

ダム貯水池末端部における極浅域の3次元データの面的取得 ～大規模出水に備えたダム維持管理に向けて～

高橋 弘（中日本航空株式会社）

1. はじめに

わが国では、水不足、電力不足に対応するため高度経済成長期には、全国的に多くのダムが建設された。そのため現在運用されているダムは、建設から20～40年が経過している施設が多く、土砂の流入によりダム湖内の貯水容量確保が困難になっている。また、地球温暖化に伴う気候変動の影響により集中豪雨が頻発し、ダム機能の低下が懸念されているため、全国のダムは再生事業に着手しはじめている。

しかし、厳しい経済情勢の中、ライフサイクルコストの縮減とハードの長寿命化を検討していくためには、土砂移動調査の高度化が重要となる。本稿では、地形・水深等の障害に対応し、ダム貯水池全体を面的に測量した事例について報告する。

2. 面的3次元データの取得方法

2.1 貯水池末端部の堆砂状況

平成23年9月に来襲した台風12号、15号は近畿地方、中部地方を中心に多くの土砂災

害をもたらし、ダム貯水池では上流域で発生した斜面崩壊により、多くの土砂が貯水池末端部に堆積した（図1）。貯水池末端部に堆積した土砂は、次期出水で下流域へ流下する可能性が高いため、貯水池内の土砂移動管理を行ううえで重要な要素となる。

2.2 面的3次元データの取得と問題点

従来のダム管理では、横断面に基づいた平均断面法による貯水容量、堆砂量を計算する方法が一般的であった。しかし近年では面的

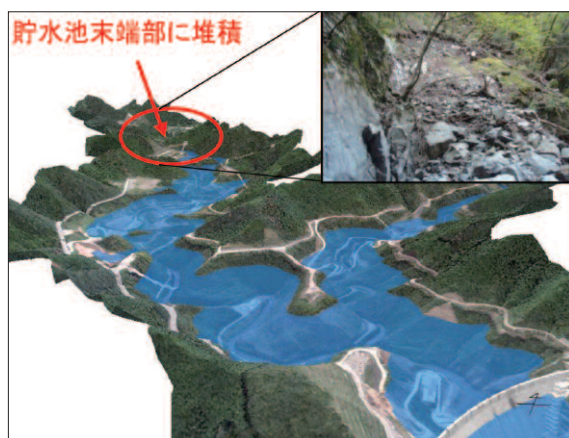


図1 貯水池末端部の状況

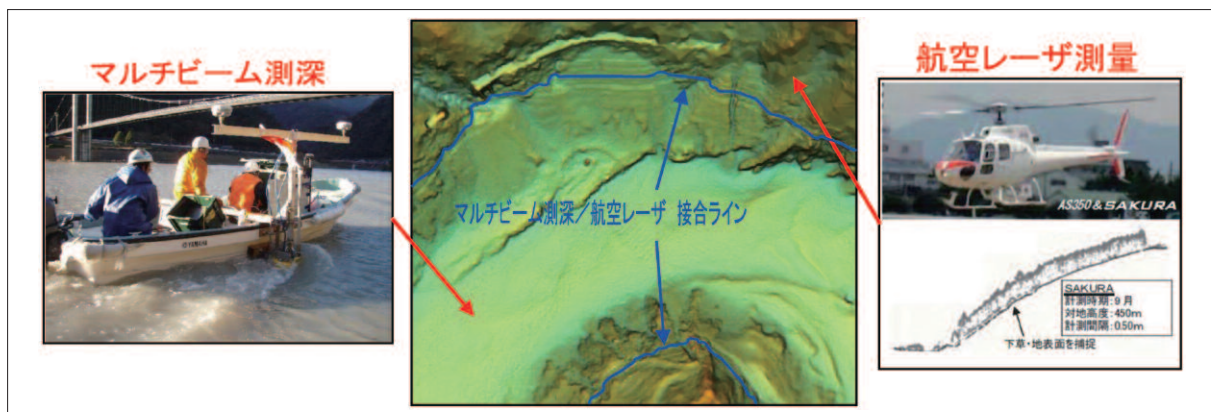


図2 3次元データの面的データの取得方法と取得状況

3次元計測法であるマルチビーム測深、航空レーザ計測の普及により、貯水池内及び周辺地形を高密度かつシームレスに測量し、3次元地形データから貯水容量等を計算し、地形変化状況を詳細に把握するケースも多くなってきている（図2）。

しかしながら、貯水池末端部においては下記の問題点により、面的計測は困難な状況にあった（図3）。

①ダム貯水池の末端部においては急崖地形が多く、衛星受信環境が悪いためGNSS観測

が困難

②陸上地形は航空レーザ測量で取得するが、水部は航空レーザ測量では実質的に計測不可

③1 m 以上の水深がある箇所はナローマルチビーム、シングルビームによる計測が可能だが、ダム貯水池末端部は1 m 未満の極浅域が多いほか、瀬と淵が点在するために作業船が入れず計測不可

④面的な地形データの取得において、TS 単点法では計測効率が悪い

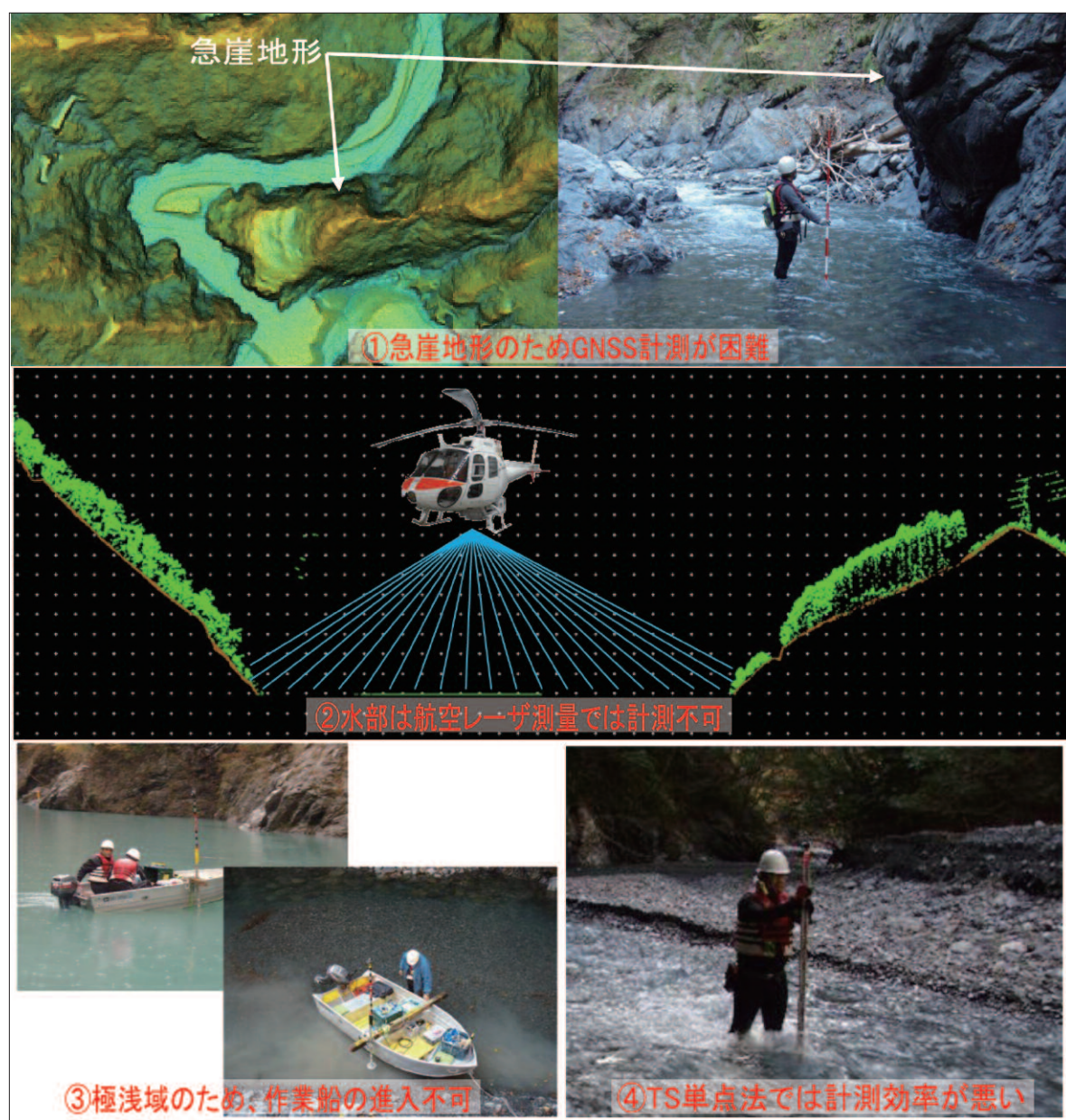


図3 貯水池末端部における面的計測の問題点

2.3 ミラー帽計測の考案

前述の問題点を踏まえ、自動追尾 TS を応用したシステムを考案した。システム構成は以下のとおりである。

- 自動追尾 TS (Trimble 製 S6)
- ミラー帽(ヘルメットに 360°ミラーを取付)
自動追尾 TS は、追尾データを随時収録可能な機種とし、ミラー帽を被った観測者の位置データを測距毎に収録した。また、高速自動追尾を可能とする機種が望ましかったため、ギアレス駆動方式の Trimble 社製 S6 を採用した。

2.4 現地作業

貯水池末端部での極浅域でミラー帽計測を実施した。ミラー帽計測の歩行跡を図 5 に、現地作業状況を図 6 に示す。作業上の留意点等は以下のとおりである。

- 安全面に配慮して、ミラー帽を被った観測者はウェットスーツ、ライフジャケットを着用
- データ収録間隔は、使用した機種の最大回数とした (TrimbleS6 の場合は 2 秒間に 5 回)
- 3次元計測の点間隔は図 5 に示すとおりで、3m に 1 点程度とした。
- 極浅部～水深 1m 程度の 3次元計測を行った。深みがあった場合は、別途 TS 単点測量を実施した
- 河床の勾配変化点等のブレイクラインがあ

った場合はその上を歩行し、点群処理過程で生成される TIN 形状を考慮した計測を行った。

3. 結果と考察

3.1 現地作業前の精度検証

現地作業実施前には、通常の横断測量との比較検証を実施し、歩行時の上下運動が測定



図 4 システム構成

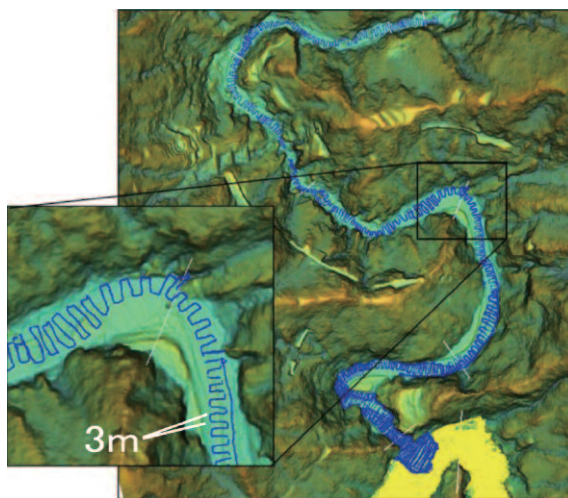


図 5 ミラー帽計測の歩行跡図



図 6 ミラー帽計測による 3次元データ取得状況



図7 精度検証状況

精度にどの程度影響しているかを評価した(図7)。

平地における横断測量データを基準(①)とし、歩行スピードを変えた以下の計測方法との検証結果を図8に示す。



図8 精度検証結果

②普通の歩行による計測

③早歩きによる計測

④小走りによる計測

⑤かけあしによる計測

この検証結果と、測量作業規程による標高較差の制限値(適用項目:路線測量-横断測量)とを照合する。

○平地の許容範囲: $2\text{ cm} + 5\text{ cm}\sqrt{L/100}$

※Lを20mとした場合、0.042m

○山地の許容範囲: $5\text{ cm} + 15\text{ cm}\sqrt{L/100}$

※Lを20mとした場合、0.117m

実際に横断測量を実施する箇所は山地であるが、平地で精度検証を行ったため、平地の路線測量の許容値と比較したが、全ての検証結果で標準偏差は制限内となり精度的に問題無いと言える。特に“②歩き”と“③早歩き”の平均値と標準偏差は数値が小さく、精度が高い結果が得られた。一方、“④小走り”より速い速度になると標準偏差のばらつきが大きくなるため、早歩き程度の運用が望ましいと判断できる。

実際の運用にあたっては、水中での計測は水の抵抗があるため“①歩き”での計測しか出来ない。堆砂が進行している堆砂肩などでは、陸上部に砂が堆積している事も多く、地形条件によっては早歩きでの運用も可能である。

3.2 点検測量による精度管理

現地作業ではTS単点法との比較による点検測量を実施した。点検測量の実施方法は、ミラー帽計測を実施した区域において、面的なTS単点計測を実施し、水平距離で10cm以内に位置する計測点同士の標高較差を点検した(図9)。ミラー帽計測点とTS計測点の較差(点検測量結果)は表1に示すとおりである。サンプル数は少ないものの、較差の平均値は約1.5cm(標準偏差は4.0cm)と良好な結果が得られ、ミラー帽計測による3次元データの面的取得は一定の精度を確保出来ているといえる。

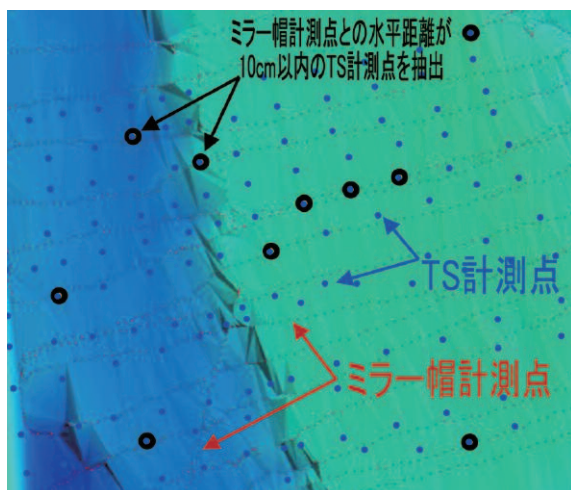


図9 点検測量状況

表1 点検測量結果

ミラー帽計測測定値(m)	TS 単点法検測値(m)	較差(m)
271.730	271.770	-0.040
271.500	271.510	-0.010
270.730	270.770	-0.040
271.680	271.680	0.000
271.650	271.670	-0.020
271.650	271.670	-0.020
270.900	270.940	-0.040
271.610	271.620	-0.010
270.880	270.850	0.030
271.640	271.640	0.000
271.650	270.680	-0.030
271.020	271.050	-0.030
270.830	270.960	-0.130
270.650	270.630	0.020
270.940	270.930	0.010
270.390	270.460	-0.070
270.760	270.750	0.010
270.270	270.270	0.000
271.000	270.970	0.030
270.280	270.230	0.050
平均値		-0.015
標準偏差		0.040

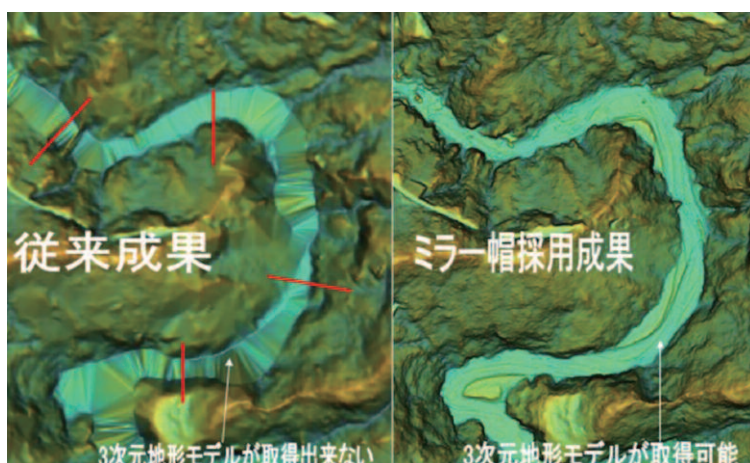


図10 従来成果とミラー帽採用の比較例

3.3 ミラー帽計測による効果

従来成果と、ミラー帽計測の採用成果との比較を図10に示す。従来成果の場合、極浅部の3次元地形モデルが構築出来ないため、平均断面法による計算を行っていたが、ミラー帽計測採用成果の場合、貯水容量や堆砂量の計算に構築した3次元地形モデルを使用できるため、より精度の高い計算結果が得られる。また、今後は3次元データの2時期比較により、貯水池末端部の詳細な地形変動状況が把握可能となる。これは堆砂傾向を把握、解析するうえで非常に有効な基礎資料となり、堆砂管理計画に活用できると判断する。

3.4 まとめ

貯水池堆砂測量において、ミラー帽計測による極浅部の面的計測を複数の業務で活用した結果、様々な効果を発揮する事が出来た。以下に特徴、利点等を整理する。

- 従来では面的計測の効率が悪かったため極浅部～水深1m程度の面的計測は行われる事が少なかったが、効率化が図れた事により極浅部の面的計測を実施する機会が増加した
- TS単点法より効率の良い計測が可能となり、コストが縮減された
- TS単点法より高密度な地形データを取得し、3次元地形モデルの精度向上に寄与した

○歩行しながらの計測となるが精度は高く、地形測量の精度も満たす結果が得られた

一方、以下の課題については今後検討し、改善が必要と思われる。

- 面的データを効率良く取得出来るものの、横断測量による平均断面法よりはコストが高い
- 転倒時等の異常データの処理が煩雑となる
- TSを使用するため、与点を設置、

座標値計測作業を実施する必要がある

○急流や水深の深い淵などにおいては、ミラー帽計測による計測が出来ないため、TS 単点法との併用となる

前述もしたが、ミラー帽計測による地形データ取得の最も大きな利点は、今まで面的計測が実施されなかった箇所も面的計測を実施するようになった事である。これにより、堆砂管理計画をするうえで非常に重要となる貯水池上流部の3次元地形データが面的に整備された結果、地形変化状況の把握や、土砂の移動経路の解析に利活用される事となり、ミ

ラー帽計測の有効性は高かったと言える。今後はダム堆砂測量以外にも河川測量や砂防測量への利活用も期待される。

最後にミラー帽計測の活躍の場を最初に提供して頂いた、国土交通省長島ダム管理所に深く感謝申し上げる。

■執筆者

高橋 弘 (たかはし ひろむ)

中日本航空株式会社 調査測量事業

本部 空間計測第3グループ

E-mail : h_takahashi@nnk.co.jp

