

東京大学大学院新領域創成科学研究科

国際協力学専攻

平成 29 年度

修士論文

法定通貨制度を前提とした送金システムとしての

ビットコインと自由貨幣の比較研究

(The comparative study between bitcoin and free money

as a remittance system in the legal currency system)

2017 年 1 月 19 日提出

指導教員 柳田 辰雄 教授

小安 志築

目次

要約	2
序論	2
研究目的	2
研究方法	3
主要結論	4
第 1 章 仮想通貨とは何か	5
1.1 仮想通貨をめぐる状況と代表的な仮想通貨の概要	5
1.2 ビットコインの技術的概要	10
1.3 ブロックチェーンの活用事例と応用可能性	17
第 2 章 Gesell の自由貨幣論	21
2.1 Gesell と自由貨幣の概要	21
2.2 自由貨幣への評価と地域通貨としての展開	23
第 3 章 ビットコインと自由貨幣の比較検討	27
3.1 歴史的背景の比較	27
3.2 9つの観点からの比較	31
3.3 比較から見る仮想通貨の利点と欠点	35
3.4 仮想通貨の改良可能性	38
第 4 章 結論	43
4.1 今後の課題	43
4.2 政策提言	50
謝辞	55
引用・参考文献	56

要約

本研究では、まず仮想通貨と自由貨幣の概要を説明する。その後に、ビットコインと自由貨幣をともに送金システムとしてとらえ、比較検討をおこなうことでビットコインが従来考えられた自由発行貨幣と比較して利点および欠点を明らかにし、さらに改良可能性について検討する。本研究を通して、今後の仮想通貨のあり方に貨幣としてのあり方以外、つまり送金システムとしての研究、開発や活用という選択肢が存在することを提示し、その実現のためには価格の乱高下を軽減するための政策を考察し、さらにそのためには技術的な改善の必要があることを説明する。具体的には、政策的にはどのように仮想通貨を取り扱っていけばいいのか、今後考えられる道筋や課題についても提言をおこなう。

序論

研究目的

仮想通貨は、現在はまだ電子マネーや送金・決済システムと貨幣の中間地点にある存在だと考えられる。そして今までの送金・決済システムや貨幣と比較して仮想通貨の特徴的な点として、仮想通貨に用いられる技術の中にブロックチェーンがあり、それ自体が他の分野でも応用可能性が高いという点が挙げられる。仮想通貨それ自体の利便性だけでなく、ブロックチェーン技術への期待感や技術的追究の相乗効果によって今後さらに発展可能性があると考えられ、実際、現在様々な企業および個人が研究や開発に取り組んでいる。そんななかで仮想通貨に対する正しい理解が得られているとは言い難い状況は、結果的に大きな損失を生むであろうことは想像に難くない。

そもそも法定通貨の存在を前提として、さらに国という後ろ盾がなく自由に貨幣を発行するというアイデアの考案および実践は、地域通貨をはじめとして実際におこなわれてきた歴史はある。しかしながら、その多くは長期的には広い範囲での普及には至っていなかったが、仮想通貨はそれをなし得るポテンシャルを持っている稀有な存在である。

だが上記のような自由発行貨幣の歴史的経緯はアイデア自体が問題であったということを表しているのではないと考えられる。それはまだ貨幣という存在がアナログで、現実の社会で実体のあるものであることを前提として流通したものであるために失敗したのではないだろう

か。¹事実、本論文内で後で指摘するように紙幣の形で発行された自由貨幣は、法定通貨を前提とした状態で貨幣の交換機能に特化することで人々の間での決済において、特に大恐慌期に大きな成果をあげた。しかしアナログの紙幣の形で発行された故に発展性がなく、規制にともなうて利用はされなくなった。

現代においては、世界中のどこでも入手および使用が可能で、管理者がいないという性質を持った仮想通貨は特定の国家や共同体に人々が不安を持ったときに当該国家や共同体から資産を逃がす選択肢のひとつとして、ビットコインが選ばれるに至った。この現象は上記の自由貨幣の歴史的経緯と同様のものであると見ることもできる。またこの資産の移行の動きに関しては、仮想通貨が優れた送金システムとしての性格を持っていることに起因すると考えられる。しかしながら、この状況はビットコインの需要や仮想通貨全体への注目度を高める一方で、仮想通貨の投機対象としての性格も強めており、必ずしも好ましいとは言えず、さらに自由貨幣と同じように規制されることで結果として発展が阻害される要因ともなる可能性がある。

そこで本論文では、それらの誤解を解き、ビットコインをはじめとした仮想通貨に関する正しい理解を深めるよう技術的面でもビットコインを概観しつつ、仮想通貨独自の特性やそれにもなう課題およびその解決方法について、歴史的にビットコインより以前の1930年代にも地域通貨として実践された自由貨幣との比較を通して考察する。そしてビットコインがデジタルの自由発行貨幣として持つ特徴は、送金システムとしての利便性に繋がっていることを明らかにすることを目的とする。

研究方法

ビットコインと自由貨幣はそれぞれデジタルとアナログおよびマクロとミクロの範囲において、自由発行貨幣として一定の成果をあげた、もしくはあげつつあるという点で類似した性質を持つ。しかし、ビットコインはその投機的需要の大きさから送金や決済において本来の力を完全に発揮することができていない。後述するようにその状況を解決する選択肢のひとつとして自由貨幣の仕組みを取り入れることが考えられる。そこで本研究ではビットコインと自由貨幣の比較を通して、この改良可能性やビットコインをはじめとした仮想通貨の利点や欠点について明らかにする。

¹ またこの失敗は自由貨幣の地域通貨としての利用が結局規制によって中断されたように、規制による失敗である場合も存在する。当該事例についての詳細は、2.2で説明する。

本論文は、まず自由発行貨幣としてそれぞれデジタルとアナログで実践に移された自由発行貨幣のうち、Nakamoto Satoshi によって考案された「ビットコイン」と Gesell Silvio によって考案された一定期間ごとに紙幣にスタンプ（印紙）を貼っていくことで減価していく「自由貨幣」との両方を送金システムとしてとらえ比較検討することを通して、ビットコインの持つ利点と欠点を明らかにする。そしてそれらを鑑みるに仮想通貨を送金システムとして扱うことによってその特性を活かせることを説明し、自由貨幣の減価の仕組みを組みこむというさらなる改良の可能性の追求によってより優れた送金システムとして機能させることができることについて述べる。また本研究を通して、仮想通貨およびその中核技術であるブロックチェーンは今後の国際経済、そして国際社会のあり方に大きな影響を与える可能性を内在しており、そしてそのような将来の可能性を鑑みて、仮想通貨のあり方をどのようにとらえ、どのような規制方針や政策を選択していくべきなのかについても考察および提言する。

主要結論

ビットコインをはじめとした仮想通貨はその特性から法定通貨など通貨としての利用に関しては適していないことが指摘できるものの、送金を低コストにおこなえ、また拡張性も高くブロックチェーン技術を応用できる範囲が広い。そのため送金システムやその土台としての利便性は非常に高く、現状の価格を乱高下させている主因である投機需要の抑制を目指すためにシステムへ減価の仕組みを取り入れることによって、より優れた送金システムとして機能させ得る。

第1章 仮想通貨とは何か

1.1 仮想通貨をめぐる状況と代表的な仮想通貨の概要

Nakamoto Satoshiによって2008年に発表された論文"Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System"のなかで提示された構想に基づいて、ビットコインが誕生した。その後、ビットコインを皮切りに数々の仮想通貨も次々に研究、開発されている。また近年では、ビットコインをはじめとした仮想通貨への注目度はFinTechというキーワードの流行や関連する技術開発や新規サービスの立ち上げをおこなうスタートアップ企業が世界中で増加していることもあいまって飛躍的に高まってきている。そして日本国内でも三菱東京UFJ銀行が仮想通貨「MUFGコイン」²の開発が進むなど、従来では考えられなかった銀行による仮想通貨発行の試みも存在している。

しかし、仮想通貨やブロックチェーン技術への注目度がここまで高まるまでには、紆余曲折の経緯があった。特に日本ではいまだに仮想通貨、特にビットコインの信頼性への疑問視や使用への抵抗感は根強いように思われる。特に日本でこのような状況となった理由としては、やはりビットコインの交換をおこなっていた Mt.Gox が破綻し、その Mt.Gox が日本に会社を置いていたという事実および破綻時の報道によれば約114億円（他の取引所の価格で換算すれば約470億円とも言われる）³にものぼったという損失額の大きさから感じるインパクトが大きかったからであろう

上述したように、仮想通貨に対するイメージは一連の破綻騒動によって「信用ならないもの」として固定されるに至った。しかしながら、それは本当に仮想通貨の仕組みや技術的内容、利便性、そして将来性を把握したうえでのイメージの構築かどうかは疑わしい。特に Mt.Gox の破綻は確かに衝撃的なニュースではあったものの、単に一カ所のビットコインの取引所が破綻したに過ぎない。この点については結城（2015）によっても、ビットコインの取引

² 日本経済新聞 電子版 2016年7月8日「三菱UFJ銀、仮想通貨使い海外送金 米社と開発へ」

<http://www.nikkei.com/article/DGXLZO04595090Y6A700C1MM8000/> （2016年11月10日最終閲覧）

³ 日本経済新聞 電子版 2014年2月28日「マウントゴックス破綻 ビットコイン114億円消失」

http://www.nikkei.com/article/DGXNASGC2802C_Y4A220C1MM8000/ （2016年10月13日最終閲覧）

所を信用することとビットコインのシステムを信用することはまったく異なると指摘されている。⁴また、岡田（2015）は仮想通貨に関するリスクに対して、少なくとも「技術そのものにどれほどリスクがあるのかという観点」と「仮想通貨を扱う取引所や現行の制度やルールにどれほどの危険が存在するのかという点」⁵の二つの観点から見る必要性があるとしている。上記二つの観点からリスクを見ることは、後述する仮想通貨の課題を考えたときや政策的議論をおこなうにあたっても意識しておく必要がある。

序論でも述べたように、本論文ではビットコインと自由貨幣の比較研究を通してその特性、そしてその課題や改良可能性について論じることを目的とする。本節ではまずその準備段階としてそもそもの仮想通貨の定義および定義に関する困難さ、そしてビットコインおよびそのアイデアや技術をもとにした仮想通貨の中でも最近注目を集めている代表的な3つの仮想通貨について紹介していく。

まず「仮想通貨」という言葉を用いるときに、定義や焦点を当てる機能が多様になりがちであるため、以下で本論文内において準拠する仮想通貨の定義について検討する。仮想通貨を通貨として捉えながら考えるとき、まずそもそも貨幣とは何かという問題に立ち入らなければならないが、本研究では仮想通貨、特にビットコインの送金システムとしての機能および特性に焦点をしばらく自由貨幣との比較をおこなっていくという研究手段を取るため、最低限当該比較にあたって不便がない範囲での定義に留める。加えて、仮想通貨という存在の特殊性についても若干言及しておきたい。

まず仮想通貨の基本的な定義については、斉藤（2015）のデジタル通貨（Digital currency）の定義である「デジタル技術を用いて既存の貨幣から独立した体系として作り出された通貨」⁶を用いる。また少なくとも本研究の範囲内では、この定義は Digital currency だけでなく Crypto currency および Virtual currency を含むと考えても支障がない。しかしながら、これだけでは現在の仮想通貨のあり方を必ずしも正確に表現できていないわけではない。何故ならば、貨幣の3つの機能をすべて安定的に実現できているわけではないからであり、通貨

⁴ 結城浩（2015）『暗号技術入門 第3版 秘密の国のアリス』SBクリエイティブ, p.403

⁵ 岡田仁志（2015）「黎明期にある仮想通貨をどう捉えるか 仮想通貨の技術がもたらす世界」『NII Today』第69号, pp.2-5 http://www.nii.ac.jp/userdata/results/pr_data/NII_Today/69/all.pdf (2017年1月10日最終閲覧), p.2

⁶ 斉藤賢爾（2015）『未来を変える通貨 ビットコイン改革論』インプレス R&D, p.12

と呼ぶには不十分であるとも言える特殊性を持っていることについては言及しておかなければならないだろう。

そもそも、貨幣の機能はおもに以下の3つが挙げられる。

1. 交換・支払い機能
2. 価値尺度機能
3. 価値貯蔵機能

の中で、仮想通貨が現時点でどのような場面でも確定的に機能を持つことができるのは、「1. 交換・支払い機能」のみであろう。ここで、貨幣の役割について Levinas (1987) の指摘を引用すると

「経済的秩序の多様な局面において貨幣が遂行する機能がいかに多彩であれ——貨幣に帰せられるさまざまな役割…がいかなるものであれ、貨幣を貨幣として他から弁別する標識とその永続的な価値は、多様に変身しつつも、あらゆるものならびにあらゆるサービスと交換されうる点にある。」⁷

Levinas (1987) と同様に貨幣の交換・支払い機能が貨幣を貨幣たらしめていると考えると、仮想通貨は「貨幣を貨幣として他から弁別する標識とその永続的な価値」は持っていることになり、現時点ではまだ貨幣としての性格を完全に否定することは出来ないと考えられる。しかしながら、上述した「2. 価値尺度機能」および「3. 価値貯蔵機能」については、ビットコインだけを見れば2100万BTCと総量が決まっているものの、仮想通貨全体に目を向ければ新規の通貨発行が際限なく可能な通貨も考えられること、商品やサービスとの交換にあたって支払いを受け付けている場所が現状ではまだ多くはないこと、そして仮想通貨にとって影響の大きなニュースや既存の通貨の信頼性が揺らぐような事態が起こるにともなって、きわめて大きな価格の乱高下が見られることを鑑みるに、安定的に貨幣の機能をすべて実現できているわけではないと言える。⁸

⁷ Levinas, Emmanuel. (1997) "ET LA SOCIALITÉ DE L'ARGENT" Peeters Publishers, Leuven, Belgium レヴィナス・エマニュエル (1987) 「決定的論文 (校訂版) 社会性と貨幣」レヴィナス・エマニュエル (合田正人, 三浦直希訳) (2003) 『貨幣の哲学』法政大学出版局, pp.111-112

⁸ 貨幣としての機能面での比較は3.2でおこなう。

以上をまとめると仮想通貨は貨幣と断定できるほどに貨幣の機能を完全に実現できているわけではないが、貨幣としての性格を否定できるほどに従来の貨幣と離れている存在ではないという微妙な立ち位置にある存在であると言え、適切な評価が難しくなっており、この特徴が仮想通貨に関する議論を複雑にしている面がある。しかしながら、現状ではまだ定義に関して統一的な見解を作ることは困難であろう。そのため、本論文では上述した最低限の定義のもとで議論を進めていく。⁹

では以上の仮想通貨の定義のもとで、2016年11月10日現在の時価総額が高い順¹⁰に代表的な3つの仮想通貨について紹介する。はじめに、現在の知名度および普及の度合いが一番高いと考えられるビットコインが時価総額においても仮想通貨の中で最も高い。ビットコインは時価総額\$11,572,694,495と仮想通貨では最大の時価総額であり、取引も非常に活発におこなわれている。また専用ATMや現実に使える場所は日本ではまだ少ないものの、アメリカなどでは実店舗での利用のための環境整備も進んでおり、一般的な仮想通貨という言葉のイメージを形成している存在と言える。

ビットコインの次に時価総額が高いのはEthereumの内部通貨であるEtherである。2016年11月10日現在、\$921,467,690である。ビットコイン以外の仮想通貨は知名度が低いため、まだ一般的には知られていないが、最近特に知名度が上がっている仮想通貨のひとつである。なお、以下では内部通貨のEtherについてではなくEthereum全体について説明する。

Ethereumの特徴的な点としては、愛敬、永井（2016）によれば「Solidityなどのチューリング完全な拡張用言語を備え、スマートコントラクトの挙動を簡単かつプログラマブルに作成することができ」¹¹という点が挙げられる。¹² ¹³スマートコントラクトに関しては現状統一的に

⁹ ただし従来の電子マネーなどとの違いには注意する必要がある。

¹⁰ 各仮想通貨の時価総額のランキングは、以下のページに掲載されているものに従う。Crypto-Currency Market Capitalizations <http://coinmarketcap.com>（2016年11月10日最終閲覧）

¹¹ 愛敬真生、永井康年（2016）「第12章 Ethereum」 赤羽善治、愛敬真生編（2016）『ブロックチェーン 仕組みと理論 サンプルで学ぶFinTechのコア技術』リックテレコム、p.166

¹² Solidity の特徴については、以下のページによれば「契約指向の高水準言語で構文は JavaScript に似ており、Ethereum Virtual Machine 向けに設計されている（筆者訳）」。Solidity <https://solidity.readthedocs.io/en/develop/#>（2016年11月10日最終閲覧）

¹³ Ethereum はビットコインの持つ課題の克服を試みているとも言える。例えば、White paper ではビットコインのスクリプト言語の持つ制限に関して「チューリング完全性の欠如」、「値が定まらない問題」、「状態の欠如」、「Blockchain が見えない問題」が挙げられている。詳細については White paper

何をもってスマートコントラクトと定義するかは定まっていないが、Ethereumに関しての説明で用いられる場合、ブロックチェーン技術によって自動化された契約として定義することが妥当であろう。Ethereumのこの特徴は、つまりブロックチェーンを応用しプログラムによって契約¹⁴を自動化することが可能であるということを意味している。

しかしながら、Ethereumは大きく期待されているプラットフォームであるものの、The DAO Attack事件への対応をめぐってコミュニティ内で大きな議論が巻き起こり、解決方法への考え方の違いからEthereum Classicという分派が誕生するまでに至った。Ethereum自体の特徴とスマートコントラクトへの注目度もあいまって、今後の動向が注目される仮想通貨であると言える。

最後に、時価総額が三番目に高いのはRippleで、内部通貨であるXRPの時価総額は2016年11月10日現在、\$289,941,871である。RippleについてもEthereumと同様に、内部通貨のXRPについてではなくRipple全体の特徴について説明する。

Rippleのウェブサイトによれば、「Ripple は分散型金融技術で、銀行によるネットワークでのリアルタイムな国際決済」¹⁵をすることができるとある。この特徴をどのように実現しているのかというと、野口（2014）によれば、「IOU（借用証書：I owe you「あなたに借りがある」）…をインターネット上で移転させる」¹⁶という方法を取っている。またこの点について野口（2014）は「従来の支払い手段で言えば、小切手に似ている」¹⁷と述べている。この技術によって送金を迅速かつ容易におこなうことができることが、Rippleの特徴であり強みだと言えるだろう。

<https://github.com/ethereum/wiki/wiki/%5BJapanese%5D-White-Paper> （2016年12月21日最終閲覧）を参照されたい。

¹⁴ もっともブロックチェーンを用いて自動化できるのは契約だけではなく多岐にわたり、まだ実現していないものも含め多くの可能性を秘めている。これについては1.3で活用事例や応用可能であると考えられている領域について紹介する。

¹⁵ Ripple <https://ripple.com> （2016年11月10日最終閲覧）

¹⁶ 野口悠紀雄（2014）『仮想通貨革命ービットコインは始まりにすぎない』ダイヤモンド社, p.116

¹⁷ 野口（2014）, p.116

このようなRippleの特徴を鑑みるに、Rippleは確かにXRPという仮想通貨を介してはいるものの、送金システムに近いものとして捉えた方が実態に近いと考えられ、ビットコインの送金システムとして持つ弱点の克服を試みていると言える。

上記の仮想通貨を含め現在高い知名度や利用者数を持つ仮想通貨¹⁸のほとんどは、ビットコインやそこから派生した仮想通貨のアイデアをもとに開発されていると言っていいだろう。ではそのビットコインのシステムはどのような技術を用いて構築されているのか、次節ではその技術的部分について概観していく。

1.2 ビットコインの技術的概要

ビットコインの技術やアイデアの特徴的な細部を見ていく前に、まずはその全体の仕組みを概観しておきたい。理解を容易にするため、ビットコインのシステム全体を概観した図1-1をAntonopoulos（2014）から引用する。

¹⁸ その他の仮想通貨の代表的な例としてはNamecoinやLitecoin、Monero、または日本で開発されたモナーコインなどが挙げられる。これらのビットコイン以外の仮想通貨はアルトコインとも呼ばれる。それぞれの詳細については以下を参照されたい。

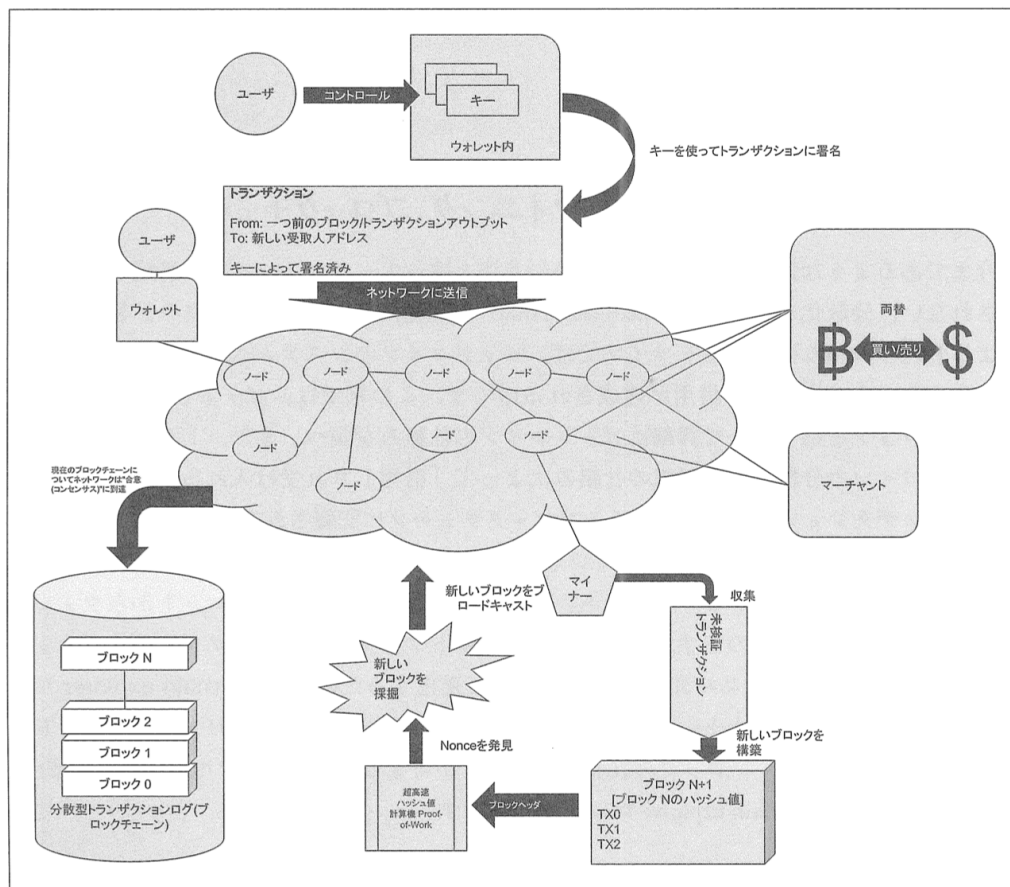
Namecoin <https://namecoin.org> （2016年12月13日最終閲覧）

Litecoin <https://litecoin.org/ja/> （2016年10月13日最終閲覧）

Monero <https://getmonero.org/home> （2016年11月10日最終閲覧）

モナーコインプロジェクト <https://monacoin.org/ja/> （2016年10月13日最終閲覧）

図 1-1



出典：Antonopoulos (2014) , p.16

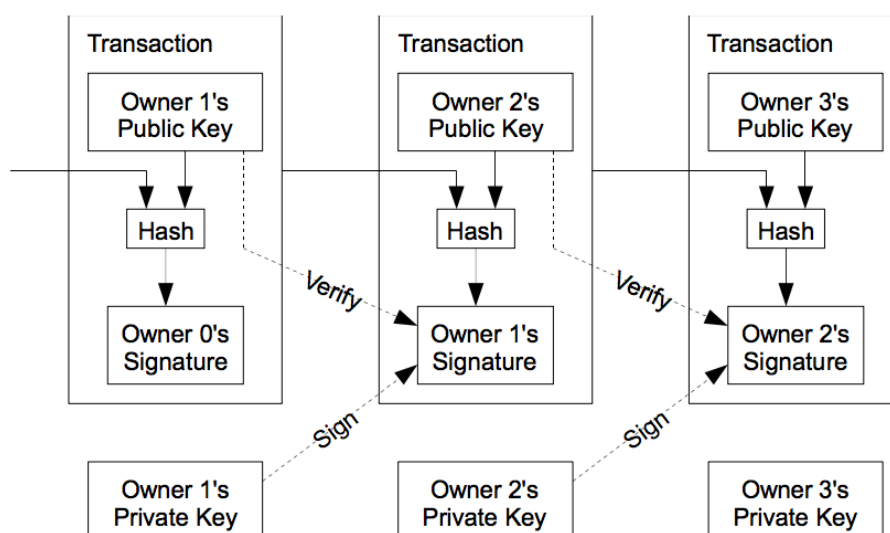
上の図1-1についていくつかのブロックに分割し、Nakamoto (2008) の論文の該当部分や理解しやすい解説を適宜引用しながら順に説明していく。まずはウォレットに関する説明をすると、ユーザーがウォレットと呼ばれるそれぞれのビットコイン用の財布を所持しており、マイニングと呼ばれるビットコイン採掘作業によって、報酬としてビットコインを得たビットコインは当該ウォレットの中に入れることになる。そして、決済等のためにビットコインを他のユーザーに送金するなどの操作をおこなう。

最初に当該送金操作は図1-1の「トランザクション」の部分にあたり、トランザクションはAntonopoulos (2014) によれば「ビットコインの所有者が他の人にビットコインを送ったと

認めたことをビットコインネットワークに示すこと」¹⁹であり、これはトランザクションへの署名によって「トランザクションインプットからトランザクションアウトプットへ価値を移転」²⁰することでもある。この連鎖が続くことでビットコインの所有が移転していくのである。

上記のトランザクションの仕組みは、Nakamoto（2008）によって次の図1-2として図示されているものである。

図1-2



出典：Nakamoto（2008）, p.2

ビットコインを使うには、使うためのビットコインを獲得しなければならない。既存の通貨との両替をおこなったり、あるいは購入したり、他の利用者から譲ってもらったりすることで獲得する方法もあるが、その他に「マイニング」と呼ばれる行為によって手に入れることが可能である。

¹⁹ Antonopoulos, M. Andreas. "Mastering Bitcoin" Oreilly & Associates Inc. (2014) アントノブ
ロス M. アンドレアス（今井崇也，鳩貝淳一郎訳）（2016）『ビットコインとブロックチェーン：暗号通
貨を支える技術』NTT出版, p.18

²⁰ Antonopoulos (2014) , p.19

マイニングはブロックチェーンに新規ブロックを追加するにあたって、ネットワークの参加者同士でおこなわれる計算競争²¹である。ここでは理解を容易にするために、マイニングについての斉藤（2014）の説明から以下に引用する。

「《マイニング》に参加するコンピュータは、それぞれが作成中の《ブロック》に、収集した複数の取引データと、チェーンの現在の末尾の《ブロック》のハッシュ値（256bit）を格納し…作成中の《ブロック》にたいして同様に暗号的ハッシュ関数（SHA-256）を適用した場合のハッシュ値が、あらかじめネットワーク内で合意されている《ターゲット》以下になるケースが得られるまで、…「適切な値」²²を0から順にひとつずつ増やしながら試していき…正しい「適切な値」が見つかったら、チェーンの末尾に追加されるべき新しい《ブロック》としてブロードキャスト」²³する。

上記の作業を経てブロックが繋がっていくことで、ブロックチェーンが構築されるのである。このマイニングという計算競争の勝者は報酬を得られる。この報酬の金額は事前に決められており、それは一定期間ごとに半減していく。当初は50BTCであったが、約4年ごと（1ブロック約10分として21万ブロックごと）に半分となり、2016年7月に二度目の半減期を経て現在は12.5BTCとなっている。²⁴なお発行初期の頃は通常のパソコンのパワーでもマイニングが可能であったが、現在ではマシンパワーが足りずにまずはマイニング用に環境を整えなければならなくなっている。

また上記のマイニングがブロックチェーンの真偽に対する合意において用いられるコンセンサスアルゴリズムのProof of Work（以下、PoW）である。これによって、ビットコインは改竄や誤処理などを防いでいる。愛敬（2016）によるPoWの処理手順を整理した図と①から⑥の説明を以下に引用する。

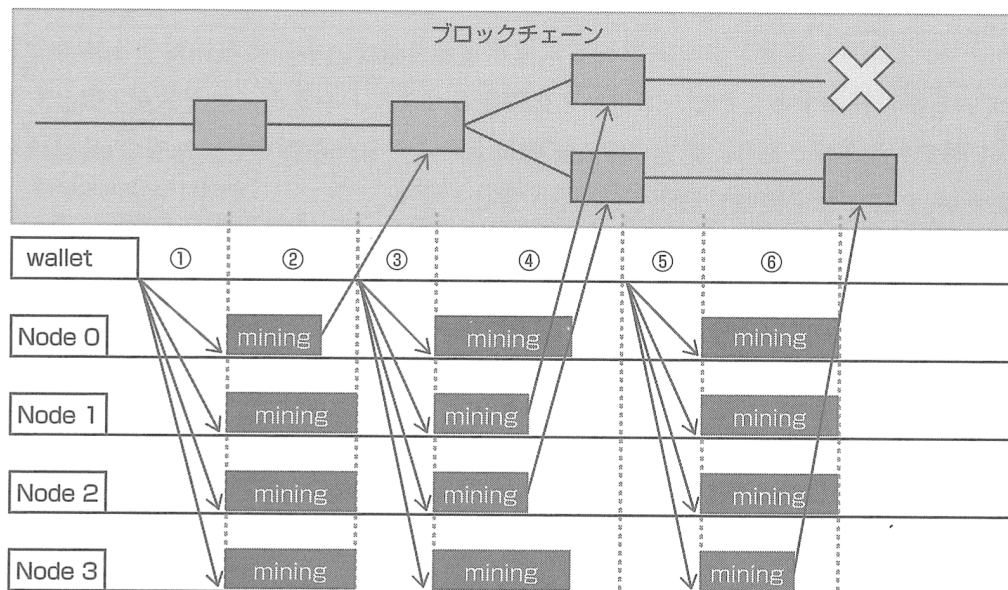
²¹ 斉藤（2014）はこれを「くじ引き」と表現している。（斉藤（2014），p.89）

²² Nakamoto（2008）における Nonce を意味している。

²³ 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』太郎次郎社エディタス，pp.88-89

²⁴ Bitcoin Magazine 2016年7月18日 “How Bitcoin's Second Halving Came and Went, and Not Much Happened” <https://bitcoinmagazine.com/articles/how-bitcoin-s-second-halving-came-and-went-and-not-much-happened-1468856719> （2017年1月4日最終閲覧）

図1-3



出典：愛敬（2016），p.125

- ① walletがトランザクションを発行し、参加者全員にブロードキャストする
- ② 受け取った承認者がハッシュを計算する。ここではNode 0が先に見つけたので、Node 0が作成したブロックがブロックチェーンに追加される
- ③ walletが別のトランザクションを発行し、参加者全員にブロードキャストする
- ④ 受け取った承認者がハッシュを計算する。ここではNode 1とNode 2が同時に見つけたため、ブロックチェーンが分岐する
- ⑤ walletが別のトランザクションを発行し、参加者全員にブロードキャストする
- ⑥ 受け取った承認者がハッシュを計算する。ここではNode 3が先に見つけてNode 2のブロックの後に追加したとする。その場合、下のブロックが正²⁵になる²⁶

また、日本ブロックチェーン協会（JBA）の定義によれば、ブロックチェーンは次のように定義される。以下にJBAによる定義を引用する。

²⁵ ただし「ネットワークの状態によっては、この後に上のブロックチェーンに追加されて長くなった場合には上が正に変化」する。（愛敬（2016），p.125）

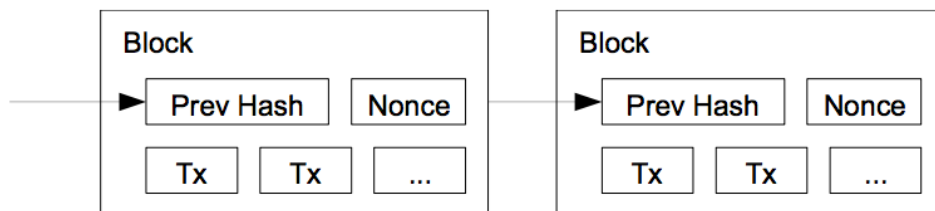
²⁶ 愛敬真生（2016）「第8章 コンセンサスアルゴリズム」 赤羽善治, 愛敬真生編（2016）『ブロックチェーン 仕組みと理論 サンプルで学ぶ FinTech のコア技術』リックテレコム, p.125

1. 「ビザンチン障害を含む不特定多数のノードを用い、時間の経過とともにその時点の合意が覆る確率が0へ収束するプロトコル、またはその実装をブロックチェーンと呼ぶ。」

2. 「電子署名とハッシュポインタを使用し改竄検出が容易なデータ構造を持ち、且つ、当該データをネットワーク上に分散する多数のノードに保持させることで、高可用性及びデータ同一性等を実現する技術を広義のブロックチェーンと呼ぶ。」²⁷

上記のブロックチェーンの仕組みは、Nakamoto (2008) によって以下の図1-4として図示されているものである。

図1-4



出典：Nakamoto (2008) , p.3

PoWをコンセンサスアルゴリズムとして用いてブロックチェーンを形成することは、ビットコインのPeer-to-Peerのネットワークの根幹を成すものである。特に「ビザンチン将軍問題」を解決していることは、特筆すべき点であろう。ビザンチン将軍問題について野口 (2014) の説明によれば、「「グループの一部に裏切り者がいる場合、あるいは、情報伝達が信頼できない場合、どのようにして正しい合意に到達できるか？」という問題である。」²⁸この問題をビットコインはハッシュ計算によって解決している。つまり、「この計算は簡単にはできないが、結果が正しいことは簡単に確認できるから、ウソはつけない。この問題を最初に解いた人が発言²⁹すれば、グループは全体として合意に到達できる」³⁰のである。³¹

²⁷ 日本ブロックチェーン協会「ブロックチェーンの定義」 <http://jba->

web.jp/archives/2011003blockchain_definition (2016年11月9日最終閲覧)

²⁸ 野口 (2014) , p.94

²⁹ ビットコインにおけるブロードキャストにあたる。

³⁰ 野口 (2014) , p.96

³¹ ただしビットコインが完全にビザンチン将軍問題を解決してはいないという見方もある。この点については、例えば斉藤 (2014) はエクリプス攻撃によってブロックチェーンを分断できる可能性があることを指摘している。(斉藤 (2014) , pp.140-142)

しかしながら愛敬（2016）が指摘するようにPoWには51%問題、ファイナリティの不確実性³²、時間に関する性能限界、ブロックチェーンの容量の増大³³といった問題が存在している。51%問題については、後述するように中国のマイナーが過半数を占めていると言われる現状では特に重大になり得る問題であり、Antonopoulos（2014）によれば

「全ビットコインネットワークのハッシングパワーの大多数（51%）をコントロールしているマイナーのグループが共謀してビットコインへの攻撃をするというもので…攻撃マイナーはブロックチェーンに故意の「フォーク」を作り出し、トランザクションを二重に使用したり、DOS攻撃を特定のトランザクションまたはアドレスに対して実行したりでき」³⁴という問題である。

PoWの持っている課題の解決は難しいが、一部は例えばProof of Stake（以下、PoS）やPractical Byzantine Fault Tolerance（以下、PBFT）などのPoW以外のコンセンサスアルゴリズムを採用することによって解決できる可能性もある。愛敬（2016）によれば、PoSはリソース消費を小さくでき、PBFTはファイナリティが確保できるというメリットがある。³⁵

上記の仕組み全体を総合して、ビットコインが特徴的な点として、管理者がいないPeer-to-Peerネットワークを形成することで仮想通貨としての形を保っていることである。この点は従来の通貨ともっとも大きく異なる点と言えるだろう。

本節で述べたビットコインの仕組みとブロックチェーン技術は非常に特徴的なものであり、将来的には金融分野以外にも影響を与える可能性が高いと考えられる。次節では、ビットコインの中核の技術であるブロックチェーンの活用事例を紹介し、社会的に今まではあり得なかったようなシステムの代替が起こってきていることについて述べる。

³² 「短い方を正としていたノードで長い方への切り替えが発生することで、例えば自分の口座が前ぶれもなく変化したり、…取引自体が消えてしまったりするケース」があり得る。（愛敬（2016），p.121）

³³ 愛敬（2016），pp.121-122

³⁴ Antonopoulos（2014），p.225

³⁵ 愛敬（2016），pp.126-127

1.3 ブロックチェーンの活用事例と応用可能性

仮想通貨は、最初おもに個人やスタートアップ企業によって開発や活用が進み、続いて大手の銀行なども参入を始めた。現在は民間での活用が主体で、仮想通貨それ自体を直接的に通貨として活用しようという国はまだできてはいないが、各国の動向を見ると規制の必要性和技術革新の必要性から仮想通貨とブロックチェーン技術への注目度が高いことがうかがえる。

では仮想通貨と政府や行政との関わりは規制をどのように進めるかという点だけであろうか。仮想通貨それ自体の議論とは少し離れるが、このことについて考えるにあたって興味深いのが、エストニアの電子政府としての体勢整備の中で試みられているブロックチェーン活用事例である。

もともとエストニアは、「15歳以上の全国民のほとんどがエストニア国民であること（原文ママ）証明する国民IDカード（eIDカード）を持つ。2005年10月には世界で初めてインターネットによる地方選挙を行い、2007年3月には国政選挙においてインターネット投票を可能にし」³⁶であり、他にも行政が積極的に電子政府としての体制を整えている。またこの他にも2007年に企業の電子登記、2008年に電子医療システムの活用を始めている。³⁷

上記の取り組みだけ見てもエストニアの電子政府実現に向けての取り組みは先進的であると言えるが、上記の取り組みをブロックチェーンの利用へと拡大し、エストニアに在住していない外国人向けのIDカードおよび電子医療システムにブロックチェーンを応用しようとしている。³⁸このような取り組みに対して、例えば池田（2016）は「ブロックチェーンによる分権型の統治機構を立ち上げることで、EUと主権国家の間の、いわば中2階のような機構を無人の自律的システムとして解き放つ」³⁹動きとして見ている。

³⁶ アリキヴィ・ラウル、前田陽二（2016）『未来型国家エストニアの挑戦 電子政府がひらく世界』インプレス R&D, p.17

³⁷ アリキヴィ、前田（2016）, p.51

³⁸ Bitcoin Magazine 2015年11月30日 “Estonian Government Partners with Bitnation to Offer Blockchain Notarization Services to e-Residents” <https://bitcoinmagazine.com/articles/estonian-government-partners-with-bitnation-to-offer-blockchain-notarization-services-to-e-residents-1448915243> （2017年1月4日最終閲覧）

CoinDesk 2016年3月3日 “Blockchain Startup to Secure 1 Million e-Health Records in Estonia” <http://www.coindesk.com/blockchain-startup-aims-to-secure-1-million-estonian-health-records/> （2017年1月4日最終閲覧）

³⁹ 池田純一（2016）「エストニアン・ブロックチェーン」『WIRED』Vol.25, p.62

エストニアの事例を見るに、従来では考えられなかった代替が技術的に始まっていることがわかり、この代替の流れはビットコインの中核にあると言えるブロックチェーン技術の活用によって起こっており、そこに官民の区別は存在しないように思われる。今後も技術的進展にともなって活用範囲の拡大や利便性の向上が見られるだろう。今後のブロックチェーンの拡張について考えるにあたっては「ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査報告書」の拡張の方向性の見方が参考になるだろう。

「ブロックチェーンの拡張の方向性として、大きく3つの軸が考えられる。一つは「ブロックチェーン上での記録・交換対象の拡張・汎用化」…二つ目は、「コンセンサスアルゴリズムの改変・高性能化」…三つ目は「ネットワークへの参加を制限し、参加者の信頼度を向上」する方向性である。」⁴⁰

この拡張の方向性に沿って、今後も官民間問わずさまざまな分野での拡張、応用されていくことが予想される。

そして、既存のシステムの代替の試みの事例は他にも存在している。例えばパテントトロールへ対抗することを目的としているUnpatent⁴¹は、特許権の無効の申請を自動化している。他に注目すべきものとしては、紛争ダイヤモンド（ブラッドダイヤモンド）の排除のためにその産地を証明するキンバリープロセスのブロックチェーン上での記録にEverledger⁴²が取り組んでいることなどが挙げられよう。またThe Walt Disney Companyが独自にパブリックとプライベートのハイブリット型のブロックチェーンであるDragonchainを開発していることなども注目に値するだろう。⁴³

⁴⁰ 株式会社野村総合研究所（2016）「ブロックチェーン技術を活用したサービスに関する国内外動向調査報告書」http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/blockchain/pdf/report_01_01.pdf（2016年12月26日ダウンロード）、p.23

⁴¹ 詳細についてはUnpatent <https://unpatent.co>（2017年1月13日最終閲覧）を参照されたい。またUnpatentは現在Ethereumを用いて保険の構築も試みている。この試みについては、Coin Portal 2016年11月26日「特許トロールと戦う「Unpatent」、イーサリアムを保険に活用」<https://www.coin-portal.net/2016/11/26/14867/>（2017年1月13日最終閲覧）を参照されたい。

⁴² 詳細についてはEverledger <http://www.everledger.io> および Coin Portal 2016年10月12日「インタビュー：Everledger CEOリアン・ケンプ氏」<https://www.coin-portal.net/2016/10/12/13582/>（2017年1月10日最終閲覧）を参照されたい。

⁴³ 詳細についてはDragonChain <https://dragonchain.github.io>（2017年1月12日最終閲覧）および Roets, Joe（2016）“Dragonchain Architecture” <https://dragonchain.github.io/architecture>（2017年1月12日最終閲覧）を参照されたい。

ブロックチェーンが応用可能な領域は、上記のように非常に幅広い。Mougayar (2016) はブロックチェーンが影響を与える分野について「統治機構とガバナンス」⁴⁴、「ヘルスケア産業」、「エネルギー産業」に影響を与える可能性を指摘しており⁴⁵、またTapscott, Don. & Tapscott, Alex. (2016) はアートや音楽、教育、ジャーナリズムなどといった幅広い分野において、すでにブロックチェーンの活用が始まっていることを紹介している。⁴⁶

またブロックチェーンの幅広い応用可能性は「ブロックチェーン技術を利用したサービスに関する国内外動向調査報告書」の中で「ブロックチェーンのユースケースとサービス事例」として、以下の図にまとめられている。今後の応用可能性を考えるうえで参考になるだろう。

図1-5



出典：株式会社野村総合研究所 (2016) , p.33

⁴⁴ 統治機構とガバナンスにおけるブロックチェーンの活用の対象は、「1. 国、地方自治体の権限 2. 国家、組織のバーチャルガバナンス 3. 企業の取締役会会のガバナンス」の3つに分けられている。(Mougayar (2016) , p.169)

⁴⁵ Mougayar, William. (2016) “The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology” John Wiley & Sons, Inc. ムーゲイヤー・ウィリアム (有限責任監査法人 トーマツ監修, 黒木章人訳) (2016) 『ビジネスブロックチェーン ビットコイン、FinTechを生み出す技術革命』日経BP社, pp.168-175

⁴⁶ Tapscott, Don., Tapscott, Alex. (2016) ” Blockchain Revolution” Portfolio タプスコット・ドン, タプスコット・アレックス (高橋璃子訳) (2016) 『ブロックチェーン・レボリューションービットコインを支える技術はどのようにビジネスと経済、そして世界を変えるのか』ダイヤモンド社, pp.249-280

では以上のような代替は今後国際的に国境を越えた送金システムの中でも起こり得るのか。本章では仮想通貨という地域や国境を容易に越えられる存在について概観した。次章では本論文で仮想通貨と比較をおこなう対象であり、仮想通貨と違ってミクロの範囲である地域で実践されてきたGesellの「自由貨幣」のアイデアについて概観していく。

第2章 Gesell の自由貨幣論

2.1 Gesell と自由貨幣の概要

ビットコインはNakamoto Satoshiによって考案された自由発行貨幣であるが、特定の人物によって考案され実際に流通した自由発行貨幣には、Gesellの自由貨幣という前例がある。本節では具体的に自由発行貨幣を考案し、その理論の信奉者らによって実践されたGesellの自由貨幣とビットコインの比較をおこなう準備として、まずは考案者であるGesellと自由貨幣について概観する。

Gesellの生い立ちについては、相田（2014）および廣田（2013）が詳しい。まず相田（2014）によれば

「シルビオ・ゲゼルは、1862年3月17日ドイツ帝国のマルメディ郡のサン・ビド（現在はベルギー領）で税務署勤務のドイツ人の父親とワロン人の母親との間の第7番目の子供として生まれた。国民学校の卒業後、彼はギムナジウムに進学したが、家庭の事情のために中退し、郵便局職員となった。その後彼は、商店員見習い、スペインのマラガでの駐在員勤務、一年間のプロイセン軍での兵役義務などを経」⁴⁷ている。

その後、廣田（2013）によれば、Gesellはアルゼンチンの通貨政策の失敗による経済的混乱にあたって「物価の上下について事前に知識を持っていたため、このような物価の動向を精密に観察した上で、他の人たちが財産を失うのを尻目に彼自身は一財産を築き上げることに成功」する⁴⁸などビジネスで成功を収めることとなるが、「6つの初期著作の自費出版後、ゲゼルはますます自らの研究に没頭するようになり、ついにはアルゼンチンでの実業家生活からリタイアしてしまった。」⁴⁹この後に、自由貨幣のアイデアを提示する『自然的経済秩序』を発表した。

⁴⁷ 相田慎一（2014）『ゲゼル研究 シルビオ・ゲゼルと自然的経済秩序』ぱる出版, p.43

⁴⁸ 廣田裕之（2013）『シルビオ・ゲゼル入門—減価する貨幣とは何か（改訂新版）』アルテ, pp.15-16

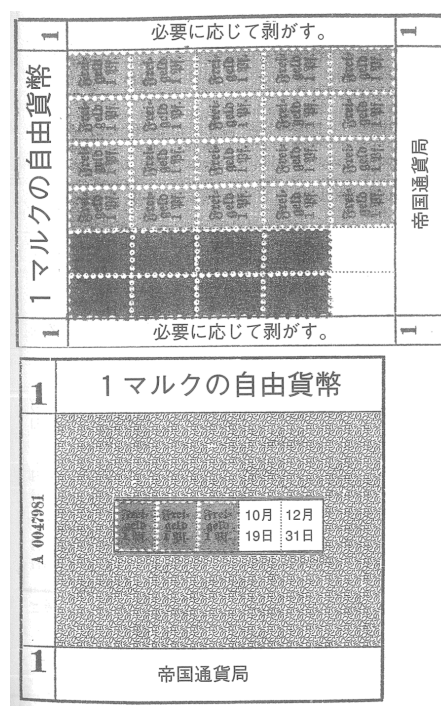
⁴⁹ 相田（2014）, p.45

では、Gesellの自由貨幣のアイデアとは具体的にどのようなものなのか。以下で説明していく。Gesell（1920）の説明から主要な特徴を抜粋すると、次のような性質を持っている貨幣である。

「1マルク、5マルク紙幣、10マルク紙幣、50マルク紙幣、100マルク紙幣、1,000マルク紙幣の計6種類の紙幣の自由貨幣が発行される。…週ごとに額面価格の1,000分の1ずつ、すなわち1年に100分の5減価する。…年末にすべての紙幣が新しい紙幣と交換される…通貨局はこの紙幣の兌換を行わない。」⁵⁰

Gesellは自由貨幣についての具体的なイメージも考案しており、それは以下の図（図2-1は1マルク、図2-2は100マルクの自由貨幣）の通りである。この紙幣に一定期間ごとにスタンプを貼っていくことで減価させていくという仕組みである。

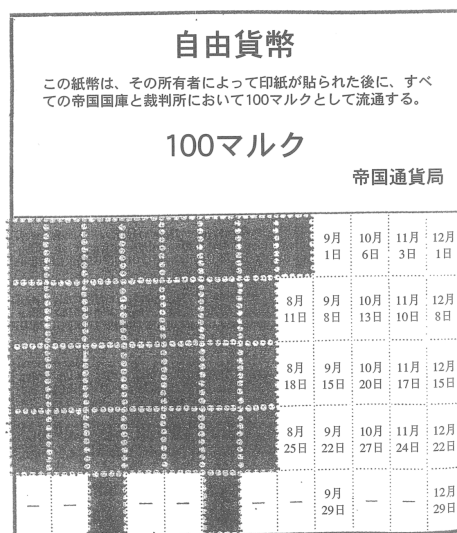
図2-1



出典：Gesell（1920）, p.420

⁵⁰ Gesell（1920）, p.418, p.421

図2-2



出典：Gesell（1920）, p.419

廣田（2013）によれば、この自由貨幣によって生じる効果としてGesellが予想したものをまとめると、次の6つが挙げられる。すなわち、需要の規則化、経済危機の克服、資本金利の消滅、物価の安定、交換手段と貯蓄手段の分離、資本家の撲滅である。^{51 52}

歴史的には上記のような効果を期待され、特に大恐慌に対して対症療法的に使用され使用が中止されるまでに成果をあげた。では、自由貨幣のアイデアはどのように評価および実践、そして流通していったのかについて、次節で説明する。

2.2 自由貨幣への評価と地域通貨としての展開

Gesellの思想および自由貨幣に対する評価で最も有名なものはKeynesによるものだろう。Keynes（1936）は、Gesellについて「将来、人々は、マルクスよりもゲゼルの精神からより多くのものを学ぶだろう、そう私は信じている。」⁵³と評価している。しかしKeynes以外にも

⁵¹ 廣田（2013）, pp.101-103

⁵² より詳しくは Gesell（1920）, pp.435-438 を参照されたい。

⁵³ Keynes, M. John.（1936） "The General Theory of Employment, Interest and Money" Second edition, Macmillan ケインズ M. ジョン（間宮陽介訳）（2008）『雇用、利子および貨幣の一般理論（下）』岩波書店, p.147

そのアイデアを評価し、実際に地域通貨として実践にまで移した事例が存在する。その中でも、以下でおもに二つの事例に焦点を当てる。

自由貨幣の実践は、おもに1931年から大恐慌にあたって活発化した。そのなかでも歴史的に最初にGesellの思想をもとにして地域通貨として実践されたのは、ドイツのシュヴァーネンキルヘンの「ヴェーラ」であろう。河邑、グループ現代（2011）によれば、シュヴァーネンキルヘンではヘベッカーが大恐慌によってつぶれた鉱山を4万ライヒスマルクで借り入れ、これを担保として自由貨幣の発行を始めた。その後、ヴェーラは炭鉱の労働者の給料で支払われ、労働者用の店舗で受け入れが始まり、小売店や企業の受け入れにともなうて周囲の町も関心を示した。⁵⁴しかし、このような状況は、「帝国銀行がこれをライヒスマルクに対する脅威とみなして禁止することにもつなが」⁵⁵った。ヴェーラは実際に、次の図2-3の形で利用された。

図2-3



出典：河邑、グループ現代（2011），p.186

その後、前述したヴェーラが流通したシュヴァーネンキルヘンと地理的にも近いオーストリアのヴェルグルで1932年に「労働証明書」⁵⁶が発行される。河邑、グループ現代（2011）によれば、ゲゼル理論の信奉者であったウンターグッゲンベルガーは町長に選出されると、1シリング、5シリング、10シリングの労働証明書を発行した。その後労働証明書は急速に町の中

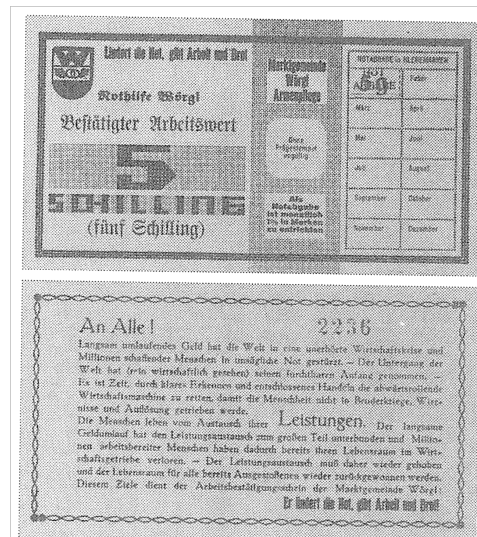
⁵⁴ 河邑厚徳，グループ現代（2011）『エンゲの遺言－根源からお金を問うこと』講談社，pp.186-187

⁵⁵ 河邑，グループ現代（2011），p.187

⁵⁶ 労働証明書の減価率は月に1%であった。（河邑，グループ現代（2011），p.190）

で普及していくこととなったが、中央銀行による訴訟での敗訴にともない発行から1年ほどで廃止となった。⁵⁷労働証明書は、次の図2-4の形で利用された。

図2-4



出典：河邑、グループ現代（2011），p.190

以上二つの事例を鑑みるに、自由貨幣は実際に地域通貨として発行および流通し、またその減価という特性によって大恐慌という危機的状況においても貨幣使用の促進に成功したものの、おもに政府による規制などの外部要因によってきわめて容易に、そして急速に利用されない状況に追い込まれたことがわかる。この点はビットコインも同様の道をたどる可能性があると考えられ、自由発行貨幣の失敗要因として示唆に富むものである。

また特定の人物の思想をもとにして自由発行貨幣が複数発行され、それらが実際に発行、流通した例は数が少なく、その背景という点でも自由貨幣とビットコインは似ていると言えるだろう。またさらに重要なこととして、両方ともに貨幣の交換・支払い機能に重点を置いている。⁵⁸自由貨幣はそのために大恐慌の時期においても、市場において効果的な送金システムとして働いたと言える。交換・支払い機能に重点が置かれていることはビットコインにとっても

⁵⁷ 河邑、グループ現代（2011），pp.188-198

⁵⁸ ただし、ビットコインはあくまで結果として交換・支払い機能だけが安定的に実現できているとも言える。この点については3.2の貨幣の機能面からの比較で詳述する。

非常に重要であり、本論文の主旨である送金システムとしての方向性の提示はおもにこの点による。

上記のさまざまな点や自由発行貨幣の実践という意味で近似した性質を持つ自由貨幣とビットコインであるが、両者を比較してみるとビットコインは自由貨幣の持っていた課題をいくつかの点で克服したため、今後さらに利用が進んでいく可能性がある。では具体的にはどのような点で両者の機能や性質は似ており、どのような課題が克服されたのかを次章で検討を加えていく。

第3章 ビットコインと自由貨幣の比較検討

3.1 歴史的背景の比較

本節では次節でおこなう5つの観点からの比較の準備段階として、歴史的背景の比較をおこなう。まずは背景比較を容易にするために、仮想通貨と自由貨幣それぞれの主要な出来事をまとめた年表を以下に載せる。まず仮想通貨に関する出来事の年表は、以下の表3-1の通りである。

表3-1 仮想通貨年表

年	出来事
2008年11月	Nakamoto Satoshiによって“Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” が発表される
2009年1月	ビットコインの運用が開始される
2010年5月	1万BTCとピザ2枚で初めて商取引がおこなわれる
2011年1月	シルクロード設立
2013年3月	キプロス危機によってビットコインの価格が急上昇する
2013年10月	シルクロード運営者逮捕
2013年10月	百度（Baidu）の一部門が支払いをビットコインで受け付け開始
2014年3月	Mt.Gox社の約114億円（他の取引所の価格で換算すれば約470億円）のビットコイン消失
2014年8月	Ether（Ethereumの内部通貨）の先行販売が始まる
2015年3月	Evolution閉鎖
2016年5月	資金決済法の改正
2016年6月	The DAO Attack事件
2016年6月	Brexitによるビットコインの価格上昇
2016年7月	Ethereum Classicがリリース
2016年8月	ビットフィネックスへのハッキング事件
2016年12月	インドの高額紙幣廃止によりビットコインの価格上昇

2017年1月	中国の資本規制強化による人民元の価格上昇の影響で 価格下落
2017年1月	中国人民銀行によるビットコイン取引所への検査にともない さらに価格下落

出典：参考文献・Webページ⁵⁹をもとに筆者作成

仮想通貨の年表について指摘しておかなければならないのは、仮想通貨の価格は仮想通貨に関わるニュースや情報によって多大な影響を受けることである。ビットコインについて見てみると、基本的にはこのニュースと価格は連動しており、ビットコインにとっての良いニュース（これには政治や経済的不安や危機による既存の国家の通貨への不安も含まれる）はビットコインの価格を上昇させ、悪いニュース（これにはビットコインでの支払いをおこなう闇取引サ

⁵⁹ 日本経済新聞 電子版 2017年1月6日「ビットコインが急落 人民元上昇で「パニック売り」」

http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ06H5P_W7A100C1000000/ (2017年1月6日最終閲覧)

日本経済新聞 電子版 2017年1月11日「中国人民銀、ビットコイン取引所を検査」

http://www.nikkei.com/article/DGXLASGM11H5M_R10C17A1FF2000/ (2017年1月12日最終閲覧)

畠山久志 (2016) 「第1章 仮想通貨と法的規制—ビットコインは通貨革命の旗手足りうるか—」

林康史編 (2016) 『貨幣と通貨の法文化 法文化（歴史・比較・情報）叢書⑬』国際書院, p.67

ロイター 2016年12月10日「ビットコイン一時3年ぶり高値、インドの現金不足背景に」

<http://jp.reuters.com/article/bitcoin-idJPKBN13Y2PT> (2016年12月13日最終閲覧)

Bloomberg 2016年8月19日「ビットコイン取引で荒稼ぎも、ハッキング被害で損失補てんに直面」

<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2016-08-18/OC3F206KLVR01> (2016年10月13日最終閲覧)

CoinDesk 2015年3月18日 “Dark Market Evolution Vanishes With \$12 Million in Bitcoin”

<http://www.coindesk.com/dark-market-evolution-vanishes-with-12-million-in-bitcoin/> (2017年1月4日最終閲覧)

Ethereum <https://www.ethereum.org> (2016年11月9日最終閲覧)

Ethereum Classic <https://ethereumclassic.github.io> (2016年12月28日最終閲覧)

Popper, Nathaniel. (2015) " Digital Gold: Bitcoin and the Inside Story of the Misfits and Millionaires Trying to Reinvent Money" Harper ポッパー・ナサニエル (土方奈美訳) (2016) 『デジタル・ゴールド ビットコイン、その知られざる物語』日本経済新聞出版社, p.110, pp.319-325, p.339

イトの閉鎖のような社会的には良いニュースも含まれる）はビットコインの価格を下落させる。これは以下の図3-2のビットコインの対ドル換算の価格チャート（2017年1月13日現在）と比較しても明らかであり、少なくとも現在までは程度の差はあれほとんど連動しているとも言えるだろう。



次に自由貨幣に関する年表は、以下の表3-3の通りである。

表3-3 自由貨幣年表

年	出来事
1862年	ドイツ帝国のマルメディ郡のサン・ビド（現在はベルギー領）でGesell誕生
1890年～1900年	この間に6冊の著作 ⁶⁰ を発表し、この中で「鑄びる銀行券」のアイデアを提示
1914年	『自然的経済秩序』を発表
1931年	シュヴァーネンキルヘンで「ヴェーラ」の発行開始

⁶⁰ 『社会国家に架橋するものとしての貨幣制度の改革』、『事態の本質—貨幣改革論続編—』、『貨幣の国営化』、『アルゼンチンの通貨制度』、『現代交通の必要に合致する貨幣とその管理』、『チリとアルゼンチンの衝突の経済的基礎』の6冊の著作である。（相田（2014），p.43）

1931年11月	ヴェーラの発行終了（帝国銀行の禁止により）
1932年	ヴェルグルの「労働証明書」の発行開始
1932年	アメリカのアイオワ州ハーデンで自由貨幣発行開始（その後、カンザス州やアイオワ州議会でも導入検討）
1933年	労働証明書発行終了（裁判に中央銀行が勝訴したため）
1933年	ニューディール政策開始によりアメリカでの自由貨幣の試みが終了
1934年	ヴィア経済リング（ヴィア銀行の前身）設立
1936年	カナダのアルバータ州で繁栄証券が自由貨幣の形で発行
1938年	ヴィア経済リングにより自由貨幣発行開始
1948年	ヴィア経済リングによる自由貨幣発行終了
2003年～	ドイツでキームガウアー発行開始

出典：相田（2014），河邑（2011），廣田（2013）をもとに筆者作成

前章2.2でも述べたように、自由貨幣はおもに大恐慌にともなう深刻な経済危機とともに複数の地域で急速に実践が進んだが、それ以降の規制によって発行および流通を中止せざるを得なくなるという事例が多かった。

上記の年表とともに両者の歴史的背景を鑑みるに、以下の4つの類似点が考えられよう。

1. 政治もしくは経済的不安によって既存の通貨の信頼性が揺らいだときの選択肢として注目を浴びる。
2. 小規模なコミュニティで支払いが受け付けられはじめる。
3. おもに短期的な所有および交換・支払いのために利用される。
4. 規制により非常に大きな影響を受ける。

また相違点としては以下の2つの点が挙げられよう。

1. ビットコインは国境を越えた利用が可能であり、そのために世界中の出来事やその報道の影響が価格に大きく反映されやすい。
2. 仮想通貨には機能的および技術的に幅広い拡張性があり、年を経るごとに技術的に改良さ

れたものが考案、発行されている。

次節では、上記類似点および相違点を考慮しつつ、貨幣の3つの機能面およびGesellの提示する3つの観点に、独自に3つの観点を加えた合計9つの観点からビットコインと自由貨幣の比較をおこなう。

3.2 9つの観点からの比較

本節の最初に比較をおこなう観点について説明する。比較をおこなうのは、機能面からの比較として「交換・支払い機能」、「価値尺度機能」、「価値貯蔵機能」、性質面からの比較として「確実性」、「迅速性」、「低廉性」、「拡張性」、「管理者の有無」、「使用可能範囲」の合計9つの観点からである。以下ではまず性質面の観点の定義を順におこない、その後それぞれの観点からの比較に移る。なお確実性、迅速性、低廉性の定義についてはGesellに従い、拡張性、使用可能範囲については以下で説明する筆者による定義に沿って比較をおこなっていく。

Gesell (1920) によれば「商品交換の確実性、迅速性、低廉性こそが、われわれが貨幣に求めるもので…それらをどの程度実現できるのかが、貨幣の品質の良し悪しを決める試金石になる。」(傍点は著者)⁶¹ここで、それぞれの判定基準に関して、Gesell (1920) の基準に従えば、確実性は「交換が販売不振、恐慌そして失業といった現象を引き起こさずに遂行されるのかどうかによって、判定される。」また、迅速性は「商品ストック量の減少、商人や店舗の数の減少ならびにそれに反比例するかたちでの消費者の〔消費財〕貯蔵ストック量の増加によって、判定される。」そして、低廉性は「生産者価格と消費者価格との差額が僅少になることによって、判定される。(この場合、財の輸送に関係するすべての費用は生産者価格に含められる。)」⁶²

拡張性は「当該アイデアを下地として、その他の改良された通貨⁶³の発行や送金、決済システムの構築をおこなうことができるか否か」について評価する。

⁶¹ Gesell (1920) , p.411

⁶² 確実性、迅速性、低廉性の判定基準については、Gesell (1920) , pp.412-413 より引用。

⁶³ ここではおもに Ethereum や Ripple などの活用事例を想定している。

管理者の有無は「当該通貨の発行や流通、使用にあたって問題がおこったときに管理をおこなう者がいるか」について評価する。

使用可能範囲は、「当該通貨が使用および流通可能である範囲」について評価する。

9つの観点からの比較をおこなった表は以下の通りである。なお、以下の表3-4において○は「ある」、△は「条件付きである」、×は「ない」を意味している。

表3-4

	ビットコイン	自由貨幣
交換・支払い機能	○	○
価値尺度機能	△	△
価値貯蔵機能	△	×
確実性	○	○
迅速性	△	○
低廉性	○	○
拡張性	○	×
管理者の有無	無	有
使用可能範囲	国際送金でも使用可能。ただし店舗やECサイトなどにおいて支払いを受け付けている場所は限定的。	地域での使用に限定される。ただし地域コミュニティ内で支払いを受け付けている場所は多い。

出典：筆者作成

貨幣の3つの機能に関しては、Castronova (2014) の見方が参考になるだろう。まず交換・支払い機能については使いやすさ、運びやすさ、分割しやすさについて仮想通貨は優れていると指摘しており、偽造や詐欺の危険性といった問題点に関しても既存の貨幣と同程度とし

ている。⁶⁴また、ビットコインと自由貨幣の両方とも少なくとも流通している地域および支払い可能な店舗において、という前提条件の中であれば基本的には受け入れ可能であるため、交換・支払い機能はあると見てよいだろう。また、ビットコインのこの機能は支払い可能な場が徐々に整備されており拡大しているため、この機能は今後も強化されていく可能性が高い。

価値尺度機能は、両方ともに条件付きである場合があるとみなせるだろう。この点について Castronova (2014) は、「よい価値の尺度は、さまざまな地域と文化を通じて安定的な価値を保っている」⁶⁵としている。その点において仮想通貨の単位調整の容易さを評価もしているが、国家通貨と比較して「民間の通貨は孤立性がより高いので、価値を表す機能は相対的に劣る」⁶⁶とも述べている。またビットコインは現状では価格の乱高下が見られ、また支払いをおこなう場合に使える場所が限られているため、安定的に財の価値をはかることができる状態には至っていないことも合わせて考えると、価値尺度は限定的であると言える。自由貨幣は流通が地域的であることもあり、減価はするが発行価格自体は一定なので、価値尺度は流通地域の中ではあるとみて良いだろう。しかしこちらも同様に使える場所は限られるため、安定的に財の価値をはかれていたとは言い難い。

そして価値貯蔵機能に関しては、価値尺度機能と同様にビットコインは価格の乱高下があるという性質から、投機的に、もしくは送金や決済のために短期的に保有される場合が多く、価値貯蔵機能が完全にあるとは言い難い。それに加えて Castronova (2014) が指摘するように「技術とノウハウの観点からは、価値の貯蔵手段としては国家の裏づけのある貨幣のほうに分がある。」⁶⁷ただし短期的に見ればまったくないわけではないことには注意が必要であろう。自由貨幣についてはそもそも価値を貯蔵するという点には重きを置いておらず、価格が減価していくという性質上、基本的にはないと見てよい。そして両者を送金システムとして比較したとき、後述するようにこの機能についてはない方が優れているとも言える。

⁶⁴ Castronova, Edward. (2014) "Wildcat Currency: How the Virtual Money Revolution Is Transforming the Economy" Yale University Press カストロノヴァ・エドワード (伊能早苗, 山本章子訳) (2014) 『「仮想通貨」の衝撃』KADOKAWA, pp.155-160

⁶⁵ Castronova (2014) , p.160

⁶⁶ Castronova (2014) , p.161

⁶⁷ Castronova (2014) , p.165

次にGesellの提示する3つの観点からの比較である。ただし自由貨幣については、Gesell (1920) が詳しくこの3つの観点について優れている点を述べているため、そちらを参照されたい。そのため、ここではビットコインについてのみ当該観点から検討を加えるに留める。

まず確実性については、ビットコインについてはあるとみなしてよいと考えられる。そもそもビットコイン自体の受け入れ範囲は限定的で、なおかつ現状では能動的にマイニングや他のビットコインユーザーからの譲渡などを受けない限り、通常の生活の範囲での利用をおこなうことは少ない。そのため「交換が販売不振、恐慌そして失業といった現象」ともなうことは考えにくい。

迅速性については、自由貨幣においてはコミュニティ内での活発な利用がおこなわれるため迅速性があると考えられる一方で、ビットコインはまだ交換・支払いの受け入れ場所が少なく、ユーザーの利用も投機的利用が多くなりがちであるため、「商品ストック量の減少、商人や店舗の数の減少ならびにそれに反比例するかたちでの消費者の〔消費財〕貯蔵ストック量の増加」に寄与しているとは言い難い。ただし、今後支払い用途での利用が進んでいけばあると判断できる。

低廉性については、ビットコインはあると考えられる。そもそもビットコインだけでなく仮想通貨が送金用途で利用される場合、主要なメリットのひとつとして国際送金の手数料の減少が挙げられる。このとき消費者価格は手数料のぶんだけ減少するため、それにともなって「生産者価格と消費者価格との差額が僅少になる」状態が実現する。

拡張性については、ビットコインはブロックチェーン技術をベースにして機能的拡張および改良を進めていくことが可能である。これはおもに今後規制が進んでいったときに、通貨よりもより送金システムとしての性格を強めていくにあたって際立ってくる点である。この点に関して、自由貨幣はあくまで通貨としての利用に限られ、形式も限定されていたため規制とともに利用しないという選択肢を取らざるを得なくなった。ビットコインはこの点で自由貨幣よりも優れている。

管理者の有無は、Peer-to-Peerネットワークを軸としている非中央集権型の仮想通貨であるビットコインには、当然管理者はいない。そのため、例えばトラブルが起こったときやハッキングなどの被害にあった場合にどの方法で対処するかの場合が困難である。この点については、例えばEthereumのThe DAO Attack事件の事例での対応にあたっての合意が困難で最終的

には分派であるEthereum Classicを生み出したことを見ても明らかだろう。ビットコインでも同様の問題が起こる可能性はあり得る。⁶⁸また岩井（2016）は、ビッグブラザーの不在によるビットコインの価値の不安定さを指摘している。⁶⁹この点に関して、地域が主導して発行した自由貨幣のアイデアをもとにしたヴェーラや労働証明書などの地域通貨は管理者がいたため、こういった問題は起こらなかった。

利用可能範囲は表3-4内の記述の通り、ビットコインは国境を越えた送金に利用可能であるが、支払い受付の範囲が限定的である。一方で自由貨幣は使用可能地域こそ限定的ではあるが、使用を決定した地域内のコミュニティでは基本的には支払いを受け付けられるという特徴がある。

以上が合計9つの観点からビットコインと自由貨幣をおこなった結果である。上記の比較からわかることは、ビットコインは自由貨幣の持っていた難点を一定程度克服したと言える。しかしながら、それらはビットコイン、そして仮想通貨を通貨という存在としてよりも送金システムへと導いていると解することができる。では、それは具体的にどうしてなのかについて、次節で検討していく。

3.3 比較から見る仮想通貨の利点と欠点

前節での比較を鑑みるに、ビットコインは以下の点で自由貨幣の持っていた欠点を克服している。それはつまり、拡張性、使用可能範囲の2点においてである。

Sehgal（2015）がビットコインに関する論争に対して「ビットコインを通貨としてばかり取り上げ、テクノロジーの側面に目を向けていない」（傍点は著者）⁷⁰ことを指摘しているように、技術的な部分は貨幣としての議論では見逃されがちであるが、仮想通貨の議論においては

⁶⁸ なお、例えば Mt.Gox の事例はシステム自体ではなく取引所の問題であるため、管理者の不在の問題とは関連しない。

⁶⁹ 岩井克人（2016）「岩井克人のビットコイン論」『WIRED』Vol.25, pp.50-51

⁷⁰ Sehgal, Kabir. (2015) "COINED: The Rich Life of Money and How Its History Has Shaped us" Grand Central Publishing, New York セガール・カビール（小坂恵理訳）（2016）『貨幣の「新」世界史 ハンムラビ法典からビットコインまで』早川書房, p.247

非常に重要なポイントであり、特にさまざまな形で拡張および改良の自由度が高いという点でビットコインは今までに類を見ない貨幣である。

自由貨幣は、紙幣にスタンプを一定期間ごとに貼り減価していくという形式に規定されることで、あくまで貨幣であるということからは逃れられなかった。しかし、ビットコインはそうではない。中核にあるブロックチェーン技術の活用可能性の幅広さから、さまざまな形へと派生させることができる。このことは、規制によって利用が中止されることなく、社会のあり方や利用者のニーズに合わせて柔軟に利用方法をカスタマイズしていくことを可能にしている。このことはビットコインが貨幣としてだけでなく、その特性を最大限活かすことができる利用方法へと移行することができ、その大きな可能性のひとつとしては、従来の方法よりも手数料が低い国際送金システムが挙げられる。以下ではさらにこの方向性での利用可能性について検討していく。

次に使用可能範囲であるが、この点についてはネットワーク効果の強さに関して違いがある。自由貨幣はその性質上地域通貨であることから逃れられなかった。そのためネットワーク効果によって当該コミュニティの外での使用や両替といったことは、活発にはおこなわれない。またそのために規制の影響を強く受けることとなり、その成果は大きかったにも関わらず結果的に規制によって利用は中断された。一方ビットコインは、国境を越え世界中で利用が可能であるため、必然的に保有者数が多くなるためネットワーク効果が強く、軽々に規制によって利用を中断させることはできない。

ビットコインのネットワーク効果の重要性については野口（2014）も指摘しており⁷¹、ネットワーク効果が働けば利用者の増加とともに利便性が向上するため、利用の拡大には重要である。そして世界的に利用者が増加していけば、それとともに国際送金システムとして扱う場合の利便性も高くなるであろう。だが世界的に利用であることは、結果的に世界中の政治および経済的状況やそのニュースによる影響を強く受ける原因となり、以下で述べるような価値貯蔵機能の帰結として発生している投機的需要の拡大にも寄与している。

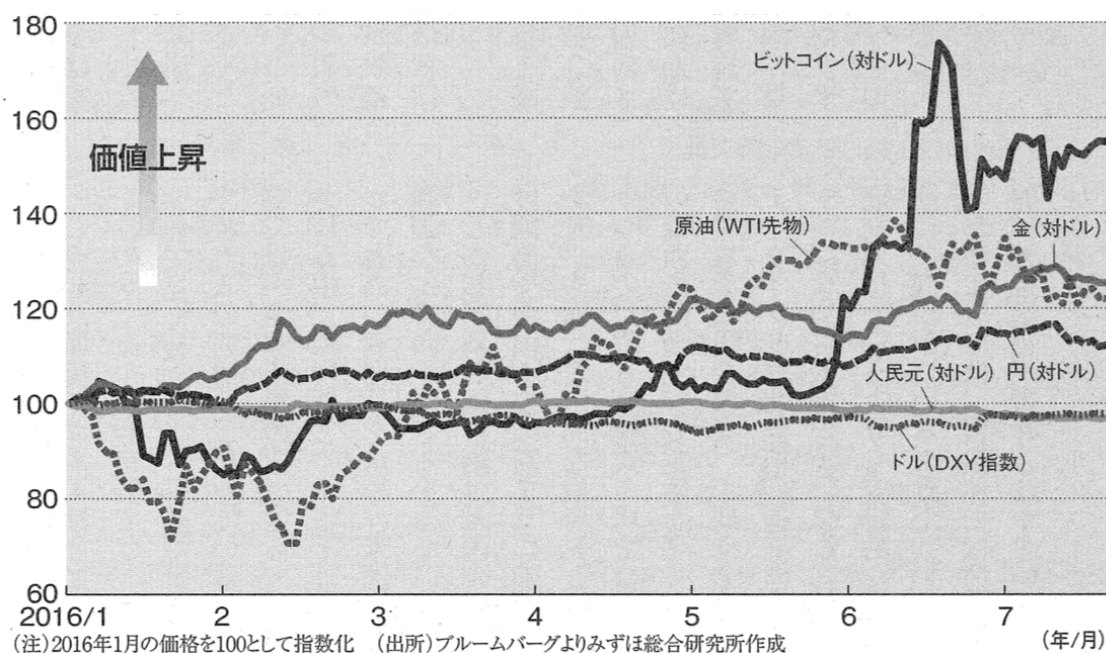
次に自由貨幣と比較したときに見えてくる送金システムとしての欠点について検討していく。自由貨幣と比べた欠点は価値貯蔵機能、迅速性、管理者の不在の3つの点である。まず価値貯蔵機能に関しては、そもそも自由貨幣はそのシステムを見てもわかるように、価値の貯蔵

⁷¹ 野口（2014）, p.132

という点については重きを置いておらず、上述したようにむしろ、交換と価値の貯蔵機能を分離することを指向している。ビットコインはその点で価値貯蔵機能があるとも言え、この点は一見利点であるようにも見えるが、価格の上下の激しさから投機的需要へと繋がるため、送金システムとしては改良すべき部分である。⁷²

また迅速性についても、ビットコインの投機的需要によって自由貨幣と比べ劣る状況となっ
てしまっている。この傾向は、以下のBrexit時の価値上昇の幅を示した図3-5を見るとわかる
ように金や原油よりも上昇率が大きい現状を見るに、今後ますます加速していくと考えられ
る。

図3-5



出典：長谷川（2016），p.81

管理者の不在についても、通常時は従来の通貨からの独立性が保たれ利点であるとも言える
が、なんらかのトラブルが起こったときにシステムが成り立たなくなってしまう可能性がある
ため、そういったときには欠点として浮上してくるであろう。

⁷² 投機的需要抑制のための改良可能性については、3.4で詳述する。

仮想通貨は名称から受けるイメージや現在の利用用途から通貨として扱われがちであるが、上記の利点と欠点を鑑みるに、通貨としてよりもむしろ低コストで国際送金をおこなう手段としてとらえた方がその特性を最大限に活かせると考えられる。また後述するように仮想通貨の今後のあり方としては、通貨という形は考えにくい。⁷³その場合、言葉の持つイメージから活用を考えていては必然的に利用用途も狭まることになるため、技術革新のスピードも遅くなる。

また宿輪（2015a）によれば、「通貨における電子化について見てみると、実は銀行間のダイレクトディーリングシステムや電子ブローキングなど、取引の電子化はすでにほぼ完了している。あと残るは決済インフラだけである。」⁷⁴上記の欠点を可能な限り克服して、送金や決済システムに特化した形となれば、この部分で仮想通貨の利用が今後広がっていく可能性があるのではないだろうか。

このことについては、野口（2014）もケニアのएमペサの事例を引用しつつ指摘しており⁷⁵、報道でも着目されているようなएमペサ自体の有用性⁷⁶もさることながら、仮想通貨と国際送金の相性のよさがうかがえる。しかしながら、現状のように価格の乱高下が激しく投機の対象となっているままでは、その帰結として交換や支払い用途にビットコインを使用するという利用者は限られてくる。この事態を解決するのにGesellのアイデアが有用であることを、次節で説明する。

3.4 仮想通貨の改良可能性

そもそもビットコインユーザーがビットコインを送金システムとして利用しているのかどうかについては、Glaser et al.（2014）が新規ユーザーはビットコインを財やサービスへの支払

⁷³ 仮想通貨の通貨としての利用の難しさについては、4.2 で法定通貨、統一通貨、地域通貨としての利用についてそれぞれ検討を加える。

⁷⁴ 宿輪純一（2015）『通貨経済学入門 第2版』日本経済新聞出版社, p.226

⁷⁵ 野口（2014）, pp.121-132

⁷⁶ 日本経済新聞 電子版 2013年7月7日「女性に起業の機会 ケニアのモバイル送金「एमペサ」 携帯電話会社のサファリコム、SMSを活用」

http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK0401R_U3A700C1000000/ （2016年10月13日最終閲覧）

いよりも投機的目的で資産として所持することを指摘している。⁷⁷そのため、そもそも安定的に交換や支払い、送金に使えるほどに価格が安定していないというのが現状である。このため、Gesellの言うところの迅速性がないと言える。

このことについて、岩井（2006）の電子貨幣についての見解を見てみると、

「そこには、貨幣とはそれ自体にモノとして価値があるから貨幣であるのではなく、また政府がそれを貨幣として使うことを強制するから貨幣であるのでもなく、たんにひとびとが貨幣として使うから貨幣なのであるという、貨幣のもっている純粋な形式性が純粋に浮き彫りにされている」⁷⁸

と述べられている。しかしながら、そもそも貨幣を貨幣として使用する需要ではなく投機目的に保有する需要が多いのであるならば、純粋に投機目的に使われると言えるのではないだろうか。その場合、今後仮想通貨が送金システムとして存在感を持っていくことが難しくなってしまう。

ここで、Gesellの自由貨幣の考え方が役に立つのではないだろうか。つまり、減価する仕組みをビットコインに組みこむことによって投機的需要を抑えるのである。岩村（2010）は貨幣自体に今まで金利が付けられなかったのはその煩雑さによると述べ、電子マネーによってそれが可能になったことに言及しており⁷⁹、減価の仕組みを取り入れることができるという可能性については、廣田（2011）によっても提案されている。⁸⁰そしてこの手段は価格の乱高下の調整に寄与すると考えられる点で、現状を鑑みるに有用な方法であると言える。

Wang（2014）のモデルから導き出される以下の主張を考慮に入れば、この方法は効果的であると考えられる。Wang（2014）によれば、「ビットコインの価格はもっぱら貯蓄される

⁷⁷ Glaser, Florian., Zimmermann, Kai., Haferkorn, Martin., Weber, Moritz. Christian., and Siering, Michael. (2014) "Bitcoin-Asset or Currency? Revealing Users' Hidden Intentions" ECIS.

<http://ssrn.com/abstract=2425247> (2016年10月13日ダウンロード), p.13

⁷⁸ 岩井克人（2006）『二十世紀の資本主義論』筑摩書房, pp.104-105

⁷⁹ 岩村充（2010）『貨幣進化論－「成長なき時代」の通貨システム』新潮社, p.290

⁸⁰ 廣田裕之（2011）『地域通貨入門－持続可能な社会を目指して（改訂新版）』アルテ, pp.72-73

ビットコインによって決定される。」（筆者訳）⁸¹しかしながら上述してきたように現状のビットコインでは投機的利用の多さから、いまだ価格は既存の通貨と比べて安定していない。これに対し減価によって投機的保有のメリットを下げ、決済時への短期的な保有に誘導することでビットコインは純粋に手数料の低い送金システムとして利用されていくことが考えられる。

このことは以下のようなより単純なモデルでも確認できる。Narayanan et al. (2016) によれば、 S =利用できるビットコインの総数（ただし「 S は、存在する通貨としてのビットコイン全体（現在は1500万で、将来的には2100万になる）から投資のために長期的に保持されているビットコインの数を引いた数に等しい」⁸²）から、 D =ビットコインが仲介のために流通から外れる時間とすると「平均で毎秒 S/D のビットコインが新たに利用できるようになる。…これが供給側である。」⁸³そして T =ビットコインが仲介した取引価値の合計（単位はドル/秒）、 P =ビットコインの価格（単位はドル）とすると、需要側は「仲介する取引は T ドル分であり、1ドル分の取引を仲介するために必要なビットコインは $1/S$ ビットコインである。そこで人々がしたいすべての取引のために必要な1秒あたりのビットコインの数は T/P である。」⁸⁴またここから供給と需要が一致しているとき、以下の式を得られるとしている。

$$S/D = T/P$$

さらにこれを変形して得られる以下のビットコインの価格についての式を導出している。

$$P = TD/S$$

またこの式においてビットコインの特性から D と S は変化しない⁸⁵という単純化の後、Narayanan et al. (2016) はこの式から「価格はドル建てで計算した仲介の需要に比例す

⁸¹ Wang, Joseph Chen-Yu. (2014) "A Simple Macroeconomic Model of Bitcoin"

<http://ssrn.com/abstract=2394024> (2016年10月13日ダウンロード), p.2

⁸² Narayanan, Arvind., Bonneau, Joseph., Felten, W. Edward., Miller, Andrew., Goldfeder, Steven. (2016) "Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction" Princeton University Press ナラヤナン・アーヴィンド, ボノー・ジョセフ, フェルテン・W・エドワード, ミラー・アンドリュー, ゴールドフェダー・スティーヴン (長尾高弘訳) (2016)『仮想通貨の教科書—ビットコインなどの仮想通貨が機能する仕組み』日経BP社, p.192

⁸³ Narayanan et al. (2016), p.192

⁸⁴ Narayanan et al. (2016), pp.192-193

⁸⁵ 変化するとしても「時間をかけてゆっくりと変化するだけである。」(Narayanan et al. (2016), p.193)

る」、「投資目的でビットコインを買う人が増えれば、 S は下がり、先ほどの式から考えれば、 P は上がる。…投資のための需要が上がれば、取引の仲介のために買うビットコインの値段も上がるだろう」⁸⁶という二点を指摘している。

以上からもわかるように、投機需要の調整はビットコインがより安価で利便性の高い送金手段となるためには必要であり、それは減価によってなし得ると考えられる。また減価の仕組みは投機目的で大規模にマイニングや長期保有をおこなっている保有者に対して有効な手段であると言え、長期的に見て価格を安定させることができるだろう。特に現在、中国においてビットコインが資産の逃避先としても需要が増大している。⁸⁷そして以下で述べるように土地および電力料金の安さからマイニングも盛んであり、結果ビットコインの安定性が脅かされる可能性がある。

岩村（2016）の指摘しているように「マイニングが少数のプールによって担われるという意味での寡占化が進むにつれ、個々のプールの戦略的行動によって、ビットコインのフェアなマイニングが脅かされるシナリオが意識され始めた」⁸⁸。この点に関して指摘しておかなければならないのが、特に中国のマイナーおよびマイニングプールの増加の問題である。愛敬

（2016）によれば土地や電力料金の安さによって中国のマイナーが増加しており、すでにマイナーの70から80%に及ぶとの試算もある。⁸⁹このような状況になると朝日新聞の報道においてビットバンクの広末紀之CEOが述べているように、「中国政府が採掘企業を結託させてネットワークを牛耳る」⁹⁰といったことも可能になる。一国内のマイナーやマイニングプールが過半数を占めている状態は51%問題との関連で問題になり、ビットコインのPoW自体の安定性を脅かすことになる。⁹¹

また直近でビットコインは2017年1月に、中国の資本規制強化にともなう人民元の高騰および中国人民銀行によるビットコイン取引所の検査と連動する形で価格の大幅な下落を経験し

⁸⁶ Narayanan et al. (2016), pp.193-194

⁸⁷ 日本経済新聞 2016年12月18日「ビットコイン取引最高 中国9割、個人が資産逃避」

⁸⁸ 岩村充（2016）『中央銀行が終わる日：ビットコインと通貨の未来』新潮社, p.132

⁸⁹ 愛敬（2016）, p.121

⁹⁰ 朝日新聞 2016年12月7日「けいざい+新話 仮想通貨が変わる1 中国「採掘」で存在感 ビットコイン取引網支配懸念も」

⁹¹ 実際に単独のマイニングプールが51%を上回るパワーに達しそうな事例としては、Ghash.ioが42%を占めた事例が挙げられる。CoinDesk 2014年1月9日 "Bitcoin Miners Ditch Ghash.io Pool Over Fears of 51% Attack" <http://www.coindesk.com/bitcoin-miners-ditch-ghash-io-pool-51-attack/> (2017年1月11日最終閲覧)

た。⁹²これは上述したように中国にマイナーおよび保有者が集まっているために生じた混乱で
あると考えられ、こういった事態の予防のため、大規模なマイニングおよび保有をおこなって
いる投機目的のマイナーからある程度のビットコインを市場へ流通させることができるという
点でも、減価の仕組みはシステム自体の安定性の維持に貢献すると言える。

ただしビットコインは発行開始が2009年とまだ歴史が浅く、特に最近のBrexitやインドの現
金不足、上述した中国の資本規制強化にともなう人民元の高騰と連動した価格の下落などと
もなって価格の乱高下がさらに激しくなっているため、減価による値動きの予測が困難であ
る。必要以上の減価は急速な価値の下落をとまなうことも予想されるため、慎重な決定が必要
である。そのためどの程度の減価率が適当なのかについては現状では決定することができず、
今後の研究課題であると言える。また減価によってシステムの安定性が損なわれてはならず、
送金時にエラーやなんらかの障害発生の原因とならないことも重要である。

現状では、ビットコインだけでなく仮想通貨は全体として、まだ政府、民間ともに対応が手
探り状態であり、送金システムへと移行していくとしても上述した投機需要の過熱以外にも解
決しなければならない課題は多数存在している。次の第4章4.1ではそれらの課題の中から、お
もに3つの課題について検討を加えつつ今後の展望を説明する。

⁹² 日本経済新聞 電子版 2017年1月6日「ビットコインが急落 人民元上昇で「パニック売り」」
http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ06H5P_W7A100C1000000/ (2017年1月6日最終閲
覧)

第4章 結論

4.1 今後の課題

上述してきたようにビットコインをはじめとした仮想通貨を確立した送金および決済システムとして扱うには、まだ全体的に未成熟な部分が多いように思われる。それは本論文がおもに指摘してきた価格の乱高下やそれに起因するもの以外にも、石橋（2016）が指摘するように、セキュリティ、法制度、そして経済的メリットの不明確さがある。⁹³以下では次節での送金システムとしての活用促進のための政策提言の準備のために、それら3つの課題について初めに検討を加える。

まずセキュリティ上の問題は、仮想通貨の利用にあたって生じる不安要素としては一番大きいものであると言える。実際、ビットコインやEthereumといった代表的な仮想通貨もハッキング被害によって多額の被害が出る事件を経験している。セキュリティ上の問題点は、通貨としてはもちろん、送金システムとしてもさまざまなリスクの原因になる。このことに関連して、宿輪（2015b）はMt.Goxの破綻について「オペレーショナル・リスク⁹⁴から、法的リスクが具現化した例ともいうことができる」⁹⁵と述べているように、他のリスクも連鎖的に引き起こすことになる。

実際に仮想通貨のセキュリティ上の問題点としてはどのようなものが考えられることとして、大別するとおもに以下の4つのような問題が考えられるだろう。

- ① 外部からの攻撃および盗難⁹⁶
- ② 取引所などの管理者による不正
- ③ 匿名性に関する問題
- ④ 秘密鍵の盗難・紛失

⁹³ 石橋貞男（2016）『現代の貨幣』白桃書房, p.137

⁹⁴ 「オペレーショナル・リスクとは、狭義には、事務ミスやコンピューター・システムの障害（トラブル）などによって決済ができなくなるリスク…より広義には、不正事件の発生や評判の低下、災害・テロなどによって決済不能が生じるリスク」として定義されている。（宿輪（2015b），p183）

⁹⁵ 宿輪純一（2015）『決済インフラ入門 ビットコイン、フィンテックから日銀ネット、外為決済リスクまで』東洋経済新報社, p.194

⁹⁶ これはおもに取引所や個々のプログラム（e.g. The DAO）に対しての攻撃やそれによる盗難を意味している。

外部からの攻撃によって盗難が起こった事例はいくつか存在し、ビットフィネックスやThe DAOが標的にされた。①の問題に対しては個々の取引所やプロジェクトごとにセキュリティ体制を整えるしかなく、脆弱性は予測不可能であることも多い。そのため、利用者側は各々で安全性の高いサービスを判断しなければならず、結果として偶然攻撃や盗難の被害を受けることになってしまう。またこの点は②についても同様であると言える。

③の匿名性に関しては、そもそも匿名性とは何かについてまず考えなければならない。まず Narayanan et al. (2016) のビットコインの匿名性についての解釈を引用する。

「匿名は、文字通りの意味では「名前を出さない」ということである。この定義をビットコインに適用すると2つの解釈が生まれる。実名を使わないやり取り（匿名）か、名前をまったく使わないやり取り（無名）かである…第1の解釈を使うなら、ビットコインは匿名だが、第2の解釈を使えば、無名ではない。」⁹⁷

またコンピュータ科学における匿名性とビットコインの匿名性について、「コンピュータ科学では、匿名とは偽名性と非連結性⁹⁸をあわせ持つもののことを言う。…ビットコインは偽名性を持つが、プライバシーの実現を目標とするなら、偽名性だけでは不十分である。」⁹⁹と述べている。

この点の理由に関しては、Meiklejohn et al. (2013) によってユーザーネットワークの可視化によりクラスタ同士の紐付けがおこなわれた図4-1を見るとよくわかる。Narayanan et al. (2016) は、上記研究を例に出しながら、同様に個人への紐付けの可能性を指摘している。またこのような取引グラフ分析以外にもネットワーク層¹⁰⁰による匿名性の除去の危険性¹⁰¹についても指摘されており、この点についても研究が進んでいる。¹⁰²

⁹⁷ Narayanan et al. (2016) , pp.246-247

⁹⁸ 非連結性については、「特定の敵ができることに関して定義される性質である。直感的に言えば、非連結性とは、利用者がシステムと反復的にやり取りするとき、問題の敵がそれら別々の取引を関連づけられないようにすること」と定義されている。(Narayanan et al. (2016) , p.247)

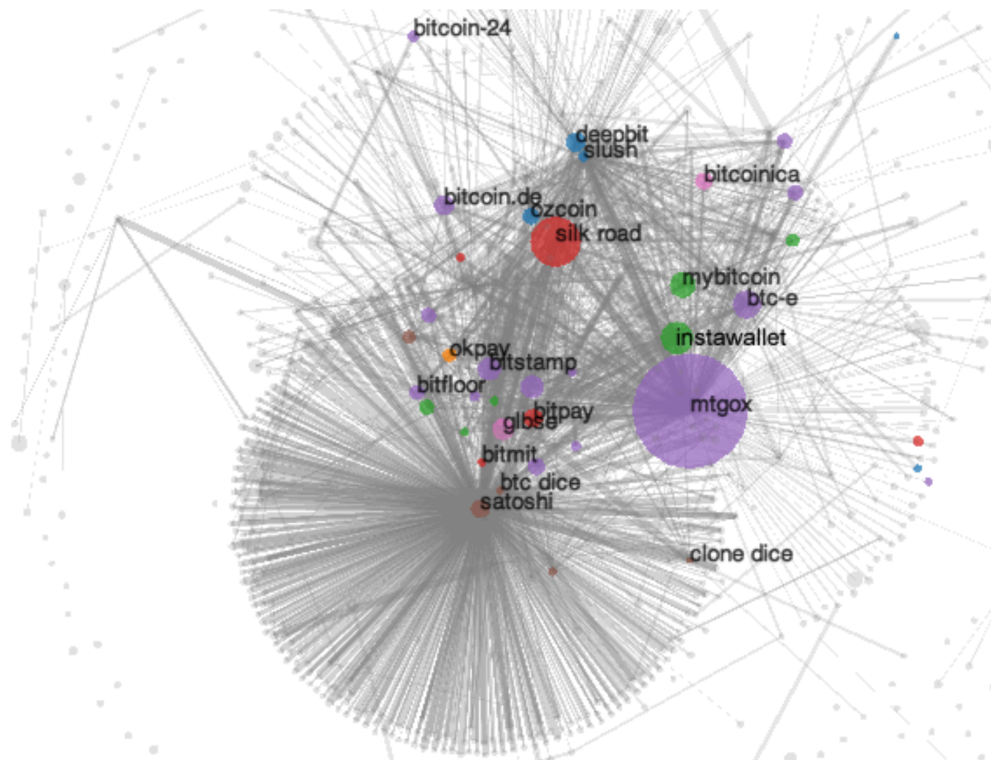
⁹⁹ Narayanan et al. (2016) , p.247

¹⁰⁰ 「ネットワークの用語では、ブロックチェーンはアプリケーション層と呼ばれ、ピアツーピアネットワークはネットワーク層と呼ばれる」と説明されている。(Narayanan et al. (2016) , p.262)

¹⁰¹ ただし、これは Tor によってある程度防ぐことが出来ることも指摘されている。(Narayanan et al. (2016) , pp.263-264)

¹⁰² Narayanan et al. (2016) , pp.262-263

図4-1



出典：Meiklejohn et al. (2013) , p.9

そして④の防止については、もっぱら個人の注意力およびセキュリティ意識にかかっており、個々人のセキュリティ意識の向上に期待するしかないと言えるだろう。そしてそういった意識の向上は、今後仮想通貨の活用が進むのと並行して進展していくことが考えられる。

こういったセキュリティ面での課題は、問題として顕在化すると法的問題や規制の強化として立ち現れてくる。法的問題はまだ事例の少なさから十分に議論を尽くせるわけではないが、仮想通貨が引き起こす可能性のある問題について考えることが法的リスクを考えることに繋がるだろう。またそれらの問題は、岡田、高橋、山崎（2015）が述べているようにまったく新しい問題というわけではなく、「1990年代において、電子マネーが流通性を有するに至った時にどのような問題が起きるのかを検討した際に考えられていた問題」¹⁰³であり、“Group of Ten - Electronic Money - Consumer protection, law enforcement, supervisory and cross border

¹⁰³ 岡田仁志，高橋郁夫，山崎重一郎（2015）『仮想通貨 技術・法律・制度』東洋経済新報，p.143

issues”¹⁰⁴（以下、G10電子マネー報告書）における検討が仮想通貨に関する問題の議論でも参考になる。以下でG10電子マネー報告書の内容を引用しながら考えられる問題について整理する。

G10電子マネー報告書においては、「消費者保護」、「法の執行」、「監督問題」「クロスボーダー問題」の4つの問題が挙げられている。この中でもまず、最も重要と考えられるのは消費者保護であろう。消費者保護に関しては「損失のリスク」¹⁰⁵、「希望する金額・時刻・場所では、完全な支払を行えないかもしれないリスク」、「情報が、消費者の同意なしに開示されたり、不正目的で流用されたり、その他消費者の利益に反して利用されるリスク」が挙げられている。

上記の消費者がさらされるリスクおよび消費者保護の問題は、現状いまだにセキュリティ面での不安を抱える仮想通貨においても議論および解決していかなければならない問題であると言える。実際『決済業務等の高度化に関するワーキンググループ報告～決済高度化に向けた戦略的取組み～』でも特に「利用者保護のための規制のあり方」として考察されている。¹⁰⁶仮想通貨への注目が増し利用者が増加するとともに消費者保護はますます重要になってくるだろう。そして、ニュースにともなうビットコインの価格変動を見てもわかるように、消費者保護に関して問題が生じたことでいたずらに価格の乱高下が起こるようなことがないようにするためにも重要度が高い問題であると言える。

消費者保護については、さらに実際に取引において問題が起こった場合についても問題が生じることにに関して、加えて言及しておかなければならないだろう。Mt.Gox事件に関してビットコインの返還請求訴訟の地裁判決において、ビットコイン自体への所有権は有体性および排他

¹⁰⁴ “Group of Ten - Electronic Money - Consumer protection, law enforcement, supervisory and cross border issues” (1997) <http://www.bis.org/publ/gten01.htm> (2016年12月26日ダウンロード) (和訳は「G10電子マネー報告書公表について」 1997年5月8日 http://www.boj.or.jp/announcements/release_1997/ron9705a.htm/ (2016年12月26日ダウンロード) による)

¹⁰⁵ G10 電子マネー報告書の説明によれば、「消費者のカードの盗難や、コンピュータ・ネットワークで伝送された電子メッセージの改竄・盗取などの、意図的行為」から発生するリスクや「紛失や損傷、操作ミスや誤作動のリスク」を損失のリスクとしている。

¹⁰⁶ 金融審議会 (2015)『決済業務等の高度化に関するワーキンググループ報告～決済高度化に向けた戦略的取組み～』 http://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20151222-2/01.pdf (2016年10月13日ダウンロード), pp29-30

的支配の実態がないことから否定された。¹⁰⁷しかし、堀（2016）や鈴木（2016）が述べているように債権の請求はおこなうことができ、法的保護がなされないという意味ではない。¹⁰⁸この点について、鈴木（2016）の判例の解説を引用すると

「ビットコイン自体の所有権が認められなくとも、本件のX（筆者注：原告）はY（筆者注：破産管財人）に対して様々な請求権を行使し得る…まだ取り扱いが不明確であるが、①管理委託していた本件ビットコインを現金換価した金員の支払請求をする可能性、②A（筆者注：Mt.Gox）との取引約款に基づく請求をする可能性、③管理懈怠を理由として不法行為に基づく損害賠償請求をする可能性などが考えられる。そのため、ビットコインに法的保護が及ぶことは疑いが無い。」¹⁰⁹

また、鈴木（2016）はさらにビットコインがペーパーウォレットの形で存在する場合についてその有体性から所有権が認められる可能性について言及しながら、Suicaなどの電子マネー、仮想空間上での生産物の例を考慮すると「果たして、有体性を厳格に理解し、関与者や電磁的記録の存否から支配可能性を判断するという枠組みには限界があるように思われる」¹¹⁰と述べ、「物」概念の再検討の必要性を提示している。消費者の保護を考える場合、このような面でも議論が必要である。

上記のように請求権を行使するにあたっては、約款がどのように定められているかが問題になる。¹¹¹堀（2016）によれば、「仮想通貨交換業者としては、利用者との法律関係をどのように整理するかについては、まさに私法上の契約内容によって決せられ、これは、利用約款等によって定まるものと考えられる」¹¹²と解されているため、今後利用約款等に関して仮想通貨交換業者がどのように定めていくのかにも注視しなくてはならない。

¹⁰⁷ 日本経済新聞 電子版 2015年8月6日「ビットコイン「所有権なし」 東京地裁、利用男性の請求棄却」http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG05H9S_W5A800C1000000/（2017年1月10日最終閲覧）

¹⁰⁸ 鈴木尊明（2016）「ビットコインを客体とする所有権の成立が否定された事例」『新・判例解説 Watch 民法（財産法）No.107』https://www.lawlibrary.jp/pdf/z18817009-00-031071316_tkc.pdf（2017年1月9日最終閲覧），p.2

堀天子（2016）『実務解説 資金決済法 [第2版]』商事法務，pp.340-341

¹⁰⁹ 鈴木（2016），p.2

¹¹⁰ 鈴木（2016），p.4

¹¹¹ 利用約款の具体的な記載例は、堀（2016），pp.335-340を参照されたい。

¹¹² 堀（2016），p.341

法の執行に関しては、二つの問題が挙げられている。すなわち「マネー・ロンダリング、脱税、不法ギャンブルといった犯罪活動に関連して決済システムが悪用される場合」および「偽造、詐欺、あるいはシステムの破壊」がおこなわれる場合の問題である。これらは仮想通貨においてもまさに問題となってきたところであり、シルクロード事件やMt.Gox事件といった実例が現状すでに存在している。ただし犯罪活動に関しては、Lenz（2014）が指摘しているように公開されているブロックチェーンの記録を警察が使用できることから、むしろ現金よりも情報の追跡が容易であるという利点もある。¹¹³

監督問題は、発行者および監督者の存在する電子マネーの場合に問題になり得るが、ビットコインをはじめとしたPeer-to-Peerネットワークを前提とした管理者のいない仮想通貨においては、岡田、高橋、山崎（2015）の言うようにこのリスク自体は問題とは言えないと解される。¹¹⁴

クロスボーダー問題については「電子マネー・スキームの国際的展開が、各国の消費者、法執行、監督上の政策目的の効果的な実施と執行について、追加的な問題を惹起するかどうか」と「国毎の法律や政策アプローチの相違が、生れつつある新しい電子マネーの発展に与える影響」について論じられている。電子マネーの場合は発行者や管理者の存在する関係上、仮想通貨よりは問題としての重要度は低かったが、管理者がおらず国際送金での利用も多い仮想通貨においては、規制においても活用においても、より重要な問題となってくるであろうことが予想される。

では、実際に日本における仮想通貨と規制の関係性はどのようなになっているのかと言えば、石川、白根、飯島（2016）によると、金融規制の関係性においては「仮想通貨を「資金移動」、「決済」、「融資」のどの用途で利用するか」¹¹⁵によって異なると説明している。以下では石川、白根、飯島（2016）の解釈を引用しながらそれぞれの用途での利用に関しての法的扱いについて説明する。

¹¹³ Lenz, Karl Friedrich. (2014) 「Bitcoin 規制の 10 年後」『青山法務研究論集』第 9 号
<https://www.agulin.aoyama.ac.jp/opac/repository/1000/16997/16997.pdf> （2017 年 1 月 4 日最終閲覧），p.39

¹¹⁴ 岡田、高橋、山崎（2015），pp.146-147

¹¹⁵ 増島雅和，堀天子編 石川貴教，白根央，飯島隆博（2016）『Fintechの法律』日経BP社，p.136

まず資金移動の場合は、外国為替及び外国貿易法上の支払い手段には指定されておらず一定額での換金が保証されているわけではないため、ただちに為替取引の定義に該当するわけではないとされるが、「金銭を預かり、仮想通貨に交換したうえで海外にある自社の拠点や提携会社で換金し、それをもって仮想通貨での資金移動を達成しようとする場合は、為替取引に該当する可能性がある」。¹¹⁶

決済手段としては、「仮想通貨をそのまま送付する場合には、仮想通貨は為替取引の「資金」には該当せず、これを移動する仕組みを構築したとしても。現在のところ、為替取引には該当しない」¹¹⁷と解されている。

融資に関しては、仮想通貨が金銭ではないことから貸金業法上の貸し付けの契約にはあたらないとされるが、交換所では法定通貨との交換可能であるため、「仮想通貨を貸し付けるという形式を取りつつ、その目的が金銭の交付に主業者」¹¹⁸については、貸金業者と評価される可能性が指摘されている。

最後に経済的メリットという点でもまだ不明瞭な点が多い。この点に関しては、例えば開発コストや維持コストなどといった点もちろん挙げられるが、それ以上に石橋（2016）の主張するように「この点は、現実の経済に大きな変革をもたらす電子マネーの影響として分析されねばならない」¹¹⁹だろう。例えば小川（2016）の指摘するように、国際金融のトリレンマとの関係は検討しなければならない要素として挙げられる。「財政政策に十分な効果を求めるには、（ビットコインには馴染まない）¹²⁰国際的な資本移動の制限が求められ」¹²¹るのであり、故にビットコインは法定通貨として採用ことは望ましくないとされている。仮想通貨の取引量の増大および仮想通貨を利用した取引量の増加とともに、上記のように経済的メリットの議論においては政策との兼ね合いの検討も必要になってくると考えられる。

¹¹⁶ 石川、白根、飯島（2016）, p.136

¹¹⁷ 石川、白根、飯島（2016）, p.137

¹¹⁸ 石川、白根、飯島（2016）, p.138

¹¹⁹ 石橋（2016）, p.137

¹²⁰ ビットコインには馴染まない理由としてキプロス危機やギリシャ危機を挙げながら、「ビットコインは国際的な資本移動の制限に対抗して普及してきた経緯があるため」としている。（小川（2016）, p.38）

¹²¹ 小川健（2016）「学部生の国際金融の教科書にも書ける、ビットコインを法定通貨にすべきでない理由」『専修大学社会科学研究所月報』633号 <http://id.nii.ac.jp/1015/00009790/>（2016年10月13日ダウンロード）, pp.42-43

仮想通貨およびその中核の技術であるブロックチェーンはまだ本格的に活用が始まってから歴史が浅く、上述してきたようにセキュリティ面でも法的面でも、そして経済的メリットという面でも不明瞭なところが多く残されており、これは今後の動向を注視しながら議論を進めていくしかない。それでも社会に与える影響は大きいと考えられるため、あり得る可能性を予測しながら適切な活用や規制のために政策的議論を深化させていくことも必須である。上述してきた課題についての議論の優先度は高く、岡田（2015）が述べているように仮想通貨に関して「今、問題とすべきなのは、仮想通貨そのものの仕組みや技術的な課題ではなく、…取引所の技術的課題や、それらを管理する制度」¹²²であるとも言える。

次節では最後に、今後の仮想通貨のあり方として、本研究での検討を通して考えられる送金システムとしての利用およびその他の応用可能性を考慮したうえでの政策提言をおこなう。

4.2 政策提言

今までみてきたように、ビットコインをはじめとした仮想通貨は、特にブロックチェーンなど従来では考えられなかった技術的新規性を持っている。そしてそのために、今後のあり方を予測することは難しい。しかしながら、規制のためにも効果的な活用のためにも、仮想通貨の進んでいく方向性を可能な限り予測することは必須である。本研究では、最後に仮想通貨のあり方の可能性として

1. 法定通貨
2. 統一通貨
3. 地域通貨
4. 送金システム

の4つについて検討をおこない、まず「1. 法定通貨」、「2. 統一通貨」、「3. 地域通貨」としてのあり方は適していないと考えられることについて述べる。そして、本論文で主張してきたように望ましい方向性は「4. 送金システム」としての有効活用であるが、そのためには今後どのような政策や規制、技術的進展が必要なのかについて検討していく。

¹²² 岡田（2015），p.4

まずは法定通貨としてであるが、例えばHayek（1977）の主張するように「政府が貨幣発行権を独占するということについて、歴史的正当性はない」¹²³と解することもでき、その意味では技術の進展とともに通貨が徐々に自由発行された仮想通貨に移行していく可能性もまったく考えられないというわけではないし、実際仮想通貨とHayekの貨幣の脱国営化の思想を結びつける見方も多い。

しかしながら、自由貨幣の歴史を鑑みても自由発行貨幣は規制によって容易に使用を中止せざるを得ない状況に追い込まれる。また今よりもさらに従来の法定通貨に取って代わる状況が進行したとしても、既存の通貨に完全に取って代わるのは難しい。これは特に利用になれている既存の通貨の方が心理的に安心感があるために切り替えられにくいという点で、スイッチングコストの問題も関係する。またLuther（2013）が、通貨の移行は「政府のサポート」¹²⁴か「ハイパーインフレーション」¹²⁵もしくはその両方が組み合わさった事例が歴史的に成功していることを、近年の実例を挙げながら指摘している。¹²⁶少なくともビットコインのような現状存在する仮想通貨に政府のサポートを得て移行することは考えにくく、現状ではハイパーインフレーションによって通貨を移行する選択肢として仮想通貨が選ばれることも同様に考えにくい。また上述した小川（2016）の主張も合わせて考えると、法定通貨として用いられていくことはないと考えられる。

次に統一通貨としてのあり方についてであるが、まず柳田（2015）は「国境を超える統一貨幣が流通している貨幣共同体においては、貨幣が流通している地域において集合的アイデンティティのいっそうの醸成を促し、共通の防衛・安全保障政策をもつ運命共同体である国家群へと発展していく」¹²⁷と述べている。仮想通貨は国境を超えた利用の容易さから統一通貨として優れているようにも見えるが、集合的アイデンティティの醸成がなされないであろう点や開発および維持コスト、シニョレッジの配分、政治的調整の困難さといった問題点も存在している

¹²³ Hayek F.A.（1977）「自由市場にもとづいた貨幣制度の構築に向けて」 Hayek F.A.（池田幸弘，西部忠訳）（2012）『ハリエク全集 第Ⅱ期第2巻 貨幣論集』春秋社，p.34

¹²⁴ 政府のサポートによる成功事例としては、2011年7月の南スーダンポンドおよび1994年10月のソマリランドシリングの事例が挙げられている。（Luther（2013），p.34）

¹²⁵ ハイパーインフレーションによる成功事例としては、2000年のエクアドルのドルへの通貨移行の事例が挙げられている。（Luther（2013），p.36）

¹²⁶ Luther, William J.（2013）"Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Costs" Mercatus Center Working Paper No. 13-17. <http://ssrn.com/abstract=2295134>（2016年10月13日ダウンロード），pp.34-36

¹²⁷ 柳田辰雄（2015）『貨幣ゲームの政治経済学』東信堂，p.10

ため、統一通貨としての利用には適していない。例えば統一通貨については柳田（2015）の提示するような「東アジア共同通貨」¹²⁸といったより適した形があるが、もしこれが実現した場合でも一定程度の電子化が進むにとどまるだろう。

しかし、自由発行貨幣として法定通貨や統一通貨以外の形で使われる場合、例えばよりミクロの範囲で、つまり自由貨幣のように地域通貨として使われる可能性もあり得る。また他にも会社内通貨のような形での利用も考えられる。この二つの可能性について、日本国内での事例は朝日新聞の報道によれば以下のようなものがある。地域通貨としては福島県内のイベントで東京大学と会津大学、ベンチャー企業のソラミツによっておこなわれた「萌貨」の実験、静岡銀行やマネックスグループが静岡県富士市の商店街でおこなったブロックチェーンを用いたクーポンサービスがあり、会社内通貨においては山陰合同銀行の「GOGIN COIN」やカブドットコム証券の「ooiri」などの活用事例が見られる。¹²⁹

地域通貨のタイプについて、森野（2014）が区分しているように「いまある地域通貨のタイプは大きくわけて紙券型¹³⁰と口座変動型¹³¹があるが、後者は電子化も始まっている。」¹³²そして上述した地域通貨や社内通貨の実験は紙券型の電子化の試みであるとみなすことができ、ある程度まとまった予算が使用でき技術力を持った大学や企業が参加する実験段階では一定の成功を見ると考えられる。だが、実際に地域コミュニティレベルで長期的な発行および流通をおこなう場合、短期的には開発コスト、長期的には維持コストが問題になる。この点で地域通貨としての大規模な活用が拡大していくことは、現時点では考えにくい。¹³³

最後に本論文で主張してきた送金システムとしてのあり方についてである。この点については本論文内で上述してきたように、仮想通貨は将来的には送金システムとして国際的に低コストで送金を可能にするという方向で発展していくことがその特性には適合している。またそのためには、政策的にも技術の活用を誘導していく必要がある。そして以下では最後に、送金シ

¹²⁸ 柳田（2015），p.195

¹²⁹ 朝日新聞 2016年12月14日「けいざい+新話 仮想通貨が変える4 地域や社内活性化に一役」

¹³⁰ 紙券型地域通貨は「人の信用のみに基づいて運営団体によって発券され、参加会員がこれを決済手段として受け入れる。」（森野（2014），p.249）

¹³¹ 口座変動型地域通貨は「通常、Lets（英国など）とか交換リング（ドイツ）、sel（フランス）などと呼ばれるが、多角間でバーター取引の決済を行うクラブ制の地域交易システムであるのが特色である。」（森野（2014），p.249）

¹³² 森野榮一（2014）『自立経済と貨幣改革論の視点』ぱる出版，p.249

¹³³ 今後開発および維持コストが低廉化していった場合には、この方針での活用も拡大していく可能性がある。

システムとしてのあり方へと向かっていくために考慮が必要であろう改正資金決済法¹³⁴や技術的課題との関連を中心に議論を進めていく。

現状では政策的にも送金システムを軸とした仮想通貨のあり方は考えられていないように思われる。そもそも、岡田、高橋、山崎（2015）が区分しているように、決済手段は「決済手段」（現金や預金）と「決済方法」（小切手、振込など）にわけられる。¹³⁵この区分に基づく仮想通貨は現状では決済手段として取り扱われることが多い。だが、今までの議論で仮想通貨は決済方法としての性格を強めるべきであることも明らかにしてきた。確かにEUにおいて欧州司法裁判所がビットコインの交換に付加価値税を非課税とする決定を下した¹³⁶のと同じように、日本においてもビットコインの購入時に消費財を非課税とする予定であること¹³⁷によって非課税のぶん、より低コストでの送金が可能になる。この点は送金や決済方法としての利用にとって追い風と見ていいだろう。しかしその一方で、改正資金決済法第2条5項における仮想通貨の定義は以下のようになっている。

「この法律において「仮想通貨」とは、次に掲げるものをいう。

- 一 物品を購入し、若しくは借り受け、又は役務の提供を受ける場合に、これらの代価の弁済のために不特定の者に対して使用することができ、かつ、不特定の者を相手方として購入及び売却を行うことができる財産的価値（電子機器その他の物に電子的方法により記録されているものに限り、本邦通貨及び外国通貨並びに通貨建資産を除く。次号において同じ。）であつて、電子情報処理組織を用いて移転することができるもの
- 二 不特定の者を相手方として前号に掲げるものと相互に交換を行うことができる財産的価値であつて、電子情報処理組織を用いて移転することができるもの」¹³⁸

¹³⁴ 以下、本論文では「情報通信技術の進展等の環境変化に対応するための銀行法等の一部を改正する法律」中の「資金決済に関する法律」を改正資金決済法と記す。また仮想通貨に関しては、改正資金決済法「第3章の2 仮想通貨」において定められている。

¹³⁵ 岡田、高橋、山崎（2015），p.8

¹³⁶ Bloomberg 2015年10月22日"EU's Top Court Rules That Bitcoin Exchange Is Tax-Free"

<http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-22/bitcoin-virtual-currency-exchange-is-tax-free-eu-court-says-ig2lwzcd> （2017年1月3日最終閲覧）

¹³⁷ 毎日新聞 2016年10月13日「ビットコイン購入時の消費税を非課税に 財務省など検討」

<http://mainichi.jp/articles/20161013/k00/00m/020/061000c> （2016年10月22日最終閲覧）

¹³⁸ 金融庁「情報通信技術の進展等の環境変化に対応するための銀行法等の一部を改正する法律 新旧対照条文」（2016年3月4日提出、2016年5月25日成立）
<http://www.fsa.go.jp/common/diet/190/01/shinkyuu.pdf> （2016年12月28日ダウンロード），p.107

上記の定義によれば仮想通貨はかなり幅広く定義されており、解釈が難しいケースが出てくることが考えられる。例えば芝（2016）が指摘しているように、第2条5項2号での定義を見ると

「「不特定かつ多数の者」ではなく「不特定の者」とされていることから、流通性の低い暗号通貨であっても「仮想通貨」の定義に含まれるものと考えられる。…他方で、たとえば、個人がその趣味として発行する何の機能も期待されていない電子トークンがその希少性ゆえに財産的価値があるものとして不特定者間で売買の対象とされるようになる場合や、またその時点で一切取引対象となっていない電子トークンについてクラウドセール…がなされる場合など上記要件への該当性判断をどのように行うべきかは必ずしも明確ではない場合もある」¹³⁹と解されている。

このような状態で改正資金決済法63条2項では仮想通貨交換業者について「仮想通貨交換業は、内閣総理大臣の登録を受けた者でなければ、行ってはならない。」¹⁴⁰として、登録制を取っている。そのため、実験的な仮想通貨や関連技術にとっては判断が不明瞭で不安要素となり得ると考えられる。また内部通貨を用いた送金・決済システムなどについても、判断がしにくいことも考えられるだろう。

上記のような不明瞭な要素は、Mougayar（2016）がブロックチェーンの金融サービスでの利用を例に「業界的にブロックチェーンは広く受け入れられているように見えるが、実際には独自の解釈に基づき、業界が従っている制約的な規制の範囲内で受け入れているだけだ。イノベーションを“活用する”ことはあっても、“生み出す”ことはなく、おのずとおとなしいものとなる」¹⁴¹と指摘しているような結果に繋がる。またMougayar（2016）はこれを「規制される側のジレンマ」と呼んでいるが、この規制される側のジレンマに陥らない環境を整備していくことが仮想通貨およびブロックチェーン技術を有効活用するポイントではないだろうか。

¹³⁹ 芝章浩（2016）「第19講 暗号通貨/ブロックチェーン（2） 暗号通貨の法的な取扱い」 有吉尚哉，本柳祐介，水島淳，谷澤進編（2016）『FinTechビジネスと法 25講－黎明期の今とこれから－』商事法律，p.194

¹⁴⁰ 金融庁「情報通信技術の進展等の環境変化に対応するための銀行法等の一部を改正する法律 新旧対照条文」，p.120

¹⁴¹ Mougayar（2016） ， pp.143-144

また仮想通貨には送金システムとして安定的に利用するためには、前節で挙げた以外にも改良の必要性が議論されている課題も多く存在しており、例えば決済処理能力を例に挙げると、株式会社野村総合研究所（2016）のVISAとビットコインの比較を見ると「大手クレジットカードネットワークであるVISAの決済システムは、平均して毎秒3,600件、ピーク時の処理能力は毎秒65,000件以上の決済処理能力を有している。」¹⁴² ¹⁴³一方で「ビットコインブロックチェーンは、…1秒間に処理できるトランザクション件数が5-7件程度といわれている。現状のビットコインの利用量では、まだ問題は顕在化していないが、将来的に利用が拡大した場合に処理能力が足りなくなり、処理が遅延する可能性が指摘されている。」¹⁴⁴ ¹⁴⁵

規制との兼ね合いに関しては、確かに利用者の保護も必要であるためバランスの取り方は難しい。しかし仮想通貨の送金システムとしての性格を強め利便性を高めていくためには、技術的改良および進化を促進するためにも今後さらに柔軟で的確な規制の運用が望ましく、産官学の連携およびそれに基づいた慎重な議論と検討が必須であると言える。また上述したような送金システムとしての改良の必要性や技術的課題もまだ存在する状態では、規制される側のジレンマに陥ることなく技術的改良および進化を目指していかなければならない。そのためには、仮想通貨およびブロックチェーン技術への正しい理解とそれに基づいた利用のあり方や規制について、今後さらなる活発な研究および議論が引き続き必要である。

謝辞

本論文作成にあたって的確な指導および大変示唆に富む助言と議論をしてくださった指導教官である柳田辰雄教授に深謝いたします。

またゼミなどで議論にお付き合いくださった柳田研究室の皆様に感謝いたします。ありがとうございました。

¹⁴² 株式会社野村総合研究所（2016）, p.19

¹⁴³ ここでは2015年10月から12月の平均を取っている。またVISAの決済処理能力については
http://s1.q4cdn.com/050606653/files/doc_financials/2016/Q1/Visa-Inc.-Q1-2016-Financial-Results-Conference-Call-Presentation.pdf
http://s1.q4cdn.com/050606653/files/doc_financials/2016/Q1/Visa-Inc.-Q1-2016-Financial-Results.pdf

に基づいている。（株式会社野村総合研究所（2016）, p.19）

¹⁴⁴ 株式会社野村総合研究所（2016）, p.19

¹⁴⁵ また「すでに遅延が発生し始めているとの指摘もある。」（株式会社野村総合研究所（2016）, p.19）

引用・参考文献

- 相田慎一（2014）『ゲゼル研究 シルビオ・ゲゼルと自然的経済秩序』 ぱる出版
- 赤羽善治，愛敬真生編（2016）『ブロックチェーン 仕組みと理論 サンプルで学ぶFinTech
のコア技術』 リックテレコム
- 朝日新聞 2016年12月7日「けいざい+新話 仮想通貨が変える1 中国「採掘」で存在感
ビットコイン取引網支配懸念も」
- 朝日新聞 2016年12月14日「けいざい+新話 仮想通貨が変える4 地域や社内活性化に一
役」
- アリキヴィ・ラウル，前田陽二（2016）『未来型国家エストニアの挑戦 電子政府がひらく世
界』 インプレスR&D
- 有吉尚哉，本柳祐介，水島淳，谷澤進編（2016）『FinTechビジネスと法 25講－黎明期の今
とこれから－』 商事法務
- 池田純一（2016）「エストニアン・ブロックチェーン」『WIRED』 Vol.25, pp.60-63
- 石橋貞男（2016）『現代の貨幣』 白桃書房
- 岩井克人（2006）『二十一世紀の資本主義論』 筑摩書房
- 岩井克人（2016）「岩井克人のビットコイン論」『WIRED』 Vol.25, pp.50-51
- 岩村充（2010）『貨幣進化論－「成長なき時代」の通貨システム』 新潮社
- 岩村充（2016）『中央銀行が終わる日：ビットコインと通貨の未来』 新潮社
- 岡田仁志（2015）「黎明期にある仮想通貨をどう捉えるか 仮想通貨の技術がもたらす世界」
『NII Today』 第69号, pp.2-5

http://www.nii.ac.jp/userdata/results/pr_data/NII_Today/69/all.pdf (2017年1月10日最終閲覧)

岡田仁志, 高橋郁夫, 山崎重一郎 (2015) 『仮想通貨 技術・法律・制度』 東洋経済新報社

小川健 (2016) 「学部生の国際金融の教科書にも書ける、ビットコインを法定通貨にすべきでない理由」 『専修大学社会科学研究所月報』 633号 <http://id.nii.ac.jp/1015/00009790/> (2016年10月13日ダウンロード)

株式会社野村総合研究所 (2016) 「ブロックチェーン技術を活用したサービスに関する国内外動向調査報告書」
http://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/shoujo/blockchain/pdf/report_01_01.pdf (2016年12月26日ダウンロード)

河邑厚徳, グループ現代 (2011) 『エンデの遺言ー根源からお金を問うこと』 講談社

金融審議会 (2015) 『決済業務等の高度化に関するワーキンググループ報告～決済高度化に向けた戦略的取組み～』 http://www.fsa.go.jp/singi/singi_kinyu/tosin/20151222-2/01.pdf (2016年10月13日ダウンロード)

金融庁「情報通信技術の進展等の環境変化に対応するための銀行法等の一部を改正する法律 新旧対照条文」 (2016年3月4日提出、2016年5月25日成立)
<http://www.fsa.go.jp/common/diet/190/01/shinkyuu.pdf> (2016年12月28日ダウンロード)

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』 太郎次郎社エディタス

斉藤賢爾 (2015) 『未来を変える通貨 ビットコイン改革論』 インプレスR&D

宿輪純一 (2015) 『決済インフラ入門 ビットコイン、フィンテックから日銀ネット、外為決済リスクまで』 東洋経済新報社

宿輪純一（2015）『通貨経済学入門 第2版』日本経済新聞出版社

鈴木尊明（2016）「ビットコインを客体とする所有権の成立が否定された事例」『新・判例解説 Watch 民法（財産法）No.107』 https://www.lawlibrary.jp/pdf/z18817009-00-031071316_tkc.pdf （2017年1月9日最終閲覧）

日本経済新聞 電子版 2013年7月7日「女性に起業の機会 ケニアのモバイル送金「エムペサ」 携帯電話会社のサファリコム、SMSを活用」
http://www.nikkei.com/article/DGXNASFK0401R_U3A700C1000000/ （2016年10月13日最終閲覧）

日本経済新聞 電子版 2014年2月28日「マウントゴックス破綻 ビットコイン114億円消失」 http://www.nikkei.com/article/DGXNASGC2802C_Y4A220C1MM8000/
（2016年10月13日最終閲覧）

日本経済新聞 電子版 2015年8月6日「ビットコイン「所有権なし」 東京地裁、利用男性の請求棄却」 http://www.nikkei.com/article/DGXLASDG05H9S_W5A800C1000000/
（2017年1月10日最終閲覧）

日本経済新聞 電子版 2016年7月8日「三菱UFJ銀、仮想通貨使い海外送金 米社と開発へ」 <http://www.nikkei.com/article/DGXLZO04595090Y6A700C1MM8000/> （2016年10月13日最終閲覧）

日本経済新聞 2016年12月18日「ビットコイン取引最高 中国9割、個人が資産逃避」

日本経済新聞 電子版 2017年1月6日「ビットコインが急落 人民元上昇で「パニック売り」」 http://www.nikkei.com/article/DGXLASDZ06H5P_W7A100C1000000/
（2017年1月6日最終閲覧）

日本経済新聞 電子版 2017年1月11日「中国人民銀、ビットコイン取引所を検査」
http://www.nikkei.com/article/DGXLASGM11H5M_R10C17A1FF2000/ （2017年1月12日最終閲覧）

- 日本ブロックチェーン協会「ブロックチェーンの定義」 http://jba-web.jp/archives/2011003blockchain_definition (2016年10月13日最終閲覧)
- 野口悠紀雄 (2014)『仮想通貨革命ービットコインは始まりにすぎない』ダイヤモンド社
- 長谷川克之 (2016)「さまようマネー 急騰するビットコインが物語る 既存通貨の不信と仮想通貨への期待」『週刊エコノミスト』2016年8月9・16日合併号 毎日新聞出版, pp.81-82
- 林康史編 (2016)『貨幣と通貨の法文化 法文化(歴史・比較・情報)叢書⑬』国際書院
- 廣田裕之 (2011)『地域通貨入門ー持続可能な社会を目指して(改訂新版)』アルテ
- 廣田裕之 (2013)『シルビオ・ゲゼル入門ー減価する貨幣とは何か(改訂新版)』アルテ
- 堀天子 (2016)『実務解説 資金決済法 [第2版]』商事法務
- 毎日新聞 2016年10月13日「ビットコイン購入時の消費税を非課税に 財務省など検討」
<http://mainichi.jp/articles/20161013/k00/00m/020/061000c> (2016年10月22日最終閲覧)
- 増島雅和, 堀天子編 石川貴教, 白根央, 飯島隆博 (2016)『Fintechの法律』日経BP社
- モナーコインプロジェクト <https://monacoin.org/ja/> (2016年10月13日最終閲覧)
- 森野榮一 (2014)『自立経済と貨幣改革論の視点』ぱる出版
- 柳田辰雄 (2015)『貨幣ゲームの政治経済学』東信堂
- 結城浩 (2015)『暗号技術入門 第3版 秘密の国のアリス』SBクリエイティブ
- ロイター 2016年12月10日「ビットコイン一時3年ぶり高値、インドの現金不足背景に」
<http://jp.reuters.com/article/bitcoin-idJPKBN13Y2PT> (2016年12月13日最終閲覧)

Antonopoulos, M. Andreas. "Mastering Bitcoin" Oreilly & Associates Inc. (2014) ア
ントノプロス M. アンドレアス (今井崇也, 鳩貝淳一郎訳) (2016) 『ビットコインとブ
ロックチェーン: 暗号通貨を支える技術』NTT出版

Bitcoin Magazine 2015年11月30日 "Estonian Government Partners with Bitnation to
Offer Blockchain Notarization Services to e-Residents"
[https://bitcoinmagazine.com/articles/estonian-government-partners-with-bitnation-
to-offer-blockchain-notarization-services-to-e-residents-1448915243](https://bitcoinmagazine.com/articles/estonian-government-partners-with-bitnation-to-offer-blockchain-notarization-services-to-e-residents-1448915243) (2017年1月4
日最終閲覧)

Bitcoin Magazine 2016年7月18日 "How Bitcoin's Second Halving Came and Went, and
Not Much Happened" [https://bitcoinmagazine.com/articles/how-bitcoin-s-second-
halving-came-and-went-and-not-much-happened-1468856719](https://bitcoinmagazine.com/articles/how-bitcoin-s-second-halving-came-and-went-and-not-much-happened-1468856719) (2017年1月4日最終
閲覧)

Blockchain.info 「市場価格 (USD)」 <https://blockchain.info/ja/charts/market-price> (2017
年1月13日最終閲覧)

Bloomberg 2015年10月22日 "EU's Top Court Rules That Bitcoin Exchange Is Tax-Free"
[http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-22/bitcoin-virtual-currency-
exchange-is-tax-free-eu-court-says-ig21wzcd](http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-10-22/bitcoin-virtual-currency-exchange-is-tax-free-eu-court-says-ig21wzcd) (2017年1月3日最終閲覧)

Bloomberg 2016年8月19日 「ビットコイン取引で荒稼ぎも、ハッキング被害で損失補てんに
直面」 <https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2016-08-18/OC3F206KLVRFO1>
(2016年10月13日最終閲覧)

Castronova, Edward. (2014) "Wildcat Currency: How the Virtual Money Revolution Is
Transforming the Economy" Yale University Press カストロノヴァ・エドワード (伊
能早苗, 山本章子訳) (2014) 『「仮想通貨」の衝撃』KADOKAWA

CoinDesk 2014年1月9日 "Bitcoin Miners Ditch Ghash.io Pool Over Fears of 51%
Attack" <http://www.coindesk.com/bitcoin-miners-ditch-ghash-io-pool-51-attack/>
(2017年1月11日最終閲覧)

CoinDesk 2015年3月18日 “Dark Market Evolution Vanishes With \$12 Million in Bitcoin” <http://www.coindesk.com/dark-market-evolution-vanishes-with-12-million-in-bitcoin/> (2017年1月4日最終閲覧)

CoinDesk 2016年3月3日 “Blockchain Startup to Secure 1 Million e-Health Records in Estonia” <http://www.coindesk.com/blockchain-startup-aims-to-secure-1-million-estonian-health-records/> (2017年1月4日最終閲覧)

Coin Portal 2016年10月12日 「インタビュー：Everledger CEOリアン・ケンプ氏」
<https://www.coin-portal.net/2016/10/12/13582/> (2017年1月10日最終閲覧)

Coin Portal 2016年11月26日 「特許トロールと戦う「Unpatent」、イーサリアムを保険に活用」 <https://www.coin-portal.net/2016/11/26/14867/> (2017年1月13日最終閲覧)

Crypto-Currency Market Capitalizations <http://coinmarketcap.com> (2016年11月10日最終閲覧)

DragonChain <https://dragonchain.github.io> (2017年1月12日最終閲覧)

Ethereum <https://www.ethereum.org> (2016年11月9日最終閲覧)

Ethereum Classic <https://ethereumclassic.github.io> (2016年12月28日最終閲覧)

Everledger <http://www.everledger.io> (2016年12月7日最終閲覧)

Gesell, Silvio. (1920) "Die natürliche Wirtschaftsordnung durch Freiland und Freigeld" 4 Auflage, Berlin ゲゼル・シルビオ (相田愼一訳) (2007) 『自由地と自由貨幣による自然的経済秩序』 ぱる出版

Glaser, Florian., Zimmermann, Kai., Haferkorn, Martin., Weber, Moritz. Christian., and Siering, Michael. (2014) "Bitcoin-Asset or Currency? Revealing Users' Hidden Intentions" ECIS. <http://ssrn.com/abstract=2425247> (2016年10月13日ダウンロード)

“Group of Ten - Electronic Money - Consumer protection, law enforcement, supervisory and cross border issues” (1997) <http://www.bis.org/publ/gten01.htm> (2016年12月26日ダウンロード)

「G10電子マネー報告書公表について」 1997年5月8日
http://www.boj.or.jp/announcements/release_1997/ron9705a.htm/ (2016年12月26日ダウンロード)

Hayek, F.A. (池田幸弘, 西部忠訳) (2012) 『ハイエク全集 第Ⅱ期第2巻 貨幣論集』 春秋社

Keynes, M. John. (1936) "The General Theory of Employment, Interest and Money"
Second edition, Macmillan ケインズ M. ジョン (間宮陽介訳) (2008) 『雇用, 利子および貨幣の一般理論 (下)』 岩波書店

Lenz, Karl Friedrich. (2014) 「Bitcoin規制の10年後」『青山法務研究論集』 第9号
<https://www.agulin.aoyama.ac.jp/opac/repository/1000/16997/16997.pdf> (2017年1月4日最終閲覧)

Levinas, Emmanuel. (1997) "ET LA SOCIALITÉ DE L'ARGENT" Peeters Publishers,
Leuven, Belgium レヴィナス・エマニュエル (合田正人, 三浦直希訳) (2003) 『貨幣の哲学』 法政大学出版局

Litecoin <https://litecoin.org/ja/> (2016年10月13日最終閲覧)

Luther, William J. (2013) "Cryptocurrencies, Network Effects, and Switching Costs"
Mercatus Center Working Paper No. 13-17. <http://ssrn.com/abstract=2295134>
(2016年10月13日ダウンロード)

Meiklejohn, Sarah., Pomarole, Marjori., Jordan, Grant., Levchenko, Kirill., McCoy, Damon., Voelker, M. Geoffrey., Savage, Stefan. (2013) “A Fistful of Bitcoins: Characterizing Payments Among Men with No Names”
<https://cseweb.ucsd.edu/~smeiklejohn/files/imc13.pdf> (2016年12月18日ダウンロード)

Monero <https://getmonero.org/home> (2016年11月10日最終閲覧)

Mougayar, William. (2016) "The Business Blockchain: Promise, Practice, and Application of the Next Internet Technology" John Wiley & Sons, Inc. ムーゲイヤー・ウィリアム (有限責任監査法人 トーマツ監修, 黒木章人訳) (2016) 『ビジネスブロックチェーン ビットコイン、FinTechを生み出す技術革命』日経BP社

Nakamoto, Satoshi. (2008) "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System" <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf> (2016年10月13日ダウンロード)

Narayanan, Arvind., Bonneau, Joseph., Felten, W. Edward., Miller, Andrew., Goldfeder, Steven. (2016) "Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction" Princeton University Press ナラヤナン・アーヴィンド, ボノー・ジョセフ, フェルテン・W・エドワード, ミラー・アンドリュー, ゴールドフェダー・スティーヴン (長尾高弘訳) (2016) 『仮想通貨の教科書—ビットコインなどの仮想通貨が機能する仕組み』日経BP社

Namecoin <https://namecoin.org> (2016年12月13日最終閲覧)

Popper, Nathaniel. (2015) "Digital Gold: Bitcoin and the Inside Story of the Misfits and Millionaires Trying to Reinvent Money" Harper ポッパー・ナサニエル (土方奈美訳) (2016) 『デジタル・ゴールド ビットコイン、その知られざる物語』日本経済新聞出版社

Ripple <https://ripple.com> (2016年10月13日最終閲覧)

Roets, Joe (2016) "Dragonchain Architecture" <https://dragonchain.github.io/architecture> (2017年1月12日最終閲覧)

Sehgal, Kabir. (2015) "COINED: The Rich Life of Money and How Its History Has Shaped us" Grand Central Publishing, New York セガール・カビール (小坂恵理訳) (2016) 『貨幣の「新」世界史 ハンムラビ法典からビットコインまで』早川書房

Solidity <https://solidity.readthedocs.io/en/develop/#> (2016年11月10日最終閲覧)

Tapscott, Don., Tapscott, Alex. (2016) "Blockchain Revolution" Portfolio タプスコット・ドン, タプスコット・アレックス (高橋璃子訳) (2016) 『ブロックチェーン・レボリューション—ビットコインを支える技術はどのようにビジネスと経済、そして世界を変えるのか』ダイヤモンド社

Unpatent <https://unpatent.co> (2017年1月13日最終閲覧)

Wang, Joseph Chen-Yu. (2014) "A Simple Macroeconomic Model of Bitcoin"
<http://ssrn.com/abstract=2394024> (2016 年 10 月 13 日ダウンロード)

White paper <https://github.com/ethereum/wiki/wiki/%5BJapanese%5D-White-Paper>
(2016 年 12 月 7 日最終閲覧)