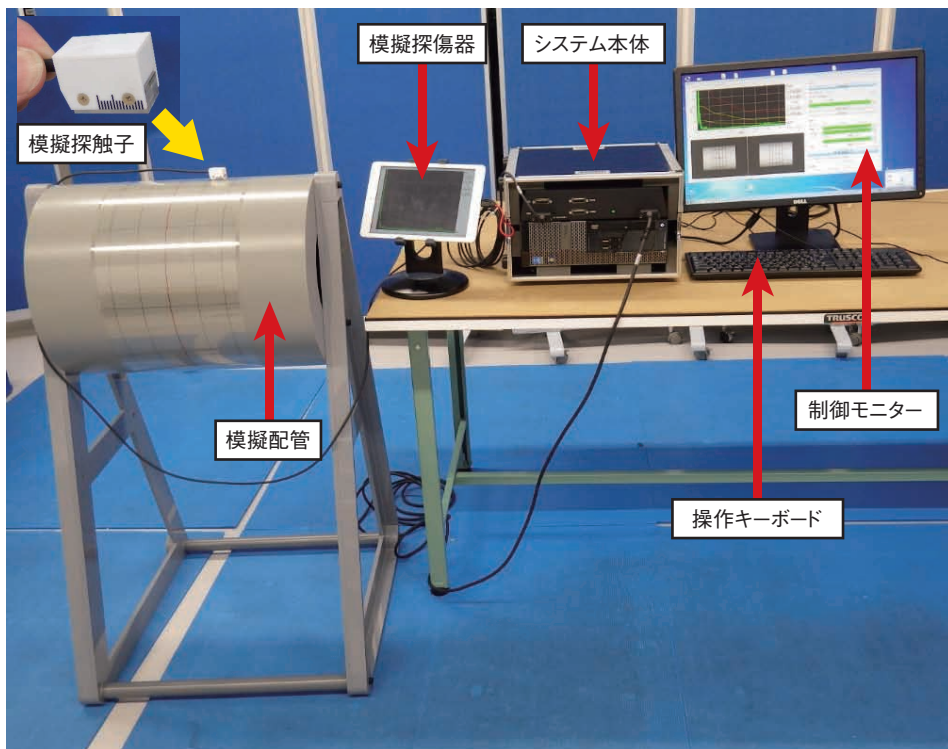




発電設備の健全性を確認する 超音波探傷試験の信頼性向上のために

—試験技術者の訓練を支援するバーチャルUTシステムを開発—



バーチャルUTシステム

発電所の重要な機器については、運転開始後も、分解点検や目視点検、超音波探傷試験(Ultrasonic Testing: UT)などの非破壊試験により、想定範囲を超える損傷がないかを確認しています。電力中央研究所は、UTを実施する試験技術者の訓練や技量認定を、実際の試験体を使わずに実施できるバーチャルUTシステムを開発し、低コストで効果的な訓練ができることを確認しました。

超音波探傷試験(UT)の現状と課題

UTの現状

原子力発電所の重要な機器である圧力容器や配管は、運転開始後も定期的に検査を行って、その健全性を確認しています。配管の場合は、溶接で接合している部分で内面側からひび(欠陥)が入る場合があります。UTで確認します。UTでは、超音波を対象物に入射し、その反射波によって欠陥の有無や、その大きさを評価します。配管のUTでは、配管溶接部の変形や溶接による形状(溶接裏波)によって超音波が反射されることがあり、ひびの信号(欠陥信号)との判別がポイントになります(図-1)。

配管のUTは、試験技術者が直接、探触子(センサー)を対象部に当てて検査を行う手動探傷が多く行われています。UTを実施する試験技術者は、一般的な知識や技術を習得した上で、検査作業に従事します。手動探傷では、試験技術者が超音波探傷器に表示される探傷波形を見て、その場である程度の判断をする必要があります。試験技術者の技量が検査結果の信頼性に影響を及ぼします(図-2)。特に重要な発電設備の検査では、“熟練した”試験技術者が従事することで、発電設備の信頼性を維持してきました。つまり、一般的な知識と技量を得ていることを一般的な資格試験で確認し、さらに現場で経験を積んで、検査会社が独自に実施している社内認定試験などで技量を確認した上で、実際のUTに従事しています。

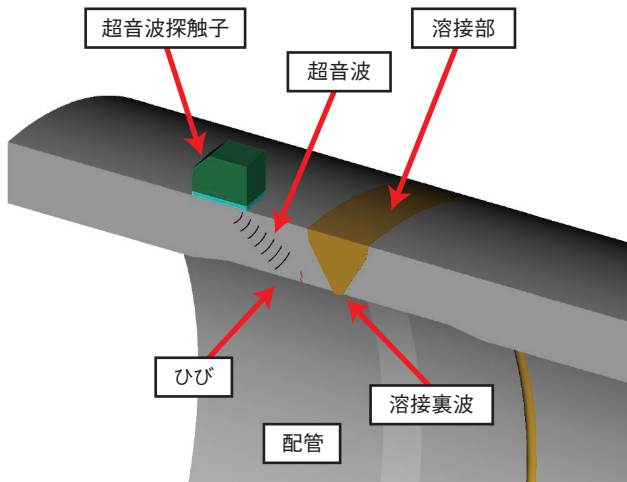


図-1 配管溶接部の超音波探傷

UTの課題

試験技術者の世代交代が進んでいること、実際に発電所で探傷経験を積む機会が減少していることなどにより、実機での経験ではなく、訓練を通じて技量を維持・向上させる必要があります。訓練では、実際の配管を模擬した試験体に実際に発生するような欠陥を付与した配管模擬体(試験体)を多数用意する必要があります。試験体の製作コストなどが課題となっていました。特に欠陥を見つける訓練では、欠陥の付与位置などが既知の試験体と同じでは訓練の効果は低く、その秘匿性を確保するためにも、多数の試験体が必要とされています。

このため、実際の試験体を使用しないで訓練ができる、バーチャルUTシステムを開発しました。

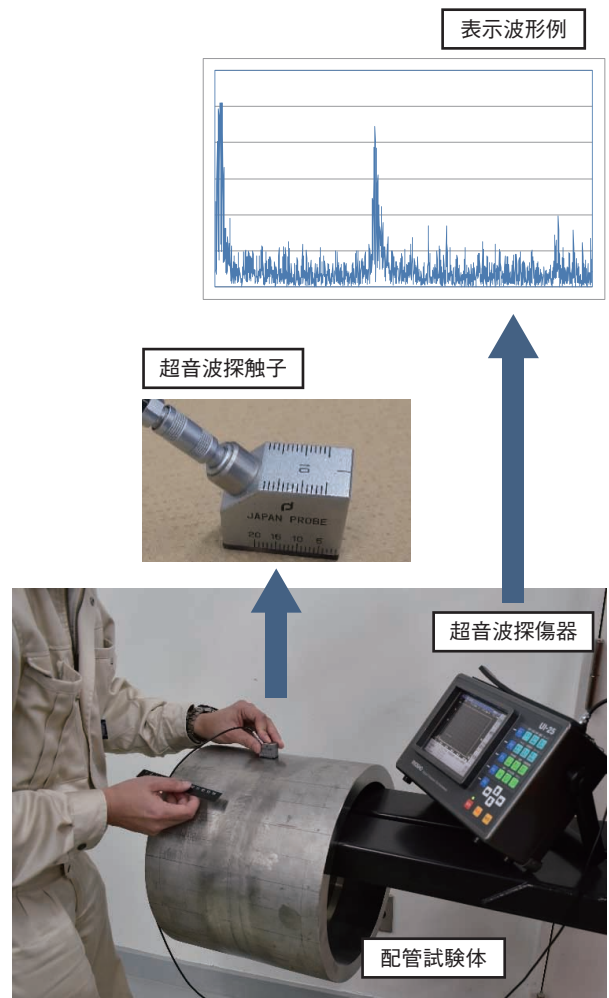


図-2 模擬欠陥の入った実際の試験体の探傷訓練

2

バーチャルUTシステムの開発

バーチャルUTシステムの概要

バーチャルUTシステムは、模擬配管、模擬探触子、3次元位置検出装置、PCなどから構成されます(図-3)。3次元位置検出装置は、基準となる親機と、計測対象となる子機から構成され、親機は模擬配管の内部に、子機は模擬探触子内部に取り付けられます。親機の位置を基準にして子機(模擬探触子)の位置および角度を毎秒120回という速度で検出し、その位置と角度に応じて探傷波形を表示させます。3次元位置検出装置は、電磁気式センサーを使用した装置のため、親機および子機につながるケーブル(実際の探触子にもケーブルがつながっている)以外の器具は必要とせず、実際の作業を再現できます。表示される波形は、探傷した場合に得られる波形をコンピュータ内部のメモリに格納しており、ほぼリアルタイムで表示できるようにしました。使用される探傷波形は、小さなサンプルから採取し

たデータをつなぎ合わせたり、向きを変えることなどの編集を行うことで、多くのバリエーションのある探傷波形を生成することができます。このことにより、実際の欠陥を含んだ高価な試験体を少数製作するだけで、多数のデータ生成が可能となり、多数の試験体を用いた訓練と同等の効果を得られます。

さらに表示させる際に、任意のノイズを追加させることもでき、実際の作業における探傷波形の"ゆらぎ"も再現可能にしました。

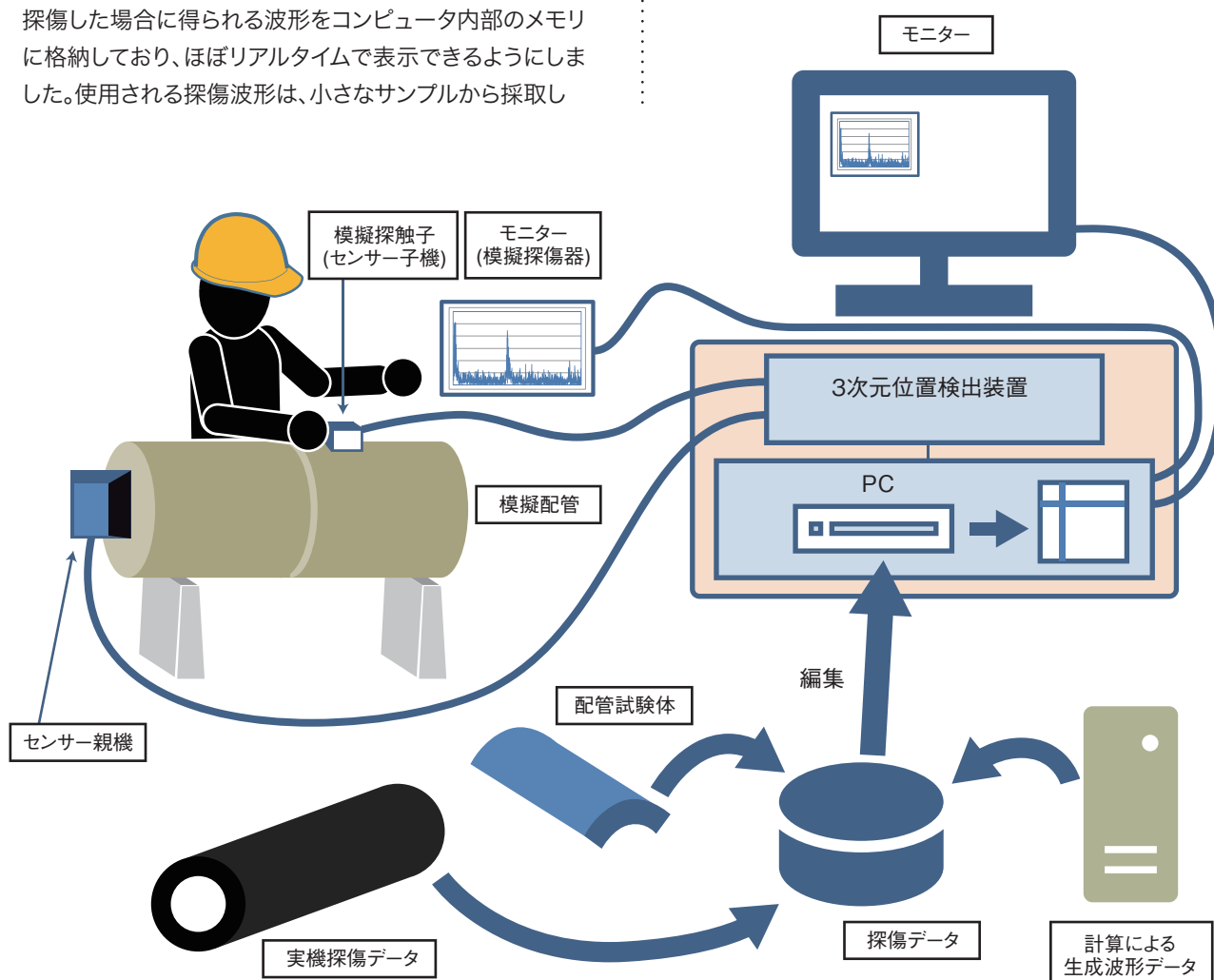


図-3 バーチャルUTシステムの構成

表示させる探傷波形を編集(並べ替え、反転など)することで、1つのデータから多数のデータを生成することが可能です

3

バーチャルUTシステムを使用した技量評価

熟練者の探傷作業の特徴

熟練者、非熟練者(UT資格は有しているものの配管の探傷作業は経験の少ない技術者)、無資格者の3人が、開発したバーチャルUTシステムを用いて探傷した結果を図-4に示します。熟練者・非熟練者ともに欠陥信号はほぼ全て適切に検出しています。しかし、熟練者は欠陥ではない部分についても「欠陥はない」とほぼ適切に判定しているのに対し、非熟練者は「欠陥の可能性あり」と判定しています。このことから、非熟練者が探傷すると、欠陥以外の信号を適切に除外できず、不要な追加確認探傷や補修を行うことになりかねないことが想定されます。

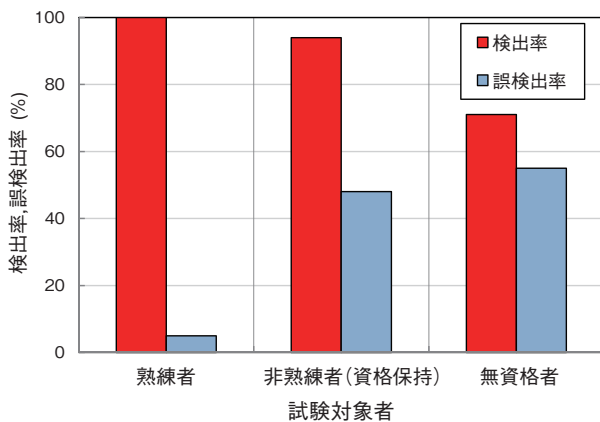


図-4 バーチャルUTシステムを用いた検出性試験の結果

熟練者は欠陥を全て検出し、欠陥ではないところを欠陥ありと判断する比率は小さい。非熟練者も欠陥はほぼ検出するが、欠陥ではないところも欠陥ありと判断してしまう。資格を持っていない技術者は欠陥の見逃しが相当数ある。このような試験技術者の技量の評価を試験体を使わずに簡単に評価することが可能です。

本システムには探触子の走査軌跡を記録する機能が付加されていますので、探傷走査の特徴なども確認できます。熟練者が実際に探傷した軌跡を図-5に示します。熟練者は全体を大まかに探傷し、疑義のある部分のみを重点的に探傷することができています。したがって、熟練者は効率的に探傷を進めることができ、コストや工程の面での優位性があることとなります。

今後は、本システムを用いた訓練のさらなる効果の向上を目指します。

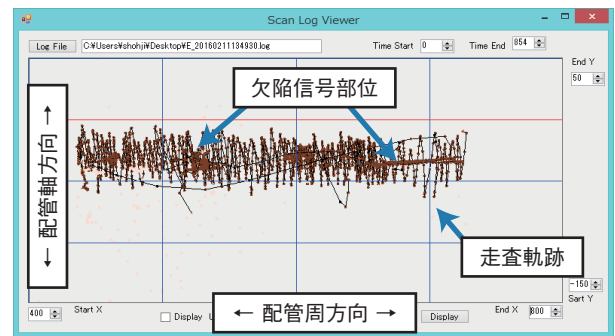


図-5 バーチャルUTシステムに記録された熟練者の走査軌跡(例)

ひとこと

材料科学研究所 上席研究員 東海林 一

東日本大震災以降、原子力発電所の安全性に対して注目が高まっています。発電所を構成する機器の健全性は安定運転の基本であるとともに、非常時に適切に機能することで安全の要となるものでもあります。検査、特に非破壊検査のような技術は原子力発電所のみならず、インフラの広い分野でニーズが高まっており、このバーチャルUTシステムも、原子力発電所以外にも広く適用可能なものと考えています。



| 関連する研究報告書 |

Q16012 「バーチャルUTシステムを用いた検査員の技量向上の検討」

Q14007 「技量認定試験に使用可能なバーチャルUTシステムの試作」

報告書は当所ホームページよりダウンロードできます