

建築模型を対象とした振動発生装置の製作

5年C組 青木 雅典

指導教員 米田 隆恒

1. 要約

私は、2014年7月16日から一週間、私のほか3人のメンバーと共に香港サイエンスキャンプに参加した。このキャンプで私達は、日本の古代建築における耐震性について傾斜復元力と呼ばれる特性に注目し、建築模型に振動を与えることで、傾斜復元力がどのように影響するかを調べる実験を行った。そこで私は、実験に使用する振動発生装置、および建築模型の加速度検出モジュールを製作した。

キーワード 振動発生装置、スライダクランク、加速度センサー

2. 研究の背景と目的

奈良県だけでなく、日本には古代から残る建築物が数多く存在している。これらの建築物は、多くの自然災害に遭ったにも関わらずその姿を保ち続けている。特に、心柱等の耐震構造に関する研究が行われているように、地震に対する構造には多くの謎が秘められている。

私は、香港科技大学主催 Intercity Mathematics& Science Summer Camp for Talented Students（以下、香港サイエンスキャンプ）での研究活動において、ほかの3人のメンバーと共に、傾斜復元力特性に注目して、古代建築の耐震構造について研究を行った。そのなかの、柱の形状やそこに加わる力が耐震強度にどう影響するかを調べるための実験において、模型に対して振動を与え、その揺れを検出する必要があった。

本稿ではその実験のために製作した振動発生装置と模型の揺れを加速度として検出することが可能なモジュールについて記す。

3. 研究内容

(1) 研究事項

<研究1>

振動数および振幅を変化させることが可能な簡易型の振動発生装置を製作する。

<研究2>

建築模型の揺れを加速度として検出し、記録することが可能な計測用モジュールを製作する。

(2) 研究内容

<研究1>

今回の実験では、建築模型を力学台車の上に載せて振動させる。そのため、製作する振動発生装置は、外部から力学台車を前後に直線運動させる必要がある。この装置はモーターを動力源としたいと考えたが、モーターは回転運動を行うため、そのままでは振動発生装置としては機能しない。そこで私は、この装置に「スライダクランク機構」と呼ばれる、回転運動を直線的な往

復運動に変換することができるリンク機構を組み込んだ。(図1)

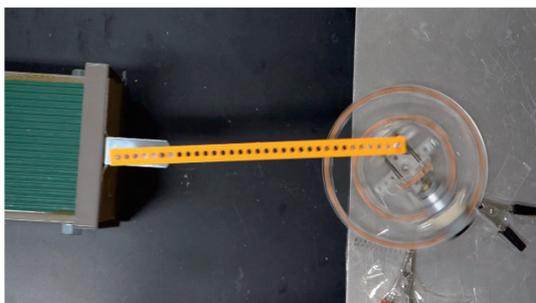


図1 製作したスライダクランク機構

スライダクランク機構では、回転軸からクランクピンまでの距離を大きくすると、往復運動の振幅も大きくなる。この仕組みを利用し、クランクピンの位置を実験者がモーターで自由に変えられるようにすることで、振幅が変化可能となった。しかし、この機構には主に二つの問題が存在した。

一つ目は、電力供給の問題である。回転板上のモーターを動かすには、当然電力が必要である。だが、そのままモーターと電源を導線で接続しただけでは、回転板を回転させた際に導線が絡まってしまう。この問題を解決するために、回転板の裏面に同心円状に二本のハンダ吸い取り線を取り付けた。そして、電源からの導線の先にバネを取り付け、それをハンダ吸い取り線に当てることで、バネがブラシとして機能し、回転板を回転させながら小型モーターに安定して電力供給を行うことができるようになった。(図2)

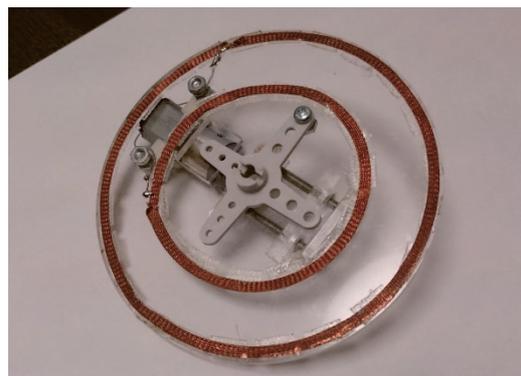


図2 回転板の裏面

二つ目の問題は、モーターの回転運動をどのように直線運動に変換するかである。回転板に載せるモーターは、回転軸のモーターと異なり、パワーの小さな小型の物である。そこで、小型モーターの先端にギアボックスを取り付け、モーターのトルクを上げる。さらに、ギアを通じてモーターの回転を2本のネジに伝え、クランクピンの取り付けられた板を移動させられる様にした。(図3)



図3 可動式クランクピン

また、クランクピンと同じ高さのピンを力学台車に取り付け、それらを樹脂製の棒で接続して運動させた。

<研究2>

ここでは、模型の振動を計測するために、搭載したセンサーから情報を読み取り、加速度データを読み取る子機と、子機から送られてきたデータを受信し、コンピューター上のソフトウェアに引き渡す親機の二種類のモジュールを製作する。

今回は、加速度を計測するために、9軸センサーモジュール「MPU-9150」を利用した。(図4)このセンサーは、3軸方向の加速度センサーに加え、3軸方向のジャイロ、コンパスセンサーを備えている。そのため、このモジュールを建築模型の柱等に取り付けることで、模型の加速度だけでなく、柱の傾き具合なども検知することが可能となる。

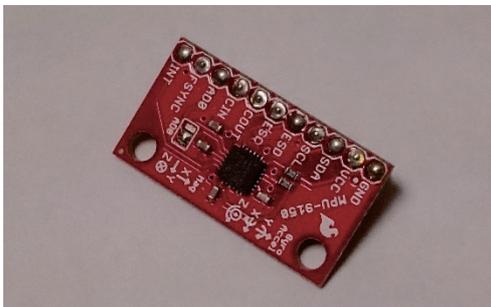


図4 9軸センサー「MPU-9150」

模型は力学台車の上で振動させるため、親機と子機は無線接続されていることが好ましい。そこで、無線通信モジュール「Xbee」を用いて近距離無線通信を行い、ワイヤレスでリアルタイムに模型の状態を把握出来るようにした。

9軸センサーや無線送受信モジュールは、単体では動作しないため、これらの周辺機器を制御し、連携させなければならない。そこで、ここでは「PIC24FJ64GA002」

と呼ばれるマイクロコンピュータを用いて、情報処理を行った。また、子機から受信したデータを実験者が確認できるようにするため、プログラミング言語「Processing」で専用ソフトウェアを制作した。親機から受け取ったデータは、加速度、ジャイロ、コンパスの3つのセンサーすべてのデータが入っている。このデータをソフトウェアで読み込み、リアルタイムでグラフ描画することで、実験者が模型の振動状態をより観測しやすくなり、かつ振動状態の記録が可能となる。

4. 研究結果

<研究1>

目標としていた、振動数及び振幅を変化させることが可能な振動発生装置を製作することができた。

ただし、実験者は加える電圧を変化させることで装置を制御するため、実験中に振動数や振幅を装置から確認することはできない。また、回転軸に使用したモーターがパワー不足だったため、振幅をある一定以上大きくすると負荷がかかり、振動周期が不安定になり、振動させることができなくなった。

<研究2>

模型の振動状態を検出し、加速度のデータを記録、およびリアルタイムでグラフ描画することに成功した。

しかし、受信している加速度データはセンサーからのデジタルデータをそのまま処理しているだけで、実際の加速度に変換しているわけではない。そのため、ここで計測した加速度を他の計算に利用することが

このままではできない。さらに、今回製作したモジュールは未だ試作段階であり、モジュール全体が大きく重いため、模型の振動に大きく影響してしまう。

5. 考察

今回製作した振動発生装置に取り入れたスライダクランク機構は、回転運動を往復運動に変換する際、実際には往復運動の直線方向から少し傾いた方向に力がかかる。そのため、力学台車の進行方向と違った方向にも力がかかり、振動実験を続けると力学台車が徐々にずれ、結果として正しく振動しなくなってしまう。腕からの余分な力を打ち消せるような構造を作るか、もしくはスライダクランク構造以外の方法で、回転運動を往復運動に変換することを考える必要がある。また、加速度センサーからのデータを収集する間隔が長すぎると短時間の模型の変位が計測できない。データ収集の間隔をより短くする方法を探るか、加速度以外のデータから模型の動きを検知する方法を考える必要がある。さらに、今回の測定方法では、正確には模型の動きではなく、力学台車と模型の動きを一緒に検知してしまう。模型の動きを正しく測定するには、力学台車自身の変位も測定し、その差分を求めなくてはならない。

6. 今後の課題

傾斜復元力特性に注目して行った今回の耐震強度実験では、傾斜復元力によって、建築物の倒壊がある程度防がれていることが確認できた。しかし、与えた振動が不安定な場合が多く、実際に計測された数値が不正確であることなどから、細かな計測実

験等を行えなかった。

今後は、振動発生装置や計測モジュールの安定性および正確さを高めていくことを念頭に置き、より利用しやすい装置を製作していきたいと考えている。

7. 参考文献

[1] PIC24F リファレンスマニュアル
www.microchip.co.jp/download.html

[2] MPU-9150 データシート
strawberry-linux.com/pub/MPU-9150_DataSheet_V4%203.pdf

8. 謝辞

今回の研究にあたり、サイエンス研究会物理班顧問の米田隆恒先生には、日頃からご指導、ご助言をしていただきました。さらに、本校サイエンス研究会の先輩および同級生にも多大なご協力をいただきました。この場をお借りして、御礼申し上げます。