが、今回得た知見を更なる発展に役立てて行きたい。

## 謝辞

本稿の実験には、当研究室の学生の上野由佳さんの協力を得た。ここに感謝の意を表します。本研究の一部は、(財)国際コミュニケーション基金と(財)大川情報通信基金の研究助成による。

## 参考文献

- [1] Fitzmaurice, G., et al.: Cinematic meeting facilities using large displays, *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 25, No.4, pp. 17-21 (2005).
- [2] Bezerianos, A., and Balakrishnan, R.: View and space management on large displays, *ibid.*, Vol. 25, No. 4, pp. 34 - 43 (2005).
- [3] 木村, 柴田, 鶴田, 酒井, 鬼柳, 田村: ジェスチャ操作を活用する広視野電子作業空間の設計と実装, *情処論*, Vol. 47, No. 4, pp. 1327 - 1339 (2006).
- [4] 小木, 山本, 山内, 廣瀬: 没入空間における情報アクセスインタフェース, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, Vol. 4, No. 4, pp. 197 - 205 (2002)