

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24年6月15日現在

機関番号：53801
 研究種目：若手研究（B）
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22700159
 研究課題名（和文） 蟻の群知能メカニズムの大規模最適化問題への応用と教育利用
 研究課題名（英文） Applying swarm intelligence of ant to large-scale problems and educations
 研究代表者
 中道 義之（NAKAMICHI YOSHIYUKI）
 沼津工業高等専門学校・総合情報センター・講師
 研究者番号：40435467

研究成果の概要（和文）：近年、群知能の研究が盛んになってきており蟻のフェロモン・コミュニケーションに関しても、メカニズムの探求やその工学的応用が試みられている。本研究は、蟻のフェロモン・コミュニケーションのメカニズムを 1)大規模最適化問題の解法と 2)教育利用に応用することを目指している。研究の結果、1)については GPGPU を利用する事により ACO の高速化を実現し、2)については、より小型化した蟻型ロボットの開発を進めた。

研究成果の概要（英文）：Complex and adaptive behavior of population emerges in ants. The study of ant's swarm intelligence and its technological and/or educational application are highlighted in recent year. We developed faster ACO algorithm using GPGPU, and small robot system like ant swarm.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：人工生命

科研費の分科・細目：情報学、知能情報学

キーワード：知能ロボティクス・群知能・組み合わせ最適化・群ロボット・教育工学

1. 研究開始当初の背景

(1)蟻は、女王蟻や働き蟻がそれぞれの役割を分担し、局所的・分散的な情報に基づいて相互作用し、自分のなすべきことを自律的に決定しているのにもかかわらず、群全体としてはあたかも最適な行動がわかっているかのように振る舞う（群知能が実現されている）。このような蟻の群知能の創発現象において中心的な役割を果たしているのがフェロモン・コミュニケーションである。これはフェロモンと呼ばれる化学物質を分泌・知覚することによって行われる間接的なコミュニケ

ーションのことである。

(2)近年、群知能の研究が盛んになってきており、フェロモン・コミュニケーションに関しても、メカニズムの探求やその工学的応用が試みられている。これらの研究はさらなる発展の余地がある。例えば、組み合わせ最適化問題の解法への応用である Ant Colony Optimization (ACO) に関しては、大規模な実問題や組み合わせ最適化問題以外への応用がある。他にも、群ロボットなどの実システムへの応用やその教育利用がある。

2. 研究の目的

本研究の目的は「フェロモンのメカニズムを様々な実問題の解決に役立てる」ための方法論を探ることである。具体的には下記の2つを目的としている。

目的(1) Ant Colony Optimization の LED 配置への応用：Ant Colony Optimization (ACO) は、蟻がフェロモンを使ってコミュニケーションすることによって巣と餌場の間を最短距離でつなぐという現象からヒントを得た探索アルゴリズムである。ACO は巡回セールスマン問題といった組合せ最適化問題を発見的に解くためのアルゴリズム（メタヒューリスティック）と位置付けられる。本研究では ACO を LED の最適配置という大規模な組み合わせ最適化に応用することを目指す。この LED の最適配置には、単に LED の位置を決定するだけでなく、LED の数や色、光の強さなど多数のパラメータを調整しなければならない。また、その評価基準も、見た目や電力といった複数の観点から考慮しなければならないという多目的最適化の一面があり、大規模な実問題である。

目的(2) フェロモン・コミュニケーションに基づいた群ロボットシステムの教育利用：群ロボットに自律的に協調動作を行わせるということは非常に難しい。このため、様々なアプローチが試みられてきた。近年、社会性昆虫の協調活動を応用することが注目されているが、蟻のフェロモン・コミュニケーションの概念を実ロボットに適用した例はほとんど無い。これは、フェロモンの持つ特性（滞留性・拡散性）を実世界で扱うのが困難であるからと考えられる。これに対して電磁誘導方式液晶タブレットと小型ロボットを用いて、実世界でフェロモン・コミュニケーションを行う群ロボットシステムに関する研究を進めている（図1、図2）。本研究では、このシステムの教育利用を目的とする。複雑系教育における、学習者の試行錯誤が可能で高い学習効果が期待できるシステムの構築を目指す。

3. 研究の方法

目的(1)に関して

- ① 基本的な条件（単色の LED を1種類だけ用いる）に適用可能で、GPGPU を活用する LED 配置最適化アルゴリズムの構築と評価実験を行う。実際の照度を撮影した画像をとシミュレーション結果との誤差を測定し、その結果に基づいてモデルを修正する。
- ② 照度に基づいた評価関数の作成：目的とする照度分布とシミュレーションによる照度分布の差分に基づいた評価関数を作

成する。

- ③ アリのフェロモン・コミュニケーションに基づいた LED 最適配置問題の解法アルゴリズムを考案・実装し、評価実験を行う。LED 最適配置問題は、実数値最適化、クラスタリング等のプロセスが必要なだけでなく、LED の個数の決定、他の LED の位置の影響等を考えなければならない複雑な問題である。本研究では、アリがゴミをクラスタリングするアルゴリズムと、ACO の実数値最適化アルゴリズムを組み合わせることでこの問題を解くことを試みる。実装とテストを繰り返し、より精度の高いアルゴリズムの開発を目指す。

目的(2)に関して

- ① 教育に応用可能な群ロボットシステム用基盤ソフトウェア・センサもジュールを開発する。
- ② その後、実験用教材として利用し、従来の複雑系教育用ソフトウェアと比較を行い、その教育効果を測る。

図1

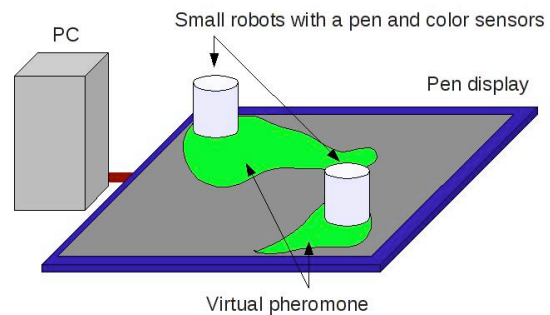


図1:フェロモン・コミュニケーションに基づいた群ロボットシステムの概念

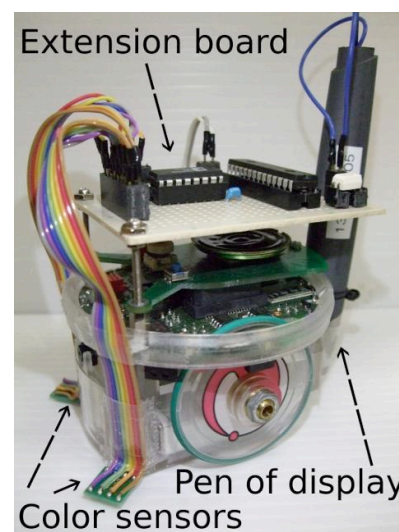


図2:開発したフェロモン・コミュニケーションが可能なロボット

4. 研究成果

(1) LED 配置問題および時間制作成問題について ACO に基づいたアルゴリズムを開発した。また、GPGPU を用いて高速化を行い、その効果を検証した (図 3)。さらに CAD 図面の入出力機能として CAD のファイル形式として標準的な DXF ファイルを読み込み問題を生成し、また配置結果を DXF ファイルとして出力する変換ソフトウェアを開発した。

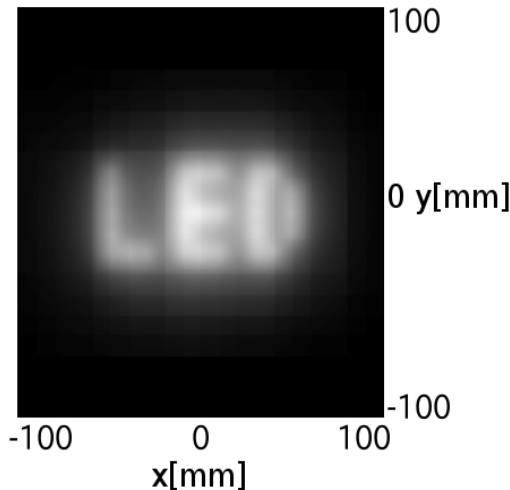


図 3 : LED 配置シミュレーションの様子

(2) 教育利用を目指して、ハードウェアを再設計した。これまで開発したロボットシステムは、デスクトップで動作するものの、より多くのロボットを動作させることが困難であった。再設計の結果、サイズを直径 4cm 程度とするロボット (図 4) を開発した。

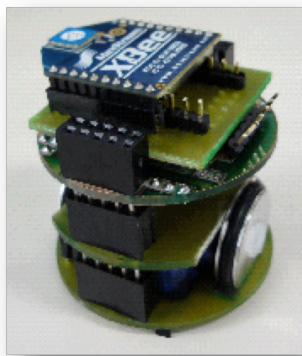


図 4 : 再開発した小型ロボット

さらに、位置の測定においてはこれまでのペンを使うものではなく、ロボット底面に配置した複数のカラーセンサを利用して、このカラーセンサを用いた位置計測アルゴリズムを開発した。画面をグラデーションで描画し、その色情報をロボット底面のカラーセンサで計測するものである (図 5, 図 6)。

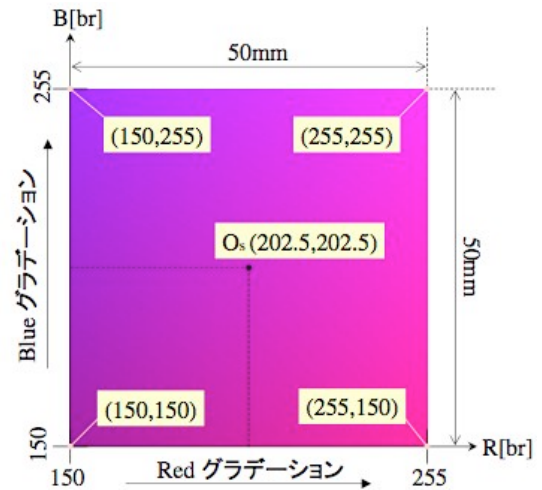


図 5 : 画面に描画するグラデーション

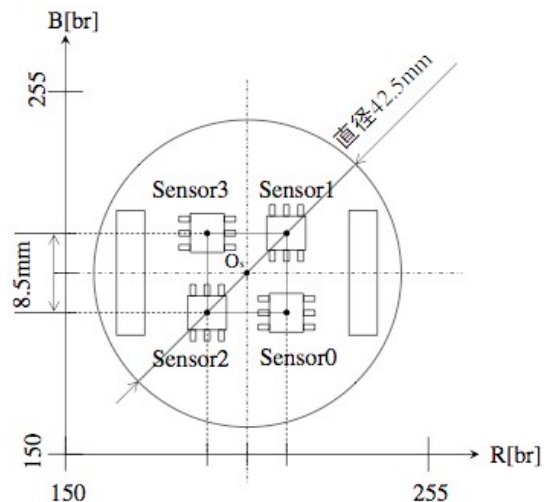


図 6 : ロボット配置されるカラーセンサの位置

(3) 蟻の群知能の更なる応用として、脳波によるフィードバックをフェロモン・コミュニケーションとして表現し、音楽を生成・進化させるシステムを提案・実装した。

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)

〔学会発表〕 (計 2 件)

- ① 原田蒼太, 坂代一弥, 中道義之, 北村尚之, 福田耕治: フェロモン・コミュニケーションメカニズムの工学的応用, 富士山麓アカデミック&サイエンスフェア 2010, 2010年12月15日, 沼津市
- ② 武田美咲, 福田耕治, 中道義之: デスクトップ型群移動ロボットシステムの開発, 生体情報処理と高度情報処理シンポジウム 2010, 2011年1月24日, 長岡市

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中道 義之 (YOSHIYUKI NAKAMICHI)
沼津工業高等専門学校・総合情報センター・講師
研究者番号：40435467

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：