

航空レーザ測深 (ALB) による河川・海岸線の計測事例紹介

實村 昂士・金田 真一・藤田 温斗・池間 仁子・戸村 健太郎・大鋸 朋生 (アジア航測株式会社)

1. はじめに

航空レーザ測深 (ALB: Airborne LiDAR Bathymetry) は、水深の浅い河川や海岸線沿いの浅瀬における水深・水底地形把握のための計測手段として期待が高まっている。現在、水底地形の把握には主にナローマルチビーム測深による計測が用いられているが、水深の浅い箇所については船舶による進入が難しく、このような箇所のデータ取得には多くのコストと時間を要するといった問題がある。

一方、弊社で導入した ALB 機材では水面を透過する可視域の水域用レーザと、従来から航空レーザ測量に用いられてきた近赤外域の陸域用レーザを同時照射することができ、一度の飛行で水域と陸域を高精度かつ効率的に計測することが可能である。本稿では、ALB による河川・海岸線の計測事例から水底のデータ取得状況について報告する。

2. 計測に使用した機材

計測に用いた機材は、Leica Geosystems 社の Chiroptera II である (図1)。本機材は水域

表1 Chiroptera II機材仕様

項目	水域用レーザ	陸域用レーザ
レーザ波長	515nm	1,064nm
パルスレート	35kHz	最大 500kHz
スキャン角	前後± 14°、左右± 20°	
対地高度	400m ~ 600m	~ 1,600m
点密度 (対地500m) *	約 1 点 /m ²	約 10 点 /m ²
ビーム径	4.5mrad	0.5mrad

※単コースの場合

測深用と陸域計測用の2種類のレーザから構成されており、対地高度 500m で計測を行った際の点密度は水域1点 /m²、陸域 10 点 /m²である (表1)。なお、水域レーザの測深性能 (計測性能) は、その時々の水の透明度等に大きく左右されるため、一概に決定されず、水の透明度 (セッキ水深) に対する倍数として決定されるものである。本機材の測深性能は、水の透明度の 1.5 倍とされており、例えば、透明度が3m の箇所では水深 4.5m 程度までの測深性能を有しているということになる。

また、オブリーク型 (斜め) レーザ発射方式により、地形、樹木、建物等の側面のデータも取得しやすいといった特徴がある (図2)。



図1 Chiroptera II外観

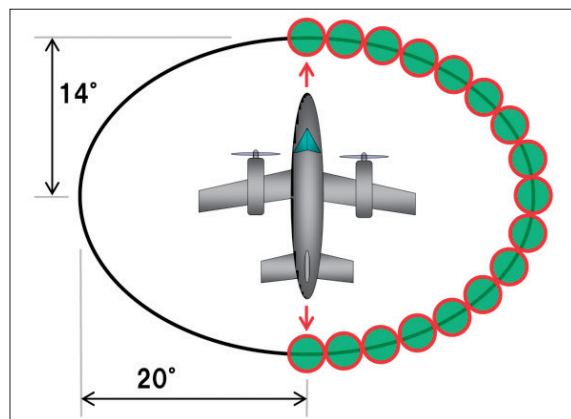


図2 オブリーク型レーザ発射方式の概念

3. 精度検証

ALB による計測データの精度を検証するため、陸域において水平・垂直精度を検証するとともに水域において音響測深による計測データとの比較を行った。

3.1 陸域における精度検証

①検証方法

水平精度検証のための基準点は、スタティック GNSS とトータルステーションを使用して、堅牢な建物の四隅の特徴点をキャリブレーションサイトとして設定した。このキャリブレーションサイトと ALB による点群データから判読した建物の四隅の位置座標を比較することにより水平精度の検証を行った(図3)。また、垂直精度については、駐車場などの上空の開けた平坦地を対象としてスタティック GNSS による測定値と、

周囲の半径1m 円内の ALB 点群データとの比較により検証を行った。

②検証結果

水平精度については、8箇所の基準点における平均較差が0.13m、最大較差が0.18mであり、機材スペック値(陸域用レーザの仕様)である $\pm 0.20\text{m}$ 以内を満たしていることが確認された(表2)。また、垂直精度については、46 箇所の基準点に対して検証を行った結果、RMSE が0.01m、最大較差が0.05mであり、公共測量作業規程の準則で規定されている航空レーザ測量の基準値 $\pm 0.25\text{m}$ 以内を満たしていることが確認された。

3.2 水域における精度検証

①検証方法

水域における精度検証として、ALB 計測と

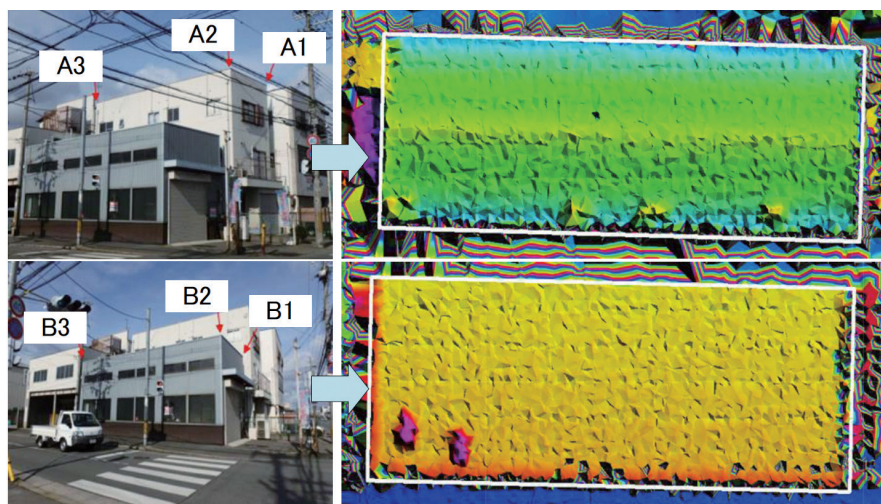


図3 キャリブレーションサイトとALB点群データの比較

表2 キャリブレーションサイトにおける水平精度検証結果

		スタティック GNSS		ALB		較差 (m)
		X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	
建物①	A1	-23260.248	-123407.718	-23260.403	-123407.721	0.16
	A2	-23260.366	-123412.708	-23260.538	-123412.658	0.18
	A3	-23273.134	-123412.427	-23273.070	-123412.316	0.13
	A4	-23273.024	-123407.437	-23272.936	-123407.379	0.11
建物②	B1	-23259.663	-123402.396	-23259.775	-123402.385	0.11
	B2	-23259.805	-123407.032	-23259.906	-123406.949	0.13
	B3	-23272.621	-123406.699	-23272.566	-123406.585	0.13
	B4	-23272.501	-123402.063	-23272.434	-123402.021	0.08

同日に音響測深による計測を行い、それぞれの水底地形データの比較を行った。音響測深による測量に用いた機材は、高分解能フォーカスマルチビーム測深システムである SEABAT8125 とした。この機材は、計測密度が 30 点 /m² であり、微細な地形を高精度に取得できる特徴を有している。

②検証結果

ALB と音響測深による計測データの標高値を比較して、その較差と頻度の関係をヒストグラムとして示した。ALB による水域計測における精度の基準については、海上保安庁による水路測量関係規則集（水域区分一b級）において垂直精度の限度が± 0.50m と規定されている。比較対象である音響測深による計測データにも誤差が含まれていることを考慮する必要があるが、本検証の結果からは、音響測深データとの標準偏差が 0.11m となり基準を満たしていることが確認された（図4、図5）。

4. 河川における計測事例

富山県富山市を流れる神通川河口部において ALB 計測を行った。最大測深は海域において最大 13m 程度であり、河川においても水深約 6m の河床部分を計測できていることが確認された（図6、図7）。また、橋梁下の橋脚部においては周辺地形よりも約 2m 低くなっている深掘れの状況を確認することが可能であった（図8）。

水底および地盤への到達点密度は水域 1.6 点 /m²、陸域 19.7 点 /m² であった（図9）。橋梁下では水底への到達点数が減少しており、水域においては欠測となっているメッシュも多くみられた。水深別にみると水深 5m 以深の箇所においては採用密度 1.0 点 /m² 以下となり、さらに水深の大きい河川への適用は難しいと考えられた。一方、陸上部分においては堤防形状を詳細に計測できていることが確認できた。

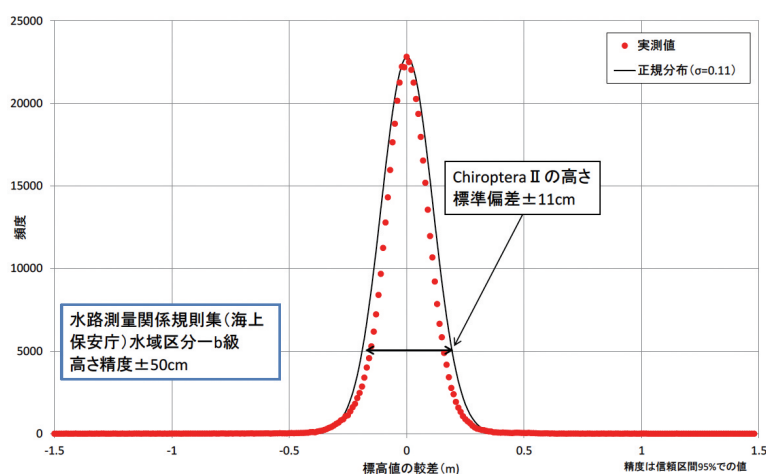


図4 ALBと音響測深の較差分布

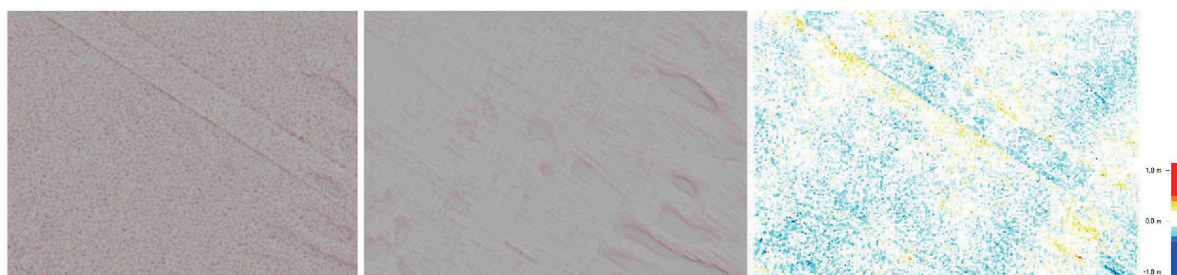


図5 ALBと音響測深の差分結果（左：ALB、中：音響測深、右：差分）

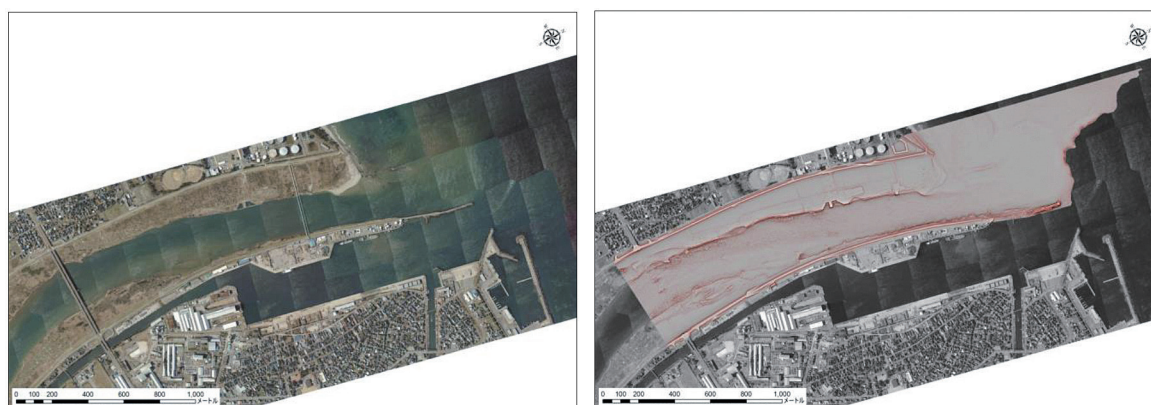


図6 神通川河口部における計測結果（左：空中写真、右：赤色立体地図）

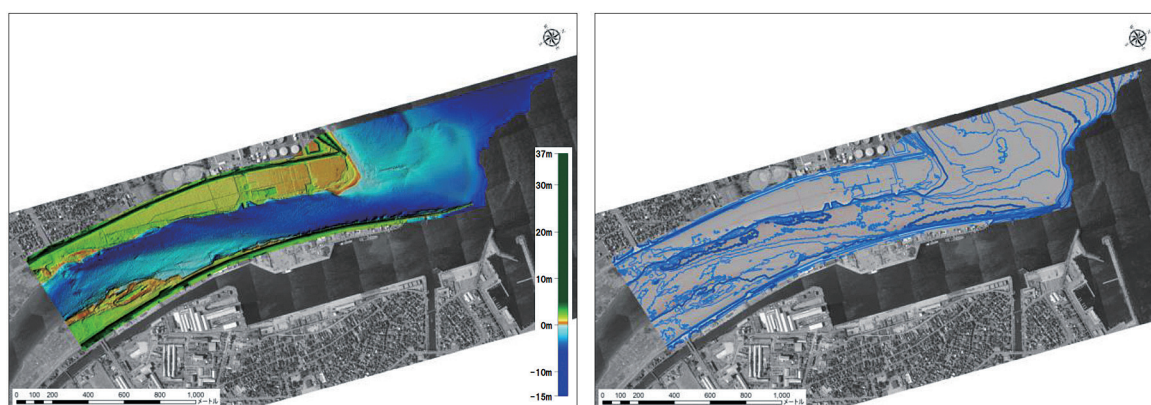


図7 神通川河口部における計測結果（左：標高段彩図、右：等高線図）

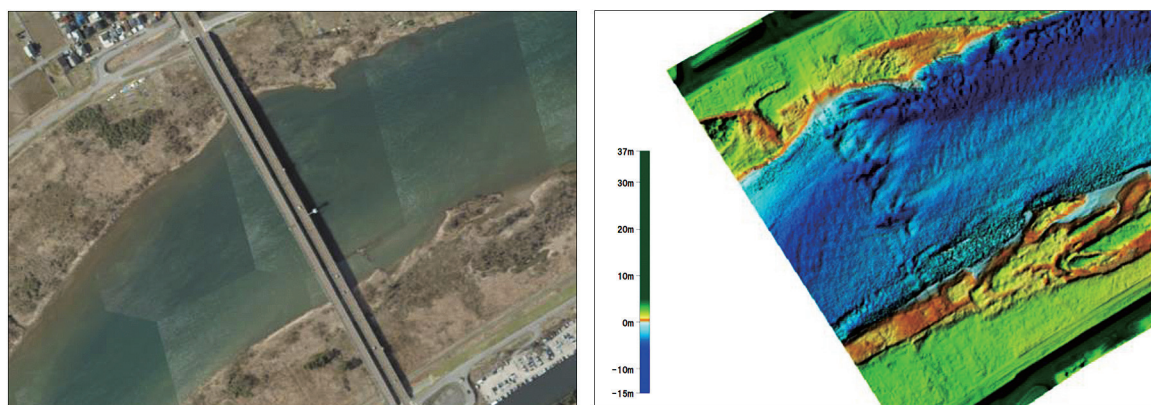


図8 橋梁下の橋脚部における深掘れの状態（左：空中写真、右：標高段彩図）

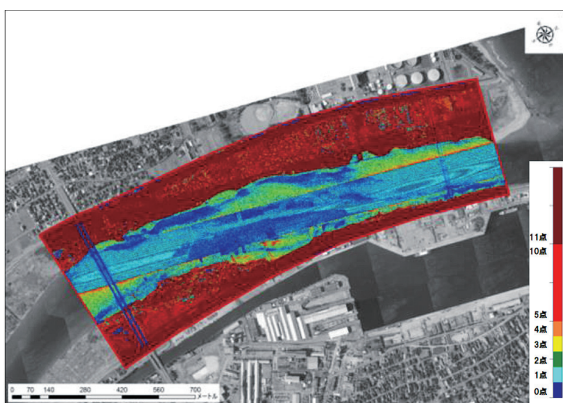


図9 河川における水底・地盤への到達点数

5. 海岸線における計測事例

和歌山県白浜町の日置海岸・志原海岸においてALB測深性能の評価を行った。測深性能は最大で20m程度であり、水面下の岩場の状況、離岸堤や人工リーフといった人工構造物の形状に加えて、深さ50cm程度の窪地状地形や河川合流部におけるうろこ状の砂れん（波跡）も計測できていることが確認された（図10、図11）。

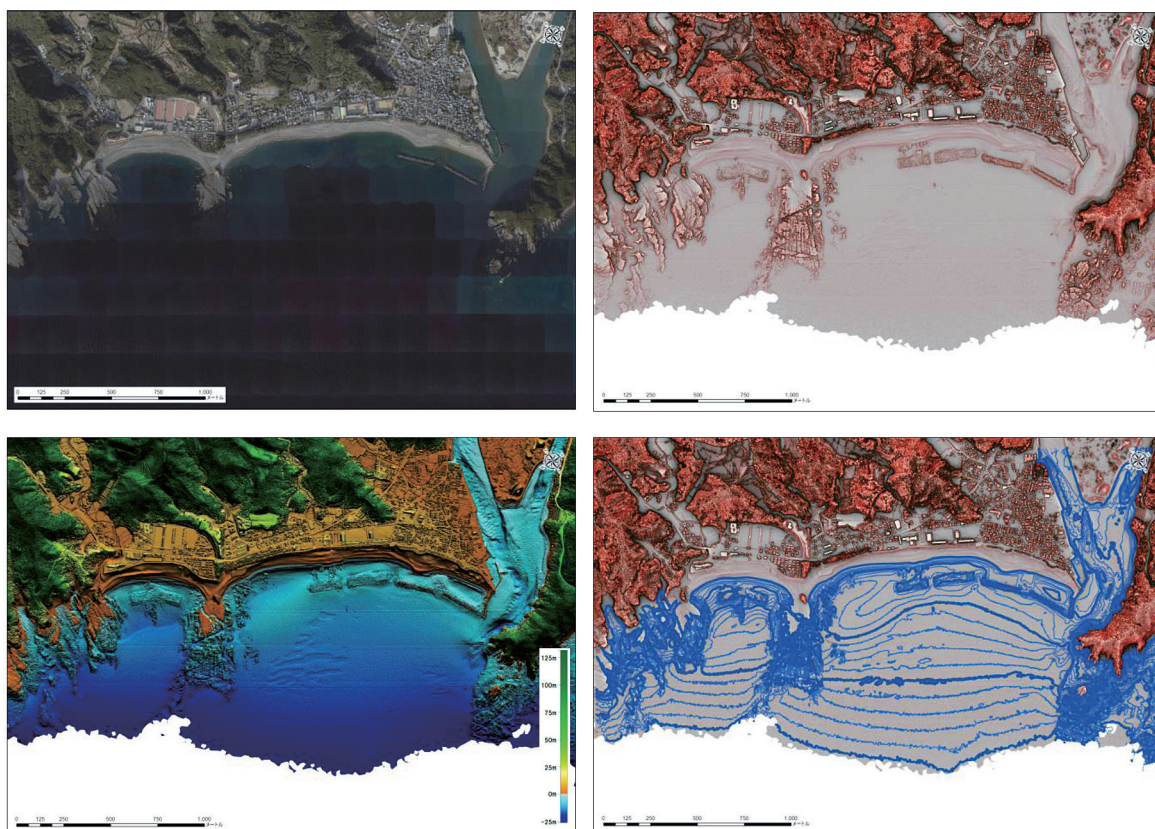


図10 日置海岸・志原海岸の海岸線における計測結果（左上：空中写真、右上：赤色立体地図、左下：標高段彩図、右下：等高線図）

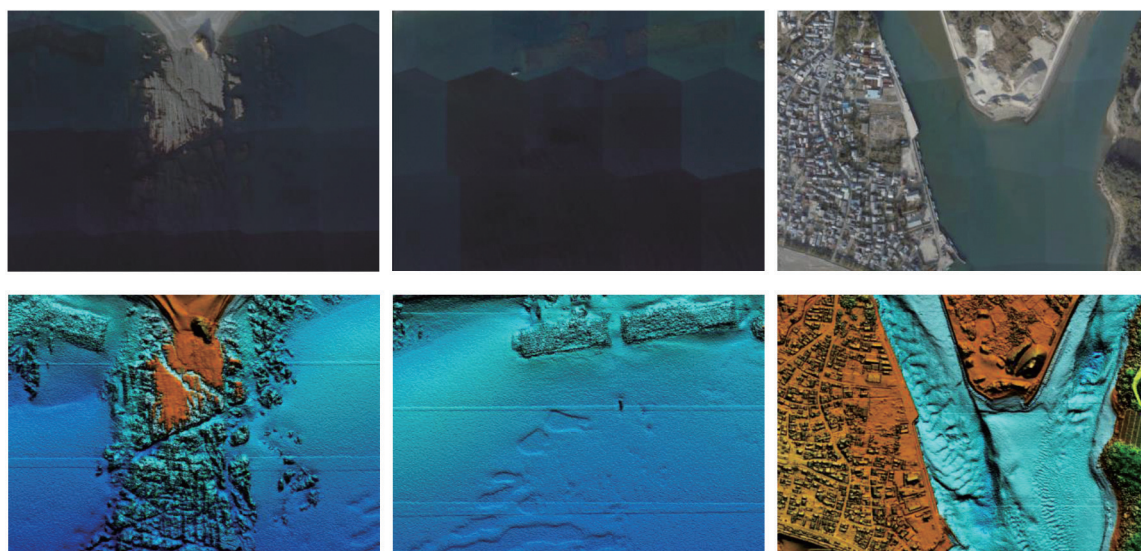


図11 海岸線における詳細計測結果（上：空中写真、下：標高段彩図）

海岸線において、水深ごとの水底到達点分布を1m メッシュ単位で見ると、水深1m 以下の汀線付近ではやや欠測メッシュが多くなっているが、水深2m～15m までは欠測メッシュの割合が10% 以下であった（図12）。また、水深2m～15m においては、水底到達点密度が2

点/㎡以上となっている箇所が70% 以上を占めており、十分な密度で水底地形を取得できていることが確認された。一方、水深19m を超えると欠測メッシュの割合が50% を超える結果となり、19m 以深の箇所ではデータの精度に課題が生じると考えられる。

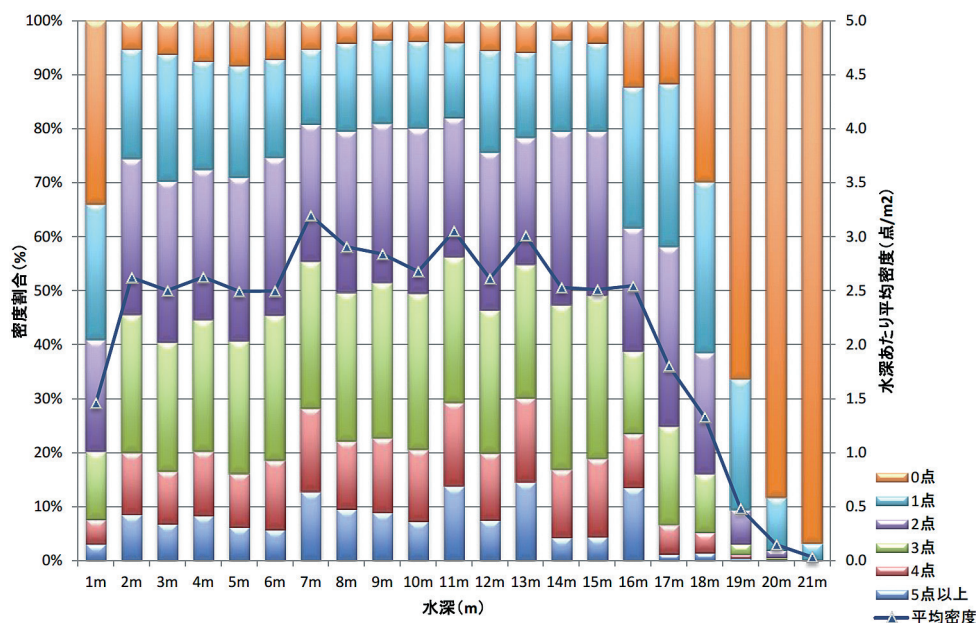


図12 海岸線における水底への到達点数

6. まとめ

本稿で紹介した ALB の計測事例からは、河川・海岸線ともに詳細な水底地形を取得できたことが確認された。しかしながら、ALB による計測は水の透明度や水底の反射率、天候、日照条件など従来の航空レーザ計測よりも取得データの品質に影響を与える要因が多い。今後は ALB の測深性能やデータ取得状況とこれら要因との関係を明確にしていくとともに効率的なデータ処理方法等について技術開発を進めていく必要がある。

■執筆者

實村 昂士 (みむら こうし)

アジア航測株式会社

kou.mimura@ajiko.co.jp



(共著者) 所属は筆頭著者に同じ

金田 真一 (かねた しんいち)

藤田 温斗 (ふじた はると)

池間 仁子 (いけま さとこ)

戸村 健太郎 (とむら けんたろう)

大鋸 朋生 (おおが ともお)