

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 12 日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2014

課題番号：23310104

研究課題名(和文) 複雑系による構造変化・イベント生起の推定とリスク制御・オプション評価への応用

研究課題名(英文) Estimation of structural change and event occurrence by using the complex systems and its application to risk control and option evaluation

研究代表者

時永 祥三 (Shozo, Tokinaga)

九州大学・経済学研究科(研究院)・名誉教授

研究者番号：30124134

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,900,000円

研究成果の概要(和文)：今回の基盤Bにおける新たな研究では経済・企業環境の中長期的な構造変化リスクの存在の予測とそのリアルオプションの可視化、ベイズ推定など理論的な背景をもつ複雑系分析である。本研究の最終年度においては、1)投資・企業間関係におけるリスクに関する研究成果公開のセミナーの開催と討論のまとめを実施した。2)本研究で得られた成果を具体的な解析ソフトウェアとして整備し、他のシステムへの移植を実施した。3)以上のシステムより得られた結果を日本オペレーションズリサーチ学会、電子情報通信学会、情報処理学会、日本経営工学会の学会誌等で随時公表した。

研究成果の概要(英文)：This research attended to apply the estimation of structural change and event occurrence by using the complex systems and its application to risk control and option evaluation. Especially, we extend the theory of real option and Bayesian estimation for the analysis of complex system. In the final year of this research, we provided the result of research to other institutions. Namely, 1)Theory and practice for the investment and formation of relations among firms, 2) Development of software to analyze the complex system and installation to nother institutions, 3)Publications of result of researches in the journal of societies such as Institute of Electornics and Information Engineering in Japan.

研究分野：複雑系理論

キーワード：OR 社会システム ファイナンス モデリング 経営システム

### 1. 研究開始当初の背景

情報システムの高度化や情報ネットワークの基盤整備、経済のグローバル化にともない、企業や組織の間における連携や結合は飛躍的に増大し、リスクが伝播し影響する範囲も拡大している。経済活動や企業活動において発生するリスクを予測・推定すると同時に、これを回避あるいは保証する手段が必要となる。これまで不確実性下の意思決定、リスク分析に関してさまざまなアプローチがなされているが、複雑系理論からのアプローチは極めて少ないのが現状である。このような状況において、われわれが進める複雑系による研究は一定の役割を果たすと評価される。しかしながらこれらの基盤 B における研究を進めるなかで次の3つの点: 1) 環境などの変化を中長期的な構造変化と短期的なイベント生起に分類し推定する、2) リスクの存在の予測とリアルオプションの設定について可視化されたシステム、3) ベイズ推定なベイズ推定など方法論により複雑系による分析結果や手順を検証する、といった点において、更に深化させる必要性を実感し研究を行うこととなった

### 2. 研究の目的

本研究に関連する国内・海外の研究動向と位置づけ本研究で対象とするリスク分析の主要なテーマは「不確実性の定式化」と「リスク回避政策の開発」であると言える。しかしながら、このような不確実性や緩やかな変動要因では記述できない現象が実際に多数出現することが確認され、解析手法の大幅な変更を迫るものとなっている。その1つが、多様な変動要因の出現であり、ジャンプ状の変動を含む確率過程・拡散過程(Diffusion Process)の導入である。次の「リスク回避政策」に関しては、オプション理論による価格プロセスだけの定式化・モデル分析ではカバーできない問題があることが指摘され、現実の世界を効率よく表現するモデルの検証が進められてる。いわゆるエージェント理論が展開されている。複雑系理論の応用は極めて限定的であり更に拡大が必要であり、また一方ではシミュレーションをベースとする方法論のため理論的な裏づけをする努力がほとんど払われていない現状がある。まず「リスクの予測」に関連しては、伝統的なオプション理論における時系列モデルにジャンプ拡散過程を導入する方法論を確立することができ、その成果を応用することが可能となった。また複雑系の代表的な理論であるカオス理論およびフラクタル理論についても新分野を開拓することが可能となり有用な成果を残すことができた。また工学系の研究者分担者の参加を得ることができ、Support Vector Machine 手法と Kernel-based 手法の適用も試みた。次に「リスク回避政策」に関連しては、本研究では、エージェント理論において複雑系の代表的な理論である遺伝的手法による学習

手法を援用することにより「自己組織化のモデル」の有用性を活用し極めて効率的で再現性の高いシステムを構成してきた。また、複雑系によるエージェント記述により、非合理的な行動やリスクをとまなうエージェント行動の誘発要因を特定することができ重大化する前における行動の規制方策を提供した。

### 3. 研究の方法

新たな研究の必要性が存在するテーマは1) 経済や企業をとりまく環境などの変化を中長期的な構造変化と短期的なイベント生起に分類しこれらを推定する必要があること、2) リスクの存在の予測とその回避政策であるリアルオプションの設定について分かりやすく可視化されたシステムが必要であること、3) ベイズ推定など理論的背景をもつ方法論により複雑系による分析結果や手順を検証することであった。したがって、これらの新規の研究分野を含めて最終的に統合化されたシステムを構築すると同時に、地域の自治体や企業をはじめとしてパッケージとして提供し、広く活用のルートを開く予定として進めた。本研究では、研究の段階として、(1) 複雑系による基礎理論の整備と構造変化・イベント抽出への適用(2) 複雑系による拡散過程にモデリングの精緻化とリスク評価による定式化・可視化(3) 企業行動や事業評価などにおけるリスク分析(4) エージェント理論における自己組織化行動のモデル分析(5) 地方自治体における財政・基盤整備におけるリアルオプション手法の適用を設定した。並行して資料収集として構造変化推定の線形・非線形モデル、Adaboost に代表されるブートストラップ手法、ジャンプ変動など確率過程の新しいモデル化の方法論、評価関数の記述と解析手法、Importance Sampling などによる確率分布のテイル分布推定手法、エージェント理論の動向と応用分野、不均衡マクロモデルと制御理論などに関する資料収集を行った。また、本研究の成果の直接的な適用分野を把握する目的で、金融機関におけるリスク評価と金融商品の開発、企業間のサプライチェーン形成の現状、電子商取引における現状と課題、オンラインオークションやコミュニティ形成の現状などの調査を進めた。

### 4. 研究成果

今回の研究成果の適用分野としては、株式会社市場および金融機関におけるリスク測定尺度の測定とリスクの小さな資産への投資配分を調整する方法論、企業の生産活動などに応用するリアルオプション評価、企業内における反社会的な社員グループの発生モデル分析などがある。しかしながら一方では解析手順が複雑であり、一般のユーザーにはすぐには結果が理解できない現状にある。そのためこれまでの理論的、実践的な研究成果について広く研究会などにおいて公開すると共に、金融機関、地方自治体などに対して、体

系化された複雑系によるリスク解析ソフトウェアとして提供した。これらについて、1) 投資・企業間関係におけるリスクに関する研究成果公開のセミナーの開催と討論のまとめを実施した。2) 海外の専門家を含めた論点の整理と未解決課題の抽出を行い、年度内に解決できる問題と、早急には解決できない課題を整理した。3) 本研究で得られた成果を具体的な解析ソフトウェアとして整備し、他のシステムへの移植を実施した。4) 以上のシステムにより得られた結果を日本オペレーションズリサーチ学会、電子情報通信学会、情報処理学会、日本経営工学会の学会誌等で随時公表した。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 52件)

(1)時永祥三,池田欽一,結合型プライシングを用いた複数時系列におけるパラメータの同時変化のモデル化とその推定,電子情報通信学会論文誌,

vol.J97-A,no.7,pp.503-518, 2014.7,査読有

(2)J.Lu and S.Tokinaga, Estimation of state changes in system descriptions for dynamic Bayesian networks by using a genetic procedure and particle filters

Economic Modelling, Vol.39, pp.138-145, 2014, 査読有

(3)時永祥三,池田欽一,マルチフラクタル時間変換による多変量マルチフラクタル時系列における初期パラメータ推定,電子情報通信学会論文誌

Vol.J96-A,No.9,pp.601-613, 2013,査読有.

(4)時永祥三,岸川善紀,サプライチェーン管理における小売・製造業者間でのジャンプ過程を含む需要時系列の情報共有に関する分析と応用,情報処理学会論文誌,数理モデルと応用,vol.7,no.2, pp.46-63, 2014,査読有.

(5)N.Takahashi and R.Hibi, "Global convergence of modified multiplicative updates for nonnegative matrix factorization, Computational Optimization and Applications, vol.57, pp.417-440, 2014, 査読有.

(6)時永祥三,池田欽一,結合型プライシングを用いた複数時系列におけるパラメータの同時変化のモデル化とその推定,電子情報通信学会論文誌,vol.J97-A,No.7,pp.1-13,Jul.2014,査読有.

(7)時永祥三,3つのネットワーク結合離散系カオス変動モデルにおける edge snapping による同期化とその応用,情報処理学会論文誌,数理モデルと応用,vol.6,no.2, pp.36-52,2013, 査読有.

(8)N.Takahashi and R.Hibi, Global convergence of modified multiplicative updates for nonnegative matrix factorization Computational

Optimization and Applications, vol.57, pp.417-440, March 2014, 査読有.

(9)T.Fukami and N.Takahashi, "New classes of clustering coefficient locally maximizing graphs," Discrete Applied Mathematics, vol.162, pp.202-213,2014, 査読有.

(10)T.Ohnishi and T.Yanagimoto, Twofold structure of duality in Bayesian model averaging. Journal of the Japan Statistical Society, 43, pp.1-27,2013, 査読有.

(11)時永祥三,高木昇,池田欽一,トラヒック時系列のマルチフラクタル分析による生成モデルの推定と時系列予測への応用,電子情報通信学会論文誌,

vol.J94-A,No.12,pp.891-901,2011, 査読有.

(12)時永祥三,池田欽一,局所的交流による行動決定と状態遷移を行うマルチエージェントからなる平面上のエージェント・クラス形成分析,情報処理学会論文誌,

TOM,vol.4,no.4,pp.19-36,2011, 査読有

(13)時永祥三,池田欽一,局所的交流をする平面上のエージェント特性で生成される信号のカオス・マルチフラクタル分析,電子情報通信学会論文誌,

vol.J94-A,No.6,pp.389-404,2011, 査読有.

(14)時永祥三,高木昇,スケールフリーネットワーク上に配置された局所的交流を行うエージェントの行動分析-エージェント特性のマルチフラクタル分析を中心として,電子情報通信学会論文誌

,vol.J94-A,no.5,pp.323-335,2011, 査読有.

[学会発表](計 47件)

(1)松野成悟,時永祥三,グリーンの実施にともなう業務プロセスの改善と企業間関係の変容に関する分析,日本情報経営学会全国大会,大正大学(東京都豊島区) 2014年5月24日

(2)藤原拓郎,高橋規一,非負値行列因子分解のための階層的交互最小二乗法の修正とその大域収束性,電子情報通信学会 2015年総合大会,立命館大学(滋賀県草津市),2015年3月11日

(3)時永祥三,池田欽一,非線形システムの生成する多変量時系列に対する共分散構造分析に基づく近似表現と粒子フィルタを用いた推定,情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会,沖縄科学技術大学院(沖縄県国頭郡恩納村), 2014年6月27日.

(4)時永祥三,高木昇,遺伝的プログラミングを用いた動的ベイズネットワーク記述における形状変化の推定とその応用,情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会,日本未来科学館(東京都港区), 2014年9月27日.

(5)時永祥三,池田欽一,マルチエージェントシステムにおけるフラクタル・カオス同期に注目した異質エージェント行動分析,電子情報通信学会スマートインフォメディア研究会,関西大学オフィス(大阪府大阪

市),2014年3月7日

(6)時永祥三,池田欽一,粒子フィルタとプライシングによる時系列区分化の手法を用いた非線形時系列生成モデル変化の推定,情報処理学会数理モデル化と問題解決研究会,県民ホール(島根県松江市),2014年3月3日

(7)時永祥三,池田欽一,結合型プライシングによる時系列パラメータの同時変化のモデル化とベイズ手法によるその推定,電子情報通信学会スマートインフォメディア研究会 県民会館(鹿児島県鹿児島市),6月12日,2013.

(8)時永祥三,池田欽一,多変量時系列に対する共分散構造分析と粒子フィルタを用いた大規模非線形システムにおける状態推定,電子情報通信学会非線形問題研究会,関西大学オフィス(大阪府大阪市),2013年12月3日

(9)藤原拓郎,高橋規一,同一次数列をもつグラフ族における代数的連結度極大グラフ -- 完全2部グラフの場合 --,電子情報通信学会2014年総合大会,新潟大学(新潟県新潟市),2014年3月19日.

(10)荻原幸之助,深海竜也,高橋規一,星グラフに辺を加えたグラフの代数的連結度最大性について,電子情報通信学会2012年総合大会,岡山大学(岡山県岡山市),2012年3.21

(11)荻原幸之助・深海竜也,高橋規一,星グラフに辺を加えたグラフの代数的連結度最大性について,電子情報通信学会全国大会,岡山大学(岡山県岡山市),2012年3月21日

(12)片山慈朗,高橋規一,非負制約付き凸2次計画問題に対する修正乗法型更新アルゴリズム,電子情報通信学会全国大会,岡山大学(岡山県岡山市),2012年3.21

(13)時永祥三,池田欽一,遺伝的手法と粒子フィルタを用いた動的ベイズネットワーク記述における構造・状態推定,電子情報通信学会スマートインフォメディア研究会,関西大学オフィス(大阪府大阪市),2011年12.15

(14)松野成悟,挟間雅義,時永祥三,国内製造業におけるグリーンSCMの取組みとパフォーマンスに関する実証分析,日本情報経営学会全国大会,広島工業大学(広島県広島市),2011年11.26.

(15)時永祥三,岸川善紀,ジャンプ過程を含む変数で記述される価格・需要関数のもとでの投資先行・後発の均衡分析,電子情報通信学会回路とシステム研究会,山口大学(山口県山口市),2011年11.17

(16)時永祥三,池田欽一,局所的交流をする平面上のエージェント特性のカオス的変動におけるedge snappingによる同期化,電子情報通信学会回路とシステム研究会,山口大学(山口県山口市),2011年10.10

〔図書〕(計 1件)

時永祥三,複雑系と非線形経済動学 学術振興会出版助成 九州大学出版会 355 ページ,2012

〔産業財産権〕  
出願状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年月日:  
取得年月日:  
国内外の別:

〔その他〕  
ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

時永 祥三(TOKINAGA Shozo)  
九州大学大学院・経済学研究院・名誉教授  
研究者番号:30124134

##### (2)研究分担者

大西 俊郎(OONISHI Toshiro)  
九州大学大学院・経済学研究院・准教授  
研究者番号:60353413

小野 廣隆(ONO Hirotaka)  
九州大学大学院・経済学研究院・准教授  
研究者番号:00346826

高橋 規一(TAKAHASHI Norikazu)  
岡山大学・自然科学研究科・教授  
研究者番号:60284551

中西 一(NAKANISHI Makoto)  
佐賀大学・経済学部・教授  
研究者番号:30284475

松野 成悟(MATSUNO Seigo)  
宇部高専・経営情報学科・教授  
研究者番号:30290795

高木 昇(TAKAGI Noboru)  
九州産業大学・商学部・教授  
研究者番号:00363317

池田 欽一(IKEDA Yoshikazu)

北九州市立大学・経済学部・准教授  
研究者番号： 10334880