

走行車両による画像処理に基づいた 景観の良い経路の抽出・共有方式

永田 大地¹ 尾上 佳久¹ 玉井 森彦¹ 安本 慶一¹ 福倉 寿信² 岩井 明史²

概要: 近年、カーナビゲーションシステムにおいて、景観の良い経路（景観ルート）を検索可能なサービスが提供されている。しかし、既存のサービスでは、(1) 情報提供者が景観ルートを手動で編纂しているため対象が限られている、(2) 景観ルートの情報がテキストや少数の静止画で提供されるため、経路決定の判断材料として直感的でない、(3) 季節や天候によって提示された景観ルート情報が実際のドライブ時と大きく異なる可能性がある、といった問題がある。本稿では、景観ルート検索における上記 (1)–(3) の問題の解決を目指し、参加型センシングに基づいて、多数のドライバが車載スマートフォンを用いて各経路を走行中の風景動画を撮影・収集し、収集した動画を解析することで客観的に経路に得点付けを行う方法を提案する。また、各景観ルートの情報をドライバに直感的に提示するため、景観の特に良い地点のショート動画をナビ画面の対象経路上に表示するシステムを提案する。代表的な景観として桜および紅葉に着目し、提案する動画解析法に基いて桜および紅葉の度合を得点として算出するアルゴリズムを実装し、ドライブレコーダで記録した様々な動画に適用した。結果、提案手法により、人の感覚に十分に近い景観ルートの得点付けが行えていることを確認した。

Identifying and Sharing Scenic Routes through Video Capturing and Analysis by Car-Mounted Smart Phones

DAICHI NAGATA¹ YOSHIHISA ONOUE¹ MORIHIKO TAMAI¹ KEIICHI YASUMOTO¹
TOSHINOBU FUKUKURA² AKIHITO IWAI²

Abstract: Some of the latest car navigation systems provide services that allow drivers to search routes with good scenery (called *scenic routes*, hereafter) to their destinations. Existing services, however, have the following problems: (1) scenic routes are manually selected by service providers, thus the searchable routes are limited; (2) information on scenic routes generally consists of texts and a small number of photos, which are not intuitive for a driver to select the best scenic route; and (3) indicated information on the selected scenic route may be greatly different from actual scenery depending on the weather condition and/or seasonal difference when driving the route. In this paper, we propose a novel method which tackles the above problems (1)–(3). The proposed method is based on participatory sensing using car-mounted smart phones, where videos recorded while driving various routes are collected and those videos are given scores based on image analysis. We also propose a method for extracting short videos near especially scenic points along the route and showing those videos on the electronic map of the car navigation screen. Targeting cherry blossoms and autumn leaves as typical features of scenic routes, we implemented image analysis algorithm and applied the algorithm to videos recorded along various routes. As a result, the proposed method could give appropriate scores to videos similar to human's intuitive perception.

1. はじめに

最近のカーナビゲーションシステムでは、目的地までの経路を探索する際に、ドライバの嗜好を反映した経路を探

¹ 奈良先端科学技術大学院大学
Nara Institute of Science and Technology
² 株式会社デンソー
DENSO CORPORATION

索可能である。これまで、到着時刻の早さ、燃費、通行料金を考慮した経路探索サービスが提供されているが、最近では、NAVITIMEの景観優先ルート[1]やホンダinternaviのシーニックルート[2]など、景観の良さを基準に経路探索可能なサービスが提供され始めている。景観の良さを基準に経路を探索する場合、経路選択の判断基準として、その経路を走行したときに車内から見えるであろう景観を把握可能な情報が提供されることが望ましい。しかし既存のサービスは、景観の良い経路（以下、**景観ルート**）に対し、サービス提供者により予め用意された経路中のスポットを紹介するテキストと写真を提示するのみに留まっている。また、景観の良いスポットとして登録されている地点の数も限られており、更に、そのスポット情報の更新頻度も低い。景観は季節や天候などによって見え方が大きく変わるため、提示された景観情報が実際のドライブ時とは大きく異なる可能性がある。走行中の車内から見えるであろう景観を、既存のサービスによる景観情報のみを頼りに直感的に把握・予想することは困難である。以上をまとめると、既存のサービスには、(1) サービス提供者が景観ルートを手動で編集しているため対象となるルート数が少ない、(2) 景観情報の更新頻度が低いため、ドライブ時の季節や天候と提供される情報が異なっている可能性がある、(3) ルートの情報が限られたテキストや静止画のみで提供されるため、経路選択の判断材料として直感的でない、といった問題がある。

本稿では、景観ルートの検索における上記(1)–(3)の問題の解決を目指し、参加型センシング[3]に基づいて、多数のドライバが車載スマートフォンを利用して自動的に景観ルートに関する情報の収集と共有を行うシステムを提案する。提案システムでは、車載ホルダーにより自動車に取り付けたスマートフォンを用いて走行中の車内からの眺めを動画として記録する。撮影した動画を解析し、動画が撮影された経路に対して景観の良さを基準に得点を付け、特に得点が高い地点付近のショート動画を切出し他のシステム利用者と共有する。このシステムによって、広範囲にわたって景観ルートの情報を収集することができ、同じ景観ルートの情報を様々な条件（異なる季節、天候など）のもとで収集可能となる。また、収集した情報を基に、景観ルートの得点と経路中の動画をドライバに提示することで、経路決定の際の直感的な判断材料を提供できるようになる。

提案システムを実現するためには以下の2つの課題を解決する必要がある。一つ目の課題は、動画の解析による走行経路の景観の良さの判定と得点付け、二つ目の課題は、経路選択の判断材料となる景観の良さの程度が直感的に把握可能なショート動画の切出しである。

撮影した動画から景観の良さを自動的に判定するため、画像解析に基づいた方法を提案する。ドライブ中の景観の良さは、様々な要因で決まり主観的な要素も大きい、大

概は海や川といった地形や草木や花などの有無により決まると考えられる。本稿では、色解析などにより比較的抽出が容易であると考えられることから、景観の対象を桜および紅葉に絞り、桜や紅葉の度合い（量の多さや色の濃さなど）を基に対象経路の得点付けを行うアルゴリズムを提案する。提案アルゴリズムでは、ダッシュボードに設置されたスマートフォンで撮影される自動車前方の風景画像を道路部分とそれ以外の部分に分け、後者の部分に色解析を適用する。動画の各フレーム（静止画）に対し桜および紅葉について予め設定した色相の範囲に入る画素数の割合（**桜度合い**または**紅葉度合い**と呼ぶ）を算出し、この度合いが指定した閾値を超えた場合に、桜または紅葉が存在すると判定する。また、連続して閾値を超えているフレームの動画区間を**景観区間**として、長さおよび度合いを記録する。そして、任意の経路に対して、経路中の景観区間の数、各区間の長さ・度合いをもとに得点付けを行い、一定の得点以上の経路を景観ルートとして扱う。色解析において、単純に桜や紅葉に相当する色相の範囲を設定するだけでは、同様の色相を持つ他の対象物（主に人工物）を誤検出してしまう確率が高くなるため、自然物を判定する指標として定評のあるフラクタル次元解析[4]を併用し誤検出を軽減する。

上記の方法で決定した景観ルートから、景観区間を撮影したショート動画を切り出す。ショート動画の長さは共有によるネットワークの負荷を考慮し10秒程度とする。一つの景観ルートに多数の景観区間が存在する場合、各景観区間の長さ・度合い、景観区間の間の距離をもとに、一定数のみを共有・提示するショート動画として切出す。

提案手法をOpenCVを用いて実装し、ドライブレコーダで撮影された様々な桜、紅葉の動画に適用した。結果、提案手法により、人の感覚に十分に近い景観ルートの得点付けが行えていることを確認した。

2. 参加型センシングによる景観の良い動画の収集・共有システム

本システムはユーザ参加型のシステムであり、そのサービスの品質はシステムへの参加者数の増加に伴い向上する。そのため、ユーザのシステムへの参加が手軽であることが望ましい。そこで本システムを、スマートフォン上で動作するアプリケーションと、サーバ側のソフトウェアにより実現する。

システムの構成を図1に示す。クラウド上のサーバと車載スマートフォン間の通信は、3G/4G経由で行うことを想定する。サーバとクライアントの各々のソフトウェアにおいて、景観の良い場所のショート動画を取得するまでの手順を以下に説明する。

まず、サーバ側で、景観スポットデータベース（景観の良い場所の地点を保持する）の情報に基づき、道路上の景観の良い場所の道路をこれから走行する車両を特定する。こ

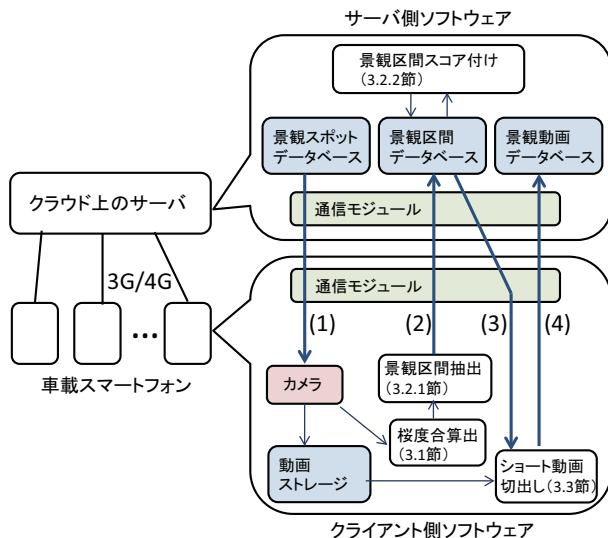


図 1: 提案システムの構成

うして特定された車両に対し、サーバから動画の撮影要求が送信される（図の (1) の矢印）。クライアントはカメラを起動して動画の撮影を行い、撮影中の動画を順次ストレージへ保存する。また、動画の撮影・保存と並行して桜度合いの算出を行い（詳細は、3.1 節）、一定の閾値を超える桜度合いが継続する区間を景観区間として検出する（詳細は 3.2.1 節）。検出された景観区間の情報は、クライアントからサーバへアップロードされ（図の (2) の矢印）、サーバ側の景観区間データベースへ保存される。サーバ側では、景観区間データベースを参照し、収集された複数の景観区間について、景観区間の間の相対的な重要度などに基づき、ショート動画を取得すべき景観区間を決定し（詳細は 3.3 節）、その区間の動画を保持する車両に対し、ショート動画の切出し要求を送信する（図の (3) の矢印）。それと同時に、サーバ側では、景観区間データベースを参照し、収集された複数の景観区間のそれぞれに対し、景観区間どうしの相対的な順位付けを行うためのスコアを算出する（例えば、桜度合いの高い景観区間はスコアが高くなる）（詳細は 3.2.2 節）。ショート動画の切出し要求を受信後、クライアントはショート動画を切出し、それをサーバへアップロードする（図の (4) の矢印）。サーバ側で受信されたショート動画は、景観動画データベースへ保持される。

サーバ側では、以上のようにして収集した景観区間データベースおよび景観動画データベースを用いて、ユーザに対し景観の良いルートの検索や推薦などのサービスを提供する。

3. 景観の良さの定量化と景観区間上の動画の切出し

本章では、まず、景観区間の検出のための、画像処理に基づく景観の良さの定量化方法を述べ、次に、その結果に基づいて各景観区間に対し景観の良さに関するスコア付け

を行う方法について述べる。最後に、景観区間上のショート動画を切り出す方法について述べる。

3.1 桜度合い／紅葉度合いの算出

どのような場所を景色の良い場所であると判断するかについては、主観的な要素も含め様々考えられるが、提案手法では、判定の自動化の容易性を考慮し、特に色解析に基づく桜および紅葉の検出を行い、それらが含まれる場所を景観の良い場所とみなすものとした。

画像中に桜が含まれる割合を表す指標である桜度合いの算出方法を述べる（紅葉についても同様である）。まず、撮影された動画の各フレームに対し、各画素の色空間を RGB から HSV へと変換し、これを入力画像とする。次に、入力画像の各画素に対し、桜画像が取りうる色相、彩度、明度の各々の範囲について、その範囲内に含まれるかどうかを判定し、全ての範囲内に含まれる画素の個数をカウントする。そして、画像全体の総画素数に対し、カウントした画素の数が含まれる割合を桜度合いとする。すなわち、(カウントされた画素の数 / 総画素数) の値を桜度合いと定義する。これは、0 から 1 の間の実数値である。

ここで、色相、彩度、明度の各々について、桜画像が取りうる値の範囲をあらかじめ定める必要がある。これは次のように行う。まず、目視での確認により桜が写った画像を多数枚収集し、それらに含まれる全ての画素について、色相、彩度、明度の各々でのヒストグラムを作成する。このとき、天候や季節の影響により、同じ桜色でも、微妙に異なる様々な色のものが出現することが考えられるが、それらの違いは気にせず、可能な限り様々な色の桜を含んだものを収集してヒストグラムを作成する（各状況に固有の桜の検出方法については後述する）。このようにして作成したヒストグラムの例を図 2 に示す。そして、色相、彩度、明度の各成分について、経験的に定めたある度数（Y 軸の値）で閾値を設定し、Y 軸の値がその閾値を上回るときの X 軸の範囲を、桜画像が取りうる値の範囲であるとする。図 2 では、両向きの矢印で示される範囲がそれに該当する。以下では、こうして定まった各成分の範囲のことを最適化前の色範囲とよぶ。

次に、車両走行中に桜度合いを算出する方法について述べる。提案手法では、桜をリアルタイムで処理可能にするため、入力画像に対して前処理を行い、検出の負荷を軽減する（工夫 1）。また、天候や季節の違いなどの影響により、個々の桜画像が取りうる HSV の各成分の範囲は様々であるため、走行状況に応じて検出に用いる HSV の各成分の範囲の最適化を行い、誤検出の割合を減少させる（工夫 2）。この 2 点についてそれぞれ説明する。

3.1.1 桜度合い／紅葉度合い算出の前処理

上記の工夫 1 について述べる。各車両は、走行中に撮影される動画に対し、ある一定距離進むごとにフレームを抽

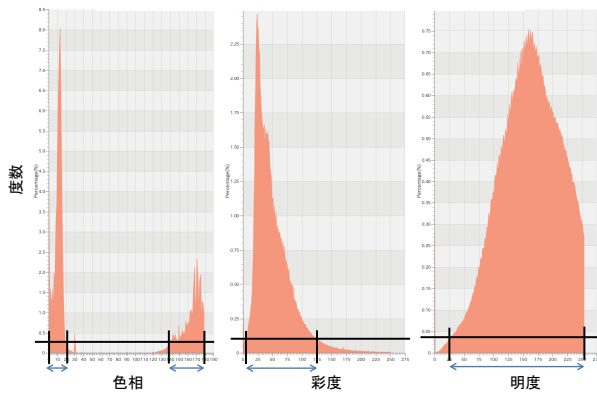


図 2: HSV 色空間における桜画像が取りうる各成分の範囲

出し、そのフレームを入力画像として桜度合いの算出を行う。算出の負荷を軽減するため、次の 2 つの前処理を行う。まず 1 目として、桜画像が取りうる HSV の色範囲に含まれる画素のカウントの処理に関して、画像の下半分については、大部分に道路が写っているという事前知識を利用し、この処理を画像の上半分のみを対象として行うようにする。このとき、画像の上半分を特に**桜検出領域**とよぶ。桜検出領域の一例を図 3 に示す。



図 3: 桜検出領域

次に 2 点目として、桜と似たような色の人工物が検出されてしまうのを防ぐため、フラクタル次元解析に基づくフィルタリング処理を実施する。フラクタルとは、自己相似の概念を表す用語である。自己相似とは任意の部分を拡大すると、他の部分もしくは全体と形が一致する性質である。自己相似性を持つ図形をフラクタル図形という。フラクタル図形に共通する性質である自己相似性は、複雑な図形を扱うための基本的な性質であり、一般に自然界に存在する物は自己相似性を持つといわれている。景観の評価手法としてフラクタル次元解析が注目されており、景観の定量化に応用するための研究も行われている [4]。本研究においても、木のような複雑な形状は自己相似性を持つという事前知識から、フラクタル次元解析を桜の検出に利用する。

提案手法では、桜検出領域に対しフラクタル次元の算出を行い、その結果、フラクタル次元がある一定の閾値を超える画像についてのみ、HSV の色範囲に基づく桜度合いの算出を行う。なお、フラクタル次元の具体的な算出方法

としては、ボックスカウンティング法を用いた。また、スマートフォンに搭載されたカメラにより実際に撮影された画像に対しフラクタル次元の値を算出したところ、自然物の有無でフラクタル次元の値に一定の差が生じることを確認した。

3.1.2 桜度合い／紅葉度合いの算出に用いる HSV の各値の範囲の最適化

次に上記の工夫 2 について述べる。これは、桜度合いの算出に用いる HSV の各成分の値の範囲を車両走行中に最適化することにより、様々な条件の違いによる桜の誤検出の割合を減少させるものである。

提案手法では、まず、最適化前の色範囲に基づき桜度合いを算出し、その値がある閾値以上である、という判定が一定距離（**桜検出距離閾値**とよぶ）の間ずっと続いた場合、その判定が継続した区間の開始地点（ L とする）の動画に一旦遡る。そして、地点 L から桜検出距離閾値の間に撮影された動画について、一定距離でフレームの抽出を行い、抽出された全フレームに対し、再度 3.1 節のはじめに述べた方法で HSV の各成分についてのヒストグラムを作成し、各成分について桜画像が取りうる値の範囲を新たに定める。こうして定められた HSV の各値の範囲を、**最適化後の色範囲**とよぶ。そして、地点 L から再度、最適化後の色範囲に基づき桜度合いの算出を行う。このように 2 段階で桜度合いの算出を行うことで、1 段階目では大雑把に桜を検出した後、2 段階目で走行車両の個々の状況（天候など）に合わせた適切な色範囲を用いて桜度合いの精度を高めることができる。

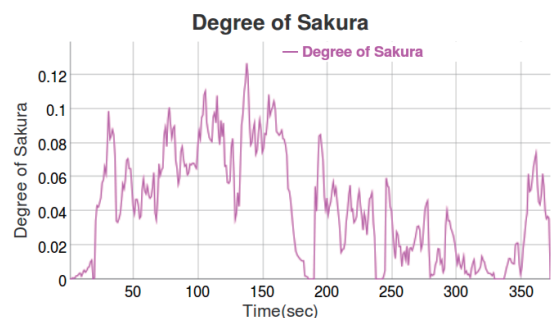


図 4: 桜度合いの時間変化

図 4 に、最適化後の色閾値に基づき算出された桜度合いの時間変化の様子の一例を示す。図 4 では、180 秒付近で桜度合いが大きく減少しているが、これは、交差点に差し掛かったことにより、画面内から桜の割合が減少したことによるものである。

本研究では、車両走行中に撮影された動画と、その動画の桜度合いおよびフラクタル次元の解析結果を可視化するツールを作成し、これを用いて各種の閾値の設定を支援している。ツールの画面構成を図 5 に示す。上半分には撮影

された動画が表示され、左下にはフラクタル次元の時間変化が、右下には桜度合いの時間変化がグラフ化される。本ツールは、JavaScript を用いて実装されており、Web ブラウザ上で実行可能である。



図 5: 桜度合い解析ツール

3.2 経路に対するスコア付け

本節では、前節で求めた、動画の各フレームに対する桜度合い（紅葉度合いも同様）をもとに、任意の経路（道路区間）に対してスコア付けを行う方法を述べる。各ドライバにより、桜または紅葉がある程度連続で検出された道路区間（**景観区間**と呼ぶ）の検出を行い、指定された任意の経路に対し、含まれる景観区間の数、各景観区間の長さおよび度合いにより決定する。

3.2.1 景観区間の検出

車載したスマートフォンに提案システムを導入し実行しているドライバを以後**ユーザ**、端末を**ユーザ端末**と呼ぶ。2章で述べたように、各ユーザ端末は、クラウド上のサーバと定期的に通信しており、サーバからの指示に従い、潜在的な景観スポットの近くを走行すると、自動的に動画の記録を開始する。なお、サーバは、潜在的な景観スポットの地点情報を予め持っている想定する。

動画を連続で撮影する最低限の距離を**動画撮影距離**と呼ぶことにする。動画撮影距離を d と表記すると、ある景観スポットを撮影する時、スポットの $d/2$ 手前で撮影を開始し、スポットを $d/2$ 通過後撮影を終了するものとする。なお、スポットを $d/2$ 通過する前に別のスポットが存在する場合、撮影を継続するものとする。

撮影した動画に対し景観区間を抽出する。景観区間の検出にあたり、3.1 節の桜（紅葉）度合いがある値以上である時、桜（紅葉）が画像中にある程度存在するものとし、この値を**景観検出閾値**と呼ぶことにする。景観検出閾値として、最適化後の色範囲を用いて算出した桜が写っていない複数枚の画像の平均桜度合いを用いる。

撮影した動画の静止画フレームを $f_1, \dots, f_m$ と表記する。3.1 節で述べた、静止画 f から桜（紅葉）度合いを算出する関数を $deg(f)$ と表記する。景観検出閾値を TH と表記

する。

連続する静止画フレームのうち、 $deg(f_k) \geq TH (i \leq k \leq j)$ である連続するフレーム $f_i, \dots, f_j (1 \leq i < j \leq m)$ を全て求める（途中で途切れた場合、連続するフレーム群は複数になるが、それらを全て求める）。静止画フレーム f_k におけるユーザ端末の位置を $pos(f_k)$ と表記すると、区間 $[pos(f_i), pos(f_j)]$ を景観区間として抽出する。

抽出された景観区間を si 、区間 si の動画フレームを $si.f_1, \dots, si.f_{si.m}$ とする。景観区間 si の地点集合 $si.loc$ 、距離 $si.dist$ 、平均の桜（紅葉）度合い $si.deg$ を以下のように定義する。

$$si.dist = \sum_{i=1}^{si.m-1} |si.f_{i+1}.pos - si.f_i| \quad (1)$$

$$si.loc = \bigcup_{i=1}^{si.m/P} \{si.f_{i*P}.pos\} \quad (2)$$

$$si.deg = \frac{\sum_{i=1}^{si.m} deg(si.f_i)}{si.m} \quad (3)$$

ここで、 P は景観区間の位置情報を何フレームごとにとるかを表わしており、30 fps の動画で $P = 30$ とした場合、1 秒毎の位置情報が $si.loc$ に含まれることになる。ユーザ端末は、景観区間 si を検出するたびに、サーバに $si.dist$, $si.loc$, $si.deg$ を送信するものとする。

3.2.2 経路に対するスコア付け

スコア付けを行いたい経路を r とする。 r は地点の座標の列として指定されるものとする。 r に含まれる景観区間の集合を $SI(r)$ と表記する。 $SI(r)$ は、サーバが保持している景観区間の情報と地図の情報からサーバが算出する。

経路のスコアは、より広範囲にまたがって桜（紅葉）が見られるルートほど高いスコアを与えたいため、 $SI(r)$ に含まれる景観区間の総距離が大きいほど高くする。また、より桜（紅葉）度合いが大きいほど、見ごたえがあるものとし、度合いの大きさもルートのスコア付けの際に考慮する。以上より、経路 r の得点 $score(r)$ を以下のように定義する。

$$score(r) = \sum_{si \in SI(r)} (si.deg \times si.dist \times ignore(si.deg, LDEG)) \quad (4)$$

ここで、 $LDEG$ は、この値以下の度合いを持つ景観区間を無視することを指定するシステムパラメタであり、 $ignore(deg, LDEG)$ は、 $deg \leq LDEG$ の時 0、そうでない時 1 となる関数である。 $LDEG$ の値は経験的に求めるものとする。

3.3 ショート動画の切出し方法

ショート動画を切り出す際に、景観ルートの特徴をドラ

イバが直感的に把握できるようにするには、必要十分な数の動画が必要であると考えられる。一方、サイズの大きい動画を携帯電話網を経由して共有すると携帯電話網に大きな負荷がかかる。よって、提案手法では、各景観スポットでの動画を10秒とする、景観スポットが狭いエリアに密集している時に、一定距離で間引くことにより、ユーザ端末がアップロード/ダウンロードする動画の容量を削減する。

3.2節で述べたとおり、各ユーザ端末は各景観区間に対し、その前後の区間を含む動画を撮影し保存している。そのため、景観区間の前後で、10秒間の動画フレーム(30fpsの場合、300枚の静止画)の桜(紅葉)度合いの総和が最大となるような10秒間を決定し、ショート動画として切り出す。

一定距離で動画を間引くため、3.2節で定義した動画撮影距離 d を利用する。すなわち、経路中の距離 d の各区間に対し高々一つのショート動画のみが切り出されるようにする。この際、より桜(紅葉)度合いが大きい景観区間の動画が優先して抽出されるようにするため、経路 r 中の景観区間の集合 $SI(r)$ の各景観区間 si について度合い $si.deg$ が大きいものを基準に、前後の景観区間の動画を間引くように処理を行う。

4. 有効性評価のための予備実験

本章では、景観区間の検出精度及び、動画共有システムを評価するために行った予備実験について述べる。実験では、対象物検出から行った区間切り分けの精度と、ショート動画視聴に基づくユーザの景観把握への有効性評価を行った。

4.1 景観区間検出の精度評価

景観ルートに対する景観区間検出に関して評価を行う。正しく景観区間検出を行われたかの評価を行うために、動画視聴を行ったユーザによって対象物が存在すると判断された景観区間との比較結果を用いる。評価に用いる動画は、桜が含まれる2種類の動画を用いた。実験準備として、事前に提案システムにより景観ルートに対して景観区間の抽出を行う。実験では、2人の被験者が動画を視聴し、桜の写っていると判断できる区間の開始時刻と終了時刻を記入する。これにより、被験者による景観区間の抽出がなされる。その結果を用いて、提案システムとの比較を行い評価する。被験者による区間分けを基準として、ルート中の提案システムと景観区間が一致している区間を**一致区間**、一致しない区間を**不一致区間**とし、それぞれ求めた。ここで、**検出漏れ区間**は、被験者による判断では景観区間とされていたが、システム側では景観区間ではなかった区間であり、**誤検出区間**は、被験者側では景観区間とされなかったが、システム側では景観区間となっていた区間である。

実験の結果を表1に示す。表の一致(不一致)区間の割

表 1: 景観区間検出結果

	一致区間 (%)	不一致区 間 (%)	検出漏れ区間 (%)	誤検出区間 (%)
動画 1	89.4	10.6	78.0	4.80
動画 2	80.9	19.1	20.0	18.7
全体	85.2	14.8	49.0	11.8

表 2: 動画に対する順位付けの結果

動画名	桜度合い	順位の内訳		
		1 位	2 位	3 位
動画 1	最大 (0.10)	75%	25%	0%
動画 2	平均 (0.041)	25%	62.5%	12.5%
動画 3	最小 (0.00062)	0%	12.5%	87.5%

合(%)は一致(不一致)区間の長さの全区間の長さに占める割合であり、検出漏れ区間、誤検出区間の割合(%)は、それぞれ、検出漏れ区間の長さの実際に桜が存在する区間に対する割合、誤検出区間の長さの桜が存在しない区間の長さに対する割合である(被験者2人の平均)。動画1に関して、検出漏れ区間が78%となった結果は、景観検出閾値が高く設定されていたことが原因であると考えられる。その結果、動画1での誤検出区間は4.8%と、低い割合となっている。全体で経路区間のユーザとの一致度は約85%となった。提案システムはおおよそその人の感覚に近い景観区間を検出可能であり、実用上は問題ないと考えられる。

4.2 動画視聴に基づく景観評価

桜度合いが、景観の良さを判断する際の人間の感覚と合致しているかの評価を行う。実験準備として、同一の景観区間で、撮影位置が異なる10秒間の動画を3つ用意した。各動画は景観区間中、10秒間の平均桜度合いが、最大値となる区間、最小となる区間、そして景観区間全体の平均値に最も近い値を持つ区間の動画である。実験では、これらの動画を8人の被験者が視聴し、景観の良さを評価基準として、動画を順位付ける。動画の平均桜度合いに基づいて順位付けを行うと、平均桜度合いが最大値、平均値に最も近い値、最小値である動画の順にはそれぞれ1位、2位、3位となる。評価では、上記の順位付けと、ユーザの主観評価による順位付けを比較する。

利用した動画の平均桜度合いと種類、その一致率を表2に示す。桜度合いが最大である動画1は、被験者の75%が1位と評価している。その他の2つの動画においても、桜度合いによる順位付けと、同様の順位付けを行う被験者の割合が最も高い。これらの結果から、桜度合いが景観の良さを判断する際の人間の感覚と一致していることが確認できた。

5. 関連研究

本章では、本研究に関連する既存研究について概説する。まず、景観の良さに基づいた経路探索や推薦を行うシステムについての既存研究を述べた後、景観の良さや種類を判断するための画像処理に基づく手法についての既存研究を述べる。

5.1 景観の良さを考慮した経路の探索

文献 [5] では、景観ルートの探索を行うためのシステムが提案されている。そのシステムでは、写真共有サイト Flickr [6] に投稿された写真のうち、撮影地点の GPS データが付与されたものを収集し、写真の投稿が多い地点に沿った道路を景観の良い道路であると判断している。この手法では、投稿された写真に付与されている GPS データから自動的に景観ルートを検出するため、予め人手で景観の良いスポットをシステムに登録しておく作業が不要である。また、経路に関連する写真を提示することで、経路走行中の景観をユーザがだまかに把握可能である。

文献 [7] では、景観の良さの根拠となる物体が、その付近を走行する車両からどれだけ見えるかに基づき景観ルートを探索・推薦するシステムを提案している。このシステムでは、ユーザが指定した地名について、その周辺の複数の観光スポットを検索してユーザに提示し、ユーザはその中から自身が観光したいスポットを複数個選択する。更に、ユーザは選択した観光スポットを巡回する道中において、自身が見たいと考える景観を選択する。システムは、観光スポットを巡る複数の経路の中から、ユーザが選択した景観が地形によって遮られる機会の少ない経路を探索し、景観が見える機会が多い経路から順にユーザに推薦する。ユーザが選択した景観が地形によって遮られるかどうかは、地形の 3D モデルデータを基に判断している。

以上のように、景観ルートの探索システムは既存研究で既に提案されているが、本提案手法のように、参加型センシングにより景観ルート上の動画を車両走行中に自動的に検出し、収集するシステムは筆者らの知る限りでは提案されていない。

5.2 画像処理に基づく景観解析

風景を写した画像の景観の良さを評価する手法や、画像に写っている風景の種類（海や山など）を識別する手法が提案されている。文献 [4] では、風景画像内で被験者が特に注目する領域と、その領域のフラクタル次元との関連性を検証している。その結果、ある領域が周辺と大きく異なるフラクタル次元を持つ場合、被験者がその領域に対し、より注目を向ける傾向にあることが報告されており、景観の良い画像の識別、ならびに画像内で特に景観が良いと感

じる領域を抽出するためにフラクタル次元が有効であることが示されている。

文献 [8] では、車載カメラで撮影された画像を複数のセルに分割し、各セルを色特徴、エッジ数、フラクタル次元によって総合的に評価し、画像が街並み、森林、開けた道のいずれを写しているかを識別する手法が提案されている。

以上のように、景観の良さを評価する手法や、画像に写っている風景を識別する手法についての研究は既に存在する。一方本研究では、これらの画像処理の手法を用いて参加型センシングにより景観動画を自動的に収集、共有するシステムを実現する際の課題（ショート動画の切出し方法など）について、主な焦点を当てている。

6. まとめ

本稿では、景観の良さを基準としたルート検索サービスを提供する際に必要となる、広範囲のルートへのスコア付け、直感的なルート情報の提供、ルート情報のタイムリーな更新を実現するための基盤技術として、車載スマートフォンを用いた画像解析に基づくルートの自動スコア付け手法と景観の良さを表すショートビデオを切り出す手法を提案した。「桜」を対象に、動画に映っている桜の量の度合を算出するアルゴリズムを OpenCV を用いて実装し、様々な走行動画に適用した結果、人の感覚に近い精度で桜が見える走行区間の検出ができた。

著者らは文献 [9] において、渋滞の程度を直感的に表わすショート動画として、信号機を識別し信号機付近のショート動画を切出し共有するシステムを提案している。本稿で提案した、景観ルートを表わすショート動画共有法と合わせて、今後車載スマートフォン向け参加型動画センシングフレームワークとして整備して行くことを計画している。また、今後、提案システムの開発を進め、実走行、ユーザ評価に基づいた景観の良いルートの得点付けの精度を評価する予定である。

参考文献

- [1] ナビタイムジャパン: Android 向け「NAVITIME ドライブサポーター」に『景観優先ルート』機能を提供開始, http://corporate.navitime.co.jp/topics/pr/201202/24_2014.html (accessed on October 19, 2013).
- [2] Honda Internavi LINC Premium Club: シーニックルート, <http://www.honda.co.jp/internavi/service/scenic/> (accessed on October 19, 2013).
- [3] J. Burke, D. Estrin, M. Hansen, A. Parker, N. Ramanathan, S. Reddy, M. B. Srivastava: Participatory Sensing, に関する *Proc. of WSW'06 at SenSys'06*, 2006.
- [4] 佐藤隆洋, 磯打拓也, 斎藤静彦, 松永忠久: “フラクタル解析を用いた景観の数値化と適用事例” こうえいフォーラム第 16 号, 2007.
- [5] Y. T. Zheng, S. Yan, Z. J. Zha, Y. Li, X. Zhou, T. S. Chua, and R. Jain: “GPSView: A scenic driving route planner,” *J. of TOMCCAP*, vol. 9, no. 3, pp. 1-18, 2013.

- [6] flickr, <http://www.flickr.com/>. (accessed on October 19, 2013).
- [7] Y. Kawai, J. Zhang, and H. Kawasaki: "Tour recommendation system based on web information and GIS," *Proc. of ICME'09*, pp. 990-993, 2009.
- [8] 藤田 隆二郎: "車載カメラ映像による風景特徴解析技術," *PIONEER R & D*, vol. 16, no 2, pp. 111-1148, 2006.
- [9] 玉井森彦, 尾上佳久, 安本慶一, 福倉寿信, 岩井明史: "画像処理に基づいた効率のよい渋滞動画収集・共有方式," 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-MBL-65, No. 36, pp. 1-8, 2012.