

令和 6 年 5 月 2 6 日現在

機関番号：2 4 4 0 5

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：2 0 K 0 1 7 4 9

研究課題名（和文）高次元金融資産間の相互依存関係：ファクター・コピュラによるアプローチ

研究課題名（英文）Interdependence between high-dimensional financial assets: Factor copula approaches

研究代表者

立花 実 (Tachibana, Minoru)

大阪公立大学・大学院経済学研究科 ・教授

研究者番号：7 0 4 0 5 3 3 0

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、（1）高次元データを扱えるファクター・コピュラ・モデルを開発・応用するという試みと、（2）個別銘柄の価格データをコピュラで分析するという試みをそれぞれ行った。（1）については、開発したファクター・コピュラ・モデルを先進国・途上国の株価指数データに適用し、世界株式市場の動向を表すファクターを推定した。その上で、世界株式市場の急落時における避難資産を特定する分析を行った。（2）については、S&P500指数とその構成銘柄との間に非対称な依存関係が存在するか否かを、コピュラ・モデルと、さらにはモデルに依存しない統計テストの双方を用いて明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

（1）の学術的な意義は、レジームスイッチング・ファクター・コピュラ・モデルを開発した点、さらにそれを世界の株式市場に適用しグローバルな金融危機に対する避難資産を特定した点である。（2）の学術的な意義は、（i）個別株式と市場全体の関係を（ii）コピュラ・モデルと（iii）モデルに依存しない統計テストを用いて分析した点にある。（1）の研究成果は世界の株式市場を広くカバーした点で、（2）の研究成果は個別銘柄を細かく分析した点で、それぞれ投資家の資産選択やリスクマネジメントに有益な情報を与えるという社会的意義が期待される。

研究成果の概要（英文）：In this research project, I undertook two main efforts: (1) the development and application of a factor copula model capable of handling high-dimensional data, and (2) the analysis of individual stock price data using copulas. Regarding (1), I applied the developed factor copula model to stock index data from both developed and developing countries to estimate the factors representing global stock market trends. Then I conducted an analysis to identify safe-haven assets during sharp declines in the global stock market. As for (2), I investigated whether there exists an asymmetric dependency between the S&P 500 index and its constituent stocks, using both copula models and a model-free statistical test.

研究分野：金融・ファイナンス

キーワード：コピュラ レジーム・スイッチング 下方テイル 避難資産 非対称な依存関係 株価指数 個別銘柄

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

金融資産間の依存関係を検証するために、2000 年代中頃よりコピュラの手法をファイナンスデータに応用する研究が始まり、本研究課題の開始時点である 2020 年までにはコピュラの手法・応用の両面で多くの研究が蓄積された。コピュラの手法は「同時分布が周辺分布とコピュラ関数に分解できる」ことを示した“スクラーの定理”を理論的支柱にしており、複雑な同時分布を柔軟に構築できるところにその利点がある。コピュラの手法をファイナンスデータに応用することで、従来の多変量正規分布や多変量  $t$  分布を仮定した分析では必ずしも明確に示せなかった点を統計的に明らかにすることが可能となった。とりわけファイナンスデータに特徴的な“非対称な依存関係”や“下方テイルにおける依存関係”はコピュラによってモデル化が可能であり、この点がファイナンスの実証分野にコピュラの手法が普及した要因の一つにある。

具体的なコピュラの応用例としては、国際的な金融市場の連動性に着目した研究が代表的である。例えば Rodriguez (2007)は東アジア 5 カ国と南米 4 カ国の株式市場について、Okimoto (2014)は先進 4 カ国の株式市場について、それぞれ国際的な連動性の有無をコピュラの手法に基づいて検証している。その他のコピュラの応用例としては、同一種類の金融市場ではなく、異なる種類の金融市場間の関係を分析した研究が挙げられる。例えば、Garcia and Tsafack (2011)は先進 4 カ国の株式市場と債券市場との関係を、Wang et al. (2013)は先進 6 カ国における株式市場と外国為替市場との関係をそれぞれ検証している。

これら一連の応用研究では、分析対象となるすべてのデータを同時に推定するのではなく一部の組み合わせを選んで 2 変量コピュラのような低次元コピュラを用いて順次推定していくというアプローチが主に採用されてきた。しかし、もし重要な変数を省いて推定していれば市場間の関係を示す推定値にバイアスが生じるかもしれないことから、より精度の高い分析を行うためには分析対象のデータセットを同時に用いて推定することが求められる。そのような問題に対処するために Krupskii and Joe (2013, 2015)や Oh and Patton (2017, 2018)は“ファクター・コピュラ・モデル”を考案しており、当該モデルあるいはその拡張版を適用することで多次元のファイナンスデータを同時に用いた推定ができる状況となった。また、これまでの応用研究では、各国の株価指数のような市場を代表するようなデータを採用し国際金融市場間の依存関係を分析したものが多く、個別銘柄の資産価格データをコピュラで分析した研究も極めて少ない状況であった。よりきめ細かな分析を行うためには、個別銘柄の価格データを使用することが必要であった。

## 2. 研究の目的

そこで本研究課題では、高次元データを扱えるファクター・コピュラ・モデルを開発・応用するという試みと、個別銘柄の価格データをコピュラで分析するという試みをそれぞれ行った。本研究課題期間中には 3 つの研究を行ったが、それぞれの研究目的は以下の通りである。

(1) ある資産・ポートフォリオ・市場の価値が急落するときに反対に価値が上昇する資産を“避難資産”という。世界の株式市場の動乱期にどの資産がどの程度、避難資産としての役割を果たしてきたかを、ファクター・コピュラ・モデルを用いて明らかにする。

(2) 一般に複数の株式リターンの関係は相場の下落局面における相関の方が上昇局面における相関よりも高い“非対称な依存関係”だと言われている。その非対称な依存関係が米国の代表的な株価指数である S&P500 指数とその構成銘柄との間にも存在するか否かを、コピュラを用いて明らかにする。

(3) (2) の研究をさらに発展させる。具体的には、S&P500 指数とその構成銘柄との間に非対称な依存関係が存在するか否かを、(2)とは異なるコピュラ・モデルと、さらにモデルに依存しない統計的手法の双方を用いて明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 「2. 研究の目的」(1)を遂行するために、まずは世界の株式市場を観測できないファクターとして捉え、先進国・途上国あわせて 46 の株式市場の株価指数データからそれらに共通するファクターを推計し、世界株式市場の動向を表す指標とした。そのためにレジームスイッチング・ファクター・コピュラ・モデルを新たに開発し、当該株価指数のデータセットに適用した。次に、避難資産の候補として先進国・地域の 20 の国債と 14 の通貨、そして金と原油の計 36 資産を対象とし、どの資産が実際に世界株式市場の急落時に避難資産としての役割を果たしていたかを分析した。手法としては避難資産候補のそれぞれのリターンと先に推定した世界株式市場のリターンからなる 2 変量コピュラを推定し、下方テイル依存係数の推定値の大小によって避難資産の程度を順位付けした。

(2)「2. 研究の目的」(2)を遂行するために、S&P500 リターンとその構成銘柄リターンのペアを様々な種類の2変量コピュラで推定し、AICで最良のコピュラ・モデルを選択するというアプローチを採用した。多種多様な同時分布を検証するために、一つの株価指数 - 個別銘柄ペアに対し30種類のコピュラ・モデルを推定した。これらのコピュラは、非対称な依存関係の有無や、下方テイル・上方テイルの有無の観点から異なる性質をそれぞれ有している。また、時間を通じて依存関係の大きさが変化しないモデルと時变的なモデルの両方を検討した。

(3)「2. 研究の目的」(3)を遂行するために、S&P500 指数とその構成銘柄との間の関係をレジーム・スイッチング・コピュラ・モデルと Hong, Tu and Zhou (2007) (以下 HTZ) が開発した非対称テストの双方を用いて分析を行った。

#### 4. 研究成果

(1)「3. 研究の方法」(1)による分析の結果、最も避難資産としての性質が強かったのは日本円、続いて米国債であることが分かった。この2資産は他の候補と比較して避難資産としての性質が突出して高かった。2番目に避難資産の性質が高かったグループは、米ドル、香港ドル、スイス・フラン、デンマーク・クローネの4通貨であり、3番目に高かったグループは先進国の国債全般(さらにユーロもこのグループに含まれる)であることが分かった。その他の資産については、避難資産としての性質が確認できなかった。

本研究の学術的な貢献は以下の3点である。第一に、既存研究と比べ格段に多くの避難資産の候補を分析対象としている。第二に、既存研究では主に単一の株式市場(例えば米国の株式市場)に対する避難資産が特定されてきたが、本研究では世界の株式市場におけるグローバルな金融危機に対する避難資産を識別している。第三に、これら高次元のデータセットを取り扱う手法としてレジームスイッチング・ファクター・コピュラ・モデルを新たに開発した。

本研究の成果は、国際金融市場に分散投資する投資家の資産選択やリスクマネジメント、さらにはマクロ経済政策運営に役立つであろう。本研究は研究論文“Safe haven assets for international stock markets: A regime-switching factor copula approach”としてまとめた。なお、本研究論文は学術雑誌 Research in International Business and Finance (2022 年、Vol.60)に掲載された。

(2)「3. 研究の方法」(2)による分析の結果、以下の点が明らかになった。第一に、依存関係が時変のスチューデント t - クレイトン混合コピュラがほとんどの株価指数 - 個別銘柄ペアで最良モデルとして選択された。これは、株価指数リターンと個別銘柄リターンの関係には、下方テイルと上方テイルの両方が存在し、それらは時变的であり、そして下方テイルの方が上方テイルよりも時間を通じて常に高い非対称性を有している、ということの意味している。第二に、時変型のスチューデント t コピュラが二番目に多く最良モデルとして選択された。第三に、下方テイルは平均して約 0.2、上方テイルは平均して約 0.1 と推定された。

本研究の成果は、投資家の資産選択やリスクマネジメントに有益な情報を与えるだろう。また、Krupskii - Joe 型の 1 ファクター・コピュラ・モデルを構成する 2 変量連結コピュラの選択にも役立つだろう。本研究は研究論文“Copula modeling for the relationship between the S&P 500 index and its constituents”としてまとめた (mimeo)。

(3)「3. 研究の方法」(3)による分析の結果、以下の点が明らかになった。第一に、個別銘柄リターンと S&P500 リターンの関係は、何も加工を施していないリターンデータに HTZ 非対称テストを適用した場合、非対称な関係は検出されなかった。一方、一変量時系列モデルの標準化残差を用いた条件付きの依存関係については、HTZ 非対称テストによって非対称な関係が検出された。第二に、レジーム・スイッチング・コピュラ・アプローチより、条件付きの非対称な関係は時間を通じて常に存在するわけではなく、対称な関係と非対称な関係が交互に現れることが分かった。第三に、非対称な関係が現れる時期は、市場全体のボラティリティーが高い時期に集中していることが分かった。最後に、回帰分析を用いて非対称な関係の要因を検証した結果、配当利回りの低い株式ほど、また、個別株式の固有ボラティリティーが高い株式ほど、非対称性の程度が高くなることが分かった。

本研究の学術的な貢献は以下の3点を組み合わせた点である。

(i) 個別株式と市場全体の関係を分析する。

(ii) コピュラ・モデルを用いて分析する。

(iii) モデルに依存しない HTZ 非対称性テストを用いて分析する。

(i) については、先行研究では国際的な株式市場間の関係や、複数の銘柄から構成される株式ポートフォリオ間の関係、あるいは株式ポートフォリオと市場全体との関係について分析したものは数多くあるが、本研究のように個別株式と市場全体の関係を取り扱ったものは比較的少ない。(ii)と(iii)についてはコピュラのみを用いた研究や HTZ のような非対称テストのみを用いた研究はあるものの、両方を使った研究は少ない。本研究ではこれら3つの要素を取り扱っている点で新規性がある。

本研究の成果は、(2)と同様に、投資家の資産選択やリスクマネジメントに有益な情報を与えるだろう。また、やはり(2)と同様に、Krupskii - Joe 型の 1 ファクター・コピュラ・モデル

ルを構成する 2 変量連結コピュラの選択にも役立つだろう。本研究は研究論文 “Relationship between the S&P 500 index and its constituents: A regime-switching copula approach and a model-free asymmetry test ” としてまとめた。なお、本研究論文は SSRN に登録し、現在、国際学術雑誌に投稿中である。

<引用文献>

- Garcia, R., Tsafack, G. (2011). “Dependence Structure and Extreme Comovements in International Equity and Bond Markets.” *Journal of Banking and Finance*, 35, 1954-1970.
- Hong, Y., Tu, J., Zhou, G. (2007). “Asymmetries in stock returns: statistical tests and economic evaluation.” *The Review of Financial Studies*, 20, 1547-1581.
- Krupskii, P., Joe, H. (2013). “Factor Copula Models for Multivariate Data.” *Journal of Multivariate Analysis*, 120, 85-101.
- Krupskii, P., Joe, H. (2015). “Structured Factor Copula Models: Theory, Inference and Computation.” *Journal of Multivariate Analysis*, 138, 53-73.
- Oh, D.H., and Patton, A.J. (2017). “Modeling Dependence in High Dimensions With Factor Copulas.” *Journal of Business & Economic Statistics*, 35, 139-154.
- Oh, D.H., and Patton, A.J. (2018). “Time-Varying Systemic Risk: Evidence From a Dynamic Copula Model of CDS Spreads.” *Journal of Business & Economic Statistics*, 36, 181-195.
- Okimoto, T. (2014). “Asymmetric Increasing Trends in Dependence in International Equity Markets.” *Journal of Banking and Finance*, 46, 219-232.
- Rodriguez, J. C. (2007). “Measuring Financial Contagion: A Copula Approach.” *Journal of Empirical Finance*, 14, 401-423.
- Wang, Y.-C., Wu, J.-L., Lai, Y.-H. (2013). “A Revisit to the Dependence Structure between the Stock and Foreign Exchange Markets: A Dependence-Switching Copula Approach.” *Journal of Banking and Finance*, 37, 1706-1719.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 Minoru Tachibana	4. 巻 60
2. 論文標題 Safe haven assets for international stock markets: A regime-switching factor copula approach	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Research in International Business and Finance	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） 10.1016/j.ribaf.2021.101591	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 Minoru Tachibana	4. 巻 No.2021-2
2. 論文標題 Safe haven assets for international stock markets: A regime-switching factor copula approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Discussion Paper New Series, School of Economics, Osaka Prefecture University	6. 最初と最後の頁 1-49
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 オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tachibana Minoru	4. 巻 34
2. 論文標題 Flight-to-quality in the stock-bond return relation: a regime-switching copula approach	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Financial Markets and Portfolio Management	6. 最初と最後の頁 429 ~ 470
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s11408-020-00361-5	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 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

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

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