

大阪公立大学工業高等専門学校

# 研 究 紀 要

第 57 卷

令和 6 年 1 月

# 大阪公立大学工業高等専門学校 研究紀要

## 第 57 巻 2023 年度

### 目次

#### 学術研究

軸方向の従動力を受けた浮遊自由梁の不安定横振動	有末 宏明	・・・・ 1
奈良県大和神社社寺林の樹木衰退と土壌化学性	伊藤 和男 奥田 泰士 西井 由菜	・・・・ 13

#### 教育研究

D Xマインドの気付きと動機を与える 1 年総合工学システム実験実習	土井 智晴 君家 直之 山野 高志 田村 生弥 安藤 太一	・・・・ 17
------------------------------------	-------------------------------------	---------

#### 報告

「高専人権シンポジウム」の実施に関する報告	伏見 裕子 鯉坂 誠之 金田 忠裕 中田 裕一 高橋 舞	・・・・ 21
方形マグネチックループアンテナの製作	山添 義顕 重井 宣行 葎谷 安正 谷口 雄二 小暮 裕明	・・・・ 27
2022 年度 FARAD 活動報告	野田 達夫 勇 地有理 安藤 太一	・・・・ 33
2022 年度アカデミック・ポートフォリオ作成ワークショップ開催報告	北野 健一 川上 太知 金田 忠裕 東田 卓	・・・・ 35
2022 年度ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップ開催報告	早川 潔 北野 健一 松永 博昭 谷野 圭亮 鯉坂 誠之	・・・・ 43

## 軸方向の従動力を受けた浮遊自由梁の不安定横振動

有末宏明\*

Unstable Transverse Oscillation of a Free Beam  
subjected to the Follower Force along the Longitudinal Axis

Hiroaki ARISUE\*

## 要旨

無重力空間に浮遊する両端自由な梁の一端に軸方向に大きさ一定の力(従動力)を加え続けたときの梁の横方向の振動について調べた。

まず梁の横方向の運動方程式を導き、それを解いた結果、従動力が梁の曲げ剛性と長さで決まる特定の値(臨界値)に近づくにつれて最小固有振動数と2番目の固有振動数が接近し従動力の臨界値で一致した。従動力を臨界値以上に大きくすると、固有振動数は複素数となり、これは横方向の振動の振幅が時間の経過とともに指数関数的に増大することを表している。

実際、現実的な初期条件の下では、従動力が小さいときは梁の横振動の振幅は初期変位の大きさからほとんど変わらないが、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。

キーワード: 自由梁, 従動力, 一様な縦長構造物, 運動方程式, 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大きさの力(従動力)を加え続けたときの梁の横方向の振動について、変位が梁の長さに比べて十分小さいときに成り立つ線形の運動方程式は、その厳密解が知られている [1][2]。その振動の固有振動数は、従動力を大きくするにつれて最小固有振動数と2番目の固有振動数が互いに接近し、従動力の特定の値(臨界値と呼ぶ)において、2つの振動数が一致する。さらに従動力をこの臨界値よりも大きくすると、2つの固有振動数は今度は複素数値をとるようになる。固有振動数が虚部を持つということは、初期波形からの振動の振幅は(初期値がいくら小さくても)指数関数的に増大することを意味する。

さらに片持ち梁の軸方向に常に一定の大きさの力を加えたときの横方向の振動に関する最近の著者の論文 [3]

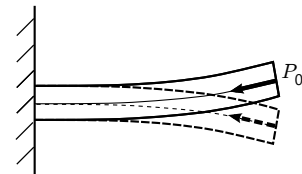


図1 軸方向に従動力を受ける片持ち梁

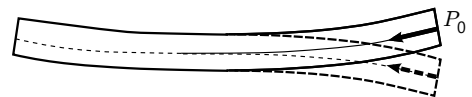


図2 軸方向に従動力を受ける浮遊自由梁

においては、梁の横方向の初期波形として現実的な波形を設定したとき、その後の横振動について以下の現象が起こることが示されている。

(i) 従動力を臨界値に下から近づけると、振動の振幅が時間的に変動するいわゆる「うなり」の現象が生じる。うなりの振幅と周期は従動力を臨界値に近づけるほど大きくなる。従動力を臨界値に近づける極限で、振動の振

2023年9月1日 受理

\* 総合工学システム学科 一般科目

(Dept. of Industrial Systems Engineering : Liberal Arts)

幅は時間とともに直線的に増大する。

(ii) 従動力を臨界値を超えた値にすると、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。従動力が臨界値を超えても、臨界値に極めて近い範囲の値の場合は、振動の振幅が指数関数的に増加するようになるまでの時間が極めて長くなるので、それ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る。

片持ち梁についての上記の知見を踏まえて、本研究では、図 2 のように無重力空間に浮遊する両端自由な梁の一端に軸方向に一定の力(従動力)を加え続けたときの横方向のたわみ振動について調べる。片持ち梁では、梁の一端が壁に固定され他端に軸方向の従動力を加えたのであるが、この壁を取り払って梁を自由に運動させたときに、横方向のたわみ振動について、片持ち梁の場合と同じ現象が起こるのかどうかを調べるということである。

なお、ここでは梁を対象にしているが、本研究の結果は一般に長さ方向に一樣な縦長構造物であればどのようなものにも当てはまる。具体的に想定されるのは縦長構造物の宇宙ステーションである。そのような宇宙ステーションの後端に軸方向に固定してロケットエンジンが取り付けられており、そのエンジンを一定の出力で噴射させたとき、始状態において横方向にわずかなたわみがあるとして、そのたわみの振動がその後どう振る舞うかである。

本研究ではまず、軸方向に従動力を受ける浮遊自由梁の横方向の変位が梁の長さ比べて十分小さいとして、横変位について線形の運動方程式を導いた。その運動方程式の解析的な厳密解は知られていないので、数値的に解いて、たわみ振動の固有振動数を振動波形を求めた。その結果、固有振動数は、軸方向の従動力を大きくするにつれて、最低固有振動数と 2 番目の固有振動数が互いに接近し、従動力の特定の値(臨界値と呼ぶ)において、2 つの振動数が一致する。(臨界値の値は、片持ち梁の場合の臨界値と比べて 5 倍程度の大きさである。) さらに従動力をこの臨界値よりも大きくすると、2 つの固有振動数は複素数値をとるようになることが分かった。これは最初に紹介した軸方向の従動力を受けた片持ち梁の場合と同じ現象である。そして、初期のたわみとして現実的な波形から始めた場合のその後のたわみ振動の振幅の時間的変化は、従動力が臨界値以下のときも臨界値以上のときもそれぞれ、片持ち梁の場合のたわみ振動の振幅の時間的変化の特徴 (i) と (ii) が完全に当てはまることが分かった。

## 2. 軸方向に従動力を受ける浮遊自由梁の横たわみ振動の運動方程式

真っすぐな棒あるいは梁等の、縦長構造物が無重力空間に支持無しで浮遊しているとする。構造物の材質と断面形状は長さ方向に一樣とし、長さは  $L$ 、密度  $\rho$ 、断面積  $A$  とする。この構造物の端点に一定の大きさ  $P_0 (> 0)$  の力(推力)が軸線方向に従動力として(軸線の接線方向に)働いているときの長さ方向と垂直な方向の微小横振動について考察する。以下ではこの一樣縦長構造物を簡単のため梁と記述する。

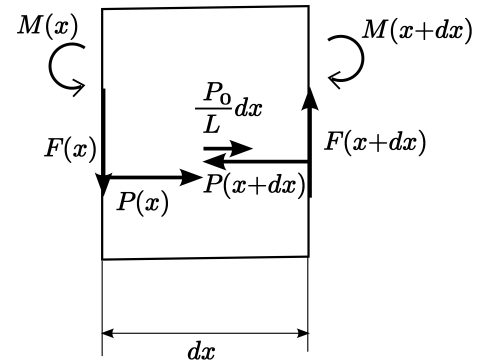


図 3 軸方向に従動力を受ける浮遊自由梁の力学

この梁の軸線方向に  $x$  軸をとり、それと垂直なたわみ方向に  $y$  軸をとる。大きさ  $P_0$  の推力は梁の右端において左方向に働いているとする。この推力のために梁の重心は  $x$  軸方向に加速度

$$a = -\frac{P_0}{\rho AL} \quad (1)$$

の等加速度運動をする。

以下では  $x$  方向について梁の重心静止系で考察する。梁の左端を  $x = 0$ 、右端を  $x = L$  とする。重心静止系では、梁の各点に働く  $x$  軸方向の応力  $P(x)$  は以下のとおりとなる。梁の幅  $dx$ (質量  $dm = \rho A dx$ ) の部分には  $x$  軸方向に慣性力  $-a dm = -\frac{P_0}{L} dx$  が働くので、その部分の両側から働く応力との釣り合い

$$\frac{P_0}{L} dx + P(x) = P(x + dx) \quad (2)$$

から、 $P(x)$  は以下の微分方程式を満たす。

$$\frac{dP}{dx} = \frac{P_0}{L} \quad (3)$$

境界条件  $P(0) = 0$ ,  $P(L) = P_0$  より、以下が得られる。

$$P(x) = \frac{x}{L} P_0 \quad (4)$$

さて  $x$  軸と垂直な方向 ( $y$  軸方向) の梁の変位(たわみ)を  $u(x, t)$  とおく。  $u(x, t)$  についての運動方程式は以下

のようにして得られる。まず、横断面内の曲げモーメント  $M(x)$  は

$$M(x) = EI \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} \quad (5)$$

ここで  $I$  は梁の断面 2 次モーメント、 $EI$  は梁の曲げ剛性である (一般の一様縦長構造物の場合は等価曲げ剛性)。また、横振動が十分小さいときには回転運動が無視できるので、幅  $dx$  の部分についての力のモーメントの釣り合いより、せん断力  $F(x)$  は曲げモーメント  $M(x)$  と以下の関係にある。

$$F(x) = -\frac{\partial M}{\partial x} \quad (6)$$

$x$  軸と垂直な方向の運動方程式は以下のとおりとなる。

$$\rho A dx \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\frac{\partial}{\partial x} \left( P(x) \frac{\partial u}{\partial x} \right) dx + \frac{\partial F}{\partial x} dx \quad (7)$$

式 (7) の右辺の第 1 項は幅  $dx$  の部分の右側と左側の応力の  $y$  軸方向成分の差、第 2 項は同じく右側と左側のせん断力の差である。式 (7) に式 (4), (5), (6) を代入して、 $u(x, t)$  について以下の運動方程式を得る。

$$EI \frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + \frac{P_0}{L} \frac{\partial}{\partial x} \left( x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \rho A \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (8)$$

### 3. 固有振動数

梁の長さ  $L$  と  $\tau \equiv L^2 \sqrt{\frac{\rho A}{EI}}$  で定義される時間  $\tau$  をそれぞれ長さと同量の単位となるように、無次元量の座標  $x' = \frac{x}{L}$  と無次元量の時間  $t' = \frac{t}{\tau}$  を導入して長さと同量の無次元化を行った後、式表記の簡便さの目的であらためて  $t'$  を  $t$ 、 $x'$  を  $x$  と表すことにすると、横振動の運動方程式 (8) は以下のようになる。

$$\frac{\partial^4 u}{\partial x^4} + 2p \frac{\partial}{\partial x} \left( x \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 0 \quad (9)$$

ここで推力 (= 従動力)  $P_0$  の代わりに無次元量  $p = \frac{L^2}{2EI} P_0$  を導入した。無次元化した  $x$  では梁の左端は  $x = 0$ 、右端は  $x = 1$  である。

この方程式 (9) の解で、

$$u(x, t) = f(x) \cos(\omega t + \phi) \quad (\omega, \phi \text{ は定数}) \quad (10)$$

の形の固有振動解を探すことにする。(本研究では、式 (10) の初期位相が  $\phi = 0$  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。

$$\left. \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (11)$$

波形  $f(x)$  は以下を満たさなければならない。

$$\frac{d^4 f}{dx^4} + 2p \frac{d}{dx} \left( x \frac{df}{dx} \right) - \omega^2 f = 0 \quad (12)$$

境界条件は、両端自由に対応して、以下のようになる。

$$\left. \frac{d^2 f}{dx^2} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{d^3 f}{dx^3} \right|_{x=0} = 0 \quad (13)$$

$$\left. \frac{d^2 f}{dx^2} \right|_{x=1} = 0, \quad \left. \frac{d^3 f}{dx^3} \right|_{x=1} = 0 \quad (14)$$

微分方程式 (12) の解は ( $p = 0$  の場合を除いて) 初等関数で表すことができないので、数値計算により求める必要がある。ここでは Runge-Kutta 法を用いた。

推力 (従動力)  $p$  ( $\geq 0$ ) の一連の値に対して、微分方程式 (12) と境界条件 (13)(14) を満たす解が存在する  $\omega$  の一連の値 (固有値) とそれに対応する  $f(x)$  の波形 (固有波形) を数値的に求めた。

結果は以下のとおりである。図 4, 図 5 のように、 $p_c = 54.844596$  として、 $p < p_c$  では、一連の実数値の固有振動数 (値が小さい順に  $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$ ) が存在する。 $p$  が  $p_c$  に近づくとつれて小さい方から 2 つの固有振動数  $\omega_1$  と  $\omega_2$  が接近してゆき、 $p = p_c$  で両者は一致する。 $p = p_c$  で一致した振動数  $\omega$  の値は  $\omega_c = 23.073329$  (臨界振動数) である。

他方、 $p > p_c$  では、 $p \leq p_c$  での  $\omega_1, \omega_2$  に接続する固有振動数  $\omega$  は図 4, 図 5 に見るとおり、複素数となる。この複素固有振動数を  $\omega = \omega_{\text{Re}} + i\omega_{\text{Im}}$  と記す。 $p \leq p_c$  での  $\omega_n$  ( $n \geq 3$ ) に接続する固有振動数は実数値のままの値が存在する。

固有振動数が複素数の場合には、

$$f(x) = g(x) + ih(x) \quad (g(x), h(x) : \text{real}) \quad (15)$$

とおくと  $g(x)$  と  $h(x)$  は以下の連立方程式

$$\begin{aligned} \left\{ \frac{d^4}{dx^4} + 2p \frac{d}{dx} \left( x \frac{d}{dx} \right) - (\omega_{\text{Re}}^2 - \omega_{\text{Im}}^2) \right\} g(x) \\ + 2\omega_{\text{Re}} \omega_{\text{Im}} h(x) = 0 \\ \left\{ \frac{d^4}{dx^4} + 2p \frac{d}{dx} \left( x \frac{d}{dx} \right) - (\omega_{\text{Re}}^2 - \omega_{\text{Im}}^2) \right\} h(x) \\ - 2\omega_{\text{Re}} \omega_{\text{Im}} g(x) = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

および式 (13) と (14) でそれぞれ  $f(x)$  を  $g(x)$  および  $h(x)$  で置き換えた境界条件を満たさなければならない。なお、 $\{g(x), h(x)\}$  が解であれば、 $\{-h(x), g(x)\}$  も解である。したがって、独立な 2 つの解を求めるためにこの自由度を用いることができる。例えば 端点  $x = 0$  での  $g(x)$  と  $h(x)$  の比を任意の値に設定して解き、得られた解  $\{g(x), h(x)\}$  について、 $\{-h(x), g(x)\}$  は自動的に  $\{g(x), h(x)\}$  と独立な解となっている。

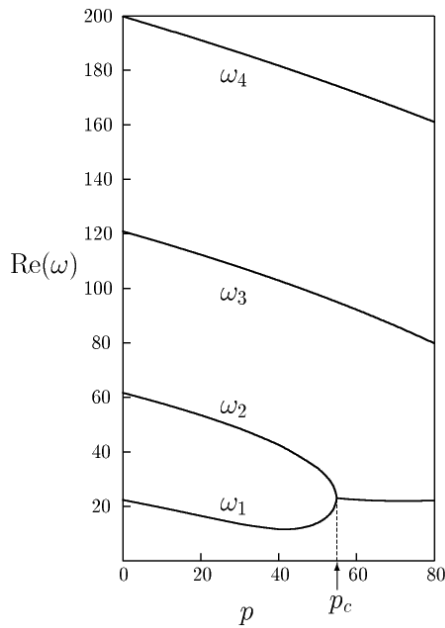


図 4 固有振動数  $\omega$  の実部

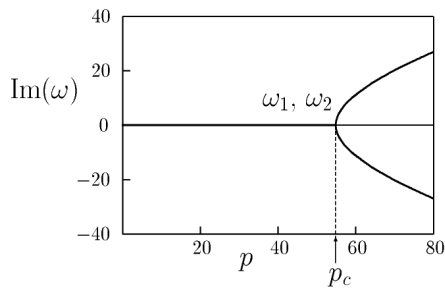


図 5 固有振動数  $\omega$  の虚部

振動数  $\omega$  の二つの固有値が一致する  $p = p_c$  の近傍では一般的な考察から、二つの固有値は、 $p < p_c$  の場合と  $p > p_c$  の場合で共通に以下の振る舞いをする [3].

$$\omega = \omega_c \pm k\sqrt{p_c - p} \quad (k \text{ は定数}) \quad (17)$$

今回の場合の図 4, 図 5 に対応する  $k$  の値は  $k = 4.78206$  である.

#### 4. $p < p_c$ における固有波形と振動の解析

さて、初期条件を

$$u(x, 0) = q(x), \quad \left. \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right|_{t=0} = 0 \quad (18)$$

として、その後の梁の横方向の変位  $u(x, t)$  の時間的変化を、本節で  $p < p_c$  の場合について、次節で  $p > p_c$  の場合について、分けて考察する. 初期波形  $q(x)$  については例として共通に以下の波形を採用する.

$$q(x) = q_0 \left\{ 6 \left( x - \frac{1}{2} \right)^2 - \frac{1}{2} \right\} \quad (19)$$

定数  $q_0$  は微小振動に対応して十分小さい定数を想定しているが、梁の横振動の運動方程式が変位について線形

方程式なので、ここでは考察の利便性のために  $q_0 = 1$  とする.

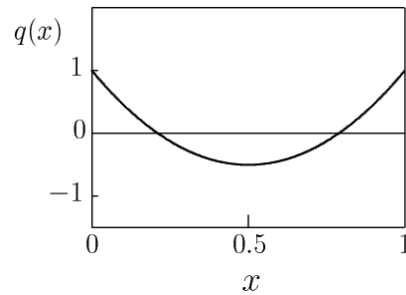


図 6 初期波形  $q(x)$

本節で議論する  $p < p_c$  の場合は、固有振動数  $\omega_n (n = 1, 2, 3, \dots)$  がすべて実数である. それに対応する式 (10) の  $f(x)$  の波形を固有波形  $f_n(x)$  と呼ぶことにする.  $f_n(x)$  は以下のように正規化 (規格化) されているものとする.

$$\int_0^1 \{f_n(x)\}^2 dx = 1 \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (20)$$

固有波形  $f_n(x)$  を、 $p = 0$  と  $p = 0.9p_c$  について、それぞれ図 7, 図 8 に示す.

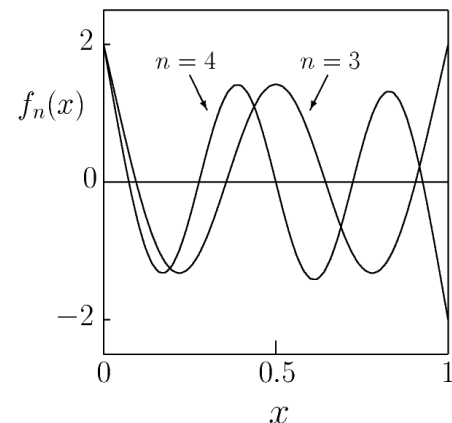
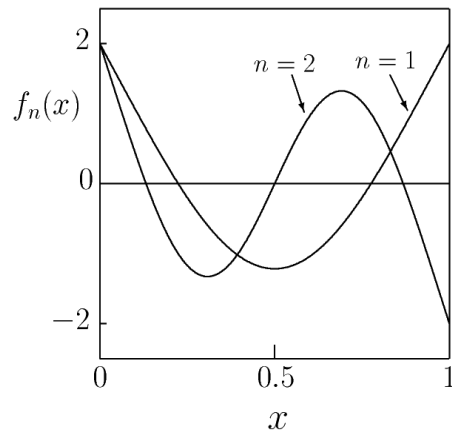


図 7 固有波形  $f_n(x)$  ( $p = 0$ )

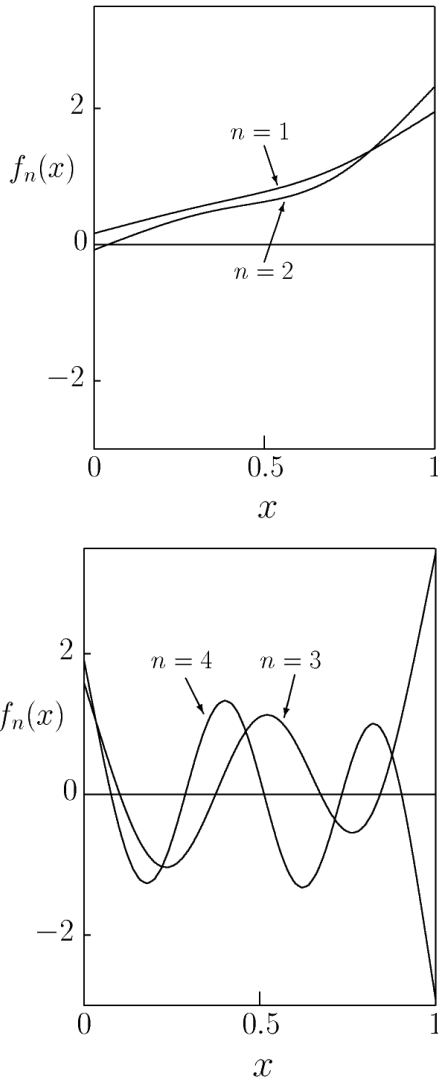


図 8 固有波形  $f_n(x)$  ( $p = 0.99p_c$ )

初期波形  $q(x)$  を固有波形列  $\{f_n(x)\}$  で

$$q(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n f_n(x) \quad (21)$$

と展開することができれば、その後の時刻  $t$  における変位は

$$u(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n f_n(x) \cos(\omega_n t) \quad (22)$$

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。

$p = 0$  の場合には、波形列  $\{f_n(x)\}$  が正規直交関数列を成すことから、展開係数  $a_n$  は以下のように得られる。

$$a_n = \int_0^1 f_n(x) q(x) dx \quad (23)$$

展開係数  $a_n$  は表 1 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項であり、そこに高い振動数の成分による微小な揺らぎが加わっている。

表 1 展開係数  $a_n$  ( $p = 0$ )

$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$
0.4456	0	0.0361	0	0.0093

ここで、振動の様子を見るために、各時刻における「梁のたわみの度合い」を表す指標として

$$\tilde{u}(t) \equiv \frac{\{u(x=0, t) + u(x=1, t)\}}{2} - u(x=0.5, t) \quad (24)$$

を定義する。その時間的振動の様子を図 9 に示した。

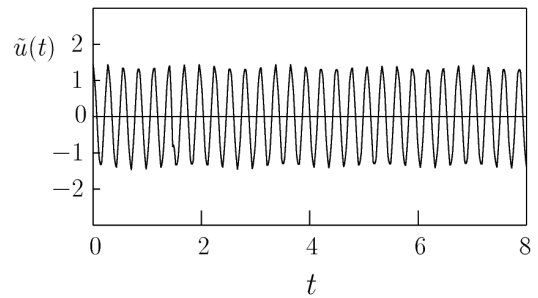
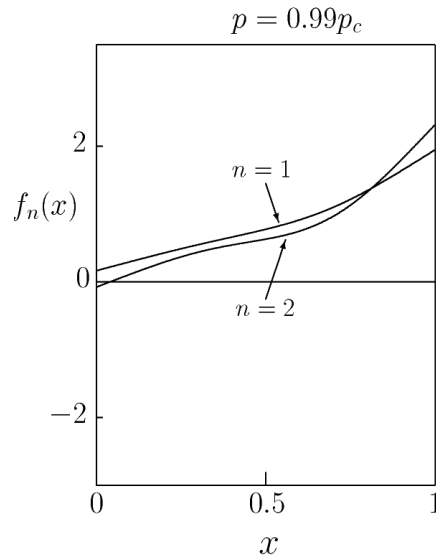


図 9 振動の様子  $\tilde{u}(t)$  ( $p = 0$ )

これに対して  $p \neq 0$  ( $< p_c$ ) の場合は、波形列  $\{f_n(x)\}$  は直交関数系を成さないので (文献 [3] 参照)、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  $\{\tilde{f}_n(x)\}$  を構成し、それを用いて  $q(x)$  を展開することで、固有関数列  $\{f_n(x)\}$  による  $q(x)$  の正確な展開 (21) を得る事ができる。

さて、前節で見たように、推進力  $p$  が  $p_c$  に近づくとつれて、固有振動数  $\omega_1$  と  $\omega_2$  が接近する。その結果、図 10 に示すとおり、対応する固有波形  $f_1(x)$  と  $f_2(x)$  も波形が近づいてゆく。



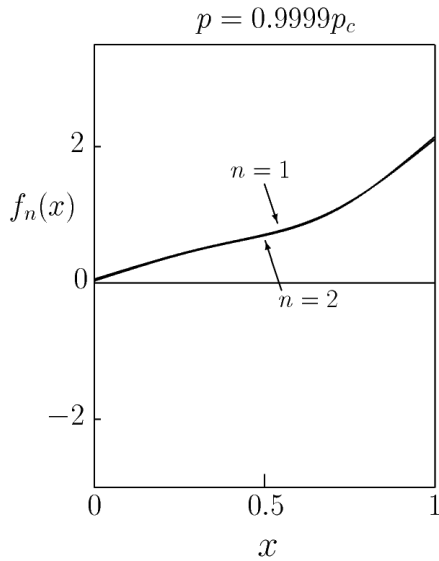


図 10 固有波形  $f_1(x)$  および  $f_2(x)$

この場合には、固有波形  $f_1(x)$  と  $f_2(x)$  の代わりに

$$f_-(x) = N_- \{f_1(x) - f_2(x)\}, \quad f_+(x) = N_+ \{f_1(x) + f_2(x)\} \quad (25)$$

を用いる方が便利である。ここで  $N_-$ ,  $N_+$  はそれぞれ  $f_-(x)$  と  $f_+(x)$  を正規化 (規格化) するための定数である。

$$\int_0^1 \{f_-(x)\}^2 dx = 1, \quad \int_0^1 \{f_+(x)\}^2 dx = 1 \quad (26)$$

表 2 にこの正規化定数の  $p$  による変化の様子を示す。重要な特徴は、 $p$  が  $p_c$  に近づくにつれて、 $N_-$  が  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例して (すなわち  $\omega_2 - \omega_1$  に反比例して) 大きくなっていることである。これは、 $p$  が  $p_c$  に近づくにつれて、 $f_1(x)$  と  $f_2(x)$  が近づいてゆくことの結果である。他方、 $N_+$  はほとんど一定である。

表 2 正規化定数  $N_-$  および  $N_+$

$p$	$N_-$	$N_+$
$0.99p_c$	6.28	0.502
$0.999p_c$	19.78	0.500
$0.9999p_c$	62.53	0.500
$0.99999p_c$	197.73	0.500

$f_-(x)$  と  $f_+(x)$  を用いれば、初期波形  $q(x)$  は

$$q(x) = a_- f_-(x) + a_+ f_+(x) + \sum_{n=3}^{\infty} a_n f_n(x) \quad (27)$$

と展開できて、その後の変位は以下で与えられる。

$$u(x, t) = a_- N_- \{f_1(x) \cos(\omega_1 t) - f_2(x) \cos(\omega_2 t)\} + a_+ N_+ \{f_1(x) \cos(\omega_1 t) + f_2(x) \cos(\omega_2 t)\} + \sum_{n=3}^{\infty} a_n f_n(x) \cos(\omega_n t) \quad (28)$$

$f_-(x)$  と  $f_+(x)$  は定義 (25) より互いに直交する。図 11 に  $p = 0.99p_c$  での  $f_-(x)$  と  $f_+(x)$  の波形を示す。 $f_-(x)$  と  $f_+(x)$  の波形は  $0.9p_c \lesssim p < p_c$  の範囲でほとんど変わらない。

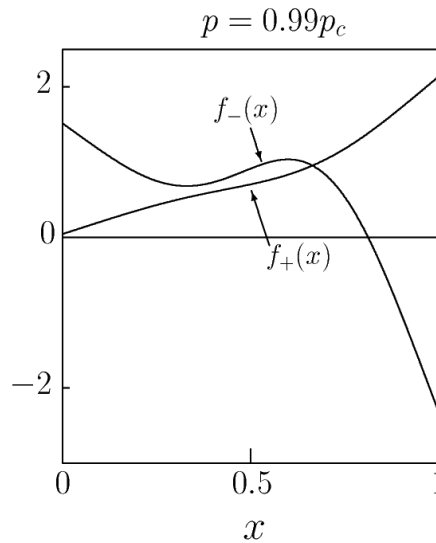


図 11 固有波形  $f_-(x)$  および  $f_+(x)$

$f_-(x)$  と  $f_+(x)$  はノード (ゼロ点) の数が 0 または 1 で、 $\{f_n(x)\}$  ( $n = 3, 4, \dots$ ) はノードの数が  $(n + 1)$  なので、 $f_-(x)$  と  $f_+(x)$  は  $\{f_n(x)\}$  ( $n = 3, 4, \dots$ ) とほぼ直交することが期待される。したがって、展開係数  $a_-$  と  $a_+$  は十分良い近似で以下の式で与えられる。

$$a_- = \int_0^1 f_-(x) q(x) dx, \quad a_+ = \int_0^1 f_+(x) q(x) dx \quad (29)$$

展開係数  $a_-$  と  $a_+$  の積分結果、および式 (28) の係数  $a_- N_-$  と  $a_+ N_+$  を表 3 に示す。 $p$  が  $p_c$  に近づくとき、 $0.9p_c \lesssim p < p_c$  の範囲では、 $a_- N_-$  は大きく、しかも  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例して増大しているが、 $a_+ N_+$  はほぼ一定で小さい。

表 3 展開係数  $a_-$ ,  $a_+$  および  $a_- N_-$ ,  $a_+ N_+$

$p$	$a_-$	$a_+$	$a_- N_-$	$a_+ N_+$
$0.9p_c$	-0.18	0.06	-0.38	0.031
$0.99p_c$	-0.18	0.05	-1.13	0.027
$0.999p_c$	-0.18	0.05	-3.61	0.026
$0.9999p_c$	-0.18	0.05	-11.43	0.026
$0.99999p_c$	-0.18	0.05	-36.15	0.026



したがって、その範囲の  $p$  の値では、 $u(x, t)$  の主要項は式 (28) の第 1 項

$$u(x, t)_{\text{main}} = a_- N_- \{f_1(x) \cos(\omega_1 t) - f_2(x) \cos(\omega_2 t)\} \quad (30)$$

である。この主要項だけから計算した  $\tilde{u}(t)$  を  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  として、その振舞いを図 12 と図 13 に示す。  $p = 0.999p_c$  では振動の振幅が定期的に増減を繰り返す「うなり」の現象がきれいに表れている。また、  $p = 0.999999p_c$  では振動の振幅は時間  $t$  に比例して増大しているように見える。

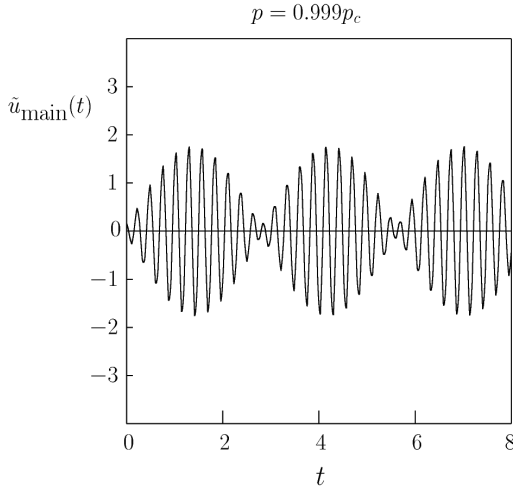


図 12 主要項  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  の振舞い ( $p = 0.999p_c$ )

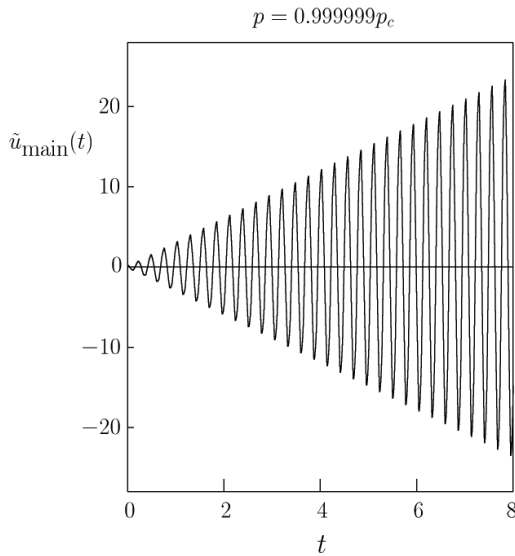


図 13 主要項  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  の振舞い ( $p = 0.999999p_c$ )

この 2 つの現象が起こる理由は、 $u(x, t)$  の主要項  $u_{\text{main}}(t)$  (式 (30)) を以下のように書き換えることで理解できる。

$$\begin{aligned} & a_- N_- \{f_1(x) \cos(\omega_1 t) - f_2(x) \cos(\omega_2 t)\} \\ &= a_- N_- \left[ \left\{ f_1(x) - f_2(x) \right\} \right. \\ & \quad \times \cos\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \cos\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \\ & \quad + \left\{ f_1(x) + f_2(x) \right\} \\ & \quad \left. \times \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \sin\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \right] \quad (31) \end{aligned}$$

$p$  が  $p_c$  に近づくと  $(\omega_2 - \omega_1) \ll (\omega_2 + \omega_1)$  となるため、式 (31) の第 1 項と第 2 項はそれぞれ「うなり」の現象を示すが、図 11 のように  $p$  が  $p_c$  に近づくと  $|f_1(x) + f_2(x)|$  の値は 2~4 の程度なのに対して  $|f_1(x) - f_2(x)|$  の値は  $\sqrt{p_c - p}$  に比例して小さくなるため、式 (31) の第 2 項が主要な項となる。  $p$  が  $p_c$  に近づくと、  $N_-$  が  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例して大きくなるため、主要項のうなりの振幅  $a_- N_- |f_1(x) + f_2(x)|$  も  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例して大きくなる。また、  $(\omega_2 - \omega_1)$  も  $\sqrt{p_c - p}$  に比例して小さくなるので、うなりの周期  $\pi/(\omega_2 - \omega_1)$  も  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例して長くなる。

$p$  が  $p_c$  に十分近づくと、  $t = 0$  からの観測時間を、長くなったうなりの周期  $\pi/(\omega_2 - \omega_1)$  に比べて数 10% 以内の時間範囲に限れば、

$$\begin{aligned} & a_- N_- \left\{ f_1(x) + f_2(x) \right\} \sin\left(\frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t\right) \sin\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \\ & \cong a_- N_- \left\{ f_1(x) + f_2(x) \right\} \frac{\omega_2 - \omega_1}{2} t \sin\left(\frac{\omega_2 + \omega_1}{2} t\right) \quad (32) \end{aligned}$$

となり、振動の振幅は時間  $t$  に単純に比例して増大するように見える。図 13 の  $p = 0.999999p_c$  のときの振動の様子はまさにこの事が表れている。また、振動の振幅が  $t$  に比例して増大するときの比例係数  $a_- N_- \left\{ f_1(x) + f_2(x) \right\} (\omega_2 - \omega_1)/2$  は、  $N_-$  が  $\sqrt{p_c - p}$  に反比例し、  $(\omega_2 - \omega_1)$  が  $\sqrt{p_c - p}$  に比例することから、  $p$  の値にはほとんど依らない。

## 5. $p > p_c$ における固有波形と振動の解析

この節では  $p > p_c$  の場合について考察する。この場合の最小の 2 つの固有振動数  $\omega$  は第 3 節で見たように複素数となるので、  $\omega = \omega_{\text{Re}} + i\omega_{\text{Im}}$  とおく。また、変位 (10) の対応する固有波形  $f(x)$  の実部と虚部を

$$f(x) = g(x) + ih(x) \quad (g(x), h(x) : \text{real}) \quad (33)$$

とおくと,

$$\begin{aligned} f(x) \cos(\omega t) &= [g(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) \\ &\quad + h(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t)] \\ &\quad + i[h(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) \\ &\quad - g(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t)] \quad (34) \end{aligned}$$

より, 線形独立な実数解は式 (34) の実部と虚部からそれぞれとった以下の 2 つである.

$$f_1(x, t) = N_g \left\{ g(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) + h(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \right\} \quad (35)$$

$$f_2(x, t) = N_h \left\{ h(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) - g(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \right\} \quad (36)$$

ここで  $N_g$  と  $N_h$  はそれぞれ  $g(x)$  と  $h(x)$  の正規化定数である.  $f_1(x, t)$  と  $f_2(x, t)$  の  $t = 0$  での初期値は, それぞれ  $N_g g(x)$  と  $N_h h(x)$  でともに正規化されている.

式 (35)(36) の  $g(x)$  と  $h(x)$  を実際に求めるためには, 連立方程式 (16) を満たすこととそれぞれが境界条件 (13) (14) を満たすことに加えて, 第 3 節で述べたように独立な解が 2 つあることを利用して  $g(0)$  と  $h(0)$  の比を任意に設定してやればよい. ここでは  $h(0) = 0$  を課した. 得られた  $N_g g(x)$  と  $N_h h(x)$  を  $p = 1.01p_c$  と  $p = 1.001p_c$  のときについてそれぞれ図 14 に示す.  $p$  が  $p_c$  に近づくと固有波形  $N_g g(x)$  と  $N_h h(x)$  は接近する様子が分かる.

独立な実数解として式 (35) と (36) を採用してもよいが,

$$f_-(x, t) = g_-(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) + h_-(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \quad (37)$$

$$f_+(x, t) = g_+(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) + h_+(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \quad (38)$$

を採用するのが便利である. ここで,  $g_-(x)$ ,  $h_-(x)$ ,  $g_+(x)$ ,  $h_+(x)$  は以下のとおりである.

$$\begin{aligned} g_-(x) &= N_- \left\{ N_g g(x) - N_h h(x) \right\}, \\ h_-(x) &= N_- \left\{ N_g h(x) + N_h g(x) \right\}, \\ g_+(x) &= N_+ \left\{ N_g g(x) + N_h h(x) \right\}, \\ h_+(x) &= N_+ \left\{ N_g h(x) - N_h g(x) \right\} \end{aligned} \quad (39)$$

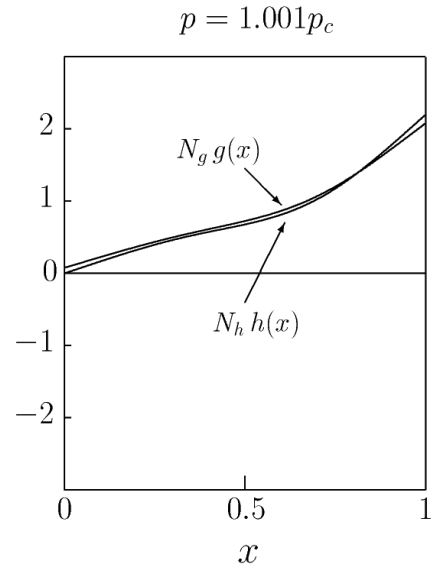
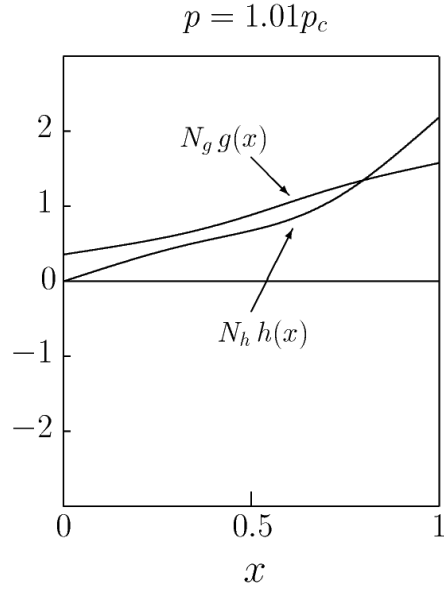


図 14 固有波形  $N_g g(x)$  と  $N_h h(x)$

$N_-$  と  $N_+$  は,  $g_-(x)$  と  $g_+(x)$  を正規化させる因子である. 式 (39) の 4 つの波形のうち  $g_-(x)$  と  $g_+(x)$  はそれぞれ正規化されているだけでなく, 互いに直交する.

初期波形  $q(x)$  を以下のように展開する.

$$q(x) = b_- g_-(x) + b_+ g_+(x) + \sum_{n=3}^{\infty} b_n f_n(x) \quad (40)$$

ここで  $f_n(x)$  ( $n \geq 3$ ) は振動数の実数の固有値  $\omega_n$  に対応する固有波形で, それぞれ正規化されているとする.)

その後の時刻  $t$  における変位は以下で与えられる.

$$\begin{aligned}
 u(x, t) &= b_- \left[ g_-(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) \right. \\
 &\quad \left. + h_-(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \right] \\
 &\quad + b_+ \left[ g_+(x) \cosh(\omega_{\text{Im}} t) \cos(\omega_{\text{Re}} t) \right. \\
 &\quad \left. + h_+(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \right] \\
 &\quad + \sum_{n=3}^{\infty} b_n f_n(x) \cos(\omega_n t) \quad (41)
 \end{aligned}$$

ここで、波形  $g_-(x)$  と  $g_+(x)$  は  $p_c < p \lesssim 1.01p_c$  の範囲でほとんど変わらないので、 $p = 1.001p_c$  のときについて図 15 に示す。 $g_-(x)$  と  $g_+(x)$  の波形はそれぞれノードが 0 または 1 なので、ノードが  $(n+1)$  個ある  $f_n(x)$  ( $n = 3, 4, \dots$ ) とは近似的に直交し、その結果、式 (40) の展開係数  $b_-$ ,  $b_+$ ,  $b_n$  ( $n = 3, 4, \dots$ ) はそれぞれ近似的に

$$\begin{aligned}
 b_- &= \int_0^1 g_-(x) q(x) dx, & b_+ &= \int_0^1 g_+(x) q(x) dx, \\
 b_n &= \int_0^1 f_n(x) q(x) dx \quad (n = 3, 4, \dots) \quad (42)
 \end{aligned}$$

で与えられる。式 (42) により求めた  $b_-$  と  $b_+$  の値を表 4 に示す。

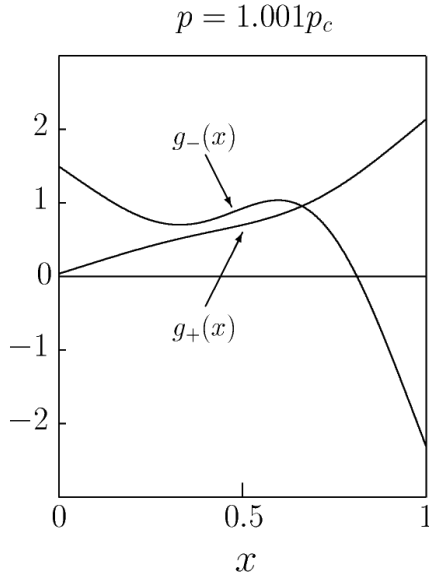


図 15 波形  $g_-(x)$ ,  $g_+(x)$  ( $p = 1.001p_c$ )

表 4 展開係数  $b_-$  および  $b_+$

$p$	$b_-$	$b_+$
$1.001p_c$	-0.18	0.05
$1.0001p_c$	-0.18	0.05
$1.00001p_c$	-0.18	0.06
$1.000001p_c$	-0.18	0.06

$p = 1.001p_c$  と  $p = 1.00001p_c$  における  $h_-(x)$  と  $h_+(x)$  の様子をそれぞれ図 16 と図 17 に示す。 $g_-(x)$  と  $g_+(x)$  は正規化されているので 1 の程度の大きさであるが、 $p$  が  $p_c$  に近づくとともに、 $h_-(x)$  は  $\sqrt{p-p_c}$  に反比例して大きくなっていく。 $h_+(x)$  も大きくなるが、せいぜい  $h_-(x)$  の 1/100 程度の大きさである。

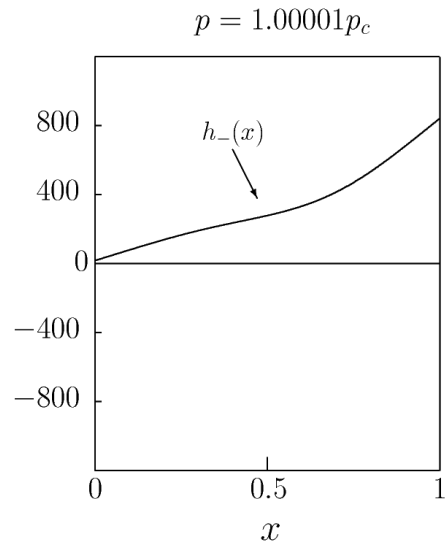
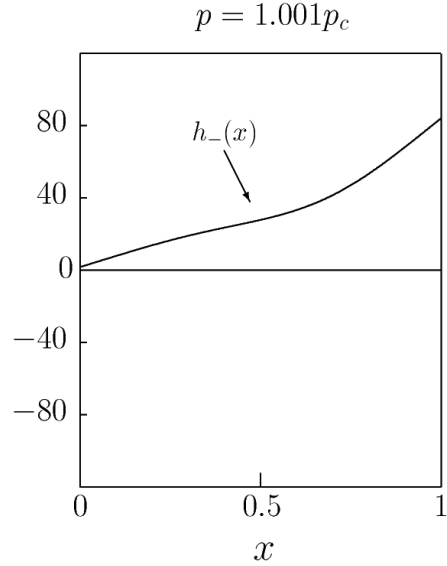


図 16 波形  $h_-(x)$

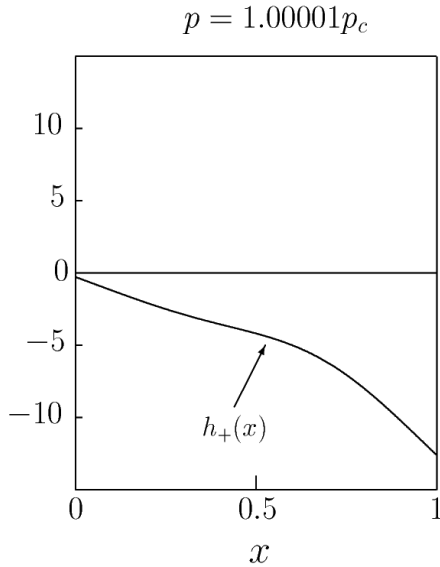
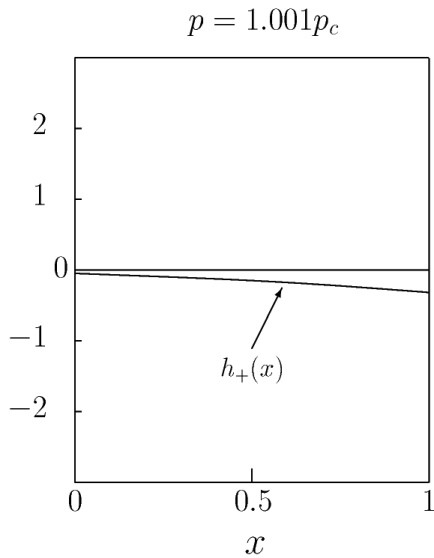


図 17 波形  $h_+(x)$

$p$  が  $p_c$  に近づくとともに、 $h_-(x)$  が  $\sqrt{p-p_c}$  に反比例して大きくなる理由は以下のようにして理解できる。 $p$  が  $p_c$  に近づくとき波形  $h(x)$  は  $g(x)$  に比べて  $\sqrt{p-p_c}$  に比例して小さくなっているため、正規化因子  $N_h$  は  $N_g$  に比べて  $\sqrt{p-p_c}$  に比例して大きくなる。他方、 $p$  が  $p_c$  に近づくとともに、正規化した波形  $N_g g(x)$  と  $N_h h(x)$  は接近するが、 $p = 1.0001p_c$  辺りからは差は縮まらなくなり、正規化因子  $N_-$  は一定値に収束する。この結果、 $h_-$  の第 2 項  $N_- N_h g(x) = N_- \cdot \frac{N_h}{N_g} \cdot N_g g(x)$  は、 $p$  が  $p_c$  に近づくとともに  $\sqrt{p-p_c}$  に反比例して大きくなっている (表 5 参照)。

表 5 正規化因子  $N_-$  および  $\frac{N_h}{N_g}$

$p$	$N_-$	$\frac{N_h}{N_g}$	$N_- \cdot \frac{N_h}{N_g}$
$1.01p_c$	4.12	0.3764	1.549
$1.001p_c$	19.48	1.190	23.19
$1.0001p_c$	30.99	3.770	116.8
$1.00001p_c$	32.93	11.93	392.8
$1.000001p_c$	33.14	37.71	1249

以上を総合すると、 $u(x,t)$  の主要項は式 (41) の中の以下の項である。

$$u(x,t)_{\text{main}} = b_- h_-(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \sin(\omega_{\text{Re}} t) \quad (43)$$

この項の対応する  $\tilde{u}(t)$  の時間的な振舞いを  $p = 1.00001p_c$ ,  $p = 1.0001p_c$ ,  $p = 1.001p_c$  についてそれぞれ図 18, 図 19, 図 20 に示す。

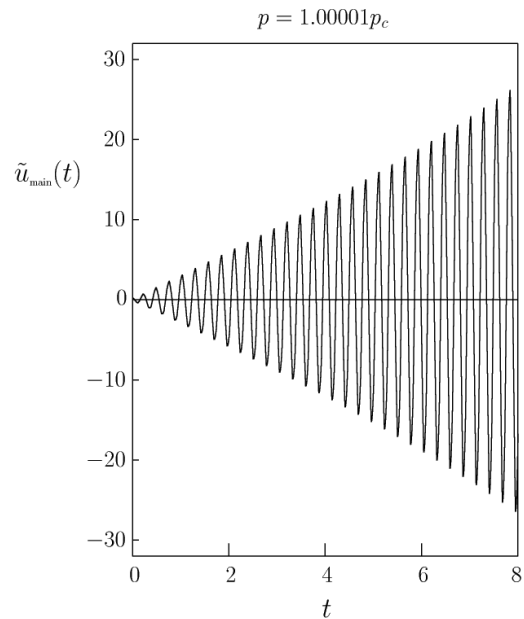


図 18 主要項  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  の振舞い ( $p = 1.00001p_c$ )

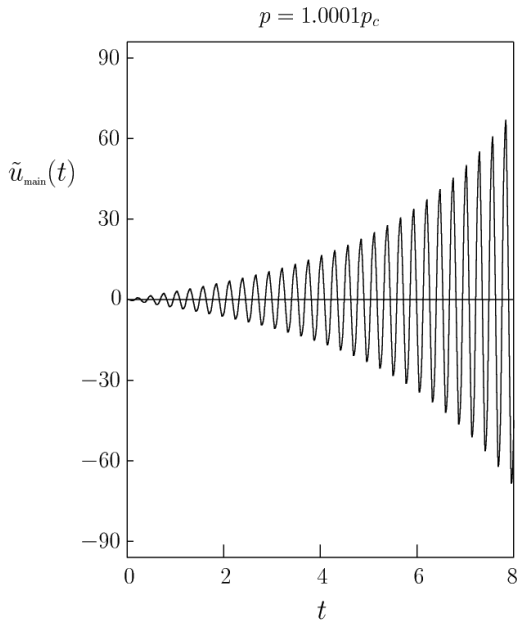


図 19 主要項  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  の振舞い ( $p = 1.0001p_c$ )

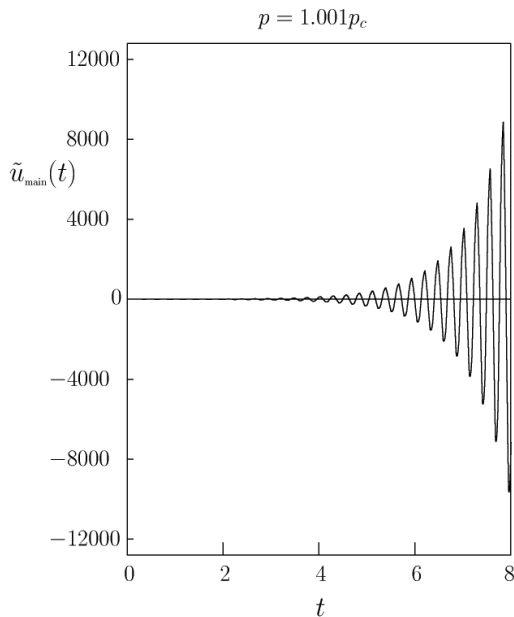


図 20 主要項  $\tilde{u}_{\text{main}}(t)$  の振舞い ( $p = 1.001p_c$ )

単振動  $\sin(\omega_{\text{Re}} t)$  の振幅  $b_{-}h_{-}(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t)$  は  $\omega_{\text{Im}} t \gtrsim 1$  の時刻では指数関数的に増大する．初期に梁に横方向の「たわみ」があれば、それがいくら小さくても、時間の経過とともにたわみ振動の振幅は指数関数的に増大する．振動の 1 周期  $\frac{2\pi}{\omega_{\text{Re}}}$  あたりの振幅の増大率  $\Delta$  は

$$\Delta = \exp\left(\frac{2\pi \omega_{\text{Im}}}{\omega_{\text{Re}}}\right) \quad (44)$$

である．表 6 にこの振幅の増大率の値を示す．

表 6 振動 1 周期あたりの振幅の増大率  $\Delta$

$p$	$\Delta$
$1.00001p_c$	1.0154
$1.0001p_c$	1.0494
$1.001p_c$	1.165
$1.01p_c$	1.63
$1.1p_c$	5.10

これは  $p = 1.0001p_c$  のときの図 19 と  $p = 1.001p_c$  のときの図 20 に見て取れる．

他方、 $p$  がもっと  $p_c$  に近いと、数 10 回程度の振動時間では  $\omega_{\text{Im}} t \lesssim 1$  であり、振幅は

$$b_{-}h_{-}(x) \sinh(\omega_{\text{Im}} t) \simeq b_{-}h_{-}(x) \omega_{\text{Im}} t \quad (45)$$

となり、時刻とともに直線的に増加する．このとき、 $\omega_{\text{Im}}$  は  $\sqrt{p-p_c}$  に比例して小さくなり  $b_{-}$  は  $\sqrt{p-p_c}$  に反比例して増大するので、振幅 (45) の増加率は  $p$  に依らなくなる．実際、 $p = 1.0001p_c$  のときの図 19 と  $p = 1.00001p_c$  のときの図 18 の  $t \lesssim 3$  の時刻での振動の様子を比較すると、値も含めほぼ同じであることが見て取れる．

さらに指摘すべき点は、 $p = p_c$  の極めて近傍で、振動の様子を比較すると、 $p < p_c$  から  $p > p_c$  にかけて精確に同じであることである．これは実際に  $p = 0.999999p_c$  のときの図 13 と  $p = 1.00001p_c$  のときの図 18 を比較すればよく分かる．

## 6. まとめと考察

本研究では、無重力空間に浮遊する一様縦長構造物の一端に長さの軸方向に一定の力 (従動力) を加え続けたときの横方向のたわみ振動について、そのたわみ変位が構造物の長さに比べて十分小さいときの線形の運動方程式を導き、そのたわみ振動の固有振動数を求めた．その結果、固有振動数は、従動力を大きくするにつれて最低固有振動数と 2 番目の固有振動数が互いに接近し、従動力の特定の値 (臨界値と呼ぶ) において、2 つの振動数が一致すること、さらに従動力をこの臨界値よりも大きくすると、2 つの固有振動数は今度は複素数値をとるようになることが分かった．その結果として、以下のことを示した．

1. 従動力が臨界値に下から近づくと、振動の振幅が大きく変動するうなりの現象が生じる．
2. そのうなりの振幅と周期は、従動力が臨界値に近づくほど、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．
3. 従動力がその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として、梁の振動の振幅は時間に比例して直線的に増加する。

4. 従動力が臨界値を超えると、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振動の振幅が時間とともに直線的に増大する。
5. その時間を過ぎると、振動の振幅は時間とともに指数関数的に増大し続ける。
6. その増大率は従動力が臨界値から離れるほど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。

この研究は無重力空間に浮遊する軸方向に一樣な自由梁について行ったが、ここでの結果は、梁に限らず軸方向に一樣な任意の縦長構造物についてもそのまま成立する。臨界従動力の値が無次元量で  $p_c = 54.8$  ということは、次元を持った臨界従動力では  $P_{0c} = p_c \frac{2EI}{L^2}$  ということである。第 1 節「はじめに」で述べた縦長構造の宇宙ステーションの場合で言えば、宇宙ステーションの長さ  $L$  を十分大きく取り、等価曲げ剛性  $EI$  を十分小さくとれば(すなわち断面積を小さくとれば)、比較的小さい推力(従動力)のロケットエンジンで宇宙ステーションを長さ方向に加速しても、その推力は臨界値を超えるという事態が十分あり得る。臨界値を超える推力が働くと、最初に長さ軸と垂直な方向にほんのわずかなたわみがあっても、そのたわみは時間とともに必ず指数関数的に増大してしまう。その結果、宇宙ステーションに甚大な損傷をもたらす可能性がある。

最後に、今回解析した片方の端点に従動力を受けた浮遊自由梁の横方向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、従動力が臨界値に極めて近いと

き、あるいは臨界値を超えると、振動の振幅は初期値がいくら小さくとも時間とともに単調に増大する。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に基づく振舞いからはずれてくる。片持ち梁に相当するトラス状の力学モデルの数値シミュレーション [2][4] 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。逆に言えば、最初にわずかでも横方向のたわみがあれば、非線形効果が効き始めるまでは、すなわち梁の変位が梁の長さに比べて 10%~数 10%程度に至るまでは、振動の振幅は線形の運動方程式に従って必ず増大し続けるということである。

#### 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] 有末宏明, "軸方向の従動力を受けた片持ち梁の不安定横振動" 大阪府立大学高専研究紀要, 第 55 巻, p.1~12, 2022 年 1 月
- [4] 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)

# 奈良県大和神社社寺林の樹木衰退と土壌化学性

伊藤和男\*, 奥田泰士\*\*, 西井由菜\*\*\*

Tree decline and soil chemistry at the grove of Oyamato shrine in Nara prefecture, Japan

Kazuo ITO\*, Yasushi OKUDA\*\*, Yuna NISHII\*\*\*

## 要旨

関西地域の社寺林の樹木衰退状況および社寺林土壌の化学性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、奈良県の古社の1つ、天理市の大和神社の社寺林について調査した。調査したスギ、ヒノキには強い衰退が観測されたが、コナラ、クスノキには、強い衰退がみられず、中程度または、軽度の衰退であった。またその土壌は、4樹種すべてにおいて、土壌pHが5.0以下を示し、健全な生長には不適切な程度の酸性土壌であった。また、スギ、ヒノキの土壌pHは、コナラ、クスノキと比べて、特に低い値を示した。また土壌中の栄養塩も少なかった。土壌の化学性の劣化が、衰退の原因の1つである可能性が考えられる。

**キーワード**：樹木衰退、土壌酸性化、奈良県、土壌pH、社寺林、鎮守の森

## 1. はじめに

社寺林とは、神社や寺院に付随して存在する森林で、鎮守の森または社叢とも呼ばれ、神聖な存在として長い間保護されてきた。そのため、都市部およびその近郊では、都市緑地として貴重な存在となっている。また歴史的価値、文化的価値を有し、さらには生物多様性の観点から生態学的価値も大きい。

しかし、日本各地の社寺林で、衰退が報告されている。例えば関東・甲信地方での梨本ほかの報告(1993)<sup>[1]</sup>では、調査した38地点のスギ社寺林のうち、26地点で衰退がみられた。また関西でも、京都市内2ヶ所の社寺林において、スギおよびヒノキの衰退が観測されている<sup>[2]</sup>。衰退の原因については、いろいろな考えが指摘されている。1つは土壌化学性の劣化(酸性化など)である。梨本ほか(1993)<sup>[1]</sup>は、関東・甲信地方のスギの衰退と土壌化学性の劣化、例えば、土壌pHの低下や交換性栄養塩の減少などに関係があることを指摘している。また Ito et al. (2011)<sup>[2]</sup>は、京都市の2ヶ所の社寺林において、スギ

およびヒノキの衰退原因として、土壌酸性化を指摘している。関西地域では、大阪府の社寺林において、衰退したシロブカガシの土壌が酸性化していることが示された<sup>[3]</sup>。さらに大阪府と和歌山県の境に位置する、国の天然記念物である和泉葛城山のブナ林の衰退原因として、土壌の酸性化が示唆されている<sup>[4]</sup>。世界遺産の奈良春日大社のスギにも衰退が見られ、その土壌の酸性化が観測されている<sup>[5]</sup>。また、奈良県の龍田大社および兵庫県の粟鹿神社のヒノキにも樹木衰退と土壌酸性化が観測された<sup>[6,7]</sup>。さらに、北米<sup>[8]</sup>およびヨーロッパ<sup>[9]</sup>の研究でも、土壌酸性化による樹木の衰退が指摘されている。

そこで、本研究では、奈良県の北中部に位置する天理市の格式のある古社、大和神社(オオヤマト)の社寺林について調査した。社伝によれば日本最古の神社の1つとされ、ちゃんちゃん祭りは県の文化財に指定されている<sup>[10]</sup>。調査は2006年に行われたが、測定したデータを詳細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

調査地点は、奈良盆地東端の天理市に位置している、大和(オオヤマト)神社の社寺林である。神社の社寺林は、約43haの広さがあり、標高は70mである。今回の調査では、図1に示した参道両側の樹木について調査を行った。参道両側は、スギ、ヒノキ、コナラ、クスノキ等

2023年9月1日 受理

\* 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 Tech. Systems: Environmental & Materials Chemistry Course)

\*\* フジフイルム和光純薬株式会社  
(FUJIFILM Wako Pure Chemical Corporation)

\*\*\* パートタイマー

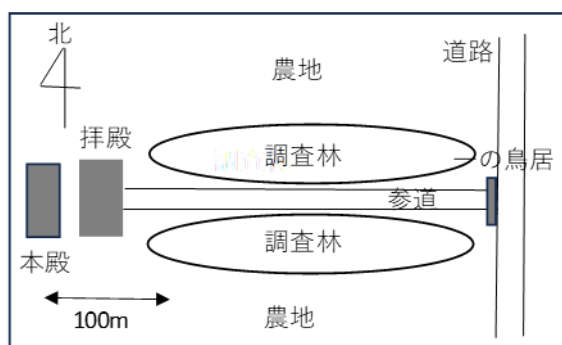


図1 調査地概略図

の混成林である。神社周辺は大部分が農地になっており、東側には狭い道路があり、道路に面して小さな集落がある。道路の交通量は少ない。土壌タイプは、土色調査<sup>[11]</sup>および森林土壌図<sup>[12]</sup>より褐色森林土と推定した。

## 2. 2 調査方法

調査は、参道北側の調査林から、スギ3本、ヒノキ3本を選び、また参道南側の調査林からはコナラ1本、クスノキ1本を、それぞれ無作為に選んだ。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）<sup>[13]</sup>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。衰退指数0は健全木、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、調査木の幹周辺の土壌を採取した。土壌採取は、調査木の幹から0.5mおよび1.0m離れた地点の土壌を、表面から0～20cmの深さの土壌と、20～40cmの深さの土壌を採取した。調査木1本につき4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<sup>[14]</sup>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<sup>[14]</sup>、乾燥土壌：水、を重量%で1：2.5として、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<sup>[15]</sup>。陽イオンの測定は、原子吸光分析法（SHIMAZU 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。土壌：水、が重量%で1：1の水抽出液について、原子吸光法により陽イオンCa, Mg, Kの濃度を測定した。陰イオンはイオンクロマトグラフ（ICA-2000: TOA-DKK）により測定した。調査日は2006年6月である。

## 3. 結果および考察

### 3. 1 調査した4樹種の衰退状況および胸高直径

図2は、調査地でみられた衰退したスギ（衰退指数3）およびヒノキ（衰退指数3）の写真である。

大和神社の社寺林では、スギ、ヒノキに衰退木が多く観察された。一方、コナラ、クスノキには、衰退の激しい樹木は観察されなかった。調査木の、スギ、ヒノキ、コナラ、クスノキの衰退指数を図3に示した。黒丸は平均値、バーは最大、最小値である。スギは調査した3本とも衰退指数3であり、3本のヒノキは、それぞれ衰退指数2, 2, 4で、衰退が激しい。調査木のコナラは衰退指数1の軽度の衰退、クスノキは衰退指数2の中程度の衰退であった。調査した3本のスギの胸高直径は平均39.4cm、ヒノキは平均47.5cmであり、コナラは58.9cm、クスノキは48.7cmであった。

### 3. 2 4樹種の土壌pHと樹種による差異

調査した4樹種の幹周辺の土壌pHの測定結果を以下に示した。図4には、4樹種について、土壌試料すべての平均値を示した。スギの平均pHは4.2、ヒノキの平均pHは4.0、コナラの平均pHは4.8、クスノキの平均pHは4.8であった。針葉樹のスギ、ヒノキと広葉樹のコナラ、クスノキで、平均pHに明らかな違いが見られた。一般的樹木の生育に悪影響を与えない客土の基準pHは、



図2 調査したスギおよびヒノキの衰退木

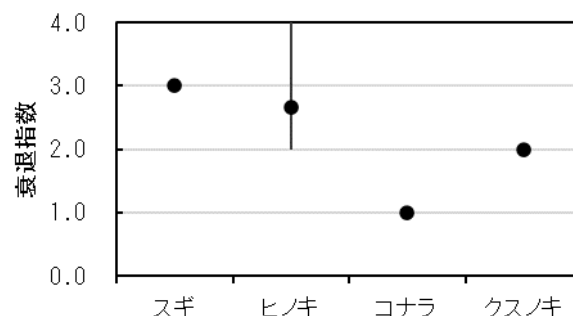


図3 調査した4樹種の衰退指数



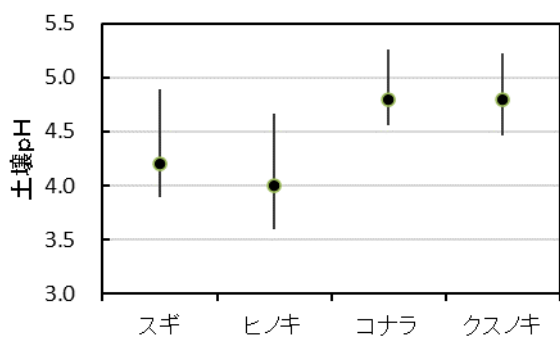


図4 4樹種の平均土壌pH

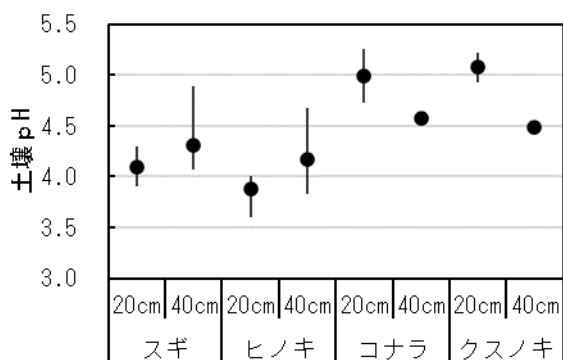


図5 土壌深さの違いによる土壌pH (0-20cm 土壌および20-40cm 土壌)

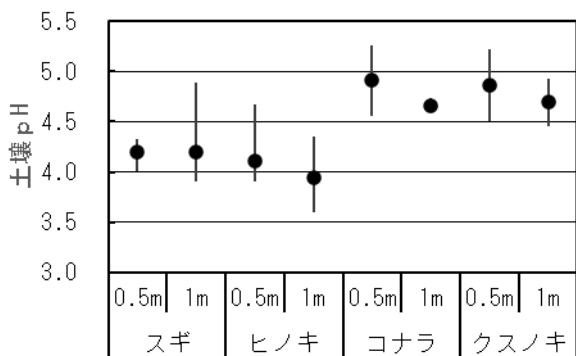


図6 幹からの距離の違いによる土壌pH

pH5~7 と規定されている<sup>[16]</sup>。4樹種とも、健全な生育に悪影響を及ぼすレベルの低いpHであり、酸性の強い土壤であった。特に衰退の強いスギ、ヒノキでは、よりpHが低く、酸性が強かった。

また図5は、表面からの深さの違いによる土壌pHの値を示した。表面から0-20cmの土壌と20-40cmの土壌のpHである。スギ、ヒノキでは、0-20cmの土壌の方が、より深い20-40cmの土壌よりpHが低くなった。一方、コナラ、クスノキでは、逆により深い20-40cmの土壌の方が低いpHとなった。0-20cm土壌は、土壌表面に近く、樹

幹通過雨の影響をより強く受けていると考えられる。樹幹通過雨のpHは、コナラで高く(クスノキのデータはなし)、スギ、ヒノキで低いことが報告されている<sup>[17]</sup>。

図6は、幹からの距離の違いによる土壌pHの差異を示した。深さの違いに比べて、pHの差異は小さい。0.5mより1.0mの方が若干低いpHを示す傾向がみられた。

### 3.3 4樹種の土壌中の栄養塩量

表1および2は、4樹種の幹周辺土壌の交換性カルシウム量、マグネシウム量、そしてカリウム量である。これらのイオンは、樹木の生長に重要な栄養塩で、土壌の肥沃状態の指標として用いられるものである。表1には、0-20cmの土壌中の栄養塩量を示した。さらに、同じく0-20cm土壌の交換性栄養塩量の全国平均値<sup>[18]</sup>を比較のため示した。この全国平均値は、本研究と同じ土壌タイプである褐色森林土の値である。表1から、調査地の大和神社社寺林の土壌中の栄養塩量は、全国平均と比べて、カルシウム、マグネシウム、カリウムとも相当少ない値であった。カルシウム、マグネシウム、カリウムの合計量を比較すると、1/10~1/6程度しか含まれないことがわかる。ただし、全国平均値は、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<sup>[18]</sup>、厳密な比較はできない。また樹種で比較すると、コナラ、クスノキと比べてスギ、ヒノキの方が低い値を示した。これは、土壌pHの値と類似の傾向である。

表2は、表1より深い20-40cmの土壌での値である。カルシウム、マグネシウム、カリウム量すべてで、0-20cmの土壌より少ない量であった。樹種の傾向も同様に、コナラ、クスノキと比べてスギ、ヒノキが少ない傾向がみられた。

表3は、土壌中の水溶性のカルシウム、マグネシウム、カリウム量である。交換性の結果とほぼ同様な傾向がみられた。また、水溶性の陰イオンである、塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオン量を表4に示した。

以上の結果より、大和神社社寺林には、スギ、ヒノキに強い衰退がみられ、コナラ、クスノキに軽度、中程度の衰退がみられた。土壌の化学性では、土壌pHが健全

表1 4樹種の幹周辺土壌の交換性Ca, Mg, K量 (0-20cm 土壌)

	スギ	ヒノキ	コナラ	クスノキ	全国平均
	(cmol <sub>e</sub> /kg)				
交換性Ca	0.82	0.46	1.39	1.12	6.1
交換性Mg	0.15	0.09	0.12	0.12	3.2
交換性K	0.12	0.08	0.15	0.11	0.4
交換性Ca+Mg+K	1.10	0.64	1.66	1.36	9.7

表 2 4 樹種の幹周辺土壌の交換性 Ca, Mg, K 量  
(20-40cm 土壌)

	スギ	ヒノキ	コナラ	クスノキ
	(cmol <sub>c</sub> /kg)			
交換性Ca	0.43	0.24	1.22	0.79
交換性Mg	0.07	0.04	0.15	0.10
交換性K	0.07	0.05	0.09	0.09
交換性 Ca+Mg+K	0.56	0.33	1.45	0.99

表 3 4 樹種の幹周辺土壌の水溶性 Ca, Mg, K 量  
(0-20cm 土壌)

	スギ	ヒノキ	コナラ	クスノキ
	(mmol/L)			
Ca <sup>2+</sup>	0.45	0.22	0.89	0.92
Mg <sup>2+</sup>	0.20	0.17	0.53	0.30
K <sup>+</sup>	0.30	0.38	1.02	0.46

表 4 4 樹種の幹周辺土壌の水溶性陰イオン量  
(0-20cm 土壌)

	スギ	ヒノキ	コナラ	クスノキ
	(mmol/L)			
Cl <sup>-</sup>	0.43	0.50	0.62	0.29
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.28	0.11	0.71	0.24
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.16	0.22	0.25	0.19

な生長に悪影響を及ぼす程度に低く、酸性の強い土壌であった。これが衰退の要因の1つかもしれない。すでに述べたように、関西地域の他の調査地においても、土壌の酸性が強く、樹木の衰退の要因の1つである可能性が示されている。社寺林の保全のために、社寺林土壌の化学性の監視が重要であると思われる。

## 謝辞

社寺林の調査に許可を頂きました、奈良県天理市の大和神社の皆様には、深く感謝致します。

## 参考文献

- [1] 梨本 真, 高橋啓二, 芦原昭一, 1993, 関東・甲信地方におけるスギ社寺林の衰退地と健全地の土壌化学性の比較, 環境科学会誌, 6, 121~130.
- [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, 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壌化学性の劣化, 社叢学研究, 15, 80~88.

- [4] 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壌化学性の劣化, 地域自然史と保全, 37, 115~124.
- [5] 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) のスギ衰退と土壌酸性化, 社叢学研究, 16, 64~72.
- [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] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 大和神社公式HP, <http://ooyamatohp.net> (2023. 8 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, 森林土壌図.
- [13] 環境省, 土壌・植生モニタリング手引書, 2.4 森林, 土壌モニタリング手法. [https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/soil\\_veget/index.html](https://www.env.go.jp/air/acidrain/man/soil_veget/index.html). (2023, 8 参照).
- [14] 日本土壌肥料学会, 1986, 土壌標準分析・測定法, 土壌標準分析・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壌試料のための簡易な交換性陽イオンの浸出法, 日本土壌肥料学雑誌, 68, 61~64.
- [16] 都市再生機構, 客土品質基準, 技術資料No. 02-5-2, 平成 12 年度
- [17] 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.
- [18] Acid Deposition and Oxidant Research Center, 2003, Data Sets of Japan Acid Deposition Survey 20, Ministry of the Environment.

# DXマインドの気付きと動機を与える 1年総合工学システム実験実習

土井智晴\*, 君家直之\*\*, 田村生弥\*\*\*, 安藤太一\*\*\*, 山野高志\*

Elementary Practice of Technological Systems in the First Year  
for Fostering Awareness and Motivation towards a DX Mindset

Tomoharu DOI\*, Naoyuki OYA\*\*, Ikumi TAMURA\*\*\*,  
Taichi ANDO\*\*\* and Takashi YAMANO\*

## ABSTRACT

This paper focuses on the importance of experiential learning formats in motivating students and raising awareness about ICT (Information and Communication Technology) to nurture a DX (Digital Transformation) mindset. We argue that for this purpose, it is crucial for students to engage with various digital and information technologies from first grade at our college of technology.

The paper outlines the experimental themes related to ICT that we have implemented to achieve this goal. Additionally, we describe how these experiments are conducted in a hands-on and experiential style to aid in the development of a DX mindset.

**Key Words:** engineering experiments, digital transformations, information and communications technology

## 1. はじめに

本校は、2022年度に大阪府立大学と大阪市立大学が統合され設置された大阪公立大学の開学にあわせて、校名を改めるとともに平成17年度からスタートした「総合工学システム学科」を踏襲し、DX時代にマッチした令和カリキュラム（以下、Rカリ）をスタートさせた。

このRカリでは、1年次は全コースに共通する一般科目（英語や基礎数学等）及び専門共通科目（情報など）を学習し、2年次からエネルギー機械／プロダクトデザイン／エレクトロニクス／知能情報の4つの基盤コースに分かれて、専門知識と技術を習得する。さらに、3年次から専門知識に加え、幅広い分野を「応用専門分野」科目として提供し、学生の興味関心を広げ、将来を見据え、職業に対する意識を醸成する。特に、ICT及びSDGs指向の「専門共通科目」は全コースで共通して学習し、社会を支える

技術者、社会人としての基本的素養と人間性を養うことを目指している<sup>[1]</sup>。このRカリのイメージを図1に示す。



図1 総合工学システム学科 令和カリキュラムイメージ

図1中の左側緑矩形部分が、本校のRカリの特徴点のひとつである。ポイントは、DXマインド育成を入学当初の第1学年と第2学年に配置している点である。この狙いは、新入生全員を対象に、その新鮮・無垢で柔軟な意識に、総合工学システム概論と総合工学実験実習（以下、総工実験）の2つの特徴のある科目により「みて、触れて、DXを夢想」することで、学生の心にDXマインドを芽生えさせ、その後のDXスキル獲得のモチベーションを効果的に維持できる教育手法を挑戦的に実施することである。この気付き・動機付けを行う体験型学習経験を基に、学年が進行するとともに多種多様なDX実験・実習を通じて、

2023年9月1日 受理

\* 総合工学システム学科 知能情報コース

(Dept. of Technological Systems: Intelligent Informatics Course)

\*\* 総合工学システム学科 エネルギー機械コース

(Dept. of Technological Systems: Energy and Mechanics Course)

\*\*\* 総合工学システム学科 エレクトロニクスコース

(Dept. of Technological Systems: Electronics Course)

Ff 次世代DX 専門技術者に必要なDX 基礎力×DX 専門応用力×DX 実践力をもった人材へと育成できると考えている。本稿では、前述した DX マインドを育成する教育手法を実践する特徴ある科目の総工実験について述べる。なお、総合工学システム概論については、参考文献[2]について詳しく述べている。また、本校使用する DX 関連用語は 2022 年度 DX 教育推進部会で表 1 と定義されている。

表 1 本校で定義した DX 用語

用語	対象学年	(サブタイトル) 説明	科目例
DXマインド	1~2年	〈素地形成〉 ▶ デジタルリテラシーをふまえた情報共有や作業効率向上のための姿勢	総合工学システム概論 総合工学実験実習 情報1・2
DX基礎力	1~5年	〈経験と理解〉 ▶ 数学・物理等の知識に基づくデータ処理や分析	理数系科目 総合工学実験実習 情報1・2・3 各コース実験・実習
DX専門応用力	2~5年	〈ツールの活用〉 ▶ デジタルツールとその組合せによる課題解決や予測	各コース実験・実習 応用専門分野PBL1・2 卒業研究
DX実践力	3~5年	〈アイデアの創出〉 ▶ 産学共育連携等を通じた課題発見と課題解決	各コース実験・実習 応用専門分野PBL1・2 卒業研究

## 2. 総工実験の概要

### 2.1 総工実験の目標<sup>[3]</sup>

総工実験は、カリキュラム改編に伴い 2020 年 11 月から総工実験を担当予定の 4 名の教員によって骨子設計が始まった。そして、2022 年度から、次に示す 5 つの達成目標を掲げ、実施している。

1. 4 つの基盤コースに関連する体験的学習を通じて、工学への興味と関心を持つ
2. 実験や実習における安全対策、整理整頓を含めた、基本的な知識と素養を身につける
3. 各種製作、計測、観察のための基本的な知識と技術を身につける
4. 実験や実習で得られた結果を報告書としてまとめるための基本的な知識を身につける。
5. 自身の興味や将来のキャリアイメージに合う基盤コースへの配属に備える

### 2.2 総工実験の実施形態と実験実習の全テーマ

総工実験は、第 1 学年の通年開講科目として実施され、単位数は 4 単位であり、実施される時間帯は、毎週水曜日午前の 4 時限(1 限目~4 限目:9:00~12:20)である。実験実習はガイダンスや ICT 導入教育などを含めて通年で 30 週間である。実験実習は 8 つの班(1 班は 20 名程度)で実施され、実験実習のテーマは全てで 8 テーマが用意されている。表 2 にテーマ番号と実験テーマを示す<sup>[3]</sup>。

表 2 実験実習のテーマと実施場所

テーマ番号	テーマ名
M1	スターリングエンジンの組立と動作実験
M2	熱の可視化, 燃料電池, 水処理
D1	3 次元 CAD を用いた設計演習
D2	レーザー加工機, 3 次元プリンタ
E1	micro:bit 電子回路実習
E2	ブレッドボード電子回路実習
I1	プログラミング体験とホームページ作成実習
I2	CG ビジュアライゼーション

テーマ番号の M/D/E/I は 4 つの基盤コース名を示し、それぞれ、エネルギー機械/プロダクトデザイン/エレクトロニクス/知能情報コースの本校内の略号である。

次章では、表中の M1, E1, I1, I2 について詳細を述べる。なお、M2, D1, D2, E2 については、本稿を執筆時点では、テーマの目的および概要の収集ができず、5 章で述べるように、それらについては、今後の課題としている。

## 3. テーマの詳細

### 3.1 スターリングエンジンの組立と動作実験

#### 実験の目的

ネジ等の市販部品と 3D プリンタで造形した部品を組み合わせたスターリングエンジンのキットを組み立てて動作に必要な条件を知るとともに、部品の寸法を測定するための基本的な器具の使い方を学ぶ。

#### 実験概要

このテーマでは、熱源があれば動作するスターリングエンジンの基本構造と動作の特徴を知るための学習を行う。第 1 週ではアルコールランプのような比較的高温の熱源で動作する  $\alpha$  型エンジンを、第 2 週では湯のような比較的低温の熱源で動作する  $\gamma$  型エンジンのキットを用いて基本的な機械の組立手順を学ぶとともに、温度や回転速度等の物理現象を測定する手順を学ぶ(図 2)。第 3 週では、キットを再度分解し、部品の寸法を測定して構造を理解し、実習の成果をレポートとしてまとめる。また、3 週間を通じてクラウドツールの活用とファイル共有機能を使用して実験を実施している。

多くの学生は、シンプルな構造で熱だけで動くスターリングエンジンの仕組みに驚き、エンジンをより速く、より長く動作させるための伝熱や断熱の工夫を議論しながら自主的に実践している様子も見られる。





図2 デジタル回転数計でγ型エンジンの回転数を計測

このように仕組みに驚き、自発的に工夫する様子から、技術への気づきや動機づけに繋がると考えている。

### 3.2 micro:bit 電子回路実験

#### 実験の目的

micro:bit を用いて基礎的なプログラミング技術、各種センサー、アクチュエータの使い方やロボットの制御を学び、電気電子機器の基盤技術の基礎について学生の理解を深めることを目的とする。

#### 実験概要

このテーマでは、micro:bit とその開発環境 makecode を用いてブロックプログラミングを行う。まず、micro:bit に搭載されている機能を使い、プログラミング基礎を学び、初期の難関である条件分岐にとり組む。次に外部回路に接続し、smarthomekit 中のセンサーや自走ロボット maqueen に関するプログラミングをし、動作確認を行う(図3)。最後に授業の中で使用したセンサーやロボットを用いて、生活に役立つオリジナルシステムを構築する。

モーターを回す

- アナログ出力によりモーターの回転数を制御できる 0~1023
- モーターを回転させる際には電力を使うため、基板横のコネクタから電力を供給する

最初だけ

アナログで出力する 端子 P2 値 100

一時停止 (ミリ秒) 5000

アナログで出力する 端子 P2 値 0

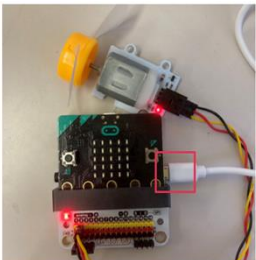


図3 モータ駆動のための実習テキスト (一例)

プログラムの習得度には差があるが、教員や支援員が個別対応することで、プログラミング初心者が置き去りにならず、実習を楽しめている。学生からは、プログラミングを行い、シミュレーションを行うだけでなく、実際にLEDを点灯させたり、ロボットを動かしたり、日常で触れたことのないセンサーを使用することができ、とても面白かったという感想が多い。

このようにプログラミングを初めて経験する学生でもその面白みに気づき、日常生活とマイコンやプログラミングの繋がりを感じていることがわかる。

### 3.3 プログラミング体験とホームページ作成実習

#### 実験の目的

プログラミングの経験がない学生でも、プログラミングに興味関心を持ってもらうために平易な内容のプログラミング実習を行う。楽しむことと体感的に理解することにより、情報技術の奥深さを知ることを目的とする。

#### 実験概要

このテーマでは、ブロックプログラミングとホームページ作成とVR(仮想空間)体験を行う。ブロックプログラミングにはScratchを使い、ラインアートとゲームのプログラミングを行う(図4)。また、コーディングの入門として、Javascript言語で3次元空間を作成することを行う。人工知能のベースとなる機械学習の体験も行っている。ホームページ作成では、GithubのPagesという機能を活用して、雛形のHTMLを修正することでホームページを作成する。なお、それらホームページは、最終的に学生個人の実習レポートとなるように実施している。

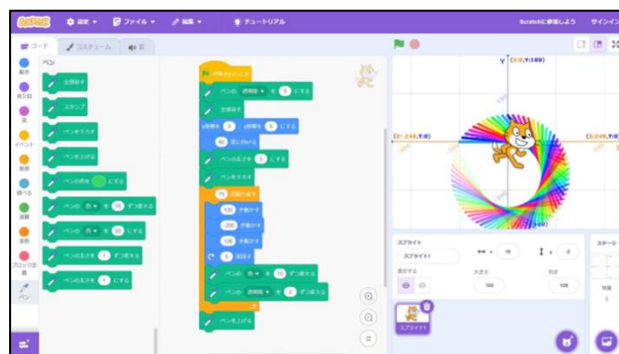


図4 Scratchで作成したラインアートプログラムの例

学生たちは、ホームページを自作できたことをとても喜んでいる。また、VR体験については、その体感を驚きとともに喜び、仮想空間でのホワイトボードへの描画などを行っていた。

このテーマでは、HTML 言語でホームページをつくり、自分のスマートフォンで確認し、驚く学生が多い。比較的容易にホームページを自作作成でき、世界中で閲覧できることに気づき、情報技術の奥深さを感じるようである。

### 3.4 CG ビジュアライゼーション

#### 実験の目的

PC 環境向上の恩恵を受けて身近となった 3 次元モデリングならびに CG レンダリング技術の基礎的な技能を身につけ、さらに複数のソフトウェアを組み合わせる用いることの有効性と可能性について実感することを目的としている。

#### 実験概要

このテーマでは、初めて 3 次元モデルに触れる学生でも容易かつ直感的な操作ができ、かつ実習時間外でも SketchUp for Web を用い、1 週目には練習をかねて本校図書館の自習用机を作成する。次に 2 週目には自身でオリジナルの自習机を考案し、3 次元モデルとして形にすることをを行う。さらに 3 週目には作成された 3 次元モデルを本校図書館自習室のデータと合成し、AutoCAD 上でレイアウト・レンダリングを行うことで写実的なイメージを作成する。最後に、得られたイメージをパワーポイントにまとめ、一人ずつプレゼンテーションを行う (図 5)。



図 5 作成した 3 次元モデルの発表を行う様子

週ごとに内容、そしてソフトウェアが異なるため戸惑う学生が多いものの、「こんな綺麗でリアルな画像を自分

が作れた」という達成感を得ているようである。また、自身の考えやアイデアをビジュアル化して他人に伝えることの楽しさも感じてもらっているように思える。このように 3 次元モデルという情報技術による作品を実感をもって作成し、他者に発表することで、達成感に気づき、ICT 技術に関心をもつ動機づけになっていると考えられる。

### 4. おわりに

本稿では、入学後の 1 年生に実施している総工実験について、DX マインドを育成する教育手法の実践について、8 つあるテーマのうち 4 つについて述べた。これら 4 テーマについては、DX マインド育成に重要と考えている技術に関する初学年での気づきとそれによる動機づけがなされているように実験担当教員は感じている。

本稿を執筆している時点では、この総工実験は、実施後 1 年半の実施期間となる。そのため、残りの 4 テーマの目的および概要の収集ができず、本稿には記述できていない。また、学生からのアンケート調査などを実施し、客観的に DX マインドが育成されているか、という点の調査については、2023 年度末に実施を検討している。そのようなことを踏まえ、残り 4 テーマの報告と客観的なデータによる評価は、今後の課題と考えている。

この総工実験は、『大学改革推進等補助金 (デジタル活用高度専門人材育成事業) ~デジタルと専門分野の掛け合わせによる産業 DX をけん引する高度専門人材育成事業』による支援を受けて、多くの実験機材を準備し、それらを活用して専門人材教育を行っている。

#### 参考文献

- [1] 大阪公立大学高専の特徴, 大阪公立大学工業高等専門学校ホームページ,  
<https://www.ct.omu.ac.jp/about/features/>
- [2] 土井智晴, 安藤太一, 君家直之, 中田裕一, DX マインド育成事業関連科目: 総合工学システム概論の実践報告, 第 29 回日本高専学会年会講演会概要集, 日本高専学会, B1-1, 2023 年 8 月
- [3] 総合工学システム実験実習 2023 年度 実験実習の手引, 大阪公立大学工業高等専門学校, 2023 年 4 月

# 「高専人権シンポジウム」の実施に関する報告

伏見裕子\*, 鯨坂誠之\*\*, 金田忠裕\*\*\*, 高橋舞\*\*\*\*, 中田裕一\*

Report on the "Symposium on Human Rights in Colleges of Technology"

Yuko FUSHIMI\*, Shigeyuki AJISAKA\*\*, Tadahiro KANEDA\*\*\*,  
Mai TAKAHASHI\*\*\*\* and Yuichi NAKATA\*

## 要旨

大阪公立大学工業高等専門学校では、2022年9月5日に、「高専人権シンポジウム」を開催した。本稿は、その概要および主催者・参加者の感想、今後の展望について報告するものである。シンポジウムは、国際的な視点での人権教育と、人権教育と社会との連関について述べられた第1部、大阪公立大学高専の「ふらっと高専」に焦点をあてた第2部、他高専の取り組み紹介および全体ディスカッションの第3部で構成された。自らの権利を具体的に知ること、人権基盤型アプローチで「やれることからやってみる」こと、学生の抱えている問題の多くが人権に関わっていることなどが話題となり、人権教育の実施・推進のためには、学内外のネットワークづくりが重要であるという共通認識が得られた。参加者の満足度は高く、他高専への広がり可能性が感じられると同時に、今回のような対話の場を継続的に作り、共育連携に努めることの重要性を実感した。

**キーワード:** 高等専門学校, 人権教育, シンポジウム, 人権基盤型アプローチ, 共育連携, ふらっと高専

## 1. はじめに

大阪公立大学工業高等専門学校(以下、本校)では、2022年9月5日に、「高専人権シンポジウム」を開催した(対面・Zoom併用)。本稿は、その概要および主催者・参加者の感想、今後の展望について報告するものである。

「高専人権シンポジウム」は、JSPS 科研費「高等専門学校における人権教育プログラムの開発と検証」(2020年4月～2024年3月)の申請時に企画したもので、本校人権教育研究会の主催で実施された。人権教育研究会は、本校の人権教育五ヶ年計画「ふらっと高専」(2018年に開始した五年一貫の人権教育プログラム)で使用するテキスト『ふらっとライフ』の作成を主な目的として、2019年に発足した研究会であり、現在は8名の教員で構成されている。そのうち5名(本稿の執筆者)が、上記科研の学内メンバーである。

2023年9月1日 受理

\* 総合工学システム学科 一般科目系

(Dept. of Technological Systems : Liberal Arts)

\*\* プロダクトデザインコース(Product Design Course)

\*\*\* エレクトロニクスコース (Electronics Course)

\*\*\*\* 保健室 (Nurse's Office)

本校では、学内の教員が「ふらっと高専」の計画を立て、外部講師の協力を得ながら人権教育を進めてきた(伏見2022ほか)。今回のシンポジウムでは、「高専において人権教育を可能にする方策や環境づくりについて、検討・意見交換し、互いにつながることを目指す」を目的とし、他高専や大学等を含めたネットワークの構築を重視した。学校ごとに閉ざされた状態で人権教育を考えるのではなく、学外の専門家や他高専の教職員等とつながることで、国際基準をふまえた人権教育を、高専にとって持続可能なカタチで実施していくことが重要だと考えたからだ。

シンポジウム実施に際しては、学内の研究会メンバーで議論を行ったほか、2021年夏からは、大阪公立大学の田間泰子名誉教授、阿久澤麻理子教授、東優子教授に参画していただき、人権教育の基礎から改めてご教示いただき、高専にとって有意義なシンポジウムにするにはどうすればよいか、繰り返し相談に乗っていただいた。

また、全国のすべての高専に対し、郵送とメールにてシンポジウムの案内を行い、人権教育の実施状況と課題等に関する事前アンケートへの協力を依頼したところ、延べ24件の回答(本校教職員分を除く)が得られた。

シンポジウムの1ヶ月前には、登壇者と科研メンバーで打ち合わせを行い、内容のすり合わせおよび意見交換を行った。



このような準備作業を経て実施されたシンポジウムの概要は、次の通りである。

## 2. シンポジウムの概要

シンポジウム当日のプログラムは、表1の通りである。

表1 シンポジウムのプログラム

<p><b>開会の挨拶【東健司】</b>  <b>代表挨拶（開催趣旨・登壇者紹介）【中田裕一】</b>  <b>第1部 人権教育の今と高専に期待すること</b>                  ・人権教育ってなに？【阿久澤麻理子】                  ・高等教育での人権教育と社会人の育成：法律実務家としての視点から【仲岡しゅん】  <b>第2部 大阪公立大学高専における取り組み</b>                  ・大阪公立大高専における人権教育推進の経緯と意義【伏見裕子】                  ・大阪公立大高専「ふらっと高専」の取り組み【鯨坂誠之】                  ・学生による発表【大阪公立大学高専5年生】                  ・「ふらっと高専」のプログラム評価【東優子】  <b>第3部 パネルディスカッション「高専における人権教育の現状と、課題の乗り越え方」</b>                  ・高専における人権教育の課題【内田由理子】                  ・木更津高専の人権教育【山下哲】                  ・全体ディスカッション                  ・総括【中田裕一】</p>
--

第1部は、基調講演にあたる部分である。阿久澤教授には、人権教育とは何かということについて、日本で生じやすい誤解をあげながら、国際的な視点でお話していただいた(図1)。続いて、毎年「ふらっと高専」の講演をいただいている仲岡しゅん弁護士(うるわ総合法律事務所)より、人権教育と実社会との関連について、法律実務家の立場から具体例を挙げて説明された(図2)。



図1,2 基調講演の様子

第2部では、本校における人権教育推進の経緯と取り組みの体制および内容について、本校教員の伏見、鯨坂か

ら紹介し、本校5年生の学生にも発表をしてもらった。学生たちは、5年間の学びを振り返り、自分たちがこれから私生活や社会生活を送っていくなかで、高専で経験した気づきの集積を社会全体の変化につなげていけるという展望を述べた。

東教授からは、人権教育のプログラム評価項目(UNESCO編『国際セクシュアリティ教育テクニカル・ガイダンス』、その他 Human Rights Training、人権教育ベストプラクティスの特徴などを参照して作成された15項目)が提案され(図3)、それらに照らして本校の取り組みの特徴が示された。そのうえで、人権教育を実施・推進する際に重要なのは、ここで示された項目や諸条件が揃うのを待ってしまうのではなく、「やれることからやる」、「何でもいからやってみる」ことである、という力強いメッセージが伝えられた。また、その際の最低ラインとして、(ニーズ基盤ではなく)人権基盤型アプローチで進めていくことが重要であることが説明された。

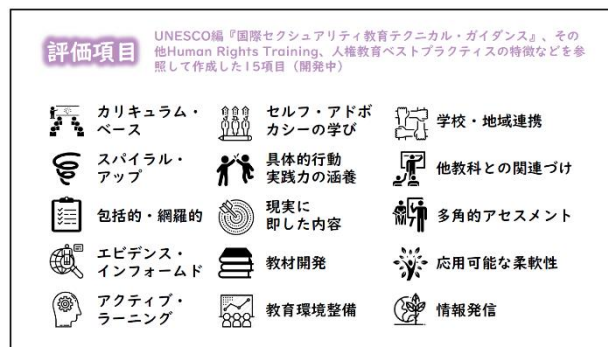


図3 人権教育の評価項目

第3部の冒頭では、高専において学生支援に長年取り組んでこられた内田由理子教授(香川高専)、山下哲教授(木更津高専)から、それぞれの高専における取り組みや課題についてご発表いただいた。

その後のパネルディスカッションでは、事前アンケートの結果をふまえて、主に人権教育に取り組む際のハードルと、それらに対してどうすればよいかということについて、フロアも交えて熱い議論が交わされた(図4)。



図4 ディスカッションの様子



特に、授業時間の確保や教員の知識・スキルの向上などが話題になったが、ここでも学内外のネットワークづくりがポイントとなった。田間名誉教授からは、女性研究者支援を牽引された際の具体的な経験が語られた。

なお、シンポジウムの動画（抜粋版）は、本校HPに掲載されている（<https://www.ct.omu.ac.jp/studies/efforts/humanrightseducation/index.html>）。

### 3. シンポジウムを実施して

#### 大阪公立大学高専における取り組み（鯉坂 誠之）

シンポジウムでは、人権教育に関する本校の取り組み「ふらっと高専」を紹介する第2部を担当した。本校の「ふらっと高専」では「理不尽ではない普遍的な社会の土台を私たちが築くこと」を目指し、高専生活の5年間をかけて様々な視点から人権について考え、多様性を尊重し合える人材を育てることを理念として掲げている。

シンポジウムの第2部前半では、①本校の人権教育においては、このような理念を掲げた上で年間計画を立てていること、②人権教育推進室を中心に学生主事室や事務局、学生副主任、各学年の担任団などと連携した組織体制を取っていること、③講演では事前学習のテキスト教材やオンデマンド動画、WEBフォームによる事前アンケートなどを活用していること、を説明し、最後に「ふらっと高専」講演会の事例紹介を行った。

また、シンポジウムが開催された2022年度は、「ふらっと高専」がスタートを切った2018年度から数えてちょうど5年が経過する節目の年であった。つまり、ふらっと高専に関わった学生が卒業を迎え、第一期生が誕生するタイミングであった。そのこともあり、第2部後半では教員が取り組みを紹介するだけでなく、学生に、人権教育の学びを通じて理解したことや新たな発見・気づき、行動の変化などに関するリアルな意見・感想を発表してもらう時間を設けた。シンポジウムに先立ち、本科5年生の有志学生9名とミニワークを行い、各年度のテーマごとに意見を出してもらい、A・Bの2グループに分かれてブレインストーミングを実施した。



図5 学生（Aグループ）のパネル

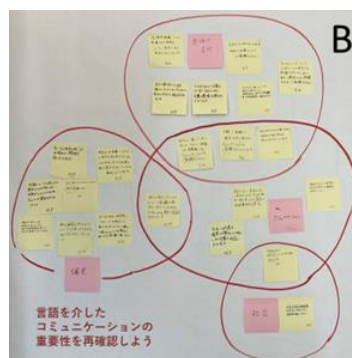


図6 学生（Bグループ）のパネル

シンポジウムでは、ブレインストーミングの際に取りまとめた2グループのパネルを提示しながら、学生に発表してもらった。Aグループからは「無知から脱して社会に出よう」と題して、自分たちの意識の変化により、今までの常識や偏見を排除することが重要であることが指摘された。また意識の変化とは、今までの無知から「有知」へとシフトすることであるといった説明もなされた（図5）。Bグループからは「言語を介したコミュニケーションの重要性を再確認しよう」と題して、差別や偏見を持たないために、また、社会全体の価値観の変化に対応できる柔軟性を身につけるためには意識の変化が重要であり、コミュニケーションを通して具体的にアクションを起こしていきたい、といった説明がなされた（図6）。学生自身の声を聴くことによって、これまでの本校の取り組みの成果の一部が生々しく描き出された。

今回のシンポジウムでは、大阪公立大学高専における「ふらっと高専」の取り組みを振り返るために、準備期間も含めて学生らの協力を得られたことに感謝している。

また、ご講演いただいた方々からも、本校の取り組みが学生の視点からどのように捉えられているかを発表することの大切さをご指摘いただけたことも大変有難かった。今後もこのようなシンポジウムを定期的で開催し、本校の取り組みを確認する場を設けていくとともに、他校や関連する団体等とのネットワークを広げていくことが重要である。

#### 高専人権シンポジウムに参加して（金田 忠裕）

卒業研究で「福祉用具の開発」に携わってきた関係で、人権教育研究会に参加させていただくようになった。この度、シンポジウムを開催するにあたり、司会を担当することになったが、概念的なことから学習し直す必要があり、事前カンファレンスにも参加させていただいた。シンポジウムで印象に残っている言葉を思い出しながら、当日の司会の感想を述べたい。

最初のお話で、印象に残っている言葉が2つある。

① 権利の保持者の視点から見る needs-based から rights-based への転換

② 「Nothing about us, without us.」

技術者はニーズがあるから開発したものが販売につながるわけであるが、2つの言葉はこの概念を考え直すきっかけとなった。

また、合理的配慮の否定は差別であり、人権を行使するために必要かつ適切な「変更および調整」であり、思いやりではないと学生にもはっきりと言える認識となった。

次に本校の「ふらっと高専」のプログラム評価をいただき、スライドから関連する項目を下記にまとめてみると、シンポジウム実施時点で、少なくとも15項目中7項目で対応できていることがわかった(表2)。このように他者評価で客観的に見ていただくことで、さらなる改良ができる余地があることがわかった。

表2 「ふらっと高専」のプログラム評価

評価項目	「ふらっと高専」の特徴
カリキュラム・ベース	人権関連科目1科目半期15回
スパイラル・アップ	発達段階に応じた積み上げ方式(5年一貫教育)
アクティブ・ラーニング	ワークショップ, フィールドワーク
教材開発	教科書(音声版あり)・講演のオンデマンド配信
学校・地域連携	多彩なゲスト講師
他教科との関連付け	養護教諭・保健体育・社会科・建築・福祉工学などの教員が協働
情報発信	(人権教育の社会的認知の向上にもつながる)積極的な情報発信・提供

最後に司会としての感想をまとめたい。大学教員から人権教育の概念的な話から始まり、弁護士から社会とのつながり、大学教員から「ふらっと高専」のプログラム評価、本校教員と学生による実践報告、他高専の元教務主事、元学生主事からの現場の話と、人権教育を多角的に捉えながら、シンポジウムを進行することができたのではないと思う。ディスカッションにおいても、現状の人権教育に関係する時間数を増やすことの困難さや、多様なテーマを取り上げるための人材不足などが課題となっていたが、本校の「共育連携」にもあるように、1つの教育機関で出来ない場合はネットワークをつくって、他者の協力を仰ぐことが必要となる。この度の司会もネットワークを利用して、講師陣やスタッフ等の協力をいただきながら、無事に終了することが出来たと考えている。

## 高専人権シンポジウムに参加して(高橋 舞)

私が本校の人権教育に関わり始めたのは、着任の翌年度からである。本科1年生のセクシュアリティ教育講演会を2年間担当し、そして2022年度、高専人権シンポジウムに参加した。

「人権教育に養護教諭として協力してほしい」と声をかけられた時、「人権」というのがいまいちピンとこなかった。

正直に言うと、それまでは「権利」や「人権」という言葉が、どうも苦手であった。それは、「権利」や「人権」といった言葉を、大変重要であるが、堅苦しいため取っ付きにくく、どこか抽象的で身近でないもののように感じていたからだ。また、なにか他者とトラブルになった時に、それは出現するもののように感じており、普段は自分ごととして捉えにくくも感じていた。

だが、そんな苦手意識のあった、「権利」、「人権」についてのイメージは、シンポジウムに参加した後に、少し変化した。

まず、シンポジウム開催のための打合せで衝撃を受けた。打合せでは、普段、保健室で勤務しているだけでは出会えない、大阪公立大学の先生方や他高専の先生方もシンポジウム登壇者として来られていた。私が衝撃を受けたのは、そこにいる人々が、人権や人権教育について、とてもいきいきと、思い思いの言葉で語っていることだ。

その語りの中に、私が交ざることは(自分の無知のために)できなかったが、「人権…?権利…、生まれながらに人が有する権利…?」と考えるうちに、いつのまにか出来ていた眉間の皺が少し和らいだ気がした。「権利」に関する話で、これほどまでに朗らかな気分で話を終えられることがあるのか、と思った。

そして迎えたシンポジウム当日、私の役割は、シンポジウムのプログラムが開始するまでの誘導や、参加者名簿のチェックであった。そのため、プログラムが開始してからは、ほとんどの聴講者と同じように、客席で聞かせてもらっていた。

シンポジウム中で印象に残っている言葉がある。それは、登壇者である阿久澤先生がおっしゃっていた「その人が、自分の生き方を自己決定していけることが人権」という言葉である。この言葉で阿久澤先生が伝えたかったことの半分も、私は理解していないかもしれないが、それを聞いた時、妙に納得した気分になった。そして、「人権」が抽象的なものではなく、数えられる具体的なものであることも学んだ。

まだまだ、わからないことだらけだが、苦手だった「権利」、「人権」について学ぶことを前向きに捉えられる気分になったこと、それが私にとって今後続く一歩のような気がした。

人権教育に関わる者としては、私は大変未熟であるが、ともに人権教育を推し進める仲間を作り、学生と一緒に学び続けていきたいと思う。

## 高専における人権教育の現状と、課題の乗り越え方

(中田 裕一)

シンポジウムでは、第3部パネルディスカッションに参加し、「高専における人権教育の現状と、課題の乗り越え方」をテーマに発言した。

本校の人権教育を新たな取り組みとして立ち上げる過程では、学生担当副校長(2017～2021年度)の立場から、ふらっと高専五ヶ年計画として議論を始めた。

議論の過程において、下記の案作成および審議から始めた。

① 5ヶ年計画：各学年のイベント設定(講演、フィールドワーク)と目的の明確化

・当時(2017年)の人権教育推進委員会(学生指導委員会と兼務)で審議

② テキスト作成：項目カテゴリー設定と本校教員も含めた執筆者選出

・書籍『ふらっとライフ』：当事者視点での執筆

・当時(2019年)の人権教育推進委員会(学生指導委員会と兼務)で人権教育のテキスト本採用について審議

上記審議後の人権教育の実施(学校行事としてのイベント)にあたっては、1～3年生はホームルームの時間を使用し、4・5年生は放課後を利用してテキスト『ふらっとライフ』の執筆者に講演を依頼する形態を取り、事前学習および事後学習でテキストを使用した。

人権教育を五ヶ年で考えるという意味は、単発で済ませるのではなく、継続的に「権利主体としての自分」について知ることから「就労を見据えた課題解決」に資する知識・スキル・態度を身につけられる学生を育てることに依拠する。

このように継続的で幅広い学生支援をするためには、本校の教員だけではなく、外部の関係機関および個人との共育連携(共に学生を育てる活動・学外とのネットワーク構築)しなければ持続可能な学校行事にならないことや、学内組織(運営)において役割分担を明確にすることが重要な要素となる。

このシンポジウムでは、学校生活(授業、課外活動など)に対する人権基盤型アプローチ、学生と教職員を含めた学習の視点、取り組み(教材)の発信を組織全体としてだけでなく個人として行うことも重要であること、学外のネットワーク連携など、人権教育環境を整える要因(考え方)について考えることができた。

また、パネルディスカッションでは、マイノリティに人権

問題があるのではなく、われわれすべての生活(環境)において人権が存在していると話されていたことが、あらためてスタート地点を見直すきっかけとなった。

学生に対して、人権教育だけではなく、グローバル教育、テクノロジーに係る知識・スキル(DX人材育成)、進路支援などを提供する側として、「自己実現のための生活基盤を整える」為に何をするのかを学校組織として総合的に考える必要性を感じた。

## 4. 参加者・視聴者のアンケート結果および今後の展望

本シンポジウムの参加者は、対面・Zoom合わせて70名以上であった(登壇者および発表学生を含む)。当日の参加者およびオンデマンド動画の視聴者には、事後アンケートへの協力を呼びかけ、24名から回答を得た。

「今回のシンポジウムは、全体としていかがでしたか」という質問に対しては、13名が「大変有意義だった」、10名が「まあ有意義だった」、1名が「普通」と回答した。

「あまり有意義ではなかった」、「全く有意義ではなかった」は、いずれも0名であった。

有意義だった理由としては、シンポジウムを実施できたこと自体や、学生による発言を高く評価するものがあったほか、「人権教育に関して先端の高専の取り組みを知ることができたから」、「登壇者が充実しており、様々なお話が聞けた」、「人権問題が日常生活の基礎である理由をしっかりと意識できる場となり得たから」などの理由が挙げられた。

第1部の感想・意見としては、「人権という概念の中身を具体化して共有すべきだ」という点を改めて確信できました、「学生に教育するだけでなく、教員が学ぶべきことがある」という話は、同感である」というものがあった一方、「人権についての定義から始まり、それを教育する意義を意識づけることの出来る講演でした。時間配分としてももう少し長くても良かったかと思いました」というように、もう少し時間を取ってほしかったという声もあった。

第2部の感想・意見としては、「高専であるからこそ、(略)「学生の自己実現のための基盤の力を整えてあげたいということが根底にある」という目的が重要であると受け止めました」、「素晴らしい取り組みです。本校でも声を上げて取り組む努力をして行こうと思います」などがあり、他校への広がりを感じられた。

第3部の他高専教員の発表については、「学生の多様な背景の実情が、具体的に知ることができました。板書や発表資料の色使いにも気を付けなくてはいいかと思いました。学校としてはやるべきことが多い中、「人権教育の視点」をどう取り入れていけば良いかを考えていきたい

と思います。また、所属校が「居易い働き場所」であることの大切さに思い至りました」などの感想が寄せられた。

全体シンポジウムに対しては、議論の盛り上がりや登壇者の意見の鋭さに言及した感想があった一方、もう少し議題の絞り込みや意見の整理が必要であったという点が指摘された。また、「高専において人権教育を行う必要性は、エンジニアとして多くの人の命や人権に関わる人材になる準備という観点と、高専において人権に関わるトラブルを防止するという観点があると思う。そうした観点で、全ての高専で人権教育が適切に行われているのか調査をすることは、全国の高専に人権教育の大切さに気づいてもらうということと、多くの教員に関わってもらうことで効果的な教育手法を見出すという効果が期待できる」という意見は、今後の調査や取り組みの参考になると思われる。

「その他、お気づきの点などがありましたら、お書きください」という項目では、時間配分についての指摘があったほか、「人権」はすべての人に関わる問題。いろんな、学外の人の力を借りるのが良い、「高専人権シンポジウムに参加する前は、「人権教育」への取り組みに消極的でした。参加した後は、皆様の取り組みを知り、とても勇気を頂きました。今後も、このような高専人権シンポジウムを是非行ってください」、「どなたかの発言にもありましたが、最近の学生に関する問題は、行きつくところ人権問題と思うようになりました(学生間だけではないですね)。お互いの人権のことを知り、尊重するようになれば、もっと高専内で生きていきやすいように、また社会に出た後に苦しまなくて済むようになるのではないかと思います(そんなに単純でないとも思いますが)。そのために、支えとなる人権の知識が必要だと思っていますが、そのような教育があまりにも少ないこと、同様に自分の中にも教えられるだけの知識がないことに、「どうしたもんかな」と思っていました。そんな折にこのシンポジウムの案内をいただき、門外漢ながら参加させていただきました。話を伺いながら「本校で実施するには」と考えてみて、また途方にくれてしまいましたが、まずは身近な教員と相談しながら検討してみたいと思います。本日はどうもありがとうございました」という声が寄せられ、今回のような場を継続的に作り、引き続きネットワーク構築に努めることの重要性を実感した。

また、本校1年生(2022年度)の科目「ダイバーシティと人権」では、本シンポジウム動画(第1部と第2部のみ—学生発表を除く—の抜粋版)を視聴し、Googleフォームで問いに答えるという夏季課題を出した。

視聴した1年生からは、自分自身の具体的な権利に興味をもつことや、人権と社会とのつながりを理解すること、学びの内容を学校からも学生からも発信することな

どについて、特に積極的な意見が寄せられた。

## 5. おわりに

今回のシンポジウムを通じて、教職員も学生も、それぞれの立場で学び伝えていくこと、つながりを作っていくことの重要性を実感したのではないかと思う。

シンポジウムを実施するには、超えるべき課題が多くあり、ようやく実施にこぎつけた今回は、参加者からの指摘にもあったように、つい欲張りな構成になってしまった。一人ひとりの登壇者の話をもっと聞きたかったというのは、私たちもまったく同感である。今後も、学内外のネットワークを広げ、他高専における現状や課題についても調査を重ねながら、対話の機会をつくっていきたい。

シンポジウムの実施から早くも1年が経つが、この間にも、インターネットをはじめとする科学技術が社会に与える影響の大きさを感じる出来事が次々に起きている。言い換えれば、科学技術を専門的に扱う高専生が社会に与える影響が非常に大きいということである。

科学技術を介した人権侵害が起こらないようにすることはもちろん重要であるが、技術があることによって、あるいは技術のあり方を再考することによって、人権課題の社会的・制度的な解決につなげられる場合もある。人権基盤型アプローチで科学技術を扱える技術者を育成することは、社会のあり方に大きく関わることであり、高専における人権教育の意義は非常に大きいといえる。

また、シンポジウムのなかでも述べられた通り、学生が抱えている困難の多くは人権問題であるという認識を共有することも、大変重要である。

人権教育では、自らの権利を知ることによる個人のエンパワメントと、公正な社会の実現の両面からアプローチする必要がある。今後も教育内容と環境の改善に努め、「共有連携」を推進しながら、持続可能な人権教育につなげていきたい。

## 謝辞

本研究は、JSPS 科研費 20K02988 の助成を受けたものです。

本シンポジウムの運営に関わってくださった大阪公立大学高専の事務および人権教育研究会の方々、事前・事後のアンケートに回答してくださった方々、シンポジウムで登壇してくださった先生方と5年生の有志学生、その他関係者の皆様に心より感謝します。

## 主な参考文献

伏見裕子(2022)「高専における人権教育推進の経験と意義」『日本高専学会誌』27(4), pp. 43-48, 2022年10月

# 方形マグネチックループアンテナの製作

山添義顕\*<sup>1</sup>, 重井宣行\*<sup>2</sup>, 葭谷安正\*<sup>3</sup>, 谷口雄二\*<sup>4</sup>, 小暮裕明\*<sup>5</sup>

## Production of Square Magnetic Loop Antenna

Yoshiaki YAMAZOE\*<sup>1</sup>, Nobuyuki SHIGEI\*<sup>2</sup>, Yasumasa YOSHITANI\*<sup>3</sup>, Yuji TANIGUCHI\*<sup>4</sup>, Hiroaki KOGURE\*<sup>5</sup>

### 要旨

アマチュア無線通信には、135 kHz 帯から 249 GHz 帯まで多数の周波数帯が割り当てられている。これらの周波数帯で 7 MHz 帯が国内通信に最も適しており、7,000 kHz~7,200 kHz の周波数の使用が認められている。この 7 MHz 帯でマグネチックループアンテナの使用実績があるが、そのほとんどが円形タイプである。円形タイプのマグネチックループアンテナの場合、省スペース化を図れるが分解が難しく、移動運用には適さない。また、ファラデーリングを用いるため、アンテナ特性に大きな差が現れる。そこで、本研究では 4 本の角パイプを組み合わせた 1 m 四方の方形タイプのマグネチックループアンテナを製作し、ファラデーリングの最適な設置角度を求めた。また、このアンテナに可変コンデンサを取り付けて、アマチュア無線通信に許可された 7 MHz 帯全域の周波数を使用できるようにした。このアンテナで実際に通信実験を行い、東海地方のアマチュア局と交信できることを確認した。さらに、移動運用の際に必要なアンテナの地上高や指向特性を調査し、その調査結果をまとめた。

キーワード：小型アンテナ、ファラデーリング、アマチュア無線、地上高、指向性、通信実験、ものづくり

### 1. はじめに

アマチュア無線では様々な周波数帯が割り当てられており、それぞれの周波数帯の任意の周波数で送受信が可能である。国内通信に最適な周波数帯として、7,000 kHz~7,200 kHz が割り当てられている。この周波数帯を 7 MHz 帯という。7 MHz 帯で送受信する場合、アンテナの長さが 20 m 程度になるため、広大な敷地を必要とする。そこで、限られた敷地内で送受信可能な小型アンテナを使用することがあり、その一つとして、マグネチックループアンテナ(以下、「MLA」という)が使用されている[1]。一般的な MLA は円形で、村井らの研究でも直径 1 m の円形 MLA を製作し、実際に通信できることを確認した[2]。このアンテナは省スペースで設置できるため移動運用にも適しているといえるが、直径 1 m の円形では持ち運びが容易ではない。また、最適な誘導結合度が定量化されておらず、実際の送受信において調整しづらいといった問題点があった。そこで、本研究では 1 m 長のアル

ミ角パイプに分解可能な 1 m 四方の方形 MLA を製作する。また、誘導結合度を測定して最適な状態を求め、送受信時における問題点の解決を図る。

### 2. MLA

#### 2. 1 MLAの概要と特徴

環状のコイルをエレメントとしたアンテナをループアンテナという。MLA はループアンテナの一種であり、微小ループアンテナやスモールループアンテナと呼ばれる。また、アンテナには電界型と磁界型があり、MLA は磁界型に分類され、磁界成分を検知する[3]。

MLA は、使用する周波数の波長  $\lambda$  に比べて十分小さいアンテナで、一般にループ長は  $\lambda/10$  以下といわれている[3]。

そのため、MLA はマンションなどのベランダへの設置や移動運用にも使用されている。

#### 2. 2 MLAの構造

MLA は 1 次側の結合ループ(以下、「ファラデーリング」という)と 2 次側のメインループから構成されており、無線機からの高周波エネルギーを 2 次側に電磁誘導で誘起させ、メインループから輻射する。

メインループには断面が 30 mm×20 mm のアルミ角パイプを用い、パイプ相互は L フックボルトで十分に固定することで接触抵抗の低減を図った。また、ファラデーリングには同軸ケーブル(5D-SFA)を用い、横 330 mm、縦 240 mm、周囲長約 901 mm の楕円形とした。

MLA の等価回路図と製作した方形 MLA を図 1 に示

2023 年 9 月 1 日 受理

\*1 総合工学システム学科電子情報コース卒業生

(Graduation of Technological Systems : Electronics and Information Course)

\*2 総合工学システム学科エレクトロニクスコース

(Dept. of Technological Systems : Electronics Course)

\*3 元知能情報コース (Formerly, Intelligent Informatics Course)

\*4 生産技術センター (Production Engineering Center)

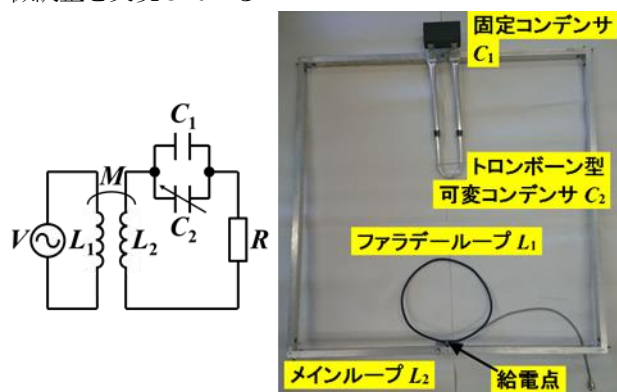
\*5 小暮技術士事務所 (Kogure Consulting Engineers)



す。1 次側, 2 次側のインダクタ成分をそれぞれ  $L_1, L_2$  とし, これらの誘導結合を  $M$  とする。また, 固定コンデンサと可変コンデンサのキャパシタ成分をそれぞれ  $C_1, C_2$ , 各種損失による抵抗成分を合わせて  $R$  とする。

固定コンデンサは内部に銅板を複数積み重ねたものを黒い箱型ケースに納めている。この構成の場合, 静電容量は銅板の面積に比例する。そのため, 箱の内部温度によって銅板の面積が変化し, 静電容量がわずかに変化してしまうという欠点がある。

トロンボーン型可変コンデンサは長さの調整が可能なアルミパイプであり, このアルミパイプを上下にスライドさせることで可変コンデンサを構成し, 共振周波数の微調整を実現している。



(a)等価回路図 (b)製作した方形 MLA  
図 1 MLA の等価回路図と製作した方形 MLA

メインループは垂直設置とし, ファラデーリングをメインループと同一面上に設置した場合を設置角度  $0^\circ$  と定義する。ファラデーリングは給電点を通る鉛直方向の中心軸にて任意の角度で回転させることが可能である。本研究ではこのファラデーリングの設置角度(以下, 「ループ設置角度」という)を調整することで誘導結合度の定量化を模索する。

また, アマチュア無線通信では送信周波数が変わるので, 共振周波数は  $7,000 \text{ kHz} \sim 7,200 \text{ kHz}$  の  $7 \text{ MHz}$  帯全域を可変できることが望ましい。本研究では  $C_1$  により共振周波数を  $7 \text{ MHz}$  帯付近におおよそ決定し, そこから  $C_2$  を変化させることにより微調整し, 目的とする送信周波数に共振させる。  $C_1, C_2$  が並列に接続されていることを考慮した上で, 共振周波数  $f$  を式(1)に示す[2]。

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_2(C_1 + C_2)}} \quad (1)$$

### 3. 実験評価項目

#### 3. 1 電圧定在波比

電圧定在波比(以下, 「VSWR」という)は電圧の最大振幅と最小振幅の比をとったもので表される。周波数ごと

の VSWR を計測することで, その周波数におけるインピーダンスマッチングの状態がわかる。インピーダンスマッチングが完全な場合, VSWR は 1 となり, インピーダンスマッチングがとれていないほど VSWR は高くなる[4]。

また, VSWR より, アンテナからの反射電力が計算できる。アンテナからの反射電力  $P_{\text{ref}}$  を式(2)に示す[4, 5]。

$$P_{\text{ref}} = 100 \left( \frac{\text{VSWR} - 1}{\text{VSWR} + 1} \right)^2 [\%] \quad (2)$$

市販のアンテナでは VSWR1.5 以下を保証したものが多く, このときの反射電力  $P_{\text{ref}}$  は式(2)より 4%以下になる。本研究でも周波数帯域幅の基準として用いる。

#### 3. 2 スミスチャート

スミスチャートとは反射係数面状に正規化インピーダンス等位線を記入した円形の図である。円の上半分が誘導性, 下半分が容量性となっており, インピーダンスの実部及び虚部の値が視覚的に得られる。円の軌跡が図の中心を通る際, インピーダンスマッチングが完全にとれていることを意味する[2]。

#### 3. 3 指向性と受信電力

アンテナの指向性は, アンテナから輻射される電波強度を方位とともに表す指標になる。これには, 送信アンテナの周囲に受信アンテナを設置し, 受信アンテナの受信電力から求められる。受信電力を測定する際, 送信アンテナからの距離の目安として, 遠方界が始まるとみなせる  $\lambda/2\pi [\text{m}]$  が使われる[3]。  $7 \text{ MHz}$  の場合, この距離は  $6.8 \text{ m}$  以上となる。

送信アンテナと受信アンテナとの距離を  $R$ , 送信電力を  $P_t$ , 送信アンテナの絶対利得を  $G_t$ , 受信アンテナの絶対利得を  $G_r$  とおいたとき, 受信電力  $P_r$  を式(3)に示す[5]。

$$P_r = P_t \left( \frac{\lambda}{4\pi R^2} \right)^2 G_t G_r \quad (3)$$

この式から送信アンテナの指向性を図示するには, 送信アンテナの絶対利得が必要である。しかし, (3)式から  $P_t, G_r, R$  を固定した場合,  $P_r$  と  $G_t$  は比例関係にある。そこで, 本研究では指向性を視覚的に捉えられるようにするため, アンテナ周囲で実際に測定した電波強度を使って指向性を表す。

### 4. 実験における測定環境

アンテナ特性の測定には RigExpert 社製 AA-600 アンテナアナライザを使用した。

また, アンテナと測定機器との接続には, 約  $13.7 \text{ m}$  の同軸ケーブル(5D2V)を使用した。この同軸ケーブルは, ケーブルの長さがアンテナ特性に影響しないように送信周波数と波長短縮率から実測して製作されたものである。

アンテナは、給電点の地上高を約2mの位置に設置した。図2に設置環境を示す。

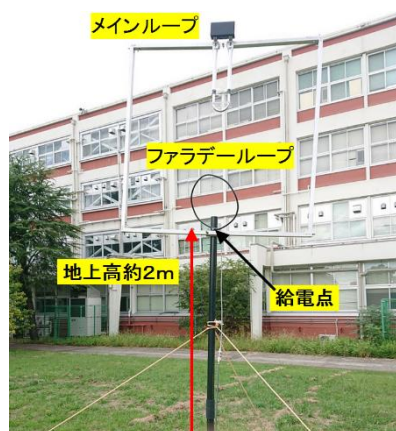


図2 実験時の設置環境

### 5. 事前実験

事前実験として、MLAの共振周波数が7,080kHzになるように可変コンデンサ $C_2$ を調整した。実測結果(以下、「MLA条件値」という)は、 $L_2=2.84\mu\text{H}$ 、 $C_1=156\text{pF}$ 、 $C_2=22\text{pF}$ であった。このときの共振周波数 $f$ の理論値は式(1)より約7,079kHzとなる。一方、アンテナアナライザで測定すると、7,080kHzのとき、VSWRは最小値1.08であった。また、VSWR1.5以下の周波数帯域幅は7kHz程度であった。測定結果を図3に示す。

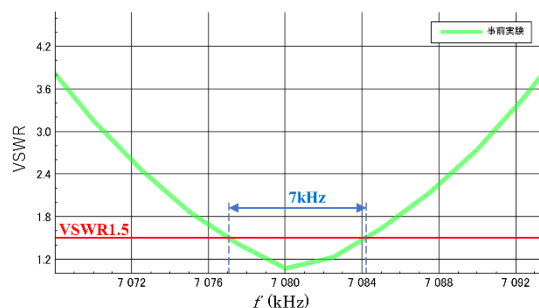


図3 事前実験

MLA条件値を同じ値に設定し、ループ設置角度を変えると、VSWRの最小値が大きく変化する、スミスチャートにおいても、円の大きが大きく変化した。

以上のことから、ループ設置角度を変えたときのVSWRの変化と、トロンボーン型可変コンデンサの位置調整による共振周波数の変化を確かめた。

### 6. ファラデーリング設置角度実験

#### 6.1 各種条件

MLA条件値を $L_2=2.84\mu\text{H}$ 、 $C_1=155\text{pF}$ 、 $C_2=24\text{pF}$ とした。このときの共振周波数 $f$ の理論値は式(1)より約7,059

kHzとなる。ループ設置角度を測るために分度器を使用した。測定の様子を図4に示す。

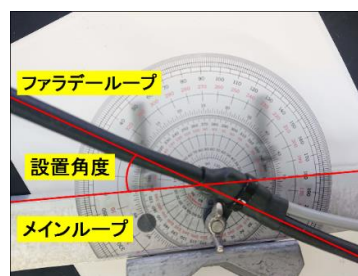


図4 角度測定に用いた分度器

#### 6.2 結果と考察

最もVSWRが低くなるループ設置角度を測定すると35°で、このときのVSWRは1.03であった。このときの反射電力 $P_{\text{ref}}$ は式(2)より約0.02%になる。また、スミスチャートを見ると、円の軌跡はほぼ中心を通っており、インピーダンスマッチングがほぼ完全にとれていた。そこで、35°から10°ずつ35±30°まで変化させたときのアンテナ特性を測定した。

ループ設置角度が35°以上の測定結果を図5と図6に、ループ設置角度が35°以下の測定結果を図7と図8に示す。いずれのスミスチャートも周波数 $f$ が高くなるにつれ、時計回りで変化した。

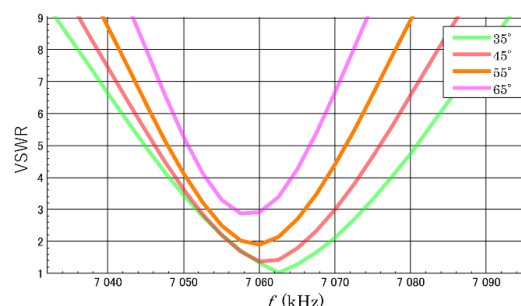


図5  $f$ -VSWR特性 (ループ設置角度35°以上)

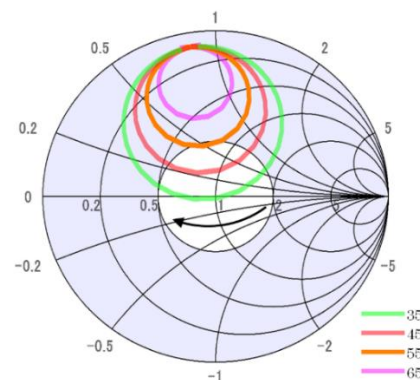


図6 スミスチャート (ループ設置角度35°以上)

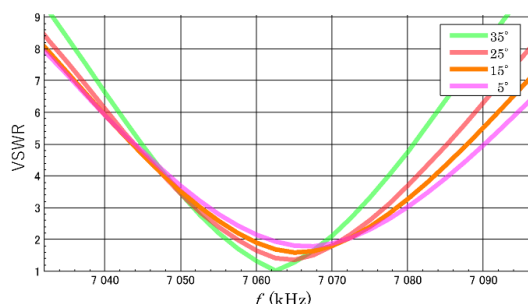


図7  $f$ -VSWR 特性 (ループ設置角度  $35^\circ$ 以下)

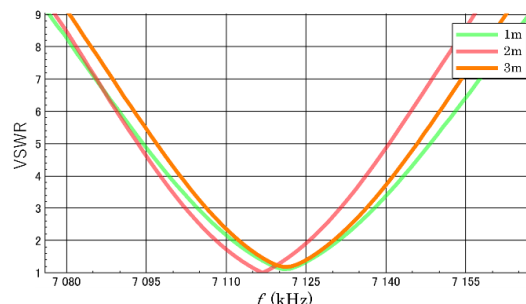


図9  $f$ -VSWR 特性 (地上高変更実験)

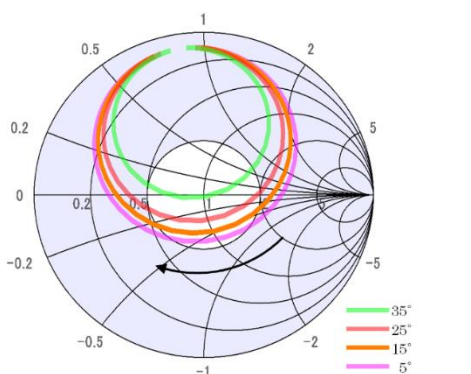


図8 スミスチャート (ループ設置角度  $35^\circ$ 以下)

図6及び図8より, ループ設置角度の変化によって給電点インピーダンスが変化しており, この角度が大きくなるほど, 誘導結合度が小さくなり, 疎結合の状態になっていた[6].

以上の結果から, ループ設置角度を  $35^\circ$ に調整すると, 最も実用性の高いアンテナになることがわかった.

## 7. 地上高変更実験

### 7. 1 各種条件

送受信時におけるアンテナの給電点の高さによるアンテナ特性の変化を調べるため, ループ設置角度を  $35^\circ$ としたうえで, 給電点の高さを 1m, 2m, 3m に変化させて給電点インピーダンスを測定した. このときの MLA の条件値は  $L_2=2.84\mu\text{H}$ ,  $C_1=154\text{pF}$ ,  $C_2=22\text{pF}$  であったので, 共振周波数  $f$  の理論値は式(1)より約 7,119 kHz となる.

### 7. 2 結果と考察

VSWR の測定結果を図9に示す. この図から VSWR の最小値を実測した結果, 1 m のときは 7,121 kHz で 1.12, 2 m のときは 7,117 kHz で 1.01, 3 m のときは 7,121 kHz で 1.19 であった. また, 表1には VSWR と反射電力の関係を示す.

図10には, スミスチャートでの測定結果を示す. スミスチャートでは, 周波数  $f$  が高くなるにつれ, 時計回りで変化した.

表1 給電点の高さと VSWR, 反射電力

給電点高	VSWR	反射電力[%]
1m	1.12	0.43
2m	1.01	0.002
3m	1.19	0.75

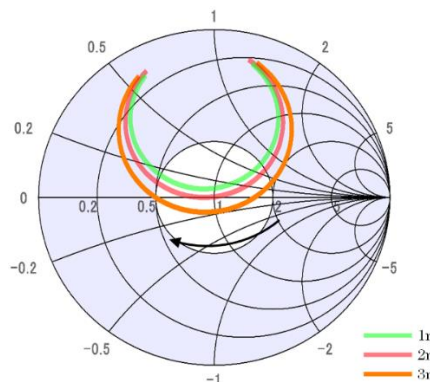


図10 スミスチャート (地上高変更実験)

給電点の高さを 2 m, ループ設置角度  $35^\circ$ を基準として, 「6.ファラデーループ設置角度実験」の図5と図7で示した VSWR の最小値と反射電力との関係を表2に示す. 表2より, 設置角度が基準から外れることで反射電力が 2.4%以上増えている. 一方, 表1では 0.8%以内の増加に抑えられている.

表2 ファラデーループ設置角度と VSWR, 反射電力

ループ設置角度	VSWR	反射電力[%]
$25^\circ$	1.37	2.44
$35^\circ$	1.03	0.02
$45^\circ$	1.38	2.55

図10より, 地上高 2m を基準に低い場合は誘導性に, 高い場合は容量性が現れているように見える. 円は大きく変化していない. 一方, ファラデーループの設置角度を変化させた図6と図8の場合, 円の大きさが大きく変化している. また, 図9の  $f$ -VSWR 特性からは誘導性などの変化は読み取れないが, 表1と表2の VSWR に着目すると, 表1の地上高を変化させたときの方が 1.2



以下に抑えられている。このようなことから、給電点の高さの変化はファラデーリング設置角度と比較してアンテナ特性に与える影響が小さいことがわかる。

## 8. 共振周波数変化の測定

### 8. 1 各種条件

トロンボーン型可変コンデンサ  $C_2$  の容量を変化させたときの共振周波数の変化を調べるため、スライド部分の長さを概ね 7MHz 帯全域をカバーできると見込んだ 1 cm~11 cm の区間において 2 cm 刻みで変化させ、そのときの VSWR を測定した。また、スライド部分の長さが最小と最大のときの VSWR も測定した。なお、MLA 条件値として  $L_2=2.84 \mu\text{H}$ ,  $C_1=154 \text{ pF}$  を用いた。

### 8. 2 結果と考察

本実験では VSWR が最小値をとった周波数を共振周波数の実測値とする。スライド長の変化による静電容量  $C_2$  の変化、共振周波数の理論値と実測値及び誤差率を表 3 に示す。

表 3 共振周波数の理論値と実測値の誤差

スライド長[cm]	静電容量 $C_2$ [pF]	理論値 $f_t$ [kHz]	実測値 $f_M$ [kHz]	誤差率 $\varepsilon$ [%]
最小	30	6962	6989	0.388
1	28	7000	7010	0.143
3	26	7039	7038	0.014
5	24	7079	7078	0.014
7	21	7139	7138	0.014
9	19	7180	7180	0
11	17	7222	7232	0.138
最大	7	7443	7447	0.054

実験結果の誤差率  $\varepsilon$  [%]はすべてのスライド長において 0.5%以下となった。この結果からトロンボーン型可変コンデンサを上下にスライドさせることによって、7 MHz 帯全域がカバーできていることが確認できた。

## 9. 指向性測定実験

### 9. 1 各種条件

通信の際に必要なアンテナの指向性を確認するため、電波の受信電力を測定する実験を行った。受信電力は受信点での電波の強さを表す。測定の際、送信アンテナから受信アンテナまでの距離は、遠方界が始まるとみなせる 6.8 m 以上離す必要があり、地形上周囲の障害物の影響が少ない測定地点をとれる距離として 12 m を設定した。無線機にアイコム社製 IC-705 を用い、送信出力を 70 mW に設定した。

受信電力の測定点を図 11 に示す。地形上周囲の障害物の影響が少ない測定地点をとれる距離として、アンテナ

給電点を中心とした半径 12 m の円周上を 45°間隔、8 地点とした。また、MLA のループ面方向を計測角度 0°とした。

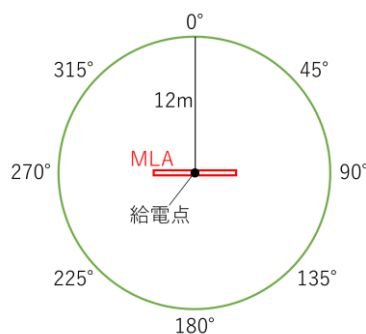


図 11 実験配置図

測定には Dearsee 社製 TinySA, 受信アンテナは垂直設置のロッドアンテナを使用した。

MLA 条件値は  $L_2=2.84 \mu\text{H}$ ,  $C_1=154 \text{ pF}$ ,  $C_2=22.5 \text{ pF}$  とした。このときの共振周波数  $f$  の理論値は式(1)より約 7,109 kHz となる。実際には VSWR が最小値を示した 7,108 kHz で送信し、受信電力を測定した。

また、受信電力を比較するため、1/4 波長の垂直型アンテナを基準アンテナとして同様の実験を行った。基準アンテナには 3.5/7/10/14/18/21/24/28/50 MHz 帯用短縮型ロッドアンテナ COMET 社製 HFJ-350M を使用し、大地に垂直に設置することで無指向性とした。基準アンテナは給電点の地上高を約 2 m の位置に設置した。カウンターポイズには  $3.5 \text{ mm}^2$  の燃線を使用した。

### 9. 2 結果と考察

実験で得られた指向性を図 12 に示す。アンテナの配置は赤枠で示している。基準アンテナは無指向性アンテナであり、受信電力は全ての受信点で -71.6 dBm であった。

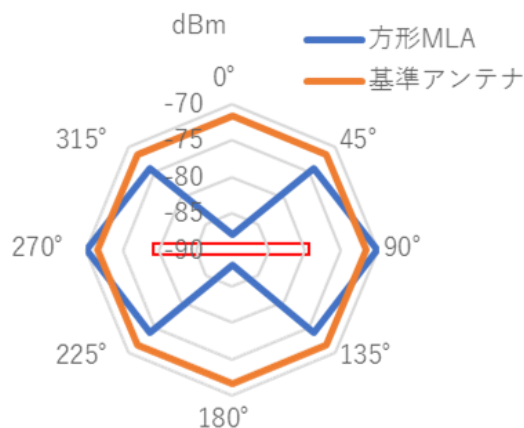


図 12 MLA の指向性

図 12 より MLA のループ面の延長方向に輻射が大きい

ことがわかる。それに対して、ループ面の垂直方向には輻射が非常に小さいことがわかる。また、基準アンテナとの比較ではループ面の延長方向において、基準アンテナ以上の受信電力があり、今回製作した MLA が性能面において優位性があることがわかった。

## 10. ファラデーリング設置角度の妥当性の確認

### 10.1 各種条件

「6. ファラデーリング設置角度実験」では VSWR とスミスチャートのみを評価項目としてループ設置角度を決定した。そこで、今回は受信電力を測定し、この角度の妥当性を検証する。

「9. 指向性測定実験」と同様の条件でループ設置角度を  $5^\circ$ 、 $35^\circ$ 、 $45^\circ$  としたときの受信電力を測定した。実験配置図を図 11 に示す。ただし、受信地点は図 12 で得られた指向性の最も強かった MLA のループ面の延長方向( $90^\circ$ )でのみ測定した。

### 10.2 結果と考察

実験結果を表 4 に示す。受信電力は負の値であるので、絶対値が小さいほど電波強度が強いことを意味する。

表 4 ファラデーリング設置角度と受信電力

ループ設置角度	受信電力[dBm]
$5^\circ$	-75.1
$35^\circ$	-70.1
$45^\circ$	-76.1

表 4 の結果から、ループ設置角度が  $35^\circ$  のときに受信電力が最大となった。

このことより、VSWR とスミスチャートを評価項目として決定したファラデーリング設置角度はアンテナからの輻射電力の面でも妥当であったことがわかった。

## 11. 通信実験

### 11.1 各種条件

無線機に、八重洲無線社製 FT-817ND を用い、2.5 W の出力で本校寝屋川キャンパスから通信実験を行った。MLA 条件値は  $L_2=2.84 \mu\text{H}$ 、 $C_1=154 \text{ pF}$ 、 $C_2=24 \text{ pF}$  とした。このときの共振周波数  $f$  の理論値は式(1)より約 7,079 kHz となる。

### 11.2 結果と考察

実際に VSWR が最小値をとったのは、7,081 kHz 付近でこのときの VSWR は 1.06 であった。VSWR 1.5 以下の範囲は 7,077 kHz~7,085 kHz であり、周波数帯域幅は 8 kHz であった。この通信実験の結果、2 局のアマチュア無線局と SSB モードで交信できた。交信時の情報を表 5

に示す。RS は相手局が受信した信号強度等を表す[7]。

表 5 通信実験結果

周波数 [kHz]	VS WR	反射電力 [%]	相手局 運用地	距離 [km]	RS
7,083	1.23	1.06	鈴鹿市	90	55
7,086	1.63	5.74	西尾市	130	59

送信出力 2.5 W という低出力で東海地方のアマチュア無線局と交信でき、それぞれ「55」、「59」の RS レポートが得られた。この結果から、製作した MLA の実用性が確かめられた。

### 12. むすび

本研究では  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  の方形 MLA を製作した。この MLA は  $1 \text{ m}$  長の角パイプに分解可能で、円形 MLA より高い可搬性が実現できた。また、ファラデーリングの最適な設置角度を求め、東海地方のアマチュア無線局と交信できた。その後、運用時に参考となるアンテナの各種特性について測定した。

## 謝辞

本研究の遂行にあたって、マグネチックループアンテナの普及活動を推進されている MLA48 メンバーの村吉統一氏、戸越 俊郎氏、中島 一氏、原田 要之助氏からさまざまな助言を頂きました。また、同じ研究室の平松 陽希氏、大阪公立大学高専無線研究会の東野 隼士氏には実験を行うにあたり協力していただきました。ここに御礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] 下地安男, 2015, CQ ham radio 2015 年 8 月号, Vol.70, No.8, pp.91-95, CQ 出版
- [2] 村井, 重井ほか, 2016, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, Vol.50, pp.75-80
- [3] 小暮裕明, 小暮芳江, 2013, コンパクト・アンテナの理論と実践[入門編], pp.71-73, CQ 出版  
[http://home.j00.itscom.net/kce/files/MLABasicsV2d\\_1.pdf](http://home.j00.itscom.net/kce/files/MLABasicsV2d_1.pdf)
- [4] 川上太知, 電気回路 II (Electric Circuit II, 最終閲覧日 2023-8-24, [https://www2-kawakami.ct.osakafu-u.ac.jp/omu-content/uploads/sites/1161/Lecture\\_Data/Electric\\_Circuit\\_II/01\\_Lecture/11\\_lecture\\_electric\\_circuit\\_II.pdf](https://www2-kawakami.ct.osakafu-u.ac.jp/omu-content/uploads/sites/1161/Lecture_Data/Electric_Circuit_II/01_Lecture/11_lecture_electric_circuit_II.pdf))
- [5] 鹿子嶋憲一, 2003, 光・電磁波工学, 電子情報通信学会編, pp.51,91-95, pp.133-141, コロナ
- [6] 中島一, 2017, 別冊 CQ ham radio QEX Japan No.25 2017.12 Winter, Vol.11, No.4, pp.48-52, CQ 出版
- [7] 重井, 黒田ほか, 2014 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, Vol.48, pp.53-56

# 2022 年度 FARAD 活動報告

野田達夫\*, 勇 地有理\*\*, 安藤太一\*

## 2022 FARAD Annual Activity Report

Tatsuo NODA\*, Chiari ISAMI\*\* and Hirokazu ANDO\*

### 要旨

FARAD (ファラッド) は、大阪公立大学工業高等専門学校<sup>1</sup>の学生と教員による有志団体であり、小中学生を対象とした実験教室を開催することを目的として 2022 年 6 月に結成した。FARAD が開催する実験教室では、教員ではなく学生が講座内容検討や教材作成を行い、実験教室当日も学生が講師を務める。教員は、学生の活動のサポートやスケジュール管理、実験教室開催へ向けた学内外との調整など裏方を担当しており、活動の主体は学生にあることが FARAD の特徴である。本稿では、2022 年 6 月の結成から 2023 年 3 月の期間に FARAD が開催した実験教室 3 件 (対面 2 件、オンライン 1 件) について、概要を報告する。

**キーワード:** FARAD, 実験教室, 学生主体, 機械学習, 画像認識, Scratch, 化学実験, オンライン

### 1. はじめに

大阪公立大学工業高等専門学校 (以下、本校) では、2020 年度より「理数系教育推進プログラム」と称し、本校学生が中心となって児童・生徒向けの実験教室 (公開講座や出前授業) を実施する取り組みを開始した [1]。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、本校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。

2022 年度には「理数系教育推進プログラム」を実行する組織として、学生と教員による有志団体 FARAD (ファラッド) を結成した。FARAD は、コンデンサ (キャパシタ) などの静電容量の単位として知られている。人間が学習をする際、「読む、聞く、見る」のように自分の中に情報を取り入れること (インプット) だけでなく、「書く、話す、表現する」など取り込んだ情報を自分の中で咀嚼して別の誰かに伝える、あるいは実際に行動を起こしてみること (アウトプット) が、知識を身につける上での鍵となる。この学習のモデルが、電気を蓄えたり (インプット)、放出したり (アウトプット) するコンデンサとイメ

ージに近いことから、その蓄えられる電気量の単位である FARAD という語に着目した。また、この FARAD という単位の語源となったマイケル・ファラデーという科学者自身も、「ロウソクの科学 [2]」の書籍で知られるような少年・少女向けの講演を数多く行っており、その業績に敬意を表している。

本稿では、有志団体 FARAD が 2022 年度に実施した公開講座 3 件について、それらの取り組みの内容や参加者アンケートの集計結果について述べる。

### 2. 各講座の概要

#### 公開講座「ゼロから始める機械学習—Scratch で画像認識ゲーム作り—」

2022 年 9 月 26 日 (月) および 28 日 (水) に、「ゼロから始める機械学習—Scratch で画像認識ゲーム作り—」と題したプログラミング教室を開催した。両日とも「Stretch3」と呼ばれる拡張型 Scratch [3] を用いた機械学習と画像認識をテーマとしているが、26 日 (月) と 28 日 (水) では講師を担当する FARAD 学生チームが異なり、講座内容も各チームの特色が現れるものとなった。26 日 (月) は、カメラに映した手の形を認識させ、画面上のキャラクターと親指ゲーム (掛け声とともに親指を上げたり下げたりし、参加者全員が上げた親指の合計数を言い当てるゲーム。関西では「いっせーの一で」と呼ばれるなど地域によって呼び方は異なる) で勝負するプログラムを、28 日 (水) は、カメラに映した手の形を認識させ、その手の形によって画面上のキャラクターが動くプログラムを教材

2023 年 9 月 1 日 受理

\* 総合工学システム学科 エレクトロニクスコース  
(Dept. of Technological Systems : Electronics Course)

\*\* 総合工学システム学科 プロダクトデザインコース  
(Dept. of Technological Systems : Product Design Course)

とした。

本講座には両日あわせて中学生 6 名が参加した。アンケートでは「今日は楽しかったですか?」の質問に対して、「とても楽しかった」が 5 名、「楽しかった」が 1 名の回答があった。また、「ブロックをつなげていく, 同じ形の枠にはめ込むとプログラムができるというのに感動した」、「とても親切に教えてくれてすごくいい経験になった」などのコメントを頂いた。

### 公開講座「第 26 回 子と親の楽しいかがく教室」

2022 年 11 月 12 日 (土) および 13 日 (日) に、「第 26 回 子と親の楽しいかがく教室」を開催した。「子と親の楽しいかがく教室」は、毎年秋ごろに開催している公開講座で、日本化学会近畿支部の後援のもと、本校化学系の教員を中心にこれまで実施してきた。参加者は複数ある実験テーマの中から希望のものを 1 つ選択する形をとっており、「第 26 回 子と親の楽しいかがく教室」では、「白い煙とともに色が変わる不思議な液」、「電池をつくろう」といった教員が実施する 2 つの実験テーマに加え、FARAD の学生チームが実験テーマを 1 つ担当した。12 日 (土) と 13 日 (日) では講師を担当する FARAD 学生チームが異なり、12 日 (土) は「芳香剤をつくろう」、13 日 (日) は「アロマキャンドルをつくろう」のテーマで実施した。

12 日 (土) の「芳香剤をつくろう」では、吸水性ポリマーに水を吸わせてゲル状にし、色をつけたり香りをつけたりして芳香剤を作製する内容とした。小学生高学年と保護者のペア 3 組が参加し、「今日は楽しかったですか?」の質問に対して、「とても楽しかった」と 3 組全てから回答があった。また、「化学にふれあう機会ができて勉強になりました」、「自分なりの芳香剤をつくれてよかった」などのコメントを頂いた。

13 日 (日) は「アロマキャンドルをつくろう」では、ロウソクを溶かして円筒状に固め、色をつけたり香りをつけたりしてアロマキャンドルを作製する内容とした。小学生高学年と保護者のペア 5 組が参加し、「今日は楽しかったですか?」の質問に対して、「とても楽しかった」が 4 組、「楽しかった」が 1 組の回答があった。また、「なかなか家ではできないので、いい経験になった」、「自宅でも作れると聞いて作ってみたいと思った」などのコメントを頂いた。

### 公開講座「水と油がまざる?! マヨネーズ作り」

2023 年 3 月 31 日 (金) に、「水と油がまざる?! マヨネーズ作り」と題したオンライン公開講座を Zoom 配信にて開催した。著者が知る限り、本校初のライブ配信型実

験教室である。本講座では対面形式と異なり、ライブ配信される映像を見ながら参加者は自宅で実験を行う形となる。家庭でも準備可能なものを用い、なおかつ危険な作業が伴わないものとして、マヨネーズ作りをテーマに設定した。当日の配信では、講師役の学生がしながら YouTuber のようなノリを見せつつ、画面の向こうの参加者とチャットでやり取りしながらマヨネーズ作りを行った。なお、機材配置や配信作業の裏側などの詳細については文献 [4] を参考にして頂きたい。

本講座には、小学生高学年と保護者のペア 4 組が参加し、3 組からアンケートの回答が得られた。「講座内容について楽しかったですか?」の質問に対して、「とても楽しかった」が 2 組、「楽しかった」が 1 組の回答があった。また、「少しずつ油を落とし、変化を観察しながらマヨネーズを作る事に、さすが高専の学生と感心した」、「学生さんのテンションが高く最後まで楽しく作れた」とのコメントを頂いた。

### 3. おわりに

本稿では、2022 年度に有志団体 FARAD が実施した公開講座の概要についてのみ焦点を絞って報告した。2023 年度も公開講座の実施を予定しており、3D プリンタやロボットプログラミングを取り入れた講座の実施に向けて準備を進めている。活動を通じて学生がどのような学びを得たかは、アンケート分析等を行った上で、今後報告をさせて頂く予定である。

### 謝辞

有志団体 FARAD へ参加し、本稿にて紹介した公開講座を実施した学生の皆様、また FARAD の活動へご協力・ご支援を頂いた教職員の皆様に感謝を申し上げます。

### 参考文献

- [1] 野田達夫, 安藤太一, 山下良樹, 勇 地有理, 田中翔吾, 中田裕一:「高専生を主体とした動画教材作成の試み」, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, 第 55 巻, pp. 17-22 (2022).
- [2] マイケル・ファラデー 著, 竹内敬人 訳:「ロウソクの科学」, 岩波文庫 (2010).
- [3] 石原淳也, 倉本 大資 著, 阿部和広 監修:「Scratch ではじめる機械学習—作りながら楽しく学べる AI プログラミング」, オライリー・ジャパン (2020).
- [4] 野田 達夫・勇 地有理・安藤 太一:「高専生によるオンライン公開講座の取り組み」, 日本高専学会 第 29 回年会講演会 講演要旨集, B1-2 (2023).

# 2022 年度アカデミック・ポートフォリオ 作成ワークショップ開催報告

北野健一<sup>\*1</sup>, 川上太知<sup>\*2</sup>, 金田忠裕<sup>\*2</sup>, 東田卓<sup>\*2</sup>

## A Report on the Workshop of Academic Portfolio in 2022

Ken'ichi KITANO<sup>\*1</sup>, Taichi KAWAKAMI<sup>\*2</sup>,  
Tadahiro KANEDA<sup>\*2</sup> and Suguru HIGASHIDA<sup>\*2</sup>

### 要旨

大阪公立大学高専は、2012年3月に全国の高等教育機関で初めて学内・対面でアカデミック・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ウイルスの流行により、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、2021年度にオンライン型のワークショップを2回、2022年度も2回開催することができた。本稿では、2022年度に開催したアカデミック・ポートフォリオ作成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、スーパーバイザーの立場から述べる。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:** アカデミック・ポートフォリオ, 教育改善, 統合, メンティー, メンター, ワークショップ

### 1. はじめに

アカデミック・ポートフォリオ(以下AP)とは、「教育、研究、サービス活動(社会貢献・管理運営等)の業績についての自己省察による記述部分およびその記述を裏付ける根拠資料の集合体であり、教員の最も重要な成果に関する情報をまとめた記録」である[1]。

APの最大の特徴は、教育・研究・サービス活動、互いの連携・寄与について考察する「統合」の章にある。また、これまでの成果から最も自分が誇りに思うものを3つあげて記すこともAPの大きな特徴である(これは、教育1つ、研究1つ、サービス活動1つと決まっているわけではなく、教育を重要視する教員ならば教育から3つ選ぶ等、教員の活動スタイルにあわせることができる)。

さらに、将来達成したい目標を3つ記す点も「業績リスト」と大きく異なる点である。これらを十分な自己省察を行いながら記述していく。APは一人で作成し完成させることも可能だが、ワークショップ(以下WS)に参加

し、メンター(AP作成経験のある教員)の助言とサポートを得ながら一気に書き上げることで完成度も質も高めることができる。WSでは複数回の個人メンタリングがスケジュールの中に組み込まれている。それ以外の時間は基本的に自らの活動を省みつつ行う個人作業が中心であり、適宜作成途中のAPをメンターに提出し、メンタリングを受ける。そこでの助言をもとに改訂を重ね、最終的にAPを完成させる。詳しくは、ピーター・セルディンらの書籍を参考にされたい[1]。

2012年3月、大阪公立大学高専(当時は大阪府立大学高専、以下本校)は、全国の高等教育機関で初めて単一教育機関内AP作成WSを開催した[2]。その後もFD活動として、継続的にAPに取り組んでいる。また、それに先駆けて2008年度から、教育に特化したティーチング・ポートフォリオ(TP)、2012年度からは、事務職員のスタッフ・ポートフォリオ(SP)に取り組んでいる。

本校は2019年度までTP/AP/SP作成WSを、年2回夏と冬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、夏は中止となり、冬はオンラインでTP作成WSのみ開催した[3]。2021年度よりTP作成WSに加え、AP作成WSをオンラインで9月と12月の2回開催している[4]。

本稿では、2022年度に開催したAP作成WSの概要につ

2023年9月1日 受理

\*1 総合工学システム学科 一般科目系

(Dept. of Technological Systems : Liberal Arts)

\*2 エレクトロニクスコース (Electronics Course)

いて説明し、アンケート結果を基に対面開催との差異について考察する。

## 2. ワークショップの概要

表1に開催したWSの主なスケジュールを示す。なお、このスケジュールは9月、12月ともに共通である。また、AP作成WSと同時に、TP作成WSを同日程で開催した。第3日午後の「APプレゼンテーション」では、作成したAPの理念や教育方法等をA4サイズ1枚のレジュメにまとめて発表することを修了証授与の要件とした。その際、教育、研究、サービス活動の互いの連携・寄与が良くわかるように、教育・研究・サービス活動、それぞれを表す3つの円を重ねた「APチャート(三相図)」および目標をレジュメの中に記してもらった。

表2に開催したWSの参加者数を記す。なお第20回のメンティー1名および第21回のメンティー1名はSAP(Structured Academic Portfolio: 構造化アカデミック・ポートフォリオ) [5] コースの参加者である。ここでAPとSAPの違いを述べる。APはTPを作成済であることが前提であり、TPの凝縮版に研究、サービス活動とこれらの統合に関する記述を加える方式で作成する。一方、SAPはTPの作成を前提としておらず、事前課題としてSAPチャートを作成することで3日間のWSでAPを完成させる。

表1 開催した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 APチャート作成	個人メンタリング(3) AP作成作業	個人メンタリング(5) AP作成作業
午後	個人メンタリング(1) AP作成作業 個人メンタリング(2)	中間発表 AP作成作業 個人メンタリング(4)	AP作成作業 プレゼン準備 APプレゼンテーション 修了式
夜間	意見交換会 AP作成作業	AP作成作業	修了を祝う会

表2 開催したWSの参加者数

	メンティー	メンター	スーパーバイザー
第20回(9月)	4名(うち学外3名)	4名(うち学外2名)	1名(うち学外0名)
第21回(12月)	2名(うち学外2名)	2名(うち学外0名)	1名(うち学外0名)

## 3. アカデミック・ポートフォリオを執筆して

アカデミック・ポートフォリオを作成して(青柳智子)

今回、アカデミック・ポートフォリオ(AP)を作成したきっかけは、2022年9月に東京大学で実施された「インタラクティブ・ティーチングリアルセッション」にある。私は普段、大学や専門学校の非常勤講師としてキャリア・デザインを担当している。キャリア・デザインという正解のないもの、一人ひとり異なるものを教育現場でイチ科目としてどの学生にもわかりやすく伝えていくにはどのような授業をつくっていくべきか悩んでいた際にこのセッションに参加した。そこで、自分がこれまで自身の専門性に頼りすぎていたこと、もっと学生が目線に立つことが重要であることを実感した。以前から分かっていたはずのことができていなかったことを痛感したのである。多くの学びを得たセッション終了時に案内頂いたので、今回のAP作成であった。独りよがりの授業ではなく、双方向の授業を実現することで学生の理解をより促進しようと心に決めた私にとって、AP作成を通じて自分自身の授業や活動を振り返り、言語化する機会は必要不可欠だと感じたのである。

AP作成を進める中でこれまでに実践した授業や活動を整理していると、多様さの中にも一貫して自分自身が大切にしていること、追求していることが見える瞬間があり、それが理念につながっていることを改めて感じた。また、教育、サービス、研究と分類して考えることで、実践の中で課題感を持っていたことにじっくりと向き合うことができ、今後取り組むべきアクションが明確になった。特に、研究については目標に置きたい項目が多くあったため、APのタイトルを「教育とサービスの省察とこれからの研究」とした。

このように書くとなんまりと作成できたように捉えられるかもしれないが、これらの気づきには決して一人では辿り着けなかったと思う。メンターの方が丁寧に粘り強く問いかけて下さったことによって、多くの新たな視点をいただき、内省を深めることができた。

作成してから半年が経つ現在も、AP作成の経験は私の活動の道標となっている。そして、メンターの先生方が仰っていた「作成した後が重要である」ということを実感している。実際に目標に向かって動き出すことにより明らかになることが多々あり、変化することもあるため、今後もタイミングを見てAPを更新していきたいと考えている。

最後に、オンラインという状況でも常に安心安全な場づくりをしてくださった北野先生をはじめ、メンターとして伴走してくださった金田先生や関係者の皆様にご心より感謝を申し上げます。



### アカデミック・ポートフォリオを作成して（飯野矢住代）

2021 年度にティーチング・ポートフォリオを作成し、自分が大切にしていたことに確信が持て、また、そのことで学生と一緒に働く仲間に、自分の考えとして迷いなく伝えることができるようになり、わずかではあるが教育活動がやりやすくなった。このような経験からアカデミック・ポートフォリオを作成することで、さらにいい方向に進むのではないかと思った。私の大学教員としての三つの実践（教育、研究、サービス）を接近させたり、俯瞰したり、先を見たりしてみたいとも考えた。

アカデミック・ポートフォリオ作成にあたって、まずはティーチング・ポートフォリオを凝縮することが求められているため、改めてティーチング・ポートフォリオを見直し、更新することにした。その結果、改めて実践力のある保健医療専門職の育成を目指して学生と関わってきたことがわかった。実践力とは、頭で考えて、手を使って、ところを添えることができ、それらに責任を持つことであると考えてきたが、さらに個を大切にしながら、社会や地域に働きかける視点、個と集団を見通せる広い視野を持って考える思考（バランス）は大切だという考えに至った。また、育成にあたり、授業の冒頭で丁寧に説明することや説明にあたっては丁寧に準備を行うようにしてきたことがわかり、専門職を育成することは、人生を生きる、生き抜くことにも通じる思考、実践だと考えるに至った。私にとって、ティーチング・ポートフォリオの更新はとても重要であった。その後、アカデミック・ポートフォリオを作成し、教育、研究、サービスは単一ではなく、例えばスタートは教育であったとしても、その中にサービスと研究の視点を持ち合わせ三方向で考えていく。そういった思考のもと大学教員として役割を果たしてきたことがわかった。また、改めて、今の私があるのは、多くの人々との出会いだと感じた。今まで出会ったすべての皆さんに感謝したいと強く思った。まだすっきりしないところもあるが、私が大切に考えてきたことが少し見え、そこに至るまでを意識化できたことはよかったと思っている。自分自身で、まあ、頑張ってきたのではないかと少しだけ思える時間でもあった。そして、今後も自分の考え（先人たちからものも含め）を受け継いでくれた人たちを社会に送り出していきたいとも思っている。

ティーチング・ポートフォリオ、アカデミック・ポートフォリオ作成の際、長期目標として掲げたことが願い叶うような不思議な経験をしている。ことば（公言することや活字にすること）にする力が加わっているのではないかとも思っている。

作成過程は決して容易いものではない。自分が何をしてきたのか見失ってしまいそうなきもある。そんなとき、メンターとして伴走してくださった東田さんには幾度となく助けられた。こころより感謝している。また、ワークショップで一緒だった北野さんはじめ皆様にお礼申し上げたい。

### AP を執筆して（岡崎昭仁）

確か、夜な夜な TP 研究会の勉強会に参加した際に、北野先生から本 WS の紹介があり、申し込んでみたら、参加できることになり、先ずは TP を書いた。その半年後であろうか、続いて AP を書くことにした。さて、執筆してみた感想と書くことの意義について述べてみることにする。その前に、昨今では学生の学修成果を測定するツールに『ショーケース・ポートフォリオ』があるようである。就活などに備えて、厳選した成果を示すようで、何か TP や AP と似ていると感じている。さて、AP を執筆した感想について書くことにする。

既に TP を書いていたので、これを短縮化して、『研究』と『サービス』を付加すれば良い、というわけではない、と WS では痛感することになる。各々を書いた後に、『統合』という作業がある。結局、教員としてのコアは何だろうか？なぜに教員をしているのだ？なぜに研究と教育をするのか？その関連性は？学内の委員会なんて教育と研究に関係ないよね？・・・等々、迷走が始まる。そう、研究費の申請書や学術論文を書いているような濃い霧が立ち込めた沼地を孤独に彷徨っているような境地に陥る。辛い彷徨の時間である。

このような時間を過ごし、自分なりの考えを持つと、『メンター』が話をじっくりと聴いてくれて、様々な質問を投げかけてくれる。何とというか、共感と気づきを与えてくれる（この時間を『メンタリング』というようだ）メンタリングが終わると、再び、沼地に降り立つが、メンタリングを重ねるごとに、霧が薄くなり、足場も固く、何か遠くに目指すべき場所が見えてくるような感じになる。この時間は二日間であつたろうか、続くのである。一日目の夜であろうか、就寝していると、『止めてしまえ、楽になれ』と何者かが囁いていた。WS の間、三日間は、居室をノックする何者も無視して、集中する気概が必要である。

二日目の夜か、三日目の朝か、定かではないが、『あっ！』と気づきを得た。後は書くだけ、一気に作業は進むのである。多分、一人では到達できず、メンターの先生、スーパーバイザーの先生、そしてメンタリングチームの後押しがあつての気づきである。気づくのは執筆する本人だが、そこまでの過程には、メンタリングチームの存在価値は極めて大きい。

AP を書いて以降、所属機関で TP チャート WS と SAP チャート WS を開催している。自身を振り返って、より良い教員生活を送る教員が一人でも増えることを願っている。

#### AP を執筆して (鴨下顕彦)

2022 年 9 月に大阪公立大高専での AP 作成ワークショップへの参加の貴重な機会をいただいた。大変意義深いワークショップを開催くださった、大阪公立大高専の先生方、とくにスーパーバイザーの北野健一教授、東田卓教授、メンターの金田忠裕教授に感謝しながら報告する。

#### 経緯

先立って、2022 年 4~7 月に、東京大学の第 19 回 Future Faculty Program を受講し、栗田佳代子教授の指導で、SAP チャートを作成した。続きとして AP 作成があることも紹介され、タイミングよくこのワークショップを受講できた。

SAP チャート作成と AP 作成では、教員の外的な成果だけでなく、考え方や影響を与えた出来事や出会いをも抱合していた。人格的なものを大切にす視点に共感した。教育業績として、担当講義がリストされ、指導学生数が記載されることはある。AP 作成には、このような教育評価としての役割もあるが、個人の生き方まで掘り下げていて、作成者をより懇ろに扱っているように思う。

#### 執筆

ワークショップ初日の途中のファイルを見返すと、指導いただいた項目にしたがって、SAP チャートでまとめた内容や途中の文章が貼り付けられていた。そこから 3 日目のプレゼンを意識して、ベン図の作成、つまり、教育、研究、サービスの 3 領域の統合をめざしながら進められた。自分を振り返るための集中が必要であった。SAP チャートで輪郭はできていたが、そこからの文章化は骨が折れる長い行程であった。メンターを引き受けくださった金田忠裕教授との面談がなければ、たどり着けなかったろう。有益な助言をいただいた。例えば、どういう研究手法があるのかリストしては、とか、この表は作りましょう、これはどういう意味なのですか、研究室の学生に読んでもらってみてはどうか、等。自分の考えも曖昧であった所もあり、それを受け止めるメンターの仕事、そのメンターを支える体制は、大変であったろう。ワークショップでは、参加者同士の「意見交換会」(初日夜)、参加任意の「修了を祝う会」(最終日夜)があったが、経歴の異なる意識の高い参加者と語った機会も貴重で、懐かしい。

#### 効用

おかげをもって、とにかく第 1 版が出来上がり、10 月に HP でも公開した。研究室で学生たちに読んでもらった。その後人事案件が起こり、部局長や、選考委員にも AP が読まれることにもなった。「農学の倫理をどのように考えているのか」という質問を受け、さらに、自身の考え方や今後の方向性を考える契機ともなった。現在に至るまで、修正を続けており(最新版は 2023. 6. 30)、また留学生のことも考えて、英語版も作成して公開している。今後改訂をしたい。

東南アジアに出張した際に、若手の共同研究者と、AP のことを話題にしてみたことがある。個人の能力と生き方を尊重しながら作成される AP は、外国の研究者たちにとっても、有益であるように感じた。AP 作成のノウハウが広く伝えられてゆき、国籍を超えて、多くの方がこのことから益を受けることを願う。

#### AP を執筆して (川上太知)

私はこれまで、ティーチング・ポートフォリオの方をメンター及びメンターの両方を経験したが、今回は昇任人事に伴い、アカデミック・ポートフォリオのメンターを体験し、自分なりのポートフォリオを執筆した。ワークショップはコロナの影響も考慮してオンラインでのメンターとの対話となった。自身が対面での経験しか無く、会議室に寿司詰めになって執筆するという印象があったため、オンラインでの対話や自身の研究室で一人で執筆するというのは少しの寂しさとも一抹の不安を覚えたものである。

メンターは本ワークショップに何度もメンターで参加してくださっている福井高専の長水先生にご担当いただいた。長水先生は非常に丁寧にこちらの考えを聞いてくださり、TP からのブラッシュアップを行うことができた。振り返ると過去のメンターの方も温かな方で、私の根底にある考え方をうまく引き出してくれるような話し方であり、TP を経験しているためか、私としては AP 執筆作業は TP 執筆の時よりも順調に進んだように思われ、いつしか当初の緊張もほぐれていた。

私の TP は「守破離」をテーマにしたものであり、着任初年度に TP を執筆して以来、自身の教育の根底に力強く根付いている。実際に、守破離を念頭に高専教育を続けていくうちに研究室も非常に大きくなり、私自身も様々な仕事を任せてもらえるなど良い指針となっている。

そのため、その TP の内容を軸に、より広く深い自身の指針となるような AP が執筆できればと思いき長水先生と話し合った。

そのなかで、長水先生は「教育理念として守破離を掲げているが、守破離は方法論に近いかもしれない。なぜ

川上先生は守破離を大事にしているのかという部分を突き詰めてはどうか。」ということをお願いした。

私自身は目から鱗が落ちるように感心し、今まで掲げていた守破離はまだ根底にあるものではないのではないのかという大きな気づきを得ることができた。そこからは守破離を自身の教育方法の一つと捉え、自身の根底にあるものについて長水先生と話し合いながらなんとか引き出すことができた。

このようにして、コロナの影響がまだ落ち着かない中のオンライン対応 APWS ではあったが、メンターの長水先生をはじめとする皆様の多大なサポートのおかげで無事に書ききることができ、自身の教育の根底を再発見・再確認・再構築することができた。改めて自身も良いメンターになりたいと感じた。

#### 4. メンターを担当して

##### オンライン AP メンターを経験して (金成明美)

自分自身の TP, AP ともに大阪府大高専 (現大阪公立大高専) で書かせていただき、そのご恩返しというおこがましいのだが、メンターのご依頼があるたびに、どのようなご縁が繋がるのだろうか? と半ば期待を胸に、メンターとして参加している。

今回は、オンラインであることで3つの心配が頭をよぎった。「長時間の Web システム使用に、私自身が所属する大学のシステムが耐えられるのだろうか」、「対面型の WS でおこなっていたメンターとしての経験は通用するのだろうか」、「オンラインという特性から、画面に現れない視線の揺らぎなど、ノンバーバルコミュニケーション部分を読み取ることができるだろうか」である。結論としては、対面型 WS もオンライン WS でも、メンタリングそのものには大きな差はないということが、今回の発見である。

Web システムに関して、高専側の最大支援による Zoom や Google Classroom 機能のフル活用で、伴走者として3日間完走することが出来た。所属大学校舎の大規模停電で、急遽別の部屋を探し、オンライン中継が途切れるたびに PC を複数台渡り歩いたことは、そのときは大変な思いであったが、今は「あれも乗り越えられた」というおかしな方向の自信に繋がっている。また、メンタリングについては、メンターミーティング時に担当メンターとしての見落としにはメンター陣とスーパーバイザーからの適切な方向性の指示や参考意見もいただきながら、メンティーが心の奥深くにしまい込み、見せたくないのか、はたまた見たくないのかを、画面上に現れないノンバ

ーバルな部分についても、想像し、引き出し、確認し合う作業を繰り返した。コミュニケーション不足については、オンラインの「限界」という単語が頭をよぎったが、論語で言うところの「今、汝画れり」の教えのように、限界と決めつけることが人間の可能性を狭めていると自ら励ました。

さて、今回の出会いも大学人としての自分を見つめ直す機会となった。AP の場合、幼少期から今までの人生観も含めて生活歴そのものを受け止め、メンティーらしさを表現する AP (教育・研究・サービス) の中心はどこか? メンティーが悩み、言葉を見つけ出すことに戸惑い、伴奏者としてともに時には言葉の海に潜り、漂い、コアを見つけ出して浮上する、その瞬間に立ち会えた瞬間、感動したと同時に、自分自身の課題と解決策にまでも光が差すように感じた。APWS での経験は、大学人として支え合う互助、共助、そして変革する教育システムの荒波にも負けずに乗り越える自助の力について、改めて再認識させてくれたことに、大変感謝している。

##### オンライン APWS でメンターを経験して (金田忠裕)

コロナ禍の APWS、当初は対面で出来ていたことがオンラインで出来るのかという不安があった。しかしながら、所属学会の講演会や、学校の授業などでも同様の問題があり、手探り状態で利用できるツールの長所短所がわかり、ここ3年でオンラインの APWS のスタイルが出来上がった気がする。対面で実施してきたイベント等をオンラインで実施する場合に利用した機能を表3に示す。

表3 オンライン WS に利用した機能

利用した機能	イベント等
Zoom のブレイクアウトルーム	メインミーティング (MT)・メンター MT・個別 MT・最終プレゼン
Google の Classroom 機能	資料の保管と提出
Google のスライド機能	To be a good mentor
メールと電話	接続できない方への対応

このように対面で実施してきたイベントを全て網羅できた気がする。これも本校の TP 研究会のリーダーである北野健一氏をはじめとして、研究会全員の協力があったからだと感謝している。

次に対面 WS と比較した長所と短所を表4に示す。

表 4 オンライン WS における長所と短所

長所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・旅費・宿泊費や時間などの面で、遠方の方でも参加の敷居が低くなった</li> <li>・印刷する手間が省ける</li> </ul>
短所	<ul style="list-style-type: none"> <li>・メンタリングで相手の言動が察知しづらい</li> <li>・俯瞰図が画面上に制限される</li> <li>・ワンテンポ遅れての反応になる</li> </ul>

最後に TP/AP メンタースキルにナラティブ・アプローチの技法が使われているとわかったことから[6]、オンライン WS について、これらの技法が十分に発揮できたかを考察してみる。

マイケル・ホワイト氏が提唱した 6 つの技法「外在化する会話」「再著述する会話」「リ・メンバリングする会話」「定義的祝祭」「ユニークな結果を際立たせる会話」「足場作り会話」は本来、対面でおこなうナラティブ・セラピーで利用されるスキルである。しかし、オンラインでもタイミングが少し遅れるかもしれないが、利用できるスキルであることがわかった。

今後の課題は表 4 に示した短所の部分を如何に個人的に補うかだと考えている。モニター画面が大きければ、作成した AP を比較することが可能であり、俯瞰図を拡大することでわかりやすくなり、メンタリングを進めるためには都合が良いと言える。ただし、「察知」と「タイミング」は画面を通すとどうしても時間的にズレてしまうため、何か別の手段を検討したいと考えている。

#### オンライン APWS でメンターを経験して（長水壽寛）

2022 年 9 月の WS で、AP のメンターを担当することになった。それまでに、オンラインでのメンターを 3 回経験し、オンラインの WS にもそれなりに慣れてきたところであった。

オンライン WS での AP 作成作業は、結局のところ個人作業となる。対面での WS では、大部屋で、他のメンティーと一緒に作業していることで、ある種の仲間意識も芽生え、お互いにいろんな影響を感じることができる。またメンターとしては、実際に作成の様子を確認することができないのは、多少なりとももどかしさを感じていた。しかしその反面、メンターミーティングで、他のメンティーそれぞれの原稿を Google Classroom 上で共有することができ、資料の共有、デジタル化など、対面の WS でも使える手法が増えたと思われた。

今回担当したメンティーは 6 年目の高専教員であった。普段からいろんなことを考えながら教育活動、研究活動をされており、いつものことではあるが、今回の WS でもメンティーから多くのことを学ばせて頂いた。

AP では、教育活動以外に、研究活動、サービスを加え

て、これら 3 つの要素をまとめ、その関係性からメンティー自身の教員としての特徴（コア）を再度確認する必要がある。WS の期間中、メンティーはこれまでの活動を振り返り、文章化し、コアを探し、見つける作業を繰り返す。メンターはそのお手伝いを行うのであるが、私自身は、初めての AP のメンターということもあり、いつも以上に、「メンティーの中にあるものを引き出せているだろうか」、「上手く整理できているだろうか」、「ちゃんと伴走出来ているだろうか」と、問いかけながらの WS であった。これもいつものこととはいえ、メンターミーティングでは、チームとして皆さんに支えて頂いた。本当に有り難かった。

カバーページ作成は、メンティーが文章化しているものを図式化し、関係性を構造的に整理する作業となる。私自身の AP 作成ではこのカバーページ作成がかなりの難産であったが、カバーページ作成の過程が WS にとってはとても重要であると感じている。今回も、メンティーが WS を通して、自分自身の中にある大切な言葉を見つけ、気づいてもらえたとしたら幸いである。

毎年この学び多い WS に参加させて頂き、大阪公立大学高専のスタッフの皆さんには本当に感謝します。オンラインでの WS が続いているが、この期間に培ったノウハウや気づきを、対面 WS で活かせる日が待ち遠しい。

#### メンターを担当して（東田卓）

自分自身の AP を 2011 年に執筆して 12 年が経ち、AP のメンターは今回で 13 回目となった。AP は教育・研究・サービスの 3 点を振り返り、その核（コア）を見いだしつつ、自身の大学人としての立ち位置を見出すことに意義がある。今回、2022 年の夏と冬に 2 名の方の AP メンターをオンラインで担当させていただいた。オンラインの学会やオンラインのシンポジウムは旅費も掛らず、移動の必要もないことから、気軽に参加できるメリットが大きい。しかし、AP のワークショップに関してはメリットばかりでは無い。メンターとして全力で対応し、お話しも傾聴するのではあるが、どうしても互いに見えない距離を感じる事が多いし、パソコンディスプレイの画面越しで本当にラポールが形成できているのかわかりにくいところもある。対面の場合、最初はぎこちなく個人メンタリングを始めても、初日に意見交換会をし、飲食をしながらメンター・メンティー、メンティー同士で職場の雰囲気話をしながら和気藹々として、膝を突き合わせながら心を和ませていく。執筆の合間にお茶を飲みながらメンター外のメンティーとお話をして、ティーチング・ポートフォリオの考え方の視野を広げるなど、対面ワークショップならではの仕掛けがたくさん用意されている。それが、オンラインとなるとたった一枚のディス

プレイ画面越しでのみ、それも1時間などの制約の中で個人メンタリングを行う。メンティー側も個人メンタリングの時間以外は孤独に執筆することになる。(時として、個人の研究室で書かれている場合は飛び入りの雑用が入ることも多々ある。) まだまだ、オンラインでのワークショップに慣れない中、今回も全力で取り組ませていただいた。うち1名の方はTPのワークショップを他大学で書かれていて、当時はTPは完成したものの、まだTPに得心がいかれていないように感じた。APの2泊3日のワークショップでAPが完成をしつつも、肝心のTPについて再度見直していただくことにした。結果として、ワークショップ後、私にとって初めて「補習」をさせていただいた。年度終わりでもう一度オンラインメンタリングをして、ようやくTPの理念→方針→方法に一貫性が出て、お話を伺う限りとてもスッキリされたような感じがあった。メンタリングは正に一期一会、どう話すかによってポートフォリオの完成の形は違うかもしれないが、TPもAPもポートフォリオの最終はご本人のものであり、我々は常に伴走者としての意識は持たなければいけないと思いつつも、「こうすればよかったか？」などの自責の念も無いことは無いといつも感じている。2023年から対面をベースにワークショップが復活と聞いており、オンラインの時よりは少し気楽に、またメンターを楽しんでお受けできると感じている。

## 5. スーパーバイザーを担当して

### スーパーバイザーを担当して (東田卓)

2022年度夏のWSにスーパーバイザー兼メンターとして参加した。スーパーバイザーは、5-6名程度のメンターチームで行われるメンターミーティングの統括を行う。今回は、AP作成4名(うちSAPと呼ばれる構造化AP作成者が1名)のメンターから構成されるメンターチームのメンターミーティングを担当することとなった。今回、私はAPのメンターをしつつのスーパーバイザーである。今回はAPのメンターも経験豊かな方ばかりであったので、スーパーバイザーとして一番重要なメンターミーティングのマネジメントも比較的楽にさせていただいた。メンターミーティングというメンター同士の会議の中で、直接メンタリングするわけではないが、メンターを通して感じるメンティーの人となりを感じながら、メンターミーティングをしている。自己省察がうまくいかない、執筆が進まないメンティーがいる中でもメンターミーティング内で情報共有して、次の個人メンタリングがうまくいくような意見交換を行う。また、スーパーバイザーは時には酒場の女将[7]的な、疲れたメンターを癒しつつ、メンターの聞き役としてメンターミーティングを進める

ことになる。今回も対面とは異なる難しいオンラインの環境でありながら、複数回のメンターミーティングを過ごすことができた。比較的メンター経験が少ないメンターが多い場合、メンターミーティングは経験の少ないメンターの「育成の場」となるが、ベテランのメンターが揃うと皆さんと一緒にになりながらメンタリングの方法を共有することがメンターミーティングの中心となる。経験豊かなメンターが多いメンターミーティングの場合、メンタリングのノウハウを学ぶ場でもあり、相互に大変勉強ができる。最後のプレゼンテーションで晴々とメンティーが話す様子を聴きながら、今回もこの2泊3日のワークショップを終えてほっとすることができた。今年以降、オンラインから対面に切り替わった場合は、是非以前のような「修了を祝う会」でスッキリしたメンティーと対面で乾杯したいものである。

## 6. メンティーの事後アンケート

WS終了後にメンティー4名にGoogle Formsでアンケートを実施した。6名中3名から回答が得られた(回答率50%)。表5にアンケート結果の一部を示す。

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、この2

表5 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 3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 3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)
5. ワークショップの成果について (3)アカデミック・ポートフォリオは自身の業務改善につながる (そう思う 3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 3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)

表6 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=6)	対面(n=41)
自身のキャリアにとって有意義な内容だったか		4.00	3.76
メンターからの助言は役に立ったか		4.00	3.80
自身の業務改善につながるか		3.83	3.63
全体的に満足できたか		4.00	3.88

年間のオンラインWSの効果を検証するため、表5に記した4個の質問項目について、2021年度のオンライン式WS参加者の回答(n=3)を加えて、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6に記す。この結果より、オンライン式においても、対面式と同程度以上の効果が出ていることが伺える。ただし、オンライン式の回答数がまだ少数のため、もっとサンプル数を増やした上で議論する必要がある。

## 7. おわりに

本校が2022年度に2回開催したAP作成WSについて報告した。2回ともオンラインで開催したが、AP作成だけを目的とすれば、対面WSとほぼ遜色ない効果が出ることがわかった。本校では今年度も9月5～7日と12月26～28日に、AP作成WSを開催する予定である。

## 謝辞

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

また、拙著に寄稿いただいた青柳智子氏(キャリアコンサルタント&グループ wellbeing)、飯野矢住代氏(広島国際大学)、岡崎昭仁氏(神奈川工科大学)、鴨下顕彦

氏(東京大学)、金成明美氏(東日本国際大学)、長水壽寛氏(福井工業高等専門学校)に心より感謝いたします。

## 参考文献

- [1]ピーター・セルディン, J. エリザベス・ミラー著, 大学評価・学位授与機構監訳・栗田佳代子訳, アカデミック・ポートフォリオ, 玉川大学出版部(2009).
- [2]金田忠裕ほか: 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).
- [3]北野健一ほか: 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, 大阪府立大学高専研究紀要, 第55巻, pp. 31-38(2022).
- [4]北野健一ほか: 2021年度アカデミック・ポートフォリオ作成ワークショップ開催報告, 大阪公立大学高専研究紀要, 第56巻, pp. 11-16(2023).
- [5]吉田壘, 栗田佳代子: 構造化アカデミック・ポートフォリオの開発, 日本教育工学会研究報告集, 14(4), pp. 15-21(2014).
- [6]金田ほか, ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップにおけるメンタースキルの考察 ~ナラティブ・アプローチの観点から~, JACT 第28回年会講演会, pp. 48-49 (2022).
- [7]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 P104 (2011).



# 2022 年度ティーチング・ポートフォリオ 作成ワークショップ開催報告

早川潔\*<sup>1</sup>, 松永博昭\*<sup>2</sup>, 谷野圭亮\*<sup>2</sup>, 鯨坂誠之\*<sup>3</sup>,  
北野健一\*<sup>2</sup>

## A Report on the Workshop of Teaching Portfolio in 2022

Kiyoshi HAYAKAWA\*<sup>1</sup>, Hiroaki MATSUNAGA\*<sup>2</sup>,  
Keisuke TANINO\*<sup>2</sup>, Shigeyuki AJISAKA\*<sup>3</sup>,  
and Ken'ichi KITANO\*<sup>2</sup>

### 要旨

大阪公立大学工業高等専門学校は、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、2020 年 12 月に日本初となる第 24 回ティーチング・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た。本稿では、2022 年度に開催した第 27・28 回のワークショップの概要およびワークショップ参加者の報告による教育改善効果の考察と検証を報告する。

**Key Words:** 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

大阪公立大学工業高等専門学校(以下、本校と略す)は、2009 年 1 月に全国の高等教育機関で初めて学内でティーチング・ポートフォリオ(以下、TP)作成ワークショップ(以下、WS)を開催した[1]。以後本校 TP 研究会は年 2 回(2011 年度は 3 回)の WS を開催し、TP 作成 WS による、より効果的な教育改善の研究に取り組んできた。2023 年 6 月現在、副校長を含めた常勤教員 67 名中 53 名(79%)が TP を作成している[2]。本稿では、2022 年度に開催した第 27 回および第 28 回 TP 作成(オンライン)WS の概要について記した後、参加したメンティー、メンターおよびスーパーバイザーを担当した者の感想と考察を記す。なお TP についての詳細、特徴等について

は、既報[1][2]ならびに書籍[3][4]を、オンライン WS の詳細については参考文献[5]を参照されたい。

### 2. ワークショップの概要

参加したメンティーとメンターの人数は、表 1 の通りである。日程は、第 27 回が 2022 年 9 月 6 日~8 日、第 28 回が 2022 年 12 月 26 日~28 日である。第 27 回、第 28 回ともアカデミック・ポートフォリオ(以下、AP)作成 WS(第 18 回、第 19 回)と同時にオンライン形式で開催した。内容はオリエンテーションの後、メンティーは数回のメンターとの個人面談(メンタリング)を交えながら TP を作成する。一方、メンターはメンターミーティングでメンタリングの進め方の報告と検討を行っている。簡単なスケジュールを表 2 に示す。メンターミーティングを統括するスーパーバイザーは、本校の北野(第 27 回)、東京大学の栗田佳代子氏(第 28 回)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。これまでに小学校教員 2 名(2018 年度 1 名、2019 年度 1 名)、高等学校教員 2 名(2017 年度 1 名、2020 年度 1 名)が本校 WS で TP を作成されている。

2023 年 9 月 1 日 受理

\*1 総合工学システム学科 知能情報コース

(Dept. of Technological Systems: Intelligent Informatics Course)

\*2 一般科目系 (Liberal Arts)

\*3 プロダクトデザインコース(Product Design Course)

なお、本校のWSは、2013年にTPネットワークが公開したTP作成WS基準を満たしている。

表1 開催したWSの参加者

実施回	メンティー		メンター		スーパーバイザー	オンラインサポート
	本校	他校	本校	他校	本校	本校
27	1名	4名	2名	3名	1名	2名
28	0名	4名	1名	3名	1名	2名

表2 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

### 3. TPを作成して

#### TPを作成して（松永博昭）

私は、2022年4月に本校に着任するまで大学や研究所で研究を主として行っており、職責を伴う教育経験はありませんでした。これまでの教育に多少なりとも関連しそうな経験を探しても、学生の時の塾講師・市民向けのポスター講演・研究者や大学院生向けのインフォーマルな講義などの他に見当たりませんでした。

国際会議での招待講演やロングトークなど、これまで研究活動を通して培った経験は、授業やその準備・学生指導・学生たちとのコミュニケーションに役立つことはあっても、とても「教育活動についてのポートフォリオの作成」には役立たない気がしていました。そのためワークショップ(WS)にお誘い頂いた時は、着任後からWSが開催された2022年9月までの本校における限られた教育経験をもとに、果たして本当にティーチング・ポートフォリオ(TP)を作成することができるのか、また、作成したとして果たして意味があるのか不安でした。

そのような中で参加しましたが、スタートアップシートとTPチャートを用いて日々考えていることを少しずつ文章へ翻訳し自身の目指す教育の形を削り出していく中で、おおよその枠組みや方向性が定まっていきました。スタートアップシートとTPチャートの組み合わせは、現在の取り組みからボトムアップ的に“取り敢えずの形”を作っていくことができるので、私のような初心者でも取

り掛かりやすく感じました。のんびりと書き足されていく文章に対し、メンターの方から素早いコメント・感想・意見などを返していただく—この繰り返しは、自身の思考の整理を助けてくれ、とりあえずTPの概形を作るのに大いに役立ちました。ありがとうございました。

今回のWSは完全オンライン開催でした。研究など新しいことを考えて形にする際はいつもそうですが、このような作業を進める上ではリラックスできる格好・快適な環境に身を置くことが重要であり、完全オンライン開催であった点はとても良かったと思います。他方、予期せぬ多様な知見に触れる代え難い機会という点では、TP作成後のブレイクや懇親会はオンサイト開催の方が良いと感じました。

WSに参加してみた後で振り返ると、TP作成に取りかかる前に抱いていた不安の多くは杞憂であったかもしれません。WSに参加する前は漠然とTP＝“教育活動の総括”のようなイメージを抱いていたのですが、事前に渡された実践TPスターターブック(参考文献[3])という書籍を読んで事前課題のスタートアップシートに取り組むに連れ、TPは各自の教育活動を改善・補佐するために有用なツールの1つという認識に変わりました。結果として、今回のWSを通して作成したTPは、「教育活動をスタートするにあたって自身の教育についての理念・姿勢を明文化しておくことにより、これからの教育活動を改善していくこと」を目的としたものになりました。このポートフォリオを作成したことで、自身の教育に対する考えについて階層的に整理することができ、今後の教育活動の基盤が補強できたように感じています。今後、折を見て、改訂やアカデミック・ポートフォリオへの拡張を行ってみようと思いました。

### 4. メンターを担当して

#### オンライン開催に慣れてきたものの（谷野圭亮）

2022年度は夏期・冬期ともにTPのメンターを務めた。1つは新任研修FDの一環のもの。もう1つは、これまでの教育歴を俯瞰するためのものという、性質が真逆のTPを1年間で担当したことになる。どちらのメンティーも教育の方法について、非常に造詣が深く、多くの実践を積まれており、私自身、対話(メンタリング)を通して多くのことを学ばせていただいた。今期を振り返って、特に印象に残ったのが「理念」をまとめるプロセスである。

TP作成WSの1つの山場は、理念をシンプルかつ体系的に表す作業である。教育経験が多くないメンティーの場合、この山場は文字通り、無から生み出す作業となる。

一方で、教育経験が豊富なメンティーの場合はこれまでの膨大な経験から帰納的に理念の根を探し当て、掘り下げる作業となる。どちらにおいても、多くの葛藤を伴いながら第三者のメンターとともに、理念を紡ぎ出すことになる。ここで重要なのは信頼関係である。対面開催時には、休憩時にメンティと立ち話をしたり、夜の部の懇親会に参加したりすることで、信頼関係の構築が比較的容易であった。しかし、オンライン開催の場合、どうしてもそういった「偶発的な」コミュニケーションの機会が制限されるように感じる。

今回で3年目となったTP作成WSのオンライン開催であるが、遠隔でのコミュニケーションはコミュニケーションの最低限は保証するものの、対面が持つ偶発的なアイデアの共有や統合といったことにおいては対面開催の方が優勢であり、オンラインも対面も様々な長所と短所があることを再確認したWSであった。

## 5. スーパーバイザーを担当して

### 伴走における間合い（鯨坂）

メンターをしていて、難しいと感じるのはメンティー本人に迷いが生じているときに、「ここまで踏み込んで良いのだろうか」と考える瞬間である。作成されるTPは、あくまでもメンティーのものであるため、メンターは「伴走者」としてメンティーに寄り添いタイミングを見計らってコメントし、程よい距離感を保ちながら3日間を過ごしていかなければならない。では、「程よい距離感」とは何なのか。その答えはマニュアルに書かれていないのである。メンターは毎回、その距離感を見極める作業を行っている。Aさん、Bさん、Cさん・・・と、人それぞれに踏み込んで許される領域は異なる。剣道で言えば「一足一刀の間合い」のようなもので、うっかり踏み込めば一本取られてしまう。TPでそれをやってしまうと、信頼関係が損なわれミーティングが成立しなくなってしまう恐れがある。

今回のメンティーの方はソフトボールが専門だったので、投手VS打者というよりは投手と捕手の間合いに近かったかもしれない。お互いに適度な距離感、タイミング、思惑などを考慮しながらTPという相手打者をどう攻略していくのかといった感覚に近かった。今回のTPWSはオンラインで開催されたため、肩慣らしのキャッチボールはZoom上での雑談から始まった。対面であれば比較的容易に把握できるその人のしぐさや癖などが分かりにくいのがオンラインの弱点である。それでも語り方や声の抑揚などからその人の「人となり」を類推した。そして個人メ

ンタリングを重ねるうちに、メンティーがポジティブに反応してくれること、ネガティブに反応してしまうことが少しずつ分かってくる。踏み込みすぎてはいけない。とくに教育理念の話し合いを始めてからは、これまで順調に見えていたメンティーにも苦悶の表情が浮かんできた。そんなある瞬間、「このほうがメンティーの意図をうまく表現できるのではないか」というキーワードにメンターとして気づいてしまった。しかし、それを今、言うべきだろうか。いや、待てよ。あくまでもメンティーの内から出てきたものでないと、この言葉はメンターの押し付けになってしまうのではないだろうか…。ええいつ、言っしまえ。いや、待とう。そんな葛藤がメンターの中にも生まれていたのである。

幸いなことに、TPWSはスーパーバイザーを中心としたメンターミーティングという場が設けられている。メンター個人にも悩みはある。メンティーとの意思疎通がうまく図れない場合もあるだろうし、どのようにコメントすればよいか途方にくれてしまう場合もある。そのようなときはメンターミーティングでそのような状況を報告する。すると、スーパーバイザーや他のメンターからアドバイスがもらえる（もらえないこともある）。ある意味、間合いの調整を図ることができる。一人では難しい調整を複数の視点から行えるのである。これによって救われることもある。

伴走における間合いは人それぞれに異なる。その調整はメンター自身が推し量るしかない。しかし、困ったときにはメンターミーティングを活用するのも、一つの手である。

ちなみに今回は「いったん提案してみたら？」ということになった。メンティーによっては提案をそのまま受け入れてしまう方もいれば、その提案がきっかけとなって新たな気づきを得る方もおられる。今回のメンティーの方は、後者であった。しかも、より予想の斜め上の気づきを得られたようで、最後のプレゼンテーションでも素晴らしい発表をされていた。何が正解ということも無いのだと思うが、今回はそれでよかったのだろう。

### メンティーやメンターを迷子にしないように

（北野健一）

2022年度は第27回、第28回の両方ともスーパーバイザーを務めることになった（最初は第27回だけの予定であった）。2020および2021年度、私はコーディネーター兼オンラインサポートであったが、オンラインWSも3年目となり、オンラインサポートが最少人数で回せることがわかったので、私がオンラインサポートから外れて、

スーパーバイザーを務めることが可能となった次第である。

メンターは、3日間のWS中に4~5回ある個人メンタリングで直接担当メンティーと会話をしながら、メンティーの教育理念を共に探っていくことになるが、スーパーバイザーはメンターより何歩か引いたところからメンティーのTP(やスタートアップシート)を読み込み、俯瞰的にコメントをする。複数のTP(やスタートアップシート)を一斉に読み込むことになるので、1人あたりの密度はどうしても薄くなるが、その分、いろいろな方のTPに触れることができるので、自分自身の勉強につながる。

メンターの場合、直前のメンターミーティングを参考にある程度方針は決めておくものの、個人メンタリングにおけるメンティーの言葉や素振りや、その方針を瞬時に変更することができる。しかし、スーパーバイザーはメンティーとは基本直接話ができないため、自分の助言がどうメンティーの心に届いたかは、個人メンタリング後のメンターミーティングにおけるメンターからの報告と、メンティーの提出稿を見てからとなる。メンティーの思考の根底にあるがメンティー自身が気づいていないことや、メンティーの考え・長所・人間性など本質を見抜かないといけない。

そのため、メンティーに(間接的に)アドバイスをできる回数は限られている。その回のアドバイスの機会を逸すると、次のアドバイスまで時間が長いので、メンティー(とメンター)を迷子にしてしまう危険性がある。

どうしてもアドバイスが必要なら、メンティーのところに直接話をしにいけばいいのだが、メンターを飛び越えて話をしに行くことはどうも気をつかう。

本校のWSは、ありがたいことに過去にスーパーバイザーを務められた方や、まだスーパーバイザーのご経験はないけれども、いつでもスーパーバイザーができるクラスの方が、毎回手弁当でメンターを務めてくださるため、アドバイスが的確で、メンティーやメンターを迷子にさせることはほぼない。

そのようなメンターチームで、スーパーバイザーを務めさせていただいたことに感謝している。

いよいよ今年、対面でのWSが復活する。

わいわい会話をしながら昼食や夕食を皆で一緒にとることができると思うと今から楽しみである。

## 6. おわりに

以上、1名のメンティー(TP作成者)、2名のメンター、および1名のスーパーバイザーの報告と考察を掲載した。

2022年度から新しいカリキュラムで教育を行う。それに伴い、新入教員も赴任することが予想される。今回のTP作成者の報告にもあるとおり、TPは、新入教員にとって、教育改善の有用なツールである。また、新カリキュラムに移行し、TPの更新も必要な教員も増えてくると予想される。

メンターの報告でもわかるとおり、TP作成・更新に限らず、メンターを行うことも教育改善につながる。したがって、TPを作成した教員がメンターを行うことも必要であろう。

今後も継続的にこの活動が続けることにより、新カリキュラムに移行した本校の教育がよりよいものになると信じる。

## 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] 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).
- [2] 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56巻まで毎年報告を掲載している
- [3] 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).
- [4] ピーター・セルディン著, 大学評価・学位授与機構監訳・栗田佳代子訳: 「大学教育を変える教育業績記録」, 玉川大学出版部(2007).
- [5] 北野ほか: 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、大阪府立大学高専研究紀要, 第55巻, pp. 31-38(2021).
- [6] 井上ほか: 2013年度ティーチング・ポートフォリオ作成ワークショップ開催報告, 大阪府立大学工業高等専門学校研究紀要, 第48巻, pp. 43-48 (2014).

(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  
石川寿敏  
里中直樹  
梅本敏孝  
東田卓  
新納格  
図書館スタッフ

---

研究紀要第57巻

2024年1月31日 発行

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

編輯兼 大阪公立大学工業高等専門学校  
発行者

---

BULLETIN  
OF  
OSAKA METROPOLITAN UNIVERSITY COLLEGE OF TECHNOLOGY  
Vol. 57 January 2024

CONTENTS

**Academic Studies**

- Unstable Transverse Oscillation of a Free Beam subjected to the Follower Force along the Longitudinal Axis  
Hiroaki ARISUE . . . . 1
- Tree decline and soil chemistry at the grove of Oyamoto shrine in Nara prefecture, Japan  
Kazuo ITO . . . . 13  
Yasushi OKUDA Yuna NISHII

**Education Studies**

- Elementary Practice of Technological Systems for first-year students to notice and motivate DX minds  
Tomoharu DOI . . . . 17  
Naoyuki OYA Takashi YAMANO  
Ikumi TAMURA Taichi ANDO

**Reports**

- Report on the "Symposium on Human Rights in Colleges of Technology"  
Yuko FUSHIMI . . . . 21  
Shigeyuki AJISAKA Tadahiro KANEDA  
Yuichi NAKATA Mai TAKAHASHI
- Production of square Magnetic Loop Antenna  
Yoshiaki YAMAZOE . . . . 27  
Nobuyuki SHIGEI Yasumasa YOSHITANI  
Yuji TANIGUCHI Hiroaki KOGURE
- 2022 FARAD Annual Activity Report  
Tatsuo NODA . . . . 33  
Chiari ISAMI Hirokazu ANDO
- A Report on the Workshop of Academic Portfolio in 2022  
Ken'ichi KITANO . . . . 35  
Taichi KAWAKAMI Tadahiro KANEDA  
Suguru HIGASHIDA
- A Report on the Workshop of Teaching Portfolio in 2022  
Kiyoshi HAYAKAWA . . . . 43  
Ken'ichi KITANO Hiroaki MATSUNAGA  
Keisuke TANINO Shigeyuki AJISAKA