

# マウンド礁築造工事へのセンチメートル級測位補強サービス (CLAS) 導入について

東洋建設(株) ○鈴木 匠  
東洋建設(株) 草刈成直  
東洋建設(株) 菊地 錬

## 1. はじめに

水産資源の回復・増大を図る事業として、沖合海域の大水深下におけるマウンド礁築造工事が進められている。約 20km~30km 沖合の水深 50m~150m の大水深におけるマウンド礁築造工事では、浅水深で実施されているような、潜水士による石材の均し作業ができない。そのため、**写真-1** に示すようにバージによる直接投入のみで出来形管理基準を満足する精度で仕上げなければならない。このような条件下で高精度なマウンド礁築造を実現する為、当社は以前の工事より、個別要素法を取り入れたマウンド堆積形状予測や、潮流影響を考慮した投入補正といった技術を施工に取り入れてきた<sup>1)</sup>。(図-1)



写真-1 石材投入状況

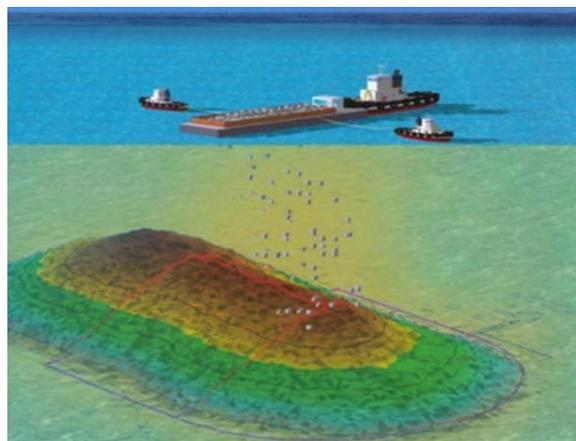


図-1 マウンド礁築造の施工イメージ図

しかし、近年造成されるマウンド礁は比較的小規模なケースもあり、法尻(図-2)の水平許容値が小さくなっている。このような小規模のマウンド礁を精度良く築造するには、投入時のバージ誘導をより高精度化しなければならない。そのため、従来誘導に使用していた DGPS (精度約±1m)を、より高精度な測位方式へと変更することが求められた。

沿岸域で一般に使用される高精度 GNSS 測位として、RTK 測位(精度約 2cm~5cm)が挙げられる。しかし沖合においては、RTK 測位に必要な補正データが、陸上から届かないため、マウンド礁築造における石材投入では利用が困難である。そこで、日本が打ち上げた準天頂衛星(通称:「みちびき」)が提供するセンチメートル級測位補強サービス(以下「CLAS」)に着目、マウンド礁の実施工に導入し、精度の高いバージ誘導を目指した。

本稿では、マウンド礁工事に対する CLAS 測位の導入事例について報告する。

キーワード: みちびき, CLAS, 大水深, マウンド礁

連絡先 : 〒101-0051 東京都千代田区神田神保町一丁目 105 番地 土木事業本部機械部 TEL 03-6361-5462

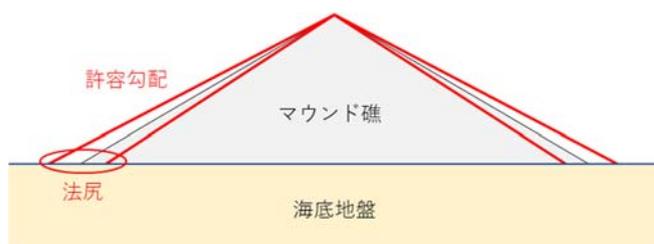


図-2 マウンド礁断面イメージ図

## 2. CLAS 概要

CLAS (Centimeter Level Augmentation Service) は、みちびき衛星より配信される現在位置を正確に求めるための情報（センチメートル級測位補強情報）を取得し、高精度測位（精度±10cm）を実現する測位方式である。補正情報は、国土地理院が全国に整備している電子基準点のデータを利用して電子基準点を用いて計算、配信されている。（図-3）



図-3 CLAS測位 概要図

CLAS を利用するには、測位に対応した受信機が必要となる。以前は、対応受信機の価格は数百万円であったが、最近では、数十万円と安価になったので導入のハードルが低くなった。

また、CLAS 測位は以下の利点を有する。

- 基地局の設置が不要
- 補正データ取得用の通信設備が不要

したがって、受信機一台で高精度測位を実現できるため、陸上からの補正情報や、携帯回線が通じない 沖合約 20km～30km でのマウンド礁の施工に適すると判断し、マウンド礁工事におけるバージ誘導への導入を試みた。

## 3. CLAS 対応受信機 性能検証

導入にあたり、現場状況への適性を判断するため、CLAS 対応受信機について以下の検証を実施した。

- 陸上単体検証：陸上における、精度・収束時間・持続性 の検証
- 海上単体検証：実海域における、精度・持続性 の検証

また、検証に使用した受信機の諸元、外観を 図-4 に示す。

CLAS対応受信機 諸元	
メーカー	マゼランシステムズジャパン(株)
型式	MJ-2005-GL4
捕捉衛星	GPS, QZSS(みちびき), GLONASS Galileo, Beidou
寸法[mm]	W206 * B154 * H86
重量[g]	1500



図-4 CLAS対応受信機 諸元および外観

### (1) 陸上単体精度検証

陸上での検証は、千葉県袖ヶ浦市の当社機材センターにおいて実施した。検証にあたり、図-5 に示す機材を準備した。測位タイミング、捕捉衛星を同一とするため、1つのアンテナから RTK, DGPS, CLAS の各受信機へ信号を分配、PC へ測位結果を保存する構成とした。

真値として用いる RTK 測位には、(株)ジェノバが提供する、VRS (Virtual Reference Station: 仮想基準点方式) サービスを用いた。これは、全国に整備された国土地理院の電子基準点より補正情報を受信し、RTK

測位を実現する方式である。

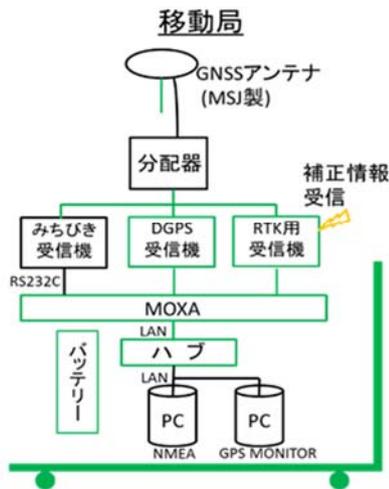


図-5 陸上精度検証 機材構成

**a) 静止状態における精度**

最初に、事前に取得した RTK 測位の平均値を真値（基準点）とし、各測位方式の評価を実施した。測位結果の統計値を 図-6、水平プロット図を 図-7 に示す。

測位モード	衛星数[機]	測位差[cm]			
	mean	mean X	mean Y	std X	std Y
DGPS	8.3	-6.85	10.79	14.22	13.55
CLAS	8.9	-5.20	-5.08	6.01	2.83
RTK	12.7	-0.02	-0.34	0.77	0.85

図-6 静止状態における測位結果統計

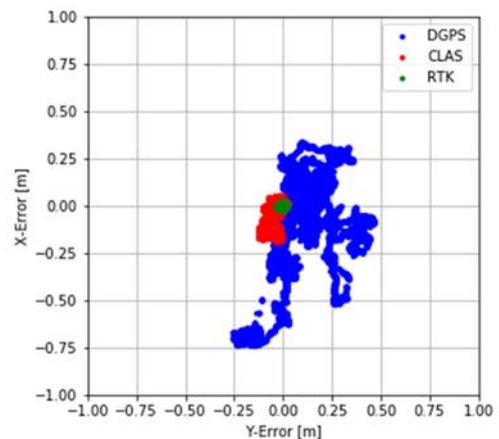


図-7 静止状態における水平プロット図

CLAS は DGPS より差が小さく安定しており、公称精度である  $\pm 10\text{cm}$  を達成していることが確認できた。しかし、RTK-GNSS と比べると精度が劣ることがわかった。また、収録中に測位不能となることはなく、データの欠損は確認されなかった。

**b) 移動状態における精度**

次に、移動状態における評価を実施した。図-5 で示した台車を約 20m の区間で往復させ、データを収録した。真値として RTK の測位解をそのまま採用し、精度は同じ時間に得られた RTK との差をとることで算出した。測位結果の統計値を 図-8、台車走行軌跡水平プロット図を 図-9、RTK を真値とした測位精度の水平プロット図を 図-10 に示す。

データ収録日 : 2019/5/16 15:27~15:32

取得データ数 : 3,000点(10Hz・5分)

測位モード	衛星数[機]	測位誤差[cm]			
	mean	mean X	mean Y	std X	std Y
DGPS	9.1	3.19	-15.72	6.88	7.28
CLAS	11.8	-0.21	-1.33	2.36	1.94
RTK	11.6	-	-	-	-

図-8 移動状態における測位結果統計

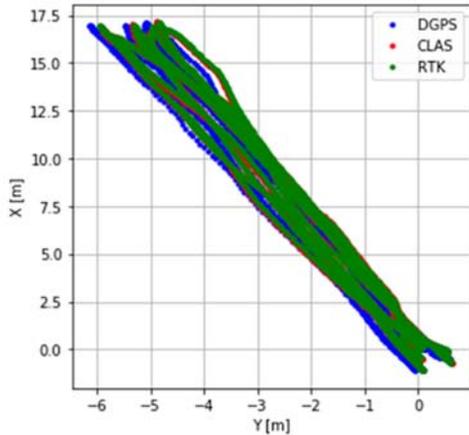


図-9 台車走行軌跡水平プロット図

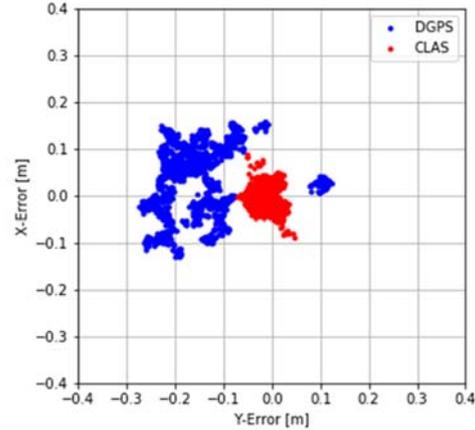


図-10 移動状態におけるRTKを真値とした各測位精度

静止状態における測位と遜色のない結果が得られ、CLAS が移動体の測位においても、公称精度である  $\pm 10\text{cm}$  を達成していることが確認できた。また、収録中に測位不能となることはなく、データの欠損は確認されなかった。

### c) 収束時間

CLAS 対応受信機が衛星の情報を受信し、Fix 解 (CLAS 測位による高精度な測位解) に収束するまでには、数分の時間を要する。収束までの間、受信機は「単独測位解」「FLOAT 解」と呼ばれる精度の劣る測位解を出力する。

現場で使用する際には、飛来物等により信号が遮断されることが想定される為、信号を意図的に 10 秒程度遮断し、再収束までに要する時間を数回計測した。遮断状況を **写真-2**、測位挙動を **図-11** に示す。

信号遮断後、再収束までにかかる時間は、概ね 60 秒~80 秒程度であったため、現場での使用は可能であると判断した。



写真-2 信号遮断状況

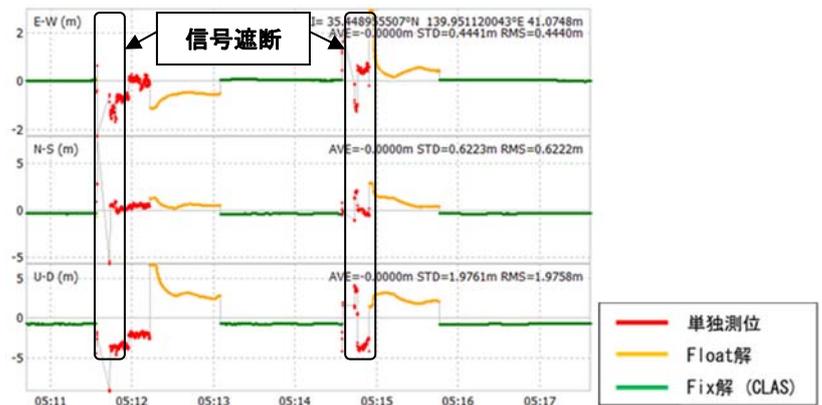


図-11 信号瞬間時の測位挙動例

## (2) 海上における検証

陸上での検証結果が良好であったため、マウンド礁工事の実海域における単体での検証を試みた。

検証は、「土運船の出発地点」から「石材の投入地点」までの航海中に実施した。(図-12) また、真値として PPP-AR 方式 (RTK と同等の精度) の受信機の測位結果を採用し、実海域における DGPS, CLAS の性能を評価した。土運船へのアンテナ設置状況を 図-13 に示す。



図-12 検証海域<sup>3)</sup>

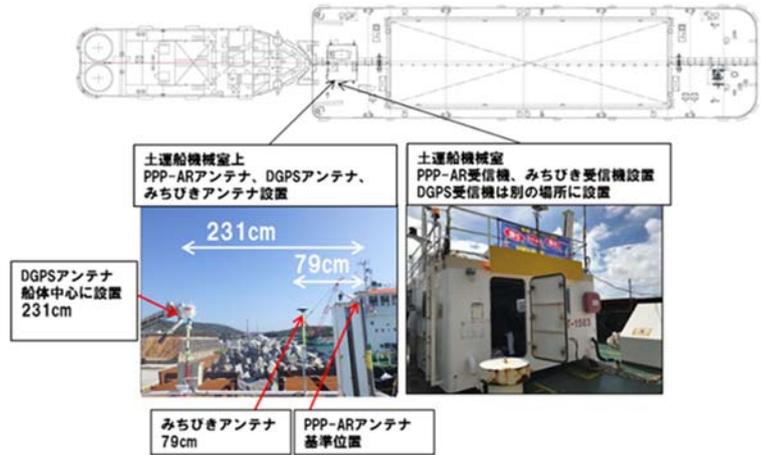


図-13 土運船アンテナ設置状況

測位結果の統計値を 図-14, PPP-AR を真値とした各測位精度を 図-15 に示す。

データ収録日 : 2019/10/5 09:00~11:20

取得データ数 : 8,400点(1Hz・140分)

測位モード	衛星数[機]	測位差[cm]	
	mean	mean	std
DGPS	9.1	-8.20	18.70
CLAS	10.9	-0.70	2.80
RTK	10.9	-	-

図-14 実海域における測位結果統計

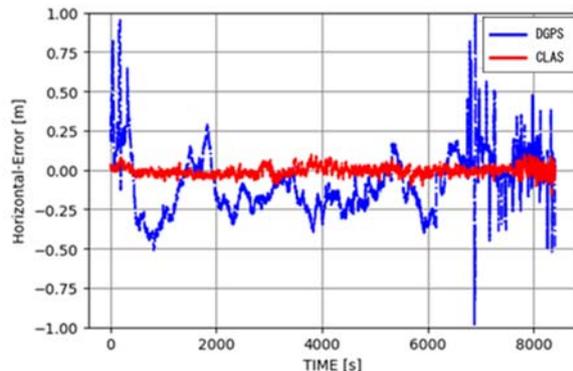


図-15 実海域におけるPPP-ARを真値とした各測位精度

静止状態における測位と遜色のない結果が得られ、CLAS が実海域の測位においても、公称精度である  $\pm 10\text{cm}$  を達成していることが確認できた。また、収録中に測位不能となることはなく、データの欠損は確認されなかった。したがって、CLAS 測位は海上においても精度・持続性において有効であることが確認できたため、実施工への導入を決定した。

## 4. 実施工への導入

前述の通り、CLAS の海上における有効性が確認できたため、バージ誘導システムへの導入を実施した。受信機のアンテナは土運船の船首尾に設置し、二つの受信機から得られる測位情報をもとに自船位置と船首方位を算出、表示している。(図-16) (図-17)

これまで、2件のマウンド礁築造工事において CLAS を導入したバージ誘導システムが稼働しているが、投入作業の全期間にわたって、データの欠損が無いことを確認できている。施工出来形も許容値を満足するものとなっており、CLAS が高精度なマウンド築造へ寄与している。

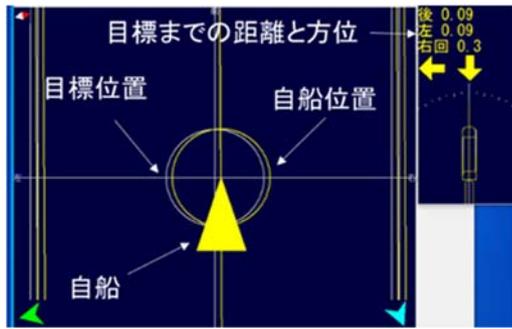


図-16 バージ誘導システム画面

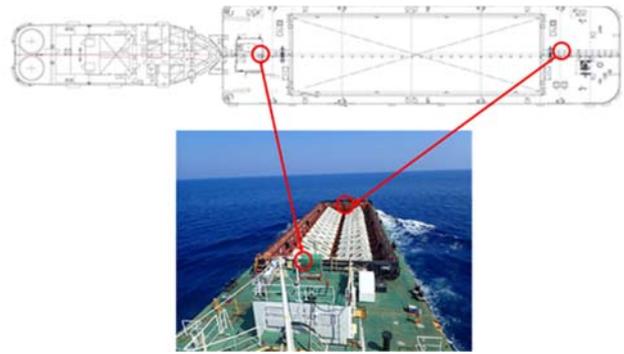


図-17 GNSSアンテナ艙装位置

## 5. 今後の展望

今回の CLAS の誘導システムへの導入の中で、外洋域における有効性・安定性が確認できた。今後は、洋上風力発電等の外洋域における再生エネルギー事業や海底資源開発や、RTK の基準局を備えていない地方港湾での工事等、多方面での活用を目指していく。

## 6. 参考文献

- 1) 加藤直幸・城戸誠司・香田有史: 石材投入施工管理システムを活用したマウンド礁築造技術  
水産工学 Vol. 55 No. 3, pp. 217~221, 2019
- 2) ㈱ジェノバ ネットワーク型 GNSS サービス サービスの特徴  
<https://www.jenoba.jp/service/jenoba/feature>
- 3) 国土地理院 GSI maps より作成  
<https://maps.gsi.go.jp/>