

第2章 ステレオ法の原理と問題点

本章では，ステレオ法による奥行き獲得の基本原理を説明し，ステレオ法で問題となるオクルージョンや遅延問題を明確にする．更に，これらの問題解決に対する本研究の位置付けについて述べる．

2.1 ステレオ法の原理

3次元空間中の物体は，図 2.1 に示すカメラモデルによって観測されるものとする．視点 O から観測した 3次元空間中の点 P は，透視投影により視点 O と点 P を結んだ直線と投影面 I が交わる点 p として観測される．カメラモデルは，レンズ中心 O を原点として， X 座標を水平方向右向き， Y 座標を鉛直方向上向きとした右手座標系で定義する． f はレンズ中心から投影面までの距離，すなわち焦点距離を表す．

視点 O_L ， O_R に設置した二つのカメラ C_L ， C_R により 3次元空間中の同一点 P を観測することを考える．図 2.2 に示すように，二つの視点 O_L ， O_R から観測した点 P は，上記のカメラモデルにより，それぞれの投影面 I_L ， I_R に点 p_L ， p_R として投影される．この時，それぞれの視点と投影面に投影された点とを結んだ直線は点 P で交わる．すなわち，観測した点の二つの投影面上での位置を特定することにより，3次元空間中の点は一意に決定される．カメラパラメータが既知であれば，投影面に投影された同一点の位置関係をもとに，三角測量の原理によって観測点の 3次元位置を得ることができる．

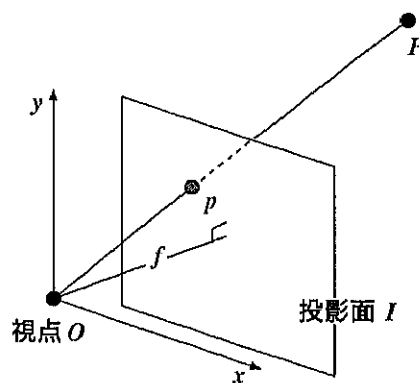


図 2.1: カメラモデル

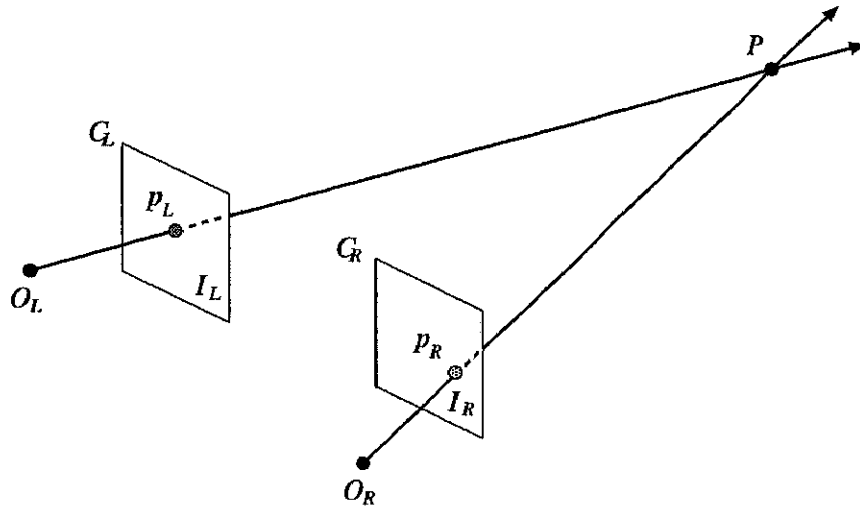


図 2.2: ステレオ法の原理

このことから、ステレオ法による3次元計測とはカメラで撮影された2次元画像間で、対応する特徴点の位置を求める問題といえる。一般的に画像中には、類似した特徴をもつ点が多く存在するため、対応の曖昧さが原因となり、観測された2枚の画像から対応する一対の特徴点の位置を求めることは容易ではない。これは、対応探索問題と呼ばれ、ステレオ法において最も重要な課題である。

2.2 対応点探索と隠れの問題

2.2.1 エピポーラ幾何

一般にステレオ法における対応点探索では、撮像系と特徴点の幾何学的関係にもとづき、対応点の探索範囲をある直線上に拘束できる。図 2.3 に示すように、二つのカメラ C_L , C_R からある点 P を観測する時、カメラのレンズ中心 O_L , O_R と点 P によって形成される平面をエピポーラ平面と呼ぶ。このとき、エピポーラ平面とそれぞれの投影面 I_L , I_R との交線をエピポーラ線と呼ぶ。

二つのカメラの幾何学的関係が既知の場合、図 2.4 において、一方の画像 I_L で1点 p_L が与えられると、エピポーラ平面とエピポーラ線が決定する。このとき、点 p_L の3次元空間中での位置は未知であるが、直線 $\overline{O_L p_L}$ 上に存在することは保証される。このとき、直線 $\overline{O_L p_L}$ 上の点は、もう一方の画像 I_R 上ではエピポーラ線上に拘束される。この拘束をエピポーラ拘束と呼ぶ。

この拘束を利用することで、ステレオの対応探索問題は2次元から1次元の対応探索問題へと帰着し、対応の曖昧さを減少させるだけでなく、処理コストも削減できる。

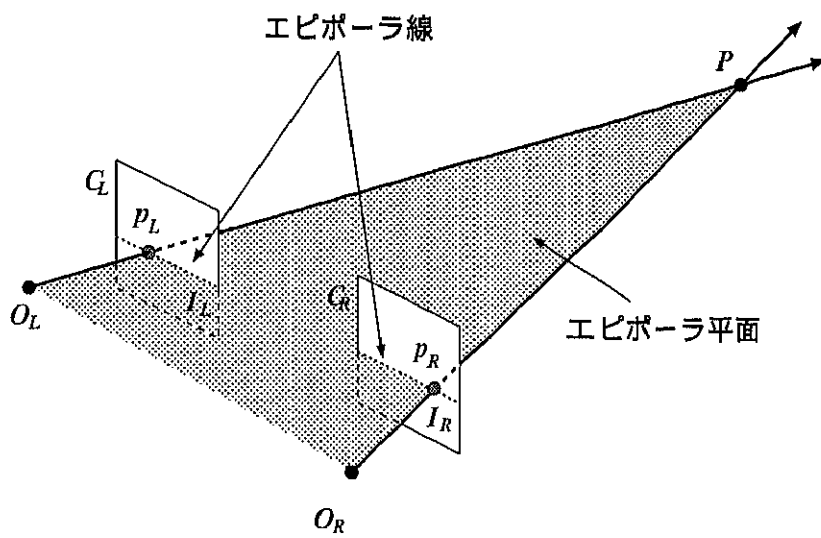


図 2.3: エピポーラ幾何

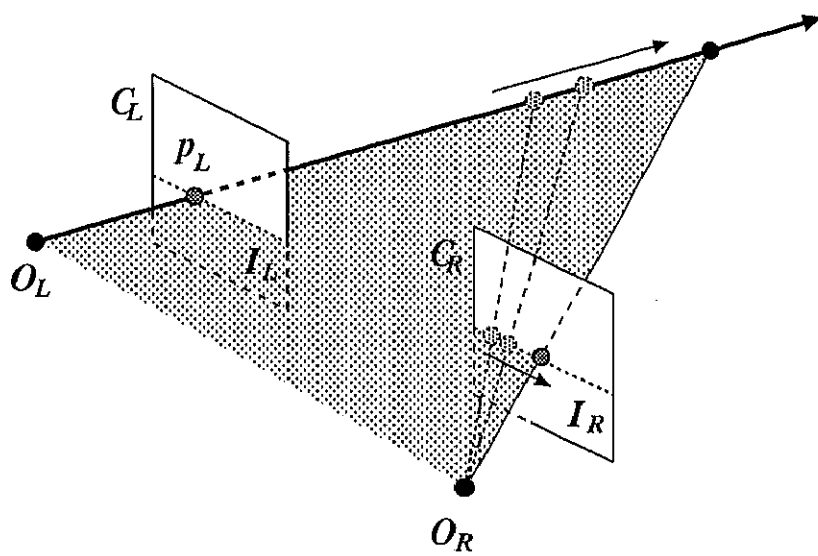


図 2.4: エピポーラ拘束

2.2.2 対応点探索の問題

一般にステレオ法による対応点探索では、一方の画像で点を固定し、他方の画像をエッジポア線に沿って、対応点の類似性を仮定し対応点を探査する。ここで対応点の類似性とは、3次元空間中の同一点の画像への投影像は類似した特徴を持つことを意味する。しかし、これは必ずしも全ての状況で成立するとは限らない。例えば、鏡面反射の影響で視点位置の変化によって画像中で観測される点の明るさが変化する例が挙げられる。また、シーン中の異なる点が偶然類似した特徴を持つ場合も考えられる。

これらの問題を回避し、安定して正しい対応点を得ることがステレオ法における重要な課題であり、様々の試みがなされている。その中の代表的な例を以下に示す。

カメラ間隔を狭くすることで、対応点間の類似性を高める

ステレオ法では、カメラ間隔が狭いほど両画像間での見え方の変化が少なくなるため、対応点間の類似性は高くなり対応点探索の精度が向上する。一方、カメラ間隔が広いほど解像度の高い奥行きが獲得できる。このことから、対応点間の類似性と獲得可能な奥行き解像度の間には、カメラ間隔、すなわち基線長に関してトレードオフが生じる。これに対して、疎密探索による対処が行われている。平滑化した低解像度の画像で対応点探索を行った結果を利用して、高解像度の画像に対して探索範囲を限定して対応点探索を行うことで、より精度の良い対応点探索が実現できる [1]。

類似特徴として十分利用可能な点のみを利用する

LOG(*Laplacian of Gaussian*) フィルタなどのフィルタにより、特徴点として十分利用可能な点を選択する。このとき得られる奥行き情報は疎になる。また、LOG フィルタを用いることでカメラの個体差による輝度値の違いを吸収できるという利点がある。

対象となる点の周辺の点の情報も合わせて類似性の判定を行う

対象となる点の周辺の点に関しても、同時に類似性が成立し、かつ、対応点の周辺に分布すると仮定し、ブロックマッチングにより対応点探索を行う。この仮定は、ブロックマッチングに用いられる対応窓内に隠れがない場合、一般に成立する。言い替えれば、対応窓内に隠れがある場合、この仮定が成立しないため誤対応を起こす可能性がある。隠れの問題については次節で述べる。

ブロックマッチングの際の最適なブロックの大きさは、同一画像内でも一定ではなく、小さなブロックを用いた方が視差境界が精度よく得られる。一方、視差の変動が小さな領域では大きなブロックを用いた方が良い結果が得られる。従って、視差境界の鮮明さと視差変化の少ない領域での視差精度の間にはトレードオフが生じる。奥富らはブロックマッチングの際のブロックの大きさを適応的に選択することにより、安定して精度のよい対応

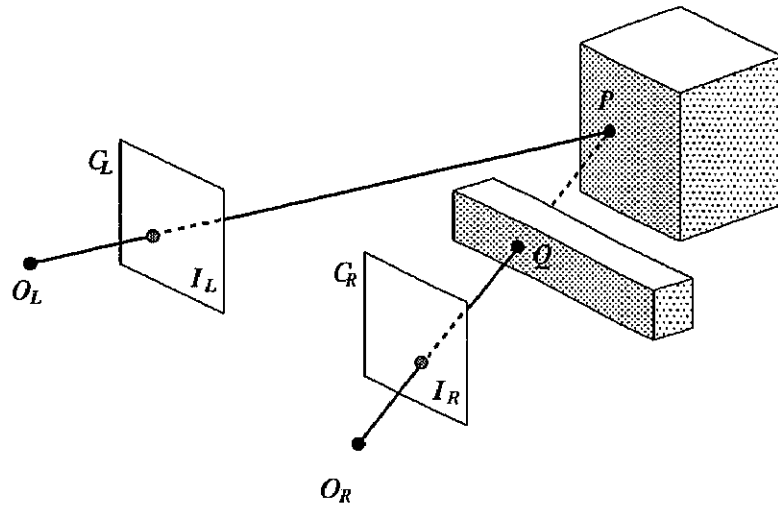


図 2.5: 視点の変化による物体の隠れ

点探索が可能なアルゴリズムを提案している [2]. 奥富らは、ブロック内の視差は平均的にはブロックの中心の視差と同一であるが、その不確かさは中心からの距離に伴って増加するという統計モデルを提案し、複数のブロックサイズを用いて推定した視差の不確かさをモデルに当てはめて計算することで、最も適当なブロックサイズを選択した。

朴らは、ブロックサイズと視差の探索範囲を階層的に変化させて対応探索を行う手法を提案している [3]. この手法では、始めに大きなブロックを用いて対応点探索を行い、大まかな視差を推定する。次に、探索範囲を推定した視差周辺に限定し、前の探索時よりも小さなブロックサイズで再度対応点探索を行う。上記の処理を適当な解像度まで繰り返すことで上記の問題に対処している。

2.2.3 隠れの問題

対応探索のもう一つの問題として、「隠れ」の問題がある。異なる視点からシーンを観測する場合、視差による見え方の変化により、一方の画像で観測される注目点が、もう一方の画像では他の物体によって隠され観測できない状況が生じる (図 2.5)。このように隠れの生じている点では、正しい特徴点を特定できないため、正しい奥行きを推定することは原理的に不可能である。

「隠れ」の問題に対して、隠れの生じている点を検出することで隠れによる誤対応を回避する検討がされている。中山らは一方の画像から隠れ領域の候補を抽出し、輪郭エッジの幾何学的な拘束条件利用することで隠れ境界の対応を求める手法を提案している [4]. この手法では、隠れ境界となる前景物体の奥行きを正しく推定することは可能であるが、隠れの起きている背景の奥行きを推定することはできない。

また、隠れ領域を検出し、周辺の情報を利用することで隠れが起きている点の奥行きを

補完する試みも行われている [5][6][7]。しかし、この手法は隠れ領域周辺の奥行き変化が少ない場合には有効であるが、隠れ領域周辺で奥行きが急激に変化する場合には不向きである。

一方、別のアプローチとして、格子状に配置した複数のカメラを用いて撮影した画像の冗長性と、複数の基線方向を利用することで隠れの生じている点でも、隠れの生じていないステレオ画像対のみを利用することで隠れの影響を回避し、正しい奥行き推定を行うことの可能な多眼ステレオ法が提案されている [8][9]。

2.3 多眼ステレオ法による奥行き獲得

2.3.1 従来までの多眼ステレオ法の研究

ステレオ法は 2 枚の画像間で対応点を求めることによりシーンの奥行きを獲得する手法であり、対応探索問題が重要な課題であることは前節で述べた。この問題に対処する手法として、3 台以上のカメラによって撮影された画像間で対応点探索を行う多眼ステレオ法に関する研究が行われている。多眼ステレオ法の基本となる三眼ステレオ法 [10]-[13] のアルゴリズムは以下の通りである。

3 台のカメラでシーンを撮影し、奥行きを求める基準となる画像を参照画像、残りの画像を検査画像とする。参照画像上の注目点に対して、一方の検査画像上で対応点探索を行う。得られた対応点の候補から注目点の 3 次元情報が決定するため、この情報をもとにもう一方の検査画像における対応点を求め、対応点の確からしさを検証する。このように互いの検査画像から得られた対応点の確からしさを相互に検証することで、対応点探索の信頼性を向上させることが可能となる。大田らは、図 2.6(a) に示すように 3 台のカメラを基線が直交するように L 字型に配置し、中央の画像を参照画像、その他の画像を検査画像として同時に対応探索することで、基線に平行なエッジに対する対応探索の精度を向上させる直交三眼ステレオ法を提案した [10]。

奥富らは、図 2.6(b) に示すように複数台のカメラを等間隔に同一直線上に配置し、端の画像を参照画像、他の画像を検査画像として複数の基線長を持つステレオ画像対を構成する複数基線ステレオ法 (*multiple baseline stereo*) を提案した [14]。この手法では奥行き推定のための評価関数を、ある奥行きを仮定したときに各検査画像上に一意に定まる対応点候補における評価値の総和と定義した。これにより、短い基線を用いた時の対応精度の高さと、長い基線を用いた時の奥行き分解能の高さの利点の両立を実現した。

「隠れ」の問題も対応探索問題に並んで重要な課題であるが、同様に多眼ステレオ法を用いた「隠れ」問題に関する研究も行われている。大田らは、3 台のカメラを水平に配置することで隠れの問題に対処可能な水平三眼ステレオ法を提案した [15]。中央の画像を参照画像とすると、多くの場合、参照画像中の注目点は少なくともどちらか一方の検査画像で観測される。従って隠れのある点でも、どちらかの検査画像で対応点が定まれば、その点を対応点として採用することで奥行き推定が可能となる。

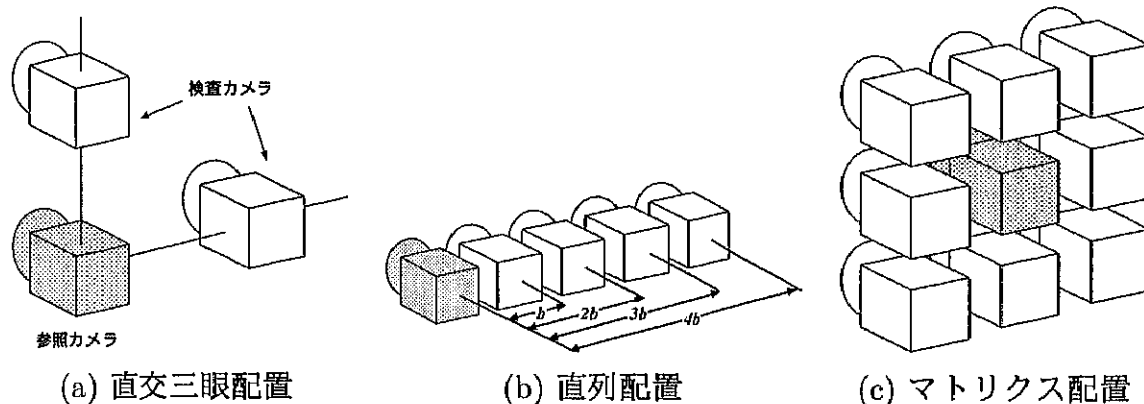


図 2.6: 多眼ステレオのカメラ配置

佐藤らは図 2.6(c) に示すようにカメラを格子状に配置し、参照画像として定めた中心画像と周辺の検査画像により複数のステレオ画像対を構成し対応点探索を行う、カメラマトリクスステレオ法を提案した [8][9]。複数のステレオ画像対を利用することで、一对のステレオ画像対を利用する場合と比較して対応点探索に利用可能な情報が冗長となる。この冗長性を利用することで対応点探索時に偶然生じる誤対応を減少できる。また、複数方向の基線を利用できるため、ある方向のエッジ上に生じる対応の曖昧さを、それとは異なる基線方向からの情報を用いて補うことも可能である。さらに、隠れの起きているステレオ画像対を評価の対象から取り除き、隠れのないステレオ画像対のみを用いることで、隠れの影響を回避した奥行き推定を実現している。隠れの起きているステレオ画像対は未知であるため、隠れがない場合と隠れがある場合について複数の仮定を立てて、それぞれについて並行に調べて最も確からしいものを選択する方式を採用している。

2.3.2 多眼ステレオ法の利点

多眼ステレオ法には、「複数のステレオ画像対による情報の冗長性を利用した誤対応の回避」と、「ステレオ画像対の空間的広がりを利用した隠れへの対応」の二つの利点がある。三眼ステレオ法を用いたときのこれらの利点について考える。

前者の利点が有効となるのは、ある画像対で得られた対応点の曖昧さを他の画像対で得られた対応点により検証可能な場合であり、このような条件はカメラを基線方向が異なるように配置することで満たすことができる (図 2.7)。先に述べた直交三眼ステレオ法がこの例に当てはまる。しかしこれは、全ての画像対で「隠れ」がないと仮定した場合にのみ成立し、どちらか一方の画像対で「隠れ」がある場合には、二眼ステレオ法で得られる対応探索精度しか確保することができない。

後者の利点、すなわち「隠れ」に対応するためには、最低どちらか一方の検査画像に対応点が観測できるカメラ配置をとらなければならない。この条件の多くの場合を満たすた

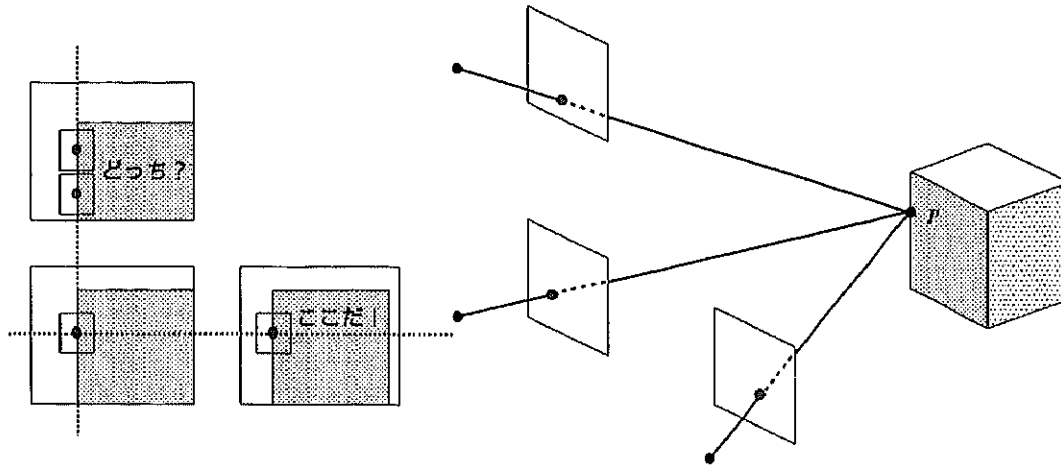


図 2.7: 基線方向の異なるカメラ配置による対応の曖昧性の除去

めには、参照カメラを中心として、検査カメラを対称な位置に配置すればよい。このカメラ配置により、「隠れ」への対応は可能となるが、基線に平行なエッジ部分に生じる対応の曖昧さに対応することは困難である。

以上のことから考えて三眼ステレオにより、「複数のステレオ画像対による情報の冗長性を利用した誤対応の回避」と、「ステレオ画像対の空間的広がりを利用した隠れへの対応」の二つの利点を同時に実現することはできない。佐藤らは、これらの二つの利点を同時に満たし、「隠れ」領域に対しても十分な対応精度を確保可能なカメラの台数と配置に関する検討を行った [9]。これによると、図 2.6(c) に示すような、中心カメラを参照カメラとした 9 眼ステレオ、もしくは、参照画像を中心に直交十字型に検査カメラを配置した 5 眼ステレオを用いることで、「隠れ」領域でも十分な精度の奥行き獲得が可能になる。

2.3.3 多眼ステレオ法による奥行き獲得手法

本節では、 3×3 の格子状に配置したカメラを用いた多眼ステレオ法による奥行き獲得手法について説明する。まず、この多眼ステレオ法に用いられる撮像系について説明する。図 2.8 に示すようにカメラを格子状に配置する。このとき、全てのカメラの焦点距離は f で、それぞれのカメラどうしの光軸は平行でレンズ中心を含む平面と光軸は直行しているものとする。レンズ中心を含む平面を平面 $z = 0$ とし、カメラの水平走査方向と水平に X 軸をとり、原点を中心カメラのレンズ中心に定める。周辺のカメラを間隔 b で配置すると、それぞれのカメラのレンズ中心の座標は、 $(mb, nb, 0)$, $(m, n = \dots, -1, 0, 1, \dots)$ と表すことができる。以後の説明では、各カメラ位置をパラメータ (m, n) で表現し、カメラ位置 (m, n) で撮影された画像を $I^{m,n}$ と表す。

シーン中の点 $P(X, Y, Z)$ は，中心の画像 $I^{0,0}$ 上では，

$$I^{0,0}\left(\frac{X}{Z}f, \frac{Y}{Z}f\right) \quad (2.1)$$

として観測され，各周辺画像 $I^{m,n}$ 上では，

$$I^{m,n}\left(\frac{X - mb}{Z}f, \frac{Y - nb}{Z}f\right) \quad (2.2)$$

として観測される．ここで，

$$x = \frac{X}{Z}f, y = \frac{Y}{Z}f \quad (2.3)$$

$$d = \frac{b}{Z}f \quad (2.4)$$

とおくと，式 (2.1)，(2.2) は，

$$I^{0,0}(x, y) \quad (2.5)$$

$$I^{m,n}(x - md, y - nd) \quad (2.6)$$

と書き換えられる．このとき， d を点 $I^{0,0}$ の視差と定義する．視差 d は，式 (2.4) で表されるように，点 P の奥行き Z によって定まる値であり，シーンの奥行き情報を間接的に表す．中心画像上のある注目点 $I^{0,0}(x, y)$ の視差推定は，仮定する範囲内の全ての視差 d に対する評価値を評価関数 $e(x, y, d)$ にもとづいて算出し，この評価値を最小とする d を選択することで行われる．

$$\hat{d} = \arg \min_d e(x, y, d) \quad (2.7)$$

注目点 $I^{0,0}(x, y)$ における仮定視差 d に対する評価値 $e(x, y, d)$ は以下のように決定される．まず，注目点 $I^{0,0}(x, y)$ と各周辺画像上での対応点 $I^{m,n}(x - md, y - nd)$ 間（もしくは，各点を中心とした小領域間 W ）の RGB 空間におけるユークリッド距離を，2点間の相違度（式 (2.8)）と定義し， $e^{m,n}(x, y, d)$ と表現する．各画像対に対して算出した相違度を足し合わせた値を，注目点 $I^{0,0}(x, y)$ での視差 d に対する評価値とする．したがって，評価関数は式 (2.12) のように定義される．

$$e^{m,n}(x, y, d) = \sum_{i,j \in W} \sqrt{D_R^2 + D_G^2 + D_B^2} \quad (2.8)$$

$$D_R^2 = I_R^{0,0}(x, y) - I_R^{m,n}(x - md, y - nd) \quad (2.9)$$

$$D_G^2 = I_G^{0,0}(x, y) - I_G^{m,n}(x - md, y - nd) \quad (2.10)$$

$$D_B^2 = I_B^{0,0}(x, y) - I_B^{m,n}(x - md, y - nd) \quad (2.11)$$

ここで， $I_R^{0,0}(x, y)$ ， $I_G^{0,0}(x, y)$ ， $I_B^{0,0}(x, y)$ は点 $I^{0,0}(x, y)$ における RGB 成分の輝度値を表す．

$$e(x, y, d) = \sum_{m,n} e^{m,n}(x, y, d) \quad (2.12)$$

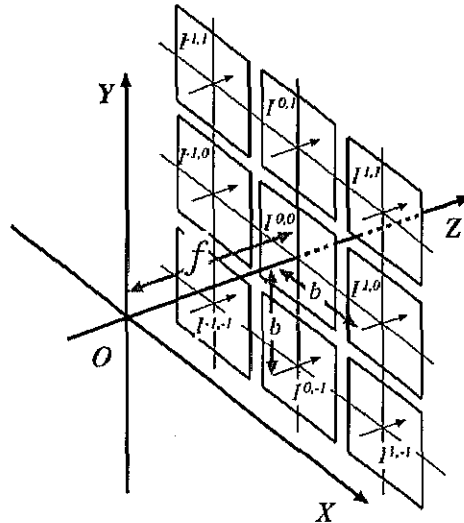


図 2.8: 多眼ステレオ法におけるカメラの幾何学的構成

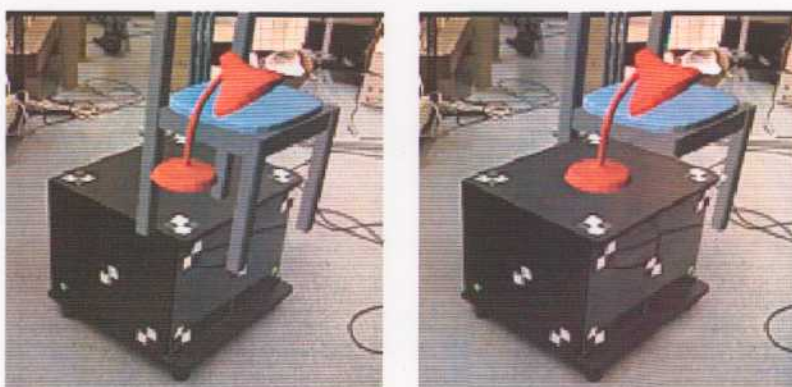
2.4 実時間ステレオと遅延の問題

2.4.1 実時間ステレオ

これまでのステレオ法に関する研究は、主にカメラで撮影した静止世界の奥行きをいかに高精度に獲得するか重点が置かれていた。近年マルチメディアの発達に伴い、動きのある世界の奥行き獲得、すなわち、実時間ステレオに関する研究が行われるようになった。ステレオ法はシーンの照明の状況などに依存せずに、比較的安定に奥行きを獲得できる手法である。また、*structure from motion* 法のように時系列情報を用いることなく、同時刻に撮影したステレオ画像対のみから奥行きを獲得可能なことから、アルゴリズムの高速化によるシステムの実時間化への拡張が容易である。

金出らは先に述べた複数基線ステレオ法のアルゴリズムをハードウェア化することにより、スループットが30フレーム/秒の実時間ステレオを実現した[16]。また、野口らは隠れ検出可能な多眼ステレオ法をDSPを用いた汎用画像処理装置により構築することで、物体輪郭の鮮明な奥行きが獲得可能な高速ステレオを実現している[17]。更に木村らは、視差探索時のブロックマッチング処理を簡単なフィルタリング処理で実現し、LSIの性能を最大限に引き出せるようにすることで、小型で高性能な実時間多眼ステレオ処理装置を実現している[18]。またハードウェアの高速化に伴い、高精度かつ高解像度の実時間ステレオシステムが開発され、一般に利用可能になっている[19]-[21]。

実時間ステレオは、現実世界と仮想世界の融合技術を実現するために有用な技術である。現実世界と仮想世界の幾何的整合性を保ち、継ぎ目なく自然に融合することは重要な課題である。幾何的整合性とは、現実世界と仮想世界の位置の整合性と奥行きの前後関係



(a) 奥行きを考慮しない融合 (b) 奥行きを考慮した融合

図 2.9: 現実世界と仮想世界の融合における幾何的整合性

の整合性を表す。図 2.9 に示すように、特に現実世界と仮想世界の前後関係、言い替えると、仮想物体が現実物体で隠される表現を正しく再現しなければ、位置の整合性が取れていても自然な融合を実現することはできない。

動きのある現実シーンに対してこれを実現するためには、実時間で現実世界の奥行き情報を獲得する必要がある。先に述べた実時間ステレオはこの問題に対して有効であると考えられる。しかし、これらの実時間ステレオはスループットの面ではビデオレートを実現しているが、信号が入力されてから出力されるまでの遅延時間に関しては考慮していない場合も多い。特に HMD を装着した観察者が見ている映像に対して、獲得された奥行き情報をもとに仮想物体と現実物体の前後関係を正しく表現した CG を合成するためには、スループットの実時間化と同様に、この遅延時間をなくすることが実時間ステレオの重要な課題といえる。

2.4.2 ステレオ処理の流れと遅延問題

ステレオアルゴリズムは図 2.10 に示すように、対応点探索モジュールと視差決定モジュールから構成され、パイプライン処理される。対応点探索モジュール内においても、各ステレオ画像対ごとの対応点探索の結果をもとに各仮定視差における評価値を計算する処理にパイプライン処理が含まれる。このように、それぞれのモジュールも複数の処理から構成され、各処理内で多段階のパイプライン処理が行われる。

「遅延」とは、カメラで撮影されたステレオ画像対がシステムに入力されてからステレオ処理の結果、すなわち視差画像が出力されるまでの時間遅れを表す。ステレオ演算によって生じる「遅延」は、大きく 2 種類に分類することができる。一つ目はアルゴリズムの複雑さによって生じる計算コストの高さに伴う遅延である。二つ目は、各処理間のパイプライン処理に伴う遅延である。これらの遅延は、アルゴリズムの工夫や簡略化によって各処理を高速化したり、パイプラインの段数を減らすことで低減できる。また、高速なブ

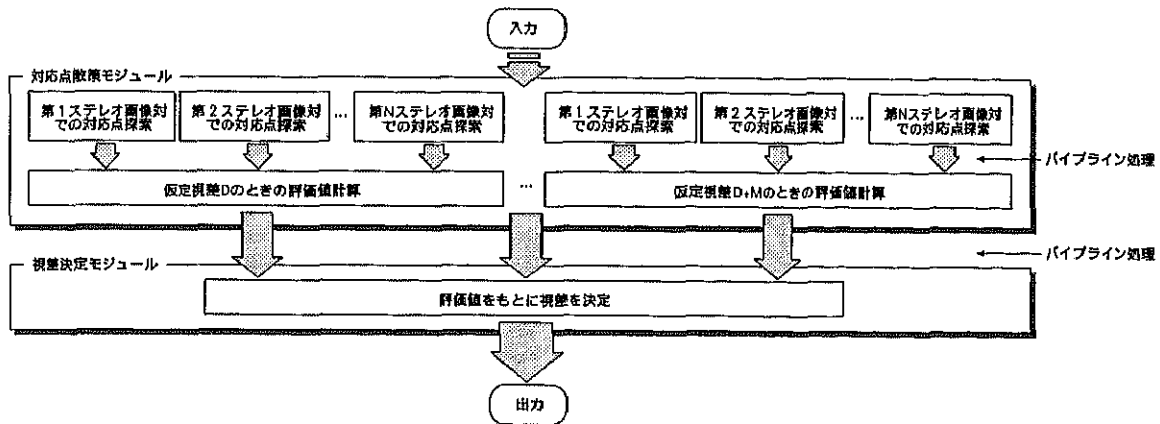


図 2.10: ステレオアルゴリズムのパイプライン処理

ロセッサを利用することで各処理を高速化することも可能である。

上記のような工夫によりパイプライン処理に伴う遅延を最小限に抑えたステレオシステムを構築することも可能であるが、現実世界と仮想世界の融合に用いられるような物体輪郭の鮮明な奥行き情報を実時間で遅延なく獲得することが望まれる状況では、単に遅延を短縮するだけでは問題の解決にならないことが多い。

2.5 本研究の位置付け

前節までに述べたように、ステレオ法による奥行き獲得には、「隠れ」領域での対応点探索問題や実時間ステレオを実現するための「遅延」の問題が存在する。佐藤らは、格子状に配置した複数のカメラを用いて撮影した画像の冗長性と複数の基線方向を利用することで、隠れの起きていないステレオ画像対のみを用いて、隠れの影響を回避した正しい奥行き推定を行うことの可能な多眼ステレオ法 SEA (Stereo by Eye Array) を提案している [8][9]。SEA では、カメラ配置の幾何学的な関係をもとに、各ステレオ画像対で起こる隠れのパターンを限定し、隠れの無い場合とある場合の複数の仮定を立てて適切なものを選択することで、隠れの検出を行うとともに正しい奥行き推定を実現している。

しかし、この手法では隠れのパターンを幾つかのパターンに限定しているため、実際に起きている隠れが設定された隠れパターンと一致する場合には有効であるが、隠れパターンと一致しない複雑な隠れが起きている場合に対応できない問題がある。また、隠れがない領域に対して隠れ処理を行うことで、隠れ処理を行わない場合と比べて奥行き推定精度が低下することもある。これは対応精度の低下が、実際に起きている隠れによる影響か、ノイズによる影響かを判断することが困難であるため、隠れの無い領域でも隠れが起きていると誤判断されてしまうことに起因する。以上のことから、同一アルゴリズムによって隠れの無い領域と隠れある領域の両方の領域に対して精度の良い奥行き獲得を実現することは困難である。

また「遅延」問題に関しては、ソフトウェアによるステレオアルゴリズムの高速化のみで解決することは困難であり、ハードウェアの高速化によるシステム全体の性能の向上に依存しているのが現状である。専用ハードウェアやLSIを用いた実時間ステレオの研究は行われているが、それらのほとんどは、スループットの向上を目的としたものであり、積極的に「遅延」の解決に取り組んだものではない。

本研究では、これらの「隠れ」や「遅延」の問題解決へのアプローチとして、ステレオアルゴリズム単体の改良や高速化だけではなく、既存のステレオ法に対して、問題解決に適した複数のアルゴリズムを統合する手法をとる。本論文では、三つの異なる目的を持った奥行き獲得法を実現するために、ステレオアルゴリズムの改良に加えて、それぞれの目的に適したアルゴリズムを提案し、ステレオアルゴリズムとの統合を試みた。

ステレオ処理による出力の「遅延」をステレオアルゴリズムの単純化や高速化のみでなくすることが困難であることは前述の通りである。本研究では、既存のステレオアルゴリズムに加え、過去の映像と現在の映像間の対応関係をもとに現在の映像に対する奥行きを高速に獲得する処理をステレオ処理と並行して行うことで遅延補償を実現する手法を提案する。処理の高速化のため、単純なアルゴリズムで時系列画像間の対応を求める手法を提案し、汎用画像処理装置を用いて遅延補償アルゴリズムを統合したステレオシステムを実現する。

次に、隠れ領域を含む映像に対して、隠れのない領域での奥行き獲得精度と隠れ領域での奥行き獲得精度の間のトレードオフ問題を回避し、隠れのない領域と隠れのある領域のどちらの領域でも精度の良い奥行きを獲得するために、本研究では、隠れのない領域と隠れ領域を抽出し、それぞれの領域に対して適切なステレオアルゴリズムを適用する方式による奥行き獲得を試みる。また本方式を実現するために、隠れ処理を行わないステレオ処理の際に得られる評価値(推定された奥行き値の信頼度)をもとにした隠れ領域の抽出手法、および、複雑な隠れ形状にも対応可能な隠れ処理を含んだステレオアルゴリズムを提案する。更に、提案するアルゴリズムをビデオレートのステレオマシンとPCを用いて実装することで、隠れ領域でも精度の良いビデオレートステレオシステムを構築する。

最後に、HMDを装着した観察者視点からの奥行き獲得法を提案する。現在、高精度な奥行きをビデオレートで獲得可能で、かつHMDに装着できる程小型・軽量のセンサは実現されていない。この問題を解決するために、観察者とは別位置に高精度なビデオレートステレオマシンをサーバセンサとして設置し、観察者に装着した位置センサ(クライアントセンサと定義する)からの情報をもとに、サーバセンサから得られる奥行きを観察者視点に変換するクライアント・サーバ方式の奥行きセンシング法を提案する。視点変換アルゴリズムを用いて異なる視点での奥行きマップを生成する手法、および視点変換によって得られる奥行きマップの高精度化について考察し、ビデオレートステレオマシンを用いたクライアント・サーバ方式の奥行き獲得システムを実現する。