

# 景観の可視性を考慮したルート探索システムの提案

## A Route Navigation System based on Web Information and Visibility of Landscape

河野 亜希<sup>†</sup> 谷村 孟紀<sup>‡</sup> 崔 楊<sup>†</sup> 河合 由起子<sup>‡</sup> 川崎 洋<sup>†</sup>  
Aki Kouno Takenori Tanimura Cui Yang Yukiko Kawai Hiroshi Kawasaki

### 1. はじめに

近年、ユーザの嗜好や興味に基づいた個人適応化技術の研究が盛んになってきており、それらを基盤とした Web システムにおける情報推薦技術などが実際に利用され始めている。一方で、ITS や VR などの分野においてナビゲーションシステムの高度な利用方法に関する研究も活発に行われており、最短経路探索や渋滞回避以外にも、個人の興味に応じた観光案内ルート探索なども行われるようになってきている。ところが、これまでのシステムでは、Web 上の雑多で大量な情報の中から訪れる名所（スポット）を発見するものが多く、局所的なスポットの推薦が中心であり、ルート探索もスポットからスポットへ移動するものがほとんどであり、その移動区間の景観が考慮されることはなかった。ここでいう「景観」とは「風景として遠方から眺めることを目的としたもの」を指す。このようなルート上の景観情報は、人が実際のドライブルートを選択する際の重要な要素の一つである。そこで我々は、Web 上のデータから推薦される名所（スポット）などの情報をもとに、単にそのスポットどうしをつなぐことでルートを作成するだけでなく、それらスポット間の移動中の景観も同時に考慮した、借景ルート探索システムを提案する。

提案システムは、(1) 任意の地域におけるスポットと景観情報の推薦と (2) スポットと景観との可視性を考慮したルートの探索・推薦、の 2 つの特徴を持つ。本稿では、こら 2 つの特徴を備えたシステムの概要および実際に構築したシステムを用いた実験・評価について述べる。

### 2. 関連研究

Web 上での情報検索において、個人の興味を反映し情報推薦するシステムに関する研究が盛んに行われている [1][2][3]。また、個人だけではなくグループ全体の満足度を考慮した情報推薦に関する研究も行われるようになってきている [5]。

このような個人適応化技術を、ナビゲーションシステム等で利用することで、ユーザの気分に基づいたルートを探索し推薦する研究などが行われている。例えば、「遠回りになってもまったく雨にぬれない経路」というユーザの要求に応えるようなシステムなどが提案されている [7]。また、ユーザの主観を反映した経路を選択するシステムとして、移動後のユーザの個人的な感想をデータベース化するスケッチマップ法を用いて、ファジィ理論に基づき、歩行者ナビゲーションの経路設定と教示を行う手法が提案されている [6]。

### 3. システムの概要

提案するシステムは、ドライブに際して、スタート地点とゴール地点、およびドライブしたい地名の 3 つを入力すれば、インターネット上で収集した観光地情報や景観情報を基に、ユーザとのインタラクティブな操作を通して、ユーザの嗜好にマッチしたドライブルートを推薦するものとなっている。特にドライブ中に車窓から見える景観に注目してルートを探索する方式であり、これは過去の名所を訪問するタイプのルート探索システムとは大きく異なる。

システムの流れを図 1 を用いて説明する。まず、ユーザは任意の地名を入力する。システムは指定された地名の周辺のスポットと景観を Web から探索して推薦する。次に、ユーザは推薦されたスポットから巡りたいスポットを経由地として選択し、同時に見たい景観を選択する。選択された情報を基に、システムは各スポットを巡る経路と、その経路から景観となる物体がどれだけ見えるか（可視率）を算出し、可視率の高い順に提示する。次節で個々のシステムについて詳しく説明する。

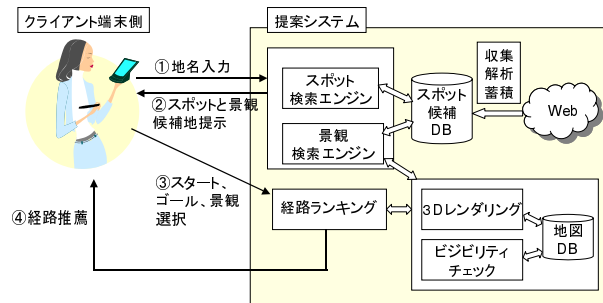


図 1: システム概要。

#### 3.1 経路周辺のスポットおよび景観抽出

ユーザが入力した地名から、その地名周辺のスポットを Web から発見する。システムは入力された地名と関連するキーワードを検索キーワード集合として、検索エンジンに問い合わせ、検索結果の Web ページを取得する。関連するキーワードとしては、(1) “観光”, “スポット”, “景観” の 3 種類の単語と (2) 検索結果から抽出したスポット名、とする (2) の場合、再帰的な問合せとなる。この取得した検索結果の Web ページから、形態素解析し固有名詞（一般、地域、組織）を抽出し、抽出した単語の  $tf(\text{term frequency})$  値を算出し、 $tf$  値の閾値の高い順にランキングすることでスポットを取得できる。

次に、抽出したスポットの中から景観となる情報を抽

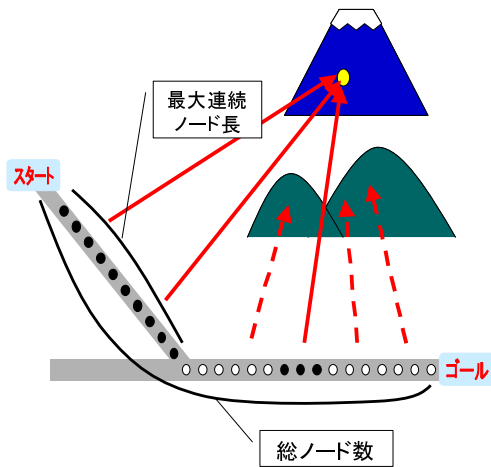
<sup>†</sup>埼玉大学 工学部 Saitama University Faculty of Engineering  
<sup>‡</sup>京都産業大学 Kyoto Sangyo University

出する．今回の実装においては，スポットの中からユーザが景観となるスポットをインタラクティブに選択するものとした．

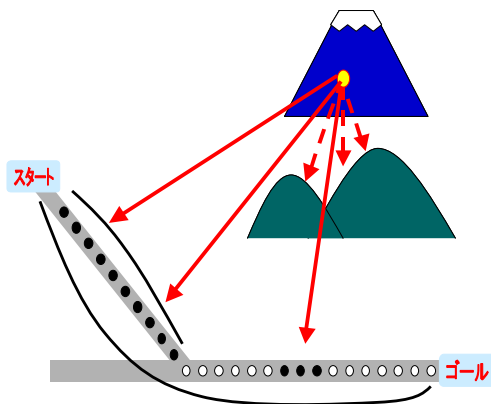
### 3.2 スポットを用いた経路候補の計算

今回実装したシステムでは，1つのスポットのみを経由するルート複数用意し，ランキングするものとし，3.1において得られたスポットの上位から順に経由地として，それぞれのルートを作成するものとした．まず，ユーザが景観とするスポットを選択すると，GeocodingAPIを利用してそのスポット名から緯度経度を得る．次に，得られた緯度経度を基に，GISライブラリ[4]による演算により，道路幅などを考慮した現実的な最短ルートを計算する．出力されたルートはデジタル地図の道路上に設定されているノードとそのリンクからなるグラフとなる．また，これらノードは主に道路の分岐点などに配置されており，直線道路などではノード間の距離が大きくなる傾向がある．そこで，ルート上で一定間隔で可視率計算を行うため，均等な間隔でノードを発生させる正規化処理を行う．

### 3.3 経路上における景観の可視性の計算



(a) 各ノードからの可視性を計算



(b) 目標点から各ノードの可視性を計算

図 2: 可視性の計算方法．

次に，実際の3次元データを用いて景観の可視性を計算する．本論文で言う可視性とは，ある地点から目標物

(景観スポット)を見た時に，目標物が見えるか障害物によって見えないかを判定したものである．これをルート全体において計算し，次節で述べる手法によりルート毎の可視率を計算することで，ルートのランキングを行う．

ルート付近の3次元データを得るために，DEM (Digital Elevation Map) を用いることができる．国土地理院が刊行しているDEMでは，日本全土において50mメッシュ間隔で標高データが得られる．そこで，ルート候補に外接する四角形の緯度と経度を計算し，その範囲内の標高データをDEMから取り出し3Dポリゴンに変換することで，ルート候補周辺の三次元モデルを計算機内に構築する．構築した三次元空間中でルートに沿って自動的に視点を移動しながら，視点から目標物(景観スポット)に対し視線を飛ばすことで，可視性を判定することができる(図2(a))．しかし，この方法では，視点が次のノードに移動するたびに3次元空間を再描画する必要があり，ルートが長い時には重い処理となってしまう．そこで，本論文では逆に景観スポットから全周360度を見た時の画像を一度だけ描画し，景観スポットから見えているルート上のノード数を調べることで可視性を効率良く計算する手法とした(図2(b))．これにより，ルートが長い場合であっても一度の描画で経路全体の可視性を効率よく計算することが可能となる．

また，景観スポットが山などのように広い面積を持つ場合には，前述の処理で得られる景観スポットの緯度経度点の周辺から複数点をランダムにサンプリングし，各々の点に対する可視性を判定し，それら全てを用いて次節に述べる手法により総可視率を計算する．これにより，広い景観スポット領域にも対応することができる．

### 3.4 可視率に基づくランキング計算

3.3で求めたルート上の各点における可視性を用いて，経路のランク付けを行う．まず，あるノード*i*における可視性を $v_i$ とおく． $v_i$ は，ノードと景観スポット間の距離に応じて0~1の間の値をとる．また，0より大きな値が連続しているノードの集合を $\Pi_j$ とおき，そのノード数を $|\Pi_j|$ で表す．最も長くノードが連続している集合は，そのインデックスを*k*とおくと $\max(|\Pi_k|)$ で表される(図2(a)における最大連続ノード長)．*n*を全ノード数とするととき，

$$s = \frac{1}{n} \sum_i v_i \quad (i \in \Pi_k) \quad (1)$$

で表される値が最長可視率である．ところで，前述のように景観スポットが広い領域を持つ場合には，複数点をサンプリングしそれぞれについて可視性を判定するため，各ノードにおける可視性にはばらつきが生じる．本論文ではその論理和をノードの可視性とした．これは景観スポットが一部でも見えていれば，ドライブなどにおいてその景観を楽しむことができると考えられるためである．こうして，景観スポットの広がり方を考慮して計算される可視率を，本論文では総可視率*S*と呼び，サンプル点数が*m*の時，以下の式で計算される．

$$S = \frac{1}{n} \sum_i \left\{ \bigvee_{1}^m v_{i_m} \right\} \quad (i \in \Pi_k) \quad (2)$$

実験では，ランキングにはこの総可視率*S*を用いた．

## 4. 実験

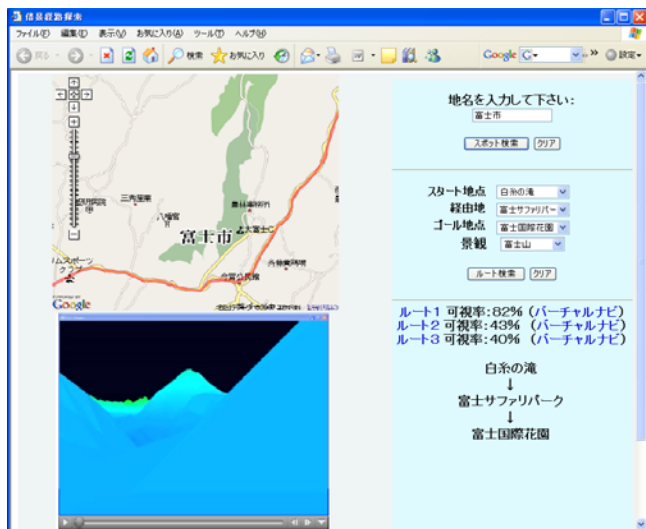


図 3: インタフェース。左上に経路を表示し、左下で仮想カメラから見える風景を映像で自動表示。

実験に用いたデータは以下の通りである。

- 地図データ: 数値地図 25000 (空間データ基盤), 国土地理院
- DEM データ: 数値地図 50m メッシュ, 国土地理院

また, 実装は Web からのスポット検索については Java (Tomcat ライブラリ), 可視率計算は C++ (OpenGL ライブラリ) を用いて行った。クライアントがブラウザを通してルート探索を要求すると, Web サーバが各プログラムを呼び出し, スポット検索, それに続く可視率を計算し, 最終的な結果をランキング表示する。また, 同時に, 探索されたルートは googleMap API を用いてクライアントのブラウザに視覚的に表示され, そのルートから景観を望むビューが映像として表示される。

実装したクライアントの Web インターフェイスを図 3 に示す。左上にある地図が, ルート探索の結果を視覚的に表示したものである。また左下には仮想 3 次元空間上で経路を通ったときの景観が動画として表示されている。本インタフェースの実際の使用方法は以下の通りである。

- 地名入力フォームに任意の地名を入力し send ボタンを押すと, セレクトボックスにスポット候補が表示される
- 表示されたスポット候補一覧から経由したいスポットをユーザが選択
- ルート探索ボタンを押すと, ルート探索・可視率計算がスタートし, その結果, ランキングおよび地図と映像が表示される

### 4.1 スポットおよび景観抽出

上記システムを用いて日本の各地の地名を基にスポットおよび景観抽出実験を行った。実験準備としてスポット名と景観名を抽出する際に利用する検索結果のページ数を決定した。検索結果ページをトップ 20, 50, 100 件と変えながら各々の検索精度と実行時間 (地名を入力して結果のスポットの候補を得るまでの時間) の計測を行った。実行時間に関しては複数回試し平均を取ったところ, 順に 41 秒, 70 秒, 139 秒となった。その際の検索精度に関しては, 50 件と 100 件の検索精度の違いが少なかったため, 本実験では 50 件の検索結果ページを利用した。

抽出精度は, 日本の地名をカテゴリ別に複数用意し適合率を計算し評価した。ここでの適合率とは, 「推薦されたスポットおよび景観名 20 件中に妥当なものが何件含まれているか」とし, 妥当性については披験者 3 名による主観的な判断を用いた。一例を挙げると, 「富士山」を入力とした場合, 1 位「河口湖 (tf 値=0.087)」, 2 位「白糸の滝 (0.063)」, 3 位「カントリークラブ (0.051)」となったが, この場合, 1・2 位は妥当と判断され, 3 位は不適合と判断された。

結果は, 都道府県名などの広い地域名における適合率の平均は 63 % となった。これは, 収集した検索結果の上位のページが全国の観光総合案内サイトのページが多いためと考えられる。一方, 市町村名など比較的狭い地域名では, 適合率の平均は 86 % であった。これらのことより, 日本の特に市町村名や観光地名に対して, 有効な結果が得られることが分かった。また, 外国の地名では特にカタカナ表記の場合においても, 多くの有効な結果を得られることも確認した。

### 4.2 可視率計算およびルートのランキング

次に, 埼玉県秩父郡において武甲山を景観スポットに指定し, 2 つのルートについて可視率の計算及びランキングの実験を行った。ノードは 50m 間隔で正規化し, 2 つのルートのノード数はそれぞれ 234 および 245 となった。また, 景観スポットのサンプル点数は 10 とした。図 4 は 1 つのサンプル点につき, 経路地の異なる 2 つの経路の可視性の判定結果を地図上に表したものである。画像中の丸い点が景観スポットで, 経路上の白色は景観が見えている部分, 黒色は見えていない部分を示している。また, 表 1 は可視率の計算結果およびそれに基づいたランキング結果である。

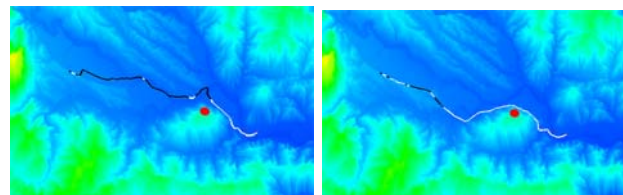


図 4: 経路地の異なる 2 つのルートにおける可視性の判定結果 (白は目標が見えており, 黒は見えていないノード)

表 1 より, 経路 B の方が総可視率が大きく, ランキングが高い結果であることが分かる。経路 A と B は並列



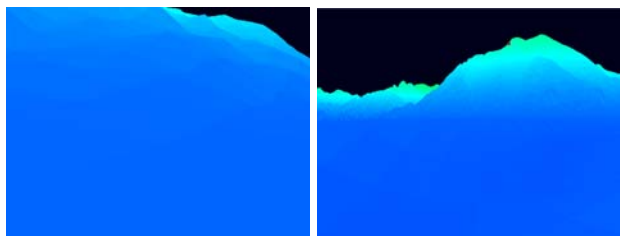


図 5: 仮想的な車から景観スポットを望むドライビングシーンより 1 フレーム取り出した例。(左: 経路 A-斜面に遮られており景観スポットを見ることが出来ない。右: 経路 B-見通しがよく景観スポットを正面に見ることが出来る。)

表 1: 可視率およびランキング結果。

景観のサンプル点	経路 A		経路 B	
	最長ノード数	最長可視率 (%)	最長ノード数	最長可視率 (%)
点 1	87	37.2	195	79.6
点 2	13	5.6	23	9.4
点 3	0	0.0	61	24.9
点 4	62	26.5	146	59.6
点 5	105	44.9	108	44.1
点 6	7	3.0	7	2.9
点 7	10	4.3	20	8.2
点 8	29	12.4	32	13.1
点 9	10	4.3	0	0.0
点 10	0	0.0	14	5.7
総可視率 (%)		68.8		96.7
ランキング		2		1

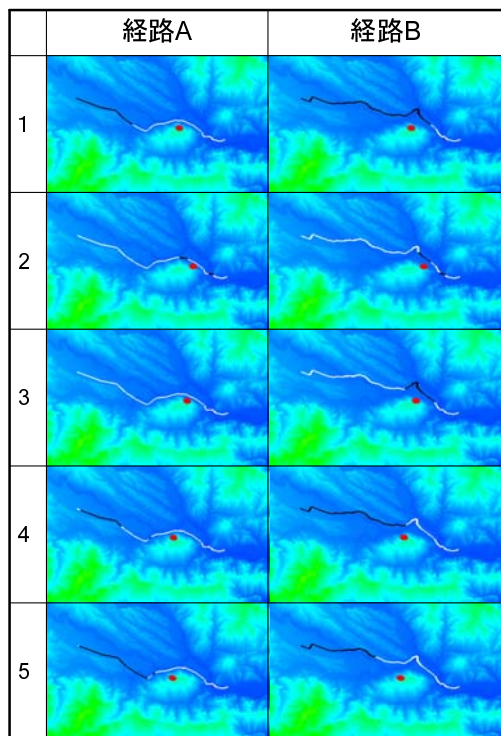


図 6: 景観対象点を微小移動した際の可視率の変化。

して通っている道路であるが、総可視率には約 28%の差がついた。これは、図 5 のように、経路 A が B よりも景観の山の麓を通っているために、景観対象となる点が山の斜面に遮られて見えなくなっているためと考えられる。また、表 1 はサンプル点毎の可視率も示されており、サンプル点の微小変化により景観スポットの可視性に大きな差のあることも分かる。図 6 に、サンプル点 1~5 においてルート上での可視性の判定結果を示す。僅かなサンプル位置の差で、大きく可視性に差が出来ることが分かる。特に今回の実験のように峡谷を走る道路においては微小な変化で可視性が大きく変化するため、複数サンプルにより景観を領域で捉えることには大きなメリットがあると考えられる。

## 5. まとめ

本論文では任意の地域において Web の解析により人気のある観光地やスポットを推薦し、最も眺めが良いルート順にユーザに提示するシステムを提案し実装した。実験の結果、Web 上の情報を用いて名所などのスポットを正しく抽出しユーザに提示することができた。また、3 次元データを用いることで、GIS などで得られたルートに対して正しく可視率を計算することができた。その際に、景観スポットを点としてではなく領域として捉えることで可視率判定の精度の向上に成功した。実際に作成したシステムにより、景観の可視性を考慮したドライブルートをユーザに提示することができた。

## 謝辞

本研究の一部は、総務省戦略的情報通信研究開発制度 (SCOPE) 若手 ICT 研究者育成型研究開発 (072103013) の研究開発の一環として実施したものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] Jameson, A.: More than the sum of its members: challenges for group recommender systems, *Proceedings of the working conference on Advanced Visual Interfaces(AVI2004)*, pp. 48-54 (2004).
- [2] Tezuka, T., Kurashima, T. and Tanaka, K.: Toward Tighter Integration of Web Search with a Geographic Information System, *Proceedings of the 15th World Wide Web Conference (WWW2006)*, pp. 227-286 (2006).
- [3] 河合由起子, 官上大輔, 田中克己: 興味と好みに基づく複数 Web ページの情法融合・提示システムの検討, *DEWS2004* (2004).
- [4] 根岸幸生, 青木秀晃, 笠原 直, 郭 薇, 川崎 洋, 大沢 裕: 時空間管理のための地理情報システム STIMS(Spatio Temporal Information Management System), DB/DE 研ワークショップ, pp. 195-202 (2003).
- [5] 山根康男, 官上大輔, 河合由起子, 津田宏, 田中克己: グループ適応型システムのための満足度を考慮した推薦方式の提案, *DEWS2006* (2006).
- [6] 赤坂優太, 鬼沢武久: 主観と好みを反映した歩行者ナビゲーションシステム, ヒューマンインタフェースシンポジウム講演論文集, pp. 97-100 (2004).
- [7] 日裏博之, 上島紳一: 仮想空間を用いた状況適応型歩行者ナビゲーションシステムの提案, *DEWS2004* (2004).