

解説 次なる発想の源

新型ジャイロコンパスおよび 曲線施工事例

ふなやま まさゆき
船山 正行

東京計器㈱
電子システムカンパニーセンサ機器部
技術2課担当課長



1 はじめに

近年、推進工事現場では、熟練技術者の減少や高齢化、開発費の削減による自動化の停滞、設備の老朽化など厳しい環境であるが、インフラ整備の必要性は増しており、効率的に工事を行う必要がある。

当社では、トンネル用ジャイロコンパスを長年製造販売しており、数多くのトンネル工事で使用されている。現場より要望のあった、小型で振動に強く、扱い易く壊れにくいジャイロコンパスを新たに開発し、十数件のトンネル工事現場へ導入した。

2 背景

カーブを掘進する場合、曲線に沿って掘進機を制御する必要がある。掘削中に掘進機がリアルタイムで計測できれば、ステアリング・コントロールが容易になり、蛇行の低減・さらに推進力を抑えることができる。逆に言えば、掘進機が分からないと、オペレータの経験や勘に頼ることになり、熟練が必要になる。また、計画線からそれた場合の修正も難しくなる。

当社は、TMG-30シリーズとTMG-10Sシリーズの2種類の機械式ジャイロコンパスを持っている。TMG-30シリーズは高精度であり、主にシールド工法で使用されている。TMG-10Sシリーズは、小口径にも使用されているが、過大なローリングや過度の振動等により、故障する場合があった。この場合、作業員が坑内に入って機器の交換をすることが出来ないため、到達までジャイロコンパス無しで掘進するしかなかった。このTMG-10Sシリーズの後継機として光学式ジャイロコンパスを開発した。

3 新型ジャイロコンパスの概要

光ファイバージャイロおよび加速度計をそれぞれ直交3軸に配置し（ストラップダウン構造）、演算処理により、方位角（真北からの絶対値）・ピッチ角・ロール角を表示・出力する。

トンネル掘削中でもリアルタイムに3軸姿勢角を計測できる（図-1）。

【特徴】

- ・可動部が無いいため、振動・衝撃に強く、壊れにくい。
- ・機械式のようなオーバーホールが不要。

- ・過大なローリングでも故障しない。
- ・センサユニットは、防水仕様（IP67相当）。
- ・消費電力が少なく、省スペース。
- ・水レベル計（TL-300シリーズ）との接続が容易。

4 ジャイロコンパスの原理

ジャイロコンパスの原理は、ジャイロスコープの特性、地球の自転、重力の相互作用を応用したコンパスである。ジャイロスコープの特性は、ジャイロの回転軸は空間の一定方向を保持し続け

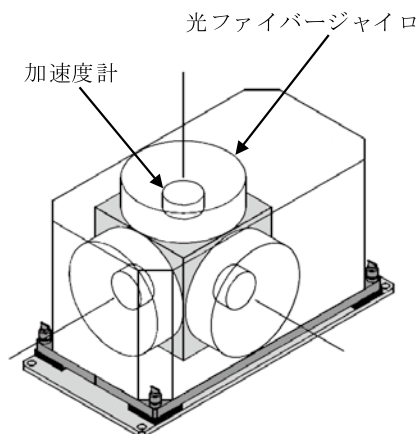


図-1 新型ジャイロコンパスの構造

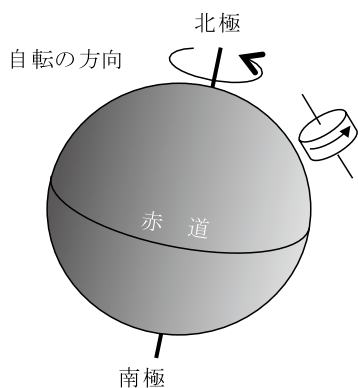


図-2 ジャイロコンパスは真北を指向する

るという「方向保持性」と、回転軸に力を加えると、力と直角な方向に旋回が起こるとい「プレセッションの性質」である。

その特性と、地球の自転角速度、地球の重力を利用して、回転軸が常に真北を指すようにしたものである(図-2)。

光ファイバージャイロ (FOG) は、コイル状に巻いた光ファイバに、時計回りと反時計回りに光を入射し、軸方向に角速度が加わると、二つの光に光路差が生じて、互いの光の間に位相差が生じるので、この位相差を検出することにより、角速度を検出するものである。

直交3軸方向に取り付けられた光ファイバジャイロおよび加速度計で、角速度・加速度を検出し、演算処理により、方位角(真北からの角度)を求めている。

5 新型ジャイロコンパスの構成

センサユニット、電源ユニット、表示ユニットから構成される。電源ユニットは、バッテリーを内蔵し、通電中は充電を行い、電源が切れるとバッテリー運転に切り替わる。オプションで水レベル計を接続できる(図-3)。

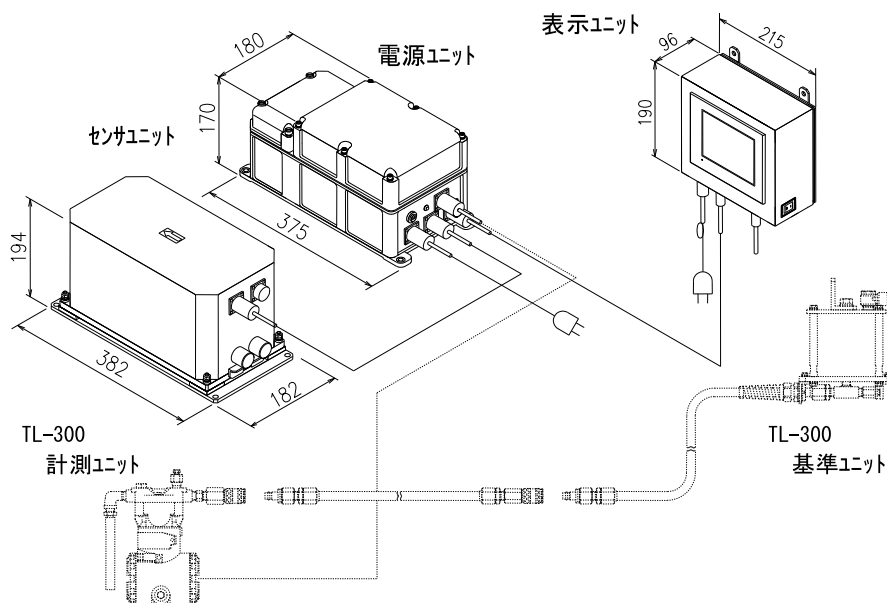


図-3 新型ジャイロコンパスTMG-12Fの構成(水レベル計TL-300はオプション)

6 仕様

表-1 TMG-12Fの主な仕様

測定範囲		方位角	0～360°
		ピッチ角・ロール角	±15°
精度		方位角静定精度	±0.2° sec λ （λ：緯度）
		ピッチ角・ロール角	±0.05°
分解能			0.01°
静定時間		方位角	電源投入後2時間以内（表示は20分後）
		ピッチ角・ロール角	電源投入後即時
耐環境性	構造	センサユニット	防水構造（IP67）
		センサユニット以外	防滴構造
	温度	センサユニット	－15～55℃
		センサユニット以外	0～40℃
	振動	5～22.5Hz ±1mm 22.5～100Hz ±20m/s ²	
		100G 6ms	
電源			AC100～230V、120VA以下
バックアップ時間			90分、放電：充電1：4（25℃にて）
センサユニット寸法			幅182mm 奥行382mm 高さ194mm

※表示ユニットは、日本語/英語/中国語の切換えが可能。

※運搬用に、専用のアルミ収納ケースを用意。

7 システム応用例

推進ジャイロナビシステムは、ジャイロコンパス(方位角)と傾斜計(ピッチ角・ロール角)から3軸姿勢角を検出し、同時に掘進距離データから現在

位置を演算するシステムである。

縦断位置は、水レベル計を接続して使用することができる。

距離の計測は、タイヤ式距離計(エンコーダ)を推進管の上側に設置する方法と、ジャッキストロークを積算する