

神奈川工科大学

セキュリティ研究センター

研究報告

第8巻

2019 年度

目次

セキュリティ研究センター研究成果報告の発刊に際して

研究所メンバー

- ・ 環境適応型モバイル端末認証手法に関する研究

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡崎美蘭

- ・ サーバアプリケーションのセキュリティ強化

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡本剛

- ・ 安全・安心なクラウドサービスを実現するための統合セキュリティ対策システム構築技術に関する研究～不可視画像処理を利用した認証技術の研究～

情報メディア学科 西村広光

- ・ 携帯端末を利用した手話認識システムの開発と評価

情報メディア学科 西村広光

情報工学科 田中博、ロボット・メカトロニクス学科 高尾秀伸

セキュリティ研究センター 研究成果報告の発刊に際して

研究代表者 情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡崎 美蘭

世界は今、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることにより、人々に様々な高度でかつきめ細かなサービスを提供可能にする「Society 5.0」へシフトしている。例えば、工場や農業といったフィジカル空間上に設置されたセンサなどの IoT デバイスによって種々のデータが観測・収集され、ネットワークを介してサイバー空間上のクラウドに集められて AI により分析・予測され新しいサービスがどんどん登場している。一方で、個人情報をはじめとした生活に関わるあらゆる情報がネットワーク上に流通して計算機上で管理・処理されるようになり、機密情報や個人情報などを目的としたサイバー攻撃もその手口が多様化・高度化している。

本研究センターの特色は、情報セキュリティの基礎技術となるネットワークセキュリティ技術や個人認証技術、情報漏えい対策技術だけではなく、応用面での著作権保護技術及び電子透かし技術の研究、さらに組織における情報セキュリティマネジメントシステム（ISMS: Information Security Management System）の実施モデル構築手法の研究、危機管理やサイバー犯罪などのセキュリティと社会の研究を、統合的に行うことである。これにより、現代の安全・安心な情報化社会の実現に向けた将来ビジョンを世界に向けて展開することを目指す。

平成 30 年度は、学内重点配分研究として 2 つの研究テーマ「モバイルクラウドサービスを実現するための統合セキュリティ対策システムの開発」、「社会的要請に基づいた組織内情報セキュリティのための ICT プラットフォーム構築に向けた基盤研究」を実施した。そこで、環境適応型モバイル端末認証手法に関する研究、サーバアプリケーションのセキュリティ強化方式の研究開発、情報ハイディングにおける埋め込み情報量の増加方法の検討、不可視画像処理を利用した認証手法の検討などを進め、特許出願及び学会発表など多くの成果を上げることができた。また、組織内の情報セキュリティシステムの構築モデル研究においては、これまでの研究で得た情報セキュリティモデルに対する考え方をベースに、技術普及段階のプラットフォーム構築につながる情報セキュリティモデルを構成し、さらなる高度化と汎用化を図ることについて検討した。さらに、セキュリティと社会・危機管理の研究においては、社会変動と人々の行動様式の変容に注目した、新たなセキュリティの概念の検討を行った。さらに、使いやすさと安全性を両立する認証方式を検討するためのセキュリティ意識の調査と解析を行った。

今後は、引き続き情報セキュリティ基礎基盤技術をより一層高深度化していくとともに、社会インフラの安心・安全の確保などへの適用を検討する。また、高度情報化社会で必要とされる様々な ICT システムへの実用化と応用システムの研究開発を進めて行く。

研究所メンバー

研究代表者

情報学部 情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡崎 美蘭

氏名	所属・職名	研究内容
岡崎 美蘭	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	安全性と利便性を考慮した認証方式を用いたモバイルクラウドサービスの実現手法に関する研究
納富 一宏	情報工学科・教授	社会的要請に基づいた組織内情報セキュリティのための ICT プラットフォーム構築に向けた基盤研究
鳥井 秀幸	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	情報ハイディング技術に関する研究
岡本 学	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	情報漏洩防止にむけての研究
岡本 剛	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	サーバアプリケーションのセキュリティ強化に関する研究
西村 広光	情報メディア学科・教授	不可視画像処理を利用した認証技術の研究
上平 員丈	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	光による肖像権，著作権保護技術に関する研究
井上 哲理	情報ネットワーク・コミュニケーション学科・教授	没入型仮想環境でのヒューマンファクタの研究
須藤 康裕	情報工学科・准教授	使いやすさと安全性を両立する認証方式に関する研究
山本 聡	基礎教養教育センター ・教授	サイバー犯罪の実態と警察の捜査に関する研究
三浦 直子	基礎教養教育センター ・准教授	セキュリティと社会，危機管理に関する研究
佐藤 史緒	教職教育センター	セキュリティと教育に関する調査研究

環境適応型モバイル端末認証手法に関する研究

情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡崎 美蘭

1. 研究の目的

本研究では、多機能な端末を用いたモバイルクラウドサービスを利用する際の情報流出防止対策として、モバイル端末とサーバの安全性の高い相互認証手法について検討する。特に、モバイル端末が無線 LAN を利用してサーバに接続する際の間接攻撃による不正アクセス防止対策として、サーバでカメラという視覚的なチャンネルを用いてデバイスを認証できる新たな認証方式の研究開発を目指す。

そこで、今年度の研究では、スマートフォンやタブレットのようなモバイル端末とカメラが備え付けられた PC サーバを想定し、カメラに映る範囲内に存在するデバイスのみが認証されるセキュアデバイスペアリング方式を提案し、その有効性について検討することを目的とする。

2. 研究の必要性及び従来の研究

近年、Wi-Fi、Bluetooth や NFC (Near-Field-Communication) などの無線技術の進歩により、スマートフォン、タブレット、IoT 機器などのデバイスが相互に通信する機会が多くなっている。特に、最近ではモバイル端末の GPS 情報と無線 LAN のアクセスポイント情報によるコンテンツの配布が注目されており、端末の近接情報に基づきクーポンの配布などが行われる。しかし、このような無線を用いた近接検出技術は精密に空間を区切ることはできないため、第三者による通信の盗聴や中間者攻撃などの問題が考えられる。例えば、会議中にプレゼンターが参加者に無線で資料を配布するシーンを想定した場合、部屋外にいる盗聴者も会議資料を受け取ることができる問題がある。

本研究では、以上のような無線通信によるコンテンツの配布を行う前にセキュアな無線通信を確立するためのデバイス同士で鍵を共有するプロセスを、セキュアなデバイスペアリングと定義する。

通常、モバイル端末同士もしくは機器同士のペアリングを行う一つの方法として、キーとなる情報やパスワードをデバイスに手動で入力することにより相互認証を行う方法がある。しかし、これからの機器同士のペアリングを行う機会が多くなれば、逐一手動で相互認証を行うことは手間のかかる作業となる。よって、即時的で手軽であり、加えて空間的に精密に分けることができるペアリング手法が必要となる。

関連研究として、距離画像を取得できる赤外線カメラを備え付けたサーバと加速度センサを備え付けられたデバイスをペアリングする方式が研究されている。カメラを備え付けたサーバでデバイスを持っている人の手の動きを検出し、端末側で端末自体の加速度デー

タを取得する．その加速度をサーバに無線で送信し，手の動きのデータと加速度データを比較することでペアリングを行う手法である．この手法を用いると部屋単位やパーティション区切りでペアリング可能空間を分けることが可能となる．しかし，カメラで取得した手の動きから端末の傾きを認識することは困難であるため，カメラの範囲外にいる盗聴者が正規の端末と同じ動きを行えば，盗聴者が不正にペアリングを行える問題が考えられる．また，広範囲を認識できる赤外線カメラは一般的に普及しておらず導入する際のコストを考えると実用的とは言えない．

3. 期待される効果

従来のような特殊なカメラを必要とせず，安価な通常の機器を用いることにより，増加するペアリング機器のコストを削減できると考えられる．また，ペアリング機器同士を高精度に認識できる手法を実現することでより安全な端末認証を行うことができると期待される．

4. 研究の経過及び結果

現在まで，本研究では特殊なカメラを用いず，通常のカメラを備え付けた PC と加速度センサを備え付けたモバイル端末を安全にペアリングする手法を提案し，その評価実験を行なった．以下に本研究の提案方式についての説明と実験結果を報告する．

4.1 カメラと加速度センサを用いたデバイスペアリング方式の提案

通常のカメラを搭載したサーバーと，加速度センサを搭載したモバイル端末をペアリングする手法を紹介する．この手法を用いればユーザがモバイル端末をカメラに向けて振るだけでペアリングを行うことができる．この手法の特徴は，マーカーと呼ぶカメラが認識しやすい画像の動きでデバイスの動きを代替することで，デバイスの認証精度を高めている点である．

図 1 に本提案方式におけるペアリング手順について示す．まず，デバイス側でマーカーをモバイル端末画面上に表示する．次にユーザはモバイル端末を動かし，端末で取得される加速度情報をサーバーに無線で送信する．この時，モバイル端末の画面上に表示されるマーカーの種類が一定時間ごとに変化する．同時に，サーバー側のカメラではマーカーの種類と動きを取得し，カメラ画像上での端末の変位情報を取得する．その後，変位情報を微分，加速度情報を積分して速度情報に変換する．最後に，カメラが読み取ったマーカーの種類の列とデバイスから送信されたマーカーの種類の列の類似度と，変換された二つの速度情報の類似度を算出し，一定の閾値以上の値を得ることができればペアリング完了である．

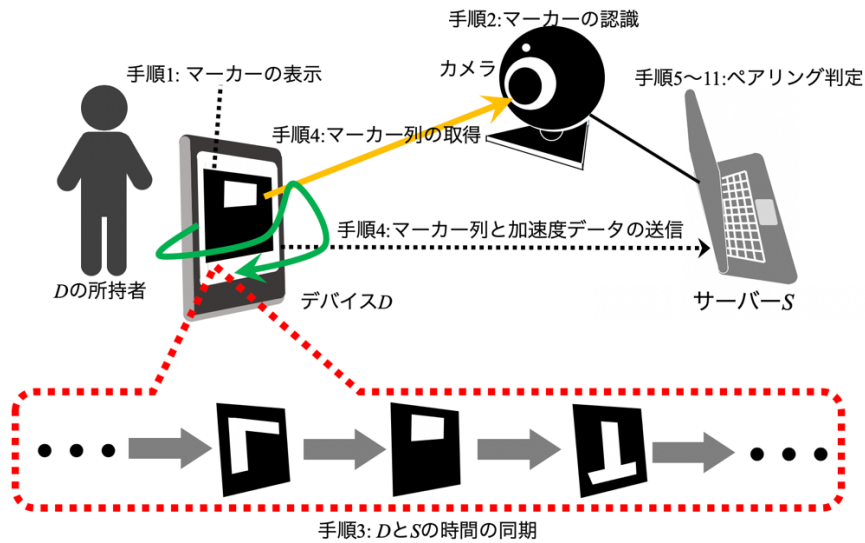


図 1. 提案手法のペアリング手順

4.2 実験結果

提案手法の有用性を確かめるために、マーカーの種類を一種類のみに限定した提案手法において、サーバ側を MacBookPro 15inch、デバイス側を Nexus 5X として実装し、速度データの類似度を確認する実験と、カメラの範囲外から正規のユーザになりすましてペアリングを行うことができるかどうかという2つの評価実験を行なった。類似度の確認実験の結果として、カメラとデバイスの距離と、デバイスのモーションによって類似度が大きく変化しないことが確認できた。また、なりすましの実験の結果として、相関係数を用いて類似度算出を行えば、他の類似度算出方法を使ったときよりもペアリングの成功率が一番高いことが確認できた。また、類似度の平均を見ると、なりすまし者の平均類似度より正規ユーザの平均類似度の方が大きくなることがわかり、ペアリングを行う際の閾値を設定できることがわかった。しかし、類似度の標準偏差が大きくなってしまったため、安定したペアリングができないこともわかった。

次に提案手法において、デバイスを動かす際マーカーの種類が変化するようにしたとき、前述した実験と同様にマーカー列の類似度と速度データの類似度を確認する実験と、カメラに映る範囲外からのなりすまし者がペアリングを行うことができるかどうかという実験を行なった。加えて、3人同時にペアリングを行えるかどうかの実験を行なった。類似度の算出方法としては、前述した実験により相関係数のみを算出した。類似度の確認実験の結果として、マーカーの類似度は高い値を算出でき、速度の類似度は前述した実験より高い値を確認できた。なりすましの実験では、マーカーの類似度と速度の類似度両方において平均的に見れば正規のユーザとなりすまし者を分けることができた。同時にペアリングを行う実験の結果として、約70%で3つのマーカーの変位データからそれぞれの変異データに分けることが確認できた。しかし、速度データの類似度の平均が1台の

み用いた実験のときの平均類似度より小さくなった。

5. 今後の計画

今回の実験では、速度データの類似度に関して、ばらつき(標準偏差)が大きくなり安定したペアリングができないことがわかった。この理由の一つとしてカメラの解像度が低いことが挙げられる。今後は提案手法の実用化を目指すため、解像度の高い外付けのカメラを使い、これまで行なった実験の再実験を行う予定である。また、さらに速度データの類似度のばらつきを減らすための方式を提案する。加えて、今後即時性や安全性を有するアドホックな機器同士のペアリング手法の研究と実験実証を行っていく予定である。さらに、これらの研究成果と実験結果をまとめて情報処理学会論文誌に投稿できるように、執筆を行う予定である。

6. 研究成果の発表

(1) 論文

- [1] M. Nagatomo, K. Aburada, N. Okazaki, H. Yamaba, and M. Park, "Proposal of Ad-Hoc Secure Device Pairing Method Using Similarity Between Marker Movement and Acceleration," Proceedings of the Workshops of the 33rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (WAINA-2019), pp.683-692, 2019.
- [2] M. Nagatomo, K. Aburada, N. Okazaki, and M. Park, "Evaluation of Ad-hoc Secure Device Pairing Method with Accelerometer and Camera Using Marker," International Journal of Networking and Computing, vol.9, no.2, pp.318-338, 2019.
- [3] M. Nagatomo, K. Watanabe, K. Aburada, N. Okazaki and M. Park, "Personal Identification with Any Shift: Authentication method for smartwatches having shoulder-surfing resistance," IEICE Communication Express, vol. 8, no. 12, pp. 495-500, 2019.
- [4] M. Nagatomo, K. Watanabe, K. Aburada, N. Okazaki and M. Park, "Proposal and Evaluation of Authentication Method having Shoulder-Surfing Resistance for Smartwatches using Shift Rule," The 22nd International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS2019), Advances in Networked-based Information Systems 1036, Springer, pp.560-569, 2019.
- [5] K. Aburada, S. Usuzaki, H. Yamaba, T. Katayama, M. Mukunoki, M. Park and N. Okazaki, "An evaluation of the interactive video CAPTCHA method against automated attack" IEICE ComEX, Vol.8, No.12, pp. 601-605, 2019.

(2) 学会発表

- [1] 長友 誠, 油田 健太郎, 岡崎 直宣, 朴 美娘, “マーカーを用いたカメラと加速度センサによるセキュアデバイスペアリング手法の評価,” 研究報告コンピュータセキュリティ (CSEC), vol. 2019-CSEC-85, no. 7, pp. 1-8, 2019.
- [2] 渡辺 一樹, 長友 誠, 油田 健太郎, 岡崎 直宣, 朴 美娘 “スマートロックにおける異常検知を用いた二つの端末の加速度による歩行認証の提案”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (DICOM02019) 論文集, pp.1155-1160, July 2019.
- [3] 長友 誠, 油田 健太郎, 岡崎 直宣, 朴 美娘, “ブロックチェーンを用いた分散機械学習におけるパラメータ異常検知システムの提案,” CSS2019, IPSJ, pp.1343-1348, Oct. 2019.
- [4] 長友誠, 小関朋奈, 渡辺一樹, 油田健太郎, 岡崎直宣, 朴美娘, “スマートウォッチにおけるジェスチャを用いた個人認証方式の提案と評価,” 2020 Symposium on Cryptography and Information Security(SCIS2020), 2020.01

(3) 特許

- [1] 特願 2014-046134 「個人認証装置及びプログラム」
発明者：岡崎 美蘭
出願者：学校法人 幾徳学園
- [2] 特願 2015-165962 「個人認証装置及びプログラム」
発明者：岡崎 美蘭
出願者：学校法人 幾徳学園
- [3] 特願 2015-183574 「個人認証用プログラム」
発明者：岡崎 美蘭
出願者：学校法人 幾徳学園
- [4] 特願 2018-036579 「加速度センサを搭載したモバイル端末を正規の通信相手として認証する方法および認証装置」
発明者：岡崎 美蘭
出願者：学校法人 幾徳学園
- [5] 特願 2019-189314 「システム、方法、情報処理装置およびプログラム」
発明者：岡崎 美蘭
出願者：学校法人 幾徳学園

(4) 助成金採択

- [1] 平成 26 年～平成 28 年度 文部科学省科学研究費補助金 基盤 (C)

「覗き見耐性とユーザビリティを有するモバイル端末向けユーザ認証方式」

研究代表者：岡崎 美蘭

[2] 平成 29 年～平成 31 年度 文部科学省科学研究費補助金 基盤 (C)

「安全な IoT サービスを実現するためのセキュリティ技術に関する研究」

研究代表者：岡崎 美蘭

[3] 2020 年～2022 年度 文部科学省科学研究費補助金 基盤 (C)

「分散機械学習モデルに基づいた高度かつ堅牢な IoT セキュリティ対策技術に関する研究」

研究代表者：岡崎 美蘭

サーバアプリケーションのセキュリティ強化

研究者名：情報学部 情報ネットワーク・コミュニケーション学科 岡本 剛

1. 研究の目的

本研究では、既存のサーバアプリケーションに手を加えずに、脆弱性に対するサイバー攻撃からサーバアプリケーションを保護するセキュリティモジュールを開発する。一般に、未知の脆弱性に対する攻撃を予測することは困難であり、最初の攻撃を検知することが難しい現状を踏まえて、免疫的なアプローチ（最初の攻撃は防止できないが、2回目以降の攻撃は検知・防止できる仕組み）により、適応的に攻撃を検知する仕組みを開発することがメインテーマである。適応的に攻撃を検知するので、事前に大量の学習データを必要としない利点がある。令和元年度は、これまで設計・実装してきた BIND9 向けセキュリティモジュールの改良を行い、検出精度の改善とセキュリティモジュールによるオーバーヘッドを削減することが目的である。

また、上述の研究と並行して、最新のサイバー攻撃にも対応するため、未知の攻撃を検知する技術を開発することも本研究の目的である。この技術開発は、上述のセキュリティモジュールの1機能を担うことを想定している。

2. 研究の必要性及び従来の研究

スマートシティの実現に向けて、社会インフラや公共サービスのスマート化が進められている。スマートシティは従来の社会インフラや公共サービスを効率化し、環境にも配慮しながら、人々の生活の質を高められることが期待されている。その一方で、スマートシティに対するサイバー攻撃が懸念されている。その最大の脅威が未知の脆弱性に対するサイバー攻撃（ゼロデイ攻撃）である。

脆弱性に対するサイバー攻撃からサーバを保護するセキュリティ技術には、主に、パターンマッチング検知、振る舞い検知、機械学習による検知がある。これらの技術は、水際対策であり、検知をすり抜けた攻撃による被害（サービス不能など）からサーバを回復させることはできない。サーバの回復には、サーバ管理者の対応が必要であり、数分から数時間のダウンタイムが発生する。人手を介さずに、迅速にサービスを回復させる技術が求められている。機械学習による検知が世界中で研究されているが、残念ながら、検出精度が十分ではないため、専門家によるサポートが必要である。特に防災サービスの妨害攻撃は人の生命を脅かすリスクがあるため、ダウンタイムの最小化などレジリエンス（回復力）の強化が喫緊の課題である。

3. 期待される効果

研究成果による期待される効果は、既存のサーバアプリケーションに手を加えずに、サイバー攻撃に対するサーバアプリケーションを保護できることである。特に、未知のサイバー攻撃に対して、セキュリティパッチが提供されていないときであっても、サービスを継続しなければならない状況において、適応的にサイバー攻撃を学習して、検知・防止できる、すなわち、サーバアプリケーションをサイバー攻撃に対して適応的に強靱化できることが本技術の強みである。この強みは、セキュリティ強化のみならず、強靱化に人手を要さないという点において、サーバの管理・運用にかかるコストの削減を期待できる。

4. 研究の経過及び結果

本研究では、これまで、オリジナルのウェブサーバアプリケーションと世界で広く利用されている DNS サーバアプリケーション（ISC BIND9）に特化したセキュリティモジュールを実装してきた。令和元年度は、ISC BIND9 のセキュリティモジュールの獲得免疫機能を改良することにより、サイバー攻撃の検出精度と獲得免疫機能のオーバーヘッドの削減を試みた。

研究計画では獲得免疫機能で利用するランダムフォレストアルゴリズムのパラメータチューニングや深層学習の応用を検討していた。しかし、前者の方法で検出精度の改善を試みたが成果は得られなかった。これはランダムフォレストの性能上の限界と考えられる。後者の方法は応用する段階で高速な処理には向いていないことがわかったため有効性評価を行わなかった。さらに、研究計画では GPU によるオーバーヘッドの削減を予定していたが、DNS が処理するデータは 1 キロバイト以下であるため、CPU で処理する速度とデータを GPU に転送してから GPU で処理する速度を比べると、CPU の処理のほうが速い可能性があったため、GPU によるオーバーヘッドの削減は見送ることにした。

当初の研究計画の代わりに、2018 年頃から機械学習コンテストで評価が高いマイクロソフト提供の LightGBM の利用を検討した。LightGBM は様々な機械学習アルゴリズムの比較評価により高い精度と高速性を兼ね備えていたため、ランダムフォレストの代わりに LightGBM を採用することにした。LightGBM による検出精度とオーバーヘッドを評価した結果、過去最高の 99.94% の検出精度を実現した。また、オーバーヘッドは 2.70% まで削減できた。これらは前年度比で、それぞれ 2.94 ポイント、8.3 ポイントの改善である。これらの研究成果は国際ジャーナル（IJICIC : 2010 年 IF=1.664）に採録された。さらに、この研究成果を IoT サービスに応用する研究計画が科研費の基盤研究（C）に採択された。

最新のサイバー攻撃にも対応するため、セキュリティモジュールの自然免疫機能の技術開発を行った。この研究では、まず過去に見つかったセキュリティ機構の弱点を参考にして新しい弱点を分析した。分析の結果、セキュリティ機構の 1 つである EAF（Export address

filtering) に弱点があることを発見した。この弱点に対する攻撃を未然に防ぐ機能をドライバーとして実装してドライバーの有効性を評価した。評価の結果、この弱点に対する攻撃をドライバーが防げることを確認した。ドライバーの処理によるオーバーヘッドは 0.02% であり、ユーザがドライバーによる負荷を感じることも確認した。この研究成果は国際会議 KES2019 で発表をした。

5. 今後の計画

これまで開発してきたセキュリティモジュールのプロトタイプを IoT サービスのインフラサーバに展開することを予定している。まず、最も攻撃を受けやすいと考えられる「IoT 機器からのデータを受信するサーバ」向けにセキュリティモジュールを実装する。有効性評価により、DNS サーバ向けのプロトタイプと同等の検出精度とオーバーヘッドが得られることを目指す。

6. 研究成果の発表

1. Takeshi Okamoto, “An Immunity-Enhancing Security Module for Cloud Servers,” International Journal of Innovative Computing, Information and Control, Vol. 16, No. 1, pp. 137 - 151, 2020. (査読有)
2. Shu Akabane, Tomoya Miwa, Takeshi Okamoto, “An EAF Guard Driver to Prevent Shellcode from Removing Guard Pages,” Procedia Computer Science, Vol. 159, pp. 2432-2439, 2019.

**安全・安心なクラウドサービスを実現するための
統合セキュリティ対策システム構築技術に関する研究**
～不可視画像処理を利用した認証技術の研究～

情報メディア学科

教授 西村 広光

1. 研究の目的

高度なセキュリティの基盤技術構築に向け、不可視画像情報、すなわち可視光帯域以外の光による画像情報を利用した分析・認証技術の開発を進めてきた。具体的には、2つの新しい技術構築を目指し、検討・実験・実証を進め、基礎技術の構築から応用技術の実装に向けて進めてきた。

一つ目の技術は、赤外線を利用したカードを利用した個人認証技術における新しい技術開発である。カード形状の所有物認証は、クレジットカードや社員証、ホテルのカードキーなど幅広い用途で利用されている。しかし、普及している多くの技術は、4ケタ暗証番号のように組み合わせ数が少なく十分な堅牢性の実現が難しいものや、指紋認証などのように唯一無二の個人情報である生体情報を登録することの心的負担が大きいという問題がある。そこで本研究では、カード認証において心的負担の少ないバイオメトリクス情報を利用して認証の堅牢性を高める技術をこれまでに開発し、特許出願や学会発表をおこなってきた。

もう一つの技術は、金属鍵のセキュリティを高める新技術の開発である。高精度な監視カメラがどこにでも設置されるようになり、画像からの3次元形状推定技術の精度が非常に高くなってきている。このままでは、非常に近い将来、複雑な形状の金属鍵であっても、カメラ映像から3次元形状推定を行い、3次元プリンタで出力することで金属鍵の複製が極めて容易になってしまう可能性が高い。しかし、従来から利用している金属鍵の利用を社会が辞めることは難しい。そこで本研究では、高精細な映像取得が可能な紫外線画像処理を利用して、金属鍵の表面の微細な傷画像を取得し、形状が同じくシリンダ鍵として開錠できる鍵であっても、あらかじめ登録した鍵とそれいがいを識別する技術の開発を進め、基礎技術を確立してきた。

これら技術を認証に利用する基礎技術はこれまでに確立し、公開してきた。2019年度は考案技術を応用し、認証のみに技術応用を絞らず、分析技術としての応用についても検討を行うこととした。

2. 研究の必要性及び従来の研究

カード認証に関する従来研究としては、カード情報の読み取り装置に IC や磁気のカードをかざすことで個体認証番号を読み取って認証を行うものが普及している。暗証番号を利用する場合には、認証サーバに登録番号と認証番号との照会を行う必要があり、堅牢なネットワークを利用して行われる必要がある。高い認証精度を実現している他の研究としては、静脈認証技術がある。静脈認証は、指を透過する近赤外光を照射し、指の静脈のみの画像を取得し、人体固有情報として登録情報と照合することで認証を行う方式である。この他にも指紋認証のように、人体固有の情報を直接的に利用する方法は、複製や偽造することはできないため堅牢な認証を実現することが可能であり、盗難に対し極めて堅牢である。しかし、生体情報を採取することに対して、利用者の心的負担が大きいことが問題といえる。また、静脈認証方式を導入する場合には、専用の大規模な機器を追加導入する必要があり、導入コストが高い。そのため、静脈認証方式が銀行 ATM で採用されているものの、対応機器が未だ全 ATM に導入されておらず、普及が進んでいない。

本研究のカード認証技術は、心的負担の少ない「意図的なバイオメトリクス情報」の行動情報を利用することとした。具体的には、近年普及が進む非接触のカード認証を想定し、密着型でも近接型でも、近傍型でも利用可能な認証性能を向上させる方式として、カードをかざす動作をカメラで取得し認証に利用する方式に絞り検討を進めることとした。提案方式では、近赤外線照明と安価な Web カメラ程度の機材で、カードをかざす動作を利用して認証を行うため、導入コストも安価に抑えることができる。これまでに基礎技術を構築してきたが、30cm 程度の極近距離でしか認証ができない課題が残っていた。この課題を克服すれば、通路に設置した監視カメラ程度の撮影距離で提案技術を利用することができ、一般的なセキュリティゲートなどで幅広く利用可能とできる。

金属鍵の複製に堅牢な認証方式の実現は、今後の社会に不可欠な技術といえる。これまでに、紫外線画像によって鍵の金属表面を撮影することで、金属成型時の微細な傷を捉えることができることを確認し、複製した金属鍵の個体それぞれを識別できる基礎技術を確立した。この技術は未だ類似技術として報告例がない技術である。この技術をシリンダ鍵内部に埋め込むことができるかの技術検討を行うこと、摩耗劣化によって提案技術にどのような影響があるかを調査することは、本技術の実用可能性をはかる上で必要不可欠といえる。加えて、本研究で確立させてきた可視光以外の画像処理によって個体識別を行うため技術は可視光以外での物体状態分析に応用できる技術として利用できるものであり、確立させてきた技術を幅広く転用させていく意義は大きいと考える。

さらに構築した不可視光分析の技術は、様々な物体表面の分析技術として転用可能である。そこで、印刷物のエラー分析や、コンクリート硬化具合の分析といった従来は熟練した人の目では判断が難しかった事案に関して、これまで構築した技術を転用し、新しい成果を生みだせると考えた。

3. 期待される効果

本研究で提案する2つの技術は、どちらも将来の高度セキュリティ社会実現に不可欠な技術となる。

カードをかざす動作によるカード認証技術は、従来のカード認証システムに追加導入可能な方式といえる。そのため、提案方式を導入することで、既存認証システムの認証精度を高めることができる。加えて、提案方式で利用する機器は、カメラと照明程度の機材でカードをかざす動作を利用して認証を行うため、既存システムへの追加導入が容易であり、汎用性にすぐれた認証方式であるといえる。

また、紫外線による金属表面画像を利用した金属鍵認証技術は、3次元スキャナと3次元プリンタで数年後鍵複製が容易になる時代を見越した新しい鍵認証技術であり、今後極めて高いニーズが生まれる研究といえる。

双方の技術に関して、これまでに、基盤認証方式を確立し、実験を通して理想環境での性能確認を行ってきた。今後は実際の利用状況を構築し、より実用に即した実験データを整え、評価をすすめながら、本技術の応用についての検討を進める。

さらに本年度注力した、開発技術を分析技術に転用することに関しては、これまでに例をみない新しい技術といえ、様々な対象に対しての検討を進め、新しい知見を蓄積していくことができると確信している。

以上のことより、本研究の提案方式を拡張して幅広い利用状況に対応させていくことは、近い将来の社会に不可欠な技術になると考えられ、本技術確立による社会的な効果も極めて大きいといえる。

4. 研究の経過及び結果・評価

2012年度にカード認証法の新しい認証方式を考案し、TAMA-TLOを通して、2013年5月30日付で、「特願2013-114443」として特許出願に至った。

2013年度は、考案カード認証法の性能評価のため、50人の被験者を集め、多様な状況下における評価実験用データベースを構築した。構築データベースを用いて、カード盗難に対する堅牢性を評価実験で実証した。

2014年度は、提案認証方式を実用化させるため大きな課題になると考えられるカメラとカードの位置制約条件の緩和を試み、従来よりも広角な映像からカード位置を非常に高精度に検出する手法を確立した。加えて、可視光・不可視光の条件検討を深め、従来の近赤外線に加え、紫外線情報を利用する新しい認証方式の可能性を発見した。

2015年度は、カード認証を広く実用化させるための技術である物体移動を高精度にとらえる技術の基礎技術を構築した。さらに、紫外線による傷画像認証について、金属鍵の傷画像を利用した認証方式の有効性確認実験を進めた。

2016年度は、カード認証技術を実用的にするために、遺伝的アルゴリズムを利用したカード位置の高精度検出法を確立し、視野角の広いカメラでの高精度なカード位置検

出を実現した。さらに、紫外線を利用した金属鍵の表面画像による高精度認証の基盤技術を確立し、実験により提案技術の有効性を確認した。

2017年度は、カード認証のカード位置推定技術の高精度化、高速化に取り組み、成果を報告した。紫外線による金属鍵認証に関しては、鍵メーカから特殊加工したシリンダ鍵を借用して実験を進め、鍵形状によってはシリンダ挿入状態でも紫外線鍵認証できる可能性を確認した。加えて、鍵の摩耗劣化情報を領して、さらなる高度な紫外線金属鍵認証ができる可能性を確認した。

2018年度は、これまで構築した認証技術がノイズに対して堅牢であるかの検討を行い、実験規模を拡大して実証を進めた。さらに、可視光以外での物体の画像分析技術としての応用を考え、印刷メーカのエラー検出技術への応用や、工事現場での状態分析技術への応用について検討を始め、企業からのデータ提供を頂き分析を進めてきた。

2019年度は、印刷ラベルの分析技術の検討を進めた。さらに、鹿島建設様との共同で生コン硬化を紫外線を利用して数値化する技術を構築し、特願 2020-53306 として共同出願することができた。

5. 今後の計画

2020年度は、出願した特許に関連した技術をより幅広く精度を高めて分析し、関連技術の追加申請を進めていく必要がある。そのため、一旦セキュリティ技術応用の研究を深めることは停止し、生コン硬化の分析技術について全力で掘り下げる計画である。

6. 研究成果の発表

本研究に関連して、これまでに下記の成果を発表した。

2019年度

- 倉本太一，石井陽一，沖塩政志，阿部達也，親本俊憲，長谷川義秀，西村広光，井上佳修，青木健登，菅沼拓真，
「フレッシュコンクリート判定方法、及びフレッシュコンクリート判定装置」
特願 2020-53306 鹿島建設・神奈川工科大学共同出願

2018年度

企業からのデータ提供を頂き、分析を進めている段階であったため、2018年度中の段階では外部公開できない情報が多く外部発表を行っていない。

2017年度

- TBS「未来の起源」2017年5月28日放送で「紫外線を利用した認証技術の開発」（学生：流凌太）の研究が紹介された。
- TBS「未来の起源」2017年7月9日放送で「高精度カード位置検出法の検討」（学生：田中菜実）の研究が紹介された。
- 田中菜実，西村広光

リアルタイム処理に向けた GA とオプティカルフローを用いた動的な黒いカードの輪郭推定法の検討

2018 年 電子情報通信学会総合大会

- 流 凌太, 西村広光

「分割画像の連結を利用した紫外線による鍵認証技術の検討」

2018 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

2016 年度

- Nami Tanaka, Hiromitsu Nishimura

Correction of Optical Flow Calculations Using Color Balance Change

2016 年 18th International Conference on Human-Computer Interaction

プロシーディング有り、ポスター発表

- 田中菜実, 西村広光

「高精度オプティカルフローによる位置推定と GA を用いた動的なカード型物体の輪郭推定法の一検討」

2017 年 電子情報通信学会総合大会

- ・ 流凌太, 宇都宮彼方, 西村広光

「紫外線画像による個体識別に関する一検討」

2017 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

2015 年度

- 田中菜実, 西村広光

「複数の画像情報を利用したオプティカルフロー補正の検討」

2016 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

2014 年度

- Hiromitsu Nishimura

「Proposal of a User Authentication Method using Near-Infrared Card Images」

2014 年 16th International Conference on Human-Computer Interaction

プロシーディング有り、ポスター発表

- 田中菜実, 吉野愛李, 島先康貴, 西村広光

「カメラ画像からの高精度なカード位置検出法の検討」

2015 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

- 吉野愛李, 田中菜実, 西村広光

「紫外線画像からの傷検出による所有者の検討」

2015 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

2013 年度

- 及川祐希, 西村広光

「近赤外情報を利用したカード認証方式の性能評価に関する検討」

2014 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

2012 年度

- 神庭侑太，櫻井恵介，西村広光

「カード認証に向けた高精度カード検出の検討」

2013 年 電子情報通信学会 総合大会 ISS「学生ポスターセッション」

- 櫻井恵介・神庭侑太・西村広光

「赤外線透過フィルタを利用したカード認証システムの検討」

2013 年 電子情報通信学会総合大会

- 西村広光，櫻井恵介，神庭侑太

「個人認証方法及び個人認証システム」

特願 2013-114443

携帯端末を利用した手話認識システムの開発と評価

情報メディア学科	教授	西村 広光
情報工学科	教授	田中 博
ロボットメカトロニクス学科	教授	高尾 秀伸

1. 研究の目的

バリアフリーなコミュニケーションの実現に向けて、情報技術を活用した手話認識システム構築への要求は高い。データ入力グローブを利用したり、距離センサを領したりする多様なアプローチも報告されているが、広く普及させるには身近な携帯端末で実現可能なシステムにすることが不可欠であると考えます。そこで本研究では、手話表現者に指ごとに色付けした手袋（以下カラーグローブと記す）を装着させることで、携帯端末のカメラ画像のみを利用し、手話認識を実現する技術を構築してきた。本研究課題としては、これまでに構築してきた技術を携帯端末に実装し、実用化可能な段階まで性能を高めていくことを3か年計画の目標に掲げて進めてきている。

2019年度の研究開発の3つの目標を下記にまとめる。

- [1] 手話学習時の学習補助システムとして、Web 映像教材の手話と、PC の前で行った自分の手話が正しいかどうか判定するシステムを構築する。すなわち、単語ごとに行われる手話動作を辞書登録手話との比較し、同一とみなせるかどうかの判定システムを構築する。加えて、構築システムのPRを進めていく。
- [2] 単語語彙数を増やし、手話単語認識システムに拡張する。
さらに、単語と単語が連続に表現される一般的な手話動作に対応させる技術検討を進める。
- [3] 深層学習などのAI 関連技術を既存システムに組み込み、認識精度を高める。
これら目標を並行して進めていくこととした。

2. 研究の必要性及び従来の研究

手話認識実現に向けた主なアプローチには、画像認識の利用、加速度センサの利用、センサグローブの利用といった手法がある。加速度センサを利用する場合、手首の動きを高精度に認識できるが、手話認識において重要な手指の状態を認識することが困難である。また、センサグローブを用する場合、装置が高価になることに加え、専用に設計されたセンサデバイスを携帯することが難しく、手話利用者とのコミュニケーションツールとして利用することは難しい。そのため、手指まで正確に認識することを目指す場合、画像認識技術を応用することが一般的に選択される。画像認識を利用する場合でも、Kinect などを利用した距離画像を利用した手法も

近年多く報告されているが、近赤外線画像の取得を必要とするため、屋外での利用が困難なことや、装置が大きく携帯するコミュニケーション支援デバイスに不向きであるといえる。そこで本研究は、一般的携帯端末で実装可能な手話認識技術を前提条件とし、可視光カメラを用いた手指認識技術の研究を進めてきている。

可視光を利用した手指認識においては、肌色情報を利用して手指を認識する手法も報告されている。しかし肌色情報のみの利用では、手指のオクルージョンが発生した場合に正しく認識を行うことが困難である。そこで本研究では、指ごとに異なる着色をしたカラーグローブを独自に設計し、色情報により手指の状態を認識する基本技術をこれまでに開発してきた。

安価なカラーグローブによる手話認識実現のため、本研究では、一般に販売されている安価なカラー手袋を切り取って重ね、カラーリストバンドを装着するだけのものとして設計し、身近な手話コミュニケーションの場に安価で導入できるシステムの開発を試みてきている。これにより障がい者支援システムの普及に欠かせない導入コストを抑えることに成功している。

3. 期待される効果

手話指導者が監修した手話データを大規模に収集したデータベースは存在せず、評価指標データベースを構築し、公開することは当該研究分野における技術発展に大きく寄与できる。このデータベースを拡充・構築して公開していくことは、国内の手話認識研究を牽引し、本学の知名度向上に貢献できる。

これまでに数多くの手話認識の基礎研究の報告はあるものの、実用レベルの語彙数で行っている研究例はない。加えて本研究のほかに、携帯可能なデバイスで実現可能な技術開発を進めている報告は見当たらない。こうした点から、従来の手話認識基礎研究と本研究は大きく異なるといえる。

4. 研究の経過及び結果・評価

2010 年度より、手の動作認識の研究を開始した。当初は加速度センサを利用した腕のふり方を認識の技術であったが、より汎用性を高めていくためにカラー手袋をした手の動きをカメラで認識する技術開発に発展させていった。

2014 年からは、認識対象を手話に絞り込み、手話動作データベースの開発を開始しながら、手話認識の基本技術の開発をすすめてきた。

本重点配分予算対象となった 2917 年度では、ネイティブ手話者監修の手話データベースの構築が進み、これまでに医療用単語約 40 種を 8 人の被験者で 30 動作ずつを収録できている。さらに、DP マッチング、決定木、ニューラルネットワーク、隠れマルコフモデル、サポートベクターマシンなど複数の認識手法を組み合わせた手話動作認識システムを構築してきた。構築したシステムは、サーバクライアントシステムとして、

標準的な Android 端末で動作可能なシステムとして開発を行った。

2018 年度では、近年 AI の基盤技術として注目を集めている深層学習を、本研究対象である手話認識に応用する技術について検討を進めてきた。本来ビッグデータを前提とする深層学習の技術であるが、転移学習の技術を応用し、手話のようなデータ数が少ない認識対象に対して効率的な学習モデルを構築する技術開発を進め、現在までに従来の機械学習などを組み合わせた手法と同等程度の認識精度を実現することに成功している。

2019 年度では、これまで開発してきた技術発信を進め、展示会出展や査読付き論文も採録に至った。技術的には、これまで開発してきた認識手法を統合する手法に加え、深層学習の様々な技術を取り入れて認識精度を高めることができた。

5. 今後の計画

昨年度までの成果公表を進める。手話学習支援のデモ展示可能な携帯端末上のシステムとして完成度を高め、新型コロナ対策で未確定要素が多いなかでも、昨年に引き続き CEATEC 展示会をはじめ技術展などで完成技術を PR していく。

さらに、対応可能な手話語彙数を増やすことが本年度の最大の目標である。そのためネイティブ手話者監修下で、正確な手話動作のデータベースを構築し、当該分野の研究促進のために広く公開していく。信頼度の高い手話動作データのデータベースを構築し、国内の手話認識研究の評価指標データベースとして公開することを目標に進めていく。また、構築したシステムの実用に向け、試用評価実験を進める計画である。こちらもネイティブ手話者に協力いただき、現在の認識システムの性能評価、およびインタフェース評価などを進めていき、公開可能なレベルのシステムに昇華させていく計画である。

6. 研究成果の発表

本研究に関連して、これまでに下記の成果を発表した。

2019 年度

- 光学式カメラを用いた色領域の抽出に基づく手話認識手法,
画像電子学会論文誌, Vol. 49 No. 1 pp. 12-24
小澤 辰典, 西村 広光, 田中 博
- Basic Investigation of Sign Language Motion Classification by Feature
Extraction using Pre-trained Network Models,
IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal
Processing (PacRim2019),
K. Kawaguchi, Z. Wang, E. Ohta, H. Nishimura, H. Tanaka

- データ拡張による手話動作識別性能の向上に関する実験的検討,
2020 年電子情報通信学会総合大会, 情報・システム講演論文集 2, p.81,
川口 開都, Paporn Daraseneeyakul, Phaphimon Veerakiatikit, 西村 広光,
田中 博
- 学習済みネットワークモデルを用いた特徴抽出による手話動作識別実験,
2019 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, 通信講演論文集 1, p.365
川口 開都, 王 治中, Paporn Daraseneeyakul, Phaphimon Veerakiatikit,
西村 広光, 田中 博

2018 年度

- 深層学習を用いて両手で行う手話動作の認識手法と基本検討,
2019 年電子情報通信学会 学生ポスターセッション ISS-A058
王治中, 坂本一樹, 小澤辰典, 西村広光, 田中博
- 手話認識性能向上のための複数の識別器の統合方法の検討,
情報処理学会 第 81 回全国大会, 7V-05, Vol.3, pp.99-100,
小澤辰典, 坂本一樹, 西村広光, 田中博, 小林大輔, 岩本典夫, 加藤秀司
- 深層学習を用いた手話認識における入力フレーム間隔の検討,
HCG シンポジウム 2018, HCG2018-A-6-4,
坂本一樹, 小澤辰典, 太田英司, 西村広光, 田中博,
小林大輔, 岩本典夫, 加藤秀
- 手話動作 スマホが通訳 ―神奈川工科大― 医療現場の単語 データ化
読売新聞朝刊神奈川県版, 2018 年 9 月 14 日
- Sign language recognition performance by machine learning using
multiple classifiers,
KAIT International Symposium 2018, Poster-Session,
T. Ozawa, M. Dahlan, K. Sakamoto, H. Nishimura, and H. Tanaka
- Trial report on applying deep learning to sign language recognition,
The 9th Asian Symposium on Printing Technology(ASPT2018), Poster-
Session, pp.39-40
N. Losuwanakul, K. Sakamoto, T. Ozawa, H. Nishimura and H. Tanaka
- Investigation of Sign Language Recognition Performance by Integration
of Multiple Feature Elements and Classifiers
Human-Computer Interaction International 2018(HCII2018), LNCS 10904,
pp.291-305, Caesars Palace, Las Vegas, America
T. Ozawa, Y. Okayasu, M. Dahlan, H. Nishimura, and H. Tanaka
- Feasibility Study on Deep Learning Scheme for Sign Language Motion
Recognition

The 12th International Conference on Complex, Intelligent, and Software Intensive Systems (CISIS-2018), pp.1147-1150,

K. Sakamoto, E. Ota, T. Ozawa, H. Nishimura and H. Tanaka

2017 年度

- 手話認識用データベースの構築と手話認識における動作画像領域の重要度の検討, 2018 年電子情報通信学会 学生ポスターセッション ISS-A-029, 宇都宮彼方, 岡安優奈, 小澤辰典, 田中 博, 西村広光
- サーバクライアント型の携帯端末による手話認識システムの構築
2018 年電子情報通信学会 学生ポスターセッション ISS-A-032
渡辺龍之介, 内田丈士, 錦澤竜也, 馬場夏昭, 岡安優奈, 小澤辰典, 田中 博, 西村広光
- 両手で行う手話動作に関する認識手法の基本検討とその評価
第 6 回教育システム情報学会 研究会, JSiSE Research Report vol. 32, no. 6, P. 85-91
岡安優奈, 小澤辰典, 西村広光, 田中博, 小林大輔, 岩本典夫, 加藤秀司
- 特徴量と複数の識別器の統合による手話認識性能向上
HCG シンポジウム 2017, HCG2017-A-8-3, 5pages
小澤辰典, 岡安優奈, マイタイダーラン, 西村広光, 田中博, 小林大輔, 岩本典夫, 加藤秀司
- 複数の弱識別器統合による手話認識性能の向上
2017 信学ソ大, B-20-3, p. 386
小澤 辰典, 岡安 優奈, Maitai Dahlan, 西村 広光, 田中 博, 小林大輔, 岩本典夫, 加藤秀司
- Performance enhancement by combining visual clues to identify sign language motions
IEEE Pacific Rim Conference on Communications, Computers and Signal Processing (Pac Rim2017), 4pages, University of Victoria, Victoria, B.C., Canada[Best Paper Award]
Y. Okayasu, T. Ozawa, M. Dahlan, H. Nishimura, and H. Tanaka
- Investigation of Feature Elements and Performance Improvement for Sign Language Recognition by Hidden Markov Model
Human-Computer Interaction International 2017(HCII2017), LNCS 10278, pp.77-88, Vancouver Convention Centre, Vancouver, Canada
T. Ozawa, H. Shibata, H. Nishimura, and H. Tanaka
- TBS 未来の起源 -声なき声を届けます- 2017 年 5 月 14 日放映,
小澤辰典

- カラー手袋で手や指識別 一手話学習システム開発ー

日刊工業新聞, 2017 年 5 月 10 日

2016 年度

- DP マッチングから得られた認識対象のクラス絞り込みによる HMM を用いた手話認識制度の向上
2017 信学総大, H-4-12, p. 278
小澤辰典, 柴田 紘俊, 田中 博, 西村 広光, 小林 大輔, 岩本 典夫, 加藤 秀司
- 手話認識に向けた動作特徴分析に関する一検討
2017 年電子情報通信学会 学生ポスターセッション, ISS-P-121
宇都宮 彼方, 流 凌太, 小澤 辰典, 田中 博, 西村 広光
- 手話認識における HMM 特徴量の検討による認識性能向上
HCG シンポジウム 2016, HCG2016-A-4-2, pp. 309-315
柴田 紘俊, 小澤 辰典, 西村 広光, 田中 博, 小林 大輔, 岩本 典夫, 加藤 秀司
- 複数の手話者データを HMM に学習させた識別性能の評価
2016 信学ソ大, B-20-22, p. 451
小澤 辰典, 柴田 紘俊, 田中 博, 西村 広光
- DP マッチングと HMM を用いた手話認識性能の向上
2016 信学ソ大, B-20-21, p. 450
柴田 紘俊, 西村 広光, 田中 博, Phraewa Taratarn, Kaevalin Ampun, 小林 大輔, 岩本 典夫, 加藤 秀司
- Basic Investigation for Improvement of Sign Language Recognition Using Classification Scheme
Human-Computer Interaction International 2016(HCII2016), LNCS 9734, pp. 563-574, The Westin Harbour Castle Hotel, Toronto, Canada
Hirotoshi Shibata, Hiromitsu Nishimura, Hiroshi Tanaka

※ 2016 年度より本重点配分となったため、
2015 年度以前の成果は本成果報告書では省略致します。