

|                  |                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title            | ビットコイン価格決定要因についての考察                                                                                                                                                                                               |
| Sub Title        |                                                                                                                                                                                                                   |
| Author           | 杉本, 大輔(Sugimoto, Daisuke)<br>小幡, 績(Obata, Seki)                                                                                                                                                                   |
| Publisher        | 慶應義塾大学大学院経営管理研究科                                                                                                                                                                                                  |
| Publication year | 2014                                                                                                                                                                                                              |
| Jtitle           |                                                                                                                                                                                                                   |
| JaLC DOI         |                                                                                                                                                                                                                   |
| Abstract         |                                                                                                                                                                                                                   |
| Notes            | 修士学位論文. 2014年度経営学 第2959号                                                                                                                                                                                          |
| Genre            | Thesis or Dissertation                                                                                                                                                                                            |
| URL              | <a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40003001-00002014-2959">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40003001-00002014-2959</a> |

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

慶應義塾大学大学院経営管理研究科修士課程

学位論文（ 2014 年度）

論文題名

ビットコイン価格決定要因についての考察

|     |            |
|-----|------------|
| 主 査 | 小幡 績 准教授   |
| 副 査 | 村上 裕太郎 准教授 |
| 副 査 | 齋藤 卓爾 准教授  |

|      |          |     |       |
|------|----------|-----|-------|
| 学籍番号 | 81330720 | 氏 名 | 杉本 大輔 |
|------|----------|-----|-------|

## 論文要旨

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |        |      |          |    |       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------|----------|----|-------|
| 所属ゼミ                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 小幡績研究会 | 学籍番号 | 81330720 | 氏名 | 杉本 大輔 |
| (論文題名)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |        |      |          |    |       |
| ビットコインの価格決定要因についての考察                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |        |      |          |    |       |
| (内容の要旨)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |        |      |          |    |       |
| <p>ビットコインとは公共トランザクションログを利用しているオープンソースプロトコルに基づく Peer to Peer (P2P) 型の決済網および暗号通貨である。供給量があらかじめ決められているということ、匿名で即時にほぼ無料で送金できること、P2P であることに特徴があり、アノニマスな決済手段として世界中で受け入れられ始めている。</p> <p>しかしながらビットコインは誕生から 5 年と日が浅く、日常生活において一般的に受け入れられているとは言い難い。またビットコインは価格の変動が激しく、従来の貨幣の枠組みのなかで捉えるのに否定的な論調があり、バブルであるとする論者もある。本論文では貨幣数量説に基づいた統計的分析をおこない、結果としてビットコインの価格決定要因にはビットコインの需要と供給が影響を与えていることが確認された。</p> <p>本論文は 2 段構成になっている。前段では、後段の理解に必要なビットコインの性質や従来の価値媒体物との違い、ビットコインの歴史を紹介する。後段では、ビットコインの価格変動を、ビットコインの決済量、ビットコインの発行残高、流通速度によって分析する。貨幣数量説においては、決済量の上昇、貨幣発行残高の減少、貨幣回転数の減少は貨幣の価格の上昇につながる。これらの数字は現実世界では観測が困難であるが、すべての資金移動が観測可能な仮想通貨においては観測が容易である。こうしたメリットを生かして、これらの数字が価格変動にどのような影響を及ぼしているか回帰分析を通して検討した結果、貨幣発行残高と貨幣回転数の項目において貨幣数量説に肯定的な結果が得られた。決済量については、実際の数字では適切な結果が得られなかったが、ビットコイン決済量についての計測上の問題点を改善したビットコインデイズデストロイド(bicoïn days destroyed)という数字をビットコイン決済量の代替として使用したところ、良好な結果を得ることに成功した。以上により、ビットコインの価格決定要因にはビットコインの需要と供給といったファンダメンタルが反映されていることが確認され、無軌道に見えるビットコインの価格変動は従来の学問的枠組みで十分捉えられることが判明した。</p> |        |      |          |    |       |

## 内容

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 研究の目的： .....                                 | 4  |
| 前段.....                                      | 4  |
| ビットコインとは .....                               | 4  |
| ビットコインの特徴 .....                              | 6  |
| ビットコインの歴史 .....                              | 8  |
| 時系列.....                                     | 9  |
| 後段.....                                      | 13 |
| ビットコインの価格変動についての考察.....                      | 13 |
| ビットコインは貨幣と言えるのか.....                         | 15 |
| 貨幣数量説と貝の経済 .....                             | 17 |
| 分析 .....                                     | 18 |
| 貨幣数量説的価格決定モデル .....                          | 19 |
| 被説明変数について .....                              | 19 |
| 説明変数について.....                                | 20 |
| 決済量 $Q$ .....                                | 20 |
| bitcoin days destroyed(決済量 $Q$ の代わりとして)..... | 21 |
| 貨幣発行残高 $M$ について .....                        | 22 |
| 貨幣回転数 $V$ について .....                         | 23 |
| 回帰分析 .....                                   | 24 |
| 分析パターン .....                                 | 24 |
| 議論 .....                                     | 25 |
| 結論.....                                      | 25 |
| 謝辞.....                                      | 26 |
| 参考文献 .....                                   | 26 |

## 研究の目的：

2009年に誕生したビットコインは、従来の手段と比較して低い決済手数料を強みとして急速に普及してきた。ビットコインは、流通手段機能を十分に具備する一方で価格変動が激しく、既存の貨幣と比べて価値尺度機能・価値貯蔵機能に劣るためビットコインは貨幣と言えないという論調がある。

本研究ではこうしたビットコインの性質を検討したのち、統計的手法を用いてビットコイン価格を分析する。無軌道に見えるビットコインの価格の決定要因を、既に存在する経済理論や金融資産の価格変動により一部でも説明することができれば、現在世間で思われている「ビットコインはよくわからない危険なもの」という認識を、「旧来の学問の枠組みの中で十分説明できるもの」という理解へと導くことの一助となりうるだろう。

8 1 5 7

## 前段

### ビットコインとは

ビットコインとは、公共トランザクションログを利用しているオープンソースプロトコルに基づく **Peer to Peer (P2P)** 型の決済網および暗号通貨である。短く記述するために見慣れない単語が続いているため、説明を加えよう。

公共トランザクションログを利用しているというのは、すべてのビットコインの取引履歴の載った台帳をビットコイン参加者で共有しているということであり、この取引台帳を **blockchain** と呼ぶ。オープンソースプロトコルとは、ビットコインの価値担保の仕組みが公開されていて誰でも参加できるということであり、私たちに馴染みのある **Suica** 等の電子ポイントや航空会社の付与するマイルージとは異なることを表す。**P2P** とは、各個人でやり取りするということを意味し、**Skype** や **winny** は **P2P** の代表格であり、電話やデータのやり取りを仲介者なしで個人個人が直接行う仕組みをビットコインが備えているということを目指す。最後に暗号通貨とは、取引の安全性確保に暗号を使った交換仲介物全般を指す。つまりビットコインとは、公開されている決済の仕組みをもとに暗号を利用して安全性を確保し、すべての取引の結果が乗った取引台帳を共有して行われる、個人間決済に使われる通貨のことといえる。

さてビットコインにおいては支払の際に買手の方から、売買間の記録や履歴の代わりに公共トランザクションログである **blockchain** の更新を要求する。買手

は金額や受取人などの取引情報をビットコイン採掘者とよばれる主体に伝える。ビットコイン採掘者は受け取った取引情報をブロックという形でまとめ、ブロックチェーンの末尾に追加するのだが、新しいブロックを記録するためには計算量の大きな問題を解く(マイニングと呼ばれる)必要がある。ビットコイン採掘者のうち最初にブロックを追加することに成功したものだけが一定額の採掘報酬を得ることができるのである。

よりくだけた説明をすれば、ビットコインとは土地の登記のようなものといえる。土地(≡ビットコイン)を買った持ち主は所有権の移転を明らかにするために最寄りの法務局へ登記に行く。登記簿(=公共トランザクションログ)は請求すれば誰もが見られる。法務局の役人(≡ビットコイン採掘者)は、新たな登記のチェック(≡マイニング)を行い、給料(≡採掘報酬)をもらう。

ここで問題となるのは、書き換えられた登記簿の権威づけの仕方である。役所の仕事としては、熟練の法務局職員が土地を自分の目で見て取引の契約書の有効性を確認し、最後に局長のハンコをつけば事足りるが、ビットコインは仮想通貨なので実物の確認はできず、また国に替わる上部組織がないことから、異なる権威づけの手段が必要である。具体的に、真の **blockchain**(取引台帳)のほかに偽の **blockchain** が作られ、その後 2 つの数字が対立している様が続いている状況を考えよう。このような時ビットコインは最も計算量の多い **blockchain** を信頼するという原則で解決している。**blockchain** への攻撃者が過去の取引履歴を書き換えても、その履歴が信頼されるためには、そこから派生する **chain** が他の **chain** よりも計算量の多い **chain** でなくてはならない。しかし、チェーンを構成するためには大きな計算量が必要となる。善意の採掘者たちは常に最も長いチェーンにブロックを追加し続けているため、攻撃者の **blockchain** を真のものとするには善意の採掘者の総計算能力を上回る計算資源を投じ、改ざんした **chain** を伸ばしていかなければならない。つまり単一の攻撃者が全体の過半数の計算能力を保持していなければならないのであるが、1 構成者が十分小さければそのような計算資源を確保するのは困難である。この「計算量多数決」に基づく **blockchain** の堅牢性の担保の仕方をプルーフオブワークという。

プルーフオブワークは性悪説に立っており、採掘者は台帳を書き換えたいと思えばいつでも書き換えられるが、計算量多数決には従わなければならない。つまりビットコインの取引秩序はビットコイン採掘者全体によってもたらされているといえる。先ほどの不動産登記の例では、お墨付きは権力者たる国家から与えられたのであるが、そのことと対比するように英語で **decentralization**、日

本語で分散化と呼ばれている。この点が注目されたのが 2013 年 3 月のキプロス金融危機であり、EU 当局がキプロスの銀行口座を差し押さえた際にはビットコインへの注目が集まった。つまり、**center** の存在する通貨からしない通貨へと逃避が行われたのである。

## ビットコインの特徴

ビットコインの大きな特徴は、

- (1)供給量があらかじめ決められているということ、
  - (2)匿名で即時にほぼ無料で送金できること、
  - (3)P2P であること
- の 3 点である。

(1)供給量の制限について、ビットコインは誰かが任意に通貨の供給量をコントロールすることができないように設計されている。円やドル、ユーロと言った中央銀行が発行する通貨は理論上発行量に制限がないが、ビットコインの設計当初から 2100 万枚に上限が定められており、参加者が上限を調整することができない仕組みになっている。仮想通貨においては現実の通貨と異なり小数点以下の BTC を決済に用いることができるので、枚数が不足するということはないため、このようなことが可能となっている。同時に供給スピードもあらかじめ定められており、4 年ごとに供給量が半減し、2140 年ごろ 2100 万枚の上限に達するように設計されている。

(2)ビットコイン送金は世界中の誰から誰にでも匿名で即時にほぼ無料で行うことができる。ビットコイン送金に必要なものは金額と受取人のビットコインのアドレスだけであり、このアドレスは地域や国家、人名と結びつかない。送金にかかる時間は **blockchain** にあらたな **chain** をつなげる間の計算にかかる時間と等しく、およそ 10 分程度になるように調整されている。そして送金は **blockchain** という取引台帳への記帳行為であるため、手数料はほぼゼロに等しく、また額の多寡は手数料にほぼ影響しない。

(3)ビットコインの決済システムはビットコインのプログラムをダウンロードしている人によってすべて維持管理されている。ビットコインの権威づけはプルーフオブワークの原理にのっとり、ビットコインネットワークの参加者全員によって行われている。こうした仕組みには中心的な存在がなく、P2P 的である。

さてこれらのビットコインの特徴を 2001 年に現れた円天と、日本円と比較してみることにする。

円天というのは L&G という健康食品の会社が始めた電子マネーである。10 万円以上を預け会員になると、「1 年ごとに預けた金額と同額の円天を受け取ることができる」「年利 100%の金利が払われる」とされ、受け取った円天は、円天市場で利用することが可能とされていた。基本的に企業から賦与されるポイントのようなものであった。この円天は、いろいろな場所で使えるという触れ込みで、利息のかわりだと宣伝された。実際には、円天では買い物はごく一部の場所ではできず、円天も際限なく発行された。裏では L&G は集めたお金を配当に回しており、新しい出資金がなければ配当が支払えないという典型的なネズミ講であった。

日本円は厳密な法律の手続きによって発行している。貨幣を発行するにはその分の国債を日本銀行が市中から買う必要があり、これにより通貨の供給がなされている。国債をどのタイミングでどのくらい買うのかというのは日銀の判断に任されている。

次の図は特徴をまとめたものをブロゴス(<http://blogos.com/article/80656/>)より引用したものである。



|            | 円天        | ビットコイン           | 日本円                   |
|------------|-----------|------------------|-----------------------|
| 発行者        | L&G(株式会社) | ネットワーク参加者全員の合意   | 日本銀行                  |
| 価値の担保      | L&Gの支払い能力 | 発行量の上限がある        | 日本国債の償還可能性            |
| 通貨の発行権限    | L&Gの独裁    | ネットワーク参加者なら誰でも*1 | 日本銀行                  |
| 通貨の発行タイミング | L&Gの思いつき  | 自動*2             | 金融政策により国債を買い入れる(買いオペ) |

\*1 ただしブロックを発見(発掘)という計算に成功したひと

\*2 予めネットワーク参加者が合意した仕様に基づいてプログラムにより自動的に処理されて発行される。

## ビットコインの歴史

ビットコインは 2008 年 10 月 31 日にウェブ上で公開された論文がベースになっている。物と交換された最初の記録は 2010 年 6 月の 2 枚のピザの購入で、Laszlo Hanyecz が支払った 10000BTC は 2014 年末のレートでおよそ 3 億円程度となる。2010 年 7 月には初のビットコインの大型取引所として Mt.Gox がオープンし、2011 年にはビットコインの匿名性を悪用して違法薬物の取引等を仲介するシルクロードが公開された。同年 4 月には TIME 誌にてビットコインが取り上げられ、知名度と取引価格を大きく上げることとなる。2011 年 6 月にはベルリンのレストランでビットコイン決済が用いられ、これまで中心としていたインターネット上での決済を超え、実店舗での取引が行われるようになる。このころからビットコインに関するベンチャーが盛んになり、2012 年 9 月には Coinbase がビットコインウォレットの提供事業を始めるため 600,000USD を調達した。2013 年 3 月にはアメリカのマネーロンダリング対策制度の中核である銀行秘密法の執行機関であるアメリカ財務省金融犯罪取締ネットワークがビットコイン等仮想通貨の取り扱いについて言及し、規制や法令に照らし合わせた指針を公開した。2013 年 3 月のキプロスでの金融危機においては EU 当局がキプロスの銀行口座を差し押さえたことで、政府がコントロールできない仮想

通貨に注目が集まり、ビットコインの価格が急上昇した。同月には違法取引の温床となっていたシルクロードの CEO が逮捕され、ビットコインの使用が健全化する。2013 年 9 月には中国のオンライン通販最大手 Baidu がビットコイン決済の受け入れを発表し、中国でのビットコイン熱が高まった。また 11 月には連邦議会でポジティブな内容とともにビットコインについて議論され、11 月 27 日には史上最高値となる 1242USD/BTC を付けるのだが、12 月 5 日に中国政府が個人間取引を除くビットコインの使用禁止を決定して以降、価格は急降下した。2014 年 2 月にはサイバー攻撃によりビットコインが盗まれたとして Mt.Gox が取引を停止、本社が渋谷にあったことから国内の注目を集めた。2014 年末は 400USD/BTC 程度で推移しているが、熱狂感の納まったビットコイン価格と裏腹に、ビットコインは様々なところでの需要が進んできている。主なところで、2014 年 6 月は Expedia と Dell が、9 月は e-Bay と PayPal、10 月は楽天、12 月はマイクロソフトがビットコイン決済の導入を始めている。

## 時系列

2008 年 10 月 31 日

Satoshi Nakamoto なる人物より論文”Bitcoin : A Peer-to-Peer Electronic Cash System” (<https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>) が発表される。

2009 年 1 月 3 日

ビットコイン最初のブロックが生成される。

2009 年 1 月 12 日

Satoshi Nakamoto から初のビットコインの移転がなされる(10BTC)

2009 年 10 月 5 日

ビットコインコミュニティ、New Liberty Standard によって初めて為替レートが公開される。当時の価格は 1USD=1309.03BTC。

2009 年 2 月 6 日

Bitcoin Market がリリースされ、今の取引所の原型となる年中無休のビットコイン取引が公開される。

2010 年 6 月 22 日

史上初のビットコインによる物品購入(ピザ)が行われる。10000BTC=25USD

のレートで購入。

2010 年 7 月 17 日

初めてのビットコインの大型取引所として **Mt.Gox** 取引所が公開された。

2010 年 9 月 14 日

採掘報酬の分割払いが初めて確認された。マイニングプールの原型といえる。

2010 年 11 月 6 日

**Mt.Gox** にて  $0.5\text{USD} = 1\text{BTC}$  の価格で取引され、時価総額 1 億円に達した。

2010 年 12 月 16 日

**Bitcoin Pooled Mining** がリリースされ、ビットコインで初めてのマイニングプールが公開された。

2011 年 2 月

違法取引などを行う市場として有名なシルクロードが公開される。

2011 年 4 月 16 日

**TIME** 誌にビットコインが掲載される。

2011 年 4 月 23 日

**Mt.Gox** 相場でビットコインの価格は時価総額 10 億円に達した。また **Mt.Gox** は **USD** に加えて **EUR** と **GBP** の市場も実装した。

2011 年 6 月 8 日

**Mt.Gox** 相場はピークに達し、1 **BTC** あたり 31.9 ドルに上昇、時価総額 20 億円に達した。

2011 年 6 月 19 日

**Mt.Gox** がハッキングされ、ビットコインの価格を 17.51**USD** から 0.01**USD** に強制的に変更した。これにより、数十万のビットコインが市場に出回り、取引所は 7 日間停止することとなった。またこの際 **Mt.Gox** のデータベースから数万人のアカウント情報が流出した。

2011 年 6 月 22 日

モバイル向けのビットコインアプリがリリースされる。

2011 年 6 月 26 日

ベルリンのハンバーガーレストラン **Room77** は支払手段としてビットコイン決済を採用したことを発表し、実店舗による初のビットコイン決済採用となった。

2011 年 8 月 19 日

ニューヨークで初めてのビットコイン会議が開催された。

2012 年 6 月

中国発、CNY/BTC の取引所 **BTC China** のサービスが開始された。

2012 年 9 月 1 日

Coinbase はシードラウンドで 600,000USD の資金調達を行った。

2013 年 1 月 31 日

マイニング専用ハードウェア **ASIC** マイナーが開発され、**Ebay** で 200 万円で販売された。

2013 年 3 月 18 日、アメリカ財務省金融犯罪取締ネットワークが仮想通貨の存在を認めたとうえで、規制や法令に照らし合わせた指針を公開した。

2013 年 3 月 19 日

EU 当局がキプロス銀行口座を差し押さえた。このことが起因となり、政府が制御不可能なビットコインへの関心が高まることとなる。**50USD/BTC** を突破する。

2013 年 3 月 28 日

時価総額が 1000 億円に達した。

2013 年 5 月 14 日

**Mt.Gox** がライセンスなしで資金送金を行ったことを理由に、連銀が **Mt.Gox** の口座を差し押さえる。

2013 年 10 月 1 日

違法取引幫助を行い 17 万 **BTC** を得たとされるシルクロード管理者ロス・ウル

ブリヒトが当局により逮捕された。翌日、連邦当局によりシルクロードが閉鎖された。

2013 年 9 月 15 日

Baidu がビットコインの受け入れを示唆し、中国でビットコインが過熱する。

2013 年 11 月 19 日

連邦議会でビットコインが議題に上がる。ビットコインが Google、Facebook、Youtube などと同様に国民に非常に有益なものであるという、非常にポジティブな内容だった。

2013 年 11 月 20 日

中国人民銀行はビットコインを承認した。

2013 年 11 月 27 日

時価総額が 1 兆円に達した。29 日、価格は史上最高の 1242USD/BTC に達した。

2013 年 12 月 5 日

中国政府が個人間取引を除く、ビットコインに関わるすべての金融取引を禁止した。7 日、相場は一時 600USD/BTC を割るまでになった。

2014 年 2 月 24 日

Mt.Gox は取引所サービスを停止した。

2014 年 3 月 7 日

日本政府はビットコインに関するガイドラインを発表した。ビットコインを規制せず自主規制のガイドラインを設け、業界団体による事情を図ることを要求した。

2014 年 6 月 12 日

国際的大手旅行代理店 Expedia がビットコイン決済を採用した。

2014 年 6 月 13 日

クライドマイニング事業者 GHash.io のハッシュレートが 51%を超え、51%アタックが問題となる。

2014 年 6 月 18 日

世界最大手コンピュータ関連機器プロバイダーDELL がビットコイン決済を採用した。

2014 年 9 月 23 日

世界最大手インターネットオークション eBay と決済サービス PayPal が限定的にビットコイン決済を採用した。

2014 年 10 月 20 日

楽天が Bitnet と業務提携を結びビットコイン決済を採用することを宣言した。

2014 年 12 月 11 日

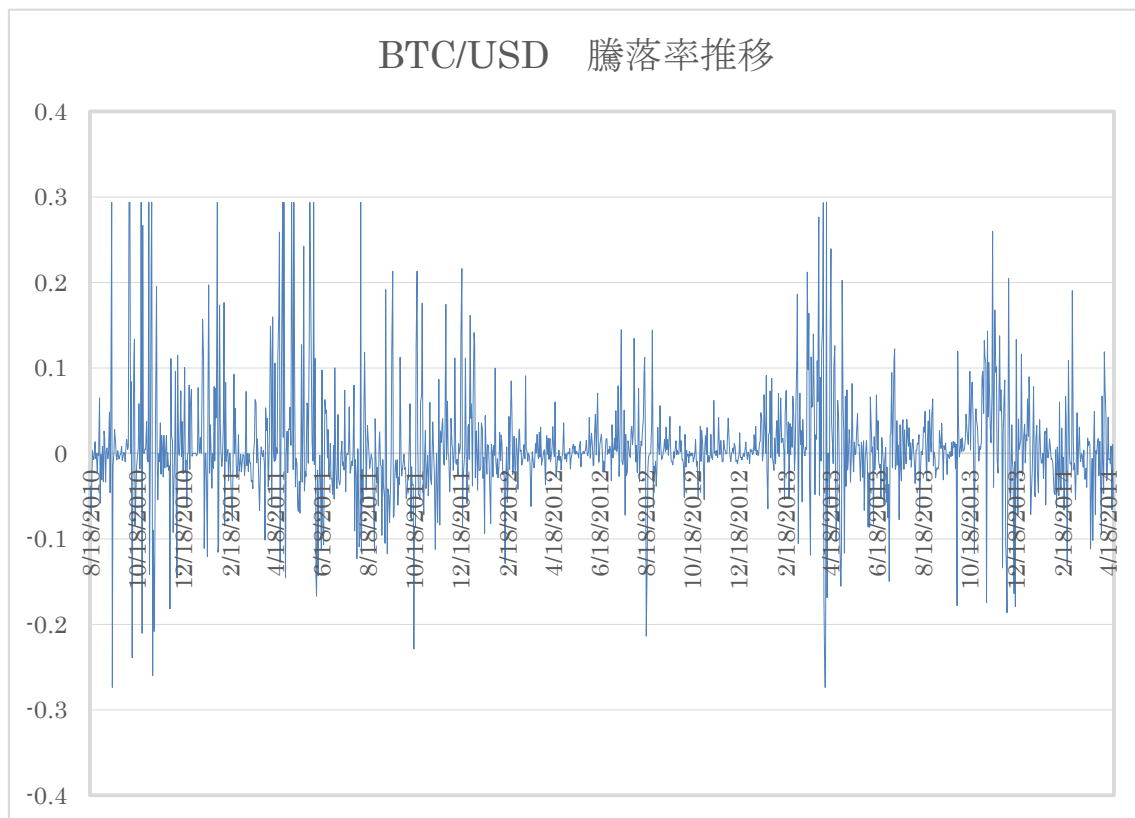
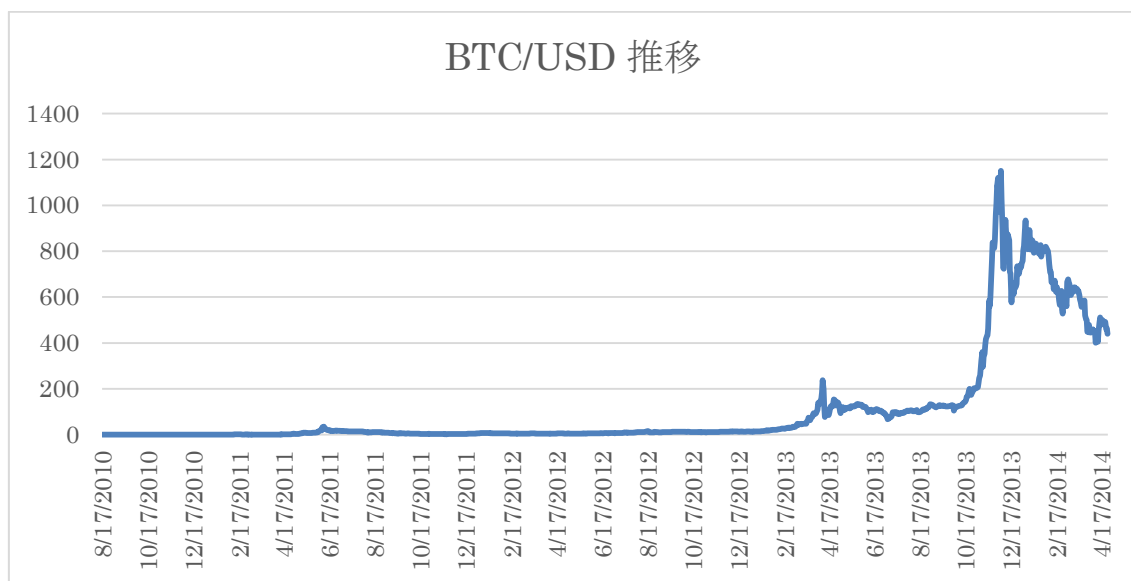
マイクロソフトがビットコインによる決済を導入した。

## 後段

### ビットコインの価格変動についての考察

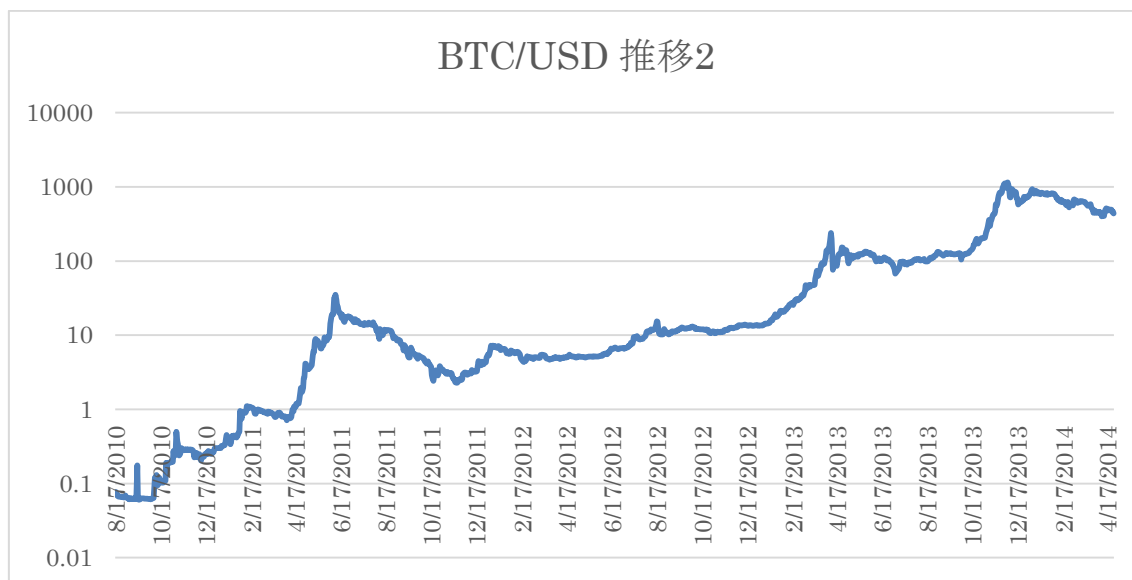
私がビットコインの研究をしていると人に話したとき、必ず尋ねられることの一つはビットコインの危険性である。ビットコインは危ないというイメージは、Mt.Gox 破綻のニュースやセキュリティは安全なのかという問題、少し仕組みを知る人であれば政府等公権力の保証がないこと、そして価格の乱高下が激しいということからきていると思われる。

確かにビットコイン価格の推移には際立った特徴がある。変動が激しいことと、一貫して上昇傾向にある事だ。以下は 2010 年 8 月 17 日から 2014 年 4 月 26 日の期間におけるビットコイン価格の推移と同期間における騰落率( $t$  日のビットコイン価格/ $t-1$  日のビットコイン価格)の推移である。騰落率についてはグラフ化の前に母集団の標準偏差から  $3\sigma$  外の数字を記録したサンプルを  $3\sigma$  の数字となるように調整した。

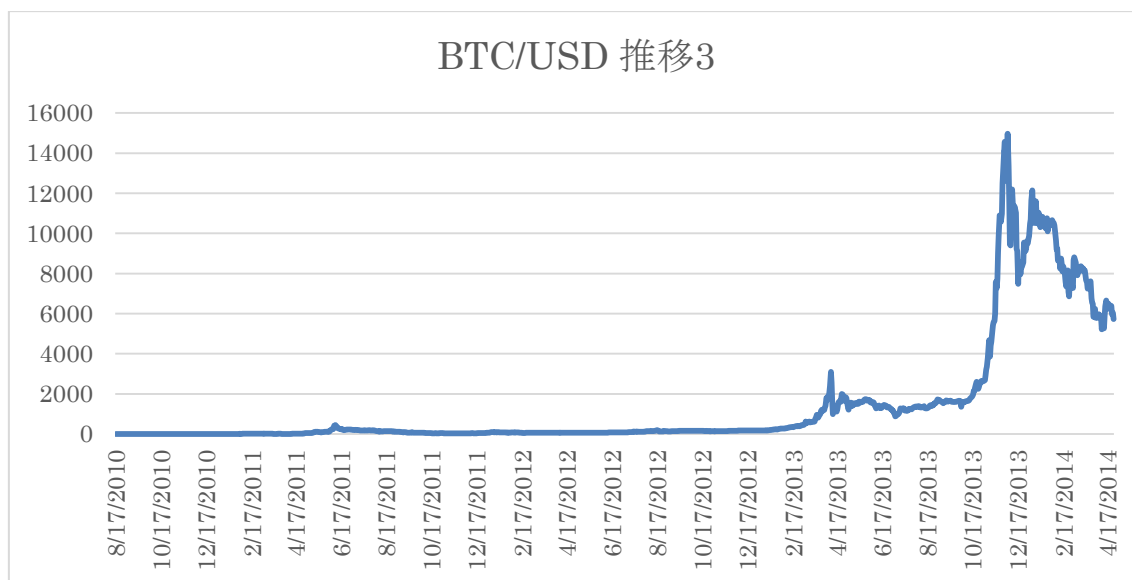


同期間におけるビットコインのヒストリカルボラティリティは年率 149.51%で、日あたりに直すと 9.46%となる。これは年間±149.51%、日間±9.46%のあいだに 68.3%の確率で収まることを意味している。この数字は同期間の USD/JPY のヒストリカルボラティリティである年率 8.68%と比較してはるかに大きい数字であるといえる。

次の図は BTC/USD 推移の縦軸を対数にしたものである。ビットコインの誕生から 5 年足らずで、急激な勢いで右肩上がりに成長しているのが見て取れる。



次の図は 2010 年 8 月 17 日を 1 としたときのビットコイン価格の推移である。2013 年には当初の 15000 倍の価格に達した。



## ビットコインは貨幣と言えるのか

一般に貨幣は価値尺度としての機能、決済機能、価値の保蔵機能という三つの



機能を持つものとされる。そしてビットコインは前述のとおり価格の上下動が激しく、価値の保蔵機能、また価値尺度としての機能を十分に有しているとは言い難い。しかしながら慶応義塾大学経営管理研究科の小幡績准教授は、ビットコインを「貨幣の王道であり、貨幣そのものである。」としている。

小幡氏はビットコインのシニョレッジの構造が先行者に有利すぎるため、ビットコインの存在を知ったものから駆け込むようにビットコインを手に入れようとするバブル的構造があるという警鐘のなかで、貨幣に対する考察を行っている。氏は貨幣の本質は自分の手にするモノの価値が他人に受け入れられて流通するという資産増殖機能と、貨幣発行に伴うシニョレッジ(通貨発行益)が存在することにありとする。

氏は、資産増殖機能は伝統的に受け入れられている貨幣の3つの機能(価値尺度機能、価値尺度機能、価値の保蔵機能)の相互連関により導き出されたとする。価値尺度として使われているモノは決済として使いやすい(決済機能)。決済として受け入れられる手段というのは、取引の状況に無関係に価値が一定でないと不便である(価値の保蔵機能)。そして価値の保蔵をし、貨幣を用いた取引が幅広く行われることで貨幣を受け入れらる取引相手が増える。取引可能領域が広がることは貨幣に価値を見出す人が増えるということなので貨幣の価値は向上する。小幡氏はこれを貨幣の資産増殖機能と呼び、貨幣には上記の4つの機能があるとしたうえで、貨幣の本質的な機能は自分以外の他人が自分のものの価値を受け入れ、流通するという資産増殖機能に他ならないとした。しかしながら、資産増殖機能だけでは貨幣以外の金融商品にも当てはまることであり、貨幣の本質的要素として一部分でしかない。そこで小幡氏はシニョレッジをもう一つの貨幣の本質的要素とした。シニョレッジとは通貨発行益のことであり、通貨が流通し続ける限り、発行した主体はその利益を得る。貨幣とはこのシニョレッジを得るために発行されるものであり、中央銀行の成立などはシニョレッジを得るために貨幣を発行するインセンティブをコントロールしてシニョレッジを得続けようとする試みの結実であるとした。そして貨幣の本質が法定通貨であることや価値尺度であることとは無関係であり、資産増殖機能をもつこととシニョレッジを目的としていることと主張する。

改めて話をビットコインに戻すと、ビットコインの価格が乱高下することは貨幣の資産増殖機能を果たそうとする動きの一つとして位置づけられる。またビットコインの発行量はあらかじめシステムにより決められていて誰かの都合で恣意的に供給されることがないということは、現実世界で中央銀行が政府と独

立していることに相当する。システムの産んだシニョレッズを獲得するのはビットコインに先に参加したものである。ビットコインのマイナーがシステムのメンテナンス費用として受け取ったビットコインは、後からビットコインを調達したい人へ市場で売ることができるという意味でシニョレッズがあるということができる。そしてビットコインは典型的な貨幣であるのだが、シニョレッズを産むシステムのプロセスが先行者やインサイダーに有利すぎて、ビットコインを所有することは負ける可能性の高い投機であると結論している。つまり、米ドルや円などの発行構造の方がビットコインよりもはるかに脆弱性に対する注意が払われているため、理論的、本質的には何の違いもないビットコインはバブルに乗るという投機的手段以外としては関わる必要がないということだ。

私は氏の主張に共感を覚えている。ビットコインがなぜ価値を持ったのかということより、価値を見出す集団の中でそのモノが受け入れられているということが重要であるというのは岩井克人氏の貨幣論そのものであるし、ビットコインの流通拡大に伴う先行者の利益は見方を変えれば通貨発行益といえるだろう。しかしながら、果たしてビットコインの所有は純粋な投機でしかないのであろうか。ビットコインを売買する人の多くはバブルに乗ることを主目的としており、ビットコインそのものに使用価値を見出していないのだろうか。ビットコインの実需は小さく、その値動きはマネーゲーム的虚構の産物なのだろうか。ここに疑問を投げかけたい。

## 貨幣数量説と貝の経済

貨幣数量説は、貨幣発行残高と貨幣回転数と決済量が通貨の価格に影響を与えるというものである。貨幣発行残高とは貨幣の発行（＝流通）量のこと、貨幣回転数は一定の期間内に 1 貨幣が平均的に使用された回数のこと、決済量は取引された財の価値のことである。貨幣数量説を有名にしたのはアービング・フィッシャーによる *Purchasing Power of Money* (1911) であり、*equation of exchange*(交換等式)により表現される。この等式は

$$PQ=MV \quad (P:\text{貨幣の価値}, Q:\text{決済量}, M:\text{貨幣発行残高}, V:\text{貨幣回転数})$$

である。この等式への理解を深めるために、貝を用いた交易をするある島の経済を考える。

「とある島では自国で生産できない財を日本からの輸入で賄っており、支払い

はすべて国王の印の押された 1000 枚の貝殻で行っている。貝一枚は一年間で平均 100 回取引に使われ、日本国から輸入された 1 年あたりの財の総額は、日本円にして 100 万円である。」

この前提のもと、貝殻 1 枚が何円の価値になるかということが **equation of exchange** により明らかになる。この島の貨幣=貝発行残高  $M$  は 1000 貝、貨幣回転数  $V$  は 100/年、この貝による決済量は 100 万円/年であるので、貝の価値を円で表すと

$$\begin{aligned} P &= MV/Q \\ &= 1000 \text{ 貝} \times 100 \text{ 回/年} \div 100 \text{ 万円/年} \\ &= 0.1 \text{ 貝/円} \end{aligned}$$

1 円当たり 0.1 貝、つまり 1 貝あたり 10 円の価値があるということである。

このモデルでは、1 貝あたりの円価格は貝発行残高  $M$  と貨幣回転数  $V$  が上昇すると下落し、決済量  $Q$  が上昇すると上昇する。貨幣の新規発行等により市中に貨幣がより多く出回る場合、また人がタンス預金を引出して消費が旺盛になることで市中に貨幣が多く出回る場合に貨幣の価値は下がり、取引の増加により決済に必要な額が増えれば貨幣の価値は上がるということである。

以下ではこのモデルをビットコインに用いて統計的分析を行い、当てはまりを検討する。

## 分析

現実の通貨において決済量や貨幣回転数は非常に計測がしにくく、 $P$ 、 $Q$ 、 $M$ 、 $V$  を用いて実際的な数字を出すことは簡単ではない。一方ビットコインは公共トランザクションログに移転記録を残すという決済の仕組みを持つため、どのコインがいつどのアカウントへ移動したかがビットコイン使用者すべてに分かる仕組みとなっており、結果として貨幣発行残高・貨幣回転数・決済量は公開されているいくつかの数値を調整することで求めることができる。本研究では <https://blockchain.info/ja/charts> で提供される情報を用いて貨幣数量説に由来する諸数字を用意し、これを実際のビットコインの USD に対するレートの説明変数として使用し、相関を検討する。以下では貨幣数量説的価格決定モデルを説明する。

## 貨幣数量説的価格決定モデル

ビットコイン価格:P、決済量:Q、貨幣発行残高:M、貨幣回転数:V としたとき P を Q、M、V、これらにまつわる数字で表現することを目指す。貨幣数量説由来の数字を用いる特徴的な点は、 $PQ=MV$  の関係が実需に基づいているということにある。貝の価格は取引に必要なか否かという点で決せられ、バブルに代表されるマネーゲームの影響は考慮していない。もし Q、M、V その他の関連する数字を用いて説明力の高いビットコインの価格モデルを作れば、ビットコインの価格は古典的な需要と供給に基づいて形成されているといえるし、そうでなければそのほかの投資・投機的な要素がビットコイン価格を形成しているといえるだろう。

具体的に、先ほどの貝の経済を例にとると、1 貝あたりの円価格は貝発行残高 M と貨幣回転数 V が上昇すると下落し、決済量 Q が上昇すると上昇する。貨幣の新規発行等により市中に貨幣がより多く出回る場合、また人がタンス預金を引出して消費が旺盛になることで市中に貨幣が多く出回る場合に貨幣の価値は下がり、取引の増加により決済に必要な額が増えれば貨幣の価値は上がるということである。これをまとめたのが次の表である。

|              | Q : 決済量                  | M: 貨幣発行残高 | V : 貨幣回転数 |
|--------------|--------------------------|-----------|-----------|
| +            | 1 貝あたり<br>円価格の上昇<br>(貝高) | 貝安        | 貝安        |
| —            | 1 貝あたり<br>円価格の下落<br>(貝安) | 貝高        | 貝高        |
| 価格 P<br>との相関 | 正                        | 負         | 負         |

以下では回帰分析に用いる説明変数と被説明変数についてそれぞれ説明する。

### 被説明変数について

被説明変数には、ビットコインの価格（1BTC=??ドル）を使用する。

### 説明変数について

#### 決済量 $Q$

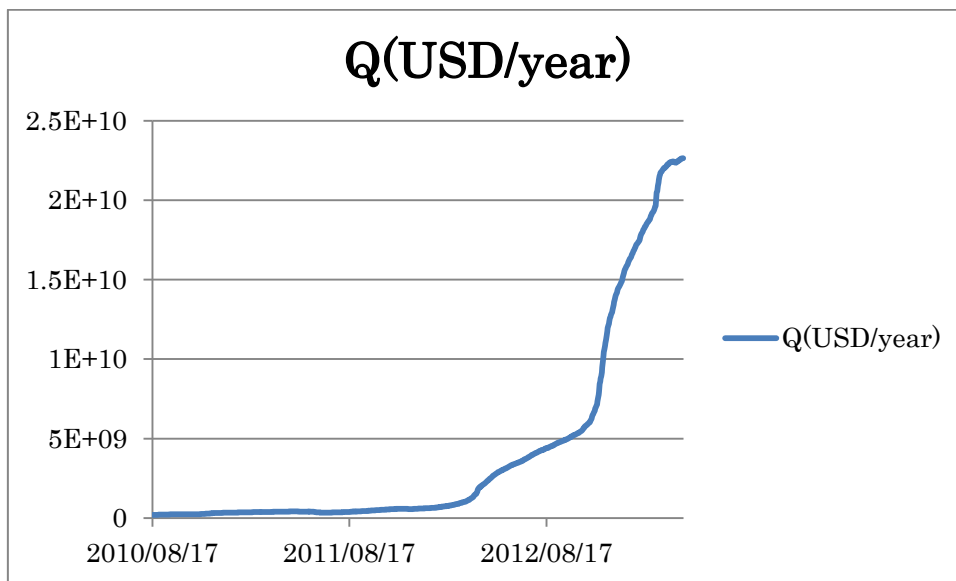
決済量  $Q$  には1日当たりのビットコインの、アカウント間の移動量を使用する。各ビットコインには ID が付与されているため、現実の通貨とは異なり、誰がいつどのビットコインを所有しているかがわかる仕組みとなっているため、アカウント間のビットコイン移動量が計測できる仕組みになっているのである。

貝の経済の話を振り返ってみると、本来、equation of exchange で必要とされる決済量  $Q$  の単位は比較したい先の通貨でなくてはならない。しかしながら、データソースにおいてある決済量  $Q$  の単位は BTC ベースである。確かに、取引に供される財のドル価格は、その取引に用いられた BTC 量\*その取引当時の BTC のドルベース価格で表現できるが、BTC の USD 価格を BTC の USD 価格\*決済量  $Q$  で回帰分析しようとするのはよろしくない。したがってここでは増加傾向にある決済量  $Q$  が BTC/USD に影響を与えているかどうかをみることにする。したがって、ここでの  $Q$  は、回帰分析にける関係で、厳密には貨幣数量説の  $Q$  そのものを採用することができないことをご承知おきいただきたい。

<https://blockchain.info/ja/charts> を参照した決済量  $Q$  の推移は以下の図となる。下の図は図を見やすくするため決済量  $Q$  の 365 日平均をグラフ化したものである。

注意点として、ここでの  $Q$  は公共トランザクションログにあるビットコインの移動総量を示しているため、 $Q$  に計上された取引に使われたとは限らないことが挙げられる。資産の移転や分割、アカウント A から B に動かし、B から A に戻して送金ができるかどうか確かめた場合も決済量に含まれている。 $Q$  は計算の前に  $3\sigma$  外のサンプルを  $3\sigma$  の数字となるように調整した。

#### $Q(\text{USD}/\text{year})$ 推移



bitcoin days destroyed(決済量  $Q$  の代わりとして)

bitcoin days destroyed (BTCdd)とは、ある取引でのビットコイン取引量とそのビットコインが支払いアカウントに入ってから出るまでの日数を掛け合わせた数字である。

$$\text{BTCdd} = \text{取引量} * \text{当該ビットコイン滞在日数}$$

この概念は 2011 年 4 月 20 日、Bitcoin Forum 上でビットコインの取引量をより正確に知る手立てはないかと尋ねるスレッドの中で誕生した。このころは決済量  $Q$  を測ることはできたが、前項  $Q$  の説明にある通り、たとえば同一人物が持つ 2 つの ID 間において多額のビットコインが移転を繰り返した時、実際の経済取引に使われた量よりはるかに多額のビットコインが取引量として計上されていた。こうした資金の移転の影響を小さくするために、取引の価値はビットコインを入手してから使用されるまでの期間を掛け合わせて優先順位づけをするとよいのではないか、という議論が出てきたのである。

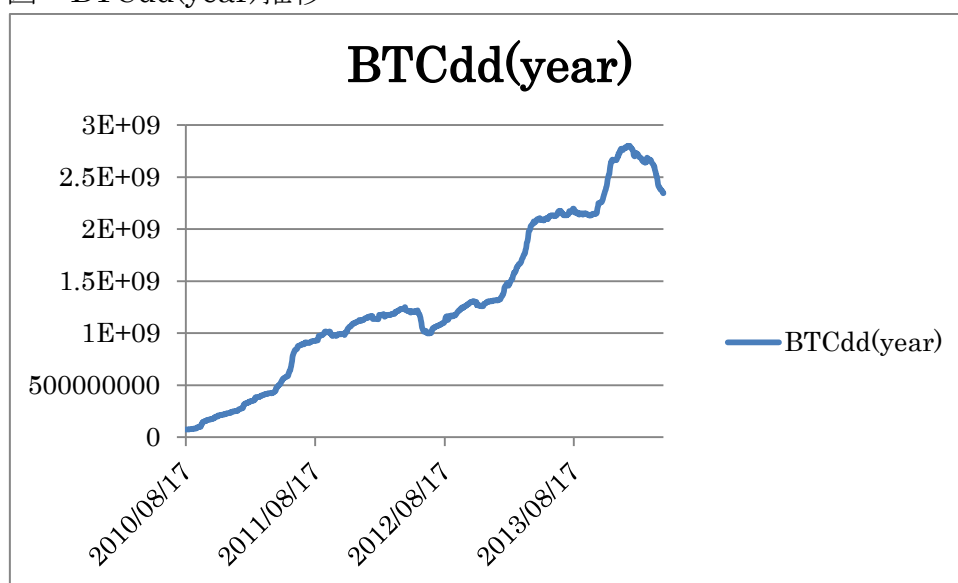
これは前項決済量  $Q$  での注意点を解消すると期待される。決済量  $Q$  は  $Q$  は公共トランザクションログにあるビットコインの移動総量を示しているため、 $Q$  に計上された取引に使われたとは限らない。したがってデイトレーダー等に特徴づけられる短期的な資金移動も一般的な購買行動のような時間間隔を持った資金移動も同様に決済量  $Q$  にカウントされていたが、BTCdd においては保有期間に応じて傾斜をつけてカウントするため、短期的な資金移動はより反映されに

くく、長期的な資金移動はより大きく評価されるようになっている。

“I believe that transactions are prioritized according to the value of the transaction multiplied by the amount of time since the coins were spent. A similar concept is useful in measuring the transaction volume.”

以下は BTCdd の推移である。決済量  $Q$  と同様に、365 日平均をグラフにしている。上昇傾向にあることがうかがえる。

図 BTCdd(year)推移



なお BTCdd は計算の前に  $3\sigma$  外のサンプルを  $3\sigma$  の数字となるように調整した。

$Q$  と BTCdd は性質上似通っているため、どちらか一方のみを説明変数として使用する。

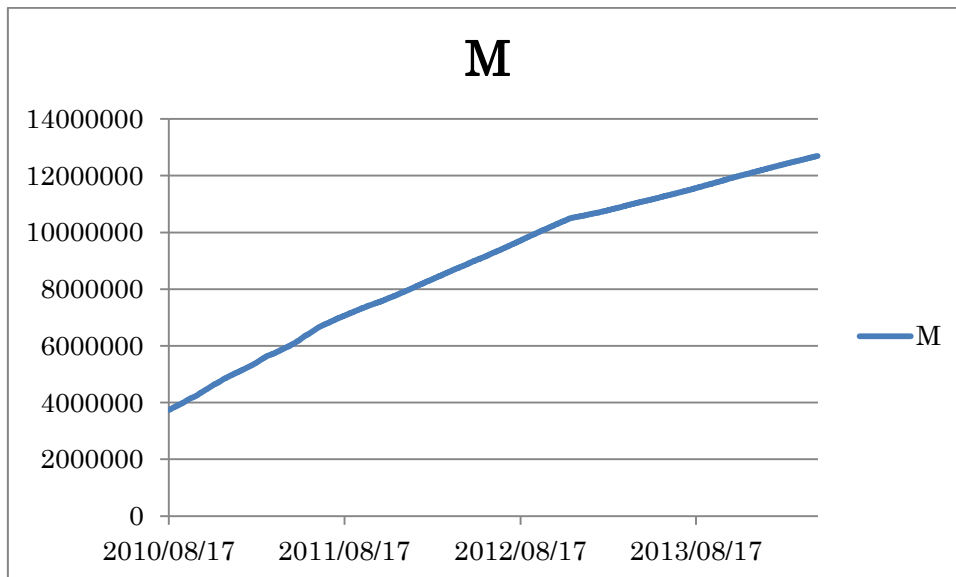
### 貨幣発行残高 $M$ について

貝の経済の話を振り返ってみると、

<https://blockchain.info/ja/charts> を参照した貨幣発行残高は以下の図となる。ビットコインは 4 年に 1 度産出量が半減し、2140 年に 2100 万枚程度が産出され、それ以降産出されなくなるというストラクチャーで産出量が決まっている。2014 年現在の算出ペースは 10 分間に 25BTC である。貨幣数量説上の  $M$  は時

間的推移とあまりなじみのない概念であり、 $M$  は定数として考えることもある。  
以下は貨幣発行残高  $M$  の推移である。

図  $M$  推移



なお  $M$  についてはシステムチックに産出量が決定されるため異常値はないと考え、データの調整は行っていない。

### 貨幣回転数 $V$ について

貨幣回転数は一定の期間でその貨幣の持ち主が何回かわったかという数字なので、 $V$  は以下の式で求まることとなる。

$$\begin{aligned} V &= 365 / \text{貨幣平均滞在日数} \\ &= Q * 365 / Qd * \text{貨幣平均滞在日数} \\ &= Q * 365 / BTCdd \end{aligned}$$

以下が  $V$  の推移である。決済量  $Q$  や  $BTCdd$  の図と同様、365 日平均をグラフにしている。





$V$  を求める式の中に  $Q$  と  $BTCdd$  を使用しているので、これら 3 つは説明変数として同時に使用しない。

## 回帰分析

被説明変数  $y$  を BTC の US ドルベース価格、説明変数  $x$  を前日比、貨幣発行残高  $M$  またはなし、決済量  $Q$  または  $BTCdd$  または  $V$  またはなし、年ダミー係数月ダミー係数ありの  $2 \times 4 - 1 = 7$  パターンにおいて分析を行った。

## 分析パターン

分析パターンに下記図のように名前を付け、分析を行った。

|       | パターン    | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 被説明変数 |         | BTC/USD | BTC/USD | BTC/USD | BTC/USD | BTC/USD | BTC/USD | BTC/USD |
| 説明変数  | $M$     | ○       |         |         |         | ○       | ○       | ○       |
|       | $BTCdd$ |         | ○       |         |         | ○       |         |         |
|       | $Q$     |         |         | ○       |         |         | ○       |         |
|       | $V$     |         |         |         | ○       |         |         | ○       |
|       | 月ダミー    | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       |
|       | 年ダミー    | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       | ○       |

各パターンの重回帰分析の結果は以下となった。

| パターン              | 1        | 2         | 3          | 4     | 5         | 6        | 7        |
|-------------------|----------|-----------|------------|-------|-----------|----------|----------|
| 補正 R <sup>2</sup> | 0.788    | 0.737     | 0.733      | 0.733 | 0.795     | 0.788    | 0.790    |
| 有意確率              | 0.000    | 0.000     | 0.000      | 0.000 | 0.000     | 0.000    | 0.000    |
| M 係数              | -0.00305 |           |            |       | -0.00304  | -0.00300 | -0.00300 |
| BTCdd<br>係数       |          | 3.895E-06 |            |       | 3.873E-06 |          |          |
| Q 係数              |          |           | -9.032E-05 |       |           | P>0.05   |          |
| V 係数              |          |           |            |       | -0.485    |          | -0.348   |

全体的に補正 R<sup>2</sup> はおおむね高く、良好な結果が得られた。

## 議論

各係数の正負について、貨幣数量説では  $PQ=MV$  より、価格  $P$  は決済量  $Q$ 、貨幣発行残高  $M$ 、貨幣回転数  $V$  とそれぞれ正、負、負の相関を持つはずである。一方回帰分析の結果によると、決済量  $Q$ 、BTCdd、貨幣発行残高  $M$ 、貨幣回転数  $V$  各係数の正負は負、正、負、負となった。

前述したとおり、決済量  $Q$  は BTCdd と比べて、アカウント間的高速移動が多重カウントされ投機的な目的の高速資金移動が高く評価されすぎ、貨幣数量説にマッチしない部分が多くあるといえる。一方 BTCdd は、数字そのものは直接的な意味を持たず数字が上昇しているか否かで見るとはわからないが、実取引に使われているビットコインの多さの程度を検討するには決済量  $Q$  より優れている面があるため、回帰分析において係数が正の値になったのではないかと推測できる。

ここで言えることは貨幣数量説の変数を通してビットコインの価格変動を説明することができたということである。価格の乱高下が激しく、また仮想通貨という現代的で想像上の通貨であってさえ、貨幣数量説という素朴で原始的な経済の下における理論を用いて説明ができるということである。

## 結論

これまでの研究により、私は以下のような結論を得た。ビットコインは現状、従来の貨幣が持つ機能を十分に持っているとは言えない。しかしながらビットコインの価値はシステムによって守られている。また激しく無軌道に見える価格変動も従来の学問的枠組みで捉えられることが回帰分析の結果より明らかになった。ビットコインは決して理解不能な金融商品ではなく、市場も関係者も未成熟なだけであり、市場の成熟に伴い、既存通貨と同様気軽に利用できる未来が来るかもしれない。

## 謝辞

本研究に際して、様々なご指導をいただきました主査の小幡准教授、副査の村上准教授、齋藤准教授に深謝いたします。また多くのご指摘をくださいました小幡ゼミの同期の皆様、特に日常の議論を通じて多くの示唆をいただいたしもてい君に感謝いたします。

## 参考文献

- [1 ] <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- [2 ] <http://btcnews.jp/bitcoin-history-timeline-2008-to-2012/>
- [3 ] <http://btcnews.jp/bitcoin-history-timeline-since-2013/>
- [4 ] <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%93%E3%83%83%E3%83%88%E3%82%B3%E3%82%A4%E3%83%B3#.E6.AD.B4.E5.8F.B2>
- [5 ] <http://www.digitalmoney.or.jp/2014/01/3point-of-bitcoin/>
- [6 ] <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%A8%E3%83%AB%E3%83%BB%E3%82%A2%E3%83%B3%E3%83%89%E3%83%BB%E3%82%B8%E3%83%BC>
- [7 ] <http://blogos.com/article/80656/>
- [8 ] <http://agora-web.jp/archives/1584712.html>
- [9 ] 岩井克人、『貨幣論』、ちくま学芸文庫、1993 年
- [10 ] <https://blockchain.info/ja/charts>
- [11 ] <http://simulacrum.cc/2013/03/04/the-demographics-of-bitcoin-part-1-updated/>
- [12] <file:///C:/Users/user/Downloads/cgap-20bn3-20seasonal-20patterns.pdf>  
<http://www.coindesk.com/wikipedia-raises-140000-first-week-bitcoin-donatio>

ns/