

## レベル4のMaaS実現に向けた複合領域最適化の一試行

## On Trial of Multidisciplinary Optimization to Actualized Level 4 MaaS Platform

小幡快世<sup>1</sup>, 鈴木隆介<sup>1</sup>, 長谷川浩志<sup>1</sup>

Kaisei OBATA, Ryusuke SUZUKI and Hiroshi HASEGAWA

<sup>1</sup> 芝浦工業大学 大学院理工学研究科 システム理工学専攻 (〒337-0003 埼玉県さいたま市見沼区深作 307)

Mobility as a Service (MaaS) is a service that aims to provide seamless mobility to users and bring economic, social, transportation, and environmental benefits to cities. In this study, we will optimize tourist routes from pre-determined tourist attractions, and pre-determined departure and arrival points, taking into account customer needs, which include qualitative data, and quantitative data, such as travel distances, and the benefits on the part of the stakeholders. This will enable System of Systems design for level4 MaaS realization.

Key Word: MaaS, level4, Mobility, Optimization, Multidisciplinary optimization

## 1. 緒言

近年, Mobility as a Service(MaaS)と呼ばれる公共バスや電車といった公共交通機関を複合的に捉え, 検索・予約・購入・決済までを提供する新たなサービスが提供され始めている。これを受けて, 観光分野や地方都市などでの様々な実証実験が展開され, MaaSを導入するための課題が顕著化してきた<sup>(1)</sup>。この実証実験から, 「移動+α」といった移動以外の付加価値を提供し, 利用ユーザーの利便性を高める必要があることが分かった。これは, 新たな価値創生と掛け合わせなければ, MaaS 単独での持続可能な運営が難しいことを示したものである。また, 実際に幹線バスなどの二次交通が運行しているものの, 利用者の制限があり, 顧客側のニーズに応えきれず, 管理・運営側も十分な利益が出ないという状況も多い。そのため, 双方の需要を考慮しながら改善する必要がある。

一方, 鈴木らの研究では, 定性的な顧客ニーズ, 移動距離, 運賃といった定量的データ, 管理・運営側の利益を考慮した観光ルート最適化を行った。この研究によって, 観光客だけでなく, 運営・管理側を考慮することができ, MaaS の実現に大きく近づいた。

本研究では, 鈴木らの研究の協調的最適化のフレームワークを用いて, 提案されたフレームワークの妥当性確認を行い, この結果を報告する。なお, 観光ルートを構成する際に必要な観光地, 発着地点を, 栃木県那須町の那須高原地域から選出する。

## 2. 協調的最適化のフレームワーク

図1に, 利用者側の2つのサブシステム(顧客ニーズと定量的データ)と, 管理・運営側の最適化サブシステム, 事前決定済観光群, 飛び込み発着スポット群, 発着スポット群を連成変数として加えた協調的最適化のフレームワークを示す。このフレームワークを用いることで, 選ばれた, 発着地点, および観光スポットを基に協調的最適化を行いルートと移動手段を決定できる。

**2.1 協調的最適化** 協調的最適化は問題が大規模, かつ分散環境下に存在する解析領域を対象とした複合領域最適化手法である。初めに, 各システムにて, ウェイトを算出する。次に, 観光地*i*の基準ウェイトの初期値 $A_i$ を設定し, 各サブシステムに送る。各サブシステムにて得られたウェイト $W_{S,i}$ ,  $W_{N,i}$ ,  $W_{Q,i}$ と基準ウェイト $A_i$ の二乗和誤差が最小となる値を各サブシステムで求め, 得られた各サブシステムの最適ウェイトをメイン

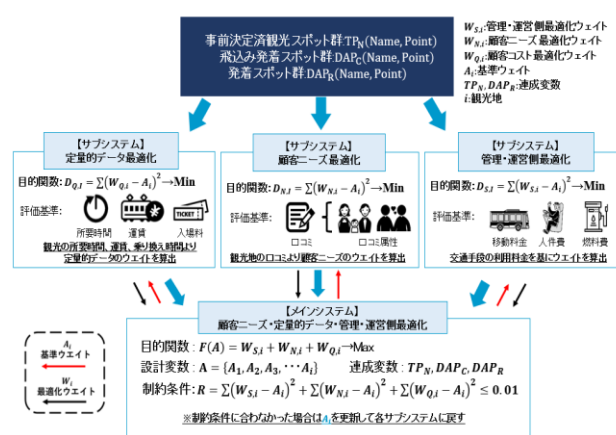


図1 3つのサブシステムによる協調的最適化

システムに返す。メインシステムでは, 3つのサブシステムから受け取ったウェイトが制約条件を満たした上で最大化するように最適化する。制約条件は各サブシステムから算出された観光地のウェイトと基準ウェイトの二乗和誤差であり, 最適化手法の都合上 0.01 以下として用いる。目的関数が制約条件を満たした場合, 3つのサブシステムのウェイトの合計が最も高い観光地が次に進む観光地のルートとなる。制約条件を満たさない場合には基準ウェイト $A_i$ を更新し, 最適化を続行する。以上の処理を繰り返すことで移動ルートと用いる移動手段が決定する。

## 2.2 発着地点, 観光スポットの設定



図2 事前決定済みスポット群

本研究では, まず初めに図2に示すスポットのリストから, 発着地点及び, 任意の数の観光スポットを選択する。選ばれた発着スポット $DAP_R$ , 事前決定済観光スポット $TP_N$ を連成変数として各サブシステム間に受け渡す。

**2.3 観光ニーズ把握システム** 連成変数値の観光地ごとに口コミを抽出し, 投稿者の属性を分類する。

さらに抽出された口コミを無作為に選択し、テキストマイニングを用いることで観光地ごとの評価点を算出する。評価方法は口コミデータを形態素解析し、解析結果の単語を点数化することで評価点を算出した。なお、今回評価の対象とした単語と点数については鈴木らの研究(2)と感動語分類表を基に設定した。

**2.4 定量的データ最適化システム** 連成変数値から入場料、移動にかかる運賃、移動時間を用いてウェイトを算出し、AHP による評価点と掛け合わせることで各観光地の評価点を算出する。

**2.5 運営・管理側最適化システム** 連成変数値の発着地点、観光スポットから、各交通手段を用いた際の移動料金や利益を計算し、式(1)を用いて観光地のウェイトを算出する。

$$W_{Si} = \frac{F_{Si}}{S_F} - \left( \frac{C_{p,si}}{S_{Cp}} \cdot W_{p1} \cdot W_{p2} + \frac{C_{f,si}}{S_{Cf}} \cdot W_{f1} \cdot W_{f2} \right) \quad (1)$$

ここで、 $s$  は交通手段、 $i$  は観光地、 $W_{S,i}$ は各観光地のウェイト、 $F_{Si}$ は各交通手段で各観光地まで移動する際の料金、 $C_{p,si}$ は観光地まで移動する際に発生する人件費、 $C_{f,si}$ は観光地まで移動する際に発生する燃料費、 $W_{p1}$ は交通会社が希望する人件費の重み、 $W_{p2}$ は交通会社が実際に充てている人件費の重み、 $W_{f1}$ は交通会社が希望する燃料費の重み、 $W_{f2}$ は交通会社が実際に充てている燃料費の重み、 $S_F$ は各交通手段の料金の総和、 $S_{Cp}$ は各交通手段の人件費の総和、 $S_{Cf}$ は各交通手段の人件費の総和と設定している。得られたウェイトが一番大きいスポットに移動する。以上の処理を選択された到着地点に到達するまで行う。

3. 妥当性確認

本フレームワークの妥当性を確認するために、発着地点を那須塩原駅、観光地を那須どうぶつ王国、那須ハイランドパークに設定し、最適化を行った結果を以下に示す。これらの結果はそれぞれ図 3 に、管理・運営側を考慮した結果と、定量的データ、顧客ニーズ把握システムより顧客側を考慮した結果を示し、全体システムで最適化された結果を図 4 に示す。管理・運営側最適化システムでは、運営会社の利益を確保するため、一番利用料金が高いタクシーのウェイト  $F_{Si}$  が高くなったためタクシーのみが使われる結果となった。また、顧客側観光ルートでは、AHP の結果より、移動料金のウェイトが高かったため、一番移動料金が安くなるよう、無料で乗れる施設バスやレンタサイクルを使用したルートとなったと考えられる。また、図 4 の複合領域最適化の結果は移動時間と移動料金が、その双方を考慮したような、間を取った結果となった。

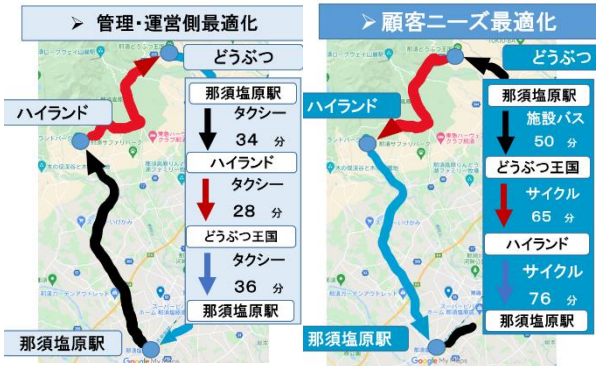


図 3 管理・運営側、顧客側観光ルート



図 4 複合領域最適化後のルート

表 1 移動時間と料金

| 移動時間と移動料金 |         |
|-----------|---------|
| 管理・運営側    |         |
| 98 分      | ¥5, 505 |
| 顧客側       |         |
| 191 分     | ¥3, 840 |
| 複合領域最適化   |         |
| 120 分     | ¥4, 700 |

これらの結果が利用者のニーズに答えられているかの妥当性を確認するために、実際の利用者である若者がどの観光ルート、移動手段を使うのか 27 名の 20 代男性にアンケートを行った。以下の図 5 にその結果を示す。レンタサイクルでの長時間の移動は回避したく、タクシーだけの移動では料金が高くなってしまいう理由から、間を取った複合領域最適化のルートを選択した人が 66%であった。

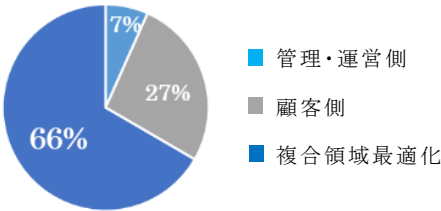


図 5 妥当性確認の結果

また、選択する発着地点・観光地を変えて同様に最適化を行い、妥当性確認を行った。そのケースにおいても、最終的に利用者と管理・運営側の折り合いをつけた複合領域最適化後のルートを選択する人が同様に 6 割程度いた。また、移動手段は問わず、移動料金をできる限り抑えたいという理由で、顧客側の観光ルートを選択した人も同様に 3 割程度いた。

4. 結言

本研究では、鈴木らの研究で考案した、協調的最適化のフレームワークの妥当性確認を行った。複数の観光ルートで、利用者と管理・運営側の折り合いをつけた複合領域最適化後の観光ルートを選択した人が 6 割程度いた。このことから、鈴木らの協調的最適化のフレームワークの妥当性を確認することができた。

参考文献

(1) 経済産業省, 新しいモビリティサービスの社会実装に向けた知見集 (令和 2 年度版), 2021.04  
(2) 鈴木隆介, 長谷川浩志, MaaS に向けた口コミ情報とステークホルダーを考慮した観光ルートの最適化, 計算工学講演会論文集 Vol26, 2021.  
(3) 平岡優希, 長谷川浩, MaaS を考慮したオンデマンドバスのルート最適化, 計算工学講演会論文集 Vol26, 2021.