

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：32702  
研究種目：基盤研究(C) (一般)  
研究期間：2015～2019  
課題番号：15K04910  
研究課題名(和文) 各種エントロピーを巡る展開および可測力学系と位相力学系との作用素論的基礎研究  
  
研究課題名(英文) Development around various type entropy as well as operator algebraic basic research on measurable dynamical system and topological dynamical system  
  
研究代表者  
長 宗雄 (Cho, Muneo)  
  
神奈川大学・理学部・教授  
  
研究者番号：10091620  
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：これまで \*-作用と関連する conjugation はヒルベルト空間、すなわち内積によって定義されていて、これによって作用素の特長の研究が展開されていた。これをより一般の内積によらない conjugation の定義を導入し、これによって conjugation をバナッハ空間上に拡張した。それにより作用素のスペクトルと数域の特長を調べた。今後これによって多くの研究が進められると考える。

#### 研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで conjugation はヒルベルト空間の時のみに定義されていたのであるが、これをより一般のバナッハ空間上に定義することができたので、今後これに関連した研究が進められると考える。

研究成果の概要(英文)：Conjugation is defined in a Hilbert space. That is, it is defined by the inner product. By this definition, we have many papers of conjugations. We defined the conjugation in a Banach space. By this, we studied characterization of the spectrum and the numerical range of an operator concerning with a conjugation. From now on, conjugation on a Banach space we will be studied.

研究分野：関数解析学

キーワード：Entropy Hilbert space Operator Theory dynamical system Banach space

### 1. 研究開始当初の背景

有界線形作用素の研究において  $n$ -isometric 作用素などの研究が進められていたが、conjugation との関連では、ほとんど研究されていなかった。そこで conjugation との関連で研究を進めると共に、バナッハ空間上の場合についても conjugation を導入し、スペクトルの諸性質を明らかにすることを目指した。

### 2. 研究の目的

Double stochastic 行列と各種エントロピーの相互関係と等号条件を見つけ出し、それらのエントロピーの値を求める。可測力学系と位相力学系との作用素論的基礎研究ではバナッハ空間上への  $1^{\wedge}1(\ )$  の既約表現 (存在その他) の研究を行う。さらに  $1^{\wedge}1(\ )$  のイデアルの構造問題においては  $1^{\wedge}1(\ )$  が *Hermite Banach algebra* であるかどうか、解答を与える。

### 3. 研究の方法

本研究の推進は特定の機材などを必要とするものではないが、国内外の研究者達と意見交換しながら進めることが重要であるので、できる限り国際研究集会での研究発表を行うと共に、同様の問題を共有する研究者たちと議論することに努めた。

### 4. 研究成果

2015 年度から 2019 年度までの期間で研究を進めている「各種エントロピーを巡る展開および可測力学系と位相力学系との作用素論的基礎研究」について、2019 年度は本研究の最後の年であったので、これまでの研究結果を論文として纏めることと研究成果の発表を積極的に進めた。そして研究はおおむね目標を達成することができた。

Double stochastic 行列と各種エントロピーを巡る展開において、各要素はすべて非負である行列に対して、各行および各列の和が共に 1 であるものは Double stochastic 行列と呼ばれる。n 次複素行列上の正線形写像  $T$  が単位元を単位元に移し、標準トレースを保存するならば、その写像から必然的に Double stochastic 行列  $T(\ )$  が浮上してくる。従って上記の性質をもつ写像  $T$  に対する議論と Double stochastic 行列  $T(\ )$  に対する議論を平行に進めることができる。このことに注視して  $T(\ )$  にエントロピーを定義することにより、その値がゼロであることによる写像  $T$  の性質の特徴付けを行った。さらに「作用素論的基礎研究」においては昨年度に引き続き、ヒルベルト空間上の有界線形作用素に対して complex-symmetric operator の一般化と、スペクトルの特徴について研究を進めた。

論文「On  $[m, C]$ -complex symmetric operators, Filomat 31(2017), 2073-2080」での主な結果は作用素  $T$  が  $[m, C]$ -complex symmetric のとき、0 を  $T$  の近似点スペクトルに含まないこと、 $a$  を  $T$  の近似点スペクトルに持つなら  $a$  の逆数の共役複素数も  $T$  の近似点スペクトルに属するなどを示した。さらに  $T$  が  $m$ -isometric で  $S$  が  $n$ -isometric のとき  $T$  と  $S$  のテンソル積  $T \otimes S$  が  $(m+n-1)$ -isometric 作用素となる結果は B. Duggal によって得られていたが、その証明は非常に長いものであった。この証明に簡潔な証明を与えた。

論文「Properties of  $m$ -complex symmetric operators, Stud. Univ. Babeş-Bolyai Math. 62(2017), 233-248」においては  $m$ -complex symmetric 作用素で、 $T$  が  $m$ -complex symmetric で  $N$  が  $n$ -nilpotent であるとき  $TN = NT$  であれば  $T + N$  は  $(m+2n-2)$ -complex symmetric であること、さらに  $T$  が  $m$ -complex symmetric のとき  $T^*$  が Browder であることと generalized Browder であることが同値であることなどを示した。論文「On  $m$ -complex symmetric operators, Glasgow Math. J. (2017), 1-16」においては quasi-nilpotent 作用素  $N$  に対して  $T = aI + N$  が  $m$ -complex symmetric であること、および  $T$  と  $S$  が  $m$ -complex symmetric のとき、 $T$  と  $S$  のテンソル積  $T \otimes S$  も  $m$ -isometric 作用素となることなどを示した。論文「 $(m, C)$ -isometric operators, Operators and Matrices, 11(2017), 793-806」においては conjugation  $C$  により  $(m, C)$ -isometric 作用素を導入しこの作用素の性質を調べ発表した。主なものとしては  $T$  が  $(m, C)$ -isometric のとき  $T^*$  や逆作用素  $T^{-1}, T_n$  も  $(m, C)$ -isometric であることなどである。論文「On skew  $[m, C]$ -symmetric operators, Adv. Oper. Theory, 2(2017), 468-474」においては、新しく skew  $[m, C]$ -symmetric 作用素を導入して、この作用素についての基本的な性質を調べて発表した。主な結果はこの作用素のスペクトルの共役複素数が元のスペクトルのマイナスの積であること、 $T^*$  や逆作用素  $T^{-1}$  も skew  $[m, C]$ -symmetric 作用素であることであり、作用素の和  $T + S$  と積  $TS$  についてもそれぞれ skew  $[m, C]$ -symmetric 作用素になることを示した。論文「On the joint spectra of commuting tuples of operators and a conjugation, Functional Analysis, Approximation and Computation, 9:2 (2017), 21-26」においては可換な作用素の  $n$ -tuple  $T = (T_1, \dots, T_n)$  と conjugation  $C$  での  $n$ -tuple  $CTC = (CT_1C, \dots, CT_nC)$  について  $CTC$  の Taylor spectrum は  $T$  の Taylor spectrum の複素共役であることを示した。さらに  $m$ -symmetric tuple を導入し、この作用素の joint approximate point spectrum を特徴付けた。論文「On symmetric and skew symmetric operators, Filomat 31 (2018), 2073-2080」においては Helton class を導入し、この作用素のスペクトルの

性質などを調べた。さらに  $m$ -complex symmetric 作用素について、 $T^*$  が SVEP であれば  $T$  も SVEP であることなどを示した。 $m$ -skew complex symmetric のときには  $T$  が decomposable である必要十分条件は  $T^*$  が性質 ( ) を持つことを示した。

2019 年度の研究では  $\ell^1(\ )$  のイデアルの構造。  $C^*(\Sigma)$  では力学系が topologically free のときにその部分環  $C(X)$  がそのイデアルの構造を反映するのは以前から知られていたが、一般の系で  $\ell^1(\ )$  まで含めてその可換子環、  $C(X)'$ ,  $C(X)'_{-1}$  がそれぞれの閉イデアルの構造を反映していることが判明し、その結果それぞれの単純性と力学系の極小性の同値性が判明した。さらにこの結果は  $\ell^1(\ )$  においてそのすべての閉イデアルが自己共役であることと力学系が自由 (周期点が無い) であることとの同値性の証明にも使われる。ここで  $C(X)'_{-1}$  と  $\ell^1(\ )$  の構造とは (Hermite 性の問題などを通じて) さらに深い関係があるので引き続きこの面を研究する。ちなみに  $\ell^1(\ )$  が Hermite Banach algebra なのかどうかは部分的な解決以外一般にはまだ解決されていない。作用素が不変部分空間を持つか否かについては、V. Lomonosov により新たな展開となったが、今も作用素論の重要な問題である。この問題を hyponormal 作用素に拡張するために色々な研究がなされている。これについて ExB-operator を導入し、この問題を解決する。これに関連して、加藤敏夫氏によって研究が進められた 閉作用素に対する perturbation class problem について研究を進める。ここではまず nonseparable Q.L. Banach space を見つけ出す。次に  $PF+(X) \neq SS(X)$  であるバナッハ空間  $X$  を見つけ出す。有限  $l$  型因子環 (即ち、行列環)  $M$  の状態 に対する von Neumann エントロピー  $S(\ )$  は  $M$  の状態のなす集合における不変量として中心的な役割を果たす。一方、有限型 von Neumann 環  $M$  の部分 von Neumann 環  $N$  に対する条件付き期待値  $EN$  は、状態の概念を拡張したものであり、Unital completely positive map の最も代表的なものとしての、役割を果たす。Unital completely positive map に対して、von Neumann entropy タイプの概念を導入して、

に対するエントロピー  $S(\ )$  を定義する。

(1) 特に  $\ )$  が  $N$  に対する条件付き期待値  $EN$  の場合には、 $EN$  に対して、ここで定義するエントロピー  $S(EN)$  と  $N$  に対する Connes-Stormer エントロピー  $H(N)$  更には相対エントロピー  $H(M | N)$  との関係が期待される。

(2) また、arXiv に載せて雑誌には投稿していない下記の論文で導入した Unital completely positive map の集合に於ける作用素的端点のエントロピー  $S(\ )$  による特徴付けも期待される。

上記 (1), (2) の結果を得る事を目的として、Unital completely positive map に対して、von Neumann entropy タイプのエントロピー  $S(\ )$  を導入する。 $\ell^1(\ )$  の既約表現の研究、 $C^*$ -環のヒルベルト空間上への位相的な既約表現はすべて代数的にも既約であるという Kadison (1957) の結果以来この半世紀以上の間バナッハ\* - 環の既約表現はすべてヒルベルト空間上への位相的な既約表現論のみが研究されてきた。その代表的なものにこの方面の研究の基本文献とみなされている V. Ptak の長文の論文がある。しかしこれは数学的な観点からは基本的におかしい方向である。何故ならさまざまなバナッハ\* - 環はそれぞれに独自の成立背景を持っているのでそれをすべて  $C^*$  - 環論と同一視すべきではなく上述の Kadison の結果は  $C^*$  - 環が特に  $\ell^2$  - 理論と compatible な成り立ちをしているのだと理解すべきであろう。そして力学系からなる  $\ell^1(\ )$  はその成り立ちから  $C^*(\ )$  と異なり従ってまた  $\ell^2$  - 理論とは compatible ではありえないと考えられる。その一つの表れとして非周期点からヒルベルト空間上に作られた基礎的な位相的既約表現が代数的には既約な表現になっていないことが示される。したがって半世紀来の定説を覆す新しいバナッハ\* - 環の既約表現論の原型としてここではバナッハ空間上への  $\ell^1(\ )$  の既約表現 (存在その他) の研究を行う。ちなみにこの研究は proper 閉イデアルの  $C^*$ -norm closure がまた proper なのかという問題 (解決済み) を飛び越えて極大左閉イデアルの closure の問題になるので更に難しくなる。作用素論的基礎研究においてはヒルベルト空間上の作用素の  $n$ -tuple についての研究を進めると共に、バナッハ空間上の作用素についての conjugation とに関係する諸性質の研究を進めたいと考えている。

「各種エントロピーを巡る展開および可測力学系と位相力学系との作用素論的基礎研究」の題名で、5 年計画で研究を進めた。この間発表した研究論文はほとんどが外国で出版されている査読付きの雑誌で、合計 30 編にのぼる。これは当初の予想を上回る数である。口頭での研究発表は国内での研究集会において 10 回、国際研究集会では 9 回行った。質問も多く受け、インパクトある結果を得ることができた。この間、予想しなかったことは起きなかった。今後の研究としては上記の文章に記載したとおりだが、それ以外として Putnam の不等式の  $n$ -tuple 版について、D. Xia により得られた結果がある。これは Xia による新たな joint スペクトルから求められている。一般的な joint スペクトルは Taylor スペクトルであるので、Taylor スペクトルによる Putnam の不等式を得ることを目指す。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 23件 / うち国際共著 23件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 O.A.M. Sid Ahmed, M. Cho and J.E. Lee	4. 巻 73
2. 論文標題 On $(m, C)$ -isometric commuting tuples of operators on a Hilbert space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Results in Mathematics	6. 最初と最後の頁 5101-5131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00025-018-0810-0	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 M. Cho, J.E. Lee, T. Prasad and K. Tanahashi	4. 巻 3
2. 論文標題 Complex isosymmetric operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Adv. Oper. Theory	6. 最初と最後の頁 620-631
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15352/aot.1712-1267	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 M. Cho, J. Castillo and M. Gonzalez	4. 巻 33
2. 論文標題 Three-operator problems in Banach spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Extracta Math.	6. 最初と最後の頁 149-165
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.17398/2605-5686.33.2.149	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 M. Cho, J.E. Lee, K. Tanahashi and J. Tomiyama	4. 巻 58
2. 論文標題 On $[m, C]$ - symmetric operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Kyungpook Math. J.	6. 最初と最後の頁 637-650
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5666/KMJ.2018.58.4.637	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 M. Cho and Biljana Nacevska	4. 巻 32
2. 論文標題 Spectral properties of n-normal operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Filomat	6. 最初と最後の頁 5063-5069
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2298/FIL1814063C	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 M. Cho, J.E. Lee, K. Tanahashi and A. Uchiyama	4. 巻 32
2. 論文標題 Remarks on n-normal operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Filomat	6. 最初と最後の頁 5441-5451
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2298/FIL1815441C	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 M. Cho, M.H.M. Rashid, T. Prasad, K. Tanahashi and A. Uchiyama	4. 巻 84
2. 論文標題 Weyl's theorem and Putnam's Inequality for class p-wA(s,t) operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Acta Sci. Math. (Szeged)	6. 最初と最後の頁 573-589
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14232/actasm-017-020-y	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 M. Cho, J.E. Lee and H. Motoyoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 On $[m,C]$ -isometric operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Filomat	6. 最初と最後の頁 2073-2080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2298/FIL1707073C	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 M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 62
2. 論文標題 Properties of $m$ -complex symmetric operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Stud. Univ. Babeş-Bolyai Math.	6. 最初と最後の頁 233-248
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24193/subbmath.2017.2.09	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 M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 60
2. 論文標題 On $n$ -complex symmetric operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Glasgow Math. J.	6. 最初と最後の頁 35-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0017089516000550	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 M. Cho, E. Ko, Ji E. Lee	4. 巻 11
2. 論文標題 ( $\alpha, C$ )-isometric operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Operators and Matrices	6. 最初と最後の頁 793-806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7153/oam-11-56	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 M. Cho, Biljana Nacevska and J. Tomiyama	4. 巻 2
2. 論文標題 On skew $[m, C]$ -symmetric operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Adv. Oper. Theory	6. 最初と最後の頁 468-474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.22034/aot.1703-1147	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 M. Cho, Biljana Nacevska and H. Motoyoshi	4. 巻 9 : 2
2. 論文標題 On the joint spectra of commuting tuples of operators and a conjugation	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Functional Analysis, Approximation and Computation	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) 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 C. Benhida, M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 32
2. 論文標題 On symmetric and skew - symmetric operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Filomat	6. 最初と最後の頁 293-303
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2298/FIL1801293B	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 M. Cho, C. Gu, Woo Y. Lee	4. 巻 511
2. 論文標題 Elementary properties of $\phi$ -isometric on a Hilbert space	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Linear Algebra Appl.	6. 最初と最後の頁 378-402
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.laa.2016.09.023	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 M. Cho, E. Ko, Ji E. Lee	4. 巻 13
2. 論文標題 On $m$ -complex symmetric operators	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mediterr. J. Math.	6. 最初と最後の頁 2025-2038
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00009-015-0597-0	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 M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 10
2. 論文標題 On $(m,C)$ -isometric operators	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Complex Anal. Operator Theory	6. 最初と最後の頁 1679-1694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11785-016-0549-0	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 M. Cho, E. Ko, Ji E. Lee	4. 巻 13
2. 論文標題 On $m$ -complex symmetric operators II	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mediterr. J. Math.	6. 最初と最後の頁 3255-3264
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00009-016-0683-y	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 M. Cho, M.H.M. Rashid, K. Tanahashi, A. Uchiyama	4. 巻 82
2. 論文標題 Spectrum of class $p$ - $wA(s,t)$ operators	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Acta Sci. Math. (Szeged)	6. 最初と最後の頁 641-649
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14232/actasm-015-275-0	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 M. Cho, E. Ko, Ji E. Lee	4. 巻 60
2. 論文標題 On $m$ -complex symmetric operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Glasgow Math. J.	6. 最初と最後の頁 35-50
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1017/S0017089516000550	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 P. Aiena, M. Cho, M. Gonzalez	4. 巻 31:3
2. 論文標題 The perturbation classes problem for closed operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Filomat	6. 最初と最後の頁 621-627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2298/FIL1703621A	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 M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 20
2. 論文標題 On $m$ -complex symmetric operators	5. 発行年 2015年
3. 雑誌名 Mediterr. J. Math.	6. 最初と最後の頁 1-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00009-015-0597-0	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 M. Cho, E. Ko and J.E. Lee	4. 巻 10
2. 論文標題 On $(m, C)$ -isometric operators	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Complex Anal. Oper. Theory.	6. 最初と最後の頁 1679-1694
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11785-016-0549-0	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

〔学会発表〕 計15件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 Linear operators on a Banach space
3. 学会等名 KOTAC 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 線形作用素の conjugation に係る話題
3. 学会等名 第57回実函数論・函数解析学合同シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Cho and H. Motoyoshi
2. 発表標題 Linear operators and Conjugations on a Banach space
3. 学会等名 作用素平均を利用した作用素の構造解析の研究と関連する話題
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 On n-normal operators
3. 学会等名 作用素平均を利用した作用素の構造解析の研究と関連する話題
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K. Tanahashi and M. Cho
2. 発表標題 On class $p$ - $wA(s,t)$ operators
3. 学会等名 作用素平均を利用した作用素の構造解析の研究と関連する話題
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 Furuta's inequality and $p$ -WA(s,t) operators
3. 学会等名 International Workshop of Operator Theory and Applications 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 On conjugation and linear operator II
3. 学会等名 BANACH空間に基づく技法による作用素論の最近の研究と関連する話題
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 線形作用素と Conjugation
3. 学会等名 作用素論・作用素環論研究集会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 種々の不等式について
3. 学会等名 上越地区高等学校数学教育研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 On $\alpha$ -complex symmetric operators
3. 学会等名 SWOT 2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 On conjugation and linear operator
3. 学会等名 作用素論に基づく量子情報理論の幾何学的構造に関する研究と関連する話題
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 棚橋浩太郎
2. 発表標題 Furuta inequality and $p$ - $wA(s,t)$ operators
3. 学会等名 作用素論に基づく量子情報理論の幾何学的構造に関する研究と関連する話題
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 $m$ -isometric and $m$ -symmetric operators
3. 学会等名 関東作用素論研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 J.E. Lee
2. 発表標題 Spectral properties of m-complex symmetric operators
3. 学会等名 The 14th KOTAC International Conference 2015 (国際学会)
4. 発表年 2015年

1. 発表者名 M. Cho
2. 発表標題 On m -isometric operators
3. 学会等名 順序と幾何による作用素の構造研究と関連する話題
4. 発表年 2015年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 荷見守助、長 宗雄、瀬戸道生	4. 発行年 2018年
2. 出版社 内田老鶴圃	5. 総ページ数 248
3. 書名 関数解析入門 線形作用素のスペクトル	

〔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
---------------------------	-----------------------	----