

# クレーン吊荷旋回制御装置「GYCO」 ガイダンスシステムの紹介

宮本 憲都

東亜建設工業株式会社 機電部 電気グループ

当社では、吊荷作業時の効率化および安全性向上を目指し、人の手を介さずに遠隔操作で自在に吊荷の回転を制御可能なクレーン吊荷旋回制御装置「GYCO」（以下、GYCOという。）を開発し、全国の港湾工事に導入している。GYCOを使用する際、リモコンを使用して方向を調整しているが、吊荷を俯瞰的に捉えることができないため、吊荷の移動中の方向修正が困難で、据付場所へ移動させた後に方向調整を行うことになり、時間を要していた。そこで、自動方向制御機能および3次元可視化技術による誘導機能を追加したガイダンスシステムを構築し、据付作業の更なる効率化を実現した。本稿ではGYCOおよびガイダンスシステムについて紹介し、工事導入事例を述べる。

キーワード：ICT施工、吊荷方向自動制御、3次元可視化技術、施工効率化

## 1. はじめに

GYCO（NETIS：THK-180003-A）は、ジャイロ効果（フライホイールが自転運動することで姿勢を保持する現象）を利用して、無線遠隔操作で吊荷の方向を制御できるとともに、任意の方向で吊荷を保持することもできる装置であり、狭隘な場所での長尺物の揚重作業や、高所での吊荷作業等を安全かつ効率的に行うことができる。

通常、GYCOを使用する時は、クレーンで吊られたGYCOを作業指揮者がリモコンで操作し、吊荷の方向を調整しながら据え付けを行っている。しかし、吊荷を俯瞰的に捉えることができないため、吊荷の移動中の方向修正が困難で、据付場所へ移動させた後に方向調整を行うことになり、時間を要していた。そこで、GYCOの位置と方向をリアルタイムに計測し、設定した目標の方向へ制御を行うことにより、正確な位置への誘導支援と据付作業の更なる効率化を可能とするガイダンスシステムの開発を行った。

## 2. GYCOの概要

GYCOはGyro Rotation Control Deviceの略で、ジャイロ効果を利用して、吊荷の方向を一定に保ち、ジャイロモーメントにより、遠隔操作で自在に吊荷を水平旋回させることができる装置である。写真-1にGYCO外観、図-1にGYCO駆動部イメージ、図-2にGYCOを回転速度90°/20秒で使用する場合の性能曲線を示す。



写真-1 GYCO外観

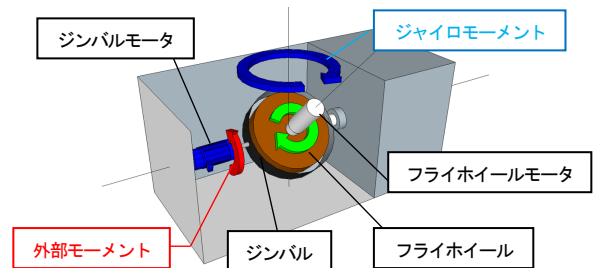


図-1 GYCO駆動部イメージ

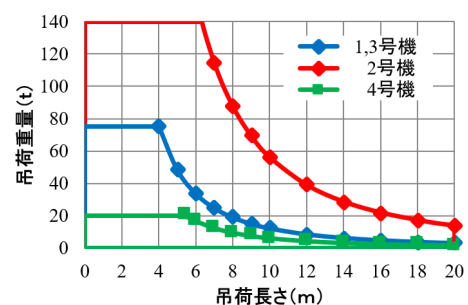


図-2 GYCOの性能曲線 (回転速度90°/20秒)

写真-1に示すように、GYCO本体は電源部、駆動部、および制御部から構成されている。また、図-1に示すように、駆動部についてはフライホイール、ジンバル及びそれらを回転させるモータで構成されている。

フライホイールが高速で回転している際に外部モーメントを与え、回転軸に傾きを与えると、傾斜方向に対して直角（ジンバルの回転方向に対して直角）のジャイロモーメントが発生する。このジャイロモーメントにより、GYCOの方向を変更することが可能である。

当社は現在、4台のGYCOを保有しており、図-2に示すように、それぞれの性能が異なる。縦軸は吊荷過重、横軸は吊荷長さを表しており、2号機を例にすると重さ60t、長さ10m程の吊荷を90°回転させるのに20秒で行えることを示している。

### 3. ガイダンスシステムについて

#### (1) システム構成

本システムは、GYCOの吊治具に設置されたGNSS方位計、GYCO制御部に内蔵されたCPU、ジンバルの角度を制御するジンバル制御用インバータおよびモニタリングや操作を行うタブレットで構成されている。GYCOで使用しているGNSSは、GPSだけではなくQZSS（準天頂衛星）やGLONASSが利用できるマルチGNSSを採用しており、クレーンブームの下でも精度を確保することが可能である。GNSS方位計で計測された位置・方向情報は、CPUに入力され、目標方向角および目標位置とのずれ量をリアルタイムに演算する。自動運転を開始すると、目標方向角と一致するよう、CPUからジンバル制御用インバータに対して回転/停止指令を行う。吊荷の位置と方向は、タブレットでリアルタイムに確認することができ、作業指揮者とクレーンオペレータに情報が共有される。GYCOとタブレット間の通信には無線LANを使用しており、作業指揮者による目標方向の登録、自動ON/OFFの切替などの遠隔操作が可能である。その他、クレーン船や据付対象物、GYCO本体をVRで3次元描画する機能も有している。図-3にシステム構成を示す。

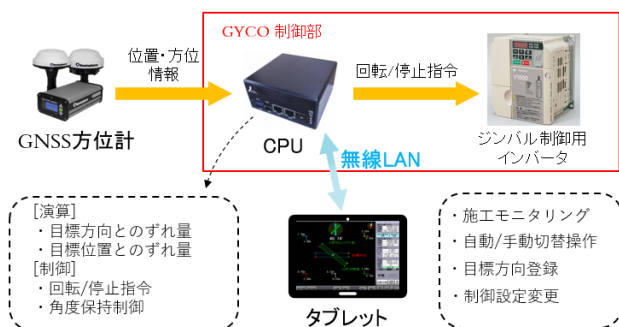


図-3 システム構成

#### (2) ガイダンス画面

本システムは、基本となる平面ガイダンス画面とVRガイダンス画面とがある。図-4に平面ガイダンス画面、図-5にVRガイダンス画面を示す。

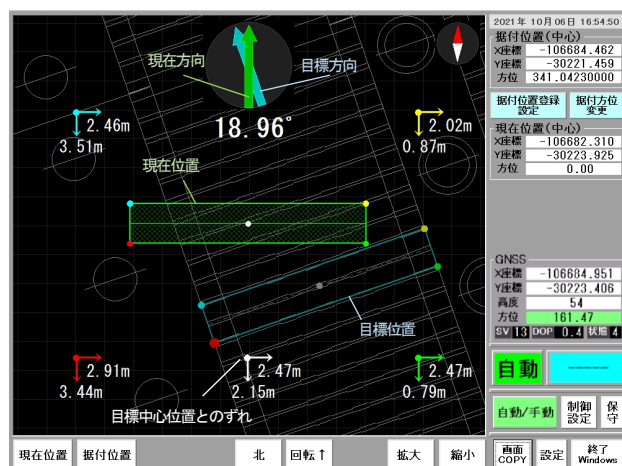


図-4 平面ガイダンス画面

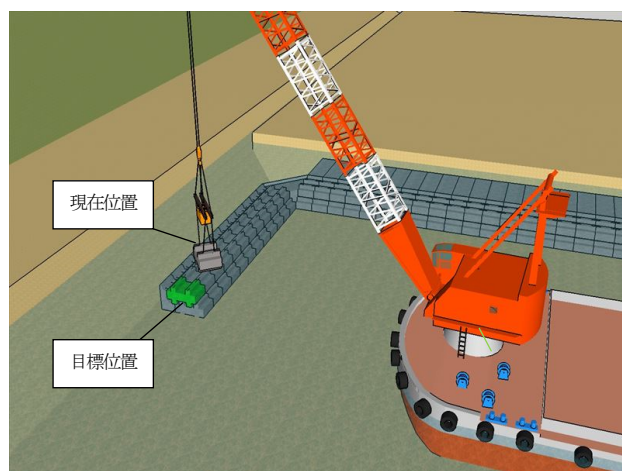


図-5 VRガイダンス画面

図-4に示すように、平面ガイダンス画面では、現在の方向と目標の方向、現在の位置と目標の位置が直感的に分かるよう表示されている。方向については、自動で目標の方向に調整されるため、平面位置のみを誘導画面に従って合わせるだけでよく、効率的な据付作業が可能となる。

また、図-5に示すように、VRガイダンス画面では3次元表示されているため、目視が困難な水中構造物の設置作業などにおいて、位置、方向、高さおよび既設構造物との離隔距離や、据付場所周辺の状況などをイメージしながら据付けができ、オペレータの熟練度による設置時間のばらつきを防ぐ効果などが期待できる。

### (3) 自動方向制御

GYCOは、自動方向制御が開始されると、即座に目標方向への調整が開始される。目標方向に達した後、その目標方向を保持するような制御を行っている。図-6に、長さ6m、直径760mm、重さ1.2tの鋼管を2点吊で吊った際に計測された、自動制御中の方向角の変化を例として示す。

自動制御前に200°であった方向が、自動制御が開始されると、約6秒間で目標方向の163°に自動で調整される。目標の方向に達した後は、フライホイールのジャイロ効果により、現在の方向を保持する力が作用する。風やクレーン船の動揺、水中施工時における波の影響など、外的な要因により吊荷が回転してしまう場合があるが、自動制御中は常時、方向を監視しており、現在の方向が目標の方向より設定した閾値を超えた際に、再度調整を行う機能を有している。この閾値は目標方向から±3°を通常の設定としており、天候の影響や吊荷の過重などの条件に合わせ、任意の数値に設定可能である。

### (4) 安全機能

GYCOの自動/手動切替は、タブレットに表示されたソフトウェアの画面およびリモコンによって操作可能であり、自動制御中にGYCOが不測の動作をした場合は、そのどちらからでも即座に停止できるようになっている。また、パトライトにより運転モード(自動/手動)および異常の有無を確認することも可能である。なお、旋回中は、スピーカーから警報音を出し、周囲への注意喚起を行っている。写真-2に操作用リモコン、写真-3にパトライトを示す。



写真-2 操作用リモコン



写真-3 パトライト

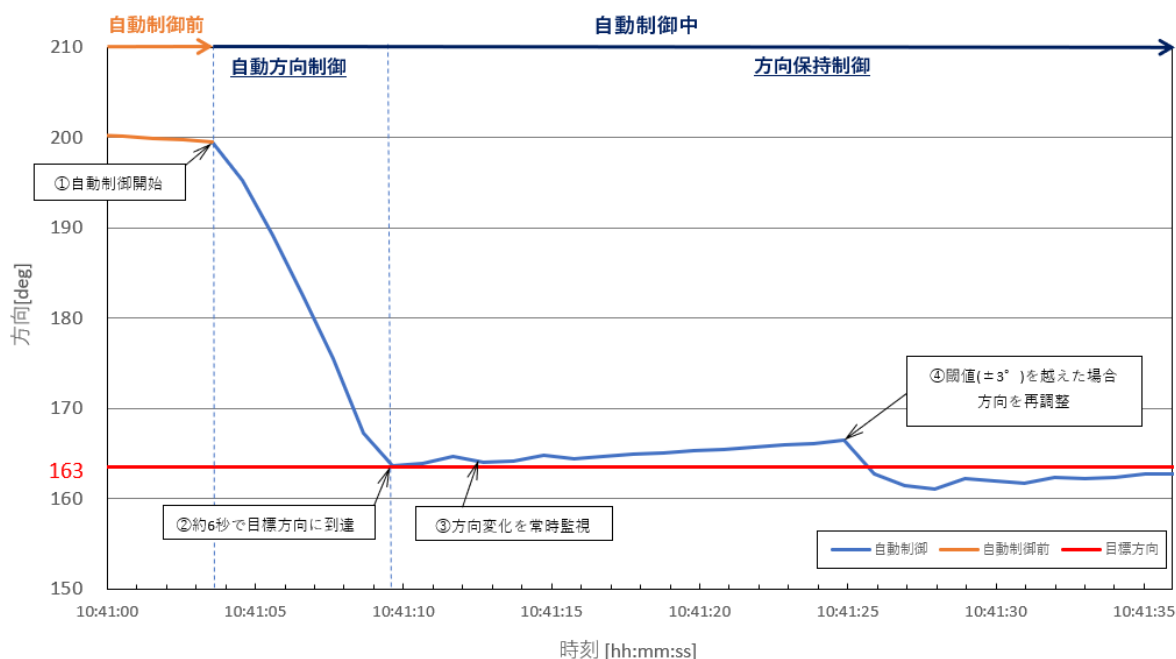


図-6 自動制御中の方向角の変化

## 4. 工事導入事例

### ①ケーソン上部工型枠設置への導入

ケーソン上部工における鋼製型枠設置時に、本システムを導入した。

側枠・妻枠の吊り設置時に、型枠設置方向を自動調整することで、作業効率が向上した。また、介錯ロープを使用せずに設置できるため、安全性も向上した。写真-4に型枠設置状況、図-7にシステム画面表示例を示す。

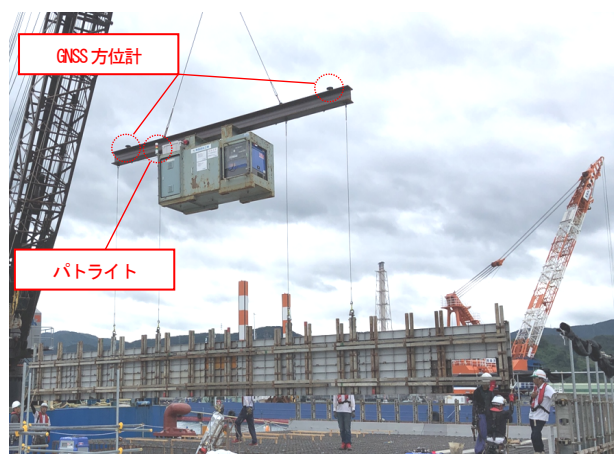


写真-4 型枠設置状況



図-7 システム画面表示例

### ②PC桁設置工への導入

PC桁の設置に本システムを導入した。

対象のPC桁は長尺で荷振れをしやすい、張り出し鉄筋があり、受梁から出た鉄筋に当たらないように荷振れを抑えながら設置する必要があるが、本システムの方角自動制御および方向保持機能を使用することによって、設置作業の効率向上と安全性向上が実現できた。写真-5にPC桁設置状況、図-8にシステム画面表示例を示す。

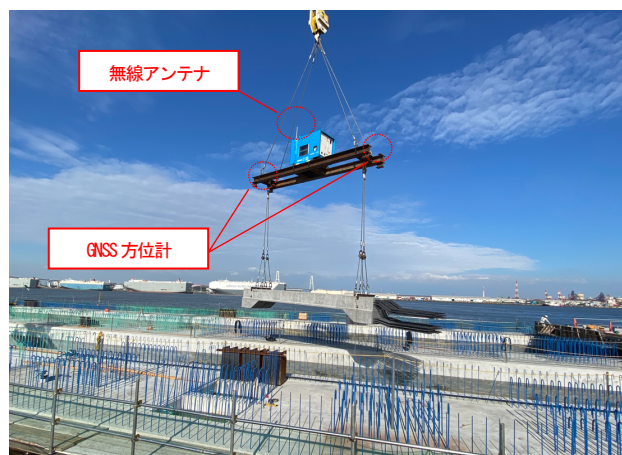


写真-5 PC桁設置状況

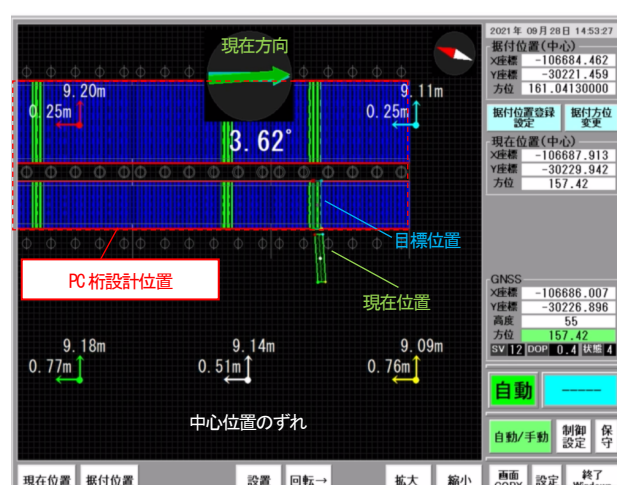


図-8 システム画面表示例

## 5. おわりに

本稿ではクレーン吊荷旋回制御装置「GYCO」ガイドシステムについて紹介した。本システムを使用することで、これまで時間を要していた、GYCO 使用時のリモコンによる方向調整作業を自動で行うことが可能となり、据付作業の更なる効率化を実現することができた。

今後は揚重作業の自動化および無人化施工において、本システムの導入を視野にいれ、機能の拡充や導入実績を重ねていく所存である。