

R C レーダ（3 D）による木造筋交い調査

名古屋営業所 近藤貢（旧姓：杉田）

キーワード 木造 土壁 筋交い R C レーダ 3 D 解析

概 要

国宝犬山城天守閣の保存修理に伴う耐震診断に於いて、土壁内にある筋交いの位置を R C レーダと 3 D 可視化ソフトを使用して確認した。



建物全景

1. はじめに

普段木造の筋交い調査をしている建物は一般住宅が多く、エックス線やサーモグラフィを使って確認することが多いが、今回調査する建物は江戸時代以前に建設された国宝の天守閣で常に一般開放されており、作業環境や作業時間、壁厚（土壁、厚さ 300mm 程度）等の問題があったため事前に調査方法を検討する必要があった。

土壁内の筋交いは、エックス線でしかわからないと思っていたが、客先から「予備調査費用を出すから色々試してほしい」と言われ以下に示す非破壊検査機器を使用して予備調査を実施した。

- ・ エックス線（FCR、フィルム）
- ・ サーモグラフィ（日本アビオニクス TVS-200m）
- ・ R C レーダ 2 機種：ハンディサーチ 105（以下 105）、3 D 解析ソフト：3D-Light
ストラクチャースキャン SIR-EZ（以下 SIR-EZ）



サーモグラフィ



105



SIR-EZ

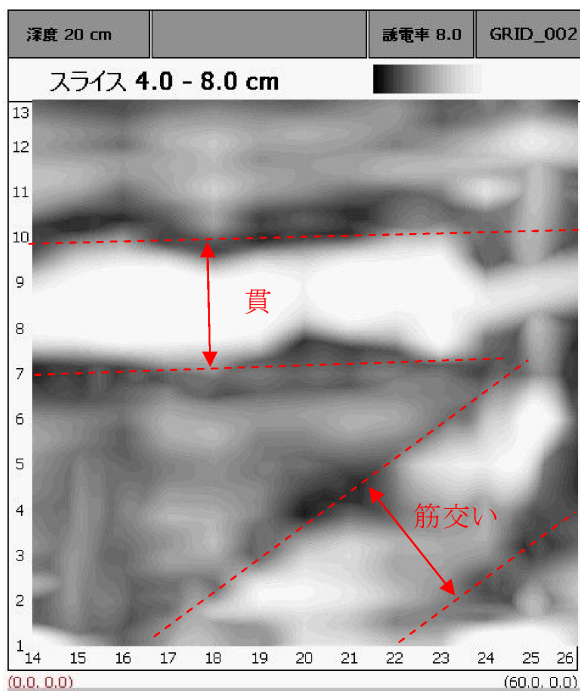
予備調査の結果を次に示す。

RCレーダによる予備調査結果

調査番号	No. 2	階	4 階
仕上げ材	内装仕上げ：漆喰 、 外装上げ：下見板(腰板) 、 壁厚：200mm程度		
調査方法	電磁波レーダ法（ストラクチャースキャンSIR-EZ、ハンディサーチ105）		

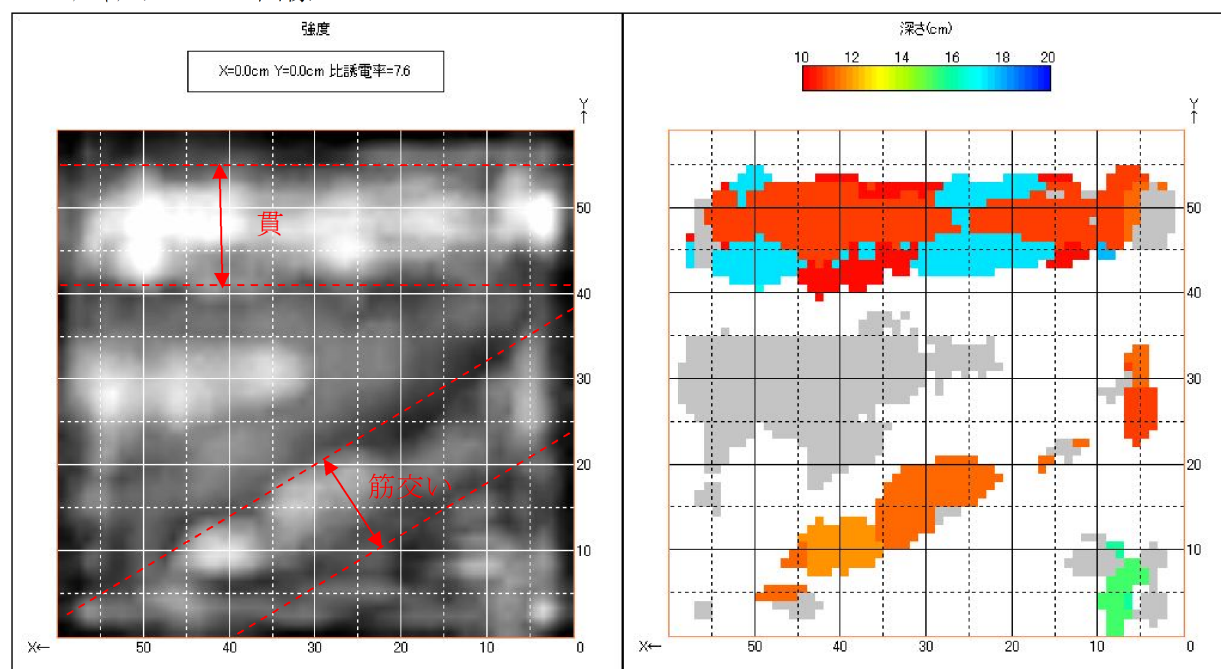


■ストラクチャースキャンSIR-EZ 3D画像



筋交い・貫と思われる3D画像が確認された。
また、2機種とも同じ様な3D画像が得られた。

■ハンディサーチ105 3D画像

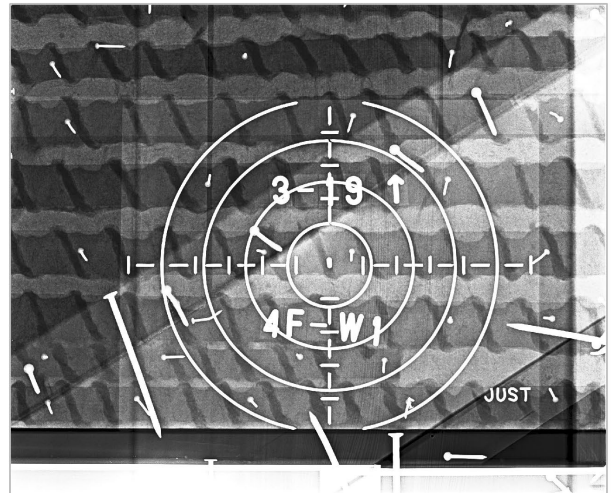


エックス線による予備調査結果

調査番号	No. 2	階	4 階
仕上げ材	内装仕上げ：漆喰 、 外装仕上げ：下見板(腰板) 、 壁厚：200mm程度		
調査方法	放射線透過試験		



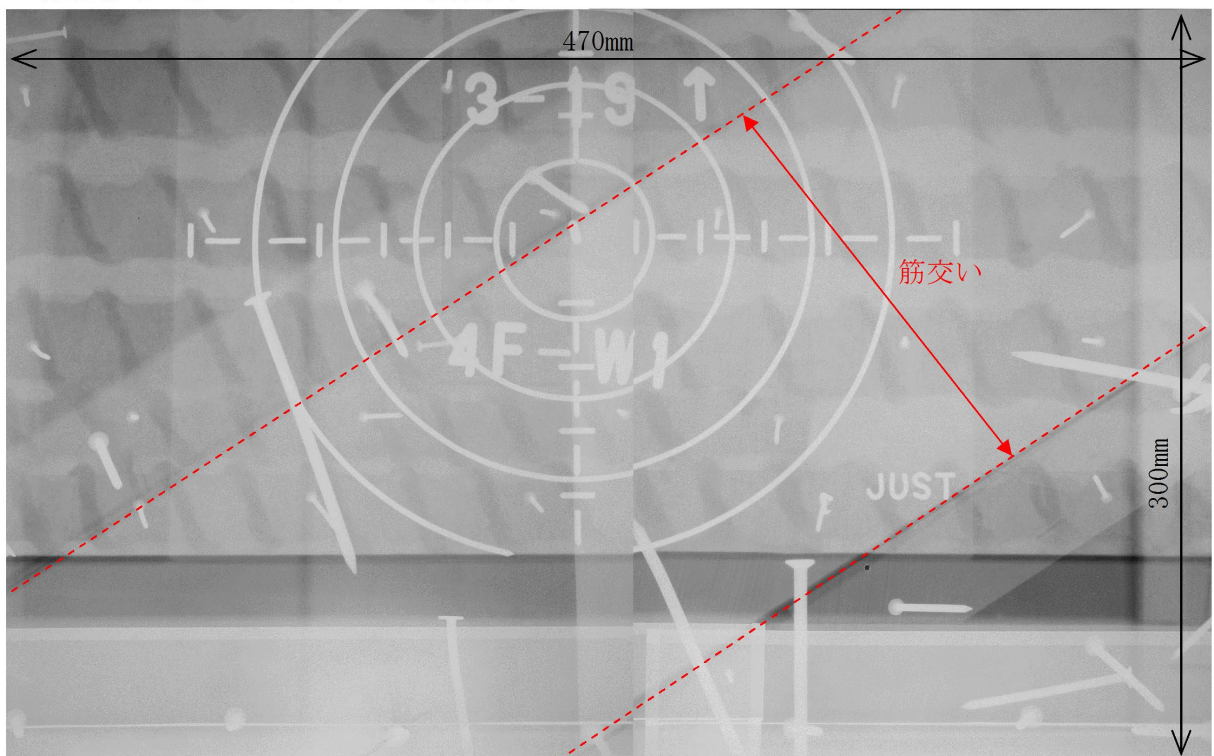
■撮影結果画像（富士IP）



※画像サイズ：356mm×432mm(半切)

筋交いと思われるフィルム画像が確認された。

■撮影結果フィルム（フィルム2枚撮影）

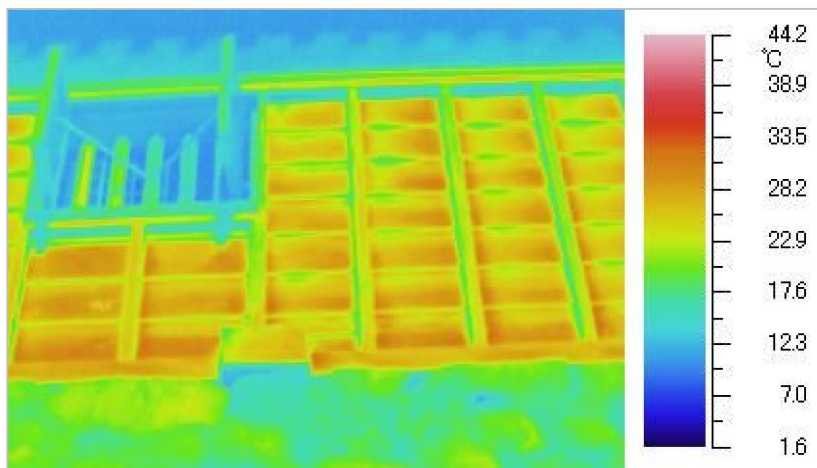


サーモグラフィによる予備調査結果

調査番号	No. 1	階	1 階
仕上げ材	内装仕上げ：漆喰 、 外装上げ：下見板 、 壁厚：350mm程度		
調査方法	赤外線サーモグラフィ		



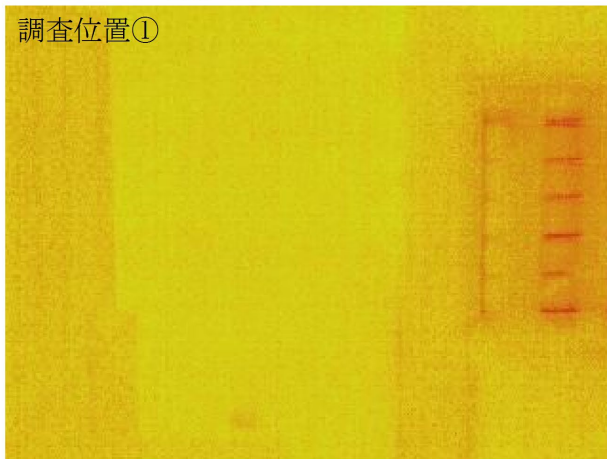
■外部 赤外線画像



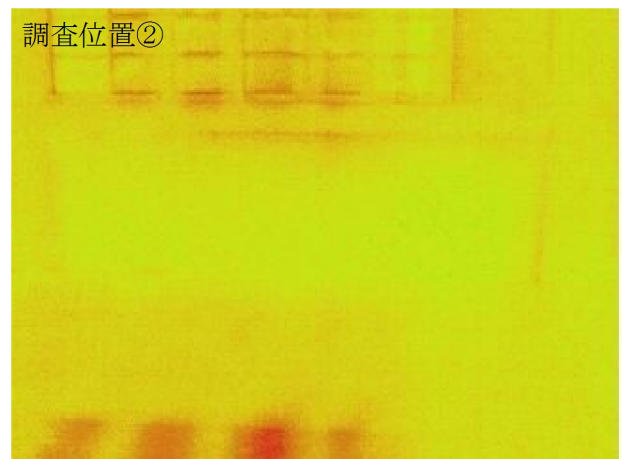
筋交いと思われる赤外線画像は得られなかった。

■内部 赤外線画像

調査位置①



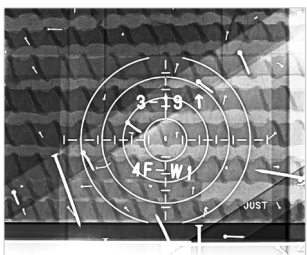
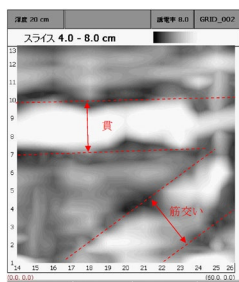
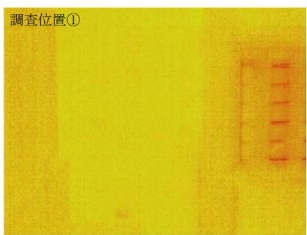
調査位置②



調査の結果、RCレーダの3D解析で何となく筋交いと思われる画像が得られ、その位置をエックス線撮影したところ筋交いが確認できた。サーモグラフィは、土壁の厚さが厚く確認できなかった。

本調査は、予備調査の結果と作業日数や調査費用を含めてRCレーダの3D解析とエックス線を併用し確認することを提案した。

調査方法の比較

調査方法	予備調査 結果	調 査				備 考
		作業性	日 数	コスト	安全性	
エックス線 	○	△	×	×	×	・ 第三者の被ばく （作業時間の検討が必要） ・ 外部にフィルム貼付のための 仮設足場が必要
RCレーダ 	△	○	△	△	○	・ 測定シート貼付 （仕上げ材破損の可能性有り） ・ 仕上げ材の凹凸面は調査不可
サーモグラフィ 	×	○	○	○	△	・ 壁面方位により調査不可 ・ 雨天・強風時は調査不可 ・ 撮影角度により調査不可

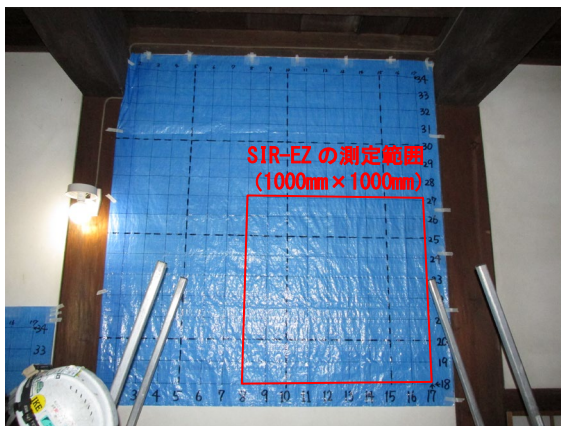
2. 調査方法

室内側の壁面に測定シートを貼り、RCレーダ「105」を走査して断面データを採取した。採取した断面データは、3D解析ソフトを使用して解析し筋交いの位置を確認した。

当初、RCレーダによる本調査は「SIR-EZ」を使用する予定でしたが、本調査前に客先から壁面全体（柱スパンは約1,500～2,000mm、階高は約2,000～3,000mm程度）が確認したいという要望があったため、3D可視化ソフトでの表示範囲が大きく、測定範囲も自由に変えられる「105」を使用することにした。

3D解析ソフトで表示できる範囲は最大1,600mm×1,600mmのため、測定シートは1,800mm巾の養生シートに100mmのグリットをマーキングし作成した。

なお、エクス線（FCR）の調査は、JUST 技法27「FCR稼働開始」（2013年3月22日）で確認されたい。



作成した測定シート①



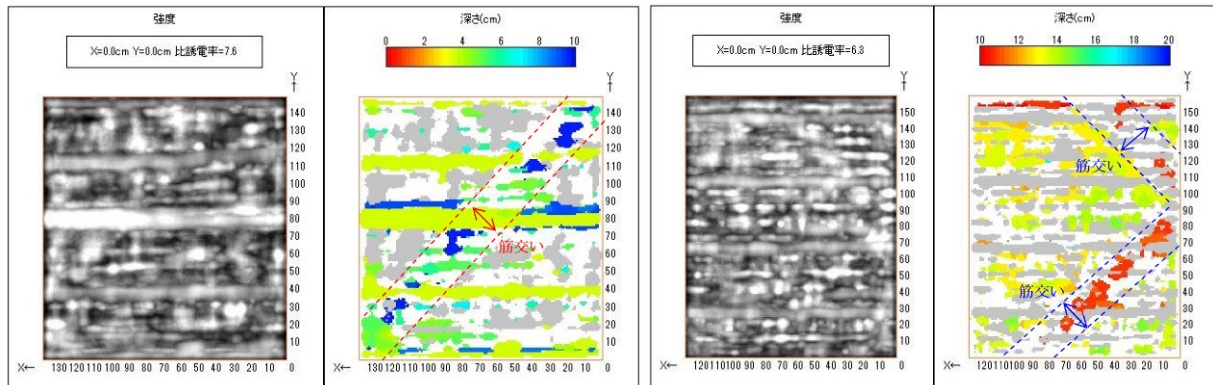
作成した測定シート②



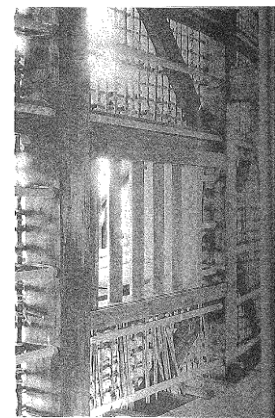
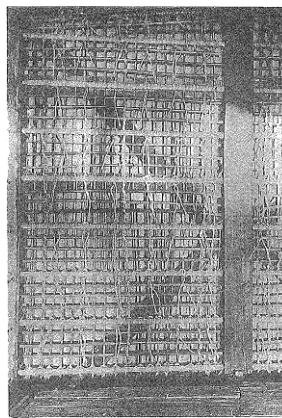
作業状況

3. 調査結果

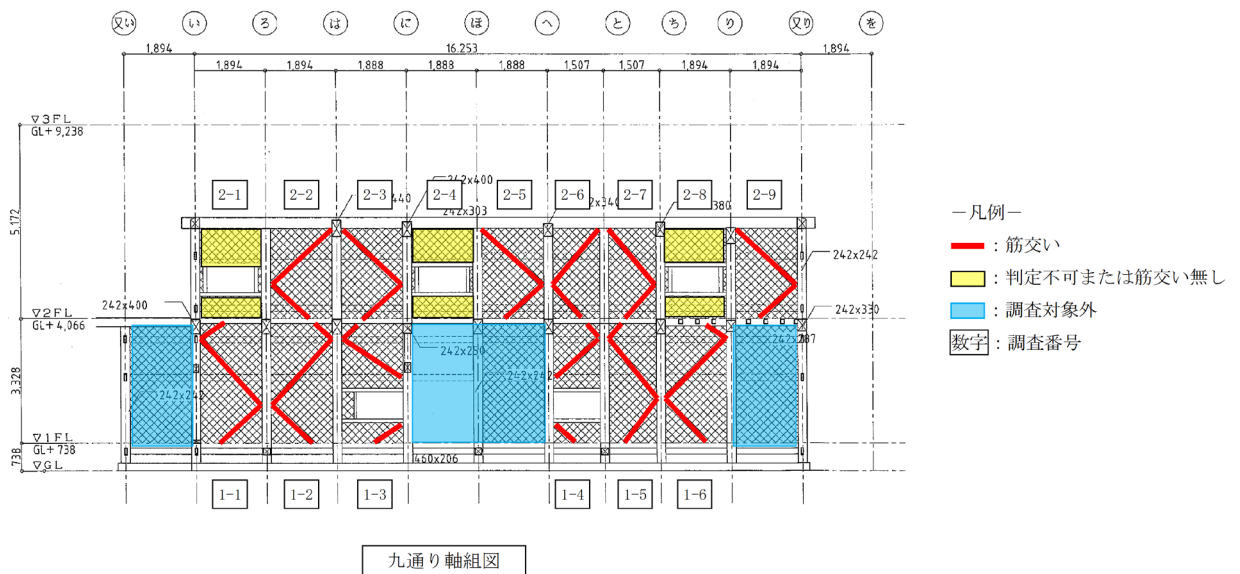
R Cレーダの3 D解析の結果、筋交いと思われる画像が得られた。



改修工事時の写真と比較すると、
得られた画像が筋交いと判断できる。



調査の結果、以下のような筋交いの配置であった。



4. まとめ

土壁内の筋交いは、RCレーダの3D解析により確認できることがわかった。

「105」と「SIR-EZ」各機種の3Dの特徴を表1に示し、予備調査時の「105」と「SIR-EZ」の3D画像を図1・2に示す。

表1 各機種の3Dの特徴

	105	SIR-EZ
3Dソフトで表示できる探査範囲	1600mm×1600mm 以内であれば、サイズは自由に変更できる	定格サイズ 300mm×300mm、600mm×600mm 1000mm×1000mm、1200mm×600mm
解析処理	パソコンでデータ処理	本体でデータ処理
画像表示	強度(白黒)、深さ(カラー)	強度(白黒)

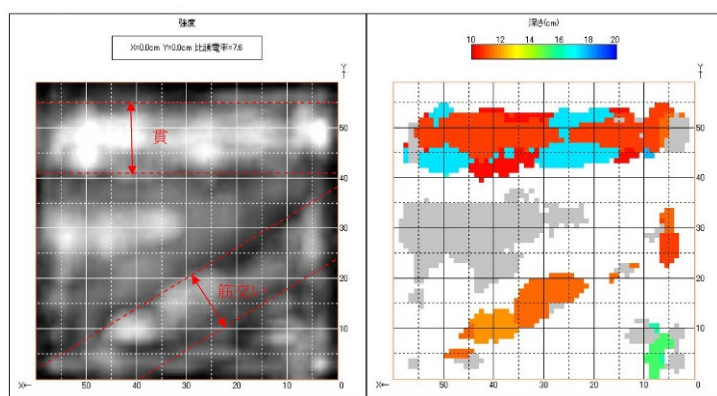


図1 予備調査時の「105」の3D画像

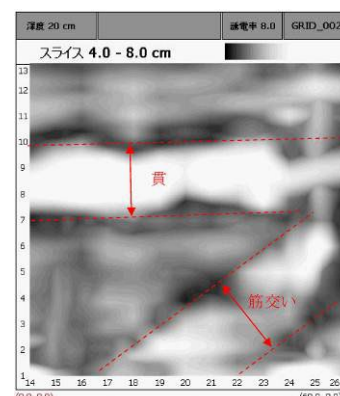


図2 予備調査時の「SIR-EZ」の3D画像

「105」は、広い範囲を調査する場合やカラーで識別する場合に有効と思われる。

今回の調査では、調査箇所毎にパソコンに断面データに移し解析するのが面倒なため、現地ではひたすらデータを採取した。調査の結果は、測定範囲が大きく3D画像に「深さ(カラー)」表示があるため筋交いの判定が易かった。

「SIR-EZ」は、機器本体で3D解析を行うため、現地で短時間に判定が必要な場合に有効と思われる。当初、予備調査時に「SIR-EZ」を使用しようとした理由も、現地で筋交いが確認できることであった。また、「SIR-EZ」の3D画像の方が若干明瞭に確認できたからだ。

5. 最後に

「105」の3D解析ソフト「3D-Light」は、購入してみたもののなかなか使用されていなかった。今回の調査で元が取れるほど活躍できたが、RCレーダ自体はコンクリート内部を探索する機器であるため、今後はコンクリート構造物で3D解析ソフトを活用していきたい。