

令和 7 年度

カメラ撮影画像を用いた位置計測システムの改良補助業務

特記仕様書

令和 8 年 2 月

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

1. 業務概要

本業務は、カメラ撮影画像を用いた港湾施設の岸壁法線位置計測システムへ衛星測位方法の追加及び機械学習システムを活用したシングルカメラによる位置計測を可能とするシステムの製作補助を行うものである。

2. 履行期限

契約締結日から令和8年5月11日までとする。なお、履行期間中の土曜日、日曜日及び祝日は、休日として設定している。

3. 貸与物件

- (1) 貸与物件は、表1のとおりとする。
- (2) 受注者は、貸与物件の借用後においては、適切な維持管理を行うものとする。
- (3) 受注者は、貸与物件の必要がなくなった場合、速やかに調査職員に返還しなければならない。

表1 貸与物件

品 名		品質・規格等	数量	引渡場所	引渡時期
				返還場所	返還時期
①	カメラ撮影画像を用いた位置計測システム	マイクロコンピュータ、ステレオカメラ、磁気センサー、表示端末（ノート PC）、無線通信システム、GNSS 測位装置等	1 式	当所	調査職員との協議による
②	カメラシステムの開発補助業務報告書	電子データ	1 式	当所	調査職員との協議による

4. 業務仕様

4-1 総 則

本特記仕様書に定めのない事項については、「港湾設計・測量・調査等業務共通仕様書」（国土交通省港湾局、令和7年4月）の定めによるものとする。なお、設計図書公表後、共通仕様書の改訂により実施内容に変更が生じた場合は、調査職員と別途協議し実施するものとする。

4-2 計画準備

- (1) 受注者は、本業務の実施に先立ち、事前に仕様内容等を確認のうえ業務計画書を作成し、調査職員に提出するものとする。
- (2) 港湾施設の利用可否判断に資する岸壁法線の変位評価のためのカメラ撮影画像を用いた位置計測システムであることから、受注者は構造形式によって異なる岸壁の法線変位の特徴、法線変位の計測方法等を十分に理解するものとする。
- (3) 本業務は、機械学習、衛星測位、無線通信など技術要素が多岐にわたることから、以下の資格

保持者及び技術に熟知した者が作業に従事すること。

(ア) JDLA (一般社団法人 日本ディープラーニング協会) G 検定資格

(イ) 港湾施設における衛星測位、無線通信に関する技術

(ウ) マイクロコンピュータ間の無線通信、RTK-GNSS 測位に関する技術

(4) 本業務において使用するカメラ等の装置及び位置計測計算手法は特殊であるため、これらの仕様や計算手法等を十分に理解するとともに、本業務の目的及び内容を十分に把握するものとする。その上で、業務手順及び遂行に必要な項目について、調査職員と協議の上、計画準備を行うものとする。

4-3 カメラシステムの製作

ステレオカメラを用いた岸壁法線の変位評価のためのカメラ撮影画像を用いた位置計測システム(以降、本システムという)に対してさらに簡便に計測することを目的としたシングルカメラシステムの製作及びシングルカメラシステムを小型化し、更なる簡便化を図ることを目的とした小型カメラシステムについて製作を行うものである。

4-3-1 機能概要

4-3-1-1 シングルカメラシステムの機能概要

シングルカメラシステムは、本システムと同様に RTK-GNSS 測位の固定局と移動局の機能を備え、本システムで使用している装置(マイクロコンピュータ(Raspberry Pi 5を2台)、カメラ(Raspberry PI 製 Camera Module 3を1台)、RTK-GNSS 測位装置(ArduSimple 製 simpleRTK2B-Basicを2台)、姿勢センサー(WIT MOTION 製 BWT901BCL))に加えて、測位装置として GNSS 装置(septentrio 製 mosaic-X5を予備)及び CLAS 測位装置(septentrio 製 mosaic-CLASを予定)、固定局との通信装置としてデジタル簡易無線通信装置(サンライズ・アールエフ製 U7000UJC181及び A7500UCRを予定)から構成される。

シングルカメラシステムに必要なカメラ等の装置は受注者が用意するものとする。表示端末については、貸与物品である本システムのものを使用することができる。

シングルカメラシステムが備えるべき機能概要は以下のとおりである。

- (1) 岸壁法線部(海と陸の境界を含む範囲)を撮影し画像データを取得する。
- (2) 画像データと同時に衛星測位(RTK-GNSS または CLAS)による位置情報を取得する。
- (3) 画像データを用いて、機械学習により岸壁法線位置を判定する。
- (4) 画像データを用いて、画像解析によりカメラと岸壁法線の距離を取得する
- (5) (2)の位置情報に(3)・(4)の距離を加えて、岸壁法線の位置情報を求め、CSV形式で保存する。

原則、上記(1)～(5)の処理は、処理アプリを搭載したマイクロコンピュータ(Raspberry Pi 5)で行うものとする。処理速度の都合、(3)～(5)の処理は表示端末上で行っても良いが、利便性を確認する上で両方の機能を実装し、比較を行うものとする。

4-3-1-2 小型カメラシステムの機能概要

小型カメラシステムは、RTK-GNSS 測位の移動局の機能を備え、マイクロコンピュータ（M5Stack を予定）、カメラ（M5Stack 製 Unit CamS3-5MP を予定）、RTK-GNSS 測位装置（Geosense 製 M5F9P を予定）、CLAS 測位装置（Geosense 製 M5D9C を予定）、姿勢センサー（M5Stack 製 Unit Mini IMU-Pro を予定）から構成される。

小型カメラシステムに必要なカメラ等の装置は受注者が用意するものとする。表示端末については、貸与物品である本システムのものを、デジタル簡易無線通信装置及び RTK-GNSS 測位の固定局はシングルカメラシステムのものを使用することができる。

小型カメラシステムが備えるべき機能概要は、シングルカメラシステムと同様である。ただし、4-3-1-1 に示した（１）～（５）のうち、原則、（１）及び（２）の処理は処理アプリを搭載したマイクロコンピュータ（M5Stack）で行うものとし、（３）～（５）の処理は表示端末上で行うものとする。

4-3-2 カメラシステム製作

4-3-2-1 シングルカメラシステムの製作

シングルカメラシステムの仕様は以下のとおりである。本システムを改良及び機能追加することにより、シングルカメラシステムを製作するものとする。特段記載が無い場合、本システムの機能と併用できるようにすること。詳細は調査職員と協議のうえ、決定するものとする。

- （１）野外で計測するため、片手で持ち運び可能なサイズとし、バッテリーで駆動できること。
- （２）カメラ、RTK-GNSS 測位装置及び CLAS 測位装置は、原則、マイクロコンピュータと一体とするものとし、処理アプリで操作を行うこと。
- （３）衛星測位に関する計測作業は、マイクロコンピュータに搭載した処理アプリにて行い、固定局と移動局で同じ GNSS 装置を実装すること。
- （４）位置情報は次に示す手法により取得すること。
 - （ア）調査対象の岸壁から無線通信が可能な距離の範囲に、地震により位置が変動していない既知座標値が存在する場合は、無線通信による RTK-GNSS 測位によって位置情報を取得する。
 - （イ）（４）（ア）の条件は満たさないが、インターネットが利用可能な場合は、ネットワーク RTK 測位によって位置情報を取得する。
 - （ウ）地震による災害時でインターネットが利用できない等、上記条件（４）（ア）、（４）（イ）を満たせない場合は、CLAS によって位置情報を取得する。
 - （エ）利用者が取得方法を指定することもできる管理者設定を用意する。
- （５）RTK-GNSS 測位の補正情報の通信は、デジタル簡易無線通信（サンライズ・アールエフ製 U7000UJC181 及び A7500UCR を予定）により行う。
- （６）カメラ撮影は単眼カメラとし、カメラと被写体（岸壁）との距離計算に必要な評価項目は次に示す手法により評価する。
 - （ア）サイズが既知であるマーカー等と被写体（岸壁）を同時撮影した画像の画像解析により評価したピクセルスケールと実スケールの対応関係より、カメラと被写体（岸壁）との距離を計

測する。ここで、カメラ単体の仕様は画素数 8M ピクセル、画角 60° 以上とする。カメラの視線方向（ロール、ピッチ）は、姿勢センサーの 6 軸（3 軸加速度+3 軸角速度）より評価する。カメラの視線方向（方位）は、姿勢センサーの 3 軸（地磁気センサー）により評価する。

（イ）姿勢センサーを利用しない場合として、サイズや形状、方位が既知であるマーカーと被写体（岸壁）を同時撮影した画像の画像解析により、カメラの視線方向（ロール、ピッチ、方位）を評価し、被写体（岸壁）との距離を計測する。

（ウ）姿勢センサーを利用しない場合として、護岸法線の方位が予め既知であるとして、カメラ視線方向（方位）を評価し、被写体（岸壁）との距離を計測する。

（7）カメラ撮影画像を利用しない場合として、衛星測位のみで公共座標を取得する。

4-3-2-2 小型カメラシステムの製作

小型カメラシステムの仕様は 4-3-2-1 に示すシングルカメラシステムの仕様に、以下の仕様を追加または変更すること。

- （1）使用する装置とバッテリーは 1 つのケースに納めること。
- （2）ケースに設置されたボタン操作のみで小型カメラシステムの利用開始・終了できること。
- （3）カメラ単体の仕様は画素数 5M ピクセル、画角 60° 以上（シングルカメラシステムの画素数 8M ピクセル、画角 60° 以上、から変更）とすること。
- （4）シングルカメラシステムに実装した septentrio 製 mosaic-X5 については、実装しないこと。
- （5）GNSS 装置は、Geosense 製 M5F9P を実装すること。

4-4 動作テスト

4-4-1 単体テスト

シングルカメラシステム及び小型カメラシステムでは、センチメートル～サブセンチメートルの精度で岸壁法線の位置座標を評価することを目的とする。精度を確保するために各機能（装置・センサー）について単体テストを行い、装置の不具合が無いことを確認し、各装置における位置座標計測精度を把握し、その後結合テストを行うものとする。また、両システムは移動中に計測することから、静止時及び移動時を想定したテストを行うものとする。

単体テストの内容は、以下のとおりである。

- （1）各装置について適切なテストにより正常動作を確認する。
- （2）姿勢センサー及び方位センサーについて、外部装置による強制的な動きを加え、姿勢を確認する。
- （3）画像データについて、機械学習により評価された岸壁法線位置について確認する。
- （4）衛星測位（RTK-GNSS、CLAS）により評価された位置座標について、座標が既知の基準点等と比較する。
- （5）RTK-GNSS における通信方法（920MHz、簡易無線、Wi-Fi 等）、通信状況による、位置座標について確認する。

4-4-2 結合テスト

シングルカメラシステム及び小型カメラシステムの各装置を連結した段階で結合テストを行うものとする。また、両システムは移動中に計測することから、静止時及び移動時を想定したテストを行うものとする。

結合テストの内容は、以下のとおりである。

- (1) 各装置を連結したカメラシステムの動作について確認する。
- (2) 位置座標計測精度について確認する。静止時（スタティック測量に準ずる）については、基準点座標等の既知の座標と比較する。
- (3) シングルカメラシステムについて、処理をマイクロコンピュータと表示端末で分担方法を検討するための処理速度を確認する。

4-4-3 動作確認テスト

目標とする位置座標精度を確保するための動作条件を設定するためのテストを行うものとする。また、テスト結果に応じて運用方法等の検討を行うものとする。

動作確認テストの内容は、以下のとおりである。

- (1) 小型カメラシステムで使用するカメラ撮影画像が機械学習による処理に対して解像度が十分であるかどうかについて検討する。解像度が不十分と判断された場合には、機械学習や画像処理について改良方法を検討する。
- (2) 小型カメラシステムにおいて、シングルカメラシステムと同じカメラ（Raspberry PI 製 Camera Module 3）を適用可能か検討する。
- (3) 小型カメラシステムにおいて、シングルカメラシステムと同じ姿勢センサー（WIT MOTION 製 BWT901BCL）を適用可能か検討する。
- (4) サイズや形状、方位が既知であるマーカーと被写体（岸壁）を同時撮影した画像の画像解析により、カメラの視線方向（ロール、ピッチ、方位）を評価する方法について検討する。
- (5) 護岸法線の方位が予め既知であるとして、カメラ視線方向（方位）を評価する方法について検討する。
- (6) CLAS 測位装置は移動計測には適さないため、CLAS 測位装置に適した測位方法（移動／静止、静止時間、等）について検討する。

4-5 動作検証のための岸壁座標計測

製作したシングルカメラシステム、小型カメラシステムを用いて、神奈川県内にある港湾施設を対象にシステムの精度検証を行う。検証は本システム、シングルカメラシステム及び小型カメラシステムを手で持ち、岸壁法線近くを1バース分歩きながら撮影することで行う。また、測量計測結果等と比較し、撮影条件（高さ、アングル、移動速度、カメラ設定等）を変えて精度検証を行う。検証において確認された精度や性能、課題等について報告書にまとめること。

衛星測位方法は、RTK-GNSS 測位及び CLAS 測位についてそれぞれ実施し、測量座標結果等を比較し報告書にまとめること。

4-6 報告書作成

受注者は、上記 4－3～4－5 の作業内容を報告書にまとめるものとする。

4－7 協議・報告

受注者は、業務の着手時に事前協議 1 回、業務の完了時に最終報告 1 回を行うものとする。

なお、協議・報告については対面で実施することを基本とするが、実施が難しい場合には実施方法について協議を行うものとする。

5. 成果物

5－1 成果物

本業務における業務完成図書は、電子納品によるものとする。また、製作した本システムを納品すること。

- (1) 電子納品とは、特記仕様書、業務計画書、報告書等すべての最終成果(以下「業務完成図書」という)を電子データで作成し、納品するものである。
- (2) 「業務完成図書」は、作成した電子データを電子媒体(CD-R 又は DVD-R)で 1 部提出するものとする。なお、「業務完成図書」の詳細内容及び電子化については、調査職員と協議のうえ、決定するものとする。
- (3) 特記仕様書の電子データは、発注者が提供する。

5－2 提出先

神奈川県横須賀市長瀬 3 丁目 1 番 1 号

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所

6. 検 査

本特記仕様書のとおり実施されたことの確認をもって検査とする。

7. その他

- (1) 本特記仕様書に明記なき事項及び、本業務の遂行上疑義が生じた場合は、両者が協議のうえ、決定するものとする。

また、業務内容の変更により、契約金額に変更が生じる場合は、両者が協議のうえ、履行期間末日までに、契約変更を行うものとする。

- (2) 本業務遂行上取り扱うデータについては、当初の規定及び調査職員の指示に従うほか、受注者の十分な管理のもとで取り扱うものとする。
- (3) 本業務により得られた成果は、当所に帰属するものとする。
- (4) 著作権の帰属等については、以下のとおりとする。
 - ① 本業務にて作成したプログラム等の所有権及び著作権（著作権法第 27 条及び第 28 条の権利を含む）は、検査完了をもって受注者より当所に移転する。
 - ② 受注者は、当所及び当所が指定する者に対して、本プログラム及びその改変物等に関し、著作権者人格権を行使しないものとする。

- ③ 既存のモジュール等を利用した場合には、用いたモジュールの名称、その権利者及び本業務において、そのモジュールを利用するために行った権利処理内容を明確にするものとする。
- (5) 本業務の遂行上過程では、調査職員と綿密な連携を保ち、進捗状況を報告するものとする。
- (6) 本業務により得られた情報及び成果は、当所の許可なく公表したり、他に転用してはならない。

以 上