

## 2Dアニメーション用標準動画データベースシステムの構築

角 文 雄<sup>†</sup> 中 嶋 正 之<sup>†</sup>

セルアニメーション制作における時間と労力の効率化のために、再利用可能なアニメーションクリップをデータベースとして提供するシステムを構築した。本論文では、セルアニメーションの中でもリミテッド・アニメーションに焦点をあて、アニメータが効率よく動画を生成できるデータベース環境及び支援ツールについて提案する。標準モデルを特定するモデルデータ、人間や動物の体全体の動き(歩く、走るなど)や、顔の表情のアニメーション(笑う、泣くなど)、自然現象(火、水、雨、雪、風など)といった再利用し易いあるいは、動きの標準として参考になる素材アニメーションをデータベースとして提供している。

### 2D Animation Database System using Existing Sequences

FUMIO SUMI<sup>†</sup> and MASAYUKI NAKAJIMA<sup>†</sup>

Creating an animation sequence needs tremendous workloads and talented animators to specify and control motions. But it is not so popular to produce a new animation reusing existing sequences. One of the reasons is the difficulty of retargeting the motion to the other models and deformation of the model shapes. We propose a standard 2D animation database system, in which there are model data with motion in reusable form, and utility tools for deformation of model shapes and motions. We develop such techniques implemented in the tools as making reusable form of model shapes and educing motions from an input bitmap image.

#### 1. はじめに

近年CG技術の進歩により、CGアニメーション制作は簡単にできるようになってきた。しかし、自然な動きやアニメータの意図した動きを、生成したり演出するためには、依然として多大な労力と時間を必要としている。

特に労力を必要とする伝統的なセルアニメーション制作では、固有のキャラクタに「走る」等の動きを与える場合、その時の状況や感情により各キャラクタの個性を最大限に活かす様に、アニメータは細心の注意を払いながら動画を制作する。その動きによっては見る人を魅了するキャラクタになるかどうかを左右すると言っても過言ではない。しかし、2次元(2D)で描かれた絵に原作者およびプロデューサの意向に沿った動きを付けていく作業は、アニメータの感性にまかされ何度も書き直しが発生し非効率である。また、アニメータは同時に複数のキャラクタを担当しており、

新しいキャラクタの個性を活かした動きを表現するのに最初はかなりの時間を要する。

テレビで毎週放映されるアニメーションでは、放映が進むに従って最初の動きと違ってくことを避けるために、例えば7話までのストーリーでの動きを最初にチェックする方法もとられている。このような実務の現場での作業を考察して、既存アニメーションを再利用して新たなアニメーションを効率的に制作できるようにすることは業界にとって重要なことである。

しかしながら、常に新たに映像を作ることが一般的であり、既存素材の再利用による制作は、あまり行なわれていない。再利用が行われない理由に以下の点が挙げられる。

- ・再利用できる素材が準備されていない。
- ・再利用のための技術や仕組みが整備されていない。

本論文では、再利用化を促進するための一つの方策として、2Dアニメーション制作のための標準動画データベースシステムの構築に関する技術について提案する。

<sup>†</sup> 東京工業大学 大学院 情報理工学研究所  
Graduate School of Information Science and Engineering,  
Tokyo Institute of Technology

## 2. 関連研究

再利用のための技術研究は、充分に行われているとはいえない。3Dアニメーションでは、多くの形状モデルデータが市販されており、比較的広く利用されている。また、モーションキャプチャされた動きのデータを、他のモデルに再適用する研究<sup>[1],[2]</sup>や顔のアニメーションでの他モデルへの適用研究<sup>[3]</sup>など比較的広く行なわれている。しかし、2Dアニメーションでは、形状変更のモーフィングの研究<sup>[4]~[7]</sup>が、中心である。特に労力を必要とする伝統的な2Dセルアニメーションのコンピュータ処理については、研究が少ない。既存の2Dアニメーション見本を知識ベースとして蓄えておき、アニメータのスケッチからそれに類似のアニメーションを出力する研究<sup>[8]</sup>と顔の表情のようにケース毎に異なる表情を実写から2Dの描写画像を生成する研究<sup>[9]</sup>があるが、本格的に再利用を目指した研究ではない。

## 3. 標準動画データベースシステム

### 3.1 システム概要

既存のアニメーションを標準の動画として、モデル情報と共に再利用できるデータ形式でデータベースに格納して置く。そのまま再利用したり、自分のキャラクターに対してデータベースに、登録されている標準モデルの形状を変形し、標準モデルの動きを複製して自分のキャラクターのアニメーションとして使用できる。2Dアニメーション用標準動画データベースシステム

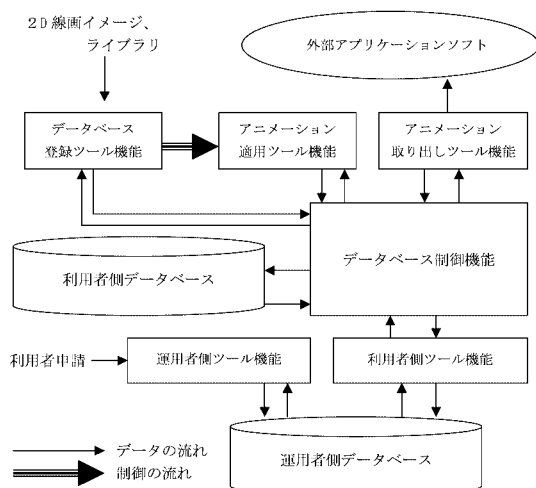


図 1 システム機能概要

Fig. 1 Functions of the database system

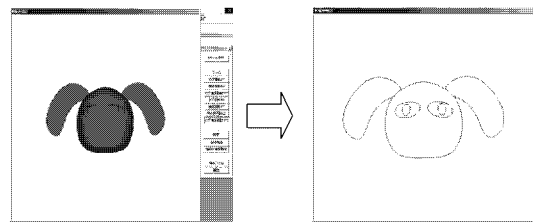


図 2 3Dモデル 2D変換

Fig. 2 3D model to 2D conversion

の全体機能概要を、図 1 に示す。

#### 3.1.1 データベース登録ツール機能

データベース登録ツールは、アニメーションの素材データを入力し、その素材の種類によって再利用可能化の処理を施してデータベースに登録する。元の素材からオリジナルなデータを作成して新規にデータベースへ登録するために、データの加工を行うことも出来る。ここでは、2Dの線画イメージを入力とし、本論文の第 4章で詳説する独自の手法で処理し、そのデザインの特徴を線情報等の要素データとして抽出する。抽出された要素データは、次項 3.1.2 の機能であるアニメーション適用ツールで利用するアニメーションデータとして、後に再利用できるようにデータベースに登録する。また、結果をプレビューする機能も持つ。

登録する素材が3Dの形状データであった場合、それを2Dの情報へ変換する必要があるため、3Dのポリゴンデータを入力とし、2Dに変換する機能も持つ。3Dから2Dへの変換は、ポリゴンの形状モデルを、正射影して輪郭線を求め、隣接するポリゴンが成す角度から稜線を算出する方法により実施する。図 2 にその処理画面例を示す。

#### 3.1.2 アニメーション適用ツール機能

アニメーション適用ツールは、アニメーションになっていない単フレームのイメージを用意すれば、すでにデータベースに登録されているアニメーションを利用して、新規のアニメーションを生成してデータベースに登録することができる機能を提供する。

#### 3.1.3 アニメーション取り出しツール機能

アニメーション取り出しツールは、データベースを検索し目的にあったデータを引き出し、それをアニメーションのイメージデータとして出力する。図 3 にその画面例を示す。引き出したアニメーションデータはそのまま使用することもできるが、より求める動きに合うように使用したいフレームのみを抽出するなどの編集処理を行うことができる。

#### 3.1.4 データベース制御機能

データベース制御は、利用者がデータベースへアクセスするための機能を提供する。

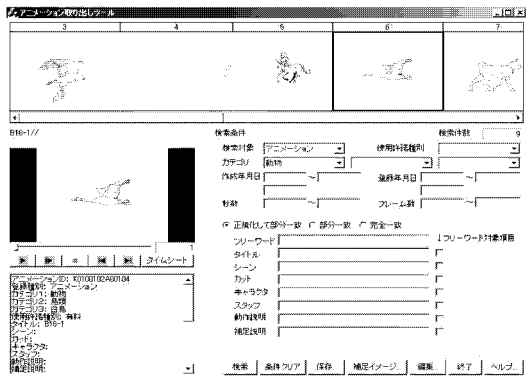


図 3 アニメーション取出し機能  
Fig.3 DB output function

### 3.1.5 利用者側ツール機能

利用者側ツールは、利用者が次のようなことを実施するための機能を提供する。

- 本システムで作成したアニメーションを広く一般の人へ公開するために運用者側データベースへアップロードする機能
- 利用者が運用者側データベースに蓄積されたアニメーションをダウンロードする機能
- 各利用者側で環境を構築し動作させるための管理を行なう機能

この管理機能により、利用者範囲を決めることで、検索の際不必要なデータを検索対象としない制御をかけられるため、膨大なデータからの検索時間を短縮することが可能となる。また、機密保持の面でも有効な手段となりうる。

### 3.1.6 運用者側ツール機能

運用者側ツールは、以下の機能を提供する。

- 本システムが公開運用するサイトのホームページ機能
- 運用者側データベースへの利用者登録機能
- 利用者に提供する環境設定ツール・各種ツールの管理を行う機能

## 3.2 利用システム構成

利用者を管理しアニメーションデータを提供する運用者側システムと、システムを利用者側の環境にインストールして、利用者が使用する利用者側システムの2つのシステムがある。

利用者側システムで制作したアニメーション再利用のためのデータ、アニメーションデータ、データベースに登録されているデータのままで再利用する2D動画素材は、ライブラリデータとして、インターネットを介してアップロードして運用者側管理システムのデー

タベースサーバ内に登録することが出来る。また、運用者側システムに登録されているライブラリデータ等を、利用者側システムにインターネットを介してダウンロードすることも可能である。

データベースサーバ内には、可逆変換が可能な圧縮形式で登録されているため、インターネットを介してもさほど時間がかからずに、データ連携が可能である。

## 3.3 データベース構造および管理方法

膨大な量になると予想されるアニメーションデータ/イメージデータをデータベースで管理する際、利用目的を考慮したテーブル構造および管理方法でデータベースを設計しておけば、検索等の処理が最も効率よく行える。本論文では以下の3項目を中心に、効率化のためのシステム構築を実施した。

### 3.3.1 アニメーションデータのプレビュー用データの格納

アニメーションデータを、プレビュー画面の大きさにあったサイズに加工して、データベースに格納しておく事により、元のアニメーションデータのサイズに関わらず、アニメーションデータをプレビュー再生する際の時間が短縮できる。加工するタイミングは、既存のアニメーション素材を登録する時に行う。

### 3.3.2 管理情報とアニメーションデータ/イメージデータとの関連付け

本論文で使用したデータベース管理システム「PostgreSQL」では、イメージデータそのものをデータベース内に登録することも可能であるが、膨大な量のイメージデータおよび連続性に意味を持つアニメーションデータを管理するためには、複雑な構造となり管理情報も増えてしまう。そこで、登録や検索の時間を短縮するために、管理情報はデータベース内に登録し、アニメーションデータ/イメージデータそのものは、ある決められたフォルダ内に登録し、管理情報と関連付けることにした。

### 3.3.3 キーワード検索

検索対象となるキーワードを、正規化しデータベースに登録することで、キーワード検索を効率よく行うことが可能である。

例えば、「ABC」で始まるタイトルを検索したい場合、人によっては大文字の全角で「ABC」と入力する人もいれば、小文字の半角で「abc」と入力する人もいる。いずれの場合でも検索結果を得るためには、データベースに登録する際に全て大文字の半角で「ABC」と登録しておき、入力された文字列を全て大文字の半角に変換してやればよいことになる。英数字

は大文字の半角、漢字/平仮名はそのまま、カナは半角、記号( % 等)は半角で登録することとした。

#### 3.4 アニメーション素材

データベースに登録する標準動画素材については、熟練したアニメーターとの検討結果として、次の基準により標準的なアニメーションとして、再利用できるカテゴリの素材とした。

熟練したアニメーターであれば、誰もが同じような描写を行なうもの、また、ケースにより変化はするものその手本となるようなものについて、以下に示すようなカテゴリの動画素材を、熟練アニメーターに作成してもらいデータベースに登録した。

- (1) 人間の動き
  - 歩き, 走り, 顔の表情など 2 3 種類
- (2) 動物の動き
  - 犬, 猫, 馬, 羊, ラクダ, 鳥など 3 2 種類
- (3) 自然現象
  - 火, 煙, 水, 雨, 雪, 風など 2 7 種類
- (4) サンプルアニメーション
  - そのまま利用できるライブラリ素材として 5 分

#### 4. 再利用可能化技術

既存アニメーション中の標準モデルの動きを、ユーザのモデルに適用して再利用可能とするためには、対象のモデル形状に標準モデルを変形させたうえで、標準の動きを複製する必要がある。すなわち、図 4 に示すような処理を実施することになる。そのためには、標準アニメーションからモデル形状の抽出と同時に動きを抽出しなければならない。このような処理をのための手法について従来の技術<sup>[10]~[12]</sup>について利用可能であるか検討したが、いずれの手法でも実用可能なレベルでの抽出結果は得られなかった。その理由は、主として手書きの 2 D リミテッドアニメーションの特徴である以下の点に起因していた。

- 動きが論理的でなく動きを表すために、形状の変形や誇張を行なっている。
- 各フレーム間で変形をしないモデルの部分でも形状を表す線分が一定していない。

このような条件下で、モデル形状の抽出と動きを同時に抽出するために以下のような手法を考案し実施した。処理は、2 つのステップに分けて実施する。

##### 4.1.1 アニメーションデータの抽出

既存アニメーション素材を、標準動画データベース

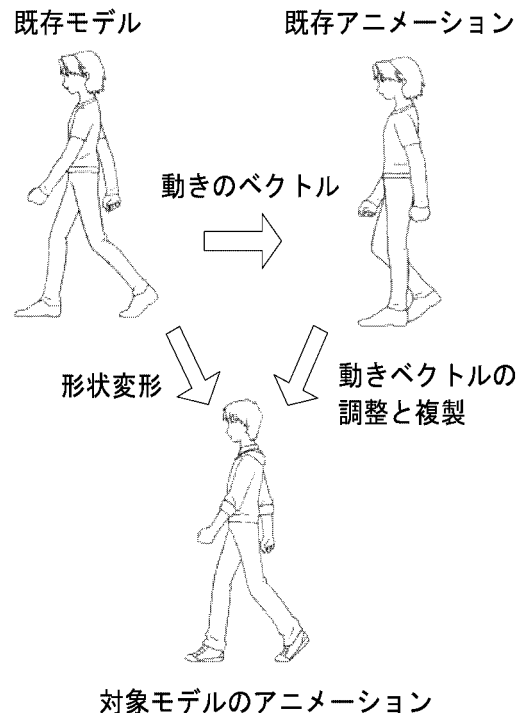


図 4 アニメーション再利用の概念図  
Fig. 4 The concept of animation reusing

に格納する段階で、標準モデルの動きのデータを、以下の手順で抽出し保存しておく。

##### 4.1.1.1 二値化と細線化

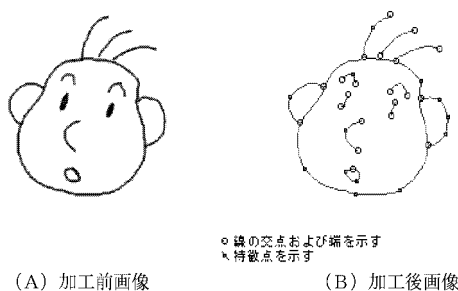
既存アニメーションの 2 D ビットマップ原動画像を、二値化および細線化する。二値化は、入力画像は無着色の線画であるが完全に二値でないため、RGB (200,200,200) を基準として、この値より小さい場合(薄い灰色)は、ゼロ(白)とし、他は 1 (黒)とする。

細線化は、最も一般的な Duff の手法<sup>[13]</sup>で処理したが、この処理だけでは、線の太さが必ずしも 1 ピクセルにならない箇所が生ずるため、さらに Hilditch 法<sup>[14]</sup>による細線化を実施し、画像を調整して直線化した。

##### 4.1.1.2 線分の抽出

線の交点と端点(始点, 終点)を検出し、各点を結んで線分を抽出する。すなわち、線分の始点と終点を結ぶ直線への、線分の経過画素からの垂線の長さが、閾値(5 ピクセル)を越え最長となる点を特徴点とする。同一の処理を、始点と今求めた特徴点を結ぶ線分と、終点と特徴点を結ぶ線分について実施し、閾値未満になるまで繰り返すことにより線分を抽出する。線分で囲まれた部分を閉領域として切り出す。

上記 4.1.1 および 4.1.2 の処理を、動作抽出対象となる 2 フレームの画像に対して実施する。この処理結果の例を、図 5 に示す。



(A) 加工前画像 (B) 加工後画像

図 5 モデルの形状抽出処理

Fig. 5 Extraction of model shape

#### 4.1.3 閉領域と線分の対応付け

図形を閉領域で分割し、レイヤ分けする。各レイヤ毎に、閉領域の位置、面積、位置関係からフレーム間の閉領域をマッチングして、各線分を対応付ける。対応付けの結果から各画素の移動量を求めてこれを動きのデータとする。

#### 4.2 アニメーションデータの適用

ユーザのモデルにデータベース中のモデルのアニメーションを適用する手順は、次のように実施する。以下の手順では、ユーザの対象モデルの単フレーム画像を適用画像、データベース中のアニメーションデータの先頭フレームを元画像と呼ぶ。

##### 4.2.1 線分の抽出

4.1の4.1.1と4.1.2の手順を用いて適用画像から線分および交点、端点を抽出する。

##### 4.2.2 対応点のマッチング

元画像と適用画像の交点および端点の対応付けを自動的に設定する。すなわち、閉領域毎、線分毎の相互関係の方程式を作成して各交点、端点の重なり合った点を、対応点とする。このとき画像の回転等はなく単純な重ね合わせとしている。この結果、元画像と適用画像の線毎の対応付けが実施される。

図 6 は、自動設定によるマッチングの結果を示す。表示されている線が各点の対応付けを表わしている。自動設定された対応付けの修正や詳細対応付けは手作業により実施できる。

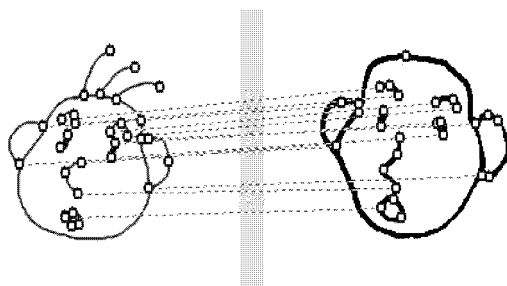


図 6 対応点の自動マッチング結果

Fig. 6 The result of automated correspondence

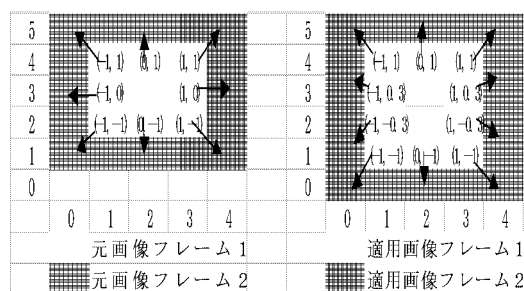


図 7 適用ロジックの説明

Fig. 7 Explanation of applying logic

#### 4.2.3 変化量の調整

適用画像と元画像の線の変化量を考慮した各画素の移動量を、適用画像の各画素に対して実施して、対象モデルの次フレーム画像を生成する。すなわち、適用画像の移動ベクトルを求めるために、対応点を基準として、元画像の各画素へのインデックス(元画像インデックス)を求める。この元画像インデックスを用いて移動ベクトルを算出する。このとき、元画像インデックスの小数部に重み付けを行なって移動ベクトルを算出することで変化量を考慮した各画素の移動量となる。

以上の処理(4.2.1~4.2.3)を繰り返して、対象モデルに対するアニメーションを生成する。

図 7 は、上述した適用のロジックを図示している。図中の矢印は、画素の移動を示している。適用画像のフレーム 1 の各画素と元画像のフレーム 1 の各画素を対応付け、元画像の各画素の持つ移動量を適用画像の各画素に対応状況に比例させて適用することで適用画像のフレーム 2 が作成される。

## 5. 実験結果

前章で述べた手法により、単一の適用画像を与えて、アニメーションを生成する実験の結果は、図 8、図 9、図 10 に示す通りである。図 8 は、元画像の各フレーム、図 9 は、与えられた対象モデルの単一適用画像、図 10 が生成されたアニメーションの各フレームを示す。

上述の通り結果は、大変良好であり既存のアニメーション再利用化への展望が開けた。

## 6. おわりに

アニメーション制作現場で活用できる実用的な 2D 標準動画データベースを構築した。このデータベースシステムで提供される素材を再利用し異なるモデルへ変形複製して、アニメーションを制作する方法の基礎ができた。さらに、提案技法をより良くするためには、

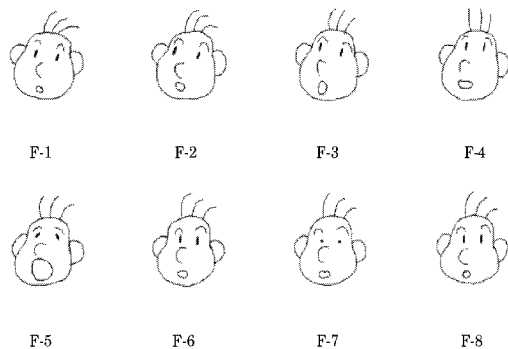


図 8 元のアニメーション  
Fig. 8 Original animation



図 9 対象モデル  
Fig. 9 User's input model

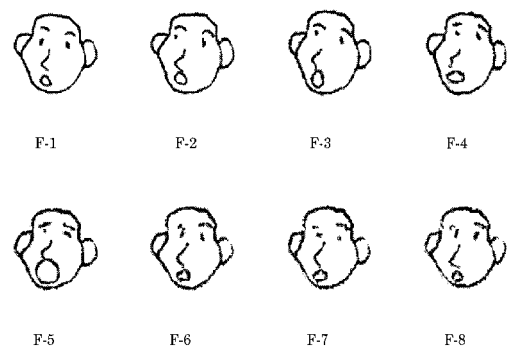


図 10 生成されたアニメーション  
Fig. 10 Generated animation

以下のような点を検討するとよい。

- 自動マッチング条件に素材の種類に応じた情報付与
- 回転や重なりを考慮した適用条件の絞込み
- 素材が持つ線の特徴を生かしたアニメーション生成

今後は、対象モデル形状が複雑な場合の精度向上と、データベースを基にした制作工程の範囲拡大のための利用技術について開発を行なう予定である。

謝辞 本研究は(財)デジタルコンテンツ協会の「コンテンツ制作基盤ツール等開発事業」の一環であり、サンプルコンテンツとデータベース用動画素材の提供を得た東映アニメーション(株)へ感謝したい。

## 参考文献

- 1) M.Gleicher:"Retargeting Motion to New Characters", Siggraph98 Proceedings, pp33-42 (1998)
- 2) Andrew Witkin, Zoran Popovic:"Motion Warping", Siggraph95 Proceedings (1995)
- 3) Jun-Yong Noh, Ulrich Neumann:"Expression Cloning", Siggraph2001 Proceedings, pp.277-288 (2001)
- 4) Ronghua Yan, Noryuki Tokuda, Junichi Miyamichi, Yongmao Ni:"Image Morphing by Special Thin-Plate Spline Transformation", Transactions of Information Processing Society of Japan, Vol.37, No.1, pp49-59 (1996)
- 5) Thomas W. Sederberg, Eugene Greenwod:"A Physically Based Approach to 2-D Shape Blending", Computer Graphics,(Siggraph92), Vol.26, No.2, pp25-34 (1992)
- 6) Thoddeus Beier, Shawn Neely:"Feature-Based Image Metamorphosis", Computer Graphics, (Siggraph92), Vol.26, No.2, pp35-42 (1992)
- 7) James R. Kent, Wayne E. Carlson, Richard E. Parent:"Shape Transformation for Polyhedral Objects", Computer Graphics,(Siggraph92), Vol.26, No.2, pp47-54 (1992)
- 8) Stephen E. Librande:"Example-Based Character Drawing", MIT Master Thesis (1992)
- 9) Peter Litwincwicz, Lance Williams:"Animating Images with Drawings", Siggraph94 (1994)
- 10) Takashi Matsuyama, Hidetaku Arita, Makoto Nagao:"A Structural Matching of Line Drawings Using Spatial Relations between Line Segments", Transactions of Information Processing Society of Japan, Vol.24, No.6 (1983)
- 11) Tomoharu Nagao:"Basic Research on Shape Extraction Methods and Their Applications to Automatic Understanding of Binary Image", Doctor Thesis, Tokyo Institute of Technology (1990)
- 12) Tomoharu Nagao, Takeshi Agui, Masayuki Nakajima:"Extraction of arbitrary shapes from a noisy binary image using pseudo view field tracer", SPIE Visual Communications and Image Processing (1990)
- 13) M.J.B.Duff:"A large scale integrated circuit array parallel processor", Proceeding of 3rd IJCFR, Colorado, CA, pp728-733 (1978)
- 14) C.J.Helditch:"Linear skeleton from square cupboards", Machine Intelligence, Vol.6, Edinburgh Univ. Press, pp403-420 (1969)