

原油価格のガソリン価格への転嫁率

ニューラルネットワークを用いた最近の状況の推計

日本エネルギー経済研究所 計量分析ユニット
エネルギー・経済分析グループ 研究主幹 | 柳澤 明

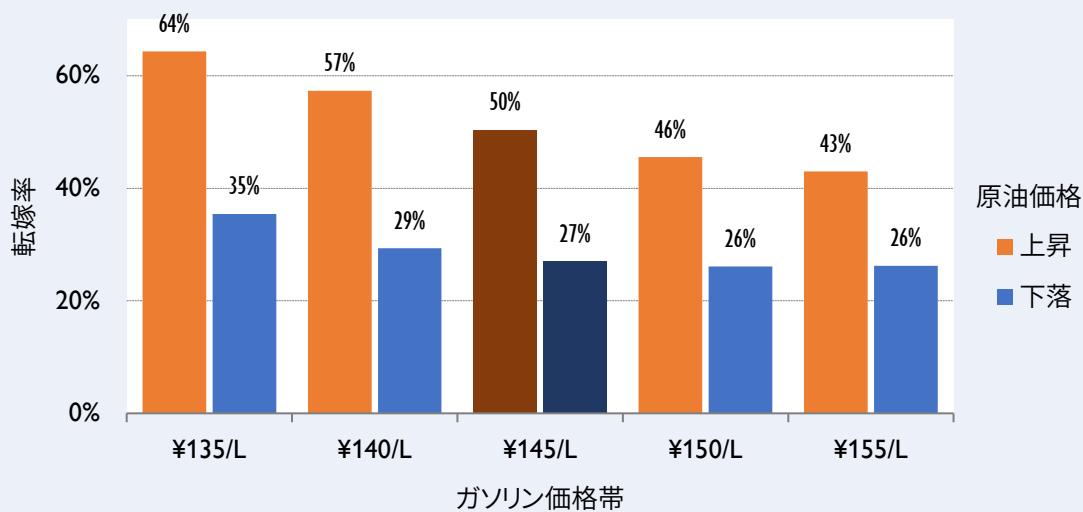
要旨

わが国のガソリン価格が上昇している。OPEC等による協調減産、中東情勢などを背景に国際市場で原油価格が上昇し、さらに円相場の下落により円建て原油価格がかさ上げされるなどしているためである。そうした中、米国がイラン核合意から離脱したことなどにより原油価格に対しさらに強気の見方が広まり、ガソリン価格の先行きに対する世の関心も高まっている。ガソリン価格は複数の要因によって決まるが、その最近の状況をモデル化した。

一般にモデル分析では線型などモデル構造を想定するが、そのことが時に結果を左右する。こうした潜在的な影響を軽減すべく、人工知能(AI)の一形態である人工ニューラルネットワークモデルを用いた。構築したモデルの精度は、1週先のガソリン価格の方向性見通しに関しては、エキスパートである石油情報センターに引けを取らない。

ガソリン価格を占うにあたり重要な、原油価格変動がガソリン価格変動にどの程度反映されるかという転嫁の関係を定量的に表すものに転嫁率がある。転嫁率は、足元では低めとなっている。これは、ガソリン価格が単に原油コスト見合いで調整されるのではなく、ガソリン市場そのものの需給状況などをより反映するようになっていることなどを捉えているのかもしれない。なお、原油価格上昇時と下落時とでは転嫁率が異なる非対称性が認められる。そのギャップは、ガソリン価格が安いと大きくなるものと推定される。

図 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率(ガソリン価格帯別)



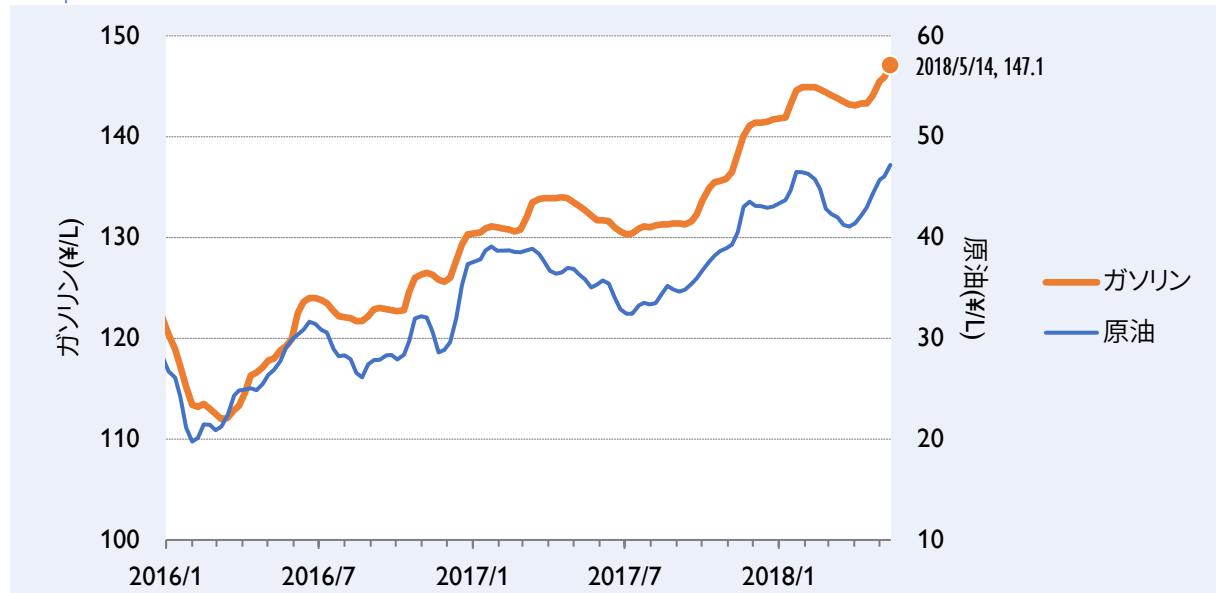
転嫁率の違いは、他の要因によっても生じうる。例えば、水曜日に原油価格が上昇すると他の曜日と比べガソリン価格上昇につながりやすい。一方、水曜日の原油価格下落は、他のどの曜日よりもガソリン価格下落に反映されにくい。

値上がりしているガソリン

わが国のガソリン価格が上昇している(図1)。レギュラーガソリン小売価格は、2018年5月には3年5か月ぶりの高値を付けた(資源エネルギー庁「石油製品価格調査」)。OPEC等の協調減産、ベネズエラの原油生産急減、シリア問題・イラン問題を含む中東情勢などを背景に国際市場で原油価格

が上昇し、さらに円相場の下落により円建て原油価格がかさ上げされるなどしているためである。2017年3月を期限とするエネルギー供給構造高度化法への対応や翌4月のJXTGエネルギー発足でガソリンスポット市場への供給が細り、精製・流通マージンが近年では高水準にあることも寄与している。

図1 | ガソリン価格と原油価格



注: ガソリン価格はレギュラーガソリン給油所小売価格。原油価格はPlatts Dubai原油先物期近物帳入値で、7日前～20日前の移動平均値。

出所: 資源エネルギー庁「石油製品価格調査」[ガソリン価格]、東京商品取引所[原油価格]

そうした中、米国がイラン核合意から離脱したことなどにより原油価格に対しさらに強気の見方が広まり、ガソリン価格の先行きに対する世の関心も高まっている。ガソリン価格は複数の要因によって決まるため、これを定量的にモデル化する。

これにより、ガソリン価格に対する各要因の寄与を知ることができるようになり、単に「先週に比べて原油が○○/L、ガソリンは○○/L上昇した」といった異時点比較の対比にとどまらない考察が行えるようになる。

ニューラルネットワークモデルの構築と評価

原油価格とガソリン価格との関係について、筆者はこれまで取り上げてきた。そこでは、重回帰分析により構築した単一方程式モデルを基礎としていた。こうしたオーソドックスな手法は、透明性が高く理解が容易であるという利点を持つ。一方、想定するモデル構造(線型性など)、自由度

(そもそもパラメータ数はサンプル数を超えない)、似た動きをする説明変数を用いることで推計結果が不安定になる多重共線性、構造変化などが、分析において制約になることがある¹。

¹ これらに対応する統計学的手法も開発されてい

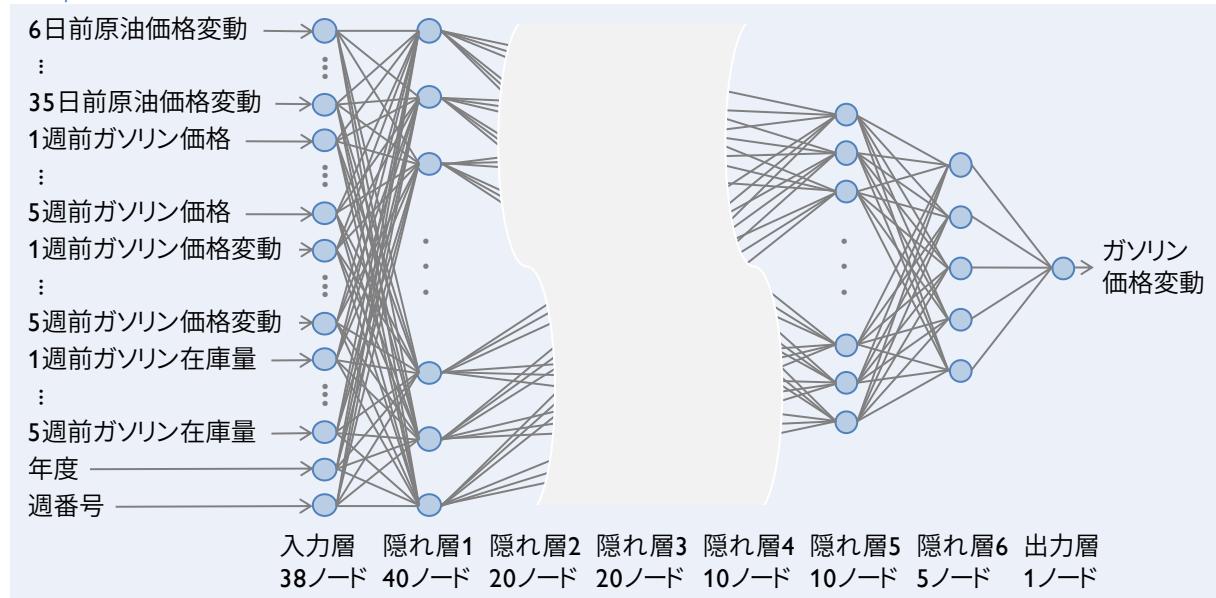
る。

そこで、今回は、こうした制約を緩和すべく、また上記2017年春を境とした情勢変化を踏まえるべく、人工知能(AI)の一形態である人工ニューラルネットワークとしてモデル化、分析を行う。ニューラルネットワークは、ヒトの脳神経細胞(ニューロン)を数理モデル化したものを組み合わせたものである。1つ1つのニューロンの働きは単純であるが、多数のニューロンが多層構造をなすことによって、ニューラルネットワークは複雑な表現が可能となる。画像認識処理などのパターンマッチングで最も活用が進んでいるが、回帰分析がよく適用されるような課題にも応用できる。一方で、

その構造・規模ゆえブラックボックス化し、人間がその挙動について理解・解釈することが時に困難となる。

本論文で用いるニューラルネットワークは、出力はガソリン価格²の変動(前週比)、入力は6日前～35日前の各営業日における原油価格³の変動(前営業日比)、1週間前～5週間前の各週におけるガソリン価格の水準、1週間前～5週間前の各週におけるガソリン価格の変動(前週比)、前週～5週前の各週におけるガソリン在庫量⁴、年度および週番号(1～53)の計38個、隠れ層が6層で最大ノード数が40という比較的小規模⁵なものである(図2)。

図2 | モデルフロー



この定式化の下、まず、2014年4月から2017年12月までのガソリン価格の変動を対象としてモデルを推計した。構築したモデルの精度を評価するために、モデル推計に用いなかった2018年1月以

降のガソリン価格について1週先の見通しをシミュレートした結果が図3である。階差を対象としていることを鑑みれば、まず良好であると考えられる。

² 資源エネルギー庁「石油製品価格調査」のレギュラーガソリン小売価格(月曜)

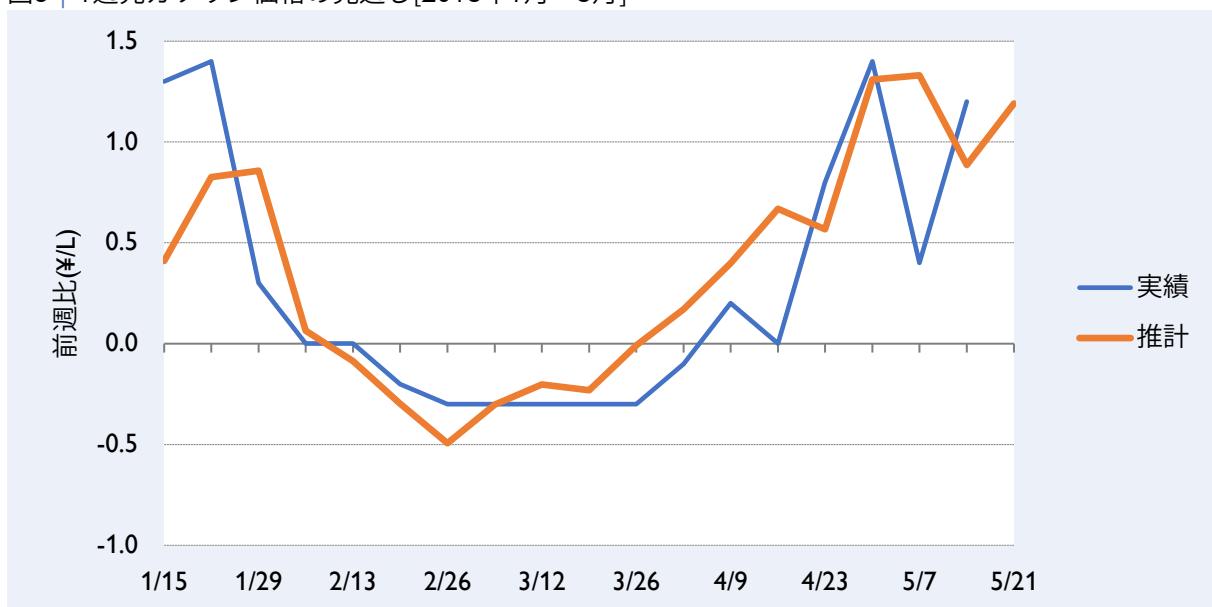
³ 東京商品取引所のPlatts Dubai原油先物期近物帳入値(月曜～金曜)

⁴ 石油連盟「原油・石油製品供給統計週報」の在庫量(土曜)

⁵ モデル推計に用いるデータのサンプル数が200程度と限られているためである。

ちなみに、2016年にトップ囲碁棋士を破ることでAI/ニューラルネットワークの能力を世に広く印象付けたGoogleのAlphaGoでは、次の手を探る役割を果たす「ポリシーネットワーク」の入力層は17,328ノード、隠れ層は1層につき69,312ノードで12層、出力層は361ノードである。学習には過去の棋譜2,840万盤面を用いたという(吉田 裕之、伊藤 尚洋「AlphaGoのしくみ」)。

図3 | 1週先ガソリン価格の見通し[2018年1月～5月]



出所: 資源エネルギー庁「石油製品価格調査」[実績]

Box 1 | 見通しの精度

石油製品価格調査の実査を担当している石油情報センターは、翌週にかけてのガソリン価格の見通しについて、マスコミ取材への回答としてコメントしている。ただし、それは定量的なものではなく、「来週も上昇する」「来週は横ばいで推移しそうだ」といった方向性として示されている。ここでは、その石油情報センターによる見通しと比較することで、構築したモデルのパフォーマンスを評価する。その手法は以下のとおりである。

[1] 石油情報センターによるこの半年余りにおける1週先の見通しを、「下落」「小幅下落」「横ばい」「小幅上昇」「上昇」いずれかのカテゴリに分類する。

[2] 翌週判明した実際のガソリン価格変動を、上記5カテゴリのいずれかに分類する。ここで、カテゴリのしきい値を石油情報センターによる見通しが最も当たったことになるように定める⁶。すると、分類基準は、「下落」

が¥1.1/L以上の値下がり、「小幅下落」が¥1.1/L～¥0.15/Lの値下がり、「横ばい」が¥0.15/Lの値下がり～¥0.15/Lの値上がり、「小幅上昇」が¥0.15/L～¥1.1/Lの値上がり、「上昇」が¥1.1/L超の値上がりとなる。

[3] 構築したモデルによる推計値もまた、[2]で定めた分類基準に従い上記5カテゴリのいずれかに分類する。

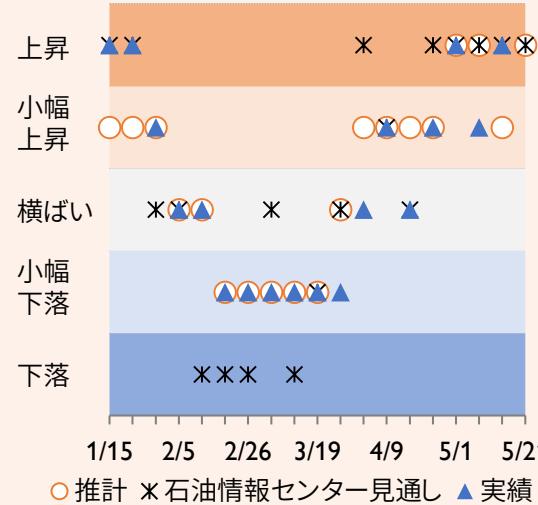
これらの結果を図示したものが図4左である。モデルによる推計がエキスパートによる見通しと同等以上の成績を上げていることが見て取れる。また、同様のモデルにより2週先のガソリン価格についての方向性を見通した結果が図4右である。精度は翌週の見通しに比べるとやや劣るものの、石油情報センターによる見通しがない中での先読みという意味では、ニューラルネットワークモデルが一定の役割を果たしうると言えよう。

⁶ 便宜的に、¥0.05/L刻み、¥0/Lに関して対称とす

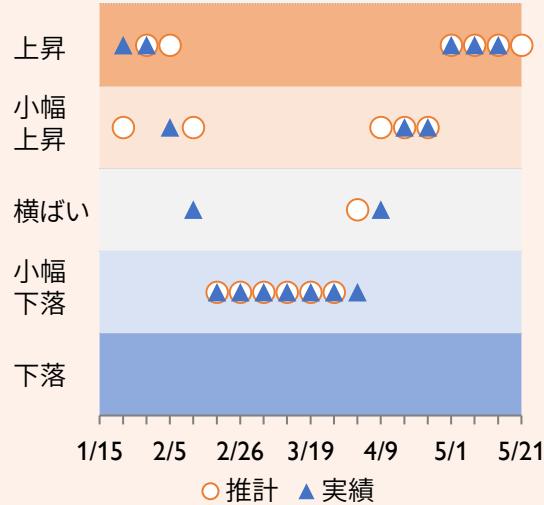
る。

図4 | ガソリン価格の方向性見通し[2018年1月～5月]

1週先



2週先



注: 下落は¥1.1/L以上の値下がり、小幅下落は¥1.1/L～¥0.15/Lの値下がり、横ばいは¥0.15/Lの値下がり～¥0.15/Lの値上がり、小幅上昇は¥0.15/L～¥1.1/Lの値上がり、上昇は¥1.1/L超の値上がり。

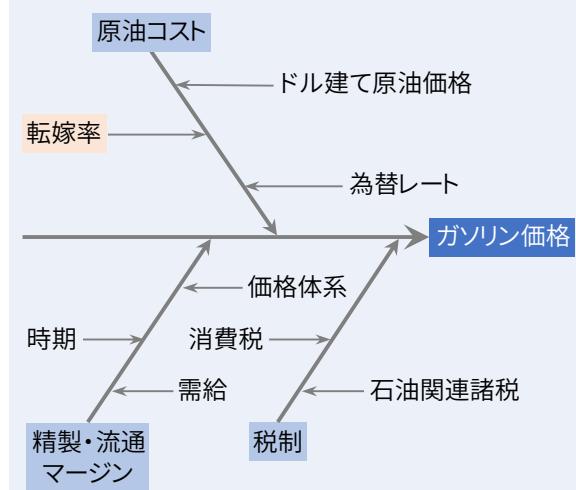
出所: 各種報道[石油情報センター見通し]、資源エネルギー庁「石油製品価格調査」[実績]

足元における原油価格のガソリン価格への転嫁率

前章の結果より、ニューラルネットワークモデルによるガソリン価格の分析が一定程度の精度で可能であるとみなす。そして、これを用いて、ガソリン価格の重要な決定要素の1つである原油価格のガソリン価格への転嫁率原油価格変動——¥1/Lあたりのガソリン価格変動(¥/L)——を分析する。

ガソリン価格は、種々の要因に左右される。代表的なものとして、原油コスト、精製・流通マージン、税制が挙げられよう(図5)。構築したモデルでは、説明変数の(円建て)原油価格により表現されるものを原油コスト要因、需給状況の代理変数たるガソリン在庫量、年度、週番号により説明されるものを精製・流通マージンとみなすことができる。原油コストに連なる転嫁率は、他の要因が不変で原油価格のみが変動した場合のガソリン価格変動への寄与、すなわち原油価格のガソリン価格に対する影響力を表すものである。石油製品の費用構成においては原油コストの割合が大きいことから、転嫁率は着目に値する指標と言える。

図5 | ガソリン価格影響要因の例



なお、モデルであるが、直近の情勢を評価するために、定式化は前章のまま足元までのデータも含めて再推計したものを用いる。

なお、例えば以下のような單一方程式モデル

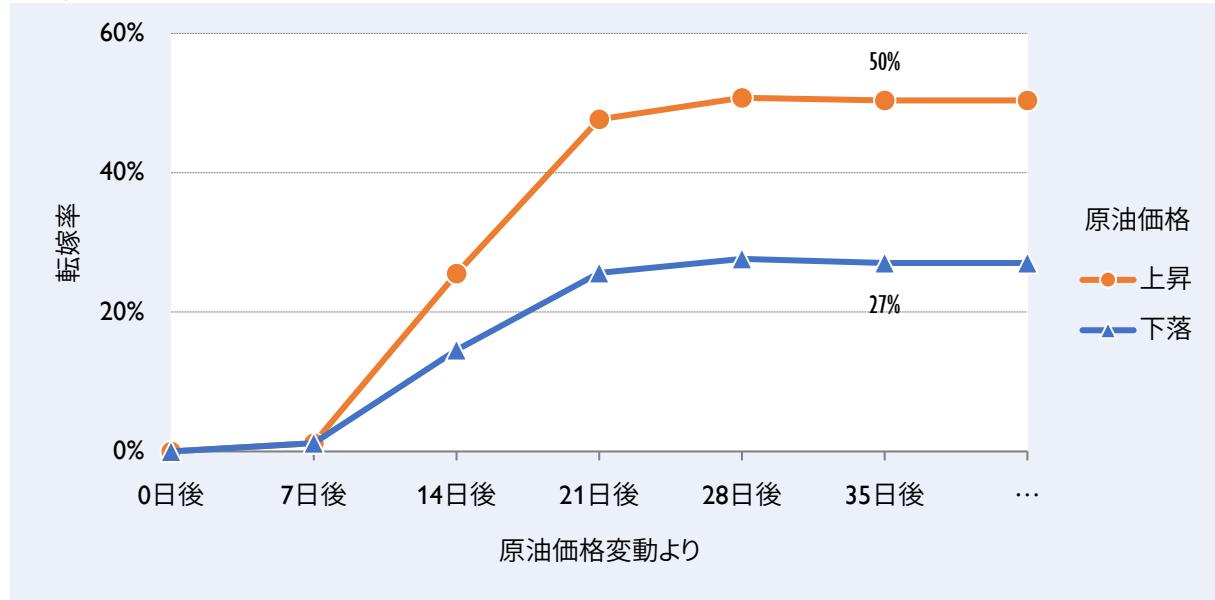
$$\Delta \text{ガソリン価格} = \alpha + \beta \Delta \text{原油価格} + \dots$$

では、パラメータ β そのものが転嫁率を表す。これに対し、ニューラルネットワークでは、パラメータ数が膨大になりがちであり、かつそれらが複雑に絡み合う⁷。すなわち、ニューラルネットワークでは、パラメータからの転嫁率の直接読み

転嫁率は足元では低め

原油価格のガソリン価格への転嫁には時間遅れを伴うことが知られているが、足元においては転嫁には約1か月が必要である。最終的な転嫁率はそれほど高くなく、完全転嫁には程遠い(図6)。

図6 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率



ガソリン価格水準と転嫁率——高価格帯での値上げは鈍く

「ガソリン価格が既に高い状況でのさらなる値上げは、客離れを招くのでこれを逡巡する」との声がガソリンスタンド側から伝わることがある。これについて分析すべく、ガソリン価格水準に応じた転嫁率(のモデル理論値)を算出した。

実際、転嫁率はガソリン価格水準により異なる(図7)。ガソリン価格帯が¥155/Lである場合の上

取りは困難である。そこで、感度分析により転嫁率を推計する。その際、操作する変数以外は足元値(2018年3月～4月値)とし、原油価格変動幅は¥2/L/週とした。

原油価格上昇時の転嫁率が50%⁸であるのに対し下落時は27%と、その差は20ポイント以上もあり、転嫁は非対称となっている。

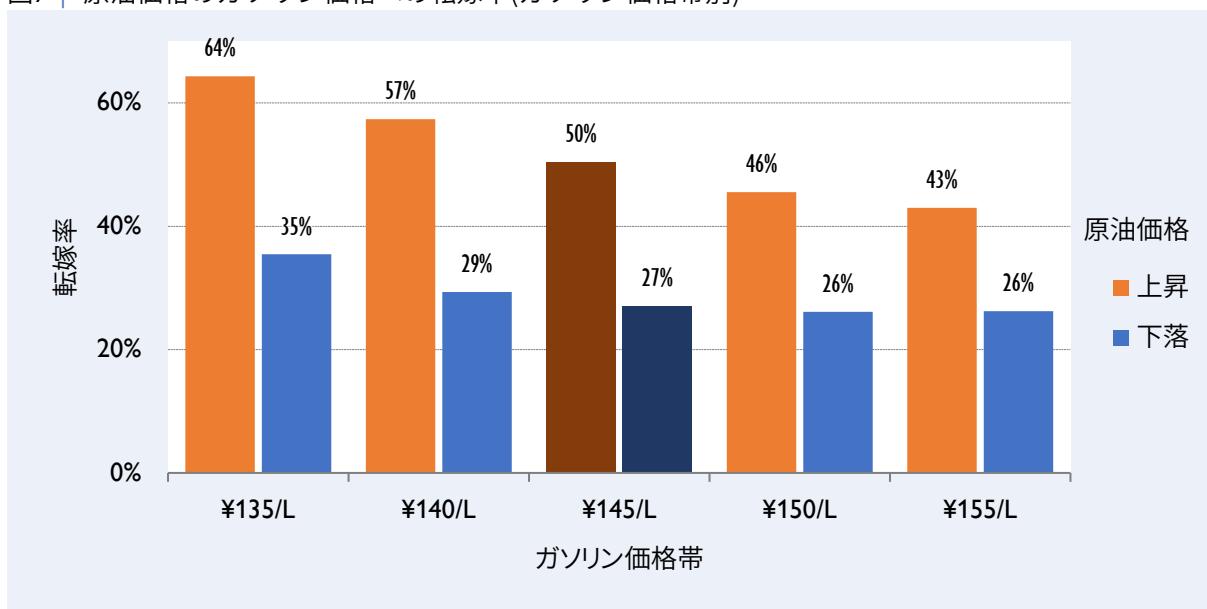
昇時転嫁率は、ガソリン価格帯が¥135/Lである場合に比べ20ポイント以上も低い。ガソリン価格が高いと下落時転嫁率も低いが、これは上昇時に転嫁できなかった分は値下げ幅の圧縮で勘定を合わせていることの表れと推察される。なお、いずれの価格帯でも上昇時と下落時で転嫁率が異なる非対称性が認められる。そのギャップは、低価格帯ほど大きくなる。

⁷ 今回構築したモデルはニューラルネットワークとしては比較的小規模であるが、それでもパラメータ数は3,000超になる。

⁸ 50%の上昇時転嫁率が意味するのは、原油価格上昇幅の50%分がガソリン価格に上昇“寄与”として働

くということである。ガソリン価格は原油価格以外の要因でも変化する。2017年春以降の原油価格以上の値上がりは、100%超の転嫁率というよりは、転嫁以外の要因の存在が考えられる。

図7 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率(ガソリン価格帯別)



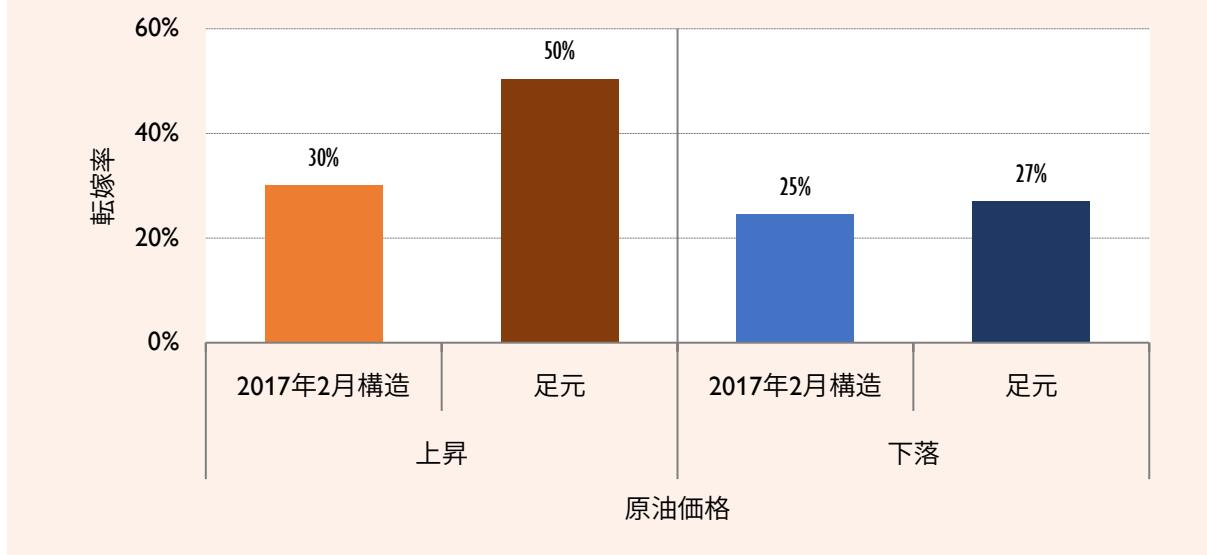
Box 2 | 1年前との違い

2017年3月を期限としていたエネルギー供給構造高度化法2次告示では、残油処理装置装備率を50%とする目標が定められていた。これへの対応として、石油精製各社は常圧蒸留装置の削減などを進めた。2016年4月末に3.82 Mb/dであった常圧蒸留装置能力は、2017年4月末には3.52 Mb/dへと7.8%減少した(石油連盟「石油資料月報」)。また、業転市場で行われていた需給調整が、元売合併により一部が社内取引化した

ことも重なり、2017年春を境に情勢が大きく変わったとされている。

情勢変化以前(2017年2月)の構造下⁹では、上昇時転嫁率が足元に比べるとかなり低く、転嫁の非対称性はそれほど著しくなかった(図8)。足元にかけての精製・流通マージン拡大の一部は、上昇時転嫁率の高まりにより導かれてきたものと言える。

図8 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率[2017年2月構造]



⁹ 年度と週番号を2017年2月のものに設定。

原油価格変動幅と転嫁率——原油価格の上げ幅が大きいと転嫁率が高まる

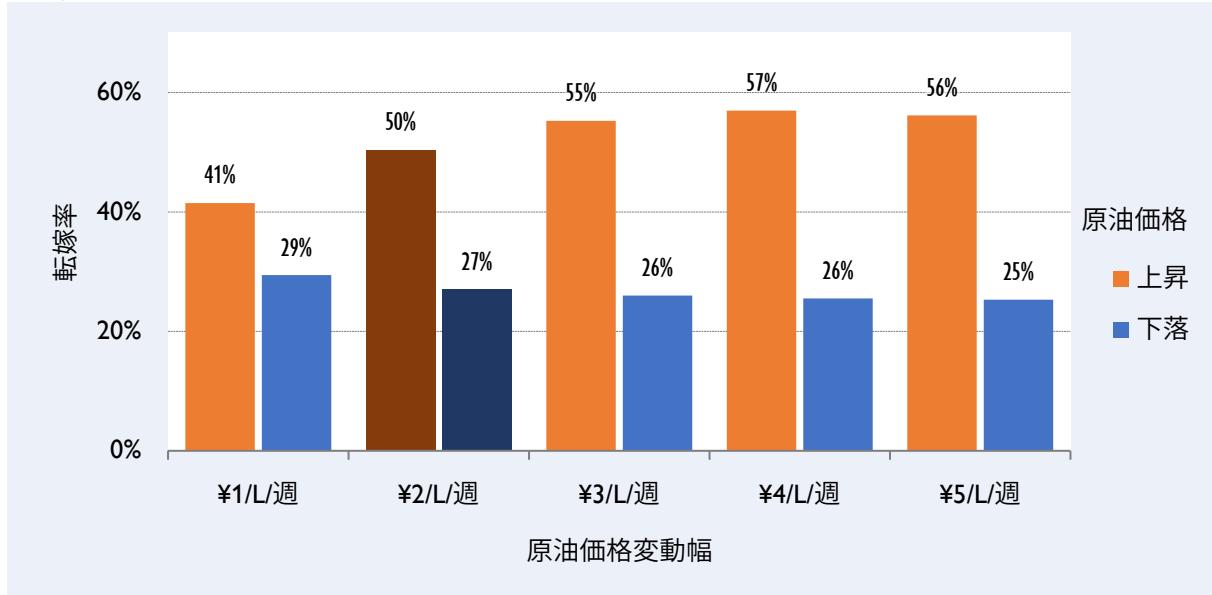
本節以降では、原油価格変動の状況に応じた転嫁率を見る。

「原油価格の上昇が速すぎて、ガソリンの値上げが追い付かない」といったコメントがガソリンスタンドから出ることがある。そこで、原油価格の変動幅に応じた転嫁率を推計した。

結果は前掲コメントとは逆で、上昇時転嫁率は原油価格の変動幅が大きくなると高まる(図9)——それでも完全転嫁には遠い¹⁰。

これは、足元にかけて増したとはいえ薄いとされる精製・流通マージンを削って小売価格の上昇幅を圧縮することが難しくなるためと推察される。他方、下落時転嫁率は原油価格変動幅にあまり依存しないため、原油価格が乱高下するような状況は消費者にとって厳しい局面につながりうる。しかしながら、最近の原油価格の変動幅は、ほとんどが¥2/L/週までに収まっている。変動幅が¥1/L/週の場合の上昇時・下落時転嫁率の差は12ポイントであるから、平時においては転嫁の非対称性が深刻な問題になることはない。

図9 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率(原油価格変動幅別)



原油価格変動継続期間と転嫁率——原油価格の変動が続いても転嫁率は安定的

上記の原油価格変動幅の拡大に応じ上昇時転嫁率が増す傾向からは、原油価格上昇が続くと転嫁率が高まるのではないかとの類推が派生する。そこで、原油価格変動が単発(1週のみ)でなく2週～5週連続した場合の転嫁率を推計した。

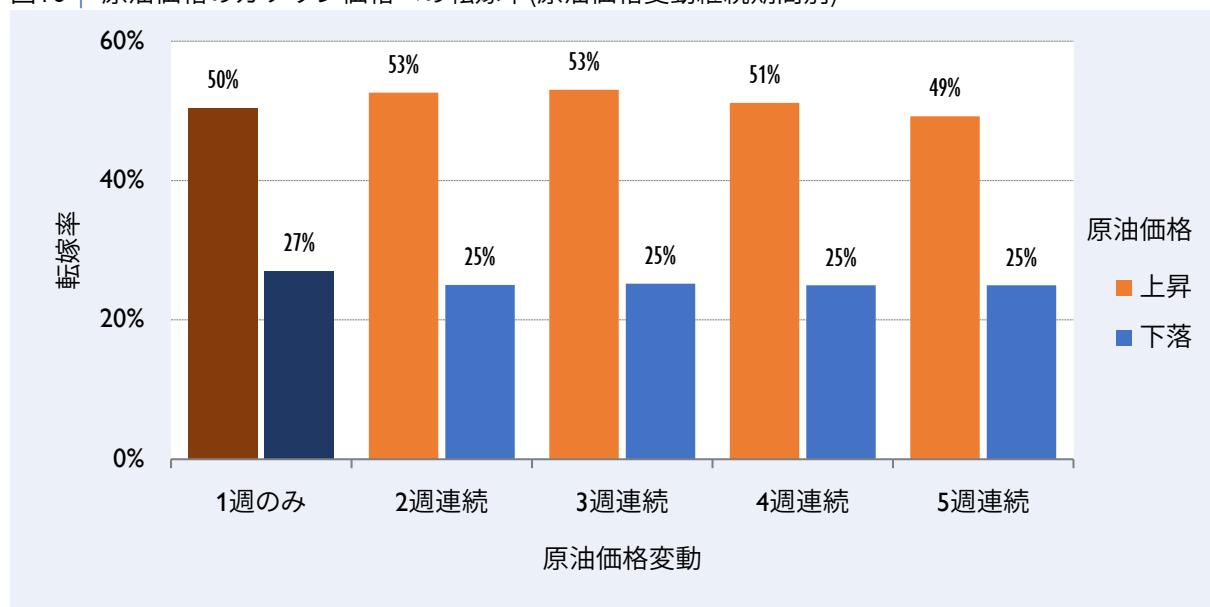
結果は、予想に反し、この程度の原油価格変動継続期間では、転嫁率にほとんど影響が及ばないと

いうものであった(図10)。前節での結果と合わせて考えれば、消費者にしてみると、例えば原油価格が同じ¥3/L上昇するにしても、1週間で¥3/L急騰するよりは、毎週¥1/Lずつ3週間かけて上昇するといった緩やかな変動を望みたいところである。

¹⁰ すなわち、ガソリン値上げが追い付かない状況は、原油価格の上昇幅によらず発生している。原油

価格の上昇が速いほどガソリン価格の値上げを鈍らせ(られる)ガソリンスタンドは、それだけの経営体力があるとも言えよう。

図10 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率(原油価格変動継続期間別)



原油価格変動曜日と転嫁率——注目! 水曜日

原油価格が石油元売が卸売りする際の仕切価格を左右するように、エネルギーにおいてもある財の価格が他の財の価格に影響を及ぼすことは多い。そうした中には、両価格の改定頻度が異なるものがある。例えば、月に1度改定されるサウジアラビア原油の価格は、ドバイ・オマーン原油の日々変わるスポット価格の月平均値をベースとしている。そこでは、どの日のスポット価格も同じように扱われていることになる。例えばまた、1年に1度決められる一般炭長期契約における価格も、スポット価格などを参考に決定される。ただし、その際に大きな影響を及ぼすのは、日次スポット価格の過去1年間の平均値ではなく、交渉時期直前における動向である。この場合、足元の状況を注意深く把握しておくことが肝要となる。どの時点の価格の影響力が大きいのかを知っておくことは、ことビジネスにおいて重要である。

仕切価格は原則として週に1度改定され、週に1度観測されるガソリン価格¹¹はその仕切価格に大きく依存する。日々決まる原油価格に対し、ガソリンは厳密ではないとはいえ週を時間単位として

いるとも言える。では、ガソリン価格への転嫁においては、日次の原油価格はどのように影響を及ぼしているのであろうか——時点中立なサウジアラビア原油タイプか、直近重視の一般炭タイプか、あるいはまた別のタイプか。仮に、時点中立ではないとしたら、石油製品価格調査では月曜日が調査日であることから、月曜日あるいはその原油市場前営業日たる金曜日に生じた原油価格変動の転嫁率が高いのではないかと想像される。

推計結果は、下落時転嫁率はおおよそこの仮説のとおりであり、グラフで凹型を示している(図11)。しかし、上昇時転嫁率は全く逆で、週央水曜日が突出して高い凸型である。興味深い結果ではあるが、残念ながら今回の分析スキームでは、これがアノマリー¹²なのかもしくはそれなりの理由があるのか——例えば、水曜日に仕切価格の改定を発表する元売会社が多いことが影響しているなど——を判断することは難しい。また、これが仕切価格に由来するのかあるいはガソリンスタンドの判断に起因するのかも判別不明である¹³。

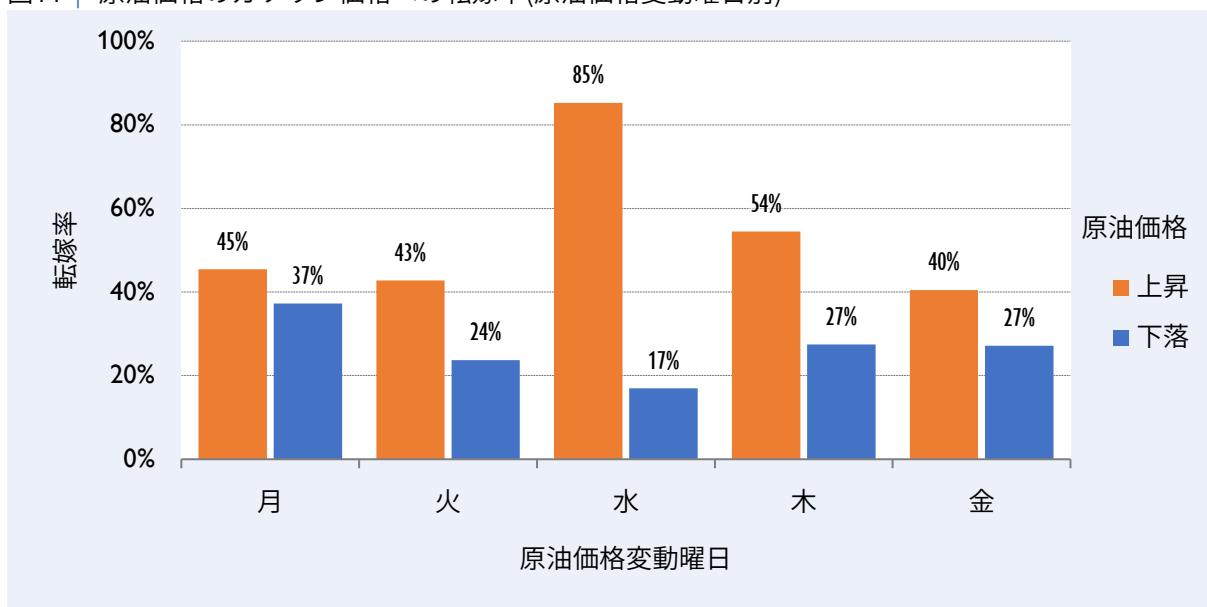
¹¹ 実際の価格改定はもっと頻繁である。

¹² 明快な理論や根拠はないものの、よく当たるとされる経験則。米国株の“Sell in May”など。

¹³ 原油価格が¥0.01/L刻みで変動するのに対し、仕

切価格は通常¥0.5/L刻みでしか変動しない。そのため、原油価格の仕切価格への転嫁率は不安定な値となり、本論文での分析とは親和性が低い。

図11 | 原油価格のガソリン価格への転嫁率(原油価格変動曜日別)



おわりに

原油価格のガソリン価格への転嫁率は、足元においては上昇時が50%、下落時が27%に過ぎず、かなり低い状況にある。これは、ガソリン価格が単に原油コスト見合いで調整されるのではなく、ガソリン市場そのものの需給状況などをより反映するようになっていることなどを捉えているのかもしれない。

ニューラルネットワークモデルは、その構造ゆえ透明性や解の一意性に難点があるが、一方で新たな気づきや分析の可能性を与える。ただし、AIも万能というわけではない。ふさわしい適用領域を探りながら、分析の広がりを増す手段としてその発展を望みたい。

お問い合わせ: report@tky.ieej.or.jp