

機関番号：87103

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20500176

研究課題名(和文) 多人数参加型サイバージオラマ自動生成・提示システム

研究課題名(英文) Automatic construction and display system of cyber diorama with multiple participants

研究代表者

有田 大作 (ARITA DAISAKU)

財団法人九州先端科学技術研究所・生活支援情報技術研究室・室長

研究者番号：70304756

研究成果の概要(和文)：(200字程度)

本研究では、近年盛んに研究されている大量の画像間で特徴点の対応を取り、自動的に3次元形状モデルを生成する技術と組み合わせて、より少ない風景画像から街並みの3次元形状モデルであるサイバージオラマを復元するために必要な(1) Web上の画像データベース中の画像・位置・ラベル情報を基に与えられた画像からランドマークを自動検出する手法、(2) 地理空間情報システムにおいて点群データを登録・取得するインタフェースを実現した。

研究成果の概要(英文)：

This research proposes a method for automatic detection of landmarks from images and an interface to register 3-D point data to a geographic information system (GIS) in order to automatically reconstruct a 3-D model of scene, "cyber diorama", from multiple images.

交付決定額：

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2008年度 | 1,900,000 | 570,000 | 2,470,000 |
| 2009年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2010年度 | 900,000 | 270,000 | 1,170,000 |
| 総計 | 3,500,000 | 1,050,000 | 4,550,000 |

研究分野：

科研費の分科・細目：情報学・知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：コンピュータビジョン、地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

近年、Wikipedia や YouTube といったインターネット上でのユーザ参加型のコンテンツの発展が目覚ましい。また、デジタルカメラなどで撮影した画像を自身のウェブサイト上で公開するユーザが増えており、それらが持つ情報量は膨大なものとなっている。

このような大量の画像情報を蓄積・検索する仕組みとして、地図情報を用いることが行われ始めている。例えば、風景画像と地図情報とを組み合わせた応用事例として Google

Earth が挙げられる。これは、Google Earth 上に画像を配置することで画像に移動経度情報を付与し、Google Earth 上で画像を見ることができるといったものである。また研究としては、PhotoField が知られている。これはユーザが撮影した風景画像の視点や撮影方向などの情報を2次元地図上でユーザが指定することで、画像と地図情報との位置関係を求め、それらの間でラベルを共有することにより、地図情報・画像・ウェブページとの間で相互の検索を可能とするものである。

2. 研究の目的

本研究では「多数のユーザが撮影した街並みなどの風景画像を集め、それらと電子地図情報を組み合わせることによって、3次元形状モデル(=サイバージオラマ)を自動生成し、ユーザが指定した任意の視点からの風景画像をサイバージオラマから合成し、ユーザに提示する」システムの構築を目指す。

3. 研究の方法

大量の画像中の特徴点の対応を取り、自動的に3次元形状モデルを生成する手法は既の実現されたことから、これ以外で上記の目的を達成するために必要な以下の項目について研究を行った。

- (1) 画像中からのランドマーク自動検出
- (2) 地理空間情報システムでの点群データ処理

4. 研究成果

(1) 画像中からのランドマーク自動検出

①概要

位置情報付画像から得られる同一対象(ランドマーク)の画像特徴を利用した対象検出技術は、我々がこれまでに提案しているクリックابل・リアルワールド(Clickable Real World(CRW))と名付けられたモバイル端末による情報検索サービスの枠組みで利用される。CRWでは、モバイル端末のカメラを利用して実世界中の対象(ランドマーク)を撮影することを情報検索のトリガとして、撮影対象の名称(ラベル)を推定して結果をユーザに返す。その際に、どのランドマークがクリック可能かという情報をモバイル端末上に提示することはユーザにとって有益な情報になり得る。その実現のために、画像共有サイト(Flickr)で公開されている画像、ラベル、位置情報を利用する。

②問題の定式化

モバイル端末にはGPSが搭載されており、ユーザの位置情報はGPSを利用して獲得できる環境を想定する。また、画像共有サイトから得られる学習画像にもラベル情報のみならず、その画像が撮影された位置情報も利用できることを想定する。この条件下で、画像を x 、画像に付与すべきラベルを w 、対応する位置情報を g とすると、画像と位置情報を利用したラベル推定問題 $P(w|x, g)$ は、次の式で定義される。

$$P(w|x, g) = \frac{P(w)P(x, g|w)}{P(x, g)} \\ \propto P(w)P(x|w)P(g|x, w)$$

ナイーブベイズにより、 x と g の独立性を仮定すれば、数式は次のように変形できる。

$$P(w|x, g) \propto P(w)P(x|w)P(g|w)$$

さらに右辺の第1項と第2項に対してベイズ

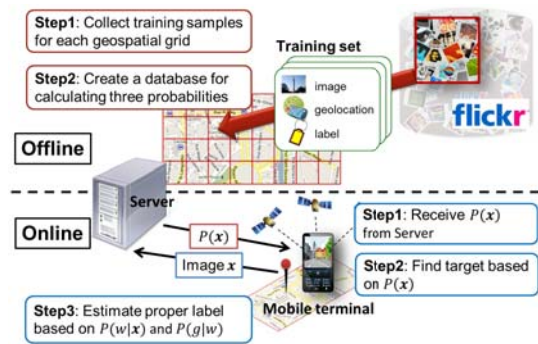


図1 クリックابل・リアルワールド

の定理を適用して、最終的に次の式を得る。

$$P(w|x, g) \propto P(x)P(w|x)P(g|w)$$

画像と位置情報を利用したラベル推定問題は、3つの確率モデルにより定式化されることがわかる。本研究では、右辺第1項 $P(x)$ をImage Prior, 第2項 $P(w|x)$ をImage-based Labeling, 第3項 $P(g|w)$ をLabel-based Localizationと呼んでいる。Image-based LabelingとLabel-based Localizationの組合せにより、ラベルが未知の画像に対するラベル付けを行う。ここで重要なのは、右辺第1項 $P(x)$ のImage Priorであり、このモデルを画像共有サイトの画像を利用して生成する。また、生成されたモデルにより、対象検出ならびに追跡が行われる。

③Image Priorの役割

図1に、CRWの全体の処理の流れを示す。処理はオフラインとオンラインに分けられる。オフライン処理は、次の2ステップで構成される。

(a) 地表を緯度経度に基づいてグリッドに分割する。サーバは各グリッドの中心の緯度経度をクエリとしてFlickrに送り、ラベルと位置情報が付与された画像を収集する。

(b) 収集された学習サンプルは、上記の3つの確率モデルを計算するために利用される。Image Priorを得るためには、同一対象を撮影された画像を選定する必要がある。その中からさらに画像間の共通特徴を厳選することで、対応するグリッド内で撮影される対象(ランドマーク)の画像特徴を獲得する。本稿ではこのようにして得られる画像の共通特徴を“エリート特徴”と呼ぶことにする。エリート特徴は、画像共有サイトに投稿された画像のコンセンサスによって得られる特徴とも言える。

オンライン処理では、モバイル端末とサーバ間で情報の以下のやりとりがなされる。

(a) ユーザがモバイル端末のアプリケーションを起動すると、アプリケーションはサーバからImage Prior $P(x)$ を取得する。

(b) ユーザは、モバイル端末で実世界を眺望する。Image Prior $P(x)$ によりクリック可能な対象(ランドマーク)が見つければ、端末上にクリック可能であることを表すマーク

が重畳表示される。ユーザは情報獲得のために、そのマークが描かれたランドマークをクリック、すなわち撮影することができる。

(c) ユーザが対象をクリックした場合、その画像がサーバに送られて Image-based Labeling $P(w/x)$ と Label-based Localization $P(g/w)$ によってラベル推定がなされ、その結果がユーザに返る。

このように、3つのモデルのうちのひとつ $P(x)$ はユーザのモバイル端末上で利用される。Image Prior は単にモバイル端末で対象を検出するためだけに役に立つのではなく、ユーザに対してクリック可能な対象を提示するためにも役立つ。

(2) 地理空間情報システムでの点群データ処理

①概要

地理情報システム (GIS) の主な機能として、地図の表示や図形の作成、編集、検索や空間解析などがあるが、GIS の機能の多くは、人間が視覚的に見て判断する意志決定ツールとなることを目的として開発されてきた。これに対して、我々がこれまで提案・開発してきたロボット用 GIS (R-GIS) は、ロボットを含めたシステムが主体であり、システムと R-GIS が地図やセンサ情報などの地理空間情報のやりとりを行う。本研究では、獲得された3次元形状モデルを点群データとして R-GIS に登録、および R-GIS から取得する機能を実現した。なお、以下では点群データのことを障害物データと呼んでいるが、これは R-GIS がロボット用の GIS であるため、センサによって得られた点群データは「衝突の可能性がある」ことを示すからである。

②実装

障害物登録の実装は、ネットワーク分散コンポーネント技術「RT ミドルウェア (RTM)」を用いて作成した。これにより、複数の RT コンポーネント (RTC) を接続することで、全体としてまとまった動作をさせることができる。以下では、障害物登録に必要な RTC 群に関して説明する。

(a) R-GIS モジュール

R-GIS モジュール (RgisOperatorRTC) は、GIS データの処理を行うサービス型モジュールである。空間 DB と接続して位置情報を登録・検索し、座標系の変換、ベクトル図形データからロボット用グリッドマップへの変換、グリッドマップによる最短経路探索、空間データのファイル出力などの機能をサービスポートを通じて提供する。

(b) 障害物登録モジュール

障害物登録モジュール ObstMap および後述する2次元スキャンセンサをモデル化する2Dレンジデータ登録モジュール、3Dグリッドモジュールは、障害物データを空間 DB

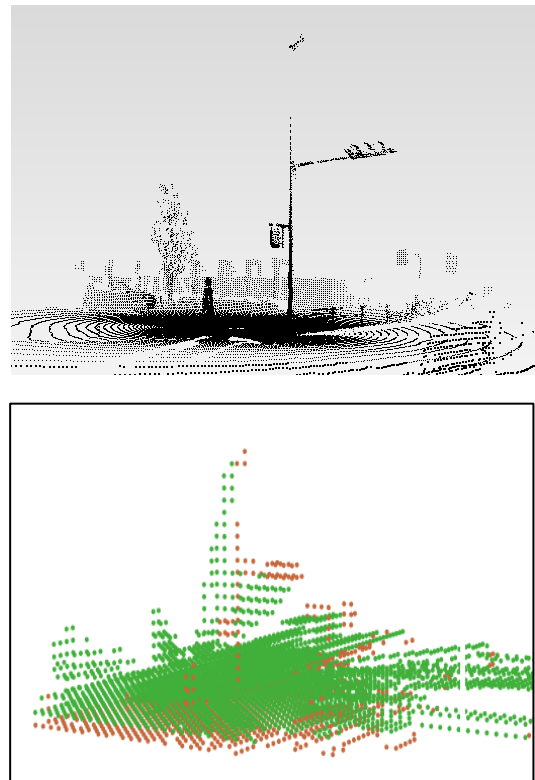


図2 3次元点群データとボクセルデータ

に登録する機能を持つ。ここでいう「障害物データの登録」は、「障害物情報の登録」とは異なる。障害物の情報の登録は、移動ロボットシステムや GIS では、基本的な機能である。本モジュール群は、GIS が得意とする空間検索機能と、かつ、従来の GIS にはなかった2次元 (に限らないが) の広がりのある空間データを、障害物データとして R-GIS に登録し、ロボット間での障害物データの共有を図るものである。すなわち、ロボットが取得するセンサデータを、空間検索可能な状態で登録する新しい機能である。

2Dレンジデータ登録モジュール (Obstruction Register) は、レーザレンジファインダ等で取得した2Dレンジデータを受け取ってフィーチャデータ (ベクタ図形と属性情報からなる空間データ) に変換し、空間 DB に登録する RTC である。レンジデータの観測位置を点として、障害物を検出した点を結んだ障壁を線として、観測位置と障害物の間の空間を面として図形化し、観測日時やコスト値などの属性情報を与え、空間 DB に追加していく。

3Dグリッドモジュール (VoxelOperator) は、3Dグリッドデータ処理サービスを提供する RTC である。VoxelService ポートを通して、3Dグリッドの生成、3D点群データの3Dグリッド化、セル値の設定・取得、2Dグリッドの切り出しなどを実行できる (図2)。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① 木室義彦, 荒屋亮, 有田大作, 家永貴史, 村上剛司, 楊智梅, ロボット地理空間情報システム R-GIS, 日本ロボット学会誌, vol.17, no. 8, pp. 44-52, 2009, 査読有り.

[学会発表] (計8件)

- ① 島田敬士, Web 画像から得られる共通画像特徴に基づく対象検出と追跡に関する検討, 信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2010年12月9日, 山口市.
- ② 島田敬士, 撮影位置情報を利用した画像アノテーションに関する検討, 信学会パターン認識・メディア理解研究会, 2010年11月18日, 福井市.
- ③ 有田大作, R-GIS を利用したロボットの空間情報取得, ロボット学会学術講演会, 2010年9月24日, 名古屋市.
- ④ 木室義彦, R-GIS:移動ロボットによる障害物登録モジュールの実装と実験, ロボット学会学術講演会, 2010年9月24日, 名古屋市.
- ⑤ 阿部尚久, 位置情報と大規模画像データベースを利用した撮影対象特定に関する検討, 情報科学技術フォーラム, 2010年9月9日, 福岡市.
- ⑥ 阿部尚久, カメラ付き携帯端末を用いた実世界インタラクションのための対象特定に関する検討, 画像の認識・理解シンポジウム, 2010年7月29日, 釧路市.
- ⑦ 有田大作, ロボット地理空間情報システム R-GIS ー車いすロボットを対象とした座標変換サービスと情報管理ー, 日本ロボット学会学術講演会, 2009年9月17日, 横浜市.
- ⑧ 木室義彦, ロボット地理空間情報システム R-GIS, 日本ロボット学会誌学術講演会, 2008年9月9日, 神戸市.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

有田 大作 (ARITA DAISAKU)
財団法人九州先端科学技術研究所・生活支援情報技術研究室・室長
研究者番号: 70304756

(2) 研究分担者

木室 義彦 (KIMURO YOSHIHIKO)
福岡工業大学・情報工学部・教授
研究者番号: 30205009

谷口 倫一郎 (TANIGUCHI RIN-ICHIRO)

九州大学・システム情報科学研究院・教授
研究者番号: 20136550

(3) 連携研究者

家永 貴史 (IENAGA TAKAFUMI)
福岡工業大学・情報工学部・助教
研究者番号: 00393439

島田 敬士 (SHIMADA ATSUSHI)

九州大学・システム情報科学研究院・助教
研究者番号: 80452811