

機関番号：34406

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20360178

研究課題名 (和文) 音響・画像情報を融合した知的処理による官能検査法と紙幣識別
の高度自動化研究課題名 (英文) Sensory Evaluation Method by Intelligent Signal Processing with Both
Acoustic and Image Information and Intelligent Classification of Bills

研究代表者

大松 繁 (OMATU SIGERU)

大阪工業大学・工学部・教授

研究者番号：30035662

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、音響検査の高度自動化技術の改善を図るためにニューラルネットワーク、ファジィ、遺伝的アルゴリズム、遺伝的プログラミング、ソフト計算手法などの進化的計算手法を新たに導入し、音響検査における音響情報のみならず目視検査における画像情報を併用した視聴覚融合による官能検査の高度自動化を図った。

さらに、そこで開発された検査技術を紙幣識別機に実装化し、その有用性を実証した。達成目標を紙幣の金種識別の誤り率が 10^{-12} 、紙幣の真偽識別の誤り率 0、識別速度は 1 秒間に 30 枚としていたが、これを達成することができた。さらに、その技術を有価証券や小切手などの真偽判定や手書き認証文字の真偽判定へ応用し、事務処理の自動化および高機能化を図った。

研究成果の概要 (英文)：

This study is to develop an intelligent acoustic diagnostics systems using intelligent systems technology and extend their application fields to not only acoustic inspection but also visual inspection using images measured by industrial instruments. The originality of the research is to merge two types of information such as acoustic data and image data at the same time and to process them as a multi-dimensional data. In order to develop the intelligent systems, we have used the evolutionary computational techniques such as neural networks, fuzzy technology, genetic algorithms, genetic programming, soft-computing, etc.

The intelligent technology developed here has been applied to classification of bills using a banknote counter machine. The performance to the classification is to achieve 100 % with misclassification rate of 10^{-12} and the specification including both kinds of bills and truth or falsehood of bills. Furthermore, the processing speed is 30 pieces per second. Those efficiencies have been achieved by the proposed approach.

The other applications such as the inspection of securities at stock markets, check at banks, and hand written letter recognition has been adopted to show the effectiveness in a real market of the proposed technology.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2009年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2010年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：システム工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：音響・画像の融合化、特徴抽出、ニューラルネットワーク、紙幣識別、紙幣の新旧識別、高精細画像生成

1. 研究開始当初の背景

近年、人件費の高騰を抑え業務の効率化を図る目的で OA 化が導入されその進歩には目覚ましいものが多い。OA 化を推進するためには、貨幣（紙幣と硬貨）処理機の導入が不可欠であり、紙幣識別の高度自動化が要求されている。とくに、ATM や自動販売機の普及につれて、疲弊紙幣の紙詰まり事故防止や流通紙幣のバラツキを少なくするために、疲弊紙幣の選別作業が必要になっているが、これは手作業で行われているのが現状である。したがって、OA 化を進展させるためには、紙幣の新旧識別の自動化は必須である。

他方、スキャナの機能向上やプリンタによる印刷技術の向上により、紙幣のコピーによる偽造が容易にできるようになっている。これらの偽造紙幣は、紙幣識別機で検知できないこともあるため、紙幣識別機には、従来よりも信頼性の高い金種識別および真券と偽券の真偽判定が求められている。

真偽判定のために、紙幣に埋め込まれたマイクロ文字や様々な微細加工が用いられているが、これらの微細加工された画像の特徴を保存させるためには超高精細な画像が必要であり、画像サイズが膨大になる。しかし、現在の紙幣識別機に対して、それらの大容量画像を蓄積し、真偽判定させることは、識別時間と識別機価格の点から困難である。

千円、5 千円、1 万円の高さはいずれも 76mm、幅は、それぞれ、150mm、156mm、160mm となっていた。しかし、2000 年に発行された 5 千円は高さが 76mm、幅が 154mm となっており、2 千円と 5 千円の差が 2mm となった。さらに、両者の色合いが黄色味の類似紙幣であるため、視覚障害者や高齢者にとって、2 千円と 5 千円を取り違える事件が起きており、その問題解決は急務となっていた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、申請者がこれまでに基盤研究(B)で開発してきた音響検査の高度自動化技術の更なる改善を図り、音響検査における音響情報のみならず目視検査における画像情報を用いた視聴覚融合による官能検査の高度自動化を推進することである。

また、そこで開発された検査技術を紙幣識別機に実装化してその性能評価を行うとともに、その技術を有価証券や小切手などの真偽判定や手書き認証文字の真偽判定へ応用し、事務処理の自動 (Office Automation : OA)化 および高機能化を図ることである。

3. 研究の方法

(1) 紙幣音響による新旧識別の改善

これまでに開発した独立成分分析による

音響信号抽出法は、2 個のマイクロフォンによる音響計測データからノイズを除去し、音響信号を抽出する手法であった。この手法はマイクロフォン間の距離や標本間隔の選択依存性が高く、ノイズ除去を実現するための調整が困難であった。

本研究では、音響計測データをウェーブレット変換した後に適応デジタルフィルタを適用して、1 個のマイクロフォンで音響信号を精度良く抽出する新たな手法を提案し、音響信号の特徴量を遺伝的アルゴリズムで抽出する。

(2) 低解像度画像の高精細画像変換

J. Sun によって提案された低解像度デジタル画像を拡大して高精細画像を作成する画像ハルシネーション技術では、9 × 9 サイズの低解像度画像とそれに対応する高解像度画像の対応関係を Bayes 法で決定しており、それに必要なデータベースの作成と低解像度画像と高解像度画像の対応関係を選択するために膨大な記憶容量と計算時間が必要であった。

本研究では、9 × 9 サイズの低解像度画像に存在している局所エッジの方向角の平均と分散を用いて高解像度画像パッチを検索する高速化手法を提案する。その高速手法で得られた高精細画像から、偽造紙幣を高精度で検出する紙幣の真偽判定および高精度な金種識別に必要な特徴量を抽出する。

(3) 音響・画像融合による高精度識別法

上記の音響信号および画像情報の特徴量をまとめたものを競合型ニューラルネットワークの入力として利用し、自己組織化特徴地図 (Self-Organizing feature Map : SOM) によってクラスタに分類する。

この結果から、視聴覚融合による紙幣の新旧識別、真偽判定、紙幣金種識別を高精度かつ高速に実現する紙幣識別システムを構築し、紙幣識別機に搭載してその性能評価を行う。さらに、有価証券署名識別やパスポートコントロールにおける顔識別などの種々の官能検査へ応用する。

4. 研究成果

初年度には紙幣音響信号の特徴量に加えて、画像ハルシネーションの高速化法によって得られた高精細紙幣画像を用いた紙幣の金種識別、真偽判定のための特徴量をあわせて、紙幣識別の高機能化を図り、それを紙幣識別機に搭載してその性能評価を行った。具体的には以下の項目について研究した。

(1) 2008 年度の研究成果

①紙幣音響信号の収集と紙幣音の抽出

音響検査精度の更なる向上を図るために、音響信号の抽出とその信号の特徴量の抽出を適応信号処理と遺伝的アルゴリズムで行う新たな手法を提案した。

1個のマイクロフォンで計測された音響データから音響信号を精度良く抽出するために、この適応信号処理法を提案し、音響計測データをウェーブレット変換し、多重解像度分解を行って音響信号を周波数レベルごとに分解した。

さらに、分解レベルごとに適応デジタルフィルタを用いてノイズを除去し、各分解レベルで得られた信号成分を合成して、元の音響信号を抽出した(図1, 2参照)。



図1 紙幣音の計測

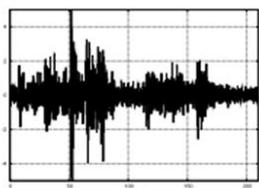


図2 紙幣音響データ

② 低解像度画像から高解像度画像を構成する画像ハルシネーションの高速化

低解像度画像から高解像度画像を構成する画像ハルシネーションの高速化手法を提案した。さらに、提案した画像ハルシネーション法を用いて、紙幣の金種識別と真偽判定のために必要となる適切なサイズの高精細画像に拡大し、拡大画像の復元状況进行评估した。

つぎに、低周波画像の局所領域のエッジの方向角 θ の平均と分散を用いて、対応する高解像度画像のパッチを検索する手法を提案し、紙幣識別へ応用した。

まず、紙幣の新旧識別のための音響信号の特徴量抽出を行った。新札、流通札、疲弊札という3種類の新旧紙幣に対して、前年度に抽出した紙幣音響信号のパワースペクトルを用い、新旧紙幣の特徴を示す周波数領域を遺伝的アルゴリズムによる最適化手法で求め、紙幣音響信号の特徴量とし、紙幣の新旧識別を高精度で実現した(図3参照)。

(2) 2009年度の研究成果

紙幣音響信号の特徴量に加えて、画像ハルシネーションの高速化法によって得られた高精細紙幣画像を用いた紙幣の金種識別、真偽判定のための特徴量をあわせて、紙幣識別の高機能化を図り、それを紙幣識別機に搭載してその性能評価を行った。

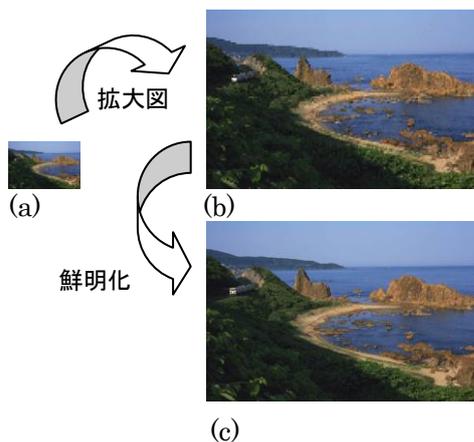


図3 画像ネーションの提案手法

(a) 原画像 (b) 拡大画像 (c) ハルシネーション画像

① 紙幣の新旧識別の音響特徴量の抽出

新札、流通札、疲弊札という3種類の新旧紙幣に対して、前年度①の方法で抽出した紙幣音響信号のパワースペクトルを求め、新旧紙幣の特徴を示す周波数領域を遺伝的アルゴリズムによる最適化手法で求め、紙幣音響信号の特徴量とした(図4参照)。

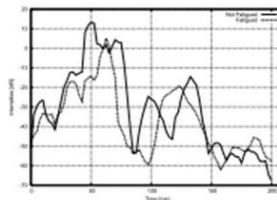
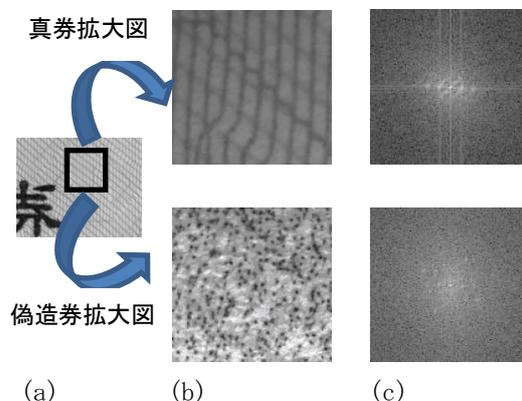


図4 紙幣の新旧識別用特徴量(横軸: 周波数, 縦軸: 特徴スペクトル)

② 高精細画像生成

簡略化したベイズ法に基づいて高速で高精細な画像生成を可能とするハルシネーション手法を提案し、様々なボケ画像やマイクロ文字の拡大を行い、紙幣の真偽判定に利用可能な鮮鋭化を実現した(図5参照)。



(a) 真券 (b) 拡大図 (c) スペクトル図

図5 真券と偽造券(コピー券)と特徴量 (a) 紙幣局所部分 (b) 拡大図 (c) スペクトル図(数量化して特徴量とする)

(3) 2010年度の研究成果

研究の最終年度であり，紙幣音響信号の特徴量に加えて，画像ハルシネーションの高速化法によって得られた高精細紙幣画像を用いた紙幣の金種識別，真偽判定のための特徴量をあわせて，紙幣識別の高機能化を図り，それを紙幣識別機に搭載してその性能評価を行い，紙幣以外の有価証券や署名の高精度識別などへの応用可能性について検討した。

①真偽判定の特徴量による紙幣の真偽識別

紙幣金種ごとに，上記(1)の②で求められた高精細紙幣画像から，紙幣に含まれている極細線画像やマイクロ文字などを含む特定箇所を真券と偽券の画像と比較し，その差異を示す特性を遺伝的アルゴリズムで探索し，真券の特徴量とした。実際の紙幣では金種ごとに含まれている微細構造の種類と場所が異なり，チェック箇所が複数あることが多いことが分かり，これらのチェック箇所に対しても同じような方法で真券の特徴量とし，これらの特徴量をすべてあわせたものを真偽判定の特徴量とした(図6参照)。これによる識別結果は表1に示す。

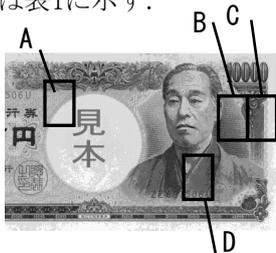


図6 紙幣の特徴量抽出箇所(A, B, C, D)

表1 真偽識別結果

紙幣枚数	真券	偽造(コピー)券
真券(8枚)	8	0
偽造(コピー)券(24枚)	0	24

② 高精細画像による金種識別の特徴量抽出
高解像度画像から，得られた高精細紙幣画像の金種ごとに競合型ニューラルネットワークのSOMによって，大まかにクラスタリングを行い，クラスタリングごとに主成分分析で特徴量を選択した。紙幣ごとにこれらの特徴量をすべてのクラスタでまとめ，紙幣の特徴量とした。この特徴量によって，異なる金種間の誤り確率が 10^{-12} 以下となるように，競合層のニューロン数を調整した。

③ 視聴覚融合による高機能紙幣識別システムの構築

紙幣の新旧識別を行うために(1)の①で求めた紙幣音響信号の特徴量と紙幣の金種識別のために(2)の①で求めた紙幣画像の特徴量，紙幣の真偽識別のために(2)の②で求めた

紙幣特徴量を合わせたものを紙幣特徴量とし，新旧・金種・真偽の識別を行った。また，高機能紙幣識別機の試作と評価および種々の識別技術への応用について検討した。

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 28 件)

- ① Masaru Teranishi, Sigeru Omatu, Fatigue Level Estimation of Monetary Bills based on Frequency Feature Selection by Supervised SOM, Nonlinear Theory and Its Applications, IEICE, 査読有, Vol. 1, No. 1, 2010, pp. 69-78.
- ② Jamal Ahmad Dargham, Ali Chekima, Ervin Mounq, Sigeru Omatu, Radon Transform for Face Recognition, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 3, 2010, pp. 359-362.
- ③ Michifumi Yoshioka, Sigeru Omatu, Hidekazu Yanagimoto, Face Image Make-Up System by Using an ϵ -Filter, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 2, 2010, pp. 203-206.
- ④ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu, Safaai Deris, and Michifumi Yoshioka, Particle Swarm Optimization with a Modified Sigmoid Function for Gene Selection from Gene Expression Data, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 1, 2010, pp. 21-24.
- ⑤ Yuta Tsuchida, Sigeru Omatu, Michifumi Yoshioka, Land Cover Estimation with ALOS Satellite Image Using a Neural-Network, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 1, 2010, pp. 37-40.
- ⑥ Hideto Nakatsuji, Sigeru Omatu, Selection of Parameters in the Design of Real-Time Spectral Analysis, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 1, 2010, pp. 62-66.
- ⑦ Hideto Nakatsuji, Sigeru Omatu, Analysis of the Sound of the Japanese Voice Using Real-Time Spectral Analysis, Artificial Life Robotics, 査読有, Vol. 15, No. 1, 2010, pp. 67-71.
- ⑧ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu, Deris Safaai, and Michifumi Yoshioka, An Analysis of Expression Data Using Support Vector Machine and Feature Selection Methods, Far East Journal of Mathematical Sciences, 査読有, Vol. 38, No. 2, 2010, pp. 253-264.
- ⑨ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu

- Michifumi Yoshioka, Deris Safaai, A Three-Stage Method to Select Informative Genes for Cancer Classification, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 査読有, Vol. 6, No. 1, 2010, pp. 117-125.
- ⑩ Michifumi Yoshioka and Sigeru Omatu Defect Detection Method Using Rotational Morphology, *Artificial Life and Robotics*, 査読有, Vol. 14, No. 1, 2009, pp. 20-23.
- ⑪ Michifumi Yoshioka, Y. Maeda, Sigeru Omatu, Criterion for Optimal Image Resolution Using SIFT, *Artificial Life and Robotics*, 査読有, Vol. 14, No. 1, 2009, pp. 24-28.
- ⑫ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu, Deris Safaai, Michifumi Yoshioka, A Cyclic Hybrid Method to Select a Smaller Subset of Informative Genes for Cancer Classification, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 査読有, Vol. 5, No. 8, 2009, pp. 2189-2202.
- ⑬ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu, Michifumi Yoshioka, A Two-Stage Method to Select a Smaller Subset of Informative Genes for Cancer Classification, *International Journal of Innovative Computing, Information and Control*, 査読有, Vol. 5, No. 8, 2009, pp. 2959-2968.
- ⑭ 津崎 善晴, 大松 繁, 吉岡 理文, バイラテラルフィルタを用いた高精細画像の作成法, *電気学会論文誌, C分冊*, 査読有, Vol. 129, No. 10, 2009, pp. 1936-1941.
- ⑮ 本沖 大樹, 大松 繁, 吉岡 理文, 寺西 大, 適応デジタルフィルタとニューラルネットワークを併用した環境騒音下における紙幣音響データの雑音除去, *電気学会論文誌, C分冊*, 査読有, Vol. 129, No. 9, 2009, pp. 1724-1729.
- ⑯ 吉岡 理文, 下田 倫大, 大松 繁, Confidence Margin を用いた発現量データ解析, *電気学会論文誌, C分冊*, 査読有, Vol. 129, No. 7, 2009, pp. 1319-1324.
- ⑰ Mohd Saberi Mohamad, Sigeru Omatu, Deris Safaai, and Michifumi Yoshioka, Selecting Informative Genes by Using a Three-Stage Method for Cancer Classification, *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 査読有, Vol. 4, No. 6, 2009, pp. 725-730.
- ⑱ 吉岡 理文, 藤中 透, 大松 繁, アフィン不変なパターン検出, 信号処理, 査読有, Vol. 13, No. 5, 2009, pp. 439-444.
- ⑲ Michifumi Yoshioka, Toru Fujinaka, Sigeru Omatu, Intelligent Electronic Nose Systems with Metal Oxide Gas Sensors for Fire Detection, *International Journal on Advances in Intelligent Systems*, 査読有, Vol. 2, No. 1, 2009, pp. 268-277.
- ⑳ Jamal Ahmad Dargham, Ali Chekima, Sigeru Omatu, Cheisia Amy Doukim, Data Fusion for Skin Detection, 査読有, Vol. 13, No. 2, 2009, pp. 438-441.
- ㉑ Masaru Teranishi, Sigeru Omatu, and Toshihisa Kosaka, Continuous Fatigue Level Estimation for the Classification of Fatigued Bills Based on an Acoustic Signal Feature by a Supervised SOM, *Artificial Life and Robotics*, 査読有, Vol. 13, No. 2, 2009, pp. 547-550.
- ㉒ 寺西 大, 大松 繁, 小坂 利壽, 教師あり SOM を用いた紙幣音響特徴に基づく疲弊度推定, *電気学会論文誌, C分冊*, 査読有, Vol. 128, No. 12, 2008, pp. 1804-1810.
- ㉓ 中辻 秀人, 大松 繁, リアルタイムスペクトル解析の高速処理法における信号の分解と再構成, *電気学会論文誌, C分冊*, 査読有, Vol. 128, No. 7, 2008, pp. 1168-1175.
- ㉔ Bingchen Wang, Toru Fujinaka, Sigeru Omatu, Toshiro Abe, Automatic Inspection of Transmission Devices Using Acoustic Data, *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 査読有, Vol. 5, No. 2, 2008, pp. 361-367.

[学会発表] (計 15 件)

- ① Sigeru Omatu, Neuro-PID Control for Electric Vehicle, Joint 5th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 11th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, 2010 年 12 月 10 日, 岡山コンベンションセンター, 岡山市.
- ② Sigeru Omatu, Separation of Noise and Signals by Independent, The Fourth International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences, 2010 年 10 月 26 日, Florence, Italy.
- ③ Sigeru Omatu, Feature Selection Method for Classification of New and Used Bills, 7th International Symposium on Distributed Computing and Artificial

Intelligence、2010年9月8日、Valencia、Spain.

- ④ Sigeru Omatu、Data Fusion For Face Recognition、7th International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence、2010年9月8日、Valencia、Spain.
- ⑤ Sigeru Omatu、Reliable Banknote Classification Using Neural Networks、The Third International Conference on Advanced Engineering Computing and Applications in Sciences、2009年10月12日、Sliema、Malta.
- ⑥ Sigeru Omatu、Neuro-Control and Its Applications to Electric Vehicle Control、6th International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence、2009年6月10日、Salamanca、Spain.
- ⑦ Sigeru Omatu、An Iterative GASVM-based Method: Gene Selection and Classification of Microarray Data、6th International Symposium on Distributed Computing and Artificial Intelligence、2009年6月10日、Salamanca、Spain.

[図書] (計3件)

- ① Sigeru Omatu (編著)、Springer、Distributed Computing, Artificial Intelligence, Bioinformatics, Soft Computing, and Ambient Assisted Living、2009年、総ページ1304、担当分 pp. 1-12、pp. 187-194、pp. 307-314、pp. 495-502、pp. 616-620.
- ② 大松 繁 (分筆)、シーエムシー出版、ヒューマンインタフェースのための計測と制御、2009年、総ページ332、担当分 pp. 139-157.
- ③ 大松 繁、藤中 透 (分筆)、フレグランスジャーナル社、嗅覚ディスプレイ、2008年10月、総ページ286、担当分 pp. 166-179.

[産業財産権]

○出願状況 (計4件)

名称：水晶振動子用コーティング液、ガス検出素子、エチレン検出素子およびガス検出素子の製造方法
発明者：中澄博行、前田壮志、大松 繁
権利者：公立大学法人大阪府立大学
種類：特許
番号：特願 2010-109270
出願年月日：2010年5月11日

国内外の別：国内

名称：デジタルフィルタ及びフィルタ係数更新方法

発明者：大松 繁、本沖 大樹
権利者：公立大学法人大阪府立大学
種類：特許
番号：特願 2010-053222
出願年月日：2010年3月10日
国内外の別：国内

名称：匂い識別方法

発明者：大松 繁、吉岡 理文、岡崎 誠司、松山 健吾、松田 純一
権利者：公立大学法人大阪府立大学
種類：特許
番号：特願 2010-035391
出願年月日：2010年2月19日
国内外の別：国内

名称：油彩画調画像の生成方法および生成プログラム

発明者：松田 繁、大松 繁
権利者：公立大学法人大阪府立大学
種類：特許
番号：特願 2008-248219
出願年月日：2008年9月26日
国内外の別：国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.oit.ac.jp/elc/lab/profile/omatu.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大松 繁 (OMATU SHIGERU)
大阪工業大学・工学部・教授
研究者番号：30035662

(2) 研究分担者

藤中 透 (FUJINAKA TORU)
広島大学・大学院教育学研究科・教授
研究者番号：90190058

(H22:連携研究者)

吉岡 理文 (YOSHIOKA MICHIFUMI)
大阪府立大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70285302

(H22:連携研究者)

藤村 真生 (FUJIMURA MASAO)
大阪工業大学・工学部・准教授
研究者番号：80319574