



シリーズ
日本経済を考える

89

暗号資産（仮想通貨）研究への誘い —先物、不正・規制、ICOを中心に—

財務省財務総合政策研究所客員研究員

石田 良^{*1}

財務省財務総合政策研究所研究員

服部 孝洋

1. 序説

暗号資産^{*2}がその運用を開始してから10年が経過した^{*3}。運用開始当初は一部エンジニアなどにしか知られていなかった暗号資産も、今や時価総額にして約20兆円^{*4}にまで至っており、価格変動が大きいだけでなく^{*5}、国際通貨基金（International Monetary Fund, IMF）を始めとする国際機関や主要国の中央銀行までもが関心を示すほか、個人マネーの参入^{*6}などの社会現象を引き起こしていることから、昨今様々な方面から注目を浴びている。

このような暗号資産が一般の注目を浴びるようになった契機としては2013年のキプロス危機などが挙げられるが、その後、2017年に入ると、代表的な暗号資産であるビットコインを始めとする多くの暗号資産が年始から年末にかけて大きく値上がりし、「億り人^{*7}」現象なども見られたことから、暗号資産の話題がマスコミなどを賑わせた^{*8}。石田（2018）等が指摘

しているとおり、暗号資産についての学術的な研究は情報工学系の取組みが先行していた。しかし、ここ1～2年で経済学及びファイナンスのトップジャーナルに論文が掲載されてきたことに加え、2019年のアメリカ経済学会やアメリカ・ファイナンス学会などでも独立したテーマとして取り扱われ、足下でも、中央銀行や規制当局などを中心に学術研究に関してセミナー等を通じ、活発に議論がなされている。もともと、約2千種類^{*9}にも及ぶ暗号資産に係る様々なデータが公開されているのにもかかわらず、我が国における学術的な実証研究は依然として低調であり、それを反映してか、国内で学術研究の紹介はほとんどなされていない。筆者らはそのような問題意識で、石田（2018）、石田・服部（2018）で学術研究の紹介を行ってきたが、本稿は特に2018年に学界で注目が大きかった「ビットコイン先物の導入」、「不正・規制」、「ICO（インシヤル・コイン・オフリング）」の3分野について

*1) 本稿は専ら研究目的で書かれたものである。本稿の意見に係る部分は筆者らの個人的見解であり、筆者らの所属する組織の見解を表すものではない。ありうべき誤りは全て筆者らに帰する。また本稿は、本稿で紹介する論文の正確性について何ら保証するものではない。本稿につき、コメントをくださった多くの方々に感謝申し上げる。

*2) いわゆる仮想通貨について、
 ・最近では、国際的な議論の場において、“crypto-asset”（「暗号資産」）との表現が用いられつつあること、
 ・「国際的な動向等を踏まえれば、法令上、「仮想通貨」の呼称を「暗号資産」に変更することが考えられる」（「仮想通貨交換業等に関する研究会報告書」（2018/12/21、金融庁）p.31）との指摘があること、
 ・総理も「仮想通貨については、国際的な動向を踏まえ、今後、暗号資産と呼ぶのが適当と考えておりますので、暗号資産と呼ばさせていただきます」と国会（参議院予算委員会、2019/2/7）で答弁していること、
 ・情報通信技術の進展に伴う金融取引の多様化に対応するための資金決済に関する法律等の一部を改正する法律案（2019/3/15提出）に於いては、国際的な動向等を踏まえ、法令上の呼称が「仮想通貨」から「暗号資産」に変更されることとなっていること、
 などを踏まえ、本稿では固有名詞などを除き「暗号資産」との表現を用いることとした。

*3) 初めての暗号資産であるビットコインが運用を開始したのは2009年1月3日であると言われている（例えば Barber et al., 2012）。

*4) <https://coinmarketcap.com/>（2019/4/11時点）

*5) 暗号資産の価格変動が大きいことは、例えば「仮想通貨交換業等に関する研究会」（第7回、2018/10/19、金融庁）で指摘されている。
<https://www.fsa.go.jp/news/30/singi/20181019-2.html>

*6) 個人マネーの流入については例えば日経新聞（2017/5/30）が指摘している。
https://www.nikkei.com/article/DGKKASGD25H67_W7A520C1EA1000/

*7) 正確な定義は存在しないが、「仮想通貨の高騰で1億円以上の資産を築いた人」などを指すとされる（日経新聞2018/5/25）。
<https://www.nikkei.com/article/DGXMZO30957770V20C18A5EA1000/>

*8) 代表的なインターネット上の検索エンジンであるGoogleで「仮想通貨」や「Cryptocurrency」がどのくらいの頻度で検索されているのかをGoogle trendと呼ばれるサービスを用いて調べると、2017年に入ってからこれらのワードに係る検索頻度が急上昇していることが分かる。

*9) 前掲<https://coinmarketcap.com/>（2019/4/11時点）

既存研究を紹介し、併せて1つ目の分野に係る筆者らの研究を紹介することにより、暗号資産について知られていることが人口に膾炙するようにすることを目的とする。

2017年末にシカゴ・オプション取引所 (Chicago Board Option Exchange, CBOE) やシカゴ・マーカンタイル取引所 (Chicago Mercantile Exchange, CME) といった大手先物取引所でビットコインの先物取引が導入されたが、それと時期を同じくして、暗号資産市場が下落し始めたことから、ビットコイン先物は価格の下落と絡んだ形でも注目を浴びることとなった。図はビットコインの価格の推移をみたものであるが、2018年以降には価格が大幅に下落^{*10}しており、また、その始まりのタイミングはビットコイン先物導入とほぼ同時期となっている。そのため、マスメディアを中心にビットコイン先物が現物市場の価格の下落の契機となったとの言説が飛び交い (Maranz, 2018等)、その後、経済学者からもその見解をサポートする研究が現れた。そのような中、筆者らはデータを用いた研究を初めて実施し、先物導入が現物市場の価格の下落をもたらしたことについて懐疑的な結果を示した。いずれにせよ、2018年に起きた価格の下落についての分析は未だ道半ばであり、今後、様々な形で検証がなされることを期待している。

2018年における価格の下落に前後して、規制強化についても様々な形で話題にあがった。国際決済銀行 (Bank for International Settlements, BIS) が一定の規制強化にかかるニュースと価格との関係性についてワーキング・ペーパー (Auer & Claessens, 2018) で報告したことから分かる通り、価格と規制との間には一定の関連性が窺われる。暗号資産は、その黎明期から闇サイトにおける決済手段に用いられたことがあるとの指摘 (北見・首藤, 2018) もあり、マネーロンダリング・テロ資金供与対策などに関する国際的要請も行われてきた。それゆえ、各国で規制について検討が行われており、それと相俟って、不正や規制に係る研究もここ1・2年、勃興しつつある。

不正に係る研究については2018年に話題となったICOも例外ではない。ICOとは、企業等がトークン

(デジタル権利証^{*11}であり、暗号資産の形態を取ること多い。) と呼ばれるものを電子的に発行して、公衆から法定通貨や暗号資産の調達を行う行為を総称したものであり、インターネットを媒介としたクラウドファンディングのイメージに近い。最初のICOは2013年に行われたと報道されている (Shin, 2017) ところ、2018年7月までの資金調達額が全世界累計で約2兆円に達するとの報告もある^{*12}。もともと、その8割近くが詐欺によるものとの調査結果もでており^{*13}、ICOについては規制当局によるポリシー・ペーパーだけでなく、学術研究も相次いで発表されることとなった。これらに係る研究を紹介している文献はまだ僅少と思われるところ、本稿ではそのような研究についても併せて紹介し、もって暗号資産研究の一助となることを目的とする。

第2章ではビットコイン先物の導入に係る既存研究及び筆者らの研究を紹介する。第3章では不正・規制絡みの研究を、第4章ではICOに係る研究を紹介する。第5章は結語とする。

2. ビットコイン先物を用いた既存研究: ビットコイン先物は価格の下落を導いたか?

2017年12月、米国の大手先物取引所であるCBOE及びCMEが相次いでビットコインの先物取引を導入した。先物取引 (futures contract) とは特定の商品を対象として、事前に定められた受渡日に、取引現時点で決めた価格で取引することを約束する金融契約である。金融商品の購入を事前に予約するというイメージであるが、先渡取引 (forward contract) と異なり、不特定多数の投資家が売買を行う取引所に上場されている点の特徴である。ビットコインの現物は多数の業者で取引されており、各業者が在庫を有する形やユーザー同士の売買を仲介する形でマーケットメイクがなされている (このような市場を店頭市場という)。ビットコイン先物は、価格の透明性や業者のリスク管理を向上させること等を企図しており、株式や国債など幅広いアセットクラスで先物市場があることに鑑み、暗

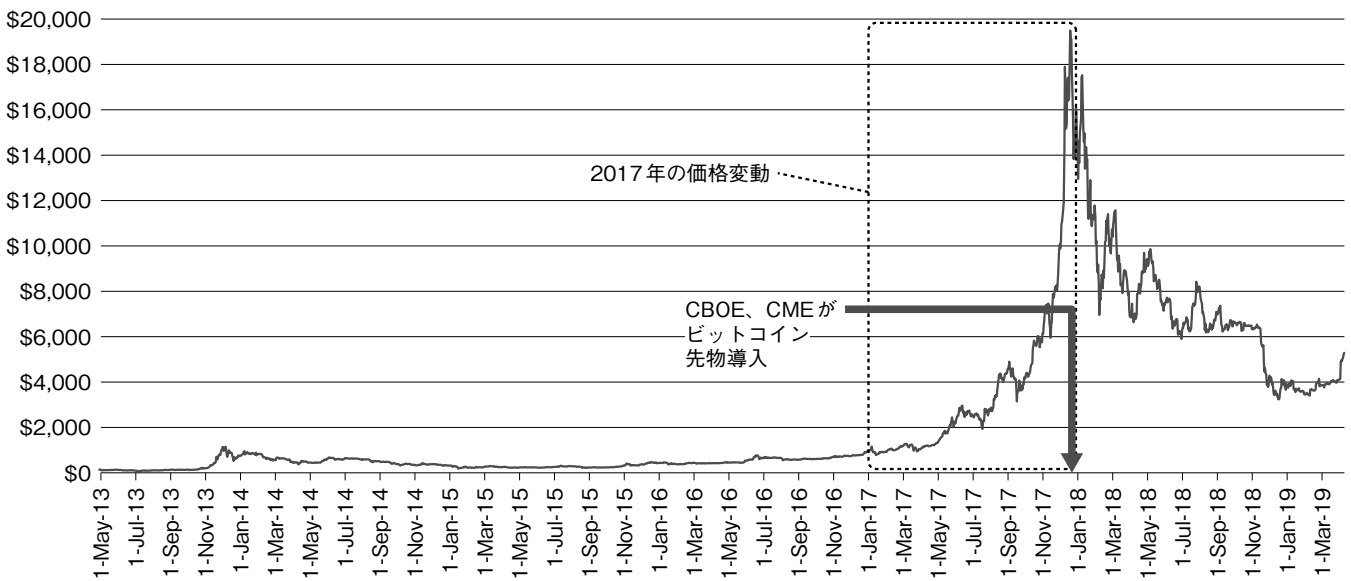
*10) 斎藤・市村 (2018) における「大幅に下落」との表現に倣った。

*11) 日本経済新聞 (2019/2/18) 「広がるブロックチェーン革命、仮想通貨に続く10業種」

*12) 「仮想通貨交換業等に関する研究会」資料 (第8回、2018/11/1、金融庁) <https://www.fsa.go.jp/news/30/singi/20181101-3.pdf>

*13) 「仮想通貨交換業等に関する研究会」(第8回、2018/11/1、金融庁) 議事録には「最近、ICOのアドバイザー会社が行った調査によりますと、2017年中に行われた世界のICOのうち、約8割が詐欺 (scam) であったという報告がなされております。」との発言がある。"CRYPTOASSET MARKET COVERAGE INITIATION: NETWORK REACTION" (2018/7/11) https://research.bloomberg.com/pub/res/d28gjW28tf6G7T_Wv77aU0gDgFQ も参照。

図 ビットコインの価格推移



(出典) <https://coinmarketcap.com>の日次終値(米ドルベース)

コラム：暗号資産前史

暗号資産自体の歴史は10年程度であるが、暗号資産の着想自体は前世紀に遡るものである。暗号資産の前史を振り返ると、暗号技術、そしてサイファーパンク運動の影響が指摘される(Narayanan et al., 2016)。現代暗号は公開鍵暗号^{*14}が開発された1970年代から始まったと言われている^{*15}が、このような暗号技術によりプライバシーの確保などを図ろうとするサイファーパンクと呼ばれる社会運動が1990年代前後に湧き上がった^{*16}。中央管理機関を用いずに電子的に価値をやり取りする仕組みも、そのようなサイファーパンク運動で希求されたもののうちの1つであり、そのような仕組みとして1989年に創業されたデジキャッシュ社の開発したeキャッシュなどのユニークな取組みも提唱された^{*17}が、同社は前世紀中に破産したと言われている。ビットコインやイーサリアムを始めとする多くの^{*18}暗号資産は、台帳等の管理に係る中央管理機関が存在しない中、取引記録の真正性を確保するような仕組みを導入^{*19}しており、サイファーパンク運動が目指していたような仕組みが広範に使用されている実例となっているとも言えよう。

号資産市場の成熟のため先物の導入が求められた^{*20}。

ビットコイン先物の商品性は日経平均先物など他の先物と基本的に同じである。ビットコイン先物では、期日が到来したときには約定した先物価格と決済価格

との差額を受け渡すことにより差金決済(現金決済^{*21})が行われる。契約時には取引時の現物の価格の一定割合の証拠金を差し入れる必要があり、先物の満期にあたる限月^{げんげつ}は毎月存在する^{*22}。前述のとおり、ビットコ

*14) 公開鍵暗号より前の暗号は、メッセージを暗号化・復号化する際に使用する共通鍵を、受信者と送信者の間で事前に共有しておく必要があり、この事前共有の際に共通鍵を盗聴されると盗聴者に暗号文が復号化されてしまう、「鍵配送問題」と呼ばれる課題があった。これに対し、公開鍵暗号は、暗号化・復号化のために、公開鍵と秘密鍵という2つの異なる鍵(数値)を使用する仕組みである。この仕組みでは、送信者が受信者の公開鍵を用いてメッセージを暗号化すると、その暗号文を復号するには受信者の秘密鍵が必要となる。受信者は秘密鍵を共有することなく暗号文を復号することができ、受信者の秘密鍵が外部に漏れない限り、暗号文を復号できるのは受信者のみである。こうした公開鍵暗号は、素因数分解の困難性や楕円関数の離散対数問題の困難性などを用いることを通じて実現されており、この仕組みによって、従来課題であった鍵配送問題が解決され、インターネット上でも広範に暗号技術が用いられるようになった。

(但し、現在広く用いられている公開鍵暗号方式が依拠している上記の困難性は、もし量子コンピュータが開発されたら解消してしまうことが知られているため、量子コンピュータにも耐えうるような新たな公開鍵暗号方式(格子暗号など)も研究されており、そのような仕組みを実際に暗号資産に導入した例も存在する。)

なお、公開鍵暗号方式は、インターネットにおいては「署名」の方法としても用いられている(「デジタル署名」)。例えばビットコインにおいては、ビットコインの支払いの際に、一種の本人確認として支払者が自分の秘密鍵を用いて「署名」を生成する。その署名を支払者の公開鍵を用いて復号することで、その送金の支払者が想定している「本物」であることを確認できるという仕組みである。

*15) 渡辺(2006)

*16) 伊藤(2018)

*17) 伊藤(2018)

*18) もっとも、リップルのように中央管理機関を有する暗号資産も存在するとの指摘もある(田村・山下、2016; 川野、2019)。

*19) もっとも暗号資産によっては中央管理機関が存在している。

*20) Constable, 2017, CMEホームページ等

*21) 日本国債先物など債券に係る先物は現物決済がなされることが多い。

*22) 限月については用語集 <http://www.maff.go.jp/j/shokusan/syoutori/dealing/pdf/ken3-ref-6.pdf>などを参照。

イン先物はCBOEとCMEで取引されており、その商品性はほぼ同じであるが、参照価格が違う点には注意を要する。CBOEはニューヨークにあるGeminiという暗号資産交換業者の価格を参照し、CMEは主要暗号資産交換業者*23の価格を元にBRR (Bitcoin Reference Rate) とよばれる指標を独自に作成してこれを参照している*24。

ビットコイン先物は、皮肉にも、その導入前後からビットコインの現物の価格の下落が始まったため、先物取引所の意図とは異なる形でも大きな注目を集めた。たとえば、野口 (2018a) は、「先物市場がバブルをおわせた」としており、その根拠として投資家の弱気な見方が反映される契機になったことや、機関投資家の参入や先物のショート (空売り) のしやすさ等を挙げている。ビットコインの価格推移 (図を参照) を見れば分かる通り、価格のトレンドが下がり始めた時期と、ビットコイン先物導入時期は時期を同じくしている。その意味で、その両者の関係性を積極的にとらえる見方もいくつか見られるところである。

2018年以降、ビットコイン価格の低下が続いたこともあり、ビットコイン先物と価格の下落の関係についての学術研究も発表された。たとえば、サンフランシスコ連銀のHale et al. (2018) などから、(前述の野口 (2018a) 同様) 先物の導入により空売りが可能になったことが現物価格の値下がりにつながったのではないかとの説が提唱された。

そのような中、筆者らは先物の導入とビットコイン価格の下落の間の関係に懐疑的な分析結果を提示した。Hattori and Ishida (2019) では、ビットコイン現物の価格に加え、ビットコイン先物の価格および取引高のデータを用い、先物の導入と現物価格の関係について、初めての実証研究を行った。筆者らがまず注目した点は、もしビットコイン先物が投資家による空売りを可能ならしめたことなどにより現物価格が低下したのであれば、ビットコイン先物の売買が大きいタイミングで現物の価格が下落しているはずであるという点である。そこで、日中の先物の売買と現物の価格をマッチさせて、実際に売買と価格の間に一定の関連性があるか

についてデータに基づいた検証を行った。具体的には、ベクトル自己回帰モデル (Vector Autoregression) と呼ばれる時系列分析の手法を用いて、ビットコインの先物取引が増加した場合にビットコインの現物価格*25にどのくらいのインパクトが生じるのかを分析した。その結果、先物取引が増加すると、その直後の数十分間程度*26は価格に負の影響を与える可能性があるものの、その後については統計的に有意な影響をもたらさないことが示された。

筆者らは、さらに踏み込んだ検証を行っている。すなわち、もし先物の導入が現物の下落につながったのであれば、先物と現物の間で十分な裁定行動がみられるはずである。実務的にはこの裁定取引はキャッシュ・アンド・キャリー (cash and carry) やベシス取引などと呼ばれ、為替・商品・債券市場など先物が存在する市場において、現物と先物の裁定行動は金融危機などの特殊な状況を除き、普遍的に観察される現象である。特に、Hale et al. (2018) が指摘するように、先物の導入により空売りが可能になったことが現物価格の値下がりにつながったのであれば、2017年末に先物と現物の間に強い裁定が働いていたと考えるのが自然である。筆者らは先物導入直後から2か月間の価格の下落が大きかった期間に両者の裁定がなされているかについて、(i) CBOEにおけるビットコイン先物が参照している暗号資産交換業者であるGeminiにおけるオークションがなされる16時時点及び(ii) 日中のデータを用いて検証を行った。学術的な実証研究において、先物と現物にかかる実際の裁定行動は、先物が将来の取引であるがゆえ、現物価格をベースに先渡価格を計算し、時点を合わせることで検証がなされる。筆者らは、ビットコイン現物の大幅な下落が起こった期間において、両者の間に裁定機会*27が存在しており、先物と現物の関係性が相対的に小さかった可能性を指摘した。

上記で言及したとおり、筆者らの実証結果は先物の導入とビットコイン市場の下落の間の関係について懐疑的な見方を呈示するものである。Zhao (2018) な

*23) Bitstamp, Coinbase, itBit, Krakenの4暗号資産交換業者が例示されている。

*24) その他にも、CBOEの先物の取引単位は1ビットコイン、CMEの先物の取引単位は5ビットコインであることなど、細部については種々の違いはある。なお、CBOEは本年、ビットコイン先物の取扱いを取り止めると公表 (Reuters, 2019)。

*25) Hattori and Ishida (2019) では現物価格だけでなく先物の価格についても検証を行っており、現物価格に関する結論と同様の結論を得ている。先物価格についても検証を行っている理由は、本文で記載しているとおり、先物が価格発見機能を担っているとの先行研究があるためである。

*26) 20分未満

*27) ビッド・アスク・スプレッド以上の価格の乖離

ど実務家の中でも筆者らと似た見方もある。もっとも、筆者らが知る限り、先物の導入と昨年の価格下落についてデータに基づいた研究は本研究を除き未だなされていないため、2018年の相場を考える上では更なる検証が必要であろう。

ちなみに、ビットコイン先物が導入されたことの影響に係る実証分析は活発に行われている。たとえばKöchling et al. (2018) はビットコイン先物の導入により、機関投資家がマーケットにアクセスしやすくなったこと等から、市場の効率性が高まったと指摘している。Shi (2018) は、先物導入がビットコイン現物のボラティリティや流動性に与える影響について高頻度データを用いて検証しており、先物はボラティリティの低下および流動性の向上に寄与したと報告している。その一方、逆にボラティリティが増加したとの報告もあるので留意が必要である (Corbet et al, 2018)。

また、ビットコイン先物と現物のどちらが先行して動いているか、という検証も多数なされている。野口 (2018b) は将来の市場を考える上で「先物価格は最も

重要な情報」としており、ビットコインについて価格形成の要因となるファンダメンタルズがないため、「人々の考え」を定量的データとして見るのが重要だ、としている。ビットコイン市場において現物に比して、先物の方が機関投資家の売買を呼び込みやすいが故、先物価格に機関投資家の意見が反映されやすいことも考えられる。事実、このような見方をサポートする研究もある。例えばKarkkainen (2018) やKapar & Olmo (2019) では現物及び先物の価格データを用い、先物価格が現物価格に先行することを示しており、ビットコインの価格発見機能は現物ではなく先物が担っていると報告している。もっとも、Corbet et al. (2018) やBaur & Dimpfl (2018) は現物価格が先物価格に先行することを示し、ビットコインの価格発見機能は現物が担っていると報告していることから、現物と先物のどちらがビットコインの価格発見機能を担っているのかについてはまだコンセンサスが得られていない状況である。

コラム：暗号資産市場の効率性

暗号資産は一般的に取引所（又は暗号資産交換業者）と呼ばれる業者を通じて売買される場所、その市場は、特に黎明期には、その収益率が自己相関をもったり、暗号資産交換業者間で大きな価格の乖離が見られたりするなどの裁定機会が存在したことから、いわゆる市場の非効率性があったと指摘されている。もっとも最近では、金融活動作業部会（FATF）が2015年に暗号資産に対する勧告を出したり、2017年末にはCBOEやCMEといった米国大手取引所がビットコインの先物を導入したりする中、暗号資産市場が成熟しつつあることに伴い、市場が効率的になりつつあるとの指摘もある*28。暗号資産市場の効率性についての詳細は石田・服部（2018）を参照されたい。

3. 不正・規制に係る研究

前述のとおり、2018年の暗号資産市場は大きく変動したが、このような変動に係る一要因として暗号資産関係の業者による不正やそれに対応した規制の影響がしばしば指摘される。例えば、BISによる2018年のワーキング・ペーパー（Auer & Claessens, 2018）によれば、暗号資産市場が政府による規制のニュース

に反応していることが実証的に示されている。実際、米国によるビットコインETFの申請の却下や中国によるICOの禁止が暗号資産の価格に影響を与えたとの報道もある（Bovaird, 2018; Graham, 2017）。

そもそも暗号資産は高々10年前に登場したもので、暗号資産に対する規制も各国ともにここ数年の間に急ピッチで進捗しているところである。初期の暗号資産に対する規制としては、例えばマネーロンダリ

*28) また、最近、米国証券取引委員会に提出されたレポートでは、代表的な暗号資産であるビットコインの取引について、その大宗は実態を伴っておらず（実態を伴っていない暗号資産交換業者に於ける1件当たりの取引量と取引数をヒストグラム化すると、実態を伴っている暗号資産交換業者におけるヒストグラムと形状が大きく異なるとの指摘が行われている。）、実態を伴っている暗号資産交換業者についてのみ調べてみればビットコインの市場は効率的であるとの報告が行われている (<https://www.sec.gov/comments/sr-nysearca-2019-01/srnysearca201901-5164833-183434.pdf>)。

ングやテロ資金供与対策の国際協調を推進するための多国間の枠組みである金融活動作業部会（FATF）が2015年に公表したガイダンス*29などが挙げられる。その後、国内における暗号資産交換業者の破綻などを受け、(1) マネーロンダリング・テロ資金供与対策に係る法改正や(2) 暗号資産の定義付けを与えた上で暗号資産交換業を行う者に対する規制を整備する法改正が行われ、いずれも2017年に施行された。このような法改正等はエポックメイキングな進展として挙げられよう。

上記以外にも、2018年後半には日本仮想通貨交換業協会が資金決済法に基づく自主規制団体に認定されるなど進展を見せている。もっとも、暗号資産に対する規制については国によって大きな差がある上、昨年には暗号資産が流出する事案*30があったこともあり、規制の在り方については、経済学だけでなく法律学など様々な分野を巻き込んだ議論が行われているところである。金融庁は2018年3月に、学識経験者や金融実務家等をメンバーとする「仮想通貨交換業等に関する研究会」（座長＝神田秀樹・学習院大学教授）を設置し、暗号資産に係る制度等の議論を行っている。

ファイナンスの学術研究の文脈では、金融危機に伴い、多数の規制が導入されたことを背景に、目下、規制の影響について活発に研究がなされている。例えば、国際金融のテキストなどで従来成立していると説明されたカバー付き金利平価が、リーマン・ブラザーズの破綻を発端とした金融危機以降、成立しないといった事象がみられている。この要因として金融危機以降導入されたバーゼル規制による影響が疑われたが、規制の影響については実務家がいち早く観測した後、経済学者による検証が進められた*31。近年では政策評価にかかる実証分析の重要性が指摘されることも多く、金融規制の影響を分析する必要性は高まっており、暗号資産についてもこの例外ではない。

3.1 不正にかかる学術研究

暗号資産の現物取引を巡っては、不公正な取引事案が報告されており*32、規制がそれに対応する形で進んでいったことから、経済学者による分析はまず不正に係る研究という観点からなされた。この文脈で特に注目を受けた論文がJournal of Monetary Economics誌に掲載されたGandal et al. (2018)と昨年6月に公表されたGriffin & Shams (2018)である。これらの研究は公表されるや否や、暗号資産取引の実態の一部を明らかにしたということで、米国のマスメディアなどで大きく報道された。Gandal et al. (2018)は、2013年におけるビットコインの値上がりと不公正取引の関係を分析している。2013年にはビットコイン価格が\$100未満から一時\$1,000を超えるまで上昇したが、同年、個人投資家の間では疑わしい取引を行ういくつかのアカウントの存在が指摘されていた。Gandal et al. (2018)は、そのようなアカウントを特定した上で、そのアカウントが偽装売買を行っていた可能性を指摘し、1日の値上がり率を疑わしいアカウントが活動していたかどうかによって説明できるかどうか回帰分析を行った。すると、疑わしいアカウントが活動していた日にはビットコインの値上がり率が統計的に有意に高いことが判明し、不公正取引がビットコイン価格にも影響を与えていた可能性が示唆された。

更にGriffin & Shams (2018)は、2017年におけるビットコインの値上がりについて分析している。ビットコインなど多くの暗号資産は、ブロックチェーンと呼ばれる技術を用いて運用されているが、これは取引履歴を保存するパブリックデータと解釈することができる。Griffin & Shams (2018)の最大の特徴はこの大規模なパブリックデータを解析し、ビットコインが値下がりした際にステーブルコイン（その発行者から、特定の法定通貨と一定の換価率に基づいて換価することを保証された暗号資産。）を売ってビットコインを買うという行為が見られたことを指摘した点である。これによりビットコインの値が支えられ、値上がり

*29) 例えば、「各国は、仮想通貨と法定通貨を交換する仮想通貨交換業者に対し、登録・免許制を課すとともに、顧客の本人確認義務等のマネーロンダリング・テロ資金供与規制を課すべきである。」など（「仮想通貨交換業者に関する研究会報告書」（2018/12/21、金融庁）p.1）。

*30) 「不正アクセスを受けた複数の仮想通貨交換業者において、ホットウォレットで秘密鍵を管理していた受託仮想通貨が流出」という事例。「仮想通貨交換業等に関する研究会報告書」（2018/12/21、金融庁）p.4などを参照。

*31) 詳細は服部（2017）を参照。

*32) 例えば「仮想通貨交換業等に関する研究会報告書」（2018/12/21、金融庁）によれば「仮想通貨交換業者に係る未公表情報（新規仮想通貨の取扱開始）が外部に漏れ、情報を得た者が利益を得たとされる事案」や「仕手グループが、SNSで特定の仮想通貨について、時間・特定の取引の場を指定の上、当該仮想通貨の購入をフォローに促し、価格を吊り上げ、売り抜けたとされる事案」が報告されている（同報告書p.11）。

が促されたことを示すとともに、このような行為は通常の投資家の行動からは説明不能であり、一種の価格操作が行われていた可能性がある^{*33}と主張している。もっとも、Wei (2018) は、前述のベクトル自己回帰モデルを用いて、ステーブルコインによるそのような行為がビットコインの価格に有意な影響を与えていないと、Griffin & Shams (2018) とは異なる主張をしており、更なる研究の蓄積が俟たれるところである。

また、少なからぬ暗号資産については、違法取引の決済手段として用いられているのではないかという目も向けられており、実際、その規模を定量的に分析した研究も存在する。例えば、Foley et al. (2019) は、暗号資産と違法行為の関係を分析しており、ユーザーの1/4が、また取引の半分が違法な活動に関連するものであり、違法活動にかかる取引量がおおよそ米国と欧州の違法ドラッグ市場と同等の規模である可能性がある^{*34}。北見・首藤 (2018) にもある通り、暗号資産は、その匿名性の高さから、闇サイトにおける決済手段としても利用されてきた歴史が知られているが、Foley et al. (2019) は暗号資産が実際にどの程度違法行為に用いられているのかについて学術的な手法でアプローチし、ファイナンスのトップジャーナルのひとつである *Review of Financial Studies* に掲載が決まっている。具体的には、Foley et al. (2019) は Griffin & Shams (2018) がビットコインについて分析した際と同様、全取引記録が記載されているブロックチェーンというパブリックデータをフル活用した分析を行っており、このデータベースから、違法行為を行っている者に特徴的なネットワーク構造を抽出すること等により、暗号資産がどの程度違法行為に用いられていたのかを定量的に推計している。

これ以外にも不正に係る研究は複数存在する。例えば、暗号資産については十分な規制がなされていないが故、pump and dump と呼ばれる風説の流布に当たる不正がなされているとの疑惑がある。具体的には、インターネット上で特定の暗号資産を短期集中して買い付けることを呼びかけた上で、呼びかけ人はその少し前に当該暗号資産を買い込んでおき、値上がり直後

に売り抜けるといった手法がとられる。そのような手法の実態について、pump and dump を仕掛けられた暗号資産の取引量と pump and dump に伴う値上がり幅の関係性や、pump and dump が行われたときの特徴的な値動き（急に値上がりしたあと、数百秒以内の間に値が下がる。）などを、Li et al. (2018) や Hamrick et al. (2018) などが膨大の実例を踏まえて分析している。

なお、情報通信技術の進展に伴う金融取引の多様化に対応するための資金決済に関する法律等の一部を改正する法律案 (2019/3/15 提出) に於いては、暗号資産の取引の適正化等に向けた対応として、風説の流布・価格操作等の不正な行為が禁止されることとなっていることを附記する。

3.2 規制にかかる学術研究

このような不正に係るリサーチに比べ、規制は最近注目され始めたことから、学術的な研究はようやく着手されたという印象であり、相対的に数は少ない。前述のとおり、BISのワーキング・ペーパーである Auer & Claessens (2018) が比較的早くから実証研究を行っているが、同論文では、(1) 暗号資産の規制に係るニュースが市場に影響を与えるということに加え、(2) マネーロンダリング規制等に関するニュースも市場に影響を与えること、(3) 政府が内容を特定せず警告することや中央銀行によるデジタル通貨の発行に係るニュースは何も影響を与えないこと、さらに、(4) 管轄権 (jurisdiction) が異なると価格も異なる例が散見されており、一定程度市場が分断されていることを指摘している。

暗号資産市場における市場の分断という点で最もわかりやすい事例がキムチ・プレミアム (Verhage et al., 2018) である。キムチ・プレミアムとはビットコインが、他国の市場に比べ韓国市場内で特別高い価格が付されているという現象であり、2017年末から2018年に掛けて盛んに報道された。当初、特に韓国における活発な個人の投機などで説明がなされたが、仮に投機が盛んであったとしても、市場に十分な裁定

*33) 原文p.33 [our findings provide substantial support for the view that price manipulation may be behind substantial distortive effects in cryptocurrencies]

*34) もっとも一般層の暗号資産に対する関心が高まるにつれ、足下ではこれらの割合が減少傾向にあるとも主張している。

者が存在していれば、一物一価の法則が成立するはずであり、韓国のビットコインにプレミアムが付されることは不自然である。実は、金融危機に伴う金融規制強化等を背景に、金融市場において市場が分断化されることはしばしば指摘されており、このことが裁定行動を限定化し、一物一価の法則を壊す可能性を生む。Choi et al. (2018) はこのような研究を踏まえた上で、韓国の資本規制が市場の分断をもたらし、投資家の裁定行動が制限されることがキムチ・プレミアムを生んでいるという議論を行っている。

中国人民銀行（中央銀行）が2013年12月に行った警告及び規制についてのリサーチもなされている。中国人民銀行は同月、ビットコインには、一定のリスクがあるとして金融機関に対し、取引を行うべきではないと警告したほか、ビットコインから生じるマネーロンダリングリスクを防止するために行動する方針を示した^{*35}。Ju et al. (2016) は、中国人民銀行が警告を発する前に、人民元から米ドルへビットコインを通じてキャピタル・フライトがあったものの、この規制以降はキャピタル・フライトがないとの実証結果を示し、中国政府による規制の効果について論じている。なお、中国では2017年に入って民間の暗号資産交換業者における暗号資産取引について規制を強化した^{*36}ほか、後述するとおり、ICOの禁止などの措置を採っている。北見・首藤 (2018, p.13) によると、「海外での取引も含め、中国国民に対して、民間の取引所における仮想通貨取引を全面的に禁止する方向に向かっていくものと推察することができる。」とのことである。

4. ICOに係る研究

ICOと呼ばれる暗号資産を通じた資金調達手段も規制という点で話題になることが多い。国や企業などが資金調達を行う場合、伝統的には銀行等による借入に加え、株式や債券などの発行を通じてなされることがほとんどであるが、ICOによる資金調達の場合、前述

のとおり、インターネットを媒介としたクラウドファンディングに近いイメージである。ICOは、一般的に公衆から法定通貨や暗号資産の調達を行うために企業等が電子的なトークンを発行する行為を総称するとされるが、明確な定義は存在しない。

このようなトークンを通じた資金調達は2013年から始まったとされるが、発行体・資金調達額ともに広がりを見せている。発行体については、民間企業が主体であるが、地方自治体やソブリンの中にもICOを検討している団体がある。たとえば、米国カリフォルニア州バークレー市や韓国ソウル特別市が検討している^{*37}ほか、我が国でも岡山県西栗倉村^{*38}や長崎県平戸市^{*39}で自治体と連携した民間団体がICOを実施することを検討中と報道されている。ソブリンについてはマーシャル諸島共和国が独自の暗号資産を発行する法案が可決されている (Chavez-Dreyfuss, 2018)。また、発行額については、2017年の全世界におけるICOによる資金調達額は約55億ドルと言われているが、2018年は1月から10月末までで約167億ドル資金調達された^{*40}と言われており、昨年になり注目度が増したところである。

ICOについては、冒頭で記載したとおり、その8割近くが詐欺によるものとの調査結果もでており、ICOにかかる規制について国内外で活発な議論が行われている。ICOにかかる海外の規制の状況は、中国では禁止、韓国でも禁止との意向が表明されている一方、米国では規制当局が一部のトークンについて有価証券に該当するとの見解を公表している^{*41}。ICOについては、「詐欺的な事案や事業計画が杜撰な事案も多く、利用者保護が不十分である」^{*42}などの指摘がある一方、「ICOの規制は望ましいが、完全に禁止することは望ましくない」^{*43}という意見もあり、多くの国でICOに対する規制の在り方について盛んに議論が行われているところである。我が国でも、情報通信技術の進展に伴う金融取引の多様化に対応するための資金決済に関する法律等の一部を改正する法律案 (2019/3/15提

*35) ロイター (2013/12/5)「中国人民銀行、金融機関に「ビットコイン」の取引について警告」などを参照

*36) 北見・首藤 (2018)

*37) フィスコ・ICOニュース (2018/6/14)「岡山県西栗倉村、日本初、地方自治体によるICOの実施を決定」

*38) 日本経済新聞 (2018/7/25)「自治体初のICO 岡山・西栗倉村、地方創生の財源に」

*39) 西日本新聞 (2018/12/3)「Chaintope ユネスコ世界文化遺産を有する長崎県平戸市での地方創生ICOの実施検討を開始」

*40) 「仮想通貨交換業等に関する研究会報告書」(2018/12/21、金融庁) <https://www.fsa.go.jp/news/30/singi/20181221-1.pdf>

*41) 「仮想通貨交換業等に関する研究会」資料 (第8回、2018/11/1、金融庁) <https://www.fsa.go.jp/news/30/singi/20181101-3.pdf>

*42) 「仮想通貨交換業等に関する研究会報告書」(2018/12/21、金融庁) p.19からの引用。

*43) 原文 “while regulating ICOs is desirable, banning them outright is not” Chod & Lyandres, 2018, abstract

出)に於いては、収益分配を受ける権利が付与されたトークンについて、投資家のリスクや流通性の高さを踏まえ、株式等と同様に、発行者による投資家への情報開示の制度やトークンの売買の仲介業者に対する販売・勧誘規制等が整備されることとなっている。

ICOの研究は一般的な暗号資産の研究に比べて進捗が遅れていたことは否めない^{*44}が、2018年に入り数多くの理論・実証両面に互る研究が発表されるようになってきた。ICOについて特に活発になされている研究は、ICOの成功要因に係る実証研究である^{*45}。嚆矢となる実証分析の1つとしてAdhami et al. (2018)が挙げられるが、この研究は253のICOの実例に基づき、予定した資金調達完了したICOを成功と定義した上で、ICOが成功するための要因を回帰分析で特定したものである。同研究では、成功につながる要因として、ICOに係るプログラムのソースコードが取得できる点に加え、トークンが事前に販売されている(プリセールと呼ばれる^{*46})点、トークンを通じて資金提供者が特定のサービスや利益にアクセスできるかどうかという点が挙げられている。また、NBER(全米経済研究所)のワーキング・ペーパーであるHowell et al. (2019)は1,500余りものICOのデータを用い、トークンの流動性や取引量をICOの成功に係る代理指標^{*47}とした上で、ICOが成功するための要因を分析しており、ICOを行う主体の情報公開やICOにより行おうとしているプロジェクトを確かに実行することへのコミットメントなどの重要性を指摘している^{*48}。なお、Benedetti & Kostovetsky (2018)は約4,000のICOの実例に基づき、ICO後のリターンを算出することで、ICOにより発行されたトークンの発行価格が割安にプライシングされていた可能性を指摘している。

上記の内容は実証研究であるが、ICOについては、入手可能なデータが限られているためか、理論面の研究の割合も多い。特に理論研究として注目されているメカニズムはネットワーク外部性にかかる「協調の失

敗」とICOの関係である。ネットワーク外部性とは、プラットフォームを利用する者が多ければ多いほどその参加者一人一人の利得も増すというメカニズムを指すが、他者がどれだけそのプラットフォームを使うのかが分からなければ自分がそのプラットフォームに参加しても利得が得られるかどうか分からないので参加を手控えるという「協調の失敗」が起こりうる。このようなネットワーク外部性を有するプラットフォームにおいて、Li & Mann (2018)は、予めICOによりそのプラットフォームに参加するためのトークンを配布することが「協調の失敗」を回避する上で有効であることを理論的に提示している。また、Catalini & Gans (2019)は、株式による資金調達に対するICOのメリットとして、(1)プリセールしたトークンの市場での値付けを観察することにより、ICO前にその評価を知ることができること、(2)ICOでは投資家だけでなく潜在的顧客からの投資まで見込めるため、幅広い層からの投資を期待できること、(3)上記Li & Mann (2018)同様、プリセールを行うことにより予めどのくらいの顧客が参加するのかが外部からも分かりやすいので、ネットワーク外部性がある場合であっても「協調の失敗」を避けられることなどを挙げ、それを理論的に示している^{*49}。

5. 結語

本稿では、様々な方面で話題となっている暗号資産について、特に2018年、話題になった論点に絞り、経済学における学術研究の整理を行った。本稿では、まずは、ビットコイン先物が導入されたことによりなされた一連の学術論文について、ファイナンス研究の観点から既存研究を紹介し、併せて筆者らの研究も紹介した。更に、不正・規制やICOといった足下で勃興中の研究についても紹介した。

海外では、本稿で紹介した観点以外にも、様々な側

*44) その理由として、「仮想通貨交換業等に関する研究会」資料(第8回、2018/11/1、金融庁)(<https://www.fsa.go.jp/news/30/singi/20181101-3.pdf>)でも見られる通り、ICOによる資金調達額が2017年半ばから大きくなってきたことが挙げられよう。

*45) 本文で紹介したもの以外にもAmsden & Schweizer (2018)、Boreiko & Sahdev (2018)、Fisch (2019)、Rhue (2018)などが、ICOが成功するための要因を分析している。

*46) 野口(2018c)はICOによる資金調達が3段階に分けている。すなわち、提供しようとするサービスをホワイトペーパーで公表した上でトークンを事前販売(プリセール)する第1段階、サービスの提供を開始(ローンチ)する第2段階、有望と判断されたトークンについて暗号資産交換業者で取引されるようになる第3段階に分けている。第1段階のプレセールの段階ではサービスが未だ提供されていないため、野口(2018c)によれば「トークンの価値を評価するのは極めて難しい」。

*47) 流動性指標としてAmihud measureなど3つの指標が用いられている。流動性指標の詳細は服部(2018)を参照。

*48) 本稿の記載はNBERのワーキング・ペーパー版ではなく、その後の改訂版に基づいている。

*49) 本文で紹介したもの以外にも、Bakos & Halaburda (2018)、Chod & Lyandres (2018)などがICOの理論研究を行っている。

面から暗号資産の研究が行われているところである。例えば、技術的な側面から、暗号資産の代表的な技術^{*50}について様々な代替的アイデア^{*51}が提唱されているが、それらの技術についての経済学的な分析が進められているところである (Chiu & Koepl, 2017; Saleh, 2018a; Saleh, 2018b)。また、理論的に暗号資産の基礎的な価値 (ファンダメンタルズ・ヴァリュウ) をモデル化する試みが始まったところであり、取引による便益の割引現在価値として捉える方法 (Biais et al, 2018a) やスマートコントラクト^{*52}により低品質の商品を買わないで済むことになる便益として捉える方法 (Aoyagi & Adachi, 2019) などが提唱されている。足下では、スマートコントラクトの便益とともに、暗号資産のセキュリティ機能の確保のためのコンピュータの処理能力を提供 (通称マイニング) しているマイナーが、マイニングの代償として当該暗号資産の付与を受けられるというインセンティブまで勘案すれば、暗号資産の値段が内生的に導出されるとの指摘^{*53} (Aoyagi, 2019) もなされている。更に、昨年末にはビットコイン・キャッシュと呼ばれる暗号資産がハードフォーク^{*54}をしたことが話題となった (Kharif, 2018) が、このようなハードフォークについても Abadi & Brunnermeier (2018) や Biais et al. (2018b) が理論化を進めている。Hashimoto & Noda (2019) は、マイナーは暗号資産が一定価格を下回るとマイニングするインセンティブがなくなることを踏まえ、マイニング用のコンピュータから得られるキャッシュフローを一種のコールオプションとして捉えることにより、マイニング用のコンピュータの適正価格を導出している。

暗号資産は、顧客の暗号資産の流出事案が複数発生したり、価格が乱高下し、暗号資産が投機の対象になったりするなど、現在も様々な問題を有する。今後の暗号資産のあり方について様々な議論が行われているところ、アカデミックな観点からも暗号資産につい

てより一層の理解が深められる必要があろう。

参考文献

- [1] Abadi, Joseph & Markus K. Brunnermeier (2018) "Blockchain Economics." NBER Working Paper 25407.
- [2] Adhami, Saman, Giancarlo Giudici & Stefano Martinazzi (2018) "Why do businesses go crypto? An empirical analysis of initial coin offerings." *Journal of Economics and Business*100, 64-75.
- [3] Amsden, Ryan & Denis Schweizer (2018) "Are Blockchain Crowdsales the New 'Gold Rush'? Success Determinants of Initial Coin Offerings." SSRN Working Paper 3163849.
- [4] Aoyagi, Jun & Daisuke Adachi (2019) "Economic Implications of Blockchain Platforms." SSRN Working Paper 3132235.
- [5] Aoyagi, Jun (2019) "A Unified Theory of the Blockchain Economy." SSRN Working Paper 3370013.
- [6] Auer, Raphael & Stijn Claessens (2018) "Regulating cryptocurrencies : assessing market reactions." *BIS Quarterly Review*.
- [7] Bakos, Yannis & Hanna Halaburda (2018) "The Role of Cryptographic Tokens and ICOs in Fostering Platform Adoption." SSRN Working Paper 3207777.
- [8] Barber, Simon, Xavier Boyen, Elaine Shi & Ersin Uzun (2012) "Bitter to Better — How to Make Bitcoin a Better Currency." In : Keromytis A.D. (eds) *Financial Cryptography and Data Security*. FC 2012. Lecture Notes in Computer Science, vol 7397. Springer, Berlin, Heidelberg.
- [9] Baur, Dirk G. & Thomas Dimpfl (2019) "Price discovery in bitcoin spot or futures?" *Journal of Futures Markets, forthcoming*.
- [10] Benedetti, Hugo & Leonard Kostovetsky (2018) "Digital Tulips? Returns to Investors in Initial Coin Offerings." SSRN Working Paper 3182169.
- [11] Biais, Bruno, Christophe Bisière, Matthieu Bouvard, Catherine Casamatta & Albert Menkveld (2018a) "Equilibrium Bitcoin Pricing." SSRN Working Paper 3261063.
- [12] Biais, Bruno, Christophe Bisière, Matthieu Bouvard & Catherine Casamatta (2018b) "The blockchain folk theorem." SSRN Working Paper 3108601.
- [13] Boreiko, Dmitri & Navroop K. Sahdev (2018) "To ICO or not to ICO – Empirical Analysis of Initial Coin Offerings and Token Sales." SSRN Working Paper 3209180.
- [14] Bovaird, Charles (2018) "Bitcoin Falls Below \$8,000 After SEC Shoots Down Winklevoss ETF." *Forbes*, Jul. 26.
- [15] Catalini, Christian & Joshua S. Gans (2019) "Initial Coin Offerings and the Value of Crypto Tokens." SSRN Working Paper 3137213.
- [16] Chavez-Dreyfuss, Gertrude (2018) "Marshall Islands to issue own sovereign cryptocurrency." *Reuters*, Mar. 1.
- [17] Chiu, Jonathan & Thorsten V. Koepl (2017) "The Economics of Cryptocurrencies - Bitcoin and Beyond." SSRN Working Paper 3048124.
- [18] Chod, Jiri & Evgeny Lyandres (2018) "A Theory of

*50) 例えば、マイナーのコンピュータの処理能力により新たに記録される取引の真正性を確保し、その代わりにマイナーにシニョリッジを配分するという、ビットコインで採用されているproof-of-workと呼ばれる技術 (Dwork & Naor, 1993; Nakamoto, 2008) など。
 *51) 例えば、ビットコインで採用されているproof-of-workと呼ばれる技術の代替として、proof-of-stake、delegated proof-of-stake、proof-of-importance、proof-of-consensus、proof-of-burnなど様々な技術が提唱されている。
 *52) プログラム化して自動的に実行できる契約。イーサリアムなどの暗号資産上で実装されている。
 *53) 具体的には、暗号資産の質 (efficiency) と価格を考えることとし、暗号資産のユーザーは質が高い暗号資産には高い値段を付けるという関係式を導出し、一方で高い値段が付いている暗号資産には多くのマイナーが大規模なマイニングをすることから暗号資産の質が高くなるという関係式を導出する。2つの関係式を連立方程式として解くことにより、暗号資産の質及び価格 (複数解もありうる。) が内生的に導出できる (一般均衡モデル)。
 *54) 互換性のない暗号資産に分岐すること。特に以前の暗号資産と互換性のある暗号資産と互換性のない暗号資産に分岐するようなハードフォークについて注目が集まることが多い。

- ICOs : Diversification, Agency, and Information Asymmetry." SSRN Working Paper 3159528.
- [19] Choi, Kyoung, Alfred Lehar & Ryan Stauffer (2018) "Bitcoin Microstructure and the Kimchi premium." SSRN Working Paper 3189051.
- [20] Constable, Simon (2017) "6 Reasons Bitcoin Futures Are Better Than Bitcoin." *Forbes*, Dec. 5.
- [21] Corbet, Shaen, Brian Lucey, Maurice Peat & Samuel Vigne (2018) "Bitcoin Futures—What use are they?" *Economics Letters*172, 23-27.
- [22] Dwork, Cynthia & Moni Naor (1993) "Pricing via Processing -or- Combatting Junk Mail, Advances in Cryptology." CRYPTO'92, Lecture Notes in Computer Science No. 740, Springer, 139-147.
- [23] Fisch, Christian (2019) "Initial coin offerings (ICOs) to finance new ventures." *Journal of Business Venturing*34, 1-22.
- [24] Foley, Sean, Jonathan R. Karlsen & Tālis J. Putniņš (2019) "Sex, drugs, and bitcoin : How much illegal activity is financed through cryptocurrencies?" *Review of Financial Studies, forthcoming*.
- [25] Gandal, Neil, JT Hamrick, Tyler Moore & Tali Oberman (2018) "Price Manipulation in the Bitcoin Ecosystem." *Journal of Monetary Economics*95, 86-96.
- [26] Graham, Luke (2017) "Bitcoin price drops \$200 after new ruling from Chinese regulators." CNBC, Sep. 4.
- [27] Griffin, John M. & Amin Shams (2018) "Is Bitcoin Really Un-Tethered?" SSRN Working Paper 3195066.
- [28] Hale, Galina, Arvind Krishnamurthy, Marianna Kudlyak & Patrick Shultz (2018) "How Futures Trading Changed Bitcoin Prices." *FRBSF Economic Letter*, May 7.
- [29] Hamrick, JT, Farhang Rouhi, Arghya Mukherjee, Amir Feder, Neil Gandal, Tyler Moore & Marie Vasek (2018) "The Economics of Cryptocurrency Pump and Dump Schemes." SSRN Working Paper 3303365.
- [30] Hashimoto, Yoshinori & Shunya Noda (2019) "Pricing of Mining ASIC and Its Implication to the High Volatility of Cryptocurrency Prices." SSRN Working Paper 3368286.
- [31] Hattori, Takahiro & Ryo Ishida (2019) "Did the Introduction of Bitcoin Futures Crash the Bitcoin Market at the End of 2017?" SSRN Working Paper 3307977.
- [32] Howell, Sabrina T., Marina Niessner & David Yermack (2019) "Initial Coin Offerings : Financing Growth with Cryptocurrency Token Sales." SSRN Working Paper 3201259.
- [33] Ju, Lan, Timothy (Jun) Lu & Zhiyong Tu (2016) "Capital Flight and Bitcoin Regulation." *International Review of Finance*16 (3) , 445-455.
- [34] Kapar, Burcu & Jose Olmo (2019) "An analysis of price discovery between Bitcoin futures and spot markets." *Economics Letters*174, 62-64.
- [35] Karkkainen, Tatja (2018) "Price Discovery in the Bitcoin Futures and Cash Markets." SSRN Working Paper 3243969.
- [36] Kharif, Olga (2018) "Bitcoin Cash Fork Hits Investors' Pocketbooks as Two Coins Slip." Bloomberg, November 16.
- [37] Köchling, Gerrit, Janis Müller & Peter N. Posch (2018) "Does the introduction of futures improve the efficiency of Bitcoin?" *Finance Research Letters*, in press.
- [38] Li, Tao, Donghwa Shin & Baolian Wang (2018) "Cryptocurrency Pump-and-Dump Schemes." SSRN Working Paper 3267041.
- [39] Li, Jiasun & William Mann (2018) "Initial Coin Offerings and Platform Building." SSRN Working Paper 3088726.
- [40] Maranz, Felice (2018) "Bitcoin Futures Fueling 'Gut-Wrenching' Declines, Tom Lee Says." Bloomberg, Jun. 14.
- [41] Nakamoto, Satoshi (2008) "Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash System."
- [42] Narayanan, Arvind, Joseph Bonneau, Edward Felten, Andrew Miller & Steven Goldfeder (2016) "Bitcoin and Cryptocurrency Technologies : A Comprehensive Introduction." Princeton University Press.
- [43] Reuters (2019) "Cboe puts the brakes on bitcoin futures." Mar. 14.
- [44] Rhue, Lauren (2018) "Trust is All You Need : An Empirical Exploration of Initial Coin Offerings (ICOs) and ICO Reputation Scores." SSRN Working Paper 3179723.
- [45] Saleh, Fahad (2018a) "Blockchain Without Waste : Proof-of-Stake." SSRN Working Paper 3183935.
- [46] Saleh, Fahad (2018b) "Volatility and Welfare in a Crypto Economy." SSRN Working Paper 3235467.
- [47] Shi, Shimeng (2018) "The Impact of Futures Trading on Intraday Spot Volatility and Liquidity : Evidence from Bitcoin Market." SSRN Working Paper 3094647.
- [48] Shin, Laura (2017) "Here's The Man Who Created ICOs And This Is The New Token He's Backing." *Forbes*, Sep. 21.
- [49] Verhage, Julie, Whanwoong Choi & Kyungji Cho (2018) "Bitcoin's 43% Arbitrage Trade Is a Lot Tougher Than It Looks." Bloomberg, Jan. 9.
- [50] Wei, Wang Chun (2018) "The impact of Tether grants on Bitcoin." *Economics Letters*171, 19-22.
- [51] Zhao, Wolfie (2018) "Don't Blame Bitcoin Futures for Bear Market, CME Exec Says." Coindesk, Sep. 19.
- [52] 石田良 (2018) 「仮想通貨に関する既存研究の整理」ファイナンス4月号、46-49.
- [53] 石田良・服部孝洋 (2018) 「仮想通貨市場は効率的か」ファイナンス10月号、58-65.
- [54] 伊藤穰一 (2018) 「教養としてのテクノロジー」NHK出版新書.
- [55] 川野祐司 (2019) 「DLT (分散型台帳技術) の貿易金融への応用と日本の将来展望」日本国際経済学会
- [56] 北見良嗣・首藤優 (2018) 「国際的な動向を踏まえた金融サービス利用者保護に係る現状調査 一仮想通貨を巡る規制及び中銀デジタル通貨の発行可能性に係る各国比較一」金融庁金融研究センター、DP 2017-7.
- [57] 斎藤創・市村真由美 (2018) 「ますます広がる仮想通貨をめぐる現状と課題」国民生活7月号、5-8.
- [58] 田村聡明・山下大輔 (2016) 「bitcoinとripple」同志社大学、知的システムデザイン研究室、第169回 月例発表会
- [59] 野口悠紀雄 (2018a) 「仮想通貨はどうなるか バブルが終わり、新しい進化が始まる」
<https://note.mu/yukionoguchi/n/nd01024d234e2>
- [60] 野口悠紀雄 (2018b) 「ビットコイン価格が急落した原因は先物取引の開始だ」<https://diamond.jp/articles/-/155403>
- [61] 野口悠紀雄 (2018c) 「第3章 ビットコインバブル」
<https://note.mu/yukionoguchi/n/nf2449115d24d>
- [62] 服部孝洋 (2017) 「ドル調達コストの高まりとカバー付き金利平価」ファイナンス10月号、56-63.
- [63] 服部孝洋 (2018) 「市場流動性の測定：日本国債市場を中心に」ファイナンス2月号、67-76.
- [64] 渡辺曜大 (2006) 「現代暗号--ネット社会の情報を守る暗号技術とは--」国立情報学研究所市民講座 (8月24日) 資料
https://www.nii.ac.jp/userdata/shimin/documents/060824_3rdlec.pdf