

フルデマンド型交通における迂回度低減のための配車手法の検討

若園 裕太[†] 白石 陽[†]公立ほこだて未来大学システム情報科学部[†]

1. はじめに

近年、都市部では渋滞による深刻な問題を抱えている。渋滞発生による旅行時間の増加や燃費の悪い運転は、経済損失や環境汚染につながるため、渋滞対策を実施する必要がある。渋滞発生の原因として、都市部での人口割合に伴い、都市部を走行する車両が増加していることが考えられる。渋滞解決に有効なアプローチとして、フルデマンド型交通の導入が期待されている。フルデマンド型交通とは、ユーザのデマンド（配車リクエストを指す）に応じて配車を行い、他のユーザとの乗合を前提に運行する公共交通のことであり[1]。複数の人々を同じ車両に乗合させることで、走行車両数を減らすことができるため、都市全体の交通量減少につながると考える。

しかし、フルデマンド型交通の問題点として、デマンド発生時における最短コストで車両にデマンドを割り当てているため、乗合発生時に冗長な迂回が発生していることが考えられる。既に乗車しているデマンドの降車地点付近と同様の目的地になるようなデマンドを乗合させることで、運行効率が向上すると考える。本研究では、フルデマンド型交通の一例として SAVS (Smart Access Vehicle Service) に注目する。SAVSとは、リアルタイムにユーザが送信するデマンドに応じて車両を全自動で配車するシステムである[2], [3]。本研究では、将来需要を考慮するために SAVS の配車アルゴリズムである逐次最適挿入法を拡張する。乗車するデマンドの降車地点をもとに将来需要を考慮した経路地点を挿入するアルゴリズムを構築することで、迂回度の低い乗合を発生させる。

本稿では、提案する配車アルゴリズムとシミュレーション実験結果の分析について述べる。

2. 関連研究

フルデマンド型交通に関する研究として、将来需要を考慮した研究がある[4], [5]。Alonso-Moraら[4]は、タクシーの利用データを用いて将来需要を予測するモデルを構築している。デマンドが発生した際に、将来需要の予測モデルから仮想のデマンドを発生させ、実際のデマンドと仮想のデマンドを最短で繋ぐ経路生成をすることで、将来需要を考慮している。しかし、この手法では、仮想のデマンドが発生しなかった場合や仮想デマンドに類似したデマンドが実際に発生しなかった場合に、冗長な迂回が発生し、ユーザの乗車時間や運用者の利益損失につながる可能性がある。大社ら[5]は割り当てられた乗降順序を変更せず、ユーザの降車締切時刻を満たす範囲で、将来需要が最大となる経路を生成している。しかし、この手法では、デマンドの発生しやすさから将来需要を考慮した経路生成をしているため、乗合したユーザの降車地点が離れていた場合、乗合後の迂回距離が増加し、乗車時間の増加や運行効率が低下する可能性がある。

3. 提案手法

3.1 研究目的

本研究の目的は、フルデマンド型交通の運行効率向上のために、乗合発生時の迂回度を低減する配車アルゴリズムを構築することである。

3.2 逐次最適挿入法

本研究で取り扱うフルデマンド型交通の SAVS は、逐次最適挿入法により配車を行っている[3]。逐次最適挿入法による配車までの流れについて説明する。

- (1) 新たなデマンドを受けた時に、そのデマンドを各車両に提示する。
- (2) 各車両は、現在保持している経路地点リストに受けたデマンドの乗降地点を任意に挿入する。全乗降地点を経由した場合のデマンドの達成予定時刻の遅延時間をデマンド挿入前の達成予定時刻と比較し、遅延の総和を算出する。そして新たなデマンドの達成予定時刻を算出し、達成予定時刻と遅延時間の総和を挿入後のコストとする。
- (3) 乗降地点の挿入箇所、全てのペアの組み合わせについて(2)を算出する。各車両は、全ての乗降地点の組み合わせの中で、最も移動コストが小さいものを受け入れる候補とする。ここで、新たなデマンドが挿入されることで間に合わないデマンドが一つでも存在する場合は除外される。
- (4) 全車両の候補の中で、移動コストが最小になるペアを持つ車両に対しデマンドを割り当てる。

3.3 逐次最適挿入法の拡張

アルゴリズムを拡張する方針として、未配車車両にデマンドを割り当てる際に、将来需要を考慮した経路地点を乗降地点間に挿入することで、乗合が発生した際の走行距離が短くなることを考える。そこで3.2節の(1)のケースで空車の場合の手順として以下を追加する。

- (1.1) デマンドの降車地点周辺を降車地点とするデマンドが発生しやすい地点を経由地点として挿入する。

デマンドが発生しやすい経路地点を決定するために過去のデマンドデータを用いる。フルデマンド型交通を運用する地域を複数のグリッドに分ける。蓄積した運行データを用いて各グリッドを降車地点としたときの他グリッドからのデマンド数をカウントする。このカウントした数値の大きさが経路地点を挿入する際のデータとなる。

4. 実験および考察

4.1 実験概要

本実験では、提案アルゴリズムによる有効性を検証するために、交通シミュレータ SUMO (Simulation of Urban Mobility) を用いて、提案アルゴリズムと逐次最適挿入に基づいたシミュレーション実験を行う。提案アルゴリズムの有効性を検証するために、乗車までの待ち時間や乗車時間を測定する。

4.2 実験環境

本実験に用いた道路ネットワークを図1に示す。各エッジ一律500mで、5km四方の正方形である。本実験のシ

シミュレーションのパラメータを表 1 に示す。本実験では、道路ネットワークを 1km 四方から成る 25 個のグリッドに分け、グリッドごとに発生確率を変えることでデマンドを発生させた。

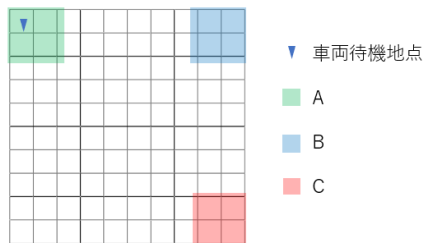


図 1 道路ネットワーク

表 1 シミュレーションのパラメータ

パラメータ	値
シミュレーション時間	3000 秒
発生デマンド	
A から C	30 件/[150 ~ 200 秒]
B から C	30 件/[1,000 ~ 1050 秒]
デマンド予約人数	1 人
車両台数	30 台
車両定員	4 人
最高速度	30km/h

4.3 実験結果と考察

シミュレーション実験によるデマンド発生から乗車までの待ち時間、乗車時間、乗合率に関する統計データを表 2、逐次最適挿入と提案アルゴリズムの各デマンド発生から乗車までの待ち時間、乗車時間の変化を図 2、図 3 に示す。乗合率は、ユーザを降車させる際のお客の乗車により判断した。表 2 から提案アルゴリズムは逐次最適挿入法に比べ、平均待ち時間が 176 秒短縮、平均乗車時間が 30 秒増加、乗合率が 10%増加していることが分かる。また、図 2、図 3 より乗車待ち時間では、前半 30 件に大きな変化はなく、後半 30 件では、提案アルゴリズムが逐次最適挿入法に比べて短いことが分かる。これらの結果から、未配車車両にデマンドを割り当てる際に、将来需要の高い経路地点を挿入したことで、逐次最適挿入法に比べ短い迂回での乗合が発生したことが考えられる。

本実験では、まず提案アルゴリズムの基本性能を検証するために、提案手法の効果が出やすい理想的な環境でシミュレーション実験を行った。しかし、実際の都市交通では、より複雑かつ多数のデマンドが発生する。そのため、デマンド数、デマンド発生パターン、車両台数など様々なパラメータを調整し、提案アルゴリズムの効果を検証する必要がある。また、SUMO は、OpenStreetMap を用いてシミュレーションを行えるため、タクシーのオープンデータを利用してより実環境に近い環境でのシミュレーション実験も行う予定である。

表 2 各手法における統計データ

配車アルゴリズム	項目	平均値	標準偏差	乗合率
逐次最適挿入法	待ち時間	394.3 秒	262.4	40%
	乗車時間	968.0 秒	267.1	
提案アルゴリズム	待ち時間	218.7 秒	159.2	50%
	乗車時間	999.3 秒	292.4	

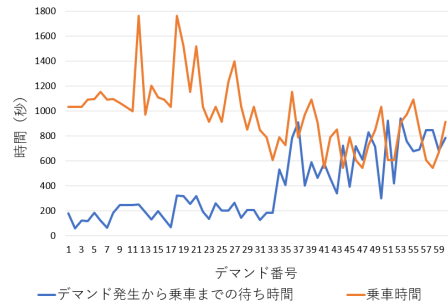


図 2 逐次最適挿入法のデマンドごとの時間変化

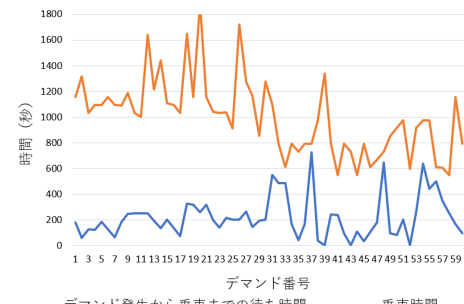


図 3 提案アルゴリズムのデマンドごとの時間変化

5. おわりに

本研究の目的は、フルデマンド型交通の運行効率向上のために、乗合発生時の迂回度を低減する配車アルゴリズムを構築することである。本稿では、未配車車両にデマンドを割り当てる際に将来需要の高い経路地点を挿入するアルゴリズムを構築し、行った実験実験について述べた。実験結果から理想環境でのデマンドにおいて提案アルゴリズムの有効性が示唆された。今後はデマンドの発生パターンや発生数、車両台数などのパラメータを変更し、提案アルゴリズムの有効性の検証や再検討を行う。

謝辞 本研究のシミュレーション環境の構築にあたり、公立はこだて未来大学大学院修士課程学生岩田聖氏と鈴木恵二教授の支援と協力を受けている。ここに深く感謝の意を表す。本研究の一部は JSPS 科研費 JP20K11793 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 田柳恵美子, 中島秀之, 松原仁, デマンド対応型公共交通サービスの現状と展望, 人工知能学会全国大会論文集, Vol.JSAI2013, pp.1-4 (2013).
- [2] 中島秀之, 松原仁, 田柳恵美子, スマートシティはこだてラボ, 未来シェア, 『スマートモビリティ革命 未来型 AI 公共交通サービス SAVS』 公立はこだて未来大学出版社 (2019).
- [3] 中島秀之, 小柴等, 佐野抄二, 落合純一, 白石陽, 平田圭二, 野田五十樹, 松原仁, Smart Access Vehicle System : フルデマンド型公共交通配車システムの実装と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.57, No.4, pp.1290-1302 (2016).
- [4] Alonso-Mora, J., Waller, A. and Rus, D.: Predictive Routing for A autonomous Mobility-on-Demand Systems with Ride-Sharing, *Proc. International Conference on Intelligent Robots and Systems*, p.3583-3590, IEEE (2017).
- [5] 大社綾乃, 大滝啓介, 小出智士, 西智樹, 相乗りのための将来需要を考慮した経路最適化, 情報処理学会論文誌, Vo 1.60, No.10, pp.1653-1661 (2019).