

コンピュータグラフィックスを用いた花型学習システム

Computer Assisted Instruction System of Basic Form of Flower Arrangement with Computer Graphics

三原 比呂美¹⁾, 西尾 孝治²⁾, 小堀 研一²⁾

Hiromi MIHARA, Koji NISHIO and Ken-ichi KOBORI

1) 大阪工業大学大学院 情報科学研究科, 大阪府枚方市北山 1-79-1

1) Department of Information Technology, Graduate School of Information Technology,
Osaka Institute of Technology, 1-79-1 Kitayama, Hirakata, Osaka

2) 大阪工業大学 情報メディア学科, 大阪府枚方市北山 1-79-1

2) Department of Media Science, Osaka Institute of Technology,
1-79-1 Kitayama, Hirakata, Osaka

あらし：近年、コンピュータ性能の急速な進歩とグラフィックスハードウェア性能の向上にともない、3次元コンピュータグラフィックスをリアルタイムに生成することができるようになった。コンピュータグラフィックスを用いた仮想環境では仮想物体を効果的に操作することが可能である。本稿は、仮想空間中に定義された花材に対して「切り取り」や「曲げ」をリアルタイムに行える生け花のシミュレーションシステムについて報告する。本システムでは、仮想の花材は3次元仮想空間中に定義されており、グラフィックススクリーン上に表示されている。ユーザはマウスデバイスによって花材を操作し、任意の方向からそれを観察することで、インタラクティブに、また実際の生け花を行っているかのような感覚で操作することができる。また、そこで作成した作品と花型とを比較する判定機能を用いることで、ユーザは花材の位置や角度など相違を知ることができる。本稿では、マウスデバイスを用いてリアルタイムに操作する方法と基本的な花型との比較を行い、基本的な花型を学ぶ花型学習システムを実現する方法について提示する。

Summary : Recently, it is possible to generate three dimensional (3D) computer graphics in real-time speed, by improvement of graphics hardware and progress of computer performance. Virtual environments using computer graphics are effective for virtual object manipulation. This paper proposes a visual simulation system for IKEBANA (Japanese Flower Arrangement) which realizes operations on components of flower arrangement at interactive speed such as 'Cutting' and 'Bending' in real-time speed. In the system, the component of flower arrangement is defined in a 3D virtual space and displayed on a graphics screen as a three-dimensional image. A user can manipulate the component interactively by observing from arbitrary directions and manipulate it as if the user manipulated a real component of flower arrangement using a mouse device. By using a judgement function which compares a work arranged by the user with base form of flower arrangement and a guide function, the user can recognize the differences between positions and angles of component of flower arrangement. This paper also presents how to realize interaction using a mouse device and the method to compare the work with base form of flower arrangement.

キーワード: コンピュータグラフィックス, 教育支援, データベース, 生け花, Java3D

Keywords: CG, CAI, DB, Flower Arrangement, Java3D

1. はじめに

近年のコンピュータ性能の急速な進歩とグラフィックスハードウェア性能の向上にともない、高速に3次元コンピュータグラフィックスを生成することができるようになった。このことにより、ユーザはコンピュータ内に定義された仮想

空間内の物体をあたかも実物を操作するような感覚で操作することが可能となった。仮想空間内の物体を実物のように操作する研究はこれまで数多く報告されているが、入力デバイスの開発 [1, 2, 3] や物体を変形操作する道具に重点をおいているもの [4] が多い。仮想空間内に存在す

る非剛体の物体の変形操作に関する研究として、マウスを用いて折り紙をリアルタイムに操作するシステム [5] が報告されている。

ところで、近年の欧米化にともない日本の伝統文化の見直しや伝統工芸などのデジタル化が盛んに行われている。これまで日本文化に関する研究として、片仮名の学習システム [6] や書道のシミュレーションシステム [7, 8, 9, 10] などが報告されているが、日本に古くから伝わる生け花 [11, 12, 13] を題材にした研究は報告されていない。

西洋に伝わるフラワーアレンジメントとは異なり、床の間などの狭い場所に飾られることのできる多い生け花では、いかに少ない花で美しい空間を作り出すかということが要求される。生け花には多くの流派が存在し、各流派で基本的な生け方である花型というものが定義されている。生け花を学習する流れとして、まずこの基本的な花型を習得し、それをもとに生け方に変化を持たせるなどして自由度の高い生け花を作成していくのが一般的である。しかし、従来の紙面による教材では、花型のような奥行きを重視する立体的な構図を把握するのが困難であるといった問題がある。

そこで本研究では、コンピュータ内に定義された仮想の3次元空間内でマウスを用いて花材を自由に操作し、生け花を行うプロセスを対話的に実行できるシミュレーションシステムと、そこで作成された生け花の作品と基本的な花型との相違を判定し、結果を視覚的に提示することで花型を学ぶ花型学習システム、作成された作品から新しい花型のデータベースを作成する花型データベース作成システムの開発を行った。本システムは、日本の代表的な伝統文化である生け花を世界に広く知ってもらうことを目的とし、開発言語にはインターネット上で動作する Java3D [14] を採用した。

2. 花材の要素

生け花では使用する枝や花を花材と呼ぶ。本システムでは、花材は複数の面から構成されるサーフェースモデルで表現している。本章では花材の要素やデータ構造について述べる。

2.1 枝と節

図1に示すように、本システムでは花材のつなぎ目となる部分を節、節から節までの部分を枝

と定義する。花材は複数の枝から構成され、ルートの枝以外は必ず1つの親の枝を持つ。このため本システムでは図2に示すように、花材を木構造で表現することで枝の親子関係を保持している。花材の枝と節はそれぞれ木構造のノードとブランチに対応している。



図1: 枝と節

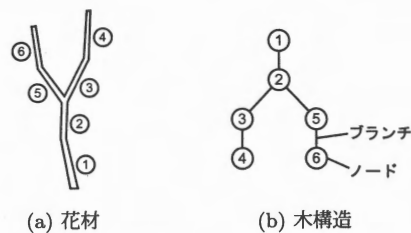


図2: 花材のデータ構造

2.2 芯線

枝の中心を通る直線を芯線と定義する。基本的に、枝の長さとは芯線の長さのことである。なお、枝は必ず1本の芯線を保持している。

2.3 主軸

図2(a)に示すように、花材が複数の先端部分に枝分かれしている場合、根元から先端までのある1経路を構成する枝の集合を主軸と定義する。主軸の長さとは、主軸を構成するすべての枝の芯線の長さを足し合わせたものである。なお、主軸はユーザが任意に指定することができる。

3. データベース

本システムでは各流派、各花型ごとにデータベースを保持している。データベースはCSV形式の外部ファイルで保持しており、ユーザが基本とする花型を設定した時点で、選択された花型と一致するファイルを読み込んでテーブルを作成し、後述の各項目について比較処理を行う。

4. システムの機能

本システムでは、マウスにより花材を操作することで生け花を行っていく。しかし、システム内に定義されているすべての操作をマウスボタンの組み合わせのみで表現するとインタフェー

スが複雑になる。そこで本システムでは、図3に示す操作パネルのボタンを切り替えることで処理を変更し、システム内に定義されている基本的な操作をマウスの左ボタンのみで行えるようにした。本章ではシステムに定義されている操作の種類およびそれらを実現するために必要となる処理について述べる。



図3: 操作パネル

4.1 花器および流派の選択

ユーザは初期設定画面で使用する花器と基本とする流派を選択する。システム内に定義されている流派はプルダウンメニューで用意されており、ユーザは基本とする流派をそこから選択する。基本にしたい流派を選択しない場合、ユーザは流派にとらわれない自由な生け花を楽しむこともできる。

4.2 挿し口の位置の設定

初期設定画面でユーザは花器に対する挿し口の位置を設定する。生け花では、図4に示す8ヶ所が挿し口の基本の位置となっている。図中の1番～4番は基本の花型で主に使用され、5番～8番は応用の花型で主にしようされる。本システムでは、プルダウンメニューにより8ヶ所のうちのいずれかを選択することで挿し口の位置を設定する。

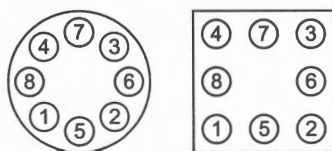


図4: 挿し口の位置

4.3 花型の選択

初期設定画面で基本の流派を選択した場合、選択された流派で定義されている花型の一覧が表示され、その中から基本となる花型を選択する。基本にしたい花型を選択しない場合、ユーザは花型にとらわれない自由な生け花を楽しむこともできる。

4.4 花材の選択と追加

本システムでは花材をVRML[15]形式の外部ファイルで保持しており、追加する花材が決定した時点で選択された花材のVRMLファイルを読み込み、仮想空間内に花材を表示する。花材はシステム内にあらかじめ用意されているものを花材選択画面の中から選択するか、ユーザが作成した花材のデータファイルを選択して使用する。

あらかじめシステム内に用意されている花材は、図5に示すように、花材選択画面に一覧表示されている花材の中から任意の花材を選択する。本システムでは花材として枝と花の2種類を用意しており、花材選択画面のタブを切り替えることで選択する花材の種類を変更することができる。

また、ユーザがCG作成ソフトなどを用いて作成した花材データは、VRML形式で保存しておくことで花材データ選択画面からファイル名を選択することで選択することができる。

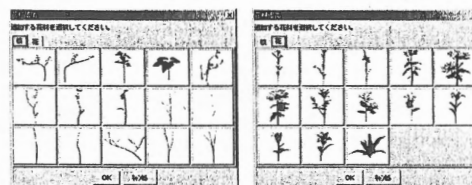


図5: 花材選択画面例

4.5 マウスによる花材の操作

本節では仮想の花材を対話的に操作するための、マウスによる花材の操作について述べる。マウスによる操作では花材の平行移動、回転、拡大・縮小、また生け花で基本とされている花材の切り取りや曲げ、削除が行える。しかし、操作に必要以上の自由度を持たせないようにするため、花器の移動や回転、拡大・縮小、視点の移動をマウスでは行えないようにした。

4.5.1 切り取り

ユーザは花材の切り取りたい位置をマウスでクリックすることで、切り取り位置を指定する。

図6に示すように、まず切り取り位置を含む切り取り対象の枝 N を求める。次に、切り取り位置を通り、枝 N の芯線の端点と端点を結んだベクトル \vec{n} を法線ベクトルに持つ無限平面 α を作成する。この無限平面 α と形状を構成するポリゴンが交差する点 P で花材を分割し、花材の

切り取り処理を行う。

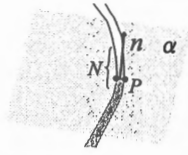


図 6: 花材の切り取り

4.5.2 曲げ

枝などの花材の場合、根元の枝よりも先端の枝ほど細く曲がりやすくなる。しかし、厳密な物理計算を行うと計算量が大きくなり、リアルタイム操作が行えなくなるといった問題がある。そこで本システムでは図 7(a) に示すように、節の回転角度を変化させることで花材の曲がり具合に変化を持たせるのではなく、同図 (b) に示すように、各節の回転角度は一定にし、曲げ処理の対象となる枝を分割する際に、分割幅に変化を持たせることで花材の曲がり具合に変化を持たせた。

ユーザは花材上をクリックすることで花材を支える支点を指定し、作用点をマウスでドラッグすることで曲げ処理を行う。このときのドラッグ開始点を作用開始点 A_s とする。

まず、図 8 に示すように、指定された支点 F と作用開始点 A_s を含む 2 本の枝を求め、それぞれの枝を支点 F 、作用開始点 A_s で分割する。次に、 FA_s 間のそれぞれの枝の周囲長を求める。枝 b_i の集合を 1 つの枝 B とし、これを長さの異なる m 個の枝に分割する。処理対象となる枝 B の長さ d は、 m 個の枝の長さの総和である。このときの j 番目の枝 b'_j の分割幅 d_j は式 (1) により求める。

$$d_j = (1/s) \times j^2 \quad (1)$$

ここで使用している変数 s ($s > 0$) は花材の硬度を表すパラメータであり、硬い花材ほど大きな値を設定する。ただし、変数 s は枝の太さに関係なく、同じ花材の枝であれば一定の値をとる。

一般に、花材は太さによって硬度が変化し、硬度によって曲がる角度が変化すると考えられる。本システムでは分割幅 d_j を求める計算に 2 次関数を用いており、式 (1) からわかるように分割番号 j が 0 のとき極小値となる。また、極小値に近づくほど分割幅 d_j は小さくなり、枝 B は細かく分割される。そこで曲げの対象となる枝 b_i の

中でもっとも細い枝 b_{min} を求め、その先端に極小値を設定することで枝の曲がり具合に変化を持たせた。

花材の曲げの角度は、ユーザによって指定された支点 F と曲げ操作開始時の作用開始点 A_s 、および曲げ操作終了時の作用終了点 A_e としたときの $\angle A_s F A_e$ の成す角度 θ により決定する。枝 b'_j ($1 \leq j \leq m$) の回転角 γ を式 (2) により求め、花材の曲げ処理を行う。

$$\gamma = \theta/m \quad (2)$$

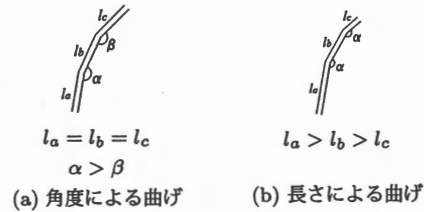


図 7: 花材の曲げ

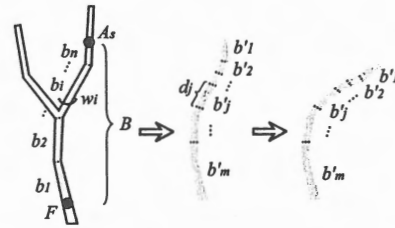


図 8: 処理対象の枝

4.5.3 削除

ユーザは仮想空間内に存在する任意の花材をマウスをクリックすることで、花材を削除する。

4.6 視点移動

生け花を行う仮想空間内の視点変更は視点パネルにより行う。視点パネルには軸ごとの回転操作と拡大・縮小の操作を用意し、それらを組み合わせることで仮想空間内を自由な角度から閲覧することが可能となる。

4.7 保存機能

本システムで作成した生け花は JPEG 形式と VRML 形式で保存する。いずれの形式もインターネット上で閲覧することができるため、作成した生け花の作品をホームページなどで公開することができる。

4.8 判定機能およびガイド機能

基本となる花型が設定されている場合、判定機能およびガイド機能を使用することができる。

判定機能は操作パネルに用意されている判定ボタンを押した時点で、データベースと作成中の生け花の作品との比較を行い、相違点があった場合は結果としてテキストで表示する。また、ガイド機能は操作パネルに用意されているガイドボタンを押した時点で、仮想空間内にガイドが表示されるようになっている。

生け花で作品の中心となる花材の名称および花材の長さは各流派によって異なるが、本文ではすべての定義を草月流に従い、作品の中心となる花材を主枝、その中でもっとも長い花材を真、次に長い花材を副、もっとも短い花材を控、挿し口を隠すなどの目的で使用する花材を従枝と呼ぶものとする。

花材の長さや角度を求める際に使用するベクトルは、図9に示すように主軸の両端を結ぶ最短経路ベクトル \vec{L} を使用する。



図9: 最短経路

4.8.1 花材の長さによる判定

図10に示すように、使用する花器の幅を A 、高さを B とする。データベースに定義されている真、副、控の長さを S 、 T 、 U としたときのそれぞれの長さを表1に示す。各主枝の長さは使用する花器の大きさと生ける作品の大きさによって変化する。生ける作品の大きさはユーザが任意に設定することができる。判定の対象となる花材の、データベースで定義されている長さを L_{db} としたとき、花材の長さ $|\vec{L}|$ が $L_{db} \pm \alpha$ を満たさなければ判定結果表示画面に判定結果が表示される。ただし、 α はあらかじめ設定された許容誤差である。

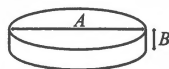


図10: 花器

4.8.2 花材の角度による判定

花材の角度は、判定の対象となる花材の主軸を花材を生ける面に垂直な面に投影したときの

表1: 花材の長さ

大	真 (S)	$(A + B) \times 2$
	副 (T)	$S \times 3/4$
	控 (U)	$T \times 1/2$
普	真 (S)	$(A + B) \times 3/2$
	副 (T)	$S \times 3/4$
	控 (U)	$T \times 3/4$ または $M \times 1/2$
小	真 (S)	$A + B$
	副 (T)	$S \times 3/4$
	控 (U)	$T \times 3/4$

最短経路ベクトル \vec{L}_{xy} と花材を生ける面に垂直な軸とのなす角度 θ_{xy} によって決定する。判定の対象となる花材の、データベースに定義されている角度を θ_{db} としたとき、花材の角度 θ_{xy} が $\theta_{db} \pm \beta$ を満たさなければ判定結果表示画面に判定結果が表示される。ただし、 β はあらかじめ設定された許容誤差である。

4.8.3 挿し口の位置による判定

基本とする花型のデータベースに定義されている挿し口の位置とユーザが設定した挿し口の位置が異なる場合、判定結果表示画面に判定結果が表示される。

4.8.4 判定結果表示機能

データベースと作成中の生け花作品の判定結果に相違がある場合、判定結果表示画面に判定結果が表示される。この判定結果表示画面のメッセージをマウスで選択すると仮想空間内の花材の色が変化し、どの花材に間違いがあるかを視覚的に提示する。

4.8.5 データベース作成機能

データベース作成機能を使用することにより、本システム内に定義されていない新しい流派および花型のデータベースを定義することができる。データベース作成機能とは、ユーザが実際に生け花の作品を作成し、そこからデータベースに保存する項目を抽出またはユーザが手動で指定することで新しいデータベースを作成する機能のことである。

ユーザは新しい流派名を入力するか、既存の流派をプルダウンメニューから選択し、新しく定義する花型名を入力する。花型を判定する際に使用する花材の長さ、花材の角度、挿し口の

位置など基本的な項目は自動的に作品から抽出され、データベースに保存される。それ以外の項目についてはユーザが手動で指定することでデータベースに保存する。

4.8.6 ガイド機能

ガイド機能には花器のガイドと花材のガイドが用意されている。それぞれのガイド機能について以下に示す。

● 花器に表示されるガイド (図 11(a))

・ 操作中の花材を生ける挿し口の位置 P_o を原点とし、データベースに定義されている角度 θ_{db} の傾きとデータベースに定義されている長さ L_{db} を半径に持つ扇形の面

● 花材に表示されるガイド (図 11(b))

- ・ 花材の根元の枝の端点の位置 (P_r)
- ・ 花材の先端の枝の端点の位置 (P_n)
- ・ 点 P_r と点 P_n を結んだ線分 (L)

図 11(c) に示すように、花材に表示されるガイドと花器に表示されるガイドを併せて使用する。花材に表示される端点 P_r を扇形の原点 P_o に設定することで花材を生ける挿し口の位置が一致する。また、扇形の面に接する範囲で生けていくことで必要な花材の角度 θ_{db} を設定することができ、扇形の半径 L_{db} に花材の長さ L を一致させることで必要な花材の長さを容易に設定することができる。

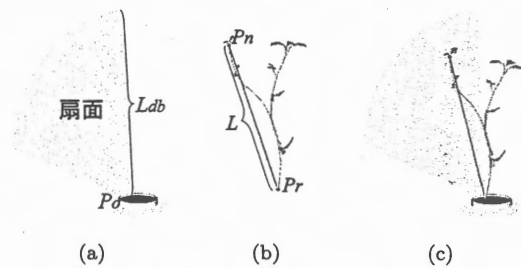


図 11: ガイド機能

5. データの更新

前章で述べたマウス操作により、仮想空間内に定義した花材の状態に変更が加えられるとデータの更新が必要となる。本章ではデータの更新の手順について述べる。

5.1 花材の削除にともなうデータの更新

花材の削除操作が行われた際、仮想空間内のデータを更新する必要がある。花材のデータは木構造で表現されているため、選択された枝の

ノードから花材のルートノードを探索し、削除対象となる花材を決定する。選択された枝のノードを探索ノードとしたときのデータの更新手順を以下に示す。

1. 探索ノードの親ノードを探索する。
2. 親ノードが存在する場合: 親ノードを探索ノードとして手順 1 を繰り返す。

親ノードが存在しない場合: 探索ノードは選択された花材のルートノードとなるので、これを仮想空間内から削除する。

5.2 花材の切り取り操作にともなうデータの更新

花材の切り取り操作が行われた際、切り取り処理の対象となる花材のデータを更新する必要がある。切り取り処理対象の花材を F 、花材 F のルートノードを N_{root} としたときのデータの更新手順を以下に示す。

1. 図 12(a) に示すように、切り取り対象となる枝のノード N を求める。
2. 同図 (b) に示すように、ノード N をノード N_1 とノード N_2 に分割する。このとき、ルートノード N_{root} から木をたどった際に先に現れる枝を N_1 とする。
3. 分割前のノード N の子供のノード N_c の親ノードを N_2 に変更する。
4. 同図 (c) に示すように、ノード N_2 を花材 F から切り離す。このときの花材 F を花材 F_1 とする。
5. ノード N_2 をルートのノードとした新しい花材 F_2 を作成し、仮想空間内に追加する。

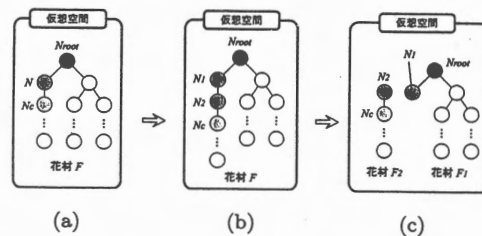


図 12: 花材の切り取りによるデータの変更

5.3 花材の曲げ操作にともなうデータの更新

花材の曲げ操作が行われた際、曲げ処理対象となる花材のデータを更新する必要がある。図 13(a) に示すように、曲げ処理の対象となる花材のルートノードを N_{root} 、支点を含む枝のノードを N_f 、作用点を含む枝のノードを N_a としたと

きのデータの更新手順を以下に示す。

1. 図 13(b) に示すように、ノード N_f をノード N_{f1} とノード N_{f2} に分割する。このとき、ルートノード N_{root} から木をたどった際に先に現れるノードを N_{f1} とする。
2. ノード N_a をノード N_{a1} とノード N_{a2} に分割する。このとき、ルートノード N_{root} から木をたどった際に先に現れるノードを N_{a1} とする。
3. ノード N_{a1} を探索ノードとする。
4. 探索ノードの親ノードを探索する。
5. 親ノードとノード N_{f2} が一致する場合：親ノードを配列に格納し、探索を終了する。
- 親ノードとノード N_{f2} が一致しない場合：探索ノードを配列に格納し、親ノードを探索ノードとして手順 4~5 を繰り返す。
6. 配列に格納されたノードを 1 つのノード N とする。
7. 図 13(c) に示すように、ノード N を分割し、分割後の各ノードに回転処理を行う。

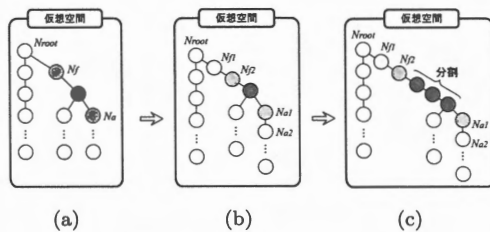


図 13: 花材の曲げによるデータの変更

6. 作成例

本文で表現した仮想生け花システムを利用して生け花を行っている様子を図 14 に、また、実際に作成した生け花の作品例を図 15、図 16 にそれぞれ示す。本システムを評価するため、生け花の経験者 4 名に 10 分程度の練習を行ってもらった後、被験者に自由に生け花を行ってもらった。いずれの被験者も本人の意図に沿った生け花を行うことができた。実験後、「花材の曲がり具合は実際に花材を曲げたときと同じように曲がっている。」という評価を受けた。花材の曲げは 2 次関数を用いてモデル化したものであるが、厳密な物理計算を行わずに仮想の花材を実物を曲げるのと同様の曲がり具合を表現できたと考えられる。他に、「マウスの左ボタンだけで操作できるので、インタフェースがわかりやすい。」「花材を生けていく過程でガイド機能が役に立つ

た。」「判定結果でメッセージを選択すると花材の色が変わり、どこが間違えているのかわかりやすい。」などの評価を受けた。しかし、一方で次のような問題点の指摘もあった。「花材を生ける順番を重視する流派も存在するため、花材の生ける番号をガイドで表示すると使いやすいシステムになると思う。」「花材の大きさを実際に生け花を行う画面で変更するのは違和感がある。」これは花材の大きさを変化させるという仮想的な操作と、実空間には存在しない操作との相違による問題であると考えられる。

7. むすび

本研究では、仮想空間内に定義された花材をマウスで簡単に操作することができる仮想生け花システムと、そこで作成された生け花の作品と各流派で定義されている基本的な花型との相違を判定し、その結果を表示することで生け花を学ぶための学習支援システムを開発した。花材を木構造で表現することで枝の親子関係を保持し、花材の状態変化に対するデータの更新をリアルタイムに行うことができた。また、ガイド表示機能を利用することで初心者でも容易に生け花を行うことができた。

今後の課題として、インタフェースの修正と新しい機能の追加が挙げられる。生け花では季枝の花材を使用するため、今回、システムを評価するために定義した花材だけでは少なすぎる。そこで、ユーザが作成した花材などを自由に選択する機能の追加や、実験により被験者から指摘を受けたガイド機能の充実を実現していく必要がある。また、実際の生け花の花材の切り取り、曲げの作業では手に反力がかかる。これらを実現するための反力装置の開発にも着手したいと考えている。

謝辞 本研究を進めるにあたり多大な助言をいただいた和洋女子大学 山本高美氏、末生流師範 春日久美子氏、小原流師範 森川郁子氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] 福井幸雄, 下条誠: 力覚をフィードバックする操作デバイスによる仮想形状のなぞり動作, 電子情報通信学会誌, Vol.74-D-II, No.8, pp.1052-1059(1991)
- [2] R.Kikuuwe, T.Yoshikawa: Haptic Display Device with Fingertip Presser for Motion/Force Teaching to Human, IEEE International Conference on Robotics & Automation, pp.868-873, (2001)

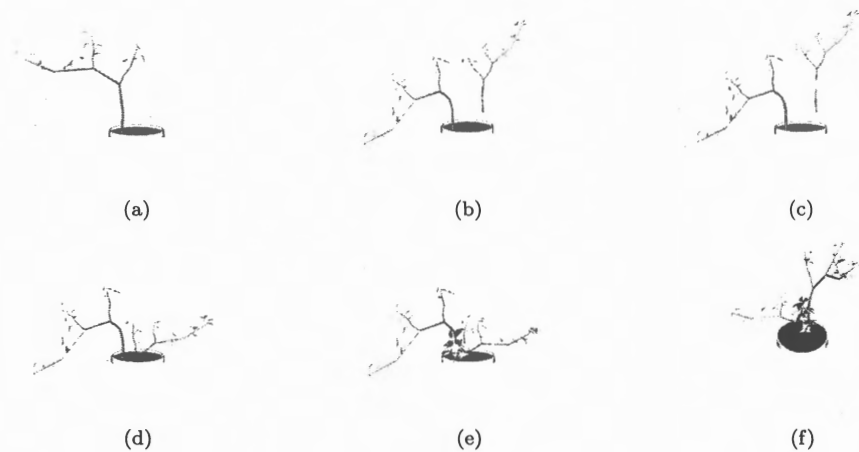


図 14: 作成例



図 15: 草月流で作成された作品例



図 16: 未生流で作成された作品例

- [3] 山田貴志, 渡辺富夫: パーチャルヒューマンとの腕相撲システム, 情報処理学会第 65 回全国大会公演論文集 (4), pp.67-68(2003)
- [4] 野口博和, 安田孝美, 横井茂樹, 鳥脇純一郎: 仮想空間でのハサミによる切断操作のモデルと実現, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.12, pp.3304-3314(1998)
- [5] 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, No.9, pp.1994-2001(1993)
- [6] 諏訪いずみ, 西野順二, 小高和宏, 小倉久和: 日本語学習者のためのローマ字表記に基づいた片仮名語からの英語単語検索の試み, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J85-D-I, No.9, pp.927-930(2002)
- [7] 逸見和之, 吉川恒夫: パーチャルレッスンの概念とそのパーチャル習字システムへの応用, 日本パーチャルリアリティ学会論文集, 3 巻, 第 1 号, pp.417-424(1998)
- [8] Jintae Lee: Simulating Oriental Black-Ink Painting, IEEE Computer Graphics and Applications, pp.74-81(1999)
- [9] 野辺昌史, 藪田直紀, 鈴木雅人, 山下静雨, 市村洋: ペン字・書道を事例とした遠隔教育における文字の美的評価の一手法, 情報処理学会第 65 回全国大会公演論文集 (4), pp.353-354(2003)
- [10] 鈴木琢也, 吉川大輝, 鈴木雅人, 山下静雨, 市村洋: ペン字・書道の遠隔実時間添削指導に関する研究, 情報処理学会第 65 回全国大会公演論文集 (4), pp.355-356(2003)
- [11] 勅使河原宏: 草月カリキュラム, 草月出版, pp.14-95(1994)
- [12] 勅使河原宏: CG でみる花型, 草月出版, pp.5-86(1995)
- [13] 中山文甫: 新花 盛花 瓶花, 財団法人 中山文甫会館, pp.8-55(1983)
- [14] Henly Sowizral, Kevin Rushforth, Michael Deering: The Java™ 3D API 仕様, ASCII 出版, pp.5-340(1999)
- [15] Jed Hartman, Josie Werneche: The VRML 2.0 Handbook, Silicon Graphics, Inc., pp.59-369(1996)