

# 東北職業能力開発大学校

## 紀 要

第 32 号

巻頭言

### 【研究論文】

三浦 誠, 石戸谷 百百子, 石戸谷 裕二

蓄熱調湿壁紙の開発および蓄熱・調湿性能評価 ..... 1

喬橋 憲司 移行期における自己効力感と職業観・価値観 ..... 7

山川 晃 職業能力開発大学校における工学倫理教育の解釈学的研究 ..... 13

### 【研究速報】

市川 拓実 教材コンクール入賞作品を用いた総合制作実習の取り組み  
— 学生の技能・技術向上と課題の設定レベルについて — ..... 19

### 【報告】

田山 英臣 設計手法と設計教育  
— 設計品質を作りこむ — ..... 25

島川 勝広 マッキベン型空気圧ソフトアクチュエータの製作 ..... 29

廣田 昌彦 自律・手動制御切替式掃除ロボットの製作 — ..... 33

太田 徹児, 狩野 隆志, 平田 武誉, 新垣 喬之, 中矢 翔  
ワーキング・グループ方式による電気系安全テキストの開発 ..... 37

中村 俊也 Society 5.0を意識した総合制作実習の取り組みと在職者訓練への展開 ..... 41

佐竹 重則, 渡邊 拓海, 遠藤 勇人, 齋藤 洋樹, 佐藤 侑樹, 細田 洸希  
開発課題実習と標準課題実習を連携した実習における建築施工管理の実践  
— スラブ及び階段部材のPCa化による生産性の向上について — ..... 45

星野 政博, 菅野 颯人  
建築空間の認識  
— 「落水荘」を対象とした建築模型製作と分析 — ..... 51

小笠原 吉張 大館市における「まち育て」について ..... 55

### 【総説等】

横山 雅紀 安全衛生指導における課題 ..... 59

伊藤 隆志 NC旋盤のねじ切りサイクルによるハイリードねじの製作 ..... 63

2022 年 6 月

東北職業能力開発大学校



## 巻 頭 言

東北職業能力開発大学校紀要は、前身の宮城職業訓練短期大学校にて発刊されて以来、号をかさね、今回第32号を発行するはこびとなりました。本号は、東北能開大および二校の付属校の教員が行った教育訓練、研究、人材育成、共同研究等の成果に関する投稿を査読の上採択し、とりまとめたものであり、全14編の記事（論文3編、速報1編、報告8編、総説等2編）が掲載されております。投稿ならびに査読いただいた方々にこころより感謝いたします。

紀要の編集にあたっては、昨年度から紀要執筆要領や紀要テンプレートを作成し、投稿原稿としてWORDファイルおよびPDFを用いてネット経由で投稿・査読・連絡を効率的に行うよう編集体制を整備してきました。また、論文投稿の意義や執筆法のセミナーを開催し、投稿を呼びかけました。これらの活動にたずさわっていただいた今年度紀要編集委員の皆様にご協力いただき、誠にありがとうございます。

東北能開大紀要については、さらに活性化し、改善すべきところがあります。大学校外での認知度や注目度も上げていく必要があります。また、高度な情報通信技術が普及した現在において、東北能開大の教育訓練や研究成果をひろく社会に発信する方法としての紀要の新しいあり方も模索していかなければなりません。東北能開大紀要に関して関係各位からの忌憚のないご意見と建設的な提案をいただければ幸いです。

2022年6月

東北職業能力開発大学校  
校長 川又 政征



## 【投稿区分】

### 区分1：研究論文

未発表のオリジナルな著述であり、独創性、有用性、新規性があり、完成度の高いもの。

### 区分2：研究速報

「研究論文」に準ずる内容であり、速報性のあるもの。

次号以降に「研究論文」になる可能性があるもの。

### 区分3：報告（卒業制作／共同研究等報告）

専門課程（1,2年次）の卒業制作（総合制作実習）、応用課程（3,4年次）の卒業制作（開発課題実習）および企業・団体等との共同研究等で取り組んだ内容に関してまとめたもの。

### 区分4：総説等（総説／解説／資料等）

専門的な内容を、非専門家にも理解できるように幅広く著述したもの、またはその資料等。

# 蓄熱調湿壁紙の蓄熱性能および調湿性能評価

三浦 誠\*1, 石戸谷 百百子\*2, 石戸谷 裕二\*2

## Evaluation of Thermal Storage and Humidity Control Performance Using Thermal Storage and Humidity Control Wallpaper

MIURA Makoto\*1, ISHIDOYA Momoko\*2, ISHIDOYA Yuji\*2

**要約** 新たに開発した蓄熱調湿壁紙の潜熱特性試験を行い、熱流密度、比エンタルピー、見かけの比熱、潜熱量、蓄熱量を評価した。蓄熱調湿壁紙を適用したモデル住宅の室温降下シミュレーションを行った結果、室温降下の抑制効果が確認できた。また、室温降下シミュレーションから外皮平均熱貫流率と熱容量の関係を評価することで、生活温度帯の熱容量を増加することの優位性を示した。さらに蓄熱調湿壁紙の吸放湿試験を行い、調湿建材判定基準を満たす結果が得られた。また、湿気伝達率の実測を行い、ルイスの関係式より類推した湿気伝達率と比較を行った。

### 1. はじめに

近年、住宅の断熱性能は向上しているものの、熱容量を考慮した住宅は少なく、冬季間の日射による過昇温と過乾燥が生じている。熱容量の低い住宅で生じる過度な室温変動を抑制する手段として潜熱蓄熱材(Phase Change Material : 以下 PCM)がある。PCM は融解と凝固に伴い、吸熱と放熱を繰り返し、一定温度での熱授受が可能であるなどの特徴がある。既往の研究では<sup>1)9)</sup>、内装材に PCM を付加することで室の熱容量が増し、室温変動やヒートショックの抑制、日射エネルギーの利用による暖房負荷の軽減などが報告されている。著者らによる既報の研究では<sup>10-16)</sup>、PCM を内装用左官材に適用し、基本的熱性能試験の測定方法および実験棟におけるパッシブ蓄熱による環境改善効果と省エネルギー効果について報告してきた<sup>12)</sup>。さ

らに、壁面や天井に蓄熱・調湿塗料を塗布し、内装材に熱容量と調湿性能を付与することで課題の解決が図られた<sup>16)</sup>。一方で、蓄熱調湿塗料はリシンガンによる吹付け工法を採用しているため、施工者の熟練度により、仕上がりや施工量が左右されるなどの課題が見られた。

そこで本研究では、新たに開発した蓄熱調湿壁紙を乾式施工することで、蓄熱材や調湿材の施工量を定格化し、工期の短縮が見込める工法を目指した。本報では、開発した蓄熱調湿壁紙の蓄熱性能および調湿性能と湿気伝達率を評価したので報告する。

### 2. 蓄熱調湿壁紙の蓄熱性能試験

#### 2.1 試験体概要

蓄熱調湿壁紙(DP)は、基材を不織布とし、でん粉系のりに潜熱蓄熱材(マイクロカプセル PCM)と珪藻土(稚内層珪質頁岩)を混和したペースト状のバインダーを塗布し(表 1)、その上から和紙を張り付

\*1 東北職業能力開発大学 建築施工システム技術科  
Tohoku Polytechnic College,  
Department of Architectural Systems Engineering

\*2 室内気候研究所  
Institute of Indoor Climate

ける三層構造とした。試作した蓄熱調湿壁紙(図 1)と断面の模式図を図 2 に示す。乾燥後 300 mm 角に裁断し試験体とした。厚さは平均で 1.8 mm となった。試験体の概要を表 2 に示す。

表 1 蓄熱調湿壁紙のバインダー配合表

	設計重量比 [-]	設計混和率 [wt%]	設計混和量 [g/m <sup>2</sup> ]	実生産平均混和量 [g/m <sup>2</sup> ]
でん粉系糊	1	37	800	801.2
PCM	0.8	30	640	640.4
珪藻土	0.2	7	160	160.4
水	0.7	26	560	560.4
合計		100	2160	2162.4



図 1 蓄熱調湿壁紙

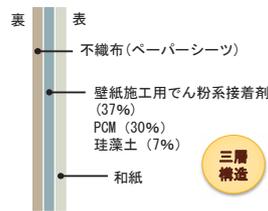


図 2 壁紙断面図

表 2 蓄熱調湿壁紙(DP)試験体の概要

名称	寸法		面積 [mm <sup>2</sup> ]	平均厚 [mm]	PCM	
	縦	横			混和量	珪藻土
	[mm]	[mm]			%	%
DP	285	285	81225	1.8	30	7

## 2.2 蓄熱性能の測定法

試験法は JSTM O 6101:2018 「潜熱蓄熱建材の潜熱特性試験方法」を参考とした。試験体の左右に熱流計を取り付け、ステンレス板で覆って、気密テープで固定した。恒温恒湿槽に静置し、槽内の温度を変化させながら試験体の左右の表面温度と熱流、試験体の中心温度および恒温恒湿槽内の温度を測定した。恒温恒湿槽の温度制御は融点を含む 35 K の範囲で降温、昇温し、掃引速度は 10 K/h とした(図 3)。

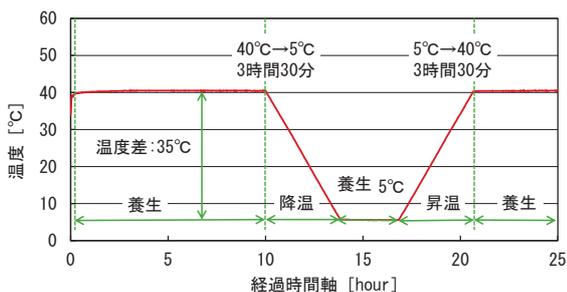


図 3 恒温恒湿槽の温度制御

## 2.3 蓄熱性能の測定結果

試験体を昇降温したときの熱流密度と試験体温度の関係を図 4 に示す。

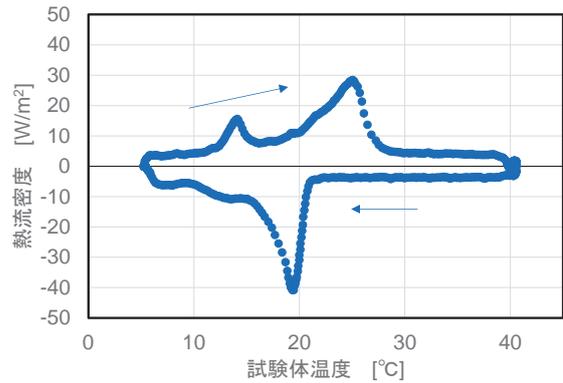


図 4 熱流密度

PCM の融点および凝固点である 23 °C 近傍で熱流密度が増加しており、PCM の相変化による特有の性状が確認できた。また昇温時に低温度帯(14 °C 近傍)で小さいピークがみられる多峰性を示すが、PCM の組成に起因している。試験体温度が 5 °C から 40 °C まで変化したときの単位面積当りの比エンタルピ(蓄熱量)を式(1)で求め、図 5 に示す。加熱・冷却時のいずれも PCM の相変化領域で蓄熱量が大きく変化していることが確認できる。さらに蓄熱量から式(2)より、単位面積当り見かけの比熱を算出した結果を図 6 に示す。試験結果を整理し表 3 に示す。

$$Q_{na,i} = \sum_{n=1}^i \frac{q_{L,n} + q_{R,n}}{N} \Delta t \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$c'_\alpha(\theta_M) = \frac{|Q_{na,j} - Q_{na,i}|}{\Delta\theta} \quad \dots\dots\dots(2)$$

記号

$Q_{na,i}$ : 単位面積当たりの比エンタルピ[J/m<sup>2</sup>],  $q_{L,n}$ : 表面温度(左側)の熱流密度[W/m<sup>2</sup>],  $q_{R,n}$ : 表面温度(右側)の熱流密度[W/m<sup>2</sup>],  $N$ : 試験体枚数[-],  $\Delta t$ : 測定時間間隔[s],  $c'_\alpha(\theta_M)$ : 試験体温度  $\theta$  における単位面積当たりの見かけの比熱[J/(m<sup>2</sup>・K)],  $Q_{na,j}$ : 測定時刻  $j$  における単位面積当たりの比エンタルピ[J/m<sup>2</sup>],  $Q_{na,i}$ : 測定時刻  $i$  における単位面積当たりの比エンタルピ[J/m<sup>2</sup>],  $\Delta\theta$ : 温度差[K]

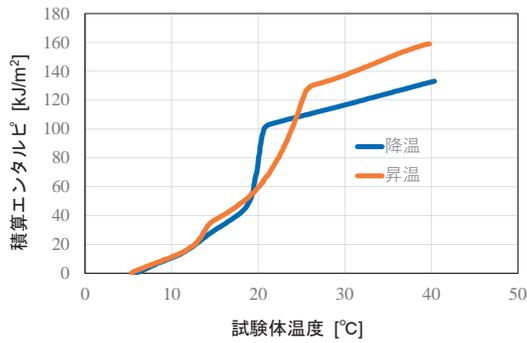


図5 単位面積当たりの積算エンタルピ

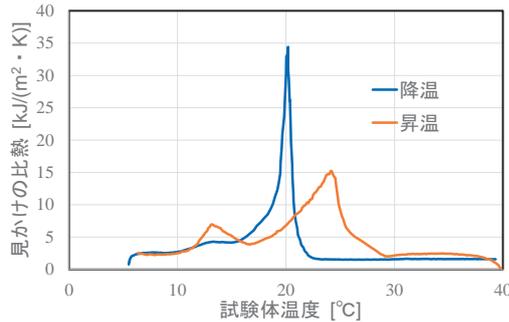


図6 単位面積当たりの見かけの比熱

表3 蓄熱試験結果

名称	DP	
主剤	でん粉系壁紙のり	
PCM	30%	
珪藻土	7%	
	降温	昇温
固相域比熱 [kJ/(m²·K)]	1.7	2.3
液相域比熱 [kJ/(m²·K)]	1.6	2.3
潜熱量 [kJ/m²]	74.2	79.9
蓄熱量 [kJ/m²] [15-35°C]	94.2	111.9
蓄熱量 [kJ/m²] [18-25°C]	66.7	69.6

### 3. 室温降下における熱容量と断熱性能

#### 3.1 室温降下シミュレーション

蓄熱性能試験の結果を基に7×7 mの二層住宅を想定して室温降下シミュレーションを行った。計算条件を表4に示す。蓄熱調湿壁紙の使用面積は250 m<sup>2</sup>を想定した。DPの見かけの比熱は、温度に依存するため測定結果を多項式近似して求めた。

モデル住宅の熱容量を算出し式(3)、(4)、(5)から外気温5℃、室温22℃で暖房停止から6時間後の室温シミュレーションを行った(図7)。

その結果、一般社団法人20年先を見据えた日本の高断熱住宅研究会(HEAT20)が提案するG3基準

を達成できた。また、室温が見かけの比熱のピーク温度を下回らなかったため、PCMの効果が6時間以上持続した。また、 $U_A$ 値はG2基準の0.25 W/(m<sup>2</sup>・K)であるが、蓄熱調湿壁紙の使用の有無により、温度差は約5℃となることが確認できた。

$$\varepsilon = \frac{\theta_i(t) - \theta_o}{\theta_i(0) - \theta_o} = e^{-\frac{t}{T}} \dots\dots\dots(3)$$

$$T = \frac{C}{U_A \cdot K} \dots\dots\dots(4)$$

$$\theta_i(t) = \varepsilon(\theta_i(0) - \theta_o) + \theta_o \dots\dots\dots(5)$$

記号

$T$ : 時定数[1/s],  $U_A$ : 外皮平均貫流率[W/(m<sup>2</sup>・K)],  $A$  面積[m<sup>2</sup>],  $C$ 熱容量[J/K],  $t$ 経過時間[s],  $\theta_i(t)$ :  $t$ 秒後の室温[°C],  $\theta_i(0)$ : 初期室温[°C],  $\theta_o$ : 外気温[°C]

表4 シミュレーション条件

建築仕様	寸法[mm]	7000×7000×3000(H)				
	床面積[m <sup>2</sup> ]	98				
	階数	2				
	外皮面積[m <sup>2</sup> ]	266				
熱容量	名称	面積[m <sup>2</sup> ]	体積[m <sup>3</sup> ]	比熱[kg/(m <sup>2</sup> ・K)]	密度[kg/m <sup>3</sup> ]	熱容量[kJ/K]
	フローリング	97.7	1.17	1.3	550	838.4
	合板	182.2	2.19	1.3	550	1562.9
	根太	2.5	0.09	1.3	400	49.1
	土台	3.7	0.33	1.3	400	172.5
	グラスウール	226.0	20.11	0.84	15	253.4
	空気	97.7	224.27	1	1.2	269.1
	石膏ボード	354.4	3.37	1.13	800	3043.5
	柱	0.4	0.01	1.3	400	7.3
	フェノールフォーム	152.3	12.19	1.5	30	548.4
	天井根太	2.5	0.09	1.3	400	49.1
合計					6793.7	
計算条件	計算間隔 [s]	300				
	外気温 [°C]	5				
	室温 [°C]	22				
	外皮平均貫流率 [W/(m <sup>2</sup> ・K)]	0.28				

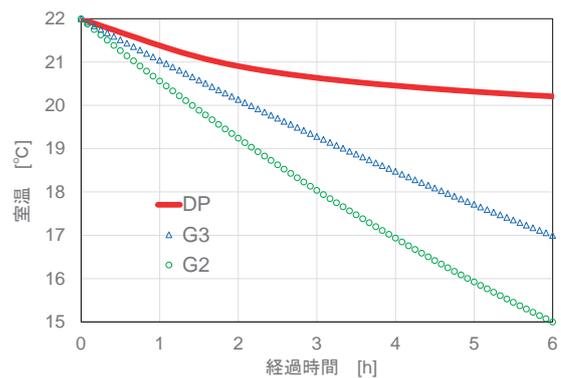


図7 室温変動

#### 3.2 断熱性能と熱容量

図8には、計算モデルにおける熱容量  $C$  と相当  $U_A'$  値および断熱材厚さ  $d$  [mm] の関係を示した。相当  $U_A'$  値は、式(4)より温度降下の時定数から求めた。一般の壁紙を施工した計算モデルの熱容量

は 6.7 MJ/K であり、断熱材(GW16k)の厚みに換算すると約 170 mm となる。一方、蓄熱調湿壁紙を施工した場合は、15.3 MJ/K となり、相当  $U_A$  値から必要な断熱材の厚みに換算すると約 75 mm となり、付加断熱なしの充填断熱でも同等の熱性能が得られることが示唆された。

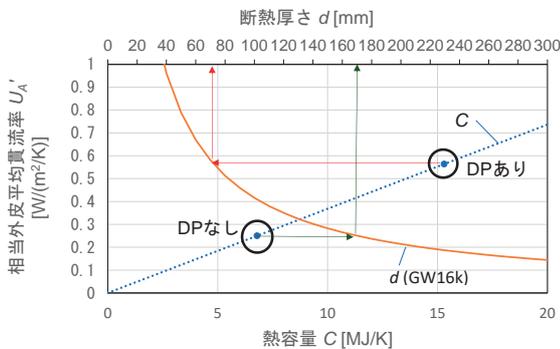


図 8 断熱厚さと熱容量

## 4. 調湿性能評価

### 4.1 吸放湿試験

JIS A 6909「建築用仕上げ塗材の吸放湿性試験」に準拠して、試験体の吸放湿性試験を恒温恒湿槽(チャンバー)で行った。なお、チャンバー内の気流の影響を避けるため試験体周囲には風防を設けた。チャンバー内の温度  $\theta_i$  を 23℃ に保ちながら相対湿度  $\phi_i$  を変化(45-90 %RH)させ、試験体重量を 5 分間隔で測定した。測定開始までの養生期間は 48 h とした。

DP 試験体の吸・放湿量を図 9 の左軸に示す。比較のために市販のビニールクロス(VC)による結果も同時に示した<sup>17)</sup>。

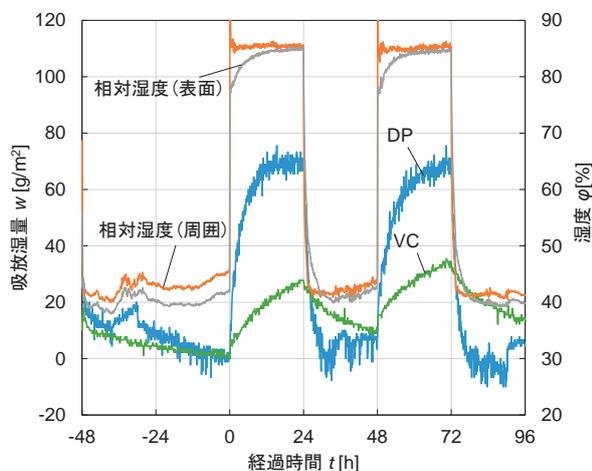


図 9 試体の吸放湿量と表面湿度の経時変化

蓄熱調湿壁紙(DP)試験体では吸湿量が 70 g/m<sup>2</sup> 以上が得られ、調湿建材判定基準を満たした。また、ヒステリシスロスもなく、吸放湿時の安定性が確認できた。一方で、市販のビニールクロスの VC 試験体では、約 30 g/m<sup>2</sup> となり、また、ヒステリシスロスが見られた。図 9 の右軸には、チャンバー内湿度  $\phi_i$  および試験体の吸放湿に伴う表面湿度  $\phi_s$  の経時変化を示す。表面湿度  $\phi_i$  と吸放湿量  $w$  は相似の挙動を示した。

### 4.2 湿気伝達率測定

吸放湿試験と同時に、試験体表面の湿気伝達率を評価するために、試験体表面に熱電対および湿度センサーをメッシュテープで貼り付け、表面温度  $\theta_s$  と表面湿度  $\phi_s$  を測定した。チャンバー内相対湿度  $\phi_i$  と表面相対湿度  $\phi_s$  から水蒸気分圧を求め、水蒸気分圧差  $\Delta f$  を式(6)で定義した。また、試験体の 30 分ごとの吸放湿量を吸放湿量差  $\Delta w$  として単位時間あたりで正規化し、水蒸気分圧差  $\Delta f$  との関係線を線形近似することで、その傾きから湿気伝達率  $a_m$  [kg/(m<sup>2</sup>・s・Pa)] を求めた。

また、試験体表面温度  $\theta_s$  とチャンバー内温度  $\theta_i$  の差  $\Delta \theta$  と水平平板の自然対流の関係から式(7)より、対流熱伝達率  $a_c$  [W/(m<sup>2</sup>・K)] を求め、式(8)に示すルイスの関係式<sup>18)</sup>より類推した湿気伝達率  $a'_m$  [kg/(m<sup>2</sup>・s・Pa)] と比較した。

$$\Delta f = f_i - f_s \dots\dots\dots(6)$$

$$a_c = 0.54 \cdot (Gr \cdot Pr)^{\frac{1}{4}} \cdot \frac{\lambda}{l} \dots\dots\dots(7)$$

$$a'_m = \frac{a_c}{C \cdot \rho \cdot R_v \cdot T} \dots\dots\dots(8)$$

記号

$a_c$ :対流熱伝達率[W/(m<sup>2</sup>・K)],  $a_m$ :湿気伝達率[kg/(m<sup>2</sup>・s・Pa)],  $C$ :空気の定圧比熱[J/(kg・K)],  $Gr$ :グラスホフ数[-],  $l$ :代表長さ[m],  $Pr$ :プラントル数[-],  $R_v$ :水蒸気のガス常数[Pa・m<sup>3</sup>/(kmol・K)],  $T$ :空気の絶対温度[K],  $\lambda$ :空気の熱伝達率[W/(m・K)],  $\rho$ :空気密度[kg/m<sup>3</sup>]

図 10 には、試験体の吸放湿量差  $\Delta w$  と水蒸気分圧差  $\Delta f$  の経時変化を示した。また、吸放湿量差  $\Delta w$  と表面温度差  $\Delta \theta$  の関係を図 11 に示す。これらの結果より吸放湿量差  $\Delta w$  と水蒸気分圧差  $\Delta f$  および表面温度差  $\Delta \theta$  の挙動は、概ね一致することが確認できた。図 12 は吸放湿量差  $\Delta w$  と水蒸気分圧差  $\Delta f$  の関係を直線近似することで、その傾きから湿気伝達率  $a_m$  を求めた。その結果、湿気伝達率  $a_m$  として  $3 \times 10^{-8} \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{s} \cdot \text{Pa})$  が得られた。図 13 は、ルイスの関係式より類推した湿気伝達率  $a'_m$  の経時変化であり、図 12 の傾きから求まる湿気伝達率の実測値  $a_m$  よりも小さく、PCM による表面温度の緩和に起因していることが示唆された。

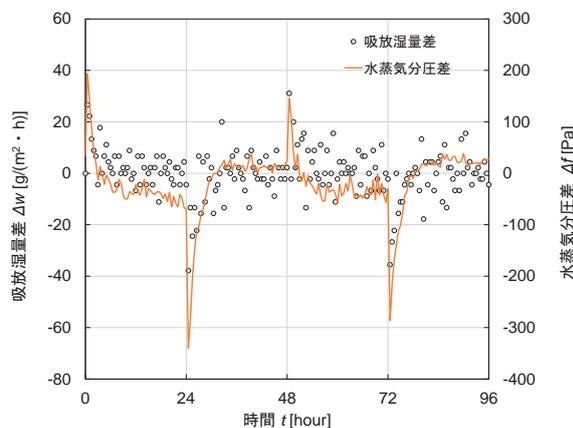


図 10 吸放湿量差および水蒸気分圧の経時変化

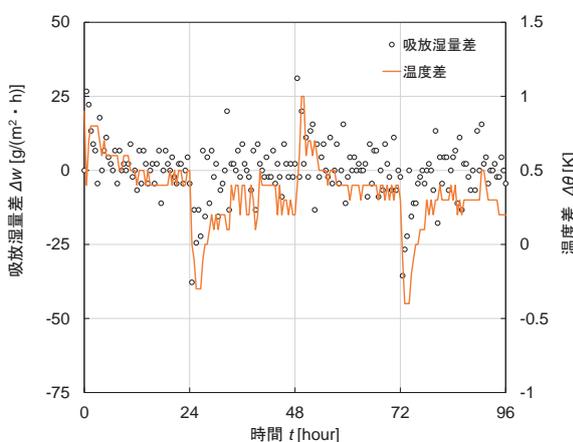


図 11 吸放湿量差および表面温度差の経時変化

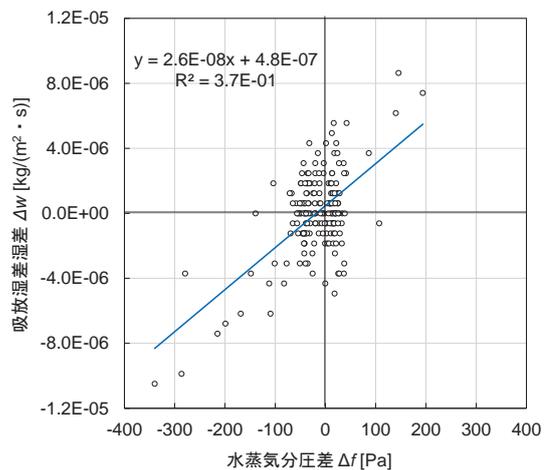


図 12 吸放湿量差と水蒸気分圧差の関係

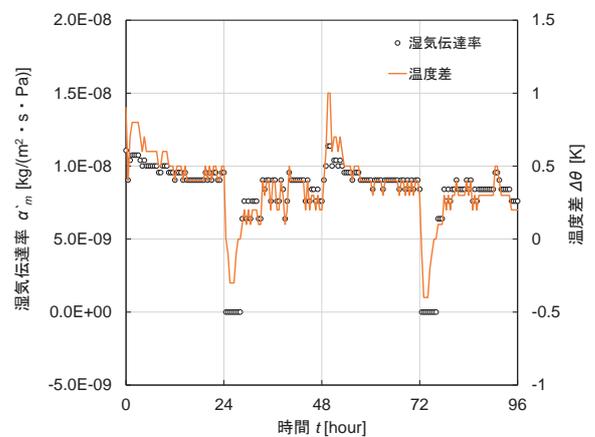


図 13 湿気伝達率および表面温度差の経時変化

## 5. まとめ

本研究により得られた知見を以下に示す。

- 1) 新たに開発した蓄熱調湿壁紙の潜熱特性試験を行い、熱流密度、比エンタルピー、見かけの比熱、潜熱量、蓄熱量を求めた。
- 2) モデル住宅の室温降下シミュレーションを行った結果、蓄熱調湿壁紙を適用することで、室温降下が抑制できた。
- 3) 室温降下シミュレーションから相当  $U_A'$  値と熱容量  $C$  の関係性を評価することで、生活温度帯の熱容量を増加することの優位性を示した。
- 4) 蓄熱調湿壁紙の吸放湿試験を行い、調湿建材判定基準である  $70 \text{ g}/\text{m}^2$  を満たした。
- 5) ルイスの関係式より類推した湿気伝達率  $a'_m$  は、湿気伝達率の実測値  $a_m$  よりも小さく、PCM による表面温度の緩和に起因しているこ

とが示唆された。

#### 【参考文献】

- 1) 斉藤充宏、深井一夫、後藤滋：室内環境形成における潜熱蓄熱材(PCM)の利用に関する研究：(その 1) 室温変動の安定化に関する木製単室模型を用いた比較実験、日本建築学会学術講演梗概集、D、pp.805-806、1987.8
- 2) 趙雲、荏原幸久、細川公子、笹平比呂志：PCM 蓄熱材を利用したソーラーハウスの冬季実測調査、日本建築学会学術講演梗概集、D、pp.445-446、1997.7
- 3) 武田、仁、中山卓士、入口泰尚：潜熱蓄熱材(PCM)の住宅暖房への適用：ナイロンポリ充填型 PCM 暖房装置の開発とその利用法の検討、日本建築学会計画系論文集、551、pp.53-59、2002.1
- 4) 武田清香、長野克則、持田徹、中村卓司：粒状潜熱蓄熱材を適用した躯体蓄熱床吹出し空調システムに関する研究：(その 3) マイクロカプセルペレット PCM の適用と室内温熱環境の評価、日本建築学会環境系論文集、587、pp.29-35、2005.1
- 5) 金子豊、相良和伸、山中俊夫、甲谷寿史：PCM を組み込んだソーラーチムニーの換気性能に関する基礎的研究：(その 1) 実験によるソーラーチムニー内の温度変化と換気量の把握、日本建築学会近畿支部研究報告集、45、pp.113-116、2005.5
- 6) 武田仁：潜熱蓄熱材(PCM)の建物暖房への適用：潜熱蓄熱材壁で構成されたスペースの室温変動解析、日本建築学会環境系論文集、718、pp.1115-1123、2015.12
- 7) 武田仁、足永靖信、兼松学：潜熱蓄熱材(PCM)室内設置の室温変動解析：実験 BOX 内における PCM 熱容量変化の室温への影響検証、日本建築学会環境系論文集、82、734、pp.327-335、2017.4
- 8) 崔榮晋、高瀬幸造、芹川真緒、江口剛史、向島希、佐藤誠、前真之、井上隆：日射制御部材と潜熱蓄熱材を活用したパッシブソーラーハウスに関する研究、波長特性を考慮した日射分配と仕上げ材の熱抵抗による PCM 蓄熱性能の検討その 1、日本建築学会環境系論文集、83、744、pp.129-138、2018.2
- 9) 芹川真緒、佐伯智寛、前真之：昇温時と降温時で挙動の異なる PCM を対象とした計算による相変化挙動の再現 潜熱蓄熱材の熱特性の測定法および非定常熱伝導計算による熱的挙動の再現に関する研究、日本建築学会環境系論文集、83、754、pp.975-985、2018.12
- 10) 草間友花、石戸谷裕二、三浦誠、宇佐美大将：潜熱蓄熱材を適用した蓄熱ブラインドによる日射利用空調システムに関する研究：第 2 報-融点及び形態の異なる蓄熱材を充填した蓄熱ブラインドの熱特性、空気調和・衛生工学会 論文集、40、224、pp.1-8、2015
- 11) 草間友花、石戸谷裕二：高遮熱・高耐候性不織布(NWF)を適用した日射遮蔽と外気冷房が高熱容量住宅の冷房負荷削減に及ぼす効果に関する研究：潜熱蓄熱(PCM)内装仕上材で室内熱容量を付与した実験棟における NWF の基本的熱性能(その 1)、日本建築学会環境系論文集、81、720、pp.173-180、2016.2
- 12) 草間友花、石戸谷裕二、三浦誠、宮崎智仁：潜熱蓄熱(PCM)内装左官材のパッシブ蓄熱効果に関する研究 基本的熱性能試験の測定方法及び実験棟における環境改善効果と省エネルギー効果に関する検討、日本建築学会環境系論文集、81、722、pp.367-374、2016.4
- 13) 草間友花、石戸谷裕二：潜熱蓄熱材(PCM)を適用した内装左官材の基本的熱性能及び比熱の定式化、日本建築学会環境系論文集、81、729、pp.931-938、2016.11
- 14) 工藤和樹、森太郎、石戸谷裕二、大槻香子、草間友花：太陽熱空気集熱器と PCM パネルを組み合わせた換気予熱システムの試作 数値モデルの作成とカスケードシステムの検討、日本建築学会環境系論文集、83、750、pp.669-678、2018.8
- 15) 三浦誠、橋本彩里、小野寺竜之助、武内慶太、石戸谷百子、石戸谷裕二：潜熱蓄熱材(PCM)を適用した住宅ストックの断熱・蓄熱改修に関する研究、日本建築学会北海道支部研究報告集、No.93、040、2020.6
- 16) 三浦誠、小柳貴輝、宮澤明裕、塚本涼太郎、小野昂太、松井祐貴、宮谷歩、石戸谷百子、石戸谷裕二：潜熱蓄熱(PCM)・調湿塗料のパッシブ蓄熱・調湿効果に関する研究 第 1 報 基本的熱性能・調湿性能および実験棟における環境改善効果に関する検討、日本建築学会北海道支部研究報告集、No.94、046、2021.6
- 17) 塚本涼太郎：パッシブウェルネス住宅のための調湿・蓄熱・断熱構法の開発 その 1 内装用調湿・蓄熱塗料の調湿性能評価、第 15 回環境工学系・卒業論文発表会(EGGs'20)梗概、B-1、2021.3
- 18) 日本建築学会環境基準 AIJES-H001-2006：湿気物性に関する測定基準・同解説、pp.17-22、2006.

# 移行期における自己効力感と職業観・価値観

喬橋 憲司\*1

## Self-Efficacy and Work Values during Transition from School to Working Life

TAKAHASHI Kenji\*1

**要約** 職業観は時代や社会背景、働く環境を反映する。能力開発に人材マネジメントの要素を含みつつある中、学生と在職者が持つポジティブな職業観、労働価値観尺度を比較した。自己効力感とポジティブな職業観は関係性がある。仕事の面白さの発見は重要である。貢献と自己実現の両立でポジティブな職業観が促進される。移行期における自己効力感とポジティブな職業観の関係について述べた。

### 1. はじめに

フリータ、ニート、早期離職が社会問題化して以降、キャリア支援、キャリア教育が本校をはじめ高校、大学等の教育機関において盛んに行われている。本大学校ではキャリア形成に関わる科目を専門課程、応用課程の4年間、各学年で必須科目として受講する。その科目の一つに「職業能力開発体系論」がある。この授業では各業種的能力開発体系を知ることと同時に、主体的にキャリア形成を考える必要から職業能力開発体系図を理解し、それらを活用する演習などを通じ、仕事理解を深め、個人単位で仕事と将来について考える講義、実習を行っている。

昨年度、専門意識の醸成における自己効力の研究の中で一般性セルフイフィカシー尺度と自己調整学習、専門意識を醸成する6つの課題実習との関連性について検討した。その中でセルフイフィカシー尺度と課題実習との関係を明らかにした中、全員が職業観、価値観を考える時間を重要と回答した。

大学生の職業選択は大切な局面である。この局面を「移行」と呼んでいる。この移行がスムーズでな

い時に若者の職業問題が発生する。能力開発は主体性が求められる。自己効力を源とし企業活動と自身をリンクさせ、成長しなければならない。移行期における職業観、価値観について研究した。

### 2. 移行と職業観・価値観

#### 2.1 4つの移行

高校、大学等の学校等教育から職業生活に移る過程を「移行」と呼ぶ。寺田は学校と企業との間に4つの移行があると説明している<sup>2)</sup>。

「カリキュラム移行」は学校教育から企業内訓練への移行である。普通科の基礎的・座学志向、スキル訓練時間が減少する職業教育などの学校教育から企業のスキル教育への移行である。「組織間移行」は学校と企業の間で就職協定などの取り決めの中で人材を受け渡す移行である。「就職後のキャリア形成」は階層別、職能別のOff-JT、OJT、自己啓発支援などの企業内訓練と、ジョブローテーションや配置転換により多様な職能・仕事の体験によってキャリアを形成する手段である。「心理的移行」は就職

\*1 東北職業能力開発大学校 生産機械システム技術科  
Tohoku Polytechnic College,  
Department of Production Mechanical Systems Technology

前の高校生や大学生の職業意識と職業選択における心理的な面の移行である。標準的なモデル不在の中で心理的な不安が先行する移行である。

## 2.2 職業観・価値観

職業観・価値観は働くための動機である。職業観・価値観は普遍性の高いものがある一方で時代や社会情勢、働く環境を反映する。

藤本は職業価値観の測定法の研究<sup>3)</sup>の中で、成長とともに意識づく価値観について研究した。学歴を重ねるにつれて「多様性」「社会的貢献」「監督」の3つの価値観が高まる。教育課程の段階を重ねるに従って、指導的立場と社会貢献への意欲が高まり就職の動機になることを示した。

江口らは社会的、個人的要因により社会への不適合が社会問題化した背景の中、働く者の認知や行動を理解し、職業生活の適応に向けた支援を考える上での基礎的な情報を収集するためのツールとなる労働価値観測定尺度を研究した<sup>4)</sup>。この尺度は「社会的評価」「自己の成長」「社会への貢献」「同僚への貢献」「経済的報酬」「達成感」「所属組織への貢献」である。

森田は在職者が持つポジティブな労働観について研究した。ポジティブな労働観は定着志向、職務満足度、会社満足度と関係する。ポジティブな労働観を持つ在職者は職務満足度の中の「自己の貢献や活動」「他者の評価や処遇」「職務における裁量度」と会社満足度の中の「会社の秩序面」との間で関係性があることを示した。また、ポジティブな労働観と自己効力感に関係があること述べている。

職業選択時における自己効力感について、花井<sup>5)</sup>は大学生と工業高校生を対象に、会社情報収集などの行動面を特性的な自己効力感尺度として高校生と大学生の自己効力を比較した。

丸田は応用課程学生が具体的に進路を選択するまでの間の、大学生活での経験や職業選択における基準や理由と期待する職業価値観との関係について研究した<sup>7)</sup>。実習を中心としたカリキュラムが職業価値観を明確化する要因であること。職業価値観が不明確な学生の就職活動や学業への主体的な取り組みの懸念を指摘し、現実的な支援にあたっての職

業価値観形成メカニズムの理解の重要性を述べている。

## 3. 研究の目的と方法

### 3.1 研究の目的

若者の早期離職は避けなければならない。能力開発には主体性が求められ、自己効力感を高める必要がある。森田は在職者の労働観を研究した。自己効力感と在職者のポジティブな労働観は相関関係にあると述べられている。職業観は職業生活を送る上の自己効力の源となる。本研究の対象者は就職活動前の学生で、自己分析、情報収集、キャリアプラン作成など就職活動の準備段階にある。これまで、在職者と学生の職業観を比較して考察した研究はない。移行期における学生と在職者の自己効力感、ポジティブな労働観、職務満足度（学生は期待感となる）について比較する。移行における「心理的な移行」「就職後のキャリア形成」との関わりについて考察する。

### 3.2 研究の方法

#### 3.2.1 倫理的配慮

生産機械システム技術科1年次の学生にアンケートを実施した。対象の学生は就職活動準備段階にある。データ採取にあたっては、被験者となる学生に対して研究においてのみの使用とし、他の目的で使用しないこと、個人が特定されない形でデータとすることを明記した承諾書を作成して承諾を得た。また、それをアンケート用紙にも明記し、口頭の説明も行い、データを採取した。

#### 3.2.2 統計的な分析手法

就職活動前の学生の持つ労働観を分析する目的で、アンケート結果を主成分分析した。アンケートは一般性セルフイフィカシー尺度、森田のポジティブな労働観尺度と職務満足度尺度で行った。セルフイフィカシーとポジティブな労働観、学生の具体的な職業観の関係を分析する目的で、相関性を分析した。データは Shapiro-Wilk 正規性検定し、有意水準 5% で正規性が認められなかった為、Spearman 順位相関係数で相関性を分析した。

表 1 ポジティブな労働観の主成分分析結果

項目	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
世の中の人ほとんどは、仕事を仕方なくやっている(義務的な勤労)	0.331	-0.686	-0.3
世の中のほとんどの人は仕事が好きである(仕事への期待)*	<b>0.619</b>	<b>0.644</b>	-0.066
仕事をするのは、それなりに楽しいものだ(楽しさ)	-0.48	-0.588	0.026
楽しそうに仕事をしている人は多い(楽しさへの羨望)*	<b>0.786</b>	0.051	0.447
仕事をするのは、つらいものだ(つらさ)*	<b>0.809</b>	-0.183	0.106
自分にあった仕事を見つけるのはたやすい(仕事探し)	0.486	0.008	-0.283
どんな仕事にでも、おもしろさを見つけられるものだ(面白さの発見)* **	-0.531	-0.625	0.096
仕事を好きになれるかどうかは、本人のところがけしだいだ(自己の責任感)* **	<b>0.759</b>	-0.391	0.277
世の中には自分にあった仕事があるものだ(仕事の適性)* **	<b>0.749</b>	-0.428	0.019
いくら給料がよくても、仕事がつまらなかつたら意味がない(報酬)	-0.484	0.227	0.367

\*ポジティブな労働観尺度として抽出した因子 \*\*学生の上位にある因子

表 2 ポジティブな労働観と一般性セルフイフィカシー尺度と仕事の期待感の関係

	ポジティブな労働観	一般性セルフイフィカシー尺度			仕事の期待感						
		行動の積極性	失敗に対する不安	能力の社会的位置づけ	定着志向	自己の貢献や活動	他者の評価や処遇	会社の育成面	会社の秩序面	会社の知名度	会社の発展性
ポジティブ労働観	1.00										
行動の積極性	<b>0.32</b>	1.00									
失敗に対する不安	-0.20	<b>-0.62</b>	1.00								
能力の社会的位置づけ	0.10	<b>0.35</b>	<b>-0.33</b>	1.00							
定着志向	<b>0.40</b>	0.02	0.07	-0.18	1.00						
自己の貢献や活動	0.19	0.15	-0.21	0.14	<b>0.50</b>	1.00					
他者の評価や処遇	-0.24	-0.25	0.04	<b>0.40</b>	0.08	0.26	1.00				
会社の育成面	<b>-0.33</b>	-0.08	0.15	<b>-0.40</b>	-0.23	-0.04	0.14	1.00			
会社の秩序面	-0.28	-0.07	0.09	<b>0.40</b>	-0.22	-0.10	<b>0.40</b>	-0.17	1.00		
会社の知名度	<b>0.42</b>	<b>0.44</b>	-0.17	0.28	<b>0.39</b>	0.21	0.22	0.04	-0.02	1.00	
会社の発展性	0.09	<b>0.41</b>	<b>-0.49</b>	0.29	-0.12	<b>0.56</b>	0.11	0.04	-0.21	-0.07	1.00

## 4. 結果

### 4.1 ポジティブな労働観の主成分分析

ポジティブな労働観尺度を構成する目的で主成分分析した。表 1 にポジティブな労働観の主成分分析結果を示す。

第 1 主成分と第 2 主成分で傾向が現れた。第 1 主成分の強い因子負荷量(w)は「仕事への期待」(w=0.619)「楽しさへの羨望」(w=0.786)「つらさ」(w=0.809)「面白さの発見」(w=-0.531)「自己の責任感」(w=0.759)「仕事の適性」(w=0.749)である。第 2 主成分の強い因子は「義務的な勤労」(w=-0.686)「仕事への期待」(w=0.644)「面白さの発見」(w=-0.625)である。

アンケートの対象者は就職活動前の準備段階である。「仕事への期待」「楽しさへの羨望」が高い因子負荷量となっている。そして仕事の直接的な「楽しさ」の因子負荷量は小さい。仕事の不安感が「つらさ」の因子負荷量に現れ、同時に「楽しさへの羨望」が高い正の負荷因子量で現れている。結果は自らの責任の結果であるとの自覚が「自己の責任感」の高い因子負荷量に表れている。

第 1 主成分、第 2 主成分ともに「仕事への期待」「面白さの発見」の因子負荷量は大きい。学生は就職準備段階であることから、仕事や職務、会社を様々な情報源から探している状況である。仕事の面白さは発見できていない。一方で仕事に対しては肯定的な期待感を有している。

ポジティブな労働観は主成分分析の結果から第1主成分の負荷因子量が0.5を超えた6つの因子を抽出してポジティブな労働観尺度とした。

## 4.2 仕事の期待感

表2にポジティブな労働観と一般性セルフフィカシー尺度と仕事の期待感の相関関係を示す。

ポジティブな労働観と一般性セルフフィカシー尺度の関係について、ポジティブな労働観と行動の積極性の間に弱い相関( $p=0.32$ )があった。失敗に対する不安、能力の社会的位置づけの間に相関関係はなかった。

ポジティブな労働観と仕事の期待感は次の相関関係があった。ポジティブな労働観は仕事満足度のうち定着志向( $p=0.40$ )、会社の知名度( $p=0.42$ )と弱い相関がある。また、会社の育成面と負の相関がある( $p=-0.33$ )。行動の積極性と失敗に対する不安(失敗や不安を持つ者)は負の相関( $p=-0.62$ )があり、能力の社会的位置づけ(能力に自身を持つ者)と弱い相関( $p=0.35$ )がある。

一般性セルフフィカシー尺度と仕事の期待感は次の相関関係があった。行動の積極性と会社の知名度( $p=0.44$ )、会社の発展性( $p=0.41$ )は弱い相関関係があった。失敗に対する不安と会社の発展性( $p=-0.49$ )は負の弱い相関関係があった。能力の社会的位置づけは、他者の評価や処遇( $p=0.40$ )、会社の秩序面( $p=0.40$ )と弱い相関関係があった。そして会社の育成面と負の弱い相関関係( $p=0.40$ )があった。

森田の研究でポジティブな労働観と一般性セルフフィカシーの間に弱い相関関係が認められている。今回就職活動前の学生から採取したデータにおいて行動の積極性の間に相関関係があった。森田の研究では異質性が指摘され検討は行われていないが、ポジティブな労働観と一般性セルフフィカシー尺度は関係があると思われる。

森田の研究は職仕事に従事している職務に対する満足度を分析している。本研究の就職準備段階の学生を対象とした場合は、これから就こうとする職務に対する期待感が表れている。

## 5. 考察

分析して得られた結果から、職業観と移行について考察する。

### 5.1 学生の職業観

森田の在職者の職業観の分析結果と比較した学生の職業観について述べる。

森田は労働観を「労働自体を遂行する際には拘束感や疲弊感などのネガティブな感情が生じるものである」との負の意識と「労働を好奇心の充実、能力発揮や能力の向上に実感に代表される面白みや楽しきといったポジティブな感情が生じるもの」との正の意識がある述べている。在職者のポジティブな労働観の主成分分析では、「義務的な勤務」「仕事への期待」「楽しさ」「楽しさへの羨望」「つらさ」「仕事さがし」の因子負荷量が大きい。今回の学生の労働観の主成分分析では、下線を付した「仕事への期待」など3つの質問項目が共通している。一方で在職者は低かったが学生では高かった質問項目は「面白さの発見」「心がけ」「仕事の適性」である。会社の仕事の中では課せられた職務がある。仕事を義務的と感じると本人の心がけや面白さをみつけにくくなる。就職活動準備段階の学生の自己分析は進んでいる。仕事に就いていない為、情報が限られている中で、いかなる能力の発揮や向上が得られるか予測しづらい。このため、仕事の「楽しさ」「面白さの発見」の実感はない。これが負の因子負荷量となって現れた。しかし、「仕事への羨望」の感情を持っている。在職者においても「仕事への羨望」と負の感情である「義務的」も高い因子負荷量である。在職者は「義務的」ではあるが、「面白さの発見」「楽しさ」を見出しているから定着がある。就職前の学生は能力発揮や、能力向上による仕事の「楽しさ」「面白さ」を見つけられる期待感がポジティブな労働観に表れたと考えられる。

学生、在職者ともに「つらさ」の感情を職業観に持っている。成果主義が強く意識されている労働環境の中でその感情を持つことは自然なことである。学生は「本人の心がけ」の因子負荷量が高かったことがそれを示している。学生の仕事に対する責任感の表れと考えられる。

在職者を対象とした森田の研究と、今回採取したアンケートの分析結果から、学生は仕事を「つらい」ものと捉えているが、「義務的」とは捉えていない。仕事の「面白さの発見」「楽しさ」は認知できていないが、「責任感」をもちつつ「仕事への羨望」の感情と職場や職務への期待感を有すると考えられる。

## 5.2 移行期の心理

自己効力感と職業観の関係から見えた移行期の心理と支援について述べる。

図1に自己効力とポジティブな職業観の下位因子の関係を示す。

一般性セルフイフィカシー尺度の「行動の積極性」と「失敗の不安」とポジティブな職業観の関係は特徴がある。「仕事への期待感」「面白さの発見」が自己効力の「行動の積極性」と「失敗の不安」との間で対照的な関係にあることは、この職業観の重要性を示唆している。ポジティブな労働観を持続するとき達成感や充実感が必要である。それが得られたとき自身の成長を実感し、次の活動に繋がる。自身の能力に気づかない時、仕事の目標や課題がつかめない時は不安が先行する。

スムーズな心理的な移行を目的とした支援を考える時、「面白さの発見」と「行動の積極性」を持たせる支援が必要と考えられる。

## 5.3 企業の人材育成情報の不足

自己効力感と職業観、職務満足度尺度の関係から見えた情報の不足と支援について述べる。

学生はポジティブな職業観と自己効力感、職務満足度尺度との間で、「行動の積極性」「定着志向」「会社の知名度」で正の相関関係にあった。就業前であり、仕事の「面白さの発見」「楽しさ」は職場で仕事を達成していく中で探索しなければならない。探索は自らの自発的な行動が必要になる。「行動の積極性」と相関関係があることから挑戦意欲がその後の「ポジティブな労働観」の醸成に必要と考えられる。そして会社や社会への貢献意欲がその源である。

「ポジティブな労働観」と「会社の育成面」は負の相関関係にあった。在職者は弱い相関関係にある。森田は管理職群と非管理職群を比較し、「会社や社

会に貢献できているという満足感が得られたときに快感情が想起されやすく、結果としてポジティブな労働観が促進される」と述べている<sup>5)</sup>。これは学生が得ている企業が現在行っている能力開発の情報不足にあると考えられる。

企業の能力開発は人材マネジメントを含みつつある。企業は能力開発体系で人材をマネジメントしている。仕事に対するモチベーションが上昇している企業では OJT、OFF-JT による能力開発に加え「目標管理制度による動機づけ」「定期的な面談(個別評価・考課)」「指導役や教育係の配置」などによる能力開発、人材マネジメントが行われている<sup>8)</sup>。大学生が就職先を決めるにあたって重視している17項目の質問のうち、やりがいは2位で社会貢献は7位である<sup>9)</sup>。中学、高校、大学生の将来働く目的は教育課程が上がるに従い「社会貢献」と回答する割合が減り、「自己実現」と回答する割合が増加する<sup>10)</sup>。「他者評価」の割合は変わらない。結果や成果が求められる仕事の中、学生が得る情報と企業の実際の人材育成とのギャップが「ポジティブな労働観」と負の相関関係にあった要因と考えられる。このギャップを埋める支援が必要である。

## 6. 結論

就職活動を前にした学生と在職者の自己効力、職業観、職務満足度尺度を比較して考察した。

ポジティブな労働観は就職活動を前にした学生の職業観を明確にできる。自己効力の行動の積極性と失敗の不安の面が表れたときのポジティブな職業観の関係に特徴がある。人材育成の手段が多様化する中、行動の積極性の面が出ると、仕事の面白さや楽しさを自らで発見できる。これは自己分析と会社情報、仕事情報がリンクしており、将来の能力発揮や能力向上のイメージが出来ているからである。

就職活動を前にした段階は、仕事の面白さの発見、期待感の不足から不安感も持つ。実習を中心としたカリキュラムは職業価値観を明確化する要因であり、職業能力開発体系図から仕事に必要な能力(例えば構造設計における耐久性、メンテナンスのしやすさ、コストなどのバランス)を知ることが出来る。この職務目標とも言える記述は職務構成分析表の

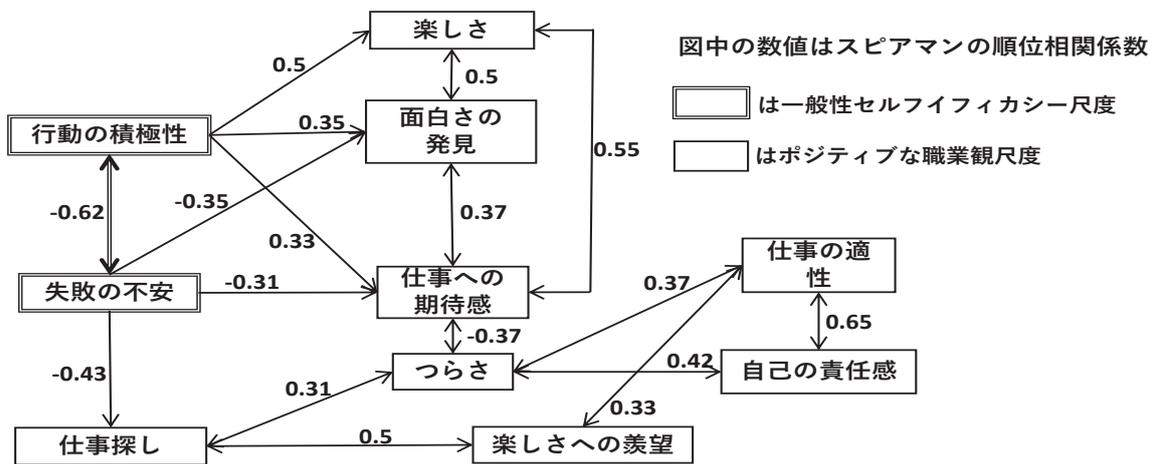


図1 自己効力とポジティブな職業観の関係図

全ての職務にあるわけではない。仕事の適性を考え、成果や結果と社会貢献、自己実現が一致したとき行動の積極性の面が表れポジティブな職業観が促進される。一方で失敗の不安の面も出る。これは仕事の適性への不安とつらさが先行するネガティブな側面である。この不安感の解消が必要である。また、就職の動機で貢献より自己実現が上位である現在であっても定着志向と関連する自己の貢献や活動を活性化するポジティブな労働観の醸成が必要である。

人材育成の手段が多様化する中で情報不足の解消が必要である。これは「組織間移行」「就職後のキャリア形成」の課題である。「匠の思考に学ぶ型組構想の方略学習」<sup>11)</sup>の職務目標とリンクした教材、演習課題を増やすこと、「目標と結果」を明確にした実習課題の設定が必要である。これは「カリキュラム移行」の課題である。これらは「心理的な移行」の解決手段となる。今後はこれら課題の解決にあたっていきたい。

謝辞

授業や相談の中で大切にしていけるべきことを教えてくれた、前年、本年とアンケートに協力頂いた学生の皆さんに感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 喬橋憲司：専門意識の醸成における自己効力感、東北職業能力開発大学校紀要、第31号、pp.1-6、2021年
- 2) 寺田盛紀：キャリア教育論、学文社、pp.2-5、2014年
- 3) 藤本喜八：職業価値観の測定法について、進路指導研究、pp.12-26、1982年
- 4) 江口：労働価値観尺度の開発、産業・組織心理学研究、第23巻第2号、pp.145-154、2010年
- 5) 森田慎一郎：日本の会社員におけるポジティブな労働観と職務満足度との関連、産業・組織心理学研究、第21巻、pp.3-14、2007年
- 6) 花井：キャリア選択自己効力感尺度の構造とモデル、キャリア教育研究、第33巻、pp.29-38、2014年
- 7) 丸田：応用課程学生の就職の選択基準とその要因、職業能力開発研究誌、第31巻、2015年
- 8) 厚生労働省：平成30年版労働経済白書、厚生労働省ホームページ、2022年3月10日確認
- 9) 内閣府：学生の就職・採用活動開始時期等に関する調査、内閣府ホームページ、2022年3月8日確認  
[https://www5.cao.go.jp/keizai1/gakuseichosa/pdf/20201130houkokusyo\\_1.pdf](https://www5.cao.go.jp/keizai1/gakuseichosa/pdf/20201130houkokusyo_1.pdf)
- 10) 菅原：「将来働く目的や理由」の項目収集と分類、日本教育心理学会第59回総会発表論文集、2017年
- 11) 喬橋憲司：匠の思考に学ぶアクティブラーニングプロジェクト、職業能力開発大学校高度養成課程令和元年度研究論文予稿集、pp3-4、2019年

# 職業能力開発大学校における工学倫理教育の 解釈学的研究

山川 晃\*1

Hermeneutics of Engineering Ethics for Polytechnic College Students

YAMAKAWA Akira\*1

**要約** 本論文では、筆者がこれまで職業能力開発大学校で実施してきた工学倫理教育における学生の応答を解釈学的に分析することで、技術者教育の中での工学倫理カリキュラムと教材のあり方について提案するものである。

## 1. はじめに

### 1.1 研究の背景と目的

#### 1.1.1 Engineering Ethics について

もともと、Engineering Ethics とは、アメリカで起こった技術者の地位向上と専門職としての責任が果たされるための社会システムとして理解される<sup>1)</sup>。また、このような理解がされつつも、Engineering Ethics は、技術者を取り巻く状況から大きくミクロレベル (技術者個人)、メソレベル (技術者が属する組織)、マクロレベル (技術の社会的影響) の視点に立った教育・研究がされてきた<sup>2)</sup>。このような注目する視点の違いもあってか、日本における工学倫理教育のカリキュラムは、実施主体や担当者ごとに定まっていない状況にあった<sup>3)</sup>。そのため、Engineering Ethics の日本語訳として、技術者倫理、工学倫理、技術倫理とばらつきもあった (以後、ここでの日本語訳は工学倫理とする)。

また、筆者自身が企業関係者と接する機会において、高等教育の工学倫理に関する意見として、「学生のとき広い視野を持った分析能力を持たせるよう

な教育をしてほしい」、「ベテランになったとき、ふと、自分の職業や技術に迷いがでる。そんなときのヒントになる倫理や技術論の教育があれば。。。」という声をいただくことがあった。一方で、ある企業経営者からは、「常識の範囲で十分」、「社員に常識以外の倫理や道徳を植え付けないでほしい。従順な従業員であればそれでいい」という工学倫理教育に反対する意見もあった。

このようにさまざまな意見があることは承知しているが、自身も含め、さまざまな出来事があるたびに、さまざまな人々が道徳や倫理、組織のあり方や社会のしくみについて意識している状況があることは紛れもない事実である。自らが考える・意識する環境を提供するとともに、正常な社会の形成と生きる手立ての一助となる術を教授することが教育機関の使命である。

#### 1.1.2 工学倫理教育の目的

まず、工学倫理は単なる技術者の心構えや教養ではない。それは内発的動機による倫理であり、周辺領域の知識でもなく、技術者の技術活動そのものである。具体的には、技術者の職業環境も巻き込んで、

\*1 東北職業能力開発大学校 生産電子情報システム技術科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Production Electronic Information Systems  
Technology

独りよがりではない、自らの意思で実行できる組織や社会のシステムづくりのための能力であり、この能力を育成することが、工学倫理教育の目的である。ただし、ここで注意しなければならないのは、倫理学を学ぶことが、一般的な倫理観の醸成を目的にしているのではないことである。これは工学倫理の教育効果が見込めないことからではない。Eric Schwitzgebel と Joshua Rust の研究<sup>3)</sup>によれば、一般の人と倫理学者の倫理観には違いはほとんど見いだせない。つまり、倫理学を理解しても個人の一般的な倫理観が必ずしも醸成されるわけではない(この研究での調査項目は、選挙行動や寄付行為、母親とのコミュニケーションなど、善行と考えられる行動が調査されている)。

改めて、工学倫理とは、専門職としての責任が果たされるための社会システムであり、工学倫理教育の目的は、工学倫理を理解し、新たな工学倫理の構築と技術的諸問題への対処・解決能力を身につけさせることである。

### 1.1.3 研究の目的と研究方法について

工学倫理や技術者倫理という名称で実施されている授業については、そこで用いるテキストやケーススタディについて、ある程度、調査がされている<sup>3)</sup>。しかし、工学系各専攻分野のように、まだまだ授業内容が確立されている状況ではなく、近年になって、日本工学教育協会にて教育目標が策定された状況である<sup>4)</sup>。そこで、本研究の目的は、筆者が実施してきた工学倫理教育の中で教材として利用したケーススタディによる演習が、学生の認識にどのように影響を及ぼしているのか分析することで、工学倫理教育のカリキュラムや教材の問題点を探ることにある。なお、一般に、教育効果の測定に関する調査手法として、定量的調査(量的調査)と定性的調査(質的調査)がある。ここでは、質的調査の考え方である解釈学的アプローチで分析することとした。また、質的調査そのものを行わない理由は、調査を前面に出してしまうと、調査のための回答を分析することになり、普段の授業を通した学生の認識を探ることとは区別されるべきと考えたからである。以上を踏まえ、学生の認識がそのまま記述さ

れるレポートの考察・感想を中心に分析することとし、関心の度合いとして、レポート作成作業・グループ討議での取り組み状況、演習中の会話の内容も補足的に分析対象とした。

## 2. 職業能力開発大学校における工学倫理教育の実施と分析

### 2.1 工学倫理科目の概要

筆者が行ってきた工学倫理教育の経緯とその状況については、前号<sup>6)</sup>で詳細を報告しているので、本節では、開講科目の概要について示す。

筆者は、職業能力開発大学校において、工学倫理に関する教育を、2010年度から2022年度まで、途中の2年を除いて実施している。開講している単位は、2単位で(1単位は100分を1コマ、開講回数9回である)、対象学年は2010年度から2015年度までは専門課程1年生(大学1年生相当)を対象として、2017年度から現在までは応用課程1年生(大学3年生相当)を対象としている。内容については、科目名が開講年度により多少変遷しているが、1.1.1節に示したように、工学倫理をミクロ・メソ・マクロのそれぞれのレベルで学ぶ内容(技術者の責任と職業や組織の性質、科学技術の社会的影響について)とした。また、授業は、当初は自作テキストのみ用いていたが、計画した授業内容と比較的一致している市販のテキストとして、2013年度より、「技術者倫理の世界：藤本温 編著、川下智幸・下野次男・南部幸久・福田孝之 共著、森北出版」を用いている。

### 2.2 工学倫理教育の内容と学生の応答分析

#### 2.2.1 ケーススタディ演習について

授業は、テキストとしている「技術者倫理の世界」に沿って進め、自作資料も併せて用いている。授業はテキストの内容について解説した後、演習としてグループ討議と調査レポートを課している。グループ討議については、授業開始時のアイスブレイクとして「子どもと大人、学生と社会人、なぜ専門外の道徳や倫理を学ぶのか」を4人程度のグループとしての意見をまとめ発表し(写真1)、レポートはグループと自分の意見をまとめ提出してもらった。その



写真1 グループ討議の様子

後、テキストに沿った授業を行いつつ、テキストにケーススタディとして取り上げられている、「スペースシャトルチャレンジャー号爆発事故」、「東海村 JCO 臨界事故」に関する内容を各自調査しレポートとした。なお、レポート作成作業は、作業中に学生同士や教員との意見や感想のやり取りが行え、かつ、取り組み状況の観察もできるよう、授業時間内に調査やレポート作成作業の時間を設けている。これらに加え、独自のテーマとして、時事問題や身近な問題、専門職が絡む話題として、船橋市西図書館蔵書破棄事件と岩手県立博物館文化財切り取り事件、そして、工学的デザイン演習を行っている。なお、博物館については博物館等の役割と学芸員、図書館については図書館の役割と図書館協会（図書館司書）の倫理綱領について説明を行ったあとに、レポート作成作業を課している。また、工学的デザイン演習は、ユニバーサルデザインや安全機能の考え方についてテキストや補足資料で説明を行った後、「新たなエレベーターの開閉ボタンのデザインと安全な扉開閉機構の提案」と「エスカレーターの安全な利用と安全機能の提案、事故防止啓発活動の方法」の2つのテーマに関し、1グループ4~5人で討議し、発表・レポートすることとしている。

以上の演習テーマに関する作業内容を学生の応答として、解釈学的に分析を行った。なお、分析対象の授業は、まったく同じ内容で授業を行った2019年度（学生数24名）、2020年度（学生数31名）の開講分とした。

## 2.2.2 学生の応答 ～レポート内容に関して～

学生の応答の分析は、アイスブレイクを除いたテーマごとに分類したうえで、ケーススタディに対する学生の認識を探りたいため、レポート課題の評価対象となる問題点の整理や分析や考察ではなく、感想（考察も一部含む）に焦点を当てた。

以下に、授業で取り上げたケーススタディに関し、時系列にレポートの考察・感想に対する解釈とともに、そこでの頻出キーワードを記す。

### (1) チャレンジャー号爆発事故

#### 【頻出ワード】

マネジメント、リスク、立場と役割、責任、判断の科学的根拠、現場・当事者の視点・意見、様々な立場と意見、経営者と技術者、NASAの体質

#### 【レポートについて】

レポートは分量に個人差はあるが、おおよそ、事実の整理、事故の原因、調査委員会で指摘されたこと、改善案、考察、感想で構成されていた。また、人命がかかっているにも関わらず、認識の甘さやプロジェクトへの期待や威信、当事者や技術者の判断がなぜ重視されなかったのかということに対する疑問が多く述べられていた。

### (2) 東海村 JCO 臨界事故

#### 【頻出ワード】

ずさんな管理、裏マニュアル、危機感の低さ、被爆の恐ろしさ、安全管理体制、第三者の監視・視点

#### 【レポートについて】

日本国内でこのような事故があったことが、それほど昔でもない時代に起きたことが衝撃的であったようだ。また、閉鎖された組織であったことから、正規マニュアルを逸脱したことで、安全が重視されていなかったことに驚いていた。

### (3) 船橋市西図書館蔵書破棄事件・岩手県立博物館文化財切り取り事件

#### 【頻出ワード】

公共、公共の利益、勝手な行動、私利私欲、無断、独断、コミュニケーション不足、相談、管理体制、専門資格

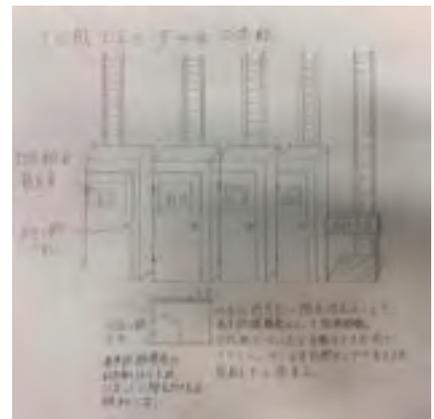


図1 工学的デザイン演習で出されたアイデアの一例

### 【レポートについて】

ほとんどの学生が、担当者の身勝手な行動を批判しつつ、公共に資する役割のある職業に就いている者の意識向上と、個人の行き過ぎた行動を生じさせない組織の管理体制を作ることが重要であるという意見が多くあった。また、このようなことを生じさせないための具体的な提案をしているものも多く見られた。

### (4) 工学的デザイン演習

- ①新たなエレベーターの開閉ボタンと安全な扉開閉機構の提案
- ②エスカレーター安全な利用機能の提案と事故防止啓発活動の方法

上記のレポートは多様で、演習テーマの中で、一番活発に議論が行われた（図1）テーマであった。アイデアには人工知能を用いた開閉機構から、エレベーターボーイ・ガールが一番安心であると言った意見、閉じるボタンはいらないという意見までさまざまであった。また、エスカレーターのデザインについては、空想的なアイデアは多くであるが、現実的になるとなかなか良いアイデアは出てこなかった。いずれのテーマでも、空想ではなく、現実的にさまざまな利用者を想定し、さらに良いものをつくりあげ社会に浸透させることは、大変難しい作業であることが分かったという感想とともに、一番楽しい演習テーマであったという感想が多かった。

### 3. 学生の応答に対する考察

まず、(1)チャレンジャー号爆発事故については、事故の分析とともに、さまざまな原因について調べられているが、レポート内容はあくまで、「ありがちな内容」になってしまっている。例えば、経営者と技術者の意見の食い違いがある場合、どうやって合意形成を図るべきなのか、それぞれの立場を想像した提案や感想が見られない。この要因は、授業後の学生との会話でもあったが、まだ重い業務遂行と責任の間で実務経験がないため、なかなか当事者意識につなげることが難しいという事情がある。同様のことは、(2)東海村JCO臨界事故にも言えるが、チャレンジャー号爆発事故よりは、問題意識に具体性があり、正規マニュアルとは違う作業が行われるようになった原因の更なる追究や、どのようにして逸脱行為を防いでいけばよいのかという考察がされているレポートが多くみられた。これは、日本国内の事故であったことや被害者や遺族などの生々しい声を取り上げられていること、そして、アルバイト経験等の身近な作業を思い浮かべて考えられた面もあり、当事者意識を具体的に持ちやすかった事例と考えられる。また、この2つの事例は、事故の悲惨さが強烈で、授業の印象に残る一方で、かなりショッキングであるという意見もあった。

次に、(3)図書館蔵書破棄・博物館文化財切り取り事件については、公共性の高い専門職の業務内容と倫理綱領の理解、かつ、時事的話題（岩手県立博物館職員による文化財の無断切り取りは2019年6月5日に同館が公表）ということで提示した事例である。当初、筆者の意図としては、身近な存在の図書

館や博物館の専門職として、仕事の内容が想定しやすく問題もそれほど複雑でないと考え、「軽い話題」として提示したテーマであった。しかし、この事例に関し、学生は意外にも重く受け止めており、授業の中でも、公共の福祉や業務の公共性、倫理綱領の意義等についての学習があるため、原因の分析とともに、意識改革や再発防止案など、具体的に自らが考えた記述が多く、専門職倫理の初学者が取り組みやすい事例であることがわかった。

最後に(4)工学的デザイン演習については、これも身近な機器として、そして、近年、特に駅などでも啓発活動が行われていることもあり、学生は高い関心を示したテーマであった。ただ、最初から新しいアイデアを出すようにしたわけではなく、空想的なアイデアを最初に出し合い、その後、現実的なアイデアに移行するよう促したこともあり、いろいろなアイデアが出るとともに、さまざまな利用者の安全に配慮した指摘も含め、活発な議論が行われていた。

今回取り上げたケーススタディに関し、学生の認識についての考察をまとめると以下ようになる。

#### (1) チャレンジャー号爆発事故について

この話題は、初学者にとって、問題や資料が多く難しさが伴う。そのため、学生の演習テーマとして取り上げるより、工学倫理の代表的事例として、教科書的に解説を行うテーマとして取り上げた方がよい。

#### (2) 東海村 JCO 臨界事故について

日本語による解説や当時のニュース記事、当事者の声など、資料も比較的多いので、チャレンジャー号爆発事故の事例解説の後の演習として適したテーマであると考えられる。

#### (3) 船橋市西図書館蔵書破棄事件・岩手県立博物館文化財切り取り事件について

専門職倫理を扱う学生の演習テーマとして、作業の分量や問題点などを考慮すると、比較的アプローチしやすい演習テーマであると考えられる。ただし、工学的な内容ではないので、このテーマに強くこだ

わる必要はない。社会情勢や時期的な関心によっては、適宜、別の話題や時事問題に変えても構わないテーマである。

#### (4) 工学的デザイン演習について

当大学校には、設計やデザインの企画を取り上げる科目があまりないため、ユニバーサルデザインやアフォーダンスの考え方を学ぶとともに演習テーマとして取り上げた結果、学生にとっては、楽しみながら演習に取り組めるテーマとして好評であった。ただし、技術系を専攻するコースの場合、設計やデザインなどに関係する科目が既にあれば、取り組むべきテーマではないが、少なくとも、「学生が前向きになれる」演習テーマを設けることは、幸福の追求という人倫の目的に沿う訓練であるので、倫理教育の教材としても重要であると考ええる。

## 4. まとめ

スペースシャトルのケーススタディは有名であり、宇宙開発への関心とともに、衝撃的な事故であるため印象に残りやすく、工学倫理への関心を引き付ける題材として適したテーマでもある。しかし、工学倫理を学び始めたばかりの学生にとっては、本格的に調べるには資料が多いことと、もともになる調査委員会の資料は英語というハードルもあり、どうしても、より簡単にまとめられているインターネット上の資料に頼りやすい。教訓とすべき代表的なケーススタディについては、授業担当者も授業の参考になる資料が多いので、取り上げやすいテーマである。一方で、事故などのケーススタディばかりに目を向けていると、安全教育に偏ってしまうとともに、ネガティブな印象や過度な責任感から、重苦しい意識を抱きやすくなる。そのため、新しいアイデアが出しやすいテーマでのグループワークも適宜取り入れ、息抜きも含めた前向きな感情を抱かせる配慮も必要と考えられる。

また、時事問題については、調査がし尽くされていない問題であるため、授業の教材として取り上げにくいテーマであるが、身近な問題については、学生自身が身近と感じることが多いため当事者意識をもちやすく、グループ討議などに時間を費やせる

場合、学生と一緒に考えていくテーマとして良い教材テーマでもある。

## 5. 今後の課題

工学倫理教育で重要な目的の一つに、当事者意識をもった問題分析能力を身につけることがある。そのため、当事者意識を持ちやすい身近な問題を授業のテーマとして取り上げることは、目的に適う上、一定の教育的効果が見込まれる<sup>7)</sup>。そのため、筆者は、本研究の対象ではないが、2021年度に、大学校の所在地である宮城県も被災地となった、東日本大震災に関する授業テーマとして、「石巻市立大川小学校津波被害に関する国家賠償等請求事件」を取り上げてみることにした。このテーマでは、学校の役割と責任、および、地域と防災対策を念頭に、判決文を読んだの意見・感想を求めた。このテーマは試行的に取り組んだこともあり、環境倫理学や専門職倫理に関連した事前解説に多くの時間を割かなかったが、授業への関心や反響は非常に大きかった。また、感想・意見の内容を見ると、当事者意識と関心の高さは、どのテーマよりも高かった。

今後、環境や災害、SDGsなど、人類が取り組まなければならない課題は数多くある。しかし、工学倫理教育という側面では、他科目との接続を考えたカリキュラムや授業内容を構成していかなければならず、技術者育成という枠の中で、工学倫理教育に関するカリキュラムや授業内容の研究は、引き続き取り組まなければならない課題である。また、**Engineering Ethics** が技術者の活動であるならば、技術者活動のための素養や能力は、ある程度、規定しても差し支えないだろうし、規定された能力を工学倫理教育で獲得できるよう、教育目標を作成することも可能<sup>8)</sup>である。この技術者活動の能力を規定することは今後も議論があるだろうが、一応の規定に基づく能力の測定・検証は、さらなる研究課題である。

**謝辞** 学生のみなさんには日常会話も含め様々な場面を通じ、授業を見つめなおすヒントやお叱りをいただきました。多数の率直な意見に感謝申し上げます。

## [参考文献]

- 1) 戸田山和久：「技術者倫理教育」とは何か また何であるべきか、名古屋高等教育研究 第7号、pp.289-299、2007
- 2) 杉原桂太、大野波矢登 著：「欧米における技術者倫理・技術倫理の動向」、齊藤了文、岩崎豪人 編：工学倫理の諸相 ナカニシヤ出版、2005年、pp.202-228
- 3) Eric Schwitzgebel, Joshua Rust : "The Behavior of Ethicists", A Companion to Experimental Philosophy, Edited by Justin Sytsma and Wesley Buckwalter(WILEY Blackwell), pp225-233, 2016
- 4) 小林 幸人, 札野 順, 辻井 洋行：技術者倫理教育におけるモデルシラバス策定に向けた調査研究報告(1)、工学教育、2011年 59巻 4号 p.4\_119-4\_122
- 5) 小林 幸人, 札野 順：「技術者倫理教育における学習・教育目標 2016」および「モジュール型モデル・シラバス」解説、工学教育、2016年 64巻 5号 p.5\_141-5\_159
- 6) 山川晃：職業能力開発大学校における工学倫理の実施について、東北職業能力開発大学校紀要 第31号、2021年6月
- 7) 藤木 篤：日本住血吸虫病撲滅事業の事例分析に基づく環境倫理学と技術者倫理の接続の試み、2017年 65巻 3号 p.3\_97-3\_102
- 8) 調 麻佐志：工学教育における新しい取り組みと技術者倫理、情報知識学会誌、2006年 16巻 3号 3\_14-3\_23
- 9) 質的調査法入門—教育における調査法とケース・スタディー：S.BMerriam 著、堀 薫夫、久保真人、成島美弥 訳、ミネルヴァ書房、2004

# 教材コンクール入賞作品を用いた総合制作実習の取り組み

## —学生の技能・技術向上と提示する課題の設定について—

市川 拓実\*<sup>1</sup>

The Approach to the Comprehensive Production Practice Using Works that  
Won the Prize in the Teaching Materials Competition  
- About Improving Student Skills and Setting Assignments to be Presented -

ICHIKAWA Takumi\*<sup>1</sup>

**要約** 筆者が令和 2 年度教材コンクールで受賞した作品（作品名：ランプ状況取得表示システムと適用方法）を総合制作実習の課題として使用した。学生は IoT に関する技能・技術向上を図るとともにハードウェアとソフトウェアの優位性を理解しながら製作に取り組んだ。製作内容と学生レベルを勘案し取り組んだ研究速報である。

### 1. はじめに

第 4 次産業革命に対応した人材を早期に育成するため「ランプ状況取得表示システム」（以下システム）を製作した。筆者は令和 3 年度よりポリテクセンターからポリテクカレッジに転勤となり、総合制作実習にて学生に IoT の構成・製作工程を理解するよう、システムを展開した。

システムは生産現場で古い機械のデータを集める際に「ランプの状況を取得」をしている。ランプの状況をサーバに蓄積し見える化を行い、稼働時間の改善につなげられる。

学生はシステムに準拠し製作することにより、「ランプの状況を取得→記録→表示」といった手順を理解することができ、IoT に必要な技能・技術を習得することができる。



図 1 筆者が製作したシステム全体図

\*1 東北職業能力開発大学校青森校 電子情報技術科  
Tohoku Polytechnic College, Aomori  
Department of Electronic Information Technology

## 2. システムを活用した人材育成におけるポイント

電子回路設計者ではネットワークやデータベースが理解しにくく、またネットワーク技術者ではハードウェアがわからないなど1つのシステムを完成させるのに、さまざまな知識と技術が必要となる。

IoTを行う上で技術要素のほかに、取得方法、蓄積方法、表示方法という段階が必要となる。具体的には普及しているマイコン等を活用しランプの点灯状況を取得し、データベースに送信し、Webブラウザにてグラフを表示させる。必要となる知識として、ハードウェアでは電子回路、マイコン等の選定、現場環境となる。ソフトウェアでは使用プログラミング言語の選定と使用方法、ネットワークの通信の仕方である。

複数人で一つのテーマを取り組む総合制作実習でシステムを活用し、ハードウェア・ソフトウェア製作に分かれ、学んだ技能・技術を実践し、今後の技術発展の基礎としてほしいと考えている。

## 3. 総合制作実習での展開

総合制作実習の製作物を決める際、学生にアンケートを行い、製作物を申告してもらったが製作物がいまいちなため、こちらからIoTを一連の流

れで製作できる内容を提示した。5テーマほど提示を行い、その中にシステムを入れて提示した。

システム構成は初期製作段階で Raspberry Pi とサーバを使用していたが、サーバの用意や通信環境の整備が必要となるため、Raspberry Pi にすべての機能を集約することで利便性が高いと考えた。

また今年度の統一技術テーマとして「MQTTの実装」が必須であり、学生と検討した結果、Raspberry Pi を2台用意し、センサー実装兼 MQTT 送信側と MQTT 受信兼サーバとして製作に取り組んだ。

図2は学生が制作発表で使用した資料から抜粋した全体構成図である。

## 4. 使用言語・ソフトとシラバスとの関連性

集めたデータを表示するのに Web ブラウザを使用することで、パソコンやスマートフォンなどデバイスに依存する必要がなくなる。システムでは表示に HTML、CSS、PHP、JavaScript、SQL を使用している。SQL との連帯に PHP を使用し、動的ページを作成できる。JavaScript を使用して視覚効果を高めており、また HTML と CSS はセットで使用する事が昨今では必須条件である。

電子情報技術科の令和2年度シラバスでは PHP 以外の内容が網羅されている。

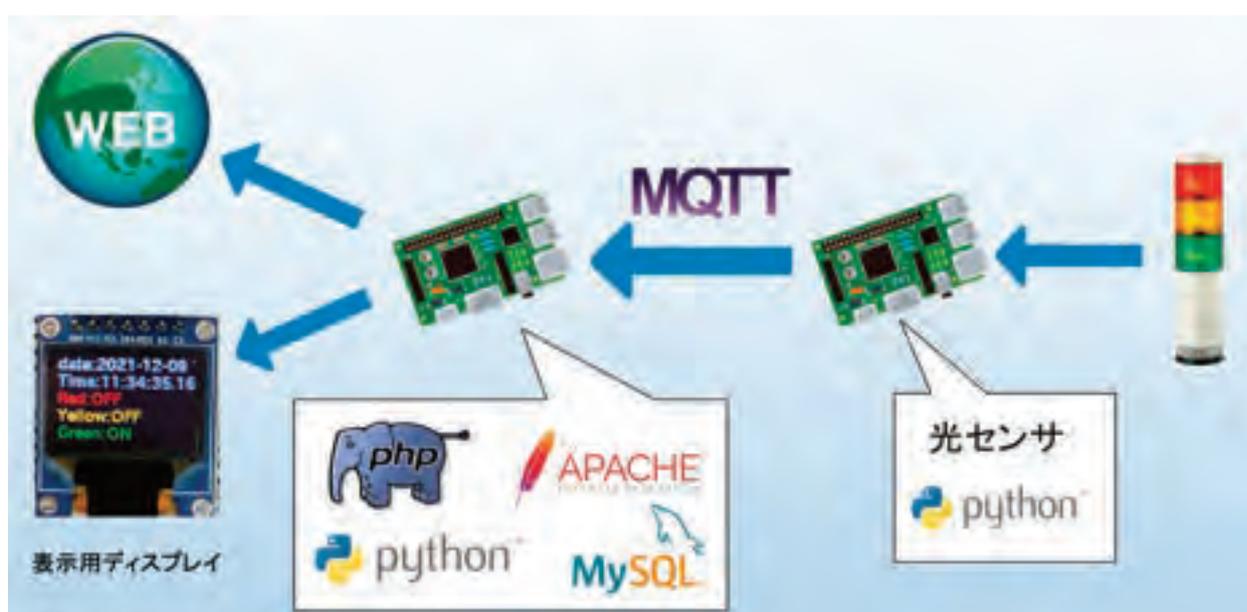


図2 全体構成図

授業では Web と DNS のみを仮想環境で構築していた。仮想環境から Raspberry Pi の実機で行う際に、手順とコマンドの違いを理解する必要がある。システムで提示している統合ソフト Xampp は使用せずの一つずつソフトを導入した。

IoT の基礎となるプログラムは Python をベースとしている MQTT とデータベースにデータを登録する SQL である。どちらも基本構文のみ使用できる習得レベルにシラバスは設定されているため、サンプルコード等の提示を行った。

## 5. 学生の取り組み

### 5.1 ハードウェアについて

製作した基板はセンサー基板、AD 変換基板に分けている。分けることにより設置する際のランプの重量減少と電源確保のしやすさを考慮している。また収納するケースは 3D プリンタにて作製した。

#### 5.1.1 センサー基板

システムではセンサー周辺回路は既製品を使用し、接続のみで使用できた。図 3 が取り付けた状態である。



図 3 システムのセンサー

製作したセンサー基板にはシステムと同様に CdS を使用している。CdS は光量により抵抗値が変化し、得られる値はアナログ値となる。図 4 は製作したセンサー基板である。右下のケーブルにて AD 変換基板に接続をしている。

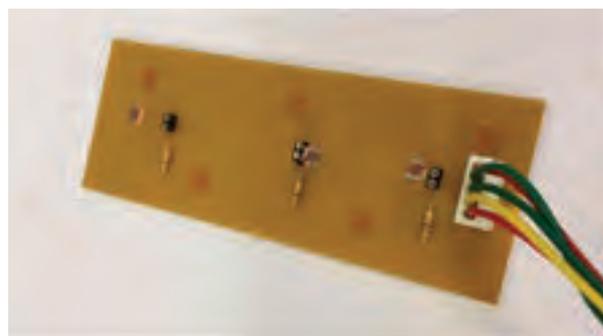


図 4 センサー部分の基板

カバーは、センサーが他のランプの光で反応しないよう仕切りを設け、閾値を調整することにより、他のランプがセンサーに干渉せず取得することができた。図 5 がカバーとセンサー基板を組み合わせた写真である。



図 5 カバーと合わせた状態

#### 5.1.2 AD 変換基板

Raspberry Pi はデジタル値しか受け取ることができないため、AD 変換器を用いて SPI 通信にて数値を送る。システムは AD 変換機能が既製品として配線されており、SPI 通信も搭載されている。図 6

が実際に制作した AD 変換器搭載基板である。ボタンを搭載し押すことにより、MQTT のテスト通信を行うことができる。

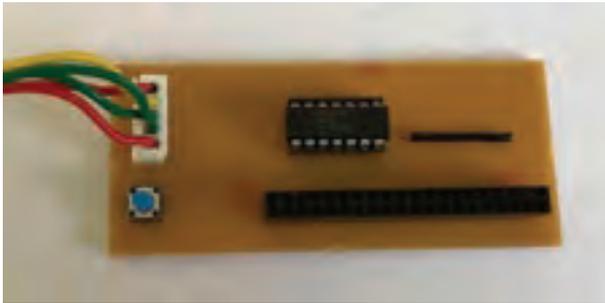


図 6 AD 変換器搭載の基板

### 5.1.3 Raspberry Pi 周辺機器

システムでは基板等がむき出しの状態であったが、送信側 Raspberry Pi と受信側 Raspberry Pi にすることにより、ケースに収納することができた。また機能を絞ることにより基板を小さく製作することができた。

図 7 はシステムでの Raspberry Pi 周辺機器で、図 8 は製作した基板を取り付けた写真である。また受信表示には OLED を使用している。図 9 が受信側 Raspberry Pi の外観である。

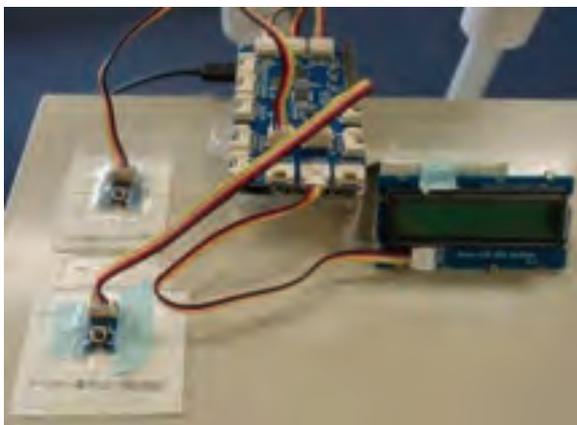


図 7 システムでの Raspberry Pi 周辺機器

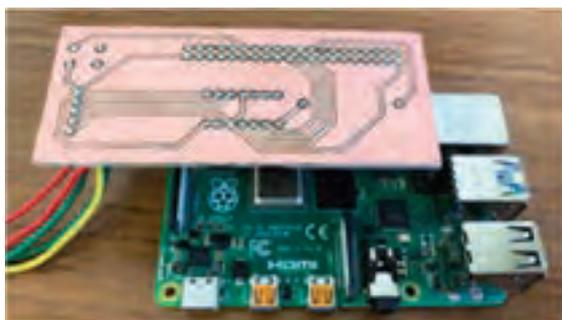


図 8 製作した Raspberry Pi 周辺機器



図 9 受信側の全体

MQTT を使用しているため、複数のランプを監視する場合は、センサー基板と搭載した送信側 Raspberry Pi を監視したいランプの台数分、用意すればよい。

## 5.2 ソフトウェアについて

図 10 は PHP にて記録しているデータの一覧である。また図 11 は指定した日のグラフ表示である。

稼働状況			
<input type="button" value="09:20"/> <input type="button" value="09:22"/>			
<input type="button" value="今日の日付"/> <input type="button" value="検索"/>			
時刻	緑ランプ	黄ランプ	赤ランプ
2022-02-08 11:00:00	ON	OFF	ON
2022-02-09 10:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-09 11:00:00	ON	OFF	ON
2022-02-09 11:30:00	OFF	OFF	OFF
2022-02-09 12:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-11 10:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-11 11:30:00	OFF	OFF	OFF
2022-02-12 10:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-12 12:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-13 10:00:00	ON	OFF	OFF
2022-02-16 12:00:00	ON	OFF	OFF

図 10 一覧表示

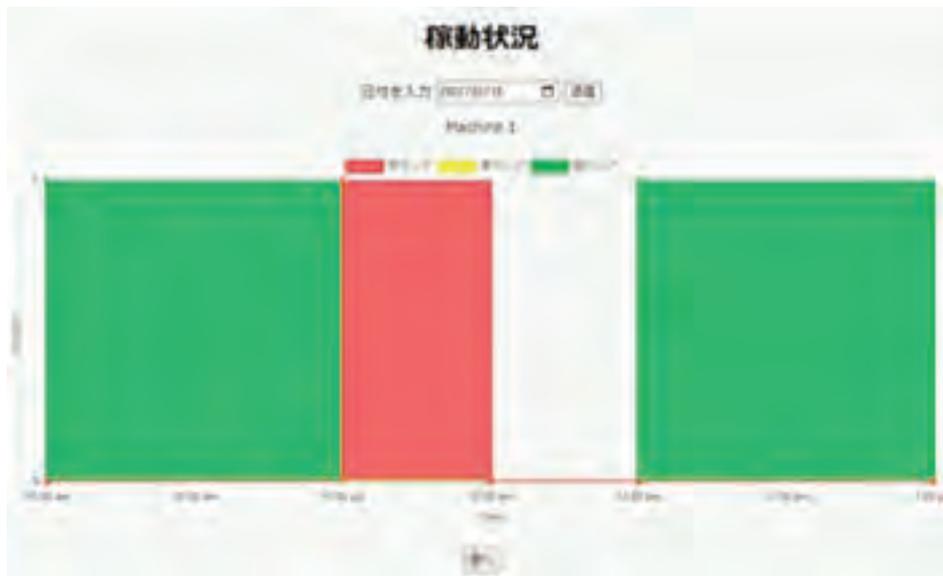


図 11 グラフ表示

システムと同様に PHP 初学者でも PHP と SQL を利用して Web 上に表示させることができた。

分の設定を変更せず、送信側 Raspberry Pi の台数を増やすことができる。

### 5.3 完成品

図 12 は制作物全体である。左側に送信用 Raspberry Pi、中央にセンサーを取り付けたランプ、右側に受信用 Raspberry Pi である。



図 12 制作物全体

図 1 の左上の部分をもっと最小限の構成に置き換え、受信側 Raspberry Pi と送信側 Raspberry Pi を用意することにより複数台の接続にも対応できた。また通信も MQTT を使用することにより、通信部

## 6. 課題の設定について

筆者が当初考えていた目標は複数台のランプを監視できるようにすることであった。しかし取り組み状況から 1 台でも時間がかかると判断し、送信 1 台、受信 1 台の構成になった。また 2 人 1 組で行うためにハードウェア担当とソフトウェア担当に分けた。今回担当した 2 人の学生は技能レベル中位者であり、技術面などで目立つような者ではなかった。また担当は分けても作業内容の共有は常に行うよう指示をし、取り組ませた。

### 6.1 ハードウェア製作について

基板作成で「なぜその大きさに設計したのか」、「なぜその部品を選定したのか」など学生自身が選んだのだが、詳しく尋ねると「何となく選定した」という回答であり、設計の前段階に多くの助言が必要と感じた。

またソフトウェアとの兼ね合いを理解しておらず、配線の接続箇所とプログラムの関連性の再確認が必要であった。

ケース作製では 3D プリンタの成形の仕方を授業等では触れておらず、前年度の総合制作実習資料を基に制作したため、試作を多く重ね、時間を要したと感じた。

## 6.2 ソフトウェア製作について

授業で取り扱っていない PHP を理解して、作製するのに時間を割かれてしまった。またサーバ構築にて構築環境が変化したことに伴いコマンド等に違いが生じ時間がかかった。

プログラムは授業で学んだ部分の単純な応用と考えていたのだが、「応用自体ができない」ということに筆者が気づき、学生と教員との間に理解度の差があると改めて感じた。また生産現場を体験していないため、「こんな機能があったら…」という発想が出てこず、システムの模倣となった部分が多く見られた。

## 7. おわりに

システムを活用して学生は IoT の基本の流れを体験・製作することができた。システムの要素を分業制にすることもでき、チームで取り組めることも確認できた。しかし IoT を一連の流れで製作するには使用する言語の多さ、対象物の構成、使用したい機器等さまざまな課題がある。限られた時間の中で学生だけではすべて取り組むことはできないため、能力に合わせて助言等を行い導く必要がある。

次年度以降システムを活用する場合、複数台での実装と現場での活用が課題となっている。

### 【参考文献】

- 1) 市川 拓実：ランプ状況取得表示システムと適用方法  
<https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/statistics/concours/20kyouzai/sakuhin#c04>、2022年3月15日確認
- 2) 煤田 真平 藤田 颯：積層信号灯の情報取得と稼働状況の管理
- 3) MQTT  
[https://www.oasis-open.org/committees/tc\\_home.php?wg\\_abbrev=mqtt](https://www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=mqtt)、2022年3月15日確認
- 4) Xampp  
<https://www.apachefriends.org/jp/index.html>、2022年3月15日確認
- 5) 積層表示灯（ランプ） HSST-3M2J  
<https://www.patlite.co.jp/product/detail0000000661>.

html、2022年3月15日確認

- 6) 受信側 Raspberry Pi ケース [https://www.the-diy-life.com/diy-raspberry-pi-4-desktop-case-with-oled-stats-display/#google\\_vignette](https://www.the-diy-life.com/diy-raspberry-pi-4-desktop-case-with-oled-stats-display/#google_vignette)、2022年3月15日確認
- 7) 3D プリンタ  
<https://flashforge.jp/product/finder/>、2022年3月15日確認

# 設計教育における設計手法の活用

## —設計品質を作りこむ—

田山 英臣\*<sup>1</sup>

### Use of Design Method in Design Education - Build in design quality -

TAYAMA Hideomi\*<sup>1</sup>

**要約** 市場におけるクレームの 94% は設計責任だといわれている。家電製品や自動車の品質トラブルによる問題発生は、消費者の信頼を裏切り、事故の多発と社会への大きな損失を与えている。ものづくりのやり方が問題解決・再発防止型の開発が主流を占めていることが原因である。トラブルを未然に防ぎ、新製品開発のスピードアップと生産技術力の体質強化を図るため、汎用性や再現性の高い技術開発の先行化が望まれる。教育機関では、そのための技術者教育が必要とされており、設計手法の観点からの取組と考察してみたことを以下に述べる。

#### 1. はじめに

設計者の仕事は、新しいものを生み出すとき、「欲しいものが何か」を具体的に考えること、決めること、伝えるための情報を作ることである。使う人が欲しいと思ってもらえるものを世の中に生み出すことによりその人に心から喜んでもらうことである。プレゼントする相手、つまり設計物を購入し使用する対象は、最終消費者向け(BtoC : Business to Consumer/Customer)、企業向け(BtoB : Business to Business)、生産財(生産設備)となる。その目的実現のため、具体的な手段や方法を考え、全体を統合しながら課題を解決していく作業が設計である。

技術者は品質工学の考え方や進め方を身につけ「技術者の役割と責任」を果たすことが重要である。トヨタグループでは、「トヨタ品質」を満たす

ために最低限必要な品質手法が、17 手法<sup>2)</sup>ほどあり、設計者なら当然習得する事柄となっている。品質手法を知らなければ、クレームになる可能性を排除できないためである。

#### 2. 設計の分類と設計手法

日本でデザインというと意匠設計(Industrial Design)という狭い範囲にとられることが多い。設計も作図(Drafting)のイメージが拭き切れない。

東京大学の宮浩一氏は、図 1 に示すように設計を設計プロセス(作業手順)、設計行為(どんな行為をしているのか)、設計目的(成果として何が得られるか)の 3 つの視点で分類している<sup>2)</sup>。

設計目的では創成(どんな製品を創出したいのか)、定義(設計可能な形式で定義 : 仕様書)、実現(仕様に基づいて具現化)、生産(材料、プロセス、体制、環境負荷)を示す。

\*1 東北職業能力開発大学校秋田校 生産技術科  
Tohoku Polytechnic College, Akita  
Department of Production Technology



図1 設計の分類

図2は分類したものに設計手法を当てはめたものである。設計を進める中で各手法を理解し、適切な選択と使用が重要といえる。

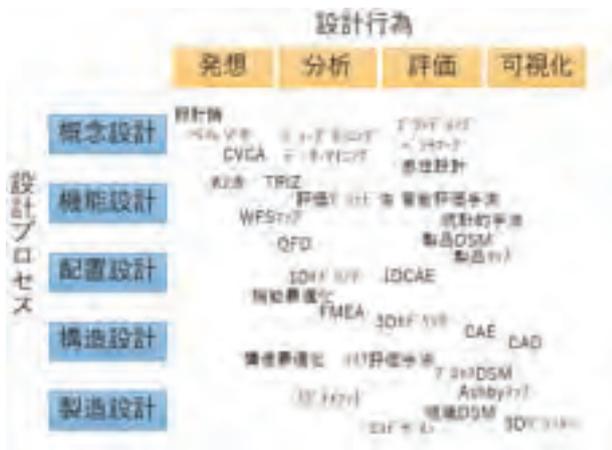


図2 設計の分類と設計手法

### 3. 品質を考える

図3に示す狩野モデル<sup>3)</sup>は、東京理科大学名誉教授の狩野紀昭氏が1980年代に唱えた、製品品質要素の分類方法であり、世界的に高い評価を得ている。品質管理やサービス品質、顧客満足を考えるとき、狩野モデルを抜きにしては考えられない。

狩野モデルが唱えられるまで日本では、品質の要素(属性)を差別なく、あらゆる品質要素を高めることが品質管理で重要だと考えられてきた。しかしあらゆる品質要素が同じく重要ではなく、要素ごとの充足程度により異なった顧客満足をもたらすと考えられる。

横軸に要求充足度、縦軸に顧客満足度を取り、3

つの品質と設計技術を定義している。顧客ニーズの発掘を起点とし、製品企画構想からその企画を実現するための技術課題の解決策の創出、そしてその解決策を最適な設計として具現化し商品として市場に送り出すまでの一連の体系的設計プロセスを効果的に活用することが売れる商品の実現につながることを示している。顧客の声(=要求)において、Negativeな場合は、FMEA(故障モード影響解析)で問題解決され、Positiveな場合は、QFD(品質機能展開)で企画・設計品質に展開され、顧客の声を製品・サービスに反映させる傾向が強い。

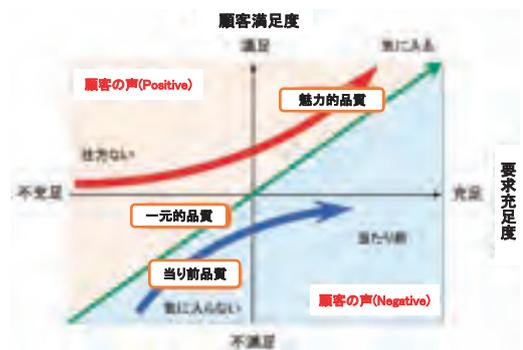


図3 狩野モデルと品質

### 4. 品質の作りこみ

従来の品質への取組みは、個人(好きな人)的、部分的活用が中心であった。しかし現在はそのままでは立ち行かなくなっている。工学的技法を組織的に導入・実践し、全社の共通知識化と全体的活用が必要である。QFDで企画、TRIZ(発明的問題解決理論)でアイデア、品質工学で最適化を行う取り組みがなされており、手法を組み合わせる標準機開発やグループワークによる実践を通じて人材育成の取り組みが行われている<sup>4)</sup>。

図4は、ヘアードライヤーのQFD例である。顧客のニーズを技術に結びつけ、どのニーズに答え(製品企画)、どの技術を開発するかを決定する作業である。ニーズを「要求品質」、技術を「品質特性」という言葉で表現し「要求品質」と「品質特性」とを結びつけたマトリクスを「品質表」上で重要度の採点を行い、その結果をもとに製品を企画し、技術を開発する手法である。どの項目に重点を置いて開発すべきかが、数値で明確化される。

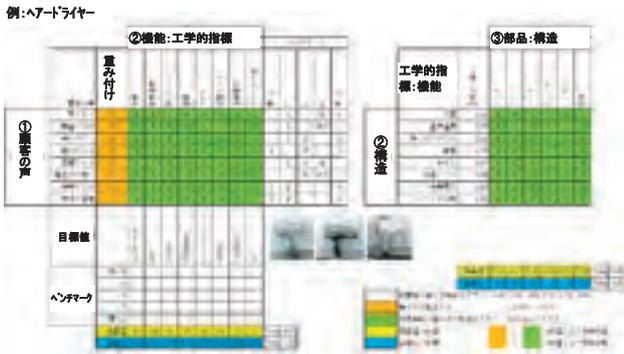


図4 QFD(品質機能展開)例

TRIZ(トゥリーズ)は「発明的問題解決の理論」と訳されロシアで作られ欧米に広まり、近年はアジアで認知度が上がってきた。膨大な特許を分析し、特許の中に繰り返し現れる問題解決の構造を「技術的ブレークスルーの40パターン」に纏めた。その40パターンは「発明原理」と名付けられている。宮城県のベンチャー企業デュナミスは、「TRIZ」をベースに開発したカードツール「智慧カード<sup>5)</sup>」を販売している。図5に示すようにシンプルなフレーズとイラストが配されており、技術課題を抱えた時、カードをヒントにすることで、多面的な解決アイデアを手軽に出すことができる。図5にこのカードを使いアイデア創出を行った例を示す。

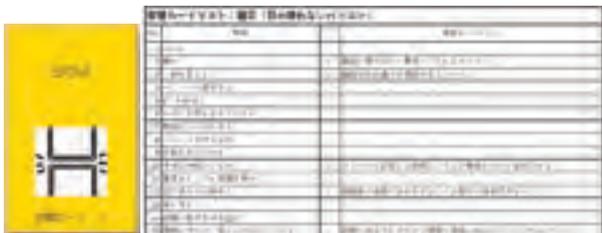


図5 智慧カードと整理表

品質工学は、田口玄一博士が創出した考え方で、研究開発・製品設計・工程設計・工程管理を効率的に実現する手法である。欧米では、博士の名を冠してタグチメソッドとも呼ばれている。品質工学が提案するものは、高品質、コストと高生産性を同時に実現する技術的方法論であり、機能性評価と其の改善方法を明らかにする。機能性評価とは、品質を評価するのではなく、本来の働き(機能)を評価し、顧客の使用条件、環境条件にどれだけ影響されにくい、或いはばらつきにくい

の程度(機能性の評価)をSN比と言う測度で表現する。機能が優れていれば品質特性も改善されるのである。機能性改善ツールとして直交表を活用した実験、要因効果図がある。表1に例を示す。

表1 L<sub>18</sub>直交表演習例

試行	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
16	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
17	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## 5. 設計教育と手法

設計教育を進めるうえで、上記手法と合わせて次の考え方や手法を取り入れ実習を進めている。

### 5.1 失敗学

畑村洋太郎氏(東京大学名誉教授)の提唱された「失敗学」では、失敗を隠さずに、失敗体験を調査分析・蓄積し体系化する。そこから学習することで避けられる失敗は避け、よりよい成功につながることを基本とする。技術者は、失敗を繰り返す勇気を持ちながら、より質の高い成功を目指しチャレンジしていくことが何より大切な姿勢である。図6の「失敗知識データベース<sup>6)</sup>」は、科学技術分野の事故や失敗を有効なものと考え、データベース化することで、失敗をものづくりに生かそうとする試みとして開発されたもので、失敗どころが、分析・解説されている。



図6 失敗知識データベース(六本木回転ドア例)

nite(独立行政法人製品評価技術基盤機構)<sup>7)</sup>では、製品事故情報の収集・分析などに関して多くの発信を行っている。製品事故・リコールのデー

データベースが使用できるため、類似品の事故情報などを調査する時に非常に便利である。niteが発行する生活安全ジャーナルなども製品安全について学ぶのに適している。図7に例を示す。



図7 nite(製品評価技術基盤機構)

## 5.2 思考展開図

設計者が機械設計を行う際の思考過程は、「要求/機能」、「機構」、「構造」をたどる。その間の脈絡付けを記述する方法として「思考展開図」がある。図8にコップ交換装置の演習例を示す。



図8 設計者の思考の基本過程と思考展開図

## 5.3 ポンチ絵

意思的的確に伝達する2つの武器は、図面とポンチ絵である。製品設計は、CADを使い詳細形状を検討しながらの作業となり、多くの時間が必要となる。ポンチ絵はイメージをフリーハンドで描くため、短時間で作成可でありイメージを的確に伝えることができる。図9に実習課題例を示す。

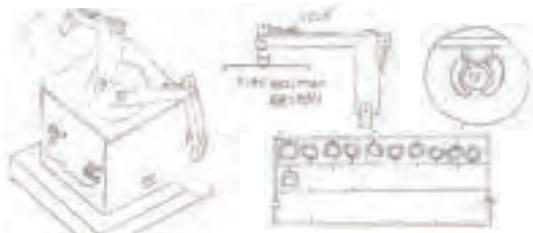


図9 コップ交換装置ポンチ絵例

## 6. 考察

頭の中には色々なアイデアがあるものの、それらはバラバラの状態でまとまりがない。各手法を学び課題に取り組むことで、言葉や絵に変換して書き出したり、意見交換したりすることで整合性が生じ、形になっていくことが理解できるようになる。手法の導入は、ロジカルに物事を突き詰め、あらゆる事柄に対して抜けや漏れがなく目配りできることにつながる。安定した成果が得られやすくなる。多くの手法が提唱されているが、設計教育の中で、どの段階でどの手法が適用可能なのかわらせ経験させることが、次世代を担う技術者の教育訓練に必要不可欠であり、将来への礎を築くことになる。

## 7. おわりに

設計教育で紹介している手法は他にもある。在職者向けセミナーなどで展開した内容を学生の教育訓練の中へ随時展開を行っている。技術力による差別化が難しくなり、多くの企業が横並びとなる状況が生まれる中、個人から集団へ、さらに集団を突き抜ける人材の成長が待たれる。設計教育を有効に進め新しい時代に、既存の手法から離れ、自ら手法を創造できる人材の登場を願う。

### 【参考文献】

- 1) 日経XTECK:「トヨタ品質」の鍵を握る17の品質手法とは?、<https://xtech.nikkei.com/dm/atcl/column/15/415548/031700024/>、2022年2月17日確認
- 2) 事例から学ぶ設計手法の効果的な選び方と使い方、機械設計第61巻第10号(2017年9月号)
- 3) 大富浩一:よくわかるデライト設計入門、日刊工業新聞社、pp.13-14、2017年
- 4) 品質工学等の手法を組み合わせる標準機開発、(株)東伸、コンバーテック 2020.7
- 5) 旧ソ連の発想法則でアイデア出し「智慧カード」、<http://www.itmedia.co.jp/bizid/articles/0709/13/news114.html>、2022年2月17日確認
- 6) 失敗知識データベース、<http://www.shippai.org/fkd/index.php>、2022年2月17日確認
- 7) nite(独立行政法人製品評価技術基盤機構)、<https://www.nite.go.jp/>、2022年2月17日確認

# マッキベン型空気圧ソフトアクチュエータの製作

島川 勝広\*<sup>1</sup>

## Fabrication of a McKibben-type Pneumatic Soft Actuator

SIMAKAWA Katsuhiko\*<sup>1</sup>

**要約** 生産現場や家庭などで作業補助や支援を行うために人間と近い距離で動作させても、安全で安心な電気制御装置の製作をテーマとして総合制作実習を行った。目標としたロボットハンドの製作と林檎の移動についての成果を報告する。

### 1. はじめに

これまでの電気制御装置は、岩石を砕くような大きな力を出したり、 $\mu\text{m}$  オーダの位置精度で制御するなどの人間にはできない作業を実現することが主な役割であったが、近年、日本では少子高齢化に伴う“働き手”の減少により、今まで以上にロボットへの期待が高まってきている。しかし、傷がつきやすい製品や衝撃に弱い製品の生産ラインなどでは、空気圧によるピッキングが主であり、様々な形状に対応した作業は難しい。また、人との協調作業が必要な場合、従来での”硬い”ロボットでは危険を伴うことが多く、取り扱いに気を使う場面も多い。

今回、我々は、生物の筋肉のようなソフトアクチュエータ、いわゆる人工筋肉に着目し、柔らかいロボットの製作を実習の目的とした。

具体的には、人工筋肉を利用したロボットハンド、ならびにハンド部分を移動させるためのロボットアームの製作を行い、青森県の特産品である林檎を傷つけずに目標地点まで移動させることを製作目標とした。

### 2. 人工筋肉の種類

今回製作するソフトアクチュエータは、一般的には「人工筋肉」と呼ばれるものと同じものである。このソフトアクチュエータには、様々な種類が存在するが、代表的な 2 種類について説明する。

一つは、ゴムを使い、油圧や空気圧で動かすタイプの「ゴム人工筋肉」であり、もう一つは、ある物質に対して、電気などの信号を入力することによって動かすタイプの「高分子人工筋肉」と呼ばれるものである。この 2 つのうち、「高分子人工筋肉」については、イオン性高分子ゲルや強誘電性高分子などという、実験室レベルの設備が必要であったため、今回は、身近な素材であるゴムを利用した「ゴム人工筋肉」を採用することにした。

ゴム人工筋肉の中で、空気圧を利用して伸縮を行うものを「空気圧式ゴム人工筋肉」と呼んでいるが、他のアクチュエータと比較した場合、この空気圧式の利点として、軽い、耐環境性が優れている、柔軟性が高い、摺動部がないため摩擦がない、材料費が安いこと、などが挙げられる。なお、欠点としては、精密な位置制御や力の制御が難しいことや、ゴムの経年劣化による寿命の短さなどが挙げられる。

\*1 東北職業能力開発大学校青森校 電気エネルギー制御科  
Tohoku Polytechnic College, Aomori  
Department of Electric Systems and Energy Control  
Technology

以上の点から、現時点における空気圧式ゴム人工筋肉は、「交換を前提としたアクチュエータ」としての利用になると考えている。

### 3. 空気圧式ゴム人工筋肉

#### 3.1 マッキベン型空気圧人工筋肉について

「空気圧式ゴム人工筋肉」を製作するにあたっては、マッキベン型空気圧人工筋肉を参考にした。

この人工筋肉は、図1に示すように、構造が単純なのが特徴であり、今回制作した人工筋肉は、ゴムチューブの外側に、デンカエレクトロン社製の編組スリーブを被せ、ターミナル部分はインシュロックタイによって固定した。

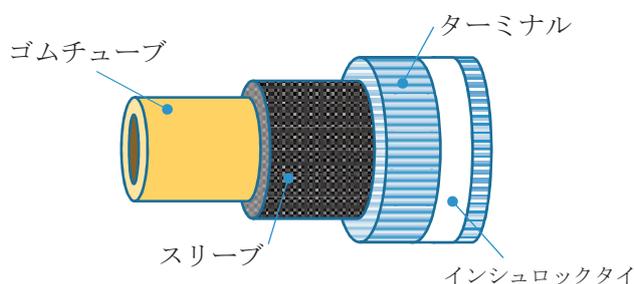


図1 マッキベン型ゴム人工筋肉の構造

#### 3.2 ソフトアクチュエータの収縮率

図2に製作した人工筋肉(以下、ソフトアクチュエータ)、図3に収縮率測定の方法を示す。



図2 製作したソフトアクチュエータ

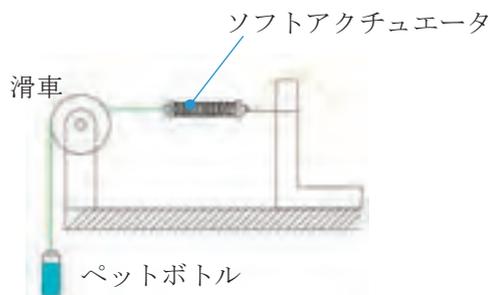


図3 ソフトアクチュエータの収縮率測定

図4のグラフの横軸はソフトアクチュエータに加えた空気圧であり、縦軸はソフトアクチュエータの収縮率である。

おもりが500gで、空気圧0.4MPaの時の収縮率は平均で約16.2%であり、おもりを付けなかったときとほぼ同等の収縮率であったが、おもりを5kgに変更して、空気圧0.4MPaの時の収縮率は平均で約7.0%であった。なお、アメゴムチューブの耐圧は約0.2MPaであったため、安全に十分配慮しながら0.4MPaまで印加した。

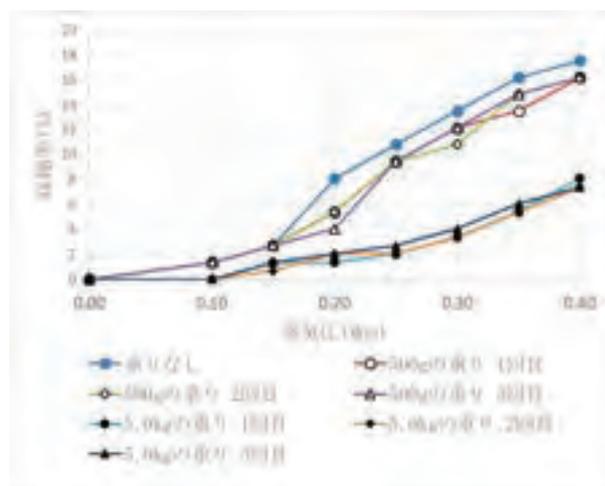


図4 ソフトアクチュエータの収縮率

### 4. ソフトアクチュエータを用いたロボットハンドの製作

ハンドの指の部分に使用した人工筋肉は、モノを掴む際に物体に触れる方とは逆側の背面に、瞬間接着剤を塗布してある。曲げたい方向とは逆側の面を接着剤で硬化させることにより、空気圧を加えた際に、硬化した部分と、そうでない部分との間で収縮量に差異が生じ、人工筋肉は大きく曲がる。この工夫を施したことで、初期に製作した直線タイプの人工筋肉よりも大きな把持力を得ることが可能となった(図5ならびに図6)。

製作したハンドの把持能力を表1に示す。

空気圧を0.00MPa, 0.20MPa, 0.25MPa, 0.30MPa, 0.35MPa, 0.40MPaごとに、おもりを100gずつ増やし、想定するリンゴの重さである1000gまで測定した。改良を施した8本指タイプのハンドでは、約1.5kg程度の重りを安定して把持できることを確認した。



図 5 空気圧を印加した状態

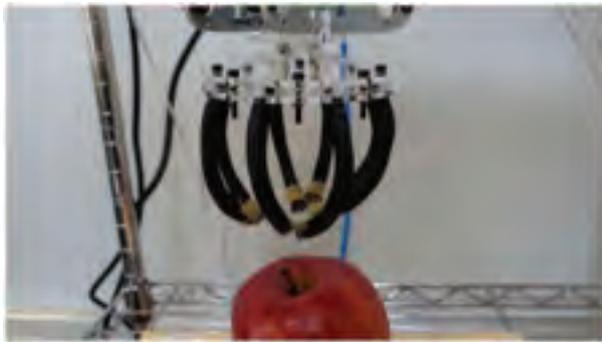


図 6 空気圧が印加されていない状態

表 1 ハンドの把持能力

空気圧 [MPa]	0.00	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
おもり [g]						
100	×	×	○	○	○	○
200	×	×	○	○	○	○
300	×	×	○	○	○	○
400	×	×	○	○	○	○
500	×	×	○	○	○	○
800	×	×	○	○	○	○
700	×	×	×	○	○	○
800	×	×	○	○	○	○
900	×	×	×	○	○	○
1000	×	×	×	○	○	○

## 5. ロボットアームの製作

ハンドを接続しているアーム部分には、近年、製造現場での導入事例が増えているパラレルリンク（デルタ型）を採用した。パラレルリンクロボットの特徴として、従来の多関節ロボットの欠点を克服するロボットとして、高精高速で精密な動きが出来ることが上げられ、ベルトコンベアを流れるワークの仕分け作業などを得意としている。

パラレルリンク型ロボットアームの製作にあたって、まずは、レゴブロックを用いておおまかな動作の確認を行い、次に、汎用的なロボットパーツを

組み合わせてアーム部分を製作した。Fusion360 によるモデリングも行い、最終的な完成モデルを視覚的に理解できるようにした(図 7)。

表 2 はパラレルリンクロボットに使用したサーボモータ AX-12A の基本仕様である。



図 7 Fusion360 で製作した 3D モデル

表 2 AX-12A の基本仕様

ストールトルク	1.5N・m (at 12V, 1.5A)
出力軸動作範囲	位置決め制御時:0~300°
電源電圧範囲	9~12V (推奨 11.1V)
動作温度範囲	-5~+70°C
重量	54.6g

## 6. ロボットアームの制御回路

ロボットアームの制御には、Arduino Uno を使用し、動力部には AX-12A というサーボモータを 3 個使用した。

サーボモータを制御するために信号変換回路を挿むことによって、他に使用する回路をシンプルにすることができた(図 8)。

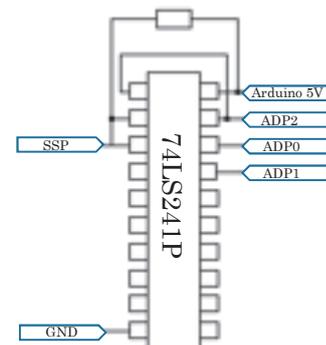


図 8 サーボモータ用レベル変換回路

## 7. ロボットアームの制御プログラム

制御用マイコンは Arduino UNO を使用した。

サーボモータ AX-12A は、シリアル接続で複数のモータを制御する方式であるため、AX-12A 専用の制御用ライブラリをインクルードし、信号変換回路を通して Arduino から AX-12A へ制御信号を送った(図 9)。

今回作成したプログラムは、パラレルリンクのアームの位置とサーボモータの制御信号値を比較し、指定した X-Y 座標にハンドを移動するように設計した。ただし、この座標計算では、疑似的な 3 次元移動しか行うことができない。



図 9 制御プログラムの一部

## 8. 完成したマッキベン型ソフトアクチュエータとロボットハンドとアーム



図 10 林檎を把持している様子

図 10 は、製作マッキベン型ソフトアクチュエータが、約 300g の林檎を把持している様子である。

## 9. おわりに

本製作は、人工筋肉の製作と実験を基に、4 本タイプのハンドの試作を行うところからスタートした。また、ハンドを移動させる装置としてパラレルリンク型のアームを採用し、サーボモータと Arduino UNO を用いた位置決め制御プログラムを作成した。

4 本タイプのハンドではゴムボール程度の重さしか把持できなかったため、人工筋肉のナイロン繊維に伸縮性の違いを付与し、8 本タイプへと改良することで、より強い把持力のハンドを製作ことができ、重さ約 300g のリングを持ち上げて移動させることを確認できた。

なお、リングを持ち上げる際にアームが振動してしまっただが、これはアームの剛性が低く、ジョイント部分の遊びが大きいためと考えられる。

今後の課題として、より精確な位置制御を可能とするために逆運動学を用いた制御プログラムの作成や、より高出力のサーボモータへの変更、アームの高剛性化とハンドの指の部分の改良、物体の自動判別などが考えられる。

### [参考文献]

- 1) 「OPEN SOFT MACHINES recipes for ミニ・マッキベン型 空気圧人工筋肉」  
<http://opensoftmachines.com/2018/06/minimckibben/?lang=ja> (2021-2-2 確認)
- 2) 中村太郎, 「図解 人工筋肉 ソフトアクチュエータが拓く世界」, 日刊工業新聞社, 2011, 78P
- 3) 「Dynamixel AX-12A and Arduino: how to use the Serial Port」 <https://robottini.altervista.org/dynamixel-ax-12a-and-arduino-how-to-use-the-serial-port> (2021-2-2 確認)

# 自律・手動制御切替式掃除ロボットの製作

廣田 昌彦\*1

## Production of Cleaning Robot Switchable Auto and Manual Control

MASAHIKO Hirota\*1

**要約** 現在の清掃機器において、業務用・家庭用共に自律走行型式を採用した製品の普及が進んでいる。これらの製品は各種センサ、走行用駆動装置、清掃ブラシ駆動装置、電源回路、制御用コンピュータ等の様々な電子機器により構成されている。専門課程電気エネルギー制御科の学生に対して技術者としての専門性の幅を広げるため、履修科目で習得する専門知識に加え、電子機器に係るソフトウェアおよびハードウェア両面に関する知識・技術の向上を目指した。ARM マイコンを用いた自律・手動制御切替式掃除ロボットの製作を通して、電子回路の設計およびプログラミングによる制御等の技術技能を習得させるとともに、製作物の性能評価や問題について検討した。

## 1. はじめに

近年、電気エネルギーの制御にマイコン等を中心とした電子回路による組み込み機器が用いられるようになり、電気回路だけでなく、電子機器に係るソフトウェアおよびハードウェア技術の必要性が高まっている。そこで、専門課程科目「総合制作実習」において上記技術を活用することで実習場内の清掃の一助となるよう掃除ロボットの製作をテーマとして設定した。

本制作における掃除ロボットは、自律運転モードにて車体の全方向移動および赤外線測距センサによる障害物衝突回避を制御するだけでなく、押しボタンスイッチによって手動運転モードに切り替えることで上記制御を手動入力装置にて手動制御するものである。これにより、使用者の意図する箇所への集中的な清掃が可能となるため、利便

性の向上が期待できる。この過程において、学生に対し電子回路の設計・製作および ARM マイコンを用いた制御に必要なプログラミング(C++言語)等の知識および技術を習得させることも目的としている。

本制作において想定される環境を考慮し、製作物は下記仕様を目標とした。

- ・使用者が意図した時点で自律走行機能および手動走行機能の切り替えが可能であること
- ・什器脚部周辺を清掃できるよう全高を 120[mm] 以内に抑えること
- ・埃、電線、被覆等の清掃対象物を本機備え付けの塵取り内へ掃き込む機能を搭載すること
- ・障害物を検知し、自律運転時には回避制御を、手動運転時には停止制御を行うこと

## 2. 使用機器

### 2.1 主要部品

\*1 東北職業能力開発大学校 電気エネルギー制御科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Electric Systems and Energy Control  
Technology

本制作における主要な部品を表 1 に示す(各種電子素子、固着具、接続具、車体構成用金属板、樹脂板等は省略する)。

表 1 主要機器一覧

機器名	個数
制御用マイコン	1 台
DC モータ	3 個
モータドライバ	3 個
リポバッテリー	1 個
赤外線測距センサ	5 個
ボール型キャスタ	1 個
ナロータイヤ	2 個
レバー型入力装置(押釦付き)	1 個
DC/DC コンバータ	1 台
清掃用円筒型ブラシ	1 個

## 2.2 開発環境

本制作に用いられる制御用コンピュータの開発環境として Mbed を選定した。Mbed は半導体の IP(Intellectual Property、知財)を持つ ARM 社が提供 1)しており、多くの構成部分がオープンソースのため無償で利用可能という利点がある。さらに、クラウド開発環境(「オンラインコンパイラ」と呼ばれるウェブブラウザで動作する IDE)、ドラッグ・アンド・ドロップ・プログラミング(オンラインコンパイラでビルドしたバイナリをダウンロードし、USB フラッシュドライブと同様の操作でターゲットボードに書き込む)、C/C++ハードウェア抽象化 API 等の特徴を備えている。上記に加え、他ユーザが作成したライブラリやユーザ同士による Q&A 集も参考にでき、入門者にとって取り組みやすい環境が整っていることから、総合制作実習における開発の効率化も期待できる。

## 2.3 ターゲットボード

本機の制御装置として用いるマイコンとして下記 4 点を理由に NUCLEO-F446RE を選定した。

- ・ Mbed 対応の ARM マイコンであること
- ・ 入出力ポートが必要数 (センサ 5 基分のアナログ入力・モータ 3 基・レバー型入出力装置 1 基

分のデジタル入出力) あること

- ・ Cortex-M4 プロセッサにより、測距センサ値およびレバー角処理のための浮動小数点演算装置 (FPU) が搭載されていること
- ・ 全モータに対して PWM 信号による速度制御が行えること

## 3. 車体設計

図 1 および図 2 に本制作における車体の正面および背面外観をそれぞれ示す。

図 1 車体正面外観の通り、前方に赤外線測距センサを 5 つ配置することで、運転時に想定される什器脚部等の幅狭の障害物検出精度を上げている。各機器の配置については走行安定性を確保する観点から、制御用マイコン、外部ペリフェラル回路等の重量物を車体中央部に配置した。また、図 2 車体背面外観の通り、駆動部については前進・旋回および停止が主な制御内容となることから、車体左右に車輪を、後方にボール型キャスタをそれぞれ配置し、接地箇所を 3 点とするレイアウトとした。これにより確保した中央部前方の区画に円筒型ブラシおよび塵取りを配置し、車体走行時に清掃対象物を塵取り内へ掃き込む機構を実現している。塵取りについては整備性を考慮し、面ファスナーによる脱着機能も付加している。

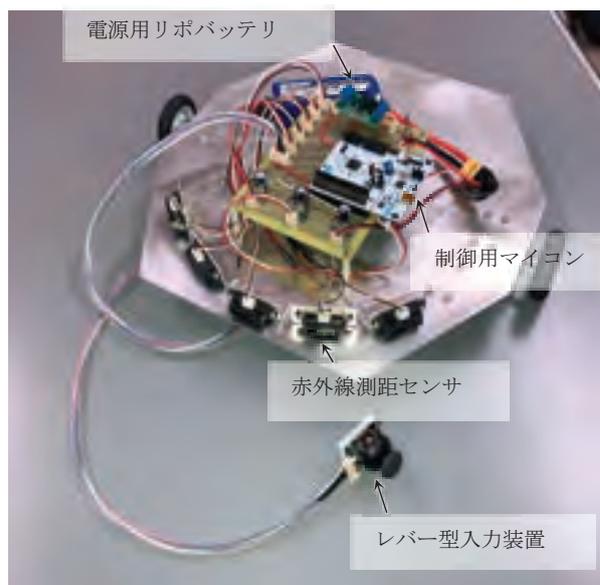


図 1 車体正面外観

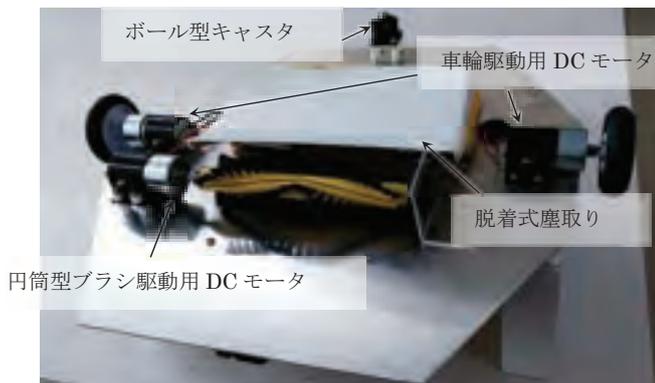


図2 車体背面外観

## 4. 外部ペリフェラル回路

本制作における制御用マイコンに対し、下記に示す回路を用いることで各種機能を拡張した。

### 4.1 電源回路

重量増を抑え、省スペース化を図る観点から、制御用マイコン・赤外線測距センサ・レバー型入力装置・DCモータへそれぞれ供給する電源を1個のリポバッテリーで賄えるよう設計した。使用した電源用バッテリーは電圧11[V](3セル)、容量2200[mAh]、Cレート25[C]のリチウムポリマー方式を採用し、マイコンおよび各入力機器にはDC/DCコンバータを用いて5[V]に降圧した電圧を、モータドライバに定格電圧(11[V])をそれぞれ印加して出力回路を駆動させる。

### 4.2 入力回路

入力機器として測距センサおよびレバー型入力装置を用いた。車体前面に設置されている測距センサは感知した障害物の距離に応じて1種類の信号を、レバー型入力装置の信号はレバーの傾き(X,Y軸)および押下(ON/OFF)により3種類の信号をそれぞれ扱うことができる。上記信号をマイコンのアナログ入力ポート(分解能12bit)で解析する事により自律走行と手動走行の切り替え並びに手動走行時の動作を制御する。

### 4.3 出力回路

DCモータは掃除ロボット走行用に2基、清掃用円筒型ブラシ駆動用に1基をそれぞれ割り当てた。モータドライバは上記DCモータをマイコン

の信号で制御するため使用する。今回使用したモータドライバは正転・逆転だけでなく障害物検知時の制御としてストップモードに加え、ショートブレーキモードに対応したもの(TOSHIBA TB6643KQ)を選定した。このモータドライバの各制御信号入力端子に対してマイコンのデジタル出力ポートよりPWM信号を送信することで、モータ1基に対して2対の出力信号(正転・逆転・回転速度)をDCモータへ送信する。PWM制御とはオンとオフを繰り返し切り替えることで、出力される電力を制御するというものである。早い周期でオンとオフを行うことで、オンのパルス幅に比例した任意の電圧が得られる。この時のPWM信号のオンの時間幅(Duty比)を連続的に変化させることでモータ駆動に最適な電力を作ることができる。これにより、車体の走行および清掃機能を実装した。

## 5. 制御プログラム

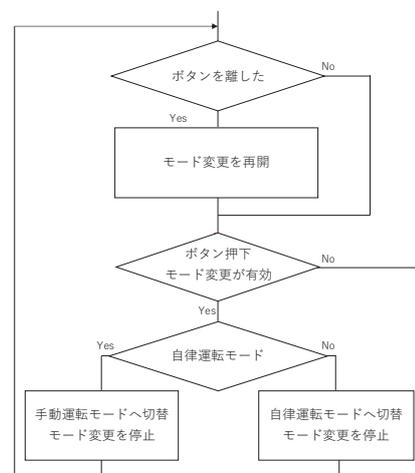


図3 自律・手動制御モード切替概要図

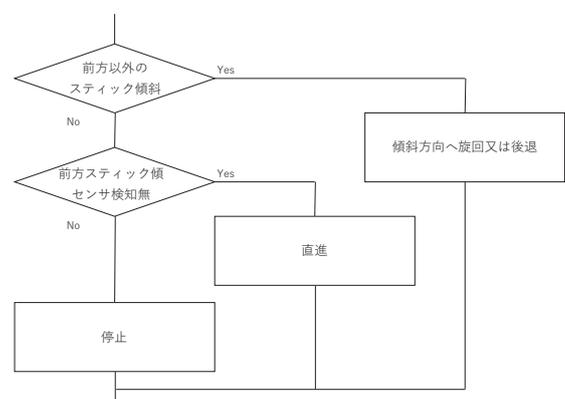


図4 手動運転モード制御フロー概要図

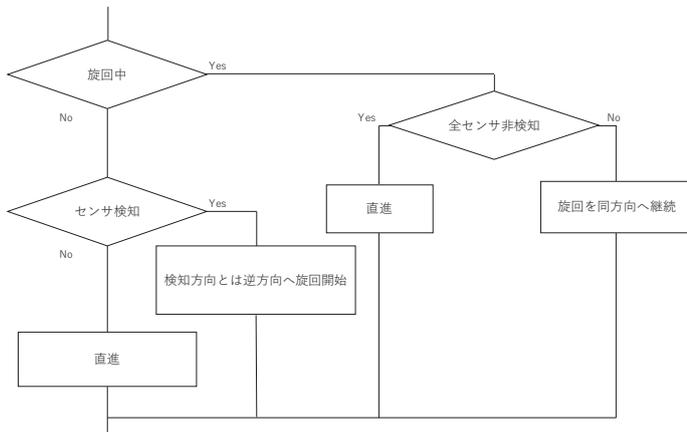


図5 自律運転モード制御フロー概要図

レバー型入力装置の押下は非同期イベントではあるものの、ハードウェアに依存しない設計を行うこと・即時性が求められないことから、図3～5の制御フロー概要図に示す通りモードの切り替えおよび各種走行制御をポーリング方式で組み込むことにより1つのループ構造で実装した。

## 6. 動作試験および評価

図6～8に各モードにおける動作試験の様子を示す。1200×1600[mm]の範囲内にリード線被覆等の清掃対象物を無作為に配置して動作試験を行った。



図6 自律運転モードによる動作試験



図7 手動運転モードによる動作試験



図8 動作試験後の脱着式塵取り

その結果、自律および手動運転モード双方における車体の走行速度および障害物(木板)検出距離について、制御プログラムの調整を行うことでハードウェアの調整を行うことなく試験範囲内の清掃を行うことができた。自律運転モードにおいては、障害物の形状および位置により回避行動後の進行方向が異なることから清掃終了時間が安定しないという欠点があるものの、手動運転モードに切り替えることで任意の場所の清掃をすることで解決を図っている。加えて、序論で記述した4つの仕様を満たしていることも確認できた。

## 7. おわりに

専門課程電気エネルギー制御科の学生について技術者としての幅を広げるべく本制作に取り組んだ結果、ソフトウェア面においてはポーリングによる反復制御を用いて自律・手動制御の動作を確認できた。ハードウェア面においては外部ペリフェラル回路および車体の設計製作により、塵取り内に履き込む機能の動作を確認できた。一方、非同期イベントに対し即時性を要する際も対応できるよう割込み処理を活用したプログラム技術およびそれに関連する知識の習得、ハードウェア面においては不整地の走行および清掃機能、整備性の向上、清掃時間の短縮および安定化等に係る再設計等、様々な視点から改善の余地が存在することも判明した。今後は本制作に携わった学生に対して上記のような課題点を意識させることで更なる能力開発の一助となるよう指導を続けたい。

### 【参考文献】

- 1) armMBED : Arm Mbed OS support forum、  
<https://forums.mbed.com/c/mbed-ja/10>、(2022-3-2)

# ワーキング・グループ方式による電気系安全テキストの開発

太田 徹児<sup>\*1</sup>, 狩野 隆志<sup>\*1</sup>, 平田 武誉<sup>\*1</sup>, 新垣 喬之<sup>\*2</sup>, 中矢 翔<sup>\*2</sup>

## Development of Electrical Safety Textbook by Working Group Method

OTA Tetsuji<sup>\*1</sup>, KANO Takashi<sup>\*1</sup>, HIRATA Takeyo<sup>\*1</sup>, ARAGAKI Takayuki<sup>\*2</sup>,  
NAKAYA Sho<sup>\*2</sup>

**要約** 東北職業能力開発大学校電気系では学生の安全な実習環境を目指して労働衛生マネジメントシステム(OSHMS)に基づいた取り組みを行ってきた。電気関係の安全教育については指導員個々に任されており、安全教材の整備が求められていた。そこで、電気系指導員によるワーキング・グループ方式による電気系の網羅的な安全教材の整備を行うこととした。この安全テキスト開発にはワーキング・グループによるリスク調査・分析、リスク見積もりを行い、リスク低減措置を検討し、残った安全教育の必要な部分を明確化して開発した。開発した安全テキストの有用性については応用課程生産システム技術科 1 年生を対象に安全テキストを活用した特別授業を行い、確認テストおよび受講アンケートによって評価を行った。

### 1. はじめに

厚生労働省より労働安全衛生マネジメントシステム(OSHMS)に関する指針が示されている。これを受け独立行政法人 高齢・障害・求職者支援機構では機構版 OSHMS を策定し職業能力開発施設での安全衛生水準の向上に努めている<sup>1)</sup>。OSHMS ではリスクを探し、リスクを評価し低減措置を行いチェックする、PDCA サイクルによって安全衛生水準の向上を図るものである。

東北職業能力開発大学校(以下、本大学校)において電気系の学生を対象にヒヤリ・ハット事例の収集を行ったところ、災害には至っていないが、EV・パワーエレクトロニクス関連の動作試験に関する

事例が多数挙がった。電気系では大電流を扱う実験実習が多く、一度災害が起きると感電、過電流による火災や火傷など大きな災害につながりかねない。

本大学校の安全については機構版 OSHMS により運営されており、電気系では安全教材の整備を求められていた。そこで 2020 年度より電気系指導員全体で応用課程のワーキング・グループ(WG)方式を取り入れた安全教材の開発に取り組むことにした。応用課程(3、4 年次相当)の WG 方式には、実学融合をコンセプトに、ものづくり現場を教育訓練に取り入れる教育システムの特徴がある<sup>2)</sup>。この方式の採用により各指導員の意見が盛り込まれ、安全に係る系全体での問題解決を図っていく取り組みが可能となる。また、若手指導員育成にも役立つと考えた。

<sup>\*1</sup> 東北職業能力開発大学校 生産電気システム技術科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Production Electrical Systems Technology

<sup>\*2</sup> 東北職業能力開発大学校 電気エネルギー制御科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Electrical Systems and Energy Control  
Technology

指導員 WG によって検討した結果を図 1 に示す。結果より、最も優先度が高い EV 関連・パワーエレクトロニクス関連の取扱いに関する安全教育テキストを先行して開発することを本開発の目的とする。

電気系全体を網羅できる安全教材を整備するため、指導員 WG で取り組みを行い OSHMS に基づいたリスク洗い出し、リスク見積もりを行うことで、開発する安全テキストの内容について明確にした。本論文で開発する安全教育テキストの有用性は、本大学校生産電気システム技術科の学生に対して授業を実施し、受講前後の確認テストの結果、およびアンケートによる評価から明らかにする。



図 1 電気系指導員 WG による検討結果

## 2. 学生のヒヤリ・ハット体験

機構版 OSHMS に基づき毎年系施設安全衛生委員が中心となって学生に対してヒヤリ・ハット体験事例を収集している。本大学の H29～R02 の調査では 39 件中 22 件のモータ等 EV・パワーエレクトロニクス関連の動作試験中の事例が挙げられた。

表 1 ヒヤリ・ハット・気がかり体験事例(一部)

作業	事例
通電関連事例	<ul style="list-style-type: none"> <li>・電動車両の製作のとき、過電流により回路が壊れるところだった</li> <li>・電動車両の製作のとき、フレームに基板を置いて、火花が散った</li> <li>・電動車両を動かすとき基板が燃えた</li> <li>・標準課題で安定化電源からのワニグチナーが触れて、火花と煙</li> <li>・不注意でバッテリーの端子をショートさせた</li> <li>・実習中、制御回路のミスによる小型モータの異音</li> <li>・実習中、回路をショートさせ、電源、コンセント部から火花が散った</li> <li>・回路作成中、配線間違いで、回路をショートさせそうだった</li> <li>・回路実習で、通電時、回路がショートした</li> <li>・実習中に火花が飛んだ</li> </ul>

事例の一部を表 1 に示す。ヒヤリ・ハットとは、重大な事故に至らないが実際に起きた事例で、気がかりは危険だと考える事例である。

報告されている 40 件中通電等のヒヤリ・ハット事例が 23 件、うち 1 件は溶接作業で残りの 22 件が動作確認等の作業の事例であった。幸いにも大きな事故は発生していなかったが、ハインリッヒの法則により重大事故につながる恐れがある。

## 3. 応用課程の考え方とワーキング・グループ方式による電気系の安全教材の開発

今回の取り組みでは電気系安全教材の作成において WG 方式を取り入れる目的は、電気系カリキュラム全体を網羅した内容にし、より使い易くするためである。また、二次的であるが、若手指導員育成の観点から「学生に対して教育訓練を実施する立場」として、コミュニケーション能力やリーダーシップ能力の向上は重要な要素であり、応用課程の WG 方式の考え方は早々に身に付けておく必要がある。そこで今回取り組んだ WG により若手指導員に応用課程の考え方が身に付き他の能力も向上できることも期待した。

WG で取り組む内容は OSHMS に則り、リスクアセスメントを行い、リスクの洗い出し、リスク評価方法の決定、リスク低減措置、教材開発の分担、教材の評価、進捗管理までとし、WG 内で協力しながら教材開発を実施することとした。

### 3.1. 指導員に対する作業内容調査とその結果

学生のヒヤリ・ハット体験事例ではどの実習において、どのような状況で発生したか不明な事例が多

表 2 機器・工具の分類と作業の関連(一部)

分類	作業分類	機器・工具	作業例
電気機器の試験等	電源関係	直流安定化電源、交流電源、単相変圧器、単巻変圧器、インバータ、(パワコン)、太陽光パネル、風力発電装置	負荷装置等の動作確認、測定
	負荷装置	直流電動機、交流電動機、交流負荷装置、直流負荷装置	①負荷装置の試験のため ・ドライバ基板、インバータ基板等含む機器の接続 ・基板と電源を接続 ②ドライバ基板等の動作確

く、WGで調査内容を検討しながら、各指導員による補正や整理を行った。

次にWGの整理内容から、どの作業にどのような機器・工具が使われているか、具体的な作業例と機器・工具が並べて見えるよう一覧表に整理した。その結果、機器・工具と作業の関連が容易に把握できるようになり。リスクの見積もりにも活用し易くなった。

### 3.2. リスクの見積もりと低減措置の検討

今回は、EV・パワーエレクトロニクスに関連した分野のみ、リスクの見積もりと低減措置の検討を行い、残留リスクを評価した。リスクの見積もりについては「自動車整備業におけるリスクアセスメントマニュアル」<sup>3)</sup>を利用した。低減措置を行えば全ての項目が「IV(速やかにリスク低減措置の実施)」から「II(計画的に低減措置の実施)」となりリスクレベルが低減されることになる。表3はリスク評価表の一部である。リスク低減措置を行うためには、「危険性の除去・低減措置」を実施、さらに「工学的対策」を行って、それでも除去できない場合は「管理的対策」を行うことになる。それぞれの項目でリスク低減は可能となるが、リスクの除去はできていないため「管理的対策」の一部として、作業手順の確認や実習時に必要な知識の再確認(再教育)が必要という結果になった。

表3 リスク評価表(一部)

### 3.3. 安全テキストへの記載項目

リスク低減措置の検討結果から、安全テキスト(図2)には下記の項目を盛り込むこととなった。

- ・電気回路の基本の確認
- ・過電流や漏電について



図2 開発したテキスト(一部)

- ・モータ制御回路の構成
- ・おおまかな動作確認手順
- ・動作確認時に準備するもの

## 4. 安全テキストを用いた授業と評価

### 4.1. 開発した安全テキストの概要

リスク低減措置の検討結果から短絡を含む過電流についての解説や起こる原因、またモータの動作試験時の機器構成などについて解説を記した。特に学生にとっては復習の内容となるが、改めてオームの法則と電力の計算の問題を解説し、どの程度の電流、電力でどれだけのものが動作するのかを例示した。また、簡単な動作試験の例を提示し、どこが危険か話し合ってもらい、授業の最後に簡単な動作試験を行うなどの手法も盛り込んだ。

### 4.2. 実施方法と評価結果

評価方法についてはこの安全テキストを用いた授業を実施し、受講前確認テストと受講後確認テストおよび授業評価アンケート<sup>4)</sup>により行った。

令和元年度の生産電気システム技術科1年生20名を対象に今回開発した安全テキストを用いて授業を実施した。実施した確認テストの結果を表4に示す。

受講前に正答率が高い問題については受講前後で大きな変化は見られないが、受講前に低かった1,3、

表4 確認テストの正答率の比較

		正答率[%]	
	出題項目	受講前	受講後
1	過電流の原因	45.0	80.0
2	電流計算	95.0	95.0
3	電力計算	70.0	90.0
4	電線の許容電流	10.0	70.0
5	配線接続の順序	90.0	90.0

表 5 授業評価アンケートの結果

設 問	はい、どちらかといえば はいの割合[%]
1 この授業は安全意識の向上 に役に立ちましたか	100
2 ヒヤリ・ハット事例は事故防止 の参考になりましたか	100
3 テキストはわかりやすかった ですか	100
4 この安全に関する授業時間 は充分でしたか	100
5 その他ご意見・ご感想等あり ましたらご記入ください	-

4 の設問については受講後に正答率が大きく上昇した。

表 5 は授業評価アンケートの集計結果である。授業評価アンケートでは「安全意識の向上について役に立ったか」、「テキストはわかりやすかったか」の設問に対して「はい」「どちらかといえばはい」、「どちらかというといいえ」、「いいえ」の 4 択で、それぞれの項目ですべての受講者から肯定的な回答が得られた。また、短絡動画の紹介やオームの法則と電力の計算を再び見つめなおすと、改めて使っている電力が大きいことが分かったと言う学生もいた。

### 4.3. その後の経過について

生産電気システム技術科のヒヤリ・ハット事例の多くが電動車両設計製作実習の実習課題である。モータによって動作する車両の製作時に起きていた。

開発した安全テキストも活用した授業を受講した後学生がその後電動車両設計製作実習に取り組んだが、災害等の発生もなく、ヒヤリ・ハット事例も挙がることなく実習課題として車両を完成させることができた。

## 5. おわりに

モータとその制御回路は脱炭素をキーワードに電気自動車をはじめさまざまなものに利用が拡大している。今後モータと周辺回路の技術は様々な分野に広がっていくと考えられ、いつその安全の徹底が求められるであろう。

今回の取り組みで職業能力開発大学校でもモータとその関連機器を取り扱う機会が多く、学生のヒヤリ・ハット調査からモータの動作確認に関連した 22 件の事例が得られリスクが潜んでいることが明らかになった。

現在の市販される電気の安全に関するテキストは電気設備の安全を中心とした内容であり、モータとその関連機器の動作確認試験に関するものを主題として扱ったものは見当たらなかった。

今回開発した安全テキストを活用した授業を実施し、受講前後の確認テストの結果と授業評価アンケートの高評価から一定の効果があったと考えられる。

本取り組みでは指導員 WG を活用し、電気系で最も優先度の高い、モータの動作試験時の安全教育テキストを手始めに開発し、その有用性が示された。今後もこの方式を利用してフィードバックを行い、安全教材の改良や、新たな内容についての安全テキストの開発整備に努めていきたい。

### [参考文献]

- 1) 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構：独立行政法人高齢・障害求職者雇用支援機構の業能力開発施設における労働安全衛生マネジメントシステム要綱、2020
- 2) 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構：応用課程の考え方、2009
- 3) 自動車整備業におけるリスクアセスメントマニュアル作成委員会：自動車整備業におけるリスクアセスメントマニュアル、厚生労働省・中央労働災害防止協会、2009
- 4) 独立行政法人 高齢・障害・求職者雇用支援機構：授業評価実施にかかる様式等(別紙 2～5・報告様式等)、2012

# Society 5.0 を意識した総合制作実習の取り組みと 在職者訓練への展開

中村 俊也<sup>\*1</sup>

## Approaches to Graduation Research with an Awareness of Society 5.0 and its Development into Workers Training Programs

NAKAMURA Toshiya<sup>\*1</sup>

**要約** Society5.0 に向けた人材育成のあり方については文部科学省において有識者による委員会で議論されている。小学校でのプログラミングの授業や高校での情報科目の必修化などは既に始まり、今後は高等教育での人材育成の位置付けも重要となってくる。高度職業訓練も例外ではなく Society 5.0 を意識した人材育成は必要となる。本稿では、Society 5.0 の技術を意識して取り入れた総合制作実習の取り組みと指導を通して教材を作成し在職者訓練まで展開した事例を報告する。

### 1. はじめに

文部科学省のホームページでは、Society 5.0 に向けた人材育成について有識者で構成された委員会内で議論された結果が掲載されており Society 5.0 の社会像と求められる人材像及び学びの在り方、教育政策としてとるべき施策などがまとめられている。ここでは、大学等における高等教育についても触れられており「Society 5.0 を生きる自校の学生にどのような力を身に付けさせる教育をいかに提供しているか、その成果はどのように上がっているかを、問い直さなければならない。学びの内容が変化していく中で、学生一人一人の能力を最大限に伸ばす教育を真摯に実施する学校のみが、今後、学生及び社会から支持されるだろう。」<sup>1)</sup>とまとめられている。高度技能者を育成することを目的とした高度職業訓練も例外ではなく Society 5.0 を意識した教育を取り入れていくことは必須であると考え。本稿では、筆者がこれまでに取り組んできたロボット、人工知能、IoT などの Society 5.0 関連の技術を

取り入れた総合制作実習の事例について報告する。また、総合制作実習での学生指導を通して新たに教材を作成し在職者訓練を実施した事例について報告する。

### 2. 総合制作実習の取り組み事例

令和 1~3 年度に取り組んだ総合制作実習の内容についてまとめる。

#### 2.1 クラウドサービスを利用した GPS 端末の製作

本テーマは、クラウドサービスを利用した IoT 機器の開発を目的に移動体の位置情報を共有するシステムの製作を行った。図 1 にシステム図を示す。GPS 端末の機能は、OS として Windows 10 IoT Core を搭載した RaspberryPi4 上で C# で実装される。GPS モジュールで取得した位置情報は、モバイル通信網を介して Firebase クラウド上で動作するデータベースサービスにアップロードされる。クラウド上では、Web サーバの役割を担うホスティング

<sup>\*1</sup> 東北職業能力開発大学校秋田校 電子情報技術科  
Tohoku Polytechnic College, Akita  
Department of Electronic Information Technology

サービスも動作しておりデータベースに格納されている位置情報をリアルタイムに GoogleMap 上にプロットする Web アプリケーションが稼働している。これによりシステムの利用者は、Web ブラウザを介して移動体の位置情報をリアルタイムに確認することが出来る。本テーマの取り組みでは、クラウドサービスを利用した IoT システムの構築が実現できた。

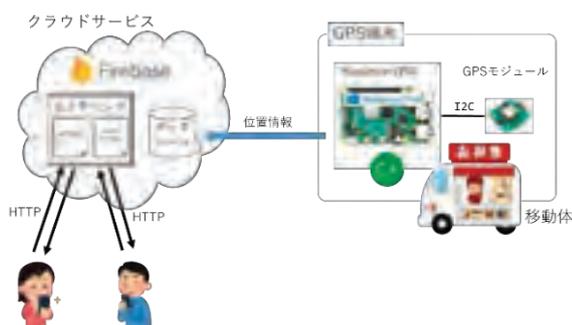


図 1 システム図

## 2.2 ROS を利用した移動式ロボットの製作

本テーマは、ロボット開発プラットフォーム ROS (Robot Operating System) を利用してロボットの製作を行った。ロボット開発の現場では、技術の標準化や共有化が遅れており、それぞれの研究所やメーカーで独自の技術で製作するのが一般的である。人手不足の解消に向けてドローンやロボットの普及が加速する中で世界的に標準となるプラットフォームの存在が必要となった。その世界的な流れの中で標準プラットフォームの最有力候補が ROS である。本テーマでは、図 2 に示す自作の移動式ロボットを利用し、ROS の利用方法をまとめることを目的とした。ロボットは、LiDAR を搭載しレーザー光を 360° 照射することで周辺の障害物を検出し周辺地図を生成する。ロボットは、得られた地図から経路を計算し、目的地に移動する。これらは、ROS が提供するライブラリを利用することで実装が可能である。ROS は基本的にはロボットを開発する際のライブラリであるが図 3 に示すようなロボットのシミュレーションプラットフォームも含まれる。本テーマの取り組みでは、今後のロボット開発

の標準プラットフォームになりうる ROS の基本的な機能について利用方法をまとめることができた。

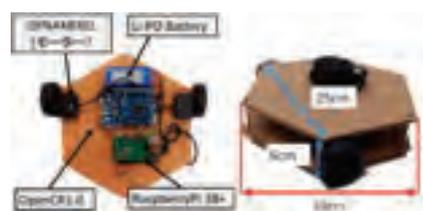


図 2 製作した移動式ロボット

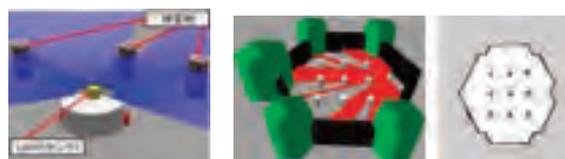


図 3 疑似空間でのロボットのシミュレーション

## 2.3 画像認識を用いた自動分別ごみ箱の製作

本テーマでは、ディープラーニング(AI)のアルゴリズムのひとつでもある畳み込みニューラルネットワーク(CNN)を利用し空き缶とペットボトルを自動分別するごみ箱を製作した。自動分別ごみ箱のシステム図を図 4(a)に示す。捨てられたごみは、カメラで撮影され RaspberryPi4 上で推論が実行される。推論結果によりサーボモータが駆動し可動式ステージに置かれたごみが自動で分別される。分別に必要な推論モデルは、CNN を利用し生成する。CNN は、畳み込み層、プーリング層からなる多層のニューラルネットワークで学習データを入力することにより推論に必要なパラメータを計算し学習を実行するアルゴリズムである。CNN に入力する学習データは、学生自らがペットボトルや空き缶の画像を撮影し、水増しなどの処理を行った上で転移学習による推論モデルの生成を行った。生成した推論モデルの精度は、90%以上を誇り実用レベルに近いモデルといえる。また、近年の人工知能の研究分野で大きなテーマになっている「人工知能の判断根拠の可視化」について注目し、公開されている論文とサンプルプログラムを基に、生成した推論モデルが画像認識を行う際にどこに注目しているかを可視化することに挑戦した。公開されているサンプルプログラムを自らの環境に合わせて変更しただけではあるが推論モデルが誤って推論したときの

傾向を可視化することが出来るなど興味深い結果を得ることができた。本テーマの取り組みでは、学習データの用意からモデルの生成、推論までの一連の処理の実装に関してのノウハウをまとめる事ができた。また、人工知能研究の新しいテーマである「人工知能の判断根拠の可視化」について少しではあるが触れることが出来た。



図4 自動分別ごみ箱

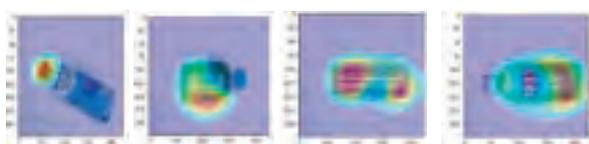


図5 推論根拠の可視化

## 2.4 マスク着用有無判断を有した検温システムの製作

本テーマでは、施設入口でマスク着用の有無判断と検温を行い、結果を受付にいる職員に通知するシステムを製作した。図6にシステム図を示す。マスク着用の有無判断は、CNNにより生成した推論モデルを利用し RaspberryPi4 上で推論を行う。マスク着用を着用していないと判断した場合は、スピーカを利用し音声で注意を促す。検温は、マイコンモジュール M5StackCore2 を利用し温度センサにより体温を測定する。このとき、温度センサの距離減衰を補正するために距離センサを用いて正しい検温が行われるように補正をしている。検温結果は、マイコンモジュールの液晶に表示するとともに音声で通知する。マスク着用の有無と検温結果は、受付にある RaspberryPi4 で構築したサーバに IoT の通信プロトコルとして注目されている MQTT を利用し送信する。サーバでは、IoT システム開発ツールである Node-RED を利用しシステムが構築されており受付にいる職員は、図8に示すようなわかりやすいグラフィックと音声で通知を受けることができる。これ

により、マスクの正しい着用を促す、再検温を行うなどの対応をとることができる。本テーマでは、コロナ禍における課題をシステムで解決することに挑戦し IoT や人工知能を利用した画像認識技術を用いてひとつのシステムを作り上げることができた。

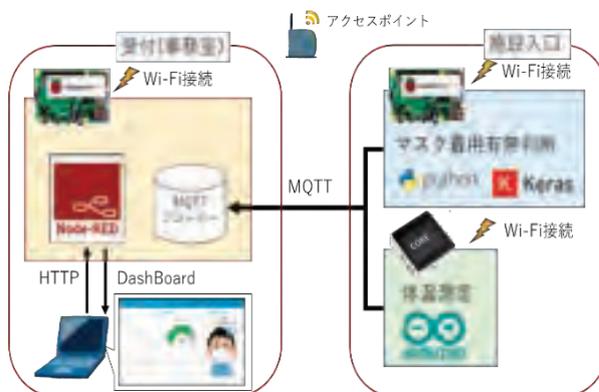


図6 システム図



(a)マスク着用有無判断部 (b)検温部

図7 システム外観

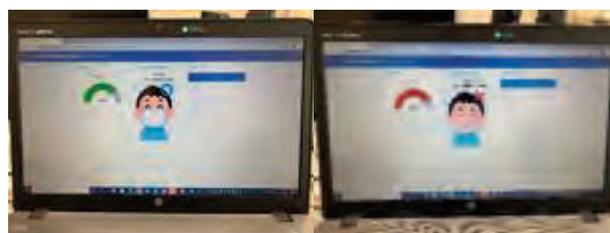


図8 受付職員への通知

## 3. 在職者訓練への展開

総合制作実習での学生指導を通して新たに教材を作成し在職者訓練を実施した事例を報告する。

### 3.1 センサを活用した IoT アプリケーション開発技術

GPS 端末の製作で扱った技術をベースにクラウドサービスを利用した IoT システムの開発をテーマに教材を作成した。在職者訓練では、最終的にはクランプ式交流電流センサを利用し、機器の稼働状況を可視化するシステムを構築する実習を行う。令和

1 年度、令和 3 年度で計 2 回在職者訓練を実施したがアンケート結果も良好であった。

#### 在職者訓練の内容

- ① IoT 技術とクラウド技術の概要
- ② RaspberryPi への Windows 10 IoT Core の搭載
- ③ C#によるアプリケーション開発
- ④ AD 変換の実装
- ⑤ Firebase クラウドとの連携
- ⑥ 電流センサを利用した機器の稼働状況可視化システムの構築実習

### 3.2 IoT センサシステム構築技術

マスク着用の有無判断を有した検温システムの製作で利用した IoT システムの構築技術を利用して教材を作成した。在職者訓練受講者の対象は、工場の生産設備や生産管理を担当している技術者を想定し、自社の生産設備の稼働状況を可視化することをテーマにしている。マイコンは、ライブラリが充実している Arduino 言語で開発することでプログラミングの初心者でも取り組める内容としている。また稼働状況を可視化する部分は、プログラムの部品となるアイコンをつなぎ合わせることでシステムを比較的簡単に構築することができる IoT システム開発ツール Node-RED を利用している。令和 3 年度に在職者訓練を実施したがアンケート結果も良好であった。

#### 在職者訓練の内容

- ① IoT 技術の概要
- ② ESP32 マイコンの概要
- ③ Arduino 言語によるプログラミング
- ④ Node-Red の概要と導入
- ⑤ 機器の稼働状況可視化システムの構築実習

### 3.3 オープンソフトウェアライブラリを用いた人工知能 (AI) 活用技術

自動分別ごみ箱の製作で扱った技術をベースに画像認識技術の教材を作成した。在職者訓練では、学習データの作成から転移学習による推論モデルの生成、推論処理までの一連の流れを実習を通して習得する内容としている。実習では、図 9 に示すよう

にネジ、釘、ナットの推論をテーマに扱う。令和 3 年度に在職者訓練を実施したがアンケート結果も良好であった。

#### 在職者訓練の内容

- ① 畳み込みニューラルネットワークの概要
- ② 開発環境 Google Colab の利用
- ③ 学習データの作成とデータの水増し
- ④ 転移学習による推論モデルの生成
- ⑤ 推論処理の実装



図 9 画像認識の実習

## 4. おわりに

これまで AI や IoT、ロボットなど比較的新しい技術を取り入れながら総合制作実習で学生指導を行ってきた。自動分別ごみ箱の製作では東北ポリテックビジョンの発表で金賞を受賞し、マスク着用の有無判断機能を有した検温システムは総合制作実習の成果物表彰で特別賞を受賞することができた。学生も新しい技術を扱うことでモチベーションを保ちながら総合制作実習に取り組むことができたようである。今後も学生が高いモチベーションで総合制作実習に取り組むことができるようにテーマ設定や指導方法を工夫していきたい。また、総合制作実習で得られたことをまとめながら新たな教材開発にも繋げていきたい。

#### 【参考文献】

- 1) 文部科学省：Society 5.0 に向けた人材育成～社会が変わる、学びが変わる～、文部科学省ホームページ、[https://www.mext.go.jp/compo- nent/a\\_menu/other/detail/\\_icsFiles/afield- file/2018/06/06/1405844\\_002.pdf](https://www.mext.go.jp/compo- nent/a_menu/other/detail/_icsFiles/afield- file/2018/06/06/1405844_002.pdf) 2022 年 3 月確認

# 開発課題実習と標準課題実習を連携した実習における 建築施工管理の実践

## —スラブ及び階段部材の PCa 化による生産性の向上について—

佐竹 重則\*<sup>1</sup>, 渡邊 拓海\*<sup>1</sup>, 遠藤 勇人\*<sup>1</sup>  
齋藤 洋樹\*<sup>1</sup>, 佐藤 侑樹\*<sup>1</sup>, 細田 洸希\*<sup>1</sup>

Practical Training of Building Construction Management in Conjunction with  
Developmental and Standardized Training

- Productivity Improvement by Adopting PCa Method for Slabs and Stairs -

SATAKE Shigenori\*<sup>1</sup>, WATANABE Takumi\*<sup>1</sup>, ENDO Yuto\*<sup>1</sup>,  
SAITO Hiroki\*<sup>1</sup>, SATO Yuki\*<sup>1</sup>, HOSODA Koki\*<sup>1</sup>

**要約** わが国の人口は 2010 年の約 1.28 億人をピークに減少を続けており、建設業の就業人口も減少と高齢化が進んでいる。今後、建設業を支える労働力不足が懸念され、担い手の確保等とともに生産性の向上が不可欠である。こうしたことから東北職業能力開発大学校 建築施工システム技術科（以下、当科）では、2017 年度の開発課題実習から生産性向上・省人化へ繋がる工法に取り組んでいる。今年度は「トラス筋入り PCa 合成床版」と「片持ちスラブ形 PCa 階段」による施工を実施した。結果として「トラス筋入り PCa 合成床版」では在来工法と比べて生産性が向上した。また「片持ちスラブ形 PCa 階段」においては施工の単純化はできたが、生産性向上には至らない結果となった。

## 1. はじめに

### 1.1 建設業界と当科の就職について

2021 年度現在、当校の建築施工システム技術科の学生は 95%以上が建設系の企業に就職している。施工管理技術者の教育訓練を目的とする当学科では、主に公共建築や大型集合住宅のような鉄筋コンクリート（以下、RC）構造を設計・施工・施工管理する企業（ゼネコン等）と個人住宅等の小規模建築を設計・施工・施工管理する企業（ハウスメーカー、工務店等）へ就職する学生に分けることができる。

学生がゼネコン（総合建設業）の施工管理技術者に係わる企業へ就職する割合については、過去 3 年（2018 年度～2020 年度）の累計では 46%となっており、ハウスメーカーや工務店の住宅系 25%に比べても比率が高くなっている。

一方で、わが国の人口は 2010 年の約 1.28 億人をピークに減少を続けており、建設業の就業人口も減少と高齢化が進んでいる。特に地方都市においては、高齢化が深刻化しており、今後の高齢者の大量離職に伴い、建設業を支える労働力不足が懸念されると

\*1 東北職業能力開発大学校 建築施工システム技術科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Architectural Systems Engineering

ともに、後継者問題も増加傾向にある。今後も建設業が地域において社会を支える役割を果たしていくためには、担い手の確保等とともに生産性の向上が不可欠である。さらに2024年4月からは建設業も時間外労働時間の罰則付き上限規制が適用されることになるため、土曜日や祝日も工事を行うことが多く、時間外労働時間も長い建設現場においては、生産性向上が急務となっている。しかし、建設業はデジタル化の遅れ等により、他産業に比べて生産性の上昇率が低く、生産性を向上させる余地があるとされている<sup>1)</sup>。

## 1.2 応用課程での教育訓練について

応用課程の居住・建築システム技術系は、中堅建設業の現場管理業務等の職務を念頭において養成することを目的としており<sup>2)</sup>、2年生が履修する「開発課題実習」では、施工管理業務を行う上で施工管理の職務である「工程管理・安全衛生管理・環境管理・品質管理」を実践し、現場監督として必要な知識、技術などの施工管理能力を向上すること、1年生の「標準課題実習」では「仮設工事・型枠工事・鉄筋工事・コンクリート工事・既製コンクリート工事・仕上げ工事」の施工管理及び施工技術を身につけることを科目の教育訓練目標としている。教育訓練を実施する教員は、1・2年生の応用課程に在籍する学生に対して、建設業における「施工管理技術者」へ就職することをイメージした教育訓練を行なっている。

## 2. 実習概要

当校の応用課程 建築施工システム技術科1年生と2年生で履修するRC構造施工及び施工管理に関する実習科目を実施する時期と履修単位は以下の通りである(表1)。表の単位数に印を付けたⅢ期の授業科目を連携して実施している。

当科では、2年生で履修する「開発課題実習」である「総合施工・施工管理課題実習」、「応用課題実習」と1年生で履修する「標準課題実習」である「RC構造施工・施工管理課題実習」(以下、RC標準課題実習)を連携してⅢ期の月・火曜日の週2日間の計8単位で実施している。

表1 標準課題と開発課題実習の履修科目単位表(単位)

		授業科目	I期	II期	III期	IV期
3年生	標準課題実習	RC構造施工・施工管理課題実習	—	4	8	—
		応用仕上げ施工実習	—	—	—	4
4年生	開発課題実習	総合施工・施工管理課題実習	6	6	8	6
		応用課題実習	—	2	4	4

## 3. 実習内容

### 3.1 Ⅲ期の標準課題実習(1年生)について

2021年度Ⅲ期のRC標準課題実習では、開発課題実習の2年生5名を施工管理技術者として、1年生25名を1グループ5名の5グループに分けて、仮設・型枠・鉄筋工事をローテーションして、週に2日間の施工業務を行った。施工するRC構造躯体(表2、図1、図2)は原則、1フロア分のコンクリート打設までを実施している。

また、週に半日(2講)は、Ⅲ期に施工しているRC構造躯体に関する施工管理業務について、講義・演習形式の実習を実施している。RC標準課題実習の実習課題としては、鉄筋工事について、RC標準課題実習で施工している建築物の図面に関する設問を出題して、学生たちが建築工事標準仕様書<sup>3)</sup>を用いて解答を作成し、その後に解答・解説をして理解を深めるようにしている。鉄筋工事では、継手・定着に関する納まりの理解を目的として、柱・梁、壁、スラブの取合い箇所の配筋詳細図まで描けるようにすることを目指している。

また型枠工事においては、鉄筋工事と同様、Ⅲ期に施工しているRC構造躯体について、せき板の構造計算の方法を講義し、学生各自が表計算ソフトウェアを用いて数式から入力してもらい、コンクリート打設時のせき板に掛かる負荷についての確認をしている。

表2 工事概要(2021年度Ⅲ期 標準課題実習)

工事名	3号館裏 RC構造躯体工事
所在地	東北職業能力開発大学校 3号館裏敷地
工期	2021年10月～12月
作業人数	4年生(5名) 3年生(25名)
構造	鉄筋コンクリート構造2階建(施工は1階部分)
敷地面積	31.1m <sup>2</sup>
建築面積	27.5m <sup>2</sup>

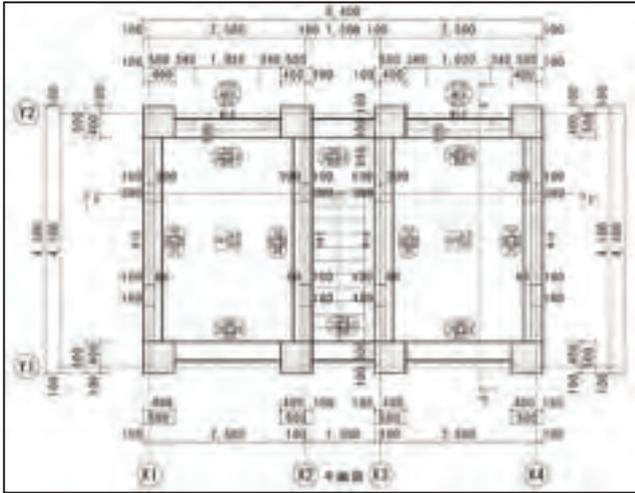


図1 RC 構造躯体のコンクリート躯体平面図



図2 完成した RC 構造躯体

### 3.2 Ⅲ期の開発課題実習(2年生)について

2年生がⅠ・Ⅱ期に作成した施工計画を基に1年生のRC標準課題実習と連携して実施するRC構造建築物の躯体工事でⅢ期に週2日×9週(計18日間)の施工管理業務を実施している。

建設業界の現状を踏まえて、2017年度からの開発課題実習の施工計画では、生産性向上・省人化へ繋がるような工法を採用している。実務では、在来工法だけでなく、その現場毎で採用する工法への対応が求められることがある。2021年度は、開発課題実習の型枠工事において、2階スラブにカイザートラス筋<sup>4)</sup>を用いたハーフPCa板の使用、梁型枠の先組み工法、型枠支保工での支保梁工法を計画し、鉄筋工事では、梁の先組み工法を計画して施工した。また、型枠工事と鉄筋工事において、「階段は傾斜や段状で

あること、有効寸法の制約が厳しい場合が多いこと等の理由で、鉄筋コンクリート構造躯体工事の中で最も難易度が高く、型枠の施工においても最も手間の掛かる部分である<sup>5)</sup>とされている段階についてのPCa化を検討し、今年度は片持ちスラブ形PCa階段で計画をして施工した。

## 4. PCa化における施工計画

### 4.1 ハーフPCaスラブ

今年度施工したハーフPCaスラブは、トラス筋入りPCa合成床版とも言われるハーフPCaスラブである。一般的なメリットとしては、「在来工法と比べて①仮設の型枠材が不要となり、したがって型枠解体工事もない。②支保工が不要あるいは少なくて済むため、作業空間が確保できる。③品質管理がしやすく、PCa部材に高強度コンクリートを使用することもできる。④裏面の仕上がりが美しく、そのまま天井仕上げとすることができる。⑤PCa部材で軽量化される、等の利点がある。」<sup>6)</sup>とされている。

今回は企業からカイザートラス筋を提供していただき、スラブ工法マニュアル<sup>7)</sup>を参考に計画図を作成して施工した(図3)。

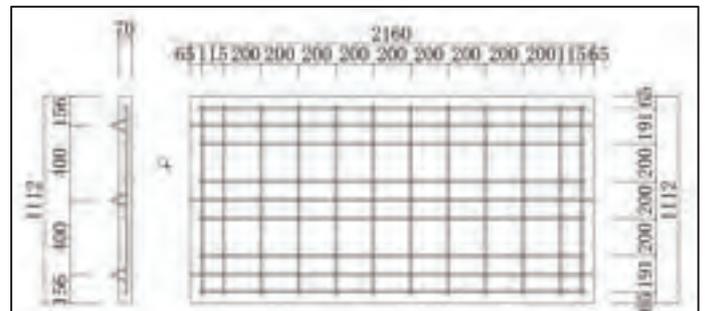


図3 トラス筋入りPCa合成床版1枚分の配筋図

### 4.2 片持ちスラブ形PCa階段

#### 4.2.1 PCa階段の作成

今年度は、昨年度まで在来工法で施工を行っていた階段工事を初めてPCa工法を用いて施工した。PCa階段は当科で所有する積載型トラッククレーンで建方する計画とし、形状をPCa階段では一般的な二辺固定スラブ形階段ではなく片持ちスラブ形PCa階段とした。PCa階段部材はユニックの定格荷重で建方できる作業半径を考慮して、1段ごとに分けて

製作を行い、約 60kg/段の合計 11 段分の PCa 階段として製作した。片持ちスラブ形 PCa 階段の配筋は公共建築工事標準仕様を参考に計画を行った。壁への階段主筋の定着は片持ちスラブ形階段の主筋定着を参考にし、配力筋の配筋は片持ちスラブを参考に計画した。PCa 階段の設計寸法は踏面奥行き 220mm、幅 880mm、蹴上 130mm、施工する A 棟躯体内部へ 30mm のみ込む計画として、B 棟の躯体壁面からは 150mm の空きとなるようにした。PCa 階段が定着する壁型枠には、PCa 階段の精度を考慮して縦横 5mm のクリアランスを設けた。型枠建て込み後に階段との取合部に目地棒を取付け、脱型後は目地部分をシーリング仕上げとした。

#### 4.2.2 PCa 階段の支保工計画

在来工法から PCa 工法による階段の施工に伴い、PCa 階段部材 1 段 1 段に対応できる新規の支保工システムを計画することとした。本実習では既存の支保工システムを参考に支保工計画を作成した(図 4)。在来工法の支保工計画との相違点は、中間部に支保工 4 本で支えた仮設構台を 2 箇所設けることで、使用する支保工の本数を半数程度に抑えることができる。また、仮設構台の上には 24mm 合板を用いて仮設台座を設置するが、台座間隔の保持にセパレーターを使用するため 12mm 合板 2 枚重ねの計画とし、支保工の水平つなぎ用の単管パイプとフォームタイ締りめ用の単管パイプを緊結して固定した。

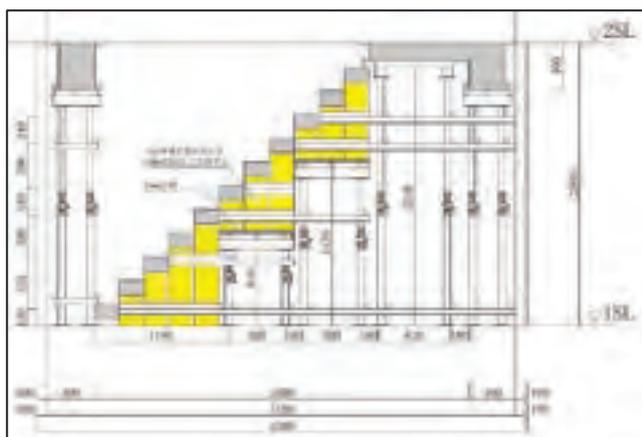


図 4 PCa 階段用支保工断面図

## 5. 結果と考察

### 5.1 トラス筋入り PCa 合成床版(ハーフ PCa スラブ)

現場施工作業と並行して屋内で製作した 3 枚のハーフ PCa スラブ(図 5、図 6)を積載型トラックレーンを用いて 1 枚ずつ建て込んだ(図 7、図 8)。ハーフ PCa スラブにはあらかじめ PCa 部材が隣り合う面にバックアップ材を取り付け、PCa 部材間の間隔の確保および隙間埋めとした(実際には建込み後、ジョイント部はシーリングを施工する)。昨年度までと比較して、ハーフ PCa スラブ 1 枚当たりの重量がカイザートラス筋を用いることでスラブ厚を 100mm から 70mm にすることが可能となり、建方作業時での軽量化を図ることができ、スムーズな建込ができた。また鉄筋工事ではカイザートラス筋が上端筋用のスペーサーとなるため、スラブ配筋作業がスムーズになり、施工箇所もスラブジョイント筋と上端筋だけの施工となるため、現場での配筋作業量が少なくなり生産性が向上した。

計画時点で挙げていた 5 つのメリットのうち、「②支保工が不要あるいは少なくて済むため、作業空間が確保できる。」以外は、今回の施工において利点であると確認できた。②に関しては、支保工を在来工法であるパイプサポートではなく、今年度 B 棟で施工した支保梁工法を採用して施工していれば、より生産性向上に繋がったと思う。

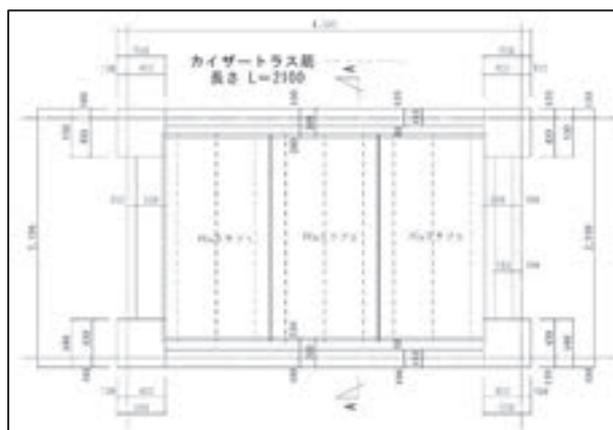


図 5 ハーフ PCa スラブの割付図



図6 屋内で製作したハーフ PCa スラブ



図7 ハーフ PCa スラブの建込(1枚目)



図8 ハーフ PCa スラブの建込完了

## 5.2 片持ちスラブ形 PCa 階段

PCa 階段は約 60kg/段で 2 名であれば人力でも運べる重量で設計し、当初は人力による建込計画としていたが、作業場が狭く労働災害防止の観点から 4 段目以降は積載型トラッククレーンを用いての建

方とした(図 9)。施工中に分かったデメリットは、1 段目がベース PCa スラブに対して直置きした際に敷栈と干渉してしまい、干渉する箇所を研らなければ納まらないため、手戻り作業となった。また施工後のシーリング施工でも 1 階床に近い 1 段目と 2 段目に関しては、作業スペースの確保ができず、施工が困難であるため、実務で採用する際は、階段がスタートする階からの施工であれば 4 段目以降あたりからでないと思施工は難しいと思った。現場での建方に関しても 1 段ずつ型枠にセットしていくので、効率的な作業ができないと感じた。

メリットとしては、片持ちスラブ形階段を採用した設計だった場合、PCa 工法なので現場作業と並行して階段を製作することができることによって生産性が向上することと、在来工法だと難しい階段部分の現場におけるコンクリート打設作業がなくなることだと思った。



図9 PCa 階段の建込(4 段目以降)

## 5.3 歩掛について

今年度の PCa 工事において、ハーフ PCa スラブでは型枠工事及び鉄筋工事の歩掛、PCa 階段では型枠工事の歩掛を求めた。ハーフ PCa スラブの歩掛については今年度の在来工法と比較した。

ハーフ PCa スラブの鉄筋工事は、在来工法と比較し、約 2.3 倍の歩掛の向上が見られた(表 3)。これは、現場で施工を行う際は PCa 化により安定した作業床上で配筋作業ができるため、作業効率が良いとなった。さらに、現場での配筋作業量の減少により、少ない人数で作業を行え、省人化にもつながった。また、型枠解体作業の際にもスラブ底の型枠を解体

する必要がないため、型枠工事全体の作業時間も短縮された。その結果、型枠工事においても在来工法と比較し、約 1.3 倍の歩掛の向上が見られた(表 4)。これは、PCa 化により、現場で行うスラブ型枠の建込作業がハーフ PCa スラブの建方作業に置き換わるため、在来工法と比較し作業時間と作業人員の減少が図られたことが理由である。

表 3 ハーフ PCa スラブ 歩掛 (鉄筋工事)

	施工面積 (t)	人数 (人)	時間 (日)	人工 (人・日)	歩掛 (t/人)
在来工法	0.10	5.00	0.75	3.75	0.026
PCa工法	0.12	4.00	0.50	2.00	0.059

表 4 ハーフ PCa スラブ 歩掛 (型枠工事)

	施工面積 (㎡)	人数 (人)	時間 (日)	人工 (人・日)	歩掛 (㎡/人)
在来工法	6.93	4.00	0.25	1.00	6.930
PCa工法	6.93	3.00	0.25	0.75	9.240

PCa 階段は現場での作業が 1 段ずつの PCa 階段の建方と支保工組立となるため、歩掛の算定は、PCa 階段を現場で施工した場合の型枠工事の施工面積を用いて算定した。

PCa 階段の型枠工事における歩掛は 2.54 (㎡/人) となっており、これに対して昨年度の在来工法の型枠工事での歩掛は 1.64 (㎡/人) となっている。PCa 階段を採用した今年度との比較では約 1.5 倍の歩掛の向上が見られた(表 5)。階段工事にかかる人工においても昨年度と比較し、1 日当たりの作業者の人数は約 0.56 倍に減少した。しかし、支保工工事の歩掛について比較すると、今年度は 0.98 (㎡/人)、昨年度は 2.15 (㎡/人) となり、約 0.46 倍に減少した(表 6)。これは、今年度は片持ちスラブ形 PCa 階段用の新たな支保工計画で施工を行ったため、昨年度よりも時間を費やしたことが原因である。こうしたことから、片持ちスラブ形 PCa 階段を採用した場合は在来工法と比較し、施工の単純化及び規格化はできるが、今年度の施工結果からは作業効率の向上には繋がらなかった。

表 5 階段 歩掛 (型枠工事)

	施工箇所	施工面積 (㎡)	人数 (人)	時間 (日)	人工 (人・日)	歩掛 (㎡/人)
2019年度	階段スラブ	4.30	4.00	0.45	1.80	
	蹴上・踏面	4.29	1.00	0.90	0.90	
	合計	8.59			2.70	3.18
2020年度	階段スラブ	4.38	5.00	0.90	4.50	
	蹴上・踏面	4.48	2.00	0.45	0.90	
	合計	8.86			5.40	1.64
2021年度	PCa階段	7.61	3.00	1.00	3.00	2.54

表 6 階段支保工 歩掛

	施工面積 (㎡)	人数 (人)	時間 (日)	人工 (人・日)	歩掛 (㎡/人)
2019年度	4.30	4.00	0.45	1.80	2.39
2020年度	4.30	4.00	0.50	2.00	2.15
2021年度	2.94	3.00	1.00	3.00	0.98

## 6. おわりに

今年度の開発課題実習では、第 20 回東北ポリテクビジョン総合制作・研究発表会の応用課程・県立専攻科発表部門において銀賞を戴いた。開発課題実習では 2017 年度から建設業の生産性向上に繋がる工法として PCa 工法について試行錯誤してきて、初めて客観的な評価をしていただけたと感じた。来年度以降も PCa 工法に関しては、更に汎用性について考慮した開発課題実習のテーマとして継続して取組んでいこうと思う。

最後に開発課題実習と標準課題実習でハーフ PCa スラブを製造するにあたり、カイザートラス筋と参考資料を提供して下さった日本カイザー株式会社 池田様に感謝申し上げます。

### 【参考文献】

- (一財)建設経済研究所:建設経済レポート No.73 第 2 章建設産業の現状と課題 p193
- 職業能力開発総合大学校公共職業訓練部大学校課:応用課程の考え方、2019 年 3 月
- (一財)公共建築協会:公共建築工事標準仕様書(建築工事編)、平成 31 年度版
- 日本カイザー(株):カイザースラブ工法、(一財)日本建築センター評定-RC0191-05
- (株)建築技術:建築技術「型枠の基本と「温故知新」のノウハウ」、p154、2011 年 6 月号
- (株)建築技術:建築技術「RC 工事の合理化施工の心得」、pp.104-105、2017 年 3 月号
- 日本カイザー(株):カイザーシステム「スラブ工法マニュアル Ver.5.0」、p55、2020 年 8 月

## 建築空間の認識

### — 「落水荘」を対象とした建築模型製作と分析 —

星野 政博\*1 菅野 颯人\*1

#### Recognition of Architectural Space

#### — A Study of Architectural Model Production and Analysis for "Fallingwater" —

HOSHINO Masahiro\*1 KANNO Hayato\*1

**要約** 本稿では、学生の総合制作実習課題として共に取り組んだ活動記録としての報告をする。この課題に必要とされる能力は、大きく分けて、参考資料の収集・図面の解読（寸法読み取り力）・模型製作・スケジュール調整の能力である。建築空間認識の能力向上を目的としてこの課題を設定した。建築空間分析の課題として「落水荘の建築模型製作」に取り組み、この建築物の平面計画や構造について学び、建築物の空間把握や模型製作技術の向上を図ることとした。総合制作実習の活動を通じて、学生と共に学ぶことで、文献調査やデータ分析や模型製作実習を通じて、新たな知見を得ることができた。

#### 1. はじめに

本稿では、学生の総合制作実習課題として共に取り組んだ活動記録としての報告をする。

この課題に必要とされる能力は、大きく分けて参考資料の収集・図面の解読（寸法読み取り力）・模型製作・スケジュール調整の能力であると考えられる。建築空間認識の能力向上を目的としてこの課題を設定した。

一年間を通して設計能力・プレゼンテーション能力の向上を目的として、設計競技会への参加や課題に取り組むこと。また、建築空間分析の課題として「落水荘の建築模型製作」に取り組み、この建築物の詳しい構造について学び、建築物の空間把握や模型製作技術の向上を図ることとした。

\*1 東北職業能力開発大学校 住居環境科

#### 2. 建築家フランク・ロイド・ライト及び落水荘について

##### 2.1 建築家フランク・ロイド・ライト (1867～1959)の設計作品

フランク・ロイド・ライトは、ル・コルビュジェ、ミース・ファン・デル・ローエと共に「近代建築の三大巨匠」と呼ばれている。また、ヴァルター・グロピウスを加えて四大巨匠とみなされることもある。フランク・ロイド・ライト(以下 FLW と略す)に関する文献や映像記録はこれまで多くの研究者により表され数多く存在する。ここではその特徴の一部について述べることにする。

FLW 設計の建築物の特徴として「自然と建築の融合」があげられる。これは常に自然をテーマとし、土地と建物との一体化や周辺環境との調和を目指し、壁や窓、照明器具に至るまですべてに意味を与えた設計をしていたことから窺える。

設計作品は数多くあるが、代表作としては、

- ・タリアセンウエスト（米, 1914年）
- ・旧帝国ホテル（日, 1923年）
- ・ジョンソンワックス本社事務所(米, 1939年)
- ・グッケンハイム美術館（米, 1959年）

等があげられる。

## 2.2 設計思想

シカゴ大火後の影響で、シカゴの町は摩天楼と呼ばれる鉄骨造の高層ビル群が乱立していく時代であった。そんな中、新人設計者としてサリバン事務所に入所した FLW には、高層ビル以外の住宅や公共建築や美術館等の仕事が担当となった。そのため、特に住宅を中心とする設計思想が形作られたといわれている。

また、日本建築に興味を持ち、その特徴としての、大きな屋根や水平な横のラインの強調や、「自然と建築の融合」としての栃木県産大谷石やスクラッチタイルを使用した造形装飾が特徴として表われている。

## 2.3 落水荘(カウフマン邸,米,1936年)

1936年にFLWによって設計されたアメリカ:ペンシルベニア州のピッツバーグから南東80kmほどの場所に位置する建築物。この建物の最大の特徴としては、ベアランと呼ばれる川と滝の上にて建てられていることである。建物内部には天然の岩石が組み込まれている。また、大梁を岩肌に埋め込む配置になっている。周辺環境を崩すことなく、建築に取り込んでいる。本館から別館までの渡り廊下には片側のみに柱を設けた屋根がかけられていることも特徴である。

## 3. 建築模型製作の概要

### 3.1 模型製作手順

#### ① 文献調査による資料収集と調査分析

インターネットや宮城県立図書館等を利用して平面図・立面図等の資料を収集した。

#### ② CAD 図面作成

図面スケールの変換としては、インチからミリメートルへの変換を行い、2次元CADシステムで図面作成を行った。

#### ③ 3Dモデル画像の作成

3次元CADソフトによるモデル画像を作成した。(図1)

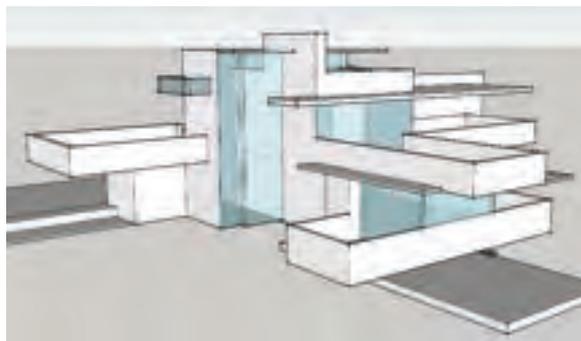


図1 3Dモデル画像(3次元CADソフト使用)

#### ④ 模型製作用図面作成

作成する模型の縮尺に合わせた図面を作成した。収集した図面を基に1/100のCAD図面を作成した。

#### ⑤ 試作模型作成

図面を基に試作模型を製作した。3次元CADソフトによるモデルを元に、ダンボールでの試作模型を製作し、平面図の訂正作業を行った。ダンボールを用いた1/200、1/100の模型を製作し、大きさや図面との違いを確認した。(図2・図3)。



図2 1/200 試作(ダンボール)模型



図3 1/100 試作(ダンボール)模型

- ⑥ スチレンボード模型(建物)作成
- ⑦ スチレンボードを用い提出用の建築物模型を1/100で作成した。
- ⑧ スチレンボード模型(周辺環境)

敷地及び周辺環境を含む建築物模型を1/10で製作した。(図4・図5) 敷地の参考資料を元に、断熱材で大まかな形を作り、粘土で細かい調整をした。その後、着色を行った。(図6)



図4 敷地及び周辺環境模型の制作(着色前)



図5 敷地及び周辺環境模型の制作(着色後)



図6 1/100完成した落水荘模型写真

### 3.2 模型製作材料費用

模型材料費は合計で、¥24,662 となった。

## 4. 建築空間の分析

### 4.1 当初平面図の分析

平面図をCAD図面化することにより以下の事項が検証できた。

①平面図に表現されていないワインセラーの存在を確認した。

→断面図や詳細図として表現されているがそれ以外では階段までしか表現されていない。

②ペアラン川が真下を流れているがプールが設置されている。

→文献調査により、施主の意向により設計変更で追加されたことが分かった。

③玄関や廊下などの通路が狭く設計されている。(幅647mmの基準寸法からの設計といわれている)。

→狭く設計することで壁の仕上げと相まって洞窟のようにすることで、心理的に守られる、落ち着いて休める場所と錯覚させる効果があると思われる。

### 4.2 空気喚起及び通気環境

当初平面図から空調機設置前の空気の流れを図面に表し、空調設備の必要箇所を調査した。これにより当時の室内環境と改善点を検証した。

図7に通気環境イメージ図を示す。1階では、暖炉からの暖かい風がダイニングに流れ、リビング部分が暖まるまでに時間がかかることがわかった。この改善策として、リビング部分に空調設備を設け、

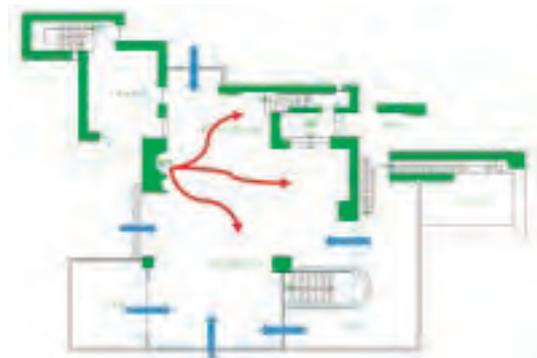


図7 通気環境イメージ図(1階)

室内の空気を循環させるために天井ファンを設けることで対応できる。また、窓が多く設けられているため、窓からの熱損失が大きいのでペアガラス又はトリプルガラスに張り替えたと開口部からの熱の損失を改善できる。縦の空気の流れをみる

と、階段から暖かい空気が2階の廊下に流れてしまうため、居室以外も同時に暖めることになってしまう。改善方法として、空調の必要な室と不要な室を区画することがあげられる。これにより、空調効率が上がると思われる。

### 4.3 室内の音環境

「1f ゆらぎ」と呼ばれる周波数が存在する。

これは人間の神経細胞が電気信号を発射する間隔と同じ周波数であり、波の繰り返す音や子供が母親の胎内で聞く心音などがある。精神が安定するとされている。

落水荘は滝の上にあるため、常時水の流れる音が聞こえる。これが日常生活で苦にならないのは滝の音が1f ゆらぎに該当するからである。

### 4.4 建築構造及び構法

建築模型製作を通じて分かったことは、建物の重心が極端に傾いており、自立することが出来ていない。滝の上にテラスを大きく浮かせた構法(キャノピー形式とでも呼びたい)になっていることが、構造が安定している理由のひとつだと考えられる。

## 5. おわりに

### 5.1 総合制作実習年間スケジュール

表1に1年間の総合制作実習における実践活動をまとめた。

表1 スケジュール表

月	課題	結果	備考
4~6	実践研コンペ	上位22作品入選	2ヶ月
6~10	みやぎ建築未来賞	審査員特別賞受賞	4ヶ月
10~2	落水荘模型作成	建築空間の分析	3ヶ月

### 5.2 総合制作実習成果物の提出

- ① 実践研学会設計競技会提出パネル(A1×1枚)
- ② みやぎ建築未来賞提出パネル(A1×2枚)
- ③ みやぎ建築未来賞模型(1/50)
- ④ 落水荘図面パネル(1/100)(A1×4枚)
- ⑤ 落水荘(3次元CADモデル)
- ⑥ 落水荘建築模型(1/100)

### 5.3 落水荘建築空間の分析

- ① 一年間の課題を通して設計・プレゼンテーション能力を向上させることができた。FLWの設計する建築物には「自然との調和」がコンセプトとしてある。落水荘にもその特徴が現れ、自然に建物を溶け込ませることで、ただその場所に建てるよりも存在感を強調していることがわかった。
- ② 落水荘が現在まで世界的に評価されているのは、単純に滝の上に建てられ自然に溶け込ませているからではなく、周辺環境を精神的な影響まで考慮して設計がなされているからだを知った。
- ③ 総合制作実習の活動を通じて、学生と共に学ぶことで、文献調査やデータ分析や模型製作実習を通じて、新たな知見を得ることができる。
- ④ 2020年10月~2月の約4か月間の建築模型製作を通じて、これからの時代の「ものづくり」として、3次元CAD・3次元プリンター・VR(バーチャルリアリティ)・BIM・ドローン・AI等の活用等が大きく展開している。  
しかし、これまで実践されてきた、手書き製図・スケッチパース・手書き着彩・手作り模型製作等のアナログ時代の「ものづくり」手法からも得られる知見もまだ多く存在する。今後も技能・技術・知識・知恵を大切にしていきたいと考えている。

### [参考文献]

- 1) YUKIO FUTAGAWA : FLANK LLOYD WRIGHT SELECTED HOUSES 4、A.D.A Tokyo、2016年1月
- 2) 株式会社建築知識 : 建築知識 模型制作マニュアル、1998年1月号

# 大館市における「まち育て」について

小笠原 吉張<sup>\*1</sup>

## Report on The "Machisodate" in Odate City

OGASAWARA Yoshiharu <sup>\*1</sup>

**要約** 大館市は、1951（昭和26）年に全国で一番小さな市として誕生し、2005（平成17）年に田代町と比内町を編入した。これを機に「大館市都市計画マスタープラン」を新たに策定し、これまでの「まちづくり」を見直すことになった。

これまで「まちづくり3法」により、郊外へと広げるまちづくりが展開されていたが、法改正により全国的に「コンパクトシティー」を目指すまちづくりへと舵を切り始めた時期とも重なる。新たなマスタープランの策定にあたって、策定委員長の提案により、市民と行政、企業の協働によるワークショップの開催などを通して、「まち育て」が始まった。これらを踏まえ「大館市都市再興基本計画」策定等現在に至る経緯と当校のかかわりを紹介する。

### 1. はじめに

1951（昭和26）年、人口30,056人の全国最小の市として大館市が誕生した。誕生して17年のうちに、4度も「消防白書」に掲載される程の大火を経験した。まちの大半を焼失し、その都度「防火のまち」を目指しての「復興」が繰り返されたことが「まちづくり」の歴史となっていた。延焼を防ぐために道幅を広げ、防火のために鉄筋コンクリートの建物で前面を造り、市民が防火に努めることでその後は大きな火災は発生していない。

このような背景を踏まえ、大館市の「まち育て」と当校のかかわりを紹介する。

### 2. 大館市の「まちづくり」

木材製材や木製品工業の発展、花岡鉱山の大躍進により繁栄をつづけた大館市は、林業の衰退や鉱山の閉山に伴い人口減少が加速した。

2005（平成17）年6月20日、田代町と比内町を編入し、これを機に「大館市都市計画マスタープラン」を新たに策定した。

これまでの「まちづくり」は、「まちづくり3法」により、郊外へ広げるまちづくりが展開されていた。法改正により、全国的に「コンパクトシティー」を目指すまちづくりへと舵を切り始めた時期とも重なる。

2015（平成27）年には、「建設部都市計画課まちづくり推進室」を「建設部まちづくり課」として設置し、本格的なまちづくりの取り組みを始めた。

<sup>\*1</sup> 東北職業能力開発大学校秋田校 住居環境科

Tohoku Polytechnic College, Akita

Department of Housing Environment

## 2.1 土地区画整理事業

「土地区画整理事業」は、「道路や公園、河川等の公共施設を整備・改善し、土地の区画を整え宅地の利用の増進を図る事業」と定義されている。これまでの大館市では、大火後のまちの復興のために活用された例があるばかりで、本来の意味での活用は初めてであり、歩道も整備されていない昔ながらのまちは、救急車や消防車などの緊急車両も入りにくい小路が入り組む地区を整備して、土地の価値を高める目的で市民の要望により、実現することになった。

しかし、着工直後に「東日本大震災」が発生し、国や県からの補助金が数年にわたり、減額となったほか、資材や人手の不足などもあり、工期を延長せざるを得なくなった。その後予算の増額など予定はかなり変更され、現在は2024（令和6）年の完成を目指している。

初めの計画が開始された1990（平成2）年から30年以上の長い時間が費やされている。

## 2.2 大館市歴史的風致維持向上計画

2008（平成20）年に施行された「地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律」（通称：歴史まちづくり法）に基づき「大館市歴史的風致維持向上計画」を策定した。2017（平成29）年に国（文部科学省、農林水産省、国土交通省）の認定を受けた。

歴史的風致とは、「地域におけるその固有の歴史及び伝統を反映した人々の活動とその活動が行われる歴史上価値の高い建造物及びその周辺の市街地とが一体となって形成してきた良好な市街地の環境」と定義され、建造物だけでなく「市街地の環境」までの維持向上することを目指している。

歴史的な建物の多くを大火で焼失した大館市にも、大火を免れた建物やそれ以外に伝統を反映した人々の活動として受け継がれている文化を守るために、国からも様々な協力を得ることができる。

全国での認定数はこの時点で、62市町となり秋田県では初の認定となった。

## 2.3 大館市都市再興基本計画

2019（平成31）年には、「大館市都市再興基本計画」を策定した。これは、2002（平成14）年に制定された「都市再生特別措置法」による「立地適正化計画」と2007（平成19）年に策定した「都市計画マスタープラン」の見直しに加え、「地域公共交通網形成計画」を策定することで大館市全域にわたる「まち」を総合的に考えていくための基本計画である。

「都市計画マスタープラン」は、これからの都市づくりの指針、目指すべき将来像とその実現に向けた取組みの方向性を示すものである。

「立地適正化計画」とは、居住機能や医療・福祉・商業、公共交通等のさまざまな都市機能の誘導により、都市全域を見渡したマスタープランとして位置づけられる。

「地域公共交通網形成計画」は、目指すまちづくりや公共交通の将来像を踏まえ、今後形成すべき公共交通網を明らかにし、公共交通を維持し充実する取組みを示した計画である。

これらを同時に計画することで、総合的なまちの計画を行うことができる。

主なまちづくりの計画や事業をあげてみたが、加えて「バリアフリーマスタープラン」や「バリアフリー基本構想」、「住生活基本計画」等の策定を進めるとともに、実行計画として「耐震改修促進計画」や「公営住宅等長寿命化計画」、「空家等対策計画」等の各種計画が策定され、施行されている。

## 3. 「まち育て」について

2005（平成17）年の合併を機に、新たな「大館市都市計画マスタープラン」を策定する際、策定委員会委員長の北原啓司先生（現在：弘前大学大学院 地域社会研究科 研究科長 教授、当時：弘前大学教育学部副学部長 教授）の提案により、市民と行政、企業や大学が協力してワークショップを開催した。1年以上の時間をかけて、まちを歩き、自分たちの目で見て、話し合いを重ね、つくったまちを育てていく、「まち育て」がはじまった。

全国的に「コンパクトシティー」さらには「コンパクトシティー・プラス・ネットワーク」を目指すまちづくりが始まり、北原先生はその先駆者である。同時期に秋田県全体でも「まち育て塾」を開催し、その塾長も兼任された。「まち育て塾」は、2005（平成17）年に秋田市で1年かけて、勉強会やワークショップを開催して考え方を学ぶもので、翌年は横手市で開催され、その翌年には大館市で開催された。

秋田市での開催には、大館市や県内各地区から行政の関係者だけでなく、建築やまちづくりに関心を持つ多くの方も積極的に参加した。

当校からも学生8名とともに、秋田市まで数回通い、「まち育て」を学び始めた。

#### 4. 当校のかかわり

秋田職業能力開発短期大学校は、1993（平成5）年に開学した。1994（平成6）年からは、卒業研究が始まり、利用が減少していた東日本旅客鉄道株式会社（以下、JRと記載）大館駅の改修計画案を作成した。当時、調査段階でJRは大館駅の改修を検討することはないと確認していたが、学生たちの考えとして提案を作成した。

20年以上の時を経て現在、大館駅及び駅周辺の再開発が実施されている。

大館市の合併を機に、積極的に「まちづくり」の活動にかかわり始めた。「大館市都市計画マスタープラン」策定時のワークショップには、有志の学生約15名が参加した。大館市出身の学生だけでなく、他県出身者も多く、自分の生まれ育ったまちとの違いなどをワークショップで意見交換し、新たなまちを育てるために大きく貢献してくれた。学生ばかりではなく、年齢も職業も異なる多くの方とコミュニケーションを図ることの大切さを学んだ。（図1参照）。

特に印象的だったことは、学生達が授業で習ったばかりの「ノーマライゼーション」という言葉を使って討議をした後に、一般の方から「ノーマライゼーション」って何ですかとの質問があり、専門用語を使うことは、場所と時、メンバーを考えるべきだと痛感した。



図1 大館市 MP WS のまち探索後の報告会風景

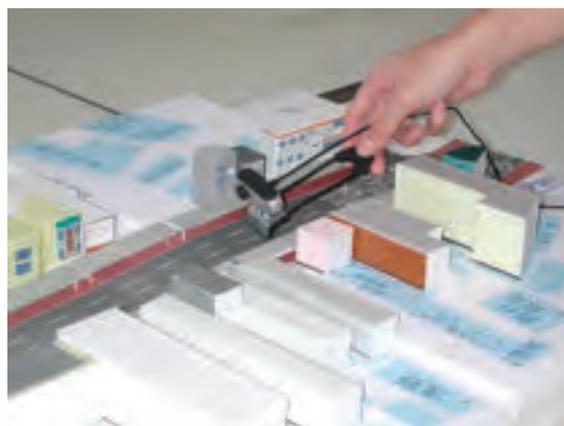


図2 模型に CCD カメラを入れてみる



図3 CCD カメラの映像

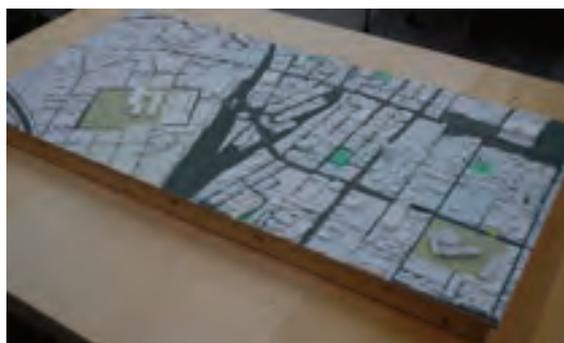


図4 大館駅周辺の模型

ワークショップは、一般の市民の方が多く参加しているため、開催は主に土日など休みの日か、夜仕事を終えた 19 時からの開催であったが、卒業研究の枠を超えて、多くの学生が参加した。

ワークショップで学んだことを卒業研究にもいかし、大館市のまち並みを模型で制作して、模型の中に CCD カメラを挿入するとバーチャルなまちの中にいるような映像が見えてくる。ここに自分たちの提案する建物や公園を配置すると、提案の内容が見えてくる(図 2, 3 参照)。

数年後には、3D プリンターでまち並みをつくり込むなど、最新の技術をいかしつつ、若者の感覚を盛り込んだ提案を制作した(図 4 参照)。

PFI(プライベート・ファイナンス・イニシアティブ)による大館市初の「大町借上住宅(通称:TK マンション)」建設に際しては、構想段階のワークショップに学生たちと参加させていただき、数年後に大館市を訪れた卒業生が感慨深く完成した建物を見ていた。

大館市の新市庁舎建設に際しては、建設検討委員会での議論を踏まえ、まだ具体的な構想がはじまる前から、学生の考える理想の庁舎の計画や庁舎建設のために取り壊される予定であった「市民プール」の代わりとして、当時統合によって使われなくなる予定であった「大館工業高等学校」のプールと校舎を再利用することの検討が始まっていることを知り、計画が具体化する前に、学生が考える「合宿所を併設する運動施設」の提案を制作した。

焼失する前の大館市を写真や地図、文献などを基に CG(コンピュータグラフィックス)により再現し、昔を懐かしむだけではなく、昔を知りつつ、未来のまちを考えるための資料を制作する(図 5 参照)など毎年テーマを変え、「まち」を考える内容で卒業制作を実施している。



図 5 大火で焼失する前の商店街(2009年にCGで制作)

## 5. おわりに

まちづくりには百年単位の時間が必要だといわれている。つくったまちを育てていく覚悟が必要となる。大館市における「まち育て」はまだ始まったばかりである。

近年のまちづくりにおいては、都市計画や建築計画だけでなく、福祉や観光をはじめとする多くの分野との連携が求められる。

当校の卒業生達は、将来大館市に就職して住み続ける者もいれば、出身地に帰る者や新天地に行き住む者もいる。住むまちを「自分のまち」として認識し、よい環境を構築する努力は、どこに行っても必要だと考えている。常に「他人事」ではなく、「自分事」として捉え、考えて行動に移すことが大切である。

## 謝辞

2019(令和元)年に「都市計画決定・推進に関する顕著な功績のあった個人」として、国土交通大臣の表彰を頂いた。

県や市の関係者の皆様には、学生達と共に学び活動する機会を与えていただいたことに対し、心より深謝いたします。

### [参考文献]

- 1) 北原啓司 : まち育てのススメ、弘前大学出版会、2009年7月1日
- 2) 小笠原吉張 : 「御成町南地区土地区画整理事業」について、東北職業能力開発大学校附属秋田職業能力開発短期大学校紀要、18号、pp. 36-39、2013年3月
- 3) 国土交通省 : ホームページ、立地適正化計画他、<https://www.mlit.go.jp/index.html>、2022年2月28日確認
- 4) 秋田県 : ホームページ、秋田まち育て塾他、<https://www.pref.akita.lg.jp/>、2022年2月28日確認
- 5) 大館市 : ホームページ、大館市都市再興基本計、大館市歴史的風致維持向上計画他 <https://www.city.odate.lg.jp/>、2022年2月28日確認

## 安全衛生指導における課題

### —訓練生への訓練災害の情報展開、訓練生における危険感度向上策—

横山 雅紀\*1

Issues of Our Department in Safety and Health Education  
- Information Dissemination of Training Disasters to Trainees, How to Improve  
Risk Sensitivity in Trainees -

YOKOYAMA Masanori\*1

**要約** 安全衛生指導における当科の課題は、「訓練生への災害の情報展開について」と「訓練生の危険感度向上策について」である。これまで、実習を実際に行う訓練生においては、災害事例の確認機会が少なかったため、早急に訓練生に周知していく。ただその周知のみならず、発生事例の把握、発生メカニズム、対策を考えることが、訓練生が在学時のみならず、就業時にも被災することのない安全意識のレベルを上げることができる。また、災害事例に関する掲示板を作成し、知識の定着を図ることでより精度を上げていく。さらに、訓練生の安全衛生意識の醸成には向けて、体験型実習を通じた危険感度向上策により、より一層の安全衛生指導を行っていく。

### 1. まえがき

昨年度、一般研修として「安全衛生指導力向上研修(安全衛生の訓練技法)」を受講した。受講における自身の目的は、①機構版 OSMHS の内容把握、②安全衛生活動として基本的な「5S、危険予知訓練(KYT)」などの復習、それらの機構における考え方の習得、③訓練生への安全衛生活動の指導方法の習得であった。

①においては、指導員目線での機構版 OSMHS の説明や、訓練災害の現状、意義・目的、構成や安全衛生計画などの観点から説明があった。その中で「先取りの安全」つまりは「未然防止の考え方」を意識した訓練指導の重要性について述べていた。こ

の考え方は、訓練生を災害から守り、さらに今後の職業人生において、安全衛生に対する重要な考え方であるため、心に留めながら安全衛生活動を遂行していきたい。

また、残りの目的においても、安全衛生について、当機構の一員としての視点で学び直すことにより、自身の安全衛生に対する知識などの深化ができ、また危険感度向上にもつながった。本内容を自身のみならず、訓練生にも展開するなど、これからの訓練指導に活用していきたい。

### 2. 安全衛生指導における当科の課題

ここで、本研修を通じて改めて感じた「安全衛生指導における当校生産技術科の課題」を述べる。ま

\*1 東北職業能力開発大学校青森校 生産技術科  
Tohoku Polytechnic College, Aomori  
Department of Production Technology

ずは「訓練生への災害の情報展開について」であり、次に「訓練生の危険感度向上策について」である。

本研修を受講し、訓練生を如何に安全に作業させ、技能・技術を習得させるのかということは、指導員の責務だと痛感した。幸い自身が担当する訓練・授業においては災害が発生していないものの、これまでの自身の安全衛生指導を思い返すと、安全に作業することが確保できていたかは疑問が残る。

その要因の一つとして、「訓練生への災害の情報展開」が挙げられる。これまで、指導員が訓練災害を確認、認識し、注意喚起される機会は、メールや会議の場、指導員間の情報交換など多々あった。一方、実習を実際に行う訓練生においては、これらの訓練災害を確認する機会は多くない。そのため、総合制作実習や他の実習時には、至近時の災害事例に類似した災害に繋がりえる行動をするなどが散見され、その度に指導員による指摘を受けている現状があった。

この解決には、まず上述した情報展開をはじめとする対応が必要である。対応の概要としては、発生した災害事例を訓練生に情報展開し、内容をしっかりと把握させ、発生メカニズムやその対策について考えさせるべきである。また、類似の作業を行う際には、訓練生自身がその安全衛生意識を持ちながらも水平展開することが、訓練生を災害から守ることに繋がる。そして、就業時により危険度の高い災害に遭遇しないため、このような安全衛生意識を醸成することは、非常に重要である。

### 3. 災害事例の情報展開手法

まず初めに、災害事例の情報展開手法を順に提案する。

1. 災害発生直後には、その事例の情報をできるだけ早く訓練生に周知する。その際には、発生事象の把握、その発生メカニズム、その対策、自身で発生しうる災害を想像させる時間を与え、考えさせる。
2. 災害事例を訓練生が確認しやすいところに掲示し、そのアナウンスを行う。また、訓練生が確認することを促し、知識の定着を図る。

3. 実習授業時には、被災する可能性がある訓練災害を紹介し、注意喚起を行い、発生メカニズムやその対策について再度考えさせる。

対策3においては、これまでも各実習担当の指導員において指導していた。ただその際には、事例の周知とその対策だけの通知に留まっていることが多く、同じ作業では対策・手法を知っているものの、異なる作業の際には、危険な作業だと自覚することもなく、作業を行ってしまう可能性が残る。重要なことは、訓練生自身が災害事例に対して、どうすべきなのかを考えることである。そのためには、上述した対応により初めて安全に作業し終わることにつながる。ただ、これを実践するためには、時間が必要であり、実習における短い訓練時間では賄いきれない現状もある。その解決には、実習での対応のみならず、関連実習の可否、座学に関わらず、訓練生に伝達することを随時行うことにより、安全衛生意識の醸成が可能となるはずである。

対策2は、具体的には掲示板への災害事例の掲示である。訓練生が在室する頻度が多い場所である教室、談話室、掲示板、食堂などの一画を活用し、無意識のうちに安全衛生に対する啓発活動ができるはずである。本件について、他の指導員とも議論し、作業を実際に行う工場棟の入り口付近の掲示板を活用しようと考えている（表1）。現在のカリキュラムでは、目にする頻度が高い場所であることや、実際に作業を行う前に見ることによる意識付けが高いこと、掲示場所に余裕があることなどがその理由である。

表1 安全衛生掲示板場所の検討

場所	階段踊り場 (B棟2～3階)	階段踊り場 (B棟1～2階)	工場棟通路
特徴			
スペース容量	◎	○	○
学生の見え易度	×	△	○

また、どのような安全衛生掲示板を作るべきなのかを検討した。掲示板を3つのエリアに分け、掲示内容を、①安全衛生便り、②災害事例、ヒヤリハット報告書、③その他（安全標語、災害発生時の対応策、無災害日数、注意喚起、施設行動計画など）としようと考えている。



図1 安全衛生掲示板の概要

災害事例やヒヤリハット報告書が確認しやすくなることはもちろんであるが、大きなメリットとして、これらの資料はいずれも各々が完結し、内容がまとまっていることや、新たな資料作成の必要がないため、指導員の日常業務を大きく圧迫するような作業にはならず、形骸化のリスクも減少しうることが挙げられる。また、その他にも訓練生自身が考えた安全標語が掲示されれば、自ずと目が行きやすくなることや、無災害日数も達成感を掻き立てる効果も考えられる。

また、多くの企業では、ISO規格との関係性もあり、このような安全衛生掲示板は継続的に実施している。訓練生においても、現時点でこのような活動を目にすることにより、企業活動の一端を体感することができ、就業時の練習機会としても役立つものである。

ただし、この災害事例を掲示するという方法だけでは、訓練生が気に留めずに、形骸化する可能性が高い。そこで前述したように、訓練生各自が、発生事象の把握、その発生メカニズム、その対策などについて考える時間の付与により、シナジー効果が生まれる。この実施には、時間、カリキュラムやその編成、どの授業で伝達すべきかななどの課題があり、まずは科内で相談、話し合いを行い、今後の施策を見出したい。



図2 安全衛生便りの一例



図3 作業別災害事例集(機械系)の一例

#### 4. 訓練生における危険感度向上策

次に、「訓練生における危険感度向上について」である。在学期間での訓練災害の未然防止という意味では、上述したもので対応可能である。一方、訓練生はこれから長い職業人生の期間へ入っていく。当科においては、就職する業種が幅広く、在学時に経験した金属加工業に就くケースがある一方、保守・メンテナンスなどの企業により作業内容が大きく異なるケースも多い。また、訓練生が修了後の実務において、訓練時と比べられないほどの危険な場面に遭遇する可能性も高い。

そのため、本質的に重要なことは、危険に対する感度を向上させることである。これにより、様々な作業を行った際にも、危険に直面することなく、安全に作業できる。この「危険感度向上」に向けた教育指導は、社会に送り出す指導員の立場としては、絶えず方策を考えるべきである。

では、それを実施するために短大のカリキュラムを見直してみると、「ものづくり導入教育」や「機械加工実習」などが最適であると思われる。この両者はI期での授業であり、シラバスにも記載があるように「初めて当校での工学的な知識や技能・技術に

触れる機会」である。これは、安全が成立した上に作業が行えるという前提ともよく一致する。

また、その方策としては、訓練災害事例集やシステム・ユニット訓練用テキストなどを活用し、訓練生自身に把握させ、考えさせる機会を与えることにより、危険に対する感度を向上させることができる。具体的には、実際に発生した訓練災害に対する危険予知訓練（KYT）をテキストとして用いることが、この危険感度向上に対して効果的であると考えられる。訓練生へもこの災害事例だけでなく、校内や他科のヒヤリハットなどの紹介なども積極的に進めていきたい。

## 5. 体験型学習による危険感度向上策

上述した方策は、座学中心の安全衛生指導であり、訓練生が危険源を正しく危険と判断する感覚を養うためには十分とは言えない(図4)。この解決には、実習を通じた体感的な理解により、危険性の特定、リスクの見積り、優先度の設定、リスク低減措置の決定といったリスクアセスメントの要素を含んだ総合的な視点で作業できることにつながる。



図4 当科訓練生の在学時と就業時の差異と危険感度の関係

その方策の一つとして、危険体験型学習が挙げられる。この方策は、現場で起こりうる危険な状況を、安全な環境で「擬似体感」することで、危険な状況を見抜く力(危険感度)を向上させることができる。具体的には、回転体への手指巻き込まれ危険体感や、滑りやすい現場での転倒危険体感など、作業現場の危険に直接触れ、実感できるものである<sup>1)</sup>。これにより、安全衛生教育や危険予知活動などに活用できるものである。

一方、一般企業においても、作業の多能工化、自動化等に伴う技術のブラックボックス化、労働者の熟練度の相対的な低下などの企業背景から、危険感受性の向上を図る体験型教育が注目されている<sup>2)</sup>。

一部では、社内に体感機器の導入や、体感研修を実施するなど、若年者や経歴の浅い職員の教育を行っている<sup>3)</sup>。ただし、これらの研修環境を整えられる企業は一部であるため、我々の企画する研修にも、このような観点は有効であると思われる。実施している座学のみならず、危険体験型機器との相互作用から、一層の研修内容の深化が可能となりうるものである。

このように、訓練生をはじめとした未熟練労働者の危険感受性を高める方策として、危険体感教育の実施を企画したいものの、実施には体験型機器や準備が必要であり、災害種別やニーズ等を考慮しながら、上長や他指導員との議論を進めていく。

## 6. あとがき

短大カリキュラムの一つである総合制作実習では、訓練生が主体となり、各制作活動を行う場面が多く、また、訓練生は様々な業種に就職している現状から、訓練生の安全衛生意識の醸成は、非常に重要な指導の一つである。安全衛生に関する基本的な知識は、この在学時に習得、実践することにより、今後の職業人生や働き方に大きく影響を及ぼすものと思われる、指導員としてこの安全衛生指導・活動について、今まで以上に尽力していきたい。

### 【参考文献】

- 1) アジアクリエイティブ株式会社：回転体巻き込まれ安全体感装置, <https://asia-create.jp/products/post-4>, 2022年3月25日確認
- 2) (社)日本労働安全衛生コンサルタント会：危険体感教育 指導員養成講習 危険体感教育テキスト, 厚生労働省委託事業, <https://www.mhlw.go.jp/new-info/kobetu/roudou/gyousei/anken/dl/120302.pdf>, 2022年3月25日確認
- 3) 北海道電力株式会社：危険体感研修概要, [https://www.hepco.co.jp/business/others/danger\\_exp\\_training/index.html](https://www.hepco.co.jp/business/others/danger_exp_training/index.html), 2022年3月25日確認

# NC 旋盤のねじ切りサイクルによるハイリードねじの製作

伊藤 隆志\*1

## High-Lead Threads Produced by NC Lathe Threading Cycle

ITO Takashi\*1

**要約** ハイリードねじの旋削加工では、刃物の逃げ面と、フランクとの干渉の恐れがあり、それが起こらないような段取りと切削時の刃先の軌跡について、十分な検討が必要である。本稿では、筆者がハイリードねじの旋削加工の実践から体得した、実用的な刃物セッティングと NC プログラムの作成方法について解説する。

### 1. はじめに

ねじは、円筒にねじ山を螺旋状に巻き付けただけの比較的単純な機械要素であるが、その使い方により様々な機能を実現できることから、機械装置の要求仕様に応じた各種のねじが考案され、機械部品として広く使用されている。

ねじは、その用途により、設計段階で外径や長さ等の要目が決定する。また、要目の一つに「リード」があり、それは、ねじ山の螺旋一回転分の軸方向長さのことである。例えば、ボルト（おねじ）とナット（めねじ）が組み合わさっているとき、ナットを拘束しながらボルトを一回転させると、ボルトは、リード分直線移動する。なお、リードは、ねじの用途により大小の傾向があり、運動用ねじおよび搬送用ねじは、締結用ねじや測長用ねじと比べてリードを大きくする傾向がある。特に搬送用ねじは、ねじの空間（山と山に挟まれた空間）に粒体や粉体等を満たして搬送することが多く、その空間をつくり出す必要から、リードをより大きくする傾向がある。ちなみに、リードが大きいねじをハイリードねじと呼称する。

さて、ねじの製作について述べると、ボルト・

ナット等の標準部品を大量生産する場合は、短時間で安定品質の生産が可能な転造が採用される。一方、少量生産のハイリードねじの製作では、鋳造、溶接、切削加工等が採用される。特に、精密加工が要求され場合は、切削加工一択である。ねじを切削加工法により製作する場合、一般に旋削で行うが、ハイリードねじの旋削加工では、ねじ切りバイト（以下、刃物と記す）の逃げ面と、フランクとの干渉の恐れがあることから、それが起こらないような段取りや切削時刃先の軌跡について十分な検討が必要である。

筆者は、ハイリードねじ（おねじ）の旋削加工が、作業者のストレスやミスがなく簡単に実現できるようにするため、「NC 旋盤のねじ切りサイクルによるハイリードねじの製作」のテーマに取り組み、実際にハイリードねじの旋削加工を行った。本稿では、筆者が体得した、旋削加工のための実用的な刃物セッティングと NC プログラムの作成方法について解説する。

### 2. 製作ねじの形状と寸法

今回製作したねじの製作図を図 1 に示す。このねじは、今回取り組むテーマのサンプルである。

\*1 東北職業能力開発大学校生産機械システム技術科  
Tohoku Polytechnic College  
Department of Production Mechanical Systems Technology

さて、ねじを旋削加工する上で着目すべき要目として、リード角がある。リード角とは、図2に示すように、ねじ円筒を垂直に支える基準平面（仮想）に対するねじ螺旋の傾き角度のことであり、ねじの外径および谷径とリードの値により必然的に決まる角度である。ねじの外径が同じであれば、リードが大きくなるほどリード角は大きくなる。ここで、ねじの外径を $d$ 、ねじの谷径を $d_b$ 、ねじの外径と谷径の中間付近の任意の直径を $d_c$ 、ねじのリードを $l$ とすれば、ねじの任意の直径 $d_c$ におけるリード角 $\alpha$ は、

$$\alpha = \tan^{-1} \frac{l}{\pi d_c} \quad (1)$$

となり、 $d_c$ の範囲が、 $d_b \leq d_c \leq d$ であることから、ねじ山頂部のリード角が最小で、ねじ谷部のリード角が最大になることが分かる。今回製作したねじは2条ねじであり、完全ねじ部の長さが100mm、外径が36mm、谷径が28mm、リードが40mmであるので、リード角は、ねじ外径部が $19.478^\circ$ 、ねじ谷部が $24.453^\circ$ である。なお、完全ねじ部終点部から120mm地点までをリード35mmの不完全ねじ部とした。よって、不完全ねじ部のリード角は、ねじ外径部が $17.196^\circ$ 、ねじ最深谷部が $21.697^\circ$ である。

### 3. ハイリードねじ加工のための段取り

#### 3.1 ねじ切りバイト

旋盤に刃物を取り付けてねじの旋削加工をする場合、刃先の逃げ面が、フランク（ねじ山側面）に干渉しないようにする必要がある。もし、干渉すると、正常に切削することができず、加工面が荒れたり、刃先が折損したり、さらには、加工の継続が困難となる。このような状態を避けるために、通常、刃先には逃げ角を設ける。よって、刃物を準備または成形する場合は、適正な逃げ角を把握しておく必要がある。逃げ角を決めるための根拠は、加工するねじのリード角である。一般に、切削加工では、逃げ角がプラスであれば（逃げ面と加工面が干渉しなければ）、加工は一応成り立つが、刃物の標準的な逃げ角として $6^\circ$ が採用されることが多い。ねじの旋削加工では、図3に示すように、刃物の進み側に、リード角に応じたフラ

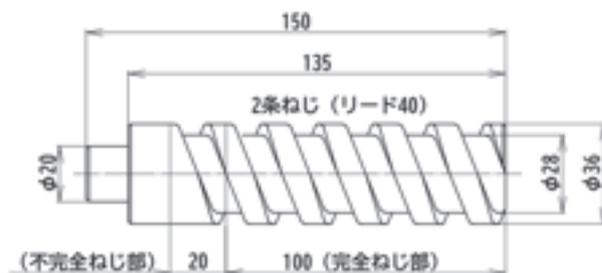


図1 サンプルねじ製作図

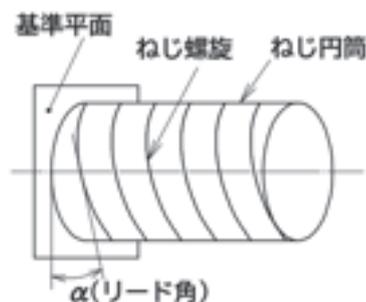


図2 リード角

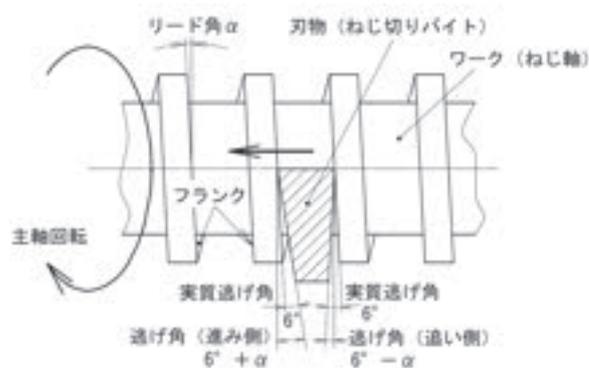


図3 リード角と逃げ角の関係

ンクの食い込みが生ずるので、刃物の進み側の逃げ角は、 $6^\circ$ にリード角を加えた値とする。一方、刃物の追い側は、フランクが、刃物から離れる方向に傾くので、刃物の追い側の逃げ角は、 $6^\circ$ からリード角を減じた値とする。これが刃物の逃げ角の推奨値を求める基本的な考え方であるが、この考え方を厳格に適用すると、加工するねじの規格の数だけ刃物を準備する必要が生ずる。実際は、使用する刃物の逃げ角が、少々推奨値からずれていても問題なく切削できるので、一種類の刃物で、外径寸法とリードが近い、何種類かのねじを加工することができる。ちなみにメートル並目規格のねじは、外径部のリード角が、 $2^\circ \sim 3^\circ$ 程度であることから、刃物の逃げ角を $8^\circ$ 程度にしておけば、

一種類の刃物で、ほとんどのサイズのねじの旋削加工に対応できる。

製作するねじが、ハイリードねじであるか否かを判定するためのルールはないが、特殊な段取りをしないで、汎用旋盤のみを使用して加工ができる最大リードは、旋盤の機種にもよるが、7mm程度が限界である。また、刃物は、刃先にあまり大きな逃げ角を設けることができないことを考慮するとき、特殊な段取りをしないで、汎用旋盤のみを使用して加工ができるねじのリード角は、概ね10°未満である。よって、筆者は、リードが7mm超、または、リード角が10°以上のねじをハイリードねじと定義することにした。今回製作したねじは、図1および前述の通りであり、ハイリードねじである。なお、このねじを旋削したときの刃物（完成バイト製ねじ切りバイト）を図4に示す。また、刃物を完成バイトホルダに取り付けた写真を図5に示す。これらは、切削加工と研削加工および放電加工により筆者が製作したものである。

### 3.2 ねじ切りバイト用ツーリング

通常（非ハイリード）のねじの旋削加工では、刃物のシャンク上面を水平にし、刃先を旋盤の主軸線方向に真直ぐ向けた姿勢で刃物を刃物台に固定するが、ハイリードねじの旋削加工では、刃物の逃げ面とフランクが干渉するので、刃物の取り付けに当たり、この干渉が回避できるような刃物の姿勢調整が必要である。そこで、図6に示すバイト回転ホルダを製作し、刃物の姿勢が調整できるようにした。

完成バイトホルダをバイト回転ホルダに挿入し、その軸線を回転中心として回転することにより、刃物の姿勢が調整できる。次に、この回転角度の求め方について説明する。今回製作したねじでは、ねじ旋削加工時に、進み側フランクが刃物の逃げ面に最も接近するのは、リード角が、24.453°のときである。一方、追い側フランクが、刃物の逃げ面に最も接近するのは、リード角が、17.196°のときである。刃物の逃げ角は、進み側、追い側、共に10°であるので、逃げ面とフランクとのなす最小角度を双方とも同じにすれば、進み側も追い

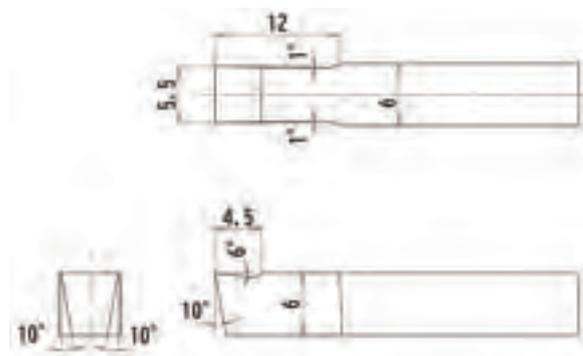


図4 刃物(ねじ切りバイト)

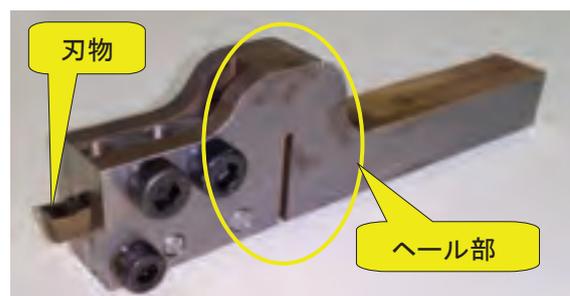


図5 刃物を取り付けた完成バイトホルダ

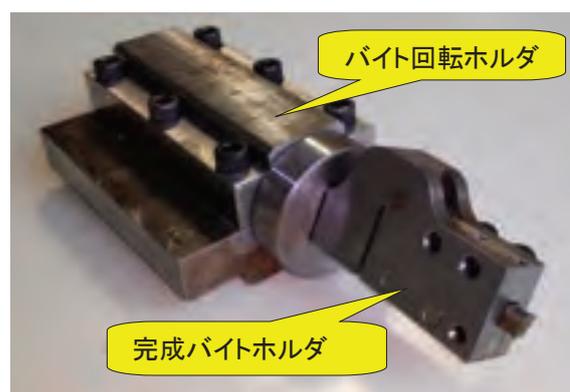


図6 バイト回転ホルダ

側も比較的バランスよく切削ができると考えた。刃物を正面から見たときの対称中心線が上下に真直ぐ伸びているときの刃物の姿勢を基準とした上で、最大リード角と最小リード角を平均した角度分だけ対象中心線が傾くように刃物の姿勢を調整（回転）すれば、逃げ面とフランクとのなす最小角度が、進み側と追い側、双方とも同じになる。今回製作したねじの、最大リード角と最小リード角を平均した角度は、

$$(24.453^\circ + 17.196^\circ) \div 2 = 20.8245 \quad (2)$$

となるので、刃物の姿勢を20.8245°傾ければよい。このときの逃げ面とフランクとのなす最小角度は、進み側の角度で計算すると、

$10^\circ - (24.453^\circ - 20.8245^\circ) = 6.3715^\circ$  (3)  
 となり、この  $6.3715^\circ$  が、今回行ったねじの旋削加工における実質的な最小逃げ角となる。図 7 に、刃物の姿勢と逃げ角の関係を示す。なお、この逃げ角は刃物の切込み深さが変わると変わるものであり、最大逃げ角は、進み側の角度で計算すると、  
 $10^\circ - (17.196^\circ - 20.8245^\circ) = 13.6285^\circ$  (4)  
 となる。よって、実質的な逃げ角を  $e$  とすれば、今回のねじの旋削加工における  $e$  の範囲は、

$$6.3715^\circ \leq e \leq 13.6285^\circ \quad (5)$$

となり、実質的な逃げ角は、標準的刃物の逃げ角の  $6^\circ$  を超えていることから、刃物としては、余裕があり、もっと大きなリードのねじの旋削加工にも対応ができると考えられる。

## 4. ハイリードねじ加工用 NC プログラム

### 4.1 NC プログラム作成環境と切削条件

ハイリードねじ（おねじ）の旋削加工が、作業者のストレスやミスがなく簡単に実現できるようにするため、今回サンプルとして製作したねじは、NC 旋盤のねじ切りサイクルを使用して加工を行った。今回のねじの旋削加工は、ねじ部の加工量（余肉）が多いこと、構造上、刃物の剛性が低くなく、切込み等の切削条件を抑えて加工したことから、同じ動作のねじ切りサイクルを相当数繰り返すことになった。これは、NC プログラムの行数が多くなることを意味し、NC プログラムをマニュアルで組むのが困難となる。そこで、今回は、PC 表計算ソフト EXCEL と PC テキストエディタ「メモ帳」を使用し、半自動で NC プログラムを作成した。この手順については、次項で説明する。

今回製作したねじは、被削材がアルミ合金の A5056、刃物の材質は高速度工具鋼（ハイス）である。ねじ山形状は、角ねじであり、刃物の形状が  $5.5\text{mm}$  幅の突切りバイト状であること、完成バイトホルダがヘール型であることから、切削時にびびり振動が発生し易い。それを避けるため、主軸回転速度を  $50\text{rpm}$  と低速にした。これを切削速度に換算すると、最外周部で、 $5.65\text{m/min}$  となる。

ただし、この速度には、刃物が螺旋方向に沿って移動する成分が含まれていないので、これを考



図 7 刃物の姿勢と逃げ角の関係

%	
O0001	①
T0101	②
G00X200.Z5.M41M45	③
M01	④
G97S50M03	⑤
Z5.	⑥
X36.500	⑦
G32X36.500 Z-100.F40.Q0	⑧
X45.5Z-120.F35.	⑨
G00X50.	⑩
Z5.	⑪
X36.420	⑫
G32X36.420 Z-100.F40.Q0	⑬
X45.42Z-120.F35.	⑭
G00X50.	⑮
.	
.	(中略)
.	
Z5.	⑯
X28.000	⑰
G32X28.000 Z-100.F40.Q0	⑱
X37.Z-120.F35.	⑲
G00X200.	⑳
Z5.M05	㉑
M30	㉒
%	

図 8 サンプルねじ旋削加工 NC プログラム

慮すると、切削速度は約 6m/min となる。なお、切込みは 0.04mm とした。

今回使用した NC 旋盤は、(株) 滝澤鉄工所製の TAC510 である。この旋盤は、NC 操作型旋盤であり、モード切り替により、汎用旋盤として使用したり、NC 旋盤として使用したりすることができる。ただし、工具交換（刃物台の旋回）は、自動交換の機能がないため、手作業で行う必要がある。なお、この NC 旋盤の制御装置は、FANUC Series 32i-MODEL B である。この機種用に作成したサンプルねじ旋削加工 NC プログラム<sup>1)</sup>の一部を図 8 に示す。ちなみにプログラムの全行数は、約 560 行を超え、その中の 550 行が、ねじ切りサイクルの繰り返しである。

## 4.2 ねじ切りサイクルの半自動作成

図 8 に示す NC プログラム作成手順は、次の通りである。

- 1) PC テキストエディタ「メモ帳」を起動し、NC プログラムを入力する。ただし、図 8 の中で、直接キーボードから入力する行は、①～④、および⑩～⑫のねじ切りサイクルを除く部分である。⑥～⑨のねじ切りサイクル部分は後から貼り付け入力するため、未入力としておく。
- 2) PC 表計算ソフト EXCEL を使用し、ねじ切りサイクル部分（単純なねじ切りサイクルの繰り返し）の NC プログラム用データを作成する。この作業が、NC プログラムの半自動作成に相当する。
- 3) 2) で作成した EXCEL シート中の、ねじ切りサイクルとして活用するデータだけをコピーし、1) で未入力となっている部分（「メモ帳」の編集画面）に貼り付け入力する。
- 4) 3) までに作成したプログラムの入力ミスの有無の確認やシミュレータによる動作チェック等を行い、NC プログラムを仕上げる。

以上である。次に、ねじ切りサイクルを繰り返すための NC プログラム用データの作成方法について説明する。上記 2) 手順の説明である。図 8 の網掛けしている⑥～⑩行の 5 行分が、ねじ切りサ

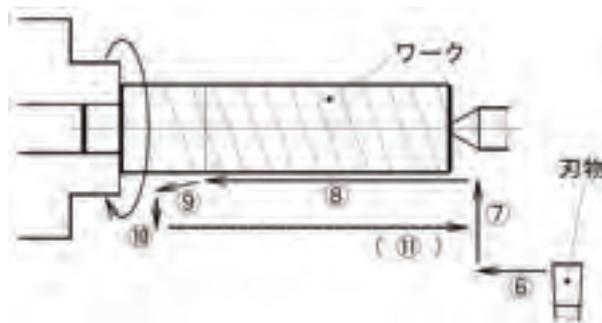


図 9 ねじ切り動作(1 サイクル分)

	A	B	C	D
1	回	必要行数	計算定数	周回数
2	1	5	0.2	1
3	2		0.4	1
4	3		0.6	1
5	4		0.8	1
6	5		1	1
7	6		1.2	2
8	7		1.4	2
9	8		1.6	2
10	9		1.8	2
11	10		2	2
12	11		2.2	3
13	12		2.4	3
14	13		2.6	3
15	14		2.8	3
16	15		3	3

図 10 EXCEL による周回数設定シート

イクルの 1 回分である。なお、この動作を図 9 に示す。この 5 ステップから成るねじ切りサイクルを刃物の切り込み量（X 値で指示する）を徐々に深くしながら繰り返し実行する。よって、次のねじ切りサイクルである⑩～⑫行は、切込み量を 1 段階深くする（X 値を 0.08mm 小さくする）以外は、⑥～⑩行と同じ記述である。このように、X 値を変化させながら、ねじ切りサイクルを繰り返すプログラムを作成するためには、1 サイクル当たり 5 行からなるねじ切りサイクルプログラムの、上から 2 行目、3 行目、および 4 行目の X 値を、ねじ切り周回数（何サイクル目のねじ切りか）を変数として EXCEL の自動計算で求めればよい。

図 10 に、EXCEL による周回数設定シートを示す。このシートの目的は、D 列に各周回数の数値を必要行数分設定することである。そして、この D 列セルの数値が、ねじ切りサイクルプログラム X 値の計算をする際の変数となる。今回のねじ

切りサイクルの必要行数は、5行であり、D列各セルには、周回数を示す数値を5回連続設定する。次に、このシートの説明をする。A列のセルには、1から連番の数値を入力する。B2セルには、ねじ切りサイクル必要行数の5を入力する。C列について、例えばC2セルでは、

$$=A2/B\$2 \quad (6)$$

の計算をする。C列他セルも同様の計算をする。次にD列について、例えばD2セルでは、

$$=IF(INT(C2)-C2=0,C2,INT(C2+1)) \quad (7)$$

の計算をする。計算式の説明は割愛するが、D列には、目的とする数値が設定できる。ちなみに必要行数（加工サイクルに必要な行数）が5以外の場合でも、B2セルに、その必要行数を入力すれば、D列に、各周回数の数値が必要行数分設定できる。D列の値により、ねじ切りサイクルプログラムの作成ができる。図11にEXCELによるねじ切りサイクルプログラムのシートを示す。このシートを作成する目的は、NCプログラム中で繰り返す、膨大なねじ切りサイクルプログラムを半自動で作成することである。半自動作成とは、ねじ切りサイクル周回の積み重ねと共に変化するX値を自動計算し、その値をセルに設定することである。X値は、I列に設定する。なお、ねじ切りサイクルプログラムとして拾い上げるデータは、シートのG列からO列までの2行目以下のすべてのセルである。図11では、その中の3周回分のシートを表示している。それでは、1サイクル当たり5行からなるねじ切りサイクルプログラムの、上から2行目、3行目、および4行目のX値の計算について第1周回分を例に説明する。2行目のX値は、I3セルにおいて、

$$=36.5-0.04*(D2-1)*2 \quad (8)$$

の計算をする。3行目のX値は、I4セルにおいて、

$$=36.5-0.04*(D3-1)*2 \quad (9)$$

の計算をする。4行目のX値は、I5セルにおいて、

$$=I3+9 \quad (10)$$

の計算をする。それ以降も同様の計算を繰り返す。

次に、NC機械語のねじ切り機能について簡単に説明する。G32が、ねじ切り指令であり、そのあとに続く、X値とZ値がねじ終点の位置の指示である。同行のF値は、リードの指示である。同

	D	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1	周回数	G00群	X記号	X値	Z記号	Z値	F記号	F値	Q記号	Q値
2	1				Z	5				
3	1		X	36.500						
4	1	G32	X	36.500	Z	-100	F	40	Q	0
5	1		X	45.5	Z	-120	F	35		
6	1	G00	X	50						
7	2				Z	5				
8	2		X	36.420						
9	2	G32	X	36.420	Z	-100	F	40	Q	0
10	2		X	45.42	Z	-120	F	35		
11	2	G00	X	50						
12	3				Z	5				
13	3		X	36.340						
14	3	G32	X	36.340	Z	-100	F	40	Q	0
15	3		X	45.34	Z	-120	F	35		
16	3	G00	X	50						
17	4				Z	5				

図 11 EXCEL によるねじ切りサイクルプログラム



図 12 加工ねじフランクのトラブル

じく Q 値がねじの位相である。1 条目のねじ切りは、Q0 である。2 条目のねじ切りは、180° 位相がずれるが、文法上 Q180000 と指示する。

## 5. 加工トラブル例とその対処法

ハイリードねじの旋削加工では、ねじの切り上げを適切に行なわないと、刃物逃げ面と加工ねじのフランクが激しく干渉する等のトラブルが発生する。これは、ねじ終点部において、リードが一気に 0 になるからである。図 12 に加工トラブルの写真を示す。これの対策は、ワーク外径以上の X 値に、切り上げの終点を設定することである。

## 6. おわりに

ツーリングの工夫により、リード角 20° 程度のハイリードねじの旋削加工が実現できることが確認できた。また、ねじの旋削加工のように、指令位置が、簡単かつ連続的に変化する NC プログラムの半自動作成において表計算ソフトが有益であることが確認できた。

### 【参考文献】

- 1) (株)滝澤鉄工所：汎用精密旋盤特別仕様 G コードプログラム運転（テキスト）、pp.(2-7)-(2-12)

## 2021年度 共同研究一覧

研究テーマ	概要	担当教員	所属
中型立佞武多昇降装置の開発	立佞武多は、指定された会場にて組立てを行い、会場まで移動する必要がある。しかし、看板や電線等の障害物により立ち往生する事案が発生し、その対策として障害物を回避する昇降装置の製作を五所川原市と共同で行っている。	久保 祐太 阪井 博史	青森校
手漕ぎトロッコの保守点検・整備	昨年度までに製作・改良した手漕ぎトロッコ2台について長期にわたり安全で、安心して楽しんでもらえる遊具とするために、定期的な保守点検、整備のポイントを整理し、整備マニュアル等を作成する。	佐藤 久美	秋田校
地域活性化を目的とした津軽飯詰駅駅舎旧事務室・旧売店の改修計画および改修	現在「ミニ博物館」として活用している場所に、レイルウェイ・ライターとして著名な種村直樹氏の蔵書約3000冊を納める本棚を製作する。「種村直樹『汽車旅文庫』」を開館することで、津軽飯詰駅及び周辺の活性化を図る。	小林 健平 和基	秋田校
震災により復旧が必要な古民家の漆喰壁修復技法の構築とその技術資料の作成	湿式工法の経験がない職人でも漆喰壁修復が可能にするための技法について研究した。併せて、漆喰壁修復作業に従事する際に用いる教材及び技術資料を作成した。	星野 政博	
ツーバイフォー建築に求められる県産スギ部材の開発	県産スギを用いた鉛直構面を構築し、構造性能を把握するため作製した枠組壁材を枠組壁工法建築物構造計算指針に基づき面内せん断試験を行い、強度性能の把握を行った。	松岡 亘	
多目的利用探査形レスキューロボットの開発VI	昨年度開発したレスキューロボットに装備した小型ドローン搭載装置の改良を行った。併せて、Wi-Fi中継機としての小型UGVを設計製作し、搭載した。	小林 崇	本校
食肉押し成形工程の半自動金網搬送装置の開発	食品工場の生産性改善を目的に、手作業で行っている乾燥食肉製品製造ラインの押し成形工程を半自動化できる装置を開発した。	本多 正治	
竹活性炭と漆喰を配合させた自然素材における吸放湿性能の把握	昨年度の研究結果から、竹活性炭を配合した漆喰の「 $\alpha$ -ピネン」に対する吸着性能の更なる調査分析を行った。併せて、吸放湿性能について実験・分析を行った。	林 昇吾	
米製麺の透明化に及ぼす製造諸条件の影響	米粉から製麺する試験が可能な装置を開発し、宮城県で品種改良により生まれた高アミロース米である「さち未来」の米粉を使った試験製麺を行った。	喬橋 憲司	

2021年度 応用課程 開発課題実習一覧 (本校)

系	テーマ	サブテーマ	指導教員 (主)	指導教員 (副)
生産系	食品工場の工程改善	ビアスティック押出し 成形の工程改善	本多 正治	喬橋 憲司 狩野 隆志
	沈水植物保護のための船舶航行システム の開発		伊藤 隆志	
	コロナウイルス感染対策強化システム の開発		先崎 康裕	七種 健一
	作業員判別機能付きコンテナ自 動昇降機と作業管理システムの 開発		山川 晃	須永 浩一
	PR用協働ロボットの開発		大石 賢	檜原 康弘
	くりでん鉄道模型の製作と子供向け展 示ガイドアプリの開発		内山 元	太田 徹児
建築系	空き家を利用した多世代共生型コミュ ニティ住宅の開発	空き家とその敷地を含 めた活用方法の提案	西野 晃司	
	スラブ及び階段部材のPCa化による生 産性向上について		佐竹 重則	
	リサイクル材料を使用した鉄筋コンク リート造に関する検討		佐藤 重悦	
	7号館実習場屋外スペースの改修		越智 隆行	
	宮城県産スギ材を用いた NLT(Nail- Laminated Timber) の木質構造建築物 への適用	鉛直構面耐力要素の挙 動と応力性状	松岡 亘	

2021年度 専門課程 総合制作実習（青森校）

系	テーマ	サブテーマ	指導教員
機械系	缶バッジ製作機の製作		池田 明
	プラスチック射出成型機の立ち上げ、金型設計とその製作		横山 雅紀
	作業効率が上がる普通旋盤用作業台の制作		阪井 博史
	ロボットアームの製作		橋本 真寿
	中型立佞武多の昇降機製作		久保 祐太
電気・電子系	6輪運搬車の製作		島川 勝広
	マイコン制御機器の設計と製作	ライトレースロボットの製作	梶浦 武
	自律飛行ロボットの制作	8の字飛行	小関 英明
	産業用ロボットにおける安全機器の導入について		小野 貴広
	オフグリッドハウスモデルの製作		平井 真登
	PLC 制御を用いたタッチパネル搭載型エレベータモデルの製作		尾形 智和
電子・情報系	UGV を用いた環境計測		竹花 洋次郎
	UAV を用いたホットスポット検知		
	OCR を利用した点字出力機の製作		竹花 洋次郎 市川 拓実
	就職活動支援システムの製作		下畑 守央
	夜間警備自律走行ロボットカーの製作		
	校内における感染予防システムの製作		
	教室の稼働状況確認システムの製作		市川 拓実
	NFC を利用した出席状況確認システムの製作		
	積層信号灯の情報取得と稼働状況の管理		櫻木 伸英 池原 寿紀
	圧力センサを用いたスマートクッションの製作		
	広域無線通信を利用した熱中症予防システムの製作		
	競技用ロボットの設計と製作		
	CO <sub>2</sub> センサを用いた自動換気システムの製作		
施設内セキュリティシステムの製作			

2021年度 専門課程 総合制作実習（秋田校）

系	テーマ	サブテーマ	指導教員
機械系	機械要素を学ぼう（手漕ぎトロッコの保守点検・整備）		佐藤 久美
	小型バイスの製作		村上 佑太
	空気圧を用いた実習教材の制作		菖蒲 大樹
	3DCAD 及び CAM による自由局面部品の設計・製作		
	アミューズメント機器の製作		畑 伸明
	熱流体の解析とその評価		田山 英臣
建築系	WRC 造 2 階建住宅の構造設計及び配筋モデルの製作		大根 律久
	バイアフリー社会の形成に関する条例に基づく大館市の 公共施設調査及び提案		
	避難所における住環境の提案		小林 健
	東北ポリテックビジョン 「コンクリート競技会（ニアピン部門）」に向けて		
	東北ポリテックビジョン 「コンクリート競技会（比強度部門）」に向けて		平 和基
	木造模擬家屋の設計・施工		
	建築物の設計とプレゼンテーション技法について	外部コンペへの 挑戦	小笠原 吉張
電子・ 情報系	ロボット競技会に向けた搬送用ロボットの製作		中村 俊也
	マスク着用の有無判断機能を有した検温システムの製作		
	シミュレータの制作		浅野 英樹
	音声信号処理システムの制作		
	水槽における季節周期制御システムの設計・製作		遠藤 裕之
	メカナムホイールロボットの設計・製作IV		
	パケット可視化デバイスの製作		細井 遼太郎
	ロボット競技会向けロボットの製作		

2021年度 専門課程 総合制作実習（本校 1/2）

系	テーマ	サブテーマ	指導教員
機械系	ドローンを搭載した UGV 形ロボットの開発		小林 崇
	溶接構造物の設計・製作		浅沼 幸彦
	ゼロハンカーの設計・製作Ⅱ	エンジンの設計・製作	小山 竜太郎 佐藤 広美
	ゼロハンカーの設計・製作Ⅱ	エンジンの組立・調整	
	ゼロハンカーの設計・製作Ⅱ	車両の製作	
	オルゴール製作		佐藤 研一
電気系	配線施工技術の向上		中矢 翔
	アミューズメント機器の製作		
	遠隔制御探索ロボットの製作		廣田 昌彦
	自律・手動制御切り替え式 掃除ロボットの製作		
	市販の自転車を基に製作した電動バイクの改良		
	小規模スマートアグリシステムの開発		渡邊 正純
	生産現場における異常検知報告システムの作成		
	電気電子回路実習用発振器の製作		村上 光秋
	DC/DCコンバータの製作		
	電子・ 情報系	SNS アプリの制作	
四輪駆動ロボットの作成			
赤外線センサを使った温度計製作			斎藤 晃一
デジタルカメラの製作			
電磁駆動カリヨンの製作			柴田 清孝
BLE メッシュネットワークによる入退室管理 システムの構築			
Raspberry Pi を用いた文字認識機器の制作			本間 文孝
超音波洗浄機の製作			
画像認識による外観検査装置の製作			渡邊 清彦
倒立振り子ロボットの製作			

2021 年度 専門課程 総合制作実習 (本校 2/2)

系	テーマ	サブテーマ	指導教員
建築系	住宅インテリアに関する教材作成		松下 貴博
	木材加工技術向上に関する取り組み	建築大工技術習得テキストの作成	
	木材建築における教材作成	住宅施工技術向上における一考察	
	木材加工技術の向上	実技習得教材の作成	
	大工技術の技能伝承・人材育成を目指して	梁の墨付・加工	会津 宏孝
	分解可能な木造住宅模型の製作	屋根工事	
	分解可能な木造住宅模型の製作	内装工事	
	分解可能な木造住宅模型の製作	外壁工事	
	リフォーム工事の仕組みと施工に関わる教材作成		雨森 瑞宜
	壁-1 グランプリ 2021 への取り組み	その 1 大会までの取り組み	
	壁-1 グランプリ 2021 への取り組み	その 2 大会結果と検討	
	壁-1 グランプリ 2021 への取り組み	その 3 柱脚接合部の検討について	
	栗原市における木造住宅耐震化の促進について	その 1 試作模型等の検討	
	栗原市における木造住宅耐震化の促進について	その 2 耐震模型等の製作	
	鉄筋コンクリート造の施工管理業務	施工管理能力の向上および RC 課題の提案	林 昇吾
	漆喰の特性について	漆喰と竹炭漆喰における吸着・吸放湿性の実験	
	屋上緑化の方法と温熱環境実験		
	住宅模型を用いた通風実験		林 昇吾 雨森 瑞宜
	コンクリートの強度特性について	フライアッシュを活用した低強度コンクリートの計画	
	低強度コンクリートを用いた RC モデルの施工		星野 政博
	古民家土蔵土壁の圧縮強度試験	四季の土壁圧縮試験の比較・検討	
	東北能開大施設リノベーション計画	その 1 施設整備基本計画案報告書の作成(施設配置計画模型含む)	
	東北能開大施設リノベーション計画	その 2 施設配置計画模型の作成	
	建築空間の認識	ファンズワース邸を対象として	
	建築空間の認識	GIS の建築的活用	



東北職業能力開発大学校 紀要第 32 号 編集委員会構成

委員長：佐藤重悦

委員：小野貴広 狩野隆志 小林 崇 菖蒲大樹 山川 晃

アドバイザー：川又政征

事務局：宮崎知佳

査読委員：伊藤隆志 狩野隆志 小林 崇 七種健一 櫻木伸英

佐藤重悦 菖蒲大樹 先崎康裕 平 和基 中村俊也

西野晃司 星野政博 本多正治 山川 晃 渡邊正純

---

## 東北職業能力開発大学校紀要

### 第 32 号

---

2022 年（令和 4 年）6 月発行

編集・発行

独立行政法人

高齢・障害・求職者雇用支援機構宮城支部

東北職業能力開発大学校 紀要編集委員会

〒987-2223

宮城県栗原市築館字萩沢土橋 2 6 番地

26 Dobashi, Tsukidate-hagisawa, Kurihara-shi, Miyagi 987-2223, Japan

電話 0228-22-6614 学務課

<http://www3.jeed.go.jp/miyagi/college/>

---

印刷 遠山青葉印刷株式会社

# BULLETIN OF TOHOKU POLYTECHNIC COLLEGE

## No.32 CONTENTS

### PREFACE

### BULLETIN

MIURA Makoto, ISHIDOYA Momoko, ISHIDOYA Yuji

Evaluation of Thermal Storage and Humidity Control Performance Using Thermal Storage and Humidity Control Wallpaper ..... 1

TAKAHASHI Kenji Self-Efficacy and Work Values during Transition from School to Working Life..... 7

YAMAKAWA Akira Hermeneutics of Engineering Ethics for Polytechnic College Students ..... 13

### RESEARCH BULLETIN

ICHIKAWA Takumi The Approach to the Comprehensive Production Practice Using Works that Won the Prize in the Teaching Materials Competition  
- About Improving Student Skills and Setting Assignments to be Presented - ..... 19

### PRACTICE REPORT

TAYAMA Hideomi Use of Design Method in Design Education- Build in Design Quality ..... 25

SIMAKAWA Katsuhiko Fabrication of a McKibben-type Pneumatic Soft Actuator ..... 29

HIROTA Masahiko Production of Cleaning Robot Switchable Auto and Manual Control ..... 33

OTA Tetsuji, KANO Takashi, HIRATA Takeyo, ARAGAKI Takayuki, NAKAYA Sho

Development of Electrical Safety Textbook by Working Group Method ..... 37

NAKAMURA Toshiya Approaches to Graduation Research with an Awareness of Society 5.0 and its Development into Workers Training Programs ..... 41

SATAKE Shigenori, WATANABE Takumi, ENDO Yuto, SAITO Hiroki, SATO Yuki, HOSODA Koki

Practical Training of Building Construction Management in Conjunction with Developmental and Standardized Training  
- Productivity Improvement by Adopting PCa Method for Slabs and Stairs -  
..... 45

HOSHINO Masahiro, KANNO Hayato

Recognition of Architectural Space  
-A Study of Architectural Model Production and Analysis for "Fallingwater" ..... 51

OGASAWARA Yoshiharu Report on the "Machisodate" in Odate city ..... 55

### REVIEW

YOKOYAMA Masanori Issues of Our Department in Safety and Health Education  
- Information Dissemination of Training Disasters to Trainees, How to Improve Risk Sensitivity in Trainees - ..... 59

ITO Takashi High-Lead Threads Produced by NC Lathe Threading Cycle..... 63

June 2022

TOHOKU POLYTECHNIC COLLEGE