

技術情報

シリーズ第3回

「小口径管推進工法の高度化に関する研究」 ファジィによる方向制御事例②

* 高津 知司

建設省土木研究所
機械施工部機械研究室
研究員



** 辰浜 哲郎

奥村機械製作(株)
電気課 課長代理



1. スーパーミニ推進工法の概要

スーパーミニ工法は、ヒューム管内径250mm～500mmまでの小口径管を泥水加圧推進工法の二工程方式で施工する工法である。

従来工法の安全性を考慮した泥水加圧推進工法を基本とし、さらに安全性、施工性の向上を図るために、パソコンを使用したワンマンコントロールシステムを採用している。また、その適用土質は軟弱地盤から硬質地盤まで幅広く、特に滞水砂層には最も有効である。図-1 スーパーミニ工法の概念を示す。

2. スーパーミニ工法の問題点

オペレータは常に、掘削・推進状況および推進計画線からのずれを監視して推進する必要がある。施工精度を高めるには、きめ細かく方向修正する必要があり、オペレータの負担増になっている。施工精度を高めオペレータの負担を軽減するために、まず方向修正を自動化する必要がある。その自動化にあたり、熟練オペレータのノウハウをコンピュータを用いた制御装置に取入れ易い方法としてファジィ制御を採用する。

3. 制御システムの構成

推進機、還流装置、元押し装置などに設けた各

種センサからの信号は、発進立坑部に設置される遠隔操作盤を経由してパソコンを使用したファジィコントローラへ送られる。ここで演算処理し操作盤を経由して各装置を制御する。検出したデータはすべて遠隔操作盤のグラフィックディスプレイに表示され、制御および作動状況が正常に保たれて運転されているか監視して推進することができる。図-2に制御システムの構成、表-1に検出器の一覧を示す。

ファジィ制御システムを採用するにあたり、熟練オペレータへのヒアリングにより、操作方法と操作量について取りまとめ、制御規制とメンバーシップ関数内のパラメータを定めた。これらをパソコンに取入れ、模擬負荷装置により入出力信号を接続して制御機能を確認し、実用機への制御システムとしてまとめた。

* 略歴

高津知司(たかつ・ともじ)/昭和62年3月京都工芸繊維大学工学研究科修了(工学修士)、同年4月建設省土木研究所研究員、現在に至る。

** 略歴

辰浜哲郎(たつはま・てつろう)/昭和41年3月鹿児島県立岩川高等学校電気科卒業、同年4月奥村機械製作(株)入社、現在に至る。

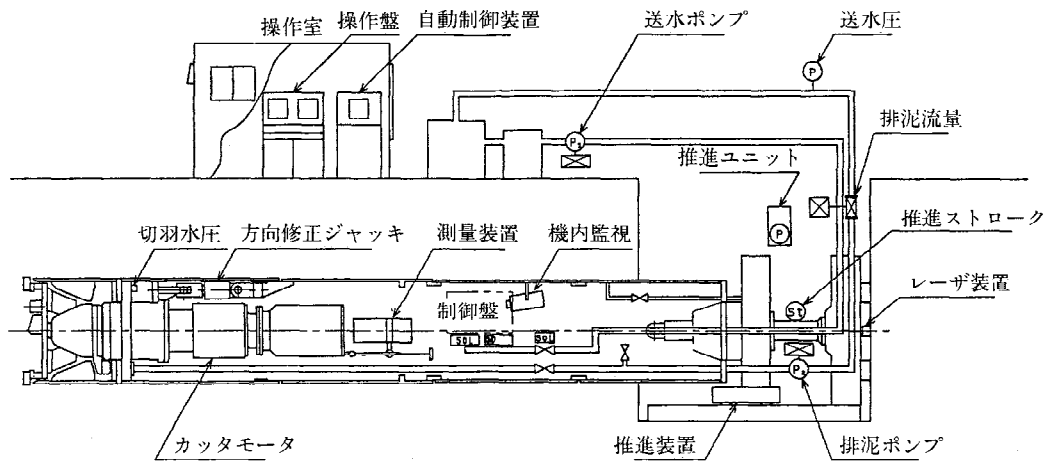


図-1 スーパーミニ工法の概念

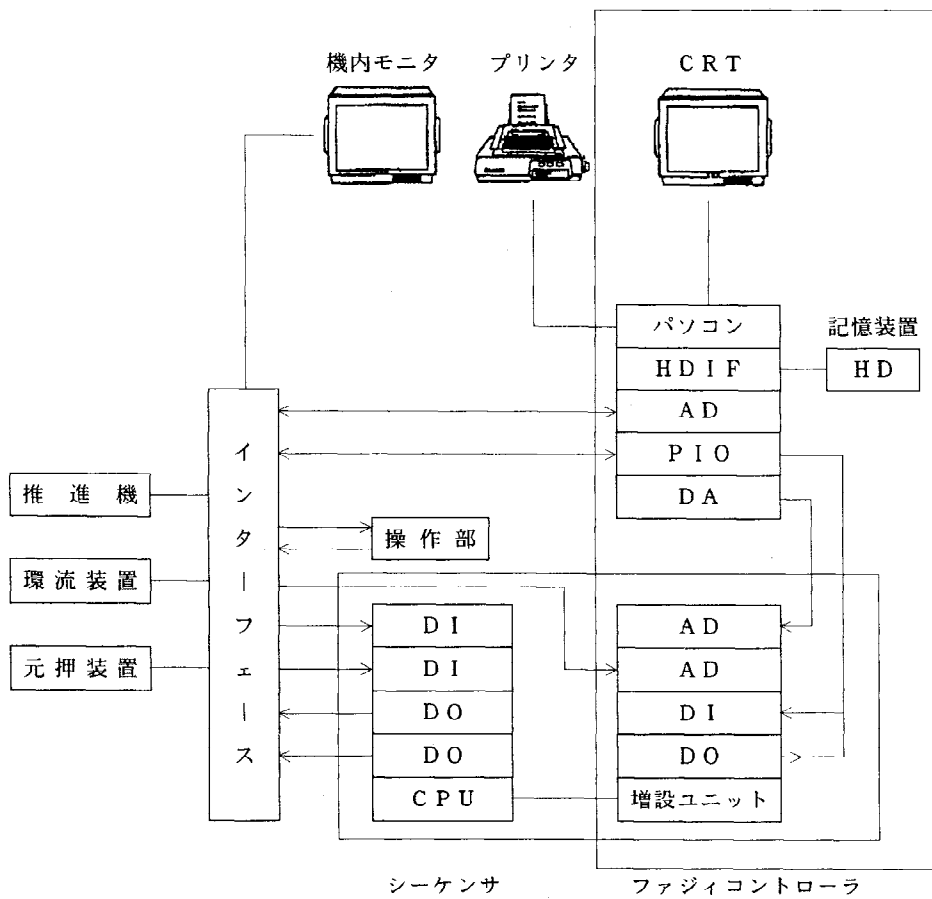


図-2 制御システム構成

表-1 検出器一覧

No	項 目	検 出 器				設 置 場 所
		測定範囲	精 度	単 位	測 定 方 法	
1	切 羽 水 圧	0~2.00	1/200	kgf/cm ²	隔膜式圧力発信器	推 進 機
2	送 水 圧	0~3.00	1/200	kgf/cm ²	隔膜式圧力発信器	立坑送水管
3	カット駆動電流	0~37.5	1/200	A	変 流 器	操 作 盤
4	天修正 J ストローク	0~10.0	1/100	mm	ポテンシオメータ	推 進 機
5	右修正 J ストローク	0~10.0	1/100	mm	ポテンシオメータ	推 進 機
6	左修正 J ストローク	0~10.0	1/100	mm	ポテンシオメータ	推 進 機
7	推進機水平位置	±35.0	1/100	mm	ポジションセンサ	推 進 機
8	推進機鉛直位置	±35.0	1/100	mm	ポジションセンサ	推 進 機
9	排 泥 流 量	0~2.00	1/200	m ³ /min	電磁流量計	立坑排泥量
10	送水ポンプ回転数	0~1800	1/500	rpm	タコゼネ	環流装置
11	排泥ポンプ回転数	0~1800	1/500	rpm	タコゼネ	環流装置
12	推 進 力	0~250	1/500	tf	圧力発信器	元押装置
13	推進ユニット回転数	0~1800	1/500	rpm	タコゼネ	元押装置
14	推進ストローク	0~2650	1/500	mm	ポテンシオメータ	元押装置
15	推 進 速 度	0~100.0	1/200	cm/min	演 算	操 作 盤

4. 制御方法

自動制御は操作盤の運転モードを自動に切替えて行う。また運転モードは土質状態等により、自動制御不可能な時は手動操作とし、自動から手動、手動から自動の切替がスムーズに移行できる構造とした。

方向修正は推進機に装備した3本の方向修正ジャッキの所要ストロークをファジィ演算により算出して行う。ファジィ推論に使用する入力変数は熟練オペレータへのヒアリング結果に基づいて、変位量と偏角量について処理すればよいことが判り、以下の4項目に定めた。

- ① 水平変位量(右が正)
- ② 垂直変位量(上が正)
- ③ ヨーイング(右向きが正)
- ④ ピッチング(上向きが正)

推進機に装備している測量装置から得られるデータは変位量(水平、垂直)だけであり、偏角は計測できないので、推進に伴う変位の変化量から演算し使用した。入力変数は「水平変位とヨーイング」、「垂直変位とピッチング」とに分割して、その各々について制御規則を作成し、それぞれから得

られる出力を合成して最終的な操作量を決定する手法を採用した。

入力変数に割り当てるファジィ変数は多い程きめ細かな制御が出来るが、演算処理が複雑になり処理速度も遅くなることと、オペレータへのヒアリングにより3種類で対応出来ることがわかり次のようにした。

- ① SM：負(変位→左、または下、偏角→左向き、または下向き)
- ② MM：零
- ③ LM：正(変位→右、または上、偏角→右向き、または上向き)

出力変数も同様にNM、ZR、PMの3種類とした。表-2に制御規則を、図-3にメンバーシップ関数の一例を示す。

変位、または偏角が設定値を超えた場合、コンピュータはファジィ演算して方向修正開始信号と所要ストロークとをシーケンサへ出力する。

シーケンサは方向修正ジャッキを所要値にするために、押し操作を行うか、戻し操作を行うかの判断を行い方向修正ジャッキのストロークを制御する。所要ストロークになるとコンピュータへ方

表-2 制御規則

ΔS_H		水平変位		
		SM	MM	LM
ヨーイング	SM	PM	PM	ZR
	MM	PM	ZR	NM
	LM	ZR	NM	NM

ΔS_v		垂直変位		
		SM	MM	LM
ピッチング	SM	PM	PM	ZR
	MM	PM	ZR	NM
	LM	ZR	NM	NM

ΔS_H : 水平変位・ヨーイングの増分

ΔS_v : 垂直変位・ピッチングの増分

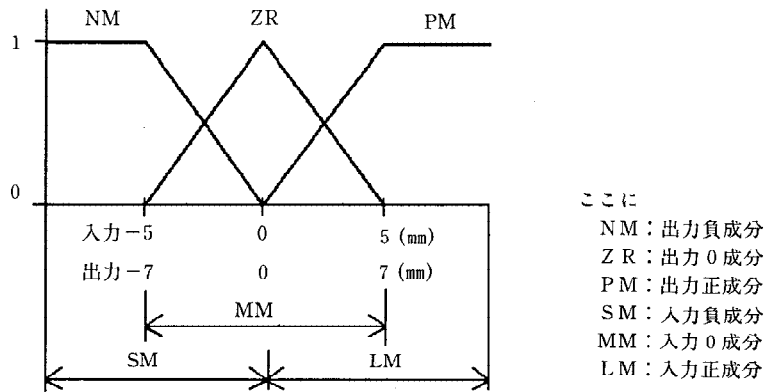


図-3 メンバーシップ関数の一例

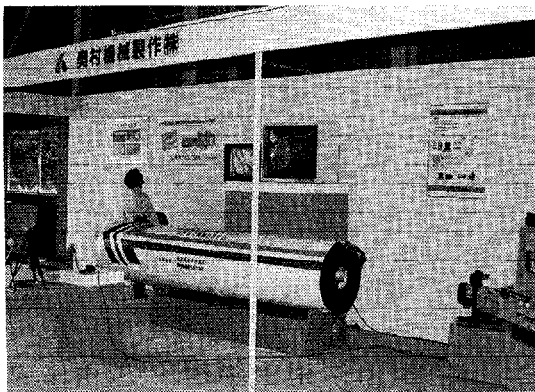


写真-1 去る平成3年5月21~22日に開催された建設省土木研究所での公開実験で紹介された本システム

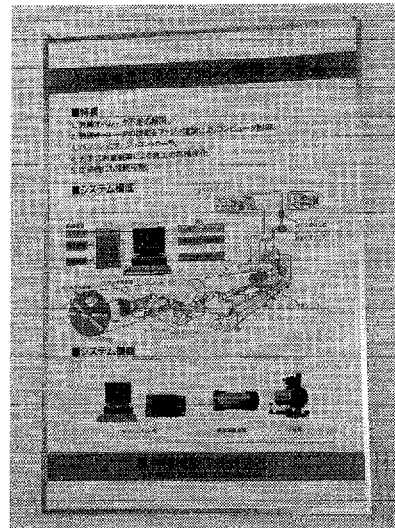


写真-2 本システムを解説したパネル

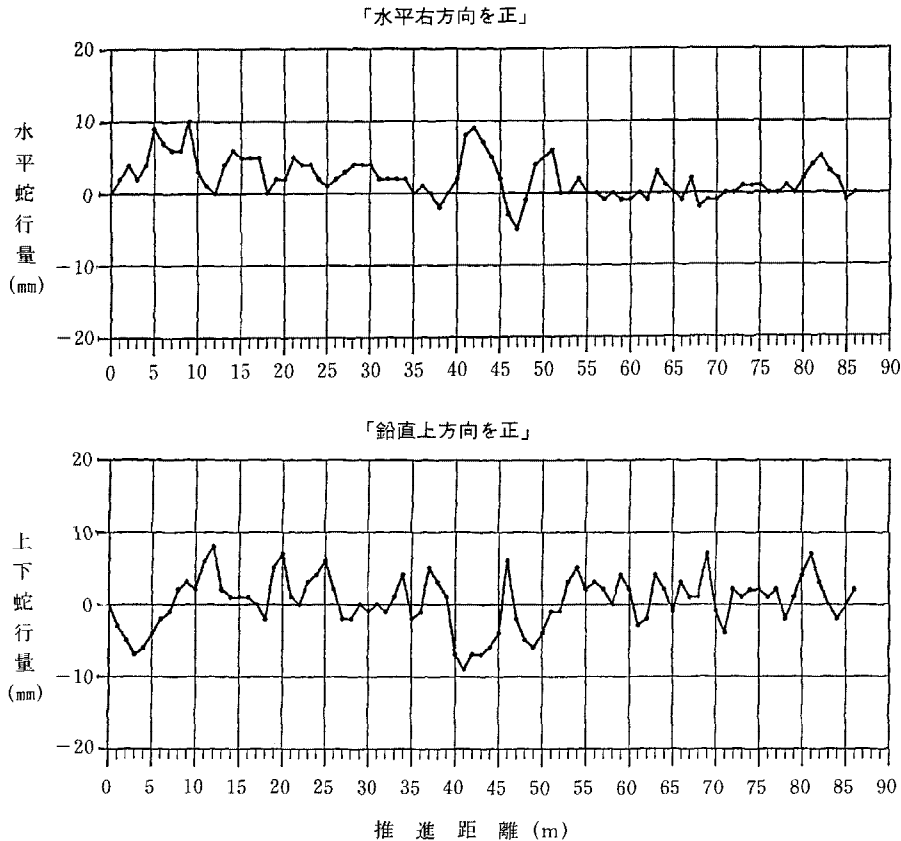


図-4 推進データ例

向修正操作完了信号を出力する。これらの操作を制御結果の反応が出る推進距離100mm(変更可)ごとに行う。

5. 実証実験結果

開発した制御システムの性能と施工精度を確認するため、実工事に適用した。

実験場所：埼玉県

実験時期：平成3年1月

実験内容：小口径泥水推進工法（スーパーミニ工法）に適用

実験延長：93.5m（ヒューム管内径300mm）

方向制御については推進計画線と施工中の測定値は上下・左右方向とも $\pm 10\text{mm}$ 以内で施工することができた。図-4に上下および左右方向の推進機の軌跡を示す。制御結果は今までに熟練オペレータが運転操作したものの計画線からのずれ

量、応答性についても同等な制御となり、充分実用に供するものであることがわかった。また、パソコンを使用したファジィコントローラで処理速度についても問題なく充分対応できることがわかった。

5. 今後の課題

制御結果は十分実用に供するものであることがわかったが、次のような問題点が残された。

- ① メンバーシップ関数のパラメータが自動的に設定されないので、施工条件が変わればその都度手入力する必要がある。
- ② 制御対象機器の癖、土質の変動に自動対応していない。

これらの問題については、今後実証実験を繰り返し、データ採取し、機械の癖や土質の変化に対応できる最適なメンバーシップ関数のパラメータ

算出方法を求め、推進終了後前回の最適推進状態
パラメータデータを次回推進データとするために
自動的に書き換える様にしたいと考えている。

今後、従来システムにも簡単な変更で使用出来
るシステムにまとめて普及していきたいと考えて
いる。

速報

平成4年度版

推進工事用機械器具等損料算定表

(推進損料表)

好評発売中!!

価格¥3,500—(官公庁・会員)
¥4,000—(非会員)

申し込み手続き方法は、本誌64ページ参照

単品送料¥310—

平成4年3月

社団法人 日本下水道管渠推進技術協会