

# 振動現象学習用教材の開発—加振装置とパッケージ型加振体—

## Development of Teaching Material for Vibration Behavior -Shaking Device and Package Type Vibration Objects-

○正 瀧口 三千弘 (広島商船高専), 藤原 滋泰 (広島商船高専), 正 藤野 俊和 (東京海洋大)  
正 阿部 雅二郎 (長岡技科大), 神出 明 (インテス)

Michihiro TAKIGUCHI, NIT, Hiroshima College, 4272-1 Higashino, Osakikamjima, Toyota, Hiroshima, 725-0231 Japan

Shigeyasu FUJIWARA, NIT, Hiroshima College, 4272-1 Higashino, Osakikamjima, Toyota, Hiroshima, 725-0231 Japan

Toshikazu FUJINO, Tokyo University of Marine Science and Technology, 2-1-6 Etchujima, Koto-ku, Tokyo, 135-8533 Japan

Masajiro ABE, Nagaoka University of Technology, 1603-1 Kamitomioka, Nagaoka, Niigata 940-2188 Japan

Akira KAMIDE, INTES, 4-6-3 Nishiiwata, Higashi-Osaka, 578-0947 Japan

**Key Words:** Teaching material, Shaking device, Package type vibration objects

### 1. 緒言

機械系の動力学問題とりわけ「振動問題」の学習において、固有振動数や固有振動モードといったこと等、問題の本質を知ることが重要であるが、実際にはなかなか理解しにくい。

そこで、著者の一人は学習用教材として教育用運動シミュレーションシステム (DSS と呼称) を開発し<sup>(1)-(3)</sup>、機械力学の授業や実験実習で活用し効果を上げている<sup>(4)</sup>。本システムは運動方程式を数値計算により解き、解析結果をグラフィック出力するという一連の作業を支援するためのソフトウェアであり、比較的簡単な運動や振動問題は本システムだけで十分理解が可能であるが、少し複雑な運動問題や多自由度系の振動問題となると、実際の動きがイメージできず理解に苦しむ学生が多い。

こうしたことから、著者らは振動現象学習用教材として各種実験装置の開発を手掛けている<sup>(5),(6)</sup>。また、実験装置の開発と同時に小型で低コストな水平方向用及び垂直方向用加振装置の開発も試みた<sup>(7)</sup>。

今回、これらの教材を広く教育機関で使用していただくことを目的に、汎用性のある加振装置とパッケージ型加振体 (水平方向用 5 個, 垂直方向用 5 個) の開発を行ったので報告する。

### 2. 加振装置

図 1 に、加振装置の外観を示す。本装置は、加振部とコントローラからなり、パッケージ型加振体をクランプして使用する。クランプ部は取外し可能である。加振は、ブラシレスモーター (30W) と偏心カムを利用して行っている。加振部寸法は  $285 \times 190 \times 335\text{mm}$  (W×D×H)、重量は 7.1kg (加振部 6.1kg, コントローラ 1.0kg) である。

本装置の特徴は、次のような点である。

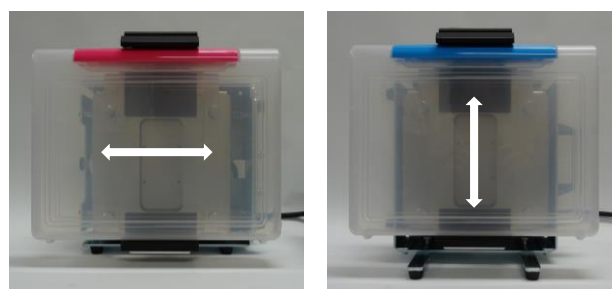
(1) 汎用性: 一台で水平方向用と垂直方向用のパッケージ型加振体の加振ができる。また、パッケージクランプ部を取外すことによって、一般の構造物の加振もできる。



Fig. 1 Shaking device.

- (2) 操作性: パッケージ型加振体を、クランプ部による締付けだけで簡単に固定できる。
- (3) 発生周波数: 周波数表示付きのコントローラを用いて、0.5~20Hz の範囲で調整できる。
- (4) 加振量 (振幅): 加振体に合わせて、カム偏心量を 1, 2, 3, 4, 5mm (5 段階) に調整できる。
- (5) 保管・運搬性: いずれも容易である。
- (6) 安全性: 本加振装置は、置くだけで使用できるように設計されているが、縦置きで使用の際は転倒防止のため踏ん張り脚を使用する。不要時は本体横向きに固定しておく。加振体と加振状態によっては (とりわけ発生周波数と加振量のいずれもが大きい場合)、加振部が動くことが想定される。この場合は、加振部を固定して使用する必要がある。

図 2 に加振装置の典型的な使用例を示す。(a)は水平方向用パッケージ型加振体使用時、(b)は垂直方向用パッケージ型加振体使用時を示す。



(a) For horizontal direction (b) For vertical direction

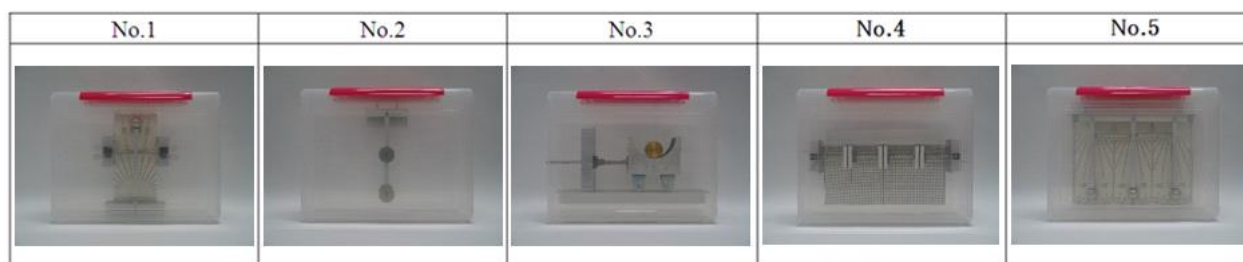
Fig. 2 Typical use example.

### 3. パッケージ型加振体

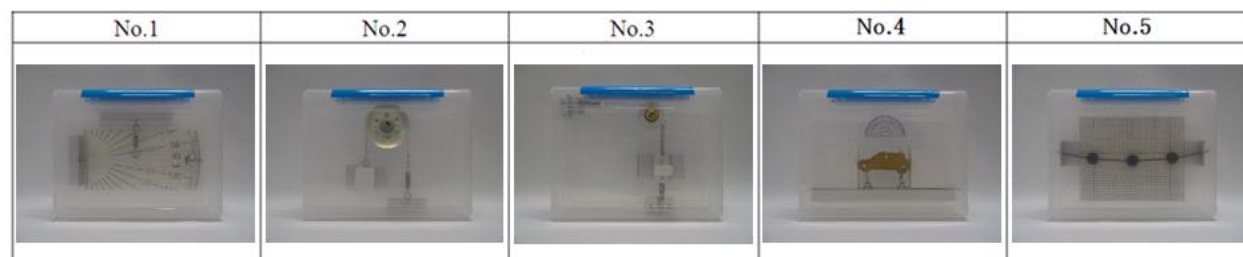
図 3 に開発したパッケージ型加振体 (水平方向用 5 個, 垂直方向用 5 個) を示す。

本教材の特徴は、次のような点である。

(1) 教材内容: 1 自由度から 3 自由度までの問題を扱った。比較的簡単な問題から、少し複雑な問題までバラエティに富んだ教材となっている。



(a) For horizontal direction



(b) For vertical direction

Fig. 3 Vibration objects of package type.

(2) 保管・運搬性：加振体をパッケージ化（A4 サイズ、薄型（厚さ 43mm）・軽量）したことにより、保管・持ち運びが容易である。

(3) 安全性：共振が発生する固有振動数（1～3 次，加振体によって異なる）をできるだけ低く抑えるよう設計してあるので，危険性がない。

表 1 に，水平方向用加振体の共振時の実験結果と解析結果の比較を示す．表 2 に，垂直方向用加振体の共振時の実験結果と解析結果の比較を示す．いずれも，実験結果と解析結果はよく一致していることがわかる．また，加振装置の振動数範囲内（0.5～20Hz）で，目的とする 1～3 次の共振が発生していることもわかる．

#### 4. 結言

本研究により得られた主な結論は，以下のとおりである．

- (1) 振動現象の観察（とりわけ共振と振動モードに注目）を目的とした，加振装置とパッケージ型加振体（水平方向用 5 個，垂直方向用 5 個）の開発を行った．
- (2) 開発した加振体の固有振動数は，いずれも解析結果とよく一致した．加振体開発のポイントは，加振装置の使用範囲の中で（しかも，できるだけ低い振動数で）全ての次数の共振が発生するように設計したことである
- (3) 加振装置とパッケージ型加振体は，保管・持運びが便利な物になった．今後，振動問題に関する教室での授業を大きくサポートし，将来的には多くの教育機関での使用が期待できる．

#### 謝辞

本研究の一部は，日本学術振興会平成 26～28 年度科学研究費補助金・基盤研究（C）（課題番号：26350217）の助成及び平成 28 年度高専一長岡技科大共同研究の助成を受けて行われたことを付記する．

#### 文献

- (1) 瀧口三千弘，“機械系の動力学問題学習用教材の開発”，論文集「高専教育」，第 22 号(1999)，pp.97-105.
- (2) 瀧口三千弘，“機械系の動力学問題学習用教（DSS）の開発一簡易アニメーション機能の追加一”，平成 24 年度工学教育研究講演会講演論文集(2012)，pp.552-553.

Table 1 Comparisons between experimental and simulated results at resonance in case of vibration objects for horizontal direction.

No.	Degrees of freedom	(Hz)					
		Primary		Secondary		Tertiary	
		Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.
1	1	3.83	3.83	/	/	/	/
2	2	1.40	1.41	3.30	3.28	/	/
3	2	2.35	2.25	3.80	3.71	/	/
4	3	3.75	3.75	7.16	6.95	8.93	9.06
5	3	1.63	1.41	2.83	2.66	4.30	4.14

Table 2 Comparisons between experimental and simulated results at resonance in case of vibration objects for vertical direction.

No.	Degrees of freedom	(Hz)					
		Primary		Secondary		Tertiary	
		Exp.	Sim.	Exp.	Sim.	Exp.	Sim.
1	1	4.95	4.92	/	/	/	/
2	1	3.33	3.32	/	/	/	/
3	2	5.55	5.47	8.83	8.40	/	/
4	2	5.42	5.37	7.75	7.81	/	/
5	3	5.30	5.08	8.97	8.98	11.75	11.13

- (3) 瀧口三千弘，“機械系の運動・振動学習用ソフトウェアの開発”，日本機械学会 2015 年度年次大会 DVD 講演論文集(2015)，J2010202(5p).
- (4) 瀧口三千弘，“教育用運動シミュレーションシステム（DSS）の開発とそれを用いた学習指導例”，平成 8 年度東レ理科教育賞受賞作品集，第 28 回(1997)，pp.38-40
- (5) 松本幸市，瀧口三千弘，“振動現象学習用教材の開発一 3 自由度直線振動系の場合一”，広島商船高等専門学校紀要，第 35 号(2013)，pp.7-12.
- (6) 松本幸市，瀧口三千弘，“振動現象学習用教材の開発一 水平方向用加振台を用いた 3 階建て構造物の場合一”，広島商船高等専門学校紀要，第 36 号(2014)，pp.13-18.
- (7) 松本幸市，瀧口三千弘，“振動教育用加振台の開発，平成 25 年度工学教育研究講演会講演論文集(2013)，pp.352-353.