

# 地中位置検出システム 「Sジャイロ」

下水管や電線管を埋設する工事に推進工法という施工方法があります。これは堅穴の側面から掘削機をジャッキで押し出していく工法です。地表から開削して埋め戻す工法に比較して掘削量が少なく、地上への影響が少ない利点があり、特に深い埋設管の設置に有利です。

この工法は目印の無い地中を進むので、掘削位置・方向の検出が重要です。掘削経路が直線の場合にはレーザーにより測定ができますが、曲線では不可能です。このため、

曲線施工では先端に電波発信器を取り付けて、電波で位置を測定する方法が主に用いられていました。この方法は①掘削深度が深いと電波が減衰して使えない、②作業員が地上で受信機を操作するので、高速道路や線路、河川など地上に障害物があるところでは利用できないなどの制約がありました。このため、「Sジャイロ」は施工条件の制約を受けない推進工法用の位置検知システムとして開発しました。

これを実現するため、地中でも利用可能な基準として重力と地球の自転軸を用いて現在位置を測定する方法を考案しました。原理を図1に示します。配管の中に長さLの棒を渡すと、この棒の真北に対する角度（方位角 $\theta_1$ ）が分かれば、掘削開始位置は分かっているので、棒の先端位置 $P_1$ が計算できます。次に、棒1本分掘り進んだときの棒の元端の位置は、前回測定した先端位置 $P_1$ にありますから、この点を起点として同じ計算を繰り返すことにより、各回の先端位置( $P_2, P_3, \dots$ )が求まります。

棒の方位角は地球の自転軸を基準に測定します。

高感度のジャイロセンサは地球の自転角速度を検出できます。このセンサの向きを図2のように鉛直軸回りに回転させたとき、出力が最大になる方向が地球自転軸の方向、つまり真北です。

この角度から棒の方位角が求まります。ただし、回転軸が傾斜していると誤差が発生するので、2個の傾斜計を用いて回転軸の傾斜を測定し、その場所の緯度を既知として3次元の幾何学的計算で補正します。

この方法は施工状況によらない測定が可能であり、複雑な機構がないため、小型で小口径管掘削にも利用できます。

この特許は(株)ジェイアール総研情報システム殿との共同出願です。

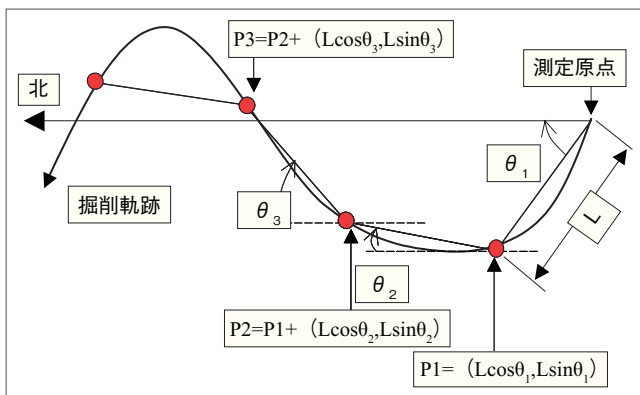


図1 Sジャイロの測定原理

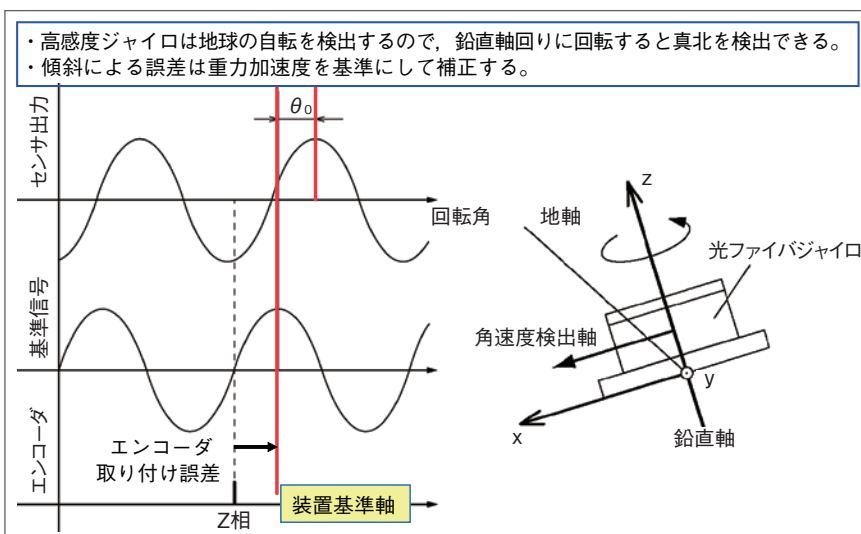


図2 方位角測定の原理

## 発明余話

本発明では、傾斜した回転軸の測定データから正確に方位角を求める方法がポイントでした。

地球自転軸の3次元的な方向が分かっているとき、任意の軸回りにジャイロを回転させた時の出力は幾何学的に簡単に計算できますが、その逆の計算は困難です。ジャイロ回転軸の傾斜は2個の傾斜計で測定できますが、これから任意の方向にある自転軸が計算できるのはジャイロ回転軸が鉛直な場合と、測定場所が赤道にある場合だけです。

従来からある方法として、ジンバル機構(図3)を用いて、ジャイロ感度軸を水平に保ち、見かけ上の回転軸を鉛直に保つ方法があります。この方法は計算が簡単ですが、機構が複雑になるため、Sジャイロの目的である小口径配管に適合するような小型化が困難です。

ジンバルが不要な方法を考えていたら、施工現場の緯度を与えることにより、ジャイロ回転軸が傾斜しても方位計算が可能なこと気がつきました。地球を球体と考えると、水平面と自転軸のなす角は緯度と等しくなります。従って自転軸は任意の方向ではなく、水平面から緯度と同じ角度になる円周上に限定できます。また、ジャイロ回転軸の傾斜が分かっているので、水平面に対するジャイロ感度軸の軌跡は計算で求まります。

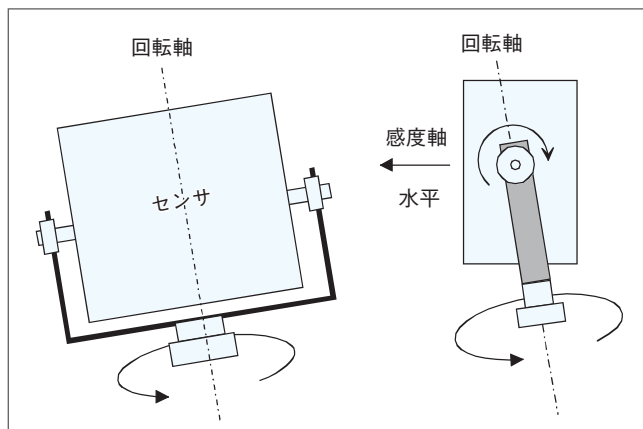


図3 ジンバル機構による水平保持

### 《権利メモ》

**発明の名称：**水平方向掘削先端位置の測定装置

**概要：**管推進工事などの水平系の掘削において、掘削先端位置を正確に把握するための装置

**出願番号：**特願2004-352128 (2004.12.6)

**公開番号：**特開2006-162357 (2006.6.22)

**総研発明者：**佐々木君章, 鴨下庄吾, 朝比奈峰之

**共願者：**(株)ジェイアール総研情報システム

**発明の名称：**水平方向掘削先端位置の測定システム

**概要：**管推進工事などの水平系の掘削において、水平方向掘削先端位置の高精度の測定結果が得られるシステム。

**出願番号：**特願2004-352129 (2004.12.6)

**公開番号：**特開2006-162358 (2006.6.22)

**総研発明者：**佐々木君章, 鴨下庄吾, 朝比奈峰之

**共願者：**(株)ジェイアール総研情報システム

複雑になるので詳細は控えますが、緯度をパラメータとして与えると、水平面を共通の基準としてジャイロ感度軸と自転軸がなす角度の計算式が立ち、この関係式とジャイロ出力から求めた最大感度位置(自転軸と感度軸が最も近く位置)から棒の方位角を決定することができました。

施工場所の緯度は国土地理院の電子地図で調べるか、GPSによる測定で求めることができますので、この方法で装置を構成するめどが得られました。

(車両構造技術研究部 車両振動 佐々木君章)

※記事に関するお問合せ先 情報管理部(知的財産)  
NTT:042-573-7220 JR:053-7220