

# 国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of  
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.1103

March 2020

## ICT浚渫工（港湾）の効率化に向けたマニュアル類の 改善に関する検討

吉野拓之・井山繁・鈴木達典・坂田憲治・村田恵

A Consideration of manuals improvement for making efficiency on ICT dredger

YOSHINO Takuyuki, IYAMA Shigeru, SUZUKI Tatsunori, SAKATA Kenji, MURATA Megumi

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management  
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

---

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 1103

March 2020

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

---

本資料の転載・複写のお問い合わせは  
〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1  
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5019〕  
E-mail:ysk.nil-pr@gxb.mlit.go.jp

国土技術政策総合研究所資料

No1103

ICT浸透工（港湾）の効率化に向けたミニアル類の改善に関する検討

March 2020



# ICT浚渫工（港湾）の効率化に向けたマニュアル類の改善に関する 検討

吉野拓之\*・井山 繁\*\*・鈴木達典\*\*\*・坂田憲治\*\*\*\*・村田 恵\*\*\*\*\*

## 要 旨

我が国は、少子・高齢化による生産年齢人口の減少が進んでおり、建設業においても業者数・就業者数ともに1990年代後半をピークに減少している。

国土交通省では、2015年度より労働人口が減少するなか、経済成長を実現するために、生産性を向上する取り組みとして、「i-Construction」を実施している。

港湾分野においては、2017年度より「ICT浚渫工（港湾）」が実施され、3次元データを用いたマルチビーム測量を活用している。マルチビーム測量については、各種マニュアル・要領類が整備されているが、当初より目指している生産性の向上においては、作業時間や費用面で必ずしも効率化がされていない状況である。そこで、2017年度より毎年、効率化に向けた検討を行い、マニュアル・要領類の改定が実施されている。

本検討では、さらなる「ICT浚渫工（港湾）」の効率化を目指し、マルチビーム測量の関係者へのヒアリング結果をもとに、①「スワス角・重複率」の設定値緩和による測量距離の減少および、②土量計算時の取得点群データ処理での選択値として、「最頻値」の追加による使用可能となるソフトウェアの増加の2点について、実施工や実験工事でのデータを用いて検証を行い、生産性の向上につながる改善案の提案をするものである。

**キーワード**：i-Construction, ICT浚渫工, マルチビーム測量, スワス角, 重複率, 中央値, 最頻値

\* 港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 交流研究員（若築建設株式会社）  
\*\* 港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 室長  
\*\*\* 港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 交流研究員（東洋建設株式会社）  
\*\*\*\* 港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 主任研究官  
\*\*\*\*\* 港湾研究部 港湾施工システム・保全研究室 係員  
（現：中部地方整備局 港湾空港部 港湾事業企画課 係員）

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所  
電話：046-844-5019 Fax：046-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## Consideration of improvements to ICT dredger manuals for greater efficiency

**YOSHINO Takuyuki\***  
**IYAMA Shigeru\*\***  
**SUZUKI Tatsunori\*\*\***  
**SAKATA Kenji\*\*\*\***  
**MURATA Megumi\*\*\*\*\***

### Synopsis

In Japan, the working-age population is decreasing due to the declining birthrate and aging population, In the construction industry as well, the numbers of contractors and employees have been decreasing since the late 1990s.

In response to the decline in the working population, in FY2015, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism implemented an “i-Construction” initiative to improve productivity and realize economic development.

In the harbor field, since FY2017, utilization of multi-beam surveying with three-dimensional data in “ICT dredging (harbor construction)” has been ongoing. Various manuals and procedures have been established for multi-beam surveying, but these do not always contribute to the efficiency of work behaviors or costs to yield greater overall productivity. Therefore, since FY2017, a study has been conducted each year to determine ways to improve efficiency, and manuals have been revised accordingly.

In this study, our aim was to further improve the efficiency of "ICT dredging (harbor construction)" and suggest approaches that will lead to improvements in productivity. Based on data regarding work already executed as well as experimental work, as obtained in interviews with those involved in multi-beam surveying, the following two suggestions were made:

- (1) “Reduce the surveying distance” by relaxing the values established for “swath angle/overlap rate,” and
- (2) “Increase the number of software programs that can be used when calculating soil volume by adding “Mode” as a selection option for “Acquired point cloud data processing.”

**Key Words:** i-Construction, ICT dredging, multi-beam survey, swath angle, overlap rate, median, mode

- 
- \* Visiting Researcher, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM (WAKACHIKU CONSTRUCTION Co., Ltd.)  
\*\* Head, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM  
\*\*\* Visiting Researcher, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM (TOYO CONSTRUCTION Co., Ltd.)  
\*\*\*\* Senior Researcher, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM  
\*\*\*\*\* Committee, Port Construction Systems and Management Division, Port and Harbor Department, NILIM  
(Current : Chubu Regional Development Bureau Port and Airport Department Port Business Planning Division)

National Institute for Land and Infrastructure Management, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism  
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan  
Phone : +81-46-844-5019 Fax : +81-46-842-9265 e-mail: ysk.nil-kikaku@ml.mlit.go.jp

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 1. はじめに                                      | 1  |
| 1.1 背景と目的                                    | 1  |
| 1.2 構成                                       | 2  |
| 2. 港湾分野および他分野におけるICT活用状況                     | 2  |
| 2.1 ICT活用工事の実施状況                             | 2  |
| 2.2 港湾分野におけるICT活用工事                          | 6  |
| 3. ICT浚渫工（港湾）の実施状況                           | 8  |
| 3.1 ICT浚渫工（港湾）の実施状況                          | 8  |
| 3.2 マルチビーム測量に関するマニュアル・要領類改定の経緯               | 11 |
| 4. ICT浚渫工（港湾）におけるマルチビーム測量の効率化に向けた検討          | 13 |
| 4.1 ヒアリング調査および検証項目                           | 13 |
| 4.2 マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和の検証（検証項目1）      | 13 |
| 4.3 取得点群データ処理において中央値に加え最頻値の選択値採用の検証（検証項目2）   | 16 |
| 5. ICT浚渫工（港湾）におけるマニュアル・要領類に関する改善案            | 18 |
| 5.1 マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和の改善案の提案および効果    | 18 |
| 5.2 取得点群データ処理において中央値に加え最頻値の選択値採用の改善案の提案および効果 | 18 |
| 6. おわりに                                      | 18 |
| 謝辞   | 19 |
| 参考文献   | 19 |
| 付録A  | 20 |
| 付録B  | 28 |



## 1. はじめに

### 1.1 背景と目的

現在、我が国においては、少子・高齢化による人口減少社会を迎えており、それに合わせて、生産年齢人口の減少が進んでいる。建設業においても、建設業者数・就業者数ともに1990年代後半をピークに減少している状況である。また、バブル経済崩壊後の建設投資は減少傾向であったが、就業者数の減少を上回るものであったため、建設現場での労働力が過剰となる状況を生むこととなった。このような状況においては、建設現場における省力化や効率化といった対策は見送られることとなった。

しかしながら、国の社会資本の整備を担う建設業においては、社会の安全および安心を確保する役割を同時に担うこととなっており、少子・高齢化や労働人口の減少が進む状況においても、これらの役割を果たす必要がある。また、経済成長を進めていくために、建設現場に携わる一人ひとりの生産性を向上させて、企業の経営環境を改善することが求められている。

国土交通省では、2015年度より労働人口が減少するなかでの経済成長を実現するため、建設現場の生産性を向上させる取り組みとして「i-Construction」を実施している。

「i-Construction」は建設現場の生産性革命として、ICT技術を活用するなど、現場作業の効率化や生産性の向上を目指すものである。

建設業においては、一品受注生産、現地屋外生産、労働集約型生産等の業種としての特性から、他の製造業などで進められてきたセル生産方式、自動化・ロボット化等に取り組むことは困難であった。

そこで「i-Construction」を進めるための3つの視点が挙げられている。1つ目の「建設現場を最先端の工場へ」については、近年の衛星測位技術等の進展とICT化により、屋外の建設現場においても、ロボットとデータを活用した生産管理を実現させるものである。2つ目の「建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入」については、工場や現場における各工程が改善され、待ち時間などのロスが少なくなり、建設生産システム全体の効率化が図られるものである。3つ目の「建設現場の2つのキセイの打破と継続的なカイゼン」については、イノベーションを阻害している書類による納品などの規制や、年度末に工期を設定するなどの既成概念を打破するものである。これらの視点を踏まえ、「i-Construction」を推進するためのトップランナー施策として、ICT技術の全面的な活用、全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）、施工時期の平準化の3つの項目を設定して

いる。これにより国土交通省では、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までの全ての建設生産プロセスでICT等を活用する「i-Construction」を推進し、建設現場の生産性を2025年までに2割向上させることを目指している。

ICT技術の全面的な活用に関しては、2016年度より陸上分野の土工において、ICT土工の活用が開始され、翌2017年度にはICT舗装工が加わり、対象工種を拡大している。また、港湾分野においては2017年度より、海上の浚渫工事でICT浚渫工（港湾）が実施されており、対象となる工事件数も年々増加している<sup>2)</sup>。

ICT浚渫工（港湾）では実施方針で、①3次元起工測量、②3次元数量計算、③ICTを活用した施工、④3次元出来形測量、⑤3次元データの納品、という5つの実施を定めている<sup>3)</sup>。これによりICT浚渫工（港湾）においては、3次元データを用いたマルチビーム測量を実施しており、マルチビーム測量に関する各種マニュアル・要領類が整備されている<sup>3)</sup>。

ICT浚渫工（港湾）でのICT技術活用となるマルチビーム測量の導入により、測量成果は従来の測線毎での測量よりも、高精度である面的な詳細データの取得が可能となり、品質は向上している。

一方で、マルチビーム測量の要求水準は高く、測量作業の時間や測量費用の面から効率的になっていない。そこで、マニュアル・要領類については、試行工事のアンケート調査などを踏まえて、2017年度より毎年、計測性能（取得点密度）、測深精度の要求水準の緩和に向けた検討を行い、マニュアル・要領類の改定を実施している。

今般、今後のさらなるICT浚渫工（港湾）の効率化を目指し、マルチビーム測量の関係者（測深機販売代理店、測量業者、浚渫業者等）へのヒアリングを実施し、現状の課題や要望について意見の収集を行った。

その結果より本検討では、①「スワス角・重複率」の設定値緩和による測量時間・距離の減少および、②土量計算時の取得点群データ処理の選択値として、「最頻値」の追加による使用可能となるソフトウェアの増加の2点について、整備局および工事受注者の協力の下、実際の工事におけるデータを用いて検証し、生産性の向上につながる改善案の提案を行うものである。

## 1.2 構成

本検討の構成を図-1.1 に示す。

第1章では、背景と目的、構成を記載する。第2章では、港湾分野および陸上など他分野における ICT 活用状況について記載する。第3章では、ICT 浚渫工（港湾）の実施状況や現在までのマニュアル・要領類改定の経緯を記載する。第4章では、今年度実施したヒアリング調査結果および検証項目について、検証方法から結果までを記載する。第5章では、第4章での検証結果からマニュアル・要領類の改善案の提案および期待される効果について記載する。第6章では、本検討のまとめを記載する。

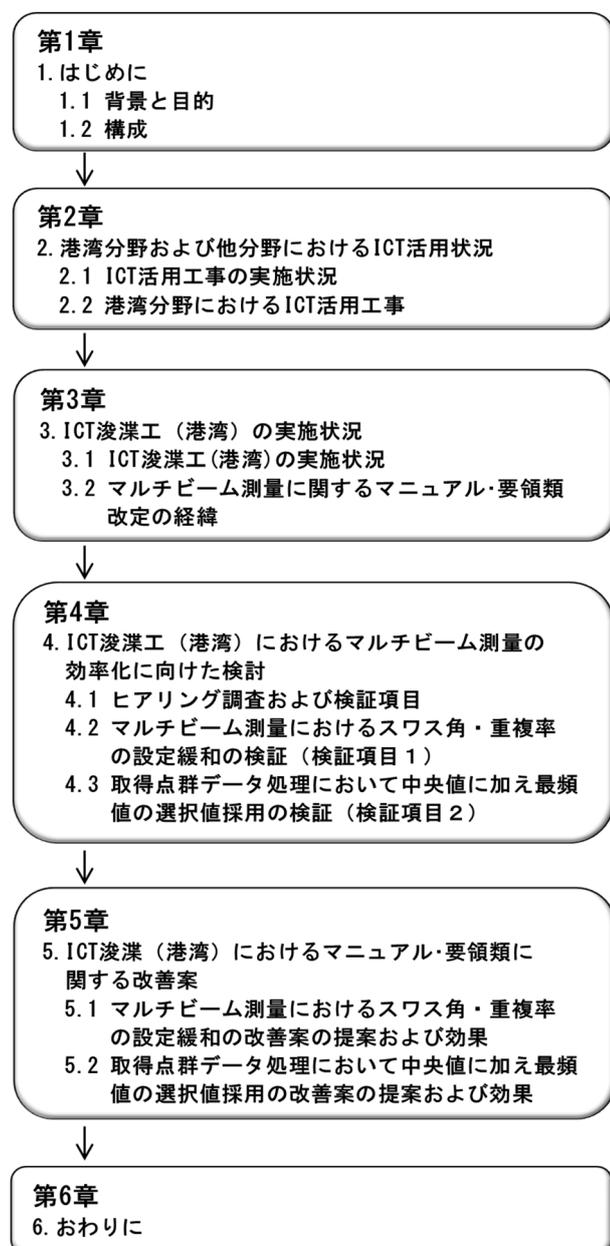


図-1.1 本検討の構成

## 2. 港湾分野および他分野における ICT 活用状況

### 2.1 ICT 活用工事の実施状況

#### (1) ICT 活用工事の導入

建設業は、国の社会資本の整備と併せて、国土保全や国民の安全・安心の確保を担うものであり、その役割は重要なものである。

しかしながら、生産年齢人口の減少と高齢化、若手職者の減少などの労働力不足の問題や、建設生産プロセスの効率化の遅れにより、生産性の向上が進んでいない状況である。これらの課題解決を目指し、測量・調査、設計、施工、検査、維持管理・更新の一連のプロセスやプロジェクト実施において、ICT を活用し効率化していくことが重要である。また、現場技術者においても、ICT 等の新しい技術の現場経験を積み重ねていき、最新の ICT を積極的に導入することで、各工程における課題の解決・改善を図ることが可能となり、熟練技術者・若手技術者を問わず、技術力向上や人材の育成・確保につなげていくことが重要である<sup>4)</sup>。

我が国における ICT 活用の状況は、製造業において、1980年代より CAD (Computer-Aided Design) の普及が始まり、設計図面をコンピュータで描くことができるようになり、それまでの手書き作業と比べて、作成や修正作業が効率化された。また、CAD の使用による効果として、既存データを再利用・編集することにより、各種計算のためのデータ入力手間などの削減による効率化も達成された。1990年代に入りコンピュータの性能はさらに向上し、CAD も2次元から3次元 CAD へと進化し普及した。3次元 CAD においては、製品生産前の視認性向上、体積質量計算や部材の干渉チェックが容易になるなどのさまざまな効果が確認された<sup>5)</sup>。

#### (2) 建築分野における ICT 活用

建設業においては、構築物が原則的に現地屋外での生産となり、製造業のように屋内生産などによる作業の効率化は、困難であると考えられていたが、i-Construction の推進による生産性の向上に向けた取り組みが開始された<sup>6)</sup>。

2004年頃より建築分野では、コンピュータ上において設計を2次元から新たに3次元で行い、構築物を構築する BIM (Building Information Modeling) の取り組みが開始された。

BIM の考え方においては、3次元データを用いて仮想の建築物の構築を行うことにより、コンピュータ内で任

意に水平や鉛直方向の2次元データを，平面図や断面図として取り出すことが可能となる。

これらのデータについては，ひとつの仮想構造物（3次元モデル）から取り出されているので不整合が起こらない効果がある<sup>5)7)</sup>。

また，属性情報の機能により，3次元モデルで壁や柱など構造物の部材を区別する情報（部材情報，材質，仕様，製品型番等）を登録することができる。属性情報は，数量計算や数量表の作成，構造計算のデータ入力などに利用されている<sup>5)7)</sup>。

(3) ICT 土工の活用

土木分野においては，2016年度より i-Construction の最初の取り組みとして，ICT の全面的な活用を行う ICT 土工が導入されている。土工における全面的な ICT の活用については，以下の事項を実施することになる（図-2.1）。

実施事項の1つ目は，ドローン等による3次元測量について，2つ目は3次元測量データによる設計・施工計画について，3つ目はICT建設機械による施工について，4つ目は検査の省力化について，5つ目はデータの納品についてである。

土工の施工については，従来丁張設置や測量作業など人手を多く必要とするために，生産性の向上が進んでいない工種であった。しかしながら，3次元データを取得できる計測機器として，デジタルカメラを搭載の無人航空機（Unmanned Aerial Vehicle；UAV）やレーザースキャナー（LS）などの開発がされている。

また，施工現場においては，丁張測量を必要としない3次元データを活用した施工ができるようになってきている。

この施工は，マシンガイダンス（MG）やマシンコントロール（MC）という ICT 建設機械を活用するもので，ICT 技術を備えたバックホウやブルドーザなどでの施工により，生産性が向上している<sup>5)</sup>。

(4) 他工種への導入

ICT 土工の導入に続いて，2017年度に ICT 舗装工（アスファルト舗装）と ICT 浚渫工（港湾），2018年度に ICT 舗装工（コンクリート舗装）と ICT 浚渫工（河川），2019年度に ICT 地盤改良工（浅層・中層混合処理）と ICT 法面工（吹付工）および ICT 付帯構造物設置工が開始されている。

また，2020年度以降についても，ICT 地盤改良工（深層），ICT 法面工（吹付法砕工），ICT 舗装工（修繕工），ICT 基礎工・ブロック据付工（港湾）など引き続き工種の拡大が予定されている（図-2.2）。

橋梁分野における生産性向上の取り組みとして，i-Bridge が実施されている。これは橋梁事業において，ICT 等を活用して調査・測量から，設計，施工，検査，維持管理までのあらゆるプロセスの生産性や安全性を向上させるものである。

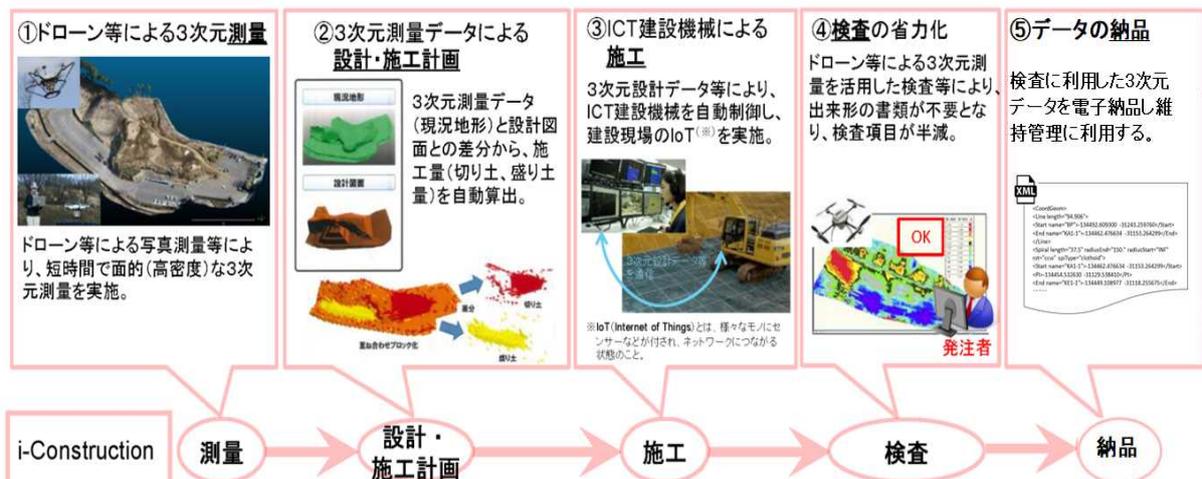


図-2.1 ICT 技術の全面的な活用 概略図<sup>8)</sup>

ICT 浚渫工（港湾）の効率化に向けたマニュアル類の改善に関する検討  
吉野拓之・井山繁・鈴木達典・坂田憲治・村田恵

| 平成28年度<br>(2016年度) | 平成29年度<br>(2017年度)                      | 平成30年度<br>(2018年度) | 令和元年度<br>(2019年度)    | 令和2年度<br>(2020年度)(予定) |
|--------------------|---|--------------------|----------------------|-----------------------|
| ICT土工              |   |                    |                      |                       |
|                    | ICT舗装工 (平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度コンクリート舗装) |                    |                      |                       |
|                    | ICT浚渫工 (港湾)                             |                    |                      |                       |
|                    |   | ICT浚渫工 (河川)        |                      |                       |
|                    |   |                    | ICT地盤改良工 (浅層・中層混合処理) |                       |
|                    |   |                    | ICT法面工 (吹付工)         |                       |
|                    |   |                    | ICT付帯構造物設置工          |                       |
|                    |   |                    |                      | ICT地盤改良工 (深層)         |
|                    |   |                    |                      | ICT法面工 (吹付法特工)        |
|                    |   |                    |                      | ICT舗装工 (修繕工)          |
|                    |   |                    |                      | ICT基礎工・ブロック据付工 (港湾)   |
|                    |   |                    |                      | 民間等の要望も踏まえ<br>更なる工種拡大 |

図-2.2 ICT 施工における基準類整備の工種拡大<sup>2)</sup>

(5) 建設現場における ICT 活用事例

a) 3次元測量

ドローン等の UAV を活用することにより、調査・測量に掛かる日数を削減する (図-2.3)。



図-2.3 UAV を活用した 3次元測量<sup>3)</sup>

b) 3次元データ設計図

3次元点群データと設計図書との差分から、施工量を自動算出する (図-2.4)。

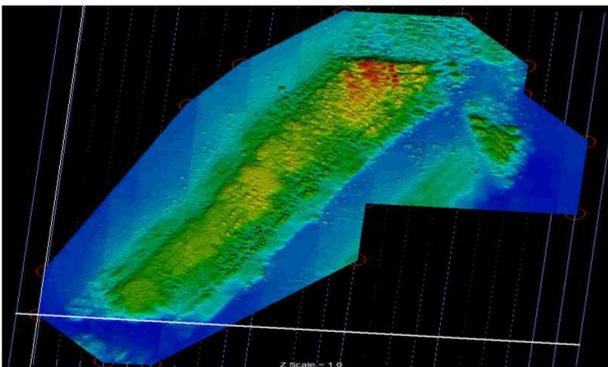


図-2.4 3次元点群データ<sup>4)</sup>

c) ICT 建設機械による施工

3次元設計データ等により、ICT 建設機械を自動制御し、建設現場の ICT 化を実現する (図-2.5)。



図-2.5 ICT 建設機械による施工<sup>5)</sup>

(6) ICT 土工の活用工事実施状況

直轄工事における ICT 土工の活用工事件数については、2016年度では 584 件、2017年度では 815 件、2018年度では 960 件まで導入工事が増加している。2018年度の ICT 活用工事全体では、直轄工事の公告件数 1,948 件のうち、57% の 1,105 件で実施されている (表-2.1~2.3)。

表-2.1 直轄工事における ICT 施工実施状況<sup>10)</sup>

| 工種      | 2016年度 |          | 2017年度 |          | 2018年度 |          |
|---------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|         | 公告件数   | うち ICT実施 | 公告件数   | うち ICT実施 | 公告件数   | うち ICT実施 |
| 土工      | 1,625  | 584      | 1,952  | 815      | 1,675  | 960      |
| 舗装工     | —      | —        | 201    | 79       | 203    | 80       |
| 浚渫工(港湾) | —      | —        | 28     | 24       | 62     | 57       |
| 浚渫工(河川) | —      | —        | —      | —        | 8      | 8        |
| 合計      | 1,625  | 584      | 2,181  | 918      | 1,948  | 1,105    |
| 実施率     | 36%    |          | 42%    |          | 57%    |          |

表-2.2 ICT 土工の実施状況 (2017年度)<sup>10)</sup>

| ICT 土工        | 2017年度(H29d) ICT 土工対象工事 |              |       |
|---------------|-------------------------|--------------|-------|
|               | 発注者指定型                  | 施工者希望 I・II 型 | 合計    |
| 公告工事件数        | 146                     | 1,806        | 1,952 |
| うち ICT 実施工事件数 | 146                     | 669          | 815   |
| 実施率           | 100%                    | 37%          | 42%   |

表-2.3 ICT 土工の実施状況 (2018年度)<sup>10)</sup>

| ICT 土工        | 2018年度(H30d) ICT 土工対象工事 |              |       |
|---------------|-------------------------|--------------|-------|
|               | 発注者指定型                  | 施工者希望 I・II 型 | 合計    |
| 公告工事件数        | 189                     | 1,486        | 1,675 |
| うち ICT 実施工事件数 | 189                     | 771          | 960   |
| 実施率           | 100%                    | 52%          | 57%   |

都道府県・政令市については、実施状況の集計がある ICT 土工に関して、2016年度では 84 件、2017年度では 291 件、2018年度では 523 件まで増加しているが、公告件数が 2,428 件のうち実施率は 22%と今後のさらなる普及が望まれる (表-2.4)。

表-2.4 都道府県・政令市における ICT 施工実施状況<sup>10)</sup>

| 工種  | 2016年度   |      | 2017年度    |       | 2018年度    |  |
|-----|----------|------|-----------|-------|-----------|--|
|     | ICT 実施件数 | 公告件数 | うち ICT 実施 | 公告件数  | うち ICT 実施 |  |
| 土工  | 84       | 870  | 291       | 2,428 | 523       |  |
| 実施率 | —        | 33%  | 22%       |       |           |  |

(7) ICT 施工に関わる人材育成

ICT 活用工事の普及拡大の観点から、実際に ICT 施工に関わる人材の育成や、地方への普及拡大に向けた取り組みなどさまざまな事業が実施されている。

人材育成に関しては、国土交通省において地方整備局が主催・共催する研修・講習会を開催するなど、以下の取り組みを進めている (表-2.5)。

取り組みの 1 つ目は、直轄および地方自治体職員を対象とした講習会を充実すること。2 つ目は入門・実践など受講者のレベルに応じた講習会を拡大すること。3 つ目は施工の各段階として 3 次元測量、3 次元データ作成、ICT 建設機械、出来形管理等の講習会を実施すること。4 つ目は学生を対象とした講習、講座を開催することなどである。

表-2.5 i-Construction に関する研修実績 (国土交通省)<sup>2)</sup>

| 対象     | 2016年度 | 2017年度 | 2018年度 |
|--------|--------|--------|--------|
| 施工業者向け | 281    | 356    | 348    |
| 発注者向け  | 363    | 373    | 472    |
| 合計※    | 644    | 729    | 820    |

※施工業者向けと発注者向けの重複箇所あり

また、各関係協会団体等においても、現場技術者を対象として、測量や 3 次元データの作成、ICT 施工についての知識・技術の習得などを目的として、講習会や現場見学会開催の取り組みにより、人材育成を実施している (図-2.6~2.7)。



図-2.6 関係協力団体等による見学会実施状況<sup>2)</sup>



図-2.7 ICT 建設機械説明状況<sup>2)</sup>

(8) 地方普及拡大に向けた取り組み

ICT 活用工事の地方への普及拡大に向けた取り組みとして、地方自治体発注工事で ICT 活用メリットを中小施工業者に広めていくため、現場支援型モデル事業の実施により以下のような支援を進めている<sup>10~11)</sup>。

支援の1つ目は、ICT 導入計画の支援として現場条件を踏まえ、施工者と ICT を活かせる工程計画を検討すること。2つ目は ICT 導入の効果確認として、導入効果について発注者・施工者に確認し課題の把握を実施すること。3つ目は ICT 活用における課題と対応事例の提供として、これまでのモデル事業において行った支援事例を踏まえ、ICT 活用における課題と対応事例の取りまとめ、また、モデル事業にて活用するとともに、サポート事務所を通じ情報提供を実施することなどの支援である。

現場支援型モデル事業においては、地方自治体が設置する支援協議会のもと、ICT 活用を前提とした工程計画の立案支援、ICT 運用のマネジメント指導などにより、支援協議会参加者を含め広く ICT 導入効果を周知することで、ICT 活用工事の普及促進に取り組んでいる<sup>10~11)</sup>(図-2.8)。

中小施工業者への ICT 施工の普及促進に向けた取り組みとしては、中小施工業者が小規模な ICT 施工に取り組みやすくなるように、土工（掘削）において新たに5,000m<sup>3</sup>未満の小規模施工の区分を新設している（図-2.9）。

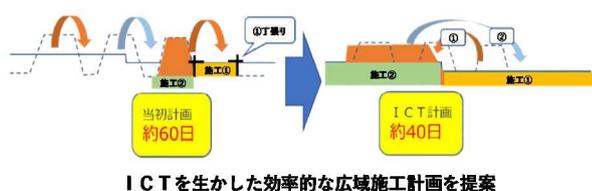


図-2.8 支援提案事例<sup>10)</sup>

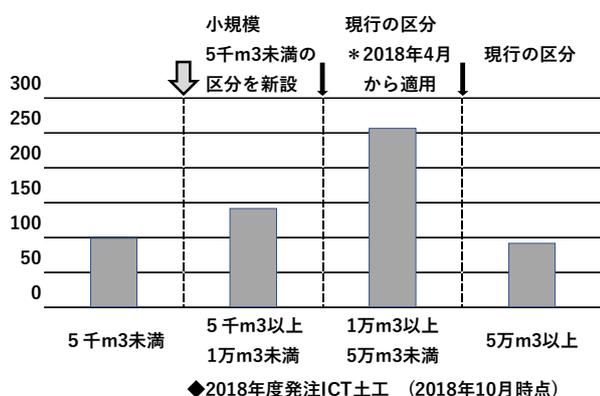


図-2.9 小規模施工の区分の新設<sup>2)</sup>

## 2.2 港湾分野における ICT 活用工事

### (1) ICT 活用工事の導入

港湾分野の特性としては、対象となる場所が海域となることである。海上や海中においては、現場状況を直接確認することが難しく、また、海象条件（波浪・潮流・風・透明度等）による現場への影響などが挙げられる。これらの特性を踏まえ港湾分野においても、生産性の向上に向けた ICT 活用工事が導入されている。

期待される効果については、海中状況の可視化による施工性と品質の向上、危険箇所の可視化による安全性の向上、現場での作業手順の標準化と作業効率改善による工費および人員の削減効果などの工期短縮、また、工期短縮により作業船の使用が効率化できることなどが挙げられる<sup>5)</sup>。

港湾分野における取り組みとしては、2017年度より ICT 浚渫工（港湾）が実施されている。ICT の全面的活用を図るため、起工測量、設計図書の照査、施工、出来形管理、検査および工事完成図、施工管理の記録および関係書類について、マルチビームを用いた深淺測量を行い、3次元データを活用している。

### (2) ICT 活用工事の推進

港湾分野でも ICT 浚渫工（港湾）に続いて、ICT 活用工事の拡大が図られている。現在、ICT 基礎工・ICT ブロック据付工（港湾）の2020年度からの導入に向けて、試行工事の実施および各種要領の策定が進められている。

また、ICT 本体工についても、2020年度からの試行工事の実施に向けて、ケーソン据付作業の半自動技術の導入など、港湾における ICT 活用推進に向けた検討が進められている<sup>3)</sup>（表-2.6~2.7、図-2.10）。

表-2.6 港湾における ICT 活用の拡大方針(平成30年度)<sup>3)</sup>

|   |
|---|
| <b>○ICT浚渫工のさらなる推進</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ICT浚渫工(測量のみ)の本格運用<br/>(WTO、A等級は「発注者指定型」、B,C等級は「施工者希望型」)</li> <li>ICT浚渫工(施工のICT化)のモデル工事の実施</li> </ul> |
| <b>○ICT活用事業の拡大</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ICTを活用した基礎工(投入・均し)、ブロック据付工のモデル工事の実施</li> <li>各種要領(案)の作成</li> </ul>                                   |
| <b>○CIMの活用</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>栈橋等を対象にCIMを活用した設計業務の実施</li> <li>CIM導入ガイドライン(港湾編)(仮称)の作成</li> </ul>                                   |
| <b>○監督・検査の省力化</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>ICTを活用した監督・検査方法の検討</li> </ul>  |

表-2.7 港湾における ICT 活用の拡大方針(令和元年度)<sup>3)</sup>

|  |
|--|
| <b>○ICT浚渫工のさらなる推進</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ICT浚渫工(測量のみ)の本格運用<br/>(WTO、A等級は「発注者指定型」、B,C等級は「施工者希望型」)</li> <li>・ICT浚渫工(施工のICT化)の試行工事の実施<br/>(GNSSを活用した施工箇所の可視化)</li> </ul> |
| <b>○ICT活用事業の拡大</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ICT基礎工、ICTブロック据付工のモデル工事の実施</li> <li>・ICT本体工のモデル工事の実施に向けた検討<br/>(ケーソンの自動据付等を想定)※</li> </ul>                                   |
| <b>○BIM/CIMの活用</b>   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・栈橋等を対象にBIM/CIMを活用した設計業務の実施<br/>(栈橋式構造から他構造への拡大)※</li> <li>・BIM/CIMを活用した工事の実施</li> </ul>                                      |
| <b>○監督・検査の省力化</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>・ICTを活用した監督・検査方法の検討<br/>(施工管理システムの導入による効率化、施工情報の一元管理等)※</li> </ul>  |

※ 具体的な実施内容については、「港湾におけるi-Construction WG」において検討する。

「ICT 浚渫工のさらなる推進」については、2016 年度より測量のみのモデル工事の施工が実施され、要領基準についても測量マニュアル、出来形要領、検査要領(案)、積算要領(案)、実施方針(案)の整備が行われた。

2017 年度からは測量のみの試行工事の施工が実施され、測量マニュアル・要領類の検証・改定が行われ、2018 年度からは、マルチビームを活用した深浅測量と測量のみの ICT 浚渫工について本格的に運用が開始された。

また、3 次元データの活用、リアルタイムでの施工状況

の可視化など、施工の ICT 化のモデル工事が実施されている。

「ICT 活用事業の拡大」については、2018 年度より ICT 基礎工(投入・均し)、ICT ブロック据付工(被覆・根固・消波)について、可視化技術等のモデル工事の実施および効果の検証、実施要領(案)の検討・整備、積算要領(案)、実施方針(案)の整備が行われた。

また、ICT 本体工(ケーソン式)については、2019 年度から仕様の検討などのモデル工事の実施に向けた検討が行われている。

水中部での施工における可視化技術の活用については、可視化による作業効率の向上効果や、潜水士の負担軽減による安全性の向上が期待されている(図-2.11~2.14)。

「BIM/CIM の活用」については、2017 年度より設計において、栈橋設計等のモデル業務が実施されている。また、2019 年度からは試行業務が実施され、BIM/CIM 活用業務の拡大を促進している。

「監督・検査の省力化」については、既存のソフトウェアやシステムを組み合わせることで、従来手作業で行ってきたデータの入力や書類の提出などの作業を大幅に効率化し、併せて、工事書類削減等の取り組みを促進している。



図-2.10 港湾における ICT 活用の拡大方針<sup>3)</sup>

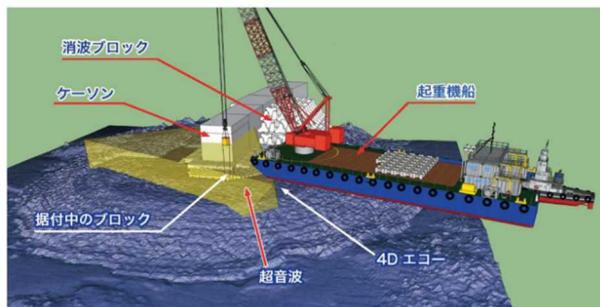


図-2.11 ブロック据付工状況図<sup>11)</sup>

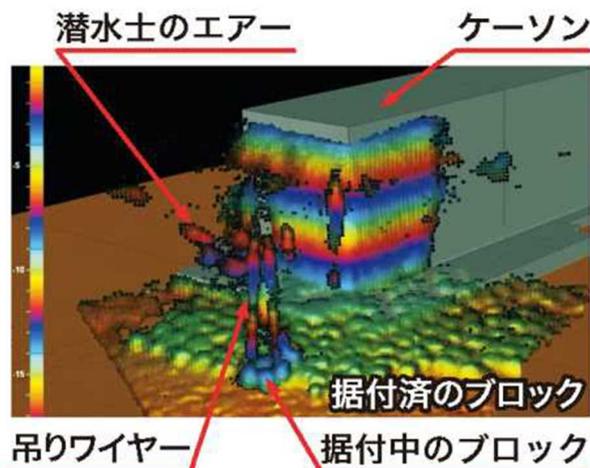


図-2.12 4D エコー管理モニタ<sup>11)</sup>



図-2.13 浚渫状況図<sup>11)</sup>

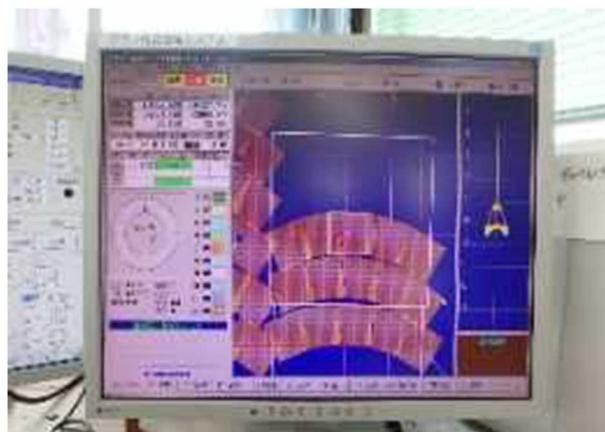


図-2.14 施工管理モニタ<sup>11)</sup>

### (3) 港湾における ICT 導入検討委員会の設置

国土交通省では、港湾分野への ICT を活用した情報の 3 次元化を進めるための検討や、ICT の導入に向けて必要なシステムや基準類の検討を行うことを目的として、「港湾における ICT 導入検討委員会」を設置し、以下の内容について検討を実施している<sup>3)</sup>。

検討内容の 1 つ目は、ICT 活用工事の実施状況、要領案の改定・作成内容、2 つ目は BIM/CIM 活用事業の実施状況、実施要領案の改定・作成内容、3 つ目は監督・検査業務に係る省力化への現状での取り組みなどである。

また、今後は、ICT 活用工事や BIM/CIM 作成業務の実施結果、監督・検査の省力化への取り組み結果などを踏まえ、以下の実施要領案等の検討が行われている<sup>3)</sup>。

検討の 1 つ目は、ICT 活用工事（浚渫工、基礎工、ブロック据付工）の実施要領案について、ICT 浚渫工（改定案）、ICT 基礎工（案）、ICT ブロック据付工（案）等である。2 つ目は BIM/CIM（港湾編）実施要領案について、CIM 導入ガイドライン（案）港湾編、CIM 事業における成果品作成の手引き（案）港湾編、CIM 実施計画書（例）港湾編、3 次元モデル表記標準（案）港湾編等である。3 つ目は監督・検査業務に係る省力化への取り組み結果について、実施事例の紹介などである。

## 3. ICT 浚渫工（港湾）の実施状況

### 3.1 ICT 浚渫工（港湾）の実施状況

#### (1) ICT 浚渫工（港湾）の導入

ICT 浚渫工（港湾）は、港湾工事での生産性の向上を目指し、全面的に ICT 活用を導入する取り組みとして、2017 年度より開始されている。

浚渫工事は、海中での作業が主となるため、出来形管理や進捗状況の確認が直接目視できない現場環境にある。そのために、3 次元データを用いた ICT 活用工事を行うことにより、水中部の可視化や作業時間の短縮などを図るものである。

また、ICT 浚渫工（港湾）では、以下の 5 つの実施方針を定めている（表-3.1、図-3.1）。

実施方針については、①3 次元起工測量では、起工測量（水深測量）でマルチビームを用いた測量を行うことである。②3 次元数量計算では、設計図書より 3 次元設計データを作成し、3 次元起工測量で取得した 3 次元データを用いて数量計算を行うことである。③ICT を活用した施工では、3 次元起工測量で取得した 3 次元データを用いて、ICT を活用した施工を行うことである。④3 次元出来形測量で

は、浚渫工の完了後にマルチビームを用いた水深測量（出来形測量）を実施し、出来形管理を行うことである。⑤3次元データの納品では、3次元出来形測量で確認された3次元施工管理データについては、工事完成図書として納品を行うことである。

表-3.1 ICT 浚渫工（港湾）実施概要<sup>3</sup>

| 【ICT浚渫工】実施概要  |  |
|---|--|
| 建設生産プロセスの下記①～⑤の段階において、ICTを全面的に活用する工事である。<br>①3次元起工測量 ②3次元数量計算 ③ICTを活用した施工<br>④3次元出来形測量 ⑤3次元データの納品 |  |
| 対象工種  | 【工種】浚渫工（【種別】クワ浚渫工、グラブ浚渫工、硬土盤浚渫工、岩盤浚渫工、バグの浚渫工）<br>※上記に伴う測量を含む。  |
| 発注方式  | 1) 発注者指定型<br>発注者の指定によって「ICT活用工事」を実施する場合、<br>・「①3次元起工測量」「④3次元出来形測量」については、別途定める「ICT活用工事積算要領（浚渫工種）（平成30年4月改定版）」により、必要な費用を当初設計に計上する。<br>・「②3次元数量計算」「③ICTを活用した施工」については、費用を計上していないため、監督職員と協議し、工期末日までに必要な費用を設計変更にて計上する。<br>2) 施工者希望型<br>受注者の希望によって「ICT活用工事」を実施する場合、総合評価発注方式において、ICT活用の計画について評価する。<br>また、全てのICT活用にかかる費用については計上していないため、「①3次元起工測量」「④3次元出来形測量」については、別途定める「ICT活用工事積算要領（浚渫工種）（平成30年4月改定版）」により、「②3次元数量計算」「③ICTを活用した施工」については、監督職員との協議により、工期末日までに必要な費用を設計変更にて計上する。 |
| 成績評定  | ICT活用の計画について工事成績評定で評価する。   |

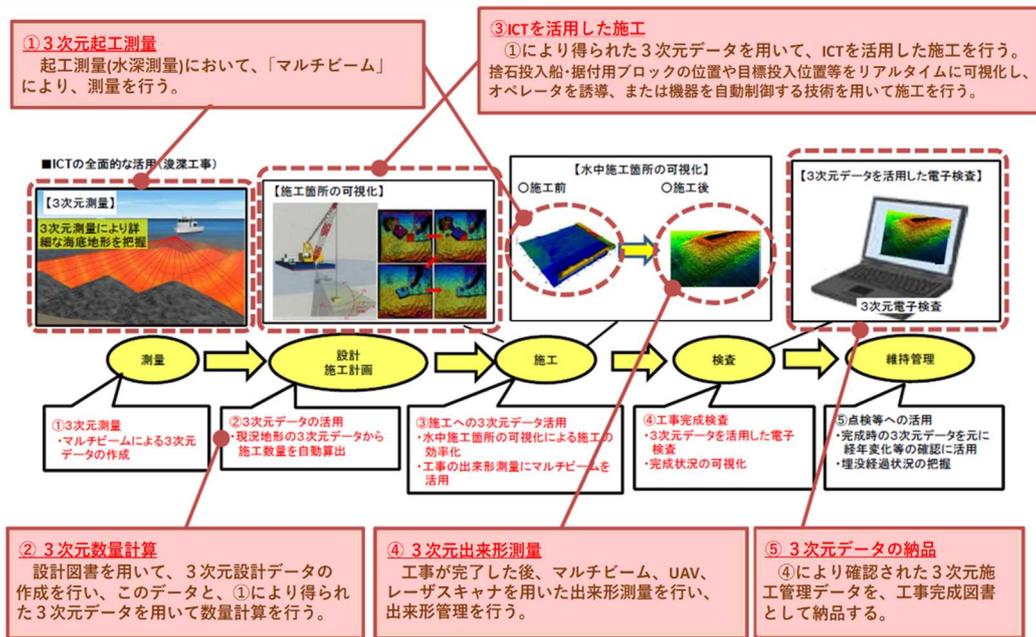


図-3.1 ICT 浚渫工（港湾）の全面的な活用の実施イメージ<sup>13)</sup>

(2) ICT 浚渫工（港湾）の実施状況

直轄工事での ICT 浚渫工（港湾）の実施状況については、導入初年度の 2017 年度では、公告工事 28 件のうち 24 件で実施、翌 2018 年度では、公告工事 62 件のうち 57 件で実施されている。また、2019 年度については、12 月 31 日時点で 50 件の工事が契約されている（表-3.2～3.4）。

表-3.2 直轄工事における ICT 浚渫工施工実施状況<sup>10)</sup>

| 工種      | 2016年度 |          | 2017年度 |          | 2018年度 |          |
|---------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|         | 公告件数   | うち ICT実施 | 公告件数   | うち ICT実施 | 公告件数   | うち ICT実施 |
| 浚渫工(港湾) | —      | —        | 28     | 24       | 62     | 57       |
| 浚渫工(河川) | —      | —        | —      | —        | 8      | 8        |

表-3.3 ICT 浚渫工（港湾）実施状況(2017 年度)<sup>14)</sup>

| ICT浚渫工(港湾)  | 2017年度(H29d) ICT浚渫工(港湾)対象工事 |             | 合計  |
|-------------|-----------------------------|-------------|-----|
|             | 発注者指定型                      | 施工者希望 I・II型 |     |
| 公告工事件数      | 13                          | 15          | 28  |
| うちICT実施工事件数 | 13                          | 11          | 24  |
| 実施率         | 100%                        | 73%         | 86% |

表-3.4 ICT 浚渫工（港湾）実施状況(2018 年度)<sup>10)</sup>

| ICT浚渫工(港湾)  | 2018年度(H30d) ICT浚渫工(港湾)対象工事 |        | 合計  |
|-------------|-----------------------------|--------|-----|
|             | 発注者指定型                      | 施工者希望型 |     |
| 公告工事件数      | 22                          | 40     | 62  |
| うちICT実施工事件数 | 22                          | 35     | 57  |
| 実施率         | 100%                        | 88%    | 92% |

(3) ICT 浚渫工（港湾）の試行工事の実施

ICT 浚渫工（港湾）の試行工事については、起工測量として、マルチビーム測量を実施して3次元データによる施工数量の確認をすること。本工事として、GPS 施工管理装置により掘削箇所を可視化して施工期間を短縮すること。出来形測量として、マルチビーム測量を実施して3次元データを活用した電子検査の実施、完成状況の可視化、出来形数量計算の自動化を行うものである。

また、従前は工事終了後に別途実施していた、海上保安庁が海図の作成等で必要な水路測量については、ICT 施工でのマルチビーム測量の工事出来形測量成果を用いた対応を進めている（図-3.2）。

(4) ICT 浚渫工（港湾）の推進・実施の動向

ICT 浚渫工（港湾）の推進・実施については、2016 年度よりモデル工事の実施やマニュアル・要領類の整備が開始された。2017 年度についても、試行工事（測量のみ）の実施やマニュアル・要領類の検証・改定が進められた。

また、2018 年度より、マルチビームを活用した深淺測量や ICT 浚渫工（測量のみ）の本格運用、モデル工事（施工の ICT 化）の実施、積算要領（案）（施工部分）の整備等を開始している（表-3.5）。

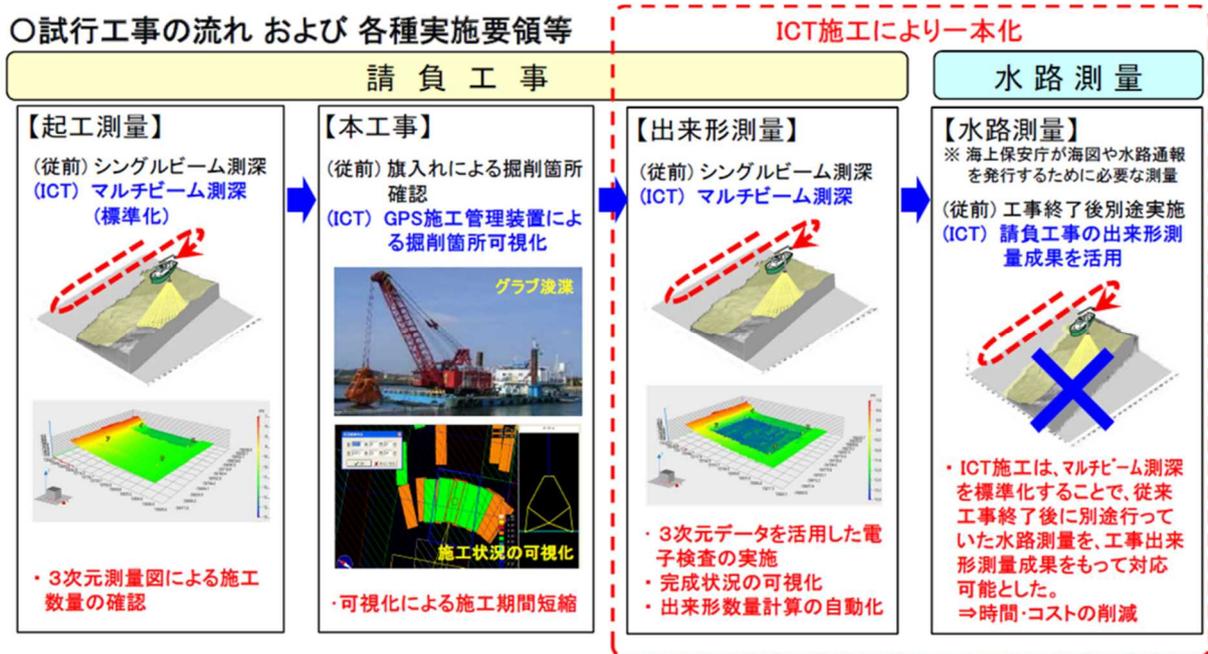


図-3.2 ICT 浚渫工（港湾）の試行工事の実施<sup>3)</sup>

表-3.5 ICT 浚渫工（港湾）の推進に向けたロードマップ（案）<sup>3)</sup>

| 工種           | 項目   | 2016年度                    | 2017年度                       | 2018年度   | 2019年度               | 2020年度  |
|--------------|------|---------------------------|------------------------------|--|----------------------|---|
| ICT 浚渫工 (港湾) | 測量設計 | -                         | -                            | ・マルチビームを活用した深淺測量の本格運用                                |                      |   |
|              | 施工   | ・モデル工事(測量のみ)の実施           | ・試行工事(測量のみ)の実施               | ・ICT浚渫工(測量のみ)の本格運用 (WTO・A等級は「発注者指定型」、B・C等級は「施工者希望型」) |                      | ・ICT浚渫工(施工のICT化)の本格運用 (WTO・A等級は「発注者指定型」) (B・C等級は「施工者希望型」) |
|              |      | -                         | -                            | ・モデル工事(施工のICT化)の実施 (3次元データ活用、リアルタイムでの施工状況の可視化)       | ・試行工事(施工のICT化)の実施    |   |
|              | 要領基準 | ・測量マニュアル、出来形要領、検査要領(案)の整備 | ・測量マニュアル、出来形要領、検査要領(案)の検証・改定 | -  | -                    | -   |
|              |      | ・積算要領(案)(測量のみ)の整備         | ・積算要領(案)(測量のみ)の検証・改定         | ・積算要領(案)(施工部分)の整備                                    | ・積算要領(案)(施工部分)の検証・改定 | -   |
| ・実施方針(案)の整備  |      | ・実施方針(案)の検証・改定            | ・実施方針(案)の検証・改定 (施工部分の追加)     | -  | -                    |   |

### 3.2 マルチビーム測量に関するマニュアル・要領類 改定の経緯

#### (1) マルチビームを用いた深淺測量

マルチビームを用いた深淺測量とは、送受波器直下の海底の水深情報を線で測深するシングルビーム測深に対し、面的に詳細な海底地形を測深するものである（図-3.3）。

マルチビーム測深は、測量船の左右方向に指向性の鋭い音響ビームを海底に照射し、船の進行とともに一括で多数点の水深値を計測する測深システムである。

ICT 浚渫工（港湾）にて行う出来形管理等の深淺測量については、求められる要求精度を満たすように、マルチビームを用いた深淺測量を前提としている<sup>15)</sup>。

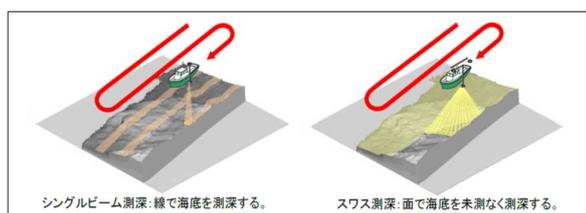


図-3.3 シングルビーム測深とマルチビーム測深概念図<sup>15)</sup>

#### (2) マルチビーム測量に関するマニュアル・要領類

ICT 浚渫工（港湾）における、起工測量、施工管理、出来形管理の各段階にて行うマルチビーム測量は、以下のマニュアル・要領類の規定に従う（表-3.6）。

表-3.6 ICT 浚渫工に関するマニュアル・要領類<sup>3) 15-19)</sup>

| 要領文書名 |   |
|-------|---|
| ①     | マルチビームを用いた深淺測量マニュアル(浚渫工編) (平成31年4月改定版)<br><a href="https://www.mlit.go.jp/common/001281855.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001281855.pdf</a>     |
| ②     | 3次元データを用いた港湾工事数量算出要領(浚渫工編) (平成31年4月改定版)<br><a href="https://www.mlit.go.jp/common/001281856.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001281856.pdf</a>    |
| ③     | 3次元データを用いた出来形管理要領(浚渫工編) (平成31年4月改定版)<br><a href="https://www.mlit.go.jp/common/001281857.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001281857.pdf</a>       |
| ④     | 3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領(浚渫工編) (平成31年4月改定版)<br><a href="https://www.mlit.go.jp/common/001281859.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001281859.pdf</a> |
| ⑤     | ICT活用工事積算要領(浚渫工編) (平成31年4月改定版)<br><a href="https://www.mlit.go.jp/common/001281854.pdf">https://www.mlit.go.jp/common/001281854.pdf</a>             |

表-3.6 に示す、①マルチビームを用いた深淺測量マニュアル（浚渫工編）では、水深 30m 以浅の浚渫工において、マルチビームを用いた深淺測量を実施する際の標準的な作業方法、使用する機器等の必要な事項について規定されている<sup>15)</sup>。

②3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（浚渫工編）では、浚渫工事における浚渫土量（扱土量、純土量、余掘土量）算出の簡素化を目的として、マルチビームによる深淺測量等により取得された3次元データを用いた浚渫土量の算出方法を取りまとめられている<sup>16)</sup>。

③3次元データを用いた出来形管理要領（浚渫工編）では、マルチビームによる出来形測量および3次元データによる出来形管理で効率的かつ正確に実施するために、以下の事項について明確化することを主な目的として規定されている<sup>17)</sup>。1つ目はマルチビームを用いた出来形測量の基本的な取扱い方法や計測方法。2つ目は取得データの処理方法。3つ目は各工種における出来形管理の方法と具体的手順および出来形管理基準などの事項である。

④3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（浚渫工編）では、3次元データによる出来形管理に係る監督・検査に必要な事項を定め、監督・検査業務の適切な実施やさらなる効率化に資することを目的として規定されている<sup>18)</sup>。

⑤ICT 活用工事積算要領（浚渫工編）では、ICT 活用工事を実施する場合の積算手順が取りまとめられている<sup>19)</sup>。

これらのマニュアル・要領類に則った ICT 浚渫工（港湾）の実施により、起工測量や出来形管理における正確な浚渫土量の算出が可能となり、また、船舶の安全航行のための必要な水深を確保することができている。

#### (3) マニュアル・要領類改定の経緯

マニュアル・要領類については、2017 年度の ICT 浚渫工（港湾）の開始時に作成されている。作成後は、ICT 浚渫工（港湾）試行工事で実施したアンケート調査の結果を検証し、さらなる生産性の向上に向けて、計測性能（取得点密度）や測深精度等の基準の改定が行われた。

##### a) 計測性能（取得点密度）の改定

2018 年度の改定については、アンケート意見等から以下の理由により、浚渫工に要求される精度を考慮し、取得データ（点群数）の基準が緩和された<sup>20)</sup>（図-3.4）。

アンケートでは、0.5m 平面格子では 3 点未満の連続箇所が発生してしまう箇所が相当あるという意見や、また、浚渫土量計算に用いる平面格子サイズは、平坦な地形を対象とする限りでは、平面格子サイズ 0.5m と 1m との土量計算結果に大きな差はないなどの意見があった。

これらの意見を踏まえ 2018 年度では、平面格子サイズの基準が 0.5m から 1.0m に改定された。

2019 年度の改定では、アンケート意見等より取得データ（点群数）の基準の緩和について、以下の通り検討を実施

した<sup>20)</sup>（図-3.4）。

測量時の海象条件が悪くなった場合などの諸条件を想定し、試行工事での6件の取得データの全点群データから、ランダムにデータを間引いて取得点密度を比較検討した。

1/5 間引きの場合については、全点群データ数の 20% の点群データとしている。また、1/10 間引きの場合については、全点群データ数の 10% の点群データとしている。

データ数を 1/5 とした時に、達成率が 1m 平面格子に 3 点以上の場合では、全て 90% 以上を確保できているが、未達成格子が連続するケースが発生した。

また、未達成格子の連続が最も厳しい条件となっていることから、未達成格子連続の条件をなくし、未達成エリアが広がらないための代替措置として、達成率を 99% とすることとした。

土量差については、従前の平均断面法との誤差に比べ、小さいことが確認できた。

これらの結果を踏まえ 2019 年度では、達成率の基準が 90% から 99% に改定された。また、点群密度については 3 点未満の平面格子の連続不可の基準を削除に改定された。



図-3.4 計測性能（取得点密度）の改定<sup>20~21)</sup>

b) 測深精度の改定

2018 年度の改定については、アンケート意見等から以下の理由により、検測・精度管理±10cm は水路測量基準より厳しく満足することが難しいので、水路測量基準と同程度にするように見直された<sup>20)</sup>（図-3.5）。

アンケートでは、現行マニュアルで規定する測深精度は、井桁測線による検測結果により評価されるものであり、水路測量基準のように実測データと照査線データの比較により、検測結果が評価されるものではないという意見や、ICT 浚渫工では出来形の計測だけでなく、測深データを用いて土量計算も行うことから、より高い測深精度が要求されるなどの意見があった。

また、試行工事の結果より、海象条件が悪い等の特殊な条件の工事箇所を除けば、±10cm の適合率 90% 以上をほぼ満足しており、測深機を持つ精度（エラー発生率約 5%）を考慮しても、適合率 90% 以上を許容範囲とすることが妥当であることが確認された。

これらの意見等を踏まえ 2018 年度では、達成率の基準が 100% から 90% に改定された。

2019 年度の改定については、基本的に水路測量の基準に合わせるように見直された<sup>21)</sup>（図-3.5）。

アンケートでは、井桁測量の測深精度±10cm（90%以内）については、計測に適した平坦な場所を選定することが難しく、制限値をクリアすることはかなり難しいという意見や、1日1回の確認は頻度が多く、また、平穏な港内等での確認も現場では時間的な余裕がないことが多いなどの意見があった。

これらの意見等を踏まえ 2019 年度では、誤差の基準が ±10cm から水路測量基準に改定された。また、達成率については 90% の基準を削除に改定された。



図-3.5 測深精度の改定<sup>20~21)</sup>

水路測量基準では、水深の測定の誤差の限度を図-3.6に示すように定めている。

$$\text{誤差の限界} = \sqrt{(a^2 + (b \cdot d)^2)}$$

d：水深（mを単位とする）

aおよびb：以下の値

| 水域区分 | a     | b      |
|------|-------|--------|
| 特級   | 0.25m | 0.0075 |
| 1a級  | 0.5m  | 0.013  |
| 1b級  | 0.5m  | 0.013  |

図-3.6 水深の測定の誤差の限度<sup>22)</sup>

#### 4. ICT 浚渫工（港湾）におけるマルチビーム測量の効率化に向けた検討

##### 4.1 ヒアリング調査および検証項目

###### (1) ヒアリング調査概要

今回、マルチビーム測量のさらなる効率化に向けた検討を行うにあたり、マルチビーム測量の関係者へのヒアリング調査を行い、課題や要望等の意見の収集を実施した。

本調査における関係者として、測深機器販売代理店3社、測量調査会社1社、浚渫工事施工会社1社より意見をいただいた。また、マニュアル・要領類の改善に向けた検証項目の抽出に際して、2018年度、2019年度での改定実績も踏まえ、今後の効率化を見込める項目を調査した。

###### (2) ヒアリング調査結果

マルチビーム測量では、取得した3次元点群データの処理作業に人員と時間が掛かっており、さらなる効率化への課題となっている。

そこで、測量船の航行距離や取得点群データを削減する測量、データ処理作業量の削減、データ解析技術者や使用可能なソフトウェアを増やすことなどによる処理能力向上を目指し、2つの検証項目について、生産性の向上・作業の効率化につながるマルチビーム測量のマニュアル・要領類の改善案の検証を行った。

###### a) 検証項目1

マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和による測量距離の減少について検証を行った。

期待する効果については、マルチビーム測量作業においてはスワス角・重複率の設定が必要であるが、現行基準よ

り「スワス角を拡大」、「重複率を縮小」という設定緩和を行うことにより、深浅測量時の測量船の航行距離を減少することが期待できる（表-4.1）。

表-4.1 スワス角・重複率の現行基準

| 影響要因        | 適用明細           | 補正係数 | 適用                                |
|-------------|----------------|------|-----------------------------------|
| E4<br>最大測深幅 | スワス角 60°       | 0.70 | 港湾構造物もしくは水深31m以上                  |
|             | スワス角 90°       | 1.90 | 水深31m未満、かつ1.0m平面格子内に3点以上の密度を要する場合 |
|             | スワス角 120°      | 2.20 | 上記以外の場合                           |
| E5<br>重複率   | 20%(水深差 ~10m)  | 0.80 |                                   |
|             | 40%(水深差10~20m) | 0.60 |                                   |
|             | 60%(水深差20m以上)  | 0.40 |                                   |
|             | 100%(水路測量)     | 0.20 |                                   |

◆平成31年度 港湾請負工事積算基準【抜粋】 \*測深作業能力-能力係数

###### b) 検証項目2

取得点群データ処理において、中央値に加え最頻値の選択値採用による使用可能なソフトウェアの増加について検証を行った。

現行基準では、土量計算方法について「3次元CADまたはGISソフト等を用いた数量算出方法」として、以下の通り要領に規定されている<sup>16)</sup>。

「3次元データを用いた浚渫工の土量計算は、マルチビーム測深で取得された3次元点群データのうち、1.0m平面格子内のデータの中央値を抽出して作成されたTINにより求める方法を標準とする。」一方で、最頻値を採用するソフトウェアも多いことから、最頻値の併用を可能とすることにより、使用可能となるソフトウェアを増やすことが期待できる。

##### 4.2 マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和の検証（検証項目1）

###### (1) 検証方法

施工中の浚渫工事において、複数のスワス角・重複率の組合せでのマルチビーム測量実験を行い、その結果によりスワス角・重複率の設定緩和が可能であるかの検証を行った。設定緩和が可能であるかの判断は、各組合せでの測量結果から計算した浚渫土量の比較により行った。

###### a) マルチビーム測量のスワス角・重複率の設定緩和のイメージ

図-4.2に示すように、スワス角を90°から120°に30°緩和すると、測量面積は1.7倍に拡大することができる。

また、図-4.3に示すように、重複率を100%から20%に

縮小すると、測量往復回数は 1/1.8 となり測量距離は約半分に削減できる。

この両方の緩和策を講じた場合、測量作業は  $1/(1.7 \times 1.8) \approx 1/3$  となり、測量距離が減少でき効率化の効果を得ることができる（図-4.1～4.3）。

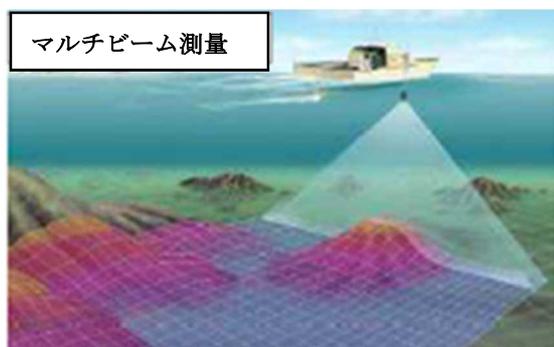


図-4.1 マルチビーム測量イメージ<sup>13)</sup>



図-4.2 スワス角緩和イメージ

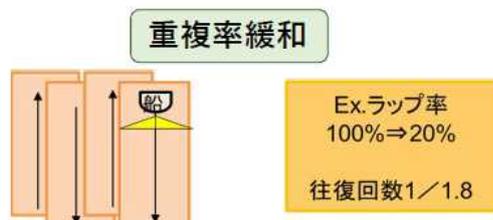


図-4.3 重複率緩和イメージ

#### b) 検証方法

下記工事での実験結果をもとに、スワス角 90° 重複率 100% の場合での浚渫土量を基準値として検証を行った。

「工事名：平成 31 年度名古屋港庄内川泊地浚渫工事」

また、土量計算に用いる 3 次元点群処理ソフトウェアは、2 種類を使用して土量差の違いがないことの確認を行った。

#### ① 検証結果判断基準

各組合せとの増減率（土量差）の判断基準については、過去の納品されたデータを用いて、従前の計算方法である平均断面法と 3 次元点群データから計算した TIN 法による土量との差を許容範囲とした。

また、今回の許容範囲は、過去 11 工事での平均断面法と TIN 法での計算結果の増減率（土量差）より、最大値である 5.08% に設定した（表-4.2、図-4.4）。

表-4.2 平均断面法と TIN 法との土量差の許容範囲設定

|    | 年度   | 浚渫工事名     | 平均断面法     | TIN法      | 土量差    | 増減率    | 絶対値   | 許容設定値 |
|----|------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|-------|-------|
| 1  | H29d | H29d石狩湾新港 | 71,734.0  | 71,708.0  | -26    | -0.04% | 0.04% |       |
| 2  | H30d | H30d博多港   | 35,165.0  | 35,260.0  | 95     | 0.27%  | 0.27% |       |
| 3  | H29d | H29d金沢港 1 | 19,253.0  | 19,152.0  | -101   | -0.52% | 0.52% |       |
| 4  | H30d | H30d名古屋港  | 83,831.2  | 84,542.6  | 711    | 0.85%  | 0.85% |       |
| 5  | H30d | H30d唐津港   | 14,788.0  | 14,530.0  | -258   | -1.74% | 1.74% |       |
| 6  | H30d | H30d博多港   | 11,903.0  | 12,134.0  | 231    | 1.94%  | 1.94% |       |
| 7  | H29d | H29d鹿島港 1 | 12,240.0  | 11,876.0  | -364   | -2.97% | 2.97% |       |
| 8  | H29d | H29d鹿島港 2 | 19,567.0  | 18,865.0  | -702   | -3.59% | 3.59% |       |
| 9  | H29d | H29d金沢港 2 | 22,975.0  | 22,114.0  | -861   | -3.75% | 3.75% |       |
| 10 | H30d | H30d高松港   | 16,067.9  | 15,318.7  | -749   | -4.66% | 4.66% |       |
| 11 | H29d | H29d神戸港   | 185,189.0 | 175,776.0 | -9,413 | -5.08% | 5.08% | 最大値   |



図-4.4 平均断面法と TIN 法との土量差の許容範囲設定

#### ② スワス角の検証

スワス角は、90°、120°、130° にて検証を行った。現行基準である 90° のほかに、作業の効率化の可能性を確認するため、より広角な 120°、130° を加え、3 種類について比較を行った。

#### ③ 重複率の検証

重複率は、100%、60%、20% にて検証を行った。重複率については、「海洋調査技術マニュアルー深淺測量ー」において、「有効測深幅の 20% をオーバーラップさせることが一般的である。」と記載されている<sup>23)</sup>。

現行基準の 100% とマニュアル記載の 20% のほかに、2 つの中間値となる 60% を加え、3 種類について比較を行った。

また今回は、測量中の船舶の動揺を ±1.5m 程度と想定し、有効測深幅（重複幅）の最低幅を 3m として設定した。

これにより、測量箇所水深-8.1m と最低幅 3m の設定から、スワス角 90° で重複率 42%、スワス角 120° で重複率 24% となり、重複率 20% 以上を確保した。また、未測箇所がないように、測量作業中に確認を行った（表-4.3～4.4）（図-4.5～4.6）。

表-4.3 スワス角・重複率毎の有効測深幅(重複幅)

| スワス角 | 重複率   |                                 |                                 |
|------|-------|---------------------------------|---------------------------------|
|      | 100%  | 60%                             | 20%                             |
| 90°  | 7.1m  | $7.1m \times 0.6 \approx 4.2m$  | $7.1m \times 0.2 \approx 1.5m$  |
| 120° | 12.3m | $12.3m \times 0.6 \approx 7.3m$ | $12.3m \times 0.2 \approx 2.5m$ |
| 130° | 15.2m | $15.2m \times 0.6 \approx 9.1m$ | $15.2m \times 0.2 \approx 3.0m$ |

※測量箇所計画水深：-8.1m

表-4.4 最低有効測深幅(重複幅)での重複率 20%以上を確保する設定

| スワス角 | 最低有効測深幅<br>(最低重複幅) | 重複率20%以上確保                     |
|------|--------------------|--------------------------------|
| 90°  | 3.0m               | $3.0m \div 7.1m \approx 42\%$  |
| 120° | 3.0m               | $3.0m \div 12.3m \approx 24\%$ |

スワス角90°：重複率20%以上確保 → 重複率42%

※最低有効測深幅(重複幅)3.0m

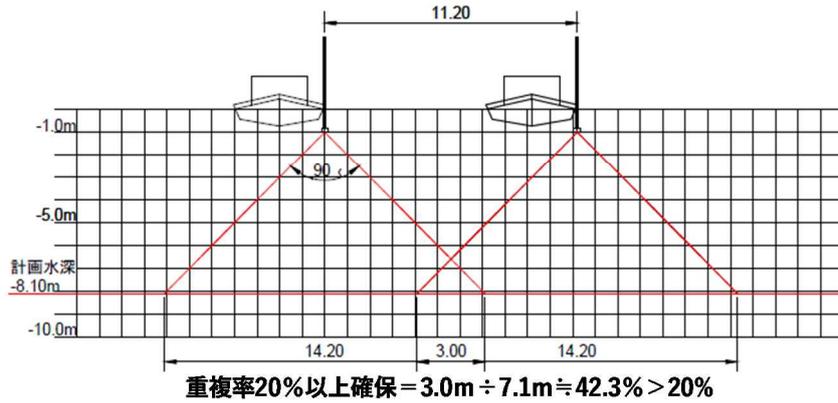


図-4.5 スワス角 90° における測線間隔の設定

スワス角120°：重複率20%以上確保 → 重複率24%

※最低有効測深幅(重複幅)3.0m

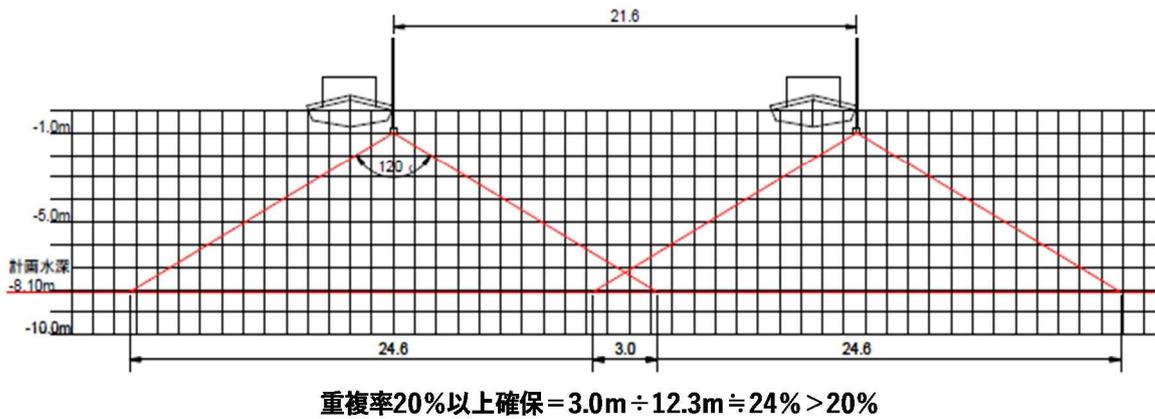


図-4.6 スワス角 120° における測線間隔の設定

(2) 検証結果

a) 土量比較検証結果

起工測量と出来形測量での測量データを用いて、全8通りのスワス角・重複率の組合せについて、基準値とするスワス角 90° 重複率 100%との増減率(土量差)を検証した。

なお、ソフトウェアの違いによる増減率(土量差)がないことを確認するため、2種類のソフトウェアを使用して

土量計算を行い、検証結果は以下の通りとなった

(表-4.5~4.6, 図-4.7~4.8).

起工測量データでの土量比較による基準値のスワス角 90° 重複率 100%との増減率(土量差)は、ソフトウェア A で最大 0.18%, ソフトウェア B で最大 0.17%であった。

また、出来形測量データでの土量比較による基準値との増減率(土量差)は、ソフトウェア A で最大 0.52%, ソフトウェア B で最大 0.56%であった。

表-4.5 起工測量における土量比較の検証結果

| スワス角<br>重複率 | ソフトウェア：A   |               |             | ソフトウェア：B   |               |             |
|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|
|             | 検証土量<br>m3 | 基準との<br>土量差m3 | 基準との<br>増減率 | 検証土量<br>m3 | 基準との<br>土量差m3 | 基準との<br>増減率 |
| 0 90° 100%  | 160,644    | 0             | 0%          | 160,427    | 0             | 0%          |
| 1 90° 42%   | 160,722    | 78            | 0.05%       | 160,541    | 114           | 0.07%       |
| 2 90° 60%   | 160,593    | -51           | -0.03%      | 160,425    | -2            | 0.00%       |
| 3 120° 24%  | 160,824    | 180           | 0.11%       | 160,576    | 149           | 0.09%       |
| 4 120° 60%  | 160,562    | -82           | -0.05%      | 160,363    | -64           | -0.04%      |
| 5 120° 100% | 160,800    | 156           | 0.10%       | 160,658    | 231           | 0.14%       |
| 6 130° 20%  | 160,541    | -103          | -0.06%      | 160,302    | -125          | -0.08%      |
| 7 130° 60%  | 160,349    | -295          | -0.18%      | 160,151    | -276          | -0.17%      |
| 8 130° 100% | 160,537    | -107          | -0.07%      | 160,359    | -68           | -0.04%      |

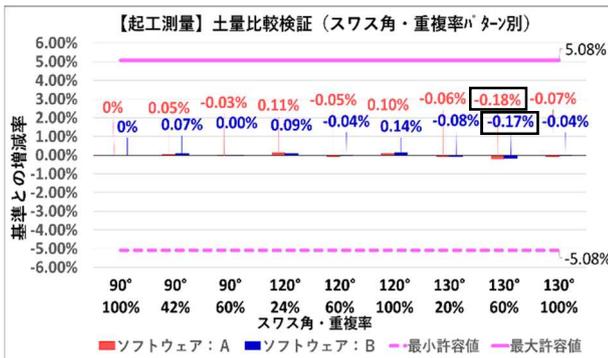


図-4.7 起工測量における土量比較の検証結果

表-4.6 出来形測量における土量比較の検証結果

| スワス角<br>重複率 | ソフトウェア：A   |               |             | ソフトウェア：B   |               |             |
|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|-------------|
|             | 検証土量<br>m3 | 基準との<br>土量差m3 | 基準との<br>増減率 | 検証土量<br>m3 | 基準との<br>土量差m3 | 基準との<br>増減率 |
| 0 90° 100%  | 196,984    | 0             | 0%          | 196,655    | 0             | 0%          |
| 1 90° 42%   | 197,035    | 51            | 0.03%       | 196,691    | 36            | 0.02%       |
| 2 90° 60%   | 197,141    | 157           | 0.08%       | 196,679    | 24            | 0.01%       |
| 3 120° 24%  | 196,944    | -40           | -0.02%      | 196,604    | -51           | -0.03%      |
| 4 120° 60%  | 196,146    | -838          | -0.43%      | 195,836    | -819          | -0.42%      |
| 5 120° 100% | 196,410    | -574          | -0.29%      | 196,054    | -601          | -0.31%      |
| 6 130° 20%  | 196,597    | -387          | -0.20%      | 196,283    | -372          | -0.19%      |
| 7 130° 60%  | 196,333    | -651          | -0.33%      | 195,766    | -889          | -0.45%      |
| 8 130° 100% | 195,958    | -1,026        | -0.52%      | 195,562    | -1,093        | -0.56%      |

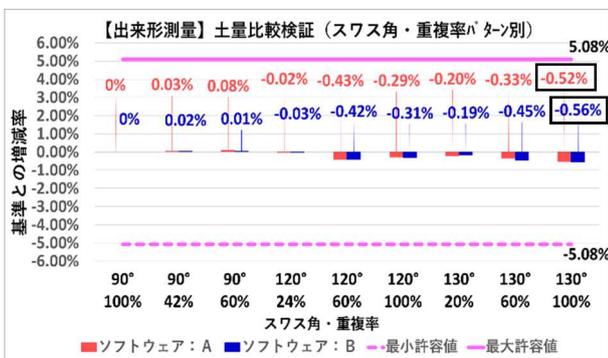


図-4.8 出来形測量における土量比較の検証結果

この結果から、判断基準である平均断面法と TIN 法との土量差とした許容範囲 5.08%より十分小さい値の検証結果となった。

これにより、複数のスワス角・重複率の組合せでのマルチビーム測量データを用いた土量比較では、増減率（土量差）は許容範囲内であり、現行基準の設定緩和が可能なことが確認できた。

#### 4.3 取得点群データ処理において中央値に加え最頻値の選択値採用の検証（検証項目2）

##### (1) 検証方法

2017 年度、2018 年度施工の複数の浚渫工事でのマルチビーム測量データを用いて、土量計算時の中央値による土量に対して、最頻値を使用した場合の土量差の比較を行い、最頻値の採用が可能であるかの検証を行った。

##### a) 中央値・最頻値等の選択値

土量計算時に用いる中央値と最頻値やその他の点群データの値については、以下の通りである（図-4.9）。

中央値とは、平面格子状にある点群の中から順に並べた時の真ん中の点である。最頻値とは、平面格子状にある点群の中で最も頻度の高い点の中の代表値である。最浅値とは、平面格子状にある点群の中で最も標高の高い点である。最低値とは、平面格子状にある点群の中で最も標高の低い点である。

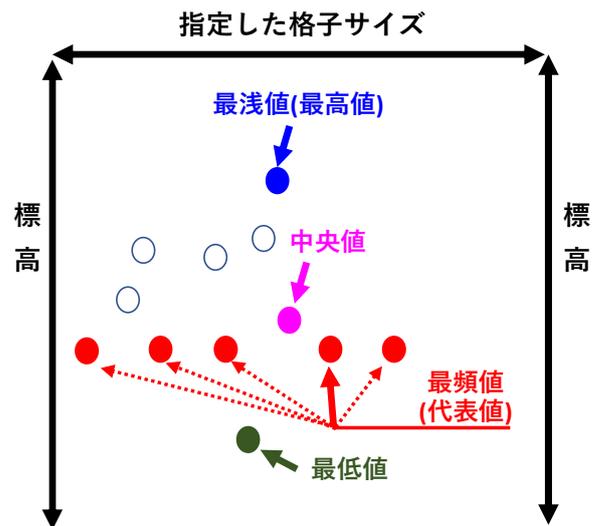


図-4.9 点群データの選択値イメージ

b) 検証方法

土量計算時の選択値に中央値と最頻値を使用し、土量比較による検証を行った。検証データとして、2017年度6工事、2018年度6工事の合計12工事について、2種類のソフトウェアを使用して土量比較を行った(表-4.7)。

表-4.7 検証浚渫工事一覧表

| 工事名                                 | 純土量(m3) |
|-------------------------------------|---------|
| 2018年度                              |         |
| 1 鹿島港外港地区航路・泊地(-14m)浚渫工事            | 11,876  |
| 2 石狩湾新港航路浚渫工事                       | 71,708  |
| 3 金沢港(大野地区)航路(-13m)浚渫工事             | 22,114  |
| 4 鹿島港外港地区航路・泊地(-14m)浚渫工事(その2)       | 18,865  |
| 5 酒田港北港地区泊地(-13m)浚渫工事(H29)          | 57,264  |
| 6 神戸港ポートアイランド(第2期)地区航路(-16m)浚渫工事    | 175,776 |
| 2019年度                              |         |
| 1 平成29年度鹿島港外港地区航路・泊地(-14m)浚渫工事(その3) | 14,664  |
| 2 千葉港葛南中央地区航路(-12m)浚渫工事             | 14,963  |
| 3 名古屋港庄内川泊地B・C区浚渫工事                 | 30,734  |
| 4 釧路港西港区航路浚渫工事                      | 67,925  |
| 5 苅田港(本港地区)航路(-13m)浚渫工事             | 21,038  |
| 6 高松港朝日地区航路(-12m)浚渫工事               | 9,070   |

土量計算実施時に使用する平面格子密度・格子内残点数については、1点/1mとして、中央値と最頻値での土量比較を行った。

また、前節4.2での検証と同様に、改善可否の判断基準については増減率(土量差)の許容範囲として、最大値である5.08%に設定した(表-4.2, 図-4.4)。

(2) 検証結果

2017年度の6工事による土量比較の検証結果は、以下の通りとなった(図-4.10~4.11)。

ソフトウェアAにて計算した中央値と最頻値での増減率(土量差)は、最大0.58%であった。

また、ソフトウェアBにて計算した中央値と最頻値での増減率(土量差)は、最大1.37%であった。

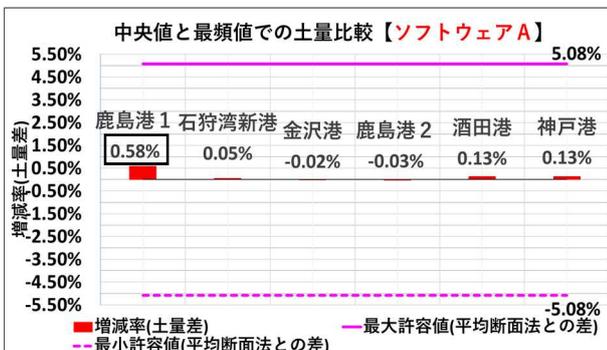


図-4.10 2017年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較1

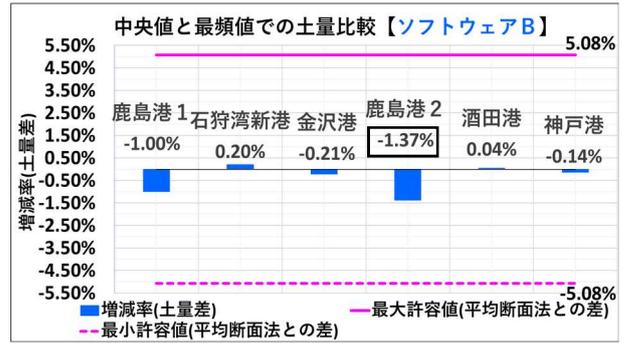


図-4.11 2017年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較2

2018年度の6工事による土量比較の検証結果は、以下の通りとなった(図-4.12~4.13)。

ソフトウェアAにて計算した中央値と最頻値での増減率(土量差)は、最大0.15%であった。

また、ソフトウェアBにて計算した中央値と最頻値での増減率(土量差)は、最大0.08%であった。

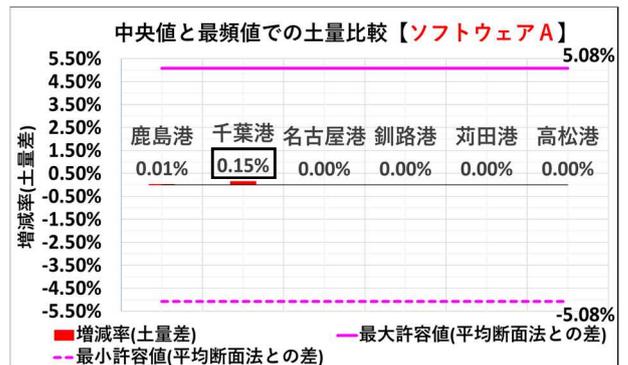


図-4.12 2018年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較1

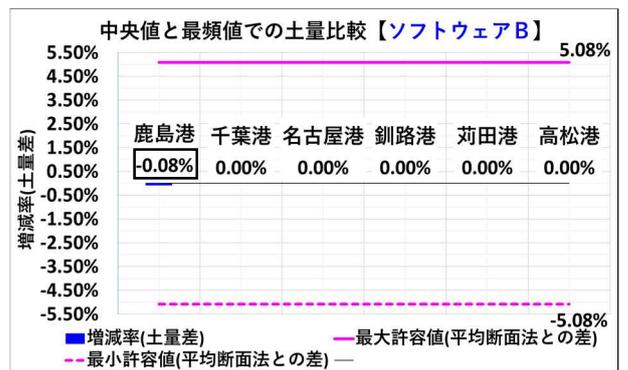


図-4.13 2018年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較2

全12工事の検証データについて、2種類のソフトウェアを用いて土量比較を行った結果、中央値と最頻値での増減率(土量差)は、判断基準である平均断面法とTIN法との土量差とした許容範囲5.08%より十分小さい値の検証

結果となった。

これにより、取得点群データ処理の土量計算時の取得点の選択値は、中央値に加え最頻値の採用も可能であることが確認できた。

## 5. ICT 浚渫工（港湾）におけるマニュアル・要領類に関する改善案

### 5.1 マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和の改善案の提案および効果

#### (1) 改善案の提案

複数のスワス角・重複率の組合せでのマルチビーム測量データを用いた土量比較により、増減率（土量差）は許容範囲内であり、現行基準の設定緩和が可能であることが確認できた。

この結果より、スワス角・重複率の設定緩和に有効な組合せの改善案について、以下の通り提案する。

現行基準であるスワス角 90° 重複率 100% の設定について、スワス角 120° 重複率 20% とする改善案を提案する。

#### (2) 改善案による効果

マルチビーム測量作業を実施するにあたり、スワス角・重複率を設定する際には、現行基準より、スワス角を拡大、重複率を縮小、とする緩和策を講じることにより、測量船の航行回数が約 1/3 減少することによる現地測量作業量の削減や取得データの処理作業量（データ数、解析時間等）の削減などの効果が期待できる。

### 5.2 取得点群データ処理において中央値に加え最頻値の選択値採用の改善案の提案および効果

#### (1) 改善案の提案

マルチビーム測量の取得点群データ処理においては、土量計算時の取得点の選択値に関して、中央値のみではなく、最頻値も採用が可能であることが確認できた。

この結果より、土量計算時の選択値は、中央値に加え最頻値も採用可能とする改善案について、以下の通り提案する。

3次元データを用いた浚渫工の土量計算において、現行基準である3次元点群データの中央値を採用するものから、使用可能なソフトウェアを増やすことができる、中央値または最頻値を採用とする改善案を提案する。

#### (2) 改善案による効果

土量計算において中央値に加え最頻値の選択値採用により、使用可能となるソフトウェアを3種類増やすことができる。これにより、既存の保有ソフトウェアでの取得データ処理が可能となり、既存のデータ解析技術や人材が多く活用される効果が期待できる（表-5.1）。

表-5.1 ソフトウェア一覧表

| 1. マルチビームデータ取得ソフト<br>(データ取得+データ処理) |             |     |     |     |     |
|------------------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| ソフトウェア名                            | グリッドデータ作成機能 |     |     |     |     |
|                                    | 平均          | 最浅値 | 最深値 | 最頻値 | 中央値 |
| イ                                  | ○           | ○   | ○   | ○   | ×   |
| ロ                                  | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| ハ                                  | ○           | ○   | ○   | ×   | ×   |
| ニ                                  | ○           | ○   | ○   | △   | ○   |
| ホ                                  | ×           | ×   | ×   | ×   | ×   |

| 2. 後処理型点群処理ソフト<br>(データ処理) |             |     |     |     |     |
|---------------------------|-------------|-----|-----|-----|-----|
| ソフトウェア名                   | グリッドデータ作成機能 |     |     |     |     |
|                           | 平均          | 最浅値 | 最深値 | 最頻値 | 中央値 |
| へ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ×   |
| ト                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ×   |
| チ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| リ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| ヌ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| ル                         | ○           | ○   | ○   | ×   | ○   |
| オ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| ワ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| カ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |
| ヨ                         | ○           | ○   | ○   | ×   | ○   |
| タ                         | ○           | ○   | ○   | ×   | ○   |
| レ                         | ○           | ○   | ○   | ○   | ○   |

 : 使用可能となるソフトウェア

## 6. おわりに

本研究においては、今後のICT浚渫工（港湾）の効率化を目指し、マニュアル・要領類の改善案の提示を目的として検討を実施したものである。

今回の検討では、マルチビーム測量に関するマニュアル・要領類について、実測データ等を用いた検証結果より設定緩和が可能であることを確認し、マニュアル・要領類の改善案が現場での測量作業の効率化につながることを期待する。今後のICT浚渫工（港湾）において、さらなる生産性の向上につながる施策の参考となれば幸いである。

(2020年2月12日受付)

## 謝辞

本研究では、測量データの実験・提供をいただいた中部地方整備局ならびに工事受注者および、貴重なご意見をいただいた測量機器販売代理店、測量調査会社、浚渫工事施工会社の方々のご協力に深く感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省：i-Construction 委員会 第4回資料1：i-Construction～建設現場の生産性革命～，2016年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001126451.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 2) 国土交通省：i-Construction 推進コンソーシアム 第5回企画委員会 参考資料，2019年，<[http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/03.5\\_kikaku\\_siryoku6.pdf](http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/03.5_kikaku_siryoku6.pdf)>，(2020.1.31 アクセス)。
- 3) 国土交通省：港湾における ICT 導入検討委員会 第8回委員会資料，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/kowan/content/001316994.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 4) 日本建設情報総合センター：令和元年7月社会基盤情報標準化委員会特別委員会 建設生産・管理システムのあり方に関する提言，2019年，<<http://www.jacic.or.jp/hyojun/2018-teigen.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 5) 国土交通省：国土技術政策総合研究所資料 NO.1024 港湾分野における i-Construction 推進のための 3 次元データ等の活用に関する検討，2018年，<<http://www.y.sk.nimilim.go.jp/kenkyuseika/pdf/ks1024.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 6) 国土交通省：i-Construction 委員会 第4回 参考資料 2，2016年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001127740.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 7) 家入龍太：これだけ！ BIM，秀和システム，2015年，pp.18-21。
- 8) 国土交通省：ICT 導入協議会 第1回資料-資料 2，2016年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001118342.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 9) 国土交通省：ICT 導入協議会 第8回資料-資料 1，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001275855.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 10) 国土交通省：ICT 導入協議会 第9回資料-資料 1，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001303213.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 11) 国土交通省：ICT 導入協議会 第7回資料-資料 4，2018年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001248778.pdf>>，(2020.1.31 アクセス)。
- 12) 国土交通省：ICT 導入協議会 第8回資料-資料 4，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001278337.pdf>>，(2020.2.4 アクセス)。
- 13) 国土交通省：i-Construction 推進コンソーシアム 第3回企画委員会 資料 1，2018年，<[http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/01.3\\_kikaku\\_siryoku1.pdf](http://www.mlit.go.jp/tec/i-construction/pdf/01.3_kikaku_siryoku1.pdf)>，(2020.2.4 アクセス)。
- 14) 国土交通省：ICT 導入協議会 第7回資料 資料 1，2018年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001248774.pdf>>，(2020.2.4 アクセス)。
- 15) 国土交通省：マルチビームを用いた深淺測量マニュアル（浚渫工編）（平成31年4月改定版），平成31年3月，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001281855.pdf>>，(2020.2.4 アクセス)。
- 16) 国土交通省：3次元データを用いた港湾工事数量算出要領（浚渫工編）（平成31年4月改定版），平成31年3月，2019年，<<https://www.mlit.go.jp/common/001281856.pdf>> (2020.2.4 アクセス)。
- 17) 国土交通省：3次元データを用いた出来形管理要領（浚渫工編）（平成31年4月改定版），平成31年3月，2019年，<<https://www.mlit.go.jp/common/001281857.pdf>> (2020.2.4 アクセス)。
- 18) 国土交通省：3次元データを用いた出来形管理の監督・検査要領（浚渫工編）（平成31年4月改定版），平成31年3月，2019年，<<https://www.mlit.go.jp/common/001281859.pdf>> (2020.2.4 アクセス)。
- 19) 国土交通省：ICT 活用工事積算要領（浚渫工編）（平成31年4月改定版），平成31年3月，2019年，<<https://www.mlit.go.jp/common/001281854.pdf>> (2020.2.4 アクセス)。
- 20) 国土交通省：港湾における ICT 導入検討委員会 第5回委員会資料 資料-1，2018年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001224632.pdf>>，(2020.2.4 アクセス)。
- 21) 国土交通省：港湾における ICT 導入検討委員会 第7回委員会資料 資料-1，2019年，<<http://www.mlit.go.jp/common/001274017.pdf>>，(2020.2.4 アクセス)。
- 22) 一般社団法人海洋調査協会：海上保安庁海洋情報部 監修，水路測量関係規則集，平成26年4月第8版，2014年，pp17-25。
- 23) 一般社団法人海洋調査協会：海洋調査技術マニュアル-深淺測量-，平成27年10月第5版，2015年，pp107。

付録A マルチビーム測量におけるスワス角・重複率の設定緩和の検証 関連資料

検証実験工事概要

1. 工事名 : 平成 31 年度 名古屋港庄内川泊地浚渫工事
2. 工期 : 令和元年 7 月 ~ 令和元年 10 月
3. 発注者 : 国土交通省 中部地方整備局



図-A.1 検証位置図



図-A.2 検証位置詳細図

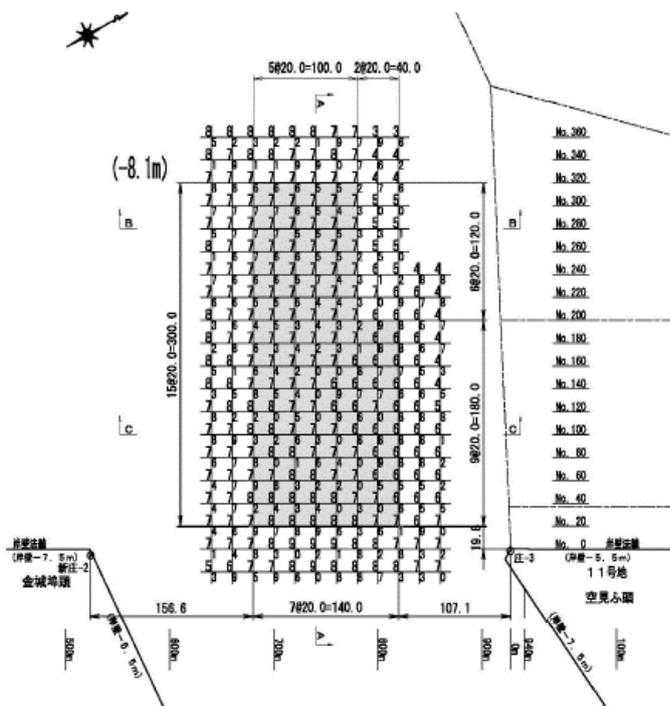


図-A.3 検証区域深淺図

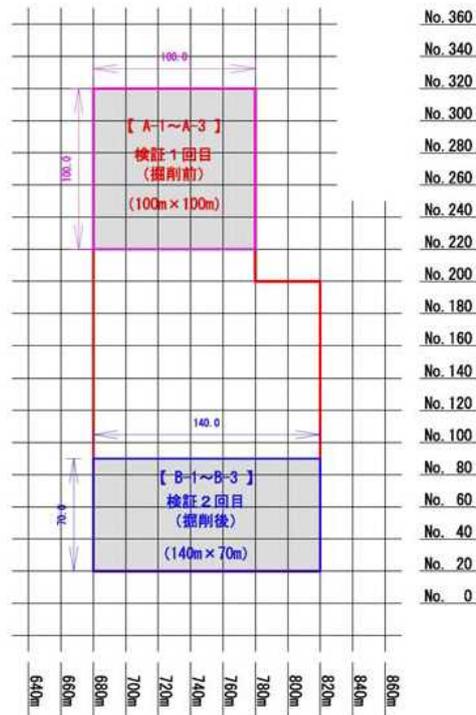


図-A.4 検証区域詳細図

4. マルチビーム測量実験

表-A.1 マルチビーム測量実験概要

| 測深<br>対象区域             | スワス角      | 重複率  | 有効<br>測深幅 | 測線<br>総本数 | 測線間隔 | 基準値      |                    | 備考  |
|------------------------|-----------|------|-----------|-----------|------|----------|--------------------|-----|
|                        |           |      |           |           |      | 90° 100% | 本数比較(%)<br>本数減=距離減 |     |
| <b>A 区域：起工測量（掘削前）</b>  |           |      |           |           |      |          |                    |     |
| A-1<br>(スワス角90°)       | 100m×100m | 90°  | 100%      | 7.1       | 16   | @7.0m    | 100%               | 基準値 |
|                        |           | 90°  | 60%       | 4.2       | 12   | @9.7m    | 75.0%              |     |
|                        |           | 90°  | 42%       | 3.0       | 10   | @11.2m   | 62.5%              |     |
| A-2<br>(スワス角120°)      | 100m×100m | 120° | 100%      | 12.3      | 10   | @12.0m   | 62.5%              |     |
|                        |           | 120° | 60%       | 7.3       | 7    | @17.0m   | 43.8%              |     |
|                        |           | 120° | 24%       | 3.0       | 6    | @21.6m   | 37.5%              |     |
| A-3<br>(スワス角130°)      | 100m×100m | 130° | 100%      | 15.2      | 8    | @15.3m   | 50.0%              |     |
|                        |           | 130° | 60%       | 9.1       | 6    | @21.3m   | 37.5%              |     |
|                        |           | 130° | 20%       | 3.0       | 5    | @27.4m   | 31.3%              |     |
| <b>B 区域：出来形測量（掘削後）</b> |           |      |           |           |      |          |                    |     |
| B-1<br>(スワス角90°)       | 140m×70m  | 90°  | 100%      | 7.1       | 11   | @7.0m    | 100%               | 基準値 |
|                        |           | 90°  | 60%       | 4.2       | 9    | @9.7m    | 81.8%              |     |
|                        |           | 90°  | 42%       | 3.0       | 8    | @11.2m   | 72.7%              |     |
| B-2<br>(スワス角120°)      | 140m×70m  | 120° | 100%      | 12.3      | 7    | @12.0m   | 63.6%              |     |
|                        |           | 120° | 60%       | 7.3       | 6    | @17.0m   | 54.5%              |     |
|                        |           | 120° | 24%       | 3.0       | 5    | @21.6m   | 45.5%              |     |
| B-3<br>(スワス角130°)      | 140m×70m  | 130° | 100%      | 15.2      | 6    | @15.3m   | 54.5%              |     |
|                        |           | 130° | 60%       | 9.1       | 5    | @21.3m   | 45.5%              |     |
|                        |           | 130° | 20%       | 3.0       | 4    | @27.4m   | 36.4%              |     |

表-A.2 スワス角・重複率毎の有効測深幅（重複幅）

| スワス角 | 重複率   |                              |                              |
|------|-------|------------------------------|------------------------------|
|      | 100%  | 60%                          | 20%                          |
| 90°  | 7.1m  | $7.1m \times 0.6 \div 4.2m$  | $7.1m \times 0.2 \div 1.5m$  |
| 120° | 12.3m | $12.3m \times 0.6 \div 7.3m$ | $12.3m \times 0.2 \div 2.5m$ |
| 130° | 15.2m | $15.2m \times 0.6 \div 9.1m$ | $15.2m \times 0.2 \div 3.0m$ |

※測量箇所計画水深：-8.1m

表-A.3 最低有効測深幅（重複幅）での重複率 20%以上を確保する設定

| スワス角 | 最低有効測深幅<br>(最低重複幅) | 重複率20%以上確保                  |
|------|--------------------|-----------------------------|
| 90°  | 3.0m               | $3.0m \div 7.1m \div 42\%$  |
| 120° | 3.0m               | $3.0m \div 12.3m \div 24\%$ |

5. 深浅測量 測線計画

(1) A-1（測量対象区域 100m×100m）：スラス角 90° 重複率 20%～100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@7.0m 総本数 16 本

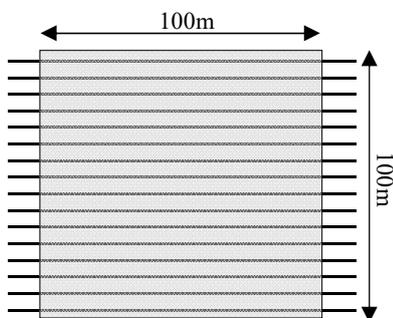


図-A.5 90° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@9.7m 総本数 12 本

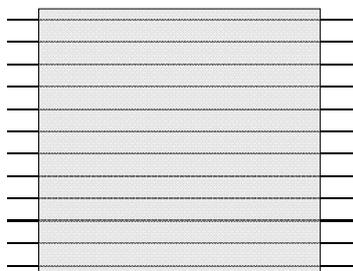


図-A.6 90° 60%測線

ケース③

重複率 42% 測線間隔@11.2m 総本数 10 本

重複率=最低幅 3.0m ÷ 7.1m ÷ 42.3% > 20%

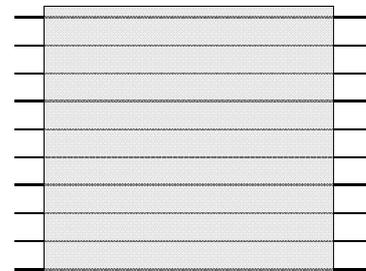


図-A.7 90° 42%測線

(2) A-2（測量対象区域 100m×100m）：スラス角 120° 重複率 20%～100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@12.0m 総本数 10 本

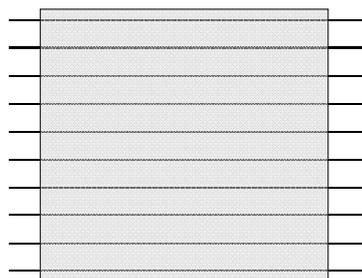


図-A.8 120° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@17.0m 総本数 7 本

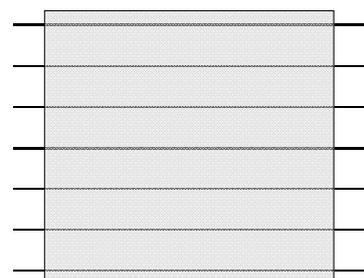


図-A.9 120° 60%測線

ケース③

重複率 24% 測線間隔@21.6m 総本数 6 本

重複率=最低幅 3.0m ÷ 12.3m ÷ 24% > 20%

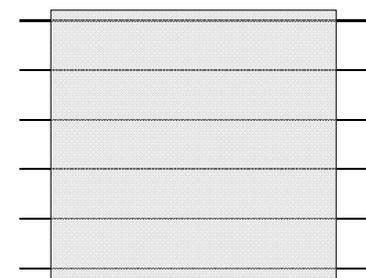


図-A.10 120° 24%測線

(3) A-3（測量対象区域 100m×100m）：スラス角 130° 重複率 20%～100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@15.3m 総本数 8 本



図-A.11 130° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@21.3m 総本数 6 本

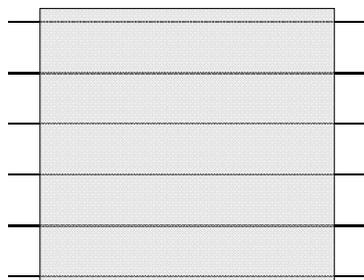


図-A.12 130° 60%測線

ケース③

重複率 20% 測線間隔@27.4m 総本数 5 本

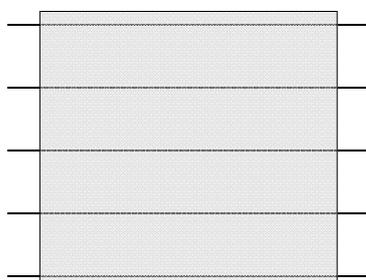


図-A.13 130° 20%測線

(4) B-1 (測量対象区域 140m×70m) : スワス角 90° 重複率 20%~100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@7.0m 総本数 11 本

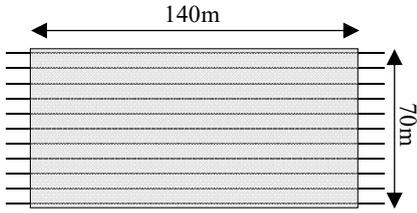


図-A.14 90° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@9.7m 総本数 9 本

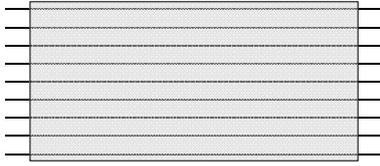


図-A.15 90° 60%測線

ケース③

重複率 42% 測線間隔@11.2m 総本数 8 本

重複率=最低幅 3.0m ÷ 7.1m ≒ 42.3% > 20%



図-A.16 90° 42%測線

(5) B-2 (測量対象区域 140m×70m) : スワス角 120° 重複率 20%~100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@12.0m 総本数 7 本



図-A.17 120° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@17.0m 総本数 6 本

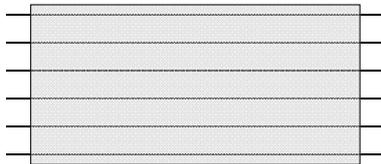


図-A.18 120° 60%測線

ケース③

重複率 24% 測線間隔@21.6m 総本数 5 本

重複率=最低幅 3.0m ÷ 12.3m ≒ 24% > 20%

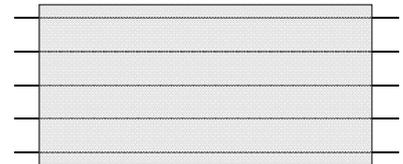


図-A.19 120° 24%測線

(6) B-3 (測量対象区域 140m×70m) : スワス角 130° 重複率 20%~100%での測線本数

ケース①

重複率 100% 測線間隔@15.3m 総本数 6 本

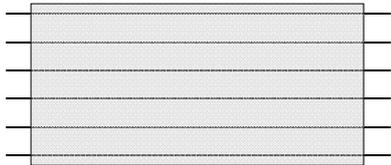


図-A.20 130° 100%測線

ケース②

重複率 60% 測線間隔@21.3m 総本数 5 本

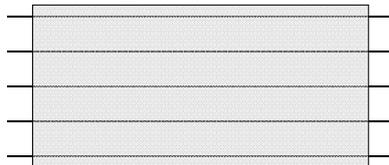


図-A.21 130° 60%測線

ケース③

重複率 20% 測線間隔@27.4m 総本数 4 本

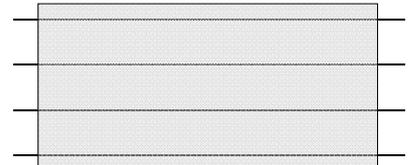


図-A.22 130° 20%測線

ICT 浚渫工（港湾）の効率化に向けたマニュアル類の改善に関する検討  
吉野拓之・井山繁・鈴木達典・坂田憲治・村田恵

6. 深浅測量 水深値・深浅図

(1) 水深値：A 区域 起工測量（掘削前）

表-A.4 A 区域 起工測量（掘削前）水深値一覧表

※基準値：スワス角90° 重複率100% (単位：m)

| スワス角 | 重複率  | 測線   | No.    | No.220 |        | No.240 |        | No.260 |        | No.280 |        | No.300 |        | No.320 |        |
|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      |      |      |        | 測定値    | 基準値との差 |
| 90°  | 100% | 680m | No.220 | -7.4   | -      | -7.4   | -      | -7.6   | -      | -7.5   | -      | -7.6   | -      | -7.6   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.7   | -0.1   | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 120° | 24%  |      |        | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | -0.1   | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 120° | 60%  |      |        | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 120° | 100% |      |        | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.7   | -0.1   | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 130° | 20%  |      |        | -7.4   | 0      | -7.5   | -0.1   | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      |
| 130° | 60%  |      |        | -7.3   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | 0.1    | -7.6   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.3   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | 0.1    | -7.6   | 0      |
| 90°  | 100% | 700m | No.240 | -7.3   | -      | -7.4   | -      | -7.5   | -      | -7.6   | -      | -7.6   | -      | -7.5   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.7   | -0.1   | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 120° | 24%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.5   | 0      | -7.7   | -0.1   | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 120° | 60%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 120° | 100% |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0.1    | -7.5   | 0      |
| 130° | 20%  |      |        | -7.2   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0.1    | -7.6   | -0.1   |
| 130° | 60%  |      |        | -7.2   | 0.1    | -7.3   | 0.1    | -7.4   | 0.1    | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.2   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.6   | 0      | -7.6   | 0      | -7.5   | 0      |
| 90°  | 100% | 720m | No.260 | -7.3   | -      | -7.4   | -      | -7.4   | -      | -7.5   | -      | -7.5   | -      | -7.4   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | 0      | -7.4   | 0      |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | -0.1   |
| 120° | 24%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | 0      | -7.5   | -0.1   |
| 120° | 60%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.4   | 0      |
| 120° | 100% |      |        | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.4   | 0      |
| 130° | 20%  |      |        | -7.2   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.4   | 0.1    | -7.5   | -0.1   |
| 130° | 60%  |      |        | -7.3   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.4   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.2   | 0.1    | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.5   | 0      | -7.4   | 0.1    | -7.5   | -0.1   |
| 90°  | 100% | 740m | No.280 | -7.3   | -      | -7.4   | -      | -7.4   | -      | -7.4   | -      | -7.4   | -      | -7.3   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 120° | 24%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 120° | 60%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 120° | 100% |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 130° | 20%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.3   | 0.1    | -7.4   | -0.1   |
| 130° | 60%  |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.3   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.4   | -0.1   | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | 0      | -7.4   | -0.1   |
| 90°  | 100% | 760m | No.300 | -7.2   | -      | -7.3   | -      | -7.4   | -      | -7.3   | -      | -7.3   | -      | -7.3   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.4   | -0.1   | -7.3   | 0.1    | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 120° | 24%  |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 120° | 60%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0.1    | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 120° | 100% |      |        | -7.2   | 0      | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 130° | 20%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.2   | 0.1    | -7.3   | 0      |
| 130° | 60%  |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      | -7.3   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.3   | 0      | -7.4   | 0      | -7.3   | 0      | -7.2   | 0.1    | -7.3   | 0      |
| 90°  | 100% | 780m | No.320 | -7.2   | -      | -7.2   | -      | -7.2   | -      | -7.1   | -      | -7.1   | -      | -7.0   | -      |
| 90°  | 42%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0      |
| 90°  | 60%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.3   | -0.1   | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0      |
| 120° | 24%  |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.2   | -0.1   | -7.1   | 0      | -7.0   | 0      |
| 120° | 60%  |      |        | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0      |
| 120° | 100% |      |        | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0      |
| 130° | 20%  |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.3   | -0.1   | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0.1    | -7.0   | 0      |
| 130° | 60%  |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0.1    | -7.0   | 0      |
| 130° | 100% |      |        | -7.1   | 0.1    | -7.2   | 0      | -7.2   | 0      | -7.1   | 0      | -7.0   | 0.1    | -7.0   | 0      |

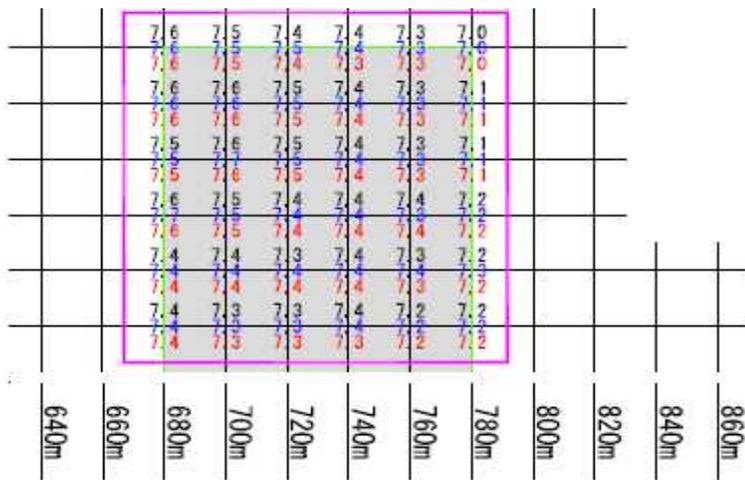
(2) 水深値：B 区域 出来形測量（掘削後）

表-A.5 B 区域 出来形測量（掘削後）水深値一覧表

※基準値：スワス角90° 重複率100% (単位：m)

| スワス角 | 重複率  | No.<br>測線 | No.20 |        | No.40 |        | No.60 |        | No.80 |        |
|------|------|-----------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
|      |      |           | 測定値   | 基準値との差 | 測定値   | 基準値との差 | 測定値   | 基準値との差 | 測定値   | 基準値との差 |
| 90°  | 100% | 680m      | -8.8  | -      | -8.8  | -      | -8.7  | -      | -9.0  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.8  | 0      | -8.7  | 0      | -8.9  | 0.1    |
| 90°  | 60%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.7  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.8  | 0.2    |
| 120° | 24%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.7  | 0.1    | -8.8  | -0.1   | -8.9  | 0.1    |
| 120° | 60%  |           | -8.6  | 0.2    | -8.7  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.7  | 0.3    |
| 120° | 100% |           | -8.8  | 0      | -8.6  | 0.2    | -8.7  | 0      | -8.8  | 0.2    |
| 130° | 20%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.6  | 0.2    | -8.7  | 0      | -8.8  | 0.2    |
| 130° | 60%  |           | -8.7  | 0.1    | -8.6  | 0.2    | -8.7  | 0      | -8.8  | 0.2    |
| 130° | 100% |           | -8.8  | 0      | -8.6  | 0.2    | -8.6  | 0.1    | -8.9  | 0.1    |
| 90°  | 100% | 700m      | -8.8  | -      | -9.0  | -      | -8.9  | -      | -8.7  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.9  | -0.1   | -9.0  | 0      | -8.9  | 0      | -8.8  | -0.1   |
| 90°  | 60%  |           | -8.8  | 0      | -8.9  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.6  | 0.1    |
| 120° | 24%  |           | -8.8  | 0      | -9.0  | 0      | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      |
| 120° | 60%  |           | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      |
| 120° | 100% |           | -8.7  | 0.1    | -8.8  | 0.2    | -8.7  | 0.2    | -8.6  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.8  | 0      | -8.9  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      |
| 130° | 60%  |           | -8.9  | -0.1   | -9.0  | 0      | -8.8  | 0.1    | -8.6  | 0.1    |
| 130° | 100% |           | -8.8  | 0      | -8.9  | 0.1    | -8.7  | 0.2    | -8.6  | 0.1    |
| 90°  | 100% | 720m      | -8.9  | -      | -8.7  | -      | -8.7  | -      | -8.6  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.9  | 0      | -8.8  | -0.1   | -8.7  | 0      | -8.7  | -0.1   |
| 90°  | 60%  |           | -8.9  | 0      | -8.7  | 0      | -8.7  | 0      | -8.6  | 0      |
| 120° | 24%  |           | -9.0  | -0.1   | -8.7  | 0      | -8.7  | 0      | -8.6  | 0      |
| 120° | 60%  |           | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.7  | 0      | -8.6  | 0      |
| 120° | 100% |           | -8.8  | 0.1    | -8.6  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.5  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.9  | 0      | -8.7  | 0      | -8.8  | -0.1   | -8.7  | -0.1   |
| 130° | 60%  |           | -8.9  | 0      | -8.7  | 0      | -8.7  | 0      | -8.6  | 0      |
| 130° | 100% |           | -8.8  | 0.1    | -8.6  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.6  | 0      |
| 90°  | 100% | 740m      | -8.7  | -      | -9.1  | -      | -8.9  | -      | -8.8  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.7  | 0      | -9.1  | 0      | -8.9  | 0      | -9.0  | -0.2   |
| 90°  | 60%  |           | -8.8  | -0.1   | -9.0  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -9.1  | -0.3   |
| 120° | 24%  |           | -8.7  | 0      | -9.1  | 0      | -8.9  | 0      | -8.9  | -0.1   |
| 120° | 60%  |           | -8.6  | 0.1    | -9.0  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.8  | 0      |
| 120° | 100% |           | -8.6  | 0.1    | -8.9  | 0.2    | -8.9  | 0      | -8.7  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.7  | 0      | -9.0  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0.1    |
| 130° | 60%  |           | -8.7  | 0      | -9.0  | 0.1    | -8.9  | 0      | -8.7  | 0.1    |
| 130° | 100% |           | -8.6  | 0.1    | -9.0  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.8  | 0      |
| 90°  | 100% | 760m      | -8.8  | -      | -8.7  | -      | -8.5  | -      | -9.1  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.7  | 0      | -8.4  | 0.1    | -9.1  | 0      |
| 90°  | 60%  |           | -9.0  | -0.2   | -8.7  | 0      | -8.6  | -0.1   | -9.1  | 0      |
| 120° | 24%  |           | -9.0  | -0.2   | -8.7  | 0      | -8.5  | 0      | -9.1  | 0      |
| 120° | 60%  |           | -8.8  | 0      | -8.6  | 0.1    | -8.5  | 0      | -9.0  | 0.1    |
| 120° | 100% |           | -8.9  | -0.1   | -8.5  | 0.2    | -8.4  | 0.1    | -9.0  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.5  | 0.2    | -8.4  | 0.1    | -8.9  | 0.2    |
| 130° | 60%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.6  | 0.1    | -8.5  | 0      | -9.1  | 0      |
| 130° | 100% |           | -8.8  | 0      | -8.6  | 0.1    | -8.3  | 0.2    | -9.0  | 0.1    |
| 90°  | 100% | 780m      | -8.8  | -      | -8.5  | -      | -8.8  | -      | -9.0  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.8  | 0      | -8.5  | 0      | -8.7  | 0.1    | -9.0  | 0      |
| 90°  | 60%  |           | -9.0  | -0.2   | -8.5  | 0      | -8.9  | -0.1   | -9.0  | 0      |
| 120° | 24%  |           | -8.7  | 0.1    | -8.6  | -0.1   | -8.9  | -0.1   | -9.0  | 0      |
| 120° | 60%  |           | -8.8  | 0      | -8.5  | 0      | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0.1    |
| 120° | 100% |           | -8.7  | 0.1    | -8.4  | 0.1    | -8.8  | 0      | -8.9  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.8  | 0      | -8.4  | 0.1    | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0.1    |
| 130° | 60%  |           | -8.9  | -0.1   | -8.6  | -0.1   | -8.7  | 0.1    | -9.0  | 0      |
| 130° | 100% |           | -8.7  | 0.1    | -8.5  | 0      | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0.1    |
| 90°  | 100% | 800m      | -9.0  | -      | -8.9  | -      | -8.7  | -      | -9.0  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.9  | 0.1    | -8.9  | 0      | -8.7  | 0      | -9.1  | -0.1   |
| 90°  | 60%  |           | -9.0  | 0      | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -9.1  | -0.1   |
| 120° | 24%  |           | -9.0  | 0      | -8.9  | 0      | -8.7  | 0      | -9.0  | 0      |
| 120° | 60%  |           | -8.8  | 0.2    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -9.1  | -0.1   |
| 120° | 100% |           | -8.9  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -9.0  | 0      |
| 130° | 20%  |           | -9.0  | 0      | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -8.9  | 0.1    |
| 130° | 60%  |           | -9.0  | 0      | -8.8  | 0.1    | -8.6  | 0.1    | -9.0  | 0      |
| 130° | 100% |           | -8.9  | 0.1    | -8.8  | 0.1    | -8.7  | 0      | -9.0  | 0      |
| 90°  | 100% | 820m      | -8.7  | -      | -9.1  | -      | -8.8  | -      | -8.9  | -      |
| 90°  | 42%  |           | -8.8  | -0.1   | -9.1  | 0      | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0      |
| 90°  | 60%  |           | -9.0  | -0.3   | -9.1  | 0      | -8.7  | 0.1    | -8.9  | 0      |
| 120° | 24%  |           | -8.9  | -0.2   | -9.0  | 0.1    | -8.7  | 0.1    | -8.8  | 0.1    |
| 120° | 60%  |           | -8.7  | 0      | -9.0  | 0.1    | -8.7  | 0.1    | -8.8  | 0.1    |
| 120° | 100% |           | -8.7  | 0      | -8.9  | 0.2    | -8.6  | 0.2    | -8.8  | 0.1    |
| 130° | 20%  |           | -8.8  | -0.1   | -8.9  | 0.2    | -8.7  | 0.1    | -8.8  | 0.1    |
| 130° | 60%  |           | -8.7  | 0      | -9.1  | 0      | -8.6  | 0.2    | -8.8  | 0.1    |
| 130° | 100% |           | -8.6  | 0.1    | -9.0  | 0.1    | -8.6  | 0.2    | -8.7  | 0.2    |

(3) 深浅図：A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 90°



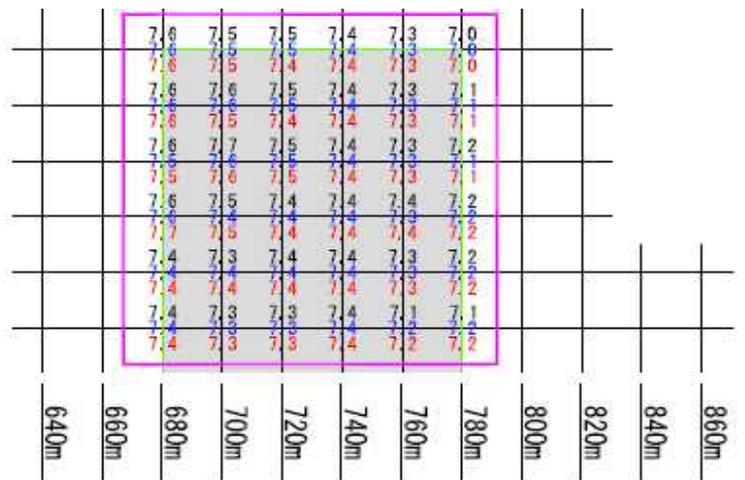
No. 320  
No. 300  
No. 280  
No. 260  
No. 240  
No. 220  
No. 200

凡例

- 上段 → 7.2：重複率42%
- 中段 → 7.2：重複率60%
- 下段 → 7.2：重複率100%

図-A.23 A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 90° 深浅図

(4) 深浅図：A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 120°



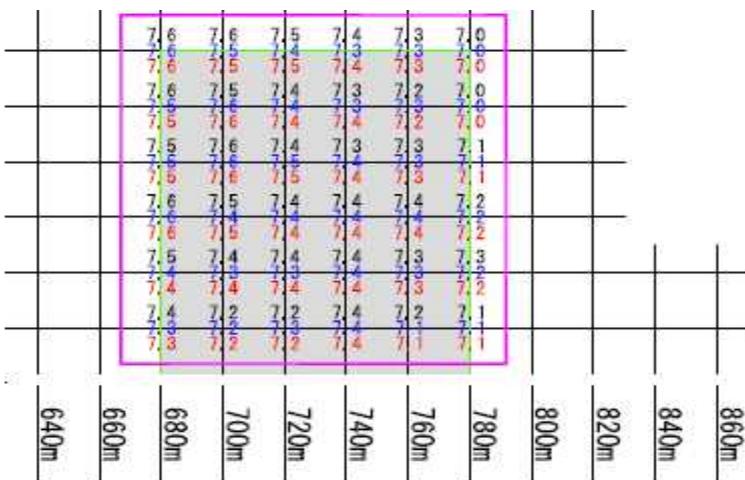
No. 320  
No. 300  
No. 280  
No. 260  
No. 240  
No. 220  
No. 200

凡例

- 上段 → 7.2：重複率24%
- 中段 → 7.2：重複率60%
- 下段 → 7.2：重複率100%

図-A.24 A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 120° 深浅図

(5) 深浅図：A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 130°



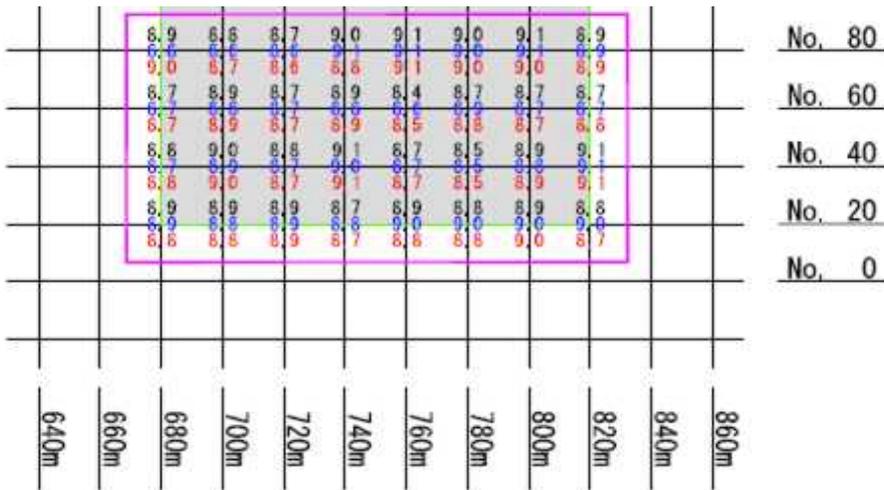
No. 320  
No. 300  
No. 280  
No. 260  
No. 240  
No. 220  
No. 200

凡例

- 上段 → 7.2：重複率20%
- 中段 → 7.2：重複率60%
- 下段 → 7.2：重複率100%

図-A.25 A 区域 起工測量（掘削前）スワス角 130° 深浅図

(6) 深浅図：B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 90°



凡例

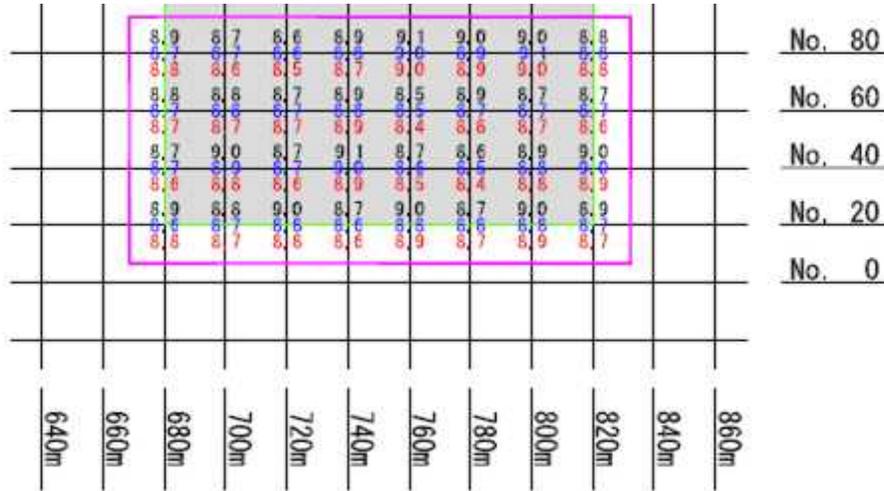
上段→ 7.2：重複率42%

中段→ 7.2：重複率60%

下段→ 7.2：重複率100%

図-A.26 B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 90° 深浅図

(7) 深浅図：B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 120°



凡例

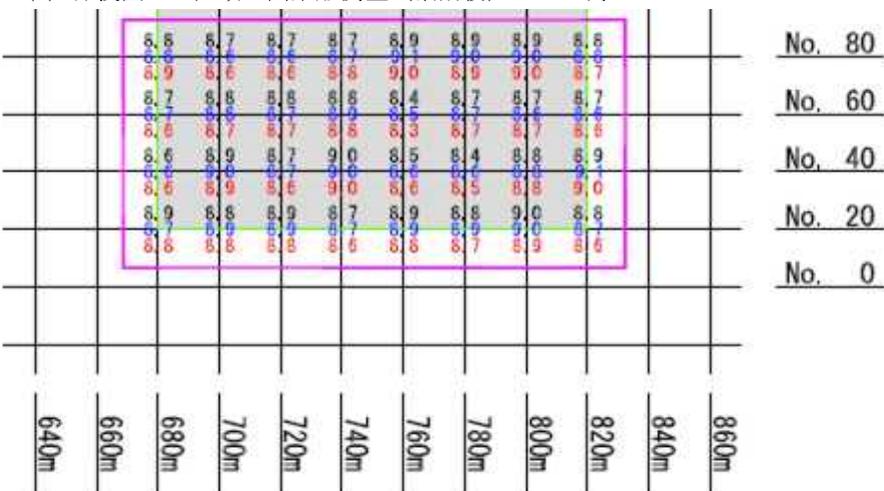
上段→ 7.2：重複率24%

中段→ 7.2：重複率60%

下段→ 7.2：重複率100%

図-A.27 B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 120° 深浅図

(8) 深浅図：B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 130°



凡例

上段→ 7.2：重複率20%

中段→ 7.2：重複率60%

下段→ 7.2：重複率100%

図-A.28 B区域 出来形測量（掘削後）スラス角 130° 深浅図

付録B 取得点群データ処理において中央値に加え最頻値の選択値採用の検証 関連資料

土量比較結果

表-B-1 2017年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較結果

2017年度 6工事

(単位：m<sup>3</sup>)

| 工事名               |                     | 1           |             | 2           |             | 3           |             | 4           |             | 5           |             | 6           |             |
|-------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   |                     | 鹿島港1        |             | 石狩湾新港       |             | 金沢港         |             | 鹿島港2        |             | 酒田港         |             | 神戸港         |             |
| 平面格子密度<br>【1m/1点】 |                     | ソフトウェア<br>A | ソフトウェア<br>B |
|                   |                     | 検証土量1       | 検証土量2       |
| ①                 | 中央値(基準)             | 11,978      | 11,941      | 69,840      | 69,834      | 22,110      | 22,097      | 19,039      | 18,976      | 57,307      | 57,296      | 175,686     | 175,323     |
| ②                 | 最頻値                 | 12,047      | 11,822      | 69,872      | 69,977      | 22,106      | 22,050      | 19,033      | 18,716      | 57,381      | 57,320      | 175,914     | 175,080     |
| ③                 | 土量差=<br>最頻値-中央値(基準) | 69          | -119        | 32          | 143         | -4          | -47         | -6          | -260        | 74          | 24          | 228         | -243        |
| ④                 | 増減率=<br>土量差/中央値(基準) | 0.58%       | -1.00%      | 0.05%       | 0.20%       | -0.02%      | -0.21%      | -0.03%      | -1.37%      | 0.13%       | 0.04%       | 0.13%       | -0.14%      |

表-B-2 2018年度工事データによる中央値と最頻値での土量比較結果

2018年度 6工事

(単位：m<sup>3</sup>)

| 工事名               |                     | 1           |             | 2           |             | 3           |             | 4           |             | 5           |             | 6           |             |
|-------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                   |                     | 鹿島港         |             | 千葉港         |             | 名古屋港        |             | 釧路港西港       |             | 荻田港         |             | 高松港         |             |
| 平面格子密度<br>【1m/1点】 |                     | ソフトウェア<br>A | ソフトウェア<br>B |
|                   |                     | 検証土量1       | 検証土量2       |
| ①                 | 中央値(基準)             | 14,630      | 14,536      | 14,941      | 14,962      | 30,661      | 30,649      | 67,925      | 67,918      | 21,040      | 21,036      | 9,070       | 9,059       |
| ②                 | 最頻値                 | 14,632      | 14,524      | 14,963      | 14,962      | 30,661      | 30,649      | 67,925      | 67,918      | 21,040      | 21,036      | 9,070       | 9,059       |
| ③                 | 土量差=<br>最頻値-中央値(基準) | 2           | -12         | 22          | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           | 0           |
| ④                 | 増減率=<br>土量差/中央値(基準) | 0.01%       | -0.08%      | 0.15%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       | 0.00%       |