



巻頭寄稿文

価値創生を目指した MaaS システムの 新たな取り組み

芝浦工業大学 システム理工学部 教授
長谷川 浩志

1. 目指すは社会的目標の統合

過疎化と超高齢化社会が進んだ地方では、生活の足である幹線バスやコミュニティバス等の移動手段の維持が急務である。このような背景から、様々な地域で MaaS (Mobility as a Service) の社会実装実験が行われてきた。この社会実装の知見から、「異業種等の連携による収益向上の組み合わせ」、すなわち新たな価値創生ができなければ、持続可能な MaaS システムの運営ができないことが示唆された¹⁾。しかしながら、MaaS 運営の困難を解決することができれば、長年の地方課題である生活の足の確保ができることが社会実装実験から明らかになってきた。加えて、遠隔監視のみ、または車内乗員のみサービスカーが 2025 年度を目途に普及すると言われている²⁾。

移動の手段は、所有からサービス利用による体験へと穏やかに変化してきており、MaaS への取り組みも活発化している。例えば、JR 東日本の Ringo Pass³⁾ は、公共交通やタクシー、レンタカーなどのサービスを統合した MaaS レベル3の実現へと向かい始めている。これは、MaaS の最終目標である社会的目標の統合を実現するレベル4に向けた第一歩である。なお、MaaS のレベル分類については、文献⁴⁾を参照されたい。

2. 価値創生×三方よしの MaaS

筆者の研究室では、異業種等の連携による収益向上の組み合わせを模索するために、「価値創生×三方よしの MaaS」の実現を目標に掲げ、御用邸のある観光地として知られている栃木県那須地区と連携して様々な研究を進めてきた。

「価値創生×三方よし」を MaaS で実現するためには、那須地区の住民、観光客、既存交通業者、町、ホテル、観光施設、レストラン、MaaS 事業者などのステークホルダーに対して、納得できる配分で価値を享受できるシステムが必要になる。

このシステムは、ステークホルダーが価値を生み出すために築き上げてきたビジネスモデルやサービスをサブシステムとしてモデル化し、ステークホルダーの意思決定に関連したシステム群の矛盾を System of Systems (SoS) によるシミュレーション環境で調整し、三方よし(社会的便益、顧客便益、経済的便益の全てよし)を導き出す協調的最適化、Administrative-Ware (AdminWare)⁵⁾の実現である。AdminWare により、MaaS レベル4の調整機構となる便益分析と分配、モニタリング&ファシリテーションが可能になる。

3. 「移動+ α 」の模索

ライドシェアリングサービスに対する新たな価値創生の組み合わせは、例えば、Uber社のライドシェアとデリバリーの組み合わせからスタートし、Uber for Business(ビジネスサポート)まで展開しているビジネスモデル⁶⁾、Miles社の商品やクーポンと交換できるマイル付与⁷⁾、国内社会実装としては、交通商品を組み入れた企画商品との組み合わせ(茨城県日立地域)、広告収益との組み合わせ(北海道北広島市)がある⁸⁾。

筆者の研究室では、例えば、世界遺産観光とLCCのハブ空港を組み合わせた研究⁹⁾、栃木県那須地区での愛着醸成に基づく地域観光プロモーション¹⁰⁾、感性価値創生のための基礎的研究である感動把握プロセスの開発と評価、応用^{11),12),13)}を行っている。ここでは、驚きを伴った「移動+ α 」の価値創生のための取り組みとして、EMOTABIを実現するためのシステム、「タビマエマインド探索システム」を紹介する¹⁴⁾。

旅のプロセスは、一般的に「旅マエ」「旅ナカ」「旅アト」というプロセスで表現される。これは、製品設計で提唱されているタイムアクシス・デザイン¹⁵⁾を適用することで十分に説明できる。この理論によれば、旅の計画が実施されるとき、旅をしたいという精神的価値が主眼となる価値発見の段階が旅マエである。この精神的価値は、感情を強く動かす感性情報によって最大化される。このマインドをタビマエマインドと呼ぶ。

3.1 タビマエマインド探索システムの概要

タビマエマインド探索システムでは、観光客が旅に出たいと思ったときの直感的な印象や価値観を表現

する「エモい画像(以降では、画像)」をキーとして、地域と旅の目的を入力することで、タビマエマインドに合った魅力的な観光地を提案する(図1)。

この探索システムでは、画像の色彩情報と物体情報をAIにより感情として抽象化する。色彩から導き出された色彩の感情語^{16),17)}を色彩感情とし、画像内の物体に関連する感情を物体感情とする。色彩や物体に起因する感性情報の具体的な抽出方法は次の通りである。

3.2 色彩感情の抽出

入力された画像から色彩を抽出するために、色彩を三次元画素値(RGB)に変換する。変換された三次元画素値に対して、非階層型クラスタリング K-means法を適用する。このクラスタリングにより抽出された色彩を日本色彩研究所の公開しているデータ100色^{16),17)}に分類する(図2)。分類された色彩と紐づけられている感情語^{16),17)}を抽出して色彩感情とする。

3.3 物体感情の抽出

入力画像から物体抽出するために、画像分割を行い、それぞれの画像に対して、畳み込みニューラルネットワーク VGG-16により画像内の物体を抽出する。抽出された物体に起因する感情語を求めるために、物体名称が含まれたソーシャルネットワーキングサービス X(過去15日間に遡った10,000件)の投稿から、形容詞と形容動詞をテキストマイニングにより抜き出す。得られた語句を物体感情とする(図3)。

3.4 観光地の提案¹⁴⁾

ここでは、タビマエマインド探索システムによる観光地の提案事例を示す。提案に用いた画像とその

画像から抽出された色彩感情と物体感情を図 4 に示す。画像から得られた感情、「かわいい」「ほしい」「明るい」「落ち着く」に加えて、観光地と旅の目的、「那須」「観光」を Google Maps に入力する。この入力キーワードに基づいた観光スポットが出力される。得

られた観光スポットは、次の通りである。

1. 南ヶ丘牧場
2. 那須高原りんどう湖ファミリー牧場
3. 那須平成の森

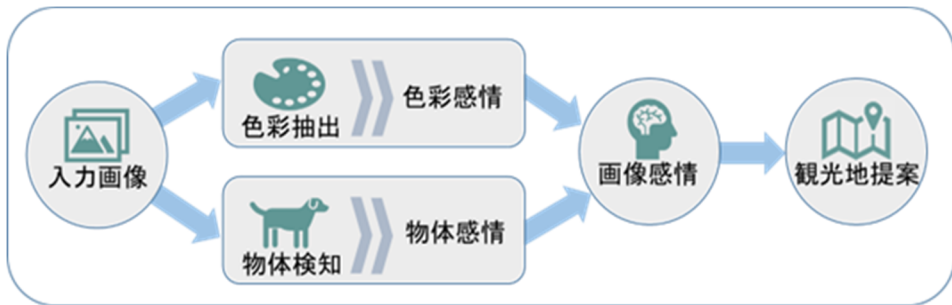


図 1 タビマエマインド探索システムの概要

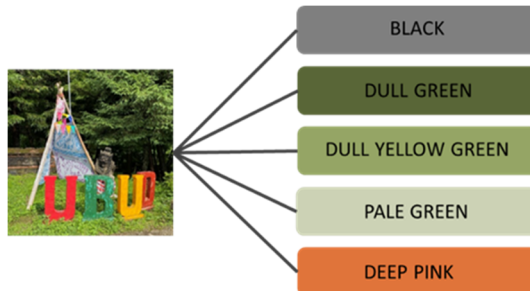


図 2 色彩抽出の例¹⁴⁾

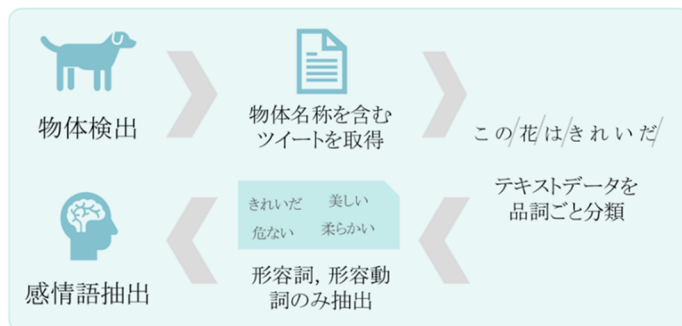


図 3 物体感情の抽出方法の概要¹⁴⁾



ニューラル
ネットワーク
VGG-16
テキストマイニング

非階層型
クラスタリング
K-means
日本色彩研究所DB

物体名称:犬

【物体感情】

かわいい・ほしい



【色彩感情】

明るい・落ち着く

図 4 色彩感情と物体感情の抽出例

いずれの観光地においても、自然豊かな場所で動物を観察したり、触ったりすることができる観光スポットである。また、物産販売もあることから「ほしい」を満たしていることもわかる。以上、色と物体の両方の感情を考慮した結果であると推測できる。このような新たな観光地を発掘するシステムを「移動+ α 」の価値として組み合わせることで、MaaS システムの魅力創出になると考えている。

4. 協調的最適化による AdminWare の構築

4.1 SoS によるシミュレーション

社会的便益、顧客便益、経済的便益の三方よしを導き出す SoS のシミュレーション環境を図 5 に示す。図 5 の SoS では、①社会的便益となる公共移動システム(生活の足)、②顧客便益である観光客の周遊を可能にする観光移動システム、③経済的便益となる既存交通業者や MaaS 事業者のための運営システムに、④価値を創生するタビマエマインド探索システムと⑤顧客便益となる観光ニーズ把握システムを協調的最適化により統合する。

4.2 協調的最適化の流れ

タビマエマインド探索システムに直感的な印象や価値観を表現する画像を入力して、色彩感情と物体感情を抽出する。その後、Google Maps に地域と旅の目的、抽出した感情語を入力し、提案観光地を取得する。この提案観光地を連成変数、タビマエ観光スポット群 TP_i 、として設定し、観光地 i の基準ウエイトの初期値 A_i を設定する。各サブシステムでは、サブシステム内の重み $W_{C,i}$ 、 $W_{T,i}$ 、 $W_{S,i}$ 、 $W_{W,i}$ と基準ウエイト A_i の二乗誤差の最小化を行い、得られた各サブシステムの最適重み $W_{C,i}^{OPT}$ 、 $W_{T,i}^{OPT}$ 、 $W_{S,i}^{OPT}$ 、 $W_{W,i}^{OPT}$ を全体システムに受け渡す。全体システムでは、正規化を行ったうえでそれぞれのサブシステムから受け取った最適重みが制約条件を満たすように最大化する。以上の最適化プロセスを繰り返すことで、三方よしの移動ルートと移動手段が決定される。この協調的最適化を行うために設定された各種条件、すなわち運賃、入場料、人件費、燃料費等の様々な条件がこのシミュレーションにより可視化され、ステークホルダーの便益分析と価値の分配がなされる。

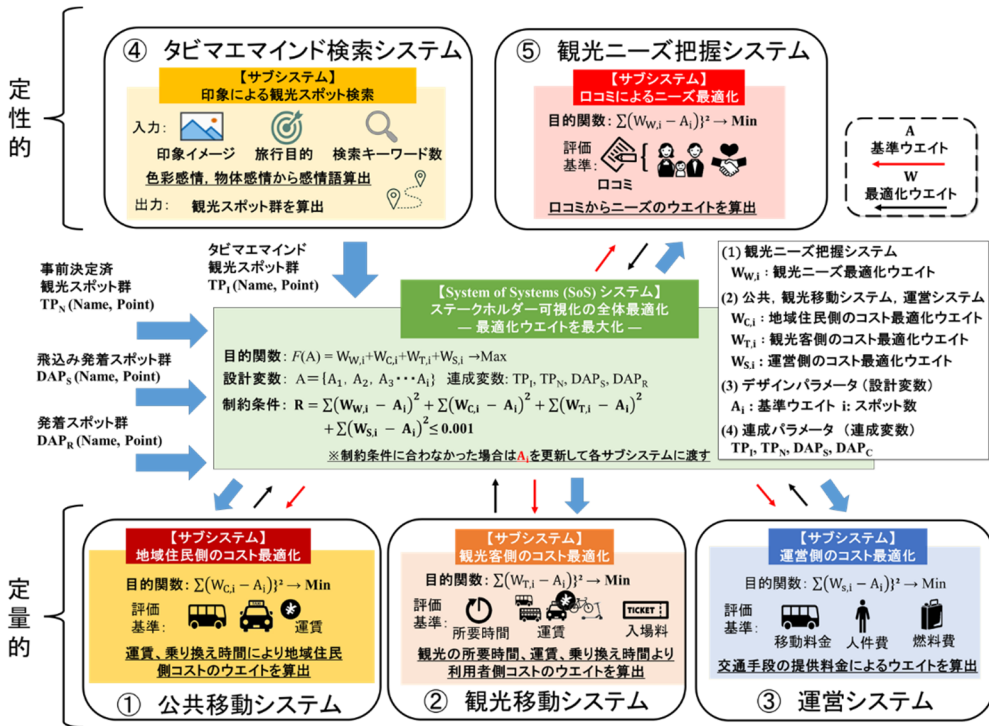


図 5 SoS による協調的最適化の環境

4. 3 協調的最適化の事例¹⁸⁾

ここでは、観光移動システム、運営システム、観光ニーズ把握システムの3つのサブシステムの協調的最適化を行う。表 1 に示すスポットのリストから、発着地点と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群 DAP_R 、事前決定済観光スポット群 TP_N を連成変数として各サブシステムに受け渡す。例えば、運営システムのサブシステム最適化では、観光スポット i に対する交通手段 S の重み W_{Sj} を以下の式(1)を用いて計算する。

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

ここでは、 F_{esi} は交通手段 S で観光地 i まで移動する際の料金、 $C_{p, Si}$ は観光地 i まで移動する際に発生する人件費、 $C_{f, Si}$ は観光地 i 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当し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当し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} は各交通手段の燃料費の総和である。得られたウエイトが一番大きい観光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達するまで行う。

表 1 事前決定済みスポット

	発着地点・観光スポット
1	那須塩原駅
2	那須ガーデンアウトレット
3	友愛の森(道の駅)
4	那須サファリパーク
5	南ヶ丘牧場
6	那須ハイランドパーク
7	乙女の滝
8	那須どうぶつ王国

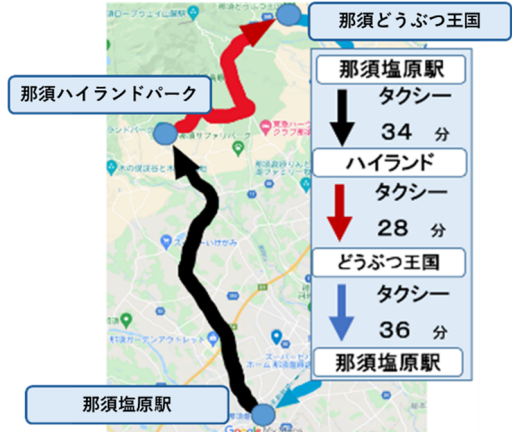


図 6 運営側のコストを考慮した観光ルート¹⁸⁾

(1) 観光ルートの最適化

発着地点を「那須塩原駅」、観光スポットを「那須どうぶつ王国」「那須ハイランドパーク」として観光ルートの最適化を行った。ここでは、協調的最適化による観光ルートと比較検証するために、運営側のコストを考慮した観光ルートと観光客側のコストを考慮した観光ルートについて最適化を実施した。その結果を図 6 と図 7 に示す。図 8 には、SoS による協調的最適化した観光ルートを示す。



図 7 観光客側のコストを考慮した観光ルート¹⁸⁾

運営側のコストを考慮した最適化では、運営会社の利益を確保するために一番利用料金が高いタクシーのウエイト F_{Si} が高くなった。このことから、タクシーのみが利用される観光ルートになった。一方、観光客側のコストを考慮した最適化では、移動料金に対するウエイトが大きくなるため、移動料金が安く、無料で乗れる施設バスやレンタサイクルを使用した観光ルートになったと考える。これに対して、三方よしを考慮した協調的最適化の観光ルートでは、表 2 に示すように移動時間と移動料金の双方を考慮した三方よしの観光ルートになった(図 8)。



図 8 SoS による協調的最適化した観光ルート¹⁸⁾

表 2 移動時間と料金¹⁸⁾

移動時間と移動料金	
運営側	
98分	5,505円
観光客側	
191分	3,840円
協調的最適化	
120分	4,700円

(2) 提案された観光ルートに対する妥当性確認

観光客のニーズに応えられているかを確認するために、実際の利用者はどの観光ルート、移動手段を利用するのかを 27 名の 20 代男性にアンケートを取った。アンケート結果を図 9 に示す。

この結果をみると、移動時間が最も少ない運営側を考慮した観光ルートを選択した人が 7%であった。一方で、できるだけ移動料金を安く抑えたいという理由で観光客側の観光ルートを選択する人が 27%であった。

移動時間が最短の観光ルートの場合には、協調的最適化の観光ルートよりも 800 円ほど高い。しかしながら、移動時間は 20 分以上短縮できる。また、移動料金を最も安く抑えることができる観光客側の観光ルートの場合には、レンタサイクルによる長時間移動が発生する。

66%と最も多い選択であった協調的最適化の観光ルートは、長時間のレンタサイクルによる移動の回避と移動料金が高くなるタクシーのみの移動の間を取った三方よしの観光ルートであることが、このアンケートにより確認された。

SoS による協調的最適化を行うことで、運営側と観光客側の双方を考慮した三方よしの観光ルートを提案することができた。また、アンケートによる妥当性確

認の結果から、協調的最適化により求められた観光ルートが望ましく、運営側の利益を確保しながら観光客側のコストを抑えた塩梅のいい観光ルートの提案ができたと考える。

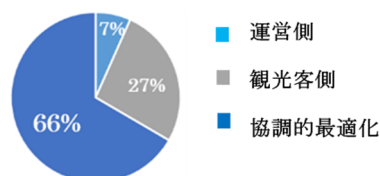


図 9 妥当性確認の結果¹⁸⁾

5. おわりに

価値創生を目指した MaaS システムの新たな取り組みとして、SoS による協調的最適化のシミュレーション環境を紹介した。これは、AdminWare の構築を目指すものである。また、「移動+α」の価値創生のために、本稿で紹介したタビマエマインド探索システムと SoS による協調的最適化を掛け合わせた研究を行っている^{19),20)}。この研究・開発の成果は、新たな価値創生を伴った MaaS システムの実現を後押しするものである。最後に、筆者の研究室では様々 MaaS 研究を進めている。この研究成果と進捗は、参考論文の論文^{21),22),23),24),25)}に当たる。参考になれば幸いである。

<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) 内閣官房 IT 総合戦略室資料, 完全自動運転実現へのシナリオと制度的課題(案), 2017.02
- 3) JR 東日本, Ringo Pass, <https://ringopass.com/>, 最終閲覧日:2024.09.26
- 4) J. Sochor, H. Arby, M. Karlsson, S. Sarasin, A Topological Approach to Mobility as a Service: A Proposed Tool for Understanding R-

- requirements and Effects, and for Aiding the Integration of Societal Goals, Proceedings of 1st ICOMaaS, 2017.11
- 5) 小口泰平, 動き始めた学際思考のクルマ創り Human & Eco Friendly Vehicle 【シン自動車性能論】,2024.08,
<https://motor-fan.jp/mf/article/255337/>,
最終閲覧日:2024.09.26
 - 6) Uber, Uber for Business,
<https://www.uber.com/jp/ja/business/>,
最終閲覧日:2024.09.26
 - 7) Miles, <https://www.getmiles.com/jp>,
最終閲覧日:2024.09.2
 - 8) 経済産業省, 地域新 MaaS 創出推進事業での先進パイロット地域の取組, 2021.04
 - 9) Y. Miyagawa, K.H. Murakami, H. Hasegawa, Research on the Use of Low-Cost Carriers and Regional Airports: Changing Long Layovers to New Value of Tourism, Journal of Global Tourism Research, International Society for Tourism Research, Vol. 5, No. 1, 2020.04
 - 10) H. Miyashita, S. Okubo, R. Takagi, T. Saisu, H. Hasegawa, K.H. Murakami, An application of regional tourism promotion based on engendering a sense of emotional attachment, International Society for Tourism Research, Vol. 9, No. 1, 2024.04
 - 11) A. Sato, H. Hasegawa, Considering User's Kando for Conceptual Design on CDSS, 11th ETRIA World TRIZ Future Conference 2011 2011.11
 - 12) S. Takezawa, Y. Yoshizaki, A. Utsumi, H. Hasegawa, Verification of Kando requirements in the Kando Understanding Support Process Using DOE and Bioinstrumentation, Procedia Computer Science, Elsevier, Vol. 35, 2014
 - 13) 渡邊大, 長谷川浩志, 感動把握プロセスを導入した感性価値創出のためのエンジニアリングデザイン教育, 日本工学教育協会, 工学教育 Vol. 69, No. 2, 2021.03
 - 14) T. Honda, K. Yamamoto, H. Hasegawa, TABIMAE Mind Search System: Exploring Best Tourist Sightseeing Spots Match Mental Values before Travel, Procedia Computer Science, Elsevier, Vol. 225, 2023
 - 15) 松岡由幸, タイムアクシス・デザインの時代—世界一やさしい国のモノ・コトづくり, 丸善出版, 2012.06
 - 16) 日本色彩研究所, 色彩ワンポイント 第5巻 色彩と人間, 日本規格協会, p.10, 1993.11
 - 17) 日本色彩研究所, 色彩ワンポイント 第8巻 色彩イメージと配色, 日本規格協会, 12-141, 1993.11
 - 18) 小幡快世, 鈴木隆介, 長谷川浩志, レベル4のMaaS実現に向けた複合領域最適化の1試行, 計算工学講演会論文集 Vol.28, 2023.06
 - 19) A. Totsuka, K. Obata, R. Suzuki, H. Hasegawa, On Trial of Multidisciplinary Optimization to Actualized Level 4 Mobility as a Service (MaaS) Platform, Smart Transportation Systems 2024, Springer, 2024.09
 - 20) 戸塚蒼生, 小幡快世, 鈴木隆介, 長谷川浩志, 価値創生を考慮したMaaSシステムの複合領域最適化, 計算工学講演会論文集 Vol.29, 2024.06
 - 21) 大島航星, 長谷川浩志, 移動制約者を考慮したオンデマンドバス停留所の最適配置, 計算工学講演会論文集 Vol.28, 2023.06
 - 22) 惣野源也, 川上悟, 長谷川浩志, 自動運転を考慮したワンウェイ型カーシェアリングの最適配置, 計算工学講演会論文集 Vol.27, 2022.06
 - 23) 川上悟, 長谷川浩志, ワンウェイ型カーシェアリングの再配置最適化における可視化シミュレーション, 計算工学講演会論文集 Vol.27, 2022.06
 - 24) 平井恵悟, 平岡優希, 鈴木隆介, 長谷川浩志, 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 Vol.26, 2021.05
 - 25) 川上悟, 長谷川浩志, ダイナミックプライシングを用いたワンウェイ型カーシェアリングの再配置最適化, 計算工学講演会論文集 Vol.26, 2021.05