Research Memorandum

「VAR モデルによる売上高成長率の予測」

Forecasting Sales Growth Rate by VAR Approach

FTRI-RM12

July 2013

佐々木好夫　Yoshio Sasaki

要旨 / Abstract

本稿では、経済予測では標準的な予測手法の 1 つであるベクトル自己回帰（Vector Auto-regressive: VAR）モデルを用いて、実質 GDP や物価の変化に対する売上高成長率の反応を推計し、その結果を用いて将来のマクロ経済変数の変化に対する売上高成長率変化を予測するモデルの構築を試みた。一般的な重回帰モデルの結果と比較して VAR モデルによる予測結果が優れることを示す。なお、本稿で用いた分析手法を応用した仕組みが、AERIS において売上高成長率予測モデルとして搭載される予定だ。

株式会社　金融工学研究所

〒103－0027 東京都中央区日本橋 1-4-1 日本橋一丁目ビル 19F

TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439

本レポートの作成にあたっては、研究員及び諸大学の先生方から多くのコメントをいただいた。ここに感謝の意を表したい。なお、本レポートにおける意見は筆者個人のものであり、金融工学研究所の見解を示すものではない。また、本稿に残っている誤りは全て筆者の責任である。

1. はじめに

過去の財務データのみから将来の売上高を予測しようとするとき、２つの手法が考えられ、実際にしばしば用いられている。１つは一定期間の売上高を時系列でプロットさせてトレンドを求め、そのトレンドから予測するという方法がある。もう１つは、興味ある指標（例えば、GDP 成長率）との間で線形回帰分析を行い、その変数の変化から売上高の将来値を予測するという方法である。どちらの方法も理解しやすく実装も容易なため、実務上良く使われている。ところが、1980 年代以降の計量経済学における様々な研究結果から、これらの伝統的な回帰分析を用いた将来予測手法は、回帰分析が予測として有効となる前提条件を必ずしも満たしておらず、誤った結果を導く可能性が高いことが指摘されている。

そこで本稿では、これらの問題に対処可能であり経済予測の分野で用いられることが多いベクトル自己回帰（Vector Auto- regressive: VAR）モデルについて紹介する。具体的には、実質 GDP や物価の変化率などから売上高成長率の変化を予測するモデルの構築を試みて、一般的な回帰モデルよりも VAR モデルを用いた方が良好な予測結果が得られることを示す。

なお、本稿で述べている手法をベースにしたモデルは当社が開発した将来財務推計ツール AERIS の売上高成長率予測モデルとしてツール内に搭載される予定である。

本稿の構成は次の通りである。第 2 節では、通常の線形回帰分析の問題点を簡単にレビューした上で、VAR モデルの基本構造を説明する。第 3 節では本稿で使用するデータについて説明する。第 4 節では VAR モデルの推定結果を簡単に示す。第 5 節では推定された最適な VAR モデルを用いて過去のデータを予測させたときの精度を評価する。第 6 節では自動車製造を事例として、2012 年度の売上高成長率を予測させた結果と実績の比較結果を示す。最後に第 7 節では本稿の結果の総括と今後の課題についてまとめる。

2. 回帰モデルの検討

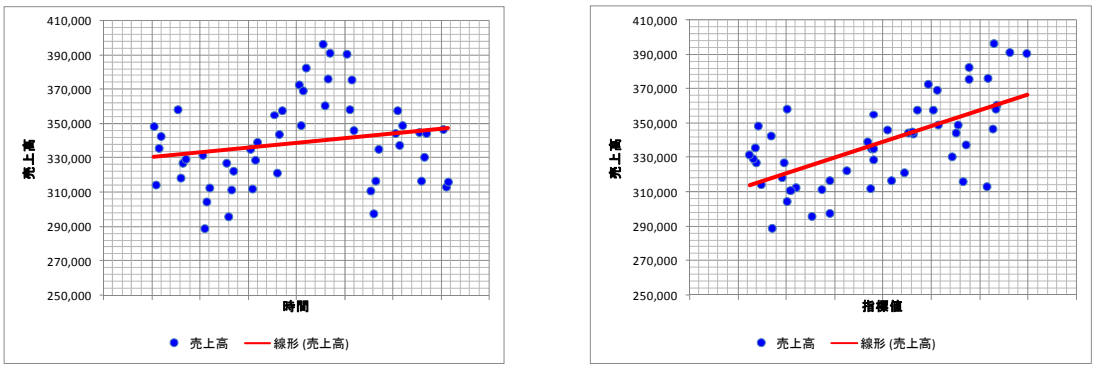
2.1. 線形回帰モデルによる予測の失敗

過去の売上高データを用いて将来の売上高の値を予測しようとするとき、一般的には２通りの方法が用いられている。第 1 の方法は、図 1の①で示すように、過去一定期間の売上高の推移をプロットしてトレンドを求め、そのトレンドを延長することで将来を予測しようという方法である。過去どれくらいの時点まで遡ってトレンドを求めるかによって結果が変わるが、一般的には 3 年以上のデータを用いて予測を行われる。

もう１つの方法は、図 1の②で示すように、興味ある指標に対する感応度を求めて売上

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

高を予測するという方法である。横軸に興味ある指標（例えば実質GDPなど）をとり、縦軸に売上高を取って、実際のデータをプロットさせ、線形回帰直線を求める。ここで導出された直線で表わされる指標値と売上高の関係が常に成立すると仮定して、指標値が与えられたときの売上高を予測するという方法である。



①トレンドからの予測　　②指標に対する感応度から予測

図 1　単純な線形回帰予測

これらの手法はわれわれが慣れ親しんだ一般的な回帰分析を用いた予測であり、エクセルなどでも簡単に実装できるというメリットがある半面、予測能力に問題があることがわかっている。

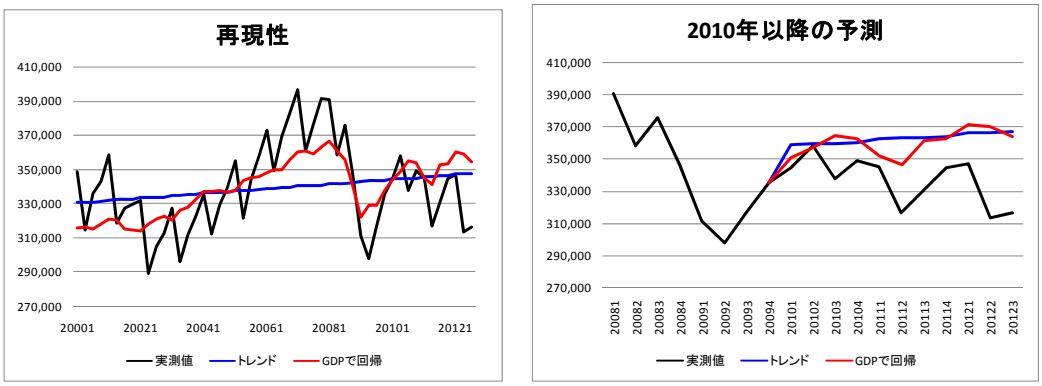


図 2　線形回帰モデルによる予測結果

図 2は財務省が公表している『法人企業統計』の売上高を用いて、①トレンドを用いた予測モデル（青線）、②GDPに対する感応度を線形回帰により推計して予測したモデル（赤線）、それぞれの予測結果を示している。モデルの予測能力を見る際には、過去の観測値の推移がどれだけ正確に再現されているか（データの再現性）、将来の実現値をどれだけ正確に予測できているのか（狭義の予測力）、の 2 つの視点がある。図 2 の左側は 2000 年から直近（2012 年第 3 四半期）のデータまで用いて推計したモデルにより、2000 年から直近のデータを再現させたものである。実際の推移（黒線）に近い動きをしていれば過去の動

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

きを再現できていることを表している。一方、図 2 の右図は 2009 年第 4 四半期のデータまでのデータを用いて 2010 年第 1 四半期以降の値を推計した結果を表している。

図からも明らかなように、いずれの場合でも実データの推移の再現性が低く、中でも大きな変動をモデルの予測では再現できていない。また 2010 年以降の予測結果を見ても、実際の動きをうまく予測出来ていないことがわかる。従って、この線形回帰モデルを例えばストレステストで用いた場合、たとえ意図的に極端に大きなGDPストレスをかけたとしても、売上高の変化は過小に予測されてしまうことに繋がる。[1]

また、当り外れ以前に、時系列データを予測する際に線形回帰分析を用いること自体がそもそも論理的に誤っているという指摘がある。論拠の 1 つを挙げれば、線形回帰分析が予測手法として有効であるための根拠となる重要な仮定群[2]の中に、データは自身の過去の値と相関がない（より厳密には、誤差項に自己相関がないという。）という仮定がある。この仮定の意味を直感的に言えば、歴史の発生順序やイベント間の間隔は無視してよいということである。例えば、2001 年から 2011 年のデータを用いて分析を行うとしたとき、データセットに含まれるイベントの順番が 2001 年にITバブル崩壊、2008 年にリーマンショック、2011 年に東日本大震災が発生したという順番でも、あるいはこれを 2006 年に東日本大震災、2008 年目にITバブル崩壊、2009 年にリーマンショックが発生という順番に並び替えたとしても、線形回帰モデルではどちらも同じ結果を導き出す。しかし、おそらくほとんどの人が直感でも感じられるように、イベントが発生した順番や間隔に多少なりとも意味があるならば、もし仮に歴史が東日本大震災、ITバブル崩壊、リーマンショックという順番で 3 年の間に立て続けで起こっていたならば、実現したデータの数値が変わっていた可能性があると考えられる。これは即ち、現在は過去の影響を受けていることであり、自己相関があることを意味している。線形回帰モデルは、この自己相関がないことを重要な前提仮定の 1 つとしていることから、時系列のデータを線形回帰モデルで予測することは論理的矛盾であり、線形回帰分析は本来用いるべきではない手法なのである。

2.2. VAR（ベクトル自己回帰）モデル

経済変数の時系列変化を予測する手法として、Sims(1980)以降一般的に用いられている手法の 1 つに、VAR モデルがある。ここでは VAR モデルについて簡単に説明する。

いま、売上高成長率(S)を他の 2 つの変数景気指標（Y）、物価指数(P)で説明するモデルを作りたいとする。このとき、S、Y、Pの相互関係に関して、理論などに基づく事前情報は

[1] 詳しくは後述するが、線形回帰分析はその理論的性質から過去の平均値に収束するという性質があるため、データの変動が大きい場合の予測には向かない。
[2] 「古典的標準線形回帰モデルの諸仮定」と呼ばれている 5 つの仮定。ほとんどの計量経済学の教科書に必ず記述があるので、興味がある方は参照されたい。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

全くなく、過去一定期間の自己の値と、他の変数の過去一定期間の値が相互に影響し合っているであろうということだけが判っているとする。また、具体的に何期前までの影響が残っているのかも事前には判らない。このような場合の予測では、まず 3 変数間の関係をデータから推定する必要がある。そしてその関係が続くことを前提に変数を予測することになる。[3]

最初に変数間の関係を特定したいが、我々が知っているのは一定期間の過去の自己の値と他の変数の過去の値が影響しているということだけである。仮に 2 期前までの影響が残っていることを仮定すると、例えば S と他の 2 つの変数の関係を(1)式のように表現することができる。

$$S_t = \alpha_S + \beta_{S1}Y_{t-1} + \beta_{S2}Y_{t-2} + \gamma_{S1}P_{t-1} + \gamma_{S2}P_{t-2} + \delta_{S1}S_{t-1} + \delta_{S2}S_{t-2} \qquad (1)$$

この式は、本年度の売上高成長率（S_t）は、景気指標について過去 2 期の間に発生した動き（Y_{t-1}、Y_{t-2}）、物価指数について過去 2 期の間に発生した動き（P_{t-1}、P_{t-2}）及び売上高成長率自身についての過去 2 期の動き（S_{t-1}、S_{t-2}）の合計 6 つの過去の数値と定数項（α）で説明が出来ることを示している。(1)式は S についてのみであるが、Y、P についても同様に表現できる。それらを並べると、(2)式で表される。

$$\begin{aligned} Y_t &= \alpha_Y + \beta_{Y1}Y_{t-1} + \beta_{Y2}Y_{t-2} + \gamma_{Y1}P_{t-1} + \gamma_{Y2}P_{t-2} + \delta_{Y1}S_{t-1} + \delta_{Y2}S_{t-2} \\ P_t &= \alpha_P + \beta_{P1}Y_{t-1} + \beta_{P2}Y_{t-2} + \gamma_{P1}P_{t-1} + \gamma_{P2}P_{t-2} + \delta_{P1}S_{t-1} + \delta_{P2}S_{t-2} \qquad (2) \\ S_t &= \alpha_S + \beta_{S1}Y_{t-1} + \beta_{S2}Y_{t-2} + \gamma_{S1}P_{t-1} + \gamma_{S2}P_{t-2} + \delta_{S1}S_{t-1} + \delta_{S2}S_{t-2} \end{aligned}$$

(2)式は連立方程式体系になっており、この連立方程式を推計することで、Y、P、S相互の関係がわかる。また、(2)式で表わされるモデルの重要な特徴は、Y、P、Sはそれぞれの変数の過去の値と定数項、誤差項のみだけで決定できる形で表現されているということと、用いられる変数全てが内生変数とみなされ説明変数間の独立性を前提としていないことである。[4]　この形で表わされるモデルは誘導型(reduced) VARモデル[5]と呼ばれる。

なお、(2)式の例では 2 期前までの影響が残っていることを仮定してVARモデルを表現したが、実際に何期前までの影響が残っているかを事前に知る術はない。これを決定するためには、過去何期まで影響するかのラグ次数の数を変えたパターンを何種類も推計し、情

[3] この仮定が VAR など時系列分析と、従来の線形回帰が決定的に異なる点の 1 つ。線形回帰モデルでは、理論等によって予め関係式の形（の候補）が限定されており、その関係式へのデータ当てはまりが良くなるようにパラメータを調整して、過去データとの誤差二乗和が最小となる回帰直線または回帰（超）平面を見つけるという手法である。そのため線形回帰分析では R^2 や t 検定に重要な意味がある。ところが、時系列分析では過去データの影響（専門用語ではインパルス応答）を解析しているのであって、過去データがフィットする回帰直線や回帰超平面を求めてはいない。したがって時系列分析では R^2 や t 検定にはモデルの善し悪しに関して何の意味も持たない。

[4] なお、線形回帰モデルでは回帰式の右辺は必ず外生変数であり、各外生変数は独立であるということが重要な前提になっている。線形回帰分析において説明変数が独立でない場合には多重共線性が発生してしまうことが知られている。

[5] 本稿で VAR モデルといった場合、特に断りのない限りこの誘導型 VAR モデルを指している。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

報基準量（AICなど）が最適となるパターンを最終的な関係式とする方法がとられることが多い。[6]

ややテクニカルになるが、上記を一般化して k 個の変数間の相互関係を説明する式に拡張することが出来る。t 期までの数値が影響しているとすると、一般的には以下の様な数式で記述される。

$$
\begin{aligned}
y_{1,t} &= \mu_1 + \sum_{i=1}^{p} \delta_{11,i} \cdot y_{1,t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{12,i} \cdot y_{2,t-i} + \cdots + \sum_{i=1}^{p} \delta_{1k,i} \cdot y_{k,t-i} + \varepsilon_{1,t} \\
y_{2,t} &= \mu_2 + \sum_{i=1}^{p} \delta_{21,i} \cdot y_{1,t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{22,i} \cdot y_{2,t-i} + \cdots + \sum_{i=1}^{p} \delta_{2k,i} \cdot y_{k,t-i} + \varepsilon_{2,t} \\
&\vdots \\
y_{k,t} &= \mu_k + \sum_{i=1}^{p} \delta_{k1,i} \cdot y_{1,t-i} + \sum_{i=1}^{p} \delta_{k2,i} \cdot y_{2,t-i} + \cdots + \sum_{i=1}^{p} \delta_{kk,i} \cdot y_{k,t-i} + \varepsilon_{k,t}
\end{aligned}
\tag{3}
$$

(3)式をベクトルで表記すると、(4)式のように表現できる。

$$
\mathbf{y}_t = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\Delta}_1 \mathbf{y}_{t-1} + \boldsymbol{\Delta}_2 \mathbf{y}_{t-2} + \ldots + \boldsymbol{\Delta}_p \mathbf{y}_{t-p} + \mathbf{v}_t \tag{4}
$$

$$
\boldsymbol{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \cdots, \mu_k)', \quad \mathbf{v}_t = (\varepsilon_{1t}, \varepsilon_{2t}, \cdots, \varepsilon_{kt})'
$$

$$
\boldsymbol{\Delta}_j = \begin{bmatrix} \delta_{11,j} & \delta_{12,j} & \cdots & \delta_{1k,j} \\ \delta_{21,j} & \delta_{22,j} & \cdots & \delta_{2k,j} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{k1,j} & \delta_{k2,j} & \cdots & \delta_{kk,j} \end{bmatrix}
$$

3. 使用するデータについて

本稿では、上記で説明した景気指標（Y）、物価指数(P)、売上高成長率(S)の 3 変数の関係を実際に分析していくが、本節では分析に用いたデータについて説明する。

まず景気指標は、内閣府から公表されている実質 GDP 成長率のデータを用いた。

物価指数は、本稿では日本銀行から公表されている『企業物価指数（CGPI)』を用いた。物価指数としてはCGPIの他に、『消費者物価指数』と『GDPデフレータ』がある。本稿ではCGPIを用いているが、利用者が分析目的から適当と考える指標を選べばよい。なお、本

[6] このように時系列分析において関数の形状を特定する作業過程のことを「同定」と呼んでいる。過去のショックが将来に影響を及ぼしているならばより長い過去を用いてあげればよいと思われる。しかし、遠い過去の影響は無視してよいほど小さくなるし、また変数が多くなれば自由度が低下する。そのためどれくらいの過去まで影響しているかを判断する同定作業が重要な意味を持つ。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

稿では実質GDPと物価指数を別個に採用し、名目GDPは用いていない。名目GDPを用いることも考えられないことではないが、物価指数と同時に用いることができないこと、そして名目GDPを用いた場合には「識別問題」と呼ばれる問題を惹起することになるため、実質GDPと物価指数を別個に用いる。また、季節要因による周期的な増減も興味がないので、季節要因による変動を除去した季節調整済みのデータを用いる。[7]

最後に、VAR モデルの推計で用いた企業の売上高に関するデータであるが、財務省から公表されている『法人企業統計』のデータと、上場企業のメジアン（中央値）を利用する 2 パターンを分析した。まず『法人企業統計』では調査対象となった事業所について、業種ごとに集計された財務データが公表されている。本稿では業種ごとに集計された売上高を業種ごとの調査企業数で除した、1 社当たり平均の売上高を用いることにした。また、業種区分としては「製造業」「農林水産業」「鉱業」「建設業」「第三次産業（その他）」を用いた。一方、上場企業のメジアンの場合は、上場企業の財務データベースから売上高成長率を計算し、それを法人企業統計と同じ 5 業種別にメジアンを取得する。業種別に求められた年ベースのメジアンについて、四半期ベースに変換したものを用いる。

以上のデータについて、上場企業データのメジアンを用いた場合については 1991 年第Ⅰ四半期から 2012 年第Ⅳ四半期までの計 88 時点、法人企業統計を用いた場合については 1991 年第Ⅰ四半期から 2012 年第Ⅲ四半期までの計 87 時点、のデータを用いる。各データの記述統計量は表 1にまとめてある。

	標本数	平均	標準偏差	最小値	最大値
実質GDP前年同期比成長率	88	0.881461	2.814163	-9.207689	7.695894
企業物価指数前年同期比上昇率	88	-0.207359	2.163520	-8.315500	7.281076
【法人企業統計】					
売上高成長率（製造業）	87	-0.611766	2.849199	-8.585612	6.551321
売上高成長率（農林水産業）	87	-0.692692	3.707927	-8.310814	9.323057
売上高成長率（鉱業）	87	0.293231	5.075233	-13.510921	8.856670
売上高成長率（建設業）	87	-1.185734	2.273871	-9.526402	2.341399
売上高成長率（第三次産業）	87	-0.972604	2.274343	-8.410406	4.780698
【上場企業データ】					
売上高成長率（全体）	88	0.318201	0.907590	-1.657404	2.241952
売上高成長率（製造業）	88	0.281917	1.088607	-1.989009	2.284841
売上高成長率（農林水産業）	88	0.078514	0.742506	-1.618264	1.269979
売上高成長率（鉱業）	88	0.435038	1.604003	-2.929933	3.906581
売上高成長率（建設業）	88	0.045914	1.192593	-2.058117	3.204870
売上高成長率（第三次産業）	88	0.434098	0.708040	-1.290471	2.109702

※ 推計で用いるデータは四半期ベースの公表データ、もしくは四半期に変換したデータとなっている。
上場企業データを用いたモデルでは1991年第I四半期～2012年第IV四半期までを用いた。
法人企業統計を用いたモデルでは1991年第I四半期～2012年第III四半期までを用いた。

表 1　使用データの記述統計量

[7] 本稿において使用するマクロ経済変数の組み合わせ選択にあたっては、統計の定義とマクロ経済学の理論を考慮した。名目 GDP と実質 GDP の相違や物価指数の性質、「識別問題」などといったトピックについてここでは触れないが、マクロ経済分析では重要な前提知識であり、入門的なマクロ経済学の教科書でほとんど必ず記述されている。興味がある読者はこの機会に是非確認していただきたい。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

なお 4 節以降では、売上高成長率に法人企業統計のデータを用いて 5 業種ごとに推計したモデルを「モデル A」、売上高成長率に上場企業データのメジアンを用いて推計したモデルを「モデル B」と呼ぶことにする。

4. VAR モデルによる推計結果

本節では VAR モデルの推計結果を示していくが、一般的な推計の順序としては、次の手順を踏む：

① まず単位根検定を用いてデータの定常性を検証する。もしデータが非定常という結果になった場合、データが定常になるまで階差を取るなど、データ変換を行う。

② データの定常性が示されたら、様々なラグ次数(p)について VAR モデルを推計し、それらの中から最適となるラグ次数 p を選択する（同定）。

③ 最適モデルのラグ次数 p が同定されたら、変数間の統計的な因果性を Granger 因果性によって検証し、変数間の相互関係をインパルス応答関数で確認する。

通常はこの手順に沿って結果を示していくべきだが、本稿では推計のプロセスではなく最終的に同定されたモデルを用いた予測結果に興味があるだけなので、同定過程の詳細は別途詳細資料にまとめたのでご興味のある方は筆者にお問い合わせいただきたい。[8]

本節の残りでは、結果のポイントについて簡単に述べる。

まず最小ラグ次数を 4 四半期（1 年）、最大許容ラグ次数を 12 四半期（3 年）と置いた上で、p=4 から p=12 までのそれぞれの場合について AIC（赤池情報基準量）を算出し、次数が低い方から順に計算し AIC の数値が最初に極小となったときのラグ次数 p の値を最適ラグ次数とみなした。ラグ次数の上下限については特に決まりはないが、少なくとも 1 年くらい前の値までは影響があるだろうということと、データの制約から 12 四半期以上のラグを用いるのが厳しくなるという理由により本稿では 4 四半期から 12 四半期とした。

実際のデータで推計したところ、モデル A の「鉱業」についてラグ次数が 6 のときが最適となった他は、ラグ次数が 5 のときが最適であるという結果が得られた。したがって、モデル A の鉱業のデータでは 1 年半前までのデータが相互に影響しており、その他のデータでは 1 年と 1 四半期前までのデータが相互に影響し合っているということになる。

添付の参考資料 1 では最適モデルにおける各モデルの VAR パラメータを掲載している。VAR モデルの分析報告としてはインパルス応答関数の方が重要であるが、本稿では VAR モデルで推計された変数間関係を利用した売上高成長率予測に興味があるので、VAR パラメ

[8] 同定過程の詳細な手順に興味のある読者は、計量経済学の教科書を参照されたい。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

ータの方を掲載している。また、各表とも実質 GDP、CGPI 上昇率、売上高成長率それぞれの式に対するパラメータを掲載しているが、本稿で一番興味があるのは最後の「売上高成長率」の列になる。

なお、表中のR^2 についてであるが、線形回帰のように直線（または平面や超平面）への過去データの当てはまりが良くなるパラメータを推計しているわけではないのでR^2 自体に評価上の意味はなく、R^2 を用いてモデルの優劣を評価することはできない。また、時系列データでは算出されるR^2 に誤差があることが理論的に示されていることから、VARモデル選択の判断基準としてR^2 は用いない。しかし、実際に“過去データがモデルに”どれだけフィットしているのかが判りやすいことや、指標値としての普及度という点から多少の誤差があってもR^2 が理解しやすいため、参考としてR^2 を掲載している。したがって、R^2 の水準が例えば 0.6 を超えていたら過去データへのフィットが十分だとか、あるいは 0.4 未満ならフィットが悪いので予測モデルとしては悪いとか、線形回帰分析で用いられているようなモデル評価上の意味がないことに留意する必要がある。[9]

5. 予測力の検証

第 4 節において最適なVARモデルについて触れたが、これは推計で用いたデータセットに対する最適なパラメータの値が特定されただけであり、得られたVARモデルの予測力については別途検証する必要がある。本節では内挿テスト（インサンプル・テスト、またはバックテスト）と呼ばれる検証手法に従ってVARモデルの予測力を評価する。内挿テストでは、パラメータ推定に用いられた全部、もしくは一部の期間について、過去の実績データだけを用いてモデルによる売上高成長率予測を行い、予測された値と実績値を比較することでモデルの予測精度を評価する。[10]

ところで、予測精度の評価手法としてはグラフによる視覚的な把握が最も簡便であり本稿でも用いるが、一方で指標を用いた客観的な評価も必要である。ここでは予測評価で最も一般的に用いられている平均誤差（ME）と二乗平均平方根誤差（RMSE）という 2 つの評価指標を算出する。

ME は予測のバイアスとも言われ、予測値と実績値の誤差を平均したものである。数式で表記すると

[9] 脚注 3 参照。

[10] VAR モデルは全ての変数を内生変数として予測しているため、VAR モデルの検証自体には売上高成長率以外を所与とするというような仮定を置く必要性はない。しかし本稿の目的は売上高成長率をシミュレーションするモデルの構築が目的であるため、売上高成長率以外を所与としたときの検証・比較のみ行うこととした。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

$$ME = \frac{\sum_{i=1}^{N}(F_i - A_i)}{N}$$

F_i：予測値、A_i：実績値、N：予測時点数

となる。ME は予測の系統的な偏りを示しており、平均誤差が 0 のときは平均的にみて予測が正にも負にも偏っていないことを意味する。ME が正（負）のときは、期間平均で予測が実際よりも大きい値（小さい値）であったことを示す。ME がより 0 に近いほど予測に偏りがないことを表している。

一方、RMSE は個々の予測誤差を一旦二乗してから平均を取り、さらに平方根を取ったものである。数式で表記すると

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(F_i - A_i)^2}{N}}$$

F_i：予測値、A_i：実績値、N：予測時点数

となる。RMSE は常に正の値を取り、予測される誤差の期待値を意味する。したがって、同じデータを用いている場合において、RMSE の値がより 0 に近いほど予測される誤差が小さいことから、相対的に予測精度が高いということを示している。予測精度の指標としては ME よりも RMSE の方がより着目される。

5.1. モデル A（法人企業統計データを用いて推計したモデル）の検証

ここでは、モデル A について、VAR モデルの予測力を検証することにする。

図 3はパラメータ推計で用いた売上高成長率（青線）の実績値と、モデルが推計した売上高成長率（赤線）を時系列で並べたものである。農林水産業と鉱業は予測誤差が比較的大きく出ているが、全体としてモデルが過去の推移をうまく表現できていることがグラフから見てとれる。

グラフで視覚的な比較に加えて、モデルによって予測された売上高成長率が実際の法人企業統計の売上高成長率からどの程度乖離しているのかを、MEとRMSEを用いて数値的に検証する。（表 2参照。）

ME であるが、いずれの業種においても値が負になっており VAR モデルによる予測にはマイナスのバイアスがかかっていることがわかる。即ち、VAR モデルによる予測が実際の売上高成長率よりも過小評価気味であることを意味する。業種別に見ると、製造業、建設業、その他においては平均 0.14～0.16 ポイント程度であるが、農林水産業ではやや大きめの予測誤差がある。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

RMSE の数値を見ると、ME と同様の傾向が現れており、製造業、建設業、その他と比べて、農林水産業と鉱業ではやや高い RMSE が出ている。RMSE は予測誤差の期待値を表しており、製造業、建設業、その他においては実際の売上高成長率と予測値の誤差が 1%程度であるのに対して、農林水産業と鉱業では 3～4%程度の誤差が発生すると見込まれることを示している。

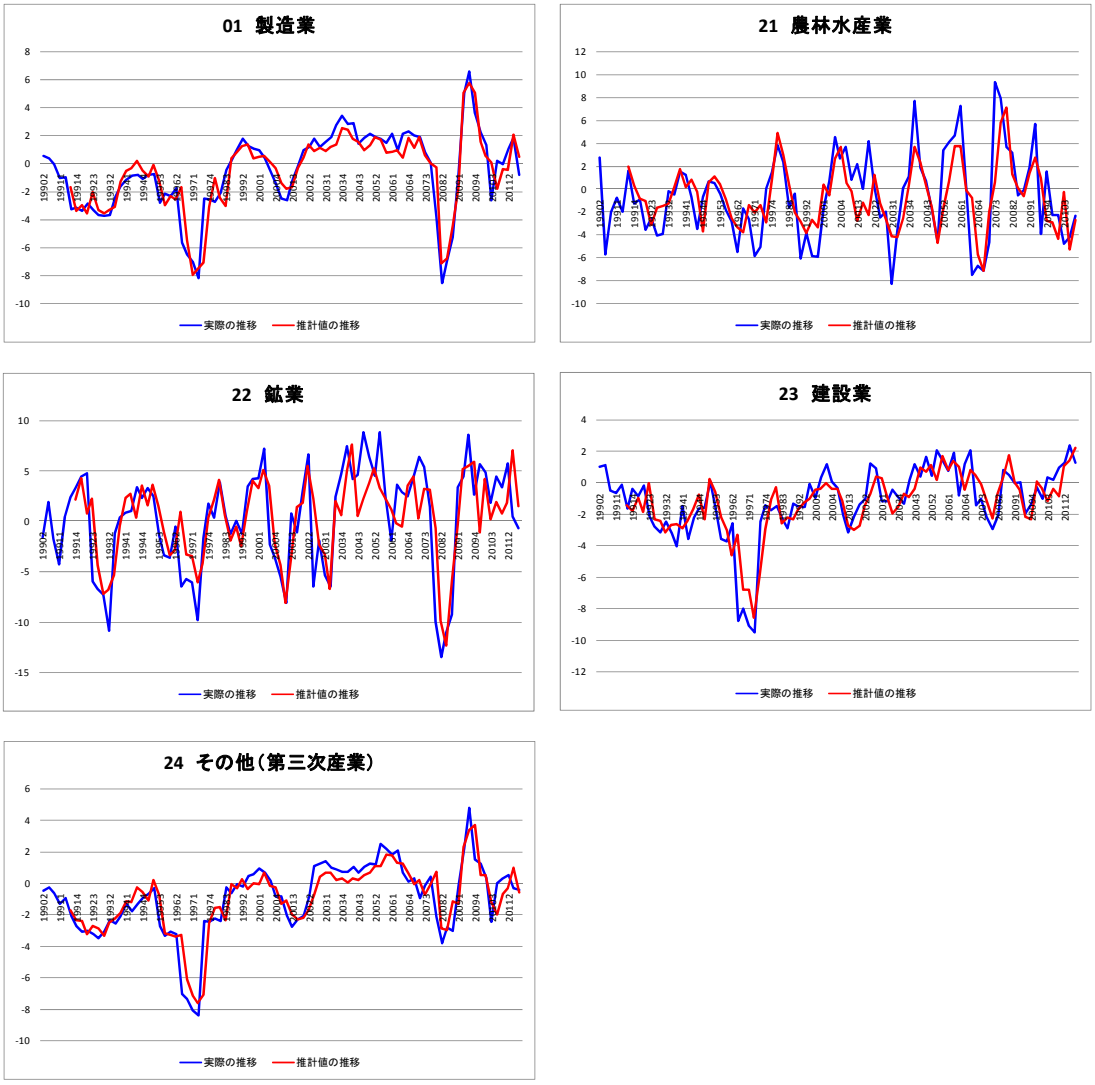


図 3　実際のデータと推計データの比較

	ME	RMSE
01 製造業	-0.1361	1.0828
21 農林水産業	-0.6158	3.1488
22 鉱業	-0.4918	3.6925
23 建設業	-0.1552	1.0547
24 その他（第三次産業）	-0.1461	1.0133

表 2　ME と RMSE

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

5.2.　モデル B（上場企業データのメジアンを用いて推計したモデル）の検証

次に、モデル B について、VAR モデルの予測力を検証することにする。

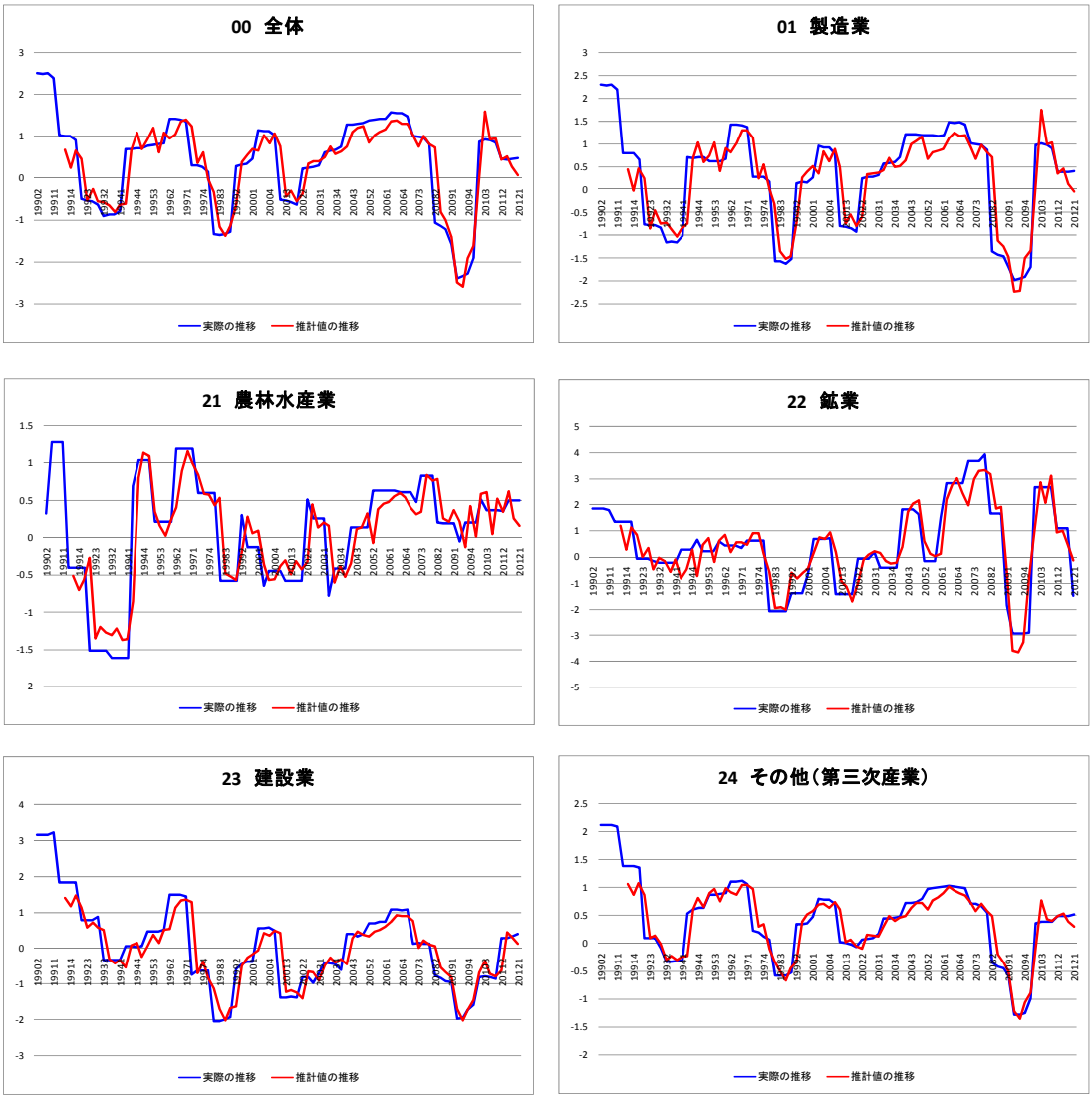


図 4　実際のデータと推計データの比較

図 4は図 3と同様に、パラメータ推計で用いた売上高成長率（青線）の実績値と、モデルが推計した売上高成長率（赤線）を時系列で並べたものであるが、図 3と比べて青線の形状が異なることに注意する必要がある。法人企業統計は中小企業も含めたデータであるということ、また法人企業統計はもともと四半期ベースでデータが作成されているのに対して上場企業データはもともと年次のデータを四半期ベースに引きなおしたものであること、などといった理由から、2 つのデータセットの数値が異なっている。したがって図 4では図 3とは全く異なる元データに対する推計であり、VARモデルの形状やパラメータの値が両者で全く異なっている。このため、両モデルの予測結果から算出されるMEやRMSEの数値を直接比較してモデルの優劣を比較することはできない。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

図 4を業種別に詳しく見ると、全体での推計結果を含めた全ての業種区分で、VARモデルが過去の売上高成長率の推移を表現できていることがわかる。

	ME	RMSE
00 全体	-0.0065	0.4311
01 製造業	-0.0118	0.4810
21 農林水産業	-0.0298	0.2998
22 鉱業	-0.0141	0.7970
23 建設業	0.0463	0.4134
24 その他(第三次産業)	0.0057	0.2110

表 3　ME と RMSE

次にMEとRMSEの値を見てみると、表 3より、MEは全ての業種で-0.03～0.04 の間にあり、モデルAのVARモデルよりも予測のバイアスが小さいことが示されている。RMSEの値を見ると、いずれの業種でも 1 を下回っており、業種区分をおこなっていない全体モデルでも 0.43 と低い値を示している。

ME や RMSE の数値を見る限りではモデル B の方がモデル A と比べて誤差の期待値が小さく、より適切なモデルのように思える。しかし、先にも述べたとおり、法人企業統計とはデータがそもそも異なっていることなどを踏まえると、モデル A とモデル B での優劣はこれだけでは比較できない。分析に用いているデータ自体に対する検討が必要となるが、本稿の目的からは外れてしまうため、ここではこれ以上踏み込まない。

次節では、個社データについてどの程度予測ができているのかを見ていく。

6. 個社データでの予測結果

この節では、第 4 節までに導出された A、B 二種類の VAR モデルを実際の企業の売上高成長率の予測に用いたときの結果を見ることにする。評価の方法としては、基本的に 2 つの方法を用いる。第 1 の評価方法は、5 節で行ったようなバックテストを行って過去の実績値をどの程度当てているかを見る方法。第 2 の評価方法は 2011 年度（多くの場合 2012 年 3 月決算）までのデータを用いて推計された VAR モデルで 2012 年度（多くの場合 2013 年 3 月決算）の売上高成長率を予測させて実際の売上高成長率と比較することとした。第 1 の評価方法がモデルによる過去データ再現性の確認、第 2 の方法が狭義の予測精度検証ということになる。

図の見方であるが、それぞれ（a）と（b）２つの図で構成されている。(a) のグラフがバックテストの結果、(b) のグラフが 2012 年度（2013 年 3 月）決算の予測結果である。なお、(a) 図においては黒実線が実際のデータ推移、青実線がモデル A、赤破線がモデル B のうち全体、赤実線がモデル B のうち業種別の結果を表しており、(b) 図においては黒実線が実際の売上高成長率、青破線がモデル A、赤破線がモデル B のうち全体、緑破線がモデル B のうち業種別の結果を表している。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

なお、(b) 図には参考として 2008～2012 年まで過去 5 年間の売上高成長率のトレンドを黒点線で示した。また、VAR モデルで利用したものと同じデータを用いて、売上高成長率を前年の売上高成長率と GDP 成長率、CGPI 変化率で単純な線形回帰（最小二乗法）で推計したモデルの予測結果を、(a) と (b) 図それぞれにおいて橙破線で示した。時系列データの予測に線形回帰分析を用いることは理論的に問題があることは第 2 節で述べたが、実際に予測させたときにどの程度の予測精度があるかを見るために参考として掲載した。

表 4はVARモデルA、Bそれぞれの構築時に使用したデータセットについて線形回帰分析を行った場合の推計結果を示している。結果から、モデルBのデータを用いた方が全般的に R^2 の値が高く[11]、t検定でも有意であるということが多い。そこで、本稿ではモデルBの構築で使用したデータを用いて線形回帰で推計したパラメータを、線形回帰モデルのパラメータとして用いることとする。

回帰データ / 説明変数	モデルA					モデルB					
	製造業	農林水産業	鉱業	建設業	第三次産業	全体	製造業	農林水産業	鉱業	建設業	第三次産業
切片	-0.913803** (0.251)	-0.829264** (0.408)	0.234527 (0.461)	-1.035304** (0.297)	-0.901621** (0.252)	0.176069* (0.097)	0.091948 (0.098)	0.040901 (0.080)	0.503589** (0.138)	-0.179294** (0.138)	0.198262** (0.086)
前年･売上高成長率	0.041808 (0.093)	-0.417665** (0.106)	-0.299774** (0.088)	0.272154** (0.119)	0.262733** (0.105)	0.094113 (0.084)	0.035537 (0.090)	0.186555* (0.107)	-0.084585 (0.085)	-0.084585** (0.085)	0.245466** (0.074)
GDP成長率	0.660308** (0.098)	-0.174435 (0.156)	0.798550** (0.179)	0.150237 (0.100)	0.342112** (0.090)	0.189388** (0.035)	0.191335** (0.036)	0.001814 (0.031)	0.074567 (0.054)	0.074567** (0.034)	0.107387** (0.021)
CGPI変化率	0.265862** (0.130)	-0.030322 (0.188)	0.804263** (0.217)	-0.143591 (0.125)	0.062320 (0.117)	0.129405** (0.045)	0.120421** (0.048)	0.073123* (0.038)	0.524127** (0.064)	0.076544* (0.041)	0.059756** (0.026)
R^2	0.474	0.204	0.434	0.096	0.271	0.442	0.403	0.115	0.559	0.465	0.463
自由度修正済R^2	0.454	0.174	0.412	0.061	0.243	0.421	0.380	0.082	0.543	0.444	0.443

括弧内の数値は標準偏差。 係数横に付いている**は5%有意水準で有意であることを表し、*は10%有意水準で有意であることを表す。

表 4　線形回帰分析の結果

具体的にどの企業の結果を見ていくかということであるが、全部を見るとなると上場企業の連結決算だけでも相当な数になってしまう。そこで、日経平均に採用されている自動車製造会社 9 社（日産、いすゞ、トヨタ、日野、三菱、マツダ、ホンダ、スズキ、富士重工）のうち日産、トヨタ、ホンダ、スズキの 4 社を代表例としてその売上高成長率（連結ベース）の予測結果を本節で見ていくこととする。

なお、自動車会社 4 社だけというのは評価に偏りがあるという指摘も十分考えられるため、他の自動車製造会社（いすゞ、日野、三菱、マツダ、富士重工）の結果に加え、自動車以外からも 28 社を無作為で選び、本節（a）および（b）図と同じものを参考資料 2 として掲載することとした。

6.1.　自動車製造会社 4 社の結果

最初にトヨタ自動車について見てみる。図 5（a）を見ると、モデルA（青線）が一番実

[11] VAR モデルでは R^2 の値は用いられないが、線形回帰モデルのフィティングを評価するときは一般的に R^2 が用いられる点に留意。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

際のデータ推移に近く、モデルB（赤実線・赤破線）がそれに続いている。ここでも、全体（赤破線）と業種別（赤実線）で大きな違いは見られない。そして線形回帰モデルは実際の推移の再現がほとんどできていない。

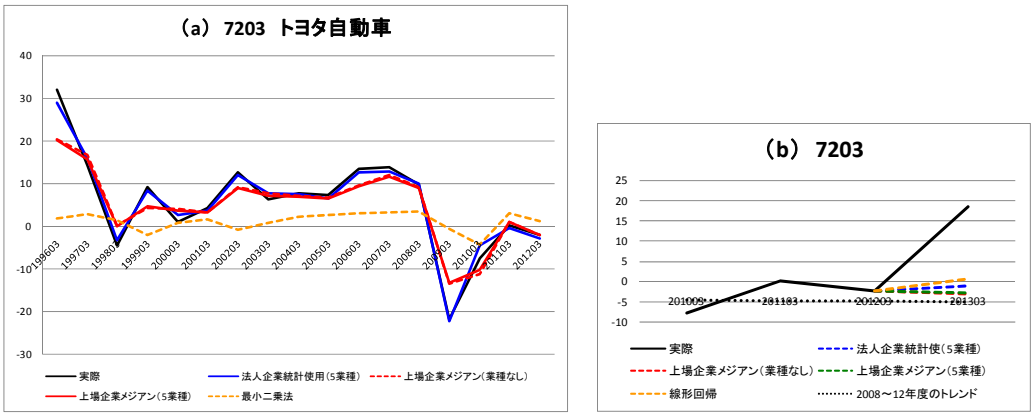


図 5　個社予測結果(トヨタ自動車)

図 5（b）では、線形回帰（橙破線）、モデルA、モデルBの順で実際の数値に近い結果が出ているが、モデル間の違いは小さく、何れのモデルでも実際の売上高成長率から 20%以上乖離してしまっている。ただし、線形回帰モデルではプラスになっているが、VARモデルではマイナスになっている。

次に日産自動車の結果を見よう。図 6（a）を見ると、モデルAが最も実際のデータに近い推移を再現できている。モデルAよりややずれる形でモデルBが続くが、モデルBでは全体での結果と業種別で大きな違いは見られない。線形回帰モデルでは過去の動きをほとんど再現できていないことがグラフからわかる。

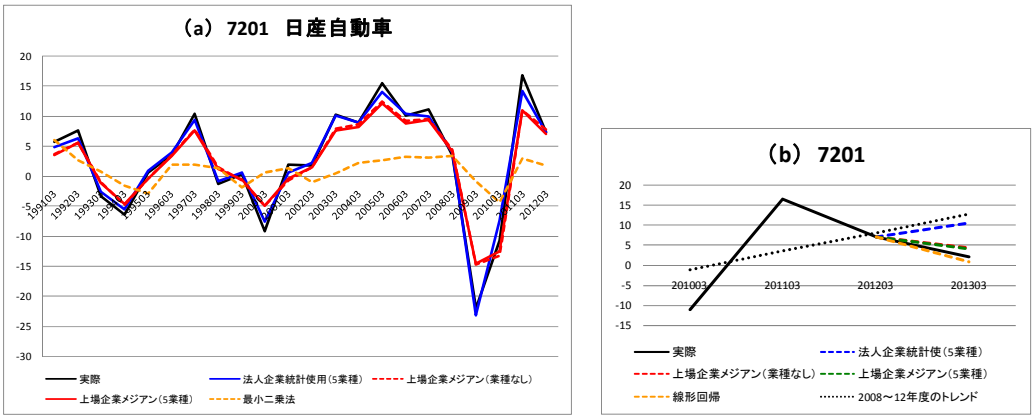


図 6　個社予測結果(日産自動車)

一方、図 6（b）を見ると、成長率が一番低く予測されているものの、線形回帰分析が実際の数値に最も近く、続いてモデルB、そしてモデルAでは 5%以上の差が発生した。過去の動きをほとんど再現できていたモデルAが 2012 年度の予測では一番実際とは離れた予測

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

結果となってしまい、過去の動きをほとんど再現できていなかった線形回帰が 2012 年度の予測では最も実際の数値に近い結果となっている。（線形回帰モデルの結果が良好であった原因については、6.4.節で考察する。）

続いて本田技研工業の結果を見てみよう。図 7（a）を見ると、モデルAが一番実際のデータ推移に近く、モデルBが続き、全体と業種別で大きな違いは見られない。線形回帰モデルはやはり過去の推移を再現できていない。また、図 7（b）を見ると、自動車 9 社だけではなく、参考資料に含めた合計 37 社の中で最も予測値が外れた結果になっている。線形回帰モデルが比較的最も実際の値に近い予測となっており、以下モデルA、モデルBの順で実際の数値に近いが、線形回帰でも 25%、モデルAでも 30%以上乖離している。

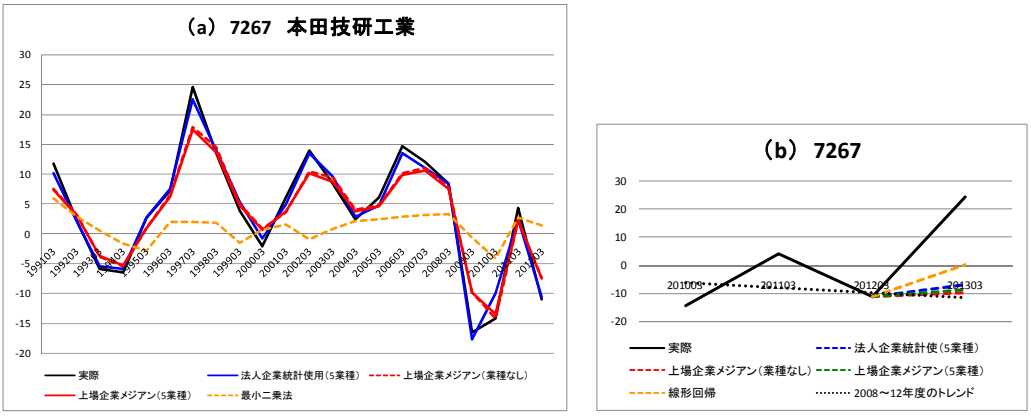


図 7　個社予測結果（本田技研工業）

最後にスズキの結果を見ていく。図 8（a）を見ると、モデルAが一番実際のデータ推移に近く、モデルBも比較的実際の推移に近く再現ができているが、線形回帰モデルは全く過去の動きを再現できていない。図 8（b）からはいずれのモデルでも誤差が小さく、一番外れているモデルBでも 10%以内の誤差に収まっている。

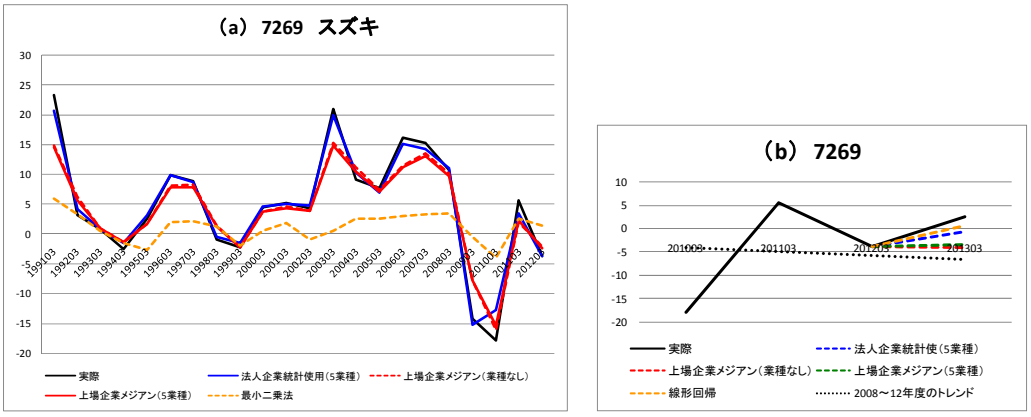


図 8　個社予測結果（スズキ）

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

6.2. 何が自動車製造業における予測と実際の乖離を生んだのか？

本節では自動車製造 9 社のうち代表的な 4 社に対する 2012 年度決算時の売上高成長率予測を見たが、スズキのように予測と実際の数値の乖離が比較的小さかった（＝当たった）企業と、ホンダのように乖離が大きかった（＝外れた）企業に分かれた。ホンダの 2012 年度の売上高成長率は 25%を上回っており、そのような突出した成長率をそもそも計量モデルで予測しようというのが難しいのかもしれない。分析者によってはそのような突出した事例については上下限を設定したり、あるいは分析対象から除外したりするかもしれない。

しかし、だからといって簡単に上下限を設定したり、サンプルから除外したりする前に、当たった対象がなぜ当たったのか、外れた対象がなぜ外れたのか、モデルに必要な修正があるのか否か、などをきちんと検討する必要があろう。ここでは、予測と実際の乖離がなぜ個社ごとに異なるのか、そして本稿の VAR モデルに今後どんな修正を施す必要があるのか、簡単に検討することとする。

各社の決算報告や関連資料を読む中で比較的多く出てきたのが、2011 年度が東日本大震災（およびタイ洪水）による供給力低下に伴う売上減、そして 2012 年度決算では北米またはASEANでの売上増、円安が大きくプラスに作用したというコメントであった。そこで、各社の売上高における地域ごとの比重を決算報告書等からまとめてみたのが表 5である。ここで注目したいのは日本国内、北米、アジア、の 3 市場の比重である。

（単位：%）

	日本国内	北米	欧州	アジア	その他
【国内比重が比較的高いグループ】					
7202 いすゞ	35.77	4.37	-	**36.41**	23.45
7203 トヨタ	35.85	27.95	9.08	18.39	8.72
7261 マツダ	36.09	29.36	15.62	-	18.93
7269 スズキ	40.22	4.07	11.07	**38.08**	6.56
7270 富士重	35.12	**46.84**	6.65	5.92	5.47
【国内比重が比較的低いグループ】					
7201 日産自	19.77	34.41	14.26	19.93	11.63
7211 三菱自	18.15	8.68	22.08	**27.64**	23.45
7267 ホンダ	16.73	**46.43**	5.41	21.19	10.23

各社の決算短信をもとに作成。日野自動車（7205）は地域ごとの売上高が掲載されていなかったため作成不能。

表 5 自動車 8 社の売上高全体に対する地域別シェア（2012 年度決算）

予測が実際から大きく外れた企業（ホンダ、富士重工）に共通するのは北米市場の比重が他社より抜きんでて高く、総売上高の半分近くを占めていることである。北米市場の比重が高いということは、円ドル相場の変動による影響を受けやすいということであり、また日本ではなく米国のマクロ経済要因によって売上が左右されることを意味する。事実、グラフでも見たように、2011 年と 2012 年の売上高の変化が非常に大きく出ている。ホンダ、富士重工ほどではないが、北米市場の比重が高い企業としては日産、トヨタ、マツダ

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

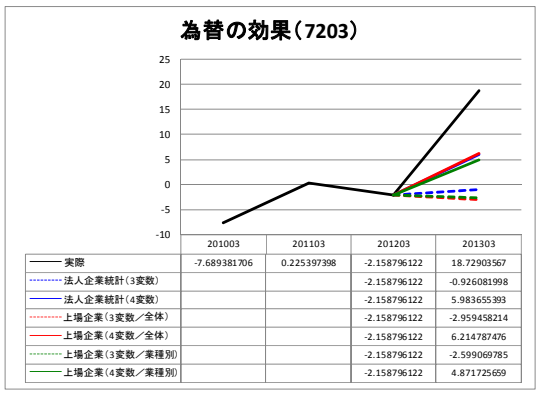
があり、トヨタとマツダはやはり予測と実際が大きく乖離している方に属している。

一方、比較的予測が当たっている企業を見ると、スズキ、いすゞ、三菱自などが挙がっており、いずれも北米の比重が他の 5 社と比べて極端に低い。また、アジアの中では中国ではなくインドや ASEAN の比重が高い。

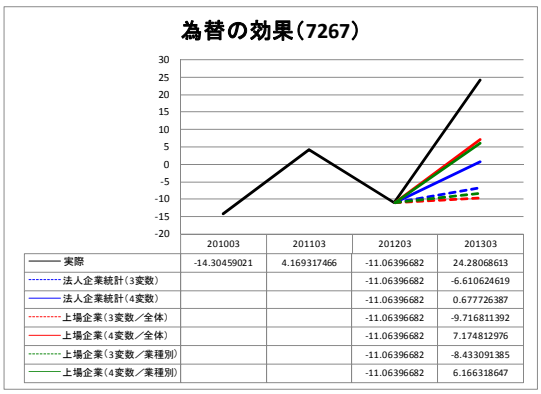
このように、メインとなるマーケットの重心が各社で異なっており、政治的状況や各国の経済情勢による影響を受け、さらに為替レートの急激な変化の有無によって業績が増幅される、という自動車業界の状況が見えてきた。一方、本稿で構築した VAR モデルは日本の GDP 成長率と国内企業物価指数上昇率、売上高成長率の 3 変数の相互関係をベースにしており、例えば為替変動については所与（＝影響が不変）と仮定している。一部の企業で予測と実際が大きく乖離してしまった理由は、売上高が 20%以上も急変したので外れたというよりは、モデル構築の際にトリガーとして考慮していた要因（国内の GDP や物価）とは別の要因（為替や海外の主要市場における需給変動）が大きく作用する対象だったために予測が外れた、というのが正しいように思われる。

6.3. 為替レート変化率を加えたモデルとの比較

6.2.節の考察から、為替や海外における需要変動が自動車製造会社における予測値と実際値が乖離している原因であることが考えられた。そこで、本節では為替レートの変化率を変数に追加したモデルを構築して、為替レート変数の有無による結果への影響を比較する。具体的には、本稿でこれまで取り上げてきた 3 変数 VAR モデルで利用した、売上高成長率、GDP 成長率、CGPI 上昇率の 3 変数に加えて、円・ドル為替レートの変化率を加えた 4 変数 VAR モデルを構築した。なお、本稿では 4 変数 VAR モデルが分析の中心ではないので、第 4 節や 5 節のような推計結果や VAR モデルのバックテストは全て割愛し、6.1.節で見た 4 社における 2013 年 3 月決算の予測結果の比較のみを行うこととする。



	201003	201103	201203	201303
実際	-7.689381706	0.225397398	-2.158796122	18.72903567
法人企業統計（3変数）			-2.158796122	-0.926081998
法人企業統計（4変数）			-2.158796122	5.983655393
上場企業（3変数／全体）			-2.158796122	-2.959458214
上場企業（4変数／全体）			-2.158796122	6.214787476
上場企業（3変数／業種別）			-2.158796122	-2.599069785
上場企業（4変数／業種別）			-2.158796122	4.871725659

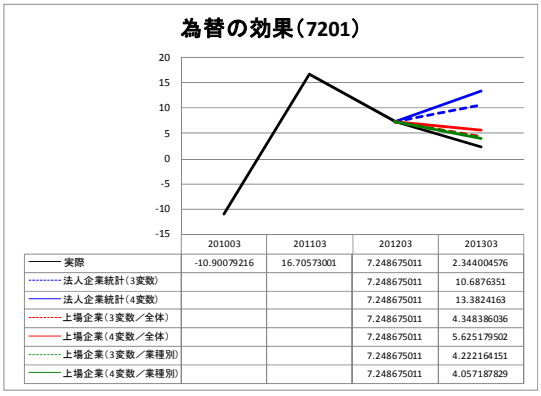


	201003	201103	201203	201303
実際	-14.30459021	4.169317466	-11.06396682	24.28068613
法人企業統計（3変数）			-11.06396682	-6.610624619
法人企業統計（4変数）			-11.06396682	0.677726387
上場企業（3変数／全体）			-11.06396682	-9.716811392
上場企業（4変数／全体）			-11.06396682	7.174812976
上場企業（3変数／業種別）			-11.06396682	-8.433091385
上場企業（4変数／業種別）			-11.06396682	6.166318647

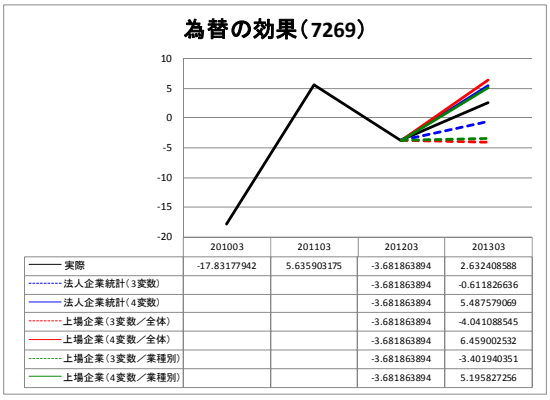
図 9　為替レート変動を考慮した効果（トヨタ、ホンダ）

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

まず図 9はトヨタとホンダの予測結果である。黒線が実際の2013年3月決算の値を表し、青、赤、緑の破線は円・ドルレートの変化率を用いない場合の予測、青、赤、緑の実線は円・ドルレートの変化率を用いた場合の予測を、それぞれ表している。図から明らかなように、為替を入れたことで予測値と実測値の間の乖離が完全になくなる訳ではないものの、いずれのVARモデルにおいても半減、もしくは大幅に縮小している。[12]



	201003	201103	201203	201303
実際	-10.90079216	16.70573001	7.248675011	2.344004576
法人企業統計（3変数）			7.248675011	10.6876351
法人企業統計（4変数）			7.248675011	13.3824163
上場企業（3変数／全体）			7.248675011	4.348386036
上場企業（4変数／全体）			7.248675011	5.625179502
上場企業（3変数／業種別）			7.248675011	4.222164151
上場企業（4変数／業種別）			7.248675011	4.057187829



	201003	201103	201203	201303
実際	-17.83177942	5.635903175	-3.681863894	2.632408588
法人企業統計（3変数）			-3.681863894	-0.611826636
法人企業統計（4変数）			-3.681863894	5.487579069
上場企業（3変数／全体）			-3.681863894	-4.041088545
上場企業（4変数／全体）			-3.681863894	6.459002532
上場企業（3変数／業種別）			-3.681863894	-3.401940351
上場企業（4変数／業種別）			-3.681863894	5.195827256

図 10　為替レート変動を考慮した効果（日産、スズキ）

一方、図 10は日産とスズキの予測結果である。スズキの場合は為替レートが説明変数に入ったモデルと入らないモデルで予測結果に大きな違いは見られない。また、日産の場合は為替を入れた方が若干予測と実際の乖離幅が大きくなっている。

日産については、決算書や事業報告を分析する限り、2012年度決算で売上高成長率が落ち込んだ理由は円ドル相場と言うよりも、日本国内における新商品投入タイミングの遅れと、ヨーロッパ、中国が原因と考えられる。また、スズキは国内の比重が自動車製造 9 社の中で一番高く、一番の海外市場はインドであって、北米市場のウェイトは 9 社の中でもっとも低いことから円・ドル為替レートの影響が低かったと考えられる。

以上の分析結果から、為替レートを変数に加えることだけで全てのケースで予測精度が大幅に改善するというわけではないが、少なくとも円・ドル為替レートの影響を受けやすい企業に対しては、モデルに円・ドル為替レートの変化率を加えることで予測精度が改善する可能性が高いことが示された。

6.4.　VAR と線形回帰の比較

6.3.節までは自動車製造業について着目したが、最後に自動車製造業以外の 28 社を含め

[12] なお、本稿で扱っている VAR モデルでは全体、もしくは製造業の集計データとして得られた売上高成長率を用いて円・ドル為替レートの影響を解析していることに留意。

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

た上場企業 37 社の分析結果を含め、予測結果のパフォーマンスについて総括する。

表 6は本稿で取り上げた上場企業 37 社について、実績値、モデルごとの予測値、モデルごとの実績値との誤差の記述統計量をまとめたものである。まず実績値との誤差であるが、誤差が平均的に最も小さかったのはモデルAであり、続いて線形回帰モデル、モデルBとなっている。誤差の標準偏差については線形回帰モデルが一番小さく、VARモデル（モデルAとモデルB）が若干大きな値となっている。最大・最小の値を併せてみると、線形回帰モデルは大きな外れがないように見える。一方、実際に予測された値について見ると、実績値の標準偏差が 8.37 に対して、VARモデルでは 4.3～5.1 の水準だが、線形回帰モデルでは 0.74 と極めて低い値を示している。最大値については実績値が 26.1 に対して、VARモデルは 7～11.6、線形回帰が 3.8。また、最小値についても実績値が▲9.2 に対して、VARモデルが▲6.8～▲10.8、線形回帰は▲0.5 となっている。

		実績値	モデルA	モデルB（全体）	モデルB（業種別）	線形回帰
実績値または予測値	平均	4.97279	1.94375	-1.02730	-0.77168	0.91669
	標準偏差	8.36958	5.12355	4.71685	4.36929	0.74110
	最大	26.09332	11.56606	7.88498	7.01228	3.80095
	最小	-9.18960	-6.86492	-10.84825	-9.34962	-0.50444
実績値との誤差	平均		-3.02904	-6.00010	-5.74448	-4.05610
	標準偏差		9.89809	9.92379	9.66940	8.29805
	最大		17.27114	14.64115	13.97954	10.32064
	最小		-30.89131	-33.99750	-32.71378	-25.41990

表 6　上場 37 社の 2012 年度売上高成長率の記述統計量

ここまでは線形回帰モデルの結果との比較に関して詳しく触れてこなかったが、個社分析の結果と表 6の統計量の数値から、線形回帰モデルによる予測の限界とVARモデルの利点が明確になってくる。

本稿で掲載している 37 社の予測結果のグラフを見ると、線形回帰モデルは過去の売上高成長率の推移の再現がほとんどできていないが、2012 年の予測については比較的良好なものがあることが分かる。線形回帰モデルで 2012 年の予測がうまくできているように見えるケースについて詳しく見てみると、これらの企業では 2012 年の売上高成長率が過去平均に近く、かつ過去の変動が小さい企業であるという特徴がある。

2.1 節でも見たとおり、線形回帰モデルでは実際の変化よりも過小に推計される傾向がある。このため過去のデータを再現させると±5%前後の範囲内に収まってしまい、2012 年の予測結果も▲0.5～3.8%という狭い幅に収まってしまうことになる。2012 年の売上高成長率が偶然にも過去平均に近く、かつ変動が小さい会社の場合にだけ、線形回帰モデルの予測が当たったように見えるのである。つまり、線形回帰モデルによる売上高成長率予測結果が実際の数値に近いものになったのは、たまたま実際の売上高成長率が±5%前後というレンジに入っていたからということでしかない。

この線形回帰モデルの振幅幅のレンジ（この場合は±5%）は、実は推計で用いたデータの振幅幅と一致しているが、全く同じデータで構築したVARモデルの場合にはより大きな振幅幅が予測されるケースがあるのとは対照的な結果である。そしてこの違いは線形回帰

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

モデルとVARモデルの根本的な相違に起因するものである。2.2.節（脚注 3）でも述べているが、線形回帰モデルは理論等で予め与えられた形状（直線や面等）の回帰式について、実際の観測データが最もあてはまりが良くなるようなパラメータを求めている。推計されたパラメータは説明変数の変化に対する売上高成長率の弾力性[13]の過去平均を表しており、弾力性の値は将来も一定であると仮定して予測を行う。このことから、大きなショックが発生した時でも小さなショックのときの値に引きずられた平均的な弾力性値で推計するため、結果として過小に推計するという傾向を線形回帰モデルは基本的に持っているといえる[14]。

一方、時系列（VAR）モデルは特定の理論式や関数を前提とはしておらず、また過去データ当てはまりがよい直線等のパラメータを求めている訳でもない。VAR モデルでは予測したい変数自身の過去のショックと他の変数に発生したショックが与える影響をインパルス応答関数やグランジャーの因果性などを用いて解析しているのであって、推計されたVAR パラメータは線形回帰のような弾力性の値ではない。VAR モデルではショックの残存期間、過去の推移、そして与えられたショックの大きさの 3 つの要因によって予測値が決まっており、それが線形回帰モデルとの結果の差を生み出している。

本稿の分析結果からも示されたとおり、将来予測、特にストレステストのように意図的に強いショックが発生することを想定した予測を行おうとする際には、通常の線形回帰モデルを用いた予測ではなく VAR モデルを利用する方が望ましいと言える。

7. おわりに ～ 今後の課題

本稿では標準的な VAR モデルを用いて、GDP 成長率などマクロ経済変数の変化に対する売上高成長率の反応を推計し、その推計結果を用いてマクロ経済変数の変化から売上高成長率を予測するモデルを構築した。

2.1.節で述べたように、線形回帰分析を用いたモデルはその根拠となる仮定に問題を含んでいるのに対して、VAR モデルは論理整合的であり、現実のデータに即した仮定を前提としたモデルである。線形回帰よりも VAR モデルの方が売上高成長率の予測モデルとして適切なモデルと言える。

一方、VAR モデルの場合でも、全てのケースで精度が高い予測ができるとは限らない。外れているケースだけを捉えれば線形回帰モデルよりはるかに複雑で面倒な分析手順を踏

[13] 変数 X の 1%変化に対する変数 Y の%変化分を、Y の X（に対する）弾力性という。（経済学の入門書に必ず書かれている重要な概念なので、忘れた方は是非この機会に確認されたい。）

[14] 線形回帰で推計される弾力性は過去の変動の大きかった時、変動の小さかった時を含めた平均となるが、一般には変動の小さいときの方が多く、サンプルを多く取るほど平均弾力性の値は変動が小さいときの値に近づくという傾向を持つ。そのため、弾力性の値が大きく変化する局面、つまり大きなショックが発生した時でも、弾力性が小さいときに偏った平均弾力性の値のまま予測してしまうことになる。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

むVARモデルに対するメリットをあまり感じないであろう。しかし、円・ドル為替レートの事例でも示したとおり、モデルに利用する変数を吟味することで更に精度の高い予測モデルを構築出来る可能性がある。むしろ本稿の分析結果から重要な点は、実務で使われるケースの多い線形回帰モデルの結果と比較して、VAR モデルの方が売上高成長率の予測などにはより適切なモデルであり、結果についてもより高い予測精度を持っていることが示されたことであると考えている。

今後の課題としては実務応用面から3点、分析技術面から2点ほどある。

実務面での課題は、第1に、本稿ではGDP、CGPIの2つを売上高成長率の予測ファクターとして考慮したが、例えば為替レートや景気動向指数、株価、原油価格、消費者物価指数など、他のマクロ経済変数をファクターとして考慮することにより、より精度の高い予測が可能なモデルが構築出来る可能性がある点である。あるいは海外のマクロデータをファクターとして考慮することも可能である。

第2に、本稿では売上高成長率の予測に焦点を当てたが、VARモデルはもともとマクロ経済分析や政策効果の分析といった領域で主として用いられてきた手法であり、政策シミュレーションや予測といった領域ではマクロ計量モデルと並んで頻繁に用いられている。売上高成長率以外のシミュレーションや予測に応用することも検討していきたい。

第3に、通常の回帰分析と異なりVARモデルは連立方程式体系を推計している。そのため、統計分析ソフトとその習熟が必要であり、Excelのような汎用ソフトでは分析ができない点が実務上の利用を考えた場合の問題点となる。当社の将来財務推計ツールAERISにはVAR モデルが標準的なモデルとして搭載される予定であるが、例えばユーザーが変数を変えて再推計するなど、VAR モデルがより容易に用いられるようにするためには簡単に推計や検証ができるようなソフトが必要になると思われる。ニーズがあれば当社のモデルチェッカーEXにもVARモデル関連の推計機能の搭載を検討していきたい。

一方、技術面での課題としては、第1に、本稿では最大5業種のみについて分析を行ったが、より細かな区分について分析を行うことも可能である。同じ製造業であっても、例えば鉄鋼と自動車、食品は直面している市場の構造も異なっており、国内の物価変数に対する反応も異なっていると考えられる。ただし、「業種」でグルーピングすることが最も適当な区分けであるのかどうかは判らない。一般にはより緻密に業種を分けることで予測が正確になると考えられるが、全体での予測結果と業種別にグルーピングした予測結果でほとんど違いが生じなかったモデルBの結果はこうした一般通念に反している。また6.3.節の結果は、例えば円・ドル為替レートを考慮する場合には売上高全体に占める米国市場の比重で区分けした方がより高い精度の予測ができる可能性があることを示唆している。

第2に、本稿では誘導型VARモデルを用いているが、近年の研究では構造VAR[15]と呼ば

[15] 最近の構造VARを用いた分析としては、例えば竹内(2011)、山下(2013)、浦沢(2013)などを参照。

株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

れるモデルや、あるいはさらに進化したモデルが用いられることの方が多くなっている。構造VARモデルや誘導VARから進化した様々なモデル、あるいはその他のモデルのどれが望ましいとは一概には言えないが、様々な可能性を検討していくことは重要であろう。

参考文献

Greene, William H. (2008) *Econometric Analysis: 6th edition*, Prentice-Hall.

Maddala, G.S. (2001) *Introduction to Econometrics: 3rd edition*, Prentice-Hall.

Sims, C.A. (1980) “Macroeconomics and Reality”, *Econometrica*, 48, pp.1-48.

浦沢聡士(2013)、「構造 VAR モデルに基づくデフレの要因分析：賃金費用の役割」、内閣府経済社会総合研究所　Economic & Social Research、No.1（創刊号）、pp.12-15.

竹内文英(2011)　「Structural FAVA による世界景気の要因分析」、内閣府経済社会総合研究所『経済分析』184 号、pp.75-98.

山下大輔(2013)　「為替レートの変動が輸出入に与える影響」、財務省財務総合政策研究所 PRI Discussion Paper Series、No.13A-01.

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

参考資料 1　VAR モデルのパラメータ

【モデル A】

モデルA／製造業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.3082	0.2024	-0.1274	0.1257	0.1444	0.1845
1期前・実質GDP成長率	-0.2928	0.1322	0.0050	0.0705	0.0301	0.1176
1期前・CGPI上昇率	0.2594	0.2337	0.3383	0.1247	0.3528	0.2078
1期前・売上高成長率	0.1488	0.1411	0.1264	0.0753	0.9227	0.1255
2期前・実質GDP成長率	-0.1394	0.1477	0.0173	0.0917	-0.0786	0.1347
2期前・CGPI上昇率	-0.5711	0.2965	-0.5308	0.1841	-0.9507	0.2703
2期前・売上高成長率	0.0190	0.1918	-0.0209	0.1191	0.0142	0.1748
3期前・実質GDP成長率	0.2708	0.1449	0.0127	0.0900	-0.0138	0.1321
3期前・CGPI上昇率	0.5067	0.3311	0.1107	0.2056	0.4952	0.3019
3期前・売上高成長率	-0.0889	0.1875	0.0019	0.1164	-0.0616	0.1709
4期前・実質GDP成長率	-0.5365	0.1478	0.0126	0.0918	-0.0383	0.1347
4期前・CGPI上昇率	-0.4819	0.3257	-0.3373	0.2022	-0.0022	0.2970
4期前・売上高成長率	-0.0287	0.1793	0.0277	0.1113	-0.2245	0.1634
5期前・実質GDP成長率	0.2380	0.1286	0.1032	0.0798	-0.1251	0.1172
5期前・CGPI上昇率	0.1885	0.2048	0.2962	0.1271	-0.0806	0.1867
5期前・売上高成長率	0.1944	0.1408	-0.0065	0.0874	0.3300	0.1284
（参考）R^2	0.792		0.862		0.833	

モデルA／農林水産業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.1718	0.1871	-0.1566	0.1079	-0.3440	0.3863
1期前・実質GDP成長率	0.8664	0.1186	0.0691	0.0684	-0.0728	0.2450
1期前・CGPI上昇率	0.0896	0.2023	1.1442	0.1167	0.0073	0.4177
1期前・売上高成長率	0.0017	0.0617	0.0826	0.0356	0.4416	0.1273
2期前・実質GDP成長率	-0.1679	0.1356	0.0173	0.0782	0.0354	0.2802
2期前・CGPI上昇率	-0.2968	0.3160	-0.3139	0.1822	-0.6075	0.6526
2期前・売上高成長率	-0.0029	0.0588	-0.1133	0.0339	0.1364	0.1215
3期前・実質GDP成長率	0.2793	0.1335	0.0030	0.0770	0.1531	0.2756
3期前・CGPI上昇率	0.3019	0.3196	0.0574	0.1843	0.9172	0.6601
3期前・売上高成長率	-0.0821	0.0647	-0.0129	0.0373	-0.1632	0.1336
4期前・実質GDP成長率	-0.5764	0.1338	-0.0032	0.0772	-0.3722	0.2764
4期前・CGPI上昇率	-0.5441	0.3107	-0.4785	0.1792	-0.2185	0.6416
4期前・売上高成長率	0.1748	0.0624	0.0527	0.0360	-0.4806	0.1290
5期前・実質GDP成長率	0.3350	0.1189	0.1133	0.0686	-0.0017	0.2456
5期前・CGPI上昇率	0.3445	0.1891	0.3558	0.1091	0.1618	0.3906
5期前・売上高成長率	0.0190	0.0635	0.0867	0.0366	0.1773	0.1312
（参考）R^2	0.805		0.885		0.497	

モデルA／鉱業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.0760	0.2031	-0.1841	0.1241	0.0636	0.5157
1期前・実質GDP成長率	0.8433	0.1386	0.1063	0.0846	0.4551	0.3517
1期前・CGPI上昇率	0.1184	0.2216	1.2036	0.1354	-0.0751	0.5626
1期前・売上高成長率	0.0568	0.0580	0.0561	0.0354	0.6270	0.1473
2期前・実質GDP成長率	-0.1993	0.1681	-0.0212	0.1027	-0.1846	0.4267
2期前・CGPI上昇率	-0.6325	0.3279	-0.4642	0.2002	-0.1175	0.8324
2期前・売上高成長率	0.0170	0.0643	-0.0153	0.0393	0.1232	0.1633
3期前・実質GDP成長率	0.2255	0.1516	0.0434	0.0926	-0.1834	0.3847
3期前・CGPI上昇率	0.5090	0.3389	0.0621	0.2070	0.1392	0.8604
3期前・売上高成長率	0.0704	0.0561	-0.0300	0.0343	0.0504	0.1424
4期前・実質GDP成長率	-0.5659	0.1482	-0.0247	0.0905	0.0771	0.3763
4期前・CGPI上昇率	-0.5303	0.3398	-0.4280	0.2075	0.3835	0.8626
4期前・売上高成長率	-0.0596	0.0570	-0.0005	0.0348	-0.5900	0.1447
5期前・実質GDP成長率	0.2932	0.1612	0.1156	0.0984	-0.1224	0.4092
5期前・CGPI上昇率	0.4476	0.3455	0.5755	0.2110	0.0944	0.8771
5期前・売上高成長率	0.0234	0.0639	0.0185	0.0390	0.2244	0.1623
6期前・実質GDP成長率	-0.0085	0.1283	-0.0673	0.0783	0.0295	0.3256
6期前・CGPI上昇率	-0.2373	0.2140	-0.2032	0.1307	-0.4228	0.5434
6期前・売上高成長率	0.0427	0.0570	0.0016	0.0348	0.0776	0.1446
（参考）R^2	0.797		0.866		0.586	

モデルA／建設業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.2665	0.2376	-0.1328	0.1459	-0.0894	0.2278
1期前・実質GDP成長率	0.8123	0.1220	0.0737	0.0749	0.0383	0.1170
1期前・CGPI上昇率	0.2308	0.2008	1.3183	0.1233	-0.0309	0.1925
1期前・売上高成長率	0.1589	0.1263	0.1644	0.0776	0.6615	0.1211
2期前・実質GDP成長率	-0.1430	0.1403	0.0398	0.0862	-0.0892	0.1345
2期前・CGPI上昇率	-0.6872	0.3267	-0.6801	0.2007	-0.0852	0.3133
2期前・売上高成長率	0.0089	0.1478	-0.1635	0.0908	0.1229	0.1417
3期前・実質GDP成長率	0.2374	0.1402	-0.0081	0.0861	-0.0019	0.1344
3期前・CGPI上昇率	0.6395	0.3501	0.1955	0.2150	0.4445	0.3357
3期前・売上高成長率	0.1532	0.1471	0.1316	0.0903	0.2299	0.1410
4期前・実質GDP成長率	-0.5318	0.1390	0.0086	0.0853	0.0191	0.1332
4期前・CGPI上昇率	-0.6092	0.3379	-0.3980	0.2075	0.0140	0.3240
4期前・売上高成長率	-0.2075	0.1528	-0.1224	0.0938	-0.4331	0.1465
5期前・実質GDP成長率	0.3008	0.1167	0.0852	0.0717	-0.1562	0.1119
5期前・CGPI上昇率	0.2186	0.2121	0.3003	0.1302	-0.1408	0.2033
5期前・売上高成長率	0.0165	0.1291	0.0593	0.0793	0.1885	0.1238
（参考）R^2	0.790		0.861		0.692	

モデルA／第三次産業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.3456	0.2146	-0.1079	0.1378	0.0551	0.1818
1期前・実質GDP成長率	0.8089	0.1182	0.0783	0.0759	-0.0047	0.1001
1期前・CGPI上昇率	0.0889	0.1882	1.1942	0.1209	0.2739	0.1594
1期前・売上高成長率	0.2033	0.1442	0.0780	0.0926	0.8264	0.1221
2期前・実質GDP成長率	-0.1508	0.1380	0.0260	0.0886	-0.0779	0.1169
2期前・CGPI上昇率	-0.6053	0.2952	-0.5239	0.1896	-0.4080	0.2501
2期前・売上高成長率	-0.0889	0.1852	-0.0628	0.1189	0.0107	0.1569
3期前・実質GDP成長率	0.2492	0.1381	-0.0026	0.0887	-0.0454	0.1170
3期前・CGPI上昇率	0.5281	0.3167	0.0773	0.2034	0.1455	0.2683
3期前・売上高成長率	0.1380	0.1848	0.0586	0.1187	0.0298	0.1566
4期前・実質GDP成長率	-0.5340	0.1384	-0.0005	0.0889	0.0400	0.1172
4期前・CGPI上昇率	-0.5112	0.3065	-0.3247	0.1969	0.0909	0.2597
4期前・売上高成長率	-0.2395	0.1815	-0.0066	0.1166	-0.1543	0.1538
5期前・実質GDP成長率	0.2934	0.1203	0.0846	0.0773	-0.1689	0.1019
5期前・CGPI上昇率	0.2150	0.1934	0.2809	0.1242	0.0098	0.1638
5期前・売上高成長率	0.2489	0.1424	0.0457	0.0915	0.1332	0.1206
（参考）R^2	0.793		0.853		0.775	

株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

【モデル B】

モデルB／全体	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.0110	0.1554	-0.1281	0.1068	0.0577	0.0563
1期前・実質GDP成長率	0.8458	0.1211	0.0575	0.0832	-0.0170	0.0439
1期前・CGPI上昇率	-0.0942	0.1568	1.2002	0.1077	0.0270	0.0568
1期前・売上高成長率	0.6457	0.3203	-0.1113	0.2201	0.8540	0.1161
2期前・実質GDP成長率	-0.2374	0.1265	0.0496	0.0869	0.0045	0.0458
2期前・CGPI上昇率	-0.2490	0.2524	-0.4416	0.1734	0.0605	0.0914
2期前・売上高成長率	0.2325	0.4115	1.0127	0.2827	0.0164	0.1491
3期前・実質GDP成長率	0.2956	0.1191	0.0228	0.0818	-0.0204	0.0432
3期前・CGPI上昇率	0.2652	0.2614	0.0298	0.1796	-0.1330	0.0947
3期前・売上高成長率	0.8258	0.4232	-0.4108	0.2907	0.0742	0.1533
4期前・実質GDP成長率	-0.6384	0.1168	-0.0070	0.0803	0.0728	0.0423
4期前・CGPI上昇率	-0.5664	0.2559	-0.4415	0.1758	-0.0513	0.0927
4期前・売上高成長率	-0.7978	0.4358	0.0110	0.2994	-0.0478	0.1579
5期前・実質GDP成長率	0.3027	0.1054	0.0823	0.0724	-0.0768	0.0382
5期前・CGPI上昇率	0.4697	0.1748	0.5613	0.1201	0.0814	0.0633
5期前・売上高成長率	0.1021	0.3068	-0.5761	0.2108	-0.0422	0.1112
（参考） R^2	0.837		0.892		0.790	

モデルB／製造業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.0666	0.1499	-0.1375	0.0997	0.0574	0.0705
1期前・実質GDP成長率	0.8247	0.1187	0.0247	0.0790	-0.0153	0.0559
1期前・CGPI上昇率	-0.1348	0.1610	1.2064	0.1072	0.0215	0.0758
1期前・売上高成長率	0.5150	0.2481	-0.1152	0.1651	0.8525	0.1168
2期前・実質GDP成長率	-0.2398	0.1250	0.0438	0.0832	0.0034	0.0588
2期前・CGPI上昇率	-0.1757	0.2602	-0.4293	0.1732	0.0742	0.1225
2期前・売上高成長率	0.2535	0.3155	0.9431	0.2100	-0.0086	0.1485
3期前・実質GDP成長率	0.2888	0.1177	0.0159	0.0784	-0.0319	0.0554
3期前・CGPI上昇率	0.1993	0.2656	0.0185	0.1768	-0.1453	0.1250
3期前・売上高成長率	0.6340	0.3368	-0.3571	0.2241	0.0909	0.1585
4期前・実質GDP成長率	-0.6446	0.1163	-0.0102	0.0774	0.0977	0.0547
4期前・CGPI上昇率	-0.5431	0.2547	-0.4498	0.1695	-0.0772	0.1199
4期前・売上高成長率	-0.6603	0.3466	0.0172	0.2307	-0.1198	0.1632
5期前・実質GDP成長率	0.2935	0.1040	0.0688	0.0692	-0.1054	0.0490
5期前・CGPI上昇率	0.4529	0.1719	0.5477	0.1144	0.0948	0.0809
5期前・売上高成長率	0.2452	0.2507	-0.4054	0.1669	0.0499	0.1180
（参考） R^2	0.840		0.901		0.774	

モデルB／農林水産業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.0203	0.1707	-0.2203	0.1164	0.0435	0.0541
1期前・実質GDP成長率	0.9638	0.1199	0.0892	0.0817	-0.0937	0.0380
1期前・CGPI上昇率	-0.0469	0.1723	1.1489	0.1175	0.0261	0.0547
1期前・売上高成長率	0.3865	0.3511	0.2242	0.2394	0.8801	0.1114
2期前・実質GDP成長率	-0.1566	0.1454	0.0793	0.0991	0.0693	0.0461
2期前・CGPI上昇率	-0.4538	0.2669	-0.4901	0.1820	0.0139	0.0847
2期前・売上高成長率	0.0805	0.4620	0.3799	0.3149	0.0082	0.1465
3期前・実質GDP成長率	0.2663	0.1399	0.0403	0.0953	-0.0233	0.0444
3期前・CGPI上昇率	0.4589	0.2826	0.0538	0.1927	-0.0933	0.0896
3期前・売上高成長率	0.2022	0.4598	-0.1302	0.3135	0.0580	0.1458
4期前・実質GDP成長率	-0.6117	0.1363	-0.0059	0.0929	0.0817	0.0432
4期前・CGPI上昇率	-0.4472	0.2723	-0.2613	0.1857	0.0004	0.0864
4期前・売上高成長率	-0.0045	0.4470	-0.0162	0.3048	-0.2068	0.1418
5期前・実質GDP成長率	0.3638	0.1087	0.0325	0.0741	-0.0731	0.0345
5期前・CGPI上昇率	0.2660	0.1748	0.3509	0.1191	0.0528	0.0554
5期前・売上高成長率	-0.0485	0.3419	-0.3350	0.2331	0.1125	0.1085
（参考） R^2	0.793		0.866		0.736	

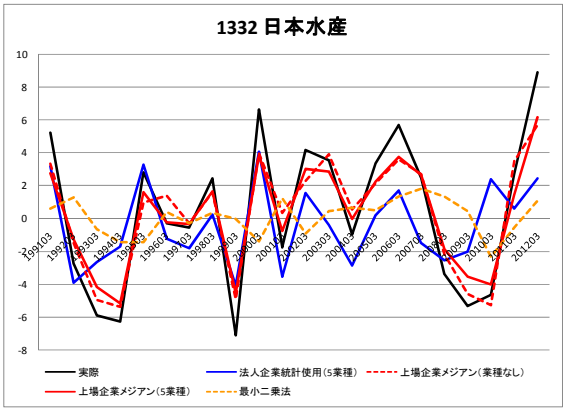
モデルB／鉱業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.1094	0.2112	-0.2313	0.1260	0.1713	0.1221
1期前・実質GDP成長率	1.0268	0.1209	0.0688	0.0721	0.1024	0.0699
1期前・CGPI上昇率	-0.0358	0.2035	1.2535	0.1214	0.2982	0.1176
1期前・売上高成長率	0.1477	0.2065	-0.0357	0.1231	0.6735	0.1193
2期前・実質GDP成長率	-0.2433	0.1488	0.0573	0.0888	-0.0167	0.0860
2期前・CGPI上昇率	-0.4044	0.3195	-0.6407	0.1906	-0.1198	0.1846
2期前・売上高成長率	0.0394	0.2414	0.6275	0.1440	0.0795	0.1395
3期前・実質GDP成長率	0.2463	0.1411	-0.1249	0.0841	-0.0239	0.0815
3期前・CGPI上昇率	0.4739	0.3252	0.0169	0.1940	-0.1910	0.1879
3期前・売上高成長率	0.1306	0.2677	-0.3602	0.1597	0.1066	0.1547
4期前・実質GDP成長率	-0.6854	0.1451	0.0258	0.0866	0.1345	0.0839
4期前・CGPI上昇率	-0.4947	0.3117	-0.2522	0.1859	-0.0259	0.1801
4期前・売上高成長率	-0.2057	0.2683	0.1611	0.1600	-0.3615	0.1550
5期前・実質GDP成長率	0.4285	0.1184	0.0590	0.0706	-0.1276	0.0684
5期前・CGPI上昇率	0.3681	0.2133	0.3492	0.1272	0.2396	0.1232
5期前・売上高成長率	-0.0907	0.2009	-0.1890	0.1198	0.0805	0.1161
（参考） R^2	0.782		0.891		0.813	

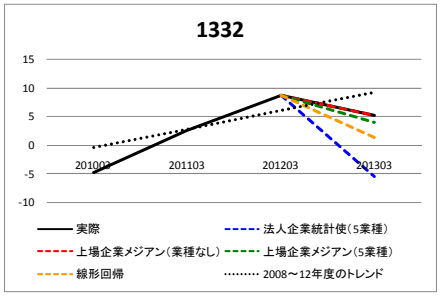
モデルB／建設業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	0.1871	0.1621	-0.1822	0.1270	-0.0251	0.0731
1期前・実質GDP成長率	0.9324	0.1157	0.0703	0.0907	0.0042	0.0522
1期前・CGPI上昇率	0.0077	0.1499	1.2279	0.1175	0.0181	0.0676
1期前・売上高成長率	0.4050	0.2635	0.1018	0.2064	0.8485	0.1188
2期前・実質GDP成長率	-0.1989	0.1249	0.0698	0.0978	-0.0207	0.0563
2期前・CGPI上昇率	-0.4509	0.2353	-0.5367	0.1843	0.0862	0.1061
2期前・売上高成長率	0.0780	0.3342	0.1386	0.2618	0.0378	0.1506
3期前・実質GDP成長率	0.2948	0.1167	0.0026	0.0914	0.0113	0.0526
3期前・CGPI上昇率	0.4607	0.2512	0.0475	0.1968	-0.1558	0.1132
3期前・売上高成長率	0.7863	0.3294	-0.1855	0.2580	-0.0104	0.1485
4期前・実質GDP成長率	-0.6290	0.1148	0.0098	0.0900	0.0550	0.0518
4期前・CGPI上昇率	-0.5618	0.2470	-0.2809	0.1935	-0.0181	0.1113
4期前・売上高成長率	-0.9071	0.3457	0.2121	0.2708	0.0780	0.1558
5期前・実質GDP成長率	0.3780	0.1001	0.0633	0.0784	-0.0423	0.0451
5期前・CGPI上昇率	0.4321	0.1606	0.3684	0.1258	0.0788	0.0724
5期前・売上高成長率	-0.2522	0.2545	-0.4240	0.1993	-0.1391	0.1147
（参考） R^2	0.838		0.861		0.773	

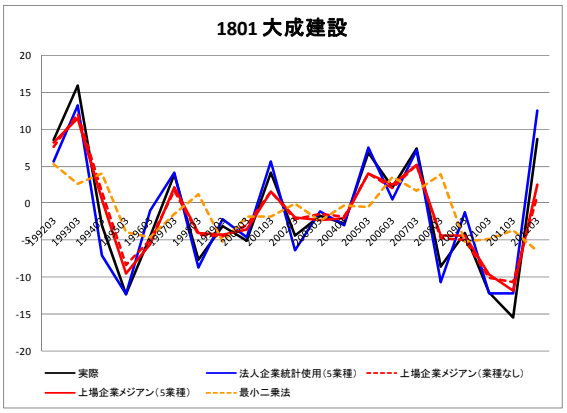
モデルB／第三次産業	実質GDP成長率		CGPI上昇率		売上高成長率	
	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差	推定値	標準誤差
定数項	-0.0477	0.1793	-0.0592	0.1247	0.0603	0.0422
1期前・実質GDP成長率	0.8923	0.1201	0.0881	0.0835	-0.0121	0.0283
1期前・CGPI上昇率	-0.0406	0.1558	1.1888	0.1084	0.0280	0.0367
1期前・売上高成長率	0.9026	0.4895	-0.1635	0.3405	0.8418	0.1153
2期前・実質GDP成長率	-0.2393	0.1266	0.0362	0.0881	-0.0077	0.0298
2期前・CGPI上昇率	-0.3116	0.2491	-0.4361	0.1733	0.0447	0.0587
2期前・売上高成長率	0.2531	0.6360	1.3057	0.4424	0.0882	0.1498
3期前・実質GDP成長率	0.3013	0.1196	0.0222	0.0832	-0.0024	0.0282
3期前・CGPI上昇率	0.3366	0.2606	0.0209	0.1813	-0.1149	0.0614
3期前・売上高成長率	1.1613	0.6310	-0.5633	0.4389	0.0422	0.1486
4期前・実質GDP成長率	-0.6523	0.1171	0.0056	0.0815	0.0348	0.0276
4期前・CGPI上昇率	-0.6083	0.2626	-0.4497	0.1826	-0.0204	0.0618
4期前・売上高成長率	-1.2254	0.6485	-0.0110	0.4511	0.0940	0.1527
5期前・実質GDP成長率	0.3557	0.1072	0.1006	0.0746	-0.0468	0.0252
5期前・CGPI上昇率	0.5383	0.1789	0.5777	0.1245	0.0526	0.0421
5期前・売上高成長率	-0.2831	0.4268	-0.8592	0.2969	-0.1781	0.1005
（参考） R^2	0.834		0.888		0.836	

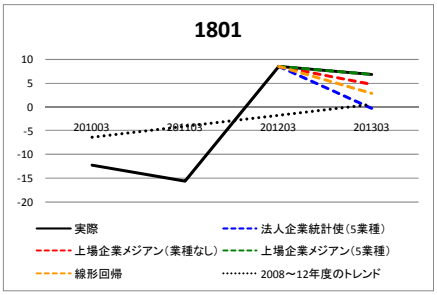
株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製（コピー）すると、著作権の侵害になります。

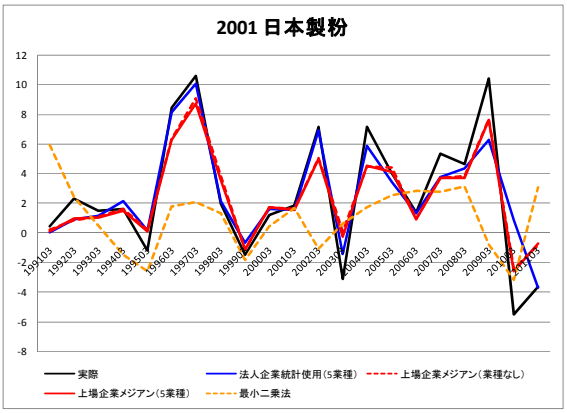
参考資料 2　　自動車 5 社及びその他 28 社の予測結果

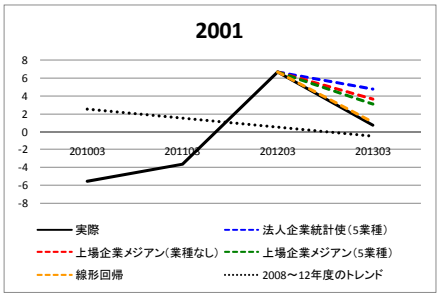




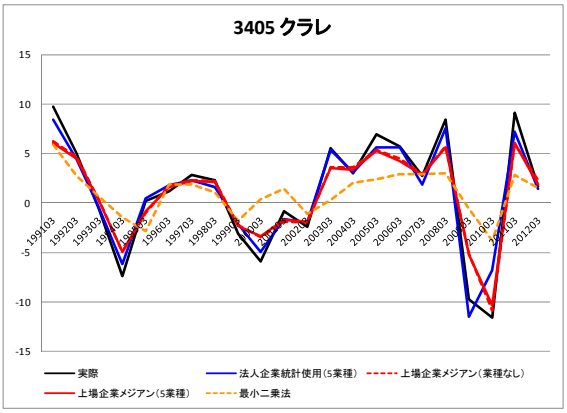


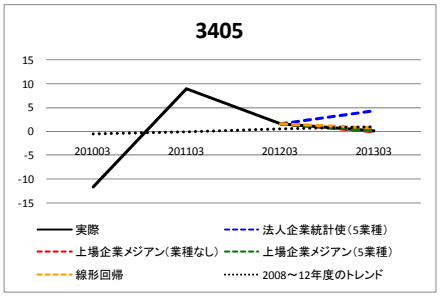


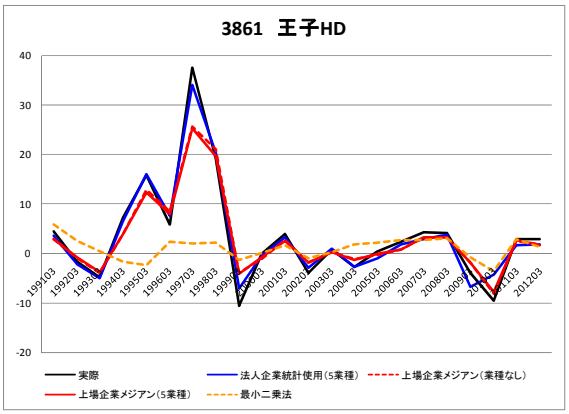


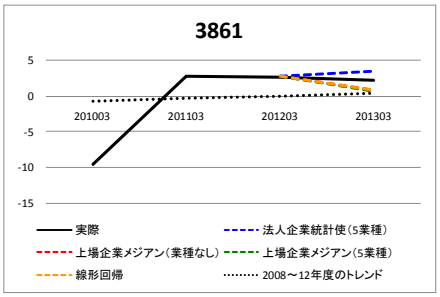


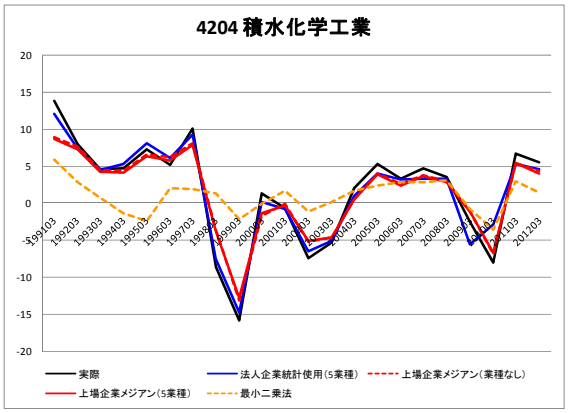
株式会社 金融工学研究所　TEL: 03-3276-3440　FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

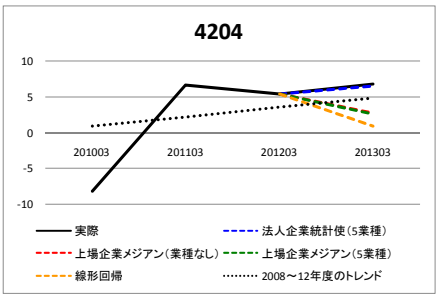


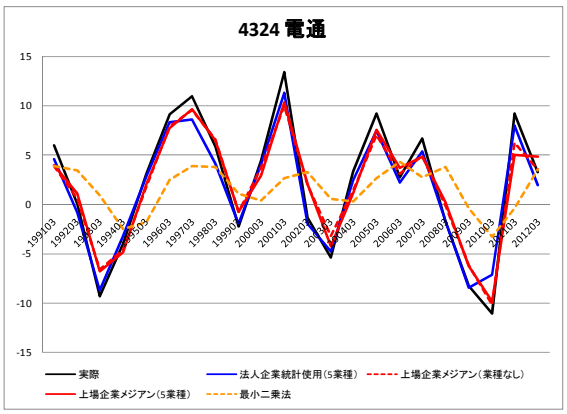


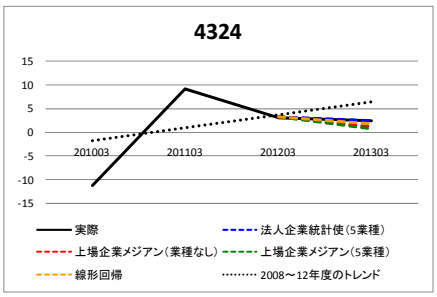




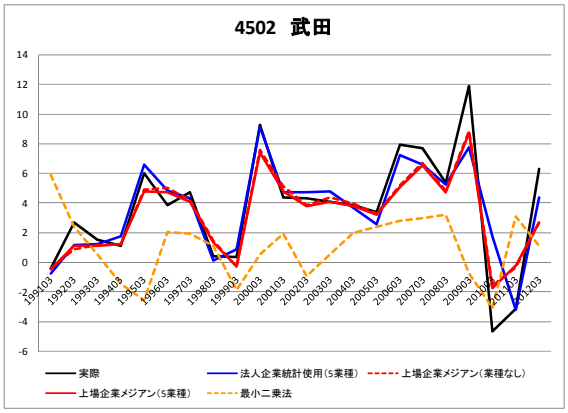


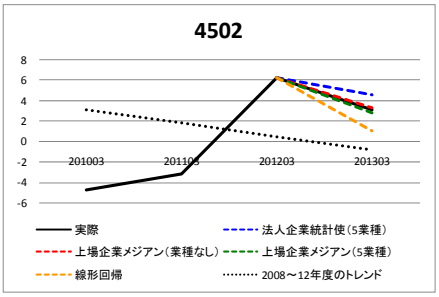


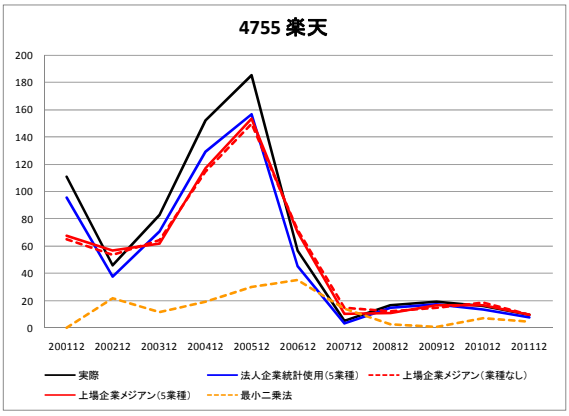


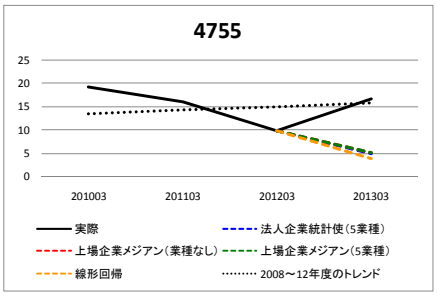


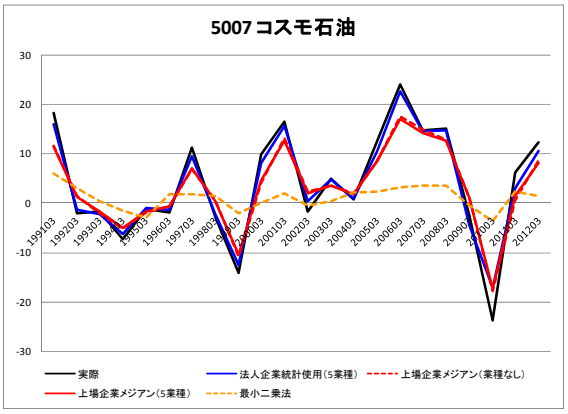
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

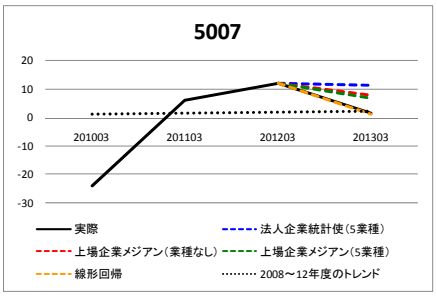


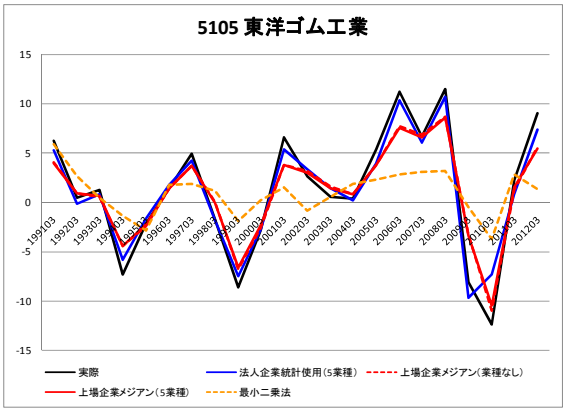


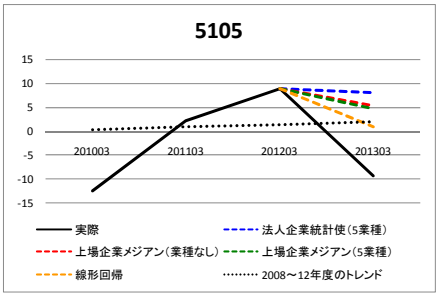




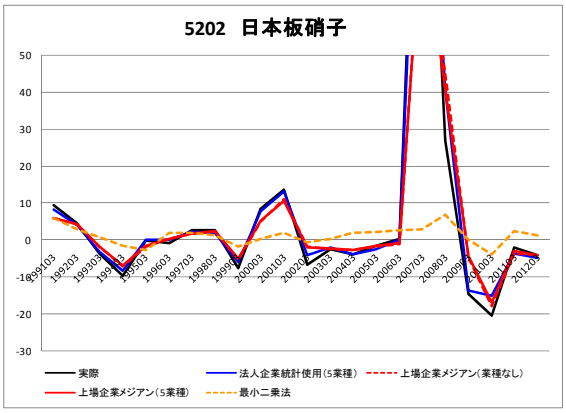


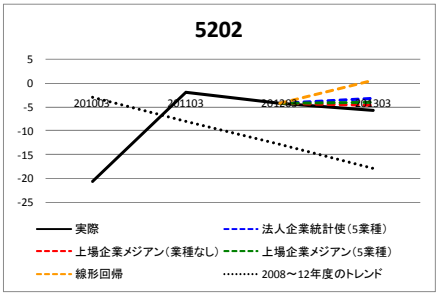


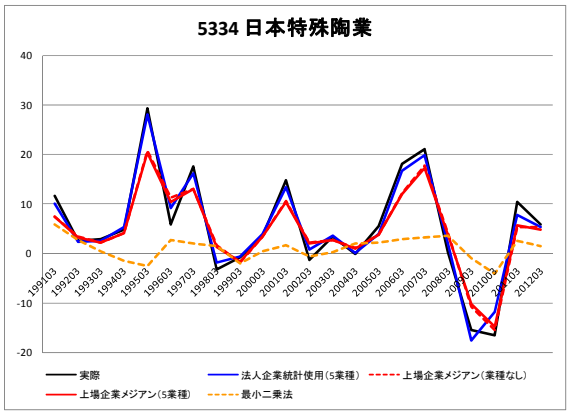


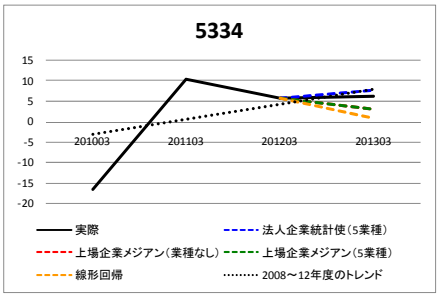


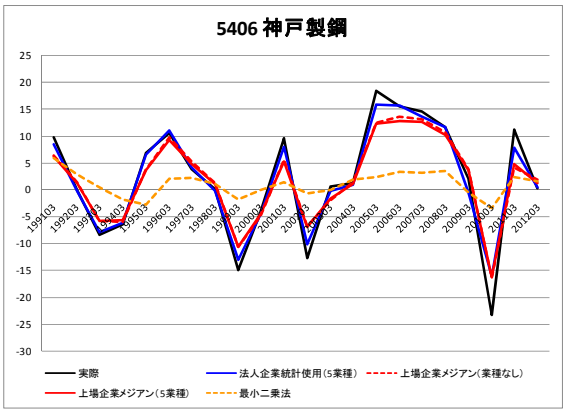
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

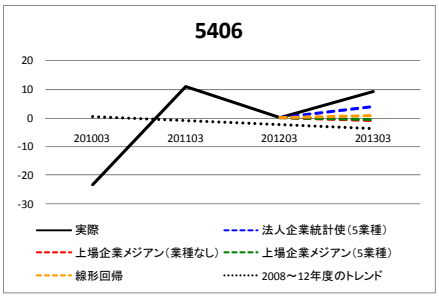


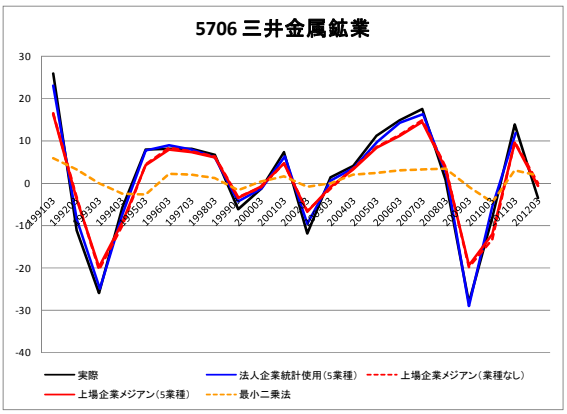


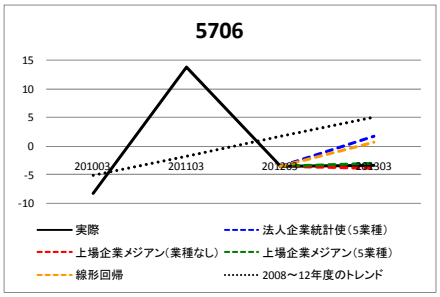




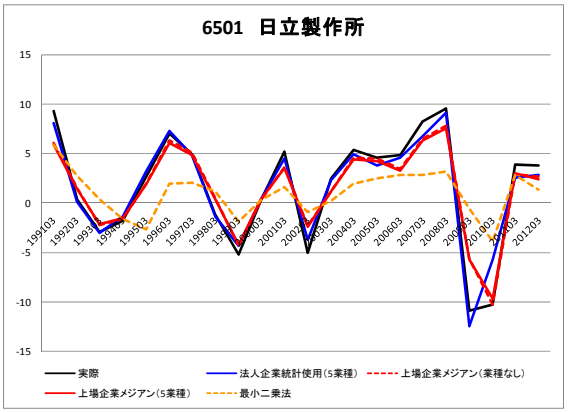


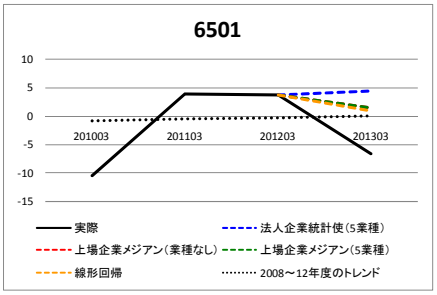


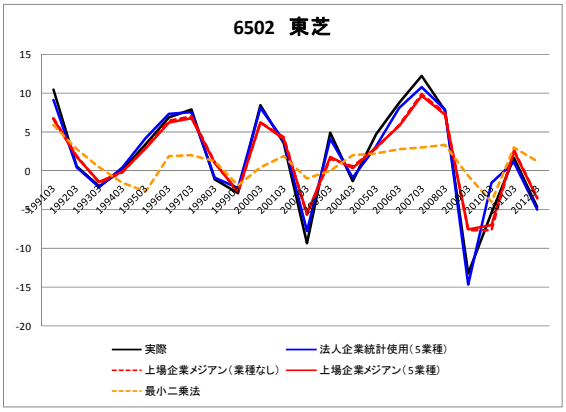


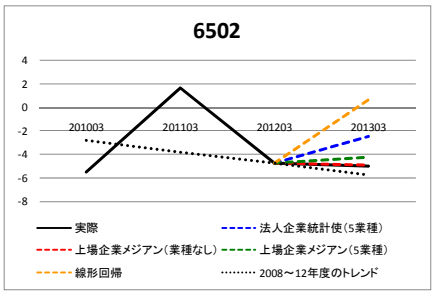


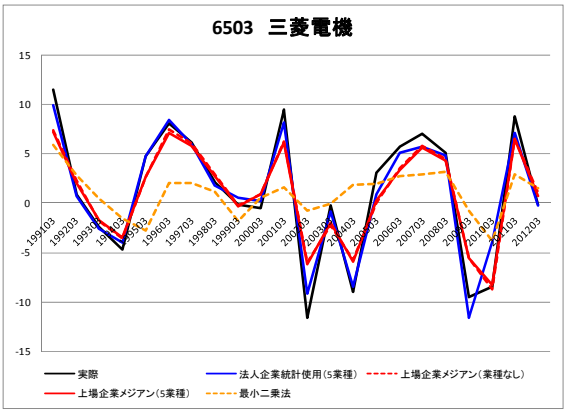
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

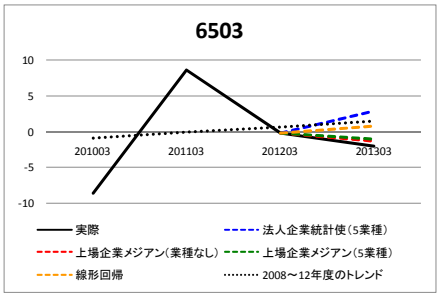


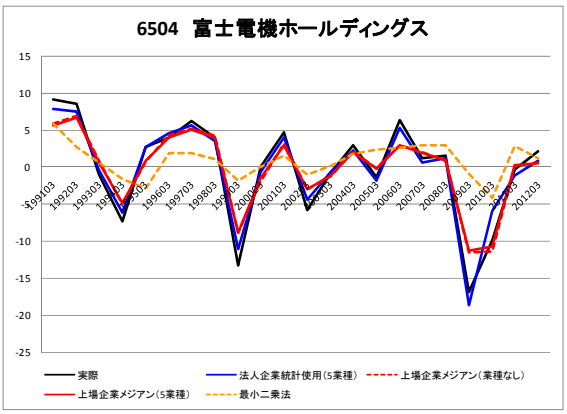


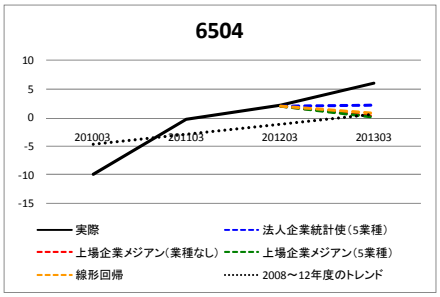




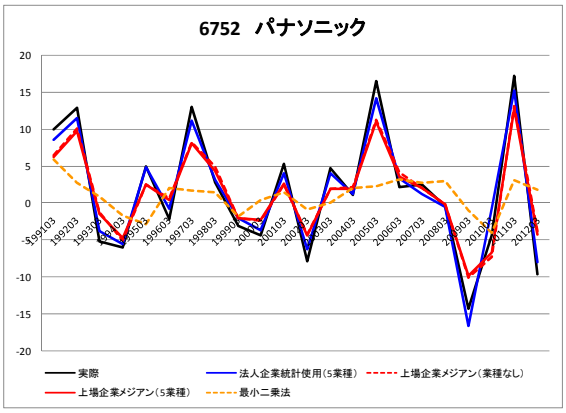


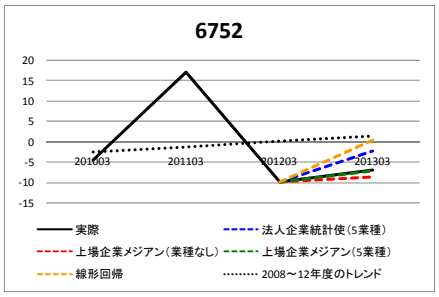


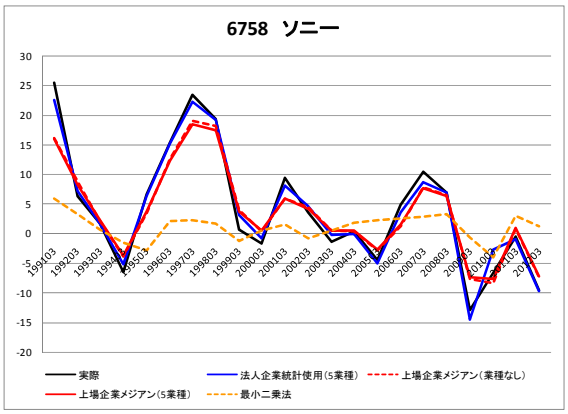


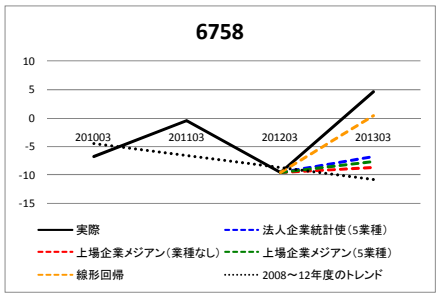


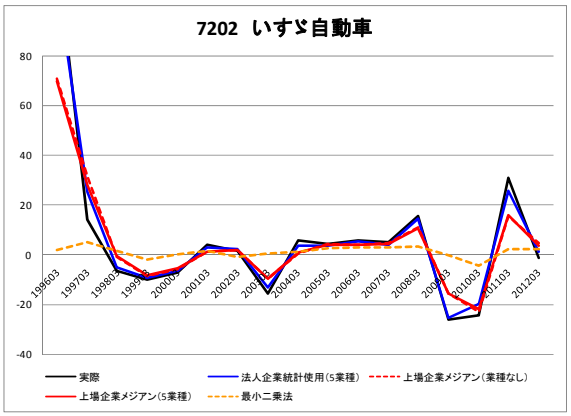
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

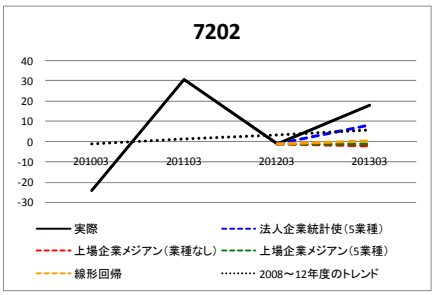


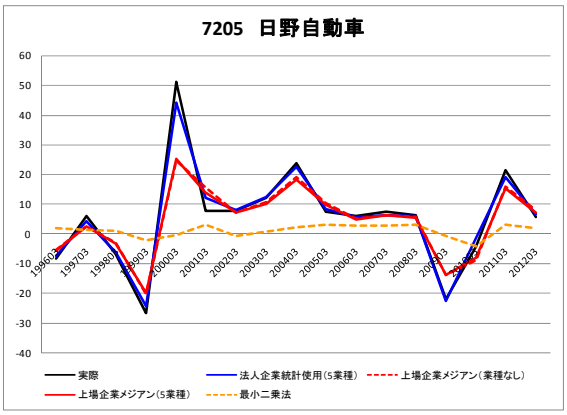


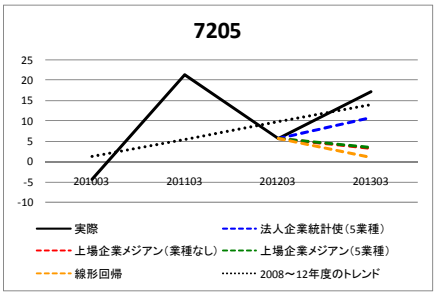




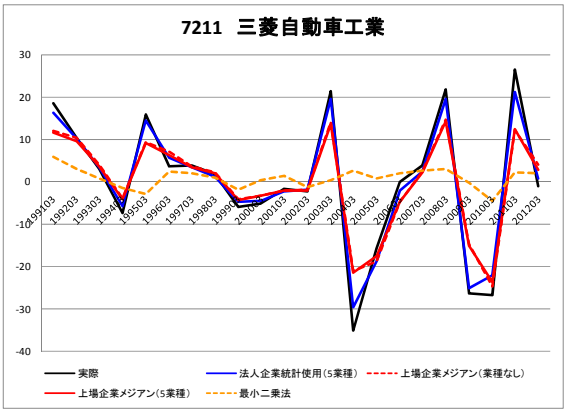


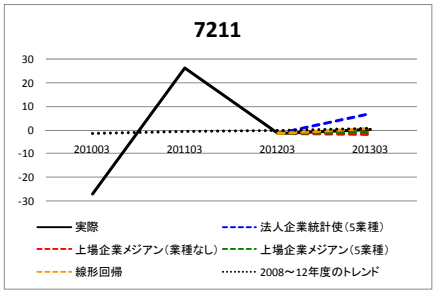


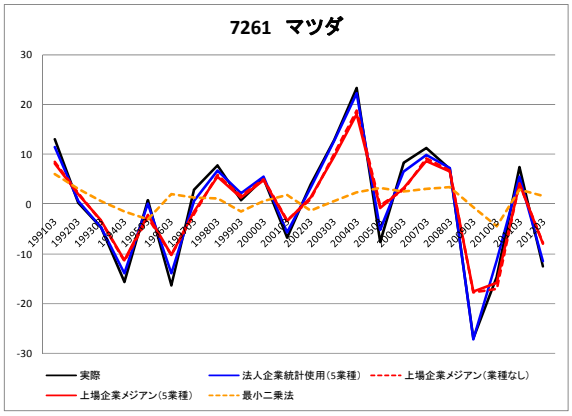


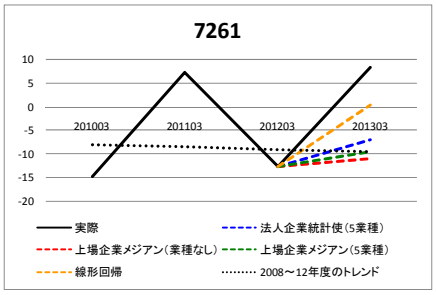


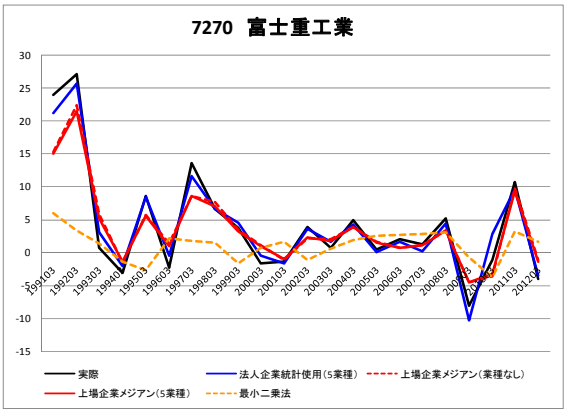
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

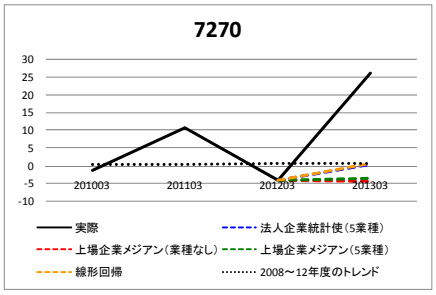


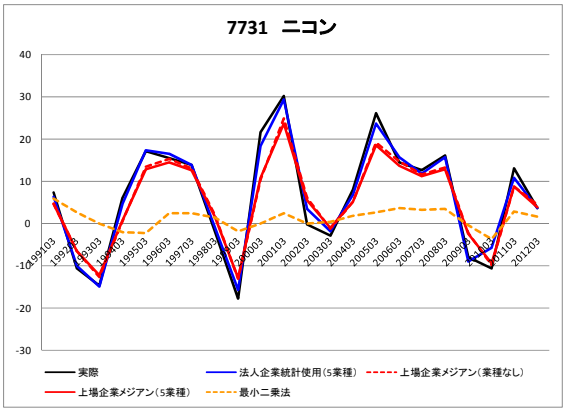


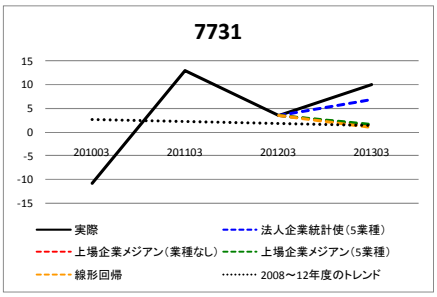




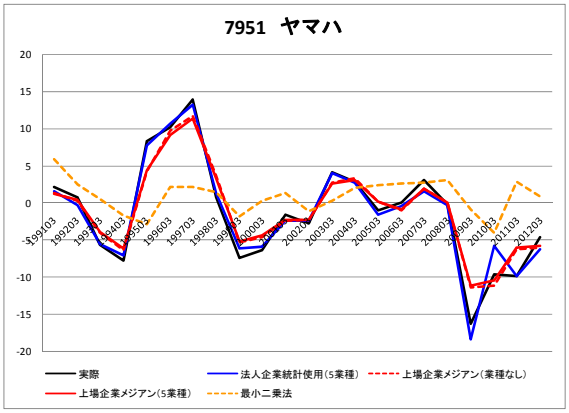


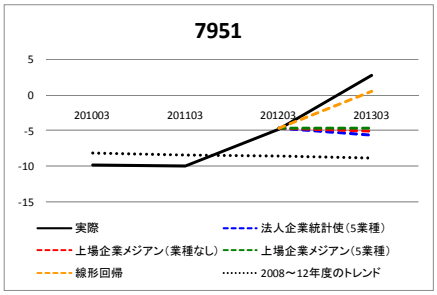


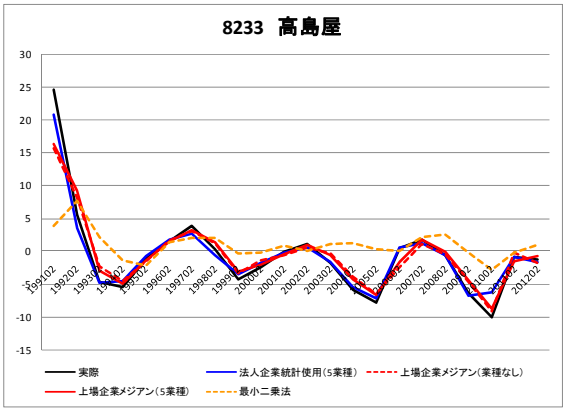


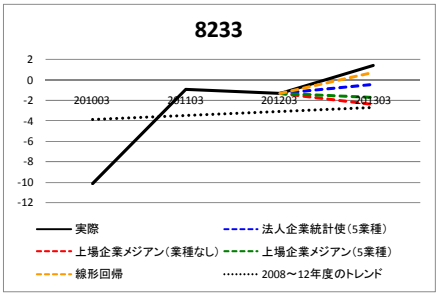


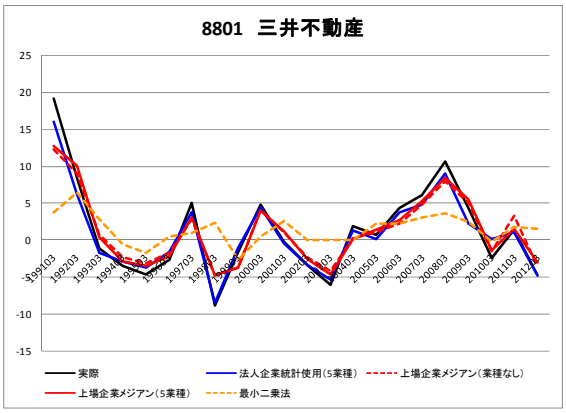
株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。

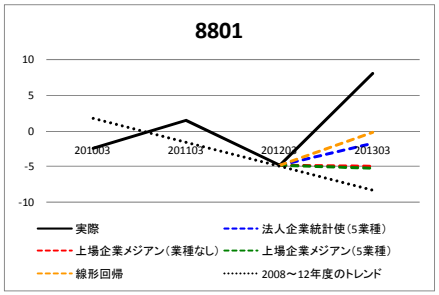


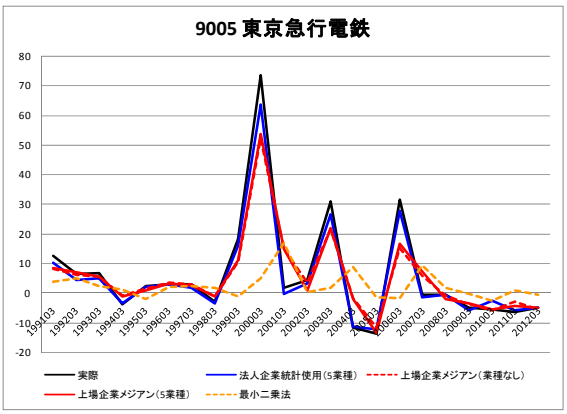


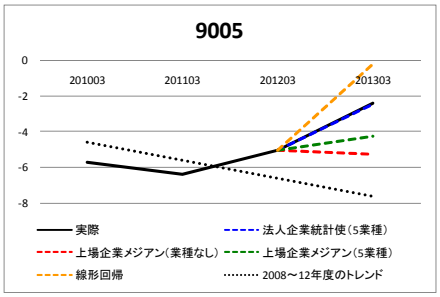




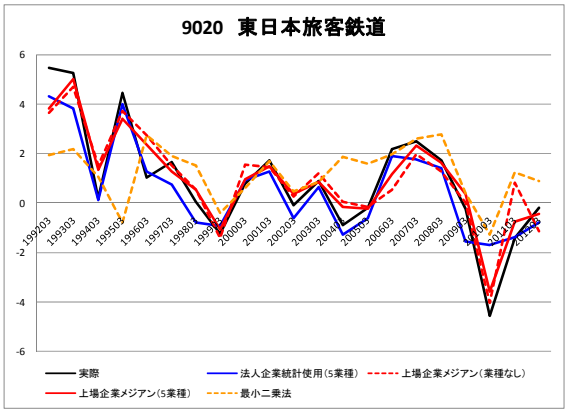


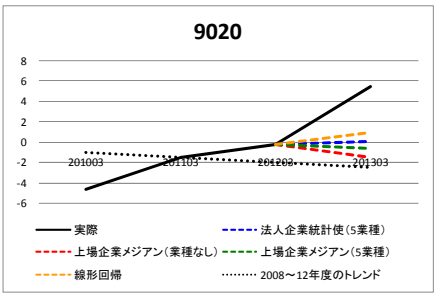


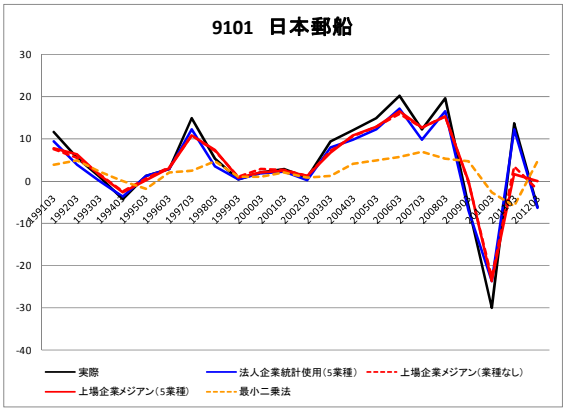


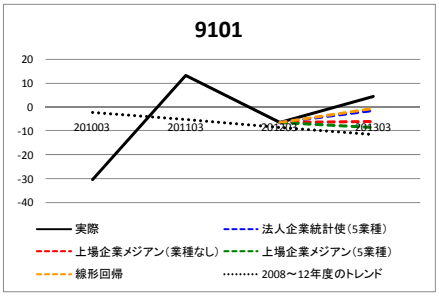


株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。









株式会社 金融工学研究所 TEL: 03-3276-3440 FAX: 03-3276-3439
〒103-2007 東京都中央区日本橋1-4-1 日本橋一丁目ビルディング
＊FTRI Research Memorandumを当社に無断で第三者に配布したり複写複製(コピー)すると、著作権の侵害になります。