

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年5月17日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22540112

研究課題名（和文）

動的リスク管理としてのマルコフ決定過程の展開

研究課題名（英文）

Development of Markov decision processes for the dynamic risk management

研究代表者

安田 正實（YASUDA MASAMI）

千葉大学・大学院理学研究科・名誉教授

研究者番号：00041244

研究成果の概要（和文）：マルコフ決定過程の研究分野の一つは動的リスク管理であり、この分野における古典的な動的計画法に関連した統計学、経済学等の成果をもとに、今日注目されている数理ファイナンスにおけるリスク管理問題とその解析をおこなった。その基盤要素としての再帰関係の再考による展開および不確実性理論との新規理論との研究を推進した。

研究成果の概要（英文）：Dynamic risk management is one of the recent topics related the classical Markov decision Process which has been discussed by mathematical analysis, numerical analysis and the applied aspect of the theory. It includes Statistics, Economics and the technological application also. In this research we had applied the theory to Mathematical finance with uncertain elements for Risk management. The recursive relation and uncertainty in the theory has the new aspect and our aim is to develop for these of general utility functions.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
総計	2,300,000	690,000	2,990,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・数学一般(含確率論・統計数学)

キーワード：マルコフ決定過程、動的計画法、数理ファイナンス、リスク管理測度、一般効用利得関数

1. 研究開始当初の背景

1960年代のベルマン以来の動的計画法の「逐次改良政策」、「値繰り返し法」では次元の呪いとよばれる大きな障害があった。近年の計算機能力、処理速度向上により、よいアルゴリズムでは、解ける問題が増えている（強化学習、探索理論）。しかし究極的に避けられない障壁として、「不確実性、偶然性」の問題が存在する。認知し得ない変

動を確率分布として認識することはたいへん難しい。応用における失敗などが数多く知られている。この環境下でもベイズ統計（推移確率行列の推定、利得関数の評価）、Q-学習法が提案され、解法が試みられている事実がある。新たにリスク管理の尺度を考察したい。この研究の動機とした。

2. 研究の目的

マルコフ決定過程 (Markov Decision Processes) の応用として、リスク管理に関する解析を考察する。決定要素にもなう不確実性を克服するリスク測度の解析問題に、ベイズ統計学、未知推移確率での動的計画法、ニューロダイナミクス、強化学習等を展開し、より具体的な分析ができるよう、従来のMDPsの基盤構成要素から再考し、新手法の開発とともに応用問題を視野にいたした研究課題を推進することを目的とする。

3. 研究の方法

不確実な環境下でのモデル構築をするために、さまざまな応用分野との交流を行い、いわゆるソフト・コンピューティングの立場で下記の研究課題を研究する。下記の3項目のテーマに概要できる。

- (1) ベイズ統計解析による決定理論とMDP
- (2) ファジ理論 (非加法性測度論) の展開
- (3) 強化学習 (Q-learning) による意思決定問題

これらはいずれも基盤となる点は、マルコフ決定モデルであり、互いに深い関連をもつ。この3つの点は、各年度を通じて研究されるべきものであり、特に年度の区切りとしての意味はもちえない。

4. 研究成果

マルコフ決定過程の研究結果発表は応用数学のみならず、経済学、工学の分野にまたがり、いろいろな研究集会にて発表をおこない、研究雑誌に投稿してきた。研究論文の査読にはまだ時間がかかるものもあるが、現在までの状況を述べる。

- (1) ベイズ論による解析には事前確率に関して信頼区間を与えることで、事後確率の解析をおこなった。とくにマルコフ決定過程の再帰関係がカギとなっている。
- (2) ファジー論による導入では、詳細な収束定理が基本であり、従来の実関数論での収束ではカバーできない部分の議論をおこなった。これに対する相互関係についても引き続き議論を展開して、より応用へと結びつくものと考察している。
- (3) いわゆるマルコフ決定過程の応用の一つであることから、様々な応用が得られている。ここでの成果は項目1) 2)との関連での結果を学会発表にておこなっている。
- (4) その他、一般的な動的計画法に関する付随的ないくつかの成果も得られ、これも論文として発表した。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計8件)

- ① T. Fujita, T. Akima; A Posteriori Conditional General Expected Value with Product-product Operation in Nondeterministic Decision Processes, Bulletin of the Kyushu Institute of Technology. Pure and applied mathematics, 査読無 Vol. 59, 2012, pp. 7-19.
- ② 藤田敏治「結合型評価をもつ相互依存型決定過程」京都大学数理解析研究所講究録, 査読無、1802, 2012年7月, pp. 78-84.
- ③ F. Dufour, M. Horiguchi and A. B. Piunovskiy; The expected total cost criterion for Markov decision processes under constraints: a convex analytic approach, Advances in applied probability (2012), 査読有、Vol. 44 No. 3, pp. 774-793. doi:10.1239/app/1346955264
- ④ 堀口正之「区間ベイズ手法と逐次抜き取り問題について」(Interval Bayesian method and sequential sampling problem)、京都大学数理解析研究所講究録 1802「不確実・不確定環境下における数理的意思決定とその周辺」、査読無、pp. 85-91, 2012. 07.
- ⑤ A. Kira, T. Ueno and T. Fujita; Threshold probability of non-terminal type in finite horizon Markov decision processes, Journal of Mathematical Analysis and Applications, 査読有 Vol. 386, 2012, pp. 461-472.
- ⑥ Li Jun, Ling Zhou, M. Yasuda: Autocountinuity from below of set functions and convergence in measure, NLMUA (Beijing), Sep, 2011, 査読有、Springer, Page 77-83.
- ⑦ T. Nakai; Monotonic properties for a sequential decision problem with partial management on Markov processes, Mathematicae Japonicae, Online, 査読有、e-2011-24, pp. 283-292.
- ⑧ 吉良知文, 植野貴之, 藤田敏治「制御マルコフ連鎖における成長確率最大化

について」京都大学数理解析研究所講
究録、査読無、1682、2010年4月、pp.
62-69.

[学会発表] (計 23 件)

- ① 藤田敏治「相互依存型決定過程と落下試験数最適化」日本数学会 2013 年度年会統計数学分科会、2013 年 3 月 20 日、京都大学.
- ② 岩本誠一、木村寛、藤田敏治「2 次計画における黄金シフト双対性」日本 OR 学会平成 25 年度春季研究発表会、2013 年 3 月 5 日、東京大学.
- ③ 堀口正之「マルコフ決定過程における統計的手法について」(Statistical methods in Markov Decision Processes)、RIMS 共同研究「決定過程に関わる数理モデルの新たな展開と応用」、2013 年 2 月 12 日、京都大学数理解析研究所.
- ④ 近藤匠、藤田敏治「辞書式順序による落下試験回数最適化」最適化法とその応用第 4 回研究集会、2012 年 12 月 10 日、秋田県立大学.
- ⑤ 堀口正之「ファジィベイズ手法の品質管理への応用」(An application of fuzzy Bayesian method to quality control)、RIMS 研究集会「確率的環境下での意思決定解析」、2012 年 11 月 19 日、京都大学数理解析研究所.
- ⑥ 岩本誠一、木村寛、藤田敏治「Primal-dual inequalities: an application of conjugate function」DP 部会合同シンポジウム 2012、2012 年 10 月 19 日、芝浦工業大学 SIT 総合研究所併イノベーションスクエア.
- ⑦ 藤田敏治「相互依存型決定過程 - n 過程モデル -」DP 部会合同シンポジウム 2012、2012 年 10 月 19 日、芝浦工業大学 SIT 総合研究所併イノベーションスクエア.
- ⑧ 堀口正之; Bayesian approach to a location problem、日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会確率最適化モデルとその応用、2012 年 9 月 14 日、名古屋市立大学.
- ⑨ 安田正實; ドモアブルの確率問題とフィボナッチ数列の拡張、日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会確率最適化モデルとその応用、2012 年 9 月 14 日、名古屋市立大学.
- ⑩ 岩本誠一、木村寛、藤田敏治「黄金最適解の双対性 - 相加・相乗平均不等式-」、日本 OR 学会平成 24 年度秋季研究発表会、2012 年 9 月 12 日、ウインクあいち.
- ⑪ S. Iwamoto, Y. Kimura, T. Fujita; A GOLDEN COMPLEMENTARY DUALITY IN QUADRATIC OPTIMIZATION PROBLEM, Asian Conference on Nonlinear Analysis and Optimization (NAO-Asia2012) 2012 年 9 月 10 日, Kunibiki Messe, Matsue, Japan.
- ⑫ 堀口正之; 「推移法則が未知のマルコフ決定過程について」日本オペレーションズ・リサーチ学会研究部会「不確実性環境下での意思決定科学」(第 9 回研究会) および国際数理科学協会「確率モデルと最適化」研究部会との共催、2012 年 8 月 30 日、西宮市大学交流センター.
- ⑬ M. Horiguchi; Markov decision processes with unknown transition Matrices, 25th European conference of operational research (EURO2012), 2012 年 7 月 8 日, Vilnius, Lithuania.
- ⑭ K. Ano, N. Kakie, N. Miyoshi, M. Yasuda; Multiple stopping odds problem in Markov-dependent trials, 6th ECM, Satelite Section, 2012 年 7 月 3 日, Krakow, Poland.
- ⑮ 藤田敏治、秋間 崇志「非決定性動的計画における加法-乗法型評価について」第 7 回 DP 研究会 2012 年 1 月 6 日、九州工業大学.
- ⑯ 藤田敏治「結合型評価をもつ相互依存型決定過程」京都大学数理解析研究所研究集会: 不確実・不確定環境下における数理的意思決定とその周辺 2011 年 11 月 7 日、京都大学数理解析研究所.
- ⑰ 藤田敏治「動的計画の一般モデルと汎用ソルバー」DP 部会合同シンポジウム 2011 年 10 月 14 日、千葉大学.
- ⑱ 吉良知文、藤田敏治、植野貴之「有限マルコフ決定過程～流動性リスク最小化モデル～」DP 部会合同シンポジウム 2011 年 10 月 14 日、千葉大学.
- ⑲ 藤田敏治「相互依存型決定過程について - 評価系の拡張 -」日本数学会 2011 年度

秋季総合分科会統計数学分科会, 2011年
9月29日, 信州大学松本キャンパス.

- ⑳ M. Yasuda, S. Iwamoto, Y. Kimura;
Explicit dynamic Quadratic
programming creating Fibonacci number
and Golden ratio, Workshop on Games and
Markov Decision Processes, 2011年7
月12日, Wroclaw, Poland.
- ㉑ T. Fujita; Mutually Dependent Decision
Processes, The International
Federation of Operational Research
Societies (IFORS), 2011年7月10日,
Melbourne, Australia.
- ㉒ A. Kurushima, K. Ano, M. Yasuda; Odds
theorem in Bernoulli sequences of
Random length with multiple selection,
APS, 2011年7月6日, Stockholm, Sweden.
- ㉓ M. Kageyama, K. Ano, M. Yasuda; Optimal
stopping for CVAR on secretary problem,
APS, 2011年7月6日, Stockholm, Sweden.

[図書] (計0件)

[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:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

研究代表者のホームページ:
<http://www.math.s.chiba-u.ac.jp/~yasuda>
最近の研究発表、論文リスト等を掲載

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 正實(Yasuda Masami)
千葉大学・理学研究科・名誉教授
研究者番号: 00041244

(2) 研究分担者

大坪 義夫(Ohtsubo Yoshio)
高知大学・自然科学系・教授
研究者番号: 20136360

中井 達(Nakai Toru)
千葉大学・教育学部・教授
研究者番号: 20145808

中神 潤一(Nakagami Junichi)
千葉大学・理学研究科・教授
研究者番号: 30092076

來島 愛子(Kurushima Aiko)
上智大学・経済学部・准教授
研究者番号: 30408728

藤田 敏治(Fujita Toshiharu)
九州工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 60295003

堀口 正之(Horiguchi Masayuki)
神奈川大学・工学部・准教授
研究者番号: 90366401

(3) 連携研究者

該当者なし