

## 大規模会場での誘導スケジュールによる混雑緩和手法の検証

## Verification of Congestion Mitigation Method using Guide Schedule at Large Space

清水 涼太<sup>†</sup>      打矢 隆弘<sup>†</sup>      内匠 逸<sup>†</sup>  
 Ryota Shimizu   Takahiro Uchiya   Ichi Takumi

## 1. はじめに

テーマパークやイベント会場では多くの人を訪れるため、混雑の発生が大きな問題となる。混雑による待ち時間の増加は、来場者の不満感につながる。この問題に対して、混雑情報の提示や優先パスによる待ち時間の削減などが行われている。しかし、これらの方法では利用者の割合により、逆に混雑を発生させるような場合がある。この原因として、混雑情報の提示のみでは来場者の目的地を詳細に制御することが出来ないことがあげられる。目的地を詳細に制御する方法として、スケジュールを用いた誘導がある。しかしスケジュールの最適化問題は、大規模会場を想定した場合に膨大な計算時間が必要になる。本研究では、計算時間の削減を行い、大規模環境における来場者へのスケジュールの推薦による会場全体の混雑緩和を行う手法を提案し、シミュレーションで有効性の検証を行う。

## 2. 関連研究

聶らは、巡回ガイド端末の導入による混雑緩和のシミュレーションを行った [1]。東山動植物園遊園地を題材とし、次に訪れる施設を指示することにより待ち時間を減らすことを目的としている。評価実験では、デバイス所持率が7割の際に最も混雑緩和の効果を得られたが、所持率が8割以上の場合は効果が減少することが示された。効果減少の原因として、巡回施設の指示が他の来場者の動きを考慮せず、施設への移動時間と現在の待ち時間から算出されていることがあげられる。

朝日らは、シンプルなシミュレーション設定を用いた、誘導スケジュールリングによる集団最適化の評価を行った [2]。このシステムでは、来場者の行動結果に応じて集団状態を最適化し、混雑が発生しないように各来場者の誘導先を制御している。結果として、誘導スケジュールリングにより平均待ち時間が小さくなることが示された。しかし、この研究では会場の人数上限が30人という小規模のものであり、数千人規模の会場を想定した場合に計算量の観点で実装が困難であるという問題がある。

これより本研究では、集団全体の巡回を最適化するスケジュールリングを実際のテーマパークモデルでのシ

<sup>†</sup> 名古屋工業大学 大学院 工学研究科 情報工学専攻

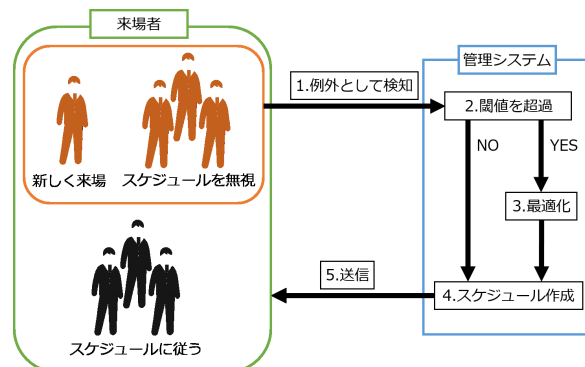


図1: 提案システムの流れ

ミュレーションを行うことで混雑緩和の効果を得ることを目的とする。

## 3. 提案手法

本手法は来場者の訪問予定スポットの情報を基に、誘導スケジュールを作成することで全体の滞在時間を削減する。入力データとして来場者の訪問予定スポットと来場者の訪問したスポットの履歴を用いる。入力データとその時刻での各スポットの待ち時間を基に誘導スケジュールを作成する。また、来場者が誘導スケジュールに従わない場合や新しい来場者の増加により、スケジュールの効果が低下することが考えられるため、逐次スケジュールを修正することで対応する。システムの流れを図1に示す。

## 3.1 誘導スケジュールの作成

提案するシステムでは、逐次スケジュールを修正するため、実現可能な計算量で誘導スケジュールを作成する必要がある。本研究では、津村 [3] の提案する分散階層最適化を参考にしている。津村は分散最適化において効用関数のばらつきを抑えることで要約化した最適化問題の解と元の解との乖離を抑えることが出来るとしている。これを提案システムに対して応用することで、計算量の削減を図る。来場者の予定スポット、訪問履歴による2つのクラスタを作成し、作成した2つのクラスタの組み合わせを基に最終的な分類を行う。各クラスタを一人の来場者として最適化問題を要約化することで要素数をクラスタ数まで抑えることで計算時間

を削減し、スケジュール作成を行う。スケジュールの最適化には局所探索法を用いている。局所探索法は厳密な最適解を求めることは困難であるが求解までの時間が早いため、逐次スケジュールを修正することに適している。処理の流れを以下に示す。

- 1) 来場者をクラスタに分類し要約化。
- 2) クラスタのリストを作成。
- 3) リストから一つをランダムに選択。
- 4) 近傍スケジュールを作成。
- 5) 評価関数の値が良くなる場合、スケジュールを更新。
- 6) 全来場者に操作を行うまで 3) 以下の操作を実行。
- 7) 終了条件を満たしている場合に終了、満たしていない場合に 2) に戻る。

最適化の終了条件は、全来場者に対する操作を終えるまでを 1 回のループとして 100 回繰り返した場合とする。最適化に用いる評価関数を以下に示す。

$$G = \sum_{i \in N} (U_i - \alpha * t_i) \quad (1)$$

$$U_i = \sum_{j \in S_i} u_{ij} + \beta * \min(0, T_f - t_i) \quad (2)$$

評価関数  $G$  は  $U_i$  とスケジュール消化に必要な予測滞在時間  $T_i$  を用いて評価する。 $U_i$  は来場者  $i$  の効用関数である。効用関数  $U_i$  はスケジュール  $S_i$  に含まれるスポットに対する来場者の選好値  $u_{ij}$  の合計値とスケジュール消化に必要な時間  $T_i$  によって評価する。 $T_f$  は会場の閉まる時間とする。

### 3.2 滞在時間予測

評価関数を求める際に、来場者の滞在時間を予測する必要がある。正確な時間を求めることはできないが、スケジュールに従い来場者が巡回することを想定したシミュレーションを行い、来場者  $i$  が時刻  $t$  の時点での訪問予定スポット  $state_i(t)$  を記録する。全来場者の  $state$  を基に、任意の時刻でのスポットへの訪問数が分かるため、現時刻から任意の時刻までにサービスを受ける来場者数を減らすことで、その時刻での待ち時間を予測することが出来る。

## 4. 評価実験

スケジュールリングシステムの評価実験と考察を行う。同条件のシミュレーション設定において、来場者の行動パターンとしてスケジュールなし、提案手法によ

て作成されたスケジュールによる誘導を比較することで提案手法による混雑緩和の効果を評価する。来場者は訪問予定スポットとして 8ヶ所を持ち、すべての訪問予定を達成した場合に退場する。シミュレーションの終了条件は、すべての来場者が退場した時点とした。来場者数は関連研究と同様の 3000 人とした。結果を表 1 に示す。

表 1: シミュレーション結果

行動パターン	スケジュールなし	提案手法
平均待ち時間 [sec]	3796	3800
平均滞在時間 [sec]	5660	6399
待ち時間割合	0.671	0.594
終了時間 [sec]	14192	13753
平均訪問数	8.0	9.5

滞在時間に対する待ち時間の割合がスケジュールなしの場合より約 8% 小さくなっていることから混雑緩和が確認できる。また、平均訪問数がスケジュールなしより大きくなっているにもかかわらず、終了時間の点でスケジュールなしより短くなっていることから混雑緩和の効果が出ていることがわかる。訪問数の増加の要因としてはクラスタに分類したことにより来場者によっては訪問予定のスポット以外のスポットに誘導される来場者が発生するためである。

## 5. まとめ

本研究では、テーマパークのような大規模環境における混雑緩和の手法として、スケジュールによる誘導に着目した。スケジュール作成の課題点として計算時間の長さがあるが、解決としてクラスタリングによる階層分散最適化を用いるシステムを提案し、シミュレーションによる評価を行った。提案手法では、クラスタリングにより効用関数のばらつきを抑えることで複数の来場者を一人の来場者として最適化問題を要約化した際に元の解との乖離を抑えることが出来ることを説明した。実験により、提案手法を用いたスケジュール最適化によって全体の混雑が緩和されることが確認できた。

## 参考文献

- [1] 聶耳 他, “東山動植物園遊園地への巡回ガイド端末の導入による混雑緩和”, 第 77 回全国大会講演論文集 (2015).
- [2] 朝日大地 他, “誘導スケジュールリングによる集団状態最適化手法のシミュレーション評価” 研究報告知能システム, Vol.2015-ICS-178, No.6 (2015).
- [3] 津村幸治, “大規模最適化問題における効用関数のばらつきと最適化の解析”, 第 59 回自動制御連合講演会 (2017).