



Title	Adaptive Foraging for Swarm Robotic Systems : A bio-inspired approach
Author(s)	Castello Ferrer, Eduardo
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59623
rights	
Note	やむを得ない事由があると学位審査研究科が承認したため、全文に代えてその内容の要約を公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Abstract of Thesis

Name (EDUARDO CASTELLO FERRER)	
Title	Adaptive Foraging for Swarm Robotic Systems: A bio-inspired approach (集団ロボットシステムにおける適応的採餌行動: 生物規範アプローチ)
<p>Abstract of Thesis</p> <p>Developing self-organised swarm systems capable of adapting to environmental changes as well as to dynamic situations is a complex challenge. An efficient labour division model with the ability to regulate the distribution of work among swarm robots is an important element of any distributed system of this kind.</p> <p>This thesis explores novel bio-inspired models into the task allocation and division of labour methods of swarm robotic systems. Models such as the Adaptive Response Threshold Model (ARTM) and the Hierarchical Discrete Attractor Selection Model (HDASM) are proposed in order to accomplish task allocation and labour division duties in a wide variety of situations.</p> <p>Experiments were carried out in simulation and in real-robot scenarios with the aim of studying the performance of these new adaptive models. Results presented in this thesis verify that the approaches presented improve on the adaptability of previous systems. For example, by adjusting and optimising important parameters during robotic foraging missions. The proposed models, help small swarms of robots to adapt more efficiently to changing environments, thus increasing their self-sustainability.</p> <p>Finally, this thesis proposes time-critical foraging scenarios where an increasing number of swarms co-exist and are able to exchange robot workers. The task allocation processes and the exchange work policies between swarms were investigated through extensive simulation studies. Results obtained demonstrate that the proposed models can achieve efficient and adaptive task allocation and labour division even in time-critical foraging missions in which one or more deployment points are present.</p>	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏名 (EDUARDO CASTELLO FERRER)		
論文審査担当者	(職)	氏名
	主査 教授	石黒 浩
	副査 教授	細田 耕
	副査 教授	宮崎 文夫

論文審査の結果の要旨

本論文は、群ロボットの採餌(foraging)におけるタスク割り当てに関して一般的に用いられている Response Threshold Model (RTM) に新たなアイデアを導入して大幅にパフォーマンスを向上することに成功した。

RTMはロボットが外部からの司令信号の強度に応じてタスク切り替えを確率的に行うモデルであり、これまで提案され、一般的に用いられているモデルでは閾値はすべてのロボットにおいて共通な値を用いており、切り替えを行う確率がシグモイド関数状に定義され、その急峻さがランダムに割り当てられていた。この性質によりすべてのロボットが同時にタスク切り替えを行うことが防がれ、ロボットの利用が効率的になるという考え方であった。

本論文では、確率関数の傾きの急峻さではなく閾値の値を変化させる方が採餌行動の効率化につながると考え、状況に応じて閾値の値を変化させるメカニズム Adaptive Response Threshold Model (ARTM) を提案した。このメカニズムはアトラクタ選択モデル (Attractor Selection Model, ASM) を離散化したモデルである Discrete Attractor Selection Model (DASM) と呼ばれ、前者では微分方程式の数値積分を要求されたが、後者では確率的有限状態機械と単純化され、小型ロボットに実装するのには適している。このモデルはシミュレーション実験においてRTMを大きく上回るパフォーマンスを示した。

このモデルはシミュレーションのみでなく、実機を用いた実験でも検証された。パフォーマンス指標で最も重視した群の生存率では、RTMではシミュレーションよりも大きく落としたのに対し、ARTMでは軽微な減少にとどまった。いずれの場合もパフォーマンス減少の原因是ロボット同士の衝突にあると考えられるが、ARTMでは衝突が短時間で解消されることが確認された。

さらにシグモイド関数状に表現された確率過程も排して閾値のみで表現したSARTM (Simple Adaptive Response Threshold Model) もシミュレーション実験において RTM を上回るパフォーマンスを示したため、適応的な採餌行動にとって重要なファクターは閾値の最適化であることが強く示唆された。

最後に、このモデルでは新たな試みとして、群の基地(nest)を複数にした multi-nest situationでの適応的採餌行動をシミュレーションで実験した。それぞれのnestに対して異なった採餌要求を与えた場合、餌の不足しているnestが他のnestに所属しているロボットを一時借用して支援を受ける行動を、階層化したDASMとして実装した。これは不足している餌トークンの数に応じ支援採餌の回数を適応的に指定するものである。これは支援採餌の回数を固定化した場合と比較して、とくにnestの位置関係から支援を受けられる可能性が一律でない場合でも高いパフォーマンスを示すことが確認された。

以上より本論文は、群ロボットの採餌活動に関してARTM、SARTMといった新たなモデルを提案し、それらの有用性を示したこと、そして採餌活動の問題設定自体に関して複数基地という新たな問題を提案した。これらの貢献により博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。