

『リアルタイム自動測量に向けて、  
撮像式測量システム Jeppy(ジェッピー)』

Keyword "ジェッピー"、"Jeppy"、"小口径管"、"測量システム"、"連続動画測量"、"TACOMOS"

1. はじめに

Jeppyは3年ほど前に小口径管推進自動測量システムとして開発され、その後も新しい技術を盛り込み日々進化してきた。垂直方向の計測器、水盛計と同様に掘進中でも測量結果を表示できるリアルタイム自動測量の実現に目標を置き、段階的に機能アップを進めている。現在は自動化まで今一步のリアルタイム手動測量の段階ではあるが、機能アップされた新しい技術とその新技術が採用された施工事例を紹介する。

【リアルタイムとは…掘進中 / 自動とは…ソフト上で自動計算 / 測量とは…管内画像を解析し、先導体姿勢(曲率半径)を算出し、後続推進管の布設状況を確認する。】

2. システム概要

機器構成及び主要機器のカメラユニットを簡単に紹介する。

(1) 機器構成

ジェッピーは、下記の構成にてマシンターゲットの位置を算出する。

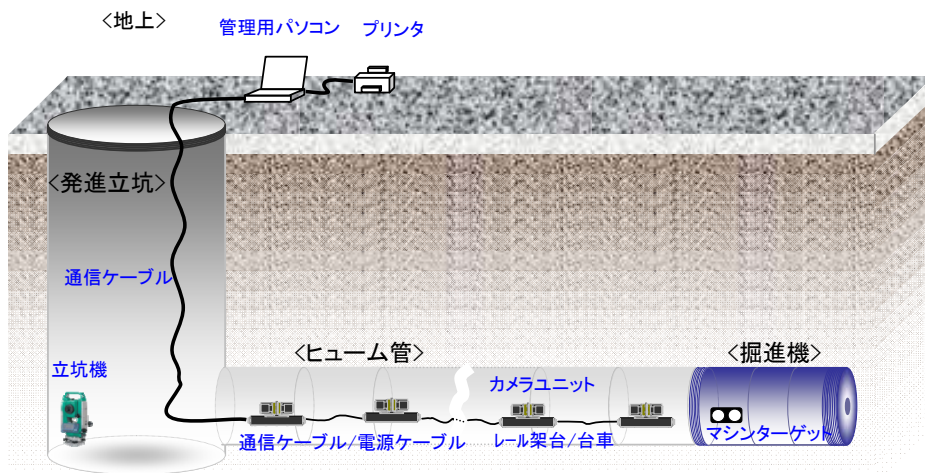


図-1 機器構成

(2) カメラユニット

中央部に前後2つのカメラを背中合わせに配置し、そのカメラの左右には被撮影用丸形ターゲットを2個保有する。測量方法は、画像処理により左右ターゲットの重心位置を求め、それぞれの座標を算出する。そして左右ターゲットの中間座標をカメラユニットの座標としている。

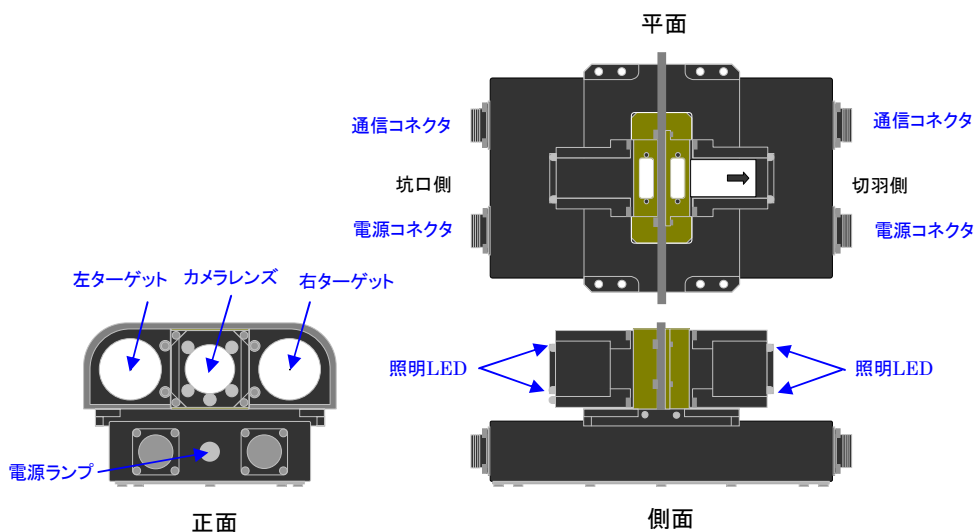


図-2 カメラユニット

### 3. 新たな技術

ここ数年で開発した新技術を紹介する。

#### (1) ターゲット検出能力

画像処理におけるターゲット検出能力は計測の重要な心臓部であり、計測の精度、安定性及びその他に大きく影響をあたえる技術である。今回、検出したいターゲットサイズに対して、画像処理エリアを最小限に自動設定する機能を大幅に改善した。このことで、検出エラーを引き起こした余計な発光体との同時画像処理の頻度が大幅に削減され、ターゲット検出の安定度が向上した。さらに、周囲の環境(明るさ)の影響をほぼ受けなくなり、これまで必要だった環境毎の撮影パラメータの設定がほとんど必要なくなり、測量時間短縮の要因となった。



写真-1 管内カメラユニットの様子

写真-2 隣接ターゲットを判別成功

#### (2) 測量時間

ターゲット検出能力の向上も含め、管内測量時間の短縮に取り組んだ。これまでカメラユニット1台毎に計測をさせていたため、カメラユニットが増設される毎に計測時間が延びていった。そこで、制御信号を全数同時送信することで一斉計測が可能となり、大幅な時間短縮を実現することができた。現在は、カメラユニット最大数15台の時でも立坑内測量を含め約4分間で測量が完了する。1分間程度で管内測量が完了するため、複数回の測量が気軽に行えるようになった。実際現場では、管内測量を2回行い、計測値ばらつきがないことを確認している。通常、計測値ばらつきは0~2mmのため、3mm以上の場合には、その原因を確定させ計測を再開している。

- ・立坑内測量（立坑機で1台目のカメラユニットを手動測量する） → 約3分間
- ・管内測量（カメラユニット間自動測量<最大数15台>） → 約1分間



図-3 4台同時計測

### (3) 画像表示

これまでの静止画表示に加えて、動画表示が可能となった。動画とは、静止画を約1秒毎に更新させた画像である。新たに掘進中に動画を表示させることで、掘進中に先導体姿勢を算出するリアルタイム測量が可能となった。

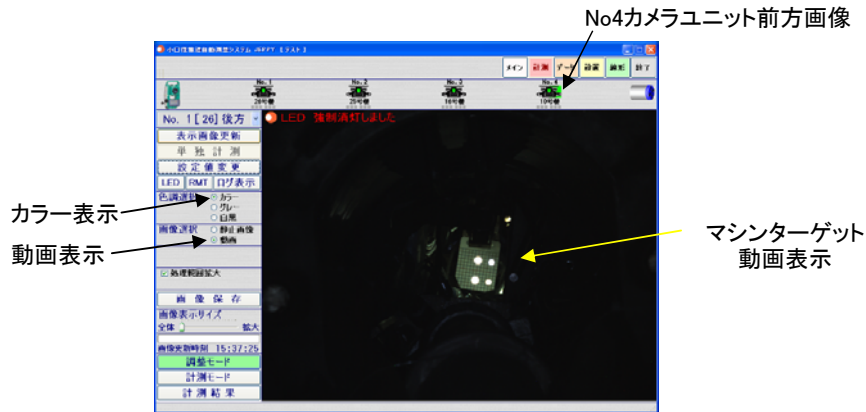


図-4 掘進中動画表示

## 4. 施工事例

Jeppyの新技术が採用された施工事例を紹介する。

泥土圧式推進工法(ラムサスS)          ラムサス工法協会  
 撮像式測量システムJeppy(ジェッピー)      (株)ソーキ  
 連続動画測量(TACOMOS)      (株)地建興業 地下建設技術研究会

### (1) 工事概要

工事名: 宇賀新田幹線宇賀枝線污水管路施設工事(その2)  
 工事場所: 桑名市宇蓮花寺  
 発注者: 桑名市建設部下水道課  
 施工: (株)藤井建設一 地建興業(株)  
 工法: ラムサスS工法、ジェッピー自動測量システム  
 施工概要:  $\phi 400$  R50m L50.28m

本工事は、R50の曲線区間を含む推進工事であるが、土質データにより発進立坑付近は滞水砂層、到達立坑付近はN値30以上の固結シルトに長径20cm以上の玉石を含む土質を対象土質として計画されている。それぞれの土質について単一土質であれば施工実績も多く大きな問題とはならないが土質が変わる位置によっては大きなトラブルの要因となる。施工環境から到達立坑も $\phi 1500$ と小さく、ECから到達立坑までの距離も短い。土質変化の位置を事前に調査したいところであるが計画法線上に雨水路が布設されていて地上からのボーリング調査は出来ない。当然、地上からの電磁探査、電磁誘導装置の使用も出来ない。急激な土質変化に対応する推進システムと迅速で正確な測量システムが求められた。

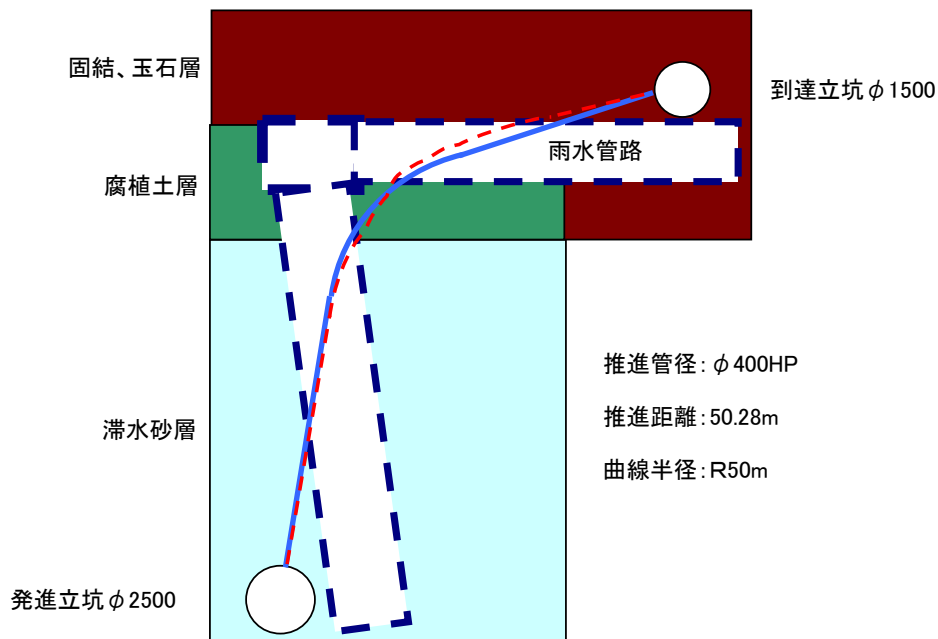


図-5 施工概要図

問題は、急激な土質変化を察知するための測量、監視手法にあったため、Jeppyの新技术を活用することで、掘進中も推進管の布設状況を連続動画測量の解析により把握した。掘進中の先導体の姿勢、後続する推進管の布設状況をリアルタイムに監視する事で土質の変化を迅速に察知し先導体のジャッキ修正量を制御することが出来る。

**(2)連続動画測量(TACOMOS)-Targeting by continuous motion pictures-**  
 画像中心からの離れ量に対して管理数値を設けて先導体の姿勢を把握した。



写真-3 掘進中の動画監視の様子

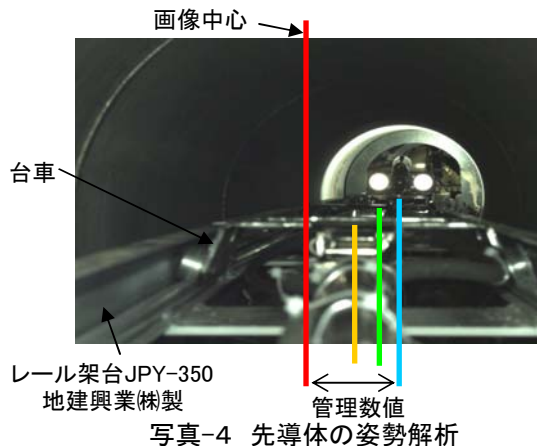


写真-4 先導体の姿勢解析

BCを通過し滞水砂層を順調に推進中、先導体の予期せぬ動きを確認した。後続管の布設状況から先導体の後続推進管数本が真っ直ぐに伸びてしまっているのを確認。腐植土に入ったことを察知する事ができた。腐植土中は最大修正量で曲線精度を確保することになった。

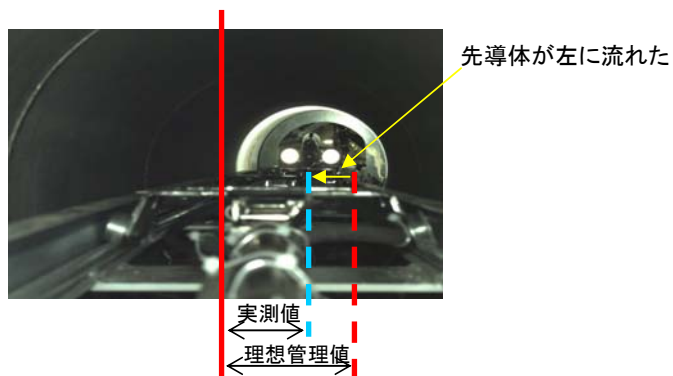


写真-5 先導体の予期せぬ動きを確認

このまま固結シルト、玉石層に入ってしまうと急激に曲がりすぎて推進管を座屈させてしまう大変危険な状況であった。EC付近にさしかかったところで先導体に大きな右向きの力が掛かるのが観察出来た。到達立坑まで残すところ約10m。ここで修正ジャッキを緩めシルト層の理想値に近づけていった。とても勇気のいる決断だった。

先導体が緩やかに到達立坑に正対し、後続の推進管の姿勢監視状況から決断が正しかったと安堵した。掘進中の連続動画測量が良い結果に繋がった。

**5. まとめ**

小口径管推進においては、急激な土質変化の予測される対象土質では掘進中の連続的な測量が不可欠である。この連続測量を実現させる上で、短時間に計測可能な撮像式測量はとても有効な測量方法と言える。Jeppyは管内動画画像を提供することで、先導体の制御に大きな判断材料を与えることが出来、この動画画像の活用方法にはまだ大きな可能性を秘めている。今後はリアルタイム自動測量の実現に主眼を置き施工実績を積み上げながら現場で必要な機能を見極め、システム改良を継続していきたい。

今回、施工の機会を与えて頂いた、桑名市、(株)藤井建設、地建興業(株)、他関係者の協力に深く感謝致します。

◆お問い合わせ先◆  
 地下建設技術研究会 大石

〒448-0806 愛知県刈谷市松栄町1-8-16  
 Tel:0566-21-8696 Fax:0566-24-3840