

H-038

三次元形状計測を用いた自動車ボディに対する自動形状検査 Automatic Dent Detection System for Car Bodies by Using 3D Measuring

鈴木 貴大† 田口 亮† 服部 公央亮‡, †† 保黒 政大†† 梅崎 太造†
Takahiro Suzuki Ryo Taguchi Koosuke Hattori Masahiro Hoguro Taizo Umezaki

1. まえがき

1 台の車両を事前に登録した複数人で共同利用するカーシェアリングは、会員数、車両台数ともに増加傾向である[1]。運営側はレンタカー事業のように人を配置する必要がないため、人件費の削減が可能となる。しかし、人を配置しないため、返却時に車両の状態を確認することができず、事故や故障などの責任の所在を特定することは困難である。車両を修繕するコストを運営側が持つこととなり、運営コストの増大に繋がる。そのため、運営側から車両外観と故障を自動で検査するシステムの確立が望まれている。本研究では三次元計測を用いた車両外観検査システムを開発することを目的とする。従来までは、三次元形状の位置合わせについてマーカーを用いた数点でのマッチングで実施していた。本稿では、新たに ICP アルゴリズムを追加することで、位置合わせ精度を高め、検出精度を上げられるか検討を行う。

2. 計測装置

計測装置を図 1(a)に示す。計測装置には、プロジェクタ、カメラ(解像度 1600×1200[pixel])を用いる。また、計測概要図を図 1(b)に示す。計測器を車両の前面、後面の斜方に計測器を設置し、前面、後面の計測器で計測した範囲を車両の前面部、後面部とする。計測手法は、パターン投影法の 1 つである空間コード符号化法を併用した位相シフト法[2]を用いる。三次元形状例を図 2 に示す。

3. 凹み検出

本研究では、重大な凹みを見つけることを目的としているため、直径が 50[mm]以上、深さが 10[mm]以上のものを凹みとして検出を行う。フローチャートを図 3 に示す。本システムでは事前に登録しておいた三次元形状と返却時の差異により凹み検出を行う。

3.1 位置合わせ

三次元形状の差異により凹み検出する前処理として、検査データとあらかじめ保存しておいたリファレンスの位置合わせを行う。車両にあらかじめマーカーを取りつけ、特徴点として使用する。マーカーは図2に示した赤い

† 名古屋工業大学大学院 工学研究科 産業戦略工学専攻
Master of Techno-Business Administration, Nagoya
Institute of Technology

‡ 名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻
Department of Computer Science and Engineering, Nagoya
Institute of Technology

†† 中部大学 工学部 電子情報工学科
Department of Electronics and Information Engineering,
Chubu University

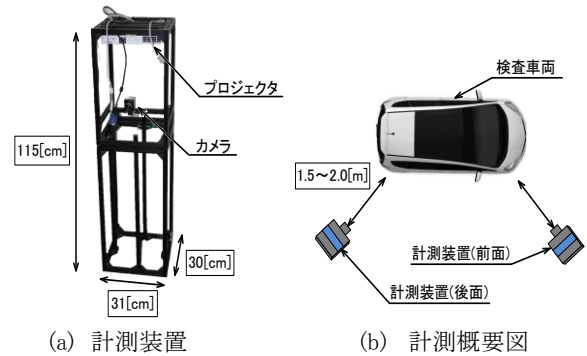


図 1 計測装置



図 2 計測結果例

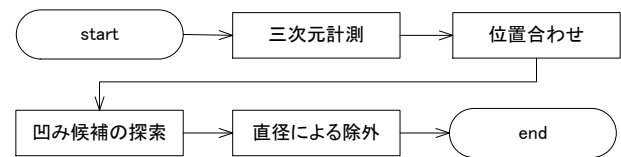


図 3 検出フローチャート

部分である。従来[3]ではマーカーを画像から探索し、検査データとリファレンスのマーカー中心での三次元座標から回転・並進のパラメータを算出していた。その後リファレンス側に回転・並進を加えることで 2 つの三次元形状について位置合わせを行う。しかし、マーカー位置での位置合わせは、マーカー箇所数点での三次元座標に依存する。そのため、新しい手法では 1 度マーカー座標をもとに位置合わせした後に ICP アルゴリズム[4]による位置合わせを行う。ICP アルゴリズムは、三次元形状全体を利用するのではなく、マーカー周辺でのマスクをマーカーから一定距離で作成し、マスク位置で位置合わせを行う。ICP アルゴリズムは、一定間隔でサンプリングをし、最近点を探索してマッチングを行う。

3.2 凹み候補の探索

3.1 節で位置合わせをしたリファレンスを用いて凹み検出を行う。検査データ 1 画素からリファレンスの最も距離が近傍にある画素をユークリッド距離により算出する。2 点間の最小距離が閾値よりも大きい場合を検査データの近傍にリファレンスがないと判断し、凹み候補画素として検出する。その後凹み候補画素について膨張・収縮を行い凹み候補領域として検出を行う。

3.3 直径による小領域の除外

本システムでは、直径 50[mm]以上の凹みを検出することを目的としており、直径が 50[mm]以上のものだけを残し、50[mm]以下の領域を検出する必要がない。そのため、凹み領域内の最大距離をユークリッド距離により算出し、最大距離が閾値よりも大きい領域のみを残し、小さい領域を除外する。小さい領域を除去することで三次元計測によるノイズ等による小領域の除外ができる。小領域を除外した凹みの検出結果を図 4 に示す。図 4 では、検出結果部分に赤く色を描写している。



図 4 検出結果例

4. 評価実験

実車を用いた評価実験を行う。凹みのない車両をあらかじめ計測器の位置を変化させながら複数回計測しておき、リファレンス作成後に車両を人為的に凹ませる。凹ませた後に三次元計測を行い、事前に計測したリファレンスとの差異により凹みの検出を行う。なお、計測は夜間に実施している。計測した車両を図 5 に示す。計測は、計測器の位置を少しずつ変化させて計測を行う。評価データは前面について良品 15 個、不良品 10 個のデータの組み合わせ 150 通り、後面について良品 17 個、不良品 20 個のデータの組み合わせ 340 通りにより評価を行う。前面部、後面部ともにマーカーは 4 点を使用している。

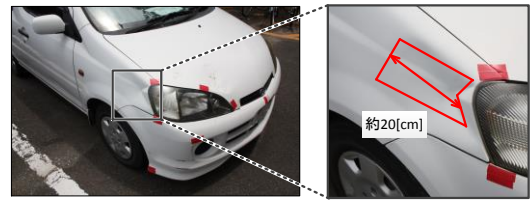
従来手法と新たに ICP アルゴリズムを追加した手法の凹み検出結果を図 6 に示す。ICP アルゴリズムを導入する前では、検出率は前面の凹みについて 100.0[%]、後面の大きい凹みについて 100.0[%]、後面の小さな凹みについて 91.2[%]である。ICP アルゴリズムによる位置合わせをした結果、前面、後面の大きな凹みは 100.0[%]であり、後面の小さな凹みについて 93.2[%]という結果を得た。

従来の手法では、マーカー位置での数点の三次元座標に依存していた。そのため、計測時のノイズが生じる可能性があり、ノイズ等の影響を受けて位置合わせがずれることが考えられる。新しくマーカー周辺での ICP アルゴリズムを導入することで、数点での計測精度に依存することなく、三次元形状の全体に対して位置合わせをすることができる。今後は、マーカー周辺のマスクサイズや ICP アルゴリズムの処理をする回数などの検討を行う。

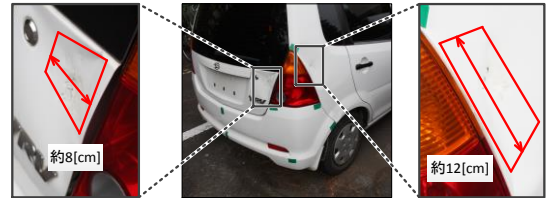
5. まとめ

本稿では、カーシェアリング返却時における車両外観に対する自動検査システムを開発した。

本システムでは、車両についた凹みを検出することを目的とし、車両外観についた凹みをカメラとプロジェクタを用いた位相シフト法による三次元計測器を作成し、凹み検出アルゴリズムを作成した。本稿では、従来のマ



(a) 前面部の凹み



(b1) 小さい凹み

(b2) 全体

(b3) 大きい凹み

(b) 後面部の凹み

図 5 凹み位置

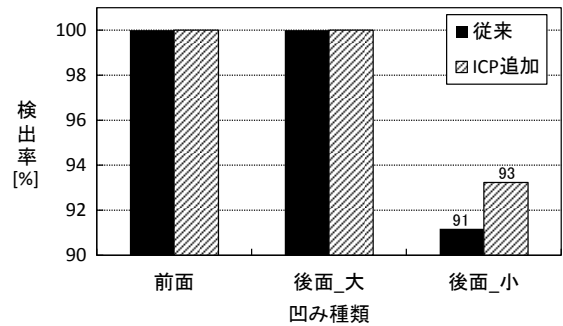


図 6 検出結果

ーカー位置での位置合わせとともにマーカー周辺の三次元座標を利用し、ICP アルゴリズムによる位置合わせを行う。従来までは、後方部の小さい凹みに対する検出率が 91.2[%]であり、新たに ICP アルゴリズムを追加したことで検出率が 93.2[%]という結果を得た。今後は、さらに位置合わせの精度をあげる。また、現在の処理ではマーカーの使用することを想定しているため、事故等によりマーカーが欠損した場合に対応ができていない。そのため、あらかじめ車両に対して複数点のマーカーを配置しておき、その中から数点を選択して最も位置合わせが収束するマーカーを使用する処理を追加することで、マーカー欠損に対する処理の検討を行う。

謝辞

本研究は、株式会社クリエイト・プロの委託研究である。関係諸氏に深謝する。

参考文献

- [1] 柴辻優樹, 山本輝: “カーシェアリング事業の普及効果と現状”, 三田祭論文, 慶應義塾大学河端瑞貴研究会, 2013.
- [2] 深谷正和, 川嶋稔夫: “3次元形状の推定に基づく歴史的資料の高精細記録”, 情報処理学会研究報告, DD.2010-01-22.
- [3] 鈴木貴大, 田口亮, 鷺見典克, ウキエツ, 保黒政大, 梅崎太造, 神尾弘哉: “位相シフト法を用いた車両外観検査装置の開発”, SSII2014, IS1-33.
- [4] 増田健: “ICP アルゴリズム”, 情報処理学会研究報告, 2009-CVIM-168(23), 1-8, 2009-08-24.