

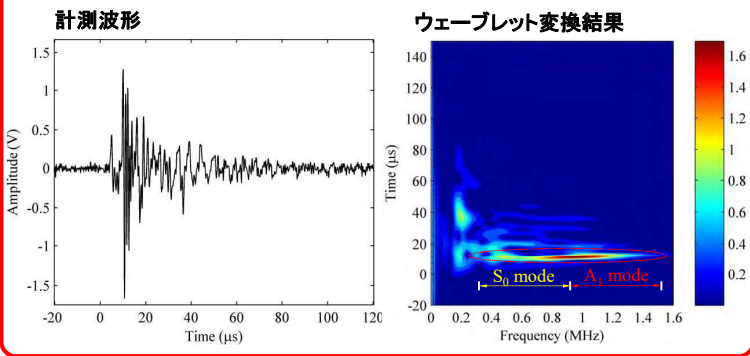
CFRP積層板中の損傷形態とAE波モード特性の関係

研究目的

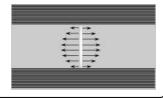
これまで、PSFBGバランスセンシングシステムを用いてCFRPクロスプライ積層板のAE (Acoustic emission) 計測を行い、**トランスバースクラック**と**層間剥離**の発生を検知してきた。本研究では、より正確な損傷形態同定手法を確立することを目的とし、それら損傷形態と**AE波形のモード特性**の関係をより詳細に調べた。

トランスバースクラックによるAE波のモード特性

トランスバースクラックによるAE波形(実験)

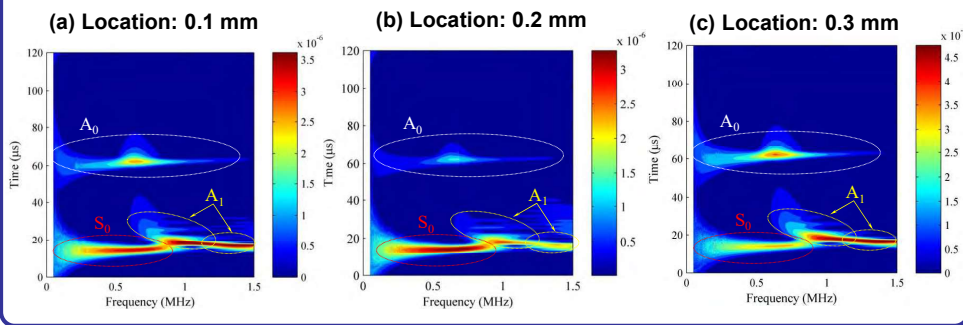


クロスプライ積層板におけるトランスバースクラック

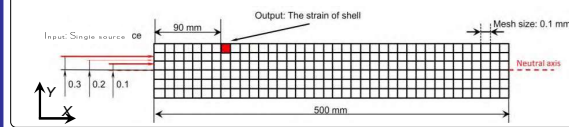


- ① S_0 modeはトランスバースクラックの発信源方向(0度方向)に起因して発生。
- ② A_1 modeとトランスバースクラックとの関係も明らかにするため、FEM数値シミュレーションを実施。

FEM解析結果



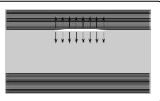
FEMモデル



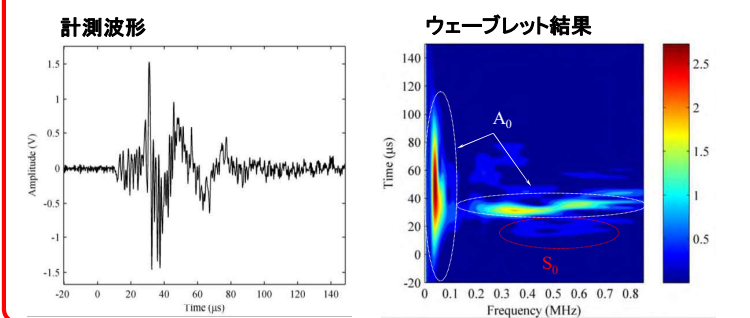
板の中立面から離れた位置にトランスバースクラックが発生した場合、AE波形には A_1 modeが含まれる。

層間剥離によるAEの波動モード特性

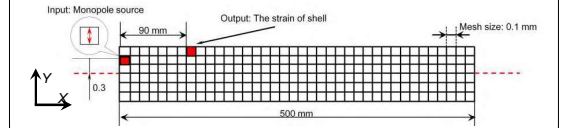
クロスプライ積層板における層間剥離



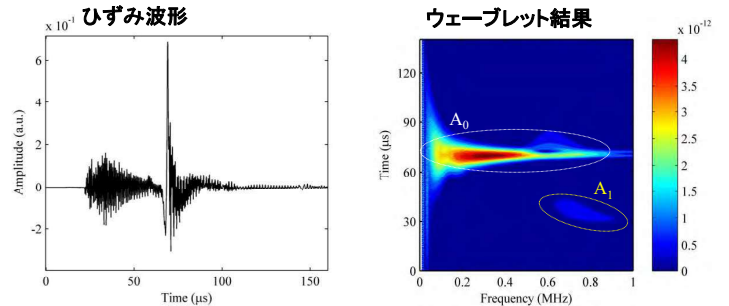
層間剥離によるAE波形(実験)



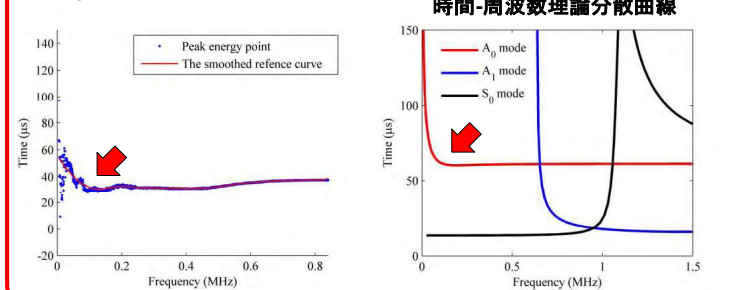
FEMモデル



FEM解析結果



A_0 モードの同定



- ① 層間剥離は90度の発信源方向を持つため、そのAE波は A_0 modeが支配的。
- ② PS-FBGセンサは純粋に軸方向ひずみを計測するため、計測したAE波形は数値解析でのひずみ波形と良い一致を示す。

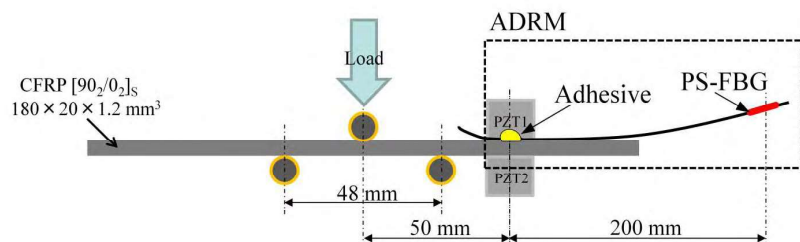
光ファイバセンサを用いた遠隔AE計測に基づくCFRP積層板の損傷同定

研究目的

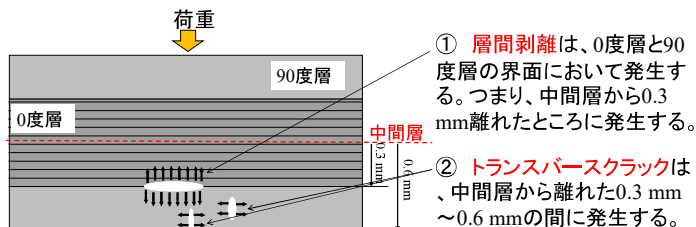
本研究は、遠隔AE計測法を用いて計測した、複合材料の内部損傷に伴うAE信号の特徴に基づき、的確に損傷形態を同定することを目的とする。

CFRPの曲げ試験における遠隔AE計測

試験セットアップ



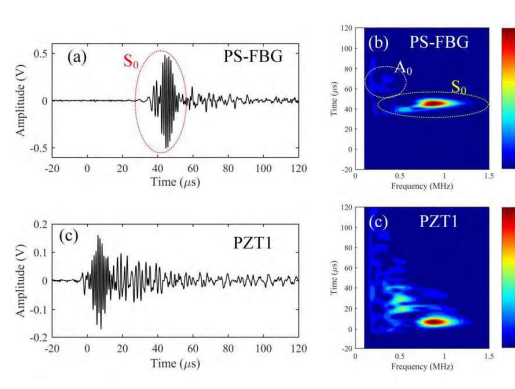
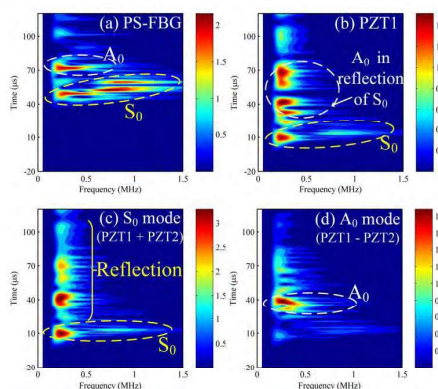
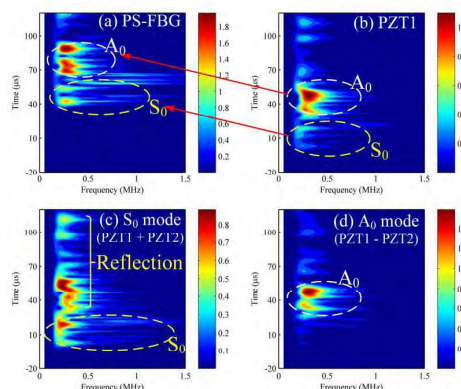
三点曲げ試験における[90₂/0₂]内の損傷



トランスバースクラックによるAE

層間剥離によるAE

繊維破断によるAE



PS-FBGセンサで計測した結果において
① A₀ mode > S₀ mode
② 低いピーク周波数 (0.29 MHz)

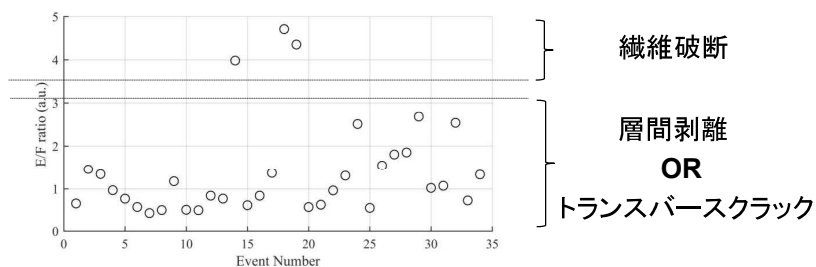
PS-FBGセンサで計測した結果において
① S₀ mode > A₀ mode
② 低いピーク周波数 (0.80 MHz)

PS-FBGセンサで計測した結果において
① S₀ mode >> A₀ mode
② 高いピーク周波数

特徴パラメータによる損傷形態の同定

① AEのピーク周波数特性

ウェーブレット変換結果から抽出



繊維破断

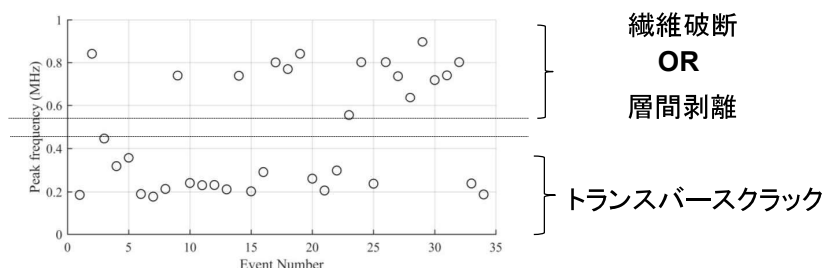
層間剥離

OR

トランスバースクラック

② E/F比

$$= \frac{(S_0 \text{モードのピークウェーブレット係数})}{(A_0 \text{モードのピークウェーブレット係数})}$$



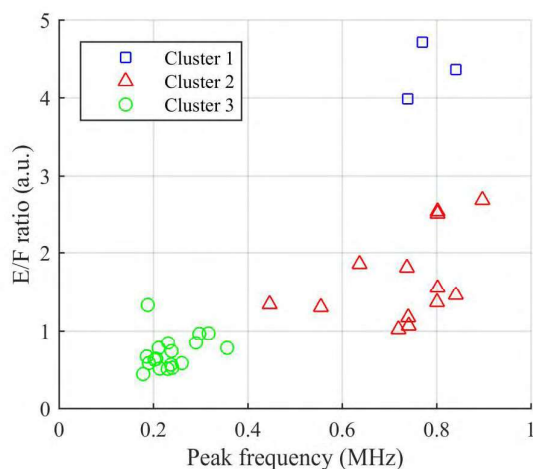
繊維破断

OR

層間剥離

トランスバースクラック

ピーク周波数 vs. E/F比



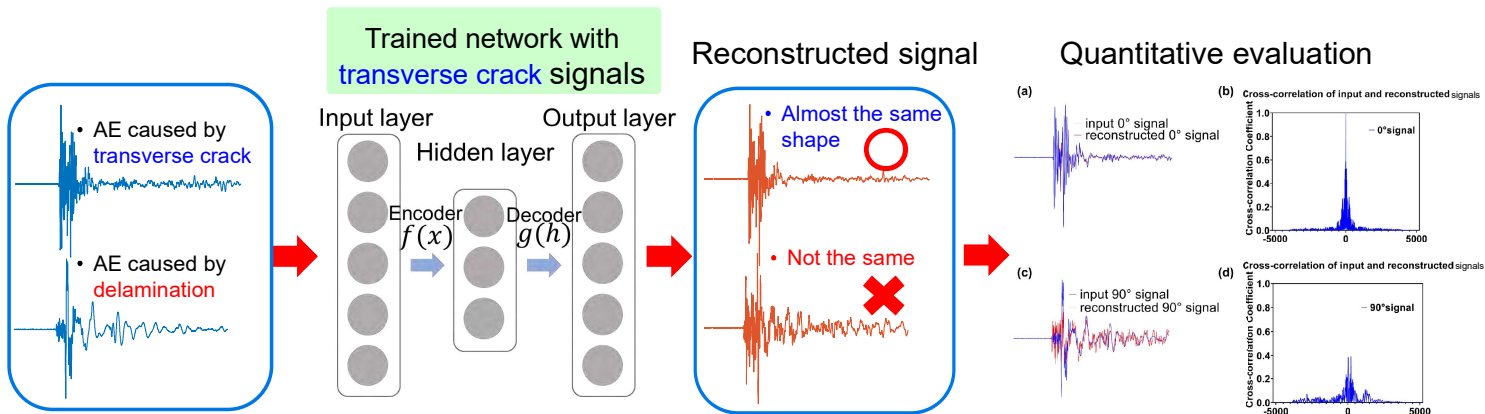
- 遠隔計測法を用いてAE計測を行った結果から、複合材料の内部損傷形態と波動モード及び周波数との関係を得ることができた。
- その波動に関する特徴パラメータのE/F比とピーク周波数から、損傷形態を同定できた。

Application of Machine Learning to a Novel Analytical Method of AE Waveform Signals

Background

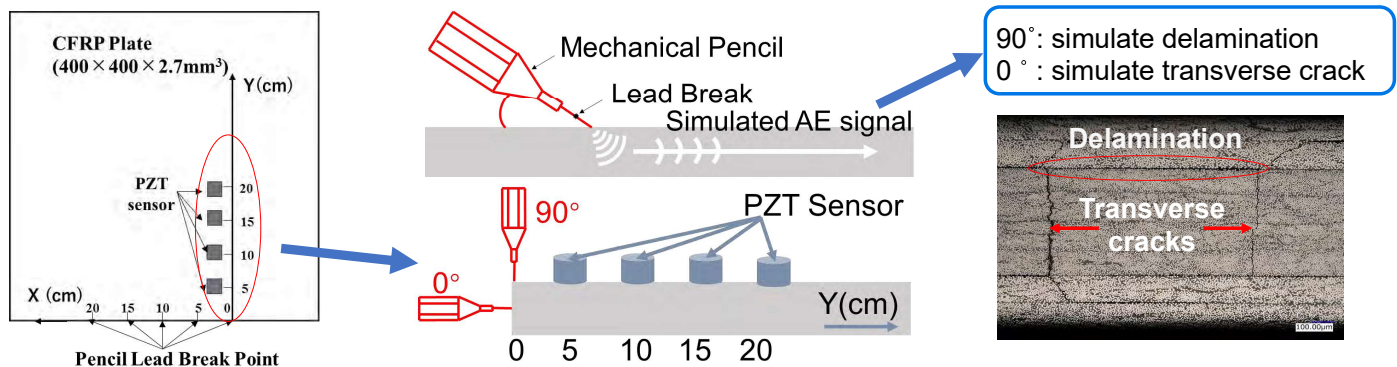
In structural health monitoring, an acoustic emission (AE) measurement is effective to detect, locate and identify damages because AE signals contain useful information on damage-occurrence mechanisms. However, mode behaviors in AE signals will change in the situation of long propagation distance. Hence, we have developed an autoencoder to identify the damage types of AE sources independent of the different propagation distances.

Autoencoder model



The results of cross-correlation coefficients indicate that the trained autoencoder-based model can identify AE signals generated by transverse crack and delamination

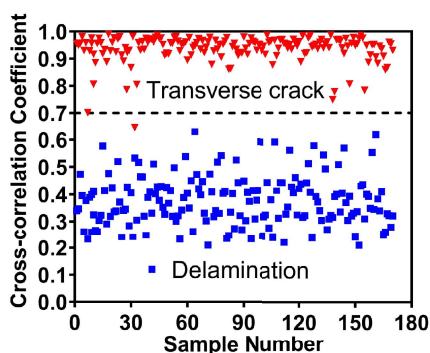
Validation Experiment



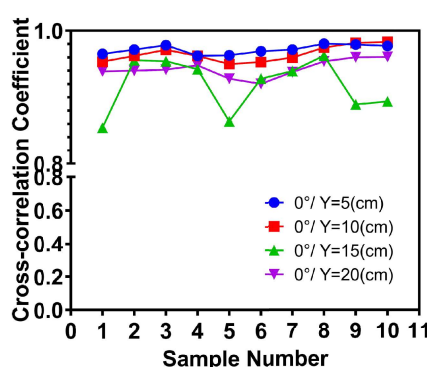
PLB test was conducted to excite two kinds of signals with 0° and 90° source orientations that simulate the AE signals generated by transverse cracks and delamination respectively.

Experimental Results

Damages classification by Cross-correlation coefficient



Cross-correlation coefficient with different propagation distance



Autoencoder-based model can identify AE signals excited by sources with different source-orientations. This classification method for AE signals is still effective even if propagation distance of Lamb wave changed.

光ファイバPSFBGセンサを用いたCFRP製高圧水素容器におけるAE計測

研究背景と研究目的

水素自動車



CFRP製高圧水素タンク

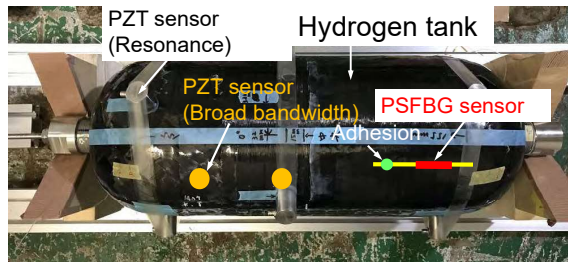


研究目的:

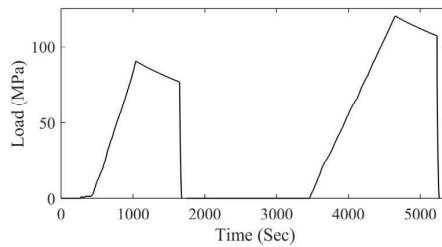
PSFBGセンサによるAE計測を水素タンクの水圧破裂試験中の損傷モニタリングに適用することを試みる。

水圧破裂試験とAEセンサレイアウト

実験セットアップ



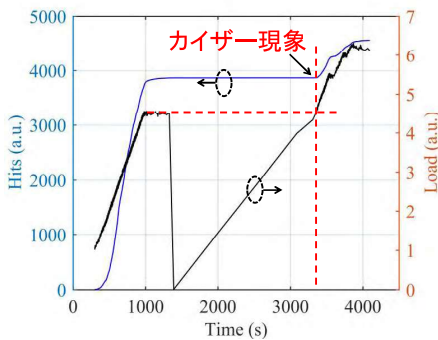
内圧の時間履歴



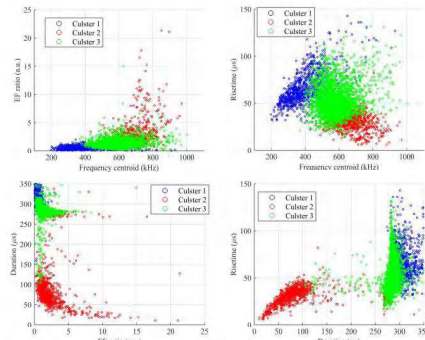
- 水素タンクの内圧は、最大90MPaまでと、最大120 MPaまでの二段階で、上昇させた。
- PSFBGセンサ、広帯域PZTセンサと共振型PZTセンサを用いて試験中に発生した損傷によるAE信号を計測した。

PSFBGセンサによるAE計測

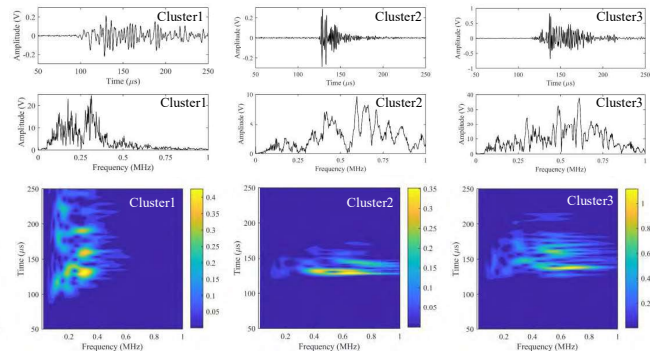
累積ヒット数と荷重



機械学習によるクラスタリング



分類したAE信号の波形例



- PSFBGセンサは水素タンクにおけるAE信号を高感度で検知できた。
- 機械学習によって、類似した特徴量を有する信号を3つのクラスターに分類した。同じクラスターにおけるAE信号は同じ形態の損傷により励起されたと推測でき、さらに、波形に対して物理的な考察を行うことで、より正確な損傷評価が期待できる。

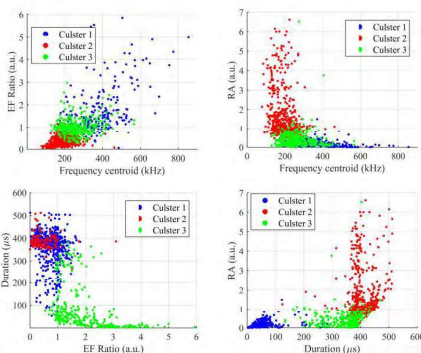
PZTセンサによるAE計測との比較

広帯域PZTセンサによる計測結果

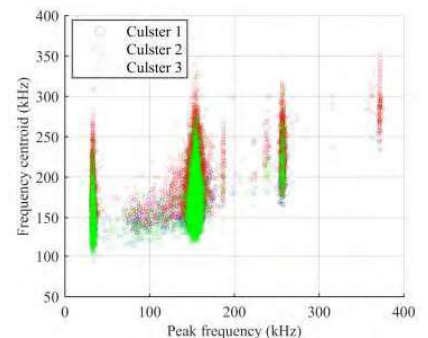
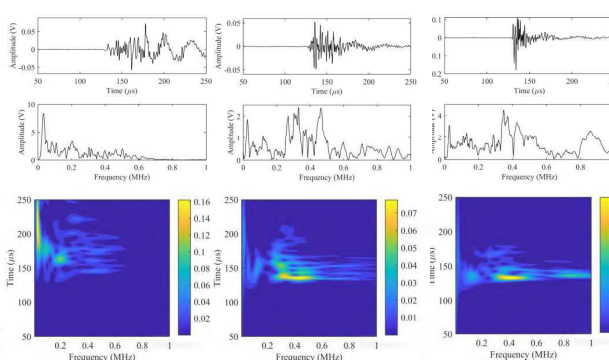
共振型PZTセンサによる計測結果

特定の周波数成分のみを計測可能

機械学習によるクラスタリング



分類したAE信号の波形例



- PSFBGセンサは、広帯域PZTセンサと同じ感度で水素タンク中のAEを計測できることが分かった。
- PSFBGセンサと比べ、共振型PZTセンサは、より高感度でAE信号を測定できるが、特定の周波数成分のみが検出されるため、信号の分類結果から損傷形態を同定することが困難である。