

機関番号：13601

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20540163

研究課題名（和文） 順序空間の正則性を用いたリース空間値非加法的測度とショケ積分の研究

研究課題名（英文） New smoothness conditions on Riesz spaces with applications to nonadditive measures and Choquet integrals

研究代表者

河邊 淳 (KAWABE JUN)

信州大学・工学部・教授

研究者番号：50186136

研究成果の概要（和文）：非加法的測度やそのショケ積分の研究では、様々な定理の証明において、 $\varepsilon - \delta$ 論法が重要な役割を果たしている。それゆえ、これらの研究をリース空間値非加法的測度に対して展開するには、従来の論法に代わる新たな概念や証明手法の開発が必須である。本研究では、漸近のエゴロフ性、多重エゴロフ性、単調関数連続性条件などの新たな滑らかさの概念をリース空間に導入することにより、非加法的測度論やショケ積分論をリース空間の枠組みで展開した。

研究成果の概要（英文）：It is well known that the $\varepsilon - \delta$ argument plays an important role in the proof of many theorems in nonadditive measure theory and in Choquet integration theory. That is why new concepts and techniques for proving are required to develop these studies for Riesz space-valued nonadditive measures. In this research, Riesz space-valued nonadditive measure theory and their Choquet integration theory are developed with the help of new smoothness conditions on Riesz spaces such as the asymptotic Egoroff property, the multiple Egoroff property, and the monotone function continuity property.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：測度論

科研費の分科・細目：数学・基礎解析学

キーワード：非加法的測度，ショケ積分，リース空間，漸近のエゴロフ性，多重エゴロフ性，単調関数連続性条件，ショケ積分の収束定理，歪直積測度

1. 研究開始当初の背景

非加法的測度の研究は、1976年の菅野、Dobrakovによる、それぞれ工学、数学的立場からの基礎研究を出発点として、世界各地で多くの数学者、工学者により盛んに研究されている最新の研究テーマである。実際、その重要性と他分野への多大な波及効果から、早くも1990年代前半には、その研究成果が

Wang-Klir (1992), Denneberg (1994), Pap (1995)らの専門書にまとめられた。

一方、リース空間値加法的測度の研究は、1970年代初頭のWrightの一連の仕事で基礎が確立された。その後、D-収束とFremlinの補題を組合せたリース空間における新たな極限操作手法が1990年代初頭に発見され、研究は飛躍的に進展し現在に至っている。こ

れらの中で、研究代表者は、2000年から2004年にかけて実施した局所凸空間やバナハ束に値をとる加法的測度の弱収束性に関する一連の研究を基盤とし、Wrightの手法や、D-収束とFremlinの補題の組合せによる手法を活用し、リース空間値加法的測度に対して、リース型表現定理、ラドン性、ボレル直積測度の存在性、測度の弱収束の一様性などの研究を行った。

リース空間値非加法的測度の研究は、このような研究動向の中からまさに自然発生的に登場してきた。しかし、研究の推進には、 ε 論法の欠如や、加法的測度の場合に有効なWrightの手法や、D-収束とFremlinの補題を組合せた手法が機能しないこと、さらには、 L^p 空間($0 < p < 1$)上の順序連続線形汎関数は0しかない、それゆえ、ベクトル測度に線形汎関数を作用させ、スカラー値測度にし、従来の(非加法的)測度論の豊富な研究成果を活用する手法が使えないなどの課題があった。これらの困難を乗り越え、研究の突破口を開いたのが、2006年から2007年にかけての、研究代表者による先行研究である。そこでは、リース空間の枠組みで ε 論法を実現するための極限操作手法と、それが機能するリース空間の正則性概念である漸近的エゴロフ性と多重エゴロフ性の概念が新たに導入され、非加法的測度論における重要定理、例えば、可測関数列の収束に関するエゴロフ、ルベグ、リースの3定理や、位相空間上の非加法的測度のラドン性およびルージン定理、さらには測度の連続性に関するアレクサンドロフ定理などがリース空間値非加法的測度の場合へ拡張された。

このようにリース空間値非加法的測度の研究は、漸近的エゴロフ性や多重エゴロフ性の力を借りて、今まさにその黎明を迎えていた。

2. 研究の目的

本研究課題「順序空間の正則性を用いたリース空間値非加法的測度とショケ積分の研究」は、『順序空間の正則性を用いた測度論の研究』という全体構想の主要部分に位置する。

リース空間などの順序空間に値をとる測度の理論を進展させるには、順序が全順序でないことや、 ε 論法の欠如など、少なからぬ障害がある。これを回避する1つの古典的方法が、順序収束性などの極限操作手法とアルキメデス性というリース空間の滑らかさの概念を組み合わせた議論である。その後、D-収束性とFremlinの補題を組み合わせた新たな極限操作手法が1990年代初頭に登場した。この手法は、加法的測度の研究に非常に有効であるが、うまく機能するにはリース空間にアルキメデス性より強い滑らかさの概念で

ある弱 σ -分配性を課す必要がある。このように、『広く測度論における ε 論法をリース空間の枠組みで実現するための新たな概念・手法を考案するとともに、その手法が機能する正則性(滑らかさ)をもち、なおかつ豊富な具体例を含むリース空間を定式化すること』を、研究代表者はそれぞれ「順序空間における極限操作手法」、「順序空間の正則性」の確立とよんでいる。

D-収束性とFremlinの補題の組み合わせによる手法は、測度論における重要定理をリース空間値測度へ拡張する際には有効であるが、その特性上、測度が(劣)加法性を満たす場合しか機能しない。言い換えれば、単に単調性と正值性だけを満たす測度である非加法的測度を研究対象とする場合、従来とは異なる新たな極限操作手法とそれが機能するリース空間の正則性を考案することが必須となる。

この研究は、順序空間の正則性と結び付けて実施した平成18・19年度基盤研究(C)(一般)の研究成果をさらに格段に進展させることを目的とし、その研究対象として新たにショケ積分を加えることにより、リース空間値非加法的測度に対するショケ積分の基礎理論の構築や、リース空間値非加法的測度論のさらなる展開と精密化を目指した。

3. 研究の方法

(1) リース空間値ショケ積分の収束定理

非加法的測度に対する積分概念として重要なショケ積分は、Duchon, Riečanらによるリース空間におけるリーマン・スティルチェス積分論を用いて、研究代表者により定式化され、共単調関数に関する加法性などの基礎的性質が確立された。この研究では、リース空間値非加法的測度に対するショケ積分論をさらに進展させ実用化するため、単調収束定理や優収束定理などの収束定理の定式化を行う。研究方法は以下の通りである。

①Debièveらによって与えられたバナハ束値関数の有界変動実数値関数によるリーマン・スティルチェス積分に対するHelly-Bray型の収束定理をリース空間の場合へ拡張し、その応用としてショケ積分の収束定理を示す。

②Helly-Bray型の収束定理のリース空間への拡張が成立するためにリース空間に課すべき正則性と、そこで機能する極限操作手法を開発する。

(2) 実数値非加法的歪直積測度の連続性とその拡張可能性

直積空間 $X \times Y$ の直積集合体上の測度 λ に対し、その X 方向、 Y 方向への射影測度 μ 、 ν がともに連続であっても、 λ は必ずしも連続とは限らない。MarczewskiとRyll-Nardzew

skiの定理(以下, M-N定理とよぶ)によれば, λ が連続となるには, μ, ν のどちらか一方が連続性よりも強い, コンパクト性を満たす必要がある. この研究では, 彼らの結果が非加法的測度論でも成立するか否かを考察する. 問題が肯定的に解決されれば, 非加法的測度の拡張可能性に関するDobrákovの定理により, 直積集合体上の非加法的測度 λ は, σ -集合体上に拡張可能となる. 研究方法は以下の通りである.

①実数値非加法的歪直積測度が一樣自己連続性をもつ場合の定理の成立性を検討する.

②一樣自己連続性の仮定を, 単なる自己連続性や零加法性などに弱められるかを検討する.

(3) リース空間値非加法的歪直積測度へのM-N定理の拡張

上記(2)の研究で得られた, 実数値非加法的歪直積測度 λ の連続性に関するM-N定理を, λ がリース空間に値をとる場合に拡張する. 研究方法は以下の通りである.

①実数値非加法的歪直積測度に対するM-N定理において, $\varepsilon-\delta$ 論法を用いた定式化や証明部分が, 列やネットの収束概念を用いて記述可能かを検討し, リース空間の場合の定式化とその証明に結びつける.

②定理を定式化する際に λ に課す条件と, 従前の条件である一樣自己連続性との関連を調べる.

③必要に応じて, リース空間に新たな滑らかさの条件を導入する.

(4) リース空間値ショケ積分に対する有界収束定理

非加法的測度に対する積算概念として重要なショケ積分は, Duchoň, Riečanらが展開したリース空間値リーマン・スティルチェス積分論を用いて, 研究代表者により, リース空間値非加法的測度に対して定式化され, 単調収束定理や優収束定理の成立性は, 非加法的測度の連続性と密接に関連していることが示された. しかし, 測度収束する関数列に対する有界収束定理では, その成立性は測度の連続性からは一般には保証されないことが, 反例により確認されている. この研究では, 測度収束する関数列に対する有界収束定理の成立性と同値となる非加法的測度の特徴付けを発見する. さらに, より弱いタイプの有界収束定理, すなわち, 法則収束する関数列に対する有界収束定理の成立性についても考察する. 研究方法は以下の通りである.

①室伏らにより示された, 実数値非加法的測度に対する有界収束定理の証明を詳細に検討し, リース空間値測度の場合へ拡張する

際に必要な非加法的測度の擬加法性に関する条件を発見し, 定理の証明に結びつける.

②必要に応じて, リース空間に新たな滑らかさの条件を導入する.

(5) 共単調加法的汎関数の非加法的測度によるショケ積分表示

関数空間上で定義された共単調加法性をもつ(一般には非線形な)汎関数の非加法的測度によるショケ積分表示は, リース型積分表現とよばれる. 共単調加法的な汎関数に対するリース型積分表示は, 関数空間が L^∞ の場合のSchmeidler(1986)の結果や, 局所コンパクト空間 X 上のコンパクトな台をもつ実数値関数全体からなる空間 $C_0(X)$ の場合の成川(1998)らの結果が知られている. この研究では, これら従前の結果を含み, さらに無限次元空間上の非加法的測度の研究にも応用可能とすべく, 完全正則空間 X 上の有界連続関数全体からなる空間 $C_b(X)$ の場合も含むように, リース型積分表示定理を拡張する. 研究方法は以下の通りである.

① L^∞ や $C_0(X)$ などの具体的な関数空間の場合の結果を含むように, 一般的な形で定理を定式化する.

②さらに, ①で得られた定式化が $C_b(X)$ の場合へも適応可能となるように適宜修正する.

③共単調加法的写像がリース空間に値をとる場合への拡張可能性についても検討し, 必要に応じて, リース空間に新たな滑らかさの条件を導入する.

4. 研究成果

(1) リース空間値ショケ積分の収束定理

非加法的測度論における積算概念として重要なショケ積分論をさらに進展させ, 実用化することを目的とし, 以下の成果を得た.

①リース空間の滑らかさの新概念として, 単調関数連続性条件(有界閉区間上で定義されたどんな単調関数の不連続点も, 常に高々可算となる性質をもつリース空間の特徴付け)を導入し, この条件のもとで, リース空間値ショケ積分に対する単調収束定理と優収束定理の定式化に成功した.

②数多くの具体的かつ有用な関数空間, 例えば, ルベグ関数空間 $L^p[0, 1]$ ($0 < p \leq \infty$)は, 単調関数連続性条件を満たすことを示した.

(2) 実数値非加法的歪直積測度の連続性と拡張可能性

直積空間 $X \times Y$ の直積集合体上の測度 λ に対し, その X 方向, Y 方向への射影測度をそれぞれ μ, ν とする. 1953年にMarczewskiとRyll-Nardzewskiは, 測度 μ, ν, λ が有限加法的な場合に, λ の連続性とコンパクト性に関して次の2つの結果を得た.

M-N定理(I): μ が連続, ν がコンパクト

トならば λ は連続.

M-N定理(II): μ と ν がともにコンパクトならば λ もコンパクト.

この研究では, M-N定理の非加法的歪直積測度への拡張として, 以下の成果を得た.

①M-N定理(I)は, 実数値非加法的歪直積測度 λ に, 非加法的測度論における擬加法的条件として広く利用される一様自己連続性を仮定すれば成立することを示した.

②一方, M-N定理(II)は, 一様自己連続性よりも弱い, 弱漸近零加法的性を仮定するだけで成立することを示した.

(3) リース空間値非加法歪直積測度へのM-N定理の拡張

(2)の研究成果である, 実数値非加法的歪直積測度の連続性に関するM-N定理を, リース空間に値をとる場合に拡張することを目的とし, 以下の成果を得た.

①リース空間値非加法的歪直積測度の一様自己連続性概念の拡張として, 一様 (σ, ∞) -漸近零加法的概念を新たに導入し, M-N定理をリース空間の枠組みで定式化した.

②十分滑らかな, 必ずしも斉次的でないノルムをもつリース空間(complete, σ -gauge Riesz space)に値をとる一様自己連続な非加法的測度は, 常に一様 (σ, ∞) -漸近零加法的であることを示し, M-N定理がリース空間の枠組みでも成立することを示した.

(4) リース空間値非加法的測度の正則性とショケ積分の収束定理への応用

ボレル集合上での測度の値を, より取り扱いやすい閉集合やコンパクト集合上での値で近似するために必要な測度の正則性の諸概念は, 非加法的測度論を展開する際にも非常に重要である. この研究では, 位相空間上のリース空間値非加法的測度の正則性に関する諸概念の性質をより詳細に調べ, ショケ積分の収束定理の定式化に応用することを目的として, 以下の成果を得た.

①リース空間に順序可分性と多重エゴロフ性を仮定すれば, 任意の完備距離空間または局所コンパクト空間上のすべての τ -正則な弱零加法的リース空間値ファジィ測度は自動的にラドンとなることを示した.

②非加法的測度の正則性条件として, 完全 α -連続性, 完全 c -連続性, 完全 k -連続性の概念を導入し, これらの条件と, 下半連続関数の単調増加有向列, 上半連続関数の単調減少有向列, 無限遠点で消滅する上半連続関数の単調減少有向列のショケ積分の単調収束定理の成立性が同値であることを示した.

(5) リース空間値ショケ積分の有界収束定理
非加法的測度に関する積算概念として重要なショケ積分の単調収束定理や優収束定理の

成立性は, 測度の連続性と密接に関連している. しかし, 測度収束する関数列のショケ積分の有界収束定理は, 非加法的測度に連続性を仮定しても一般には成立しない. この研究では, リース空間値非加法的測度のショケ積分の有界収束定理が成立するために, 非加法的測度に課すべき条件を見いだすことを目的とし, 以下の成果を得た.

①測度収束する関数列のショケ積分の有界収束定理の成立性と, 非加法的測度の自己連続性が同値となることを示した.

②リース空間値単調関数の不連続点の濃度に関する条件である単調関数連続性条件をリース空間に仮定すれば, 法則収束する関数列に対するショケ積分の有界収束定理が, すべてのリース空間値非加法的測度に対して成立することを示した.

(6) 共単調加法的汎関数のショケ積分表示

関数空間上で定義された共単調加法的汎関数のショケ積分表示定理は, リース型積分表示定理とよばれ, ショケ積分の汎関数的な特徴付けを与えている点で非常に重要な研究対象であり, すでに幾つかのタイプの積分表示定理が得られている. この研究では, 従前の結果を含み, さらに無限次元空間上の非加法的測度の研究にも応用可能とすべく, リース型積分表示定理の拡張を行い, 以下の成果を得た.

①共単調加法的汎関数のDaniell-Stone型の積分表示定理として知られているGreco定理から, リース型積分表示定理を導く汎用的な手法を発見し, 成川らの積分表示定理の別証明と改良を与えた. さらに, 汎関数の定義空間が無限遠点で消滅する関数からなる空間や, 正規空間上の有界連続関数空間の場合にも, リース型積分表示定理が成立することを示した.

以上で述べた研究成果は, 非加法的測度に関する重要な論文が掲載される国際専門誌Fuzzy Sets and Systems (Elsevier社発行)などに掲載され, 編集者や論文査読者からは常に高い評価を得ているとともに, 他の研究者の論文にも多数引用されている. また, 日本数学会をはじめ, 国内外の数多くのシンポジウムにおいて, 研究成果を発表した.

今回の研究は, リース空間値非加法的測度とショケ積分の基盤的研究であり, その成果を土台として, 理論と応用の両面において, 今後ますます研究が進展してゆくことが大きく期待されている.

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 16 件)

- ① Jun Kawabe, The continuity and compactness of Riesz space-valued indirect product measures, *Fuzzy Sets and Systems*, 175, 2011, 65-74, 査読有.
- ② Jun Kawabe, A study of Riesz space-valued non-additive measures, *Advances in Intelligent and Soft Computing*, 68, 2010, 91-102, 査読有.
- ③ Jun Kawabe, New smoothness conditions on Riesz spaces with applications to Riesz space-valued non-additive measures and their Choquet integrals, *Real Analysis Exchange, Summer Symposium*, 34, 2010, 63-66, 査読有.
- ④ Jun Kawabe, Regularities of Riesz space-valued non-additive measures with applications to convergence theorems for Choquet integrals, *Fuzzy Sets and Systems*, 161, 2010, 642-650, 査読有.
- ⑤ 河邊 淳, Riesz 空間の新正則性条件と非加法的測度への応用: Alexandroff 定理, *京都大学数理解析研究所講究録*, 1683, 2010, 54-61, 査読無.
- ⑥ 相馬 匡博, 河邊 淳, 共単調加法性によるシヨケ積分の特徴付け, 第 15 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, 15, 2010, 7-8, 査読無.
- ⑦ Jun Kawabe, Continuity and compactness of the indirect product of two non-additive measures, *Fuzzy Sets and Systems*, 160, 2009, 1327-1333, 査読有.
- ⑧ 河邊 淳, 非加法的周辺測度をもつ歪直積の連続性とコンパクト性, *京都大学数理解析研究所講究録*, 1630, 2009, 64-69, 査読無.
- ⑨ 相馬 匡博, 河邊 淳, 有限加法的測度の加法的拡大定理の別証明, 第 14 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, 14, 2009, 65-66, 査読無.
- ⑩ 二又川 透, 河邊 淳, 距離空間上の非加法的測度の性質: 台と完全性, 第 14 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, 14, 2009, 67-68, 査読無.
- ⑪ Jun Kawabe, The Choquet integral in Riesz space, *Fuzzy Sets and Systems*, 159, 2008, 629-645, 査読有.
- ⑫ Jun Kawabe, Some properties on the regularity of Riesz space-valued non-additive measures, *Banach and function spaces (M. Kato and L. Maligranda, eds.)*, 2008, 337-348, 査読有.
- ⑬ Jun Kawabe, Yuya Hasebe, Strassen's marginal problems for vector-valued measures—a short survey, *京都大学数理*

解析研究所講究録, 1585, 2008, 51-64, 査読無.

- ⑭ 河邊 淳, リース空間におけるシヨケ積分の定式化とその収束定理, *京都大学数理解析研究所講究録*, 1615, 2008, 6-19, 査読無.
- ⑮ 二又川 透, 河邊 淳, 非加法的測度の正則性とシヨケ積分の単調収束定理, 第 13 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, 13, 2008, 11-12, 査読無.
- ⑯ 長谷部 有哉, 河邊 淳, ある種の漸近的零加法性をもつ歪直積の連続性とコンパクト性, 第 13 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ講演論文集, 13, 2008, 13-14, 査読無.

[学会発表] (計 19 件)

- ① 河邊 淳, 共単調加法的非線形汎関数の非加法的測度による積分表示, 京都大学数理解析研究所研究集会「バナッハ空間論の研究とその周辺」, 2011 年 2 月 15 日, 京都大学数理解析研究所.
- ② 河邊 淳, 共単調加法的非線形汎関数のシヨケ積分表示, 京都大学数理解析研究所研究集会「独立性と従属性の数理—函数解析学の視点から」, 2010 年 12 月 21 日, 京都大学数理解析研究所.
- ③ 河邊 淳, The bounded convergence theorem and the autocontinuity of Riesz space-valued non-additive measures, 実解析学シンポジウム 2010, 2010 年 11 月 14 日, 九州工業大学戸畑キャンパス.
- ④ 相馬 匡博, 共単調加法性によるシヨケ積分の特徴付け, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会, 第 15 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 2010 年 10 月 22 日, 関西大学飛鳥文化研究所.
- ⑤ 河邊 淳, The bounded convergence theorem for Riesz space-valued non-additive measures, 日本数学会秋季総合分科会・実函数論分科会, 2010 年 9 月 24 日, 名古屋大学東山キャンパス.
- ⑥ Jun Kawabe, New smoothness conditions on Riesz spaces with applications to Riesz space-valued non-additive measures and their Choquet integrals, *Summer Symposium in Real Analysis XXXIV*, 2010 年 7 月 15 日, The College of Wooster, Wooster, Ohio.
- ⑦ Jun Kawabe, A study of Riesz space-valued non-additive measures, *International Symposium on Integrated Uncertainty Management and Applications 2010*, 2010 年 4 月 11 日, 北陸先端科学技術大学院大学.
- ⑧ 相馬 匡博, 有限加法的測度の加法的拡大定理の別証明, 日本知能情報ファジィ

- 学会評価問題研究部会, 第 14 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 2009 年 11 月 7 日, 関東学院大学関内メディアルセンター.
- ⑨ 二又川 透, 距離空間上の非加法的測度の性質: 台と完全性, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会, 第 14 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 2009 年 11 月 7 日, 関東学院大学関内メディアルセンター.
- ⑩ Jun Kawabe, New smoothness conditions on Riesz space with applications to non-additive measure theory, Sixth edition of the International Conference on Positivity and Its Applications, 2009 年 7 月 24 日, El Escorial, Spain.
- ⑪ Jun Kawabe, The bounded convergence theorem for Riesz space-valued Choquet integrals, 5th Asian Mathematical Conference, 2009 年 6 月 24 日, Purta World Trade Center, Malaysia.
- ⑫ 河邊 淳, Riesz 空間値 Choquet 積分の定式化と収束定理, 2009 日本数学会年会, 2009 年 3 月 27 日, 東京大学駒場キャンパス.
- ⑬ 二又川 透, 非加法的測度の正則性とショック積分の単調収束定理, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会, 第 13 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 2008 年 11 月 14 日, 飯坂温泉, 福島.
- ⑭ 長谷部 有哉, ある種の漸近的零加法性をもつ歪直積の連続性とコンパクト性, 日本知能情報ファジィ学会評価問題研究部会, 第 13 回曖昧な気持ちに挑むワークショップ, 2008 年 11 月 14 日, 飯坂温泉, 福島.
- ⑮ 河邊 淳, 非加法的測度の歪直積の連続性とコンパクト性, 実解析学シンポジウム 2008 山口, 2008 年 11 月 9 日, 山口大学.
- ⑯ Jun Kawabe, The continuity of Riesz space-valued non-additive measures: Alexandroff theorem, Vector Measures, Integration and Applications, 2008 年 9 月 26 日, Katholische Universität, Eichstätt, Germany.
- ⑰ Jun Kawabe, A non-additive version of the Alexandroff theorem for Riesz space-valued measures, Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization, 2008 年 9 月 18 日, Kunibiki Messe, Matsue City.
- ⑱ 河邊 淳, 非加法的周辺測度をもつ歪直積の連続性とコンパクト性, 京都大学数理解析研究所研究集会「非加法性の数理と情報: 非加法性と凸解析」, 2008 年 8 月 25 日, 京都大学数理解析研究所.

- ⑲ 河邊 淳, Riesz 空間におけるショック積分の定式化とその収束定理, 京都大学数理解析研究所研究集会「バナッハ空間及び関数空間論の最近の進展とその応用」, 2008 年 6 月 4 日, 京都大学数理解析研究所.

[その他]

<http://soar-rd.shinshu-u.ac.jp/profile/ja.jaAaZVkh.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河邊 淳 (KAWABE JUN)
信州大学・工学部・教授
研究者番号: 50186136

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

木村 盛茂 (KIMURA MORISHIGE)
信州大学・工学部・教授
研究者番号: 00026345
高野 嘉寿彦 (TAKANO KAZUHIKO)
信州大学・全学教育機構・教授
研究者番号: 80252063
山崎 基弘 (YAMASAKI MOTOHIRO)
研究者番号: 30021017
大野 博道 (OHNO HIROMICHI)
信州大学・工学部・准教授
研究者番号: 90554585
鈴木 章斗 (SUZUKI AKITO)
信州大学・工学部・助教
研究者番号: 70585611