

アントコロニー最適化を適用した下げ膳ロボットのテーブル巡回経路探索

内田 充彦[†] 佐藤 妃織[†] 高柳 斗羽[†] 佐藤 未来子[†]

東海大学情報通信学部組込みソフトウェア工学科[†]

1. はじめに

近年、店舗経営の効率化のため、飲食店において配膳ロボットを導入するケースが増えている[1]。配膳時には、1台の配膳ロボットで1テーブル分の配膳を行うが、下げ膳時には、対象とするテーブル数には制約がなく、複数のテーブルを回り下げ膳を行うこともできる。本研究では、店員とロボットとが協力することを前提とし、下げ膳対象テーブルの巡回経路をアントコロニー最適化で算出しながら移動する下げ膳ロボットを提案する。なお本稿では、下げ膳時の配膳ロボットを下げ膳ロボットと呼称する。

2. 下げ膳ロボットによる下げ膳方法

下げ膳ロボットを活用した下げ膳方法には、主に二つのパターンがある。下げ膳ロボットが客のいるテーブルに向かい、客自身が下げ膳ロボットに食器を置き、下げ膳ロボットが厨房まで運ぶパターンと、店員が客の退店後に下げ膳ロボットと協力して下げ膳を行うパターンである。本研究では後者のパターンの最適化を行う。

本研究における下げ膳では、①客の退店時にレジ店員が、下げ膳が必要なテーブルの番号を端末に入力し、②下げ膳ロボットと回収を補助する店員（以下、回収店員）が、下げ膳が必要なテーブルに向かい、食器回収を行う。③食器回収作業が終わった際に回収店員が、現在のテーブルでの食器回収作業が終わったことを下げ膳ロボットに知らせ、④回収店員は次のテーブルもしくは、キッチンへと向かう。以上①～④の手順を食器回収が必要なテーブルがなくなるまで行う。この際に、下げ膳ロボットが巡回するテーブルの経路を最適化することで、最適化しない場合と比較した際に、下げ膳ロボットのテーブル巡回経路を短縮することを目指す。

3. 下げ膳ロボットの巡回経路最適化

店員と下げ膳ロボットが協力して下げ膳を行う際に、巡回経路最適化を行うためには、店員が入力した下げ膳可能なテーブル情報に基づいて最適な下げ膳回収の経路

を算出する必要がある。経路算出における課題は、経路の数が下げ膳対象のテーブルの数の増加に伴い、経路の数が急激に増加することが挙げられる。本研究では、巡回セールスマン問題を基に、テーブル巡回経路最適化の問題設定を行い、巡回セールスマン問題を例とする組み合わせ最適化問題に対し有効とされているアントコロニー最適化を用いて、テーブル巡回経路の最適化を行う。



図1 下げ膳ロボットの巡回経路最適化

3.1 アントコロニー最適化を用いた巡回経路探索

アントコロニー最適化(Ant Colony Optimization, ACO)は、アリが採餌行動を行う際のフェロモンを用いた経路選択方法から発想を得た、組み合わせ最適化問題の最適化手法である[2]。ACOをテーブル巡回経路探索に適用する際は、各アリの出発地点をキッチンとし、下げ膳対象テーブル間の距離情報を用いて、次に向かうテーブルを選択し経路の算出を行う。なお、本経路探索の算出には、下げ膳対象テーブル上の食器量を考慮しない。

3.2 想定する店内および下げ膳方法

図2に本研究で想定する店内のテーブルとキッチンの位置座標を示す。実際の店舗で多く見受けられるテーブル配置を考慮し、格子状の探索地点を想定する。そのため、距離計算にはテーブル間のマンハッタン距離を採用する。下げ膳の開始位置と終了位置はキッチンとし、すべての下げ膳対象のテーブルにある食器を全て回収する際の経路長を求める。

実環境においては、各テーブルの客の注文内容により下げ膳する食器量が決まる。また、下げ膳ロボットには積載容量が決められており、最大食器回収容量を超えて運ぶことはできない。最大食器回収容量を超えることが予想される場合には、回収途中でキッチンへ戻り食器を

Table traveling path search using Ant Colony Optimization for dishes collecting robot.

[†]Mitsuhiko Uchida, Hiori Sato, Towa Takayanagi, Mikiko Sato, Tokai University

下ろし、ロボットの積載容量を 0 にしてから回収作業を続ける。

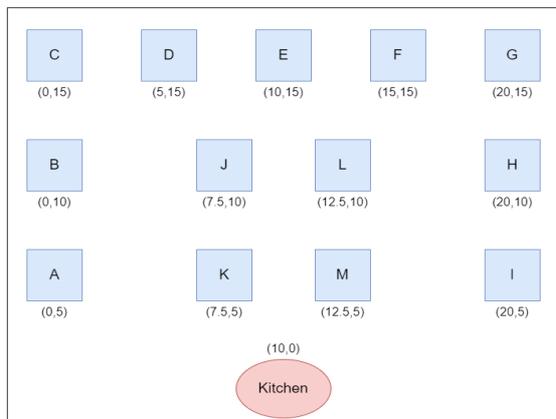


図2 席番の位置座標

4. テーブル巡回経路最適化実験

回収店員と下げ膳ロボットが協力して行う下げ膳を模した実験において、テーブル巡回経路最適化を行った場合と、入力店員が入力したと想定して乱数で定めた座席順でテーブル巡回する場合とで経路長を求め、平均経路長の削減率にて本最適化方法の有効性を考察する。

4.1 実験内容

実験では、図 2 で例示した席番配置において以下の各種組合せで巡回経路長を算出する。A-M の順, M-A の順, A-M の順で 1 テーブルずつ飛ばす隔席の順の 3 つのパターンにおいて、探索するテーブル数を 1 ずつ増やし、各探索で 10 回経路長を求め、経路長の平均を算出する。

経路長の算出では、キッチンから最初のテーブルまでの距離、巡回するテーブル間の距離、キッチンへ戻る距離を加算する。なお、積載容量の制約により一度キッチンへ戻る場合には、上記経路長にキッチンへの往復距離をさらに加算する。

なお実環境では、回収店員はテーブルに着くまで、下げ膳すべき食器量を把握することができない。本実験ではこのことを模擬するために、すべてのテーブルの下げ膳対象の食器量を乱数により 1 または 2 と設定する。

4.2 実験結果

実験結果を図 3 に示す。3 パターンの実験において、最適化を行わなかった場合に対する最適化を行った場合の平均経路長の削減率を表したグラフである。下げ膳対象の席数が 2 以下の場合には、巡回方向を考えなければ、巡回経路が 1 通りしかなく、経路最適化を行っても経路長を削減することは出来ないため、削減率は共に 0% と

なっている。隔席パターンの削減率は他 2 つと比べて、座席数 2 以下を除いた 11 席の内の 9 の席で上回っている。特に顕著に出ているのが、席数が 3 の際である。A-M の実験では、5.6%、M-A の実験では、3.2%と低い削減率になっているが、隔席パターンの場合は 21.8%の削減率となっている。図 2 より、A-M では[A,B,C], M-A では[M,L,K]と、各席が隣りあっているため経路長の範囲が小さい。隔席パターンの席数 3 の場合は、[A,C,E]となり、各テーブル間の距離が開いているため経路長の範囲が大きい。これらの事から、下げ膳対象席数が 2 以上の場合において、下げ膳対象席の各テーブル間の距離が長いほど、ACO を用いたテーブル巡回経路探索は有効であると言える。

平均経路長の削減率

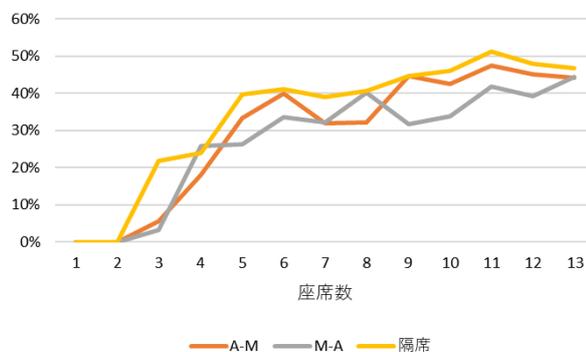


図3 実験結果

5. おわりに

本研究ではアントコロニー最適化を用いて、店員と協力をすることを前提とした下げ膳ロボットのためのテーブル巡回経路探索方法を提案し、有用性が高くなる条件を示した。食器の数が最初から分からない場合を想定し、下げ膳ロボットを活用した下げ膳方法の効率化について述べたが、近年はタブレット端末や、客自身のスマートフォンから注文を行える店が増えてきており、下げ膳を開始する時点で、注文情報によりどのテーブルに食器がどれほどあるかをある程度予測可能だと考えられる。今後は、下げ膳対象となる食器量情報も含めたテーブル巡回経路最適化を行いたい。

参考文献

[1]株式会社すかいらーくホールディングス, 「「ガスト」「しゃぶ葉」1,000 店以上にロボット導入」, PR TIMES, <https://prtimes.jp/main/html/rd/p/000000213.000017486.html>, (参照 2023-01-11)
 [2]Dorigo, M. and Stützle, T., Ant Colony Optimization, MIT Press, 2004