# 金融ビッグデータによる バブルの早期警戒技術の創出 ーバブルの検出・キッカケ・波及一

# 水野 貴之

バブルについての経済学の共通認識は、2002 年に FRB 議長 Greenspan が述べた "It was very difficult to identify a bubble until after the fact—that is, when its bursting confirmed its existence." であり、バブルがはじける前に、バブルであるか否かを見極める手法が確立していない。この現状を打開するために、(1) 類似したモノの価格差の拡大から経済バブルを検出する技術を構築した。しばしば暴落がニュースをキッカケとして起こる。(2) ニュース記事間の関係から素早く重要なニュースを検出する技術を構築した。金融ショックは企業間の繋がりを通じて世界中を巡る。(3) 企業は国境を越えて同業種でコミュニティを形成し、そのコミュニティ間を橋渡しする企業がいることで、世界中の企業が平均 6 取引先で繋がっている。この特徴は、金融ショックの伝搬だけではなく、紛争鉱物や奴隷労働問題などの繋がることによるリスクの対策にも使える。

キーワード:金融バブル、ナウキャスト、ニュース、グローバリゼーション、紛争鉱物

# 1. 着想

「さきがけというフロンティアで探求する情報系研究者達」という、研究者自身に着目したお題をいただいたので、研究成果だけではなく、研究成果の裏にある着想の話も織り交ぜながら、ご紹介する。さて、私のさきがけのテーマは本稿のタイトルと同じ「金融ビッグデータによるバブルの早期警戒技術の創出」であるが、ページの後半には、一見して全く関係がない紛争鉱物(紛争地で採れる鉱物)や奴隷労働(人権無視の労働)問題の話も出てくる。しかし、よく読んでいただけると経済活動と関係していることがわかると思う。そのあたりを楽しみに読んでいただければ幸いである。

私が、バブルや紛争・奴隷労働問題を研究対象に選んでいる根本的な理由は、「人間の集団的な欲望」に興味があるからだ。しかもそれを、心理学的な理論の積み上げではなく、予想外の現象が起きていてもわかるように、客観的に直接観測したい、そしてそれを制御したいと思っている。金融市場で起きるバブルは欲の塊であり、紛争・奴隷労働問題も利益の奪い合いであり、研究対象としてうってつけなわけだ。「さきがけ」

には領域会議という研究総括や領域アドバイザーに, 進行中の研究についてアドバイスをいただける場があ り,そこで,「どんどん,スピンオフを」と後押しもし ていただき,さきがけ研究をベースに,やんちゃな研 究にも挑戦できている.

本稿の構成だが、2節で本さきがけの主要テーマで あるバブルの検出技術の話を述べる. 3 節では、往々 にしてバブルの始まりや崩壊は、政府の政策変更やあ る種の社会に潜在していた問題が報道などにより表に 出てきたことがキッカケとなるため、重要なニュース をいち早く機械的に検出する技術の話を述べる. この 10年、経済危機が国境を越えて広がる傾向にある。4節 では、企業のサプライチェーンの視点からグローバリ ゼーションと、ショックの波及について述べる、グロー バリゼーションを調べていると、想像以上に世界は繋 がっていることがわかり、また、世界ではわれわれの 常識外のことが起きている。これまでは、常識外のこ とは他人事であったが、繋がりによりそうも言ってい られなくなった. 5節では、遠い地で武力維持のため に採掘される鉱物(紛争鉱物)や、人権を無視した労 働環境(奴隷労働)で生産される製品とわれわれとの 関わりについて、ビッグデータを使ってできることを 述べる. 6節はまとめである.

## 2. バブルの検出技術

2002 年, ワイオミング州ジャクソンホールで開かれた米国の年次経済シンポジウムにおいて当時の FRB

みずの たかゆき

国立情報学研究所情報社会相関研究系,総合研究大学院大学複合科学研究科

〒 101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2 独立行政法人科学技術振興機構, さきがけ

〒 332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8

mizuno@nii.ac.jp

議長 Alan Greenspan は、"It was very difficult to identify a bubble until after the fact—that is, when its bursting confirmed its existence." と、経済バブルは崩壊しないかぎり見つけることは困難である、事後的にあのときはバブルであったとしかわからないと述べた。しかし、そう言われても困るわけで、本さきがけでは、ビッグデータを使うことで、この問題の解決を目指した。

経済学において、バブルとは、実態にあった本来あるべき価値以上に投機マネーが集まっている状態と定義される。不動産であれば、本来の価値以上に物件が高いので、崩壊すれば価格は下がる。本来の価値なんて誰もわからないと言われれば、そのとおりで、しかし、価格が本来の価値以上に高くなっていることがわからないとは言えない。

世の中に、ほとんど同じものが存在する。特に、経済系のビッグデータでは大量に存在している。マンションにおける隣の家は、築年数も同じであれば間取りも同じ、駅までの距離が数メートル違うだけである。同じものは同じ価値、一物一価の法則、本来の価値が同じであるから、同じような物件なのに片方だけ価格がとても高いと、高い物件はバブルである可能性があるといえる。

では、チョットした物件の違いで、許容される価格の差は、どの程度だろうか、それはバブルではないときの、同じような物件の価格差の散らばりを分布で観測すればわかる。そして、その散らばりを超えるような大きな価格差が頻発しているかどうかで、バブルかどうかをリアルタイムに判定できる。

図 1 は、1991 年に崩壊した日本の不動産バブルの前後での、似たようなマンション物件での価格の分布を示している [1]. 図の横軸は、自然対数を取った価格で標準的な物件が 0 になるように、ヘドニック法(物件の価格に影響を与える物件属性の違いを観察し、環境の価値を計測する手法)を応用してすべての物件の価格を物件属性で調整してある(対数で 0 ということはリニアでは 1). つまり、横軸の 2 は、 $e^2 \sim 7$  を表すため、2008 年の分布での縦軸  $10^{-2}$  と対応づけると、2008 年は似たような物件でも  $10^2 = 100$  物件に 1 物件は、標準的な価格の 7 倍を超える物件が存在することを意味する。たぶん、コンシェルジュサービスがあったり、床暖房が付いていたりと、イレギュラーな物件属性が影響しているのだと思われるが、それでも、7 倍の価格を超える物件は 100 物件に一つである。

一方で、バブル期の1990年では、20物件に1物件が

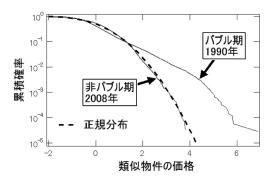


図1 ヘドニック法で物件属性を調整した類似物件の価格 分布

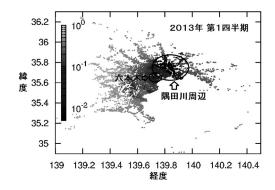


図2 関東地方の類似物件間の価格のバラツキ

標準価格の 7 倍(縦軸  $5 \times 10^{-2}$ )を超えていた。 100 物件に 1 物件は 40 倍をも超えた。 物件は,生鮮食品のように,すぐに腐ってなくなってしまうようなモノではなく,何十年もその場に存在するため,イレギュラーな物件属性がバブルのときだけに,いきなり現れて消えてしまうとは考えられない。 そうすると,バブルのときには、非バブルのときには観測されない,同じような物件なのに片方だけとても高いという状況が発生していることになる。

まとめると、物件の絶対的な本来の価値はわからないが、似ている物件で相対的に本来の価値が近いことはわかるため、似ている物件間で価格の開きが非バブル期と比べて大きくなれば、それは、どれかの物件で「本来の価値からの価格の乖離が発生し始めた=バブルが発生し始めた」を意味する。図2は、アベノミクス第一の矢が放たれた2013年第1四半期の関東地方における類似物件間の価格のバラツキを表している。色の濃い部分が、「類似物件に非常に高い物件が存在している地域=バブル地域」である。このときは、六本木と隅田川周辺でバブルが発生していた。

不動産バブルの検出手法は、そのまま、株式市場のバ

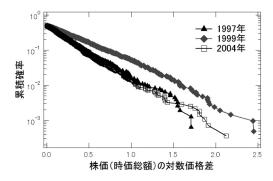


図3 財務状況が最も似ている NASDAQ 上場企業間での 株価(時価総額)の対数価格差

ブル検出に応用できる [2,3]. 株式市場では、投資家は企業の業績に基づいて株価を提示する. しかし、しばしばマネーゲームが発生して、業績度外視で株価が信じられないような高値まで釣り上がることがある. この状態を株式バブルという. 市場には多くの上場企業が存在し、もちろん、事業内容や業績の似た企業が存在している. それらの類似企業間での株価(正確には時価総額=株価×発行済株数)の差を観測する. 同じ業界で同じ業績なのに、片方だけ株価が高い状態からバブルを検出するのである.

企業の業績を表す財務項目は、100近く存在し、ま た、しばしば、売上の高い企業は利益も高いように、財 務項目間には強い相関が存在する. そこで、まず、非 バブル期である 2004 年の株価に最も反映する財務項 目を, ランダムフォレストを用いて探した. その結果, たとえば、IT 銘柄の強い NASDAQ では、株価は企 業の純資産の影響を強く受けていることがわかる. 財 務項目をランダムフォレストから得られる各項目の重 要度で重み付けし、企業ごとに財務状況が最も似てい る企業とで、株価の対数価格差を計算し、分布を描い たのが図3である. IT バブルが始まる前の1997年で は、類似する財務状況で株価が(横軸)101倍高くなっ ている企業の割合は、(縦軸)  $1.5 \times 10^{-2} = 1.5\%$ 程度 だった。一方で、バブル期の 1999 年では同程度の株 価の乖離は、 $5 \times 10^{-2} = 5\%$ も発生している、そして、 はじけた後の 2004 年には、1997 年と同じ割合に戻っ た. 不動産と同じように. 類似する企業間での株価の 乖離幅について、非バブル期と比較することでバブル を検出できる. 研究室の Web サイトでは. 各株式市 場のバブル度を日々チェックしている [4].

#### 3. 重要なニュースの機械的な検出

一昔前、単語の極性辞書を用いて文章のポジネガ判

定を行う手法が自然言語処理で開発されたころ、それを応用して、ニュース記事のポジネガで将来の株価を予測する研究が盛んに行われた。しかし、当たらない。同じようなニュース記事が発表されても市場の反応が違う。そして、とてもポジティブなニュースなのに、株価が下がることもある。その原因は、市場参加者が、将来の予測をすでに株価に反映させているためだ。よって、同じようなニュースの2回目では株価は反応しないし、とても景気のよいニュースでも予想以下だった場合には株価が下がってしまう。そして、投資家が、その話題に関心がないときには、株価は、そもそも反応しない。

上記のように、各ニュース記事に対する自然言語解析だけでは株価予測はできない。ほかのニュース記事との関係を明らかにすることが必要だ。機関投資家が利用する Thomson Reuters の情報端末 Eikon にはさまざまなメディアから年間 100 万記事を超えるニュースが配信されている。この数は、インサイダーではないすべてのオフィシャル情報と言っても過言ではない。これらのニュース記事間の関係を使って、はじめに、できるだけリアルタイムにニュースの新規性と話題性を測定する手法を紹介し、新規性と話題性の高いニュースには市場が大きく反応することを示す [5]. 次に、人間がもつネガティブバイアスを利用して、ニュースの記事数から予想より悪い出来事を察知して、今後の株価トレンドが予測できることを紹介する [6].

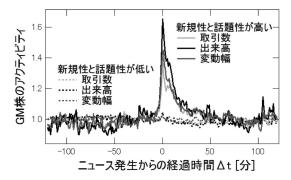
ニュースの新規性と話題性では、各ニュース記事に 含まれている単語の数をベクトルの要素にもつ bag-ofwords で表現して、二つの記事の類似度を数値化する。 たとえば、

ニュース 1: Microsoft and IBM resolve antitrust issues.

ニュース 2: Microsoft settles antitrust claims with IBM.

では、各ベクトルの要素は、Microsoft、IBM、antitrust、 issue、claim、resolve、settle、and、with のそれぞれの 単語数になる。 すなわち、各ニュース記事のベクトルは、

で表される。あとは、この二つのベクトルの  $\cos\theta$  を計算すれば、記事の類似度が  $0 \le \cos\theta \le 1$  の範囲で測定できる。この場合は、0.5 になるので、かなり似ている記事となる。実際の解析では、and や with といった Stop-words は、文章の内容を表現するうえで適切な単語ではないために、IDF 値を使ってベクトル



**図 4** ゼネラル・モーターズ (GM) のニュースが発生した時刻  $\Delta t = 0$  の前後 2 時間の GM 株のアクティビティ (取引数, 出来高, 株価変動幅)

#### の要素に重み付けをする.

ニュースが新規であるかどうかは、過去のニュースとの類似度が低いかどうかで判定する。過去に遡って平均的な類似度を計算していくと、1週間程度で $\cos\theta$ は 0.1以下になるので、比較は 1 週間前までとした、次に、ニュースの話題性について、これは、同時刻における別のメディアが配信したニュースとの類似度が高いかどうかで判定する。重要な出来事ほど、各社が競い合って報道するので、同時刻に同じようなニュースが集中する。完全な同時刻は難しいため、前後 30 分間を同時刻として扱った。

Eikon でのニュース記事には、記者によってカテゴ リーや関連株のフラグが付けられている。そこで、ゼネ ラル・モーターズ (GM) のフラグのあるニュースに注 目し、ニューヨーク証券取引所に上場されている GM 株のアクティビティ(出来高,取引数,株価変動幅)と の関係を見てみる. 図 4 は、新規性や話題性が平均以 上のニュース(実線)と、平均以下のニュース(破線) について、それらのニュースが報じられる前の各アク ティビティを基準に、ニュース前後の2時間で何倍に 増加したかを表している. 新規性や話題性がないと, 市場が全く反応しないことがわかる。一方で、新規性 があればニュース直後に、話題性があれば大きくアク ティビティが上昇して、その後、徐々に減衰していく ことがわかる. 新規性や話題性が低い例は続報だ. 続 報には第一報と同じ単語が数多く含まれるが、市場の 反応は小さくなる. この反応は、単独のニュース記事 を自然言語解析しただけではわからない.

次に、ニュースの記事数から予想より悪い出来事を 察知して、今後の株価トレンドが予測できることを紹 介する. 通貨でモノは買えるが、直接、株券で買うこ とはできない. つまり、株価が暴落して株券が紙切れ になってしまうと、投資した人は困ってしまう. 一方

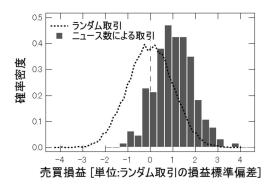
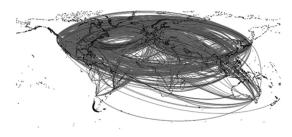


図5 S&P500 をその構成銘柄に関するニュースの記事数 を利用して売買した場合の損益分布

で、株価が暴騰しているときに通貨をもっていても、 利益を逃すことにはならないが、暴騰前と同じモノは 買えるので、困りはしない. したがって、投資家は、 株価が下がってしまう出来事には敏感になり、多くの 情報を欲する。それに応じるように、メディアは、そ のような出来事についてはニュースを多く供給する傾 向にある. この傾向を確認するために、Eikon で流れ る Business sector カテゴリーでの米国株についての ニュースを毎日数えて、ある日に急にニュースが増え た場合には、株価が下がる出来事が発生したと仮定し て、次の日の朝に米国の株価指数 S&P500 に収録され ている銘柄を売り、その1週間後に買い戻すという仮 想取引を行う、図5では、手数料なしで、この仮想取 引をした場合の損益分布(棒グラフ)と、これと同じ 取引回数だけランダムなタイミングで取引した場合の 損益分布(破線)とを比較している[6]. ランダムな取 引タイミングでは、儲かるときもあれば損するときも あり損益分布は損得で対称である.一方で、ニュース 数の増加を利用した場合には損益分布は明らかに利益 のほうに偏っており、ランダムな取引での1σ程度の 利益を頻繁に上げていることがわかる。つまり、株価 が今後下がるような出来事が起きたときに、ニュース が多く供給されているといえる.

この節で示してきたように、株式市場の反応は、ただ一つのニュース記事を読んだだけではわからないことが多く存在する。しばしば、複数のニュース間の関係を無視して、株価の動きとニュースの内容には関係がないとの乱暴な分析がなされることがあるが、それは正しくなく、ニュース間の関係を考慮すれば、株価変動とニュースには有意な関係がある。今後の、ニュースを用いた株価の予測は、単独のニュースの意味解析だけではなく、ニュース間の内容の関係性をも利用していくものになっていくだろう。



**図 6** グローバル・サプライチェーン (取引先数上位 1,000 社)

# 4. グローバリゼーション

風が吹けば桶屋が儲かるように、世界経済は繋がっている。図 4 で扱った GM の重要なニュースが発生した前後の、GM の主な部品供給元である American Axle & Manufacturing Holdings の株を同じように観測すると、この企業の株も、GM 株での反応の 40%程度の反応が起きている。つまり、企業間の関係性を通じて、個別企業のショックが他企業に伝搬している。企業間の関係は、仕入販売や親会社子会社、業務提携などさまざまある。ここでは、グローバルな仕入販売の関係に注目して紹介していくが、提携やライセンス契約などの関係についても傾向は変わらない。

図6は、仕入先と販売先を線で繋いだグローバル・サプライチェーンである。米国企業と欧米企業、そして、日本企業が相互に繋がっていることがよくわかる。企業間の繋がりは硬直的[7]であり、50%以上の取引関係は3年以上継続する。しかも、一度取引関係が失われたとしても、約10%程度が数年以内に復活する。

世界中のほぼすべての上場企業と投資家の関心を集 めている未上場企業約50万社を対象に、グローバル・ サプライチェーンの構造解析を行った [8]. 1990 年代 後半以降,社会や生態,WWW までさまざまな大規 模ネットワークの構造が調べられ、すべての人や物事 は 6 ステップ以内で繋がっていている「Six degrees separation」と呼ばれるスモールワールド性が基本的 な特性として存在することが明らかになった. グロー バル・サプライチェーンも例に漏れずこのスモールワー ルド性をもっており、90%以上の企業ペアがサプライ チェーンを通じて繋がっている。たとえば、タイにあ る電子部品の製造業者 Hana Semiconductor の 5 取引 先の下流には、米国の自動車メーカーであるフォード やテスラが存在する. これらの企業が部品を使ってい るのだろう. また、スリランカにある農作物を作って いる Elpitiya Plantations の 4 取引先の下流には、米

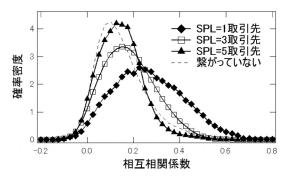


図7 サプライチェーンにおける企業間の最短経路長 (SPL) で条件付けした株価変動の相互相関係数

国の金融および通信事業の会社であるウエスタンユニオンが存在する。このケースでは、経路の途中に総合小売のダラー・ゼネラルが入っているため、たぶん、農作物自体は直接流れ着いてはいない。しかし、ウエスタンユニオンが仕入先に払ったお金の一部は、Elpitiya Plantations に流れ着いてはいるだろう。このように、ある国の企業で起きた出来事が、他国の経済に少なからず影響を及ぼしている。

上場企業間で 2010 年から 2014 年までの日次の株価 変動の連動度合いを相互相関関数により計測する. そ して、その相互相関係数を、サプライチェーンにおける 企業間の最短経路長ごとに調べる. 図7では,直接取 引関係がある企業間の相関、3取引先にある企業との 相関、5取引先にある企業との相関、そして、サプライ チェーンを通じて繋がっていない企業間での相関につ いて、相関係数分布を観測している、繋がっていない 企業同士の相関係数の最頻値は 0.09 程度で、0.4 を超 えるような相関はほとんど存在しない. 0.09 という弱 い相関は、経済全体が、つまり全企業が連動して成長 しているという効果である。一方で、サプライチェー ンを通じて繋がっている企業同士には、距離が近けれ ば近いほど、正の相関が強くなっていく、直接の取引 関係がある企業間では、相関の最頻値は 0.22 程度で、 0.6 を超える強い相関も観測される.

図7で観測される性質は、各企業で発生したショックが、サプライチェーンを通じて次々とほかの企業に連鎖していき、株価に影響を与えるという単純なモデルで再現することができる。ページランクはネットワーク上の流れを記述するよく知られたモデルのうちの一つである。ページランクを企業に当てはめると、サプライチェーン上にいる企業でランダムにショックが発生し、ショックのうち何割かが取引先に均等に伝搬するというモデルである。ショックに比例して、各企業

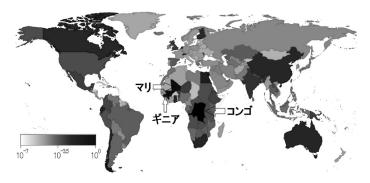


図8 コンゴ産紛争鉱物の拡散シミュレーション

の株価が動くとすると、図7の各相関分布から経済全体の成長要因である0.09の相関の値が引かれたものが再現される。つまり、モデルから、個別企業のショックがほかの企業に伝搬していくことを確認できる。

# 5. サプライチェーンに存在する紛争鉱物・奴隷労働問題

前節で紹介したように、ショックはサプライチェーンを通じてほかの企業に伝わっていく。どのように伝わるかは、サプライチェーンのネットワーク構造に依存する。ショックを多くの企業に橋渡ししているような企業を見つけて、対策を講じれば、世界的な危機は防げるはずである。ショックの実例を分析した結果を紹介できればよいのだが、どのような取引関係では、どのようなショックが伝搬しやすいのか、まだ研究中である。そこで、少し問題設定を変える。

企業活動のルールを定めた法律や自主規制は国によって異なる。そのために、サプライチェーンの上流に、われわれのコンプライアンスでは考えられないような企業が存在し、われわれのお金がサプライチェーンを通じて、それらの企業に流れ込んでいることが社会的な問題になっている。その対策として、たとえば、米国は、サプライチェーンの上流に「コンゴで内戦を維持するために鉱物(紛争鉱物)を採掘販売する企業」が含まれていないこと、を求めている。また、英国は、「労働者の人権を無視した(奴隷労働)企業」が含まれていないことを、求めている。世界の90%以上の企業がグローバル・サプライチェーンで繋がり、しかも、わずか6ステップ、各企業が上流に向かって全取引先を調査するのはとても大変なことである。そこで、ネットワーク構造を利用した、この問題の対策を紹介する[9]。

わずか6ステップでほとんどの企業と繋がれると言っても、各企業が1ステップでさまざまな企業と広く繋がっているわけではない、企業は企業連合と言うべき

コミュニティを形成し、各企業はコミュニティ内の企業とのみ密に繋がっている。そして、コミュニティ間を橋渡しするハブ企業が、いくつか存在することによって、スモールワールド性、言い換えればグローバリゼーションが形成されている。

グローバル・サプライチェーンに内在するコミュニティを、モジュラリティをもとに検出すると、国境を越えた企業連合がほとんどであることに驚かされる。地域が重要なのは、ASEAN ぐらいで、多くのコミュニティは、国を跨いだ同一業界を示している。図8は、コンゴの採掘企業からの紛争鉱物の流れをページランクモデルで単純化しシミュレートした図で、色の濃い国の企業ほど製品に紛争鉱物が多く含まれている可能性が高いことを示している。このように全世界に紛争鉱物が広がってしまうのは、国を跨いだコミュニティが多いためである。

業種でコミュニティを形成する特徴があるため、業種を対象にした紛争鉱物の対策は効果的である。大雑把な試算ではあるが、G8 各国における上場企業で対策をした場合、コンゴ産紛争鉱物の除去は G8 内で 3 割程度に過ぎないが、上場企業と同数の鉱物精錬企業や商社、採掘企業で対策をすれば 9 割以上が除去できる。しかも、世界が業種で繋がっているため、G8 地域以外の紛争鉱物も減るのである。

奴隷労働企業との繋がりも同様である。特定のコミュニティが、このような企業を多く含んでいるため、そのコミュニティ内の企業や、そのコミュニティと自身のコミュニティとを繋げている企業を重点的に注意すれば、劇的に減らしていける。このように、コミュニティを利用したサプライチェーンリスクの対策は有効であり、将来的にはサプライチェーンを通じての金融ショックの波及対策にも応用ができるであろう。

### 6. まとめ

「金融ビッグデータによるバブルの早期警戒技術の 創出」を目指して、まずは、バブルをナウキャストす ることから始めた. バブルとは, 本来の価値以上に投 機により価格が上昇することである。本来の価値を正 確に見積もることは困難だが、ビッグデータを使えば、 たとえば、不動産市場や株式市場では類似した物件や 企業が多数見つけられるため、類似したモノは同じ価 値,一物一価の法則により,似た物件間や企業間での 価格の違いの拡大から、バブルのナウキャストが行え る. 次に、しばしば、大きな株価変動がニュースをキッ カケとして起こるために、そのようなニュースを機械 的に察知する手法の開発を進めた. 過去のニュース記 事と単語の類似が少なければ、ニュースに新規性があ り、同時刻における多数のメディアで類似する単語が 数多く使われれば、そのニュースは話題性が高いと判 断できる。新規性や話題性が高いニュースには、市場 は大きく反応する. そして, 人は株価が下がる出来事 ほど、多くの情報を欲しがり、メディアはニュースを供 給する. そのために、急激にニュース数が増加した後 には、株価が下がる傾向にある. 各企業における株価 のショックは、企業間の繋がりを通じてほかの企業に も広がっていく、そこで、最後はグローバル・サプラ イチェーンに注目し、企業間の繋がりの特徴を示した. 企業は国境を越えて同業種でコミュニティを形成し、 そして、そのコミュニティ間を橋渡しする企業がいる ことで、各企業が世界中の企業と平均6取引先で繋が るというスモールワールド性が成り立っている. した がって、ショックの世界的な伝搬を防ぐには、ショック を特定の業種内に封じ込める政策が有効であるだろう. 本稿では、グローバル・サプライチェーンにおける紛 争鉱物や奴隷労働問題などの繋がることによるリスク の対策に、業種内に封じ込める政策が有効であること

を示した. ビッグデータは. 経済現象で重要なさまざ まな対象の関係性を実際に観測することができる. こ れは、これまで関係性を仮定して問題の対処にあたっ てきた経済学にとって大きな手助けとなっている.

謝辞 図 2 は東京大学の大西立顕氏に提供してい ただいた、紛争鉱物や奴隷労働問題についての研究は JSPS 科研費 15KT0052, 16H05904 の助成を受けたも のである.

## 参考文献

- [1] T. Ohnishi, T. Mizuno, C. Shimizu and T. Watanabe, "Power laws in real estate prices during bubble periods," International Journal of Modern Physics: Conference Series, 16, pp. 61–81, 2012.
- [2] T. Mizuno, T. Ohnishi and T. Watanabe, "Power laws in market capitalization during the Dot-com and Shanghai bubble periods," Evolutionary and Institutional Economics Review, 2017 (in press).
- [3] T. Mizuno, T. Ohnishi and T. Watanabe, "Stock market bubble detection based on the price dispersion among similar companies," Journal of Economic Interaction and Coordination (submitted).
- [4] http://research.nii.ac.jp/~mizuno/bubble\_index.
- [5] T. Mizuno, T. Ohnishi and T. Watanabe, "Novel and topical business news and their impact on stock market activities," EPJ Data Science (submitted).
- [6] Y. Tahira and T. Mizuno, "Trading strategy of a stock index based on the frequency of news releases for listed companies," Evolutionary and Institutional Economics Review, 2017 (in press).
- [7] T. Mizuno, W. Souma and T. Watanabe, "The structure and evolution of buyer-supplier networks," PLoS One, 9, e100712, 2014.
- [8] T. Mizuno, T. Ohnishi and T. Watanabe, "The structure of global inter-firm networks," Social Informatics Lecture Notes in Computer Science, 8852, pp. 334-338, 2015.
- [9] T. Mizuno, T. Ohnishi and T. Watanabe, "Structure of global buyer-supplier networks and its implications for conflict minerals regulations," EPJ Data Science, 5, No. 2, 2016.