

き裂による非線形圧電インピーダンス変調現象の解析

Analysis of Nonlinear Piezoelectric Impedance Modulation Phenomena Caused by a Crack

増田 新, 青木 淳祐, 曾根 彰 京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科

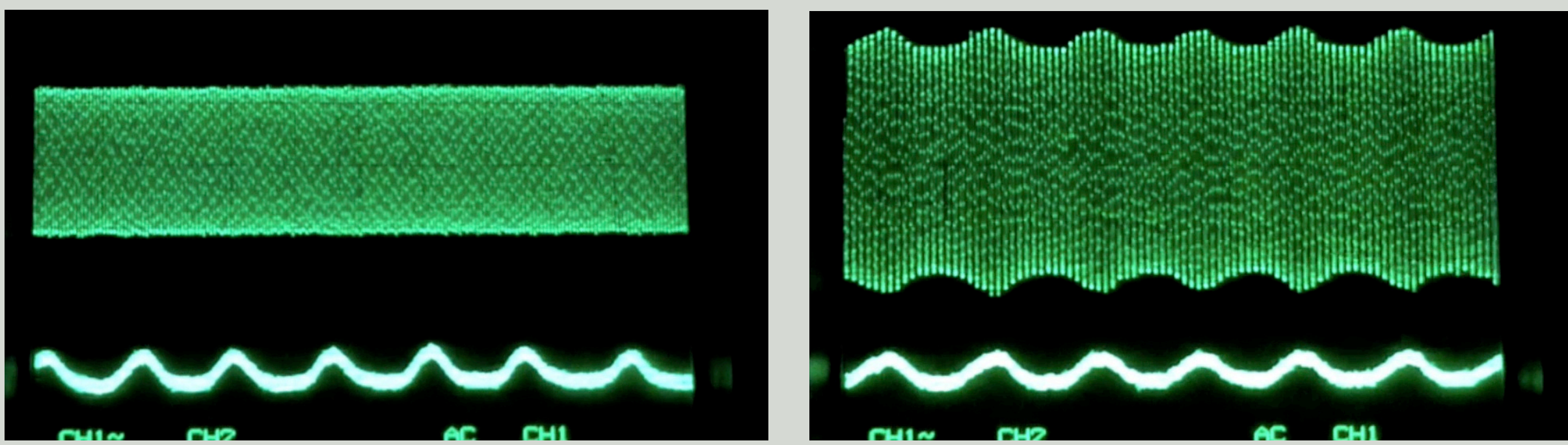
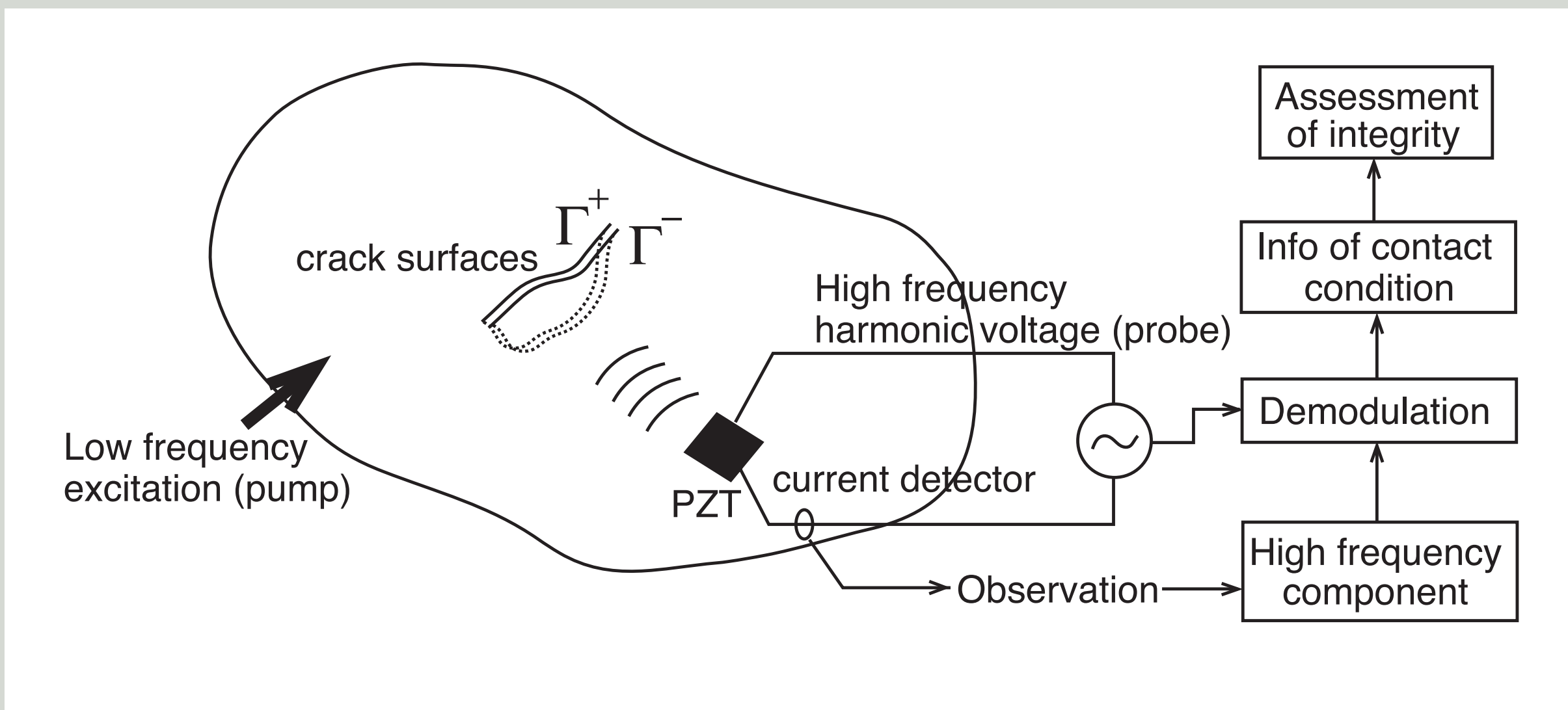
■ 非線形圧電インピーダンス変調法

高感度・埋め込み可能な微小損傷検出法

- ・圧電インピーダンス法 (Liang, 1994)
- ・非線形波動変調法 (Donskoy, 1998)

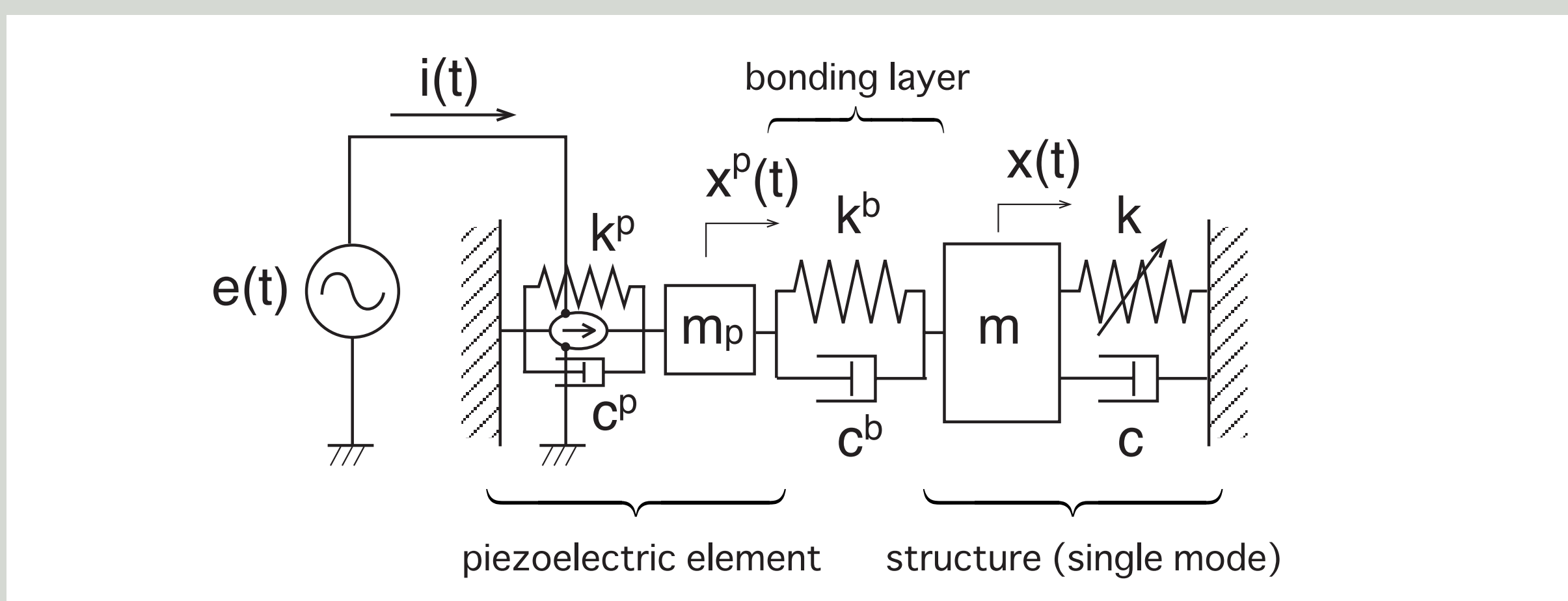
非線形圧電インピーダンス変調法 (増田, 2008)

- ・構造物に貼付した圧電素子の電気アドミタンスが, 構造物に内包された損傷部の非線形性に起因した非線形波動変調効果によって低周波の構造物振動に同期した変調を示すことを利用
- ・高感度・ベースラインフリー



健全な試験片 (左) とき裂のある試験片 (右) 圧電素子の電流応答 (上段), 試験片の曲げ応力 (下段)

■ 単一モードモデルによる解析



凍結パラメータ近似による時変アドミタンス

$$Y(\omega, t) = j\omega \left\{ C^p \frac{A^2}{K_t(\omega, t)} \right\}$$

$$K_t(\omega, t) = K_s(\omega, t) + K_p(\omega) \quad (\text{接着層が十分剛な場合})$$

$$K_s(\omega, t) = -m\omega^2 + j\omega + k_{\text{intact}} + \Delta k(x_{LF}(t))$$

振幅・位相復調による瞬時アドミタンス再構成

$$\hat{Y}(t) = a(t)e^{j\theta(t)}$$

$$a(t) = \text{env}\{i_{HF}(t)\} / E \quad (\text{復調振幅比})$$

$$\theta(t) = \text{angle}\{i_{HF}(t)\} - \text{angle}\{e(t)\} \quad (\text{復調位相差})$$

■ 損傷指標

$$\Delta\kappa(t) = \frac{\Delta k(t)}{k} Q = j \left\{ 1 - \frac{\hat{Y}(t)}{\text{Re}\hat{Y}(t)} \right\} - \frac{\text{Im}\hat{Y}(t)}{\text{Re}\hat{Y}(t)}$$

$$KMI = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \max_t |\Delta\kappa(t)|$$

$$KAI = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \int_0^{2\pi/\omega_{\text{pump}}} \left| \frac{d\Delta\kappa(t)}{dt} \right| dt$$

$$SAI = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \int_0^{2\pi/\omega_{\text{pump}}} \left| \frac{d\text{Re}\Delta\kappa(t)}{dt} \right| dt$$

$$DAI = \frac{1}{N} \sum_{n \in N} \int_0^{2\pi/\omega_{\text{pump}}} \left| \frac{d\text{Im}\Delta\kappa(t)}{dt} \right| dt$$

■ 実験と実験結果

