

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 5日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2008 ～ 2011

課題番号：20300065

研究課題名（和文） 時間と空間に関する膨大な履歴情報を活用した超低品質画像の認識

研究課題名（英文） Recognition of very low quality images using history of a large amount of spatial-temporal information

## 研究代表者

村瀬 洋 (Hiroshi Murase)

名古屋大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：90362293

## 研究成果の概要（和文）：

車載カメラ画像や監視カメラ画像などの多様な変動をもつ環境の中での実画像を認識するための手法を開発した。具体的には、過去に蓄積された膨大な時空間情報から対象の見かけの変動パターンを生成するモデルを構築し生成したパターンを学習サンプルとして利用する生成型学習法による認識手法や、入力画像の複数のフレームを利用して低品質な画像を超解像などの処理により高品質化したのちに識別する認識手法などを開発し、実験により有効性を示した。

## 研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research is to develop an accurate recognition algorithm for low quality images such as image sequences from in-vehicle cameras or surveillance cameras. We proposed several new algorithms using generative learning method based on generative models, or using super-resolution from multiple input images. Experimental results on real-world data demonstrated the superiority of the proposed methods in terms of recognition rate.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2009年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2010年度	2,600,000	780,000	3,380,000
2011年度	2,700,000	810,000	3,510,000
総計	12,500,000	3,750,000	16,250,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報処理・知能ロボティクス

キーワード：パターン認識，画像処理，監視カメラ，車載カメラ

## 1. 研究開始当初の背景

近年、画像認識により人間を支援する技術が着目されている。例えば、車載カメラを用

いて周囲環境を画像認識することによる運転支援などが着目されている。その一例とし

て、自転車や歩行者などの障害物の認識や交通信号機の認識などによる運転者支援などがある。更には、監視カメラを利用して実環境の人物を認識する研究、デジカメやカメラ付携帯電話などを利用して自分の身の回りを撮影した画像から看板やシンボルなどの意味のある情報を認識する研究なども期待されている。本申請の応募者（研究代表者）自身も、長年画像認識の研究に携わり、その一例として交通標識や交通信号の認識、周囲環境の認識などの研究を行ってきた。また、複数の視点により物体を認識する際に、視点をどのように配置したら良いかについての研究も行ってきた。

しかしながら、これらの画像認識に共通する問題は、照明や物体との位置関係等の環境が著しく変動する実環境で撮影した場合には、画像の画質が不規則・不安定に劣化し、いまだに画像認識の精度は実用になるほど高くないことである。従来の画像認識の研究は、基本的には1枚あるいは複数の静止画像を、認識に必要な物体の汎用モデル（辞書）と比較するものであった。本研究は、モデルとして過去の膨大な履歴データベースを活用すること、および入力画像としては1枚の静止画像だけではなく多数のフレームの情報を利用することにより、従来困難とされてきた実環境での多様な変動を持つ低品質な画像を精度良く認識する手法を提案することにある。関連研究としては事例ベースの認識アプローチがあるが、本研究は、事例ベースの認識手法の事例データを高度に進化させたものであり、位置情報や時間情報などのパラメータを導入することにより体系的に事例数の規模を膨大に増大させ、これをデータベース化した手法と考えることもできる。また入力画像の解像度を高めるための超解像技術も本枠組みの中に取り入れる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、車載カメラ映像や監視カメラ映像などの多様な変動をもつ環境の中での実画像を例に、1枚の画像だけでは情報量の不足により認識できないような超低品質の画像の認識原理の確立にある。その実現に向けて、①過去に蓄積された膨大な時空間

的な履歴情報（データベース）をモデルとして適切に利用することにより精度よく画像を認識する原理、および②長時間の入力動画像などの長時間情報を利用し認識精度を向上させる原理を体系的に追究する。人間は過去の膨大な経験や体験を基に多様で品質の低い画像を柔軟に認識する機能があるが、前者のアイデアは、この機能を画像認識に導入することに対応する。例えば、「いつもない場所に黒い影があることにより何か障害物を認識する」、「ある場所は太陽の直射が多いことを知識として持つことで、日照変動に影響しにくい認識特徴を使用する」などがある。これらの知識は、位置、時間、天候などに依存したものである。更に本研究では、長期間の履歴情報を用いて、それらの時空間の各種情報を含んだ時空間データベースを人間の特別な操作を必要することなく自動的に構築する手法の開発についても行う。本研究の成果は、今後ますます重要性が増す多様な変動を含む環境での、自動車での運転支援や、環境サーベイランスのための核技術となるものである。

## 3. 研究の方法

長時間の時空間的な履歴情報を用いて、「多様な周囲環境のために1枚の画像だけでは認識できないような超低品質の画像の認識」を実現するための原理を提案する。基本的には、2つのアプローチをとる。1つは、履歴情報を用いた認識辞書の高度化である。特に、今回は辞書側に、位置情報や、時間情報などのパラメータを導入することにより、認識のための膨大な時空間データベースを作る。2つ目は、入力画像に長時間の情報（直前の履歴情報）を利用するなどの入力情報の工夫である。本研究の応用としては、車載カメラから撮影した周囲環境の認識、監視カメラやデジカメなどで撮影した人物や看板などの画像データを対象とする。

## 4. 研究成果

低品質画像の認識を目的に、履歴情報を用いた認識辞書の高度化と、入力画像に長時間の情報を利用する取り組みを行い、成果を出してきた。その応用範囲を分類すると、車載

カメラ映像の認識、監視カメラ画像の認識、携帯カメラからの周囲環境認識となる。以下に、代表的な研究成果を応用別に3つに分類して紹介する。

#### (1) 車載カメラ画像の認識

##### ① 生成型学習による道路標識の認識

環境変化に対してロバストかつ高速な物体検出を可能とする識別器として、カスケード型識別器が知られる。これを用いて様々な環境下に存在する低品質な道路標識画像を高精度に検出するためには、多様な見えの変動を含んだ大量の標識画像を用いて識別器の学習を行う必要がある。しかしながら、多様な見えの変動をバランスよく含んだ大量の標識画像を手作業で収集するには多大なコストがかかる。そのため、本研究では生成型学習を用いてカスケード型識別器を構築することを考える。これまでも生成型学習を用いて識別器を構築する手法は提案されているが、形状やテクスチャの変動に留まっていた。本研究では、形状やテクスチャの変動に加えて色の変動も考慮し、より高い検出性能を持ったカスケード型識別器を構築する手法を提案した。車載カメラ映像を用いた道路標識の検出実験の結果、今回提案した色の変動を考慮する生成型学習を用いることにより、従来よりも高い検出性能を持つカスケード型識別器が構築できることを確認した。

##### ② 画像認識による自転車位置推定

本研究では、画像を用いて自転車の位置を高精度に推定する手法を提案した。特に、データベース作成時に全方位カメラ、位置推定時に通常カメラを使用する手法を検討した。従来の画像を用いた自転車位置推定では、データベース作成時と位置推定時で同一種類のカメラが使用されることが多い。しかし、位置推定精度やカメラの設置位置の制約などの点で問題となることが多い。提案手法では、通常カメラ映像のフレームに対応する全方位カメラ映像のフレーム中の部分領域を探索する。しかし、市街地では類似する物体が多く存在し、単一フレーム照合では正確な照合が難しい。そのため、複数フレーム照合を用いることで精度の向上を図る必要がある。

これを実現するため、フレームと領域を考慮した映像間の照合コストを定式化する。そして、動的計画法によりこれを最小化するためのアルゴリズムを導入し、このアルゴリズムを用いて映像全体で最適に対応付ける。データベース内のフレームには位置情報が付加されており、これにより自転車位置を得る。実際に市街地で撮影した映像を用いた評価実験の結果、自転車位置推定誤差が2m以下の割合が、領域の対応付けを行わない手法で77%、提案手法で90%であり、提案手法の有効性を確認した。

##### ③ 道路標識の視認性推定

近年、様々な運転支援システムが自動車に搭載されるようになってきているが、過度の情報提供はドライバーの注意散漫の原因となる。そこで本研究では、道路交通において重要な情報源となる道路標識を対象とし、道路標識の視認性に応じてドライバーへ情報を提供する不快感のない運転支援システムの実現を目指した。提案手法では、道路標識の視認性に大きく影響する要因として、背景との明るさ、色、複雑さのコントラストに基づく画像特徴、および、道路標識自体の明るさ、色に基づく画像特徴を車載カメラ画像から抽出する。そして、認知科学的な知見に基づいてこれらの画像特徴を統合し、道路標識の視認性を定量化した。評価実験の結果、提案手法により高精度な視認性推定ができることを確認した。また、提案手法で利用する複数の画像特徴およびそれらの統合モデルの有効性を確認した。

#### (2) 監視カメラ画像の認識

##### ① 顔画像からの属性による人物検索

人物属性による人物検索の新たなフレームワークを提案した。本研究における人物属性とは、性別・年齢・表情等に加え眼鏡等装着物の有無等を含む顔周辺に現れる属性である。人物属性は多様であり、さらにそれらの組合せの属性が存在する事を考慮すると、その種類は膨大であり、予め考えられる全属性の識別器を構築しておく手法には限界がある。これに対し本論文では、検索時に、検索に用いたい属性を含む学習サンプルを数

枚用意し、属性識別器を構築し検索を行う学習型検索手法を新たに提案する。これにより、少数の学習サンプルさえ用意すれば必要な属性を用いて検索ができるようになる。一方、識別器の学習は検索時に行われるので、高速な学習手法が求められる。このため予め属性を構成する局所的パターン集合を構築しておき、検索時には、これらパターンと学習サンプルを用いた識別特徴の抽出と、属性の学習のみを行う。これにより、検索時に高速に新たな属性を学習できるようになった。提案手法の有効性は実験により実証する。

## ② 向きの異なる顔画像の認識

近年、監視カメラ画像中の人物識別に対する需要が高まっている。しかし、監視カメラから得られる人物の画像は、識別用顔画像と顔向きが異なる場合が多く、コンピュータで人物識別することは困難である。そこで、本研究では学習型局所画像変換に基づく顔向き変換手法を提案する。本手法を用いて、入力人物の顔向きを識別用顔画像の顔向きに変換することで顔認識が容易になる。提案手法は多数の人物の様々な角度の顔画像データセットを用いて、局所画像（パッチ）単位で顔画像を変換し、パッチを張り合わせることで全体の顔画像を生成する。また、異なる人物間と角度間で同一部位が含まれるように、各パッチを対応付けることで、高精度な顔向き変換を実現する。入力角度を変えながら正面顔画像への変換を行い、人物識別実験を行ったところ、変換を行わない手法に比較して認識精度が大幅に向上することを確認した。

## (3) 携帯カメラを用いた画像認識

### ① 超解像を利用した QR コード認識

QR コードは小面積に印刷するだけでさまざまな媒体に情報を付加することができ、製造、物流、販売などのシステムで利用されている。QR コードを撮影して認識するためには、撮影画像にある程度の解像度が必要となる。しかし、実環境中ではカメラと QR コードが離れるほど撮影画像が低解像度となり、認識が困難になる。そこで、本研究では複数フレーム超解像を利用して低解像度 QR コー

ドを高解像度化する手法を提案した。超解像において点拡がり関数は重要である。すべての QR コードは共通の固定パターンを持つため、提案手法ではその固定パターンを利用して点拡がり関数の推定を行う手法を提案した。実験の結果、従来手法では認識が困難であった低解像度 QR コードに対して、提案手法では高い認識率が得られた。

### ② シーンの文脈を用いた一般物体認識

対象物体が存在するシーンの文脈情報を物体検出に利用する手法を提案した。従来の一般物体認識手法では以下の二つの問題点が存在した。まず、シーン中には、変動が大きな領域と小さな領域が混在しており、変動が大きな領域はシーンの記述には不適切であるが、従来手法はこのことを考慮していなかった。次に、画像として切り出したシーンの見た目を直接記述しており、撮影位置のずれやズーム度合の変化は考慮されていなかった。この問題点を解決するため、提案手法ではシーンの文脈を利用する。シーンの見た目を記述し、記述したシーン上に物体の出現分布をマッピングする。シーンの見た目は、2次元グリッド状に記述する。本研究では、シーン情報の記述を用いて上記の2つの問題点を解決する手法であり、従来手法との比較実験により、提案手法の有効性を確認した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計18件)

1. 出口 大輔, 道満 恵介, 井手 一郎, 村瀬 洋, “遡及型追跡に基づく標識画像の自動収集を用いた標識検出器の高精度化,” 電子情報通信学会論文誌, J95-D, No. 1, pp. 76-84, 2012/01/01 (査読有)

2. 道満 恵介, 出口 大輔, 高橋 友和, 且加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, 玉津 幸政, “コントラスト特徴とアピランス特徴の統合による道路標識の視認性推定,” 電子情報通信学会論文誌, J95-D, No. 1, pp. 122-130, 2012/01/01 (査読有)

3. 野田 雅文, 高橋 友和, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 小島 祥子, 内藤 貴志, “空撮画像と車載カメラ画像からの特徴点の

時系列対応付けによる自車位置推定の高精度化,” 電子情報通信学会論文誌, J95-D, No. 1, pp. 111-121, 2012/01/01 (査読有)

4. 内山 寛之, 高橋 友和, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, “複数画像系列の部分画像選択に基づく移動物体を含まない車載カメラ映像の生成,” 電子情報通信学会論文誌, J94-D, No. 12, pp. 2093-2104, 2011/12/01 (査読有)

5. 小堀 訓成, 出口 大輔, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, “MEMS ジャイロセンサと単眼カメラを利用した高精度で頑健な姿勢推定,” 計測自動制御学会論文集, 47(10), pp. 442-449, 2011/10/01 (査読有)

6. 野田 雅文, 高橋 友和, 出口 大輔, 井手 一郎, 村瀬 洋, 小島 祥子, 内藤 貴志, “位置依存型識別器を用いた車載カメラ画像からの路面標識検出,” 電気学会論文誌 D, 131(4), pp. 466-474, 2011/04/01 (査読有)

7. 内山 寛之, 出口 大輔, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, “拡張 DP マッチングを用いた視野角の異なるカメラ映像間の時空間対応付けによる自車位置推定,” 電子情報通信学会論文誌, J93-D, No. 12, pp. 2659-2665, 2010/12 (査読有)

8. 井尻 善久, 勞 世竈, 村瀬 洋, “属性に基づく学習型人物検索,” 電子情報通信学会論文誌, J93-D, No. 11, pp. 2495-2504, 2010/11/01 (査読有)

9. 道満 恵介, 出口 大輔, 高橋 友和, 目加田 慶人, 井手 一郎, 村瀬 洋, “色変動を考慮した生成型学習法による道路標識検出器の構築,” 電子情報通信学会論文誌, J93-D, No. 8, pp. 1375-1385, 2010/08 (査読有)

10. Hiroyuki Ishida, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, “A Hilbert warping method for handwriting gesture recognition,” Pattern Recognition, Vol. 43, pp. 2799-2806, 2010/08 (査読有)

11. 木村 文香, 目加田 慶人, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, 玉津 幸政, “運転者支援のための交通信号機視認性数値化手法,” 電気学会論文誌 C, 130(6), pp. 1034-1041, 2010/06 (査読有)

12. 神谷 保徳, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, “一般物体認識のためのマルチモーダル星座モデル,” 電子情報通信学会論文誌, J92-D, No. 8, pp. 1105-1114, 2009/08 (査

読有)

13. 山城 賢二, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, 樋口 和則, 内藤 貴志, “ドライバの注視行動を利用した視線計測システムの自動較正,” 電子情報通信学会論文誌, J92-D, No. 8, pp. 1308-1316, 2009/08 (査読有)

14. 神谷 保徳, 矢野 良和, 大熊 繁, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, “一般物体認識のためのタイプの異なる局所特徴の統合利用,” 電子情報通信学会論文誌, J92-D, No. 5, pp. 628-638, 2009/05 (査読有)

15. Lina, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, “Incremental unsupervised-learning of appearance manifold with view-dependent covariance matrix for face recognition from video sequences,” IEICE Transactions on Information and Systems, E92-D, No. 4, pp. 642-652, 2009/04 (査読有)

16. 渋谷 奈保, 高橋 友和, 井手 一郎, 村瀬 洋, 小島 祥子, 高橋 新, “車載レーザスキャナによる距離データマップの構築と高精度自車位置推定,” 電子情報通信学会論文誌, J92-D, No. 2, pp. 215-225, 2009/02 (査読有)

17. Hiroyuki Ishida, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, “Recognition of camera-captured low-quality characters using motion blur information,” Pattern Recognition, 41(7), pp. 2253-2262, 2008/07 (査読有)

18. Lina, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, “Construction of Appearance Manifold with Embedded View-Dependent Covariance Matrix for 3D Object Recognition,” IEICE Transactions on Information and Systems, E91-D, No. 4, pp. 1091-1100, 2008/04 (査読有)

[学会発表] (計 127 件)

1. Yuji Kato, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, “Low resolution QR-code recognition by applying super-resolution using the property of QR-codes,” Proceedings of the 11th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2011), pp. 992-996, 2011/09/20 ((Beijing, China))

2. Haruya Kyutoku, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Yoshito Mekada,

Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "On-road Obstacle Detection by Comparing Present and Past In-vehicle Camera Images," Proceedings of IAPR Conference on Machine Vision Applications (MVA) 2011, pp.357-360, 2011/06/14 (Nara)

3. Masafumi Noda, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, Yoshiko Kojima, Takashi Naito, "Road Image Update using In-vehicle Camera Images and Aerial Image," Proceedings of 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2011), pp.460-465, 2011/06/07 (Baden-Baden, Germany)

4. Hiroyuki Uchiyama, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "3-D Line Segment Reconstruction Using an In-Vehicle Camera for Free Space Detection," Proceedings of 2011 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2011), pp.290-295, 2011/06/06 (Baden-Baden, Germany)

5. Yuki Kono, Tomokazu Takahashi, Daisuke Deguchi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Frontal Face Generation from Multiple Low-Resolution Non-Frontal Faces for Face Recognition," Proceedings of the 10th International Workshop on Visual Surveillance 2010, 2010/11 (Queenstown, NZ)

6. Ataru Ohkura, Daisuke Deguchi, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "Low-resolution Character Recognition by Video-based Super-resolution," Proceedings of the 10th International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2009), pp.191-195, 2009/07 (Barcelona, Spain)

7. Yasunori Kamiya, Tomokazu Takahashi, Ichiro Ide, Hiroshi Murase, "A Multimodal Constellation Model for Object Category Recognition," Proceedings of the 15th International Conference on Multimedia Modeling (MMM2009), No.5371, pp.310-321, 2009/01 (Sophia-Antipolis, France)

8. Tomokazu Takahashi, Lina, Ichiro Ide, Yoshito Mekada, Hiroshi Murase, "Eigenspace Interpolation for Appearance-Based Object Recognition," Proceedings of the 19th International Conference on Pattern Recognition

(ICPR2008), 2008/12 (Tampa, USA)  
他

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計2件)

名称: 画像処理装置、および画像処理プログラム

発明者: 村瀬洋, 出口大輔, 高橋友和, 吉田智成, 芳世紅, 倉田剛

権利者: オムロン

種類: 特許

番号: 特願 2011-181307

出願年月日: 2011/11/18

国内外の別: 国内

他

○取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.murase.nuie.nagoya-u.ac.jp/~murase/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村瀬 洋 (MURASE HIROSHI)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・教授

研究者番号: 90362293

(2) 研究分担者

井手 一郎 (IDE ICHIRO)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 10332157

出口 大輔 (DEGUCHI DAISUKE)

名古屋大学・大学院情報科学研究科・准教授

研究者番号: 20437081

目加田 慶人 (MEKADA YOSHITO)

中京大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 00282377

高橋 友和 (TAKAHASHI TOMOKAZU)

岐阜聖徳学園大学・経済情報学部・准教授

研究者番号: 90397448

(3) 連携研究者

無し