

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

① 研究代表者		氏 名 (ふりがな)	所 属	役 職	
		<small>きかした ひろあき</small> 坂下 裕明	株式会社 パスコ 企画本部	本部長	
② 研究 テーマ	名称	河川縦横断測量を高度化、効率化するための航空機レーザ計測適用に関する研究			
	政策 領域	[分野] (河川技術分野)	融合 技術	(航空機による)	
		[公募課題] 河川管理のためのモニタリング手法の合理化・高度化技術		グリーンレーザ計測	
③ 研究経費 (単位: 万円)		平成23年度	平成24年度	平成25年度	総 合 計
※端数切り捨て。		2,976万円	1,461万円	550万円	4,987万円
④ 研究者氏名					
氏 名		所属・役職 (※平成26年3月18日現在)			
関本 義秀		東京大学生産技術研究所 人間・社会系部門 准教授			
浅沼 市男		東京情報大学 総合情報学部 環境情報学科 教授			
宮作 尚宏		株式会社パスコ 技術統括本部 センシング技術部 部長			
川村 裕		株式会社パスコ 技術統括本部 センシング技術部 画像計測課 係長			
下村 博之		株式会社パスコ コンサルタント事業部 防災技術部 部長			
岡部 貴之		株式会社パスコ コンサルタント事業部 防災技術部 防災一課			
早坂 竜児		株式会社パスコ コンサルタント事業部 環境技術部 環境調査二課 課長			
福富 直		株式会社パスコ コンサルタント事業部 環境技術部 部長			
蒲 恒太郎		株式会社パスコ コンサルタント事業部 環境技術部 環境システム課 課長			
小澤 淳真		株式会社パスコ 研究開発センター 新領域技術開発課 係長			
⑤ 研究の目的・目標					
<p>現在、一級河川（指定区間外）については、航空機からのレーザ計測と定期的な河川縦横断測量（5年間で125億円、年平均25億円程度の事業量）により河川の地形把握を行い、正確な氾濫シミュレーションの実施により水防対策等に活用している。しかしながら、以下の課題がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 現在の航空機からのレーザ計測は、その機器特性のため水面下の状況は把握できない。 ・ 河川縦横断測量では200m間隔の横断測量を5年サイクルで実施するため、増水による変化が激しい水面下の洗掘等の変動把握が困難である。 					

そのため、現状のコストを下げつつ合理化・高度化した河川地形のモニタリング手法の実現が望まれている。現在、水管理・国土保全局では、河川管理のためのモニタリングの合理化・高度化を進めつつ、コスト縮減を図るため、従来の河川縦横断測量に代わる技術開発を推進し、特に広範囲かつ効率的に計測するレーザ計測技術に着目し、検討を進めている。

本研究は、河川以外の分野において国内外の利用実績がある航空機レーザ測深機（Airborne Laser Bathymetry：以下「ALB」という）を用いた地形計測技術をベースとして、ALB が河川縦横断測量の代替手段として活用可能となるための計測手法や、コスト面を考慮した実用化についての検討を行い、河川地形のモニタリング手法の確立を目的とする。

⑥研究成果

本研究は、上述（⑤）の研究の目的・目標に基づき、3カ年度に渡り研究を実施した。

3カ年度に渡る研究全体を勘案した各年度の主な研究計画は、以下の通りである。

平成 23 年度

- ・ 航空レーザ測深機（ALB）の計測技術開発（ALBに関する基礎情報収集・整理等）と ALB による基礎実験（現地調査や実計測）、計測後データの基礎分析

平成 24 年度

- ・ ALB の測深能力に関する研究（光学的特性と水質の相関、拡散消散係数との相関（現地調査含む））および飛行機材による ALB 計測可否判定

平成 25 年度

- ・ ALB の測深能力に関する研究（前年度からの継続）および水質と飛行条件による国内直轄河川の ALB 計測可否判定
- ・ 3カ年の研究成果のとりまとめ

以下に各年度の研究目的と検証結果の詳細を記述する。

平成 23 年度の研究目的

ALB や河川縦横断測量に関わる基礎情報の収集・整理を行った後、具体的な ALB 計測計画を立案した。計測計画に基づいた実証フライトを通じて ALB の精度、品質などを確認するとともに、河川縦横断測量の代替手段として ALB の活用可否について判断することを目的とした。

従来手法と ALB による計測手法の特徴

従来手法である実測による河川縦横断測量と ALB による計測手法のイメージと各測量手法の比較（概要）を整理した。従来法のイメージは、横断測量の測線間隔 200m を標準として、縦断測量も含めて、実測（GNSS 観測）による作業手法をイメージ化した。（図 1）

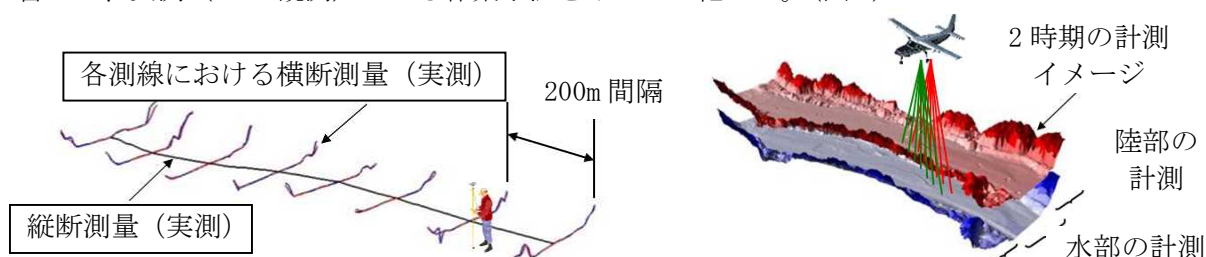


図1 従来法による河川縦横断測量（左）とALBによる計測手法（右）のイメージ図

平成 23 年度の研究による主な研究成果

平成 23 年度の主な研究成果を整理した。

ALB による基礎実験（実証フライト）

基礎情報の収集による結果及び過去の縦横断測量調査資料を勘案して、カナダ国内での ALB 運用経験がある Optech 社（カナダ）による支援のもと、同社の ALB 機材（SHOALS3000）を採用し、同国内にて ALB 検証を行った。カナダ国内にて事前に複数河川での現地調査（計測河川の候補を抽出）を行い、最終的に選定した河川に対する具体的な ALB 計測計画を立案した。

今回採用した ALB 機材 (SHOALS3000) の主な諸元と使用機体および機材の搭載状況は、以下の通りである。

表 1 ALB 機材の主な諸元

機材名称	SHOALS-3000
メーカー	Optech Inc 社製
パルス数	3000Hz
飛行高度	300-400m
測深能力	0-50m(透明度の 2.5 倍)
計測密度	2×2, 3×3, 4×4, 5×5 (m)



図2 KINGAIR_A90A 図3 SHOALS3000搭載状況

ALB計測の結果

カナダ国河川の ALB 計測を実施した結果、ALB 計測成果の品質は、河川縦横断測量としても活用できることが判断できた。以下の図は、同国のコンウォール地区における ALB 計測データから作成した水深段彩図 (空中写真図含む) である。

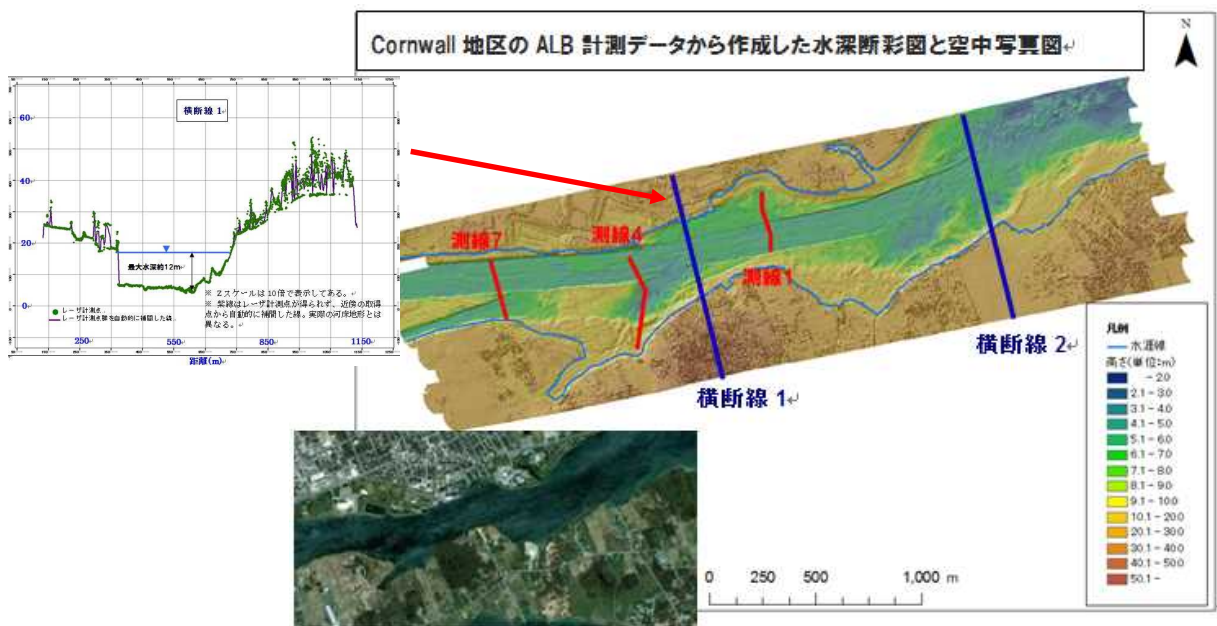


図 4 ALB 計測データから作成した水深段彩図と横断線図の一部

平成 23 年度の間評価と平成 24 年度への検討 (検証継続) 内容

平成 23 年度の ALB 実証フライトにより、対象となる河川の環境条件が良好な場合は、十分な精度を持った水部の標高情報について、面的に情報収集することができることを確認できた。ALB 計測により水部においても陸部と同じように面的な情報収集が可能となることで、その詳細な標高情報を活用して詳細な氾濫解析が可能になると想定される。航空機による地上レーザプロファイラとあわせ、ALB を実用化することで、詳細な標高情報を継続的に取得し、高度な氾濫シミュレーションの実施などによる河川管理の高度化や効率化に寄与できるものとする。しかし課題も残った。一部河川の計測成果からは、透視度より推定される測深深度より浅い範囲で計測データの欠損が発生していた。この結果から、国内河川への適用性を継続して評価する場合、ALB 計測成果に影響を与える要因について詳細分析を行う必要があると判断した。

当初、ALB の測深能力は、透明度の 2 倍を想定していたが、水の色などの水質の要因が測深能力に影響することが明白になった。そこで、国内河川への適用性を判断するために、水中での光の消散に関連した水質調査を行い、河川計測の適用条件を検討する必要があると判断した。

平成 24 年度の研究目的

平成 23 年度の研究結果を踏まえ、水中における緑色レーザの光学的特性等により、その測深能力が左右されることが判明した。緑色レーザの光学的特性は、水質と相関があることが既往の研究成

果（2012 Ocean Sciences Meeting 東京情報大学発表資料）で判明していることから、24年度は国内河川における水質と光学的特性（拡散消散係数）の相関に関する調査・検討を行うことを主目的とした。またALB機材による日本国内における飛行可能数量を算出するため、飛行シミュレーションを合わせて行なった。

平成24年度の研究による主な研究成果

河川における拡散消散係数の把握

現地調査を行う河川の選定に当たっては、全国の河川のうち、水文水質データベースから異なる水質（透視度）を大きく5つにグルーピング化して、各グルーピングの中から代表河川を選定した。最終的に調査対象とした河川は、次の通りである。

北海道（夕張川、釧路川）、東北（最上川）、関東（利根川）、関西（揖保川）、四国（吉野川）、九州（筑後川）の計測に当たり、東京情報大学の協力を得て、同大学が発表した拡散消散係数の算出式（式1）を元に河川における同値の算出を行なった。各河川の傾向として、秋季及び冬季調査時に比べ夏季調査時の数値が高いことが判明した。なお、秋季と冬季では地点によって若干の変動は認められたものの、大きな差は認められなかった。



図5 水質調査（K値観測）



図6 水質調査（採水）



図7 水質調査（分析）

これまでの測定結果を用いて、拡散消散係数と水質の関係式を推定した。また、透視度、クロロフィル-a と拡散消散係数との相関による測深能力への影響について検討した。拡散消散係数は式1で求めるとされていることから、国内代表河川の拡散消散係数(K)、1μm以上の懸濁物質(SS)と1μm未満の懸濁物質(SSa)、有色溶存物質(CDOM)等を調査し、拡散消散係数と水質の相関式を算出した。

$$K = \alpha \cdot A + \beta \cdot (S + SSa) + \gamma \quad (\text{式1})$$

平成24年度に実施した水質調査結果より算出した各パラメータ（相関式）は、以下の通りとなった。

表2 K値相関式値（平成24年度時点）

SS+SSa	水質相関式
2.0未満	$K=0.139A+0.254(S+SSa)+0.033$
2.1以上30.0未満	$K=0.392A+0.030(S+SSa)+0.039$
30.0以上	$K=0.723A+0.017(S+SSa)+2.119$

K：拡散消散係数、 α 、 β 、 γ ：パラメータ（調査結果より算出）

A：CDOMから求められる吸収係数（単位： m^{-1} ）

S：SSから求められる散乱係数（単位：mg/l）

SSa：SSaから求められる散乱係数（単位：mg/l）

出典：2012Ocean Sciences Meeting

（東京情報大学発表資料）

拡散消散係数と測深能力の相関に関する検証

既往ALB成果を用いた関係式の検証

拡散消散係数を算出することにより、式2から対象河川における測深深度を推定することが可能となる。拡散消散係数とALB測深距離の関係は、既往のALB計測成果（海域を対象）から推定されているものである。

$$D_{\max} = n (2 \sim 3 \text{ 程度}) / K \quad (\text{式2}) \quad (D_{\max}: \text{最大測深深度(m)}, K: \text{拡散消散係数}, n: \text{パラメータ})$$

式2を検証するため、過去に海上保安庁が実施したALB計測成果を収集した。計測当時の水質を水文水質データベースから整理し、拡散消散係数を推定した上で、最大測深深度との関係式を検証した。推定式の検証は、次に示すフローで実施し、河川における1/Kに掛かる係数（現状では2~3程度とされている）を推定することとした。

また、海上保安庁が平成24年度夏季に千葉県館山市周辺で実施したALB計測にあわせて、同計測範囲の河川部分について検証を行った。拡散消散係数の把握、光学的特性に影響する水質項目の測定、河床材料の反射率の測定を行い、深淺測量を実施した。

その結果、海上保安庁で行われた館山ALB調査成果と、弊社で行った水質観測結果により次の関係式が得られた。

$$D_{\max} \doteq 3/K \quad (D_{\max}: \text{最大測深深度(m)}, K: \text{拡散消散係数})$$

飛行機材による ALB 計測可否判定

ALB 機材は、固定翼と回転翼の機体に搭載することを想定し、それぞれの特徴を考慮した上で、国内の一級河川（直轄区間）におけるフライトシミュレーションを実施した。その結果から国内の一級河川（直轄区間）に対する ALB 機材による適用可能範囲（飛行可能数量）を算出した。

表3 飛行シミュレーション結果（整備局単位）

整備局	水系数	総延長距離(km)	固定翼		回転翼	
			飛行可能延長(km)		飛行可能延長(km)	
北海道	13	1847.6	346.55	19%	1847.6	100%
東北	12	1321.9	160.97	12%	1321.9	100%
関東	8	1310.9	902.68	69%	1310.9	100%
北陸	12	616.1	89.88	15%	616.1	100%
中部	13	871.6	181.94	21%	871.6	100%
近畿	10	618.6	56.57	9%	618.6	100%
中国	13	736.3	0	0%	736.3	100%
四国	8	287.9	2.52	1%	287.9	100%
九州	20	1175.7	89.74	8%	1175.7	100%
結果	109	8786.6	1830.85	21%	8786.6	100%

平成 24 年度成果の取りまとめ及び平成 25 年度への課題

平成 24 年度の成果により、日本の河川における拡散消散係数や最大測深深度、飛行時の地形制約の条件等、基礎的なデータを収集することができた。平成 25 年度には、代表河川として選定した各河川での春季現地調査を実施することにより、今回分析した各河川の特徴や拡散消散係数と水質の関係、さらには拡散消散係数を算出する際に分類した SS (1 μ m 以上の懸濁物質) +SSa (1 μ m 未満の懸濁物質) と水質相関式を再検証することが可能となる。

また平成 23 年度及び 24 年度の研究成果からの課題を以下に整理した。

・ 光学的特性と水質の相関に関する技術研究から

拡散消散係数と水質相関式について、今後、春季調査の結果を加え、より正確なパラメータの算出および精査を実施する必要がある。

・ 拡散消散係数と水質相関式の検証

拡散消散係数 (K) と測深能力 (Dmax) の関係式検証について、ALB 計測当時の拡散消散係数をできるだけ正確に評価することと検証箇所数を増やして汎用性を増やすことが必要である。

平成 25 年度の研究目的

平成 24 年度までの研究成果を踏まえ、最終年度においては、以下の項目に関する研究を実施し、研究成果のとりまとめを目的として、研究を継続した。

① 拡散消散係数と水質の相関式に関する詳細分析 ② 拡散消散係数と測深能力の相関に関する詳細分析 ③ 河川環境が ALB 計測に与える影響の評価 ④ 水質と飛行条件による国内一級河川（指定区間外）の ALB 計測可否判定 ⑤ 従来手法と ALB 計測のコスト比較

平成 25 年度の研究による主な研究成果およびとりまとめ

拡散消散係数と水質の相関式に関する詳細分析

季節による水質の変化等も考慮し、各河川において秋季、冬季、春季、夏季の 4 回の調査を実施した結果から、K 値相関式を求め、次の式が得られた。

表4 補正を加えて算出したK値相関式値

SS+SSa	水質相関式	備考
40.0未満	$K=0.4680A+0.0051(S+SSa)+0.3318$	高い相関
40.0以上	$K=0.6176A-0.0005(S+SSa)+4.7923$	相関なし

さらに河川特性の整理により、ALB 計測において計測精度が確保できる条件として、次の条件を導いた。

- 河川水の SS+SSa 値は、40mg/L 未満（透視度換算で 20cm 以上が目安）である必要がある。
- フミン酸質など、CDOM の成分が高い場合には、欠測範囲が増加するため、CDOM 成分が少ない季節を選定する必要がある。

拡散消散係数と測深能力の相関に関する詳細分析

ALB 計測の最大測深深度は、日射と波（白波・気泡）の影響により変化することが明らかになった。計測時の日射・波の条件と KD 値（測深深度×拡散消散係数）との関係を表 4 に示す。

表 5 ALB 計測条件と KD 値の関係

分類	KD 値	5 割以上の確率でデータ取得可能な計測条件	備考
ケース 1	2.0 未満	A または B または C	極端な悪条件を除き、確実に ALB 計測によるデータ取得が可能。
ケース 2	2.0 以上 2.5 未満	A または B または C	極端な悪条件を除き、約 7 割で ALB 計測によるデータ取得が可能。
ケース 3	2.5 以上 3.0 未満	A または B	ALB 計測に適していない条件であっても約 5 割で ALB 計測によるデータ取得が可能。
ケース 4	3.0 以上 3.5 未満	A	ALB 計測に適した条件であればデータが取得できる確率は高いと推測される。
ケース 5	3.5 以上	なし	ALB 計測に適した条件であっても、データを取得できる確率は低い。

A：「日射」、「水面の波」が ALB 計測へ与える影響が無い。

B：「日射」、「水面の波」のうち 1 つが ALB 計測へ影響を与える。

C：「日射」、「水面の波」のうち両方が ALB 計測へ影響を与える。

この項目における詳細分析からは、以下の結論を導いた。

- 日射、白波・気泡が無い状態で ALB 計測を行った場合、KD 値 = 3 まで測深可能と推測できる。
- 日射、白波・気泡がある状態でも KD 値 = 2.5 までは、約 8 割の確率で測深が可能。欠測の約 2 割は、波形解析アルゴリズムの改良が進めば取得可能と推測できる。

河川環境が ALB 計測に与える影響の評価

海上保安庁から収集した ALB 計測成果を用いて、K 値以外に ALB 計測可否に影響する水面の乱れや河床材料の反射率等の項目を抽出した。特に過去の研究から ALB 計測の影響が指摘されている白波・気泡、日射の影響について評価を行った。また、ALB 計測に影響が生じる範囲の想定を、河川環境基図に記載されている項目（瀬、淵、河床材料等）を用いて行った。

その結果、ALB のレーザ光検出原理と水中でのレーザ光の減衰から下記の関係式を導出した。

$$\text{河床材料の反射率と最大測深深度の関係式 } D_{\max} = 0.5 \times \ln(500 \times (1 - \rho_s) \times \rho_b / \rho_s) / K$$

(D_{\max} : 最大測深深度 [=水深] (m)、 ρ_b : 河床材料の反射率、 ρ_s : 水面の反射率 (今回は 10%))

また河川環境が ALB 計測に与える影響の評価について、下記の事項が明らかになった。

- 水面の乱れに関する影響（水面の乱れと ALB 計測標高精度には相関は見られない。）
- 白波・気泡の影響（白波や水中に気泡が発生する場所では、データ取得率が低下する。）
- 河床材料の反射率（反射率により ALB 測深深度に影響が生じ、K 値が低い程、影響が大きい。）
- 日射の影響（ALB 計測は日射が少ない方が良い。影響を与えるのは日照時間でなく、日射のエネルギーであり、日射エネルギーの少ない冬季（晴天日）が ALB 計測に有利な場合がある。）
- 河川環境基図より計測に影響が生じる範囲の想定（「淵」、「早瀬」、「ワンド・たまり」から、ALB 計測結果への影響を想定できることが分かった。表 5 参照）

表 6 河川環境基図から読み取れる ALB 計測結果への影響範囲の想定

河川環境基図項目	影響要因	ALB 成果への影響
淵	水深による計測限界	欠測
早瀬	白波や気泡	欠測
ワンド・たまり	水質	欠測

水質と飛行条件による国内一級河川（指定区間外）のALB計測可否判定

水質の観点から国内一級河川（指定区間外）のALB計測可否を判定するとともに、平成24年度研究成果で求めた飛行条件によるALB計測可否判定と組み合わせ、総合的な観点より、国内一級河川（指定区間外）のALB計測可否を判定した。今回の算定で評価対象とした一級河川（指定区間外）の総延長8,918kmのうち、最深河床高データに基づく評価可能区間距離は3,594km（40%）であった。

これに対し、ALBによる測深可能と評価された総延長は1,829km（51%）となった。さらに固定翼による飛行シミュレーション結果からの評価を加えた場合、ALB測深可能延長は185kmとなり、今回の評価可能区間（3,594km）に対してその比率は5%となった。

従来手法とALB計測のコスト比較

コスト比較のケース設定は、以下の4ケースとし、それぞれ水部及び陸部に分けて算出した。

- ①従来の河川縦横断測量にかかるコスト
- ②ALBを利用した場合のコスト(全ての区間を回転翼：ALB計測不可区間はスワス音響測深で補測)
- ③ALBを利用した場合のコスト(全ての区間を固定翼：ALB計測不可区間はスワス音響測深で補測)
- ④ALBを利用した場合のコスト(全ての区間を固定翼+回転翼：ALB計測不可区間はスワス音響測深で補測)

コスト算出用に選定した河川区間における従来法とALB計測の比較結果一覧は表6の通りとなった。

表7 コスト比較結果

積算項目/ 対象河川 計測範囲	利根川 (関東)	最上川 (東北)	揖保川 (近畿)	吉野川 (四国)	筑後川 (九州)	常願寺川 (北陸)
	計測範囲 (59.6km)	計測範囲 (51.2km)	計測範囲 (46.0km)	計測範囲 (28.4km)	計測範囲 (14.4km)	計測範囲 (22.6km)
新手法コスト (万円)	2,612	2,582	2,178	3,328	707	1,460
従来法コスト (万円)	2,023	2,206	2,110	1,840	914	1,102
新手法/従来法	77%	85%	97%	55%	129%	75%

ALB計測のコストは、河川の形状に影響されることが分かった。コストダウンができるケースは、河川幅が広く、且つ、対象区間が直線的である。一方、河川の横断幅が狭く、且つ河川が蛇行している区間が多い河川は、航空機の飛行コース数が増大し、運行費用が膨らむ。ただし、対象区間延長が長くなるにつれALB計測を活用した方が、コスト的にメリットが出る。

河川管理の効率化、高度化に向けた対応（総合評価）

今後もALBのハード面、ソフト面の環境向上により、従来の河川縦横断測量（200m間隔）よりも面的な地形情報が増えるデータ整備を行うことが可能になる。ただし、ALBの計測技術のみで国の一級河川（指定区間外）区間全てを計測することは困難であるので、近赤外による航空レーザ測量、ALB計測、音響測深機によるハイブリッドでの計測が必要となるケースを考慮する必要がある。またALBによる計測可能な条件を勘案した場合、水質条件と飛行条件を両方クリアすることが必要となるが、さらに次に列挙した各項目は、河川のALB計測に適用できる使用機材として留意しておくことが大事である。

- 測深能力（範囲）および測深飛行高度が高く、測点密度が高密度で計測できること。
- KDmax = n値が3.0以上であること。
- 陸上部分の計測用には近赤外レーザを保有し、さらに水部には浅い部分用（Shallow用レーザ）、深い部分用（Deep用レーザ）が備わっている機材であること。
- ALB機材の重量・寸法が小型であること。（飛行機材を選定しやすくなる。）

⑦研究成果の発表状況

2014 Ocean Science Meeting (ポスターセッション) (海洋に関する国際的な研究発表会議)

- ・タイトル:STUDY OF OPTICAL PROPERTIES OF SHALLOW WATER FOR AIRBORNE LASER BATHYMETRY SYSTEM AROUND JAPAN (日本における航空レーザ測深システムのための浅瀬の光学特性の検討)
- ・発表概要:日本周辺の浅瀬の光学的性質について、航空レーザ測深システム(ALB)による水深計測の可能性を評価する研究がなされてきた。水質の光学的特性を示すK値(拡散消散係数)と河川水質(SS、CDOM等)との相関性の検討、K値によるALBの計測限界の検討や計測実施の判断について研究した。
- ・発表代表者:東京情報大学総合情報学部総合情報学科 浅沼市男教授
- ・共同研究者:株式会社パスコ 坂下 裕明、宮作 尚宏、蒲 恒太郎、岡部 貴之、小澤 淳真、川村 裕、星元 啓吾
- ・学術誌への投稿(投稿誌:(写真測量とリモートセンシング学会))

- ・学会名称(一般社団法人 日本写真測量学会) 投稿時期:平成25年2月
- ・タイトル:航空機によるレーザ測深計測可能範囲の推計手法に関する研究
- ・投稿概要:本発表は飛行条件の制約の中で航空機にALB機器を搭載して飛行できる可能性のある河川区域を簡易に抽出する手法を提案するものである。
- ・投稿代表者:東京大学空間情報科学研究センター協力研究員 中村秀至
- ・共同研究者:東京大学空間情報科学研究センター特任准教授 関本義秀、特任准教授 榎山武浩、株式会社パスコ 坂下 裕明、宮作 尚宏、川村 裕

⑧研究成果の社会への情報発信

現時点、対応なし。(平成26年3月18日現在)

⑨表彰、受領歴

現時点なし。(平成26年3月18日現在)

⑩研究の今後の課題・展望等

本研究における今後の課題と展望について以下に整理した。

- ・ALBによる計測可能な点密度について…近赤外レーザと比較すると水部内で得られる計測点密度に限界があることは否めない。しかし近赤外レーザが技術改良されてきた歴史を見れば、ALB(グリーンレーザ)も同じ歴史を辿り、水部内も高密度で計測できる時代が来ると予想される。
- ・水質によるK値推定について…ALB計測の可否は、河川の水質に大きく影響される。将来、ALB計測を全国的に河川測量に適用することを鑑みると、水系単位でK値相関式を構築するなどの詳細な検討を行うことで、計測可否判定の精度向上が期待できる。
- ・浅瀬部分の計測技術と濁度の大きい水質に対して…研究を開始した頃と比較すると水部の浅瀬部分に対する解析技術や波形自体を検知する能力の向上が見受けられる。濁度が大きい水質に対しても、以前より計測可能な範囲は広がっているが、それでもまだ全ての河川をALB機材のみで計測できる状況には至っていない。今後のALBの開発動向として、濁度条件の厳しい水質に対する計測技術は、ハード面およびソフト面(アルゴリズムの開発)の改良により向上していくものと推測される。
- ・ALB以外のデータとの統合(シームレス化)について…河川管理の視点で考えると、陸部および河口周辺からのシームレスな地形データが肝要となる。この場合、各データが保持する位置精度や取得できる点密度との整合が必要になる。現状では、この点に関する規定がないため、明確な統合方法を決められないことが課題である。今後、実データによる比較検証やどのデータを正(または重みを付けて)として、データ補正(統合)を行うか等検討を進めていくことが必要となる。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

本研究により、河川の水質等の条件はあるが、縦横断測量のうち水部においてALBが代替として活用できることが確認できた。本研究成果により、課題は残されたものの、航空機に搭載されたALBやLPを用いた手法を活用することで、河川縦横断測量の代替手段として活用できることが検証された。ALBを活用することで期待できる効果や河川行政への貢献について、以下に示した。

- ・効果①費用:縦横断測量の実施にあたっては、実測による測量が基本であることから、相当数の作業工数が必要であり、河川延長1Kmあたり150万円程度の費用が発生する。一級河川(指定区間外)全体では5年間で120億円程度の費用が必要となっている。ALBを含む航空機センサーの活用により、最大で55%程度の費用となることが確認できた(水質の良好な吉野川の14.8Km~43.2Km)

の 28.4Km での試算)。ただし、豪雨等により堤防が破損し砂礫が流入しているような筑後川下流域では、水質が非常に悪く ALB の特徴であるグリーンレーザ光が河床に届かないため、ALB は適用できないことも確認されている。

・効果②面的な把握：河川区域の陸上部においては、従来から航空機搭載型の近赤外レーザが活用されている。その特徴として、短時間に面的な把握が可能となる点が挙げられる。ALB は、近赤外レーザとは異なる波長域を活用することにより、水部を面的に把握することができる。従来の縦横断測量の成果である 200m に 1 断面を取得することに比べ、約 100 倍の情報量（従来が 200m に 1 断面であり、ALB 成果が 2m に 1 点の成果が得られると想定）が得られる。現在の河川氾濫シミュレーションは、200m に 1 断面の従来の河川縦横断測量成果が用いられているが、本研究成果を活用した新たな氾濫シミュレーション手法の開発が進むことで、豪雨による河床洗掘等を細かく反映したシミュレーション手法が開発され、より詳細な評価が可能となると想定される。

・効果③安全性や迅速性の向上等：水流がある河川に直接作業員が立ち入る実測による調査は、非常に危険を伴うものである。これに対して、航空機による ALB や LP の適用により、より安全でより短期間で情報を収集することができる。

なお、航空機搭載型の ALB センサーは、我が国では海上保安庁が保有し、海部の水路の測量等に活用されているが、河川での運行はできない。本研究成果により、河川の縦横断測量への ALB 活用が計画され、適用範囲が拡大されることで、民間企業による ALB 運行が可能となり、実務に適用されると想定される。