

ROC解析によるタイル張り薄肉パネルに対する 打診・赤外線サーモグラフィ法の検出性能比較

佐藤 雅斗

研究背景

外壁タイル点検技術

建築基準法施工例に基づき、外壁タイルは竣工後10年ごとに定期点検が義務づけられている

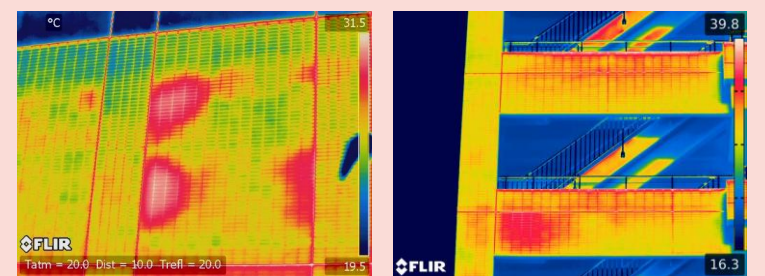
打診法

打診棒を用いて直接外壁を叩き、浮きや損傷の有無を確認する手法



赤外線法

サーモグラフィカメラを用いて外壁の温度差から、タイル剥離や浮きを調査する手法



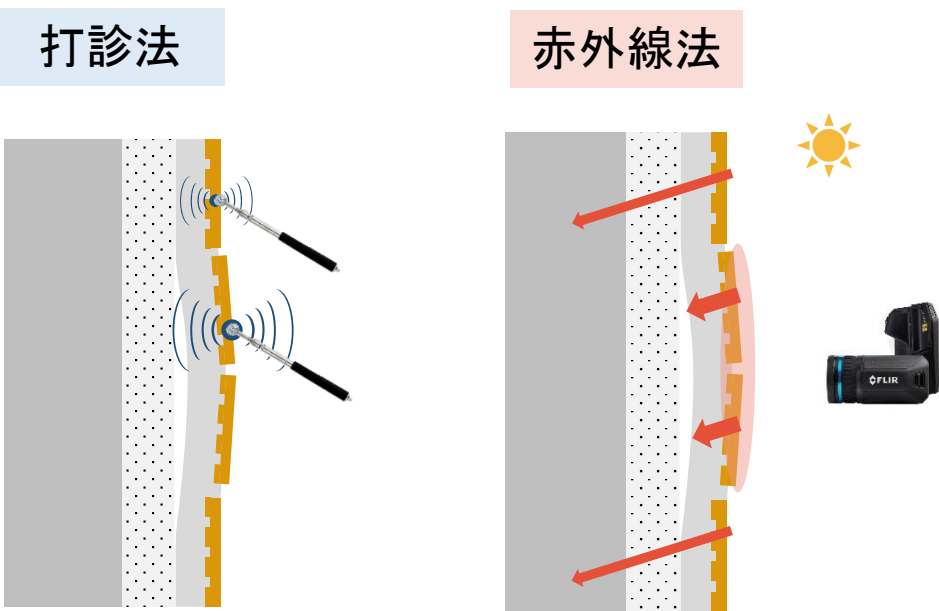
薄肉部材の普及

薄肉PCaパネル、GRCパネル、押出成形セメント板等、薄く軽量な部材が広く採用されつつある

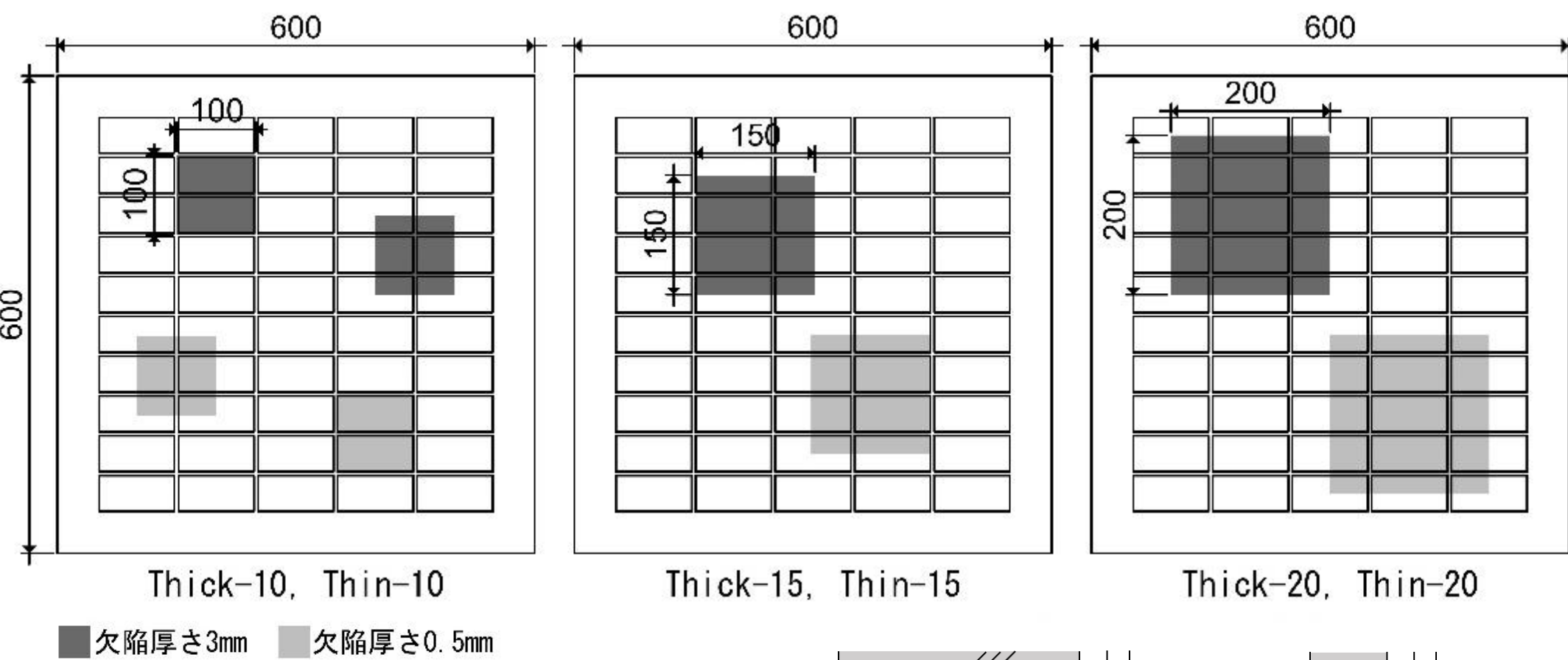


研究目的

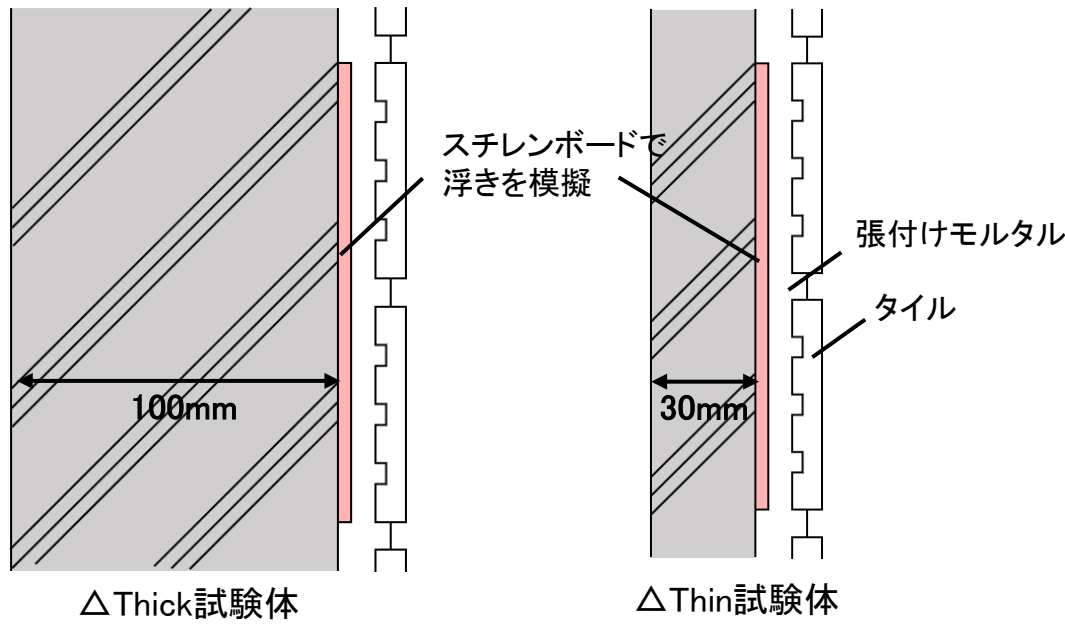
- ✓ **タイル張り薄肉パネル**に対して、従来の検査方法である打診法・赤外線法の適用性を確認する
- ✓ 打診法・赤外線法の**検出性能を定量的に比較**する



試験概要



下地厚さ	30mm (Thin), 100mm (Thick)
欠陥サイズ	10cm角, 15cm角, 20cm角
欠陥厚さ	0.5mm, 3mm



試験フロー

試験①打診法

打撃音を録音
↓
録音波形に対してFFTを実施し
スペクトル重心周波数で評価

試験②赤外線法

人工熱源を用いて試験面を加熱
↓
サーモカメラで試験面を撮影

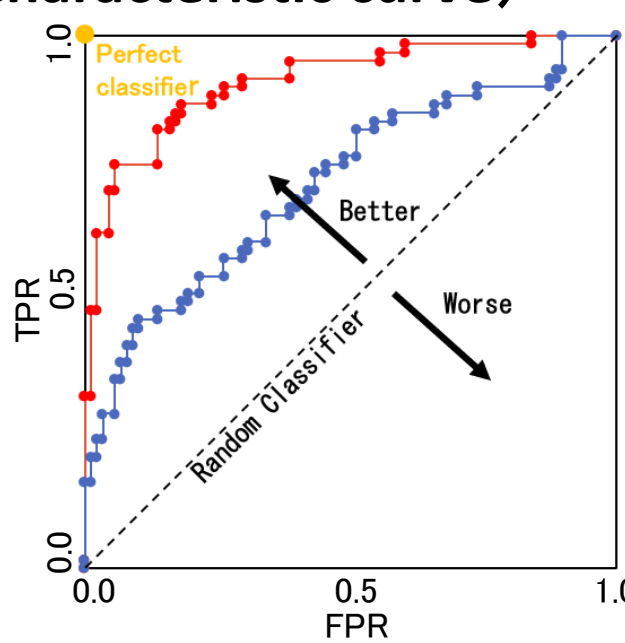
ROC解析を用いてしきい値の算出および検出性能比較

ROC解析 (Receiver Operating Characteristic curve)

二値分類問題における判別性能を定量的に評価する手法

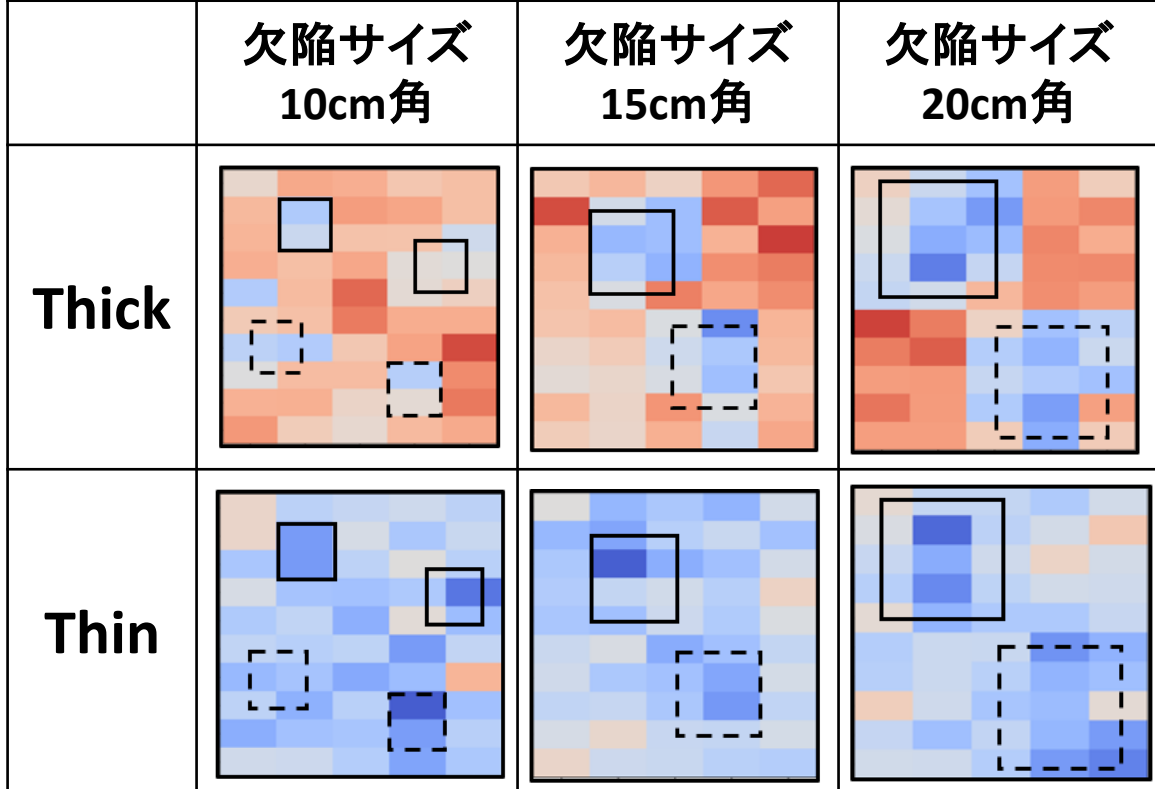
判定結果 \ 真値	浮き	健全
浮きと判定	真陽性	偽陽性
健全と判定	偽陰性	真陰性

$$\text{真陽性率 (TPR)} = \frac{\text{真陽性数}}{\text{真陽性数} + \text{偽陰性数}}$$
$$\text{偽陰性率 (FPR)} = \frac{\text{偽陰性数}}{\text{偽陰性数} + \text{真陰性数}}$$



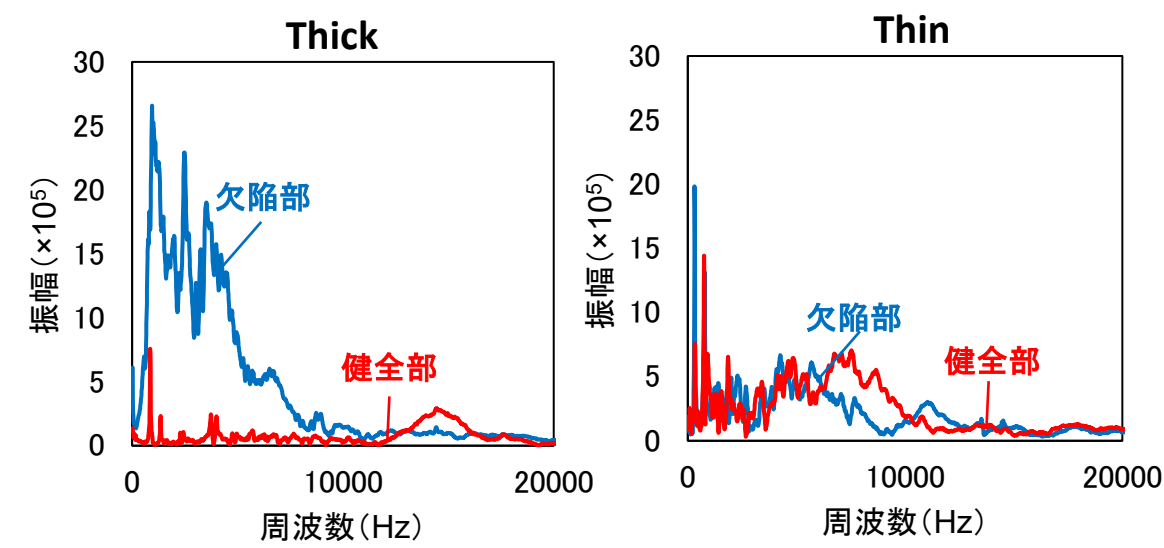
打診法

▼スペクトル重心周波数によるヒートマップ



※実線: 欠陥厚さ3mm, 破線: 欠陥厚さ1mm

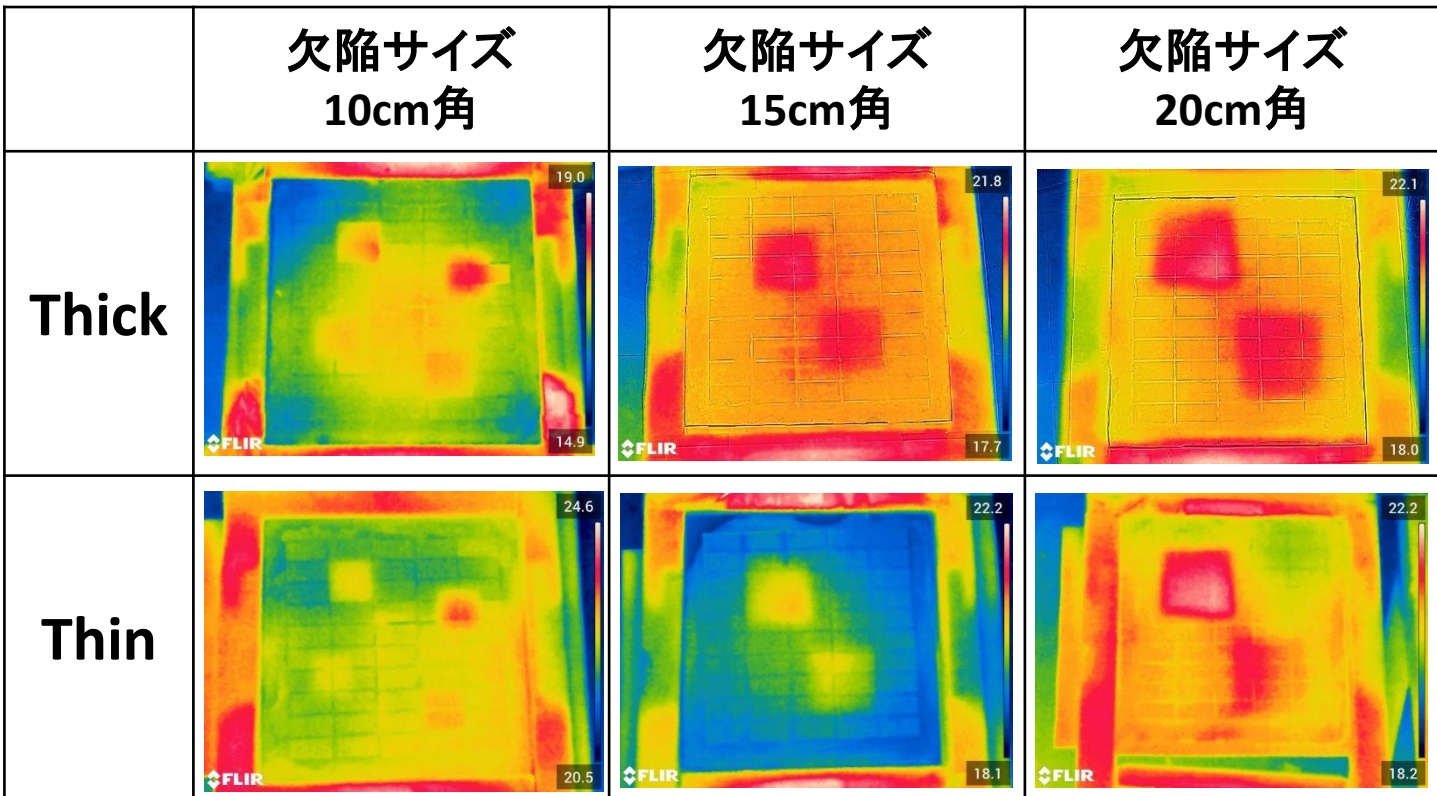
▼FFTパワースペクトル



- ✓ Thinでは剛性が小さいため健全部でも振動しやすく、**低周波数側の応答が現れやすい**
- ✓ 欠陥面積の増大に伴い周波数低下が顕著になった

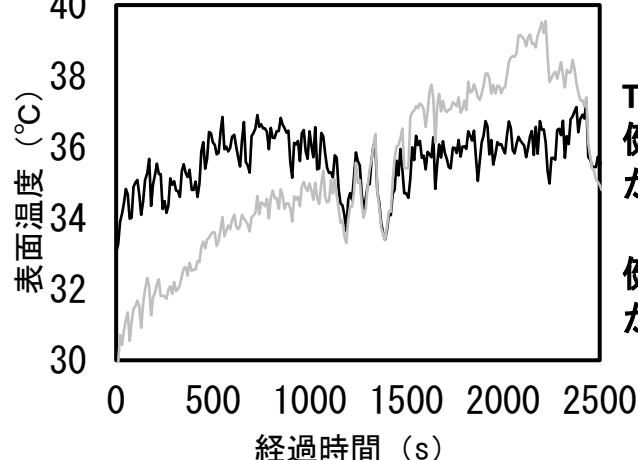
赤外線法

▼加熱後の試験体表面の熱画像

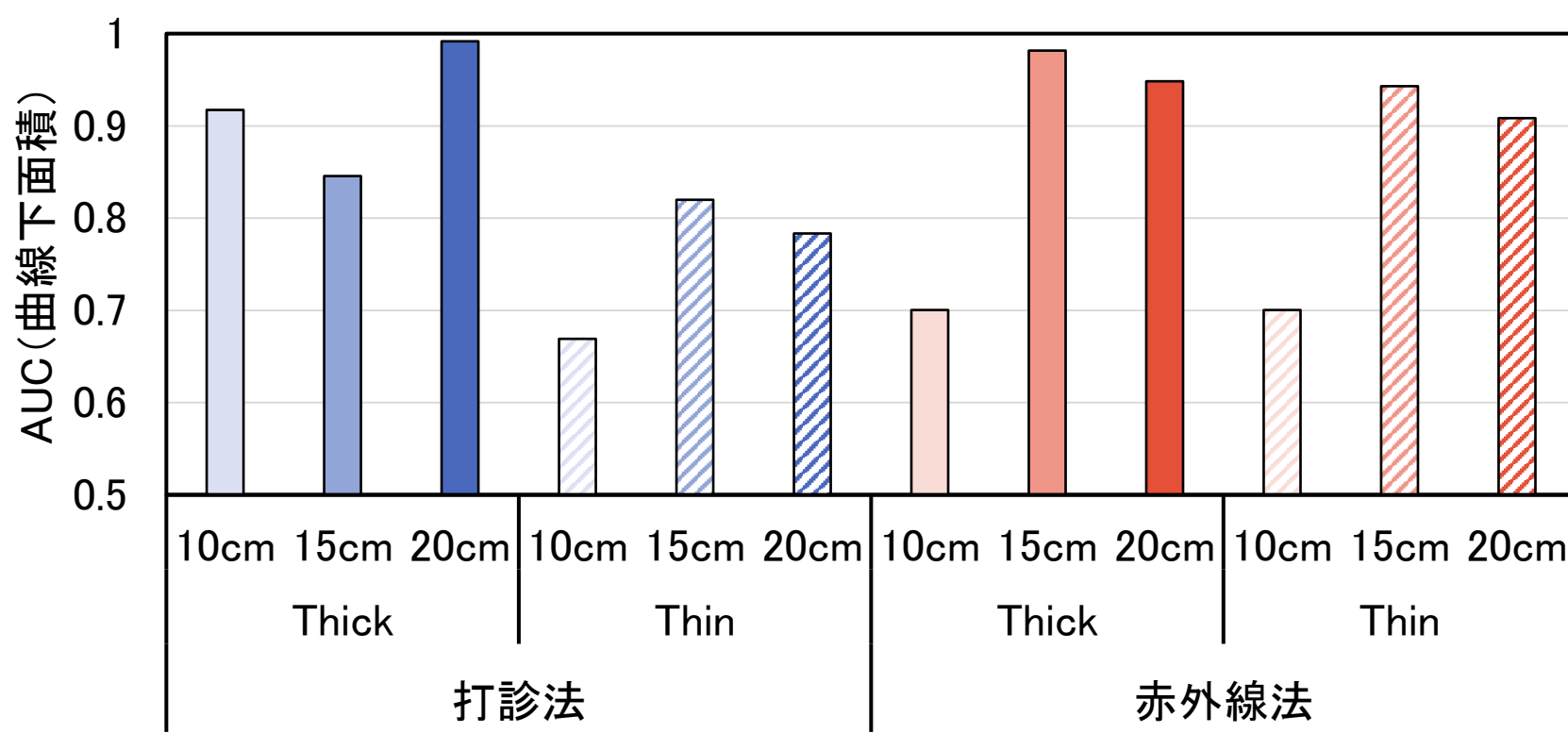


- ✓ **欠陥サイズが大きいものであれば検出可能**
- ✓ 欠陥サイズ10cm角では、健全部と温度差が得られず、欠陥部の検出が困難
- ✓ 夏期の強い日射では、Thinでの検出が困難になる可能性大

▼夏期日射時における健全部の熱応答

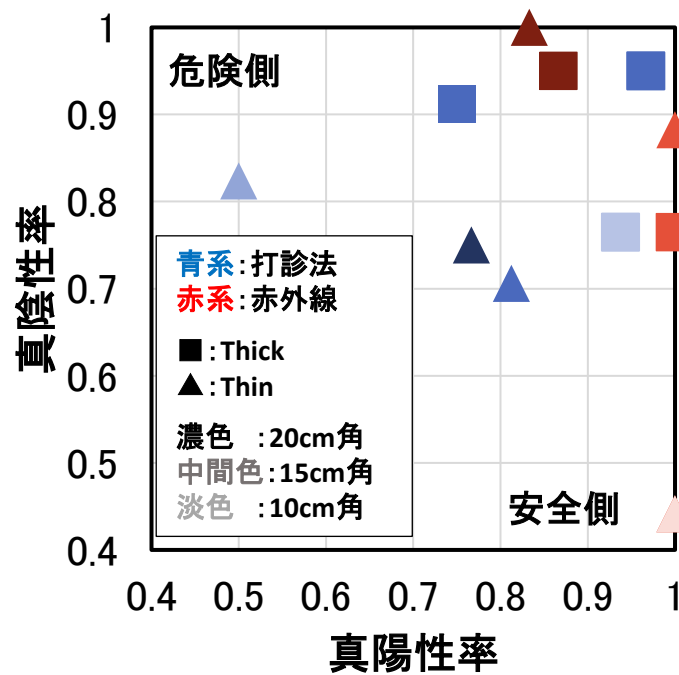


検出性能比較



- ✓ 打診法ではThickの方が高い検出性能を示した
- ✓ 赤外線法では欠陥サイズ20cm角、15cm角において高い検出性能を示した
- ✓ ROC解析を用いることで、打診法や赤外線法などの試験における**欠陥検出の難易度を定量的に評価**できることを示した

▼真陽性率・真陰性率プロット



小さい欠陥サイズに対して
打診法 : 危険側
赤外線法 : 安全側
の評価となった
⇒両手法は**相補的な関係**

薄肉部材の点検において
両手法の併用が重要

まとめ

- ✓ 打診法は薄肉パネルでは健全部と欠陥部の振動応答差が縮小し、**検出性能が低下する傾向が確認された**
- ✓ 赤外線法は小欠陥では温度差が十分に得られず、**検出性能に限界があることが明らかとなった**
- ✓ ROC解析を用いることで、各手法の検出性能をAUCより客観的に評価できることを示した
- ✓ 薄肉パネルの点検においては、**打診法と赤外線法は関係にあり、両手法を併用することが重要である**

今後の展望

昨今注目されているサブテラヘルツ波 (0.03~0.3 Hz程度の電磁波) による検出を新たに導入し、タイル仕上げ薄肉パネルにおける内部欠陥の検出特性を把握する。さらに、打診法および赤外線法との比較を通じて、より高精度な剥離検出手法の構築を目指す。