HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	クォンツの倫理 ： 金融工学のプロフェッショナルの責務とは何か
Author(s)	増渕, 隆史
Citation	北海道大学文学研究科紀要, 153, 121（右）-138（右）
Issue Date	2017-11-20
DOI	https://doi.org/10.14943/bgsl.153.r121
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/67951
Type	departmental bulletin paper
File Information	153_07_masubuchi.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

10.14943/bgsl.153.r121

クォンツの倫理
――金融工学のプロフェッショナルの責務とは何か――

増渕隆史

はじめに

クォンツとは「高度な数学的手法をもちいて投資戦略や金融商品を考案・開発する専門家のこと」[1]を指す。工学、数学、もしくは物理といった理数系分野で修士号か博士号を持っている人が中心となっており、その高度な知識をもちいて金融商品を開発したり、金融機関におけるリスク管理手法を開発したりすることを業とする人々である。

リーマンショックにおいて、クォンツが批判の的となったのは、彼らが開発した金融商品やリスク管理手法が、この金融恐慌の原因のひとつとみなされたためであった。リスク評価が良好で、安全な投資対象であるとされた金融商品も、リーマンショックの時にはその市場価格は暴落し、多大な損失を投資家に与えた。また、彼らのリスク評価を

もとにリスク管理を行っていた金融機関が破たんしたり、巨額の損失を計上したりすることとなった。

このような批判はクォンツが関係する学問領域の名前をとって、「金融工学バッシング」などと呼ばれている[2]。金融工学がリーマンショックの主犯であると考える人の中には、著名な人も含まれていたため、金融工学とクォンツは一時すっかり悪者となってしまった。高名な経済学者ポール・サミュエルソンは、リーマンショックの主犯はアメリカ政府の規制緩和政策と金融工学の二者であると断じ、とりわけ金融工学には「悪魔的、フランケンシュタイン的、怪物的」といった形容を用いて厳しい非難を浴びせたという[3]。

しかし、リーマンショックから時間が経ち、その災厄の全容が次第に分かってくるにつれ、この金融恐慌はきわめて多様な原因が複合して発生したものであることが明らかになってきた。サミュエルソンが指摘した金融規制の緩和政策のほか、金融商品の格付会社の不備や、投資家側の無知、市場構造の不備等々、様々な要因がリーマンショックの発生には関与している。その意味では、金融工学とクォンツを唯一の犯人とするような批判は正しいものとは言えないだろう。

しかし、だからといってリーマンショックを引き起こすにあたり、クォンツが犯した過ちを全て免罪するというわけにもいかないだろう。というのも、リーマンショックに限らず、金融恐慌を引き起こす要因のなかにはたいていの場合、「制度の革新」という要素が含まれており、金融工学の発達にともなう高度な金融商品の開発は、まさにこの制度の革新にあたることは間違いないからだ。金融恐慌を歴史的観点から研究し、その一般的な構造をモデル化したキンドルバーガーによれば、金融恐慌が発生する際には必ず「異変」の発生があるが、その異変の中に含まれる「制度の革新」の実例として彼は、デリバティブ、投資信託、ヘッジファンドＲＥＩＴ（不動産信託投資）、企業の株式公開、

そしてリーマンショックで注目を浴びた融資や住宅ローンの証券化等を挙げている。[4] このことは、金融工学とクォンツが開発した金融証券や金融リスク管理手法が、たまたま金融恐慌の引き金になったのではなく、必然的な原因として機能したことを示唆している。そうであるとすれば、クォンツの責任については不問とするわけにはいかないだろう。

この考えが正しいとすれば、われわれにはクォンツの倫理的問題点を明確にすることが求められる。それは、彼らクォンツがリーマンショックにおいて犯した失敗は本当のところ何であったのかということと、そのような失敗を繰り返さないために、クォンツが金融業界において果たすべき責務とはどのようなものであるかということを、予断や憶測を排して明らかにすることであろう。そしてこれが本稿の目的である。

この目的を達成するために、本稿では以下のような順番で議論を進めていくこととする。まず第一節ではクォンツがリーマンショックの発生に関してどのような誤りを犯したのかを明らかにする。続いて第二節では、第一節で述べたクォンツたちの誤った行動について、彼らがそのようなそのような行動に及んだ理由を明らかにしたい。最後に第三節では、前節までに得られた見解をもとに、クォンツの具体的な職業上の責務について考えることとする。

第一節　クォンツは何を誤ったのか

リーマンショックを引き起こした金融商品の特徴は、それらが高度の金融工学的知識と手法を用いて組成された「証券化証券」（または「再証券化証券」）といわれる商品であったということにある。たとえば、リーマンショックの発

生に最も影響を与えたと言われる再証券化証券であるサブプライムローン債務担保証券（ＣＤＯ）は、次のような手順で作られる。

①まず投資銀行等の証券発行機関は、低所得者向けのサブプライムローンを、融資した銀行等から大量に買う。

②千から万単位のこれらのローンを束にし、この束を金融工学的手法により、それぞれリスクの程度を評価して三つの部分に切り分ける。この切り分けられた塊は「トランシェ」と呼ばれる。

③各トランシェをさらに細分化し、証券として売り出す。もっともリスクの低い証券は「シニア債」、中位の証券は「メザニン債」、最もリスクの高い証券は「エクイティ債」とそれぞれ名づけられた。このようにして作成された再証券化証券は住宅ローン債務担保証券（ＭＢＳ）と呼ばれる。

④ＭＢＳのメザニン債とエクイティ債を別の債務担保証券（自動車ローン債権や消費者ローン債権をもとにＭＢＳと同様の手法で作成されたもの）と束にし、この束を金融工学的手法により、再びそれぞれリスクの程度を評価して3つのトランシェに切り分ける。

⑤各トランシェを細分化し証券化して販売する。このようにして作られた再証券化商品がＣＤＯと呼ばれる。

このように複雑な組成構造を持つＣＤＯなる金融商品が開発されたのは、その前段階で作成されたＭＢＳのリスクをさらに軽減するためであったと言われている。単一のリスクを持つ債権から作られた金融商品より、より多様な別種のリスクを組み込んだ金融商品の方が、リスク分散が図られて安全性が高いというわけである。しかし結果として

リーマンショックは、このような複雑な証券化によって、多様なリスクの一部に過ぎなくなったサブプライムローン債権の回収不能リスクが、住宅バブルの崩壊により現実化したことにより発生した。ＣＤＯは上記のように複雑な組成構造を持つ商品であるため、証券の購入者にはＣＤＯ内に含まれるサブプライムローン債権のリスクを判定することが一層困難になっていた。自分の保有するＣＤＯの中のサブプライムローン債権のリスクが確認できないので、持ち主は自分の資産が不良債権を含んでいて価格が下落するのではないかと疑心暗鬼になる。そのような投資家心理を反映して、ＣＤＯは一斉に売りに出されることとなった。このような状況下では市場ではＣＤＯには当然買い手がつかず、その価格は一気に暴落した。最もリスクの少ないとされていたシニア債ですら持ちこたえることはできなかった。そしてこれが他の金融市場にも波及し、世界的な大恐慌となるリーマンショックへと発展していったのである。

以上が一般的に認識されているリーマンショックの経緯である。そしてわれわれの当面の課題は、この過程において商品開発の任に当たったクォンツがどのような意図を持ち、どのように行動し、恐慌発生にどれほど影響を与えたかということを明らかにすることである。これについてはいくつかの説がある。たとえば水野は、証券作成に際しクォンツは実はハイリスクな商品をローリスクと偽り組成したという説をとっている。水野によれば、クォンツがこのような行動を起こした動機は、ローリスク・ハイリターン商品と見せかけることによって、投資家の購買を促進し、素早く売り抜けることによって利益を確保することであったと推測している。[5] この見解に従えば、クォンツは完全に悪者の汚名を免れないことになる。

しかしそうではなく、クォンツのリスク判断は適切に行われたが、サブプライムローンの不良債権化に必要以上に反応し、一斉に売りに走った投資家の「不合理な」行動が金融恐慌を招いたと主張する者もいる。たとえば滝川は、

次のように論じている。

「すなわち、再証券化商品の中に組み込まれている現商品（住宅ローン）のウエイトがごく僅かでも、現商品（住宅ローン）が債務不履行になれば、再証券化商品全体があたかも債務不履行になるかのような〝投資家の錯覚〟が「サブプライムローン問題」の核心である。[6]」

私は、これら二つの説のどちらにも全面的に与することはできない。というのは、これらの説は現場のクォンツの実際の行動を基にしているとは言えないように思われるからである。その代わりに私は、ＣＤＯの組成にあたって致命的な過ちを犯した一人のクォンツに関する詳細な報道記事[7]から、クォンツの意図を特定してみたいと思う。というのは、この記事の中にクォンツの典型的な思考と意図がきわめて明確に示されていると考えられるからである。

その名をデビッド・Ｘ・リーというこのクォンツは、シンセティックＣＤＯという、通常のＣＤＯをさらに複雑にした再証券化商品の価格算定を担当していた。その仕事の中で、彼が取り組むことになった難題は、トランシェ間のリスクの相関関係の問題、つまり「あるトランシェのローンが返済不能になると、他のトランシェに影響を与える確率はどれくらいなのか[8]」という問題であった。この問題について彼が採用した解決策は、トランシェ間の影響可能性の確率を算定するモデルとして、保険数理における配偶者間の死の相関関係のモデルを流用することであった。彼のこのモデル（ガウス型コピュラ）は非常に扱いやすかったので、シンセティックＣＤＯが普及すると同時に、多くの金融機関や格付け会社（のクォンツ）が採用するところとなった[9]。

ガウス型コピュラはしばらくの間は問題なく機能した。しかしシンセティックCDOに例のサブプライムローン債権が組み込まれることになり、やがて住宅バブルがはじけると、かれのガウス型コピュラのモデル体系は崩壊した。もはやガウス型コピュラは適切な価格を算出できなくなった。そして最悪なことに、そのころにはほぼすべてのCDO関係者がこのモデルを採用していたため、CDO市場は全面的に崩壊するに至った[10]。

なぜガウス型コピュラはサブプライムローン債権を組み込んだシンセティックCDOの価格算定に利用できなかったのか。その理由は、配偶者間の死の相関関係とトランシェ間の返済不能の相関関係では、統計学上のタイプが異なるからである。配偶者の死の相関関係、つまり配偶者の一方が亡くなった後、残された配偶者が何年生きるかという確率は、正規分布に従うことがわかっているが、トランシェ間の影響に関する相関関係は、そうではない。あるトランシェに属するローンが返済不能となった場合、すべてのトランシェに属するCDO価格が一斉に暴落するようなことは頻繁に起こりうる。前に述べた「疑心暗鬼」によるパニック的な投げ売りの発生である。これに対し、配偶者を亡くした人がみなその直後に無くなるといった現象が、現実にはほとんど起こりえないということを思い合せれば、配偶者間の死の相関関係の統計モデルを、金融市場の破たんに関するモデルとして応用することがいかに不適切であったかは理解できよう。

リーのガウス型コピュラがCDO市場の破たんの原因の一つであることは、金融実務者やファイナンスの研究者にとっては周知の事実である。そして、このことから言えることは、リーマンショックにおいてクォンツが犯した最大の誤りとは、この不適切な統計学的モデルの金融分野への適用にあったということである。その意味でクォンツの誤りは、もともとは倫理的というよりも技術的なものであったと言えよう。

第二節　クォンツはなぜ誤るのか

クォンツがこのような誤りを犯す理由は、彼らの学問的バックグラウンドに関係がある。冒頭で述べたように、クォンツは高度な数学的知識を身に着けた学位取得者である。そもそも物理学や数学などを専門とする彼らのような人々が、畑違いの金融業界に参入することになったのは、1980年代にNASAがロケット打ち上げ事業を凍結したことが発端である。仕事を失った物理学者が大量に金融業界に就職した。それゆえ彼らははじめ「ロケットサイエンティスト」と呼ばれた[11]。

金融業界で働き始めた彼らが興味を持ったのは、市場の予測であった。金融市場では毎日多くの株や債券、その他の金融商品が取引され、その価格は時々刻々変化していく。彼らはこう考えた。これらの金融商品の価格変動を予測することが可能になったとしたらどうだろう?物理的現象は何らかの法則――それは数学的に表現することができる――によって引き起こされており、その法則を明らかにすることができれば、未来の物理的現象を予測することができる。金融市場における価格変動も同じではないのか。もし金融商品の価格変動を支配する法則を発見できれば、われわれは金融商品の未来の価格を予測することができる。そうすればわれわれは、金融の世界で莫大な利益を獲得できるだろう。

では金融商品の価格変動を支配する法則はどのようにすれば発見できるのか。その方法としてクォンツが自らのバックボーンであるところの物理学や数学の手法を採用したのは至極当然なことであっただろう。彼らは金融商品の

価格変動を、自然界の物体の運動と同じように扱った。そして自然科学で確立されている数理統計的モデルを適用し、リスクを算出し、金融商品の値付け（プライシング）を行った。

金融商品の価格変動が、自然界における物体の運動と同じ自然現象であったら、クォンツの金融商品のプライシングは正確なものとなり得ただろう。しかし、実際はそうではなかった。金融商品の市場価格は、科学的な法則と同様の法則により決定される類のものではなかった。それは時に人間の無知や恐怖といった感情によって、ある意味不合理に乱高下を起こす。彼らの数式やモデルでは、それらの現象に対応することはできなかったのである。

クォンツはあまりにも不用意に統計的手法を金融分野に転用したわけだが、その根本的な理由は彼らの自然科学的方法論への過剰な信頼にある。自身が有名なクォンツでありながら、クォンツ的思考の最大の批判者でもあるポール・ウィルモットは、エマニュエル・ダーマンとともに起草した「The Financial Modeler's Manifesto」の中で、物理的世界における運動の予測についての物理学の有効性と正確性を最大限に認めつつも、それを金融理論へ転用することの不適切さを次のように説明する。

「金融や経済はそれ［物理学］とは別物である。なぜなら金融や経済は貨幣価値の心理的世界に関連するからだ。金融理論はそれ自身の諸法則を発見しようとして、懸命に物理学のスタイルやエレガンスさを模倣しようと試みてきた。しかし市場は人間たちから構成されており、彼らは発生する出来事に影響され、出来事についてたまさか生じる感情に影響され、他者の感情への自分の期待に影響される。本当のところ金融には根本的な法則などないのだ。そして、もしそれがあったとしても、その法則を検証するために繰り返し実験する方法はない。[12]」

第三節　クォンツは何をすべきか

物理学におけるモデルは、それが成功していれば現実世界と同一のものだと言えるかもしれない。しかし金融や経済の世界では、人間の心理や不合理な感情といったものを十分に取り込めるモデルが現れない限り、モデルが現実世界と常に一致するようなことは起こりえない。そしてそういった人間的要素を数理化して取り込めるモデルは残念ながら現状では存在しない。よってクォンツは、自分のモデルが金融の世界と完全に一致している、あるいは一致しうるなどとは夢にも考えてはならない。これがウィルモットらによるクォンツ批判の骨子である。

クォンツが心得ておくべき金融工学の限界の認識として、あるいは仕事に当たって世界に対してとるべき態度として、ウィルモットらの批判はそれなりにもっともなものだと言えるかもしれない。

しかし、そうであるとしても、この批判は、ここからクォンツの責務――彼らは実際には何をすべきかということ――を引き出すにはあいまいすぎる。もしこの批判から、クォンツは世界と一致しないような数理モデルを作ることを一切断念すべきだという結論を導き出すとすれば、それは極端すぎるだろう。確かにCDOのような複雑な金融商品は金融恐慌の主因となった。しかし、金融工学を駆使して作られたそれ以外の多くの金融商品――オプションなどのデリバティブ商品など――は、金融市場において問題なく取引されているし、金融リスクのヘッジなどの有益な役割を果たしている。

では問題のない金融商品と失敗した金融商品の違いはどこにあるのだろう。ウィルモットらの考えが正しければ、

問題なく取引されている金融商品であれ、破たんを招いたCDOのような商品であれ、それらの商品が拠って立つ数理モデルが金融の世界の真の法則を現しているわけではない。それにもかかわらず差が生じる理由は何なのか。この違いが判れば、クォンツが作成すべき数理モデルとはどのようなものであるべきかということが、ひいてはクォンツがなすべき仕事とは何かということが見えてくるかもしれない。

この点についてウィルモットらは、オプションという金融商品のプライシングの数理モデルである「ブラック-ショールズの公式」を取り上げ、クォンツはこのようなモデルの構築を目指すべきだということを示唆している。ではブラック・ショールズ式はいかなる点で優れているのか。

ウィルモットはブラック-ショールズ式の長所として、「明快である（clear）」ことと「頑健である（robust）」ことの二点を挙げている[13]。「明快である」とは、この公式に従えば株や債券からどのようにオプション商品が作れるか、またそのコストはどれくらいかということが誰でもわかるという「使い勝手のよさ」のことである。しかし、金融における数理モデルは物理学におけるモデルほど世界と一致していないというウィルモットの問題意識からすれば、重要なのは後者の「頑健である」という特長であろう。「頑健である」とは平たく言えば、あるモデルやシステムが有効に機能するための理想的な前提条件が満たされない場合でも、その機能の遂行をおおむね維持することを可能にするような当該モデル・システム内の性質のことである。たとえばジェット機は、通常複数のエンジンを使って飛行することが想定されているが、仮に一つのエンジンが故障するという事態が発生しても、残りのエンジンだけで飛行が可能なシステムになっている。この意味で飛行機には頑健性があるということになる。

ではウィルモットらが言うブラック-ショールズ式の頑健さとはどのようなものか。それはブラック-ショールズ式

が前提としている金融市場の条件が、実際の金融市場のそれと異なっていても、公式が導き出す理論上のオプション価格と実際の価格が大きくかい離しないように修正できるという長所が、この公式にはあるということである。

「市場の世界はブラック-ショールズ式が必要とするような理想的な状況とは正確には一致しない。しかしこの公式によって知的なトレーダーはそういったミスマッチを質的に修正できるという理由でこの公式は頑健である。このモデルが使われる時、想定されていることは何かということや、考慮に入れられていないことは正確には何かということは周知のことなのだ。[14]」

ブラック-ショールズ式がどのような市場環境を前提として機能するよう作られているかは、金融工学の領域ではよく知られている。木島によればそれは次のようなものである。[15]

（1）原資産が市場で取引可能であること。
（2）ボラティリティと無リスク資産の収益率が一定であること。
（3）ペイオフ関数が比較的簡単な形をしていること。

紙幅の都合上（1）と（2）だけ説明しよう。原資産とはオプションのいわば「原料」となる株や債券が市場で常時取引されているという条件である。（2）に出てくる「ボラティリティ」とは金融商品の価格の変動幅のことであり、

無リスク資産の収益率とは定期預金の金利のことである。

現実の市場ではこのような条件が満たされることはあまりない。ＲＥＩＴと呼ばれる不動産を原資産とするデリバティブを例にすると、売られたことがなくこれからも売られる可能性のない土地を原資産としてＲＥＩＴを組成することはできない。株の値幅の変動率や金利は現実の世界ではかなり変動している。このような現実とのミスマッチを考えると、ブラック-ショールズ式ではオプションの価格算定はできそうもないように見える。

しかし、ウィルモットらはこのミスマッチは「質的に修正できる」と述べている。[16] これはどういうことか。たとえば土地の取引がなく、価格がわからなければ、トレーダーは近隣の路線価や周辺不動産業者に相場を聞いて、ある程度根拠のある土地の価格を算出することができるかもしれない。同様に企業業績や証券会社のレポートなどを参考に株の変動幅を推定したり、日銀の景気短観や様々な経済指標から金利動向を推測できるかもしれない。これらの数値はデータの統計的処理から得られる量的なものではなく質的なものだ。ウィルモットらの意図はそのようなところにあると考えられる。

しかし、この考え方は疑念を生むだろう。そのような数値は信じられるのか、正しいものなのかという疑念である。確かに質的データは主観的であることを免れない。しかし、全くの当て推量というわけでもない。その意味では数値の妥当性を主張することは可能である。

ただこれがブラック-ショールズ式の「頑健さ」に対する懐疑への反論となりうるかというと、残念ながらこの点では不十分であると認めざるをえない。しかし、このような特長に価値があると主張しうる別の大きな理由がある。それは、このやり方ならば、算定されたオプション価格について、どのような条件のもとに算定されたかということが

はっきり言えるということである。別の言い方をすれば、どのような要素が算定において考慮されており、何が考慮されていないかをはっきり示すことができるのである。

このことの重要性は、先に述べたリーのガウス型コピュラの例と比較すれば理解できるだろう。ガウス型コピュラをCDOトランシェ間の相関関係の確率モデルとして使った根拠は、それが配偶者間の死の相関関係に関する保険数理モデルと現象的に類比的とみなすことができるだろう、ということでしかない。そこではもともとの保険数理モデルが前提としている条件の考察や、金融市場の特性等の検証などはない。したがってそこではこのモデルが適用されるための条件は明らかではない。同様に見える現象だからCDOへの応用は妥当だろう、とにかく信じなさいと言っているに等しい。そして事実多くのクォンツはその妥当性を盲信してこのモデルを採用した。このモデルが妥当であるか否かが分かったのは金融恐慌という最悪の結末を迎えたときだった。

問題のない金融商品と失敗した金融商品の違い――それは価格やリスク算定の前提条件や限界、そして根拠を明示することができるか否かにある。REITオプションの土地の価格の算定根拠が占いであったら、だれもそのような商品は買わないだろう。地元の不動産業者への聞き取りだったら、半々くらいにはなるかもしれない。しかしそのような市場参加者の判断が可能なのは、前提条件や根拠が明示される限りでのことである。

この違いの重要性は、ウィルモットらが指摘する「人間の心理や不合理な感情」にも関係する。金融商品リスク査定の前提条件や限界が市場に明示されていれば、投資家の商品価値への疑心暗鬼はある程度防げるかもしれないからだ。

そうであるとすれば、クォンツは金融商品の開発やリスク管理業務において何をなすべきなのか。その答えは、クォ

ンツは金融商品の開発に当たって、前提条件や数値の根拠等を明示できるモデルや商品を作るべきだということだろう。金融リスク管理業務においてクォンツは、そのモデルをリスク管理に採用するかの判断に際し、前提条件や数値の根拠が明示的か確かめることが求められる。あの失敗から学ぶべきクォンツの倫理とは、ほぼこの一点に尽きると私は思う。

結語

リーマンショックの後、クォンツは激しい批判にさらされた。あの恐慌の責任の一切はお前たちにあると言わんばかりの批判に。繰り返しになるが私は、クォンツには確かに一定の責任はあるが、彼らが正しい仕事をしてさえいたならばあの恐慌はなかったとまでは言えないと思う。ここでは触れられないが、金融恐慌の発生には多くの人々の誤りが複雑に関係しているからだ。

その意味でクォンツの責任は限定的なものである。彼らは自分の扱うモデルの限界を認識せず、その結果謳われていた安全性や収益性とは程遠いお粗末な金融商品を作ってしまった。この失敗を繰り返さないために、クォンツがなすべきことは、自分たちが使う理論や応用可能なモデルの限界を自覚し、それを共有することだろう。その意味ではクォンツの倫理は専門職業集団の倫理の問題であると言えるだろう。このことはカール・ポパーの主唱する科学者の倫理の問題に通ずるものがある。ポパーによれば、科学者の倫理の基本は自らが常に誤りうること――可謬性――を認めることであり、それゆえ科学者の倫理としては「自己批判的な態度と誠実さが義務となる」と述べた[17]。またデイ

ヴィスらは、クォンツの専門職集団が掲げる倫理的価値の一つに数学的真理があることを指摘している。[18] クォンツは科学者の集団としてそういった倫理的姿勢や価値を共有し、自らのモデルの限界や誤りがわかればそれを率直に認め、業界全体として対応し、誤りを正していかねばならないだろう。

真理性というクォンツ特有の倫理的価値の共有がいかに重要であるかを示す発言を最後に引用しよう。例のガウス型コピュラの開発者、デビッド・X・リーは、インタビューにこう答えている。

「数式はサブプライムローンには適用されるべきではなかった。企業の信用リスクに比べて住宅ローンのリスクは複雑だ。そう何度も訴えたが、理解を得るのは難しかった。[19]」

CDOのリスク評価に彼のモデルがどんどん採用されるようになった頃、彼は自分のモデルの限界に気づいた。そして使用しないよう訴えた。しかし、他のクォンツたちは聞かず、恐慌は起こった。世間はクォンツを批判し、クォンツたちはリー一人に責任を転化した。結果リーはリーマンショック最大の戦犯として指弾された。クォンツたちは今こそリーの言葉に耳を傾けるべきであろう。

注

（1）外資就職ドットコム、http://gaishishukatsu.com/archives/5742

（2）今野（二〇〇九）一八―三六頁

（3）今野（二〇〇九）二二頁
（4）キンドルバーガー（二〇〇四）六一頁
（5）水野（二〇〇八）五九頁
（6）滝川（二〇〇七）二八頁
（7）日本経済新聞、二〇一三年一〇月一三日
（8）パタースン（二〇一〇）二七二頁
（9）パタースン（二〇一〇）二七三―二七四頁
（10）パタースン（二〇一〇）二七六頁
（11）外資就職ドットコム
（12）Derman, E and Wilmott, P (2009).
（13）Derman, E and Wilmott, P (2009).
（14）Derman, E and Wilmott, P (2009).
（15）Derman, E and Wilmott, P (2009)
（16）木島（二〇〇二）一六九頁
（17）Popper, K.R. (1984) p.228（ポパー（一九九五）三二〇頁）
（18）Davis, M, Kumiega, A. and Vliet, B.V. (2013). p.867. デイビスらのこの指摘はしかし、数学的真理に忠実であればクォンツの倫理的正当性が保証されることを含意しない。この議論は高頻度取引の倫理的問題の文脈の中で取り上げられており、高頻度取引の倫理的問題はクォンツ以外の専門職（トレーダーやコンピュータ・プログラマーなど）との倫理的価値の相違から生じるため、それらの相違を調停する証券会社や金融業界全体の倫理綱領等が必要であるとデイビスらは述べている。
（19）日本経済新聞（二〇一三）

参考文献

外資就職ドットコム「外資系投資銀行のクォンツに聞いてみた（1）――数学・物理博士が集まる金融世界の実態」、http://gaishishukatsu.com/archives/5742
木島正明（二〇〇二）『金融工学』、日本経済新聞出版社
今野浩（二〇〇九）『「金融工学」は何をしてきたのか』、日本経済新聞出版社
スコット・パタースン（二〇一〇）『ザ・クォンツ』、永峰涼訳、角川書店
Derman, E and Wilmott, P (2009), "The Financial Modelers' Manifesto"
http://www.uio.no/studier/emner/sv/oekonomi/ECON4135/h09/undervisningsmateriale/FinancialModelersManifesto.pdf
滝川好夫（二〇〇七）「市場型間接金融の落とし穴：サブプライムローン問題の5つのポイント」、『国民経済雑誌』一九六巻六号十七―三二頁、神戸大学
チャールズ・P・キンドルバーガー（二〇〇四）『熱狂、恐慌、崩壊　金融恐慌の歴史』、吉野俊彦・八木甫訳、日本経済新聞出版社
Davis, M., Kumiega, A. and Vliet, B.V. (2013) 'Ethics, Finance, and Automation: A Preliminary Survey of Problems in High Frequency Trading', Science and Engineering Ethics 19: 851–874
日本経済新聞（二〇一三）、「信用リスク算出法「危機の原因つくったと思わない」　サブプライムローン「生みの親」デビット・リー氏に聞く」、一〇一三年一〇月一三日、十一面
Popper, K.R. (1984) „Duldsamkeit und intellektuelle Vorantwortlichkeit", in: Auf der Suche nach einer besseren Welt, Piper, 213-229.（カール・R・ポパー（一九九五）、『よりよき世界を求めて』小河原誠・蔭山泰之訳、未來社、296―321頁）
水野和夫（二〇〇八）『金融大崩壊　「アメリカ金融帝国」の終焉』、日本放送出版協会