

令和 3 年 5 月 21 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05372

研究課題名(和文) 測地線の構造を持つ距離空間における不動点問題の研究とその応用

研究課題名(英文) A study on fixed point problems in metric spaces with geodesic structure and its applications

研究代表者

高阪 史明 (Kohsaka, Fumiaki)

東海大学・理学部・教授

研究者番号：20434003

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、任意の二点を結ぶ測地線が存在するような距離空間である測地距離空間やノルム空間上の写像に対する不動点問題の研究を行い、そのような空間における凸関数の最小化問題や凸制約可能性問題への応用研究を行った。特に、上に有界な曲率条件を満たす完備測地距離空間における写像について、不動点の存在性および不動点の近似法に関する結果を得た。さらに、凸関数のリゾルベントを用いて定義される最小点近似列に関する漸近挙動の研究を行った。また、バナッハ空間における微分可能な凸関数を用いて定義される二変数関数を用いた不動点定理や不動点近似定理に関する成果も得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

物理現象や社会現象を数学的に定式化した際に現れる非線形問題を統一的に解決する方法の一つとして、非線形写像に対する不動点理論を用いる方法がある。本研究では、数列空間や関数空間などの無限次元完備ノルム空間や球面や双曲面などの完備測地距離空間における種々の写像に対する不動点問題の研究を行った。特に、不動点の存在性や不動点の近似方法に関する研究成果が得られた。さらに、これらの成果を応用することにより、凸関数の最小化問題や凸制約可能性問題などの非線形問題に関する結果を得た。本研究の研究成果により、球面や双曲面などの非線形空間における諸問題を不動点理論の枠組みで解決する方法が示された。

研究成果の概要(英文)：In this research, we study fixed point problems for mappings defined on geodesic metric spaces and normed spaces and apply our results to minimization problems for convex functions and convex feasibility problems in such spaces. In particular, we obtain some results on the existence and approximation of fixed points for mappings defined on complete geodesic metric spaces. Further, we also study the asymptotic behavior of sequences generated by using resolvents of convex functions. We also obtain fixed point theorems and fixed point approximation theorems with two variable functions associated with smooth convex functions in Banach spaces.

研究分野：非線形解析学とその応用

キーワード：非線形解析学 凸解析学 不動点定理 不動点近似 凸関数 測地距離空間 ヒルベルト空間 バナッハ空間

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、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

凸最小化問題、変分不等式問題、相補性問題、鞍点問題、均衡問題、勾配流の問題などの非線形問題の研究は、非線形解析学や凸解析学における中心的な研究課題である。非線形写像に対する不動点理論を用いることにより、これらの非線形問題を一定の条件下で統一的に解決することができる。

1976年、Rockafellar は極大単調作用素の零点を求める近似法の一つである近接点法に関する成果を得るとともに、一定の条件下でそれぞれの非線形問題が不動点理論の枠組みで解決できることを示した。この成果は、不動点理論と凸解析学の両分野を結びつける重要なものであり、その後の両分野における研究者による一連の研究の出発点となった。

しかし、不動点理論の研究では考察対象となる非線形写像の定義域が線形構造を有する場合が主たる研究対象であったため、ヒルベルト空間の単位開球、ヒルベルト空間の単位球面、リーマン多様体、R-tree などの非線形空間における諸問題と不動点理論の相互関係については十分な研究成果が挙げられていなかった。

そのような状況下で、2004年にKirkはヒルベルト空間の一般化である非正の曲率を持つ完備測地距離空間（アダマール空間）における非拡大写像の不動点定理を得ることに成功した。この成果以降、測地距離空間における不動点理論とその応用に関する研究が急速に進展している。

一方、1995年にJostはアダマール空間における凸関数のリゾルベントの研究を行い、距離空間における調和写像の研究に応用した。さらに、1998年にMayerは凸関数のリゾルベントを用いてアダマール空間における勾配流の研究を行った。また、2013年にBacakは1976年にRockafellarが得た収束定理がアダマール空間でも成り立つことを示した。

2016年、KimuraとKohsakaは上に有界な曲率を持つ完備測地距離空間における凸最小化問題と相性の良い写像概念を導入し、不動点理論の立場から凸最小化問題を解決するに至った。このような空間は、ヒルベルト空間、アダマール空間、ヒルベルト空間の単位開球、ヒルベルト空間の単位球面の一般化である。さらに、それに続く研究では、これまで困難とされていた非線形空間における非線形問題の解決への突破口を開いた。

これらの成果は、測地距離空間における凸最小化問題、変分不等式問題、鞍点問題、勾配流の問題などの諸問題を不動点理論の枠組みから統一的に解決できる可能性を示唆していた。特に、凸関数の勾配流の研究は発展方程式と関わる興味深い研究テーマである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、測地距離空間における不動点問題を研究し、各種の非線形問題に対する統一的な解決方法を確立することである。そのために、それぞれの非線形問題の解空間と不動点集合が一致するような写像概念を導出し、それらの写像についての不動点問題の研究を行う。具体的な研究目的を以下にまとめる。

(1) 距離空間の幾何学の研究

距離関数の持つ凸性、距離空間の開球上への最短点写像の性質、距離空間の曲率条件などの幾何的性質について研究し、それらと不動点問題の相互関係を究明する。

(2) 不動点の存在性の研究

距離空間の幾何的性質を用いて不動点の存在問題を解決する。特に、写像の定義域となる空間における凸構造や曲率条件などの幾何的性質と不動点の存在の同値性について研究する。

(3) 不動点近似法の研究

不動点が存在する状況下で、不動点を具体的な形で求めるための不動点近似列の構成方法やその漸近挙動について研究する。

(4) 距離空間における非線形問題への応用研究

測地的距離空間における非線形問題への応用研究を行う。特に、上に有界な曲率を持つ測地距離空間における凸関数の最小化問題や距離空間における半群の生成定理を得ることを目標とする。

3. 研究の方法

研究期間の前半においては、測地距離空間や凸構造を持つ距離空間の幾何的性質を究明するとともに、非線形問題を不動点問題に定式化する方法について研究を進める。さらに、それらの写像が持つ基本性質を調べることで、不動点の存在性や不動点近似列の漸近挙動に関する研究を行う。研究期間の後半では、研究の重点を徐々に応用研究へと移行する。特に、それまでに得られた成果を基盤として、凸関数の最小化問題、凸制約可能性問題、半群の生成問題など諸問題

を解決する。

具体的な研究方法は以下の通りである。

(1) 距離空間の幾何的性質の研究

不動点理論を研究する舞台となる測地距離空間における幾何的性質を究明する。特に、距離空間の曲率条件と球面幾何との関係、測地三角形と距離関数の関係、閉球と最短距離射影の関係などの基本的な課題について研究する。

(2) 非線形問題の不動点問題への定式化

応用分野で発生する種々の問題を不動点問題の形に定式化する方法について研究する。ここでは、与えられた問題の解集合と不動点集合が一致するような写像概念を導入するとともに、線形空間における従来の不動点理論的アプローチを精査し、写像条件や空間条件の緩和の可能性を究明する。

(3) 不動点の存在性の研究

(1)における研究成果を用いることにより、(2)において考察したそれぞれの写像について不動点の存在性を研究する。ここでは、不動点が存在するための十分条件だけでなく、不動点の存在性と写像の定義域の幾何的構造の同値性に関する研究も行う。

(4) 不動点近似列の漸近挙動の研究

不動点の存在を仮定した上で不動点をどのようにして近似するかという問題を解決する。その際、近似列の不動点への収束性を議論するとともに、不動点の存在性と不動点近似列の漸近挙動の同値性に関する成果を得ることも目標とする。

(5) 不動点近似列と距離空間の幾何学の関係

不動点の存在性や不動点近似列の漸近挙動と測地距離空間の幾何的性質の相互関係について研究する。特に、ヒルベルト開球の双曲距離やヒルベルト球面の球面距離が持つ凸性を不動点の存在条件を用いて特徴付ける。

(6) 非線形問題への応用研究

二変数関数の鞍点問題や均衡問題、凸関数の勾配流の問題への応用研究を行う。特に、上に有界な曲率を持つ測地距離空間における勾配流の存在問題を解決する。

4. 研究成果

本研究課題の四年間の研究期間において、バナッハ空間、アダマール空間、曲率が上に有界な完備測地距離空間における不動点理論とその応用に関する成果を挙げることができた。これらの成果は、国内外で開催された研究集会や国際会議に参加して成果発表を行い、共同研究者や解析学の専門家との活発な意見交換を行ったことによって得られたものである。

本研究において得られた成果を以下のように分類して解説する。

(1) バナッハ空間における Chatterjea 写像に対する不動点問題の研究

バナッハ空間における滑らかな凸関数に付随して定まる Bregman 距離を用いて定義される Chatterjea 写像に対する不動点問題の研究を行い、不動点の存在定理と不動点への収束定理を得た。この写像はヒルベルト空間における nonspreading 写像の一般化である。2010年に Kurokawa と Takahashi が nonspreading 写像に対する Cesaro 平均の弱収束定理を得た。その後、2014年に Suzuki はバナッハ空間における Chatterjea 写像の逐次近似列に関する弱収束定理を得ることに成功し、ヒルベルト空間における nonspreading 写像の逐次近似列に関する弱収束定理を系として得た。本研究で得られた不動点定理と不動点への収束定理は、2014年に Suzuki が得た研究成果の系として得られるヒルベルト空間における結果を Bregman 距離を用いて一般化するものである。

(2) 曲率が上に有界な測地距離空間における凸関数に対する近接点法の研究

2016年に Kimura と Kohsaka が導入した正接関数と正弦関数の積を用いた凸関数の摂動法を用いた近接点法の研究を行った。上に有界な曲率条件を満たす完備測地距離空間の研究は曲率が1以下となる完備測地距離空間である完備 CAT(1)空間の研究に帰着される。完備 CAT(1)空間はヒルベルト空間の単位球面の一般化であるため、空間の幾何的な構造がヒルベルト空間とは色々と異なる。そこで、そのような空間における凸関数の最小点問題を解く際に、正接関数と正弦関数の積を用いた摂動法が導入された。本研究では、この摂動法を用いて凸関数の最小点近似列を構成し、点列のある種の有界性が最小点の存在性と同値であることを示した。さらに、最小点が存在する場合に点列が最小点の一つに Δ -収束することを証明した。これらの成果は、非正曲率条件を満たす完備測地距離空間における Bacak の収束定理の CAT(1)空間版である。

(3) バナッハ空間における cutter 写像に対する共通不動点問題の研究

2015年にKimuraとSaejungが導入したP型のcutter写像の族に対する共通不動点問題に関する研究を行った。まず、一様に滑らかで2-一様凸なバナッハ空間におけるcutter写像の有限族について、共通不動点への強収束定理と弱収束定理を得た。その際、空間の2-一様凸定数を用いて表される不等式を利用した。さらに、滑らかで一様凸なバナッハ空間におけるcutter写像の可算族について、閉凸集合上への距離射影を用いた二種類の不動点近似列の漸近挙動を研究し、共通不動点への強収束定理を得た。応用として、劣勾配射影を用いた凸制約可能性問題の解への弱収束定理と強収束定理を得た。

(4) 曲率が上に有界な測地距離空間における vicinal 写像に対する不動点問題の研究

曲率が1以下の完備測地距離空間において、距離関数と三角関数を用いることにより、vicinal写像とfirmly vicinal写像の概念を導入し、それらの写像に対する不動点の存在定理と不動点への収束定理を得た。これらの写像は、2016年にKimuraとKohsakaが導入した凸関数のリゾルベントが満たす性質を抽象化したものである。本研究では、これらの写像の基本的な性質を調べるとともに、vicinal写像の逐次近似列のある種の有界性と不動点の存在性が同値であることを示した。さらに、firmly vicinal写像の不動点が存在する場合に、写像の逐次近似列が不動点の一つに Δ -収束することを証明した。応用として、凸関数の最小点に関する存在定理と最小点近似定理を得た。最後に、曲率が上に有界な完備測地距離空間における κ -vicinal写像とfirmly κ -vicinal写像の概念を導入し、本研究の主結果を用いることにより、それらの写像に対する不動点定理と不動点近似定理を得た。

(5) 曲率が上に有界な測地距離空間における凸関数に対する最小点近似法に関する研究

2000年、KamimuraとTakahashiはヒルベルト空間における極大単調作用素に対する二種類の零点近似法を研究し、弱収束定理と強収束定理を得た。これらの零点近似列は極大単調作用素のリゾルベントと凸結合を用いて定義されるものであった。本研究では、曲率が1以下の完備測地距離空間における凸関数のリゾルベントを用いることにより、KamimuraとTakahashiが研究した二種類の近似法により定まる点列の漸近挙動の研究を行った。特に、最小点近似列のある種の有界性から最小点の存在性を証明する際、2017年にKimuraとKohsakaが得た完備CAT(1)空間における最大値定理を利用した。最後に、本研究の主結果を応用することにより、曲率が上に有界な完備測地距離空間における凸関数に対する最小点近似列の漸近挙動に関する系を得た。

(6) アダマール空間における metrically nonspreading 写像に対する不動点問題の研究

非正の曲率条件を満たす完備測地距離空間であるアダマール空間における凸関数のリゾルベントが満たす性質の抽象化であるmetrically nonspreading写像について、不動点の存在定理と不動点への収束定理を得た。2008年にKohsakaとTakahashiにより導入されたnonspreading写像の概念は、バナッハ空間における極大単調作用素のリゾルベントが持つ性質の抽象化である。この写像の定義において用いられる不等式は、ヒルベルト空間においては距離の平方を用いたものとなる。本研究で研究したmetrically nonspreading写像の概念は、ヒルベルト空間におけるnonspreading写像の概念の一般化である。さらに、ここで得られた不動点定理と不動点近似定理を応用することにより、アダマール空間における単調作用素の零点近似問題についての解の存在定理と解への収束定理を得た。

(7) バナッハ空間における強非拡大写像に関する研究

1977年にBruckとReichが導入した強非拡大写像の概念は、増大作用素のリゾルベントやsunny nonexpansive retractionなどの概念の一般化であり、非拡大写像の不動点近似問題を研究する際に本質的な役割を果たす。本研究では、一般の集合上で定義された非負実数値二変数関数を用いることにより、quasi-nonexpansive写像とstrongly quasi-nonexpansive写像の概念を導入し、これらの写像概念についての基本的な結果を得た。応用として、回帰的バナッハ空間における滑らかな凸関数に付随して定まるBregman距離に関するstrongly quasi-nonexpansive写像に関する系を得た。これらの成果は、バナッハ空間における極大単調作用素の零点問題、凸関数の最小化問題、変分不等式問題、鞍点問題などの非線形問題を不動点理論に基づいて解決する際に応用されることが期待されるものである。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Koji Aoyama and Fumiaki Kohsaka	4. 巻 6, No.1
2. 論文標題 Strongly quasinonexpansive mappings, III	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Linear and Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 1--12
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Fumiaki Kohsaka	4. 巻 3-2
2. 論文標題 Fixed points of metrically nonspreading mappings in Hadamard spaces	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Analysis and Optimization	6. 最初と最後の頁 213--230
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Yasunori Kimura and Fumiaki Kohsaka	4. 巻 68-1
2. 論文標題 Two modified proximal point algorithms in geodesic spaces with curvature bounded above	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo Series 2	6. 最初と最後の頁 83--104
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s12215-018-0340-3	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 高阪史明	4. 巻 2065
2. 論文標題 ヒルベルト空間における二つの可換なhybrid写像の共通不動点	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録	6. 最初と最後の頁 63--74
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 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 Fumiaki Kohsaka and Tomonari Suzuki	4. 巻 3-1
2. 論文標題 Existence and approximation of fixed points of Chatterjea mappings with Bregman distances	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Linear and Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 73--86
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasunori Kimura and Fumiaki Kohsaka	4. 巻 3-1
2. 論文標題 The proximal point algorithm in geodesic spaces with curvature bounded above	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Linear and Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 133--148
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koji Aoyama and Fumiaki Kohsaka	4. 巻 3-3
2. 論文標題 Cutter mappings and subgradient projections in Banach spaces	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Linear and Nonlinear Analysis	6. 最初と最後の頁 457--473
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Fumiaki Kohsaka	4. 巻 3-1
2. 論文標題 Existence and approximation of fixed points of vicinal mappings in geodesic spaces	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Pure and Applied Functional Analysis	6. 最初と最後の頁 91--106
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計22件（うち招待講演 12件 / うち国際学会 17件）

1. 発表者名 高阪史明
2. 発表標題 アダマール空間における凸関数の最小点近似
3. 学会等名 非線形解析学と凸解析学の研究, 京都大学数理解析研究所, 2021年3月1日--3月3日
4. 発表年 2020年~2021年

1. 発表者名 Pinya Ardsalee, Fumiaki Kohsaka, Jenjira Puiwong, and Satit Saejung
2. 発表標題 On metric completeness and some preservations of convex metric spaces in the sense of Takahashi
3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis--International Conference on Optimization: Techniques and Applications (NACA-ICOTA2019), August 26--31, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年~2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed points of metrically nonspreading mappings in Hadamard spaces
3. 学会等名 International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis--International Conference on Optimization: Techniques and Applications (NACA-ICOTA2019), August 26--31, 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年~2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Finding fixed points of metrically nonspreading mappings in Hadamard spaces
3. 学会等名 The 2nd International Workshop on Applied Nonlinear Analysis (IWANA2019), Bangsaen, Chonburi, Thailand, September 12--14, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年~2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Firmly nonexpansive like mappings in Banach spaces
3. 学会等名 Workshop on "Convex Analysis on Geodesic Spaces", Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, September 17--18, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Metrically nonspreading mappings
3. 学会等名 Workshop on "Convex Analysis on Geodesic Spaces", Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, September 17--18, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed point problems for firmly nonexpansive like mappings in Banach spaces
3. 学会等名 14th International Seminar on Optimization and Related Areas (ISORA), the Instituto de Matematica y Ciencias Afines (IMCA), Lima, Peru, October 7--11, 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 高阪史明
2. 発表標題 Fixed point problems in complete CAT(1) spaces
3. 学会等名 非線形解析学と凸解析学の研究, 京都大学数理解析研究所, 2019年9月2日--9月4日
4. 発表年 2019年 ~ 2020年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 The proximal point algorithm for convex functions in geodesic spaces
3. 学会等名 A seminar on Nonlinear Analysis and Applications, Tokai University, Hiratsuka, Japan, April 4, 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed points of vicinal mappings in complete CAT(1) spaces
3. 学会等名 The 10th Asian Conference on Fixed Point Theory and Optimization, The Empress Hotel, Chiang Mai, Thailand, July 16--18, 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Recent results on the resolvents of convex functions in geodesic spaces
3. 学会等名 The International Symposium on Nonlinear Convex Analysis and Optimization 2018, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, July 19--22, 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed points of vicinal mappings and convex optimization in geodesic metric spaces
3. 学会等名 The International Workshop on Variational Analysis and Applications, Ettore Majorana Foundation and Centre for Scientific Culture, Erice--Sicily, Italy, August 28--September 5, 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed points of nonspreading mappings and its relatives in Banach spaces
3. 学会等名 The Seminar on Fixed Point Theory and Optimization, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, September 12, 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fundamental properties of resolvents of convex functions in geodesic spaces
3. 学会等名 The Seminar on Fixed Point Theory and Optimization, Khon Kaen University, Khon Kaen, Thailand, September 12, 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed points of Chatterjea mappings with Bregman distances in Banach spaces
3. 学会等名 The 6th Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization, ANA Intercontinental Manza Beach Resort, Onna-son, Okinawa, Japan, November 5--9, 2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 高阪史明
2. 発表標題 完備CAT(1)空間における凸関数の最小点近似
3. 学会等名 日本数学会2019年度年会, 東京工業大学理学院数学系, 2019年3月17日--20日
4. 発表年 2018年～2019年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 The proximal point algorithm and its variants for convex functions in geodesic metric spaces
3. 学会等名 The 10th Anniversary International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analysis, Chitose City Cultural Center, Chitose, Japan, July 4--9, 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Approximating minimizers of convex functions in geodesic metric spaces with curvature bounded above
3. 学会等名 XII International Symposium on Generalized Convexity and Monotonicity, Hajduszoboszlo, Hungary, August 27--September 2, 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 The resolvents of convex functions in geodesic metric spaces
3. 学会等名 The Workshop Convex Analysis in CAT(k) Spaces, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, September 8--9, 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 Fumiaki Kohsaka
2. 発表標題 Fixed point problems for spherically nonspreading mappings and vicinal mappings in CAT(1) spaces
3. 学会等名 The Workshop Convex Analysis in CAT(k) Spaces, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, Thailand, September 8--9, 2017 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2017年～2018年

1. 発表者名 高阪史明
2. 発表標題 上に有界な曲率を持つ完備測地的距離空間におけるspherically nonspreading写像の不動点
3. 学会等名 2017年度秋季総合分科会, 山形大学小石川キャンパス, 2017年9月11日--14日
4. 発表年 2017年~2018年

1. 発表者名 高阪史明
2. 発表標題 完備CAT(1)空間における凸関数に対する近接点法
3. 学会等名 日本数学会2018年度年会, 東京大学大学院数理科学研究科, 2018年3月18日--21日
4. 発表年 2017年~2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

https://sites.google.com/site/fumiakikohsaka/home Fumiaki Kohsaka
--

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
---------	---------