

56. GPS による海上作業台船の誘導

鹿 島：長津浩太良・*青野 隆

1. はじめに

海洋土木工事は、海洋開発の活発化にともない構造物の大型化が進み、厳しい気象・海象の条件下で施工精度と安全性の向上、工期の短縮が図れる大型海上足場（SEP; Self Elevating Platform）のニーズが高まっている。これらの SEP を含めた海上作業台船の誘導・位置決めには、電波測位儀や光波測位儀による測位システムが一般に使用されている。しかし、電波測位儀の精度は±1 m程度であり、海面反射等による電波障害や見通しが必要であるなどの問題点がある。光波測位儀については、光を使用しているため測位が天候に左右されたり、光到達限界距離が2 km程度であるなどの問題点がある。またこれらの測位法には、作業台船の据付け位置の移動距離が大きい場合、移動のたびに陸上既知点も移動する必要がある、省力化、省人化、工期短縮の大きな妨げとなっている。

今回開発した作業台船誘導・位置決めシステムは、GPS（Global Positioning System；汎地球測位システム）、ジャイロコンパスとデータ伝送用無線機で構成され、以上のような問題点を解決した。

2. 概要

今回開発したシステムは、高精度な測量用GPSを用いることにより、作業台船を精度よく、誘導・位置決め出来き、しかも取扱が容易であるため誰にでも運用可能である。

今回、GPS 受信機を既知点と作業台船側に1台ずつ設置して、後処理解析無しにリアルタイムに測位可能なリアルタイムキネマティック（RTK）測位と、従来のRTK 測位では問題点となっていたGPS衛星からの電波が一時的に遮断（サイクルスリップ）した後に60～90秒で自動復帰するオンザフライ（OTF）機能が確立されたため、この測位技術を用いて実用化することが出来た。

3. システム構成

本システムは、図-1に示すように陸上の既知点にGPS受信機を設置し、GPS衛星から受信した既知点のGPSデータを無線機（特定小電力無線局または船舶電話等）を介して連続的に作業台船側に伝送する。

一方、作業台船側にもGPS受信機を搭載し、GPS衛星から受信したデータと既知点側からのGPSデータを合わせて解析計算をリアルタイムで行い、その結果を1秒間に1回ずつ作業台船に設置してあるパソコンへ出力する方式である。また作業台船の方位角は、台船に搭載してあるジャイロコンパスのデータをRS-232C信号に変換し、パソコンへ出力することによりリアルタイムに把握できるしくみである。

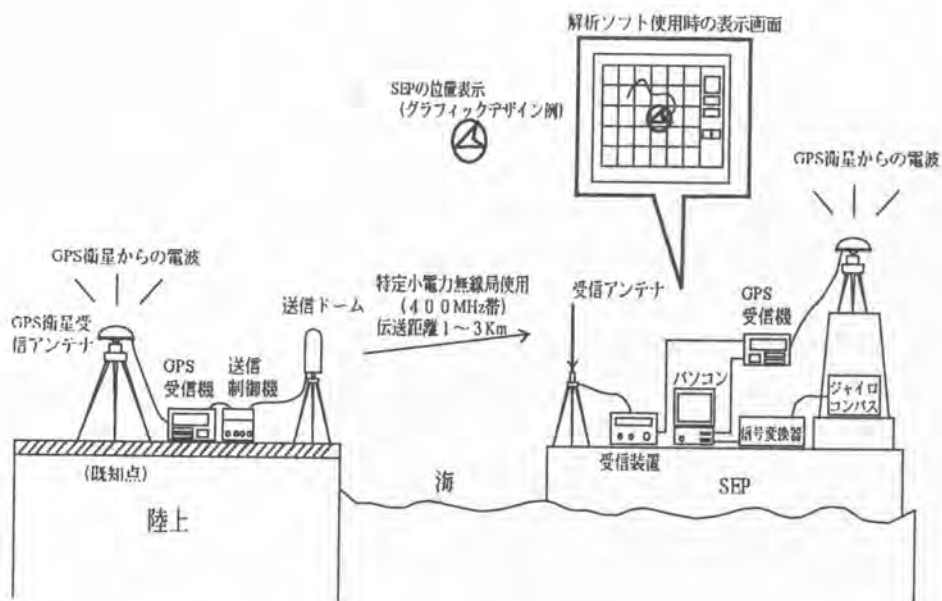


図-1 GPSによる海上作業台船の誘導システム

今回、作業台船の位置座標をGPSで測位し、ジャイロコンパスで得た方位角を組み合わせることにより位置座標、進路、速度、船首方位および軌跡をリアルタイムにモニタリングできるため、作業台船誘導の指揮者は、パソコンの表示画面を見ながら曳航船に指示を与えるだけで、目的地へ容易かつ正確に誘導することが可能となった。

4. 使用機器

表-1に今回開発したシステムの性能について示す。

表-1 システムの仕様

位置座標		方位角		無線機(データ伝送)	
測位精度	2 cm ± 1 ppm (RTK-OTF時)	指北精度	±0.5度 (静止状態)	伝送速度	2400bps
測定時間	1点/秒	追従速度	15秒/360度	伝送方式	シリアル

5. システムの特徴

従来の電波測位儀や光波測位儀とセオドライトを組み合わせたシステムと比較して以下のような長所がある。

- (1) 従来の方法では、作業台船側で誘導データを掴むことが困難であったが、本システムでは作業台船側で常にリアルタイムなデータが得られる。

- (2) 位置座標はGPSで測位するため、誘導時の作業台船旋回範囲（光波測位儀では死角となるため、作業台船の旋回角に制限がある。）に制限が無い。
- (3) 気象・海象に左右されず、1日24時間（夜間でも可能）使用可能である。
- (4) 長距離データ伝送可能な無線機により、作業船と近接する陸上との離隔距離が大きくても対応可能である。（ただし、RTK 測位はL1波のみを使用するため、既知点と作業台船の離隔距離が10km以内でなければ高精度は得られない。）
- (5) 複数台の作業船を同時に誘導する場合、陸上既知点は1ヵ所で運用できるため各作業台船のGPS装置とデータ受信装置が増加するだけでよく、大幅な省力化が図れる。
- (6) 位置決め目標地点を複数個モニタ表示できるため、移動が頻繁にある場合でも容易に誘導が可能である。

6. システムの実績

海上ボーリング調査を実施するにあたり、本システムを適用し、SEPの誘導・位置決めを実施したのでシステムの測定精度、省力化の実績を紹介する。

(1) SEPの誘導性能

SEP待機場所から目的地点まで2.5 kmを誘導し、潮流の転流時期を見計らってSEPを完全に据付けるまで約3時間であり、非常にスムーズな誘導であった。また、最終的な据付け精度は、表-2に示すような結果であり5 cm以内に納めることが出来、非常に満足のいくものであった。

この時のSEP誘導状況のモニタ画面を写真-1に示す。

(2) 誘導中のGPS測位状況

RTK測位中、SEP側GPS受信機の捕捉衛星が6～7個あるにも関わらず、測位精度が数mとなる状況が発生した。これは、写真-2に示すように、SEPの向きによっては、四隅にあるレグがGPS衛星からの電波を遮断し、一時的に捕捉衛星数が減少し（測位に最適でないGPS衛星を含めると4個ある状態）測位結果がワロート解となったためである。ただ

表-2 据付け精度

据付け位置（座標系：WGS-84）	
計画位置	北緯 34° 17' 01.8225" 東経 134° 59' 44.0075"
実施位置	北緯 34° 17' 01.8228" 東経 134° 59' 44.0093"



写真-1 SEP誘導モニタ画面

し、捕捉衛星数が復旧すると元の精度に戻るため誘導時には大きな影響は起きなかった。

また、SEP側のGPS受信機が陸上既知点から伝送されるデータを受信する際に四隅のレグおよび、船体によるマルチパスの影響を受けたり、電波遮断され、既知点のデータが無いため捕捉衛星数が4台以上あるにも関わらず、単独測位（SGPS測位）の状態になることも何度か発生し測位精度は数十mとなった。

以上のように、SEP待機場所から目標地点までの誘導に要した3時間の内、GPSの測位が変化した状況を表-3に示す。
(3) データ伝送の状況

今回の誘導で計画段階からの問題点として陸上既知点からのデータ伝送が挙げられていた。これは陸上既知点とSEP間の最大伝送距離が3.5kmとなるため

データ伝送を容易に行える特定小電力無線局（400MHz帯、10mW出力）では、電波が届かない恐れがあった。しかし海上という電波環境の非常に良好な条件下であったため、十分実用域内であることが確認された。また、船舶電話による伝送でも良好な結果が得られた。

7. おわりに

実工事への適用結果から作業台船の誘導・位置決めはもとより、移動体の位置計測を行うには、非常に適したシステムであることが確認できた。また、従来の誘導システムでは、2km以上もの離隔距離がある場合、高精度で誘導することは不可能であるが、GPSを用いることにより可能となった。

したがって、無線によるデータ伝送の信頼性やデータ伝送距離の長距離化（携帯電話やスペクトラム拡散方式による小電力データ通信システムの無線局の使用等）が確保されることにより、今後ますますRTK測位による移動体計測、制御への応用が広がると考えられる。



写真-2 GPSによるSEP誘導状況

表-3 誘導時におけるGPS測位

測位種別	移動距離2.5km間の測位時間(分)	測位精度
RTK測位(FIX解)	150(82.8%)	2cm±1ppm
RTK測位(FLOT解)	26(14.4%)	数m程度
SGPS測位(単独測位)	5(2.8%)	数十～百m程度