

経済因果チェーンを用いたリードラグ効果の実証分析

Empirical Study on Lead-Lag Effect with Economic Casual Chain

中川 慧^{1*} 指田 晋吾¹ 坂地 泰紀² 和泉 潔²
Kei Nakagawa¹ Shingo Sashida¹ Hiroki Sakaji² Kiyoshi Izumi²

¹ 野村アセットマネジメント株式会社

¹ Nomura Asset Management Co,Ltd.

² 東京大学大学院工学系研究科

² The University of Tokyo School of Engineering

Abstract: A lead-lag effect in stock markets describes the situation where one (leading) stock return is cross-correlated with another (lagging) stock return at later times. There are various methods for stock return forecasting based on such a lead-lag effect. One of the most representative methods is based on the supply chain network. In this research, we propose a stock return forecasting method with an economic causal chain. The economic causal chain refers to a cause and effect network structure constructed by extracting a description indicating a causal relationship from the texts of Japanese financial statement summaries. We examine the following lead-lag effect. (1) whether lead-lag effect spreads to the 'effect' stock group when there is a large stock fluctuation in the 'cause' stock group in the causal chain. (2) whether lead-lag effect spreads to the 'cause' stock group when there is a large stock fluctuation in the 'effect' stock group in the causal chain. We confirm the existence of the both side of lead-lag effect and the evidence of stock return predictability across causally linked firms in the Japanese stock market.

1 はじめに

株価の予測可能性は、学術的にも実務的にも重要な研究テーマであり、伝統的なファイナンスの観点の他、様々な分野からの知見も取り入れられ、これまでに株価を予測するために様々な方法が提案されてきた。伝統的なファイナンスにおいては、株式や債券などの金融市場において、資産価格は情報を瞬時に織り込み、超過リターン(投資家が取るリスクに見合うリターンを超過リターン)を得ることはできず、資産価格の予測は不可能とする効率的市場仮説が[10]によって提唱された。ここでは、織り込まれる情報の程度によって、市場の効率性をウィーク型、セミストロング型、ストロング型の3種類に分類される。しかし、効率的市場仮説に基づく市場は、現実の市場とは異なる姿であり、これまで効率的市場仮説の下では説明のできないアノマリーが多数観察されている。このようなアノマリーのうち、クロスセクション分析によって明らかになった株価を説明力する属性ないし特徴量を「ファクター」と呼ぶ。ファイナンス分野の長年の実証研究により、ある断面で

どのようなファクターを持つ銘柄群が相対的に株価が上昇し、どの銘柄群が下落するかが明らかにされてきた。その代表的なモデルとして、FamaとFrench[2, 3]による3ファクターモデルがある。彼らは株価リターンのクロスセクションの構造は、Beta(市場ポートフォリオに対する感応度)、SMB(時価総額)、HML(PBRの逆数)の3つのファクターによって説明できると主張した。Fama-Frenchの3ファクターモデルは、それ以前の代表的なモデルであったCAPM[15, 8, 12])に比べ、モデルの説明力が高いことが、米国を含む様々な株式市場において実証[4]されており、学術と実務の両方でスタンダードな資産価格モデルの一つとして認識されている。これ以降、Fama-Frenchの3ファクターモデル以外のファクターが次々と発見された。その結果、Harveyら[5]によると、対象を一流学術誌および高い評価を得ているワーキングペーパーに絞っても、2012年までに累計300を超える数多くのファクターが発見された。

このようなクロスセクション分析に基づくファクター以外にも、複数の資産間で観察されるアノマリーの一つにリードラグ効果がある。

リードラグ効果とは、市場に情報が発信された際、ある資産価格に他の資産価格が遅れて反応する現象であ

*連絡先：野村アセットマネジメント株式会社
〒103-0027 東京都中央区日本橋1丁目12-1
E-mail: kei.nak.0315@gmail.com

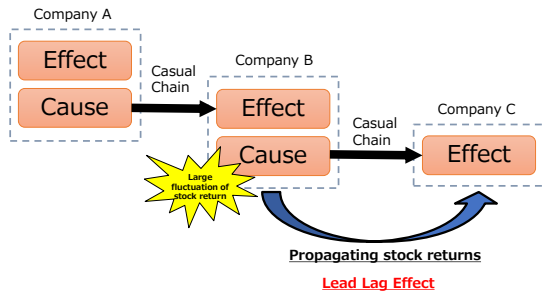


図 1: The illustration of the lead-lag effect with an economic causal chain. In the case of the large fluctuation is propagated to forward.

り、個々の資産によって価格に情報が織り込まれる速度が異なることに起因する現象である。リードラグ効果の代表的な実証分析例として、サプライチェーンを用いてリードラグ効果を計測した、[1]の研究がある。本研究では、サプライチェーンではなく、因果チェーンに基づいたリードラグ効果の計測手法の提案と実証分析を行う。

因果チェーンとは決算短信の文章中から因果関係を示す記述を抽出して作成した因果のネットワーク構造をいう。つまり決算短信から、人間が認知するであろう因果関係を抽出したネットワークである。もし投資家が因果チェーンを適切に認識しており、因果チェーンに基づく情報伝播が即座に反映されるならば、リードラグ効果は存在しないはずである。図1は因果チェーンのネットワーク構造を示している。ここで、図中の点線内は各企業の決算短信の文章において、業績にかかわる原因と結果を表す文を表す。Company BとCompany Cに着目すると、企業Bの結果を表す箇所と企業Cの原因を表す箇所とが紐付くことで因果関係が構築されることがわかる。(以降、文中ではCompany Bに該当するものを結果側、Company Cに該当するものを原因側と表記する。)我々は、因果チェーンを用いたリードラグ効果の検証を、(1)因果関係を持つ結果側の銘柄群に株価のショックがあったとき、原因側の企業群にその影響が順伝播するかどうか(図1)、(2)因果関係を持つ原因側の銘柄群に株価のショックがあったとき、結果側の企業群にその影響が逆伝播するかどうか(図2)を日本の株式市場を対象に検証する。

2 先行研究

リードラグ効果を検証した研究は多くあるが代表的なものとしてサプライチェーンを用いたリードラグ効果を計測した、[1]の研究がある。米国企業のサプライチェーンから、サプライヤー企業とカスタマー企業の

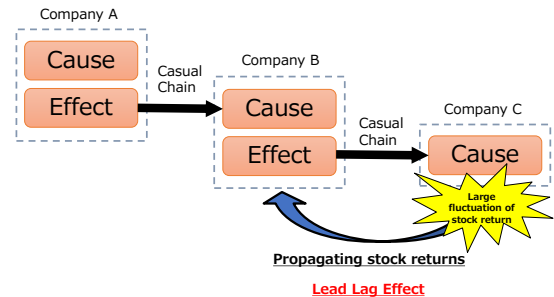


図 2: The illustration of the lead-lag effect with an economic causal chain. In the case of the large fluctuation is propagated to backward.

関係性を使った株価予測可能性を調査し、1980年から2004年の検証期間で以下の検証を行った。カスタマー企業にファンダメンタルズや株価の変化が生じたときに、市場が効率的であればその情報は瞬時にサプライヤー企業へ伝播するはずである。カスタマー企業の株価変化が相対的に高かったサプライヤー企業群を買い、カスタマー企業の株価変化が相対的に低かったサプライヤー銘柄群を空売りするカスタマーモメンタム戦略によるポートフォリオを構築した。このロングショートポートフォリオのリスク調整後リターンが有意に正であると報告している。[1]が個別企業のカスタマーサプライヤー情報を財務諸表から収集し、カスタマーモメンタムの計測するのに対し、[11, 14]は業種ベースでサプライヤーカスタマー関係を定義し、カスタマーモメンタムを計測している。同様に、磯貝ら[16]は日本株式市場においてもカスタマーモメンタムは観測されることを報告している。サプライチェーンを前提としない、リードラグ効果を用いた株価予測可能性の研究は米国市場では、[9]の研究以降多く議論されており、[6]では米株式市場を対象に、同業種内と他業種間でのリードラグ効果を検証した。米株式市場ではリードラグ効果は他業種間においては明確に確認できず、同業種内で強く存在すると方向した。これとは対照的に、他業種間におけるリードラグ効果が[13]によって報告されている。

本研究では、サプライチェーンや市場データではなく、テキスト情報のみから構築された因果チェーンを用いたリードラグ効果の検証を行う(表1)。

3 因果チェーンの構築

ここでは本研究でリードラグ効果の検証に使用する因果チェーンの構築手法を[7]に基づき概観する。因果チェーンは、因果関係について記述されたテキストデータを解析し、そこから人間が認知するであろう因

表 1: The methods and data sources in lead lag measurement

Author	Method	DataSource
Cohen[1]	企業間サプライチェーン	サプライチェーン (Compustat より取得)
磯貝ら [16]	企業間サプライチェーン	サプライチェーン (有価証券報告書より取得)
Menzly, Shahrur [11, 14]	業種間サプライチェーン	サプライチェーン (CRSP より取得)
Rapach[13]	LASSO 回帰	株価リターン
本研究	因果チェーン	テキストデータ (決算短信より取得)

Input: A list of cause-effect expressions CI

$CI_i = (\text{Cause Expression } c_i, \text{Effect Expression } e_i, \text{Company } cp_i, \text{Date } d_i)$

Output: A list of causal chain LCC

- 1: $LCC \leftarrow \emptyset$
- 2: **for each** $(c_i, e_i, cp_i, d_i) \in CI$ **do**
- 3: **for each** $(c_j, e_j, cp_j, d_j) \in CI$ **do**
- 4: $similarity \leftarrow getSimilarity(e_i, c_j)$
- 5: **if** $similarity \geq threshold$ **then**
- 6: $LCC \leftarrow LCC + (c_i, e_i, cp_i, d_i, c_j, e_j, cp_j, d_j)$
- 7: **end if**
- 8: **end for**
- 9: **end for**
- 10: **return** LCC

図 3: Construction of a causal chain

果関係を抽出する。具体的には以下の 3 ステップにより構築される。

Step 1 SVM を使用して日本の決算短信の要約から因果関係の表現を含む文を抽出する。

Step 2 原因と結果を示す構文パターンを定義し、そこに Step 1 で抽出した文における因果関係を抽出する。

Step 3 抽出された因果関係について、その終端ノード (結果側) の表現と一定の類似性がある他の決算短信の起点ノード (原因側) とを連結し因果チェーンを構築する。(図 3)

また、本研究では因果関係にあるそれぞれの決算短信の発行日と企業名をキーとして、因果の出現数を集計する。集計された数値は因果の強さと解釈することができ、本研究ではその数値変化によるリードラグ効果についても測定を行う。

4 実証分析

4.1 データセットと分析手法

前節の因果チェーンを用いて、リードラグ効果の計測を行う。検証期間は 2012 年 12 月から 2019 年 1 月ま

である。データセットは TOPIX500 構成銘柄群であり、これは流動性の観点から日本の機関投資家の株式ロングショート戦略のユニバースとして利用されることが多い。

はじめに、(1) 因果関係を持つ結果側の銘柄群に株価のショックがあったとき、原因側の企業群にその影響が順伝播するかどうかを次の手順を毎月末繰り返し検証を行う。

Step 1 因果チェーンの結果側の銘柄群を先月から当月のリターンの大小で 5 分位に分ける。

Step 2 各分位の結果側の銘柄群と紐づく、ある閾値 ($threshold$) 以上の総チェーン数の原因側の銘柄群を特定する。

Step 3 原因側の銘柄群を等ウェイトで保有しパフォーマンスを計測する。ただし、因果チェーンは、投資家が認識できることを保証するため、原因側の決算短信の発行日付はリバランス月から直近 1 年分に該当するもので作成。

次に、(2) 因果関係を持つ原因側の銘柄群に株価のショックがあったとき、結果側の企業群にその影響が逆伝播するかどうかの検証を行う。

Step 1 因果チェーンの原因側の銘柄群を先月から当月のリターンの大小で 5 分位に分ける。

Step 2 各分位の原因側の銘柄群と紐づく、ある閾値 ($threshold$) 以上の総チェーン数の結果側の銘柄群を特定する。

Step 3 結果側の銘柄群を等ウェイトで保有しパフォーマンスを計測する。ただし、因果チェーンは、投資家が認識できることを保証するため、結果側の決算短信の発行日付はリバランス月から直近 1 年分に該当するもので作成。

比較のために、因果チェーンを利用せず単純なリターンの 5 分位ポートフォリオのパフォーマンスも合わせて確認する。

表 2: Annualized return, Risk, and Risk/Return for Quintile portfolios which exploit lead-lag (lead side is effect company) effect using Economic Causal Chains (*Threshold* value from 1 to 10). The test period is from December 2012 to January 2019. In the column labeled Return and row labeled 5-1(Quantile), significant out-performance of one of the two portfolios over the other (in terms of the return) is denoted by asterisks: * denotes significance at the 0.1 level.

Threshold	Quantile	Return[%]	Risk[%]	R/R
1	5-1	0.25	1.14	0.22
2	5-1	0.39	1.06	0.37
3	5-1	-0.19	2.49	-0.07
4	5-1	1.26	4.20	0.30
5	5-1	4.00*	4.46	0.90
6	5-1	2.51*	4.21	0.60
7	5-1	5.09*	8.25	0.62
8	5-1	4.44*	8.24	0.54
9	5-1	3.65	8.48	0.43
10	5-1	3.33	10.68	0.31

表 3: Annualized return, Risk, and Risk/Return for Quintile portfolios which exploit lead-lag (lead side is cause company) effect using Economic Causal Chains (*Threshold* value from 1 to 10). The test period is from December 2012 to January 2019. In the column labeled Return and row labeled 5-1(Quantile), significant out-performance of one of the two portfolios over the other (in terms of the return) is denoted by asterisks: * denotes significance at the 0.1 level.

Threshold	Quantile	Return[%]	Risk[%]	R/R
1	5-1	0.47*	0.87	0.54
2	5-1	0.13	1.67	0.08
3	5-1	0.13	2.12	0.06
4	5-1	0.33	3.05	0.11
5	5-1	1.57	4.05	0.39
6	5-1	2.46	5.15	0.48
7	5-1	5.64*	9.92	0.57
8	5-1	5.50*	9.74	0.56
9	5-1	5.08*	12.30	0.41
10	5-1	6.92*	13.03	0.53

表 4: Annualized return, Risk, and Risk/Return for Quintile portfolios without using Economic Causal Chains.

Quantile	Return[%]	Risk[%]	R/R
1	19.52	18.57	1.05
2	19.46	16.6	1.17
3	18.09	15.58	1.16
4	16.75	15.37	1.09
5	14.99	15.63	0.96
5-1	-4.53	11.52	-0.39

4.2 分析結果と考察

はじめに、(1) 順伝播のリードラグ効果 (結果側から原因側への伝播) の結果は、表 2 の通り。5-1 分位のポートフォリオ (5 分位に含まれる銘柄を等ウェイトで買い、1 分位の銘柄を等ウェイトで売り) のリターンは概ねプラスの傾向となっており、結果側の銘柄のリターンが低調だとその影響が原因側の銘柄群に伝播していることが確認できる。閾値が小さい場合に 5-1 分位のリターンが低い背景としては、原因-結果の紐づけがされる銘柄群が多く、各分位の原因側の銘柄群が重複していることに起因している。閾値 8 以上でリターンが低下している背景としては、原因-結果群の紐付けが数多く存在している銘柄については、その因果関係を認識している投資家も多く存在し、結果側の株価ショック発生時に原因側へ織り込まれる速度が早いことが起因して、検証条件である 1 ヶ月のリバランスではリードラグとしての超過リターンが少なくなったものと考えられる。

次に、(2) 逆伝播のリードラグの結果 (原因側から結果側への伝播) は表 3 の通り。逆伝播の場合、閾値 (Threshold) によらずポートフォリオのリターンはプラスになっている。また閾値 (Threshold) が高くなるにつれて、その傾向は顕著になる。この結果は順伝播 (表 2) の場合と比較すると、逆伝播の場合、株価ショックにおけるラグ側への価格織り込み速度が順伝播よりも遅く、結果的に閾値が高いケースで良好な結果を得られたと考えられる。

また、因果チェーンを使用しない結果は table4 の通りである。この場合、分位が低いとリターンが高く分位が高いとリターンが低くなる、いわゆる短期のリバーサル効果が観測された。チェーン無しでの投資対象となる原因側のユニバースが結果側のユニバースと同等であることを考慮すると、因果チェーンを利用することでリバーサル効果が軽減されているとみることができ。

決算短信は一般に公開されている情報であり、もしも投資家が因果チェーンを適切に認識しており、情報伝播が即座に反映されるならば、リードラグ効果は存在

しないはずである。しかし分析の結果、構築されたポートフォリオにて良好な結果が出たことから因果チェーンを用いたリードラグ効果は存在することが確認できた。つまり、投資家は決算短信から構築された因果チェーンを認識しており、その因果を効率的市場仮説が示唆するように即時に反映せず、サプライチェーンと同様に時間差をもって反映すること（リードラグ効果）が確認できた。これはモメンタム効果と同様に投資家の過少反応に起因すると考えられる。これは、投資家はニュース等を即座に価格に反映させるのではなく、時間をかけて徐々に織り込んでいくという現象である。情報に対して過少反応するため、理論価格からの乖離が生じて、その乖離が修正される過程で分析結果のようなリードラグ効果が計測されたと考えられる。

なぜ、このような過少反応が存在するかという背景についてはより詳細な検証が必要であるが、次のような投資家の注意力、判断能力の限界に基づく仮説が背後にあると考える。サプライチェーンを用いた先行研究 [1, 16] では、カスタマーモメンタムは観測されるものの、サプライヤーからカスタマー方向への順方向へのモメンタム（サプライヤーモメンタム）は観測されていない。これは、投資家にとって、サプライヤーからカスタマーへの順方向の波及効果を認知する方が、カスタマーからサプライヤーへの逆方向の波及効果を認知するよりも容易であるという背景がある。一方で、本研究では、投資家にとって有価証券報告書等に直接的に記載されるサプライチェーンよりも、推論が必要で認知が困難であると考えられる因果関係に基づく因果チェーンを用いた。そのため、ある企業の株価の変動要因が、当該企業と因果関係にある企業に伝播あるいは逆伝播するという認知が遅れ、順方向、逆方向ともにリードラグ効果が存在したと考えられる。

5 まとめ

本研究では、因果チェーンによって構築されたネットワーク構造を利用したリードラグ効果の計測手法の提案と実証分析を行った。因果チェーンとは決算短信の文章中から因果関係を示す記述を抽出して作成したネットワーク構造をいう。決算短信は一般に公開されている情報であり、もし投資家が因果チェーンを適切に認識しており、情報伝播が即座に反映されるならば、リードラグ効果は存在しないはずである。日本株式市場を対象に、我々は因果チェーンを用いて、(1) 因果関係を持つ結果側の銘柄群に株価のショックがあったとき、原因側の企業群にその影響が順伝播するかどうか、(2) 因果関係を持つ原因側の銘柄群に株価のショックがあったとき、結果側の企業群にその影響が逆伝播するかどうかを検証した。その結果、因果チェーンを用いたリード

ラグ効果は両方向において存在することが確認できた。

これはモメンタム効果と同様に投資家の過少反応や注意力の限界に起因すると考えられる。今回の分析はユニバースを TOPIX500 に限定し、さらに因果チェーンも限定したが、より広範なユニバースや因果チェーンでの分析が今後の課題である。また、投資家の注意力の限界という観点から、単純な原因と結果の1次の繋がりではなく、より高次の因果関係の伝播をより詳細にみていく必要もある。

参考文献

- [1] Lauren Cohen and Andrea Frazzini. Economic links and predictable returns. *The Journal of Finance*, Vol. 63, No. 4, pp. 1977–2011, 2008.
- [2] Eugene F Fama and Kenneth R French. The cross-section of expected stock returns. *the Journal of Finance*, Vol. 47, No. 2, pp. 427–465, 1992.
- [3] Eugene F Fama and Kenneth R French. Common risk factors in the returns on stocks and bonds. *Journal of financial economics*, Vol. 33, No. 1, pp. 3–56, 1993.
- [4] JM Griffin. Are the fama and french factors global or country specific? *Review of Financial Studie*, Vol. 15, No. 3, pp. 783–803, 2002.
- [5] Campbell R Harvey, Yan Liu, and Heqing Zhu. ... and the cross-section of expected returns. *The Review of Financial Studies*, Vol. 29, No. 1, pp. 5–68, 2016.
- [6] Kewei Hou. Industry information diffusion and the lead-lag effect in stock returns. *The Review of Financial Studies*, Vol. 20, No. 4, pp. 1113–1138, 2007.
- [7] Kiyoshi Izumi and Hiroki Sakaji. Economic causal-chain search using text mining technology. In *Proceedings of the First Workshop on Financial Technology and Natural Language Processing*, pp. 61–65, Macao, China, 8 2019.
- [8] John Lintner. The valuation of risk assets on the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 47, pp. 13–37, 1965.
- [9] Andrew W Lo and A Craig MacKinlay. When are contrarian profits due to stock market over-reaction? *The review of financial studies*, Vol. 3, No. 2, pp. 175–205, 1990.

- [10] Burton G Malkiel and Eugene F Fama. Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The journal of Finance*, Vol. 25, No. 2, pp. 383–417, 1970.
- [11] Lior Menzly and Oguzhan Ozbas. Cross-industry momentum. 2006.
- [12] Jan Mossin. Equilibrium in a capital asset market. *Econometrica*, Vol. 34, No. 4, pp. 768–783, 1966.
- [13] David E Rapach, Jack Strauss, Jun Tu, and Guofu Zhou. Industry interdependencies and cross-industry return predictability. 2015.
- [14] Husayn Shahrur, Ying L Becker, and Didier Rosenfeld. Return predictability along the supply chain: the international evidence. *Financial Analysts Journal*, pp. 60–77, 2010.
- [15] William F Sharpe. Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The journal of finance*, Vol. 19, No. 3, pp. 425–442, 1964.
- [16] 磯貝明文, 川口宗紀, 小林寛司. サプライヤー・カスタマーのつながりに基づくクロスモメンタムの株価予測可能性. 現代ファイナンス, Vol. 40, pp. 25–48, 2019.