

令和 4 年 5 月 30 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04452

研究課題名（和文）経済性指向の再生可能エネルギー発電システム構築：発電と蓄電の統合化制御技術

研究課題名（英文）Economy-Oriented Construction of Renewable Energy Generation System: Integrated Control Technology of Generation and Energy Storage

研究代表者

劉 康志 (Liu, Kang-Zhi)

千葉大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：70240413

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：以下の研究成果が得られた。

1. 蓄電設備による風力出力の平滑化：風力発電の出力平滑化に必要な蓄電設備の制御構造を解明し設備容量の最小化を図った。さらに、重要な仕様を最適化できる適応ゲインの設計法も考案した。2. 発電機制御による蓄電設備の低減：風車の回転エネルギーを活用して風力出力を平滑しながら、風車停止の防止方策も取ることで平滑に必要な蓄電設備の容量を低減した。3. 事故時運転継続能力の向上：風力発電機の保護装置Crowbarに対して作動後早期に解除できる最適なタイミングを見出した。4. スマートグリッドの潮流計算法：スマートグリッドに対する高効率のハイブリッド型の潮流計算アルゴリズムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

再生可能エネルギー発電を一層普及させ、エネルギー供給の基盤に育て上げるには、コストの大幅な削減が求められる。このためには、発電と蓄電の技術だけでなく、両者を有機的に制御することが必要である。

本研究で開発された統合化制御技術は、風力発電機と蓄電設備の運用を協調させ一体化することにより、従来法より大幅に蓄電設備の容量を抑えることに成功した。そして、関連技術として電力系統事故時の発電機の保護と電力系統の安定度保証の両立、発電計画を立てるための基盤技術である潮流計算、ならびに分散型負荷周波数制御方法についても成果を上げられた。以上の研究成果は、再生可能エネルギー発電に大きく貢献するものである。

研究成果の概要（英文）：The following results are obtained in this project.

1) Wind power smoothing with energy storage system (ESS): The control configuration of ESS necessary for the smoothing of wind power is exposed, and the capacity of ESS is minimized based on it. Further, adaptive gain is used to optimize major specifications. 2) Reduction of ESS by the control of wind generator: A method is developed which utilizes a part of kinetic energy of the wind turbine to smooth wind power so as to reduce the capacity of ESS. 3) Enhancement of fault-ride-through capability: Crowbar is used to protect the wind generator during grid faults. This method provides an way of computing the optimal release timing of crowbar after its activation while preventing over-current from occurring. 4) Power flow computation method for smart grid: A highly efficient hybrid method is proposed for the computation of power flow in smart grid, which contains numerous sparse, intermittent renewable power sources.

研究分野：制御工学、電力工学

キーワード：風力発電 蓄電設備 出力平滑化 事故時継続運転 潮流計算

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

地球温暖化を止める切り札として、再生可能エネルギー発電に世界中から大いなる期待がかかっている。しかし、ただ飯がないように再生可能エネルギー発電はただ発電設備を建てれば済む話ではなく、解決すべき課題は山積している。風速・日射量はしばしば急激に、しかも大幅に変動する特性を持ち、これに応じて発電出力も急激に変動する。一方、電力系統の安定運用を保つためには、電力の供給と需要は常にバランスを取らなければならない。そのために、急変する電力をそのまま電力系統に送ることができず、蓄電システムなどを用いて「技術要件」を満たすように十分に滑らかにしなければならない。しかし、蓄電システムにかかる投資・運用コストが再生可能エネルギー発電システム全体に占めるウェイトは年々増大し、そのコスト削減は喫緊の課題となっている。

コスト削減のキーとなる課題は如何に小さい容量の蓄電設備を使って再生可能エネルギー発電の出力を平滑化するかである。現状では、蓄電システムの制御と運用において、蓄電システム単体で電力出力の平滑化を行う思想から脱却できておらず、風力・太陽光発電の出力特性および発電機、電力系統の性質を考慮せずに補償しなくてもよい出力変動まで平滑化するために蓄電システムの大型化と高コストを招いている。

このために、蓄電だけでなく、再生可能エネルギー発電も含めてシステム全体を俯瞰的に捉え、これらを統合し運用する必要がある。発電と蓄電の統合制御を如何に行うか、発電システムの収益を如何に最大化するかは基本的な問いになる。

### 2. 研究の目的

本研究は、再生可能エネルギー発電に欠かせない蓄電システムに対して、より少ない蓄電設備で電力出力を平滑化できる統合化制御システム技術の開発を目指すものである。蓄電システムのコストを決定づける要因として発電所の定格容量・定格出力や電池単価のほか、電池の蓄電放電を管理する制御システムも支配的な役割を果たしている。

本研究は、電池能力の最大利用法と蓄電システムの最適構成法を開発し、さらに発電設備との協調制御を含めた統合化制御システムを構築することによって、現行より蓄電システムのコストを大幅に引き下げることを目標とする。同時に、電力系統の事故にロバストな発電機保護技術、ならびに上位の電力系統における発電計画に必要な、高効率でスマートグリッドに対応できる潮流計算技術についても研究を進める。これらにより、再生可能エネルギー発電のさらなる普及に大きく貢献していく。

### 3. 研究の方法

まず、蓄電システムの能力を最大限に発揮できるように、風力発電出力の変化特性（すなわち、その周波数特性）を調べ、これに対応できる蓄電システム制御器の構造とパラメータ決定法を解明する。次に、風車が運動エネルギーを貯められることに着目し、風速が急上昇時にエネルギーを貯め、風速が急降下時に放出し発電することで、電力出力の急変を抑えられる技術を開発する。そのためには、風力発電機と蓄電システムの協調制御が必要となる。さらに、蓄電システム総容量の削減に伴い、電力系統事故時に風力発電機の保護および電力系統全体の安

定度保証も重要度が増す。そのために、保護装置としての Crowbar の制御方法、スマートグリッドに向けた潮流計算法や負荷周波数制御についても研究を進める。

#### 4. 研究成果

本プロジェクトの研究によって、以下の成果が得られた。

- ① 蓄電設備による風力発電出力の高効率な平滑化技術  
ウィンドファームに併設する蓄電システムに対して高効率、低コストで簡便な制御法を確立した。具体的には、風力発電出力の特性に基づいてその平滑化に必要な制御器の構造は二つの微分器を有する高域通過フィルターであることを明らかにした上、電力系統の技術要件を満たす範囲で蓄電設備容量の最小化を図った（業績2）。従来法より大幅に蓄電設備容量を抑えることに成功した。さらに、出力平滑化、蓄電設備の出力電力及び残存エネルギーに関する評価関数を最小化するように制御器のゲインをオンラインで逐次更新するアルゴリズムを開発した。その結果、蓄電設備の寿命を大幅に伸ばすことができるようになり、全体として発電コストを抑えることに成功した（業績1）。
- ② 風力発電機制御による蓄電設備容量の削減  
風速は長期的には穏やかに変化するが、短期的にはときどき急速に、かつ、大幅に変化する特性を持つ。これに伴い急変する風力発電の出力変動をすべて蓄電設備で吸収しようとすると、莫大な容量の蓄電設備が必要になる。これを防止できる方法として、風車の回転エネルギーを活用して急変する風のエネルギーを吸収したり補ったりして風力発電の出力を平滑しながら、風車停止の防止方策も取ることで出力平滑に必要な蓄電設備の容量を削減できた（業績3）。
- ③ 事故時運転継続能力の向上  
電力系統の事故に引き起こされる過電流・過電圧によって電力変換設備に損傷を与えることを避けるために、風力発電機に Crowbar などの保護装置が設置されている。一方、系統要件を満たすためになるべく保護装置の早期な解除が求められる。しかし、適切なタイミングで解除しないと、再び過電流に陥り電力変換設備を壊す恐れがある。そこで、業績4では Crowbar に対してその動作時の磁束、電流を詳細に解析することによって、その作動後早期に解除できる最適なタイミングを見出した。
- ④ スマートグリッドに対する潮流計算法  
再生可能エネルギー発電が大量導入された電力系統において、電力系統全体の需給バランスを図るためには火力発電機発電計画による調整が必要不可欠となるが、そのベースとなる潮流計算は、分散され、かつ、間欠性の強い再生可能エネルギー発電によって格段に複雑になり、より計算効率の高いアルゴリズムが必要となる。この要請に対して、業績5は従来法に比べて計算時間を30%以上短縮できる、ハイブリッド型の潮流計算アルゴリズムを開発した。
- ⑤ スマートグリッドにおける火力発電機の分散型負荷周波数制御法  
電力の需給バランスを維持するには、中央指令室の火力発電計画による長周期変動対策のほか、発電機レベルでの負荷周波数制御も重要である。火力発電機は連系して運転されているため、グリッドの構造とほかの発電機の影響を考えた制御がより効率的になる。しかし従来の分散型制御では、ほかの発電機との連系情報を効率的に生かすことはできなかった。これに対して、業績6はこの連系情報を十分に生かせる分散型周波数制御法を開発し、より効率的に電力系統の安定性を高めることに成功した。

以上の研究成果により、当初の目的が達成され、再生可能エネルギー発電のさらなる発展に対して経済性に優れた技術を提供できたと言える。

#### 主な発表論文

(IFはインパクトファクターを表す)

1. K. Koiwa, T. Ishii, **K.Z. Liu**, T. Zanma, J. Tamura: One-Sample Optimal Output Smoothing Method for Wind Farm with Energy Storage System, IET Renewable Power Generation, Vol.15, No. 3, pp. 653-663 (2021.02, IF 3.894)
2. K. Koiwa, T. Ishii, **K.Z. Liu**, T. Zanma, J. Tamura: On the Reduction of the Rated Power of Energy Storage System in Wind Farms, IEEE Trans. on Power Systems, vol. 35-4, pp. 2586-2596, DOI:10.1109/TPWRS.2019.2960463 (2020.07, IF 6.807)
3. K. Koiwa, T. Tawara, M. Watanabe, **K.Z. Liu**, T. Zanma, J. Tamura: Novel Cost Reduction Method for Wind Farms Associated with Energy Storage Systems by Optimal Kinetic Energy Control, Applied Sciences, Energy, MDPI, vol. 10, p. 7223, doi:10.3390/app10207223 (2020.10, IF 2.474)

4. 大西 弘詞 劉 康志 小岩 健太 残間 忠直：非対称事故時の二重給電誘導発電機の最適な Crowbar 解除タイミング、SICE MSCS2021 (2021.03)。
5. Y. Wei, Q. Li, K.Z. Liu, P. Wang, Z. Zeng, X. Wang: A Hybrid Algorithm for the Load Flow Analysis of VSC-HVDC Systems Based on  $1+\sqrt{2}$  Order NR and Simplified Newton, International Journal of Electrical Power and Energy Systems, vol. 118, p. 105828, doi:10.1016/j.ijepes.2020.105828 (2020, IF 4.418)
6. W. Wang, K.Z. Liu: Nonlinear Decentralized Load Frequency Control of Multi-Machine Power Systems with Exponential Stability and Low  $L_2$  Gain against Load Disturbance, Asian Journal of Control, DOI: 10.1002/asjc.2347 (2020.03, IF 2.005)
7. M. Ding, H. Zhou, H. Xie, M. Wu, K.Z. Liu, Y. Nakanishi and R. Yokoyama: A time series model based on hybrid-kernel least-squares support vector machine for short-term wind power forecasting, ISA Trans., Vol. 108, pp. 58-68, DOI:10.1016/j.isatra.2020.09.002 (2021.02, IF 4.305)

その他の論文

8. K. Koiwa, L. Cui, T. Zanma, K.Z. Liu, J. Tamura: A Coordinated Control Method for Integrated System of Wind Farm and Hydrogen Production: Kinetic Energy and Virtual Discharge Controls, IEEE Access (2022.03, IF 3.367)
9. K. Koiwa, K. Inoo, T. Zanma, K.Z. Liu: Virtual Voltage Control of VSG for Over-Current Suppression Under Symmetrical and Asymmetrical Voltage Dips, IEEE Trans. on Industrial Electronics, DOI:10.1109/TIE.2021.3125654(2021.10, IF 8.236)
10. J. Akiba, K.Z. Liu, L. Qiu, P. Yu, K. Koiwa, T. Zanma: A Less Conservative Robust Control Method for A Class of Non-Passive Uncertain Systems, International Journal of Robust and Nonlinear Control, DOI: 10.1002/rnc.5846 (2021.10, IF 4.406)
11. Y. Ren, Q. Li, K.Z. Liu, D.W. Ding: A successive convex optimization method for bilinear matrix inequality problems and its application to static output-feedback control, International Journal of Robust and Nonlinear Control, DOI: 10.1002/rnc.5796 (2021.09, IF 4.406)
12. P. Yu, K.Z. Liu, X. Li, M. Yokoyama: Robust Control of Pantograph-Catenary System: Comparison of 1-DOF-based and 2-DOF-based Control Systems, IET Control Theory & Applications, doi.org/10.1049/cth2.12190(2021.11, IF 3.527)
13. S. Shimonomura, J. Fang, K.Z. Liu, T. Yamaguchi, T. Akiyama and K. Sugiura: A Phase-Shaping Approach to The Control of Parametric Systems and Its Application, IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, vol.26-4, pp.2163-2173, 2021.08, DOI:10.1109/TMECH.2020.3033022 (online publication 2020.10, IF 5.673)
14. K. Koiwa, T. kuribayashi, T. Zanma, K.Z. Liu, K. Natori, Y. Sato: Stability and Robust Performance Analysis of Grid-Connected Inverter with High-Order Filter: Resonances Beyond the Nyquist Frequency, IET Control Theory & Applications, vol.15-14, pp.1818-1831, 2021.08, DOI:10.1049/cth2.12162 (2021.06, IF 3.527)
15. Q. Liu, X. Huo, K.Z. Liu, H. Zhao: Accurate Cycle Aligned Repetitive Control for The Rejection of Spatially Cyclic Disturbances, IEEE Trans. on Industrial Electronics, DOI:10.1109/TIE.2021.3086705 (2021.05, IF 8.236)
16. P. Yu, K.Z. Liu, X. Liu, X. Li, M. Wu, J. She: Analysis of EID-Based Control Systems and A Coordinated Design Algorithm for Uncertain Systems, Intern. Journal of Robust and Nonlinear Control, Vol. 31, No. 5, pp. 1755-1773, DOI:10.1002/rnc.5375 (2021.03, IF 4.406)
17. K.Z. Liu, J. Akiba, T. Ishii, X. Huo, Y. Yao, K. Koiwa, T. Zanma: Improved Robust Performance Design for Passive Uncertain Systems -Active Use of the Uncertainty Phase and Gain-, IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 67-12, pp.10755-10765, DOI:10.1109/TIE.2019.2960750 (2020.12, IF 8.236)
18. K. Koiwa, K.Z. Liu, T. Zanma, Yinqxiao Li, Junji Tamura: Full Converter Control for Variable Speed Wind Turbines without Integral Controller or PLL, IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 67-11, pp. 9418-9428, DOI:10.1109/TIE.2019.2955406 (2020.11, IF 8.236)
19. P. Yu, K.Z. Liu, M. Wu and J. She: Improved Equivalent-Input-Disturbance Approach Based on  $H_\infty$  Control, IEEE Trans. on Industrial Electronics, vol. 67-17, pp.8670-8679, DOI: 10.1109/TIE.2019.2946555 (2020.10, IF 8.236)
20. X. Huo, M. Wang, K.Z. Liu and X. Tong: Attenuation of position-dependent periodic disturbance for rotary machines by improved spatial repetitive control with frequency alignment, IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, vol. 25-1, pp.339-348, DOI:10.1109/TMECH.2019.2946675 (2020.02, IF 5.673)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計47件（うち査読付論文 45件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 14件）

1. 著者名 Liu Fang, Li Haotian, Liu Ling, Zou Runmin, Liu Kangzhi	4. 巻 9
2. 論文標題 A Control Method for IPMSM Based on Active Disturbance Rejection Control and Model Predictive Control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematics	6. 最初と最後の頁 760 ~ 760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/math9070760	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 Kawamura Naoki, Zanma Tadanao, Nomura Yuta, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi, Hasegawa Masaru	4. 巻 15-8
2. 論文標題 Improved adaptive parameters estimation considering transient state estimation error in sensorless control system of IPMSM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Electric Power Applications	6. 最初と最後の頁 1111-1123
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/elp2.12075	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 Koiwa Kenta, Cui Linman, Zanma Tadanao, Liu Kang-Zhi, Tamura Junji	4. 巻 10
2. 論文標題 A Coordinated Control Method for Integrated System of Wind Farm and Hydrogen Production: Kinetic Energy and Virtual Discharge Controls	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 28283 ~ 28294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3158567	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 Koiwa Kenta, Cui Linman, Zanma Tadanao, Liu Kang-Zhi, Tamura Junji	4. 巻 10
2. 論文標題 A Coordinated Control Method for Integrated System of Wind Farm and Hydrogen Production: Kinetic Energy and Virtual Discharge Controls	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 28283 ~ 28294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2022.3158567	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 Wan Jianguo, Liu Fang, Liu Kang-Zhi, Li Yong	4. 巻 -
2. 論文標題 An Efficient Soft-switching Buck Converter with Parasitic Resonance Suppression in Auxiliary Circuit	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2022.3156170	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 Koiwa Kenta, Inoo Koyo, Zanma Tadanoo, Liu Kang-Zhi	4. 巻 -
2. 論文標題 Virtual Voltage Control of VSG for Over-Current Suppression Under Symmetrical and Asymmetrical Voltage Dips	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2021.3125654	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 Zanma Tadanoo, Yamamoto Naohiro, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi	4. 巻 -
2. 論文標題 Optimal control input for discrete time networked control systems with data dropout	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/cps2.12028	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 Zanma Tadanoo, Kuribayashi Toru, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi	4. 巻 -
2. 論文標題 Codesign of communication scheduling and controller of networked control systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/cps2.12026	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 Gan Chao, Cao Wei-Hua, Liu Kang-Zhi, Wu Min	4. 巻 109
2. 論文標題 A novel dynamic model for the online prediction of rate of penetration and its industrial application to a drilling process	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Process Control	6. 最初と最後の頁 83 ~ 92
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jprocont.2021.12.002	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 Wu L., Xiong Y., Liu K.Z., She J.	4. 巻 25
2. 論文標題 Stable Strategy Formation for Mobile Users in Crowdsensing Using Co-Evolutionary Model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics	6. 最初と最後の頁 1000 ~ 1010
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jaciii.2021.p1000	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 Zanma Tadao, Haga Shunta, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi	4. 巻 3
2. 論文標題 Predictive based optimal automatic formation control of mobile vehicles	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Cyber-Systems and Robotics	6. 最初と最後の頁 331 ~ 342
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/csy2.12034	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 Zanma Tadao, Hashimoto Daiki, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi	4. 巻 -
2. 論文標題 Estimation of network traffic status and switching control of networked control systems with data dropout	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Cyber-Physical Systems: Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/cps2.12024	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 Akiba Junpei, Liu Kang Zhi, Qiu Li, Yu Pan, Koiwa Kenta, Zanma Tadanao	4. 巻 32
2. 論文標題 A less conservative robust control method for a class of nonpassive uncertain systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Robust and Nonlinear Control	6. 最初と最後の頁 682 ~ 697
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rnc.5846	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 Ren Yingying, Li Qing, Liu Kang Zhi, Ding Da Wei	4. 巻 31
2. 論文標題 A successive convex optimization method for bilinear matrix inequality problems and its application to static output feedback control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Robust and Nonlinear Control	6. 最初と最後の頁 9709 ~ 9730
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rnc.5796	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 Yu Pan, Liu Kang Zhi, Li Xiaoli, Yokoyama Makoto	4. 巻 15
2. 論文標題 Robust control of pantograph catenary system: Comparison of 1 DOF based and 2 DOF based control systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Control Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 2258 ~ 2270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/cth2.12190	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 Koiwa Kenta, Kuribayashi Toru, Zanma Tadanao, Liu Kang Zhi, Natori Kenji, Sato Yukihiro	4. 巻 15
2. 論文標題 Stability and robust performance analysis of grid connected inverter with high order filter: Resonances beyond the Nyquist frequency	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Control Theory & Applications	6. 最初と最後の頁 1818 ~ 1831
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/cth2.12162	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 Liu Qingquan, Huo Xin, Liu Kang-Zhi, Zhao Hui	4. 巻 69
2. 論文標題 Accurate Cycle Aligned Repetitive Control for the Rejection of Spatially Cyclic Disturbances	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 6173 ~ 6181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2021.3086705	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 Kawamura Naoki, Zanma Tadanao, Nomura Yuta, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi, Hasegawa Masaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved adaptive parameters estimation considering transient state estimation error in sensorless control system of IPMSM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Electric Power Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/elp2.12075	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 F. Liu, H. Li, L. Liu, R. Zou, K.Z. Liu	4. 巻 -
2. 論文標題 IPMSM Controller Design for Electrical Vehicles based on ADRC and improved FCSMPC	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Mathematics, MDPI	6. 最初と最後の頁 -
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 該当する

1. 著者名 N. Kawamura, T. Zanma, Y. Nomura, K. Koiwa, K.Z. Liu, M. Hasegawa	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved adaptive parameters estimation considering transient-state estimation error in sensorless control system of IPMSM	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Electric Power Applications	6. 最初と最後の頁 -
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 Kawamura Naoki, Zanma Tadao, Koiwa Kenta, Liu Kang-Zhi, Hasegawa Masaru	4. 巻 -
2. 論文標題 Simultaneous Estimation of Rotor Speed and Stator Resistance in Speed-Sensorless Vector Control of IMs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejia.20011814	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 Liu Fang, Lin Sisi, Chen Chonggang, Liu Kangzhi, Zou Runmin, Sidorov Denis	4. 巻 11
2. 論文標題 Identification of Mode Shapes Based on Ambient Signals and the IA-VMD Method	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 530 ~ 530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11020530	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 Yu Pan, Liu Kang Zhi, Liu Xudong, Li Xiaoli, Wu Min, She Jinhua	4. 巻 31
2. 論文標題 Analysis of equivalent input disturbance based control systems and a coordinated design algorithm for uncertain systems	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Robust and Nonlinear Control	6. 最初と最後の頁 1755 ~ 1773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/rnc.5375	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 Shimonomura Sho, Fang Jiayi, Liu Kang-Zhi, Yamaguchi Takashi, Akiyama Takao, Sugiura Katsumi	4. 巻 -
2. 論文標題 A Phase-Shaping Approach to The Control of Parametric Systems and Its Application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2020.3033022	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 Koiwa Kenta, Tawara Takuro, Watanabe Mizuki, Liu Kang-Zhi, Zanma Tadanao, Tamura Junji	4. 巻 10
2. 論文標題 Novel Cost Reduction Method for Wind Farms Associated with Energy Storage Systems by Optimal Kinetic Energy Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7223 ~ 7223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10207223	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 Ding Min, Zhou Hao, Xie Hua, Wu Min, Liu Kang-Zhi, Nakanishi Yosuke, Yokoyama Ryuichi	4. 巻 108
2. 論文標題 A time series model based on hybrid-kernel least-squares support vector machine for short-term wind power forecasting	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 ISA Transactions	6. 最初と最後の頁 58 ~ 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.isatra.2020.09.002	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 K. Koiwa, T. Ishii, K.Z. Liu, T. Zanma, J. Tamura	4. 巻 15-3
2. 論文標題 One-Sample Optimal Output Smoothing Method for Wind Farm with Energy Storage System	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IET Renewable Power Generation	6. 最初と最後の頁 653-663
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 Kawamura Naoki, Zanma Tadanao, Liu Kang-Zhi, Inoue Syota, Osawa Susumu, Kikuchi Atsushi, Yamasaki Reiji, Ishida Muneaki	4. 巻 140
2. 論文標題 Analysis of Current Phase Lead Characteristics Using Transfer Function for Stepper Motors in Middle-Speed Operation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 983 ~ 984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.140.983	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 Koiwa Kenta, Inoo Koyo, Liu Kang Zhi, Zanma Tadanao	4. 巻 15
2. 論文標題 Current analysis of grid connected Inverter with VSG controller under voltage dip and recovery	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering	6. 最初と最後の頁 1699 ~ 1701
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23242	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 Kawamura Naoki, Zanma Tadanao, Liu Kang-Zhi, Inoue Syota, Osawa Susumu, Kikuchi Atsushi, Yamasaki Reiji, Ishida Muneaki	4. 巻 140
2. 論文標題 Analysis of Current Phase Lead Characteristics Using Transfer Function for Stepper Motors in Middle-Speed Operation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 983 ~ 984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.140.983	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 Wang Wei, Liu Kang Zhi	4. 巻 -
2. 論文標題 Nonlinear decentralized load frequency control of multi machine power systems with exponential stability and low L <sub>2</sub> gain against load disturbance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Control	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asjc.2347	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 Zanma Tadanao, Tozawa Satoshi, Takagi Yu, Koiwa Kenta, Liu Kang Zhi	4. 巻 13
2. 論文標題 Optimal voltage vector in current control of PMSM considering torque ripple and reduction of the number of switching operations	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IET Power Electronics	6. 最初と最後の頁 1200 ~ 1206
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1049/iet-pel.2019.0701	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 Wei Yanfang, Li Qiankun, Liu Kang-Zhi, Wang Peng, Zeng Zhihui, Wang Xiaowei	4. 巻 118
2. 論文標題 A hybrid algorithm for the load flow analysis of VSC-HVDC systems based on 1+2 order Newton-Raphson and simplified Newton	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Electrical Power & Energy Systems	6. 最初と最後の頁 105828 ~ 105828
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijepes.2020.105828	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 Koiwa Kenta, Ishii Tomoya, Liu Kang-Zhi, Zanma Tadao, Tamura Junji	4. 巻 35
2. 論文標題 On the Reduction of the Rated Power of Energy Storage System in Wind Farms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Power Systems	6. 最初と最後の頁 2586 ~ 2596
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPWRS.2019.2960463	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 Liu Kang-Zhi, Akiba Junpei, Ishii Tomoyuki, Huo Xin, Yao Yu, Koiwa Kenta, Zanma Tadao	4. 巻 67
2. 論文標題 Improved Robust Performance Design for Passive Uncertain Systems? Active Use of the Uncertainty Phase and Gain	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 10755 ~ 10765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2019.2960750	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 Koiwa Kenta, Li Yingxiao, Liu Kang-Zhi, Zanma Tadao, Tamura Junji	4. 巻 67
2. 論文標題 Full Converter Control for Variable-Speed Wind Turbines Without Integral Controller or PLL	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 9418 ~ 9428
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2019.2955406	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 Huo Xin, Wang Mengyu, Liu Kang-Zhi, Tong Xingang	4. 巻 25
2. 論文標題 Attenuation of Position-Dependent Periodic Disturbance for Rotary Machines by Improved Spatial Repetitive Control With Frequency Alignment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6. 最初と最後の頁 339 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2019.2946675	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 Gan Chao, Cao Wei-Hua, Liu Kang-Zhi, Wu Min, Wang Fa-Wen, Zhang Suo-Bang	4. 巻 16
2. 論文標題 A New Hybrid Bat Algorithm and its Application to the ROP Optimization in Drilling Processes	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Informatics	6. 最初と最後の頁 7338 ~ 7348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TII.2019.2943165	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. Wang, K.Z. Liu	4. 巻 -
2. 論文標題 Nonlinear Decentralized Load Frequency Control of Multi-Machine Power Systems with Exponential Stability and Low L <sub>2</sub> Gain against Load Disturbance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Asian Journal of Control	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/asjc.2347	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 Y. Wei, Q. Li, K.Z Liu, P. Wang, Z. Zeng, X. Wang	4. 巻 118
2. 論文標題 A Hybrid Algorithm for the Load Flow Analysis of VSC-HVDC Systems Based on 1+ 2 Order NR and Simplified Newton	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Electrical Power and Energy Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ijepes.2020.105828	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 K. Koiwa, T. Ishii, K.Z. Liu, T. Zanma, J. Tamura	4. 巻 -
2. 論文標題 On the Reduction of the Rated Power of Energy Storage System in Wind Farms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Trans. on Power Systems	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TPWRS.2019.2960463	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 K. Koiwa, K.Z. Liu, T. Zanma, Yinqxiao Li, Junji Tamura	4. 巻 -
2. 論文標題 Full Converter Control for Variable Speed Wind Turbines without Integral Controller or PLL	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Trans. on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2019.2955406	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 K. Koiwa, K. Inoo, K.Z. Liu, T. Zanma	4. 巻 15
2. 論文標題 A Novel VSG Model Suitable for the Analyses of Static/Transient Stability and Rated Power/Energy Capacity of Energy Storage System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Trans. of IEEJ	6. 最初と最後の頁 200-207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/tee.23046	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 小岩 健太, 渡邊瑞稀, 劉 康志, 田村淳二	4. 巻 139
2. 論文標題 可変速風力発電機における最適化手法を用いた出力変動抑制制御	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 電気学会論文誌B	6. 最初と最後の頁 527-528
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejpes.139.527	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 Liu Kang-Zhi, Akiba Junpei, Ishii Tomoyuki, Huo Xin, Yao Yu, Koiwa Kenta, Zanma Tadanao	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved Robust Performance Design for Passive Uncertain Systems -Active Use of the Uncertainty Phase and Gain-	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2019.2960750	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 Yu Pan, Liu Kang-Zhi, Wu Min, She Jinhua	4. 巻 -
2. 論文標題 Improved Equivalent-Input-Disturbance Approach Based on $H_{\infty}$ Control	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Industrial Electronics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TIE.2019.2946555	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 Huo Xin, Wang Mengyu, Liu Kang-Zhi, Tong Xingang	4. 巻 25
2. 論文標題 Attenuation of Position-Dependent Periodic Disturbance for Rotary Machines by Improved Spatial Repetitive Control With Frequency Alignment	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE/ASME Transactions on Mechatronics	6. 最初と最後の頁 339 ~ 348
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TMECH.2019.2946675	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8件 (うち招待講演 3件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 フー ニータネル, 劉 康志, 小岩 健太, 残間 忠直
2. 発表標題 風車と貯蔵装置の協調制御による風力発電の出力変動抑制法
3. 学会等名 SICE MSCS2021
4. 発表年 2021年



1. 発表者名 大西 弘詞 劉 康志 小岩 健太 残間 忠直
2. 発表標題 非対称事故時の二重給電誘導発電機の最適なCrowbar解除タイミング
3. 学会等名 SICE MSCS2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 猪尾 幸永, 小岩 健太, 劉 康志, 残間 忠直
2. 発表標題 過電流抑制機構を付加した仮想同期発電機制御
3. 学会等名 SICE MSCS2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 C. Sanabria, K.Z. Liu, T. Zanna, K. Koiwa
2. 発表標題 Optimal Sparse Placement and Tuning of Virtual Inertia Devices in Power Systems
3. 学会等名 SICE MSCS2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 苔米地 晃, 小岩 健太, 残間 忠直, 劉 康志
2. 発表標題 部分モデルマッチング法を用いた仮想同期発電機のパラメータ設計
3. 学会等名 SICE MSCS2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Ishii, K. Koiwa, K.Z. Liu, T. Zanma, J. Tamura
2. 発表標題 A Novel ESS Controller to Mitigate Wind Farm Output without Phase-lag
3. 学会等名 Proc. of CCC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 K. Inoo, K. Koiwa, K.Z. Liu, T. Zanma
2. 発表標題 An Accurate Model of Virtual Synchronous Generator for Grid-Connected Inverter
3. 学会等名 Proc. of CCC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 J. Akiba, K. Koiwa, T. Yoshida, K.Z. Liu, T. Zanma
2. 発表標題 A Robust Controller Design Method for Single-Phase PWM Inverter Based on Positive Realness
3. 学会等名 Proc. of CCC 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔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

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