

L-63

ハプティックデバイスを用いた Voigt モデルの学習効果に関する一評価

An experimental evaluation for learning effect of Voigt model with haptic device

宮野公¹ ○今西諒太¹ 戸田健²Nao Miyano¹, Ryota Imanishi¹, Takeshi Toda²

Abstract: Various e-learning system has recently been developed and examined, with visual and audio interfaces such as computer monitors, mice, cameras, speakers, and microphones. However, in mechanical engineering education such as machinery and vibration, intuitive understanding and experience by tactile sense are important, and thus educational effect only by audio and vision is limited. In this study, a haptic device is prototyped with haptic interface “Hapkit” for educational support of mechanical vibration systems. In experiment, the haptic device is applied to Voigt model which is composed of a spring and a damper, and its result shows a possibility in educational usefulness of the haptic device.

1. はじめに

現在 PC やインターネットを利用した教育形態である e ラーニングの導入が進められている。2019 年に「学校教育の情報化の推進に関する法律」が施行され、情報通信技術やデジタル教材を活用した学習、またそれらを利用した体験学習等を適切に組み合わせることにより、多様な方法による学習が要求されるようになってきている^[1]。e ラーニングでは、コンピュータのモニター、マウス、カメラ、スピーカやマイクといったユーザインターフェースを通して視覚や聴覚の情報の交換を行う。しかし、機械や振動等の工学教育では触覚による直観的理解や経験が重要であり、視覚のみによる教育効果には限界がある^[2]。

本研究では、機械振動系の教育支援用ハプティックインタフェース「Hapkit」^[3]を用いたデバイスを試作し、実際にバネとダンパを並列接続した Voigt モデルに応用し、その学習効果を実験的に評価した。

2. 方法

教育支援用ハプティックインタフェース Hapkit はスタンフォード大学で開発され、ウェブサイトにて公開されている^[3]。本 Hapkit の使用は、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスにより共有や改変が許諾されている。本研究では、最新の Hapkit3.0 (2015 年) を採用し 3D プリントにより試作した。Figure 1 に Hapkit 3.0 を用いた試作デバイスを示す。

本研究では、Hapkit が応用される機械振動系の仮想環境の一つとして自動車やバイクのサスペンションを取り上げる。サスペンションの物理モデルは、Figure 2 に示す通りバネとダンパを並列接続した Voigt モデル

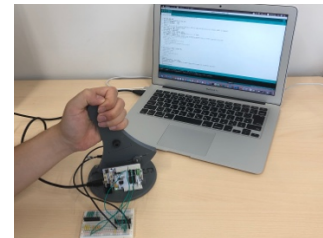


Figure 1. Experimental image

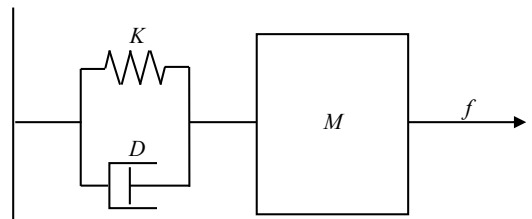


Figure 2. Voigt model

で表され、入出力関係は次式の通りバネの自然長からの伸び (x) の二次運動方程式で定義される。

$$M\ddot{x} + D\dot{x} + Kx = f \quad (1)$$

ここで M は重りの質量、 D はダンパの粘性係数、 K はバネのバネ係数、 f が重りに加える推進力 (強制関数) である。第 1 項がおもりの重量による慣性の項、第 2 項がダンパの粘性摩擦によるエネルギー消失の項、第 3 項がバネ係数によるエネルギー蓄積の項となる。Hapkit のパドルを回転させると、パドルの回転位置と重りの位置が対応し、重りを押ししたり引っ張ったりした時手に伝わる力を感じることができる。バネ係数 K を回転の重さ、ダンパの粘性 D をパドルの回転摩擦として変化を感じることができる。

Hapkit はデータ取得インタフェースとして Arduino を用いており出力は一方向 (0~+5 V)、つまり重りに

加える推進力 f の向きを一方向にしか仮想することができない。実際の機械振動系を再現するため、Hapkit にモータドライバーを追加し、両方向の推進力を試験できるデバイスに拡張した。

3. 実験

試作したハプティックデバイスについて Voigt モデルの学習効果を評価することを目的に、20～24 歳の大学生 15 名（男性 13 名，女性 2 名）を対象に予備実験を実施した。被験者を試作デバイスを使用して学習するグループ 7 名と、使用せずに学習するグループ 8 名に無作為に分けた。

まず被験者には、Voigt モデルに関する文献^[4]を学習テキストとして 20 分間読んでもらった後、学習経験とデバイスの教育効果に関するプレアンケートを全員に実施するが、デバイス有りグループはデバイスを体験した後に実施した。その 2 日後にアセスメントテストを受けてもらい学習効果を測った^[5]。

4. 結果と考察

Figure 3 に、試作デバイスの教育効果についてアセスメントテストの結果を示す。被験者の平均スコアは、デバイスを使用しなかったグループが 3.63，使用したグループが 4.71（7 点満点）であった。標準誤差に広がりがあったため、両側 T 検定を行った結果 p 値は 0.124 となり、平均値に有意な差がないことがわかった。しかし過去の学習経験を問うプレアンケートから被験者にその差はなかったことから、試作デバイスの学習効果が期待できると考えられる。

4. まとめ

本研究では、機械振動系の教育支援用ハプティックデバイスを試作し、バネとダンパを並列接続した Voigt モデルの学習効果を実験的に評価した。15 名の被験者により予備実験を実施した結果、本デバイスを使用した場合の学習スコアが高かったが、その平均値に有意な差がなかったことから、今後も実験を継続し被験者を増やすことで、その学習効果を検証する予定である。

参考文献

- [1] 文部科学省，学校教育の情報化の推進に関する法律(通知)，2019
- [2] D. I. Grow, et. al., Educational Haptics, Proc. American Ass. for Art. Intel. (AAAI) 2007 Spring Symp., 2007

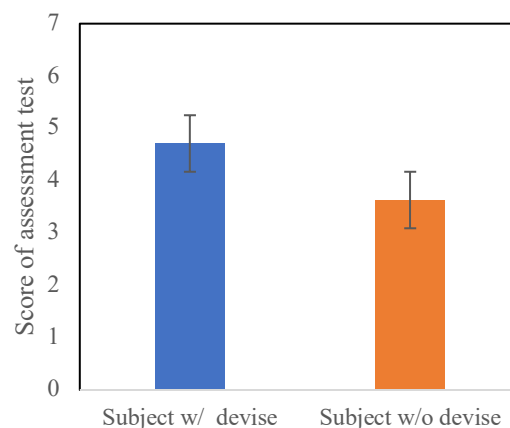


Figure 3. Assessment test result for evaluating learning effect

- [3] Stanford University, Hapkit, <https://hapkit.stanford.edu/>.
- [4] D. Bland, The Theory of Linear Viscoelasticity, 2016.
- [5] Y. Kim, et. al., Effects of Different Haptic Modalities on Students' Understanding of Physical Phenomena, 2011 IEEE World Haptics Conf., 2011.