

京都大学教育研究振興財団助成事業
成果報告書

平成22年4月1日

財団法人京都大学教育研究振興財団

会長 辻井 昭雄 様

所属部局・研究科 情報学研究科

職名・学年 助教

氏名 東 俊一

事業区分	平成21年度・長期派遣助成	
研究課題名	超解像制御論の構築:低解像度信号による高機能制御の実現	
受入機関	ペンシルバニア大学	
渡航期間	平成21年4月1日 ~ 平成22年3月30日	
成果の概要	タイトルは「成果の概要/報告者名」として、A4版2000字程度・和文で作成し、添付して下さい。「成果の概要」以外に添付する資料 無 有()	
会計報告	交付を受けた助成金額	2,550,000円
	使用した助成金額	2,550,000円
	返納すべき助成金額	0円
	助成金の使途内訳 (使用旅費の内容)	航空券 150,000円
		滞在費 2,400,000円

成果の概要 / 東 俊一

本長期派遣においては、採択課題「超解像制御論の構築：低解像度信号による高機能制御の実現」に関する3つの研究に取り組んだ。

1. 離散抽象化の観点からの動的システムの複雑度の特徴付け

最初の2ヶ月は、連続的な状態変数を持つ動的システム(連続動的システム)の複雑度を、位相的エントロピを用いて特徴付けることを試みた。本課題は、連続動的システムを、どの程度簡単な有限状態機械(低解像度なシステム)で表現できるか?ということ明らかにするものであり、位相的エントロピをとの関係性を明らかにする点に新しさがあった。しかしながら、この問題は、位相的エントロピとの相性が悪く、これといった価値のある成果を得ることはできなかった。

2. 確率システムの離散抽象化

その後、滞在期間の前半までは、確率的な振舞いをする動的システムを有限個の状態を持つマルコフ連鎖で表現する手法に関して研究を行なった。この問題は、無限個の状態量をもつシステムを、いかに低解像度なシステムで表現するか?という点に難しさがあり、採択者は、低解像度システムの存在性を、双模倣関数と呼ばれるあるスカラ関数の存在性で特徴づけ、それを用いた低解像度システムの構成法を開発した。提案法は、効率的に計算可能な凸最適化問題を利用したものであり、計算複雑度の観点からも望ましいものとなっている。本成果によって、確率的システムの振舞いの「本質的な部分」と「無視できる部分」の切り離しが可能となり、安全性解析や制御系設計への応用が期待できる。

本成果は、システム制御に関する主要な国際会議のひとつである American Control Conference に、投稿され採択が決定している[1]。また、国際論文誌への投稿の準備を現在行なっている。

3. 極値探索制御

滞在の後半では、移動ロボットの極地探索制御の研究を行なった。ここで考えた問題はつぎのようなものである。

ある空間に移動ロボットが存在するものとする。その空間は、ある種の「場」(たとえば、磁場や化学物質の濃度分布など)となっているが、その場がどのようなものかは未知である。このとき、ロボットが場の極地を探索するような制御器を求めよ。

この問題は、「警察犬の犯人追跡」や「バクテリアの走化性」を抽象化したものであり、無線通信、ロボットによる警備、地雷探索など、工学的応用範囲の広いものである。また、微生物の動作メカニズム(特に前述のバクテリアの走化性)を明らかにする上でも重要な問題である。

本研究では、この問題を、少ない数のシンプルな制御器の組合せ(低解像制御器)で解決することを目指した。その結果、3つの制御器(ランダム回転制御器と2種類の前後進制御

器)の組合せで、ロボットが極地を探し出し、そこに到達できることを数学的に証明した。本結果は、確率近似の枠組みを利用しており、この問題に対して、これまでにない全く新しい手法となっている。また、ロボットの構造に依存しないものであり(すなわち、概ねどのようなロボットでも適用可能)、また「場」が確率的に切替るような現実的な設定にも対応している。

本成果は、システム制御に関する最高の国際会議と論文誌である IEEE Conference on Decision and Control および IEEE Transactions on Automatic Control に投稿した。

論文リスト

- [1] S. Azuma and G.J. Pappas: Discrete Abstraction of Stochastic Nonlinear Systems: A Bisimulation Function Approach, 2010 American Control Conference, 採録決定, 2010.
- [2] S. Azuma, M.S. Sakar, and G.J. Pappas: Nonholonomic Source Seeking in Switching Random Fields, The 49th IEEE Conference on Decision and Control, 投稿中, 2010.
- [3] S. Azuma, M.S. Sakar, and G.J. Pappas: Stochastic Source Seeking by Mobile Robots, IEEE Transactions on Automatic Control, 投稿中, 2010.