

氏名	NAN, Zheng ナン, ジョン
学位の種類	博士(学術)
学位記番号	甲 第 222 号
学位授与年月日	2021年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	Currency Trading in Bitcoin Markets: A Study of the USD/EUR Pair ビットコイン市場における通貨取引：米ドル/ユーロペアに関する研究
論文審査委員	主査 教授 海蔵寺 大成 副査 准教授 金子 拓也 副査 教授 モンゴメリ, ヘザー

論文内容の要旨

ビットコインは、ダブルスペンディングを防止するためのセキュリティシステムであるブロックチェーンを活用し、中央銀行を介さずに発行をコントロールする初めての電子通貨である。ビットコインは2009年1月に取引が開始されて以来、大きな注目を集めてきた。しかし、これまで暗号通貨市場と外国為替市場の関係を探求しようとした研究はほとんど行われてこなかった。

Zheng Nan 氏が提出した博士論文は、ビットコイン市場における米ドルに対するユーロのビットコイン価格として定義されるビットコイン為替レートと外国為替レートとの関係を計量経済学的手法を用いて包括的に検証した初めての研究である。

博士論文は8つの章で構成されている。序章に続いて、第2章は、暗号通貨に関する文献のレビューである。第3章では、計量経済学のツールを用いてビットコイン為替レートの統計的性質を調べている。著者は、3種類の単位根検定を用いて、ビットコイン為替レートの時系列がランダムウォークであ

ることを示した。これは、過去の動きから現在のビットコイン為替レートを予測することは不可能であることを示している。また著者は、米ドル/ユーロのビットコイン為替レートと外国為替レートのペアの対数超過リターンを計算し、その時系列が2014年5月2日と2018年1月9日の2回、構造的変化を起こしていることを明らかにした。

第4章では、共和分分析を実行し、ビットコイン為替レートと外国為替レートの長期関係をモデル化している。著者は、Engle-Granger 検定と Johansen 検定を使って、ビットコイン為替レートとそれに対応する為替レートとの間の線形関係を示し、長期均衡の存在を実証的に示した。さらに、制限条件を課したヨハンセン検定を行い、外国為替レートがビットコイン為替レートの不偏推定値になっていることを解明した。この結果は、ビットコイン為替レートのセミストロング型の市場効率性を持っていることを示唆している。

ビットコイン為替レートは長期的には均衡為替レートに収束するが、短期的には様々なショックに反応して均衡から乖離する。第5章では、ビットコイン為替レートの短期的なダイナミクスを研究している。最初に、著者は、ヨハンセンの共和分検定の結果に基づく VEC(Vector Error Correction)モデルを構築して、ビットコイン為替レートのリターンをモデル化し、次に、VECモデルから導出されたインパルス応答関数を用いて、外国為替レートへのショックがどの程度ビットコイン為替レートを均衡水準から乖離させるかを示し、さらにビットコイン為替レートが均衡に収束するまでの時間を明らかにした。

ビットコイン為替レートは、短期的には均衡から乖離するため、実際の取引では投資リスクがある。第6章では、投資リスクを最小化する取引戦略を研究し、FX先物取引を利用してビットコイン市場の取引リスクを短期的にヘッジする裁定取引を提案した。具体的には、第5章で提示した VECモデルと DCC-GARCHモデルを組み合わせたモデルを構築し、最適なヘッジ率を計算している。

第7章では、計量経済学とニューラルネットワークを利用した予測モデルを開発している。第6章で構築した VECM + DCC-GARCHモデルを用いてビットコイン為替レートのボラティリティを予測した。さらに、2層の GRU (gate recurrent unit) ネットワークにビットコイン為替レートの5分単位のデータセッ

トを学習させ、1日先のビットコイン為替レートを予測し、ランダムウォーク・モデルから計算される標準的な予測と比較した。ランダムウォーク・モデルよりも GUR ネットワークの予測が優れていることを実証した。

第8章では、取引所でのビットコイン為替レートの実際取引に関するいくつかの問題点を議論し、最後に本論文全体の内容を簡潔にまとめている。

論文審査結果の要旨

Nan Zheng 氏の博士論文の最終草稿の審査は、最終試験に咲き立って 2020 年 10 月 13 日 19:00 から 20:00 までオンラインで実施された。審査委員会は関連分野の 3 名の専任教員で構成された。マクロ経済学・金融経済学を専門とする海蔵寺大成教授が委員長を務めた。ファイナンスを専門とする金子拓也准教授と Empirical Money and Banking を専門とする Heather A. Montgomery 教授が副査を務めた。審査委員会では Nan 氏のプレゼンテーションの後、最終草稿に対する質疑が行われた。金子教授からは、理論的に計算されているビットコイン為替レートとビットコイン取引所での実際の取引の間にギャップが存在することが指摘された。モンゴメリ教授からは、理論的な結果の改善点について指摘があった。候補者が審査委員からの質問やコメントに対する候補者の受け答えは適切であった。結論として、審査委員会は最終草稿を合格と判定した。

博士論文の審査および最終試験は、2021 年 1 月 8 日 15:10 から 16:40 までオンラインで行われた。

審査委員会は、本論文の学術的価値を以下のように評価した。第一に、審査委員会は、本論文が、暗号通貨をベースとした為替レートに関する最初の包括的な研究であることを高く評価した。ここ数年の間に、暗号通貨に関する多くの研究が行われたが、それらの研究のほとんどが、暗号通貨の異常変動の原因を探求することに向けられており、暗号通貨市場と外国為替市場の関係を解明しようとする研究はこれまで行われてこなかった。

第二に、第 4 章および第 5 章で実証されたビットコインの為替レートの長期均衡における市場効率性は、外国為替市場からビットコイン市場に情報が伝達されるメカニズムが存在していることを示唆しており、本研究で初めて明らかにされた。

第三に、著者は第 6 章において FX 先物市場を活用したビットコイン相場の変動リスクを最小化するための最適ヘッジ戦略を提案した。提案された理論モデルは先物為替市場を介してリスクヘッジを行うことを前提として構築されているため、この理論モデルをビットコイン為替レートのリスクヘッジに実際

に適用しようとすることは困難だが、最近になってビットコイン先物がシカゴ・マーカンタイル取引所で取引されたように、近い将来のビットコイン先物を通じて本研究で提案された理論モデルがビットコイン為替レートのリスクヘッジに応用される可能性がある。

最後に、第 7 章においてビットコイン為替レートの予測に応用されたゲート付き回帰型ユニット (GRU)・ネットワークは最近開発されたニューラルネットワークモデルであり、長期記憶をもつ時系列データの分析に適したモデルであるが、現在のところ GRU ネットワークを金融・経済時系列の予測に応用した研究はほとんど例がない。

以上から、評価委員会は、本論文は暗号通貨研究に大きく貢献する優れた博士論文であり、博士号に値するオリジナリティを有する研究であると評価する。結論として、審査委員会は Zheng Nan 氏に博士号を授与することを全員一致で推薦する。