

令和 5 年 6 月 7 日現在

機関番号：32675

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K04912

研究課題名（和文）長寿デリバティブによる年金基金のリスクヘッジの有効性

研究課題名（英文）Risk management of pension fund by longevity derivatives

研究代表者

浦谷 規（Uratani, Tadashi）

法政大学・その他部局等・名誉教授

研究者番号：80126268

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,400,000円

研究成果の概要（和文）：年金給付期間長期化による積立金不足という長寿リスクへの対策には金融デリバティブによる市場へのリスク移転の機能を活用することが可能である。長寿デリバティブによるリスクヘッジの有効性を長寿スワップと長寿再保険の組み合わせによる年金資産のリスクヘッジの条件を明らかにした。年金のリスクは2020年3月から始まったCOVID-19によって大きく変動した。その影響によって急拡大した我国の国債の過半を日本銀行が保有し超緩和が加速されてきた。金融のデジタル化は急速に進み中央銀行のデジタル通貨の影響下での日本の金融システム全体のリスク管理問題を検討した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人口の長寿化の進展によって予想される年金基金のリスクに対して、金融派生証券理論の応用による長寿スワップ契約や長寿再保険によって緩和できるシステムを提案した。さらに、コロナ禍による生存率の変動リスクとそこから、派生する金融システムの脆弱性は、中央銀行を中心として金融システム全体に影響を与える。その影響を評価するストレス・テストのモデル構築のための基礎理論を考察し、金融システムの混乱に対する対策を検討する基礎を提供した。

研究成果の概要（英文）：The longevity risk of pension funds could be controllable by Longevity derivatives such as Longevity swap and Collateral reinsurance. The research shows the effectiveness of longevity derivatives is achieved by the combination of longevity swap and reinsurance. The risk of annuity has been affected by COVID-19 since March 2020. It has expanded the deficit of government further and accumulated government bonds, which has owned more than half by bank of Japan. Digitalization of finance has accelerated to change of financial system from central banking system. The deterioration of annuity system under digitalized banking system is studied in the last section of research.

研究分野：金融工学

キーワード：年金基金のリスク管理 年金と金融危機 リスクヘッジ 長寿リスク 長寿再保険 長寿スワップ債  
カタストロフ債券 コロナ禍の財政赤字

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

平均寿命の改善による年金給付期間長期化に伴う年金基金積立金不足という長寿リスクへの有効な対策の1つは、年金資産のリスク管理に金融デリバティブなどによる市場へのリスク移転の機能を活用することであり、InsurTechの活用によってその拡大が予測される。本研究では長寿デリバティブによるリスクヘッジの有効性を長寿スワップと長寿再保険の組み合わせによって給付が長期にわたって年金資産の不足リスクをヘッジするための条件を明らかにすることを目標としている。

### 2. 研究の目的

本研究では長寿デリバティブによるリスクヘッジの有効性を長寿スワップと長寿再保険(Collateralized Reinsurance)によって、給付が長期にわたる年金における資産不足リスクをヘッジするための条件を明らかにする。さらに、そのリスク管理のための金融工学理論のリスクヘッジ戦略と極値理論にもとづく担保付き再保険理論とを補完的に組み合わせることによって生まれる有効性を理論的に解明する。最小マルチンゲール確率(Minimal martingale measure)を用いたリスクヘッジ戦略がジャンプを含むリスク最小化への解決策の1つであるが、そこには金融工学の基本的テーマから発生する「保険における価格決定のためのマルチンゲール確率と観測される生存確率の差が年金ポートフォリオに如何なる影響をもたらすか?」という問題に対する研究を目的とする。

### 3. 研究の方法

保険会社と年金基金との長寿スワップ契約は、非完備市場の局所リスク最小問題として、最小マルチンゲール確率を用いて固定支払額の決定およびそれに対応する年金基金の最適リスク・ヘッジング・ポートフォリオが決定できる。ところが、その最適ポートフォリオを構成する長寿スワップの保有量は、リスク中立下での2乗誤差の最小による最適長寿スワップの保有量に比べ多くなることが、既に行った我々の研究で明らかとなった。これはスワップ契約に手数料の付加を肯定する結果である。その理論的根拠は年金契約におけるジャンプ・プロセスの測度変換の際に設定するギルサノフ・カーネルの評価に依存しており、リスクの市場価値をより大きく評価する結果からの影響と考えられる。2018年度までの研究で明らかになったこのリスク評価の誤差の存在が、2016年ごろから現実の市場での主要な契約形態となってきた長寿再保険(Longevity Reinsurance)の拡大の一因になっている。その理論的根拠を明らかにするために、長寿スワップとその再保険の最適組み合わせの数理モデルを検討した。年金契約の支払期間は30年以上に渡る長期であり、スワップ契約の保険企業の長期的支払能力の保証が必須である。そのためには年金基金にスワップを組み合わせ提供する企業の支払担保保証が必要である。この再保険会社の担保契約の数理モデルを考察し、担保付き再保険(Collateralized Reinsurance)について長寿スワップの前提条件とそのジャンプモデルによるリスクの影響を考慮したヘッジ戦略を考察した。

長寿社会を支える年金基金制度は積立資金のリスク管理が重要である。世界全体で20-30兆ドルと推定される積立資金は人口構成の変化と経済変動から大きなリスクにさらされている。本研究は従来の保険理論の上に、金融工学の新しいリスク管理手法の適用を検討することが基本的研究課題である。2019年度には担保付き再保険(Collateralized reinsurance)という

従来の再保険というリスク管理の仕組みに金融工学的方法を追加した仕組みを解析的および数値解析により明らかにした。

しかし、新型コロナウイルスの影響は金融市場に大きな影響を与えた。年金収入に依存する世代は大きなリスクに晒された。理論的には保険会社の信用不安、政府財政危機から予想されるHyperInflationなど、通常の状態では想定しない状況のリスクを分析に加えなければならない。長寿デリバティブを用いた年金基金の長寿リスク最小化に加えて、ポートフォリオに組み込む資産の範囲を広げて、現実には発生した困難な状況に対処を考察した。

年金基金のリスクは2020年3月から始まったCOVID-19によって大きく変動し、超過死亡率は米国やEU諸国において増加したのに比べ、日本では逆に減少した。さらに長期化するステイホーム行動により高齢者はそのフレイルの増加によるさらなる長寿リスクが拡大した。経済的には、コロナ対策費が既にGDPの2.5倍もある我が国の財政債務を更に拡大した。その影響によって急拡大した社会福祉支出の影響が、制御の困難なインフレーションを誘発する可能性がある。さらに、今後30年以内に確率70%で20メートル超の津波を伴う南海トラフ地震が心配される。コロナ禍への対策費で危機的水準になった財政にはさらなる大震災による財政破綻の可能性もある。

コロナ禍は長寿化の長期的傾向に大きな影響があり、日本政府が莫大なコロナ対策費を使って被害者数を当面は抑え込むことができた。しかし、行動制限などの対策は高齢者のフレイルを増やしたために、今までの長寿化傾向の変化は予測できなくなっている。そのために、年金基金の長寿デリバティブによるリスクヘッジは従来の方法では対処できなくなってきた。それは、今までの我が国の財政赤字による膨大な国債残高を急拡大し、その約半分を日本銀行が保有し超緩和が加速されてきた。しかし金融のデジタル化は急速に進み中央銀行のデジタル通貨化のEU及び中国での展開が予想されている。この外圧も含めた日本の金融システム全体のリスク管理を考察する。

#### 4. 研究成果

"Insurance Linked Security : CAT bond vs Collateralized reinsurance" EURO 2019 Dublin 2019.6.24-26 は、アイルランドダブリンにおいて開催された EURO 2019の研究発表である。これは担保つき再保険とCatastrophe Bond (大災害債)との比較において、そのリスク管理上の特徴を比較した。

「保険リンク債と再保険モデル」FMA 2019 同志社大学 2019年9月20日に同志社大学で開催された「ファイナンスの数理解析とその応用」研究会では一般的な保険リンク債と再保険のリスク管理上の比較を行った。再保険という伝統的な巨大な損失管理に担保をつけることによって、保険会社のリスク負担を細分化することを可能にするが、その評価の市場機能の役割を制度化する必要があることが分かった。

そこで災害対策のための財政資金の調達にキャットボンド(Catastrophe Bond)を用いて余剰資金の溢れる資本市場から調達する理論的可能性を検討した。理論は債券購入者のペイオフをプット・オプションで表し、保険サイドはコール・オプションによって計算した。単純なシミュレーションからこのモデルの発展可能性が得られた。その成果は、2021年3月19日から23日まで早稲田大学理工キャンパスで実施されたWaseda Cherry Blossom Workshop on

Topological Data Scienceにおいて、"Pandemic, Insurance and Extreme Value Theory"として研究発表を行った。さらに、論文としては日本オペレーションズリサーチ学会・インフラのOR的展望研究部会の最終研究報告書として、公益社団法人・日本オペレーションズ・リサーチ学会の「インフラのOR的展望」研究部会における2020年度最終報告書(2021年4月)に『コロナ禍の財政赤字とキャットボンド』 pp 59-70 においてCAT Bondをオプション理論を用いて分析し、巨大災害の支援・復興経費に資本市場を活用し、財政負担軽減の可能性を検討した。京都大学数理解析研究所 FMA(Finance Modeling and Analysis)研究会 2021年9月8日から10日までのリモート研究発表会で Cat Bond for Extreme events を発表し、論文として数理解析研究所講究録2207「ファイナンスの数理解析とその応用」2021年12月 ISSN 1880-2818に "Cat Bond for Extreme events" pp 31-40 が掲載された。

2022年7月5日にフィンランド ヘルシンキ において開催された EURO2022 において "Risk Management of Commercial banks caused by CBDC" を発表し、銀行システムに対するCBDCによる代替の影響をEU Bankのデータフレームで解析した。さらに、2022年9月7日 京都大学数理解析研究所において開催された RIMS共同研究「ファイナンスの数理解析とその応用」において "Risk of Balance sheet of Commercial Banks caused by CBDC "の改訂版を発表した。2022年11月26日 慶應大学理工学部において開催された日本保険・年金リスク学会(JARIP)において "CBDCによる銀行 Balance Sheet 問題の確率モデル"として、日本の銀行・金融制度のリスクを論じた。さらに論文として2023年1月 京都大学数理解析研究所講究録2237 RIMS共同研究(公開型)「ファイナンスの数理解析とその応用」に「CBDCによる銀行Balance Sheet 問題の確率モデル」が掲載された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

|  |                     |
|--|---------------------|
| 1. 著者名<br>Tadashi Uratani              | 4. 巻<br>2207        |
| 2. 論文標題<br>Cat Bond for Extreme events | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>数理解析研究所講究録                   | 6. 最初と最後の頁<br>31 40 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし          | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

|   |                     |
|---|---------------------|
| 1. 著者名<br>浦谷 規                            | 4. 巻<br>1           |
| 2. 論文標題<br>コロナ禍の財政赤字とキャットボンド              | 5. 発行年<br>2021年     |
| 3. 雑誌名<br>日本オペレーションズ・リサーチ学会 インフラのOR的展望研究会 | 6. 最初と最後の頁<br>59 70 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし             | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>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<br>-           |

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 2件/うち国際学会 1件）

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>浦谷 規  |
| 2. 発表標題<br>Cat Bond for Extreme events                 |
| 3. 学会等名<br>Financial Modeling and Analysis 京都大学数理解析研究所 |
| 4. 発表年<br>2021年  |

|   |
|---|
| 1. 発表者名<br>Tadashi Uratani  |
| 2. 発表標題<br>Pandemic, Insurance and Extreme Value Theory                     |
| 3. 学会等名<br>Waseda Cherry Blossom Workshop on Topological Data science（招待講演） |
| 4. 発表年<br>2021年   |

|  |
|--|
| 1. 発表者名<br>T. Uratani  |
| 2. 発表標題<br>Insurance Linked Security: Cat Bond vs Collateralized reinsurance |
| 3. 学会等名<br>EURO2019 (国際学会)   |
| 4. 発表年<br>2019年  |

|                            |
|----------------------------|
| 1. 発表者名<br>浦谷 規            |
| 2. 発表標題<br>保険リンク債と再保険モデル   |
| 3. 学会等名<br>FMA 2019 (招待講演) |
| 4. 発表年<br>2019年            |

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

| 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号) | 所属研究機関・部局・職<br>(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 |
|---------|---------|
|         |         |