

論文審査の結果の要旨

氏名 大西 立顕

金融市場において価格は激しい変動を示すことが経験的に知られているが、そのメカニズムや法則性については、はっきりとは分かっていない。近年のコンピュータの発展により、様々な市場における価格変動について高頻度データをを用いた解析が行なわれており、価格変動は完全にランダムではなく、普遍的な統計的特性があることが明らかになってきている。これらを説明する理論的なモデルができれば、現象の本質を理解したり、予測や制御などへの応用が期待できる。本論文は、短かい時間スケールで顕著になる価格変動の統計性を確率過程と仮想市場の立場から考察し、価格というマクロな観点と市場参加者間の相互作用というミクロな観点から価格変動を解析するものである。また、マルチフラクタルの手法を用いて長い時間スケールでの価格変動の統計性についても調べ、価格変動のメカニズムの理解を深めるものである。

本論文は全6章からなる。

第1章では、金融市場における価格変動について経済物理学の観点から概観し、本論文で考察する問題の位置づけを与えている。

第2章では、市場価格変動の基本的な統計的性質を説明している。価格差の相関は非常に短時間で0になるが、価格差の絶対値は長期相関を保ち、分布は正規分布よりもはるかにすその広いベキ分布に従う。これらの性質は最

も基本的で市場によらない普遍的な経験則となっている。

第3章では、時系列データから得られる経験則を満たすように確率過程を構築することにより、価格変動を再現する確率過程モデルを提案している。

このモデルでは価格を均衡価格と無相関なゆらぎの和で記述できると仮定し、均衡価格を過去の価格の重み付き移動平均で定義し、重みを Yule-Walker 法により求めている。この手法によりゆらぎは無相関にできるが、ゆらぎの絶対値の相関は残っており、価格変動の本質的特性がゆらぎにあることを明らかにしている。さらに、ゆらぎ成分については、ゆらぎの符号は正負をランダムに取る確率変数とみなせ、ゆらぎの絶対値は非常に長い幅を持つ重み付き移動平均を用いた自己変調過程として記述できることを示している。また、数値計算によりこのモデルが生成する価格時系列は実際の価格変動の統計的特性を満たすことを確かめている。この結果から、価格差の絶対値の長期相関は自己変調過程で用いる過去のゆらぎ幅の履歴から生じていること、価格差のベキ分布は自己変調過程に内在するランダムノイズの乗法過程により生じていることを明らかにしている。

第4章では、市場参加者の相互作用の観点から価格変動を調べている。実社会のネットワークがスモールワールドネットワーク的特性を有することを考慮して、Bornholdt が提案した価格変動のスピンモデルを拡張し、その解析を行なっている。数値計算により、このモデルも実際の価格変動の統計的特性を再現することを示している。また、ネットワークのランダムネスの大きさに応じて価格差の分布のベキ指数が変化することを示している。この結

果から、市場参加者間のネットワーク構造の違いが市場によりベキ指数の値が異なる原因になりうることを明らかにしている。

第5章では、価格変動をマルチフラクタルにより解析している。価格変動の時系列パターンを線分上の測度分布と解釈することで変動パターンをスペクトルとして特徴づけている。時系列を統計的に解析することにより、スペクトルからパラメータをうまく選んで抽出した特徴量と価格変動との間に相関があることを示している。この結果から、数時間や数日といった長い時間スケールでも価格変動は完全にランダムなわけではないことを示している。また、価格の予測にマルチフラクタル解析が有益であり、過去の価格変動のパターンが将来の価格変動に影響を与えていることを明らかにしている。

第6章では、本論文の成果をまとめ、今後の展望を与えている。

以上のように、本論文は価格変動をミクロとマクロの両面から解析し、価格変動のメカニズムを明らかにしたものであり、複雑理工学上貢献するところが大きい。なお、本論文第4、5章は合原一幸との、第3章は合原一幸、高安美佐子、高安秀樹との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析及び検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。