

広域環境における人流データの リアルタイム没入感可視化システム

○南 承佑 河村 晃宏 倉爪 亮 (九州大学)

1. はじめに

我々はこれまでに、屋外広域環境において人流計測や気象観測、デジタルサイネージなど、様々な用途に用いることができるポール型複合センサ端末 Petit Sensor Box (Psen) を開発してきた。現在、九州大学伊都キャンパスには、合計で 14 台の Psen が設置されており、24 時間、人物を特定しない形式で人流を観測し、また気象データを記録し続けている。この 14 台の Psen を用い、これまでに 1 年弱の長期間にわたり膨大な人流データが得られており、得られたビッグデータから異常値（アノマリー）の検出や混雑予測などが実現されつつある。

一方、近年、没入感ディスプレイが各社から発売され、特に 2016 年は VR 元年と呼ばれている。我々もこれまでに、没入感ディスプレイ (Oculus Rift DK2) と室内の情報構造化環境 (ROS-TMS 4.0) を統合し、光学式トラッキングシステム (Vicon MX) から得られる没入感ディスプレイの位置情報を基に、実際の環境と CG で作成された仮想環境を重ねて表示することができる没入感 VR インターフェースを開発している [1], [2].

本稿では、屋外広域環境において Psen から得られた人流データを、没入感ディスプレイを用いてリアルタイムかつ現実感高く可視化するシステムを開発したので報告する。このシステムは、

- 人流データをほぼリアルタイムで提示できる
- 3次元点群データと人流データを重ね合わせて、現実感高い仮想空間を提示できる
- 視点を自由に変更することができ、また頭の方向に応じて視線を変えられることから、高い没入感が得られる

などの特徴を有する。

2. Petit Sensor Box (Psen) と人流計測

Petit Sensor Box (Psen) は、以下の 3 種類の機能を備えたポール型複合センサ端末である。

1. センシングプラットフォーム
 - レーザ計測人流交通データ
 - スマフォプローブ
 - ネットワーク広域カメラ
 - 気象データ計測
2. インフォメーションプラットフォーム
 - プッシュ型データ送信
 - デジタルサイネージ
3. インタラクティブプラットフォーム
 - IC カードリーダー

Fig.1 に Psen の構成図を、Fig.2 に実際に設置されている様子を示す。

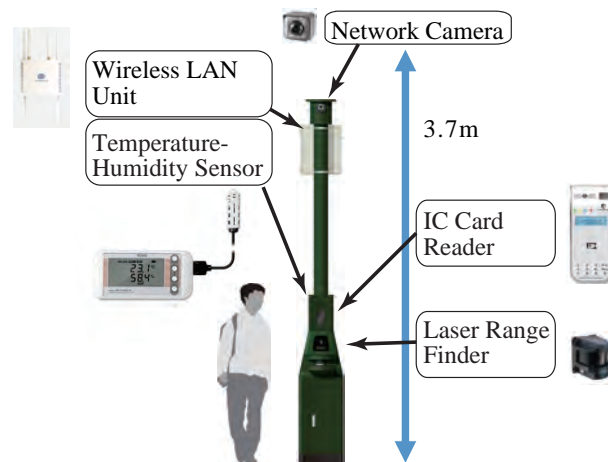


図 1: Overview of Petit Sensor Box (Psen)



図 2: Petit Sensor Box (Psen) in Ito Campus

Psen には、現在、以下のセンサが搭載されている。

- 屋外仕様レーザーレンジファインダ (北陽電機, UXM-30LXH-EWA)
- IC カードリーダー (スマートサービステクノロジーズ, SmartAC0K-001)
- 温度・湿度センサ (オムロン, ZN-THX21-S)
- ワイヤレス LAN ユニット (ピコセラ, PCWL-0200-outdoor)
- ネットワークカメラ (パナソニック, BB-SW174WA)

これらのセンサドライバや処理ノード、データベースサーバ Tea Scoop[3] との通信は、後述する没入感ディスプレイの表示も含めて、全て ROS を用いて構築されている。

表 1: Specifications of Laser Range Finder (Hokuyo, UXM-30LXH-EWA)

Measurement distance	30m
Field of view	190 °
Angular resolution	0.125 °
Accuracy	± 30 mm
Frequency	20 Hz
Interface	Ethernet
Protection	IP67

上記のセンサのうち、人流計測に用いるセンサは、レーザレンジファインダ(Hokuyo, UXM-30LXH-EWA)である。レーザレンジファインダの仕様を Table 1 に示す。

レーザレンジファインダから得られた距離データは、距離値の連続性を考慮してクラスタリングされ、Particle filter によりそれぞれのクラスタごとに追跡される。より詳細には、以下の手順で追跡を行う。

1. 各レーザレンジファインダから得られる 1 スキャン分の距離データ列に背景差分を適用
2. 距離値の連続性を考慮して複数の区間に分割し、区間中央の値を区間代表点として抽出
3. 前時刻のパーティクルフィルタの追跡結果のうち、推定位置が最も区間代表点に近いものを探索し、パーティクルフィルタを更新
4. 閾値以内 (1m) にパーティクルフィルタの追跡結果がない時には、新たなパーティクルフィルタを生成
5. 対応付けがされなかったパーティクルフィルタは、一定時間 (20 サイクル) 保持し、その後消去
6. 追跡に成功したパーティクルフィルタに対して、位置 (パーティクルの重み平均) とラベル (パーティクル番号) を計算

追跡データ (位置とラベル) は、データサーバである Tea Scoop[3] へ送信され、蓄積される。

Fig.3 に九州大学伊都キャンパスのセンタ地区にある 14 台の Psen の配置図を示す。これらの Psen を用いて、24 時間、人流を観測、記録している。

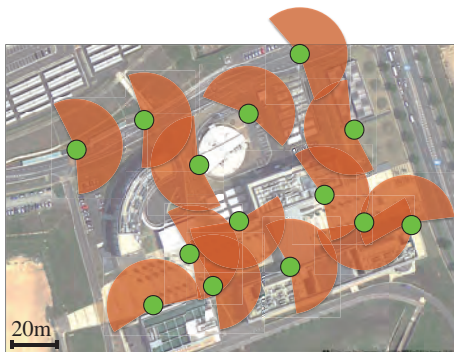


図 3: Locations of Psen

3. 大規模 3 次元点群データ

より現実感高い没入感環境を構築するため、3次元レーザスキャナ (Faro, Focus 3D, Fig.4) を用いて、九州大学伊都キャンパス・センター地区 (500×500[m]) の 3次元点群データを取得した。レーザ計測は、伊都キャンパスのセンタ地区全域で行い、合計 41 回の計測により 6,984 万点の 3次元点群データを得た



図 4: 3D Laser Scanner (FARO, Focus 3D)

Fig.5 に得られた大規模 3次元点群データの俯瞰図を示す。



図 5: 3D model of Center Zone at Ito Camopus

4. リアルタイム没入感可視化システム

没入感ディスプレイ (Oculus Rift DK2, Oculus VR, Fig.6) を用いて、九州大学伊都キャンパスセンタ地区

の大規模3次元点群データと、Psenにより得られたリアルタイム人流データを同時に可視化するシステムを開発した。表示にはROSの可視化ソフトウェアRvizを用い、Oculus Rift DK2への表示には、ros_ovr_sdk[4]、およびoculus_rviz_plugin[5]を用いた。



図6: Oculus Rift DK2

4.1 歩行者の高さの推定

レーザレンジファインダからは2次元の歩行者の位置が得られるが、3次元点群データには高さの情報も含まれ、場所によって地面の高さが異なるため、歩行者の存在する場所に応じて歩行者の高さを推定する必要がある。

そこで、まず第3章で計測された3次元点群データを用いて、伊都キャンパス・センター地区の高さ地図 (DEM, Digital Elevation Map) を作成した。ただし格子の大きさは $1 \times 1[m]$ とし、地図の大きさは $500 \times 500[m]$ とした。

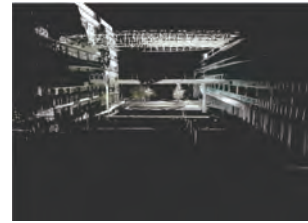
また、格子内の点群の中から、格子の代表高さを決定する必要がある。通常のDEMでは、地表面を表現するために、計測された点群のなかで最も位置の高い点を用いることが多いが、今回は3次元点群データに樹木や建物が含まれるために不適切である。そこで、最も位置の低い点、高さでソートしたときに下から1/4番目の点、中央値 (同1/2番目の点) の3つの場合に分け、比較を行った。結果の一例をFig.7に示す。このように、今回は格子内の点群中で最も低い位置を代表高さとした場合が、最も実際の地面の高さに近い精度を示したことから、これを格子の代表高さとして定義した。

5. 実験

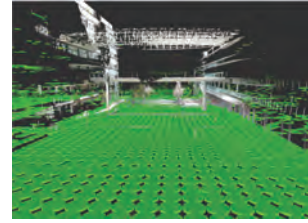
開発したリアルタイム没入感可視化システムを用いて、歩行者の追跡結果と大規模3次元点群データを、没入感環境で可視化する実験を行った。Fig.8に、没入感ディスプレイを装着している様子を、Fig.9に、Rvizで没入感ディスプレイに描画した大規模3次元点群データと、その中を歩く歩行者を可視化した例を示す。

これより、開発したリアルタイム没入感可視化システムにより、歩行者と同時刻に、同じ視点から見た周囲の状況を、現実感高く可視化できていることがわかる。

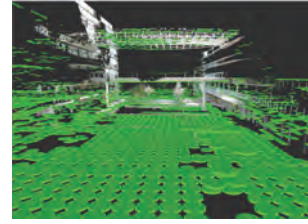
本システムの特徴は、計測された人流データを、ほぼリアルタイム、かつ自由な視点から現実感高く表示できることである。例えば、Fig.9の歩行者は、実際にこの瞬間にこの位置を歩行しており、本システムの装着者は歩行者と同じ視点で (仮想の) 映像を見ることができ、つまりリアルタイムで、歩行者と共体験が可能となる。



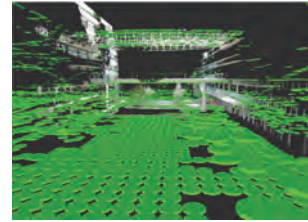
(a) Original map



(b) Minimum value of height



(c) Quarter value of ordered height



(d) Median value of ordered height

図7: Comparison of representative heights



図8: Photo of experiment

6. まとめ

ポール型複合センサ端末Psenから得られるリアルタイムの人流データを、あらかじめ取得された3次元環境モデルに合わせて、リアルタイムで没入感ディスプレイに提示する、リアルタイム没入感人流可視化システムを構築した。

本システムの応用としては、Psenなどのセンサで異常が検出された場合、自由に視点を移動して任意の方向から状況を確認するシステム、あるいは人の流れを

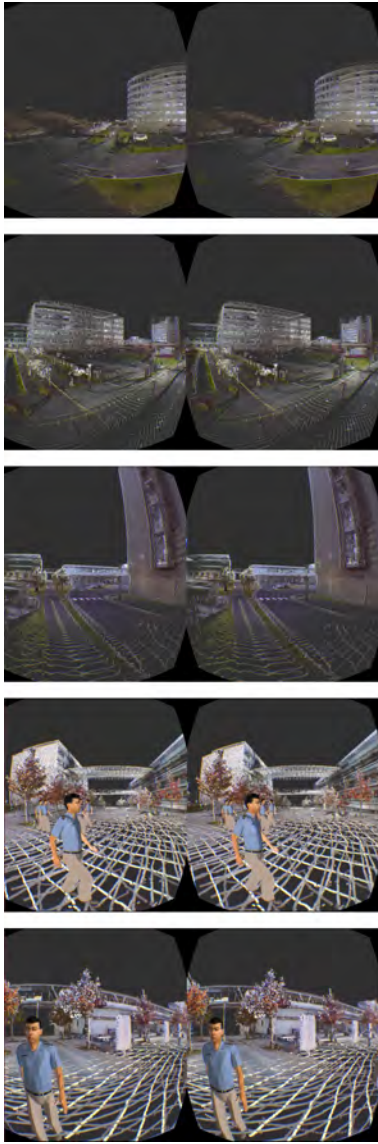


図 9: 3D view of buildings and people displayed in Oculus Rift

俯瞰的に捉え、任意の視点から合成した画像を用いて、ロボットを安全に遠隔操縦するシステムなどが考えられる。

謝辞

本研究は、国立研究開発法人科学技術振興機構の研究成果展開事業センター・オブ・イノベーション（COI）プログラムにより、助成を受けたものである。

参 考 文 献

- [1] ピョコンソク, 辻徳生, 橋口優香, 倉爪亮. 情報構造化環境における没入感 vr インターフェースの開発. 日本ロボット学会誌, Vol. 33, No. 8, pp. 651-654, 2015.
- [2] ピョコンソク, 辻徳生, 橋口優香, 倉爪亮. 没入感インターフェース oculus rift を用いた ros-tms ビュー

アの開発. 日本機械学会ロボティクスメカトロニクス講演会, pp. 1A1-N07, 2015.5.18.

- [3] 後藤孝行, 高野茂, 村上和彰. 大学キャンパス内の環境センサネットワークのためのデータ共有プラットフォームの構築. 人工知能学会全国大会, pp. 1J3-OS-18b-2, 2015.
- [4] oculus_ovr_sdk. https://github.com/OSUrobotics/ros_ovr_sdk.
- [5] oculus_rviz_plugins. https://github.com/OSUrobotics/oculus_rviz_plugins.