

インタラクティブCGシアター「カ・オ・リ」における 顔のリアルタイムアニメーション

新井 清志* 安生 健一** 坂本 浩***

* (株)日立製作所 中央研究所

** (株)日立製作所 システム事業部

*** フジテレビジョン 美術制作局CGセンター

本報告では、日立製作所とフジテレビジョンが共同開発した顔のリアルタイムアニメーションシステムについて述べる。顔の三次元アニメーションにおいては、人相を変更するための大局的な変形と、表情を変更するための局所的な変形を組み合わせることができる。しかし、従来の手法では、これらを組み合わせた変形をリアルタイムで行なうことは困難であった。この変形をリアルタイムで実行できる新しい手法を用いて、顔のアニメーションシステムを開発し、1993年3月に上演された舞台劇「インタラクティブCGシアター「カ・オ・リ」」で使用した。

REAL-TIME FACIAL ANIMATION IN THE INTERACTIVE CG THEATER "KA·O·RI"

Kiyoshi Arai* Ken-ichi Anjyo** Hiroshi Sakamoto***

* Central Research Laboratory, Hitachi, Ltd.
1-280 Higashi-Koigakubo, Kokubunji, Tokyo 185, Japan

** Systems Engineering Div., Hitachi, Ltd.
4-6 Kanda-Surugadai, Chiyoda, Tokyo 101, Japan

*** CG Center, Art Production Dept., Fuji Television Network, Inc.
3-1 Kawada-cho, Shinjuku, Tokyo 162, Japan

In this paper, we describe a real-time facial animation system developed by Hitachi, Ltd. and Fuji Television Network, Inc. In three-dimensional facial animations, global deformation for facial shapes, and local deformation for facial expressions are combined. In existing methods, however, it was difficult to perform the combined deformation in real time. We have developed the facial animation system, applying a new method which enables real-time combined deformation. The system was successfully applied to the project: Interactive CG Theater "KA·O·RI", which was held in March 1993.

1. はじめに

コンピュータグラフィックス (CG) を用いて人物を表現する研究が盛んに行なわれている [1][2]。特に、リアルタイムCGの人物像は、ユーザが対話的に制御できるため、娯楽、プレゼンテーション、マンマシンインタフェース等に適用できる。放送の分野では、すでにリアルタイムで動く簡単なCGキャラクターと人間との共演が実現している [3][4]。フジテレビジョンは、1988年7月にポリゴンベースのリアルタイムCGキャラクターを生放送で使用した [3]。一方、日立製作所では、CGキャラクターのリアリティを向上させるため、顔のアニメーションの研究を進めてきた [5][6]。これらの技術を統合した顔のリアルタイムアニメーションシステムを、日立とフジテレビが共同開発した。顔のアニメーションソフトウェアの開発を日立が担当し、システムの入力部分のハードウェアとソフトウェアの開発、および顔の人相と表情のデザインをフジテレビが担当した。本システムを用いて、1993年3月11日から14日まで東京・赤坂の「シアターVアカサカ」にて舞台劇「インタラクティブCGシアター『カ・オ・リ』」を上演した。本報告では、「カ・オ・リ」で用いた顔のリアルタイムアニメーションシステムについて述べる。

2. 顔のアニメーションの技術動向

顔のアニメーションにおいて最も重要な技術は表情の生成である。表情の生成手法としては、筋肉の動きをシミュレートする手法 [7] や、人間の顔に貼ったマークの動きをカメラで検出し、これにしたがって顔モデルを動かす手法 [8] などが提案されている。また、昨年米国シムグラフィックス・エンジニアリング社が発表したPAS (パフォーマンス・アニメーション・システム) というシステムにおいては、人間の頭部および顔面に取り付けた多数のセンサで、顔の向きおよび口や眉毛の動きを検出し、これを用いて顔モデルを動かしている。形状操作の簡易さを重視したものとしては、顔モデル上の制御点に移動量を与え、顔モデルを二次元に展開したパラメータ空間上でこの移動量を線形内挿する手法がある [5][6]。

表情の変化は、顔モデルの局所的な形状変形によって表現される。これに対して、顔の形状そのもの、すなわち人相の変化は、顔モデルの大局的な形状変形によって表現される。顔の人相を変化させる手法は、二次元の顔画像を扱う場合は「モーフィング」と呼ばれ [9]、様々な映像において用いられている。三次元の顔モデルを扱う場合においては、人相の変化と表情の変化とを組み合わせることが可能である。ただし、人相の変化を表す大局的な変形と、表情の変化を表す局所的な変形を各々独立に計算し、計算結果を足し合わせても、ユーザの意図する変形結果にはならない。このため、人相が変更されるたびに表情の計算をやり直す必要があり、人相と表情の両方の変更をリアルタイムで行なうことは困難だった。

このような問題を解決するため、二次元パラメータ空間を用いる表情生成手法 [5][6] を発展させ、人相と表情をリアルタイムで変更できる顔の三次元アニメーションソフトウェアを開発した。

3. 顔モデルの形状変形手法

開発した顔のアニメーションソフトウェアにおける、顔モデルの形状変形手法の概要について述べる。

本手法では顔の人相を表す大局的変形データと、顔の表情を表す局所的変形データを用いる。局所的変形データは、顔モデルを展開して得られる二次元パラメータ空間上で定義する [5][6]。これにより、局所的変形データを、大局的変形データに依存しない形式で記述する。大局的変形データと局所的変形データを組み合わせたもの、すなわち特定の人相に特定の表情を加えたものを、複合変形データと呼ぶ。以下の説明では、大局的変形データを人相データと呼び、局所的変形データを表情データと呼ぶ。

人相の変化は2つの人相データの補間で表現でき、表情の変化は2つの表情データの補間で表現できる。したがって、人相と表情を同時に変化させる変形は、これらの組み合わせによる4つの複合変形データの補間で表現できる。図1に示すように、顔モデル表面上の一点をPとし、4つの複合変形データの中の点を P_{11} 、 P_{12} 、 P_{21} 、 P_{22} とする。ただし、 P_{ij}

は i 番目の人相データと j 番目の表情データを組み合わせた複合変形データの中で、 P に対応する点である ($i=1,2, j=1,2$)。 P の位置は、次式に示すような P_{11} 、 P_{12} 、 P_{21} 、 P_{22} の加重平均によって得る。

$$P = s_1 (t_1 P_{11} + t_2 P_{12}) + s_2 (t_1 P_{21} + t_2 P_{22})$$

$$(s_1 + s_2 = t_1 + t_2 = 1) \quad (\text{式1})$$

顔モデルを構成する全ての点の位置を、共通の重み s_1 、 s_2 、 t_1 、 t_2 を用いて同様に求める。この重みを変化させることにより、4つの複合変形データを足し合わせる割合が変化し、人相と表情が変わる。

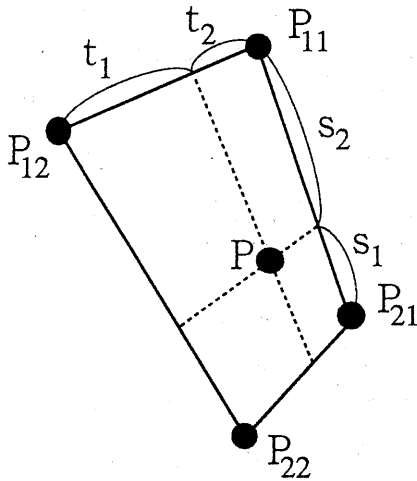


図1 加重平均による点Pの位置決定

顔のリアルタイムアニメーションにおいては、新たな人相データ、または新たな表情データを1つずつ呼び出すことにより、顔モデルの形状の連続的な変更を行なった。

4. CGシアターの概要

「カ・オ・リ」はフジテレビと演劇集団坂企画が共同制作した舞台劇である[10]。博覧会用のキャンペーンガールとして作られたCGキャラクター「カオリ」が画面を飛び出し、カオリを作った若いCMディレクターと恋に落ちる、というストーリーである。

オープニングは、ステージ上のスクリーンに映し出された「カ・オ・リ」のポスターから始まった。ポスターの中のカオリが話し始めると人相が変形し、ワイヤフレームの男の顔になった。この男は芝居の口上を述べると共に、約250人の観客の中の1人に話しかけ、この観客としばらく対話した。

次に、CGキャラクター「カオリ」を主人公のCMディレクターが作っているところから、本編が始まった。カオリが作られていく過程を、ワイヤフレーム、フラットシェーディング、テクスチャマッピング付きで頭髪なし、テクスチャマッピング付きで頭髪ありの4段階の描き方で表現した。表情も、カオリが感情を持ち始めたところから、次第に豊かになっていくようにした。

カオリは、ヤカンの形になって怒ったり、犬になって吠えたりして、人相を様々に変化させる。この演出を、人相と表情をリアルタイムで変更できるソフトウェアによって実現した。また、カオリが画面を飛び出した部分は、カオリのモデルとなった女優が舞台上で演技した。

その後、愛する人(主人公)の幸せのために身を引くことを「学習」したカオリが、自ら感情を持つ回路を断ち切り、さびしそうに主人公を見つめるところで1時間40分のステージが終了した。

観客がロビーに出る際、そこに置いてあるモニターに再び口上役の男のCGキャラクターを映し出し、劇場を去っていく観客に話しかけるようにした。

5. システム構成

開発したアニメーションシステムの構成を図2に示す。舞台中央にマルチスクリーン(44インチ×9面)を置き、これに映されるCGキャラクター、舞台上の役者、および観客の様子を舞台裏でモニタした。舞台裏では4人の操作者がCGキャラクターを制御する情報をグラフィック・ワークステーション(GWS)に入力した。全ての入力情報はGWSの共有メモリに書かれ、今回開発した顔のアニメーションソフトウェアは共有メモリの情報を読みながら動作した。1番目の操作者はダイヤルボタンボックス

を用いて、約10種類の人相と約20種類の表情の選択と重みの調節を行なった。2番目の操作者は2本のジョイスティックを用いて、顔の向き、目線、および眉毛の動きを制御した。3番目の操作者はGWSのキーボードを操作して、まばたきを制御すると共に、あらかじめ登録された動きの呼び出し、場面の切り替えなどを行なった。4番目の操作者は唇に青い塗料を塗り、ビデオカメラとマイクに向かってCGキャラクタのセリフを話した。ビデオカメラの出力をクロマキー処理し、パーソナルコンピュータで簡単な画像処理を行ない、唇の縦方向と横方向のサイズを検出してCGキャラクタの口を動かし、操作者の声と同期させた。CGキャラクタの顔の形状計算とリアルタイムレンダリングを行なうGWSは、シリコングラフィックス社のIRIS 420/RealityEngineを用い、毎秒10～15フレームの映像を出力した。

6. 画像生成結果

開発したシステムを用いて生成した画像の例を図3および図4に示す。顔モデルの人相データは市販のモデリングツールを用い、表情データは今回開発した顔のアニメーションソフトウェアを用いて作成した。図3の左の列は、上から順にカオリ、丸顔、犬の人相データであり、これらのトポロジーは互いに等しく、顔の表面は約4500個の三角形で構成されている。表面の針は、二次元パラメータ空間上の制御点を各々の人相データ上にマッピングした位置を指すものであり、表情データはこれらの針を動かすことにより作成した。図3の右の列は、カオリの人相データ上で作成した表情データを、上から順にカオリ、丸顔、犬の人相データと組み合わせ得られた複合変形データである。開発したアニメーションシステムを用いて、これらの複合変形データの加重

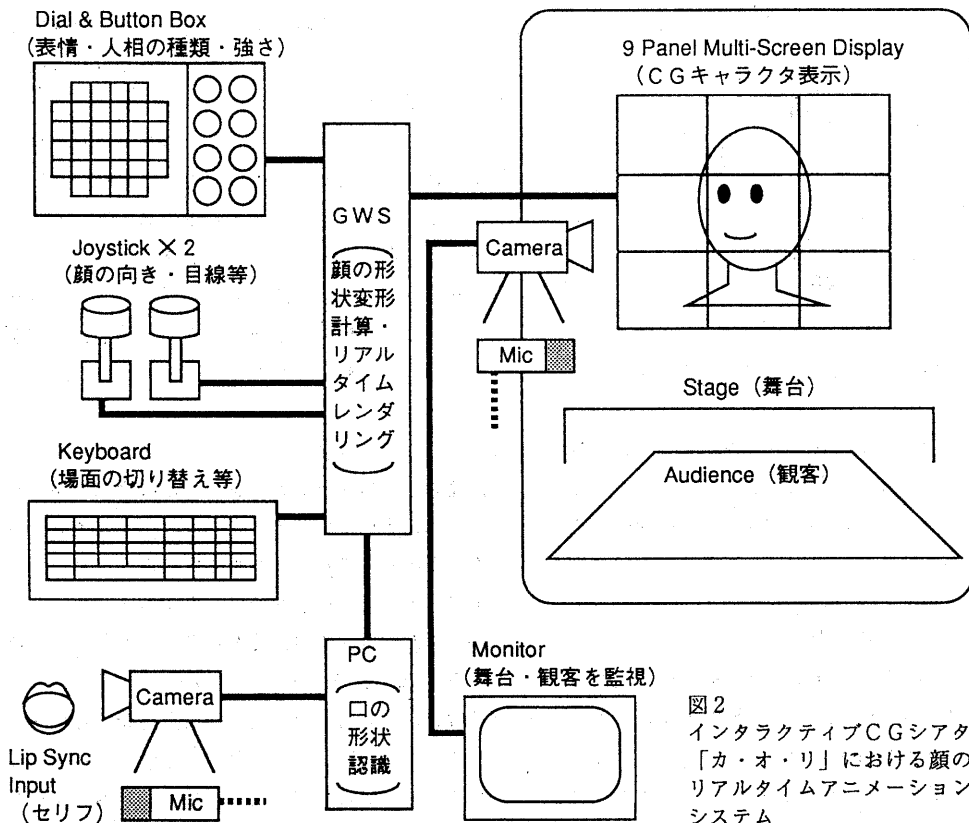


図2
インタラクティブCGシアター
「カ・オ・リ」における顔の
リアルタイムアニメーション
システム

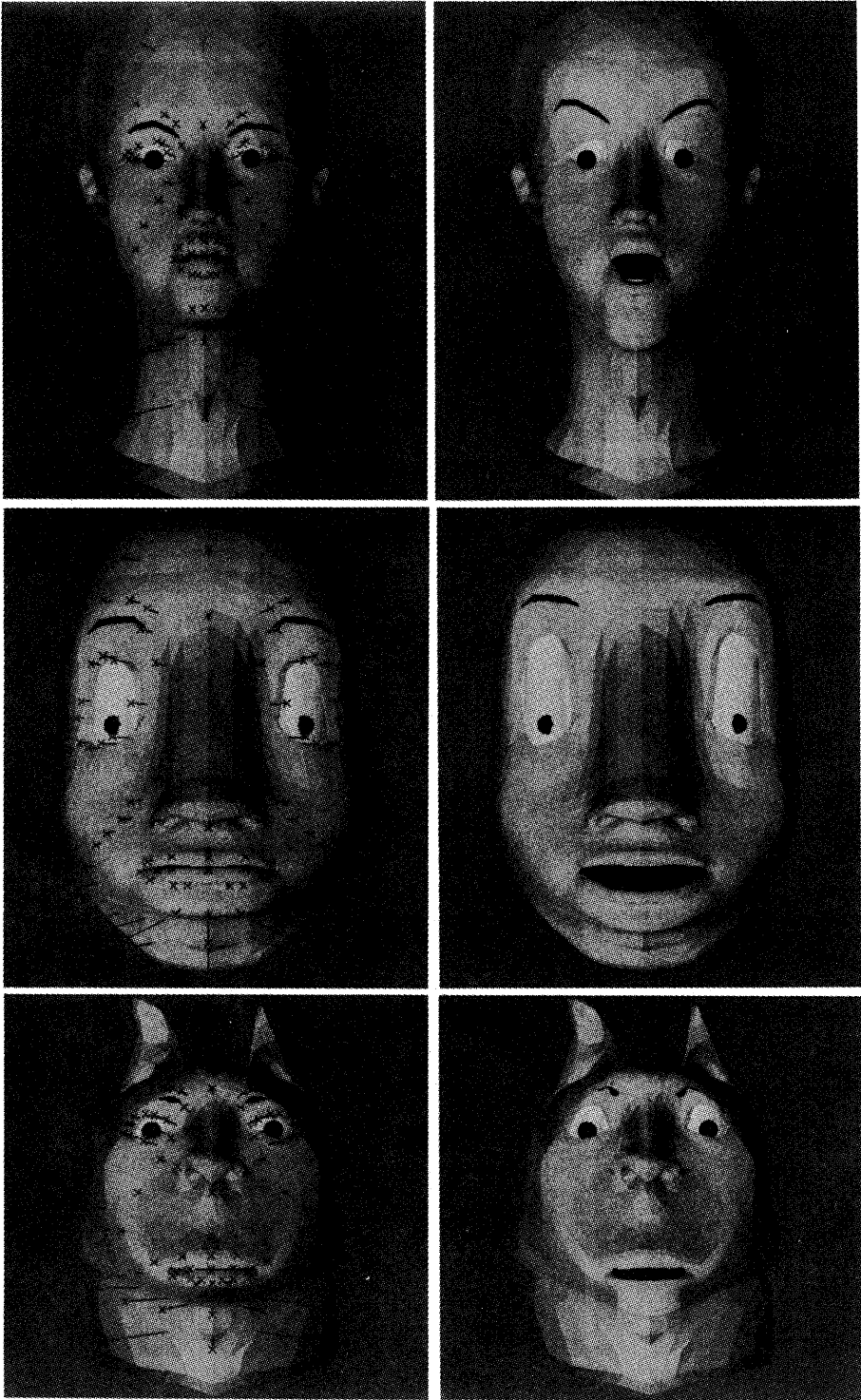


図3 CGシアターにおける人相データと表情データの例

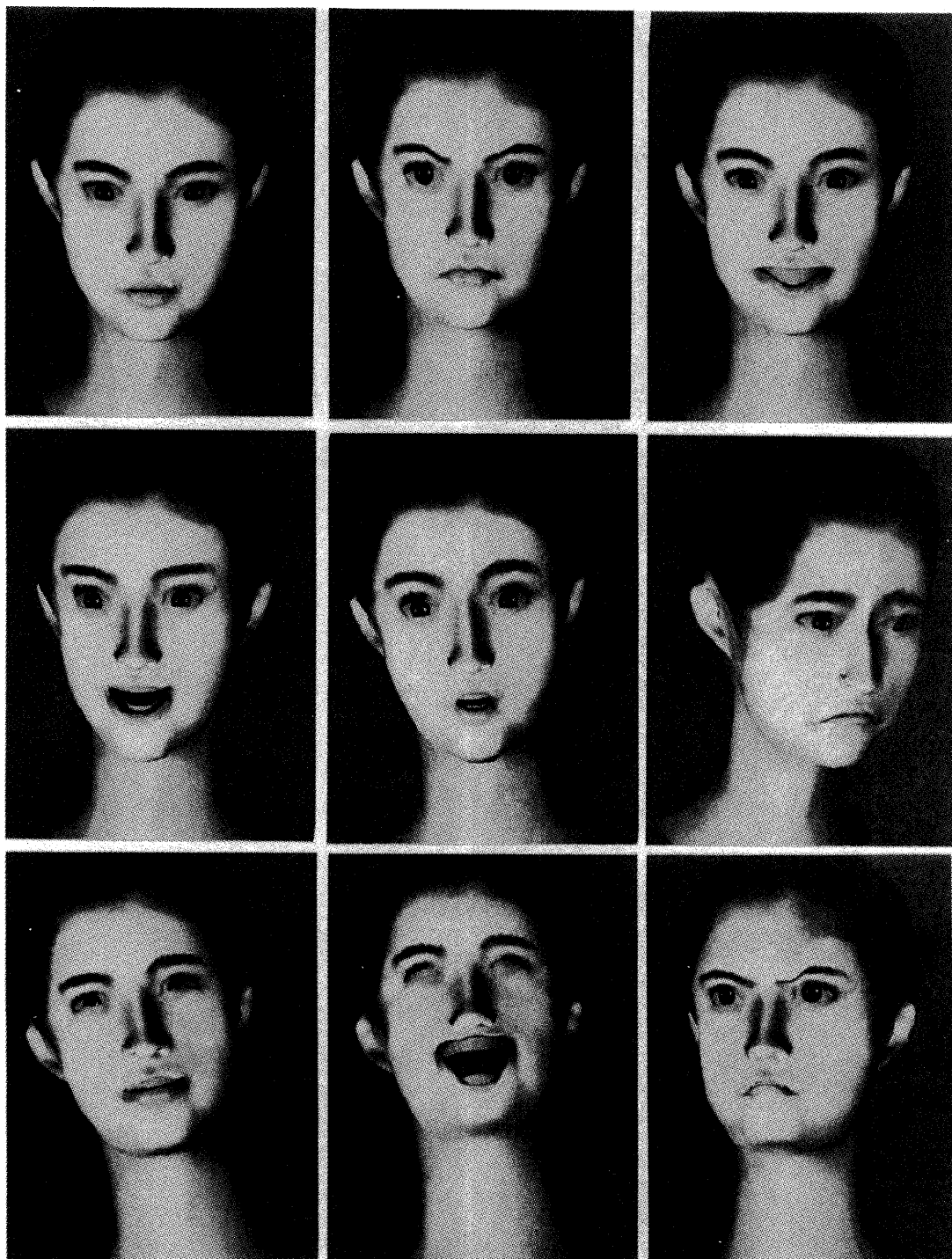


図4 CGキャラクター「カオリ」の画像生成例

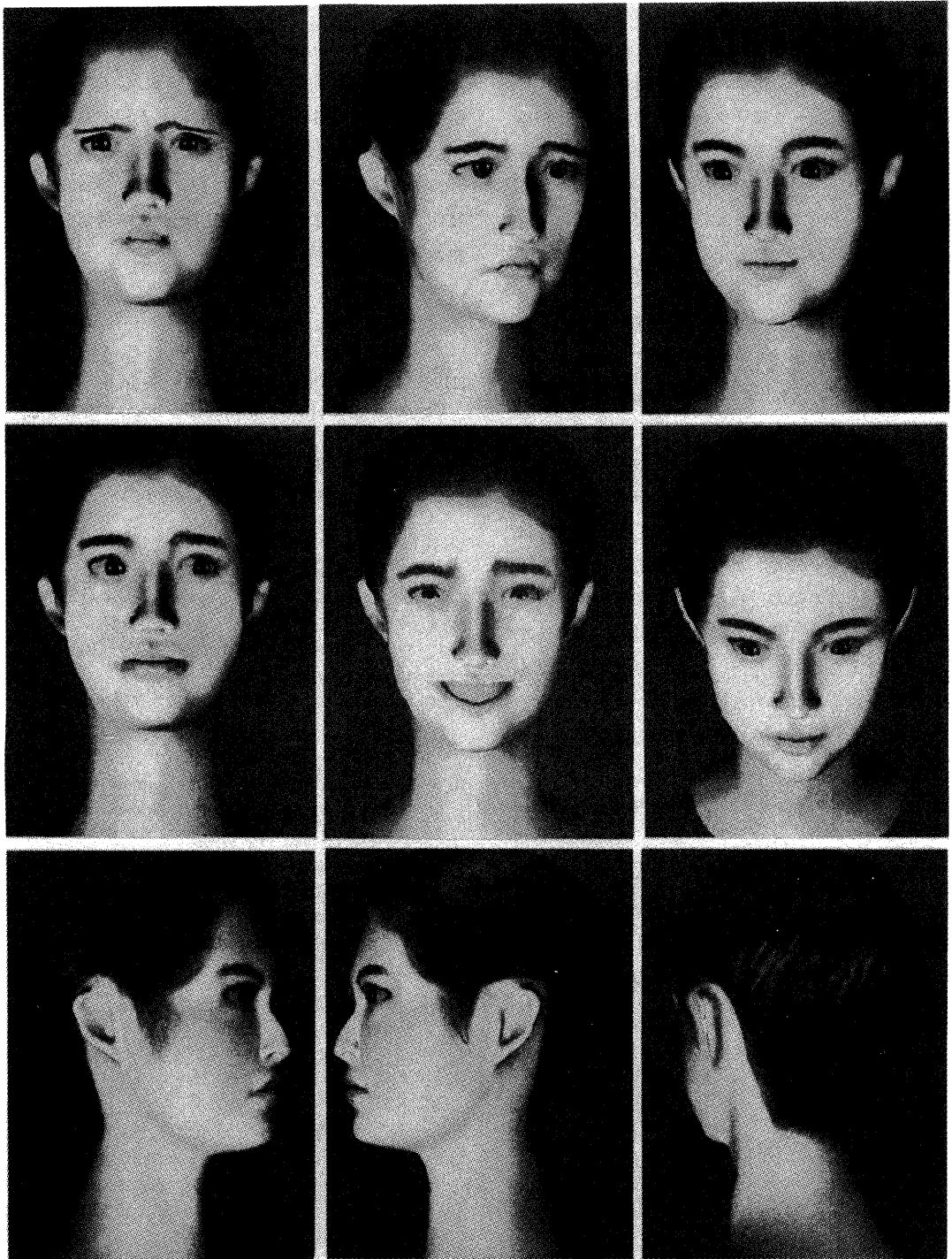


図4 CGキャラクター「カオリ」の画像生成例（続き）

平均の重みを変化させることにより、例えば表情を変えながらカオリから犬へ変化する、というような演出を行なった。図4は、カオリの人相データとCGシアターで用いた表情データとを組み合わせ、得られた複合変形データにテクスチャマッピングを施して生成した画像である。テクスチャは女優の前後左右4方向からの顔写真を合成したもの[6]に、市販のペイントツールで修正を加えて作成した。

7. 考察

CGシアターのストーリーの中では、カオリとそのモデルになった女優は「同一人物」であるという設定だったので、カオリの人相を可能な限り女優の人相と一致させる必要があった。このため、CGシアター用のデータの中で、作成に最も多くの作業量を要したのはカオリの人相データであった。特定の人物によく似た顔モデルをモデリングツールで作成する作業は煩雑である。これを解決する一つの方法としては、人物の顔の三次元形状と表面の色情報を同時に、かつ対応がとれた形で計測できる装置[11]の利用が考えられる。ただし、この装置で得られるデータを構成する点の数は膨大なので、より少ない点であらかじめ構成した顔モデルをこのデータに整合させて用いる必要がある[12]。

CGキャラクタ「カオリ」は4人で操作したので、自然な動作生成のためには、4人の操作のタイミングがうまく合わなければならず、個人の意思をCGキャラクタに伝えることが困難であった。より少ない操作者でCGキャラクタを操作するためには、入力部分の改良だけでなく、動作をある程度自動的に生成する手法の検討も必要と思われる。

8. おわりに

本報告では、人相と表情をリアルタイムで変更できる顔のアニメーションシステムと、これを用いたライブの演劇について述べた。今回のプロジェクトによって、CG映像を用いて人間の情感に訴える作品を作り出す、という新しい可能性を確認することができたと考えている。

謝辞

アニメーションシステムの入力部分の開発を担当されたフジテレビジョン美術制作局CGセンターの伊原正徳氏、CGシアターで用いた人相データと表情データの作成を担当されたネバーランドの井上幸喜氏、本研究を進めるにあたり御協力を賜った日立製作所の栗原恒弥氏、高月宏明氏、関本信博氏に感謝の意を表します。

参考文献

- [1] N. Magnenat-Thalmann : New Trends in the Direction of Synthetic Actors ; CG International '90, pp.17-35.
- [2] 末永, 間瀬, 渡部 : 人間のCG表現と応用 ; テレビジョン学会誌 Vol. 46, No. 8, pp. 1012-1020 (1992)
- [3] 上瀬, 坂本, 小滝, 長島 : リアルタイム3次元CGシステムの開発とキャラクタの生放送出演 ; 第5回NICOGRAPH論文コンテスト論文集 pp.317-324 (1989) .
- [4] 町田, 田中, 山田 : パピュレーションシステムについて ; 第8回NICOGRAPH論文コンテスト論文集 pp. 194-202 (1992) .
- [5] 新井, 栗原 : 二次元パラメータ空間上での線形内挿による顔の三次元アニメーション ; グラフィクスとCAD 45-5 (1990) .
- [6] T. Kurihara and K. Arai : A Transformation Method for Modeling and Animation of the Human Face from Photographs ; Computer Animation '91, pp. 45-58.
- [7] D. Terzopoulos and K. Waters : Analysis of Facial Images Using Physical and Anatomical Models ; Proc. ICCV '90, pp.727-732.
- [8] L. Williams : Performance-Driven Facial Animation ; ACM Computer Graphics, 24, 4 (SIGGRAPH '90), pp. 235-242.
- [9] T. Beier and S. Neely : Feature-Based Image Metamorphosis ; ACM Computer Graphics, 26, 2 (SIGGRAPH '92), pp. 35-42.
- [10] 坂本 : インタラクティブCGシアター「カ・オ・リ」制作記 ; 放送技術'93年6月号, pp. 70-75.
- [11] Y. Suenaga, Y. Watanabe : A Method for the Synchronized Acquisition of Cylindrical Range and Color Data ; IAPR Workshop on MVA '90, pp. 137-141.
- [12] 上野, 小野, 森島, 原島 : 自然な表情合成のための頭部高精細ワイヤフレームの構成とその階層的制御について ; グラフィクスとCAD 60-2 (1992) .