

BULLETIN OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT

職業能力開発報文誌 第37巻第1号 2025 (通巻56号)

〈研究ノート〉

| | | |
|--|---------------|-------|
| 高温物との接触に対する危険体感装置の開発 | 東北職業能力開発大学校 | 東 祐樹 |
| スクリプト言語によるタッチパネル教材の開発 ー PLC プログラミング教育ツールー | 浜松職業能力開発短期大学校 | 高桑 敬 |
| 木造倉庫の設計と制作 ー大館市との共同研究における訓練効果ー | 秋田職業能力開発短期大学校 | 小林 健 |
| 総合制作実習における 3D プリンタ活用事例 | 新潟職業能力開発短期大学校 | 永田 友博 |

〈実践報告・資料〉

| | | |
|---|----------------|---------|
| 総合制作実習「自動除菌装置の開発」の取組と その教育訓練効果 | 浜松職業能力開発短期大学校 | 平良 幹夫 |
| リフローはんだ付けによる基板製作実習への 取組み | 東海職業能力開発大学校 | 齋藤 公利 |
| 図書館企画展の成果とその要因の考察 ー職業能力開発総合大学校図書館の実践からー | 職業能力開発総合大学校 | 村越 貞之 * |
| 離職者訓練における BIM を活用した建築 ビジュアライゼーションの実践報告 ー CAD と BIM における理解度向上に関する 受講生の意識調査ー | 長野職業能力開発促進センター | 廣瀬 拓哉 |

* 代表者氏名

〈投稿のしおり〉

職業能力開発報文誌

第37巻第1号
(通巻56号)

2025

目 次

〈研究ノート〉

- | | | |
|--|---------------|-------------------------|
| 高温物との接触に対する危険体感装置の開発 | 東北職業能力開発大学校 | 東 祐樹 (受付日 R7. 3. 7) |
| スクリプト言語によるタッチパネル教材の開発 ー PLC プログラミング教育ツールー | 浜松職業能力開発短期大学校 | 高桑 敬 (受付日 R7. 3. 13) |
| 木造倉庫の設計と制作 ー大館市との共同研究における訓練効果ー | 秋田職業能力開発短期大学校 | 小林 健 (受付日 R7. 3. 18) |
| 総合制作実習における 3D プリンタ活用事例 | 新潟職業能力開発短期大学校 | 永田 友博 (受付日 R7. 6. 6) |

〈実践報告・資料〉

- | | | |
|---|----------------|---------------------------|
| 総合制作実習「自動除菌装置の開発」の取組 とその教育訓練効果 | 浜松職業能力開発短期大学校 | 平良 幹夫 (受付日 R7. 3. 26) |
| リフローはんだ付けによる基板製作実習への 取組み | 東海職業能力開発大学校 | 齋藤 公利 (受付日 R7. 4. 17) |
| 図書館企画展の成果とその要因の考察 ー職業能力開発総合大学校図書館の実践からー | 職業能力開発総合大学校 | 村越 貞之* (受付日 R7. 4. 30) |
| 離職者訓練における BIM を活用した建築 ビジュアライゼーションの実践報告 ー CAD と BIM における理解度向上に関する 受講生の意識調査ー | 長野職業能力開発促進センター | 廣瀬 拓哉 (受付日 R7. 6. 20) |

* 代表者氏名

〈投稿のしおり〉

高温物との接触に対する危険体感装置の開発

東北職業能力開発大学校 東 祐樹

Development of device for experiencing the risk to contact with high temperature objects

HIGASHI Yuki

要約

製造業における労働災害で年間 100 名以上が死亡しており、製造現場には多くの危険性が潜んでいると考えられる。近年では、製造業でも SDGs や AI 技術、DX 等のキーワードを聞かない日は無いほどである。また、多くの企業が生産性向上、利益追求に奔走している。しかし、溶接作業において被溶接物への接触、スパッタ・スラグの飛散により火傷などの労働災害が減少していない現実がある。本報では、溶接作業における火傷に着目し、溶接作業者と、同一空間で作業する作業者等を対象とする危険体感装置の開発について報告する。

I はじめに

厚生労働省の令和 4 年業種別労働災害発生状況⁽¹⁾によると、製造業では年間の死者数が 140 名、休業 4 日以上之死傷者数は 26,694 名にのぼる。

ハインリッヒの法則によれば、重大災害 1 件に対し、軽災害 29 件、ヒヤリハット 300 件の危険性が潜んでいるとされている。ここで、休業 4 日以上之死傷者 26,694 名を重大災害と位置付けるならば、軽災害が約 77.8 万件、ヒヤリハットが約 805 万件と考えられることから、製造現場には多くの危険性が潜んでいると考えられる。

近年では、製造業でも SDGs や AI 技術、DX といったキーワードを聞かない日は無いほどである。また、多くの企業が生産性向上、利益追求に奔走している。しかし、溶接作業においては、溶接直後の被溶接物への接触、スパッタ・スラグの飛散による火傷を負うなどの労働災害が減少しない現実がある。

企業では危険予知訓練、4S 活動、リスクアセスメント、安全教育等により安全対策を実施している。近年では機械・設備の安全化、リスクアセスメント、労働安全衛生マネジメントシステムの導入などにより、作業環境における安全のレベルが向上している現場が増えている。一方で、熟練技術者の退職、作業者の多国籍化、人手不足などの要因から安全教育の内容を改めている企業もある。

安全教育の一つとして、危険体感装置を用いた方法がある。これは、学生・受講者（以下、学生）が危険

体感装置により危険の臨場感を体感することで、危険感受性の向上、労働災害の発生プロセスについての理解度、安全意識を高めることを目的としている。

本報では、令和 2 年度に総合制作実習で取り組んだ、高温物との接触に対する危険体感装置の開発について報告する。

II 装置仕様及び設計

1 目的と目標

溶接作業の訓練中では下記（1）、（2）を始めとした火傷による被災についての可能性が数多くある。また、インターネットにより安全教育をテーマとした危険体感装置について調査（令和 2 年当時）を実施したところ、火傷に着目して、高温物との接触を直接体感する危険体感装置が存在しないことが分かった。

- （1）溶接直後に被溶接物に触れることによる火傷
- （2）スパッタ・スラグの飛散による火傷

そこで、総合制作実習の課題を学生への溶接作業の危険性、熱への安全に関する意識改善を目的として、実際に発生している災害プロセスを基とした危険体感装置の開発を目標とした。

2 体感方法

高温物との接触を体感するため、2 種類の体感用プレート（A、B）を用意して視覚、触覚、聴覚にて表 1

の方法により体感する。

表 1 のステップ②と③における温度設定については、ステップ②における温度設定は 333[K] (摂氏 60[°C]) である。ポイントとして、素手で体感用プレートに触れた際に、低温火傷をしない程度の温度で、かつ、熱さを感じる温度を目標とした。低温火傷については様々な資料や学生自身の体質に個人差もある。そのため、パナソニックホールディングスの資料⁽²⁾を参考に、試行・検討して 333[K]と設定した。ステップ③の温度については、少量の水をかけ、瞬時に蒸発した蒸気や熱気等から体感用プレートの熱さを感じ取らせるために、373[K] (摂氏 100[°C]) に設定した。必要以上に加熱すると、高温になった水滴が跳ね、学生に接触して火傷に至る可能性が高くなると考えられる。

表1 危険体感方法

| | |
|-------|---|
| ステップ① | 2種類の体感用プレート（A、B）で温度による材料の見え方の違いを比較（観察）する |
| ステップ② | A（333 [K]）とB（常温）のどちらの体感用プレートが高温か分からない状態にて素手で触れて体感する |
| ステップ③ | A（373 [K]）に対して少量の水を垂らした時の、水の状態変化、蒸発した時の音から温度のギャップを感じる |

3 仕様

安全教育の性質上、座学による知識と合わせて本装置で危険を体感することを考え、室内（会議室等）で使用することを想定した。そこで、人により持ち運びが可能であるサイズや重量、危険物の不使用、初心者が間違えず操作できる簡易的な操作など、実際の使用時を想定して表 2 に示す危険体感装置の仕様を設定した。また、指導者（教育者）が説明をしている間に加熱が完了していることを想定して、加熱時間は電源を投入してから 60 秒と設定した。

4 設計

4-1 設計

最初に試作モデルの設計を行った。試作モデルの全体寸法は、縦 230[mm]×横 300[mm]×高さ 129[mm]である。図 1 のブレーカーを設置している面は、ボルトを外すことで中の配線についての問題の有・無を確認することができる。

表 1 のステップ③では水を使用するため、体感用プレートを設置する面に複数の穴を開け、その下に斜面と受け皿を設置することとした。また、水を配線部へ流さないために図 2 のように設計した。なお、受け皿は危険体感装置の背面から簡単に引き出すことができる。

表2 危険体感装置の仕様

| 項目 | 内容 |
|----------|-------------------------------------|
| 使用環境 | 室内（会議室等） |
| 対象者 | 新入社員、経験の浅い溶接作業員 高温物に接触する恐れのある作業員 |
| サイズ | 縦 300 [mm] ×横 300 [mm] 程度 |
| 重さ | 10 [kg] 以下 |
| 供給電力 | AC100[V] |
| セレクトスイッチ | 温度調節器の操作を簡易化 |
| 加熱時間 | 常温から 333 [K] まで 60[秒]未満 |

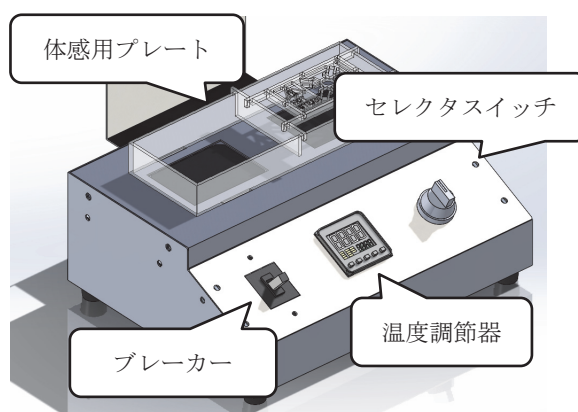


図1 試作モデル

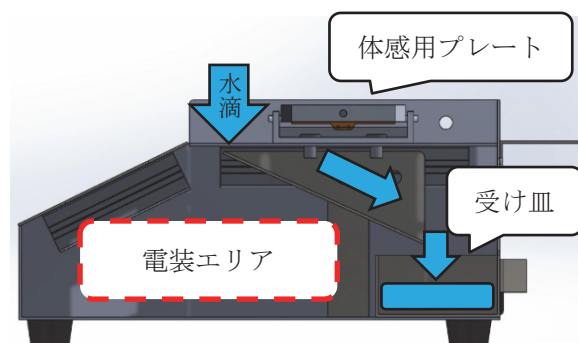


図2 試作モデル

4-2 制御方法

体感用プレートの温度制御は図 3 に示すように構成されている。温度調節器（オムロン E5CC-RX2ASM-001）にヒーターと熱電対（八光電機 HTK0223）が接続されている。温度調節器により、設定温度と熱電対の温度を比較し加熱の調整をする。ヒーターが設定した温度まで上昇すると、自動的に加熱が停止する。また、セレクトスイッチにより、設定された 2 種類の温度を容易に切り替えることができる。

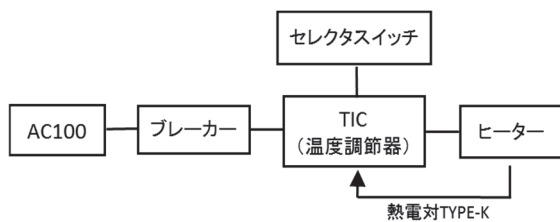


図3 温度制御の構成図

III 実験及び実験結果

1 実験

体感用プレートの材質、サイズを検討するために実験を行った。本実験では、加熱するヒーターを固定し、体感用プレートの材質とサイズを変更することで比較した。熱電対の固定方法は、穴を開けた体感用プレートの側面に熱電対（φ1.6のシース部）を奥まで挿し、体感用プレート上面に加工しためねじに、止めねじを組み付けることで固定する。ヒーターと各プレートは重ねて設置しているだけである。

実験は加熱時間、測定記録、体感用プレートの温度測定ごとに担当者を決め、図 4 のように接触式温度計と熱電対で測定し、結果を記録した。

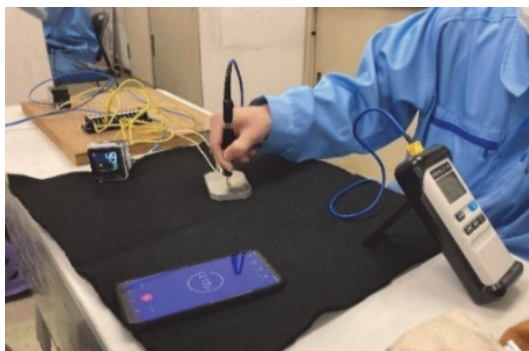


図4 加熱温度測定実験

2 実験結果

表 2 では加熱温度を 333[K]としている。しかし、製作当初は、自分たちの体感する温度として、323[K]が適当と仮定していた。実験時の加熱温度を常温から 323[K]までと設定して、加熱に要する時間を測定した。実験の結果を表 3 に示す。この結果から試作モデルで製作する体感用プレートはアルミ製で 50×70×5mm のサイズとすることにした。加熱時間が 1 分 40 秒となっている。これはヒーターの出力を上げることで改善されるため、本実験ではこの時間でも許容することにした。材質については軟鋼とアルミを比較している。熱伝導性が高く、加熱しても色の変化が無いこと、主たる溶接材料の 1 つであることを考慮して、アルミに決定した。

表3 実験結果(熱電対による測定)

| サイズ [mm] | 材質 | 323[K]までの時間 | |
|-------------|-----|-------------|-------------|
| | | 測定結果 | 初期温度 [K] |
| 60×80×20 | 軟鋼 | 8 分 40 秒 | 297 |
| 60×80×10 | アルミ | 4 分 20 秒 | 292 |
| 50×70×10 | アルミ | 3 分 20 秒 | 293 |
| 50×70×5 | アルミ | 1 分 40 秒 | 297 |

IV 試作モデルの改善

1 設計及び加工における改善

試作モデルを基に 2 つの大きな改善箇所を抽出することができた。

1 つ目は曲げ加工による寸法不良である。2 つの部品をボルトで固定するために穴加工を施したが、曲げ加工による伸び寸法やスプリングバックの調整がうまくできず、図 5 のように穴位置がずれる問題が発生した。

この問題に対しては、伸び寸法やスプリングバックの再調整だけでなく、固定する部品を設計変更することで対応した。当初 2 つの部品に穴加工を施し、曲げ加工を行うことで穴位置を合わせる方法をとっていた。そのため、図 6 のように部品の形状を変更して、ボルト固定部に曲げ加工を行わない。体感用プレートの設置面と操作面の裏側にアルミフレームを設置することで、曲げ加工での伸びやスプリングバックによる穴位置のズレを吸収する形で解決した。

2 つ目はティグ溶接による局所的な加熱により装置全体にひずみが発生したことである。装置筐体をティグ溶接により低電流で溶接した。しかし、溶接時の入熱が大きく溶接ひずみが発生したことで、図 7 のように組立時に隙間ができてしまった。

この問題の対策としては、ひずみの発生を抑えるために図 8 のようにアルミフレーム及び C 型クランプにより母材を固定した。また、溶接アークのパルス制御を活用することで母材への入熱を抑え、ひずみ量の減少も狙った。

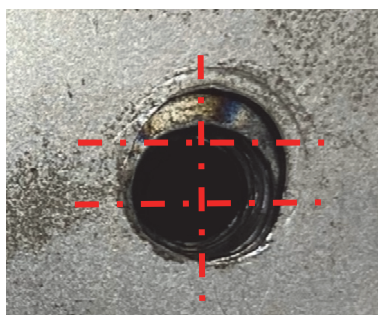


図5 曲げ加工による穴位置のズレ

※組立てる為に応急処置として穴を広げている

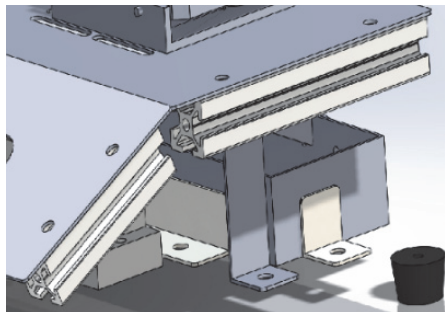


図6 アルミフレームによる穴位置のズレ修正

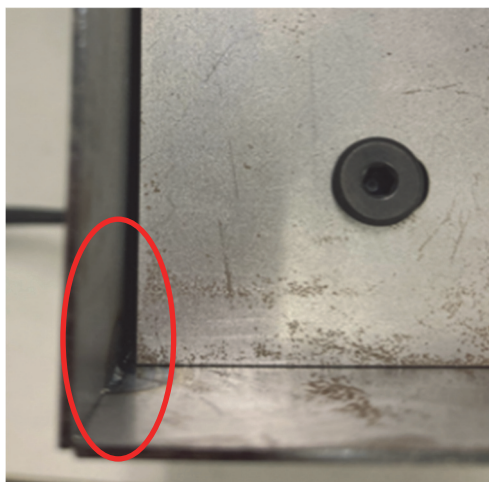


図7 ティグ溶接によるひずみの発生



図8 アルミフレーム等による母材の固定

2 体感用プレート及びヒーターの改善

試作モデルの設計及び部品加工、実際に使用した観点から変更を加えた。

体感用プレートは実際に体感者が目で見えて、手で触れるものであること。また、体感者によりリアリティを感じてもらうため体感用プレート上面に溶接ビードを置くこととした。体感用プレートの厚みが 5[mm]のため、側面に熱電対を固定する深穴を加工すると、プレート上面に穴あけ加工による変形が見られた。この 3 点を踏まえ、体感用プレートのサイズを一回り大きい 60×80×6[mm]に変更した。

表 3 の実験結果から、加熱時間が仕様を満たしていないことがわかる。また、体感用プレートのサイズを大きくしたこともあるため、ヒーターの出力を上げる必要があった。当初ヒーターの防水性も考慮していたため、薄いシート状のヒーターにシリコンラバーを接着しているもの（八光電機 SBH2122 出力：20[W]）を使用していた。シリコンラバーヒーターと体感用プレートには接着剤等は使用せず、ヒーターを体感用プレートで上から押さえつけ、体感用プレートを横から止めねじで固定していただけであった。加熱時間が長くなってしまったのは、空気層の存在による放熱等の影響を受けていたと考えることができる。シリコンラバーヒーターの出力が高いものは、よりサイズが大きくなってしまい、体感用プレートからはみ出してしまうため、体感用プレートのサイズ内に収まり、かつ高い出力のものとして、フィルムシートヒーター（東京技研 FSHH-P2-50-1. 1A 出力：50[W]）を採用した。これにより再度実験を行い得られた結果が表 4 である。当初体感時のプレートの温度は 323[K]としていたが、体感者によっては熱いと感じにくいという意見もあったため、体感用プレートの温度を 333[K]へ変更した。

結果として当初想定していた 323[K]までの加熱時間は満たすことができたが、333[K]までは仕様に対して 2 秒長くなってしまった。これは装置の使用状況を考えれば許容できる時間であると考えられる。

表4 実験結果(熱電対による測定)

| 323[K]までの時間 | | 333[K]までの時間 | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 測定結果 | 初期温度 [K] | 測定結果 | 初期温度 [K] |
| 55 秒 | 297 | 62 秒 | 297 |

V 評価

1 装置構成

最終的に完成した体感装置を図 9 に示す。2 種類の体感用プレートだけでなく、モニターによる動画再生も追加した。動画内では労働災害発生状況や社内教育のアンケート調査、災害事例の紹介などを通して、高温物に対する危険性を学びながら体感してもらう。これにより体感者はより臨場感をもって体感することができる。

また、体感時に水をかけるが、蒸発する際の高温の水しぶきが体感者へ飛ぶため、透明度が高いアクリルによってカバーを製作した。



図9 装置全様

2 装置評価

表 5 に危険体感装置の評価結果をまとめる。概ね仕様を満たした装置を開発することができた。

表5 危険体感装置の評価

| 項目 | 評価 |
|---------------------------|--|
| 会議室での使用 | ○机上で使用可能 |
| サイズ縦 300[mm]×横 300[mm]程度 | ○縦 232. 63×横 302. 44×高さ 118. 95[mm] |
| 重さ 10[kg]以下 | ○4. 5[kg] |
| 供給電力 AC100V | ○AC100V |
| セレクトスイッチの設置 | ○設置. 温度の切替を容易に |
| 常温から 333[K]までの加熱時間 60 秒未満 | △ 297[K]から 323[K]まで 55 秒. ※ただし、333[K]までは 62 秒. |

3 課題

大きな課題が 2 つある。1 つは体感用プレートの設定温度である。一部の体感者からは熱くないといった声を頂いた。人により温度に対しての感覚にばらつきがある。加熱した体感用プレートに触って、熱いと感じるかは定性的な評価であるため、体感用プレートの適切な温度設定というものが不明瞭である。また体感者が個人ごとに適切な温度をその場で判断することは非常に難しい。

2 つ目は低温やけどによる体感者の被災である。体感用プレートの温度が当初設定していた 323[K]であっても、長時間触れていると低温やけどになってしまう。これも個人差を伴うものではあるが、装置の目的は安全を学ぶことであるため、体感行為自体が危険であっては装置として安全に使用することはできない。

以上の 2 点から実際に製品として製造販売するには、解決しなければならない課題が明らかとなった。

VI おわりに

今回の危険体感装置の開発は、装置の企画から評価・改善まで、多くの解決すべき課題があり、多くのことを学んだ。高温物を扱うに当たって、まだ解決できていない課題もあるが、今回の装置開発が高温物の危険性の認識や、安全意識向上に重要な役割を果たしていると考えている。

【参考文献】

- (1) 厚生労働省労働基準局安全衛生部安全課発行、令和 4 年 労働災害発生状況、2023 年 5 月、pp.2。
- (2) Panasonic INDUSTRY、熱対策の基礎知識 (2) ～熱対策が必要になる背景～、2019 年 2 月
<https://industrial.panasonic.com/jp/ss/technical>。

スクリプト言語によるタッチパネル教材の開発

—PLC プログラミング教育ツール—

浜松職業能力開発短期大学校 高桑 敬

The Development of Touch Panel Teaching Materials Using Scripting Language
～ Educational Tools for PLC Programming ～

TAKAKUWA Kei

要約

PLC (Programmable Logic Controller) のプログラミング教育として多様な要素の学習を目的とした場合、それぞれの要素に合わせた周辺機器教材が必要とされる。これを FA (Factory Automation) 機器と連携が可能な HMI (Human Machine Interface) に集約することによって、多用途の教育ツールとして活用できると考えた。ここでは、PLC プログラミングを行わずに、スクリプト言語によって、PLC と連携する機能を実装したタッチパネル教材を紹介する。

I はじめに

PLC 制御分野は、全国的に訓練ニーズが高く、浜松校（浜松職業能力開発短期大学校）においても中心的な訓練分野のひとつである。関連教材は、学卒者訓練および在職者訓練において共有している。そのため、間断なく使用している状況でありながら、当該分野における訓練内容の細目は多岐にわたっており、要素ごとに周辺機器の構築と解体を繰り返す必要がある。その作業によって少なくない労働力と時間が割かれていた。さらに、頻繁な機器の入れ替えが要因となり、端子部の破損や信号ケーブルの断線等、メンテナンスを要する事案も発生している。また、制御対象の規模が比較的大きい場合、教材機器のみで机上を占有してしまうことや各種ケーブルが煩雑な状態になることを避けることができず、良好な受講環境を整えるに至っていなかった。これらの課題を解決し、訓練環境の改善および訓練効果の向上を図ることを目的として、新たな教材の開発に取り組んだ。具体的には、ハードウェアの教材を、FA 用途のタッチパネルに対してソフトウェア的に実装したものである。主な機能はスクリプト言語によって実装することで、PLC プログラムを必要としない汎用的な教材とした。本教材の開発手法における利点と訓練における有用性評価を

報告する。有用性は、「準備に要する労力」「メンテナンス性」「受講環境」「他指導員からの意見の反映しやすさ」の観点から、従来教材と比較評価を行っている。検証期間は 2023 年 4 月から 2024 年 3 月までの 1 年間である。

II 教材の概要

1 選定機器

機器および開発環境は、いずれも三菱電機社製品を採用した。これは、国内において PLC 製品のシェアが最も高いことから、本教材の開発手法をいずれの施設や教育機関においても、適用しやすいことが理由である。PLC は、MELSEC-Q シリーズ、タッチパネルは GOT (Graphic Operation Terminal) を採用した。タッチパネル画面の開発は、MELSOFT GT Works3 を使用した。

2 タッチパネル画面のレイアウト

図 1 は、当科^(注1)における従来の標準的な PLC 教材である。これまで使用していた自作資料や演習課題に大幅な改定を生じさせないために、図 2 に示す画面レイアウトは従来の教材機器に準拠した。

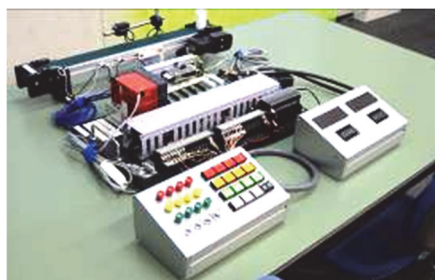


図1 従来の教材



図2 メイン画面のレイアウト

III 開発内容

1 スクリプト言語

GOT には、独自のプログラムで制御できる機能（以下、スクリプト言語またはスクリプト）が備わっている。これを活用することにより、PLC 側の画面制御に係る負荷を大幅に軽減することができる。図 3 に示すように、PLC の主流とされる開発言語は、グラフィック型言語に分類される LD（Ladder Diagram）である。一方、スクリプトは、C 言語または、ST（Structured Text）言語に似た言語型のプログラムであり、テキストベースでの開発が可能である。他メーカーにおいても周辺機器としてタッチパネルをラインナップしており、言語型による類似のプログラミングが可能であるため、一度作成をすれば容易に流用ができる。

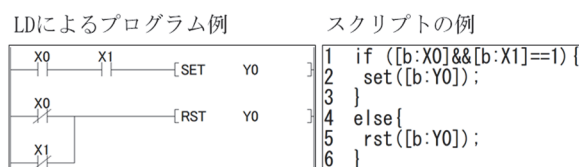


図3 LD とスクリプトの比較

2 実装機能

スクリプトにより実装した主な機能を紹介する。

2-1 画面データ

数値入力用オブジェクトについて、サムロータリスイッチと同等の機能を持たせた。これは BCD（Binary Coded Decimal）コードを効果的に教示するためである。なお、他の数値形式を実装することもスクリプトを数行変更するだけで実現可能である。スイッチ系のオブジェクトはメイン画面上に 16 個配置されている。これらの動作方式について、モーメンタリとオルタネイトを一括で切り替えることができるタッチスイッチを設けた。複雑な操作は必要なく、使用者がワンタッチの操作を行うのみで切り替え処理が実行される。さらに、教材管理者に向けた設定操作補助のための各種メッセージ機能を有している。これにより、作成者以外の使用者であっても適切に管理画面を操作することができる。一方で、実際のサムロータリスイッチやラッチするタイプのスイッチは状態を復帰させる操作において多少の手間がかかる。本教材では、オブジェクトの状態変化をワンタッチで初期状態に戻すことができるため、実機の入力機器と比較すると、操作効率が向上している。

2-2 アクセス手法

PLC のメモリにはベンダ固有のアドレスが割り振られており、専用の開発ツールによってアドレスを指定して取り扱う。したがって、通常は PLC と GOT を連携させるために、図 4 の構成例のように、双方のアドレスを一致させておく必要がある。例えば、図 5 のように PLC 側のユニット構成に変更を求められるときには、多くの場合、ワード単位でアドレスの占有範囲が変わってしまい、正常に機能しなくなる。機能を復旧させるためには、GOT 画面に配置した多数のオブジェクトに割り当てているアドレスに対しても同様の変更が必要になる。当然ながら、この作業は画面上のオブジェクト点数が多いほど工数が増える。このことが GOT を PLC プログラミングの教材として、汎用的に使用するにあたってのネックとなっていた。

本教材において、端末間のデータ授受は、GOT 側デバイスメモリを PLC 側デバイスメモリのうち任意のエリアに割り当て、周期的にアクセスする手法を取った。このアクセス手法により、PLC 側において画面制御に関するプログラムを書き込む必要がなく、動作の連携が可能となっている。

図 6 は、本教材における管理画面である。この画面は、タッチ操作によって簡単にアクセス先のアドレスを変

【すべてのアドレスを一致させているとき連携可能】

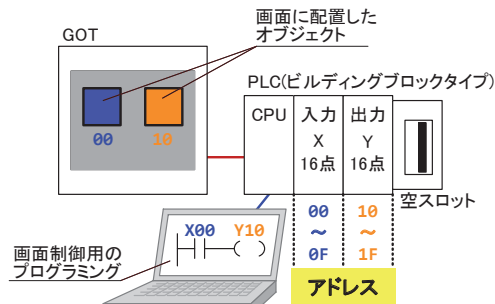


図4 連携時のアドレス構成例

【アドレスが不一致となると連携ができない】

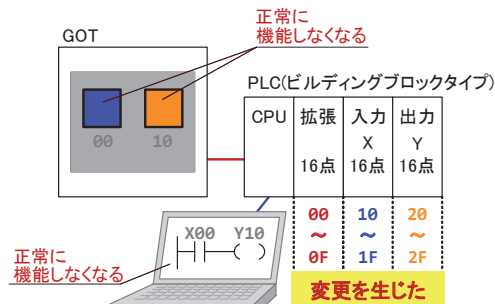


図5 アドレスに変更を生じた例

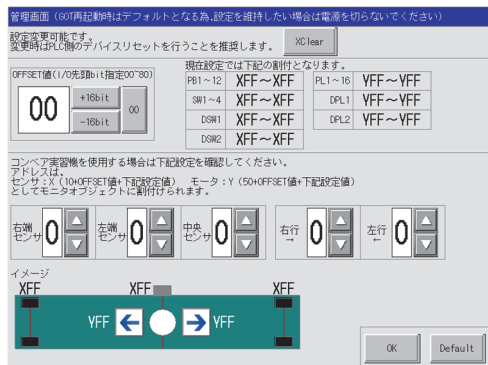


図6 本教材の管理画面

更することができる機能を有している。そのため、入出力機器の構成に変更が生じた場合でも、それに合わせてデータを書き換える作業が不要となっている。

IV 教材評価

1 訓練への適用評価

浜松校の訓練において本教材を適用したうえで図1に示す従来の教材と比較し、有用性の評価を行った。表1に示すとおり、訓練準備にかかる労力は格段に軽減されており、再構築作業が求められた場合においても、必

要となった作業は GOT にデータを書き込むのみである。訓練要素が切り替わるに伴って、ユニット構成およびアドレスの変更が頻繁に必要な状況に変化はないものの、管理画面上での簡単なタッチ操作のみで対応ができています。図7は、このアドレス設定機能の概略である。従来の教材は、機器の入れ替えを繰り返すことで、より線の素線切れ、コードの断線不良、端子の破損等が発生していた。本教材は、破損、損傷するおそれのある箇所や作業自体がなくなったため、現状、メンテナンスが必要とされた場面はない。また、従来の教材は机上を大きく占有していた。これにより、受講者は離れた位置にある教材に触るために、何度も立ち上がらなくてはならない状況であった。本教材に置き換えたことで、教材のみの占有面積は1/4未満となり、従来の悪環境は改善している。図8は、本教材を机上に置いたときの状態である。表2は学生に対する本教材に関する調査結果である。調査方法は、従来の教材を使用した経験のある当科^(注1)の2年生17名を対象に、従来の教材と比較して、4段階評価(大変よかった・良くなった・変わらない・悪くなった)で回答するアンケート方式である。3項目の質問に対して、全員から最高評価を得ることができ、自由記入欄にも改善要望はなかった。調査結果から、良好な受講環境に改善できていることが確認できた。表3は、他指導員の意見とその対応状況である。

表1 従来の教材と本教材の比較

| 内容 | 従来の教材 | 本教材 |
|---------------------------|-------------|-------------|
| 訓練準備のため教材を再構築した回数 | 15回/年 | 2回/年 |
| 上記、再構築時の平均所要時間(2~3人での作業時) | 1.5時間程度 | 10分以下 |
| メンテナンスを必要とした回数 | 8回/年 | 0回/年 |
| サイズ(縦×横) | 700mm×600mm | 300mm×300mm |
| 配線、コードの数 | 40~50 | 3 |

【本教材の場合】

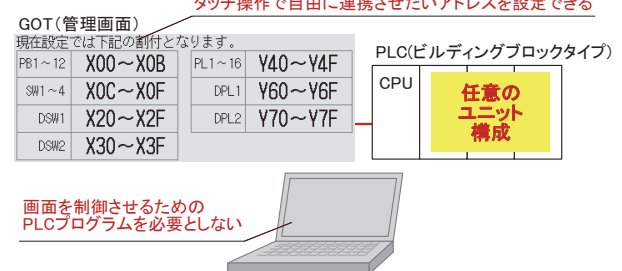


図7 本教材におけるアドレス設定機能



図8 本教材を机上に置いた様子

表2 学生を対象としたアンケート結果

| 質問内容 | 回答結果 |
|---------------|--------------|
| 使いやすさはどうか。 | 大変良くなった：100% |
| 準備や片づけ作業はどうか。 | 大変良くなった：100% |
| 机上環境はどうか。 | 大変良くなった：100% |

表3 本教材に対する意見と対応

| 意見 | 対応状況 |
|---|--|
| 手の状態によってタッチ感度が悪いときがある。 | マウス接続によっても操作ができるように更新。 |
| 原則はタッチ音が鳴らないほうが良い。 | タッチ時、無音として更新。 |
| 数値オブジェクトの表示形式について 10 進数と 16 進数の両方を使いたい。 | それぞれのバージョンを用意した。要望の頻度が高いようであれば、スクリプトにより切り替え機能を実装する見込み。 |
| データの更新状況を共有したい。 | 訓練用ファイルサーバーにて更新履歴を共有化。 |

V 考察

1 スクリプト開発のメリットとデメリット

開発の工程において、著者が感じたメリットとデメリットを以下に挙げる。

1-1 メリット

通常の機能では実現できない多様な画面制御が可能であり、教材として実装できる内容について自由度が高く、どのような実習内容にも適合させやすい。本来であれば工数のかかる作業が、数行のプログラムで実装でき、LD では作成しにくい制御構文や算術演算等が記述しやすいことから開発効率が格段に向上する。また、使い慣れているテキストエディタによって開発が可能で、汎用的な C 言語のコンパイラやデバッガも活用することができる。さらに、LD と比較するとインポートやエクスポートが容易で、機種やメーカーが異なっても転用しやすい。

1-2 デメリット

一般に PLC プログラム開発において用いられることが少ない言語型のプログラミングについて、多少の知識が求められ、C 言語等による開発の経験があっても、メーカー独自の記述ルールが含まれることに留意しなければならない。また、GOT のメモリ管理が必須であり、スクリプトで使用するメモリ領域がシステムメモリ領域に干渉しないよう注意する必要がある。

2 実機教材との比較

PLC プログラムの教育を主眼に置いた場合、本教材のみで多様な要素の訓練を成立させることができる点については、実機教材と比較したときの利点といえる。しかし、本教材のみの構成では、ハードウェア要素が排除されてしまうため、入出力インターフェース回路の構成や実機の動作原理および構造について、理解を促すことは難しく、実機を前にしたときの感触を得ることはできない。特に体系的な習得を目指す教育現場においては、実機と組み合わせて本教材を使用することが真に効果的な運用方法と考える。

VI おわりに

スクリプトにより、PLC プログラミングを不要とした GOT と PLC が連携できる機能を実装したことで、教材としての汎用性が高まり、環境構築に要する負担を大幅に軽減できることが分かった。さらに、浜松校では本教材を Ethernet によってネットワーク化しており、遠隔からすべての端末にアクセスができるため、データの更新作業にも手間はかからない。また、GOT に実機教材の役割を集約することで、訓練環境が大きく改善した。年間の訓練を通して運用をしてきたところ、不都合はまったく認められなかった。今後は、本教材をベースに訓練担当者が容易に画面のカスタマイズができる機能を追加することで、導入のハードルをさらに下げることが期待される。

[注]

(注 1) 電気エネルギー制御科

[参考文献]

- (1) 三菱電機株式会社 表示器画面作成ソフトウェア GT Designer3 Version1 画面設計マニュアル 作画編 1/2、2/2 pp. 995-1118。

木造倉庫の設計と制作

一大館市との共同研究における訓練効果一

秋田職業能力開発短期大学校 小林 健

Design and construction of wooden warehouse

～ Training effects in joint research with Odate City ～

KOBAYASHI Ken

要約

2021 年 2 月、大館市はゼロカーボンシティ宣言を発表し、2050 年までに二酸化炭素実質排出ゼロに向け動き始めた。そこで大館市は、秋田杉の利用を促進する取り組みとして一般市民が利用することを想定した木造倉庫の開発を提案し、著者が所属する秋田職業能力開発短期大学校の住居環境科の総合制作実習として取り組むこととなった。本総合制作実習では大館市との共同研究を並行して進めることとして、将来に向けて水平展開が可能な秋田杉を利用した木造倉庫の設計及び制作を通し、当校の学生が得た成果について報告する。

I はじめに

温室効果ガスが原因とされる地球温暖化は全世界的に大きな問題となっており、日本においても政府や自治体で様々な対応策が検討及び実施されている。

例えば、政府の方針として地域材の活用を通じた SDGs の推進について⁽¹⁾が示された。これは、木材に関して、建築物を木造化することで炭素の貯蔵庫となること、加工が容易であり省エネ資材であること、再生が可能であることから、SDGs に貢献する材料であり、県産材を積極的に活用せよという方針である。

地域の活動としては、ゼロカーボンシティ宣言がある。大館市においても、2021 年に秋田県で最初にゼロカーボンシティ宣言⁽²⁾を行い、この中で木材利用促進計画を策定し、令和 6 年度からは第 2 次の活動となっている。秋田杉の活用を促進することでカーボンニュートラルに貢献する方針を打ち出し、一般家庭まで広く浸透させることを目指している。具体的には、第 2 分団消防団車庫や大館市斎場などの公共建築の木造化を進めるとともに、一般市民が施工でき、各家庭で活用できるような木造倉庫を提案し、当校と共同で開発することになった。倉庫の制作にあたっては、当校のカリキュラムである総合制作実習の一環とし、設計にあたっては 3 次元 CG を活用、施工にあたっては特別な技能を必要としないことを考慮した。

本報告では、共同研究における学生の成長と制作した成果物について紹介する。なお、制作した倉庫は大館市エコプラザに設置される予定である。

II 木造倉庫の概要

外観は木の表情を残し、仕上げ材が構造材を兼ねる形式を考えると、日本の伝統的構法である落とし板倉構法及び校倉造りをモチーフにすることが最善と考え、学生なりのアレンジを加えて本構造を考案した。詳細は後述する。本倉庫の平面寸法は 2730 mm×1820 mm であり、広さは三畳間となる。地盤面からの最高高さは 2690 mm、屋根勾配は 0.4/10 という緩い片流れ屋根を持ち、積雪時には平入りとなる出入り口の反対側に落雪する仕様となっている。本実習として手掛ける範疇ではないが、躯体完成後に屋根板金仕上げが施される予定となっている。また、基礎工事も同じく実習以外の施工として計 12 か所に沓石が設置される。

出入り口に向かって右側の妻手には、有効面積 0.24 m²のはめ殺し窓が設置され、日中、内部で作業する上で最低限の採光が確保できる。

また、本倉庫の接合部は仕口や継手を極力使わず 2×4 専用金物等によって緊結し、部材同士をはめ込んで接合する形式とした事により一般の方でも簡単に安心して建てることができる。

本実習を担当する学生は3名であるため、それぞれに担当する部位を決めた。その結果、床（土台、大引、床板）、壁（柱、壁、開口部）、小屋（梁、垂木、野地板）の3パートに分け、各自「SketchUp Pro2022」による3次元CGによる設計を行った。

3つのパートはそれぞれ独立したものではなく、仕口部が共有される。従って、床と壁、壁と小屋、場合により床と小屋の担当者が話し合いながら設計を進めていく。

3次元データから設計することにより、各所の納まりや部材同士の干渉がリアルタイムで確認できるため、施工における手戻りを最小限に抑える事ができる。

図1は、開口部の設計を行うために、倉庫と建具のバランスを確認している時の3次元CGである。また、パースから平行投影に切り替えることで平面図、床伏図や各立面図として使用できるため、市役所側への図面提供時に有用であった。

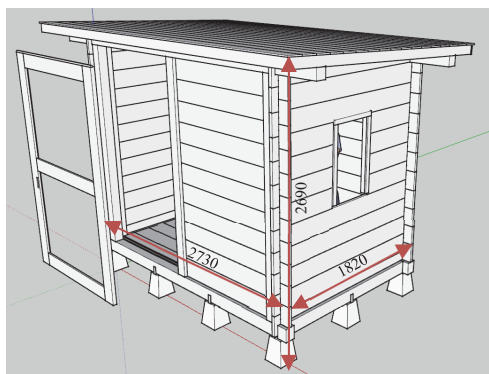


図1 3次元CGによるパース図

Ⅲ 木造倉庫の施工

設計した図面をもとに制作に取り掛かった。本構造は100mm角の柱（4本）に幅32mm、深さ15mmの溝を加工し、幅200mm、厚さ30mmの杉板（以下、カフェ板という）を落とし込んだ壁面により構成されている。壁相互はビスケットジョイントにより接合しているため仕上げ面の段差は出にくくなっている。

柱が設置されていない出隅部分は相欠きしたカフェ板を交互に組むことにより構造の安定性を確保した（図2）。

床組みは90mm角の大引きに対し、2×4ディメンション材による根太を接合金物により支持し、前述のカフェ板を床仕上げ材として配置した。なお、床板は下部のメンテナンスを容易にするため、板相互及び根太

への緊結はしていない。

10月上旬に開催された総合制作実習の中間発表において改善提案がなされた。正面入り口の開口部がアルミサッシから木製建具に変更になり、また中央から向かって左へ位置が変更されたため図面を大幅に変更し、改善前よりも柱を多く配置して構造的な安定と使い勝手の改善を図った。



図2 カフェ板による壁の組立て

木製建具は框戸とし、ここでも床や壁に用いたカフェ板を使用した。秋田県は雪国であるため、外部に敷居と鴨居を露出すると雪により開閉が困難となる。そこで、敷居を室内に配置して建具は内部に引き込まれる構造とした。また重量の軽減及び室内スペースを少しでも確保するため、框厚さを36mm、鏡板厚を15mmとした。

鴨居は下端に戸首が収まる幅の溝（幅15mm、深さ20mm）を加工し、下部は建具に埋め込んだ戸車（溝R型）がステンレスレール上を移動し開閉する仕組みとした。

全ての部材を作成後、実際に実習場内で組み立て作業を行い、躯体及び仕上げ材の納まり具合を確認した。基礎を除く最終的な形態まで組み上げ、搬出までの数日間解体及び部材へのナンバリング、種別ごとの梱包を行い現地での建て方を迎えた。

Ⅳ 建て方

2022年12月21日、建て方初日を迎えた。

実習場から2tトラックで二往復し、全ての部材を現地に搬入することができた。この時期は例年通りの積雪があったため、工具や部材の設置場所、作業スペースを確保し、作業に取り掛かった。天候は晴れており、建て方をするには好条件であった。

土台敷きから柱建て、壁の建て込みへと作業は順調

に進み、初日予定していた桁組みまで完了することができた（図3）。



図3 建て方初日の倉庫

建て方二日目（12月22日）、午後から雪と雨の予報だったことから、早い段階で屋根を掛ける必要があった。455mm間隔で配置された垂木に対して巾150mm厚さ12mmの本実加工された野地板を設置した（図4）。後にアスファルトルーフィング込みの屋根板金工事が入ることが決まっていたため、一時的に下地のみの防水層が無い構造となる。従って、ブルーシートを野地板上に設置し、簡易的な防水層とし、雨漏り防止措置とした。



図4 内部から見える野地板

建て方三日目（12月23日）は天候、気温ともに好条件に恵まれ、作業はスムーズに進んだ。残すところは内部の造作作業だったため午前中に建て方作業及び内部仕上げ作業を終え、午後からは屋根板金工事が行われる中、周辺及び内部の清掃を行い、予定していた三日間の全工程を無事安全に終えることができた。

この年は例年通りの積雪に見舞われたが、倉庫は一冬を無事乗り切ることができた。しかし、無垢材を利用した事による材の伸縮で建具及び床板に一部破損が

見られた。大きな補修を施すほどではなかったが最終的な調整を行い2月7日、市役所に引き渡しを無事に行う事ができた（図5）。

年度が明け、2年生が各ゼミにおいて活動を始める時期となった5月に、防腐及び防蟻処理を施すために再度現場を訪れた。作業は私を含め5名で行い、下塗り（着色ムラ防止剤）1回、仕上げ（木材保護着色剤）2回塗りとした。



図5 引き渡しの様子

この塗料は油性で浸透性があり、下塗りを施すことによって効果の持続が期待できる。特に雪国である秋田県において、無塗装の杉無垢材は経年劣化により著しく黒色に変化する。美観を維持するためには外部塗装が必須でありまた、地盤面から土台下端まで約200mm程度しか確保していないため、防腐及び防蟻対策も講じる必要がある。塗膜を形成し、保護する塗料では木の風合いが損なわれてしまうため、浸透性塗料を用いて木目を際立たせることとした。図6に塗装後の倉庫を示す。

V 考察

共同研究で開発した木造倉庫について、設計から施工まで紹介した。完成後の学生の会話から、特にSDGsへの貢献やCGを活用した効果に関するコメントが多く聞かれた。また、新たな構法を提案した充実感に関するコメントも聞かれた。共同研究を通して得られた訓練効果の一部を以下に紹介する。

SDGsに関する意識は、特に大きく成長した部分である。大館市のゼロカーボンシティ宣言とそれに関する取り組み、秋田杉の活用がカーボンを減らす効果があることなど、当校のカリキュラムでは学ぶことができない内容について、直接に自治体から聞くことによ

り、SDGs を自分事として捉えることができたものと思われる。

専門課程では、2 次元の図面を中心に勉強してきたが、近年の DX への取り組みから 3 次元 CG を導入した。3 次元モデルを活用することで、納まりの確認や打ち合わせが円滑となったことは学生にとって良い経験になり、限られた期間で完成できた大きな要因である。また、本倉庫の構造は専門課程で学んだ在来軸組構法などの既存の形式でなく新規で開発した形式であり、学生にとっては貴重な経験になったと感じている。提案にあたっては特別な技能を有せず施工できる簡便性を担保しつつ、構造的な安全性を確保することが難しく、数か月程度の期間を要したが、いずれも満足する構造になり、学生の達成感につながった。

自分で設計した形状の部材を加工するにあたって、3 次元 CG を併用することは、空間認識能力と加工技能の向上に役立つことが分かった。

本倉庫を一般家庭で活用するにあたり最も注意すべき点は、秋田杉という天然の木材を使用するため木の狂い (曲がり、反り、ねじれ等)が生じることである。



図 6 塗装後の倉庫

これらの狂いが強く出る材とそうではない材の判別は極めて困難である。そこで、納品された材から既に癖が強く出ているものは除外し、その中でも比較的程度の良いものは建物に使用した際支障が出にくい床板や短い材として使用する框戸に用いるなど、適材適所に配置する工夫を行った。その結果、天候の変化による大幅な湿度変化により床と建具の一部が反り上がってしまう現象が発生したが、脱着できる個所における修正であったため、大きな影響はなかった。しかし一般化にあたっては、大きな課題となる可能性がある。

大館市との共同研究は、通常の授業では得られない

様々な体験・経験があり、多くの訓練効果を得ることができた。

VI おわりに

現地の初日、リーダー役の学生がコロナウィルスに感染し、一名少ない状態で建て方を行う事になった。また、発注した基礎に一部設計図通り施工されていない箇所が見つかり、修正に約 1 時間程度費やすこととなったが、関係者の迅速な対応により大きな問題とならずに済んだ。

これまで木造の倉庫、ゴミステーション、屋台等を総合制作実習で制作してきたが、実習場内で制作を終えた完成品を運搬して設置、もしくは一部のみ現地で制作するという方法だった。

本実習では、塗装、屋根工事を除く最終形まで実習場内で作り上げ、それを全て解体して現地に運搬し、組み立て、設置する初めてのケースであったため、関係者との綿密な打ち合わせを要し、またこれまで以上に安全確保について神経を使う総合制作実習となった。

自らが設計し施工するという工程を校内に留まることなく、他者や地域と共同して行う事ができたのも、この総合制作実習が共同研究を兼ねていた賜物である。しかし、他者と共同するという事は同時に成果物の評価も厳しくなり、遵守すべき工期が発生するという事である。授業の一環でより実務に近い経験ができたことは担当した学生にとって大変有意義であったと思う。

ゼロカーボンシティ宣言を発表した大館市は、2050 年の二酸化炭素実質排出ゼロに向け動き続けている。その活動に貢献する本倉庫は、使用部材をパーツ化し、ホームセンター等でセット販売することを想定して設計した。簡単な組み立て方法でありながら強度を担保しているこの倉庫が今後も末永くゼロカーボン推進事業のシンボルとして利用されることを願う。

【参考文献】

- (1) 地域材の活用を通じた SDGs の推進について、2020 年 10 月 20 日内閣官房、林野庁、国土交通省、環境省
- (2) 大館市：ゼロカーボンシティの実現に向けた今後の取り組み、
<https://www.city.odate.lg.jp/city/soshiki/kankyokikaku/p8541>, 2022 年 10 月 16 日確認

総合制作実習における3Dプリンタ活用事例

新潟職業能力開発短期大学校 永田 友博

Application example of 3D printer in general production practice

NAGATA Tomohiro

要約

ものづくりへの基盤を培う上で、工学的理論やその仕組みおよび原理などの調査・学習を踏まえ、3Dプリンタを活用し製作を行ってきた。本稿では、3Dプリンタ活用に関する課題と2021年度、2022年度、および2023年度で実施した、各々の製作事例および成果物の検証結果について報告する。

I はじめに

3Dプリンタの登場により、ものづくり製作プロセスは大きく変わり、3DCADや3DCGの造形データがあれば、誰もがアイデアを形にできる環境が整った。

試作モデルの造形出力は、手に取って検証することができ、従来からの製造手法に加え、今やものづくり製作環境は、企業や教育機関、個人に至るまで身近なものへと変化している。

本稿では新潟職業能力開発短期大学校（以下新潟職能短大）における、生産技術科2年時履修の総合制作実習における3Dプリンタ活用事例について報告する。

II 3Dプリンタとものづくり教育

今や3Dプリンタは、様々な用途で活用され、爆発的に導入された時期から約10年が経過している。

現在は、最終製品や実用的な部品などを作るダイレクト・デジタル・マニファクチャリング（以下DDM）の時代へ進みつつある。いわゆる、製造工程のデジタル化である。この背景には、SDGsや脱大量生産・大量廃棄という社会的なムーブメントも3Dプリンタ普及の追い風ともなっている。しかしながら、ものづくりの先進的方向性がある一方、教育訓練現場での3Dプリンタ活用については、いくつか課題がある。

1 ものづくり教育現場における課題

新潟職能短大の実習課題において、学生一人一人が設計から実用可能な製品モデルに結びつけるため、3DCADの技能・技術の習得に日々取り組んでいる。今やものづくりに必要不可欠な3DCADは、形状認識がしやすく、基本習得が早い。

しかし、あるテーマにて3DCAD設計した課題内容を確認すると、物理的に加工困難なものや、極端に段取りが多くなるもの、別途治具等がないと加工困難なものといった3DCADデータを見かける。

これは、工作機械による加工特性を理解しないまま設計を進めたため、このようなケースが発生する。製品モデルの不具合を確認しつつ、加工特性を理解した上で、設計変更等を行い完成へと導く必要がある。

一方、3Dプリンタは工作機械に関連する専門知識がなくても、3DCADや3DCGの造形データさえあれば、造形出力することが可能である。誰もが取り扱うことができ、より身近な存在となった反面、工作機械の使用可否によって設計手法や製作の違いについて整理し、指導する必要がある。

2 3Dプリンタの造形時間

初期の段階と比較し、今では安価で多種多様な材料を取り扱える機種が数多く販売されており、使用事例や各機種のノウハウが動画配信等により公開され、より使い易い環境が整っている。しかし、精度の向上、機器の価格帯も抑えられ、様々な面で向上・改善され

たと思われるものの、造形時間に関しては、造形物の大きさや複雑な形状によっては、数時間から数十時間は必要である。様々な試みを行っても、大幅な造形時間の短縮改善は見られず、それ以外の出力設定等によるミス、機器トラブル等も多数発生することから、出力完成までに大幅な時間的損失があり、訓練や実習など限られた製作時間内で進める難しさに直面することが多く、工夫が必要である。

3 造形精度と耐久性

3D プリンタの造形方法に、樹脂を溶かし一層ずつ積み上げる溶融型積層方式がある。安価で市販されている機種が多くがこの方式を採用しており、円形ノズルから、溶融した樹脂が射出される。

溶融した樹脂が積み上げられ、造形されることから、表面は溝のついた凹凸となる。また溶融温度と外気温との差により、伸縮が発生し寸法精度および形状精度が出にくくなる。

しかし、樹脂充填率を調整できることから、造形モデルの軽量化が可能となる。

光造形方式を採用している機種は、UV 硬化液を紫外線照射により一層ずつ硬化し造形する。

液体樹脂のため積層間の凹凸が生成しにくく、仕上がり表面がなめらかである。溶融型積層方式と違い、高温で樹脂を溶融していないことから伸縮が発生せず、意図する寸法および形状に近いものが作成でき、充填率の調整により軽量化が可能である。

いずれの機種も 3D プリンタで各部品を出力し、組立を行うにはその特性を十分に考慮する必要がある。耐久性において、ABS 樹脂、PLA 樹脂は、試作・実験モデルで高精度を求めないものであれば十分に活用できる。しかし、光造形方式には、前述の通り寸法や形状精度に優れている面があるものの、強衝撃が加わると脆い性質にある。

4 使用に必要な技術や知識

教育訓練での 3DCAD 活用目的は、立体形状の把握、部品組立における干渉チェックや各解析シミュレーションに加え、CAM から工作機械への活用が主な習得内容となる。先にも記述した通り、ものづくり手段の一つに 3D プリンタが新たに加わったことにより、造形データ作成のため、3DCAD または 3DCG ソフトの習得が必須となる。

3D プリンタ造形出力には、標準とする形式に STL ファイル形式が採用され、各機種に付属されるスライサ

ーソフト内にインポートすることで、造形出力が可能となる。

一般的に CAD で作成されたネイティブデータや中間データはジオメトリデータと呼ばれており、STL 形式は、造形モデルを多くの三角形を使って細分化し変換したもので、元のネイティブデータへの再変換はできない。注意しなければならない点は、ネイティブデータで扱う表示解像度のまま STL 形式に変換すると、画面表示は問題ないが、造形物としての解像度が不足し、造形物の最終仕上がりが粗い状態で生成されてしまう。この場合、STL 形式に変換する際は解像度の設定変更が必要となるなど、3D プリンタの登場により、試作モデルによる検証や実験できる利点はあるものの、使用にあたっては、新たなデジタルスキルが求められる。

III 3D プリンタによる試作モデル

1 2021 年度総合制作実習 試作モデル

2021 年度、飛行モデルの製作をテーマに室内用ドローンの製作を行った。特にフレーム強度や軽量化（航空法に基づき屋内飛行の場合、総重量 100 g 以下とする）を行う必要がある。

クワッドドローンにおける推力計算⁽¹⁾と使用するモータ性能を踏まえ、市販品⁽²⁾を参考に基本フレーム設計および図 1 にある本体フレームの応力解析を行った。

モータ、制御ユニットなどの各種パーツと落下等による破損軽減のため、ブレードガードや着地衝撃緩和の衝撃吸収材の総質量と、制御ユニットの固定やバッテリーへの接続配線など取り回しを含めたユニット設計を行い、最終的に総質量 82 g の機体(図 2)を製作した。完成に至るまで設計変更⁽³⁾を繰り返し、数多くの飛行実験を行った(図 3)。

検証実験では、意図する場所へ離着陸の制御ができ、安定した連続飛行が可能となった。

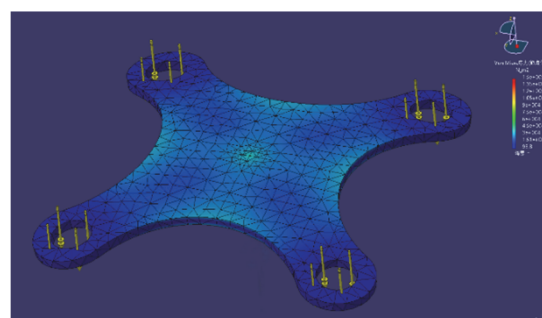


図1 2021 年度 試作モデル 応力解析



図2 2021 年度 試作モデル 実機

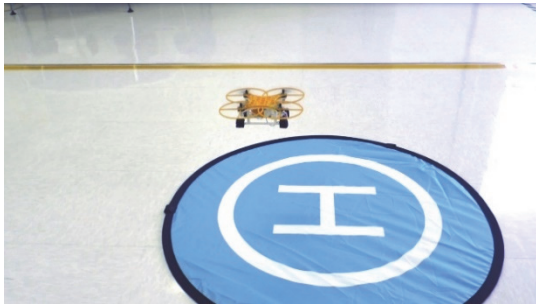


図3 2021 年度試作モデル 飛行実験

2 2022 年度総合制作実習 試作モデル

2022 年度は古くから伝わる伝統玩具の起き上がりこぼしを題材とした倒立振子⁽⁴⁾モデルについて行った。押しでも引いても倒れないマイコン制御モデルを試みるため、Web⁽⁵⁾にて公開されている倒立振子を参考とした。筐体フレームには、3D プリンタを活用・製作し、構成ハードウェアには、傾きを検知するジャイロセンサー内蔵のマイコンユニット⁽⁶⁾を用いた。傾きデータから、振子部分にはダブルシャフトモータに重りのついた慣性ロータを用い（図4）、回転方向や回転スピードを制御し倒立を保つ仕組みとした。各部品をユニバーサル基板上（図5）にはんだ付けを行い、ソフトウェアには、カルマンフィルターの数式⁽⁷⁾を踏まえ、マイコンユニットに制御用のプログラムとして書き込み、試作機の検証（図6）を行った。

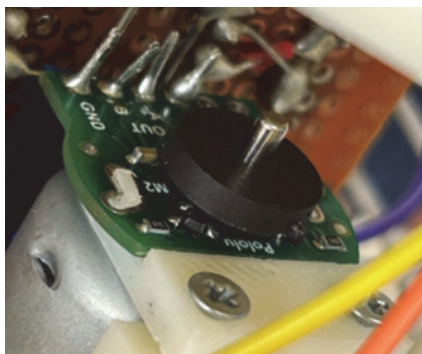


図4 2022 年度 試作モデル ダブルシャフト部

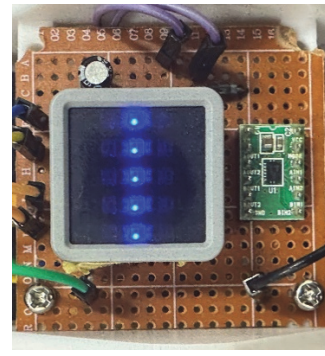


図5 2022 年度 試作モデル 各部品

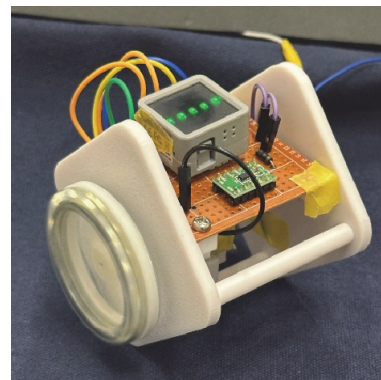


図6 2022 年度 試作モデル 実機検証

試作モデルの倒立には、制御ユニットにあるプログラムパラメータ値を調整した結果、連続倒立が可能となった。

3 2023 年度総合制作実習 試作モデル

2023 年度は、小型風力発電装置の設計及び製作を行った。製作を進めるにあたり、災害時や電気供給が乏しい天候や夜間に活用できる小型で組み立て可能な装置を目指した。最終的にスマートフォンなどが充電できるものとするため、以下の項目を基本仕様に定めた。

- ① 基準風速
- ② ブレード形状・サイズ及び使用樹脂
- ③ 目標電圧を 5V 出力

ここでいう基準風速とは、日常における平均風速がどの程度であるか、新潟職能短大敷地内で風速計測を行い、日常の平均風速値が 2 m/s 前後であることから、小型風力装置の動作最小風速を 2 m/s と定めた。

ブレード形状・直径については、市販品⁽⁸⁾および久保氏の著書⁽⁹⁾を参考に設計・製作を行った。製作モデルは、市販品と異なり、ブレード部分と中央部分（ハブ）を分解組立可能モデルとし、携帯性の向上とブレ

ード破損時の交換可能モデル（図7）とした。3Dプリンタによる製作という点で、主となるプラスチック樹脂選定には、ブレードの枚数や他の樹脂素材へのアプローチ、充填率の変更などの実験を踏まえ、最終的に環境に配慮した生分解性を特徴としたPLA樹脂充填率30%を採用し製作を行った。他にも強風による耐久性や雨天・氷雪による内部への浸水チェックを繰り返し、製作を進めた。特にスマートフォン等が安全に充電できる回路設計とする点や、常に一定の電圧を安定供給できる仕様とするため蓄電池を内蔵し、電圧表示計を更に組み込んだ（図8）。外部出力にはUSB Type-Aを採用した。

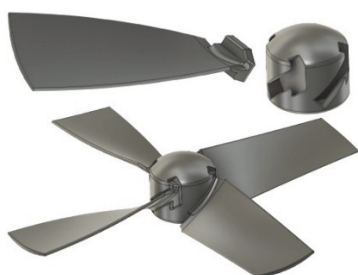


図7 2023年度 試作モデル 交換可能ブレード

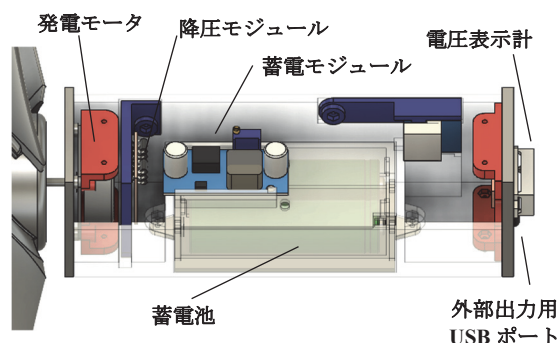


図8 2023年度 試作モデル 各パーツ配置図



図9 2023年度 試作モデル 実機

製作した試作モデルを、高さ1.5mに固定し、1回の実験時間を24時間、実験場所は、風を遮らない屋外に設置した⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。デジタル風速計にてライブデータを記録し、自然風の不安定な状況のもと、小型風力発

電装置の蓄電に成功した。蓄えた電気を最終的にスマートフォン等への充電接続を試みたところ、各スマートフォン等のバッテリー総容量は異なるが、小型風力発電装置の24時間稼働の総合計蓄電量に対し、スマートフォン（1台）充電量の5%程度をカバーすることができた。

IV おわりに

2021年度～2023年度にかけ、総合制作実習を通し3Dプリンタ活用事例について述べた。ものづくりを行う上で、基本となる理論は重要であり、それらに基づき初期設計を行っている。この段階から3Dプリンタを使って造形出力し、形状検討できることから、目標到達地点へのスピードは格段と速くなった。特に、本体筐体やフレーム・外観形状といったもの以外に、電子部品等の取り付け検証を実機に近いモデルで行うことができるため、細部に渡り試作モデルといえど製作クオリティを向上させることができる。

毎回試行錯誤の連続ではあるが、毎年異なったテーマに挑戦し続け、3Dプリンタにおける活用事例を通し、新たなものづくりへの可能性を探っていきたいと考える。

【参考文献等】

- (1) 牧野光雄、航空力学の基礎、産業図書。
- (2) DJI、Tello、参考製品。
- (3) 江崎亨、QIW機の設計と試作、高知工科大学制御工学。
- (4) 川田昌克 他、倒立振子で学ぶ制御工学、森北出版。
- (5) <https://homemadegarbage.com/>、参考モデル。
- (6) 下島健彦、みんなのM5Stack入門、リックテレコム。
- (7) トランジスタ技術、CQ出版、2019年7月。
- (8) 日本イーテック社製、SMG-1001、参考製品。
- (9) 久保大次郎、マイクロ風力発電機の設計と製作、CQ出版、p95-p114。
- (10) 中村昌広、自分で作る風力発電、総合科学出版。
- (11) 川村康文、自分で作るハブダイナモ風力発電、総合科学出版。
- (12) 牛山泉、風力発電の本、日刊工業新聞社。

総合制作実習「自動除菌装置の開発」の取組とその教育訓練効果

浜松職業能力開発短期大学校 平良 幹夫

Project of General Production Practice on an Automatic Sanitization Device and its Educational Effects

TAIRA Mikio

要約

浜松市は、製造業の事業所が多く存在しており、ものづくりが盛んな地域である。当校の修了生はこれらの機械製造業の機械設計や機械加工分野へ就職している。浜松職業能力開発短期大学校のカリキュラムには総合制作実習が設けられている。この実習では、ゼロからものを設計・製作することを通して、就職先で求められる一連の業務プロセスを学ぶことができる。今般、生産機械技術科の総合制作実習のテーマとして、一連の流れが体感できるテーマに取り組んだ。そのテーマの内容と教育訓練効果について記す。

I はじめに

昨今のコロナ禍に伴い、より一層衛生面への意識が高まっており、特に感染予防の観点から不特定多数の方が使用したものや部位への除菌が求められている。しかし、除菌したくても量が多いことや、時間がないことも多々ある。そのような背景から、自動で多くの物を簡単に除菌できる装置の開発を総合制作実習のテーマとした。実際にどのような場面でニーズがあるかを調査したところ、幼稚園や保育園などで子供が遊んだ玩具が洗浄しきれいていないということが分かった。このような施設で使用されることを想定し、当装置を製作することにした。当装置の製作を通じた教育訓練効果の考察を行う。

水・除菌アルコール・エアの供給部分を除き、機械的な仕組みによって動作させる構造とした。材料は、主にアルミニウムおよびポリ塩化ビニルを使用し装置の軽量化を図った。

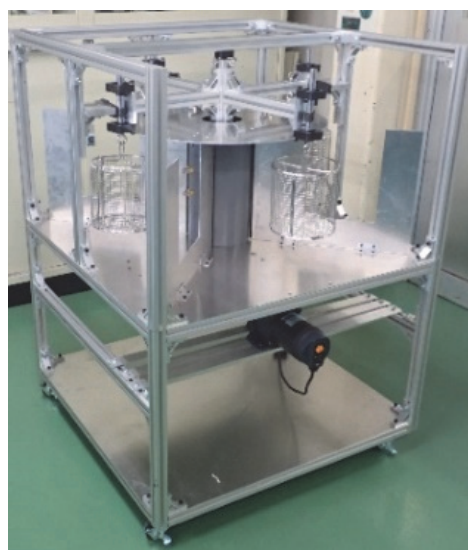


図1 装置の外観

II 除菌装置の仕様

図1に装置の外観を、表1に装置の仕様を示す。当初は除菌のみを行う装置の予定であったが、汚れがあるままでは除菌の効果が薄いことが考えられ、除菌を行うまでに洗浄、乾燥を行う機能も装置に加えた。

企画・構想段階においては、電気による制御を計画していたが、設計が過度に複雑化する点、および防水対策が必須となる点から方針を変更した。主な駆動部分と、

表 1 装置の仕様

| | |
|--------|----------------------------------|
| 装置の大きさ | W800×D800×H1002 |
| 装置の重量 | 重量 約 30kg |
| 除菌対象物 | 玩具 W120×D120×H100 重量 約 500g 迄 |
| 塗布率 | 99.9% |
| 消毒液 | 除菌アルコール |

III 装置の仕組み

1 除菌までの流れ

図 2 に装置の構造図を示す。当装置は、内部を 4 つのブース（図 2 の A～D 部）で仕切られている。A 部で、アームに吊り下げられているかごの中に除菌対象物を投入する。除菌対象物が入ったかごが、軸（図 2 の E 部）を中心に半時計回りに回転し、そのかごが作業ブース B に移動すると水による洗浄作業を行う。次に作業ブース C に移動するとエアによる乾燥作業を行い、最後に作業ブース D で除菌アルコールを噴射し除菌作業を行う。

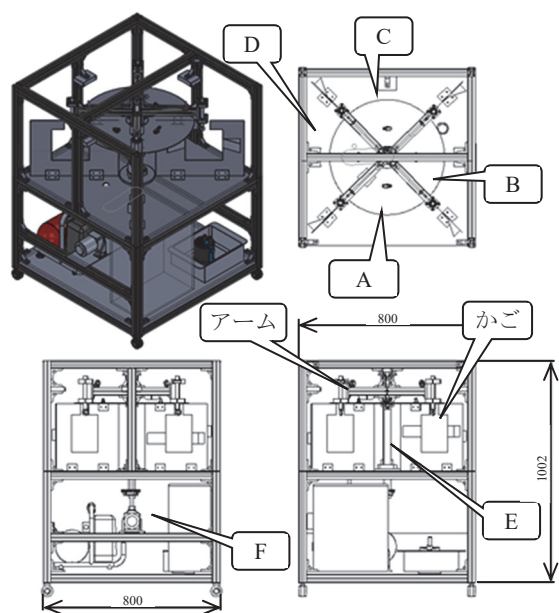


図 2 装置の三面図とブース等の位置

2 駆動機構

軸 E の回転は、F 部に設置されているモータや歯車、チェーン、スプロケットを用いて行う。モータからの回転を伝達する歯車には、垂直方向への変換が必要のため、かさ歯車を用いた。かさ歯車からの回転を軸 E に伝

える部分には、確実な伝達ができる点でチェーンを採用した。図 3 に駆動部の機構を示す。モータには速度調節スイッチが付いており、簡単に速度調整が行える。また、軸の回転を滑らかにするため、軸の両端には深溝玉軸受を組み込んでいる。図 4 と図 5 に組み込まれた状態の深溝玉軸受を示す。

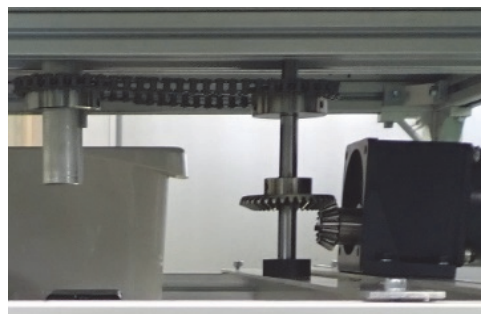


図 3 駆動部

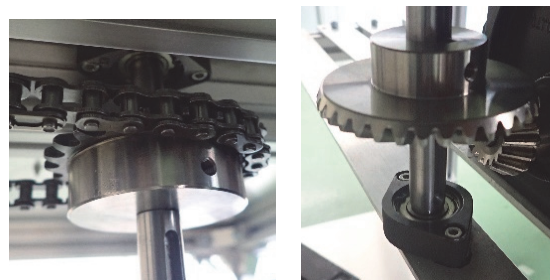


図 4 モータ側の軸受

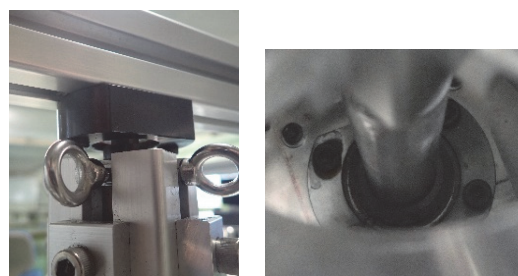


図 5 アーム回転軸の軸受

3 噴霧機構

装置下部のエアコンプレッサやポンプを供給源とし、エア、洗浄水、除菌アルコールがホースを通じて各ブースのノズルから噴射される。図 6 に噴霧ノズルを示す。洗浄水や除菌アルコールを常に出し続けると無駄になってしまうため、メカバルブを取り付けた。アームの回転に連動するドグがメカバルブを押し、押下中のみ噴射する機構とした。図 7 にメカバルブがドグを押している状態を示す。使用済みの洗浄水や除菌アルコールは、受け板に空いている穴を通り、装置の下部へ排水する構

造とした。防水対策として、部品と部品の接触部に防水用パテを使用し、隙間から洗浄水や除菌アルコールが漏れない構造とした。



図 6 噴霧ノズル

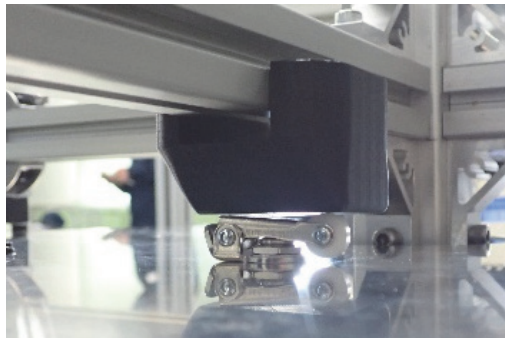


図 7 メカバルブとドグ

4 かご回転機構

噴射する乾燥用エアや洗浄水、除菌アルコールが除菌対象物に満遍なくかかるように、噴射している間のかごが回転する構造にした。かごの上部にある軸部分に取り付けた伸縮性のあるゴムが、案内面に沿って動くことで回転する構造になっている。図 8 にその構造を示す。案内面とゴムの当たり具合で、メイン軸（図 2 の E 軸）の回転が停止してしまうこともあるため、当たり具合の調整は非常に重要である。

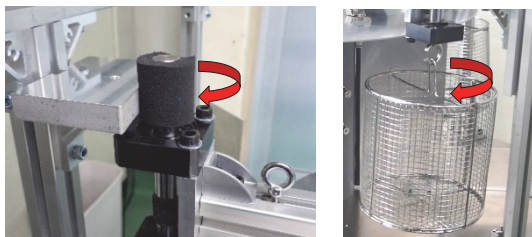


図 8 かご回転部

IV 指導項目とその詳細

1 訓練カリキュラム

表 2 に総合制作実習の訓練カリキュラムを示す。総合制作実習の目標は、総合的な要素を含む課題を計画し、設計から製作までの一連のプロセスを通して、ものづくりの総合的な技術を習得することである。

表 2 カリキュラム

| 細目 | 細目の内容 |
|------------|---|
| 1. 企画・構想 | 文献調査 構想設計 仕様の検討、確認 概略図の作成、検討 |
| 2. 設計 | 計画図の作成 計画図に基づく検討 仕様計算 全体設計 ① 機械関係設計 ② 電気関係設計 ③ ソフトウェア関係設計 部品設計 |
| 3. 工程・資材管理 | 部品選定・発注 材料選定・発注 |
| 4. 加工 | 加工方法の検討 機械操作の確認 加工工程の検討 部品の加工 |
| 5. 組立・調整 | 部品検査 組立・調整作業 ① 機械関係組立 ② 電気関係組立 機能検査 |
| 6. 評価 | 報告書作成 資料まとめ プレゼンテーション |

2 企画・構想・設計

企画・構想にあたり、初めに取り組んだことは何を対象とし除菌するのか、どのような場面で使用することを想定し製作するのかを話し合った。その後、学生個々からどのような機構の装置にするかアイディアを出してもらい検討した。図 9 に企画・構想時の打ち合わせの様子と、図 10 に構造を検討した際のポンチ絵を示す。

設計にあたっては、主に 3 次元 CAD を使用し形状の作成と強度の確認を行った。強度計算については、先に部品の形状を決定してから 3 次元 CAD の構造解析ツールを使い強度的に問題ないかを確認した。2 次元図面の作成にも 3 次元モデルを流用し作成した。作成した図面は加工の際に使用した。

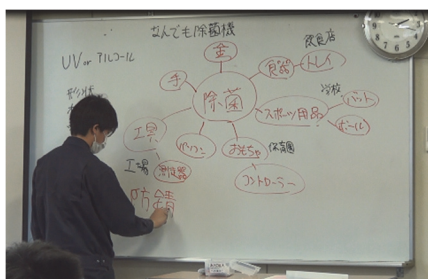


図 9 企画構想の様子

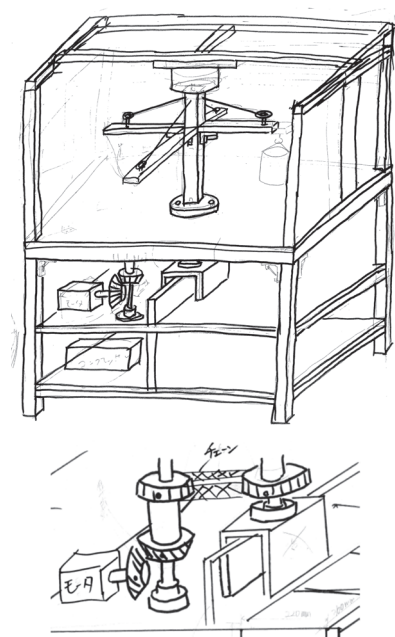


図 10 装置のポンチ絵

3 工程・資材管理

工程管理については、表を作成し進捗状況が見える化できるように貼り出し、実習前のミーティングで進捗状況を都度確認した。必要な部品や材料については、在庫で利用できるものがないかをまずは整理し、その後購入しなければならないものを必要最低限として発注を行った。部品の選定には軸受にかかる荷重や歯車にかかる荷重等も考慮して大きさの選定を行った。

4 加工

表3に使用した主な加工機械を示す。軸部品の加工には旋盤を用い、キー溝の加工にはフライス盤を使用した。 $\phi 13\text{mm}$ 未満の穴あけには卓上ボール盤を使用し、 $\phi 13\text{mm}$ 以上の穴や円盤状の板を加工するのに直立ボール盤やレーザー加工機を使用した。曲げが必要な部品は、プレスブレーキを使いステーなどの部品を加工した。シャーリングはアルミ板の材料から必要な部品を切り出すために使用した。図11に加工作業の様子を示す。

図 11 は、アルミ板に取付け用の穴をあけるため、ケガキ作業を行っているところである。

今回の装置の製作において、特に難易度のあった加工は、駆動部の歯車の伝動軸として使われている小径長物軸（φ14×185mm）の旋盤加工である。外径切削時にびびりが発生し、表面にびびりマークが現れた。使用するパイラのノーズ半径や、主軸回転数、送りの条件を見直すことにより、この問題は解決できた。

表 3 加工機械一覽

| 機器名 | 型式 |
|---------|-----------------------|
| 旋盤 | LE-19K |
| フライス盤 | 2MF-V |
| 卓上ボール盤 | ESD-350S |
| 直立ボール盤 | YD2-54 |
| レーザー加工機 | Mazak SUPER TURBO-X44 |
| プレスブレーキ | RGM23512 |
| シャーリング | DCT-2045 |



図 11 穴あけの為のケガキ作業の様子

5 組立・調整

発注部品が納品され、各部品の加工を終えた後、装置の組み立てを行った。装置を組み立てる場合、組み立てる手順が重要であり、手順を誤り何度も組み直しをした。この経験により、組立作業における手順遵守の重要性が理解されたと考えられる。図 12 と図 13 は組立作業の様子である。図 12 は装置の枠であるアルミフレームを組み付けている様子で、図 13 はうまく組み立てることができなかった箇所を再度穴あけ加工を行っている様子である。



図 12 組立作業の様子(フレームの組立)

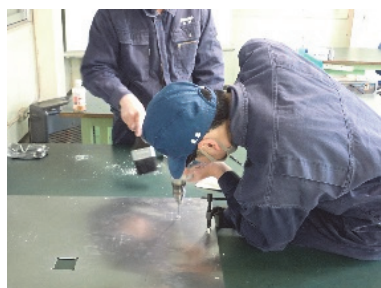


図 13 組立作業の様子(穴の調整)

6 評価・改善

組み立てが終了し、実際に装置を動かしてみたところ、ノズルから出た除菌アルコールが消毒対象物にかかったのは2割程度であった。原因は、噴射時間が短かったこととノズルから出るアルコールの勢いが弱かったことである。これを解決するため、ノズルからの噴射を取りやめ、市販のプッシュ式消毒液を、エアシリンダを用いて押し出す機構に変更した。これにより消毒対象物への塗布率は7～8割程度に改善できた。また、装置の諸所から洗浄水が漏れてしまった。

塗布率99.9%を目指し装置の開発を行ったが、結果として目標仕様を達成できなかった。達成できなかった理由として、学生の経験不足による設計上の見積り甘さや、実験による検証を行う時間を多く取れなかったことにある。防水面においても同様のことがいえる。仕様を満たすことができなかった点は反省点であり、今後の課題である。

V 教育訓練効果

1 習得度チェック

訓練カリキュラムの細目について習得できたかどうかを0～5段階で指導員による評価と、学生自身による自己評価を行った。表4に0～5段階の確認基準を示す。また、表5に集計結果を示す。表は学生5名の平均値を取りまとめたものとなっている。加工方法の検討や部品の加工など、加工に関する項目の受講後の

結果が高い。これは、IV章でも述べた切削加工中に生じたびびり対策の成功事例が、結果が高くなったことの要因の1つであると考ええる。その他、様々な機械を扱ったことから学生の加工のスキルが高まり習得度が高くなった。

2 学生の感想

製作終了時に学生の感想を聞いたところ、勉強になった、組み立ての経験ができてよかったなどのほか、難しかった、思っていた通りにいかなかったなどの感想があった。

表 4 習得度チェック数字の確認基準

| 数字 | 確認基準 |
|----|-------------------------------|
| 0 | 全く知らない、又は、できない |
| 1 | 聞いたことがある、又は、見たことがある |
| 2 | 他の人に聞いたり、アドバイスや指導を受ければできる |
| 3 | テキストや資料（配付資料、参考書等）を調べれば独力で行える |
| 4 | だいたいできる |
| 5 | できる |

表 5 習得度チェック結果(学生5名分の平均値)

| 細目の内容 | 受講前 | 受講後 | 指導員評価 |
|-----------|-----|-----|-------|
| 文献調査 | 0.8 | 4.6 | 3.8 |
| 構想設計 | 1.4 | 4.2 | 3.8 |
| 仕様の検討、確認 | 1.4 | 4.2 | 4.0 |
| 概略図の作成、検討 | 1.4 | 4.2 | 3.6 |
| 計画図の作成 | 1.4 | 4.2 | 4.0 |
| 計画図に基づく検討 | 1.4 | 4.2 | 4.0 |
| 仕様計算 | 1.4 | 4.0 | 3.8 |
| 全体設計 | 1.4 | 4.0 | 4.0 |
| 部品設計 | 1.4 | 4.0 | 4.4 |
| 部品選定・発注 | 1.4 | 4.4 | 4.6 |
| 材料選定・発注 | 1.4 | 4.4 | 4.6 |
| 加工方法の検討 | 3.2 | 5.0 | 4.6 |
| 機械操作の確認 | 3.2 | 5.0 | 5.0 |
| 加工工程の検討 | 3.2 | 5.0 | 5.0 |
| 部品の加工 | 3.2 | 5.0 | 5.0 |
| 部品検査 | 3.2 | 5.0 | 5.0 |
| 組立・調整作業 | 3.2 | 5.0 | 5.0 |
| 機能検査 | 3.2 | 5.0 | 4.4 |
| 報告書作成 | 2.8 | 5.0 | 4.6 |
| 資料まとめ | 3.0 | 5.0 | 4.6 |
| プレゼンテーション | 3.2 | 4.8 | 4.2 |

VI おわりに

学生は、これまで取り組んできた訓練の成果を活用して総合制作実習に取り組んだ。指導者としても、いかに学生にものづくりの一連の流れを習得させるかを考え実施した。指導するにあたっては、どこまでを学生に任せるか、アドバイスをするか否か、失敗から学ぶことのほうが大きいのではないかなど、悩みながら進めた。最終的には、表 5 の習得度チェック結果から見ても教育訓練効果は得られたと考えられる。しかし、今回製作した自動除菌装置は、装置としての完成度は高いとは言えない。習得度も満足しつつ、製作品の完成度も高められるような教育訓練効果を今後は求めている。

【参考文献】

- (1) 職業能力開発総合大学校基盤整備センター：
(<https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/>)。

リフローはんだ付けによる 基板製作実習への取組み

東海職業能力開発大学校 齋藤 公利

Practical training in PCB manufacturing using reflow soldering

SAITO Kimitoshi

要約

現在の多くの電子機器で使用されている電子部品は、リフローはんだ付けによる表面実装が行われている。学生の就職先として電子回路設計 CAD 関連企業や電子部品実装企業にも就職しているため、設計方法や製造工程や製造方法を実際に体験しておくことは、非常に有意義である。基板加工機やリフローオープン、クリームはんだ印刷機を整備したこともあり、令和 5 年度で表面実装のリフローはんだ付けによるプリント基板製作実習が実施できた。本論文ではその実習内容について報告する。

I はじめに

電子情報技術科のカリキュラムの中の専攻実技科目として「電子回路設計製作実習」「組込み機器製作実習」があり、その中で電子回路基板設計や電子回路組立ての実習を行ってきた。

これまでは抵抗などのリード部品や DIP (Dual Inline Package) タイプの IC を用いて電子回路基板を設計し、部品をプリント基板のスルーホールにリードを挿入して、はんだ付けをする手法で授業を行ってきた。また、SOP (Small Outline Package) タイプしか存在しない IC の場合には、その部品は手付によるはんだ付け作業をした。この手法は技能検定の電子機器組立てでも、行われている。しかし現在の多くの電子機器に使用されている電子部品は表面実装部品であり、これらの実装にはリフローはんだ付けが一般的に用いられている。学生の就職先として電子回路設計 CAD 関連企業や電子部品実装企業にも就職しているため、設計方法や製造工程や製造方法を実際に体験しておくことは、非常に有意義である。

基板加工機やリフローオープン、クリームはんだ印刷機を整備したこともあり、令和 5 年度でリフローはんだ付けによるプリント基板製作実習を実施できたため、本論文で報告する。

II 実習装置

実習装置は図 1 に示す電子回路設計システム CR8000 (図研)、図 2 の切削工具を使用して電子回路パターンを作成する基板加工機 S-64 (LPKF)、クリームはんだを塗布する図 3 のクリームはんだ印刷機 ProtoPrint S4 (LPKF)、およびクリームはんだを熔融する図 4 の卓上リフローオープン ProtoFlow S (LPKF) で構成される。

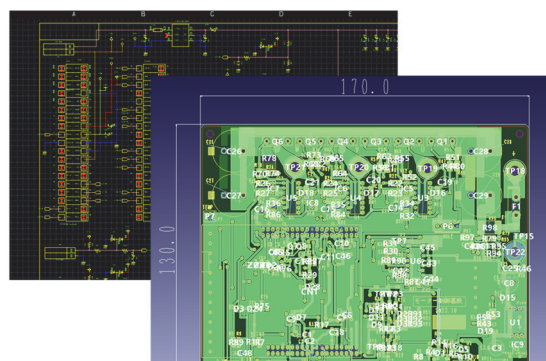


図1 電子回路設計システム

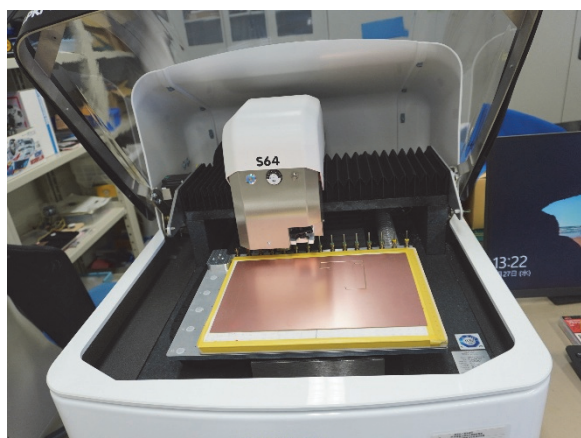


図2 基板加工機 S64



図3 クリームはんだ印刷機 ProtoPrint S4



図4 卓上リフローオープン ProtoFlow S

Ⅲ 実際のリフローはんだ付けの製造工程

表面実装技術は SMT (Surface mount technology) と呼ばれ、リフローはんだ付け工程は①はんだ印刷工程 ②

マウント工程 ③リフロー工程の 3 つに分けられる。各工程での内容を次に示す。また、この実際の実装工程を学べる実習内容を展開した。詳細は次章に示す。

1 はんだ印刷工程

細かい粒子状のはんだとフラックスなどを混ぜ合わせたペースト状のクリームはんだを、専用の印刷装置で基板上のパッドに印刷する。メタルマスクによって不要な箇所にはクリームはんだが印刷されないようにする。

2 マウント工程

マウント工程は、クリームはんだの印刷作業を終えたプリント基板にチップ部品を実装する工程で、マウンターと呼ばれる自動実装機で実装する。

3 リフロー工程

リフロー工程は、マウント工程を終えたプリント基板を加熱し、クリームはんだを溶融させて実装部品をはんだ付けする工程である。専用装置であるリフロー炉を用い、加熱から冷却までの温度および加熱時間を精密かつ自動的に制御する。

Ⅳ 実習での展開

専門課程 2 年生の専攻実技の中に「インターフェース製作実習」があり、センサや周辺機器とのインターフェース回路の設計及び製作実習を展開する。インターフェース用 IC は表面実装部品も多く存在している。令和 5 年度は「組込み機器製作実習」の実習時間を使い、インターフェース製作実習用の基板として組み立て実習を行った。実習では表面実装部品を用いて、指導員が設計し外注で製作したプリント基板と基板加工機で切削したメタルマスクを用いた。学生 31 名は、クリームはんだ印刷機によるはんだ塗布作業と 176 点の表面実装部品の実装作業を行った。リフローオープンによるはんだ付け工程は動画により提示し、火傷等のリスクを考慮して、リフローオープンによるはんだ溶融工程は指導員が行った。学生全員が基板を完成することができた。各工程で実施した内容を次に示す。

1 基板設計

電子回路設計 CAD においては、あらかじめ用意されている表面実装部品の部品ライブラリは限られており、IC などの部品はデータシート上に記載された情報をも

とに、指導員で部品登録を行った。表面実装をする際には、クリームはんだを塗布するための図 5 に示すメタルマスクパターンも必要となる。図 6 および図 7 のデータシート⁽¹⁾を参考にして、電子回路設計 CAD のライブラリに用意されている長方形 $1.0 \times 0.4 \text{ mm}$ のパッドスタックを使用して、メタルマスクは導体と同寸法、レジストは $+0.05 \text{ mm}$ として設計を行なった。データシートに基づいて設計した部品ライブラリ用のフットプリントを図 8 に示す。

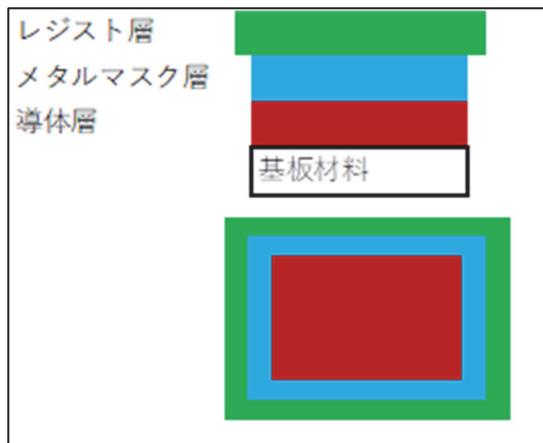


図5 表面実装で必要となる図面層

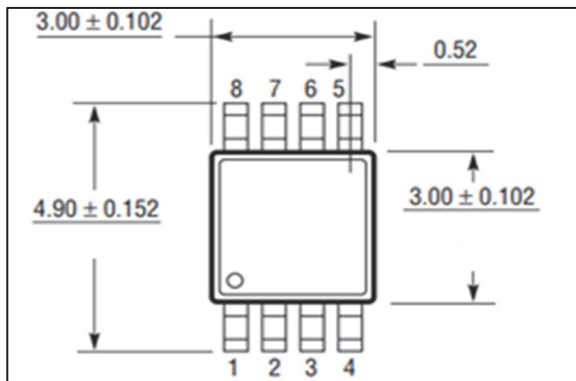


図6 データシートに記載された部品寸法

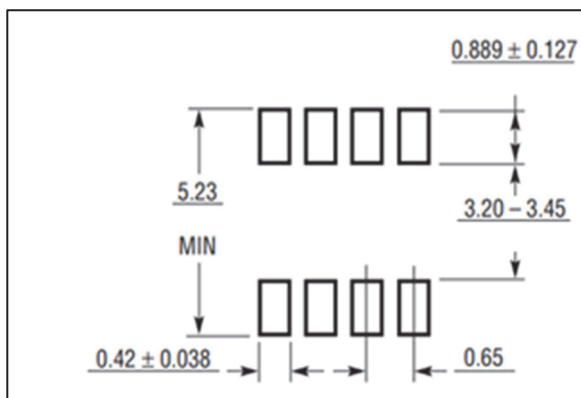


図7 データシートに記載されたフットプリント

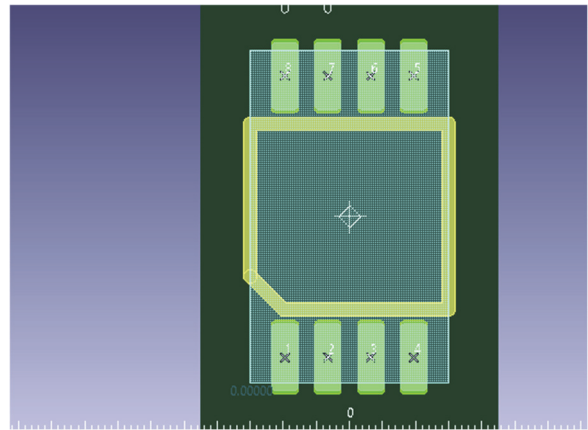


図8 設計したフットプリント

2 メタルマスク製作

クリームはんだを塗布するためのメタルマスクは、企業では外注で製作されたステレンス製のものを使用するが、実習では指導員が基板加工機でポリイミドフィルムに加工した。クリームはんだの塗布量を左右するメタルマスクは一般的に、厚み $100 \mu\text{m}$ が使われているため、同じ厚さのポリイミドフィルムを用いた。

加工時には通常の銅箔厚 $35 \mu\text{m}$ 、板厚 1.6 mm のガラスエポキシ樹脂基板を反転して、銅箔の無い面で平面を確保した。その上に $100 \mu\text{m}$ のポリイミドフィルムを加工時のずれ防止のため、図 9 に示すようにスプレー糊で固定し、銅箔を削るミールリングカッターで削った。

クリームはんだ印刷機は図 10 に示すフィルムの取り付け用のピンがある。このピンに合致するように図 11 に示すはんだ印刷機取り付け用加工データをメタルマスクデータに追加しておく必要がある。図 12 に示すように、ポリイミドフィルムを加工したメタルマスクを、指導員がはんだ印刷機に取り付けた。

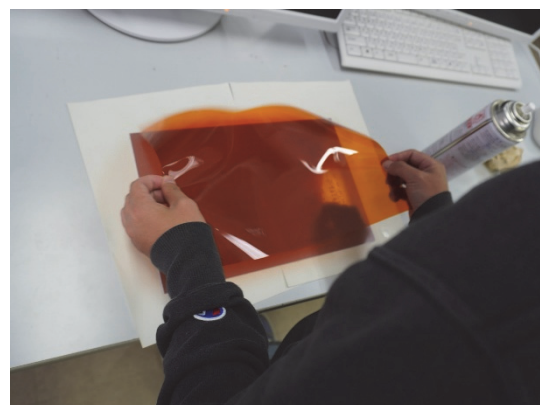


図9 ポリイミドフィルムの貼り付け

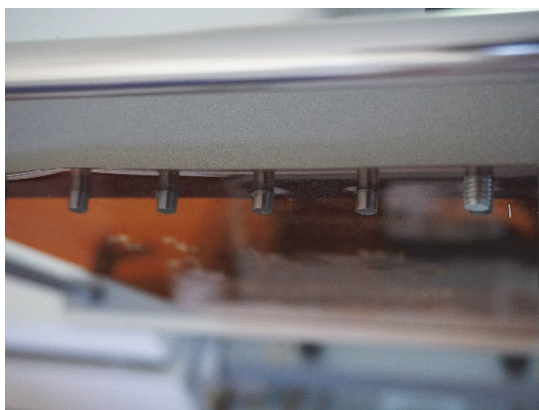


図10 ポリイミドフィルム取り付け用のピン

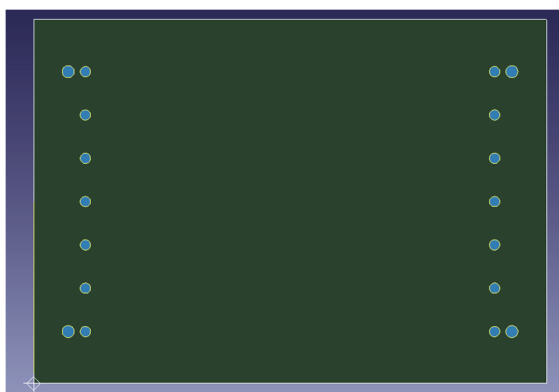


図11 はんだ印刷機取り付け用加工データ

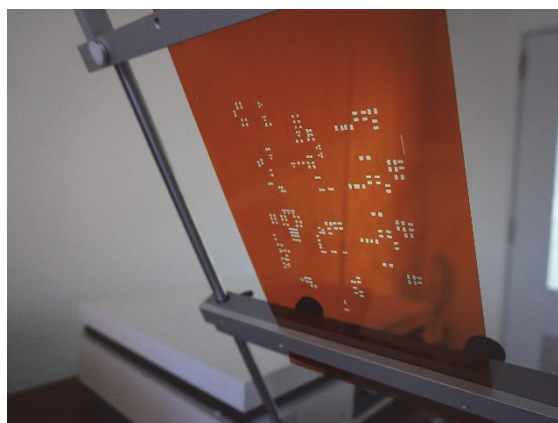


図12 加工したポリイミドフィルムのメタルマスク

3 使用した表面実装部品

使用した主な表面実装部品は図 13 に示すサイズである。確認がしやすいように抵抗は 3.2×1.6 mm、セラミックコンデンサは 2.0×1.25 mm、IC は 0.65 mm ピッチの SSOP (Shrink Small Outline Package) タイプを使用した。

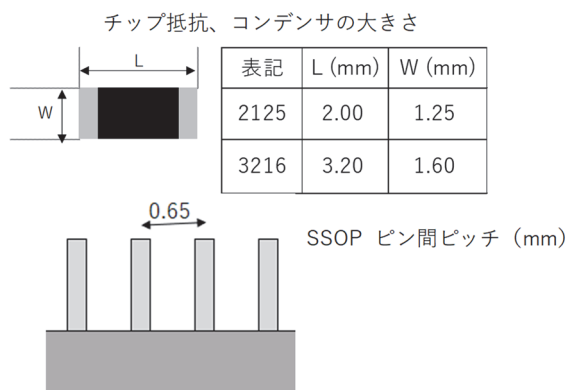


図13 使用した主な表面実装部品のサイズ

4 はんだ印刷工程

図 14 に示す鉛フリークリームはんだは多くの種類があるが、千住金属工業新株式会社の汎用用途「ULT369」⁽²⁾ をメーカー側からの提案で使用した。合金組成としては Sn96.5 % Ag3 % Cu0.5 % とであり溶融温度としては 220°C となる。クリームはんだは冷蔵庫で、 10°C 以下で保管する必要がある。

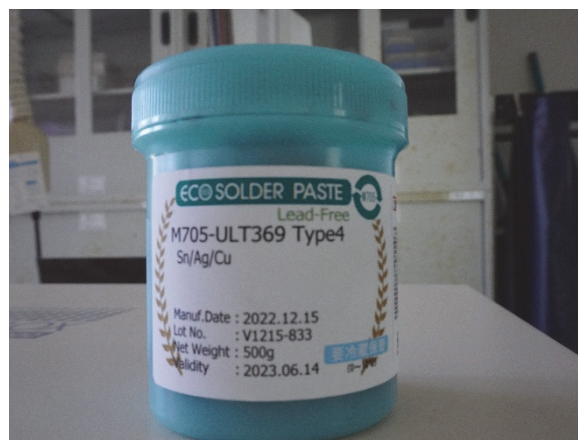


図14 使用したクリームはんだ

クリームはんだ印刷機 ProtoPrint S4 は製作したメタルマスクと基板上のパッドの位置決めの微調整機能があり、図 15 に示すように正確に位置合わせが可能である。図 16 に示すように学生の方でクリームはんだ印刷機のメタルマスクの上から、はんだを塗布してゴムへらで伸ばした。

5 部品実装(マウント工程)

表面実装部品の実装は、チップマウンターの代わりに学生がピンセットを用いて手作業で部品を置いた。部品点数が多くなると、既に実装済みの部品に接触してしま

い、部品がずれる場合があるため、部品が密集している場所は、片側のみをはんだこてで固定するよう学生に指示した。図 17 に実習の実装風景を示す。

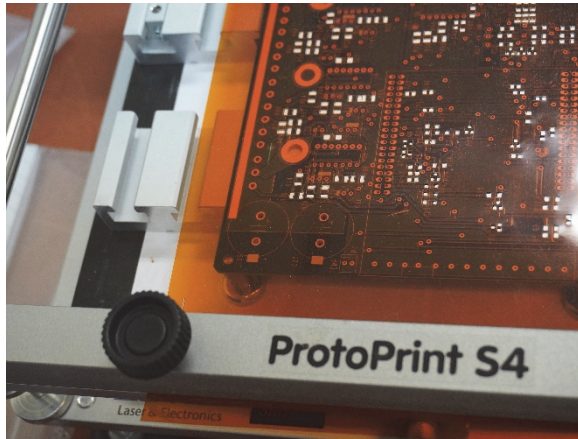


図15 メタルマスクと基板との位置合わせ

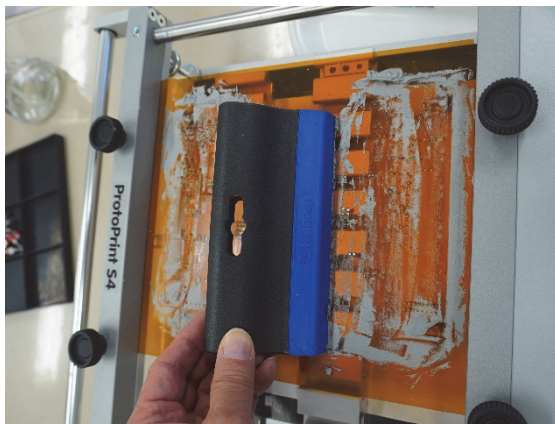


図16 クリームはんだの塗布

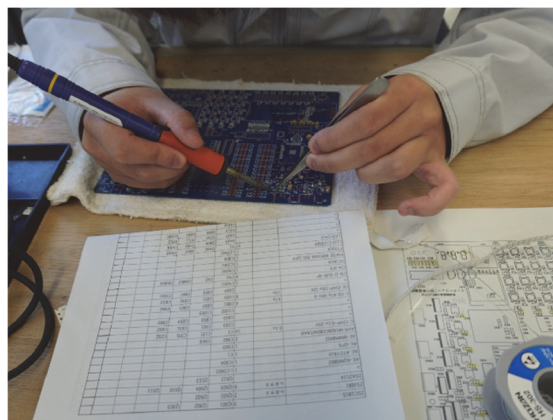


図17 部品実装の様子

6 リフロー工程

図 18 に表面実装部品メーカーが提供するはんだ付

け条件資料からの抜粋による推奨温度条件⁽³⁾を示す。この条件に基づき、リフローオープン⁽⁴⁾の予備加熱およびリフロー工程の設定温度と時間は、内部温度を測定しながら試行錯誤を重ねて決定した。最終的に決定した温度プロファイルを表 1 に示す。図 19 に示す基板に熱電対を貼り付けて測定した実際の温度プロファイルは、図 18 のメーカーの推奨温度条件どおりであることが確認できた。

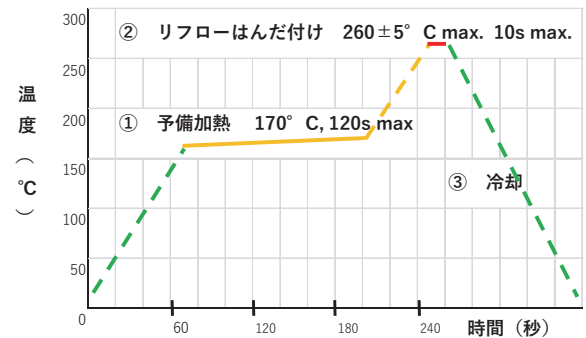


図18 リフローの温度条件例

表1 設定した温度プロファイル

| プロセス | 温度 | 時間 |
|--------|-----------------|-------|
| ① 予備加熱 | 170 °C | 180 秒 |
| ② リフロー | 170 °C ⇒ 260 °C | 120 秒 |
| ③ 冷却 | | 60 秒 |

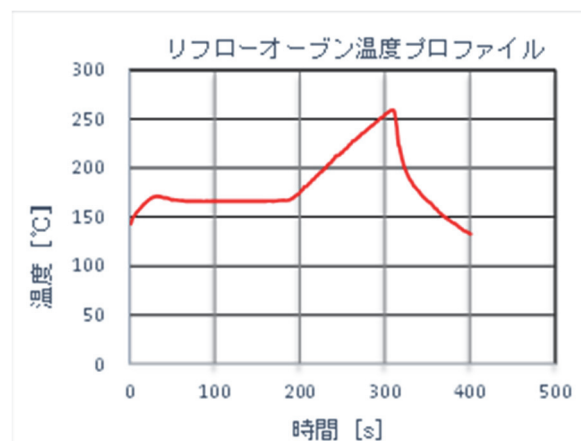


図19 測定したリフローオープンの内部温度

リフローオープン⁽⁴⁾は図 20 に示すように下側に冷却ファン、内部上部にヒーターが装備されており単相 200 V で動作する。リフローオープンで加熱後の製作した基板を図 21 に示す。0.65 mm ピッチの IC 部品もほぼ正確にはんだ付けができた。しかし、クリームはんだの塗布の

むらにより、IC のピン間のブリッジ、はんだボールやはんだ不足のある基板も確認された。これらリフローはんだ付け特有の不具合についても、学生に認識させ修理方法についても理解させた。



図20 リフローオーブンの内部

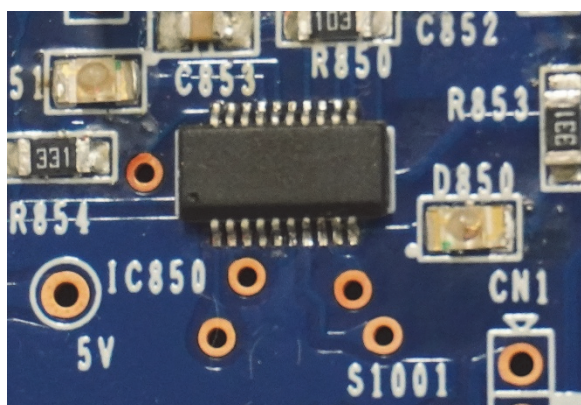


図21 部品実装した基板

V 学生へのアンケート

表面実装部品の実装実習の後に以下のアンケートを実施した。

設問1：表面実装工程について理解できたか

設問2：表面実装作業は上達したか

設問3：表面実装作業の方が短時間で作業できるか

アンケート結果を図22に示す。慣れない作業のため時間がかかった学生もいたが、概ねの学生が表面実装部品の作業工程について理解し、作業方法についても一定の技能を習得していたことが確認された。

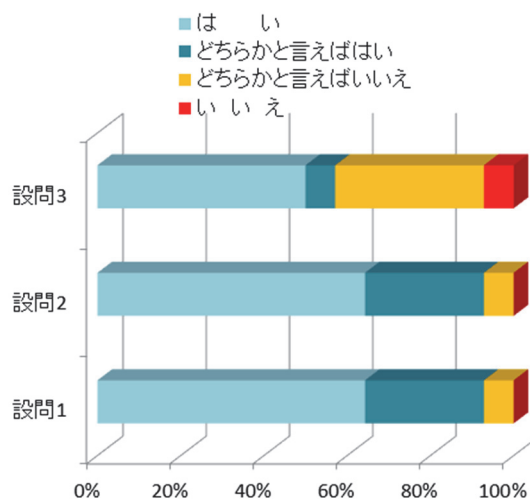


図22 アンケート結果

VI おわりに

表面実装の部品点数が176点と非常に多かったが、31名の学生全員が実装作業を完成させることができた。はんだ不足やはんだボール、ICでの隣同士のピンのショートなどの不具合もあったが、表面実装特有の問題についても認識させ、その修理方法も理解させることができた。今後は専門課程1年生の専攻実技「電子回路製作実習」において表面実装部品の部品登録も行い、実際にマウンターを用いて電子部品を表面実装してる現場やリフロー工程を工場見学させるなど、より実践的な授業展開を行っていく予定である。

【参考文献】

- (1) リニアテクノロジー株式会社、LTC6012 データシート (Rev E)、pp16。
- (2) 千住金属工業 はんだ付け材料総合カタログ、pp3。
https://www.senju.com/ja/download/pdf/2024_SMIC_SOLDER_catalogue_JP_992K_1.pdf。
- (3) ローム株式会社、半田付条件資料。
https://fscdn.rohm.com/en/techdata_basic/diode/soldering_g_condition/Soldering_PMDS-j.pdf。

図書館企画展の成果とその要因の考察

—職業能力開発総合大学校図書館の実践から—

職業能力開発総合大学校 村越 貞之

職業能力開発総合大学校 廣木 菜穂美

Reflection on the results of library exhibitions and their factors

～ From the Practice of the library of The Polytechnic University of Japan ～

MURAKOSHI Sadayuki, HIROKI Naomi

要約

職業能力開発総合大学校図書館では、学生の興味・関心を喚起して学習や研究に向かわせること、地域住民に生涯学習の機会を提供すること、を目的に 2022 年度（第 1 回）から図書館企画展を開催している。2023 年度（第 2 回）図書館企画展では、新聞報道の効果から想定範囲を超える地域から見学者が来館され、これまでで最多の見学者数を記録した。本稿では、企画展の意義の再認識や、効果的な企画展の実践に役立てることを目的に、累計 545 人の見学者を記録した 2023 年度（第 2 回）企画展を特に取り上げ、同企画展の実践を振り返り、同企画展の成果とその成果をもたらした要因を考察した。その結果、同企画展が、①地域への貢献と学生の教育への寄与、②図書館機能の向上という成果に加えて、貴重な資料の寄贈（収集・保存）へとつながる③人的ネットワークの構築という、併せて 3 つの成果を挙げたことが整理できた。そして、それらの成果は、①新聞報道、②図書館員と見学者のコミュニケーション、③図書館の主体的、能動的サービスの実践、という 3 つの要因によってもたらされたことが明らかになった。

I はじめに

職業能力開発総合大学校図書館（以下「PTU 図書館」という）では、2022 年度（第 1 回）から図書館企画展を開催している（表 1）。図書館企画展とは、テーマに関する資料を自館や連携する機関等から収集・整理して展示物にまとめ、図書館の一角に一定期間展示する方法で学習機会を提供するものである。

大学図書館における学習支援機能は高度情報社会の

進展と相俟って、高等教育における質保証や、アクティブ・ラーニング促進の動きの中で注目されている⁽¹⁾。

特に、米澤は、本稿のテーマである図書館企画展の意義について、次の 5 点を挙げている⁽²⁾。

- (1) 学生の興味・関心を喚起し、知識欲をかきたてる。
- (2) 展示から啓発された学生を学習に向かわせる。
- (3) 図書館の役割を理解させ、資料の利用を促進する。
- (4) 地域住民の生涯学習の機会にもなる。
- (5) 図書館内の活性化、館員の企画力の育成の場になる。

表 1 PTU 図書館企画展開催一覧表

2025. 4. 30 現在

| 年度 | 回 | テーマ | タイトル | 開催期間 |
|------|-----|-----------|--|-----------------------|
| 2022 | 第1回 | 玉川上水 | 玉川上水の整備にみる歴史と技術 | 2022年11月19日～12月2日 |
| 2023 | 第2回 | 電気自動車 | 図書館資料から紐解く我が国電気自動車開発の歴史 1940年代日本の電気自動車開発、それは「たま」から始まった 忽然と街頭から姿を消す電気自動車、一体何があったのか？ 環境問題やSDGsで、再び脚光を浴びる電気自動車 | 2023年7月23日～9月15日 |
| | 第1部 | | | 2023年11月11日～12月15日 |
| | 第2部 | | | 2024年2月19日～3月24日 |
| 2024 | 第3回 | 武蔵野の環境と文化 | 崖（ハケ）と湧水が創った武蔵野の文化 —鈴木遺跡、うどん、そして湧水発電— | 2024年7月28日～9月13日 |
| 2024 | 第4回 | 戦後の自動車産業 | 2人の航空機技術者が創ったクルマ —高度経済成長を支えた自動車産業の一端を探る— | 2024年11月9日～12月13日 |
| 2025 | 第5回 | 西武線「小川駅」 | 西武線「小川駅」今昔物語（仮題） | 2025年11月8日～12月12日（予定） |

また、先行研究から図書館企画展の取組みを調査してみると、小林によれば、島根大学附属図書館では2014年度から毎年「戦争と平和を考える」というテーマで企画展を開催している。2017年度は地域の戦争体験記を公共図書館等の協力を得て収集し、「本を手に取り読んでもらう」ことをメインにした構成で、広く一般市民にも開放して平和教育の機会を提供した。

小林はアンケート結果の分析から、見学者の半数は学外の市民であったこと、ロコミで見学に来る人が多いことが判明し、手記、手帳、寄せ書きなど実物が印象に残ったとの感想があったことを挙げている。また、実物展示を増やすこと、ゆっくり読める工夫が今後の課題であると言う⁽³⁾。

さらに、鯨井は、国立音楽大学附属図書館の企画展を、ゼミの研究成果発表の場に活用している。学生が図書館員と企画展のテーマ、内容を調整して、展示スペースの制約を考慮しつつゼミでの研究成果を整理し、展示物にまとめて発表した。学生には、研究成果を展示物にまとめる作業を通じてより理解を深めるという効果が期待できる。

一方、反省点や課題として、視覚に寄り添う資料作り（文字の大きさや字体の工夫など）、スケジュール管理（インタビュー調査と展示物作成・確認の時間的余裕がない）、学生間の研究テーマに関する共通認識の維持（各展示物の統一性の確保）、の3点が学生から挙げたと言う⁽⁴⁾。

このように、図書館企画展の実践をそれぞれに積み上げその成果や課題を報告・共有することは、企画展の意義を再認識させるとともに、企画展の効果的な実践に役立てられるのではなかろうか。本稿では、特に大きな成果を挙げた第2回PTU図書館企画展の実践を振り返り、その成果と成果をもたらした要因を考察するとともに、今後の展望と課題についても報告する。

II 第2回PTU図書館企画展の概要

ここでは、2023年度に開催した第2回PTU図書館企画展の概要を紹介する。

1 図書館企画展開催の背景

PTU図書館では、職業訓練指導員や生産現場の指導者には科学・技術の方向性に対する正しい認識と地域貢献意識が欠かせないという問題意識とともに、地域住民に生涯学習の場を提供して社会貢献の役割を果たす意図から、「日本人の科学的思考力、科学的な知識、



図1「たま電気自動車セダン」
写真出典：日産自動車(株)

創造力の高さを、多摩地方の文化財を通じて知る」というコンセプトの下、2022年度から図書館企画展を毎年継続して開催している。

第2回企画展で「たま電気自動車」(図1)を取り上げるようになったきっかけは、構想中の2023年2月、九州産業大学図書館から届いた『自動車技術會報』第2巻第4号(1949)などの文献複写依頼であった。内容に興味を持った筆者らが資料を読むと、日本の高性能電気自動車の開発は1940年代に始まり、「日本政府（商工省、現在の経済産業省）は電気自動車を普及させ物流網の再生を構想していた」、日本の自動車保有台数10万台時代の1949年当時、「5年間で電気自動車を35,400台製造する計画が策定されていた」など数々の驚くべき事実が確認できた。筆者らの驚きと興奮を多くの方々に伝えたいと思ったことが端緒であった。

2 第2回企画展の構成

第2回企画展は、3部構成で次のとおり開催した。

第1部(2023年7月23日～9月15日開催)のタイトルは「1940年代 日本の電気自動車開発、それは『たま』から始まった」とし、高い技術力と技能を有する東京電気自動車(のちのプリンス自動車工業)の技術者が、戦後の混乱期に高性能電気自動車を開発していた事実を紹介した。

第2部(2023年11月11日～12月15日開催)のタイトルは「忽然と街頭から姿を消す電気自動車、一体何があったのか?」とし、高性能電気自動車が10年ほどの期間で街頭から消えてしまった理由を探った。

第3部(2024年2月19日～3月24日開催)のタイトルは「環境問題やSDGsで、再び脚光を浴びる電気自動車」とし、第1部・第2部の振り返りと、まとめの意味を込めて技術の継承、技能の伝承の重要性を伝えることとした。

3 展示内容

第2回企画展の主な展示内容は次のとおりである。

(1) 展示パネル

展示パネルは収集資料を1つ1つ紐解きながら、①第2次世界大戦後の混乱期に電気自動車が製造されていた事実、また、②なぜ高性能電気自動車が10年ほどの期間で街頭から消えてしまったのか、そして、③今また電気自動車が注目されている中、紹介した事実から何を読み解くことができるのか、の3点をわかりやすく伝えることに工夫を凝らした。

(2) 現物資料やYouTube動画

見学者の興味・関心を喚起するとともに、現実感や迫真感（リアリティ）を伝えるため、PTU図書館が所蔵する資料や、YouTube動画を活用した。

- ①宮田應義：「我国の電気自動車とその将来性」、『自動車技術会報』第2巻 第4号，pp. 44-45, (1949).
- ②通商産業省通商機械局車両部自動車課：「自動車生産計画について〔昭和26年度〕」、『自動車技術』，第5巻，第2号，pp. 58-59, (1951).
- ③日産自動車：「たま電気自動車再生ヒストリー」，<https://www.youtube.com/watch?v=7lgWym4DNsk>

(3) 複写資料

「たま電気自動車」に関する学術論文、インタビュー記事を関連資料として展示した。

- ①石川和男：「忘れ去られた電気自動車の時代ーわが国における第二次世界大戦前後の電気自動車環境ー」、『専修商学論集』，第111号，pp. 1-22, (2020).
- ②田中次郎：「キ74から『たま』電気自動車、歴代プリンス車の開発」、『自動車技術を築いたリーディングエンジニア』，自動車技術会，pp. 301-320, (1996).

Ⅲ 第2回PTU図書館企画展における実践

ここでは、新聞報道後の反響と報道後の図書館の対応、貴重な資料の寄贈に至る経過など、第2回企画展実践の歩みを詳述する。

1 新聞報道を契機とした反響

第2回企画展第1部開催6日目、東京新聞（76年前開発電気自動車「たま」に学ぶ，2023.7.28(金)，朝刊，p.18.）に、企画展開催の記事が掲載された。記事掲載日以降複数の電話の問い合わせや多数の見学者が来館されたが、次のような出来事があった。

2023年8月15日(火)、新聞記事を読まれて府中市から来館されたご夫婦がいた。「たま電気自動車」に興味を持った2人は、府中市図書館や博物館を訪ね、調

べた。しかし、「たま」が製造されていた場所を知ることではできなかったと言う。たま電気自動車が製造されていた場所を確認するため、PTU図書館に来館されたのである。

さらに、第1部の開催も折り返しを迎えた8月16日(水)の朝日新聞（戦後EV開発先頭に「たま」がいた，朝刊，p.17.）に、2度目の記事が載った。朝日新聞の効果は更に大きく、東京都世田谷区、足立区、千葉県我孫子市、柏市という想定範囲を越える地域からの見学者や、「新聞を見た」と言って来館される見学者が確かに増加した。第1回企画展では近隣住民を主に153人の見学者であったが、第2回企画展では累計545人に上った。第1回と第2回の見学者数を比較すると、392人の増加となった。

そして、朝日新聞掲載後には次の出来事が起きた。2023年9月6日(水)午後、朝日の記事で企画展開催を知った世田谷区在住の男性が来館された。

男性は、プリンス自動車関係者で作る「プリンス懇話会」の幹事で、プリンス自動車の歴史を個人で調べ、資料にまとめられている。当日は、「たま電気自動車」の整備を担当していた男性を同伴しての見学であった。この男性との交流は現在も継続中で、後に貴重な資料の寄贈などにつながることになる。

2 反響を受けた図書館の対応

ここでは、特に前記1の2つの出来事へのPTU図書館の対応について記述する。

(1) 府中市からの見学者への対応

8月15日見学当日、「たま電気自動車」の製造場所は、「北多摩郡府中町(当時)の立川飛行機関連会社の工場」という情報を把握しているのみで、製造場所の特定はできていなかった。見学者からの質問に回答できる情報はなく、レファレンスサービスは「後日回答」と未解決にせざるを得なかった。

(2) 世田谷区からの見学者への対応

男性は9月6日の午後1時頃来館された。PTU図書館所蔵の『自動車技術会報』第2巻第4号(1949)などの現物資料に強い興味を示し、見学時間は2時間以上となった。

展示資料に関する質問・応答、男性が収集された資料の説明、男性と図書館員双方の会話が弾む中、「たま電気自動車の製造場所」の話題になり、男性が約2年間かけて収集した資料から現在の「府中市晴海町2丁目、JR武蔵野線北府中駅近くの北府中公園の一角」にあったことが判明した。男性の資料提供によって、府中市からの見学者の「質問」に対する「回答」を得ることができた。

のである。

3 貴重な資料の寄贈

1 人の男性の企画展見学から始まった関係は、さらに新たな方向に進展する。「プリンス懇話会」というプリンス自動車 OB のネットワークに乗って、国分寺市在住の男性、世田谷区在住の女性などへと関係が広がっていく。女性は、日産プリンス自動車販売が発行していた雑誌「PRINCE」(図 2)の編集長だった。自宅には自身が編集したものを含む、1973 年～1990 年の 18 年間分の同誌が保管(合計 189 冊)されていた。

「PRINCE」は、既納車管理(ユーザーとのコミュニケーション維持など)のために発行された雑誌で、先代のプリンス自動車販売から数えて通巻 506 号にのぼる。同誌にはスカイラインなどの自動車情報、フェア開催告知と招待状と、それだけでなく、作家遠藤周作氏の様々なジャンルの著名人との対談コーナーや、人気のスポーツ、話題のファッション紹介コーナーもある。毎月 70 万部(ピーク時は 120 万部)発行されたという。雑誌における告知ページを利用した、記念品の配布やオリジナルファッションの販売という文化を創ったとされている。たとえば、「幸福の木」、「ケンとメリーの T シャツ」などが一世を風靡した⁵⁾。自動車に限らず、当時の生活、文化、世相、流行を知ることができる一大資料である。

女性は、自身が所蔵する資料を託せる機関を長年探しており、懇話会の仲間にも相談していた。企画展を見学した男性らは、女性に PTU 図書館を訪問することを勧めてくれていたのである。

企画展第 2 部開催中の 2023 年 12 月 6 日(水)、女性は PTU 図書館を訪問された。企画展と図書館の様子を見学しながら、所蔵資料や寄贈の思いなどを話してくれた。その後、女性から自宅に保管中の「PRINCE」全冊寄贈の申し出をいただいたのである。

なお、同誌寄贈の経緯とともに当日の様子は、朝日

新聞(「たま」がつかないだ縁 車雑誌寄贈, 2023. 12. 12, 朝刊, p. 20.)に詳報されている。

IV 第 2 回 PTU 図書館企画展の成果

ここでは、見学者へのアンケート調査や、見学者との会話メモ、新聞取材時の資料などに基づき、第 2 回企画展の成果を整理する。

1 地域への貢献と学生の教育への寄与

第 2 回企画展の成果の第 1 点目は、地域への貢献と学生の教育への寄与である。

第 2 回企画展の開催日数は延べ 91 日間、見学者数は累計 545 人であった。第 1 回と比較すると 392 人の増加となった。

また、見学者 545 人のうち、168 人からアンケートの回答(回答率 31%)を得た。回答者の 73%(123 人)は一般市民、総合課程学生は 16%(26 人)、教職員等は 11%(19 人)となっている。アンケート調査から推計すれば学外からの見学者は 398 人となり、第 2 回企画展では約 400 人の市民の方々に生涯学習の機会を提供できたことになる。これは地域における生涯学習への大きな貢献といえよう。

さらに、企画展の評価を調べてみると、97%(163 人)が「とても面白かった」・「面白かった」と回答している。見学者からは、企画展について高い評価と満足感を得ていることが見て取れる。

一方、学生への教育では、機械専攻教員からの申し出を受けて、企画展第 1 部と第 3 部開催中にそれぞれ 1 回、機械専攻 1 年生 21 名を対象にした特別見学会や、一般教育科目「地域研究」(1 年生 88 名対象)では、2023 年 9 月 8 日(金)1 時限目、3 号館 1 階大教室で企画展を題材に資料の収集方法、資料のまとめ方、参考文献の表記方法などの講義、を図書館員が担当した。

PTU 図書館では学生に多様な学びの機会を提供するため、教員との連携・協働とともに、図書館として学生への学習支援に第 2 回企画展開催(2023 年度)以降積極的に取り組んでいる。これらの取り組みの結果、企画展に他大学の友人を連れて来る、次年度の企画展の内容を確認に来る、図書館ガイダンス(資料検索)を自ら進んで受講する、という能動的な学習行動が確認されている。

2 図書館機能の向上

第 2 回企画展の成果の第 2 点目は、図書館機能の向



図 2 雑誌『PRINCE』(2024.8.29 撮影)

上をもたらしたことである。

図書館の主な機能は、①利用者の求めに応じて資料を提供する、そのために、②資料を予め取り出し易いように収集・整理・保存する、そして利用者の学習支援や資料の利用を図るために、③レファレンスサービス（利用者の質問を受け付け・回答する）、という3点である。

第2回企画展開催中に、1人の見学者が収集した資料によってたま電気自動車が発造されていた場所（製造工場）を特定できた。これによって、PTU 図書館の「たま電気自動車」に関する資料（地域資料）の収集・保存という機能（前記②）、レファレンスサービスの機能（前記③）、の2つが向上したのである。

さらに、雑誌『PRINCE』189冊（1973年1月号～1990年7月号）が寄贈された意義は、日産自動車との合併で1966年に消えたプリンス自動車工業と同自動車販売、日産自動車販売との統合で1986年に消えた日産プリンス自動車販売にゆかりの資料が収集・保存できたことにある。既に存在しない一時代を築いた企業の歴史を残す、企業の消滅とともに散逸する恐れの高い資料を収集・保存するという役割は、図書館として今後益々重要になるであろう。今回PTU 図書館がその役割を果たしたことは、誇るべき大成果と評価できよう。

3 人的ネットワークの構築

第2回企画展の成果の第3点目は、貴重な資料の収集・保存へとつながる人的ネットワークの構築である。

1人の見学者との関係は、その後プリンス自動車工業、プリンス自動車販売ゆかりの方々とのネットワークへと発展し、日産プリンス自動車販売が発行していた雑誌『PRINCE』通巻506号のうち、1973年1月号～1990年7月号189冊（P34、図2）の寄贈につながった。

そして、このネットワークは、関係者の努力によって進化（深化）・拡大している。たとえば、2025年4月12日（土）プリンス懇話会主催のOB会で、PTU 図書館企画展や雑誌『PRINCE』寄贈の紹介、PTU 図書館への資料寄贈の勧奨が懇話会幹事から行われた。

同会幹事からは、「まだまだ寄贈する資料が出て来る」との情報を得ている。

V 成果をもたらした要因

ここでは、前記IVで整理した第2回企画展の3点の成果をもたらした要因について考察する。

1 新聞報道

第2回企画展の成果をもたらした要因の第1点目は、企画展開催期間中3度の新聞報道である。

①東京新聞（76年前開発電気自動車「たま」に学ぶ、2023.7.28、朝刊、p.18.）、②朝日新聞（戦後EV開発先頭に「たま」がいた、2023.8.16、朝刊、p.17.）、③朝日新聞（「たま」がつないだ縁 車雑誌寄贈、2023.12.12、朝刊、p.20.）、これらの新聞報道は第2回企画展を広く周知することになり、想定範囲を越える地域から多数の見学者が来館されることになった。

また、報道後の問い合わせの増加、「新聞を読んだ」という見学者の反応などを見れば、新聞報道によりPTU 図書館の地域における存在感は一層大きく、重厚になったことは間違いないであろう。

2 図書館員と見学者のコミュニケーション

第2回企画展の成果をもたらした要因の第2点目は、図書館員と見学者の間に成立した有意義なコミュニケーション（相互理解）である。

ある見学者が投稿したSNSには、「デニムのエプロンをつけた司書さんががっちり親切に説明してくれるので楽しい」との記述が確認できる。また、別の見学者のアンケートの自由記述には、丁寧な説明に感謝するコメントが確認できる。これらは、図書館員と見学者の間に相互理解が成立した証と考えられよう。

第2回企画展において、見学者の声に耳を傾け、しっかりと向き合い、質問に的確に応える図書館員の姿勢が見学者の共感を呼び、図書館員と見学者の間に有意義なコミュニケーションが成立した構図が見えてくる。図書館員と見学者の間に信頼関係が築かれた結果、満足感の高い企画展という評価や貴重な資料の収集・保存につながったと言えよう⁶⁾。

3 図書館の主体的、能動的サービスの実践

第2回企画展の成果をもたらした要因の第3点目は、PTU 図書館として主体的、能動的サービスの実践を常に心がけていることである。

図書館は、従来利用者の求めに応じて資料を提供するという受動的な役割を担ってきた。第2回企画展の題材を「たま電気自動車」としたきっかけは、九州産業大学図書館の文献複写依頼であった。従来であれば、複写資料を依頼館に送付して業務完了となる。しかし、今回は、図書館員が依頼の意図に関心を持ち調査した。その結果、PTU 図書館が「1940年代の電気自動車の時

代」を示す資料を所蔵していることが確認され、これが企画展開催へと繋がったのである。

また、府中市からの見学者の来館当日には、たま電気自動車の製造場所に関する質問に回答できなかった。それでもなお、図書館員は関連資料の調査（資料収集）を継続しながら、企画展（情報発信）を続けた。その結果、世田谷区からの見学者が企画展を知るところとなり、製造場所に関する資料を PTU 図書館が収集できたのである。この事実は、図書館員が主体的、能動的に図書館サービスを提供した結果、見知らぬ府中と世田谷の見学者を「たま電気自動車」を介して繋いだ証左と理解できよう。今回の成果は、PTU 図書館が常に主体的、能動的に図書館サービスを実践していることの成果であると言って間違いないであろう。

VI おわりに

本稿の目的は、第 2 回 PTU 図書館企画展における実践を振り返り、その成果と成果をもたらした要因を考察するとともに、今後の PTU 図書館の展望と課題についても報告することであった。

考察の結果を端的に整理すれば、IVにおいて第 2 回企画展の成果を、①地域への貢献と学生の教育への寄与、②図書館機能の向上、③人的ネットワークの構築、の 3 点に整理した。さらに、Vにおいて 3 点の成果は、①新聞報道、②図書館員と見学者のコミュニケーション、③図書館の主体的、能動的サービスの実践、という 3 つの要因がもたらしたことを明らかにした。

以上のように、第 2 回企画展に 3 点の大きな成果をもたらした 3 つの要因を明らかにしたことは、大学図書館の学習支援機能が注目される現代にあって、企画展を成功裏に導く 1 つの方法を示したという意義が認められよう。特に、PTU 図書館の事例を報告・共有することにより、職業能力開発大学校や職業能力開発短期大学校の図書室（資料室）にとっての好事例になるという意味でも大きな意義を持つと考えられよう。

終わりに、主体的、能動的な学習支援が求められる時代を切り拓くことを目指す PTU 図書館の展望と課題について述べる。

第 1 に、図書館企画展の継続と発展について、その展望を述べる。第 2 回企画展の実践で培った成果を大切に活かしながら PTU 図書館企画展の継続・充実を図り、図書館併設の多目的学習室をサロン（サイエンスカフェ）化して発表会、勉強会を開催するなど、学生・教職員と地域住民の方々との交流（生涯学習）の拠点

になるよう取組みたい。少子化の影響から、大学・高等学校を取り巻く環境は一層厳しさを増すことは間違いない。サイエンスコミュニケーションの動向を鑑みると、多目的学習室のサロン化は学校の存在感向上に資すると思われる。

第 2 に、学生の教育への寄与について、その展望と課題を述べる。2023 年度から取組んでいる一般教育科目「地域研究」でのリサーチスキル、ライティングスキルの向上を目指した授業の実施など教員との連携、PTU 図書館員による授業支援の継続と機会の拡大に取組みたい。多様な学習機会の確保は学生の興味・関心を喚起し、その結果、学生に深い学びをもたらすことになるであろう。学生の主体的な学びの促進、学習の質保証の観点からも授業支援の継続と機会の拡大は重要な取組みであると考えられる。そのためにも、PTU 図書館として「常に主体的、能動的に奉仕する姿勢」を保持し続けることが課題になると考える。

【参考文献】

- (1) 岩崎千晶、川面きよ、遠海友紀、佐藤栄晃、村上正行：「日本の 4 年制大学におけるラーニングコモンズの学習支援に関する悉皆調査」、『日本教育工学会研究報告集』、第 19 巻第 1 号、2019、pp. 435-438。
- (2) 米澤誠：「広報としての図書館展示の意義と効果的な実践方法」、『情報の科学と技術』、第 55 巻第 7 号、2005、pp. 305-309。
- (3) 小林奈緒子：「2017 年度島根大学附属図書館企画展示「戦争と平和を考える 2017-記録された戦争体験-」実施報告」、『湊雲：島根大学附属図書館報』、第 20 号、2018、pp. 51-66。
- (4) 鯨井正子：「2019 年度音楽教育研究ゼミの活動-国立音楽大学附属図書館企画展示「N コン課題曲のこの 10 年」の記録-」、『研究紀要』、第 55 巻、2021、pp. 183-188。
- (5) 宇佐美達夫、細越高敏：「PR 誌「プリンス」物語、『プリンスの思い出』、1991、pp. 207-212。
- (6) 村越貞之、廣木菜穂美：「図書館員と見学者のコミュニケーションがもたらしたもの～2023 年度(第 2 回)職業能力開発総合大学校図書館企画展の実践から～」、『日本図書館情報学会研究大会発表論文集』、第 72 回、2024、pp. 61-62。
- (7) 村越貞之、廣木菜穂美：「職業能力開発総合大学校の社会貢献-PTU 図書館における実践から-」、『技能と技術』、第 2 号/2024、2024、pp. 23-28。

離職者訓練における BIM を活用した 建築ビジュアライゼーションの実践報告

—CAD と BIM における理解度向上に関する受講生の意識調査—

長野職業能力開発促進センター 廣瀬 拓哉

Report on Architectural Visualization Utilizing BIM in Vocational Training

～ A Survey on Comprehension of Students for CAD and BIM ～

HIROSE Takuya

要約

建築業界に BIM の導入が進められるなか、職業能力開発促進センターでの離職者訓練においても、BIM の訓練が広がり始めている。長野職業能力開発促進センターの住環境計画科（募集科名：建築 CAD デザイン科）では、近年 BIM の活用方法として注目されている「建築ビジュアライゼーション」に焦点をあてた訓練を実施した。本稿では BIM の活用状況を調査し、BIM の課題である活用方法までを実践した離職者訓練の報告を行う。また、受講生を対象としたアンケート調査から、CAD と BIM における建築設計の理解度向上に関する効果と課題について考察した。

I はじめに

BIM の導入が建築業界で進められている。BIM とは Building Information Modeling の略称で、「コンピュータ上に作成した主に 3 次元の形状情報に加え、室等の名称・面積、材料・部材の仕様・性能、仕上げ等、建築物の属性情報を併せ持つ建物情報モデルを構築するシステム」と定義されており⁽¹⁾、建築業界の生産性の向上にも期待されている。

高齢・障害・求職者雇用支援機構が実施する職業能力開発促進センター（以下、「ポリテクセンター」という。）での離職者訓練は、令和 3 年度より建築分野の訓練科において BIM のサブシステムが整備されるなど、BIM の訓練が広がり始めている。様々な BIM の使い方があるなかで、離職者訓練の多くは、BIM の基本操作にあたる 3D モデルの作成が中心の内容である。一方で BIM は、3D モデルの作成にとどまらず、3D モデル

を様々な目的に活用できることが大きなメリットである。そのため、BIM の効果的な使い方を知るうえでは、BIM の活用方法までに及んだ訓練を実施することが求められる。しかしながら、BIM は建築に関する様々な知識を理解していないと活用へのハードルが高い。初学者が大半で、6 か月という短い訓練期間でシステム・ユニット訓練を実施するポリテクセンターでは、活用方法までを訓練内容に取り入れることが困難な状況である。

このような状況下において、長野職業能力開発促進センター（以下、「当センター」という。）の住環境計画科（以下、「建築 CAD デザイン科」という。）では、BIM を活用した建築ビジュアライゼーションに焦点をあてた訓練を実施した⁽²⁾。本稿では、BIM を活用して受講生の理解度とプレゼンテーション能力向上を図る目的で実施した離職者訓練の報告を行う。

II BIM の現状と活用方法

1 既往の調査結果

国土交通省と長野県は、それぞれ BIM の活用状況について、同様の設問のアンケートをしてまとめたものを報告している⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。このアンケートでは、BIM を導入した企業を対象に「BIM による効果・メリットが得られた場面」についての問が設けられている。その回答としては、「3D での可視化によるコミュニケーションや理解度の改善」が最も多い。

BIM を活用することは効果的な面があるものの、導入するうえでの課題も多く、BIM の普及が進まない現状がある。先に挙げた調査結果⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾では、BIM を導入していない企業を対象に「導入に至らない理由」についての問が設けられている。その回答としては、「CAD で問題なく業務を行えるため」が最も多い。

2 BIM の課題

BIM は 3D モデルの作成をしながら、図面作成も同時に行う事ができる。本来の BIM の考え方は、3D モデルを作成しながら 2 次元図面を作成して設計していくものである。しかしながら、現状の BIM の使われ方は、CAD ですでに作成された 2 次元図面をもとに、BIM を使用して 3D モデルを設計することが多い。また、2 次元図面ありきで 3D モデルを作成して設計する BIM の使い方では、3DCAD や CG ソフトとの違いが分かりづらく、BIM の必要性が理解しづらい。BIM の普及にあたって、BIM は 3D モデルの作成だけではなく、グラフィックス・積算・解析など、付加した建物情報を様々な面で活用できることを理解することが必要である。

3 建築ビジュアライゼーション

建築デザインにおいて、BIM データの活用方法として注目されているのが「建築ビジュアライゼーション^(注1)」である。建築ビジュアライゼーションの代表的な例として、BIM で作成した 3D モデルを活用した建築パースの作成が挙げられる。BIM で作成した 3D モデルは、リアルタイムレンダリング^(注2)ソフトを使用することで、高品質なグラフィックスの建築パースを短時間で作成できる。作成した建築パースは、Adobe Illustrator や Adobe Photoshop などのグラフィックスソフトで加工し、更に品質を高めることができる。BIM データを使用しなくても 3DCAD や CG ソフトで質の高い建築パースは作成できるが、BIM データの 3D モデ

ルであれば様々な建築生産の工程で活用できる。

4 離職者訓練で期待される BIM の効果

ポリテクセンターの建築系離職者訓練は、CAD による図面作成の訓練が行われている。CAD で作成された 2 次元図面は、建築物の情報を読み解くのに熟練した知識が必要である。建築の知識がない受講生には、2 次元図面をみてもイメージがわからないことも多く、図面による円滑なコミュニケーションがとりづらい。一方、BIM で作成された図面は、3D モデルを確認することができる。BIM を訓練で導入することで、建築の知識がない受講生でも、視覚的な効果により理解度の向上が期待できる。また、建築ビジュアライゼーションのような視覚的な BIM の活用方法は、受講生にもイメージが付きやすく、プレゼンテーション能力の向上が期待できる。

III BIM を導入した離職者訓練

1 既存の訓練

当センターの建築 CAD デザイン科は、6 か月の短期課程の離職者訓練である。訓練内容は、内装施工実習や建築計画・設計など多岐にわたる。BIM を訓練で導入するまで、当センターの建築設計にかかわる訓練は、建築業界で普及している Jw_cad を使用して、木造住宅の設計図面を作成する内容であった。表 1 に既存の訓練内容をまとめた。まずは図面の理解を深めるため、各種図面のトレースを行う（図 1、図 2、図 3）。その後、設計課題に基づいた住宅設計図面を作成する訓練を実施していた。Jw_cad はフリーソフトの汎用 CAD で、ポリテクセンターの建築系離職者訓練でも広く使用されている。Jw_cad は手書きのかき方と同様の手順でかける汎用 CAD なので、BIM とは違いそれぞれの図面を 1 枚ずつ作成する。CAD の図面作成は、BIM に比べて時間はかかるものの、一つ一つの線を考えながら作図するので、設計製図の知識を身につけるのに役立つ。

表1 Jw_cad による既存の訓練

| 訓練内容 | 予想される訓練効果 |
|--|----------------------------------|
| ・トレースによる図面作成（平面図・立面図・断面図等） ・住宅設計図面の作成 | ・図面の理解 ・製図能力の向上 ・建築設計の知識向上 |

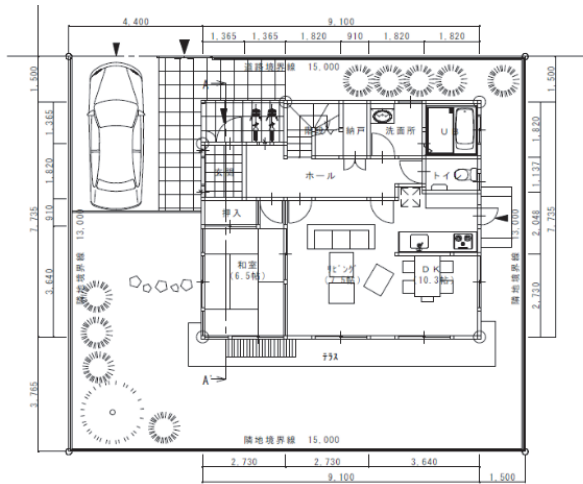


図1 Jw_cad で作成した配置図兼1階平面図

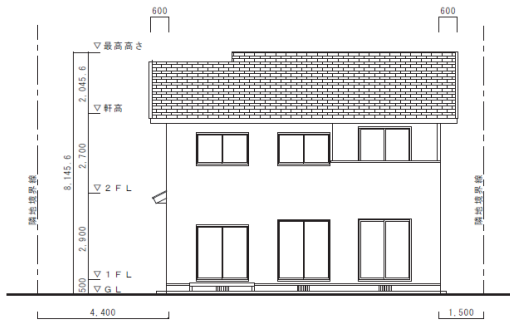


図2 Jw_cad で作成した立面図

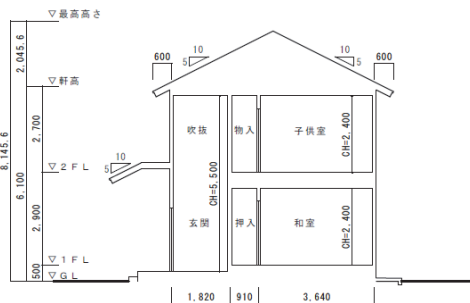


図3 Jw_cad で作成した断面図

2 BIM を活用した訓練

CAD の訓練だけでは図面を立体的にイメージしづらい。そこで受講生の就職にもつながると考え、令和4年度より CAD の訓練に加えて BIM の訓練を導入した。訓練では BIM ソフトのなかでも広く使われている Autodesk Revit (以下、「Revit」という。)を使用した。BIM の訓練を実施するにあたり、まずは BIM の基本操作にあたる 3D モデルの作成を中心の内容とした。図4は、受講生の訓練課題として Revit で作成した建

築物の 3D モデルである。

令和5年度からは、BIM を活用した建築ビジュアライゼーションにまで焦点をあてた訓練を実施した。表2に BIM を活用した訓練内容をまとめた。建築ビジュアライゼーションの内容を訓練に取り入れるため、リアルタイムレンダリングソフトの Lumion を訓練で使用した。BIM ソフトと互換性の良い Lumion は、短時間で高品質な建築パースを作成できるため、建築設計のプレゼンテーションにも効果的に利用できる。訓練内容は、Revit でモデリングした 3D 形状データを Lumion でレンダリングし、エフェクト^(注3)を用いた建築パースを作成する訓練を実施した(図5)。また、建築ビジュアライゼーションを実践するにあたって、グラフィックスソフトの使用が必要不可欠であり、フリーソフトの GIMP による画像合成の訓練を実施した(図6)。GIMP は、CMYK 形式のカラーモードに対応していないなどの不便な点はあるものの、訓練で使用するには十分なフォトタッチの機能を有しており、フリーソフトのため訓練で導入しやすい。Lumion と GIMP を訓練で使用することで、建築ビジュアライゼーションの考え方が学べ、BIM によるグラフィックスへの活用方法が十分に身につく訓練内容となった。

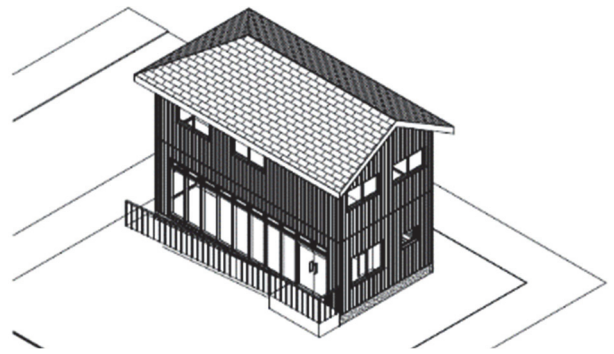


図4 Revit で作成した 3D モデル

表2 BIM を活用した訓練

| 訓練内容 | 予想される訓練効果 |
|--------------------------------|------------------|
| ・3D モデルの作成 (Revit) | ・3D モデルによる理解度の向上 |
| ・レンダリングソフトによる建築パースの作成 (Lumion) | ・プレゼンテーション能力の向上 |
| ・画像合成 (GIMP) | |

() 内はソフトウェア名を示す



図5 Lumion による建築パースの作成

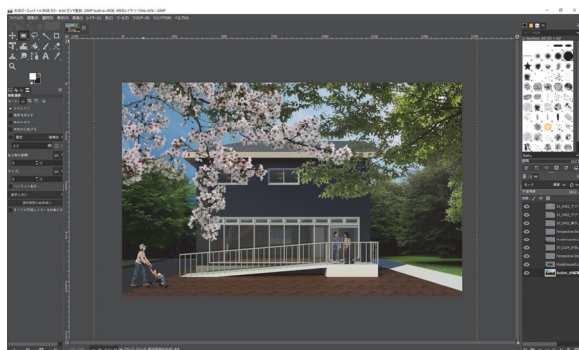


図6 GIMP による画像合成

3 訓練の成果物

図7の外観パースと図8の内観パースは、建築CADデザイン科の受講生の作品で、Lumionのエフェクトを使用し、手書き風に仕上げたものである。これまでの訓練で作成した Revit だけを使用した建築パースに比べて、Lumion を使用したことで完成物の仕上がりは格段によくなった。

また、受講生の訓練成果を就職活動で分かりやすく企業に伝えるため、プレゼンボードを作成した。プレゼンボードの内容は、BIM の訓練で作成した住宅の改修案とした。BIM データを活用した改修案は、2次元CADデータをもとに作成しないため、BIM の考え方である3Dモデルによる設計に重点を置くことができる。図9は、建築CADデザイン科の受講生が作成したプレゼンボードである。Revit を使用して階ごとに分解したアイソメ図や Lumion を使用した時間変化がわかる建築パース、GIMP による画像合成など、建築ビジュアライゼーションを実践した内容を1枚にわかりやすくまとめた。なおプレゼンボードの作成には、Microsoft PowerPoint（以下、「PowerPoint」という。）を使用した。PowerPoint はプレゼンテーションソフトではあるが、使い方を工夫すればレイアウトを行うツールとして、プレゼンボードの作成にも十分利用できる。プレゼンテーションの訓練では PowerPoint を用いた発

表をしており、PowerPoint は多くの会社で使用されているソフトのため、受講生にも扱いやすいソフトである。

限られた訓練時間と予算のなかで、受講生が BIM の訓練成果を分かりやすくまとめられた。就職活動に活かせる成果物を作成でき、離職者訓練の重要な目的である「就職」を意識した訓練を実践できた。



図7 受講生作品(外観パース)



図8 受講生作品(内観パース)



図9 受講生作品(プレゼンボード)

4 アンケート調査

BIM を離職者訓練で活用することで、CAD と BIM をそれぞれ訓練することになり、受講生の理解度に影響を与えることが予想される。そこで、CAD と BIM による建築設計の訓練を分析するため、受講生が CAD と BIM の訓練を受けてどのように感じたのかを調査した。

当センターの令和 5 年度 3 月生の建築 CAD デザイン科の受講生を対象に、訓練修了時に以下のアンケートを実施した。

(1) CAD と BIM の使いやすさ

まず、CAD と BIM をそれぞれ使用した訓練を受講して、どちらが使いやすいと感じたかを調査した。表 3 に設問と回答数を、表 4 に自由記述で回答された主な理由をまとめた。

回答結果から、BIM が使いやすいと感じた回答が多いものの、CAD が使いやすいと感じた回答も見受けられ、どちらも使いやすい点があることがわかった。また、CAD で建築図面を作成することで、BIM の訓練にも取り組みやすい効果があったと考えられる。BIM は立体的な 3D モデルによる設計のため、建物のつくりが理解しやすく、使いやすいと感じたと考えられる。

(2) CAD と BIM のメリット・デメリット

次に CAD と BIM のメリット・デメリットについて調査した。表 5 に受講生が感じた CAD のメリット・デメリットを示す。表 6 に受講生が感じた BIM のメリット・デメリットを示す。

CAD のメリットとして、図面の理解につながる意見が挙がった。また、広く使われているフリーソフトの Jw_cad は、受講生が受け入れやすく感じていた。CAD のデメリットとして、2 次元図面を読み解いて 3 次元で想像しないといけない点が挙げられている。他には、知識がないと作成が難しく感じている意見や図面の量に関する意見などが挙がった。

BIM のメリットとして、空間のイメージがしやすい意見が挙げられた。視覚的にわかりやすいと感じた意見もあり、BIM の 3D モデルが理解度の向上につながっていると考えられる。また、修正が直感的にわかりやすいという意見もあり、BIM は CAD に比べて感覚的で理解しやすいと考えられる。BIM のデメリットとして、設定が大変に感じる意見が挙がった。また、感覚的に作成しやすいものの、つくりこむことに大変さを感じていた意見も見受けられた。BIM は高性能なスペックのパソコンが要求されるため、受講生が自宅学習する観点だと不便に感じる意見も挙がった。

表3 受講生が感じた CAD と BIM の
使いやすさに関する回答

| 問：CAD と BIM のどちらが 使いやすいと感じましたか？ | 回答数 (総数 12 人) |
|------------------------------------|------------------|
| CAD | 3 |
| BIM | 6 |
| どちらもでない | 3 |

表4 受講生が感じた CAD と BIM の
使いやすさに関する主な理由(自由回答)

| |
|---|
| <p><CAD></p> <ul style="list-style-type: none"> ・取り組みやすい ・CAD で全体像を把握できたので BIM にも取り組みやすかった |
| <p><BIM></p> <ul style="list-style-type: none"> ・立体的につくることができる ・大まかな部分からつくり始めることができる。部分的なところだけでも形がみえる ・BIM の方が家のつくりがわかりやすいと思った ・イメージを伝える為には、BIM はよかった |
| <p><どちらもでない></p> <ul style="list-style-type: none"> ・どちらも面白く取り組めた |

表5 受講生が感じた CAD のメリット・デメリット

| |
|--|
| 問：CAD のメリット・デメリットは、どのような点があると感じましたか？ |
| <p><CAD のメリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・製図を書きやすい ・書き込まれる情報が多くて、図面 1 枚でいろいろ読み取れる ・建築を理解するにはとてもいい ・操作方法を覚える時間が短い ・広く使われているため受け入れやすい ・一般的に普及している（フリーソフトが良い） ・フリーソフトもあるのでどんな人でも使用できる |
| <p><CAD のデメリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・CAD だけだと 3 次元のイメージができない ・2D で想像するしかない ・建築の知識がある程度ないとつけれない ・情報の相違をなくす為には多くの図面などが必要 ・修正するのが大変 ・後から寸法が変わるような修正が入ると大がかりになり大変 ・今後使用する人が少なくなりそう |

表6 受講生が感じた BIM のメリット・デメリット

| |
|---|
| 問：BIM のメリット・デメリットは、どのような点があると感じましたか？ |
| <p><BIM のメリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・空間をイメージしやすい（他 同意見 3 件） ・視覚的にわかりやすい（他 同意見 1 件） ・3D が見やすい ・図面の修正が簡単 ・直感的にわかりやすい ・情報量が多い ・作品の活用の幅が広い ・分解したアイソメ図もつくりやすい |
| <p><BIM のデメリット></p> <ul style="list-style-type: none"> ・最初からの設定が細かくて慣れてくるまでは大変 ・数値入力が難しい ・修正するのが後からだ困難になる ・図面がまちがっていても、それなりのものができてしまう ・図面から見えないところもしっかりと設計しないとだめなところ ・作成するまでに時間がかかる ・ソフトが高額、高スペック PC が必要なので家で練習できない（他 同意見 1 件） ・扱う人、事業所が少ない |

IV おわりに

本稿では、BIM のメリットである可視化に着目して、BIM の課題である活用方法までを実践した離職者訓練の報告を行った。提出された建築パースやプレゼンボードの評価から、BIM を活用した建築ビジュアライゼーションの訓練内容を十分身につけられることが確認できた。また、アンケート調査から CAD と BIM の訓練効果と課題の知見が得られた。BIM は 3D モデルによって理解度の向上につながったという意見が確認できた。CAD による 2 次元図面の作成は、立体的なイメージはしづらいものの、建築図面を理解する手段として有効に使えることが確認できた。

BIM の導入により、建築設計のあり方が変わってきており、DX^(注4)をはじめとしたデジタル化によって新たな表現手法も生まれている。本稿で紹介した「BIM を活用した建築ビジュアライゼーション」は、デジタル化による新たな建築デザインの可能性を示してくれる。ただし、BIM やビジュアライゼーションソフトは、あくまでツールである。手がきの流れを受け継いだ

CAD による図面作成は、設計製図の理解を深め、想像力を育む観点からも建築設計の重要な訓練である。CAD と BIM をそれぞれ訓練しなければならない現状のなか、限られた訓練期間のなかで活用方法が広い BIM をどのように扱うのが今後の課題である。CAD と BIM のそれぞれのメリット・デメリットを考慮したうえで、DX 時代に対応した新たな人材を養成する訓練が求められる。

【謝辞】

本稿を掲載するにあたり、当センターの外部講師として BIM の訓練を担当した古澤和善氏の多大なる貢献に謝意を表します。

【注】

- (注1) 建築物の情報（データ）の可視化を指す。
 (注2) CG のレンダリング技術の一つ。瞬時に高速に計算を行い、画像の解析・生成を行うことができる。
 (注3) 静止画・動画に変化を与えるプログラムで、「効果」と呼ばれる。いくつものエフェクトを組み合わせて、複雑な表現を与える。
 (注4) 「デジタルトランスフォーメーション」の略称で、デジタル技術を活用して新しいビジネスモデルを構築すること。

【参考文献】

- (1) 国土交通省、建築 BIM の将来像と工程表、2019 年 9 月、
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/content/001351969.pdf> 参照：2025 年 6 月 19 日。
- (2) 廣瀬拓哉、古澤和善、BIM を活用した建築ビジュアライゼーション、技能と技術、2025 年 1 号、2025 年、pp.5-8。
- (3) 国土交通省、建築分野における BIM の活用・普及状況の実態調査＜概要＞、2025 年 1 月、
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/content/001876975.pdf> 参照：2025 年 6 月 19 日。
- (4) 国土交通省、建築分野における BIM の活用・普及状況の実態調査 確定値＜詳細＞、2025 年 1 月、
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/content/001880512.pdf> 参照：2025 年 6 月 19 日。
- (5) 長野県建設部、長野県内における建築 BIM の活用状況等に関する調査結果、2024 年 3 月、
<https://www.pref.nagano.lg.jp/kenchiku/documents/240326bim.pdf> 参照：2025 年 6 月 19 日。

職業能力開発報文誌

投稿のしおり

職業能力開発報文誌編集委員会

編集委員会事務局（原稿送付先）

〒187－0035 東京都小平市小川西町2－32－1

職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整課

職業能力開発報文誌編集委員会事務局 宛

TEL 042－348－5074 FAX 042－348－5098

E-mail fukyu@uitec.ac.jp

「職業能力開発報文誌」募集要綱

制定 2011 年 10 月

改定 2012 年 4 月

- 1 本誌は、出向者を含む独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構職員（以下「機構職員」という。）による研究開発活動の充実に資することを目的とし、研究成果を収録公表するための研究機関誌である。収録公表される投稿原稿の内容上の範囲は、職業能力開発研究の学際的性格から、技術・工学及び教育・心理・経済・社会等人文・社会科学系の領域をカバーするが、いずれも職業能力開発との関わりを持つものでなければならない。
- 2 本誌に掲載される投稿原稿は、機構職員によって執筆された、職業能力開発に関する実践・実証的研究を中心とした未刊行の原稿を原則とする。
- 3 本誌の編集は、「「職業能力開発報文誌」編集幹事会・編集委員会設置運営規則」（以下「設置運営規則」という。）に基づき設置される編集幹事会及び編集委員会の責任のもとに行われる。
- 4 編集幹事会及び編集委員会の運営等は、「設置運営規則」にしたがって行われる。
- 5 本誌の発行は年 1 回以上とする。
- 6 投稿された原稿は、編集委員会で別に定める「「職業能力開発報文誌」編集要領」にしたがって審査し、掲載の可否を決定する。
なお、掲載を決定した原稿については、より一層の内容の充実を図るための補筆、修正を原稿投稿者に要請することがある。
- 7 投稿に当たっては、「報文」、「研究ノート」及び「実践報告・資料」の 3 分類で投稿するものとする。
なお、掲載に当たっては、編集委員会の審査により投稿分類の変更を投稿者に要請することがある。
- 8 投稿される内容は、「報文」「研究ノート」「実践報告・資料」別に職業能力開発に関して次の条件を満たすことが必要である。
 - (1) 「報文」について
報文は、以下の内容を満たすことが必要である。
 - ① 報文として職業能力開発上価値があること（有用性）。または、内容に発展性があること（発展性）。
 - ② 内容に新規なものがあること（新規性）。

③報文として完結した内容を有していること（完結性）。

なお、完結性とは、問題設定、方法、結果、考察、結論等の諸要素を備えた内容であることをさす。

④内容に基本的な誤りがないこと（信頼性）。

(2)「研究ノート」について

研究ノートは、内容水準、完結性において未だ不十分ではあるが、職業能力開発上一定の価値があり、研究としての発展性を有すると共に、内容に基本的な誤りがないものであることとする。

(3)「実践報告・資料」について

実践報告・資料は、論文の完結性を必要としないが、情報として、職業能力開発上広く価値を有するものとする。

9 本誌への投稿は随時受け付ける。

10 原稿の執筆は、別に定める「「職業能力開発報文誌」執筆要領」によるものとする。

11 投稿者は「原稿連絡票」に必要事項を記入の上、本文原稿に通しページを付け、和文要約、英文表題及び図表（写真を含む）一式を添えて、編集委員会事務局に原稿を提出する。

なお、参考文献等で校閲及び査読上重要と考えられるものは、複写または原本を添付する。

12 上記 11 の本文原稿、要約、英文表題、原稿連絡票及び図表一式の提出部数は、複写 2 部（普通に判読できるものとする。特に写真の場合は、理解に差し支えないように配慮する）とする。原本は著者が保管し、校閲及び査読終了（掲載可）後、作成した最終原稿を事務局に 1 部（写真、図表等の原本一式を添付）提出する。

13 本誌掲載報文等の執筆者には本誌を贈呈する。

14 本誌に掲載された報文等の原稿は、原則として返還しない。

15 本誌掲載報文等の一部または全部を、学術研究または教育訓練以外の目的で、複製または転載する場合には、当編集委員会の許可を必要とする。

16 「職業能力開発報文誌」編集委員会事務局を職業能力開発総合大学校基盤整備センターに置く。

原 稿 連 絡 票

1 投稿原稿の表題（和文）

| |
|--|
| |
|--|

2 投稿者（連絡者）の氏名、勤務先、連絡先

| | | | |
|-------|---|-------------|-----|
| フリガナ | | | |
| 氏 名 | | | |
| 勤務先名称 | | 電話 | () |
| 連絡先住所 | 〒 | メール アドレス | |

3 連名投稿者〔投稿者（連絡者）は共著者の同意（署名）を下欄に得て下さい〕

| | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| 氏 名 | 所 属 | 氏 名 | 所 属 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

4 投稿の種別〔下欄の番号に○印をつけて下さい〕

| | | | | | | |
|-----|---|-----|---|-----------|---|---------|
| 種 別 | 1 | 報 文 | 2 | 研 究 ノ ー ト | 3 | 実践報告・資料 |
|-----|---|-----|---|-----------|---|---------|

5 内容（職業能力開発に関する分野）

職業能力開発に関する分野の内、最も関連する内容と思われるものから、下欄の表の番号に○印をつけて下さい。なお、5 職業能力開発に関する工学的内容および6 その他に該当する場合は、（ ）の中に簡単に記述して下さい。

| No. | 職業能力開発に関する分野 |
|-----|---|
| 1 | 職業能力開発制度に関する内容 (職業能力開発のあり方、職業能力開発施設、関連法律等の内容) |
| 2 | 教育訓練実施に関する内容 (カリキュラム、指導技法、コース開発、相談・援助、教材開発、評価等の内容) |
| 3 | 職業能力開発の社会的諸問題に関する内容 (若年者・在職者・高齢者・女性等の内容) |
| 4 | 職業能力開発に関する国際協力等の内容 (諸外国の職業能力開発、諸外国及び国内での国際協力等の内容) |
| 5 | 職業能力開発に関する工学的内容（工学的専門分野： ） |
| 6 | その他（ ） |

6 仕上がり概算ページ数（原則下記のページ数とする。） _____ ページ

「報文」は8ページ以内、「研究ノート」は4ページ以内、

「実践報告・資料」は6ページ以内

7 投稿原稿の公開状況の確認

（ロ、ハに該当される方は、該当箇所に○印をつけて雑誌名等記入願います。）

イ 未発表（刊行）原稿

ロ 発表（刊行）済原稿（下記（注）①） 雑誌名等（ ）

ハ 発表（刊行）済原稿（下記（注）②） 雑誌名等（ ）

（注）

① 紀要、職業能力開発研究発表講演会、実践教育訓練学会の発表及び会誌、技能と技術誌で公開した内容であっても、校閲・査読を受けていない原稿

② 学会論文誌、職業能力開発論文コンクール入賞作、専門雑誌、一般出版物で公開した原稿

「職業能力開発報文誌」執筆要領

制定 2011 年 10 月

改正 2012 年 4 月

改正 2017 年 4 月

1 原稿全体の体裁・原稿のページ数について

原稿はワープロソフトで作成し、A4 判用紙を縦にして用い、2 段組、1 行 24 文字× 45 行横書きとする。1 ページの文字数は 2160 字とする。余白については上 30mm、下 25mm、左 25mm、右 25mm とする。原稿の 1 ページ目の 15 行までを表題等の記入に充て、次に要約、本文の順に記述する。2 ページ目以降については本文のみとし、最終ページに注記、参考文献を記載する。

(1) 仕上がりページ数 (原則)

- ①「報文」の場合 — 8 ページ
- ②「研究ノート」の場合 — 4 ページ
- ③「実践報告・資料」の場合 — 6 ページ

(2) 図表、写真等は本文に貼り付け、全体で (1) のページ数を満足すること。

2 表題等

原稿の 1 ページ目にカテゴリ分類 (**P ゴシック 14P 太字**)、日本語表題 (**P ゴシック 22P 太字**)、日本語副題 (**P ゴシック 16P 太字**)、所属施設名および著者名・共著者名 (明朝 10P)、英語表題 (Times New Roman 11P)、著者名・共著者名 (ローマ字名 Times New Roman 11P) の順に記述すること。

なお、表題は簡潔にかつ内容が明確にわかるように心がけること。

3 要約

要約の二文字は「**P ゴシック 11P 太字**」、要約本文は「明朝 9P」を用いる。43 字× 14 行、600 字以内、日本語を用いること。

4 本文

(1) 本文の節タイトルおよび小節タイトル

節番号は「**ローマ数字 (Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、・・・) P ゴシック 11P 全角 太字**」を、節タイトルは「**P ゴシック 11P 太字**」を用い、「**Ⅱ ○○○○・・・**」のように記述する。その前後を 1 行空ける。

小節番号は「**算用数字 (1, 2, 3, ...) P ゴシック 11P 全角 太字**」を、小節タイトルは「**P ゴシック 11P 太字**」を用い、「**1 ○○○○・・・**」のように記述する。1 行に納め、その前を 1 行空ける。

さらに細目が必要な場合は、「**P ゴシック 11P 全角 太字**」を用いて、「**1 - 1 ○○ ○○・・・**」「**1 - 1 - 1 ○○○○・・・**」のように記述する。細目番号は「**算用数字 P ゴシック 11P 全角 太字**」を用いる。

<記述例>

| | |
|--------|----------|
| 1 行空ける | |
| Ⅱ | ○○○○○・・・ |
| | |
|。 | |
| 1 行空ける | |
| 1 | ○○○○○・・・ |
| | |
|。 | |
| 1-1 | ○○○○○・・・ |
| | |
|。 | |
| 1-1-1 | ○○○○○・・・ |
| | |
|。 | |

(2) 「はじめに」と「おわりに」について

本文の初節に「**I はじめに**」を、終節に「**O おわりに**」を記述する。

(3) 図（写真を含む）について

①図は原稿内に作成すること。大きさは原稿用紙の収まる範囲内であれば執筆者の任意とする。

②図中の文字や数字は明瞭に判読できること。

③写真は JPEG 形式（1MB 程度）で貼り付けること。

④写真をデジタルデータ化できない場合は、原稿に貼り付ける際のサイズを明記し、場所を空けておくこと。写真は原稿と同時に提出すること。

⑤図（写真を含む）の番号は「**算用数字 P ゴシック 9P 半角 太字**」を、タイトルは「**P ゴシック 9P 太字**」を用いて、図あるいは写真の下に横書きで、「**図 1 …**」のように番号を記した後にタイトルを記入する。図と写真は通し番号とする。

⑥写真の印刷仕上がりはカラーである。

(4) 表について

表は原稿内に作成すること。サイズは、原稿用紙に収まる範囲内であれば執筆者の任意とする。表番号は「**算用数字 P ゴシック 9P 半角 太字**」を用いて、タイトルは「**P ゴシック 9P 太字**」を用いて、表の上に横書きで、「**表 1 …**」のように番号を記した後に表名を記入する。表中の文字や数字は明瞭に判読できること。

(5) 図および表について

図表は本文との間に空行を 1 行入れる。ページの間には配置せず、上か下に置くことを推奨する。また、必要により段組みを一部解除し、1 頁の左右にまたがる配置としてもよい。

図表にはメモリを表記し、本文中で説明する。

(6) 引用資料について

本文中に入れる資料等の引用文章を、文字のポイント数を落として記述したい場合は、その部分に赤線でアンダーラインを引き、注記する。

なお、引用資料及び参考文献等で入手が困難な場合は、投稿時に、その原本または複写したものを添付する（校閲及び査読終了後返却）。

5 注記について（記述例参照）

本文中にハイフンで挟んで入れる注以外の注記は、一括して本文の最後に次の要領で書くこと。タイトル【注】の文字は「P ゴシック 9P 太字」を用い、【注】の文字の左右を「[]」で括る。（注1）以下は「明朝 9P」を用い、「注〇」の文字の左右を括弧でくくる。注記番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。

<記述例>

[注]
(注 1)
(注 2)
:
:
:

なお、本文中においては、注記番号は注記をつける言葉または文の右肩に、「〇〇^(注1)」のように、左右を括弧でくくり、上付で書く。

6 参考文献について（記述例参照）

参考文献は一括して本文の最後に、次の要領で書く。タイトル【参考文献】の文字は「P ゴシック 9P 太字」を用い、【参考文献】の文字の左右を「[]」で括る。（1）以下は「明朝 9P」を用いる。文献番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。また、本、雑誌、複数のページの場合など、記述例を詳細に示すこと。

本文中においては、文献番号は参考文献をつける言葉または文の右肩に、「〇〇⁽¹⁾」のように、左右を括弧でくくり、上付で書く。ページは「p. 〇〇」、複数の場合は「pp. 〇〇-△△」のように書く。URL は、括弧なしで記述。著者名の姓名の間にはスペースを入れない。参考文献の最後は「。」を用いる。

<記述例>

[参考文献]
(1) □□職業能力開発審議会△△、「……」、平成…年、p. 〇。
(2) 職業能力開発総合大学校基盤整備センター 調査研究
報告書「……」、平成…年、pp. 〇〇-△△…。
:
:
:

7 文中の文字について

- (1) 本文は、日本語を用いること（他言語不可）。
- (2) 本文は、「である調」とする。
- (3) 句読点は「、」「。」を用いる。
- (4) できるだけ常用漢字、現代かな使いを用いる。
- (5) 日本語のフォントは「明朝 9P」とする。
- (6) 英文、英略字（ME、CAI 等）は「Times New Roman」を用いる。

〔例〕 ME、CAI、

Summary of the Results of the “Study on the Development…………

- (7) 数字は「算用数字 Times New Roman」を用い、3 桁毎にコンマを入れる（但し、西暦

年代にはコンマは不要)。また、漢字と結合して使用する場合は漢数字を用いる。

〔例〕 1,050 円、15.4%、3,213,000 人、2009 年 2 月 14 日

一つの、一例を挙げると

- (8) 小数点以下の桁数は、比率をパーセントは小数点以下の 1 桁、相関係数、因子負荷量等は小数点以下の 3 桁が、一般的な有効桁数である。

8 単位・記号・数値等について

- (1) 単位は原則として国際単位系 (SI) を用いる。数字は「算用数字 Times New Roman」を用い、単位記号は「Times New Roman」を用いる。

〔例〕 5MPa、9.8N

- (2) 量を表す数字は「算用数字 Times New Roman」を、量を表す記号は「Times New Roman」の斜字体を用いる。

〔例〕 量を表す数字 20、15.4、3,213,000

量を表す記号 $a, b, c, d, \dots, u, v, z, y, z$

9 数式について

- (1) 数式は「Times New Roman」の斜字体を用い、大文字・小文字・上付・下付などがはっきりわかるように記述する。

- (2) 式中での括弧の順序は原則として { [()] } とする。

- (3) 式が途中で切れる場合は、改行のはじめに $\times \cdot / \cdot + \cdot -$ 等をつける。

- (4) 数式は各式の右端に ……(1)、……(2) のように通し番号をつける。本文中では式 (1)、式 (2) のように記述する。式番号は「算用数字 Times New Roman 9P」を用いる。

- (5) 分数については、式中では $\frac{a+b}{c+d}$ 、文中では $(a+b)/(c+d)$ のように入力する。

<数式の記述例>

$$S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\dot{m} = P_c A_t \sqrt{\frac{\gamma}{RT_c} \left[\frac{2}{2+\gamma} \right]^{\frac{\gamma-1}{\gamma+1}}} \quad \dots\dots\dots(2)$$

なお、日本語ワープロの「数式エディタ」などを活用すると、容易に数式を書くことができる。

10 記述例

執筆は次項以降の「文字の大きさ及びフォント等」及び「記述例」を参照のこと。

11 原稿（報文誌）テンプレートについて

ページ設定を参照のこと。(文字数は24文字、字送りは9 P、行数は45行、行送りは15.2 P)

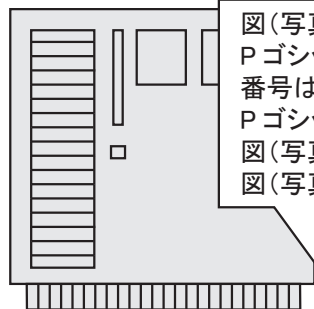
文字の大きさ及びフォント等

| | | | | | |
|------------------------|---------------------------------|-----|----|----|----------|
| カテゴリ分類 | Pゴシック | 14P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 日本語表題 | Pゴシック | 22P | 全角 | 太字 | 中央揃え |
| 副題 | Pゴシック | 16P | 全角 | 太字 | 中央揃え |
| 所属施設名、部署名、 著者名、共著者名 | 明朝 | 10P | 全角 | | 右詰め |
| 英語表題、副題、著 者名、共著者名 | Times New Roman | 11P | 半角 | | |
| 要約タイトル | Pゴシック | 11P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 要約本文 | 明朝 | 9P | 全角 | | 左詰め |
| 本文 | 明朝 | 9P | 全角 | | |
| 本文 節番号 | Pゴシック（ローマ字） | 11P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 本文 節タイトル | Pゴシック | 11P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 本文 小節番号 | Pゴシック（算用数字） | 11P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 本文 小節タイトル | Pゴシック | 11P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 英文・英略字 | Times New Roman | 9P | 半角 | | |
| 数字 | Times New Roman（算用数字） | 9P | 半角 | | |
| 数式 | Times New Roman 斜字体 （＝イタリック） | | 半角 | | |
| 図・写真 番号 | Pゴシック（算用数字） | 9P | 半角 | 太字 | 図・写真の下中央 |
| 図・写真 タイトル | Pゴシック | 9P | 全角 | 太字 | |
| 表 番号 | Pゴシック（算用数字） | 9P | 半角 | 太字 | 表の上中央 |
| 表 タイトル | Pゴシック | 9P | 全角 | 太字 | |
| 注 番号 | Times New Roman | 9P | 半角 | | 左詰め |
| 注 タイトル | Pゴシック | 9P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 注 記述部分 | 明朝 | 9P | 全角 | | 左詰め |
| 参考文献 番号 | Times New Roman | 9P | 半角 | | 左詰め |
| 参考文献 タイトル | Pゴシック | 9P | 全角 | 太字 | 左詰め |
| 参考文献 記述部分 | 明朝 | 9P | 全角 | | 左詰め |

V ○○○○○○○○○○

1 ○○○○○○

本文：2段組、明朝 9P、
24 文字× 45 行、1 ページ 2160 文字
英文・英略字は Times New Roman、
数字は 算用数字 Times New Roman を用いる。



図(写真を含む)：タイトルは
P ゴシック 9P 太字、
番号は算用数字
P ゴシック 9P 太字半角、
図(写真を含む)の下に記入、
図(写真を含む)は通し番号

図 5 △△△△△△△△△△△△

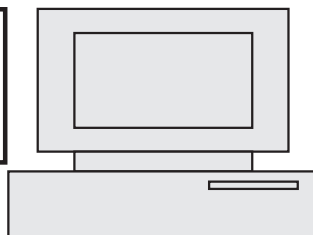


図 6 △△△△△△△△△△△△

図表は本文との間に空行1をとる。ページの
中間には配置せず、上か下に置くことを推奨
する。また、必要により段組みを一部解除し、
1 頁の左右にまたがる配置としてもよい
(例：通巻 48 号の 36 頁)

VI おわりに

注：タイトルは
P ゴシック 9P 太字

注：明朝 9P
注釈番号は Times New Roman 9P

[注]

- (注1) A 社における開発部は、製品の企業開
(注2) A 社の製品製造事業部は…

参考文献：タイトルは
P ゴシック 9P 太字

[参考文献]

- (1) ○○県企業庁発行、○○県中小企業支援事業計画、
20××年□月、pp. △△-○○…。
- (2) 職業能力開発総合大学校基盤整備センター調査研
究報告書第△△号「職業能力開発に関する相談援
助、情報提供の実態調査」、平成○年×月、pp. □
□-△△…。
- (3) ○○省、平成××年度○○基本調査、
<http://www.○○.html> 参照：20××年□月。
- (4) 著者名、論文名、誌名、号数、*×年、p. △△。
- (5) 著者名、書名、出版社名、○○年、pp. ◇◇-
□□。

参考文献：明朝 9P
文献番号は Times New Roman 9P

表：タイトルは
P ゴシック 9P 太字、
表番号は 算用数字
P ゴシック 9P 太字 半角、
表の上に記入

表 3 △△△△△△△△△△△△

| 人数 | | 1995年 | | 1998年 | | 2000年 | | 2004年 | | 2006年 | | 2008年 | |
|-------|-------|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|---|
| | | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 | 男 | 女 |
| 正社員 | | | | | | | | | | | | | |
| 非正規社員 | 契約社員 | | | | | | | | | | | | |
| | パート | | | | | | | | | | | | |
| | アルバイト | | | | | | | | | | | | |

原稿（報文誌）テンプレートのページ 設定
文字数は 24 文字、字送りは 9 P、行数は 45 行、
行送りは 15.2 P

編集委員会だより

- 当誌への投稿は、(独) 高齢・障害・求職者雇用支援機構職員であればどなたでも可能です。
- 巻末に掲載した「投稿のしおり」に基づき執筆をお願いします。
- 投稿は随時受け付けています。
- 投稿された論文は審査終了後、最寄りの号に掲載されます。
- 当誌の内容は、基盤整備センターホームページ「報文誌・年報・その他の刊行物」から閲覧、ダウンロードできます。
URL : <https://www.tetras.uitec.jeed.go.jp/>
- 投稿に関する問い合わせは、事務局（職業能力開発総合大学校 基盤整備センター 企画調整部 企画調整課）までお願いします。

職業能力開発報文誌 第37巻第1号(通巻56号)

| | |
|-------|--|
| 発行 | 2026年2月 |
| 編集・発行 | 職業能力開発総合大学校基盤整備センター 〒187-0035 東京都小平市小川西町 2-32-1 TEL 042-348-5074 (企画調整課) |
| 印刷 | 社会福祉法人 東京コロニー コロニー東村山印刷所 〒189-0001 東京都東村山市秋津町 2-22-9 |

BULLETIN OF HUMAN RESOURCES DEVELOPMENT

Vol.37 No.1 (56) (2025)

<RESEARCH NOTE>

| | |
|---|-----------------|
| Development of device for experiencing the risk to contact with high temperature objects | HIGASHI Yuki |
| The Development of Touch Panel Teaching Materials Using Scripting Language ~ Educational Tools for PLC Programming ~ | TAKAKUWA Kei |
| Design and construction of wooden warehouse ~ Training effects in joint research with Odate City ~ | KOBAYASHI Ken |
| Application example of 3D printer in general production practice | NAGATA Tomohiro |

<REPORT>

| | |
|---|----------------------|
| Project of General Production Practice on an Automatic Sanitization Device and its Educational Effects | TAIRA Mikio |
| Practical training in PCB manufacturing using reflow soldering | SAITO Kimitoshi |
| Reflection on the results of library exhibitions and their factors ~ From the Practice of the library of The Polytechnic University of Japan ~ | MURAKOSHI Sadayuki * |
| Report on Architectural Visualization Utilizing BIM in Vocational Training ~ A Survey on Comprehension of Students for CAD and BIM ~ | HIROSE Takuya |

* representative

<The rules for contributors>