

大阪府立大学工業高等専門学校

研 究 紀 要

第 5 5 卷

令和 4 年 1 月

大阪府立大学工業高等専門学校 研究紀要

第55巻 2021年度

目次

学術研究

- 軸方向の従動力を受けた片持ち梁の不安定横振動 有末 宏明 1
- 滋賀県大津市石山寺のサクラ社寺林の樹木衰退と土壌酸性化 伊藤 和男 13
関口 貫志朗

教育研究

- 高専生を主体とした動画教材作成の試み 野田 達夫 17
安藤 太一 山下 良樹
勇 地有理 田中 翔吾
中田 裕一
- PBL 実習との連携を意識したメカトロニクス実験とその効果 平尾 康起 23
中谷 敬子 和田 健
土井 智晴

報告

- 高専ロボコン 2020 におけるパフォーマンスロボットの開発 安藤 太一 27
佐々木 健 服部 舜
中井 悠稀 花谷 侑成
西田 昌平 野崎 幸汰
- 日本初ティーチング・ポートフォリオ作成 北野健一 31
オンラインワークショップを開催して 井上 千鶴子 谷野 圭亮
古田 和久 鯉坂 誠之
山下 哲 長水 壽寛
山川 修

軸方向の従動力を受けた片持ち梁の不安定横振動

有末宏明*

Unstable Transverse Oscillation of a Cantilever Beam under the Follower Force along the Longitudinal Axis

Hiroaki ARISUE*

要旨

片持ち梁の自由端に軸方向に大きさ一定の従動力を加え続けたときの現実的な初期条件の下での横方向の振動について、梁の線形の運動方程式の厳密解を用いて解析した。

従動力が小さいときは梁の振動の振幅は初期変位の大きさからわずかに揺らぐだけであるが、従動力がその臨界値に近づくにつれて、梁の振動にはうなりの現象が見られるようになる。このうなりの振幅と周期は従動力とその臨界値の差の平方根に反比例して大きくなる。従動力が小さい方から臨界値に近づく極限では、うなりの振幅と周期が無限に大きくなる結果、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続ける現象として表れる。

また、従動力が臨界値を超えてかつ臨界値に近いときは、従動力とその臨界値の差の平方根に反比例するある時間までは、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続け、その時間を超えると振動の振幅は時間とともに指数関数的に増加する。その指数関数的増加率は従動力とその臨界値の差の平方根に比例して大きくなる。従動力が大きい方から臨界値に近づく極限では、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続け、その振舞いは従動力が小さい方から臨界値に近づく極限での振舞いと一致することも示した。

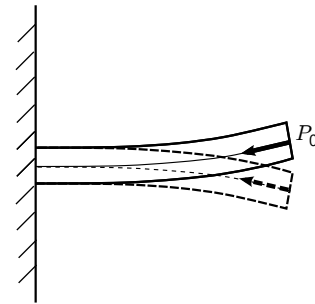
キーワード: 片持ち梁, 従動力, 運動方程式, 厳密解, 初期条件, うなり, 不安定振動

1. はじめに

片持ち梁の軸方向に常に一定の従動力を加え続けたときの梁の横方向の振動について、変位が梁の長さ比べて十分小さいときの梁の線形の運動方程式の境界条件を満たす厳密解が知られている [1][2]。その固有振動数は、従動力を大きくするにつれて最低振動数と2番目の振動数が互いに接近する。その結果として、うなりの現象が生じることが予想される。従動力の臨界値においては、両者が一致する。従動力をこの臨界値よりも大きくすると、この一致した2つの固有振動数は今度は1つの複素数となり、実数解の振動の振幅は時間とともに指数関数的に発散する。

実際に、片持ち梁を模擬するトラス状の簡単な力学模型に軸方向に従動力を加えた場合について微小な初期変位を与えて運動方程式の数値シミュレーション [2][3] を実施してみると、従動力を大きくしていくにつれて、確かにうなりの現象が生じ、うなりの振幅と周期が大き

図1 軸方向に従動力を受ける片持ち梁



くなっていく事が観測される。従動力に応じたうなりの周期の変化から従動力の臨界値が予測できるが、従動力をその予測値にある程度以上近づけると、うなりの現象は振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続ける現象に遷移する。

また、このトラス状力学模型の数値シミュレーションで従動力を臨界値より十分大きくとると、振動の振幅は時間とともに指数関数的に増加する現象が確かに観測される。従動力の値を臨界値に向けて下げていくと、指数関数的増加率は従動力の値とともに減少し、その様子から指数関数的増加率が0となる従動力の臨界値を予測できる。この臨界値は前述のうなりの周期の変化から求め

2021年8月27日受理

* 総合工学システム学科 機械システムコース

(Dept. of Industrial Systems Engineering : Mechanical Systems Course)

た臨界値とよく一致する．ところが従動力を大きい方からこの臨界値にある程度以上近づけると，振動の振幅が指数関数的増加するという振舞いから，この場合も，振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続ける現象に遷移する．従動力の臨界値の近傍で振動の振幅が直線的に増加するその増加率は，臨界値を臨界値に小さい方から近づけた場合と大きい方から近づけた場合とで同じであった．

本研究では，軸方向に常に一定の従動力を受ける片持ち梁について，梁の線形の運動方程式の厳密解を用いて，現実的な初期変位（初期波形）を採用した場合に，以後の時刻での振動の振舞いを詳細に調べた．具体的には，梁の変位は一連の固有振動数に対応する固有振動の線形結合で与えられるが，その係数を初期波形から決定した．その結果，従動力を 0 から大きくしていくと，従動力が臨界値に近づくにつれてまずうなりの現象が表れ，臨界従動力を挟んでその近傍では，振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続ける象に変わり，さらに従動力を大きくすると振動の振幅が指数関数的に増加する現象となることを，そのメカニズムを含めて，明確に示すことができた．

2. 軸方向に従動力を受ける片持ち梁の運動方程式の固有振動数

一様材質の片持ち梁の軸方向に大きさ一定の従動力 P_0 (圧縮力のとき $P_0 > 0$) を自由端にかけ続けたとき，梁の横方向の変位 $u(x, t)$ が満たす運動方程式は，変位が十分小さいとき，梁の曲げ剛性率を EI ，梁の材質の密度を ρ ，梁の断面積を A として，以下のとおりである．

$$EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + P_0 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \rho A \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

梁の長さを L とする． L と $\tau = L^2 \sqrt{\frac{\rho A}{EI}}$ をそれぞれ長ささと時間の単位にとるように， $t \rightarrow \tau t$ ， $x \rightarrow Lx$ の無次元化を行うと，

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2p' \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (2)$$

ただし， $P_0 = \frac{2EI}{L^2} p'$ とした．

この運動方程式の変数分離型の解

$$u(x, t) = f(x) \cos(\omega t + \phi) \quad (3)$$

を求めると， $f(x)$ についての方程式は，

$$\frac{d^4 f(x)}{dx^4} + 2p' \frac{d^2 f(x)}{dx^2} - \omega^2 f(x) = 0 \quad (4)$$

境界条件は $x = 0$ を固定端， $x = 1$ を自由端とすると，

$$f(0) = 0, \quad \left. \frac{df}{dx} \right|_{x=0} = 0 \quad (5)$$

$$\left. \frac{d^2 f}{dx^2} \right|_{x=1} = 0, \quad \left. \frac{d^3 f}{dx^3} \right|_{x=1} = 0 \quad (6)$$

ここで，

$$f(x) = \exp(sx) \quad (7)$$

とおくと，式 (4) より，

$$s^4 - 2p's^2 - \omega^2 = 0 \quad (8)$$

$$s = \pm \sqrt{\sqrt{p'^2 + \omega^2} + p'}, \quad s = \pm i \sqrt{\sqrt{p'^2 + \omega^2} - p'} \quad (9)$$

したがって，

$$\xi_+ = \sqrt{\sqrt{p'^2 + \omega^2} + p'}, \quad \xi_- = \sqrt{\sqrt{p'^2 + \omega^2} - p'} \quad (10)$$

とおくと， $f(x)$ の一般解は， $D_1 \sim D_4$ を任意定数として

$$f(x) = D_1 \cosh \xi_+ x + D_2 \cos \xi_- x + D_3 \sinh \xi_+ x + D_4 \sin \xi_- x \quad (11)$$

これが境界条件 (5) を満たすには， α を任意定数として

$$f(x) = D_1 \left\{ (\cosh \xi_+ x - \cos \xi_- x) + \alpha \left(\frac{1}{\xi_+} \sinh \xi_+ x - \frac{1}{\xi_-} \sin \xi_- x \right) \right\} \quad (12)$$

さらに境界条件 (6) を満たすには，

$$\begin{aligned} \alpha_1(p', \omega) &\equiv -\frac{\xi_+^2 \cosh \xi_+ + \xi_-^2 \cos \xi_-}{\xi_+ \sinh \xi_+ + \xi_- \sin \xi_-}, \\ \alpha_2(p', \omega) &\equiv -\frac{\xi_+^3 \sinh \xi_+ - \xi_-^3 \sin \xi_-}{\xi_+^2 \cosh \xi_+ + \xi_-^2 \cos \xi_-}, \\ \chi(p', \omega) &\equiv \alpha_1(p', \omega) - \alpha_2(p', \omega) \end{aligned} \quad (13)$$

として， ω は

$$\chi(p', \omega) = 0 \quad (14)$$

を満たす必要がある．

ここで後のために，式 (12) の α を式 (13) の $\alpha_1(p', \omega)$ で置き換えたものを以下のように定義しておく．(任意定数 D_1 は 1 とおいた．)

$$f(x, \omega) \equiv \left\{ (\cosh \xi_+ x - \cos \xi_- x) + \alpha_1(\omega) \left(\frac{1}{\xi_+} \sinh \xi_+ x - \frac{1}{\xi_-} \sin \xi_- x \right) \right\} \quad (15)$$

p' に対して，式 (14) を満たす ω を求めると，図 2，図 3 のように， $p'_c = 10.0254$ (臨界従動力) として， $p' \leq p'_c$ では，一連の実数値の振動数 (固有振動数) が存在する．固有振動数を小さい順に ω_n ($n = 1, 2, 3, \dots$) とする．

p' が p'_c に近づくにつれて最も小さい振動数 ω_1 と 2 番目に小さい振動数 ω_2 が接近して、 $p' = p'_c$ で両者は一致する。 $p' = p'_c$ で一致した振動数の値を $\omega_c = 11.0156$ (臨界振動数) とする。

他方、 $p' > p'_c$ では、 $p' \leq p'_c$ での $n \geq 3$ に対応する ω_n に接続する実数値の固有振動数が存在するのに対して、 ω_1, ω_2 に接続する固有振動数 ω は図 2, 図 3 に示すとおり、複素数となる。この複素固有振動数を $\omega_{12} = \omega_R + i\omega_I$ と記す。

$p' = p'_c$ 近傍での固有振動数 ω の p' 依存性を調べておこう。 ω の固有値を決定する式 (14) において $\chi(p'_c, \omega_c) = 0$ を考慮すると、式 (14) の両辺の $p' = p'_c, \omega = \omega_c$ でのテーラー展開は

$$\begin{aligned} & \frac{\partial \chi}{\partial p'}(p' - p'_c) + \frac{\partial \chi}{\partial \omega}(\omega - \omega_c) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \chi}{\partial p'^2}(p' - p'_c)^2 \\ & + \frac{\partial^2 \chi}{\partial p' \partial \omega}(p' - p'_c)(\omega - \omega_c) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 g}{\partial \omega^2}(\omega - \omega_c)^2 = 0 \quad (16) \end{aligned}$$

これが、 ω について $p' > p'_c$ でのみ複素数解をもつという条件から、 $\left. \frac{\partial \chi}{\partial \omega} \right|_{p'=p'_c, \omega=\omega_c} = 0$ の条件が付き、式 (16) すなわち式 (14) の $p' = p'_c$ 近傍での解は以下のとおりとなる。

$$\omega = \omega_c \pm k\sqrt{p'_c - p'} \quad (17)$$

ただし

$$k = 2 \frac{\partial \chi}{\partial p'} / \left. \frac{\partial^2 \chi}{\partial \omega^2} \right|_{p'=p'_c, \omega=\omega_c} \quad (18)$$

p'_c と ω_c の値を代入すると、 $k = 3.076$ である。

$\omega_n (n = 1, 2, 3, \dots)$ に対応する波形 (式 (15)) を固有波形 (固有関数) と呼び、正規化 (規格化) したものを $f_n(x)$ と書くことにする。

$$f_n(x) = N_n f(x, \omega_n) \quad (19)$$

正規化定数 N_n は以下で定義される。

$$\int_0^1 \{f_n(x)\}^2 dx = 1 \quad (20)$$

(以降で登場する他の正規化定数も同様に定義したものとする。)

固有波形 $f_n(x)$ を、 $p' = 0$ と $p' = 0.9p'_c$ について、それぞれ図 4, 図 5 に示す。

図 2 固有振動数 ω の実部

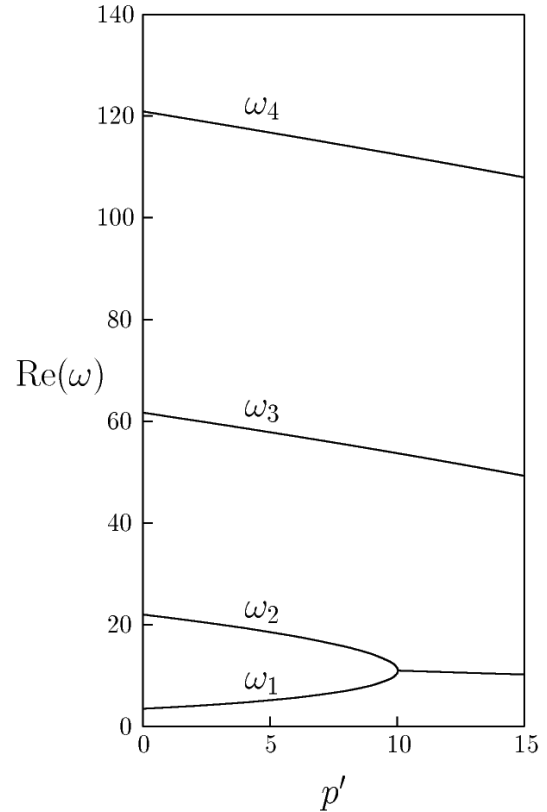


図 3 固有振動数 ω の虚部

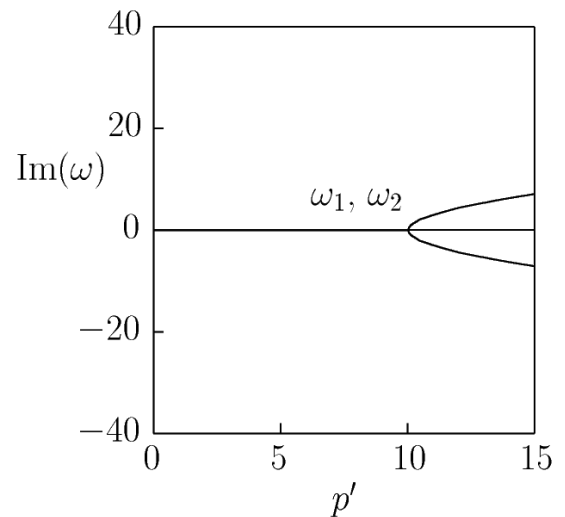


図 4 固有波形 ($p' = 0$)

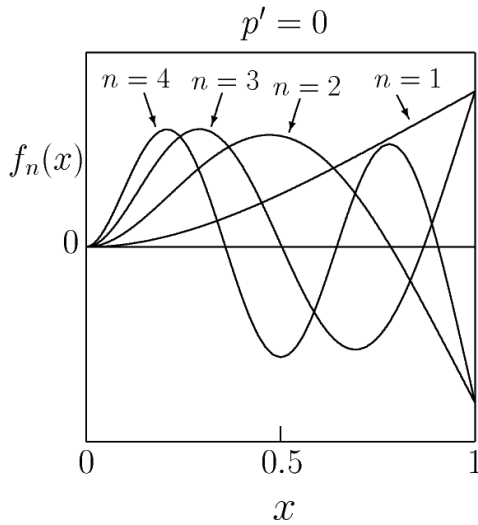
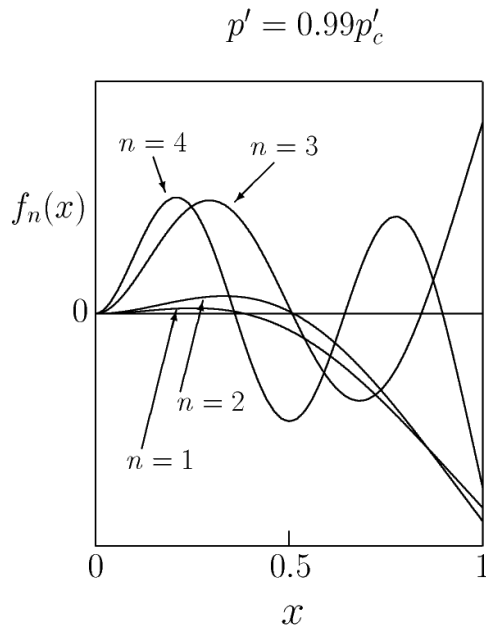


図 5 固有波形 ($p' = 0.99p'_c$)



$p' = 0$ では n 番目の振動の波形 $f_n(x)$ は $n-1$ 個のノード (ゼロ点) をもっているが, p' の値が大きくなるにしたがって, 最小振動数 ω_1 と 2 番目の振動数 ω_2 が接近する事に対応して, 固有波形 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ が互いに近づく. このとき, $f_2(x)$ のノード数は 1 のままで, $f_1(x)$ の方にノードが 1 つ生じる. 3 番目以降の振動数 ω_n の波形 $f_n(x)$ ($n \geq 3$) については, ノードの数は $n-1$ のままである.

次に, $p' > p'_c$ のときの複素固有振動数に対応する振

動モードに注目する. 本研究では, 式 (3) の初期位相は $\phi = 0$ の場合に限って考察する. この解は以下の初期条件を満たす.

$$\left. \frac{\partial u(x,t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \tag{21}$$

$\omega = \omega_{12} = \omega_R + i\omega_I$ とおいた波形 (15) の実部と虚部を

$$f(x, \omega_{12}) = f_A(x) + if_B(x) \tag{22}$$

とおくと,

$$\begin{aligned} f(x, \omega_{12}) \cos(\omega_{12}t) &= [f_A(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \\ &\quad + f_B(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t)] \\ &\quad + i[f_B(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \\ &\quad - f_A(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t)] \end{aligned} \tag{23}$$

より, 独立な実数解は

$$\begin{aligned} \text{Re} [f(x, \omega_{12}) \cos(\omega_{12}t)] &= f_A(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \\ &\quad + f_B(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t), \\ \text{Im} [f(x, \omega_{12}) \cos(\omega_{12}t)] &= f_B(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \\ &\quad - f_A(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t) \end{aligned} \tag{24}$$

$\text{Re} [f(x, \omega_{12}) \cos(\omega_{12}t)]$ と $\text{Im} [f(x, \omega_{12}) \cos(\omega_{12}t)]$ の $t = 0$ での初期値は $f_A(x)$ と $f_B(x)$ である. 図 6 と図 7 にそれぞれ $p' = 1.01p'_c$ と $p' = 1.001p'_c$ のときの波形 $f_A(x)$ と $f_B(x)$ を示す (それぞれの p' について, 波形の相対的な大きさを示している).

図 6 固有波形 ($p' = 1.01p'_c$)

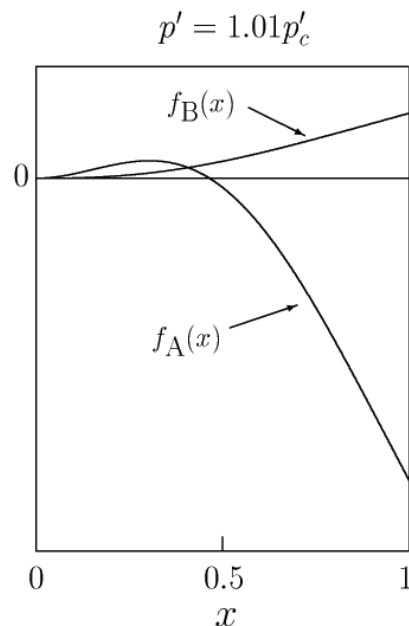
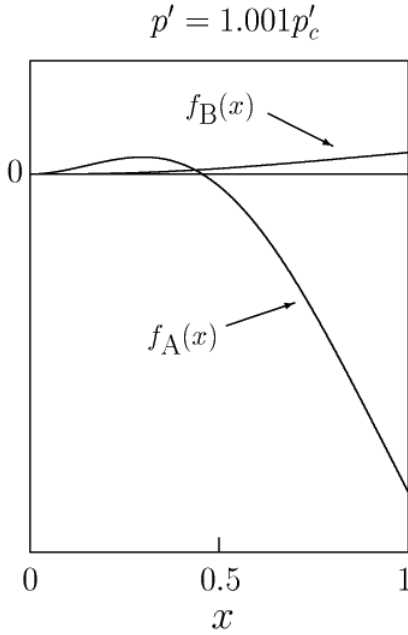


図7 固有波形 ($p' = 1.001p'_c$)


この波形の特徴は、 $f_B(x)$ がノードを持たないのに対して、 $f_A(x)$ はノードを1つ持つことである。そして、 $f_B(x)$ の最大値が $f_A(x)$ の最大値に比べて大きいことである。 $f_B(x)$ の最大値と $f_A(x)$ の最大値の比は p' の値が p'_c に近いほど ω_1 に反比例して大きくなる。

3. 固有波形の直交性と固有波形による初期波形の展開

この節ではまず、 $p' = 0$ の場合に限り、固有値 ω_n に対応する固有波形 $f_n(x)$ が直交関数系を成すことを示す。

固有値が ω_m と ω_n に対応する固有波形はそれぞれ以下の固有値方程式を満たす。

$$\frac{d^4 f_m(x)}{dx^4} + 2p' \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} = \omega_m^2 f_m(x) \quad (25)$$

$$\frac{d^4 f_n(x)}{dx^4} + 2p' \frac{d^2 f_n(x)}{dx^2} = \omega_n^2 f_n(x) \quad (26)$$

式(25)に $f_n(x)$ 、式(26)に $f_m(x)$ をそれぞれかけて積分し、差をとると

$$\begin{aligned} & \int_0^1 \left(\frac{d^4 f_m(x)}{dx^4} f_n(x) - f_m(x) \frac{d^4 f_n(x)}{dx^4} \right) dx \\ & + 2p' \int_0^1 \left(\frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} f_n(x) - f_m(x) \frac{d^2 f_n(x)}{dx^2} \right) dx \\ & = (\omega_m^2 - \omega_n^2) \int_0^1 f_m(x) f_n(x) dx \quad (27) \end{aligned}$$

式(27)は左辺で部分積分を複数回繰り返すことで以下のように変形できる。

$$\begin{aligned} & \left[f_m(x) \frac{d^3 f_n(x)}{dx^3} - \frac{df_m(x)}{dx} \frac{d^2 f_n(x)}{dx^2} \right. \\ & \quad \left. + \frac{d^2 f_m(x)}{dx^2} \frac{df_n(x)}{dx} - \frac{d^3 f_m(x)}{dx^3} f_n(x) \right]_0^1 \\ & + 2p' \left[f_m(x) \frac{df_n(x)}{dx} - \frac{df_m(x)}{dx} f_n(x) \right]_0^1 \\ & = (\omega_m^2 - \omega_n^2) \int_0^1 f_m(x) f_n(x) dx \quad (28) \end{aligned}$$

境界条件(5)(6)により、式(28)の左辺の第1項は0となるが、 p' に比例する第2項は $x = 1$ での値が0でない。したがって、 $p' = 0$ の場合に限り、 $m \neq n$ のとき、

$$\int_0^1 f_m(x) f_n(x) dx = 0,$$

すなわち、 $p' = 0$ の場合に限り、固有関数列 $\{f_n(x)\}$ は直交関数系を成す。 $p' \neq 0$ の場合は、固有関数列は直交関数系にはならない。

さて、初期条件を

$$u(x, 0) = g(x), \quad \left. \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (29)$$

として、その後の梁の変位の時間的変化を考察する。

まず $p' < p'_c$ の場合は、 $g(x)$ を固有関数列 $\{f_n(x)\}$ で

$$g(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n f_n(x) \quad (30)$$

と展開することができれば、その後の梁の変位は

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n f_n(x) \cos(\omega_n t) \quad (31)$$

で与えられる。すなわち初期波形における各固有振動の成分を振幅とする単振動の重ね合わせである。

そのうち $p' = 0$ の場合には、展開係数 a_n は正規直交関数列 $\{f_n(x)\}$ を用いて以下のように得られる。

$$a_n = \int_0^1 f_n(x) g(x) dx \quad (32)$$

これに対して $0 < p' < p'_c$ の場合は、まず、Schmit の直交化法を用いて、固有関数列 $\{f_n(x)\}$ の線形結合により正規直交関数列 $\{h_n(x)\}$ を構成し、それを用いて $g(x)$ を展開することで、固有関数列 $\{f_n(x)\}$ による $g(x)$ の展開(30)を得る事ができる。

次に $p' > p'_c$ の場合は、式(22)の $f_A(x)$ 、 $f_B(x)$ を含む正規関数列 $\{N_B f_B(x), N_A f_A(x), f_3(x), f_4(x), \dots\}$ を

用いて、初期波形 $f(x)$ を以下のように展開する. (N_B, N_A はそれぞれ正規化係数である. また $f_n(x)$ ($n \geq 3$) についてもすべて正規化されているとする.)

$$g(x) = b_1 N_B f_B(x) + b_2 N_A f_A(x) + \sum_{n=3}^{\infty} b_n f_n(x) \quad (33)$$

ここで $f_B(x)$ を第 1 項, $f_A(x)$ を第 2 項にしたのは, 前節図 6, 図 7 で見たように $f_B(x)$ がノードを 1 つも持たないのに対して, $f_A(x)$ がノードを 1 つ持つからである. すると, その後の梁の変位は以下で与えられる.

$$\begin{aligned} u(x, t) &= b_1 N_B \left[f_B(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \right. \\ &\quad \left. - f_A(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t) \right] \\ &\quad + b_2 N_A \left[f_A(x) \cosh(\omega_I t) \cos(\omega_R t) \right. \\ &\quad \left. + f_B(x) \sinh(\omega_I t) \sin(\omega_R t) \right] \\ &\quad + \sum_{n=3}^{\infty} b_n f_n(x) \cos(\omega_n t) \end{aligned} \quad (34)$$

係数 b_1 と b_2 に比例する最初の 2 項はともに $\omega_I t \gtrsim 1$ の時刻では振動の振幅が指数関数的に増大する. その指数関数的増加率は ω_I である.

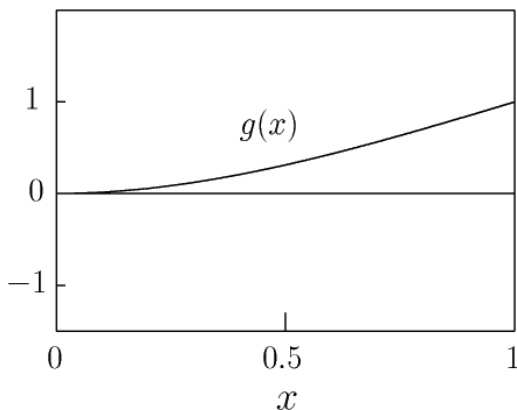
4. 現実的な初期条件のもとでの解の振舞い

現実的な初期条件として本研究では, 片持ち梁の自由端 ($x = 1$) に横方向に一定の力を加えたときの「たわみ曲線」を採用する (図 8).

$$g(x) = (3x^2 - x^3)/2 \quad (35)$$

実際の初期波形には任意定数を右辺全体にかけることができるが, ここでは便宜的に $g(x)|_{x=1} = 1$ となるようにとった.

図 8 初期波形 (たわみ曲線) ($p' = 0$)



以下 p' の値毎に, 梁の自由端の変位 $u(x, t)|_{x=1}$ の時間的な振舞いを図 9~図 16 に示す. $p' < p'_c$ については式 (30) の展開係数 a_n を, $p' > p'_c$ については式 (33) の展開係数 b_n をそれぞれ前節に述べた手順で求め, 梁の変位の時間的な振舞いはそれぞれ式 (31) または式 (34) により求めた.

$p' = 0$ の場合には, 展開係数 a_n は表 2 のとおり, $|a_1| \gg |a_2|, |a_3|, \dots$ となっており, これに対応して振動の様子は図 9 のように $n = 1$ の最低振動数の単振動が主要部分を占めていて, そこに $n = 2$ を主とする高い振動数の成分による微少な揺らぎが加わっている.

$0 < p' < p'_c$ の場合は, p' が大きくなると, 表 2 のとおり展開係数 a_2 が徐々に大きくなり, $p' = 0.9p'_c$ では無視できない大きさとなる. 図 10 のように $n = 1$ の最低振動数の単振動を基本にしながらか主として $n = 2$ による振幅の揺らぎが目立ってきている.

これが, $p' = 0.99p'_c$ では表 2 のとおり a_2 が a_1 に匹敵する大きさとなり, また表 1 のとおり $n = 1$ と $n = 2$ の振動数が互いにかなり近づいて, 対応する固有波形 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ も近づいている. その結果として振動の様子には図 11 のようにうなりの現象が現れている.

従動力がさらに臨界値 p'_c に近づくにつれて表 1 と表 2 のように振動数 ω_1 と ω_2 , 固有波形 $f_1(x)$ と $f_2(x)$ (図示は省略している) がそれぞれ互いに近づき, 係数 a_1 と a_2 も互いに近づいている. その結果として図 12, 図 13, 図 14 のように, うなりの現象はより明確になっている. 従動力 p' が臨界値 p'_c に近づくにつれてうなりの周期と振幅はともに ω_2 と ω_1 の差に反比例して増大している.

表 1 固有振動数 ($p' < p'_c$)

p'	ω_1	ω_2	$\omega_2 - \omega_1$
0	3.52	22.03	18.51
$0.99p'_c$	10.06	12.01	1.95
$0.999p'_c$	10.71	11.32	0.61
$0.9999p'_c$	10.918	11.113	0.195
$0.99999p'_c$	10.985	11.046	0.061

表 2 初期波形の展開係数 ($p' < p'_c$)

p'	a_1	a_2	a_3	a_4
0	0.4853	-0.0124	0.0016	-0.0004
$0.9p'_c$	-0.6260	0.1687	0.0062	-0.003
$0.99p'_c$	-1.3485	0.8942	0.0068	0.0004
$0.999p'_c$	-3.726	3.276	0.0069	0.0004
$0.9999p'_c$	-11.29	10.84	0.0069	0.0004
$0.99999p'_c$	-35.32	34.87	0.0069	0.0004

図 9 振動の様子 ($p' = 0$)

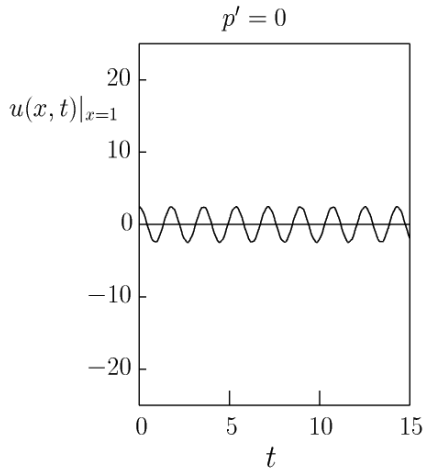


図 12 振動の様子 ($p' = 0.999p'_c$)

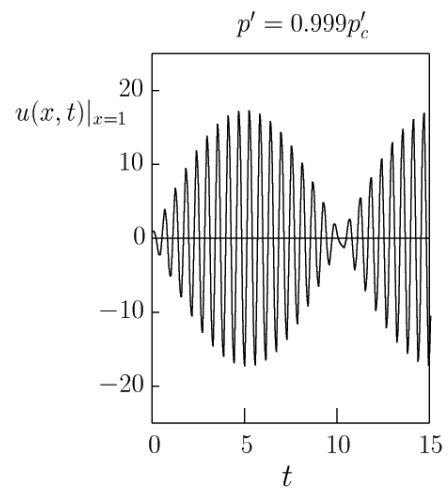


図 10 振動の様子 ($p' = 0.9p'_c$)

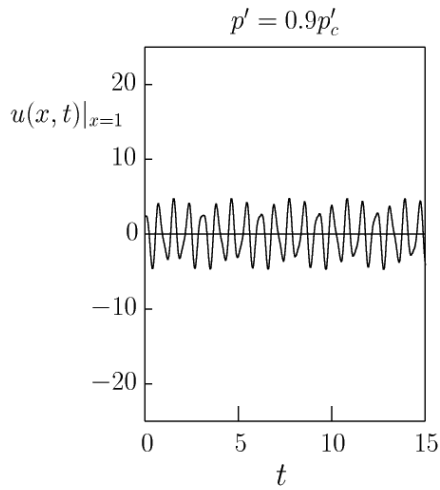


図 13 振動の様子 ($p' = 0.9999p'_c$)

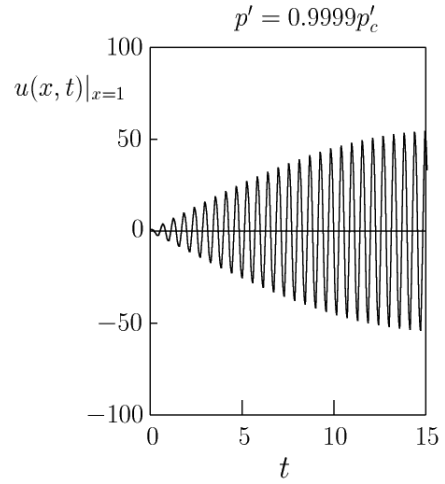


図 11 振動の様子 ($p' = 0.99p'_c$)

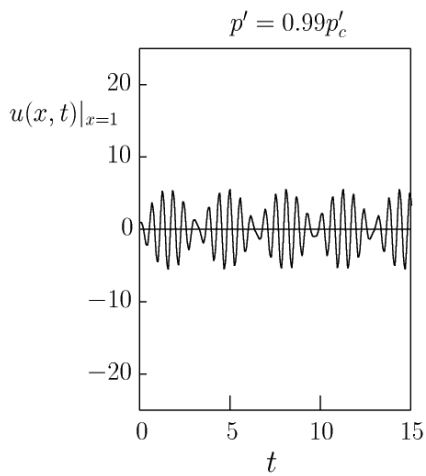
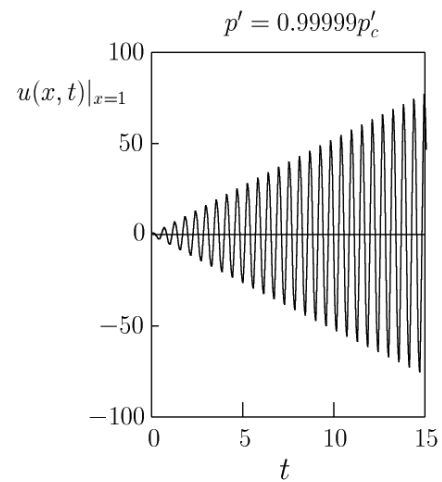


図 14 振動の様子 ($p' = 0.99999p'_c$)



$p' > p'_c$ の場合は、最低固有振動数 ω が複素数になることに対応して前節の式 (34) のように梁の振動の振幅は時間の経過とともに指数関数的に増大する。指数関数的な増加率は複素固有振動数 ω の虚数部 ω_I に等しいが、その値は表 3 のように p' が大きくなるほど大きくなる。(p' が p'_c の近傍では式 (17) のとおり $\sqrt{p' - p'_c}$ に比例して大きくなる。)

実際、 $p' = 1.001p'_c$ では固有振動数の実数部と虚数部は $\omega_R = 11.01$, $\omega_I = 0.308$ となり、図 16 のように $\omega_I t \sim 1$ すなわち $t \sim 3$ 辺り以降の時刻で振動の振幅の指数関数的増大が顕著に見られる。

他方、 $p' = 1.00001p'_c$ では $\omega_R = 11.02$, $\omega_I = 0.0308$ であり、振動の振幅の指数関数的増大が顕著に見られるのは $t \sim 30$ の時刻以降のはずだと思われるが、実際には図 15 のように振動の振幅は最初の時刻から直線的に増大している。

表 3 固有振動数 ($p' > p'_c$)

p'	ω_R	ω_I
$1.00001p'_c$	11.02	0.0308
$1.0001p'_c$	11.02	0.0974
$1.001p'_c$	11.01	0.308
$1.01p'_c$	11.01	0.974

図 15 振動の様子 ($p' = 1.00001p'_c$)

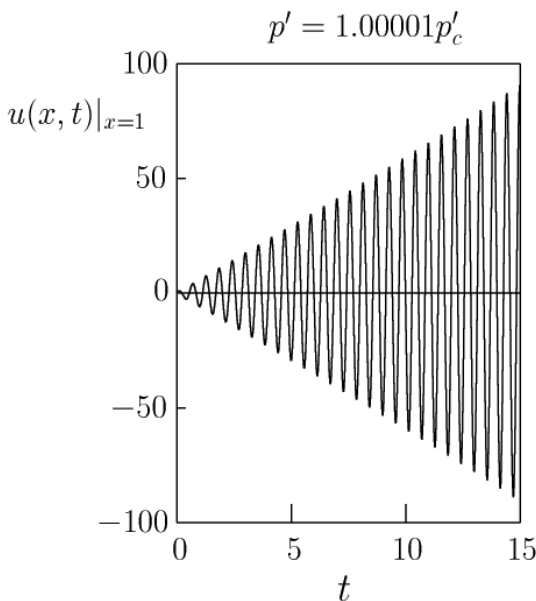
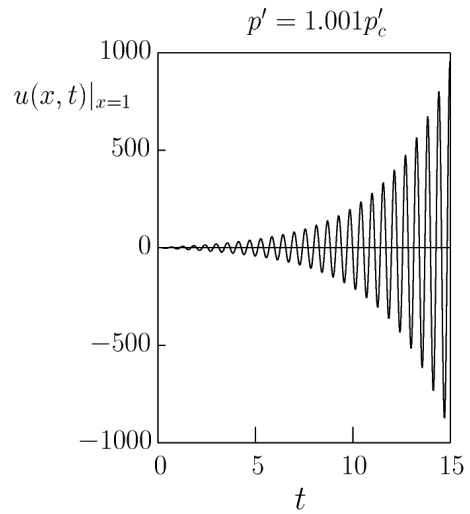


図 16 振動の様子 ($p' = 1.001p'_c$)



この節の以降では、 $p' > p'_c$ で、かつ p' が p'_c に極めて近いときは、このように振動の振幅が最初の時刻から直線的に増大する理由を述べる。

まず、表 3 のように p' が p'_c に近いほど ω_I は $\sqrt{p' - p'_c}$ に比例して小さくなる (式 (17) 参照)。式 (34) の展開係数 b_n については表 4 のように、 b_2 は b_1 の $1/6$ 程度であり、また $b_n (n \geq 3)$ は b_1, b_2 に比べてはるかに小さい。さらに、式 (34) の b_1 に比例する第 1 項と b_2 に比例する第 2 項について、 $f_B(x)$ と $f_A(x)$ の大きさを比べると、2 節で説明したように (図 6, 図 7 参照)、 p' が p'_c に近いほど $f_A(x)$ の方が $f_B(x)$ より大きくなるので、第 1 項と第 2 項を合わせた中では振動の振幅が $b_1 N_B f_A(x) \sinh(\omega_I t)$ の項が主要な項である。(注: $N_B f_B(x)$ と $N_A f_A(x)$ はそれぞれ正規化されているので 1 の程度の大きさである。)

表 4 初期波形の展開係数 ($p' > p'_c$)

p'	b_1	b_2	b_3	b_4
$1.00001p'_c$	0.577	0.098	0.0069	0.0004
$1.0001p'_c$	0.577	0.098	0.0069	0.0004
$1.001p'_c$	0.576	0.097	0.0069	0.0004
$1.01p'_c$	0.569	0.090	0.0070	0.0004

実際、表5のように、 p' が p'_c の近傍では $b_1 N_B f_A(x)$ が他の振幅より圧倒的に大きく、その値は ω_1 に反比例して大きくなっている。

表5 変位の主要項の $x = 1$ での振幅 ($p' > p'_c$)

p'	$b_1 N_B f_B(x)$	$b_1 N_B f_A(x)$	$b_2 N_A f_A(x)$	$b_2 N_A f_B(x)$
$1.00001 p'_c$	1.23	189.3	-0.25	0.002
$1.0001 p'_c$	1.23	57.3	-0.25	0.005
$1.001 p'_c$	1.23	19.0	-0.25	0.019
$1.01 p'_c$	1.22	5.6	-0.23	0.050

そして、 $0 < t \lesssim \frac{1}{\omega_1}$ の時刻では

$$b_1 N_B f_A(x) \sinh(\omega_1 t) \simeq b_1 N_B f_A(x) \omega_1 t \quad (36)$$

と、振動の振幅が時刻 t に比例して増大する。その時間 $\frac{1}{\omega_1}$ は $p' \rightarrow p'_c$ の極限では無限に長くなる。(注： $p' \rightarrow p'_c$ の極限で $f_A(x)$ は ω_1 にほぼ反比例して大きくなるので、 ω_1 の減少と合わさって式 (36) の右辺の係数 $b_1 N_B f_A(x) \omega_1$ は p' が変化してもほぼ一定である。

5. 臨界従動力近傍での解の振舞い

この節では、臨界従動力近傍での解の振舞いを調べる。とくに $p' < p'_c$ の側から $p' \rightarrow p'_c$ の極限をとったときと、 $p' > p'_c$ の側から $p' \rightarrow p'_c$ の極限をとったときとで、現実的な初期波形を採った梁の変位の時間的な振舞いが一致することを示す。

まず $p' = p'_c$ 近傍で $p' < p'_c$ について調べる。

p' が p'_c に近づくとき、2つの固有値 ω_1 と ω_2 は互いに近づくので、対応する固有波形 $f(x, \omega_1)$ と $f(x, \omega_2)$ も互いに近づく。そこで、以下の正規化された波形関数を導入する。

$$\begin{aligned} f_1^*(x) &= N_1^* \{f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)\} \\ f_2^*(x) &= N_2^* \{f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)\} \end{aligned} \quad (37)$$

N_1^* , N_2^* は正規化定数である。例として図17と図18に $p' = 0.99$ と $p' = 0.9999$ での $f_1^*(x)$ と $f_2^*(x)$ を示す。 $f_1^*(x)$ はノードを持たないだけでなく、 $f_1^*(x)$ と $f_1^{*''}(x)$ も符号を変えないという意味で、現実的な初期波形の例として採用した「たわみ曲線」(35) (図8) と波形が類似している。他方、 $f_2^*(x)$ はノードを1つ持つ。

図17 波形関数 ($p' = 0.99 p'_c$)

$$p' = 0.9900 p'_c$$

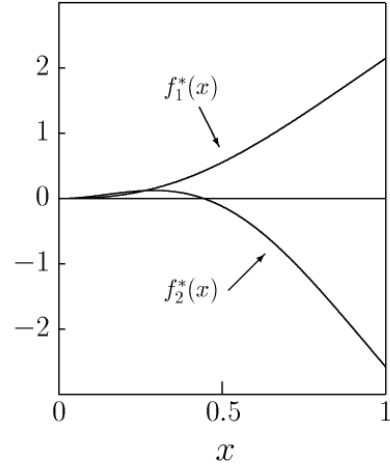
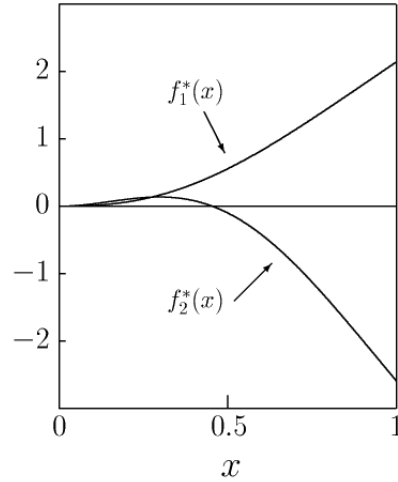


図18 波形関数 ($p' = 0.9999 p'_c$)

$$p' = 0.9999 p'_c$$



そこで、初期波形 $g(x)$ を式 (30) のように固有関数列 $\{f_1(x), f_2(x), f_3(x), \dots\}$ で展開する代わりに、以下のように関数列 $\{f_1^*(x), f_2^*(x), f_3(x), \dots\}$ で展開した方が、 p'_c 近傍での解の時間的な振舞いをより良く理解することができる。

$$g(x) = a_1^* f_1^*(x) + a_2^* f_2^*(x) + \sum_{n=3}^{\infty} a_n^* f_n(x) \quad (38)$$

$p' = p'_c$ 近傍では表 6 のように $|a_1^*| \gg |a_2^*|, |a_3^*|, |a_4^*|, \dots$ となっており. $f_1^*(x)$ が初期波形 $g(x)$ の主要な成分である.

表 6 初期波形の展開係数 a_n^* ($p' < p'_c$)

p'	a_1^*	a_2^*	a_3^*	a_4^*
$0.99p'_c$	0.5864	0.1073	0.0068	0.0004
$0.9999p'_c$	0.5774	0.0983	0.0069	0.0004

初期波形の成分分解 (38) の主要項であるこの第 1 項の時刻 t における波形は以下のとおりである.

$$\begin{aligned}
 u(x, t) &\cong \\
 &= a_1^* N_1^* [f(x, \omega_2) \cos(\omega_2 t) - f(x, \omega_1) \cos(\omega_1 t)] \\
 &= a_1^* N_1^* \left[\{f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)\} \frac{\cos(\omega_2 t) + \cos(\omega_1 t)}{2} \right. \\
 &\quad \left. + \{f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)\} \frac{\cos(\omega_2 t) - \cos(\omega_1 t)}{2} \right] \\
 &= a_1^* N_1^* \left[\{f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)\} \right. \\
 &\quad \times \cos\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \cos\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \\
 &\quad - \{f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)\} \\
 &\quad \left. \times \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \sin\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \right] \tag{39}
 \end{aligned}$$

式 (39) の最終式の第 1 項と第 2 項はともに「うなり」の式である. 式 (39) の $t = 0$ での波形は第 1 項のうなりの振幅 $a_1^* N_1^* [f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)] = a_1^* f_1^*(x)$ であるが, これは上述のとおり梁の初期波形 $g(x)$ にほぼ等しい. これに対して, p' が p'_c に近づくとき, $f(x, \omega_2)$ と $f(x, \omega_1)$ が互いに接近する結果, 第 2 項のうなりの振幅 $a_1^* N_1^* [f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)]$ は, 第 1 項の振幅に比べて (したがって初期波形 $g(x)$ に比べて), $\omega_2 - \omega_1$ に反比例して増大するのである. (p' が p'_c に近づくときの $f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)$ と $f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)$ の相対的な大きさの変化を図 19 と図 20 に示しておく.)

図 19 $f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)$ と $f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)$ の比較 ($p' = 0.99p'_c$)

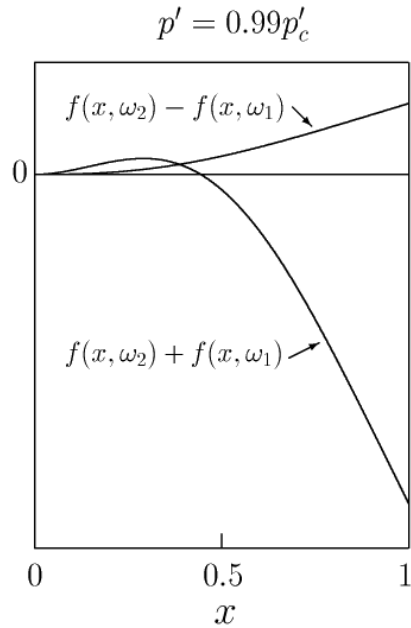
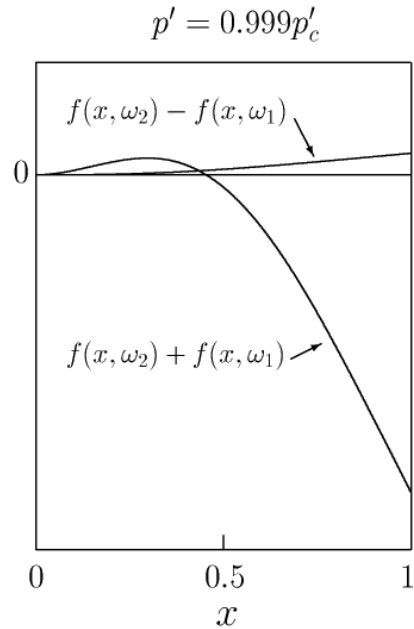


図 20 $f(x, \omega_2) - f(x, \omega_1)$ と $f(x, \omega_2) + f(x, \omega_1)$ の比較 ($p' = 0.9999p'_c$)



p' が p'_c に近づく極限で、式 (17) に従って $\omega_1 = \omega_c - \Delta\omega$, $\omega_2 = \omega_c + \Delta\omega$ において、式 (39) の $\Delta\omega$ について 1 次までの展開を示しておく。

$$\begin{aligned} u(x, t) &\cong \\ &= a_1^* N_1^* [f(x, \omega_2) \cos(\omega_2 t) - f(x, \omega_1) \cos(\omega_1 t)] \\ &= 2a_1^* N_1^* \\ &\quad \times \left\{ \Delta\omega \frac{\partial f(x, \omega)}{\partial \omega} \Big|_{\omega=\omega_c} \cos(\Delta\omega t) \cos(\omega_c t) \right. \\ &\quad \left. - f(x, \omega_c) \sin(\Delta\omega t) \sin(\omega_c t) \right\} \end{aligned} \quad (40)$$

次に $p' = p'_c$ 近傍のうち $p' > p'_c$ について調べる。複素固有振動数を $\omega = \omega_c + i\Delta\omega$ とおくと、

$$f(x, \omega) = f(x, \omega_c) + i\Delta\omega \frac{\partial f(x, \omega)}{\partial \omega} \Big|_{\omega=\omega_c} \quad (41)$$

より、式 (22) に従って、 $f_A(x) = f(x, \omega_c)$, $f_B(x) = \Delta\omega \frac{\partial f(x, \omega)}{\partial \omega} \Big|_{\omega=\omega_c}$, これを、式 (34) において $p' = p'_c$ 近傍での主要項である第 1 項に代入して、 $\Delta\omega$ について 1 次まで展開すると、以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} u(x, t) &\cong \\ &= b_1 N_B \left\{ \Delta\omega \frac{\partial f(x, \omega)}{\partial \omega} \Big|_{\omega=\omega_c} \cosh(\Delta\omega t) \cos(\omega_c t) \right. \\ &\quad \left. - f(x, \omega_c) \sinh(\Delta\omega t) \sin(\omega_c t) \right\} \end{aligned} \quad (42)$$

解 (40) ($p' < p'_c$) と解 (42) ($p' > p'_c$) を比較すると、 $t \ll \frac{1}{\Delta\omega}$ の時刻では、互いに極めて近く、 $\Delta\omega \rightarrow 0$ の極限で、正規化定数について $2N_1^* = N_B$, さらにそれに基づく展開係数について $a_1^* = b_1$ の関係があるので、両者は正確に一致する。

これらの臨界従動力近傍での解 (40) と解 (42) に共通の重要な特徴は、 $t = 0$ では第 2 項が 0 であるが、 $\Delta\omega$ が十分小さいとき、

$$t = \frac{\partial f(x, \omega)}{\partial \omega} \Big|_{\omega=\omega_c} / f(x, \omega_c) = \frac{0.187}{8.4} = 0.22 \quad (43)$$

の時刻には第 2 項が第 1 項とほぼ同じ振幅になり、最初の振動の周期に相当する時刻 $t = \frac{2\pi}{\omega_c} = 0.57$ には第 2 項の振幅が第 1 項の振幅の $\frac{0.57}{0.22} = 2.6$ 倍になる。以降 $t \sim \frac{1}{2\Delta\omega}$ 程度の時刻までは t にほぼ比例して振動の振幅が増大する。

6. まとめと考察

片持ち梁の自由端に梁の軸方向に大きさ一定の従動力を加え続けたときの現実的な初期条件の下での横方向の振動について、梁の線形の運動方程式の厳密解を用いて解析した。

従動力が小さいときには梁の振動の振幅が初期変位の大きさからわずかに揺らぐだけであるが、従動力 p' が臨界値 p'_c に近づくにつれて、梁の振動にはうなりの現象が見られるようになる。このうなりの振幅と周期は $\sqrt{p'_c - p'}$ に反比例して大きくなる。従動力が小さい方から臨界値に近づく極限では、うなりの振幅と周期が無限に大きくなる結果、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続ける現象として表れる。1 回の振動毎の振幅の増加は初期変位の約 2.6 倍ずつである。

他方、従動力が臨界値を超えてかつ臨界値に近いときは、 $\sqrt{p' - p'_c}$ の逆数に比例するある時間までは、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続け、その時間を超えると振動の振幅は時間とともに指数関数的に増加する。その指数関数的増加率は $\sqrt{p' - p'_c}$ に比例して大きくなる。

従動力が大きい方から臨界値に近づく極限では、梁の振動の振幅が時間に比例して直線的に増加し続け、その振舞いは従動力が小さい方から臨界値に近づく極限での振舞いと完全に一致する。

今回は初期波形として片持ち梁の自由端 ($x = 1$) に横方向に一定の力を加えたときに生じる「たわみ曲線」を採用して解析した。これ以外に初期波形として $g(x) = x^2$ という波形を採用した解析も行ったが、従動力の大きさに応じた梁の変位の振舞いの変化に関する上述の結論は変わらない。一般的に初期波形 $g(x)$ について少なくとも、傾き $g'(x)$ と曲率 $g''(x)$ の符号がそれぞれ梁の固定端から自由端までのどの位置でも符号を変えない (したがって波形がノードを持たない) 場合には、4 節と 5 節の考察から、梁の変位の振舞いについての上述の結論は変わらないと考えられる。

最後に、今回解析した従動力を受けた片持ち梁の横方向の変位についての線形運動方程式は、梁の横方向の変位が梁の長さに比べて十分小さいときにのみ成り立つことを付け加えておく。初期変位が梁の長さに比べて十分小さいとして、従動力が臨界値に近いとき、あるいは臨界値を超えると、振動の振幅は時間とともに初期値から増大する。時間の経過とともに梁の変位が梁の長さに比べて 10% 程度を超えた時点から非線形効果が効き始め、梁の変位は上述の線形運動方程式の厳密解に基づく振舞いからはずれてくる。トラス状の力学模型の数値シミュレーションによると、増加した梁の変位は梁の長さ

の 10%～数 10%程度を上限として折り返してくる。その後はカオス的な振幅の増減を繰り返す様子が観測される。

参考文献

- [1] Bolotin, V. V., “Nonconservative Problems of the Theory of Elastic Stabilities, Pergamon press (1963), 「ウラジミール・バシレヴィッチ・ボロティン弾性系の動的安定」近藤誠治・中田和夫 訳, コロナ社, 1972 年
- [2] 亀岡翔太, 有末宏明, “従動力を受けたトラス構造物の不安定振動の解析“大阪府立高専研究紀要, 第 41 巻, p.1～10, 2007 年 6 月
- [3] 中谷 敬子, 杉山 吉彦, “従動力を受けるトラス構造物の振動特性の分子動力学シミュレーション“, 日本材料学会第 11 回分子動力学シンポジウム proceedings, 2006 年 5 月 (長岡技術科学大学)

滋賀県大津市石山寺のサクラ社寺林の樹木衰退と 土壤酸性化

伊藤和男*, 関口貫志朗**

Tree decline and soil acidification in the cherry (*Prunus* spp.) groves at the Ishiyamadera temple in Otsu city, Shiga prefecture, Japan

Kazuo ITO*, Kanshiro SEKIGUCHI**

要旨

関西圏の社寺林の樹木衰退状況および社寺林土壌の酸性化について調査を続けている。その結果多くの社寺林で衰退が観測され、その土壌は酸性化していた。ここでは、関西圏のサクラの名所の一つである、滋賀県大津市の石山寺社寺林のサクラについて調査した。調査の結果、調査木すべてに衰退が観測された。また、その土壌は、pH が低く酸性化の傾向が認められた。また、土壌中の栄養塩も少なく、さらに、植物の生長に有害とされる交換性アルミニウム量も多かった。土壌の酸性化が、衰退の原因の1つである可能性が考えられる。また、衰退指数と土壌pH、および衰退指数と交換性アルミニウムには、中程度の相関が見られたが、統計的には十分有意でなかった。

キーワード: 樹木衰退, サクラ, 土壤酸性化, 滋賀県, 土壌pH, 社寺林

1. はじめに

サクラは、日本を代表する樹木で、全国各地に植えられている。春の開花時期には、多くの人々が、各地のサクラ林へ花見に訪れ、大切な観光資源となっている。しかし、日本で一番の規模といわれる吉野山のサクラに衰退が観測されている。その原因についていくつかの考察がされているが、はっきりした原因はわかっていない^[1]。

ところで、関西各地の森林で、樹木の衰退が観測されている。例えば、京都市でのスギ、ヒノキの衰退^[2]、大阪府の和泉葛城山のブナの衰退^[3]、兵庫県神戸市のコナラの衰退^[4]、三重県伊賀市のスギの衰退^[5]、奈良県のヒノキの衰退^[6]などである。そこで、その衰退の原因を明らかにして、樹木の衰退を防ぎ、保全を進めることが求められている。

関西圏の樹木が衰退していた調査林では、幹周辺の土壌のpHが低く、栄養塩量(交換性カルシウム、マグネシウム、カリウム量)が少なく、土壌の酸性化が、衰退の

原因の1つである可能性が指摘されている^[2-6]。さらに、北米^[7]およびヨーロッパ^[8]の研究でも、土壤酸性化による樹木の衰退が指摘されている。そしてその酸性化の原因は酸性雨である可能性が指摘されている^[9]。

そこで、本研究では、関西圏のサクラの名所の1つである、滋賀県の石山寺サクラ林について調査した。調査は、2008年に行われたが、測定したデータを統計的に再検討したところ、新しい知見が得られたので、ここで報告する。

2. 調査地点および方法

2.1 調査地点

滋賀県大津市の石山寺境内のサクラ林について調査を行った。境内には、サクラが約600本植えられ、花見の時期には多くの観光客が訪れる^[10]。調査したサクラは、すべてソメイヨシノであった。ここでは、参道の両側のサクラを調査した。

なお、調査地の石山寺は、日本遺産に登録されている、西国三十三所巡礼の札所として多くの参詣者が訪れる。また、紫式部が源氏物語を着想したという伝承で知られている^[10]。石山寺社寺林は、伽藍山(239m)の南側山麓に位置し、約100万m²の緑地帯の中に位置している。伽藍山の周辺は、住宅地になっているが、東側には瀬田川

2021年8月27日 受理

* 現在、総合工学システム学科 環境物質化学コース 名誉教授
(Dept. of Technological Systems: Environmental & Materials Chemistry Course)

** 現在、日本ペイント株式会社 (Nippon Paint. Co. Ltd.)

があり、西側は山地が続いている。土壌タイプは、土色調査^[11]および森林土壌図^[12]より褐色森林土と推定した。

2.2 調査方法

調査は、石山寺参道両側のサクラを約10m間隔で8本選んで行った。選定したサクラの衰退指数は、以下のように決定した。衰退指数は、環境省の基準（葉量、樹皮の健全性、枝ぶり等より判断）により、0.0~4.0の数値で求められるが、ここでは、有効数字1ケタの数値で表わした^[13]。衰退指数0は健康木、1は軽度の衰退、2は中程度の衰退、3は顕著な衰退、4は枯損木に相当する。

続いて、サクラ幹周辺の土壌を採取した。土壌採取は、調査木の幹から20cmの距離で0~20cmの深さの土壌層とし、調査木1本につき1試料とした。土壌化学分析の前処理として、日本土壌肥料学会の方法^[14]に従い最表層の落葉層、小石、根などを除去した。土壌pHも日本土壌肥料学会の方法に準じて行ったが^[14]、できるだけ実際の土壌水のpHに近づけるため、乾燥土壌:水、を重量%で1:1として行った。pHメーター（堀場製作所）で測定した。交換性陽イオン（Ca、Mg、K）は、亀和田および柴田（1997）による、簡便法（Sr振とう法）により測定した^[15]。陽イオンの測定は、原子吸光分析法（SHIMADU AA-6200、島津製作所）を用いた。なお、バックグラウンド補正によって、ストロンチウムの干渉を補正している。なお、交換性Alは、滴定法で測定した^[13]。調査日は2008年6月である。

3. 結果および考察

3.1 サクラ調査木の衰退状況

図1に、10m間隔に選定した参道両側のサクラ8本の衰退指数を示した。図1のように、すべての樹木が衰退していた。健康木は無く、軽度の衰退木が25%に対して、中程度の衰退木が37.5%、顕著な衰退木が25%、枯損木は12.5%であった。平均の衰退指数は2.25となった。

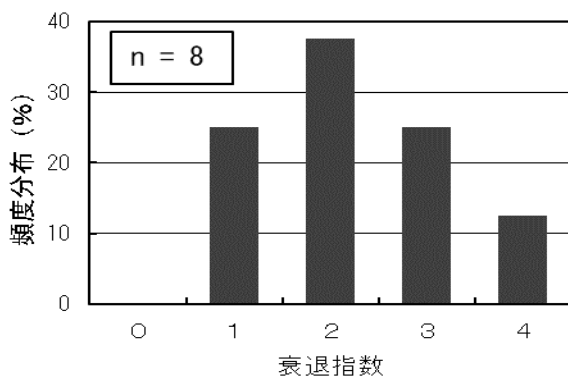


図1 サクラの衰退指数分布

3.2 サクラ調査木の胸高直径

図2には、調査したサクラの胸高直径の分布を示した。胸高直径は、最小20.1cm、最大48.4cmで、平均値は34.0cmとなった。胸高直径には、偏りはなく、幅広く分布していた。

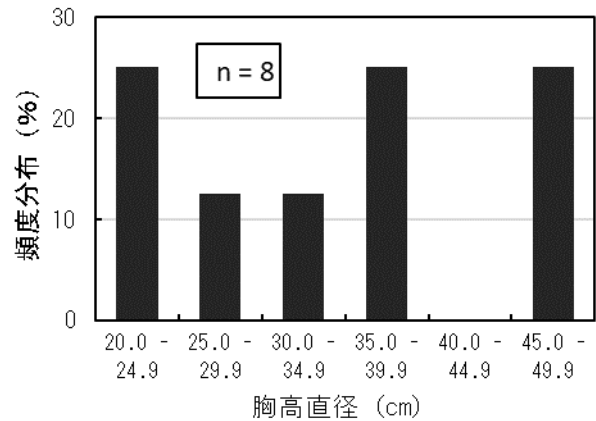


図2 サクラの胸高直径分布

3.3 サクラ調査木幹周辺の土壌pH

調査した8本のサクラの幹周辺の土壌pHは、図3のように、最小4.12、最大5.43で、平均は、4.64となった。

幹周辺の土壌pHは、それぞれ値の異なる、樹幹流のpH、樹冠通過雨のpHおよび林外雨のpH^[16]のバランスが影響すると考えられる。例えば、幹周辺土壌面に勾配があれば、樹幹流の流れが変化する。また、土壌面が平面でなく、くぼみがあれば、くぼみ部分に樹幹流などが集まると考えられる。また、樹冠が発達していない部分では、林外雨の影響を強く受けると考えられる。調査地点の土壌pHの平均値、4.64は、環境省の全国調査^[17]での平均値、5.0と比較すると、低い値であった。サクラの適正pHは、5.0~7.4とされている^[18]。石山寺社寺林のサクラの土壌pHは、大部分5.0以下であり、サクラの生育に不適切な程度に酸性化していたと考えられる。

3.4 サクラ調査木幹周辺土壌のAl量および栄養塩量

土壌が酸性化すると、土壌中のアルミニウムが増加する^[19]。また、アルミニウムは、植物にとって有害な金属であり、アルミニウム量の増加は、植物の生長を阻害すると言われている^[20]。図4に、サクラ幹周辺土壌の交換性アルミニウムの測定値を示した。最大、最小値、及び平均値を表している。平均値は2.24 cmol_c/kgであった。環境省の全国調査^[17]での平均値、1.9 cmol_c/kgより多かった。また、土壌の肥沃状態の指標として、交換性カルシウム量、交換性マグネシウム量、交換性カリウム量の測定が行われている。図4は、サクラ幹周辺土壌、8

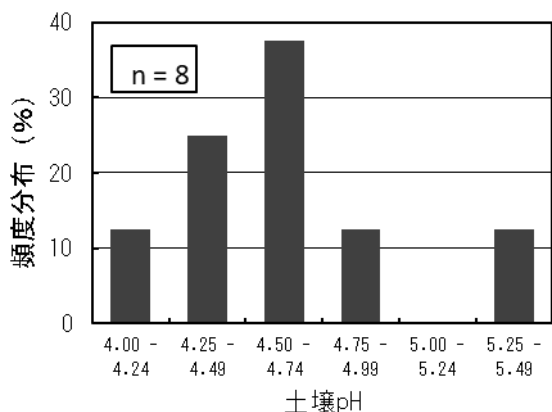


図3 サクラ幹周辺の土壌pH分布

試料の測定値である。各イオンの最大値と最小値、および平均値である。カルシウムでは、最大値と最小値の差が、他のイオンと比較して大きい。平均値は、カルシウムが、1.30 cmol_c/kg、マグネシウムが、0.27 cmol_c/kg、カリウムが、0.24 cmol_c/kgであった。カルシウムが多く、マグネシウムとカリウムはその1/4以下であった。環境省の全国調査^[17]での平均値は、Caが6.1 cmol_c/kg、Mgが3.2 cmol_c/kg、Kが0.4 cmol_c/kgであった。本調査での値は、全国平均より相当少ない結果となった。なお、全国調査の値は、いろいろな樹種を含み、本調査と同様な土壌タイプである、褐色森林土の、0~20cm層の平均である。ただし、測定法が少し異なり、交換イオンとして、アンモニウムを用いているので、厳密な比較はできない。

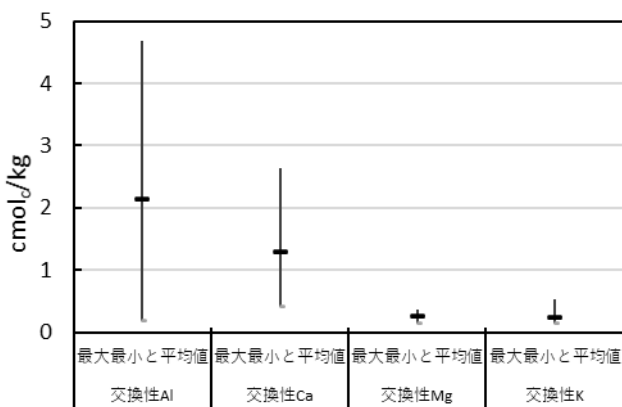


図4 土壌中の交換性陽イオン量

3.5 サクラの衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径との関係

サクラの衰退と相関性のある因子を見出すために、相関係数を計算した。表1はサクラの衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径のピアソンの相関係数(r)である。その結果、衰退指数と土壌pHでは、r =

-0.46で、中程度の負の相関が認められたが、統計的有意性は乏しかった(p>0.05)^[21]。同様に、衰退指数と交換性アルミニウムでは、r = 0.51で、中程度の相関がみとめられたが、統計的有意性は不十分であった(p>0.05)^[21]。また、衰退指数と交換性Ca+Mg+Kの間には、統計的に有意な負の相関が認められた(r = -0.74, p<0.05)^[21]。衰退指数と胸高直径の間では、r = -0.15と、相関が認められなかった。

なお、交換性アルミニウムは、土壌pHと統計的有意な負の相関が認められた(r = -0.91, p<0.05)^[21]。交換性アルミニウムのこのような相関は、他の研究にもみられている^[19]。また、交換性Ca+Mg+Kは、胸高直径と統計的に有意な負の相関が認められた(r = -0.83, p<0.05)^[21]。

関西圏での、いくつかの調査において、樹木の衰退と土壌pHの間に、統計的に有意な負の相関が認められている。今回の調査においても、相関が認められたが、統計的に有意ではなかった。それは、他の研究と比べて、試料数が少ないため、統計的有意な結果が得られなかったものと考えられる。

表1 衰退指数と土壌pH, 栄養塩量, 交換性Alおよび胸高直径との相関

	衰退指数	土壌pH	交換性Al (cmol _c /kg)	交換性Ca+Mg+K (cmol _c /kg)	胸高直径 (cm)
衰退指数	1				
土壌pH	-0.46	1			
交換性Al	0.51	-0.91*	1		
交換性Ca+Mg+K	-0.74*	0.33	-0.49	1	
胸高直径	-0.15	0.15	-0.19	-0.83*	1

(*: p<0.05)

最後に、関西圏の他の調査地と比較を行った。関西圏の他の林において、多くの樹木に衰退が認められており、針葉樹では、スギ、ヒノキが、広葉樹では、ブナ、コナラ、マテバシイ、シロブカガシ、コジイ、アラカシなどに衰退が認められている^[2-6,22-26]。今回の調査により、サクラにも衰退が認められた。関西圏での今までの研究において、ほとんどの調査地で、土壌pHが、日本の平均値より低くなっていた^[2-6,22-26]。今回の研究においても同様に低い値を示した。また、これまでの調査において、多くの割合で、樹木の衰退と土壌pHの間に、相関が認められ、土壌pHが低いほど、樹木の衰退が進む傾向が認められた^[3-6,22,23]。本研究でも、統計的に不十分であったが、相関が表われた。また、土壌中

の栄養塩量も、関西圏の調査林のほとんどで、日本の平均より低い傾向があり^[2-6,22-25]、石山寺のサクラにおいても、同様に低かった。

謝辞

社寺林の調査に許可を頂きました、滋賀県大津市の石山寺の皆様には、深く感謝致します。

参考文献

- [1] 吉野山サクラ調査チーム編, 2011, 平成20-22年度 吉野山サクラ調査報告書, 吉野山サクラ調査チーム, 京都.
- [2] Ito, K., Uchiyama, Y., Kurokami, N., Sugano, K., and Nakanishi, Y., 2011, Soil acidification and decline of trees in forests within the precincts of shrines in Kyoto (Japan), *Water, Air, Soil Pollution*, 214, 197-204.
- [3] 伊藤和男, 慈幸真志, 竹内康晃, 岡田和也, 2015, 和泉葛城山ブナ林の衰退と土壤化学性の劣化, *地域自然史と保全*, 37, 115-124.
- [4] 伊藤和男, 坂 隆裕, 岡田賢治, 福島洋太, 2017, 兵庫県神戸市におけるコナラ, マテバシイ社寺林の衰退状況と土壤酸性化, *大阪府立大学高専 研究紀要*, 51, 21-26.
- [5] 伊藤和男, 高井草介, 渋川祐貴, 谷野弘樹, 2018, 三重県伊賀市の敢國神社スギ林の衰退状況と土壤酸性化, *大阪府立大学高専 研究紀要*, 52, 31-34.
- [6] Ito, K. and Katagiri, Y., 2021, Relation of Tree Decline and, Soil pH and Exchangeable Cations Contents in a *Chamaecyparis obtusa* Shrine Grove, Nara Japan, *Environmental Science*, 34, 208-213.
- [7] Driscoll, C. T., Driscoll, K. M., Mitchell, M. J., Raynal, D. J., 2003, Effects of acidic deposition on forest and aquatic ecosystems in New York State. *Environmental Pollution*, 123(3), 327-336.
- [8] Schulze, E. D., Lange, O. L. and Oren, R., 1989, Forest decline and air pollution: A study of spruce (*Picea abies*) on acid soils, Springer-Verlag, New York.
- [9] Tamm, C. O. and Hallbacken, L., 1988, Changes in soil acidity in two forest areas with different acid deposition: 1920s to 1980s, *Ambio*, 17, 56-61.
- [10] 石山寺公式HP, <https://www.ishiyamadera.or.jp/> (2021, 11 参照)
- [11] 農林水産省農林水産技術会議事務局, (財) 日本色彩研究所, 2003, 標準土色帖, 農林水産省 (東京).
- [12] 森林立地懇話会編, 1972, 日本森林立地図, 森林土壤図.
- [13] 環境省, 土壤・植生モニタリング手引書, 2.4 森林、土壤モニタリング手法. https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/soil_veget/index.html. (2021, 11 参照).
- [14] 日本土壤肥料学会, 1986, 土壤標準分析・測定法, 土壤標準分析・測定法委員会, 博友社, 東京.
- [15] 亀和田國彦, 柴田和幸, 1997, 陽イオン交換容量の測定を要さない土壤試料のための簡易な交換性陽イオンの浸出法, *日本土壤肥料学雑誌*, 68, 61-64.
- [16] 片山幸士, 岸田多代, 1996, 各種の林分における降水, 樹幹流および樹冠通過雨の pH と EC, *環境技術*, 25, 589-592.
- [17] Acid Deposition and Oxidant Research Center, 2003, Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.
- [18] Woody Plants Database, Horticulture Section of the School of Integrative Plant Science, Cornell University. <http://woodyplants.cals.cornell.edu/plant/194> (2021, 11 参照)
- [19] 山田 武, 大野原 基, 佐藤昌憲, 山田 悦, 1996, 京都里山の土壤の酸性度と化学組成, *環境科学会誌*, 9, 211-219.
- [20] 日本化学会編, 1989, 化学総説, 土の化学, 学会出版センター, 東京. pp166.
- [21] 実験計画学 (2009 年度版) 第 12 回, 島根大学生物資源科学部. http://www.ipc.shimane-u.ac.jp/food/kobayasi/kougil2_2008.html (2021, 11 参照)
- [22] 伊藤和男, 谷野弘樹, 2017, 歴史的なスギ樹木の衰退と土壤酸性化の関係 -兵庫伊和神社社寺林について-, *環境情報科学 学術研究論文集* 31, 283-286.
- [23] Ito, K. and Nishioka, K., 2018, Tree decline and soil acidification in the Japanese Cypress (*Chamaecyparis obtusa*) grove at the Awaga shrine in Hyogo Japan, *Journal of Environmental Information Science*, 2018-1, 73-79.
- [24] 伊藤和男, 児玉良太, 安部太一, 植村修平, 2018, 奈良春日大社社寺林 (社叢) のスギ衰退と土壤酸性化, *社叢学研究*, 16, 64-72.
- [25] 伊藤和男, 福島 航, 2017, 美多彌神社 (大阪府堺市) のシリブカガシ林の衰退と土壤化学性の劣化, *社叢学研究*, 15, 80-88.
- [26] 伊藤和男, 直川新也, 2018, 大阪府内社寺林のコジイおよびアラカシの衰退と土壤 pH との関係 *環境情報科学 学術研究論文集* 32, 309-3012.

高専生を主体とした動画教材作成の試み

野田達夫*1, 安藤太一*2, 山下良樹*3, 勇 地有理*4, 田中翔吾*5, 中田裕一*3

An attempt to create video-teaching materials with KOSEN students as the main participants

Tatsuo NODA*1, Hirokazu ANDO*2, Yoshiki YAMASHITA*3, Chiari ISAMI*4,
Shogo TANAKA*5, Yuichi NAKATA*3

要旨

大阪府立大学工業高等専門学校では、2020年度より「理数系教育推進プログラム」と称し、学生を主体とする児童・生徒向けの実験教室（出前授業や公開講座）実施に向けた取り組みを開始した。学生が指導役として中心的な役割を果たすことを通じ、学生自身が専門的な知識を活用する場、さらには、これからの時代に必要な基礎的・汎用的能力を涵養する場として構築することを目指している。その取り組みの第一弾として、2021年2月から3月にかけて、学生を主体とした動画教材作成の取り組みを実施し、『地デジアンテナを作ってみよう！』と『リモコンから出る赤外線を見てみよう！』の2本の動画を作成した。本稿では、これらの動画教材作成の様子を紹介するとともに、参加学生へのアンケート集計結果から、学生が活動を通じて何を感じ取ったか、について報告する。

キーワード: 動画教材作成, 学生主体, 公開講座, 課題解決学習 (PBL)

1. はじめに

2020年に発生した新型コロナウイルス感染症は地球規模で瞬く間に拡大し、社会、経済、教育活動など多方面に甚大な被害と混乱をもたらした。社会の変化はより複雑で予測困難なものとなり始めており、2016年の中央教育審議会答申¹⁾において指摘されたように、「新しい時代を生きる子ども達に、学校教育は何を準備しなければならないのか」という、将来についての見通しも踏まえた教育課程の在り方が求められている。将来の予測が困難な社会においては、学習者のある時点までの学習でその後の長いキャリアを築くことは難しく、生涯にわたって学び続ける力を身につける必要がある。2012年の中央

教育審議会答申²⁾では「アクティブ・ラーニング」という用語が初めて登場し、「学習意欲の喚起」「知識の習得」「幅広い能力の育成」の効果が期待できる手法として注目されるようになった³⁾。一方、日本経済団体連合会（経団連）が2006年に提唱した「社会人基礎力」⁴⁾や2018年度の新卒採用に関するアンケート調査結果⁵⁾では、「主体性」や「コミュニケーション能力」が重視されており、基礎的・汎用的能力の育成に有効とされるアクティブ・ラーニングは社会的要請にも合致している。2017年および2018年に告示された新学習指導要領では、「主体的・対話的で深い学び（アクティブ・ラーニング）」と表現されており、その視点を取り入れた授業改善を通じて、「生きる力」を一人一人の子ども達に育成することが示されている。

アクティブ・ラーニングを実現する方法は多種多様であり、学び合いや反転授業など多くの方法が書籍など³⁾で紹介されている。課題解決学習 (PBL) はその一つであり、社会で起こりうる現実的な問題に対する解決策の提案を目指し、学生がチームで協力して取り組むものである。教員だけでなく、企業や地域、あるいは学生自身が課題を設定するなど様々な事例が見られるが、PBLにおいてはそうした課題設定のあり方が学生の学習意欲を左右する要因の一つとなる。2020年に経団連が公表した「Society 5.0に向けた大学教育と採用に関する考え方」⁶⁾においては、産学連携による実践的な課題設定に基づく

2021年8月27日 受理

*1 総合工学システム学科 環境物質化学コース

(Dept. of Technological Systems : Environmental and Materials Chemistry Course)

*2 総合工学システム学科 メカトロニクスコース

(Dept. of Technological Systems : Mechatronics Course)

*3 総合工学システム学科 一般科目

(Dept. of Technological Systems : Liberal Arts)

*4 総合工学システム学科 機械システムコース

(Dept. of Technological Systems : Mechanical Systems Course)

*5 総務課 (General Affairs Division)

PBL 型教育について述べられている。また、企業を含めた地域社会への貢献という観点では、2012 年の中央教育審議会答申²⁾ で取り上げられた「サービス・ラーニング」の概念に基づく課題設定を行うことで、専門的な知識を社会的活動の中で実際に活用する授業事例も報告されている^{7,8)}。2019 年に経済協力開発機構 (OECD) は「ラーニング・コンパス 2030」を公表し、児童・生徒が 2030 年以降も活躍するために必要となるコンピテンシーの種類に関して幅広いビジョンを示した⁹⁾。2017 年および 2018 年に告示された新学習指導要領は、「ラーニング・コンパス 2030」と方向性を同じとしており¹⁰⁾、2022 年 4 月から高等学校で導入される「総合探究」や「理数探究」といった探究学習、すなわち PBL 型教育の効果的な実施が望まれている。

文部科学省を中心に、次世代を担う科学技術関係人材の育成に向け、理数系に優れた素質を持つ子ども達の更なる伸長を目的とした様々な取り組みがなされている。国立研究開発法人 科学技術振興機構 (JST) は「ジュニアドクター育成塾」と銘打った公募型支援事業¹¹⁾を展開し、大学や高等専門学校 (高専) 等の教育機関において、実験教室などの児童・生徒向けの教育活動を実施している。こうした教育活動を PBL の課題とし、授業内容の企画から教材開発、児童・生徒への指導などを、学生が主体的に行う取り組みも報告されており¹²⁻¹⁴⁾、通常の授業では引き出すことの難しい学生の基礎的・汎用的能力の育成を目指した取り組みとして注目されている。

著者らが所属する大阪府立大学工業高等専門学校 (本校) では、2020 年度より「理数系教育推進プログラム」と称し、学生を主体とする児童・生徒向けの実験教室 (出前授業や公開講座) 実施に向けた取り組みを開始した。子ども達への科学教育支援活動により地域社会へ貢献すると共に、学生が指導役として中心的な役割を果たすことを通じて、学生自身が専門的な知識を活用する場、さらには、これからの時代に必要な基礎的・汎用的能力を涵養する場として構築することを目指している。これまでも本校では、PBL の課題として学生グループが実験教室を開催¹⁵⁾、あるいは教材開発¹⁶⁾を行う事例を報告してきた。これらの事例に対し、本プログラムでは、個々の教員の取り組みに留まらず、専門分野の異なる教員および職員が一つのチームを結成し、学生活動へ効果的な支援・指導を行う組織的な体制をいかに構築するかについても検討を行っている。2021 年 2 月から 3 月にかけて、この「理数系教育推進プログラム」の活動の第一弾として、本校学生を主体とした動画教材作成の取り組みを実施した。本稿では、その取り組みの様子を紹介するとともに、参加学生へのアンケート集計結果から、学生が活動を通じて何を感じ取ったか、について報告する。

2. 学生との動画教材作成に向けた取り組み

「理数系教育推進プログラム」は、2020 年 9 月より活動を開始した。2020 年度内 (2021 年 3 月まで) に学生を主体とした実験教室の実施を目標に、まずは教職員間で話し合いを行い、実施体制について検討を行った。本プログラムの趣旨としては、学生自身に一から実験教室の企画を行ってもらうものであるが、2020 年度はコロナウイルス感染拡大防止のため学生が集まって活動することは難しい状況にあり、実験教室の実施形態や内容については、あらかじめ教職員側で決めてから、学生に参加を呼び掛けることとなった。話し合いを重ねた結果、2021 年 3 月に YouTube 上で実験動画を配信する、オンデマンド型のオンライン公開講座を実施することに決定した。『身近な電波を見てみよう!』を講座テーマとして、著者の一人である安藤を中心に『地デジアンテナを作ってみよう!』、山下を中心に『リモコンから出る赤外線を見てみよう!』と題する 2 本の動画を学生と作成することとした。講座テーマや動画タイトルの決定は、専門分野の異なる教員および職員が一丸となってお互いに意見を出し合った結果であり、今後学生がテーマ決定を行う際に辿られると思われるプロセスを教職員が実際に体験する貴重な機会となった。2021 年 1 月ごろから、授業等を通じて学生へ取り組みの紹介と参加への呼びかけを行った。そして、2021 年 2 月から 3 月、「理数系教育推進プログラム」活動の第一弾となる、学生を主体とした 2 本の動画教材作成の取り組みへと至った。それぞれの動画教材作成における、学生との取り組みの様子について、学生と作業を行った教員の視点から次に述べる。

3. 『地デジアンテナを作ってみよう!』

本動画教材では、地デジアンテナを使用して、家庭にあるテレビで電波強度を測定する実験をテーマとした。地デジアンテナにはいくつかの種類があるが、日本で最も普及率が高いのは八木アンテナ¹⁷⁾と呼ばれるものである。八木アンテナは、ホームセンター等で購入可能な材料で自作することができる。自作した八木アンテナの外観を図 1 に示す。今回は児童向けの動画教材を想定しており、図 1 のアンテナを参加児童が動画を見ながら自作することは少々難易度が高い。そこで、図 2 に示すようなハンガーを使ったアンテナの作製について取り扱うこととした。作製方法としては、S-4C-FB 同軸のアンテナケーブルの被膜を 15 cm 程はがし、外側のシールド線と内側の導線を 2 つに分け、ハンガー下部に固定するのみであり、図 1 のアンテナに比べると簡単に作製することができる。この図 2 のハンガーアンテナは、図 1 のもの

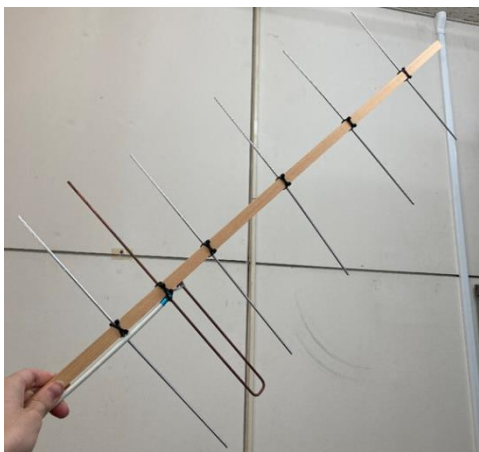


図1 自作した八木アンテナの外観



図2 ハンガーを使ったアンテナの外観

と比べて受信する電波強度は弱くなるものの、テレビに接続することで電波強度を測定することはもちろん、地デジ放送を視聴することも十分に可能である。

動画作成までの作業手順としては、テーマ選定、台本の作成、撮影、動画編集が挙げられる。作業のフローを図3に示す。前述のように、今回は動画公開までの作業時間が非常に限られていたため、テーマと大まかな流れは教員側で決め、学生には、台本の作成、動画への出演および撮影に参加してもらった。本動画教材は児童が視聴する事を意識し、学生役が2名、教員役が1名でストーリーを進行する寸劇が中心の動画構成とした。冒頭3分は2名の学生役が研究室を訪ねて質問し、教員役がそれらに答える形でテレビに映像が映る仕組みや電波の仕組みについて解説する。解説の最後に、身の回りのもので地デジアンテナを自作できることを説明し、図2のアンテナの作製手順を紹介するシーンへと移る。作製手順の紹介は3分ほどで、必要な準備物の説明を1分、残りの2分で作製手順を説明する。なお、手順の説明は、アンテナを組み立てる学生の手元のみを撮影した。また、動画のテンポを意識して適宜早送りにする、説明ナレーションをテロップで表示するなど表現の工夫を行った。作製手順の紹介の後は、自作したアンテナを使った実験のシーンへと移る。ここでは、冒頭と同じく学生役2名と教員役1名の寸劇で進め、自作したアンテナを実際にテレビへと接続し、地デジ放送が視聴可能であること、

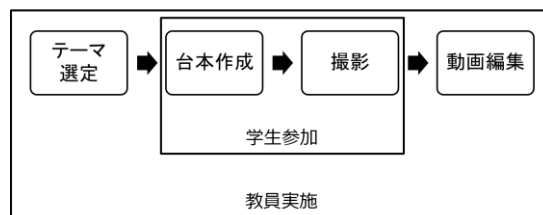


図3 動画作成の作業フロー

また一般的なテレビに備わる電波強度測定機能を利用し、アンテナの向きや場所を変えると電波強度が変化することを確認する。これらのことを通じて、自作したアンテナが地デジアンテナとして機能することを確認するだけでなく、電波には指向性や強度があることの理解を促す内容となっている。最後に、より電波を受信しやすい図1に示すアンテナを紹介し、少し複雑なアンテナも自作できることを簡単に説明して締めくくりとした。以上の内容を全て含め、7分13秒の動画としてYouTubeへとアップロードした。

今回の取り組みの良かった点は、学生が非常に協力的で、慣れない動画撮影もお互いに楽しみながら行う事ができたことである。また作業の途中で電波やアンテナの仕組みを説明すると、学生自身も知らないことが多かったらしく、本人たちも勉強になったと話していた。改善すべき点としては、学生に委ねる部分が少なかったことが挙げられる。撮影自体は非常にスムーズに進行したが、テーマの選定や仕組みを調べる所から学生が主体的に行う事ができれば、より高い学習効果が期待できると考える。また、7分程度の短い動画であったが、動画編集の負担は非常に大きく、編集には1週間以上の時間を確保する必要があると考える。またYouTubeには、「〇〇を作ってみた」というような工作動画があふれているため、参加者に興味を与えるには高専でしかできない実験を行う、学生のインタビューを取り入れるなど、“高専らしい”内容とする工夫が必要であると感じた。

4. 『リモコンから出る赤外線を見てみよう!』

本動画教材も、前述の『地デジアンテナを作ってみよう!』と同様に、身近なモノを利用して、人の目では直接見ることが難しい電磁波の観察を目的とした。赤外線は電磁波の一種であり、家庭にある家電製品のリモコンから自由に発生させることが可能であることから、取り扱いが容易である。今回の実験では、図4(a)に示す一般的なテレビのリモコン(パナソニック社製N2QAYB000324)から発する赤外線を、スマートフォン等に搭載されているカメラに使用されているイメージセンサー(CMOSやCCDなど)で観察することとした。動画内で実験を紹介する場合、必要なものをいかに参加者の手元

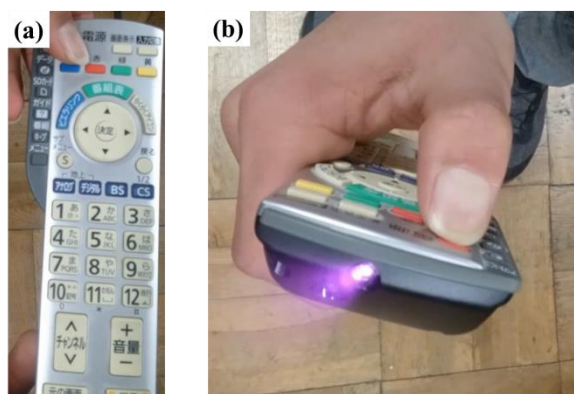


図4 スマートフォンカメラでの赤外線撮影

(a) 使用したテレビリモコン, (b) 赤外線撮影の様子

に揃えるかという問題が回るが、スマートフォンや携帯電話などのモバイル端末の日本における普及率は96.1%と近年では身近にあるものと見なすことができ¹⁸⁾、新たに道具を用意せずとも自宅で簡単に実験を行うことができる。

本動画作成の大まかな流れは前出の図3と同様で、テーマ選定はあらかじめ教員が行い、台本作成から学生に参加してもらった。学生が作成した台本は、『地デジアンテナを作ってみよう!』と同様に寸劇を中心とした動画構成であり、細かな点は現場で調整しながら撮影を行った。場面転換が多く詳細については割愛するが、完成した動画教材は学生らしい自由な表現がふんだんに盛り込まれたものとなり、「鏡よ鏡、世界で一番美しい人は誰?」と鏡に語り掛けるお姫様らしき人が登場したり、悪者に立ち向かう覆面ヒーローが登場したりと、小学校低学年の児童にも興味を持ってもらえるように意識した演出が多く見られるものとなった。これらのTVドラマ番組風の寸劇を通して、光が電磁波の一種であることの説明や、電磁波の一種である赤外線をスマートフォンで実際に観察する内容へと参加者を引き込んでいく。図4(b)に動画内でも紹介した、赤外線をスマートフォンで観察した様子を示す。以上の内容を全て含め、7分31秒の動画としてYouTubeへとアップロードした。

今回の動画作成で良かった点は、学生が自ら意見とアイデアを出して動画撮影ができたことであり、「理数系教育推進プログラム」の主旨に沿った学生主体とした取り組みになったことである。さらに、本動画作成に参加した学生は、物理の授業で光や電磁波についてはまだ学習していない2年生であり(本校のカリキュラムでは第3学年に学習)、動画内に登場する内容について学生自身も学習する場となった。改善すべき点は、学生に台本作成や演出を任せたことで撮影に非常に長い時間を要したことである。実験室での撮影と、演出プランの検討、小道具の準備、出演者決めを並行して進めたことが原因であ

り、撮影前に細かなところまで踏み込んだ打ち合わせや準備が必要であると思われる。また台本の初稿では、学生自身が面白いと思う、いわゆる内輪ネタ(学生間で流行っている笑い話など)が含まれていたが、教員側から「見る側の立場に立って内容を考えてみよう」と助言を与えることで、視聴する児童の視点を意識した内容へ改善が見られた。『地デジアンテナを作ってみよう!』と同様に動画の編集には非常に時間が掛かることや、高専ならではの内容をいかに盛り込むかが今後の課題である。

5. 参加学生の声

2本の動画教材作成に参加した5名の学生(『地デジアンテナを作ってみよう!』に参加した4年生3名、『リモコンから出る赤外線を見てみよう!』に参加した2年生2名)に、アンケートを実施した。アンケートには記述式と選択式の2種類の問いを用意しており、選択式への回答集計結果については図5に示す。まず、『今回の活動に参加した理由を教えてください』という問いに対しては、「アンテナ作りに興味があったから」といった動画内容に関するだけでなく、「教育用の動画を作るという取り組みが面白そうだったから」といった回答が見られ、「教える」ということ自体に興味をもって参加している学生もいることがわかった。

次に、『実際に活動してみてどのように感じましたか?』という問いに対しては、次の5つの回答選択肢、「期待した以上におもしろかった」「期待した通りにおもしろかった」「可もなく不可もなく何とも言えない」「思っていたほどおもしろくなかった」「思っていた以上につまらなかった」を用意していたが、図5に示すように、5名ともが「おもしろかった」にあたる回答を選んだ。『面白かった点、あるいは面白くなかった点を自由に書いてください』という問いに対しては、「動画づくりが面白かった」「テレビを上手く映すことができたとき達成感を感じた」「わからないことをすぐに聞けたこと」「先生方とディスカッションができたこと」などが挙げられており、一つのことをやり遂げるという達成感が得られるだけでなく、授業時間外での教員との交流を通じた学びを得られることも理由であることがわかった。

また、『活動内容は自分自身の勉強にも役立ちましたか?』という問いに対しては、次の5つの回答選択肢、「新しい発見ばかりでとても役に立った」「初めて知ることもあり役に立った」「何とも言えない」「知っていることがほとんど役に立たなかった」「知っていることばかりで全く役に立たなかった」を用意していたが、図5に示すように、5名とも「役に立った」にあたる回答を選んだ。『自分自身の勉強にも役立った点、あるいは、役に立た

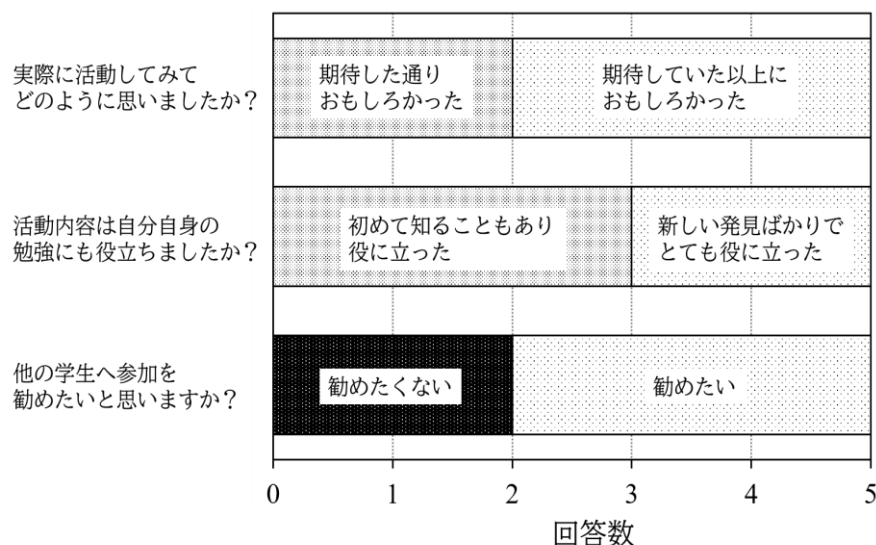


図5 参加学生へのアンケート集計結果

回答があった選択肢のみ表示（その他の選択肢は本文を参照のこと）

なかった理由を自由に書いてください』という問いに対しては、「アンテナの仕組みを知ることができた」「電波の性質を再認識した」という動画内容に関するだけでなく、「わからない点を教員に聞くことができ、その場ですぐに実験などができること」など、自身がわからない点をすぐに解決できた動画撮影時の環境について述べる回答も見られた。

最後に、『他の学生へ参加を勧めたいと思いますか?』という問いに対しては、図5に示すように、「勧めたい」と答えた学生が3名、「勧めたくない」と答えた学生が2名と意見が割れる結果となった。ここまでの回答結果から、学生は今回の動画撮影の取り組みに概ね満足しているように感じられたため、意外な結果のように感じられる。続けて『勧めたい、または勧めたくないと答えた理由を教えてください』という問いに対しては、「楽しく新しい発見ができる機会だったから」「人が多い方が面白い企画ができるから」という積極的に他の学生へ勧めたいという回答があった一方で、他の学生へ勧めたくない理由として「希望者が増えると自分が参加できなくなりそうだから」という回答があった。面白い機会であったが故に独占したい、という思いが学生に芽生えることもあることもわかった。

6. おわりに

本稿では、学生を主体とした動画教材作成の取り組みについて報告した。2021年3月に、YouTube上で今回作成した2本の動画を配信する、オンデマンド型のオンライン公開講座を実施した。本校初のオンライン公開講座実施における、著作権など動画配信にあたる注意事項の

確認、参加者に動画を視聴してもらうことの難しさ、など様々な困難に直面することとなったが、それらについてはまた別の機会に述べさせてもらいたい。参加学生の声から、学生を中心に教職員がサポートを行う協働活動への前向きな姿勢を読み取ることができた。学生は年を追うごとに入れ替わっていくものであり、学生協働の取り組みを長期的に継続させようとするならば、先輩学生から後輩学生へと、活動理念や運用手法の継承を安定させなければならない、との指摘もある¹⁹⁾。「理数系教育推進プログラム」としての活動は始まったばかりであり、教職員の体制だけでなく、学生側の参加のあり方についても検討が必要と考えている。2020年度は新型コロナウイルス感染症の影響もあり思うように活動できなかったが、今後は、対面での実施や配信動画の内容に関するオンライン質問会など、学生と児童・生徒が直接かかわる講座の開催を予定している。学生と教職員のかかわり、さらに学生と児童・生徒のかかわりが、お互いにどのような“学び”を生み出すかについても検証をしていきたい。

謝辞

本取り組みは、大阪府立大学・大阪府立大学工業高等専門学校基金「つばさ基金」により実施しました。動画作成へ参加してくれた、本校学生の佐々木 健 氏、佐藤 敬介 氏、鄭 従声 氏、東家諒明 氏、横田朋宏 氏に感謝を申し上げます。また、動画出演を快く引き受けてくださった本校教員の佐藤 修 先生、伏見裕子 先生、に感謝を申し上げます。

参考文献

- 1) 中央教育審議会, 「幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について (答申)」, 2016.
- 2) 中央教育審議会, 「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて～生涯学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ～ (答申)」, 2012.
- 3) 中井俊樹, 「アクティブラーニング」, 玉川大学出版部, 2015.
- 4) 経済産業省, 「社会人基礎力」, <https://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/index.html> (2021年8月現在).
- 5) 日本経済団体連合会, 「2018年度 新卒採用に関するアンケート調査結果」, 2018.
- 6) 日本経済団体連合会, 「Society 5.0に向けた大学教育と採用に関する考え方」, 2020.
- 7) 川田虎男, 「大学教育における、サービ斯拉ーニング導入の可能性について」, 聖学院大学総合研究所 Newsletter, **23** (3), 17-25, 2014.
- 8) 石田百合子, 石田 祐, 梶村好宏, 松葉龍一, 根本淳子, 鈴木克明, 「サービ斯拉ーニングの原則・基準を活用したPBL科目の授業設計・運営準備ガイドおよびワークシートの開発」, 教育システム情報学会誌, **34** (2), 196-201, 2017.
- 9) 経済協力開発機構 (OECD), 「The OECD Learning Compass 2030」, <https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/> (2021年8月現在).
- 10) 鈴木文孝, 「OECD 学びの羅針盤 (Learning Compass) 2030 と Education2030 Phase2 に向けて」, 第3回東京学芸大学次世代教育研究推進機構 (NGE) シンポジウム講演資料, 2020.
- 11) 科学技術振興機構, 「ジュニアドクター育成塾」, <https://www.jst.go.jp/cpse/fsp/> (2021年8月現在).
- 12) 三木功次郎, 直江一光, 石丸裕士, 宇田亮子, 「学生主体による小・中学生対象化学実験教室の運営」, 奈良工業高等専門学校研究紀要, **41**, 103-108, 2005.
- 13) 山崎充裕, 「リーダー人材の育成に向けた取り組み—高専生の科学教育支援活動を通して—」, 日本科学教育学会研究会研究報告, **30** (2), 87-90, 2015.
- 14) 居原田洋子, 「「津山高専ジュニアドクター育成塾」との連携による学生メンターの課題分析」, 美作大学・美作大学短期大学部紀要, **66**, 115-120, 2021.
- 15) 櫻井 渉, 戸谷明寛, 山中亮輝, 西村拓巳, 牛本 滯, 大井かなえ, ポンプンサンティ ワラセト, 辻元英孝, 野田達夫, 「専攻科生による公開講座: 泥んこ電池をテーマとした実験教材の開発」, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, **52**, 51-58, 2018.
- 16) 岸本泰海, 喜多峻介, 木本一記, 島 華徳, 渡邊晃生, ブンマート ピチャエート, 西岡 求, 野田達夫, 「水溶液の電気伝導度で音を変化させる楽器の開発」, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, **53**, 27-30, 2020.
- 17) H. Yagi, S. Uda, "Projector of the Sharpest Beam of Electric Waves", Proceedings of the Imperial Academy, **2** (2), 49-52, 1926.
- 18) 総務省, 「情報通信白書 令和2年版 第2部 基本データと政策動向」, <https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r02/html/nd252110.html> (2021年8月現在).
- 19) 岡野裕行, 「学生協働は関係をデザインする」, 館灯, **58**, 59-64, 2019.

PBL 実習との連携を意識したメカトロニクス実験とその効果

平尾 康起*, 中谷 敬子**, 和田 健**, 土井 智晴**

Design and Effectiveness of Mechatronics Experiments for Collaboration with PBL Practice

Kohki HIRAO*, Keiko NAKATANI**, Takeshi WADA** and Tomoharu DOI**

要旨

メカトロニクスコース4年次で実施しているPBL形式の基礎研究の内容と連携する実験実習を実施した。近年の基礎研究の学生への課題として、画像認識によるロボットアームの制御及びロボットハンドの開発となっている。これらの制御のためには、今まで学習してこなかった情報分野の複合的な知識を必要とする。そのため、情報分野の基礎力向上を目的として本実験実習を計画した。主要な実習の機材として Raspberry Pi、開発言語に Python を用いて6テーマの実験実習とした。実施後、学生へアンケートを行い、本実験が6割以上の学生から将来的に役に立つという回答を得た。

キーワード : Python, Raspberry Pi, PBL 実習

1. はじめに

メカトロニクスコースの4年では基礎研究と呼ばれるPBL形式の実習を行っている。教員から出された課題について学生数名のグループ単位で課題を達成するためのシステムを4月から11月までの期間で作成する。過去の基礎研究のテーマとしては、「ワインを注ぐロボット」「ロボット台車」を課題として実施した。近年では、Dobot社製産業用ロボットアーム M1-Dobot[1]の制御とそのロボットアームの先端に取り付けるロボットハンドの制御を課題として、基礎研究活動を行っている。

過去のテーマに比べると、「ロボットアーム・ロボットハンド制御」は画像認識技術、ロボットアームとの通信、コントローラソフトの作成等と、今までの実験実習や講義であまりやっていない情報分野の知識・内容を複数必要としなければ達成できないような課題となっている。優秀な学生の自己学習によって達成できる班もある一方で、どういった事象を利用すれば課題を達成できるのか、プランさえ立てられない班もあり、学生が授業や実習以外の場で、どれだけ情報分野に対して触れてきたかが如実に差として表れてしまっている。本実験実習では、汎用プログラミング言語pythonとそれと関連深いワンボードコンピュータ Raspberry Pi の制御について実験実習を通じて学ぶことで、学生の情報分野の基礎能力の向上を目的とした、実験実習カリキュラムを作成し実施した。

2. 基礎研究の概要

2.1 基礎研究のカリキュラム 本コースにおける基礎研究の科目について説明する。基礎研究とはこれまで学んできた知識や技能を基礎として、それらを複合・融合し、計画的に研究・調査・計画・実験・製作などを総合的にを行い、研究活動の基盤となる能力を身につける総合的な学習である。通年を通して実施される必修科目となっている。学生は5~7名程度で一つの班をつくり、班単位で課題達成のための製作物作成に取り組む。スケジュールを以下の表1に示す。

表1 PBL 実習(基礎研究)と実験のスケジュール

月	PBL 実習(基礎研究)	メカトロニクス実験 (丸囲み数字は週数)	(別教員が担当) 制御回路実験
4	ガイダンス・班決定	【A班】①②Python 基礎	
5	概要設計	③GUI④通信技術、 ⑤⑥Raspberry Pi 活用	
6	アイデア発表会	【B班】①~⑥	
7	中間発表会		
8-9	製作開始	(夏季休暇)	
10	製作・プレゼン動画	IoT 実習	
11	高専祭展示		
12	発表会、 報告書提出		
1-3			

今年度の課題としては、「ランダムな位置に置かれたスポンジ状の物体を、変形させずに把持、搬送するハンドの作成およびロボットアームの制御システムの構築」を課題として行っている。

2021年8月27日 受理

* 総合工学システム学科 生産技術センター

(Dept. of Technological Systems Engineering: Technology solutions for education and research)

** 総合工学システム学科 メカトロニクスコース

(Dept. of Technological Systems Engineering : Mechatronics Course)

2.2 基礎研究に必要な専門知識と課題 ロボットハンドの作成とその制御については、どのように物体を把持するのか、アクチュエータには何を使うのかといった、今までの授業や実習で学んできた機械、電気知識で解決することができる。しかし、ロボットアームの制御に関しては、決まった位置から決まった位置へ搬送するといった簡単な挙動であれば人の手によるティーチングや、ブロックプログラム等の方法を用いて比較的簡単に制御できる。しかし今年度のようにランダムな位置に並べられた物品をカメラやセンサー類からの情報をもとにロボットアームを動かすといった複雑な動作をするためには、画像認識やソフトウェア間の通信、カメラや各種センサー類からの情報取得等の幅広い情報分野の知識を必要とする。

これらの課題を達成するためには、センサー等からのデータの入出力だけでなく、コンピュータとの通信や複雑なコンピュータでの処理のできる制御コンピュータが必要となる。また基礎研究の期間で考えると、実際にプログラムを作成していただける期間はハンドの仕様等が決まって製作が始まる8月~10月末までの60~70日程度しか時間がない。ロボットアーム自体が高価なため本コースでは1台しか実機がなく、各班でロボットアームの実機を触って調整できる時間は、単純化し班ごとで均等割りにして上記時間の1/5程度となる。まったく情報分野について知らない学生が1から取り組むにはやるべきことが多く、10月末~11月の高専祭展示前の期間には、残ってプログラムの調整を行っている学生が多く、過去には当初のコンセプトを下方修正して、期限内に「形だけでも間に合わせる」といった事例も何度か見られた。

2.3 機材選定 これらの点から情報分野の基礎力向上のために本実験実習では、主要な実習機材としてワンボードコンピュータ Raspberry Pi を選定した。本体価格5000円程度でありながら、数年前のスマートフォン程度の処理能力やインターネットへの接続、さらにGPIOピンと呼ばれるセンサーからの信号の入出力の行えるピンも有しており、プログラム言語 python との強い関係性も持つ。上記の課題達成のためのデバイスとしてはこれ一個で賄うことができる。本実験実習ではそれ以外にも Raspberry Pi と Arduino との連動方法や、MI-Dobot との通信やコントロールソフトの作成方法、データのインプットアウトプット等例年の過去の基礎研究で詰まってきた問題について取り扱うことで、学生のより高度な基礎研究の目標の達成を支援する。

3. 4H 実験実習の設計

3.1 目的と目標 本実験実習の目的及び目標は以下

のように設定した。

<目的>

基礎研究・卒業研究等で活用できるようなマイコン制御方法やプログラミング技術の取得

<目標>

プログラミング言語 python を利用して、メカトロニクス機器の制御の方法を学ぶ

3.2 方針 本実験実習は、基礎研究科目との連携であること、またメカトロニクスコースの学生であることを鑑みて以下の工夫を行った。

- (1) プログラム技術に関して、得意な学生と不得意な学生が混在しており、実験実習のレベルを不得意な学生のレベルに合わせた。
- (2) プログラムコードの打ち間違いによる、構文エラーの修正やコード入力時間削減のため、プログラムコードはこちら側で配布したものを学生が実行する形式とした。
- (3) 項目の説明の際に、実施する内容が「どういった領域に使えるのか」の説明や2・3年生で学習した内容とどのように関連するのかの説明を行った。
- (4) 実験実習の時間のうち、最初の30分程度でその日の内容の説明と全員が見える位置でのプロジェクター等を用いて実演を行った後、学生が各個でサンプルプログラムの実行、修正、小改造を行い、実習残り1時間程度を、簡単な応用課題の時間とした。
- (5) 実験実習の最後5分の時間に、「総括」の時間を設けて、その日に何をやったのか、それがどういった意味をするのか、どういったところで利用可能なのかの振り返りを行った。

3.3 具体的なカリキュラム 実験実習のカリキュラムについては、前期期間に40人クラスを出席番号の前半後半で分け、20人弱の班にした。機材に関しては、前半3回は情報基盤センターのパソコンを利用して、一人パソコンを一台とした。後半3回の Raspberry Pi の制御については難易度が上がる為、二人一組での作業するように機材準備を行った。

3.4 実験実習細目 最終的なゴールを「Raspberry Pi の制御」と設定した。それに至るために必要な要素を6項目設定し、6週間で6項目達成するような実験構成とした。以下に詳細について説明する。

3.4.1 python 基礎 第1週ではpythonの導入教育を実施している。構文の解説の後、学生には設定した課題を達成しうるプログラムを作成した。テキストは京都大

学が無料公開しているテキスト[2]を一部抜粋して用いた。実行環境として Google Colaboratory[3]を用いた。

第1週目の学習項目は下記のとおりである。

- Google Colaboratory の使い方
- print 関数/input 関数
- if 文/for 文/while 文
- 関数

3.4.2 python を用いたデータの活用 第2週では、先週からの python 基礎の続きとして、(1)python での配列(list 型)の取り扱い方法(2)複数データ入出力するためのファイル読み書き(3)データを用いたグラフ描画を学んだ。

第2週目の学習項目は下記のとおりである。

- python の配列(list 型)の扱い方
- ファイル入出力
- Matplotlib を用いたグラフ描画

3.4.3 GUI プログラミング 第3週の実験実習項目は「GUI(graphical user interface)プログラミング」である。

ウィンドウ出力の標準ライブラリは Tkinter を利用した。実行環境は情報センターPCにインストールされている spyder を用いた(図1)。

第3週目の学習項目は下記のとおりである

- Tkinter
- イベント駆動型プログラム

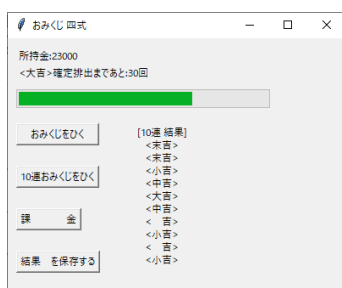


図1 作成した GUI プログラム

3.4.4 Serial 通信/Socket 通信 第4週では今まで単独で実行してきたプログラムを他の機器やソフトウェアと通信するための通信プロトコルとして、Socket 通信、Serial 通信の実習を行った。

Serial 通信の実習では、Arduino と圧電ブザーを用意し、第3回の GUI プログラミングで行ったような、制御パネルプログラムを作成し、画面の特定のボタンを押すと、指定した周波数の音が鳴るシステムを作成した。

本実験実習の学習項目は下記のとおりである。

- Socket 通信

- Serial 通信

3.4.5 Raspberry Pi 基礎 第5週の実験実習項目はワンボードコンピュータ Raspberry Pi の取り扱いについて学ぶ。2人に対して1台の Raspberry Pi を用意し、ノートパソコンと LAN ケーブルで接続し、Teraturn での ssh 接続でログインした。

第5週目の学習項目は下記のとおりである

- Raspberry Pi の機能と特性
- Linux OS の操作方法と観念
- テキストエディタ Vim の取り扱い
- ラズパイとウェブカメラの連動方法

3.4.6 Raspberry Pi GPIO 制御 第6週の実験実習項目は Raspberry Pi に実装されている外部出力端子 GPIO への信号の入出力方法について学ぶ。GPIO の取り扱い方法を説明した後、回路を作成し、サンプルプログラム動作の確認を行った。本実験実習では、LED、圧電ブザー、押しボタンスイッチ、超音波センサーの回路と動作するプログラム作成を行った(図2)。

第6週目の学習項目は下記のとおりである

- GPIO の機能と特性
- 超音波センサーの取り扱い方



図2 GPIO を用いた LED 点灯制御

4. 実験実習の効果の検討

本実験実習が、受講学生に対してどのような意識変化をもたらしたかを検討するために、以下の方法による調査を行った。

4.1 学生のアンケート 実習終了後の8月22日に本実験実習と基礎研究の連携について Google Form を用いてアンケート調査を実施し、24名から、アンケートの結果を得ることができた。その結果を以下に示す。質問事項は、本実験実習の第1回から第6回までの内容について、(1)基礎研究で役立つ内容か、(2)卒業研究や将来役に立つ内容かを学生が5段階で評価した(図3および図4)。

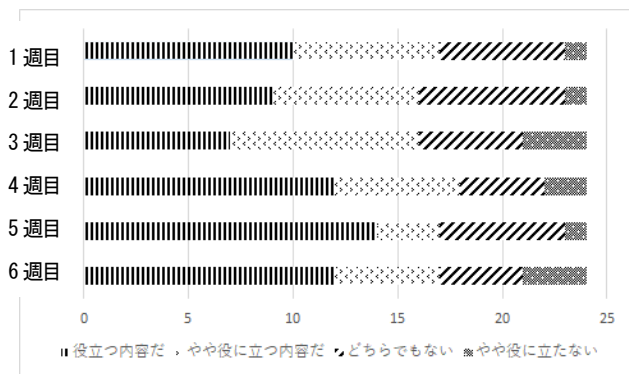


図3 質問「基礎研究に役立つ内容か」への回答

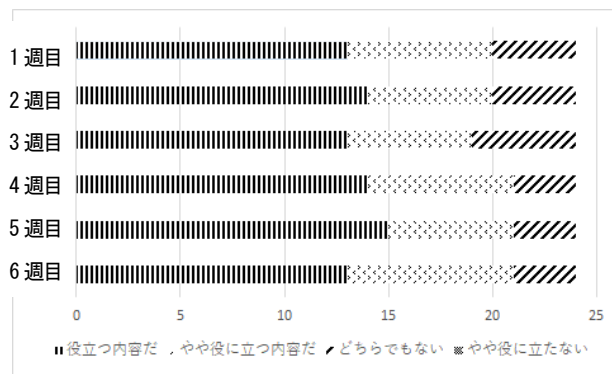


図4 質問「卒業研究や将来役に立つ内容か」への回答

4.2 基礎研究に役立つ内容か

図3の結果について、全体としては役立つ内容だ やや役に立つ内容 を含めて6割の学生が、本実験実習の内容について役に立ったと回答した。特にRaspberry Piを扱う実習の5、6回目が1、2、3回目よりも役に立つ内容だと回答した割合が多くなった。これは実験実習でArduinoやRaspberry Pi等の現実のものを触ることで、基礎研究でも似たようなことをするイメージアップにつながったからではないのかと考察する。また第3回目GUIプログラムについて「役に立つ」の回答が少なかったのは、pythonでのTkinterの使い勝手が良くて、他の言語でウィンドウを生成するよりはるかに簡単にできるため、難易度を勘違いしていることや、コンピュータで何かパラメータを制御する場合には、プログラムコードを直接いじったりするよりも、コントローラソフトを作成したほうが使い勝手がいいのだが、そこまでシステムを学生が作ったことがなく、わざわざ回りくどい手法を使っているなど学生が感じているのではないのかと考えられる。自由記述に「画像認識によるオートなので操作画面は必要ない」という意見も見受けられたので、コントローラとしてのGUIソフトの必要性を次回以降、より強く訴えていく必要がある。

4.3 卒業研究や将来に役に立つ内容か

卒業研究や将来役に立つ内容かという質問に対しては、最も低い第3回の実験実習でも8割以上の学生が、将来的に活用できそうと考えている(図4)。回答にやや役に立たない、役に立たないの回答はなかったため、学生自身も今後本実験実習で学習したことを活用する機会があると考えていることが言える。

5. まとめ

本稿では、メカトロニクスコースの4年で現状行われているPBL実習である基礎研究との連携を意識した実験実習カリキュラムを設計・実施した結果の効果について報告した。得られた結果は以下のとおりである。

(1) PBL実習と連携した実験実習カリキュラムの実施

汎用プログラミング言語pythonとそれと関連深いワンボードコンピュータRaspberry Piの制御について実験実習を体験的に学ぶことを通じて、連携を意識した基礎研究での学生の情報分野の基礎能力の向上を目的とした、実験実習カリキュラムを作成し実施した。実験実習内容は入門的ではあるが、学生が後に、PBL実習をはじめとするメカトロニクス領域のシステムを構築の際に実用的な知識と経験となった。

(2) 合理的なシステム設計力の育成

例年、開発環境の構築に多くの時間がかかるなどの非効率的な開発や、強い環境依存のあるシステムや柔軟性のないプログラムを構築するなどして当初設定した目標を達成するために、教員の支援を必要とする場面が多かった。しかし、今年度は、実験実習の学びで、全員の共通言語としてのpythonとRaspberry Piを獲得しているため、合理的なシステム設計がなされているだけでなく、学生同士の議論も活発になりPBL実習の意義がより達成されている様子が観察されている。

(3) 学生のアンケート調査による実習の有効性の確認

実験実習後のアンケートの調査の結果からも多くの学生が実施した実験実習は基礎研究や将来的に役立つ、有意義な実験実習だったと感じていることが確認できた。

次年度以降の改善案としては、それぞれの実験がどのような関係性・位置づけに相当するのかをより説明する時間・機会を設けるよう調整を行いたい。

参考文献

- [1]dobot M1, <https://techshare.co.jp/product/dobot/m1/>
- [2]プログラミング演習 Python 2019 喜多一, <http://hdl.handle.net/2433/245698>
- [3]Google Colab, <https://colab.research.google.com/>

高専ロボコン 2020 におけるパフォーマンスロボットの開発

安藤太一*, 佐々木健*, 服部舜*, 中井悠稀*,
花谷侑成*, 西田昌平*, 野崎幸汰**

Development of performance robots at Kosen Robocon

Hirokazu ANDO*, Takeru SASAKI*, Syun HATTORI*, Yuki NAKAI*,
Yusei HANATANI*, Syohei NISHIDA* and Kota NOZAKI**

要旨

アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(高専ロボコン)は、1988年から毎年開催され、2020年の大会で第33回を迎えた。本校のろぼっと倶楽部は毎年、この高専ロボコンへの参加を中心に活動している。例年であれば、2チームの対戦形式でトーナメントを最後まで勝ち抜けば優勝となる。2020年度は新型コロナウイルスの感染拡大により、史上初のオンライン開催となった。近畿地区大会では大阪らしいロボットとパフォーマンスが評価され、地区大会最高得点を記録し、最優秀賞を受賞し全国大会にも出場した。本稿では、製作したパフォーマンスロボットのコンセプトと配信上の工夫、コンテストの成果と反響に関して報告する。

キーワード: 高専, 工学教育, ロボットコンテスト, ロボティクス,

1. はじめに

アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(高専ロボコン)は、1988年から毎年開催され、2020年の大会で第33回を迎えた^[1]。本校のろぼっと倶楽部は毎年、この高専ロボコンへの参加を中心に活動している。高専ロボコンは毎年違ったルールが示され、参加者は戦略やアイデアを学生自らが考え、ロボットの設計製作を行うことによって、学生の自由な発想と創造性を育成する目的がある。これまでも創造性教育の観点から多くの考察がされてきた^[2-4]。ロボコンはチームでものづくりを行う必要がある為、創造性教育にとどまらず、人間教育としても成果を上げている^[5-6]。

例年であれば、2チームの対戦形式でトーナメントを最後まで勝ち抜けば優勝となる。ロボコンは優勝以外にも、ロボコン大賞、アイデア賞、技術賞、デザイン賞等の賞が用意されており、勝敗だけでなく、アイデアや技術力が評価されるのも大きな特徴である。2020年度は新型コロナウイルスの感染拡大により、史上初のオンライン開

催となった。

本稿では、初のオンライン開催に対応したパフォーマンスロボットのコンセプトと配信上の工夫、コンテストの成果と反響に関して報告する。

2. 2020年度の競技テーマ

例年は4月末から5月上旬にルール発表が行われるが、2020年度は新型コロナウイルスの感染拡大により、6月下旬にルール発表が行われた。テーマ名は「はび☆ロボ自慢」で、ロボットのパフォーマンスにより、それを見た人々をハッピーにするというものであった^[7]。例年は対戦競技におけるスピードや正確さ等ロボットの性能を競う競技が多かったが、対戦ではなく、個々のパフォーマンスを競うテーマは新しく、例年とは全く違ったロボコンとなった。ロボットのサイズも例年は1m以上の大型のロボットとなることが多いが、今年は50cm以内の制限を設けた非常に小さいロボットサイズとなった。

例年、全国大会は国技館で行われる事になっているが、2020年度は会場に集まることはせずに、自宅や学校からロボットのパフォーマンスを行った。審査はZoomを使った配信で行われ、ロボットの完成度だけでなく、配信上の工夫なども考慮しなくてはならない。全く新しいロボコンであったといえる。

2021年8月27日 受理

* 総合工学システム学科 メカトロニクスコース
(Dept. of Technological Systems : Mechatronics Course)

** 総合工学システム学科 機械システムコース
(Dept. of Technological Systems : Mechanical Systems Course)

3. クラブ活動の状況

例年は平日放課後から 19 時まで、休日は 9 時～17 時の間に活動を行っている。特に夏季休業期間中は連日 9 時～17 時まで作業が行える貴重な期間となっており、大会へ向けても作業を追い込む時期になっている。ろぼっと倶楽部では約 40 名の学生が活動している。活動場所として、創造工作室とロボティクス工房を使用しているが、部屋の広さ、工作機械や機の数が十分足りている状況とは言えず、コロナウイルスの感染リスクを考えると 40 名が同じ空間で作業した場合、どうしても密になる状況が発生する。少しでも感染リスクを下げる工夫として、表 1 に示す対策に加え、作業者を 3 グループに分け、チーム監督責任者の指導の下、午前の部(9 時～13 時)と午後の部(13 時～17 時)に分けた活動を行った。

表 1 新型コロナウイルス感染防止に関するリスクと対策

リスク	対策方法
リスク① 部室は窓がほとんどなく、長い時間大人数で作業するた3密を満たしてしまい、一人でも感染していた場合一気に感染が広がります。	リスク①に対する対策 部室に入出前に検温を行い、毎日健康チェックシートに記入する。
リスク② 机で向き合って作業したり話し合いなども行うため飛沫により感染が広がる可能性がある。	リスク②に対する対策 机の間についたてを作り、直接飛沫が飛ぶのを防ぐ。
リスク③ 1年生が新しく大勢入部したため、部室の大きさに対して部員の人数が多く、密になってしまふ。	リスク③に対する対策 密にならないように班ごとに部室を変え、密集することを防ぐ。
リスク④ 同じ工作機械を使うため、ウイルスがついている場合がある。	リスク④に対する対策 部活が終わり家に帰る前に工作機械や使用した工具をアルコールで消毒する。

コロナの感染拡大に伴う休校処置とクラブ活動停止に伴い、活動が再開されたのは 7 月末となった。それまでの間は部員同士で定期的に WEB ミーティングを行い、アイデア出しやチーム分けを行った。例年と比べると 3 分の 1 以下の作業時間になってしまったが、自宅での作業を行えるような設計にすることで少しでもロボット製作時間を捻出した。

4. パフォーマンスロボットのコンセプトと仕様

2020 年はコロナウイルスの感染拡大の影響で、イベントや祭りの中止が相次ぎ、暗いニュースが多い一年であった。一方、大阪府立大学高専は 2009 年全国大会出場のオバチャンバラ、2019 年の OSAKA OBASAN のようにヒョウ柄、パンチパーマの大阪のおばちゃんをモデルとしたロボットが有名である。そこで本年も大阪のおばちゃんをモデルとしたロボットを作成し、オバチャン達が繰り広げる面白おかしい日常劇を行い、視聴者を笑顔にする。

本校伝統の大阪らしさで「ドンヨリとした雰囲気吹き飛ばす！」というコンセプトでロボットを製作した。

本年のルールは予選と決勝でパフォーマンス内容を変更する事が可能である。そこで本チームでは日常劇の物語を予選と結晶で大きく変え、「忙しい朝」「お買い物の昼」「家事と夕飯!夜」の三部構成でパフォーマンスを行った。

本年のロボット製作の時間は他高専と比べても非常に少なく、時間が限られている事から製作は各自家で行う事も考慮し 5 節で述べるように簡単な機構を組み合わせシンプルな構造にした。また、限られたロボットで最大限のパフォーマンスを行うために、6 節で述べる、配信上の工夫を行う事に尽力した。

5. 1 予選ラウンド用ロボット

予選ラウンドでは、①オバチャンロボットが豪快に洗濯物を洗濯機へ放り投げる。②朝中々起きない主人に対して、フライパンとネギで音を出してたたき起こす。③朝食の目玉焼きを主人の顔に向けて発射する。④大砲を装備したオバチャンが出勤前の主人に対して、マスクを発射する。といった流れでパフォーマンスを行った。

①の洗濯ロボットの外観を図 1 に示す。腕はゴムによって籠を持ち上げるような機構になっており、ロックを外すことで、かごに入った洗濯物を豪快に洗濯機に放り込む様子を表現している。

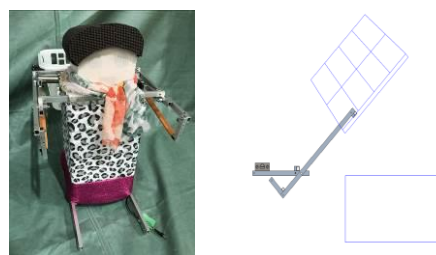


図 1 洗濯ロボットの外観と機構

②の主人を起こすロボットの外観と機構を図 2 に示す。4 節リンク機構とチェーンを使い、1 つのモーターで左右の腕動かし、フライパンをたたき動作を表現している。

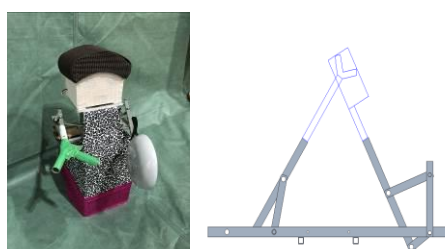


図 2 主人を起こすロボットの外観と機構

③の料理ロボットの外観と機構を図 3 に示す。プライパンを持った腕は定荷重ばねにより引っ張られており、ロックを外すことで数メートル先に料理を飛ばす機構になっている。

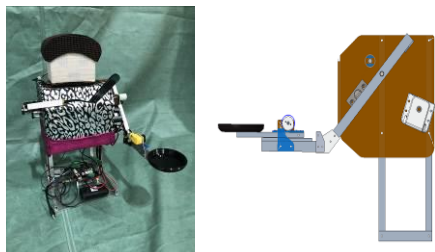


図 3 料理ロボットの外観と機構

④のマスク発射ロボットの外観と機構を図 4 に示す。マスクにはゴムが内蔵されており、割りばし鉄砲と同じ要領でマスクを発射する。

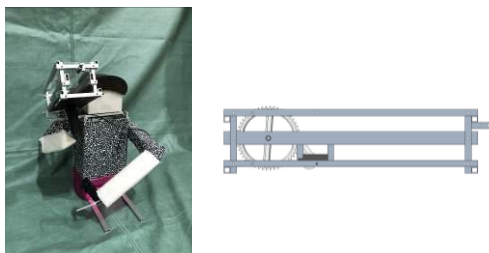


図 4 マスク発射ロボットの外観と機構

5. 2 決勝ラウンド用ロボット

決勝ラウンドでは①オバチャンロボットが歩いて買い物に行き、セール品を図 2 のロボットと取り合う。②帰ってきた主人に消毒用のおしぼりをガトリング砲で発射する。③夕飯のたこ焼きを主人の顔に向けて発射する。④主人と一緒に掛け布団をかぶり添い寝する。といった流れになっている。①の 2 足歩行ロボットの外観と機構を図 5 に示す。チェビシェフリンクと平衡リンクにより交互に足を踏み出す機構となっており、2 足歩行ロボットは技術的にも難易度が高く、全国でも本チームのみのアイデアであった。

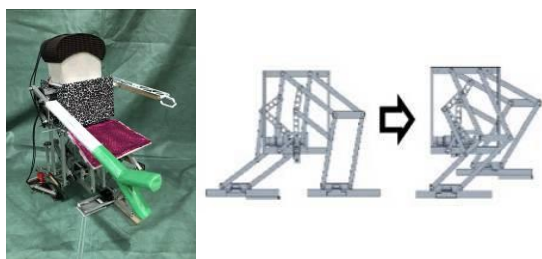


図 5 2 足歩行ロボットの外観と機構

②の消毒用おしぼりを発射するロボットの外観を図 6 に示す。このロボットは 5.1 節④のマスク発射ロボットのバズーカをガトリングに持ち替えており、同じロボットで予選とは全く違う動きを可能としている。③の料理ロボットに関しては 5.1 節の予選と同様のロボットを使用した。

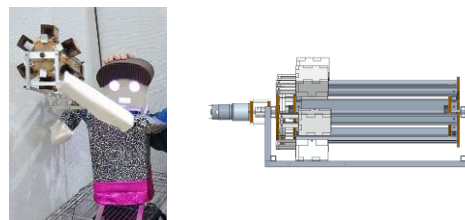


図 6 おしぼり発射ロボットの外観と機構

④の布団ダイブロボットの外観を図 7 に示す。このロボットは予選ラウンド用ロボットの①のロボットの手先を布団に組み替える事で、同じロボットで予選とは全く違う動きを可能としている。

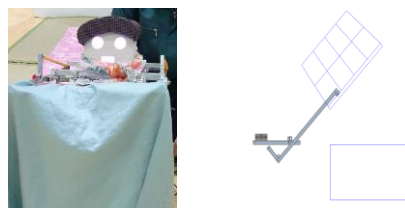


図 7 布団ダイブロボットの外観と機構

6. 映像配信の工夫

今大会では、前述の通り、Zoom を使用したにオンライン配信でパフォーマンスを行わなければならない。本チームでは、以下の 2 つの点を意識し、映像配信を行った。

1 つ目の工夫として、視聴者を飽きさせないように、物語の背景を目まぐるしく変化させた。大きく分けて 4 つのシーンがあるが、図 8、図 9、図 10 の様に壁でフィールドを 4 分割し、住宅を模したセットを作成した。配信中は 4 台のカメラを順に表示し、次々とロボットを出演させた。また、場面の切り替わりに時には、視聴者に物語への没入感を与える為、体育館が映りこまないよう、カメラの動きも工夫した。



図 8 セットの表側と裏側

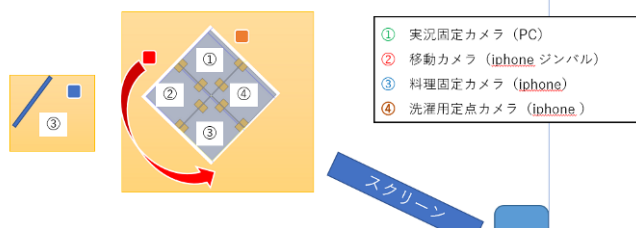


図 9 全国大会のセットの配置



図 10 撮影の様子

2つ目の工夫として、ロボットと小道具を映す際の画角およびロボットの光の装飾である。本チームでは、より多くの視聴者に楽しんでいただけるように、技術的にアピールしたい機構があるところには定点カメラを設置し、競技のストーリーだけでなく、技術的な面でのアピールも行った。また、ロボットがカメラに映った際にしっかり顔などの重要なパーツが目立つよう、フルカラーLEDにより、発光させた。図 11 にロボットの外観を示す。



図 11 ロボットの装飾

7. コンテストの成果と反響

近畿地区大会では大阪らしいロボットとパフォーマンスが評価され、地区大会最高得点を記録し、最優秀賞を受賞し全国大会にも出場した。テレビ放送を見た地域からの反響もあり、2021年4月6日には寝屋川警察署と連携し、寝屋川市駅前にてチラシの配布や声掛けなどの交通安全啓発活動に協力した^[8]。図 12 に活動の様子を示す。



図 12 交通安全啓発運動の様子

8. おわりに

本年度はコロナウイルスの感染拡大に伴い、高専ロボコンの中止も危ぶまれた。結果として無事開催された事は非常に意義深く、大会関係者並びに学校関係者の努力によるものだと考えられる。高専ロボコンに関わったすべてのの方々に感謝の意を表すると共に、今後よろぼと倶楽部の活躍にご理解、ご協力、ご期待いただきたい。

参考文献

- [1] NHK高専ロボコンホームページ,
<https://official-robocon.com/kosen/>, 2021/5/18 閲覧
- [2] 渡辺正人, 杉浦藤虎: ロボットコンテストにおける創造性育成および技術指導に関する取り組み, 工学教育, 47-6, pp. 34-41, 1999.
- [3] 杉浦藤虎, 伊藤和晃, 渡辺正人: 高専の技術者育成教育におけるロボコンおよびロボカップ参加の現状とその役割, 工学教育, 53-5, pp. 71-76, 2005.
- [4] 西野智路, 小林義和, 松田英昭: ロボットコンテストを通じたものづくり教育, 工学教育, 56-6, pp. 90-95, 2008.
- [5] 森政弘: ロボットコンテストの教育的意義, 学会会報, No. 833, 2010.
- [6] 森 政弘: ロボットコンテストの意義と願い, 日本ロボット学会誌, 15-1, pp. 2-5, 1997.
- [7] 高専ロボコン 2020 ルールブック,
<https://official-robocon.com/kosen/>
2021/02/20 閲覧
- [8] 大阪府立大学工業高等専門学校ホームページ,
<https://www2.ct.osakafu-u.ac.jp/2021/04/09/>
2021/5/18 閲覧

日本初ティーチング・ポートフォリオ作成オンラインワークショップを開催して

北野健一^{*1}, 井上千鶴子^{*1}, 谷野圭亮^{*1}, 古田和久^{*2},
鯨坂誠之^{*3}, 山下哲^{*4}, 長水壽寛^{*5}, 山川修^{*6}

Report on the First Online Based Teaching Portfolio Workshop in Japan

Ken'ichi KITANO^{*1}, Chizuko INOUE^{*1}, Keisuke TANINO^{*1},
Kazuhisa FURUTA^{*2}, Shigeyuki AJISAKA^{*3}, Satoshi YAMASHITA^{*4},
Toshihiro NAGAMIZU^{*5} and Osamu YAMAKAWA^{*6}

要旨

大阪府立大学高専は、2009年1月に全国の高等教育機関で初めて学内・対面でティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップを開催した。その後、毎年2～3回のワークショップを対面で開催し、教育改善に取り組んできたが、2020年から始まった新型コロナの流行により、対面でのワークショップ開催は断念せざるを得なくなった。そこで同様のワークショップをオンラインで開催できないか模索し、完全オンライン型のワークショップを開催することができた。本稿では、日本初となるティーチング・ポートフォリオ作成オンラインワークショップの概要について説明した後、ワークショップ参加者の感想をメンティー・メンター双方の立場から述べる。また、ワークショップ後にメンティーに対して実施したアンケートの結果から対面開催との差異について考察する。

キーワード: ティーチング・ポートフォリオ, 教育改善, メンティー, メンター, スーパーバイザー, オンラインワークショップ

1. はじめに

ティーチング・ポートフォリオ (TP) は、2008年12月の中央教育審議会答申「学士課程教育の構築に向けて」に記載されて以降、主に教育改善のツールとして広がりを見せている。文部科学省実施の2018年度調査では、全国761大学中225大学(29.6%)が「TPを導入している」と回答している^[1]。

大阪府立大学高専(以下、本校)は、2009年1月、全

国の高等教育機関で初めて単一教育機関内TP作成ワークショップ(WS)を開催した^[2]。その後もFD活動として、継続的にTPに取り組み、教育改善を行っている^{[3][4]}。また、2011年度からは、教育・研究・サービス活動のすべてを包括したアカデミック・ポートフォリオ(AP)、2012年度からは、事務職員のスタッフ・ポートフォリオ(SP)にも取り組んでいる^{[5][6]}。本校はこれらTP/AP/SP作成WSを、2019年度までは年2回(2011年度は3回)継続的に対面で開催してきたが、2020年度は新型コロナウイルス感染症拡大防止対応のため、夏のWSは中止せざるを得なくなった。しかし、冬のWSは運営を完全オンラインに変更することにより開催することができた。

本稿では日本初となったTP作成オンラインWSの詳細について述べ、作成者(以下メンティー)のアンケート結果及び助言者(以下メンター)の意見を基に、対面開催との差異について考察する。

2. 日本初TP作成オンラインWS開催までの経緯

日本初TP作成オンラインWS開催までの経緯を表1に

2021年8月27日受理

*1 総合工学システム学科 一般科目

(Dept. of Technological Systems : General Education)

*2 機械システムコース (Mechanical Systems Course)

*3 都市環境コース (Civil Engineering and Environment Course)

*4 木更津工業高等専門学校(National Institute of Technology,

Kisarazu College)

*5 福井工業高等専門学校(National Institute of Technology,

Fukui College)

*6 福井県立大学(Fukui Prefectural University)

まとめた。2020年2月27日、当時の安倍総理が全国の小中高校等に対し、一斉休校を要請した。本校も4月5日まで休校となり、その後一時的に登校可能となったが、緊急事態宣言発出に伴い、再び休校となった。5月11日から遠隔授業は実施されたが、前期末試験期間の変更により夏のWSは中止となった。冬のWSは対面開催が理想ではあったが、感染状況次第でオンラインでも開催できるよう準備を進めた。具体的にはTP更新WSを9月8日に参加者を本校に絞ってオンラインで開催し、9月18日に参加者を含む会議で問題点を抽出し、その対応策について協議した。この時に抽出された問題点を表2、主な対応策を表3に記す。その後、感染状況から冬のWSはオンラインで開催することを決定し、参加者を募集した。WSの事前準備を表4に記す。なお、オンラインでは個人メンタリングにおけるメンティーとメンターの意思疎通が最大の課題になるかもしれないとの認識で、メンターは対面ですでに複数回経験している経験者のみを集めた。

表1 TP作成オンラインWS開催までの流れ

日付	事項
7/1	夏のTP作成WSの中止を決定
9/8	TP更新WSをオンラインで開催
9/18	TP研究会 打ち合わせ会議
11/29	TP研究会 幹事会
12/4	スタートアップシート送付
12/17	スタートアップシート締切
12/24	メンター事前打ち合わせ
12/26-28	TP作成オンラインWS当日

表2 TP更新WSで抽出された問題点

- ・オンラインの個人メンタリングで、どこまでメンティーの振り返りを促すことができるか(信頼関係を構築できるか)
- ・メンティー同士や、担当メンター以外のメンター及びスーパーバイザーとの交流機会が少ない(茶菓コーナーがない、意見交換会はオンラインでしかできない)
- ・オンラインだと他者の目がないので、メンティーの緊張感をいかに保つか
- ・突発的な回線トラブルへの対応

表3 主な対応策

- ・個人メンタリングの回数を3日で4回から3日で5回に増やす
- ・日程を2日半から3日に延ばす
- ・1日目夜の意見交換会をこれまでの任意参加から、原則全員参加とし、ブレイクアウトセッションでメンティーだけの部屋を20分くらい作る
- ・2日目の昼食後に、中間発表の時間を新たに設ける
- ・1日目朝TPチャート作成時に、メンティー同士がチャートを共有する機会を設ける
- ・いつでも雑談できる「談話室」をZoom上に設置する
- ・メンター全員が全メンティーの進捗を把握するため途中稿は、全体のGoogle Classroomに提出する
- ・回線トラブル対応のため、ビデオ会議システムに3日間専任の担当者を設ける
- ・いつもはTP/AP/SP作成WSを同時に開催しているが、今回はTP作成WS一本に絞る

表4 事前準備

- ・「修了証」は、メンターが事前に提出したpngのサインで、電子的に作成した
- ・「よりよいメンターになるために」は、Google Jamboardを使用し実施した
- ・全体のGoogle Classroomにメンター、スーパーバイザーのTP、カバーページを掲載した
- ・メンター事前打ち合わせをオンラインで実施した

3. 日本初TP作成オンラインWSの概要

WSの日程は例年と同じく冬季休業中の2020年12月26～28日とした。ビデオ会議システムはZoomを用いた。また、WSに関するGoogle Classroomを2つ立ち上げ、1つは参加者全員、もう1つはメンターのみがアクセス可能とした。WSの資料とメンターのTP、カバーページは参加者全員がアクセスできるGoogle Classroomにアップした(ただし、印刷は不可)。また、作成途中のメンティーのTPはGoogle Classroomにアップしてもらうこととし、すべてのメンターとスーパーバイザーが閲覧可能とした。WSに参加したメンティー、メンター、スーパーバイザー、コーディネータの人数を、表5に示す。コーディネータの業務は多岐に渡るが、対面式WSで必要となるメンティーの作業部屋や休憩室、食堂、個人メンタリング用の部屋や昼食の確保、買い出し業務がなくなった。一方オンラインでは、ZoomやGoogle Classroom、Jamboardの立ち上げ、突発的な回線トラブルへの対応が新たに業務として加わった。WSのスケジュールを表6に示す。1日目はオリエンテーションの後、TPチャート作成WSを行い、メンティー同士が作成したTPチャートを共有する機会を設けた。メンターとメンティーの個人面談(メンタリング)は対面より回数を1回増やして、Zoomのブレイクアウトルームを用いて行った。メンターがメンタリングの進め方の報告と検討を行うメンターミーティングもZoomで実施したが、オリエンテーションや個人メンタリングとは別のIDを立ち上げて実施した。3日目の「よりよいメンターになるために」はGoogle Jamboardを用いて実施した。メンターミーティングを統括するスーパーバイザーは本校井上が担当した。

TPは高等教育機関を中心に広がっているが、初等・中等教育の教員でも作成することは可能である。2017年度は高等学校教員1名、2018年度は小学校教員1名、2019年度も小学校教員1名が本校WSでTPを作成されているが、今回も中学・高等学校教員1名が参加されTPを作成された。

なお本校のWSは、2013年にティーチング・ポートフォリオ・ネットワークが公開したTPワークショップ基準を満たしている。

表5 開催したWSの参加者

メンティー		メンター		スーパーバイザー	コーディネーター
本校	他校	本校	他校	本校	本校
2名	4名	3名	3名	1名	1名

表6 TP作成オンラインWSの主なスケジュール

	第1日	第2日	第3日
午前	オリエンテーション チャート作成	個人メンタリング(3) TP作成作業	個人メンタリング(5) TP作成作業
午後	個人メンタリング(1) TP作成作業 個人メンタリング(2)	中間発表 TP作成作業 個人メンタリング(4)	TP作成作業 プレゼン準備 TPプレゼンテーション 修了式
夜間	意見交換会 TP作成作業	TP作成作業	修了を祝う会

4. ティーチング・ポートフォリオを執筆して

会社生活を通じて得た経験を踏まえ考えた教育理念（中島啓造）

34年間の民間企業での研究開発職に一区切りをつけ、教師職をスタートすることに胸を躍らせ、2020年4月に本校に着任しました。が、緊急事態宣言下でのいきなりの休校に始まり、5月からは遠隔授業が始まったために、そのための資料作成などに追われ、教育とは何かとか、授業の進め方をどうするか、など他の先生のやり方なども参考できず、自分の思いのままのスタートとなりました。6月半ば以降からは学生たちとの対面授業が始まり、少しずつ自分なりに授業の進め方など、慣れてきていたようにも思いますが、この我流を何処まで続けていてもいいのか、不安な面もありました。半年を過ぎた頃にいいタイミングで、教育理念などの構築に関する研修のお誘いを受け、これは一度自分の方向性や考え方が、皆さんと比較してどうなのかを見直したい機会だと考え、WSに参加させていただくと共に、TPの作成に挑戦いたしました。

メンターとして色々ご指導いただいた谷野先生からは、「短い教員生活のことを考えるのではなく、民間企業で研究開発をしてきたことを強みとして教育理念をまとめてはどうか」というアドバイスを頂き、自分は、『学生たちが社会に出て技術者として歩んだ際の立場を既に経験済みであり、職場上司的な立場の経験や知見も踏まえた上で、今後は学生たちを社会に送り出す側の立場に軸足をシフトした上で、学生たちを導き、かつ下支えする立場として、社会で通用する立ち立ちできる人材育成』を行っていくべきではないかと気づき、教育理念としてまとめさせていただきました。

3日間ともZoomによる遠隔ミーティングであったため、参加されていた先生方と面と向き合ってお話することはできませんでしたが、メンティーとして参加されていた看護関連の先生のお話や、TP取組みの考え方など、日頃接触する機会の少ない方々からの話を聞いたことが参加してよかったと思っています。ただ、Zoomが切断された後は、次のミーティング開始時間までに考えや資料をまとめる必要があり、タイムスケジュールをこなすことで精一杯の研修でした。

着任後1年半が経過しましたが、昨年末に作成したTPを都度見返しながら、今後はしっかり現場で実践できるようにしていこうと考えています。WSを支えていただきましたすべての先生方に感謝致します。

ティーチング・ポートフォリオを作成して（田村生弥）

私は、専門教員で高校などでの授業経験はなく、これまで大学などで講義をする機会はある程度まで自己流でやっていました。教育・授業に関して体系的に学んだのは、学生の時の教員免許取得のためのカリキュラムのみという状態でした。また、TPというものが昨今求められていることを知識としては知っていましたが、実際に作成したことはありませんでした。はじめにWSにお誘いいただいたときは、これほど時間をかけて作成するほど自分の中に教育信念があるのかと不安を覚えました。

そのような不安の中参加しましたが、まず、TPチャートを使った自分の目指す教育の洗い出しをする中で、なんとなく方向性が表れてきました。このチャートは現状やっていることから方針や理念をボトムアップ的に探究していけるので、自分の思考の整理がとてもやりやすかったです。私のような初心者でも比較的容易に作成することができました。

次にメンターの先生と話をしました。その中で、「普段、自分が考えていることを時間をとって深く考えることはなかなかないので、この機会はチャンス」というようなアドバイスをいただきました。確かに普段の授業準備や今回のチャート作成時も学生に「～になってほしい」、「～してほしい」のでこういう講義を行うという文脈ばかり考えていて、なぜ自分がそう思っているのかを深く考えていませんでした。そこで、自分のこれまでの人生とそれによって作られてきた教育観とのつながりを重点的に見ていくことにしました。

方向性が決まってからはひたすら書いていきました。ウェブWSであったため、書き疲れた時に愚痴を言い合える仲間がいなかったのが残念でした。メンターの先生に途中経過を見ていただき、アドバイスをもらいながらなんとか進めていきました。また、所属する学校の先生にも途中で差し入れをいただくなどフォローしていただき

ました。

こうして何とか3日間を終えることができました。出来上がったポートフォリオは私の現状の教育観を表すもので、その達成のための具体的な方策や私が行う講義による学生への効果の考察がまだまだ足りていません。しかし、このポートフォリオを作成したことで、自分が何をしたいのかということや自分が思っていた以上に教育に対して考えを持っていたことが明らかになりました。今後の教育活動の土台ができた思いでいます。ありがとうございました。

5. メンターを担当して

完全遠隔型のTPワークショップを経験して(谷野圭亮)

2020年から続く新型コロナウイルスの大流行は教育現場においても甚大な影響をもたらし、学習者のみならず教師についても少なからず生き方や働き方を問う機会となっている。府大高専においても、新年度開始前からの休校～6月半ばまでの遠隔授業による学習支援が行われ、教育や研究の現場においてもZoomやMicrosoft Teamsをはじめとした遠隔での会議システムに嫌でも慣れなければいけない状況である。

そのコロナ禍の下で完全遠隔型で行われたTP作成WSについて考察する。

筆者はTPのメンターとして何度か経験があるものの、それらの作成においてはすべて対面ベースでの信頼関係の構築や、メンタリング以外での雑談、飲み会？がTP作成WSをよりよくするための重要なファクターであると考えていた。

今回、上記のファクターが取り除かれた状態でのWSとなり、当初は一抹の不安があったものの、年末に自宅から参加できるというのは時間の使い方という意味では生活面に支障がでにくく、快適であった。上に述べた、信頼関係の構築や雑談を遠隔型で行うには、クリアな音声でのやり取りが必須であると実感した。今回においても、PC内蔵のマイクを使用した方よりも、ヘッドセットや会議用のマイク・スピーカーを使用された方のほうが音声が圧倒的にクリアで、会議やメンタリングを長時間行う場合のストレス軽減に役立ったように思われた。また、メンター同士は対面の頃からよく知っている人たちであったことも遠隔化をスムーズに導入できた要因であるように思われる。

今回の経験から、メンター目線で完全遠隔型のTP作成WSを行う場合に気をつけておきたいポイントをまとめると①音声面の機材の充実 ②メンター同士のこれまでの人間関係の2つが重要であると言える。

2020年度冬のコロナ禍における完全遠隔型での府大高専におけるTP作成WSの実施は、ネガティブな理由での始まりであったが、様々な理由で移動に制限がかかる状態での実践例として非常にchallengingであり、今後まだまだ続くであろうコロナ禍の下でよりよくWSを開催していく上で大きなステップになったと思われる。

オンラインメンタリングを通じて感じたこと(古田和久)

第24回TP作成WSにメンターとして参加させて頂いた。コロナ禍により、これまでの対面式と違って、今回は初のオンライン開催となった。コロナ禍が始まってから、校内・校外の会議等もオンライン化されていた。私見ではあるが、オンライン会議では、対面式に比べて、良い点としては、会場まで出向く必要がない(参加場所を自由にできる)こと、良くない点としては、場の共有感が読めないこと、質疑がやりにくいことがあった。そのような経験があり、TP作成WSをオンラインで行うことについて、対面式のWSと出来る限り同様に行うことができるのであろうかという不安があった。特に自身は場の共有感を重要視しているため、その点が大きな不安要素であった。

今回のオンラインWSでは、対面式WSとは異なるフォーマットで行われた。主な点としては、従来の対面式では、1日目の午後開始のところを9時開始に繰り上げて完全3日間の日程とし、個人メンタリングを1回増やしたことであった。この個人メンタリングが1回増えたことによって、時間に余裕を持ってメンタリングを行うことが期待できた。

実際にWSが始まり、個人メンタリングを始めたところ、モニタ越しであるにもかかわらず、対面式とはあまり変わらない距離感であることに気が付いた。TPチャート閲覧やTP本文の進捗状況等は、Zoomの画面共有機能を用いて知ることができて、対面式とほぼ同等のメンタリングを進めることができた。懸念していた場の共有感に関しても、モニタ越しにメンティーの仕草・表情を確認できたため、メンタリングに支障をきたすことがなかった。これは前述した多人数で行うオンライン会議とは違い、モニタ越しではあるが、一対一で面と向き合っていたことが要因であると考えられる。このようにオンラインのメンタリングは、対面式とほぼ同等のメンタリングが可能であると感じている。

以上、オンラインメンタリングの良かった面を述べてきたが、実は小さなトラブルもあった。メンティーのネットワーク環境が不安定だったため、メンタリング中にしばしば画面がフリーズしてしまった。しかし、Zoomのチャット機能を用いて、なんとか補完することができた。今回のオンラインTP作成WSでの試みは、個人的には大

きな問題が生じずに終わることができた。しかし、コロナ禍が早くなくなり、対面式のWSを再開できることを願ってやまない。

アイスブレイクの難しさ（鯉坂誠之）

私は2020年12月に本校で行われた遠隔型のTP作成WSを体験した。メンターもメンティーも全員が「完全に」オンラインのみで対応するタイプのTP作成WSであった。

その際に難しさを感じたのは、初めてお会いする（画面越しにお会いする）メンティーとの信頼関係の構築手段であった。私はあまり人と接することが得意な方ではない。そのため、対面方式で行われる通常のTP作成WSにおいても、基本的に初めてお会いすることになるメンティーとの信頼関係を構築するプロセスを、非常に重要視している。緊張感や堅苦しい空気を氷（アイス）に例え、それを溶かす（ブレイク）という意味の「アイスブレイク」が何よりも大切と考えている。

対面方式の場合を例に挙げよう。通常のTP作成WSでは、まず広い会議室に集まってお互いの自己紹介を済ませた後、メンティーには「ミニワーク」と呼ばれる作業をして頂いてから、メンターと正式にあいさつを交わすような流れがある。私はそのあいさつを利用して相手の自己紹介の話題に触れることで、最初の笑顔を作り出すように心がけている。次に、「個人メンタリング」を行う部屋まで一緒に移動することになるので、その廊下や階段などを通る道すがら、校舎やグラウンド、教室などの目に飛び込んでくる風景をネタにして他愛もない会話を織り込むことにしている。メンティーによっては反応が薄い場合もあるが、このときの私もまあ、適当である。重要なことはこのワンクッションを入れること。個人メンタリングの部屋についてからも、いきなり本題に入るのではなく、本棚に並べられた書籍のことや、壁に貼られたポスターの内容に触れながら少し雑談をする。…といっても、個人メンタリングにかけられる時間は限られているので、それなりの頃合いを見計らって、本題に入るようにしている。

通常のTP作成WSの場合には、初めてお会いしたメンティーとあいさつを交わしてから本題に入るまでの、この限られたわずかな時間が私にとっての「アイスブレイク」の時間であった。ところが、完全遠隔型のTP作成WSでは、その時間がほとんど取れなかった。このことが「日本初」の完全遠隔TP作成WSで行った際の反省点の一つではないかと思う。日本初であることは、その甘美な言葉の響きの裏に、失敗も潜んでいると肝に銘じておかなければならないことを教えてくれた。今後はアイスブレイクの時間をどのように遠隔型TP作成WSに組み込むのか、又は完全に遠隔型にするのではなく対面方式とのハイブ

リッド型TP作成WSを検討するのか、などの試行錯誤が必要であると感じた。

今回のTP作成WSでは、私からのアイスブレイクが十分ではないままにスタートが切られてしまった。それでも真摯に向き合い、むしろ個人メンタリングを繰り返すなかで、伴走者であるはずの、メンターとしての私のアイスを徐々にブレイクしながらポートフォリオを完成してくれたメンティー自身の力量に救われた。心より感謝を申し上げたい。

画面の中から個人メンタリングを実施して（山下哲）

TPを作成するだけなら、一人でも可能である。では、なぜTP作成WSに参加するのだろうか。WSに参加すると、TP作成にのみ集中し、メンターと二人三脚で作成する。その結果、独力ではなかなか気づけない自分自身に気づくことができ、自己省察を深掘りしたTPが作成できる。つまり、深掘りしたTPを作成したい人はWSに参加した方がよい。

WSのメインイベントは、メンティーとメンターが対話する個人メンタリングである。メンティーは、メンタリングを受けて執筆するという作業を繰り返しながら、自己省察を深めていく。メンターは、メンティーが深く自己省察できるように配慮しながらメンタリングを行う。その際、メンティーの表情や所作を確認しながら、メンターは提案を受け入れてもらえるかどうかを判断していく。

今回はオンラインで実施したため、パソコンの画面越しにメンティーの様子を観察しなければならなかった。WSに参加する前は、メンティーの様子を把握できるかどうか不安だったが、初回のメンタリングでその不安は払拭された。画面越しでも、書けるかどうかの不安、メンターの意見からできる限り吸収しようとする聴く態度、わからないことを質問する積極的な姿勢など、対面で実施した場合と変わらず、メンティーの様子を把握できた。メンターミーティングもメンター同士で積極的な意見交換ができて、スムーズに進行できた。対面の場合と異なることといえば、担当していないメンティーへの声かけができなかったことぐらいである。

以上のことから、メンティーとメンターの人間関係の構築についてはオンラインでも問題ないが、他のメンティーや他のメンターと関われる時間をいかに作れるかにより、対面と同等の実施が可能となるだろう。

オンラインのWSを経験して（長水壽寛）

2015年12月にTPを、2019年9月にAPをそれぞれ大阪府立大学高専のWSで作成した。その後、メンターやスーパーバイザーも経験し、今回はオンラインでのWSのメ

ンターを担当することになった。

コロナ禍の中、WSが実施できるかという問題もあったが、メンター陣の事前打ち合わせや、WSの形式を少し修正して行われた。メンターとしてはやはりメンタリングがオンラインで上手くできるか、ということが不安であったが、それまでにオンラインでのPBL授業を経験していたのが良かった。オンラインでのツールを使った議論やアドバイスの仕方、タイミングなどもその授業の経験があったので、ある程度はイメージできた。ただ、メンタリングの初回は、自分でもかなり注意して進めていった。

担当したメンティーの先生は、4月に赴任したばかりで、授業の進行についての準備不足に不安を感じておられた。実際にメンタリングを行ってみると、いくつかのキーワードも見つかり、それらを手掛かりに進めていった。オンラインでのメンタリングは当然、空間的な共有感はないが、違和感もそれほどなかった。メンタリングでは話を聞きながらメモを取ることで、こちらの手の動きがメンティーに何らかの影響を与えているのでは、と考えたこともあったが、オンラインでのメンタリングでは手元の様子がメンティーにはわからない状況であったので、気にせずメモすることができた。

今回はWSにいろいろな工夫がなされたが、やはりメンタリングの時間以外の時間、メンティー同士がお互いの作業の様子を見ることができたり、会話をしたり、また、担当をこえたメンティー、メンターとの交流が大事であることが認識できた。このWSはメンターとしても学ぶところが多いが、オンラインになって、改めて自分がやっていたことの意義を知ることになった。そういった意味で、実際のところどれだけメンティーにオープンマインドで接することができたのか、どれだけ寄り添えたのか、は今までのWS以上に気になるところである。

今回のように教育歴の浅いメンティーの場合は、TPを作成するプロセスがより重要であり、成果物としてのTPは今後の指針となればよいと考えている。オンラインでのWSであったが、これからのメンティーの教育活動に少しでも助けになるようなTPとなれば幸いである。

オンラインTP作成WSでメンターを経験して (山川修)

2020年12月のオンラインTP作成WSで、メンターを務めさせていただいた。このWSは、初めてのオンラインで行われるTP作成WSということであったので緊張した面もあった。しかし、2020年度は勤務校(大学)でも授業が全面的にオンラインになり、担当しているゼミやPBL(Project-Based Learning)系の授業もオンラインで実施し、対面と同程度の成果は得られていたので、なんとかなるだろうという思いもあった。

実際に実施してみると、メンティーとのメンタリングのプロセスや、スーパーバイザーを中心としたメンターミーティング等、予定されている<公式>の場での会話は、対面とそんなに違いなくできたのではないかと、思う。しかし、お茶を飲んでいるときの何気ない会話等、予定されていない<非公式>の場での会話はまったくできなかった。

コーディネータの大阪府大高専・北野先生の計らいで、Web会議システムを利用した自由に出入りできる<非公式>な「談話室」も設置されたが、メンティーの方の利用はほとんどなかったようである。ただ、そういった予定されていない<非公式>の場とは別に、メンティーと担当していないメンターを組み合わせられたグループでの<公式>の「談話会」、およびメンティー同士の「談話会」は、それなりに盛り上がった。

対面のTP作成WSでは、<非公式>の会話により、参加者同士の親密さが深まり、それがTP作成WS全体の雰囲気重要な影響を及ぼしていたように感じている。オンラインTP作成WSでは、<非公式>な会話には(設置したとしても)なかなか集まりにくいので、<公式>に会話ができる場を、従来のメンタリング以外にも最初から設定することが、TP作成WSの会話の幅を広げ、全体の雰囲気づくりに、かなり影響するのではないかと、思う。そのため、今後、オンラインでTP作成WSを開催する際には、メンタリング以外に様々な参加者と会話する<公式>の場の設計が重要になると考えている。

6. スーパーバイザーを担当して

不可能ではないが同じではない (井上千鶴子)

直接に担当するメンティーはなく、メンターチームには他にもスーパーバイザー経験者が3人、それ以外のメンバーもメンター経験が豊富な人が多い、大変負担の少ない条件を揃えていただいた。これが「初めてのオンラインWS」でなかったら、WSの準備会議は普段は1ヶ月前くらいだが、私のノートではおよそ4ヶ月前の9月18日から会議が始まっている。最初に問題になったのは、ツールだった。日本中で様々なビデオ会議ツールやオンライン授業ツールが試されていた頃、TP研究会のメンバーがそれぞれに見たり使ったりしたツールの情報交換が続けられていた。また、WSとしての懸念事項は、対面でないメンタリングでメンティーとの信頼関係が築けるか、メンティーが他の参加者と交流することで得る有形無形の効果をどのように担保するかだった。

ツールについては、総説にあるように、資料や原稿はGoogle Classroomでやりとりし、ビデオ会議はZoomを利用した。メンターチームでは、ツールに関しては満足度

が高かった。まず、メンティーの草稿の提出先を、従来はメールで担当メンターとスーパーバイザーに直接提出していたところを Google Classroom にしたことで、メンターチームのメンバーが担当以外のメンティーの草稿を参照することができた。メンターミーティングでは、担当メンティーの進捗を報告しメンタリング方針の確認を行うが、他のメンターもその草稿を見ているので、より充実した議論となった。また、ビデオ会議は設定時間を守ろうという意識が強く働くのか、時間のマネジメントは意外にも良好だった。対面の時は個別の面談室に移動する時間を取られたりするので、オンラインの方がきちんと時間を守れたという意見もあった。

一方、内容の面では長所も短所もあるようだった。まず、メンターミーティングの方は、ベテラン揃いだったこともあり、大きな問題はなかった。メンタリングは、懸念されていた「画面越しでもメンティーはメンターに心を開いてくれるだろうか」という点に関しては、ほぼ杞憂であった。各メンターの技量、メンティーの参加意欲にも因るところが大きいが、今回については「話しにくかった」という声は、少なくともメンターからは聞かれなかった。逆に言えば、初めてメンターをする人にとっては、オンラインWSは難しいかもしれないという意見はあった。

しかし、不満がなかったわけではない。最も多かった意見は、「担当以外のメンティーと話すことができない」というものだった。メンターミーティングでほかのメンターから様子を聞き、助言というほどではないが少し話してみたいと感じることは多々あり、そうしたセカンドオピニオン的なものがブレイクスルーを生むことがしばしばある。TPの内容に直接つながらない場合でも、互いの教育手法が共鳴し合い豊かな化学反応が起こる事例もたくさん見てきた。集団で営むWSが、参加者それぞれの教育改善(FD)となる醍醐味だが、それがオンラインでは充分発揮できなかった。また、自分の担当メンターに対しても、決められたメンタリングの時間以外に「ちょっと様子を見に行く」ことができない、という不満も聞かれた。メンタリングの時に不安そうなメンティーや、なかなか筆が進まないメンティーには、作業中さりげなく声を掛けて背中を押すという手法がある。ビデオ会議の画面に呼び出すこともできるが、それでは「さりげなく」にはならない。このWSは完全オンラインであるが、私は学内の研究室から接続しており、学内参加者の何人かも同様であった。上のような話を聞いた私は、最終日に学内参加者の部屋をリアルに巡回してみたのだが、やはり急に来られて「どうですか?」と聞かれても、有意義な話しにはなにくかった。次は、初日から計画的に準備したいと思う。結局これは、ほかのオンライン会

議でも聞かれる、「インフォーマルなコミュニケーションが取りにくい」という問題につながる。

今後、こうしたオンラインWSは増えていくのだろうか。上には書いていないが、大きなメリットとして、遠方からの参加が容易になる(交通費や宿泊費が発生しない)ことがある。これには次のような懸念がある。複数日に渡る研修は、その期間研修に集中することが前提で、TP作成WSも2~3日という期間を拘束することには抵抗も多いが、その期間日常業務を離れてFDに専念することはメリットだと考えられてきた。しかしオンライン開催になり、職場から接続していると、研修中だからと言って他の業務を遮断できない可能性がある。

総括すると、TPを作成すること、それだけに焦点を当てれば、オンラインでも可能であることがわかった。オンラインの積極的なメリットを挙げるとすれば、コスト面や効率がそれに当たるかもしれない。しかし、対面に較べると十分なサポートができていないと感じるメンターも多く、本当の意味でFDが達成できたと実感できるような豊かな副産物も置き去りになっている。今後は、オンラインのノウハウを蓄積し、対面ができるなら対面がよいが、難しい時はオンラインに切り替えて、たゆまずWSを運営していくことになるのだろう。これは、主語や目的語を入れ換えれば、遠隔授業というものに対して多くの教育関係者が感じていることと同じだと、今気づいた。

7. メンティーの事後アンケート

WS終了後にメンティー6名に Google Forms でアンケートを実施した。6名中5名から回答が得られた(回答率83%)。表7にアンケート結果の一部を示す。

表7 事後アンケート結果(一部抜粋)

3. ワークショップのプログラム設計について
(2) ワークショップは自身のキャリアにとって有意義な内容だった (そう思う 5名, どちらかといえばそう思う 0名, どちらかといえばそう思わない 0名, そう思わない 0名)
4. ワークショップのスタッフについて
(1) メンターからの助言は役に立った (そう思う 4名, どちらかといえばそう思う 0名, どちらかといえばそう思わない 1名, そう思わない 0名)
5. ワークショップの成果について
(3) ティーチング・ポートフォリオは自身の教育改善につながる (そう思う 5名, どちらかといえばそう思う 0名, どちらかといえばそう思わない 0名, そう思わない 0名)
6. ワークショップ全体について
(1) ワークショップは全体的に満足できるものだった (そう思う 4名, どちらかといえばそう思う 1名, どちらかといえばそう思わない 0名, そう思わない 0名)

この事後アンケートの設問は、これまでの対面式WSの事後アンケートの設問と同じである。したがって、今回のオンラインWSの効果を検証するため、表7に記した4個の質問項目について、これまでの対面式WS参加者の回答と比較した。「そう思う(4)」、「どちらかといえばそう思う(3)」、「どちらかといえばそう思わない(2)」、「そう思わない(1)」と、回答を()内の数値に置き替えて平均を取った結果を表8に記す。この結果より、オンラインWSにおいても、対面式と同程度の効果が出ていることが伺える。ただし、オンライン型の回答数が少数のため、今後サンプル数をもっと増やした上で議論する必要がある。

表8 オンライン式と対面式の比較

質問項目	運営方式	オンライン(n=5)	対面(n=136)
自身のキャリアにとって有意義な内容だったか		4.00	3.64
メンターからの助言は役に立ったか		3.60	3.86
自身の教育改善につながるか		4.00	3.65
全体的に満足できたか		3.80	3.78

8. メンターの意見

WS最終日にメンターから意見を伺う機会があった。その際に出た意見を表9にまとめた。当初、対面でのメンタリングに比べ、オンラインでのメンタリングは難しいのではないかと危惧していたが、少なくともメンター側は対面と同じようにできると感じていることがわかった。また、対面だとメンティーに気兼ねしてメモが取りにくいことがあるが、オンラインでは手元が見えないためメモが取りやすいという意外なメリットも見い出すことができた。

表9 オンラインWSのメリット・デメリット

メリット	デメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・時間が守られる ・メンタリングの時にメモを取りやすい ・移動時間がない ・メンタリングそのものは対面の場合と同じようにできる 	<ul style="list-style-type: none"> ・メンタリング以外の時間にちょっとした(インフォーマルな)声かけができない ・担当以外のメンティーと言葉を交わす機会がない ・ネット環境が途切れた時に自分だけか全体なのか分からない

9. おわりに

昨年12月26～28日に開催したTP作成オンラインWSについて報告した。TP作成だけを目的とすれば、対面式

WSとほぼ遜色なく効果が出せ、当初危惧していた個人メンタリングにおけるメンター・メンティー間の意思疎通はオンラインでも問題なくできることがわかった。一方、担当メンティー以外の参加者と交流する機会がないなどのデメリットがあることも明らかとなった。なお、本校で2020年12月26～28日に開催して以降、表10に示すように全国でTP作成オンラインWSが開催されている。本校では今年度も9月6～8日と12月26～28日に、TP作成オンラインWSを開催する予定である。

表10 2021年開催のTP作成オンラインWS

日付	高等教育機関名
2/1-2	追手門学院大学
3/1-2	芝浦工業大学
3/18-20	千里金蘭大学
8/23-25	県立広島大学
9/5-6	芝浦工業大学(予定)
9/6-8	大阪府立大学高専(予定)
12/26-28	大阪府立大学高専(予定)

謝辞

本研究はJSPS 科研費 17K01001, 20K12094 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] 文部科学省 大学における教育内容等の改革状況等について(平成30年度)
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/daigaku/04052801/1417336_00007.htm.
- [2] 北野ほか: 日本初単一教育機関内ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップを開催して、大阪府立高専研究紀要, 第43巻, pp. 63-70(2009).
- [3] 北野ほか: 第2回ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップ開催報告, 大阪府立高専研究紀要, 第44巻, pp. 57-64(2010). 以降第54巻まで毎年報告を掲載している
- [4] 大阪府立大学高専ティーチング・ポートフォリオ研究会編著, 実践 ティーチング・ポートフォリオ スターターブック～実質的な教育改善活動を目指して～, NTS出版(2011).
- [5] 金田ほか: 日本初単一教育機関内アカデミック・ポートフォリオ作成ワークショップを開催して、大阪府立大学高専研究紀要, 第46巻, pp. 71-76(2012).
- [6] 北野ほか: スタッフ・ポートフォリオの作成による理念の共有と振り返り～教職協働とSDを兼ねた新しい取り組み～, 日本高専学会第19回年会講演会講演論文集, pp. 51-52(2013).

(編集) 研究紀要委員会

委員長 (図書館長)

委員 小川清次
稗田吉成
杉浦公彦
藪厚生
前田篤志
東田卓
北村幸定
図書館スタッフ

研究紀要第55巻

2022年1月31日 発行

Library of Osaka Prefecture University College of Technology
Saiwai-cho 26-12, Neyagawa, Osaka, 572-8572 JAPAN

編輯兼 大阪府立大学工業高等専門学校
発行者

BULLETIN
OF
OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY COLLEGE OF TECHNOLOGY
Vol. 55 January 2022

CONTENTS

Academic Studies

- | | | |
|--|------------------------|------------|
| Unstable Transverse Oscillation of a Cantilever Beam
under the Follower Force along the Longitudinal Axis | H. ARISUE | • • • • 1 |
| Tree decline and soil acidification in the cherry (<i>Prunus</i> spp.) groves
at the Ishiyamadera temple in Otsu city, Shiga prefecture, Japan | K. ITO
K. SEKIGUCHI | • • • • 13 |

Education Studies

- | | | |
|---|--|------------|
| An attempt to create video-teaching materials with KOSEN students
as the main participants | T. NODA
H. ANDO Y. YAMASHITA
C. ISAMI S. TANAKA
Y. NAKATA | • • • • 17 |
| Design and Effectiveness of Mechatronics Experiments
for Collaboration with PBL Practice | K. HIRAO
K. NAKATANI T. WADA
T. DOI | • • • • 23 |

Reports

- | | | |
|---|--|------------|
| Development of performance robots at Kosen Robocon | H. ANDO
T. SASAKI S. HATTORI
Y. NAKAI Y. HANATANI
S. NISHIDA K. NOZAKI | • • • • 27 |
| Report on the First Online Based Teaching Portfolio Workshop in Japan | K. KITANO
C. INOUE K. TANINO
K. FURUTA S.AJISAKA
S. YAMASHITA T.NAGAMIZU
O. YAMAKAWA | • • • • 31 |