

修 士 論 文

3次元図形教育支援システムに関する研究

350404402 古野 達也

名古屋大学大学院情報科学研究科

複雑系科学専攻

2006年1月

建築や機械などの分野で製品を設計するときは、心の中のイメージとして作成された3次元図形を2次元の平面に描写する能力が不可欠であり、また、逆に、平面上に描かれた図から3次元形状を正確に把握し理解する能力も同様に不可欠である。この能力は空間認識力と呼ばれるがこの能力を養うためのツールが必要となってくる。近年、コンピュータやインターネットの普及により、それらを利用したeラーニングが注目されている。eラーニングは時間と場所の制約を受けないので、「いつでも」「どこでも」「だれでも」学習できる利点がある。しかし、多くの場合は教える側から教えられる側への一方通行であり、教室で学習する時のように、学習者同士による協同作業を取り入れたものは少ない。

上記を背景として本研究室で開発されてきたのが3次元図形教育支援システムである。このシステムはコンピュータ上の仮想空間を用いて、基本的な3次元図形からそれらを組み合わせた複雑な3次元図形を作製し、表示することができる。これらの図形を学習者が操作して移動、回転させることができるので様々な角度から観察することができる。そのうえ通信機能も備えているので、他の学習者と同じ図形を共有し、互いに教えあうことができる。もちろん、一人の教授者が学習者全員に教授することもできる。

旧来のシステムでは、通信時に図形を参照するのみで、自身の思ったことを図の中に描きこむことができなかった。例えば、表示された図形のある部分を指したり、なぞったりするときは通信相手にはマウスカーソルの動きだけが表示されていた。これでは伝える側の意図が正しく伝えられず、相互に誤解が生じやすい。そこで今回、本システムに手描き機能を追加することとした。これにより、頂点や辺など、特定の位置を示す場合にも、より明示的に指定することができる。さらに一人で学習する際には、図形を参照するだけでなく、その中に説明などを描きこみ、保存機能を利用して蓄積していくことにより自分のノートとしても使用できる。

さらに、新しいシステムにはデータベース参照機能が追加された。データベースフォルダ内に必要な図形を蓄積しておけば、学習者が自習するときにはそれを参照することにより、参考書の役割をもたせることができる。動画像再生もできるので、紙媒体である教科書以上の効果が発揮できる。それら蓄積するデータも本システムを使うことにより容易に作成することができる。

Study on Support System for Graphics Education

350404402 Tatsuya FURUNO

When designing the product in field of construction and machine etc., the ability to describe 3-D figures which were drawn up as image in heart in plane surface of 2-D is indispensable, in addition, also the ability conversely, to grasp 3-D form accurately from the figure which is drawn with respect to plane surface and to understand is indispensable in the same way. This ability is called spatial recognition power, but the tool in order to raise this ability becomes necessary. Recently, with the spread of the computer and Internet, the e-learning which utilizes those is observed. As for e learning being not to receive the restriction of time and the place, there is an advantage where you can study "anytime", "anywhere" and "anyone". But, in many cases it is one-way to the side which is taught from the side which you teach, when studying with the classroom, the way, those which adopt the joint job by the learner are little.

Those where it is developed at this laboratory description above as a background are 3-D figures education support system. This system produces the complicated 3-D figures which combine those from the basic 3-D figures, making use of the virtual space on the computer, it is possible and to indicate. The learner operating these figures, being to be possible to move and to turn and it can observe from various angles. It meaning that also communication facility on that has, it shares the same figure, as the other learner it is possible to teach mutually. Of course, the professor person can also do to learner everyone teaching.

In the conventional system, when communicating the figure is referred to only, could not draw the fact that itself you think in the figure. For example, when it points, tracing the part which has the figure which is indicated just the movement of mouse cursor was indicated in the communication partner. With this just it cannot convey the intention the side which is conveyed, misunderstanding is easy to occur mutually. Then this time, we had decided to add the hand drawing function to this system. Because of this, when, position of specification such as apex and the side is shown even, from it is possible to appoint explicitly. Furthermore the case where you study alone, by it keeps accumulating the figure is referred to not only, among those explanation and the like making use of drawing included and retention function as your own note you can use.

Furthermore, database reference function was added to the new system. If the figure which is necessary for inside the database folder is accumulated, when the learner self-studies, it is possible to be able to give the role of the reference, by referring to that. It meaning that also dynamic picture image playback is possible, you can show the effect above the textbook which is paper medium. It is possible to draw up easily those by the data which is accumulated using this system.

目次

1. はじめに.....	1
1.1 背景.....	1
1.2 目的.....	2
2. 開発環境.....	3
2.1 開発環境.....	3
2.2 Java3D の概要.....	3
3. システムの機能.....	5
3.1 システムの概要.....	5
3.2 メイン画面.....	6
3.3 図形作成機能.....	7
3.3.1 基本的な図形作成.....	7
3.3.2 複雑な図形作成.....	12
3.4 図形操作画面.....	14
3.5 切断面描画機能.....	15
3.6 通信機能.....	16
3.6.1 サーバ設定.....	16
3.6.2 クライアント設定.....	17
3.6.3 他クライアントとの接続設定.....	18
3.7 三面図表示機能.....	19
3.8 記録機能.....	21
4. 追加機能.....	22
4.1 手描き機能.....	22
4.2 データベース参照機能.....	26
5. おわりに.....	29

1. はじめに

1. 1 背景

建築や機械などの分野で製品を設計するときは、心の中のイメージとして作成された3次元図形を具現化し、伝達するために2次元の平面に描写する能力が不可欠であり、また、逆に、2次元平面上に描かれた図から3次元形状を正確に把握し理解する能力も同様に不可欠である。この能力は空間認識力と呼ばれるがこの能力を養うためのツールが必要となってくる。

近年、コンピュータやインターネットの普及により、それらを利用したeラーニングが注目されている。eラーニングは時間と場所の制約を受けないので、「いつでも」「どこでも」「だれでも」学習できる利点がある。しかし、多くの場合は教える側から教えられる側への一方通行であり、教室で学習する時のように、学習者同士による協同作業を取り入れたものは少ない。

上記を背景として本研究室で開発されてきたのが3次元図形教育支援システムである。このシステムはコンピュータ上の仮想空間を用いて、基本的な3次元図形からそれらを組み合わせた複雑な3次元図形を作製し、表示することができる。これらの図形を学習者が操作して移動、回転させることができるので様々な角度から観察することができる。そのうえ通信機能も備えているので、他の学習者と同じ図形を共有し、互いに教えあうことができる。もちろん、一人の教授者が学習者全員に教授することもできる。

1. 2 目的

前節にあげた旧来のシステムでは、通信時に図形を参照するのみで、自身の思ったことを図の中に描きこむことができなかった。例えば、表示された図形のある部分を指したり、なぞったりするときは通信相手にはマウスカーソルの動きだけが表示されていた。これでは伝える側の意図が正しく伝えられず、相互に誤解が生じやすい。そこで今回、本システムに手描き機能を追加することにした。これにより、頂点や辺など、特定の位置を示す場合にも、より明示的に指定することができる。さらに一人で学習する際には、図形を参照するだけでなく、その中に説明などを描きこみ、保存機能を利用して蓄積していくことにより自分のノートとしても使用できる。教授者の立場であれば、黒板に板書や教授する際の資料作成の手助けになる機能となる。

さらに、新しいシステムにはデータベース参照機能が追加された。データベースフォルダ内に必要な図形を蓄積しておけば、学習者が自習するときにはそれを参照することにより、参考書の役割をもたせることができる。動画像再生もできるので、紙媒体である教科書以上の効果が発揮できる。それら蓄積するデータである図形、動画像どちらも本システムを使うことにより容易に作成することができる。

2. 開発環境

2. 1 開発環境

本研究は以下の開発環境で行った。

Java 2 Runtime Environment, Standard Edition(1.4.2_05)

Java3D 1.3.1 SDK

2. 2 Java 3D の概要

Java 3D API は、Sun Microsystems 社が提供する Java において 3D グラフィックスアプリケーションおよびアプレットを作成するためのアプリケーションプログラミングインターフェイスである。Java 3D API では、高レベルの構造概念を使って 3D ジオメトリを作成、編集し、構造体を作成したのち、ジオメトリをレンダリングする。アプリケーション開発者は、これらの構造概念を使用して非常に大きいバーチャルワールドを記述でき、Java 3D ではそこから十分な情報を収集して、効率的にレンダリングを行うことができる。

Java 3D は、Java の「一度作成すればどこでも実行できる(write once, run anywhere)」という利点を 3D グラフィックスアプリケーションの開発者にもたらす。Java 3D は、API の JavaMedia スイートの一部である、多くのプラットフォームで利用できる。Java 3D API で作成したアプリケーションおよびアプレットから、すべての Java クラスにアクセスできるため、インターネットとの結びつきも強い。また、既存のグラフィックス API をベースとしており、これに新しいテクノロジーが織り込まれる。たとえば、Java 3D の低レベルグラフィックスの構造概念は、低レベルの API(Direct3D, OpenGL, QuickDraw3D, XGL) の概念に見られる長所を組み合わせたものである。同様に、高レベルの構造概念は、シーングラフをベースとしたシステムに見られる概念の長所を組み合わせたものである。[5]

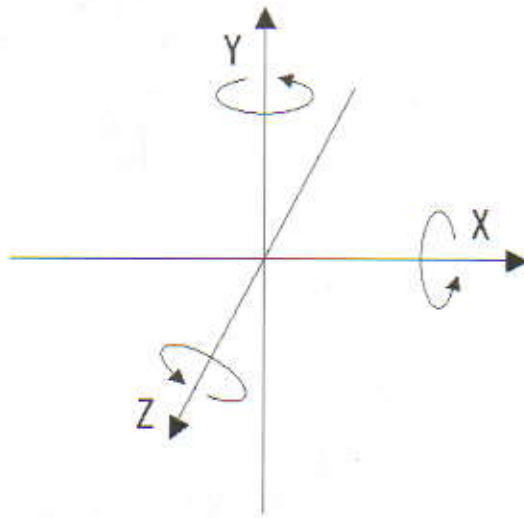


図 2-1 :本システムで用いる座標系

また、本システムは以下のプログラミング規則を使用している。

デフォルトの座標は図 2-1 に示すように、右手座標系で、水平方向が X 軸、垂直方向が Y 軸、奥行き方向が Z 軸である。単位はメートルである。すべての角度および回転表現はラジアン単位である。起動時の視点は図形の表示される 3 次元空間の Z 軸方向 +30 メートルの地点から原点へ向かう。

3. システムの機能

3. 1 システムの概要

本システムはクライアントサーバ型を採用している。図3-1に示すように、1台のサーバと2台以上のクライアントで構成される。協同学習を行うための通信は、サーバに接続した複数台のクライアント間で行われ、3次元図形に関する情報、音声通信、およびマウス位置情報等をリアルタイムでやり取りする。

サーバでは、クライアント間の接続管理や通信の中継といった、クライアント間の通信のサポートを行う。

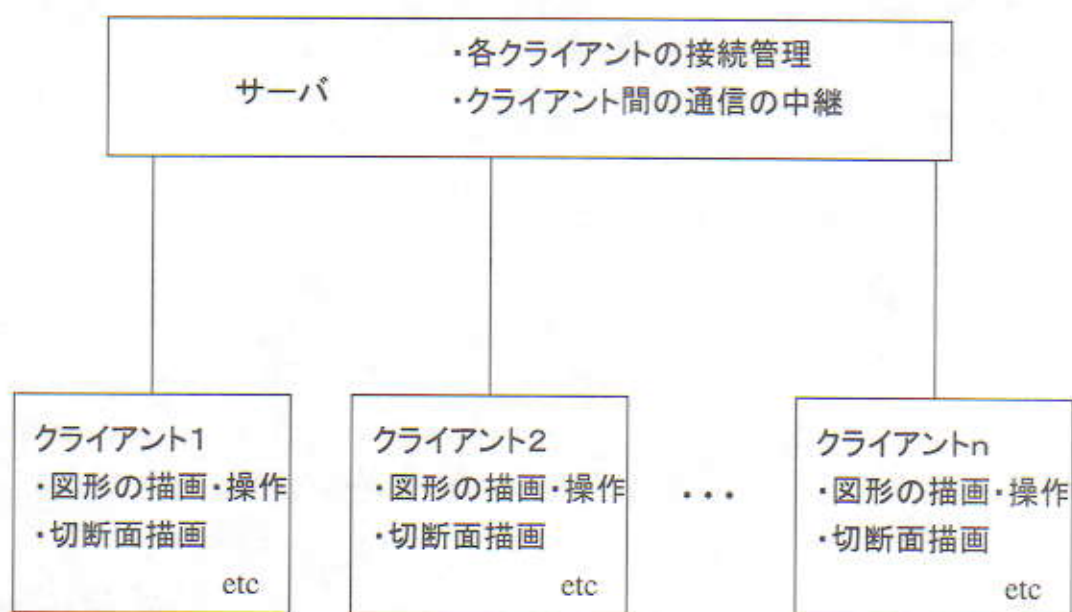


図3-1：システムの通信形態

3. 2 メイン画面

図3-2に、クライアント側のメイン画面を示す。このメイン画面は本システム起動時に表示される。

- ① メニューバー
- ② 図形作成ツールバー
- ③ 操作補助ツールバー
- ④ 図形表示画面

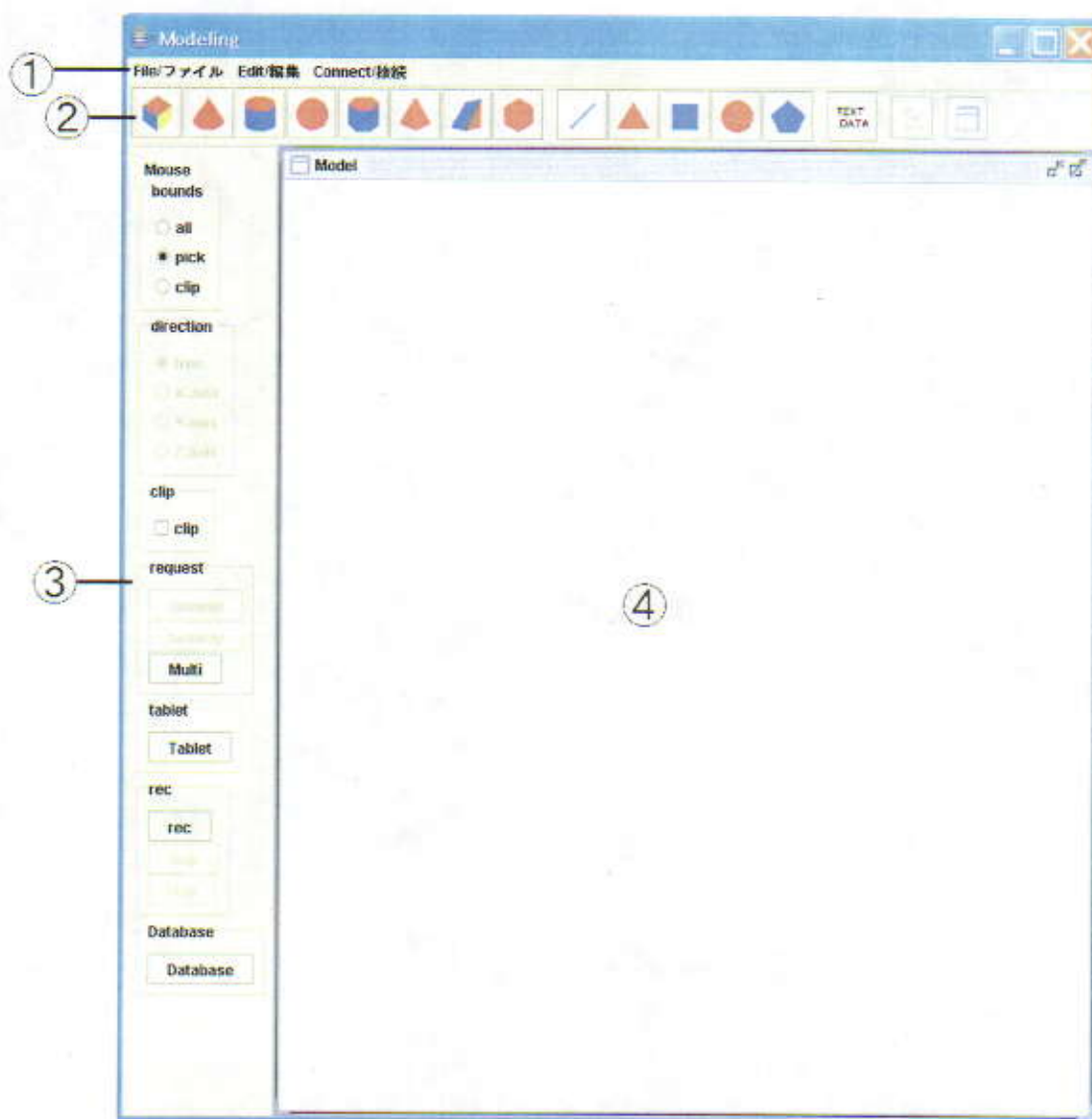


図3-2 : メイン画面

図3-2中①メニューバーには、「File/ファイル」欄には④に作成された図形をファイルとして保存するための「Save/保存」、またそれを開くための「Open/開く」、本システムを終了させる「Exit/終了」がある。「Edit/編集」欄には、行った図形操作に対してひとつ前の状態に戻す「Undo/元に戻す」、④図形表示画面に表示されている図形すべてを削除する「Del/すべて削除」がある。「Connect/接続」欄には、本システムを起動したときに、図3-2とともに表示される接続設定画面（図3-14）を再表示させる「Connect/接続」がある。

以下、機能ごとに詳細を見ていく。

3.3 図形作成機能

本システムでは、直方体や円錐などの基本的な図形から、それらを組み合わせた複雑な図形まで幅広く作成可能である。ここでは基本的な図形の作成方法と、複雑な図形の作成方法に分けて説明する。

3.3.1 基本的な図形作成

基本的な図形を作成するには、図3-2中②図形作成ツールバーを使用する。作成手順は以下に示す。ここでは直方体を例にあげる。

1. 直方体を作成する場合は図形作成ツールバーのボタンの中から一番左の立方体のアイコンをクリックする。
2. クリックすると、図3-3のような図形作成ダイアログが表示される。ここで各パラメータを設定する。直方体の場合、設定するパラメータは size タブでは x, y, z 軸方向の長さ、描画方法、色、それに location タブでは表示位置と表示角度である。色に関しては図3-5のカラー選択画面、表示位置と角度については図3-4のダイアログ location タブ画面で設定する。
3. パラメータを設定した後、ダイアログの「OK」ボタンをクリックすると、図3-2中④図形描画画面に図3-6のように図形が作成される。これで完了である。

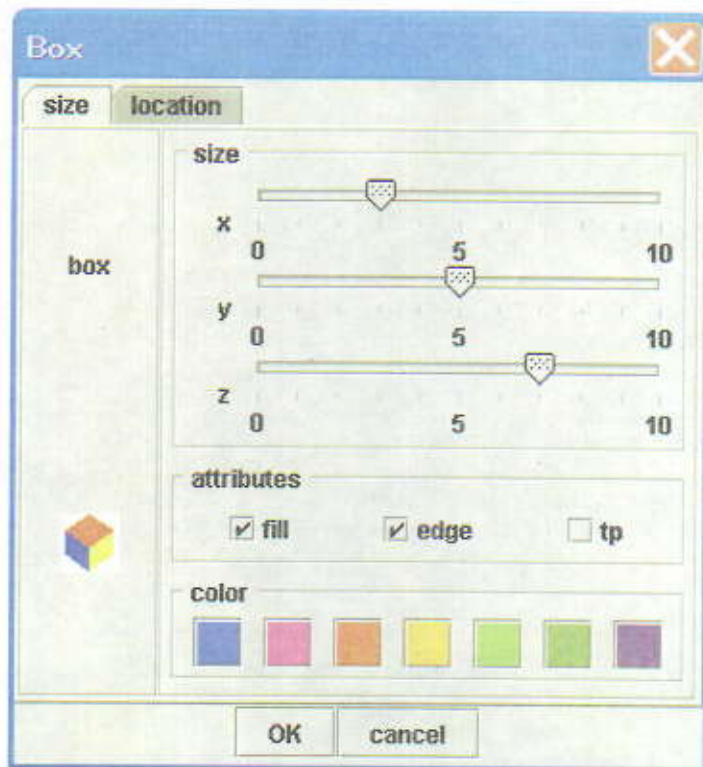


図 3 - 3 : 図形作成ダイアログ size タブ画面 (直方体用)

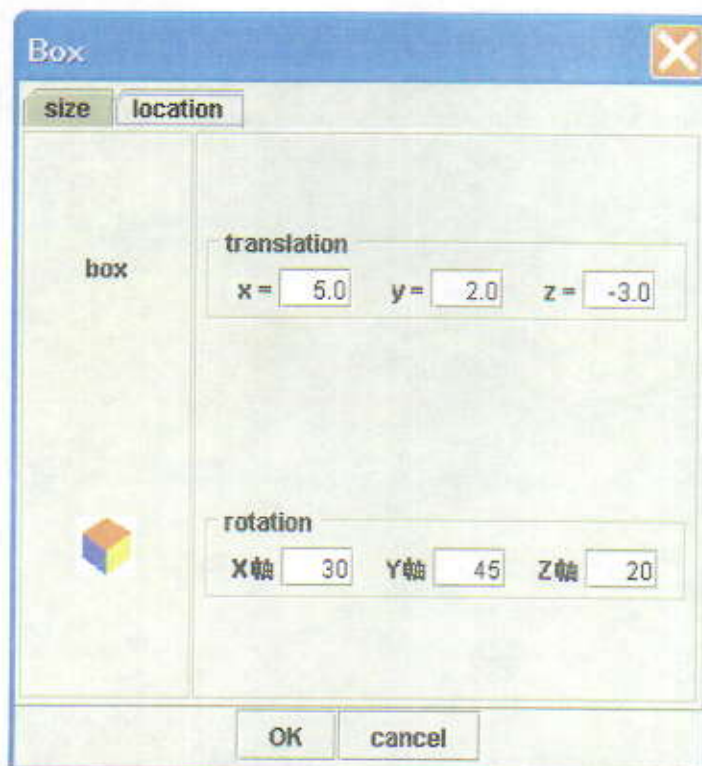


図 3 - 4 : 図形作成ダイアログ location タブ画面 (直方体用)





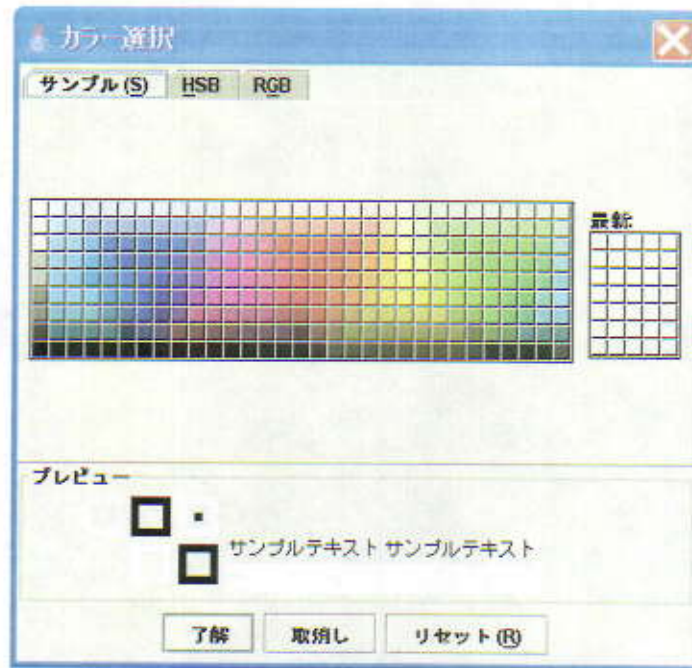


図 3-5 : カラー選択画面

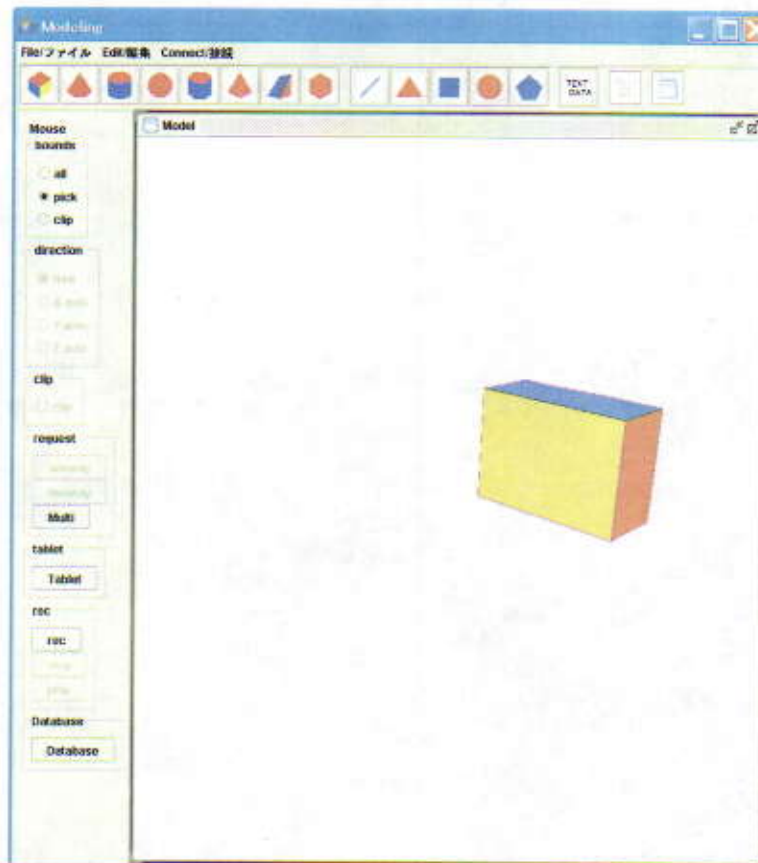


図 3-6 : 作成された直方体

また、図形の描画方法については、面の描画に関しては、表示、非表示、半透明の3種類、辺については表示、非表示の2種類を指定することができる。これらは図3-3ダイアログ画面の attribute グループで指定することができる。

attributes グループ

- fill : 面の表示, 非表示を選択する
- edge : 線の表示, 非表示を選択する
- tp : 面を半透明にするか選択する

ただし、球と直線の図形の描画方法については線画の方法はない。

図3-6の直方体は面、線ともに表示にしている。図3-7は様々な描画方法で設定した例である。

- 立方体 : 面 非表示、線 表示
- 三角柱 : 面 半透明、線 非表示
- 正四面体 : 面 表示、線 表示

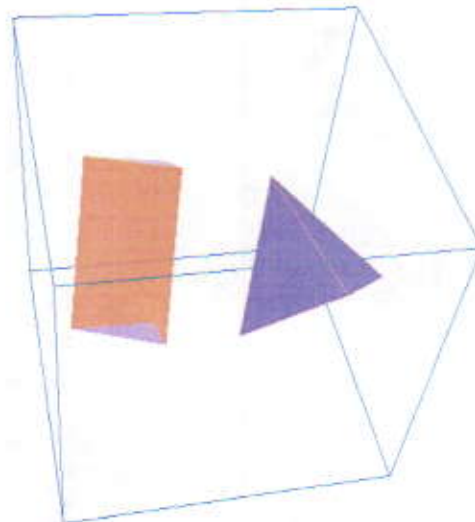


図3-7 : 様々な描画方法

その他基本的な図形を各図形にたいして設定すべきパラメータとともに表 3-1 に示す。
表 3-1 は図形作成ツールバーの左側のアイコンから順に並べている。

表 3-1 : 基本的な図形と指定するパラメータ

図形	指定するパラメータ
直方体	x, y, z 方向それぞれの長さ
円錐	底面の半径 (r), 高さ (h)
円柱	底面の半径 (r), 高さ (h), 中心角 (θ)
球	半径 (r)
正多角柱	底面の頂点数, 底面の中心から頂点まで距離 (r), 高さ (h)
多角錐 (正多角錐, 多角錐)	底面の頂点数, 底面の中心から頂点まで距離 (r), 高さ (h)
直角三角柱	直角を挟む 2 辺の長さ (x, y), 高さ (z)
正多面体 (正四面体, 正六面体, 正八面体, 正十二面体, 正二十面体)	多面体の種類, 1 辺の長さ (b)
直線	長さ (l)
三角形 (正三角形, 二等辺三角形, 直角三角形)	三角形の種類, 底辺 (b), 高さ (h) ただし, 正三角形は (b) のみ
四角形 (正方形, 長方形, 平行四辺形)	四角形の種類, 底辺 (b), 高さ (h), 一つの鋭角 (θ) ただし, 正方形は (b) のみ, 長方形は (b) と (h) のみ
円 (円, 扇形)	半径 (r), 中心角 (θ)
正多角形	多角形の種類, 中心から頂点までの距離 (r)

3. 3. 2 複雑な図形

本システムには複雑な図形の作成方法として、頂点の座標指定による平面の作図、複数図形の結合がある。

頂点の座標指定による平面の作図を使用するには図形作成ツールバー内「TEXT DATA」ボタンをクリックすることで図3-8のようなダイアログが表示される。その中のTextData 内に以下のように頂点座標を描き、その頂点を結んで面にする。2行目が座標、それ以下が1行ずつ面として結ばれる。ここでは説明のため行数を入れ、わかりやすくするため簡単な図形を作成した。頂点数を増やし、その頂点から面を作成すれば複雑な図形も作成可能である。

<TextData>

1 : TextData

2 : (5,5,0)(-5,5,0)(-5,-5,0)(5,-5,0) ↓

3 : 1, 2, 3, 4 ↓

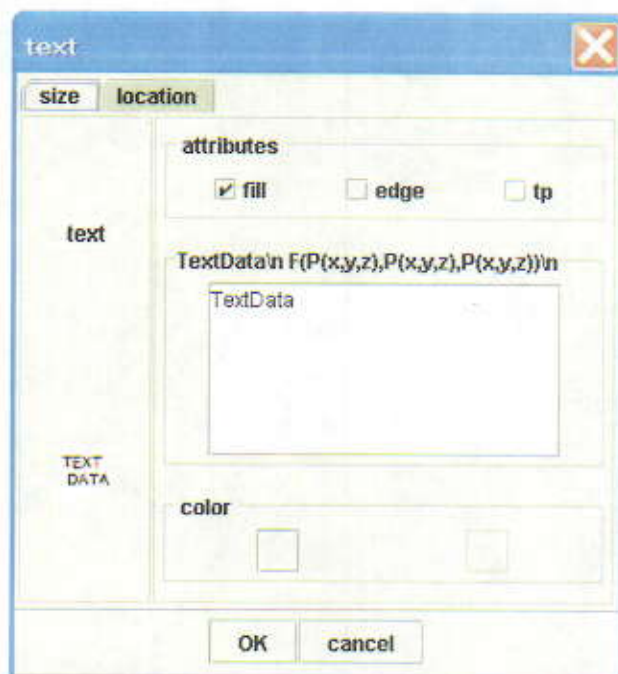


図3-8 : TextData ダイアログ画面

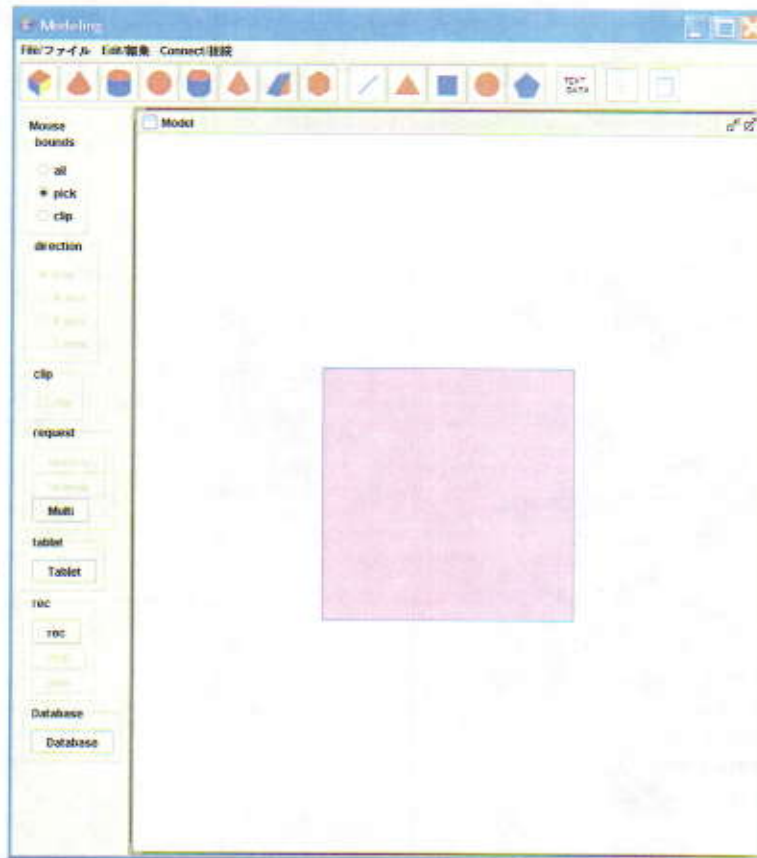


図 3-9 : TextData による図形

複数図形の結合については、図 3-10 のように左下の 3 つの直方体が結合され右上のようになる。これは図形作成後、図形作成ツールバー内「ToTextData」ボタンを押すことで作成が開始される。

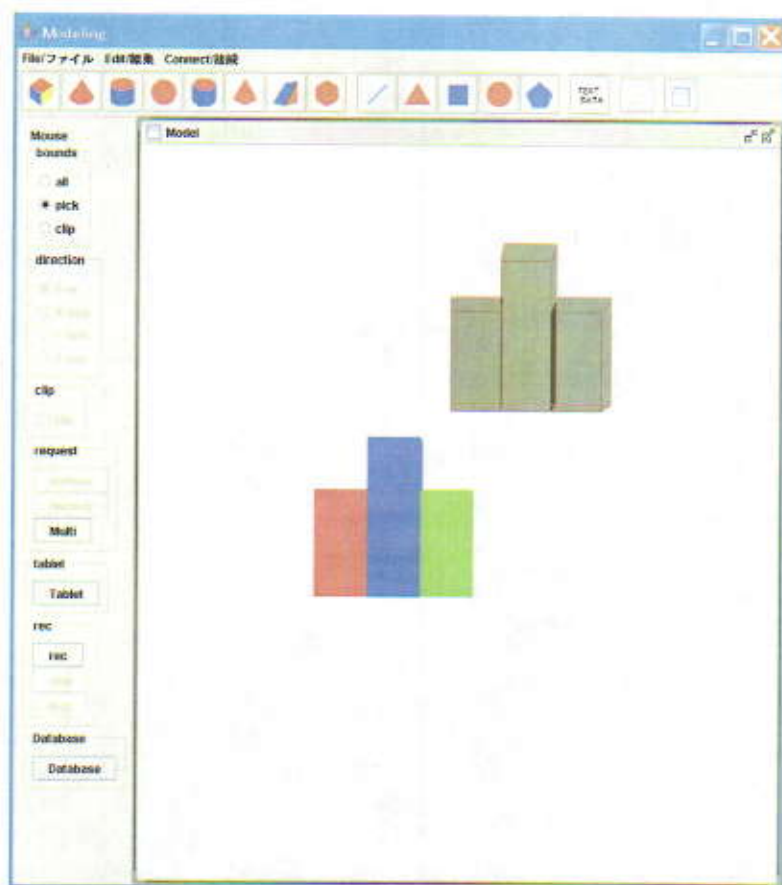


図 3-10 : 複数図形の結合

3.4 図形操作機能

本システムでは、作成した図形に対して、移動、回転、変形を行うことができる。図形操作にはマウスを使用する。操作したい図形上にマウスを移動させ、マウスの左ボタンで左右にドラッグすると Y 軸を中心に回転、上下にドラッグすると X 軸を中心に回転する。また、マウスの右ボタンでドラッグすると XY 平面上を、マウスの中央ボタンをドラッグすると Z 軸方向に対して平行移動する。図形をダブルクリックすると、図形作成時に用いたダイアログ（図 3-3、図 3-4）が再表示され、各項目のパラメータを変更することができる。また、各図形を1つずつ移動させるだけでなく、補助操作ツールバー内の bounds グループの all を選択することで、全図形をまとめて一つの図形として操作することも可能である。選択した図形はマウス操作に追従して動くため、移動、回転させながら現在どようになっているか、ということが確認できる。

3. 5 切断面描画機能

本システムでは、任意の平面で図形を切断し、その切断面を描画することができる。さらに、その切断平面を図形操作と同様に移動、回転させることができるので、切断面の形状が変化していく様子が観察できる。

切断面描画機能を使用するには、操作補助ツールバー内 bounds, direction, clip グループを使用する。以下に基本的な機能の説明をする。

bounds グループ

- all : マウス操作(図形移動・図形回転)の対象を全ての図形にする。
- pick : マウス操作の対象を1つの図形にする。
- clip : 切断平面を表示し、その切断平面をマウス操作の対象にする。

direction グループ

- free : 切断平面に対して自由な操作を可能にする。
- X-axis : X軸に直交する平面(Y-Z平面)で図形を切断し、
そのX軸正方向を消去する。切断面はX軸に沿って移動することができる。
- Y-axis : Y軸に直交する平面(X-Z平面)で図形を切断し、
そのY軸正方向を消去する。切断面はY軸に沿って移動することができる。
- Z-axis : Z軸に直交する平面(X-Y平面)で図形を切断し、
そのZ軸正方向を消去する。切断面はZ軸に沿って移動することができる。

clip グループ

- clip : チェックしたまま Bounds グループの中の clip(切断平面操作)から all に変更すると、切断平面を表示したまま図形の操作が可能になる。チェックがない場合、clip から all に変更しても切断平面は削除される。

まず切断面を図形表示画面に表示するために、bounds グループの clip をクリックする。切断面の操作は、マウスの左ボタンドラッグで回転、右ボタンドラッグで平行移動する。ただし、操作補助ツールバー内の direction グループで free 以外の項目がチェックされている場合は、その項目に応じた平行移動のみが有効となる。図3-11は立方体を様々な位置で切断した様子である。左の図形から切り口が、正三角形、長方形、平行四辺形、正六角形になっているのが分かる。

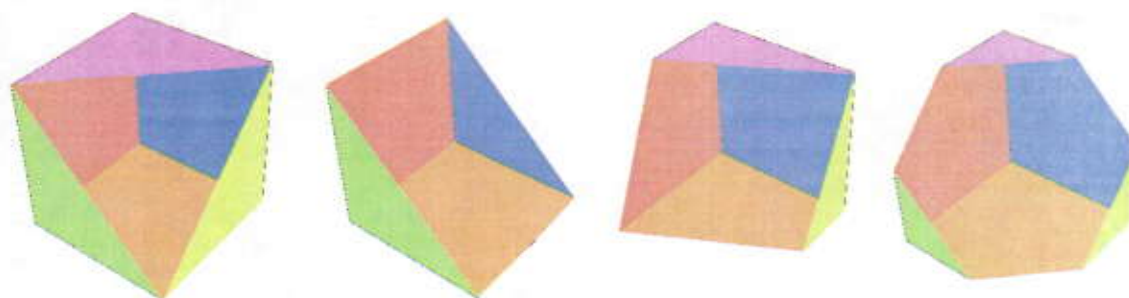


図3-11：立方体の様々な切断面

また、操作補助ツールバー内の **clip** グループの **clip** を使用すれば、切断面をその位置で固定表示させたまま図形を操作し、いろいろな角度からその切断された図形を見ることができる。 **direction** グループを使用して、切断面を作成した後、 **clip** グループの **clip** にチェックを入れ、 **bounds** グループの **all** を選択する。これで、切断平面を固定させたまま、図形の移動、回転を行うことができる。

3.6 通信機能

本システムは通信機能を備えている。通信機能を用いることで、指導者と学習者間での指導、また学習者同士が共に学習するといったことが可能となる。通信接続では図形の共有だけでなく音声通信も可能である。

3.6.1 サーバの設定

サーバプログラムを起動すると、図3-12に示すような画面が表示される。プログラムを起動しているマシンのIPアドレスが①に表示され、②に使用するポート番号を、③にクライアントの最大接続数を入力する。②と③内に値を入力した後、④の **start** ボタンをクリックするとサーバ起動が開始される。⑤のテキストボックスには、現在のサーバの状態やクライアントの接続状況が出力される。

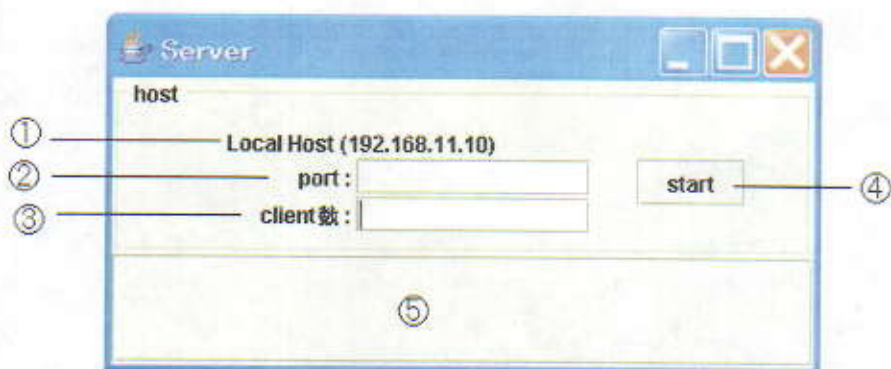


図 3-12 : サーバメイン画面

また、サーバ起動中は、④の start ボタンが stop ボタンへと変わり、サーバ停止のためのボタンとなる。図 3-13 は、使用するポート番号を 10000、クライアントの最大接続数を 5 とした場合の例である。

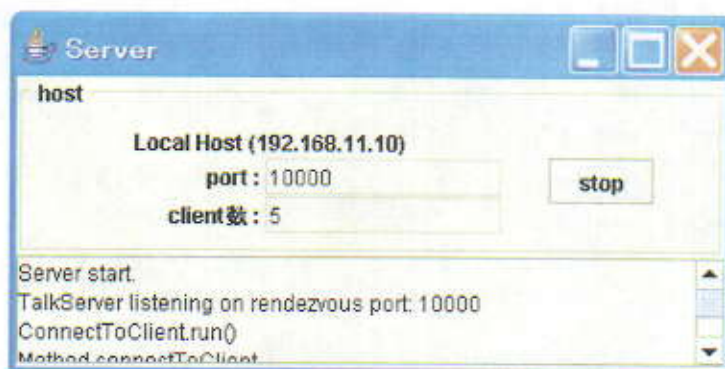


図 3-13 : サーバ起動中の画面

3. 6. 2 クライアントの設定

クライアント側の通信設定画面は図 3-14 である。本システムを起動する時、またはメニューバー内の Connect/接続メニューを選択することで表示される。図 3-14 の各項目の役割を以下に示す。

- ① URL : 接続先サーバの IP アドレスを入力するテキストボックス
- ② port : 接続先サーバのポート番号を入力するテキストボックス
- ③ name : クライアントの名前を入力するテキストボックス
- ④ connect : サーバへの接続を開始するボタン
- ⑤ voice chat : 音声通信が有効になる
- ⑥ recording voice chat : 記録機能において音声も記録する
- ⑦ : 接続状況が出力されるテキストボックス

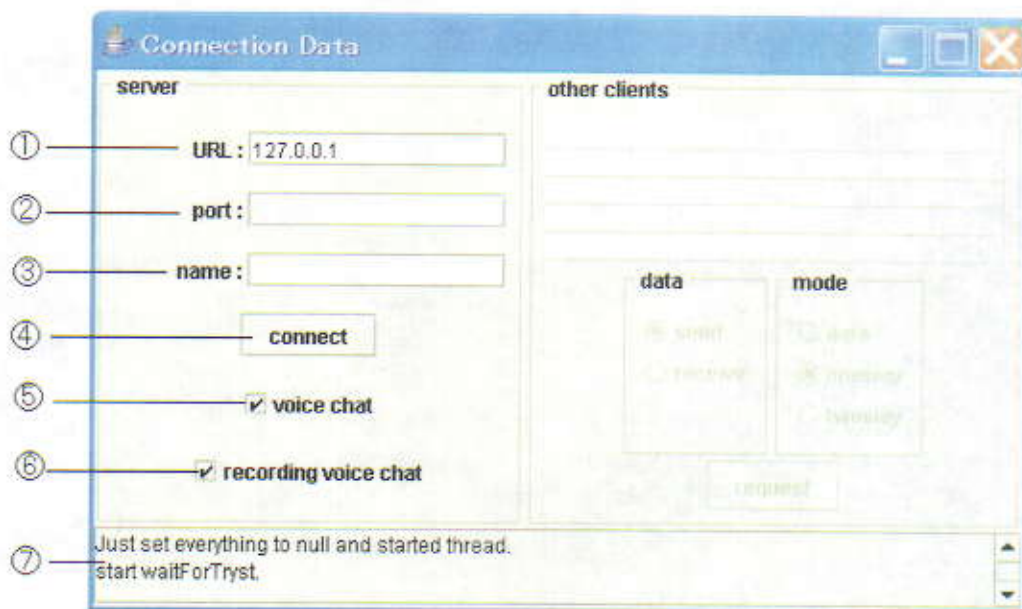


図 3-14 : クライアント側の通信設定画面

①にサーバの IP アドレスを、②にサーバで設定したポート番号を③にクライアントの名前を入力し、④の connect ボタンを押すことでサーバに接続される。その際、音声通信を行うならば⑤に、記録機能を使用する場合に音声も記録する場合には⑥にチェックを入れておく必要がある。

3. 6. 3 他クライアントとの接続設定

サーバへの接続が成功すると、次は他クライアントとの通信を行うための設定である。図 3-15 はサーバに接続後のクライアント設定画面である。以下に各項目の役割を示す。

- ⑧ : サーバに接続している他クライアントのリスト
- ⑨ : 通信を始める際の初期図形データ
 - send : 自クライアントにある図形を使用する。
 - receive : ⑧のリストから選択されたクライアントの図形を使用する。
- ⑩ 通信形態
 - data : 図形データのみを送受信し、その後の通信は行わない。
 - oneway : 通信形態を片方向通信にする。
 - twoway : 通信形態を双方向通信にする。
- ⑪ 通信を開始するボタン

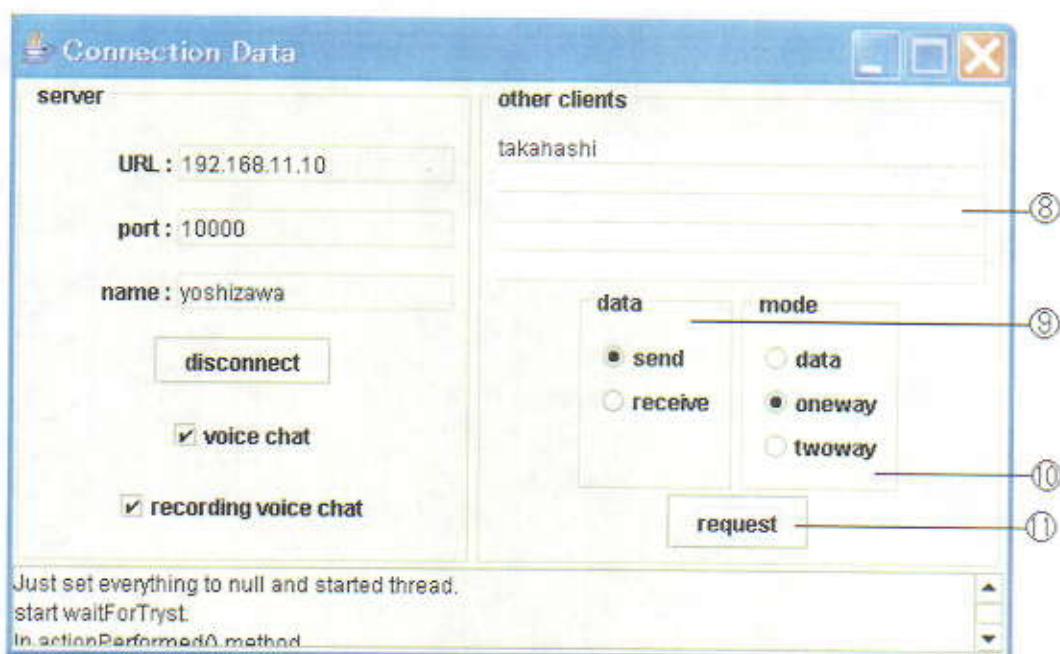


図 3 - 1 5 : 接続後の通信設定画面

⑧で使用図形画面選択後⑨、⑩を選択し、⑪をクリックすることで通信開始である。

通信開始後、設定に従って図形共有機能と音声通信機能が稼動する。なお、⑩通信形態の oneway と twoway の設定は、操作補助ツールバー内 request グループの oneway ボタンと twoway ボタンを使用すれば、接続後でも切り替えが可能である。

3. 7 三面図表示機能

1. 1 節。背景でも述べたように、空間認識力は重要であり、養成すべき能力である。その空間認識力養成のために本システムでは、三面図表示機能を備えている。

図 3 - 1 6 が投影図画面、図 3 - 1 7 は三面図表示とそのときの図形操作画面である。図 3 - 1 7 左上画面が、Y 軸正方向から原点へ向かう視点、左下画面が Z 軸正方向から原点へ向かう視点、右下画面が X 軸正方向から原点へ向かう視点である。右上画面はそのときの図形操作画面として用意している。操作補助ツールバー内の request グループ内 Multi ボタンで図 3 - 1 7 三面図表示と切り替える。Multi ボタンの表示が quit に変わりそれをもう一度押すと、図 3 - 1 6 に戻る。

ただし、三面図表示を使用する場合、ひとつの図形に対して操作、参照するため、今までの右上の画面の表示では小さく、操作が困難であった。そこで今回、この画面も投影図から平行投影にし、同じ大きさになるよう変更した。

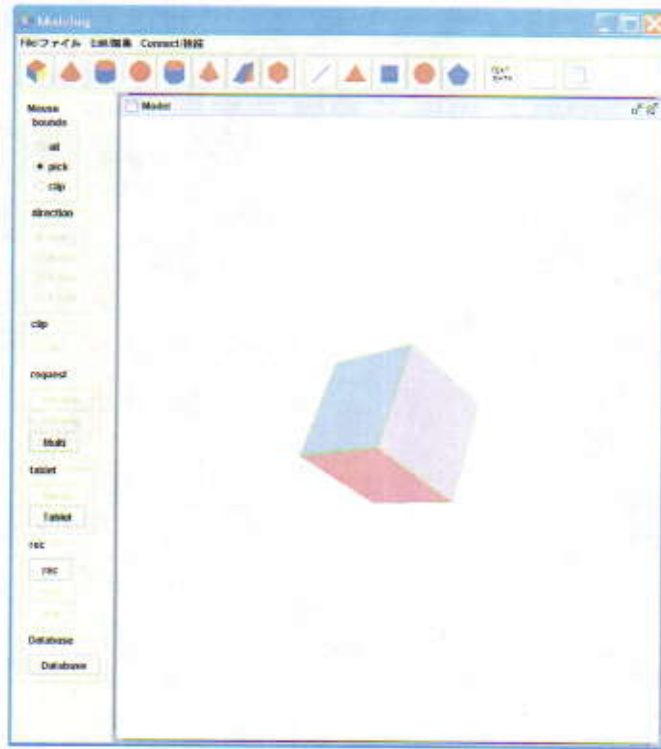


図 3 - 1 6 : 投影図表示画面

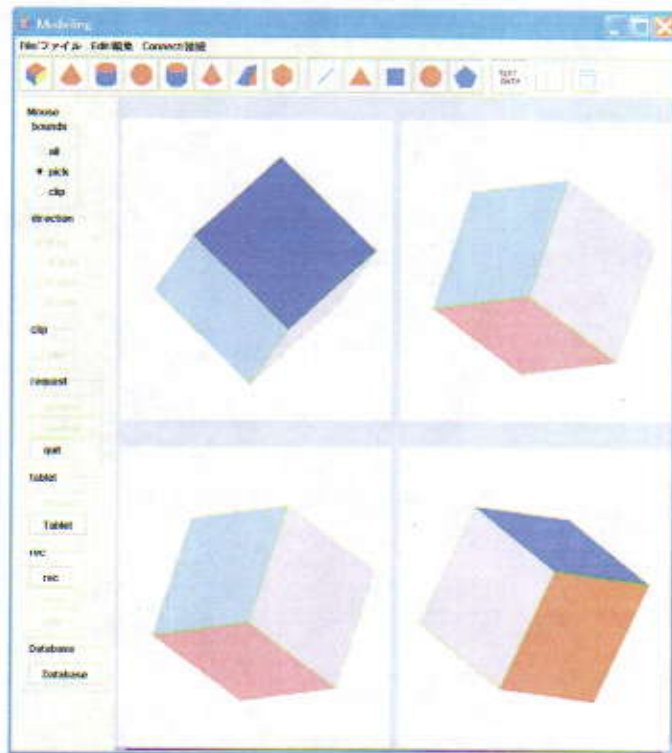


図 3 - 1 7 : 三面図表示画面

3. 8 記録機能

本システムには、システムの操作や音声通信の様子を録画し、動画ファイルとして保存する、記録機能がある。この記録機能は、図形の作成や操作、マウスカーソルの移動、図形作成時のダイアログ、メニューバーの操作など、メイン画面上で行われるシステムの操作を録画する。さらに、画面を録画すると同時に音声通信による会話も録音する。また、これは通信機能を使用していない場合でも録画することができる。

記録機能を使用するには、操作補助ツールバー内の rec グループを使用する。rec グループ内の rec ボタンをクリックすると録画が開始され、rec グループは図 3-17 中央に示すように stop ボタンのみが有効となる。stop ボタンを押すと、動画ファイルの生成を行う。その動画ファイルは avi ディレクトリ内に「記録開始日時.avi」という名前で保存される。例えば、2006 年 1 月 31 日 15 時 58 分 30 秒に記録が開始された場合、ファイル名は「20060131155830.avi」となる。記録ボタン群は図 3-17 右に示すように記録開始ボタンと動画再生ボタンが有効となる。ここで動画再生ボタンを押すと、最後に記録した動画ファイルが、関連付けされたアプリケーションで再生される。



図 3-17 : 記録用ボタン群 (左 : 起動直後, 中央 : 記録中, 右 : 記録終了後)

4. 追加機能

4. 1 手描き機能

手描き機能を使用するには、操作補助ツールバー中 **tablet** グループの **Tablet** ボタンをクリックすると、図 4-1 のようなダイアログが表示され、使用するペンの太さと色を設定する。ペンの色を選択するカラー選択画面は図 3-5 である。OK ボタンを押すことで現在操作中の図形操作画面を取得し、手描き操作画面に切り替わる。その際、**Tablet** ボタンの表示が **Mouse** に変わる。この **Mouse** ボタンをクリックするとペンで描いたものはすべて削除され図形操作画面に戻ることができる。

手描きの際の操作としては、マウスの左ドラッグをペン描き、右クリックを消しゴムに割り当てた。また中央ボタンをクリックすると、図 4-1 のペン設定ダイアログが表示され、ペンを再設定することができる。

この手描き機能は通信中でも使用することができる。通信中に、**tablet** グループ内の **Tablet** ボタンをクリックすると、通信相手は手描き操作画面の切り替えと同時に自身のペン設定画面が表示され、選択する。自身が **oneway** の時は自分のみ、通信相手が **oneway** の時は相手のみ、**twoway** の時は同時に描き込むことができる。

ただし、手描き機能使用中、図形に関する操作は一切できないようになっている。

手描き操作時に、メニューバー内の **Save/保存** を選択すると、図形の保存ではなく、手描き中の画面が「png」イメージとして保存される。

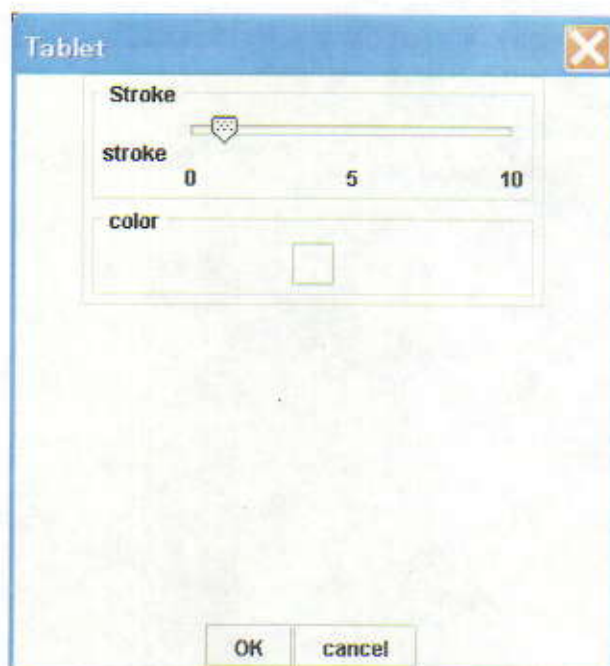


図 4-1 : ペン設定画面

以下に手描き機能の使用例をあげる。

教師と学生が本システムを使用して学習しているとする。図4-2から図4-6は双方向で通信を行っている指導者の画面である。図4-2は通信を行っている画面である。この時に操作補助ツールバーの **tablet** グループ内の **Tablet** ボタンを押すことで、通信中のクライアント全員が手描き操作画面に切り替わる(図4-3、新たな図形作成などの図形操作ができなくなっている)。図4-4では、指導者が「この4点を通る平面で図形を切断した場合、切り口はどうなるか」と出題したところである。このようにマウスの位置ではあまいであった部分も、手描き機能を使うことによって、より明示的に指し示すことができる。その出題に対し、学生は自分なりに考えて線を引き(図4-5)、**Mouse** ボタンを押して図形操作画面に戻した後、実際にその点を通るように切って、解答を表示している(図4-6)。

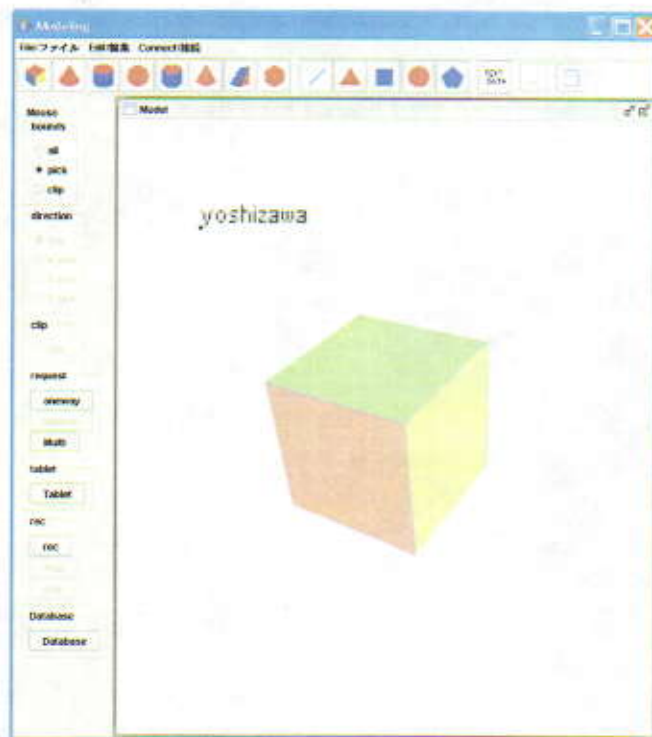


図4-2：通信中の画面

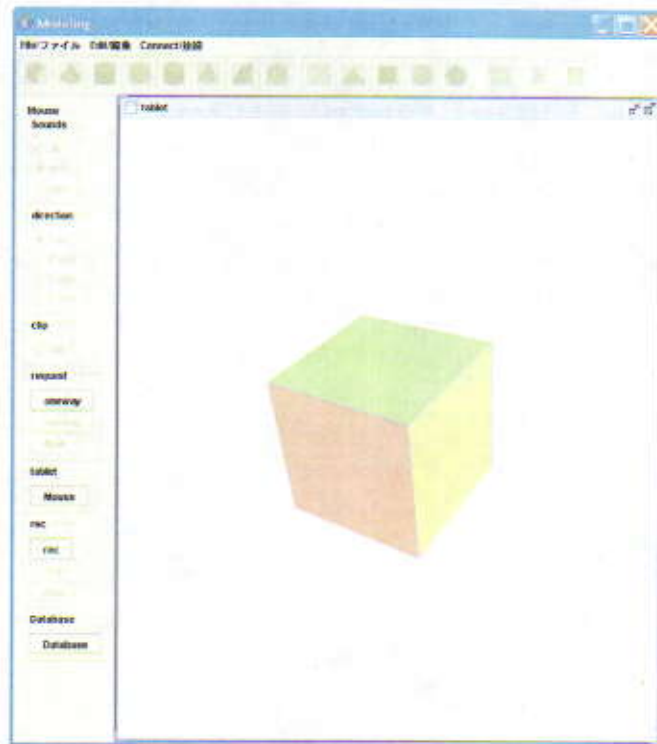


図 4 - 3 : 手描き通信開始

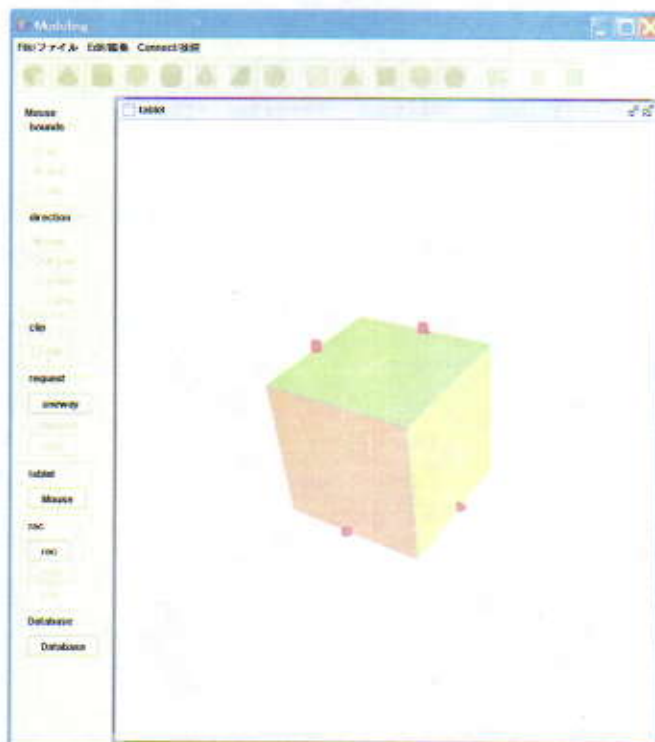


図 4 - 4 : 指導者による描きこみ

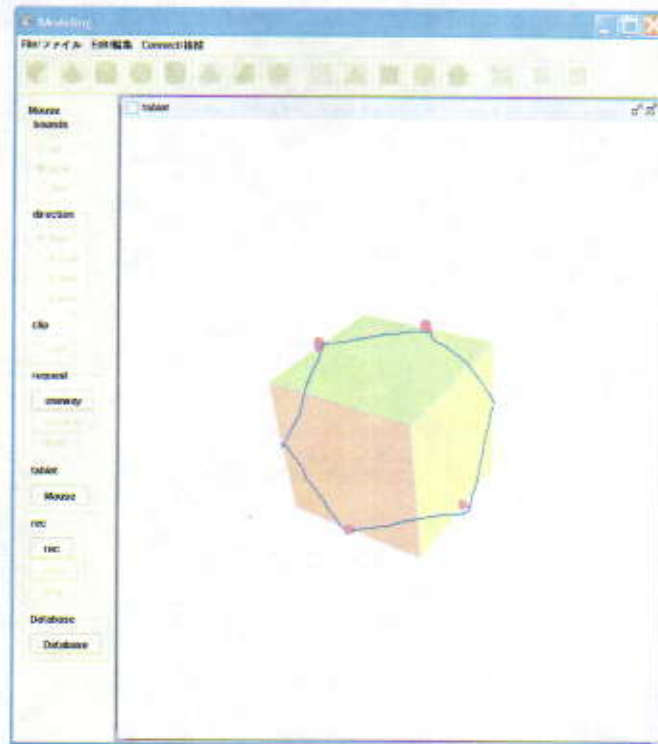


図 4-5 : 学習者による描きこみ

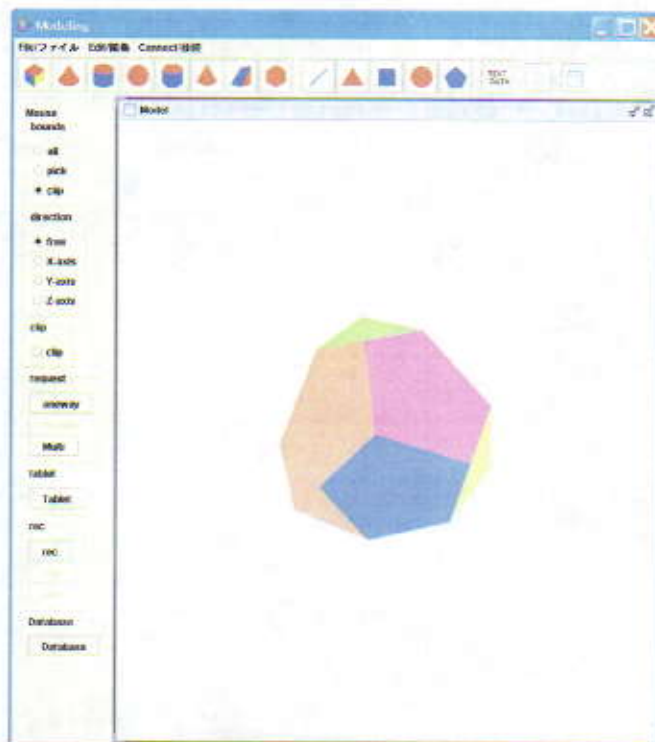


図 4-6 : 実際の切断面

その他の使い方としては、学習したい図形を表示し、学習したことを手描き機能を使って描き込んでいく。その画面を保存していくことによって、ノートとしても使用可能となる。指導者が資料を作る際にも便利である。

4. 2 データベース参照機能

データベース参照機能を使用するには操作補助ツールバー内 Database グループの Database ボタンをクリックすると、図4-7のような参照画面が表示される。その左上にある File の中の open ボタンをクリックすると、図4-8のような Database フォルダ画面が最初に表示される。その中から表示したい図形を選択することで、図形が三面図と、その操作画面（図4-7右上画面）に表示される。表示された図形は移動、回転などの操作が可能である。

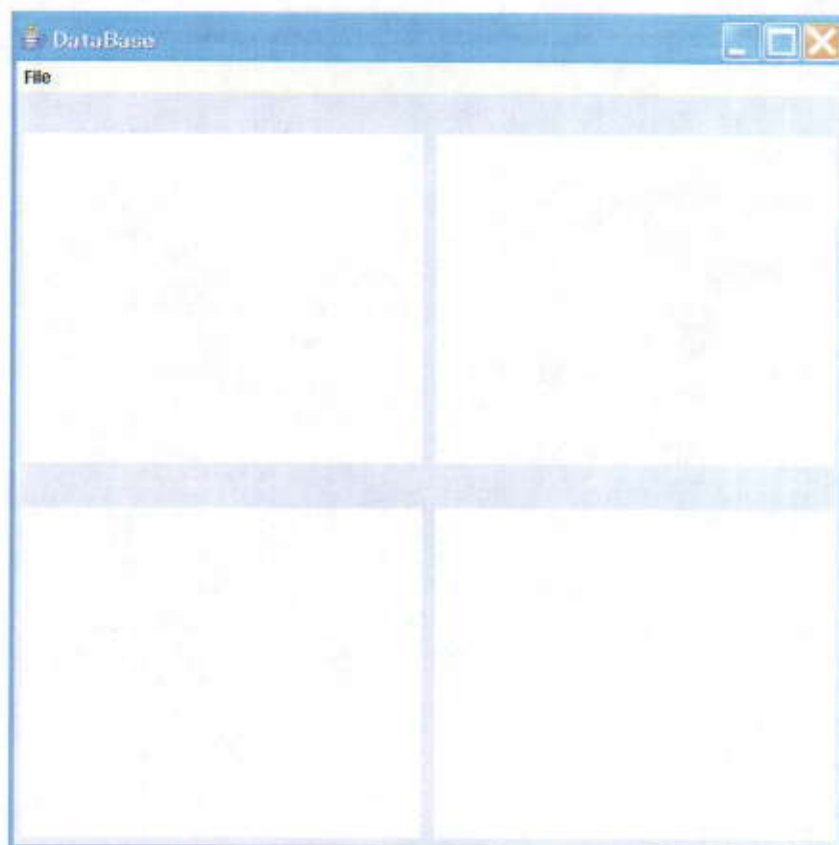


図4-7：データベース参照画面

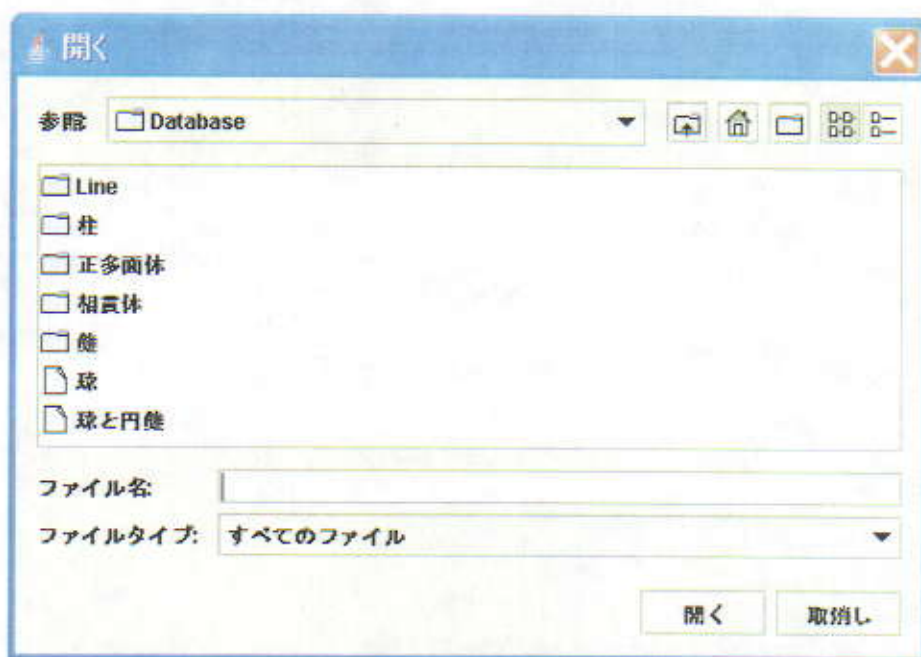


図 4 - 8 : 選択画面

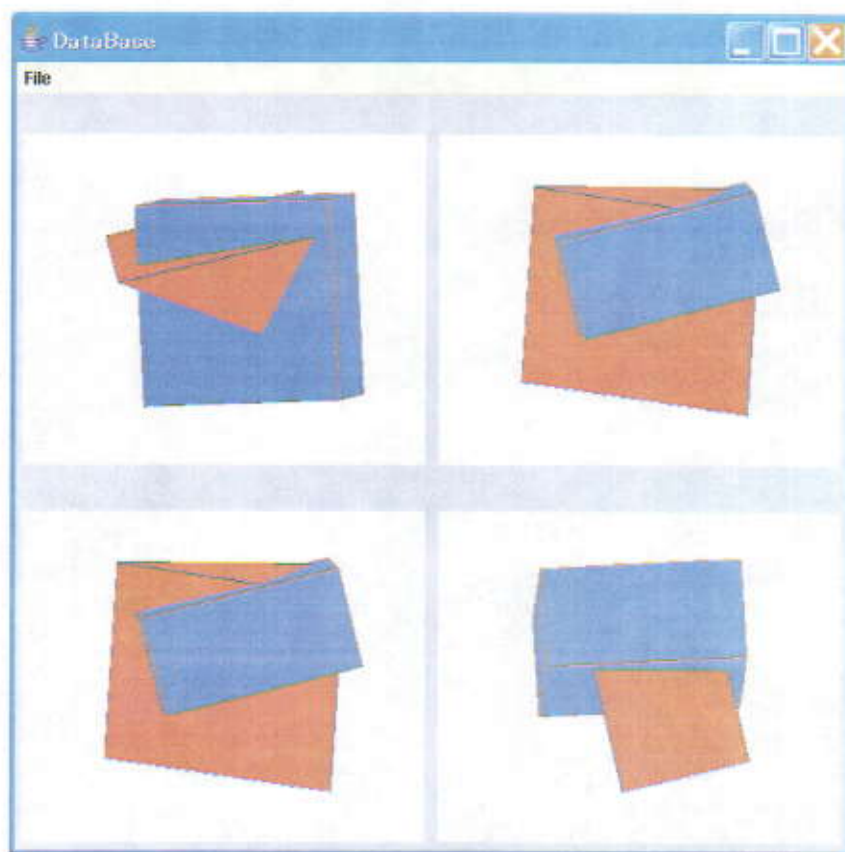


図 4 - 9 : 相貫体を表示した例

また、Database フォルダに蓄積する図形は、本システムを使用することで容易に作成可能である。本システムのメイン画面を使ってデータベース化する図形を作成した後、Save 機能を使って保存する。その保存したファイルを Database フォルダ以下に入れるだけでデータベースに蓄積していくことができる。

本システムは、図形の表示だけでなく動画像の参照も可能である。rec 機能を使用して作成した動画像ファイルを図 4-8 の選択画面の中から選択すれば自動で再生される。

図形を作成する過程や、図 4-9 のような相貫体の一つの図形を移動させた様子、図 3-11 切断面の様子を動画像で作成してデータベースに保存しておけば、授業などでも教科書を開くようにすぐに見ることができ、学習者はそれを参照しながら一人でも学習することができる。

5. おわりに

本研究では、3次元図形教育支援システムに手描き機能とデータベース参照機能を追加した。

手描き機能は色、太さを選択することができ、それによって自由に図形に描き込むことができるようになった。さらにその描き込んだ画面を保存することができる。また、通信にも対応しており、お互いがそれぞれのペンを使用して描き込む形になる。

この手描き機能を用いることで図形に関する説明がより明確により詳細にでき、指導者と学習者、また学習者同士のコミュニケーションがより円滑に行うことができるようになった。授業の際の資料作りにも役立つことができる。個別学習に用いる場合でも手描き画面の保存機能を使用すれば、本システムを自身のノートとして使用可能である。

データベース参照機能は、事前に作成された図形を自分で作ることなく三面図とその操作画面で参照する機能である。この機能には図形表示のほかに、動画像再生機能も備えている。このため動画像もデータベースとして保存できる。そのデータベースに保存する図形も、動画像も本システムを使用すれば容易に作成できるようになっている。

一人で学習するときに、このデータベース参照機能を教科書として使用すれば効率よく学習することができる。また、指導者が事前にデータベースを蓄積しておくことで、指導中に作成するなどの無駄な時間を省くことができる。図形作成、操作場面などを記録機能を用いて動画像保存しておけば参照したい図形とともに動画像も参照することが出来る。

謝辞

本研究にあたり御指導を頂いた横澤肇教授に深く感謝致します。また、お世話になった情報科学研究科の皆様に感謝致します。

参考文献

- 1) 先進学習基盤協議会：eラーニング白書 2003/2004年版，オーム社（2003）
- 2) 濱孝幸：3次元図形理解のための協同学習支援システム，名古屋大学大学院情報科学研究科複雑系科学専攻 修士論文（2005）
- 3) 鷺見智明：空間認識力養成のための協調学習支援システム，名古屋大学情報文化学部自然情報学科 卒業論文（2004）
- 4) 岩崎季世子：3次元図形の協調学習支援システム，名古屋大学情報文化学部自然情報学科 卒業論文（2002）
- 5) Henry Sowizral, Kevin Rushforth, and Michael Deering : The Java 2D API 仕様，アスキー(1999)
- 6) 東海図学研究会：空間構成・表現のための図学，名古屋大学出版会（1999）
- 7) 図学教育ワークショップ2003 FOM2SY：可視化の図学，マナハウス(2003)