

エネルギー関連コモディティ先物市場におけるページブックテキストの実証分析

市川 佳彦¹ 高野 海斗² 中川 慧^{2,3}

¹ 株式会社 Insight Edge ² 野村アセットマネジメント株式会社 ³ 大阪公立大学
yoshihiko.ichikawa@insightedge.jp {takaito0423, kei.nak.0315}@gmail.com

概要

本研究は、エネルギー関連のコモディティ先物市場におけるページブック情報の影響を分析する。ページブックは、地域経済の景況感や多様なトピックを含むテキスト情報を持つ。ページブックが様々な資産に影響を与えることが実証されているが、本研究では、まず、ページブックの発表が市場に影響を与えるかを分析する。次に、ページブックのどのセンチメントやトピックが影響を与えるかを検証する。結果、一部のエネルギー関連のコモディティがページブックの情報に特に敏感に反応することが示された。

1 はじめに

コモディティ先物市場は、世界経済や地域経済の動向を反映し、価格変動を通じて多くの経済主体に影響を及ぼす重要な市場である。この市場にはエネルギー、農産物、金属など、様々なセクターが存在し、それぞれの商品の特性によって情報感応度や価格変動のダイナミクスが異なることが知られている [1, 2, 3]。特にエネルギー関連コモディティ先物市場は、経済活動や政策動向に敏感であり、石油や天然ガスといったエネルギー資源は多くの産業で不可欠な役割を果たすため、市場参加者から注目を集めている [4]。

特にエネルギー関連のコモディティ先物市場は、世界経済や金融政策の動向に敏感に反応し、政策や需給バランスの変化が価格に大きな影響を及ぼす市場である [5, 6]。エネルギー関連コモディティ先物市場において金融政策や経済動向を示唆する情報を適切に活用することが、市場分析や予測精度向上に寄与する。その中で、連邦公開市場委員会 (FOMC) は、金融政策決定を行う最も注目されるイベントであり、エネルギー関連のコモディティ先物を含

む様々な資産クラスに幅広い影響を及ぼしている [7, 8, 9]。

FOMC は様々な市場に影響を与える注目度が高いイベントである一方で、ページブックは、FOMC 会合の約 2 週間前に公開される (図 1 参照)、米国の連邦準備銀行が収集した現在の景況感を報告する文書である。ページブックは、比較的の前処理が容易かつ話題も豊富で、さらに FOMC のメンバーは金融政策を決定する際に、これを元に議論する。そのため、ページブックに記載された情報が経済動向や金利市場に影響を与えることが実証されている [10, 11, 9]。一方で、エネルギー関連のコモディティ先物市場における影響はこれまで研究されていない。特に、政策や需給バランスの変化が市場価格に直結するため、ページブックの情報が市場予測に与える影響を評価することは重要である。

本研究では、エネルギー関連のコモディティ先物市場においてページブックの情報が価格ダイナミクスに与える影響を分析する。本研究は、エネルギー市場が金融政策や経済動向に対して敏感に反応する特性に着目し、以下の 2 つの仮説を設定する。まず、ページブックの発表がエネルギー関連のコモディティ先物市場に影響を与えるかを定量的に分析する。次にページブック内のどのトピックが重要であるかを検証する。これによりエネルギー市場の情報感応度を解明し、市場予測の精度向上や政策立案に資する実務的な示唆を得ることを目指す。

2 データセット

2.1 ページブック

ページブックは、各地区連銀の管轄地域の経済状況をまとめたものであり、FOMC 会合の 2 週間前に公開され、トピックは、GDP、物価、雇用、製造業、農業、観光、不動産など多岐にわたる。また、

FOMCでの議論の材料になることから、次のFOMC会合の結果を推測する材料の1つとなっている。本研究では、[12]にて構築されたベージュブックコーパスを使用する。本コーパスは関連研究を参考に様々な分析タスクに利用しやすいフォーマットにデータが加工されている。したがって、誰でも同じテキストコーパスを使うことができるため、同一条件での再現実験が可能である。使用する本コーパスには、文の地域やトピック、いくつかのセンチメントスコアが付与されている。本研究では各文のトピックと、ベージュブックのトーンとして、コーパスに付与されている情報から以下3つのセンチメントスコアを使用する。

- Score_{DH} : dovi-hawk score
- Score_{FB} : finbert score
- Score_{LM} : Loughran McDonald score

各スコアに関して、簡単に紹介する。

dovi-hawk score : このスコアはタカハトスコアと呼ばれることもある中央銀行の金融緩和（ハト）と金融引締（タカ）の度合いを示すスコアである。[12]にて構築されたコーパスには、[13]らが開発した独自のセンチメントモデルによって、文がハトである確率を示す「dovish_prob」とタカである確率を示す「hawkish_prob」などが付与されている。これらのスコアを以下のように算出したものが、「dovi-hawk score」であり、1に近いほどハト度合いが高くなるスコアとなっている。

$$\text{dovi-hawk score} = \frac{\text{dovish_prob}}{\text{dovish_prob} + \text{hawkish_prob}} \quad (1)$$

finbert score : このスコアは構築コーパスに元から付与されているスコアである。[14]らが開発したFinBERTによって算出されており、金融テキスト分析ではしばしば用いられるモデルである。株価の上昇に起因するような文に対してポジティブ、下落に起因するような文に対してネガティブを返すようなモデルであるため、Beigebook分析に特化したモデルではないが、[15]らの研究のように、中央銀行の公開しているテキスト情報の分析にも利用されているため、本研究でもこのスコアを利用する。

Loughran McDonald score : このスコアは、Loughran[16]らの金融極性辞書を用いて算出されたスコアであり、構築コーパスに元から付与されている。企業の適時開示資料と業績結果を紐づけることで作成された辞書となっており、金融テキストにおけるセンチメント分析のデファクトスタンダード

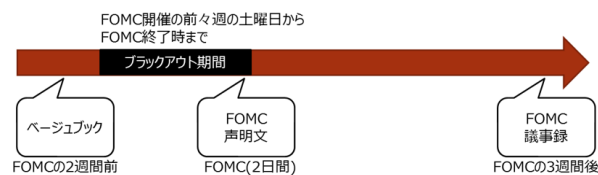


図1: テキストデータの公開されるタイミング

的な手法となっているため、本研究でもこのスコアを利用する。

2.2 エネルギー関連コモディティ先物

本研究で使用するエネルギー関連コモディティ先物は[2, 3]でも分析されている、ブレント原油 (Brent Crude Oil), 軽油 (Gasoil Petroleum), ガソリン (Gasoline), 暖房用軽油 (Heating Oil), 天然ガス (Natural Gas), および WTI 原油 (WTI Crude Oil) である。ブレント原油と軽油がインターコンチネンタル取引所 (ICE), それ以外はニューヨーク・マーカントایل取引所 (NYMEX) で取引されているものを使用する。また、データはすべて Datastream¹⁾ から取得した。データの期間は、2015年5月27日から2024年11月26日までである。

日次で観測される、満期が最も近い先物契約 (期近) の価格を $F_{i,t}^{(1)}$ とする。また、満期が2番目に近い先物契約 (期先) の価格を $F_{i,t}^{(2)}$ とする。各コモディティ i の先物ポジションにおけるリターン $R_{i,t}^{(1)}$ は次式により計算される。

$$R_{i,t}^{(1)} = \frac{F_{i,t}^{(1)} - F_{i,t-1}^{(1)}}{F_{i,t-1}^{(1)}} \quad (2)$$

また、 $R_{i,t}^{(1)}$ はロールオーバー戦略を用いて計算される。すなわち、投資家はコモディティ i の満期が最も近い先物契約にロングポジションを保有し、先物限月の切替開始時点までそのポジションを維持する。その後、満期が2番目に近い契約にロールオーバーする。

3 リサーチデザイン

本章では、本研究のリサーチデザインを述べる。

- H1:** エネルギー関連のコモディティ先物においてベージュブック発表は価格変動に影響を与えるか。
- H2:** エネルギー関連のコモディティ先物においてベージュブック発表のどのようなセンチメント

1) <https://www.lseg.com/ja/data-analytics/products/datastream-macroeconomic-analysis>

表 1: H1 の結果

対象	t 値	p 値
Brent Crude Oil	-3.384	0.001***
Gasoil Petroleum	-1.247	0.216
Gasoline	-2.923	0.005***
Heating Oil	-1.144	0.256
Natural Gas	-1.649	0.103
WTI Crude Oil	-4.045	0.000***

注：* は 10%，** は 5%，*** は 1%水準で有意。

やトピックが重要かどうか。

H1 については、ベージュブック発表前後のエネルギー関連コモディティ先物のリターンの絶対値と、それ以外の時期におけるリターンの絶対値を比較し、差を確認することで検証する。加えて、過去のリターンやボラティリティ、キャリーを含め、ベージュブックの有無でリターンの絶対値のどの程度変化するか検証した。次に、H2 については、ベージュブックのセンチメントやトピックにより、リターンの絶対値がどのように変化するかを、ベージュブック・コーパスを用いて分析する。

3.1 H1 の検証

Welch の t 検定 ベージュブック公表日の日付を $t^{(b)} - 1$ 、発表日翌日の日付を $t^{(b)}$ とする。ベージュブック公表日のリターンの絶対値の平均値 $\bar{R}_{abs,i}^{(b)} = \frac{1}{|b|} \sum_b |R_{i,t^{(b)}}^{(1)}|$ に対して、全期間のリターンの絶対値の平均値 $\bar{R}_{abs,i} = \frac{1}{|T|} \sum_t |R_{i,t}^{(1)}|$ が等しいかどうかを検定する。これにより、ベージュブックの発表によるエネルギー関連コモディティ先物価格の動向を検証することができる。

ベージュブックの有無による影響 コモディティ先物価格の値動きには、様々なファクターが関連していることが知られている [2, 3]。そのため、直前のリターンや偏差も考慮した上で、ベージュブックが発表された日におけるリターンの絶対値の変化を調べる。

まず、被説明変数としてリターンの絶対値 $R_{abs,i,t}^{(1)} = |R_{i,t}^{(1)}|$ を用いる。次に説明変数として、前日のリターンの絶対値 $R_{abs,i,t-1}^{(1)} = |R_{i,t-1}^{(1)}|$ と平均絶対偏差 $MAD_{i,t}$ 、ベージス $BASIS_{i,t}$ の 3 つのファクターに加え、ベージュブック公表日を 1、それ以外を 0 としたダミー変数 $D_t^{(b)}$ を加えて重回帰分析を行う。なお、 t 時点でのボラティリティとベージスは、

$$\bullet \text{MAD}_{i,t} := \frac{1}{|w|} \sum_{t \in w} |F_{i,t}^{(1)} - \mu_i|$$

表 2: ベージュブックの有無による影響

	BrentCrudeOil	GasoilPetroleum	Gasoline	HeatingOil	NaturalGas	WTICrudeOil
α	0.0079*** (11.973)	0.0091*** (16.518)	0.0099*** (12.314)	0.0104*** (17.356)	0.0169*** (18.915)	0.0061*** (2.621)
β_R	0.1762*** (8.715)	0.1276*** (6.285)	0.1573*** (7.818)	0.1933*** (9.711)	0.0891*** (4.407)	0.1189*** (3.975)
β_{BASIS}	-0.0023*** (-6.082)	-0.00004517 (-1.489)	-0.0108** (-1.966)	0.0483*** (6.502)	-0.0115*** (-3.102)	-0.015*** (-10.97)
β_{MAD}	0.0037*** (11.574)	0.0003*** (11.206)	0.0984*** (8.809)	0.0369*** (4.288)	0.0433*** (11.385)	0.0066*** (5.925)
β_D	-0.0052*** (-2.577)	-0.0017 (-0.915)	-0.0061** (-2.426)	-0.0018 (-0.889)	-0.0017 (-0.573)	-0.0076 (-1.027)
R^2	0.122	0.115	0.072	0.134	0.074	0.194
Adj. R^2	0.121	0.113	0.071	0.133	0.072	0.192
n	2461	2461	2461	2461	2461	2461

注：括弧内は t 値、* は 10%水準、** は 5%水準、*** は 1%水準で有意

$$\bullet \text{BASIS}_{i,t} := F_{i,t-1}^{(1)} - F_{i,t-1}^{(2)}$$

と定義する。ここで、 μ_i は $F_{i,t}^{(1)}$ の平均値であり、 $w = 10$ を使用する。

以上を踏まえて検証する回帰式は次の通りである。

$$R_{abs,i,t}^{(1)} = \alpha + \beta_D D_t^{(b)} + \beta_R R_{abs,i,t-1} + \beta_{MAD} MAD_{i,t} + \beta_{BASIS} BASIS_{i,t} + \varepsilon_t \quad (3)$$

3.2 H2 の検証

次に、データをベージュブック公表日のみに絞り込み、先ほどの回帰式の $D_t^{(b)}$ をベージュブックセンチメント $SMT_t^{(b)}$ に置き換えることで、ベージュブックのトーンの影響を検証する。分析には $Score_{DH}$, $Score_{FB}$, $Score_{LM}$ を用い集計を行う。なお、ベージュブックセンチメントとして、

- (a) 全体の平均: $SMT_t^{(b,ALL)}$
- (b) "summary of economic activity" に代表される全体の要約部分: $SMT_t^{(b,EA)}$
- (c) "energy" に代表される雇用と賃金に関する部分: $SMT_t^{(b,EE)}$

の 3 つを使用する。以上を踏まえて検証する回帰式は次の通りである。

$$R_{abs,i,t}^{(1)} = \alpha + \beta_{SMT} SMT_t^{(b)} + \beta_R R_{abs,i,t-1} + \beta_{MAD} MAD_{i,t} + \beta_{BASIS} BASIS_{i,t} + \varepsilon_t \quad (4)$$

4 実証分析

4.1 H1 の検証

Welch の t 検定 結果を表 1 に示す。Brent Crude Oil, Gasoline, WTI Crude Oil が 1%水準で有意となった。よって、ベージュブックの発表の有無がこれら

表 3: ベージュブックセンチメントによる重回帰分析 (Gasoline)

	(a) 全体平均			(b) 概要部分			(c) エネルギー		
	Score _{DH}	Score _{FB}	Score _{LM}	Score _{DH}	Score _{FB}	Score _{LM}	Score _{DH}	Score _{FB}	Score _{LM}
α	0.004 (0.646)	0.011*** (4.043)	0.010*** (3.595)	0.006 (1.564)	0.013*** (4.675)	0.011*** (4.310)	0.011*** (2.685)	0.010*** (3.771)	0.010*** (3.714)
β_R	0.065 (1.030)	0.064 (1.033)	0.066 (1.060)	-0.006 (-0.094)	-0.006 (-0.098)	0.002 (0.032)	0.067 (1.053)	0.065 (1.030)	0.068 (1.073)
β_{BASIS}	-0.008 (-0.241)	-0.015 (-0.473)	-0.017 (-0.538)	-0.005 (-0.167)	-0.010 (-0.341)	-0.017 (-0.553)	-0.014 (-0.437)	-0.016 (-0.482)	-0.014 (-0.419)
β_{MAD}	0.027 (0.793)	0.016 (0.455)	0.015 (0.424)	0.027 (0.842)	0.010 (0.297)	0.007 (0.209)	0.030 (0.898)	0.032 (0.937)	0.031 (0.914)
$\beta_{ScoreDH}$	0.015 (1.040)			0.011 (1.293)			-0.002 (-0.257)		
$\beta_{ScoreFB}$		-0.011 (-1.431)			-0.011*** (-2.125)			0.002 (0.527)	
$\beta_{ScoreLM}$			-0.019 (-1.294)			-0.015*** (-1.949)			0.001 (0.254)
R^2	0.042	0.055	0.050	0.044	0.087	0.076	0.028	0.031	0.028
Adj. R^2	-0.013	0.001	-0.004	-0.022	0.024	0.013	-0.027	-0.024	-0.027
n	75	75	75	75	75	75	75	75	75

注：括弧内は t 値，* は 10%水準，** は 5%水準，*** は 1%水準で有意

コモディティ先物のリターンの絶対値に統計的に有意な影響を与えていることを示している。

ベージュブックの有無による影響 結果を表 2 に示す。 β_R, β_{MAD} はすべての先物で 1%水準で有意となった。 β_{BASIS} は、10%水準で有意でない Gasoil Petroleum, 5%水準で有意である Gasoline を除くと、他のすべての銘柄が 1%水準で有意となった。また、 β_D は BrentCrudeOil が 1%水準、Gasoline が 5%水準で有意となった。この分析から、加えたファクターを考慮しても、BrentCrudeOil や Gasoline はベージュブックの公表がリターンの絶対値に影響を与えることが示唆された。

4.2 H2 の検証

結果を表 3 に示す。ここでは、Gasoline の結果を説明する。定数項は $Score_{DH}$ を除き有意である。 $Score_{FB}, Score_{LM}$ は全体平均やエネルギーでは有意でない一方、経済活動の概要部分では 1%水準で有意である。これはガソリンがエネルギー関連の動向というよりは、米国の経済活動に影響を受けていることを示唆している。ガソリン価格は短期的には需給バランスや地政学的リスク、季節要因に強く影響を受けるため、消費者信頼感や経済成長率に関するセンチメントが、経済活動の概要部分を通じて反映されている可能性がある。また、回帰係数は負である。これは、ネガティブ要因があると大きく変動し、ポジティブ要因があると変動はそこまで変化しないという解釈ができると考えられる。これは、期待による価格変動よりは不安からくる価格変動の方

が大きいということが示唆される。

一方、 $Score_{DH}$ については全てのケースで有意性が確認されなかった。この理由として、まず、 $Score_{FB}$ が主に金融関連ニュース記事を学習データとしている点が挙げられる [14]。また、 $Score_{LM}$ は企業の適時開示資料などを学習データとしており、特に短期 (4 日間) の超過リターンに特化していることが影響していると考えられる [16]。さらに、 $Score_{DH}$ はベージュブックを含まない FOMC 議事録、記者会見議事録、スピーチを対象としており、その適用範囲が限定的である。以上の理由から、 $Score_{DH}$ は日次リターンの絶対値を予測する本研究の設定において適合しなかった可能性が考えられる。

5 まとめと今後の展望

政策や需給バランスの変化が市場価格に直結するため、ベージュブックの情報が市場予測に与える影響を評価することは重要である。本研究では、ベージュブックの動向がエネルギー関連のコモディティ先物市場に与える影響を分析した。具体的には、ベージュブック発表は価格変動に影響を与えるかどうか (H1)、どのような情報が重要かどうか (H2) を分析した。分析の結果、ベージュブックの公表が価格変動に影響を与えることが実証できた。また、ベージュブック発表の経済活動の概要部分において、算出方法が異なる 3 つのスコアを分析し、ベージュブックのセンチメントが影響を与えることが実証できた。

謝辞

本研究の遂行にあたり有益なご助言を頂いた、株式会社 Insight Edge の梶原 悠氏に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] Emilio Peroni and Robert McNown. Noninformative and informative tests of efficiency in three energy futures markets. *Journal of Futures Markets: Futures, Options, and Other Derivative Products*, Vol. 18, No. 8, pp. 939–964, 1998.
- [2] Kei Nakagawa and Ryuta Sakemoto. Do commodity factors work as inflation hedges and safe havens? *Finance Research Letters*, Vol. 58, p. 104585, 2023.
- [3] Kei Nakagawa and Ryuta Sakemoto. Commodity sectors and factor investment strategies. *International Review of Financial Analysis*, Vol. 95, p. 103493, 2024.
- [4] Sławomir Śmiech, Monika Papież, Michał Rubaszek, and Małgorzata Śnarska. The role of oil price uncertainty shocks on oil-exporting countries. *Energy Economics*, Vol. 93, p. 105028, 2021.
- [5] Lutz Kilian. Not all oil price shocks are alike: Disentangling demand and supply shocks in the crude oil market. *American Economic Review*, Vol. 99, No. 3, p. 1053–69, June 2009.
- [6] James D. Hamilton. Causes and consequences of the oil shock of 2007–08. *Brookings Papers on Economic Activity*, Vol. 2009, pp. 215–261, 2009.
- [7] Hyeonung Jang and Byoung Ki Seo. Monetary policy rate expectation and energy prices during the fomc announcement period. *Finance Research Letters*, Vol. 32, p. 101093, 2020.
- [8] Anna Cieslak, Adair Morse, and Annette Vissing-Jorgensen. Stock returns over the fomc cycle. *The Journal of Finance*, Vol. 74, No. 5, pp. 2201–2248, 2019.
- [9] Moeko Asano, Yoshihiko Ichikawa, Kei Nakagawa, and Kaito Takano. Analysis of investment behavior of individual investors in the fx market: Influence of fomc and beige book information. In *2024 16th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, pp. 373–378. IEEE, 2024.
- [10] Shibley Sadique, Francis In, Madhu Veeraraghavan, and Paul Wachtel. Soft information and economic activity: Evidence from the beige book. *Journal of Macroeconomics*, Vol. 37, pp. 81–92, 2013.
- [11] Masaki Fujiwara, Yoshiyuki Suimon, and Kei Nakagawa. Treasury yield spread prediction with sentiments of beige book and macroeconomic data. In *2023 14th IIAI International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI)*, pp. 337–342. IEEE, 2023.
- [12] 高野海斗, 長谷川直弘, 内藤麻人, 中川慧. Frb ベージュブックコーパスの構築と分析. 人工知能学会全国大会論文集, pp. 3Xin4–33, 2023.
- [13] Agam Shah, Suvan Paturi, and Sudheer Chava. Trillion Dollar Words: A New Financial Dataset, Task & Market Analysis. In *Proceedings of the 61st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (Volume 1: Long Papers)*, pp. 6664–6679, 2023.
- [14] Dogu Araci. Finbert: Financial sentiment analysis with pre-trained language models. *arXiv preprint arXiv:1908.10063*, 2019.
- [15] Sandro Gössi, Ziwei Chen, Wonseong Kim, Bernhard Bermeitinger, and Siegfried Handschuh. FinBERT-FOMC: Fine-Tuned FinBERT Model with Sentiment Focus Method for Enhancing Sentiment Analysis of FOMC Minutes. In *Proceedings of the Fourth ACM International Conference on AI in Finance*, pp. 357–364. Association for Computing Machinery, 2023.
- [16] Tim Loughran and Bill McDonald. When is a liability not a liability? textual analysis, dictionaries, and 10-Ks. *The Journal of Finance*, Vol. 66, No. 1, pp. 35–65, 2011.