

# バーチャルモックアップを利用した製品評価システムの開発 第2報)

浅野 良直

棚橋 英樹

山田 俊郎

横山 哲也

## Development of the Product Evaluation System by Virtual Mock-Up(Ⅱ)

Yoshinao ASANO Hideki TANAHASHI Toshio YAMADA Tetsuya YOKOYAMA

あらまし 本研究では没入型ディスプレイシステムにおける入力インタフェース（以下インタフェース：IF）の開発を行った。本研究で利用した没入型6面ディスプレイシステム（以下COSMOS）のような装置は、ユーザがスクリーン内を自由に移動できるため可搬性の優れた入力IFが必要となる。従来、COSMOSで使用してきたモデルビューアの入力IFはゲーム機のコントローラだけであったため操作機能が増えるとボタンによる操作が複雑になる問題が生じた。そこで、昨年度は複雑なボタン操作を解消するためスクリーンにメニュー画面を呈示するメニューIF開発を行ったが、目的のメニュー画面を直接開くことができなく、3次元オブジェクトが多数存在すると選択に時間を要するなど、メニュー画面の数や操作機能が増えた場合に作業性が低下する可能性がある。そこで、本年度はCOSMOSのモデルビューアの作業性を向上させるために音声入力IFと指示操作IFの導入を行った。音声入力IFを使用することでメニュー画面が多数存在しても目的のメニュー画面を音声入力指定できる利点がある。また、指示操作IFはユーザの指示操作でオブジェクトの選択及び移動操作を行えるため、オブジェクトを長距離移動させる場合はコントローラよりも作業時間を短縮することができた。

キーワード COSMOS、バーチャルモックアップ、バーチャルリアリティ、ユーザインタフェース

### 1. まえがき

近年、製造業界は消費者ニーズの多様化に対応するため多品種少量生産で短期間に製品を市場に投入できる製品開発工程が必要とされている。一般的に製品開発はデザイン、設計の問題点を試作段階で抽出して設計変更を行い、再度、試作で問題を抽出する方式を用いている。しかし、試作工程は多くの労力と時間を必要とし材料コストも高いため、何度も試作を行うことは開発費用の削減と開発期間の短縮の大きな障害となる。そこで、試作回数を減らす方法としてデザイン、設計工程での3次元ソフトウェアの利用が考えられる。3次元ソフトウェアでモデリングした3次元オブジェクト（以下オブジェクト）は自由な視点で形状等を検証できるため、試作で行っていた問題抽出をデザイン、設計段階で対応する事が可能となる、これにより試作時の問題抽出数が減少し、試作回数を減らす事ができる<sup>[1]</sup>。

没入型6面ディスプレイシステム（以下COSMOS（図1））はユーザをスクリーンで取り囲んで立体視映像を呈示できるため、大型製品でも実物大で全体を表示できる特徴を持っている。COSMOSが設置された当初はゲーム機のコントローラを入力インタフェース（以下インタフェース：IF）としてモデルビューアの開発を行ったが、企業ニーズによって操作機能を追加していくと、それに伴ってボタン操作が複雑化する問題を生じた。昨年度は

複雑化したボタン操作を解消するためにスクリーン内で使用できるメニューIFの開発を行った<sup>[2]</sup>。しかし、開発したメニューIFは目的のメニュー画面を直接開くなどのショートカット機能がなく、オブジェクトが多数表示されると選択に時間を要するなどの作業性に問題が生じた。そこで、本年度はモデルビューアの作業性を向上させるために音声入力IFと指示操作IFの導入を行った。また、指示操作IFについてはコントローラとの作業性を比較したので報告する。



図1 没入型6面ディスプレイシステム（COSMOS）

## 2. モデルビューアの入力IF

COSMOSのようなCAVE型没入ディスプレイは、ユーザがスクリーン内を自由に移動して自由な角度でオブジェクトを検証できるため非常に高い没入感を呈示することができる。このような特徴を活かすため、使用する入力IFとしては以下の点を考慮する必要がある。

- ・可搬性が高い
- ・複雑な操作を必要としない
- ・没入感を阻害しない

このような仕様を満たす入力IFとして、ゲーム機のコントローラやWandのような片手で操作できる小型IF<sup>[3,4]</sup>やデータグローブや装着型力覚ディスプレイのような装着型IF<sup>[5, 6]</sup>、音声認識ソフトを利用した音声入力IFなどがある。

モデルビューアで使用する入力IFを考慮した場合、現在使用している小型IFはボタンやジョイスティックにより連続した移動操作やメニュー画面のスイッチとして使用できるが、ボタン数が少ないため作業性を向上させるショートカット機能などを加えることができない問題がある。音声入力IFはメニューIFのショートカット機能などで利用できるが、オブジェクトの移動操作などを音声入力IFだけで行うことは困難である。そこで、オブジェクトの選択及び移動操作をユーザの指先に指示する装着型IFを利用して行い、音声入力IFでオブジェクトの選択や移動先を決定できるようにした。

### 2. 1 音声入力IF

モデルビューアでは音声入力IFを目的のメニュー画面を直接表示するためのショートカット機能として利用した。また、後述する指示操作IFはオブジェクト及び移動先の指示を行うだけであるため、指示後の選択及び移動操作の実行スイッチとして利用した。(以下、「」内は音声入力を示す。)

音声入力IFは音声認識エンジンJULIUS<sup>[7~9]</sup>を利用して核融合科学研究所の田村らが開発した音声認識システム<sup>[10]</sup>をCOSMOSに移植して利用することにした。

#### 2. 1. 1 JULIUSの改良

音声認識システムで使用しているJULIUSをCOSMOSの音声入力IFとして使用する際に以下の問題点が生じた。

- ・全てのスクリーンにオブジェクトが表示されるため、スクリーンにいるユーザは現在の認識処理状態を判断ができない
- ・他者との会話まで音声入力として認識処理されるため、次の入力待機状態までの待ち時間が長くなる。そこで、次のように音声認識システムをカスタマイズして対応した。
- ・認識中は音を同時に出力させる
- ・翻訳ファイルに記載した認識文字列の1文で使用される最大単語数以上の音声入力が行われた場合、その時点で処理中の音声認識を終了させ、入力待機状

態までの時間を短くする。

これにより、COSMOS内のユーザは現在の音声認識処理状態を把握できるようになった。また、認識処理する単語数を決めることで会話の音声認識によって生じる長文の認識処理がなくなるため、会話終了後の音声入力の認識処理を開始するまでの時間を短くすることができた。

### 2. 2 指示操作IF

3次元姿勢位置計測センサをユーザの指先に装着して指先の位置及び指示方向を測定して指示操作IFとして利用した(図2)。

#### 2. 2. 1 指示操作IFによるオブジェクト選択

指示操作IFでは以下の処理手順でオブジェクトの選択を行う。

- ① 指先の位置を原点にして仮想空間を分割し、指示方向の象限に存在するオブジェクトを指示選択の対象候補とする。
- ② 指示方向のベクトルと判別されたオブジェクトのBounding Box間で衝突判定を行い、最初に衝突が検出されたBounding Boxを黄色で表示する。
- ③ 黄色で表示されたBounding Boxがユーザの指示したオブジェクトであれば「選択」と入力する(Bounding Boxが赤色で表示)。異なるのであれば「その他」と入力することで次候補のオブジェクトのBounding Boxを黄色で表示する。

なお、衝突判定はモデルビューアの開発で使用したIRIS Performer ライブラリのpfHit関数を利用した。

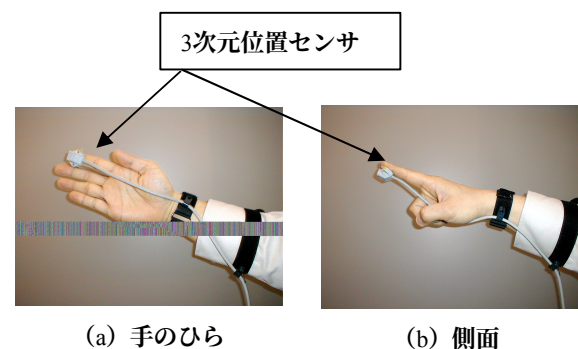


図2 指示操作IF

#### 2. 2. 2 指示操作IFによるオブジェクト移動

オブジェクトが選択されていた場合、ユーザは以下の手順で表示されるポインタの位置に選択したオブジェクトを移動させることができる。

- ① 指示方向に存在する選択されていないオブジェクトのBounding Boxとの交点にポインタを表示する。
- ② ①による交点がない場合、COSMOSの床面または天井面との交点にポインタを表示する。
- ③ ポインタで移動先を指示できたら、「移動」と入力することで選択したオブジェクトが移動する。

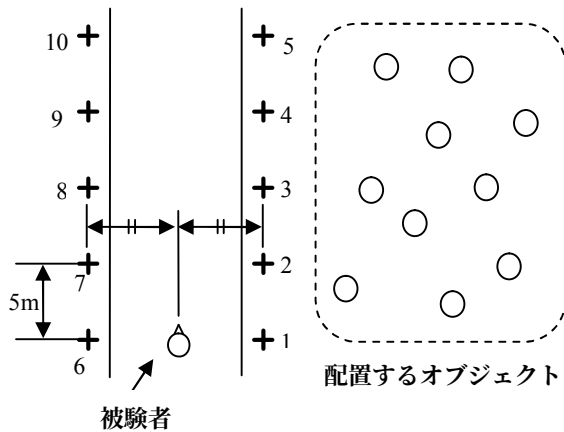


図3 オブジェクトの配置実験

なお、①の交点に移動させる場合、ポインタで指示したオブジェクトと選択したオブジェクトが交差しないようにするため、交点の存在するBounding Box面上に選択したオブジェクトは移動する。また、②の交点に移動させる場合は、選択したオブジェクトの原点をポインタの位置にあわせるように移動する。

### 3. 指示操作IFの評価実験

指示操作IFを使用することにより、オブジェクトの長距離移動も短時間で行うことができると考えられる。そこで、3. 1に示すようなオブジェクトの配置作業実験をコントローラと指示操作IFで行い、配置作業完了までの作業時間と移動精度を測定することにした。

#### 3. 1 実験方法

被験者は実験開始位置でコントローラおよび指示操作IFを使用して、ランダムに配置したオブジェクトを任意に選択し、+印で指定された位置（1～10）に配置を行う（図3）。評価対象として配置作業完了までの作業時間及び配置されたオブジェクトの中心から配置先（+印）の中心までの距離（配置精度）を比較する。

#### 3. 2 実験結果および考察

コントローラ及び指示操作IFの作業時間を図4（a）に示す。また、各IFを使用したときの設置誤差を図4（b）に示す。これらの結果から本実験のような長距離移動の操作の場合、作業時間は指示操作IFを利用した方が短時間で済むことが分かった。しかし、移動精度を比較するとコントローラの方が誤差を少なく操作できる結果を得られた。

このような結果の原因として、指示操作IFはオブジェクト及び移動先を指先で直接指示できるため短時間で操作できるが、コントローラはオブジェクトを選択する度にメニューを開く必要があり、移動操作はボタン等を押し続ける連続した操作であるため、同じ距離を移動させる場合でもコントローラの方が時間を要することが考え

られる。次に、配置精度の場合、指示操作IFでは指先の傾きを指示方向として利用しているため、操作位置から離れた位置を指示する場合、指先の僅かな傾きで指示位置が大きく移動するため移動精度の誤差が大きくなったと考えられる。しかし、コントローラは連続した移動操作を一樣な速度で行うことができるため、誤差の少ない結果を得られたと考えられる。

そこで、指示操作IFにおける移動精度の向上を検討するため、被験者の操作位置を自由に移動できるようにした状態で同様の実験を行った（実験結果：図5）。作業時間は先に行った指示操作IFの結果と同程度の時間であったが、誤差は先に行ったコントローラの結果よりも少ない結果を得られた。

被験者は配置先付近まで移動してからオブジェクトの配置作業を行うため、先の実験よりも作業工数は多くなるが、指示操作IFは配置先付近へ短時間で移動して、オブジェクトの配置先を全て近距離から容易に指示することができるため各オブジェクトの配置作業を短時間で終わることができたため、先の実験よりも作業工数は増えても、結果として同程度の作業時間で行うことができたと考えられる。また、近距離から配置先を指示作業を行ったので、先の実験のコントローラの結果よりも精度を高める事ができたと考えられる。

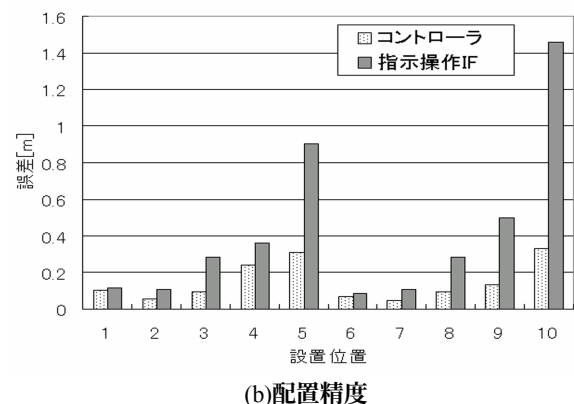
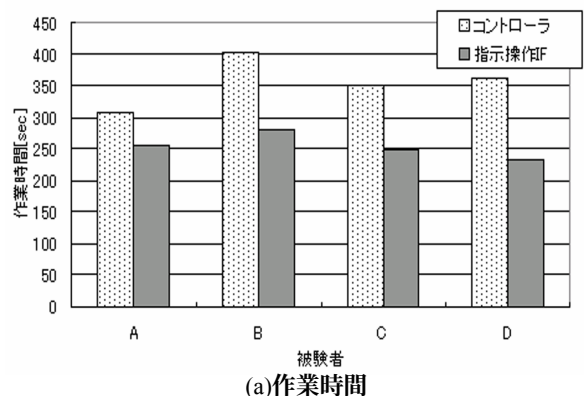


図4 オブジェクトの配置実験（実験結果）



これらのことから、指示操作IFはオブジェクトを長距離移動させる場合において有効であるが、移動精度を高くするには常に操作位置を移動先付近で行う必要がある。また、コントローラでオブジェクトを長距離移動させることは時間を要するため不向きであるが、一定の速度で行うことが可能であるため近距離での微少移動操作に有効であると考えられる。

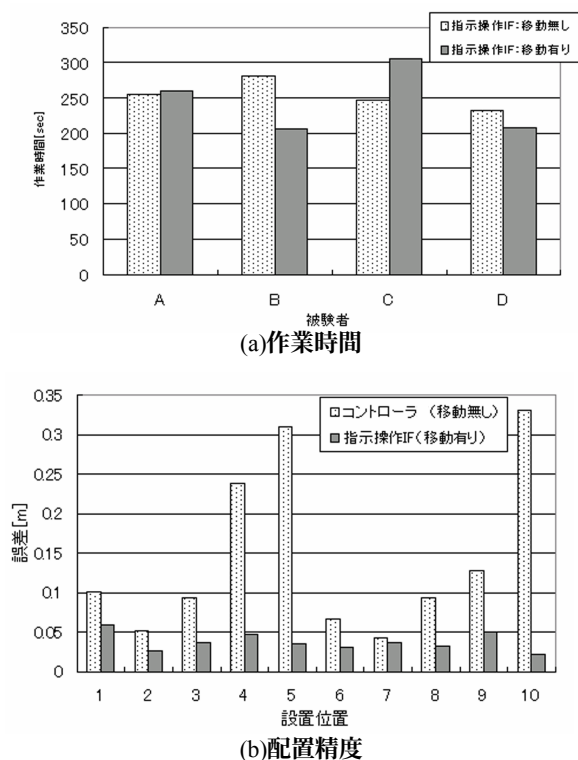


図5 操作位置を移動可能にした実験結果

#### 4. まとめ

COSMOSのモデルビューアで使用する入力IFとして音声入力IFと指示操作IFの導入を行った。

音声入力IFは目的のメニュー画面を直接開く事ができるなどのショートカット機能として利用できるが、COSMOSで使用する場合、スクリーン内では音声入力の認識処理が行われているかどうかをユーザが判断する手段がないため、認識処理中は音を出力して認識処理の状態を呈示した。また、会話のような長文が音声入力は認識処理に時間を要するため、次の入力待機状態までの待ち時間が長くなる。そこで、認識処理はユーザが作成した認識文字列の最大単語数認以下で処理するように変更して、入力待機状態までの待ち時間を短くできた。

指示操作IFは短時間でオブジェクトの選択及び長距離移動の操作を行うことができる。しかし、細かい移動操作などは一定の速度で操作できるコントローラを使用し

た方が有効である。

COSMOSは様々な分野で利用できるシステムである。そのため、用途に応じて様々な機能を開発する必要があり、また、開発された機能を効率よく操作できるIFの開発は今後も必要である。

#### 謝 辞

本研究の一部は、遠藤斉治郎記念科学技術振興財団研究助成金を受けて行われた。記して感謝します。

#### 文 献

- [1]トヨタ自動車株式会社「3次元ビジュアルエンジニアリング・システム = V-Comm (ブイコム)」  
<http://www.ctc-g.co.jp/user/users/toyota/main.html>
- [2]浅野, 藤井, 小川, 棚橋, “バーチャルモックアップによる製品評価システムの開発 (第1報)”, 岐阜県生産情報技術研究所研究報告第3号, pp.29-32, 2002
- [3]Jerome Grosjean, Sabine Coquillart, "Command & Control Cube : a Shortcut Paradigm for Virtual Environments", Immersive Projection Technology and Virtual Environments, pp.1-12, 2001
- [4]久木元伸如, 戸泉協, 橘木卓, 小田隆志, 岩崎勤, “設計支援のための図形思考支援環境の構築”, 日本バーチャルリアリティ学会第4回大会論文集, p323-326, 1999.
- [5]廣瀬通孝, 小木哲朗, 矢野博明, 笈直之, 中垣好之, “ワイヤーテンションを用いたウェアラブルフォースディスプレイの開発”, 日本バーチャルリアリティ学会大会論文集Vol.3, pp.1-4, 1998.
- [6]浅野, 藤井, 窪田, “多面ディスプレイ内の直感的作業に関する研究”, 岐阜県生産情報技術研究所研究報告No.1, pp.7-10, 1999.
- [7]鹿野清宏, 伊藤克亘, 河原達也, 武田一哉, 山本幹雄, “音声認識システム”, オーム社, 2001.
- [8]松本裕治, 北内啓, 山下達雄, 平野善隆, 松田寛, 高岡一馬, 浅原 正幸, “日本語形態素解析システム『茶筌』version2.2.1使用説明書”,  
<http://chasen.aist-nara.ac.jp/chasen/doc/chasen-2.2.1-j.pdf>
- [9]“大語彙連続音声認識プログラムの開発”,  
<http://winnie.kuis.kyoto-u.ac.jp/dictation/doc/lvcsr.pdf>
- [10]田村祐一, 陰山聡, 佐藤哲也, “音声入力による数値シミュレーション結果操作”, 日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集, pp.375-376, 2001