

| | |
|--------------|---|
| Title | 暗号資産関連領域における研究テーマとその変遷のメカニズム |
| Author(s) | 鈴木, 馨太郎; 七丈, 直弘 |
| Citation | 年次学術大会講演要旨集, 39: 961-965 |
| Issue Date | 2024-10-26 |
| Type | Conference Paper |
| Text version | publisher |
| URL | http://hdl.handle.net/10119/19470 |
| Rights | 本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management. |
| Description | 一般講演要旨 |

暗号資産関連領域における研究テーマとその変遷のメカニズム

○鈴木馨太郎, 七丈直弘 (一橋大学)

1. はじめに

暗号資産とは、「取引の安全性確保、追加の価値単位発行の制御、資産移転の検証のために暗号技術を使用し、交換媒体として機能するように設計されたデジタル資産」(Härdle et al, 2020) や「暗号技術により保護された形で分散型台帳に存在し、所有及び譲渡可能である、何らかの意味を表象したシステム内に存在する物理・デジタルオブジェクト」(Schwiderowski et al, 2024) と定義されており、2008年に公開されたBitcoinのホワイトペーパー(Nakamoto, 2008)がその始まりである。

近年急速な成長を遂げている当該分野はBitcoinの半減期に合わせて市況が盛り上がる傾向にあり、その度に多様なトレンドが発生してきた。2014年のEthereum発行や2017年前後のICO (Initial Coin Offering) の流行、2020年前後のDeFi (Decentralized Finance) summer、2021年前後のNFT (Non-Fungible Token) bubble等が代表的な事例である。また、2024年1月には米国証券取引委員会 (SEC) によりBitcoin現物ETFの取り扱いが承認され、その後Bitcoin価格は大きく上昇した。一方で、バブルの終盤やいわゆる“冬の時代”と呼ばれる相場の閑散期・暴落期には、2014年のマウントゴックス事件、2022年のFTX事件等の様々なマイナスイベントが発生してきた。

このような中、暗号資産を対象とした学術研究は多岐にわたる領域で活発化しており、コンピュータサイエンスの分野ではブロックチェーン技術の改善やスケーラビリティの向上が追求され (Zhou et al, 2020)、経済学では新たな市場メカニズムの分析が進められている (Huberman et al, 2021)。さらに、法学、社会学、文化人類学などの分野からも、暗号資産がもたらす社会的影響や法的課題について多様な議論が展開されている (Werbach et al, 2017) (Maurer et al, 2013)。

研究テーマの変遷を追跡し、その背後にあるメカニズムを理解することは、当該分野の今後の発展を予測し、重要な研究課題を特定する上で極めて重要である。そのため、本研究では、暗号資産に関する学術研究テーマとその変遷について計量書誌学的手法を用いて分析し、その背後にあるメカニズムの解明を目指した。具体的には、以下の課題に取り組む：

1. 暗号資産関連研究における主要なテーマ

- を特定し、その時間的推移を明らかにする。
2. 研究テーマの変遷と、市場動向、技術革新、社会的要因との関連性を分析する。
3. 暗号資産研究における知識創造と拡散のプロセスを、学際的な視点から考察する。

本研究では、BERTopicを活用したトピックモデリングにより、2011年から2024年までに発表された1万件以上の学術データベース収録文献を分析する。この手法により、大量の文献データから自動的にトピックを抽出し、その時間的推移を可視化することが可能となる。

以下、本論文では、まず先行研究のレビューを通じて暗号資産を対象とした研究を概観する。次に研究方法を詳述し、分析結果を提示する。最後に結果の考察を行い、本研究の理論的・実践的含意について議論する。

2. 先行研究

暗号資産を対象にした学術研究は近年増加、多様化しており、関連する学術文献を分析対象とした計量書誌学的手法による研究も増加傾向にある。

Bariviera & Merediz-Solà (2021) はジャーナルごとの文献数や引用数、キーワード等を活用した定量分析と文献レビューを組み合わせ、暗号資産研究における研究テーマを大きく8分類 (①Bitcoinエコシステムの概要、②市場効率性、③価格予測・変動要因の分析、④ボラティリティ、⑤伝統資産との相関とポートフォリオ最適化、⑥安全資産としての特徴、⑦バブル、⑧ICO) に整理し、Jalal et al (2021) は464件の文献を対象に著者やその所属国のネットワーク分析等を行い、主要な4つの研究トピック (①価格決定の要因、②市場効率性、③ポートフォリオの多様化と群集心理、④規制やガバナンス、社会・経済的影響) を特定した。直近では、Almeida & Goncalves (2023) が引用共起分析や共引用ネットワーク分析等により4つの研究トピック (①投資家の行動、②ポートフォリオの多様化、③市場のマイクロ構造、④ボラティリティとリスク管理) を整理し、Peculis et al (2024) は共起ワード分析等により大きく7つのテーマ (①Bitcoin、②暗号通貨、③ボラティリティ、④予測、⑤機械学習、⑥投資、⑦ブロックチェーン) に分類した。

また、暗号資産よりも広義であるブロックチェーンを対象とした研究は一定数存在し、Liang

Zhou et al (2021) は LDA モデルを活用した分析を行っている。

一方、より狭義となる特定テーマを対象にした研究も存在しており、Wang & Hausken (2024) が Bitcoin に関する文献 3,873 件を対象とし、論文数や引用数等の計量による分析やネットワーク分析、共起ワード分析により、研究トピックの進化や今後中心となる新興分野について論じた。他にも NFT や DeFi、ICO 等の特定分野や、暗号資産における SDGs、暗号資産の経済効果等の特定テーマを対象とし、計量書誌学的手法を用いる研究が存在する。

このように類似研究は存在するものの、当該分野は急速な発展を遂げているため、本研究において改めて体系的に暗号資産関連研究のテーマの変遷を分析することには一定の価値が存在する。また、対象とする文献数が 1 万件以上と豊富である点や近年注目を集める BERT を活用したトピック分析を行っている点でも独自性が認められる。

本研究により暗号資産という新興研究領域の発展メカニズムを明らかにすることで、過去の軌跡を整理するだけでなく今後の研究方向性や重要なテーマを示唆することが可能となる。

3. 研究方法

本研究では、暗号資産に関する学術研究のテーマとその変遷を分析するために、計量書誌学的手法を採用した。具体的には、大規模な文献データに対してトピックモデリングを適用し、研究テーマの抽出と時系列分析を行った。

3.1 データ収集

データ収集には Web of Science データベースを使用した。検索キーワードとして

「Cryptocurrency」「Cryptoasset」「Bitcoin」「Decentralized finance」等を用い、2011 年から 2024 年までに発表された英語文献を対象とした。初期検索で得られた約 12,000 件の論文から、暗号資産に直接関連する 11,718 件の論文を最終的な分析対象とした。各論文について、タイトル、アブストラクト、キーワード、出版年、著者情報、引用情報等を抽出した。

3.2 テキスト前処理

収集したテキストデータに対して以下の前処理を行った：

1. 小文字化
2. ストップワードの除去
3. 品詞タグの付与とレマタイゼーション
4. 手動設定による同義語のマージ
5. キルリストの選定・削除
6. バイグラム (3 語の連続) の抽出

これらの処理により、分析に適した形式のテキストデータを得た。

3.3 トピックモデリング

トピックモデリングには、BERTopic を使用した。BERTopic は、BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) を用いてテキストの意味的表現を獲得し、次元削減とクラスタリングを組み合わせてトピックを抽出する手法である。本研究では以下の手順でトピックモデリングを実施した：

1. Sentence-BERT によるテキストのベクトル化
2. UMAP による次元削減
3. HDBSCAN によるクラスタリング
4. c-TF-IDF によるトピック表現の抽出

最終的に 18 の主要トピックを抽出し、各トピックに特徴的な単語群を基にトピック名を付与した。

3.4 時系列分析

抽出したトピックについて時間的推移を分析するために、各年におけるトピックの出現頻度を算出した。

3.5 市場データとの統合

暗号資産関連研究のテーマ変遷と市場動向との関連性を分析するために、Bitcoin、Ethereum、NFT 等の価格推移データ (CoinGecko、DappRadar より) を収集し、研究テーマの推移と比較分析を行った。

4. 結果

4.1 主要トピックの特定

トピックモデリングの結果、15 の主要トピックが特定された。また、各トピックを対象とし、再度同様のトピック分析を実施することで、各トピック内のサブトピックを特定した (サブトピックはトピック 0、1 のみ記載)：

0. 市場・投資家の動向

(代表的なサブトピック：価格予測、ポートフォリオ論、既存資産との相関、ボラティリティ予測、SNS を活用した分析)

1. 社会実装と課題

(代表的なサブトピック：ブロックチェーン技術の応用、コンセンサスアルゴリズム、分散型自律組織 (DAO)、サプライチェーン管理)

2. 伝統金融との関係性・CBDC (中央銀行デジタル通貨)
3. マイニングによる電力消費・環境への影響
4. ヘルスケア
5. スマートコントラクトとその脆弱性
6. IoT とセキュリティ

- 7. 投資家心理・普及状況
- 8. NFT・メタバース
- 9. 技術的研究
- 10. 詐欺やマネーロンダリングと法規制
- 11. 署名・匿名性・セキュリティ
- 12. ICO
- 13. フィンテック・DeFi
- 14. データ保管

各トピックは、当該トピックを特徴づける単語群によって定義された。(図1)

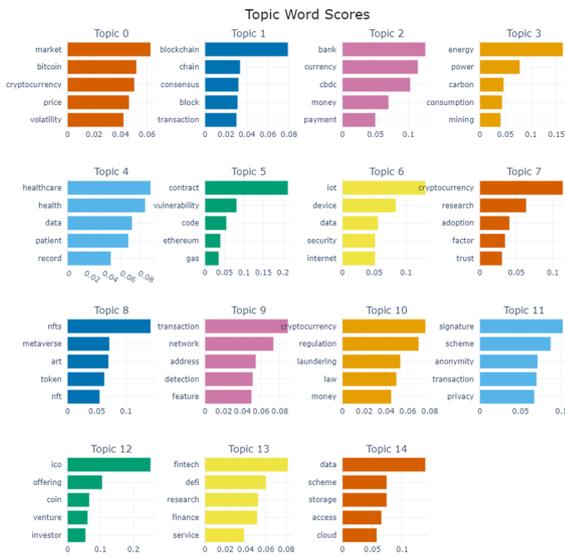


図1 (各トピックワードとスコア)

4.2 市場動向との関連性

暗号資産市場はこれまで **Bitcoin** における半減期の影響を大きく受けてきた。2012年、2016年、2020年、2024年に半減期を迎えており、当該年から翌年にかけて市場全体の盛り上がりが見込まれている。(2024年に関しては現時点では判断が難しい状況)

図2を確認すると、本研究でも多くのテーマが2018年後頃から大きく増加しているが、これは2016年の半減期後に訪れた2017年のバブルの影響が大きいと推測される。また、2012年の半減期前後は **Ethereum** 等のアルトコインが誕生しておらず、**ダークウェブ**のマーケットプレイスである **シルクロード** で **Bitcoin** が使用されていた時代であったため、社会的な注目が低く学術研究テーマとしての取り扱いも少なかったと想定される。

また、研究テーマの勃興と市場動向にも強い相関が見られ、市場に注目が集まった1~2年後に当該テーマの増加が観測される。例としては下記が挙げられる：

- 2017年のICOブームに伴い、ICOによる資金

調達(トピック12)が2018年に急増

- 2020年以降のDeFiの成長に伴い、2022年頃からフィンテック・DeFi(トピック13)のうち、DeFiに関する研究が増加
- 2021年のNFTブームにより、2022年頃からNFT・メタバース(トピック8)の研究が増加

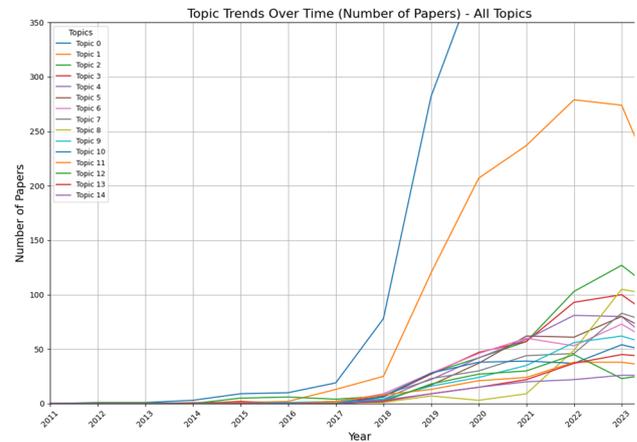


図2 (各トピックに該当する文献の、各年における出現頻度)

5. 考察

本研究の結果は、暗号資産研究の動的な発展過程を明らかにし、新興技術分野における知識創造のメカニズムに関する重要な洞察を提供している。以下、主要な発見について詳細な考察を行う。

5.1 研究テーマの変遷メカニズム

研究テーマの変遷は、技術的イノベーション、市場動向、社会的関心の3つの要因が複雑に絡み合った結果として解釈できる。この相互作用は、Geels (2004)の社会技術システム論と整合的である。

1. 技術的イノベーションの影響：ブロックチェーン技術の進化が研究テーマの変遷に影響を与えていることが明らかになった。例えば、イーサリアムの登場は単なる技術的革新にとどまらず組織理論や契約理論の再考を促し、新たな研究領域を創出した。これは、Arthur (2009)が提唱した技術の組み合わせ的進化の概念と一致し、技術の進化が学術研究の進化を促す循環的プロセスを示唆している。
2. 市場動向の影響：暗号資産市場の急成長や価格変動が、経済学的分析や投資行動研究を刺激したことが確認された。特に、2016年の半減期と翌年のバブルを受け、関連研究が急増した。この現象は、Merton (1973)の科学社会学における「マタイ効果」と類似しており、注目を集める領域にさらに研究が集中する

傾向を示している。

3. 社会的関心の影響：暗号資産の社会的影響に関する研究の増加は、Jasanoff (2004)が提唱した「共生産」の概念と関連付けられる。技術と社会が相互に形成し合う過程で、法規制、環境問題、倫理的課題などの社会的側面が研究テーマとして浮上している。この傾向は、学術研究が社会的ニーズに応答するだけでなく、社会の在り方自体を形成する力を持つことを示唆している。

5.2 暗号資産研究の特殊性と一般性

暗号資産研究の発展過程には、他の新興技術分野との共通点と相違点が観察される。共通点としては、技術の進化に伴う研究テーマの拡大や、社会的影響への関心の高まりが挙げられる。これは、ナノテクノロジーや人工知能研究の発展過程と類似している (Roco & Bainbridge, 2005)。

一方、暗号資産研究の特殊性として、以下の点が挙げられる：

1. 技術と経済の強い結びつき：暗号資産は、その誕生当初から経済システムと密接に関連しており、技術的側面と経済的側面が不可分に結びついている。
2. 分散型ガバナンスの実験場：暗号資産は、新たな組織形態や意思決定メカニズムの実験場となっており、これが組織論や政治学からの関心を集めている。
3. グローバルな即時性：暗号資産の国境を越えた即時的な取引可能性が、法規制や国際関係に関する研究を促進している。

これらの特徴は、暗号資産研究が単なる技術研究にとどまらず、社会科学や人文科学を含む幅広い学問領域を巻き込んだ総合的な研究分野として発展していることを示している。

5.3 理論的・実践的含意

本研究の結果は、以下のような理論的・実践的含意を持つ：

1. 理論的含意：

- 新興技術分野における知識創造のダイナミクスモデルの構築：本研究で明らかになった技術、市場、社会の相互作用は、新興技術分野全般における知識創造プロセスを理解する上での端緒となり得る。
- イノベーション理論の拡張：暗号資産の普及過程において、技術と経済の間の強い相互作用が判明している。この事実はデジタル時代におけるイノベーション普及理論の再考を促す。

2. 実践的含意：

- 政策立案への示唆：研究テーマと社会的課題の変遷パターンには強い相関があり、社

会的課題の状況を研究テーマから類推から、政策立案への貢献が期待される。

- 研究資金配分の最適化：研究テーマの動向分析は、研究資金の効果的配分を支援する。

5.4 今後の研究課題

本研究を踏まえ、以下の研究課題が浮かび上がる：

1. 個別研究テーマの深掘り：特に影響力の大きいトピックについて、質的研究を組み合わせた詳細な分析。
2. 国際比較研究：地域や国による研究テーマの差異や、それらの背景要因の解明。
3. 他の新興技術分野との比較：AI、ナノテクノロジー等との比較による、技術分野間の知識創造プロセスの共通点と相違点の分析。

参考文献

- Härdle, W. K., Harvey, C. R., & Reule, R. C. G. (2020). Understanding cryptocurrencies. *Journal of Financial Econometrics*, 18(2), 181-208. doi:10.1093/jffinec/nbz033
- Schwiderowski, J., Pedersen, A. B., & Beck, R. (2024). Crypto tokens and token systems. *Information Systems Frontiers*, 26(1), 319-332. doi:10.1007/s10796-023-10382-w
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Bitcoin.
- Zhou, Q. H., Huang, H. W., Zheng, Z. B., & Bian, J. (2020). Solutions to Scalability of Blockchain: A survey. *IEEE Access*, 8, 16440-16455.
- Huberman, G., Leshno, J. D., & Moallemi, C. (2021). Monopoly without a monopolist: An economic analysis of the Bitcoin payment system. *Review of Economic Studies*, 88(6), 30¹ 11-3040. doi:10.1093/restud/rdab014
- Werbach, K., & Cornell, N. (2017). CONTRACTS EX MACHINA. *Duke Law Journal*, 67(2), 313-382.
- Maurer, B., Nelms, T. C., & Swartz, L. (2013). "When perhaps the real problem is money itself!": The practical materiality of Bitcoin. *Social Semiotics*, 23(2), 261-277.
- Bariviera, A. F., & Merediz-Solà, I. (2021). Where do we stand in cryptocurrencies economic research? A survey based on hybrid analysis. *Journal of Economic Surveys*, 35(2), 377-407. doi:10.1111/joes.12412
- Jalal, R. N.-U.-D., Alon, I., & Paltrinieri, A. (2021). A bibliometric review of cryptocurrencies as a financial asset. *Technology Analysis & Strategic Management*. doi:10.1080/09537325.2021.1939001
- Almeida, J., & Gonçalves, T. C. (2023). A decade of cryptocurrency investment literature: A cluster-based systematic analysis. *International Journal of Financial Studies*, 11(2). doi:10.3390/ijfs11020071
- Peciulis, T., Ahmad, N., Menegaki, A. N., Bibi, A. (2024). Forecasting of cryptocurrencies: Mapping trends, influential sources, and research themes. *Journal of Forecasting*, 43(6), 1880-1901. doi:10.1002/for.
- Zhou, L., Zhang, L., Zhao, Y., Zheng, R. S., & Song, K. W. (2021). A scientometric review of blockchain research. *Information Systems and E-Business Management*, 19(3), 757-787. doi:10.
- Wang, G. Z., & Hausken, K. (2024). Unraveling the global landscape of Bitcoin research: Insights from bibliometric analysis. *Technology Analysis & Strategic Management*. doi:10.1080/09537325.2024.2306931
- Geels, F. W. (2004). From sectoral systems of innovation to socio-technical systems: Insights about dynamics and change from sociology and institutional theory. *Research Policy*, 33(6-7), 897-920.
- Arthur, W. B. (2009). *The nature of technology: What it is and how it evolves*. Free Press.
- Merton, R. K. (1973). *The sociology of science: Theoretical and empirical investigations*. University of Chicago Press.
- Jasanoff, S. (2004). *States of knowledge: The co-production of science and the social order*. Routledge.
- Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (2005). Societal implications of nanoscience and nanotechnology: Maximizing human benefit. *Journal of Nanoparticle Research*, 7(1), 1-13.