

ジャイロを利用したシールド掘進管理システムの開発

清水建設（株）土木本部土木第一部○中谷耕三

土木本部土木第一部 相根正和

横河電機（株）市場開発本部第三部 橋本直樹

1. はじめに

近年、シールド工法の適用範囲が拡大するに従いシールド機の見直し開発と改良がなされてきたが、これに伴う掘進方法は旧態然としており、将来に向けて掘進方法のシステム化と自動化への要求が高まってきている。

従来のシールド掘進管理方法には、下記の問題点があった事は否めない。

- ①測量作業時期に制約があり、その間は操作員の経験的な判断により掘進せざるを得ない。
- ②急曲線や勾配変化点では、シールド機の動向を正しく判断するために測量の頻度が多くなる。
- ③測量および結果の解析に時間がかかり、次の掘進指示を出すまでに時間を要する。

本システムはこのような問題点を解決すべく、測量時間短縮、施工に基づき精度の向上並びに経済性といった総合的な観点から、掘進の指示を効率良く且つ的確に出来ることを目指して開発したものである。特に、コンピュータシステムにジャイロコンパスとレベル計を組合わせ位置解析を行い、この結果を利用して効果的な指示が与えられる点に特徴がある。

本システムは、西新宿で進めている地域冷暖房施設のシールド工事で採用された。

この工事は、新宿エルタワーとKDN街区ビルを全長220m、地下40mの深さで結ぶもので、8.0%の急勾配、半径30mの急曲線を合わせて施工するという難工事であったが、泥土加圧式シールド工法によって施工された。

2. システム構成

図-1が本システムの構成であり、生産管理コンピュータYEWMAC300 SUPERとラインコントローラと、シャベルで構成される。オペレータは掘進中データ収集、演算、通信などを意識することなく、簡易な操作で全作業が出来る。以下にYEWMAC300 SUPERの仕様を示す

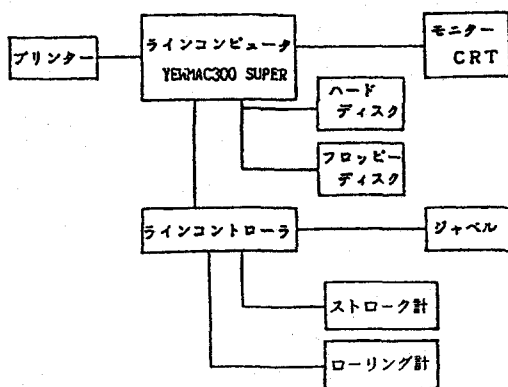


図-1 システム構成

ラインコンピュータ		YEWMAC 300 Super	ソフトウェア・パッケージ
形 名		M3232A	
基 本 部	プロセッサ	MC68020 (16.7MHz)	■YM-BASIC 300 Super (ラインコンピュータ付属)
	主 記 憶	ROM 16Kバイト RAM 2Mバイト	■YM-KANJI 漢字ROM (漢字記憶プログラム)
	使用言語	YM-BASIC300 Super	■YM-RMTFT リモート・ファイル転送プログラム
CRTディスプレイ	C R T	14インチ カラー (8色)	■YM-OBMS2 データベース管理プログラム
	表 示 文 字 数	漢字 40字×25行 (16×15ドット)	■YM-REPO レポート・ジェネレータ
	グラフィック	英数カナ 80字×25行 (7×13ドット)	■YM-SEQBM シーケンス制御ビルダ・メンテナンス
フレキシブルディスク	形 式	5インチ両面高密度	■YM-MIOS M21カード制御プログラム
	容 量	1Mバイト×1ドライブ	■YM-MAD1 MAD1カード制御プログラム
	接続方式	ワインチエスタ型	■YM-AN34 AN3, AN4カード制御プログラム
固定ディスク	形 式	40Mバイトまたは20Mバイト×1ドライブ	■YM-TV3 TV3カード制御プログラム
	容 量	40Mバイトまたは20Mバイト×1ドライブ	■YM-RS3 RS3カード制御プログラム
	接続方式	RS-232-C (同歩同期式)	■YM-ANS AN5カード制御プログラム
通信ポート	形 式	1ポート	■YM-RS8 RS8カード制御プログラム
	伝 送 速 度	1ポート	■YM-GRP2 変換形グラフィック作成ユーティリティ
	接続方式	YEWMAC 300 Super, 300, ラインコントローラ・メインユニット 15台以下	■YM-FONT フォント表示プログラム
システム・バス (オプション)	MLバス	マルチドロップ (黄銅ケーブル)	■YM-TREND TV画面定義ユーティリティ
	ケーブル総延長	1km以下 (MLバスアダプタ付でMAX. 4km以下)	■TM-ENT エントリ画面サポート・プログラム
	通信速度	1Mビット/秒	■YM-COMM YEWMAC-YEWCOM通信制御プログラム
			■YM-BSC BSC通信制御プログラム
			■YM-IT20 YEWCOMターミナル・エミュレータ
			■YM-IBM2 IBMデータ変換ユーティリティ

ラインコントローラ		基本タイプ	組合せタイプ	シーケンス専用タイプ
形 名		M3611A	M3611C	M3611S
基 本 部	プロセッサ	MC68000 (12.5MHz, 8MHz) Ⅷ1		16ビットバイポーラ型
	主 記 憶	ROM 16Kバイト RAM 512Kバイト Ⅷ1		ROM 56ビット×2K Ⅷ RAM 16ビット×8K Ⅷ
	使用言語	YM-BASIC Ⅷ1		YM-SEQBM
入出力インタフェース	カード実装スロット数	8スロット Ⅷ2	7スロット Ⅷ2	8スロット
	一連入出力カード	YM1 1-5 VDC アナログ入力 16点		シーケンス入出力カード
	実装可能カード	YM2 1-5 VDC アナログ出力 入力8点 出力8点 HAD1 高速アナログ入力カード 入力16点 AN3 ±10 VDCアナログ入力カード 16点 AN4 ±10 VDCアナログ出力カード 入力8点 出力8点 AN5 絶縁形アナログ入力カード 8点 PM1 パルス入力 16点		AC1 AC 100V オンオフ入力 16点 DC1 DC 24V オンオフ入力 16点 SC1 無電圧検出 オンオフ入力 16点 SRO AC 100V ソリッドステート・リレー出力 16点 TRO DC 24V オープンコレクタ出力 16点 RLO IAリレー出力 16点 PU1 アップダウン・カウンタ入力 2ポート

2-1. 分散形システム

①ラインコンピュータ…情報処理

ラインコンピュータはラインコントローラの統括を行い、データの保存、検索、演算などの機能を果たす。

②ラインコントローラ…制御

ラインコントローラは収集データの一次処理を行うと共に、シールドマシンをきめ細かく制御する。

③MLバス

ラインコンピュータとラインコントローラ間の通信を行う高度なネットワークを形成するバスである。ハードウェアは簡単な構造ながら1Mbps 高速な通信速度を実現しており、又、プログラム上MLバスの存在を意識する必要がない。

同一バス上にラインコンピュータ、ラインコントローラ併せて15台接続でき、独立してCPUを用いている為ダウンしても他に影響を与える事のない分散形のシステム構成をとっている。

2-2. YEWMACソフトウェア

①マルチタスク

最大6本の独立なプログラムが同時に走る。従って掘進しながら下記の機能が同時に入る。

①データ処理

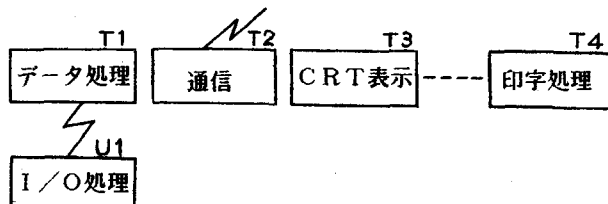
②I/O処理

③CRT表示

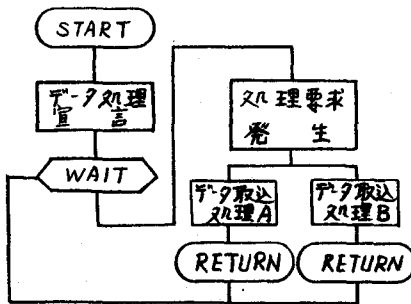
④印字処理

⑤通信

⑥オンライン中でのプログラム修正変更



②プログラム作成



YEWMACはリアルタイムベシックである。プログラムの流れとは無関係にある要因（イベント）が発生した時に、今までの実行を中断してその要因に対応した処理を行うことが出来る機能を持っている。

割込要因としては時間、時刻、他のプログラムからのシグナル、ファンクションキー、外部入力、インタープリンタ（エラー発生時）がある。

3. 処理の概要

本システムの機能は主に収集データの管理、ジャイロナビゲーション、位置解析に分けることが出来る。図-2のソフトウェア処理ブロックをもとに処理機能の概要を説明する。

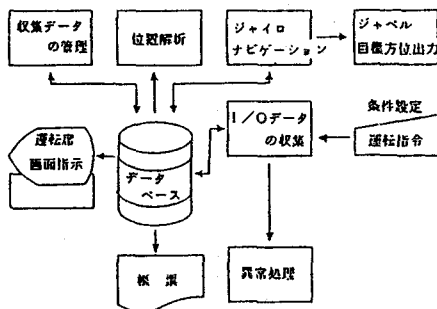
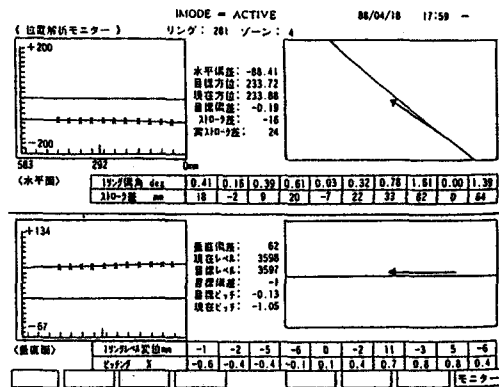


図-2 ソフトウェア処理ブロック



モニター表示画面

3-1. 収集データの管理

掘進中40mm毎に下記データを収集し登録する。

①ジャイロ方位信号（ジャベル）

シールド機に設置されたジャイロコンパスから定周期で現在のコンパスの示す方位を収集、登録する。

②レベル計信号

シールド機に設置されたレベル計より精度の高いレベルデータを収集、登録する。

③ジャッキストローク

ジャッキストロークの信号を取込み、目標偏差をつけるべき、ストローク差を過去の実績データより算出し目標ストローク差として指示する。

④回帰モデル収集

・ジャッキストローク差-偏角回帰モデル

1リング終了時点での実ストローク差とそのリングでの開始-終了での偏角を現リングより過去数リングを記憶し掘進ガイダンスに用いる。

・レベルピッチング回帰モデル

1リング開始-終了時点でのレベルの変化量とそのリングでの平均ピッチングを現リングより過去数リングを記憶し掘進ガイダンスに用いる。

3-2. ジャイロナビゲーション位置解析

- ①シールド機の動向を1リングの掘進中に目標線、基線に対する偏差として掘進に従ってグラフ化しプロットアウトする。
- ②シールド機が向かうべき方向、レベル（目標方位をレベル）を演算、表示すると共にこの方向にシールド機を向けるための掘進指示、ジャッキストローク差及びピッチングを表示する。
- ③手計算により煩雑な座標演算をリアルタイムに演算解析し操作員はその結果に対してのみ判断する。

3-3. 異常処理

各データが管理限界値異常、変化率異常になるとメッセージ表示すると共に発生日時、アラーム内容を印字する。

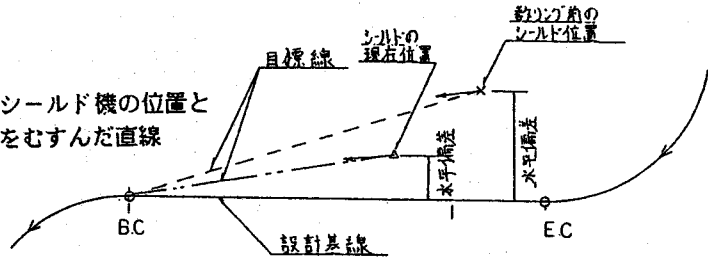
3-4. 運転席への画面表示

ラインコンピュータのCRT画面をシールド機運転席モニターCRTへ表示しリアルタイムに指示を行う。

○掘進指示

EX) 水平偏位

その時点のシールド機の位置と次のBC点をむすんだ直線



4. システムの特徴

本システムの特徴について以下に説明する。

- ①ジャイロコンパスとレベル計を使用しており、小口径シールド、急曲線、急勾配でも測定作業は制約を受けない。
- ②水平はジャイロ方位角、垂直はレベルを直接検出し、高速演算により座標位置と計画線からの偏差が即座に表示される。
- ③掘進中、操作員に対しシールド機の動向をリアルタイムに伝え、直接画面で視覚的に掘進指示が与えられる。

5. 実施効果

本システムを現場に適用した結果、以下の成果が上っている。

- ①掘進中、常時シールド機の動向が監視でき、数値のみでなくシールド機の方角並びに目標線との位置、方向関係が視覚によりとらえられる。
- ②蛇行修正が基線に対し常に収束、すり付けられる方向で指示されるので「上り過ぎ」「下り過ぎ」「曲り過ぎ」といった不具合を生ずることが少ない。
- ③掘進指示が人によって、あるいは、経験の度合いによって異なることなく、常に同じ根拠に基づいて行える。

本システムは特に、急曲線、急勾配など計画路線の複雑な所で効果を発揮するため、今後のシールド工事で予想される厳しい施工条件でも適合するシステムと考える。