

共焦点サブハーモニック超音波フェーズドアレイによる 広範囲の閉口き裂の深さ計測

Ultrasonic Measurement of Closed-Crack Depth in a Wide Area using Confocal Subharmonic Phased Array

東北大学 ○菅原 あずさ, 神納 健太郎, 小原 良和, 山中 一司

Tohoku Univ. °Azusa Sugawara, Kentaro Jinno, Yoshikazu Ohara, Kazushi Yamanaka

E-mail: b3tm5618@s.tohoku.ac.jp

【目的】我々は、閉じたき裂深さの高精度計測のため分調 (subharmonic) 波[1]に着目し、閉口き裂の映像法 (subharmonic phased array for crack evaluation: SPACE) を開発した[2]。しかし、従来の単焦点 SPACE[3]では送信焦点が固定のため、その近傍しか映像化できなかった。そこで本研究では、複数の送信焦点を設定し、広範囲を映像化可能な共焦点 SPACE を提案し、その有用性を示す。さらに、レーダ表示法を考案して送信ビームの角度変化に伴う散乱源の挙動の変化を観察し、減衰 2 重節点 (damped double node: DDN) モデル[4]を用いた時間領域有限差分 (finite-difference time-domain: FDTD) 法により、その結果について検討を行う。

【原理】図 1 に共焦点 SPACE の概念図を示す。複数の送信焦点 (角度 θ および距離 r) を設定し、各焦点毎に SPACE のアルゴリズム[3]で映像化を行い、FA (fundamental array) 像と SA (subharmonic array) 像を形成する。そして、各送信焦点付近の映像を合成して一枚の映像を形成することで、広範囲の閉口き裂を映像化する。さらに、各送信焦点の映像に送信ビームの方向を表す直線を重ね、レーダのように、散乱源の挙動をこの直線の動きと同期して観察するレーダ表示を構築する。

【実験】ステンレス鋼 SUS304 の溶接熱影響部に、原子炉実機と同様の高温高圧水環境 (288°C) 下で応力腐食割れ (stress corrosion crack: SCC) が導入された試験体[3]を用いた。測定配置を図 1 下部に示す。送信焦点には、 $\theta=12^\circ \sim 71^\circ$ (1° 刻み)、 $r=12\text{ mm} \sim 42\text{ mm}$ (7.5 mm 刻み) の計 300 点を選択した。図 2 の合成 FA 像(a)では多くの輝点が見えたが、これは粗大結晶粒での線形散乱による[3]。一方、合成 SA 像(b)では(a)とは異なる位置に明瞭な輝点 A、B、C が見え、合成 FA 像では見逃してしまう SCC の深さが 22.1mm もあることが分かった。さらに、SA 像のレーダ表示より、角度変化に追従して動く応答 (moving crack response: MCR) が B 付近で観察された。この原因を検討するため、DDN モデルを用いた FDTD 法による数値シミュレーションを行った結果、MCR は大振幅超音波によるき裂開口位置の変化によるものである可能性が示唆された。

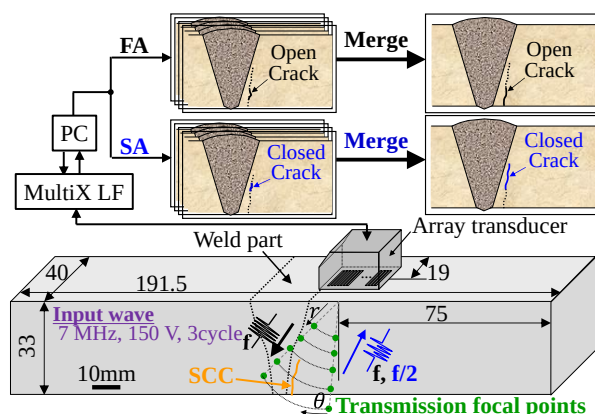


図 1 バルク波共焦点 SPACE の概念図

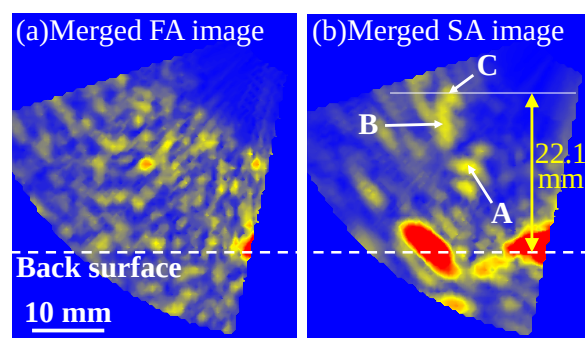


図 2 バルク波共焦点 SPACE による SCC の映像化

【文献】[1]K. Yamanaka, T. Mihara, T. Tsuji, Jpn. J. Appl. Phys., **43** (2004) 3082. [2]Y. Ohara, T. Mihara, R. Sasaki, T. Ogata, S. Yamamoto, Y. Kishimoto, K. Yamanaka, Appl. Phys. Lett., **90** (2007) 011902. [3]小原、堀之内、新宅、柴崎、山口、田上、山中、非破壊検査、**60** (2011) 658. [4]K. Yamanaka, Y. Ohara, M. Oguma, Y. Shintaku, Appl. Phys. Express, **4** (2011) 076601.