

農地や水利施設の可搬型3Dライダーによる計測とWeb-GISの利用

Portable 3D Lidar Measurement and Use of Web-GIS for Farmland and Water-use Facility

細井文樹[†] 大政謙次[†]
 (Hosoi Fumiki) (OMASA Kenji)

I. はじめに

近年、レーザービームをスキャン照射し、反射して戻ってくるビームを受信して対象までの距離を算出し、対象の3次元(3D: Three Dimensional)形状を計測できる3Dライダー(LIDAR: Light Detection And Ranging)が広く利用されるようになってきた^{1)~4)}。航空機搭載型3Dライダーは、航空測量の分野も含めて、広い範囲の3Dリモートセンシングに利用されている^{2),3)}。一方、可搬型3Dライダーは、自由に持ち運べる利便性と、航空機搭載3Dライダーと比べてきわめて高い空間分解能を有し、人工物や植物構造の3D精密計測等、幅広い分野で利用されつつある^{3),4)}。このため、農業農村工学分野における3D測量、すなわち、農地や農業関連施設、水利施設等の計測にも応用でき、これら対象の現況把握や構造確認等に有用である⁴⁾。また、得られた対象の3DデータをGIS(地理情報システム)に取り込むことにより、他の農業農村地理情報と関連付けて活用することが可能になると考えられる。特にGISの形態をWeb-GISとした場合、高度な3D解析ソフトやデスクトップGIS等を持たない一般ユーザーでも、可搬型3Dライダーにより得た3Dデータと関連する地理情報を閲覧し、利用することが可能となり、データの公開と共有が促進されることが考えられる。

そこで本報では、可搬型3Dライダーにより農地や水利関連施設の3D計測を行い、併せてRTK-GPS(Real Time Kinematic GPS)を利用して対象のグローバル座標系の絶対位置を計測し、3Dデータのグローバル座標系への統合とその精度の検証を行った。また、得られた絶対位置に基づく3DデータをWeb-GISの一つであるGoogle Earthに取り込み、この分野での可搬型3DライダーとWeb-GISの利用可能性について検討した。

II. 可搬型3Dライダーによる計測およびWeb-GISへの3Dデータの取り込み

可搬型3Dライダーによる農地および水利関連施設の計測からWeb-GISへのデータの取り込みまでの一連のフローを図-1に示す。

1. RTK-GPSを併用した可搬型3Dライダーによる計測

可搬型3Dライダーはレーザー扫描仪、3D扫描仪、レンジ扫描仪などとも呼ばれる。現在市販の可搬型3DライダーはTime of Flight法(スキャン照射したレーザービームが対象から反射して

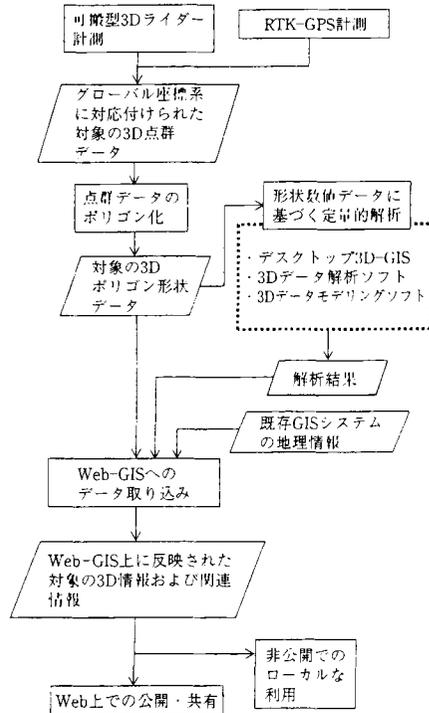


図-1 可搬型3Dライダー計測とWeb-GISへの3Dデータ取り込みフロー

[†] 東京大学大学院農学生命科学研究科



可搬型3Dライダー、3D計測、RTK-GPS、農地、Web-GIS、水利施設

戻ってくる時間を計測することで対象までの距離を算出する方式)を採用したタイプが多く、その性能例をあげると、計測距離2~1,000 m、距離精度5~10 mm、計測点数8,000~12,000 (点/秒)、ラインスキャン速度1~20 (スキャン/秒)といったところである。また、より近距離(10 m以下)の対象について高い精度で計測可能な可搬型3Dライダーの方式として、光プローブ法などの三角測量の原理に基づく方式がある。このタイプの性能例としては、計測距離3.5~10 m、距離精度0.5~5 mm、計測点数1,600 (点/秒)、ラインスキャン速度0.35~1.1 (スキャン/秒)といったところである。計測に要する時間や精度、計測距離などを吟味したうえで、可搬型3Dライダーのタイプを使い分けることが重要である。

実際の可搬型3Dライダーによる農地や水利施設などの計測では、図-2 (a) に示すように、対象を取り囲む複数の地点から計測を行い、スキャン漏れのないよう配慮する。その後、複数の地点から得た3Dデータは共通の座標系を有するよう、レジストレーションされる。可搬型3Dライダーによる計測後、RTK-GPSを用い、可搬型3Dライダーの計測地点や計測対象内の目印となる点のグローバル座標系における絶対位置を計測する(図-2 (b))。RTK-GPSの主な構成要素は、既知位置に設置した観測基準局、無線データ送信機および移動局である。基準局の受信機では、常時GPS衛星からの電波を受信し、搬送位相波の積算値データを計測する。これらのデータを含む測位用データを移動局側に伝送する。移動局側でも同時に搬送位相波を計測し、基準局から伝送されてきたデータとともに使用して、移動を繰り返しながら次々と絶対位置を計測する。こうして取得された絶対位置をもとに、可搬型3Dライダーにより得られた対象の3D点群データを誤差数cm以内でグローバル座標系における絶対位置に対応付けることが可能となる。

絶対位置に対応付けられた3D点群データは各点

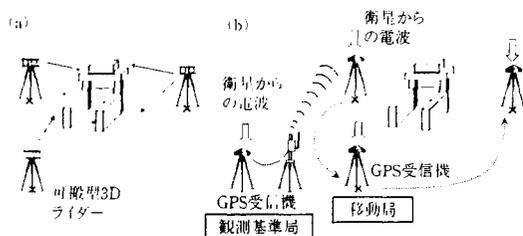


図-2 RTK-GPSを併用した可搬型3Dライダーによる計測
(a) 複数地点からの可搬型3Dライダーによる計測
(b) RTK-GPSによる可搬型3Dライダー計測地点の絶対位置計測

を三角形のポリゴンでメッシュ化することで、3Dポリゴン画像に変換される。このポリゴン化によって、対象を点で表現する点群画像から、対象を面で表現するサーフェス画像への変換がなされ、対象の表面状態などの詳細な現況把握が行えるようになる⁴⁾。また対象の面積や体積といった量が算出できるようになったり、カラー写真との3D合成(テクスチャマッピング)も可能になるなど、データ処理の高度化が図れる⁴⁾。

2. 可搬型3DライダーデータのWeb-GISへの取り込み

ポリゴン化された可搬型3Dライダーデータは、一般的なCADやレンダリングソフトのファイルフォーマットへのエクスポートが可能となる。こうしたファイル形式を通じ、可搬型3DライダーのデータをWeb-GISに取り込むことが可能となる。一例として、近年急速に普及した3D Web-GISであるGoogle Earth上への可搬型3Dライダーデータの取り込み方法について述べる。Google EarthはGoogle社が2005年よりWeb上で無料配布を始めた仮想地球儀ソフトで、地球儀上に張り付けられた高解像度衛星写真や航空機写真を自由に閲覧することができ、また情報レイヤーを利用することでさまざまな情報を地理情報と関連付けて活用することができる。さらに地形や建築物の3D表示が可能であり、簡単なマウス操作によって自由な視点から3D構造物を確認することができる。3DライダーデータをGoogle Earth上に配置するに当たり、同じくGoogle社より提供されている3DモデリングソフトGoogle SketchUpを用い、CADのファイルフォーマット(DXF等)で出力された可搬型3DライダーデータとGoogle Earth上の衛星画像の位置合せを行う。この位置合せは、可搬型3DライダーデータとGoogle Earthの画像それぞれの持つグローバル座標である緯度・経度情報をもとに行う。位置合せ後、Google SketchUpのモデル配置機能を用い、Google Earthの対応する衛星画像上に可搬型3Dライダーデータが配置され、3次元的に自由な視点から可搬型3Dライダーデータを観察することが可能となる。配置された可搬型3DライダーデータはKMLというXML形式のデータフォーマットで作成者のローカルPCに保存可能であり、必要に応じ、Web上での公開も可能である。

3. 適用例

実際に排水樋門と水張り前の水田を対象とし、可搬型3DライダーとRTK-GPSを用いた計測を行った。使用した可搬型3Dライダーは、測定距離2~60 m、距離精度±8 mmのTime of Flight法を測距原理と

するタイプである。一つの対象に対して3~4カ所からデータ取得をし、レジストレーションを行った。レジストレーション後のライダーデータの誤差を算出するため、スケールを用い、排水樋門の各部20カ所(水平方向10カ所、高さ方向10カ所)の寸法を実測し、ライダーデータより算出された寸法と比較した。また水田についても同様にスケールを用い、地表面の高低差を10カ所計測、ライダーデータとの比較を行った。その結果、計測誤差(絶対値)は排水樋門の場合で平均1mm、最大で13mm、水田の地表面の場合で平均13mm、最大で22mmであった。これにRTK-GPSの誤差も含めると、グローバル座標系での絶対誤差は数cm以内と見積もられる。またポリゴンに変換された画像については、各点の位置関係が保存されたままポリゴンが生成されるため、誤差は点群データの場合と同程度と考えられる。

次に取得された3Dデータについて50%程度測定点の間引きを行ってデータ容量を削減し、その後ポリゴン化を行い、Google Earth上への配置を行った。

図-3 (a) はGoogle Earth上に配置された排水樋門の3Dデータの位置を示す俯瞰画像である。図-3 (b), (c) は視点を変え、それぞれ正面、横から排水樋門を見た場合に表示される画像を示している。これらの図の背後にある直方体はGoogle Earth内にもともと含まれている建築物の3D表示である。背後の単純な直方体で生成された建築物と比較し、ライダー計測により取得された画像は細部の形状まで詳細に表現されていることが確認できる。図-4 (a) は水田の3Dデータの位置を示す俯瞰画像である。ここで計測した水田の地形は広い範囲で見ただけではフラットであるが、図-4 (b) にあるように、畦やその周辺に積まれた土、水田内の地面の細かな起伏、隣接する農道といったより小さな地形の変化が捉えられ、詳細に表示されていることが分かる。このように、Google Earth上に配置された対象の可搬型3Dライダーデータは細部の形状まで詳細に表現されており、それを3次元的に自由な視点で観察することができ、グローバル座標系に位置付けられた施設の詳細な現況把握および周囲の構造物も含めた景観把握が可能であることが分かる。なお、図-4の例のような地形計測には航空機搭載型3Dライダーが用いられることも多いが、距離精度は20~50cm程度(絶対誤差)であるため、本方法の方がより高い精度で計測可能である。また、トラクターにRTK-GPSを搭載し、地形計測を行う方法も報告されているが、トラクター走行中の振動や傾斜等の影響による誤差が懸念されるとともに、データ取得に時間がかかり、複数の場所の地

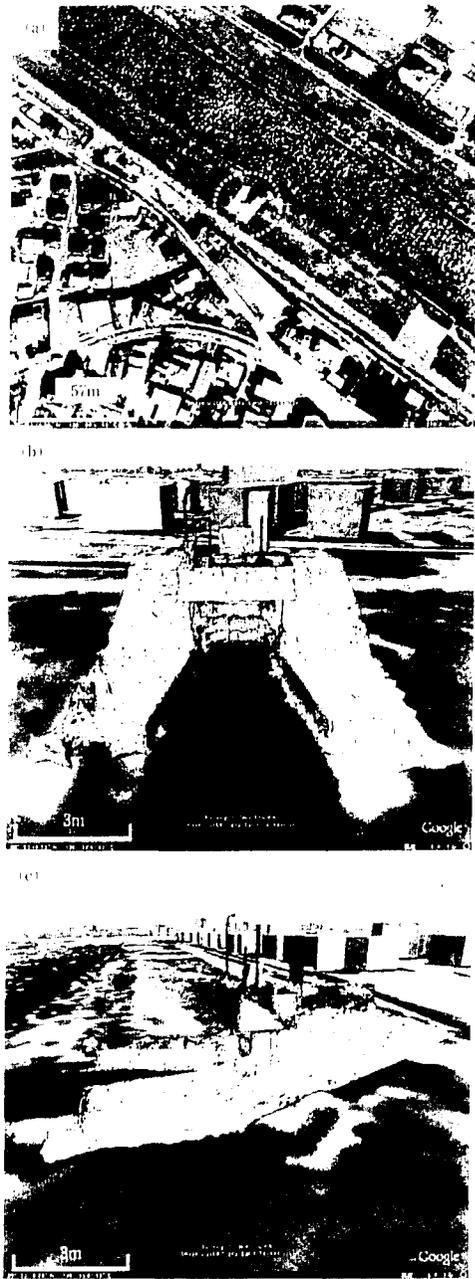


図-3 Google Earth上に配置された排水樋門の3Dデータ
(a) 3Dデータの位置(点線内)を示す俯瞰画像
(b) 正面
(c) 横から見た3Dデータ(ワイヤーフレーム表示)

形計測が難しい点が問題となる。可搬型3Dライダーを用いた方法の場合、三脚で固定された安定な状態から装置によっては1シーン数分程度での短時間計測が可能であり、さらに装置を自由に持ち運んで極

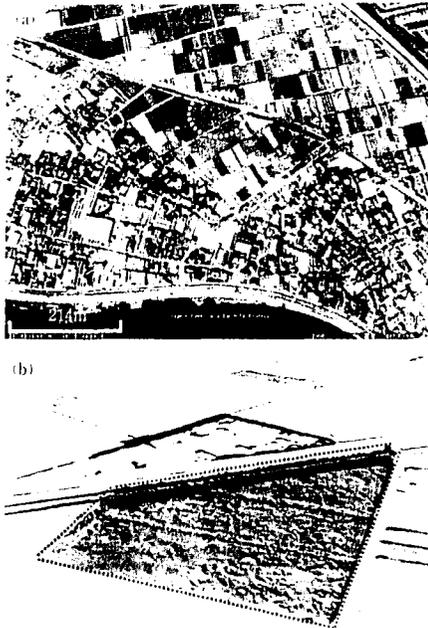


図-4 Google Earth上に配置され水張り前の水田の3Dデータ

- (a) 3Dデータの位置(点線内)を示す俯瞰画像
(b) 3Dデータ(点線内)の鳥瞰画像

放の対象を計測できるなど、地形計測においても大きなメリットを有していると言える。

III. 形状数値データに基づく定量的解析と既存GISシステム地理情報の取り込み

一例として示したGoogle EarthのようなWeb-GISでは、データの効果的な視覚表示とその公開、共有など、情報プラットフォームとしての機能に重点が置かれ、3Dデータの形状数値データに基づいた寸法や距離、面積、体積等を用いた定量的解析や、各施設の空間的位置関係などを利用した空間解析といったより高度な解析機能は付与されていない。したがって、こうした高度な解析は既存の高機能3D GISやCAD等の3Dモデリングソフト、3D解析ソフト等で行い、その解析結果の公開、データの視覚化および共有の部分でGoogle Earthのような情報プラットフォーム型Web-GISを使うといった相補的なシステムの活用が有効であると考えられる(図-1)。また、Google Earth等のWeb-GISは異なるシステムとの親和性が非常に高く、個人や各組織、行政単位で個別に構築されているGISシステムの地理情報については、その情報や解析結果をWeb-GIS上にオーバーレイすることで、3次元情報とともに統合することが可能とな

る。3次元情報および多くの関連情報が付与されたWeb-GIS上のデータのうち、作成者側で非公開にローカルシステム上で使用する部分と広く一般に公開する部分とを区分けし、公開したいデータについてはそれをWeb上で公開することにより、高価なGISや3D画像描画ソフトを持たないユーザーでも情報を利用することが可能となり、より多くのユーザーによって情報の共有、活用が促進されると考えられる。

IV. おわりに

本報では可搬型3Dライダーにより農地や水利関連施設に関する3次元情報を取得し、そのデータをWeb-GISに取り込み、活用する方法について述べた。本報による方法が、農業農村工学分野における施設の管理・設計の効率化や既存ストックの有効利用、営農支援等に有効に活用されることを期待したい。

引用文献

- 1) 村井俊治編：測量工学ハンドブック、朝倉書店(2005)
- 2) 大政謙次、秋山幸秀、石神靖弘、吉見健司：パノラマカメラ搭載の高空間分解能Scanning Lidarシステムによる樹冠高の3次元リモートセンシング、日本リモートセンシング学会誌(20)、pp. 31~46(2000)
- 3) Omasa, K., Hosoi, F. and Konishi, A.: 3D lidar imaging for detecting an understanding plant responses and canopy structure. Journal of Experimental Botany 58, pp. 881~898(2007)
- 4) 大政謙次、細井文樹：3Dライダー計測による地形と構造物の高精度の空間情報化について、ARRC情報(88)、pp. 26~31(2007)
- 5) Clark, R. L., Lee, R.: Development of topographic maps for precision farming with kinematic GPS. Transactions of The ASAE 41, pp. 909~916(1998)
- 6) Google earth ユーザーガイド テーカのインポート、<http://earth.google.com/userguide/v1/ug/importdata.html#openGIS>

[2008. 8. 19. 投稿]

細井 文樹 (正会員)



略 歴

1995年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、吉河電気工業(株)入社
2008年 東京大学大学院生物環境工学専攻博士課程修了
2008年 東京大学大学院生物環境工学専攻特任講師
現在に至る

大政 謙次 (正会員)



1975年 愛知大学大学院農学、研究科修士課程修了
1976年 環境庁国立水産研究所入所
1985年 東京大学博士号(工学)取得
1988年 筑波大学生物科学研究科主任(兼任)
1999年 東京大学大学院農学系研究科生物環境科学専攻、研究科生物環境科学主任、研究員(専任)
現在に至る