

---

意思決定過程に関する柔構造数理モデルの研究

---

15540105

平成15年度～平成17年度科学研究費補助金

( 基盤研究 (C) ) 研究成果報告書

平成18年3月

研究代表者 蔵野正美

千葉大学教育学部教授

<はしがき>

この研究は、研究課題名「意思決定過程に関する柔構造数理モデルの研究」の研究  
成果報告書である。この研究は、平成 15 年度から平成 17 年度の間になされた。

研究成果報告書の構成は次のとおりである。

- ・ 研究発表リスト  
研究代表者、研究分担者の学会誌等の研究発表論文及び口頭発表のリストを掲  
載する。
- ・ 研究成果  
研究成果の概要と発表論文の主要なもの、重要なものを収録する。

このような研究成果を残すことが出来たことは、研究分担者及び事務の方々のおか  
げであることを付記したい。

**研究組織**

研究代表者：蔵野正美 (千葉大学 教育学部 教授)  
研究分担者：劔持信幸 (千葉大学 教育学部 教授)  
研究分担者：安田正實 (千葉大学 理学部 教授)  
研究分担者：中神潤一 (千葉大学 理学部 教授)  
研究分担者：門田良信 (和歌山大学 教育学部 教授)  
研究分担者：吉田祐治 (北九州市立大学 経済学部 教授)

**交付決定額 (配分額)**

(金額単位：円)

|          | 直接経費      | 間接経費 | 合計        |
|----------|-----------|------|-----------|
| 平成 15 年度 | 1,300,000 | 0    | 1,300,000 |
| 平成 16 年度 | 1,100,000 | 0    | 1,100,000 |
| 平成 17 年度 | 1,000,000 | 0    | 1,000,000 |
| 総計       | 3,400,000 | 0    | 3,400,000 |

## 研究発表リスト

学会誌等 (発表者, テーマ名, 学会誌等名, 巻, 年月日)

1. Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Markov decision processes with fuzzy rewards , Journal of Nonlinear and Convex Analysis, Vol. 4, pp. 105-115, (2003)
2. Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : Fuzzy stopping problems in continuous-time fuzzy stochastic systems , Fuzzy Sets and Systems, Vol. 139, pp. 349-362, (2003)
3. Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : A multiobjective fuzzy stopping in a stochastic and fuzzy environment , Computers & Mathematics with Applications , Vol. 46, pp. 1165-1172, (2003)
4. Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : A fuzzy stopping problem with the concept of perception , Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol. 3, pp. 367-374, (2004)
5. Yoshida, Y., Yasuda, M., Kurano, M., Nakagami, T. : Stopping game problem for dynamic fuzzy systems , A. S. Nowak and K. Szajowski (eds) : Advances in Dynamic Games (Annals of the International Society of Dynamic Games, Vol. 7, pp. 211-222, (2005))
6. Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : A discrete-time American put option model with fuzziness of stock prices , Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol. 4, pp. 191-207, (2005)
7. Kadota, Y., Kurano, M., Yasuda, M. : Discounted Markov decision processes with utility constraints , Computers and Mathematics with Applications (掲載予定)

口頭発表（発表者, テーマ名, 学会等, 年月日）

1. 蔵野正美, 安田正實, 中神潤一, 吉田祐治 : A fuzzy stopping problem with the concept of perception,  
京都大学 数理解析研究所 講究録 1306 「不確実性の下での意思決定の数理」, pp. 40-46, (2003年2月)
2. 吉田祐治, 安田正實, 中神潤一, 蔵野正美 : A discrete-time portfolio model with uncertain stock prices,  
日本数学会 (東京大学, 2003年3月)
3. 堀口正之, 蔵野正美 : constrained semi-Markov decision processes with stopping Times,  
日本数学会 (千葉大学, 2003年9月)
4. 岩村覚三, 堀口正之, 蔵野正美 : Fuzzy metric clustering and dynamic programming  
日本 OR 学会 (早稲田大学, 2004年3月)
5. 吉田祐治, 安田正實, 中神潤一, 蔵野正美: Dynamic decision making with fuzzy preference,  
日本数学会 (筑波大学, 2004年3月)
6. 門田良信, 蔵野正美, 安田正實 : Regret-optimality equations in semi-MDPs with an absorbing set,  
京都大学 数理解析研究所 講究録 1373 「不確実性と意思決定数理の諸問題」 pp. 8-16, (2004年5月)
7. 吉田祐治, 安田正實, 中神潤一, 蔵野正美, 隈本覚 :  
Dynamic decision making with fuzzy preference as a utility functions,  
京都大学 数理解析研究所 講究録 1383 「不確実性で動的なシステムの最適化理論とその展開」 pp. 52-63, (2004年7月)
8. Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, J., Kurano, M. : An objective function based on fuzzy preferences in dynamic decision making , Lecture Notes in Artificial Intelligence 3214, pp. 1230-1236. "Knowledge-based Intelligent Information and Engineering Systems , Part II" Springer, 2004

9. Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : A fuzzy stopping problem with the perception : The finite and infinite horizon cases, Proceedings of the Third International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analyses , pp. 233-243, 2004
10. 蔵野正美, 安田正實, 中神潤一, 吉田祐治 : Fuzzy perception values for stopping model and MDPs,  
日本 OR 学会 (東京農工大学, 2005 年 3 月)
11. Kadota, Y., Kurano, M., Yasuda, M. :Regret-optimality in semi-Markov decision processes with an absorbing set,  
Proceedings:The sixth International Conference on Optimization :Techniques and Applications (ICOTA6), Paper No. 44, pp. 1-14, 2004
12. Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Perception evaluation for the optimal discounted reward in Markov decision processes , V.Torra et al (Eds): MDAI, Proceedings pp. 283-293, 2005
13. Kurano, M. Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Fuzzy optimality equations for perceptive MDPs, Eleventh International Fuzzy Systems Association World congress , Vol. III, pp. 1811-1815, 2005
14. 蔵野正美, 安田正實, 中神潤一, 吉田祐治:A fuzzy perception value multi - variate stopping problem with a monotone rule  
第 9 回計画数学関係研究集会 「数理決定過程の展開とその応用」  
(長崎大学, 2005 年 10 月)
15. 伊喜哲一郎, 堀口正之, 安田正實, 蔵野正美:A learning algorithm for communicating Markov decision processes with unknown transition matrices,  
研究集会「不確実性の下での意思決定と数理モデル」  
(京都大学 数理解析研究所, 2005 年 11 月)
16. 門田信幸, 蔵野正美, 安田正実:Regret-optimal policies in absorbing semi-Markov decision process with multiple constraints  
研究集会「情報決定過程の展開」(京都大学 数理解析研究所, 2006 年 2 月)

# 研究 成 果

## 概要

本研究は意思決定過程に関する柔構造数理モデルの柔構造的性について総合的かつ統一的に理論研究を行うことを目的として、具体的には、知覚情報モデル、適応モデル、ファジイ停止モデルおよび一般効用モデルについて解析研究を進めた。主な研究成果は次のとおりである。

### 1. 知覚情報マルコフ決定モデル

有限マルコフ決定過程の未知の推移確率行列に対する知覚情報 (perception-based information) をファジイ集合を用いて表現し、知覚情報を許容する決定過程モデルを構築して、動的計画法の手法を適用して最適期待利得の知覚値 (perception value) を求めるためのファジイ関係式を導出することに成功した。それによって、割引率がある場合および平均基準の評価のもとで知覚値のいろいろな性質が導かれた。

### 2. 適応型マルコフ決定モデル

推移確率行列が未知の有限マルコフ決定過程の適応政策の構成の問題を取り扱い、communicating case に対して、最尤推定法と reward-penalty 型の強化学習アルゴリズムを融合的に組み合わせることにより、いわゆる「探索と記憶のジレンマ」を克服した適応政策の存在を構成的に示した。

### 3. ファジイ停止モデルと応用

確率変数列の確率分布に対する知覚情報をファジイ確率変数を用いて表し、知覚情報を許容する最適停止問題を定式化して最適利得の知覚値 (perception value) を求めるファジイ関係式により解析する方法を示した。また、グループの意見を集約するのに単調理論関数 (多数決ルールを含む) を用いた多人数の最適停止モデルに対して、均衡解の知覚的予測値を求めるファジイ関係式の導出に成功した。ファジイ停止モデルのファイナンス工学 (option) への応用についても一定の成果を得た。

### 4. 一般効用 (リブレット) 決定モデル

吸収壁があるマルコフ決定モデルおよびセミ・マルコフ決定モデルに対して、リブレット関数のもとでの最適化問題をモデル化し、最適解とその性質についての解析結果を得た。これらの結果は、制限条件付きの場合に拡張された。

## 主な発表論文

研究成果の項目別に, 主要な発表論文を収録する

### 1. 知覚情報マルコフ決定モデル

ページ 9-19

Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Markov decision processes with fuzzy rewards, Journal of Nonlinear and Convex Analysis, Vol. 4, pp. 105-115, (2003)

ページ 20-31

吉田祐治, 安田正實, 中神潤一, 蔵野正美, 隈本覚 :

Dynamic decision making with fuzzy preference as a utility functions,  
京都大学 数理解析研究所 講究録 1383 「不確実性で動的なシステムの最適化理論  
とその展開」 pp. 52-63, (2004年7月)

ページ 32-42

Kurano, M. Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Perception evaluation for the optimal discounted reward in Markov decision processes, V. Torra et al (Eds) : MDAI, Proceedings pp. 283-293, 2005

ページ 43-47

Kurano, M. Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : Fuzzy optimality equations for Perceptive MDPs,

Eleventh International Fuzzy Systems Association World Congress,  
Vol. III, pp. 1811-1815, 2005

### 2. 適応型マルコフ決定モデル

ページ 48-63

伊喜哲一郎, 堀口正之, 安田正實, 蔵野正美: A learning algorithm for communicating Markov decision processes with unknown transition matrices,

研究集会「不確実性の下での意思決定と数理モデル」

(京都大学 数理解析研究所, 2005年11月)

### 3. ファジイ停止モデルと応用

ページ 64-77

Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : Fuzzy stopping problems in continuous-time fuzzy stochastic systems, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 139, pp. 349-362, (2003)

ページ 78-85

Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : A multiobjective fuzzy stopping in a stochastic and fuzzy environment, Computers & Mathematics with Applications, Vol. 46, pp. 1165-1172, (2003)

ページ 86-93

Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : A fuzzy stopping problem with the concept of perception, Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol. 3, pp. 367-374, (2004)

ページ 94-103

Kurano, M., Yasuda, M., Nakagami, J., Yoshida, Y. : A fuzzy stopping problem with the perception : The finite and infinite horizon cases, Proceedings of the Third International Conference on Nonlinear Analysis and Convex Analyses, pp. 233-243, (2004)

ページ 104-112

蔵野正美, 安田正実, 中神潤一, 吉田祐治 : A fuzzy perception value multi-variate stopping problem with a monotone rule, 第9回計画数学関係研究集会 「数理決定過程の展開とその応用」 (長崎大学, 2005年10月)

ページ 113-123

Yoshida, Y., Yasuda, M., Kurano, M., Nakagami, T. : Stopping game problem for dynamic fuzzy systems, A. S. Nowak and K. Szajowski (eds) : Advances in Dynamic Games (Annals of the International Society of Dynamic Games, Vol. 7, pp. 211-222, 2005)

ページ 124-140

Yoshida, Y., Yasuda, M., Nakagami, T., Kurano, M. : A discrete-time American put option model with fuzziness of stock prices, Fuzzy Optimization and Decision Making, Vol. 4, pp. 191-207, (2005)

#### 4. 一般効用 (リブレット) 決定モデル

ページ 141-151

門田良信, 蔵野正美, 安田正實 : Regret-optimality equations in semi-MDPs with an absorbing set,

京都大学 数理解析研究所 講究録 1383 「不確実性と意思決定数理の諸問題」  
pp. 8-16, (2004年5月)

ページ 152-159

門田良信, 蔵野正美, 安田正實: Regret-optimal policies in absorbing semi-Markov decision processes with multiple constraints

研究集会「情報決定過程の展開」

(京都大学 数理解析研究所, 2006年2月)

ページ 160-165

Kadota, Y., Kurano, M. Yasuda, M. : Discounted Markov decision processes with utility constraints , Computers and Mathematics with Applications (掲載予定)