

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 8 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K03746

研究課題名(和文)異種類の金融市場間における動学的依存関係：コピュラを用いた実証研究

研究課題名(英文)Dynamic relationships between different financial markets: Empirical studies with copulas

研究代表者

立花 実(Tachibana, Minoru)

大阪府立大学・経済学研究科・准教授

研究者番号：70405330

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、コピュラによるモデリング法を用いて、株式市場、外国為替市場、国債市場といった異なる種類の金融市場間の動学的依存関係を分析した。以下のような研究成果が得られた。第一に、株価市場ごとに異なる避難通貨が存在する。第二に、株式市場の国際的な連動性を考慮せずに国内の株価と通貨価値の関係を分析するとバイアスが生じる。第三に、株式市場が急落する局面においては、米国と英国の国債が避難資産としての役割を最も果たしている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

コピュラの手法は変数間の関係を柔軟にモデリングできる点にその特徴がある。従来のコピュラを用いた研究では、同一種類の市場を対象としたものが多く見られるものの、異なる種類の市場間を横断して分析している研究は少ない。本研究課題は、後者の分野の研究を積み上げた点で学術的な意義がある。また本研究課題の研究成果は、政策担当者や投資家に対して国際金融市場に関するより詳細な情報を提供している点で社会的意義があるといえる。

研究成果の概要(英文)：This research project has investigated the dynamic relationships between different financial markets such as stock, foreign exchange and government bond markets by using copula modeling. The findings are as follows. First, different stock markets have different safe-haven and hedge currencies. Second, ignoring the co-movement of international stock markets leads to a biased estimate for the relationship between domestic stock and currency markets. Third, US and UK government bonds have played a primary role of safe-haven assets during stock market downturns.

研究分野：金融・ファイナンス

キーワード：コピュラ 株価 為替レート 国債 避難通貨 テイル依存係数 動学的依存関係 実証分析

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

近年、Embrechts et al. (2002)や Patton (2006a)を嚆矢として、コピュラ的手法をファイナンスデータに適用する研究が増えてきた。コピュラ的手法は、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"Sklar の定理"を理論的支柱にしており、正規分布や t 分布といった標準的な確率分布と比べ、より柔軟な確率構造を前提に変数間の依存関係を分析できるところにその利点がある。さらに、動学的な依存関係を表現するモデルへの拡張が容易な点、通常時だけではなく極端な状況下(例えば株価の大幅な下落時や上昇期)における変数間の依存関係を描写できる点、加えて非対称性(例えば株価の大幅な下落時と上昇期で変数間の依存関係の強度が異なるという性質)が検定できる点もコピュラ手法の利点として挙げられる。

コピュラのファイナンスデータへの応用研究としては、同一種類の市場を対象としたものがこれまで多く見られた。例えば Patton (2006a, b)では外国為替市場間の依存関係を分析している。前者の Patton (2006a)ではドイツマルク/ドルと円/ドルの関係を分析し、ドイツマルクや円はドルに対して増価している時よりも減価している時の方が依存関係が強くなるという非対称性を示した。後者の Patton (2006b)では、ユーロ/ドルと円/ドルの依存関係は時变的であり、かつ通常期より極端な状況下の方が関係性が強まることを示した。また、株式市場の間での依存関係を検証した研究もある。Okimoto (2008)では米国と英国の株式市場間の関係を、Okimoto (2014)では米・英・独・仏の株式市場間の関係をそれぞれ分析し、ともに非対称的な依存関係が存在することを見出している。最後に Kumar and Okimoto (2011)では、先進 6 カ国の国債市場の関係を分析し、短期金利よりも長期金利の方が市場間の依存関係が強いことを示している。

上述したように、コピュラを用いた既存研究には同一種類の金融市場間の関係を分析対象としたものが多く一方で、異なる種類の市場間を横断して検証している研究は少ない。市場間の依存関係を分析する目的の一つは投資家がリスクを分散化できるような情報を提供することであるが、実際の投資家は世界の様々な種類の市場に投資しているため、同一種類の市場間関係の分析だけでは十分なリスクヘッジの情報を提供できない。そこで本研究課題では、コピュラ的手法を適用して株式市場、債券市場、外国為替市場といった性質の異なる金融市場間の相互依存関係を明らかにすることを目的とする。

以下は本研究課題期間内に行った研究ごとの背景である。

(1) 株価が急落するような金融・経済危機時にはリスク回避のためにある特定の通貨が増価する傾向がある。この危機時に増価する通貨は「避難通貨 (Safe haven currency)」と呼ばれている。また、危機時のみならず平時でも株価と負の関係にある通貨は「ヘッジ通貨 (Hedge currency)」と呼ばれている。これまでの研究では、株価と為替レートの関係についてコピュラを用いて分析したものはいくつか存在するものの、避難通貨やヘッジ通貨に着目してコピュラを適用した研究はなかった。また、従来の避難通貨やヘッジ通貨に関する(コピュラを使用していない)研究では、世界の株式市場を米国の株価指数や世界株価指数に代表させ、そのひとつの株式指数に対する避難通貨やヘッジ通貨を分析対象としていた。しかしながら、各国・地域の株式市場ごとに異なる避難通貨やヘッジ通貨が存在する可能性がある。

(2) 株式市場と為替市場の関係を説明する理論は大別して 2 つある。一つは国際貿易理論に基づくものであり、為替レートが変化すると純輸出の変化を通じて株価も変化するというものである。ただし、両市場の関係は対象国が輸出依存型か輸入依存型かによって異なり、輸出依存型の国であれば自国通貨の価値と株価の間に負の関係が予想される一方で、輸入依存型の国は正の関係が予想される。もう一つの理論はポートフォリオバランス理論に基づく関係であり、ある国の株価が高くなるとその国の通貨も買われ高くなり、両市場間には正の関係が生まれることを予想する。これまでの研究の流れの一つとして、上記 2 つの理論のうちどちらがより現実を表しているかという点を目的としている研究が数多くある。しかしながら、別の研究の流れとして、株式市場には国際間で強い依存関係があることが示されている。この株価の国際的な連動性を考慮することなしに自国の株価と通貨価値の関係を評価しようとすると推定値にバイアスが生じる恐れがある。例えば、世界中の株式市場に共通する大きな負のショックが起こったとする。その際、自国の株価も下がりだろうし、国によっては自国通貨の価値も下がるだろう。その場合には、自国の株価と通貨価値は正の関係となるが、これはその国特有の株価と通貨価値の真の関係を表したものではない。

(3) 株式市場と国債市場の関係については、金融・経済危機時には株式から国債への「質への逃避 (Flight-to-quality)」行動が生じると言われている。その質への逃避行動はこれまで多くの文献で検証されその存在が確認されてきた。近年では変数間の関係を柔軟に構築できるコピュラを用いて、株式市場と国債市場の関係を検証した研究がいくつか現れた。ただし、それらのコピュラの研究では一般的にパラメータが ARMA 型のモデルに従って時变的に推移するモデルであり、質への逃避行動を統計的に検定できるモデルではない。また、国内の株式市場と国債市場の関係を分析した研究は数多く存在するが、異なる国の株式市場と国債市場の関係を分析した研究は数えるほどしかない。

### 2. 研究の目的

(1) 「研究開始当初の背景 (1)」を念頭に、コピュラのモデリング法を用いて、株価と為替レ

ートの間の動学的依存関係を分析した。とりわけ、どの通貨がどの時期にどの株式市場に対して避難通貨やヘッジ通貨としての役割を担っていたかをコピュラを用いて調べることを目的とした。本研究の最も重要な特色は、国・地域ごとに避難通貨とヘッジ通貨が異なるか否かを検証することにある。

(2)「研究開始当初の背景(2)」を念頭に、コピュラの手法を応用して、株式市場の国際的な連動性を考慮した上で自国の株式市場と通貨価値の関係を分析した。さらに、株式市場の国際的な連動性を全く考慮しない場合には考慮した場合と比べて、どれくらい自国の株式市場と通貨価値の推定値にバイアスが生じるかについても調べた。また、金融・経済危機時のように株価の国際的な連動性が高まるような時期には、このバイアスがさらに大きくなるか否かを検証することも本研究の目的である。

(3)「研究開始当初の背景(3)」を念頭に、コピュラのモデリング法を用いて、株式市場と国債市場の関係を分析した。本研究ではとりわけ、金融・経済危機時において株式から国債への質への逃避行動がどの国の国債市場に見られるのか、また質への逃避行動があるとしたらその程度はどれくらいか、そして質への逃避行動はどれくらいの割合で国際的に発生しどれくらいの割合である特定の国に限定されて発生したかについて調べることを目的とする。

### 3. 研究の方法

(1)「研究の目的(1)」を達成するために、2変量コピュラを利用した。パラメータが一定の静的コピュラを推定することで、テイル依存係数と呼ばれる指標の推定値が得られる。このテイル依存係数は、一方の変数が絶対値で非常に大きな値を取る場合に、もう一方の変数も非常に大きな値をとる確率を測るものである。したがって、株価と為替レートの2変数をコピュラモデルに当てはめれば、テイル依存係数の推定値より、株価が大幅に下落する局面で為替レートが大幅に増価するか否か、すなわち分析対象の通貨が避難通貨か否かを統計的に検証することができる。さらに、テイル依存係数が時間を通じて変化する可能性も考慮して、当係数がARMA型のモデルに従い変化する動的コピュラも推定した。動的コピュラの場合には避難通貨か否かを検定するために閾値モデルを応用した。また、コピュラモデルの推定からはテイル依存係数だけでなくケンドールのタウ係数のような順位相関係数も推定できる。この係数は2変量間の平均的な関係を表すためヘッジ通貨の特定に利用できる。テイル依存係数の場合と同様に、静的コピュラの場合は順位相関係数が有意か否か、また動的コピュラの場合は閾値モデルを応用することでヘッジ通貨の特定を行った。以上の手法を、米国、英国、ユーロ圏の3株式市場の株価指数および米ドル、英ポンド、ユーロ、スイスフラン、日本円の5通貨の為替レートに適用した。標本期間は1999年から2016年までとし、週次データを用いた。また、静的コピュラの場合でも2007年から始まった世界的金融危機前後では2変量間の関係性が異なる可能性にも配慮し、全標本期間を金融危機以前(1999年~2007年)、金融危機時(2007年~2012年)、金融危機後(2013年~2016年)の3期間に分割して推定を行った。

(2)「研究の目的(2)」を達成するために、ヴァイン・コピュラを用いた。ヴァイン・コピュラとは3変量以上を取り扱うために開発されたコピュラ・モデリング法の一つである。このヴァイン・コピュラを、ある国の株価と通貨価値(対米ドルの為替レート)、そして米国の株価指数からなる3変数に適用した。ここで米国の株価指数は、世界の株式市場全体の動向を表すための代理変数として採用している。対象国は21ヵ国であり、2003年から2017年までの週次データを用いた。3変数からなる各データセットに対して、パラメータが一定の静的ヴァイン・コピュラとパラメータが時変の動的ヴァイン・コピュラをそれぞれ推定した。また、静的ヴァイン・コピュラの推定の際には全標本期間だけでなく、金融危機以前(2003年~2007年)、金融危機時(2007年~2012年)、金融危機後(2013年~2017年)の3期間に分割した推定も行った。さらに各ヴァイン・コピュラの推定に対応して、自国の株価と通貨価値のみからなる2変量コピュラも推定し、株式市場の国際的な連動性を考慮しないことから生じるケンドールのタウ係数とテイル依存係数の推定値のバイアスを求めた。

(3)「研究の目的(3)」を達成するために、レジーム・スイッチング・コピュラを用いた。レジーム・スイッチングの枠組みは、コピュラ関数のパラメータの構造変化を捉えるために導入した。コピュラのパラメータを時变的にするモデルとしてはARMA型のものも考えられるが、レジーム・スイッチング・モデルはテイル依存係数の有意性の検定が可能な点、さらに質への逃避行動のような大きな変化を捉えることができる点でARMA型モデルより優れている。レジーム・スイッチング・コピュラで想定する状態は、正規コピュラで表現するノーマル・レジームと(クレイトン、ガンベル、ジョーの)非対称コピュラで表現する非対称レジームの2状態である。変数は各国の株価指数と国債価格指数の2変数を使う。分析対象国は先進6ヵ国(フランス、ドイツ、日本、スイス、英国、米国)である。標本期間は1999年から2019年までとし、週次データを用いた。質への逃避行動の特定は、非対称レジームのテイル依存係数の統計的有意性をもって確かめる。以上の分析を自国の株式・国債の組だけでなく、異なる国間の株式・国債の組も分析対象とした。これにより質への逃避行動に関する国際的な依存関係を分析することが

できる。

#### 4. 研究成果

(1)「研究の分析(1)」の結果、避難通貨やヘッジ通貨は株式市場ごとにそして時期ごとに異なることが示された。具体的には以下の点が明らかになった。第一に、英国とユーロ圏の株式市場は同じヘッジ通貨のセットを持っており、とりわけスイスフランが重要なヘッジ通貨であった。第二に、英国の株式市場には避難通貨が存在しなかったが、ユーロ圏の株式市場では2012年まで避難通貨が存在した。ユーロ圏における避難通貨は、金融危機以前ではスイスフラン、金融危機時では米ドルであった。全期間を通じて英国に避難通貨が存在しなかった理由としては、英国の株式市場はユーロ圏の株式市場と比べてボラティリティーが小さかったことが挙げられる。第三に、米国の株式市場では日本円が避難通貨とヘッジ通貨の両方の役割を担っていた。これは米国と比べ日本は2008年の世界的金融危機の発生直後はその影響が軽微だったことが理由として挙げられる。以上の成果は、ディスカッションペーパーとして登録後(「主な発表論文等」の )、学術雑誌に投稿し採択・掲載された(「主な発表論文等」の )。

(2)「研究の分析(2)」の結果、以下の点が明らかになった。第一に、ヴァイン・コピュラの第一段階目の推定では米国の株価と分析対象国の株価は非常に高い相関を持っており、株価の国際的な連動性があることが再確認された。とりわけ、株価のボラティリティーが高い時期には株価同士の相関も強まることが分かった。第二に、ヴァイン・コピュラのもう一方の第一段階目の推定から、米国の株価と分析対象国の通貨価値は正の関係があることが分かった。さらに、株価のボラティリティーが高い時期にはその相関も強まることも示された。第三に、国際的な株式市場の連動性を考慮せずに自国の株価と通貨価値の関係を推定すると、正のバイアスが生じてしまうことが分かった。ただし、バイアスの値自体はそれほど大きくはないことも示された。また、特に金融危機時にそのバイアスが大きくなる傾向がみられた。これは、米国の株価と自国の株価、および米国の株価と自国の通貨価値の関係が金融危機時に大きくなることが原因である。第四に、自国の株価と通貨価値の関係は、概ね、先進国は負の関係であり(国際貿易仮説と整合的)、新興国は正の関係である(ポートフォリオバランス仮説と整合的)という結果が得られた。以上の成果は、ディスカッションペーパーとして登録後(「主な発表論文等」の )、学術雑誌に投稿し採択・掲載された(「主な発表論文等」の )。

(3)「研究の分析(3)」の結果、米国あるいは英国の国債を含めたモデルでは、テイル依存係数の推定値が非常に高くかつ統計的に有意であった。すなわち、米国と英国の国債は避難資産(Safe haven asset)としての役割を担っていることが分かった。米国の国債が避難資産としての性質を持っていることは疑念の余地がないだろう。英国の国債については、2008年のリーマン・ショックやその後の欧州債務危機の震源地ではなかったことから、国際的な避難資産としての役割を果たしたと考えられる。また、その他の国の国債については、テイル依存係数が統計的に有意ではなく、そもそもノーマル・レジーム - 非対称レジームの2状態の組み合わせ自体にモデルの当てはまりが良くないことが分かった。そこで、これらの国に対しては両状態ともノーマル・レジームと仮定して再推定したところ、(テイル依存係数の有意性とは別の判断基準を用いて)質への逃避現象が確認された。ただし、正規コピュラのテイル依存係数はゼロであるため、質への逃避現象は米国や英国と比べ弱いと言える。また質への逃避行動は、複数の国で同時に起こる傾向があるものの、その同時発生の頻度は国によって異なっていることも明らかになった。具体的には、欧州の国々では質への逃避行動は同時発生の頻度が高い一方で、日本では単独で発生する確率が高いこと、そして米国における同時発生頻度は欧州と日本の間に位置することが分かった。以上の成果は、ディスカッションペーパーとして登録後(「主な発表論文等」の )、学術雑誌に投稿した。その後、査読者からコメントをもらいそれに従って改訂を行い、現在再投稿中である。また、その改訂は論文全体を通じて大幅なものであったためディスカッションペーパーに再登録した。(「主な発表論文等」の )

#### <引用文献>

- Embrechts, P., McNeil, A., Straumann, D. (2002) "Correlation and Dependence Properties in Risk Management: Properties and Pitfalls" In: Dempster, M. (Ed.): Risk Management: Value at Risk and Beyond. Cambridge University Press.
- Kumar, M.S., Okimoto, T. (2011) "Dynamics of International Integration of Government Securities' Markets" Journal of Banking and Finance, 35, 142-154.
- Okimoto, T. (2008) "New Evidence of Asymmetric Dependence Structures in International Equity Markets" Journal of Financial and Quantitative analysis, 43, 787-816.
- Okimoto, T. (2014) "Asymmetric Increasing Trends in Dependence in International Equity Markets" Journal of Banking and Finance, 46, 219-232.
- Patton, A. (2006a) "Modeling Asymmetric Exchange Rate Dependence" International Economic Review, 47, 527-556.
- Patton, A. (2006b) "Estimation of Multivariate Models for Time Series of Possibly

Different Lengths" Journal of Applied Econometrics, 21, 147-173.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6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 4件）

1. 著者名 Minoru Tachibana	4. 巻 46
2. 論文標題 Relationship between stock and currency markets conditional on the US stock returns: A vine copula approach	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Multinational Financial Management	6. 最初と最後の頁 75-106
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.mulfin.2018.05.001	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 Tachibana Minoru	4. 巻 No.2018-3
2. 論文標題 Safe haven government bonds: Identification using a regime-switching copula model	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Discussion Paper New Series, School of Economics, Osaka Prefecture University	6. 最初と最後の頁 1-36
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 35
2. 論文標題 Safe-haven and hedge currencies for the US, UK, and Euro area stock markets: A copula-based approach	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Global Finance Journal	6. 最初と最後の頁 82～96
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.gfj.2017.07.001	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 Tachibana Minoru	4. 巻 No.2017-4
2. 論文標題 Relationship between stock and currency markets conditional on the US stock returns: A vine copula approach	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Discussion Paper New Series, School of Economics, Osaka Prefecture University	6. 最初と最後の頁 1-36
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 Minoru Tachibana	4. 巻 No. 2017-1
2. 論文標題 Safe Haven and Hedge Currencies for the US, UK, and Euro Area Stock Markets: A Copula-Based Approach	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Discussion Paper New Series, School of Economics, Osaka Prefecture University	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) 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 Minoru Tachibana	4. 巻 No. 2020-1
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 Discussion Paper New Series, School of Economics, Osaka Prefecture University	6. 最初と最後の頁 1-45
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 -

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