

第1章 序論

本論文では、複数のアルゴリズムを統合することにより、ステレオ法による奥行き獲得の高機能化を実現するための手法について述べる。単体アルゴリズムの直接的な改良だけではなく、目的に合わせて適切なアルゴリズムを統合することにより、ステレオ法による奥行き獲得の高精度化や高速化などの高機能化を実現する方式を検討することが本研究の目的である。

現在、複合現実感に関する研究が盛んに行われている。複合現実感とは、我々が活動している現実世界とコンピュータ内に構築された仮想世界とを融合する技術である。複合現実感を実現するためには、「幾何的整合性」、「光学的整合性」、「時間的整合性」の三つの問題を解決しなければならない。このうち、「幾何的整合性」とは仮想物体の位置・姿勢を正確に現実世界に提示すること、また仮想物体が現実の物体に隠される現象を正しく表現することを表す。仮想物体と現実物体の間の隠れを正しく表現するためには、現実世界の奥行き情報が既知でなければならない。この現実世界の奥行き情報を獲得するための技術としてステレオ法が注目されている。

ステレオ法は距離計測を目的としたリモートセンシングの分野で古くから研究されている方式である。その原理は三角測量による計測技術にもとづいており、最低2枚の画像間での対応点探索によって奥行きを獲得することが可能である。これは、レーザレンジファインダのようにレーザ光を順次走査する機構の距離センサと比べて、実時間での奥行き獲得を可能とする拡張性の面で有利である。しかし、ステレオ法にはアルゴリズムの原理上、「隠れ」や「遅延」の問題が生じる。「隠れ」は一方の画像で観測できる点がもう一方の画像では見え方の変化によって手前の物体に隠されて観測できない状態を表す。「隠れ」のある点では正しい対応点を求めることが不可能なため、「隠れ」の影響を取り除いて正しい奥行きを獲得するための研究が行われている。また「遅延」の問題とは、アルゴリズムの複雑さによる計算コストの大きさやステレオアルゴリズムに存在するパイプライン処理によって、映像が入力されてから奥行きマップが出力されるまでに時間遅れが生じることである。実時間ステレオシステムにおいては、この時間遅れを短くすることが望まれる。アルゴリズムの単純化やハードウェア化によってある程度遅延を軽減することは可能であるが、複合現実感での利用に期待されるような高精度かつ高速なステレオを実現するのは困難な問題である。

本論文では、これらの「隠れ」や「遅延」の問題解決へのアプローチとして、単体のステレオアルゴリズムの改良や高速化だけではなく、既存のステレオ法を含む複数のアルゴリズムを統合する方向性を提示し、提案する手法がこれらの問題解決に有効であることを

示す。

第2章では、ステレオ法による奥行き獲得の原理について説明する。続いてステレオ法による奥行き獲得で重要な課題である「隠れ」や「遅延」の問題について、それらの起こるメカニズムを考察し、その原因を明らかにする。また、それらの問題点を解決する方法として、アルゴリズムを直接改良するだけでなく、問題解決に最適と思われるアルゴリズムをステレオアルゴリズムと統合するアプローチを取る本論文の位置付けについて述べる。

第3章では、ステレオアルゴリズムの構造によって生じる「遅延」の問題を解決するための方法として、時系列映像の相関を利用した遅延補償アルゴリズムをステレオアルゴリズムに統合する手法を提案する。本手法では現在の映像と過去の映像間の対応を調べることで、過去の映像の奥行きマップから現在の奥行きマップを高速に獲得する。このようにステレオ法による奥行きマップ獲得と並行に過去の奥行きマップから現在の奥行きマップを獲得する遅延補償アルゴリズムを組み合わせることで、ステレオ法による奥行きマップ獲得に若干の遅延が生じていても現在の奥行きマップを遅延なしで獲得可能であることを示す。また、遅延補償アルゴリズムを実現するために、時系列映像間の対応点には色と位置の類似性が成り立つことを仮定して、これらの情報をキーとする参照テーブルを作成することで高速に時系列映像間の対応を求める手法を提案する。この手法では、先に述べた仮定に加えて、対象とする時系列映像間で、「シーン中の物体の動きは微小」、「カメラ位置は固定」という仮定を用いている。そのため、この仮定から外れるものへの対応策として、MPEGなどに用いられる動きベクトルを利用して時系列映像間の物体の動きに対応する手法と獲得された奥行きマップを用いてカメラの動きを修正する手法を提案する。提案した手法にもとづいてシミュレーション実験を行い、本手法の有効性を示すと同時に、汎用画像処理装置を用いた本手法の実現例を示す。

第4章では、ステレオ法による奥行き獲得で大きな問題となる「隠れ」の問題に対処し、「隠れ」領域でも精度良く奥行きが獲得できる手法について述べる。まず従来の「隠れ」問題に対する研究について考察し、全ての領域を統一的に扱うのではなく、隠れの無い領域と隠れのある領域を分離し、それぞれの領域に対して最適と思われるステレオアルゴリズムを適用する本手法の有効性を説明する。本手法では、まず隠れ処理を行わない手法、すなわち隠れの無い領域に対して有効な手法によって全画面の奥行きマップを獲得する。また、隠れ処理を行う手法による隠れ領域の奥行きマップ獲得を並行して行う。最後に隠れ処理を行わずに獲得した全画面の奥行きマップの隠れ領域部分を隠れ処理を行って獲得した奥行きマップで修正する。隠れ領域とそうでない領域では、隠れ処理を行わないステレオ法による対応点探索の過程で得られる評価値に異なった特徴が現れる。本研究では、この特徴を詳しく分析し、特徴空間中から隠れ領域を抽出する手法を提案する。また、隠れ領域の奥行きマップを精度良く獲得する手法として、隠れ形状に依存することなく、個々のステレオ画像対での評価値の大きさにより隠れの有無を判断することで、隠れの影響を取り除いた対応点探索を行うアルゴリズムを提案する。本手法の有効性を検証するために、静止画像を用いた実験結果を示すとともに、このアルゴリズムをビデオレート

のステレオマシンと PC を用いて構築したシステムの例を示し、動きのあるシーンに対しても実時間で高精度な奥行きマップが獲得可能であることを示す。

第 5 章では、HMD(Head Mounted Display) を装着した観察者視点からの奥行きマップ獲得法について述べる。観察者視点での奥行きマップを獲得するためには、HMD に奥行き獲得センサを取り付ける必要があるが、これまでに述べたステレオシステムや既製のステレオセンサは大型で重いため、これらを HMD に取り付けることは困難である。超小型のカメラヘッドを用いてステレオを行うことは可能であるが、得られる奥行きマップの精度が低下するという問題が生じる。この問題を解決し、現実世界の観察者視点からの奥行きマップを獲得する手法として、クライアント・サーバ方式による奥行きセンシング法について述べる。これは、観察者の近傍にサーバセンサとして奥行きセンサを固定して設置し、それによって得られる現実世界の奥行きマップを、観察者に装着された HMD の位置・姿勢にもとづいて、観察者視点からの奥行きマップとして視点変換し供給するものである。サーバセンサとしてビデオレートのステレオセンサを用いて現実世界の奥行きマップを実時間で獲得する。クライアントセンサには赤外線センサを用いて、観察者が装着する HMD に取り付けられた赤外線マーカの位置を空間中の別位置に固定した赤外線センサにより獲得することで、観察者の位置・姿勢を得る。始めに、観察者の位置・姿勢情報を利用して、サーバセンサで得られた奥行きマップから視点変換手法により観察者視点からの奥行きマップを生成する方法について説明する。また、異なる種類のサーバセンサを併用することで、一つのサーバセンサでは獲得することのできない部分の奥行きを補うことができることを示し、別センサとして対象空間の静止物体の 3 次元モデルを用いた例を示す。ステレオカメラから得られる奥行きマップの視点変換は、静止物体の 3 次元モデルの視点変換と比べて処理コストが高い。静止物体の 3 次元モデルからは静止物体の高精度な奥行きマップが得られるので、ステレオカメラから得られる奥行きマップの変換対象を動物体のみ限定することで処理の高速化を図る。更に、視点変換によって得られる観察者視点からの奥行きマップの精度は、サーバセンサで獲得された奥行きマップの精度に依存する。特に、物体輪郭での奥行きマップの精度は敏感に視点変換後の奥行きマップの精度に反映される。そこで、視点変換によって得られた奥行きマップの輪郭を観察者視点映像から抽出した物体輪郭情報を利用して修正する手法を提案する。

また、これらのアルゴリズムを用いたシステムを構築し、観察者視点からの奥行きマップを生成して、この奥行きマップをもとに観察者視点の映像に CG による仮想物体を合成する実験を行った結果を示す。

第 6 章では、複数のアルゴリズムを統合することによってステレオ法による奥行き獲得の高機能化の実現を目的とした本論文の結論を述べる。