

## 学位論文及び審査結果の要旨

横浜国立大学

氏名	高 英模
学位の種類	博士(経済学)
学位記番号	国社博甲第277号
学位授与年月日	平成28年3月24日
学位授与の根拠	学位規則(昭和28年4月1日文部省令第9号)第4条第1項及び 横浜国立大学学位規則第5条第1項
研究科(学府)・専攻名	国際社会科学研究所 企業システム専攻
学位論文題目	ACDモデルにおけるパラメータ修正の効果
論文審査委員	主査 横浜国立大学 西出 勝正 教授 横浜国立大学 小林 正人 教授 横浜国立大学 永井 圭二 教授 横浜国立大学 伊藤 有希 准教授 明治大学 乾 孝治 准教授

## 論文の要旨

高速取引の実現した今日の取引データを用いて、約定間隔に注目した Autoregressive Conditional Duration(ACD)モデルによる実証分析を行った。実証分析に先だって、Engle and Russell (1998)の提案した ACD モデルの推定におけるゼロ約定間隔の取扱いに着目した。Engle (2000)で利用した IBM の株価データは 1990 年 11 月から 1991 年 1 月にかけての 3 ケ 月分である。約定時点(秒)単位の差を取ったものを約定間隔とした。このデータの中で同じタイムスタンプの付いたものは、ゼロ約定間隔としてデータから除外している。Engle (2000)において削除されたデータは全体の約 13% であった。一方、高 (2012)で利用した日産自動車のデータ(2010 年 1 月 12 日から 29 日)では 32% がゼロ約定間隔であった。この 32% という割合の大きさを考慮して高 (2012)では擬約定間隔(均等間隔)を作成し、データの欠落を防いだ上で ACD モデルの推定を行い、高速取引の市場における約定間隔の持つ意味を仮説検定した。しかし、高 (2012)では擬約定間隔の数理的な妥当性の検証は行っていない。

そこで、本論文ではまず数値実験を用いて仮想的な約定データを作成し、擬約定間隔(均等間隔)の妥当性を検証した。数値実験は日中の取引間隔のトレンドを考慮しないものと、トレンドを考慮したものの 2 種類のタイプで行った。トレンドの無い数値実験ではゼロ約定間隔の削除の有無により、パラメータに生じる影響を直接観測した。一般に入手可能なティックデータは秒単位の情報までしか提供されていない。したがって、乱数を利用した整数化前のデータで ACD モデルを推定するプログラミングの正確さを確認し、次に、秒単位の整形化することでパラメータに生じる影響と、ゼロ約定間隔の削除による影響を考察した。Engle and Russell (1998)が示すように取引開始直後や、終了直前は取引が頻繁に行われ、約定間隔は短くなる。逆に、時間が経過してお昼に近づく時間帯や、午後の取引が始まってしばらく経過したところで、取引は減り、約定間隔は長くなる傾向がある。流動性の高い実際のデータには必ず、イントラデイのトレンドが存在する。ここでは Engle (2000)で示されているトレンド除去の方法の影響を検証した。Engle (2000)ではイントラデイトレンドを除去するために 1st ステップとして回帰分析を行い、その後、2nd ステップとして擬似最尤法により、ACD モデルのパラメータ推定を行っている。しかし、Engle (2000)でも解説しているように、本来、トレンド除去の回帰分析と ACD モデルの推定は同時に行うべきであり、個別の推定だとバイアスが生じてしまう。本論文ではここで最尤法による同時推定を用い、より精緻にパラメータを推定した。しかし、高 (2012)で提案した擬約定間隔を利用すると約定情報の欠落を防

ぐことはできるが、ACD モデルのパラメータのうち、 $\alpha$ と $\beta$ は真値とは乖離した値を求めてしまうことになった。逆に、ゼロ約定間隔を削除すると、 $\alpha$ と $\beta$ は真値に近い値を得ることが分かった。結局、2つのパラメータ $\alpha$ と $\beta$ はゼロ約定間隔を削除した方がよい結果になったので、残りのパラメータ $\omega$ を修正する方法を考えた。 $\omega$ はトレンド削除後の約定間隔における無条件期待値の大きさを左右するパラメータである。つまり、ゼロ約定間隔を削除すると、そのことによって必然的に無条件期待値は大きくなる（上方バイアスが生じる）。本論文では約定間隔の総和は常に、一日の取引時間に等しいことを利用したパラメータ $\omega$ 修正方法を新たに提案した。

数値実験により、ACD モデルのパラメータ推定における問題点と、その対応策を提案した所で、次に実際のデータを用いて3種類の実証分析を行い、パラメータ修正の及ぼす効果を考察した。利用したデータは2012年10月と11月のティックデータで、銘柄はJFEホルディングス(JFE)、京セラ(KYC)、日産自動車(NSN)、東京海上日動(TMN)である。パラメータ推定は攪乱項の分布を指数分布、ワイブル分布としたそれぞれのACDモデルで実施し、尤度比検定によりすべての銘柄でワイブル分布によるモデルが当てはまりの良いことを確認し、修正したパラメータ $\omega$ を報告した。

2つの目の実証分析としてUHF-GARCHモデルを推定し、修正パラメータの影響を検証した。Engle(2000)は最初にACDモデルを推定し、期待約定間隔 $\Psi$ を求め、次にイントラデイのボラティリティをモデル化したUHF-GARCHモデルを推定した。UHF-GARCHモデルの平均推定式においてはトレンドを削除した約定間隔 $x$ 、分散推定式においては $\Psi$ を利用し、それぞれの有意性を仮説検定し、Easley and O'Hara(1992)やDiamond and Verrecchia(1987)の仮説を検証した。ここでの問題意識はパラメータ修正の有無によって、支持する仮説に違いが生じるのではないかと、ということである。結果として、パラメータ修正を行うと、利用した3つのUHF-GARCHモデルの平均推定式において、Diamond and Verrecchia(1987)の仮説(約定の長さはBad Newsの存在を示す)を支持する結果を得た。一方の分散推定式においては修正の有無によってパラメータの有意性に違いが生じることが確認できた。つまり、パラメータを修正しない状態では、モデルで利用した変数について誤った仮説を支持してしまう可能性があることが分かった。

最後にBauwens and Giot(2003)の提案した非対称型ACDモデルによる実証分析を行った。ここでは"約定間隔"を"仲値の変化間隔"に置き換え、競合リスクモデルの考え方をを用いることで、仲値変化のハザードを上昇/下落の2つに分け、それぞれのACDモデルを同時推定した。彼らの注目した仲値の上昇/下落を示すインジケータ変数と仲値の変化間隔の条件付き同時分布は、モデル推定後に1期先の仲値の上昇/下落の確率を我々に与えるものである。しかし、Bauwens and Giot(2003)で報告されている仲値変化方向的中率は50%前後で、Buy&Holdによる的中率と違いがなく、読む者に驚きを与えるものではなかった。ところがパラメータの修正方法を取り入れたところ、4つの銘柄において的中率を少なくとも16ポイント以上向上させることができた。

これまで十分に検討されていなかったACDモデルにおけるゼロ約定間隔の処理方法について、数値実験により丁寧な吟味を行い、新たにパラメータの修正方法を提案し、その修正が及ぼす効果を具体的に示したことが本論文の最大の特徴である。

## 審査結果の要旨

Engle and Russel(1998)が提案したAutoregressive Conditional Duration Model(以下、ACDモデル)を現実のデータによって分析する際には、入手可能なデータ上の制約によって同一時刻として観測された異なる複数取引をどのように取り扱うのが問題になる。Engle and Russel(1998)やその他の関連研究では、単純に複数取引を一取引として取り扱い、重なり合うデータを削除して分析が行われてきた。本論文の目的は、より正確な結果を与える推定方法を提案するとともに、推定方法の違いによってどのような影響が生じるのかを考察することである。本論文はACDモデル

のパラメータ修正という推定方法を提案し、修正の有無による結果の相違や推定方法の優位性について議論している。主要な結果は第2章から第5章で述べられている。

先ず論文の第2章では、ACDモデルの値を適当に設定するとともに指数分布の乱数を発生させて仮想データを作成し、そのデータを用いてパラメータ推定を実施し、得られた結果と当初に設定した数値とを比較する。その結果、本論文の提案するパラメータ修正によって条件なし期待値や自己相関係数など推定の正確性を表す指標が改善されることが示された。さらに第3章で、個別株式銘柄4種類を用いてACDモデルのパラメータを推定し、簡単な結果の比較を行っている。

第4章では、前章で得られた推定結果を用いてUHF-GARCHを推定している。より具体的には、現実の株価データを用いて約定期隔の条件付き期待値などを計算し、それらの変数を説明変数、実現収益率や実現ボラティリティを被説明変数として実証分析を行った。その結果、幾つかの銘柄では推定の有意性が言えなくなったり、赤池情報基準(AIC)が異なるなど、誤った仮説を支持する可能性があることが示された。

第5章では、非対称ACDモデルと呼ばれる、上昇傾向と下降傾向に場合分けしたモデルを用いて、直前の価格変化を条件として次の価格変化が上昇するのか下落するのかを予測している。上記の株価データを用いた分析によって、パラメータ修正の導入が予測精度を大きく改善させるという結果が示された。

以上のように、本論文ではACDモデルにおける定数項パラメータの修正という推定方法の優位性を示すとともに、その修正がもたらす変化と影響を考察した。提案方法自体は比較的単純なものであるが、得られる経済学的示唆が修正の有無によって異なる可能性があるなど結果に与える影響は決して看過できるものではないことが明らかになった。また、株価の変化予測についての重要な示唆も与えられており、更なる研究の発展によっては現実の証券取引に対する応用の可能性も十分に考えられるであろう。

本論文にもいくつかの課題が残る。例えば、UHF-GARCHでは個々の銘柄によって与える影響が異なり、共通する傾向を把握できていない。また、非対称ACDモデルについては予測精度が大幅に改善される直観的な理由やメカニズムの説明が十分には与えられていない。しかしながら、本論文の研究は残された課題が存在しながらも、得られた結果の独創性、新規性、および重要性からすると近い将来において学術雑誌への掲載の可能性が高い、ないしはそれに値するものと考えられることができる。

以上の検討結果から、審査委員一同は、本学府の博士号審査基準②に照らして、高英模氏の学位請求論文「ACDモデルにおけるパラメータ修正の効果」が博士(経済学)の学位を授与するに値するものとして、判断する。

注 論文及び審査結果の要旨欄に不足が生じる場合には、同欄の様式に準じ裏面又は別紙によること。