

山岳トンネルの AI 切羽判定システムにおける打突音について

東洋大学 正会員 ○曾根 真理

(株)想画 正会員 田中 統蔵

(一財) 先端建設技術センター 正会員 吉川 正

(一財) 先端建設技術センター フェロー 山本 拓治

(一財) 先端建設技術センター 正会員 橋立 健司

(株)安藤・間 正会員 辰巳 順一

鹿島建設(株) 正会員 宮嶋 保幸

清水建設(株) 正会員 小島 英郷

戸田建設(株) 正会員 杉山 崇

日本システムウェア(株) 正会員 野村貴律

1. 背景

筆者らは山岳トンネルの切羽に関する判定支援システムの開発に関する共同研究を行っている。本稿はこの共同研究における音声認識の利用の可能性について説明するものである。

現在、土木分野における AI の活用に関しては、CNN を用いた画像認識 AI などの導入に向けた取り組みが盛んに行われている。これに対して土木以外の分野においては、画像処理 AI 以外に音声認識 AI、自然言語処理 AI、ビッグデータ処理 AI とした様々な AI の活用が行われているのが現状である。

本共同研究においては、比較的実用の可能性が高い画像処理 AI の活用に関する開発を中心に行ってきた。しかし AI の活用は画像処理にとどまらず様々な分野の利用が想定される。本稿においてはこの中の音声認識 AI の活用の方向について説明を行うものである。

2. 現場作業員へのヒアリングについて

本共同研究の一環として、切羽判定、特に肌落ちの兆候を見つけるためのシステム開発を行うために、山岳トンネルの建設作業に従事している現場作業員へヒアリング調査を行った。このヒアリング結果から、現場作業員は視覚による認識のみならず、音声による認識など様々な情報も処理していることが分かった。音声認識該当部分について述べると、「肌落ちの可能性が少ない地盤に関してはカンカンのように甲高く規則的な音がする。」「肌落ちの可能性が高い地盤に関してはボンボンッというように不規則な音がする。」などのヒアリング結果が得られた。このヒアリング結果から、本共同研究の実効性を高めるためには画像処理 AI 以外に音声認識 AI などを活用することの重要であると判断した。

3. 打突音の認識の必要性

人間の言語の認識においては、基本的に人間の可聴域内の音声のみを認識することで十分である。しかし、本共同研究においては、人間の可聴域外の音声も含めた分析を対象とすることにした。

音声は空気の振動であり、人間はその中の一定範囲周波数の空気振動を音声として認識する。しかし、トンネルの掘削作業中の打突音に関しては、地盤及び掘削機械から発生する振動の周波数は人間の可聴域外の周波数の空気振動が重要であると考え。例えば”地鳴り”などと呼ばれる現象は可聴域よりも周波数の少ない領域の空気振動又は地盤振動を表現していると考え。また、現場作業員のヒアリング結果からは、肌落ちの可能性が高い地盤の感触として”ボンボンッ”という擬音語とも擬態語とも判定のつかない言葉が挙げられていた。これらのことから、人間の可聴域外の空気振動を研究対象とすることが必要であると判断した。

4. 打突音の解析

図1は、山岳トンネル掘削機の岩盤打突時の時間(横軸)と音圧(縦軸: dB)との関係を示したものである。ブレーカー—打突の開始から音圧が規則的に上昇していることがわかる。

図2は、同じく打突時の時間(横軸)と周波数(縦軸: Hz)毎の音圧を色調で表現したものである。赤に近づくほど音圧が高く、緑に近づくほど音圧が低くなる。人間の耳がよく聞き取れるのは 2,000Hz-4,000Hz といわ

れる。これに対して、人間の可聴域は 20Hz - $20,000\text{Hz}$ といわれる。トンネル内の打突時において人間の耳が聞き取りやすい音域の音圧が上昇し人は音を感じるが、その一方において人間の耳がわずかに聞き取ることのできる $2,000\text{Hz}$ - 20Hz の音域の音圧の方がむしろ上昇していることが図 2 から読み取れる。このことは、“トンネル内において音に敏感な人がなんとなく感じる低い音が、打突音から判定を行う際に重要な意味を持つ”という可能性を示している。個体の伝搬音は一般に、低音域(20 - 1000Hz)にあり、図 2 の結果はこの事実とも矛盾しない。

図 3 は、打突の瞬間における周波数(横軸: Hz)と音圧(縦軸: dB)との関係を示したものである。本図は二つのトンネルの音声を分析し、比較的パワーレベルの高い周波数帯を示したものである。青色の枠の方がやや低めの音域に分布している。このことは、音域を分析することによって岩盤の特徴を把握できるかの王政があることを示している。

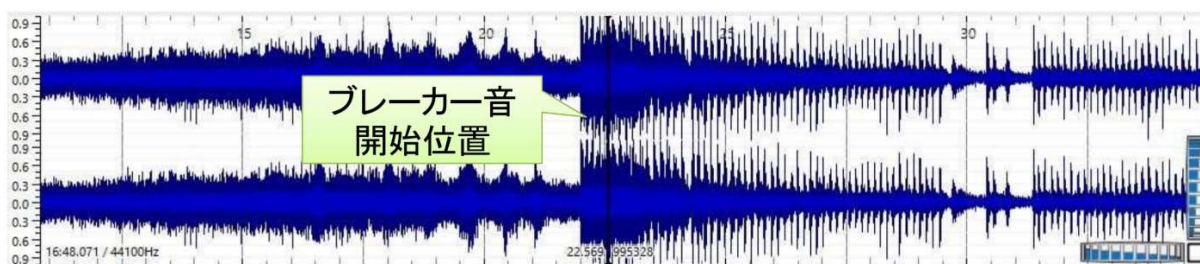


図 1 トンネル掘削機の岩盤打突時の時間(横軸)音圧(縦軸: dB)との関係

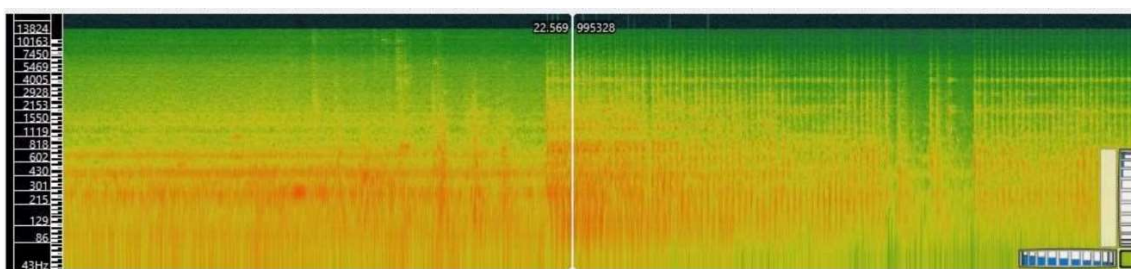


図 2 時間(横軸)と周波数(縦軸: Hz)毎の音圧を色調

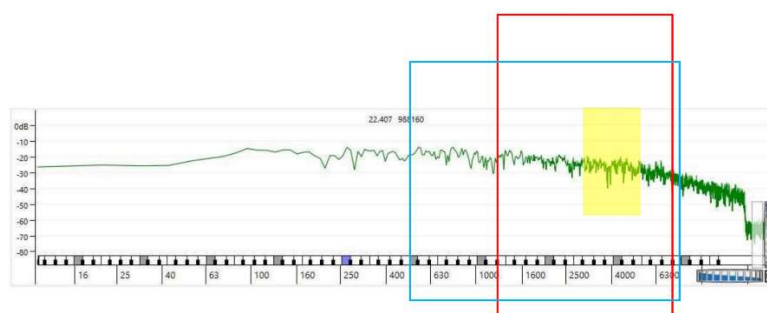


図 3 打突の瞬間における周波数(横軸: Hz)と音圧(縦軸: dB)との関係

5. まとめと考察

従来から作業員が感じていたトンネル掘削機の打突時における音の違いから岩盤の硬さを判定していることが知られていた。本稿においては、トンネル毎に打突音に特徴があり、これらの打突音の違いを認識できることがわかった。今後、トンネルの岩盤判定に、打突音に対して RNN の一種類である LSTM 等の AI を用いることで判定に活用できる可能性があることを示すことができた。