

天気予報の信頼度を考慮した観光ルート作成のための選好度算出法

菅沼 正孝[†] 小林 亜樹[†]

[†] 工学院大学工学部情報通信工学科 〒163-8677 東京都新宿区西新宿 1-24-2

E-mail: [†]c508069@ns.kogakuin.ac.jp, ^{††}taki@cc.kogakuin.ac.jp

あらまし 観光ルート作成では、天気が重要だが、天気予報と実況が一致するとは限らない。そこで、本稿では、予報の信頼度を考慮したルート作成のための、各スポットの選好度を算出する手法を提案する。具体的には、まず予報に付与された信頼度情報を、予報と重ね合わせ、天気の確率分布表を作成する。次に、観光スポットの属性点にユーザによる重みづけを行い、算出された値を作成した確率分布表に配置することにより、ユーザの選好度を算出する。算出された値を用いれば、観光ルートを作成できる。

キーワード 天気確率分布, 天気予報, 信頼度, 観光, 選好度

Masataka SUGANUMA[†] and Aki KOBAYASHI[†]

[†] Department of information and Communications Engineering, Kogakuin University

1-24-2 Nishishinjuku, Shinjuku, Tokyo, 163-8677 Japan

E-mail: [†]c508069@ns.kogakuin.ac.jp, ^{††}taki@cc.kogakuin.ac.jp

1. はじめに

観光情報システムの一つに、ユーザの希望観光箇所を入力することで、適切な観光ルートを自動生成する試みがある。たとえば、P-Tour [1] では、発着地、時刻、希望度などを入力すると、ユーザ満足度の高い観光ルートを自動作成する。観光にあたっては天候も重要な要素であり、これを考慮に入れたルート作成についても研究が進められており、計算量の増大に対処するため、スケジュール木の算出問題として捉えた近似アルゴリズムの提案 [2] などがある。

しかし、天気予報として入手できるデータは地域により様々であり、多様な状況を網羅できるモデルを導入した例はない。本稿では、気象庁 [3] 発表の週間天気予報が実用上重要であると捉え、予報で提供される天気区分や、それぞれの予報日につけられた信頼度を考慮したモデルを導入する。これらは、時間帯毎の天気の出現確率として表現することが可能であり、本モデルでは予報内容を天気確率行列として表現し、そのための変換手法などについて提案する。この天気確率行列を用い、観光箇所毎に特徴付けられたユーザの効用表とを照らし合わせることで、効用最大化問題として定式化される観光ルート作成の基礎となる観光箇所割り当てができることを示す。

2. 提案手法

観光ルート作成は、観光箇所を巡る順序と時間枠の割り当て問題であると捉えることが出来るため、その基礎となる定式化

を与える。その上で、天気予報の情報を適切に取り扱うため、天気確率行列を導入し、予報の天気を表現する手法について検討する。さらに、気象庁の週間天気予報において各予報日に付与されている予報信頼度を反映させる方法について述べる。これらの方法で得られる天気確率行列によって天気予報を表現する手法について提案する。

この天気確率行列を用いることで、定式化した観光箇所割り当てモデルの自然な拡張で観光ルート作成につなげられる。

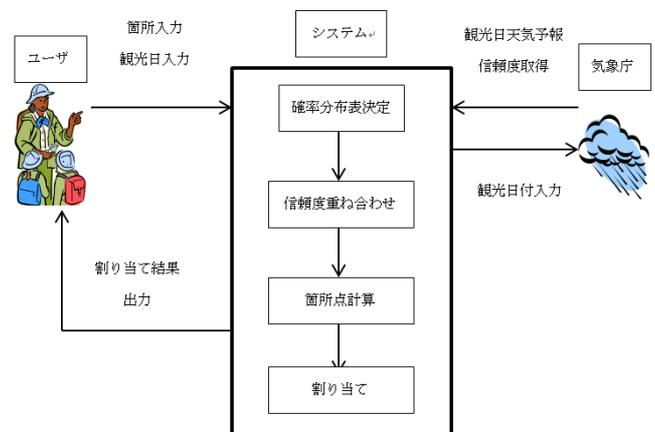


図 1 システム概要

2.1 割り当ての定式化

「観光箇所群」, 「箇所毎の属性点数」, 「観光日当日の天気予報情報」, 「天気予報情報に付与される信頼度」を入力とすることにより, 最適な巡回列を出力する.

ここで簡単のため, 観光箇所への滞在が天気予報の時間帯をまたがないとする. また, 観光順序は自由に入れ替え可能で, 移動時間を考慮しない.

予報天気 (W) に現れる天気要素として晴 (w_1), 曇 (w_2), 雨 (w_3) の3通り. 時間帯 (T) は6時間毎とする. すると, 1か所での予報天気は晴, 曇, 雨を3要素とするベクトルで表現でき,

$$w_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, w_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, w_3 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$W = \{w_1, w_2, w_3\} \quad (1)$$

となる.

観光箇所は簡単のため, ユーザがその箇所を訪れた際に, それぞれの天気 w_i を選好する3種類のみであるとし, w_i を選好する観光箇所を s_i と表す. s_i が w_i を選好する度合いを表したものを選好表と呼ぶと, これは W に対する選好度ベクトルとして表現される. したがって, 天気 $w \in W$, 箇所 s_i のユーザ満足度を表す効用

$$u(w, s_i) = w \cdot s_i \quad (2)$$

となる.

観光順は上記の制約を満たす箇所の順列で, ある順列 d のルート全体の効用は

$$u(d) = \sum_i u(w, i) \quad (3)$$

となり, 求める割り当て順路 (R) は

$$R = \arg \max_d u(d) \quad (4)$$

として定式化する.

2.2 予報天気の定量化

予報天気を数量化するにあたっては, 2.1節で導入した天気ベクトル W だけでは不十分である. なぜなら, 予報は単に「晴れ」などばかりではなく, 「晴れのち曇り」や「雨時々曇り」「曇り一時晴れ」などがあるためである. これらの時間推移を伴う予報は, 気象庁の定義によれば6時間単位での表現ができればよい. そこで, 1日を6時間毎の4つの時間帯の接続として表現し, 行方向には天気を, 列方向に時間推移を表現し, 各要素が, それぞれの時間帯の天気の出現確率を示すような天気確率行列を導入する.

たとえば,

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

(5) 式は, 最初の12時間が晴れ, その後の6時間が曇り, 1日の最後の6時間が雨という状況を表現した天気確率行列である

(実際にこのような数値例になる予報は出ない). 1列が一つの時間帯の天気 (予報) の出現確率であるから, 各列毎の和はすべて1である.

気象庁の天気予報において時間推移を表す語は「後」「時々」「一時」の3通りであり, それぞれ, 次のような定義となっている.

後 予報期間内の前と後で現象が異なるとき, その変化を示すときに用いる.

時々 現象が断続的に起こり, その現象の発現期間の合計時間が予報期間の $\frac{1}{4}$ 時間以上, $\frac{1}{2}$ 時間未満のとき.

一時 現象が連続的に起こり, その現象の発現期間が予報期間の $\frac{1}{4}$ 未満のとき.

なお, 「断続的」, 「連続的」は次のような定義になっている.

断続的 現象の切れ間がおよそ1時間未満.

連続的 現象の切れ間がおよそ1時間以上.

「のち」は, 天気の時間的順序を表現するもので, それ以上の意味の付与はない. そこで, 最初の時間帯と最後の時間帯は, 「のち」の前後で示された天気であるものとしてそれぞれの天気の確率を1とする. 途中の時間帯では, 順に「のち」の後ろで表現された天気となる確率が高まると考えられる. 本稿では, 線形にこの確率が増加するものとして, それぞれ $\frac{1}{3}$, $\frac{2}{3}$ を「のち」の後ろの天気の確率とする.

「時々」は, 予報期間内の全ての時間帯において現象が発生する確率は等しいと考えられる. 気象庁での「時々」の定義より, 最低1時間帯, 最高で2時間帯の間現象が起こりうる. 6時間から12時間の平均値より, 主となる現象が起こる確率は, $\frac{5}{8}$, 従となる現象が起こる確率は $\frac{3}{8}$ とする.

「一時」は, 「時々」と同様に, 全ての時間帯において現象が発生する確率は等しい. 「一時」の定義より, 1時間帯において, 現象が起こりうる. 0時間から6時間の平均値より, 主となる現象が起こる確率は $\frac{7}{8}$, 従となる現象が起こる確率は $\frac{1}{8}$ これらを適用した「晴れ後曇り」の天気確率行列は,

表1 晴れ後曇り確率分布表

天気	t_1	t_2	t_3	t_4
晴	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	0
曇	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	1
雨	0	0	0	0

のようになる.

2.3 信頼度

気象庁の発表する天気予報には, 各時間帯の予報に対してABCからなる3段階の信頼度が付与されている. 付与されている適中と外れの確率は, 表2である. この信頼度は, 予報の適中を降水有無の反転によって判断するものと定義されている. このとき, 例えば「曇りのち雨」の適中か否かの判断が問題となるが, 気象庁によると, この判断基準は定義されていないため, 定義からの定量化はできない.

信頼度ごとの適中率 (P) は降水有無の反転により判断される

表 2 信頼度適中率

信頼度	適中 (P)	外れ ($1 - P$)
A	0.86	0.14
B	0.72	0.28
C	0.56	0.44

ので、予報天気「晴れ」と「曇り」において確率が分割される。外れ率は適中しない確率なので、 $1 - P$ の確率をとる。

ここで、晴の確率を x_1 、曇の確率を x_2 、雨の確率を x_3 とする。信頼度の畳み掛けると、

$$X = P(x_1 + x_2) + (1 - P)x_3 \quad (6)$$

$$\hat{x}_1 = \frac{x_1}{x_1 + x_2} X \quad (7)$$

$$\hat{x}_2 = \frac{x_2}{x_1 + x_2} X \quad (8)$$

$$\hat{x}_3 = 1 - P(x_1 + x_2) + Px_3 = 1 - P \quad (9)$$

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \\ \hat{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x_1}{x_1 + x_2} \{P(x_1 + x_2) + (1 - P)x_3\} \\ \frac{x_2}{x_1 + x_2} \{P(x_1 + x_2) + (1 - P)x_3\} \\ (1 - P)(x_1 + x_2) + Px_3 \end{pmatrix} \quad (10)$$

となる。

2.4 計算事例

2.4.1 晴れ一時曇り

晴れ一時曇りの天気確率は 2.2 節の定義より、式 (11) のようになる。

$$\begin{pmatrix} \frac{7}{8} & \frac{7}{8} & \frac{7}{8} & \frac{7}{8} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{8} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (11)$$

信頼度を A とすると、表 2、式 (11) より、

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \\ \hat{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{7}{8} * 0.86 \\ \frac{1}{8} * 0.86 \\ 0.14 \end{pmatrix} \quad (12)$$

となる。式 (11)、(12) より、信頼度 A の場合の晴れ一時曇りの天気確率行列は、

$$\begin{pmatrix} 0.7525 & 0.7525 & 0.7525 & 0.7525 \\ 0.1075 & 0.1075 & 0.1075 & 0.1075 \\ 0.14 & 0.14 & 0.14 & 0.14 \end{pmatrix} \quad (13)$$

信頼度 C の場合は、

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \\ \hat{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{7}{8} * 0.56 \\ \frac{1}{8} * 0.56 \\ 0.44 \end{pmatrix} \quad (14)$$

となり、信頼度 C の晴れ一時曇りの天気確率行列は

$$\begin{pmatrix} 0.49 & 0.49 & 0.49 & 0.49 \\ 0.07 & 0.07 & 0.07 & 0.07 \\ 0.44 & 0.44 & 0.44 & 0.44 \end{pmatrix} \quad (15)$$

のようになる。曇りの確率よりも雨の確率の方が高くなっているが、本稿では、各天気を独立して考えているので、このような結果になった。晴れから雨に推移する際に曇りを挟むのが自然であると考えられる。しかし、実際にどのような数値を入れればいいのかの根拠を示せないため、今後検討の必要がある。

2.4.2 雨時々曇り

雨時々曇りの天気確率は、式 (16) のようになる。

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{3}{8} & \frac{3}{8} & \frac{3}{8} & \frac{3}{8} \\ \frac{5}{8} & \frac{5}{8} & \frac{5}{8} & \frac{5}{8} \end{pmatrix} \quad (16)$$

表 2、式 (11) より、

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \\ \hat{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ (\frac{3}{8} * 0.86) + (\frac{5}{8} * 0.14) \\ (\frac{5}{8} * 0.86) + (\frac{3}{8} * 0.14) \end{pmatrix} \quad (17)$$

となる。式 (16)、(17) より、信頼度 A の雨時々曇りの天気確率行列は

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.41 & 0.41 & 0.41 & 0.41 \\ 0.59 & 0.59 & 0.59 & 0.59 \end{pmatrix} \quad (18)$$

信頼度 C の場合は、

$$\begin{pmatrix} \hat{x}_1 \\ \hat{x}_2 \\ \hat{x}_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ (\frac{3}{8} * 0.56) + (\frac{5}{8} * 0.44) \\ (\frac{5}{8} * 0.56) + (\frac{3}{8} * 0.44) \end{pmatrix} \quad (19)$$

となり、信頼度 C の雨時々曇りの天気確率行列は

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.485 & 0.485 & 0.485 & 0.485 \\ 0.515 & 0.515 & 0.515 & 0.515 \end{pmatrix} \quad (20)$$

となる。

3. 評価事例

実際の観光箇所の選好度は、ユーザの趣向や、季節によって変化するものだが、本稿では簡単のため、観光箇所が持つ選好表は

- 晴を選好する：屋外
- 雨を選好する：屋内
- いずれの天気でもよい：その他

の 3 通りに集約されていると仮定する、

予報天気「晴れ後曇り」の場合について考える。この日の天気確率分布は表 3 のようになる。

信頼度 B の場合は、式 (10) より、表 4 が生成される。

表 4 と箇所ごとの属性点の積により、効用を算出する。属性点はユーザが決定するのが望ましいが、本稿で使用する属性点は表 5 とする。屋内箇所は雨を選好していると仮定しているため、雨の得点に重きを置いている。屋外箇所は、晴れを選好していると仮定しているため、晴れの得点に重きを置いている。

表4と表5の積により、箇所効用は表6, 7, 8, 9の4種類算出される。

各効用の総合数値は表10のようになり、表10より、最適な巡回列は、(屋外, 屋外, 屋内, 屋内)となる

表3 晴れ後曇りの確率分布表

天気	0-6時	6-12時	12-18時	18-24時
晴	1	$\frac{2}{3}$	$\frac{1}{3}$	0
曇	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	1
雨	0	0	0	0

表4 信頼度 B 晴れ後曇りの確率分布表

天気	0-6時	6-12時	12-18時	18-24時
晴	0.72	0.48	0.24	0
曇	0	0.24	0.48	0.72
雨	0.28	0.28	0.28	0.28

表5 箇所別属性得点表

天気	屋内	屋外	その他
晴れ	0.2	0.5	0.3
曇り	0.3	0.3	0.3
雨	0.5	0.2	0.3

表6 箇所効用 0-6時

天気	屋内	屋外	その他
晴れ	0.144	0.36	0.216
曇り	0	0	0
雨	0.14	0.056	0.084

表7 箇所効用 6-12時

天気	屋内	屋外	その他
晴れ	0.096	0.24	0.144
曇り	0.072	0.072	0.072
雨	0.14	0.056	0.084

表8 箇所効用 12-18時

天気	屋内	屋外	その他
晴れ	0.048	0.12	0.072
曇り	0.144	0.144	0.144
雨	0.14	0.056	0.084

表9 箇所効用 18-24時

天気	屋内	屋外	その他
晴れ	0	0	0
曇り	0.216	0.216	0.216
雨	0.14	0.056	0.084

表10 効用総合数値

時間帯	屋内	屋外	その他
0-6	0.284	0.416	0.3
6-12	0.308	0.368	0.3
12-18	0.332	0.32	0.3
18-24	0.356	0.272	0.3

4. おわりに

予報天気の数値化、及び予報天気に対する信頼度を定式化し、予報天気と重ね合わせるにより、天気確率分布表を作成し、スポット別属性得点表により得点を割り当て、観光日当日の天気に適した観光スポット割り当てのための選好度算出法を提案した。

実際の観光地等を利用して数値を算出するのが今後の課題である。

文 献

- [1] 丸山 敦史, 柴田 直樹, 村田 桂洋, 安本 慶一, 伊藤 実: "P-Tour: 観光スケジュール作成支援とスケジュールに沿った経路案内を行うパーソナルナビゲーションシステム", 情報処理学会論文誌. Vo45, No12, pp2678-2687, 2004-12-15
- [2] 武 兵, 村田 佳洋, 柴田 直樹, 安本 慶一, 伊藤 実: "天気変化を考慮した観光スケジュール群の探索アルゴリズム", 情報処理学会論文誌. 数理モデル化と応用 Vo. 3, No. 1, pp. 87-97, 2010-01-26
- [3] 気象庁 Japan Meteorological Agency
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>