

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 26 日現在

機関番号：21401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2019

課題番号：15K06072

研究課題名(和文) Multidimensional compressive sensing based technologies for next-generation MIMO radar with SL3: Super-resolution, Low-complexity, Low-cost and Low-consumption

研究課題名(英文) Multidimensional compressive sensing based technologies for next-generation MIMO radar with SL3: Super-resolution, Low-complexity, Low-cost and Low-consumption

研究代表者

徐 粒 (Xu, Li)

秋田県立大学・システム科学技術学部・教授

研究者番号：40252324

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：圧縮センシング(CS)に基づくMIMOレーダー信号処理技術はナイキストレートより低いサンプリングレートを用いても高精度の目標探知ができるメリットで注目されている。しかし、既知アルゴリズムは演算量が多く、非ガウスノイズ環境で精度の低減が激しいなどの問題点が指摘されている。本研究は、これらの問題点を回避できる新しい低演算量かつ高解像度のレーダー信号処理アルゴリズムについて検討し、2次元信号復元CSアルゴリズムの構築やロバスト評価関数の導入、段階的な探索法の確立などの基礎結果を与えた上、目標の距離と速度およびDOAの効率的かつ高精度な推定ができる一連の新しいアルゴリズムを提案し、その有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は次世代MIMOレーダーの信号処理における基本課題に対し新しい知見と解法を与えるものであり、レーダー工学と情報処理工学の発展に寄与することが期待できる。特に、2次元圧縮センシングに基づくアルゴリズムは、低速のADCや少ない反射信号のスナップショットを用いても、効率的かつ高精度の目標探知ができるため、短期天気予報や自動運転など高精度およびリアルタイムの信号処理が求められるシステムに応用することが可能である。

研究成果の概要(英文)：The compressive sensing (CS) based signal processing for MIMO radar can achieve a high resolution even using a sub-Nyquist sampling rate. However, the existing CS-based methods usually suffer a high computational complexity for signal reconstruction and a low accuracy for non-Gaussian impulsive noise environment. This research has developed a class of new CS-based methods with higher resolution, less complexity and stronger robustness against non-Gaussian impulsive noise than the existing CS-based methods. Specifically, robust 2D-CS-based methods for the range and velocity joint detection problem have been established, which can reduce the computational complexity largely and significantly improve the performance for non-Gaussian impulsive noise environment. Moreover, a novel two-stage method has been proposed for the DOA estimation: first identify certain candidate areas with a relatively low-resolution, then locate the targets with a high-resolution in the obtained candidate areas.

研究分野：System Control Engineering

キーワード：compressive sensing sparse representation sparse signal processing adaptive algorithm MIMO radar system communication system DOA estimation

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1 . 研究開始当初の背景

As an emerging technology with compelling potentials, MIMO radar has been attracting worldwide research efforts [1] and dramatic improvements on target detecting have been accomplished by utilizing compressive sensing [2]. However, to predict effectively the increasing local disasters, such as short-term thunderstorms or narrow-area landslides, by weather or ground-penetrating radar, much higher target resolution is required. In addition, due to the structural nature of MIMO radar, the current technology is in fact established at high resource costs, e.g., high computational burden, high manufacturing cost and high power consumption, which form a substantial bottleneck for further exploring of the expected potentials and practical applications.

The requirement of high-speed ADC causes high cost and huge data for processing, and a natural strategy is to replace it by low-speed ADC. However, how to remedy the distortion due to low sampling rate and reconstruct the original signal from fewer samples is a big challenging. Utilizing the recent results on wireless channel estimation by sub-Nyquist rate ADC sampling [3,4], it is possible to establish a new technology based on low-speed ADC for CS MIMO radar such that the cost and complexity can be significantly reduced without degrading the high-resolution performance.

Though the signals in MIMO radar are inherently of multidimensional nature, they are mapped to and treated as a one-dimensional vector, which not only brings high computational burden but also blocks further resolution improvement. Therefore, the next challenge is to develop a new technology by directly utilizing multidimensional CS so that the computational complexity can be further decreased and super-resolution can be achieved. Moreover, the existing CS-based methods also often suffer a low accuracy for non-Gaussian impulsive noise environment.

2 . 研究の目的

This research aims to establish, by incorporating multidimensional compressive sensing (MCS), new radar signal processing algorithms for MIMO radar with the goals: super-resolution target identification, low computational burden, low manufacturing cost and low power consumption. Specifically, low-speed ADC based compressive sensing (CS) MIMO radar is first considered to reduce the complexity and the mentioned costs. Then, MCS-based higher resolution and robust algorithms for MIMO radar will be developed.

3 . 研究の方法

The research is carried out as follows: First, low-speed ADC based MIMO radar system will be modelled and the corresponding high-resolution CS MIMO radar identification algorithms will be developed; Then, two-dimensional (2D) CS algorithms for 2D signal reconstruction and the corresponding 2D-CS-based methods for the range and velocity joint detection problem will be developed to reduce the computational complexity largely. Moreover, robust 2D-CS-based methods will be proposed by introducing new robust cost functions in the 2D CS algorithms so that the performance of CS-based methods for non-Gaussian impulsive noise environment can be significantly improved. Furthermore, a two-stage algorithm, i.e., an algorithm with a pre-estimation, for the direction-of-arrive (DOA) estimation will be established so that the computational cost reduction and super-resolution detection can be achieved simultaneously.

4 . 研究成果

- (1) A compressive sensing (CS) based sub-Nyquist adaptive sampling technique has been developed, by utilizing l_0 -NLMS (normalized least mean square) algorithm and DHT (discrete Hartley transform), for random demodulation sampling in the frequency domain. The proposed method has low computational complexity and better robustness to noise than the existing methods, and can be applied to the realization of low-speed ADC based MIMO radar systems.
- (2) CS-based low-complexity identification techniques have been proposed by using adaptive sparse algorithms to achieve better performance for large-scale MIMO systems under different circumstances. Specifically, an effective large-scale MIMO channel identification method by using affine combination of sparse adaptive filtering has been developed to achieve low-complexity, and, by utilizing the mixed square/fourth error criterion, improved adaptive sparse signal identification methods, e.g., the zero-attracting least mean square/fourth (ZA-LMS/F) algorithm and the reweighted ZA-LMS/F (RZA-LMS/F) algorithm, have been established.
- (3) A 2D data model for pulse Doppler radar (PDA) system with random demodulation (RD) has been established, where the data is under-sampled by a low rate ADC. Since the range and velocity joint detection problem is substantially a 2D problem, 2D CS algorithms for 2D signal reconstruction has first been established, and then the corresponding 2D-CS-based methods, i.e., the 2D-ZAP, 2D-IHT, 2D-ISTA, and 2D-FISTA algorithms, have been established for high-resolution sparse targets detection of PDA with low-speed ADC, which no longer require to vectorize the original 2D CS problem to the 1D case and thus can reduce the computational complexity and memory requirement largely. Moreover, robust 2D-CS-based methods, i.e., the 2D-RZAP(L1, Lp, LL2) and 2D-RIHT(L1, Lp, LL2) algorithms, have also been proposed, which can significantly improve the performance of CS-based methods for non-Gaussian impulsive noise environment.
- (4) A two-dimensional zero-attraction projection (2D-ZAP) algorithm for single snapshot DOA estimation has also been proposed, which can achieve exact DOA estimation and reduce the noise interference. Moreover, a new algorithm with a pre-estimation to reduce the dimensionality of the measurement matrix has been proposed for the DOA estimation with a small number of noisy snapshots. In the first stage, the range of interest is divided into a relatively low-resolution grid, and the conventional beam former is used to quickly identify the candidate or potential areas where true sources may exist. In the second stage, the candidate areas obtained in the first stage are divided into a denser sampling grid, and the $l_{2,1}$ -norm penalty is used to solve the corresponding multiple measurement vectors (MMV) problem. The effectiveness and efficiency of the proposed algorithm have been shown by simulation results.
- (5) To improve azimuth resolution and capture richer information for synthetic aperture radar (SAR), an adaptive wide-angle SAR (WSAR) imaging algorithm based on the Boltzmann machine (BM) model has been proposed. Specifically, the spatial sparsity and high azimuth correlation of scattering energy is first modeled by means of a special BM. Then, the support of sparse representation and imaging parameters including BM parameters, noise variance and the variance of each representation element are jointly estimated by a block-coordinate descent process. Finally, the proposed WSAR imaging algorithm is performed adaptively via sparse representation. Empirical results demonstrate that the proposed algorithm can achieve better imaging performance than the existing ones.

- (6) In order to solve, more effectively and efficiently, sparse signal reconstruction (SSR) problems based on compressive sensing (CS) for the so-called “block-structured” or “block sparse” signals with nonzero atoms occurring in clusters, two novel sparse adaptive filtering algorithms, i.e., the block zero attracting least mean square (BZA-LMS) algorithm and the block ℓ_0 -norm LMS (BL0-LMS) algorithm have been established. Experimental results demonstrate the validity and applicability of these proposed algorithms.

A key point for the recovery of a block-sparse signal is how to treat the different sparsity distributed on the different parts of the considered signal. In order to further improve the fixed grouping method stated above, a novel dynamic grouping method has also been proposed to classify the segments due to the different levels of sparsity in a dynamic way. Then, by incorporating this technique into the adaptive block-sparse signal recovery algorithms, the corresponding new algorithms, i.e., the BZA-LMS-D and B10-LMS-D algorithms, have been established, which can achieve better recovery performance.

- (7) Stochastic gradient-based adaptive algorithm has been recognized as one of the best algorithms for compressive sensing (CS) due to two obvious advantages: low complexity and robust performance. To further improve the reconstruction accuracy under Gaussian noise, two novel sparse fourth-order error criterion adaptive algorithms, i.e., the l_0 -norm normalized least mean fourth (l_0 -NLMF) and l_0 -norm exponentially forgetting window NLMF (l_0 -EFWNLMF) algorithms, have been proposed. In addition, these results have been extended to non-Gaussian noise environment as the sign l_0 -NLMF (l_0 -SNLMF) algorithm and the sign l_0 -EFWNLMF (l_0 -EFWSNLMF) algorithm, which can effectively mitigate certain impulsive noises occurring in radar systems.
- (8) In order to further improve channel estimation accuracy, a correntropy induced metric (CIM)-penalized recursive least square (CIM-RLS) based sparse channel estimation algorithm has been proposed, where sparse constraint is performed by CIM function while error constraint term is computed by RLS. In particular, Gaussian kernel is adopted for computing the CIM, and its variable kernel width (VKW) is computed for adaptively exploiting the channel sparsity. Monte Carlo simulation results demonstrate the effectiveness of the proposed algorithm in different scenarios.
- (9) Also, various results have been obtained for some related fundamental topics, e.g., optimization techniques, state-space realization and order reduction of MIMO multidimensional systems, analysis and synthesis of systems consisting of a large number of spatially/wirelessly interconnected units or subsystems, etc.

参考文献

- [1] E. Fishler et. al., “MIMO radar: An idea whose time has come,” in *Proc. IEEE Radar Conf.*, Philadelphia, PA, Apr. 2004, pp. 71-78.
- [2] R. Baraniuk and P. Strohmer, “Compressed sensing radar,” in *Proc. IEEE ICASSP*, Las Vegas, NV, Mar./Apr. 2008, pp. 2617-2620.
- [3] G. Gui, et. al, Sub-Nyquist rate ADC sampling based compressive channel estimation, *Wireless Commun. Mobile Computing*, 2013.
- [4] G. Gui, et. al, High-resolution compressive channel estimation for broadband wireless communication systems, *Int. J. Commun. Systems*, 2012.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計34件（うち査読付論文 34件 / うち国際共著 28件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Liu Beiyi, Gui Guan, Matsushita Shin-ya, Xu Li	4. 巻 94
2. 論文標題 Adaptive filtering algorithm for direction-of-arrival (DOA) estimation with small snapshots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Digital Signal Processing	6. 最初と最後の頁 84 ~ 95
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.dsp.2019.07.014	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 該当する
1. 著者名 Zhao Dongdong, Yan Shi, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 134
2. 論文標題 Common eigenvector approach to exact order reduction for Roesser state-space models of multidimensional systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Systems & Control Letters	6. 最初と最後の頁 104559 ~ 104559
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2019.104559	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 該当する
1. 著者名 Wang Shuo, Liu Beiyi, Xu Li, Tamura Takehiro, Kyouno Nobuyuki, Liu Xiaofang, Zhang Han, Akiyama Yoshinobu, Chen Jie Yu	4. 巻 59
2. 論文標題 Application of compressed sensing for selecting relevant variables for a model to predict the quality of Japanese fermented soy sauce	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Innovative Food Science & Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 102241 ~ 102241
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102241	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 Feng Zhi-Yong, She Jinhua, Xu Li	4. 巻 50
2. 論文標題 A brief review and insights into matrix inequalities for H static-output-feedback control and a local optimal solution	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Systems Science	6. 最初と最後の頁 2292 ~ 2305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/00207721.2019.1654008	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 該当する

1. 著者名 Yan Shi, Xu Li, Zhang Yining, Cai Yunze, Zhao Dongdong	4. 巻 92
2. 論文標題 Order evaluation to new elementary operation approach for MIMO multidimensional systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Control	6. 最初と最後の頁 2349 ~ 2359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/00207179.2018.1436776	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 該当する

1. 著者名 Xue Xiaojuan, Xu Huiling, Xu Li	4. 巻 13
2. 論文標題 Distributed finite-time control for Markovian jump systems interconnected over undirected graphs with time-varying delay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IET Control Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 2969 ~ 2982
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1049/iet-cta.2018.5879	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 該当する

1. 著者名 Yan Shi, Zhao Dongdong, Wang Hai, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 357
2. 論文標題 A novel constructive procedure to low-order Fornasini-Marchesini model realization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Franklin Institute	6. 最初と最後の頁 1764 ~ 1789
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfranklin.2019.12.033	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 該当する

1. 著者名 D. Zhao, K. Galkowski, B. Sulikowski, Li Xu	4. 巻 30
2. 論文標題 3-D modelling of rectangular circuits as the particular class of spatially interconnected systems on the plane	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1583 ~ 1608
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 該当する

1. 著者名 Zhao Dongdong, Galkowski Krzysztof, Sulikowski Bartlomiej, Xu Li	4. 巻 14
2. 論文標題 Derivation and reduction of the singular Fornasini-Marchesini state-space model for a class of multidimensional systems	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IET Control Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 634 ~ 645
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1049/iet-cta.2019.0543	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 該当する

1. 著者名 Li Yunyi, Dai Fei, Cheng Xiefeng, Xu Li, Gui Guan	4. 巻 356
2. 論文標題 Multiple-prespecified-dictionary sparse representation for compressive sensing image reconstruction with nonconvex regularization	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Franklin Institute	6. 最初と最後の頁 2353 ~ 2371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2018.12.013	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 該当する

1. 著者名 Zhao Dongdong, Yan Shi, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 50
2. 論文標題 Common eigenvector approach to exact order reduction for multidimensional Fornasini-Marchesini state-space models	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Systems Science	6. 最初と最後の頁 60 ~ 74
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/00207721.2018.1543476	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 該当する

1. 著者名 Zhao Dongdong, Yan Shi, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 123
2. 論文標題 An approach to multidimensional Fornasini-Marchesini state-space model realization w.r.t. columns of transfer matrices	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Systems & Control Letters	6. 最初と最後の頁 116 ~ 123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2018.11.008	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 該当する

1. 著者名 Liu Beiyi, Zhao Yu, Zhu Xiaomei, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 7
2. 論文標題 Sparse Detection Algorithms based on Two-dimensional Compressive Sensing for Sub-Nyquist Pulse Doppler Radar Systems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 18649 ~ 18661
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2890579	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 該当する

1. 著者名 Xue Xiaojuan, Xu Huiling, Xu Li	4. 巻 50
2. 論文標題 Distributed output-feedback controllers design for Markovian jump systems interconnected over an undirected graph with time-varying delay	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Systems Science	6. 最初と最後の頁 563 ~ 584
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1080/00207721.2018.1563730	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 該当する

1. 著者名 Xue Xiaojuan, Xu Huiling, Xu Li	4. 巻 7
2. 論文標題 Delay-Dependent Stability and Performance Analysis for Time Delay Systems Interconnected over an Undirected Graph	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications.	6. 最初と最後の頁 141 ~ 145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) Doi: 10.18178/ijeetc.7.4.141-145	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 該当する

1. 著者名 Shin-ya Matsushita, Li Xu	4. 巻 19 (9)
2. 論文標題 On the Haugazeau-like projective method for the sum problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Nonlinear and Convex Analysis	6. 最初と最後の頁 1515 ~ 1523
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 Ye Chen, Gui Guan, Xu Li, Ohtsuki Tomoaki	4. 巻 6
2. 論文標題 Recovery of Block-Structured Sparse Signal Using Block-Sparse Adaptive Algorithms via Dynamic Grouping	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 56069 ~ 56083
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2872671	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 該当する

1. 著者名 Liu Beiyi, Gui Guan, Matsushita Shinya, Xu Li	4. 巻 6
2. 論文標題 Dimension-Reduced Direction-of-Arrival Estimation Based on $l_{2,1}$ -Norm Penalty	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 44433 ~ 44444
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2862435	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 該当する

1. 著者名 Zhao Dongdong, Yan Shi, Xu Li	4. 巻 29 (4)
2. 論文標題 Eigenvalue trim approach to exact order reduction for Roesser state-space model of multidimensional systems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1905 ~ 1934
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s11045-017-0536-2	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 該当する

1. 著者名 Feng Zhi-Yong, Xu Li	4. 巻 29 (4)
2. 論文標題 Optimization of coordinate transformation matrix for H static-output-feedback control of 2-D discrete systems in FM second model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1727 ~ 1737
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11045-017-0523-7	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 該当する

1. 著者名 Ye Chen, Gui Guan, Xu Li	4. 巻 37 (4)
2. 論文標題 Compressive Sensing Signal Reconstruction Using L0-Norm Normalized Least Mean Fourth Algorithms	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Circuits, Systems, and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1724 ~ 1752
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1007/s00034-017-0626-2	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 該当する

1. 著者名 Yang Jie, Zhao Ruijie, Song Rongfang, Xiong Jian, Liang Yan, Luo Wang, Xu Li, Gui Guan	4. 巻 31 (7)
2. 論文標題 Variable kernel based computing algorithms for estimating sparse multipath channels	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 International Journal of Communication Systems	6. 最初と最後の頁 e3393 ~ e3393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1002/dac.3393	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 該当する

1. 著者名 S. Yan, L. Sun, Li Xu, Y. Cai, Q. Zhao	4. 巻 29 (1)
2. 論文標題 State-Space Formulation of 2-D Frequency Transformation in Fornasini-Marchesini Second Model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 361 ~ 383
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1007/s11045-016-0469-1	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 該当する

1. 著者名 T. L. Nguyen, Li Xu, Z. Lin, D. B. H. Tay	4. 巻 28 (1)
2. 論文標題 On minimal realizations of first-degree 3D systems with separable denominators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 305 ~ 314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11045-016-0405-4	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 該当する

1. 著者名 B. Liu, G. Gui, S. Matsushita, Li Xu	4. 巻 21 (1)
2. 論文標題 Compressive Sensing based Adaptive Sparse Multipath Channel Estimation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 153 ~ 158
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2017.p0153	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 該当する

1. 著者名 C. Ye, G. Gu, S. Matsushita, Li Xu	4. 巻 20 (7)
2. 論文標題 Block Sparse Signal Reconstruction using Block-Sparse Adaptive Filtering Algorithms	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 1119 ~ 1126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2016.p1119	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 該当する

1. 著者名 X. Cong, G. Gui, Y. J. Luo, Li Xu, G. Wen, X. Huang, Q. Wan	4. 巻 29 (1)
2. 論文標題 A novel adaptive wide-angle SAR imaging algorithm based on Boltzmann machine model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 119 ~ 135
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11045-016-0459-3	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 該当する

1. 著者名 S. Matsushita, Li Xu	4. 巻 65 (11)
2. 論文標題 On the finite termination of the Douglas-Rachford method for the convex feasibility problem	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Optimization	6. 最初と最後の頁 2037 ~ 2047
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/02331934.2016.1209674	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 S. Yan, D. Zhao, Li Xu, Y. Cai, Q. Li	4. 巻 28 (4)
2. 論文標題 A Novel Elementary Operation Approach with Jordan Transformation to Order Reduction for Roesser State-Space Model	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Multidimensional Systems and Signal Processing	6. 最初と最後の頁 1267 ~ 1281
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11045-016-0418-z	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 該当する

1. 著者名 W. Ma, H. Qu, G. Gui, Li Xu, J. Zhao, and B. Chen	4. 巻 352 (7)
2. 論文標題 Maximum correntropy criterion based sparse adaptive filtering algorithms for robust channel estimation under non-Gaussian environments	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 The Journal of the Franklin Institute	6. 最初と最後の頁 2708 ~ 2727
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfranklin.2015.03.039	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 該当する

1. 著者名 G. Gui, Li Xu, S. Matsushita	4. 巻 352 (10)
2. 論文標題 Improved adaptive sparse channel estimation using mixed square/fourth error criterion	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of the Franklin Institute	6. 最初と最後の頁 4579 ~ 4594
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfranklin.2015.07.006	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 G. Gui, N. Liu, Li Xu, F. Adachi	4. 巻 9 (17)
2. 論文標題 Low-complexity large-scale multiple-input multiple-output channel estimation using affine combination of sparse least mean square filters	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 IET Communications	6. 最初と最後の頁 2168 ~ 2175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/iet-com.2014.0979	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 S. Matsushita, Li Xu	4. 巻 16 (11)
2. 論文標題 On projection reflection method in Hilbert spaces	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Journal of Nonlinear and Convex Analysis	6. 最初と最後の頁 2221 ~ 2226
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 G. Gui, T. Zhang, J. Dan, Li Xu	4. 巻 30 (6)
2. 論文標題 Stable adaptive channel estimation method under impulsive noise environments	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Communication Systems	6. 最初と最後の頁 e3104 ~ e3104
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/dac.3104	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 該当する

[学会発表] 計35件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 35件)

1. 発表者名 D. Zhao, S. Yan, S. Matsushita, Li Xu
2. 発表標題 Exact Order Reduction for the Fornasini-Marchesini State- Space Model Based on Common Invariant Subspace
3. 学会等名 The IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 B. Liu, G. Gui, S. Matsushita, Li Xu
2. 発表標題 Anti-jamming DOA Estimation Based on Compressive Sensing via Blocking Matrix
3. 学会等名 The 23rd International Conference on Digital Signal Processing (DSP 2018), Shanghai, China (国際学会)
4. 発表年 2018年

1 . 发表者名 D. Zhao, S. Yan, S. Matsushita, Li Xu
2 . 发表标题 A New Order Reduction Approach for Roesser State-Space Model Based on Multiple Eigenvalues
3 . 学会等名 The 23rd International Conference on Digital Signal Processing (DSP 2018), Shanghai, China (国际学会)
4 . 发表年 2018年

1 . 发表者名 H. Fan, W. Guan, Xu Li, Y. Wang
2 . 发表标题 A nonlocal patch-based video compressive sensing recovery algorithm
3 . 学会等名 The 37th Chinese Control Conference (CCC2018), Wuhan, China (国际学会)
4 . 发表年 2018年

1 . 发表者名 D. Zhao, S. Yan, S. Matsushita, Li Xu
2 . 发表标题 Exact Order Reduction for Fornasini-Marchesini State-Space Models Based on real eigenvalue
3 . 学会等名 The 30th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2018), Shenyang, China (国际学会)
4 . 发表年 2018年

1 . 发表者名 Y. Zhang, C. Gang, D. Zhao, Li Xu, S. Yan
2 . 发表标题 A new elementary operation approach for the realization of 2-D singular system
3 . 学会等名 The 30th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2018), Shenyang, China (国际学会)
4 . 发表年 2018年

1. 発表者名 X. Xue, H. Xu, Li Xu
2. 発表標題 Stochastic stability and performance analysis for Markovian jump systems interconnected over an undirected graph
3. 学会等名 The 3rd International Conference on Control and Robotics Engineering ((ICCRE2018), Nagoya, Japan (国際学会))
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 X. Xue, H. Xu, Li Xu
2. 発表標題 Delay-dependent Stability and Performance Analysis for Time Delay Systems Interconnected Over an Undirected Graph
3. 学会等名 Proc. of the 2nd International Conference on Digital Signal Processing (ICDSP2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 D. Zhao, S. Yan, S. Matsushita, Li Xu
2. 発表標題 Order Reduction for Roesser State-space Model Based on a Certain System of Equations
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Multidimensional Systems (nDS) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 B. Liu, G. Gui, S. Matsushita and Li Xu
2. 発表標題 Two-dimensional zero-attraction projection algorithm for single snapshot DOA estimation
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Multidimensional Systems (nDS) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1 . 发表者名 Z. Feng, H. Guo, Z. Liu, Li Xu, J. She
2 . 发表标题 Hybridization of Harmony Search with Nelder-Mead Algorithm for Combined Heat and Power Economic Dispatch Problem
3 . 学会等名 Proc. of the 36th Chinese Control Conference (CCC2017) (国际学会)
4 . 发表年 2017年

1 . 发表者名 Nhu Y Le, Z. Lin, D. Tay, Li Xu, J. Cao
2 . 发表标题 Design of orthogonal filterbanks with rational coefficients using Grobner bases
3 . 学会等名 Proc. of the 2017 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 1-4. Baltimore, MD, USA (国际学会)
4 . 发表年 2017年

1 . 发表者名 K. Guan, H. Fan, Li Xu, Y. Wang
2 . 发表标题 An Adaptive Gradient Greedy Algorithm for Compressed Sensing
3 . 学会等名 Proc. of 2017 IEEE 6th Data Driven Control and Learning Systems Conference (DDCLS'17), pp. 762-765, Chongqing, China (国际学会)
4 . 发表年 2017年

1 . 发表者名 D. Zhao, S. Yan, S. Matsushita, Li Xu
2 . 发表标题 A New Order Reduction Approach for Multidimensional Roesser Model Based on Real Eigenvalues
3 . 学会等名 Proc. of the 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2017), pp. 2903-2907, Chongqing, China (国际学会)
4 . 发表年 2017年

1 . 発表者名 X. Du, S. Yan, G. Cheng, D. Zhao, Li Xu
2 . 発表標題 Order Reduction for Roesser State-Space Model Based on Real Jordan Transformation
3 . 学会等名 Proc. of the 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2017), pp. 4665-4670, Chongqing, China (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 B. Liu, G. Gui, S. Matsushita and Li Xu
2 . 発表標題 Sparse target detection of pulse Doppler radar based on two dimensional iterative hard thresholding algorithm
3 . 学会等名 Proc. of the 29th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2017), pp. 4930-4934, Chongqing, China (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1 . 発表者名 C. Ye, G. Gui, S. Matsushita, Li Xu
2 . 発表標題 Block sparse signal reconstruction using block-sparse adaptive filtering algorithms
3 . 学会等名 The 11th Japan-China International Workshop on Information Technology and Control Applications (ITCA) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 B. Liu, G. Gui, S. Matsushita, Li Xu
2 . 発表標題 Compressive Sensing based Adaptive Sparse Multipath Channel Estimation
3 . 学会等名 The 11th Japan-China International Workshop on Information Technology and Control Applications (ITCA) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 发表者名 S. Matsushita, Li Xu
2 . 发表标题 On the Haugazeau-like projective method for the sum problem
3 . 学会等名 The fifth Asian conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO-Asia 2016) (国际学会)
4 . 发表年 2016年

1 . 发表者名 B. Liu, G. Gui, Y. Zhu, Li Xu
2 . 发表标题 Frequency-domain adaptive sparse signal reconstruction at sub-Nyquist rate
3 . 学会等名 IEEE/CIC International Conference on Communications in China (国际学会)
4 . 发表年 2016年

1 . 发表者名 G. Cheng, C. Lv, S. Yan, Li Xu
2 . 发表标题 A Novel Hybrid Optimization Algorithm Combined with BBO and PSO
3 . 学会等名 The 28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2016) (国际学会)
4 . 发表年 2016年

1 . 发表者名 H. Fan, X. Zhao, Y. Wang, Li Xu
2 . 发表标题 Adaptive Failure Compensation Control fo rLEOD rag-free satellite with Actuator Failures and Disturbances
3 . 学会等名 The 28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2016) (国际学会)
4 . 发表年 2016年

1 . 発表者名 C. Ye, G. Gui, S. Matsushita, Li Xu
2 . 発表標題 Robust Stochastic Gradient-based Adaptive Filtering Algorithms to Realize Compressive Sensing against Impulsive Interferences
3 . 学会等名 The 28th Chinese Control and Decision Conference (CCDC2016) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 G. Gui, L. Dai, B. Zheng, Li Xu, F. Adachi
2 . 発表標題 Correntropy Induced Metric Penalized Sparse RLS Algorithm to Improve Adaptive System Identification
3 . 学会等名 2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC Spring) (国際学会)
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 S. Yan, L. Sun, Li Xu
2 . 発表標題 2-D Zero-Phase IIR Notch Filters Design Based on State-Space Representation of 2-D Frequency Transformation
3 . 学会等名 The 2015 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 Z. Feng, Li Xu, Z. Liu, D. Li
2 . 発表標題 A Hybrid Optimization Approach for Discrete-Time H Static-Output-Feedback Control Problem
3 . 学会等名 The 34th Chinese Control Conference (CCC2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 D. Zhao, Q. Li, S. Yan, Li Xu
2 . 発表標題 A New Order Reduction Approach Based on Elementary Operation for Roesser State-Space Model
3 . 学会等名 The 34th Chinese Control Conference (CCC2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 C. Ye, G. Gui, Li Xu, N. Shimoi
2 . 発表標題 Improved Adaptive Sparse Channel Estimation Using Re-Weighted L1-norm Normalized Least Mean Fourth Algorithm
3 . 学会等名 SICE Annual Conference 2015 (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 B. Liu, G. Gui, Li Xu, N. Shimoi
2 . 発表標題 Iteration-Promoting Variable Step Size Least Mean Square Algorithm for Accelerating Adaptive Channel Estimation
3 . 学会等名 SICE Annual Conference 2015 (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 G. Gui, Li Xu, W. Ma, B. Chen
2 . 発表標題 Robust adaptive sparse channel estimation in the presence of impulsive noises
3 . 学会等名 The IEEE International Conference on Digital Signal Processing (DSP) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 B. Liu, G. Gui, Li Xu
2 . 発表標題 Iterative-Promoting Variable Step-Size LMS Algorithm based Adaptive Sparse Channel Estimation
3 . 学会等名 The 21st Asia Pacific Conference on Communications (APCC2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 G. Gui, Li Xu, N. Shimoi
2 . 発表標題 Stable Sparse Channel Estimation Algorithm under Non-Gaussian Noise Environments
3 . 学会等名 The 21st Asia Pacific Conference on Communications (APCC2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 G. Gui, Li Xu, B. Zheng
2 . 発表標題 Correntropy induced metric penalized NLMF algorithm to improve sparse system identification
3 . 学会等名 The 4th IEEE/CIC International Conference on Communications in China (ICCC2015) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1 . 発表者名 G. Gui, B. Liu, Li Xu, W. Ma
2 . 発表標題 Fast NLMF-Type algorithms for adaptive sparse system identifications
3 . 学会等名 2015 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA) (国際学会)
4 . 発表年 2015年

1. 発表者名 G. Gui, L. Dai, B. Zheng, Li Xu, F. Adachi
2. 発表標題 Correntropy Induced Metric Penalized Sparse RLS Algorithm to Improve Adaptive System Identification
3. 学会等名 The 2016 IEEE 83rd Vehicular Technology Conference (VTC2016-Spring) (国際学会)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>研究業績 http://www.akita-pu.ac.jp/system/elect/sce/xuli/publist.html</p>
--

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	桂 冠 (Gui Guan) (80734904)	秋田県立大学・システム科学技術学部・特任助教 (21401)	
研究分担者	松下 慎也 (Matsushita Shin-ya) (20435449)	秋田県立大学・システム科学技術学部・准教授 (21401)	
研究協力者	劉 貝易 (Liu Beiyi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	趙 東東 (Zhao Dongdong)		