

ポテンシャル表現されたマルチエージェント環境における 6 T-6 組合せ問題への一考察*

山城 寛隆 山田 孝治 遠藤 聡志†

琉球大学工学部‡

1 はじめに

近年、多重の制約を持つ複雑な問題に対して、複数の自律的計算主体により、分散的に問題を解決するマルチエージェントシステムによるアプローチが行なわれている。また、マルチエージェント環境における環境情報をポテンシャル表現することで、制約充足問題をポテンシャル相互作用により解決するためのマルチエージェントモデルが提案されている [1]。

従来、ポテンシャル法における環境パラメータは、設計者が個々に決定する必要があるため、システム挙動は問題設定と設計者に依存してしまう。本稿では、組合せ最適化問題へのアプローチとして TSP を取り上げ、都市およびセールスマンをポテンシャル表現することによるポテンシャル法の適用を行なう。このとき、設計者に依存しない問題解決手法の検討として、ポテンシャル表現された問題空間における環境パラメータに対して遺伝的アルゴリズムによる探索を行ない、組合せ最適化問題において有効なポテンシャル場の構成法を検討する。

2 ポテンシャル法

これまでポテンシャル法は、移動ロボットやコンピュータの動作計画問題に対して、基本的な手法の一つとして用いられてきた [2][3]。

エージェントの状態空間をポテンシャル分布により表現することは、「物体が存在する時に、その周りの空間に表出する危険度、魅力的引力といった場の雰囲気の問題空間におけるポテンシャルの分布としてとらえる」と考えることで、アルゴリズムの単純化や、直観的感覚による行動決定が期待できる。しかし、マルチエージェント環境においては、エージェント個々の与える影響や制約によってポテンシャル分布は一様ではなくなるため、制約状況やエージェントの利己性に従って、ポテンシャルを多重に定義する必要がある。

2.1 ポテンシャル場の設定

それぞれのエージェントを表現する際に用いられるポテンシャル関数 p を以下のように設定する。

$$p = \alpha \exp\{-\beta(c - c_a)^2\} \quad (1)$$

c : 空間座標

c_a : エージェントの中心座標

α : ポテンシャル強度

β : ポテンシャル影響係数

ここで、問題空間は 2 次元座標空間として考える。

問題空間内に複数のエージェントが存在する時、各エージェントにはポテンシャル関数と座標が与えられ、全体の場 P は以下の式で表される。

$$P = \sum_i w \cdot p_i \quad (2)$$

w : ポテンシャル間の影響係数

問題空間において、異なる制約をポテンシャル場で表現し、それらの重ね合わせを行なうことにより、多重化された問題空間の抽象化を試みる。よって、問題空間 S は、

$$S = \sum^n W \cdot P_n \quad (3)$$

W : ポテンシャル場間の影響係数

で表される。これは例えば、ロボットの障害物回避においては、他のロボット、障害物、目標物などの情報を、それぞれ異なるポテンシャル場によって定義するということになる。

3 エージェントの設計

本稿では、組合せ最適化問題へのアプローチとして、巡回セールスマン問題 (TSP) を扱う。TSP は、 n 箇所の都市をセールスマンが 1 回ずつ全て訪れ、その最短巡回経路長を求める問題である。

ここで、TSP における「都市」及び「セールスマン」を個々のエージェントとみなし、それぞれにポテンシャル設定をし、都市の役割を果たすエージェントと、都市への到達を目的とする探索エージェントを設定する。2 次元ポテンシャル場において、都市エージェントは固定された座標を持つ静的ポテンシャル場として表現し、探索エージェントを 2 次元座標空間内を移動することのできる、動的ポテンシャル場として表現する。このとき探索エージェントは、都市エージェントによって構成された 2 次元波動場より得られるポテンシャル情報をもとに、都市エージェントに対する探索接近行動を行な

*Multi-agent approach to the combinatorial problem by the Potential representation

†Hiroataka Yamashiro, Koji Yamada, Satoshi Endo

‡Faculty of Engineering, University of the Ryukyus

う。すなわち、探索エージェントの最適配置問題と、探索エージェントの周囲長についての多重制約問題として扱うことができる。

3.1 都市エージェント

都市のエージェントとして、中心座標 c_T におけるポテンシャル場を定義する。都市エージェントの要素として、探索エージェントに対して引力を与えるために、都市エージェントに以下のポテンシャル場を設定する。(1)式より、

$$p_T = -\alpha \exp\{-\beta(c - c_T)^2\} \quad (4)$$

とする。

3.2 探索エージェント

探索エージェントは複数のユニットから構成されており、各ユニットはセンサを介して入力される局所情報のみを処理対象とする。ユニットは共通の情報処理機構を持ち、センサとして全方位視覚、出力情報として自身のポテンシャル場を持つ。各ユニットはセンサより得られる環境情報を基に動作決定を行なうものとする。

ユニットは都市エージェントへの探索行動として、ポテンシャル場において都市エージェントから発生するポテンシャル情報をセンサから読みとり、ポテンシャル強度の低い方へと行動決定を行なう。

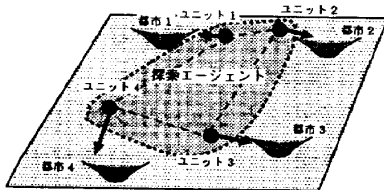


図 1: 都市エージェントおよび探索エージェント

3.2.1 探索エージェントの構成

エージェントは複数のユニットの結合体として構成されている。各ユニットは初期状態において、弾性係数 k を持つユニット間距離 l で安定した状態で結合している。ここで、ユニット間結合距離 l の総和を、TSP における巡回経路長とする。ユニット間距離がより増加した場合、ユニット間に引力 F_a が働く。逆に l より減少した場合、ユニットのもつポテンシャルにより反発力 F_r が働く。よってユニット間結合力 F は以下のように決定される。

$$F = F_a(m) - F_r(n) \quad (5)$$

ただし、 $m = 0, l = n$ のとき、 $F = 0$ である。

4 環境パラメータの探索

ユニットが行動決定を行なう際に重要な役割を果たすと考えられるパラメータとして、初期状態における



図 2: ユニットの働く力

ユニット間距離 l 、ユニット間引力における弾性係数 k 、各エージェントを構成するポテンシャル関数の強度 α 、影響係数 β が挙げられる。

本研究では、これらのパラメータに対し GA を用いた探索を行ない、問題に適応したエージェントの行動様式の獲得を試みる。

4.1 適応度関数の設定

TSP における評価基準として、エージェントの巡回経路長があり、ユニットの評価においてもユニット間結合距離長を用いる。また、都市エージェントへの到達率に対しても評価を行なう。以下に適応度関数を示す。

$$fitness = \frac{u_{arr}}{u_{max}} + \frac{\gamma}{U_{length}} \quad (6)$$

u_{arr} : 都市に到達したユニット数

u_{max} : エージェントの総ユニット数

γ : 任意の定数 ($\gamma > 0$)

U_{length} : ユニットの総距離

5 実験

上記の設定の下、提案手法の基本性質を確認するための実験として、総ユニット数 4 の探索エージェントによる多数とし探索を行ない、各環境パラメータに対して GA による探索を行なう。

6 おわりに

本研究では、組合せ最適化問題における TSP に対してポテンシャル法を適用し、そのエージェント環境の構築を行なった。また、設計者に依存しないポテンシャル法の検討として、環境パラメータの抽出を行ない、それに対して、GA による探索を用いることで、組合せ最適化問題において有効なポテンシャル構成法の検討を行なう。

謝 辞

本研究の一部は、財団法人テレコム先端技術研究支援センターの支援により実施した。

参考文献

- [1] 山田孝治, 横井浩史, 嘉数信昇: "波動場により構成された適応分散システムに関する研究 - 組み合わせ最適化問題への適用 -", Trans.IEE of Japan, Vol.117-C, No.7, July, 1997
- [2] 奥富正敏, 森政弘: "ポテンシャル場を用いたロボットの動作決定", 日本ロボット学会誌, Vol.1, No.3, pp.226-232, (1983-10).
- [3] 辻敏夫, 千種和幸, 金子真: "人工ポテンシャル場を用いた移動ロボットの軌道生成法", 日本機械学会論文集 (C 編) 62 巻 597 号, pp257-263 (1996-5).