

構造物保全や環境発電への振動・波動の応用



超音波による非破壊検査

機械工学科/総合デザイン工学専攻 教授 杉浦 壽彦

tell : 045-563-1141

e-mail : sugiura@mech.keio.ac.jp

profile :



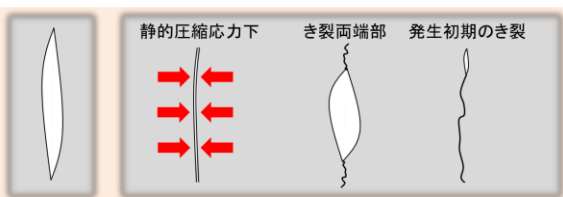
背景

- ・ **非破壊評価とは**
 - 構造物に発生する傷や材料的な劣化、複合材に生じる剥離などの位置や大きさを同定
 - 高度化する産業技術の保全や精度向上, **社会資本整備**のために重要
- ・ **社会資本の老朽化** ~建設後50年を経過する割合~ (平成29年度国土交通白書より)



- ・ 今後20年間で、建設後50年以上経過する施設の割合が**急増**
- ・ 非破壊評価の**高度化と高効率化**が必要

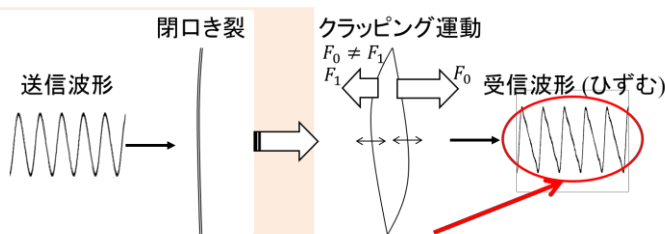
1. 非線形応答信号に着目した検査



開口き裂
⇒超音波が**反射**

閉口き裂
⇒超音波が**透過**

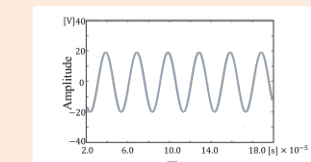
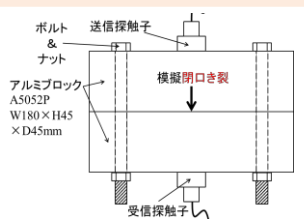
閉口き裂に対して**反射**を用いた検査は**困難**



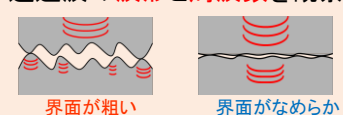
送信とは異なる**周波数成分(非線形成分)**が検出される

非線形成分に着目して閉口き裂を**特定**する

① 高調波の検出



送信波形 33kHz 正弦連続波
透過波の**波形と周波数**を観察



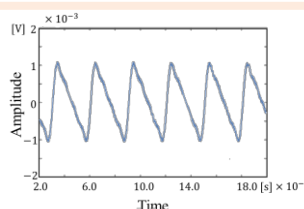
界面が**粗い**

界面が**なめらか**



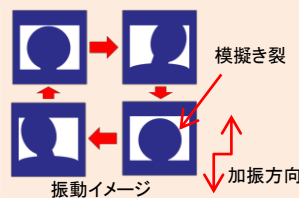
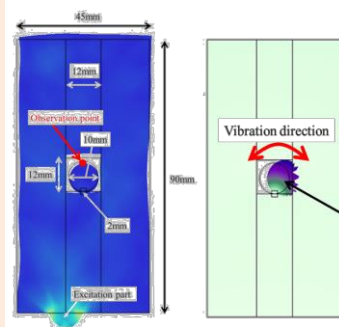
界面の隙間や粗さによる66kHz高調波の強さ

隙間が広く、粗さが大きいほど高調波がより多く検出される

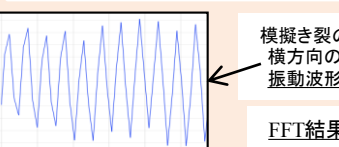


受信波形とFFTの結果

② 分調波の検出

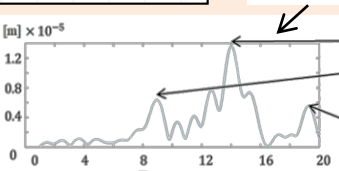


鉛直加振に対する**模擬き裂**の水平方向の振動を調べる
幾何学的な非線形性に着目して解析



模擬き裂の横方向の振動波形

FFT結果



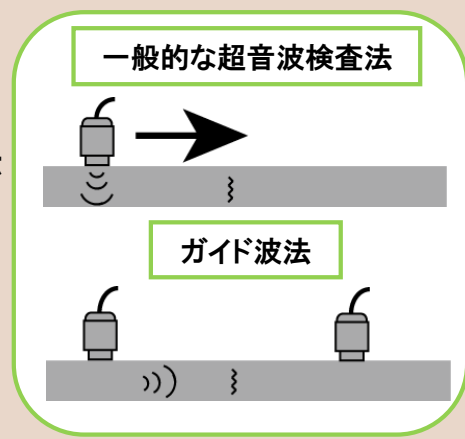
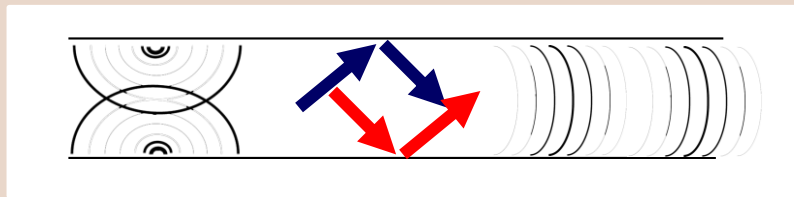
系の設定により分調波の発生を確認

分調波の発生原因 解明を目指す

2. ガイド波による超大構造物検査

ガイド波 (Guided Waves)

配管や板材を低減衰で長距離伝播する超音波
 →長大構造物の探傷に適した高効率な非破壊検査手法
 →複雑な伝播挙動

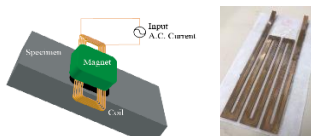


① 探触子から発生する信号の予測

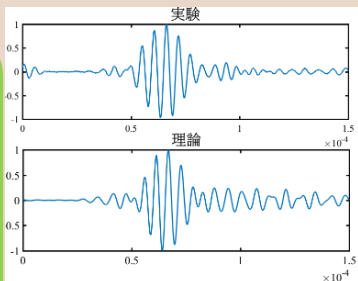
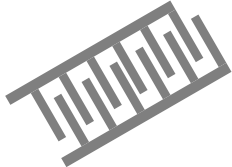
複雑に伝播するガイド波では探触子から発生する信号の予測が不可欠

ガイド波用探触子

電磁超音波探触子(EMAT)



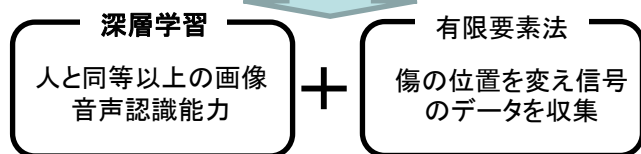
くし型圧電探触子



励振されるガイド波を理論的に算出

② 機械学習を用いた欠陥の特定

傷による信号の予測や実際のデータ収集が困難



傷の位置は①?②?

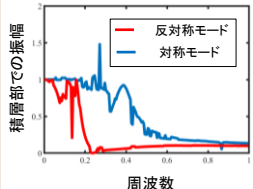


	精度
従来の機械学習	0.88
深層学習	0.90

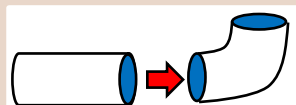
欠陥形状の特定を目指す

③ 積層部や曲部への入射

混入物による伝播挙動の変化の解明



混合物による振幅の変化を数値計算

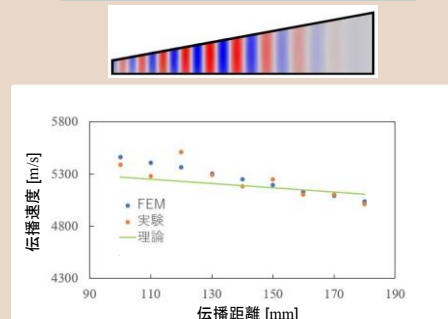


エルボ一部に入射したガイド波の影響を予測

④ 厚さ変化による影響

従来の研究は傷を簡易的に模擬(例 ノッチ)

多様な試料&欠陥へのガイド波の適用



伝播速度の変化を理論及び実験で確認

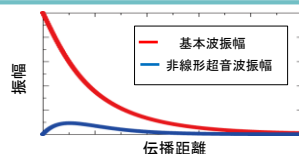
振幅変化を予測

⑤ 非線形ガイド波

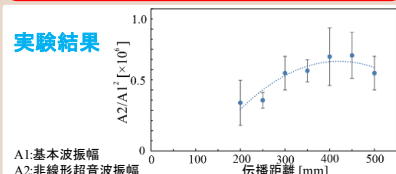
非線形超音波法

→残留応力や疲労き裂初期段階での検出

長大構造物における精密な検査に適用



長距離伝播による微小な欠陥の影響を理論的に導出



理論と同様の傾向に

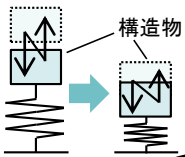


構造物保全や環境発電への振動・波動の応用

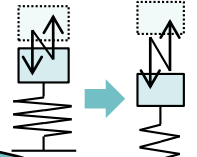
- ・構造物の非制御制振 ～電磁シャントダンパ・ジャイロ作用～
- ・非制御型自己共振現象

研究背景

構造物の振動抑制や振動エネルギーの有効活用を**非制御**で実現させる。



構造物の振動



①副系を用いて振動の抑制

②振動エネルギーを増加させて利用

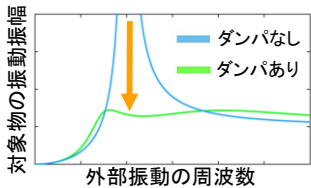
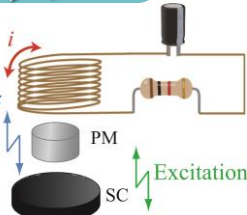
メリット

- ・省エネルギー
- ・構造の複雑化防止
- ・ランニングコスト軽減

①構造物の非制御制振

電磁シャントダンパ

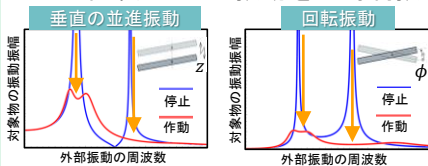
電気回路を用いた動吸振器。
電磁誘導により、対象物の振動エネルギーを回路の電気エネルギーに変換することで制振。
非接触での制振のため、浮上系との相性が良い。



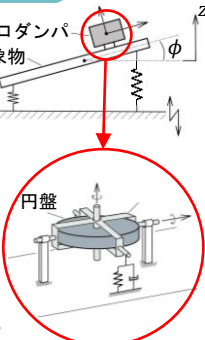
振動振幅が非接触で低減

ジャイロダンパ

ダンパ内の円盤の回転により、ジャイロ効果が発生。
多自由度系に適用することで並進・回転の2つの振動を同時制振。



振動振幅が同時に低減



②非制御での自己共振

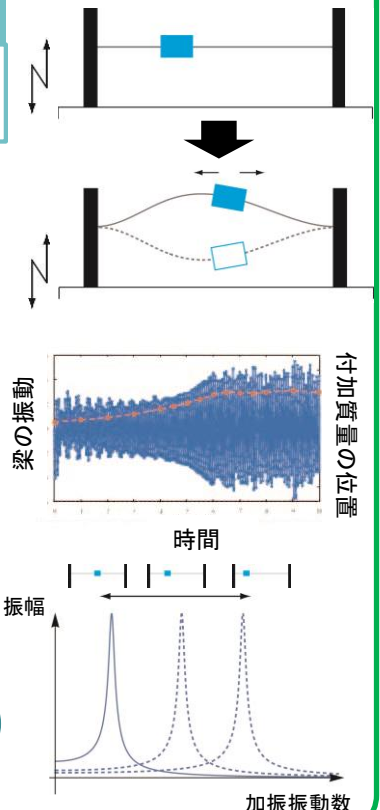
振動発電の課題

共振周波数帯域が狭い。

・梁の振動を受け、付加質量が移動。

・付加質量の位置により、梁の固有振動数が変化。

・梁の固有振動数は自然に加振振動数に近づき、共振する。



広い周波数帯域で発電が可能

研究者名

機械工学科/総合デザイン工学専攻

教授 杉浦 壽彦

お問合せ先

tell : 045-563-1141

e-mail : sugiura@mech.keio.ac.jp

profile :





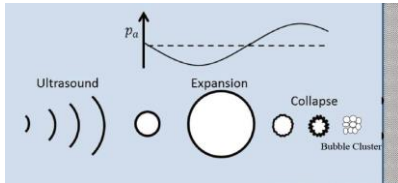
構造物保全や環境発電への振動・波動の応用

気泡クラスタの非線形ダイナミクス

背景

気泡振動の特徴とその応用

気泡の音場下での主に2つの性質を応用し、物体の洗浄(超音波洗浄), 医療(Drug Delivery System)など様々な分野に応用されている。



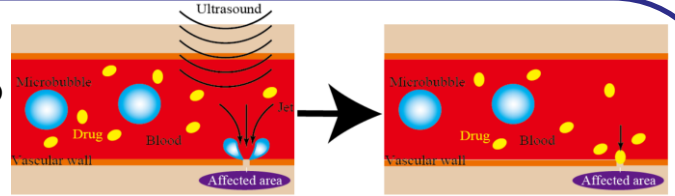
気泡の振動とクラスタ形成

体積振動

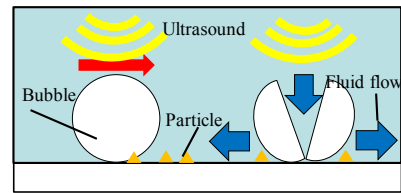
非線形性: 超音波造影検査

非球形性: 気泡の微細化,

気泡クラスタの形成



Drug Delivery System



超音波洗浄

並進運動

壁面との干渉: 超音波洗浄, Drug Delivery System

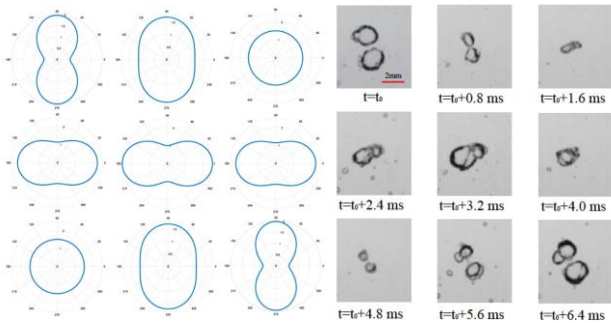
他気泡との相互作用: **気泡クラスタの形成**

気泡クラスタの動的挙動の解明を目指す

形状振動

単一気泡はある周波数の周辺で特定の形(形状モード)に振動しやすい

気泡クラスタでも同様の周波数で近い形状の振動が発生



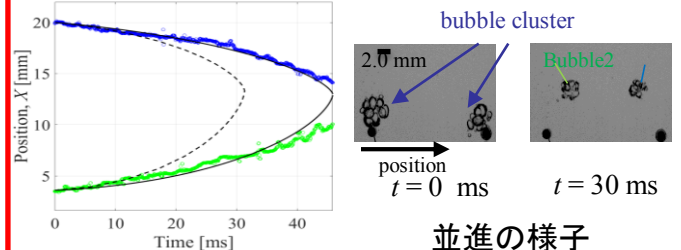
単一気泡の理論

実験で観察された気泡クラスタの形状振動

並進運動

体積振動に伴い、複数の気泡は徐々に近づく

複数の気泡クラスタでは近づき方がより遅い
クラスタ内部の液体質量の影響で説明可



単一気泡の理論と実験値の比較

青, 緑: 実験値

破線: 単一気泡の理論

実線: 単一気泡の理論+気泡クラスタ内部の液体の質量

並進の様子

研究者名

機械工学科/総合デザイン工学専攻

教授 杉浦 壽彦

お問合せ先

tell : 045-563-1141

e-mail : sugiura@mech.keio.ac.jp

profile :

