

景観アウェアドライブルート推薦システムのユーザ評価

川俣 光司 奥 健太

龍谷大学 理工学研究科 情報メディア学専攻

t18m057@mail.ryukoku.ac.jp okukenta@rins.ryukoku.ac.jp

概要 ドライブの楽しみ方の一つとして、海沿い景観や田園景観など好きな景観を眺めながら走りたいという要求もある。本研究では、景観を考慮したルートを推薦する景観アウェアルート推薦システムを提案する。我々は、これまでに景観について、四つの景観要素（田園系、山林系、水辺系、都市系）で表現される景観ベクトルを定義した。本システムでは、各景観要素に着目したルート探索を行う。道路ネットワーク上の全てのノード、リンクについて探索すると処理コストが大きい。本システムでは、探索時の計算量を削減するため、事前にルートに対し景観ベクトルに基づいたクラスタリングを行い、クラスタ間での大まかなルート探索を行う。そのルート探索結果より選ばれたクラスタに含まれるノード、リンクから詳細なルート探索を行い、処理コストの軽減と併せて各景観の推薦ルートの提示を行う。本稿では、本手法に基づく実験システムを作成し、各景観の推薦ルートのユーザ評価及び考察を行った結果について述べる。

キーワード ルート推薦システム、地理情報、クラスタリング

1 はじめに

自動車は単なる移動手段だけでなく、ドライブすること自体が娯楽の一つとなっている。ドライブの楽しみ方の一つとして、海沿い景観や田園景観など好きな景観を眺めながら走りたいという要求もある。既存のルート推薦システムは、出発地と目的地が与えられたとき、その間を結ぶ最短ルートや最速ルート、人気ルートを推薦するものが多い[1][2]。しかし、景観を重視したルート推薦システムはあまり見当たらない。

本研究では景観を重視したルートを推薦する景観アウェアルート推薦システムの実現を目指している。例えば、海沿い景観が好きなユーザには海沿い景観を優先したドライブルートを、田園景観が好きなユーザには、田園景観を優先したドライブルートを推薦する。このようなシステムの実現には景観を重視したルート探索手法を開発する必要がある。

我々はこれまでに景観ベクトル付き道路ネットワーク[3]を前提とした景観アウェアルート推薦システムを提案してきた[4]。先行研究[4]においては、ルート探索時間の観点から提案システムの有用性を示した。一方で、ユーザ観点からの評価は実施していない。本稿では、景観アウェアルート推薦システムのユーザ評価を行う。景観重視ルートおよび最短ルートを含む五つのルートを被験者に提示し、想定する景観に合ったルートを選択してもらう。システムにより選択された景観重視ルートと被験者の回答を比較することで提案システムの有用性を定量的に評価する。また、被験者に好みの景観に合ったルートを提示してもらい、その選択されたルートについて定性的に評価する。

Copyright is held by the author(s).
The article has been published without reviewing.

2 関連研究

最短経路探索アルゴリズムとして、ダイクストラ法[5]やA*アルゴリズム[6]が挙げられる。これらのアルゴリズムでは、入力された始点と終点において、道路ネットワーク上のリンクに付与されたコストに基づき、総コストが最小となるようなルートを選択する。

最速経路探索[1]は、リンクの距離ではなく、リンクを通過するための旅行時間に着目し、旅行時間が最小となるようなルートを選択する。Weiら[1]は、GPSの軌跡データから速度パターンをマイニングすることで旅行時間を推定している。

人気ルート推薦は、多くの人々が関心をもっているルートを推薦する手法である。Weiら[2]は、ユーザの軌跡データから多くのユーザが関心をもつルートをマイニングすることで、人気ルートの抽出を行っている。

個人の嗜好に応じたルートを推薦する、個人化ルート推薦の研究もある。MyRoute[7]は、ユーザが熟知しているルートやランドマークに基づき、ユーザ個人向けのルートを作成している。MyRouteでは、ランドマークをユーザ自身で入力する必要があるのに対し、Going My Way[8]では、ユーザの個人的なGPSログデータから、ランドマークを自動的に特定している。

以上のようにこれまでに多くのルート推薦手法が提案されているが、我々の調査した限りでは、景観を考慮したドライブルート推薦手法は少ない。景観を考慮したドライブルート推薦として、Niarakiら[9]の研究がある。この研究では、オントロジーにより道路属性を定義している。ドライブ景観も属性の一つとして定義されているため、この属性を用いることでドライブ景観を考慮したルート推薦を可能にしている。しかしながら、オントロ



図 1 システムインターフェース。大きく分けて入力ビューとマップビューから構成される。推薦ルートとして、田園景観、山林景観、水辺景観、都市景観の各景観要素をそれぞれ重視したルートが提示される。推薦ルート上のマーカをクリックすると、対象地点の Google ストリートビュー画像が提示される。

ジーのフレームワークについては詳細に説明されているものの、オントロジーの構築方法については述べられていない。

3 提案システムの概要

本章では、提案システムである景観アウェアルート推薦システムの概要を説明する。インターフェースおよびシステム構成について説明する。

3.1 インタフェース

図 1 に本システムのインターフェースを示す。インターフェースは、大きく分けて入力ビューとマップビューから構成される。ユーザはマップビューにマーカを置くことで出発地および目的地を入力する。「探索」ボタンをクリックすることで、出発地から目的地を通る推薦ルートとして 4 パターンのルートがマップビューに提示される。各パターンの推薦ルートは、田園景観、山林景観、水辺景観、都市景観の各景観要素をそれぞれ重視したルートである。

推薦ルート提示後、入力ビューから好みの景観を選択することで、その景観を重視したルートが強調表示される。さらに、その推薦ルート上に等間隔にマーカが提示される。ユーザがこのマーカをクリックすると、対象地点の Google ストリートビュー画像が提示される。

3.2 システム構成

図 2 にシステム構成図を示す。以下、各処理について説明する。項目番号は図中の番号に対応する：

- (1) OpenStreetMap の道路データをノードとリンクから構成される道路ネットワークデータに変換する。各道路リンクについて景観ベクトル化を行い、景観ベクトル付き道路ネットワークデータを得る。
- (2) 景観ベクトル付き道路ネットワークデータより、景

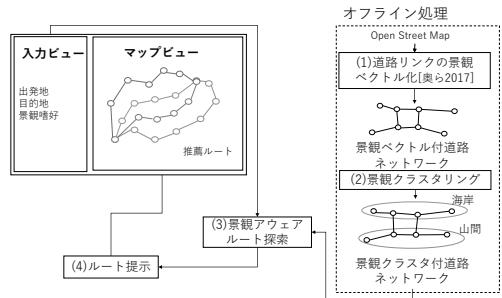


図 2 システム構成。(1) 構成される道路ネットワークデータの各道路片について景観ベクトル化を行う。(2) 景観ベクトル付き道路ネットワークデータより、景観ベクトルに基づいた景観クラスタリングを行う。(3) 景観クラスタ付き道路ネットワークデータにおいて、入力要求（出発地、目的地）を満たす各景観ルートを探索する。(4) 各景観ルートをマップビューに提示する。

観ベクトルに基づいた景観クラスタリングを行い、景観クラスタ付き道路ネットワークデータを得る。

- (3) 与えられた景観クラスタ付き道路ネットワークデータにおいて、入力要求（出発地、目的地）を満たす各景観ルートを探索し、ルート集合を取得する。
- (4) 各景観ルートを推薦ルートとして、マップビューに提示する。また、入力ビューからの景観の選択により、ルートを選択された景観ルートに絞り、Google ストリートビューの画像をマーカに提示する。

ここで、(1) および (2) の処理については、入力に依存しないためオフライン処理が可能である。なお、(1) の景観ベクトルについては、奥ら [3] の手法を用いる。本研究において、主として取り組む課題は(2) および (3), (4) となる。これらについては、4 章において詳細に述べる。

4 景観ルート探索

ダイクストラ法 [5] のような従来のルート探索手法では、道路リンク一つ一つに付与されたコストに基づき、コストの総和が最小となるようなルートが選択される。景観ルート探索において、最も単純なアプローチは、重視する景観要素が強い道路リンクのコストを下げて従来のルート探索手法を適用することである。しかしながら、膨大な道路ネットワークデータに対し、このような探索手法を適用することは計算量が膨大になるという課題がある。

一方で、道路景観は断片的に存在するものではなく、ある一定の領域で構成されるという特性をもつ。例えば、図 3 の例では、A の領域が田園系領域、B の領域が山系領域といったように、類似する景観要素で構成される領域が存在する。このような特性を踏まえ、あらかじめ類

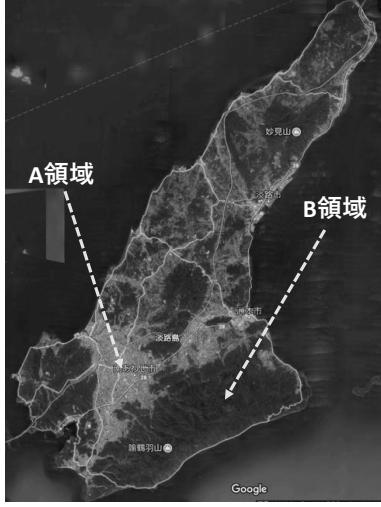


図 3 A 領域と B 領域での淡路島の航空画像。

似する景観領域を集約しておくことで、計算量の削減が見込まれる。

そこで、提案手法では、まずクラスタリング手法を適用し類似する景観要素で構成される領域（クラスタ）を抽出する。つづいて、抽出されたクラスタ間の接続を考慮した隣接行列を作成することで景観クラスタグラフを作成する。まず景観クラスタグラフにおいて、各景観要素を重視した 4 パターンの大まかなルートを探索—粗ルート探索とよぶ—したうえで、各パターンの詳細なルート探索—密ルート探索とよぶ—を行う。

4.1 定義

定義 1：道路ネットワーク. 道路ネットワークは有向重み付きグラフ $G = (V, E)$ で表現される。ここで、 V は道路ノード集合であり、 $E \subseteq V \times V$ は道路リンク集合である。道路ノード $v_i \in V$ は交差点や道路の終端を表す。道路リンク $e_k = (v_i, v_j) \in E$ は、始点ノード v_i から終点ノード v_j へ向かう有向リンクである。本稿では簡略化のため、 e_k の始点ノードを $e_{k.s}$ 、終点ノードを $e_{k.d}$ として表す。また、道路リンク e_k にはリンクの距離等に応じたコスト w_k が付与されている。

定義 2：景観ベクトル. 景観ベクトルは、奥らの先行研究 [3] で定義した 4 種類の景観要素（田園系 (r), 山林系 (m), 水辺系 (w), 都市系 (u)）から構成される 4 次元の確率ベクトルとして定義される。ベクトルの各要素はその景観要素が含まれる確率を表す。したがって、全要素の総和は 1 となる。道路リンク e_i の景観ベクトルを $s(e_i)$ と定義し、 $s(e_i) = (s_i^r, s_i^m, s_i^w, s_i^u)$ と表す。

定義 3：景観クラスタ. 景観クラスタ $C_j \in \mathcal{C}$ は景観ベクトルが類似する道路リンクの集合で表される。

景観クラスタ C_j の景観ベクトル $s(C_j)$ は、そのクラスタに属する道路リンクの景観ベクトルの平均ベクトルで表す。すなわち次式で定義する：

$$s(C_j) = \frac{1}{|C_j|} \sum_{i \in C_j} s(e_i). \quad (1)$$

ここで、 $|C_j|$ は景観クラスタ C_j に属する道路リンクの数を表す。

定義 4：景観クラスタグラフ. 景観クラスタグラフは有向重み付きグラフ $\mathcal{G} = (\mathcal{V}, \mathcal{E})$ で表現される。ここで、 \mathcal{V} は景観クラスタ C_i の集合であり、 $\mathcal{E} \subseteq \mathcal{V} \times \mathcal{V}$ は景観クラスタ間のリンク集合である。リンク $l_k = (C_i, C_j) \in \mathcal{E}$ は、景観クラスタ C_i から C_j へ向かう有向リンクである。また、リンク l_k には終点の景観クラスタ C_j の景観ベクトル C_j に応じたコストベクトル $\omega_k = (\omega_k^r, \omega_k^m, \omega_k^w, \omega_k^u)$ が付与されている。 ω_k の各要素は、ルート探索時に重視する景観ごとのコストを表す。例えば ω_k^r は田園景観を重視したルート探索を実行する際に参照されるコストである。

定義 5：景観ベクトルのクラスタ内類似度. 景観クラスタ C_j の景観ベクトルのクラスタ内類似度を $\text{intra_sim}(C_j)$ で表される。 C_j のすべての道路リンク対に対してコサイン類似度を用いて $s(e_j)$ よりクラスタ内類似度を求め全クラスタについてクラスタ内平均類似度を求める。また、クラスタに含まれるリンク数より重みを与える。景観ベクトルのクラスタ内類似度は次式で定義する：

$$\text{intra_sim}(C_j) = \frac{1}{n|C_j|} \sum_{i \in C_j} \sum_{k \in C_j} \cos(s(l_i), s(l_k)). \quad (2)$$

ここで、 n は全リンク数を表す。 $\cos(s(l_n), s(l_m))$ は次式で算出される：

$$\cos(s(l_i), s(l_k)) = \frac{s(l_i) \cdot s(l_k)}{|s(l_i)| |s(l_k)|} \quad (3)$$

4.2 景観クラスタグラフの作成

4.2.1 景観クラスタリング

与えられた道路ネットワークにおいて、道路リンクの近接性および景観ベクトルの類似性に基づき景観クラスタを形成する。隣接する道路リンク間において、各道路リンクの景観ベクトルの類似度が閾値以上である場合、それらの道路リンクを同一のクラスタとみなす。図 4 に淡路島の道路ネットワークに対し、景観クラスタリングを適用した結果を示す。図 3 の A の領域が田園系領域、B の領域が山林系領域として抽出されている。



図4 景観クラスタリングを適用した淡路島の道路ネットワーク。

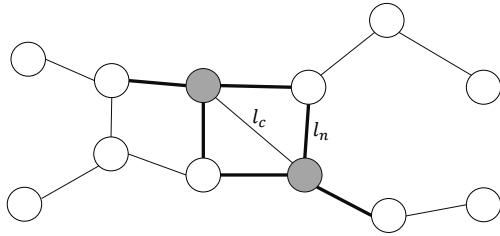


図5 景観に基づくクラスタリング。

図5に景観クラスタリングの例を示す。また、景観クラスタリングの疑似コードをアルゴリズム1に示す。以下、図5およびアルゴリズム1に沿って景観クラスタリングの処理を説明する。

道路ネットワーク上のリンクの中からランダムにリンクを一つ選択する。その選択されたリンクを l_c とする。 l_c と接続されているリンクを l_n とする。それぞれの景観ベクトルを $s(l_c), s(l_n)$ とする。図5は l_c と l_n の関係性を示している。

提案手法であるクラスタリングアルゴリズムは、
landscapeClustering((l_c, j)) という形で呼び出される。まず、 l_c のクラスタ ID として j を付加する。 l_c と接続されている l_n について、クラスタ ID が付加されていない場合、 $\cos(s(l_c), s(l_n))$ (式(3)) を算出する。

$\cos(s(l_c), s(l_n))$ が閾値 α 以上の場合、 l_n のクラスタ ID として、 l_c と同一のクラスタ id k を付加する。
landscapeClustering((l_n, j)) を再帰的に呼び出す。上記を道路ネットワークにあるすべてのリンクに対しクラスタ ID が付加されるまで繰り返す。

以上により得られた景観クラスタを $C_j \in \mathcal{C}$ とする。また、式(1)により、景観クラスタの景観ベクトル $s(C_j)$ を算出する。

Algorithm 1 景観クラスタリング

Require: 注目リンク l_c , クラスタ ID j

Ensure: 推薦リスト \mathcal{L}

```

1: function LANDSCAPECLUSTERING( $(l_c, j)$ )
2:    $l_c$  のクラスタ ID  $\leftarrow j$ 
3:   linkList  $\leftarrow$  getLink( $l_c$ ) 接続リンクリストの取得
4:   for each  $l_n$  in linkList
5:     if  $l_n$  のクラスタ ID = 0 then
6:       if  $\cos(s(l_c), s(l_n)) \geq \alpha$  then
7:         landscapeClustering( $(l_n, k)$ )
8:       end if
9:     end if
10:   end for
11:   return 0
12: end function

```

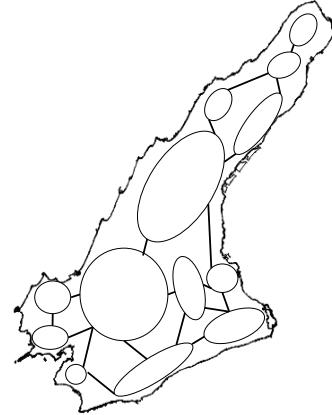


図6 景観クラスタグラフ。

4.2.2 景観クラスタ間の隣接関係の抽出

景観クラスタ抽出後、景観クラスタ間の隣接行列を作成し、景観クラスタグラフを作成する。景観クラスタ間の隣接行列は、 $|\mathcal{C}| \times |\mathcal{C}|$ の行列 $\mathbf{A} = [a_{ij}]_{|\mathcal{C}| \times |\mathcal{C}|}$ で表す。ここで、 $a_{ij} = 1$ のとき景観クラスタ C_i から C_j へ向かうルートが存在することを表し、 $a_{ij} = 0$ のときそれが存在しないことを表す。図6は淡路島の道路ネットワークに対し作成された景観クラスタグラフである。ここで、景観クラスタグラフにおけるノードが景観クラスタ、リンクがクラスタ間の隣接関係を表す。以下に隣接行列作成手順を示す。

- (1) リンク id の順に中心リンク l_i として設定する。
- (2) 中心リンクと接続しているノードを用いて、ノードに接続している中心リンク以外のリンク l_j を抽出する。
- (3) 中心リンクのクラスタと抽出したリンクのクラスタを比較し、クラスタ id が異なった場合は、隣接

- するクラスタとして隣接行列 \mathbf{A} に $a_{ij} = 1$ とする。
- (4) 中心リンクを次のリンクに設定し、2~4をリンク分繰り返し行う。

4.2.3 景観クラスタグラフへのコストの付与

次節で述べる粗ルート探索を実行するために、あらかじめ景観クラスタグラフのリンクにコストを付与する。リンクのコストはリンクの終点の景観クラスタの景観ベクトルを基に算出する。重視する景観要素に応じて、終点の景観クラスタにおいて、その景観要素が強ければコストが低く、要素が弱ければコストが高くなるように設定する。例えば、田園要素を重視した場合、次に向かう先の景観クラスタの田園要素が強ければコストを低くし、田園要素が弱ければコストを高くする。このようにコストを設定することで、ルート探索時には田園要素が強い景観クラスタへのルートが選ばれやすくなる。

リンク $l_k = (C_i, C_j)$ のコストベクトル ω_k は次式で算出する：

$$\omega_k = d_k(1 - s(C_j)^n), \quad (4)$$

ここで、 d_k はリンク l_k の距離である。

4.3 粗ルート探索

クラスタ間隣接行列とコストベクトルを用いて、ダイクストラ法より各景観の粗ルートの出力方法を説明する。出発地と目的地の位置情報からクラスタを取得し、取得した各クラスタを出発地と目的地にする。クラスタ間のリンクには 4.2.3 節のコストベクトルをコストとして付与している。このコストベクトルは各景観ごとに変動するため、ルート探索は各景観ごとで行う。各景観ごとにダイクストラ法を用いて最短ルートを探索する。これにより、景観特徴が表れた4パターンの粗ルート探索を行う。

4.4 密ルート探索

粗ルート探索結果より、密ルート探索を行う。リンクは、粗ルート探索の各景観のルート探索結果より、景観クラスタグラフでの通過したノードの景観クラスタに属するリンク、ノードは、リンクと接続しているノードとしている。リンクのコストは、接続されているノード間の距離とした。出発地と目的地のノードより、ダイクストラ法を用いて各景観の最短ルートを算出する。

4.5 ルート提示

密ルート探索より各景観の探索結果のルート提示をする。ルート提示は、密ルート探索結果より出力されたノードから位置情報を抽出し、そのノードの位置情報を探索結果のノード順に直線を引き、GoogleMap 上で提示を行った。

また、ルート探索結果のノードを 6 分割し、その分割される中心のノードにマーカーを置き、Google ストリー

トビューで探索されたルートの道路景観を見られるようにした。

5 ユーザ評価

5.1 データセット

OpenStreetMap の道路ネットワークデータから、淡路島の領域内のデータを抽出した。道路ノード数は 102,506 件、道路リンク数は 212,050 件であった。抽出した道路リンクに奥らの先行研究 [3] により景観ベクトルを付加した。

5.2 実験方法

被験者は男性 7 名であり、年齢は 21 歳から 22 歳である。被験者は提案システムに関する予備知識はもたない。被験者にはシステムを利用してもらう際に下記の 2 種類のタスクを提示した。

- T1：「提示された 5 つのルートの中から指定された景観に合ったルートを 1 つ選んでください。」
- T2：「好みの景観に合ったルートを 1 つ選び、そのルート上の好みの地点を探してください。」

ここでのタスク T1 の 5 つのルートは、田園系ルートと山林系ルート、水辺系ルート、都市系ルート、最短ルートである。T1 では、景観を重視したルートがユーザが思い受かべるようなルートであるかを定量的に評価する。T2 では、選択された好みのルートと好みの地点に関して定性的に評価する。まず、出発地点と目的地点の組合せとして次の 5 組のパターンを用意する：

- (a) (34.257575, 134.722549) → (34.574902, 134.959632)
- (b) (34.317774, 134.676412) → (34.348304, 134.896255)
- (c) (34.499798, 134.938260) → (34.293801, 134.788816)
- (d) (34.545838, 134.923368) → (34.440009, 134.912038)
- (e) (34.208185, 134.814500) → (34.430861, 134.830634)

各パターンにおいて、各景観要素を重視したルートと最短ルートをマップビュー上に色分けして提示する。T1 では、被験者には下記の手順にしたがってシステムを操作してもらう。

- (1) 被験者にシチュエーションを想像してもらう。
- (2) 無作為に 1 つのパターンを選択し、そのパターンにおける 5 つのルートを被験者に提示する。
- (3) 被験者にシチュエーションに合ったルートを選択肢の中から 1 つ選択してもらう。
- (4) (2)–(3) を 5 パターン分行ってもらう。

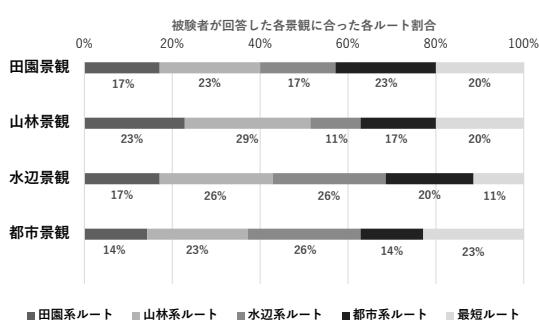


図7 各景観に対しての回答数を100%とした時の被験者が回答した各景観にあった各ルートの割合。

順序効果を相殺するため、選択肢内のルートの提示順序はパターンごとにランダムに変更している。また、マップビュー上に提示する各ルートを示す色も毎回ランダムに変更している。T2では、被験者には下記の手順にしたがってシステムを操作してもらう。

- (1) 4景観のうち好みの景観を1つ選択してもらう。その好みの景観を回答フォームに記入してもらう。
- (2) 5パターンのルート探索を実行し、その好みの景観に合ったルートを選択してもらう。
- (3) そのルート上のマーカを好みの地点に移動させて、ストリートビュー画像を参照してもらう。
- (4) 特に好みの景観に合った地点を1つ選択してもらう。その地点の緯度・経度を回答フォームに記入してもらう。
- (5) その地点を含むルート全体について、実際に走ってみたいかを含めて、印象を自由に記述してもらう。

5.3 実験結果

T1の結果を図7に示す。T1では、図7より、各景観に関して田園系ルートと水辺系ルートは、その重視した景観の回答数が多いことがわかった。都市系ルートに関しては、淡路島の主な都市が海岸線にあるために水辺系ルートに回答が分かれたと考えられる。また、全体的に回答がばらつきがあったのは山林景観と水辺景観など共に景観として存在していたことが理由に挙げられる。

T2の好みのルートの選択では、出発地と目的地間の距離が遠いパターンが多かった。また、好みの地点では眺望が良い景観が多かった。ルートとしては、眺望の良い景観をルートとして通っているルートが高評価だった。このことより、景観を眺めながら走りたいという要望があった時のルートは、ユーザにとって、眺望がよく長距離のルートが選ばれやすいことがわかった。

6 おわりに

本研究では、景観を重視したルートを探索する景観アウェアルート推薦システムのユーザの観点から定量的および定性的に評価を行った。定量評価においては、システムにより選択された景観重視ルートと被験者の回答を比較することで提案システムの有用性を評価した。各景観に関して田園系ルートと水辺系ルートは、その重視した景観の回答数が多いことを確認した。一方で、都市系ルートに関しては、都市系ルートと水辺系ルートに回答が分かれた。また、定性評価においては、被験者好みの景観に合ったルートを提示してもらい、その選択されたルートについて評価した。好みの地点では眺望が良い景観が多く、ルートとしては眺望の良い景観をルートとして通っているルートが高評価であることを確認した。

謝辞

本研究はJSPS科研費JP15K12151,JP16HO5932の助成を受けたものです。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] Ling-yin Wei, Wen-chih Peng, Chun-shuo Lin, and Chen-hen Jung. Exploring Spatio-Temporal Features. In *Advances in Spatial and Temporal Databases, Lecture Notes in Computer Science*, pp. 399–404, 2009.
- [2] Ling-yin Wei, Wen-chih Peng, Bo-chong Chen, and Ting-wei Lin. Eleventh International Conference on Mobile Data Management PATS : A Framework of Pattern-Aware Trajectory Search. In *Mobile Data Management*, pp. 362–377, 2010.
- [3] 奥健太, 山西良典. 土地被覆図からの景観要素抽出に基づく道路リンクの景観ベクトル化. 情報処理学会研究報告, 第2017-DBS-1巻, pp. 1–6, 2017.
- [4] 川俣光司, 奥健太. 景観クラスタリングに基づく景観アウェアルート推薦システム. In *DEIM Forum 2018*, pp. D1–1, 2018.
- [5] Edsger Wybe Dijkstra. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. *Numerische Mathematik*, Vol. 1, pp. 269–271, 1959.
- [6] Rina Dechter and Judea Pearl. Generalized best-first search strategies and the optimality of A*. *Journal of the ACM*, Vol. 32, No. 3, pp. 505–536, jul 1985.
- [7] Kayur Patel, Mike Y. Chen, Ian Smith, and James A Landay. Personalizing Routes. In *UIST 2006: Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pp. 187–190, 2006.
- [8] Jaewoo Chung and Chris Schmandt. Going My Way : A User-aware Route Planner. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1899–1902, 2009.
- [9] Abolghasem Sadeghi Niaraki and Kyehyun Kim. Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, No. 2, pp. 2250–2259, mar 2009.