

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06449

研究課題名(和文) 信号統計力学の創生と洞察的理解への展開

研究課題名(英文) Creation of signal statistical mechanics and its development in insightful understanding

研究代表者

三好 誠司 (MIYOSHI, Seiji)

関西大学・システム理工学部・教授

研究者番号：10270307

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：統計力学的手法を用いて非線形適応信号処理システムの挙動を理論的に解明した。すなわち、未知システムPがk次(一般次)のボルテラフィルタでモデル化される場合を対象とし、これをLMSアルゴリズムで更新される適応ボルテラフィルタHで学習する場合についてMSEの動的振る舞いを記述する連立微分方程式を、タップ長Nが大きい極限を考慮することにより決定論的に導出し、解析的に解いた。得られた理論はMSEの動的振る舞いを定量的に予測する。さらに、3次以下の場合についてPのボルテラ核が帯配列であるようなシステムの振る舞いを理論的に解析した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

信号処理分野に新しい理論解析手法をもって挑むことにより「信号統計力学」という新たなパラダイムを創出し、「洞察」をキーワードに応用への展開を図る点において学術的意義がある。ステップサイズパラメータの上限など、これまではデジタルシグナルプロセッサを利用した実験や計算機シミュレーションにより試行錯誤によるしかなかった設計パラメータの決定に理論的な観点から指針を与え、実用上きわめて重要で広い応用範囲を持つ信号処理という分野に、理論解析の側面から貢献するという点で社会的意義がある。

研究成果の概要(英文)：The behavior of the nonlinear adaptive signal processing system was theoretically analyzed using statistical mechanics. That is, the dynamic behavior of MSE is described for the case where the unknown system P is modeled by the k-th order (arbitrary order) Volterra filter, and this is learned by the adaptive Volterra filter H updated by the LMS algorithm. The simultaneous differential equations were deterministically derived by considering the limit with a large tap length N and solved analytically. The theory obtained quantitatively predicts the dynamic behavior of MSE. Furthermore, we theoretically analyzed the behavior of the system in which the Volterra kernel of P are band-arranged in the case of the third order or less.

研究分野：情報数理工学

キーワード：統計力学 信号処理 適応信号処理 ボルテラフィルタ 時変

1. 研究開始当初の背景

信号の処理において、入力信号の統計的性質が未知であったり環境が時間的に変化する場合、あらかじめ最適な信号処理装置(フィルタ)を設計することはできない。このような場合はある意味で“自己設計する装置”を扱う信号処理、すなわち適応信号処理が必要となる。適応信号処理においてはフィルタを自己設計するアルゴリズム、すなわち適応アルゴリズムが必要となる。1960年に Widrow らによって提案された LMS アルゴリズムは現在でももっとも一般的な適応アルゴリズムである。また、音で音を消す技術であるアクティブノイズコントロール(ANC)は適応信号処理の代表的な成功例である(図1)。そのアルゴリズムである Filtered-X LMS (FXLMS) アルゴリズムは二次経路(二次音源スピーカからエラーマイクロホンまでの伝搬系)のインパルス応答を考慮して LMS アルゴリズムを一般化したアルゴリズムである。

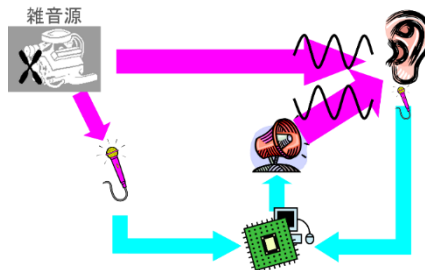


図1 アクティブノイズコントロール

このように LMS アルゴリズムや FXLMS アルゴリズムは世の中で広く使われているが、その理論解析に関する先行研究はそれほど多くない。既存の理論としては、独立仮定に基づく解析、ステップサイズが小さい場合の解析、入力信号が周期的である場合の解析、適応フィルタのタップ長が短い場合の解析などがあるが、いずれもかなり強い仮定や条件のもとでの限定的な解析である。このように、LMS アルゴリズムや FXLMS アルゴリズムは半世紀にわたって広く使われてきたにも関わらず、驚くべきことに、その一般的な理論はこれまでのところ存在しない。

一方、物理学の一分野である統計力学で開発された種々の理論解析手法、数値計算手法を用いて情報に関するいろいろな問題にアプローチする枠組みは情報統計力学と呼ばれ、連想記憶モデル、誤り訂正符号、無線通信、画像処理、統計的学習など多くの分野で成果をあげている。申請者も平成 13-14、15-17、18-20、21-23 年度の科研費により情報統計力学の枠組みで、特に学習機械がパーセプトロンであるモデルを対象にオンライン学習の解析を行い、興味深いいくつかの結果を明らかにすることができた。ところで、パーセプトロンと FIR フィルタを考えると、両者はいずれも多数の入力と係数の積和を出力計算するという点でよく似ており、多数の入力が毎回生成されるか、ひとつの入力がタップをシフトしていくかの違いを除くと等価である。また、特に音声・音響分野の実際の応用においては適応フィルタのタップ長は数百に及ぶこともまれではなく、システムサイズが大きい極限を考える情報統計力学とはもともと非常に相性がよい問題である。申請者は平成 23 年ごろにこのことに気づき、平成 24-27 年度の科研費で FXLMS アルゴリズムを用いる ANC の挙動に関する解析を行った。その結果については信号処理研究分野のいくつかの学術雑誌や国際会議で報告することができた。このように、申請者は約 15 年間、統計的学習理論(情報科学)や情報統計力学(物理学)の分野で研究活動を行うとともに、直近 5 年間はこれらとやや異なる研究コミュニティである信号処理研究分野(工学)にも研究の場を広げてきた。これらの活動を通じて、以下のことが明らかになってきた。すなわち、信号処理を対象とする理論解析においては、実験結果を精緻に予測できる厳密な理論を導出することはもちろん重要であるが、その次の段階として、厳密性を多少犠牲にしてもメカニズムの直感的理解、すなわち「洞察」が得られる形で解析を展開することがきわめて重要である。

2. 研究の目的

FIR フィルタの入力信号はタップ付き遅延線をシフトしてゆく。理論的な観点からはこの入力信号の取り扱いが容易ではないためこれまで一般的な理論はなかった。しかし、申請者はこれまでのオンライン学習に関する解析的研究と平成 24-27 年度の科研費による研究により、先行研究で仮定されていた小ステップサイズ条件等を用いずに FIR フィルタを解析することに成功した。この成果を受けた形で本研究では、統計力学的手法により適応信号処理の動的・静的ふるまいを一般的に説明する理論解析についてさらなる深化をはかる。具体的には一次経路(未知システム)が時間的に変化する場合や非線形性を有する場合等、より一般的な状況における適応信号処理システムの挙動を解明する。

3. 研究の方法

(1) モデルの設定

解析の対象となるモデルを明確にする。システムのブロック図を図2に示す。適応フィルタHはFIRフィルタ(有限インパルス応答フィルタ)で構成する。一次経路PもFIRフィルタでモデル化する。入力信号 $x(n)$ がある確率分布から生成される場合、適応フィルタの動的ふるまいも本来は確率的なものになるが、これを決定論的な連立微分方程式で記述するため、HとPの係数ベクトルの次元が無窮大の極限(統計力学では熱力学的極限と呼ばれる)を仮定する。

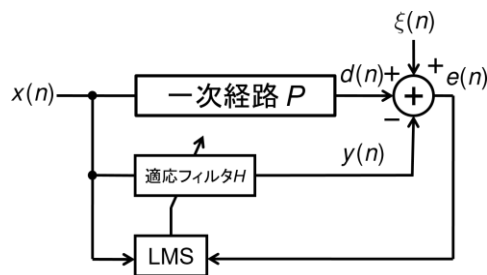


図2 解析モデル

(2) 巨視的変数のダイナミクスを記述する決定論的な連立微分方程式の導出

システムの動的ふるまいを少数の巨視的変数で記述する。具体的には、一次経路と適応フィルタの相互相関R、適応フィルタの自己相関Qが巨視的変数となる。RとQのダイナミクスを記述する連立微分方程式を統計力学的手法に基づき導出する。熱力学的極限における自己平均性と呼ばれる性質に基づき、本来は確率変数である入力の影響をその平均で置き換えることにより、連立微分方程式を決定論的で閉じた形で導出する。

(3) 微分方程式を解析的、あるいは数値的に解き、二乗平均誤差を求める

連立微分方程式を解析的、あるいは数値的に解くことにより、巨視的変数のダイナミクスを理論的に求める。さらにその結果を用いて最終的に二乗平均誤差を計算する。

(4) 洞察的理解を目指した検証と考察

並行して実行する計算機実験の結果と比較することにより理論の正当性を検証する。さらに、二乗平均誤差が発散しない条件や時間が十分経過した後の定常状態、残留汎化誤差などについて、厳密解にこだわらず、思い切った特殊化や縮退化、大胆な近似を取り入れることにより、メカニズムの直感的理解、すなわち「洞察」を獲得すべく、検討・考察を行う。

4. 研究成果

(1) 時変2次適応ボルテラフィルタの解析

未知システムが非線形性を有する場合の適応信号処理解析の第一歩として、2次ボルテラ適応フィルタの解析を行った。非線形性を有する未知システムPとして2次のボルテラフィルタを対象とし、これと同じく2次のボルテラフィルタで構成される適応フィルタHで学習する場合のシステムのふるまいについて、統計力学的な手法を用いて解析した。HをLMSアルゴリズムで更新する場合を仮定し、二乗平均誤差の動的振る舞いを記述する連立微分方程式を、タップ長無限大の極限を考慮することにより決定論的に導出することに成功した。また、これを解析的に解くことにより、二乗平均誤差の動的振る舞いを定量的に予測することに成功した。計算機実験との比較により導出された理論がその結果を定量的に予測できることを確認した。また、未知システムPが時変性を有する場合についても解析した。重要な点として、2次のボルテラフィルタの場合には更新回数をタップ長Nの二乗でスケールリングすることによりタップ長に依存しない議論が可能になることが明らかになったことがあげられる。

(2) 一般次適応ボルテラフィルタの解析

2次適応ボルテラフィルタの解析を次数に関して一般化し、未知システムPと適応フィルタHがともにk次(一般次)である場合に適応フィルタHをLMSアルゴリズムで更新する場合の二乗平均誤差の動的振る舞いを記述する連立微分方程式を、タップ長無限大の極限を考慮することにより決定論的に導出し、これを解析的に解くことができた。これにより、k次ボルテラフィルタを用いる適応信号処理システムの二乗平均誤差の動的振る舞いを定量的に説明することに成功した。重要な点として、2次のボルテラフィルタの場合から予測されたようにk次のボルテラフィルタの場合には更新回数をタップ長Nのk乗でスケールリングすることによりタップ長に依存しない議論が可能になることが明らかになったことがあげられる。このことは高次ボルテラフィルタの本質的な遅さを理論的に示したことを意味する。

(3) 帯ボルテラカーネル未知システムに対する適応ボルテラフィルタの解析(3次以下)

未知システムと適応フィルタのいずれもが一般次のボルテラフィルタから構成されるような適応信号処理システムについて、統計力学的な手法を用いて理論的に解析することに成功したが、その際、厳密な解析を可能とするために未知システムのボルテラカーネルは乱数が密に詰まったベクトル、行列であるという仮定をおいていた。しかし、実際的非線形システムのボルテラ

カーネルはそのような理想的な性質を有するとは限らない。典型的には対角要素付近に大きな値を有するような性質を持つことが知られている。そこで、未知システムと適応フィルタのいずれもが2次のボルテラフィルタであり、未知システムのボルテラカーネルが帯行列（ただし、帯の幅は既知であるとする）であるような適応信号処理システムの理論解析に取り組んだ。すなわち、未知システムと適応フィルタの入力が白色信号である場合の適応信号処理システムの二乗平均誤差を二種類の巨視的変数（未知システムと適応フィルタの相互相関および適応フィルタの自己相関）で表現し、適応フィルタがLMSアルゴリズムで更新される場合について、これら二種類の巨視的変数の動的振る舞いを記述する連立微分方程式を、タップ長が無限大の極限を仮定した場合に成り立つ自己平均性に基づき決定論的に導出し、これらを解析的に解くことに成功した。また、2次の解析を拡張し、3次の場合についても解析した。さらに、現段階では予想にとどまるものの一般次の場合の理論を導出する見込みを得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計12件（うち査読付論文 12件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Kimiko Motonaka, Tomoya Koseki, Yoshinobu Kajikawa, and Seiji Miyoshi	4. 巻 E104.A
2. 論文標題 Statistical-Mechanical Analysis of Adaptive Volterra Filter with the LMS algorithm	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 未定
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 本仲 君子, 三好 誠司	4. 巻 39
2. 論文標題 BVCを用いたクワッドロータの障害物回避手法の検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 未定
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 中川 健人, 権 裕煥, 本仲 君子, 三好 誠司	4. 巻 56
2. 論文標題 ポロノイ分割を用いた複数のクワッドロータの相互衝突回避に関する数値的検証	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 計測自動制御学会論文集	6. 最初と最後の頁 31-36
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 Kimiko Motonaka and Seiji Miyoshi	4. 巻 118
2. 論文標題 Connecting PM and MAP in Bayesian spectral deconvolution by extending exchange Monte Carlo method and using multiple data sets	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 159-166
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2019.05.004	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 MIYOSHI Seiji, KAJIKAWA Yoshinobu	4. 巻 E101.A
2. 論文標題 Statistical-Mechanics Approach to Theoretical Analysis of the FXLMS Algorithm	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 2419 ~ 2433
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.2419	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 Ikeda Kazushi, Honda Arata, Hanzawa Hiroaki, Miyoshi Seiji	4. 巻 102
2. 論文標題 Non-monotonic convergence of online learning algorithms for perceptrons with noisy teacher	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 21 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2018.02.009	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 邨田朋生, 梶川嘉延, 三好誠司	4. 巻 31
2. 論文標題 マルチチャネル型能動騒音制御の統計力学的解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 システム制御情報学会論文誌	6. 最初と最後の頁 184 ~ 190
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 寺内清訓, 本仲君子, 梶川嘉延, 三好誠司	4. 巻 138
2. 論文標題 能動騒音制御の適応速度とその評価尺度に関する統計力学的解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C	6. 最初と最後の頁 369 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.138.369	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 寺内 清訓、本仲 君子、梶川 嘉延、三好 誠司	4. 巻 138
2. 論文標題 能動騒音制御の適応速度とその評価尺度に関する統計力学的解析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 電気学会論文誌. C	6. 最初と最後の頁 369 ~ 374
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejieiss.138.369	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 Ikeda Kazushi, Honda Arata, Hanzawa Hiroaki, Miyoshi Seiji	4. 巻 102
2. 論文標題 Non-monotonic convergence of online learning algorithms for perceptrons with noisy teacher	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Neural Networks	6. 最初と最後の頁 21 ~ 26
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.neunet.2018.02.009	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 Fujii Takashi, Ito Hidetaka, Miyoshi Seiji	4. 巻 86
2. 論文標題 Statistical Mechanics of On-Line Learning Using Correlated Examples and Its Optimal Scheduling	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 084804 ~ 084804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.86.084804	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 Fujii Takashi, Ito Hidetaka, Miyoshi Seiji	4. 巻 86
2. 論文標題 Statistical-Mechanical Analysis Connecting Supervised Learning and Semi-Supervised Learning	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 063801 ~ 063801
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/jpsj.86.063801	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24件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Yasuaki Kuroe, Seiji Miyoshi, Hiroomi Hikawa, Hidetaka Ito, Kimiko Motonaka, and Yutaka Maeda
2. 発表標題 A Synthesis Method of Spiking Neural Oscillators with Considering Asymptotic Stability
3. 学会等名 2021 International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 BVCを用いたクワッドロータの障害物回避手法の検討
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会 (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yuhwan Kwon, Takumi Kaneko, Yoshihisa Tsurumine, Hikaru Sasaki, Kimiko Motonaka, Seiji Miyoshi, Takamitsu Matsubara
2. 発表標題 Combining Model Predictive Path Integral with Kalman Variational Auto-encoder for Robot Control from Raw Images
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本仲君子, 小関智也, 梶川嘉延, 三好誠司
2. 発表標題 適応ポルテラフィルタの動的なふるまいに関する統計力学的解析
3. 学会等名 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 本仲君子, 小関智也, 梶川嘉延, 三好誠司
2. 発表標題 高次適応ボルテラフィルタに関する統計力学的解析
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 藤田宙, 本仲君子, 四方博之, 三好誠司
2. 発表標題 ガウス過程回帰を用いた大量運動者の心拍データ送信制御法
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 本仲君子, 志水勇仁, 野坂昂宏, 永原正章, 三好誠司
2. 発表標題 スパース合意制御のクワッドロータ群への適用
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中川健人, 権裕煥, 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 BVCに基づく複数クワッドロータの相互衝突回避手法の検証
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 権裕煥, 鶴峯義久, 本仲君子, 三好誠司, 松原崇充
2. 発表標題 モデル予測経路積分制御と深層経路コスト予測器による高次元観測モデルベース強化学習
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会 ROBOMECH2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kiniko Motonaka, Takashi Katsube, Yoshinobu Kajikawa, and Seiji Miyoshi
2. 発表標題 Statistical-Mechanical Analysis of the Second-Order Adaptive Volterra Filter
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2018 (APSIPA ASC 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yuhwan Kwon, Kimiko Motonaka, Takamitsu Matsubara, and Seiji Miyoshi
2. 発表標題 Empirical Verification of Information Theoretic Model Predictive Control
3. 学会等名 Society of Instrument and Control Engineers Annual Conference 2018 (SICE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中川健人, 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 ボロノイ分割を用いた複数のクワッドロータの相互衝突回避に関する数値的検証
3. 学会等名 第19回 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会(SI2018)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤田宙, 本仲君子, 四方博之, 三好誠司
2. 発表標題 変化検知手法を用いた大量運動者の心拍データ送信制御法
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 複数のデータセットを用いたスペクトル分解(II)
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 権裕煥, 金子拓光, 鶴峯義久, 佐々木光, 本仲君子, 三好誠司, 松原崇充
2. 発表標題 変分オートエンコードモデル予測経路積分制御と画像入力に基づくロボット制御への応用
3. 学会等名 第36回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 権裕煥, 本仲君子, 松原崇充, 三好誠司
2. 発表標題 数値実験による情報論的モデル予測制御の性能検証
3. 学会等名 第62回システム制御情報学会研究発表講演会 (SCI'18)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tomoki Murata, Yoshinobu Kajikawa, and Seiji Miyoshi
2. 発表標題 Statistical-mechanical analysis of the FXLMS algorithm for multiple-channel active noise control
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference 2017 (APSIPA ASC 2017), 141 (4 pages), Kuala Lumpur, Malaysia, (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 複数のデータセットを用いたスペクトル分解
3. 学会等名 日本物理学会年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 邨田朋生, 梶川嘉延, 三好誠司
2. 発表標題 マルチチャネル型ANCシステムに関する統計力学的解析
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 寺内清訓, 本仲君子, 梶川嘉延, 三好誠司
2. 発表標題 ANCシステムの適応速度とその評価尺度に関する統計力学的解析
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 交換モンテカルロ法を用いたスペクトル分解の精度に関する検討
3. 学会等名 信号処理シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 複数のデータセットを用いるスペクトル分解と交換モンテカルロ法に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 本仲君子, 三好誠司
2. 発表標題 拡張交換モンテカルロ法によるスペクトル分解と準MAP推定
3. 学会等名 日本物理学会秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 邨田朋生, 梶川嘉延, 三好誠司
2. 発表標題 マルチチャンネル型能動騒音制御の統計力学的解析
3. 学会等名 第61回システム制御情報学会研究発表講演会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

三好誠司 研究業績 http://www2.itc.kansai-u.ac.jp/~miyoshi/cnt/gyoseki.html
--

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	梶川 嘉延 (KAJIKAWA Yoshinobu) (30268312)	関西大学・システム理工学部・教授 (34416)	
研究分担者	本仲 君子 (MOTONAKA Kimiko) (70781772)	関西大学・システム理工学部・助教 (34416)	

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