

平成 21 年 4 月 30 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2007～2008

課題番号：19700148

研究課題名 (和文) 事例に基づく異常検出に関する研究

研究課題名 (英文) Research for instance based irregularity detection

研究代表者 加藤 文和 (KATO TAKEKAZU)

独立行政法人情報通信研究機構・知識創成コミュニケーション研究センターユビキタスシステムグループ・専攻研究員

研究者番号：30362859

研究成果の概要：監視カメラや半導体製造ラインの検査画像から、監視対象や製品の異常を自動的に検出するための識別器を過去に得られた正常なシーンの事例から学習し、それを用いて異常を高速に識別するアルゴリズムを開発した。また、実際に半導体製造ラインの検査画像、監視カメラ映像からの異常検出に適用し有効性を確認した。また画像以外に電力センシングデータからの異常検出についても検討した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,500,000	0	1,500,000
2008 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	540,000	3,840,000

研究分野：パターン認識、データマイニング、画像処理

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：異常検出、1クラス識別器、最近傍探索、最近傍識別、クラスタリング

1. 研究開始当初の背景

近年、顔などある特定の対象を認識、検出する研究が盛んに行なわれており、このような問題では、対象の事例をあらかじめ十分に収集しておくことで、安定な認識が可能になっている。一方で、監視カメラや製造ラインから監視対象や製品の異常を検出する手法が望まれているが、これらの用途では、特定の対象を検出認識するのではなく、正常な状態とは異なる「異常」を検出することが求められる。しかし、「異常」な状態を定式的に定義することは困難であり、従来の特定の対象に対する認識、識別手法を適用することが難しい。つまり、事例に基づく異常検出とは、

「正常事例」は与えられるが、検出したい「異常事例」はほとんど与えられないという状況下で「正常」ではないパターンを検出することであるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、現実の監視カメラや製造ラインの検査などに用いる異常検出手法の開発をめざし、そのために (1) 複雑な環境下で、(2) 正常事例の学習データのみが大量に与えられたときに、(3) 高速な識別が可能な、学習、認識アルゴリズムを開発し、また実際の応用分野に適用し有効性を確認することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、過去の正常なシーンの特徴を正常事例として学習し、入力シーンの特徴を学習した正常事例と比較することで、入力シーンが正常か異常かを判定する。そこで、以下の3点について研究開発を行なった。

(1) 大量に与えられた正常事例と入力シーンの特徴を高速に比較するための、高速最近傍探索のアルゴリズムを開発した。

(2) 大量に与えられた正常事例から、正常な特徴と異常な特徴との境界を調べて識別器を構築するアルゴリズムを開発した。

(3) 実際のシーンに対して異常検出アルゴリズムを適用するための特徴抽出手法について検討した。

4. 研究成果

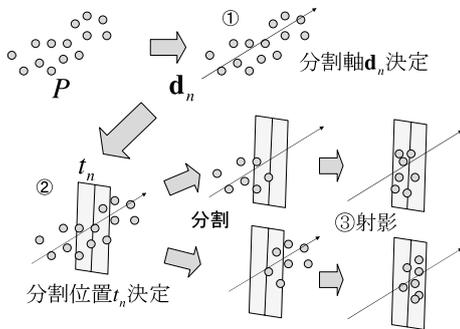


図 1 高速最近傍探索アルゴリズム

(1) 最近傍探索の高速化については、図 1 のように、与えられた学習データの主成分分析を再帰的に適用する主成分木を用いて効率的に探索する手法と、インテグラルイメージを利用して部分画像を高速に主成分に射影する手法により、非常に高次元な画像の最近傍探索を高速化する手法を開発し、近似のない探索で、従来手法の約 2 倍 (図 2)、近似を行なう場合では数 10 倍 (図 3) 高速な探索手法を開発した。

また、さらに近似計算と学習事例からかけ離れた画像を高速に除去する手法を組み合わせることで、さらに高速化可能であることを確認した。また、開発した高速最近傍探索手法を利用した実時間対象検出手法を開発した。

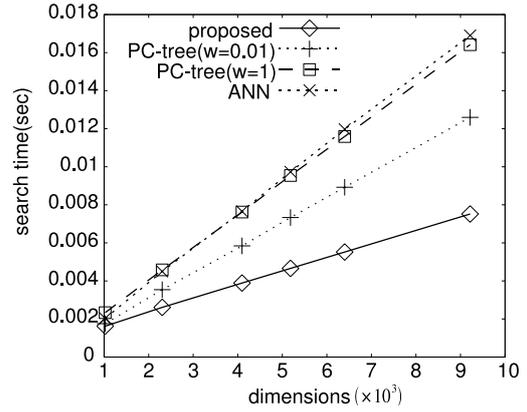


図 2 近似しない場合の探索速度の比較

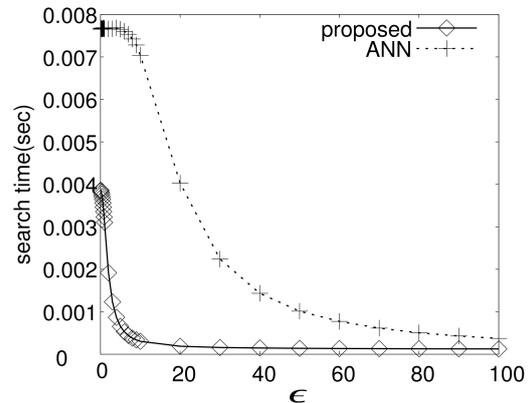


図 3 近似を行なった場合の探索速度の比較

(2) 正常事例からの異常検出のための識別器の学習については、図 4 に示すように、事例間の近接性にもとづく学習手法により、従来手法である 1 クラス SVM では困難であった大量学習データに対しても高速に学習、識別が行なえる手法を開発した。

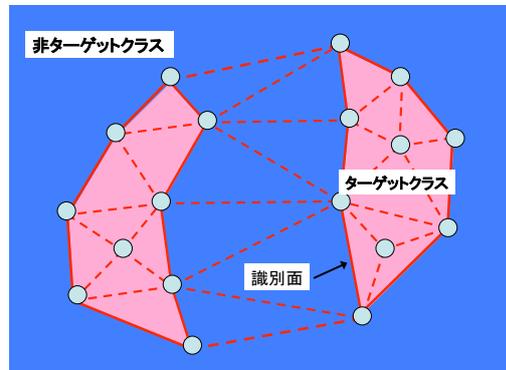


図 4 異常検出のための境界線の抽出

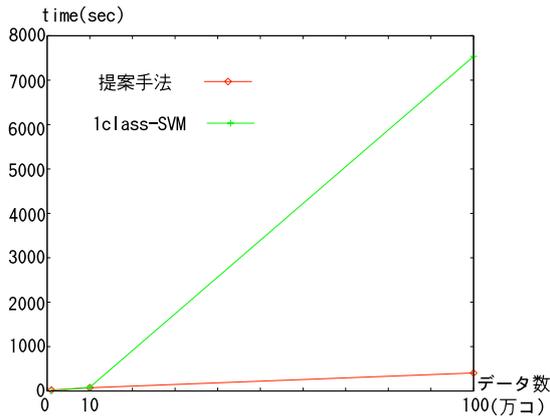


図 5 学習時間の比較

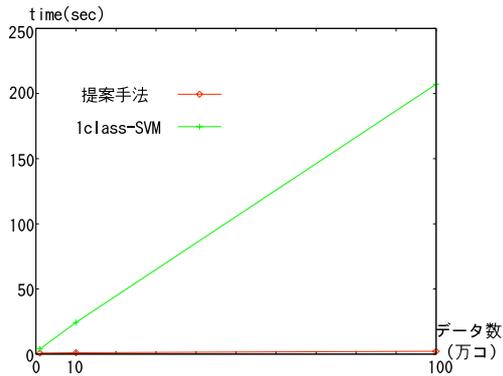


図 6 識別時間の比較

図 5、図 6 に示すように、従来手法では膨大な時間がかかっていた大量のデータに対する学習時間が、提案手法では大幅に削減でき、また識別時間も削減できた。

(3) 事例に基づく異常検出の応用については、図 7 に示すような、半導体検査画像に対して、正常な基板の事例から識別器を学習し、それをもちいて半導体の異常箇所を検出する手法を開発した。

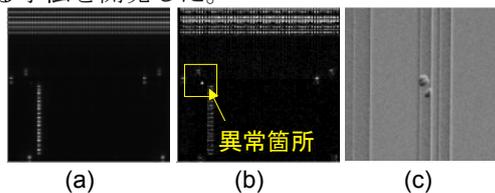


図 7 半導体検査画像の異常：(a)正常画像、(b)異常画像、(c)異常箇所の電子顕微鏡写真

図の (a)、(b) に示す検査画像から (b) の異常箇所を示すような異常箇所の検出を行なった。このように半導体の異常は変化が非常に小さく、また正常画像でも輝度の変化があるため、図 8 に示すように、同じ部品の他のダイの画像や、注目画素の周辺画素との差に基づく特徴によってこのような変動要因を除いた特徴抽出手法を提案した。

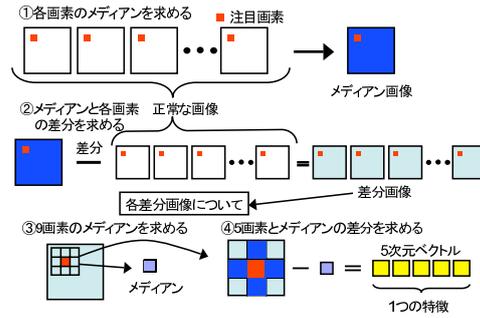


図 8 異常検出のための特徴抽出

その結果、表 1 に示すように、従来手法より高速に学習、識別でき、かつ誤検出数を減らすことができた。

表 1 半導体検査画像の識別結果

	学習時間	識別時間	誤検出数
提案手法	12 分	97 秒	894
従来手法	83 分	124 秒	1425

さらに事前に正常事例を学習できない場合に対しても、一枚の検査画像のみから、学習と識別を行なうことで、異常箇所を検出する手法を開発した。図 9 に示すように、検査画像の各画素について、同じ画像中から似た箇所を検索し、それらと比較することで、異常を検出した。

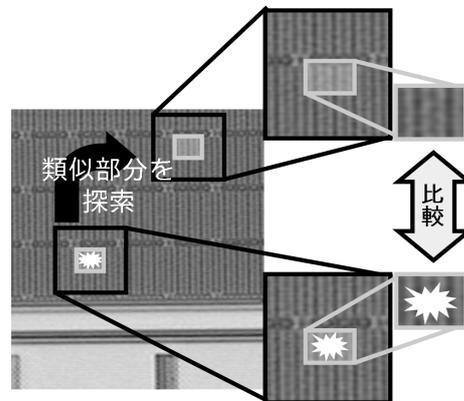


図 9 一枚の画像からの異常検出

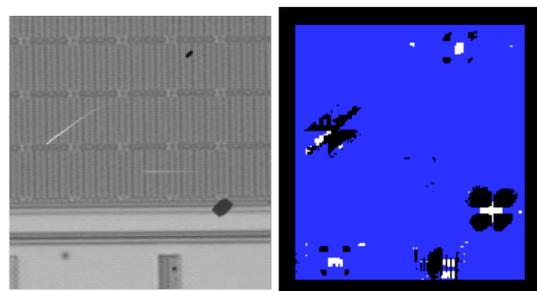


図 10 一枚の画像からの異常検出の結果 (左：検査画像、右：検出結果)

この結果、図 10 に示すように、ある程度の誤検出もあるものの一枚の検査画像のみから異常箇所を検出することができた。これらの成果については、研究会、シンポジウムでの発表を行なうとともに、企業から実際の製造現場で用いられている検査画像の提供をうけて有効性の実証を行ない、今後産業界との連携が見込まれる。

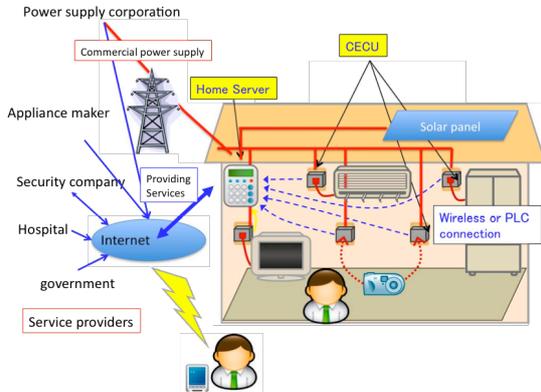


図 11 家電の電力センシング



図 12 CECU(電力センシング機能付きスマートタップ)

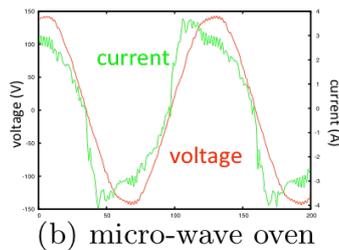
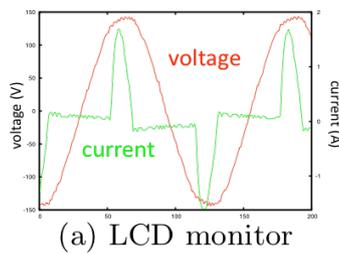


図 13 電流、電圧波形の例

さらに画像以外の適用分野として、図 12 に示す電力センシング機能付きのスマートタップによって、図 11 のように家庭内の家電の見守りをおこなう場合について、電力センシングデータの解析により、家電の種類の識別と異常状態の検出を行なった。

表 2 家電の識別結果

	従来手法	提案手法
16 種類	85.5%	99.9%
25 製品	78%	95.85%

図 13 に示すように、家電を使用中の電流、電圧の波形から特徴抽出を行い、識別することで、表 2 のように高い識別率で家電を認識することができた。また、異常検出の手法を応用し、登録されていない家電を異常として検出する実験をおこなったところ、図 14 に示すように最大で 97.8%の高い検出率を得ることができた。

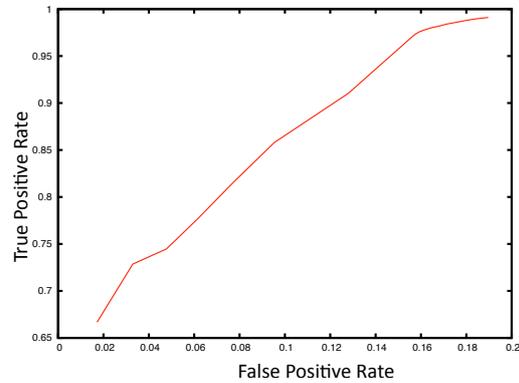


図 14 未登録家電の検出結果

また、これらの結果を応用して、通常の使用状態より長時間使用している家電を検出し、警告を出したり、消費電力が高い家電に対して、新しいエコ家電を提案するアプリケーションを開発し、デモンストレーションを行なった。

これらの成果については、省エネルギー化、Co2 削減のための家庭内のエネルギーマネジメントの基礎技術として今後展開していく予定である。

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 0 件)

[学会発表] (計 12 件)

- ① Takekazu KATO, “Appliance Recognition from Electric Current Signals for Information-Energy Integrated Network in Home Environments,” 7th International Conference On Smart homes and health telemetrics (ICOST2009), 3 July 2009, Tours, France
- ② Dongwook Lee, “Bit-Watt System: Information-Energy Integrated System towards Assistive Home Services,” The Seventh International Conference on Pervasive Computing (Pervasive2009), 12 May 2009, Nara, Japan
- ③ 加藤丈和, “情報・エネルギー統合ネットワークのための電力センシング情報からの家電認識とその応用”, 電子情報通信学会 ユビキタスセンサネットワーク研究会 (USN), 2009年01月23日, 名古屋工業大学
- ④ 小倉将義, “姿勢パラメータ埋め込みと最近傍探索によるスキップスキャン検出”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008), 2008年7月31日, 軽井沢プリンスホテル
- ⑤ 浅海徹哉, “顕著性に基づく外観検査のための異常検出アルゴリズム”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008), 2008年7月31日, 軽井沢プリンスホテル
- ⑥ 瀬藤英隆, “制約付き EM アルゴリズムによる対象個数推定”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008), 2008年7月30日, 軽井沢プリンスホテル
- ⑦ 佐野真通, “パターン近接性と密度推定に基づく1クラス識別器”, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2008), 2008年7月30日, 軽井沢プリンスホテル
- ⑧ 瀬藤英隆, “制約付き EM アルゴリズムによる対象個数推定”, 情報処理学会研究報告 コンピュータビジョンとイメージメディア研究会 (CVIM), 2008年1月18日, 龍谷大学
- ⑨ 江郷俊太, “高速最近傍探索を用いたパーティクルフィルタによる実時間人物顔検出・追跡・認識”, 第10回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), 2007年8月1日, 広島市立大学

- ⑩ 加藤丈和, “パターン近接性に基づく1クラス識別器”, 第10回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), 2007年7月31日, 広島市立大学
- ⑪ 加藤丈和, “インテグラルイメージを用いた主成分木による画像の最近傍探索の高速化”, 第10回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), 2007年7月30日, 広島市立大学
- ⑫ 江郷俊太, “高速最近傍探索を用いたパーティクルフィルタによる実時間人物顔検出・追跡・認識システム”, 第10回画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007) デモセッション, 2007年7月31日, 広島市立大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 丈和 (KATO TAKEKAZU)

独立行政法人情報通信研究機構・知識創成
コミュニケーション研究センターユビキタ
スシティアグループ・専攻研究員
研究者番号: 30362859

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: