

ステレオカメラを用いたシールドの自動計測システム

戸田建設株式会社	正会員	○小林	修
戸田建設株式会社	正会員	中村	太三
戸田建設株式会社	正会員	古賀	稜也
株式会社きんそく	非会員	土本	裕之

1. はじめに

シールド工事は、シールドおよびセグメントの測量データ、推力やカッタートルク等の掘進データを管理しながら掘進を行っている。その中でも測量データは、シールドおよびセグメントが計画線形を確保できているかを判断するための重要な情報である。今回開発したステレオカメラを用いた自動計測システムは、当社が開発を進めているAI Transform Shield®（以下、「AI シールド」と記述）の重要な要素技術の一つである。本稿では計測システムの概要と室内測定実験結果について報告する。

2. ステレオカメラによる計測システムの概要

ステレオカメラは図-1 に示すように、左右のカメラの見え方の差である視差を底辺、カメラの焦点距離を高さにもつ三角形と、左右のカメラ距離を底辺、対象物との距離を高さとする三角形の相似関係から測距を行っている。また、写真内の特徴点を複数計測し算出することで奥行情報、位置情報を取得する。現場で適用する際は、作業デッキにステレオカメラを設置し、スプレッダーに移動マーカーを3つ、シールドジャッキの取付け部に固定マーカーを3つ設置する。固定マーカーの座標は事前にトランシットを用いて座標を計測しておき、これら6つのマーカーを撮影することで各マーカーの座標を算出する。以下に固定マーカーと移動マーカーを用いた測量手順を図-2 に示す。

① 掘進開始前

固定マーカーの座標から移動マーカーの座標を算出。

② 掘進中

移動マーカーを不動点とみなし固定マーカーの座標を算出。

③ 掘進終了

固定マーカーを不動点とみなし移動マーカーの座標を算出。

④ セグメント組立

①～④を繰り返すことでシールド機の測量を行う。

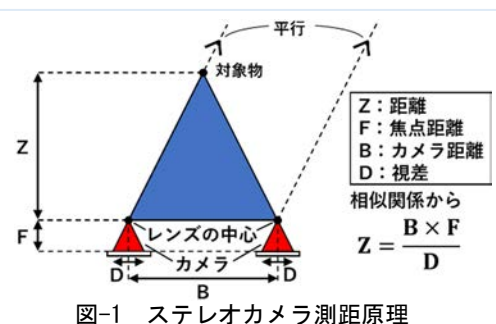


図-1 ステレオカメラ測距原理

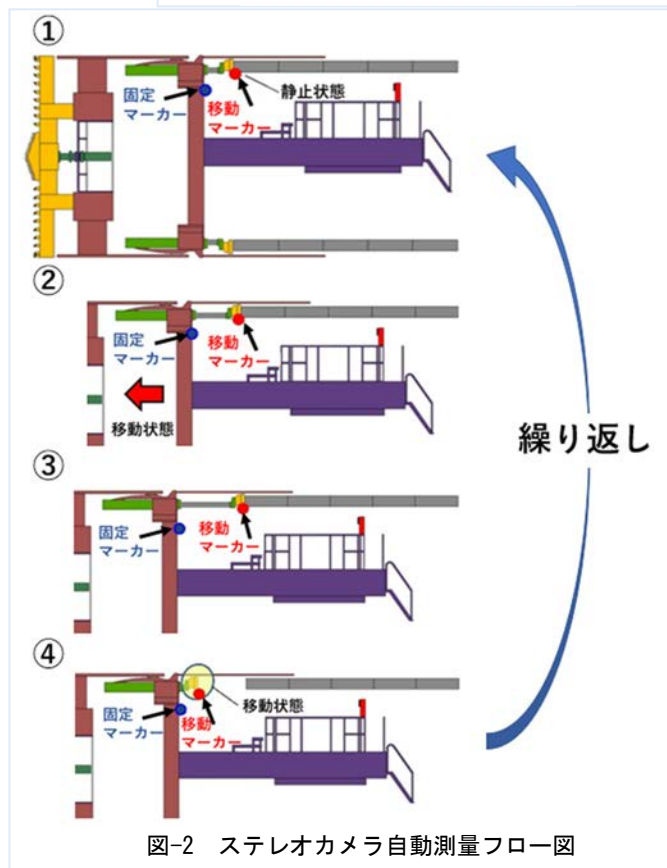


図-2 ステレオカメラ自動測量フロー図

キーワード：シールド、自動測量、ステレオカメラ

連絡先 戸田建設株式会社 東京都中央区八丁堀 2-8-5 TEL0120-805-106 FAX03-3551-8912

3. ステレオカメラによる計測システム室内測定実験

室内実験に用いたステレオカメラのカメラ距離 450mm, カメラ周囲にリング型赤外 LED 照明を設置することで他の照明の影響を低減した。ステレオカメラで計測を行う固定・移動マーカーは外径 150mm で反射材は 40mm を採用した (写真-1)。

次に, このマーカーを三角形になるよう

に配置し(図-3), 移動マーカーを奥に移動させた時のステレオカメラによる計測結果とトランシットによる精度比較を行った(写真-2)。

1) 点間距離計測

固定マーカー同士の点間距離については測定距離が増加するにつれて誤差が増加する傾向が見られた。カメラとの距離が 3.5m 以内であれば計測誤差は 4mm 以内となった (図-4)。

2) 座標計測

Y 座標 (上下) に関しては, 計測距離 4.0m を除いて誤差幅が 2.4mm に収まる結果となった。

X 座標 (左右) についても計測距離 3.5m 以内であれば, 誤差幅 6mm に収まる結果となった。

Z 座標 (前後) については計測距離 3.5m で 14mm となっているが, 計測距離が増えるにつれて誤差が線形的に増加している傾向がみられた(図-5)。

座標計測について, 計測結果から誤差が発生する傾向をとらえることができるため, オフセットや補正をかけることで精度を向上させることができた。調整後の座標計測結果を表-1 に示す。計測誤差は±2.5mm 以内となり精度が向上した。

4. おわりに

シールドの自動測量システムとして, ステレオカメラを使用した計測システムの概要, 室内測定実験について報告した。今後は現場でフィールドテストを行い, より多くのデータを収集していく必要がある。フィールドテストでは室内実験では再現することができない現場特有の誤差の要因が精度に関わってくると推測される。誤差の傾向や要因について考察し, 更なる精度向上を図って, より高精度な計測装置の開発, 実用化に向けて取り組む予定である。



写真-1 ステレオカメラ

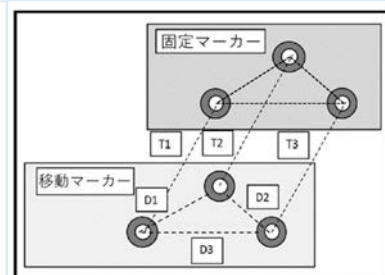


図-3 固定・移動マーカー

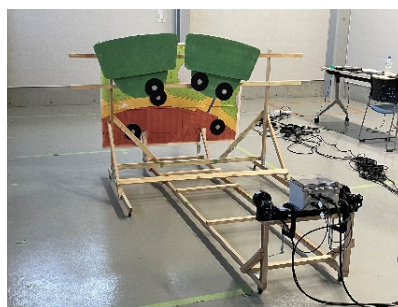


写真-2 室内実験状況

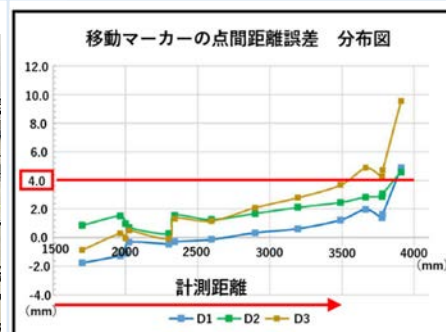


図-4 計測結果 (点間距離誤差)

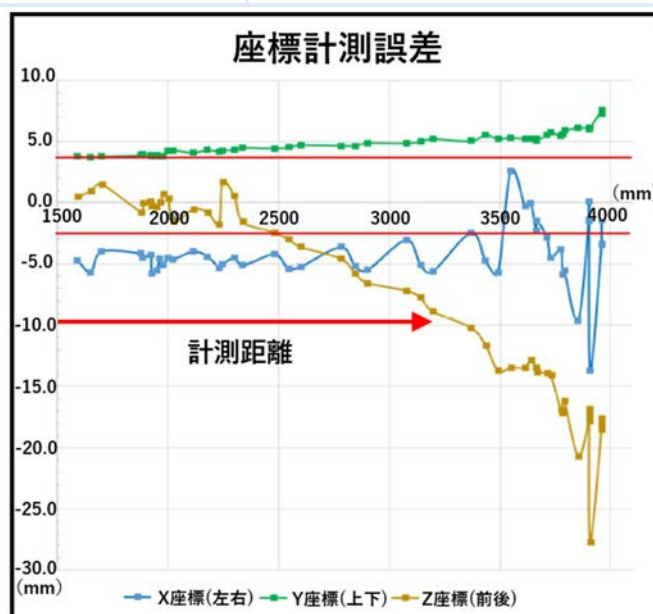


図-5 計測結果 (座標計測誤差)

表-1 計測結果 (座標計測誤差)

	計測誤差(平均)					
	固定1	固定2	固定3	移動1	移動2	移動3
Δx	2.0	1.2	1.0	1.1	0.0	-0.6
Δy	0.7	0.4	1.1	1.7	1.0	0.5
Δz	-2.3	-0.6	0.2	0.5	1.4	2.5