

補助事業番号 2020M-135

補助事業名 2020年度 複数点同時振動計測を実現する

擬似連続撮像計測システムの開発 補助事業

補助事業者名 豊橋技術科学大学 機械工学系 機械ダイナミクス研究室 松原真己

## 1 研究の概要

本事業では複数回のインパクト入力を前提として、各応答を微小時間ずらしながら、画像を取得、疑似的に連続撮影した画像から振動計測を行うシステム（疑似連続撮像計測システム）の開発とその妥当性検証を行った。システムは光源となるストロボ、計測用のデジタルカメラ、入力源となる自動モーダルハンマー、それらを制御する FPGA で構成される。はり構造物を対象として振動試験を行い、システムの妥当性を確認した。

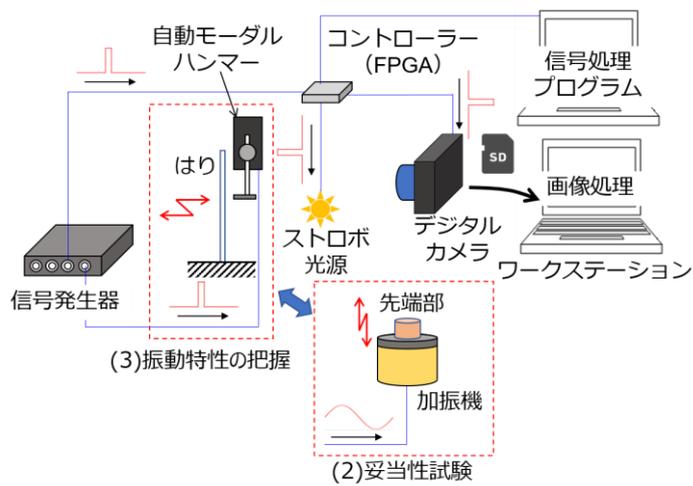
## 2 研究の目的と背景

本事業は複数点同時振動計測を実現する擬似連続撮像計測システムの開発を目的としている。この手法は複数回のインパクト入力を前提として、各応答を微小時間ずらしながら、画像を取得、画像処理より振動計測を行うものである。そのため、高価な高速度カメラは不要であり、画素数が大きい市販デジタルカメラを利用した計測系の構築が可能である。近年、機械の小型化・高速化、高周波側の騒音問題が顕在化していることに伴い、問題となっている振動形状が複雑化している。この把握のためには計測点数を大幅に増加させる必要があるが、従来の一点計測タイプでは、実験工数の大幅な増大を招き、実現が難しいという問題が発生する。本手法は低コストであり、計測系の増設が容易である点がメリットであり、計測技術を確立することができれば、実験工数の削減・高精度な振動特性の把握が可能となる。これにより、機械の更なる高機能化への実現が期待できる。

## 3 研究内容(URL)

### (1)システムの開発

図1に示すような、加振信号、ストロボ、高画素数のデジタルカメラを高速制御することで、疑似的に高サンプリング周波数・高画素数の画像の取得を実現する計測システムを開発した。加振信号と同期させることで、実際のサンプリング周期は長くしつつ、ストロボの発光タイミングをずらすことで、疑似的なサンプリング周期を短くとることができる。本システムは信号発生装置から出力される信号をコントローラーであるFPGA、加振装置に送り、FPGA側でストロボ光源とデジタルカメラの動作タイミングを制御するものである。撮影された画像はデジタルカメラ内の外部メモリに保存、その後、画像処理用ワークステーションで特徴点の位置の算出を行った。位置の算出に当たってはOptical flow法(J. Javh, et. al, 2017)を利用し、サブピクセル処理によって計測分解能の向上にも取り組んだ。



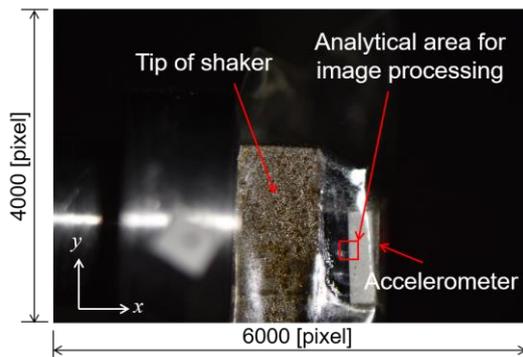
(a) システム構成

(b) 実験系の状況

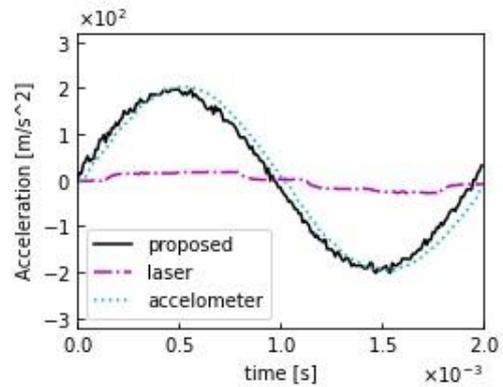
図1: 擬似連続撮像計測システムの開発

(2) 妥当性試験

構築した妥当性試験として、加振機先端の微小な動きを捉えることができるのか、検証を行った。図2(a)に特徴点についての詳細を示し、図2(b)に従来の計測方法と提案法によって把握した加速度データの比較を示す。従来法としてはレーザー変位計、加速度センサーを利用して計測したものである。この結果から、良好な精度で500Hzであっても計測できていることがわかり、妥当であると判断した。



(a) 加振機先端の特徴点



(b) 提案法と従来法の比較

図2:

### (3) 振動特性の把握

振動特性の把握を目的として、自動モーダルハンマーではり構造物を加振し、そのときの変位応答を提案法により計測した。自動モーダルハンマーの動作タイミングを決める信号をトリガー信号として、ストロボ、デジタルカメラの動作タイミングを制御した。図3(a)は従来法として渦電流型変位計を利用して計測した応答波形である。提案法により取得した変位応答についても併記する。図3(a)より数 $\mu\text{m}$ オーダーの変位を十分にとらえられていることがわかる。さらに、図3(b)に得られた周波数応答関数を示す。10Hz付近の1次ピークおよび80Hz付近の2次ピークを捉えることができていることがわかる。一方で、従来法と比較してノイズが多いことが短所として挙げられるが、これはストロボ光源の光量、自動モーダルハンマーの入力の大きさの差異が起因しているものと考えられる。これらを安定させることで、振動試験法として更なる改善が見込まれる。

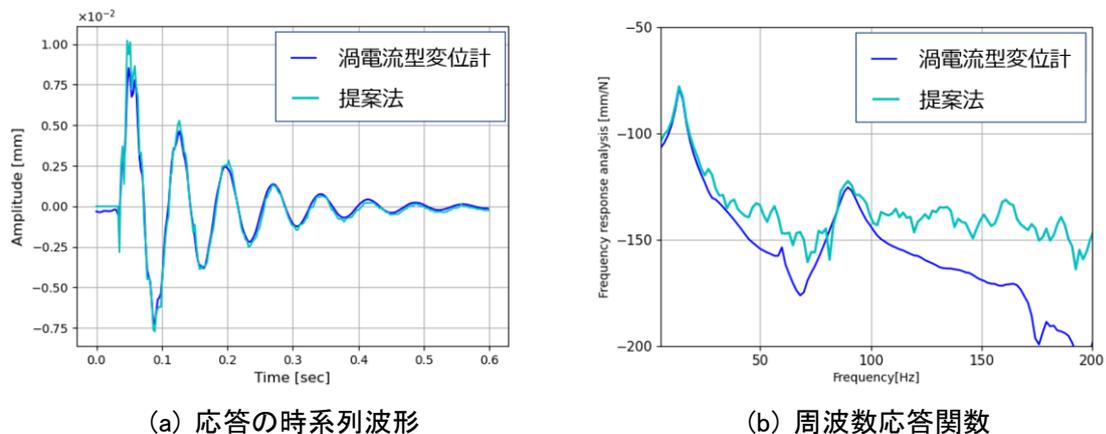


図3:

## 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

機械の高性能化のため、振動特性を適切に把握し、制御する技術の開発は重要である。振動特性の一つである振動形状は、複数の計測点からの振動データを基に算出する。近年、機械の小型化・高速化、高周波側の騒音問題が顕在化していることに伴い、問題となっている振動形状が複雑化しており、この把握のためには計測点数を大幅に増加させる必要がある。一方で、従来の振動計測センサである加速度センサやレーザーセンサは一点計測タイプでは、実験工数の大幅な増大を招き、実現が難しいという問題が発生する。デジタルカメラに搭載されている画像センサは分布計測式であり、複数の計測点を一度に計測可能であることから、大規模な計測に向いているが、振動計測が求められる撮影速度をもつカメラは極めて高価である。そのため、画像による振動計測は広く普及しているとは言い難い。本申請の成果は従来困難であった画像データに基づく大規模な振動計測の実現に寄与するものである。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

疑似連続撮像技術は2017年度より回転体の変形挙動把握の基礎研究を始め、2020年度(本

事業)から振動計測への応用展開を図っている。疑似連続撮像技術のようなアイデアに基づく振動計測手法は皆無であり、学術的独自性を有するものである。さらに、本手法は低コストかつ実用実装が比較的容易であり、産業分野への貢献にも寄与できるものである。

#### 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

1. 若生建, 松原真己, 河村 庄造, 疑似連続撮像を用いた強制振動挙動の解析, 日本機械学会東海支部第70期総会・講演会講演論文集, GB15, 2021. (R3年 3月13日, WEB)

#### 7 補助事業に係る成果物

特になし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名: 豊橋技術科学大学 機械工学系

(トヨハシギジュツカガクダイガク キカイコウガクケイ)

住 所: 〒441-8580

愛知県豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1

担 当 者: 准教授 松原 真己(マツバラ マサミ)

担 当 部 署: 機械ダイナミクス研究室(キカイダイナミクスケンキュウシツ)

E - m a i l: matsubara.masami.od@tut.jp

U R L: <http://dynaweb.me.tut.ac.jp/index.html>