

経済物理学とその周辺

田中 美栄子*

Econophysics and Related Topics

Mieko TANAKA-YAMAWAKI*

Abstract— Econophysics and its related topics are overviewed from the historical and conceptual point of view. Unlike many other unsuccessful trials, the recent trend of econophysics that began at the dawn of the 21st century seems to be doing much better than expected. With the help of rapid progress of computational tools, econophysics seems finishing its first stage successfully and preparing the second stage as a part of “big data science.”

Keywords— econophysics, statistical physics, big data science, statistical techniques

1. 経済物理学の前身

経済学の教科書 [1] は多くの人が指摘することだが、古典力学を手本にしている。出口正之氏（国立民族学博物館教授）によればそのルーツは『経済学原理』をあらわしたイギリスの新古典派経済学者、アルフレッド・マーシャルが数学者として出発したことに起因するのだと言う。『経済学原理』という題名からして、ニュートンの『力学原理』の影響下に書かれたものであるらしいことは容易に想像が付く。需要と供給の関係を簡潔に説明する理論的手法を始めとして、経済学を科学的に理論づけようとしたこの教科書は永らく経済学の教科書の見本となった。この人の名言として知られるのは、1885年にケンブリッジ大学経済学教授に就任した際の講演で述べた『経済学者は冷静な頭脳と暖かい心を持たねばならない』である。

しかし現代的な意味での経済物理学は古典力学ではなく、統計物理学の上に立った経済学の定量的扱いを指す。この意味での創始者は確率論を用いて株価変動を議論したフランスの数学者、ルイ・バシュリエである。1900年に提出された博士論文 [2] はアインシュタインの「ブラウン運動の理論」よりも5年早く、確率論を使って株価変動を議論した最初の論文として知られる。

ずっと後になって1950年代にアメリカの数学者でフラクタルの父として知られるマンデルブロは、綿花の価格を調べて金融市場における価格変動がブラウン運動ではないことを指摘した。同時期にIBMワトソン研究

所の主任を務めたエリオット・モンローはこの結果に衝撃を受け、いろいろな価格データを収集し始めた。後になってこれは所得が従うパレート則の研究に繋がった [3]。1966年にロチェスター大学にニューヨーク州が出資する「アインシュタイン講座」の教授として招かれたモンローは、大学内の「理論研究所」の所長となり、スケーリングと臨界現象を始めとして数理物理学全般にわたる研究と教育に従事したが、ある時、永年にわたって収集したシアーズのカタログにある（タイヤの？）価格変化をデータとして使い、統計物理学の手法による経済学の研究をテーマとする博士論文を学生の一人に書かせたところ、これが物理学科に「テーマが物理ではない」と拒否されたため、同大学の経済学科に提出したところ、これもまた「手法が経済学でない」という理由で拒否されるという憂き目にあった。もし成功していたら、これは econophysics の最初の博士論文となったかもしれない。残念ながらいずれも不成功に終り、結局この学生は博士を取らずに大学を去ったのだと言う。以後経済学は研究室内でご法度となってしまった。幸か不幸か、筆者はこれよりずっと後に同研究室のメンバーとなったため、最初の経済物理学者にはなれなかった。それどころか実は筆者が研究室に入って間もなく、モンローは大学を去ってメリーランド大学に移り、手術不可能な癌にかかってまもなく亡くなってしまった。これにより、経済物理学をやり損なった研究室は消滅してしまったのである。大学院生だった筆者は仕方なく高エネルギー理論の研究室に移り、クォークの強い相互作用をテーマに博士を貰った。しかし、無料で送られてくる SEARS のカタログを何十年にもわたって収集した後に、これを研究材料とした学者がいた事実は衝撃的な記憶として焼

*鳥取大学大学院工学研究科 鳥取県鳥取市湖山町南 4 丁目 101

*Tottori University, 4-101 Koyamacho-Minami, Tottori

Received: 14 July 2013, 6 September 2013

き付いている．ついでに言えば彼の研究室にはありとあらゆる収集物があり，半世紀にわたる週刊誌 TIME のコレクションの中には，日本人には見づらいが，画面一杯の日の丸に黒々と大きな × 印が付いている，第 2 次世界大戦の終戦を報じた週のものまで残されていた．こうした収集魔のおかげで，現在はコンピュータが自動的にやっているであろうビッグデータ収集が，それよりずっと小規模にはあるが昔から実行されていたのである．

2. 総研大グループ研究から統数研研究集会へ

理論物理屋さんのコミュニティで「経済学」の勉強会をやってみようという話が出たのは今から 17~18 年程前，葉山にある総合研究大学院大学「教育研究交流センター」の研究会に出席していた時のことであった．当時，このセンターでは「新分野の開拓」プロジェクトが進行しており，沢山の小グループが活動していた [4]．

総合研究大学院大学は 1988 年に創立された学部を持たない大学院大学である．もともと大学共同利用機関の研究者と研究環境を活用して博士課程の教育を行うことにより，一流の研究者を養成する目的の為に作られた．この大学に設置された教育研究交流センターのプロジェクトとして，1998 年度から 2002 度にかけての 5 年計画で「新分野の研究」が行われた．その中に，文理融合を目指したテーマとして「経済学」グループが作られた．年数回の会合にはそれぞれの立場から文理融合の研究体制を作って境界領域を開拓しようという人々が集まり，活発な議論を行った．このような活動により研究者間の親睦をはかることができ，経済物理学をアタックしようという研究者のコミュニティの核が形作られた．

新分野の開拓プロジェクトが終了した 2003 年 3 月に消滅するかに見えた「経済学」グループは，田村義保教授の勧めにより，統計数理研究所の年次研究会として新生し，継続することになった．名称も「経済学」から「経済物理学とその周辺」となり，毎年継続して 10 年が経過している．2004 年度より毎年，統数研共同研究リポートの形で論文集を出して活動の記録としている [5]．

経済物理学という言葉は高安秀樹氏によれば [6]，その前年にヨーロッパの国際会議で H. E. Stanley [7] が使った Econophysics の和訳だということであった．こうして 21 世紀の初めに台頭したヨーロッパの econophysics と並行して日本の経済物理学グループが形作られ，我々の研究会も同時進行の形で研究者の輪を広げて行った．

以上のような経緯で経済物理学という看板の研究者集団ができたが，実際の内容は経済だけを対象としている訳ではなく，もっと広く社会物理学とも呼ぶ方がより実態を反映しているかもしれない．

3. 経済物理学の国際会議・研究会のいろいろ

高安秀樹氏が日経新聞社のバックアップで 2000 年，2002 年，2004 年に行った国際会議，Nikkei-Econophysics Workshop [8] とその後で各国持ち回りで毎年行われている Econophysics Colloquium は国際的な研究者コミュニティの形成に大きく寄与している．また，欧州複雑系研究会 ECCS の中に作られた分科会や，異種エージェント・シミュレーション系の WEHIA，その他がある．統計物理学の国際会議である Statphys や情報工学系の国際会議にも経済物理学関連のセッションが立てられて，研究者が常時参加している．日本物理学会にも，毎春行われる年次大会と秋の分科会に経済物理セッションが作られ，発表者だけでなく多くの聴衆を惹きつけている．京都大学の基礎物理学研究所によるサポートで奇数年に行う「エコノフィジックス」や，進化経済学会の一部としても経済物理学に関する分科会が作られている．これらの研究会で発表される論文の多くは，Physica A や European Journal of Physics などの欧州系の論文誌 Progress of Theoretical Physics（これは 2013 年から日本物理学会の所轄となって Progress of Theoretical and Experimental Physics という新しい論文誌に新生する），米国の伝統的な物理学論文誌である Physical Review E などに発表されている．

4. 経済物理学というテーマ

経済学を物理学の手法で，定量的に研究しようという試みは様々な抵抗にさらされた．研究対象ごとにそれに合った手法が開発されてきたのを，別分野の手法で扱うこと自体に拒否反応が起きるのが普通だからである．物理帝国主義ではないかという批判も当然あった．再現性のないこと，実験ができにくいこと，厳密性に欠けることのほかに，そもそも相手のある社会行動なのだから，こちらの都合で最適解を探すことに終始する物理学の手法は原理的にそぐわない，という原理的な批判もあった．

この最後の点については，フォン・ノイマンがゲームの理論という形で定式化しており [9]，従来の物理学の常套手段である，対象を理想化してできるだけ少ない変数で簡潔に記述し，微分積分等を駆使して解を閉じた形に簡潔に求める，という手法が成立しないことを明確にしている．

従って，経済物理学という名前だけをみると，如何にも使い慣れた物理学の常套手段を振りかざして，経済学なんて簡単簡単，などと威張り散らす自信満々の生意気な物理学者を想像しがちだが，実際にはそんなものではなく，これまでにない手法を暗中模索しつつ，武骨に

コンピュータシミュレーションを走らせながら、何時になったら解けるか分からない遠大なテーマに取り組む、うだつが上がらない地味な研究者の集まりとも言えるのである。

境界領域は先端科学である。これは一見、自由に設計図が描けてカッコいいイメージではあるが、実際は研究者数が少なく、評価の定まった論文誌がなく、従って業績が作りにくく、従って研究費が得にくいという三重苦に悩まされるため、若手が参入しにくい分野なのである。若手の教育という見地からも、評価の安定した分野でまず基本を学んだあと、応用編として境界分野に挑戦するのが安全ルートであり、最初から境界分野に参入するのは、よほど自信に満ちた向う見ずであるか、もしくは旧来分野で幅を利かせる秀才に勝てる見込みのない落ちこぼれのいずれかであるに違いないという偏見とも戦わなくてはならない。

また、経済学を専門とする方々と話をしていると、経済物理学という名称に大変違和感を感じられる方が多い。物理経済学と言うべきではないかというご意見もあった。この経験から学んだのは、人はどこまでも自分の最初に学んだ学問の基礎に立っているという事実の確認である。つまり同じ境界分野を考えるにしても、××学を基礎に持っている人ならば○○的××学に全く違和感を持たないのだが、○○学を基礎としている人にとっては××学的○○学の方が落ち着くというわけである。これは○○学の見地から××学を研究するのが前者であり、××学の立場から○○学を研究するのが後者であると考えれば何の不思議もないことなのであるが、其々の世界の内側のみ生息する人にとっては許しがたいジレンマとなることもある。

例えば経済物理学で「価格変動の研究をしています」という言葉の内容は、実際には、「株価や為替変動のような金融商品の市場価格のゆらぎについて、これが統計物理学の見地から説明がつく現象かもしれないと思って詳しく研究しています」というのがより正しい。ところが物理学出身者の多い研究会では言葉足らずでも暗黙の了解で解ってしまい、そこに出席した少数派の非物理学者たちは黙って顔をしかめて帰ってしまう、という事態がしばしば発生する。

異分野交流の失敗は寛容さの不足（または時間の不足）と言葉の不足に起因することが多い。これは異国間のいざこざと類似のものである。グローバル化とは寛容と忍耐を想像以上に要求するものなのである。

5. 経済物理学の成果

経済物理学の成果と呼べるものとして、膨大な価格データを扱うための統計的手法の開発がある。従来の

主成分分析などの統計手法が扱える範囲をはるかに超えた、超ビッグなデータを扱う手法を経済物理学では必要とする。その結果、実は様々な分野に応用可能な道具が次々開発されてしまうという、まことに具合のよい状況を作り出したのは経済物理学の主な業績と言ってよい。

このように、超巨大データを扱う情報技術や統計手法が進化し、これらを使って多くの実証的研究が行われることで知見の集積が進むことが何よりも重要である。こうして見てくると、20世紀末から21世紀初頭にかけて始まった経済学の定量化に関する今回の波の第1期はめでたく終了し、第2期に差し掛かっているといっても良い。武谷三男の三段階論[10]で言うところの、第1段階の「現象論的段階」がある程度、形になって来たところで、そろそろ第2段階である「実体論的段階」に入れるかどうか、と言った状況ではないかと思われる。

第1期における膨大な文献を列記することは著者の手に余るので、文献[5]の各論文の参考文献として挙がっているもの、および入門書として書かれた幾つかの著書[11-13]を挙げるにとどめたい。

折も折、世の中はビッグデータ・サイエンスをやろうという機運が高まり、プロジェクトとして組織的に入る道も開けそうなのである[14]。

6. 今後の展開

21世紀初頭の頃は価格変動データの研究が多かったが、経済学者や情報工学者、その他の分野との共同研究などを経て、経済システム全体を対象とする研究や、リスク科学的な方向も増加している。

経済物理学という科学の一分野を作るのであれば、それは何と言っても、実データに基づく、実証的な研究が基本であるため、資料としてのデータが無償または安価に研究者に提供される環境を作り出す必要がある。以前からこのことを最も重要と主張してきたが、何時それが実現するのかわからなかったし、実は途方もない先の話なのではないかとも思われた。ところが昨今のビッグデータ・サイエンスの掛け声が予想外に大きく、意外に早い時期の実現可能性が見えて来たようにも思われる。

更に若手の教育という面からも、これまで既存の科学の枠組みの中で行われることが多かったが、十分に知見が集積された後は、境界領域固有の学部や学科を作って独自に教育を行う環境が望まれる。そういったものが準備されても良い時期にそろそろ来ているのではないだろうか？

参考文献

- [1] 福岡正夫: ゼミナール経済学入門, 日本経済新聞社, 1986.
- [2] L. Bachelier: “Théorie de la speculation,” Doctor Thesis, Annales Scientifiques de l’Ecole Normale Supérieure III-17:21-86, 1900.
Translation: “the Random character of stock market prices,” P. H. Cootner (Ed.), MIT Press, pp. 17-18, 1964.
- [3] M. F. Shlesinger and B. J. West: “Elliott W. Montroll(1916-1983): in memoriam, in “Random Walks and Their Applications in the Physical and Biological Sciences,” Washington, D. C., vi-viii, 1982,” American Institute of Physics, New York, 1984.
- [4] 新分野開拓’99, 新分野の開拓(2002), 新分野開拓記(2004), (総合研究大学院大学機関リポジトリ <http://ir.soken.ac.jp/> 図書・論文集に Web 公開されている) 拙著: 6.1 「経済学」研究会発足の趣旨, 6.2 「古くて新しい経済物理学」, 物理科学から見た経済学, もこの中にあり, 自由に閲覧可能となっている.
- [5] 統計数理研究所共同研究レポート: 177 巻「経済物理学とその周辺」, 2005 年 3 月, 187 巻「経済物理学とその周辺(2)」, 174 頁, 2006 年 3 月, 198 巻「経済物理学とその周辺(3)」, 99 頁, 2007 年 3 月, 209 巻「経済物理学とその周辺(4)」, 110 頁, 2008 年 3 月, 226 巻「経済物理学とその周辺(5)」, 138 頁, 2009 年 3 月, 241 巻「経済物理学とその周辺(6)」, 96 頁, 2010, 259 巻「経済物理学とその周辺(7)」, 97 頁, 2011, 271 巻「経済物理学とその周辺(8)」, 114 頁, 2012, 292 巻「経済物理学とその周辺(9)」, 154 頁, 2013.
- [6] 高安秀樹: 価格変動の統計物理学入門, 日本物理学会誌, Vol.54, pp. 3-10.
- [7] R. N. Mantegna and H. Eugene Stanley: 経済物理学入門 ファイナンスにおける相関と複雑性, 中嶋眞澄訳, エコノミスト社, 2000.
- [8] H. Takayasu (Ed.): “Empirical Science of Financial Fluctuations: The adventure of Econophysics,” Springer, 2002.
- [9] J. フォン・ノイマン, O. モルゲンシュテルン: ゲームの理論と経済行動 I, II, III, 銀林浩, 橋本和美, 宮本敏雄(監訳), ちくま学術文庫, 筑摩書房, 2009.
- [10] 武谷三男: 『弁証法の諸問題』武谷三男著作集 第 1, 勁草書房, 1968.
- [11] ディディエ ソネット: 入門 経済物理学 暴落はなぜ起こるのか?, 森谷 博之他訳, PHP 研究所, 2004.
- [12] 高安秀樹: 経済物理学の発見, 光文社, 2004.
- [13] 青山秀明, 家富洋, 池田裕一, 相馬亘, 藤原義久: パレート・ファームズ 企業の興亡とつながりの科学, 日本経済評論社, 2007.
- [14] 「ビッグデータ時代到来!~ウェブ最先端企業が最新動向を語る~」, 第 12 回情報科学技術フォーラム(FIT2013), 2013 年 9 月 4-6 日, 鳥取大学.

田中 美栄子



1950 年 8 月 4 日生 . 1974 年京都大学理学部卒 . 1983 年ロチェスター大学物理天文学大学院 Ph.D. コース修了 . 2003 年鳥取大学工学部教授, 現在に至る . 複雑系科学, 経済物理学, 計算知能などの研究に従事 . Ph.D. in physics . 日本物理学会, 情報処理学会などの会員 .
