

アクティブ推進システム

概要および操作説明書

TBM SYSTEMS



令和3年9月15日

内容

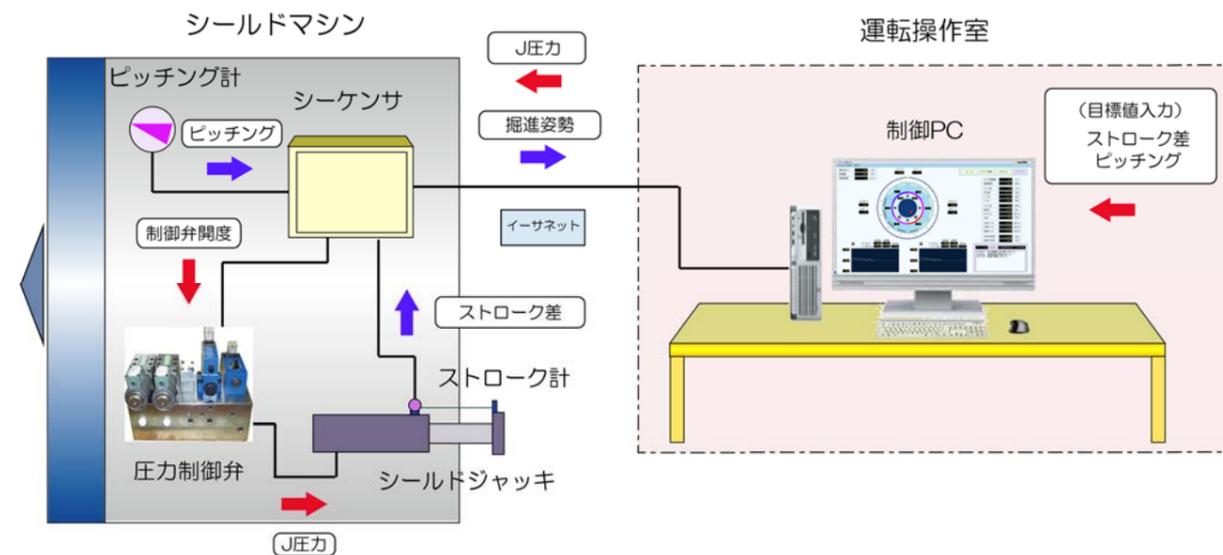
1. 概要.....	3
1.1 システム概要.....	3
1.2 システム構成.....	3
1.3 インターフェース仕様.....	3
1.4 制御用 PC の仕様.....	3
2. 画面および操作.....	4
2.1 計測画面.....	4
2.2 各表示の内容.....	5
(1) 運転モード.....	5
(2) リング情報.....	5
(3) 力点とその操作.....	5
(4) ジャッキ圧力情報.....	5
(5) ジャッキの稼働状況.....	6
(6) ストロークデータの表示.....	6
(7) カッター位置の表示.....	6
(8) 計測情報の表示.....	6
(9) 偏角.....	6
(10) 偏角のリング内推移グラフ.....	7
(11) リング番号、履歴の表示.....	7
2.3 入力画面.....	8
(1) リング更新の設定.....	8
(2) リング番号の変更.....	8
(3) リングの強制終了.....	8
(4) 全開グループの設定.....	8
(5) 片押し制限.....	9
(6) 制御感度.....	9
(7) チューニングモニタ.....	10
(8) 水平方向の制御.....	10
(9) システムの終了.....	10
2.4 目標値の設定.....	11
(1) 水平方向の目標設定.....	12
(2) 鉛直方向の目標設定.....	12

1. 概要

1.1 システム概要

本システムは、シールドジャッキの圧力を制御するアクティブ推進システムです。ストローク計（またはジャイロコンパス）とピッチング計によりシールド姿勢を検出し、目標値を維持するようにリアルタイムにジャッキ圧力を制御します。目標値はリング毎に終了点のストローク差（または方位角）とピッチングを入力することにより設定、掘進中は方向修正のジャッキ操作が不要です。シールドオペレータは切羽安定と裏込注入の管理に集中できますので掘進トラブルの低減、品質向上に効果があります。

1.2 システム構成



運転操作室に制御用 PC を設置し、シールドマシン（または通信サービス業者）のシーケンサと接続します。シールドマシンのストローク、掘進速度、ピッチング、ジャイロ値等の計測信号を受信し、本システムからシールドマシンにジャッキグループの制御圧力を送信します。

（あらかじめシールドマシンにはジャッキ圧力を制御する圧力制御弁の装備が必要です）

1.3 インターフェース仕様

シーケンサとはイーサネット（LAN）により接続します。中央制御室等の遠隔地に制御 PC を設置する場合は、シールドマシンから遠隔地まで伝送する通信設備が必要になります。

（本システムは毎リング目標値を入力する必要があるため、シールドオペレータが操作する場所への設置を推奨します）

1.4 制御用 PC の仕様

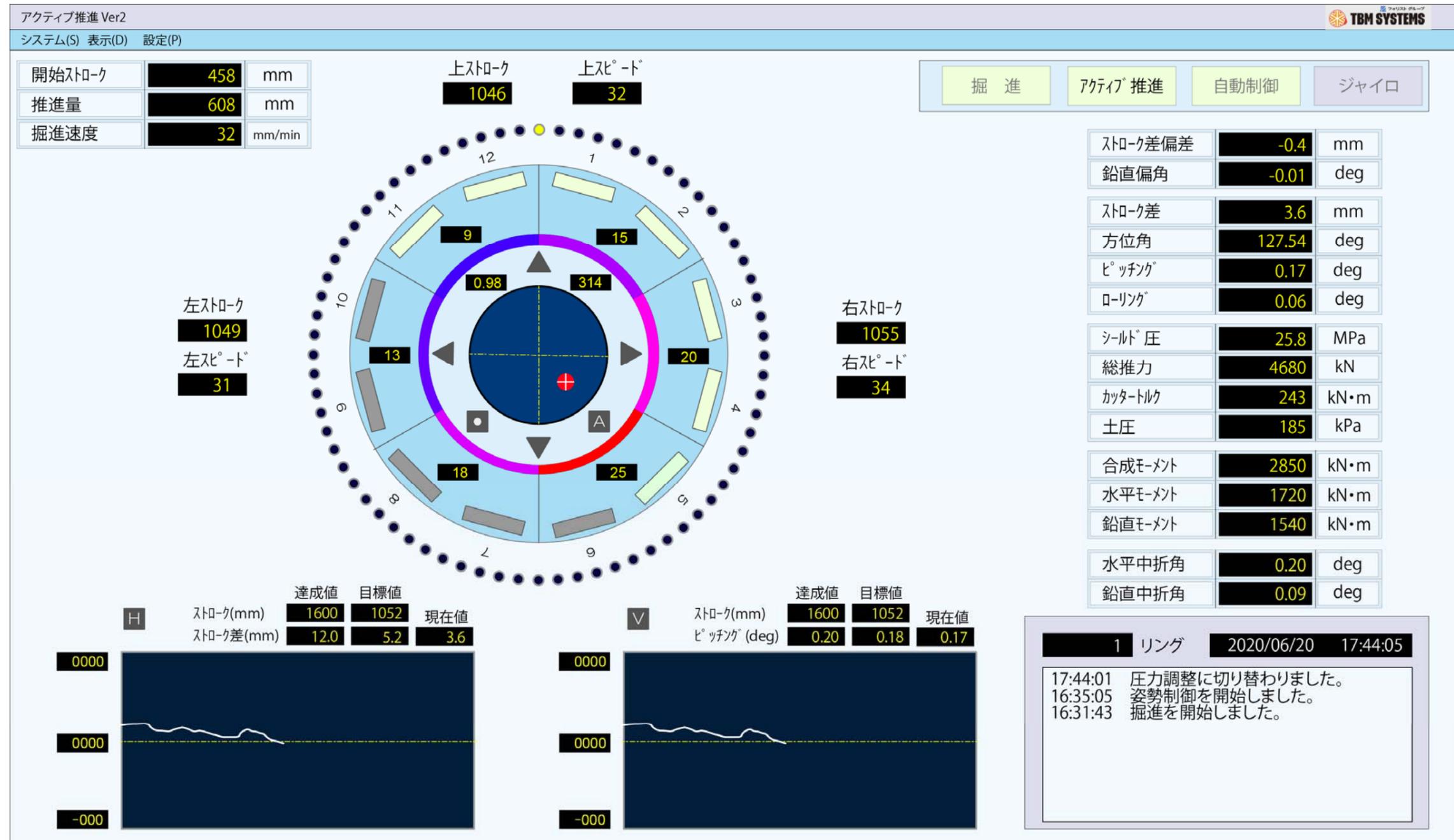
Windows 搭載パソコン（OS Windows10、メモリ 8GB 以上、ディスク容量 256MB 以上）

ディスプレイ：フル HD 仕様

2. 画面および操作

2.1 計測画面

システムを起動すると以下の画面が表示されます。本画面が掘進中の計測および制御画面になります。



計測画面

2.2 各表示の内容

(1) 運転モード



運転モードはシステムの状態をランプ表示します。
下表に表示とシステムの状態を示します。

	消 灯	点 灯	点 滅
掘 進	待機中	掘進中	中断中
アクティブ推進	ジャッキ選択	圧力制御	—
自 動 制 御	力点手動操作	自動運転	—
ジャイロ	ストローク差管理	方位角管理	—

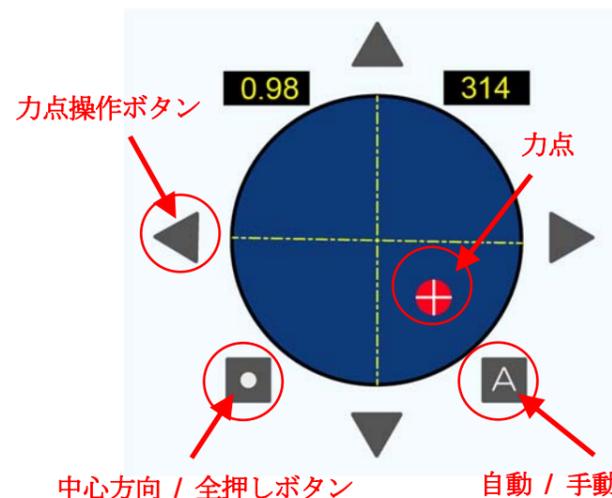
(2) リング情報

開始ストローク	458	mm
推進量	608	mm
掘進速度	32	mm/min

当リングの掘進情報を表示します。

開始ストローク	当リング開始時の平均のストローク
推進量	当リングの推進量 (現在ストローク - 開始ストローク)
掘進速度	現在の平均掘進速度

(3) 力点とその操作



ジャッキモーメントを表す力点を十文字マークで表示します。外周部にその座標値 (X,Y) と極座標値 (r,θ) をデジタル値で表示します。

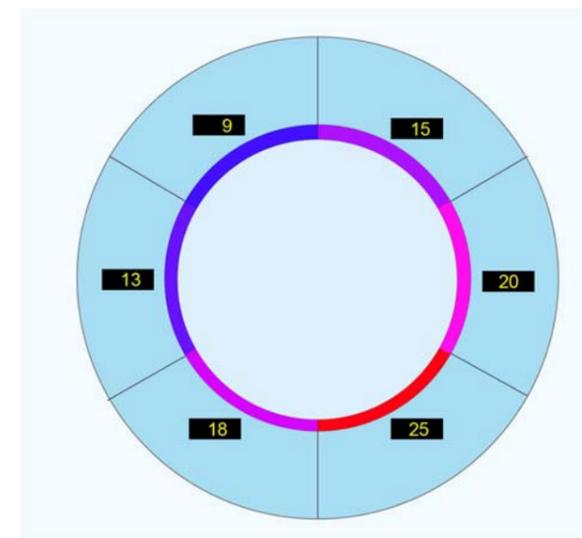
(力点はジャッキモーメントではなく片押しを目安)
力点は切り換えにより自動と手動の操作ができます。

(自動になると力点が青色から赤点滅に変化します)

(力点の操作)

手動	<p>「M」ボタンを押すことにより手動操作に切り替わる。 上下左右の位置に「△」ボタンと「○」ボタンが表示され、「M」ボタンが「A」ボタンに切り替わる。</p> <p>「△」ボタンをクリックすると力点はその方向に移動する。 「○」ボタンをクリックすると力点が中心方向に移動する。 「○」ボタンを長押し (2秒) すると全押しになる。</p>						
自動	<p>「A」ボタンを押すことにより自動制御に切り替わる。 「△」ボタン、「○」ボタンが非表示となり、「A」ボタンが「M」ボタンに切り替わる。</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>ストローク差偏差</td> <td>-0.4</td> <td>mm</td> </tr> <tr> <td>鉛直偏角</td> <td>-0.01</td> <td>deg</td> </tr> </tbody> </table> <p>ストローク差偏差 (または水平偏差)、鉛直偏差が常に 0 になるように力点が自動調整されシールド機の掘進姿勢を自動制御する。</p>	ストローク差偏差	-0.4	mm	鉛直偏角	-0.01	deg
ストローク差偏差	-0.4	mm					
鉛直偏角	-0.01	deg					

(4) ジャッキ圧力情報

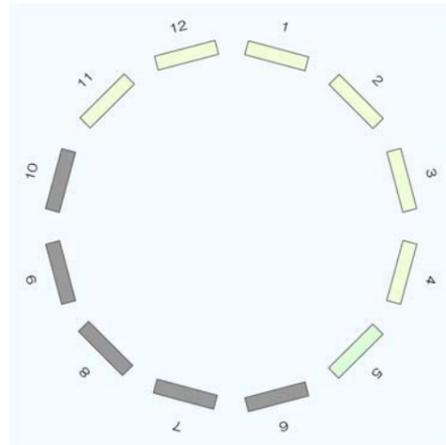


力点の位置から各グループのジャッキ圧力が自動調整され、その圧力情報を表示します。

各グループの値をデジタル値で表示し、その内側にイメージ色を表示します。

イメージ色は、圧力が高くなると赤色に変化し、低くなると青色に変化します。

(5) ジャッキの稼働状況



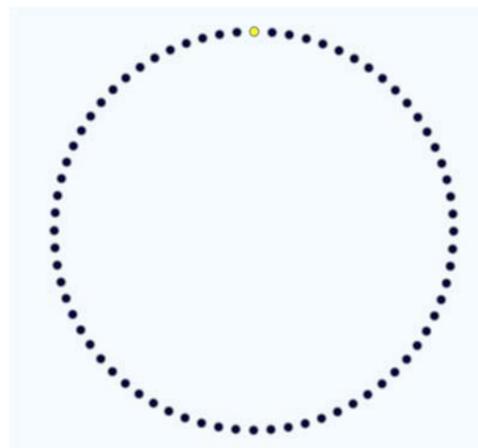
ジャッキ稼働状況は、稼働中を乳白色、停止中を灰色で表示します。
原則として圧力制御時は全ジャッキ選択になります。
(ジャッキ選択と併用した間引き制御も可能です)
ジャッキ選択の操作はシールドマシンの操作盤で行います。

(6) ストロークデータの表示



上左右の 3 箇所の掘進中のストローク計データ
(ストローク、スピード) を表示します。

(7) カッター位置の表示



最外周部にカッターの回転位置を 72 点のランプで表示します。
(基準位置を薄黄色で表示)

(8) 計測情報の表示

ストローク差偏差	-0.4	mm
鉛直偏角	-0.01	deg
ストローク差	3.6	mm
方位角	127.54	deg
ピッチング	0.17	deg
ローリング	0.06	deg
シールド圧	25.8	MPa
総推力	4680	kN
カッタートルク	243	kN・m
土圧	185	kPa
合成モーメント	2850	kN・m
水平モーメント	1720	kN・m
鉛直モーメント	1540	kN・m
水平中折角	0.20	deg
鉛直中折角	0.09	deg

シールドマシンの主な計測情報をデジタル値で表示します。
(カッタートルクと土圧の 2 項目は選択式です)

(9) 偏角

ストローク差偏差	-0.4	mm
鉛直偏角	-0.01	deg

制御状況を表す重要な表示項目です。

ストローク差偏差 (または水平偏角) と鉛直偏角をデジタル値で表示します。

ストローク差偏差 (または水平偏角) は、目標値のストローク差 (または方位角) と現在のストローク差 (または方位角) の差を表します。

鉛直偏角は、目標値のピッチングと現在のピッチングの差 (deg) を表します。

この値が 0 であれば目標と一致して制御されていることを表します。

ストローク偏差 (左勝ち選択 : 目標より右向きを+, 右勝ち選択 : 左向きを+)

$$= \text{現在のストローク差} - \text{目標値のストローク差} \quad [\text{mm}] \quad (\text{左勝ち選択 : 右向きを+})$$

水平偏角 (目標より右向きを+)

$$= \text{ジャイロ値} - \text{目標値の方位角} \quad (0 \sim 360) \quad [\text{deg}]$$

鉛直偏角 (目標より上向きを+)

$$= \text{ピッチング値 (上向き+)} - \text{現在の目標ピッチング (上向き+)} \quad [\text{deg}]$$

※ストローク差偏差と水平偏角(ジャイロ)の表示は切り替え式

(10) 偏角のリング内推移グラフ

上記のストローク偏差（または水平偏角）と鉛直偏角のリング内推移をグラフで表示します。
当該リングの掘進開始から現在までの目標に対する偏差の推移を確認することで制御が正常に行われているかを確認することができます。（常に中心にあれば姿勢制御は安定している）
左側は水平方向、右側は鉛直方向を示します。



(11) リング番号、履歴の表示

現在の掘進番号と現在時刻を表示します。
システムの動作情報や警報等の履歴を表示します。

リング	2020/06/20	17:44:05
17:44:01	圧力調整に切り替わりました。	
16:35:05	姿勢制御を開始しました。	
16:31:43	掘進を開始しました。	

2.3 入力画面

(1) リング更新の設定

システム>リング更新の設定

リング更新の条件を設定する入力画面です。

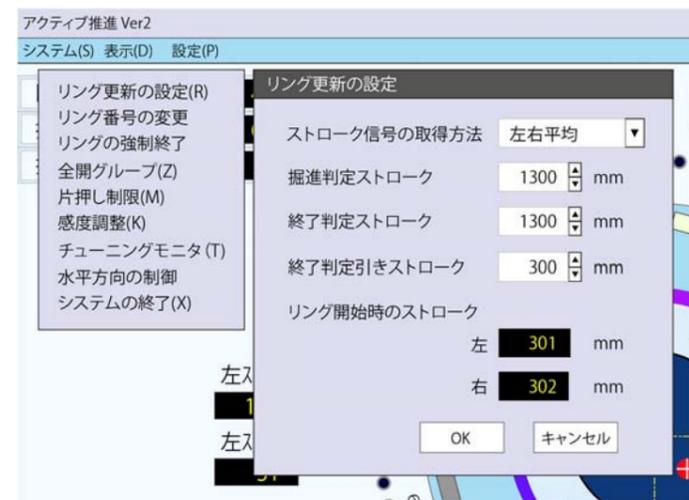
ストローク信号の取得方法：ストロークデータの取得方法の選択

掘進判定ストローク：掘進開始を判定するストローク（未満で開始可）

終了判定ストローク：掘進終了を判定するストローク（以上で終了判定可）

終了判定引きストローク：掘進終了を判定する引きストローク（以上で終了）

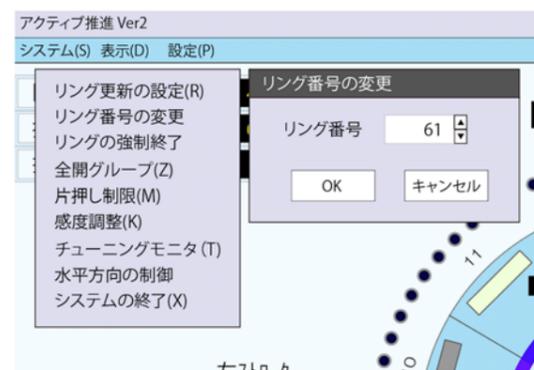
リング開始時のストローク：当リング開始時のストローク



(2) リング番号の変更

システム>リング番号の変更

リング番号を変更する入力画面です。

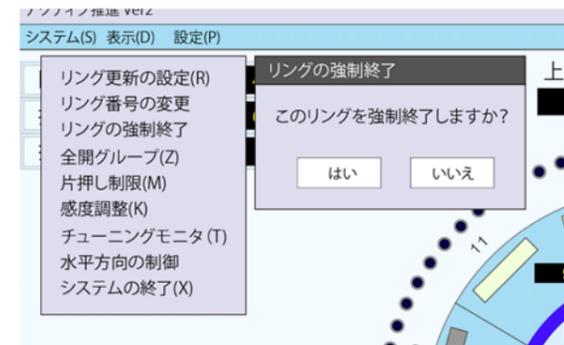


(3) リングの強制終了

システム>リングの強制終了

リングが終了しない場合に強制的に終了させる入力画面です。

中断中にこの操作を行うとリングが終了し、リング番号が更新されて待機状態になります。

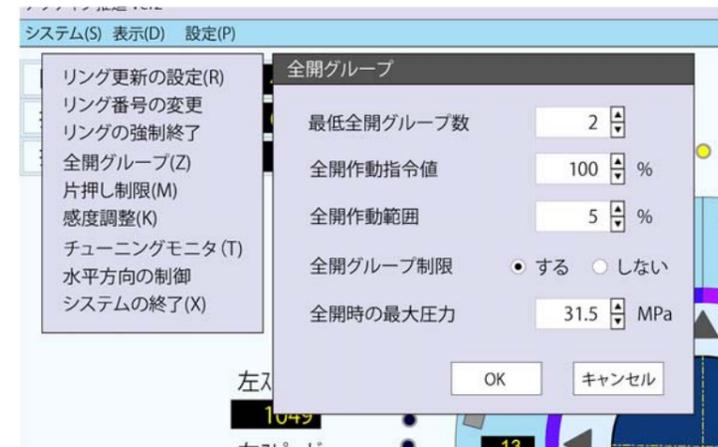


(4) 全開グループの設定

システム>全開グループ

最大ジャッキ圧力のグループ数を設定します。切羽土圧が不安定でジャッキ圧力の変動が大きい場合にグループ数を増やして安定させることができます。

(制御に影響を及ぼすため通常は変更しないでください)



(5) 片押し制限

システム>片押し制限

ジャッキの片押しを制限するシールド圧の圧力許容値等を設定します。これによりシールドマシンが曲がりにくい状態に陥っても片押しは許容範囲内に抑えられ、シールドマシンの能力限界で曲線を掘進します。圧力許容値は低い値に設定するとシールド機の旋回能力が落ち、高い値に設定すると旋回能力が向上しますが、高推力時にはシールド圧の上昇により掘進速度が低下します。

通常はリリース圧の80%以下に設定してください。また、原則として片押し制限の「しない」は選択しないでください。

片押しの制限は、圧力許容値（シールド圧の上限）、ジャッキモーメントの上限値、片押し（r）の制限値（力点のrの最大値）を設定することができます。



片押し制限：する/しないの選択

圧力許容値：片押しを制限するシールド上限圧力の設定（超で制限）

制御モード切替作動範囲：片押し制限と制御開始の切替範囲の設定

ジャッキモーメント上限値：片押しを制限するジャッキモーメント上限値の設定（超で制限）

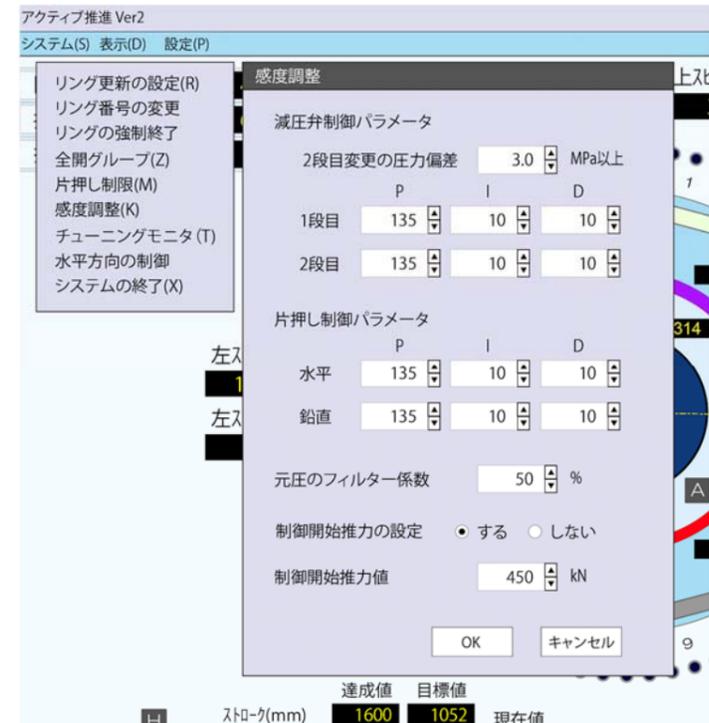
片押し（r）制限値：片押しを制限する片押し（r）の設定（超で制限）

(6) 制御感度

システム>感度調整

制御定数を設定する入力画面です。

(制御に影響を及ぼすため通常は変更しないでください)



減圧弁制御パラメータ

2段目変更の圧力偏差：2段目の感度に変更する圧力偏差の設定（以上で切替）

1段目：1段目の制御パラメータの設定

2段目：2段目の制御パラメータの設定

片押し制御パラメータ

水平：水平方向の制御パラメータの設定

鉛直：鉛直方向の制御パラメータの設定

元圧のフィルター係数：シールド圧力の変動を平均化する数値の設定

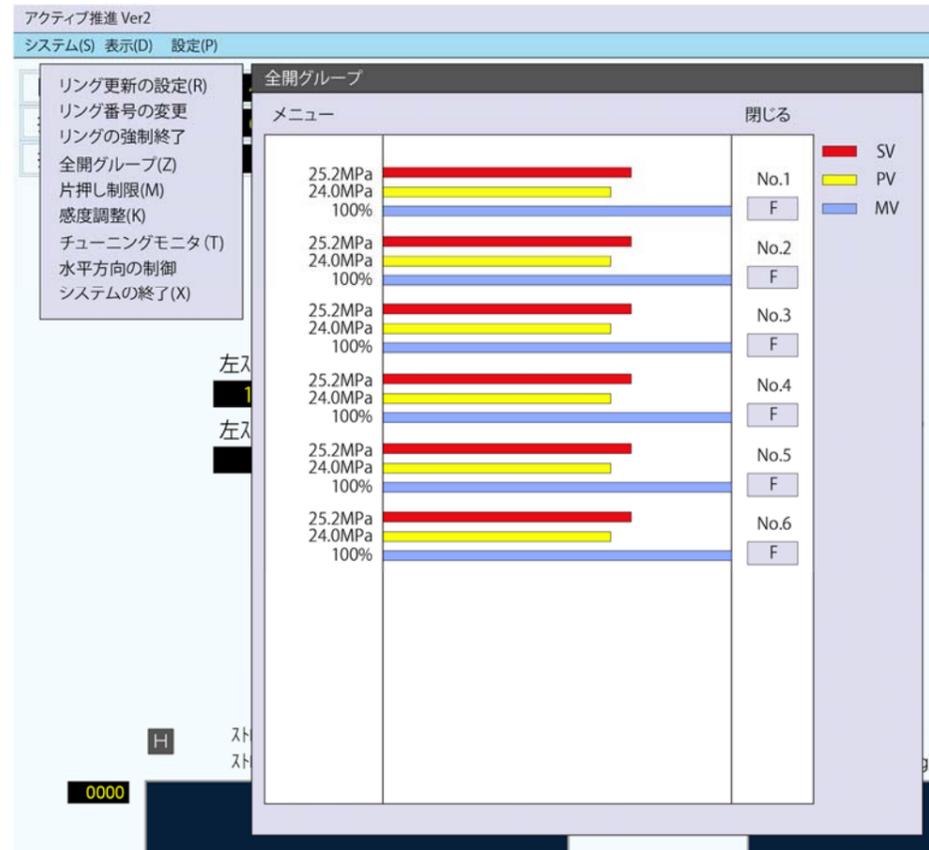
制御開始推力の設定：する/しないの設定

制御開始推力値：制御開始推力値の設定

(7) チューニングモニタ

システム>チューニングモニタ

ジャッキの制御状況を確認するメンテナンス用のモニタです。



(8) 水平方向の制御

システム>水平方向の制御

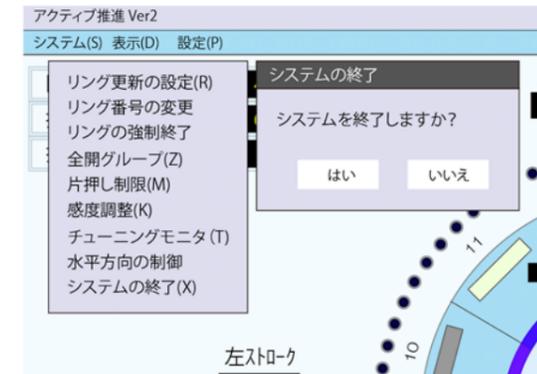
水平方向の姿勢制御の管理方法（ストローク差、方位角）を設定する入力画面です。



(9) システムの終了

システム>システムの終了

本システムの終了を選択する画面です。



2. 4 目標値の設定

リング毎に水平方向と鉛直方向の掘進姿勢の目標値（達成ストロークとその位置における目標値（達成目標値））を設定します。開始値との角度差が 0.05deg 以上の場合、掘進線形を単曲線とし、途中の目標値（現在目標値）を曲線に合わせて変更します。それ以下の場合は直線とし、入力した達成目標値を常に現在目標値として制御します。

達成ストロークは通常は掘進終了時の値としますが、短い値を設定することで早期に姿勢を修正することも可能です。（ただし片押しが強くなるので注意が必要です）

アクティブ推進 Ver2 TBM SYSTEMS

システム(S) 表示(D) 設定(P)

開始ストローク	458	mm
推進量	608	mm
掘進速度	32	mm/min

上ストローク

1046

上スピート

32

左ストローク

1049

右ストローク

1055

掘進

アクティブ推進

自動制御

ジャイロ

ストローク差偏差	-0.4	mm
鉛直偏角	-0.01	deg
ストローク差	3.6	mm
方位角	127.54	deg
ピッチング	0.17	deg
ローリング	0.06	deg
シールド圧	25.8	MPa
総推力	4680	kN
カッタートルク	243	kN・m
土圧	185	kPa
合成モーメント	2850	kN・m
水平モーメント	1720	kN・m
鉛直モーメント	1540	kN・m
水平中折角	0.20	deg
鉛直中折角	0.09	deg

ストローク差の目標設定

目標ストローク差: 12 mm

達成ストローク: 1600 mm

開始点更新

OK キャンセル

ピッチングの目標設定

目標ピッチング: 0.20 deg

達成ストローク: 1600 mm

開始点更新

ピッチングの単位: deg ‰

OK キャンセル

	達成値	目標値	現在値
ストローク(mm)	1600	1052	現在値
ストローク差(mm)	12.0	5.2	3.6

0000

0000

-000

0000

0000

-000

1 リング 2020/06/20 17:44:05

17:44:01 圧力調整に切り替わりました。

16:35:05 姿勢制御を開始しました。

16:31:43 掘進を開始しました。

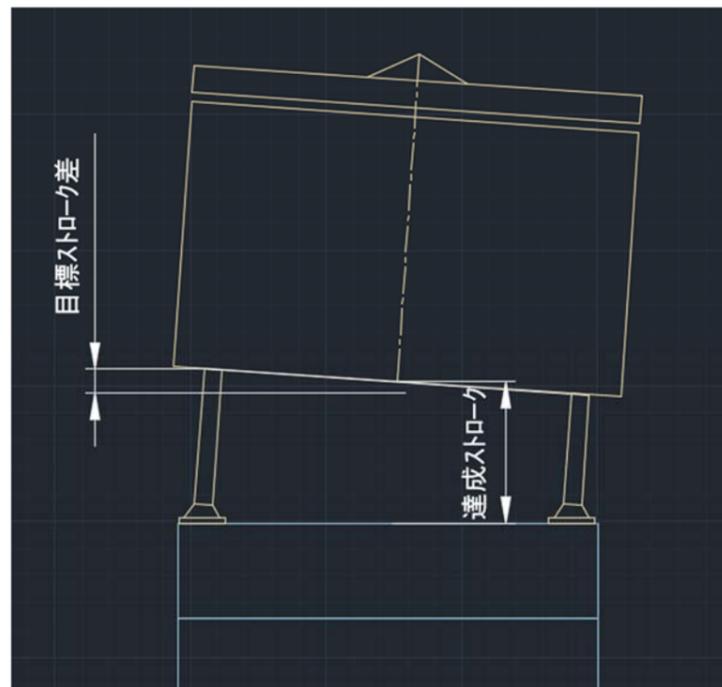
目標値の設定画面

(1) 水平方向の目標設定



水平と鉛直の推移グラフの上部に設定した目標値（達成値、目標値、現在値）を表示します。自動運転時は、常に現在の目標値に一致するように姿勢を制御します。

	達成値	目標値	現在値
ストローク	目標達成のストローク	現在のストローク	-
ストローク差(方位角) / ピッチング	達成時の目標値	現在の目標値	現在値



「H」ボタンを押すとストローク差の目標設定画面が表示されます。目標ストローク差と達成ストロークを入力します。掘進中等で開始値が変わった場合には、開始点更新にチェックを入れると開始値が現在値に変更されます。入力完了したら OK ボタンを押します。 ※管理モードを方位角（ジャイロ管理）にしている場合は目標ストローク差が目標方位角に変わります。

(2) 鉛直方向の目標設定



「V」ボタンを押すとピッチングの目標設定画面が表示されます。目標ピッチングと達成ストロークを入力します。掘進中等で開始値が変わった場合には、開始点更新にチェックを入れると開始値が現在値に変更されます。入力完了したら OK ボタンを押します。