

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2015～2022

課題番号：15K05070

研究課題名（和文）パルサーからの重力波の探索

研究課題名（英文）Search for gravitational waves from pulsars

研究代表者

伊藤 洋介（Itoh, Yousuke）

大阪公立大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：60443983

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：現在まで連星合体現象からの重力波は検出されているが、単独のパルサーからの重力波は検出されていない。単独パルサーからの重力波の検出によって、地球上で実験のできない超高密度物体の性質について示唆を得られる可能性がある。パルサーからの重力波が未検出である理由は、検出器の雑音はまだ大きいことにある。本研究では、パルサーからの重力波の検出を目指して、検出を妨げる要因である雑音の性質を探り、また雑音を除去する研究をおこなってきた。独立成分分析、自己回帰移動平均モデル、深層学習などいくつかの手法を試し、雑音を分類・除去する方法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

データ解析などデータ検出後の工夫によって重力波検出器の雑音を除去し、感度が10%良くなったとすると、期待される検出イベント数は30%増える。もし30%の感度向上をハードウェアの改修で実現しようとする、かなりのリソース（建設・労働時間と資金）が必要である。すなわち、データ解析側の工夫によって感度向上を実現できれば、重力波天文学・天体物理学へのかなりの貢献となる。いまのところ感度にして1%程度の改善や時間・周波数領域における局所的な改善にとどまるが、アメリカの重力波検出器プロジェクトに比べて予算規模が10分の1に満たない日本のプロジェクトにおいては、追求すべき課題であると信じる。

研究成果の概要（英文）：To date, dozens of gravitational waves from compact binary star mergers have been detected, but not from a single pulsar. The detection of gravitational waves from a single pulsar may provide insight into the properties of ultra-dense objects that cannot be tested on Earth. The reason why gravitational waves from a single pulsar have not been detected is that the detector noise is still too large. In this study, we have been investigating the nature of the noise that hinders the detection of gravitational waves from pulsars, and have also been working on the removal of the noise. We have tried several methods such as independent component analysis, autoregressive moving average model, and machine learning, and proposed a method to classify and remove the noise.

研究分野：重力波天体物理学

キーワード：重力波 データ解析 パルサー

1. 研究開始当初の背景

重力波による宇宙の観測(重力波天文学)は2015年9月の連星ブラックホールからの重力波の検出によって幕を開けた。現在まで100近くの重力波が検出されているが、これらはすべて数ミリ秒から数十秒の短い時間続く重力波信号である。一方で理論上、10分以上、長いものでは一年以上続く重力波信号も存在し、連続波(あるいは連続重力波)と呼ばれる。連続波は自転しているパルサーが、その質量分布や運動量分布に非球対称性を持つ場合などに放射される。パルサーでなくとも、自転している中性子星やコンパクト星なども同様に放射すると考えられている。研究開始当初から現在まで、このような連続波は検出されていない。一方で、パルサーの存在は電磁波観測から確実であり、また、連続波の検出しやすさは、観測時間の増加関数になっているので、検出器の感度が向上し、検出に必要な計算コストの問題が解決すれば、長時間の観測によって、理論上には検出できるはずのものである。連続波の観測によって、たとえば、パルサーの正体であると考えられる中性子星の性質(「固さ」や「温度」)や距離がわかると期待されている。また、サソリ座 X-1 のような低質量 X 線連星からの連続波を検出できれば、磁場、軌道傾斜角などについての情報が得られると期待されている。連続重力波の検出を阻む要因は主に2つあり、一つはデータ解析に必要な計算コスト、もう一つは検出器の感度(つまり検出器の雑音)である。連続波探索は主に2つの種類にわけられ、一つは特定波源探索、もう一つは網羅的探索と呼ぶ。特定波源探索では、特定の波源を探索するため、別途電磁波観測で得られた情報を活用することで、データ解析に必要なコストが軽減できる。網羅的探索では、そのような事前情報を使わないため、解析コストは莫大になるが、想定外の天体を発見できる可能性がある。どちらの手法も長年研究・実用化されているが、網羅的探索では計算コストの問題のために、「計算機資源が無制限に使えるという条件の元で検出効率が最大な手法」という意味での最適な手法は採用できていない。感度については、近年、計算機能力の向上と機械学習などの手法が発達してきたことによって、データ取得後にソフトウェア的に雑音を低減(感度向上)することが可能になってきた。

2. 研究の目的

連続波探索を阻む問題のうち、検出器感度やデータの統計的性質のソフトウェア的な向上を目指し、独立成分分析(Independent Component Analysis: ICA)、自己回帰移動平均モデル(Autoregressive Moving Average Model: ARMA)、深層学習などの可能性を探る。とくに日本の重力波検出器 KAGRA のデータのソフトウェア的な感度・統計的性質の向上を目的とする。

3. 研究の方法

- a) KAGRA とイギリス・ドイツの重力波検出機 GEO の共同観測(03GK)のデータを用いて、多成分独立成分分析の可能性を研究した。大阪市立大学の小林氏、東京大学の桑氏、森崎氏、横山氏、横澤氏、鷲見氏らとの共同研究である。環境チャンネルモニターのデータを用いて、人工的に混入させた音響雑音が重力波信号にどのような影響を与えるか、また、音響雑音をどの程度削減できるか、独立成分分析と用いて研究をおこなった。
- b) 連続重力波探索において問題となる雑音として輝線のような雑音(line noise artifacts)がある。大阪市立大学の藤本氏と ARMA による輝線様雑音の削除について研究をおこなった。データとしてアメリカの重力波検出器 LIGO の公開データを用いた。
- c) 深層学習を使って 03GK データのグリッチ雑音を分類するための研究をおこなった。東京都市大学の高橋氏、坂井氏が主導している研究で、東京大学の内山氏、Piljong 氏、上島氏、押野氏、群馬大学の鹿野氏らと議論をおこなった。

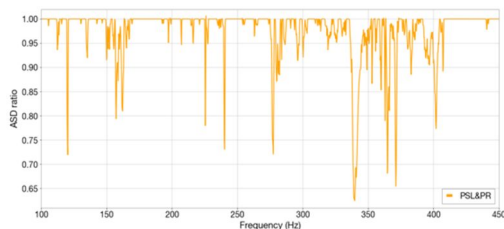
4. 研究成果

a-1) 論文[1]では、重力波検出器の実データに独立成分分析(ICA)を初めて適用した。具体的には、2016年4月に撮影された iKAGRA データを用い、重力波歪みチャンネルと35の物理環境チャンネルとの相関を計算した。歪みと強い相関があることが判明したいくつかの地震チャンネルを用い、ICAを行った。正弦波の連続信号を歪みチャンネルに注入することで、ICAが信号対雑音比を向上させて正しいパラメータを復元することがわかり、この方法の有用性が実証された。ここで用いた ICA の2つの実装のうち、環境雑音が歪みチャンネルに線形に作用する場合、相関法が最適な結果をもたらすことがわかった。

a-2) 論文[2]では、KAGRA の観測後コミッションに基づき、環境雑音注入試験の新技术を紹介・検証した。この新手法(応答関数モデル)は、LIGO や Virgo で用いられている現行モデル(結合関数モデル)では考慮されていない効果である、周波数変換や電力の非線形性を含んでいる。また、環境雑音に富むデータセットに適用し、再現に成功したことで、本手法の有効性を確

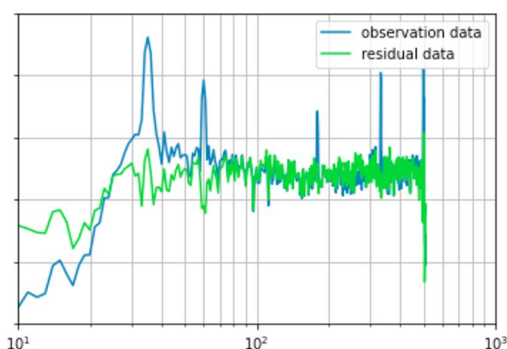
認した。

a-3) O3GK 中の支配的な雑音源は、低周波域のサスペンション制御雑音と中周波域の音響雑音であることが判明した。論文[3]では、独立成分分析(ICA)と呼ばれる信号処理手法により、観測データにおけるこれらの寄与を低減できることを示した。ICA のモデルは、最初の KAGRA データ解析で研究されたものから拡張され、周波数依存性を考慮する一方、干渉計と雑音源の結合の線形性と定常性は依然として仮定されている。ICA を適用する際の最適な監視センサーを特定し、これら 2 つの支配的な寄与を軽減することに成功した。また、重力波探査における提案する減算法の適用性を調べるために、2 週間のデータ全体に対する伝達関数の安定性を分析した。



左図：ICA を使用する前後の重力波信号雑音の低減の様子。横軸は周波数、縦軸は ICA による雑音低減処理前後の信号の振幅の比。この値が 1 の場合、低減できていない。音響雑音が支配的な 340Hz 付近で大幅な低減が達成されている。

b) 重力波検出器の雑音を除去する手段として、ARMA モデルという時系列解析手法を用いた研究を行った[4]。結果、左下図のように線スペクトル状の雑音の除去に有効である事が分かった。連星ブラックホール由来の重力波を想定すると、第一次観測の LIGO データ に対しては 6~11% ほど信号対雑音比が上昇した。これは距離にして 10% 遠くを見る事ができる、または検出可能なイベント数が 30% 増えることと同義である。高周波帯にはいまだに線スペクトル状の雑音は存在する。そのため、連星中性子星由来の重力波には効果が得られるのではないかと考えられる。



左図：ARMA による検出器雑音の低減の結果。横軸は周波数(Hz 単位)で、縦軸は検出器感度(任意単位)。青線が元々のデータで、緑線が ARMA による雑音除去後のデータ。検出器雑音のうち、線状の雑音が削除されていることがわかる。

c) レーザ干渉型重力波検出器によって得られるデータには、非定常かつ非ガウスの特徴を持つ過渡的な雑音が高い確率で発生する。このため、検出器の不安定性や重力波信号の隠蔽・模倣などの問題がしばしば発生する。この過渡雑音は、時間-周波数表現において様々な特徴を持ち、環境や機器に由来するものと考えられている。過渡雑音を分類することで、その起源を探り、検出器の性能を向上させる手がかりを得ることができる。これを実現するためのアプローチの 1 つが教師あり学習である。しかし、一般に教師あり学習では、学習データのアノテーションが必要であり、分類とそれに対応する新しいクラスの客観性の確保に課題がある。これに対し、教師なし学習は、学習データのアノテーション作業を軽減し、分類とそれに対応する新クラスの客観性を確保することができる。この研究[5]では、変分オートエンコーダと不変情報クラスタリングを組み合わせた、過渡雑音の分類のための教師なし学習アーキテクチャを提案する。提案アーキテクチャの有効性を評価するために、Gravity Spy プロジェクトが作成したレーザ干渉計重力波観測装置(LIGO)初観測時のデータセット(時間-周波数 2 次元スペクトログラム画像とラベル)を使用した。提案する教師なし学習アーキテクチャが提供するクラスは、Gravity Spy プロジェクトがアノテーションしたラベルと一致しており、未発見のクラスが存在する可能性を示している。

[1] KAGRA Collaboration, Progress of Theoretical and Experimental Physics, Volume 2020, Issue 5, id.053F01 (2020)

[2] Washimi, Yokozawa, Itoh, Kume, Yokoyama, Classical and Quantum Gravity, Volume 38, Issue 12, id.125005, (2021), 15 pp.

[3] KAGRA Collaboration, Classical and Quantum Gravity, Volume 40, Issue 8, id.085015, (2023), 24 pp.

[4] 日本物理学会 2021 年秋季大会および 2022 年第 77 回年次大会発表(藤本、KAGRA Collaboration)

[5] Sakai, Itoh, Jung, et al., Scientific Reports, Volume 12, article id. 9935 (2022); Sakai, Itoh, Jung, et al., Annalen der Physik, issue 2200140 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 16件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Washimi T., Yokozawa T., Tanaka T., Itoh Y., Kume J., Yokoyama J.	4. 巻 38
2. 論文標題 Method for environmental noise estimation via injection tests for ground-based gravitational wave detectors	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Classical and Quantum Gravity	6. 最初と最後の頁 125005
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1361-6382/abf89a	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 KAGRA Collaboration	4. 巻 2021
2. 論文標題 Overview of KAGRA: Calibration, detector characterization, physical environmental monitors, and the geophysics interferometer	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 05A102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptab018	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 KAGRA Collaboration	4. 巻 2020
2. 論文標題 Application of independent component analysis to the iKAGRA data	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 053F01
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/ptep/ptaa056	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 Enoto, Teruaki; Tamagawa, Toru; ほか（Itoh, Yousuke含む）	4. 巻 11444
2. 論文標題 NinjaSat: an agile CubeSat approach for monitoring of bright x-ray compact objects	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the SPIE	6. 最初と最後の頁 114441V
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1117/12.2561152	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 Tsuchida Satoshi, Kanda Nobuyuki, Itoh Yousuke, Mori Masaki	4. 巻 101
2. 論文標題 Dark matter signals on a laser interferometer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 23005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.101.023005	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 KAGRA Collaboration, ほか	4. 巻 2018
2. 論文標題 Construction of KAGRA: an underground gravitational-wave observatory	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 013F01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptx180	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 T. Nakamura, M. Ando, T. Kinugawa, H. Nakano, K. Eda, S. Sato, M. Musha, T. Akutsu, T. Tanaka, N. Seto, N. Kanda, and Y. Itoh	4. 巻 2016
2. 論文標題 Pre-DECIGO can get the smoking gun to decide the astrophysical or cosmological origin of GW150914-like binary black holes	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 930
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptw127	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 Soichiro MORISAKI, Jun'ichi YOKOYAMA, Kazunari EDA, Yousuke ITOH	4. 巻 92
2. 論文標題 Toward the detection of gravitational waves under non-Gaussian noises II. Independent component analysis	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the Japan Academy, Series B	6. 最初と最後の頁 336-345
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2183/pjab.92.336	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 Ayaka Shoda, Yuya Kuwahara, Masaki Ando, Kazunari Eda, Kodai Tejima, Yoichi Aso, and Yousuke Itoh	4. 巻 95
2. 論文標題 Ground-based low-frequency gravitational-wave detector with multiple outputs	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 82004
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.95.082004	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 Takahiro Yamamoto, Kazuhiro Hayama, Shuhei Mano, Yousuke Itoh, Nobuyuki Kanda	4. 巻 93
2. 論文標題 Characterization of non-Gaussianity in gravitational wave detector noise	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 82005
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.93.082005	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 Kazunari Eda, Ayaka Shoda, Yuya Kuwahara, Yousuke Itoh, Masaki Ando	4. 巻 1
2. 論文標題 All-sky coherent search for continuous gravitational waves in 6-7 Hz band with a torsion-bar antenna	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 011F01
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptv179	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 Kazunari Eda, Kenji Ono, Yousuke Itoh	4. 巻 In press
2. 論文標題 Determination of mass of an isolated neutron star using continuous gravitational waves with two frequency modes: an effect of a misalignment angle	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Proceedings of the 11th Amaldi Conference	6. 最初と最後の頁 In press
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 Kenji Ono, Kazunari Eda, Yousuke Itoh	4. 巻 91
2. 論文標題 New estimation method for mass of an isolated neutron star using gravitational waves	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Physical Review D	6. 最初と最後の頁 84032
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevD.91.084032	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 KAGRA Collaboration	4. 巻 40
2. 論文標題 Noise subtraction from KAGRA O3GK data using Independent Component Analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Classical and Quantum Gravity	6. 最初と最後の頁 085015 ~ 085015
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6382/acc0cb	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 Washimi Tatsuki, Yokozawa Takaaki, Takamori Akiteru, Araya Akito, Hoshino Sota, Itoh Yousuke, Kobayashi Yuichiro, Kume Jun'ya, Miyo Kouseki, Ohkawa Masashi, Oshino Shoichi, Tomaru Takayuki, Yokoyama Jun'ichi, Yuzurihara Hiroataka	4. 巻 2022
2. 論文標題 Response of the underground environment of the KAGRA observatory against the air pressure disturbance from the Tonga volcanic eruption on January 15, 2022	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Progress of Theoretical and Experimental Physics	6. 最初と最後の頁 113H02
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/ptep/ptac128	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 Sakai Yusuke, Itoh Yousuke, Jung Piljong, Kokeyama Keiko, Kozakai Chihiro, Nakahira Katsuko T., Oshino Shoichi, Shikano Yutaka, Takahashi Hiroataka, Uchiyama Takashi, Ueshima Gen, Washimi Tatsuki, Yamamoto Takahiro, Yokozawa Takaaki	4. 巻 2022
2. 論文標題 Training Process of Unsupervised Learning Architecture for Gravity Spy Dataset	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Annalen der Physik	6. 最初と最後の頁 2200140 ~ 2200140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/andp.202200140	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 Sakai Yusuke, Itoh Yousuke, Jung Piljong, Kokeyama Keiko, Kozakai Chihiro, Nakahira Katsuko T., Oshino Shoichi, Shikano Yutaka, Takahashi Hirota, Uchiyama Takashi, Ueshima Gen, Washimi Tatsuki, Yamamoto Takahiro, Yokozawa Takaaki	4. 巻 12
2. 論文標題 Unsupervised learning architecture for classifying the transient noise of interferometric gravitational-wave detectors	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 9935
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-13329-4	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 -

〔学会発表〕 計23件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 小林佑一朗, 糸潤哉, 伊藤洋介, 上野昂, 横山順一, 鷺見貴生, 横澤孝章, KAGRA collaboration
2. 発表標題 KAGRA観測データへの線形独立成分分析の適用
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 糸潤哉, 小林佑一朗, 伊藤洋介, 上野昂, 横山順一, 鷺見貴生, 横澤孝章, KAGRA collaboration
2. 発表標題 独立成分解析によるKAGRAデータの非線形雑音除去
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土田怜, 神田展行, 伊藤洋介, 澤田崇広, KAGRA Collaboration
2. 発表標題 短時間ラプラス変換を用いた重力波信号のパラメータ抽出
3. 学会等名 日本物理学会第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 土田 怜, 神田 展行, 伊藤 洋介, 澤田 崇広, KAGRA Collaboration
2. 発表標題 短時間ラプラス変換による重力波データ解析と信号抽出
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伊藤 洋介
2. 発表標題 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の現状
3. 学会等名 日本天文学会2022年春季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 坂井 佑輔, 伊藤 洋介, 苔山 圭以子, 中平 勝子, 押野 翔一, 鹿野 豊, 高橋 弘毅, 内山 隆, 鷺見 貴生, 山本 尚弘, 横澤 孝章
2. 発表標題 重力波望遠鏡に現れる突発性雑音の教師なし分類
3. 学会等名 情報処理学会第 84 回全国大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Status of KAGRA
3. 学会等名 The 29th workshop on General Relativity and Gravitation in Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Application of the independent component analysis to the iKAGRA data
3. 学会等名 New Innovative Area Workshop 2019 Early Summer Osaka City University, Osaka, 2019 June 29 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Continuous GW search in B01
3. 学会等名 New Innovative area “GW-Genesis” Kick-off Workshop @Kyoto, 2017 Sep. 22-23
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Some of GW sources and physics potentials - Interests in 500 ~ kHz GW-
3. 学会等名 3rd KAGRA International Workshop@Academia Sinica, 2017/05/21-22 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 GW Physics and Astronomy
3. 学会等名 12th Particle Physics Phenomenology Workshop, National Chiao Tung University, 2017/05/16-19 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 伊藤洋介
2. 発表標題 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA: 全体 報告
3. 学会等名 日本天文学会2017年秋季年会 9/11-13 (9/12,13:36-13:48), 北海道大学
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Search for continuous gravitational waves from pulsars
3. 学会等名 "GW Astronomy", Kyoto, 24-26 August 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 森崎宗一郎、横山順一、枝和成、伊藤洋介
2. 発表標題 独立成分分析を用いた重力波実験における非ガウス雑音の除去
3. 学会等名 日本物理学会 2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 枝和成, KAGRA Collaboration
2. 発表標題 iKAGRA データを用いた既知パルサーからの連続重力波探査
3. 学会等名 日本物理学会 2016年秋季大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazunari Eda and Youuske Itoh
2. 発表標題 A chi-squared veto for semi-coherent F-statistic search in continuous gravitational waves
3. 学会等名 Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Kazunari Eda and Youuske Itoh
2. 発表標題 A chi-squared discriminator for continuous gravitational wave detection in all-sky search
3. 学会等名 The First International Meeting on KAGRA (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤洋介
2. 発表標題 GW150914 の発見とKAGRA におけるデータ解析の現状、展望
3. 学会等名 第13回原子・分子・光科学 (AMO) 討論会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 伊藤 洋介
2. 発表標題 重力波で探る中性子星
3. 学会等名 中性子星の観測と理論: 研究活性化ワークショップ
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 Yousuke Itoh
2. 発表標題 Search for continuous gravitational wave from neutron stars
3. 学会等名 Joint symposium by three innovative areas
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 K. Oohara, K. Ueno, H. Yuzurihara, Yosuke Itoh, and 31 authors
2. 発表標題 Development of KAGRA Algorithmic Library (KAGALI)
3. 学会等名 The 14th Marcel Grossmann Meeting (MG14) (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 藤本悠也、KAGRA Collaboration
2. 発表標題 重力波検出器のノイズ除去における ARMAモデルの有用性
3. 学会等名 日本物理学会 第77回年次大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤本悠也、KAGRA Collaboration
2. 発表標題 ARIMAモデルを利用した 重力波検出器のノイズ除去への応用
3. 学会等名 日本物理学会 2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 安東正樹、白水徹也、浅田秀樹、他（伊藤洋介 含む）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 432
3. 書名 相対論と宇宙の事典	

1. 著者名 安東正樹ほか（伊藤洋介 含む）	4. 発行年 2020年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 432
3. 書名 相対論と宇宙の事典	

〔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			
韓国	Chungnam National University	Ewha Womans University	Hanyang University	他9機関
中国	Beijing Normal University	Chinese Academy of Sciences	Duke Kunshan University	他8機関
米国	California Institute of Technology	University of Wisconsin-Milwaukee	Columbia University	他3機関
イタリア	Istituto Nazionale di Fisica Nucleare	Scuola Normale Superiore Pisa	Universita di Roma "La Sapienza"	他5機関
オーストラリア	The Australian National University			
英国	Lancaster University			

共同研究相手国	相手方研究機関			
台湾	Tamkang University	National Tsing Hua University	Academia Sinica	他3機関
フランス	LAPP			