

〈プロジェクト研究論文〉

2024年3月修了（予定）

ビットコインの価格形成と投資行動の分析

～S&P500 IT Sector との比較～

学籍番号：57205019-6

氏名：堀木 慶寛

ゼミ名称： ブロックチェーンと分散ファイナンス

主査：齊藤 賢爾 教授

副査：中里 大輔 教授

概 要

2009年に登場して以来、ビットコインは新しい投資先として注目されている。しかし、ビットコインに関してインターネットや本などで情報が溢れかえっており、人々はどの情報が正しいのかを判断するのに苦労しているのではないだろうか。社会においてビットコインの正しい知識が十分に普及しているとは言い難い。そこで、ビットコインがどのように価格形成され、ビットコインに投資する際どのような投資行動を投資家がとっているのかを明らかにしたい。

本研究では、ビットコインの価格形成と投資行動を明らかにするために、計量時系列分析と行動ファイナンスの観点から S&P500 IT Sector との比較を行った。S&P500 IT Sector とは、ダウ・ジョーンズ・インデックスにより算出される、米国の IT 企業の株価指数である。ビットコインと S&P500 IT Sector と比較する理由は2つある。1つ目の理由は、両者を比較することでビットコインの特徴を浮き彫りにするためである。2つ目の理由は、ビットコイン関連事業を持つ IT 企業に投資している投資家は、ビットコイン関連事業と S&P500 IT Sector を同じ投資カテゴリーと認識している可能性があるからである。例えば、S&P500 IT Sector の構成銘柄の一つである NVIDIA Corporation はビットコインのマイニングに特化したプロセッサ「Cryptocurrency Mining Processor」を発表した（NVIDIA 2021）。ビットコイン関連事業を持つ IT 企業に投資している投資家は、ビットコイン価格の値動きも気にするはずである。

本研究ではビットコインの価格形成と投資行動を知るために2つの分析を行った。1つ目は、ビットコインと S&P500 IT Sector の価格に対する、Dynamic Conditional Correlation (DCC)モデルによる計量分析である。DCC モデルとは、多変量 GARCH の枠組みで条件付き分散と条件付き相関を推定する方法である。2つ目は、ビットコインと S&P500 IT Sector の投資行動に対する行動ファイナンスの観点からの分析である。

ビットコインと S&P500 IT Sector との価格形成及び投資行動を比較した論文は著者の知る限り現時点で無く、これらを比較しながら分析することは、社会に正しい知識の普及ができる意義がある。つまり、個人がビットコインの価格形成過程を理解し、社会に適切な投資行動が広がることが期待できる。

目次

第1章	序論	4
1.1	研究の動機と目的	4
1.2	研究の意義	4
第2章	背景	6
2.1	相関の変動	6
2.2	Constant Conditional Correlation モデル	6
2.3	Dynamic Conditional Correlation モデル	7
2.4	日本の銀行券の発行・流通・管理	8
2.5	ビットコイン	9
2.6	ビットコインの特徴	9
2.6.1	非中央集権化	9
2.6.2	マネーサプライの制限	10
2.6.3	ビットコインの投資	10
2.6.4	ビットコインのマイニング	10
2.6.5	アメリカのマイニング上場企業	11
2.6.6	IT企業がマイニング事業に参加	11
2.6.7	All assets ranking	12
2.7	ビットコインを指標として採用した理由	12
2.8	S&P500 IT sector	12
2.8.1	S&P500	13
2.8.2	S&P500 IT Sector	13
2.8.3	S&P500 IT Sector を用いた理由	13
第3章	問題	14
3.1	ビットコインと S&P500 IT sector の比較	14
第4章	仮説	15
4.1	ビットコインの価格変動要因と S&P500 IT sector の価格変動要因	15
4.2	データ	15
第5章	計量分析	16
5.1	DCC モデルによる結果	16

5.2	Correlation.....	17
5.4	DCC GARCH Forecast.....	19
第6章	考察	21
6.1	計量分析の評価.....	21
6.2	行動ファイナンスの投資理論.....	21
6.2.1	個人投資家の投資判断.....	21
6.2.2	プロスペクト理論.....	22
6.2.3	The Influence of Worry.....	24
6.2.4	The Significance of Expert Knowledge.....	24
第7章	関連研究	26
7.1	ビットコインの Price Drivers.....	26
7.2	The Inefficiency of Bitcoin.....	26
7.2	Spillovers Across Financial Markets.....	26
第8章	結論	28
	Appendix	30
	参考文献	32

第1章 序論

1.1 研究の動機と目的

私は、以前にアメリカのシリコンバレーにあるフィンテック企業の日本の子会社を監査していた。シリコンバレーにある本社は、本業のビジネス以外でビットコインにも多額の投資を行っていた。ビットコインは、財務諸表における貸借対照表では資産勘定になるため、保有するビットコインの価格の変動により、財政状態および経営成績が変化する。ビットコインの価格の変化は会社の株価に理論上影響するはずと考えていたが、実際にどのような影響があるのか興味を持っていた。また、マイクロソフトがビットコインの分散型身分証明ネットワーク「ION」を開発 (Torpey 2018) したため、IT 企業によるビットコイン関連事業に対する投資が活発化してきていることから、IT 企業の株価とビットコイン価格の関係に興味を持つこととなった。

加えて、本学に入学し行動ファイナンスのゼミを履修したことで、ビットコインの投資行動にも興味を持ち始めた。なぜなら、(Ricciardi 2013) は、次のように述べていたからである。「近年、個人投資家、投資の専門家、金融学者は、情報技術やインターネットの進歩に伴い、入手可能な情報量や豊富な投資の選択肢に圧倒されることがある。検索エンジン、チャットルーム、掲示板、ウェブサイト、ブログ、オンライン取引など、新しいインターネット・コミュニケーションの形態が次々と生まれている。投資家にとって、行動ファイナンスが主張する認知バイアスやヒューリスティック（経験則）と、情報過多に伴う問題との間には直接的な関連性が存在する。」つまり、近年インターネットを通じて膨大な情報が溢れており、もともと人間の認知能力には限界があるため (Ricciardi 2013)、ビットコインに対してどのような投資行動を伴うのか興味を沸かした。

本稿は、ビットコインの価格形成と投資行動を S&P500 IT Sector と比較しながら分析することを目的とする。本研究は、ビットコインと S&P500 IT Sector に対する研究アプローチは2つの側面がある。1点目は、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector との計量分析による比較である。この計量分析による比較は、DCC モデルによる分析であり、ビットコインと S&P500 IT Sector との相関関係を調べるものである。2点目は、行動ファイナンスの観点からのビットコインと S&P500 IT Sector の投資行動に対する分析である。ビットコインと S&P500 IT Sector に対する投資行動を、行動ファイナンスの理論に照らしながら考察していきたい。

1.2 研究の意義

本研究による主な貢献は、3点ある。1点目は、暗号資産の価格変動要因を明確に説明することができれば、資産運用の候補先の一つに暗号資産に投資することが出来るようになる。2点目は、暗号資産の価格変動を明確に説明できることで、一般の人

たちが主体的に正しい投資の普及に貢献できると考えている。3点目は、暗号資産の価格変動について研究をすることで、暗号資産のリスク管理がし易くなり、投資及び運用する資産の幅が広がり、お金や暗号資産が社会を循環することで人々の継続的な経済的発展に貢献できるのではないかと考えている。

第2章 背景

2.1 相関の変動

本研究では、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector の相関の変動を見る。

(菅家 2008)は、「(要約) 近年多くの論文で相関係数が時変動しない仮定が棄却されている結果が示されている。従来より相関係数が時変動するモデルは数多く提案されているものの、強い制約条件が付加されている場合や推定しなければならないパラメーター数が多くなる等の問題点があった。Engle (2002) 等はこのような問題点のある程度軽減した Dynamic Conditional Correlation (DCC) モデルを考案し、その後も DCC モデルを対象とした研究が徐々に増加している。」と述べている。また、(菅家 2008)は、「(要約) ファイナンスにおける過去の研究においては、その関心は個々の資産のボラティリティに集中し、相関や共分散については研究対象として取り上げられることが少なかった。従って最近まで、相関は一定であり、安定しているものと仮定して取り扱われている研究が多い。しかし Tsui and Yu (1999) 等、多くの論文で相関係数が時変動しない仮定が棄却されている結果が示されている。複数の資産の価格変化率の分散・共分散及び相関係数が時間を通じた変動を明示的に定式化している代表的な時系列モデルに多変量 GARCH¹モデルがある。多変量 GARCH モデルは基本的には一変量 GARCH モデルを多変量に拡張したモデルである。」と述べている。

2.2 Constant Conditional Correlation モデル

(Alshenawy and Abdo 2023)は、Constant Conditional Correlation (CCC) モデルの背景について次のように述べている。「DCC-GARCH モデルに入る前に、Bollerslev (1986)によって導入された単変量 GARCH モデルについて簡単に触れておくことが重要である。GARCH モデルは、Engle (1982)によって提唱された分散自己回帰 (ARCH) モデルを拡張したもので、金融時系列で観察されるボラティリティのクラスタリングをモデル化することができる。GARCH モデルは多変量設定に拡張され、多変量 GARCH (MGARCH) モデルとして知られている (Bauwens et al., 2006)。一般的な MGARCH モデルは、Bollerslev (1990)によって導入された Constant Conditional Correlation (CCC) モデルである。このモデルでは、任意の 2 つの変数の間の条件付き相関は、時間の経過とともに一定であると仮定される。しかし、条件付き相関は時間と共に変化する傾向

¹ (要約) Bollerslev (1986)は GARCH モデル (generalized ARCH model) を提案しており、ARCH モデルよりも少ないパラメータで、ボラティリティがもつ長期にわたる自己相関構造を出来るだけ柔軟に記述できるモデルである (沖本 2010)。ARCH モデル (autoregressive conditional heteroskedasticity model) は AR モデルの考え方を分散のモデルに応用してモデルで、Engle (1982)によって提案された (沖本 2010)。金融データのボラティリティは長期にわたって比較的大きな正の自己相関をもつことが多く、そのようなデータに ARCH モデルを当てはめると、モデルが大きくなりパラメータの数が大きくなると各パラメータの解釈が難しくなるとともにモデルの推定精度などに問題が生じる場合がある (沖本 2010)。

があるため、金融時系列ではこの仮定はしばしば制限的すぎる。

(沖本 2010)は、Constant Conditional Correlation の定義について次のように述べている。「Bollerslev(1990)によって提案された CCC モデル(constant conditional correlation model)がある。このモデルは、 U_t^2 の条件付き相関が時間を通じて一定であることを仮定し、条件付き分散と共分散だけが動学的依存関係を持つ。具体的には、CCC モデルでは、まず H_t の対角成分だけを本章で紹介したいいずれかの 1 変量 GARCH モデルを用いてモデル化する。この対角成分のモデルの行列の形で

$$D_t = \text{diag}(h_{11,t}, \dots, h_{nn,t})^{1/2} \quad (7.17)$$

と表わすことにする。つづいて、 H_t の (i,j) 非対角成分 $h_{ij,t}$ は、時變的でない相関行列 R の (i,j) 成分 ρ_{ij} を用いて

$$h_{ij,t} = \rho_{ij} \cdot \sqrt{h_{ii,t} \cdot h_{jj,t}}$$

という形で求められる。また、CCC モデルにおける H_t は行列を用いて

$$H_t = D_t R D_t \quad (7.18)$$

と書くことができる。」

2.3 Dynamic Conditional Correlation モデル

(Alshenawy and Abdo 2023)は、DCC モデルについて次のように述べている。

「CCC モデルの限界に対処するために、Engle (2002)は DCC-GARCH モデルを提案した。DCC-GARCH モデルは、CCC モデルの単純さと扱いやすさを維持しながら、条件付き相関の時間変化を許容する。DCC-GARCH モデルは、条件付き共分散行列を条件付き標準偏差と条件付き相関に分解する。この分解により、ボラティリティと相関を別々にモデル化することが可能になり、より柔軟で解釈しやすくなる。

Engle (2002) によって導入された DCC-GARCH モデルは、金融資産間の複雑な相互作用を捉えるための柔軟な枠組みを提供し、金融資産間の時変相関をモデル化するための一般的な手法として登場した。動的相関を考慮することで、投資家は資産配分を調整してリスク調整後リターンを最適化し、ポートフォリオのパフォーマンスを改善できる可能性がある。」

エンゲルは、DCC モデルについて次のように述べている(Engle 2002)。

「(要約) 一変量 GARCH の柔軟性を持ちながら、従来の多変量 GARCH の複雑性を持たない動的条件付き相関 (DCC) 推定モデルを提案する。条件付き相関を直接パラメータ化するこれらのモデルは、一連の一変量 GARCH 推定と相関推定という 2 つのステップで自然に推定される。これらの方法は、多変量 GARCH モデルと比較して、相関プロセスで推定されるパラメータの数が相関される系列の数に依存しないという点で計算上の利点がある。したがって、非常に大きな相関行列を推定できる可能性がある。」

² 誤差項を意味する。

つまり、エンゲルは、時系列で2つの変数の相関関係をみるのは DCC モデルが適している」と述べている。

(沖本 2010)によれば、DCC モデルの定義について次のように述べている。

「DCC モデル(dynamic conditional correlation model)は CCC モデルにおける条件付き相関を事變的に拡張したモデルとなっている。Bollerslev(1990)によって提案された CCC モデル(Constant Conditional Correlation Model)があり、このモデルは、 U_t の条件付き相関が時間を通じて一定であることを仮定し、条件付き分散と共分散だけが動学的依存関係をもつ。

DCC モデル(dynamic conditional correlation model)は CCC モデルにおける条件付き相関を時變的に拡張したモデルとなっている。具体的には、DCC モデルは CCC モデルにおける (7.18) を

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (7.19)$$

という形に拡張したモデルと見なすことができる。すなわち、CCC モデルにおいて一定であった相関行列 R に時變性を許して R_t としたモデルである。

Engle(2002)による DCC モデルであり、このモデルにおいては(7.19)の R_t を

$$R_t = \text{diag}(q_{11,t}, \dots, q_{nn,t})^{-1/2} Q_t \text{diag}(q_{11,t}, \dots, q_{nn,t})^{-1/2} \quad (7.20)$$

とモデル化する。ここで、 Q_t は

$$Q_t = (1-a-b)\bar{Q} + bQ_{t-1} + a \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1}$$

に従って求められる行列である。また、 ε_t は各変数の標準化残差からなるベクトルであり、 $\varepsilon_t = D_t^{-1} u_t$ で与えられる。さらに、 \bar{Q} は ε_t の条件なし相関行列である。 R_t が相関行列になるためには、 Q_t が正定値行列である必要があるが、 $\alpha \geq 0$ 、 $b \geq 0$ 、 $\alpha + b < 1$ のとき、 Q_t は必ず正定値行列になる。」

2.4 日本の銀行券の発行・流通・管理

日本銀行のホームページ（日本銀行 2024）は、銀行券について次のように述べている。「日本銀行法では、日本銀行は、銀行券を発行すると定めています。銀行券は、独立行政法人国立印刷局によって製造され、日本銀行が製造費用を支払って引き取ります。そして、日本銀行の取引先金融機関が日本銀行に保有している当座預金を引き出し、銀行券を受け取ることによって、世の中に送り出されます。この時点で、銀行券が発行されたこととなります。日本銀行が発行した銀行券は、その後、金融機関から預金を引き出した人々や企業の手に入り、商品やサービスの購入などに利用されます。また、銀行券の一部は金融機関に持ち込まれ、預金として預けられます。金融機関を通じて銀行券が日本銀行の本支店に戻ってくると、日本銀行は、受け入れた銀行券の枚数を確認し、偽造・変造された銀行券がないか、厳重に真偽鑑定を行っています。」

つまり、日本のお金は、日本銀行が発行し、政府が中央集権的に管理することで紙幣

に信用を持たせ、国民の経済活動を通じて循環している。紙幣は、信用を持たされている以上、政府や銀行の管理下に置かれて、人と人との間の自由な送金は阻害され不便である。こういった、中央集権的で不自由な送金システムから脱却しようと、ビットコインが生まれた。

2.5 ビットコイン

2008年10月、暗号学関連のあるメーリングリストに、サトシ・ナカモトと名乗る匿名の個人またはグループによる設計文書「Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System」が投稿された (Nakamoto 2008)。

ナカモトは次のように述べた (Nakamoto 2008)。「純粹にピアツーピア版の電子マネーであれば、金融機関を通さずに、ある当事者から別の当事者へ直接オンライン決済を行うことができる。電子署名はソリューションの一部を提供するが、二重支出を防ぐために信頼できる第三者が必要であれば、主な利点は失われる。我々は、ピアツーピアネットワークを利用した二重支出問題の解決策を提案する。」

つまり、人と人をつなぐ電子マネーであれば金融機関を通さずに自由で柔軟な送金を行うことができる。ここで、送金記録を適切に管理するために、電子署名され、他の者もその取引を確認することが出来るようになる。ナカモトは、金融機関を通さずに、ある当事者から別の当事者に直接オンライン決済で暗号資産を使って送金できるシステムを提案した。この暗号資産が、ビットコインである。

2.6 ビットコインの特徴

2.6.1 非中央集権化

(Nakamoto 2008)は次のように述べた。「慣例では、ブロックの最初の取引は、ブロックの作成者が所有する新しいコインを開始する特別な取引である。これはコインを発行する中央機関が存在しないため、ノードにネットワークをサポートするインセンティブを与え、コインを最初に流通させる方法を提供する。一定量の新しいコインを着実に追加することは、金の採掘者が金を流通させるために資源を費やすことに似ている。この場合、消費されるのはCPU時間と電力である。」

つまり、ビットコインをシステムとして維持する行動には参加のインセンティブが用意されており、それにより中央機関を排除したシステム運用が可能になる。PCとインターネットさえあれば、誰でもビットコインネットワークに関与し自由に送金ができ、金融機関から監視されることもない。

2.6.2 マネーサプライの制限

(Rosenbaum 2020)は、ビットコインのサプライに関して次のように述べている。「ビットコインには、マネーサプライが 2,100 万 BTC を超えないという強固な約束があります。1 BTC を持つ人は、少なくともビットコインのサプライ全体の 2,100 万分の 1 を確実に所有していることとなります。実際には、今現在のビットコインのマネーサプライはまだ固定されていません。ビットコインのサプライは、あらかじめ決められた日程に従って少しずつ増えている途中であり、2140 年頃に最終的に増加が停止します。」

つまり、ビットコインの供給量の増加率は、4 年ごとに半分になるように設計され、最終的には 2100 万 BTC を上限に供給できないことになっている。

2.6.3 ビットコインの投資

(Rosenbaum 2020)は、投資について次のように述べた。「世の中には、手っ取り早く金持ちになりたいと思う人がおり、ビットコインは価格が流動的、つまり価格が変動するため、彼ら・彼女らには非常に魅力的な存在である。」つまり、ビットコインはハイリスク・ハイリターンであり、投資すると何十倍もの価格上昇が起きる一方、価格の下落幅も大きい。

(Rosenbaum 2020)は、ビットコイン投資における価格変動について次のように述べた。「2013 年 11 月、ビットコインの価格はわずか数週間で 100 米ドルから 1,100 米ドルに跳ね上がりました。これは明らかにバブルでした。価格上昇の流れに乗り遅れたくない人々が買いに殺到し、価格を急上昇させて、急激な値下がりが起きたのです。」

ビットコインの価格の変動性が高いため、その分、リターンやリスクも高い。

2.6.4 ビットコインのマイニング

(Rosenbaum 2020)は、マイニングについて次のように述べた。「(要約) トランザクションを検閲しにくくするために、ブロックヘッダーのデジタル署名をプルーフオブワーク (proof of work: 作業証明) に入れ替え、複数のマイナー (miner) と呼ばれる人々が出来るようにします。マイナーは、次のブロックを作るために、競争で有効なプルーフオブワークを探します。プルーフオブワークは、膨大な量の暗号学的ハッシュ³を計算して初めて見つけられます。」

これは、マイニングされた際に本当にビットコインなのか、ビットコインのコミュニティでお互いに確かめ合い、確かに本物と認めてから供給量が増えることになる。

³ ハッシュ (hash) という単語は、細かく切り刻んだものや混ぜ合わせたものという意味で、暗号学的ハッシュ関数の処理を非常によく説明したものである (Rosenbaum 2020)。

また、お互いに確かめ合うのは、ビットコインを送金した時も同じであり、供給元及び供給先のビットコイン保有数が間違っていないか確かめ合うことになる。これらのプルーフオブワークは、大量の暗号的ハッシュを通じて計算される。

2.6.5 アメリカのマイニング上場企業

(Yamada 2021)は、アメリカのマイニング上場企業について次のように述べている。「2021年7月時点でアメリカの上場ビットコインマイニング企業5社(Marathon Digital、Riot Blockchain、Argo Blockchain、Bitfarm、Hut8)は、7月に合計1,802BTCのビットコインを採掘した。ナスダックに上場している Marathon Digital と Riot Blockchain は、7月にほとんどマイニングマシンの追加配備を行っていないが、どちらも前月比50%以上の成長を記録した。」

つまり、アメリカにはビットコインのマイニング上場企業が、Marathon Digital、Riot Blockchain、Argo Blockchain、Bitfarm、Hut8の5社おり、2021年7月時点で前月に比べて5割以上の上昇でマイニングに成功している。

上記以外のマイニング企業において、ナスダックに上場していた Core Scientific は2022年12月に債務超過であったが、B.ラリーファイナンシャルが破産を防ぐために通貨融資をおこなった(Riley 2022)。また、マイニング企業である HIVE も2021年6月にアメリカのナスダックに株式上場の承認を得たと発表した(HIVE Digital Technologies 2021)。

2.6.6 IT企業がマイニング事業に参加

The Motley Fool 社の (Patel 2022)は、次のように述べている。「ビットコインはすでに Block Inc のビジネスの主要な部分を占めている。同社は2020年第4四半期に5000万ドル相当、さらに昨年第1四半期に1億7000万ドル相当のビットコインを購入しただけでなく、Block Inc は個人にも暗号通貨と接する方法を提供している。競合の PayPal や Robinhood Markets では、顧客はビットコインだけでなく、ビットコインキャッシュ、イーサ、ライトコインも取引できる。Block Inc は今頃、これらの暗号通貨をキャッシュ・アプリに追加することもできたはずだが、そうしなかったのは、単にビットコインだけに焦点を当てているからだ。」

Block Inc は、アメリカのシリコンバレーにあり、Jack Dorsey が設立した会社である。この会社は、Square 端末をレストランなどに提供し、来店客がカードや携帯でその端末にかざすことでその料金を支払い、その支払いに伴った手数料を徴収するビジネスを展開してきた。しかし、今回、暗号資産のマイニング事業にも進出し、ビットコインの保有量も増やしてきている(Patel 2022)。

(真田 2023)は、アメリカでは、MicroStrategy, Marathon Digital Holding, Block Inc(Square Inc), Galaxy Digital Holdings, Tesla がビットコインを保有していると述べた。

また、(真田 2023)は、次のように述べた。「業種別で見るとメイン事業がビットコインや暗号資産にフォーカスした企業が 2 社で、IT 企業が 2 社、自動車製造が 1 社となりました。ビットコインに関連したサービスを提供する企業が上位にランクインしていることがわかります。Block Inc(Square)や Tesla はビットコインを活用したサービスの開発も行っており、ビットコインに関連した事業を行っている企業がビットコインを保有している傾向があります。」

つまり、IT 企業は、ビットコインの関連事業を持ち始めたという事である。

2.6.7 All assets ranking

CompaniesMarketCap.com によると、2024 年 1 月時点で、世界の資産の時価総額のランキングでビットコインが 865.78billion ドルで 10 位にランキングされている。1 位 Gold、2 位 Apple、3 位 Microsoft、9 位が Meta Platform(Facebook)、11 位が Tesla である。ビットコインの時価総額規模がいかに巨大か分かる。

Bitcoin.com の (Redman 2023)によれば、次のように述べている。「ビットコインの覇権は今年大きなうねりを見せ、2022 年 10 月の 40.2%から 2023 年 10 月には現在の 54%まで上昇した。トレーディングビューが 2023 年 10 月 24 日にまとめた洞察によると、ビットコインの優位性は 53.44%から 54.11%までピンポイントで変動している。」

つまり、暗号資産の中でビットコインのシェアは 2023 年 10 月時点において、54.11%であり、1 番多いシェアを持っている。

2.7 ビットコインを指標として採用した理由

数ある暗号資産の中でビットコインを選択した理由は、2 点ある。まず 1 点目は、1 番初めに作られた暗号資産がビットコインであるため、価格の時系列データが豊富に残っているからである。過去から現在までの時系列データを取得する際に適している。

2 点目の理由は、暗号資産の中でビットコインが一番慣れ親しまれていることもあり、修士論文書く際に、ビットコインの特性をつかむことに社会的意義があると感じたからである。

2.8 S&P500 IT sector

2.8.1 S&P500

(Kenton 2023)は、S&P500 について次のように述べている。「S&P500 指数 (スタンダード&プアーズ 500 指数) は、米国の主要上場企業 500 社の時価総額加重指数である。これは、時価総額上位 500 社の正確なリストではない。それでも、S&P500 指数は著名なアメリカ株のパフォーマンス、ひいては株式市場全体のパフォーマンスを測る最良の指標のひとつとみなされている。」

つまり、S&P500 とは、米国で時価総額の大きい主要 500 社で構成する時価総額加重平均型の株価指数を言い、S&P ダウ・ジョーンズ・インデックスが算出・公表している。

2.8.2 S&P500 IT Sector

S&P500 IT sector とは、S&P500 の情報技術センターで事業を展開する企業を対象にしたインデックスである。S&P500 IT sector には、Apple Inc., Microsoft Corporation, NVIDIA Corporation, HP Inc., Intel Corporation などが含まれている (Trading View 2024)。これらの構成銘柄の時価総額加重平均型の株価指数が S&P500 IT sector と呼ばれる。

2.8.3 S&P500 IT Sector を用いた理由

S&P500IT sector を用いている理由は、アメリカの IT 企業の中には、ビットコインのマイニング事業に進出することやビットコインを購入する企業もあるため、ビットコインの価格との関連性を見つけやすいと考えたからである。つまり、ビットコイン関連事業に投資している IT 企業に投資している投資家は、ビットコインの価格に敏感になると想定した。S&P500 IT Sector とビットコインの価格との関連性を調べることで何かしらの示唆がえられるのではないかと考えた。

第3章 問題

3.1 ビットコインと S&P500 IT sector の比較

本研究の問題は、ビットコインと S&P500 IT sector の価格の変動を時系列別にどのようにとらえるかという事である。

つまり、ビットコインの価格が上がれば、ビットコインを保有している IT 企業の資産が増えることで利益の拡大につながり、その IT 企業の株価もあがるはずであると推察した。一方、ビットコインの価格が下がれば、ビットコインを保有している IT 企業の資産が減ることで利益が圧縮され、その IT 企業の株価も下がることになるだろう。

ビットコインと S&P500 IT Sector の価格変動要因を調べることで関連性が分かれば、一見、無機質で変動が大きいビットコインの価格の変動の理由付けの説明ができるのではないかと考え、ビットコインの価格変動要因を明らかにしたい。

それには、ビットコインと S&P500 IT Sector の価格を過去の一時点から一時点まで時系列順に変化をとらえていく必要がある。

第4章 仮説

4.1 ビットコインの価格変動要因と S&P500 IT sector の価格変動要因

ビットコインの価格変動要因と S&P500 IT Sector の価格変動要因はどのようなものがあるだろうか。私の仮説は次の通りである。

1つ目は、ビットコインの価格変動要因は、S&P500 IT Sector の価格変動要因とそれほど変わらないのではないかという仮説である。つまり、ビットコインと S&P500 IT Sector の価格は、需要と供給のバランスで決定されるのではないかという事である。例えばビットコインの場合、供給量が 2100 万 BTC までと制限がかかっており、これ以上の供給はできない。一方、S&P500 IT Sector の構成銘柄である上場会社の株の場合、株式を新株発行すると既存株主の保有している株の価値が希薄化されるため、M&A に伴う新株発行が行われない限り、合理的な理由もなく株価が下落する新株発行を経営者は行わない。このため、経営者の社会的評価が下がるような新株発行を実施するのに躊躇し新株を発行するのに制限がかかる。

また、需要については、ビットコインと S&P500 IT Sector の構成銘柄である株式は供給量に応じて需要量も変動することになる。つまり、供給量が一時点で一定であれば、需要が上昇するにつれてビットコインと S&P500 IT Sector の価格が上昇する点は共通であると考えられる。

ビットコインと S&P500 の価格変動を比較した論文はいくつかあるものの、ビットコインと S&P500 IT Sector を比較した論文は私が知る限りなかったため、両者を比較するのには意義がある。また、米国の IT 企業は、ビットコイン関連事業に投資している企業があるため、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector を比較することで何かしらの示唆が得られると考えた。

ビットコインの価格変動要因と S&P500 IT Sector との比較をする上で、DCC モデルを用いることにした。(沖本 2010)は、GARCH モデルの相関変動モデルについて、多変量モデルでは変数間の動学的関係の分析が主な目的になることが多く、変数間の動学的関係において重要な役割を果たすのは相関係数であると述べている。

このため、DCC モデルを用いることにした。

4.2 データ

S&P500 IT sector の 2013 年 9 月 13 日から 2023 年 10 月 12 日までの価格データは、S&P Dow Jones Indices から取得した。また、ビットコインの価格は、investing.com から 2013 年 9 月 13 日から 2023 年 10 月 12 日までのデータを用いている。S&P500 IT sector とビットコインの価格は両方とも USD ベースで表記されているため、為替変動の影響は排除されている。

第5章 計量分析

5.1 DCC モデルによる結果

DCC モデルを用いて、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector の価格の関連性を考察した。結果は以下の通りである。

DCC GARCH Fit

Distribution	mvnorm
Model	DCC (1, 1)
No. Parameters	11
[VAR GARCH DCC UncQ]	[0+8+2+1]
No. Series	2
No. Obs.	2526
Log-Likelihood	-11307.46
Av. Log-Likelihood	-4.48

Optimal Parameters

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
[SP.rate].mu	0.105732	0.021475	4.9236	0.000001
[SP.rate].omega	0.057619	0.015213	3.7874	0.000152
[SP.rate].alpha1	0.158226	0.025743	6.1463	0.000000
[SP.rate].beta1	0.815682	0.026170	31.1691	0.000000
[B.rate].mu	0.162260	0.077390	2.0966	0.036025
[B.rate].omega	1.190098	0.365605	3.2551	0.001133
[B.rate].alpha1	0.204632	0.044364	4.6126	0.000004
[B.rate].beta1	0.780170	0.031006	25.1617	0.000000
[Joint]dcca1	0.015597	0.006491	2.4027	0.016273
[Joint]dccb1	0.979115	0.009635	101.6157	0.000000

Information Criteria

Akaike	8.9616
Bayes	8.9870
Shibata	8.9615
Hannan-Quinn	8.9708

P 値が、5%未満であるため mu、omega、alpha1、beta1、dcca1、dccb1 は統計的に有意である。なお、mu、omega、alpha1、beta1、dcca1、dccb1 の意味は後述してある。

Mu は、long-term average を表わし、S&P500 IT Sector の mu は、0.105 である一方、ビットコインは 0.162 である。

Omega は、long-term average volatility を意味しており、S&P500 IT Sector の omega は、0.057 である一方で、ビットコインは、1.190 である。

Alpha1 は、the impact of past squared residuals(shocks)on current volatility を表わし、S&P500 IT Sector は、0.158 である一方、ビットコインは、0.204 である。

Beta1 は、the impact of past volatilities on current volatility を表わし、S&P500 IT Sector は、0.815 である一方、ビットコインは、0.78 である。

Dcca1 及び dccb1 は、the dynamics of the correlations を表わし、P 値が 0 に近い
ため、0.015 と 0.979 は統計的に有意差ある。

また、Information Criteria の Akaike, Bayers, Shiabata, Hannan-Quinn の数値に
関しては少ない方が良く、8.9 程度は少ないため今回の DCC モデルは適切に作られて
いると判断した。

5.2 Correlation

相関は以下の通りである。

	S&P500 IT	ビットコイン
S&P500 IT	1.00000	0.1434842
ビットコイン	0.1434842	1.0000000

相関は、0.143 であるためほぼ無相関になる。

ビットコインと S&P500IT の収益率の相関係数の推移を時系列で plot したものが図 1 である。

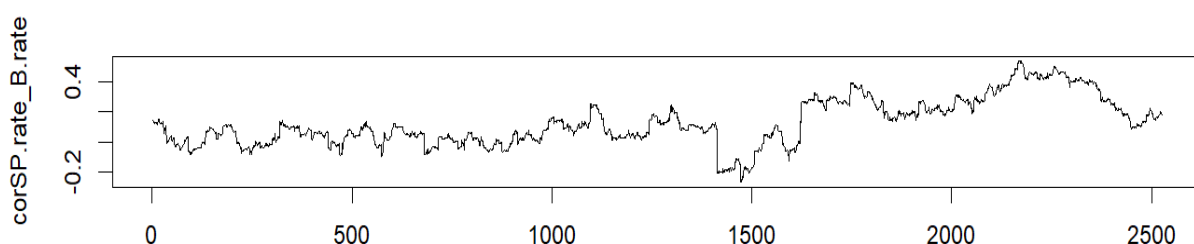


図 1 ビットコインと S&P500 IT Sector の収益性の相関係数の時系列の推移

図 1 の横軸の 0 時点は、2013 年 9 月 30 日である。横軸の 500 営業日ごとに 1 目盛り
になっている。

2013 年 9 月 30 日から 2019 年 10 月 4 日(図 1 の 1 目盛り目から 3 目盛り目)ごろまで
は、相関係数が-0.2 から 0.2 に推移しているため、ほとんど無相関と言える。しかし、
2019 年 10 月 7 日から 2021 年 11 月 6 日(図 1 の 3 目盛り目から 4 目盛り目)における
相関係数は 0.3 から 0.4 で推移している期間が多い。2021 年 11 月 7 日から 2023 年 10

月 12 日（図 1 の 4 目盛り目から 5 目盛り目）における相関係数は、0.3 から 0.4 で推移している期間が多く、最大で 0.5 まで上昇している時点がある。

(Alshenawy and Abdo 2023)によれば、DCC モデルの相関について次のように述べている。「ここで重要なことは、動的条件付き相関は時間変動するであり、資産間の関係は時間の経過とともに変化する可能性がある。投資家はこれらの相関をモニターし、それに応じてポートフォリオを調整する必要がある。分散を最大化し、リスクを効果的に管理するために、投資家はこれらの相関をモニターし、それに応じてポートフォリオを調整する必要がある。」

つまり、ビットコインと S&P500 IT Sector の収益性の相関は過去から現在までの時系列でみていくことが大切である。

5.3 Covariance

(Alshenawy and Abdo 2023)は、共分散について次のように述べている。「共分散は、2 つの変数の共同変動性を測定し、それらがどのように一緒に動くかを示す。共分散の値は条件付きかつ時間変化するものであり、時間の経過とともに変化する可能性がある。共分散行列は、投資家が資産リターン間の関係を理解し、リスクとリターンの間の最良のトレードオフを提供するポートフォリオを構築するのに役立つため、ポートフォリオの最適化とリスク管理のための重要なインプットである。」

S&P500 IT Sector とビットコインの共分散が 1.089116 であり、両者が一緒に動く程度が小さいと推察される。

	S&P500IT	ビットコイン
S&P500IT	1.883181	1.089116
ビットコイン	1.089116	30.594803

ビットコインと S&P500 IT Sector との相関係数と共分散を示したのが次の図 2 である。上部の図が両者の相関係数の時系列の推移を表わしている。下部の図が両者の共分散の時系列の推移を表わしている。

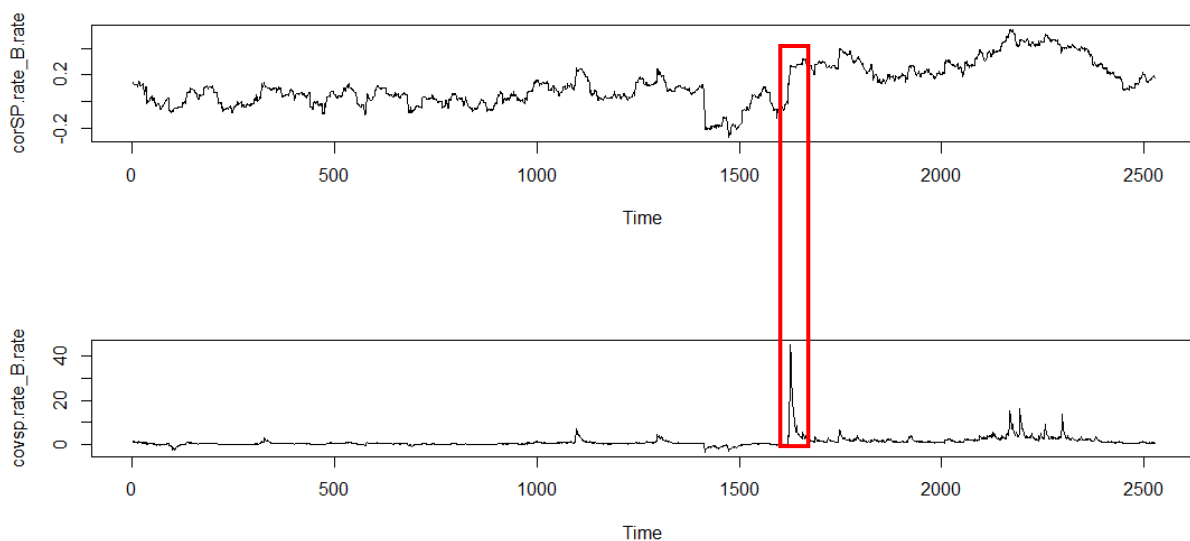


図 2 ビットコインと S&P500 IT Sector の相関係数及び共分散の時系列の推移

両者の相関係数は、共分散を S&P500 IT Sector とビットコインの標準偏差を乗じたものを割って算出される。このため、共分散が高い時は、相関係数も高くなる。共分散及び相関係数の変動が高い時期をある程度は特定できるものの、ビットコインと S&P500 IT Sector の両者に対して直接的に影響を与えた事象及びイベントの特定はできなかつたため今後の課題になる。

5.4 DCC GARCH Forecast

1 日目

	[, 1]	[, 2]
[1,]	1.000	0.179
[2,]	0.179	1.000

2 日目

	[, 1]	[, 2]
[1,]	1.000	0.1787
[2,]	0.1787	1.000

3 日目

	[, 1]	[, 2]
[1,]	1.000	0.1785
[2,]	0.1785	1.000

4 日目

	[, 1]	[, 2]
[1,]	1.000	0.1782
[2,]	0.1782	1.000

5 日目

	[, 1]	[, 2]
[1,]	1.000	0.178
[2,]	0.178	1.000

上記は、将来への1日目から5日目までの予測される相関の程度である。相関の程度が、0.178程度であるため短期的な将来ではほとんど無相関なのが分かる。しかし、長期的な未来に関してはどのような相関が出るか予測ができないため今後の課題である。

第6章 考察

6.1 計量分析の評価

2013年9月30日から2023年10月12までの間でビットコインの価格とS&P500 IT Sectorの価格についてDCCモデルを使って調べた。結論は、2013年9月30日から2019年10月4日ごろまでは、相関係数が -0.2 から 0.2 に推移しているため、ほとんど無相関であった。しかし、2019年10月7日から2021年11月6日における相関係数は 0.3 から 0.4 で推移している期間が多かった。2021年11月7日から2023年10月12日における相関係数は、 0.3 から 0.4 で推移している期間が多く、最大で 0.5 まで上昇している時点があった。

つまり、図1の2013年9月30日から2019年10月4日ごろまでは、ビットコイン市場とS&P500 IT Sectorの市場は、分断されていたと推察される。しかし、2019年10月7日から2021年11月6日まで両市場の分断の程度が少しずつであるが低くなり始め、2021年11月7日から2023年10月12日ではその分断の程度がある程度低くなってきていると考えられる。これは、近年になるにつれビットコイン市場の売買の整備が整ってきているため、効率的な市場になりつつあると推察される。また、ビットコインへの投資とS&P500 IT Sectorへの投資が同じ投資カテゴリーで投資が行われつつあると推察される。

以上のことを踏まえると、2013年9月30日から2019年10月4日まではビットコイン市場とS&P500 IT Sectorの市場は全くの別の市場と考えることができた。両者は連動していなかったため、ビットコイン関連事業に投資しているIT企業を投資している投資家はビットコインとS&P500 IT Sectorを別のカテゴリーと分けて投資を行っている可能性が高い。しかし、2019年10月7日から2021年11月6日からビットコイン市場とS&P500 IT Sectorの市場との分断の程度が弱り始め、2021年11月7日から2023年10月12日からは、ビットコインとS&P500 IT Sectorを同じ投資カテゴリーとしやすくなってきたと推察される。

ビットコインとS&P500 IT Sectorの共分散及び相関係数の変動が高い時期に直接的に影響したイベントを明らかにするのは今後の課題である。ビットコイン市場とS&P500 IT Sectorの市場で影響を与えるイベントなどが多数あり、どの要因がどれくらいのウェイトを占めて影響を与えているのが判断するのが非常に困難であった。

6.2 行動ファイナンスの投資理論

6.2.1 個人投資家の投資判断

(Ricciardi 2013)は、個人投資家の投資判断について、次のように述べている。「(要約) 投資家の判断は、以下のような内的・外的要因の影響を受ける：(1)市場内の他の個人や集団の心理(例：群集心理、群れ行動の概念)、(2)過去の金融・投資判断の有利

な記憶、不利な記憶（これは判断の最終結果が成功（利益）だったか失敗（損失）だったかに左右される）。」

Ricciardi によれば、個人投資家の投資判断は、必ずしも合理的な行動をとるわけではなく、合理的という観点からは矛盾した行動をとることがあり、この点でプロの投資家とは異なる。また、判断基準も、投資家によって合理性や満足度のレベルが異なるという特徴がある。個人投資家の判断は、内的・外的要因として「市場における個人や集団の心理（ハーディング）」及び「過去の判断における、成功／失敗の記憶」の影響を受ける。このハーディングとは、一個人としてよく考えもせず、周りの動きに追従することである。

つまり、S&P500 IT Sector に投資している機関投資家は、投資判断をする際に出来るだけ合理的に判断をするために複数の人物が関与して出来る限り客観的に投資判断を行う。また、実施した投資結果のモニタリングをし、事前に定められたベンチマークとの比較を行い、ファンドマネージャーにフィードバックを行う。

一方、ビットコインの場合、個人投資家がほとんどであるため（Godbole 2021）、ハーディングや過去の成功・失敗の経験からの影響を受けやすく、合理的及び客観的な投資判断をしにくいと考えられる。

（Godbole 2021）は、ビットコインの個人投資家について次のように述べた。「主要なオンチェーン指標は過去 12 ヶ月間堅調な伸びを示し、おそらくリテールトレーダーによるビットコインの着実な蓄積を示している。主要なオンチェーン指標は過去 12 ヶ月間成長を目撃しており、おそらくリテールトレーダーによるビットコインの着実な蓄積を示している。ブロックチェーンインテリジェンス企業 Glassnode によると、1 月 14 日現在、1 つ以上のビットコインを保有するアドレスは 784,000 あり、1 年前の 707,000 から約 11% 増加した。この数は 2015 年初頭から 2 倍以上に増加している。」また、デンバーにある Digital Assets Data の暗号リサーチアナリスト、コナー・アベンシェイン氏は、「右肩上がりの上昇は、小売バイヤーによる蓄積の結果』であると述べた。

このため、ビットコインの価格の上がり基調である場合、他の人々がビットコインを買っているから自分も買おうという明確な投資判断をもたないまま購入することがあると推察される。また、ビットコインの場合は、配当がないため将来得られるキャッシュフローを予測することが困難になるため、将来予測キャッシュフローを割引現在価値に割り戻すことが出来ず、現時点のビットコインの価格が割高なのか、割安なのか自分で判断できにくいと推察される。このため、過去のビットコインの投資判断した成功・失敗体験や他人の投資行動に依拠しやすくなると考えられる。

6.2.2 プロスペクト理論

（Ricciardi 2013）は、プロスペクト理論について次のように述べている。「（要約）カーネマンとトヴェルスキー（1979）による代表的な研究は、プロスペクト理論として知られるリスクテイキング行動と不確実性の条件下での新しい理論を提唱した。Olsen（1997）は、プロスペクト理論が『人間の意思決定者の認知的限界に重きを置いている』

と指摘している。プロスペクト理論の前提の下で、投資家は古典的意思決定理論（標準的ファイナンスの視点）が支持する合理性の概念から離れ、代わりに行動的意思決定理論（行動ファイナンスの視点）が提唱する拘束合理性に基づいて意思決定を行う。カーネマンとトベルスキーのプロスペクト理論は、人は利益よりも損失を重視する損失回避型であるという考え方に基づいている。事実上、投資家は個人ベースで、利益を得ることよりも損失を回避することに大きな意義を見出すことになる。」

Ricciardiによると、プロスペクト理論は、カーネマンとトベルスキーによって提唱された。プロスペクト理論とは、不確実な状況の下で意思決定を行う際に、人間本来の認知バイアスを取り入れた意思決定モデルである。特に特筆すべきプロスペクト理論では2点ある。1点目は、投資家は利益よりも損失を懸念する「損失回避性（Loss Averse）」がある。2点目は、「価値関数（Value Function）」である。

また、（Ricciardi 2013）は、プロスペクト理論について次のようにも述べている。「（要約）プロスペクト理論の主要な構成要素は価値関数として知られている。損益に関する個人の価値は、基準点との比較において、基準点からのマイナスの乖離に対する値が、プラスの乖離に対する値よりも大きくなる。投資家は主観的な基準から結果を損失または利益として扱うが、これには2つの側面がある：（1）人々は好調な投資（投資利益）に対してリスク回避的であり、その結果、利益を早期に現金化する傾向がある、（2）個人は損失に対してリスク追求的であり（損失回避的）、実現した損失を回避するために、さらに大きな損失をもたらす可能性のあるギャンブル（資産の売却を回避すること）を行う。さらに、個人は確率を非線形の方法で計量するという議論がある：小さな確率は過大評価され、中距離の確率の変化は過小評価される。」

つまり、価値関数によると、投資家の主観的な基準には2つの側面がある。1点目は、投資家は好調な投資（投資利益）に対してリスク回避的であり、その結果、利益を早期に現金化する傾向がある。2点目は、投資家は損失に対してリスク追求的であり（損失回避的）、実現した損失を回避するために、さらに大きな損失をもたらす可能性のあるギャンブルを行う。

S&P500 IT Sector 及びビットコインの価格においては、上昇基調の場合は大きい利益を得ることをせずに、少ない利益が発生した時点でこれら資産を売却して利益を確定する傾向にあると推察される。

S&P500 IT Sector 及びビットコインの下げ基調の場合は、また価格が上がるかもしれない、又は現実逃避をして売却せずに塩漬けのままこれらの資産を保有し続けることになる。損しているこれらの資産の売却を拒む理由は、過去に自分が行った投資判断を間違えていたことを認めることになり、売却の決定をしにくいと考えられる。

以上を踏まえると、株式投資の場合は、将来の配当であるインカムゲインを割引率で割り引き、株の現在の価格とその割引現在価値とを比較して、割安・割高を判断して、その株式を購入するか否かを判断する。S&P500 IT Sector の場合は、機関投資家や個人株主が巨額の投資をしていることが想定され、インデックス運用である以上、価格が下がりにくいいため一気に売却に走ることは考えづらい。ましてや、機関投資家の場合は、巨大な金額を投資し、安心・安全に運用することをこころがけているため株の購入・売却を機動的にできない場合が多い。

しかし、暗号資産の場合は、配当があるわけではないため将来キャッシュフローが売却価格しかなく、また割引率の算定も困難を極める。このため、今現在の暗号資産の価格が割高・割安の客観的な判断するのが難しいと考えられる。ビットコインで損している場合は、この損を取り返そうと他の暗号資産に追加投資して一発逆転をねらうことも考えられる。

6.2.3 The Influence of Worry

(Ricciardi 2013)は心配について次のように述べている。「心配の行動学的定義とは、人が特定の状況や不安や恐怖、不幸を引き起こす決断に対してどのように反応するかということである。金融の領域では、心配は金融市場の日常的な投資家によって実用化されている。ニュースメディアは、ネットニュース、新聞、テレビニュースのビジネス・セグメントでの報道など、さまざまなソースから、ある日の市場が下落したニュースを報道したり、悪いニュースを発表したりするたびに、株式市場の投資家の心の中で「心配する行為」を継続的にサポートしている。」

つまり、ニュースメディアにより、市場が下落したニュースが繰り返し放送されることにより、投資家の心配が煽られ市場に影響されやすくなる。S&P500 IT Sector については、インデックス運用であるため急激に下落することは考えにくく、長期的にみれば少しずつ上昇基調である。一方で、ビットコインの場合、下落ニュースは、テレビニュース、インターネットニュース等で繰り返し放送されるため、投資家の心配する程度は加速され、ビットコインの売却が多くなり急激に下落することがよくある。

6.2.4 The Significance of Expert Knowledge

(Ricciardi 2013)は、専門知識の重要性について次のように述べている。「リスク認知に関する文献では、人の知識レベルが変化すると、特定の活動や状況に対するリスク認知が調整されることが報告されている。例えば、ある活動を理解するのが難しいと感じれば感じるほど(知覚知識の程度が低ければ低いほど)、その活動に対する不安や恐怖が増大する。ウェブスターの辞書によると、専門家とは『ある特別な分野で非常に熟練した、または高度な訓練を受け、情報に精通している人』であり、知識とは『経験を通じて、または社会生活を通じて得た、何かを熟知しているという事実または状態』と定義されている。」

つまり、専門知識がない人は、その分野について変化が起こると不安や恐怖が増大する。S&P500 IT Sector に投資しているのは、機関投資家が多いため株式について専門知識があり、S&P500 IT Sector が下落したとしても、インデックス運用であるため急激な下落や長期的な下落の心配はほとんどしないと考えられる。一方、ビットコインに投資しているのは、個人投資家が多く、ハーディングで集まった暗号資産の専門知識がない人達が含まれるため、ビットコインが下落すると、逃げるように売却するため、急激に下落することが多いと推察される。

行動ファイナンスの投資理論では個人投資家の投資判断にはハーディングの行動を行いがちであり、過去の失敗や成功の経験が重視されやすい。プロスペクト理論では、投資に対して利益が出ていたらすぐに売りを確定する一方、損失が出ていたら売却せずに塩漬けにする傾向がある。ニュースを通じて悪いニュースが繰り返し同じことが放送されることで、心配の程度が上昇しやすくなる。専門的知識があることでリスク認知が低減される一方で、専門知識が不足していると不安や恐怖が大きくなる。これらの行動ファイナンスの理論を照らしたビットコインの投資行動について考察した文献が少ないため本研究を行う意義があった。

第7章 関連研究

7.1 ビットコインの Price Drivers

Sovbetov は、以下のように述べている「(要約) Poyser (2017)は、暗号価格の推進要因として3つのタイプを挙げ、内部要因と外部要因に整理した。暗号通貨の需要と供給は、暗号通貨の市場価格に直接的な影響を与える主な内部要因である。一方、魅力(人気)、合法化、および少数のマクロ金融要因(金利、株式市場、金価格)は外的要因とみなすことができる。」

つまり、暗号資産の価格に影響を与えるのは、内的要因と外的要因に分かれる。内的要因は、需要と供給のバランスが該当し、取引費用、報酬システム、マイニングの困難さなどがあげられる。外的要因には、暗号資産市場、マクロ要因、政治要因などがあげられる。

しかし、内的要因及び外的要因が暗号資産の価格に影響すると書かれているものの、それぞれの要因がどの程度の影響力があるのかは一切書かれておらず、影響の程度を調べてみることに意義を感じた。そこで、本研究では、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector との比較の必要性を感じた。

7.2 The Inefficiency of Bitcoin

(Urquhart 2016, 80-82)は、ビットコインの非効率性について次のように述べている。「(要約)ビットコイン市場が全サンプル期間を通じて弱く効率的でないことを示している。ビットコインの非効率性は非常に強い。この議論と一致するのは、より多くの投資家がビットコインを分析し、取引するようになれば、ビットコインは時間の経過とともにより効率的になるということである。今後の課題としては、市場効率の度合いの変化に関するさらなる実証分析や、ビットコインと新興市場や他のオルタナティブ投資との比較などが考えられる。」

つまり、ビットコインが登場した初期の頃は、暗号資産市場が未熟であったため、暗号資産市場が非効率であったが、時の経過とともに暗号資産市場が成熟するにつれ効率的になってきている可能性がある。

このため、今回、ビットコインと S&P500 IT Sector の価格を 2013 年 9 月から 2023 年 10 月 12 日までの 10 年間の時系列で関係を追跡していくことは意義があるといえよう。

7.2 Spillovers Across Financial Markets

(Liu, Jotaki, and Takahashi)によれば、ビットコインのスピルオーバー効果について次のように述べている。「(要約)暗号通貨市場と他の金融市場との相互依存性について考察する。すでに述べたように、暗号通貨市場は近年、取引量、取引額ともに着実に成長している。この成長は金融システムのリスクを高めている。暗号通貨が金

融市場全体に及ぼすスピルオーバー効果を検証することで、暗号通貨の分散効果とヘッジ効果を探る。暗号通貨が金融市場のどのような要素の影響を受けやすいかをより深く理解するために、暗号通貨と株式・債券市場との相互連関や条件付き相関とともに、同じ GARCH フレームワークを用いて条件付きボラティリティ・ダイナミクスを研究する。また、暗号通貨が他の種類の資産と無相関であるとするれば、資産の最適化プロセスにおいて暗号通貨が安全な避難所となる可能性があるため、ほとんどの資産種類の間で相関が劇的に増加したグローバル化の時代において、暗号通貨は依然として重要な特徴である。」

暗号資産と他の資産との関係について研究した論文がまだまだ少なく、本研究を実施する意義がある。このため、まだ暗号資産と他の資産の関係について調査する余地があるため、ビットコインと S&P500 IT Sector と比較する必要性がある。

関連研究では、ビットコインの価格決定の理論の視点から考察してきた。

ビットコインの価格決定の理論では、Price driver について網羅的にビットコインの価格変動要因の提示があるが、各ドライバーがビットコインの価格にそれぞれどの程度の影響があるか示されていなかった。過去においてビットコインの市場が未熟であったため非効率であることが説明されていたが、現在のビットコインの市場が効率的であるかの言及がなかった。ビットコインと他の資産との関係についての実証分析が現時点で不足している。このため、依然としてビットコインの価格形成について深掘りする必要性があるため本研究を実施した。

第8章 結論

本研究では、ビットコインの価格形成と投資行動について S&P500 IT Sector と比較しながら計量的分析及び行動ファイナンスの観点からの考察を行った。

まず、計量分析の観点では、ビットコインの価格と S&P500 IT Sector の価格を 2013 年 9 月 30 日から 2023 年 10 月 12 日までの 10 年間の時系列をとり DCC モデルにて関連性を探った。結論は、2013 年 9 月 30 日から 2019 年 10 月 4 日ごろまでは、ほとんど無相関であった。しかし、2019 年 10 月 7 日から 2021 年 11 月 6 日において低い程度の相関係数が見られる期間が多かった。2021 年 11 月 7 日から 2023 年 10 月 12 日における相関係数は、0.3 から 0.4 で推移している期間が多く、最大で 0.5 まで上昇している時点があった。以上を踏まえると、2013 年 9 月 30 日から 2019 年 10 月 4 日までのビットコイン市場と S&P500 IT Sector の市場は分断されている可能性が高かった。なぜなら、投資家は、ビットコインと S&P500 IT Sector を別のカテゴリーと捉え、ビットコインと S&P500 IT Sector は別の市場と認識する傾向があったと推察される。しかし、2019 年 10 月 7 日からビットコインと S&P500 IT Sector の市場の分断の程度はやや弱まる傾向が見られ始めてきている。

さらに、行動ファイナンスの観点では、ビットコインへの投資は個人投資家が多く、個人で投資意思決定をするため、情報の認知能力の限界や限定合理性を持つ。その結果、ハーディングや過去の成功・失敗体験にとらわれる。ビットコインの価格が上昇すれば、すぐに売りを確定しやすくなる一方で、価格が下落すれば塩漬けにしやすくなる。個人投資家は、一人で投資判断をしている以上、ニュースでビットコインの下落情報に敏感に反応しやすくなる。また、S&P500 IT Sector に投資する機関投資家は、集団で情報収集し、投資意思決定をするためより客観的であり、合理的な判断になると考えられる。

今後、ビットコインと S&P500 IT Sector の市場の分断の程度はやや弱まる傾向が起きると考えられる。なぜなら、2023 年 12 月 19 日に BlackRock がアメリカ証券取引委員会にナスダック市場でビットコインの ETF⁴の申請の要否について議論が行われた (Reynolds 2023)。ビットコインの投資信託が S&P500 IT Sector と同じように証券取引所で売買できるようになるため、ビットコインと S&P500 IT Sector との垣根がより低くなる可能性があり、今後両者の同質化傾向が加速されるかもしれない。この時、ビットコイン専用の口座も秘密鍵も保有する必要がなくなり、投資信託の口座が 1 つあれば取引が出来るようになる。

本研究を通じて、ビットコインの価格形成や投資行動が S&P500 IT Sector と比較することで正しい知識が普及し、適切な投資行動を通じて社会にお金やビットコインが滞りなく循環し、最終的には日本企業や日本経済の発展の一助になれば幸いである。

⁴ (要約) ETF とは「Exchange Traded Fund」の略称であり、日本語では「上場投資信託」あるいは「指数連動型上場投資信託」と表現される。ETF はある特定の指数に連動するように設計されており、証券取引所で売買される投資信託である。なお、投資信託とは、投資家から集めた資金を、専門家が株式や債券などに投資して運用する金融商品のことであり、運用益は投資額に応じて各投資家に分配される (DMM Bitcoin 2023)。

最後に、直近5年でビットコインが S&P500 IT Sector と低から中程度に相関が上がってきており、今後、ビットコイン市場と S&P500 IT Sector の市場の分断が薄れてくる恐れがある。私は、ビットコインと S&P500 IT Sector が同じ投資カテゴリーで投資されることに危惧している。なぜなら、ビットコインと S&P500 IT Sector の本質的な特徴は異なっているため、両者を同質と捉えられてしまうと、Bitcoin のシステムの特徴上、価格が下がるとブロックチェーンが停止する恐れがある。ビットコインを単なる投資商品と見られることで、価格が下がったときに買い時だと思って買う人がいるためにブロックチェーンの停止が抑制されている可能性がある。これは人々の投資行動によりかろうじてビットコインが維持されていることを意味しているかも知れず、だとすれば不安定な状況にあり、投資家が預けていると考えている資産は危うい状況に置かれていることになる。

Appendix

DCC モデルの R-studio に入力する R-code は次の通りである。

```
#パッケージをダウンロード
library(tseries)
library(rugarch)
library(rmgarch)

#データを import
BS.ff <- read_excel
head(BS.ff)
tail(BS.ff)
SP.ts= ts(BS.ff[, 3], start=c(2013, 9), frequency=300)
B.ts= ts(BS.ff[, 2], start=c(2013, 9), frequency=300)

#Draw two line graphs
par(mfcol=c(2, 1))
plot(SP.ts, type="l")
plot(B.ts, type="l")

#時系列データをオブジェクトに変換
SP.price=ts(BS.ff$`S&P500IT`, start=c(2013, 9, frequency=12))
SP.rate=diff(log(SP.price))*100

B.price=ts(BS.ff$`Bitcoin`, start=c(2013, 9, frequency=12) )
B.rate=diff(log(B.price))*100

#DCC model を作成
modell=ugarchspec(mean.model = list(armaOrder=c(0, 0)), variance.model =
list(garchOrder=c(1, 1), model="sGARCH"), distribution.model = "norm")
modelspec=dccspec(uspec = multispec(replicate(2, modell)), dccOrder =
c(1, 1), distribution = "mvnorm")
modelfit=dccfit(modelspec, data = data.frame(SP.rate, B.rate))
modelfit

#Forecast DCC Model
dccforecast(modelfit, n.ahead = 5)
dccforecast(modelfit, n.ahead = 7)
```

```
#Correlation
correlation=rcor(modelfit)
dim(correlation)
correlation[, , dim(correlation)[2]]

cornSP.rate_B.rate=correlation[2, 1, ]
plot.ts(cornSP.rate_B.rate)

#Covariance
covariance=rcov(modelfit)
dim(covariance)
covariance[, , dim(covariance)[2]]
covsp.rate_B.rate=covariance[2, 1, ]
plot.ts(covsp.rate_B.rate)

covsp.rate_B.rate

#Graphs of DCC GARCH Model in R Studio
plot(modelfit)
```

参考文献

A.Yamada. (2021). 北米のビットコインマイニング大手 5 社、7 月の採掘量増加 中国規制による恩恵か. Retrieved from <https://coinpost.jp/?p=268014>

Alshenawy, F., & Abdo, D. A. (2023). Using multivariate dynamic conditional correlation

GARCH model to analysis financial market data.

doi:10.21608/zcom.2023.213791.1258

Bryant Riley. (2022). B. RILEY FINANCIAL ISSUES OPEN LETTER TO CORE SCIENTIFIC

INVESTORS Proposes debt restructuring to core scientific board in order to avoid

bankruptcy. Retrieved from <https://www.prnewswire.com/news-releases/b-riley->

[financial-issues-open-letter-to-core-scientific-investors-301703337.html](https://www.prnewswire.com/news-releases/b-riley-financial-issues-open-letter-to-core-scientific-investors-301703337.html)

CompaniesMarketcap.com. (2023). Top assets by market cap. Retrieved

from <https://companiesmarketcap.com/assets-by-market-cap/>

Corbet, S., Meegan, A., Larkin, C., Lucey, B., & Yarovaya, L. (2018). Exploring the dynamic

relationships between cryptocurrencies and other financial assets. *Economics*

Letters, 165, 28-34. doi:10.1016/j.econlet.2018.01.004

Daniel Palmer. (2021). Tesla invests \$1.5B in bitcoin, plans to accept crypto payments.

Retrieved from <https://www.coindesk.com/business/2021/02/08/tesla-invests-15b->

[in-bitcoin-plans-to-accept-crypto-payments/](https://www.coindesk.com/business/2021/02/08/tesla-invests-15b-in-bitcoin-plans-to-accept-crypto-payments/)

DMM Bitcoin. (2023). ビットコイン etf とは？その仕組みは？実現されると何が変わる？.

Retrieved from <https://bitcoin.dmm.com/column/0141>

Engle, R. (2002). Dynamic conditional correlation: A simple class of multivariate generalized autoregressive conditional heteroskedasticity models. *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350. doi:10.1198/073500102288618487

Himani Gupta. (2021). MG#3 DCC GARCH model in R studio. Retrieved

from <https://www.youtube.com/watch?v=DLiE660Zg2g>

HIVE Digital Technologies. (2021). Hive announce nasdaq listing. Retrieved

from https://twitter.com/HIVEDigitalTech/status/1405509308503240708?ref_src=twsrc%5Etfw%7Ctwcamp%5Etweetembed%7Ctwterm%5E1405509308503240708%7Ctwgr%5E3d1deac1aed88b7af63cabb209faa5e27d04062a%7Ctwcon%5Es1_&ref_url=https%3A%2F%2Fjp.cointelegraph.com%2Fnews%2Fcanada-s-hive-blockchain-technologies-approved-for-nasdaq-listing

Jamie Redman. (2023). With over 50% market share, bitcoin's dominance echoes its 2021

peaks -bitcoin dominance rises from 40.2% to 54% in 12 months. Retrieved

from <https://news.bitcoin.com/with-over-50-market-share-bitcoins-dominance-echoes-its-2021-peaks>

Kyle Torpey. (2018). Microsoft to embrace decentralized identity systems built on bitcoin

and other blockchains. Retrieved

from <https://www.forbes.com/sites/ktorpey/2018/02/12/microsoft-to-embrace-decentralized-identity-systems-built-on-bitcoin-and-other-blockchains/?sh=909329c5ada2>

Liu, M., Jotaki, H., & Takahashi, H. *Analysis of the impact of crypto assets on portfolio risk return performance* 刘梦焱 1 上瀧 弘晃 2 高橋大志 3

Marketcap.com. (2024). Top assets by market cap. Retrieved

from <https://companiesmarketcap.com/assets-by-market-cap/>

Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system*

Neil Patel. (2022). What does bitcoin mean for block? Retrieved

from <https://www.nasdaq.com/articles/what-does-bitcoin-mean-for-block>

NVIDIA. (2021). NVIDIA cmp hx

dedicated GPU for professional mining . Retrieved from <https://www.nvidia.com/en-us/cmp/>

Omkar Godbole. (2021). Retail accumulation? number of bitcoin addresses with one or more coins sees solid rise. Retrieved

from <https://www.coindesk.com/markets/2020/01/22/retail-accumulation-number-of-bitcoin-addresses-with-one-or-more-coins-sees-solid-rise/>

- Poyser, O. (2017). Exploring the determinants of bitcoin's price: An application of bayesian structural time series. *arXiv.Org*, doi:10.48550/arxiv.1706.01437
- Ricciardi, V. (2013). *The psychology of risk: The behavioral finance perspective* SSRN.
- Rosenbaum, K. (2020). 詳解ビットコイン：ゼロから設計する過程で学ぶデジタル通貨システム / kalle rosenbaum 著； 齊藤賢爾監訳； 長尾高弘訳. 東京: オライリー・ジャパン.
- S&P Dow Jones Indices. (2024). S&P 500 information technology. Retrieved from <https://www.spglobal.com/spdji/en/indices/equity/sp-500-information-technology-sector/#overview>
- Sam Reynolds. (2023). BlackRock, nasdaq, SEC met regarding bitcoin ETF. Retrieved from <https://www.coindesk.com/markets/2023/12/20/blackrock-nasdaq-sec-met-regarding-bitcoin-etf/>
- Sovbetov, Y. (2018). Factors influencing cryptocurrency prices: Evidence from bitcoin, ethereum, dash, bitcoin, and monero. *Journal of Economics and Financial Analysis*, 2(2), 1-27. doi:10.1991/jefa.v2i2.a16
- Trading View. (2024). S&P 500 information technology. Retrieved from <https://jp.tradingview.com/symbols/SP-S5INFT/components/>
- Urquhart, A. (2016). The inefficiency of bitcoin. *Economics Letters*, 148, 80-82. doi:10.1016/j.econlet.2016.09.019

Will Kenton. (2023). S&P 500 index: What it's for and why it's important in investing.

Retrieved from <https://www.investopedia.com/terms/s/sp500.asp>

斉藤, 賢 爾. (2014). *これでわかったビットコイン : 生きのこる通貨の条件*. 東京: 太郎次郎社
エディタス.

日本経済新聞. (2022). 家計の金融資産、21 年末に初の 2000 兆円超 現預金滞留.

Retrieved

from <https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUB155Z20V10C22A3000000/>

日本銀行. (2024). 銀行券・貨幣の発行・管理の概要. Retrieved

from https://www.boj.or.jp/note_tfjgs/note/outline/index.htm

沖本, 竜 義. (2010). *経済・ファイナンスデータの計量時系列分析 / 沖本竜義著*. 東京: 朝倉
書店.

真田 雅幸. (2023). ビットコインを保有している企業傾向、ビットコイン価格にどう影響を与えてい
る?. Retrieved

from <https://bitbank.cc/knowledge/markets/article/bitbankreport20230620>

菅家, 和 雄. (2008). システマティック・リスクを考慮した dcc モデルについて. *千葉大学人文社
会科学研究*, 17, 63-77.

酒本 隆太. (2014). 多国間株式市場における条件付き相関について. *証券アナリストジャーナル*
= *Securities Analysts Journal*, 52(2), 64-71.