

2002年度卒業論文

仮想三次元空間上での物体の配置操作における
様々なインタフェースのユーザビリティに関する研究

指導教員：渡辺 大地

メディア学部Web 3Dプログラミングプロジェクト

学籍番号 99p179

五島 美保

2003年3月

2002年度 卒業論文概要

論文題目

仮想三次元空間上での物体の配置操作における様々なインタフェースのユーザビリティに関する研究

メディア学部 学籍番号: 99p179	氏名	五島 美保	主査	渡辺 大地
			副査	和田 篤
キーワード	配置操作, ユーザビリティ, 三次元空間, ユーザインタフェース			

コンピュータでの仮想三次元空間上に物体を配置する時、物体配置操作の際に数値情報を入力する方法には、大きく分けて二つの入力方法がある。一つはマウスなどのようなポインタデバイスの移動量によって入力を行う方法、もう一つはキーボードなどによって直接数値の入力を行う方法である。これらの入力デバイスには両者それぞれに異なった特性があり、それぞれに適した状況での操作がある。仮想三次元空間上での物体配置操作において、両者がどういった状況で使われるのが良いのかを比較を用いて検討した。最後に、それぞれの入力デバイスに特化した二つのプロトタイプモデルを作成し、本研究の正当性を確認した。

目次

1 . はじめに	4
2 . 比較	5
2.1 マウスによる操作	5
2.2 キーボードによる数値入力	5
2.3 検証	6
3 . 実験	19
3.1 実験の目的	19
3.2 仕様説明	21
3.3 実験方法	22
3.4 操作項目	23
3.5 結果	24
3.6 考察	25
4 . まとめ	34
謝辞	35
参考文献	35

1 . はじめに

仮想空間内において、いかにして自然かつ直接的な感覚での物体操作を可能にするかという研究が、これまでに様々な形で行われている。既存のデバイスで使用できるような新しいシステムの開発を行い、操作性を向上させる研究[1,2]や、視覚や力覚のフィードバックを利用して仮想空間での物体配置操作を補助し、ユーザが自然な感覚で操作を行えるような研究[3-6]などである。また、最近では手形状モデルを用いたものや、両手を使うことで自然な操作感を実現する研究などが盛んに行われている[7-12]。

これらの研究は、実世界での人間の動きを模倣することによって、人間が実世界で行うような動作感覚で操作を行うことを可能とする点に意義がある。しかし、物体配置操作という点において、自然で直接的な操作よりもキーボードなどにより直接座標値や角度を入力した方が確実にすばやく操作が行える場合がある。このように、仮想空間の物体配置操作においては、これまでに研究されてきた自然で直接的な操作が適した状況、キーボードなどによる数値入力での操作が適した状況がそれぞれ存在するのであれば、状況ごとに両者を使い分けることによって操作性が向上するのではないかと考えられる。

本論文では、現在一般的に使用されているマウスなどのポインタデバイスによる直接的な操作、キーボードなどによる数値入力という二つの操作方法を、仮想空間上での物体配置操作という点において比較検討し、両者がどういった状況での操作に適しているかというところからそれぞれの特性を導き出し、仮想的な三次元空間の物体配置操作におけるインタフェースのユーザビリティを高めることを目的とする。

2 . 比較

配置が行われる際の状況として、どのようなものがあるかを挙げ、こういった操作がポインタデバイスによる直接的な操作とキーボードなどによる数値入力のどちらに適しているかを比較する。比較のサンプルとして、前者の代表としてマウスによる操作、後者の代表としてキーボードによる数値入力を採用した。それぞれの特性を以下に述べる。

2.1 マウスによる操作

マウスは、一般にボタンをクリックしたり、コマンドを選択したりする際に用いられている。三次元上の物体配置操作においては、マウスはカーソルの移動量によって物体を配置するものである。カーソルを画面上のどこにでも自由自在に動かせるので、物体が動くのを目で確認しながら動かすことができるという利点がある。しかし、手のぶれが直接カーソルの動きに影響してしまったり、見た目のみでの判断になってしまうため、指定された位置に正確に物体を配置することは困難であるといえる。

2.2 キーボードによる数値入力

キーボードは、一般にコンピュータを扱う場合では、コマンドを入力して命令を実行する際の入力デバイスとして、また、文章を書くものとして使われている。三次元空間上での物体配置操作においては、座標値や角度など、決まった数値を入力することによって、物体の移動や回転を行うような場合に使われている。テキストボックスに座標値や角度を入力すると、確実にすばやく物体がその位置に動くのである。数値を用いての操作のため、正確な配置操作において非常に有効であるといえる。しかし、マウスのように操作に連動して物体が動くわけではないので、全体のバランスを考慮しながら、微妙な調整を行うといったような、あいまいで見た目重視の配置には向いていない。

2.3 検証

まず、両者が実際に市販されているソフトウェアにおいてどのように使用されているかをもとに検証を行った。

・比較に用いた物体配置ソフトは以下の3つである。

ソフト A : 3D インテリアデザイナー(MEGASOFT)

ソフト B : 3D マイホームデザイナー(MEGASOFT)

ソフト C : 3D あっ! とホームプランナーVer, 3 (A.I.Soft)

・物体配置操作を必要とする状況には、以下のようなものが挙げられる。

- (1)物体同士を隙間なくぴったりと隣に置く。
- (2)物体をぴったりと壁に付けて置く。
- (3)物体を座標指定された位置に置く。
- (4)好きな位置に物体を配置する。
- (5)物体自体のサイズを変更する。
- (6)好きな方向に物体の向きを変える。
- (7)直角、反対方向など角度が指定されているような場合で、物体の向きを変える。
- (8)物体の上に物体を重ねる。

マウスによる操作が適している状況：

- (4)好きな位置に物体を配置する。
- (6)好きな方向に物体の向きを変える。

(4)の操作は、図1のように、部屋の中に家具を配置する時、このあたりにはソファを、このあたりにはテーブルを、というふうにユーザが全体のバランスを見ながら配置する場合に用いる操作である。この位置に置かなければならない、という決まった位置はなく、見た目ユーザ自身が良いと思う位置に置くという操作である。(6)の操作は図2のようにテレビを見易い向きにしたりする時などに必要な操作であるが、これも決まった角度はなく、この向きが良いのではというユーザが視覚的フィードバックによる判断で行うものである。

そういった状況においては、どのソフトを見ても、物体をマウスでドラッグして直接配置するというやり方をとっている。従って、マウスで物体をドラッグして直接位置を動かす方がふさわしいやり方であるといえる。

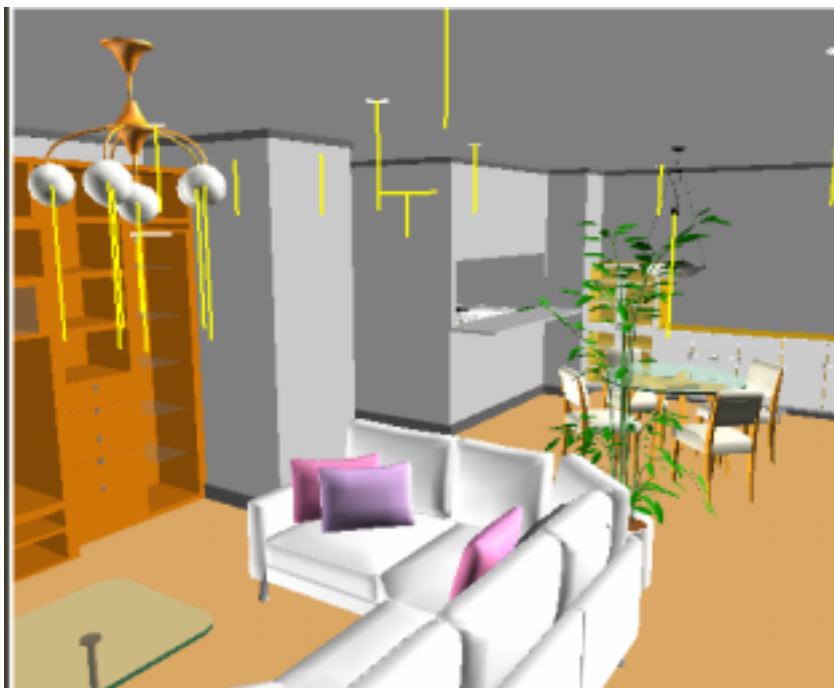


図1 好きな位置に物体を配置する

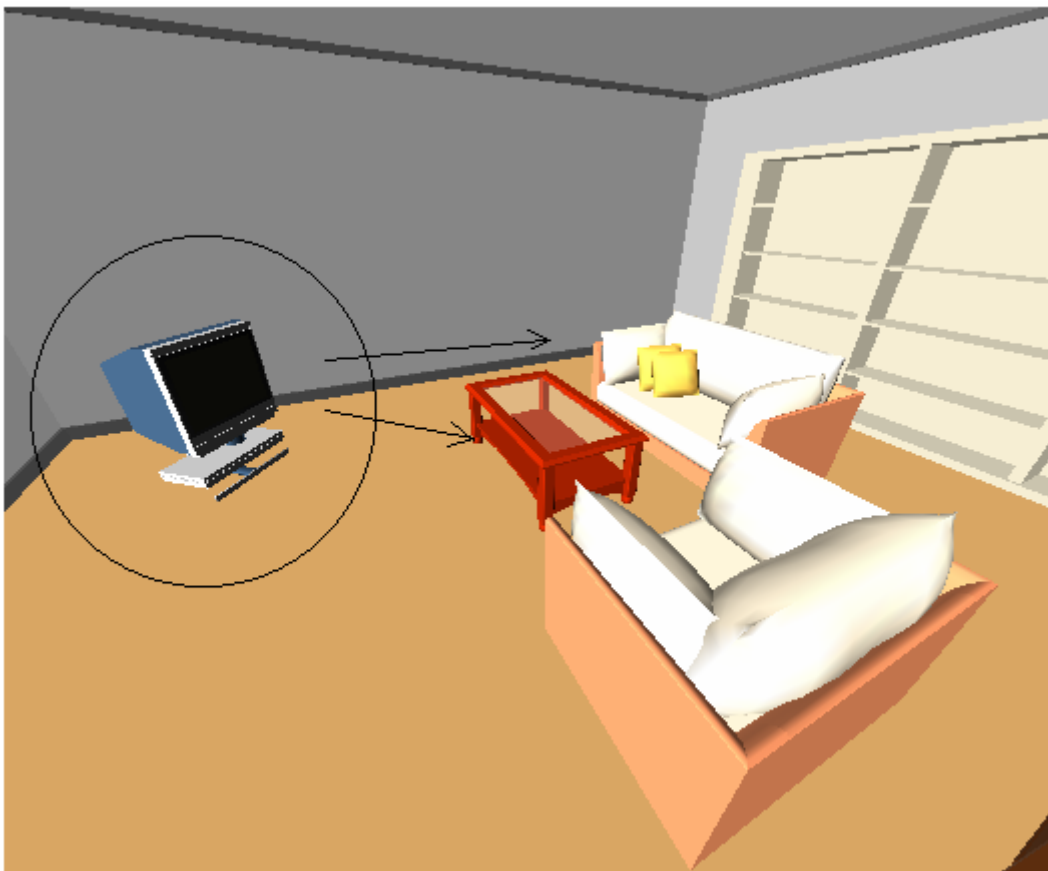


図2 好きな方向に物体の向きを変える

キーボードによる数値入力に適した状況：

- (1)物体同士を隙間なくぴったりと隣に置く。
- (2)物体をぴったりと壁に付けて置く。
- (3)物体を座標指定された位置に置く。
- (7)直角、反対方向など角度が指定されているような場合で、物体の向きを変える。

(1)(2)の操作は、ほとんど同じ操作であるといってもよい。これをマウスで行おうとした場合、視覚フィードバックによる判断でしか操作できないため、物体同士が重なってしまったり、壁に埋もれてしまったりしてなかなか物体が思った位置にいけなくなってしまう。また、マウスは手のゆれが直接物体の移動に影響してしまうため、正確な配置は難しい。「ぴったりとくっつける」ということは、隣り合わせになる物体同士の側面の距離を 0 にするということであるので、座標値が指定されていなくても「距離を 0 にする」という点

で数値は決まっている。従って、やはりキーボードによる数値入力の方がふさわしいといえる。

実際にソフトでの操作方法を見てみると、ソフト A ではまず、図 3 中の円でかこっている部分を操作し、物体 a の後ろの壁と、物体 a との距離を測る。二つの円で印がついている部分は、上は右から「基準線の選択」、「ターゲットの選択」ボタン、テキストボックスには選択された基準線とターゲット(物体)の間の距離が表示される。「基準線の選択」で、壁の線を基準線として選択し、「ターゲットの選択」で物体 a を選択する。物体 a と壁の選択はマウスで行っている。物体 a と壁をつないでいる線 c が物体と壁の距離である。その距離が上の印でかこってある寸法と書いてあるテキストボックスに表示され、その数値を 0 に変えることで壁との距離が 0 になり、物体 a は奥の壁にぴったりと付くようになる。下の印の部分は選択された物体の幅・奥行き・高さが表示されている。この数値を使って、物体と壁からの距離を物体 a の幅と同じ数値にすることで物体 a ・b をぴったりとくっつけることができる。

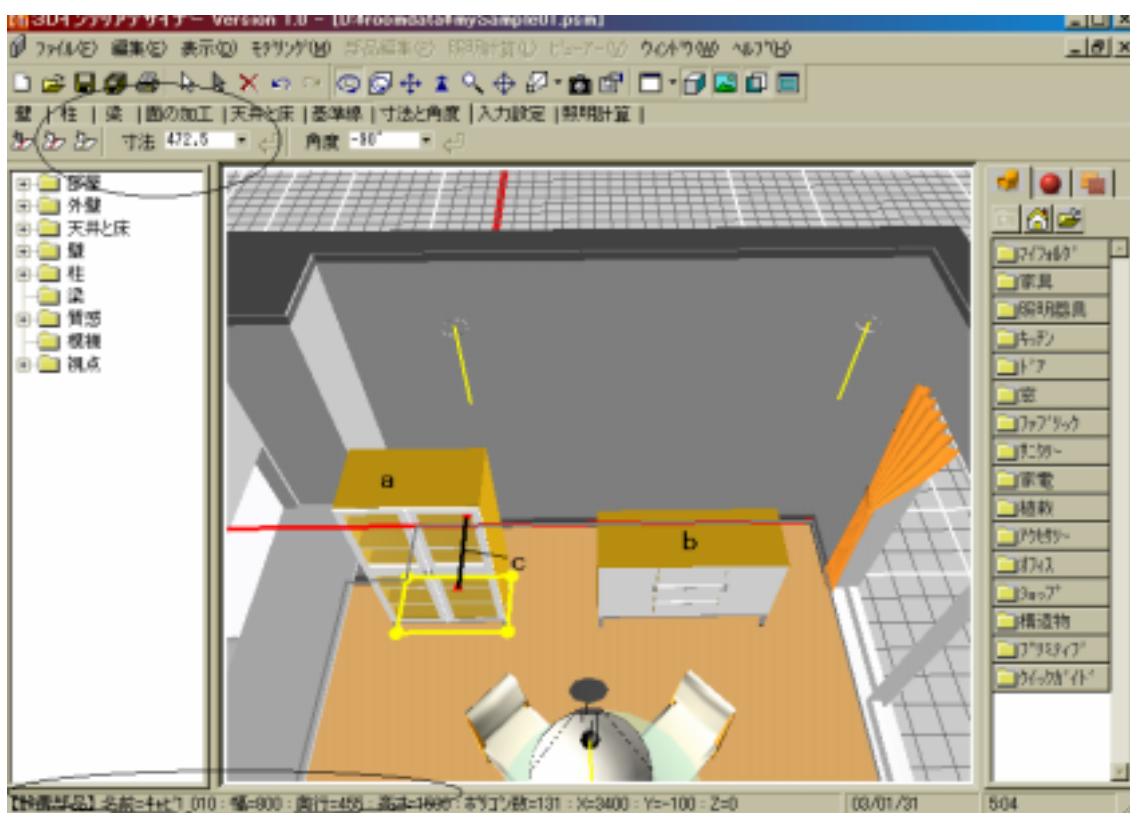


図 3 ソフト A の配置操作

ソフト B は右クリックメニューの中の「壁や他のものに沿わせる」コマンドの「右へ」を選択すると、物体は X 軸 + (プラス) 方向へ、「手前へ」を選択すると Y 軸 - (マイナス) 方向へ、壁や他の物体に衝突するまで移動する。ソフト C はメニューの「移動」コマンドで前後左右を選択すると、その通りに他の物体や壁に衝突するまで移動する。この操作はキーボードでも可能で、Shift キーと矢印キーを押して操作する。ソフト B、C はどちらもコマンドによる操作になっている。

ソフト A の場合、物体と壁、または物体同士の距離を 0 にする時はテキストボックスに数値を入力しているが、距離を測る際の物体や壁の選択はマウスクリックで行っている。ソフト B、C はキーボードの矢印キーもしくはコマンドを使用している。(1)(2)の操作の場合、くっつける物体同士が、空間内に配置された時点では、数値的にどの位置にあるのか分からないため、その位置の割り出しは難しい。そのためどちらのソフトも直接数値を入力するという方法はとっていなかったが、操作自体は決まっているので、動きを限定できるキーボードや、コマンドのような正確で確実にできる方法をとっているといえる。その点、ソフト A の方法は効果的である。ソフト A の場合は少し違い、物体と壁、または物体同士の距離を 0 にする時はテキストボックスに数値を入力しているが、距離を測る際の物体や壁の選択はマウスクリックで行っている。マウスによる操作とキーボードによる数値入力の利点をうまく組み合わせた方法であるといえる。

(3)の操作は、座標指定された位置に置くということで、これは、予め数値で指定された位置に置くのだから、キーボードの特性から、キーボードによる数値入力の方がふさわしい。

図 4 は全体を上から見たものである。目の細かい格子状の線は方眼紙のようなもので、矢印のついている線が基準線である。ソフト A は、図 4 のように配置したい位置に縦・横の基準線を引き、その基準線の交点に物体をドラッグすることで配置している。

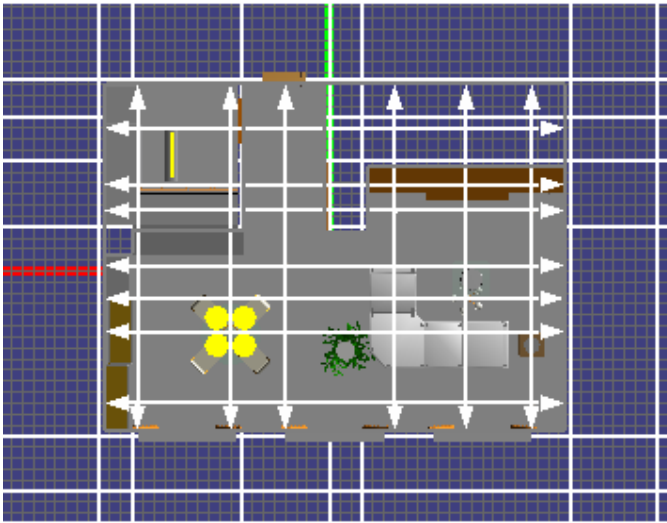


図 4 指定された位置に物体を配置(ソフト A の場合)

ソフト B では、物体をダブルクリックして図 5 のような「パーツの配置」ウィンドウを表示し、X 座標・Y 座標を指定して配置することができるようになっている。

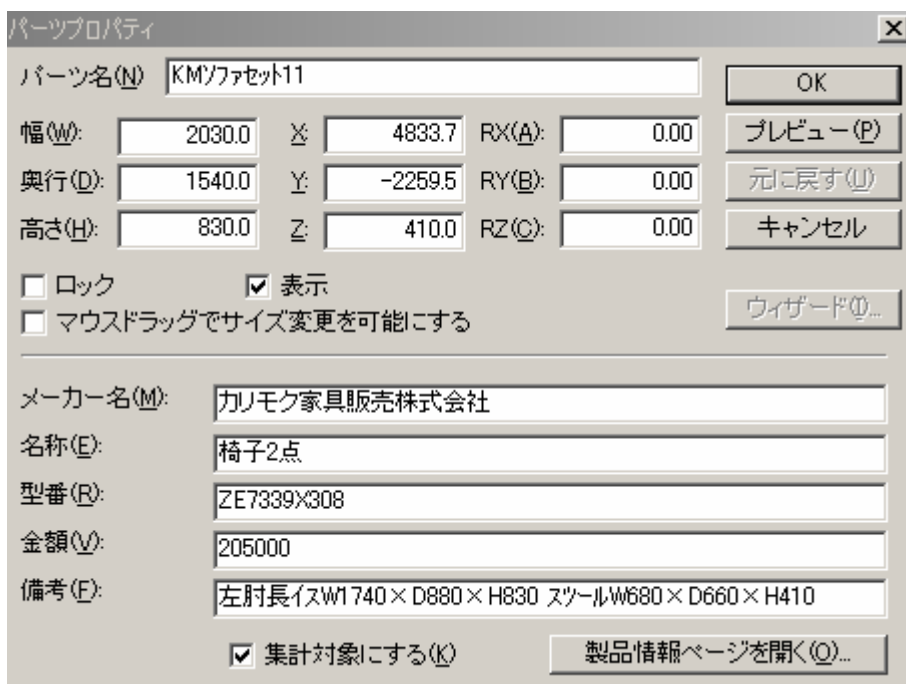


図 5 指定された位置に物体を配置(ソフト B)

ソフト C はキーボードの矢印キーを押すと、物体が矢印の方向に 10 cm ずつ移動するようになっており、「たて」「よこ」など、移動する方向を限定することで正確な配置を実現

している。この状況に対しては、各ソフトにより採用した方法が異なる。ただし、ソフト A、ソフト C で採用されている方法は指定できる座標の分解能が制限されており、任意の座標を指定する場合はやはりキーボードによる数値入力の方がふさわしいといえる。

(7)もまた、正確な数値を必要とする操作である。数値があらかじめ分かっているのなら、キーボードで数値を入力してしまった方が一回で向きを変えることができ、確実にその角度の向きに向かせることができるからである。ソフト A では、物体を選択すると、図 6 のように印のついている部分のテキストボックスにその物体の現在の角度が表示され、その数値を変更することで向きを変えている。ソフト B でも同様に数値入力による操作を採用している。先程(3)の操作で用いた「パーツの配置」ウィンドウの角度入力欄に数値を入れることによって向きを変えている。ソフト C は、数値を入力して角度を変更するという方法ではなく、好きな位置に向きを変える場合と同じく、ドラッグによって向きを変えるという方法をとっている。しかし、それでは正確に向きを変えることができない。したがって、やはりキーボードで数値を入力して行う方がふさわしいといえる。

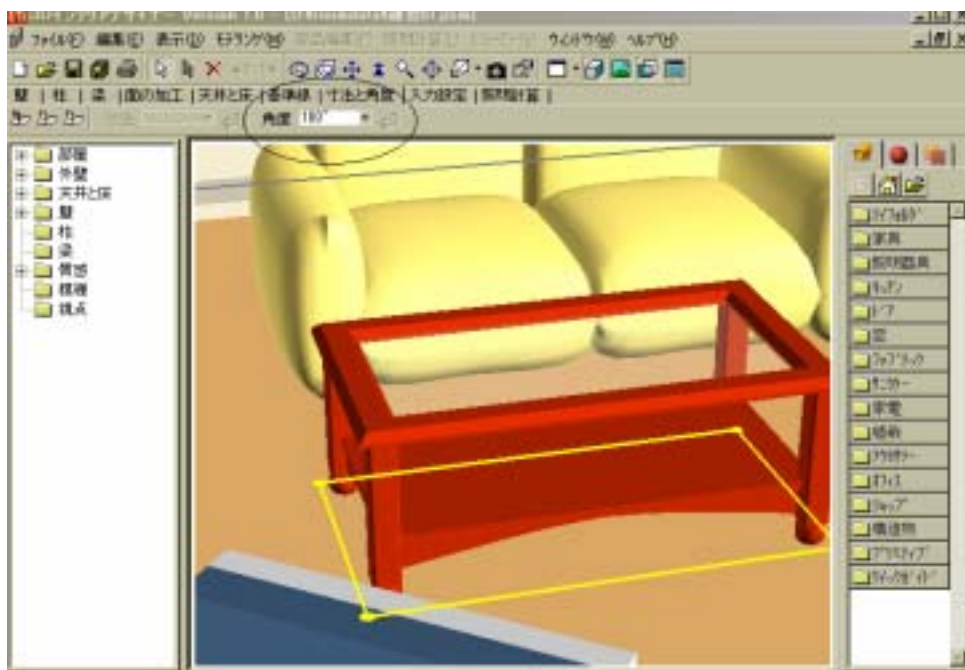


図 6 角度が指定された場合の向きの変更(ソフト A)

どちらでも同じようにできる操作：

(5)物体自体のサイズを変更する。

(8)物体に物体を重ねる。

(5)の場合、このサイズに合わせたいという風に数値が決まっている場合と、このぐらいにしよう、と具体的な数値を決めておらず、頭に思い描いている大きさを操作する場合と、二つ考えられる。両者の特性を踏まえてみると、前者がキーボードによる数値入力、後者がマウスによる操作にそれぞれ適している。

ソフトを見てみると、キーボードで操作する方法、マウスで操作する方法と、三つのソフトのうち二つのソフトが、どちらでも操作できるようになっていた。ソフト A では物体をダブルクリックすると、図 7 のように「部品編集ウィンドウ」が表示され、印でかこつてある幅・高さ・奥行きを数値で設定できる他に、印の一番右のボタンで、マウスでの操作に切り替えることが出来る。マウスでの操作にすると、図 8 のように物体に幅・高さの矢印が表示され、それをドラッグすることでサイズを変更できるようになっている。図 9 は変更後の画面である。ソフト B は、(3)で用いた図 5 の「パーツの配置」ウィンドウ中の幅・高さ・奥行きを操作することでサイズ変更できるようになっている。ソフト C の場合は、物体をダブルクリックすると図 10 のような編集ウィンドウが表示される。C も A と同様、マウスによる操作、キーボードによる数値入力、どちらの操作でも出来るような形になっており、マウスで変更する場合は、図 11 のように通常の作業画面で物体をクリックすると現れる 9 つの点のいずれかを選択し、ドラッグして変更すると、図 12 のようになる。このように両方の操作を使えるようにしてあるのは、ユーザや状況によって様々なパターンが考えられるからであると考えられる。

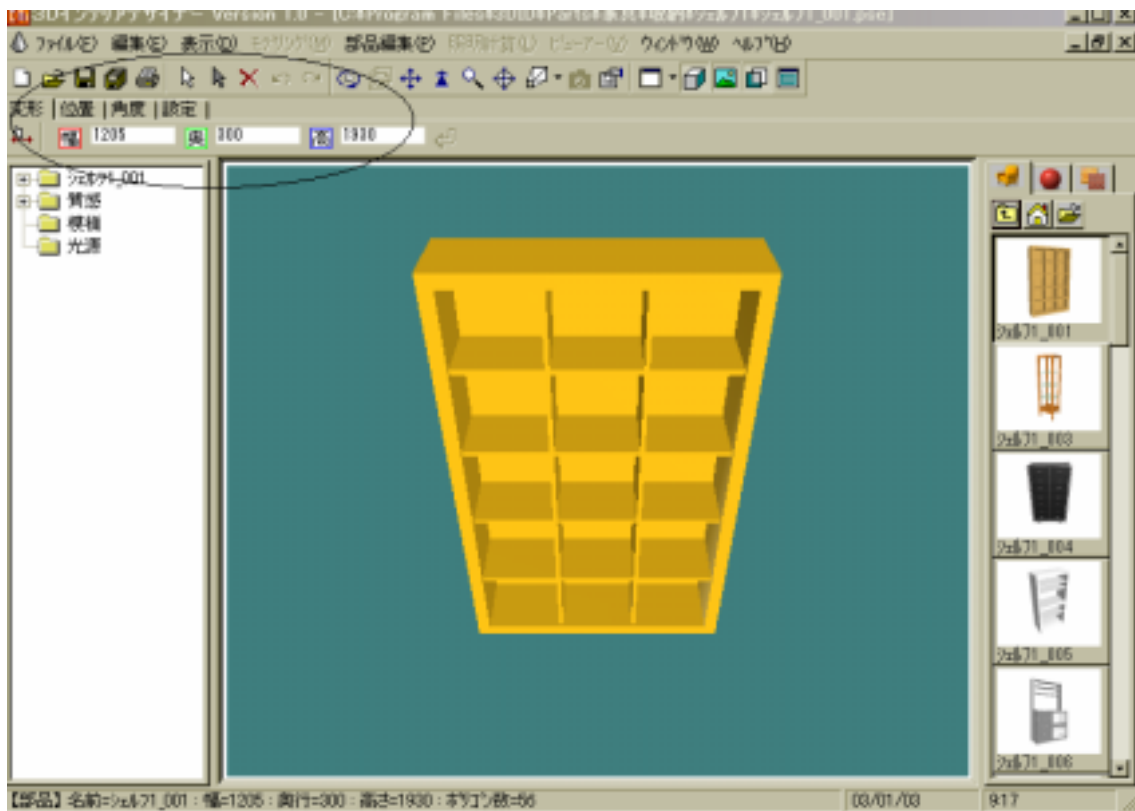


図7 部品編集ウィンドウ(ソフト A)の数値入力でのサイズ変更

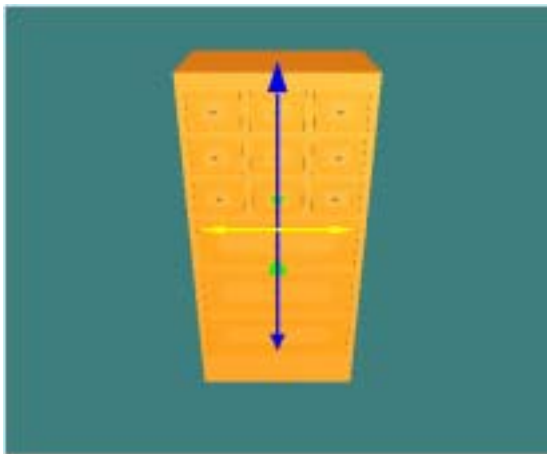


図8 マウスでのサイズ変更(変更前)

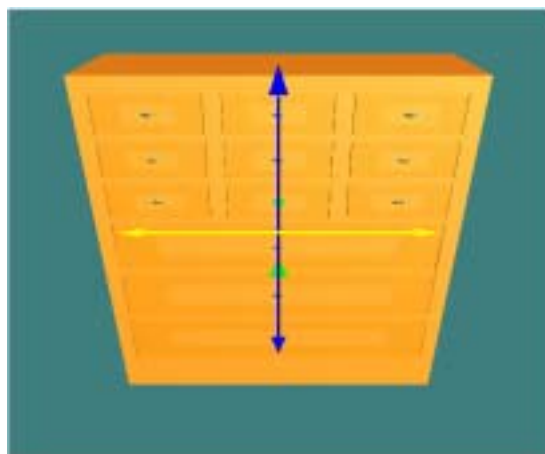


図9 変更後



図 10 数値入力でのサイズ変更(ソフト C)

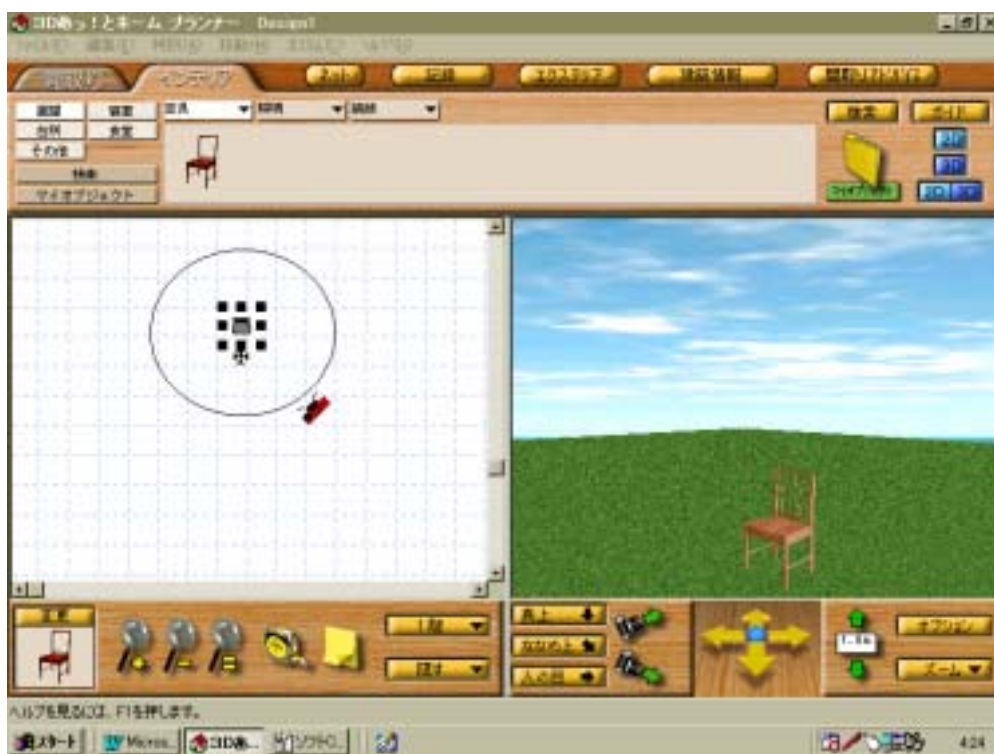


図 11 マウスでのサイズ変更(ソフト C) 変更前

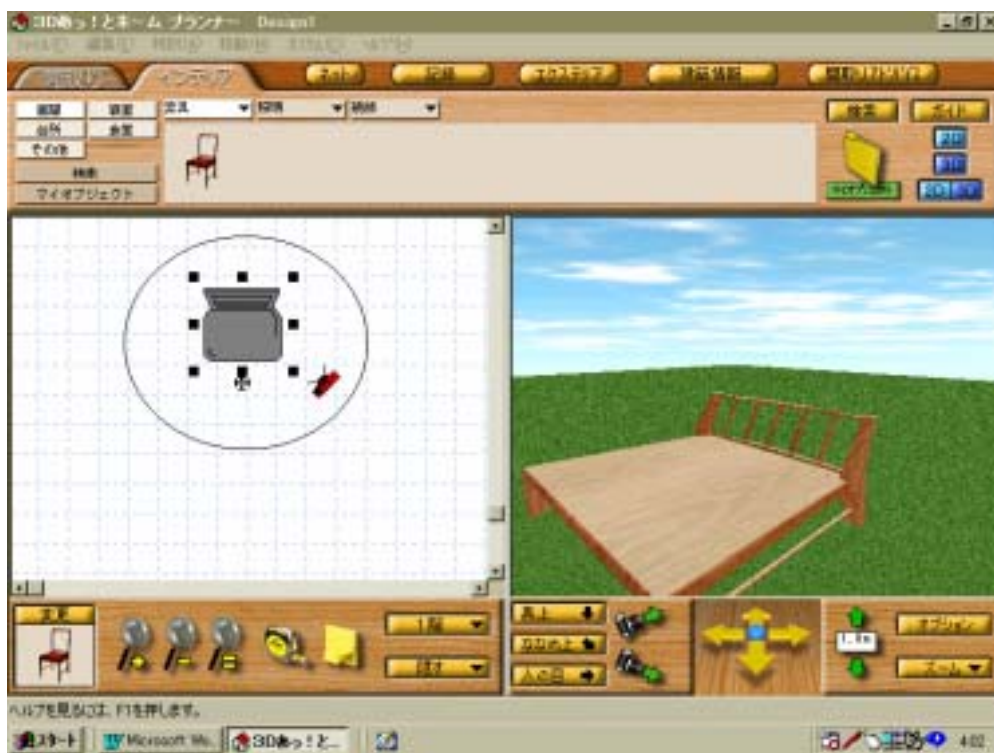


図 12 変更後

(8)は、図 13 のようにテーブルにグラスや花瓶などの小物類を配置する時に必要な操作である。物体を正確に重ねるのであれば、下になる物体の高さの分だけ上に重ねる物体の高さを変更することで、うまく物体を重ねられるので、キーボードによる数値入力の方が良いと考えられる。ソフト C でも、物体の「プロパティ」を開き、「床上」の値を下になる物体の高さに合わせて変更するという風に、そのような方法で操作することが出来る。また、ソフト B でも「パーツの配置」ウィンドウの中で、高さを変更することで物体を重ねることができる。しかし、図 13 のように配置する場合、どちらのソフトも物体の上に直接物体をドラッグして持っていくと、上の物体の高さは、自動的に下になる物体の高さに合わせられ、ドラッグだけで重ねることができるようになっており、物体を重ねるたびにプロパティなどを開いて操作するよりも簡単で、わかりやすい操作になっている。また、ソフト A でも、物体同士を重ねるためには「部品編集ウィンドウ」を開き、その中でドラッグによって操作している。従って、自動的に物体の高さが変わる場合は、マウスの方がふさわしいが、自動的に高さが変わらない場合はキーボードでの数値入力と、状況に合わせてどちらかふさわしい方を使えばよい。

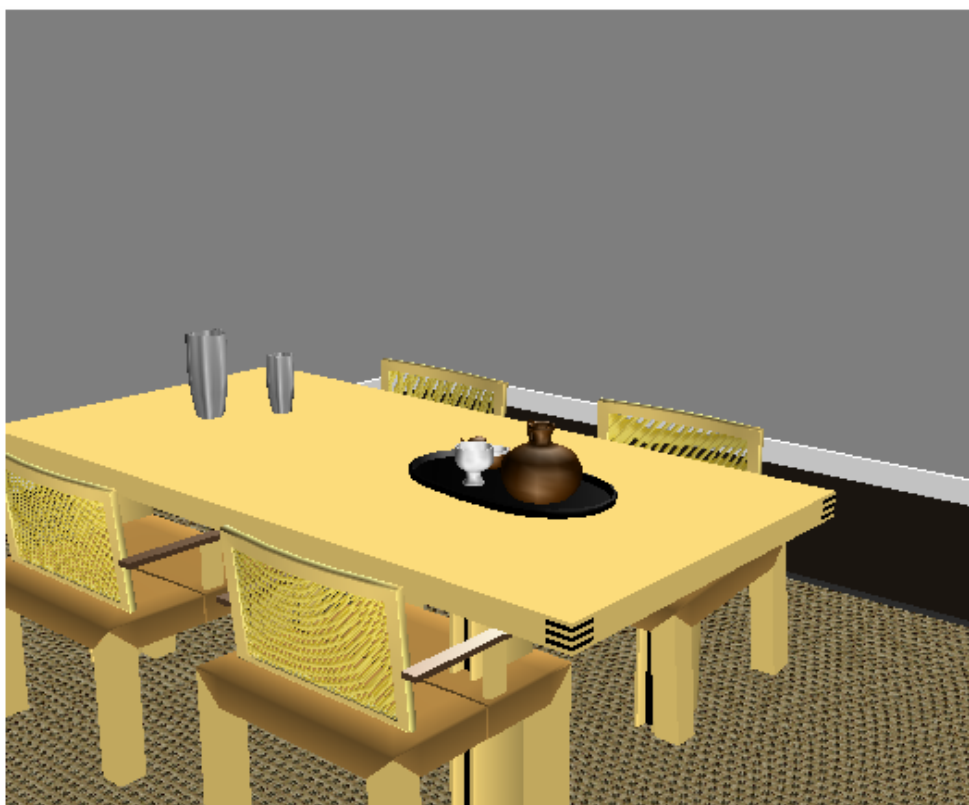


図 13 物体に物体を重ねる

これまでの考察から、三次元空間上での物体配置操作が必要な状況は、「視覚」を重視するもの、「正確さ」を重視するものに分けられることがわかった。見た目やバランスなど、「視覚」を重視する操作の状況には「視覚フィードバック」を頼りにして行うポインティングデバイスによる操作が、「正確さ」を重視する操作の状況にはキーボードなどによる数値入力が、というように、それぞれの操作方法はそれぞれにふさわしい状況で使われており、どちらか一方の操作方法だけでは、満足のいく操作を行うことができない。こういった状況で、どちらの操作方法がふさわしいかを考えながら、インタフェースを設計することにより、インタフェースのユーザビリティは高まるといえる。

3 . 実験

3.1 実験の目的

これまでの考察から、それぞれの操作方法は、以下の状況に適していると考えられる。これらの操作をそれぞれの操作方法来に特化したインタフェースを用いて行うことによって、それぞれの操作性が向上することを確認するための実験を行った。

ポインティングデバイスによる操作に適した状況

- ・好きな位置に物体を配置する。
- ・好きな方向に物体の向きを変える。

キーボードなどによる数値入力に適した状況

- ・物体同士を隙間なくぴったりと隣に置く。
- ・物体をぴったりと壁に付けて置く。
- ・物体を座標指定された位置に置く。
- ・直角、反対方向など角度が指定されているような場合で、物体の向きを変える。

「物体同士を隙間なくぴったりと隣に置く」と「物体をぴったりと壁に付けて置く」は、操作的にほとんど同じものであり、また、「物体を座標指定された位置に置く」と「直角、反対方向など角度が指定されているような場合で、物体の向きを変える」も、操作的には類似しているため、実験の簡略化のため省略した。

3.2 仕様説明

実験には二つのプロトタイプモデルを使用する。 図の二つのプロトタイプモデルは、ウィンドウに表示されている部屋の中に家具を配置するというもので、これらは数値入力による操作に特化したインタフェース(図 14)と、マウスによる操作に特化したインタフェース(図 15)から成る。比較実験のため、特性に特化した部分以外は共通のインタフェースを用いて作成している。

共通の操作は、左下の縦に並んだ二つのスライダーとローラーは、視点操作のためのものである。家具を配置する時に、見えにくくなった時はこれらを用いて視点を見易い位置に持ってくる。一番左の「Head」と書かれているスライダーは、左右方向に視点を変えることができ、真中の「Pitch」というのは上下方向に視点を変えるものである。ローラーは視点の覚大縮小を行うものである。

次に右の4つのボタン。上から「Table」、「Chair」、「Shelve」、「Bed」と書かれている。このボタンを押すと、実際に配置操作を行うための家具が表示される。家具の初期位置は全て(0, 0)である。この家具の選択は、左のラジオボタンを用いて行う。ラジオボタンで選択された家具に対してのみ、移動、回転の操作を行うことができるようになっている。

移動、回転の操作はそれぞれの特性により異なっている。数値入力のモデルの場合は、図 14 のようにテキストボックスに数値を入力し、ボタンを押すことで移動、回転を行う。真中の座標を(0, 0)として、一番上のテキストボックスには x 値(横方向)を、次のテキストボックスには y 値(縦方向)を入力し「Move」ボタンで選択された物体が移動する。もう一つのテキストボックスは角度を入力するためのもので、「Turn」ボタンを押して選択された物体の向きを変える。

図 15 のようにマウスのモデルの場合は、スライダーでの移動、回転になっている。垂直方向のスライダーは空間中で選択された物体の前後の動きを制御しており、水平方向のスライダー二つのうち、上のスライダーは左右方向の動きを制御している。下のスライダーは「turn」と表示されており、物体の回転操作を制御している。



図 14 数値入力操作に特化したモデル

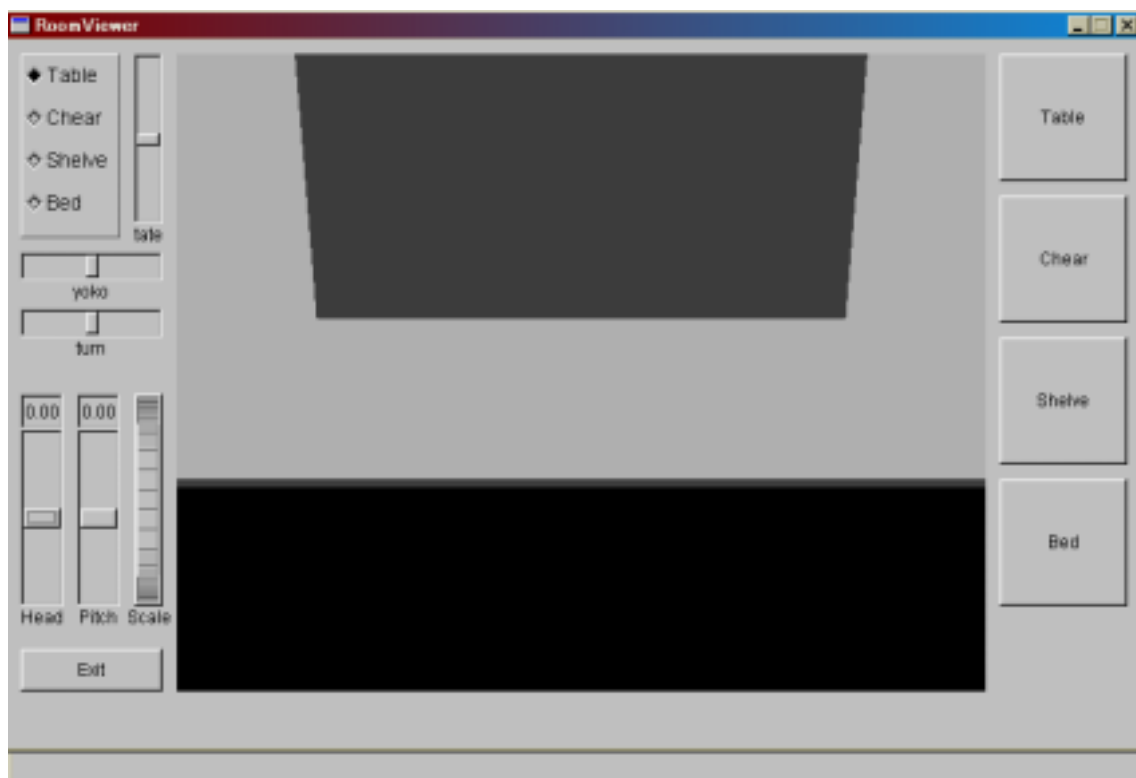


図 15 マウス操作に特化したモデル

3.3 実験方法

- ・被験者には上のプロトタイプのうち、どちらか一方を使って、項目に添って作業を行ってもらい、1項目ごとの作業時間を比較した。操作項目はあとで述べる。被験者はこちらでランダムに選び、マウス操作8人、数値入力操作8人で実験を行った。
- ・マウスで操作を行う被験者には、プロトタイプの使用方法のみを説明し、数値入力の場合は、数値を使っての配置操作のため、あらかじめ必要な数値情報があると判断し、使用方法の他に、部屋と家具の幅・奥行き、などの数値情報を与えた。このモデルの空間の座標がどのようになっているか、という説明を加えた。
- ・それぞれの項目ごとに説明をし、こちらの「はじめ」の合図で始めてもらい、終わったら被験者自身が「おわり」と告げて終わりとする。この「はじめ」から「おわり」までの時間を計り、データとした。
- ・それぞれのモデルで8人ずつの時間を計り、項目ごとに平均値を出し、比較の対象とした。

3.4 操作項目

実際に使用した項目を以下に挙げる。

家具の配置を行って下さい。

項目 1 . 本棚を右奥の角に隙間なくぴったりとくっつくように配置してください。

項目 2 . 次にベッドを配置します。

まず、ベッドを右側の壁寄りに置いて下さい。 この時間は計らない
こちらから見て頭の位置が奥になるようにベッドの向きを変えてくださ
い。

項目 3 . テーブルの配置をします。私がこの辺に置いて欲しいと言うので、その
ように配置してください。 **テーブルは丸テーブル

項目 4 . イスをテーブルにセットします。本棚の方向を向くように配置したいと
思います。まず、私の指定した位置に動かして下さい。 この時間
は計らない
そしてイスが本棚の方向を向くように向きを変えてください。

3.5 結果

実験データをもとに、それぞれの平均値を割り出した。結果は以下の通りである。表 1・2 はマウスによる操作での所要時間、キーボードによる数値入力での所要時間の全データを示している。図 16~23 は、項目ごとの人数の分布を示している。また、実際の操作項目ごとの平均時間を表 3 に示し、項目ごとの平均操作時間の比較を図 24 に示す。表 2 には両者の項目ごとの標準偏差を示す。

表 1 マウスによる操作での所要時間(単位：秒)

項目1	項目2	項目3	項目4
114	20	7	5
57	12	14	5
48	13	17	7
38	9	22	5
155	47	28	18
59	17	31	11
74	12	12	5
37	8	15	4

表 2 キーボードによる数値入力での所要時間(単位：秒)

項目1	項目2	項目3	項目4
44	10	22	21
192	5	77	41
146	7	43	38
28	10	50	30
123	6	28	23
132	13	79	89
37	4	68	34
67	5	56	12

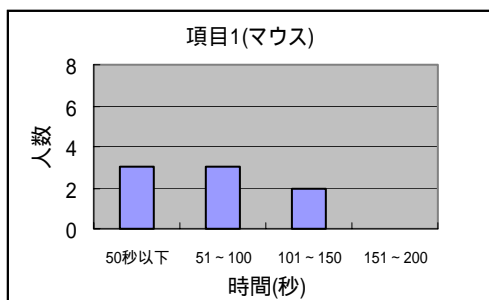


図 16 項目 1 : マウス操作の所要時間

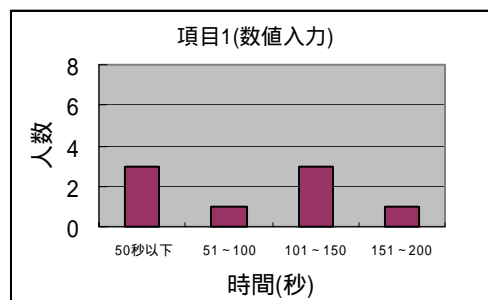


図 17 項目 1 : 数値入力の所要時間

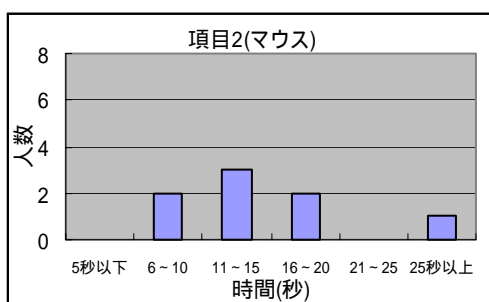


図 18 項目 2 : マウス操作の所要時間

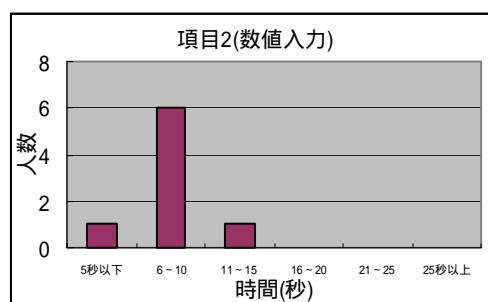


図 19 項目 2 : 数値入力の所要時間

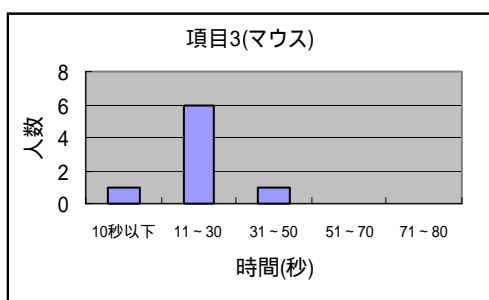


図 20 項目 3 : マウス操作の所要時間

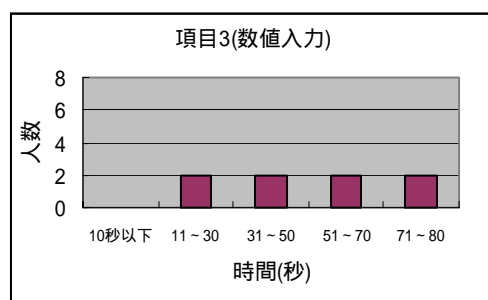


図 21 項目 3 : 数値入力の所要時間

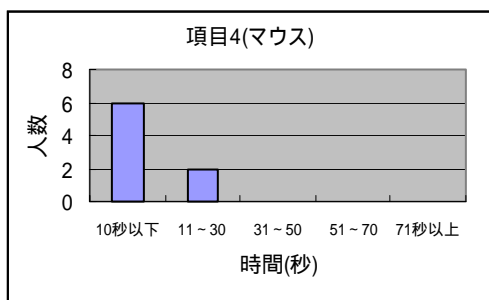


図 22 項目 4 : マウス操作の所要時間

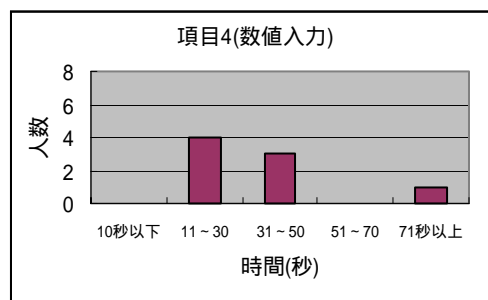


図 23 項目 4 : 数値入力の所要時間

表 3 平均時間

	項目1	項目2	項目3	項目4
マウス平均	72.75	17.25	18.25	7.5
数値平均	96.13	7.5	52.88	36

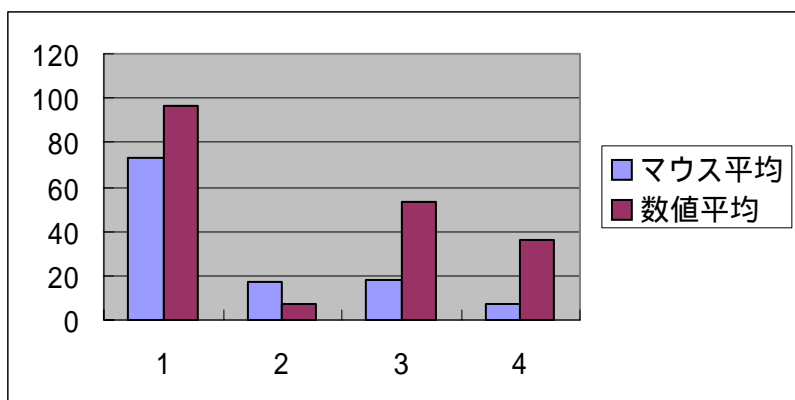


図 24 項目 1 ~ 4 の所要時間平均の比較

表 4 標準偏差

	項目1	項目2	項目3	項目4
マウス標準偏差	41.41	12.65	8.17	4.78
数値標準偏差	60.22	3.16	21.32	23.45

3.6 考察

項目1の操作は「物体をぴったりと壁に付けて置く。」というものである。操作を行うと図25のようになる。図25は視点を上にして見たものである。項目1の所要時間の平均は、数値入力で行った場合が96.13秒、マウスで行った場合、72.75秒という結果が出ており、マウスでの場合の方が速くなっている。仮説とは反対の結果が出た。そこで、項目1の標準偏差を割り出したところ、マウスの41.41に比べて数値入力59.91と差が出た。また、図16・17の人数の分布から見ても、キーボードによる数値入力の方は所要時間の早かった者と遅かった者に集団が分かれていることがわかる。本文でも述べたように、壁にくっつける前の時点では、対象の物体の座標値と壁の座標値は分からない。この実験では、簡略化のため壁の位置をあらかじめ情報として与えているが、たとえ数値がわかっている場合でも、三次元空間の座標概念が分からなければ、動かす位置の割り出しが難しくなってしまう。操作の所要時間平均においてマウスの方が早かったのはこのことが原因であったと言える。

被験者の操作の様子を見てみると、マウスで行った場合の被験者は、物体を隙間なく配置するために、何度も視点を変えて操作をやり直していた。また、物体が隙間なく配置されたかどうかのフィードバックがないため、なかなか操作を終えることができなかった。このことから、「正確な配置」には視覚などの感覚に基づいたなんらかのフィードバックが必要であると考えられる。しかし、だからといって数値入力のほうが適しているとも言いきれない。先ほど述べたように、ソフトを初めて触るユーザには座標概念はない。そのため、彼らにとっては難しい計算をして配置しなければならなくなる。ゆえに、インタフェースを設計する際には、数値を使いながらもユーザに難しい計算をさせないように配慮しながらつくるのが大事であると言える。

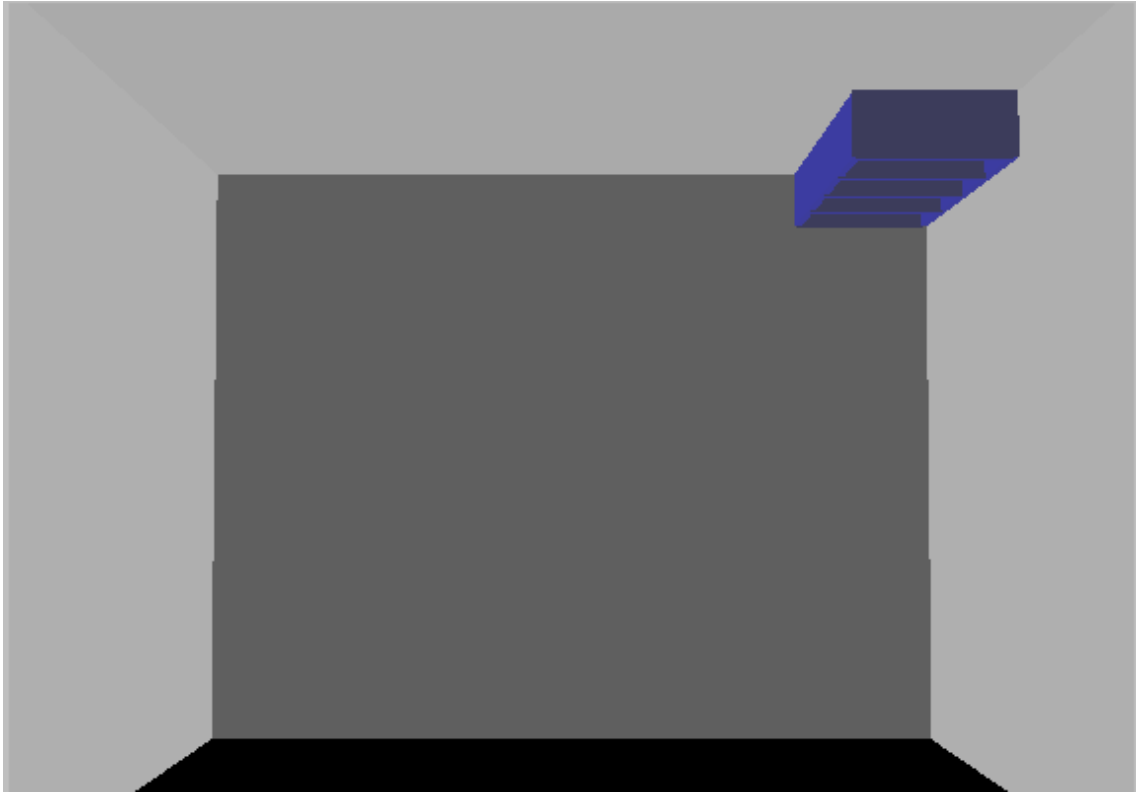


図 25 項目 1 の操作後

図 26・27 は、項目 2 の操作前と操作後の図である。項目 2 は「物体の向きを反対方向に

する」であった。すなわち「角度が指定されている状況での物体回転操作」である。所要時間の平均は数値入力での場合は 7.5 秒、マウスでの場合は 23.75 秒と、操作時間に倍以上の差が出ている。また、図 18・19 のグラフを見ても、数値入力での場合は 6~10 秒の間の人数が最も多く、16 秒以上の者がいないことから、大きな差が出ていることがわかる。これも正確に反対方向、つまり 180 度回転させなければならないというものであり、マウスで微妙な調整をしながら操作を行うよりも、指定された数値を入力する方が速い。従って、項目 1 同様、数値入力での場合の方が適していることがわかる。

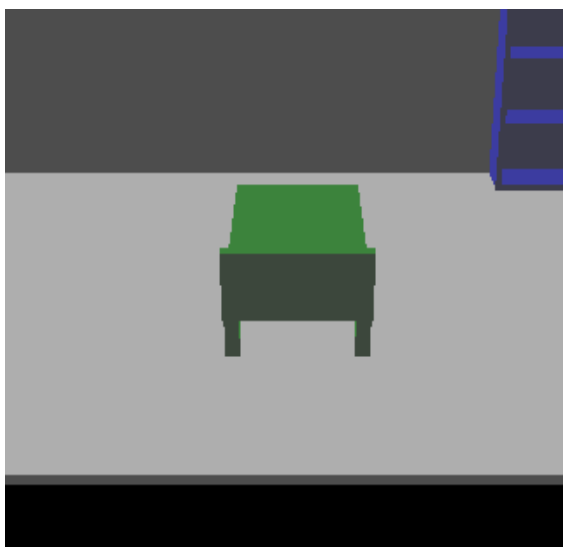


図 26 項目 2 の操作前の向き

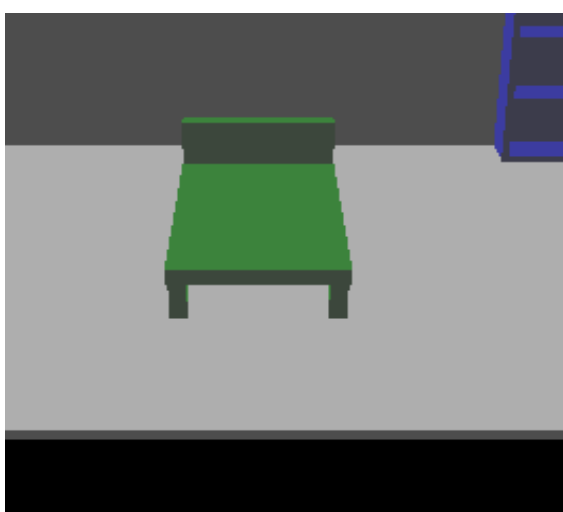


図 27 操作後の向き

図 28・29 は項目 3 の操作である。図 28 の黒い点をこちらで指し示した位置であるとする、図 29 のようにその黒い点が物体の真中にくるように配置するという操作である。このあたりという風に正確な位置指定などはしていないため、操作に対する正確さはあまり考慮していない。

結果は数値での操作における所要時間の平均が 52.88 秒、マウスでの操作の場合が 12.63 秒と、大きな差が開いている。被験者の様子、キーボードでの数値入力の特徴から、数値入力で行う場合、まず指し示された位置の割り出しを行わなければならないことが操作時間の差の開きに影響していると考えられる。また、この操作は「数値」ではなく「視覚的なフィードバック」を頼りにした操作であるため、操作に対して視覚的なフィードバックが返ってくるマウスでの操作の方が良いことがわかる。

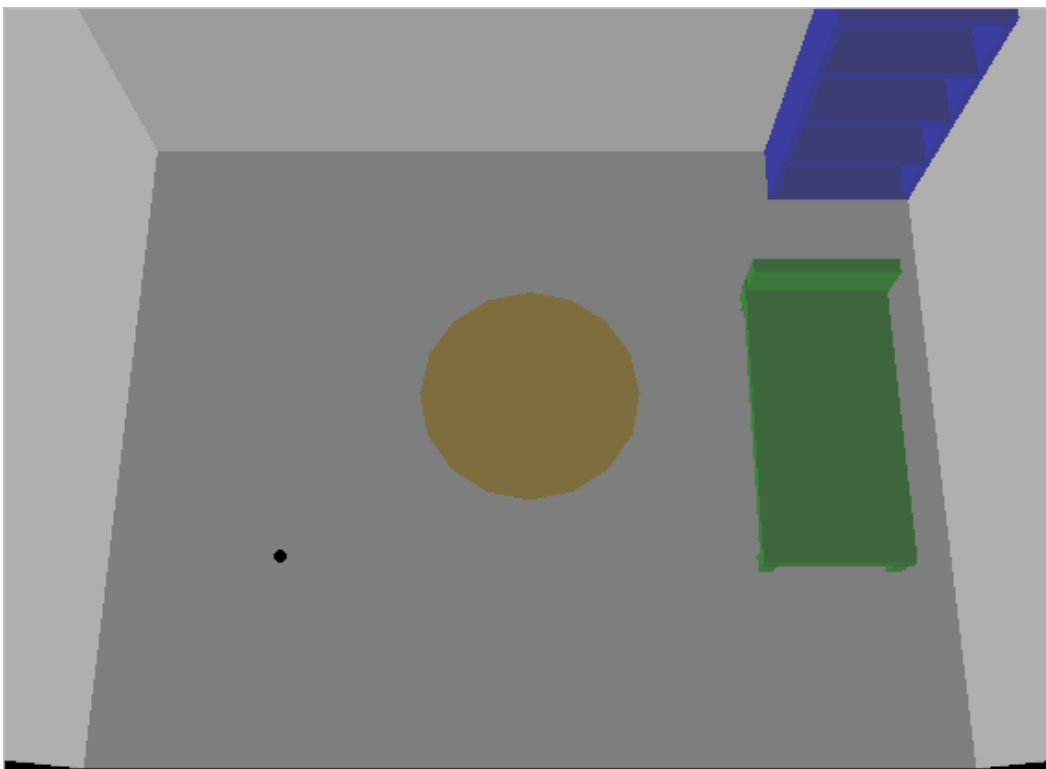


図 28 項目 3・物体を好きな位置に配置する

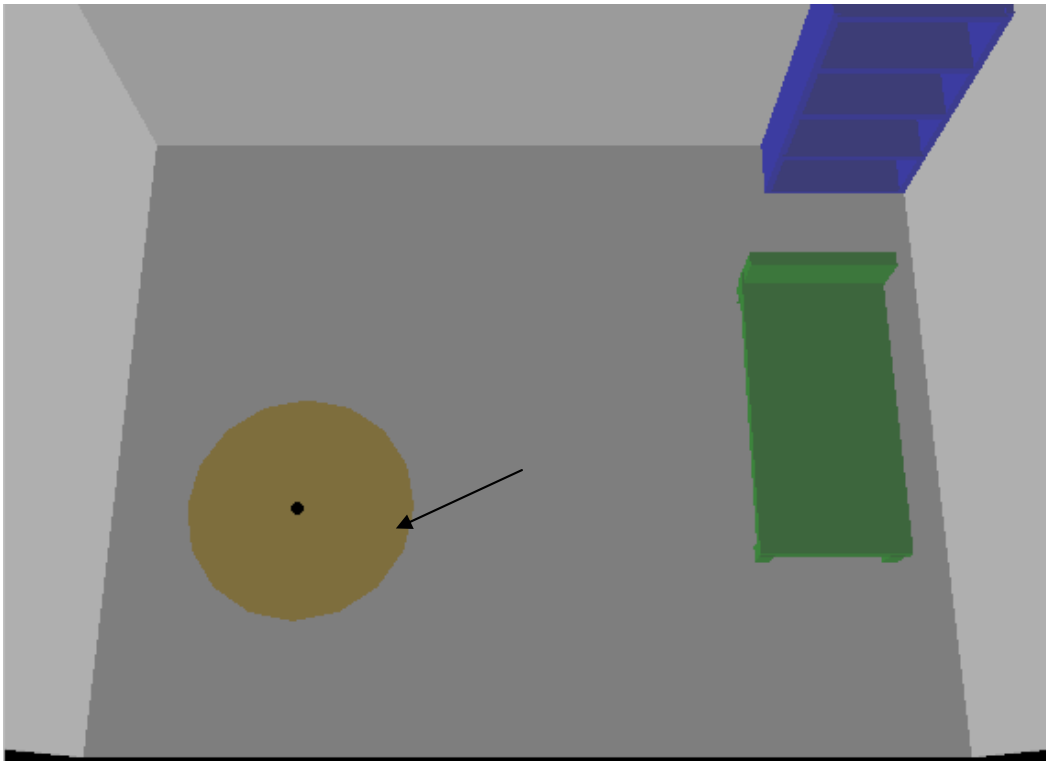


图 29 項目 3・配置後

項目4は図30のように印のついた物体を、向きを調整しながら図31のように回転する操作である。これはすなわちこれまで述べてきた状況のうちの「好きな方向に物体の向きを変える」にあたる。結果は、数値入力での場合の所要時間の平均は36秒、マウスでの場合は13秒と、倍以上の差でマウスでの方が速かった。

数値入力の場合の被験者は、まず、「大体このくらいだろう」と予想した数値によって向きを変え、それから、何度か数値を入力して角度の微調整を行っていた。マウスの被験者はドラッグによって微妙な位置の調整を行っていた。このことから、この項目も項目3同様、視覚的なフィードバックが重要な要素になってくることがわかった。

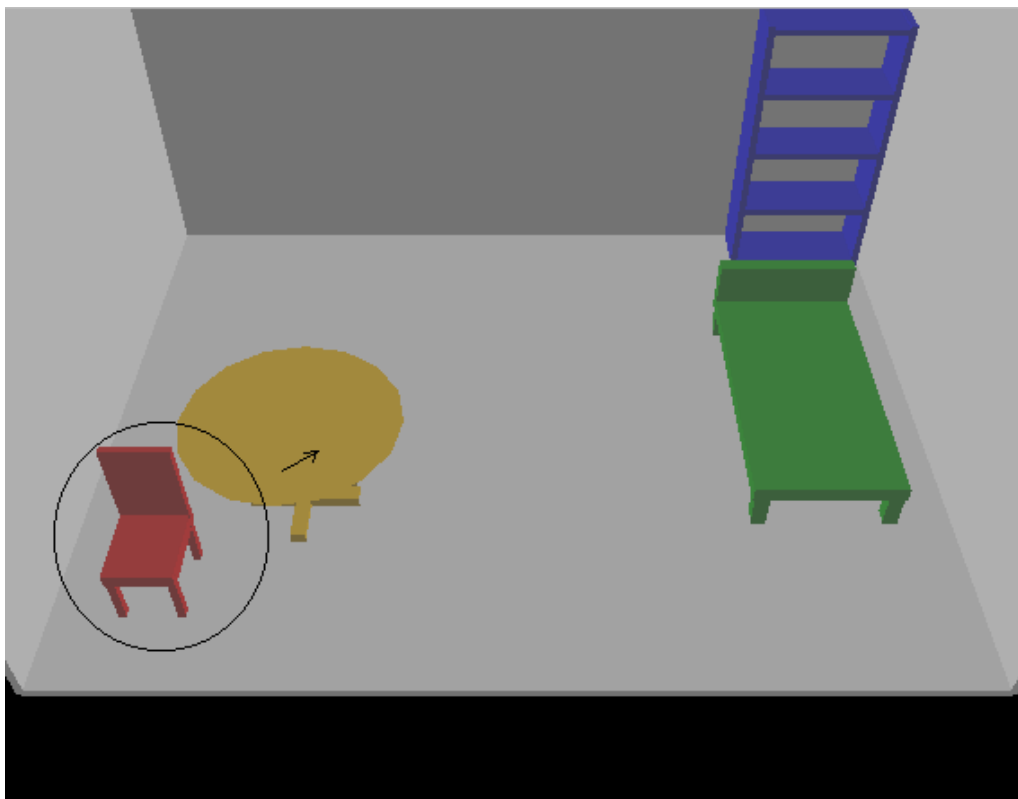


図30 椅子の向きを変更する

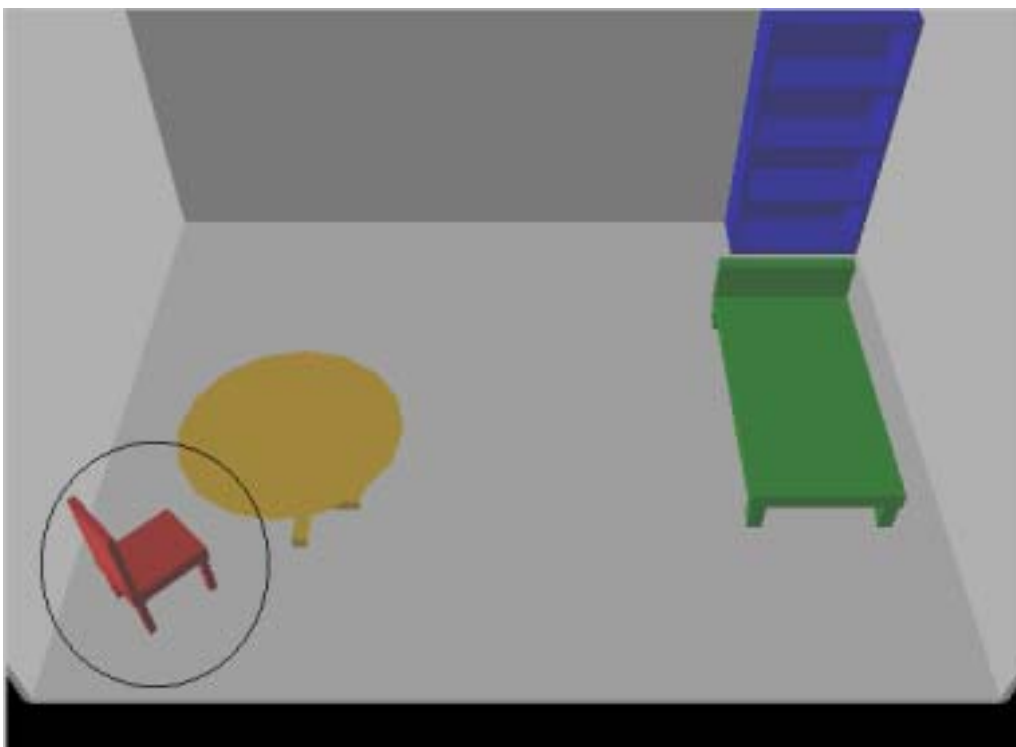


図 31 椅子の向き変更後

この実験から、項目 1・2 のように「数値」に依存した状況には「数値」の特性を生かしたインタフェースを、項目 3・4 のように「視覚フィードバック」に依存した状況には「視覚」の特性を生かしたインタフェースを用いて操作を行うことにより、それぞれの操作性を向上させられることを確認した。

4 . まとめ

本論文では、既存のソフトを用いての調査を通して、仮想三次元空間において、マウスなどのポインタデバイスによる操作とキーボードによる数値入力とでどのような使い方がなされているのかを比較し、その傾向から両者の特性を導き出した。

ポインティングデバイスは主に見た目やバランス、今回検証に用いたソフトであれば、室内のインテリアにこだわって家具を配置するなど、ユーザが「視覚」を重視して操作するような場合に用いられており、キーボードによる数値入力は座標値や角度が正確でなければ成立しない場合(たとえば、家そのものの作成、照明の配置など、物理的な要素が絡んでくる場合など)のような、「正確さ」を重視して操作するような時に用いられていることがわかった。

また、これらが正しいことを示すための実験を行ったところ、数値入力のほうが適していると考えられるような場合でも、ソフトを初めて触るユーザなど、座標概念のないユーザには、座標概念自体が難しく、実際には数値を使用している場合でも、ユーザには数値が見えないようにした方が良い場合もあるということがわかった。インタフェース設計の際には、ユーザが仮想三次元空間の座標概念をどれだけ理解しているかということも考えなければならない。

今回検証に使用した家具配置用ハウジングソフトの他にも様々な状況で配置操作が必要とされることがある。その操作が複雑なものであればあるほど、それらの状況がどういった要素から成り立っているのかを細かく分析し、これら二つの入力デバイスの特性をうまく利用することで、よりユーザビリティの高いインタフェースの設計が可能となるのである。

謝辞

研究へのご指導、ご助言を下さった渡辺大地先生、和田先生はじめ、これまで自分の研究に関わってきた多くの皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 加藤伸子、土井美和子、岡崎彰夫、” 仮想空間における自然な操作方法 ”、情報処理学会論文誌、No.048-007,1993
- [2] 宮崎慎也、安田孝美、横井茂樹、鳥脇純一郎、” 仮想空間における折り紙の対話型操作の実現 ”、情報処理学会論文誌、vol.34(9),pp.1994-2001,1993.9
- [3] 北村喜文、イー エイミー、岸野文郎、” 面間の動的拘束を用いた仮想物体の操作補助法 ” 電子情報通信学会論文誌：仮想環境・臨場感通信、vol.J79-A,No.2,pp.506-517,Feb1996
- [4] 北村喜文、緒方進、正城敏博、岸野文郎、” 磁石のメタファを用いた仮想・実物体操作環境 ”、日本バーチャルリアリティ学会論文集、vol6,No.4,pp.305-312,December 2001
- [5] 北村喜文、野間春生、宮里勉、岸野文郎、” 視覚と力覚のフィードバックを利用した仮想物体操作補助 ”、電子情報通信学会論文誌、D- ,vol.J80-D- ,No.1,pp.256-266,January 1997
- [6] 野間春生、北村喜文、宮里勉、岸野文郎、” 仮想物体操作における視覚・力覚・聴覚フィードバックの利用 ”、1995年テレビジョン学会映像メディア部門冬季大 pp.79-,1995
- [7] 竹村治雄、清川清、横矢直和、” 共有仮想空間における仮想物体操作補助手法の提案と評価 ”、テレビジョン学技術報告、HIR96-29,February 1996
- [8] 清川清、竹村治雄、片山喜章、岩佐英彦、横矢直和、” 仮想物体の組立作業を支援する操作手法 ”、情報処理学会研究報告、HI63-4,November 1995
- [9] 清川清、竹村治雄、片山喜章、岩佐英彦、横矢直和、” 両手操作を用いた仮想物体モデル VLEGO ”、電子情報通信学会論文誌(A),vol.J80-A,No.9,pp.1517-1526,September 1997

- [10] 舟橋健司、安田孝美、横井茂樹、鳥脇純一郎、” 仮想空間における両手による物体配置操作に関する研究 ”、電子情報通信学会技術報告、vol.96,No.606,MVE97-71,pp.21-28,1997
- [11] 舟橋健司、” 仮想空間における仮想手による対話操作に関する研究 ”、名古屋大学情工学専攻、博士論文、(1997)
- [12] 舟橋健司、安田孝美、横井茂樹、鳥脇純一郎、” 3次元仮想空間における仮想手による物体操作モデルと一実現法 ”、電子情報通信学会論文誌：サイバースペースのためのグラフィックス、ディスプレイ、D- ,vol.J81-D ,No.5,pp.822-831,May 1998