

平成 30 年 9 月 8 日現在

機関番号：32403

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2017

課題番号：26400119

研究課題名（和文）古典系および量子系におけるエントロピーなどの情報量に関する不等式についての研究

研究課題名（英文）Research on Inequalities related to several kinds of entropies in classical or quantum system

研究代表者

柳 研二郎（Yanagi, Kenjiro）

城西大学・理学部・客員教授

研究者番号：90108267

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：量子情報科学のなかのメインテーマの1つである不確定性関係は、通常分散あるいは標準偏差を用いてある種のトレース不等式として表現されている。最近では分散より小さい歪情報量を一般化したgeneralized quasi-metric adjusted skew informationに関連したHeisenberg型やSchrodinger型の不確定性関係の拡張が種々の設定で得られている。この研究ではさらに非エルミート型の物理量についての不確定性関係や和型の不確定性関係などが得られた。

研究成果の概要（英文）：We obtained several non-hermitian uncertainty relations or sum types of uncertainty relations for generalized quasi-metric adjusted skew informations.

研究分野：数物系科学

キーワード：量子情報理論 エントロピー 不確定性関係 トレース不等式

1. 研究開始当初の背景

1948年にShannonによって創設された情報理論は今まで理論中心の役に立たない学問という印象が強かったが、ここ4半世紀に爆発的なスピードで開発されてきた小型化・大容量化に伴った携帯電話や高性能小型パソコン等の出現で情報理論の役割はますます重要になってきている。また量子コンピュータの出現で現在使われているRSA暗号の安全性が損なわれる可能性があることが全世界の最大危機感の1つにもなっている。そこで量子情報理論の早急なる理論体系の整備が求められている。一方不確定性関係の拡張が多く、量子情報理論研究者によって行われてきた。作用素単調関数を用いて純粋数学との関連も明らかになってきた。このような背景のもと、上記の研究課題が提案された。

2. 研究の目的

量子力学においてある状態のもとの物理量を観測したとき観測値の分散より小さい量としてWigner-Yanase skew Informationが考えられた。そしてこの量を用いた不確定性関係が与えられたことを発端としてさらなる拡張や一般化を目指して様々な観点から研究が行われてきた。たとえばWigner-Yanase-Dyson skew informationのようにパラメータ拡張したときにも不確定性関係が成り立つことが独創的な方法で証明された。またHansenによって導入されたmetric adjusted skew informationについての不確定性関係をさらに拡張し数学的な整合性のとれた定理も得られた。さらにこの研究では物理量が必ずしもエルミートではないときにも新しい不確定性関係が成り立つことを追求する。この結果として2つの状態の距離を表すトレース距離と忠実度との関係が今までとは異なる不等式で与えられることも示す。一方、今までの不確定性関係を表すものはシュワルツの不等式を用いる関係で積型のものがほとんどであったが、和型のものも興味ある対称として研究を遂行する。

3. 研究の方法

(1) 従来の不確定性関係はすべてエルミート型の物理量に対して与えられていたが、この研究では非エルミート型の物理量に拡張した場合、今まで得られている不確定性関係がどのような不等式になるのかを厳密な形で表現することを試みる。

(2) (1)と関連して得られる不等式の中で、特にトレース距離と忠実度との関係を表す有名な式が与えられているが、それとは別の新しい不等式が得られることを示す。

(3) 従来の不確定性関係はすべて積型の不等式で与えられているが、これを和型の不等式でも表現できることに注目して、さらにノルムのもつ基本的な不等式の精密化を導入することにより新しい和型不確定性関係を構築する。

(4) monotone pair の関係を満たす関数を用いて skew information についての Schrodinger 型の不確定性関係の厳密な表現を構築する。

(5) その他 symmetric divergence 等の性質を調べて関連する不等式を得ることを試みる。

4. 研究成果

(1) 非エルミート型の物理量についての不確定性関係を確立するために新しい理論を展開することができたので6編の論文にまとめた。

(2) 数学的な問題としてトレース距離と忠実度の新しい関係式が得られたので4編の論文にまとめた。

(3) 和型の不確定性関係を得るために従来のノルム不等式の見直しをはかることができたので3編の論文にまとめた。

(4) monotone pair の関係を満たす関数を用いて skew information についての Schrodinger 型の不確定性関係を求めた結果、ある成果が得られたので1編の論文にまとめた。

(5) その他の関連する論文として3編を得た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計17件)

Kenjiro Yanagi.

Some generalizations of non-hermitian uncertainty relation described by the generalized quasi-metric adjusted skew information,
Linear and Nonlinear Analysis,
査読有
vol.3, no.3, 2017, 343-348.

Kenjiro Yanagi and Minato Tomonari,

Generalized Schrodinger uncertainty relation associated with a monotone or anti-monotone pair skew information,
Journal of Nonlinear and Convex Analysis, 査読有
vol.18, no.8, 2017, 1547-1561.

Kenjiro Yanagi.

和型不確定性関係を表すトレース不等式について,
Proceedings of the 40th Symposium on Information Theory and its Applications, 査読無
Vol.40, 2017, 335-340.

Kenjiro Yanagi.

On sum type uncertainty relations,

実解析学シンポジウム報告集, 査読無
vol.49, 2017, 53-58.

Kenjiro Yanagi,
トレース不等式から見た不確定性関係,
数理解析研究所講究録, 査読無
vol.2041, 2017, 175-183.

Shigeru Furuichi, Kenjiro Yanagi and
Ken Kuriyama,
On bounds for symmetric divergence
measures,
Journal of Physics, Conference Series,
査読有
vol.1853, no.1, 2017, 080002-1-7.

Kenjiro Yanagi,
Generalized trace inequalities related
to fidelity and trace distance,
Linear and Nonlinear Analysis,
査読有
vol.2, no.2, 2016, 263-270.

Kenjiro Yanagi,
忠実度とトレース距離に関する不等式
の一般化について,
Proceedings of the 39th Symposium on
Information Theory and its
Applications, 査読無
vol.39, 2016, 495-499.

Mari Okada, S.Ponnusamy,
A.Vasudevarao and
Hiroshi Yanagihara,
Circular symmetrization,
subordination and arclength problems
on convex functions,
Math. Nach. 査読有
2015, オープンアクセス

Kenjiro Yanagi,
Non-hermitian extensions of
uncertainty relation,
Journal of Nonlinear and Convex
Analysis, 査読有
vol.17, no.1, 2016, 17-26.

Kenjiro Yanagi and Kohei Sekikawa,
Non-hermitian extensions of
Heisenberg type and Schrodinger type
uncertainty relations,
Journal of Inequalities and
Applications, 査読有
vol.2015, no.381, 2015, 1-9.

Kenjiro Yanagi,
Generalized trace inequalities related
to fidelity and trace distance,
Proceedings of the Seventh
International Conference on

Information, 査読有
vol.7, 2015, 199-202.

Kenjiro Yanagi,
On the trace inequalities of left-right
multiplication operator,
実解析学シンポジウム報告集, 査読無
vol.47, 2015, 57-62.

Kenjiro Yanagi,
非エルミート型の不確定性関係とその
応用,
Proceedings of the 37th Symposium on
Information Theory and its
Applications, 査読無
vol.37, 2014, 674-678.

Kenjiro Yanagi,
Non-hermitian extensions of
Schrodinger type uncertainty
relations,
Proceedings of International
Symposium on Information Theory
and its Applications, 査読有
2014, 163-166.

Kenjiro Yanagi,
Non-hermitian extension of
uncertainty relation,
数理解析研究所講究録, 査読無
vol.1906, 2014, 59-68.

Kenjiro Yanagi,
Generalized metric adjusted skew
information and uncertainty relation,
Proceedings of the International
Symposium on Banach and Function
Spaces, 査読有
2014, 435-442.

[学会発表](計 26 件)

柳 研二郎,
トレース不等式から見た不確定性関係 ,
京都大学数理解析研究所・研究集会
「関数空間の深化とその周辺」,
2018.2.7, 京都大学(京都市)

柳 研二郎,
和型不確定性関係を表すトレース不等式
について,
第 40 回情報理論とその応用シンポジウ
ム,
2017.11.30, 月岡温泉泉慶(新発田市)

柳 研二郎,
On some type uncertainty relations,
実解析学シンポジウム,
2017.11.11, 名古屋大学(名古屋市)

Kenjiro Yanagi,
On trace inequalities for generalized
quasi-metric adjusted skew
informations,
6th International Eurasian
Conference on Matematical Sciences
And Applications,
2017.8.15, Danubius Hotel Flamenco
(Budapest, Hungary)

Kenjiro Yanagi,
Sum type uncertainty relations
described by generalized quasi-metric
adjusted skew informations,
The 10th International Conference
On Nonlinear Analysis and Convex
Analysis,
2017.7.7, Chitose City Culture Center
(Chitose, Hokkaido)

柳 研二郎,
古典系および量子系におけるエントロピー
などの情報量の周辺について,
日本数学会函数論分科会(特別講演),
2017.3.26, 首都大学東京(八王子市)

柳 研二郎,
トレース不等式から見た不確定性関係,
京都大学数理解析研究所・研究集会
「関数空間の構造とその周辺」,
2017.2.9, 京都大学(京都市)

柳 研二郎,
忠実度とトレース距離に関する不等式の
一般化について,
第 39 回情報理論とその応用シンポジウ
ム,
2016.12.16, 高山グリーンホテル(高山
市)

Kenjiro Yanagi,
Some trace inequalities for left-right
multiplication operators related to
fidelity and trace distance,
The 6th International Conference on
Nonlinear Analysis and Optimization,
2016.8.4, Toki Messe (Niigata)

Shigeru Furuichi, Kenjiro Yanagi and
Ken Kuriyama,
On some remarks of tight bounds for
symmetric divergence measures,
36th International Workshop on
Bayesian Inference and Maximum Entropy
Methods in Science and Engineering,
2016.7.13, Ghent(Belgium)

Kenjiro Yanagi,
Generalized trace inequalities related

to fidelity and trace distance,
The Seventh International Conference
on INFORMATION,
2015.11.26, National Taiwan University
(Taipei, Taiwan)

柳 研二郎,
On the trace inequalities of left-right
multiplication operators,
実解析学シンポジウム,
2015.10.24, 東邦大学(船橋市)

柳 研二郎,
忠実度とトレース距離に関連した不等式
の一般化について,
日本数学会函数解析学分科会,
2015.9.15, 京都産業大学(京都市)

Kenjiro Yanagi,
Generalized quasi-metric adjusted skew
information and trace inequality,
International Symposium on Banach and
Function Spaces,
2015.9.5, 九州工業大学(北九州市)

Mari Okada, Hiroshi Yanagihara,
Two points distribution estimates for
convex univalent functions,
等角写像論・値分布論合同研究集会,
2015.2.8, 幕張メッセ国際会議場(千葉
市)

友成 皆人, 柳 研二郎,
歪情報量に付随した一般化不確定性関係
について,
日本数学会中四国支部会,
2015.1.25, 徳島大学(徳島市)

関川 広平, 柳 研二郎,
ハイゼンベルグ及びシュレディンガー型
の不確定性関係と非エルミート拡張につ
いて,
日本数学会中四国支部会,
2015.1.25, 徳島大学(徳島市)

Hiroshi Yanagihara,
On a class of universal covering
mappings,
International Conference on Geometric
Function Theory,
2014.12.20, IIT Kharagpur(India)

柳 研二郎,
非エルミート型の不確定性関係とその応
用,
第 17 回情報理論とその応用シンポジウ
ム,
2014.12.12, 宇奈月ニューオータニホテル
(黒部市)

Kenjiro Yanagi,
Non-hermitian extensions of
Schrodinger type uncertainty
relations,
International Symposium on Information
Theory and its Applications,
2014.10.27, Melbourne Convention &
Exhibition Center,

- ⑳ 柳 研二郎,
非エルミート型の不確定性関係,
日本数学会函数解析学分会,
2014.9.25, 広島大学(東広島市)
- ㉑ Kenjiro Yanagi, Minato Tomonari,
Generalized Schrodinger uncertainty
relation associated with a monotone or
anti-monotone pair skew information,
The Forth Assian Conference on
Nonlinear Analysis and Optimization,
2014.8.8, National Taiwan Normal
University(Taipei, Taiwan)
- ㉒ Kenjiro Yanagi, Kohei Sekikawa,
Non-hermitian extension of the
Heisenberg and Schrodinger uncertainty
relation,
The Forth Assian Conference on
Nonlinear Analysis and Optimization,
2014.8.8, National Taiwan Normal
University(Taipei, Taiwan)
- ㉓ 柳 研二郎,
一般化歪情報量の非エルミート拡張と不
確定性関係,
日本数学会函数解析学分会,
2014.3.18, 学習院大学(東京都豊島区)
- ㉔ 古市 茂, 柳 研二郎,
対数平均の上界と下界について,
第 17 回環瀬戸内応用数理研究会シンポジ
ウム,
2014.1.11, 愛媛大学(松山市)
- ㉕ 柳 研二郎,
不確定性関係の非エルミート拡張につ
いて,
京都大学数理解析研究所・研究集会
「不確かさと曖昧さの数理」,
2014.1.9, 京都大学(京都市)

〔図書〕(計 1 件)

加藤 幹雄, 柳 研二郎, 三谷 健一、
高橋 泰嗣,
詳細微分積分演習,
サイエンス社,
2016.6, 280(60-120)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等
なし

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
柳 研二郎(Kenjiro Yanagi)
山口大学大学院理工学研究科(教授)
城西大学理学部(客員教授)
研究者番号: 90108267
- (2) 研究分担者
柳原 宏(Hiroshi Yanagihara)
山口大学大学院理工学研究科(教授)
研究者番号: 30200538
- (3) 連携研究者
古市 茂(Shigeru Furuichi)
日本大学文理学部(教授)
研究者番号: 50299327
- 栗山 憲(Ken Kuriyama)
佛教大学教育学部(教授)
研究者番号: 10116717