

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：32652

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03943

研究課題名(和文)実関数論の方法による調和解析とその応用

研究課題名(英文)Harmonic Analysis by the methods of real analysis

研究代表者

宮地 晶彦(Miyachi, Akihiko)

東京女子大学・現代教養学部・教授

研究者番号：60107696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,600,000円

研究成果の概要(和文)：多重線形の擬微分作用素の標準的なクラスにおいて、シンボルの微分可能性に関する精密な条件を得たこと、一般の関数を重みとするシンボルのクラスを導入しアマルガム空間での新たな有界性を証明したこと、などの成果があった。非負関数に対する不等式に関しては、多重線形分数階積分作用素に対する不等式やいくつかの最大関数の不等式に関して新たな結果を得た。また、種々の関数空間の性質を調べ、それらを応用して偏微分方程式の解析を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、調和解析学の研究対象として大きな興味を持たれているのが、多変数調和解析である。多重線形の擬微分作用素は1980年以前に導入されたが、その詳しい性質が調べられるようになったのは2000年以降で、現在、多変数調和解析の重要な研究テーマのひとつとなっている。また多変数に特有の種々の不等式は、近年、多変数調和解析の主たる研究対象となっている。本研究はこれらのテーマに関して多変数調和解析学を深め、関数方程式などへのその応用を探るものである。

研究成果の概要(英文)：For multilinear pseudo-differential operators of ordinal symbol class, we identified sharp differentiability conditions that assure boundedness of the operators in Lebesgue and Hardy spaces. For multilinear pseudo-differential operators of exotic class, we introduced new class of symbols related to general weight functions and obtained sharp estimates for the multilinear pseudo-differential operators in amalgam spaces. For multilinear fractional integral operators, we obtained new inequalities that involve the class of summable functions and found sharp conditions for weight functions of power form. We found a new method to estimate strong maximal functions. We investigated properties of several function spaces including Morrey spaces and their variants, and applied them to study the solutions to partial differential equations.

研究分野：解析学

キーワード：調和解析 実関数論 関数空間 偏微分方程式 特異積分作用素 擬微分作用素 最大関数

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

2013年以降、本研究の研究代表者と分担者は、エキゾチック・クラスと呼ばれるクラスに属す多重線形の擬微分作用素の写像の性質や、非負関数に関わる多重線形の種々の作用素に対する不等式を解明し、さらに、調和解析に現れる種々の関数空間や実関数論の手法を非線形の偏微分方程式に応用する研究を進めてきていた。これらは近年の調和解析学で大きな興味を持たれている研究テーマであり、これを継続しさらに発展させるために、本研究を開始した。

### 2. 研究の目的

研究の目的は、大きく分けると、多重線形特異積分作用素の有界性と非有界性の解明、調和解析に現れる重み付き不等式の開発、領域上の関数空間や積分作用素の性質の解明、調和解析の方法を応用して偏微分方程式などの解の性質を調べることであり、これらの研究目的はいずれも、ユークリッド空間またはその領域上の関数と関数に作用する作用素とに対する調和解析の課題であり、それらに対する実関数論の方法を開発し、さらにそれらに関数方程式の解析に応用することを目指した。

### 3. 研究の方法

基本的には、研究代表者と分担者が研究テーマに対する基本的な方針を確認した後、まず個々の研究者が研究を進め、その進展に応じて結果を持ち寄って討論をする、という形で研究を進めた。2016年から2019年までの毎年、国際研究集会 East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications を開催し、また、ほぼ2ヶ月に1回ほどのペースで調和解析セミナーを開催して、本研究課題に対する研究成果を発表するとともに、本研究課題と密接に関係する調和解析と実関数論の研究に関して多くの研究者と研究討論と研究情報交換を行った。

### 4. 研究成果

(1) 双線形と多重線形の擬微分作用素の研究において以下の成果があった。

これまでに双線形の擬微分作用素については、直積型ソボレフ・ノルムを用いてシンボルの微分可能性を計る設定で臨界の微分可能性条件が知られていたが、今回の研究でグラフィコス、グエンらの協力を得て、その結果を多重線形の擬微分作用素の場合にまで拡張した。

双線形の擬微分作用素でエキゾチック・クラスと呼ばれるクラスの作用素に対して、臨界の指数の下でのルベグ空間、ハーディ空間、BMO空間での評価を確立した。これはエキゾチック・クラスのうちの特殊のクラスである  $S_0$  クラスについて以前に我々が得ていた結果をエキゾチック・クラスに拡張したものである。この拡張に用いた議論は、以前に  $S_0$  クラスに対して用いた議論とは全く異なる手法によるもので、それ自身興味深いものである。

双線形と多重線形の擬微分作用素の  $S_0$  クラスはこれまで、関数の周波数変数の長さから決まる単純なべきの形の重みの関数から決まるシンボルのクラスに対してしか扱われていなかったが、一般の正値関数を重みの関数とするシンボルのクラスを導入して、新しい評価を示した。新しい評価は関数の局所2乗積分から定まるアマルガム・ノルムを用いるものである。一般の正値関数を重みに用いたシンボルのクラスは、 $S_0$  クラスに近似した或るシンボルのクラスを扱ったグラフィコスらによる最近の研究からヒントを得たものであるが、彼らの結果を本質的に一般化しかつ改良するものである。一般の重みに関するクラスとアマルガム空間の利用は、この分野で新しいもので、将来さらなる研究の発展が期待できる。

双線形と多重線形の擬微分作用素に関するこれらの研究は、主に宮地、富田が中心となり、グラフィコス、グエン、加藤睦也、藤田真依らの研究協力を得て行った。

(2) 非負関数に関わる不等式の研究において以下の成果があった。

線形の分数階積分作用素については関数の  $L_1$  空間は不等式が変則的なふるまいをすることがよく知られているが、多重線形の分数階積分作用素に対してはいくつかの関数の  $L_1$  ノルムを用いても形式上期待される不等式が成り立つことを示した。これは多重線形の場合に線形とは異なる状況の生じる新たな事実の発見である。

双線形および多重線形の分数階積分作用素に対する重み付きルベグ・ノルムを用いた不等式について、重みを変数の長さのべきにした場合と関数を回転不変なものに制限した場合について、精密な評価を得た。

直方体を用いて定義される強最大関数とラディアル最大関数とについて、或るフェファーマン・スタイン型の不等式を示した。この証明は初めは2進立方体の特殊の入れ子構造を利用するものであったが、藪田公三が最近発見した2進直方体のカールソン型埋蔵定理を利用することができることに気づき、新たな証明を与えた。藪田の定理を用いる方法は2進立方体を用いて定義される非負作用素の重み付き不等式にも適用できることがわかり、藪田らの研究協力を得て研究をまとめた。この方法は、2進立方体と異なって入れ子構造を持たない2進直方体を扱う新たな方法として興味深いものであり、今後、様々な応用が期待できる。

双線形および多重線形の分数階積分作用素に関する研究は主に古谷が中心となっており、最大関数に関する研究は田中が中心となり、佐藤圓治、藪田公三、カオ、シュエらの研究協力を得て行った。

(3) 関数空間と偏微分方程式の研究において以下の成果があった。

ユークリッド空間の領域上の  $BMO$  空間の或る特徴付けを示し、それを応用して領域上の熱方程式と Stokes 方程式の解の評価を与えた。重み付きハーディ空間を利用してナビエ・ストークス方程式の解析を行った。これらの研究は、筒井が中心となり、儀我、岡部らの研究協力を得て行った。

モーレー空間とそれに関連した関数空間の性質の研究を進めた。モーレー空間は、関数の分布関数だけからは定まらないノルム(再配列不変でないノルム)で定義される点で、最近特に調和解析で興味を持たれている関数空間である。モーレー空間の複素補間空間の特徴付け、弱モーレー空間の性質、オルリッチ・ノルムを用いたモーレー空間の一般化などについて、いくつかの結果を得た。この研究は主に澤野と田中が中心となり、中井英一らと研究協力して行った。モーレー空間については、将来さらに研究が活発になると思われる

短時間フーリエ変換を用いて分散型方程式の解を表示する研究を行い、シュレーディンガー方程式やエアリ方程式の解に対してモジュレーション空間でのストリッカーツ評価を示すなどの結果を与えた。この研究は主に小林が中心となり、加藤圭一らと研究協力して行った。これは時間周波数解析の偏微分方程式へのひとつの応用を示したものと言える。

(4) 上記の他、調和解析に関して以下の成果があった。

波動作用素を用いて定義される或る振動積分に対してスパース評価を示した。扱った振動積分は、高次元のポホナー・リース作用素や掛谷作用素など、調和解析の重要な未解決問題に関係のあるものである。スパース評価は、精密な重み付き不等式を見通しよく導くことのできるもので、最近の調和解析で注目されている評価式である。この研究は主に筒井が中心となって行った。

モジュレーション空間に作用する作用関数の特徴付けに関して新たな結果を得た。作用関数の研究は、絶対収束するフーリエ級数を持つ関数の空間の研究などにおいて登場したもので、調和解析で古い歴史を持つだけでなく、関数に作用する非線形的作用素の研究として関数空間の性質やその応用においても興味を持たれる研究対象である。この研究は主に小林、富田が中心となり、佐藤圓治、杉本充、加藤睦也らの研究協力を得て行った。この研究は未解決の部分を残しており、最終的な結果を得るにはさらに工夫が必要である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計39件（うち査読付論文 39件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miyachi Akihiko, Tomita Naohito	4. 巻 10
2. 論文標題 Bilinear pseudo-differential operators with exotic symbols, II	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Pseudo-Differential Operators and Applications	6. 最初と最後の頁 397-413
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s11868-018-0251-2	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 -

1. 著者名 Liflyand Elijah, Miyachi Akihiko	4. 巻 371
2. 論文標題 Boundedness of multidimensional Hausdorff operators in $H^p$ spaces, $0 < p < 1$	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Transactions of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 4793 ~ 4814
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1090/tran/7572	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 Komori Furuya Yasuo	4. 巻 未定
2. 論文標題 Weighted estimates for bilinear fractional integral operators	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Mathematische Nachrichten	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/mana.201700458	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 Komori-Furuya Yasuo	4. 巻 未定
2. 論文標題 Weighted estimates for bilinear fractional integral operators: a necessary and sufficient condition for power weights	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Collectanea Mathematica	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) doi.org/10.1007/s13348-019-00246-5	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 Saito Hiroki, Tanaka Hitoshi, Watanabe Toshikazu	4. 巻 23
2. 論文標題 Fractional maximal operators with weighted Hausdorff content	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Positivity	6. 最初と最後の頁 125 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1007/s11117-018-0598-x	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 Saito Hiroki, Tanaka Hitoshi	4. 巻 74
2. 論文標題 The Fefferman-Stein Type Inequalities for Strong Fractional Maximal Operators	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Results in Mathematics	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) doi.org/10.1007/s00025-018-0927-1	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 -

1. 著者名 Tanaka Hitoshi, Yabuta Kozo	4. 巻 44
2. 論文標題 The n-linear embedding theorem for dyadic rectangles	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Annales Academiae Scientiarum Fennicae Mathematica	6. 最初と最後の頁 29 ~ 39
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5186/aasfm.2019.4404	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 Cao Mingming, Tanaka Hitoshi, Xue Qingying, Yabuta Kozo	4. 巻 93
2. 論文標題 A note on Carleson embedding theorems	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Publicationes Mathematicae Debrecen	6. 最初と最後の頁 517 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5486/PMD.2018.8309	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 Saito Hiroki, Tanaka Hitoshi	4. 巻 61
2. 論文標題 The Fefferman-Stein Type Inequalities for Strong and Directional Maximal Operators in the Plane	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Canadian Mathematical Bulletin	6. 最初と最後の頁 191 ~ 200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.4153/CMB-2017-024-x	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 SAWANO Yoshihiro, SHIMOMURA Tetsu, TANAKA Hitoshi	4. 巻 47
2. 論文標題 A remark on modified Morrey spaces on metric measure spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Hokkaido Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14492/hokmj/1520928055	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 Mastylo Mięczyslaw, Sawano Yoshihiro, Tanaka Hitoshi	4. 巻 41
2. 論文標題 Morrey-type Space and Its Kothe Dual Space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Bulletin of the Malaysian Mathematical Sciences Society	6. 最初と最後の頁 1181 ~ 1198
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1007/s40840-016-0382-7	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 Kato Tomoya, Tomita Naohito	4. 巻 292
2. 論文標題 A remark on the Schrodinger propagator on Wiener amalgam spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Mathematische Nachrichten	6. 最初と最後の頁 350 ~ 357
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201700445	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 Kato Tomoya, Tomita Naohito	4. 巻 188
2. 論文標題 Pseudodifferential operators with symbols in the Hormander class $S^0_{\{\alpha,\alpha\}}$ on $\alpha$ -modulation spaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Monatshefte für Mathematik	6. 最初と最後の頁 667 ~ 687
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00605-019-01264-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 -

1. 著者名 Bolkart Martin, Giga Yoshikazu, Suzuki Takuya, Tsutsui Yohei	4. 巻 49
2. 論文標題 Equivalence of BMO-type Norms with Applications to the Heat and Stokes Semigroups	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Potential Analysis	6. 最初と最後の頁 105 ~ 130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1007/s11118-017-9650-x	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 KOBAYASHI MASA HARU, SATO ENJI	4. 巻 230
2. 論文標題 OPERATING FUNCTIONS ON MODULATION AND WIENER AMALGAM SPACES	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nagoya Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 72 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi.org/10.1017/nmj.2017.3	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 -

1. 著者名 Loukas Grafakos, Akihiko Miyachi, Hahn van Nguyen, Naohito Tomita	4. 巻 69
2. 論文標題 Multilinear Fourier multipliers with minimal Sobolev regularity, II	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 529-562
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/06920529	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 Komori-Furuya Yasuo, Sato Enji	4. 巻 20
2. 論文標題 Fractional integral operators on central Morrey spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematical Inequalities & Applications	6. 最初と最後の頁 801 ~ 813
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7153/mia-20-50	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 Komori-Furuya Yasuo, Sato Enji	4. 巻 290
2. 論文標題 Weighted estimates for fractional integral operators on central Morrey spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematische Nachrichten	6. 最初と最後の頁 2901 ~ 2908
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201700013	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 Saito Hiroki, Tanaka Hitoshi	4. 巻 42
2. 論文標題 General maximal operators and the reverse Hoelder classes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ Mathematica	6. 最初と最後の頁 367 ~ 391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5186/aasfm.2017.4227	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 Sawano Yoshihiro, Sugano Satoko, Tanaka Hitoshi	4. 巻 449
2. 論文標題 Muckenhoupt-Wheeden conjectures for fractional integral operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 456 ~ 463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jmaa.2016.11.074	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 Fujita Mai, Tomita Naohito	4. 巻 146
2. 論文標題 Weighted norm inequalities for multilinear Fourier multipliers with critical Besov regularity	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 555 ~ 569
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1090/proc/13680	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 Okabe Takahiro, Tsutsui Yohei	4. 巻 263
2. 論文標題 Time periodic strong solutions to the incompressible Navier-Stokes equations with external forces of non-divergence form	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Differential Equations	6. 最初と最後の頁 8229 ~ 8263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jde.2017.08.038	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 Bolkart Martin, Giga Yoshikazu, Miura Tatsu-Hiko, Suzuki Takuya, Tsutsui Yohei	4. 巻 290
2. 論文標題 On analyticity of the $L_p$ -Stokes semigroup for some non-Helmholtz domains	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematische Nachrichten	6. 最初と最後の頁 2524 ~ 2546
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201600016	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 Sawano Yoshihiro, El-Shabrawy Saad R.	4. 巻 291
2. 論文標題 Weak Morrey spaces with applications	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Mathematische Nachrichten	6. 最初と最後の頁 178 ~ 186
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mana.201700001	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 Hakim Denny Ivanal, Izuki Mitsuo, Sawano Yoshihiro	4. 巻 184
2. 論文標題 Complex interpolation of grand Lebesgue spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Monatshefte für Mathematik	6. 最初と最後の頁 245 ~ 272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00605-017-1022-5	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 Bez Neal, Lee Sanghyuk, Nakamura Shohei, Sawano Yoshihiro	4. 巻 24
2. 論文標題 Sharpness of the Brascamp-Lieb inequality in Lorentz spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Electronic Research Announcements in Mathematical Sciences	6. 最初と最後の頁 53 ~ 63
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3934/era.2017.24.006	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 該当する

1. 著者名 Keiichi Kato, Masaharu Kobayashi, and Shingo Ito	4. 巻 54
2. 論文標題 Remark on characterization of wave front set by wave packet transform	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Osaka Journal of Mathematics	6. 最初と最後の頁 209 ~ 228
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 K. Koezuka and N. Tomita	4. 巻 24
2. 論文標題 Bilinear pseudo-differential operators with symbols in $BS^m_{\{1,1\}}$ on Triebel-Lizorkin spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Fourier Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 309 ~ 319
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00041-016-9518-2	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 -

1. 著者名 Yohei Tsutsui	4. 巻 17
2. 論文標題 Bounded global solutions to a Keller-Segel system with non-diffusive chemical in $R^n$	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Evolution Equations	6. 最初と最後の頁 627 ~ 640
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00028-016-0330-x	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 Masaharu Kobayashi and Enji Sato	4. 巻 230
2. 論文標題 Operating functions on modulation and Wiener amalgam spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Nagoya Mathematical Journal	6. 最初と最後の頁 72 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1017/nmj.2017.3">https://doi.org/10.1017/nmj.2017.3</a>	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 L. Grafakos, A. Miyachi, H.-V. Nguyen, and N. Tomita	4. 巻 69
2. 論文標題 Multilinear Fourier multipliers with minimal Sobolev regularity, II	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of the Mathematical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 1--34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2969/jmsj/	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. Sawano, S. Sugano, and H. Tanaka	4. 巻 449
2. 論文標題 Muckenhoupt-Wheeden conjectures for fractional integral operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Mathematical Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 456--463
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2016.11.074">https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2016.11.074</a>	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 H. Saito and H. Tanaka	4. 巻 42
2. 論文標題 General maximal operators and the Reverse Holder classes	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Annales Academiæ Scientiarum Fennicæ. Mathematica	6. 最初と最後の頁 367--391
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.5186/aasfm.2017.4227">https://doi.org/10.5186/aasfm.2017.4227</a>	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 Yasuo Komori-Furuya	4. 巻 145
2. 論文標題 Notes on endpoint estimates for multilinear fractional integral operators	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of American Mathematical Society	6. 最初と最後の頁 1515--1526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1090/proc/13389">https://doi.org/10.1090/proc/13389</a>	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 Akihiko Miyachi and Naohito Tomita	4. 巻 282
2. 論文標題 Estimates for flag paraproducts on $L^{\infty}$ and Hardy spaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Mathematische Zeitschrift	6. 最初と最後の頁 577--613
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00209-015-1554-0	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 -

1. 著者名 H. Saito, H. Tanaka, and T. Watanabe	4. 巻 140
2. 論文標題 Abstract dyadic cubes, maximal operators and Hausdorff content	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Bulletin des Sciences Mathématiques	6. 最初と最後の頁 757--773
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.bulsci.2016.02.001">https://doi.org/10.1016/j.bulsci.2016.02.001</a>	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 H. Tanaka	4. 巻 44
2. 論文標題 The $n$ linear embedding theorem	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Potential Analysis	6. 最初と最後の頁 793--809
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) doi:10.1007/s11118-015-9531-0	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 -

1. 著者名 Takahiro Okabe and Yohei Tsutsui	4. 巻 261
2. 論文標題 Navier-Stokes flow in the weighted Hardy space with applications to time decay problem	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Differential Equations	6. 最初と最後の頁 1712--1755
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.jde.2016.04.014	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 -

1. 著者名 D. I. Hakim and Y. Sawano	4. 巻 電子板
2. 論文標題 Calderon's first and second complex interpolations of closed subspaces of Morrey spaces	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 J. Fourier Analysis and Applications	6. 最初と最後の頁 1-32
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00041-016-9503-9	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43件 (うち招待講演 34件 / うち国際学会 25件)

1. 発表者名 Naohito Tomita
2. 発表標題 Bilinear pseudo-differential operators with exotic symbols
3. 学会等名 International Conference on Harmonic Analysis and its Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Sawano
2. 発表標題 Interpolation of Morrey spaces
3. 学会等名 International Conference on Harmonic Analysis and its Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 Sparse bounds for local smoothing operators
3. 学会等名 調和解析と非線形偏微分方程式 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hitoshi Tanaka
2. 発表標題 Two-weight norm inequalities for product fractional integral operators
3. 学会等名 The 6th East Asian Conference in Harmonic analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Sawano
2. 発表標題 Paracontrolled quasi-geostrophic equation with space-time white noise
3. 学会等名 The 6th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 A sparse bound for local smoothing operators
3. 学会等名 The 6th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 Asymptotic stability of the stationary Navier-Stokes flows in Besov spaces
3. 学会等名 Workshop on the Navier-Stokes flow (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 筒井容平
2. 発表標題 A sparse bound for local smoothing operators
3. 学会等名 日本数学会 実函数論分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 A sparse bound for a time-integral operator with wave propagator
3. 学会等名 調和解析セミナー
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiko Miyachi
2. 発表標題 Some recent results on multilinear Fourier multiplier operators and multilinear pseudo-differential operators
3. 学会等名 NCTS Workshop on Harmonic Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naohito Tomita
2. 発表標題 On the $L^2$ times $L^2$ to $L^r$ boundedness of bilinear pseudo-differential operators of $S_{\{0,0\}}$ -type
3. 学会等名 NCTS Workshop on Harmonic Analysis (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮地晶彦
2. 発表標題 多重線形の擬微分作用素の評価
3. 学会等名 日本数学会年会、実関数論分科会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiko Miyachi
2. 発表標題 Bilinear pseudo-differential operators with exotic symbols
3. 学会等名 The 5th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮地晶彦
2. 発表標題 Exotic class の双線形擬微分作用素の有界性について
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会実函数論分科会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮地晶彦
2. 発表標題 Exotic symbol を持つ双線形擬微分作用素の有界性について
3. 学会等名 早稲田大学応用解析研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宮地晶彦
2. 発表標題 Exotic symbol を持つ双線形擬微分作用素の有界性について
3. 学会等名 大阪大学微分方程式セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Miyachi and Naohito Tomita
2. 発表標題 Bilinear pseudo-differential operators with exotic symbols
3. 学会等名 調和解析セミナー
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中仁
2. 発表標題 The $n$ -linear embedding theorem for dyadic rectangles
3. 学会等名 名古屋大学微分方程式セミナー
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hitoshi Tanaka
2. 発表標題 The Carleson type embedding inequality for dyadic rectangles
3. 学会等名 Harmonic Analysis and its Applications in Tokyo 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Hitoshi Tanaka
2. 発表標題 The Fefferman-Stein type inequalities for strong fractional maximal operators
3. 学会等名 The 5th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naohito Tomita
2. 発表標題 Bilinear pseudodifferential operators of type $(1,1)$ and their application to the Kato-Ponce inequality
3. 学会等名 The 5th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Naohito Tomita
2. 発表標題 Bilinear pseudodifferential operators of type 1,1 and their application to the Kato-Ponce inequality
3. 学会等名 Harmonic Analysis and its Applications in Tokyo 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 筒井容平
2. 発表標題 Asymptotic stability of the stationary Navier-Stokes flows in Besov spaces
3. 学会等名 京都大学NLPDEセミナー (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jayson Cunanan, 岡部孝宏, 筒井容平
2. 発表標題 Asymptotic stability of stationary solutions to the Navier-Stokes equations in Besov spaces
3. 学会等名 日本数学会年会函数方程式分科会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡部孝宏, 筒井容平
2. 発表標題 Remark on the strong solvability of the Navier-Stokes equations in the weak $L_n$ space
3. 学会等名 日本数学会年会函数方程式分科会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 Asymptotic stability of the stationary Navier-Stokes flows in Besov spaces
3. 学会等名 Harmonic Analysis and its Applications in Tokyo 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 Asymptotic stability of stationary solutions to the Navier-Stokes equations in Besov spaces
3. 学会等名 The 5th East Asian Conference in Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 澤野嘉宏
2. 発表標題 Morrey spaces - Introduction
3. 学会等名 広島大学談話会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Sawano
2. 発表標題 Interpolation of Morrey spaces
3. 学会等名 Banach spaces and operator theory with applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Sawano
2. 発表標題 Morrey spaces - Introduction
3. 学会等名 ISAAC Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 K. Kato, M. Kobayashi, S. Ito, and T. Takahashi
2. 発表標題 Representation of Airy evolution operator via short-time Fourier transform and its application
3. 学会等名 Harmonic Analysis and its Applications in Tokyo 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 小林政晴
2. 発表標題 Representation of Airy evolution operator via Short-time Fourier transform
3. 学会等名 第9回 名古屋微分方程式研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Akihiko Miyachi
2. 発表標題 Hardy space estimates for multidimensional Hausdorff operators
3. 学会等名 Workshop on Harmonic Analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 筒井容平
2. 発表標題 Estimates for integral equations with real interpolation technique
3. 学会等名 RIMS 研究集会「関数空間の構造とその周辺」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yohei Tsutsui
2. 発表標題 Navier-Stokes flow in the weighted Hardy space with applications to time decay problem
3. 学会等名 International Workshop on Harmonic Analysis and its Applications in Beijing 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Tanaka
2. 発表標題 Muckenhoupt-Wheeden conjectures for fractional integral operators
3. 学会等名 International Workshop on Harmonic Analysis and its Applications in Beijing 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Akihiko Miyachi
2. 発表標題 Hardy space estimates for multidimensional Hausdorff operators
3. 学会等名 International Workshop on Harmonic Analysis and its Applications in Beijing 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 N. Tomita
2. 発表標題 Weighted norm inequalities for multilinear Fourier multipliers with critical Besov regularity
3. 学会等名 International Workshop on Harmonic Analysis and its Applications in Beijing 2016 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮地晶彦
2. 発表標題 多変数Hausdorff作用素のHardy空間での有界性について
3. 学会等名 日本数学会秋季総合分科会、実関数論分科会 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masaharu Kobayashi
2. 発表標題 Operating functions on modulation and Wiener amalgam spaces
3. 学会等名 Harmonic Analysis and its Applications in Matsumoto 2016, summer (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 H. Tanaka
2. 発表標題 The $n$ linear embedding theorem
3. 学会等名 4th East Asian Conference in Harmonic analysis and Applications (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 富田直人
2. 発表標題 On the boundedness of multilinear Fourier multiplier operators
3. 学会等名 調和解析と非線形偏微分方程式 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 澤野嘉宏
2. 発表標題 Complex interpolation of Morrey spaces
3. 学会等名 調和解析と非線形偏微分方程式 (招待講演)
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Yoshihiro Sawano	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 964
3. 書名 Theory of Besov spaces	

〔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
研究分担者	古谷 康雄  (Furuya Yasuo)  (70234903)	東海大学・理学部・教授    (32644)	

## 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
研究分担者	田中 仁 (Tanaka Hitoshi)  (70422392)	筑波技術大学・障害者高等教育研究支援センター・講師  (12103)	
研究分担者	富田 直人 (Tomita Naohito)  (10437337)	大阪大学・理学研究科・准教授  (14401)	
研究分担者	筒井 容平 (Tsutsui Yohei)  (40722773)	信州大学・学術研究院理学系・助教  (13601)	
研究分担者	澤野 嘉宏 (Sawano Yoshihiro)  (40532635)	首都大学東京・理学研究科・准教授  (22604)	
研究分担者	小林 政晴 (Kobayashi Masaharu)  (30516480)	北海道大学・理学研究院・准教授  (10101)	
研究協力者	杉本 充 (Sugimoto Mitsuru)		
研究協力者	佐藤 圓治 (Sato Enji)		
研究協力者	加藤 睦也 (Kato Tomoya)		

## 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	藪田 公三  (Yabuta Kozo)		
研究協力者	中井 英一  (Nakai Eiichi)		
研究協力者	グラファコス ルーカス  (Grafakos Loukas)		