

光切断法による 非接触振動分布測定技術

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター
電子・有機素材研究所
吉田大一郎

製品の信頼性評価サイクル

【試作品】
(例：ドライブレコーダー)

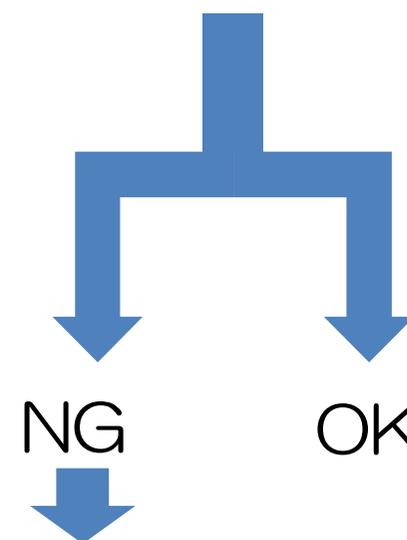


【過酷な環境】

- **振動**
- 高温多湿
- 高温
- 低温
- 急激な温度変化
- etc.

【チェック】

- 動作確認
- 形状確認
(破損の有無)



どこが、どう壊れたのか？

原因究明、再設計または補強

振動試験とは？

【振動試験機】

部品が使用される振動環境及び製品の輸送環境を再現する試験機

自動車関連は特に試験が厳しい！

振動試験での主な確認項目

- 製品強度の確認
- 適切な梱包状態の確認
- 製品の共振点※の確認



振動試験機

※共振現象

- 特定の部位と周波数で振動振幅が異常に大きくなる現象
- 構造と材質（剛性）に依存
- 製品の劣化や破損の原因となる

対策のため、共振箇所
の正確な見極めが重要！

従来技術とその問題点

【現状の共振現象の確認方法】

- 触診、聴診、目視（個人差がある）
- レーザードップラー振動計（高価&1ポイントごと測定）
- センサ取付（複数取付で複数ポイント測定も可）

【問題点】 共振位置を直接センサで確認できない場合がある

- 取付面が曲面などで、センサの取付ができない場合
- 取付により共振状態が変化する場合

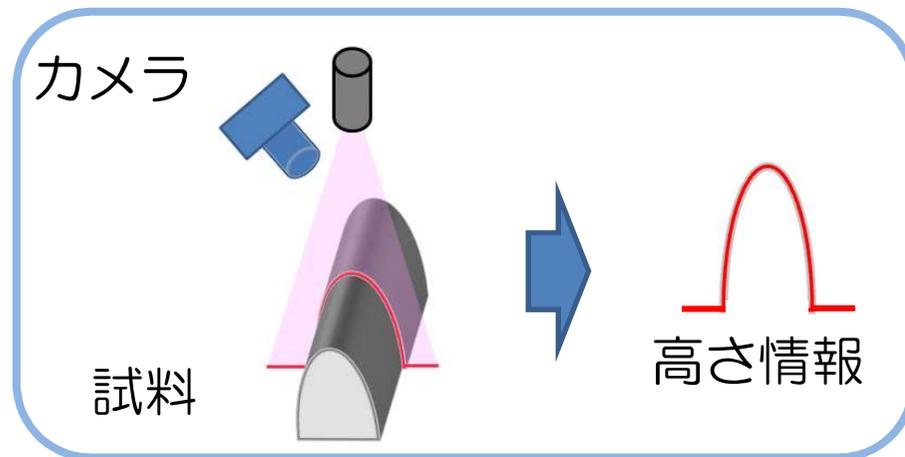


【解決方法】 非接触で安価に振動振幅を計測できないか？

非接触形状計測技術を転用し、高速で形状計測を行えば振動分布測定に繋がるのでは？

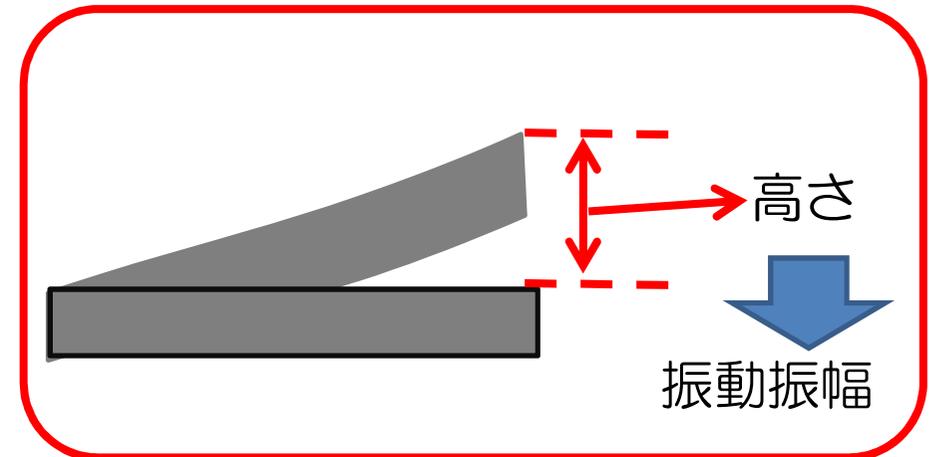
新技術の特徴

光切断法：対象物にライン状レーザーを照射し、測定対象物の高さ情報を取得する方法。非接触形状測定の分野で用いられる。



光切断法による非接触形状測定

→ 製品の外観検査や人体の形状計測

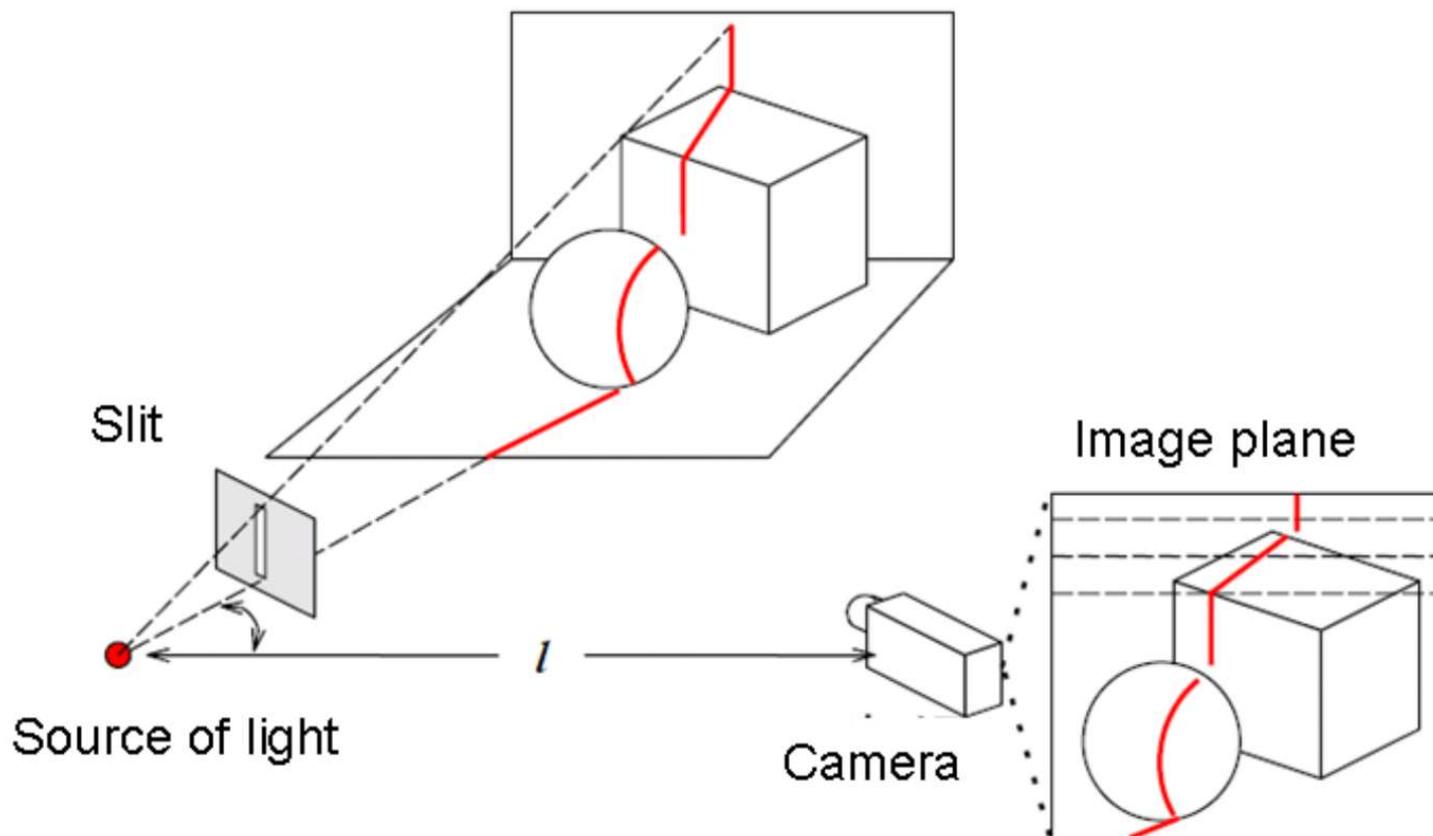


光切断法による振動振幅測定

【特徴】

- 光切断法の高さを振動振幅に見立てた点
- 長時間露光により高周波数にも対応

光切断法とは(補足)

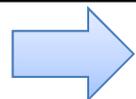


- 光切断法は本来、形状計測に用いられる技術
- 試料形状に沿ってライン状レーザーが投影される

従来技術との比較

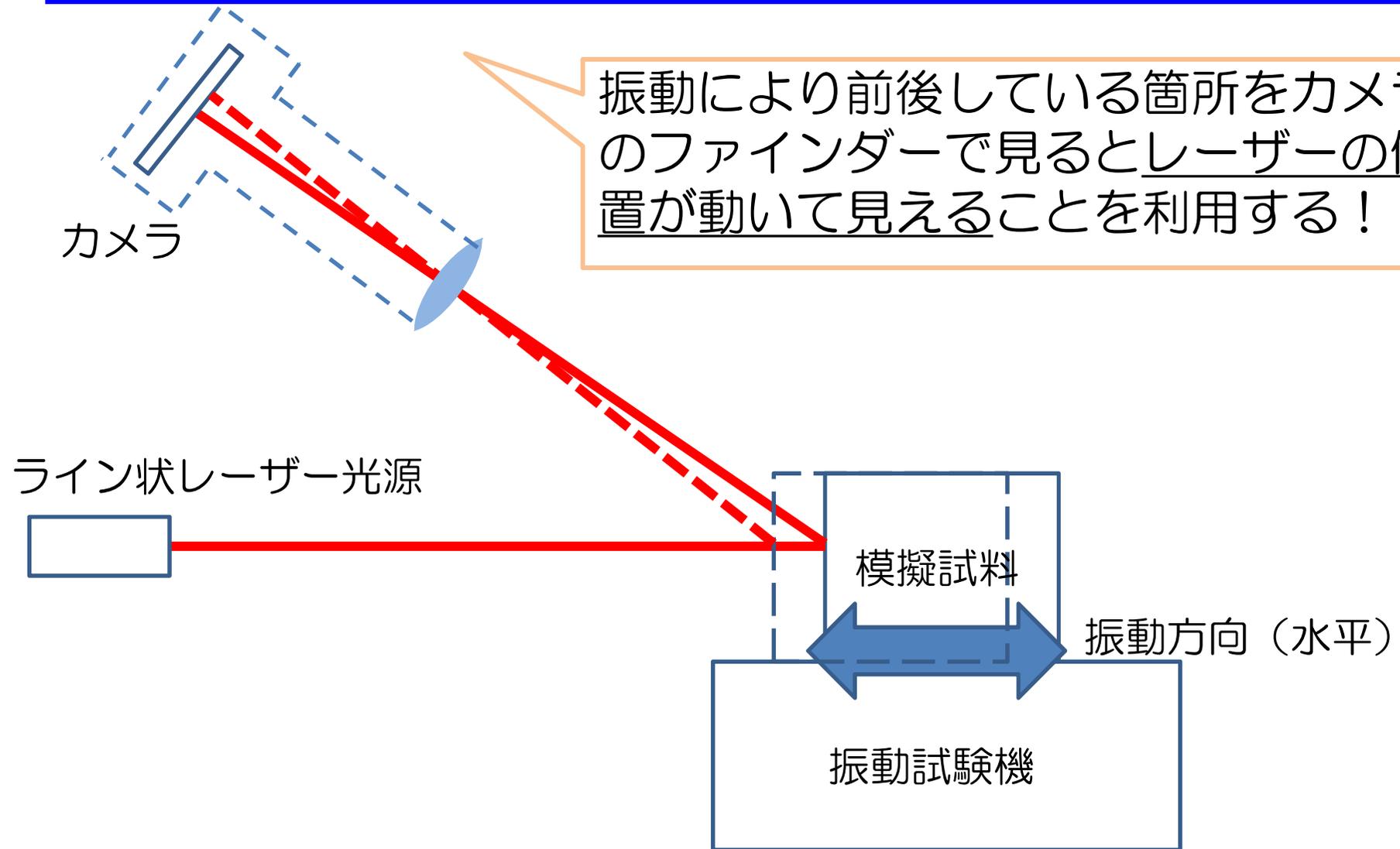
従来の振動振幅計測技術と比較

手法	コスト	計測時間	精度	面分布	備考
加速度センサ	○	△	◎	△	<ul style="list-style-type: none">・接触式のため、実際の共振状態とは異なる可能性・センサの数だけポイント測定可能
レーザードップラー振動計測	×	△	○	△	<ul style="list-style-type: none">・ポイント測定のため、適宜移動が必要・高価
<u>本技術 (光切断法応用)</u>	○	○	△	◎	<ul style="list-style-type: none">・精度に課題あり・振動の面分布が測定可能



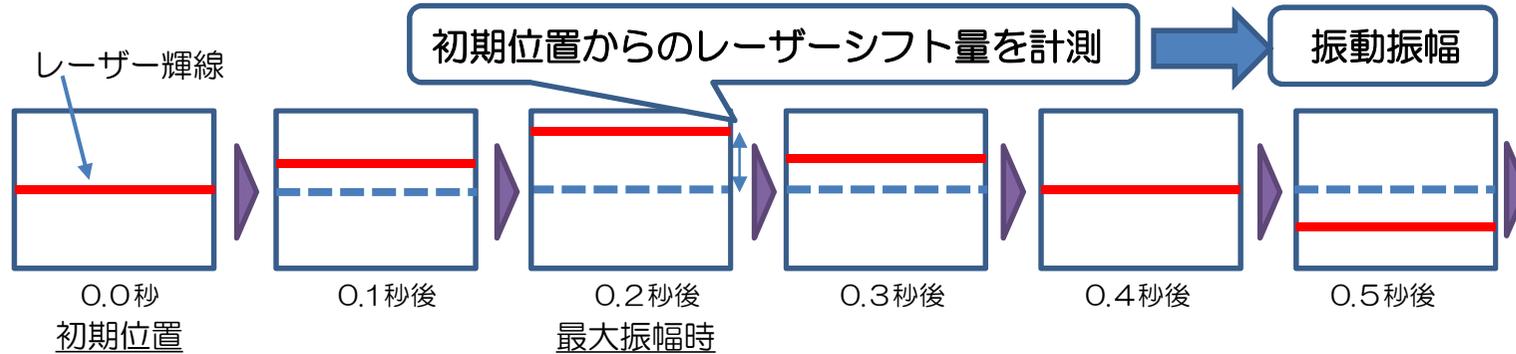
精度に課題を残すも、用途を絞れば共振位置の特定など活用先あり。

計測システム



フレーム撮影（連写）による方法

試料に投影されたレーザー輝線をカメラのファインダーで見た様子（一例）

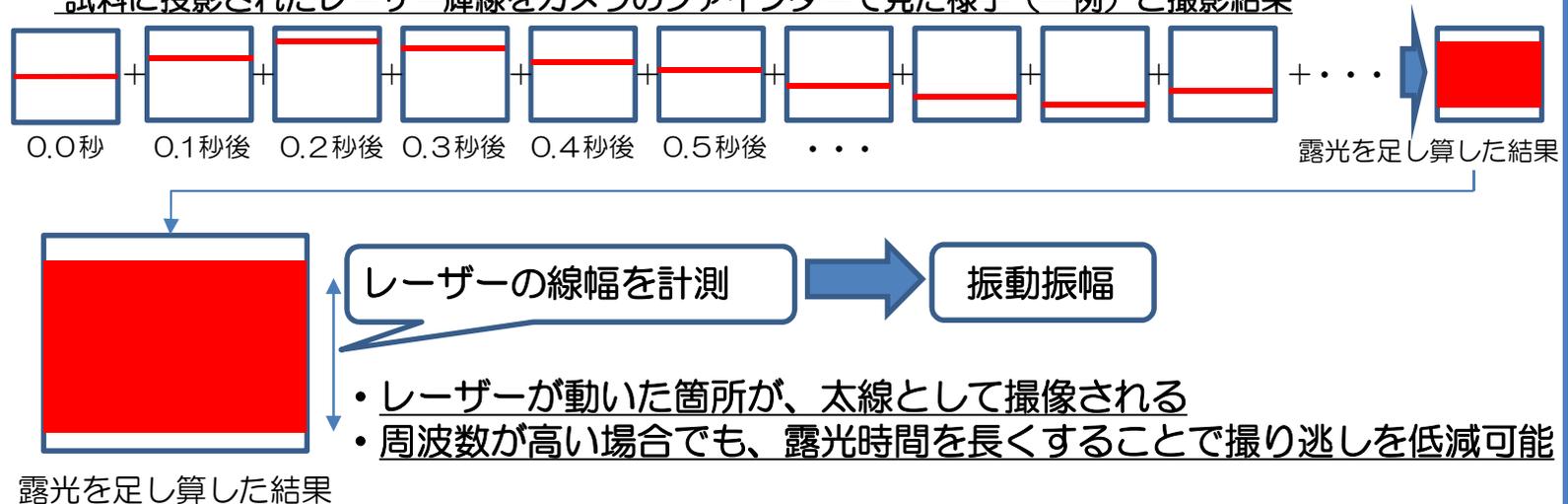


- 高周波数時に、最大シフト位置の撮り逃しが発生

図3 フレーム撮影による方法の説明

長時間露光撮影（シャッター開放）による方法

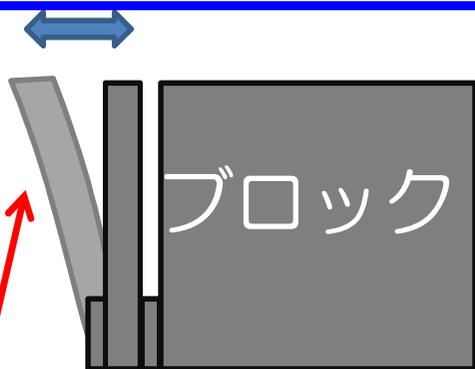
試料に投影されたレーザー輝線をカメラのファインダーで見た様子（一例）と撮影結果



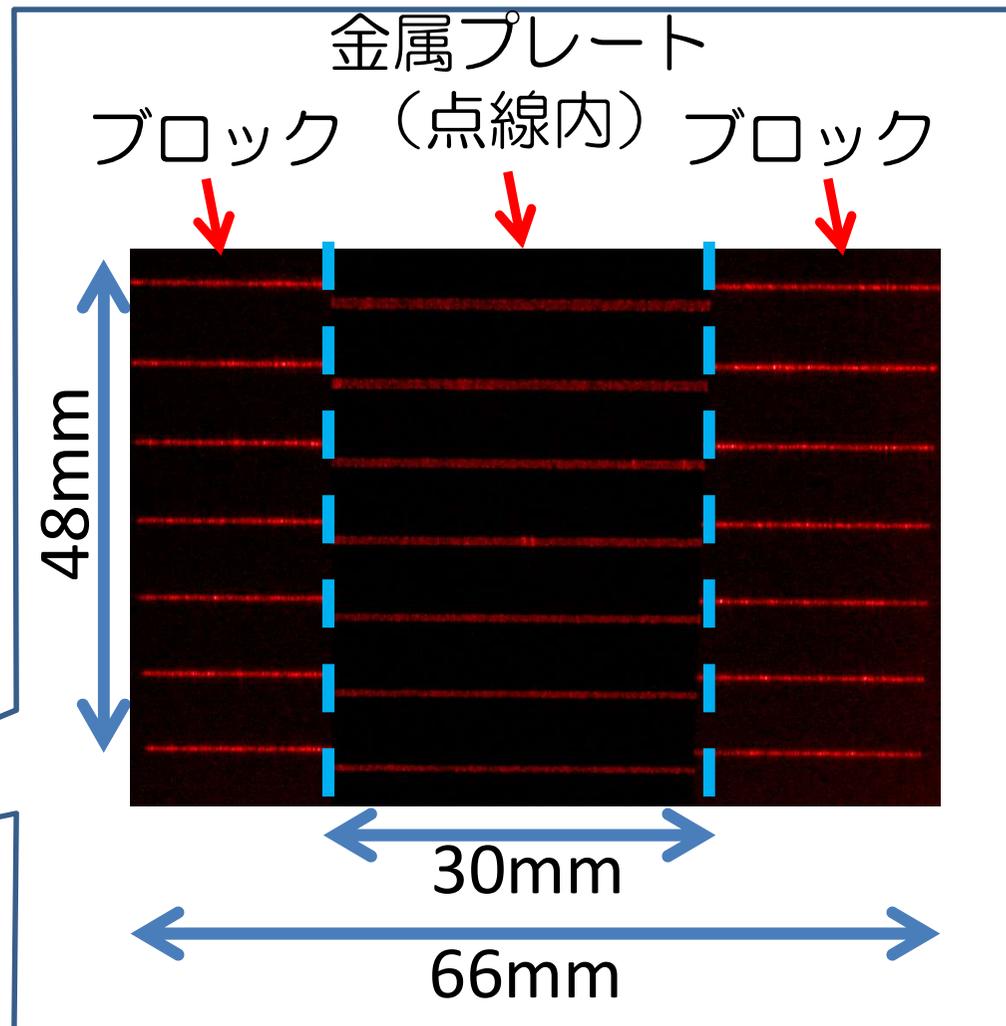
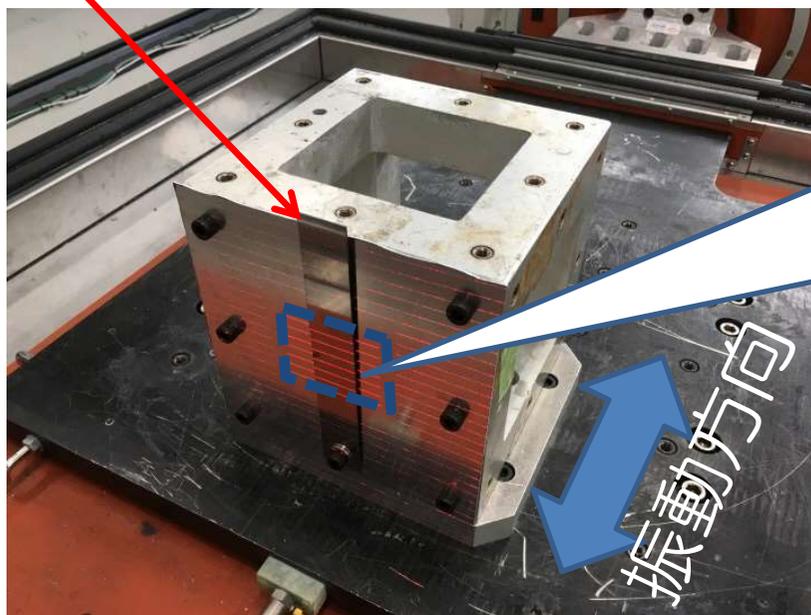
- レーザーが動いた箇所が、太線として撮像される
- 周波数が高い場合でも、露光時間を長くすることで撮り逃しを低減可能

図4 長時間露光撮影による方法の説明

模擬試料



下側を固定した金属プレート
(共振周波数23Hz)

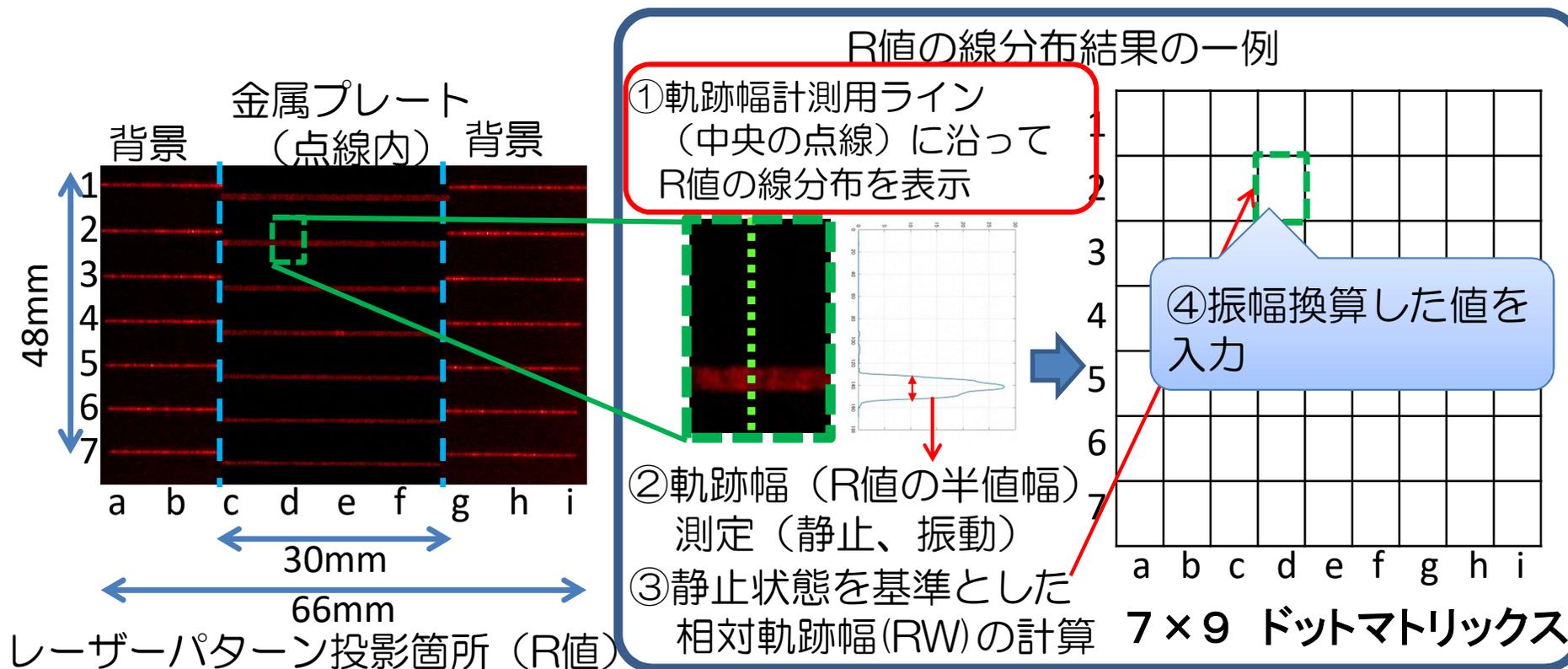


レーザーを投影した状態
(各格子ごとにレーザー線幅を計測)

振動及び撮影条件

露出時間	0.01~0.5sec
絞り	16
フィルター	ロングパスフィルター(λ_c 600nm) 偏光フィルター (最小線幅調整) NDフィルター(50%T)
カメラ	1インチCMOS 4096×2168 グローバルシャッター方式
試料-カメラ間距離	0.5m
レーザー波長	640nm
レーザーパターン分岐本数	7本 → 変更可能 (より細かな分布を計測可能)
振動周波数	10、23、50、100Hz
振動振幅	0.1、0.3、0.5、1mm p-p

計測方法

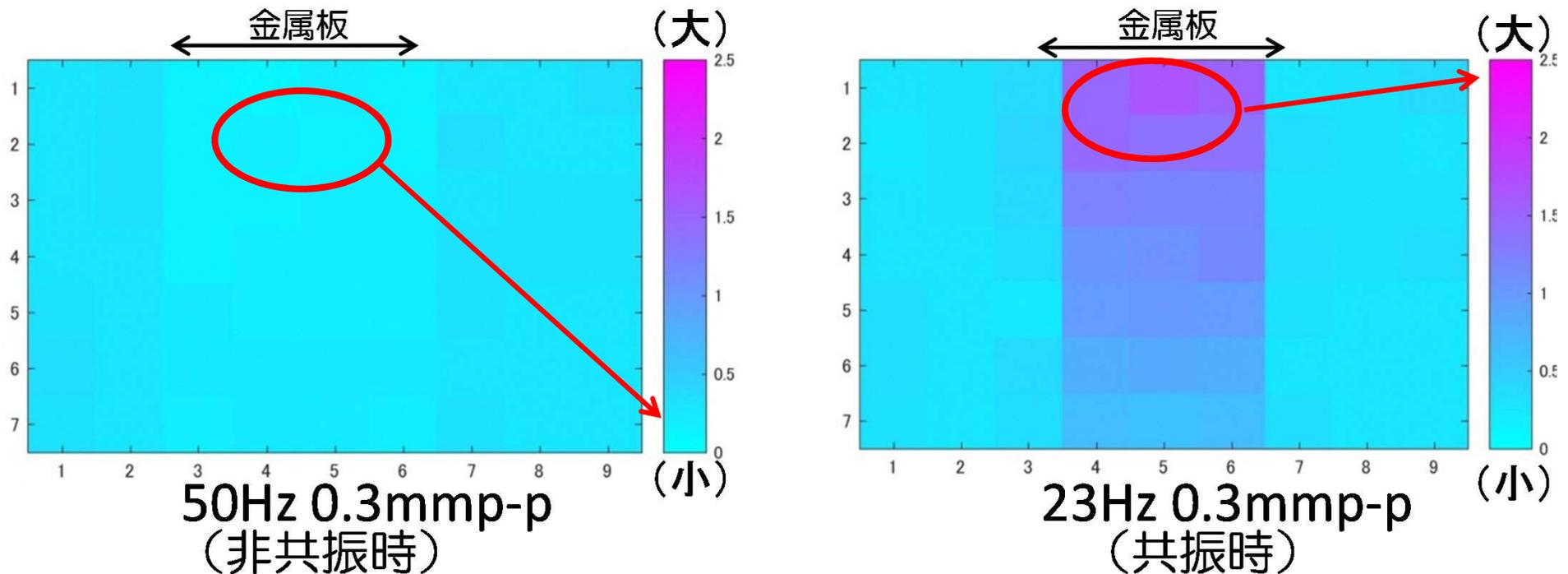


- 1レーザーラインに対し、9か所の軌跡幅計測ラインを設定(合計63か所)
- 静止状態と振動状態での軌跡幅をそれぞれ計測
- 静止状態を基準とした相対軌跡幅 (RW : Relative Width) を計算
- RWから振動振幅へ換算した値を入力
(RW—振動振幅の関係は事前に計測しておく)

$$RW = \frac{\text{振動状態軌跡幅}}{\text{静止状態幅}}$$

計測結果

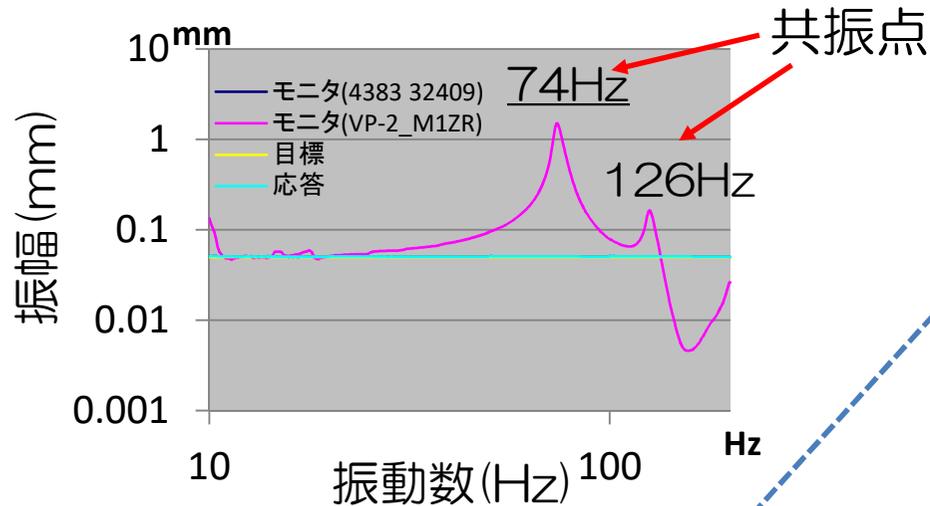
共振周波数及び非共振周波数時の振動振幅分布を比較



- 振動周波数23Hzの時のみ、金属プレート部の振動振幅が大きい
(23HzはCAEにより確認した金属プレートの共振周波数)
- 金属プレートの根元側の振動振幅幅が小さく、先端に行くに従って大きくなっている。→共振現象を可視化できている
- 金属プレート部では共振周波数において、最大で1mmp-p及び2.5mmp-p程度の振幅で振動していると推定される。

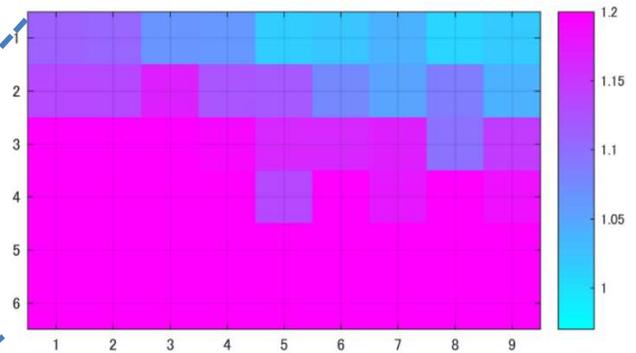
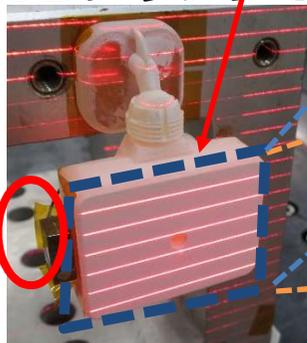
実製品での検証

加速度センサによる共振周波数調査結果

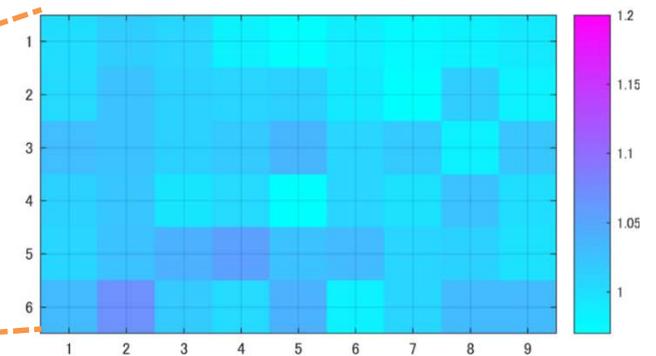


3Dプリンタモデル

加速度センサ



74Hz 0.01 mmp-p
(共振状態)



20Hz 0.01 mmp-p
(非共振状態)

①実際の振動で共振周波数を確認
(1ポイント)

②本手法でうねりのように共振していることを確認
(面状の振動分布確認)

実用化に向けた課題

- 複雑形状へ対応、被検体の色、光沢の問題
 - 今回紹介した実証実験の条件下では、精度は0.3mm程度であったが、実用化に向けて、0.1mm程度まで精度を上げたい。
-

想定される用途

- 振動試験を行う際に、非接触で振動分布が明らかになるため、共振箇所の特が容易となる。
 - 工場の加工機の異常振動モニタにも活用が想定される。
 - 上記以外の振動検出にも対応します。一度ご相談ください。
-

企業への期待

- 画像処理や画像計測の技術を持つ企業様との共同研究を希望。特に複雑形状、色、光沢への課題に知見をお持ちの企業様ぜひ。
 - 自動車、航空機部品は今後も高い信頼性を求められます。よって本技術を用いた振動計測システムも需要が高いと考えます。ぜひ、一緒に製品化を目指しませんか！
-

本技術に関する知的財産権

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

- ・発明の名称 : 振動分布可視化方法及び振動分布可視化装置、共振箇所特定方法
- ・出願番号 : 特願2019-163532
- ・公開番号 : 特開2021-043005
- ・出願人 : 地方独立行政法人鳥取県産業技術センター
- ・発明者 : 吉田大一郎、福留祐太、高橋智一

お問い合わせ先

新技術説明会
New Technology Presentation Meetings!

地方独立行政法人鳥取県産業技術センター
企画・連携推進部 企画室

TEL 0857-38-6200

FAX 0857-38-6210

e-mail tiitkikaku@tiit.or.jp
