

ALB (Airborne Lidar Bathymetry) の精度検証と運用方法 (河川利用に向けて)

平成30年1月15日(月)

13:00～15:00

公益財団法人 日本測量調査技術協会

ALBサブワーキング

内容

1. ALBの概要
2. ALBの精度検証
3. ALBの河川利用事例
4. ALBの河川への運用課題

1. ALBの概要

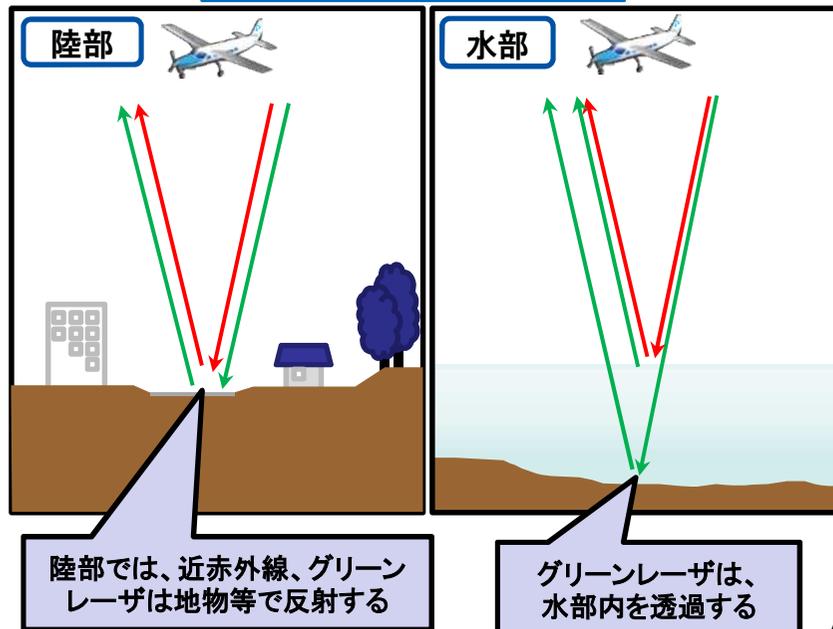
概要

- 陸、海底・河床の高精細・高精度な3次元地形を取得できる
→ 水域での水底標高モデルを取得できる
- 航空機を用いた深淺測量が可能
- 海底地形調査・河川の維持管理、防災などの分野で活用できる

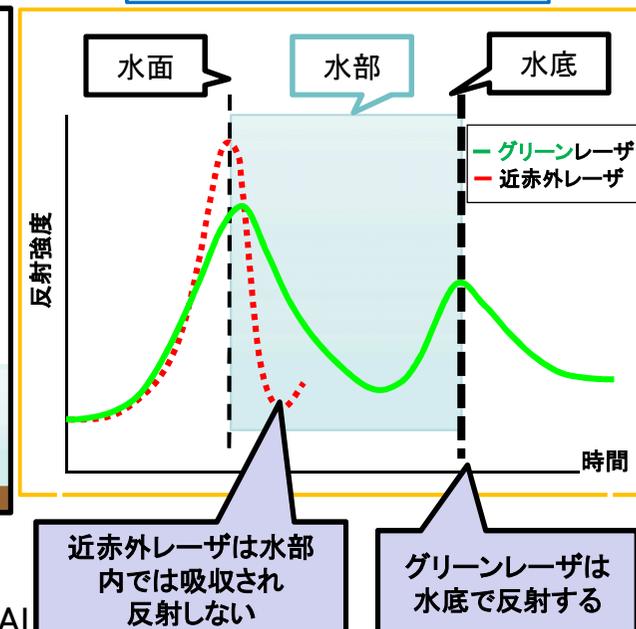
基本的な計測のしくみ

- 計測の基本は、従来の航空レーザ測量（近赤外レーザ）と同じ。
- 2つの波長帯のレーザを同時に照射して計測（近赤外レーザと**グリーンレーザ**）
- **水中を透過する緑色レーザにより、海底・河床の地形を取得できる**

ALBの計測概念



ALBレーザ反射の概念

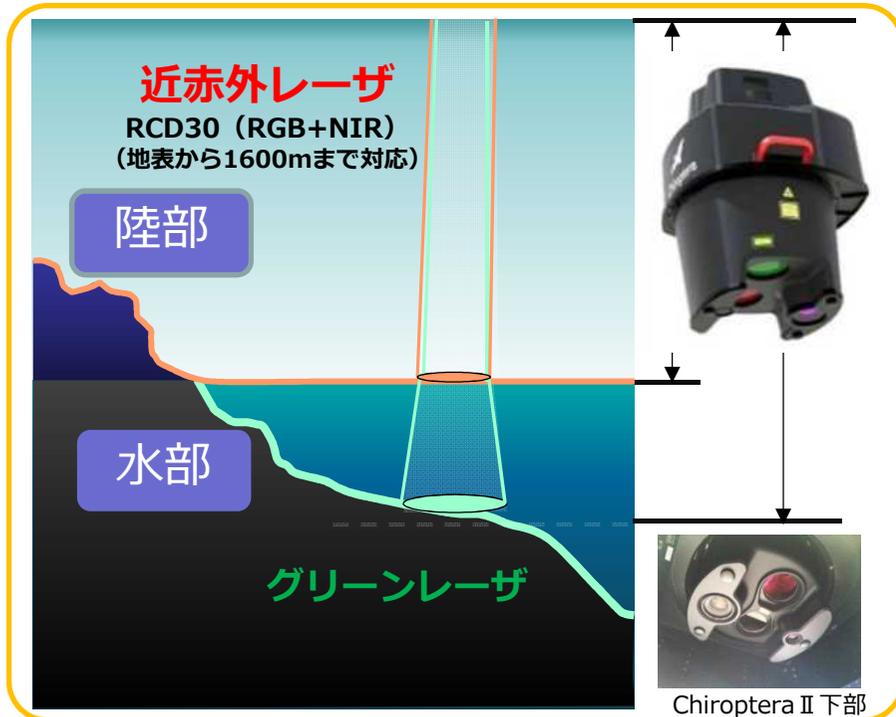


ALBで取得した地形・河床地形



1. ALBの概要

～三次元で陸部・水部を同時に測ることにより、さまざまな分野に活用可能！～

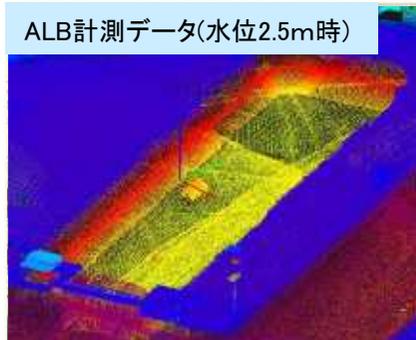


- ✓ 測深範囲： $D_{max} = 2.2/K (*)$ (～ 1.5 セッキディスク)
- ✓ 近赤外レーザ (陸部) + グリーンレーザ (水中部) + 航空カメラを同時搭載
- ✓ 同時に陸部・航空写真を取得でき、地上もオルソ作成も可能
- ✓ 近赤外、グリーンレーザ共に取得されるデータの位置精度 (高さ) は、15～20cm程度
- ✓ **公共測量では国土地理院へ17条申請の承認・助言を得る必要あり(マニュアル素案の作成準備中)。**

2.ALBの精度検証

事例1 ドック内の水深に応じた測深較差

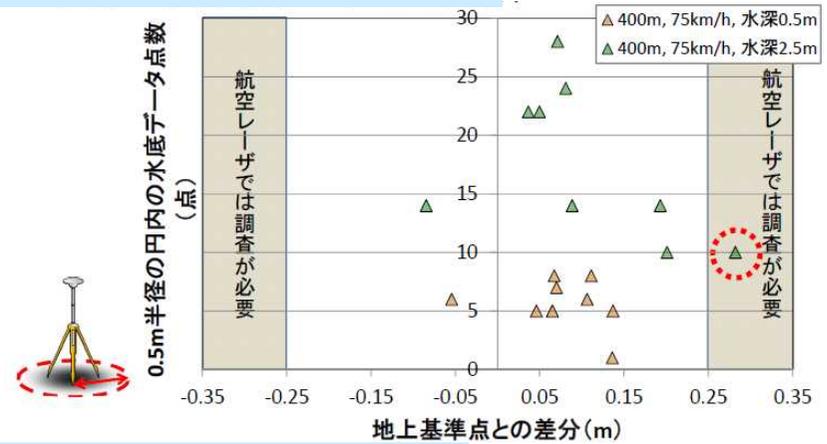
使用機材	LeicaGeosystems社 Chiroptera II
計測点密度(水部)	4点/m ²



2017年

ALBの河川利用

水位に応じた検証箇所の較差分布



水位に応じた検証箇所の較差分布(位置)



部分的にデータ取得状況が悪く欠測する可能性がある

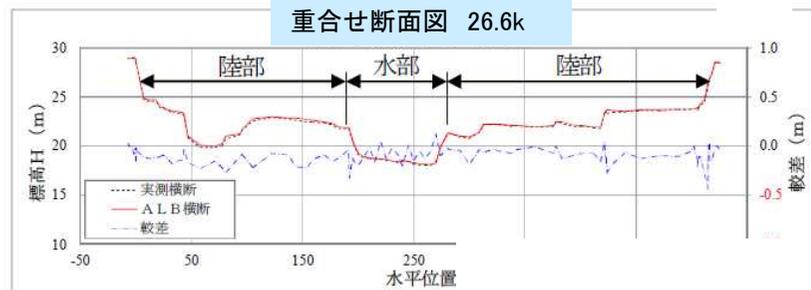
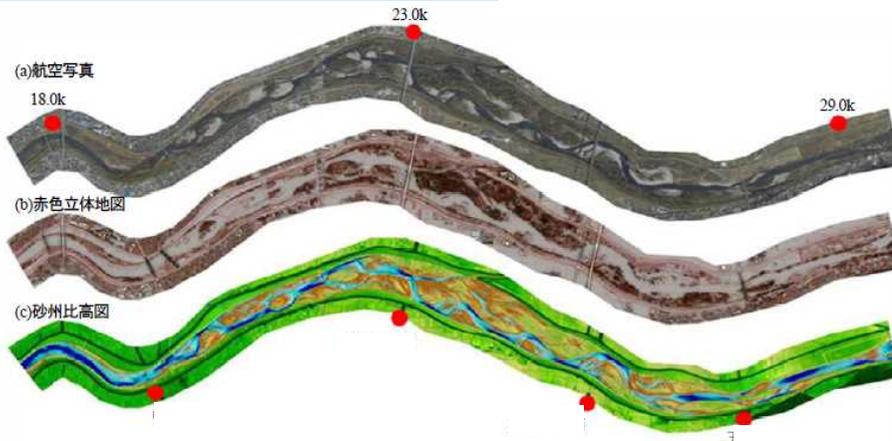
- ・較差は0.2m以内に収束。
- ・水深の影響は微小。
- ・誤差が大きい箇所は水質の影響が考えられる

2.ALBの精度検証

事例2 直轄河川の精度検証(横断測量との比較)

使用機材	LeicaGeosystems社 Chiroptera II
計測点密度(水部)	約3点/m ²

(18.0k~29.0k)



横断測量の観測点との標高較差(水部)

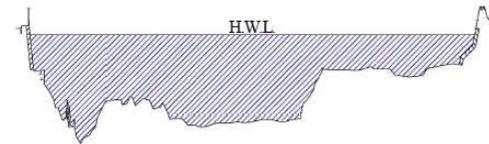


実測横断測量の観測点とALBの断面との標高較差を求める。

測線	平均値(m)	標準偏差(m)	点数
18.0k	0.10	0.04	14
18.8k	-0.01	0.07	23
23.4k	0.00	0.09	10
26.6k	-0.08	0.09	15
29.0k	-0.06	0.07	22

平均値/標準偏差共に0.1m以内に収束。

河積による比較



測線	実測(m ²)	ALB(m ²)	比率(%)
18.0k	1,895	1,895	100
18.8k	2,095	2,084	99
23.4k	3,478	3,427	99
26.6k	2,280	2,224	98
29.0k	1,176	1,744	98

河積は98%以上を確保。

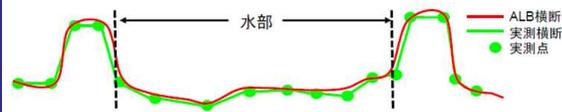
2.ALBの精度検証

事例3 県管理河川の精度検証(測線単点との比較)

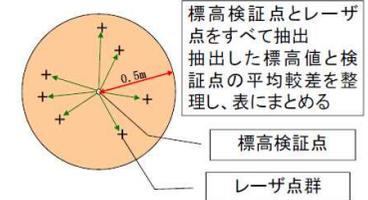
使用機材	LeicaGeosystems社 Chiroptera II
計測点密度(水部)	2点/m ²



横断測量の観測点との標高較差



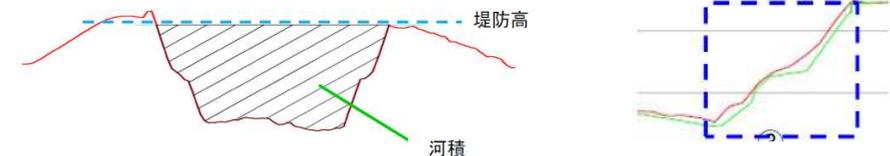
実測横断測量の観測点と周囲0.5m以内にあるALBの点群標高値と比較



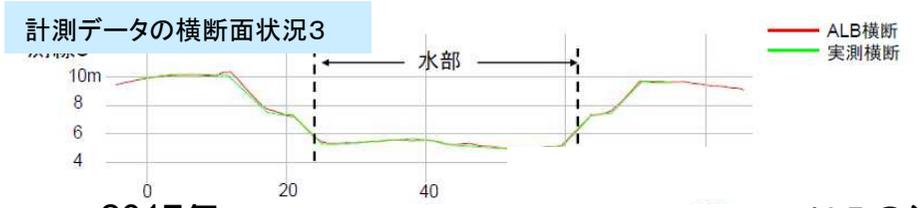
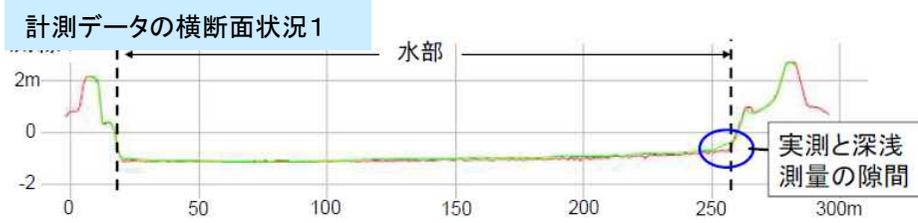
平均值/標準偏差共に0.2m以内に収束。

測線	平均值(m)	標準偏差(m)
1	0.052	0.033
2	-0.020	0.047
3	-0.016	0.078
4	-0.148	0.179
5	-0.038	0.136

河積による比較



測線	実測(m ²)	ALB(m ²)	比率(%)	備考
1	7,600.529	7,718.501	101.6	一部実測不可
2	2,425.990	2,406.386	99.2	陸部植生影響
3	2,034.133	2,012.560	98.9	陸部植生影響
4	2,041.474	1,892.334	92.7	陸部植生影響
5	1,626.297	1,571.834	96.7	右岸斜面根固め(上図)



2017年

ALBの河川利用

2.ALBの精度検証

事例4 海岸の精度検証(ALB機材の相違)

使用機材	Fugro社 LADSMk3 RIEGL社 VQ-820-G
計測点密度(水部)	LADSMk3 4.0m間隔(0.06点/m ²) VQ-820-G 0.5m間隔(4点/m ²)



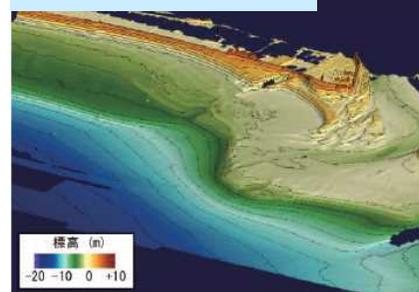
2017年

ALB計測機材の比較

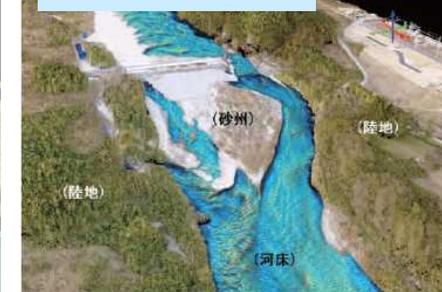
装置名	LADS Mk3	VQ-820-G
メーカー	Fugro LADS	RIEGL
発射パルス波長	532nm (緑域)	532nm (緑域)
計測可能深度	水の透明度の2.5倍 (最大 80m)	水の透明度の1倍
スキャン周期	18scans/sec	50~200scans/sec
レーザー発射回数	最大 1.5kHz	最大 520kHz
レーザー照射範囲	最大 42度	最大 60度
計測間隔 (レーザー点密度)	可変 (2×2m~8×5m)	通常50cm~1m程度 (計測条件による)
ビーム幅	約 3m (飛行高度に 因らず水面で一定)	1mrad (対地 1000m で 1m 幅)
レーザー記録方式	波形記録方式	波形記録方式
レーザー測距精度	15cm	25mm
照射エネルギー	5mJ	0.02mJ
レーザークラス	クラス 4	クラス 3B
陸上地形計測 範囲	標高 50m まで	標高 1500m まで (反射率 ρ ≥ 20%) 標高 2000m まで (反射率 ρ ≥ 60%)
標準飛行高度	360~900m AGL	600m AGL

ALBの河川利用

海岸の計測状況



河川の計測状況



精度検証結果(海岸)

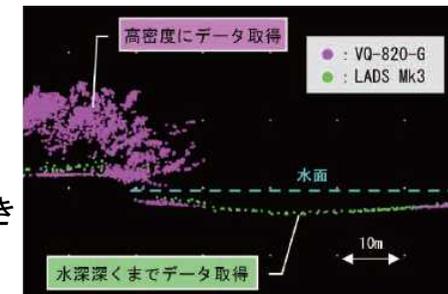
シングルビーム測深機の計測点の面(TIN)とALB計測点との比較

環境	機材	標本数	平均値(m)	標準偏差(m)
水部	LADS Mk3	172,309	0.05	0.18
	VQ-820G	87,961	0.02	0.16
陸部	LADS Mk3	139	0.05	0.09
	VQ-820G	13687	0.00	0.05

平均値/標準偏差共に0.2m以内に収束。

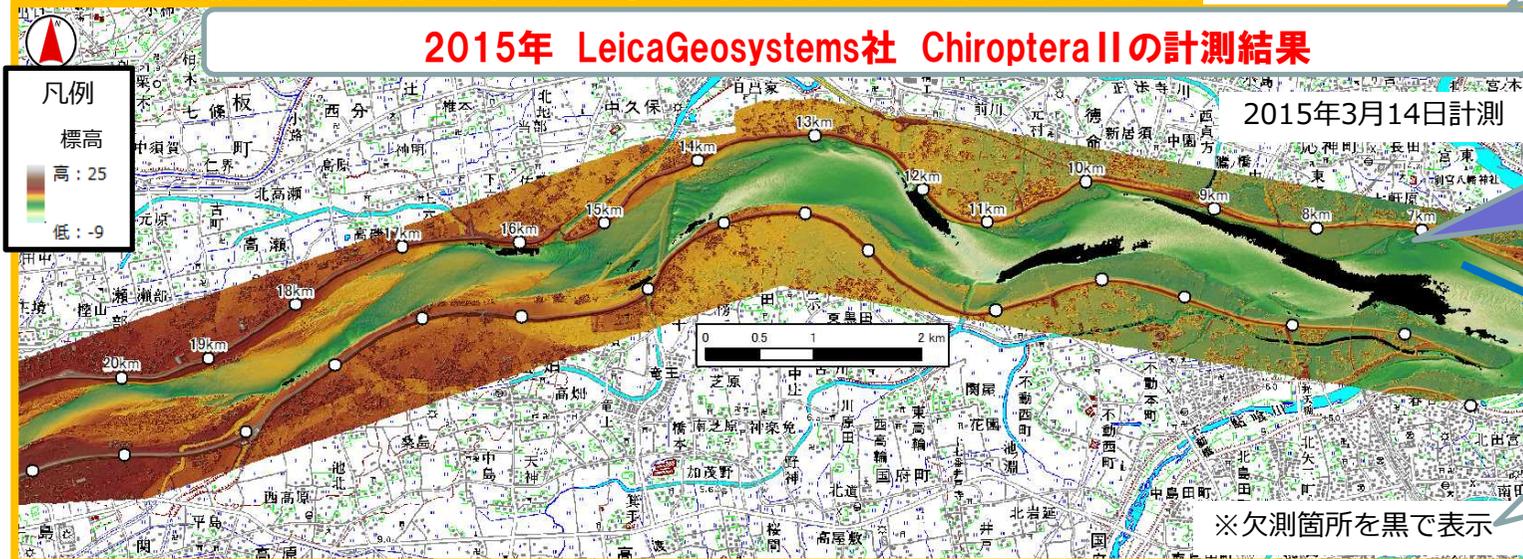
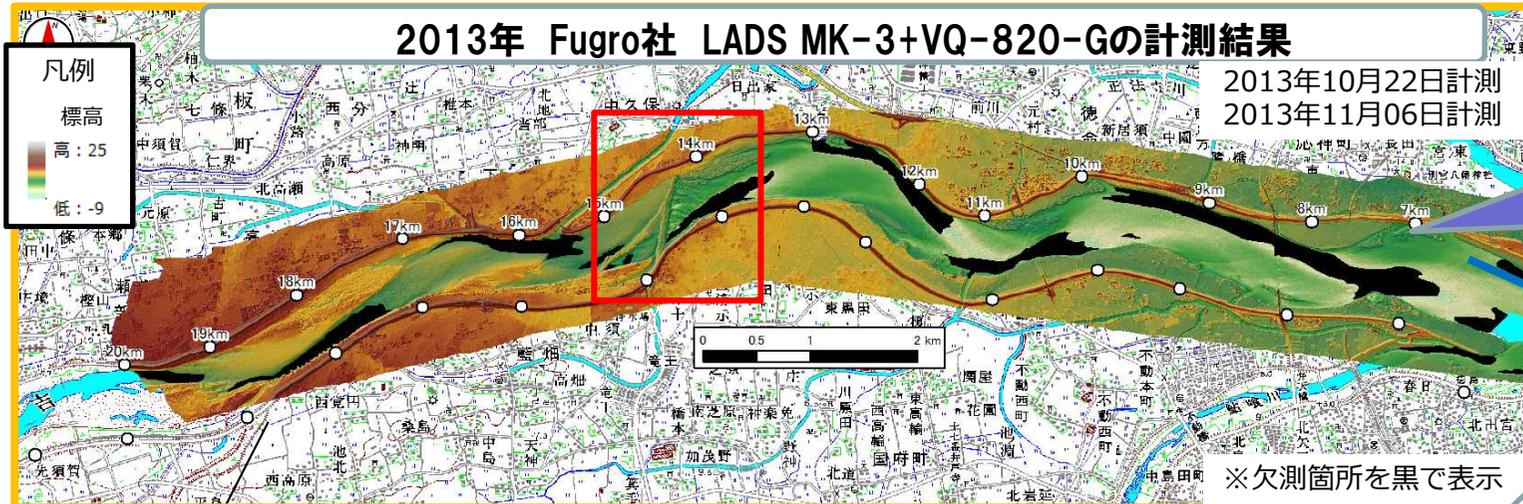
参考

- ・LADSMk3は照射エネルギーが強く、深くまで取得できるが点密度は低い。
- ・VQ-820-Gは深くまで取得できないが点密度は高い。



3.ALBの河川活用事例

事例1 2時期の計測による河床洗掘と変化量



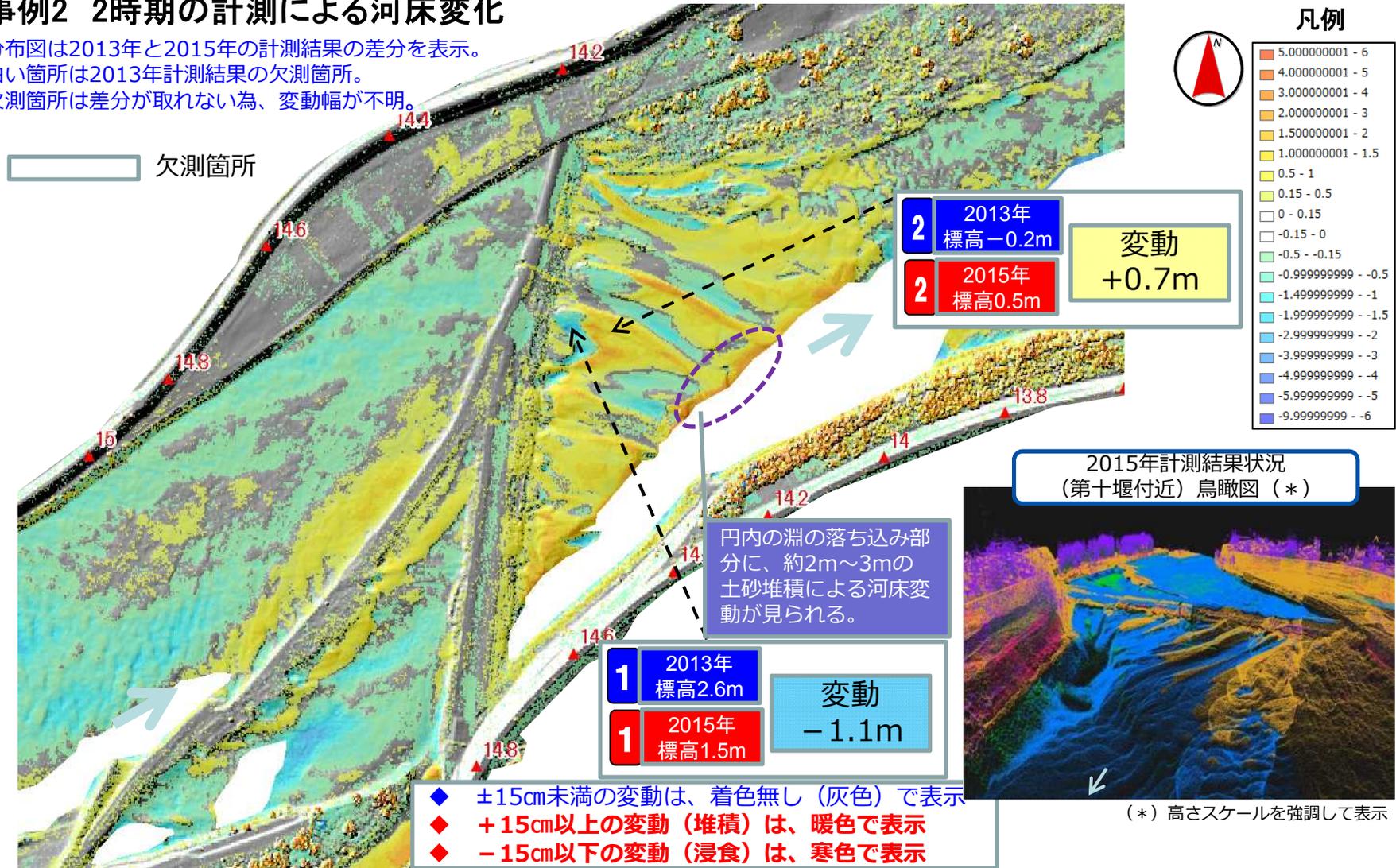
2017年

ALBの河川利用

3.ALBの河川活用事例

事例2 2時期の計測による河床変化

- 分布図は2013年と2015年の計測結果の差分を表示。
- 白い箇所は2013年計測結果の欠測箇所。
- 欠測箇所は差分が取れない為、変動幅が不明。

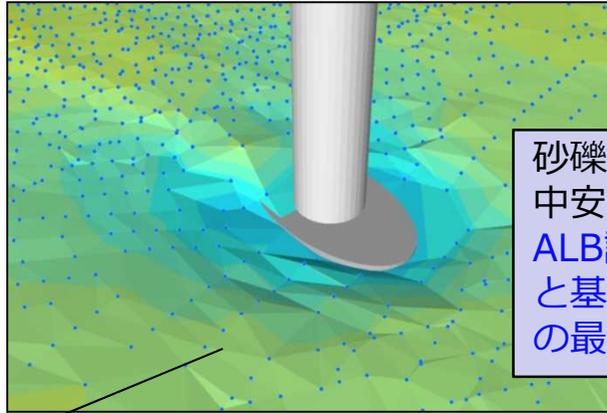


2017年

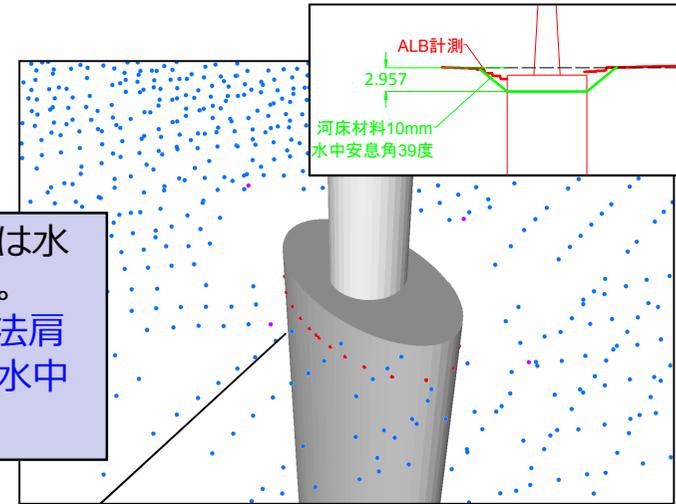
ALBの河川利用

3.ALBの河川活用事例

事例3 橋脚の洗掘形状の推定

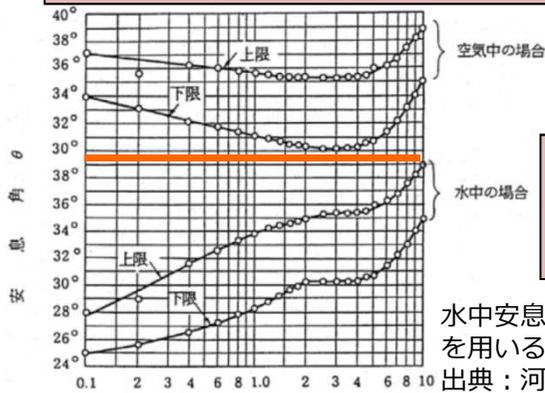


砂礫質土の場合、洪水時の洗掘は水中安息角で安定していると仮定。
ALB計測で得られる洗掘形状の法肩と基礎を安息角で結線し、「洪水時の最大洗掘深」とする。



ALB計測点で構築した「洪水後の洗掘形状」。
橋脚形状は、橋梁一般図から3次元図化した。

青点：ALB計測点
赤点：水中安息角で推定した洪水時の最大洗掘深
橋脚縁辺に推定点を配置する。

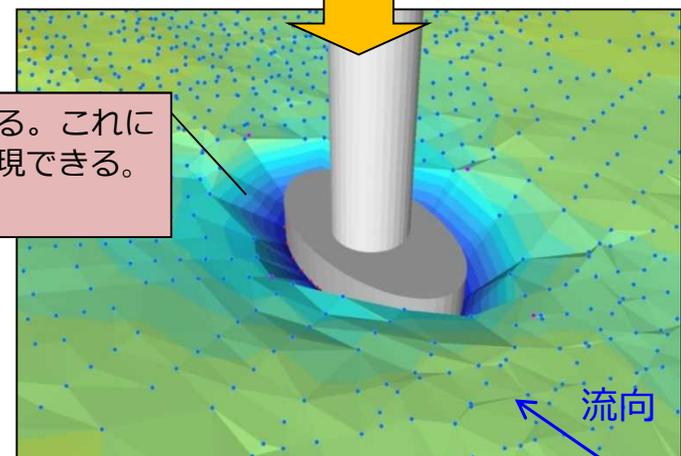


青点、赤点を統合してTINモデルを構築する。これにより、洪水時の最大洗掘形状を三次元で表現できる。
対策区分の判定等に活用可能。

水中安息角は、左図の「安息角と平均粒径の関係」を用いる。
出典：河川を横過する橋梁に関する計画の手引き(案)

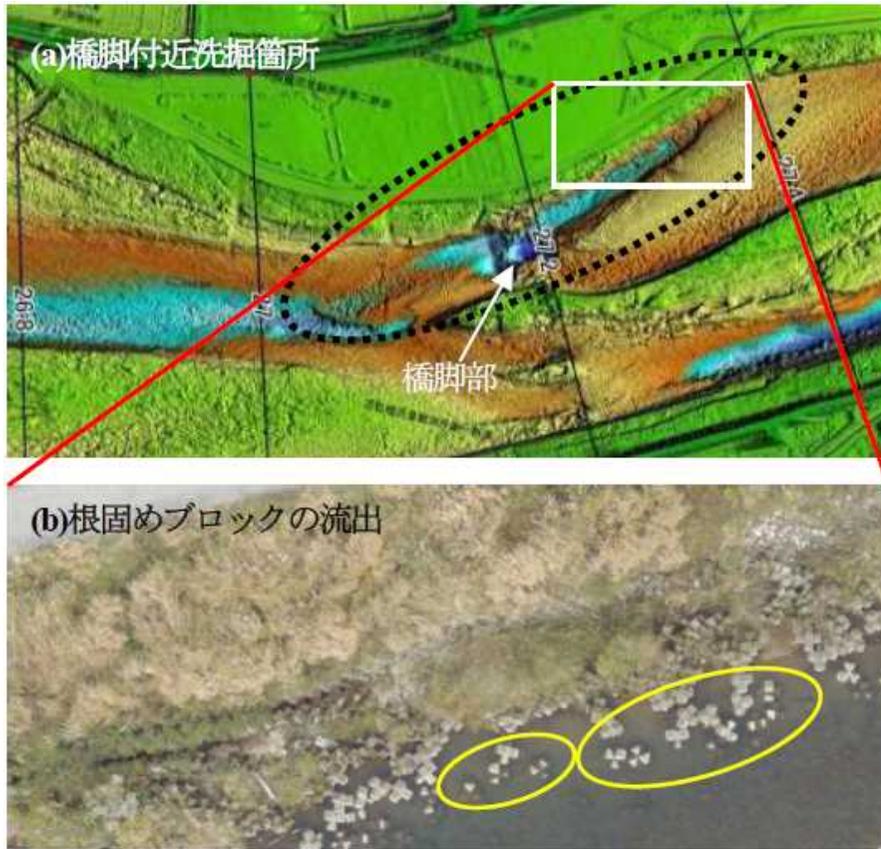
図 3-9 安息角θと平均粒径の関係 財団法人 国土技術研究センター

※「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発に係る公募 下部工基礎の洗掘状況把握のためのモニタリングシステムの現場実証」における検討結果



3.ALBの河川活用事例

事例4 河川管理施設の状況確認

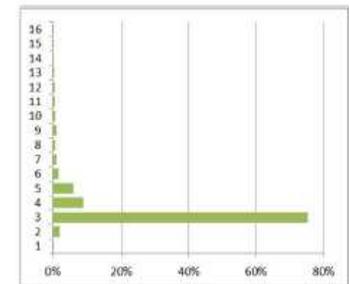
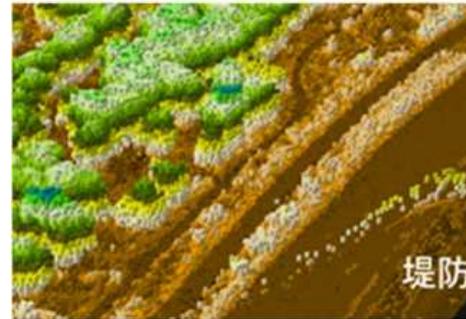


- ・橋脚部の洗掘部に影響した高速流により、根固めブロックが流出したことが想定される事例。
- ・原因把握により速やか対策工が期待できる。

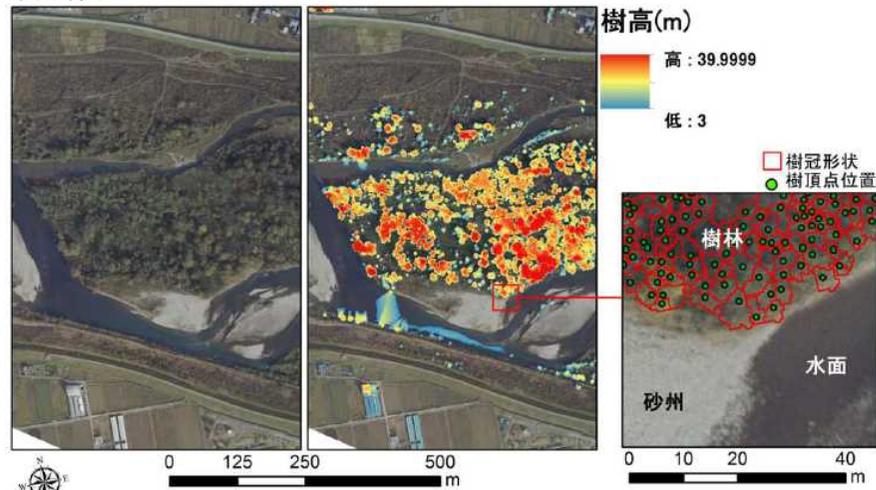
2017年

事例5 河道内植生(樹木)の状況確認

計測例1



計測例2



- ・死水域の把握により、水理計算の精度向上。
- ・原因把握により速やか対策工が期待できる。

ALBの河川利用

4.ALBの河川への運用課題

ALBの計測時期(水質の影響)

- ALBは水質によっては河床までレーザ光が到達しない。
- 水質が良好な時期に作業(発注)が望ましい。
- 水質の事前調査や計測作業時の水質調査は実施することが望ましい。
- 現状では、水質データによる計測精度の定量評価はできていない。

欠測した場合の対処法

- 欠測した場合はナローマルチビームや実測等で補測が必要。
- 積算時には、ALBで欠測した箇所を補測する作業費を想定しておく。

ALBの運用方法(精度管理手法)の標準化

- 国土地理院では、ALB運用マニュアル(素案)の作成準備中。

定期横断測量を代替する手法の確立

- LPデータから定期横断測量を行う手法は検討・検証済。

三次元点群データの活用

- 河川管理をICTで行うため、ALBの利用が期待される。
- 他の計測技術(MMSやUAV)の三次元点群データとの調整(ルール化)。