

令和3年10月28日

報道機関 各位

東北大学大学院工学研究科
東北大学流体科学研究所

見えない“閉じたき裂”を冷却し超音波で映像化 — 橋梁・発電プラント・航空機エンジンなどの非破壊評価に新手法 —

【発表のポイント】

- 通常見えない“閉じたき裂^(注1)”を高感度に計測できる超音波^(注2)映像法を開発
- 冷却スプレーを噴射することで、“閉じたき裂”を一時的に開かせながら、表面近傍の欠陥を映像化できる表面波フェーズドアレイ^(注3)で計測することに成功
- 橋梁や発電プラント・航空機エンジンなどの安全性・信頼性の向上に貢献

【概要】

橋梁・発電プラントなどのインフラ構造物や航空機エンジン内の見えない欠陥を可視化する非破壊評価技術は、安心・安全な社会実現のための重要な課題です。最近、医療分野で開発された超音波フェーズドアレイ^(注4)が工業分野の非破壊評価に応用されていますが、これを発電プラントや航空機エンジンなど過酷環境下に晒される部材表面の非破壊評価に応用するには、次の2つの課題がありました。

(1)従来の超音波フェーズドアレイでは、表面直下はノイズの影響があり計測できない

(2)特に高温に晒された部材は熱によってき裂が閉じる(密着する)ため、計測感度が低下する

東北大学大学院工学研究科の小原良和准教授らの研究グループは、これらの課題を解決する独自の超音波映像法「表面波フェーズドアレイ」を開発し、同大学流体科学研究所の内一哲哉教授らの研究グループとの共同研究により実証しました。エアダスターのような冷却スプレー^(注5)を用いて、閉じたき裂を一時的に開かせることで、表面を伝わる超音波(表面波^(注6))を用いた高感度計測に成功しました(図1)。これにより、過酷な高温環境に晒される発電プラント、航空機エンジンの部材の非破壊評価や橋梁・トンネルなどの構造物の初期劣化の検知が可能となり、安全性・信頼性の向上に貢献します。

本研究の内容は10月21日に、Elsevier社の学術誌「Ultrasonics」に掲載されました。

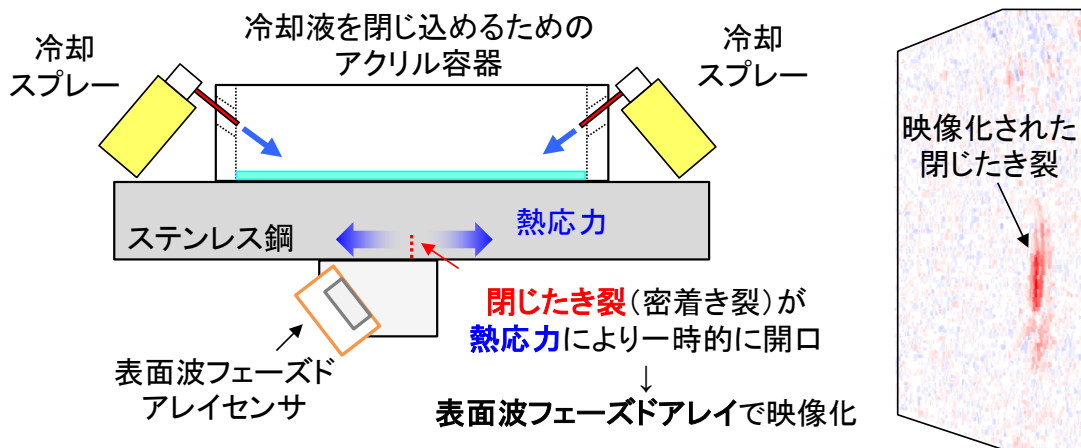


図 1 発電プラントで問題となっている高温環境で閉じたき裂に対して、冷却スプレーを噴射しながら表面波フェーズドアレイ(左)により映像化した結果(右)

【問い合わせ先】

< 研究に関して >

東北大学大学院工学研究科 材料システム工学専攻 准教授 小原 良和
電話 022-795- 7358 E-mail: ohara@material.tohoku.ac.jp

< 報道に関して >

東北大学工学研究科情報広報室 担当 沼澤 みどり
TEL: 022-795-5898 E-mail: eng-pr@grp.tohoku.ac.jp

【研究の背景と課題】

脱炭素の実現に向けて、発電プラントや航空機エンジンを高効率化するためには高温での稼働が重要です。しかし、そのような過酷環境下では欠陥が発生しやすいため、安全・安心を保証するためには、壊さずに欠陥計測を行う非破壊評価技術の確立が必要です。現在、人体に無害で、割れ状欠陥(き裂)に感度の高い超音波が幅広く用いられ、最近では、医療分野で開発された超音波フェーズドアレイが工業分野に応用されるなどしています。しかし、特に発電プラントや航空機エンジンなど高温の過酷環境下に晒される部材は、表面に欠陥が発生しやすいにも関わらず、従来の超音波フェーズドアレイでは表面直下は励振電圧ノイズの影響で計測できないという課題がありました。また、高温環境下ではき裂が閉じる(密着する)ため、大幅に感度が低下することも問題でした。

【研究のポイント】

東北大学大学院工学研究科の小原良和准教授らの研究グループは、同大学流体科学研究所の内一哲哉教授らの研究グループとの共同研究により、エアダスターのような冷却スプレーを用いて、材料内部に熱応力^(注7)を発生させることで、閉じた(密着した)き裂を一時的に開かせながら、表面を伝わる超音波(表面波)を用いた独自の表面波フェーズドアレイ(図2)で映像化することに成功しました(図1)。

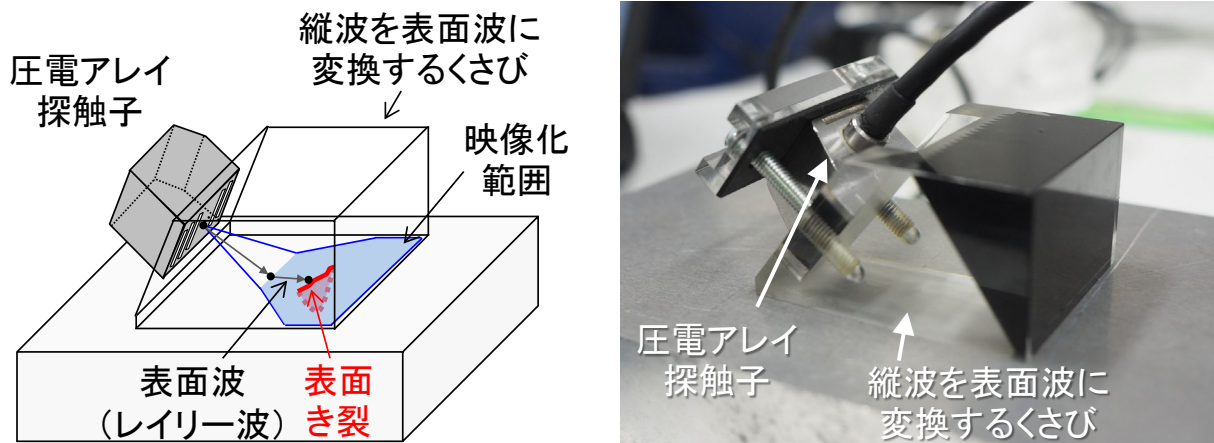


図2 表面を高感度に映像化できる表面波フェーズドアレイ(左:概念図、右:写真)

【今後の展望】

今回開発された表面波フェーズドアレイ映像法により、高温などの過酷環境に晒される発電プラントや航空機・ロケットエンジンなどの部材の安全性・信頼性の向上に貢献します。また、欠陥が発生しやすい表面近傍に感度が高いことから、橋梁・トンネルなどにおいても発生初期の微小欠陥の超早期検出が期待できます。

【研究プロジェクトについて】

本研究は、日本学術振興会 科学研究費補助金(15H04139、19K21910、21H04592)の支援を受けて行われました。

【論文情報】

題目: High-Selectivity Imaging of the Closed Fatigue Crack due to Thermal Environment Using Surface-Acoustic-Wave Phased Array (SAW PA)

著者: Yoshikazu Ohara, Taro Oshiumi, Xiaoyang Wu, Tetsuya Uchimoto, Toshiyuki Takagi, Toshihiro Tsuji, Tsuyoshi Mihara

雑誌名: Ultrasonics

DOI: 10.1016/j.ultras.2021.106629

URL: <https://doi.org/10.1016/j.ultras.2021.106629>

用語説明

(注1) **閉じたき裂**: 通常、超音波はき裂面の間の空気層で反射するが、き裂面間が密着した「閉じたき裂」では超音波が透過し、反射が起こらないため、超音波検査で見逃しの要因となる。従来法では検査が困難なき裂。

(注2) **超音波**: 人の耳では聞こえない高い周波数(20 kHz以上)の音。周波数が高い程、直進性に優れるが、減衰の影響も大きくなる。金属材料ではMHz領域(10^6 Hzオーダー)の周波数が利用される。

(注3) **表面波フェーズドアレイ**: 超音波フェーズドアレイは、縦波(地震で最初に到達する縦揺れに相当)を用いるが、センサの直下は励振電圧の影響で映像化できない。一方、表面波フェーズドアレイは、表面波を用いるため、表面欠陥を高感度に映像化可能。

(注4) **超音波フェーズドアレイ**: 複数の素子を持つアレイセンサとその制御器により、電子スキャンで内部の映像化が可能。医療分野で開発され、近年では工業分野への普及も進みつつある。

(注5) **冷却スプレー**: エアダスターのようなスプレーであり、噴射箇所を局所的に -55°C まで急速冷却できる。

(注6) **表面波**: 表面に沿って伝わる超音波であり、レイリー波とも呼ばれる。表面の欠陥に感度が高い。

(注7) **熱応力**: 材料の一部が冷却され、局所的に収縮することで、材料内部に発生する力。