

基本波の振幅差分を用いた閉じたき裂の高選択性映像化

High-Selectivity Imaging of Closed Cracks Using Fundamental Wave Amplitude Difference (FAD) Method

東北大工 °小原 良和, 池内 雅子, 神納 健太郎, 山中 一司

Tohoku Univ., °Yoshikazu Ohara, Masako Ikeuchi, Kentaro Jinno, Kazushi Yamanaka

E-mail: ohara@material.tohoku.ac.jp

【目的】非線形超音波では、短いバースト波を用いる場合、線形散乱体のスペクトルが高調波や分調波の帯域に漏れ、非線形散乱体の映像の選択性を低下させる。そこで線形散乱体に対する非線形散乱体の選択性向上が重要な課題である。医用超音波では、造影剤の映像の選択性向上のため、異なる入射波振幅で得られた非線形超音波像の差分を取る方法が提案された[1]。固体では、フィルタ処理しない波形を用いる同様な方法として SSM (scaling subtraction method) [2]が提案された。閉じたき裂の映像法として有効な SPACE (subharmonic phased array for crack evaluation) [3]でも分調波を用いた差分法 (subharmonic wave amplitude difference : SAD) [4]が提案された。しかし、これらの手法では選択性向上は不十分だった。本研究では、基本波を用いた差分法 (fundamental wave amplitude difference : FAD) (図 1) を提案し、より高い選択性の向上を目的とする。

【原理】閉じたき裂の接触振動によって、基本波でもしきい値現象 (図 2) が生じる[5]。そこで、入射波振幅 au_0 の場合の基本波 (fundamental array: FA) 像から、入射波振幅 u_0 の場合の FA 像に振幅比 $a (>1)$ を乗じた映像の差分を取る。この結果 FAD の映像は、 $\Delta F(\mathbf{r}) = c_1 A \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_C) + B \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_R)(1)$ となる。同様に SAD は $\Delta S(\mathbf{r}) = c_2 A \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_C) + (\beta B + c_3 A) \delta(\mathbf{r} - \mathbf{r}_R)(2)$ である。ここで、 c_1, c_2, c_3 は基本波及び分調波の非線形散乱係数、 β はスペクトルの漏れの係数、 $A = a(a-1)u_0(\mathbf{r}_C)^2$ 、 $B = ab_1(T-1)u_0(\mathbf{r}_R)$ 、 b_1 は基本波の線形散乱係数、 $T (<1)$ は基本波の非線形往復透過率である。式(1)では、 $c_1 A$ と B の符号が反対である。そこで、非線形散乱体 C を選択的に映像化するため、しきい値を 0 とし、正の応答のみを取るアルゴリズムを提案する。これにより、 C のみを抽出できる (図 1(c))。一方、式(2)では、 $c_3 A > 0$ より $\beta B + c_3 A > 0$ となり得る。この場合、 R と C が同符号のため C を選択的に映像化できない。また、[1]や[2]の方法もこれと同様の問題を持つ。従って、FAD は非線形散乱体の高選択性映像化を実現できる最初の手法である。

【実験と考察】単一アレイ SPACE[4]を用いて、閉じた疲労き裂試験片 (SUS316L) に FAD を適用した。その結果、 F と R が除去され、 C のみが選択的に映像化された (図 3)。故に FAD は線形散乱体に対する非線形散乱体 (閉じたき裂や造影剤) の選択性向上に有効であることを実証した。

【文献】[1]H. Arai, Japan Patent 30107 (2002). [2] M. Scalerandi, et al., APL, **92**, 101912 (2008). [3]Y. Ohara, et al., APL, **90**, 011902 (2007). [4] Y. Ohara, et al., JJAP, **51**, 07GB18 (2012). [5] Y Ohara, et al., Proc. USE, **27**, 423 (2006).

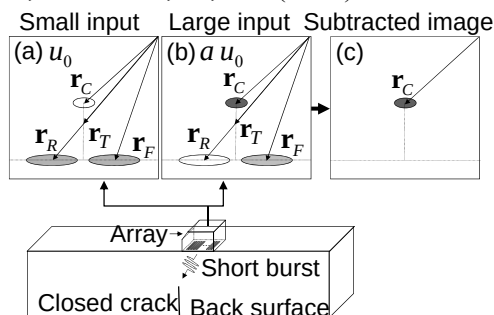


図 1 FAD の概念図.

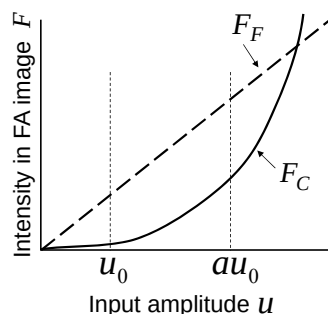


図 2 基本波のしきい値現象.

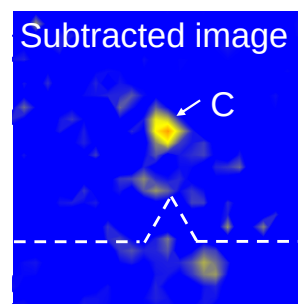


図 3 FAD による差分像.