経済教室

自然科学で行動を解明

経済物理学で考える >>上

大規模データを分析

普遍的法則へ研究さらに

ポイント
- 人間の経済活動、電子情報として解析進む
- 意思を持つ人間の行動にも物理的な法則
- 相場急変動避ける仕組みづくりにも寄与

高安 美佐子 東京工業大学准教授

今、物理学の視点で最も新鮮な研究対象は人間の集団行動である。コンピューターの進歩とインターネットの普及で、1990年代後半から、経済活動を中心とした様々な人間の活動が電子情報として記録され、人間の詳細な行動が観測可能になった。それと軌を一にして、人間の社会活動や経済活動での様々な振る舞いを科学的に研究する経済物理学が産声を上げた。その結果、実証的で普遍性の高い法則が次々と経済物理学の分野で発見されている。

◆◆◆ ◆◆◆

個々の人間は、意思を持って日々行動しており、粒子ほど単純な物理的法則に従った動きをしていない。それゆえ人間個々の行動は、惑星や原子の運動よりもはるかに複雑である。

万有引力の法則の発見で有名なアイザック・ニュートンは、晩年空前の投機ブームにあった英国で、南海会社の株を所有し、1720年のバブル崩壊で大損を被った。そのとき彼はこういった。「私は、天体の動きは計算できるが、人間の狂気ばかりは計り知れなかった」――。

18世紀ニュートンの時代には、人間の「狂気」を客観的に観測する社会的インフラや、それを可能とする技術がなかった。定量観測には、多くの人間の行動が一人ひとりについて詳細に記録されていなければならないからだ。

しかし今、ニュートンの時代にできなかったことが可能になった。現在の金融市場の実態は、インターネットでつながれた巨大コンピューターであり、そのコンピューターを介して注文が処理される。取引が成立した注文情報はむろん、成立しなかった注文も含めてすべての記録が正確なタイムスタンプ付きでコンピューターのハードディスクの中に保存される。これにより日次の市場価格データしか得られなかった時代と比べ、情報量はけた違いに増大した。

外国為替市場におけるドル円為替取引を例にとると、レートはおよそ1日に1万回程度変化し、その平均更新間隔は数秒である。取引が成立しなかった注文まで含めたいわゆる板情報を観測すれば、情報量は日次データしか記録されなかった時代の100万倍にも達する。この倍率は、肉眼とウイルスが見える電子顕微鏡の違いに相当する。

◆◆◆ ◆◆◆

こうした高頻度市場データをもとに価格変動を解析すると、通常の金融理論で想定されていないような性質がみえてくる。例えば通常の価格変動の理論、ランダムウオークに基づけば、直近の過去に何回価格が上昇した後でも、次の価格変動で価格が上がるか下がるかは、確率2分の1となる。しかし実際の市場の膨大なデータからみえてきた性質は異なる。価格が8回、9回と連続で上がっていくと、確率2分の1より高い確率で次に価格が上がるような注文を入れる特性があることが分かってきた。これは、8、9回と続けて価格が上がると、さらに価格が上昇するという先読みを市場参加者がしていることを表している。

このようにディーラーがトレンドを追いかける傾向、いわゆるトレンドフォローは基本的な人間集団の行動特性を表すものだ。普段は個々の戦略を持つディーラーたちが、市場にトレンドが形成されたと判断したとたん、ある程度平均的にそろってトレンドを追いかける戦略を取り始めるのだ。その結果、価格は動的に大きく変動する。事件やニュースがきっかけとなりトレンドフォローを形成する場合もあるが、何も事件やニュースが無く自発的にトレンドが形成されていくこともある。

このように、トレンドフォローの戦略をとるディーラーが多いとき、市場価格は不安定になり、大きな価格変動を引き起こすことが近年の研究成果で解明されている。

このトレンドフォローという集団行動により引き起こされた価格の不安定性を価格変動の時系列から定量的にリアルタイム推定する技術もすでに研究室で作動中だ。例えばインターネットから入ってくる金融市場の情報をリアルタイムで計算処理し、今現在の市場の安定・不安定、方向性を持った価格の動きがあるか否かを定量評価し、可視化する。こうした技術が進歩し、時系列変動から市場参加者の戦略推定がある程度正確に観測可能となり、人間行動のモデルシミュレーションにより個々の戦略が市場に与える影響の因果関係が解明されていけば、暴騰・暴落が起こらないシステムを構築する上で重要な基盤研究となる。

人間の集団行動に普遍的な特性がみられるのは、経済活動に限らない。例えば、ローマ大学の物理学者ルチアノ・ピエトロネーロ教授は2年前に大きな国際会議を主催した際、人々がどのようなタイミングで国際会議への参加登録をするのか観察した。ホームページを通してコンピューターで登録する仕組みだったので、正確なタイムスタンプの付いたデータが入手できた。それを解析した結果、「締め切りまであとT日ある日に登録をする人の数は、T分の1に比例する」という簡単な法則性がきれいに成り立っていることを発見した。人間の心理としては、「あとT日あるからその中のどこかで登録をすればいい」と考えることで、T分の1という確率ができてくるというわけだ。

この効果で締め切りが近づくと急激に登録者が増え、締め切りぎりぎりがピークとなる現象が説明できた。彼は、自分が発見したこの特性を利用し、最終的な学会の参加人数を早い時期にかなり正確に予測できたとネイチャーフィジックス誌に報告している。

筆者の研究室は電通関西支社やホットリンク（東京・千代田）との共同研究で、インターネットの中の書き込みキーワードから人間の集団行動特性を探り出している。検索エンジン技術によって、毎日数百万更新されているブログサイトの中の書き込みを自動的に検索し、どんなキーワードがどのようなサイトでどの程度の頻度で使われているかを正確に観測できるようになった。これを解析することで、どのようなキーワードに関心が高まり、またどのくらい増加するのかをある程度推定できるようになってきた。

流行のない言葉の書き込み数は、時間とともに平均値周りをランダムに揺らいでいるのに対し、ブームが形成された単語は、バブルやクラッシュ時の金融市場の価格と似た関数形で口コミ数が動的に増加・減少する。ここでも、人間の集団がトレンドを追いかける効果がみえてくる。

小売りにおける人間の経済活動を網羅的に記録する点では、POS（販売時点情報管理）データは大変貴重だ。スーパーマーケットやコンビニなどで販売された100万種以上の個別商品のレシート情報が秒のタイムスタンプ付きでチェーン店の中央コンピューターに蓄積され、個々の顧客の購買履歴を詳細に追跡することも可能となっている。

スーパーの膨大なPOSデータの網羅的な解析で、人間の面白い集団的な振る舞いがみえてきた。日次の価格変化と販売量の変化にはきれいな関数関係が成り立っている。例えばカップめんなど蓄えが可能な商品では、価格を半分にすると約300倍も販売量が増えることが観測できる。

これらのデータを十分に活用すれば、仕入れた商品が売れずに廃棄される在庫損失と仕入れが少なすぎて客を逃してしまう機会損失の問題に対し、リアルタイムで各店舗最適な仕入れ数の推定が科学的にできるようになると考えられる。無駄な廃棄を無くすという意味でも環境に優しい。

◆◆◆ ◆◆◆

人間一人ひとり相互作用が弱く、お互いに影響を与えない状態では、集団としての特性は観測できず、個性はバラバラである。だがニュースなどで、ひとたび集団の中に同じ意見や価値観が形成され始めると、バラバラで確率的だった人間同士に、強い相互作用が働き、あっという間に動的な集団的振る舞いを取るようになる。大規模データを丁寧に観測すれば、個々の人間や集団の振る舞いの中に、普遍的な人間の行動特性が数多く見つけられるだろう。21世紀の今日、もしニュートンがタイムトラベルしてきたら、やはり人間集団の法則を発見しているのではないか。

たかやす・みさこ 名古屋大理卒、神戸大博士（理学）。専門は統計物理学、経済物理学

経済物理学の方法論

第1ステップ
観測・データ解析
普遍的な現象や法則を探す

↓

第2ステップ
モデルの構築
普遍的な法則をすべて満たす最も単純なモデル

↓

第3ステップ
予測・制御
モデルから現象の予測を行う・制御方法を開発する