

振動工学の講義における多分世界初の試み (講義を行う建物ごと自由振動させる体験型授業の実施報告)

**Maybe the World's First Attempt on Vibration Engineering Lecture
(Report of Experience-Based Program: Building to Perform a Lecture Vibrated Freely)**

○正 原 進 (名大) 福和 伸夫 (名大) 野田 利弘 (名大) 田代 喬 (名大)
飛田 潤 (名大) 長江 拓也 (名大) 倉田 和己 (名大) 正 井上 剛志 (名大)

Susumu HARA, Nobuo FUKUWA, Toshihiro NODA, Takashi TASHIRO,
Jun TOBITA, Takuya NAGAE, Kazumi KURATA and Tsuyoshi INOUE
Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8603, Japan

Key Words: Vibration Engineering, Vibration Isolation, Building Information Modeling,
Undergraduate Education, Lecture Improvement, Experience-Based Program

1. はじめに

機械工学系の大学学部生に対する「振動工学」の教育では、通常、2~3年生において教科書を使った講義ならびに演習の授業、そして1~数テーマの関係する学生実験を体験させるパターンが多いと思われる。そして、振動工学に関連する卒業研究テーマを選んだ場合に、小規模な応用問題に初めて取組み、大学院や実社会に進むにつれて比較的規模の大きい実問題に接する機会が増えてくる。このいわば我が国の機械工学系学科における伝統的な振動工学習得の手順は、入門から応用まで順序良く身に付くものの、この分野の全体像や学術的意義を理解するまでには時間がかかり、一つ間違えると前半は「単位を取得するための学習」に陥る危険性も含んでいる。このような問題を避け、本分野における学習の動機付けとするため、講義の中で振動現象の動画を映したり、小型模型（小型実験装置）を導入した体験型授業を進めることができる。この例として、例えば制御工学の教育では、小型実験装置を導入した授業で効果をあげている報告もある⁽¹⁾。

本报では機械工学分野における「振動工学」の講義に関し、小型模型を超える新たな体験型教育を導入しようとする、多分世界初の試みを紹介する。この試みは、2015年12月1日に名古屋大学工学部機械・航空工学科の2年生全員を対象とした必修科目「振動学及び演習」の講義時間内に実施された。具体的には、名古屋大学東山キャンパス内で免震機構を備えた唯一の建築物「減災館」において、免震機構に対してジャッキを用いた加力をを行い、加力後自由振動させた。その様子を建物の外部と内部から体験するとともに、体験後、3次元動画シミュレータとしてのBIM (Building Information Modeling)⁽²⁾による解析方法の紹介と、教科書に沿った理論的説明によって、体験した振動現象を深く理解しようとする試みであった。本报では、この試みの概要と実施結果について説明する。なお、本报で説明する試みの概要（一部）はすでに文献(3)で発表しており、本报はこれに実施報告を含めた内容になっている。

2. 名古屋大学減災館

名古屋大学減災館（図1）は、建築耐震技術の研究と大規模災害発生時の国・自治体・名古屋大学の災害対応拠点として名古屋市千種区の東山キャンパス内で運用されている、およそ5,000トンの建築物である⁽⁴⁾。鉄筋コンクリート5階建の建物の基礎は図2に示すような免震システムを備えており、平常時より実建物の振動と免震の実験が可能である。本免震システムは、図2左側から順に示すように、積層ゴムアイソレーター、オイルダンパー、直動転がり支承を免震要素としている。免震層を研究に活用しやすいように、免震層復



Fig. 1 Disaster mitigation research building
(Higashiyama Campus, Nagoya University)

元力特性を線形化して振動特性を明確にしている。さらに、低い初期剛性の弾性免震としてジャッキ加力による自由振動実験が可能などの特徴を有している。

3. 体験型授業の内容

3.1 実施の概要

前記の必修科目「振動学及び演習」では、現在、約200名程度の機械・航空工学科2年生全員に対して文献(5)の教科書を用いた講義を半期（2年次後期）で実施している。主な内容は、振動波形解析、1・2・多自由度の自由振動と強制振動、ラグランジュの方程式などである。この中で、1自由度系の強制振動における「振動絶縁」について講義する日（第8回目の講義日）に、この試みを実施した。

約200名の履修者を半分に分け、減災館内の免震層に留まるグループと講義室（減災ホール）に留まるグループに分かれる。図2の免震機構に対してジャッキを用いた加力をを行い、加力後自由振動させる。免震層内のグループは自由振動現象と免震機構が動作している様子を目と耳で確認する。講義室にいるグループは振動を体で感じ取る。この後、両グループを交替し、履修者全員が目、耳と体全体で建物の振動、また免震機構の動作を感じ取る。これらの実施の様子を図3に示す。その後、両グループとも講義室に移動し、建築設計施工の分野で応用が進められているBIM (Building Information Modeling)⁽²⁾を活用した3次元動画シミュレータによる解析方法を紹介することで、建物の応答がシミュレーションにより客観的に解析できることを知る。最後に、教科書⁽⁵⁾の振動絶縁の内容について講義を受け、免震機構の理論的根拠について数学を使いながら理解するという順序で実施する。



Fig. 2 Vibration isolation system of the disaster mitigation research building

3.2 受講生アンケートの結果

実施当日に受講生を対象としてアンケートを実施した。主な設問として、

- ①「今回の体験型授業が有意義であったか？」
- ②「このような体験型授業は大学工学部の専門科目の授業として増やすべきか？」

などがあり、他に減災館についての要望や本授業の運営方法について質問する項目などが含まれている。例として、先に免震層に留まり、その後に講義室で振動を体感したグループからは87名の提出があった（登録履修者数112名の内、77.7%が本授業に出席してアンケート回答を提出）。

①に関しては、「とても有意義」が59.8%、「どちらかといえば有意義」が37.9%であり、両者を合わせると回答者の97.7%となった。その理由として（複数回答可）、「普段の講義では得られない体験ができた(79.9%)」、「地震や減災、建築のことに対する興味が持てた(52.9%)」、「振動学に興味が持てた(37.9%)」と続いた。

②に関しては「多い方が良い(51.1%)」と「少しは必要(47.1%)」を合わせると98.2%となった。その理由として、31件のコメントがあり、その内10件が授業に対する意欲向上に関するコメントであった。

以上の結果から、このような体験型授業が学生にとって概ね好評であり、この分野の学習に対するモチベーション向上に一定の効果があることが確かめられた。同時に、時間・人數的制約などが原因となる説明・体験の不十分な点、体験に続く講義を実施する環境の問題点など、運営上の課題の指摘もアンケートから複数得られており、今後の体験型授業の展開に活かしたい。

3.3 大規模な体験型授業の位置づけ

1章で述べたような伝統的な振動工学履修の手順に対して、初期の時期に、このような体験型授業を実施することの意義について考察してみたい。このような試みでは、「体験＋シミュレーション＋理論説明」の組合せによる、振動現象そのものや振動絶縁への高い関心と深い理解が得られる短期的な効果が期待できるのは言うまでもない。加えて、初期に大規模な体験を得ることで、将来技術者として振動問題に直面した際に、過去に得た経験の継承が、業務や研究・開発に何らかの意味で効果的に作用する長期的な効果も期待できる。

上記のような大規模な体験授業に加えて、小型模型（小型実験装置）を導入した体験型授業も行い、図4に概念を示すように、理論教育まで組み合わせた「V字型教育」の実施を想定すると、高いモチベーションを持ったまま、振動工学分野の全体像（理論～実応用）や学術的意義を比較的早期に取得することができるのではと予想される。このとき、小型模型の導入も、大規模体験型授業や理論教育との関連性や、卒業研究の初期検討にまで使用できるような拡張性を有することが、確かなV字を構築する上で鍵になる。このための必要な取り組みについては別の機会に考察したい。

4. おわりに

大学学部生に対する「振動工学」の教育のため、従来にはない体験型教育の試みについて、その概要と実施結果について報告した。具体的には、講義を実施する建物「名古屋大学減災館」の免震システムをジャッキで加力の上、建物ごと自由振動させることの体験と、体験後のシミュレータの紹介や教科書に沿った理論的説明の組み合わせから実施した。受講生アンケートから学生にとって概ね好評なことが明らかとなった。このような体験的授業と学生個々の理解度との関係、例えば本授業では、実施直後の1週間に振動絶縁技術に関するレポートを課しているが、そのレポートへの取り組み姿勢について評価したり、このような体験型授業を実施した年度としない年度を比較して、学期末試験の成績に変化があるのかについて解析することも興味深く、今後の課題になるといえる。

免震装置の働きを実感

名大減災館 地震の再現授業



中日新聞社許諾済

Fig. 3 Actual program (中日新聞 2015年12月2日朝刊)

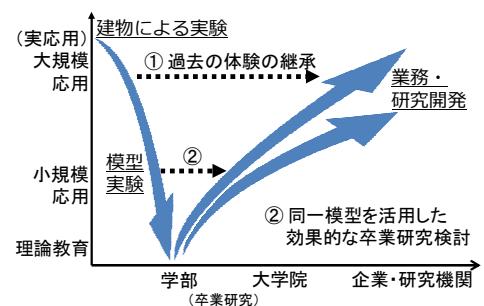


Fig. 4 Concept of the V-shape learning

文 献

- (1) 浅井 徹, 大須賀公一, 石川将人, 井上正樹, 計測自動制御学会論文集, Vol.48, No.10 (2012), pp.622-631.
- (2) Issa, R. R. A. and Olbina, S., *Building Information Modeling: Applications and Practices*, (2015), American Society of Civil Engineers.
- (3) 原 進, 第16回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会講演論文集, (2015), pp.2441-2442.
- (4) 福和伸夫, 土と岩, No.63 (2015), pp.55-64.
- (5) 石田幸男, 井上剛志, 機械振動工学, (2008), 培風館.