

リアルタイム情報を用いたスポット推薦システムの推薦精度・汎用性の向上 —バスの待ち時間活用型スポット推薦機構を対象として—

菊地 花奈

1. はじめに

地方都市における路線バスの利用率低下が進んでおり、その要因の一つとしてバスの待ち時間に対する不満が挙げられる。この課題に対し、待ち時間を有効活用するためのスポット推薦に関する研究が行われてきた。

しかし、既存研究では、店舗の営業状態や天候情報といったリアルタイム情報が十分に活用されておらず、営業時間外のスポットや、悪天候時に屋外のスポットが推薦されるといった問題があった。加えて、スポット情報を手動で管理する必要があり、運用面での負担も課題となっていた。さらに、実装および評価が行われた研究が少なく、スポット推薦によるバスの待ち時間活用の有効性が十分に検証されていない。

本研究では、バスロケーションシステムを事例に外部APIを活用したリアルタイム情報に基づくスポット推薦システムの改善策を提案する。また、実証実験を通じて、バス出発時刻までの待ち時間活用に対する提案手法の有効性を検証する。

2. バスの待ち時間を活用したスポット推薦

2.1 地方路線バスの現状と課題

近年、地方都市では路線バスをはじめとする公共交通の利用率低下が深刻な問題となっており、本研究の対象地域である会津若松市においても路線バスの年間利用者数が2014年度の178万人から2020年度には89万人へと半減している[1]。

利用率低下の背景には、運行間隔の長さや待ち時間への不安等の利便性の低さが指摘されている[2]。また桐生[3]によれば、利用者を対象とした調査では「バスの到着時間がわからず待ち時間に不安を感じた」「遅延で乗り継ぎができなかった」といった利用者の声が報告されており、運行間隔や定時性の問題が利便性低下の一因となっていることが示唆される。

待ち時間に対する不満を軽減する手段として、桐生[3]は待ち時間中の体験価値を高めるスポット推薦を提案しており、心理的不満の低減を通じて公共交通の利用しやすさ向上につながる可能性を示している。

2.2 スポット推薦におけるリアルタイム情報の活用

路線バスの待ち時間を活用したスポット推薦として、桐生[3]は、ユーザのニーズに応じたスポットを選定し、バス停からスポットまでの移動時間と滞在時間を考慮して次便の出発時刻までに間に合う候補を推薦するシステムを開発した。待ち時間の算出にはバスの現在位置に関するリアルタイム情報を用いる一方で、スポットの営業状態や天候等のスポット側リアルタイム情報は反映していないため、営業時間外の店舗や悪天候時の屋外スポットが候補に残り得る。さらに、スポット情報はローカルデータベースに手作業で登録・更新する方式であり、運用負担が大きく情報の鮮度を維持しにくいという課題がある。

一方、スポット側リアルタイム情報の活用例として、磯田ら

[4]はイベント開催状況、天候、混雑度等のリアルタイム情報と、観光目的や過去の観光履歴等のユーザ情報を統合する推薦アルゴリズムを提案している。複数の情報要素を統合的に用いることで推薦精度向上の可能性を示唆する一方で、ユーザ情報入力への負担があることに加え、実装および評価が行われておらず、リアルタイム情報の具体的な取得方法も明確に記載されていない。

以上より、スポット側リアルタイム情報の活用に関する研究は存在するものの、バス待ち時間のような明確な時間的制約下において、ユーザのニーズへの対応、スポット側リアルタイム情報の反映、およびスポット情報管理の省力化を同時に実現し、かつ実装および評価した事例は限定的である。そこで本研究では桐生[3]、鈴木[5]、黒須[6]、安田[7]によって継続的に開発されてきたバスロケーションシステムを改良対象とし、スポット情報の手動追加・更新に伴う運用負担(運用面)と、スポット側リアルタイム情報の未活用(機能面)を課題として扱う。提案手法では外部APIから天候情報や営業状態等を自動取得して推薦に反映し、実証実験によりスポット推薦精度向上と、運用容易性および他地域展開における汎用性¹を検証する。

3. スポット推薦システムの構成

3.1 システムの概要と実装ツール

図1に従来システムと提案システムの構成を示す。図中のグレー部分は従来のシステムの機能であり、白い部分が本研究で新たに追加する機能である。

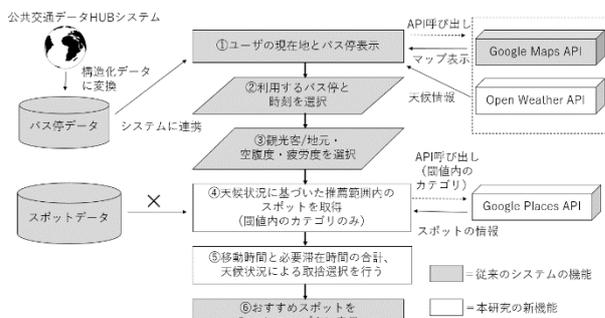


図1 提案システムの構成図

従来のシステムはJavaScriptの実行環境であるNode.js^[8]を用いて構築されており、バス情報データとスポット情報データの2種類のデータソースを用いて、ユーザ入力に基づくスポット推薦結果をGoogle Maps上に表示する(図1)。まず、バス情報データは公共交通データHUBシステム³からバス停位置や時刻表データを取得し、バスの運行状況をユーザに提示する。また、スポットの情報データは会津若松観光ナビ⁴から提供される会津地方の観光・グルメ・店舗情報を用いていた。

しかし、従来システムには運用面と機能面の両方に課題が残されている。運用面では、バス停位置や時刻表等の交通

¹ ここでは、特定地域に依存せず別地域においても同一の手順で運用可能とする性質とする。

² <https://nodejs.org/ja>

³ <https://www.ptd-hs.jp/>

⁴ <https://www.aizukanko.com/>

データを手動で登録・更新していたため、作業負担が大きく、ダイヤ改正等の変更が生じた際に反映遅延が発生し得る。また、スポット情報(営業時間、店舗情報等)についても手動で登録・更新する運用であり、スポット数の増加や情報変更に伴って管理負担が増大する。さらに、会津若松観光ナビに依存した地域特化型のデータ構成であるため、他地域への展開が困難であり汎用性のあるシステムとはいえない。機能面では、天候や営業状態といったスポット側のリアルタイム情報を推薦に反映していなかったため、悪天候時に屋外スポットが候補に残る、あるいは営業時間外の店舗が推薦され得るなど、状況に応じた適切な推薦が困難であった。

本研究では、これらの運用面および機能面における課題に対してそれぞれ改善策を提案し、従来システムへの実装を試みる。以下、改善策を実装したシステムを提案システムと呼ぶ。

運用面では、交通データ(バス停位置、時刻表等)を公共交通データHUBシステムから定期的(1日1回)に自動取得する方式へ変更し、手動登録・手動更新に伴う作業負担と反映遅延を低減する。また、スポット情報については会津若松観光ナビへの依存を解消するため、Google Places API⁵を導入してスポット名や営業状態等を自動取得し、手作業での情報更新を削減するとともに、他地域への展開を可能にする。

次に、機能面の改善策として、天候情報および営業状態情報をスポット推薦に反映する。提案システムではOpen Weather API⁶を用いて推薦実行時点の天候情報を取得し、天候状況に応じて推薦範囲や屋内外スポットの推薦可否を切り替えることで、悪天候時に屋外スポットが候補に残るといった不適切な推薦を抑制する。天候は短時間で変化し得るうえ、同一時刻でも地点により差が生じ得るため、本研究ではユーザがスポット推薦を実行するたびに天候情報を取得する仕様とした。この仕様では利用頻度に応じてAPI呼び出し回数が増加するため、天候情報APIの選定ではコスト面を重視し、無料利用枠が大きいOpen Weather APIを採用した⁷。また、Google Places APIが提供する営業状態情報を用い、営業中のスポットのみを推薦対象として表示することで、営業時間外の店舗が推薦され得るという問題を低減する。以降の節では、これらの追加機能の詳細について述べる。

3.2 天候情報の取得と処理

Open Weather APIは推薦処理の実行時にユーザの現在地の天候情報を取得する。取得した天候情報は「良好な天気」「中程度の天気」「悪天候」の3段階に分類される。この分類に基づき、悪天候時には近距離のスポットのみを推薦するといった対応が可能となる。

分類処理では、Open Weather APIから取得した気象条件ID(weather id)、風速(m/s)、気温(°C)の3項目に対してスコアを付与し、総合的に天候状態を判定する。風速を考慮する理由は、台風や吹雪などの強風時に屋外スポットの推薦を防ぐためである。気象条件IDに基づき、天気の種類に応じたスコアを付与する。本稿では紙面の都合上、代表例のみを示すが、実装では気象条件IDの全分類に対してスコアを定義しており、未定義のIDが生じないようにしている。例えば、「晴れ」「曇り」に相当する場合はスコア0、「小雨」「小雪」に相当する場合はスコア1、「雨」「雪」「雷」に相当する場合はスコア2を付与する。風速については、10m/s未満の場合はスコア0、10m/s以上の場合はスコア1とする。この10m/sという基準は、気象庁が強風注意報を発令する運用基準を参考に設定した[9]。気温につ

いては、環境省の暑さ指数(WBGT)における「警戒(WBGT 25以上)」レベルに対応する気温の下限値28°Cを採用した[10]。よって、気温28°C以上の場合にスコア1を付与する。また、冬季における凍結による転倒リスクを考慮し、0°C未満の場合もスコア1を付与する。

これら3項目のスコアを合計(以下、合計スコア)し、合計スコアに応じて天候状態を分類する。合計スコアが0の場合は「良好な天気」、1の場合は「中程度の天気」、2以上の場合は「悪天候」と判定する。この分類は、候補スポット生成時に用いる検索半径(スポットを検索する範囲)の上限を決定するために用いられる。

3.3 おすすめスポットの絞り込み条件

本節では、おすすめスポットを絞り込むまでの処理手順について説明する。まず、天候状況に基づき、3.2節で算出した合計スコアに応じて候補スポット生成に用いる検索半径を設定する。標準的な歩行速度4km/h[11]に基づき、徒歩での到達時間から半径を定め、「良好な天気」は1000m(約15分)、「中程度の天気」は600m(約10分相当)、「悪天候」は300m(約5分相当)とした。端数は移動負担を過小評価しないよう切り下げている。なお、1000mは従来のシステムと同様の値であり、徒歩で気軽に訪問でき、バスの待ち時間を活用するには妥当な範囲と考えられる。これにより、遠距離移動を伴う候補を抑制する。

次に、ユーザのニーズに基づいて推薦対象とするカテゴリ(飲食店、観光地などのジャンル)を選定する。従来システムでは、各スポットに対して「ユーザタイプ」「疲労度」「空腹度」の3つの特性値を個別に手動で設定していたが、提案システムではカテゴリごとに特性値を設定する方式を採用した。これにより、Google Places APIから取得した新規スポットに対しても、そのカテゴリに基づいて自動的に特性値が割り当てられる。以下に、各特性値の設定方針と代表的なカテゴリの例を示す。

ユーザタイプについては、観光地や旅行代理店など観光客向けのカテゴリには特性値1を、レストランやカフェなど観光客と地元住民の双方が利用するカテゴリには特性値2を、スーパーマーケットやビデオレンタル店など地元住民が主に利用するカテゴリには特性値3を設定した。疲労度については、公園やショッピングモールなど休憩を主目的としないカテゴリには特性値1を、カフェなど座席があり休憩可能と想定されるカテゴリには特性値3を設定した。空腹度については、書店や衣料品店など飲食物が提供される可能性が低いカテゴリには特性値1を、コンビニエンスストアやスーパーマーケットなど飲食物が販売されているカテゴリには特性値2を、レストランなど飲食を主目的とするカテゴリには特性値3を設定した。

提案システムでは、ユーザから取得する入力項目および回答方式は従来システムを踏襲し、ユーザタイプ、疲労度、空腹度に対応する3つの質問への回答を求める。ユーザの回答をそれぞれ r_1 、 r_2 、 r_3 とする。ユーザ回答とカテゴリ特性値との差分に基づいて、ユーザのニーズに適合するカテゴリを判定する。この不一致度を差分 D_k と定義し、次式により算出する。

$$D_k = |r_1 - c_{k,1}| + |r_2 - c_{k,2}| + |r_3 - c_{k,3}|$$

差分 D_k が小さいほど、カテゴリ k はユーザのニーズに適合するとみなす。本研究では D_k に基づきカテゴリのおすすめ度を決定し、 $D_k=0$ はおすすめ度3、 $D_k=1$ はおすすめ度2、 $D_k=2$ はおすすめ度1とする。 D_k の閾値を3とし、この値以上のカテゴリは推薦対象外とする。その後、閾値内カテゴリをGoogle

Weather APIは月間1,000,000リクエスト(参照:2026-01-05)

⁵ <https://developers.google.com/maps/documentation/places/>

⁶ <https://openweathermap.org/api> (参照:2026-01-05)

⁷ 無料利用枠は Google Weather API が月間 10,000 リクエスト, Open

Places APIにリクエストし、スポット情報としてスポット名、カテゴリ、営業状態、緯度経度、料金、URLを取得する。

続いて、カテゴリに付与した屋内外区分に基づき、天候状況に応じて推薦対象を絞り込む。合計スコアが0, 1の場合は屋内・屋外の両方を対象とする。合計スコアが2以上の場合は屋外スポットを除外し、屋内スポットのみを推薦対象とする。

最後に、時間的制約による絞り込みを行う。これは、「バスの出発時刻までに間に合う」スポットのみの推薦を目的に行う。以下の条件を満たすスポットに絞り込む。

$$T_1 + T_2 + T_3 + B \leq W$$

ここで、 T_1 は現在地からスポットまでの移動時間(分)、 T_2 はスポットでの必要滞在時間(分)、 T_3 はスポットからバス停までの移動時間(分)、 B は余裕時間(分)、 W はバス出発までの待ち時間(分)である。 B は乗り遅れ防止のため5分とした。 T_3 は従来システムの設定を参考にカテゴリごとに定めた。具体的には、小売店・公園は5分、カフェは30分、レストランは40分とした。なお、これらの値の妥当性は実証実験により検証する。

また、提案システムでは、おすすめスポットの表示画面に「現在地からの徒歩時間」の項目を新たに追加した。これは、ユーザの現在地とおすすめスポットの2地点間の直線距離に対し、実際の道のりを考慮して1.3倍の補正を行い、移動距離を近似的に算出したものである。この値は森田・奥貴[12]が調査した都市部における道路距離と直線距離の比である約1.3を参考にした。

3.4 有料 API リクエスト数削減によるコスト抑制

提案システムでは、Google Places APIが提供する指定した領域内でカテゴリに該当するスポットを検索できるNearby Searchを使用する。この機能は、月間1,000リクエストまで無料であるが、超過すると従量課金が発生する。本システムでは登録済み27カテゴリそれぞれにリクエストが発生するため、スポット推薦1回当たりのリクエスト数は最大27回となり、無料枠内で実行できる回数は月当たり約37回に限られてしまう。また、無料枠超過後のスポット推薦1回当たりの費用は約34円⁸となり、利用が広く普及した場合は運用コストが課題となる。

この問題を解決するため、ユーザのニーズに適合する閾値内のカテゴリに限定してリクエストを事前に絞り込む処理を実装した。既に述べたように閾値以上は推薦対象外であるため、リクエストを省略しても推薦結果には影響しない。その結果、スポット推薦1回当たりのリクエスト数は平均⁹約10回となり、従来の最大27回から削減できた。したがって、無料枠超過時の1回当たり費用も概算で約3分の1に低減する。

4. リアルタイム情報導入による効果と評価

4.1 スポット情報取得方式の改善による効果

本節では、スポット情報の取得方式を従来のローカルデータベース参照からGoogle Places API参照へ置き換えた場合に、推薦判断に必要な情報を従来と同等以上に提示できることを示す。(図 2に従来システム、図 3に提案システムの表示例)

提案システムでは、「詳細」ボタンの遷移先を各スポットの個別ホームページからGoogle Mapsのスポット詳細ページへ変更した(図 4)。これにより、従来システムが表示していた概要や住所、電話番号に加え、レビュー、写真、メニュー等の付加情報を統一されたインターフェース上で確認できる。あわせて、開発者側はスポット追加時にホームページURLを調査して登録する必要がなくなり、スポット情報の更新を自動化できる。

さらに、提案システムでは営業状態(営業中/営業時間外)

を取得して表示でき、利用時点の状況を推薦に反映できる。なお、Nearby Searchでは取得できない営業時間の詳細も、Place Details APIを使用すれば取得可能であるが、追加コストを避けるため、本研究では営業状態の提示に留める。

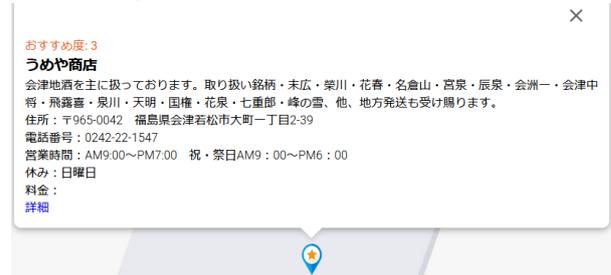


図 2 従来のおすすめスポットの詳細情報

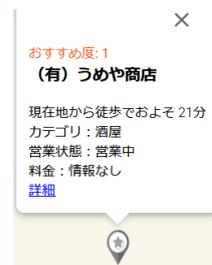


図 3 本研究のおすすめスポットの詳細情報



図 4 おすすめスポットの「詳細」の機能

4.2 Open Weather API 導入による効果

提案システムではOpen Weather APIを導入し、推薦実行時点の天候情報に基づいて検索半径と屋内外の推薦可否を切り替えるようにした。図 5・図 6・図 7に天候分類ごとの表示例を示す。

まず、「良好な天気」では屋内スポット59件、屋外スポット15件が表示された。また、「中程度の天気」では屋内スポット32件、屋外スポット7件が表示された。そして、「悪天候」では屋内スポット15件のみ表示された。



図 5 「良好な天気」の範囲 (1000m 以内)

⁸ S1=156 円換算(参照:2026-01-05)

⁹ 平均はユーザの回答パターンが同確率で発生すると仮定して算出した。



図 6 「中程度の天気」の範囲 (600m 以内)



図 7 「悪天候」の範囲 (300m 以内)

以上の結果から、天候状況に応じて検索半径が適切に調整され、悪天候時には屋内スポットのみが推薦されることを確認した。これにより、従来システムでは考慮されていなかった天候状況に基づく推薦が可能となり、雨天時に屋外スポットを推薦するといった不適切な推薦を抑制できるようになった。

4.3 実証実験によるスポット推薦機能の評価

提案システムのスポット推薦機能の有効性を確認するため、2026年1月中旬から下旬にかけて会津若松市周辺で実証実験を実施した。被験者は10代から40代の計11名(男性7名、女性4名)であり、バス運行時間帯(午前から夕方)に実施した。なお、実験期間中は概ね晴天であり、悪天候時の検証は含まれていない。

実験手順は、(1)被験者が自身のモバイルデバイスで提案システムにアクセス、(2)任意のバス停と乗車予定の出発時刻を選択しスポット推薦機能を使用、(3)現在地から推薦スポットへ徒歩で移動し一定時間滞在、(4)推薦スポットから乗車予定のバス停へ移動し出発時刻に間に合うか確認、の4段階である。

評価は5段階のアンケートで実施した。質問項目は、①おすすめスポットはニーズに合っていたか、②待ち時間で訪問可能か、③訪問後、目的のバスに間に合ったか、④バスの待ち時間を有効活用できたか、⑤スポット推薦機能によりバスを利用しやすくなると思うか、の5項目である。実証実験の結果、肯定的回答(「とても思う」「思う」)の割合は、①11名中10名(91%)、②11名中11名(100%)、③11名中10名(91%)、④11名中10名(91%)、⑤11名中8名(73%)であった(表 1)。

表 1 実証実験によるアンケートの集計結果

項目	とても思う	思う	どちらでもない	あまり 思わない	全く 思わない	無回答
①	4	6	1	0	0	0
②	10	1	0	0	0	0
③	9	1	0	0	0	1
④	3	7	0	0	0	1
⑤	3	5	1	0	0	2

これらの結果から、提案システムの時間的制約処理が適切に機能し、スポット推薦機能がバスの待ち時間の有効活用により一定の効果があることが確認された。

一方で、「バスの時刻には間に合うが、スポットでの滞在時間が短い」という意見があり、カテゴリごとに設定した最低滞在

時間の再検討が課題として得られた。また同種の飲食店でも推薦可否が分かれる事例が確認され、Google Places APIのカテゴリ分類(例「レストラン」「テイクアウト」)の差により特性値が異なっていたことが原因と判明した。今後は最低滞在時間の再検討と関連カテゴリ間の特性値の整合性確認を行う。

5. むすび

本研究では、従来のバスロケーションシステムにおける「スポット側のリアルタイム情報が考慮されていない」「スポット情報の手動更新による運用負担が大きい」という2つの課題に対し、外部APIを活用した改善機能を提案・実装した。具体的には、Open Weather APIによる天候情報の取得の推薦対象の動的調整、Google Places APIによるスポット情報の自動取得、および現在地からおすすめスポットまでの徒歩時間算出機能を実装した。また、API呼び出し回数の削減により運用コストの削減を図った。実証実験の結果、被験者の91%が「待ち時間を有効活用できた」、73%が「バスを利用しやすくなる」と回答し、提案システムの有効性が確認された。

今後の課題は、最低滞在時間の再検討およびカテゴリ間の特性値の整合性確認が挙げられる。加えて、路線バスの遅延などの他のリアルタイム情報の活用や、会津若松市以外の地域への展開についても検討を進める必要がある。

謝辞

本研究は福島県会津地方振興局「生活交通」事業の『路線バスの利用しにくさの改善』の一環として取り組みました。また、ご多忙のところご協力いただきました、会津若松市様、会津乗合自動車株式会社様、AIOI Δ様に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 会津若松市,会津若松市地域公共交通計画, https://www.city.aizuwakamatsu.fukushima.jp/docs/2022_040100012/file_contents/koutsu-plan_summary.pdf, (参照:2025-12-29).
- [2] 内閣府,公共交通に関する世論調査,<https://survey.gov-online.go.jp/h28/h28-kotsu/>, (参照:2026-02-01).
- [3] 桐生実和,“バスの待ち時間活用のための利用者のニーズに基づくスポット推薦システムの開発”,会津大学短期大学部 2023 年度経営情報コース卒業研究論文要旨集,2023.
- [4] 磯田祥吾 ほか,“観光地コンテキストの変化を考慮した理由付き訪問スポット推薦”,情報処理学会関西支部大会 講演論文集, pp.1-8,2019.
- [5] 鈴木皓太,“地方路線バスの利用促進のためのシステム開発”,会津大学短期大学部 2023 年度経営情報コース卒業研究論文要旨集,2023.
- [6] 黒須友香,“Web アプリケーションのユーザビリティの改善案”,会津大学短期大学部 2024 年度経営情報コース卒業研究論文要旨集,2024.
- [7] 安田萌,“Web API を実装した Web アプリケーションの応答性向上”,会津大学短期大学部 2024 年度経営情報コース卒業研究論文要旨集,2024.
- [8] 掌田津耶乃,Node.js 超入門第 4 版,秀和システム,2022.
- [9] 気象庁,特別警報・警報・注意報・気象情報, https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/yougo_hp/keihou.html, (参照:2026-01-15).
- [10] 環境省,熱中症予防情報サイト, https://www.wbgt.env.go.jp/wbgt_data.php, (参照:2026-02-01)
- [11] 厚生労働省,身体活動・運動, https://www.mhlw.go.jp/www1/topics/kenko21_11/b2.html, (参照:2026-02-01).
- [12] 森田匡俊,鈴木克哉,奥貫圭一,“日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証研究”,GIS-理論と応用,Vol.22, No.1, pp.1-7,2014.