参考資料ー1

港湾におけるICT導入検討委員会

「第2回 港湾分野におけるCIM技術活用検討会 資料（東北地方整備局）抜粋」等

目 次

■ CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■ マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■ 3次元データの標準仕様の検討

目次

国土交通省

- ■ CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討
- ■ マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討
- ■ 3次元データの標準仕様の検討

CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理（1）　報告概要

※資料調査等

➢ メリットの概要

区分	一般的なメリット（共通）	一般的なメリット（個別）	浚渫工で求めるメリット
計画	◆省人化 ◆時短 ◆特に災害時の迅速な対応 ◆精度の向上 ◆安全性の向上 ◆全体最適化 ◆可視化	◆海底地形データベースによる計画策定、シミュレーションへの利活用 ◆港湾構造物の数量算出に活用できる。 ◆i-Con試行工事の契約手続きへの活用	◆従来手法に比べて容易に計画浚渫土量を算出できる。 任意の箇所にて横断図を作成できる。
調査		◆計測時間の短縮、広範囲計測 ◆面的測量による精度の高い数量算出 ◆UAV（写真による視覚的有意性） ◆ナローマルチビーム（視覚的有意性）	◆調査時期ごとの土量計算、差分計算が容易
設計		◆可視化による取合い部、不具合部の容易な確認 ◆適切な3D設計図の作成による数量計算の自動化	◆従来手法に対し、浚渫土量計算が容易
施工 （施工計画・積算を含む）		◆適切な3D設計図の作成による数量計算が自動化 ◆受発注者の書類作成に係るデスクワークの時短効果による拘束時間の短縮と、発注者の現場立会時間の増加による施工品質の向上 ◆出来形測定の省人化・時短による中間払いの促進 ◆可視化による施工精度の向上及び施工の効率化 ◆出来形管理、完成検査における可視化、書類の電子化	◆従来手法に対し、浚渫土量計算が容易 ◆可視化（掘残しを漏れなく確認できる）による手戻りの防止に有効 ◆従来は検査測量（線的）と水路測量（面的）を別々に行っていたが、検査を面的測量にすることにより、これらを統合して工期の短縮に寄与 ◆出来形管理における、浚渫と共同測量の一括発注による作業船等の拘束費の低減
維持管理		◆維持管理データベースの充実 ◆港湾施設の状況を簡易に把握	◆可視化による規定水深に対する現況の把握が容易 ◆データ蓄積による効果的な維持管理計画の立案への活用

CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理（2）　報告概要

※資料調査等

➢ デメリットの概要

区分	一般的なデメリット（共通）	一般的なデメリット（個別）	浚渫工で課題となるデメリット
計画	◆共通データベースのハードに対する初期投資と維持管理費 ◆共通データベースへの入力・データ更新等に要する労力と費用 ◆データ量が膨大になると取り扱いが困難 ◆導入段階における機材、ソフト、人材育成等に関する初期投資 ◆移行期間中には、実施業者間において稼働可能なICTツールの不足が発生する可能性がある。		
調査		◆測量費用が高くなる可能性がある。 ◆ICTツールによる取得データは膨大になるため、データ処理に労力・費用を要する。	◆マルチビームによる取得データは膨大になるため、データ処理に労力・費用を要する。 ◆データの要求精度が厳しいと、データ取得、処理等に労力を要する。 ◆データの要求精度や処理方法、計算方法などの指針等がないと、土量計算に相違が生じる。
設計		◆設計の費用が高くなる可能性がある。	
施工 （施工計画・積算を含む）		◆測量費用が高くなる可能性がある。	◆従来の平均断面法との差異等について分析する必要がある。 ◆UAVやマルチビームでは、現場では数値が出ず、バックヤードでの作業を要するため、従来の直感的な施工状況確認作業は困難である。
維持管理			◆可視化により問題となる箇所の抽出が容易となる一方で、微小な異状についての分析や対応が必要となる。

CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理(3)　報告概要

※資料調査等

➢ 生産性向上に関する定量的な知見 （事例の紹介）

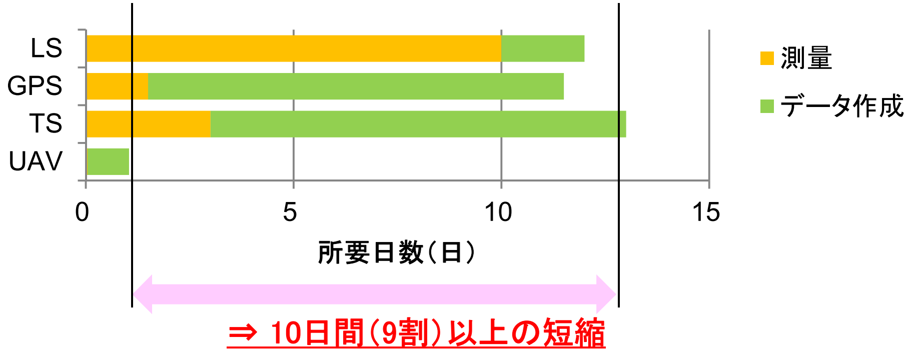
■事例１（ＵＡＶ）

出典：建設通信新聞H28. 8. 24

◇ 盛土工事：敷地面積 2ha の比較的平坦地における測量作業

所要日数

	UAV	TS	GPS	LS
測量	0.04	3	2	10
データ作成	1	10	10	2
合計	1.04	13	12	12



■事例２（ＵＡＶ）

出典：日経コンストラクション（2016. 8. 22），日経BP社

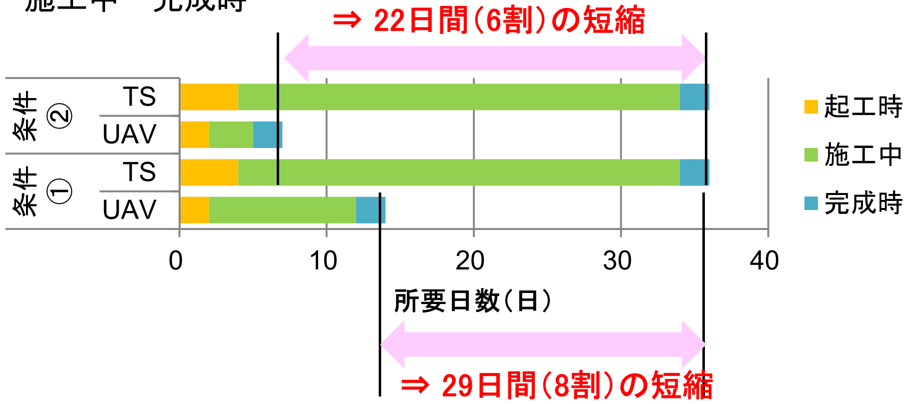
◇ 切土・盛土工事

条件①　延長200m、掘削12, 000㎥　　起工時・施工中・完成時

条件②　延長360m、掘削28, 000㎥　　起工時・施工中・完成時

所要日数

	条件①		条件②	
	UAV	TS	UAV	TS
起工時	2	4	2	4
施工中	10	30	3	30
完成時	2	2	2	2
合計	14	36	7	36



■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理(3)　報告概要

※資料調査等

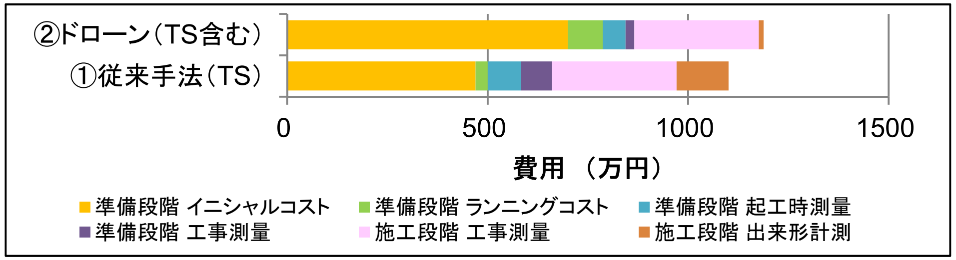
➢ 生産性向上に関する定量的な知見 （事例・試算の紹介）

■事例３（ＵＡＶ） 出典：出典：日経コンストラクション（2016. 8. 22），日経BP社

◇ 5年間のＬＣＣ比較　（切土量3万㎥、法面整形3000㎥　道路新設工事での試算）

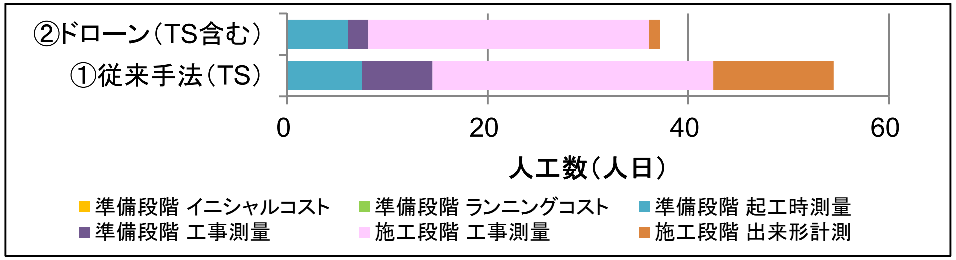
		①従来手法(TS)		②ドローン(TS含む)		費用比②/①	内容
		費用(万円)	人工(人日)	費用(万円)	人工(人日)		
準備段階	イニシャルコスト	470	－	700	－	149%	機器・ソフト購入
	ランニングコスト	30	－	87	－	290%	TSファームアップ、ソフト保守
	起工時測量	83	7.5	57	6.1	69%	測量、データ処理
	工事測量	78	7	22	2	28%	測量、データ処理
施工段階	工事測量	310	28	310	28	100%	測量、データ処理
	出来形計測	130	12	12	1.1	9%	測量、データ処理
合計		1,101	54.5	1,188	37.2	108%	

【費用】



⇒ 費用　87万円増 （108%）
ドローンの初期費用が大きい

【人工数】



⇒ 人工数　17人日減 （68%）

■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理（3）　報告概要

※資料調査等

➢ 生産性向上に関する定量的な知見 （事例・試算の紹介）

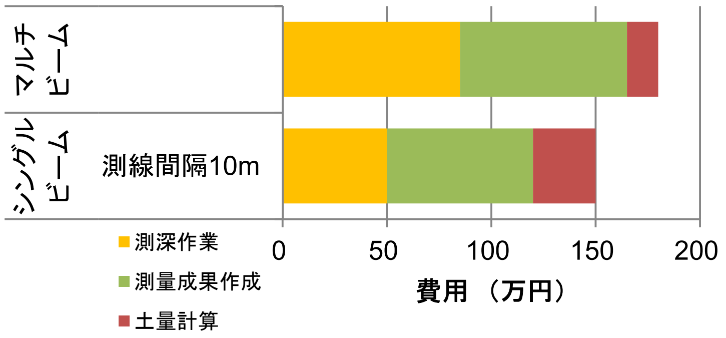
■事例４（ナローマルチビーム）　※港湾土木請負工事積算基準ベースでの試算

◇ 測量範囲：500m×500m　水深：15m
　①シングルビーム　測線間隔10m（線的な測量）
　②ナローマルチビーム　（面的測量）　※海洋調査協会積算資料を適用
　③土量計算　（マルチビームの場合は、3D-CAD或いはGISを使用した場合）（実績）

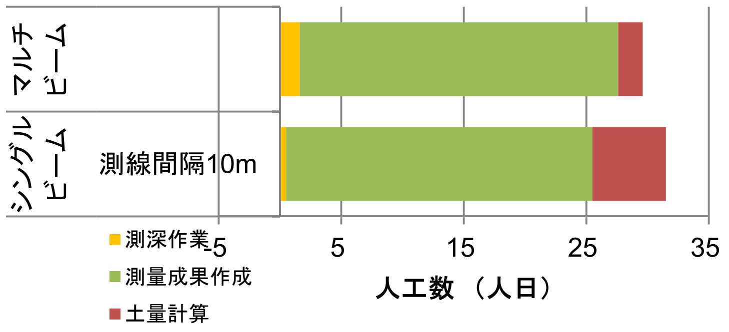
	費用（万円） ※直接費		人工数（人日）		備考
	①シングルビーム 測線間隔10m	②マルチビーム	①シングルビーム 測線間隔10m	②マルチビーム	
測深作業	50	85	0.5	1.6	艤装テスト含む
成果作成	70	80	25	26	
土量計算	30	15	6	2	マルチはICTツール使用
合計	150	180	31.5	29.6	

◇マルチビームによる測量は、費用面ではシングルビームを上回る価格である。
　しかし、詳細な3次元モデルの生成が可能である。
　そして、3次元モデルを使用することにより、浚渫土量計算が容易に行え、人工数の低減が図れる。
　また、任意の位置での断面形状の確認も行える他、視覚的にも非常に有効なデータ取得手段である。

【費用】



【人工数】



⇒ 費用　30万円増

⇒ 人工数　1.9人日減

■CIM技術活用におけるメリット・デメリットの整理(3)　報告概要

※資料調査等

➢ 生産性向上に関する定量的な知見 （事例・試算の紹介）

■事例５（港湾施設被災調査における試算）

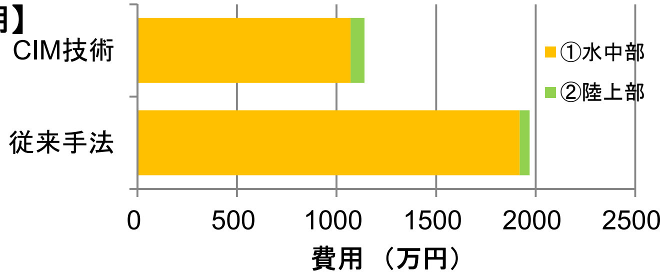
※「H27年度むつ小川原港外港地区防波堤（東）被災状況調査」における試算

◇ 防波堤延長　L＝2, 064m

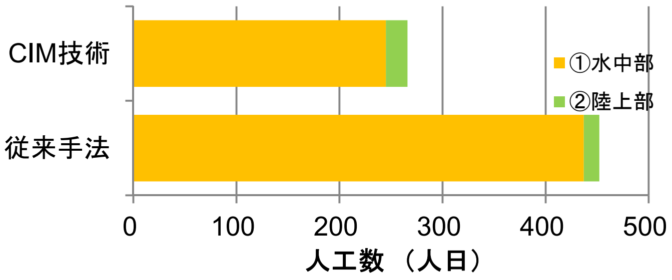
① 従来手法	⇒	陸上測量（TS等）	条件・・・縦断測量2. 06km、横断測量2. 06km
		潜水目視調査	条件・・・約2km（港外1km、港内１km）　ﾏｳﾝﾄﾞ天端約30m幅
		水中測量（シングルビーム）	条件・・・測線間隔10mピッチで周囲100mの範囲
② CIM技術導入	⇒	陸上測量（UAV）	条件・・・撮影距離4, 128m
		潜水目視調査	条件・・・約1km（港外0. 7km、港内0. 3km）　ﾏｳﾝﾄﾞ天端約30m幅
		水中測量（マルチビーム）	条件・・・周囲100mの範囲

	費用(万円)　※直接費						人工数(人日)					
	従来手法			CIM技術			従来手法			CIM技術		
	①シングルビーム	②縦横断測量	③潜水目視調査	④マルチビーム	⑤UAV	⑥潜水目視調査	①シングルビーム	②縦横断測量	③潜水目視調査	④マルチビーム	⑤UAV	⑥潜水目視調査
小計	220	50	1,700	220	70	850	37	15	400	45	21	200
合計	1,970			1,140			452			266		
費用の差	CIM技術　830万円　低減						CIM技術　186人工　低減					

【費用】



【人工数】



◇効果　UAV並びにマルチビームを用いたことにより全体費用の低減・時間短縮が図られた。
・UAV測量による安全面の向上（特に、倒壊部、消波工の横断測量）
・水中部の測量結果の可視化により被災状況確認調査が必要な箇所を抽出できたことによる潜水調査費用の低減
・陸上・水中部の被災箇所を詳しく立体的に表現できる3次元モデル画像による状況報告
・測量後であっても、追加で必要になった任意の横断等データの抽出が可能（従来手法では再現地測量が必要であった）

CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

国土交通省

※ i-Construction の目指すべきもの

（「i-Construction　～建設現場の生産性革命～」 平成28年4月　i-Construction委員会）

(1) 生産性の向上	• ICTの全面的な導入により、仕事の仕方が大きく変わる。建設現場での自動作業や、書類の削減等により効率化が進むと考えられる。
(2) より創造的な業務への転換	• これまで人が行っていた危険の伴う作業や厳しい環境で行う作業などの負担が軽減され、これらの作業に費やしていた時間をより創造的な業務に活用することが可能となる。
(3) 賃金水準の向上	• 生産性向上や仕事量の安定等により、企業の経営環境が改善し、賃金水準が向上する。
(4) 十分な休暇の取得	• 施工時期の平準化が進むことで、年間を通じて計画的に仕事を進めることが可能となる。
(5) 安全性の向上	• 重機周りの作業や高所作業の減少等により、安全性が向上する。
(6) 多様な人材の活用	• 危険の伴う作業や厳しい環境で行う作業も減少することから、建設現場において、若者、女性や高齢者等の多様な人材の活躍が期待される。
(7) 地方創生への貢献	• 地域の建設産業の生産性を向上させ、多くの魅力ある建設現場を実現することにもつながり、地域の活力を取り戻すことに貢献できると考えられる。
(8) 希望がもてる新たな建設現場の実現	• i-Construction の取組を通し、魅力ある建設現場を実現することで、「きつい、危険、給料が安い、休暇が取れない」と表現されることもある現状を大幅に改善し、新たな「給与が良い、休暇がとれる、希望がもてる」建設現場を作り出すことが重要である。

※港湾工事においては、今後、ＩＣＴ機器の普及や、調査・測量から維持管理に至るまで各段階における3次元データの共有等によって、コスト面を含む生産性の向上を図ることができるとともに、ＩＣＴの活用で、深浅測量をはじめとする品質の向上、消波ブロック上等での危険個所での作業の減少、津波災害発生直後での船舶の迅速で安全な入港等といった、多くの効果が期待できる。

国土交通省

■ CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■ マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■ 3次元データの標準仕様の検討

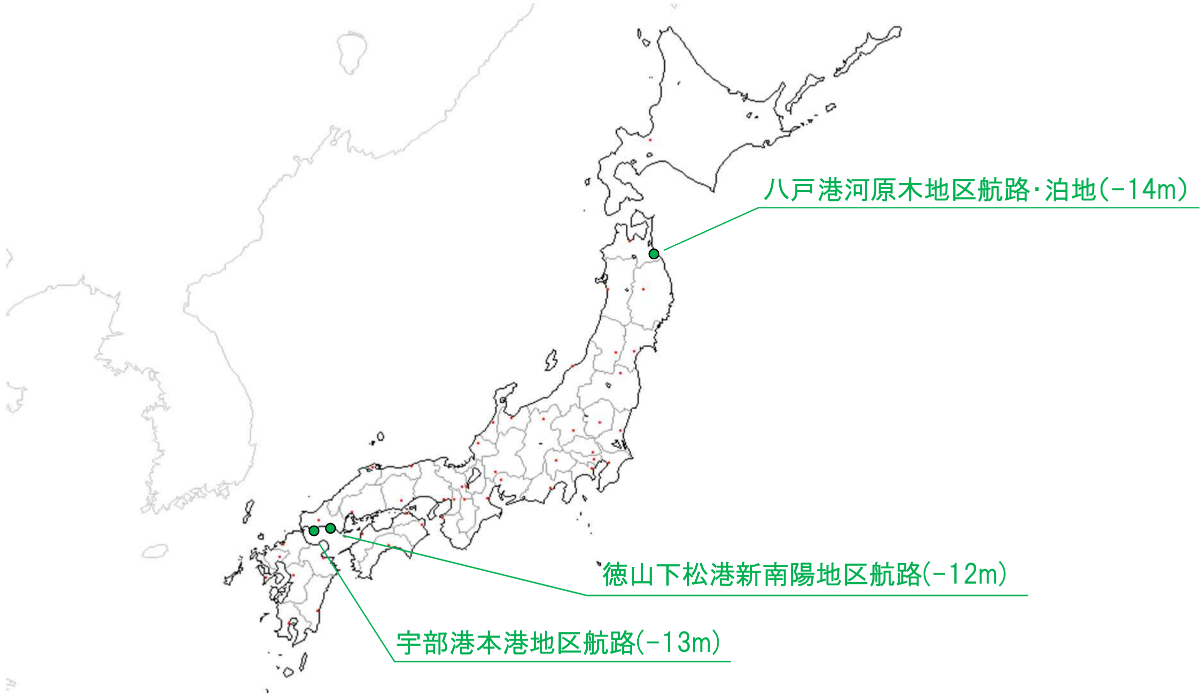
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

国土交通省

■解析データ(浚渫工に係る測量データ)

➢ 解析に用いた測量データの諸元

測量情報	八戸港 河原木地区航路・泊地(-14m)		徳山下松港 新南陽地区航路(-12m)		宇部港 本港地区航路(-13m)	
規定水深	-14m(浚渫水深-15m)		-12m		-13m	
浚渫面積(㎡)	約4.7万		約26.0万		約8.4万	
浚渫土量(㎥)	約12万		約17.4万		約16.5万	
測量時期	事前	事後	事前	事後	事前	事後
使用機器	Seabat8125	Sonic2024	Sonic2024	Seabat8125	Sonic2024	Sonic2024
測量年月日	平成28年6月22日	平成28年10月4日	平成28年7月1日	平成28年9月17日	平成28年6月30日	平成28年9月10日
データ提供	国土交通省 東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所		国土交通省 中国地方整備局		国土交通省 中国地方整備局	



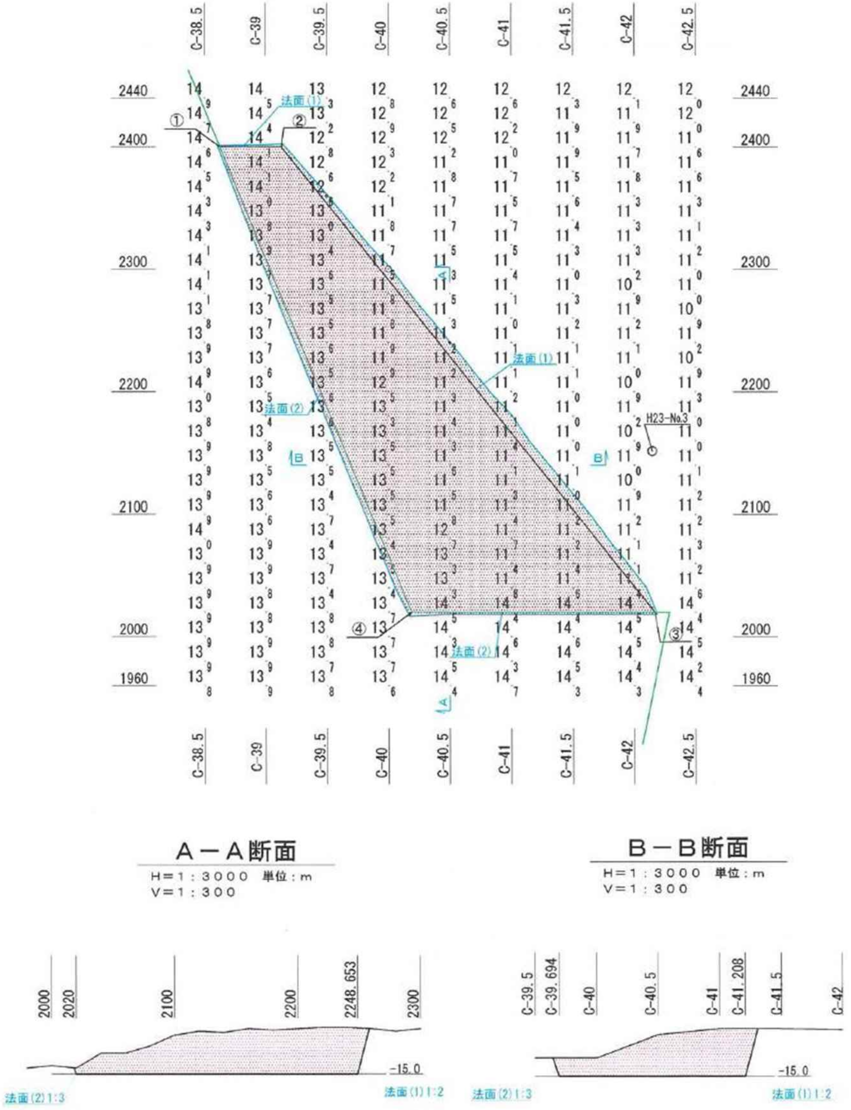
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■解析データ（浚渫工に係る測量データ）

➢ 解析対象工事概要①

工事名	八戸港河原木地区航路・泊地(−14m)浚渫工事
工　期	平成28年5月27日～平成28年11月30日
発注者	国土交通省 東北地方整備局 八戸港湾・空港整備事務所
受注者	みらい建設工業株式会社

工　種	名　　称	工事内容：工事仕様	工事内容：数量	参考数量
浚　渫　工				
	土砂浚渫	【航路・泊地−14m】	47,195 ㎡	土 量　121,643m³
		浚渫水深　−15.0m		(内訳)
		土質　砂質土　N値＝10～20		砂質土　119,474m³
		土質　粘性土　N値＝0		粘性土　2,169m³
		法勾配　1:2、1:3		
土　捨　工				
	零号設置・管理・撤去		1　式	浮上零号・立上がり零号
	受枠設置・管理・撤去	H=0m 級	1　式	
	排砂管設置・管理・撤去		1　式	
付　帯　工				
	余水吐設置・管理		1　式	
	汚濁防止膜設置・管理・撤去		1　式	
探　査　工				
	磁気探査		58,363 ㎡	
	潜水探査		56,100 ㎡	(概)磁気異常点数　94地点
	確認探査		56,100 ㎡	(概算数量)
調査・測量				
	水質調査		1　式	
	水深測量		1　式	測深面積　0.09km2
	水路測量		1　式	測深面積　0.09km2



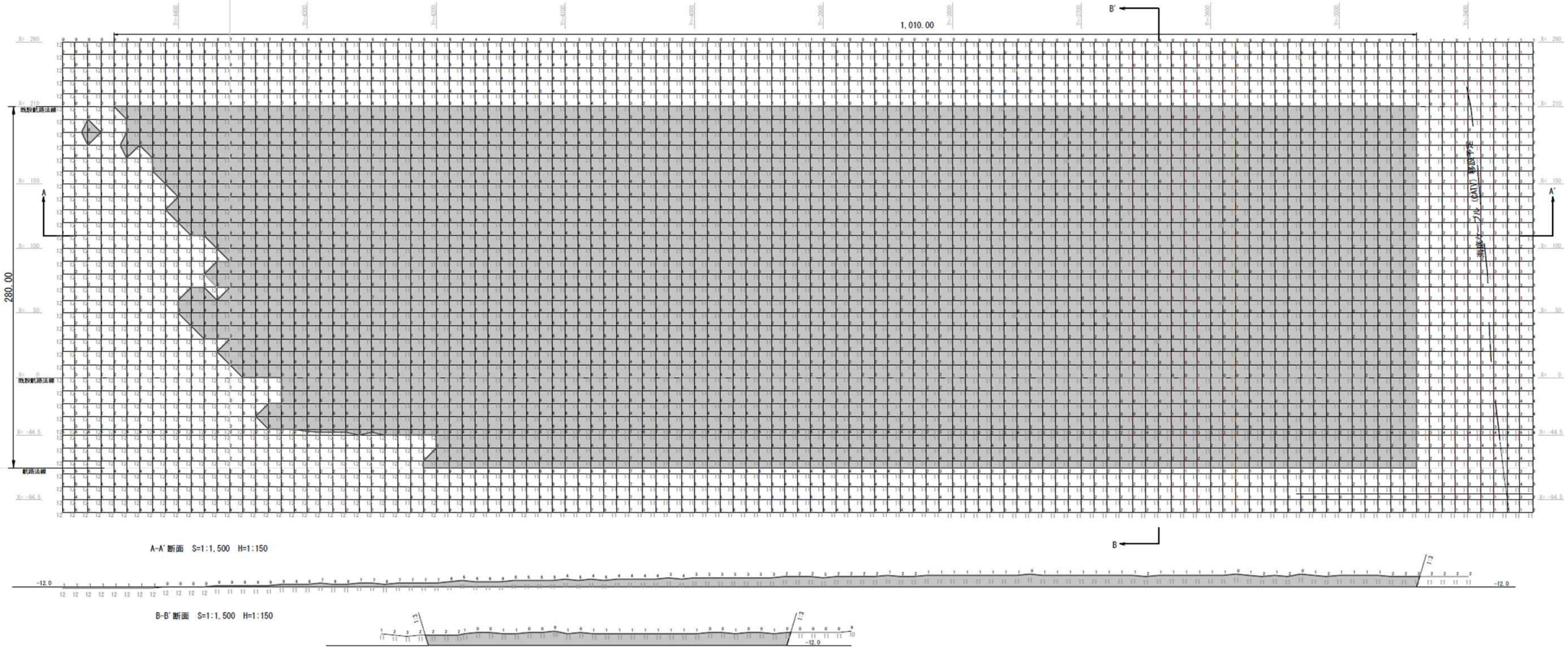
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■解析データ（浚渫工に係る測量データ）

➢ 解析対象工事概要②

工事名	徳山下松港新南陽地区航路(-12m)浚渫工事
工　期	平成28年5月26日～平成28年10月20日
発注者	国土交通省 中国地方整備局
受注者	五洋・井森特定建設工事共同企業体

工 種 名 称	規格・形状寸法	単位	数 量	参考数量	摘 要
航路(-12m)					
浚渫工					
浚渫	計画水深 -12.0m 法面勾配 1:3	m2	260,006	土量 174,063m3 (内 訳) 粘性土 174,063m3	純土量
土捨工					
土運船運搬		式	1	土量 174,063m3	純土量
揚土土捨		式	1	土量 174,063m3	純土量

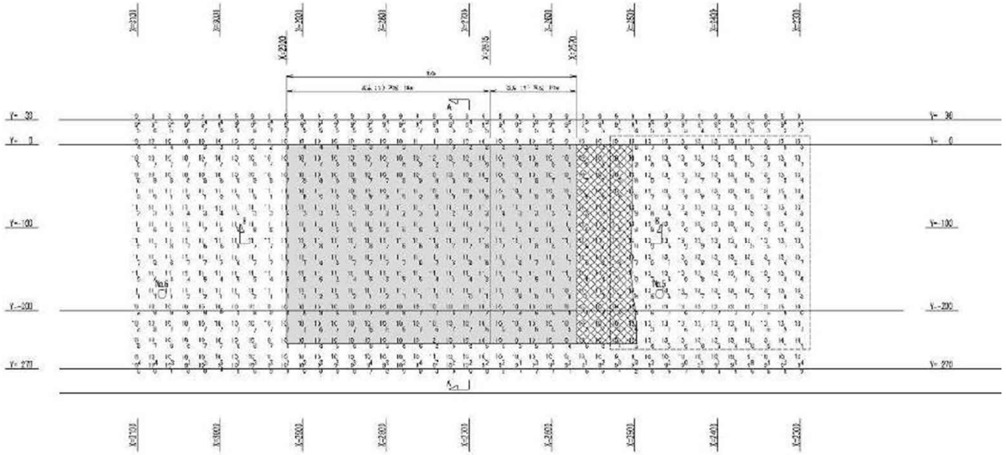


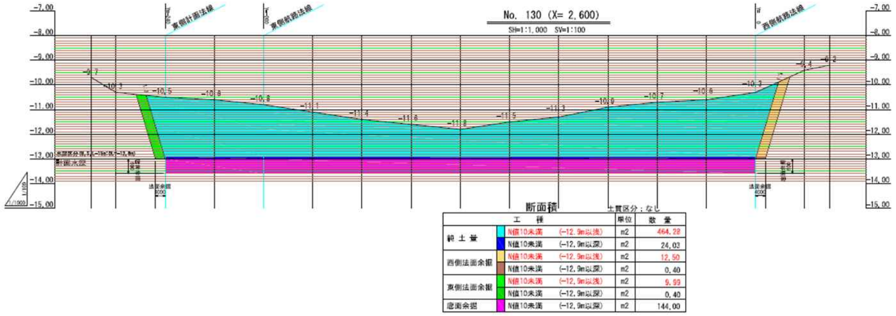
■解析データ（浚渫工に係る測量データ）

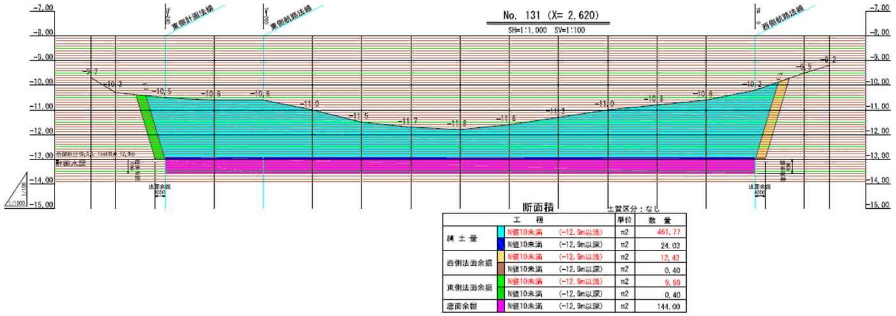
➢ 解析対象工事概要③

工事名	宇部港本港地区航路(-13m)浚渫工事
工　期	平成28年6月3日～平成28年10月31日
発注者	国土交通省　中国地方整備局
受注者	五洋・不動テトラ特定建設工事共同企業体

工　種　名　称	規　格	単位	数　量	参 考 数 量	摘　要
航路(−13m)					
浚渫工					
浚渫	計画水深 −13m 法面勾配1:3	㎡	84,000	165,060m3 (内訳) 粘性土 165,060m3	純土量
土捨工					
零号設置・管理・撤去		式	1	1組	
受枠設置・管理・撤去（1）	H=0m	式	1	789m	
受枠設置・管理・撤去（2）	H=0.9m	式	1	789m	
排砂管設置・管理・撤去		式	1	1,704m	
土運船運搬（1）		式	1	46,474m3	純土量
土運船運搬（2）		式	1	118,586m3	〃
揚土土捨		式	1	46,474m3	〃







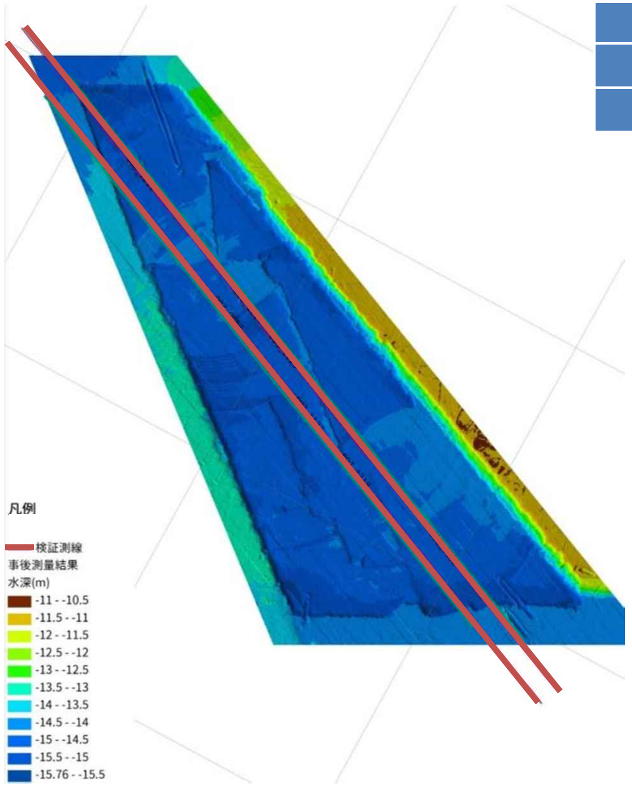
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

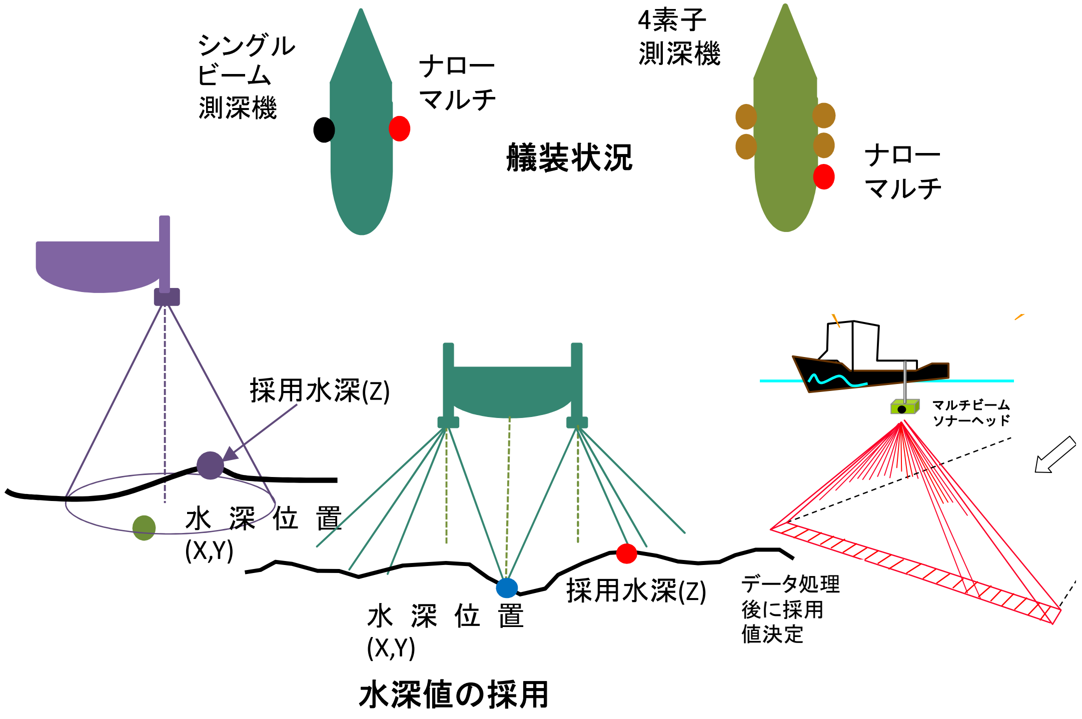
■測深精度の検討（マルチビーム、シングルビーム、多素子測深機による比較）

➢ 各測深機によるデータ取得方法

・マルチビームとシングルビーム測深機及びマルチビームと4素子測深機を同一の測量船に下図の様に艤装し設定した測線の往復によるデータ取得とした。（【実施場所】八戸港での浚渫後区域　【測深延長】往復約１km）

機器種別	名称	指向角	周波数	動揺補正機能
シングルビーム	PDR-1300	6°	200kHz	無
4素子測深機	PDR-8000	16°、6°	170kHz	無
マルチビーム	Sonic2024	0.5°×1.0°	400kHz	有





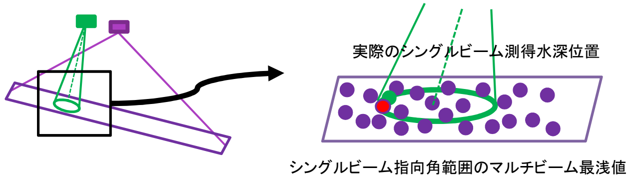
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■測深精度の比較（マルチビーム、シングルビーム、多素子測深機による比較）

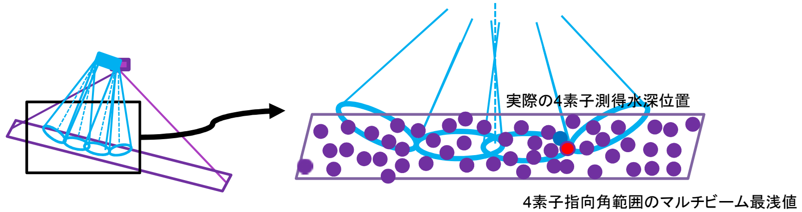
➢ 取得データの比較【八戸港における実証結果】

・シングルビームとマルチビームは、ほぼ同様の水深値が得られる。
・データ処理の特徴から、4素子とマルチビームとの水深値に違いが生じる。その違いは、地形勾配の大きい箇所でより明確である。
・測深機の特性に合わせてマルチビームデータを抽出すると近似地形となる。
・マルチビームは、水深を面的で密に把握できることで局所的な測深漏れがなくなる。測深成果（海図等）の品質が向上し、船舶航行の安全性が向上する。

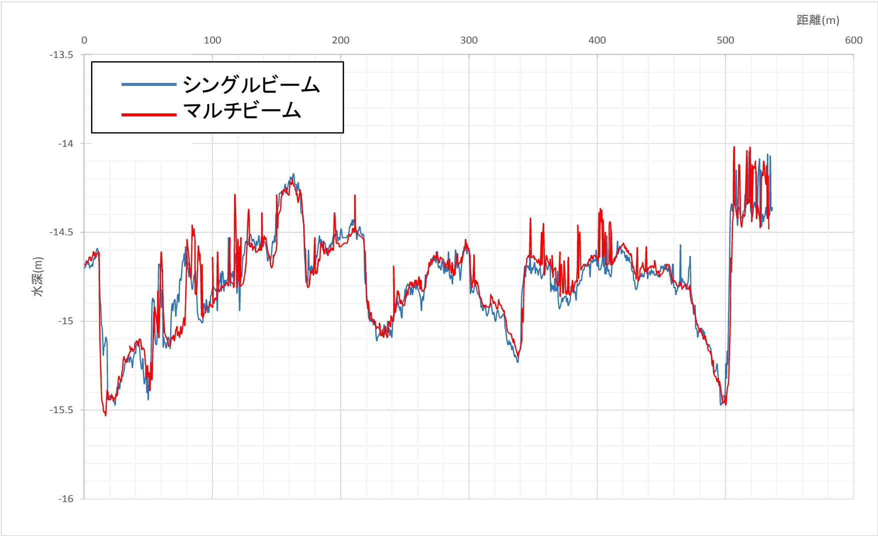
※シングルビームにおける実際の水深位置とマルチビームデータの抽出



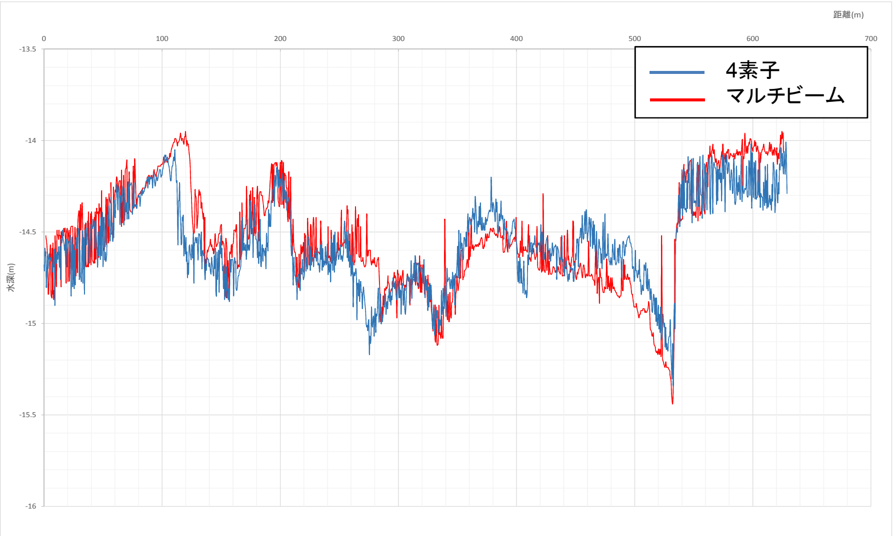
※4素子測深機における実際の水深位置とマルチビームデータの抽出



a. マルチビーム測深機とシングルビーム測深機の水深比較



b. マルチビーム測深機と4素子測深機の水深比較

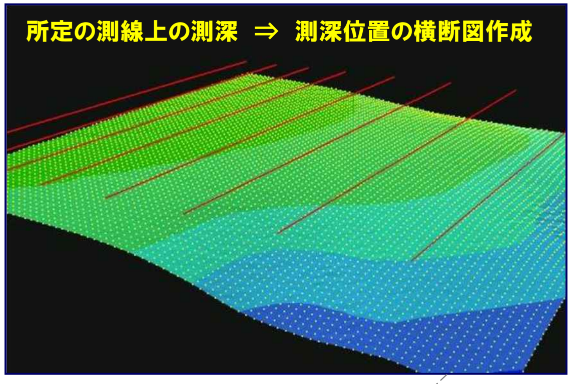


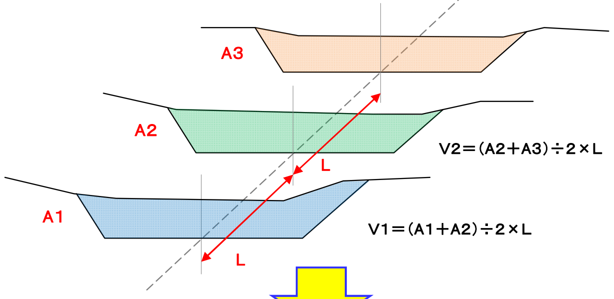
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■土量計算手法の検討（平均断面法とTIN法による土量計算の比較）

➢ 土量計算手法のイメージ

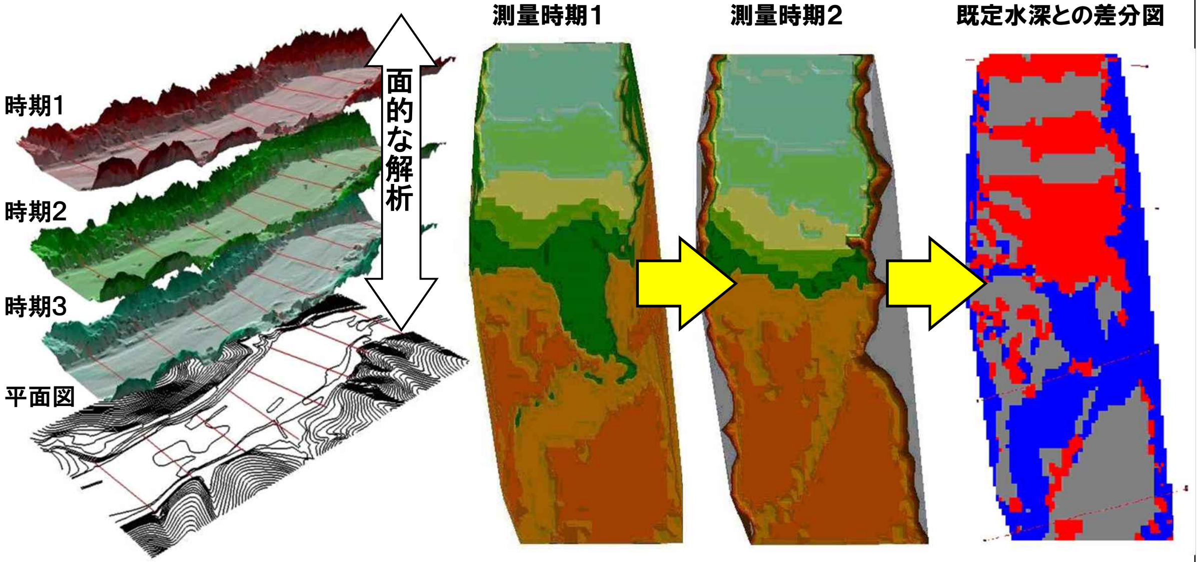
■ 従来手法 【平均断面法】





- 測線間の地形は反映されない。
- エリア内の正確な変化土量（浚渫土量）が算出できない可能性がある。

■ 3次元モデルによる面的な解析手法【TIN法】 ※イメージ



- エリア内の正確な変化土量（浚渫土量）算出
- 掘り残し部分の明確化 → 効率的・正確な施工に寄与

■ 従来手法との比較検討

➢ 平均断面法による土量計算
➢ TIN法による土量計算

<u>面的3次元データによる解析の有効性を確認する。</u>

■土量計算手法の検討（平均断面法とTIN法による土量計算の比較）

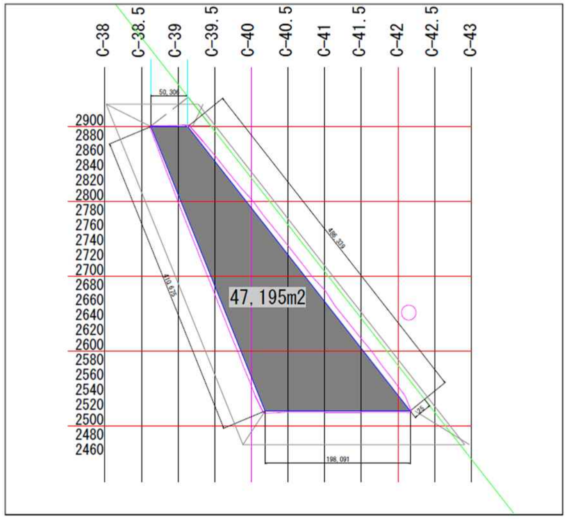
➢ 八戸港 事前測量における実証結果

発注資料による土量と事前測量による1素子データを用いた土量の比較では（いずれも平均断面法）、事前測量データで1,791m³少ない。1素子データを用いた平均断面法に比べてTIN法では501m³と差は極めて小さいが、N値区分境界の上下層で算出結果の傾向が異なる。

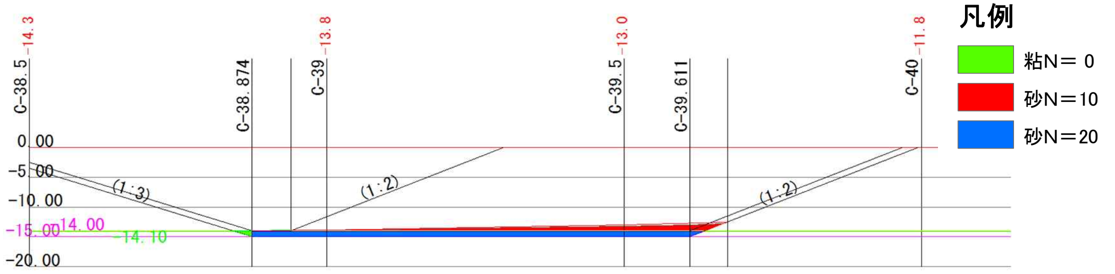
■解析内容
(1) 解析の概要； 従来の『平均断面法』とより正確な3次元地形モデルを用いた『TIN法』による土量計算の結果比較
(2) 地形データ； 八戸港「八太郎・河原木地区航路泊地（埋没）浚渫外工事」における事前測量
(3) 計算手法； ①平均断面法（発注資料） ②平均断面法（1素子データから断面を抽出） ③TIN法

※1 ②③は事前測量データ（ナローマルチビーム）を使用
※2 平均断面の横断線は、使用している座標原点が異なるため、抽出断面線が若干異なっている可能性がある。

■ 平均断面法による土量計算



平均断面方法による計算に用いた測線



1素子データより作成した断面図例（平均断面法）

（参考）事前測量結果からの平均断面法による計算結果（発注資料－1素子データ）比較

	①平均断面法（発注資料）	②平均断面法（1素子データより横断測線作成）	③TIN法（3次元モデル）	差：③-② 比：（③-②）/③	
純土量 砂 N=0,N=10	79,503	80,978	82,566	1,588	-
純土量 砂N=20	42,140	42,456	41,369	-1,087	-
合計	121,643	123,434	123,935	501	0.4%

マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

国土交通省

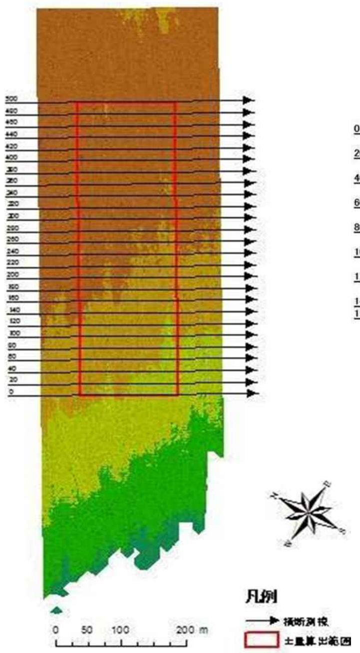
■土量計算手法の検討（平均断面法とTIN法による土量計算の比較）

➢ 宇部港・徳山港における実証結果

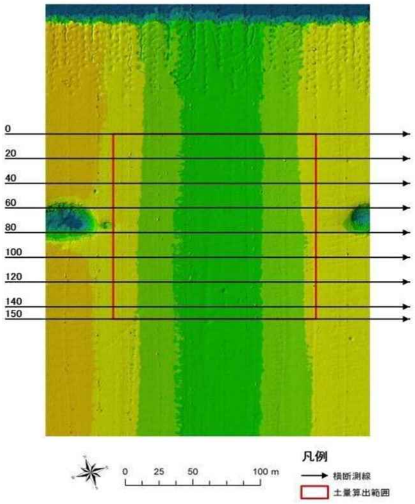
■土量算出方法　　※ 下図の計算範囲内での算定（□：計算範囲）　事前測量結果
② 平均断面法による算出　　*事前測量結果（3次元モデル）より断面を抽出
③ TIN法による算出

■土量算出と横断測線位置

【徳山下松港】



【宇部港】



■土量算出結果

港名	計算範囲	土量（㎥）			
	面積（㎡）	②平均断面法	③TIN法	差：③−② 比：（③−②）/③	
宇部港	22,500	14,561	14,922	361	2.4%
徳山下松港	75,000	55,264	55,386	121	0.2%

八戸港と同様に、緩やかな傾斜のある単純地形であるため、平均断面法とTIN法の差異は2%程度と小さい。

平均断面法は断面の位置によって算出誤差が大きくなるが、３次元（TIN法等）で算出することで、より正確で合理的な算出が可能になる

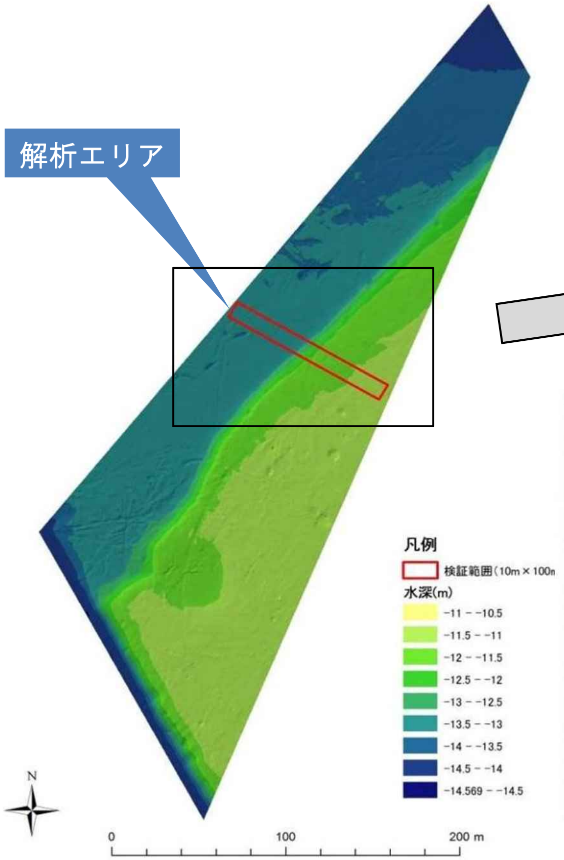
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

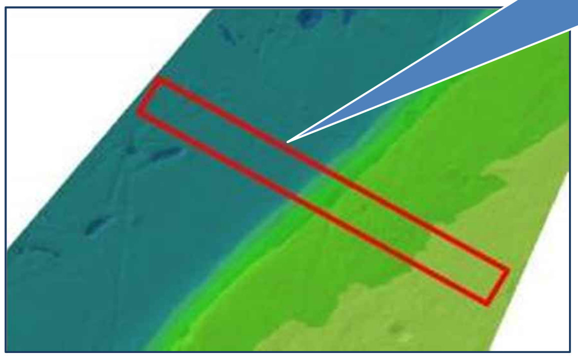
■マルチビームの平面格子内におけるデータ点密度の把握

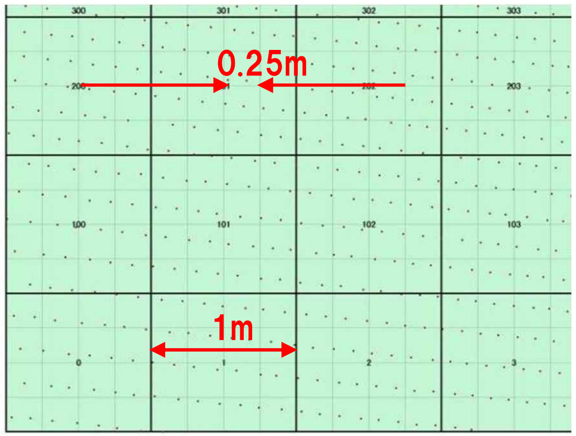
➢ 八戸港　事前測量における実証結果

■解析内容【八戸港】　平面格子内のデータ点密度の把握
　・格子サイズ　⇒　<u>① 0.1m　② 0.25m　③ 0.5m　④ 1m</u>　の4区分
　・各格子サイズ内の<u>データ数の算出</u>、<u>頻度</u>の把握
　　※ラップしたデータは除く

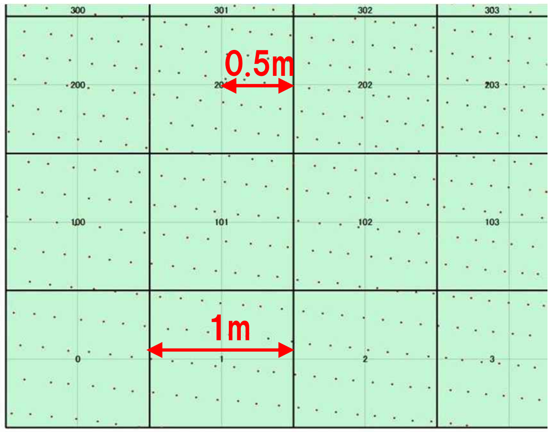
解析エリアを格子サイズ毎（4区分）に細分化し、格子内に含まれるデータ数を解析
⇒　点密度の把握







■ 格子サイズ0.25m内の測得データ（表示例）



■ 格子サイズ0.5m内の測得データ（表示例）

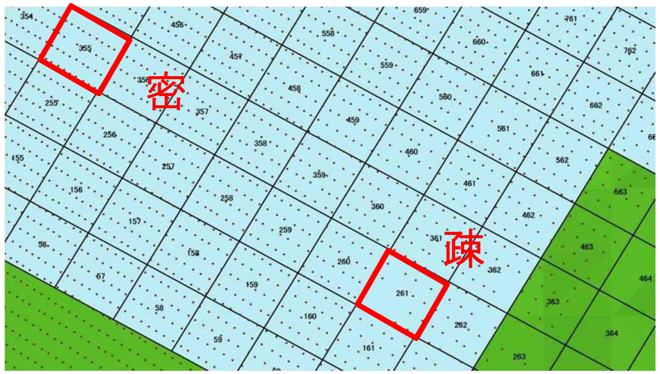
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■マルチビームの平面格子内におけるデータ点密度の把握

➢ 八戸港 事前測量における実証結果

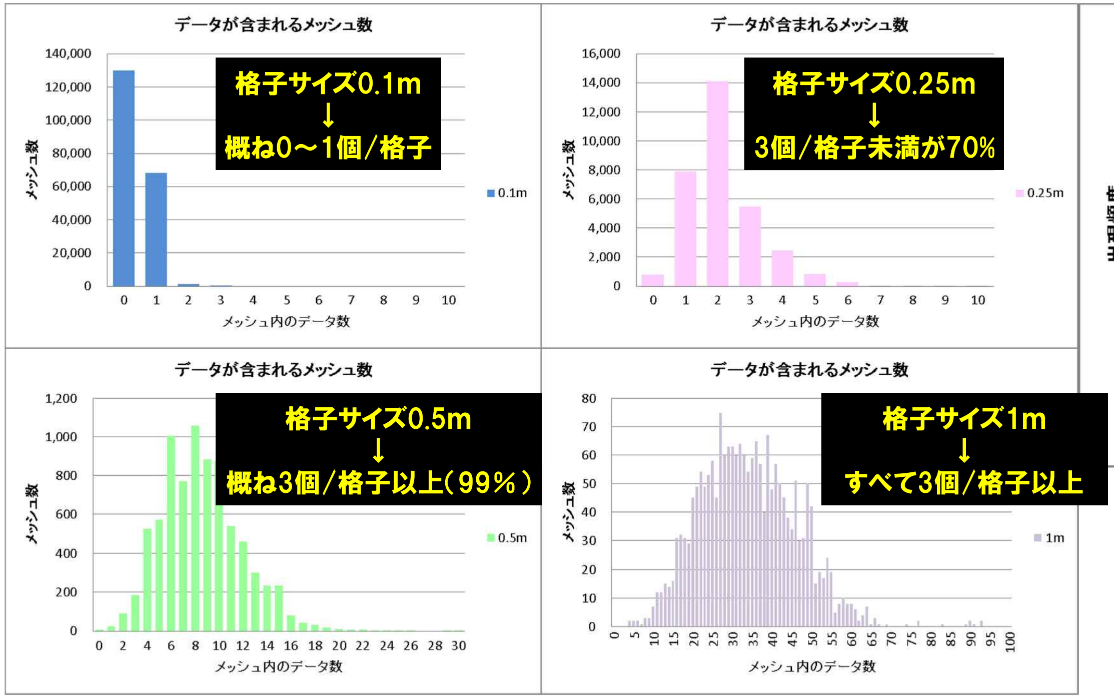
■解析結果（データ密度の特徴）【八戸港】
- 格子サイズ0.1mでは、データがない場合がほとんど
- 格子サイズ0.25mでは、3個/格子未満が70%
- 格子サイズ0.5m以上では、概ね3個/格子以上

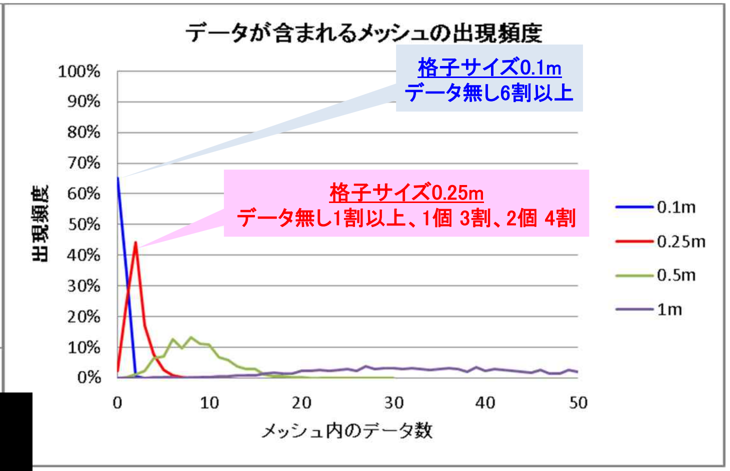
■考察（データ密度の違いの要因）【八戸港】
- 船速（船速大 → 密度小）、深度（深度大 → 密度小）
- ノイズ量（ノイズ大 → 密度小）
- オーバーラップ（※本解析はラップしないデータを使用）
- 地形（傾斜、構造物による陰部）



■測得データの密度（図は格子サイズ1m）

【八戸港】





マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

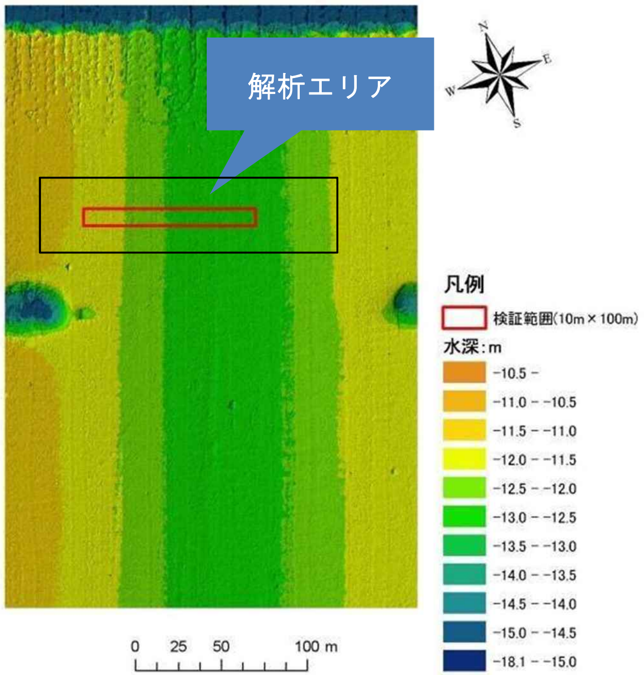
■マルチビームの平面格子内におけるデータ点密度の把握

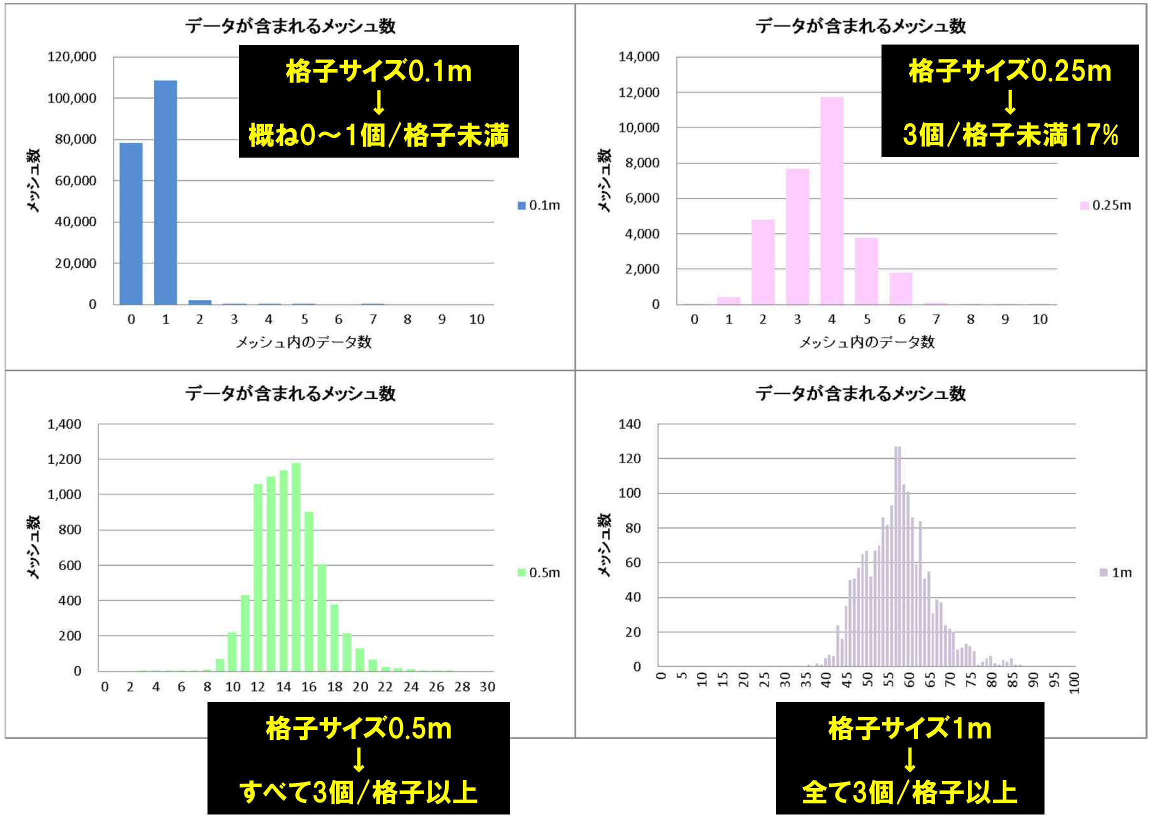
➢ 宇部港 事前測量における実証結果

■解析結果（データ密度の特徴）【宇部港】
・格子サイズ0.1mでは、データがないか、1個の場合がほとんど
・格子サイズ0.25mでは、3個/格子未満が17%
・格子サイズ0.5m以上では、全て3個/格子以上

【宇部港】

※解析内容は、八戸港と同様に格子内の
データ点密度の把握



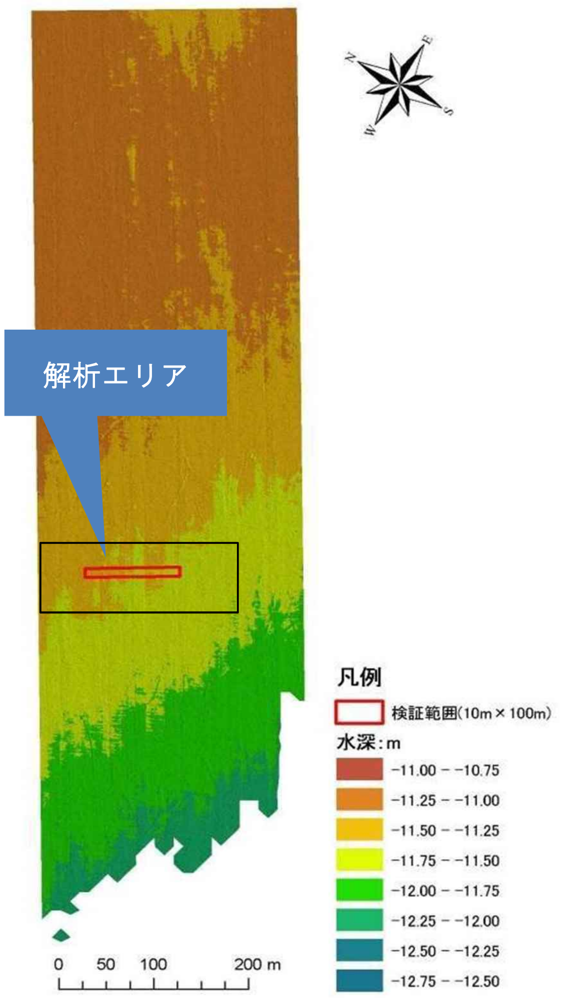


マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■マルチビームの平面格子内におけるデータ点密度の把握

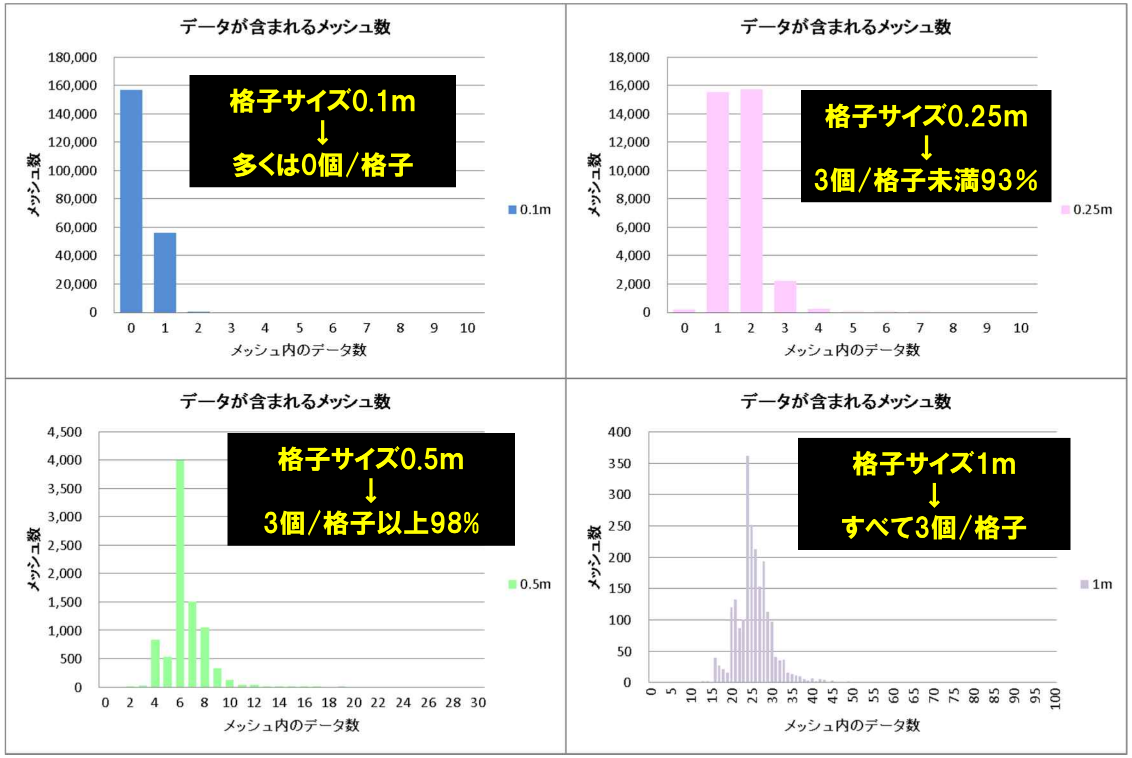
➢ 徳山下松港 事前測量における実証結果

【徳山下松港】



■解析結果（データ密度の特徴）【徳山下松港】

・格子サイズ0.1mでは、データがない場合がほとんど。
・格子サイズ0.25mでは、3個/格子未満93%
・格子サイズ0.5m以上では、概ね3個/格子以上



マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

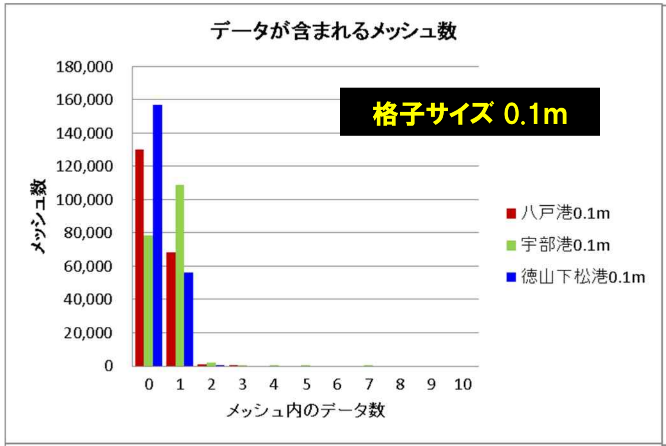
■マルチビームの平面格子内におけるデータ点密度の把握

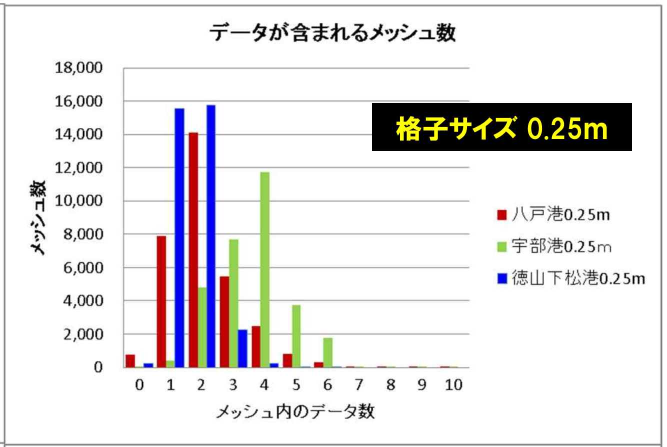
➢　３港の事前測量における実証結果

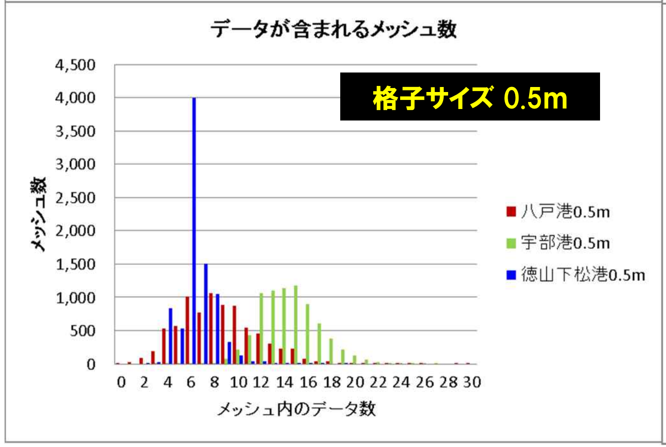
■解析結果【３港：八戸港、宇部港、徳山下松港】

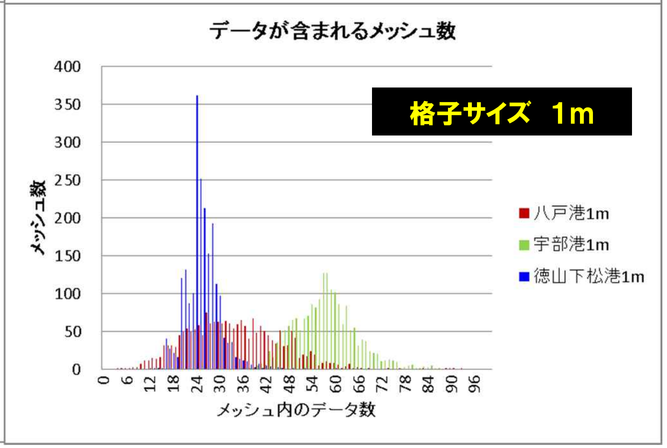
水深15m程度の海域における1回の測定（ラップなしの1測線のみの測定）では、格子サイズ0.1～0.25mでは点密度が非常に小さく、0個の場合もある。

一方、格子サイズ0.5m以上においては、格子内に3個以上（数個～数10個）のデータが存在している。









工事場所による点密度分布の違い

⇒どの場所も水深が12～13m程度とほぼ同等なことから、※船速や発信回数等の測定諸元による差異であると推察される。

※船速小　→　点密度大
　発信回数大　→　点密度大

マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■マルチビームデータの採用水深値の検討(土量計算用)

➢ 解析の内容

現地測量測得データ

↓

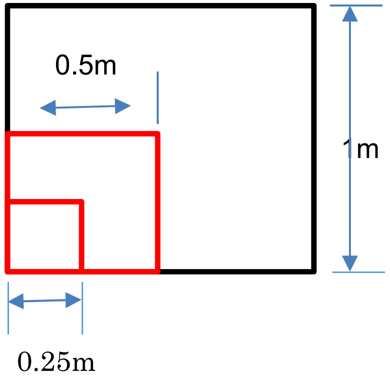
潮位補正・動揺補正・位置補正・ノイズ等除去
(除去対象:音響的・電気的ノイズ、浮遊物、魚影、泡、海草、他)

↓

採用水深値

↓

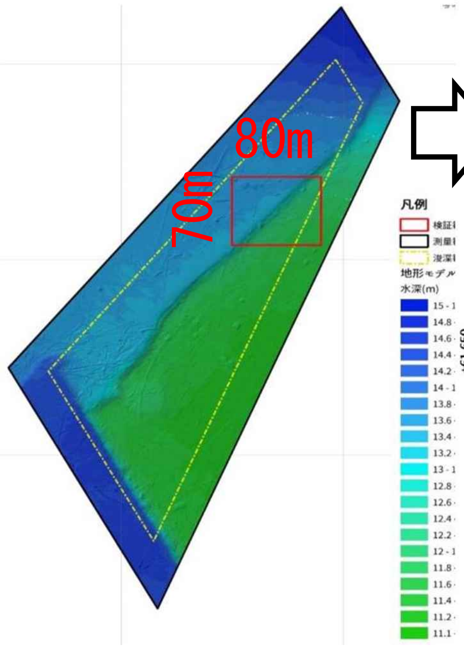
土量算定用水深値
①全データ
②平面格子0.5m×0.5m
③平面格子0.25m×0.25m

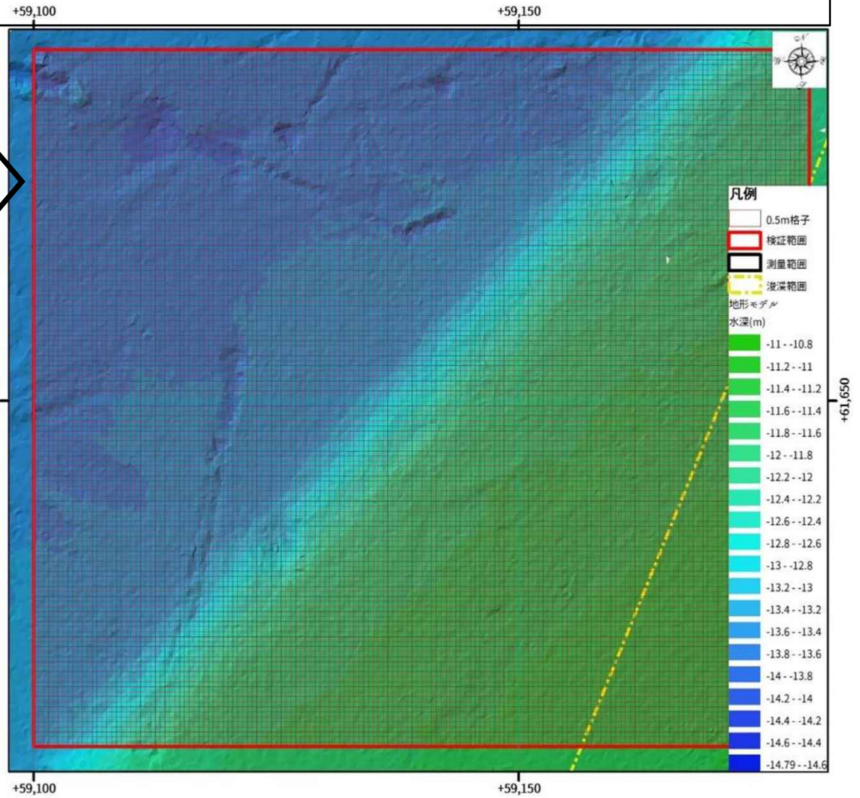


■解析内容　土量計算に用いる採用水深値の検討【八戸港 事前測量結果より】

(1)平面格子内でのデータ抽出
(2)平面格子内抽出データの違い
(3)対象データでの土量算出

①全データ数;413,102個、②0.5m平面格子;22,400個、③0.25m平面格子;89,523個(全格子数89,600のうちデータが存在しない格子を除く)を対象に整理





国土交通省

■マルチビームデータの採用水深値の検討（土量計算用）

➢ 解析①（平面格子内でのデータ抽出）

■解析結果①（平面格子内でのデータ抽出）
・格子内の平均的な高さ方向のばらつき（最浅値と最深値の平均差）は、格子サイズ0.25mで約5cm、格子サイズ0.50mで約9cmであり、その差は約4cm程度である。
・地形変化（顕著な勾配）のある場所では、格子内でのばらつきが大きくなる。

※注）海底面に顕著な勾配がある場合には、格子内での最深値と最浅値に差が生じ、格子サイズが大きい場合には数値の取り扱いを慎重にする必要がある。急勾配の範囲が広い場合には土量計算結果に差が生じる可能性がある。

■解析内容①（平面格子内でのデータ抽出）

土量算定用水深値より格子内データの抽出は以下の考え方がある。
・平均値　格子内水深値の単純平均（格子中心位置とする）
・**中央値**　格子内全データの中央値（測得位置情報含む）
・**最浅値**　格子内全データの最浅値（測得位置情報含む）
　⇒【水路測量（海上保安部）で採用する値】
・**最深値**　格子内全データの最深値（測得位置情報含む）
・最頻値　格子内全データの最頻値（格子中心位置とする）

⇒

検討対象値
・**中央値**
・**最浅値**
・最深値
（注：最深値は格子内誤差の判断数値）

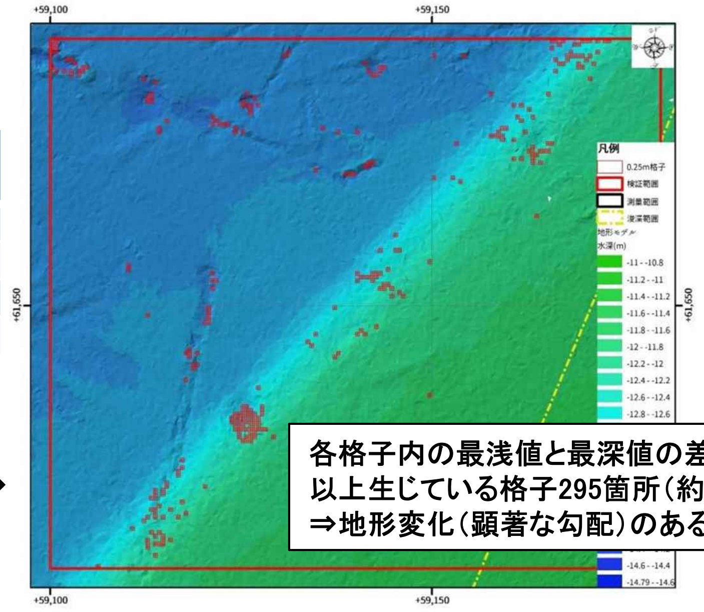
格子内のデータ数と対象範囲での**水深値の最小・最大値**

格子サイズ	水深種別	データ数	最小値 (DL-m)	最大値 (DL-m)	格子サイズでの差(m) (最大値 0.25m-0.50m)
0.25m	最浅値	88,960	11.33	13.75	+0.05
	中央値	88,960	11.35	13.79	+0.02
0.50m	最浅値	22,240	11.33	13.70	―
	中央値	22,240	11.36	13.77	―

各格子内の**最浅値と最深値の差**（ばらつき）の最小値及び最大値

格子サイズ	データ数	最小差 (m)	最大差 (m)	平均差
0.25m	171,723	0	0.39	0.051908
0.50m	44,474	0.01	0.40	0.086751

⇒



各格子内の最浅値と最深値の差が0.2m以上生じている格子295箇所（約1.3%）
⇒地形変化（顕著な勾配）のある箇所

■マルチビームデータの採用水深値の検討（土量計算用）

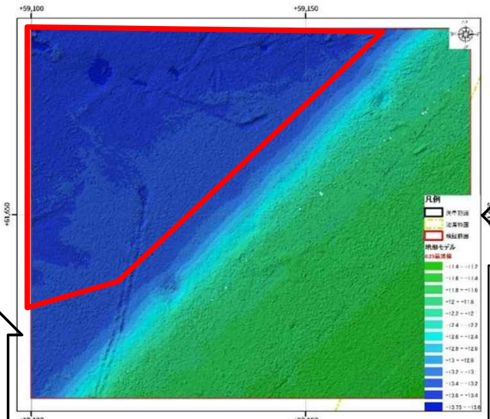
➢ 解析②（平面格子内抽出データでの違い）

■解析結果②（平面格子内抽出データでの違い）

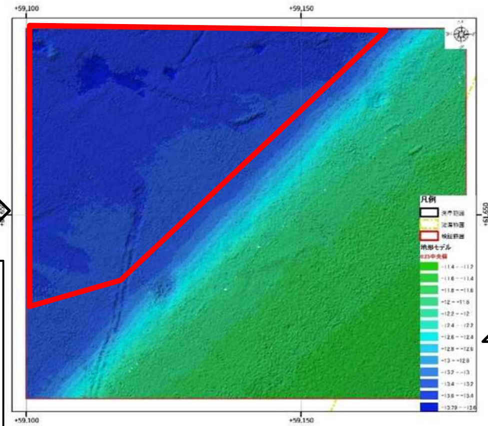
・地形が平坦でもあることから、水深別の平面図で比較した場合では、格子サイズや「最浅値」・「中央値」の各水深値による顕著な違いは無い。

■解析内容②（平面格子内抽出データでの違い）

0.25m平面格子　最浅値



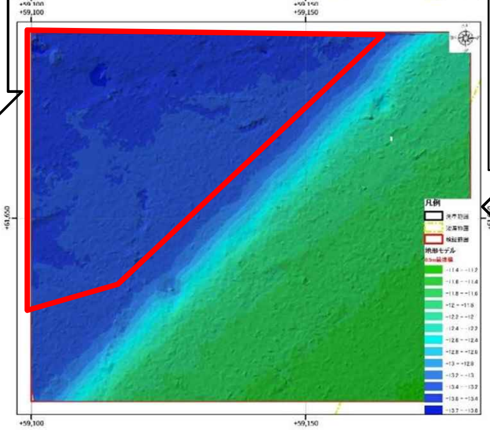
0.25m平面格子　中央値



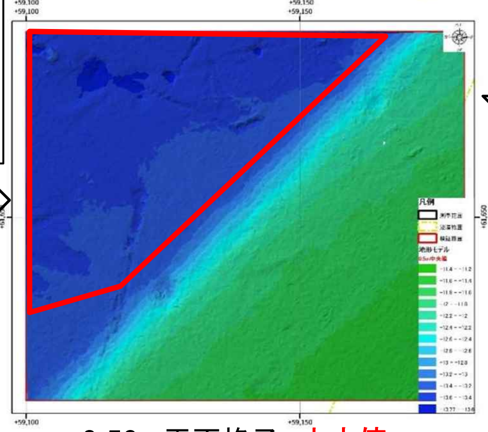
「最浅値」では、格子サイズでの違いは殆ど見られない。

最浅値と中央値の違いは殆ど見られない。

「中央値」では、格子サイズでの違いは殆ど見られない。



0.50m平面格子　最浅値



0.50m平面格子　中央値

国土交通省

■マルチビームデータの採用水深値の検討（土量計算用）

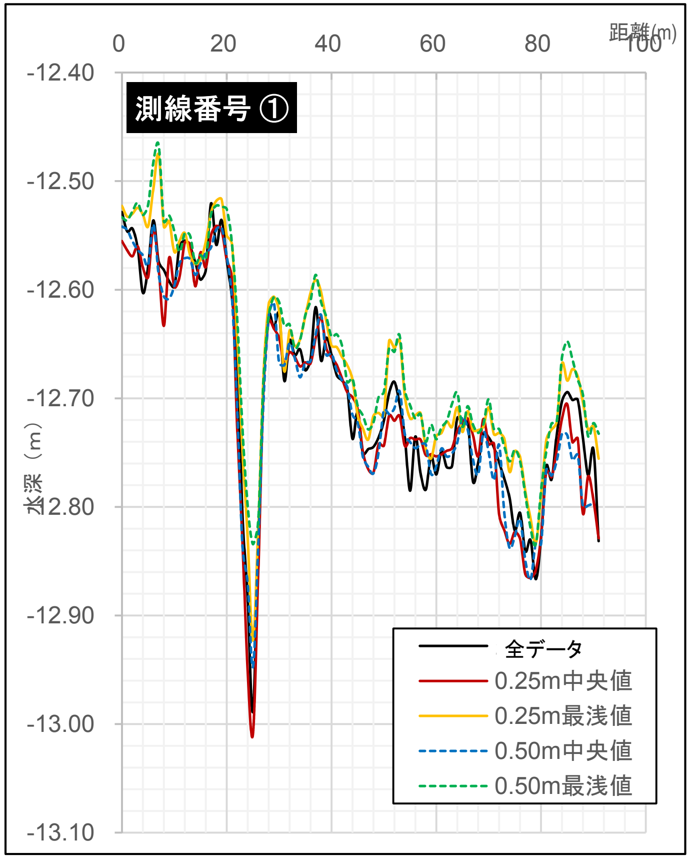
➢ 解析③（横断面形状での抽出データの違い）

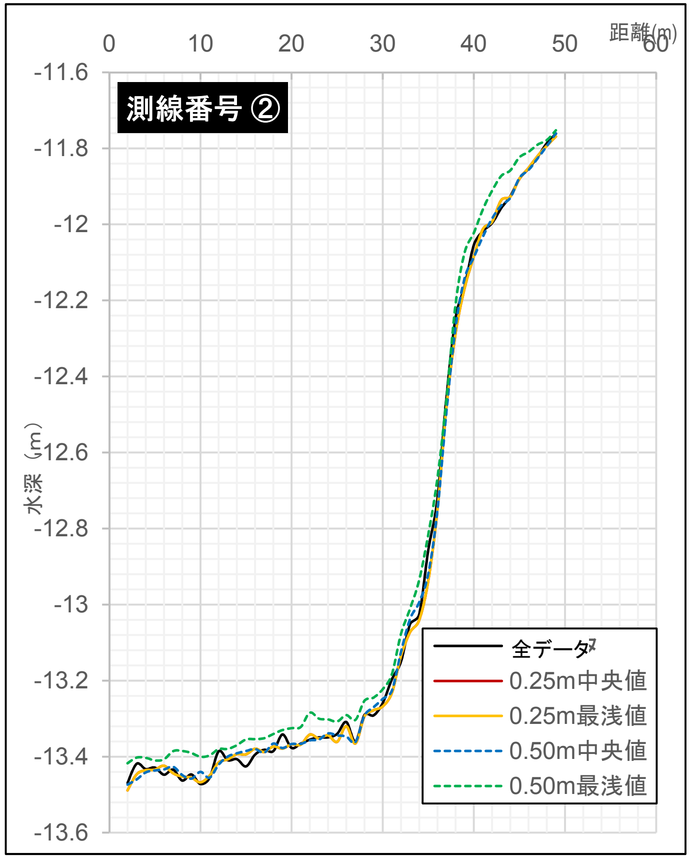
■解析結果③（横断面形状での抽出データの違い）

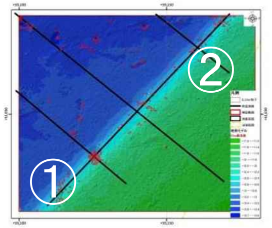
・0.25m、0.5mのいずれの格子サイズにおいても、全データと土量計算用と設定する中央値は近似している。
・特に、地形変化のある場所では、全データと最浅値との差異は顕著になる。

※注）海底面に顕著な勾配がある場合には、格子内での最深値と中央値でも差が生じており、数値の取り扱いを慎重にする必要がある。

■解析内容③（横断面形状での抽出データの違い　その１）







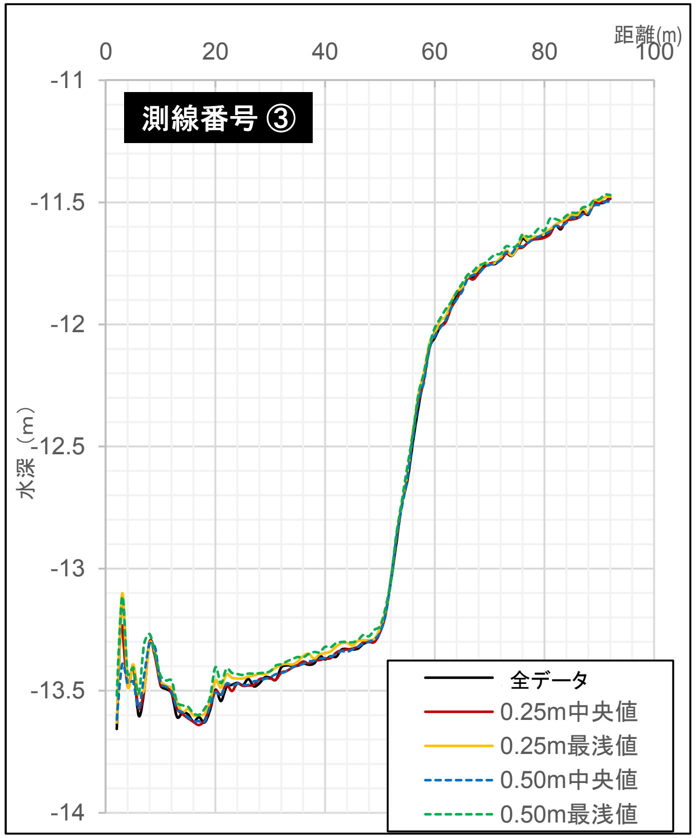
※全ての測線において、全データの場合に測線上に存在しない場合は、格子データで抽出した水深値が深くなる場合がある。

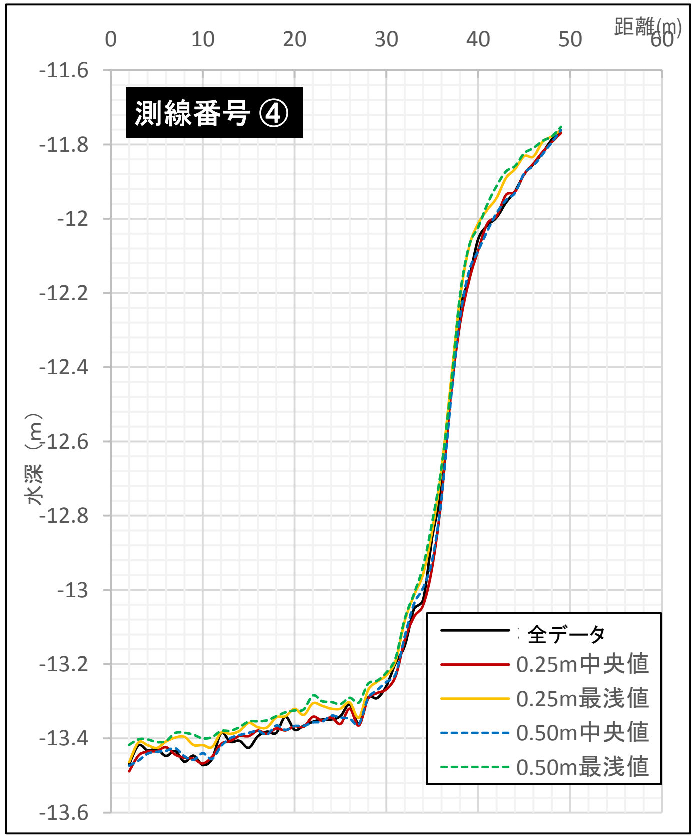
マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

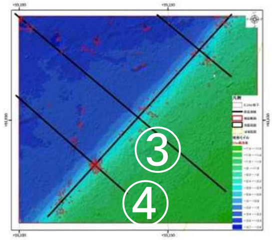
■マルチビームデータの採用水深値の検討（土量計算用）

➢ 解析③（横断面形状での抽出データの違い）

■解析内容③（横断面形状での抽出データの違い　その２）







※全ての測線において、全データの場合に測線上に存在しない場合は、格子データで抽出した水深値が深くなる場合がある。

マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■マルチビームデータの採用水深値の検討（土量計算用）

➢ 解析④（対象データでの土量算出比較）・ まとめ

■解析結果④（対象データでの土量算出比較）

求まった体積は、TIN法の全データを比較の基準値とすると、『TIN法』では、中央値では約0.1%、最浅値での格子間隔では約１%の差がある。『メッシュ法』では、中央値では約0.8～0.9%、最浅値では2～3%の差となる。

この対象範囲で生じてる体積差について、八戸港での浚渫区域（-15m水深）面積47,195㎡当たりに換算すると、『TIN法』では最大1,700㎥、『メッシュ法』では最大3,140㎥であり、いずれも浚渫土量約120,000㎥に対して差は小さいが、『TIN法』の差異の方が小さくなっている。

■解析結果（まとめ：マルチビームデータの採用水深値（土量計算用））

- 八戸港での測得データを対象とした場合では、測得全データによる土量と、0.25m格子データ、0.50m格子データでの「TIN法」による算定土量に数値差はない。（土量算定は、「メッシュ法」よりも「TIN法」の方が適している。）
- 採用する水深値（中央値、最浅値）は、最浅値よりも中央値の方が全データで求める体積に近似することから、「中央値」を採用することが望ましい。

■解析内容④（対象データでの土量算出比較）

対象とした70m×80mで面積5,600㎡の範囲について、対象抽出データ毎に代表的な体積計算手法である『TIN法』及び『メッシュ法』により水深値からDL-15.0m水深まで浚渫とした場合の体積を算出した。

【TIN法】による体積算出

データ区分		平面面積(㎡)		体積(㎥)		
		面積	差	体積	全データ体積比	全データ体積との差
全データ		5,558.33	--	13,385.39	--	--
0.25m格子	中央値	5,558.50	0.17	13,370.32	0.9989	-15.07
	最浅値	5,558.40	0.07	13,522.56	1.0102	137.17
0.50m格子	中央値	5,553.32	-5.01	13,367.35	0.9987	-18.04
	最浅値	5,555.00	-3.33	13,585.68	1.0150	200.29

【メッシュ法】による体積算出

データ区分		平面面積(㎡)				
		面積	差		全データ体積比	全データ体積との差
0.25m格子	中央値	5,600.00	--	13,499.17	1.0085	113.78
	最浅値	5,600.00	--	13,659.61	1.0205	274.22
0.50m格子	中央値	5,600.00	--	13,512.64	1.0095	127.25
	最浅値	5,600.00	--	13,758.43	1.0279	373.04

- 「中央値」による「TIN法」での計算の方が、全データでの土量計算結果に近似する。
- 格子サイズによる差異は小さい。

■船速別水深別点データ測得数の検証

➢ 試行

■検証結果（測量方法とデータ処理の提案）

水深-20mまでは、船速4ノット程度までの速度で測量した場合には、0.5m平面格子であれば、いずれの諸元でも土量計算に使用する点群密度（水深値データ数）を確保できると判断できる。

一方、浚渫工の土量算出が1㎥単位であること、施工上の底面余掘厚の規定が0.5mであること、水路測量上の測定誤差0.56m（一ａ水域・水深20m）であることを考慮し、0.5m平面格子を基本と考えることができる。

測量時の船速(3及び4ノット)、ナローマルチの測定諸元、対象水深(10m～30m)の違いによる点データ数の比較結果である。
この結果では、水深-20mまでは船速・測定諸元に関係無く使用可能と判断できる。
一方、水深-20m以深で-25mまでは、点密度が大きくなる 発振角度90度、船速3ノットでの測量が望ましいと言える。

測線名	船速	ナローマルチビーム諸元			水深-10m			水深-15m			水深-20m			水深-25m			水深-30m		
		発振角度	発振回数	測深モード	点データ個数	格子面積当たりデータ個数		点データ個数	格子面積当たりデータ個数		点データ個数	格子面積当たりデータ個数		点データ個数	格子面積当たりデータ個数		点データ個数	格子面積当たりデータ個数	
	(knot)	(度)	(回/sec)		30m×30m	0.25m格子	0.50m格子	30m×30m	0.25m格子	0.50m格子	30m×30m	0.25m格子	0.50m格子	30m×30m	0.25m格子	0.50m格子	30m×30m	0.25m格子	0.50m格子
002_0836	4	120	60	等距離	108,923	7	30	36,718	2	10	17,386	1	4	12,192	0	3			
003_0852	4	120	60	等角度	76,691	5	21	39,914	2	11	28,255	1	7	20,688	1	5			
006_0917	4	120	30	等距離	79,867	5	22	42,424	2	11	23,692	1	6	14,570	1	4			
004_0900	4	120	30	等角度	83,940	5	23	47,127	3	13	27,557	1	7	16,722	1	4			
002_0828	4	90	60	等距離	92,126	6	25	61,037	4	16	57,497	3	15	29,448	2	8	22,208	1	6
001_1205	4	90	60	等角度	109,613	7	30	66,849	4	18	46,686	3	12	28,711	1	7	21,653	1	6
001_1233	4	90	30	等距離	108,376	7	30	73,800	5	20	37,299	2	10	30,778	2	8	19,382	1	5
001_1216	4	90	30	等角度	103,566	7	28	89,166	6	24	52,309	3	14	38,676	2	10	26,251	1	7
001_1139	3	120	60	等距離	98,050	6	27	41,345	2	11	23,874	1	6	15,434	1	4	12,500	0	3
001_1126	3	120	60	等角度	135,255	9	37	64,506	4	17	35,815	2	9	24,638	1	6			
001_1152	3	120	30	等距離	135,757	9	37	48,544	3	13	25,433	1	7	16,330	1	4	12,320	0	3
001_1114	3	120	30	等角度	101,133	7	28	50,168	3	13	29,790	2	8	19,044	1	5			
001_0807	3	90	60	等距離	154,314	10	42	92,765	6	25	60,323	4	16	33,914	2	9			
011_0753	3	90	60	等角度	187,875	13	52	116,457	8	32	64,319	4	17	45,068	3	12			
002_0821	3	90	30	等距離	152,974	10	42	114,328	7	31	63,674	4	17	41,060	2	11			
000_1100	3	90	30	等角度	143,945	9	39	109,789	7	30	64,377	4	17	50,775	3	14			

マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■検討結果(マルチビームでの取得点密度とデータの処理方法)

◆測量方法

- 平面格子内の最浅値並びに中央値を採用することより、0.5mの平面格子内に3個以上の取得点密度を確保することを基本とする。

◆データ処理方法

- 浚渫工の土量計算の方法は、点群のうち0.5m平面格子内のデータの中央値を抽出しTIN法により求めることを基本とする。
  (中央値については、複数取得するデータの浅い数値からデータ個数で中央番目に該当する数値を採用する。)
- 浚渫工事の出来形管理においては、0.5m平面格子内のデータの最浅値を抽出し表示することを基本とする。

(参考1) 水路測量業務では以下の規則内容より1mメッシュでのデータ作成を行っている。
マルチビームデータの資料整理(水路測量業務準則施行規則 抜粋)
・2-7-6 11.(4) 井桁走行により取得したデータの縦方向の測深線の左右ビームが重複する区域のデータを1～2mのメッシュで最浅値をグリッド化し～
・2-7-6 12. 前項各号の処理を施したデータをXYZ形式のデータファイルを作成し、このデータファイルから、5m以下の大きさの最浅水深値を代表するXYZ形式のメッシュデータファイルを別途作成し、～。

(参考2) 空中写真測量(無人航空機)を用いた出来形管理要領(土工編)(案) での点群密度についての記載
1-2-4 点群処理ソフトウエア 1) ② 点群密度の変更(データの間引き)
・出来形計測データについては、0.01m^{2}あたり1点以上、数量算出に用いる岩線計測データ及び起工測量計測データについては、0.25m^{2}あたり1点以上、出来形評価用データとしては1m^{2}あたり1点以上の点密度が確保できる程度まで点群密度を減らして良い。

(参考3) UAVを用いた公共測量マニュアル(案)での点群密度についての記載
第8節 三次元データファイルの作成 第76条 運用基準
・地図情報レベル 250 点密度の標準 0.5mメッシュに1点以上

目 次

国土交通省

■ CIM技術活用にあたっての課題の整理と活用方法の検討

■ マルチビームによる測量方法とデータ処理方法の検討

■ 3次元データの標準仕様の検討

3次元データの標準仕様の検討

■互換性・継続性を考慮した標準仕様の検討

➢ ファイルフォーマットの検討

ファイルフォーマットに関わらず、取得するデータ、作成するモデル、図面において使用する座標系・単位は下記に統一するのが望ましい。

測地系：世界測地系（測地成果2011）

投影法：平面直角座標系

単位系：実寸（スケール1:1）のm（メートル）単位

基準面：各港湾管理者が定める港湾管理用基準面

※過去の設計、測量成果では、日本測地系または世界測地系（測地成果2000）を利用しているものもあるが、現時点での互換性・継続性・流通を考慮して上記を選択。

※水中部の測量データはマイナス方向が正の値になっているが、陸上部との整合を考慮するとマイナス方向が負の値になっていることが望ましい。

3次元データの標準仕様の検討

■互換性・継続性を考慮した標準仕様の検討

➢ ファイルフォーマットの検討

港湾分野でのワークフローとデータフローの整理

以下に設計段階から施工段階へ向けてのデータの受け渡しの流れを示す。

設計段階				施工段階			
調査・測量		設計		事前測量		施工	
ナローマルチ UAV LP など	⇒ 測量成果 csv	⇒ 3次元設計 （属性情報付与）	⇒ 設計データ （CIMモデル） xml,dxf	⇒ ナローマルチ UAV LP など	⇒ 測量成果 csv	⇒ 出来形計測 施工情報管理	⇒ 計測成果 施工データ （CIMモデル） xml,dxf

凡例：実施内容（青）／成果（アウトプット）（緑）

3次元データの標準仕様の検討

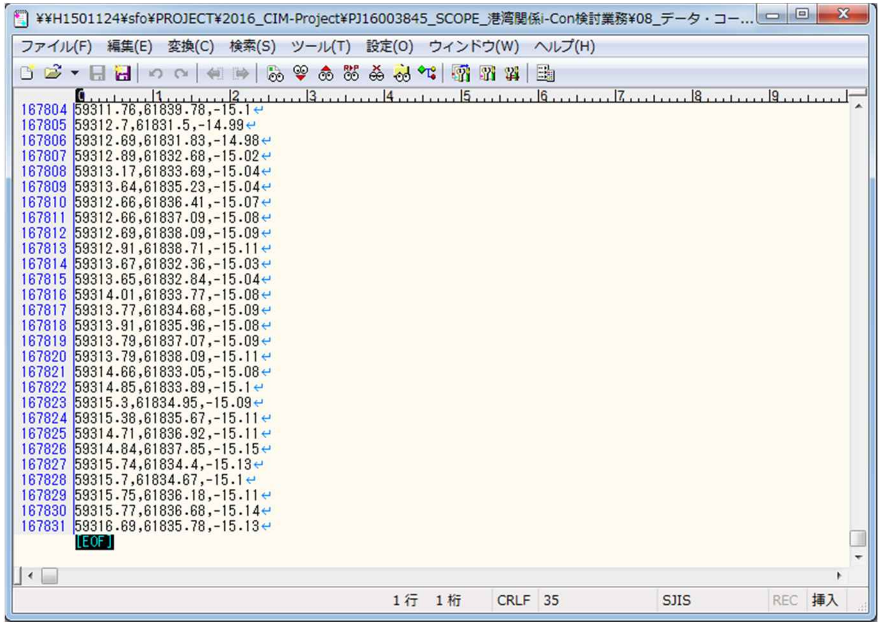
■互換性・継続性を考慮した標準仕様の検討

➢ ファイルフォーマットの検討

測量成果のファイルフォーマット：CSV（カンマ区切りのテキストファイル）

多数の測量機器で書き出し可能、かつ、多数の点群作成・処理ソフトウェア、3次元CADソフトウェアで読み込み可能な上記ファイルフォーマットが望ましい。

※「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）　平成28年3月　国土交通省でも測量成果の受け渡しはCSVファイルとなっている。



CSVファイルサンプル（x,y,z）

■互換性・継続性を考慮した標準仕様の検討

➢ ファイルフォーマットの検討

CIMモデル(地形など面情報)のファイルフォーマット:XML(LandXML 1.2)

サーフェスモデル(TIN形式)で作成し、LandXML形式とするのが望ましい。

※「LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案)Ver.1.0」 平成28年3月
国土交通省国土技術政策総合研究所 参照

会社名	ソフトウェア名	バージョン
(株)エムティシー	道路・鉄道線形計画システム APS-MarkⅣ Win	11.69
	線形システム APS-RL Win	9.69
	道路横断図システム APS-ODAN	2.50
	交差点設計図化システム APS-C Win	9.66
	現況高さ編集ソフト APS-ZE Win	4.1
オートデスク(株)	Autodesk AutoCAD Civil 3D	2017
	Autodesk InfraWorks 360	2017.1
	Autodesk 3DS Max	2017
	Autodesk Revit	2017
川田テクノシステム(株)	道路平面・縦横断図CAD V-ROAD・V-ROAD/M『i-Conオプション』	20
	建設系3D汎用CAD V-nasClair『i-Con_Kit』	2016.5

会社名	ソフトウェア名	バージョン
(株)建設システム	デキスパート(現場大将・情報化施工(TS出来形)サポートツール)	5.5
	SiTECH 3D	5.0
(株)ニコン・トリンブル	Trimble Business Center - Heavy Construction Edition	3.6
(株)ビッグバン	iLEX Series Bigvan LandXML Viewer(官公庁版)	1
(株)フォーラムエイト	UC-win/Road	11.00.00
福井コンピュータ(株)	BLUETREND XA	2016
	EX-TREND 武蔵 建設CAD	2016
	TREND-POINT	3
	TREND-CORE	3.1

「LandXML1.2 に準じた 3次元設計データ交換標準(案)Ver.1.0」
対応ソフトウェア一覧(2016/08/25現在)

オープンCADフォーマット評議会Webサイトより