

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：24506

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K12458

研究課題名（和文）機械学習に基づく中核都市（姫路市）観光振興システムの開発

研究課題名（英文）On Realization of Tourism Promotion System for Core City (Himeji City) Based on Machine Learning

研究代表者

上浦 尚武 (Kamiura, Naotake)

兵庫県立大学・工学研究科・教授

研究者番号：80275312

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、外国人旅行者用姫路市観光ルート作成システムおよび姫路市観光資源価値評価システムの開発を具体的なテーマとする。前者はHTML形式で実装されており、個人旅行者が交通手段、出発地・到着地、興味のある項目などを入力すれば自動的に観光スポットを推奨する。後者はサポートベクターマシン（SVM）に基づくものであり、姫路市が観光プロモーションを掛けたい国からの観光客を調査対象とする。データは市販の国籍別旅行者分布に基づき生成し、調査対象国のデータをSVM識別器に与え、その属性が正解クラスならば、印加されたデータによって指定される姫路市内の地区を、調査対象国出身旅行者にも訪問価値があると推定する。

研究成果の学術的意義や社会的意義

観光ルート作成システムは、鎌倉市、岡山県をそれぞれ対象にしたものが開発されている。ただし、これらは外国人旅行者の使用を想定したものではない。また、観光スポット数、観光スポット間距離、公共交通機関などで地域差が大きく、姫路市で外国人観光客が利用する前提では、本システムが最適である。観光資源価値評価システムについては、姫路市のような中核都市を対象とし、姫路市が重点市場国と考えているフランス、イギリス、ドイツ、スペイン、シンガポール、オーストラリア、アメリカからの各国観光客ごとに1km四方のエリアについて観光価値を評価するものは本システムが初めてのものであり、姫路市商工会議所からも高く評価された。

研究成果の概要（英文）：This study specifically focuses on the following two systems: the Himeji City tourism route creation system for foreign tourists and the Himeji City tourism resource value estimation system. The former is implemented in HTML format. Once individual travelers enter their transportation options, departure and return locations, and areas of interest to it, they immediately receive recommendations for their favorite tourist spots. The latter, based on Support Vector Machine (SVM), targets tourists from countries that Himeji City aims to promote tourism to. Data is generated based on commercially available distributions of tourists by nationality. The data associated with the target countries is presented to the SVM classifier. If the presented data is judged to be the correct class, the small area specified by the data within Himeji City is estimated to have visitation value for tourists from the target countries.

研究分野：ソフトコンピューティング

キーワード：外国人旅行者 姫路市 中核都市 ルート生成 CBOWモデル 観光資源評価 サポートベクターマシン
機械学習

1. 研究開始当初の背景

(1) 個人旅行における観光ルート作成システムの開発

現在、国内外問わず観光目的の旅行者が増加し続けており、日本経済において観光産業は非常に重要なファクターとなっている。旧来の旅行では、旅行業者が主催する団体ツアーに参加するケースが、少なからぬ割合を占めていた。一方、最近では交通機関の発達、インターネット予約サイトの普及などにより、旅行者の好みに合わせて自由に周遊ルート、宿泊などを計画・選択できる。後者のケースは観光の個人化とよばれ、現在、観光産業では細分化している個人の嗜好に対応した観光スポット、アクティビティなどの観光価値を提供することが重要とされている。

個人旅行を選択する際、各旅行者は自分の嗜好に合致する観光スポットを前もって調べておく必要がある。事前調査に要する手間および時間を削減する手段として観光ルート自動作成システムがある。このシステムについては数多くの研究が報告されているが、観光資源数、資源間価値格差、資源間距離、交通機関利便度などは観光地間で差が激しく、全観光地に有効なルート自動作成システムの開発は難しい。すなわち、自治体ごとのシーズ（観光資源）と観光客のニーズ（嗜好、目的）が合致したシステムでなくては無用の長物となる可能性が高い。

(2) 訪日外国人の旅行分布に基づく観光資源価値評価システムの開発

現在、訪日外国人旅行者の数は年々増加しており、日本政府は、観光は成長戦略の有望分野と定めている。中核都市である姫路市においても、2007年に「観光交流推進計画」を策定し、多くの訪日外国人旅行者の誘致を目標にした。姫路コンベンションビューローでは「フランス、イギリス、ドイツ、スペイン、シンガポール、オーストラリア、アメリカ」を重点市場国と位置付け、ビューロー会員である観光事業者と共同で観光客誘致プロモーション活動を行っている。魅力ある情報により誘致を図るために姫路市内のどこに観光価値があるのかを的確に意識しなければならない。観光価値の有無を新定義する際、重点市場国の旅行者が実際に訪れているエリアは一つの手がかりとなる。ただし、姫路市を訪れている重点市場国出身旅行者は必ずしも多数派ではなく、この基準のみに従えば訪問者数が少ないだけで観光価値があるかもしれない未開拓地エリアは価値無しと判断される。訪問人数のみを念頭に置くだけでは、各国の観光客のニーズは掘り起こせない可能性が高い。

2. 研究の目的

(1) 個人旅行における観光ルート作成システムの開発

本研究では、外国人観光客の好みを考慮した姫路市観光ルート生成システムを開発する。提案システムは、Web ページ上で簡単に操作できるように HTML 形式で実装されており、利用者が交通手段、出発地・到着地、興味のある項目(以下、ジャンルと記す)、特に行きたい場所を入力すれば自動的に観光スポットを推奨する。そして、上位ランクのスポットの訪問順は、それらをノードとする巡回セールスマン問題 (TSP) として決定するものとなる。図 1、2 にそれぞれ提案システムの入力ページ例、出力ページ例を示す。出力ページにおいては、赤い地点マークで使用者の要望に合致する観光スポットを表し、それらを結ぶ青い線は TSP として解決された訪問順路に該当する。

図 1 入力ページ例



図 2 出力ページ例

(2) 訪日外国人の旅行分布に基づく観光資源価値評価システムの開発

本研究では、観光価値の評価対象である国以外の出身の外国人旅行者に対する姫路市訪問分布データを基に、市内の各地区に対する観光価値評価システムを開発する。提案法は、NTT ドコモが独自に作成しているモバイル空間データのうち、姫路市に対する国籍別旅行者分布データを用いる。分布データはエリアコードを有し、そのコードで特定される地区を訪れた外国人旅

行者の国別人数がデータの要素値とされる。また、評価のためのツールとしてサポートベクターマシン(SVM)を用いる。提案システムでは、まず調査対象の国を定める。次に、分布データのうち、調査対象国からの観光客が訪れている地区のコードを有するデータに正解クラス、訪れていないエリアに不正解クラスとラベルを与える。ラベル付与の後、それらを印加し、SVM 学習によりデータ識別器を完成させる。そして、識別器に調査対象国の要素値が外されたテストデータを与え、それらのクラス分けを行う。クラス分類されたテストデータもエリアコードを有する。提案システムは、正解クラスに分類されたデータのエリアコードによって指定される姫路市内の地区を、調査対象国出身旅行者にも訪問価値があると推定するものである。

3. 研究の方法

(1) 個人旅行における観光ルート作成システムの開発

外国人に対する姫路市の観光と日本観光の好みについて、嗜好調査を行った。その結果、外国人が興味を持つ項目（ジャンル）は、「歴史(history)」、「風景(scenery)」、「有名(famous)」、「芸術(art)」、「家族(family)」、および「お土産(souvenir)」と判明した。そこで、ジャンルと姫路市内 12 箇所の観光スポットとを関連づけ、表 1 に示すように各スポットの基本スコアを決定する。基本スコアは、日本のインターネット旅行サイトにおいて、観光スポットに関するコメント文中に、ジャンルおよびその類義語が何回現れるかを計数し、その出現数に対するしきい値処理によって得たものである。

提案システムは、使用者に自分が最もスポット選びで重視するジャンルを 2 個選ぶように要求する。使用者がそれらを入力した後、提案システムは表 1 においてそれら 2 ジャンルで指定される列上の基本スコアを重み付け対象とする。すなわち、該当列上の基本スコアを 5 倍とする。

一方、上記嗜好調査により、外国人は姫路観光でスポット見学所要時間を最も重視し、次いで観光スポットへのアクセス良さ、入所値段、最後に英語の対応性を高く評価していると明らかになった。そこで、表 1 の基本スコアとは別に、見学時間スコアを定義した。まず、インターネット上の調査、もしくは各スポットの事務所でのインタビューに基づき所要見学時間を見積もり、次に 30 分を 1 ポイントとみなして見学時間を点数化し、その値を 5 から減じることにより、各スポットの見学時間スコアは決定される。見学時間スコアは、長い見学所要時間を必要とするスポットほど小さな値となるため、手早くスポットを見て回りたい外国人の選択基準に合致する。

さらに、観光スポットへのアクセス良さを考慮して、見学時間スコアを操作する。すなわち、立地が近いスポット同士については定数値を見学時間スコアに加算する。これは立地が近いほどスポット間移動に要する時間が短いためである。また、周遊出発地および最終目的地で指定される条件に合致する場合も見学時間スコアを操作する。以上のように決まった見学時間スコア、重み付け後の基本スコアを合計し、各スポットの得点 E_i を得る。なお、スポット i の営業終了時刻が間近、もしくは過ぎている場合は、 E_i を強制的に 0 とする。

提案システムは E_i を基準として、各スポットを降順にソートする。そして、上位にランク付けされる最大 5 スポットを使用者の要求に合致するものとして選び、その巡回ルートを TSP 問題と見なして決定する。

表 1 各スポットの基本スコア

i	Spots	m						Area
		0	1	2	3	4	5	
		“歴史” (History)	“風景” (Scenery)	“有名” (Famous)	“芸術” (Art)	“家族” (Family)	“お土産” (Souvenir)	
0	Himeji castle	5	5	5	5	5	5	C
1	Kokoen garden	3	3	1	2	2	2	C
2	Engyoji temple	4	4	4	2	3	2	O
3	Taiyo park	2	3	4	3	3	3	O
4	Himeji central park	0	3	3	0	5	4	O
5	Japan toy museum	1	0	0	1	0	1	O
6	Himeji city aquarium	0	0	1	0	2	2	T
7	Himeji city zoo	1	2	2	2	4	4	C
8	Himeji city museum of art	3	1	1	5	0	1	C
9	Himeji city museum of literature	1	0	0	4	1	1	C
10	Hyogo prefectural museum of history	4	0	0	2	0	0	C
11	Tegarayama central park	0	3	0	1	2	0	T

(2) 訪日外国人の旅行分布に基づく観光資源価値評価システムの開発

本研究では、ドコモ・インサイトマーケティングが制作したモバイル空間データのうち、国、地域別旅行客数データを用いた。各データにおいては 1km メッシュで区切られたエリアが統計処理単位とみなされ、それら各エリアに移動した訪日外国人数が国籍別かつ季節別に集計されている。観光客の出身国数は 45 である。また、各データは 8 桁の数字であるエリアコードを有し、これにより該当するエリアの位置を地図上で特定することができる。

提案システムの学習データ生成のために、上記の国別データを、季節とエリアコードによって指定される 1 次元数列に再構成する。提案システムでは、姫路市で重点市場国とされるフランス、イギリス、ドイツ、スペイン、シンガポール、オーストラリア、アメリカを対象とす

るので、この再構成によって 7 次元ベクトルが得られる。ここで、ベクトルの各要素は国名、要素値はメッシュ（すなわち、1km² エリア）訪問人数に等しい。

提案システムでは、まずどの国の観光客を誘致したいか定める。以下ではそれを調査対象国と記す。各 7 次元ベクトルに対し、調査対象国の観光客が訪れている、すなわち調査対象国に該当する要素値が 0 ではないならば、そのベクトルにラベルとして正解クラスを与える。一方、要素値が 0 ならば、不正解クラスを 7 次元ベクトルに与える。その後、調査対象国をベクトルの要素から外す。これにより、ラベル付きかつ要素数 6 のデータが得られる。提案システムでは以上により得た 6 次元ベクトルを学習データとする。

学習データを使用して完成した SVM 識別器の入力空間は、定性的には正解・不正解の各領域に二分されている。正解領域は、調査対象国からの観光客が訪問したエリアと強い関連性がある。したがって、あるテストデータがその入力空間で正解領域に所属するのであれば、そのデータは調査対象国からの観光客の嗜好および訪問傾向との関連性が高いと期待される。これを原理的な判定動機として、テストデータ分類結果を基に調査対象国からの観光客向きの訪問エリアを発掘する。なお、テストデータは学習データと同様に生成する。各テストデータには、エリアコードが付されている。提案システムにおける SVM 識別器は、テストデータを正解、不正解の 2 クラスに分類する。あるテストデータが識別器により正解とされた場合、同データのエリアコードによって指定される地域(メッシュ)を、調査対象国出身旅行者にも観光価値があるとみなす。

4. 研究成果

(1) 個人旅行における観光ルート作成システムの開発

提案システムに対し、移動手段、出発点、最終目的地、第一ジャンル、第二ジャンルを表 2 に示すように設定し、8 回テストを行った。その結果、提案システムは各テストにおいて表 3 に示すスポットを訪問対象として選択した。提案システムは他のスポットとの距離が遠いスポットを使用者の嗜好に合致すると判定する場合、訪問するスポットの数を自動的に減少させる。表 3 において、Engyoji temple (書写山圓教寺) がそのように他スポットから離れている観光スポットである。同スポットを訪問すべきと決定した Test 1, 2, 4 それぞれにおいては、スポット数は 4 である。一方、他の各 Test においては、スポット数はすべて 5 であり、決定されたスポットの立地間は互いにアクセスしやすい距離となっている。以上のように、提案システムによって、スポット間移動に無理のないルート作成が可能であることが確認された。

次に、提案システムによって達成できる genre accuracy について述べる。提案システムは、スポット間距離、営業時間などを考慮して、たとえ使用者の嗜好に高確率で合致しているスポットであっても、時間的に移動が無理であれば訪問候補から外す。本研究では、選択されたスポットが使用者のジャンルで端的に表される嗜好にどの程度合致するか数値化する genre accuracy を定義し、実験結果の一つとして採用する。表 3 に結果を示す。genre accuracy が高いほど使用者の嗜好に高確率で一致するスポット選びに成功している。表 3 最右列の数値が入力した 2 ジャンル両方に対する genre accuracy であり、提案システムは非常に良好な genre accuracy (平均 79%) を達成していることが明らかとなった。

表 2 実験条件

Test	Transport	Departure Point	Return Point	Genre 1 (M ₁)	Genre 2 (M ₂)
1	Car	Comfort Hotel Himeji	Hotel Monterey Himeji	Scenery	History
2	Car	Daiwa Roynet Hotel	Richmond Hotel	Family	Famous
3	Car	Hotel Nikko Himeji	Himeji Station	Souvenir	History
4	Car	Hotel Monterey Himeji	Daiwa Roynet Hotel	Souvenir	Family
5	Walking	Dormy Inn Himeji	Hotel Nikko Himeji	Art	History
6	Walking	Himeji Station	Tegara Station	Scenery	Famous
7	Walking	Hotel Nikko Himeji	Richmond Hotel	Famous	History
8	Walking	Daiwa Roynet Hotel	Himeji Station	Family	Scenery

(2) 訪日外国人の旅行分布に基づく観光資源価値評価システムの開発

前章で述べた方法により、1km メッシュで定義される姫路市内のエリアについて、各重点市場国に対する観光価値調査を行う。使用するデータは、2018 年 6 月～2019 年 5 月の間に実際に観光された地区の分布を用いる。期間は夏(2018 年 6 月～8 月)、秋(2018 年 9 月～11 月)、冬(2018 年 12 月～2019 年 2 月)、春(2019 年 3 月～5 月)に区分されている。本実験では夏、秋の分布データ 43 件を学習データとし、冬、春の分布データ 60 件をテストデータとして分類を行った。分類器の性能評価として、テストデータに対する分類のうち観光価値ありと分類した再現率、適合率、

F 値を用いる。結果を表 5 に示す。また、図 3 はオーストラリアを調査対象国としてエリア観光価値を評価した例となる。同図において、赤い円はテストデータに付されたエリアコードで特定される地区のうち、観光価値ありと新定義された地区を意味する。全体の分類結果について F 値が 0.71 と良好な値が得られている。また、図 3 から、調査対象国に対して、姫路市内エリアにおける観光価値の有無が、円によって分かりやすく表示されたことが明らかとなる。

表 3 提案システムが決定した観光スポット

Test	Search result
1	Himeji castle, Himeji city museum of art, Koko-en garden, Engyoji temple
2	Himeji city zoo, Himeji castle, Engyoji temple, Himeji central park
3	Koko-en garden, Himeji castle, Himeji city zoo, Himeji city museum of art, Hyogo prefectural museum of history
4	Himeji city zoo, Himeji castle, Koko-en garden, Engyoji temple
5	Koko-en garden, Himeji castle, Himeji city museum of art, Hyogo prefectural museum of history, Himeji city museum of literature
6	Koko-en garden, Himeji castle, Himeji city zoo, Himeji city museum of art, Tegarayama central park
7	Koko-en garden, Himeji castle, Himeji city zoo, Himeji city museum of art, Hyogo prefectural museum of history
8	Himeji city zoo, Himeji castle, Himeji city museum of art, Koko-en garden, Tegarayama central park

表 4 各 Test に対する genre accuracy

Test	Genre accuracies		
	Genre M_1	Genre M_2	Both genres
1	100	87.5	93.8
2	100	87.5	93.8
3	66.7	84.2	75.5
4	81.3	82.4	81.9
5	90.0	84.2	87.1
6	77.8	50.0	63.9
7	50.0	84.2	67.1
8	65.0	77.8	71.4

表 5 出身国別 6 次元データ分類結果

国名	再現率	適合率	F 値
フランス	1	0.85	0.92
イギリス	0.60	0.86	0.71
ドイツ	0.40	1	0.57
シンガポール	0.90	0.90	0.90
スペイン	0.86	0.75	0.80
オーストラリア	0.93	0.65	0.77
アメリカ	1	0.42	0.59
全体	0.85	0.61	0.71

次に、データ増量の効果について論じる。学習データを 2018 年の夏と秋、2019 年の夏と秋の分布データ 116 件を学習データとし、2018 年冬、2019 年春の分布データ 60 件をテストデータとして提案システムにより分類を行った。結果を表 6 に示す。また、図 4 はアメリカを調査対象国としてエリア観光価値を評価した例となる。表 5 と表 6 を比較すると、表 6 では全体の再現率が低下している一方で、適合率は大幅に向上し、また F 値も高い値となっている。この評価値上昇は、学習データを増量したことが原因と考えられる。また、図 4 では、アメリカ出身旅行者にとっての観光価値を明確に地図上で表示できることが示されている。以上より、提案システムが良好に作動していることが明らかとなった。



図 3 6 次元データ分類による観光価値結果をマークした地図 (調査対象国: オーストラリア)

表 6 学習データ増量時の出身国別 6 次元データ分類結果

国名	再現率	適合率	F 値
フランス	1	0.79	0.89
イギリス	0.70	0.88	0.78
ドイツ	0.70	0.78	0.74
シンガポール	0.70	1	0.82
スペイン	0.86	0.67	0.75
オーストラリア	0.86	0.92	0.89
アメリカ	0.64	1	0.78
全体	0.76	0.87	0.81



図 4 6 次元データ分類による観光価値結果をマークした地図 (調査対象国: アメリカ)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Satoru Hakukawa, Teijiro Isokawa, Naotake Kamiura	4. 巻 7
2. 論文標題 Evaluation of Zones in Himeji City for Foreign Tourists Using Support Vector Machines	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 International Journal of Smart Computing and Artificial Intelligence	6. 最初と最後の頁 1-15
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.52731/ijscai.v7.i1.706	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Satoru Hakukawa, Teijiro Isokawa and Naotake Kamiura
2. 発表標題 Tourism Evaluation of Zones for Foreigners Visiting Himeji City Using Support Vector Machines
3. 学会等名 7th Internatinal Conference on Smart Computing and Artificial Intelligence（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 伯川悟, 上浦尚武, 磯川悌次郎
2. 発表標題 訪日外国人の旅行分布に基づく観光資源価値評価
3. 学会等名 第34回多値論理とその応用研究会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------