

トンネル掘削機械のディスクカッタ摩耗量計測ロボットの開発

WInBot: A Disc Cutter Wear Inspection Robot for a Tunnel Boring Machine

○山田雄大 福井類 割澤伸一

[背景・目的]

トンネル掘削機械 (TBM) はディスクカッタ (DC) を取り付けたカッタヘッドを回転させて掘削する

DC の摩耗は掘削効率の低下につながる
カッタヘッド内に作業者が進入し、定期的に点検する
→ 土砂の落下や出水など、作業者に危険が伴う

遠隔で DC 摩耗量を計測するシステムが必要



先行技術 (JetSnake^[2]) の問題点

- ・センサ・アクチュエータ数が多く粉塵散水環境での長期運用に不適
- ・中口径 (直径 5 m 程度) TBM への搭載が困難



研究の目的

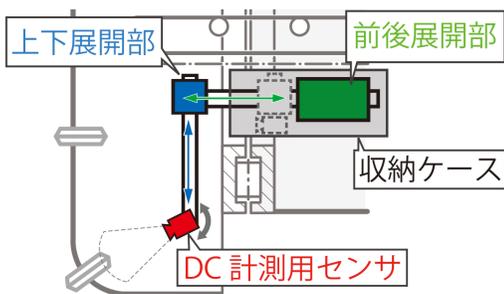
中口径 TBM で運用可能な少ないセンサ・アクチュエータ数の摩耗量計測ロボットの開発

[1] コマツ 商品企画本部 資料より

[2] OC Robotics, Hong Kong JetSnake <http://www.ocrobotics.com/hong-kong-jetsnake-cleaning-and-inspection-of-tbms/> 2019年2月アクセス

[DC 摩耗量計測ロボットの開発]

コマツ製直径 5 m 級 TBM を想定
計測ロボットを以下の要素で構成



□ DC 計測用センサ部

三次元形状センサ PocketScan3D を用いて DC の点群データを取得

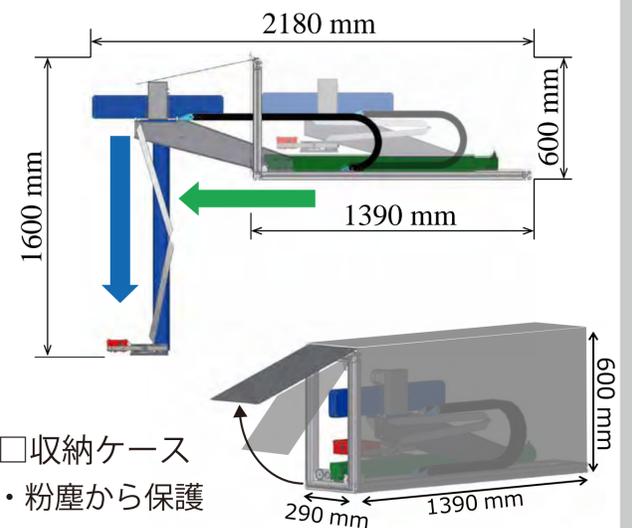


□ 上下展開部

ジップチェーンアクチュエータによる伸縮率 2.7 の展開動作

□ 前後展開部

電動スライダによる展開
オーバーハングさせることで伸縮率 1.5 を実現



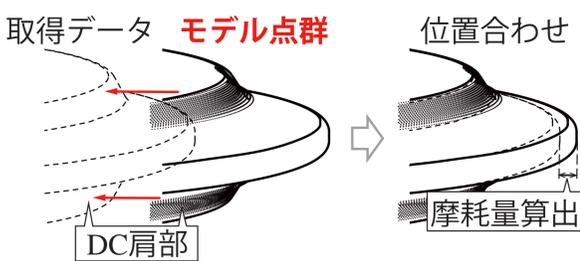
□ 収納ケース

- ・粉塵から保護
- ・モジュール化により他の TBM へ再搭載可能

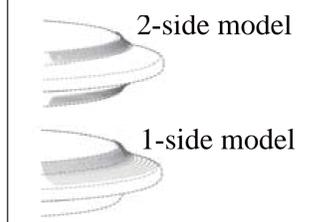
[摩耗量計測実験]

摩耗状態によらない計測 → 非摩耗データとの差分を求める

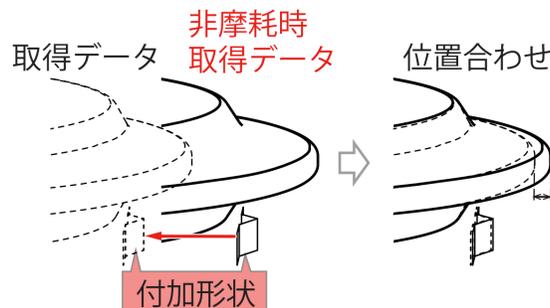
手法 1 : DC 肩部を用いて位置合わせ



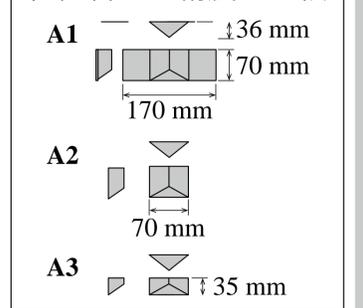
二つのモデルを用いて位置合わせ精度を比較



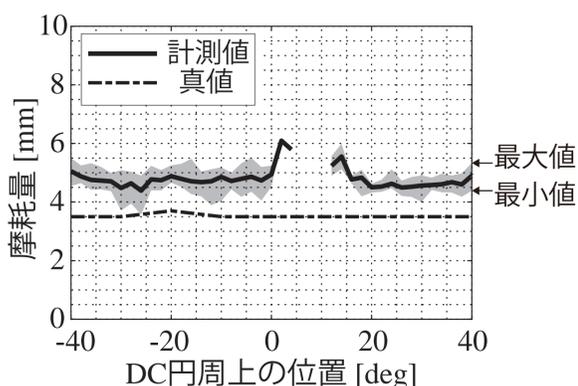
手法 2 : 付加形状を用いて位置合わせ



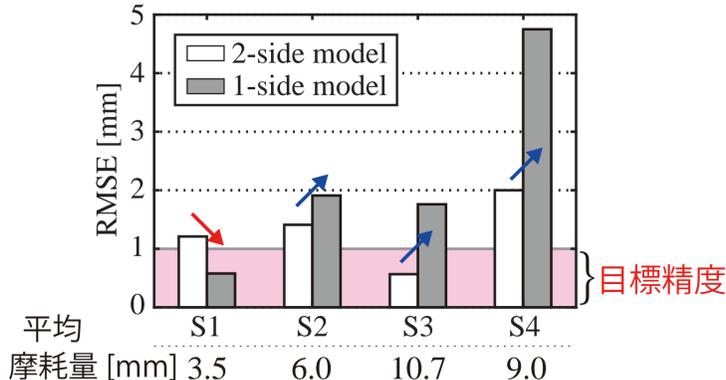
三つの付加形状を用いて位置合わせ精度を比較



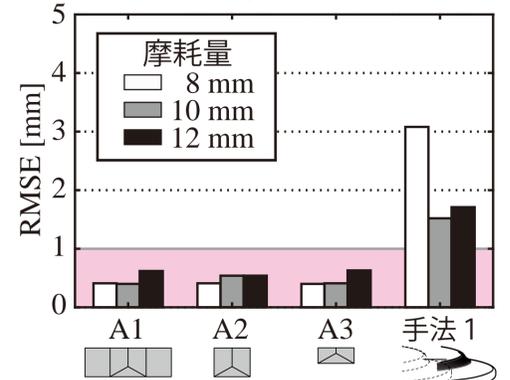
□ 実験結果



手法 1 : 肩部位置合わせ



手法 2 : 付加形状位置合わせ



位置合わせ精度の評価指標 :

RMSE { 計測値 f_k - 摩耗真値 y }

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_k^n (f_k - y)^2}$$

S2~S4 では RMSE が増加

▶ 摩耗量が大きいと肩部特徴が減少
位置合わせ精度が低下

A1~A3 全てで目標精度を実現

▶ 複数の平面の組み合わせにより
小型でも高精度で位置合わせ可能

□ 将来課題 : 土砂付着の影響を検証