

# 表面波を用いたサブハーモニック超音波フェーズドアレイによる 閉じたき裂の長さ計測と散乱挙動の映像化

## Measurement of Closed Crack Length by Subharmonic Phased Array Using Surface Acoustic Wave and Imaging of Scattering Behavior

東北大, ○大内 彬寛, 依藤 洋, 神納 健太郎, 菅原 あずさ

Tohoku Univ., ○Akihiro Oouchi, Hiroshi Yorifuji, Kentaro Jinno, Azusa Sugawara

小原 良和, 山中 一司

Yoshikazu Ohara, Kazushi Yamanaka

E-mail: [b3tm5602@s.tohoku.ac.jp](mailto:b3tm5602@s.tohoku.ac.jp)

### 1. 緒言

材料の強度評価には、き裂の深さ・長さの高精度計測が必要である。これまで、閉じたき裂の深さ計測法として、バルク波を用いた分調波の映像法 (subharmonic phased array for crack evaluation; SPACE) が開発されてきた[1]。また、き裂の長さ計測には、主に渦流探傷試験が用いられてきた[2]。一方、超音波分野では、レイリー波の臨界角の楔とアレイ探触子を用いて、自己集束による SN 比向上の研究が報告された[3,4]が、映像化や非線形超音波との融合に関する報告は無い。そこで本研究では、閉じたき裂の長さ計測法として、表面波 (surface acoustic wave; SAW) を用いた SAW SPACE を提案する。そして、疲労き裂試験片に適用し、その基本性能を検証する。

### 2. SAW SPACE の原理

SAW SPACE の概念図を図 1 に示す。送受信にアレイ探触子を用い、楔によりレイリー波の臨界角で超音波を入射する。ここで、楔の縦波音速の水平成分と試験片のレイリー波音速は計算の単純化のため等しいと近似する。各送信焦点に対し遅延則[5]により大振幅集束超音波を入射することで、き裂開口部では基本波の線形散乱が、閉口部では分調波の非線形散乱が起こる。これらを実験探触子で受信し、デジタルフィルタで各成分に分離後、遅延則に従ってシフト加算することで FA (fundamental array) 像と SA (subharmonic array) 像を形成する。これを角度  $\theta$  および距離  $r$  の異なる送信焦点に対して行い、全送信焦点の映像を合成することで、広範囲の閉口き裂を映像化する。

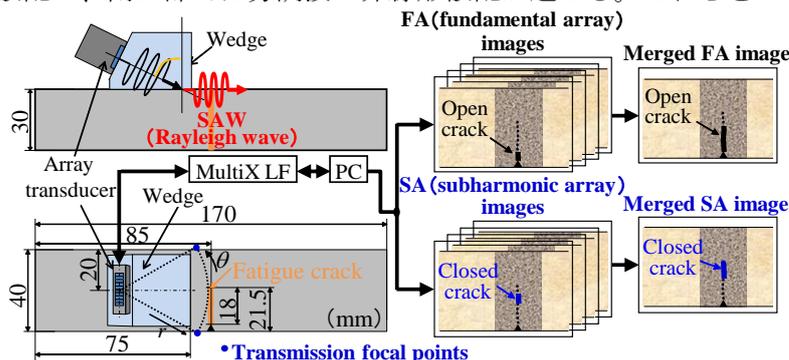


図 1 SAW SPACE の概念図

### 3. 実験条件

き裂長さ計測の検証のため、アルミニウム合金 A7075 の 3 点曲げ疲労き裂試験片 ( $K_{\max}=5.3$ ,  $K_{\min}=0.6 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$ ) [1]の側面を対象とした。測定配置を図 1 左に示す。送受信には PZT アレイ探触子 (5 MHz, 32 素子) を用いた。入射波には、周波数 2 MHz, 150 V, 3 サイクルのバースト波を用いた。送信焦点には、 $\theta=-29^\circ \sim 30^\circ$  ( $1^\circ$  刻み)、 $r=39.5 \text{ mm}$  の計 60 点を選択した。

### 4. 実験結果

SAW SPACE による疲労き裂の映像化結果を図 2 に示す。明瞭な輝点として FA 像 (a) および SA 像 (b) で、疲労き裂が映像化された。特に、SA 像の B でき裂先端が強く映像化された。これは、き裂先端が閉じていることによると考えられる。そして、各映像からき裂長さを測定した結果、FA 像より SA 像で長く映像化された。以上より、SA 像で先端までき裂長さが計測された。また、レーザ干渉計により、入射表面波がき裂で散乱される挙動を映像化した結果についても報告する。

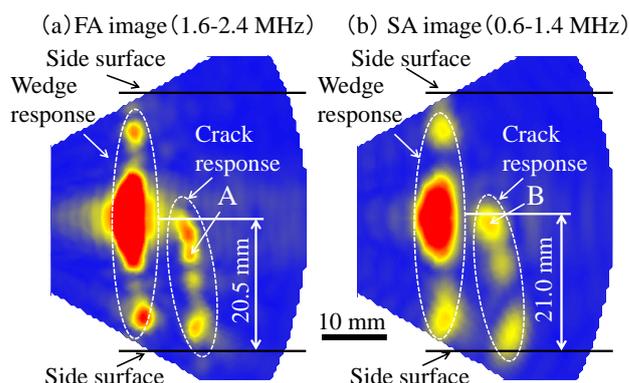


図 2 SAW SPACE による疲労き裂の映像化

**参考文献** : [1]Y. Ohara, et. al, *Appl. Phys. Lett.*, **90** (2007) 011902. [2]N. Yusa, et. al, *Meas. Sci. Technol.*, **18** (2007) 3403. [3]R. K. Ing, et. al, *Appl. Phys. Lett.*, **68** (1996) 161. [4]W. A. K. Deutsch, et. al, *Res. Nondestr. Eval.*, **9** (1997) 81. [5]小原ら、*非破壊検査*, **60** (2011) 658.