

令和 5 年 6 月 21 日現在

機関番号：12612  
研究種目：基盤研究(B)（一般）  
研究期間：2018～2022  
課題番号：18H01438  
研究課題名（和文）IoT社会の高度化に必要な多端子情報理論と暗号理論を柱とした安全通信理論の構築

研究課題名（英文）Construction of secure communication theory needed for advanced IoT society based on multi-terminal information theory and cryptographic theory

研究代表者  
大濱 靖匡（Oohama, Yasutada）  
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：20243892  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,600,000円

研究成果の概要（和文）：主要な研究成果として、ハードウェア攻撃の理論的モデルの一般的定式化を行った。また、定式化された問題について、安全通信の必要十分条件を与えることに成功した。定式化では、安全性の尺度をどのように与えるかが問題となった。本研究では、実用的に意味のある尺度を導入することで、この問題を解決した。また、導入した安全性尺度の性質を明らかにすることで、安全通信の必要条件を導出することに成功した。ハードウェア攻撃下で安全通信を維持する符号化法についても具体的な符号設計法を与えた。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果は、IoT環境下において既存暗号系を変更せずに安全通信を維持する実装可能な具体的方法を提供する。具体的には、既存暗号系に安全通信を維持する符号器を連結するものである。これは、非常に低コストで実現できるものであり、実用性が高い。IoT社会の高度化に必要な不可欠な安全通信維持技術を提供する点において、本研究の社会的貢献度は非常に高い。

研究成果の概要（英文）：As a major research result, we have developed a general formulation of a theoretical model of hardware attacks. We also succeeded in giving necessary and sufficient conditions for secure communication for the problem formulated. In the formulation, the problem was how to give a measure of safety. In this study, we solved this problem by introducing a practically meaningful scale. In addition, by clarifying the properties of the introduced security measures, we succeeded in deriving the necessary conditions for secure communication. We further obtained a concrete method of code construction keeping secure communication under hardware attacks.

研究分野：情報理論

キーワード：情報理論的安全性 ハードウェア攻撃 サイドチャネル攻撃 安全通信維持符号器 情報漏えい量

## 1. 研究開始当初の背景

### (1) 社会的背景

IoT (モノのインターネット) により、世界中のいたるところに張り巡らされたインターネットがあらゆるモノを通信できる情報伝送路に進化し、SF 小説に描かれた未来社会のような便利で快適な生活が実現しつつある。その一方で、IoT が招いた深刻な事態として、ハードウェア攻撃とよばれる敵の暗号系への物理的アクセスが高度化かつ多様化し、秘密情報漏えいの危険性が著しく増大している。この問題に対して、暗号理論や信号処理論の立場から国内外で多数の調査研究が行われ、秘密情報漏えいの事例や可能性に関する研究報告がなされた。また現実の IoT 環境において、有線の場合は IoT 機器の接続制限、無線の場合は妨害電波の発生といった環境の物理的変更により敵のアクセスを遮へいする対策が講じられているが、根本的な解決とはなっていない。

### (2) 学術的背景

通常の有線/無線通信環境と著しく異なり、IoT 環境下では、秘密情報に関係した多数の情報が敵に収集される。このような IoT 環境は高度かつ複雑に進化したセンサネットワークと捉えられた。このことに基づいて、さらに、暗号理論の知見を加えることにより、IoT 環境下での秘密情報漏えい問題について、この問題の根本的解決を以下の 3 つの課題として具体化した。

- (i) IoT 環境下における敵への秘密情報漏えいの理論的モデルを構築する。その際、多端子情報理論、特にこの分野で研究されてきたセンサネットワークの理論を利用する。
- (ii) 構築したモデルに基づき、次の 2 つの要件を満たす安全通信維持の具体的方法を確立する。
  - ii-a) 既存暗号系を変更せずに安全通信を維持する。この方法として、既存暗号系に符号器を連結して出力暗号文の秘匿性を増強させる。この符号器を秘匿増強符号器とよぶ。
  - ii-b) 秘匿増強符号器は、実装可能で簡便なものとする。また、秘匿増強符号器は、新しい秘密鍵を含まず、その機構は完全に公開されるものとする。
- (iii) 秘匿増強符号器を連結した下で、想定可能な敵のいかなる攻撃に対しても秘密情報の漏えい量を 0 に収束させることができる条件を安全通信維持条件と定義し、これを具体的に求める。

## 2. 研究の目的

本研究は、IoT 環境下での秘密情報漏えい問題に対する根本的な解決に挑む。具体的には多端子情報理論と暗号理論を柱として IoT 環境下での秘密情報漏えいの理論的モデルを構築する。このモデルに基づき、敵から想定しうる最大の攻撃を受けた場合でも、既存暗号系を変更せずに安全な通信を維持できる理論的条件と維持の具体的方法とを明らかにする。

## 3. 研究の方法

IoT 通信環境における秘密情報漏えいの過程を敵の盗聴の形態により、敵はハードウェア攻撃を行わないが多数の公開通信路を観測できる場合 (場合 1) と敵はハードウェア攻撃により多数の補助通信路 (サイドチャネル) からの情報を入手できる場合 (場合 2) の 2 つの場合に分ける。各場合において、秘密情報漏えいの典型的な問題を定式化する。場合 1, 2 において定式化された問題をそれぞれ課題 1, 2 とし、これらに取り組む。

## 4. 研究成果

### (1) 共通鍵暗号方式に対するハードウェア攻撃の理論的モデル

ハードウェア攻撃の理論的モデルとして、共通鍵暗号方式における情報漏えいの問題を扱った。具体的には、盗聴者は、雑音のある通信路を介して、共通鍵を雑音に汚された信号系列として観測できるという理論的モデルを考えた。これは、ハードウェア攻撃の理論的モデルとしてかなり一般的なものである。さらに盗聴者の利用できる伝送路には容量制約があり、盗聴者は、得られる観測信号系列の長さを  $n$  としてこれを  $nR$  ビットの 2 進列に圧縮しなければいけない状況を扱った。このようなハードウェア攻撃の情報漏えいの元で、盗聴者が無限の計算能力を持つ場合でも安全な通信が維持できるための符号の方法と安全通信が維持できるための十分条件を伝送率制約  $R$  と通信路の雑音特性を表すパラメータの条件として陽に与えた。結果を得るために通信の理論限界を解析するために本申請課題の研究代表者が新たに開発した手法を利用した。さらに、安全通信を維持する符号化の方法として、通信路の雑音特性に依存しないユニバーサルな符号の存在を明らかにした。

上記で得られた条件は、十分条件であり、この条件がタイトなものかどうかは明らかでなかった。本研究の最終段階で、この問題に対する完全な解決を得た。具体的には、情報漏えいの尺度を従来の MI 相互情報量から、敵の得る最大の相互情報量 (Max-MI) へと変更することにより、安全通信維持のための必要十分条件を与えた。この必要十分条件は、上記研究で得られた

十分条件が必要条件にもなっているというものであった。

#### (2) 放送型共通鍵暗号方式における対するハードウェア攻撃の理論的モデル

ハードウェア攻撃の理論的モデルとして、放送型共通鍵暗号方式における情報漏えいの問題についての符号設計問題を扱い、安全通信の十分条件を得た。また議論を単純化して、盗聴者は、ハードウェア攻撃を行わない特別な場合について符号設計問題を扱い、リードソロモン符号を用いた符号法の提案と情報漏えい量の公式を得た。特に暗号化前と後という2つの方式の提案とその関係が議論された。また具体例に対する符号設計について厳密解析がなされた。

#### (3) 分散符号化の枠組みでの相関のある鍵を利用した共通鍵暗号方式

Slepian-Wolf 型分散符号化の枠組みでの相関のある鍵を利用した共通鍵暗号方式について議論した。情報漏えいの尺度として、通常は相互情報量(Mutual Information (MI))を用いる。この研究では、相互情報量に代わる新しい情報漏えいの尺度を導入した。これを変形(Modified)相互情報量(MMI)と呼んだ。MMIは、MI以上の値をとるので、安全性をより厳しく評価する尺度になっている。MIがゼロのときは、必ずMMIがゼロとなることから、MMIは情報漏洩の尺度としての妥当性を有する。本研究では、MMIの尺度の下で、安全通信のための必要十分条件を与えた。また、Max-MIの尺度の下で、分散符号化の枠組みにおける相関のある鍵を利用した共通鍵暗号方式について議論し、安全通信の必要十分条件をえた。さらにMax-MIの尺度の下で、放送型共通鍵暗号方式の安全性について議論し、この場合も安全通信の必要十分条件を与えた。

#### (4) 多端子分散符号化の枠組みにおける統計的推論

多端子分散符号化の枠組みで統計的推論を行う問題が1979年にBergerによって提起された。近年、この問題はIoTとの関係で注目されている。この問題に関して、2019年に、仮説検定における検出力指数の上界を陽に得えることに成功したが、圧縮器の圧縮レートがゼロに収束するときの解析が不十分であった。特に、圧縮レートがゼロに収束するときの検出力指数が従来知られている最適ゼロレート指数に一致するかどうか不明であった。本研究では、2019年の研究からさらに研究を進めた結果、このときに得られた上界とは異なる上界を得た。この上界について、圧縮レートがゼロに収束するときの解析を行った結果、ゼロレートの極限において、従来知られている最適指数が得られることが判明した。この結果の導出では、情報スペクトル理論、タイプ理論、情報幾何学の3つの組み合わせが必要になる。特に情報幾何学の逆定理の証明への適用は、本研究が初めてである。

#### (5) 関連研究に関する結果

関連研究として情報理論の強逆定理についての幾つかの結果を得た。また暗号化の要素技術である乱数生成問題についての具体的成果を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計28件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Vamoua Yachongka, Hideki Yagi, Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Secret Key-based Authentication With Passive Eavesdropper for Scalar Gaussian Sources	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Symposium on Information Theory, ISIT 2022	6. 最初と最後の頁 2666--2671
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT50566.2022.9834725	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 Yasutada Oohama, Bagus Santoso	4. 巻 -
2. 論文標題 A Framework for Shannon Ciphers under Side-Channel Attacks: a Strong Converse and More	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE International Symposium on Information Theory, ISIT 2022	6. 最初と最後の頁 862--867
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT50566.2022.9834899	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 Yasutada Oohama, Bagus Santoso	4. 巻 -
2. 論文標題 A Framework for Distributed Source Coding with Encryption: a New Strong Converse and More	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 International Symposium on Information Theory and its Applications (ISITA2022)	6. 最初と最後の頁 203--207
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 無
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 西山 和真, 大濱靖匡	4. 巻 -
2. 論文標題 放送型共通暗号方式の枠組みと安全通信条件	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 45th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2022)	6. 最初と最後の頁 29--34
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 無
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 Vamoua Yachongka, Hideki Yagi, Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Biometric Identification Systems With Noisy Enrollment for Gaussian Source	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE Information Theory Workshop (ITW)	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITW46852.2021.9457680	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 Vamoua Yachongka, Hideki Yagi, Yasutada Oohama	4. 巻 23
2. 論文標題 Biometric Identification Systems with Noisy Enrollment for Gaussian Sources and Channels	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 1049,1-26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e23081049	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 Yasutada Oohama, Bagus Santoso	4. 巻 -
2. 論文標題 Strong Converse for Distributed Source Coding with Encryption Using Correlated Keys	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of IEEE Information Theory Workshop, ITW 2021	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITW48936.2021.9611414	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 Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Converse Coding Theorem for the Distributed Hypothesis Testing	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 44th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2021)	6. 最初と最後の頁 298-303
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 無
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 西山 和真, 大濱 靖匡	4. 巻 -
2. 論文標題 リード・ソロモン符号を用いた放送型共通鍵暗号方式における秘匿増幅と安全性 解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 44th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2021)	6. 最初と最後の頁 226-231
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 無
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 西山 和真, 大濱 靖匡	4. 巻 -
2. 論文標題 放送型共通鍵暗号方式における安全通信と盗聴通信路	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 44th Symposium on Information Theory and its Applications (SITA2021)	6. 最初と最後の頁 221-225
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 無
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 Yasutada Oohama	4. 巻 Vol. E103-A
2. 論文標題 Performance Analysis of the Interval Algorithm for Random Number Generation in the Case of Markov Coin Tossing	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1325-1336
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2020TAP0008	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 Yutaka JITSUMATSU, Ukyo MICHIWAKI, Yasutada OOHAMA	4. 巻 Vol. E104-A
2. 論文標題 Conditional Information Leakage Given Eavesdropper's Received Signals in Wiretap Channels	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEICE TRANSACTIONS on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 295-304
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.2020EAP1017	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 Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Strong Converse for the State Dependent Channel	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	6. 最初と最後の頁 2126-2130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT44484.2020.9174479	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 Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Exponent Function for the Gel'fand-Pinsker Channel at Rates above the Capacity	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA)	6. 最初と最後の頁 36-40
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 Bagus Santoso, Yasutada Oohama, Chunhua Su	4. 巻 11928
2. 論文標題 Measuring Security of Symmetric Encryption Schemes Against On-the-Fly Side-Channel Key-Recovery Attacks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Conference on Network and System Security	6. 最初と最後の頁 3-17
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 Yutaka Jitsumatsu, Yasutada Oohama	4. 巻 66
2. 論文標題 A New Iterative Algorithm for Computing the Correct Decoding Probability Exponent of Discrete Memoryless Channels	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Information Theory	6. 最初と最後の頁 1585-1606
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIT.2019.2950678	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 Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Capacity Results for Discrete Memoryless Channels in the Finite Blocklength Regime	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE Information Theory Workshop (ITW)	6. 最初と最後の頁 1-5
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ITW44776.2019.8989294	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 Bagus Santoso, Yasutada Oohama	4. 巻 21
2. 論文標題 Information Theoretic Security for Broadcasting of Two Encrypted Sources under Side-Channel Attacks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 781_1-781_30
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e21080781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Bagus Santoso, Yasutada Oohama	4. 巻 21
2. 論文標題 Information Theoretic Security for Shannon Cipher System under Side-Channel Attacks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 469_1-469_33
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e21050469	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasutada Oohama	4. 巻 10.1109/ISIT.2019.8849849
2. 論文標題 An Inequality Useful for Proofs of Strong Converse Theorems in Network Information Theory	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	6. 最初と最後の頁 2883-2887
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT.2019.8849644	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 Bagus Santoso, Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Secure Broadcasting of Two Encrypted Sources under Side-Channel Attacks	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of 2019 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	6. 最初と最後の頁 305-309
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT.2019.8849849	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 Yasutada Oohama	4. 巻 21
2. 論文標題 Exponential strong converse for one helper source coding problem	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 567_1-567_36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e21060567	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hisa-Aki Tanaka, Masaki Nakagawa, Yasutada Oohama	4. 巻 21
2. 論文標題 A Direct Link between Renyi-Tsallis Entropy and Holder's Inequality -Yet Another Proof of Renyi-Tsallis Entropy Maximization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 549_1-549_26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e21060549	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasutada Oohama	4. 巻 20
2. 論文標題 Exponential Strong Converse for Source Coding with Side Information at the Decoder	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Entropy	6. 最初と最後の頁 352,1-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/e20050352	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 Yasutada Oohama	4. 巻 101
2. 論文標題 Equivalence of Two Exponent Functions for Discrete Memoryless Channels with Input Cost at Rates above the Capacity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 2199-2204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.2199	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 Yasutada Oohama	4. 巻 101
2. 論文標題 On a relationship between the correct probability of estimation from correlated data and mutual information	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Trans. Fundamentals	6. 最初と最後の頁 2205-2209
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.2205	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 Bagus Santoso, Yasutada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Post Encryption Compression with Affine Encoders for Secrecy Amplification in Distributed Source Encryption with Correlated Keys	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 International Symposium on Information Theory and Its Applications (ISITA)	6. 最初と最後の頁 737-741
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.23919/ISITA.2018.8664297	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 Yastada Oohama	4. 巻 -
2. 論文標題 Information Theoretical Analysis of Side-Channel Attacks to the Shannon Cipher System	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE International Symposium on Information Theory (ISIT)	6. 最初と最後の頁 581-585
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ISIT.2018.8437666	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0件

〔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	SANTOSO BAGUS  (Santoso Bagus)  (40571956)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授   (12612)	
研究分担者	八木 秀樹  (Yagi Hideki)  (60409737)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授   (12612)	
研究分担者	渡辺 峻  (Watanabe Shun)  (70546910)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授   (12605)	

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
---------	---------