卒業論文

ストリーミングのための
実写とＣＧの合成

氏　　名　：玉置 仁
学籍番号　：2210960140-7
指導教員　：山崎 勝弘 教授
提出日　：2000年2月18日

立命館大学 理工学部 情報学科

内容梗概

最近のパーソナルコンピュータの低価格・高性能化、さらにはグラフィックス機能の向上・高速化には目覚ましいものがあり、誰にでも簡単に高品質なＣＧ（コンピュータグラフィックス）画像を作成することが可能になった。現在では3D Studio MAX・Soft image・Light Wave3D 等多くのソフトが入手可能であり、また VRML(Virtual Reality Modeling Language) の登場によって、インターネット上で使用することも出来るようになり、さらに３ＤＣＧは身近なものになってきた。

インターネットにおいて動画像や音声を楽しむためには、ホームページ上にリンクのはられたファイルをダウンロードしてそれから再生するというものが従来の方法で、この方法では、動画や音声のファイルサイズはかなり大きいためにダウンロードに時間がかかったり、ディスクの容量が足りないなどの問題が生じてしまった。そこでリアルタイムに再生することによって、その問題が解決できる技術がストリーミングというものである。しかし、ストリーミングではリアルタイムに配信するために圧縮がかけられているために画像の劣化が激しいため、例えば会議や発表会などの映像を送る時には、肝心の情報が見づらくなってしまう。劣化した画像では大体の雰囲気でしか画像を認識できないので、画像を送る事による視覚的な長所がなくなってしまう。そこで、ストリーミング配信の際にＣＧを合成しようというのが本研究のテーマである。

本論文では、カメラの位置合わせをして合成し、デジタルコンテンツとしてオンデマンド方式ストリーミングで再生するための合成と、劣化によって消滅するであろう文字などの情報のみをＣＧで作成し、実写映像がリアルタイムで送られると同時にＣＧを複雑な処理をしない単純合成の二つの方法を試みてストリーミングへの活用方法を述べる。

目 次

1　はじめに

近年、パーソナルコンピュータの低価格・高性能化、さらにはグラフィックス機能の向上・高速化に伴い、誰にでも簡単に高品質なＣＧ（コンピュータグラフィックス）画像を作成することが可能になった。ＣＧは映画・ゲーム・テレビ・ＣＦなど多方面で使用されているが、その理由としては人間にとっては文字よりも映像の視覚効果による影響力があり、その理解を容易にするものであるからである。その効果はプレゼンテーションで利用する時もかなり有効なものである [3]。

最近になってその利用者を増やし、爆発的に普及したインターネットでも、VRML（Virtual Reality Modeling Language）を使用することで、３次元コンピュータグラフィック空間を簡単に作成することができるようになったので、これからはますます身近に３ＤＣＧが利用されていくものと考えられる [5]。

レンダリングのソフトウェアとしてはパーソナルコンピュータからワークステーションまで幅広く利用可能な Open-GL が標準的であるが、現在では 3D Studio MAX・Soft image・Light Wave3D 等多くのソフトが入手可能である。今回使用した 3D Studio MAX R2.5 は、レンダリングからアニメーションまで統合されたソフトで、ハリウッド映画「ロスト・イン・スペース」をはじめ、映画・テレビ番組・テレビコマーシャル・ゲーム等幅広い分野で使われているソフトである [5]。

インターネットにおいて動画像や音声を楽しむためには、ホームページ上にリンクのはられたファイルをダウンロードしてそれから再生するというものであったが、動画や音声のファイルサイズはかなり大きいものなので、ダウンロードに時間がかかったり、ディスクの容量が足りないなどの問題がいろいろ生じてきた。そこでリアルタイムに再生することによって、その問題を解決しようと生まれた技術がストリーミングというものである。ストリーミングとは、音声や動画ファイルをユーザーが受け取りながらリアルタイムで再生する技術のことである。現在、リアルタイム放送が楽しめるストリーミングサイトは多数存在しており、ＣＮＮ・ＢＢＣなど世界中からリアルタイム放送がストリーミングによって楽しむ事が可能である。

さらに、ライブ方式によるリアルタイム放送だけでなく、オンデマンド方式では、あらかじめサーバーに格納されている音声や動画ファイルをストリーミングを利用して楽しむことができる。ライブ方式がある決まった時間にリアルタイム放送することから、そのサービスを受けられる時間をチェックしておく必要があるのに対してのに、オンデマンド方式は、いつでもファイルのデータを受信することができ、時間に関係なく動画などを楽しむことが可能である [9]。

ストリーミングを楽しむにはプラグインソフトが必要になる。現在、RealPlayer・Shockwave・Quicktime 等多くのストリーミングソフトが無料で入手可能であり、インターネットに接続できる環境があれば気軽に利用できるという利点がある。

現在のストリーミングではリアルタイムに配信するために圧縮がかけられており、画像の劣化が激しい。このため、会議や発表会などの映像を送る時には、肝心の情報が見づらくなってしまう。劣化した画像では大体の雰囲気でしか画像を認識できないので、画像を送る事による視覚的な長所がなくなってしまう。そこで、ストリーミング配信の際にＣＧを合成しようというのが本研究のテーマである。

本研究では、元画像に含まれた情報をＣＧで合成する事によって劣化した部分を補うことを目的として、まず、パソコンベースの３ＤＣＧアニメーションソフトとして様々なＣＧ製作現場で使用されている 3D Studio MAX を用いて、モデリング・レンダリング・アニメーションというＣＧ作成の流れや、「マッチムーブ」という方法で実写を撮ったカメラとＣＧ内の仮想カメラを合わせて合成する。この作業を通して、ＣＧ作成と合成の方法を学ぶと共に、実際に自分で撮影した実写映像にＣＧ画像を合成した。

次に、ストリーミングにＣＧを合成することを考慮しながらどのような合成が可能なのか検討してみると、ＣＧ合成に時間をかけることができなかったり、ストリーミングで送信する際に動画像圧縮するため、画像劣化は避けられないなどの問題点が挙げられる。このため、文字などの合成時間を最小限に抑えてリアルタイムに配信できるようにしたり、劣化によって見えにくくなった文字情報等を認識できるようにする必要がある。

そこで、ストリーミングの２種類の方式に適用できる合成を試みた。一つ目は、カメラの位置合わせをして合成し、デジタルコンテンツとしてオンデマンド方式ストリーミングで再生するための合成。二つ目は、劣化によって消滅するであろう文字などの情報のみをＣＧで作成し、ユーザ側でリアルタイムで映像を受け取ると同時に単純ＣＧ合成というものである。合成した後、ストリーミングへの適用方法を検討した。

本論文では、第２章でＣＧ・画像合成技術・3D Studio MAX・ストリーミングについてと 3D Studio MAX による実写とＣＧの合成の手順の説明をする。第３章で実際に自分で撮影した実写画像を 3D Studio MAX を用いてＣＧの合成について述べる。第４章で実験結果とその考察、第５章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2　ＣＧ合成とストリーミング

2.1　ＣＧ (コンピュータグラフィックス)

コンピューターグラフィクス（ＣＧ）とは、コンピューターとグラフィックス周辺装置を用いて画像や映像を生成したり処理したりする技法、または作成された画像や映像のことである。１９６０年代に幕明けたデジタル画像処理(ＣＧ)は、７０年代には電子工学技術者を中心とした一部の専門家・映像プロダクションなどにおいて利用されて、８０年代からは、スターウォーズに代表される映画の特撮(ＳＦＸ映像製作)への応用で一般大衆にも知られるようになり、コンピュータの普及と共に科学・ゲームなど様々な用途に活用されるようになった[3]。

ＣＧによって作り出される物は、人工的な虚構の世界を表すものが多かったが、最近のレンダリング技術の進歩により実写との区別が不可能になるほど高品質のＣＧ画像も作られており、映画において自然現象さえも本物と区別のつかないほど精密なものが作成可能である。ＣＧはエンターテイメントでの利用が多いが、主な目的の一つに可視化(ビジュアライゼーション)があり、科学、工学、娯楽、医学、ビジネス、教育、マルチメディアなどの様々な分野で活用されている[1]。最近のテレビ・映画などでＣＧを見ない日はないというほど多くの場所で使用され、既に人々の日常的で身近なものになっている。

2.2　画像合成技術

ここでは、クロマキー合成など代表的な画像合成処理・カメラの位置をあわせるための「マッチムーブ」という技術について説明する。

- マスク処理による合成
  - 古くから使用されているマスク処理は、合成したい領域部分を表したマスク画像を作成、次に背景画像とフィルム撮影段階で光学的に合成処理をする方法である。図１の例では、画像Ａに画像Ｂの一部を埋め込むとすると、画像Ｂの一部分の画素値をすべて１、他の部分すべて０としたマスク画像を作成。これを基準にマスク画像で０の部分には画像Ａを、マスク画像で１の部分には画像Ｂを埋め込む処理を行うことで画像を合成する方法である[1][4]。図１にマスク処理による合成を示す。

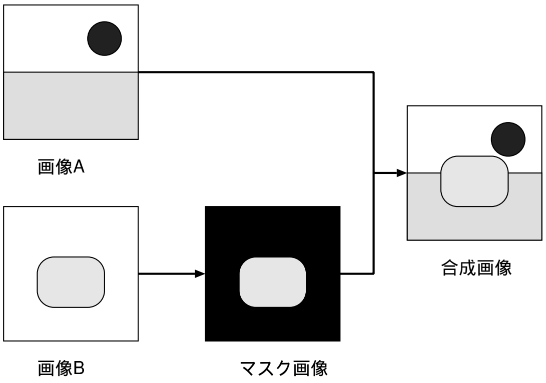

図 1: マスク処理による合成

- オーバーレイによる合成
  - オーバーレイによる合成は、画像合成でも複数の画像の部分部分を排他的に合成するのではなく、ある画像の上に別の画像を重ねて表示するような処理をオーバーレイといい、重ねあわせる 2 枚の画像の濃淡レベルに一定の比率で重み付け (4 :6 等) をして、その荷重平均を出力画像の濃淡レベルとする。例えば、二枚の画像を重ね合わせて、左から右に向かって、片方は重みを 0 から 1 へ、もう一方は 1 から 0 へ徐々に変化させて合成すると、左から右に連続的に変化するような画像が生成することができる [1]。図 2 にオーバレイによる合成を示す。

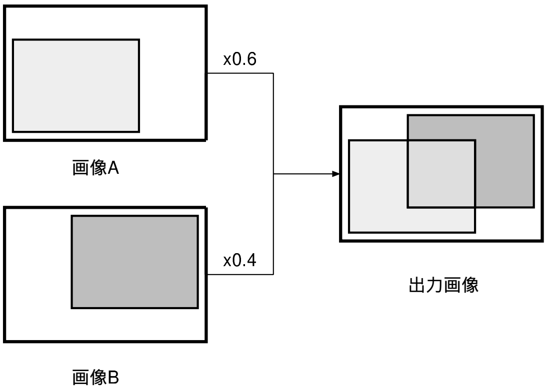

図 2: オーバーレイによる合成

- クロマキー合成
  - クロマキー合成は、テレビなど最も広く利用されているもので、画像の中からある特定の色 (クロマ) を持つ領域を抜き出し、そこに別の画像を埋め込む処理方法である。埋め込みたい部分の画像の色が特定できる場合には有効な手法で、マスク画像を生成するより手間がかからない。クロマキーの色としては肌色に近い黄色の補色である青紫・青緑等が利用される。下記の例では、対象画像からクロマ (格子模様) を抜き出すことで背景色を消去し、背景画像に埋め込むことで合成する [1][4]。図 3 にクロマキー合成の例を示す。

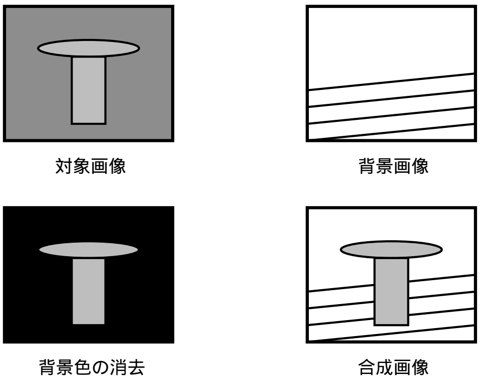

図 3: クロマキー合成

次は、カメラの位置合わせ技術である「マッチムーブ」についてだが、従来のＳＦＸでは、実写とミニチュア模型の合成を行う場合「モーションコントロールカメラ」という技術を用いていた。これはカメラの動きをコンピュータに記憶させることで、正確な合成を行うものであった。それを解決した技術が「マッチムーブ」である。これは背景として実写映像と基本的な距離測定さえあればカメラの合成が基本的に可能になるものである。理論としては、画像の特徴点をいくつか設定して 2 次元的な動きをトラッキングしておく。次に特徴点を 3 次元にマッピングして、2 次元的な特徴点の動きと 3 次元的な特徴点の動きがマッチするように計算することで、カメラの位置を推定するものである。

2.3 3DCG アニメーションソフト——3D Studio MAX——

2.3.1 3D Studio MAX の概要

３ＤＳＴＵＤＩＯＭＡＸはパソコンベースの３ＤＣＧアニメーションソフトとして映画やテレビ、コマーシャルフィルム、３Ｄアニメーションなどの映像製作の他、ゲームや建築分野やデザイン分野まで、３ＤＣＧ製作現場で幅広く使われているソフトである。NURBS モデラ、レイトレーシング、ダイナミクス、レンズフレアの追加、さらには細かい操作性、パーティクルシステムも強化されている。また、クリエータはモデリング・アニメーション・マテリアルマッピング・レンダリングのすべての操作を１つの統合されたインターフェースでリアルタイムのフィードバックを得ながら行うことができる。また、プラグインを開発できる MAX SDK・MAX Script、Windows NT で最大１００００台まで接続可能なネットワークレンダリングも提供している [19][20]。

- ３ＤＳＴＵＤＩＯＭＡＸの主な機能
  - モデリング (NURBS モデラ)
  - 物理法則の正確なシミュレーション
  - MAX Script によるオペレーションのカスタマイズ化
  - ネットワークレンダリング
  - 幅広いパーティクル効果
  - ポリゴンカウント
  - Open-GL のサポート
  - ビデオポスト
  - 様々なファイル形式対応
  - 容易なアニメーション
  - 細かいアニメーション設定
  - ３Ｄモーショントラッキング機能

次節では、本研究で使用した３Ｄモーショントラッキング機能のカメラトラッキングについて説明する。

2.3.2 3Dモーショントラッキング機能

3D Studio MAXの3Dモーショントラッキング機能は、実際にカメラで撮影した動きのある実写の映像にあわせて、MAX上で自動的に再現されるバーチャルカメラで、3Dキャラクターやシーンを自動的に違和感なく合成することができる。これは、下記の2つの機能によって可能になっている。

- 背景の自動マッチング（カメラトラッキング）
- カメラアングルからの投影マッピング（カメラマッピング）

カメラトラッキングは、3D Studio MAXの内側でカメラの動きをアニメートさせて、バックグラウンドムービーの動きを一致させるものである。トラッキングの過程は以下の通り。

1. トラッカーを使うために以下の2つを得る
    - ムービー内部のトラック可能な特徴
        - 特徴にはコーナーやポールの先などの、シーンで目立つ場所(図4では7つのボール)
    - オリジナルムービー内の特徴の位置の正確な実世界の測定値
2. 以上の2つを使ってカメラポイントヘルパーオブジェクト(特徴の3次元座標に設置)を作り、ムービーでトラッキングする特徴の現実との対応位置に配置
3. トラッカーユーティリティでカメラポイントとムービーフレーム内の視覚的要素を関連させるトラッカーギズモ(図6内の四角いボールを囲んでいる物)を作成
4. カメラトラッカーでムービーの特徴をトラッキング
5. トラッキングのデータを用いてMAX内のカメラをオリジナルムービーのカメラ位置と合わせる

以上でトラッキングは終了。シーン内にオブジェクト、ライト、シャドウを配置して合成完了。

2.3.3 カメラトラッキング機能による合成

図４は合成する前の実写画像で、チュートリアルに用意されていたものである。丸で囲まれている白い部分が特徴点のボールである。

図 4: 合成する前の実写画像

図５は合成する前のＣＧ画像で、チュートリアルに用意されていたものである。

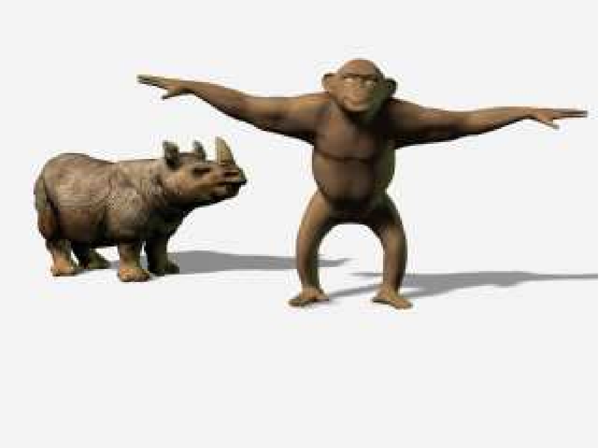

図 5: 合成する前のＣＧ画像

図 6 では白い棒の上のボールなど 7 個所に特徴点が設定されていて、四角いトラッカーギズモに囲まれている。

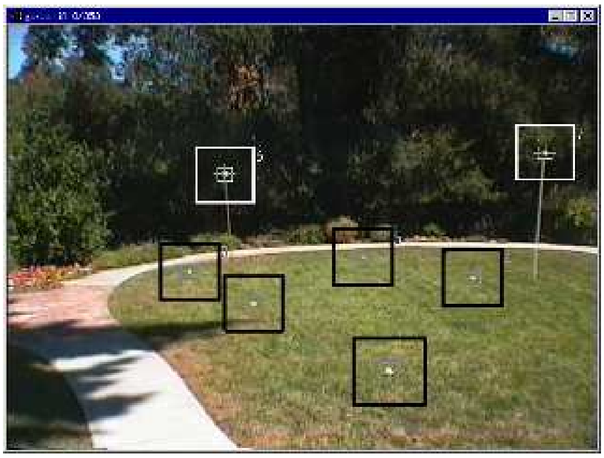

図 6: 特徴点の設定

図 7 はトラッキング結果で、四角いトラッカーギズモから出ている線が、棒の上のボールの 2 次元的な動きである。

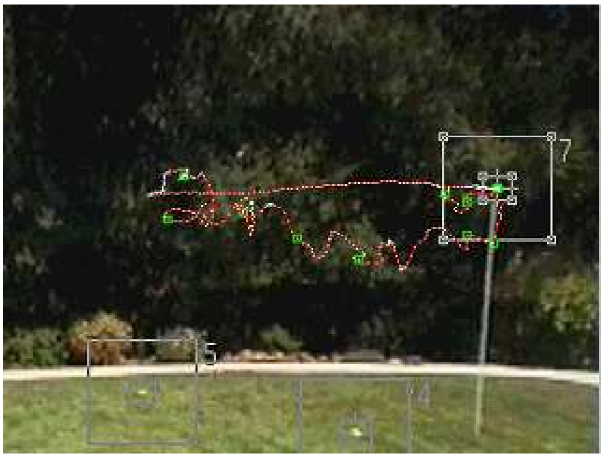

図 7: トラッキング結果

図 8: カメラトラッキング機能による合成結果

最終的に、カメラトラッキング処理によって合成された画像に影などを付加することによって違和感なく合成することができた。

ここでは、3D Studio MAX のチュートリアルに沿ってあらかじめ用意された実写映像とＣＧを使って、マッチムーブの一連の流れを説明した。マッチムーブでは、実写撮影時にカメラの動きに激しいアクションがあると、正確なカメラマッチができないのでＣＧが浮いてしまうなどの問題がある。また特徴点の設定でカメラトラッキングが正確に処理できる点でなくてはならない。マッチムーブが成功すると、視覚的にかなりの効果が得られる。

2.4 ストリーミング

2.4.1 ストリーミングの概要

ストリーミングとは、英語で「流れる」という意味を持ち、音声や映像のデータファイルをクライアント側で受け取りながらリアルタイムで再生する技術のことである。

ストリーミングが登場するまでは、インターネットで動画や音声を楽しむためにWAV・QuickTimeに代表されるようにサーバーからダウンロードしてから再生するものであった。このようなダウンロード方式では、ダウンロードに時間がかかるため、ダウンロードが終わるまで中の内容が把握できない、ディスクにデータを保存するためにクライアントのディスクの容量にかなりの負担になってしまう等の問題が起こる。しかし、ストリーミングは、インターネット上で音声や画像のデータをリアルタイムに配信することを可能にし、この問題を解決した。既に、世界中で多くのストリーミングサイトが開かれていて、遠くアメリカなどの番組なども楽しむことが可能である。

ストリーミングの大きな特徴は、ネットワークを介したオンライン環境でマルチメディアコンテンツ(動画・音声)を扱う際のデータ量の多さに対する問題を、ダウンロードしながら見たり、聞いたりすることによって解決したことで、データ受信からくるストレスを解消すると共に、ＣＤ－ＲＯＭなどの記録媒体では不可能であった生放送をすることが出来るので、速報性も兼ね備えたものへと発展した。

ストリーミングのサービスの種類としては2種類あり、オーディオ系サイトとして音声データを、ビデオ系サイトとして映像(動画・音声)データを提供している。さらに放送の形式からオンデマンド方式と、ライブ方式の2種類に分かれる[9]。

- オンデマンド方式
  - オンデマンド方式は、あらかじめサーバーに記録されている音声・動画データをクライアント側でアクセスすることによって提供されるサービスある。この方式では、クライアントの都合(時間・内容)に応じたストリーミングが可能である。
- ライブ方式
  - ライブ方式は、実況中継・ライブ映像を提供するサービスであるが、サービスを提供する時間が決まっているために、クライアント側においてサービス提供時間の確認(テレビでいう番組表のチェック)が必要になる。

ストリーミングを楽しむために必要になるソフトウェア (プラグイン) は、ほとんどがフリーでダウンロードすることが可能で、ダウンロードした後ブラウザにインストールするだけでストリーミングの再生ができるので、手軽という長所も持ち合わせている。しかし、ストリーミング用データは複数存在しているので、それに対応したプラグインが必要になる。ストリーミングのデータを提供している「ストリーミングサイト」は既に世界中に多く存在しているので、ニュース・天気・音楽・映画など様々な種類のコンテンツを楽しむことが可能である。しかし、28.8kbps クラスのモデムでは映像のストリーミングには十分とは言えず、ISDN 回線を使用するのが適当といえる。サイトによっては通信速度に対応したコンテンツを用意しているところも存在している。ストリーミングに必要な技術として、圧縮・バッファリング・プロトコルの 3 つが挙げられる [9]。

- 圧縮
  - データを送信する際にはデータ量を小さくする必要があり、このための技術が圧縮である。ストリーミングの対象である音声や動画像は非常にデータの大きいものなので、ストリーミングで送受信可能になるぐらいまで圧縮をしなければならない。圧縮には可逆圧縮と不可逆圧縮と 2 種類の方式があり、可逆圧縮は元どおりに復元できるが、不可逆圧縮はできない代わりにより高い圧縮効率が得られる。また、圧縮率を高めると品質は落ち、品質を上げると圧縮率は下がるといったように反比例の関係にある。
- バッファリング
  - バッファリングとはあらかじめ一定のデータを蓄積することで、ストリーミングの際には、現在再生しているデータよりも先のデータをバッファリングしていて、回線の込み具合によって映像と音声の再生スピードがずれる (非同期) という現象を回避し、安定した再生を実現している。
- プロトコル
  - プロトコルとはデータ通信における規則のことで、TCP/IP がインターネットでは一般的である。TCP プロトコルにはフロー制御・誤り訂正などの処理が実装されていて、正確なデータが受信できなかった場合に再度送信してもらい受信し直す処理をする。しかし、コントロールパケットという部分にこの処理の記述がされていて、送受信の際にデータと共に送られるため、データの信頼度

は上がるが転送効率が下がってしまう。そこで、コントロールパケットを最小限におさえたUDPというプロトコルを使用して送受信データ量をおさえている。

次に、ストリーミングを再生するためのソフトとして普及率NO.1の「RealPlayerG2」をはじめ、その他にQuickTimePlayer4Pro・StreamWorks・Shockwave・VDOLiveなど、様々なストリーミングソフトが存在する。ここでは、RealPlayerG2とQuickTimePlayer4Proの二つを紹介する。

- RealPlayer G2
  - 特徴としては、ビデオコントロールによる画質調整でより良い品質を実現し、Hi-Fiオーディオディスプレイおよび10-チャンネル・グラフィック・イコライザーがあり、Treble、Bassのコントロール可能である。また、様々なチャンネルをブックマークのように整理保存するビジュアルプリセット、WEBをスキャンしてライブのオーディオプログラムを検索するスキャン機能、クリップをハードディスクに保存してオフラインで再生するレコード機能のほか、MP3音声フォーマットのサポートを内蔵したり、フルスクリーンでの機能が向上するなど、様々な面での機能が向上している[14]。

図9: RealPlayer

- QuickTime4Pro
  - QuickTime4Pro は、ライブ ·保存されているストリーミングメディアコンテンツの再生が可能であり、その他に QuickTime ムービーの作成 ·編集 ·保存、QuickTimePlayer ·PictureViewer ·QuickTimePlugin が含まれている [15]。

図 10: QuickTimePlayer

ストリーミングには、配信するためのサーバが必要で簡単にストリーミングサイトを開くことは出来ず、ユーザ側でもプラグインのインストールが必要など、専用のソフトウェアが必要になる。しかし、最近のストリーミングとしては、配信サーバとプラグイン (JAVA 使用による) の両方を不要にして、ホームページにアクセスするだけでストリーミングによる音声や画像が楽しめるものが登場してきた。JAVA ベースのストリーミングソフトとしては、FREEVOD や Emblaze などがあり、FREEVOD はサーバもプラグインも不要のシステムで、ストリーミング開発キットも無料なので、ビデオとキャプチャーボードがあるだけでストリーミングサイトを開くことができる。Emblaze は、コンテンツを作成するためのオーサリングツール群である [9]。

2.4.2 MPEG の概要

ここでは、最新の圧縮技術の MPEG4 を今までの MPEG と共に説明する。MPEG には対象とする動画像の品質および圧縮率の違いに応じて MPEG １から４のグレードがあり、MPEG4 のデータを検索するための MPEG7 がある。

- MPEG1
  - CD-ROM での利用を目的として、ビデオの VHS 規格並みの画質で、動画と音声を記録するために開発された。伝送速度は、約 1.5M ビット/秒で、おもにビデオ CD に使用されている。
- MPEG2
  - データの転送速度を 3～9M ビット/秒にすることにより、データを受信しながら再生するストリーミング方式にも対応できるように開発された。主に DVD やデジタル放送に利用されており、高品位テレビ並みの画質を得ることができる。なお MPEG3 は MPEG2 のビットレートを上げることで同程度の品質になるため消滅した。
- MPEG4
  - アナログの電話回線での利用を目的とし、伝送速度が低速でも高い品質を確保したものでモバイル環境や無線利用に適している。また、設定変更によって高速の伝送速度のも対応できる。

MPEG の圧縮方法は、１秒あたりのフレーム数を減らし再生する時に擬似的なフレームを再生することによって、元画像を復元している。擬似的なフレームの再生には、１フレーム分のデータを完全な形で持つ画像とどれだけ動いたのかという差分情報を使って数フレーム先の画像をつくり、さらに滑らかにするために元の画像と作成した画像の間に擬似的なフレームを作り出す事によって可能になっている。MPEG4 が 1・2 と違うところは、MPEG1・2 がキーフレーム画像で変化した部分のみを分解していくのに対して、MPEG ４ではフレーム自身の画像をオブジェクトに分解してそれぞれのオブジェクトに対して差分を記録していくものである。つまり背景と人物を別のオブジェクトとして符号化しているものである。

3　ストリーミングのための実写とＣＧの合成

3.1　実写動画像の撮影

ストリーミングのための合成として、実写撮影時のカメラワークとＣＧカメラワークを一致させせることによって違和感無く合成するか、一致させずに実写映像にそのままＣＧを貼り付けるように合成するかの２種類の方法で実験し、ストリーミングのための合成方法を考えた。

ここでは、実写撮影時のカメラワークとＣＧカメラワークの一致、つまりカメラマッチング処理を行う合成を行った。カメラマッチング処理を行う「マッチムーブ」での合成では、特徴点の設定と特徴点の実世界での正確な測定値を測る事の二つの処理が大きな役割を持っていて、これが正確に出来るかどうかで、合成がうまくいくかどうかが決まる。今回設定した実写映像の特徴点は、アクロスウイングの最上部を選んだ。空との境界部分になっているので、比較的容易に特徴点のトラッキングをすることが出来た。実際の映画「ツイスター」では、ある程度の長さの棒などを用意しておいて、その長さを測定する事でトラッキングしていた。図１１に合成する前の映像を示す。

図 11: 撮影した映像 (１)

カメラマッチをする合成に対して、カメラマッチをしない合成として、ある研究発表をしている場面をデジタルビデオカメラで撮ったものと、その研究発表の PowerPoint 資料をＣＧで作成してものを使用した。この画像の場合では、PowerPoint を写している部分が見えなくなっているために、このままストリーミングによるライブ放送で映像を流しても、講演者の音声しか得られる情報がない。そこで、実写映像にＣＧで作成したテキストや図

を合成し、ストリーミング画像に情報を付加しようというものである。図１２に合成する前の映像を示す。

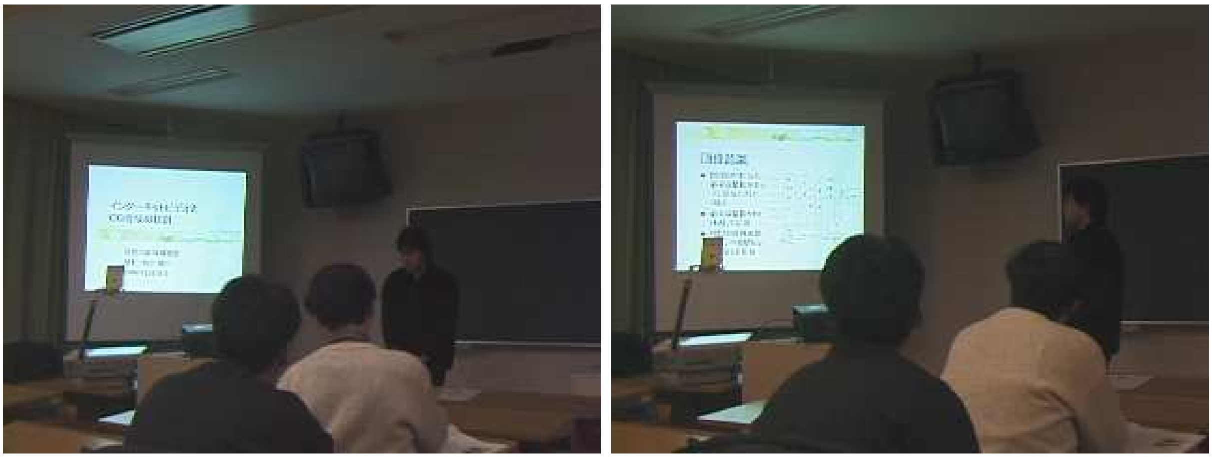

図 12: 撮影した映像 (２)

3.2 トラッキング機能による特徴点のトラッキング

トラッキング機能を使用してカメラマッチする流れは以下のとおりである。

1. アクロスウイングの実測値を得る為に、立命館施設課にて設計図を見て、大まかな数値を手に入れる
2. 屋上部分の点６つを特徴点として設定して、ＣＧソフト内の座標に実測値どおりにポイントを配置する
3. 特徴点が画面から消えないか確認して、もし消える場合はトラッキングの範囲を指定する
4. カメラトラッカーを使用して、特徴点の２次元的な動きをトラッキングする
5. エラーが出てなければ、トラッキングから得たデータを使用して、実写を撮影したカメラの位置とＣＧカメラの位置をそろえる
6. カメラの移動のスムージング処理をしてカメラマッチは終了

以上でカメラの位置合わせができたので、ＣＧを加えて合成をする。

3.3 ＣＧの作成

図１３にカメラマッチして合成をする前のＣＧを示す。合成したＣＧは空の飛行機・アクロスウイングにぶつかる飛行機・アクロスウイングから出ている顔などで５つのオブジェクトを用意して合成した。

図 13: 作成したＣＧ(１)

実写にＣＧをただ合成しても、ＣＧは常に実写の前面に表示されてしまう。そこで、アクロスウイングをＣＧで作成する事によって、あたかもアクロスウイングの背後を通過しているように、見る事ができるようにしている。

図１４にカメラマッチしないで合成する前のＣＧを示す。

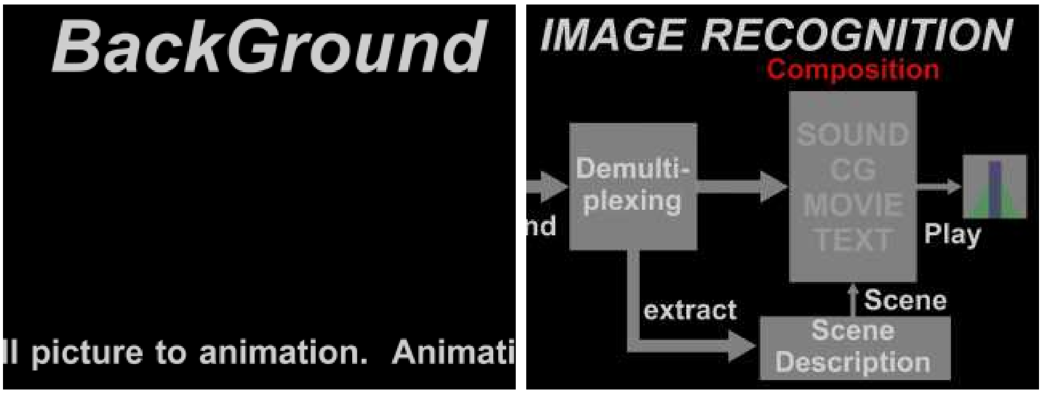

図 14: 作成したＣＧ(２)

発表をしているところに合わせてＣＧを２種類作成した。左側は文字のみをＣＧで、上部にタイトルで下部に説明を作成した。右側は上部にタイトルで、その下に図を作成した。

4　合成結果と考察

4.1　合成結果

4.1.1　カメラマッチング処理をした場合

図１５の二つの画像をカメラマッチング処理をして合成した結果を図１６に示す。

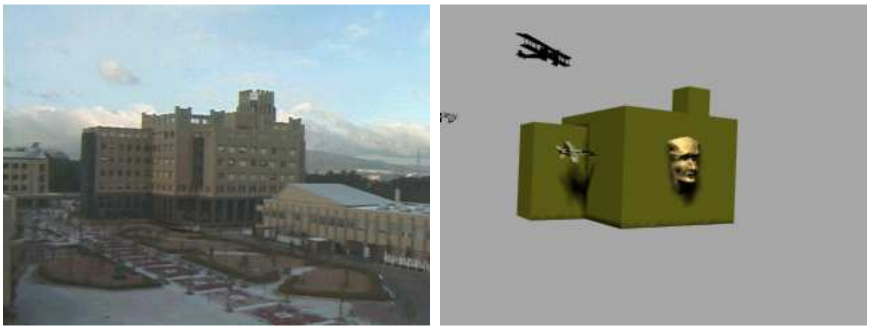

図 15: カメラマッチする前の実写とＣＧ

図 16: カメラマッチした時の合成結果

図１６の左側が初めの方のフレームで、右側がその後のフレームである。

カメラマッチしてからＣＧを埋め込む際に、実写の裏側にＣＧを表示ために実写映像に存在する物体をＣＧで作成しなければならない。この合成では、アクロスウイングと同じ形のＣＧオブジェクトを作成して、飛行機がそのＣＧオブジェクトの中に消えていくようにしている。そして、アクロスウイングと同じ形のＣＧオブジェクトを非表示合成すると、実写映像にＣＧが溶け込んでいるかのような視覚効果が得られた。

4.1.2　カメラマッチング処理をしない場合

図１７はテキストＣＧを合成した場合、図１８に実写画像の PowerPoint の資料の中の図をＣＧで作成したものを合成した場合である。それぞれ左側に合成する前の実写映像を、右側にＣＧを合成した後の画像を載せている。

図 17: カメラマッチしない時の合成結果 (1)

図 18: カメラマッチしない時の合成結果 (2)

ストリーミング上での合成例として合成したが、実写画像はストリーミングしていない画像を利用している。ＣＧ部分としては、タイトルを画像上部に表示して、内容をその下に流れるような合成をした。

4.2　考察

ストリーミング時に画像圧縮を施すために劣化した映像に、ＣＧを合成して劣化部分を補うことを目的として、どのような感じの合成ができるかをＣＧソフトを使用して、ＣＧを実写に違和感なく合成する為に「マッチムーブ」処理を行った合成や、実写に単純にＣＧ貼り合わせた合成をしてきた。

違和感なく合成するためには、実写映像を撮影したカメラとＣＧカメラの位置を正確にマッチさせなくはならない。この作業には大変な手間と時間がかかってしまうので、ライブ放送には向いていないので、オンデマンド方式がよい。リアルタイムに放送するには、合成処理時間が短くなければならない。カメラの位置に関係なく時間のかからない合成ならば、リアルタイムに対応できると考えられる。ここで使用する合成アルゴリズムとしては、２章で挙げた３つの内、マスク処理による合成か、クロマキー合成が適当かと思われる。

合成するタイミングとしては、実写映像と同時にＣＧデータを送信し、クライアント側でＣＧを実写にクロマキー合成してから表示する方法ならば、ＣＧの品質を保ったまま実写に合成する事が可能ではないかと考える。

5 おわりに

本研究では、ストリーミングのための実写とＣＧの合成として、ストリーミングの問題点である画像の劣化によって落ちた情報をＣＧによって補うというものであった。

映画でも用いられている3D Studio MAXを用いて実写とＣＧの合成をして、ストリーミングにうまく活用できるケースをいろいろ考えて合成してみた。

インターネット人口が増え続けている現在のコンピュータ世界において、インターネットは情報の宝庫であり、個人が気軽に情報発信して自分を表現できる場所でもある。これからは、個人ストリーミング放送局の開局・ＣＧ合成によるオリジナル性を持ったコンテンツの配信が可能になると思われる。

今後の課題としては、ストリーミングサイトを構築して、ストリーミングで送られた映像に対して実際に合成してみる事が挙げられる。

謝辞

本研究の機会を与えて下さり、数々の助言を頂きました山崎勝弘教授に心より感謝いたします。また、本研究あたり、いろいろな面で貴重な御意見、御指導いただきました西村俊和助教授と本研究室の皆様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

[1] 技術編ＣＧ標準テキストブック編集委員会 :Computer Graphics 技術編ＣＧ標準テキストブック, 財団法人画像情報教育振興協会 (1998).

[2] 日本図学会編 :マルチメディアコミュニケーション – 表現技術の基礎– , 共立出版株式会社 (1997).

[3] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [1]ー ディジタル映像処理入門ー , 電子情報通信学会誌,Vol.80,No.12,pp.1288-1293(1997).

[4] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [2]ー 二次元ディジタル映像処理ー , 電子情報通信学会誌,Vol.81,No.1,pp.65-75(1998).

[5] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [3]ー 三次元ディジタル映像処理ー , 電子情報通信学会誌,Vol.81,No.2,pp.196-201(1998).

[6] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [4]ー コンピュータアニメーション入門ー , 電子情報通信学会誌,Vol.81,No.3,pp.282-288(1998).

[7] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [5]ー ハードウェアシステムー , 電子情報通信学会誌,Vol.81,No.5,pp.516-521(1998).

[8] 中嶋正之 :ディジタル映像処理の基礎と応用 [6]ー ディジタル映像の応用ー , 電子情報通信学会誌,Vol.81,No.6,pp.589-596(1998).

[9] Takeshi Hashimoto :BIG LOBE SoftPlaza ストリーミング特集 , http://softplaza.biglobe.ne.jp/text/stream/index.html(1998).

[10] 田中豊 :マルチメディア時代における高度な符号化方式,NHK 技研だより８月号, http://www.strl.nhk.or.jp/publica/dayori/dayori98-08/index-j.html(1998).

[11] 境田慎一 :マルチメディア時代の国際符号化標準 MPEG-4,NHK 技研だより８月号, http://www.strl.nhk.or.jp/publica/dayori/dayori98-08/index-j.html(1998).

[12] 金子格 :MPEG の最新動向, http://www.mpeg.rcast.u-tokyo.ac.jp/openmpeg/mpeg4/index.htm

[13] The MEPG Home Page :http://www.cselt.stet.it/mpeg/

[14] リアルネットワークス社 :RealPlayerG2,http://www.jp.real.com

[15] アップル社 :QuickTimePlayer4Pro,http://www.apple.co.jp

[16] 小畑健二 :色情報による動画像からのカメラの動きの検出, 立命館大学情報学科卒業論文 (1999).

[17] 植松晃史 :輪郭情報からのカメラの動きの検出, 立命館大学情報学科卒業論文 (1999).

[18] 遠藤浩平 :輪郭抽出によるマッチムービング, 立命館大学情報学科卒業論文 (1999).

[19] 3D Studio MAX R2 チュートリアル,KINETIX(1997).

[20] 3D Studio MAX R2 ユーザガイド,KINETIX(1997).

付録 —3D Studio MAX による実写とＣＧの合成方法—

3D Studio MAX のカメラマッチ機能の使用方法

バックグラウンドムービーのロード

ここでは、レンダリング環境とバックグラウンドにムービーをロードする。

1. マテリアルエディタを開き、利用できるマテリアルスロットをどれかアクティブする
2. [拡散反射光] の横のグレーのボックスをクリックし、マテリアルマップブラウザで [ビットマップ] を選択する
3. [ビットマップ パラメータ] ロールアウトで [ビットマップ] ボタンをクリックして、AVI や IFL などのムービーファイル (以下 sample.avi) を選択する
4. [座標] ロールアウトで [テクスチャ] を [環境] に変更し、[マッピング] を [画面] に設定し、マテリアル名前を決める
5. メニューバーの [レンダリング] > [環境効果] を選択する
6. [環境マップ] をクリックすると、マテリアル / マップブラウザが表示されるので、[参照元] で [Mtl エディタ] を選択して、[拡散反射光 :(自分の付けた名前)] を選びＯＫをクリックする
7. [インスタンスまたはコピー ?] ダイアログの [インスタンス] が選択されていることを確認して、ＯＫをクリックする
8. 環境マップの上の [マップの使用] が選択されていれば、レンダリング時にバックグラウンドに表示される事になる
9. バックグラウンドにムービーを表示させるには、メニューバーの [ビュー] > [バックグラウンドイメージ] を選択する
10. イメージを表示させるビューポート (トップ ･ライトなど) を選択して、[イメージ表示]・[環境バックグラウンドを使用] を選択した後、ＯＫをクリックする

カメラ位置合わせポイントの作成

ここでは、カメラポイントヘルパーという 3 次元での特徴点の位置を表示するオブジェクトを、フィールド内に配置する。

1. [作成] パネルで、[ヘルパー] タブを選択し、[オブジェクトセット] リストで [カメラマッチ] を選ぶ
2. [カメラポイント] をクリックして、[キーボード入力] ロールアウトを開いて、実世界の測定値に基づいて順次特徴点を入力して、カメラポイントヘルパーを作成する (カメラポイントには、それぞれ名前を付けておくとわかりやすい)

カメラトラッカーにムービーをロード

ここでは、カメラトラッカーユーティリティをにバックグラウンドムービーをロードして、フィーチャモーショントラッカーの作成・設定をする。

1. [ユーティリティ] パネルで、[その他] をクリックして、リストの中から [カメラトラッカー] を選択する
2. [ムービー] ロールアウトで、[なし] というラベルの [ムービーファイル] ボタンをクリックして、sample.avi を選択する
3. [モーショントラッカー] ロールアウトで、[新しいトラッカー] を選択する
4. [ムービー] ウインドウと [トラッカー] リストに新しいトラッカーギズモが、表示されるので、[ムービー] ウインドウで特徴点にトラッカーギズモを合わせる
5. [モーショントラッカー] ロールアウトの [トラッカーの設定] 領域で、[シーンオブジェクト] の下のボタンをクリックする
6. ここで [H] キーを押して、そのトラッカーがトラックする特徴点に作成したカメラポイントヘルパーを選ぶ
7. [ムービー] ウインドウで特徴点の中心と、トラッカーギズモの中心を合わせる (この時、[I] キーでズームイン、[O] キーでズームアウト、[R] キーでリセットの操作ができ、[モーショントラッカー] ロールアウトで、[サブピクセルのトラッキング] を設定することで、精度を上げる事ができる

8. トラッカーギズモは、2つのボックスと1つのクロスヘアから構成されていて、内側のボックスはフィーチャバウンティングボックスといい、これをフィーチャの周囲の１つまたは2つのピクセルの境界線を囲む(外側のボックスを、モーション検索バウンティングボックスといい、これによって各フレーム間における相対的検索領域が、これで定義することができる)
9. すべてのトラッカーに対して、3 ~ 8の操作を繰り返して、すべての特徴点にトラッカーを配置する

トラッカーの範囲の設定

ここでは、トラッカーの範囲を検討し、トラッカーのカメラ範囲を設定する。

1. [時間設定] をクリックし、sample.aviのフレーム数に合わせる
2. 見えなくなるフィーチャがある場合、[モーショントラッカー] リストで、そのフィーチャをトラックするトラッカーの名前のみをチェックする
3. [ムービーステッパー] ロールアウトを開き、[ムービーフレーム] スピナをフィーチャが見えなくなるフレームの、１つ前に設定する
4. [モーショントラッカー] の [トラッカーの設定] 領域の [追跡範囲] で、[終了を設定] を選択する

フィーチャのトラッキング

ここでは、トラッカーを使用して、実際にフィーチャをトラッキングする。

1. [モーショントラッカー] リストで、トラッカーの一つをオンにする
2. [ムービーステッパー] ロールアウトで、[フィーチャトラッキング] というラベルの [オフ] ボタンを押して、[オン] にする
3. [ムービーステッパー] で、[> １０] は１０フレームづつ、[> >] で最後までトラッキングする
4. 正しくトラッキングできなかったら、エラーフレームまで戻り、トラッカーギズモを正しく直してやり直す

5. トラッキングが終了したら、[バッチ追跡] ロールアウトで、[状態をチェック] をクリックして、エラーの確認をする

6. エラーがあれば、エラーのあったフレームからやり直し

7. すべてのトラッカーについて、1 ~ 6まで繰り返し

カメラの位置合わせの移動とスムージング

ここでは、トラッキングデータを用いて、カメラの位置合わせを行い、ムービーを撮影した実際のカメラに、ＣＧカメラを一致させる。

1. 任意のビューポートに [フリーカメラ] を作る

2. [位置合わせの移動] ロールアウトで、[カメラ] というラベルのボタンをクリックして、[H] キーを押して先ほど作ったフリーカメラを選択する

3. [位置合わせの移動] をクリックしてカメラをアニメートする

4. [移動のスムージング] ロールアウトの [スムースするチャンネル] で、[FOV] を選択する

5. [ローパス フィルタ] と [スムース後の再調整] をチェックして、[スムース] を選択してスムージングする

これで、カメラの位置合わせが終了し、ＣＧオブジェクトを配置すれば、カメラの位置が動くと共に実写とＣＧの動きの同期が取れている為に、違和感ない合成が完了する。