

卒業論文

2006 年度 (平成 18 年度)

2 眼ビデオカメラによる立体映像補正

指導教員

慶應義塾大学環境情報学部

村井 純

中村 修

慶應義塾大学 環境情報学部

松谷 健史

卒業論文 2006 年度（平成 18 年度）

2 眼ビデオカメラによる立体映像補正

論文要旨

本研究は 2 台のカメラを用いて撮影した立体動画コンテンツに必要な画像補正を自動的に行う手法を提案する。

動画映像を立体映像として再現できるように撮影する手法として、2 台のカメラ（またはレンズ）を左右並列に配置する方法がある。2 台のカメラは人間の左目と右目に相当し、両眼視差により奥行き感が形成され立体として認識することができる。

しかし、単純に 2 台のカメラを並列に設置するだけでは映像を立体として認識できない。なぜなら人間は注視している被写体の位置や距離に応じて左右の眼球輻輳運動を自動的行なうことで遠くのものも近くのものも立体認識しているからである。

よって既存手法では 2 台のカメラで立体撮影をする場合は、撮影前に被写体の位置に応じてカメラ方向を動かして調整し、撮影後に編集作業で左右の映像を重ね、確認しながら微調整が必要になる。また、2 台のカメラをきっちり並列に置いて撮影したつもりでも、左右の映像が上下にずれるなど、撮影時のレンズの焦点距離が微妙に異なり、厳密にみると映像の大きさが左右異なることもめずらしくない。このような調整が十分に行われず左右の映像のずれが大きくなると眼精疲労がおきやすくなり、場合によっては立体視ができなくなるなどの問題を招く。

本研究では、2 つのカメラを用いた立体撮影における、眼球の輻輳運動にあたる映像補正および、カメラ個体の精度のずれがまねく映像補正を画像処理によって自動的に行う事でこの問題を解決する。本研究により、立体撮影に適した画像の自動補正が可能になり、動画コンテンツのクオリティを高めるとともに、撮影後の映像の補正作業を削減することができる。

キーワード

1. 立体撮影, 2. 立体映画, 3. ステレオ画像, 4. パターンマッチング, 5. 2 眼カメラ, 6. 画像補正

慶應義塾大学環境情報学部
松谷 健史

Abstract of Bachelor's Thesis

Academic Year 2006

3-Dimensional Image Correction using Twin Lens Video Camera

This research proposes a method to correct 3-D scenographies automatically that is recorded by twin lens video camera.

The method of setting two cameras or lens in parallel is used to construct a 3-D scenography from 2-D visions. Two cameras function as eyes, and the images are recognized as 3-D by sensing the depth created by parallax difference.

However, by simply placing the two cameras in parallel, the images cannot be recognized as 3-D. Regulating the angle of convergence according to the position and the distance of the subject from the camera is necessary to achieve a 3-D scenography. Hence it is necessary to regulate the angle of cameras before shooting, and also to adjust the two pictures after shooting to construct a 3-D scenography.

Furthermore, two cameras placed in parallel may have position and/or angle errors. These errors in placing cameras may cause eye strain in seeing the picture, and large errors may prevent for the picture to be seen as 3-D.

This research addresses the issue by adjusting the pictures automatically through a image processing. It improves the quality of 3-D scenographies, as well as decreasing the cost of image processing to construct 3-D scenographies.

Keywords:

1. 3-Dimensional Motion Capturing, 2. Stereo Movie, 3. Pattern Matching, 4. Two Lens Camera,
5. Image Correction

Keio University
Takeshi Matsuya

目次

第 1 章	序論	1
1.1	研究の背景	1
1.1.1	立体上映環境の普及	1
1.1.2	立体撮影の問題	1
第 2 章	立体撮影	3
2.1	立体撮影方式	3
2.1.1	2 眼式	3
2.1.2	多眼式	3
2.1.3	ホログラフィー	3
2.1.4	撮影方式の選択	4
2.2	立体認識	4
2.2.1	眼球の輻輳運動	4
2.2.2	両眼視差	4
2.3	平行法と交差法	5
2.3.1	平行法	5
2.3.2	交差法	6
2.4	ステレオベース	6
2.5	2 眼式 立体撮影カメラの検討	7
2.5.1	1 カメラ方式（インターレース方式）	8
2.5.2	1 カメラ方式（可変フレームレート）	9
2.5.3	2 カメラ方式	9
2.5.4	立体専用カメラ方式	9
第 3 章	目的	12
第 4 章	撮影時のカメラ位置自動調整	14
4.1	カメラから被写体までの距離関係	14

4.1.1	距離の計測方法	14
	超音波	15
	カメラのフォーカス値	15
	計測方法の選択	16
4.2	室内での実験	16
4.3	屋外現場での実験	17
4.4	まとめ	20
第 5 章	ステレオ画像補正の概要	21
5.1	画像補正の流れ	21
5.2	共通点探索	21
	5.2.1 特徴・構造ベース法	22
	5.2.2 領域ベース法	22
	5.2.3 SAD アルゴリズムによる検出	23
5.3	位置補正	24
	5.3.1 位置補正の必要について	24
	5.3.2 位置補正の方法	24
5.4	クロスポイントの設定	24
	5.4.1 画像処理によるクロスポイントの設定	24
	5.4.2 クロスポイント位置の決定	25
	5.4.3 ニアレストクロスポイント	25
	5.4.4 ファーゼストクロスポイント	26
	5.4.5 平均地点でのクロスポイント	26
	5.4.6 距離上の中間点でのクロスポイント	26
第 6 章	実装	29
6.1	ソフトウェア開発環境	29
6.2	モジュールの構成	29
6.3	読み込みモジュール	30
6.4	共通点探索モジュール	30
6.5	共通点探索の誤検知と対策	31
第 7 章	評価	33
7.1	定量評価 1	33
	7.1.1 評価目的	33
	7.1.2 評価環境	33

7.1.3	評価用画像	33
7.1.4	評価方法	34
7.1.5	評価結果	34
7.2	定量評価 2	35
7.2.1	評価目的	35
7.2.2	評価用環境と画像	35
7.2.3	評価方法	35
7.2.4	評価の結果	36
	ファーストクロスポイント法	38
	距離上の中間点でのクロスポイント法	41
	ニアレストクロスポイント法	42
	まとめ	43
第 8 章	結論	44
8.1	本研究のまとめ	44
8.2	今後の課題	44
8.2.1	評価手法の確立	44
8.2.2	左右の色合いが異なる場合の認識率低下	44
8.2.3	処理速度の問題	45
8.2.4	クロスポイントの適正值	45
8.2.5	ネットワーク対応	45
	参考文献	47

目次

2.1	ホログラフィー	4
2.2	輻輳	5
2.3	平行法撮影と交差法撮影	5
2.4	平行法による撮影：点線は左のカメラによる映像，実線は右のカメラによる映像	6
2.5	交差法による撮影	7
2.6	交差法による台形歪み：点線は左のカメラによる映像，実線は右のカメラによる映像	7
2.7	瞳孔間隔	8
2.8	ステレオベース	8
2.9	インターレース切り替え（NuView, 3D Video Inc）	9
2.10	可変フレームレート（韓国 Wasol 社製 3 次元アダプタ）	10
2.11	2 カメラ方式	10
2.12	一体型	11
3.1	クロスポイントが調整できていない場合	13
4.1	距離を測りカメラを調整する	15
4.2	被写体距離に応じた適切なカメラ角度	15
4.3	室内撮影見取り図	16
4.4	カメラの角度	17
4.5	平行撮影 $\theta = 90$ 度	18
4.6	$\theta = 88$ 度	18
4.7	屋外撮影見取り図	19
4.8	屋外現場での撮影	20
5.1	フローチャート	22
5.2	テンプレートマッチング	23

5.3	位置補正	24
5.4	画像処理によるクロスポイントの設定	25
5.5	距離と視差量	25
5.6	画像と距離の関係	28
6.1	実装フローチャート	32
7.1	評価用画像	34
7.2	見取り図	37
7.3	左側評価用画像	38
7.4	右側評価用画像	38
7.5	補正前	40
7.6	ファーストクロスポイント設定後	40
7.7	距離上の中点でのクロスポイント設定後	42
7.8	ニアレストクロスポイント設定後	43

表目次

6.1	実装環境	29
7.1	機器環境	33
7.2	照合結果ログ 1	36
7.3	補正前後の比較	37
7.4	機器および撮影環境	37
7.5	照合結果ログ 2	39
7.6	被写体 A のずれ量	40
7.7	被写体 B のずれ量	42
7.8	被写体 C のずれ量	43

第 1 章

序論

1.1 研究の背景

1.1.1 立体上映環境の普及

近年、映像におけるデジタル技術の躍進とともに HD 機器や放送の拡充がめざましい。従来のアナログ放送品質である SD 品質からデジタル技術を多用したハイビジョン TV やハイビジョンカメラなどに主力商品が移行してきた。映画業界においても、従来のアナログフィルム上映から 2 K、4 K の解像度をもつデジタルシネマの世界へと急速に移行している。アメリカの映画業界に着目するとデジタル技術を用いた 3 D シネマ上映館が急速に普及してきている。

3D シネマは、従来の平面的な映像ではなく、スクリーン上で奥行きを再現することにより、より映画の臨場感を得られる仕組みである。

2006 年の映画では、“チキンリトル”、“スーパーマンリターンズ”、“ナイト・メア・ビフォア・クリスマス”等の映画が米国、日本に 3 D シネマとして製作され上映された。2007 年には S t a r W a r s も立体上映にて公開が予定されており、日本でも立体上映可能な劇場が増える傾向にある。

1.1.2 立体撮影の問題

立体映像上映環境の普及の一方で、立体撮影に関しては製作会社の数も極端に少なく、製作されているコンテンツの数も少ない。過去に立体 VHD や立体映画等のブームが起きた事がある。これは左右で色の異なる赤青メガネを使ったり、立体品質の良くない立体映像を見ることによる眼精疲労が原因となって、普及には至らなかった。立体コンテンツが眼精疲労を招く要因のひとつには、立体映像に適した撮影環境や編集作業が行われていないということがある。

2005年から2006年にかけて上映された立体映画の大部分は、1つのカメラで撮影した映像をコンピュータグラフィックス処理と手作業を施して、立体映像に変換したものであり、立体撮影を利用していない。

実写で立体撮影したコンテンツは立体映像としての品質が高くないものが多い。原因として2つ挙げる。まず立体映像は完璧に調整された状態で撮影することが難しい。次に撮影後に立体向けの編集調整作業をせずに、そのまま記録することが珍しくない。この為、コンピュータグラフィック等で正確に立体向けに調整されたものと比べて品質が劣る。

本研究は、立体デジタルコンテンツの今後の普及を見据えて実写立体撮影におけるコンテンツ作成の品質向上と作業の自動化を目指す。

第 2 章

立体撮影

本章では、立体撮影特有のキーワードについて説明する。

立体全般の参考文献として [1] と [2] を参照した。

立体の撮影現場に関する参考文献として [3] を参照した。

2.1 立体撮影方式

2.1.1 2眼式

2つのカメラ（またはレンズ）を用いて左目と右目用の異なる位置から映像を撮影することにより両眼視差を作る。2台のカメラを用いるか、1台のカメラのレンズ部にステレオアダプターを装着することにより実現できる。撮影時の方向がひとつしかない為、立体再生時にいかなる方向からみても同一視点からの映像しか見ることが出来ない。

2.1.2 多眼式

同時に複数台のカメラ（またはレンズ）位置から撮影する。複数の視点で撮影されている為、立体再生時に見る位置や方向に応じて異なる映像を参照することが出来る。

2.1.3 ホログラフィー

通常の撮影は光の強弱をフィルムやCCDに記録するが、ホログラムの作成にはレーザーを用いて被写体からの光（物体光）と元のレーザー（参照光）を干渉させてできる干渉縞を記録させる。図 2.1にその様子を示す。

再生する場合は参照光をあてることにより、干渉縞に応じて光が回折し光の波を再現することができる。干渉縞の記録は1ミリあたり数千となり、非常に高解像度な記録が必

要になる。特定の位置からの光の強弱を再生するのではなく、光の波を再生する為、見る位置に応じて異なる映像を参照することができる。

2.1.4 撮影方式の選択

以上3種類の方式について述べたが、多眼方式では一般的に6台以上のカメラが必要のためロケ地撮影には適さない。また、ホログラフィー方式も撮影ではレーザー光を用い外部の撮影に適さないため、本研究では立体映像撮影において一番多く用いられている2眼方式に関して取り扱うこととする。

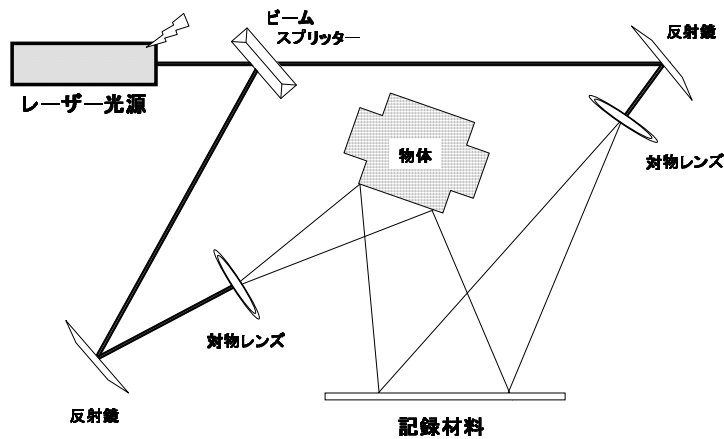


図 2.1 ホログラフィー

2.2 立体認識

2.2.1 眼球の輻輳運動

輻輳とは眼球運動のひとつで、目標物に対して視線を交差させようとする両眼の動きである。遠くの目標物を見る場合は左右の眼球の視線は限りなく平行となり、近くの目標物を見る場合は左右の視線は目標物に対して鈍角となる。図 2.2にこの様子を示す。このときの角度を輻輳角度と呼び、脳が奥行き感を得る情報のひとつになっている。また、輻輳運動によって視野の中心に常に目標物をとらえることができる。

2.2.2 両眼視差

両眼視差とは左右の眼によって得られる映像の横位置の違いのことである。この違いによって目標物までの距離を感じる事ができる。遠くの目標物では視差が少なく、近くの目

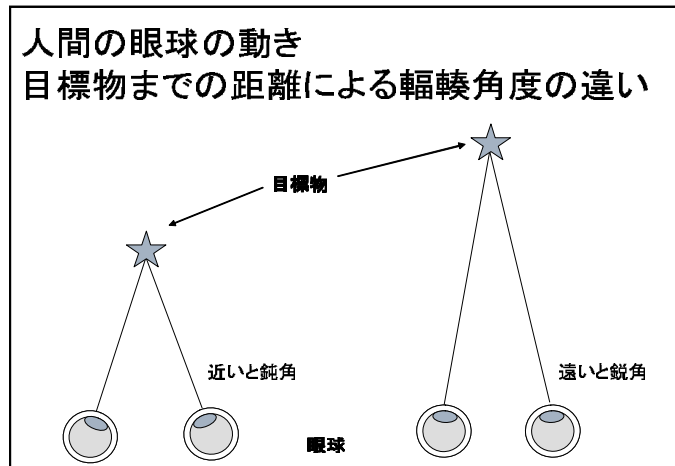


図 2.2 輻輳

標物では視差が多くなる。

2.3 平行法と交差法

2眼カメラを用いた撮影には、カメラの光軸を平行においた平行法と、被写体の位置で交差させた交差法がある。平行法と交差法の違いを図 2.3に示す。この2種類の方法について説明する。

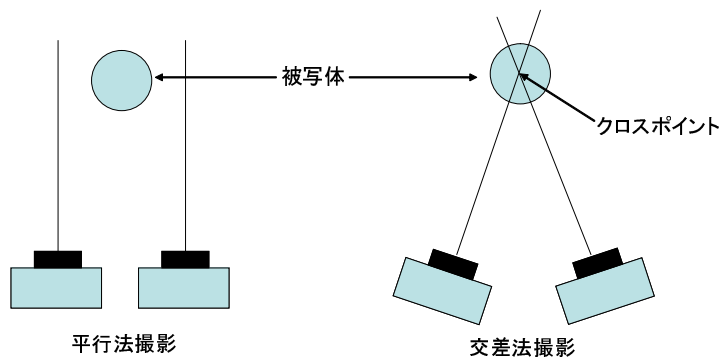


図 2.3 平行法撮影と交差法撮影

2.3.1 平行法

平行法では左右カメラの光軸が正面方向の同じ向きで撮影される。光軸が並行な為、映像に幾何学的な歪みがおきない理想的な配置である。ただし、左右のカメラでフレーム内

に同じ目標物を収めることが出来なくなる為、近距離の撮影においては用いられることが少ない。遠くの風景画などの撮影には適している。

平行法では撮影時に左右の映像の位置ずれが生じる為、立体表示を行う場合、横軸のオフセット補正処理が基本的に必要になる。ただし、位置ずれが目立たないほど目標物までの距離が離れている場合は補正の必要は無い。

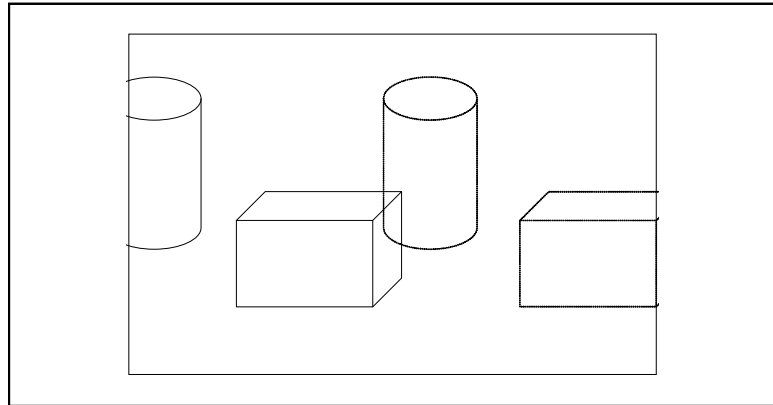


図 2.4 平行法による撮影：点線は左のカメラによる映像，実線は右のカメラによる映像

2.3.2 交差法

交差法では左右のカメラのフレーム中心に目標物をとらえることができる。再生ディスプレイがあれば画像の編集をせずに、そのまま立体表示が可能なので立体撮影の現場で多く利用されている。左右の光軸の交差点をクロスポイント (図 2.3参照) と呼ぶ。クロスポイントの位置が立体上映をするスクリーンの奥行き位置となるため、撮影時に奥行き感の調整をすることができる。交差法で撮影された映像は加工せずにそのまま立体映像として利用することができる。左右のカメラの光軸が異なる為、映像に台形歪みが生じる。

2.4 ステレオベース

2眼カメラの撮影において人間の瞳孔間隔にあたるものがステレオベースで、両眼視差を作る要因となる。ステレオベースを広げると奥行き感が強くなり、狭めると奥行き感が少なくなる。

平均的な人間の瞳孔間隔は6.5cmといわれている。

ステレオベースも人間の瞳孔間隔を基準とされているが、実際カメラのレンズの直径やカメラの横幅の事情によりそれより長いものになってしまうことが多い。

遠方の撮影においてステレオベースを大きくとらないと、両眼視差が少なく奥行き感

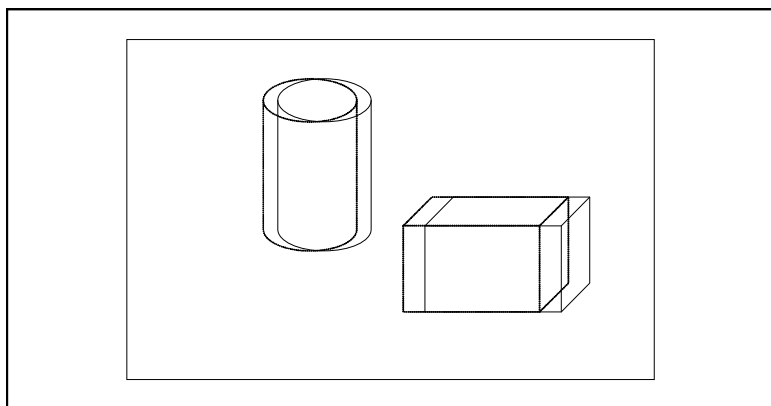


図 2.5 交差法による撮影

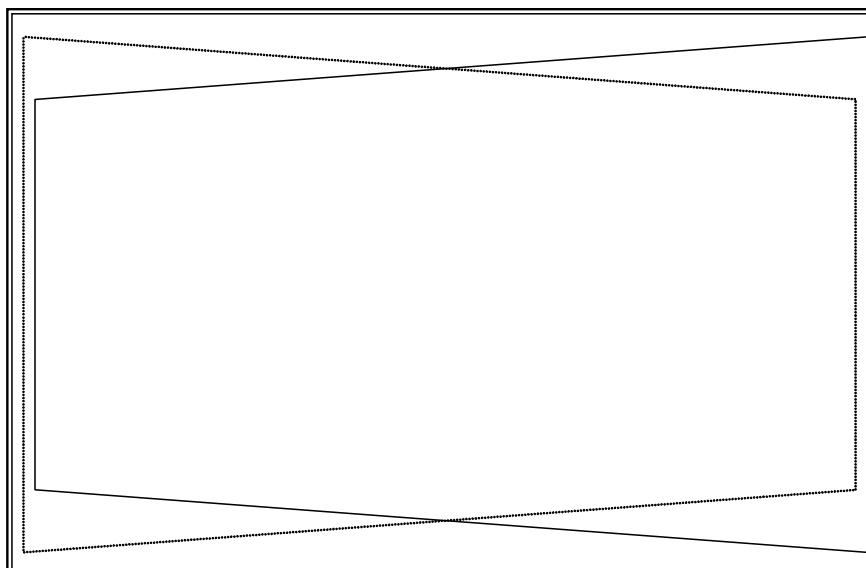


図 2.6 交差法による台形歪み：点線は左のカメラによる映像，実線は右のカメラによる映像

を感じられなくなる。このように被写体までの距離を配慮し、飛び出し感を調整するために適切なステレオベースを設定する必要がある。

2.5 2眼式 立体撮影カメラの検討

2眼式カメラには、1台のカメラのレンズ部分にステレオアダプターを取り付けて時間差で左右の映像を高速に切り替えて撮影する1カメラ方式と、2台のカメラを用いて撮影する方式がある。1カメラ方式では左右の映像を時間差で撮影するために、左右の映像に必ず撮影時間のずれが生ずるが、2カメラ方式では左右の映像が同期して撮影できる。また、1カメラ方式ではステレオアダプターを取り付けることにより、広角撮影におけるケ

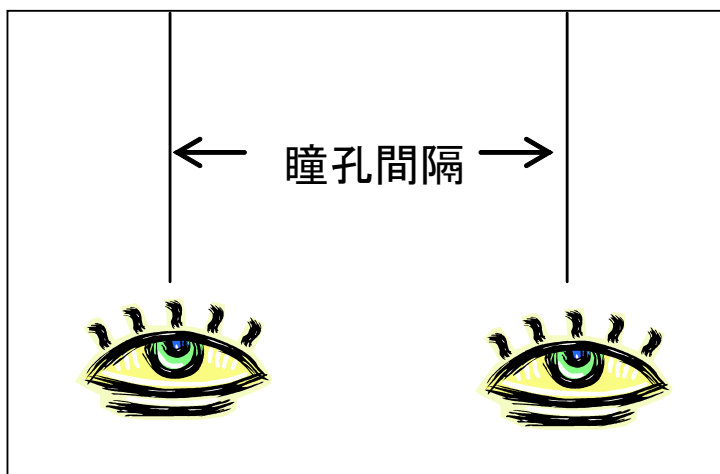


図 2.7 瞳孔間隔

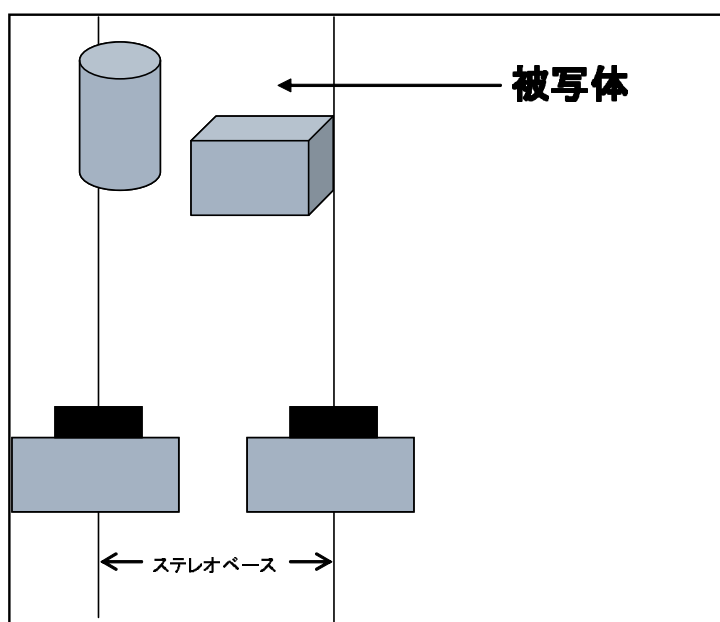


図 2.8 ステレオベース

ラレ現象、鏡による反射やプリズム屈折による光量の減少など光学的特性が変わってしまう問題がある。

以下に方式の利点と欠点を述べる。

2.5.1 1カメラ方式（インターレース方式）

カメラのレンズ部分に2つのレンズやミラーから成り立つステレオアダプターを取り付ける。(図 2.9) にこの様子を示す。ステレオアダプターにはハーフミラーやプリズムなど

を使って左右のレンズからの入力をカメラの入力とする。左右の映像の切り替えは、ビデオのインターレース信号を基準とし奇数フレーム走査時には左側レンズと偶数フレームには右側のレンズからの入力のみはいるように高速な液晶シャッター等で切り替える。水平同期信号出力（ビデオ信号）を持つ多くの市販のビデオカメラに取り付けることが可能だが、水平解像度が半減してしまう。



図 2.9 インターレース切り替え (NuView, 3D Video Inc)

2.5.2 1カメラ方式（可変フレームレート）

1カメラ方式（インターレース）とほぼ同じだが、カメラの撮影速度をプログレッシブにて通常30フレーム／秒のところを2倍の60フレーム／秒にすることにより解像度を落とさずに撮影することが可能である。この例を図 2.10に示す。

2.5.3 2カメラ方式

通常のビデオカメラを横に2台設置する。操作を同期させる為のリモコンを用意することが望ましい。この例を図 2.11に示す。

2.5.4 立体専用カメラ方式

左右2つの映像の同期撮影や同期操作が可能である。クロスポイントを手動で調整することも可能ができる。図 2.12にこの例を示す。



図 2.10 可変フレームレート（韓国 Wasol 社製 3 次元アダプタ）



図 2.11 2 カメラ方式



图 2.12 一体型

第3章

目的

2章では立体撮影手法の現状について述べた。

立体撮影においてカメラの向きをクロスポイントの位置へ設定することが大変重要である。立体撮影専用のカメラではレンズの向きを手動で調整することによりクロスポイント位置が可能だが、調整に時間を要し、また、手作業故に再生してみるとずれてしまうこともめずらしくない。

クロスポイントのずれは、立体表示時の眼精疲労を招く。また、ずれ幅が大きいと再生時に同一の立体映像として認識出来できない。

このようなクロスポイントのずれは撮影後の編集作業である程度直すことができるが、手作業の為、複数カットがあった場合など作業負担は大きい。

また、2台のカメラを設置した場合に生ずるメカニカルな精度のずれにより、左右の映像の撮影位置が異なり、ずれてしまうことが起きる。

本研究では、立体撮影において重要なポイントであるクロスポイントの調整を撮影後に自動的に画像補正する手法と撮影時の位置ずれを補正する手法について提案する。

手動による調整では、立体撮影中にパンやズーム等で被写体との距離や焦点距離が変わると迅速に適切なクロスポイント位置へ追従して対応することが難しく、被写体の動きが制限される。本研究により、被写体に対してのクロスポイント位置を動的に追従できるようになる。これらの動きのある立体撮影も可能になると期待できる。

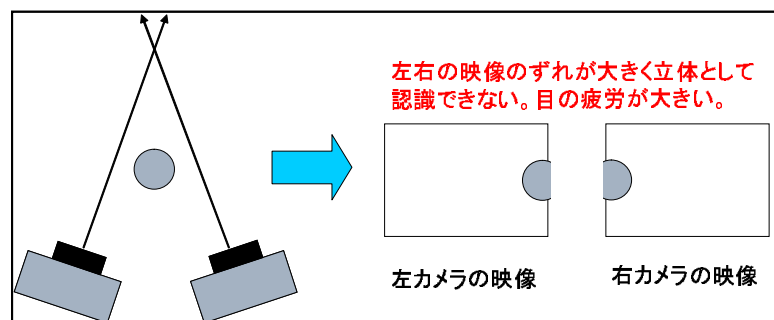


図 3.1 クロスポイントが調整できていない場合

第 4 章

撮影時のカメラ位置自動調整

本章では、被写体をクロスポイント位置で撮影ができるように、カメラやレンズの位置を自動的に調整する手法について検討し、実験によって有効性を確認する。

4.1 カメラから被写体までの距離関係

立体撮影に適したクロスポイント位置へカメラを調整する為には、左右のカメラと被写体までの距離関係があきらかになっている必要がある。図 4.1にこの様子を示す。

左右のカメラの距離は撮影時に固定される為、カメラから被写体までの距離を計測することにより、下記の関係が成り立つ図 4.2にこの様子を示す。

StereoBase : 左右のカメラ間の距離

Distance : 被写体とカメラの距離

θ : *StereoBase* とカメラ・被写体間のはさみ角度

$$\begin{aligned}\tan \theta &= Distance \div \left(\frac{StereoBase}{2} \right) \\ \theta &= \arctan \left(Distance \div \left(\frac{StereoBase}{2} \right) \right)\end{aligned}\tag{4.1}$$

4.1.1 距離の計測方法

被写体との距離を測る方法について検討する。

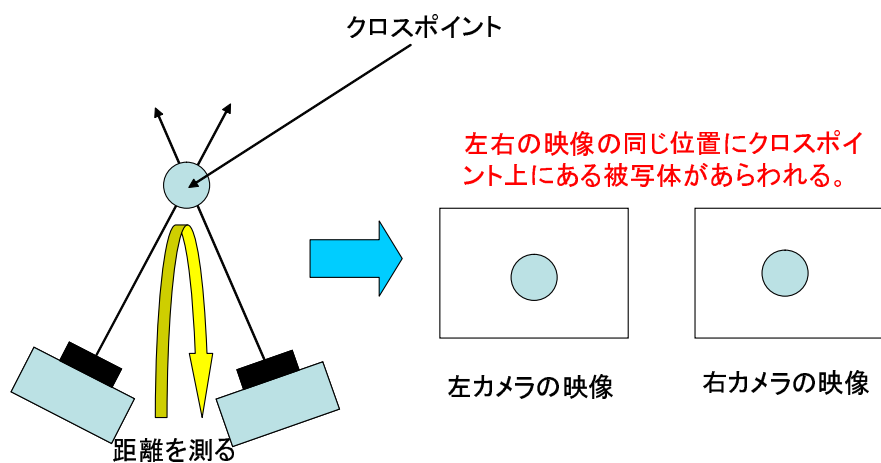


図 4.1 距離を測りカメラを調整する

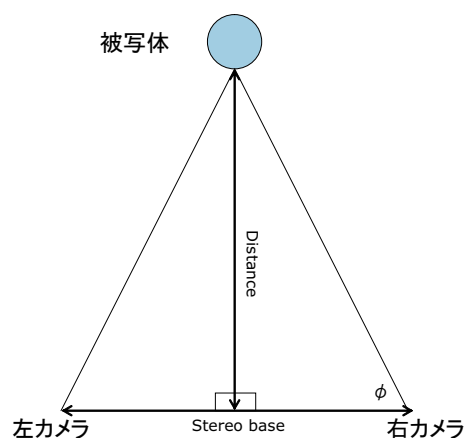


図 4.2 被写体距離に応じた適切なカメラ角度

超音波

超音波を使った計測では、カメラ側より一定時間のパルス状の超音波を被写体へ向けて発し、音波が跳ね返ってくるまで要した時間を音速で割ることにより、距離を求める。

しかし、超音波距離計を使ってみたところ、壁や天井などのフラットな個体である反射物との距離は計測できても、人間などのよう反射方向が一定でない物体に関しては正確な計測ができないことが判明した。

カメラのフォーカス値

カメラは被写体とのピントを合わせるため、被写体までの距離に応じてフォーカス値を調整する。この値は一部のカメラではモニター出力などにより参照することができる。

計測方法の選択

撮影被写体までの距離をとらえるという意味においてカメラのフォーカス値を活用する方法が適していると考えられる。

4.2 室内での実験

室内に適切なクロスポイント位置での撮影が可能か実験をした。撮影時の被写体とカメラの位置関係を図 4.3に示す。今回は手動にて距離計測とカメラ位置の設定を行った。この時のカメラ間の距離（Stereo Base）とカメラと被写体までの距離（Distance）とカメラの角度（ θ ）の関係を下記に示す。

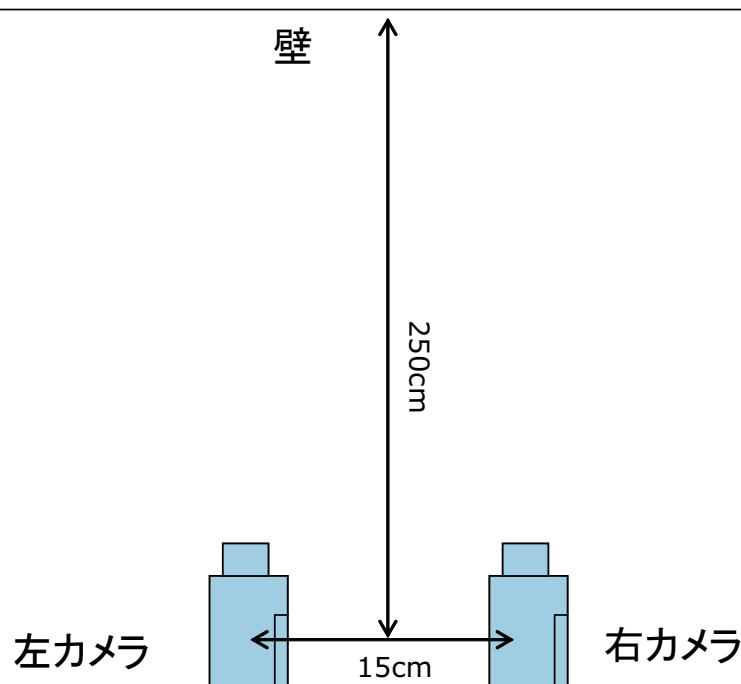


図 4.3 室内撮影見取り図

StereoBase : 15cm

Distance : 250cm

θ は、式 4.1より

$$\theta = \arctan(250 \div (\frac{15}{2}))$$

$$= 88.281642 \text{ 度}$$

左右のカメラとも θ はおよそ88度が適切となる。図4.4は、88度の角度にあわせてカメラを設定した様子である。

比較のために、左右のカメラを平行に撮影した場合（ θ は90度）の映像（図4.5）と今回の計算に基づいた映像（図4.6）を示す。カメラのズーム位置は広角にて撮影した。比較を容易にする為に、左右の映像に対してエッジフィルター処理を施し1枚の画像に合成している。

θ を90度にした平行撮影ではクロスポイントが正しくとれず左右の映像が横にずれているが（図4.5）、 θ を88度にした場合はクロスポイントが被写体に向いている為、左右の映像（図4.6）のずれが少ないことが確認できた。



図4.4 カメラの角度

4.3 屋外現場での実験

次に屋外で実際の映画の撮影現場で室内と同様の実験をした。室内撮影と異なり、望遠撮影を行っており、左右の映像の大きさに差がないようにズーム値をともに43にあわせた。この時の撮影位置関係を図4.7に示す。

クロスポイントを考慮した適切なカメラの撮影位置は式4.1より、以下となる。



図 4.5 平行撮影 $\theta = 90$ 度



図 4.6 $\theta = 88$ 度

$$\text{StereoBase} : 17\text{cm}$$
$$\text{Distance} : 160\text{cm}$$

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan(160 \div (\frac{17}{2})) \\ &= 86.95902 \text{ 度}\end{aligned}$$

左右のカメラとも θ はおよそ 87 度ほどが適切となり、この条件で撮影した映像を図 4.8 に示す。屋内での実験と比べて、左右の映像が横方向および縦方向にずれていることがわかる。

横方向のずれはカメラの角度調整の精度が高くないため、望遠撮影により調整誤差が大きくあらわれたものと考えられる。

縦方向のずれは左右のカメラで台座の固定部分の取り付け精度が異なることが原因と考えられる。また、映像からは判別しにくい左右の映像の大きさが 0.5% ほど異なっている。

左右のカメラとも被写体までの距離は同じであり、ズーム値も同じにあわせているので製品の個体差かズーム機構の誤差があると考えられる。

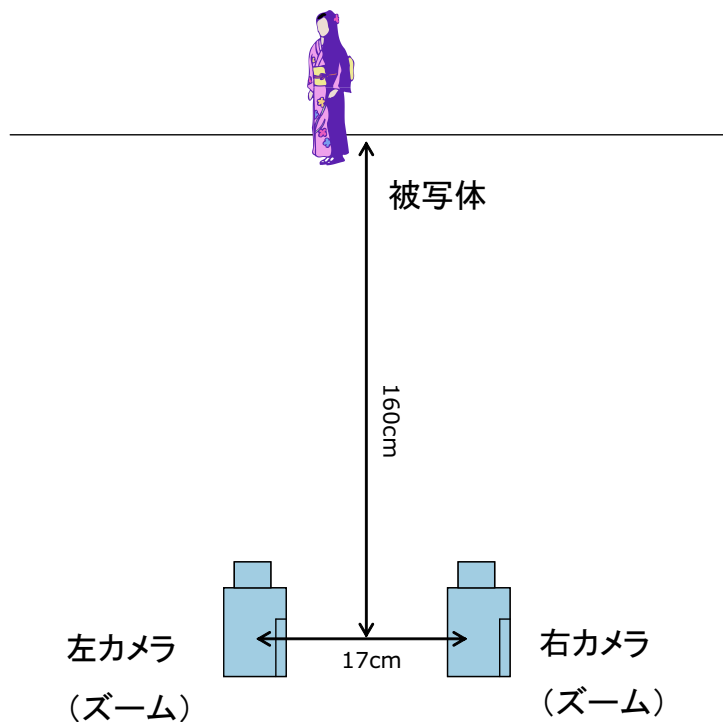


図 4.7 屋外撮影見取り図

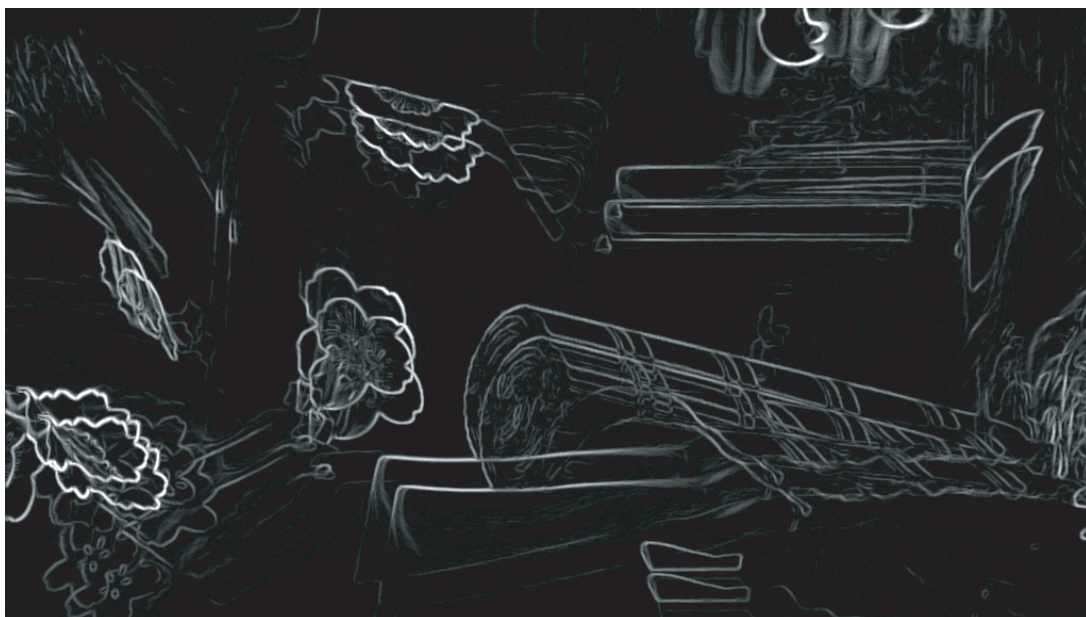


図 4.8 屋外現場での撮影

4.4 まとめ

被写体と2台のカメラの距離関係があきらかな場合、カメラの角度を制御することでクロスポイント位置での撮影ができることがわかった。しかし、実際の現場では、カメラの取り付け誤差や量産品としての精度のばらつき、ズームなどの機械的制御の完全同期ができない事を起因とする映像のずれがかなり起こっていることが判明した。また、望遠撮影を行う場合は広角撮影した場合と比べて、カメラ位置の誤差が大きくなり、より精度の高いカメラ設定が重要になる。撮影時にこれらのずれを完全になくすようにすることは難しく、カメラ位置自動調整の仕組みだけでは十分な解決とならないことが明らかになった。

第 5 章

ステレオ画像補正の概要

4章ではカメラやレンズ位置を制御することで、撮影に適したクロスポイントをとらえることを検討した。本章では、撮影後の映像から画像補正処理によってクロスポイント位置を自動的に調整する方法について検討する。

参考文献として [4] は立体映像コンテンツの制作について、[5] と [6] はクロスポイントの立体効果を最適化する撮影条件に関して挙げる。

5.1 画像補正の流れ

ステレオ画像の補正をする為には、まず左右のカメラの撮影位置誤差より生じる映像のずれを直し、次に立体撮影に適したクロスポイント設定をする。そのためには、左右の映像から共通点を抽出し 2 つの映像上の位置ずれを把握する必要がある。画像補正の処理はおもに次のフェーズより成り立つ。

共通点探索 左右の映像から共通点のペアを探索する

位置補正 撮影時の位置ずれを推測し、補正する。

クロスポイントの設定 共通点ペアの視差量を調べ、クロスポイントを設定する。

フローチャートを図 5.1 に示す。

5.2 共通点探索

左右の映像の中の共通点を探索にはステレオマッチング [7] を用いる。ステレオマッチングには特徴・構造ベース法か領域ベース法があり、次にその特徴を示す。

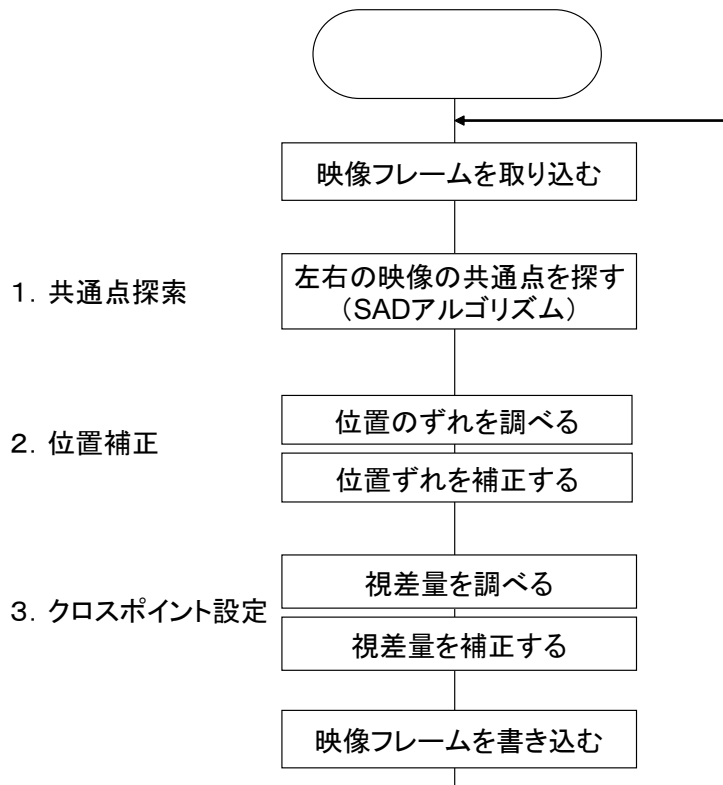


図 5.1 フローチャート

5.2.1 特徴・構造ベース法

特徴・構造ベース法は、画像から特徴を抽出して、対応する画像の中からその特徴と近い候補を探して対応づけを行う手法である。特徴としては輝度のエッジを利用することが多く、エッジ抽出などの画像処理をしてから、エッジの明るさ、エッジの向きなどの情報に基づいて共通点を探索する。

この手法は、あらかじめ特徴点を抽出し、主に特徴点に対してマッチングを行うため、後述する領域ベース法と比べると対象領域が減り、計算量も少なくなることから計算速度が速い。特徴付けする過程で、特徴的でなく変化の大きい色情報などが除去されるので、比較的類似した特徴箇所が多い画像では対応点を間違えやすい。

5.2.2 領域ベース法

領域ベース法は、上下左右 画像面上の局所的なウィンドウ間の一致度に基づき、対応点を決定をする手法である。図 5.2に示すように、特徴点の周りにウィンドウを設定し、それをテンプレートとしてもう一方の画像面上の探索範囲内で同サイズのウィンドウを比較

する。これをテンプレートマッチングという。この様子を図 5.2に示す。この時、最もテンプレートと一致する部分を探索する。一致度の評価値としてはウインドウ内の輝度値の絶対値の和 (SAD) を用いる。

領域ベース法の特徴として、ウインドウサイズが小さいと複数の多対応問題を生じさせ、逆にウインドウサイズが大きいと分解能の低下や計算時間の増大を招く。一般的に特徴・構造ベースのマッチングより計算時間がかかる。

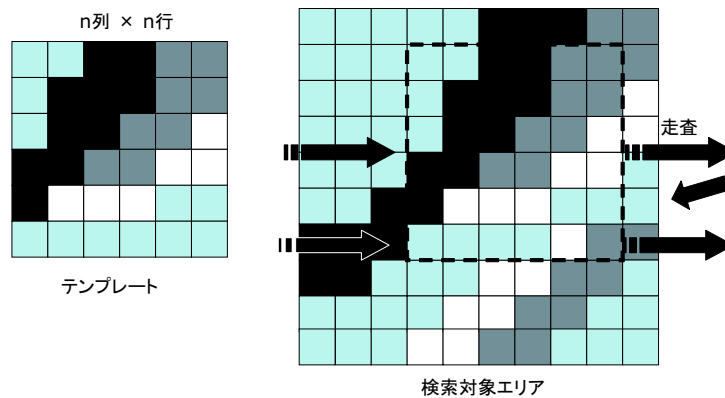


図 5.2 テンプレートマッチング

5.2.3 SAD アルゴリズムによる検出

SAD[7](Sum of Absolute Difference) は、輝度値をそのまま減算することにより、画像間のマッチングを行う手法である。

アルゴリズムを式 5.1 に示す。SAD は領域ベース法の中では比較的計算量が少ないため、高速処理可能である。

$$SAD = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n |M_L(x_i, y_j) - M_R(x_i, y_j)| \quad (5.1)$$

実際の撮影では、林や森や海などを背景とし、似通ったエッジが生じやすく、特徴点ベースの手法では誤対応が多くなる。そこで高い信頼度を保つために後述の領域ベースの SAD によるステレオマッチング手法を取り入れる。

5.3 位置補正

5.3.1 位置補正の必要について

本研究では2眼カメラやレンズを横に並べて立体撮影する事を前提としている為、左右の映像が縦軸にずれることは、広角時におけるレンズ周辺部における光学的なゆがみがある場合等を除いて通常考えられない。縦軸の位置ずれの多くは、カメラ撮影時における機械的、光学的な設置条件の違いに起因すると考えられる。

縦軸のずれは、立体視をおこなう上で眼精疲労を招く原因になると考えられ、大幅なずれがあった場合、立体認識が困難になる。そのため、ずれを無くす必要がある。

一方、横軸の映像のずれに関しては左右のカメラを横にずらして撮影している為、必然的に発生するものである。これは後述するクロスポイントの設定にて補正をおこなう。

5.3.2 位置補正の方法

共通点探索を行うことにより、共通点の左右映像上での縦軸のオフセット量を計測することが出来る。図 5.3の例では、右側の映像が上方向にずれている量を下方向に全体移動させることで補正する。

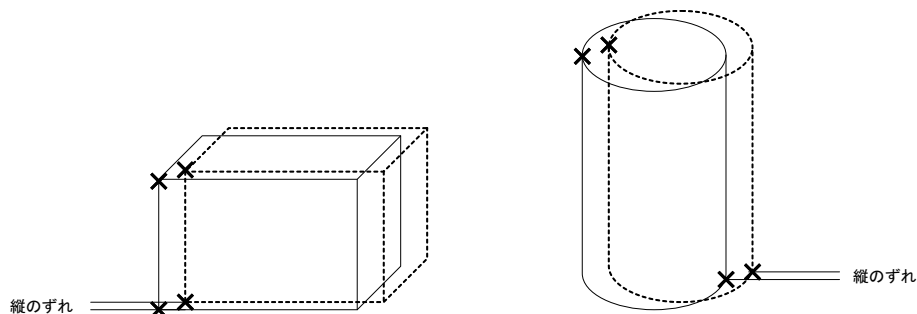


図 5.3 位置補正

5.4 クロスポイントの設定

5.4.1 画像処理によるクロスポイントの設定

立体撮影において被写体がクロスポイント位置上にある場合、左右の映像とも被写体と同じ横軸位置に重なって見える。(図 4.1参照)

撮影時にクロスポイントの設定ができなくても、画像処理によって被写体を左右の映像

の同じ横軸へ移動させる事によりクロスポイントとして設定することができる。図 5.4にこの様子を示す。

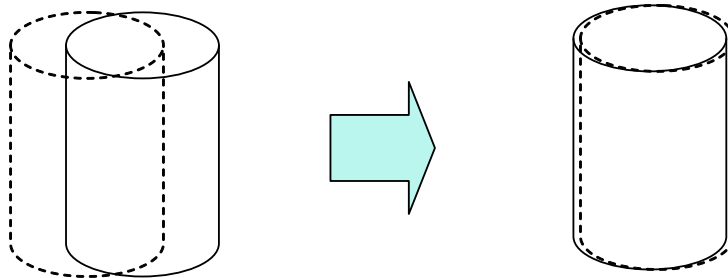


図 5.4 画像処理によるクロスポイントの設定

5.4.2 クロスポイント位置の決定

撮影対象の被写体がひとつしか存在しない場合においてクロスポイントの位置決定は1点に対して行えばよく比較的容易である。実際の撮影では複数の被写体がさまざまな奥行き距離が存在する。図 5.5にこの様子を示す。

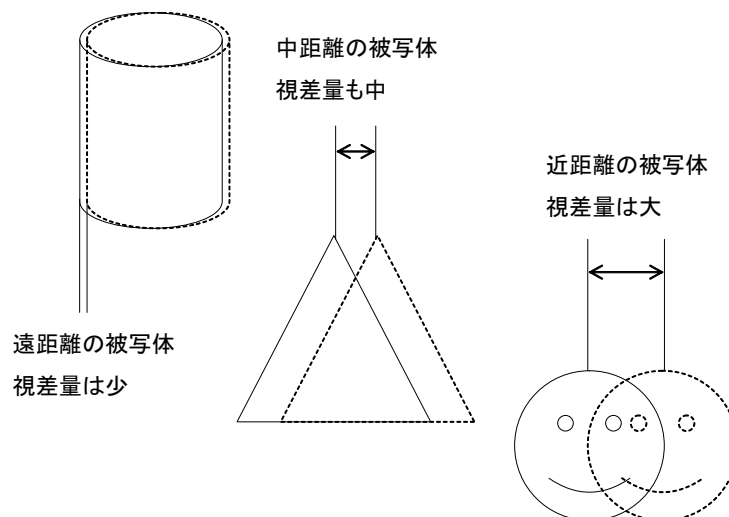


図 5.5 距離と視差量

本研究ではクロスポイントの位置決定に下記の手法を提案する。

5.4.3 ニアレストクロスポイント

本研究では一番手前の被写体にクロスポイントが設定されることをニアレストクロスポイントと定義する。

上映時にはスクリーンの位置に一番手前の被写体が投影され、スクリーン奥に映像が展開される形になる。

平行法撮影においては絶対視差量が多い被写体を重ねるようにオフセット補正をする。交差法撮影においてはクロスポイントを境に遠くの被写体においても視差量が多くなるため、左用の映像が右用の映像と比べて左側位置に存在する地点のみ対象とする等、配慮する必要がある。左用の映像が右用の映像と比べて右側位置に存在する地点は、クロスポイントを超えて遠ざかっていると考えられる。

この手法は長編立体映画の主要なシーンで使われる。

5.4.4 ファーゼストクロスポイント

本研究では一番奥の被写体にクロスポイントが設定されることをファーゼストクロスポイントと定義する。

上映時にはスクリーン位置に一番奥の被写体が投影され、スクリーン手前に映像が展開される形になる。

平行法撮影においては絶対視差量が少ない被写体を重ねるようにオフセット補正をする。

飛び出し効果などで、演出として効果的であるが長い間利用すると眼精疲労を起こしやすい。

5.4.5 平均地点でのクロスポイント

視差を計測できた地点の平均値からクロスポイントを設定する。クロスポイント用のオフセット補正值の算出には式 5.2を用いる。

n : 共通点ポイント数

X : 各共通点ポイントにおける視差量

$\bar{x}$: クロスポイント用補正值

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (5.2)$$

5.4.6 距離上の中間点でのクロスポイント

平行法撮影されたものにおいて一番奥の被写体と、一番手前の被写体の距離上での中間地点をクロスポイントにする手法を提案し、本研究では距離上の中間点でのクロスポイントと定義する。

この手法は探索地点までの距離情報が必要になるため、撮影カメラの焦点距離と受光 CCD の横幅、カメラのステレオベース距離の情報が必要になる。

この時の、カメラと被写体との位置関係を下記に示す。

CW : カメラ CCD 受光部横のサイズ (mm)

FW : レンズの焦点距離 (mm)

θ : レンズの画角

WS : 画像の横解像度 ($pixel$)

SB : ステレオベース (cm)

P_n : 画面上の視差量 ($pixel$)

W_n : 横の視野 (cm)

D_n : カメラからの距離 (cm)

$$\theta = \arctan\left(\frac{cw \div 2}{fw}\right)$$

$$W_n = SB \times \frac{WS}{P_n}$$

$$D_n = 2\left(\frac{W_n \div 2}{\tan(\theta \div 2)}\right)$$

$$W_n = 2(D_n \times \tan(\theta \div 2))$$

$$P_n = WS \times \frac{SB}{W_n}$$

一番奥の被写体の視差量を P_1 に代入し W_1, D_1 を求め、同じく一番手前の被写体視差量を P_3 に代入し W_3, D_3 を求める。

中間距離点の D_2 までの距離は下記の式により求められるので、上記の関係式より、中間地点の視差量 P_2 が求まる。

$$D_2 = \frac{D_1 + D_3}{2}$$

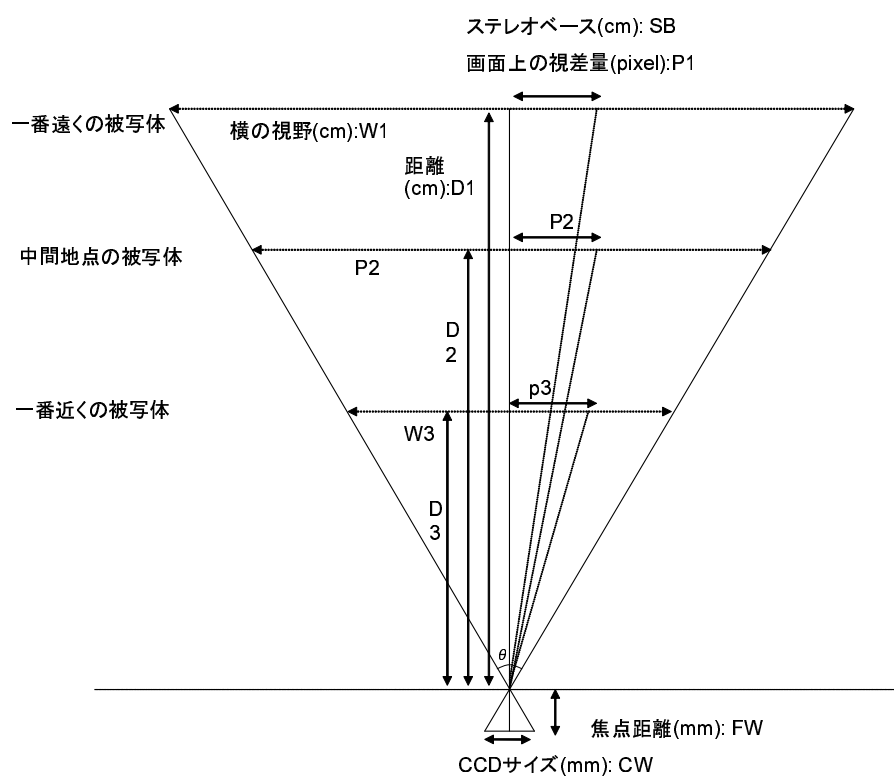


図 5.6 画像と距離の関係

第 6 章

実装

本章では 5 章で述べた手法を実装をする。

6.1 ソフトウェア開発環境

表 6.1 に開発環境を示す。

表 6.1 実装環境

OS	Windows XP
開発ツール	Microsoft Visual C++ 2003
SDK	Microsoft DirectX 9 SDK
入力	ビデオキャプチャーカードまたは IEEE1394(DV)
ビデオカメラ	Panasonic DVX100A × 2 台
ビデオカメラ	SONY ハイビジョンカメラ A1J × 2 台

6.2 モジュールの構成

5 章では、画像補正の手順として下記を示した。

1. 1 フレーム読み込み
2. 共通点探索
3. 位置補正
4. クロスポイントの設定
5. 繰り返し

共通点探索は左右の映像の全画素に対してテンプレートマッチングを行う為、多くの処理時間が必要である。全フレームを対象とした場合、実撮影時間に対して画像補正処理に莫大な時間がかかり、リアルタイムでの処理が難しくなる。

また、映像の撮影アングルは頻繁に変わるわけではなく、被写体とカメラの位置関係は一定であることが多いので、共通点探索をタイミングを任意に変更できる事が望ましい。

以上の点を考慮したフローチャートを図 6.1に示す。

5章では、映像フレームを取り込み後に毎回必ず共通点探索を行っていたものを、一定の期間内は省略するようにしたものである。

6.3 読み込みモジュール

動画ファイルからの読み込み、または、リアルタイムのビデオ映像をソースとする。

API には Microsoft DirectX の DirectShow COM オブジェクトを使い、DirectX でサポートされる下記のキャプチャーデバイスが利用できる。

リアルタイムのビデオ映像をソースとする場合、左と右用あわせて 2 デバイスが必要である。

- Web カメラ
- IEEE1394 DV カメラ
- ビデオキャプチャーカード
- テレビチューナーカード

6.4 共通点探索モジュール

左画像を常に基準とし、画像の一部からテンプレートを抽出し、右画像を検索対象エリアとして順次走査する。図 5.2にその様子を示す。

このときに走査する対象範囲は左画像のテンプレートのある場所から任意で指定された範囲内とすることで、探索時間の軽減化と誤探索の減少をはかれるようにする。

テンプレートと検索対象エリアとの一致度を求める為のコードを下記に示す。

```

diff=0;
for (y=0;y<window_size;++y) {
    for (x=0;x<window_size;++x) {
        i =(ptr+y*ImageInfoL.Width+x);
        diff+=abs(((Template[x][y].rgb&0xff0000)>>16)
            -((i&0xff0000)>>16));
        diff+=abs(((Template[x][y].rgb&0x00ff00)>>8 )
            -((i&0xff00)>>8));
        diff+=abs(((Template[x][y].rgb&0x0000ff)
            -((i&0xff))));
    }
}
return diff;

```

6.5 共通点探索の誤検知と対策

テンプレートマッチングの結果により、一番画像の非一致度が少ない領域が一致点としての可能性が高い。しかし、背景などのように同じような映像パターンが別の場所に出現することがある。このようなケースでは、誤検知が発生しやすい。

本研究では、このような誤検知を減らすために、テンプレートマッチングの結果の候補をいくつか用意する。

一番類似度が高い領域とそれ以外の領域の類似度との差異を比較し、条件式 (式 6.1) を満たした場合に有効であると考ええる。

p : 閾値

d_n : 非一致度値

$$d_n - d_1 \geq WINDOW_SIZE^2 * p \quad (6.1)$$

下記に具体的なコードを示す。

```

if ((near[n].diff-near[0].diff)>=(WINDOW_SIZE*WINDOW_SIZE/P))
    return 0;

```

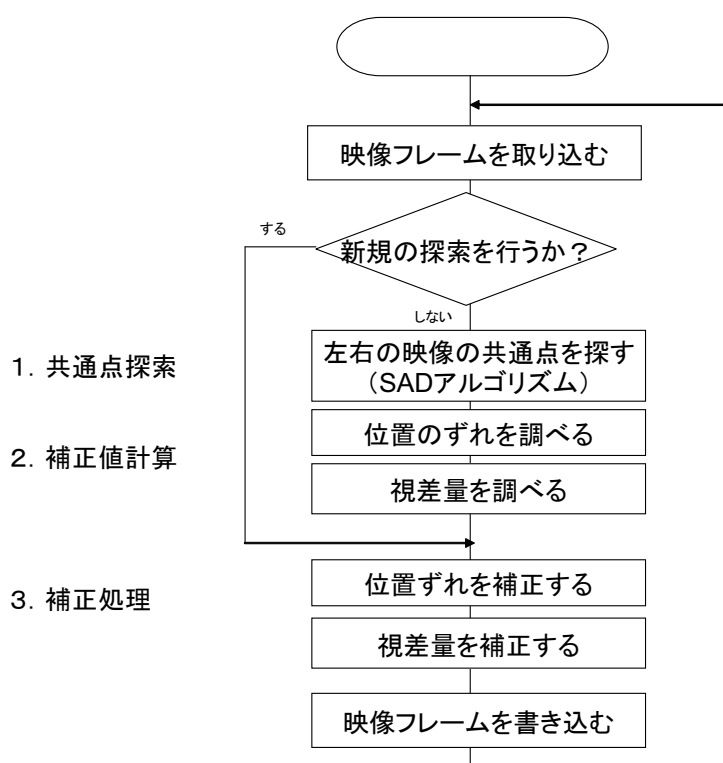


図 6.1 実装フローチャート

第 7 章

評価

本章では 6 章の実装に基づき、画像補正が有効であるか評価する。

7.1 定量評価 1

7.1.1 評価目的

本節では立体撮影誤差が含まれている映像に対して、5 章で述べた内容で画像補正が行われているかを調べる。

7.1.2 評価環境

表 7.1 に評価環境を示す。

表 7.1 機器環境

OS	Windows XP
PC	Apple MacBook
入力	P2 カード (1280 × 720p, 24FPS)
ビデオカメラ	Panasonic HVX200 × 2 台

7.1.3 評価用画像

評価に用いる立体画像 (図 7.1) は立体映画の撮影に用いられたものを使う。ズームによる撮影が行われている為、左右のカメラの撮影位置の誤差が大きい。

オリジナルの画像は左右の 2 枚あるが、2 つのカメラの位置のずれを比較しやすくする為に、2 枚を重ね合わせた後にエッジ強調処理をした図 7.1 を用意した、

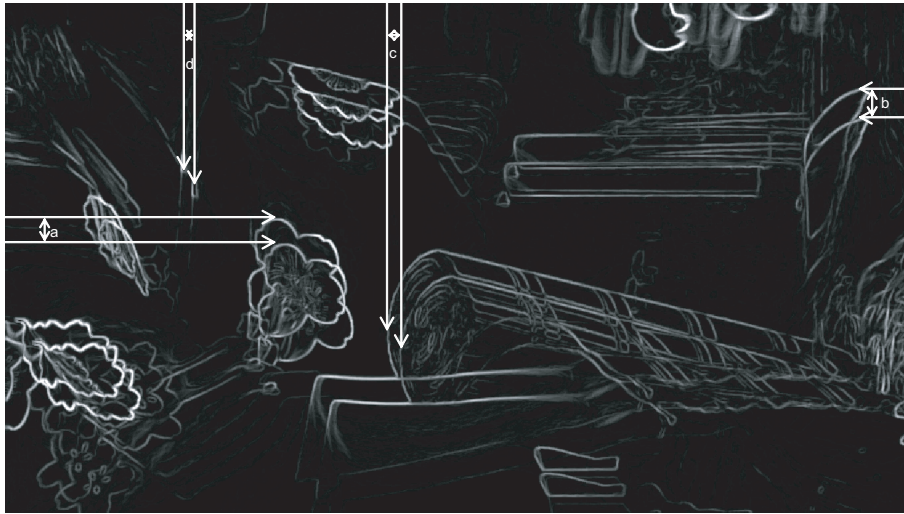


図 7.1 評価用画像

7.1.4 評価方法

評価画像を用いて、本研究による画像補正を行う前と、行ったあとで左右の映像の位置ずれが減少されているかを調べる。

基準となる映像は常に左側とし、右側の映像は比較対照となる。

比較の単位であるテンプレートのウィンドウサイズは 64×64 ドットとした。

比較点を基に、探索する範囲は縦軸で ± 64 ドット、横軸で ± 128 ドット以内として制約を設けた。

評価で用いる比較ポイントは図 7.1 中の下記 4 点から計測した。

- (a) 画面左側中央部分の縦ずれ
- (b) 画面右側部分の縦ずれ
- (c) 画面中央部分の横ずれ
- (d) 画面中央部分左寄りの横ずれ

カメラは横に並列に設置している為、縦軸のずれは少ないことが望ましい。

横軸のずれはステレオ撮影時の視差量に起因しているものであり、全ての被写体において 0 にすることは出来ないが、全般的に少なくなることが期待される。

7.1.5 評価結果

左右の画像の共通点探索を行った結果を、表 7.2 に示す。

左側の映像を基準として、右側の映像中の共通点とおもわれる場所が探索できた場合のみ記述してある。探索できないケースとして、類似性が高い対象点を右側映像から見つけられなかったか、または類似性が高い対象点が何点もあったと考えられる。

表項目の X 差、Y 差はオリジナルの左画像ポイントに対しての相対的な座標差である。

比較ポイントはテンプレートのウインドウサイズの倍数毎に全て領域について調べている。

評価方法に基づき、図 7.1における補正前と補正後の数値の比較を表 7.3に示す。

以上の結果、補正処理により縦方向のずれの削減、および横方向の視差量が少なくなり本研究が有効であることが確認できた。

7.2 定量評価 2

7.2.1 評価目的

本節では平行法にて撮影した映像に対して 5章で述べた画像補正によるクロスポイント設定が有効であるかを調べる。

7.2.2 評価用環境と画像

表 7.4に評価環境を示す。

カメラの位置と被写体 A,B,C の位置関係を図 7.2に示す。3つの被写体を奥行き方向に等間隔に配置している。このとき、すべての被写体が同一フレームに撮影できる程度横方向にずらしている。

評価に用いる立体画像は左側が図 7.3、右側が左側が図 7.4) である。

7.2.3 評価方法

奥行きが異なる3つの被写体を平行法にて撮影する。

3つの被写体との位置関係は入力しておらず、画像の情報とレンズの焦点距離の情報を入力する。

このとき、ファーズストクロスポイント法とニアレストクロスポイント法、および距離上の中間点でのクロスポイントによる画像補正を行う。

ファーズストクロスポイント法では、一番遠い被写体である被写体 A にクロスポイントが設定され、ニアレストクロスポイント法では、一番近い被写体 C に設定され、距離中の中間点でのクロスポイント法では、被写体 A と C の中間地点にある被写体 B にクロスポイントが設定されると予想される。

表 7.2 照合結果ログ 1

一致点	比較点 (X,Y)	X 軸差異	Y 軸差異
1	128,064	-14	-30
2	320,128	-08	-30
4	384,128	-05	-30
5	448,128	-04	-31
6	448,192	-04	-30
7	896,192	000	-32
8	192,256	-14	-28
9	192,320	-14	-27
10	320,320	-10	-28
11	384,320	-08	-29
12	512,320	-14	-30
13	576,320	-13	-31
14	128,384	-17	-26
15	192,384	-16	-27
16	320,384	-10	-28
17	384,384	-09	-28
18	576,384	-13	-29
19	640,384	-13	-30
20	768,384	-09	-32
21	128,448	-18	-26
22	192,448	-16	-26
23	384,448	-16	-28
24	448,448	-13	-29
平均		-11.2	-28.9

クロスポイントが設定されると、左右の画像を重ね合わせた時に対象となる被写体の横位置が重なる。この時の左右のずれ量を計測することで評価する。

画像補正を行う前の画像を図 7.5に示す。

7.2.4 評価の結果

左右の画像の共通点探索を行った結果を、表 7.5に示す。

表 7.3 補正前後の比較

比較ポイント	画像補正前			画像補正後		
	ドット数	全画素数	割合	ドット数	全画素数	割合
a (縦ずれ)	28 ドット	768 ドット	3.65%	-1 ドット	768 ドット	-0.13%
b (縦ずれ)	34 ドット	768 ドット	4.43%	5 ドット	768 ドット	0.65%
c (横ずれ)	15 ドット	1024 ドット	1.46%	4 ドット	1024 ドット	0.39%
d (横ずれ)	10 ドット	1024 ドット	0.98%	-1 ドット	1024 ドット	0.10%

表 7.4 機器および撮影環境

OS	Windows XP
PC	Apple MacBook
カメラ	Canon EOS Kiss Digital N × 1 台
CCD センサー幅	22.2mm
撮影時レンズ焦点距離	44mm
解像度	1080 × 720
ステレオベース	7cm

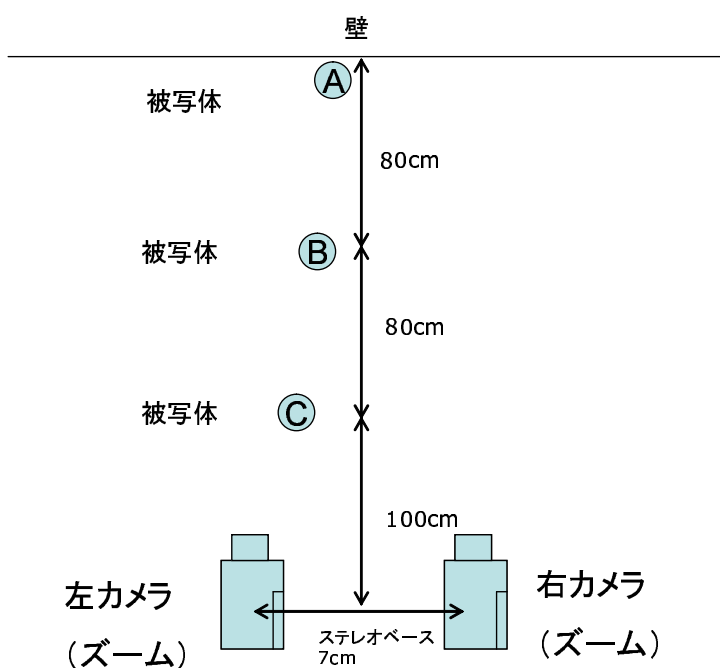


図 7.2 見取り図



図 7.3 左側評価用画像



図 7.4 右側評価用画像

ファーゼストクロスポイント法

ファーゼストクロスポイント法では、表 7.5の X 座標差異の最少値より横方向へオフセットしている。

補正後の画像を図 7.6に示す。

最も遠い被写体にクロスポイントが設定される。被写体 A に着目した場合に左右の映像を重ねた場合のずれ量を、表 7.6に示す。

表 7.5 照合結果ログ 2

座標	X 差	Y 差	座標	X 差	Y 差
128,064	-63	-06	320,256	-149	-06
192,064	-61	-05	384,256	-147	-06
320,064	-60	-05	576,256	-83	-04
384,064	-59	-04	640,256	-83	-04
448,064	-59	-04	768,256	-58	-03
512,064	-58	-04	832,256	-58	-03
576,064	-83	-04	320,320	-148	-06
640,064	-83	-04	512,320	-64	-04
704,064	-58	-03	640,320	-83	-04
832,064	-59	-03	768,320	-58	-04
960,064	-61	-02	320,384	-149	-05
128,128	-62	-05	384,384	-146	-05
576,128	-84	-04	576,384	-83	-04
640,128	-83	-04	640,384	-83	-04
768,128	-59	-03	960,384	-77	-04
192,192	-60	-04	320,448	-149	-05
384,192	-58	-04	320,512	-149	-04
576,192	-84	-04	384,512	-148	-04
640,192	-84	-04	320,576	-149	-04
704,192	-58	-03	384,576	-148	-04
768,192	-59	-03	絶対値		
832,192	-59	-03	最少	58	2
896,192	-59	-03	最大	149	4
960,192	-60	-03	平均	86	4
128,256	-62	-04	中間	104	4



図 7.5 補正前

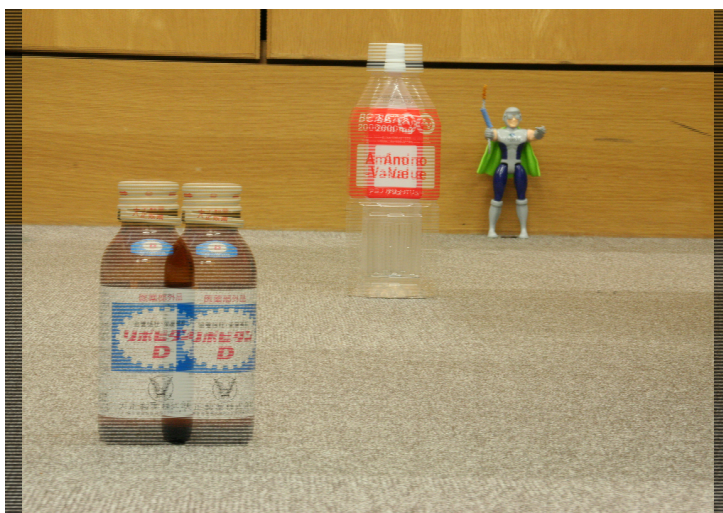


図 7.6 ファーズストクロスポイント設定後

表 7.6 被写体 A のずれ量

クロスポイント設定法	左画像座標	右画像座標	X 軸差異	Y 軸差異
補正前	771,181	712,178	59	3
ファーズスト処理後	771,181	770,182	1	-1
距離上の中間地点処理後	771,181	795,182	-24	-1
ニアレスト処理後後	771,181	861,182	-90	-1

距離上の中間点でのクロスポイント法

距離上の中間点でのクロスポイント法では、5.4.6節で定時した手法でクロスポイントを設定する。

関係式より、画角 θ を求める

$$CW \text{ は } 22.2$$

$$FW \text{ は } 44$$

$$\begin{aligned}\theta &= \arctan\left(\frac{22.2 \div 2}{44}\right) \\ &= 28.317\end{aligned}$$

次に一番遠い被写体 A について計算する

$$P_1 = 58$$

$$W_1 = 7 \times \frac{1080}{58}$$

$$= 130.3448$$

$$\begin{aligned}D_1 &= 2\left(\frac{130.3448 \div 2}{\tan(28.317 \div 2)}\right) \\ &= 258.3411\end{aligned}$$

次に一番近い被写体 C について計算する

$$P_3 = 149$$

$$W_3 = 7 \times \frac{1080}{149}$$

$$= 50.73826$$

$$\begin{aligned}D_3 &= 2\left(\frac{50.73826 \div 2}{\tan(28.317 \div 2)}\right) \\ &= 100.5623\end{aligned}$$

中間距離点を求める

$$\begin{aligned}D_2 &= \frac{D_1 + D_3}{2} \\ &= \frac{258.3411}{100.5623} \\ &= 179.4517\end{aligned}$$

中間地点の視差量に求める

$$\begin{aligned}
 W_2 &= 2(179.4517 \times \tan(28.317 \div 2)) \\
 &= 90.45154 \\
 P_2 &= 1080 \times \frac{7}{90.45154} \\
 &= 83
 \end{aligned}$$

視差量として P2 を適用し補正を行った画像を図 7.7に示す。

被写体 B に着目した場合に左右の映像を重ねた場合のずれ量を、表 7.7に示す。

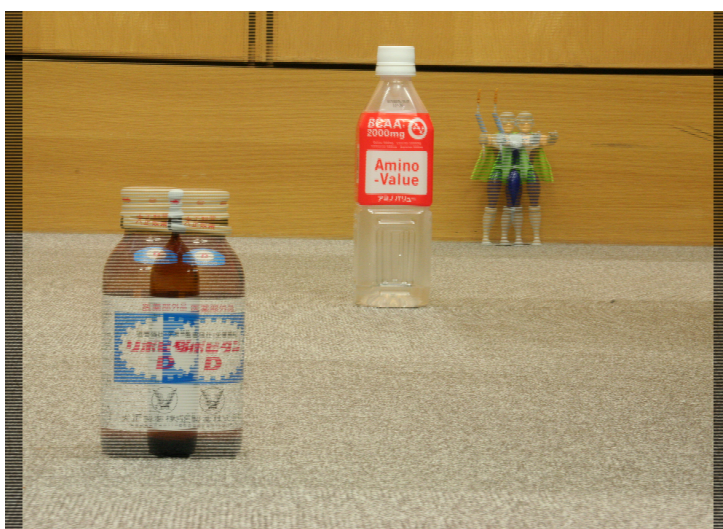


図 7.7 距離上の中間点でのクロスポイント設定後

表 7.7 被写体 B のずれ量

クロスポイント設定法	左画像座標	右画像座標	X 軸差異	Y 軸差異
補正前	614,239	530,235	84	4
ファーズスト処理後	614,239	588,239	26	0
距離上の中間地点処理後	614,239	679,239	1	0
ニアレスト処理後後	614,239	613,239	-65	0

ニアレストクロスポイント法

ニアレストクロスポイント法では、表 7.5の X 座標差異の最大値より横方向へオフセットしている。

補正後の画像を図 7.8に示す。

最も近い遠い被写体にクロスポイントが設定される。被写体 C に着目した場合に左右の映像を重ねた場合のずれ量を、表 7.8に示す。



図 7.8 ニアレストクロスポイント設定後

表 7.8 被写体 C のずれ量

クロスポイント設定法	左画像座標	右画像座標	X 軸差異	Y 軸差異
補正前	356,458	206,453	150	5
ファーズスト処理後	356,458	264,457	92	1
距離上の中間地点処理後	356,458	289,457	67	1
ニアレスト処理後後	356,458	355,457	1	1

まとめ

本節では、いくつかのクロスポイント設定手法について実行し、左右の映像のずれを調べた。

いずれの方式もクロスポイントの対象とする被写体の映像の X 軸における差異は 1 ドット以内となり、有効であることが確認できた。

第 8 章

結論

8.1 本研究のまとめ

2 眼カメラ撮影時における、位置ずれの補正および適度なクロスポイント手法について述べた。

最初のアプローチとして被写体までの距離を計測することにより、カメラの位置制御を行うことは一定の有効性が確認できたが、設置時の位置ずれなどの問題が判明したがが解決できていない。

その後、画像処理による解決手法を提案し、位置ずれの補正およびクロスポイントの設定の画像補正が有効であることが確認できた。

8.2 今後の課題

8.2.1 評価手法の確立

本研究は、立体映像に適した画像補正を行うものであるが、最適な立体映像であることを定量的に評価する手法が確立できなかった。

比較的近い研究論文を調べると、立体映像を見た時の眼球の動きを計測し生理的な負担を評価する方法がある。この手法だと特殊な計測機器が必要になるので、今後の研究において定量的評価ができる手法を見出す必要がある。

8.2.2 左右の色合いが異なる場合の認識率低下

現状のプログラムではカメラの左右の色設定が大きく異なると、共通点探索が行えない。これは、色の輝度情報をもとに類似性を算出しているからである。

画像補正処理を行う前に、左右の画像の色調補正を行うことが必要と思われる。

8.2.3 処理速度の問題

現状の領域ベース法によるパターンマッチングでは、双方の全映像領域を探索対象とすると、膨大な計算量が必要となる。

今後、より計算量を減らし、なおかつ誤認率があがらない方法を検討する必要がある。

8.2.4 クロスポイントの適正值

本研究では複数の距離にあるさまざまな被写体に対してクロスポイントを設定するのに、4つの手法を提案した。

しかし、シーンや状況に応じて4つの手法を選択する必要があること自体が問題であり、映像の状況から適切なクロスポイント設定法を自動的に選ぶか、またはあらたな手法を検討する必要があると思われる。

8.2.5 ネットワーク対応

本研究によって立体撮影に適した画像補正が効果であることが判明したので、今後ネットワークを経由した立体映像でのカンファレンス、展示、仮想体験などの可能性について検討し、実装に向けたいと思う。

謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導をいただきました慶應義塾大学 環境情報学部教授 村井純博士、同学部教授 中村修博士に感謝いたします。また、日々厳しく助言を頂いた慶應義塾大学 環境情報学部助教授楠本博之博士、環境情報学部専任講師 重近範行博士、政策・メディア研究科講師 南政樹氏に深く感謝いたします。

執筆にあたり絶えずご指導を頂いた小原泰弘氏に感謝いたします。慶應義塾大学村井研究室 SING グループの小椋康平氏、水谷正慶氏、金井瑛氏、空閑洋平氏、奥村佑介氏、中島智広氏、尾崎隆亮氏、佐藤龍氏に感謝いたします。

また、本論文の執筆にあたりご意見、ご助言を頂きました慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科モバイル広域ネットワークプロジェクト、WIDE Project の皆様に感謝いたします。

最後に私の研究を影ながら支えてくれた両親と妹、多くの友人・知人に感謝し、謝辞と致します。

2007 年 1 月 24 日

松谷 健史

参考文献

- [1] 泉武博. 3次元映像の基礎. オーム社, 1995.
- [2] 河合隆史. 次世代メディアクリエイター入門. 株式会社カットシステム, 2003.
- [3] 野本康夫. ビデオα: 3D映像の可能性. 写真工業出版社, 2004.
- [4] 柴田 隆史. 2眼式立体映像のコンテンツ制作及び呈示に関する研究. 早稲田大学博士論文, 2004.
- [5] 山之上雄一, 奥井誠人, 岡野文男, 湯山一郎. 2眼式立体画像における箱庭・書き割り効果の幾何学的考察. 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.4, pp.575-582, 2002.
- [6] 名手久貴, 須佐見憲史, 畑田豊彦. 運動視差による「書き割り効果」の減少. 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.6, pp.1015-1019, 2002.
- [7] 林高志. 実環境 3次元計測のためのステレオマッチング. <http://chihara.aist-nara.ac.jp/public/research/thesis/master/2001/hayashi9951092.pdf>, Mar 2001.