

-3 情報の管理・評価

情報化のパラドックスにおける フレーミングとスポット化の課題 Problems on Framing and Spotting in ‘Paradox of Informatization’

河又 貴洋¹
Takahiro KAWAMATA

¹長崎県立大学シーボルト校 国際情報学部情報メディア学科 University of NAGASAKI, SIEBOLD

Abstract The ‘Paradox of Informatization’, in Takenori Inoki’s suggestion (2005), means that we have built a society where people had a narrow and short view of things and lost their faith in each other, while human has been using his ingenuity, augmenting knowledge, and collecting and dispersing information, thereby had created wealth. This paper points out several factors of the Paradox, including spotting in trade, which are inherent in Informatization as well as Market Mechanism by using ‘framing effect’ in the behavioral economics. Thereby, we reconsider the instability and traps of socio-economic system brought on by the emergence of the Internet and the problems on rating and ranking in decision-making under the uncertainty and the bounded rationality in a market system.

キーワード 市場化＝スポット化 (market mechanism: spotting)、フレーミング効果 (framing effect)、合理性と限定合理性 (rationality and bounded rationality)、格付けと序列 (rating and ranking)、行動経済学 (behavioral economics)

1. はじめに

情報通信技術 (ICT) の発達は、C. フリーマン (1988、2001) が提唱するように、経済活動における技術の融合・複合化を促進するとともに、企業組織の改革のみならず社会制度の変革をも促し、新たな「技術 - 経済パラダイム」への移行を加速した¹。そのことにより、労働生産性の向上、資本生産性の実質的上昇といった経済全般への波及効果が見られ、社会システムにも質的な変化がもたらされた。しかしその一方で、ICTの影響の負の側面も看過することはできない。

猪木武徳 (2005) はこのような点に鑑み、「競争と統治のモラル」と題する論考の中で、「人類は知恵を用い、知識を開発し、情報を収集・散布しながら高度の技術を開発して巨大な富を創造してきた。市場は拡大し、貿易のネットは地球を完全に包んでいる。しかしその過程で、われわれの視野は狭くなり短期化し、互いの信頼感を弱めるような風土をつくり上げてしまった」と指摘した²。このことを「情報化のパラドックス」として、本論考では、以下情報化の進展が如何にしてこのようなパラドックスをもたらすことになった

のかをこれまでの論考を踏まえ、さらには認知科学や行動経済学の知見である「フレーミング効果」

(framing effect) の概念を援用しながら、人間の限定合理性とシステム合理性から導かれる社会経済システムの不安定性と陥穽を議論する。

なお、本論考は2011年発表した拙稿「世界金融危機における情報化のパラドックス」での分析を「フレーミング効果」をもって、再考するものでもある³。ここでは債券の格付けの仕組みにも言及する他、今日情報化の進展に伴う情報爆発への対処として「情報の整理」 (ordering information) が必要不可欠ともなっている中で序列化されるネット情報についても考察を行う。さらには、ネット空間での情報読解における「フレーミング」および「フィルタリング」の問題にかかわりながら、情報通信システムの発達とそれを取り込む社会経済環境における人間の再帰的活動と「緩衝力」 (buffer power) のあり方を模索する。

2. 情報化のパラドックスのシステム構造分析

河又 (2011) において、世界金融危機の問題を解明するために提示したシステム構造概念分析の枠組みを、ここでは改訂し、システムへのインプットにおけるフィルター効果、アウトプットにおける確認バイアス (confirmation biases) を示す (図1)。

¹ Freeman, Christopher, and Carlota Perez. (1988) “Structural Crises of Adjustment, Business Cycles and Investment Behaviour,” Giovanni Dosi, et al. (eds.) *Technical Change and Economic Theory*. London: Pinter Publishers, pp. 38-66. 及び Freeman, C.; LOUÇÃ, F. (2001) *As Time Goes By: From the Industrial Revolutions and to the Information Revolution*. Oxford: Oxford University.

² 猪木武徳 (2005) 「競争と統治とモラル」日本経済新聞社編『資本主義の未来を問う—変貌する市場・企業・政府の関係』日本経済新聞社、13～27 頁。

³ 河又貴洋 (2011) 「世界金融危機における情報化のパラドックス」『日本社会情報学会 (JSIS&JASI) 合同研究大会研究発表論文集』369～372 頁。

-3 情報の管理・評価

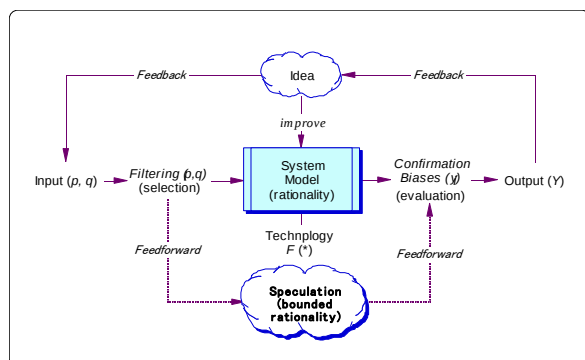


図1. 限定合理性下のシステム構造分析概念

金融工学を基盤としながら発達したリスク分散の金融商品は、その理論の合理性を論拠に、設計された金融市場システムと考えられる。金融工学は、不確実性がもたらす金融上のリスク（損出など）を除去あるいは補填するための証券を開発し、その理論価格を導き、発行される証券の価格変動を管理するなどの体系であり、“リスク”と“リスクの移転”の科学的分析手法として発達し、現実の金融市場に合理的システム体系として組み込まれてきている。しかし、金融工学における問題点は、金融・経済現象（社会現象）を数学的現象のように見してしまうことの危険性があり、金融工学のモデルでは考慮されない制度と規制を含めた人間の行為が現象に作用して現象が短期的に変化することを考慮せず、短期間で様子が変わる市場を今のまま続くとして長期のリスクを考えるとところにある。このことを含み置きながらも、サブプライム・ローンに端を発する問題は、証券化される以前の住宅ローン自体が非現実的な住宅価格の上昇を前提としたリスクを伴うものであったことである。したがって、証券化市場におけるインプットにリスクの高いものが混入することになった。そして、リスクの高い住宅ローンの証券化（図1中の「フィルタリング」）に当たって、高度で複雑な債務担保証券が生み出され、リスクは移転され、多くの投資家の間に分散されるために個々の投資家が負担する信用リスクは小さいと考えられながらも、投資家にとってその中身を知る手掛かりもなく、格付け機関の評価を頼りに投資せざるを得ない。金融市場システムは一見、透明化されているかに見えながらも、それを十分に理解せず自分が保有する証券の価値を評価できない投資家がほとんどであった。つまり、住宅ローンの証券化は、証券化機関から報酬を受ける格付け会社による評価（図1中の「確認バイアス（confirmation biases）」）に頼らざるを得ない状況であった。ここで確認バイアスとは、自分の偏見を裏づけるような偏見を持っている。ある選択肢を特に好むとき、その選択肢を選んだことを正当化するような情報を探そうとする。特に、専門家は、その世界観や持論の内容のいかに問わず、自分の考えを裏づける情報を、そうでない情報よりも積極的に受け入れる傾向があり、分析が偏ったり、誤りの集積を招く可能性を排除することができない。ましてや、証券化機関から報酬を受ける格付け会社による評価値は証券化機

関に有利な甘めの格付けになることは必至である。

さらにここで、今一度「フィルタリング」（選別）の機能を考えてみたい。フィルタリングには、自分の読みたいもの、見たいもの、聞きたいものをあらかじめふるいにかける機能があり、それによって同じ考え方の人たちがお互いに刺激しあって極端な立場を支持するような「集団分極化」（group polarization）をもたらす、ある種のムーブメントを起こすことにもなりうる。加えて、フィルタリングをかけるに当たって、あらかじめ問題設定の枠組みが規定されることもある。すなわち、そこにはフレーミング（framing）の問題も内在していることになる。市場形成とは、ある意味で、ある財やサービスを特定し、その市場（均衡）価格形成を通じた均衡取引量の確定プロセスと捉えることもできる。また、マーケティングにあっては、その財やサービスの消費者をターゲティングして、消費者のフィルタリングに適う情報を提供し、購買行動に誘導するものであるが故に、財やサービスの情報をフレーミングすることでもある。

このように、われわれの経済活動は、売り手である供給業者のフレーミング提示に対して、買い手である個々の消費者がそれぞれのフィルタリングを通じて、選好を絞り込み、意思決定を行っていると考えられる。この絞り込まれた情報集積状況を「スポット化」（spotting）と捉え、「情報化のパラドックス」におけるスポット化の問題（Spotting Effects）を考察する上で、次に行動経済学での「フレーミング効果」（Framing Effects）についての知見を踏まえた、システムにおける問題を取り上げることとする。

3. 行動経済学における知見 ～「フレーム依存性」を中心に

(1) システムとフレーミング

「フレーミング（framing）」の問題は、認知科学におけるロボット開発においても注目されたものであるが、われわれ人間は「あいまいで複雑な日常」の中で自然に振る舞え得るのは、無限に存在する情報の中から必要な情報だけをフレーム（枠組み）で囲うことによって抽出し、処理して、自分の活動に利用している。しかしこのことは、フレーミングの仕方によっては同様の問題であったとしても異なる判断を下してしまう、人間の限定合理性を顕在化させることにもなる。

情報をどのように提示するかによって、判断が大きく変わるということは、提示方法を自分に有利に操作することもできることにもなるが、ときにフレーミングの仕方によっては判断が曇ることもあり得る。結局のところわれわれは、フレーミングの操作に惑わされやすいということである。これはフレーミングによってバイアスがかけられることを意味する。

市場形成の概念は、その意味においてバイアスを伴う取引選択のためのフレーミングと考えられ、個々の財・サービス及び情報財が時空間的制約を伴って局所的に形成される場を総合したものと捉えることができよう。さらに、総合化された市場は「社会経済的フレーミング」として市況情報を生成し、取引判断のため

-3 情報の管理・評価

的に反応し、その情報が適切に使われ、それに対して正しい判断が下される、わけではない。

行動経済学が示唆することは、認知システムには直観的なものと合理的なものがあり、これらを併用しているということである（表 1）。上記の感情的側面は直観的・本能的な反応であり、認識的側面は合理的・意識的な思考ということになる。そして、これらの認知システムに経験則を積み重ね「ヒューリスティック」（heuristic）な対処（発見的問題解決）を行っているのである。

表 1. 人間のもつ二つの認知システム

自動システム(Automatic System)／直観的(intuitive)／ 本能的な反応(gut reaction)	熟慮システム(Reflective System)／合理的(rational)／ 意識的な思考(conscious thought)
制御されていない(Uncontrolled)	制御されている(Controlled)
努力しない(Effortless)	努力する(Effortful)
連合的(Associative)	演繹的(Deductive)
速い(Fast)	遅い(Slow)
無意識(Unconscious)	自覚的(Self-aware)
熟練を要する(Skilled)	ルールに従う(Rule-following)

出典) Thaler and Sunstein (2008) より一部加筆。

しかるに、熟慮システムから導かれた経験則を自動化し、即応できる認知が熟練であり、それを ICT による自動即応システムを構築することは可能ではないかという発想も生まれてこよう。現に、コンピュータ科学では、アルゴリズムによらずに、蓄えた経験的な知識によって、いくつかの選択肢の中から最適なものを選択する手法が開発されている。しかし、金融市場における投資選択基準を捉え、投資行動およびそれに伴う価格変動から、投資行動を自動システム化できるものであろうか。それは、経験則がそのまま未来則になりうる状況によってのみ可能な世界であろう。

一方で、我々の情報選択環境は、ICT の目覚まし発展の中で、選択肢を選別するシステムの能力を高めてきている。この点を、格付けとランキング（序列化）の問題として、次に捉えてみたい。

4. 格付けと序列化が進む情報社会

(1) 「格付け (rating)」の仕組み

格付けの本来の目的は、借り手の返済能力を予測し、それを投資家（社債の買い手、貸し手）に情報として伝えることで、情報の非対称性を取り除くことにあり、格付け会社は「返済能力の情報を販売する」ビジネスを行っている。しかしながら、この格付け会社の起債者から「格付け料」を収益源とするビジネスモデルであるが故の利益相反を引き起こすことが、世界金融危機の際、問題視された。

では、実際に格付け会社はどのように「格付け」を行っているのであろうか⁷。一般的には「借金が返ってこないリスク」を記号化して、AAA（トリプルエー）は「信用力（債務履行の確実性）が最も高い」も

の、BBB（トリプルビー）は「信用リスクが中程度」で「債務履行能力が低下する可能性がある」のものとして、これらを投資適格債券（investment grade bonds）と格付けし、BB（ダブルビー）以下を投機的債券（speculative grade bonds）としている。これらの格付けの根拠には、デフォルト率（元本と金利が、あるいはそのどちらかが契約通りに履行されなかった割合）が実測され、格付けの低い債券は、信用リスクが高いと考えられるため、そのリスクを補うために高い金利が付けられている。すなわち、高リスクの債券には高リターン（高い返済）が当てられ、返済能力が問われる。

代表的な格付け会社であるムーディーズ、S&P およびフィッチは、同類の格付け記号を提示しているが、その格付け根拠には、定量的分析に定性的分析をも加味して行われている。具体的には、国債（外貨建て／自国通貨建て）、政府保証機関の社債などのソブリン（sovereign）格付けで、定量分析には、①マクロ経済（GDP、S-I、失業率、CPI 上昇率）、②中央政府の財政（純債務、収支、純支払利息）、③国際収支（経常収支、経常受取勘定、外貨準備）／④対外債務（純対外債務、純投資支払）といった評価指標をそれぞれに点数化するとともに、定性分析では①その国の立場、②経済体制、③返済の意思、④財政・金融政策の柔軟性、⑤国際資本移動のリスクと資本流出に伴うマクロ経済への影響の程度を捉えて、政治的・経済的要因と柔軟性・実効性要因とのソブリン格付け決定要因マトリックスから、格付け指標を算出している。なお、これらのマクロ指標（定量・定性）をもとに評価された「格付け」は、マクロ経済自体に影響を及ぼすことにもなり、格付けの下位へのシフトは、負のスパイラルを招きかねない。ましてや、リーマンショック時に問題視されたように、格付けを受ける主体から料金を受け取るという格付け会社の構造的問題（シュアー・ペイ・モデルの問題）を孕んでいる。

また、格付けには、本質的に将来のデフォルト（債務不履行）を予測するのに客観的情報だけでは不十分でありながら、これらの「格付け」を頼りに投資判断がなされているという問題もある。特に、サブプライムローン関連証券の格付けにあっては、統計的モデルにより、原資産となる住宅ローンのデフォルト率および損失率を推計し、機械的な格付けが助長される中で、統計モデルの基になるデータ（住宅金融会社提供）の信憑性が問われることもなく、「客観的情報」をもとに格付けが行われたことは、自己増殖するメカニズムを助長（加速化）したと言えよう。

いずれにせよ、投資判断における「格付け」は投資家の視野を「フレーミング」し、指標化された債務履行力を確信させるとともに、確認バイアスを助長させるものとして機能しうるものである。

(2) ランキングされる世界

情報通信技術の発達、とりわけインターネットの発展と普及は、「情報爆発」ともいえる状況をもたらし、莫大な情報群から必要な情報を選別するために、必然

⁷ 黒沢義孝(2011)『経済は格付けで動く』中経出版を参照。

-3 情報の管理・評価

的に検索やデータマイニングの技術を拡充させてきた。それにより、われわれは必要な情報をキーワードをもとに検索することができる。しかしながら、検索結果としてリストアップされる優先順位は必ずしも求めている回答を上位に位置づけるとは限らず、絞り込み機能を駆使して、情報を選別しなければならないこともあり得る。

また、トレンドを有する情報では、ある時点（今日的なところ）での注目度や序列を求める選別・優先化を求められる。具体的には、オンライン小売業の Amazon.com では、「Amazon ベストセラー商品ランキング」として「流行を反映する大規模な順位」付けを、売上に基づいていて、売上が多いほど数値が小さく、最近と過去の売れ行きを反映するように確率的順位付けモデルをもとに算出しているという⁸。

このような順位付け（ランキング）は、何を意味するのであろうか。それは関心を集中させ、「ビッグヒットが支配する」状況をもたらしているということである。服部（2011）は数理モデルから「アマゾン書店はロングテールに非ず」という帰結を導き、総書籍数が大きいとき、ひと握りの——総書籍数に比べてごく小さな点数の——ビッグヒットが売り上げの大部分を占める状況を明らかにした。すなわち、ロングテール・ビジネス・モデルにおける極僅かな需要を満たす多様な商品は売上げに貢献するものではなく、在庫管理上は仕入れずアウトソースして、注文があれば取り寄せで対応し、尻尾（テール）よりもビッグな胴体（ボディ）を増強するものとして順位付けが機能していることを示唆するものである。

また、Amazon においては「協調フィルタリング」（collaborative filtering）機能を駆使して、同じ嗜好をもつ他人の判断を利用して膨大な数の本や映画をふるいにかけ、自分の好みに合うものを選ぶ可能性を高めている。いわゆる「この商品を買った人はこんな商品も買っています」が協調フィルタリングを介してリストアップされた商品群である。このことは、情報システムによって実現する「個人的にカスタマイズされた」情報へのアクセス傾注を助長し、選択肢の優先化を促す。それは、情報の選択肢の多様化と選択可能な範囲の拡大に対する一つの対応手段ではあるが、自らの選択において自分に似た他者への依存度を高めることになりかねない。その一方で、自分の嗜好とは違った他者との接点を持つ機会を狭め、「我らの視点（嗜好）」に傾注（「スポット化」）していくことになる。

⁸ 服部哲弥(2011)『Amazon ランキングの謎を解く—確率的な順序付けが教える売り上げの構造』化学同人を参照。アマゾン書店の（上位以外の）ランキングの大原則は、①毎時1回更新、②全部で約100万位ないし数百万位までである、③誰かがアマゾン書店で注文すると、直後のその次の更新で一気に上位へ（数値が減る）、それ以外は下位へ（数値が増える）、④最近の売れ行きを考慮、⑤同一時刻に一つの順位の本は1点限りで、順位の数値に欠落はない、とある。

(3) 選択の体系化

格付けや序列化は、フレーミングを介したフィルタリングによる複雑な問題に対する選択肢の体系化ともいえるものである。人は選択肢の数が少なく、よくわかっているときには、あらゆる選択肢のあらゆる特性を調べて、必要があればトレードオフを考える傾向にあるが、選択肢が多くなると別の戦略（alternative strategies）を使わなければならない、それによって問題が起こる恐れがある⁹。単純化戦略（simplifying strategies）はこのような場合に採られる一般的な戦略であるが、その基本的判断基準には「属性値による排除（elimination by aspects）」が用いられ、属性の重要度から基準を満たさないものは、たとえばほかの全ての属性がすばらしくても一つに基準を満たしていなければ排除されきらいがある。

人間の限定合理性ゆえに、すべての要素を包含する選択肢から判断を下すことはできず、選択基準を合理的に組み立てたとしてもその基準から重要な要素が零れ落ちることを回避することはできない。結局のところ、選択肢が増えると、適切な（good）選択アーキテクチャーをつくって選択を体系化することになり、その選択体系が結果に影響を与える。現代では ICT の発達のおかげで、消費者の選択をめぐる数多くの問題に対応しやすくなっているが、それは情報の「スポット化」に収斂し選択肢無き選択を強いられる可能性を排除できず、体系化によって選択肢の特性を十分に理解して判断が下されているかを今一度考える必要がある。まさに、リーマンショックの経験はわれわれに判断要素の不明瞭性を露わにしたとも言えよう。

5. 結びに代えて

—システム取引の進展と再帰性の喪失!?—

2012 年 10 月 2 日に開催された米証券取引委員会（SEC）の「技術と取引」に関するラウンドテーブルの場で、委員長シャピロ氏は「技術は多くの利点をもたらすが、落とし穴もある」と述べ、超高速取引（HFT: High Frequency Trading あるいは Algorithmic Trading）のリスク防止のための議論の口火を切った¹⁰。ICT の進展は株式の売買における自動・高速化をもたらしている。あらかじめ設定されたプログラムでコンピュータに頻繁に売買を繰り返させ、一つ一つの取引による儲けは小さくとも、大量の投資を回数を稼ぐことで利益を稼ぐというものである。アメリカの株式市場では取引の半数以上がこの HFT 企業が行っているものであり、仲介業者の高速化競争が進んでいる¹¹。

⁹ Thaler and Sunstein (2008) p.156-160

¹⁰ 「超高速取引にブレーキ論」『朝日新聞』2012 年 10 月 4 日付、U.S. Securities and Exchange Commission, *ROUNDTABLE ON TECHNOLOGY AND TRADING: PROMOTING STABILITY IN TODAY'S MARKETS*, October 2, 2012（議事録）

¹¹ “High-Speed Trading No Longer Hurling Forward” *The New York Times*, October 14, 2012

[<http://www.nytimes.com/2012/10/15/business/with-profits-dropping-high-speed-trading-cools->

-3 情報の管理・評価

この超高速取引が問題となるのは、短時間に多くの取引が起こるので、急な価格変動に対して乱高下を一気に増幅しかねない点にある。この点に係わり、金融システムの構造自体の問題として、数学者イアン・スチュアートは以下のように指摘する。

「マウスのクリックで何十億ドルもの金を移動させることによって、さらに素早く利益を得ることはできるかもしれないが、同時にショックがさらに速く広がり、複雑さが増すことになる。どちらもシステムを不安定にする。金融取引に対して課税されてないため、トレーダーはこの高速化を活用し、市場においてさらに速いスピードでさらに大きな賭けをしている。それもまた不安定を生み出す。技術者なら知っているとおり、素早い応答を得るには不安定なシステムを使えばいい。安定性は定義上、変化に対して本質的に抵抗することを指すが、素早い応答にはその逆の性質が必要となる。そのため、さらなる利益の追求が、金融システムをますます不安定にしている。」¹² (傍点は引用者による)

このような素早い応答に人間は、そしてシステムはどのように対応することになるのであろうか。直観 (intuition) は、熟慮なしに瞬時に心に浮かぶ思考や選好であるが、人は今この瞬間に直面している状況に対しては反応するのみである。ただし、その直観とは「情報に基づく直観」 (informed intuition) であり、その状況以前に経験した状況を想定しての反応ということになり、新しい状況—以前の経験した状況と同じものではない—で正確な判断を下せるものではない。また、情報に基づく直観には、幅広い、実地の専門知識が必要不可欠である。それらの知識を修得したとしても、フレーミングの問題や経験によって培われる確認上のバイアスが付きまとう。情報に基づく直観を情報通信時技術の力を借りて自動システムにしたとしても、新しい状況はその前提—過去の経験—を超えるものでもある。したがって、情報に基づく直観は、たえず自分の行動を観察し、批判的に分析し続けなければならない。絶えず上位階層システムとのフィードバックを通じた再帰性を考慮するものでもなければならない。加えて、直観に対峙する熟慮システムを通じて、ヒューリスティックを利用または誤用した経験を検証し、特定の選択に至った経緯を自問自答、すなわち内省することも必要である。

金融システムの安定性について、生態系との類推に基づく研究を行った Haldane and May (2011) はいくつかの方策を建言している¹³。その方策には、①銀行に

資本を増やすよう求めてショックを和らげるという個別銀行の体力増強、および②すべての取引を中央の精算機関を通すようにして、デリバティブ市場の複雑さを低減させるという金融システム全体のリスク低減、という一般的に考えられているところの他に、③取引方法とリスク評価の多様性を増進、そして④金融システムのモジュール化が上げられている。③については、金融情報システムに情報が集約化され、迅速な対応が求められる中で「群居本能」 (herd instinct) が群集行動 (herd behavior) を引出すことになれば、多様性が失われかねない。金融情報システム内の情報の集約・収斂化に対しては、④の金融情報システム自体を、生態系のように互いにかなり単純な形で結びついた、ある程度独立した複数のモジュールへと組織化する必要がある。ただし、金融情報システム自体が、HFT にみられるように高度かつ複雑に統合化の圧力を強めているところが、システム全体の安定性を損ねる大きな要因ともなり得よう。

したがって、このモジュール化においては、自律・独立性を有する準分解可能な中間システム—情報システムも含めて—を階層構造の中に多様な形態で組み込むことによって、システム全体としての「緩衝力 (buffer power)」を高めることが必要である。緩衝力は、自律・独立が担保されるところでの再帰 (内省・熟考) する社会経済システムにおける必須要件である。でなければ、不安定性によって発生するツケ (負債) を吸引できないほどにリスクは肥大化することになるう。

主要参考文献〔行動経済学を中心に〕

- Cowen, Tyler (2009) *Create Your Own Economy: The Path to Prosperity in a Disordered World*, Dutton Adult.
- Iyengar, Sheena (2010) *The Art of Choosing*, Grand Central Publishing.
- Kahneman, Daniel (2002) *Nobel Prize Lecture: Maps of Bounded Rationality and Autobiography*, Stockholm: Nobel Foundation.
- Kahneman, Daniel (2011) *Thinking, Fast and Slow*, Penguin Books.
- Shefrin, Hersh (2000) *Beyond Greed and Fear: Understanding Behavioral Finance and the Psychology of Investing*, Harvard Business School Press.
- Shiller, Robert J. (2005) *Irrational Exuberance* (2nd edition), Princeton University Press.
- Sunstein, Cass R. (2007) *Republic.com 2.0*, Princeton University Press.
- Thaler, Richard H. and Sunstein, Cass R. (2008) *Nudge: Improving Decisions About Health, Wealth, and Happiness*, Yale university Press.

down.html?ref=highfrequencyalgorithmictrading&_r=0]

¹² Stewart, Ian (2013) *Seventeen Equations That Changed the World*, Profile Books Ltd. (イアン・スチュアート著／水谷淳訳『世界を変えた17の方程式』ソフトバンククリエイティブ, 2013年) 所収の「ミダスの数式〜ブラック＝ショールズ方程式」(第17章) pp. 394~395.

¹³ Haldane, A.G. and May, R.M. (2011) "Systemic Risk in Banking Ecosystems," *Nature*, 469, 351–355. (20 January 2011)