

論文の内容の要旨

論文題目	Scale Difference Problem in Stereo Matching and Mask Scale Adjusting (MSA) Method (和訳:ステレオマッチングにおける尺度相異の問題及びマスク尺度調整(MSA)法)
学位申請者	徐 征 (Xu Zheng)

本論文では、ステレオマッチングにおける尺度相異 (scale difference) の問題を指摘し、その解決方法としてマスク尺度調整 (Mask Scale Adjusting: MSA) 法を提案している。提案方法を模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に適用して提案手法の有効性を検証している。

従来のステレオマッチングでは、全視野的な奥行き情報の取得が主要課題とされ、円筒など曲面を含む対象物の外縁に隣接した部分では対応不能か対応精度が低かった。本研究では、まず、その主要な原因が、左右画像上で横方向縮小率が異なる尺度相異 (scale difference) の問題にあることを明らかにした。この問題を解決するため、対象物表面の傾斜に応じ左右画像の尺度 (scale) が等価となるよう補正して対応させるマスク尺度調整 (Mask Scale Adjusting: MSA) 法を提案した。この方法を模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に適用し、従来のステレオマッチング法のみでは不可能な部分まで対応させることができること、また、対応の精度を向上できることを示し、その有効性を実証した。本論文で提案したMSA法を従来の方法に付加装備することによりステレオマッチングの性能向上が期待される。

第1章は「Introduction (序論)」であり、本研究の背景について述べ、本研究を概観し、論文の構成について述べている。

第2章は「Binocular Unpaired Regions and Volume Perception (両眼非対応領域と体積感知覚)」と題し、本研究の出発点となった、両眼立体視において空間的な広がりを持つ部分空間が知覚される体積感と両眼非対応部について紹介している。体積感とは、円筒や球のように曲面を持った対象物において両目ともに見えない背後の部分にまで表面が延びその内部が媒体で充填されて知覚される現象である。その場合に、対象物表面上に両眼非対応部 (一方の眼にのみ見える領域) の存在が必要不可欠であるという報告がある。このことより、コンピュータビジョンに体積感に相当する機能を実現するには非対応領域の識別が必要不可欠と考えられるが、そのためには円筒など曲面を含む対象物の外縁に隣接した部分などでのステレオマッチングの精度を向上させることが必要となることを述べている。

第3章は「Stereo Matching and Triangulation Method (ステレオマッチングと三角測量法)」と題し、2次元的なステレオ画像から3次元情報を抽出するための基本となる左右画像間での対応部を求めるステレオマッチングと3次元位置を確定するための三角測量法について解説している。

第4章は「Scale Difference Problem in Stereo Matching (ステレオマッチングにおける尺度相異の問題)」と題し、第2章で述べた体積感知覚が生じる曲面を有する対象物の輪郭に隣接した領域で左右画像の対応が著しく困難あるいは不可能となる問題について検討し、その主要な原因が左右画像間の尺度の異なりにあることを明らかにした。そして、この問題が対象物表面の傾斜が急な部分においては必ず生じ、従来のステレオマッチング法のみでは回避できない根源的な問題であることを指摘している。

第5章は「Mask Scale Adjusting (MSA) Method (マスク尺度調整法)」と題し、前章で示した尺度相異問題の影響を軽減するマスク尺度調整 (MSA) 法を考案した。MSA法は従来からのステレオマッチング法に付加装備して機能するものである。MSA法ではまず、従来のステレオマッチング法によって、左右画像の対応点を求め、三角測量法によって対象物表面の3次元情報を算出する。得られた3次元情報には対応不能部分や対応精度が低い部分も含まれていることから、傾斜が小さく信頼度の高い部分で対象物表面の傾斜を計算し、左画像と右画像の間の伸縮率の差異を求め補正係数 (scaling factor) を算出する。縮小率の大きい方の画像を補間しながら他方の画像と等価となるように補正した画像を生成して、ステレオマッチングを行う。また、対応不能であった領域については隣接する対応できた部分の傾斜を外挿し同様に尺度を補正してステレオマッチングを行う。以上の操作を繰り返すことによって対応不能な領域を減少させ、同時に対応精度を向上させる。

第6章は、「Experiments (実験)」と題し、模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に対して提案したMSA手法を適用し、その有効性を検証している。実験においては、特に非対応部および表面傾斜の影響が顕著である円筒状対象物の縁に隣接した領域に注目して検討した。ここでは、従来のSSD (Sequential Similarity Detection) 法とこの方法にMSA法を付加した場合について、原理的には対応できるはずである領域における対応失敗の割合を比較した。模擬ステレオ画像に対し、MSA法の付加により、曲面上で傾斜が大きい領域において対応失敗の割合が減少することを確かめた。実際の円筒対象のステレオ画像についても同様に、従来のSSD法とSSDにMSA手法を装備した結果、MSA手法の導入により、対応領域および奥行き精度ともにSSDのみの場合と比べ、改善されることが確認できた。

第7章は、「Conclusion (結論)」であり、本論文の成果をまとめ展望した。

本論文では、ステレオマッチングにおける尺度相異 (scale difference) の問題を明確にした。その解決方法としてマスク尺度調整 (Mask Scale Adjusting: MSA) 法を提案し、模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に適用してその有効性を検証した。MSA法によりステレオマッチング性能の向上が期待できる。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名	徐 征
審査委員主査	出澤 正徳
委員	阪口 豊
委員	中村 整
委員	井上 誠喜
委員	小池 英樹
委員	
委員	

本論文では、ステレオマッチングにおける尺度相異 (scale difference) の問題を指摘し、その解決方法としてマスク尺度調整 (Mask Scale Adjusting: MSA) 法を提案し、模擬ステレオ画像及び実ステレオ画像を用いてその有効性を検証している。

従来のステレオマッチングでは曲面を含む対象物の外縁の隣接部分など傾斜が急な領域で対応不能か対応精度が低くなる。その主要な原因が、左右画像上で横方向縮小率が異なる尺度相異にあることを明示した。その解決法として、対象物表面の傾斜に応じて左右画像の尺度 (scale) が等価となるよう補正して対応させるマスク尺度調整 (MSA) 法を提案し、模擬ステレオ画像及び実ステレオ画像に適用し、ステレオマッチングの性能向上を実証している。

第1章は「Introduction (序論)」であり、本研究の背景について述べ、本研究を概観し、論文の構成について述べている。

第2章は「Binocular Unpaired Regions and Volume Perception (両眼非対応領域と体積感知)」と題し、本研究の出発点となった、両眼立体視において空間的な広がりを持った部分空間を知覚される体積感と両眼非対応部について紹介している。体積感とは円筒や球のように曲面を持った対象物において、両目ともに見えない背後の部分にまで表面が延びその内部が媒体で充填されて知覚される現象である。その場合に、対象物表面上の両眼非対応部 (一方の眼にのみ見える領域) が必要不可欠という報告がある。このことより、コンピュータビジョンで体積感に相当する機能を実現するには非対応領域の識別が必要不可欠と考えられ、円筒など曲面を含む対象の外縁に隣接した部分でのステレオマッチング精度の向上が必要であると述べている。

第3章は「Stereo Matching and Triangulation Method (ステレオマッチングと三角測量)」と題し、2次元的なステレオ画像から3次元情報を抽出するための基本となる左右画像間での対応部を求めるステレオマッチングと3次元位置を確定す

るための三角測量法について解説している。

第4章は「Scale Difference Problem in Stereo Matching (ステレオマッチングにおける尺度相異の問題)」と題し、第2章で述べた体積感知覚が生じる曲面を有する対象物の輪郭に隣接した領域で左右画像の対応が困難あるいは不可能となる問題について検討し、その原因が左右画像における尺度の異なりにあることを明らかにした。そして、この問題は、対象物表面の傾斜が急な部分においては必ず生じ、従来からのステレオマッチング法のみでは回避できない根源的な問題であることを指摘している。これまでに報告されていなかったステレオマッチングにおける根源的な尺度相異問題を明示したことが高く評価できる。

第5章は「Mask Scale Adjusting (MSA) Method (マスク尺度調整法)」と題し、前章で示した尺度相異問題の影響を軽減するマスク尺度調整 (MSA) 法を考案した。MSA法は従来からのステレオマッチング法に付加装備して機能させる。本方法ではまず、従来からのステレオマッチング法によって、左右画像の対応点を求め、三角測量法によって対象物表面の3次元情報を算出する。得られた3次元情報には対応不能部分や対応精度が低い部分に相当するものも含まれていることから、傾斜が小さく信頼度の高い部分において対象物表面の傾斜角度を計算し、左画像と右画像の間の伸縮率の差異を求め補正係数 (scaling factor) を算出する。縮小率の大きい方の画像を補間しながら他方の画像と等価となるように補正した画像を生成して、ステレオマッチングを行う。また、対応不能であった領域については対応できた隣接部分の傾斜を外挿し同様に尺度を補正してステレオマッチングを行う。以上の操作を繰り返すことによって対応不能領域を減少させ、同時に対応精度を向上させている。新しく見出されたステレオマッチングにおける根源的な尺度相異問題への対応法としてマスク尺度調整 (MSA) 法を考案したことが評価できる。

第6章は、「Experiments (実験)」と題し、模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に対して提案したMSA法を適用し、その有効性を検証している。実験においては、特に非対応部および表面傾斜の影響が顕著である円筒状対象物の縁に隣接した領域に注目して検討した。ここでは、従来からのSSD (Sequential Similarity Detection) 法とSSD法にMSA法を付加した場合について、原理的には対応できるはずの領域における対応失敗の割合 (false rate) を比較した。模擬ステレオ画像に対し、MSA法の付加により、曲面上で傾斜が大きい領域において対応失敗の割合が減少する (マッチングが正しく取れる部分が増加する) ことが確かめられた。実際の円筒状対象物のステレオ画像についても同様に、従来からのSSD法とSSDにMSA法を装備した方法による結果を比較し、MSA法を装備することによりマッチング性能が改善されることを確認している。新しく提案したMSA法の有効性を模擬ステレオ画像および実ステレオ画像に適用してその有効性を示したことが評価できる。

第7章は、「Conclusion (結論)」であり、本論文の成果をまとめ展望している。

以上、本論文では、ステレオマッチングにおける尺度相異の問題を明確にしている。その解決方法としてマスク尺度調整 (MSA法) を提案し、模擬ステレオ画像及び実ステレオ画像に適用してその有効性を検証しており、本論文の成果はステレオマッチングの性能向上に寄与できると判断される。

よって、本論文は博士 (工学) の学位論文に値すると認められる。