テキスト情報による金融市場変動の要因分析

Analysis of Financial Markets' Fluctuation by Textual Information

和泉 潔
Kiyoshi Izumi

産業技術総合研究所 & JST さきがけ
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology & PRESTO, JST
kiyoshi@ni.mints.ne.jp, <http://kinba.sakura.ne.jp/>

後藤 卓
Takashi Goto

三菱東京 UFJ 銀行 市場企画部
The Bank of Tokyo-Mitsubishi UFJ, Ltd.
takashi_6_gotou@mufg.jp

松井 藤五郎
Tohgoroh Matsui

とうごろう機械学習研究所
Tohgoroh Machine Learning Research Institute
TohgorohMatsui@tohgoroh.jp, <http://とうごろう.jp>

keywords: financial market, text-mining, time-series data, regression analysis.

Summary

In this study, we proposed a new text-mining methods for long-term market analysis. Using our method, we analyzed monthly price data of financial markets; Japanese government bond market, Japanese stock market, and the yen-dollar market. First we extracted feature vectors from monthly reports of Bank of Japan. Then, trends of each market were estimated by regression analysis using the feature vectors. As a result, determination coefficients were over 75%, and market trends were explained well by the information that was extracted from textual data. We compared the predictive power of our method among the markets. As a result, the method could estimate JGB market best and the stock market is the second.

1. は じ め に

金融市場のトレーダー達は、市場に影響を及ぼす多様な情報を取捨選択し、現在の市場の状況を分析・予測している。しかし、送られてきた情報の全てを、現場のトレーダーが自分で目を通して市場分析に用いることは不可能に近い。そのため、いくつかの情報技術を市場分析に適用する研究が行われ、一定の成果をあげてきた。

特に近年、テキスト情報による市場分析に関して、ライターなどのオンラインの経済ニュースに対する市場の反応を推測する研究もでてきた [Mittermayer 06, Seo 04, Ahmad 05, 高橋 07]。これらの研究は、1 日以内や数日の短期的な市場の反応を分析対象としており、より長期的な市場動向の分析には用いられてこなかった。

本研究では、オンラインのテキスト情報から、数年にわたる比較的長期の市場動向分析を支援するテキストマイニング技術を新たに開発した。本技術を用いて実際に経済市場分析を試み、実際の市場動向をどの程度説明しているのかについて検証を行った。

2. テキストデータによる長期市場分析手法

今までテキストマイニングが長期的な市場分析にほとんど適用されなかった主な原因は次の 2 点である。

最初の問題は、ニュースや掲示板などの形式が多様で時間変化を抽出しにくいテキストを使用していたことである。この問題に関して、本研究では長期分析に有効なテキストデータとして、日本銀行の金融経済月報を選んだ。金融経済月報は、日本銀行が金融・経済情勢を分析した資料であり、毎月半ばに、A4 で 15-20 ページの分量で公開されている^{*1}。

この情報によって、日本銀行が、当面の経済動向をどう分析しているか対外的に明らかにしており、実際の金融市場のトレーダーが多かれ少なかれ着目している共有の重要テキスト情報である。金融経済月報が長期分析に有効な理由は、ブログ等のほとんど決まった形式のないテキスト情報と異なり、解説内容の順番や段落構成等がほぼ定式化されていて、月ごとのテキスト内容の変化が比較しやすいからである。

二番目の問題は、市場分析用にテキストデータと時系列データを関連づける手法がなかったことである。二番

^{*1} テキストデータは<http://www.boj.or.jp/theme/seisaku/handan/gp/>で毎月公開されている。

目の問題に関して、本研究ではテキストデータと時系列データを関連づけるために、下記の 3 つのステップからなる新たなテキスト解析技術を提案する。

2.1 共起関係に基づく主要単語の抽出と可視化

最初に、各月のテキストデータに KeyGraph [大澤 06] を適用し、共起関係を解析した。具体的にはまず、日本語形態素解析システムである Chasen [ChaS] による形態素解析を行い、出現頻度順に名詞・動詞・形容詞等を抽出した。次に、Jaccard 係数 ($= p(A \text{ and } B) / p(A \text{ or } B)$; ただし A, B は抽出した単語) を段落毎に適用し、段落毎に同時に出現する単語と単語を繋ぎ、共起グラフを作成する。その後、単結合 (A, B 間のみの結合部分) を切断し、結合による「島」を作成する。またその後、各単語間の共起度に基づき、上位順に「橋」を作成する。これらによって、各月のテキストデータから主要単語をノードとするネットワークを構築した。

2.2 主成分分析による単語のグループ化

KeyGraph で作成したネットワークに出現した単語のパターン (単語を月毎の出現状況に従いパターン分類したもの) に対し主成分分析を実施し、30 個の合成変数 (主成分) にまとめる。ここで、主成分の数が 30 個であったのは、1998 年から 2007 年までのデータを用いた主成分分析で、累積寄与率が 60% を超えた主成分数が 30 であったからである。各月の 30 個の主成分スコアを、分析対象期間について時系列順に並べることによって、30 次元の時系列データが作成される。これが分析対象期間のテキストデータの特徴の時間的变化を表していると考えられる。主成分分析の際には、単語に関して品詞を区別せずに分析を実施する。ここで注意してほしいのは、ここまでの市場データは全く用いず、純粋に単語の出現パターンのみの分析を行っていることである。つまり、ここまでの分析は、債券市場や株式市場、外国為替市場などの分析対象となる市場の種類に依存せずに共通である。

2.3 重回帰分析による市場データの動向分析

最後に、各主成分スコアの毎月の動きから月次での市場価格の動きを解析する。具体的には、さきほどの 30 個の主成分スコアの時系列データを説明変数として、月次の市場データを被説明変数とする重回帰分析を行う。得られた回帰式に、月央に発表された最新のテキストデータを入力すれば、約 2 週間後の月末の市場価格を推定 (外挿予測) できる。

3. 金融経済月報のテキストマイニング

上述の手法を用いて、日本国債市場 (金利)・株式市場 (日経平均株価)・外国為替市場 (円ドルレート) の月次変動を分析した。1998 年 1 月から 2007 年 12 月までの 10

年間 (120ヶ月) の金融経済月報のテキストと各市場データ (月末終値) をサンプルデータとした。

3.1 金融経済月報による月次市場分析

最初に、KeyGraph アルゴリズムと主成分分析を用いて、30 次元の特徴量を金融経済月報のテキストデータから抽出した。抽出された主成分には大きく分けて 2 つのタイプがあった。一つは市場の動きに関する特徴量である。例えば、1 番目の主成分は、「横ばい」「圏内」「緩やか」といった動きを表す単語から構成されていた。他にも、5 番目の主成分は、「上昇」「頭打ち」「軟化」といった単語の寄与が高かった。もう一つのタイプは、経済のファンダメンタルズに関する特徴量である。例えば、2 番目の主成分は「リスク」「国債」「利回り」といった金利に関する単語から構成されていた。他にも、3 番目の主成分は「需要」「改善」「生産」といった企業活動に関する単語の寄与が高かった。

次に、これらの 30 次元の特徴量の時系列データを用いて、各市場データの回帰分析を行った。回帰分析の際に、AIC 基準を用いたステップワイズ選択により、説明変数の絞り込みを行った。日本国債の 1 年物、2 年物、5 年物、10 年物の金利について、23-25 個の説明変数による回帰式を得ることができた。日経平均については 18 個、円ドルレートに関しては 13 個の説明変数が選択された。決定係数 R^2 をみると、サンプルデータについて十分な説明力を持つことがわかった。 $R^2=75.24\%$ (国債 1 年物), 78.47% (国債 2 年物), 76.76% (国債 5 年物), 74.65% (国債 10 年物), 85.67% (日経平均), 76.38% (円ドルレート)。

3.2 外挿予測力の市場間比較

前節で得られた 1998 年 1 月から 2007 年 12 月までの過去 10 年間の訓練データを用いた回帰式に、2008 年 1 月から 12 月までのテキストデータを入力して、各金融市場における外挿予測テストを行った。

図 1a-d に、代表的な市場について、推定されたパスと実際のパスを示す。外挿期間における推定パスと実際のパスを比較すると、日本国債 2 年物 (図 1a) と 5 年物 (図 1b) がトレンドの方向性 (上昇と下降) および価格の全体的な水準が一致しており、最も精度の高い外挿予測を行っていた。次に日本国債 1 年物と日経平均株価 (図 1c) が、価格の全体的な水準に乖離がみられたものの、トレンドの方向性が一致していた。日本国債 10 年物は、価格の全体的な水準が合っていたものの、価格の変化量が実際の動きよりも小さく推定された。最後に、円ドルレート (図 1d) に関しては、市場トレンドの方向性と価格の全体的な水準ともうまく推定することができなかった。

上述の比較結果を確かめるために、実際に提案テキストマイニング手法が使われる場面と同様に、直近のデータまでを訓練データとして毎月新しいデータを追加して新たに分析を更新した場合の外挿予測力の比較を行った。

図1 各市場トレンドの推定．訓練期間：1998年1月～2007年12月，外挿期間：2008年1月～12月．

まず最初に 1998 年 1 月から 2007 年 9 月までのテキストデータと市場データを訓練データとして回帰式を推定し，その式に 2007 年 10 月のテキストデータを入力して，2007 年 10 月末の市場価格を推定した．次に 2007 年 10 月のテキストデータと市場データを訓練データに追加して新たに回帰式を推定し，その式に 2007 年 11 月のテキストデータを入力して，2007 年 11 月末の市場価格を推定した．同様に毎月のデータを追加して回帰式を逐次的に更新しながら，月末の市場価格を外挿予測するテストを，2008 年 10 月の市場価格の外挿予測まで繰り返した．

図2 各市場の逐次的な外挿予測における市場トレンドの正率比較．2007 年 10 月～2008 年 10 月までの各月末価格に関して外挿予測を行った．

図2は，各市場において，上記の手続きで逐次的な外挿予測を行った各月の推定値のトレンドが，実際の市場トレンドと比較して何%の期間で正解していたかを示すグラフである．推定値と実際の値がそれぞれ前月比で上昇トレンド/下降トレンドにあるかの一致を調べた．この結果より，図1で調べた外挿予測の精度比較結果と同様に，国債2年物(JGB2Y)・国債5年物(JGB5Y) > 国債1年物(JGB1Y)・日経平均株価(Nikkei225) > 国債10年物(JGB10Y) > 円ドルレート(Yen-Dollar)の順で，外挿予測力の精度が高かったことがわかる．

3.3 市場変動の要因分析

豊かな背景情報を含むテキストデータを用いることによって，テキスト情報で解説されている特定の経済状況と，金融市場の変動の関連性を見つけ出すことができる．日経平均株価について，さきほどの2008年の外挿期間について，本手法により変動が大きくなると推定された月の，変化量が大きかった主成分について調べた(図3)．

その結果，2008年4月の上昇局面では，第3主成分(PC3)と第4主成分(PC4)に関連する単語が，その月の日銀月報での出現パターンが前月から変化していたことが分かった．表1に示すように，第3主成分は「需要」「改善」「生産」といった企業活動に関する単語の寄与が高く，第4主成分は「設備」「国内」「輸出」といった買

図3 日経平均株価の外挿期間での変動要因。実線 (Nik225) はテキスト分析での推定値。棒グラフの各項目 (PC2-PC23) は、各主成分の前月からの変化量に回帰係数をかけた値。

易収支に関する単語の寄与が高かった。このように 2008 年 4 月の日経平均株価の上昇は、経済的な基礎要因に関係していることが示された。

2008 年 6 月と 9 月の下降局面についても主成分の変化を調べた結果、同じ下降局面でも要因が異なると示唆された。6 月の下落に最も関連した主成分は、企業活動に関する第 3 主成分 (PC3) であった。それに対し、9 月は「上昇」「頭打ち」「軟化」といった市況やトレンドに関する単語の寄与が高い、第 5 主成分 (PC5) が最も関係性が強かった。このことから、6 月の下降は経済の基礎的要因の変化を反映したものであったが、9 月の下降は株式相場の状況自体が変動要因になっていたと推測される。

表1 2008 年 4,6,9 月の変動要因となった主成分。各主成分で負荷量の絶対値が上位 10 個のキーワードを示す。

第 3 主成分		第 4 主成分		第 5 主成分	
背景	0.655	設備	0.468	足許	-0.458
伴う	0.494	国内	-0.432	上昇	-0.436
需要	0.452	低迷	0.421	実体	-0.401
改善	-0.424	輸出	-0.411	年末	-0.394
生産	-0.421	歯止め	0.36	頭打ち	-0.394
鈍化	-0.404	掛かる	0.36	先行き	-0.381
軟調	-0.394	総合	0.36	厳しい	0.374
国債	-0.394	対策	0.36	間	-0.363
利回り	-0.394	ペース	0.358	軟化	-0.355
格差	-0.394	踏まえる	0.354	ペース	0.352

市場変動は様々な要因が影響している可能性があり、それが主な原因となっているかを現場で特定することは難しいことが多い。本手法によって、日銀や多くの市場関係者がどの要因に着目しているのか、これからどの要因に気をつけるべきかを絞り込むことができ、金融の現場の意志決定支援になることが期待できる。

4. ま と め

本研究では、テキストデータによる長期的な市場分析の新技术を提案した。月次の日本国債市場・株式市場・外

国為替市場データの分析を行った結果、国債 2 年物・国債 5 年物 > 国債 1 年物・日経平均株価 > 国債 10 年物 > 円ドルレート の順で、外挿予測力の精度が高かった。さらに、日経平均株価について 2008 年 4 月の上昇局面と 6 月と 9 月の下降局面の変動要因を、主成分の値の変化より分析した。その結果、4 月と 6 月の変動は経済の基礎的要因と関連しており、9 月の下落は市況自体の要因が関連したとの示唆を得た。

今後は本手法をマーケットリポートやブログ等のより条件の厳しい情報に適用を試みる予定である。また市場シミュレーションとの統合により動的な市場分析を目指す。

謝 辞

本研究の一部は、科学研究費補助金 特定領域研究「情報爆発 IT 基盤」の助成を受けています。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Ahmad 05] Ahmad, K., Gillam, L., and Cheng, D.: Textual and Quantitative Analysis: Towards a new, e-mediated Social Science, in *Proc. of the 1st International Conference on e-Social Science* (2005)
- [ChaS] ChaSen ホームページ: <http://chasen.naist.jp/hiki/ChaSen/>
- [Mittermayer 06] Mittermayer, M. A. and Knolmayer, G.: Text Mining Systems for Market Response to News: A Survey, Working paper (2006)
- [Seo 04] Seo, Y.-W., Giampapa, J. A., and Sycara, K.: Financial News Analysis for Intelligent Portfolio Management, Technical Report CMU-RI-TR-04-04, Carnegie Mellon University (2004)
- [高橋 07] 高橋 悟, 高橋 大志, 津田 和彦: 株式市場におけるヘッドラインニュースの効果についての研究, ファイナンス学会第 15 回大会, pp. 373-383 (2007)
- [大澤 06] 大澤 幸生: チャンス発見のデータ分析 モデル化+可視化+コミュニケーション シナリオ創発, 東京電機大学出版局 (2006)

〔担当委員: 松村 真宏〕

2009 年 8 月 25 日 受理

著 者 紹 介

和泉 潔(正会員)

1993 年東京大学教養学部基礎科学科第二卒業。1998 年同大学院博士課程修了。博士(学術)。同年より、電子技術総合研究所(現 産業技術総合研究所)勤務。マルチエージェントシミュレーション,特に社会シミュレーションに興味がある。情報処理学会,電子情報通信学会,電気学会各会員。

後藤 卓

1997 年 名古屋大学工学部情報工学科卒業。同年株式会社東海銀行(現株式会社三菱東京 UFJ 銀行)入社,2008 年より現職。1998 年より ALM 及び債券運用業務に従事し,2001 年から 2007 年までプロップ・トレーディング業務に従事。うち 2002 年から 2007 年までロンドン勤務。帰国後,円貨資金証券部を経て現在に至る。

松井 藤五郎(正会員)

1997 年 名古屋工業大学知能情報システム学科卒業。2003 年同大学院工学研究科博士後期課程電気情報工学専攻修了。2003-2009 年 東京理科大学 理工学部 経営工学科助教。2009 年より現職。機械学習および強化学習に関する研究に従事し,現在は機械学習やデータ・マイニングをファイナンスの分野へ応用する研究に取り組む。情報処理学会,ACM,AAAI 各会員。