

研究テーマ 「180 度画角の周辺画像まで認識可能な歪低減レンズと
高精度画像処理技術の開発」

研究責任者 所属機関名 中部大学 工学部 ロボット理工学科
官職又は役職 教授

氏 名 藤吉 弘亘 メールアドレス : hf@cs.chubu.ac.jp

共同研究者 所属機関名 (株)トヨタック 光学技術センター 開発技術部
官職又は役職 部長

氏 名 位高 光俊

(平成 27 年度募集) 第 28 回 助成研究 完了報告書

1. 実施内容および成果ならびに今後予想される効果の概要

【実施内容および成果】

本研究は、レンズ設計製造の技術を保有するトヨタックと、画像処理技術を保有する中部大学藤吉研究室の特徴を組合せ、歪が低減されたレンズと高精度画像処理認識技術を開発することで、今までにない広範囲な画像からの認識技術の開発を目指して研究を行った。

以下に、本研究で実施した内容の概要を記載する。

① レンズ設計および製作

トヨタックで設計試作した、120 度の画角でほぼ周辺の歪を無くした広角レンズ(特願 2015-024322)は、広角で歪の無いという特徴を最大限に活かすため更なる広角化が望まれている。しかし、内部に特殊な形状のレンズを用いており設計の難易度や製造の観点で課題が有る。

そこで本研究では、課題である特殊な形状のレンズを用いない設計や、更に広範囲の画像を得る事ができる画角 125 度の設計(PCT - JP2016 - 073281)などを実施した。また、センササイズを 1/3"へ変更した設計を実施し、更なる高解像度化を実施した。

レンズ製作は、製造の難度などを考慮した結果、画角 120 度のレンズを製作した。

② 画像評価用アルゴリズムの開発

歪のある広角レンズで取得した画像を修正する画像処理技術は世の中に多く出ているが、120度の画角でほぼ周辺の歪を無くした広角レンズ(特願 2015-024322)に適した画像処理、画像認識技術の研究が少ない。

そこで本研究では、一般レンズとの比較として SIFT 特徴量を利用した特徴点マッチングを行うため、画像評価用ソフトウェアを開発し評価を行った。

結果、一般の広角レンズでは特徴点のマッチングが全くできない広角端において、本研究により設計したレンズはとても良い精度でマッチングが可能なが確認された。これにより歪補正などの画像処理を行わずに既存画像処理技術が使用可能であること(例えばステレオマッチングなど)が示唆された。

【今後予想される効果】

本研究結果より予想される効果として、以下に 4 つ示す。

- (1) 歪補正処理を削減することでのリアルタイム性の向上
- (2) 光学系での歪処理を行うことで、周辺画角での情報量劣化を防止
- (3) 広角レンズの情報量による、必要デバイス数の削減
- (4) リアルタイム性のある広角ステレオ画像(距離画像)の取得

この予想される効果により、車載カメラや監視カメラ、及びドローンやロボットの目として広く応用される製品の技術開発が可能であることが示唆される。

また、この効果の実用化としては、現在企業と共同開発により新たな製品を開発中である。

2. 実施内容および成果の説明（A 4 で、5 ページ以内）

① レンズ設計および製作

レンズ設計で実施したのは、主に下記の 3 点である

- A) 特殊形状のレンズを使わないレンズ設計
- B) 広角で歪の無いレンズの更なる広角化
- C) 更なる高解像度化

以下に詳細を説明する。

A) 特殊形状のレンズを使わないレンズ設計

トヨタックが保有する 120 度の画角で歪の無いレンズには、3 枚の特殊形状レンズ使用されている。特殊形状は歪の無いレンズにとってとても優位に働く面もあるが実用面を考慮するとコストの増大や製作期間の肥大化などを招き、大きな課題となる。

そこで、レンズ枚数を 1 枚増やすことで性能は維持した状態で特殊形状のレンズを用いない設計を実施した。

B) 広角で歪の無いレンズの更なる広角化

歪がなく周辺の情報量が多いレンズの特徴を最大限に活かすためには更なる広角化が求められる。

そこで、本研究では水平画角を 125 度となるように設計を実施した。

レンズのもつ形状を従来よりも強くすることで、製作難易度は若干上がるものの画角の広角化を実現できた。

C) 更なる高解像度化

広角レンズでは、情報量が多く映したいものがとても小さく映る場合がある。その場合、解像度が不足していると本来ならば認識しないといけない対象物を認識できなくなる問題が生じる。

こうした問題を軽減するために、本研究では更なる高解像度化を行った。

レンズ枚数を増やして設計を行うことによって、歪の無いレンズの解像力を従来比約 1.2 倍に向上させることが出来た。

上記記載の項目と、実際のものづくり難易度および実現性を考慮した結果、本研究では A) と C) を満たした、画角 120 度、1.2MPixel の歪の無い広角レンズの製作を行った。

② 画像評価用アルゴリズムの開発

歪のある広角レンズで取得した画像を修正する画像処理技術は世の中に多く出ているが、120度の画角でほぼ周辺の歪を無くした広角レンズ(特願 2015-024322)に適した画像処理、画像認識技術の研究が少ない。

そこで本研究では、一般レンズとの比較として SIFT を利用した特徴点マッチングを行うため、画像評価用ソフトウェアを開発し評価を行った。

【画像評価用ソフトウェアを用いた評価】

評価に使用した画像を図 1 に示す。

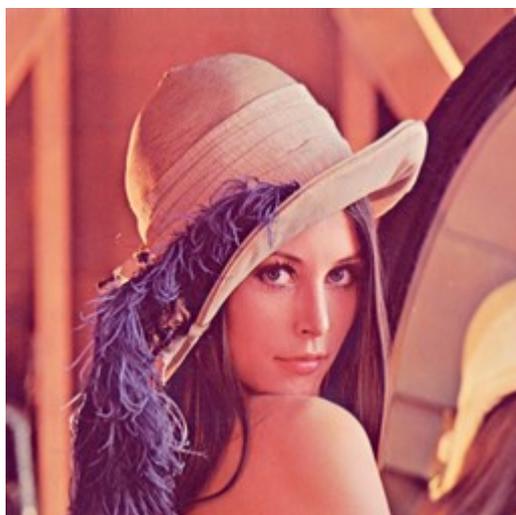


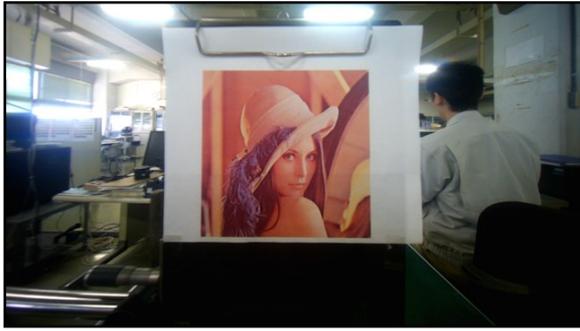
図 1. 評価に使用した Lena 画像

【評価方法】

一般広角レンズ(水平画角 120 度)とトヨタック保有の歪の無い広角レンズ(水平画角 120 度)による特徴点マッチング評価。

- ・特徴点検出/局所特徴量記述には SIFT を使用。
- ・歪みあり/なし画像で中央に Lena 画像が写っている画像を基準として各画像とマッチング。
- ・画面周辺上下左右へ Lena 画像を映した際の、基準画像とのマッチング具合を評価する

マッチング評価に用いた各基準画像を図 2 に示す。



歪み無し 基準画像

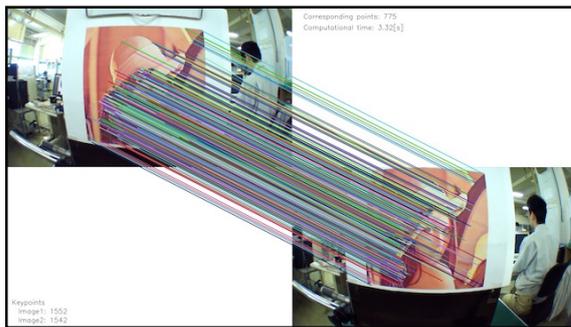


歪みあり 基準画像

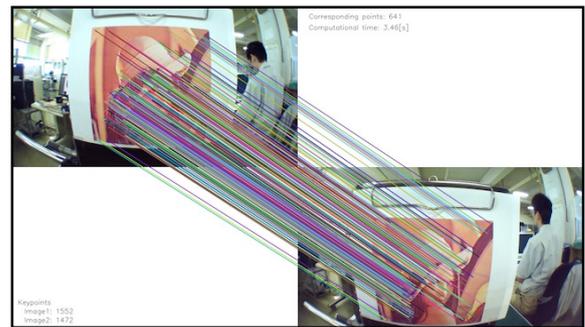
図 2. マッチング評価に用いた各基準画像

【評価結果】

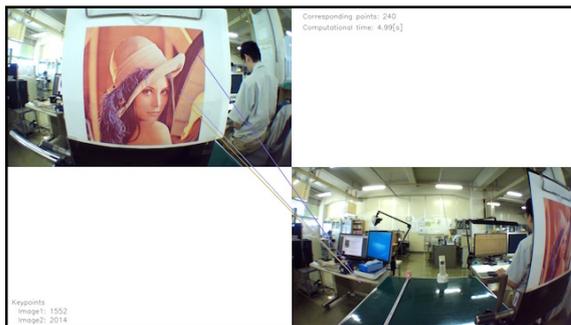
上下左右方向に配置した際の一般広角レンズによるマッチング結果を図 3 に示す。



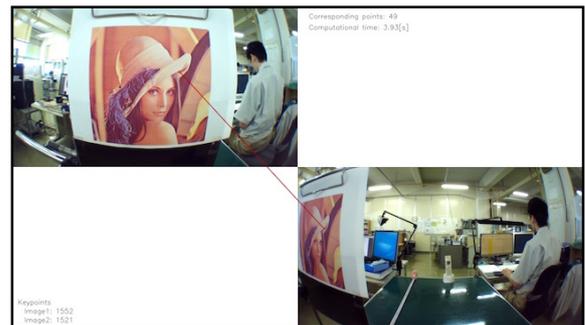
(a) 上方向



(b) 下方向



(c) 右方向



(d) 左方向

図 3. 一般広角レンズ 各方向マッチング結果

図の Lena 画像間にある”線”が特徴点のマッチングが成功したことを意味している。

図3を見ると(a)上方向および(b)下方向を映したマッチング結果はとても多くの線が見えるが、(c)右方向および(d)左方向を映したマッチング結果は線が全く表示されていないことが確認できる。

次に、歪の無い広角レンズによるマッチング結果を図4に示す。

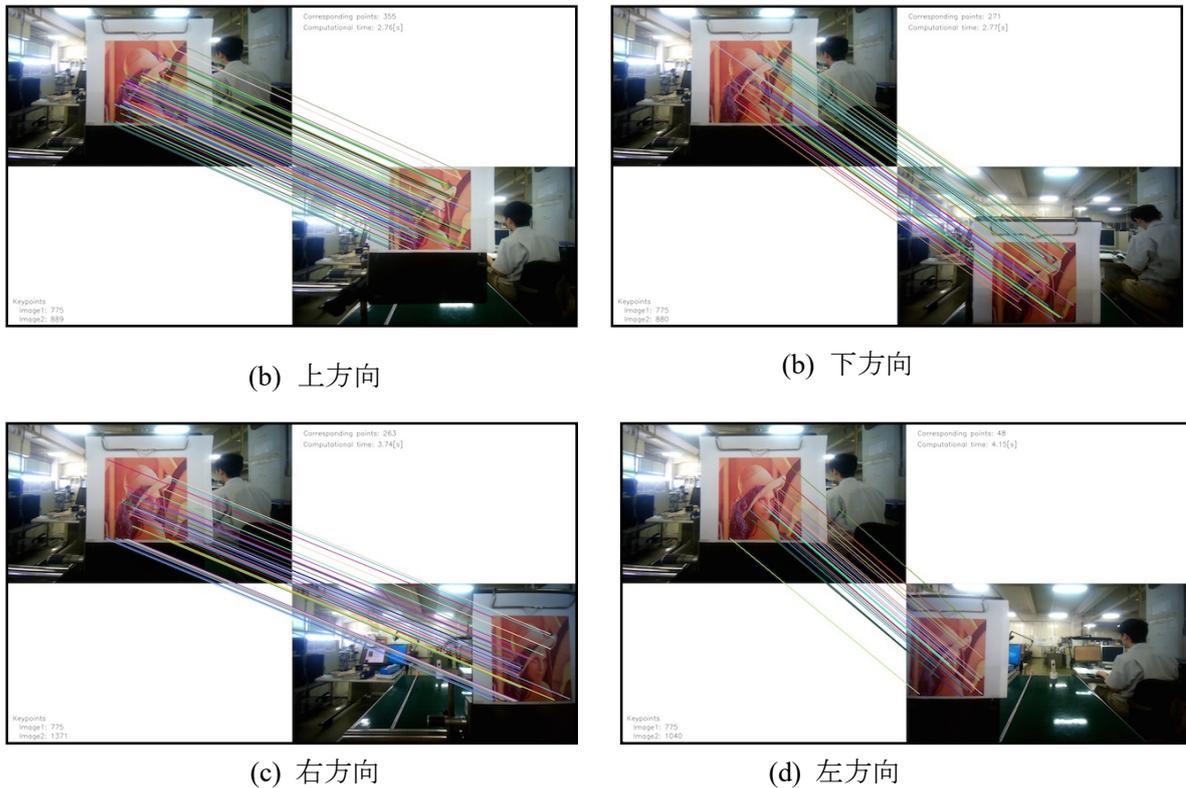


図4. 歪の無い広角レンズ 各方向マッチング結果

図4を見ると4方向どの方位にLena画像を配置しても、画像間に線があることから、一般広角レンズでマッチングが不可能な広角端でのマッチングが可能であることが確認できる。これは、一般的な標準カメラにより撮影した画像とほぼ同一性能を有することを意味している。また、そのことから画像処理技術も従来の技術を使用できることが出来ると考えられる。

評価結果より従来では不可能であった広角レンズでの認識やマッチングが可能になったことが確認できた、これにより広角レンズの持つ情報を多く取り入れる特徴を活かし、一度に広範囲をセンシングすることが可能となった。

以上本研究の結果より、以下4つが達成可能であると考えられる。

- (1) 歪補正処理を削減することでのリアルタイム性の向上
- (2) 光学系での歪処理を行うことで、周辺画角での情報量劣化を防止
- (3) 広角レンズの情報量による、必要デバイス数の削減
- (4) リアルタイム性のある広角ステレオ画像(距離画像)の取得

(1) に関して

特徴点のマッチングによる評価結果が示す通り、歪の無い広角レンズは標準レンズとほぼ同等のマッチング性能を有することから、歪を補正する処理工程を省略することが可能と考えられる。このことは、イメージセンサの高解像度化などに伴い膨大な情報を処理しなければならないデバイス面を考慮すると大きな成果であることが推測される。

(2) に関して

従来、広角レンズでは歪の補正を行わなければ使用できないことから、画像周辺の情報の欠落が生じていた。本研究によると光学により歪を補正しているため、画像周辺の情報量を維持したまま使用できることが推測される。これは対象物が小さく映る傾向にある広角レンズにとって大きなプラス要素になると考えられる。

(3) に関して

120度の歪が無い広角レンズは、360度のセンシングに必要なデバイス数は3つであり、一般的なカメラが7~14つ必要なのに対して、圧倒的にデバイス数を削減することが可能である。これにより、監視などに必要なデバイス数の削減、処理の削減、保守管理の削減など大きな効果が期待できる

(4) に関して

広角で歪の補正を行わずにステレオ画像(距離画像)を取得した例はまだ報告がない。本研究で開発した歪の補正が必要ないレンズを用いることで、歪補正処理を行うことなくリアルタイムでのステレオ画像(距離画像)の取得を広角レンズにて行う事が可能であると示唆される。これは、LiDAR技術ではできない、“広い範囲を”、“同時に”、“遠くまで”を可能とする技術として効果が期待できる。