

平成 30 年 6 月 4 日現在

機関番号：17501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00277

研究課題名(和文) 進化・再利用型造形技術に基づくグローバル循環式ものづくり基盤の構築

研究課題名(英文) Construction of a Fabrication Platform Based on Evolutional and Recycled Modeling Technology with Glocal Resource Circulation

研究代表者

西野 浩明(NISHINO, Hiroaki)

大分大学・理工学部・教授

研究者番号：00274738

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：3Dプリンタ等のものづくり機器の普及により、一般利用者が実物の試作を独力で行える環境が整ってきた。この技術の進展には、少品種大量生産を想定した従来型のものづくりから、個人の特徴や感性を反映した個性的なものづくりを支援する、新たなデザインおよび演出手法の開発が必要である。本課題では、利用者の感性や嗜好に基づいて既存の3Dデータの形状や質感を個性化し、地域の環境情報を造形過程に組込む新たなものづくり技術を開発する。さらに、触感や香りなどの多感覚情報を融合しながら、デジタル情報を可視化・演出する要素技術を実装するとともに、実用的な分野のシステム開発と評価をとおして、開発した技術の有効性を検証する。

研究成果の概要(英文)：Rapid progress of digital fabrication devices such as 3D printers allows ordinary users to perform actual prototyping by themselves. To further advancing the technology, we need to revise traditional manufacturing methods assuming mass production, inventing a new fabrication method for supporting unique design and manufacturing processes reflecting personal characteristics and sensibility. In this study, we develop a new fabrication technology for effectively personalizing the shape and texture of existing 3D data based on user's preference and sensitivity, incorporating local environment information into the proposed 3D modeling process. Additionally, we design and implement a fundamental technique for visualizing and expressing digital information by fusing tactile and olfactory sensations with visual and auditory senses, developing some practical systems by applying the implemented technologies, and conducting evaluations to verify the effectiveness of the developed technologies.

研究分野：情報工学

キーワード：バーチャルリアリティ デジタルファブリケーション マルチモーダルインタフェース サイバーフィジカルシステム

## 1. 研究開始当初の背景

本課題による研究プロジェクトの開始当初は、立体造形技術や3次元(3D)プリンタ機器等の普及により、一般利用者が製品設計や実物の試作を独力で行える環境が整いつつあった。例えば、現実の物体をタブレットで撮影し、その3次元形状モデルを自動生成するソフトウェア技術や、作成したモデルを3Dプリンタに転送・出力して実体化するシステム化技術等、ものづくりにおける設計から製造までの工程を一般利用者が体験できるようにするハードおよびソフトに関する研究開発が活発に行われていた。

このような技術の一層の進展には、少品種大量生産を前提とする汎用かつ標準的なものづくりの設計法から、多品種少量生産や利用者個人に特有となるユニークかつ個性的なものづくりを念頭においた新たなデザイン技法を開発することが重要である。さらに、多くの利用者による多様なデザインをサイバー空間上で共有しながら、地域(ローカル)の素材や感性で独自のデザインを創作・製造・演出できる親環境型のものづくり基盤を構築することが必要となる。

## 2. 研究の目的

本課題では、利用者の感性や嗜好、利用時の状況に応じて既存の3Dデータの形状や質感を独自仕様に個性化し、地域や利用者の環境情報を造形過程に組み込みながら、ものづくりを行う手法を考案する。また、触感や香りなどの多感覚情報を融合しながらデジタル情報を可視化・演出する手法とその要素技術に関して研究開発を行う。特に、専門家の高度な造形や演出技能に依存するデータ制作とそれらデータの共有・復元等を想定した、従来の技術にはない新しい情報の表現法と演出・可視化の技術を創出する。また、本課題で開発した要素技術の活用方法を考案し、実用的な分野のシステム開発と評価をとおして、開発した技術の有効性を検証する。

## 3. 研究の方法

3年間のプロジェクトを、以下の(1)~(3)に示すフェーズに分けて研究開発を行った。これらの研究を実施する上で、個性的な造形と演出技術に関する基盤技術を実用的な分野に応用することを想定し、CPS(Cyber Physical System)での活用を想定した各種システムの開発と評価を行った。これにより、多様な実環境データの収集・計測、サイバー空間での解析・知識化、実環境へのフィードバックの各工程における開発技術の適用可能性と有効性について検証した。

(1) **要素技術開発フェーズ**(平成27年度): 3Dデータの形状や質感等の意匠性に加えて、複数素材の組合せや再利用を可能にする新

たな造形技法の設計、開発、およびシステム化を行った。また、造形物の演出要素としての色のデザインに着目し、色彩調和に基づく表色系を利用した色彩デザインシステムの開発も行った。

(2) **応用システムの開発と評価**(平成28年度): 初年度に開発した要素技術の評価するために、CPS(Cyber Physical System)への活用を想定した複数の応用システムを設計・開発した。特に、高齢者や運転手の見守りと危険状態の警告、難度の高い学習内容の情報技術に基づく教示支援等の課題に対して、開発したモデル化や演出技法の適用可能性と有効性について実証的に検証した。

(3) **現実課題への適用と総合評価**(平成29年度): 本課題の総まとめとして、平成27年度に開発した要素技術と平成28年度に開発した応用システムとを日常的な環境に適用し、効果と実用性について総合的かつ実証的に検証した。

上記3フェーズにおける基盤技術やシステムの開発において、ハードウェアは市販されている装置を導入し、主としてソフトウェアとシステム化の研究開発を中心に実施した。

## 4. 研究成果

(1) 個性的な3Dデータ制作のための直観的造形法、およびデジタルコンテンツの新たな演出技法の開発

### ① 実物体とデジタルデータとの対比に基づく3次元造形機能の設計と開発

図1に示すように、実物体を空中に結像することができる特殊なプレートを用いて、実物体と設計中の3Dデータとを同一空間に提示しながら造形処理が可能な手法を開発した。この手法では、利用者の正面に配置された実物体の隣接空間に3Dデータが空中投影されるため、実物体の形状を参考に新たなデータを作成したり、追加する部品を対象物体に重ねながら編集したりすることが可能であり、専門知識や造形技能に乏しい初心者でも独自のデータ作成を容易に行うことができる。

3Dデータの制作には、立体物の造形に関する専門的な知識や専用ツールを使いこなす技能が求められるため、初心者にはハードルが高い。提案する造形法は、図2に示すように空中表示されている3Dデータを直接把持しながら変形等の操作が実行できるようにしている。このため、立体造形の初心者でも、粘土細工を行うような感覚で容易に3Dデータの制作技能が習得できる。

試作システムの評価実験から、3次元造形

の初心者も、操作の習得とデータ制作作業への移行が短時間でできるようになることが確認できた。以上の成果を、国際会議（雑誌論文⑧）で発表し、高い評価を得た。

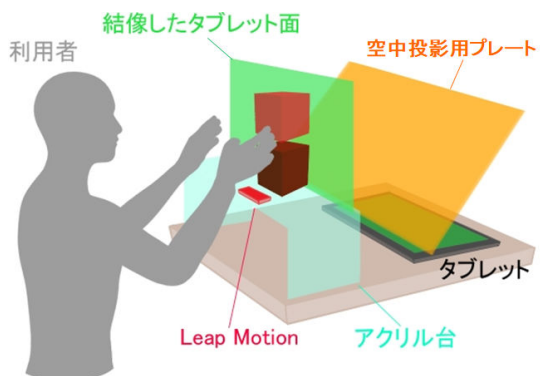


図1. 3次元造形機能の構成図

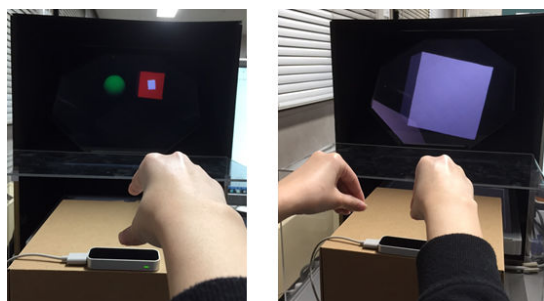


図2. 3次元造形機能の利用風景

## ② 色彩調和に基づく配色デザイン技法のシステム化

3Dプリンタやレーザカッターなどの工作機器の普及により、利用者がイメージする製品形状を利用者自身でデザイン・試作するデジタルアプリケーションが浸透してきた。一般利用者が独自のデザインを行う上で、モノの形状は美しさや洗練さを演出する重要な要素である。また、色設計も同様にデザイン工程の重要なプロセスであるが、形状設計に比べてあまり活発に研究が行われていなかった。利用できるツールも、色の性質や配色等に精通した専門家向けのものがほとんどであり、一般の利用者が使いこなすのは難しいという問題があった。

我々は、ものづくりの上流工程で製品のイメージ化や構想を有効に支援できる手法とそのシステムを研究開発した。図3は開発したシステムの操作画面である。利用者は、デザイン対象のイラストに対してシステムが自動的に配色を行った複数の候補を閲覧・比較しながら、自身の感性に合致する最適デザイン解を容易に見つけ出すことができる。システムは、厳選された少数の利用者指定入力から、色彩調和を考慮した多様な配色パターンを生成・提示する。

システムの試用実験から、色デザインの経験がない利用者でも、簡易な操作で多様かつ

洗練された配色設計ができ、その満足度も非常に高いことが確認できた。以上の成果は、国際会議や国際学術誌（雑誌論文⑥）、国内会議（学会発表⑧）等で発表し、専門家からも高い評価を得た。

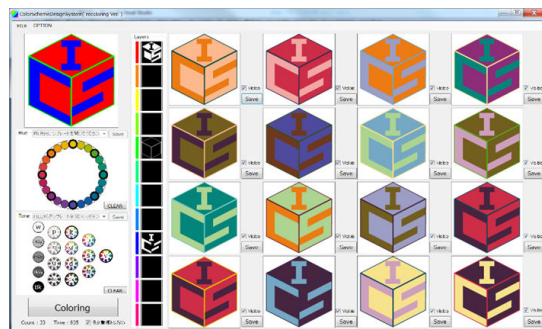


図3. 配色デザインシステムの操作画面

(2) CPS での活用を想定した応用システムの開発と評価

### ① 高齢者見守りシステムの設計と開発

CPS の有望な応用分野の1つとしての高齢者向け見守りシステムの研究開発に着目した。一般的な見守りシステムの研究では、環境や生体の情報を多様なセンサで計測し、膨大なデータから状態を的確に分析・判断する機能の開発が中心となる。一方、高齢者の見守りでは、視力や聴力の低下など、高齢者に特有の身体条件に合わせて分析結果を確実に伝える手法の研究が重要となる。この部分に関して、本プロジェクトで研究した演出技術の応用が可能になる。我々は、図4に示すように、LED や音声等の視聴覚データに振動刺激を組み合わせた多感覚な情報提示を行うシステムを設計・開発した。現在、屋内での熱中症罹患の半数以上が65歳以上の高齢者層に集中している。そこで、本システムは屋内環境を常時監視し、熱中症罹患の危険性を検知すると、利用者ごとの身体条件等に応じて多様な情報提示手段でその危険性を高齢の利用者へ通知する機能を有する。

開発したシステムを実際に高齢者に利用してもらったところ、危険性の警告機能については一定の効果が確認できた。しかしながら、IT機器に対して感じる利用者の不安や心理的な抵抗意識が問題となり、これらを緩和・低減する工夫が必要となった。そこで、図5に示すように会話ロボットとの対話の中で危険性を高齢者に確実に気づかせることができるようにシステムを改良した。この機能は、高齢者との会話をとおして心の癒しを与えたり、精神面の治療につなげたりする役割が中心であった小型のヒューマノイドロボットに、意外性のある動きで危険な状況を知らせるといった新たな活用方法を提案するものである。実際にロボットを用いた時の「気づき」効果を実験し、提案手法の有効性を確認した。以上の一連の成果は、国際会議

(雑誌論文⑤) および国内学会で発表し、高い評価を得た。

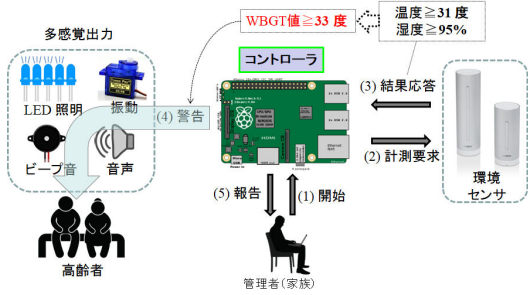


図4. 高齢者見守りシステムの構成



図5. 見守りロボットによる実験風景

## ② 運転者見守りシステムシステムの設計と開発

CPS への成果の活用のもう一つの課題として、運転手の見守りシステムに着目し、図6に示したシステムを開発した。車内環境や運転者の生体信号などを観測しながら、脇見運転や注意散漫など、事故につながる事象を分析・検知して運転者へ警告したり、自動的に事故回避操作を駆動したりするシステムである。先行研究では、センシングと分析機能の開発に焦点が当てられていた。本プロジェクトでは、要素技術として開発した多感覚情報提示に基づく演出技法を運転者へのフィードバックに利用した。画像や音声による情報提示は、計器やカーナビ等で多用されているため、視聴覚データとして提示する情報を追加することは、運転者の集中を妨害しかねない。そこで、振動や香りといった触覚・嗅覚系の情報提示を視聴覚データと相補的に利用する手法を考案し、システム化を行った。

システムの実装面では、大量のセンシングデータの収集・分析・結果のフィードバックという一連の処理を、クラウドサーバと車載器との間で常時接続した無線通信をとおし

て実行する方式が一般的である。これは、多くの車両からサーバに集約された多様なデータを共有できる利点がある一方で、通信負荷による実時間実行が難しいという欠点がある。そこで我々は、車内環境のセンシング部分、運転者の生体計測部分、分析と警告部分のそれぞれを専用に管理する複数の車載器からなる分散型エッジ計算機アーキテクチャを採用した車載器を独自に開発した。これにより、データの収集・分析・判断・フィードバックの全処理を、非同期かつ高速に車載器のみで実行できるようにした。サーバには定期的に通信を行い、集約されたデータから得られる最新の分析機能をダウンロードできる機能を組込んだ。

さらに、図7のシミュレータを開発して運転者支援の有効性を確認するとともに、図8に示すように実車での評価実験も行い、有用性と実用性について検証を行った。以上の成果は、平成30年3月に開催された国際会議(雑誌論文②)で発表し、提案手法の新規性が高く評価されて最優秀論文賞(best paper award)を受賞した。

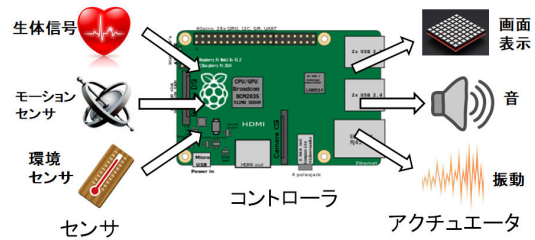


図6. 運転者見守りシステムの構成



図7. シミュレータの外観

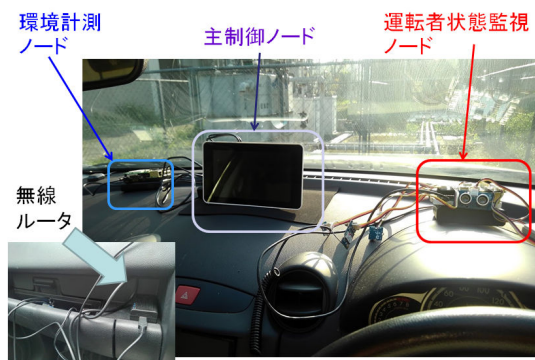


図8. 実車を用いた走行実験風景

### (3) 本課題で作成した関連システム

#### ① 触感提示によるピアノ提示システムの設計と開発

本課題で開発した多感覚系への情報提示と演出機能の教育への応用として、触覚刺激の提示を用いたピアノ教示システムを開発した。このシステムは、初心者がピアノの練習を行う際に、正しい指で練習曲の運指を独学で習得できるようにする目的で開発した。利用者は、図9に示すように、触感提示グローブを装着し、練習曲の打鍵パターンを示すスクロールガイドを見ながら演奏の練習を一人で行うことができる。このようなシステムでは、打鍵する指を番号等でスクリーンに表示するのが一般的であるが、本システムでは、図10に示す触感提示グローブを新たに設計・開発した。このグローブには、各指の第二関節付近にバイブレータが組込まれており、曲の進行と同期して、打鍵する指に直接振動刺激を与えて運指の流れを直観的に提示できる。初心者による実験で、本システムがピアノ演奏の独学を有効に支援できることが確認できた。

このシステムの成果は、平成30年5月に開催された国際会議(雑誌論文①)で発表し、提案手法の新規性と実用性が高く評価され、採択論文250編中3編選出された最優秀論文賞(best paper award)を受賞した。



図9. 触感提示型ピアノ教示システムの外観  
バイブレータ

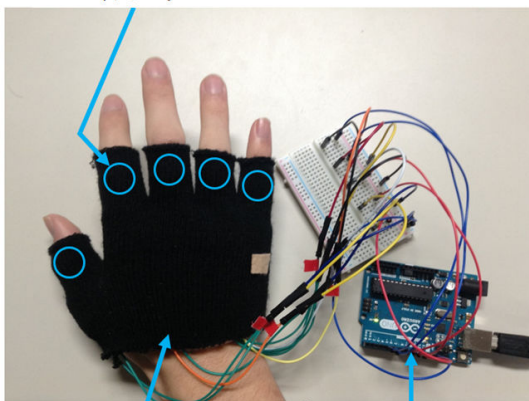


図10. 触感提示グローブの構成

#### ② 無線状態可視化システムの設計と開発

本プロジェクトで開発した応用システムは、無線通信を基盤に構築を行っている。このとき、各種センシング機器やサーバの配置を計画する際に、屋内の電波受信状態を継続的に監視しながら可視化する機能が必要になった。特定の無線AP(Access Point)や通信ノードに関して、電波状態監視を行う市販ツールは複数存在するが、フロア全体の状況を常時計測しながら実時間に可視化できる機能が必要であった。そこで、フロア上の複数地点で時々刻々変化する電波強度を継続して収集しながら、その結果をスマートフォン端末上で即時に可視化できる、図11に示す無線状態可視化システムを開発した。複数の計測点で大量に発生する電波強度データの集約・可視化処理を、フロアの業務に支障を与えないように低負荷で実現するために、Publisher-Subscriber型通信機構に基づくシステムを設計・開発した。以上の成果は、平成30年3月に開催された国際会議(雑誌論文③)や国内会議(学会発表②)で発表し、高い評価を得た。

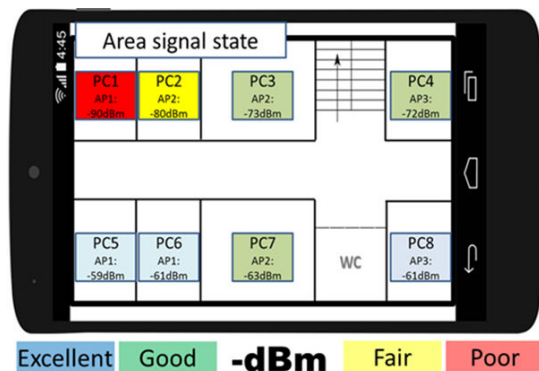


図11. 無線状態可視化システム

### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計31件)

- ① Hokuto Tsutsumi, Hiroaki Nishino, Tsuneo Kagawa: A Piano Performance Trainer with Tactile Guidance, Proc. IEEE ICCE-TW 2018, pp.209-210, May 2018. 査読有 **Best Paper Award (3rd Place)** 受賞
- ② Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: An Edge Computer Based Driver Monitoring System for Assisting Safety Driving, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 17. Springer, pp.639-650, 2018. 査読有 **Best Paper Award** 受賞 (doi: 10.1007/978-3-319-75928-9\_57)
- ③ Dai Shimizu, Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: A Mobile Wireless Network Visualizer for Assisting Administrators, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, vol 17.

- Springer, pp. 651-662, 2018. 査読有  
(doi: 10.1007/978-3-319-75928-9\_58)
- ④ Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: A Device Status Visualization System Based on Mobile Markerless AR Technology, *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 611. Springer, pp.743-751, 2017. 査読有  
(doi: 10.1007/978-3-319-61566-0\_69)
- ⑤ Akihito Yatsuda, Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: Development of an Adult Care System Based on Interactions with a Communication Robot, *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol 12. Springer, pp.197-205, 2017. 査読有  
(doi: 10.1007/978-3-319-69811-3\_17)
- ⑥ Satoru Miura, Hiroaki Nishino: A Practical Colour Scheme Explorer for Designers, *Int. J. Space-Based and Situated Computing*, Vol.7, No.3, pp.155-165, 2017. 査読有  
(doi: 10.1504/IJSSC.2017.089008).
- ⑦ 清水光司, 小刀稱知哉, 池部 実, 吉田和幸: SSH パスワードクラッキング攻撃におけるデータサイズを用いる検知手法の提案と運用評価, *情報処理学会論文誌 Vol.58 No.3*, pp. 695-707, 2017. 査読有
- ⑧ Kanako Nakazato, Hiroaki Nishino, Toshitada Kodama: A Desktop 3D Modeling System Controllable by Mid-Air Interactions, *Proc. CISIS-2016*, pp.633-637, July 2016. 査読有 (doi: 10.1109/CISIS.2016.80)
- ⑨ Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: An Engineering Education Support System Using Projection-Based AR, *Proc. NBiS-2016*, pp.267-272, September 2016. 査読有 (doi: 10.1109/NBiS.2016.67)
- ⑩ Jiaqing Lin, Hiroaki Nishino: A Construction-From-Parts-Type 3D Modeller for Digital Fabrication, *Int. J. Space-Based and Situated Computing*, Vol.5, No.4, pp.230-241, 2015. 査読有  
(doi: 10.1504/IJSSC.2015.073737).
- ⑪ Toshiyuki Haramaki, Hiroaki Nishino: A Device Identification Method for AR-Based Network Topology Visualization, *Proc. BWCCA-2015*, pp.255-262, November 2015. 査読有 (doi: 10.1109/BWCCA.2015.81)

[学会発表] (計 2 4 件)

- ① Masashi Nakamura, Minoru Ikebe, Koichi Yoshizaki, Kazuyuki Yoshida: Detection of DGA Clients by Collation Between DNS Queries and its Results, 第 70 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2017 年 9 月 27-28 日, 琉球大学 (沖縄県・福岡市).
- ② Dai Shimizu, Toshiyuki Haramaki, Tsuneco Kagawa, Hiroaki Nishino: Development of a Low Cost Wireless Network Condition Visualization System for Administrators,

第 70 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2017 年 9 月 27-28 日, 琉球大学 (沖縄県・福岡市).

- ③ Hiroaki Nishino: Sensing and Rendering: An Approach for Assisting Human Creative Activities, *CISIS-2016 国際会議*, 2016 年 7 月 6-8 日, 福岡工業大学 (福岡県・福岡市). 招待講演
- ④ 原慎稔幸, 西野浩明: 組込み開発実習支援のための AR による学習情報可視化, 第 69 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2016 年 9 月 29-30 日, 宮崎大学(長崎県・長崎市).
- ⑤ 東條貴明, 池部 実, 吉田和幸: 大分大学宛ダークネット通信の解析によるゼロデイ攻撃の把握に関する一考察, 第 69 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2016 年 9 月 29-30 日, 宮崎大学(長崎県・長崎市).
- ⑥ 佐々木玲生, 池部 実, 吉田和幸: 攻撃の可視化によるネットワーク管理者のネットワーク運用支援, 第 69 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2016 年 9 月 29-30 日, 宮崎大学(長崎県・長崎市).
- ⑦ 原慎稔幸, 西野浩明: 携帯 AR 型ネットワークトポロジー可視化システムにおける機器検出手法の検討, 第 14 回情報科学技術フォーラム(FIT2015), 2015 年 9 月 15-17 日, 愛媛大学 (愛媛県, 松山市).
- ⑧ 三浦 理, 西野浩明, 賀川経夫: イラストレーション制作向け配色設計システムに関する研究, 第 68 回電気・情報関係学会九州支部連合大会, 2015 年 9 月 26-27 日, 福岡大学 (福岡県, 福岡市).

[その他]  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

西野 浩明 (NISHINO HIROAKI)  
大分大学・理工学部・教授  
研究者番号: 00274738

### (2) 研究分担者

吉田 和幸 (YOSHIDA KAZUYUKI)  
大分大学・学術情報拠点・教授  
研究者番号: 20174922

池部 実 (IKEBE MINORU)  
大分大学・理工学部・講師  
研究者番号: 50613650

賀川 経夫 (KAGAWA TSUNEO)  
大分大学・理工学部・助教  
研究者番号: 90253773