

トンネル地山評価システム

2025/3/14

(株)地層科学研究所

Version3.4

今回の試行

- これまで学習し使用した支保パターンは、“CI”のみで、そのほかは新規に提供されたので、これまで同様に名寄せを行い推定を行った。
 - 名寄せの正確性を確認する必要がある。
 - 再度作成していただいたデータで確認を行う。
- 左肩のデータが著しく推定を外しているため、データの確認等を行う必要がある。
 - 確認できていない。
- 全体的に、精度が全く出ていない。
 - これまで同様の計測データと似たような傾向であるかどうかの確認を行う。
 - 新紀見のデータで検証を行う。
 - 前回の打ち合わせで、データの距離と実際の距離が異なるという話があったので、そちらを確認する必要がある。
 - 確認できていない。
 - 坑口付近にたいして、土被りが効いているため、土被りを入れる
 - 土被りの情報を特徴量として追加して検証する

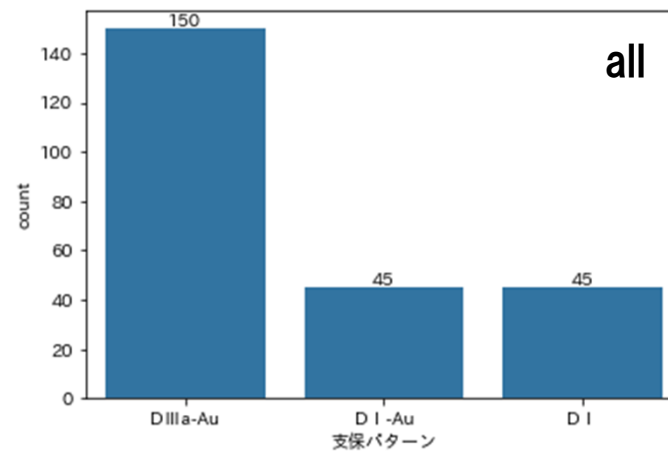
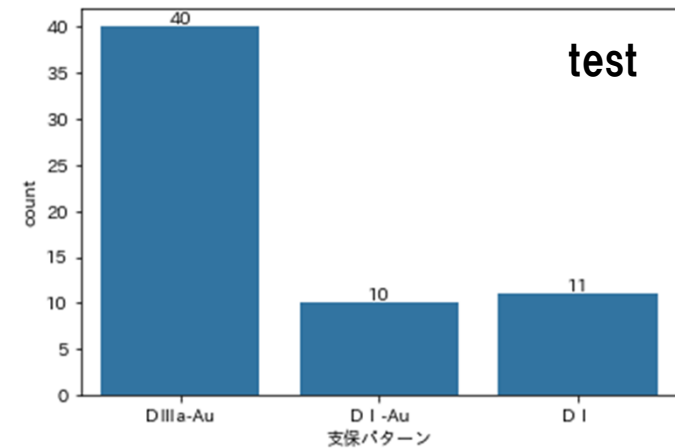
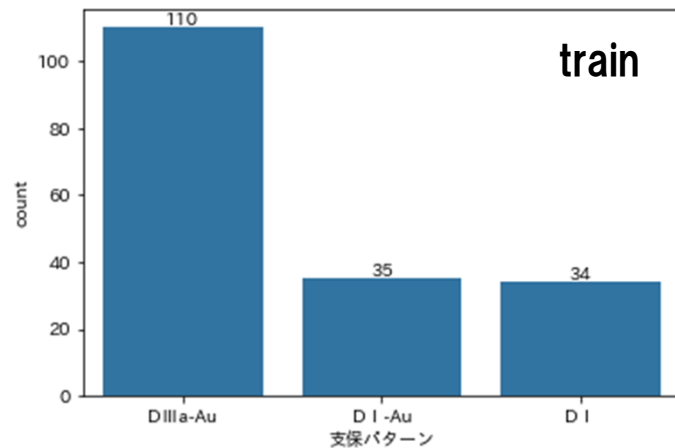
概要

- 研究概要としては、既存のトンネル地山評価システムに加えて、地山評価や支保選定の過程でAIの導入により人的評価を補完する技術として高度化を図り、現場での検証を実施する。
- 研究の目的と必要性としては、今後、熟練技術者の減少が懸念される中で、経験に左右されず適切な地山評価を行うことが重要となるため、人的評価を補完するシステムとして高度化を図り、新たな工事データを分析することで評価精度の向上を図る。

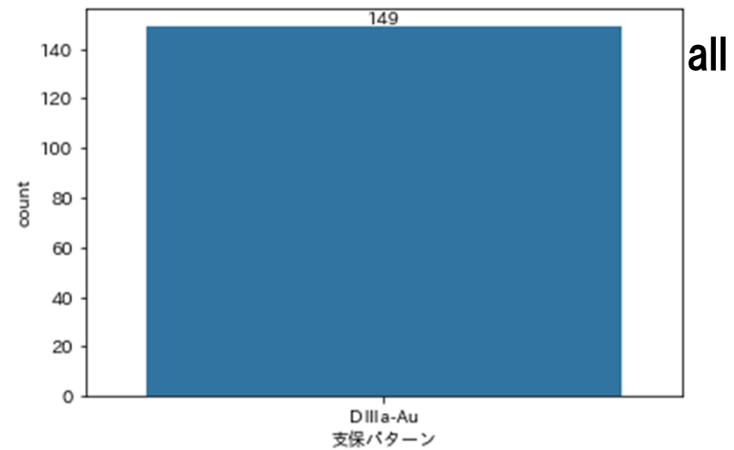
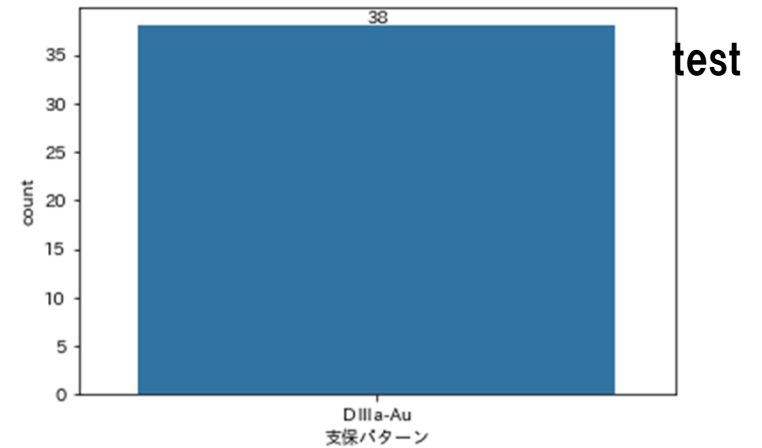
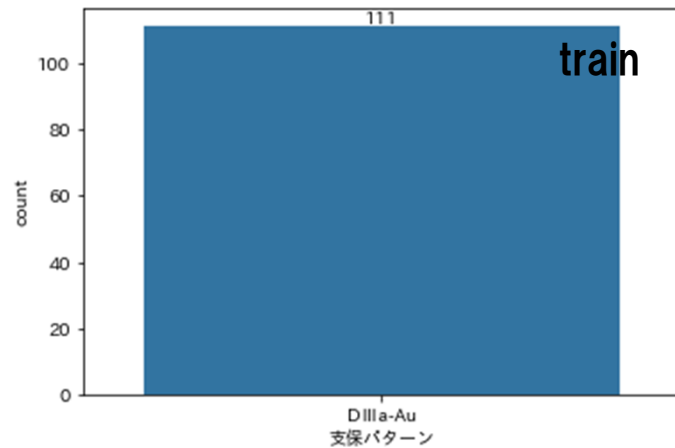
データ一覧

工事名	発注者	実施方法	施工時データ	地層研関与	備考	使用の有無
平山トンネル		0:0:DRISS	穿孔データ	○	地層研にデータは無し	
穂別トンネル西		DRISS	穿孔データ	○	地層研にデータは無し	
八幡トンネル		水平ボーリング	ボーリングコア			
新紀見トンネル		3:未確認形式2	穿孔データ		未確認形式2	⑨、⑩
寺山トンネル		0:DRISS	穿孔データ	○		①、②
新長崎トンネル		2:未確認形式1	穿孔データ		未確認形式1	⑦
川合トンネル		1:ドリルNAVI	穿孔データ			⑤、⑥
香春大任2号トンネル		1:ドリルNAVI	穿孔データ			
城山トンネル		0:DRISS	穿孔データ	○		③
		水平ボーリング	ボーリングコア			

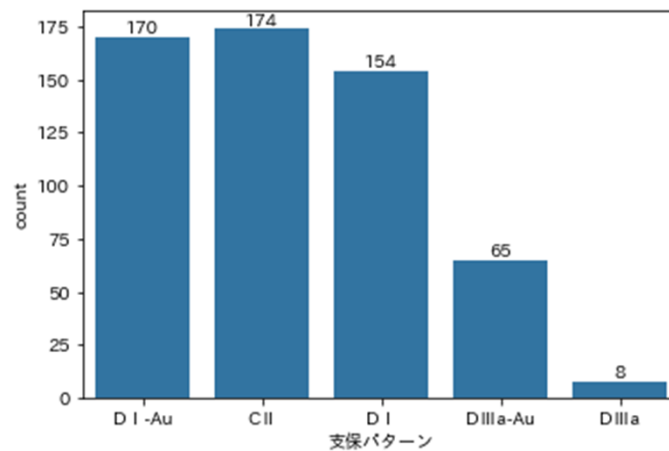
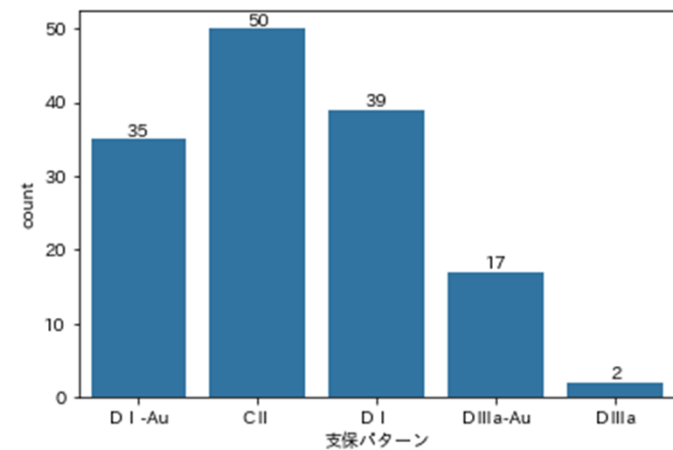
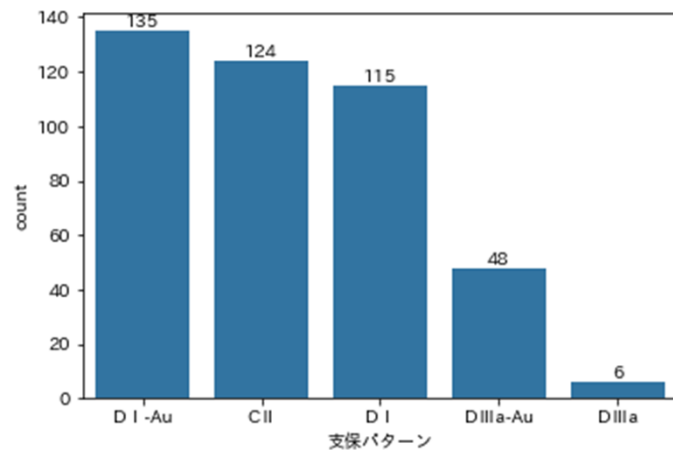
寺山TN_DRISS、寺山TN_AGF



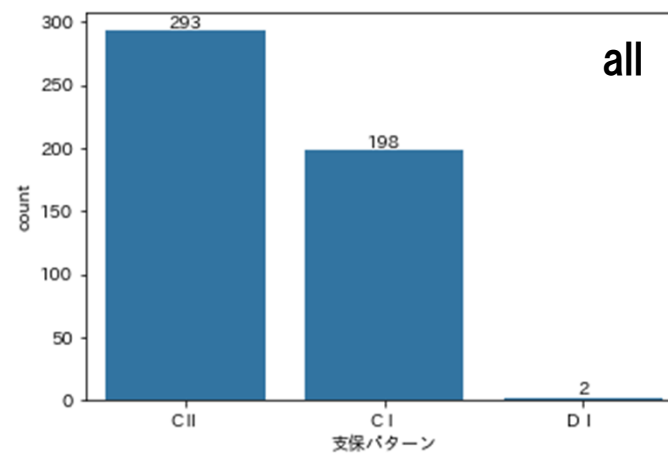
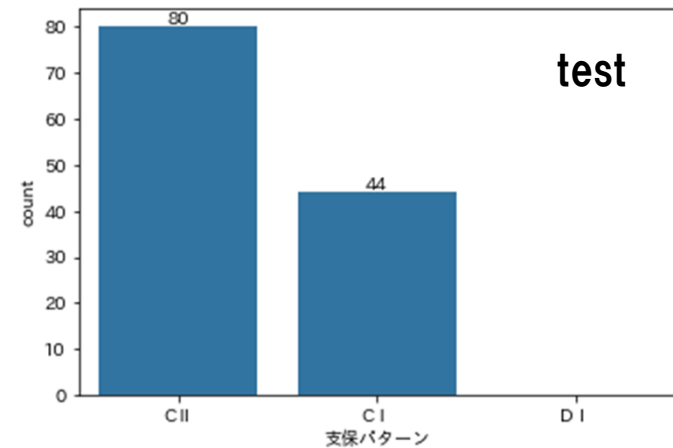
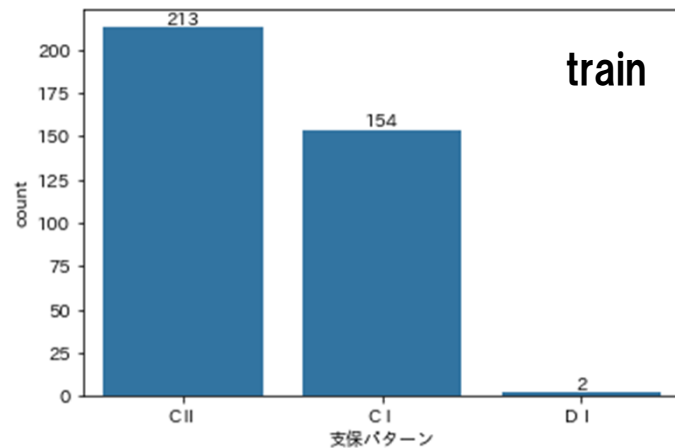
城山TN_AGF



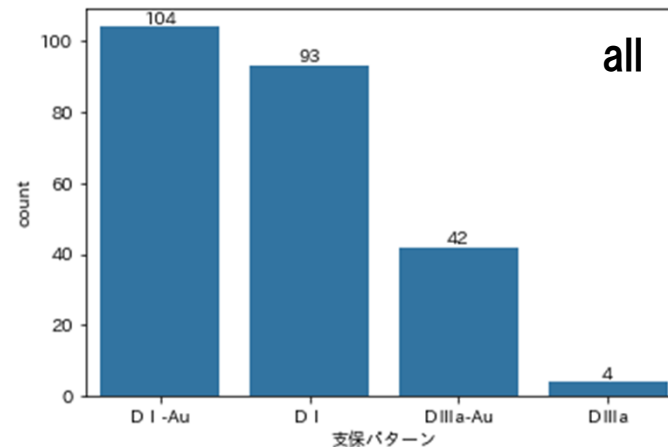
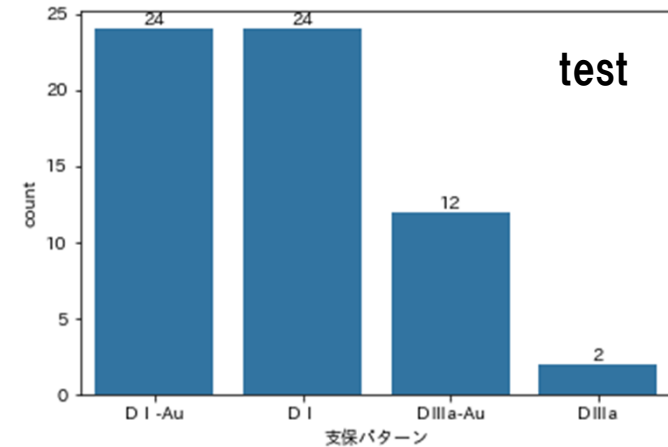
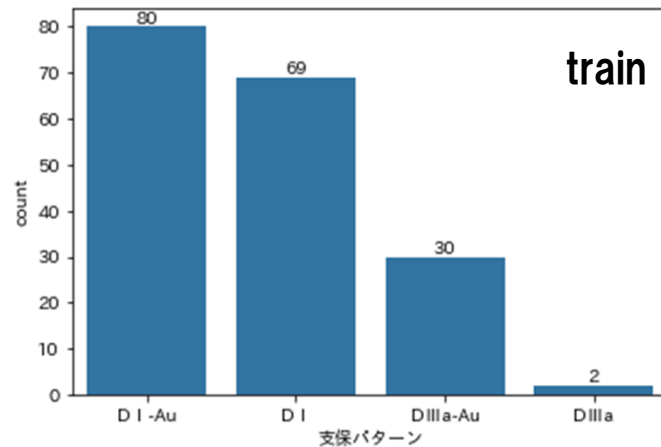
川合TN_ドリルNavi、川合TN_AGF



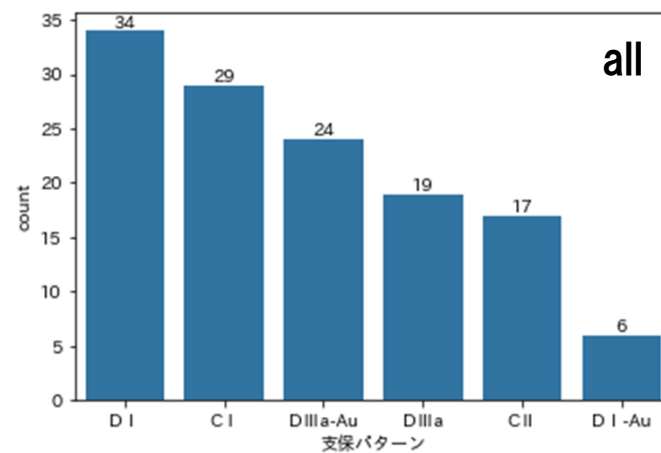
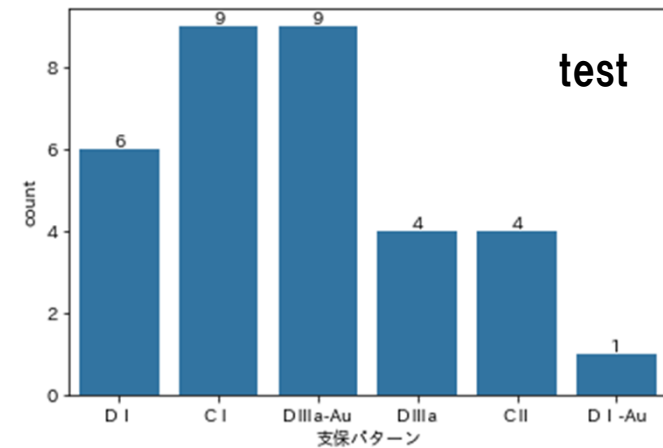
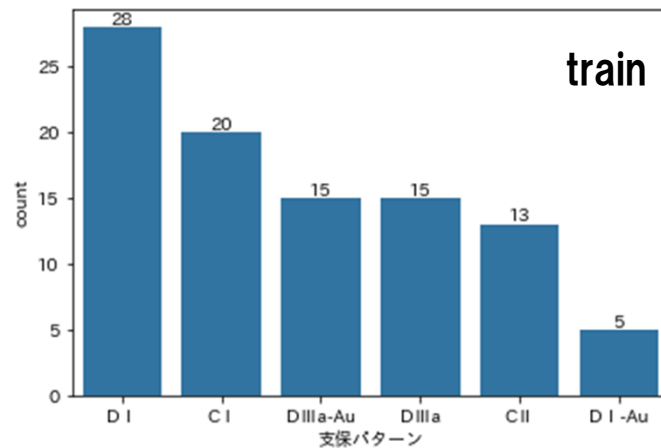
新長崎TN_未確認形式



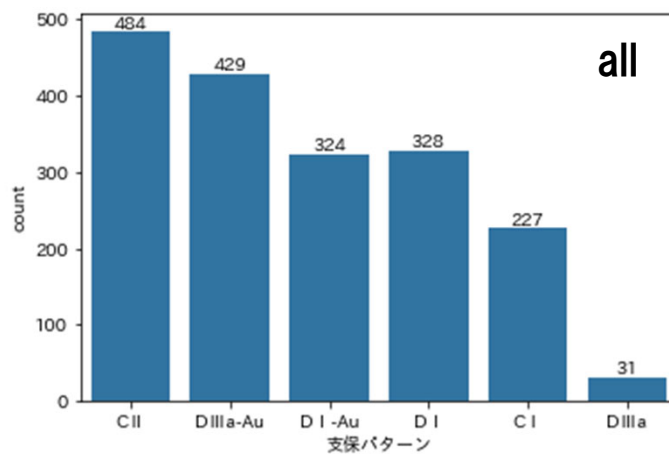
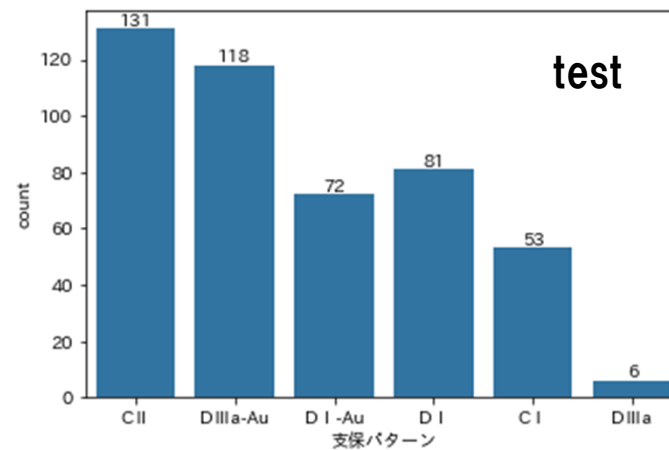
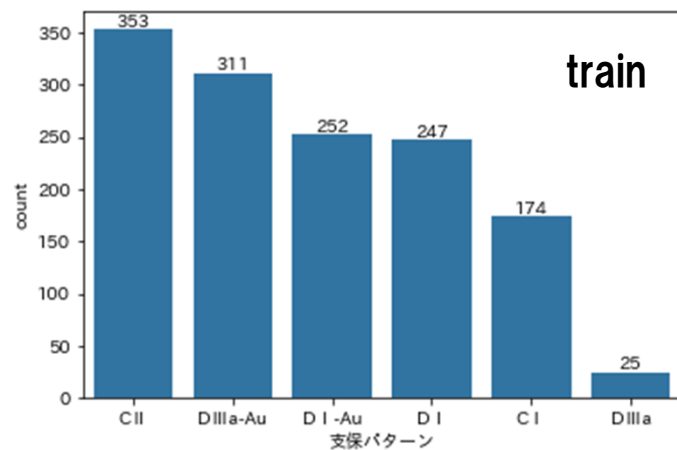
新紀見TN_削孔検層、新紀見TN_補助工法



香春TN_ドリルNavi



All



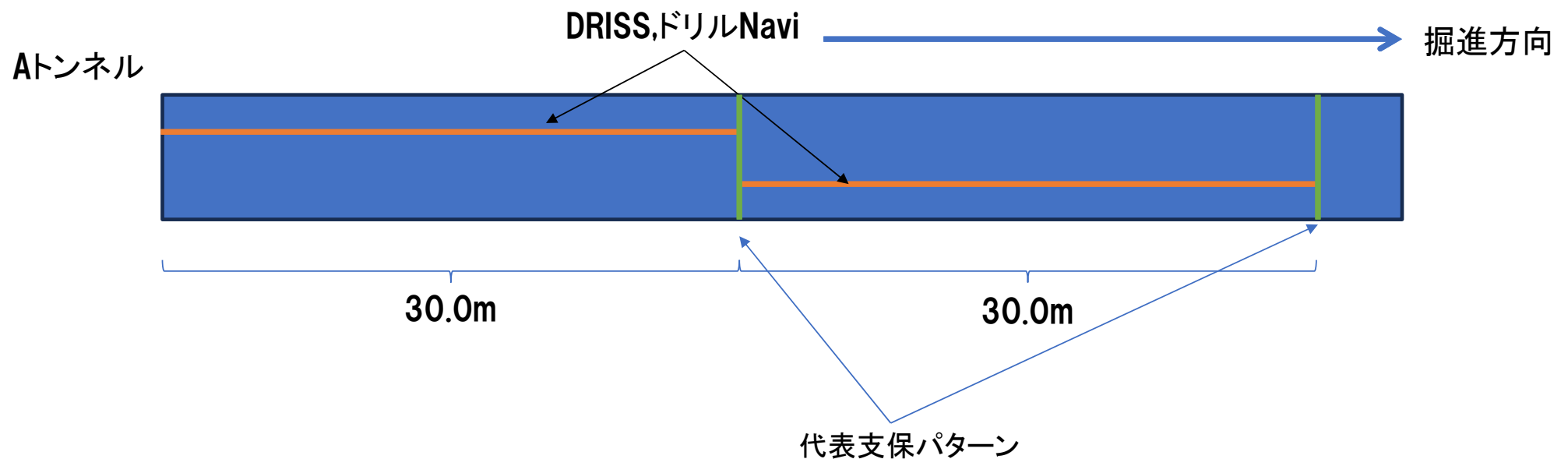
トンネル毎の支保パターン分布

	C I	C II	D I	D I -Au	D III a	D III a-Au	合計
城山TN_AGF	0	0	0	0	0	149	149
寺山TN_AGF	0	0	0	39	0	96	135
寺山TN_DRISS	0	0	45	6	0	54	105
川合TN_AGF	0	0	0	14	0	42	56
川合TN_ドリルNavi	0	174	154	155	8	22	513
新紀見TN_削孔検層	0	0	85	68	4	8	165
新紀見TN_補助工法	0	0	8	36	0	34	78
新長崎TN_未確認形式	198	293	2	0	0	0	493
香春TN_ドリルNavi	29	17	34	6	19	24	129
合計	227	484	328	324	31	429	1823

トンネル毎の支保パターン分布

	C I	C II	D I	D I -Au	D III a	D III a-Au	合計
城山TN	0	0	0	0	0	149	149
寺山TN	0	0	45	45	0	150	240
川合TN	0	174	154	169	8	64	569
新紀見TN	0	0	93	104	4	42	243
新長崎TN	198	293	2	0	0	0	493
香春TN	29	17	34	6	19	24	129
合計	227	484	328	324	31	429	1823

概念図



任意の区間におけるDRISSなどのデータをもとに、その先頭部分の支保パターンを決定していることを前提に、区間のデータを説明変数、先頭の支保パターンを目的変数として、データを作成する。

対応

■ トンネル間の特徴量の見直し・追加収集

- 既存トンネルと評価対象トンネルで決定的に異なる地質特性や施工条件 があるなら、それを捉えられる追加の特徴量を導入することが一番効果的。
 - 例：地山評価スコア、トンネル長、支保履歴、N値や透水係数などの地質調査結果。

■ 転移学習・ドメイン適応 (Domain Adaptation)

- 新トンネル着工後、初期施工区間の掘削データ(実際の穿孔エネルギーや地山情報、支保パターン採用実績など)を即座に取り込み、既存モデルを微調整・再学習(ファインチューニング)する手法。
- 具体的には、すでにある程度学習済みのモデルのパラメータを初期値として設定し、新しいトンネルのごく少量のデータだけで高速に追加学習する、という流れ。

※「全く未知」のまま適用すると精度が低い一方、新トンネルで実際に掘ってみた(数百m程度)データが手に入れば、トンネル固有の特性を補正できる。既存トンネルの膨大なデータをベースにしつつも、ほんの少量の追加データでモデルをチューニングできるのがメリット。

■ 新長崎をぬく

- CIがなくなり学習できないためやっていない

■ 香春TN単体でやる

- 学習データ少ないためやっていない

■ 区間距離を抜く

- オンライン学習を新たに検討し、その際に区間距離を省く

■ 分布を確認する

- トンネル毎に標準化して確認

トンネル毎に標準化して確認

オンライン学習

- 区間の分割しない場合
- 特徴量の分析
 - 機械データ毎に
- 特徴量の削除
- 特徴量に切羽評価点を入れる

トンネル毎の支保パターン分布

	C I	C II	D I	D I -Au	D III a	D III a-Au	合計
城山TN	0	0	0	0	0	149	149
寺山TN	0	0	45	45	0	150	240
川合TN	0	174	154	169	8	64	569
新紀見TN	0	0	93	104	4	42	243
新長崎TN	198	293	2	0	0	0	493
香春TN	29	17	34	6	19	24	129
合計	227	484	328	324	31	429	1823

例として、城山TNは DIIIa-Au に完全に偏っている一方、新長崎TNは CII、CI がほとんど。

特徴的なポイント:

- 各トンネルの支保パターンの分布が著しく偏っている。
 - 特に、トンネルごとに特定クラスに偏る傾向が強い。
- 例として、城山TN は DIIIa-Au に完全に偏っている一方、新長崎TN は CII、CI がほとんど。
- トンネルごとのクラス分布が不均衡なため、単純な層化やグループ分割では、各Foldでクラス欠落が発生する可能性が高い。

【問題点の再整理】

- StratifiedGroupKFoldをそのまま適用すると、Fold内で特定クラスが完全に欠落するケースが多発。
- 新規トンネルの予測時に性能が低下する可能性が大きい。
- 交差検証で性能評価が難しい。

▶【推奨する現実的な訓練・評価方法】

✓ 方法①:トンネル単位のLeave-One-Group-Out法(推奨)

- 各トンネルを1つずつ交差検証の評価用にして、残りトンネルで訓練します。
- この方法なら「新規トンネルに対する汎化性能」をより厳密に測定できます。

■ メリット:

- 完全に未知のトンネルに対する性能を評価可能。
- 現実的な新規トンネルへの予測能力が評価できる。

■ デメリット:

- トンネルごとに分布が異なるため、Fold間の性能にばらつきが生じる。

▶【推奨する現実的な訓練・評価方法】

✓ 方法②:トンネルのクラス統合・グループ化によるStratifiedGroupKFold(現実的推奨)

- 支保パターンが細かすぎる場合、パターンを大きなカテゴリに統合し、各Foldでの分布を均一化します。
- トンネルを分類するラベルを「工学的または地質的特徴(軟岩系、硬岩系など)」に置き換えることも有効です。

▶【推奨する現実的な訓練・評価方法】

✓ **方法③：全データで最終モデルを作成し、別途ホールドアウトテストセットを用意(強く推奨)**

- 交差検証を完全に性能評価用と割り切り、最終的なモデルはすべてのトンネルデータを使って再訓練します。
- 完全に未知のトンネル(もしくは別のトンネルデータ)をホールドアウトセットとして用意し、性能評価を行うことで実務運用のモデルを最適化します。

■ 手順イメージ：

1. Leave-One-Group-Outで交差検証(性能評価)
2. 全データで最終的な推論モデル訓練
3. 新規取得した完全未知トンネルデータで真の性能評価

【結論：実務的に最適な方法(推奨)】

このようなクラス分布のデータに対する最も適切で現実的な方法は、以下の通りです：

1. **まずLeave-One-Group-Out(トンネル単位)で交差検証**
 - － 新規トンネルに対する性能を正確に評価。
 - － トンネル間のばらつきを受け入れ、モデルの一般化性能を測定。
2. **全データを用いて最終的なモデルを再訓練**
 - － 性能評価で最適化された設定でモデルを訓練。
3. **ホールドアウトデータ(完全未知のトンネルデータ)で性能確認**
 - － 最終的なモデルの性能を厳密に測定し、モデルの真の予測能力を評価。

【最終推奨まとめ(現実的な運用シナリオ)】

- 交差検証はトンネルごとのLeave-One-Group-Outが最適。
- 最終推論モデルは全データを使用し、別途ホールドアウトで評価する。
- この組み合わせが、実務的に最もバランスが取れ、安定した予測性能を担保できる方法です。