

11. 防災での環境情報とヒト情報の利活用の検討

中村栄治・山本義幸

概要

人工構造物や地形などの形や位置などの環境情報と、時々刻々と変化するヒトの所在位置などのヒト情報を防災に役立てるために、これら情報を取得する手法を紹介するとともに、その利活用について述べる。環境情報は、3次元レーザ計測機器により多次元の情報（XYZ空間情報とRGB色情報）として得ることができる。ヒト情報は、ESLと呼ばれる赤外線通信が可能な電子ペーパーデバイスにより取得することができる。

1. 環境情報の取得

人工構造物や地形などの形や位置を取得するには、レーザ計測装置を使う方法とカメラを使う方法に大別できる。レーザ計測装置による方法では、装置から発信するレーザ光のTOF（Time Of Flight：レーザ光が計測対象に反射して帰ってくるまでの時間）もしくは位相差により、計測対象までの距離を算出することで、計測対象の3次元形状を取得できる。一方、カメラによる方法では、コンピュータビジョンや写真測量の技術を用いることで、複数の重なりあう画像より、写真撮影により失われた奥行き情報を復元（推定）することで被写体の3次元形状を取得できる。どちらの方法も、それぞれ強みと弱みがあり、状況と目的あるいは使用できる資源（時間や予算など）により、使い分けることになる。本研究では、レーザ計測装置を用いて八草キャンパスの多次元情報を取得した。



図1 Focus3D¹⁾



図2 垂直回転¹⁾

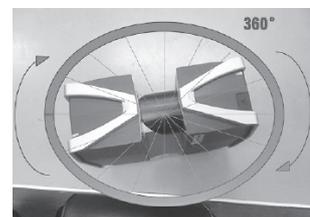


図3 水平回転¹⁾

1.1 3次元レーザ計測装置

図1に示すのは、本研究で使用した3次元レーザ計測装置であるFAROのFocus3Dである。レーザ光の位相差により、半径120m内に位置する計測対象までの形状を測定できる機器である。図2と図3に示すように、レーザ光が垂直方向に305度、水平方向に360度発信されるため、Focus3Dが置かれた位置を中心として、四方八方に渡り人工構造物や地形を計測できる。一秒間に約98万箇所の3次元位置情報（デカルト座標でのXYZ座標値）を、ミリ精度で取得できる。

1.2 色付き点群データ

上述した計測装置は、レーザ光と重なる光軸を持つカメラも備えており、レーザ光が照射する計測対象の点の光学情報（RGB輝度値）も取得することができる。これにより、計測対象は、いわゆる「色付き点群」として表現される。したがって、レーザ計測により得られる環境情報は、(X座標値、Y座標値、Z座標値、R成分、G成分、B成分)の6次元ベクトルとして表現される。個々のベクトルはXYZ座標値とRGB光学値を持っているため、「色付き点群」と呼ばれる。毎秒100万点に近い頻度で色付き点群が得られることになり、計測データは膨大なデータ量となる。

1.3 計測方法

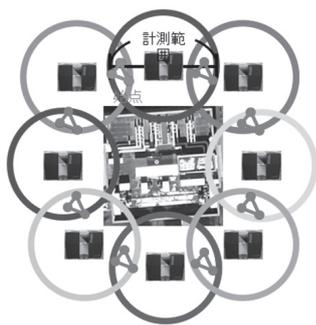


図4 計測方法¹⁾

計測装置はそれを中心として周りの被写体を計測するため、一つの建物を計測するには、図4に示すように、建物を取り囲むように複数回に渡り計測する必要がある。この時、各計測範囲が球を頂点として構成される3角形を重なり領域として計測されるように注意する必要がある。その理由は、計測結果は計測装置を原点とするローカル座標で得られ、これらの球からなる3角形がローカルデータ間の相対位置関係を提供する基準点になる必要があるからである。計測後、球からなる3角形の基準点情報を基にして、複数回に渡る計測結果が新たな1つの共通したローカル座標で表されることになる。本研究では、八草キャンパス内の建物ごとにローカル座標を設けた。

1.4 計測事例



図5 1号館・10号館



図6 グラウンド

約8ヶ月かけて八草キャンパス内の計測を行った。図5は1号館と10号館を中心とした計測結果である。色付き点群のデータ容量は36GBである。図6は野球場を中心とした地域の計測結果である。色付き点群

データのデータ容量は31GBである。八草キャンパス内の計測結果をすべて合わせた色付き点群のデータ容量は450GB (約0.5TB) を超えるものとなった。

1.5 利活用

得られた計測結果は正確な3次元の空間情報であるため、防災への利活用が考えられる。例えば、本学で毎年実施される全学避難訓練において、学生の避難行動をGPSデバイスで記録する実験を行ったと仮定する。その行動記録を、3次元座標値を持つ点群データで構成される空間にマッピングすることにより、避難行動を任意の仮想的な視点から時系列で観察し分析することができる。また、建物内部での垂直方向の避難行動も点群が構成する空間では可能になる。

1.6 今後の予定

上述したように、計測により得られた点群データは建物ごとのローカル座標で表現されている。GPSデータを点群データの空間にマッピングするためには、すべての点群データを、GPSの位置データと相関を有する日本測地系の座標値に変換する必要がある。現在、八草キャンパス内には日本測地系座標が明らかになっている基準点が約90点あり、これらの基準点に基づいて、個々の建物のローカル座標を日本測地系座標に変換する作業を2014年度に実施する予定である。

八草キャンパスの全点群データの容量は約0.5TBである。商用非商用を問わず、現在手に入ることができる点群解析アプリケーションでは、このような膨大な点群データをコンピュータ上で閲覧することはできない。現在、唯一これを可能にするアプリケーションの開発を行っている企業があり、この企業と連携しながら、八草キャンパス点群データの可視化に取り組んでいく予定である。

2. ヒト情報の取得

地震などの発災時における人の居場所の情報は、その後の救助活動に多大なる効率化と迅速化をもたらすに違いない。大学においては小中学校や高校とは異なり、広い敷地に多くの建物が立ち並んでおり、全ての学生が必ずしも大学に登校しているとは限らず、任意の時間において、どの建物にどの学生がいるかいないかを把握することは不可能である。大学という教育機関での防災を考えた場合、学生の学内での居場所を把握できる仕組みを実現することは急務であると考えられる。そのような仕組みの実現に向けた取り組みを以下に述べる。

2.1 居場所の把握

今日ではICチップが入った学生証が普及しており、学生証により学生の居場所を把握することはある程度なら可能である。例えば、図書館やコンピュータールームへの入退室管理にIC学生証が利用されていれば、少なくとも図書館やコンピュータールームにいるかいないかを把握できる。しかしながら、学生が大半の時間を過ごす講義室にICカードリーダーが備えられていることは稀であり、実際には、IC学生証では学生の居場所を把握できない。また、IC学生証をカードリーダーにかざす動作を必要とするため、かざす行為を忘れた場合やその行為を忌避する場面が多々起こることを考えると、IC学生証により学生の居場所を把握することは非現実的である。

近年長足の進歩を遂げているビデオ画像での顔認識技術を用いれば、任意の場所で任意の時間において学生の居場所を特定することは理論的には可能である。しかし、カメラを死角の無いように学内に配置することや顔認識システムの導入コストを考えると、顔認識も非現実的な解と言わざるを得ない。

2.2 次世代型ESL学生証

ESL²⁾ (Electronic Shelf Labels : 電子棚札) と呼ばれる電子デバイスを学生証として利用することで、学生の居場所を把握できるシステムを検討中である。ここでは、ESLの機能と動作原理を簡単に説明する。図7はESLであるが、楕円で囲まれたところに位置する窓が赤外線信号を受信するセンサである。赤外線送受信機から送られてきた表示情報をセンサで受信し、その内容を電子ペーパーである表示部に表示する。正しく表示信号が受信できると、ESLは赤外線センサからACK信号 (acknowledge 信号) を赤外線送受信機に向けて発信する。

赤外線写真によるESLの動作を示したのが図8と図9である。図8は表示信号を正常に受信したことにより、ACK信号をセンサから発信している場面である。センサ部が白く輝いているのが確認できる。図9は、表示データが電子ペーパーに表示されたことを示している。



図7 ESL



図8 ACK信号発信



図9 情報の表示

このように、ESLは表示デバイスであると同時に、赤外線通信デバイスでもある。赤外線は可視光と似た物理特性を持っている。壁などを直に通過することはできないため、講義室内に設置された赤外線送受信機は、その部屋内のESLとしか通信できない。つまり、ESL学生証を持っていれば、どの部屋にいるかを確実に把握できる。

実際の運用においては、ESLをネックストラップに首からさげて学生証として利用する。部屋単位で学生の居場所を把握したいのであれば、各講義室や実験室に赤外線送受信機を設置すればよい。個々のESLは固有のIDを持っており、どのESLからACK信号が発信されたかもESLのIDで把握できるため、各講義室での学生の在不在が把握できる仕組みである。

2.3 システムの概要

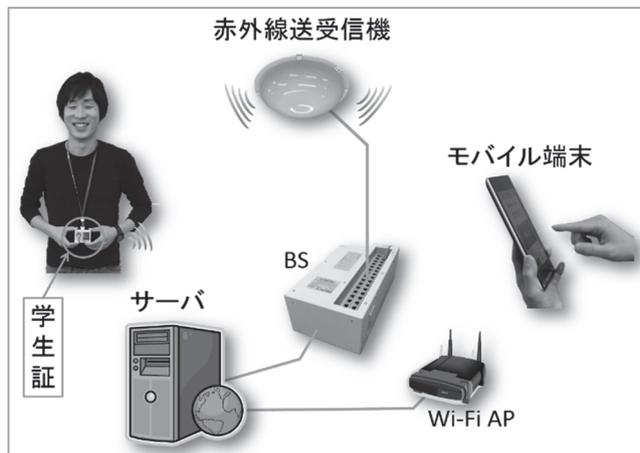


図10 システムの概要

図10にシステムの概要を示す。赤外線送受信機（直径30cm）は天井に設置する。その送信範囲は半径10mほどである。例えば200名ほど収容する講義室であれば3台の赤外線送受信機でカバーすることができる。赤外線送受信機はLANケーブルによりBS（ベースステーション）と接続される。BSはサーバから送られてくるESLへの表示データを赤外線信号に変換する機能と、赤外線送受信機に電力を供給する機能を担っている。サーバはESLの制御と管理を行う。Wi-Fiのアクセスポイントを通して、モバイル端末によりESLに表示するデータを選択することも、学生の居場所の確認を行うこともできる。

図10にシステムの概要を示す。

ESL学生証を身につけた学生が講義室に入室すると、天井に設置された赤外線送受信機から送信されて来るデータ信号を受信する。データ信号には宛先ESLのIDが含まれており、ESLは自分宛てのデータであるか否かを判断することができる。自分宛てのデータ信号であれば、図8に示したように、ESLはACK信号を発信することになる。赤外線送受信機で受信されたACK信号はサーバに送られ、ACK信号を受信した赤外線送受信機の設置場所や時間とともにESLのIDが記録される。赤外線送受信機からは断続的にESLに、いわゆるステルス信号（電子ペーパーの表示変更を伴わないカラのデータ）を送信することで、講義室での学生の在不在を時系列で記録することも可能である。

2.4 入出門の記録

防災の観点からは、どの学生がキャンパス内に滞在し、どの学生がキャンパス外にいるかを把握することは非常に重要なことである。キャンパスへと通じる門において、学生の入出門を記録することが最も望ましいことである。ところで、太陽から降り注ぐ赤外線はESLと赤外線送受信機との間の通信に障害をもたらすことが多く、屋外ではESLを使うことは推奨できない。つまり、赤外線送受信機とESLが信号を受信する環境は、直接太陽からの赤外線を浴びない場所が望ましい。例えば、覆いのついたトンネル状の構造物をゲートとして設置し、登下校時には、このゲートを通過させることで、常にキャンパスの内と外という範疇で学生の居場所を把握することができる。

2.4 今後の予定

2014年度前期において、情報科学科の1年生（約260名）にESLを配布し、入出門時間の記録実験を行う計画である。上述したようなゲート構造物を用意することはできないため、授業の大半が行われる講義棟を選び、その入口近辺に赤外線送受信機を設置して実験を行う。

参考文献

- 1) 加藤丈周, 山本修平, 宮崎大: 八草キャンパスの情報化施工に向けた3Dデータの取得, 愛知工業大学情報科学部情報科学科卒業論文, 2014.
- 2) 坂本將暢, 菱田隆彰, 中村栄治, 株式会社イシダESL事業部: 電子棚札の教育への応用, 三恵社, 2011.