

弾性波の伝搬理論に基づく人工知能による コンクリートの損傷評価システムの構築

京都大学 橋本勝文(代表者)
京都大学 塩谷智基
京都大学 ○麻植久史(代理)

公益財団法人人工知能研究振興財団研究助成
第28回人工知能研究助成交付伝達式

コンクリートの非破壊・微破壊試験における現状

非破壊試験の研究開発

→現在では機械的技術の発展および研究開発が著しい。

しかしながら、

→大小すべての構造物に汎用的・安価に実装できる技術ではない。



(土木研究所資料)

「打音法」とは・・・

コンクリートをハンマーで叩いた際に発生する音から欠陥の有無を判断する手法であり、熟練技術者の能力および経験値は非常に高く、信頼性も高い。

打音法の課題

異なる欠陥性状を模擬した供試体に対する打音により得られる音響データの周波数スペクトル解析を行う。
→点検技術者の能力と経験則を汎用的かつ定量的な情報に変換する。

⇒経験やスキルによらない評価基準の設定による高信頼度の確保

⇒既存デバイスを組合わせたシステムの構築による低コストの実現

⇒管理者レベル・構造物の大小に応じた長寿命化修繕計画およびマネジメントサイクルに適用(最終目標)

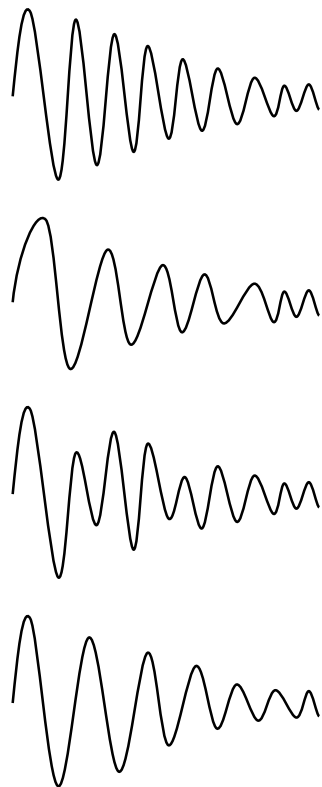
これまでの成果（時間-周波数スペクトル）



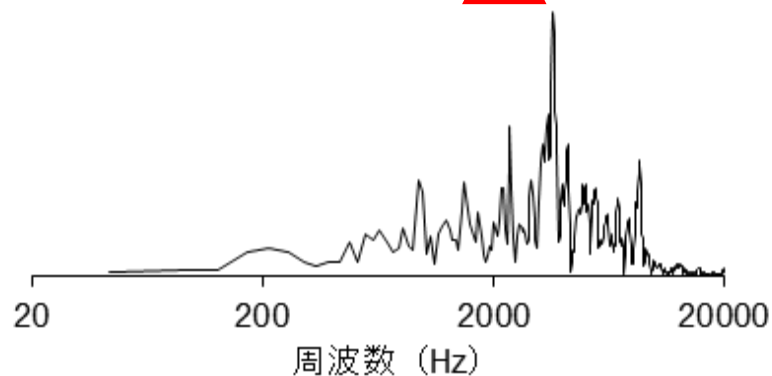
ウェーブレット変換においては、フーリエ変換によって周波数特性を求める際に失われる時間領域の情報を残すことが可能である。


→打音波形の分類においては、多様な損傷から得られる波形の認識に有用である。

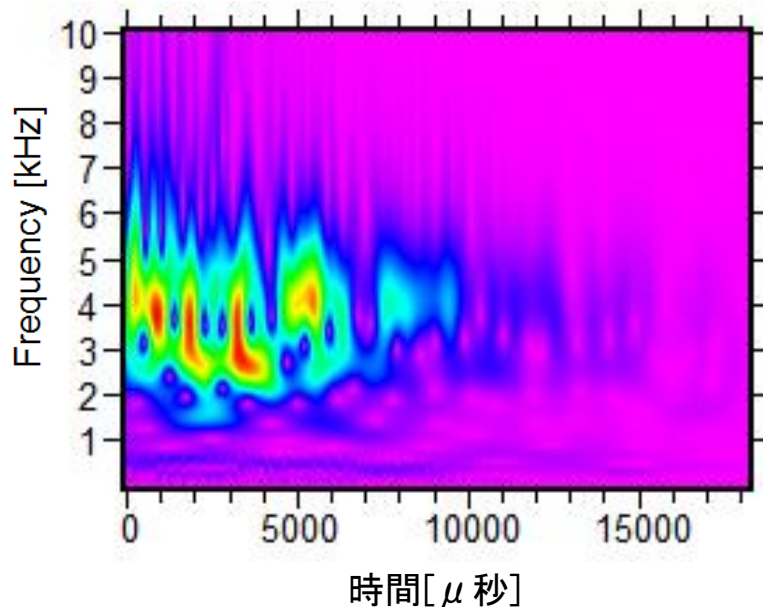
振幅波形をGabor関数を用いてウェーブレット変換することで、時間-周波数を軸として表される二次元平面上にマッピングされるスカログラムを得た。



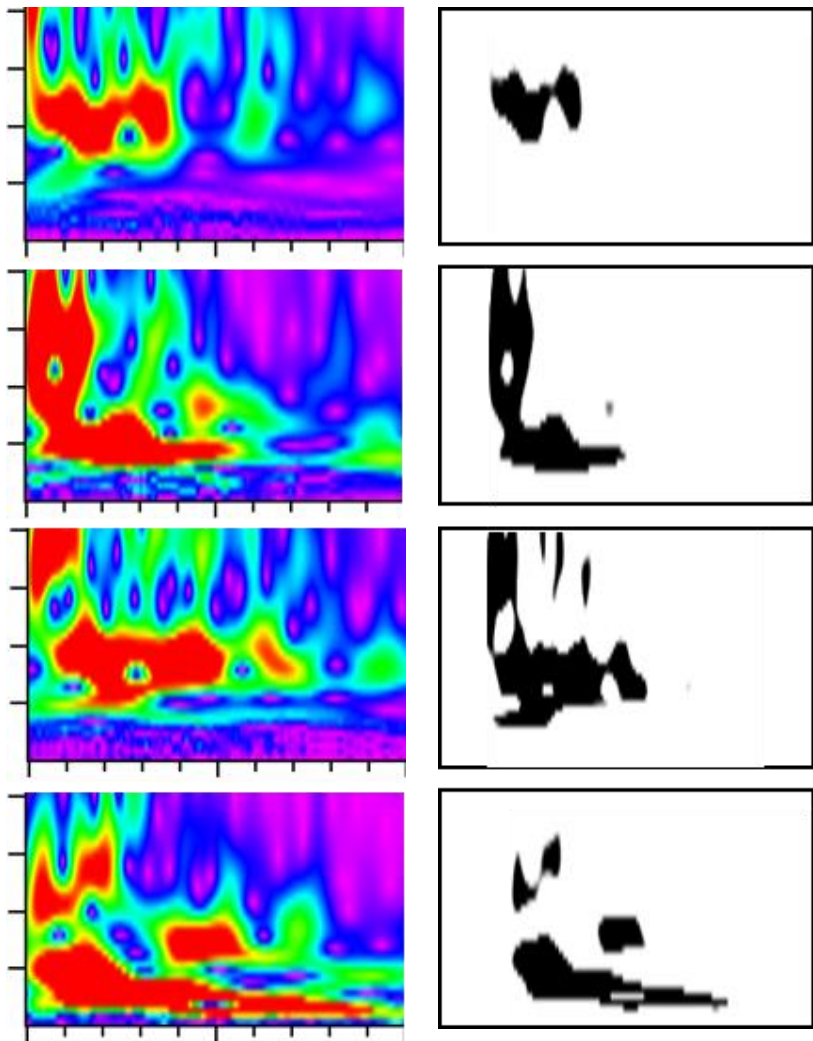
スペクトル解析？ 



Wavelet変換 



これまでの成果（スペクトル画像の二値化）



ウェーブレット関数を用いる。フーリエ変換によって周波数特性を求める際に失われる時間領域の情報を、この変換においては残すことが可能である。

Wavelet係数の上位20%を抽出

→打音波形の分類においては、多様な損傷から得られる波形の認識に有用である。

→二値化画像とすることで、特徴を抽出できる。

非破壊評価方法の分類

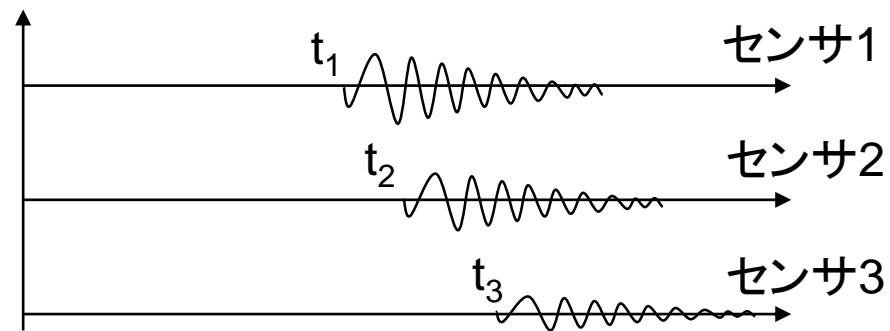
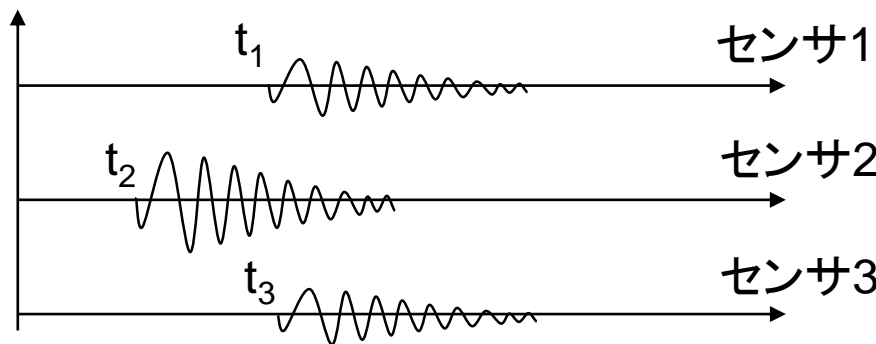
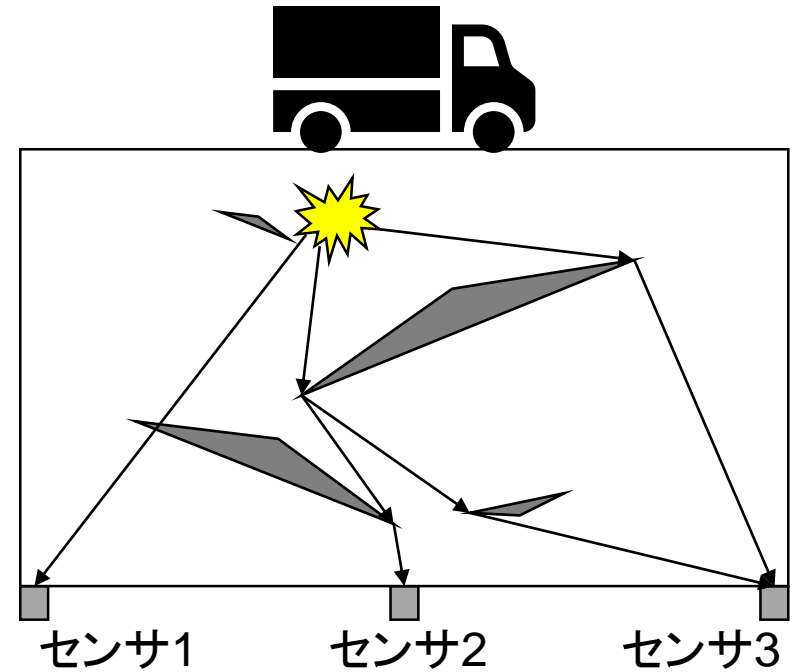
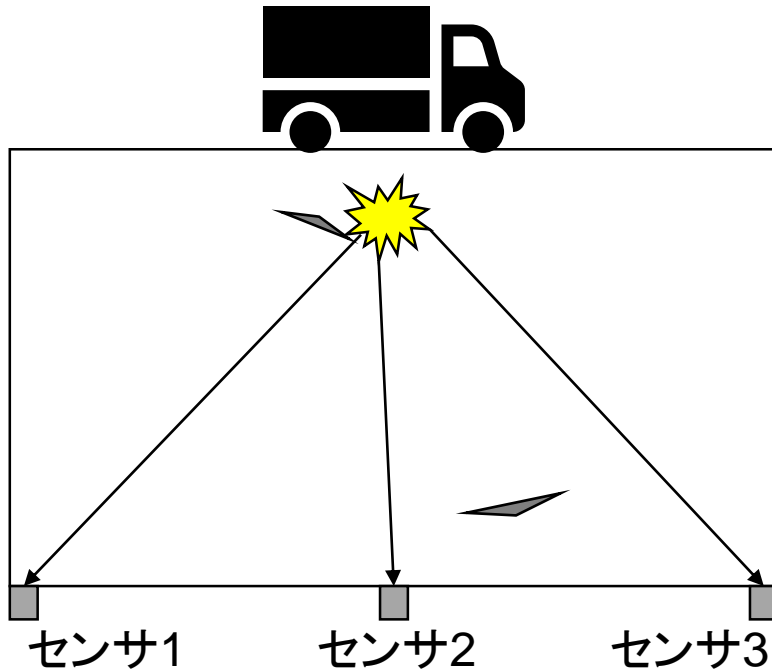
打音法は、コンクリート表面をハンマで打撃した際に発生する音で表層部の欠陥の有無を判断する簡便な手法である。

予算／技術	低	中	高
構造物数／人口	多	中	少
重要度	低	中	至高
維持管理区分	事後保全		予防保全
対象時期	【劣化期】	【加速期】	【進展期】
点検区分 ↓ 京大手法検討 市民による通報	高精度目視検査(ひび割れ幅・外観等)		日常
	打音法		
	地中レーダー		
	赤外線		
	振動計測	電磁気腐食診断	定期
	超音波	電気抵抗(水分分布)	
	AE計測		詳細
AEトモグラフィ			

一方で、弾性波の伝搬速度に着目した**AE(弾性波)トモグラフィ**によるコンクリート構造物の損傷評価技術を用いた先端技術の研究開発が行われている。

損傷が少ない(小さい)RC床版

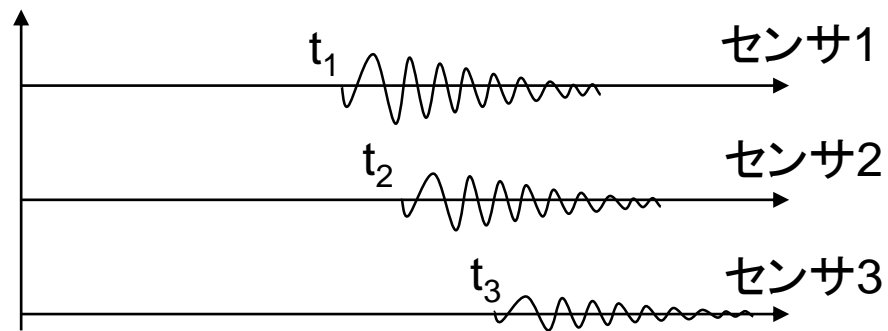
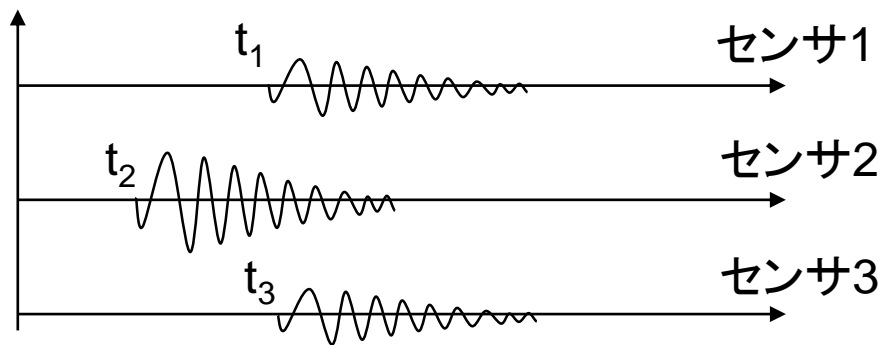
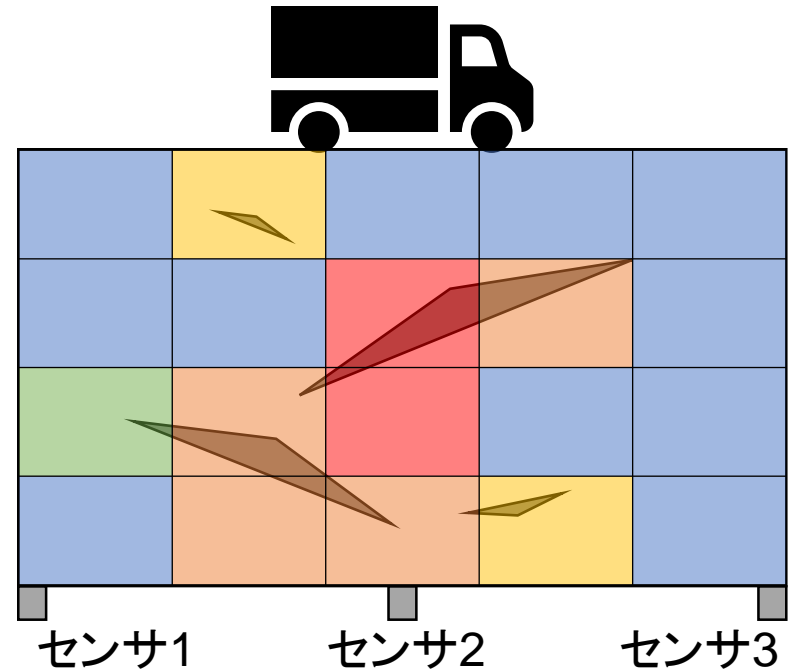
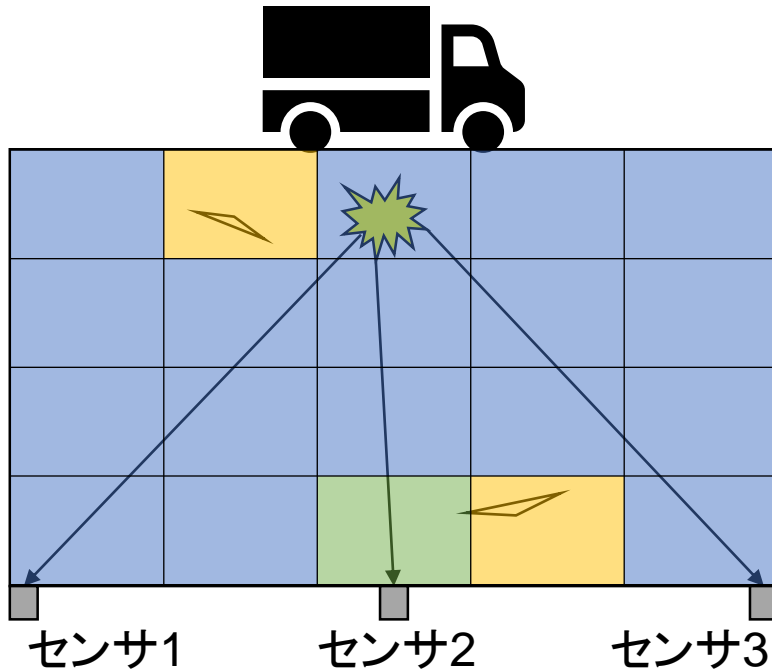
損傷が多い(大きい)RC床版



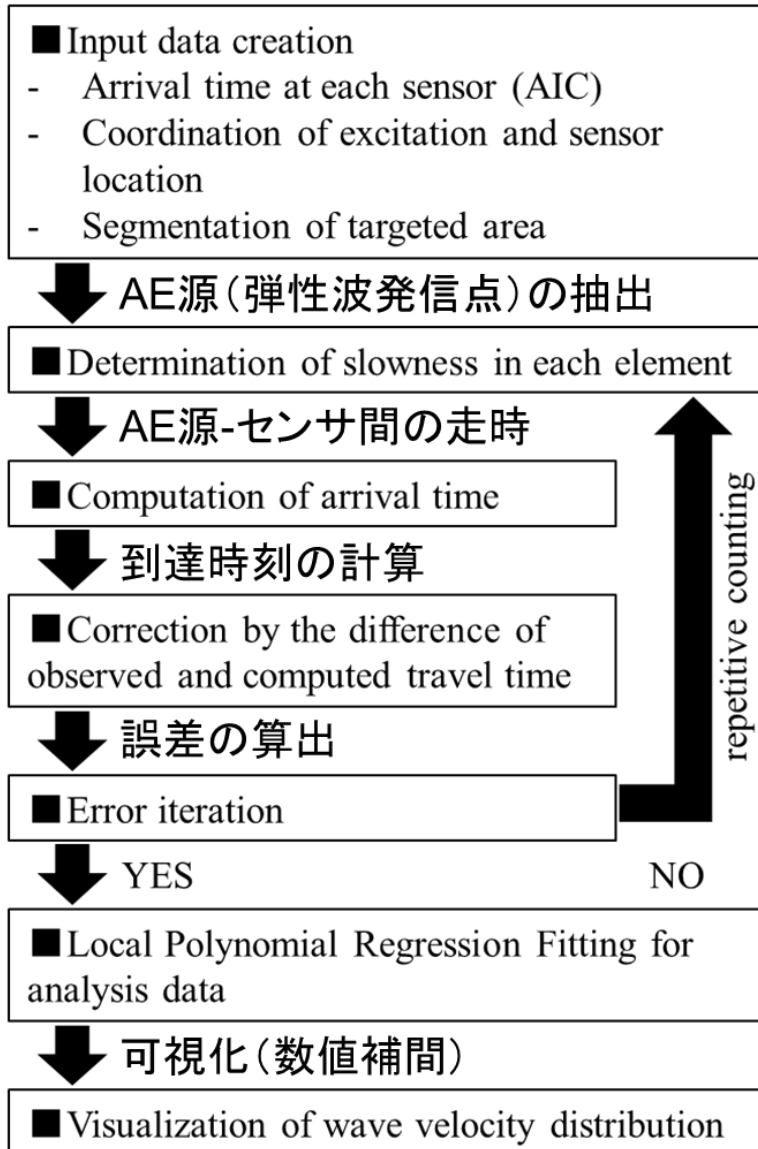
各センサへのP波到達の観測時刻の差 = 内部の速度構造の変化

損傷が少ない(小さい)RC床版

損傷が多い(大きい)RC床版



各センサへのP波到達の観測時刻の差 = 内部の速度構造の変化



センサの数・配置

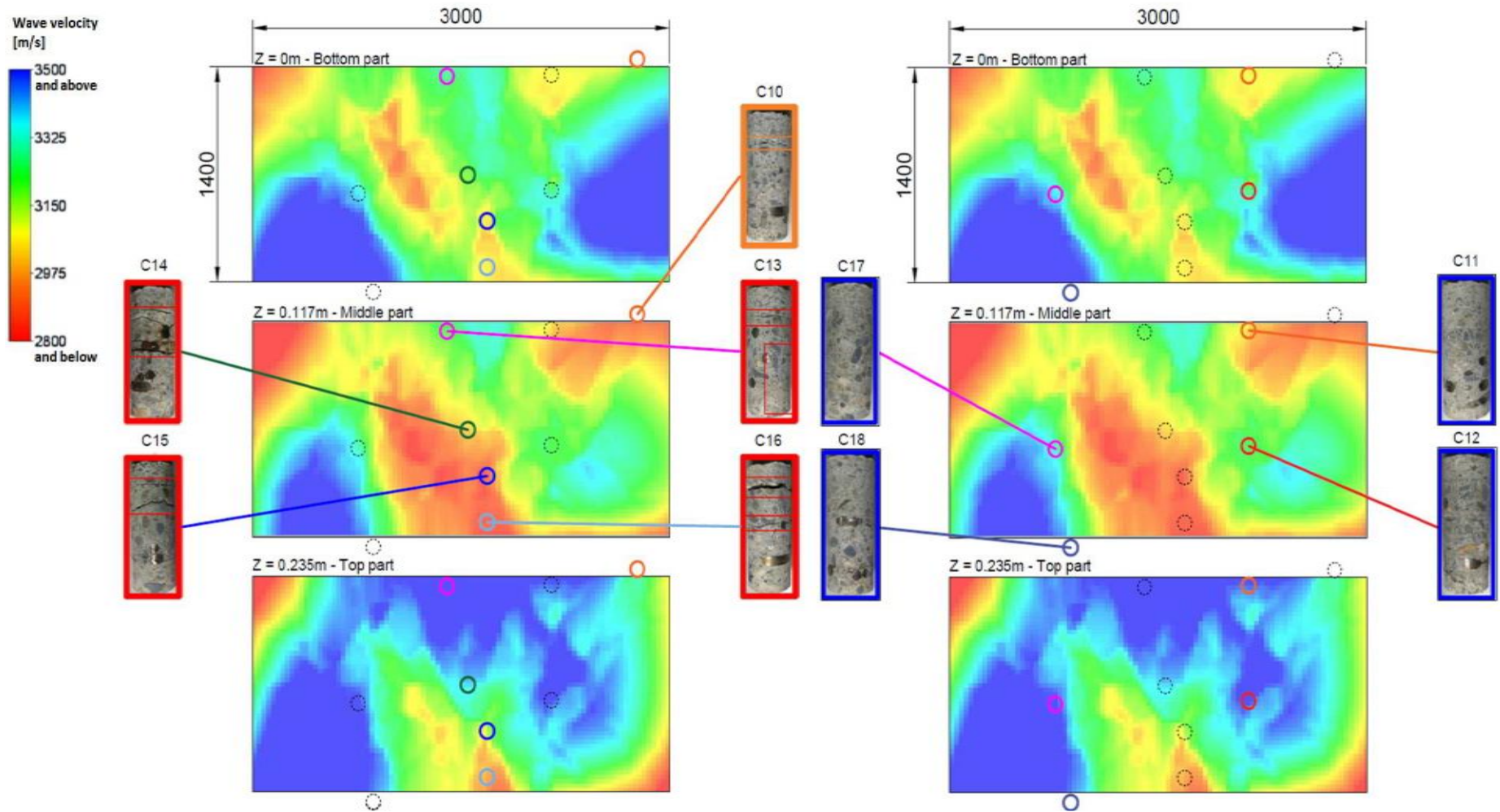
AE源の数・配置

波線(弾性波伝搬経路) ≡ 入力情報

検出可能な損傷の大きさ(分解能)については、経験上、「センサ間隔の半分」と言われているが、実証データを示すことができていない。

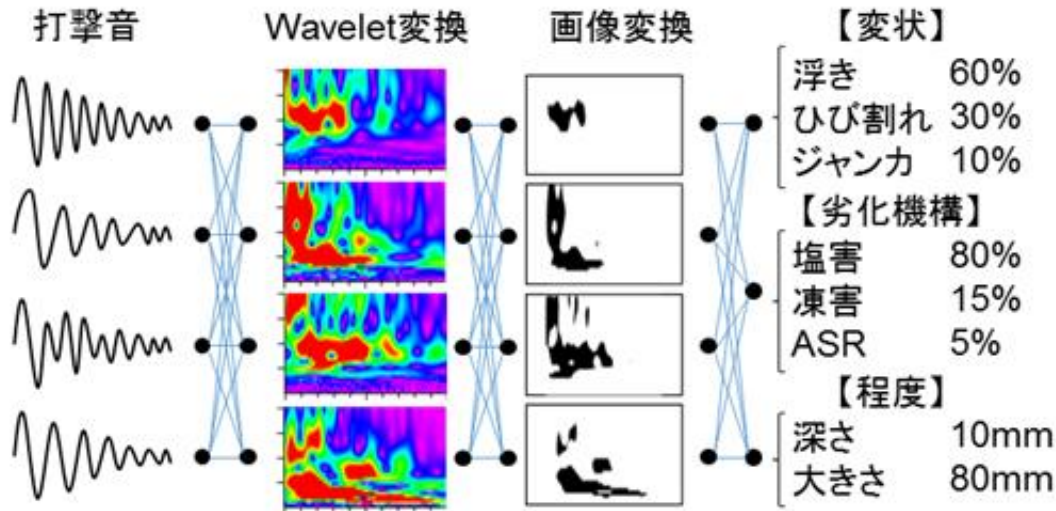
目的: シミュレーションによるAET手法の妥当性の検証と評価手法としての性能を定量的に示す。

弾性波速度分布を適切に評価する上で、波動伝搬経路(波線密度)を考慮した計算結果の信頼性指標について検討を行った。

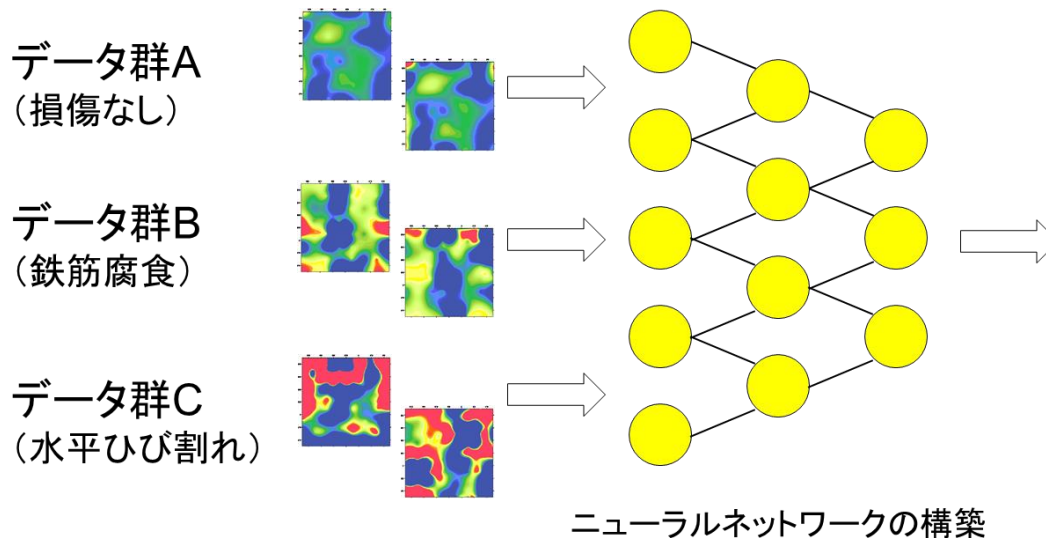


外観から内部状況が把握できないRC床版においても、センサを設置して床版内部の損傷箇所から生じる弾性波を計測することで、弾性波速度のトモグラフィ解析が可能である。

【打音法】



【AE(弾性波)トモグラフィ】



本研究で、

- (1) 打撃動作および弾性波(AE)励起の平準化
- (2) 時間一周波数スペクトル処理画像および弾性波速度トモグラフィ画像のデータベース化、および
- (3) 人工知能によるディープラーニングを活用した打音認識技術および弾性波速度トモグラフィ画像認識による損傷評価自動化システムの構築を図る。

点検・診断結果の自動集約化を図りながら、学習済AIが内部の変状判定の明確な基準を熟練技術者に代わりに出力することで、簡便かつ効率的で信頼性の高いコンクリート構造物の品質確保が可能となり、劣化や内部の欠陥・損傷を判断する現場の点検技術者が不足する将来のコンクリート構造物のマネジメント体系を高い水準で維持することができる。

トンネル、高架橋、橋梁等の社会基盤施設の劣化・異常を評価し、データ化できる人工知能システムとなり、コンクリート構造物の高度な検査、技術者不足の解消、検査作業の簡略化、検査作業の信頼性確保、検査結果の管理の作業効率化が達成できただけでなく、これからの労働人口不足、社会基盤施設の老朽化等による検査作業の増大という市場ニーズに対応したシステムを提供できる。