

2009年度 卒業論文

AR技術を用いた仮想空間における
エフェクトの自動生成に関する研究

指導教員：三上 浩司 講師，渡辺 大地 講師

メディア学部 ゲームサイエンスプロジェクト
学籍番号 M0106223
佐藤 裕瑛

2009年度 卒業論文概要

論文題目

AR技術を用いた仮想空間における
エフェクトの自動生成に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0106223

氏名

佐藤 裕瑛

**指導
教員**

三上 浩司 講師
渡辺 大地 講師

キーワード

拡張現実感 (AR)、エフェクト、自動生成、テクスチャ

近年、拡張現実感 (AR) といわれる、現実世界に仮想物体や情報を付加する技術の研究が盛んに行われている。また、これにともない AR をテレビ番組やウェブコンテンツなどに利用することが多くなっている。AR は現実世界と仮想世界をリアルタイムで同期する必要があるため、表現技術はまだ発展途上である。一方でビデオゲームではキャラクターの動きに合わせて迫力や炎などの効果をつけるリアルタイムのエフェクト表現をよく見かける。ゲームではあらかじめエフェクトの発生パターンがプログラムで決められている。そのため、発生タイミングが検出できればリアルタイムのエフェクト表現が可能である。しかし、現実世界の物体は決まった動きをするわけではない。そのため、エフェクトの発生箇所やタイミング、種類、強弱などあらゆるものが予測不能であり、ゲームのような方法では AR でエフェクトを表現することは難しい。そこで、本研究では、現実世界のパンチなどの動きに対して、ビデオゲームのようなエフェクトを仮想空間に自動生成し、AR を利用して表示することを目的とした。

本研究ではマーカ座標系でエフェクトを生成する線分を設定し、マーカを動かしたときにマーカの位置と姿勢の記録を行う。任意に決めた距離以上動いた場合に、エフェクトを生成する線分の軌跡を面として、エフェクトを表現するようにした。このとき、マーカを速く動かした場合などマーカが認識できない場面が出てくる。そのため、認識できなかった間のマーカの位置と姿勢を、既に記録したものと新しく認識したマーカの位置と姿勢から補間を行った。また、エフェクトは常に表示するものではない。そのため、現実の動きの変化からエフェクトが消える条件として、移動方向の反転、移動の停止、マーカが長い間認識できない場合の3つを定めた。

そして、AR を使った簡単なゲームを制作し、本手法で生成したエフェクトを付与したゲームと付与していないゲームで比較検証を行った。その結果、エフェクトがある方が威力やスピード感があり、ゲーム的であるということがわかった。また、自動生成したエフェクトは多くの人にとって現実の動きにあっていることがわかった。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景	1
1.2	問題点	2
1.3	目的	3
1.4	論文の構成	3
第2章	AR 技術について	4
2.1	現実世界を認識する方法	4
2.2	ARToolKit について	5
2.3	マーカの検出と位置・姿勢の計算	5
第3章	仮想空間でのエフェクトの自動生成	8
3.1	エフェクトの生成	8
3.2	マーカの移動判定	9
3.3	マーカデータの補間	10
3.4	テクスチャの貼り込み	12
3.5	エフェクトの消去	15
第4章	動作検証と評価	18
4.1	動作検証とエフェクト例	18
4.2	検証	19
4.2.1	検証方法	20
4.2.2	アンケート内容	21
第5章	実験結果と考察	22
5.1	実験結果	22
5.2	考察	24
第6章	まとめ	25
	謝辞	26
	参考文献	27

目 次

2.1	マーカ	5
2.2	ARToolKit 例	5
2.3	ARToolKit における座標系	6
3.1	エフェクトの発生位置とマーカデータ	9
3.2	マーカの移動位置	10
3.3	マーカの補間位置	11
3.4	面の生成	12
3.5	テクスチャ例と uv 座標	13
3.6	テクスチャの貼り方	13
3.7	u 値を設定した例	14
3.8	ターン	16
3.9	ストップ	17
4.1	生成したエフェクト例	19
4.2	エフェクトを使ったゲーム例	20
A.1	問1のアンケート結果	30
A.2	問2のアンケート結果	31

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景

近年、拡張現実感 (Augmented Reality: AR) といわれる、現実世界に仮想物体や情報を付加する技術の研究が盛んに行われている。例として、インテリアの配置シミュレーション [1] や建物の情報提示 [2] といったものがある。AR が一般に広がった理由として、2007 年にアニメーション「**電腦コイル**」[3] が放送されたことが挙げられる。このアニメーションでは**電腦メガネ**と呼ばれる特殊なメガネをかけることによって、**電腦**と呼ばれる仮想ペットや道具などのある仮想空間を現実世界に重ねて見ることができる。このような仮想空間を作ろうとする AR の研究 [4] も多くある。ソフトウェアとしても「**電腦フィギュア ARis (アリス)**」といったものがある。ソフトウェア以外にも、AR をテレビ番組 [5] や商品の特典 [6]、メッセージカード [7]、ウェブコンテンツ [8][9] として利用している。このように、AR はコンテンツとして使うことが多くなっている。

一方、アニメーションやビデオゲームといったエンターテインメントコンテンツでは、攻撃などの動きに迫力や炎などの効果をつけるエフェクト表現がよく使われる。代表的な例として漫画「**ONE PIECE**」[10] や「**NEEDLESS**」[11] の特殊能力を使った攻撃シーンや、「**GUILTY GEAR シリーズ**」などの格闘ゲームの攻撃時に表示されるものなどが挙げられる。こうした表現は実写映像における特殊効果としても使用されることもあり、一般的な表現となっている。

1.2 問題点

ARを利用して表示している仮装物体を動かし、その仮装物体にエフェクトを表示するといったものはあるが、ARを利用して現実物体の動きにエフェクトを表示するというものはない。理由として、ARにおいてエフェクトなどの表現技術に関してはまだ発展途上であると言うことや、現実物体の動きの場合では、通常のビデオゲームのようにエフェクトを表示できないことが挙げられる。

通常のビデオゲームでは、プレイヤーの入力後にキャラクターは行動し、そのキャラクターの行動にあわせてエフェクトを表示する。キャラクターの動作が決まっているため、キャラクターの次の動きを常にコンピュータが認知でき、キャラクターの動きにあったエフェクトが表示できる [12]。ARを利用して表示した仮想物体を、コントローラなどのデバイスを利用して動かす場合では、基本的にゲーム同じ条件である。そのためゲームと同様の方法でエフェクトを表示することができる。

しかし、現実物体にリアルタイムにエフェクトを加える場合は、ゲームとは大きく異なる。なぜなら、ゲームでは物体の次の行動を常にコンピュータが認知できるが、現実物体は通常動作が定まっていないため、次の行動をコンピュータが認知できない。そのため、エフェクトの発生箇所やタイミング、種類、強弱などといった要素が予測不能であり、現実物体の動きに合わせてエフェクトを表示することは難しい。

また、ウェブカメラで映した映像に画面効果を与えるものとして、福地らのEffecTV[13]がある。これはリアルタイムに画面効果を発生させるもので、入力画像の動きを反映した画面効果を出力できる。しかし、現実世界の奥行き認識ができないことや、全身が動いたときに、局所的な動きに対して処理を行うことはできず、本研究で扱う局所的な動きに発生するエフェクトは生成できない。

1.3 目的

本研究ではARを利用して、現実世界の物体の動きに効果線や炎といったエフェクト表現を自動で生成し、アニメーションやビデオゲームのような表現をすることを目的とした。それによって、インタラクティブ性やエンターテインメント性を持ったARコンテンツの幅が広がると考えた。

1.4 論文の構成

本論文は6章で構成する。2章でAR技術についての解説を行う。3章でエフェクトの自動生成の手法について述べる。4章で動作検証と評価方法を述べ、5章で実験結果とその考察を行う。6章で全体をまとめ、今後の課題を述べる。

第 2 章

AR 技術について

本章では、現実空間を認識する方法と、本研究で扱う ARToolkit[14] についての解説を行う。

2.1 現実世界を認識する方法

AR を実現するにあたって、現実世界と仮想世界との差を解決する必要がある。解決すべき差とは、現実世界と仮想世界の位置あわせを意味する幾何学的整合性 [15][16][17]、現実世界の物体を動かせば仮想物体も反応する時間同期に関する時間的整合性 [15][16][17]、現実世界と仮想世界の光源などの環境に関する光学的整合性 [18][19] であり多くの研究が行われている。近年の AR では時間的整合性はコンピュータの性能によることが多く、幾何学的整合性とまとめ 1 つの問題として扱うことが多い。それに対して、現実と同じような影や環境光を仮想世界に適応するための光学的整合性は AR を利用したコンテンツによって問題の重要度が変化する。

幾何学的整合性は、コンピュータ上に作られた仮想世界を撮影しているカメラ (仮想カメラ) の位置・姿勢を現実世界のカメラと同じ位置・姿勢にすることによって解決する。現実のカメラの姿勢を取得するために、GPS やジャイロセンサといった専用のセンサを用いる方法や、現実のカメラ画像に映った目印となる物体や風景の自然的特徴などの画像情報から計算する方法がある [20]。

2.2 ARToolKit について

ARToolKit は AR アプリケーションの開発を容易にするソフトウェアライブラリの 1 つであり、幾何学的整合性と時間的整合性を解決するものである。カメラ画像に映ったマーカと呼ばれる、識別用に描かれた図柄 (パターン) の周囲を黒で塗りつぶした正方形の目印によって、カメラの位置・姿勢を計算する。図 2.1 はマーカ例を示し、図 2.2 は ARToolKit を利用した例を示したものである。



図 2.1: マーカ

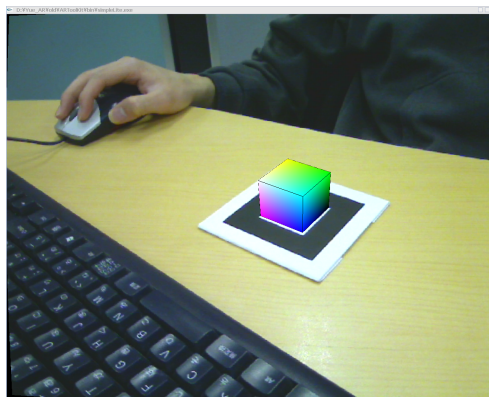


図 2.2: ARToolKit 例

2.3 マーカの検出と位置・姿勢の計算

ARToolKit ではウェブカメラの入力画像からマーカを検出するために、入力画像に対して 2 値化の処理を行いマーカ候補領域を探す。その中から 4 角形を探し、見つかった場合にマーカのパターンを用い、仮想空間のマーカ位置や向きを特定するために、画像比較の 1 つであるテンプレートマッチングを行い、最もパターンに近いと思われる場所をマーカとして検出する。

検出ができればマーカ座標系をカメラ座標系に変換する行列 T_{cm} を推定する。カメラ座標系 (X_c, Y_c, Z_c) 、マーカ座標系 (X_m, Y_m, Z_m) 、スクリーン座標系 $(x_c, y_c, 1)$ と置き、図 2.3 はこれらの座標系を表したものである。

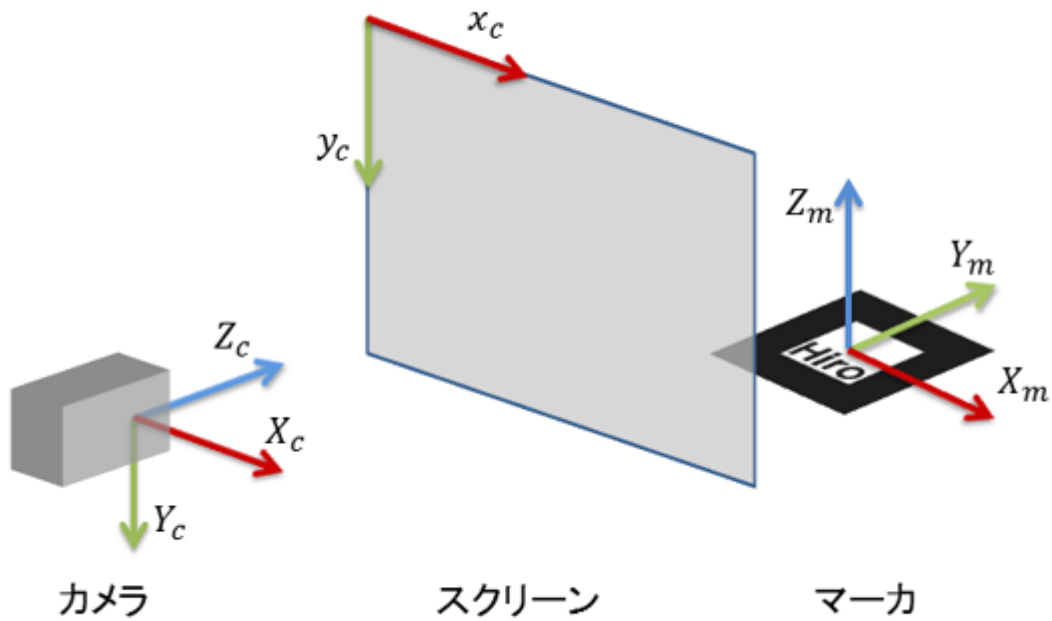


図 2.3: ARToolKit における座標系

マーカのパターンを識別するために、マーカ座標系からスクリーン座標系へ次の式 (2.1) で変換を行う。マーカの検出された 4 角形の 4 頂点の座標値を用いることで、各 C の値を求めることができ、 h はスカラーを表している。式 (2.2) により、マーカ座標系はカメラ座標系に変換する。 r は回転移動成分を示し、 t は平行移動成分を示している。さらに、式 (2.3) を用いることでカメラ座標系はスクリーン座標系に変換でき、仮想オブジェクトを配置することができる。加藤らの研究 [21] ではより詳しくマーカの 3 次元位置情報などについて紹介している。

$$\begin{bmatrix} hx_1 \\ hy_1 \\ h \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

$$\begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = T_{cm} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & t_1 \\ r_4 & r_5 & r_6 & t_2 \\ r_7 & r_8 & r_9 & t_3 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_m \\ Y_m \\ Z_m \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

$$\begin{bmatrix} hx_1 \\ hy_1 \\ h \\ 1 \end{bmatrix} = P \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & 0 \\ 0 & P_{22} & P_{23} & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_c \\ Y_c \\ Z_c \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

第 3 章

仮想空間でのエフェクトの自動生成

本章ではマーカを利用して仮想空間にエフェクトを生成する手法について述べる。本研究で生成するエフェクトは剣や拳など物体の動きに対して発生するものである。次の3つの要素を考慮する必要があり、これらはマーカの動きから判定する。

- エフェクトが発生するタイミング
- エフェクトが消えるタイミング
- 現実の物体の動作との整合性

3.1 エフェクトの生成

マーカの動作を判定するために、カメラ座標系でのマーカの位置 $\mathbf{P}_i (i = 0, 1, \dots, n)$ と、マーカがどこを向いているかを表す方向ベクトル $\mathbf{N}_i (i = 0, 1, \dots, n)$ 、マーカがどこを上をしているのかを表すアップベクトル $\mathbf{U}_i (i = 0, 1, \dots, n)$ を本研究ではマーカデータと定義する。 n は記録する最大数でありデータ数は $n + 1$ となる。エフェクトの発生前はマーカデータを $i = 1$ まで記録し、発生後は $i = n$ まで記録する。本研究ではこの値を 20 程度とした。これらを記録することで、マーカの回転や向きに対応することができる。マーカデータはウェブカメラのフレームレートに合わせて毎フレーム記録する。ウェブカメラにフレームレートを合わせないと、

カメラとコンピュータとのフレームレート差により同一マーカデータを取得する可能性がある。

本研究では、マーカの動きから面を生成し、そこにテクスチャをマッピングすることでエフェクトを表現する。そのためにまずは、マーカ座標系で、エフェクトの発生元となる面を生成するための線分を1つ以上決める。各マーカデータ間での線分の端点を結ぶことで面を作る。このマーカデータとエフェクトの発生元となる線分からエフェクトを生成する。図3.1はマーカデータと、エフェクトの発生元となる線分 AB、BC、CD、DA を示したものである。

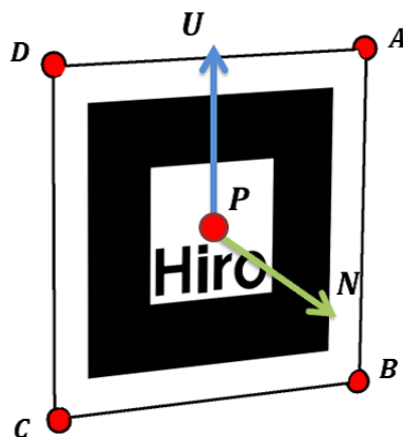


図 3.1: エフェクトの発生位置とマーカデータ

3.2 マーカの移動判定

エフェクトを発生するために、マーカの移動の判定を行う。エフェクトの発生前はマーカデータの P_0 、 P_1 まで記録をする。 P_0 と P_1 の距離が任意に設定した値以上であればエフェクトが発生したと判定し、エフェクトを生成を行う。設定した値未満の時は、 P_1 を P_0 として扱い判定を繰り返す。このとき、マーカの位置を xyz の各成分で判定をすることで、マーカの移動方向に対して生成するエフェクトを変えることができる。エフェクトの発生後はマーカデータを順々に記録し

ていき、 n を超えたら古いデータから消していく。図3.2はマーカの移動位置を示したものである。

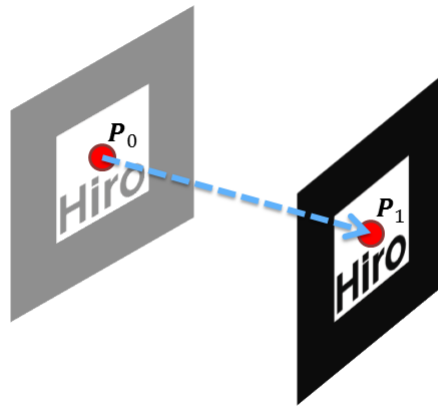


図3.2: マーカの移動位置

3.3 マーカデータの補間

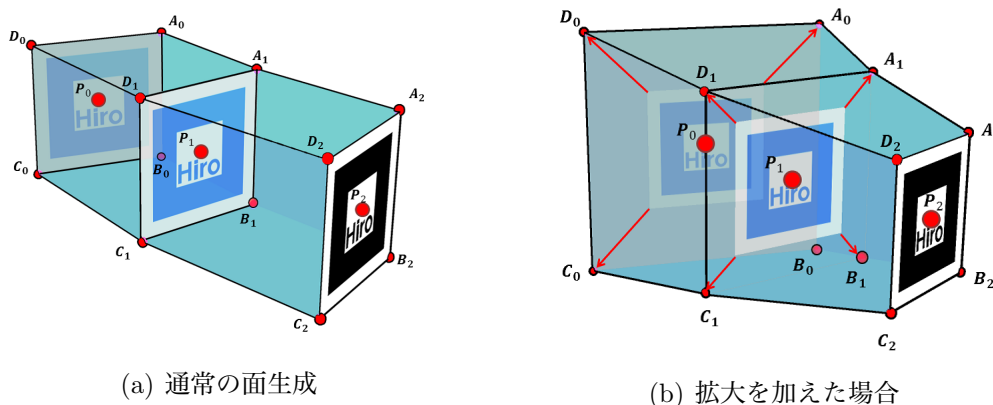
マーカデータを記録していく際に、カメラやコンピュータの性能によって、マーカを認識できないフレームが出てくるため、その間にどのようにマーカが動いたかを補間する必要がある。1番新しいマーカデータ番号 k とその直前に認識したマーカデータ番号 i とし、その間でマーカが認識できなかったフレーム数 m とすると、 m 個のマーカデータを補間する必要がある。このとき1番新しいマーカデータ番号は $k = i + m + 1$ と表すことができる。しかし、マーカ位置を直線で結び m 分割することや、マーカの姿勢がマーカデータ番号 i での姿勢のままでは、マーカの移動や回転といった動きに対応してるとはいえない。そのため、補間するそれぞれのマーカ位置 $\mathbf{P}_j (j = i + 1, i + 2, \dots, i + m)$ と、マーカの向きを表す方向ベクトル $\mathbf{N}_j (j = i + 1, i + 2, \dots, i + m)$ 、マーカの回転要素を表すアップベクトル $\mathbf{U}_j (j = i + 1, i + 2, \dots, i + m)$ を求める必要がある。

まず、補間するマーカ位置 \mathbf{P}_j を求める。 \mathbf{P}_{i-1} から \mathbf{P}_i への移動ベクトルを \mathbf{q} とする。 i が0の時は \mathbf{P}_{i-1} が存在しないため \mathbf{q} はゼロベクトルと仮定する。次に、 \mathbf{P}_k

補間するマーカデータを計算した後はマーカを認識して追加したとき同様に、マーカデータ数が $n + 1$ になるまで古いデータを消していく。

3.4 テクスチャの貼り込み

次にマーカデータをもとに、テクスチャを貼るための面を作成していく。各マーカデータ番号 i でのエフェクトの発生元となる線分を A_iB_i 、 B_iC_i 、 C_iD_i 、 D_iA_i としたとき、それぞれ次のマーカデータでの線分と結び、面 $A_{i+1}B_{i+1}B_iA_i$ 、 $B_{i+1}C_{i+1}C_iB_i$ 、 $C_{i+1}D_{i+1}D_iC_i$ 、 $D_{i+1}A_{i+1}A_iD_i$ を作る。図 3.4(a) はマーカデータが 3 つで、エフェクトの発生元となる線分を AB 、 BC 、 CD 、 DA としたときに生成する面を示したものである。このとき、マーカ座標系で発生元となる線分に回転移動や拡大縮小を行うことで、テクスチャを貼る面を変化させることができる。テクスチャと組み合わせることで様々な表現を可能にする。図 3.4(b) は図 3.4(a) をそれぞれ P_0 で 2 倍、 P_1 で 1.5 倍の拡大をした例である。



(a) 通常の面生成

(b) 拡大を加えた場合

図 3.4: 面の生成

テクスチャを貼るために各発生元の線分の端点に uv 座標を設定していく。 uv 座標はテクスチャの xy 軸をそれぞれ 0.0 から 1.0 の間で表したものである。テクスチャの貼り方は、1 つの線分 AB が作る面に 1 つテクスチャを貼る方法と、複数の

線分 AB、BC、CD、DA が作る面全体に 1 つテクスチャを貼る方法をとる。図 3.5 はテクスチャ例で、2 つの貼り方を示したものが図 3.6 である。

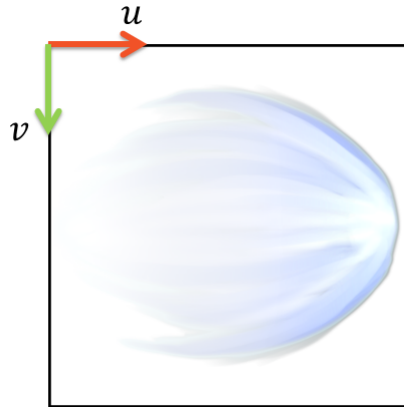
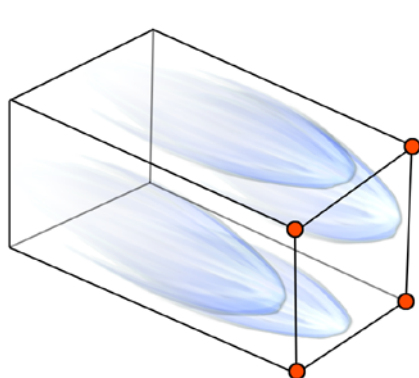
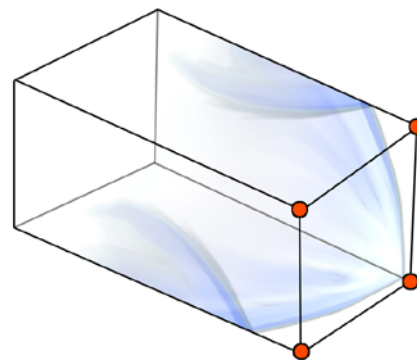


図 3.5: テクスチャ例と uv 座標



(a) 1 つの線分が作る面に 1 つ貼る場合



(b) 複数の線分が作る面全体に 1 つ貼る場合

図 3.6: テクスチャの貼り方

u の値は最初のマーカ位置 \mathbf{P}_0 を基準にしたマーカの移動距離によって決める。最初のマーカデータでの各線分の端点は $u = 0.0$ とする。式 (3.5) で各マーカデータ間のマーカの移動距離 $d_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を求め、式 (3.6) でマーカの移動総距離 D を求める。次に、式 (3.7) で距離 1 に対する u の値 Δu を求め、各マーカデータの u の値を式 (3.8) で求める。図 3.7 に u 座標を設定した例を示す。

$$d_i = \sqrt{(\mathbf{P}_{i_x} - \mathbf{P}_{i-1_x})^2 + (\mathbf{P}_{i_y} - \mathbf{P}_{i-1_y})^2 + (\mathbf{P}_{i_z} - \mathbf{P}_{i-1_z})^2} \quad (i \geq 1) \quad (3.5)$$

$$D = \sum_{k=1}^n (d_k) \quad (i \geq 1) \quad (3.6)$$

$$\Delta u = \frac{1}{D} \quad (3.7)$$

$$u = \sum_{k=1}^i (d_k) \Delta u \quad (3.8)$$

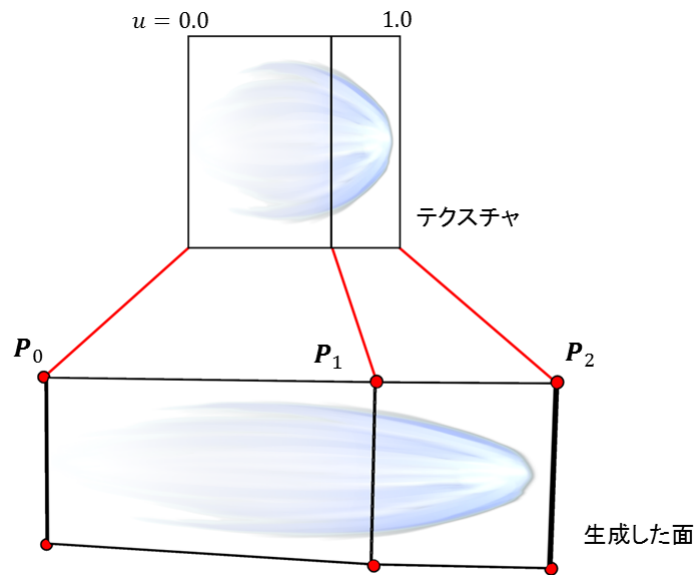


図 3.7: u 値を設定した例

v の値は各マーカデータのエフェクトの発生元である線分によって決める。1つの線分が作る面で1つテクスチャを貼る場合は、 $\mathbf{A}_v = 0.0$ 、 $\mathbf{B}_v = 1.0$ と設定する。複数の線分が作る面全体で1つテクスチャを貼る場合は、エフェクトの発生元と

なる線分の数 m で分割し 0.0 から 1.0 の間の数値を設定する。複数の線分を AB、BC、CD、DA とした場合、A から順に番号 $j = 0, 1, \dots, m$ とし、式 (3.9) で v を求める。

$$v = \frac{1}{m}j \quad (3.9)$$

3.5 エフェクトの消去

通常エフェクトは発生した状態を保つわけではないため、発生したエフェクトを消すための判定をする。現実でのパンチの動きを見ると、ストレートやアッパーのよう振り切る場合と、ジャブのように元の位置に戻る場合がある。

そこで、本研究では発生したエフェクトを消す条件として次の3つを定めた。

- マーカの移動が反転した時
- マーカが停止した時
- マーカが認識できない時間が長い時

それぞれの状態を、「ターン」、「ストップ」、「タイムアウト」と定義する。これら3つの内、1つを満たした場合に消去処理に移り、時間に応じて発生したエフェクトの不透明度を変化していく。不透明度はアルファ値といい、アルファ値は 0.0 から 1.0 の値をとり 0.0 の時は透明になる。発生したエフェクトのアルファ値は 1.0 であり、消す条件を満たしたときに次第に 0.0 に近づけていき、0.0 になった時にエフェクトは完全に消去となる。

ターンはカメラ座標系の xyz 軸上のマーカの移動方向で判定するが、すべての軸ではなくそれぞれの軸で個別に判定する。 x 軸の場合は次の式 (3.10) になり、 $d_1 \leq 0.0$ 、 $d_2 \geq 0.0$ の時は右に移動していたものが左に移動したと判断し、 $d_1 \geq 0.0$ 、 $d_2 \leq 0.0$ の時は左に移動していたものが右に移動したと判断する。

$$d_{1x} = P_{i-1x} - P_{i-2x} \quad d_{2x} = P_{ix} - P_{i-1x} \quad (3.10)$$

y 軸、 z 軸も同様に式 (3.11) 式 (3.12) で d_1 、 d_2 を求めターンの判断をする。図 3.8 にターンした時のマークの移動位置の例を示す。

$$d_{1y} = P_{i-1y} - P_{i-2y} \quad d_{2y} = P_{iy} - P_{i-1y} \quad (3.11)$$

$$d_{1z} = P_{i-1z} - P_{i-2z} \quad d_{2z} = P_{iz} - P_{i-1z} \quad (3.12)$$

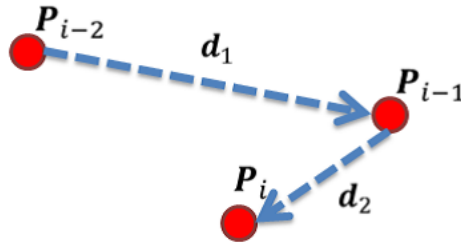


図 3.8: ターン

ストップはコンピュータのフレームレートで任意に設定したフレーム数 f の間、マークがほぼ同位置にある場合にストップと判断する。マーク位置の判定は P_{i-1} と P_i の距離で判断する。このとき距離が任意に設定した距離 d 以下であれば P_{i-1} の位置を記録し、 P_{i-1} と新たなマーク位置との距離が同様に距離 d 以下かを調べ、フレーム数が f に達したときにストップしたと判断する。図 3.9 にストップの例を示す。

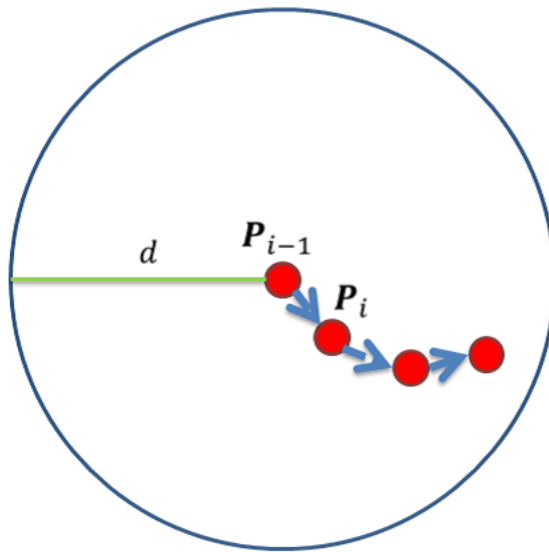


図 3.9: ストップ

タイムアウトはコンピュータのフレームレートで任意に設定したフレーム数 f の間、マーカが認識できない時にタイムアウトと判断する。タイムアウトが起きる場合は、ウェブカメラで認識できる範囲外にマーカが出た時や、マーカの移動が速すぎてコンピュータがマーカを認識できない場合である。フレーム数 f になる前にマーカが認識された場合は、マーカデータの補間を行う。

第 4 章

動作検証と評価

本章では、第 3 章で述べた手法によるエフェクト生成例と、アンケートによるコンテンツとしての有用性の検証を行う。

4.1 動作検証とエフェクト例

本研究では、FKToolKit[22] を利用し 3 章の手法を実装した。動作検証は次の環境で行い、カメラのフレームレートに合わせてプログラムのフレームレートを 30 に設定した。

表 4.1: 実行環境

OS	WindowsXP Professional SP3
CPU	Intel Core2 Duo CPU E8400 3.00GHz
メモリ	2.00GB
ウェブカメラ	Logicool Qcam S7500 30fps

生成するエフェクトは発生元となる線分を 10 本、マーカデータ数 n を 20、50、100 とし、消去判定はタイムアウトを 60 フレームにし、結果がわかりやすいようにストップとターンの判定を無しとした。

表 4.2: FPS

n	FPS
20	30
50	30
100	30

結果は表 4.2 となり、 n が増加しても終始安定していることが確認できた。

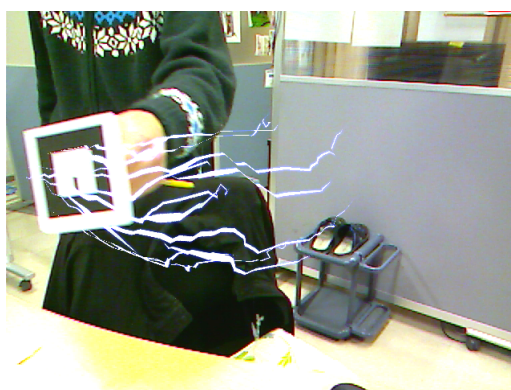
次に、本研究で生成したエフェクトの例を図 4.1 に示す。



(a) 風を切るようなエフェクト 1



(b) 風を切るようなエフェクト 2



(c) 雷のようなエフェクト

図 4.1: 生成したエフェクト例

4.2 検証

本研究では検証のために、AR を利用して的にパンチを当てるゲームを制作した。ゲームはマーカの動きに合わせて仮想のグローブを表示し、マーカを移動して仮想空間に次々と出てくる的にグローブで攻撃していくものである。エフェクトは風を切り裂くような表現を生成する。ゲームにエフェクトありとなしでそれぞれの印象を聞き、生成されたエフェクトに有用性があるかを確認した。図 4.2 はエフェクトを使ったゲームの例である。



図 4.2: エフェクトを使ったゲーム例

4.2.1 検証方法

本研究の有用性の検証方法は次のとおりである。

- 実験方法

協力者にエフェクトなしのゲーム A とエフェクトありのゲーム B を順にプレイしてもらい、アンケートに答えてもらう。

- 調査対象

41 人

- 調査時期

2009 年 12 月

- 調査目的

AR でエフェクト表現を行ったことで迫力や動きに有用性があることと、生成したエフェクトの出るタイミングや動きなどが合っていたかを調査する。

検証の際には、ゲーム A とゲーム B のプレイ順による公平性を保つため、ゲーム A をプレイ後にゲーム B をプレイしてもらう人と、ゲーム B をプレイ後にゲーム A をプレイしてもらう人に分けて検証した。なお、ゲーム A、ゲーム B の順にプレイした人数は 23 人で、ゲーム B、ゲーム A の順にプレイした人数は 18 人である。

4.2.2 アンケート内容

アンケートの問 1 はゲーム A、ゲーム B それぞれに対して聞き、問 2 は生成したエフェクトについて質問した。それぞれの問いは次の通りである。評価方法は、問 1 は「そう感じない～そう感じる」の 5 段階で、問 2 は「そう思うわない～そう思う」の 5 段階で評価した。

- 問 1

1. 強く見える
2. スピード感がある
3. 動きがわかりやすい
4. 見た目が派手
5. ゲーム的

- 問 2

1. 出てくるタイミングが合っていた
2. 消えるタイミングが合っていた
3. 自分が思った通りに表示された
4. 動作に表示があっていた
5. アニメやゲームのようであった

第 5 章

実験結果と考察

本章では実験結果と考察を述べる。

5.1 実験結果

問1のアンケート集計結果を表5.1、5.2示す。実験協力者の個別の評価結果は、本論文の付録に収録した。

表5.1: 問1のゲームAのアンケート結果

質問項目	1	2	3	4	5
強く見える	10	20	7	4	0
スピード感がある	10	16	10	5	0
動きがわかりやすい	0	9	15	11	6
見た目が派手	21	14	4	1	1
ゲーム的	3	11	14	9	4

表5.2: 問1のゲームBのアンケート結果

質問項目	1	2	3	4	5
強く見える	0	0	4	24	13
スピード感がある	0	2	5	18	16
動きがわかりやすい	0	4	9	18	10
見た目が派手	0	0	4	11	26
ゲーム的	1	1	6	15	18

問1のゲームAとゲームBに対する質問の回答を比較した。「強く見える」の項目では、協力者全員Bの方が数値が高く、平均値に約2.1の差があった。「スピード感がある」の項目では、協力者のほぼ全員Bの方が数値が高く、平均値は約1.9の差があった。「動きがわかりやすい」の項目では、協力者によって差があり、ゲームAの方がわかりやすいという人と、ゲームBの方がわかりやすいという人で分かれら。平均値は約0.5の差しかなかった。「見た目が派手」の項目では、協力者ほぼ全員Bの方が数値が高く、平均値は約2.8の差があった。「ゲーム的」の項目では、Bの方が数値が高かったが人によっては同値であり、平均値は約1.2の差があった。有意差を調べるためにT検定をしたところ、問1ではすべての項目で有意性があった。T検定結果を表5.3に示す。

表5.3: 問1のT検定の結果

質問項目	検定結果
強く見える	$t = -12.34, df = 80, p \leq .05$
スピード感がある	$t = -9.65, df = 80, p \leq .05$
動きがわかりやすい	$t = -2.31, df = 80, p \leq .05$
見た目が派手	$t = -15.79, df = 80, p \leq .05$
ゲーム的	$t = -5.18, df = 80, p \leq .05$

次に問2のアンケート調査結果を表5.4を示す。

表5.4: 問2のアンケート結果

質問項目	1	2	3	4	5
出てくるタイミングがあっていた	0	2	8	25	6
消えるタイミングがあっていた	0	3	8	20	10
自分が思った通りに表示された	0	6	12	17	6
動作に表示があっていた	0	0	10	23	8
アニメやゲームのようであった	0	2	8	18	13

問2のエフェクトの見た目に関する質問では、どの項目の評価も4が1番多く、1を選ぶ人はいなかった。

5.2 考察

アンケート結果からアニメやゲームのように迫力があり、動作にあったエフェクトができていると感じる人が多かった。問1の「強く見える」「スピード感がある」「見た目が派手」「ゲーム的」において、協力者ほぼ全員がエフェクトが無いものより、エフェクトがある方が評価が高くなっている。そのため、動きに対して迫力がついていると言え、コンテンツとして有用性があると言える。しかし、「動きがわかりやすい」の項目では、仮想物体がそのまま表示された方がわかりやすいという人も多かった。理由としては、仮装物体の上にエフェクトが表示されるため、動きが確認しづらくなるといったことが挙げられる。

よりアニメやゲームのようにするために、動きに対するエフェクトだけでなく、攻撃が当たったときのエフェクトや、効果音を入れた方がいいという意見があった。

全体として、仮想物体だけのゲーム A よりエフェクトを表示したゲーム B の方が楽しくプレイしていたため、エフェクト表現は効果があったと考えられる。

第 6 章

まとめ

本研究では、ARToolKit を利用しマーカを認識してエフェクトの自動生成手法を提案した。マーカは常に認識できるとは限らないため、マーカ移動の補間をすることでアニメやゲームのようなエフェクトが生成できるようになり、アニメやゲームのようなエフェクトが実現できた。エフェクトの発生タイミングや消えるタイミングを調整する必要があるが、AR を利用したコンテンツの幅を広げることができる。

今後の展望として、溜めの表現や、ウェブカメラの移動に対応することなどが挙げられる。本研究では攻撃時の動きに発生するエフェクトを表現したが、ゲームなどの攻撃では溜めの表現もある。溜めの表現をすることで、発生するエフェクトの威力に変化を持たせることが可能になり、エフェクトの表現の幅を広げることができる。

また、本研究ではモニターの上などにカメラを固定していることを想定し、マーカの位置をカメラ座標で判定を行った。そのため、ヘッドマウントディスプレイなどを利用して空間を自由に移動するゲームなどでは、基準となるカメラが動くこととなり、マーカが移動したと判定してしまい、本研究の手法ではエフェクトが発生してしまう。カメラの動きにも対応することで、現実世界の移動を考えた AR コンテンツが可能である。

謝辞

本論文を締めくくるにあたり、研究の方針や開発の手法、論文の執筆と幅広いご指導を頂いた、本校メディア学部の渡辺大地講師、三上浩司講師に深く感謝いたします。また、ARのシステムを利用するにあたってご協力頂いた海上一徳さん、竹内亮太さんにも深く感謝いたします。そして、ゲームサイエンスと一緒に研究を行ってきた仲間や、協力してくれた友人に感謝いたします。

参考文献

- [1] 石川悠, “インタラクティブ MR インテリアデザイン,” (2003).
- [2] 天目隆平 and 神原誠之 and 横矢直和, “ウェアラブル拡張現実感のための現実環境の三次元モデルを利用した情報提示,” *電子情報通信学会技術研究報告*, *PRMU2004-257*, 151–156 (2005).
- [3] 磯 光雄/徳間書店, 電脳コイル製作委員会, “電脳コイル, TV アニメーション.” *NHK 教育* (2007).
- [4] 青木孝文, 三武裕玄, 浅野一行, 栗山貴嗣, 遠山喬, 長谷川晶一, 佐藤誠, “実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャの実現 Kobito-Virtual Brownies,” *Interaction* (2006).
- [5] NHK, “天才てれびくん MAX ビットワールド, TV 番組.” *NHK 教育* (2007).
- [6] SF マガジン編集部, [*Sync Future*], 早川書房 (2009).
- [7] エプソン, “3D 年賀状.” <http://www.epson.jp/products/colorio/ar/>.
- [8] 株式会社エンタースフィア, “cg.” <http://www.cg-site.net/>.
- [9] 住友商事株式会社, “情熱 EARTH.” <http://www.sc-ar.jp/>.
- [10] 尾田栄一郎, [*ONE PIECE*], 集英社 (1997).

- [11] 今井神, [*NEEDLESS*], 集英社 (2003).
- [12] 松浦健一郎, 司ゆき, [*ゲームエフェクトマニアックス*], ソフトバンククリエイティブ株式会社 (2006).
- [13] Fukuchi, K. TANNENBAUM, E., “EffecTV: an application of DEMO techniques to realtime video effect,” *Joho Shori Gakkai Shinpojiumu Ronbunshu* **2003**(1), 94–99 (2003).
- [14] “ARToolKit.” <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>.
- [15] Fiala, M., “Artag revision 1, a fiducial marker system using digital techniques,” *National Research Council Publication* (2004).
- [16] Lee, T. Höllerer, T., “Handy AR: Markerless inspection of augmented reality objects using fingertip tracking,” in [*International Symposium on Wearable Computers*], Citeseer (2007).
- [17] Klein, G. Murray, D., “Parallel tracking and mapping for small AR workspaces,” in [*Proceedings of the 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*], 1–10, IEEE Computer Society (2007).
- [18] 神原誠之 横矢直和, “現実環境の照明条件と奥行きの実時間推定による仮想物体の陰影表現が可能な拡張現実感,” **画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2004)** **2**, 247–252 (2004).
- [19] 仁科勇作, 奥村文洋, 神原誠之, 横矢直和, “適応的なハイダイナミックレンジ画像合成による拡張現実感のための光学的整合性の実現,” **画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008)** (2008).

- [20] 佐藤智和 横矢直和, “AR/MR における幾何位置合わせ手法の現状- 自然特徴を使った手法の研究動向と課題,” **日本バーチャルリアリティ学会大会論文集** (2009).
- [21] 加藤博一 Billinghamurst, M. 浅野浩一 橘啓八郎, “マーカー追跡に基づく拡張現実感システムとそのキャリブレーション,” **日本 VR 学会論文誌** 4(4), 607-616 (1999).
- [22] 渡辺大地, “Fine Kernel Tool Kit System.” <http://www.teu.ac.jp/media/~earth/FK/>.

付録 A

アンケート結果

No	質問1									
	A					B				
	強く見える	スピード	動き	派手	ゲーム的	強く見える	スピード	動き	派手	ゲーム的
A→B										
1	3	3	4	1	4	4	4	4	5	5
2	4	4	3	2	2	5	5	5	5	5
3	1	1	2	1	1	3	2	4	3	2
4	1	1	3	3	4	5	5	4	5	4
5	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3
6	1	1	2	2	5	4	4	5	5	5
7	2	3	3	2	2	4	4	4	5	5
8	3	4	3	2	1	3	4	4	4	1
9	1	1	2	1	2	4	5	4	3	4
10	2	1	3	1	3	4	3	2	5	5
11	2	3	3	1	3	4	5	4	3	3
12	2	3	4	2	2	5	4	4	5	5
13	1	1	4	1	3	5	4	2	5	5
14	1	3	4	1	1	4	3	2	5	5
15	2	2	3	3	5	4	4	4	4	5
16	2	2	4	2	2	4	5	3	5	3
17	3	4	5	3	3	4	5	3	4	4
18	1	2	4	1	4	4	3	4	4	5
19	2	2	3	1	3	4	4	5	4	4
20	1	1	4	2	4	5	5	5	5	4
21	2	2	2	2	2	4	4	3	4	3
22	2	2	3	1	4	5	4	3	5	4
23	2	3	2	1	3	5	3	5	5	3
B→A										
24	2	2	3	1	3	4	5	4	5	4
25	1	1	2	1	2	5	4	4	4	4
26	3	2	2	2	4	4	4	3	3	4
27	2	2	3	1	2	4	5	3	5	4
28	2	3	3	2	2	4	5	4	4	5
29	2	3	5	1	4	3	2	4	4	4
30	2	2	5	3	3	5	5	5	5	5
31	2	3	5	2	2	5	5	4	5	5
32	3	2	4	2	3	5	4	5	5	4
33	4	2	3	2	5	4	5	3	5	5
34	3	2	5	1	3	4	4	2	5	3
35	2	1	3	1	4	4	5	3	5	4
36	3	3	4	2	4	5	4	5	5	5
37	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5
38	2	1	2	1	3	3	5	5	4	4
39	2	2	4	1	3	4	3	4	5	5
40	1	2	3	1	3	4	4	4	5	5
41	2	2	2	1	2	4	4	3	5	4

図 A.1: 問1のアンケート結果

No	質問2				
	出るタイミング	消えるタイミング	自分が思ったとおりに表示されたか	動作に合っていたか	アニメ、ゲームっぽい
1	3	4	2	4	4
2	4	4	2	5	5
3	3	2	3	4	3
4	4	4	3	4	5
5	3	3	4	4	3
6	4	2	4	4	4
7	4	4	4	3	4
8	4	4	3	3	2
9	3	3	3	4	4
10	4	3	4	5	5
11	4	5	4	4	3
12	5	5	4	5	5
13	2	5	2	3	4
14	2	4	3	3	4
15	3	4	4	3	3
16	4	5	3	4	3
17	4	5	4	4	5
18	4	4	5	5	4
19	4	3	2	5	4
20	4	4	5	5	5
21	4	4	3	4	5
22	5	5	5	5	4
23	4	3	3	4	4
24	4	4	5	4	5
25	4	4	3	4	4
26	4	3	4	4	3
27	5	4	5	4	4
28	3	4	4	5	4
29	3	3	4	3	2
30	5	5	4	3	4
31	3	3	2	3	4
32	4	4	3	4	3
33	4	5	3	4	5
34	4	4	4	4	4
35	4	4	2	3	3
36	4	4	4	4	5
37	4	4	4	4	5
38	5	5	5	4	4
39	4	2	3	3	4
40	5	4	4	4	5
41	4	5	4	4	5

図 A.2: 問2のアンケート結果