

平成 21 年 5 月 19 日現在

研究種目：基盤研究 (C)
研究期間：2007～2008
課題番号：19560513
研究課題名 (和文) 航空レーザ測量を活用した河道の地理情報取得技術の開発
研究課題名 (英文) Development of a series of algorithms to obtain geographical data of the river environment using airborne laser scanning
研究代表者
河原 能久(KAWAHARA YOSHIHISA)
広島大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号:70143823

研究成果の概要：

河道形状や植生の繁茂状態のような河川環境の現況を高精度で迅速に、かつ低コストで計測する技術の開発を目指し、有人ヘリコプタを用いたレーザ測量によって得られる 3 次元計測データから、河道内の地表面被覆を推定し、河道形状を高精度に測定する一連の方法を開発し、精度検証を行った。さらに、河道内の水際線の位置、植生高、河床の礫径を推定する手法を開発し、現地調査結果との比較によって、推定手法の妥当性を示した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
2008 年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：航空レーザ測量，ヘリコプタ，地上型レーザ測量，地表面被覆分類，フィルタリング，河床高，植生高，河床材料

1. 研究開始当初の背景

河道の物理環境(地盤高，植生の繁茂状況，河床材料の粒径等)は河川の整備や維持管理に不可欠な基礎情報である。しかし，物理環境データは質・量のともに不十分である。特に，中小河川においては定期横断測量が行われていない河川が多く，洪水被害の危険性が高い河川であっても洪水流の特性を把握することが極めて困難な状況にある。

レーザスキャナを航空機(セスナ)に搭載した航空レーザ測量による地形測量が行われ始めているが，航空レーザ測量には種々の

課題が残っている。例えば，運用コストが高いこと，気象条件に左右されること，レーザ光のフットプリントが大きいため計測誤差が小さくないこと，飛行速度が速いと計測点密度が低下すること，植生が繁茂する地点での地盤高の推定方法の開発が必要であること等が挙げられる。

中小河川の地形測量や河川環境の面的な変化を計測するためには，より高い空間解像度のデータをより低いコストで計測する手法の開発が強く望まれている。

2. 研究の目的

低空を飛行できる小型有人ヘリコプタに搭載した高精度の3Dレーザスキャナを河川の物理環境計測に応用するために必要な一連の技術を開発し、精度検証を行うことである。

3. 研究の方法

太田川安佐大橋の下流約1kmの区間において(写真-1)、平成18年10月28日と平成21年1月16日に、小型有人ヘリコプタに搭載したレーザスキャナ(Geo Scanner LISA)(写真-2)を用いて、高度300mにおいて3次元計測データとレーザ光の受光強度を取得した。それらのデータに対して順次以下のような検討を行った。①3次元計測データの精度検証、②精度検証を済ませた3次元計測データ(オリジナルデータとよばれる)を用いた地表面被覆の分類(水域、礫域、植生域、その他の地表)、③オリジナルデータを用いた地表面被覆別の地盤高(メッシュデータ)の推定、④水際線の位置の推定、⑤植生域に



写真-1 対象区間と横断測量断面



写真-2 機器を搭載したヘリコプタ

における植生高の推定、⑥礫域における河床材料の平均粒径の推定を順次行った。また、異なる2時期での河川環境の面的な変化を検討した。

一方、一連のデータ処理手法の精度を検証するために、太田川の同一区間において、VRS-RTK-GPSとトータルステーションを用いた横断測量、植生高調査、水際線の3次元座標の計測、礫域での写真撮影による礫径分布の計測を行った。

4. 研究成果

- (1) 有人ヘリコプタを利用したレーザ測量の結果である3次元計測データの精度を基準点4点に対して行った結果、2時期のRMS誤差はそれぞれ2.5cmと7.6cmと十分に小さいことを確認した。
- (2) オリジナルデータの精度検証を、アスファルト、礫河原、植生を含む断面、植生が繁茂する断面にて行った。礫河原では周囲で最も高い礫の標高値と最も低い標高値を現地で計測したが、オリジナルデータはほぼ最高値と最低値の間に分布することを確認した。一方、植生が疎らな断面では、植生が存在するにもかかわらず、フットプリントが小さいため、多くの地点で地表面を良好に計測した。しかし、図-1に示すように、植生が密生している断面では、適切なフィルタリングを行い正確な地盤高データを求める(グランドデータの作成)手法の開発が不可欠であることを確認した。

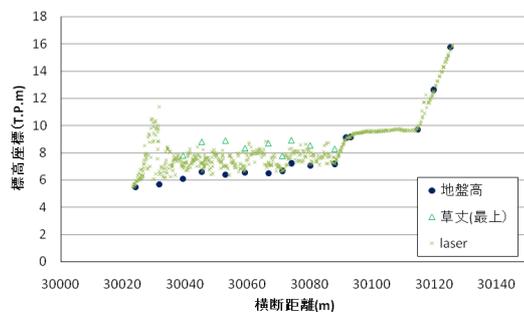


図-1 11.8K断面でのオリジナルデータの精度検証 (平成21年)

- (3) 植生域を対象として、グランドデータをメッシュ単位に整備(メッシュデータを作成)する手法として、メッシュ内で地盤高が傾斜していることを考慮したフィルタリング方法を開発した。得られたメッシュデータの精度を検討した結果、植生が密に繁茂している場所では、提案したフィルタリング手法は良好に地盤高を表現することを確認した。
- (4) 水域、植生域、礫域、地表(その他)の4つの地表面被覆別に2m×2mのメッシ

メッシュデータの標高標、受光強度、データ取得点密度にみられる特徴を整理した。①水域では静穏な水面ではデータ取得点密度は低い。一方、水面での反射によって受光強度が極めて強い地点も存在する。したがって、メッシュ内での受光強度の分散が極めて大きいか、反対に小さい値をとる。②植生域は受光強度と標高座標の相関に特徴を有している。地盤高と受光強度の偏差の相関には強い負の相関関係があることが確認された。③礫域では地盤高と受光強度の分散は小さい。また、地盤高と受光強度の偏差は弱い正の相関を示す。

- (5) 水域、植生域、礫域、地表（その他）の特徴に基づいた地表面被覆分類を開発した。受光強度は天候や距離によって値が変化するため、本分類法ではメッシュ内の偏差の分散や相関を指標としている点に特徴がある。分類法を2時期のデータに適用し、空中写真と比較した。その結果、対象区間の被覆をほぼ再現することを確認した。ただし、瀬などの波だった水域の分類には課題が残った。また、図-2に示すように、2時期の被覆の変化を比較して結果、植生域が拡大したことを明示した。これは期間内に洪水がなかったことによる。また、人為的な植生伐採が行われた箇所も特定することができた。このように、河川環境の動態変化を検出するのに低空からのレーザ測量は有用であることを示した。

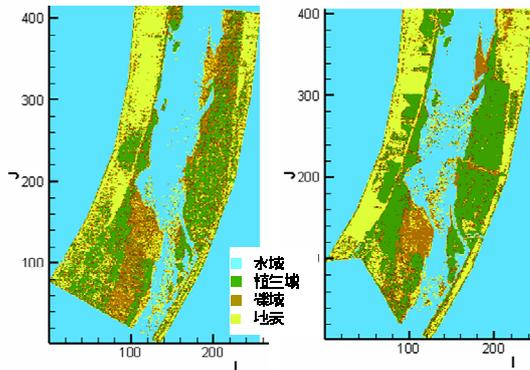


図-2 地表面被覆分類とその変化

- (6) メッシュデータをもとに、水位の縦断分布の算出を試みた。水面では波立つ箇所を除けば、基本的にはデータを取得できない。そこで、水際線のメッシュデータの地盤高を水位とすると仮定して、データ取得点密度が急変するという特徴を利用して水際線を抽出した。ただし、メッシュの推定水位が上流側のメッシュ内の推定水位より高い場合には水位として採用しないこととした。左右岸の河

川水位の実測値と比較したところ、水位の縦断変化を良好に捉えることができることを確認した。また、推定誤差の最大値は 7.5cm であり、推定誤差は 0~2.5cm, 2.5~5cm の間に多く分布することが判明した。

- (7) メッシュ内のオリジナルデータの標高の平均と地盤高の推定値を用いて植生高を推定した。メッシュ内の正確な植生高を定義することは容易でないが、全体的に推定結果は実測の植生高よりやや小さめの値を示すことが知られた。今後、レーザ測量においてファーストパルスとラストパルスの双方を取得することで植生高の推定精度を向上させることを検討する。
- (8) 礫域でのオリジナルデータを用いて礫径の推定を行い、写真を用いた面積格子法によって求めた礫径と比較した。礫の平均粒径は地盤高の標準偏差と線形関係にあると仮定し、比例係数を3地点での計測結果から推定した。次に、求めた比例係数の平均値を用い、別の3地点での平均礫径の推定を行った結果、平均粒径 15.2~20.0cm に対して推定誤差は 0.8~1.9cm と小さく、礫の形状が類似している限り、平均粒径の推定が可能であると判断された。
- (9) 2 時期の河川環境の変化として、植生域や植生高、地盤高にみられる変化を調べた。例えば、図-3に示すように、写真-1の第一見通し線の断面では、平成 18 年には植生は高水敷側から全域に植生が繁茂していたが、平成 21 年は水際側には約 4m の植生が存在していた。実際、平成 21 年には人為的な刈取りや冬という季節の影響により植生は水際付近を除いて少なくなっていたことを確認し

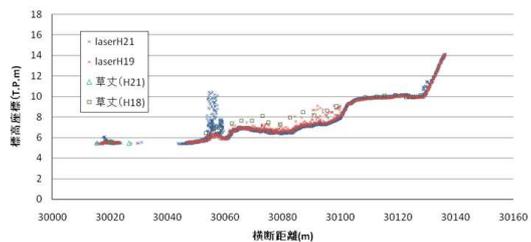


図-3 第一見通し線上での植生域の変化

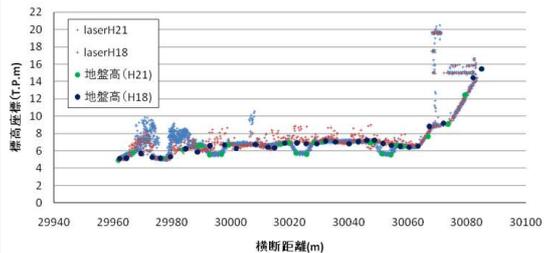


図-4 11.6K 断面での地盤高の変化

た。次に、地盤高にみられる変化を調べた。図-4 に示すように、距離標 11.6K 断面では平成 18 年、平成 21 年で植生高だけでなく地盤高にも変化がみられた。平成 21 年では、繁茂していた植生はなく、3 箇所にて約 6m 四方の凹みが人為的に掘られてあった。レーザ測量はこれらの変化を明瞭に捉えることを確認した。

以上のように、有人小型ヘリコプタを利用することで、高精度で、入手したい時期に、かつ、比較的低いコストで河川環境を計測できることをはじめて示した。これにより、データの整備が遅れている中小河川の調査や洪水直後の観測に必要な基礎的な技術が開発されたと考えられる。しかし、ヘリコプタを利用したレーザ測量を実用化、高度化するためには改良、開発すべき事項も多い。

- 1) 地表面被覆分類において、水域や裸地、砂地等の分類精度を向上させることが必要である。このためにはオルソ画像や RGB データの併用を検討することが有効である。
- 2) 植生域におけるフィルタリング手法の精度を向上させることが必要である。このためには、ファーストパルスとラストパルスの組み合わせによる植生高の推定方法を開発することが必要である。
- 3) 礫径の推定を草本の混じる礫域にも適用できるように拡張することが必要である。レーザ測量データとオルソ画像の処理を組み合わせることが有効である。
- 4) 現段階のレーザ測量では水面下の河床高を計測することが困難である。水面下のデータを効率的に取得する手法と組み合わせ、河川の物理環境をより広範囲に迅速に把握できるようにする技術開発が必要である。

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 4 件)

- 1) 押田さやか, 河原能久, 久野伊津佳, 椿涼太, 森山学: 地上型レーザスキャナを用いた河川物理環境計測法の開発, 河川技術論文集, 査読有, Vol. 15, 2009 (印刷中) .
- 2) 内田龍彦, 河原能久, 押田さやか, 一宮梢, 森山学, 木村成弘: 地上レーザ計測による河川の物理環境データの取得, 河川技術論文集, 査読有, Vol. 14, 2008, 301-306.
- 3) 内田龍彦, 河原能久, 吉田晋, 森山学: 河川レーザ測量のための水面下河床高の力学的内挿補間法, 水工学論文集, 査

読有, 第 52 巻, 2008, 1057-1062.

- 4) 内田龍彦, 河原能久, 山水綾, 渡辺豊, 森山学: ヘリコプタに搭載した高精度 3D レーザスキャナによる河川の物理環境の計測, 河川技術論文集, 査読有, Vol. 13, 2007, 243-248.

[学会発表] (計 7 件)

- 1) 久野伊津佳: 地上型レーザスキャナを用いた河川環境計測における虚像処理, 第 61 回土木学会中国支部研究発表会発表論文集, 3p., CD-ROM, 2009 年 5 月 30 日, 広島.
- 2) Oshida, S.: Measurement of physical environment of river with terrestrial laser scanning, Proc. Int. Conf. on Civil and Environmental Engineering-2008, 4p., CD-ROM, October 10, 2008, Higashi-Hiroshima, Japan.
- 3) 渡辺豊: ラジコンヘリを用いた河道の物理環境計測への適用性に関する基礎的研究, 第 60 回土木学会中国支部研究発表会発表論文集, 2p., CD-ROM, 2008 年 5 月 31 日, 東広島.
- 4) 一宮梢: レーザ計測技術を用いた河川の地形・植生の調査法の開発, 第 60 回土木学会中国支部研究発表会発表論文集, 2p., CD-ROM, 2008 年 5 月 31 日, 東広島.
- 5) 押田さやか: 地上レーザ計測による礫の地表面粒度分布の算定法, 第 60 回土木学会中国支部研究発表会発表論文集, 2p., CD-ROM, 2008 年 5 月 31 日, 東広島.
- 6) 山水綾: 高精度 3D レーザスキャナの河川の物理環境調査への適用性の検討, 土木学会第 62 回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM, II-119, 2p., 2007 年 9 月 13 日, 東広島.
- 7) 山水綾: 高精度レーザー計測技術を用いた河川の地形・植生の調査法の開発, 第 59 回土木学会中国支部研究発表会発表論文集, 63-64, 2007 年 6 月 2 日, 宇部.

[その他]

<http://www.civil-hu.jp/hyd/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河原 能久 (KAWAHARA YOSHIHISA)
広島大学・大学院工学研究科・教授
研究者番号：70143823

(2) 研究分担者

内田 龍彦 (UCHIDA TATSUHIKO)
分担者従事期間：
平成 19 年 4 月 1 日～平成 20 年 3 月 31 日
広島大学・大学院工学研究科・助教
(平成 20 年 3 月 31 日現在)
研究者番号：00379900

(3) 連携研究者

森山 学 (MORIYAMA MANABU)
復建調査設計株式会社

渡辺 豊 (WATANABE YUTAKA)
株式会社 ECR