

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：23803

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K11441

研究課題名(和文) 農業実践例の大規模類似ネットワークに基づくナレッジベースの構築

研究課題名(英文) Building a knowledge base based on a large scale similar network about agricultural practices data

研究代表者

大久保 誠也 (OKUBO, Seiya)

静岡県立大学・経営情報学部・准教授

研究者番号：90422576

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、農業における生産性向上などに貢献する知識断片を抽出する技術の確立である。そこで、本研究では、農業環境データの収集を行うとともに、以下の3つの目的に対し、手法の構築にとりくんだ。1) 類型化ならびに可視化手法。具体的には、類似した農業環境データを類型化してまとめる手法や、重要な部分を詳細に分析するヒストグラム構築方法等。2) ナレッジベースの構築手法。具体的には、データベースを構築するさいに必要となるデータを画像から自動取得する手法。3) 農業に影響を与える環境変化の抽出方法。具体的には、時系列データを解析し重要な変化点を検出する方法、ならびに危険予知手法等。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、各目標について、以下のように新しい手法を提案した。1) 農業環境データを分析するための可視化手法を複数提案した。また、農業データに適用することで分析を行った。具体的には、農業データは1日に周期があるが、それを類型化する手法を提案した。また、重要な部分を自動的に解析し、その点を詳細に分析するヒストグラム構築法も提案した。2) 農業環境の画像データを、適切に分類する手法を提案した。3) 新しい時系列データ解析の手法を複数提案した。具体的には、中長期データから大きな変化を起こしている時点を自動抽出する手法や、直近のデータから危険を予測する手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to establish a method for extracting knowledge that is useful for improving productivity in agriculture. In this study, we collected agro-environmental data and developed methods for the following three purpose. 1) Clustering and visualization methods. Specifically, a method to categorize and summarize similar agro-environmental data, and a histogram construction method to analyze important parts in detail, etc. 2) Knowledge base construction methods. Specifically, a method for automatically acquiring the data needed to build a database from images. 3) Methods to extract environmental changes that affect agriculture. Specifically, methods to analyze time-series data to detect important change points, and methods to predict hazards, etc.

研究分野：理論計算機科学

キーワード：ナレッジベース 農業環境データ 時系列データ解析

1. 研究開始当初の背景

近年、IoT (Internet of Things) 技術が急速に発展・普及してきている。それにともない、農業・医療・教育・工芸などの専門知識と熟練が不可欠な分野においても、専門家や熟練者が、どのような状況で、どのような活動をしているかの情報を、ビッグデータとして比較的容易に入手可能となった。一方で、大規模で複雑なソーシャルネットワークなどの本質的な構造や機能を分析し可視化する技術とともに、多様なトレンドなどを反映する SNS データなど刻々と変化する時系列データを分析し可視化する技術についても顕著な研究進展を見せている。

農業では担い手の高齢化による労働力不足が深刻化しており、作業の合理化による生産性の向上や熟練農家が持つ技術の継承が課題となっている。しかし、作業者の勘や経験に頼ることが大きいため、暗黙知として定量的に捉えることが困難であるといわれている。そのため、ビッグデータ解析による、従来は困難とされていた定量化ならびに可視化が期待されている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、農業における生産性向上などに貢献する知識断片を抽出する技術の確立である。具体的には、ある状況下で日除けを設置するかどうかなどの、実践を施すかどうか判断するクリティカルポイント (critical point) を安定して高い精度で検出するような技術の確立である。そのためには、農業環境時系列データを収集する方法や、それらのデータから精練したナレッジベースを構築する手法、そこからの智識の抽出方法の確立が必要となる。また、農業従事者に対しても理解可能な形式での提示が望まれる。このような要請に応えるため、本検出技術については、数値変数と名義値変数が混在するモデルのパラメータ変化をレジーム切替 (regime switching) 問題としてとして定式化する。

以上を踏まえた本研究の具体的な目的は、以下の3つである。

1. 類似した農業実践例を結合させて構築するネットワークにおいて、類似検索、構造可視化、類型化を実現するシステムの構築、及び、その有効性の実証評価
2. 距離メトリック学習技術とナレッジベース完備化技術を土台に、ナレッジベースを精練し高度化する技術の確立、及び、その有効性の実証評価
3. 農業における生産効率の向上などを実現可能とする知識抽出のためのモデルパラメータの変化点検出技術の確立、及び、その有効性の実証評価

3. 研究の方法

各目的を達成するため、農業環境データに対して新しい手法を提案するとともに、農業環境データに適用することにより、その評価と改善を行った。具体的には、各目的に対し、以下のような方法をとった。

1. いずれの目標に対しても、評価・分析には、農業環境データが必要となる。そこで、農業環境データを収集するデバイスを作成し、実際に農業環境データの収集を行う。得られたデータに対して、類型化等の各種提案手法を適用することにより、提案手法の評価ならびに分析を実施する。
本目的に対しては、農業環境データを、類似したデータが結線されているネットワークとして捉えることにより、データの類似検索や、環境の可視化を実施する。
2. センサで捉えることが難しい環境については、画像から情報を得ることが考えられる。そこで、環境データ収集デバイスによって得られた画像を、学習技術により自動分類する手法について検討する。
3. 農業従事者の行動により、環境データなどは変化すると考えられる。そこで、時系列データから、変化点の検出を行う手法を考案する。そして、実際に農業データに対して適用することにより分析を行う。また、農業以外のデータに対しても適用することにより、変化点検出の妥当性を評価する。

4. 研究成果

各目標に対して、それぞれ以下のような成果を得た。

農業に関する各種分析に必要なデータ収集方法を検討し、その結果を踏まえた農協環境データ収集用小型デバイスの試作を行った。小型デバイスの外観を、図1に示す。また、収集しているデータならびに搭載しているセンサを、表1に示す。実際に、静岡市内の4件のバラ農家のビニールハウス内に設置し、データの収集を行った。研究期間内に1年を通じたデータの収集を行うことにより、季節的な影響を考慮した分類等が可能となった。

これらのデータ収集から得られた経験を踏まえて、新しい環境情報収集デバイスについての検討を行った。そして、実際にプロトタイプシステムの作成を行った。新しいシステムは、Raspberry Pi4 に各種センサと通信機器を繋げたものである。汎用的に使用できる Raspberry Pi4 を中心とした構成にすることにより、外部からのデータ回収に対応している。また、必要に応じて、リモートからのソフトウェアのバージョンアップを行うことができる。これらにより、

トラブル発生時に迅速な対応が可能となることが期待される。一方で、ケーブルやケースの配置の問題や、通信品質の問題、**CO2** センサのリセット方法等の問題も明らかとなった。

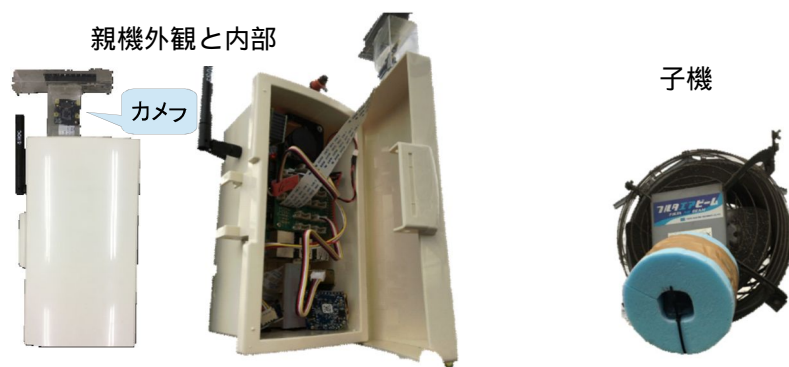


図 1：環境データ収集用小型デバイス

表 1：環境データ収集用小型デバイスが収集する項目とセンサ名

| 種類 | 型番 |
|---------|--|
| 照度センサ | LTR-308ALS |
| CO2 センサ | ELT-S-300L-3V |
| カメラ | Raspberry Pi PiNoir CameraModule V2 赤外線カメラモデル |
| 温湿度センサ | SHTC3 |

目的 1 については、いくつかの類型化手法や可視化手法を提案した。

時系列データをベクトルとして捉え、各日の変化を類型化する手法を提案した。そして、4 件のバラ農家の環境データに提案手法を適用し、特徴的な 3 つの変化に類型化、その比較を行うことで、手法の有効性を評価した。図 2 に類型化の例を示す。図では、横軸に時刻を縦軸に飽差をプロットすることにより、1 日の飽差の変化を表している。42 日分のデータを 3 つに分類することにより、各ハウスにおける、典型的な飽差の変化を明らかにすることができている。

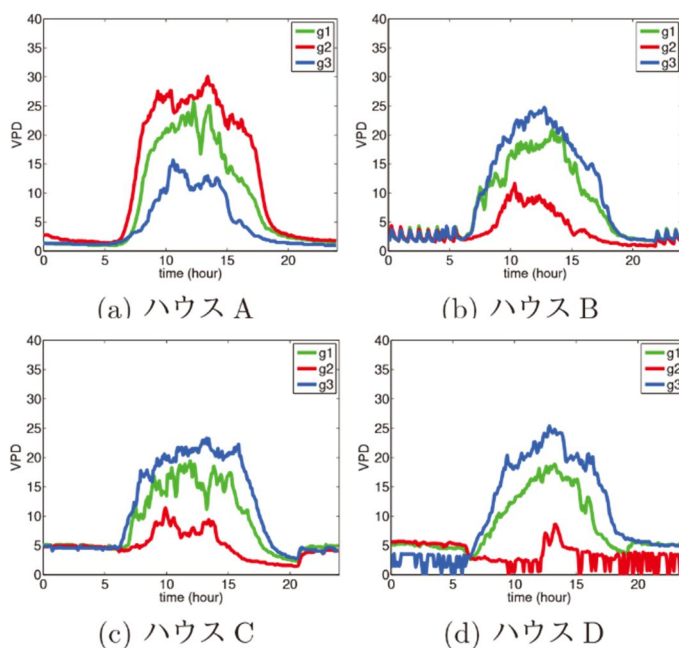


図 2：1 日における飽差の変化の類型化

農業や漁業において、出荷量と価格の関係は、非常に重要である。ただし、野菜・果物・花などで、その関係は異なる可能性がある。そこで、その関係を明らかとする手法を提案した。具体的には、出荷量と価格の変化の類似度を求め、業種ごとにまとめることにより、関係性にどのような特徴があるかを評価した。その結果、出荷量が増えれば価格が安くなるという単純な関係とはならない分類があることが明らかとなった。

新たな可視化手法として、可変ピン幅ヒストグラムによる可視化手法を提案した。具体的には、データ変化に基づいてピン幅を設定する手法を提案した。本研究で取り扱うような環境データは、ある特定の範囲にデータが集中する傾向があるため、従来のヒストグラムでは意味のある可

視化になりづらい。提案手法を用いると、大きな変化点でビン幅を区切るため、データが密になっているところであっても分布を把握しやすい。可変ビン幅による可視化の例を、図 3 に示す。図では、飽差 (HD) が 1 日に取った値の頻度を示している。図中、 K の値がビン数である。より詳細な解析が必要などところに多くのビンを割り当てていることがわかる。

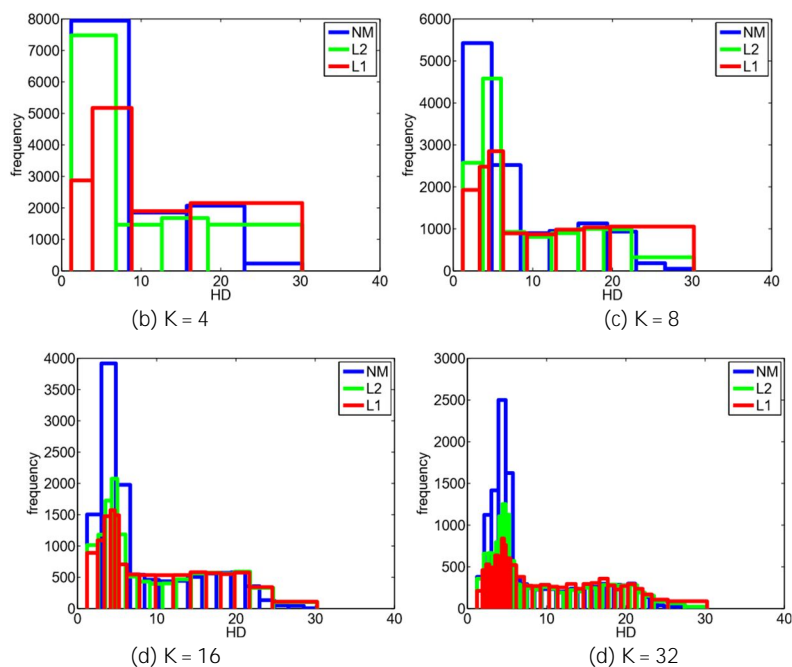


図 3：可変ビン幅による可視化例

目的 2 については、主に、農業環境データ収集デバイスによって取得した画像の自動処理に関する手法を提案した。

本研究の目的のひとつは、熟練農業従事者が、環境をどのように調整・変化させているかを明らかにすることである。熟練農業従事者が行う操作のひとつとして、ビニールハウスのカーテンの開閉させることによる、気温や日照量の調整がある。カーテンの開閉具合も複数あるため、画像データから開閉具合がわかることが望ましい。画像データの例を、図 4 に示す。しかしながら、カーテンの開閉状況を主導で判別するのは、多くの労力を必要とする。そこで、画像データに対する自動ラベル付与手法を提案した。本手法を応用すると、数値計測により得られた時系列データに、画像情報を追加することができる。この手法により、数値による計測器以外に対する情報についても、分析対象とすることができるようになった。



図 4：カーテン開閉に関する画像例

グラフ状に表現されたデータを分析し、重要なノードを検出する手法の研究に取り組んだ。各種データを類似度などの距離を用いて可視化する際、グラフ構造を用いた類似ネットワークとして表現することが行われる。提案手法は、グラフ構造上の重要な点を抽出することにより、重要なノードの分析を行うことができる。現時点での適用例は道路網データであるが、今後、農業データ等への適用を検討する予定である。

目的 3 については、時系列データを分析する手法を複数提案し、各種データに適応することにより有効性の評価を行った。また、農業環境データに適用することによる分析も行った。

中長期にわたる環境データを分析する手法を提案した。提案手法は差分累積値を基にしており、時系列データのある時点が、全体的な傾向のうち、どのように位置づけられるかを明らかにできる。具体的には、中長期にわたるデータから、大きな変化が起きた時点抽出する。そして、抽出した時点で期間を分割することにより、それぞれの期間がどのような意味があるかについて分析する。可視化結果を、図5に示す。図は、5分ごとのデータを42日間に対し、飽差の変化を3分割する方法で分析した結果である。どの農家においても、22日前後に大きな変化があることがわかる。

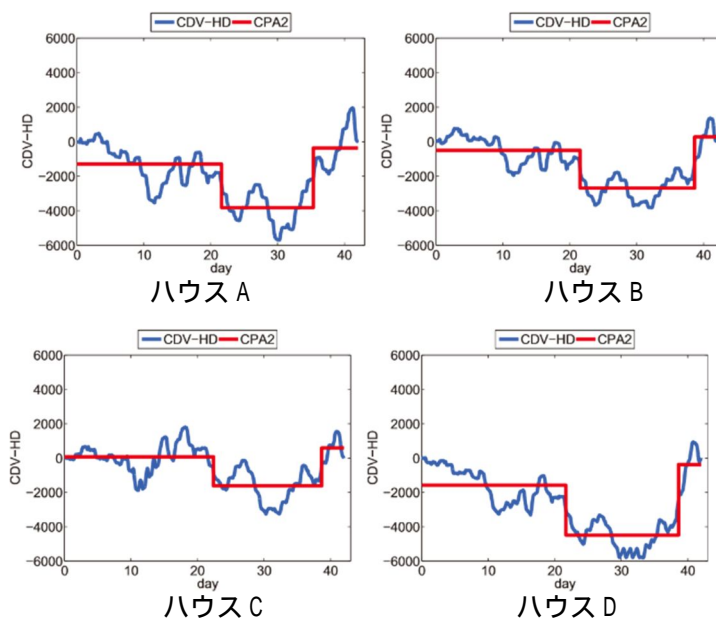


図5：時系列データの変化点抽出ならびに期間分割の例

農業環境データ分析の目的の一つとして、危険予知があげられる。農業にとって、環境が適切でない状況に陥ることは避けねばならないことである。そのため、直近の環境データの変化から未来の環境を予知し、危険水域に達しそうであれば警告が出せることが望ましい。

サポートベクタマシンを用いて危険値を予測する手法を提案した。提案手法は、数十分後にCO₂濃度や飽差が危険な値になるか否かを予測する。飽差に対する予測を行った例を、図6に示す。図7の左の図は、recallとprecisionをプロットしたものである。右の図は、SVMが危険と予測した件数(X)と実際に異常値をとった件数(Y)である。XとYのグラフが近いほど、精度よく危険を予知できているといえる。

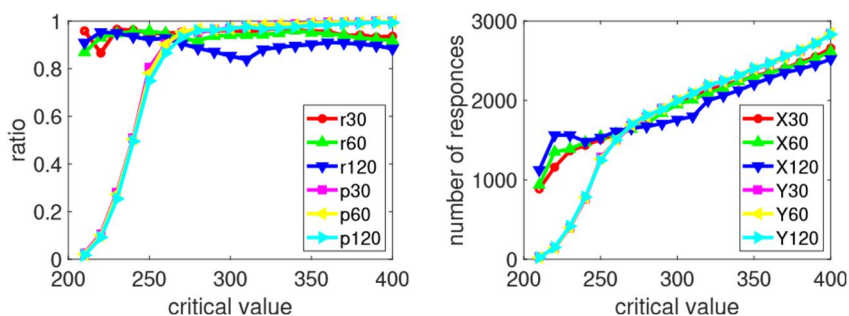


図6：CO₂の危険予知の例

他にも、いくつかの時系列解析手法を複数提案し、農業環境以外のデータに適用することにより、妥当性の検証を行った。まず、事前パラメータを必要としない、変化点検出手法を提案した。従来は、変化点を抽出する際、いくつかのパラメータを適切に設定する必要があったが、提案手法は事前に設定する必要がない。また、関連するデータを抽出する方法を提案した。提案手法を用いると、対象とするデータと関連しているカテゴリを抽出することができる。今後、農業データに適用することにより、農業時系列データの分析が期待できる。

以上をすべてまとめると、本研究により、各種農業環境データを分類・可視化するとともに、時系列データから主要な変化点を自動抽出することや、迅速な危険予知が可能となった。今後、更なる研究により、適用範囲の拡大が期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 Takayasu Fushimi, Seiya Okubo, Kazumi Saito | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Multiple perspective centrality measures based on facility location problem under inter-group competitive environment | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Applied Network Science | 6. 最初と最後の頁 1--21 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 岩崎清斗, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤和巳 | 4. 巻 Vol.12, No.2 |
| 2. 論文標題 差分累積値に基づく農業環境データの可視化分析法 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 情報処理学会論文誌数理モデル化と応用 (TOM) | 6. 最初と最後の頁 12-19 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 棚本侑宏, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 平滑化画像データにおけるk-means法を用いた画像データの自動ラベル付与 |
| 3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2020) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩崎清斗, 棚本侑宏, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 k-means法とk-NN法を用いた画像データへの半自動ラベル付与法 |
| 3. 学会等名 第120回知識ベースシステム研究会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takayasu Fushimi, Kiyoto Iwasaki, Seiya Okubo, and Kazumi Saito |
| 2. 発表標題 Construction of Histogram with Variable Bin-width based on Change Point Detection |
| 3. 学会等名 Proceedings of the 22nd International Conference on Discovery Science (DS2019) (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 伏見卓恭, 岩崎清斗, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 変化点検出に基づく可変ビン幅ヒストグラムの構築 |
| 3. 学会等名 情報処理学会研究報告. MPS, [数理モデル化と問題解決] |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 古瀬純大, 岩崎清斗, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 農業環境データにおけるSVM を用いた危険値予測 |
| 3. 学会等名 情報処理学会研究報告. ICS, [知能システム] |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 棚本侑宏, 岩崎清斗, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 k-means 法を用いた画像データの自動ラベル付与 |
| 3. 学会等名 情報処理学会研究報告. ICS, [知能システム] |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 岩崎清斗, 伏見卓恭, 大久保誠也, 斉藤 和巳 |
| 2. 発表標題 差分累積値に基づく農業環境データの可視化分析法 |
| 3. 学会等名 情報処理学会研究報告. MPS, [数理モデル化と問題解決] |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 我妻勇貴, 大久保誠也, 斉藤 和巳, 岩崎清斗 |
| 2. 発表標題 経済物理アプローチによる農水産物データの分析 |
| 3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2018) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 工藤秀明, 斉藤 和巳, 大久保誠也, 岩崎清斗 |
| 2. 発表標題 センサーデータに基づく農業環境の分析 |
| 3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2018) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---------------------------------------|
| 1. 発表者名 山田卓見, 大久保誠也, 斉藤和巳 |
| 2. 発表標題 自己中心トライアドに基づくソーシャルメディア特性分析 |
| 3. 学会等名 第17回情報科学技術フォーラム (FIT2018) |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|-------------------------------------|
| 1. 発表者名 伏見 卓恭 斉藤 和巳 池田 哲夫 風間 一洋 |
| 2. 発表標題 代表ノード抽出による避難施設候補地の推定 |
| 3. 学会等名 情報処理学会第81回全国大会(IPSJ2019) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 淵上 翔生 伏見 卓恭 |
| 2. 発表標題 多様なレシピ群を形成する便利食材群の推薦 |
| 3. 学会等名 マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム2018(DICOM02018) |
| 4. 発表年 2018年 |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------|---|--|----|
| 研究分担者 | 斉藤 和巳 (SAITO Kazumi) (80379544) | 神奈川大学・理学部・教授 (32702) | |
| 研究分担者 | 伏見 卓恭 (FUSHIMI Takayasu) (80755702) | 東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・助教 (32692) | |
| 研究分担者 | 池田 哲夫 (IKEDA Tetsuo) (60363727) | 静岡県立大学・経営情報学部・教授 (23803) | |

6. 研究組織（つづき）

| | 氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号) | 所属研究機関・部局・職 (機関番号) | 備考 |
|-------------------|---|---|----|
| 研究 分 担 者 | 岩崎 清斗 (IWASAKI Kiyoto) (30615563) | 静岡県工業技術研究所・機械電子科・主任研究員 (83807) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 |
|---------|---------|
| | |