研　究　報　告　書

「金融ビッグデータによるバブルの早期警戒技術の創出」

研究タイプ：通常型
研究期間：　平成２５年１０月～平成２９年３月
研　究　者：　水野　貴之

1.　研究のねらい

日本政府と日本銀行はデフレ脱却と持続的な経済成長を実現するために 2013 年に異次元の金融緩和を実行した結果，金利・日経平均・円が上昇し，バブル崩壊を経験した日本企業は，これらの金融市場の反応が持続的な経済成長の芽ではなく，バブルの芽ではないかという懸念から，設備や人的投資に躊躇した[The wall street journal(May-15, 2013)]．バブルの芽でなければ，このような消極的な行動はデフレ脱却の足枷にしかならない．また，近年は中国バブル，世界的に広がる金融危機が，しばしば発生している．このような背景からも，バブルを察知するシステムを構築することは，社会にとって重要なミッションである．

バブルに対するマクロ経済学における共通認識は，前米 FRB 議長アラン・グリーンスパンが 2002 年に述べた「バブルは、はじけて初めてバブルだったとわかる」という言葉が指し示している通り，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．

本研究では，ビッグデータを用いて，はじけないとバブルが分からない現状を打開する研究を推し進め，バブルのモニタリングと崩壊を予測する技術を構築することにある．具体的には，金融ビッグデータ（全世界 500 社を越える通信社が発表するニュース記事・主要金融市場の取引注文・先進各国の企業の財務諸表と取引先リスト）を利活用することで，バブルに対して，これまでデータ不足により実証論的な結果から理論を構築するアプローチが出来なかった問題点を解決する．また，横断的なアプローチ（自然言語処理・統計物理学・統計学・機械学習・マクロ経済学・計量経済学）により，各分野が苦手にしている分析を他分野の分析手法で補う．これらにより，一部の企業に投機マネーが集中するバブルの特徴抽出，投資家の金融市場のトレンドを追随する同調行動を強化させるバブルの芽となるニュースの機械的な検出，グローバル・サプライチェーンを通じたバブル崩壊ショックの波及のダイナミクスの解明をおこない，早期にバブル警報を発信する技術を創出する．この技術を搭載したシステムが完成すれば，バブルを引き起こす過剰投機を監視し，金融引締め等のマクロ経済政策をデータドリブンで実行できる．この研究を通じて，日本政府が掲げ，また世界各国が望むバブルのない持続的な経済成長の実現に科学的に貢献する．

2.　研究成果

（1）概要

「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，はじめに，「（1）経済バブルを検出する（ナウキャスト）技術」を構築した．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である．本来の価値を正確に見積もることは困難であるが，ビッグデータを使えば，例えば，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

の拡大から特定の物件や企業への過剰投機を検出し，バブルのナウキャストがおこなえるようになった[論文 1，主要な学会発表 2，主要な学会発表 3].

次に，大きな株価変動が，しばしば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「(2)重要なニュースの検出技術の開発」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．株価の反応は新規性や話題性に強く依存しており，これら新規性と話題性を用いて市場にとって重要なニュースをリアルタイムに検出できる．また，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傾向があることを見出した．この傾向を応用して，ニュース数の急増から，株価の下降トレンドの発生を検出する技術を開発した．[論文 2，主要な学会発表 1，主要な学会発表 5]

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全世界に広がるため，「(3)グローバル・サプライチェーンの基本構造の解明」をおこなった．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ことを見出した．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ことが明らかになった．この結果は，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等の繋がることによるリスクの対策にも使える．[論文 3，論文 4，論文 5，主要な学会発表 4，著作物 1]

(2)詳細

研究テーマ A「経済バブルの検出技術の確立」

株式市場では，投資家は企業の業績にもとづいて株価を提示する．市場には多くの上場企業が存在し，事業内容や業績の似た企業も存在する．類似した企業では，通常，株価が高い企業の株は売られ，安い方の株が買われる一物一価の法則により，株価は似た値となる．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過度に高値まで釣り上がることがある．この状態がバブル期には発生する．類似企業間での株価(正確には時価総額＝株価×発行済株数)の差を観測することによって，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株式バブルを検出する技術を開発した．

世の中に全く同じ企業は存在しないため，非バブル期においても類似する企業間で株価の差は存在する．そのため，非バブル期における類似企業間の株価の散らばりを分布で観測し，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，バブルかどうかを判断した．

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．はじめに，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．次に，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，対数価格差の分布を描いた．年度ごとに分布を観測すると，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 10 倍高くなってい

る企業の割合は全体の 1.5%程度であった. 一方で, バブル期の 1999 年では分布の裾野が太り, 5%も存在していた. そして, はじけた後の 2004 年には, 1997 年と同じ分布に戻った. このように類似する企業間の対数価格差の分布の変化を非バブル期と比較しながら観測することにより, リアルタイムに株式市場のバブルを検出できる. 研究室 Web サイトでは, 各株式市場のバブル度を日々掲載している.

研究テーマ B「重要なニュースの検出技術の開発」

機関投資家が利用する Thomson Reuters の情報端末 Eikon に全世界 500 社を超える通信社から配信された年間 100 万記事を超えるニュース記事の記事間の関係を使って, 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開発し, 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した. また, 人間が持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発見した.

ニュースの新規性と話題性は, 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持つ bag-of-words で表現して, 2つの記事の類似度をベクトル間のコサインで数値化することによって定義した. このとき, Stop-words は, 文章の内容を表現する上で適切な単語ではないために, IDF 値を使ってベクトルの要素に重み付けをした. 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できる. 一方, ニュースの話題性は, 同時刻における別の通信社が配信したニュースとの類似度が高いかどうかで判定できる. 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.

記者によって各上場企業のフラグが付けられたニュースに注目し, その上場企業の株価の反応(出来高, 取引数, 株価変動幅)との関係を調査した. 株価の反応は新規性や話題性に強く依存しており, これら新規性と話題性を用いて市場にとって重要なニュースをリアルタイムに検出できることが明らかになった.

ニュースの記事数の急増から, 株価の下降トレンドの発生を察知できることを明らかにした. 投資家は株価が下がってしまう出来事には敏感になり, メディアは, そのような出来事についてニュースを多く供給する傾向にあることを証明した. 米国株についての日々のニュース数に注目し, 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の損益を調査した. この損益分布は統計的に有意に利益の方に偏っており, ランダムな取引での1σ程度の利益を頻繁にあげていることが見出された. つまり, ニュースの急増から下降トレンド発生の注意報が出せる.

研究テーマ C「グローバル・サプライチェーンの基本構造の解明」

General Motors に関する重要なニュースが発生した直後, General Motors の主な部品供給元である American Axle & Manufacturing Holdings の株も General Motors 株での反応の 40%程度の反応が起きる. 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. 関係性を通じたショックの伝搬予測や, その伝播に対する対策を示すために, グローバルな企業間ネットワークの基本構造と企業間の業績の連動の関係を解明した.

世界中のほぼ全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，企業間のグローバルな仕入販売，ライセンス契約，資本提携について、それぞれの関係が作るネットワーク構造を調査した．企業間の繋がりは硬直的であり，50%以上の取引関係は 3 年以上継続し，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．つまり，ネットワークを通じた企業間の業績の相関は持続しやすい．グローバルな企業間ネットワークでは 90%以上の企業ペアがネットワークを通じて繋がっている．そして，その平均経路長は短く，僅か 6 取引先である．平均経路長は短いが，各企業が直接様々な企業と広く取引しているのではなく，企業は企業連合と言うべきコミュニティを，国境を越えて同業種内で構成している．多くの企業はコミュニティ内の企業とのみ密に繋がっており，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，企業のグローバリゼーションが形成されている．

上場企業間で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し，その相互相関係数を，グローバル・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査した．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る．この特徴が，各企業で発生したショックが，グローバル・サプライチェーンを通じて次々と他の企業に連鎖していき，株価に影響を与えることを意味することを，ページランクを応用したネットワーク上の流れを記述するモデルから明らかにした．

ネットワークの基本構造を解明し，ネットワーク上の伝搬を再現するモデルを構築したことによって，ショック伝搬は，はじめにショックが起きた企業と同じ業界内に世界的に広まり，その後に，世界各地の他業種に広まるという経路をたどることが分かった．業種間を繋ぐ企業でショックを止めれば，他国も含み他業種へのショックの伝搬がほとんど防げることが明らかになった．

これらの結果は，グローバル・サプライチェーンにおける紛争鉱物の流通問題にも応用できる．紛争地で採掘された鉱物は，まずは，世界的に商社や鉱物精錬企業で流れるために，これらの業種を対象にした紛争鉱物の対策が効果的である．試算すると 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，採掘企業での対策をすれば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らすことができる．

3．　今後の展開

株式市場のバブルの検出手法を，住宅地や商業地の不動産市場のバブル検出に順次応用していき，同時に社会実装も進めていく．本研究では，1つの株式市場内で生じている企業間の株価の歪みからバブルの検出をおこなったが，市場内の全ての株が過剰投機状態（全ての株価が歪んでいる状態）にあるとき，バブルの検出精度が悪くなる欠点がある．この問題点は，複数市場での企業間の株価の歪みを観測することにより解決できる．この解決は現在取り組んでいる研究課題で解決される．重要なニュースの検出技術については，既存のニュースに対する自然言語処理の技術に，そのまま組み込むことで精度向上が可能であるために実装を進めている．グローバル・サプライチェーンの研究成果については，関連する業界団体や NGO と社会実装に向けて連携を模索している．

4.　評価

（1）自己評価

研究目的の達成状況

「金融ビッグデータによるバブルの早期警戒技術の創出」という研究の当初の目的は，金融ビッグデータを用いて株式市場や不動産市場のバブルをナウキャストする技術を構築できたことから達成できている．早期警戒技術の創出の次は，バブルの予測や崩壊の危険性の推定であるが，これらについても，ニュースの研究やサプライチェーンの研究で十分な成果が出ている．

研究の進め方（研究実施体制及び研究費執行状況）

金融ビッグデータも，他のビッグデータと同じく，統一感のないフォーマットにイレギュラーなデータ，重複するデータに一部スパースなデータなど，スマートデータ化をしなければ実証分析に利用できない．このスマートデータ化には，手間と時間がかかり，この部分を研究補助者に担当してもらえたことが研究を進める上での鍵になった．十分な研究実施体制を築けた．研究費の執行状況は，当初の計画通りに進めた．

研究成果の科学技術及び社会・経済への波及効果（今後の見込みを含む）

はじけないとバブルが分からない経済学の現状を，金融ビッグデータを用いることで打開することができた．後は，社会実装に向けてバブルの検出精度の向上と，成果のビジュアル化と使いやすいインターフェイス構築である．精度向上については見通しも立って既に研究も軌道に乗っている．ビジュアル化とインターフェイスについては，β版を研究室の Web ページで公開し，実務家からフィードバックを受けながらアップデートを重ねている．社会実装に向けて関係機関と連携を取っている．現在，金融当局は，市場と対話する（金融政策の反応をリアルタイムに観測し，反応に合わせた次の一手をおこなう）技術に強い関心を寄せている．本成果は，その流れに沿うものである．

その他領域独自の評価項目

さきがけ期間中にフィンテックが脚光を集め，本成果もこの流れに乗って関連各所で成果を社会に広めることができた．また，本成果のスピンオフとして，紛争鉱物や奴隷労働問題等のサプライチェーンリスクに関する研究を新規に立ち上げた．これらは，国際関係学で扱われるテーマであり，当該分野ではビッグデータにもとづいた研究は数えるほどしかおこなわれていなかった．ビッグデータ応用分野の新しい研究領域を開拓したことも評価に値する．

（2）研究総括評価（本研究課題について、研究期間中に実施された、年2回の領域会議での評価フィードバックを踏まえつつ、以下の通り、事後評価を行った）。

現代社会の安定性は経済の安定性に大きく依存している．1990 年代の日本でのバブル崩壊や 2000 年代のリーマンショックを持ち出すまでもなく，いわゆるバブルが社会の安定性に及ぼす影響はきわめて大きい．このバブルは，市場価格が「本来の価格」と乖離することで発生する．今日の主要な市場の中心に，コンピュータで制御された大規模な情報

システムが存在することを考えると，バブルの問題に情報学的アプローチで挑戦することには意義がある.

本研究は，経済ビッグデータを解析することにより，バブルの検出，市場における価格変動の引き金の検出，価格変動が伝播する仕組みの解明などを目指すものである．バブルの検出に関しては「本来の価格」を推定する方式，引き金の検出に関しては市場に大きな影響を与える経済ニュースを検出する方式，伝播の仕組みの解明に関してはグローバル・サプライチェーンと企業間の業績連動の分析などを行い，従来「バブルは，はじけて初めてバブルだったとわかる」と言われていた状況から大きな一歩を踏み出すことができた．論文も多数公表されており，優れた学術成果をあげている.

今後は，社会実装を進めることを期待したい．また，本研究では，主に株式市場のバブルを研究対象としていることから，他の市場への展開も期待したい.

5.　主な研究成果リスト

（1）論文（原著論文）発表

1. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi and Tsutomu Watanabe. Power laws in market capitalization during the Dot-com and Shanghai bubble periods. Evolutionary and Institutional Economics Review. (in press)
2. Yoshifumi Tahira, Takayuki Mizuno. Trading strategy of a stock index based on the frequency of news releases for listed companies. Evolutionary and Institutional Economics Review. (in press)
3. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi and Tsutomu Watanabe. Structure of global buyer-supplier networks and its implications for conflict minerals regulations. EPJ Data Science. 2016, 5, 2 (15 pages)
4. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi, Tsutomu Watanabe. The Structure of Global Inter-firm Networks. Social Informatics Lecture Notes in Computer Science. 2015, 8852, pp. 334-338.
5. Takayuki Mizuno, Wataru Souma, Tsutomu Watanabe. The Structure and Evolution of Buyer-Supplier Networks. PLoS ONE. 2014, 9(7), e100712

（2）特許出願

なし

（3）その他の成果（主要な学会発表、受賞、著作物、プレスリリース等）

主要な学会発表

1. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi, Tsutomu Watanabe. Financial market reactions to exogenous shocks. ECONOPHYS-KOLKATA VIII. India. Mar. 14-17, 2014. (招待講演)
2. Takayuki Mizuno. Statistically detecting stock bubbles before they burst. ECONOPHYS-2015. New Delhi, India. Nov. 27 - Dec. 1, 2015. (招待講演)
3. Takayuki Mizuno. Pareto Indexes of Market Capitalization, PER, and PBR during Bubble Periods. WEHIA 2016 (The 21st annual Workshop on the Economic Science with Heterogeneous Interacting Agents). Castelló de la Plana, Spain. June 20-21, 2016.

4. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi, Hiroshi Iyetomi, Yuichi Ikeda and Tsutomu Watanabe. Structure of global buyer–supplier networks and its implications for conflict minerals regulations. CCS'15 (Conference on Complex Systems). Tempe, Arizona, USA. Sep. 28 – Oct. 2, 2015.
5. Takayuki Mizuno, Takaaki Ohnishi, Tsutomu Watanabe. Exogenous shocks in financial markets: Novelty and topicality detection in business news. Sigma Phi 2014. Rhodes, Greece. July 10, 2014.

著作物

1. Takayuki Mizuno, Wataru Souma, Tsutomu Watanabe. Buyer–Supplier Networks and Aggregate Volatility. The Economics of Interfirm Networks (Springer). pp. 15–38. 2015.