

鏡吹付けクラックAI検知システム「みまもりマスタ」®



人とAIの協調による監視で、切羽作業の安全性を向上

概要

みまもりマスタは、人とAIが協調して監視することで死角をなくし、切羽崩落の予兆のひとつである鏡吹付けコンクリートに発生するクラック（亀裂）をいち早く検知し避難を促すシステムです。

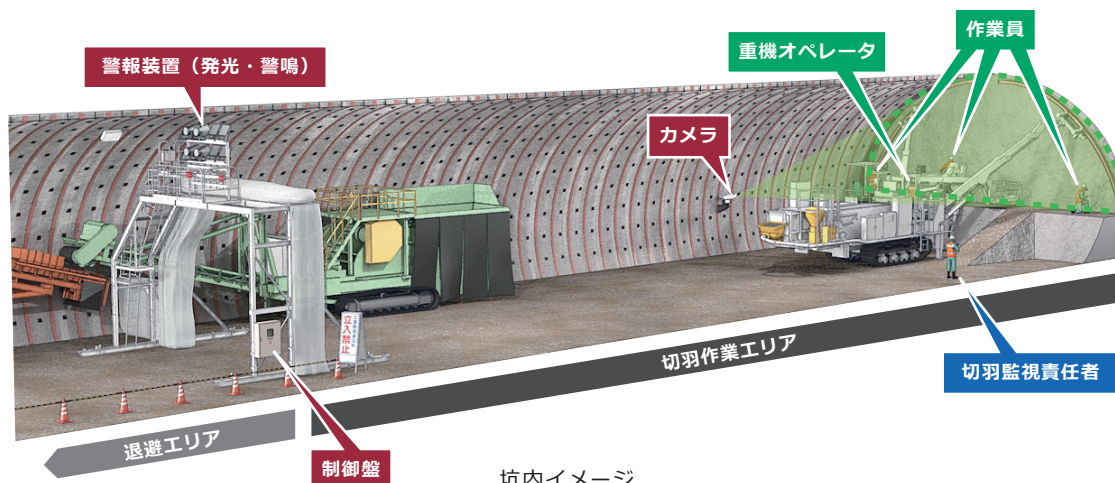
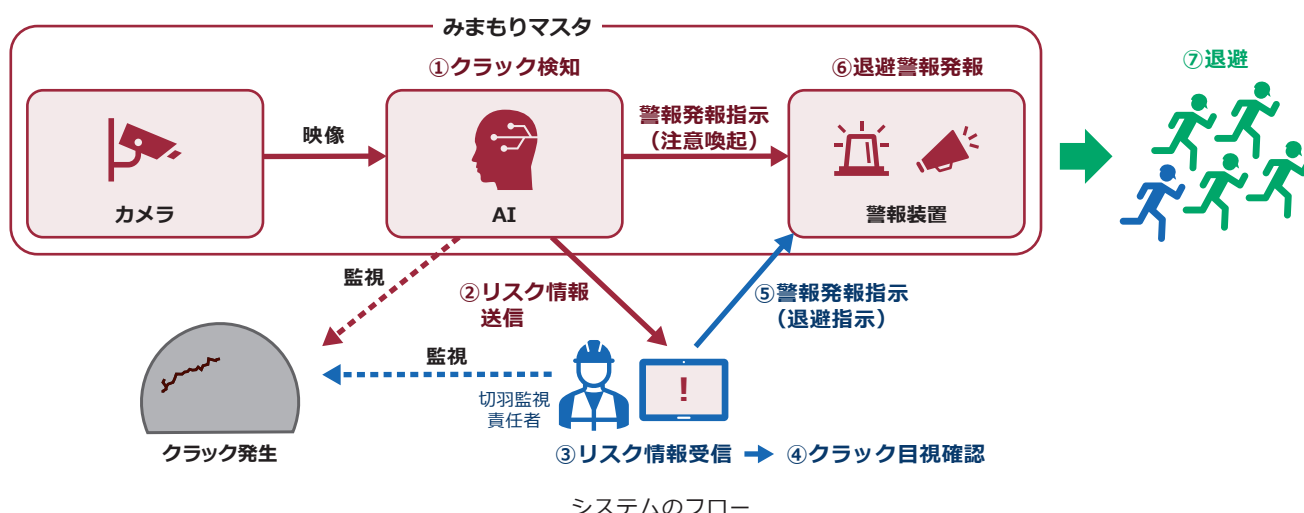
開発の背景

山岳トンネル工事における切羽崩落事故を防ぐには、切羽崩落の予兆を的確に捉え、作業員の退避時間を確保することが重要です。そのため、切羽作業エリアでの作業時は、専任の切羽監視責任者が切羽の状態を常時監視しています。しかし、切羽近傍の作業員や重機、足場などが視界の妨げとなり、切羽監視責任者が切羽全体を監視することは困難でした。

そこで、切羽監視責任者の負担軽減と監視業務の効率化・高精度化を目指し、AIが切羽監視をサポートするシステムを開発しました。

システムの仕組み

トンネル側壁や重機などに設置したカメラのリアルタイム映像からAIが瞬時にクラックを検知。切羽監視責任者のタブレットにリスク情報を送信すると同時に、音や光による警報を発報して坑内の作業員や重機オペレータに注意喚起します。切羽監視責任者は、受信したリスク情報をもとに目視で切羽を確認し、異常と判断した場合はさらに警報を発報。作業員および重機オペレータに迅速な退避を促します。



ディープラーニングによるAI画像認識

本システムの構築にあたり、セグメンテーション法によるディープラーニングを用いた独自のAIモデルを開発。教師データには、鏡吹付けコンクリートの画像上にさまざまな状態の疑似クラックを描画した約6,000枚の画像を使用しました。

システムの効果

○狭隘な切羽周辺でも精度よくクラックを検知

開発したAIモデルは、ディープラーニングにより人や機械などをノイズとして除外するため、狭隘な作業空間に人と重機が混在する切羽周辺の環境下でも、精度よくリアルタイムにクラックを検知可能です。

○切羽監視責任者の死角箇所の監視を支援

側壁や重機など任意の場所に設置したカメラにより広範囲に切羽を監視できるため、切羽監視責任者の死角となる箇所に発生したクラックも検知可能です。

○人とAIの協調監視により安全性が向上

AIが短時間でクラックを検知し、切羽監視責任者にリスク情報を発信することで、退避を促す警報発報までの時間を短縮でき、安全性が向上します。

実証試験

仮想空間に、施工中の上半掘削面積約70m²のトンネル掘削現場を再現し、VRを用いてシステム導入の効果を実証する試験を行いました。VRゴーグルを装着した被験者が仮想空間内の任意の場所から切羽面を監視し、AIと協調して監視する場合と目視のみで監視する場合におけるクラック発見までの時間・監視位置や被験者のストレス反応などを計測・評価しました。

○クラック発見までの時間を平均13秒短縮

AIと協調して監視した場合、人による目視のみの場合と比較して、クラック発見までの時間を9～19秒短縮できることを確認しました。

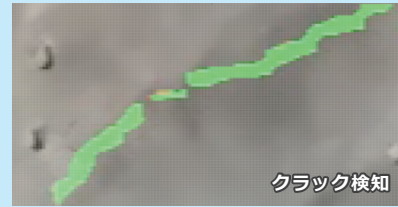
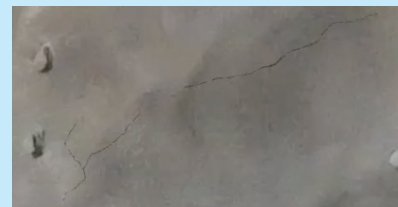
○目視の約11倍の切羽監視面積

AIによる1秒あたりの切羽監視面積は13.1m²。目視による切羽監視面積1.2m²と比較し、約11倍の高い監視能力を有することが実証されました。

○切羽監視員の心理的ストレスを低減

心理的ストレス反応の定量評価が可能なSRS-18を用いて、被験者のストレス状態を評価。人より優れたクラック発見能力を有するシステムを導入することで、切羽監視責任者の不安や緊張感などのストレスを低減する効果が認められました。

疑似クラックを用いた学習



クラック検知

機械掘削中の鏡吹付けコンクリート崩壊を対象とした検証により、リアルクラックに対して十分な検知精度を確認



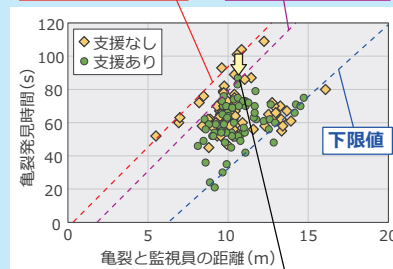
崩落発生10秒前



崩落発生の瞬間

システム支援なしの場合の上限値

システム支援ありの場合の上限値



システム導入により、クラック発見時間を約16秒短縮（切羽面から10.5mの位置）

適用工事

- ・東海北陸自動車道 真木トンネル工事（発注者：中日本高速道路株式会社）