

自動走行型車椅子における画像認識を用いた距離推定法に関する研究

山田 啓介 竹内 泰斗 後藤 富朗 平野 智

名古屋工業大学大学院 工学研究科 情報工学専攻

〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町

E-mail: keiski@splab.nitech.ac.jp,

あらまし 本稿では、自動走行型車椅子への応用を想定した特定物体認識を用いた距離推定法を提案する。提案法では、入力画像の拡大により認識距離を拡張し、画像上の物体の大きさがカメラとの距離に反比例する関係を用いて、単眼カメラ画像から対象物を認識して距離を推定する。実験結果から、画像拡大により認識距離が向上し、正しく距離推定が行えることを確認した。

キーワード 自動走行型車椅子, 画像認識, Haar-Like 特徴量, AdaBoost, 画像拡大, 距離推定

Study on Distance Estimation Method utilizing Image Recognition for the Automatic Traveling Wheelchair

Keisuke YAMADA Taito TAKEUCHI Tomio GOTO and Satoshi HIRANO

Dept. of Computer Science and Engineering, Nagoya Institute of Technology

Gokiso-cho, Showa-ku, Nagoya, Aichi, 466-8555 Japan

E-mail: keiski@splab.nitech.ac.jp,

Abstract In this paper, we propose a distance estimation method utilizing image recognition for an automatic traveling wheelchair. The proposed method includes image magnification to extend the recognition distance and image recognition to estimate the position by utilizing a relationship in which the size of an object in an image is inversely proportional to the distance between a camera and the object. Experimental results show that the proposed method improves the recognition distance and estimates the position accurately.

Keyword Automatic Traveling Wheelchair, Image Recognition, Haar-like features, AdaBoost, Image Magnification, Distance Estimation

1. はじめに

近年、少子高齢化による介護者不足が医療・介護分野において深刻な問題となっている[1]。そこで、介護者の負担を減らし、高齢者の自立支援が期待される車椅子の自動走行が試みられている[2]。車椅子の自動走行は、人間が車椅子を操縦している際に行っている「認知・判断・操作」という行為を、コンピュータに代わりに処理させることで実現可能である。その中で、外部の環境を理解する認知処理は、正確で安全な自動走行を実現するうえでとても重要な処理である。

認知処理には様々なセンシングセンサが用いられた方法があり、その1つにカメラセンサがある。カメラセンサには、どのような物体がどこにあるかが分かるというメリットがある。車椅子の自動走行の場合、目的地へ移動する際に、カメラセンサからの入力画像

から障害物を検出したり、目的地の場所を特定し距離を推定するという使われ方がされている。

カメラセンサで得られる画像は、3次元空間の情報が2次元の画素の配列へと変換された情報である。そのため、カメラの解像度が低かったり、カメラと物体との距離が離れているなどして画像上で物体を表す画素数が少ない場合、情報が不足して正確な認識が出来ない問題が生じてくる。距離の推定には、2つのカメラの視差情報を用いて3次元空間の情報を復元するステレオカメラが一般的に用いられている。しかし、高精度な同期カメラが必要なため価格が高くなってしまいう問題や、視差を得るためにスペースが必要であり、実装の際に取り回しの制限が生じてしまう問題がある

本稿では、病院内において車椅子を目的地のベッドまで自動走行させることを想定し、低コストで取り回

しの制限の少ない単眼カメラで撮影した画像から、学習済ラベルを認識してラベルまでの距離を推定する手法を提案する。ラベル認識において入力画像に拡大処理を施すことで認識距離の向上を図る。また、認識結果を用いて画像上の像の大きさがカメラとの距離に反比例する関係を用いて認識物体とカメラとの距離を推定する。

2. 画像認識

画像認識のアルゴリズムを図 1 に示す。画像認識は学習フェーズと認識フェーズの 2 つのフェーズで行われる。学習フェーズで学習画像を特徴量データに変換し、変換データに基づいて機械学習を行うことで学習結果データを得る。学習結果データが画像認識を行う際の識別器となる。そして、認識フェーズで入力画像を特徴量データに変換し、作成した識別器を用いて識別を行う。提案法では、認識フェーズにおいて入力画像に対して拡大処理を施している。

A) Haar-like 特徴量

Haar-like 特徴量 [3] は、近接した 2 つの矩形領域の輝度差により得られる特徴量である。輝度差に着目することで、照明条件の変動やノイズの影響を受けにくいという特徴がある。図 2 に示すように、白領域 r_1 と黒領域 r_2 の輝度差を式 (1) により特徴量を算出する。

$$H(r_1, r_2) = S(r_1) - S(r_2) \quad (1)$$

ここで $S(r)$ は、領域 r の輝度平均を算出する関数である。図 3 に示すパターンをもとに、位置やスケールを網羅的に変化させることにより膨大な特徴量を生成する。人間の顔に適用した例を図 4 に示す。目や鼻を含む領域は他の領域と比較して輝度値が小さく、輝度差が大きく表れる。また、積分画像を用いることにより、各領域の合計輝度を領域の大きさに関わらず、4 点の値の加減算で算出できるため高速に特徴量を算出することが可能となる。

B) AdaBoost

AdaBoost [4][5] は、二値(対象クラス/非対象クラス)を出力する弱識別器を複数組み合わせる高精度な強識別器を学習するアルゴリズムである。AdaBoost では、学習画像に対して重みを付け、多数の弱識別器候補から誤識別する画像の重みの和が最小となる弱識別器を選択する。その後、選択された弱識別器を用いて学習画像を識別し、間違えた画像に対して高い重みを与える。この処理を繰り返し行うことで識別が困難(重みの大きい)な画像に対しても正しく識別する弱識別器が選択される。最終的な判断には、図 5 に示すように、選択した弱識別機の誤識別率からそれぞれの識別機に対する重み(信頼度) α_r を算出し、弱識別器の重み付

き多数決を行うことで高精度な識別が可能となる。

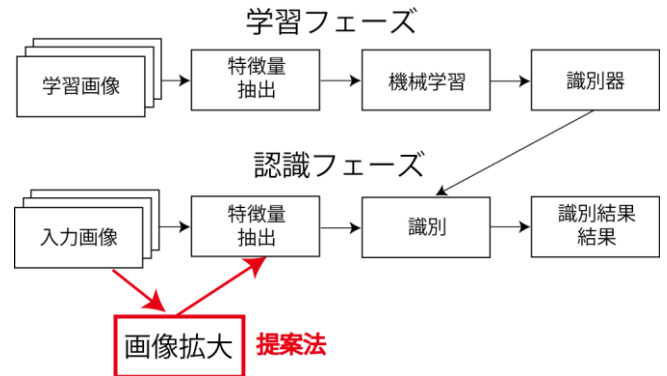


図 1 画像認識のアルゴリズム

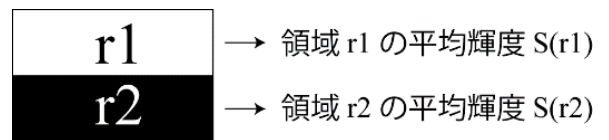


図 2 Haar-Like 特徴量



図 3 Haar-Like 特徴量のパターン例



図 4 Haar-Like 特徴量の適応例

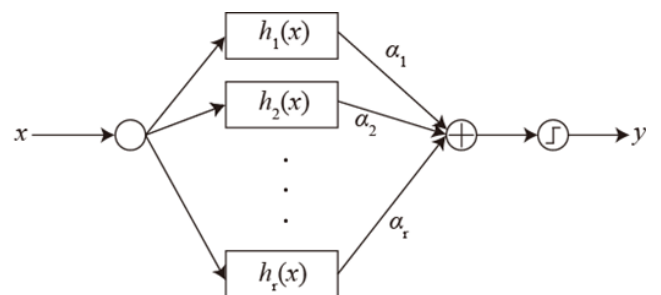


図 5 AdaBoost

3. 画像拡大

画像認識の問題点として、認識対象との距離が離れてしまうと認識できないことが挙げられる。これは、対象物体から遠ざかることによって画像上の認識対象が小さくなり、認識対象を表す画素数が減少し、情報が不足してしまうことが原因である。この問題を解決するために、不足した画素（情報）を画像拡大によって補間することで、認識対象との距離が離れた場合での認識を可能とする。

A) Lanczos 拡大

画像の拡大は、既存の画像を構成する画素の間に新しい画素を埋め込むことで達成される。新しい画素値の算出には補関数 $w(x)$ が用いられる。拡大手法の1つである Lanczos4 拡大は、距離 x が4以内の画素、つまり 8×8 画素を参照して拡大後の各ピクセル値を求める。Lanczos4 では式(2)に示す補関数を用いて画素の補間を行う。

$$w(x) = \begin{cases} 1, & x = 0 \\ \frac{\sin(x)}{x} \cdot \frac{4\sin(\frac{x}{4})}{x}, & 0 < x < 4 \\ 0, & 4 < x \end{cases} \quad (2)$$

補関数を図6に示す。Lanczos4 補間法ではより多くの画素を補間に使用することで高精度な拡大を行うことが可能となり、拡大時に補間された情報により、認識精度の向上が期待できる。

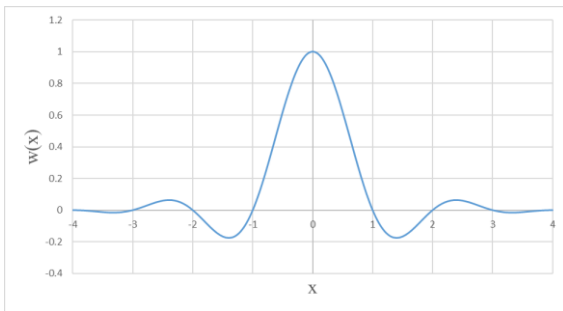


図6 補関数

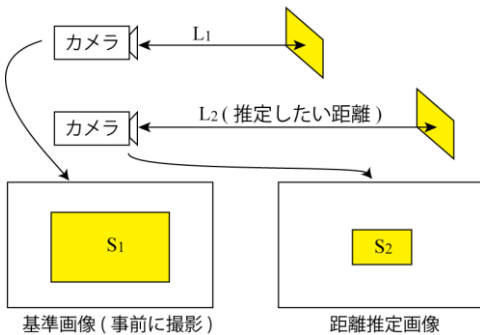


図7 距離推定条件

4. 距離推定法

画像上の物体の大きさはカメラとの距離に反比例する関係にある。この関係を利用して、大きさが既知の対象物を認識して、対象物までの距離を推定する。図7に距離推定条件を示す。まず、基準画像として対象物までの距離を L_1 としたときの対象物を撮影し、画像認識で得られた出力矩形の大きさから対象物の大きさ S_1 を算出しておく。次に、任意の距離 L_2 で対象物を撮影し、同様にして対象物の大きさ S_2 を算出する。そして、反比例の関係を用いた式(3)から距離 L_2 を推定する。

$$L_2 = \sqrt{\frac{S_1}{S_2}} L_1 \quad (3)$$

5. 実験結果

5.1 画像拡大による認識距離向上の評価

画像拡大により認識距離が向上するかを確認するために、単眼カメラを用いて認識距離を比較する実験を行った。実験内容は、図8に示すようにカメラと認識対象を10cmずつ遠ざけていき、どの距離まで認識可能かを測定する。認識対象物には、車椅子が使用される病院を想定して、ベッドの位置を表す BED-1 というマーカを使用した(図9)。表1に実験条件を示し、図10および表2に実験結果を示す。

図10より、拡大前では認識できなかったマーカを拡大後では正確に認識できていることが確認できる。また表2より、画像拡大の処理を加えることで1.38倍の認識距離の向上が確認できる。本稿では Lanczos4 補間法により拡大を行ったが、よりエッジを鮮明化できる超解像処理[6][7]を用いることで拡大画像の高精度化を実現することが可能となり、認識精度の向上が期待できる。

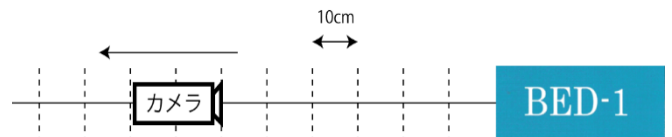


図8 実験内容



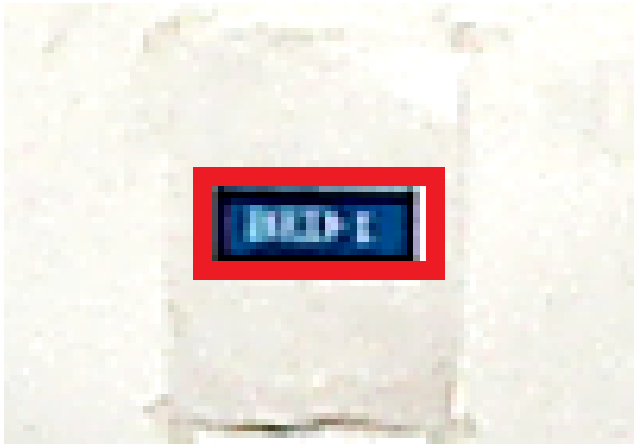
図9 認識対象物

表1 実験条件

特徴量	Haar-Like
機械学習法	Adaboost
カメラ解像度	640 × 480 [pixels]
拡大倍率	2 × 2
マーカサイズ	6 × 15 [cm]



(a) 拡大無し



(b) 拡大有り

図 10 認識結果

表 2 実験結果

	認識可能距離
拡大無し	240 [cm]
拡大有り	330 [cm]
向上率	1.38 倍

5.2 距離推定の評価

画像認識を用いた距離推定の実験を行った。5.1 節の実験と同様にマーカを 10cm 間隔で撮影し、4 章で説明した距離推定法を用いて、撮影した距離の推定を行った。画像認識によりマーカを認識し、出力矩形の大きさをマーカの大きさとした。図 10 に実験結果を示す。青線が実際の距離で、赤線が本手法を用いて推定した距離を示している。

実験結果より、撮影距離により誤差はあるものの、正しい距離が推定できていることが確認できる。誤差の原因としては、誤認識より出力矩形の大きさが実際のマーカよりも大きくなるため、あるいは小さくなるためである。そのため、出力矩形の大きさを正確に求めることで誤差を減らすことができ、この改善は今後の課題である。

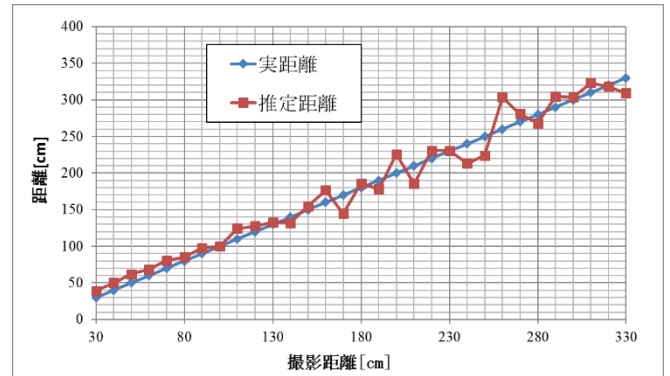


図 11 距離推定結果

6. おわりに

本稿では、自動走行型車椅子における画像認識を用いた距離推定法を提案した。画像認識の際に入力画像に対して拡大処理を施すことで認識可能距離が 1.38 倍向上することを確認した。また、画像上の物体の大きさがカメラとの距離に反比例する関係を用いた距離推定法に画像認識を応用することで、正しい距離を推定出来ることを確認した。今後の課題としては、他の画像拡大法の検討や画像処理の追加により、認識距離の更なる向上と認識精度の向上が挙げられる。

文 献

- [1] 「介護人材の確保について (2014)」厚生労働省社会 保障審議会福祉部会・福祉人材確保専門委員会
- [2] 佐藤 雄隆 「安全に考慮された車椅子」障害者自立支援機器等開発プロジェクト, 平成 21 年度 総括研究報告書
- [3] D. Peleshko and K. Soroka. Research of Usage of Haar-like Features and AdaBoost Algorithm in Viola-Jones Method of Object Detection, Proc. of CADSM 2013.
- [4] P. Viola and M. Jones, “Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features,” IEEE International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 511–518, 2001.
- [5] Y. Freund and R. Schapire, “A Decision-theoretic Generalization of On-line Learning and an Application to Boosting,” J. Comput. Syst. Sci., pp. 119–139, 1997.
- [6] T. Murakami, T. Takeuchi, T. Goto, S. Hirano, M. Sakurai: “Improving Detection Accuracy Utilizing Super-Resolution”, 2015 IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 244 – 255, Oct. 2015.
- [7] Jianchao Yang, Student Member, IEEE, John Wright, Member, “Image Super-Resolution Via Sparse Representation” IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 19 No. 11, November 2010.