

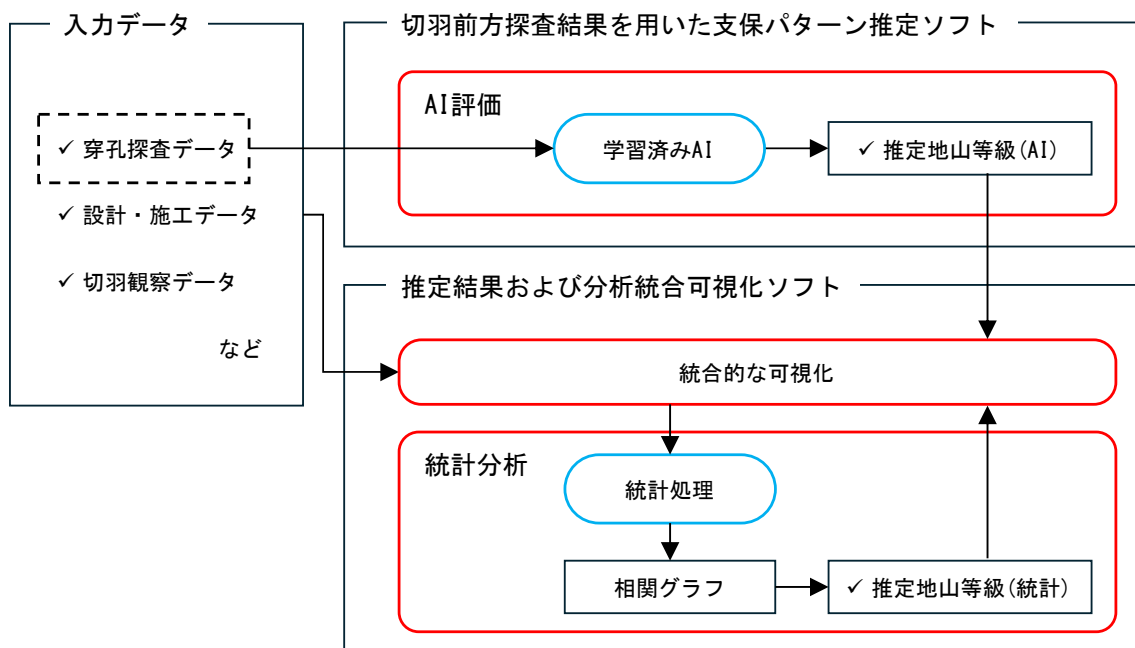
トンネル地山評価システム 仕様（案）

1. システムの概要

本システムは、トンネル工事における計測データ（穿孔探査、切羽観察、A 計測等）を高度な解析技術により分析し、現場技術者による前方地山状況の評価を効率的に支援するものである。AI および統計的手法を用いて前方地山の評価を行うとともに、トンネル縦断方向におけるデータの推移を可視化することで、技術者が事前に適切な支保パターンおよび補助工法を選定できるよう支援する。

2. システムの全体構成

本システムは、「切羽前方探査結果を用いた支保パターン推定ソフト」と「推定結果および分析統合可視化ソフト」の2つの独立したソフトウェアで構成する。これにより、切羽前方探査結果から地山等級をAIにより予測する機能と施工実績および統計分析ツールを含む統合的な可視化機能を有するものとする。



トンネル地山評価システムの概念図

3. システムの機能要件

(1) 入力データ

本システムで取り扱う入力データは、以下の通りとする。なお、各種データの入力フォーマットについては、打合せにより決定する。

a) 工事概要データ

工事概要は、工事名、発注者・請負者、トンネルの始点・終点の測点を対象とする。

b) 設計データ

設計データは、測点、計画高、地山等級、設計支保パターンを対象とする。

c) 施工データ

施工データは、切羽掘進状況、実施支保パターン、地質区分を対象とする。

d) 穿孔探査データ

穿孔探査は天端部、左肩部、右肩部を想定して、計 3 箇所までの入力に対応する。また、対応する穿孔探査データは、ドリルナビによる穿孔探査データを対処とし、DRISS はデータ形式等が異なるため今年度のバージョンでは対象外とする。

e) 切羽観察データ

切羽観察は、トンネル地山等級判定マニュアル（近畿地方整備局）に準拠したデータに対応する。NEXCO などの異なる評価方式の切羽観察データについては、今年度のバージョンでは対象外とする。

f) A 計測データ

計測データは、天端沈下測定および内空変位測定による初期変位データを対象とする

(2) 評価方法

本システムでのデータ評価方法は、次の通りとする。

a) AI 評価

AI 評価は、穿孔探査データから機械学習を用いて地山等級を定量的に推定する

b) 統計分析

統計分析は、切羽観察の各評価区分、天端初期変位および内空初期変位と地山等級との相関関係を統計的に処理し、グラフとして可視化する。

(3) 統合的な可視化

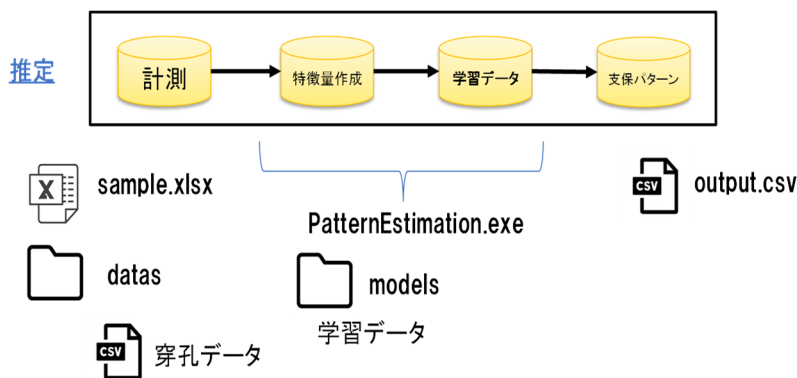
本システムでは、トンネル縦断方向における各入力データ、評価結果、技術者の判断結果の推移を統合的に可視化する。表示するデータ項目は、ユーザーが必要に応じて表示・非表示を選択できる設計とする。

4. 各ソフトウェアの詳細仕様

4.1 切羽前方探査結果を用いた支保パターン推定ソフト

AI を用いてドリル NAVI で出力される穿孔データより支保パターンを推定する。

AI による推定手順を以下に示す。



AI による支保パターン推定手順

AI 機械学習に必要なデータ入力とアウトプットについて以下に示す。

・入力シート

sample.xlsx

	A	B	C	D	E	F	G
1	原点	TD	距離1	支保パターン1	補助工法		備考欄
2		645.8	657.8	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	No.1	¥2017_07_04_10_44_40_R_001.csv
3	No.61+95.2	645.8	657.8	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	No.2	¥2017_07_04_14_00_31_L_001.csv
4		645.8	657.8	D I - b - 3(B) - H	長尺縦ゴルト	No.8	¥2017_07_04_14_00_31_R_001.csv
5	No.61+86.2	654.8	665.3	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	左	¥2017_07_10_16_30_15_L_001.csv
6		654.8	665.3	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	右	¥2017_07_10_16_30_15_R_001.csv
7	No.61+77.2	663.8	675.3	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	天端	¥2017_07_13_07_46_33_L_001.csv
8		663.8	675.3	D I - b - 3(B) - H	小口径長尺鋼管フォアバイリング	左肩	¥2017_07_13_07_46_33_R_001.csv
9	No.61+59.2	681.8	693.8	D I - b - 3(B) - H	長尺縦ゴルト	No.1	¥2017_07_21_17_28_30_L_001.csv
10		681.8	693.8	D I - b - 3(B) - H	長尺縦ゴルト	No.7	¥2017_07_21_17_28_30_R_001.csv

・穿孔データ（ドリル NAVI データ）

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	2016_09_12_14_07_56_L_001.csv,ブーム:,L,穿孔No.,1,ビット径[mm]:,92,ストローク:,ショート,ドリフタ種類:,HD220											
2	シーケンス番号,時,分,秒,ミリ秒,穿孔長,穿孔速度,打撃圧,回転圧,フィード圧,打撃数,のみ継ぎ No.,穿孔エネルギー											
3	1,14,10,48,522,0.021,2.51,12.7,2.5,4.4,0,1,21.3											
4	2,14,10,48,722,0.034,3.072,12.6,3.3,4.3,0,1,16.8											
5	3,14,10,48,922,0.044,3.088,12.6,2.9,4.0,1,15.7											
6	4,14,10,49,122,0.059,3.514,12.5,2.9,3.7,0,1,12.3											
7	5,14,10,49,322,0.074,4.213,12.6,2.8,3.6,0,1,10.2											
8	6,14,10,49,522,0.087,4.244,12.5,3.7,3.7,0,1,10.3											
9	7,14,10,49,722,0.101,3.97,12.6,2.5,3.7,0,1,11.2											

・OUTPUT

A	AX	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	IK
1	ax	CF_mean	CF_min	CF_skew	CF_std	パス	フィード	回転圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧	打撃圧
2	0.966	1.1908209	1.1065666	6.4901735	0.072085	2017_07_	-3.12583	0.7625348	-13.6746	4.9754041	45.369318	61.774999	107.00202	510.68421	75.026957	0.7241379	0.2366432	40.789684	0.1820623	D I
3	1.9944	1.1325969	1.1065666	2.5763063	0.009714	2017_07_	-1.82853	0.3439067	-30.4832	5.6517241	170.76341	203.28759	233.91443	260.60869	200.03604	123.55102	-0.2707	37.405808	1.6744049	D I
4	2.9833	1.1490556	1.1065666	1.636454	0.1262776	2017_07_	-5.74058	1.4755195	-8.00361	0.8061177	58.468085	78.707317	107.36458	815.75	70.178042	0.8	6.382059	51.438388	0.7280190	D I
5	3.9666	1.1383403	1.0954451	2.2479194	0.040667	2017_07_	-1.4483	0.7663741	-0.0225	-0.16497	181.63903	204.14285	257.29069	756.66666	212.24627	130.59574	0.8523381	42.685470	2.9648443	D I
6	4.2776	1.2030145	1.0170926	15.227926	0.082127	2017_07_	-0.36424	0.9979543	0.3203447	1.0824968	47.099809	123.41095	133.28948	483.16666	95.949977	0.4444444	-0.15181	50.154811	0.8903636	D I
7	5.9073	1.1761806	1.1298653	0.849391	0.026758	2017_07_	-0.60773	1.3158356	-1.30866	1.6431532	184.25	206.08868	234.56666	272.47727	207.68478	142.92857	-0.03326	33.601895	1.2366161	D I
8	6.0466	1.1514383	1.0954451	2.5654111	0.055895	2017_07_	-1.77738	1.0607764	-24.6025	1.8304624	46.842391	75.558333	91.447916	131.26315	69.632363	0.8400000	-0.46679	27.169902	3.347928	D I
9	7.9997	1.1287190	1.1065666	1.1554946	0.0112661	2017_07_	-2.84185	0.1893427	-1.05006	0.1083869	138.97849	163.34782	189.30180	232.36363	164.860098	111.72340	0.1426215	30.469578	1.9917505	D I
10	8.9501	1.1846260	1.1298653	1.1444279	0.0200767	2017_07_	-2.00386	0.4680161	-2.8034	0.8567225	154.00000	186.26829	199.74999	1113.2	177.35073	119.34090	8.06273	33.578892	4.7990864	D I
11	10.016	1.1524691	1.1065666	58.834297	0.066643	2017_07_	-7.80681	0.8592656	-25.6433	-0.07585	59.100852	70.11111	98.892550	589.6	58.596938	0.6363636	1.4474034	37.33164	6.6632692	D I
12	11.2136	1.1425126	1.1065666	29.069907	0.08872	2017_07_	-9.25556	1.6534187	-23.0371	2.1783922	148.11702	178.97872	210.04347	2893.6666	184.66800	121.91066	21.895718	66.494990	3.3432138	D I
13	12.9073	1.1474747	1.0259783	0.4746149	0.036007	2017_07_	-0.38787	0.6765402	-2.27366	0.3713508	36.272009	58.136645	66.776041	131.16279	58.632918	0.4651162	0.082074	31.808230	2.9344942	D I

※最終的な結果は、pred列にある支保パターンとなる。上記は、使用したデータに対して、列を追加している。

4.2 推定結果および分析統合可視化ソフト

(1) 統計分析

・支保パターン選定に寄与する情報の整理フォーマットの例

- ・統計分析による相関グラフの組合せ

地山等級	×	天端沈下	—	初期変位
地山等級	×	内空変位	—	初期変位

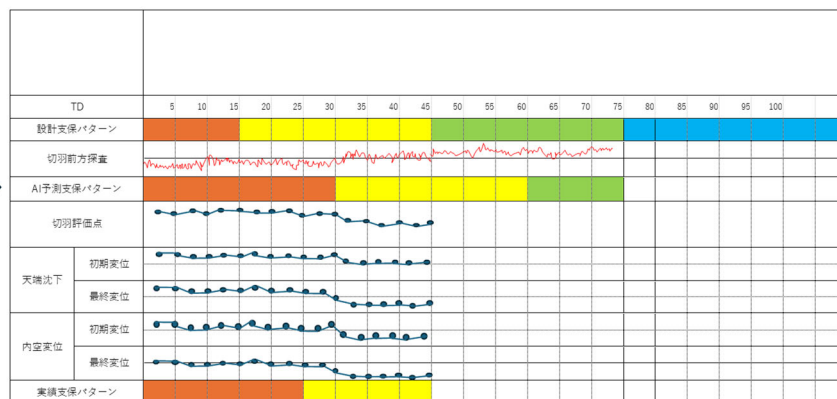
(2) 統合的な可視化

統合的な可視化機能については、既存システムである「K-Tes」を参考モデルとして、トンネル掘削の進行に合わせて可視化できるインターフェースを有することで、技術者が掘削の進行に伴う地山状況の変化を踏まえた評価が可能とする。

山岳トンネル地山評価システム

施工データの整理

予測データと学習 ⇨



5. 成果品

本システムの成果品は、切羽前方探査結果を用いた支保パターン推定ソフト及び推定結果および分析統合可視化ソフトを個別に納品する。

切羽前方探査結果を用いた支保パターン推定ソフト	1 式
同上インストールシステム	1 式
同上マニュアル	1 式
推定結果および分析統合可視化ソフト	1 式
同上インストールシステム	1 式
同上マニュアル	1 式