

## 学位論文の要旨

氏名

ンゲンゲオ ワランカナ

学位論文題目

アント・ベース・クラスタリングにおけるフェロモン堆積効果に関する研究

本論文は、多重フェロモンとアント・ベース・クラスタリングの組み合わせによる、クラスタリング問題の解決手法について研究したものである。本論文で提案する手法は、アントメモリ (Ant Memory) による MPABC (Multiple Pheromone in Ant-Based Clustering)、及び蟻の巣 (Ant Nest) による MPABC である。多重フェロモン堆積を用いた手法は、基礎的手法と比べ、クラスタリング時間を減少することができた。本論文は次の6つの章から構成される。

第1章は、序論である。ここでは、本研究の背景を明らかにし、関連研究についても述べる。また、本論文の構成についても記す。

第2章では、Ant Colony Optimization、Ant-Based Clustering、Ant foraging、及び Ant foraging、Ant Colony Optimization の検証実験に関する文献レビューを述べる。また、データクラスタリングの詳細についてもこの章で述べる。

第3章では、初めに、Ant-Based Clustering の Ant Foraging theory における Ant nest の適用に関する研究から述べる。Ant nest の適用により、クラスタリング問題の解決、及び基本的手法におけるクラスタリングタイムの減少を図る。初めに、このアルゴリズムを、カラー・クラスタリング問題に適用し、Ant nests を固定する場合について実験を行った。蟻が食物源を探索する際、FP (Foraging Pheromone) と呼ばれるフェロモンを蟻自身が通った経路上に落とす。このフェロモンは、食料源を探すために使用される。上記の条件で、クラスタリングの数が4個から10個の場合において、検証実験を行った。実験結果より、基本的手法によるクラスタリングと比較して、クラスタリング時間の減少が見られた。

第4章は、提案手法である、Ant nest を用いた MPABC について述べる。また、本章で行う実験は、第3章におけるアリの巣を固定した場合の実験を拡張したもので、巣を固定せずに行った。つまり、この章では、巣を固定しない基本的なアント・ベース・クラスタリング手法において、2種類のフェロモン堆積を利用するというアイデアを利用した、Ant nest によるクラスタリング手法への適用について提案する。上記の2種類のフェロモンとは、FP と TP (Trailing Pheromone) のことである。TP は、蟻が蟻自身の巣に戻るために使用されるフェロモンである。この章において、検証実験の結果についても論じる。

第5章では、Ant memoryを用いたMPABCについて提案する。Ant memoryは、前章で述べた2種類のフェロモンにしたがい、食物(を模したアイテム)を拾うべきか、もしくは置くべきかを、蟻自身が決定するのに使用される。FPは食料を探索するため、TPはクラスタ(集団)を探するために使用されるフェロモンである。検証実験において、Ant nestを用いたMPABCとは違い、食物を巣の場所にだけ置くとは限らない。実験結果についてはこの章の最後に述べる。

第6章では、本論文で行ったいろいろな実験結果の考察を行った。

最後に、本論文の内容についてまとめ、今後の展望について述べる。

## 論文審査の要旨

報告番号	理工研 第277号	氏名	ンゲンゲオ ワランカナ
審査委員	主査	中山 茂	
	副査	村島 定行	森 邦彦

学位論文題目 Studies on the Effect of Pheromone Depositions in Ant-Based Clustering

(アント・ベース・クラスタリングにおけるフェロモン堆積効果に関する研究)

#### 審査要旨

提出された学位論文及び論文目録等を基に学位論文審査を実施した。本論文では、多重フェロモンとアント・ベース・クラスタリングの組み合わせにより、クラスタリング問題の解決手法について研究したもので、全文6章より構成されている。

第1章は序論で、第2章では、従来のAnt Colony OptimizationやAnt-Based Clustering、Ant Foragingのアルゴリズムとその検証実験について述べた。また、データ・クラスタリングの詳細についても述べた。

第3章では、Ant-Based ClusteringのAnt Foraging理論におけるAnt nest(蟻の巣)の適用に関する提案を行い、クラスタリング問題の解決手法としてAnt nestを適用することにより、クラスタリング時間の減少を図った。まず、このアルゴリズムを、カラー・クラスタリング問題に応用し、複数のAnt nestsを固定し、全蟻が巣の場所を知っているとして実験を行った。蟻が食物源を探索する際、FP(Foraging Pheromone)と呼ばれるフェロモンを自身が通った経路上に落とす。このフェロモンは、食物源を探すために使用される。クラスタリング数を4個から10個に変化させて検証実験を行った。その実験結果より、基本的手法によるクラスタリングAnt-Based Clusteringと比較して、クラスタリング時間を減少させることが可能となった。

第4章は、Ant nestを用いて、アント・ベース・クラスタリングと多重フェロモンとを組み合わせたMPABC (Multiple Pheromone Depositions in Ant-Based Clustering) 手法を提案した。ここでは第3章におけるアリの巣を固定した場合の実験を拡張したものであるが、蟻がランダムに配置した巣の場所を知らないとして、アント・ベース・クラスタリング手法と2種類のフェロモン堆積を利用するというアイデアを提案した。2種類のフェロモンとは、FP(Foraging Pheromone)とTP(Trailing Pheromone)で、このTPは、蟻が自身の巣に戻るために使用されるフェロモンである。検証実験を行った結果、クラスタリング時間を減少させることが可能となった。

第5章では、固定されたAnt nestを用いないでクラスタリングを行わせるために、Ant memoryを用いたMPABCについて提案した。Ant memoryは、前述の2種類のフェロモンに従い、食物を捨てるべきか、もしくは置くべきかを、蟻自身が決定するために使用される。FPは食物を探索するため、TPはクラスタを探すために使用されるフェロモンである。そのために、Ant nestを用いたMPABCとは異なり、食物を巣の場所にだけ置くとは限らないでことになる。そこで、検証実験を行った結果、この場合もクラスタリング時間を減少させることが可能となった。

第6章では、本論文の内容についてまとめ、検証実験の総括を行い、今後の展望について述べた。

以上、アント・ベース・クラスタリングと多重フェロモンとの組み合わせにより、クラスタリング問題の解決手法について提案し、Webでのデータマイニングなどへの発展に大きく寄与することが期待される。

よって、審査委員会は学位(博士)の学位論文として合格と判定する。

## 最終試験結果の要旨

報告番号	理工研 第277号	氏名	ンゲンゲオ ワランカナ
審査委員	主査	中山 茂	
	副査	村島 定行	森 邦彦

主査及び副査2名で構成される審査委員会は、平成20年2月7日に学位申請者「ンゲンゲオ ワランカナ」に対して、論文の内容について説明を求めた。これに引き続き、参加者を含めて質疑応答を行うとともに、関連事項について諮問を行った結果、いずれに対しても満足すべき回答が得られた。

主な質疑応答は、以下の通りであった。

質問1: Your proposed the Average Distance (AD) in the simulation. AD is very important thing. But in the case of applying your proposed algorithm to real problem or data mining using the network, or to gather some information from the World Wide Web, AD has maybe no meaning. What do you think?

回答1: I think, it can be used to measure the similarity between the same classes or between other classes. It can be referred from this concept to similarity measure. Also in the future, I would like to try to use Pearson correlation for measuring the similarity between the objects in the same class or different classes.

質問2: Do you think it is reasonable way to evaluate clustering?

回答2: It could be, because after we get the cluster position, we can calculate the distance.

質問3: Slides 36, you get the best clustering time of ABC fixed nest may be around 4,000, but you did not get it in the other experiments, why?

回答3: Because, I think that the fixed nest position will reduce the advantage of self-organization. 'Fixed' here means fixed the nest position, and then ants know the positions. But with ant nest, ants will not know the position. They are just searching and find the position of the nest.

質問4: Slide 56, For ant memory, clustering sizes changed every time, you used short-term memory. How?

回答4: I used remembering the size of cluster. So, it might be like a Short-Term memory. In this case, this person used Short-Term memory for the most recent elements dropped by ants.

質問5: They updated in every iteration, get new memory?

回答5: Yes, until ants found the new cluster. It is a little different from the previous research.

質問6: What is the difference between Short-Term memory and Long-Term memory? And why did you use Short-Term memory?

回答6: I used Short-Term memory because when the ants move in each iteration, they should get new information or consider the new information, because it is derived from the theory of Swarm Intelligence. So ants should use Short-Term memory.

質問7: ABC does not use pheromone at all. Did you the first time to introduce pheromone?

回答7: Ramos is the one who also introduced pheromone which I referred in reference number 65. He used the pheromone weight function which is different from me.

など約19の質問に対して的確に答えた。

以上の結果を受け、上記審査委員会は全員一致で、学位申請者は、大学院博士後期課程の修了者としての学力ならびに見識を十分に有するものと判断し、博士(工学)の学位を与えるに足る資格を持つと認めた。