

技能 と 技術

ISSN 1884-0345
通巻第310号

職業能力開発技術誌

4/2022

特集●ものづくり分野における安全対策



Vol.57

技能と技術

4/2022号

通巻No.310

特集●ものづくり分野における安全対策

特集① PROBEモデルを用いた訓練生不安全行動原因特定と安全衛生研修効果の分析と考察	1
運實 雄大・中村 瑞穂／職業能力開発総合大学校 北條理恵子／長岡技術科学大学 是村 由佳／コレムラ技研	
特集② 安全意識向上への取り組み — 感電体験装置の開発 —	5
木村天津郎／北海道職業能力開発大学校	
特集③ 実習における安全訓練の訓練効果に関する検証	11
齋藤慎一郎／九州職業能力開発大学校	
研究ノート 風洞実験装置を用いたファンの省エネ実習装置の開発	17
五十嵐智彦・栗秋 亮太／千葉職業能力開発短期大学校	
第26回 令和4年度 職業訓練教材コンクールの入賞作品	21
表紙デザイン選考会 選考結果	23
令和5年「技能と技術」誌 特集テーマについて	26

●表表紙は、表紙デザイン（令和4年用）選考会にて最優秀賞に選ばれた大阪障害者職業能力開発校Webデザイン科の大中結以さんの作品です。
●裏表紙は、表紙デザイン（令和4年用）選考会にて優秀賞に選ばれた沖縄県立具志川職業能力開発校メディア・アート科の大石根公哉さん（左）と金城陸弥さん（右）の作品です。

PROBEモデルを用いた訓練生不安全行動原因 特定と安全衛生研修効果の分析と考察

職業能力開発総合大学校 蓮實 雄大

職業能力開発総合大学校 中村 瑞穂

長岡技術科学大学 北條理恵子

コレムラ技研 是村 由佳

1. はじめに

職業能力開発総合大学校では、職業訓練指導員を対象とした経験年数に応じた階層別研修を設けている。初任層（業務経験5年程度）の訓練指導員（以降、指導員）向けの研修では、研修の受講生に対して、所属施設の安全衛生に関する課題・問題点についての事前調査を行った。その結果、訓練受講生が指示を聞いてくれない、説明した手順ではなく自己流の手順で作業してしまう等の不安全行動につながる回答が半数以上であることが確認できた。

階層別研修では技能・技術や関連知識等を補完することで、訓練受講生の抱えている訓練実施上の課題・問題点を解消できることが望ましい。しかし、訓練実施状況は所属施設によってさまざまであり、同じような悩みでも原因は別にある可能性がある。

本稿では、初任層向けの研修でPROBEモデル^[1]^[2]を用いて以下a、bの2点について分析・考察した結果を示す。

- a) 訓練受講生の不安全行動の原因
- b) 初任層向けの研修の効果

PROBEモデルは、作業の効率や遂行等のパフォーマンスの妨げとなる要素を明示化して分析するもの

である。aではそれぞれの訓練実施状況に受講生の不安全行動の原因を特定すると同時に、何をすべきなのか気づきを得ることが可能であると考えられる。bでは研修の前後でPROBEによる分析を行い、結果の変化から研修の効果を考察した。

2. 訓練向けPROBEモデル

PROBEモデルは労働者が報酬を受け取って行う作業のパフォーマンスの妨げとなっている要素を見つけ、改善する事を想定している。例えば文献 [2] では、顧客が希望する商品の希望リスト見てパッキングするというライン作業において、入れる商品の種類と数量の間違いの原因を特定し、改善案を提案している。

PROBEモデルは表1に示す行動カテゴリーに基づくYesかNoで答えられる作業者の環境に関する質問（A～F）と作業者の行動レパトリーについての質問（G～I）で構成され、Noとなった項目がパフォーマンスを妨げている要素とする。

本稿ではPROBEモデルを用いて訓練受講生の不安全行動の原因を特定するため、項目の文言の変更や削除することで訓練の安全行動向けに応用した。作成した訓練向けPROBEモデルを表2に示す。

PROBEモデルは原因を特定のみで解消する方法を示さない。そのため、なぜその質問項目がNoと

表1 PROBEモデルの行動カテゴリー^[1]

	情報	計装・計測	モチベーション
E (環境的)	[データ] 方向性 確認 (フィードバック)	[手段] 道具 手順 資源	[外部刺激] 外的報酬 (インセンティブ) 契約/非契約
P (人的)	[知識] 見通し 概念 成果としての技能	[能力] 身体的 精神的 感情的	[動機] 内的報酬 本質的・永続的

なったのか、それを解消するにはどのような方法があるかは別途検討する必要がある。

3. 訓練向けPROBEモデルの導入

初任層向けの研修では同じ系の5～6名1グループで机が配置された。「はじめに」で示したa, bを満たすために、PROBEモデル導入は以下手順①～⑥で行った。

- ① PROBEモデルの用紙配布
- ② PROBEモデルの説明
 - 訓練受講生の立場になって考える
 - 研修前のPROBEモデル回答：現状でYesであれば○, Noなら空白で回答
 - 研修後のPROBEモデル回答：研修後できそうであれば○, Noなら空白で回答
 - PROBEモデルを見ながらグループで討議が可能
 - 不明点があれば質問可能
- ③ PROBEモデルの研修前回答（左側）を記入
 - 質問項目の意味が分からなければ?を記入する
- ④ 研修講義（安全衛生）
- ⑤ PROBE質問の研修後回答（右側）
- ⑥ PROBE質問用紙回収

③で一度PROBEモデルを回答することで何が原因の可能性あるかを認識し、その後に研修講義を受けることで関連知識の補完がより効果的であると

考え、手順を構築した。

PROBEモデルを見ながらグループ討議をさせた理由は、同世代の指導員で情報共有を行うことが訓練受講生の不安全行動の原因解消の糸口になると考えたためである。

4. PROBEモデル分析結果と考察

初任層向けの研修の際のPROBEモデルの回答結果を表1に示す。左側が研修前、右側が研修後の回答結果である。Yesなら○を記入するが、△や×の回答もあった。Noの空白と区別するため、△は○扱い、×は空白扱いとした。

研修前とくらべて研修後特にYesが増えた項目はA1とE3（表2赤字部分）である。A1は研修前の回答で○回答が少なく、安全作業に必要な情報が不足していたために不安全行動を引き起こしていた可能性がある。しかし、研修により安全衛生に関わる知識を更新できたため、マニュアル、資料の見直しが可能になり、○の回答が増えたと考えられる。E3も同様に、研修内容とグループ討議により他施設の訓練状況を知ることによって訓練環境への配慮に意識が向いたと考えられる。他にも○回答が増えたことから、研修の効果はある程度あったと考えられる。

Yesが減った項目（表2青字部分）は、研修を受けて不十分であったと気づいたものだと考えられる。

「?」回答では、行動レパトリーについての質問は研修後も解消できていない項目が多い。これは、

受講生の分析をする観点を持つことが難しく、今回実施した研修内容では解消できなかったためだと考えられるが、「？」回答は大人数ではないため、個別に受講生の分析に関する研修を受講することで解消可能と考えられる。

5. まとめ

指導員の安全衛生に関する研修の効果をPROBEモデルにより分析した。結果、多くの項目に変化があり、特にA1の最新の情報とE3の訓練の環境について効果があったと考えられる。また、研修とPROBEモデルを組み合わせることで、指導員に安全に関する気づきを与えると共に、他にどのような研修を受講するべきかを把握する事が可能と考えられる。

今回使用したPROBEモデルは回答基準が明確でなかったため、回答にばらつきがあった。今後は基準を明確化し、研修前後の回答変化だけでなく、指導員の回答結果の傾向も分析する必要がある。また、個別対応するべき項目の抽出にも寄与する可能性が示唆された。

PROBEモデルの回答はYesで○、Noで空白としていたが、○が△、×を連想させたことが原因と考えられる。次回はYesならチェックマークを入れる等に変更し、想定外の回答を減らすことを検討する。

また、グループでの議論では活発に意見交換をしているグループとそうでないグループで別れてしまっていたので、休憩時間ごとに人を入れ替える等の方法でより多くの人と議論できる機会を与えたほうが研修の効果が高まった可能性があると考えられる。

初任層向けの研修では全ての項目が○回答にはなかったが、今後は受講生自らPROBEモデルを活用し、自分に必要な自己啓発を効率的に行えるような研修を行いたい。

〈参考文献〉

- [1] THOMAS F. GILBERT, "A Question of Performance. Part I: The PROBE Model", Training and Development Journal, Vol. 36, No. 9, pp20-22,24-30(1982).
- [2] THOMAS F. GILBERT, "A Question of Performance. Part II: Applying the PROBE Model", Training and Development Journal, Vol. 36, No. 10, pp85-89(1982).

表2 訓練向けPROBEモデルと回答結果

研修前「？」	研修前「YES」	環境に関する質問（教える人の分析）		研修後「YES」	研修後「？」
		A	Directional Data: 方向性を決定するデータ		
5	26	1	マニュアル、資料等は最新で情報が正確なものを使用していますか？	39	1
2	45	2	無理なく訓練修了できる構成ですか？	44	
	49	3	訓練修了の基準がはっきりしていますか？	49	
4	23	4	教える人も教わる人も訓練修了の基準が妥当なものであると理解していますか？	29	1
		B	Confirmation: 確認		
	51	1	訓練修了のためのフィードバックがありましたか？	51	
	37	2	フィードバックは即座、頻繁に行われていますか？	42	
	38	3	フィードバックはピンポイントでしたか？	41	
	39	4	フィードバックは受けた人が学べるような、ポジティブで建設的なものですか？	44	
		C	Tools and equipment: ツールと設備		
	59	1	訓練に必要な機器等はすぐに使用できる状態にありますか？	58	
	46	2	それらは信頼性があり、安全で効率的な物ですか？	52	
		D	Procedures: 訓練の手順		
	31	1	実施手順は、不要な行動や余計な感情を回避するような、効率的なデザインですか？	40	
	50	2	実施手順は、憶測ではなく根拠のある方法論に基づいていますか？	56	
	60	3	実施手順は、訓練のレベルに適したものですか？	58	
	38	4	実施手順は、退屈で飽きやすい、反復作業にならないように作成されていますか？	35	
		E	Resources: 資源		
	46	1	訓練の実施に必要な機器やその他物品、サポートなどが通常に利用可能ですか？	45	
	43	2	機器やその他物品、サポートは効率的に訓練で利用できるようになっていますか？	43	
1	28	3	訓練の環境は快適で、訓練の妨げになるようなものはないですか？	40	
		F	Incentives: 外部刺激（評価）		
1	44	1	訓練の修了に見合った、意味のある動機（キャリアアップや就職等の形のない報酬）がありますか？	45	
1	43	2	意味のある動機は、訓練期間中保つような工夫（キャリアアップや就職先についての道筋がつくような情報を教えたりする等）は考えられていますか？	45	
1	49	3	面倒をいわずに安全な訓練（保護具の着用や安全確認等）を行うことができますか？	56	
2	26	4	訓練が不安全になってしまうような、表面に現れない動機（面倒、周りからの過度なプレッシャー等）がないですか？	35	

行動レポーターについての質問（教わる人の分析）

		G	knowledge and training: 能力とトレーニング		
1	39	1	訓練生は、良い作業と悪い作業の両方の結果について理解していますか？	45	1
1	36	2	訓練生は、訓練の全体像と要点をつかんでいますか？	35	
1	35	3	訓練生は、訓練を遂行をするための技術的な要点をつかんでいますか？	38	
1	38	4	訓練生は、十分な基礎スキル（読み、書き方等）がありますか？	42	1
1	26	5	訓練生は、十分な専門スキル（機器の使い方等）を持っていますか？	31	1
1	20	6	訓練生は、毎回の訓練の後にそのスキルを身につけていますか？	24	1
1	22	7	訓練生は、質の高い作業指示やチェックリスト等が利用可能ですか？	32	
		H	Capacity: 受容		
3	28	1	訓練生は、訓練に必要な音の変化や力加減等の知覚的弁別能力を有していますか？	32	2
2	24	2	訓練生は、訓練を妨げるような感情的な問題を抱えていませんか？	23	2
1	18	3	訓練生は、訓練を実施するために必要な情報処理や器用さを持っていますか？	18	1
		I	Motives: 動機		
1	38	1	訓練生は、訓練にとりかかるときに意欲がありますか？	38	1

安全意識向上への取り組み

— 感電体験装置の開発 —

北海道職業能力開発大学校 木村 天津郎

1. はじめに

日本国内において、感電災害のために表1のように毎年死傷者が出ている。2019年では89人が感電し、うち3人が死亡した事故が発生している。主な原因として、漏電、絶縁不良などによる設備的な要因や、作業者の誤った操作、絶縁防護具の不備などによる人為的な要因が挙げられる。

そこで、本校の専門課程・電気エネルギー制御科における総合制作実習課題の一つとして、電気を扱う人の安全意識向上のために簡単な操作方法で安全な範囲内で感電を体験できるような装置の開発を行った。以下に許容電流ならびに通電時間の選定、および装置の概要について報告する。

2. 最大電流値の選定

人体に電流が流れたとき、本人が感電していることを感知する電流値、苦痛を伴いながらも自分の意

表1 感電災害の発生状況

	死傷者数 [人]	死亡者数 [人]
2019年	89	3
2018年	126	13
2017年	81	9
2016年	99	11
2015年	105	11
2014年	116	15

志で通電部分から離れることができる電流値、さらに心室細動で死亡事故に至る電流値に関して、国際電気標準会議（IEC）において図1のように報告されている。⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

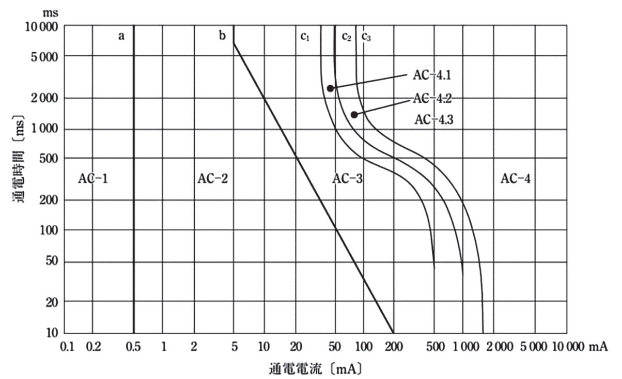


図1 IECによる感電と人体反応領域図 (15~100Hzの正弦波交流) (出典 IEC TS60479-1 : 2005, 第4版)

(イ) 感知電流 (AC-1領域)

本人が直接感知できる最小の電流を感知電流と言い、図1におけるAC-1の領域に対応している。通電時間に関係なく0.5mA (直線a) が境となっており、それ以下では感電を感じない領域となる。

(ロ) 離脱電流 (AC-2領域)

誤って通電部分をつかんでも、自分の意志で離すことができる最大の電流を離脱電流と言い、図1における折れ直線bが境界となっている。通電時間が長くなると離脱電流は減少し、5mA (成人男子では10mA) になると通電時間にかかわらず同様な感電感覚となる。

(ハ) 心室細動電流（AC-3以上の領域）

心室細動の発生する電流を心室細動電流といい、AC-3からAC-4の境界あたりが発生領域となる。いったん心室細動が発生すると、他人が充電部分を除去しても一般には心室細動は収まらず、死に至る電流値である。この値は通電経路が左手-両足の場合に、曲線c1に対応している。すなわち、通電時間が10msで通電電流が500mA、500msで100mA、1sで50mA、10sで40mA程度の値となっている。

図1によると、AC-3の範囲は人体への長期障害は生じないが、一時的な呼吸困難や心臓障害などが生じる可能性がある。また、AC-4の範囲は心停止や重度の熱傷などが加わり、大変危険である。そのため、安全に感電体験を行うには、AC-3領域は確実に避け、AC-2の範囲内で適当な条件を求めるのが適当といえる。

本総合制作実習では、数名に対してAC-2領域内における予備感電体験実験を行い、被験者のいずれもが許容の範囲内でピリッと感じる電流値として0.65mA程度が適当であることを確認した。これは図1において線aのごく近傍にあり、IECのデータともよく対応した安全側に位置していることがわかる。そこで、本感電体験装置の最大電流値を0.65mAとして、設計を行うことにした。

3. 印加最大電圧値の設定

感電現象は電流によって決定され、電圧の大きさは二次的な要素となる。しかし、装置の安全性を担保する上で、印加する最大電圧を理解しておくべきである。

人体に危険とならない電圧値を国によっては、安全電圧と称し、異なった値が提示されている。ドイツ、イギリスでは24V、オランダでは50Vになっている。また、大地に立っている人が充電部に触れて電撃を受けたとき、人体に加わる電圧を接触電圧という。(社)日本電気協会の低圧電路地絡保護指針によれば、表2のように人が接触する状況に応じて許容接触電圧が提示されている。⁽¹⁾⁽³⁾

本総合制作実習では、手が水で濡れていない状態で片方の手のひらのみによる感電体験装置の使用を想定しており、さらに上述した0.65mA以下となるように別途制限を回路的に講じるので、印加できる最大電圧を50Vとして本装置の開発を行うこととした。

表2 許容接触電圧

	接触状態	許容接触電圧
第1種	・人体の大部分が水中にある状態	2.5V以下
第2種	・人体が著しく濡れている状態 ・金属製の電気機械装置や構造物に人体の一部が常時触れている状態	25V以下
第3種	・第1種、第2種以外の場合で、通常の人体状態において接触伝達が加わると、危険性が高い状態	50V以下

4. 開発した装置の回路および全体構成

4.1 主要回路構成

感電体験装置の接触部に関して、図2のように右手の指2本を置く構造とした。これは通電領域が片手の手のひら内に収められ、心臓を通るような電流を生じさせないためである。この感電体験部に対して、最大AC50Vが印加される構造とする一方、通

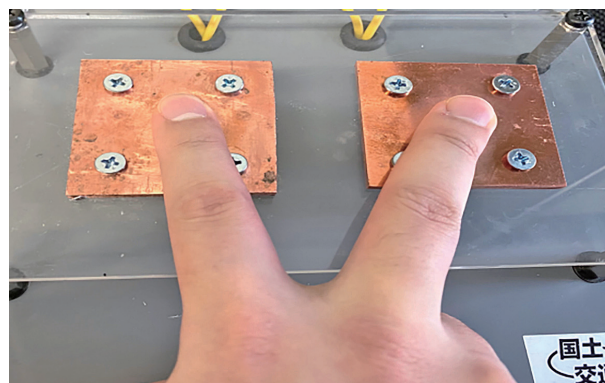


図2 感電体験部

電中の電流値を計測し、それが最大0.65mAで10秒を超えないように回路を設計した。人体との接触部は電気導電率が高く、加工が容易な銅板とした。また、接触部と本体装置の筐体とはアクリル板を介して絶縁した。

図3は、本装置の回路構成である。回路は100V電源が配線用遮断器および漏電遮断器を介してトランスおよび誘導電圧調整器（IR）に接続される構造となっている。二次側にはリレーおよび保護抵抗を介して感電体験部につながっているほか、電流および電圧を表示する計測器が接続されている。⁽⁴⁾⁽⁵⁾

トランスには100V電源を50Vに降圧するものを用いた。なお、トランスは一次と二次が絶縁されており、二次側に接触する人体が仮に地面にアース状態になったとしても、それによって危険な電流は流れない。

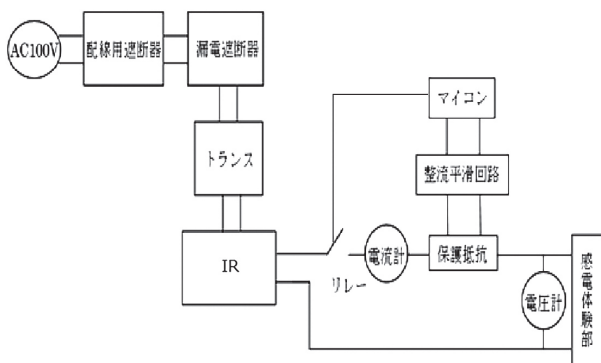


図3 感電体験装置の回路図

ここで、保護抵抗は最大通電電流値の制限を与えるほか、整流平滑回路を介してマイコンに送られる電圧・電流関係に関与する抵抗となる。本装置では4.3kΩの抵抗を選定した。これは50Vの印加電圧の状態、負荷側が短絡した場合におよそ11.6mAの電流が流れる抵抗である。この電流値はごく短い時間であれば図1のAC-2の範囲にあり、さらに人体の電気抵抗があることを考えると、問題のない設計になっていると言える。

なお、図4は電線や器具の劣化が発生した時の対策のために、配置した配線用遮断器と漏電遮断器の写真である。漏電遮断器には高速形、感度電流

15mA以内、動作速度0.1秒以内、感電防止対応機能付きのものを採用した。



図4 配線用遮断器と漏電遮断器

4.2 マイコンによるリレー制御部

2章における事前調査に基づき、感電体験部に流れる最大電流および時間を0.65mA、10秒に設定した。

これを図3に示すようなマイコンとそれによって制御されるリレーにより回路の開閉を行った。まず、整流平滑回路を介して4.3kΩの保護抵抗（電流を計測するためのシャント抵抗に相当）の両端にかかる電圧をマイコンに取り込み、保護抵抗に流れる電流を算出した。誘導電圧調整器を少しずつ回して徐々に電圧を上げていき、保護抵抗間の電圧が所定の電圧になったところで時間計測を開始する一方、電流値をモニタリングし、通電時間もしくは電流値が上記設定値を超えるまでリレーを通電状態とする。そして、時間もしくは電流値が設定値を超えたところでリレーがオフとなる構成となっている。被験者はこの間に感電を感じ、その際の電流値を確認できる構成となっている。

図5に作成したマイコンプログラムのフローチャートを示す。図中のA/DとはA/D変換された電圧値を意味している。初期状態でリレー接点は開いているが、感電体験装置の電源ボタンを押すとマイコンはそれを検知し、リレーをオン状態にする。この際、A/D変換電圧が0.4V以下であればLEDを点滅させる。この電圧検知を2MHz、0.5μs間隔で行い、0.4Vになったところで時間計測を開始すると同時にLEDを点灯状態にする。その後、電流計測を継続し、電圧が2.42Vを超えるか、もしくは経過時間が10秒になったところでリレーをオフとする

一方、LEDを消灯する構成となっている。この電圧値2.42Vは通電電流が0.65mAに対応するものである。なお、電源ボタンを押した際の電圧が最初から2.42Vを超えていた場合にはLEDが点灯しないまま、リレーがオフとなる。

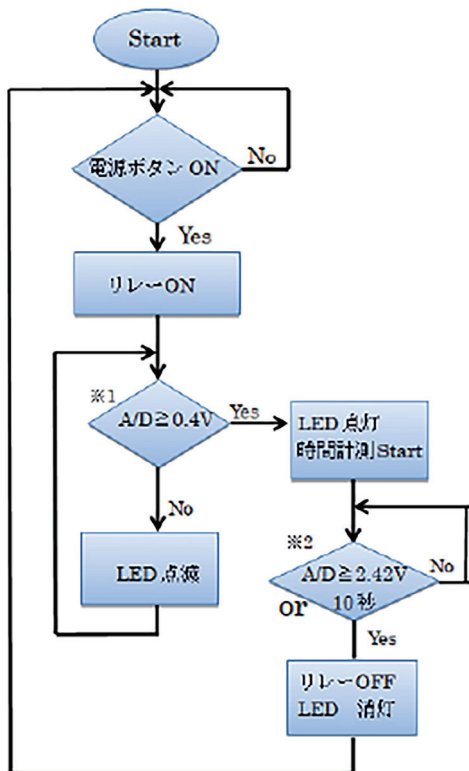


図5 フローチャート

図6はシャント抵抗の両端にかかっている電圧をマイコンに取り込むための整流回路である。今回は遮断電流に対応する電圧の値を概略検知できれば良いので、全波整流回路で整流を行った。回路はブリッジ状のダイオードとコンデンサーで構成されており、ダイオードの整流作用により、直流に変換されていることを確認した。

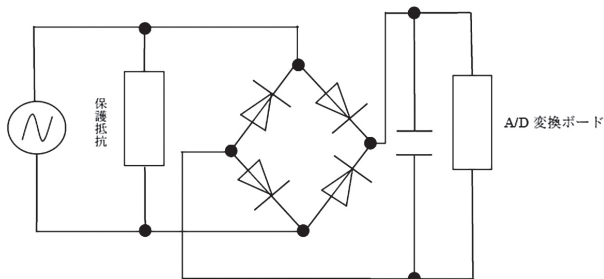


図6 全波整流回路

図7はリレーのトリップを行うマイコンELEGOO UNO R3 Controller Boardの写真である。このマイクロコントローラには14デジタルI/Oピン (6PWM出力)、6アナログ入力端子を有している。また、このマイクロコントローラは、電源電圧を5Vとした時、I/Oポートから500mAの出力が可能である。これを直接リレーに接続し、ON・OFF制御を行った。

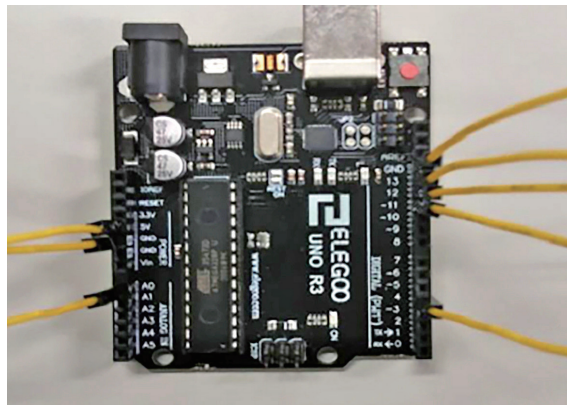


図7 今回使用したマイコンボード

4.3 装置全体写真および動作手順

図8は装置全体写真である。図中の左上は動作状態を示すLEDを内蔵したスタートボタン、その右下には電圧計、装置左は回路計である。

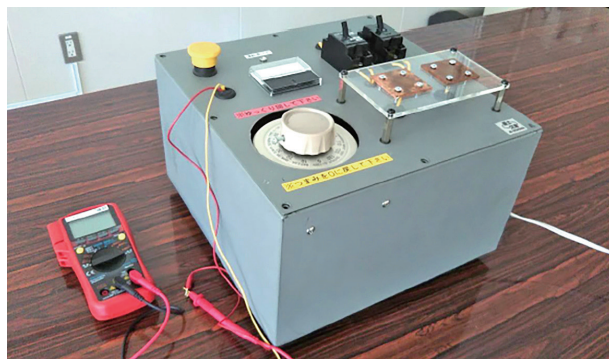


図8 装置全体写真

装置はブルボックスに収められている。筐体の左側に見えるのは二次側の電流計であり、これによって被験者は体感に対応した電流値を読み取ることができる。

動作に当たって、被験者はまず配線用遮断器および漏電遮断器のスイッチがオフであり、さらに誘導

電圧調整器が最小設定（0V）となっていることを確認した上で装置電源コードを商用電源（AC100V）に接続する。この状態で電圧計がゼロであることを確認する。

次に2つの遮断器のスイッチを「入り」にし、電圧計がゼロであることを確認の上、スタートボタンを押す。すると、スタートボタンに内蔵されたLEDが点滅し始める。ここで、感電体感部に右手を当て、徐々に誘導電圧調整器を回して電圧を上げていく。すると保護抵抗間の電圧が約0.4VになったところでLEDが点灯状態になり、そこから時間計測がスタートする。さらに誘導電圧調整器を回して電圧を上げていくと右手にはピリピリとした感電を感じ始める。その際の電流値はテストに表示されており、電流と感電体感の関係を感じることができる。

誘導電圧調整器をさらに回し、通電電流が0.65mAを超えるとリレーが開放され、通電が遮断される。リレーが開放される前に被験者が右手を電極から離れた場合には、印加電圧が電圧計に表示されたまま電流は流れない状態となる。

一方、通電電流0.65mAに達する前に10秒が経過した場合にはリレーがオフとなり、通電が遮断される。ここでさらに電圧を上げて感電体感を継続したい場合には、この状態からスタートボタンを押し、誘導電圧調整器を回して電圧を上げていく。この場合、スタートボタンを押すと同時にLEDは点灯し、時間計測が開始される。

以上、本装置によって通電電流が0.65mAまでの感電体験をすることができる。

なお、ここで操作を誤って誘導電圧調整器を最大にした状態で右手を電極に当てスタートボタンを押した場合には、瞬間的に0.65mAを超えた電流が流れることになるが、すぐにリレーがオフになるほか、万が一回路が開放されなくても体感部には最大50Vまでの電圧が印加されることになり安全上問題となるような感電は生じない。

5. ポリテックビジョンでの評価

北海道職業能力開発高等学校では、毎年2月に学内

外の人に対して大学校の活動を紹介するポリテックビジョンが行われている。この中のイベントの一つとして、専門課程（2年間の教育課程）の総合制作実習や応用課程（専門課程終了後の2年間の教育課程）の開発課題の成果物発表や展示が行われる。

本研究で開発した感電体験装置を、2021年2月20日に行われた第18回北海道ポリテックビジョンにおいて展示・体験コーナーに出展した。図9は感電体験装置の展示を行った際の様子を示した写真である。来場された多くの方に、図10のように実際に感電体験を経験してもらい、図11のように体験感想をお聞きした。

それらの多くは感電時の体感と電流の関係をリアルタイムで感じ取ることができ、目に見えない、また音もしない普段、意識しない電気の存在を確認できる勉強になったというもので、開発した学生にとって、嬉しい評価を多数いただいた。

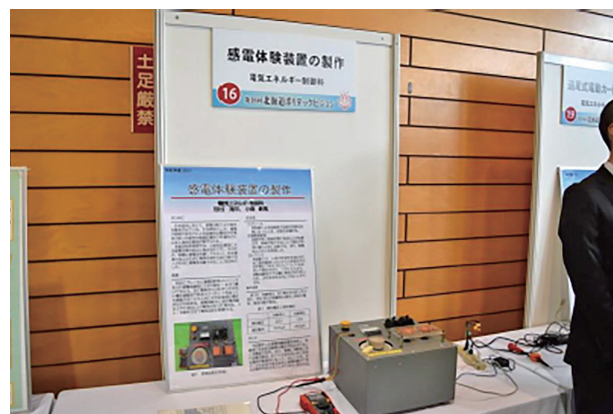


図9 感電体験装置の展示の様子



図10 感電体験装置を操作している様子



図11 体験装置使用後の感想を頂いている様子

また、学生にとっては感電という電気学科では重要なテーマに直接取り組み、電気回路の作成に加えてマイコンによる制御についても体験でき、大いに満足しているようであった。

6. まとめ

電気エネルギー制御科における総合制作実習の一つとして、一般市民が感電の危険性を体験できる装置の開発を行った。最大電流および電圧の設定において、IECによる感電と人体反応領域線図を参考にし、自分たちの体感予備実験に基づいてそれらの値を決定した。装置は商用100Vを電源とし、絶縁トランスによって一次・二次側を絶縁するほか、安全を確保できる電圧値まで降圧した電源をベースとした。これを誘導電圧調整器に接続し、被験者が徐々に電圧を上げる構造となっている。感電体感部は右手指で2カ所を触るようになっており、安全上、手のひら内で通電するように配慮した。通電電流と通電時間をマイコンで計測し、設定した値を超えるとマイコンによってリレーが開放される構造となっている。こうした構造によって、安全な範囲内で感電時のピリピリとした体感と、その際の電圧・電流値を確認しながら、誘導電圧調整器を操作する装置にできた。

学内外の人に対して大学の活動を紹介するポリティックビジョンにおいて本装置を出展したところ、感電時の体感と電圧・電流の関係をリアルタイムで感じ取ることができたことに対して、好評価を得る

ことができた。

また、本学科では所定の科目を習得した学生に対して労働安全衛生法で定められた低圧電気取扱特別教育の修了証を発行しており、その教育に関しても貢献することができた。

さらに、開発に取り組んだ学生にとっては電気回路の作製に加えてマイコンによる制御についても体験することができ、彼らの学習に対して大いに寄与することができた。

今後、本装置を低圧電気の特別教育用教材として活用するほか、一般市民に対する感電災害理解の増進に利用していきたいと考えている。なお、本装置ではマイコンに接続しているながら被験者が手を離す際の電流値や通電時間の記録がなされていない。

今後こうしたデータを記録する機能を付加し感電感覚に関する被験者によるばらつき分析を行うなど、さまざまな解析を試みたいと考えている。

謝 辞

本論文作成にあたり、北海道職業能力開発大学の近久武美校長にご助言をいただいた。ここに特記して感謝申し上げます。

併せて、1年間、積極的に令和2年度の総合制作実習に取り組んでくれた本校電気エネルギー制御科2年生の河村翔平君および小森鉄馬君に感謝いたします。

〈参考文献〉

- (1) 中央労働災害防止協会：低圧電気取扱安全必携 特別教育用テキスト
- (2) CRANE-CLUB：感電及び対策
<http://www.crane-club.com/study/crane/shock.html>
- (3) 安全衛生マネジメント協会
https://www.aemk.or.jp/text_teitsu/text_teitsul-1c.html
- (4) 株式会社明電舎：明電時報 通巻327号 2010 Vol.327 危険体感教育への取り組み
- (5) 株式会社昭和電工：感電体験装置KENTAC 4250説明書

この記事は「北海道職業能力開発大学校紀要第37号（令和4年2月）」に掲載されたものです。

実習における安全訓練の訓練効果に関する検証

九州職業能力開発大学校 齋藤 慎一郎

1. はじめに

現在、建築において木材を加工する際、木材加工用機械の使用は必須のものであり、作業現場や工場では日常的に使用されている。木材加工用機械の使用により作業効率は大きく向上するが、そのエネルギーの大きさから重大な災害になりやすい。当機構の実習においても、木材加工用機械における災害は後を絶たない。

木材加工用機械における災害の発生には、物理的要因の「不安全な状態」と人的要因の「不安全な行動」が関係している。「不安全な行動」は木材加工用機械の安全な使用に関する知識（以下、機械安全知識とする）の不足と、安全を心掛ける意識（以下、安全意識とする）の低さが関係しており、両方が高いレベルにあることが人的要因の排除に対して重要であると考えられる。

そこで、現在実習において実施している安全に対する訓練が、機械安全知識と安全意識の向上にどの程度効果があるのかを検証することとする。

2. 実習における安全訓練

2.1. 実習前に実施する安全訓練（入場教育）

実習場での作業開始直前に、入場教育として講義形式の安全訓練を行う。ここでは、木材加工用機械の各部名称や安全に使用するための注意事項等を、作業手順書と取扱説明書を用いて説明する。また、木材加工用機械に関する安全表示物を学生に作成し

てもらうことで、機械安全知識の定着と安全意識の向上を図る。

作業手順書と取扱説明書を用いた講義は1コマ（100分）とし、安全表示物の作成は3コマ（300分）とする。作成する安全表示物の対象機械は、実習でよく使用するパネルソー、自動一面鉋盤、卓上丸鋸盤、角ノミとした。

安全表示物の作成については、令和元年度はグループワークにより実施したが、令和2年度はコロナ対策として個人での作成とした。手順は以下のとおりである。

- ①作業手順書を用いた各機械の取り扱い説明（50分）
- ②取扱説明書の確認と重要箇所の拾い出し（50分）
- ③安全表示物内容決め（50分）
- ④安全表示物の作成（200分）
- ⑤作成者によるプレゼンテーション（50分）

作成する内容は作業手順書や取扱説明書を参考にして決定することとし、各機械1つ作成することとした。最後に、作成者によるプレゼンテーションを行うことで全体への周知を図った。プレゼンテーション後、投票で優秀な作品を選び、選ばれた安全表示物は実習場に掲示することとした。

学生が作成した安全表示物の一例を図1に示す。



図1. 学生が作成した安全表示物

2.2. 実習中に実施する安全訓練

実習中に実施する安全訓練としては、作業前ミーティングで指差呼称MAP作成と危険予知活動、作業中は安全表示物の掲示、作業後ミーティングで個人用安全報告書を作成し、ヒヤリハットと5Sチェックを報告するという流れで、機械安全知識の定着と安全意識の向上を図る。

実習中に実施する安全訓練の流れを図2に示す。

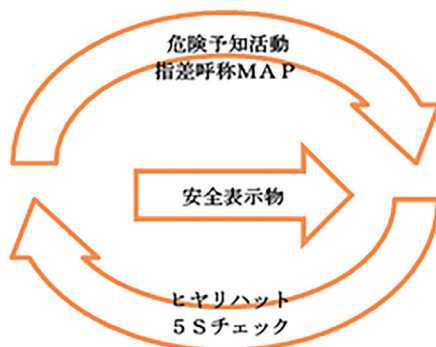


図2. 実習中に実施する安全訓練の流れ

指差呼称MAPは、危険予知でイメージしにくい危険を、MAPを用いて視覚化することによりイメージしやすくすることで危険予知の精度を上げることができると考え、平成30年度から採用している。具体的には、危険予知活動の1ラウンド目「危険の抽出」時に、A3用紙に印刷した実習場MAPを使用して、当日危険があると思われる場所に指マークとそこで必要だと思われる指差呼称項目を記入する。また、前日のヒヤリハットや災害などの丈夫もこの指差呼称MAPに取り入れていく。この指差呼称MAPは、毎日、危険予知活動時に、その日の作業に合わ

せて作っていく。

指差呼称MAPの作成例を図3に示す。

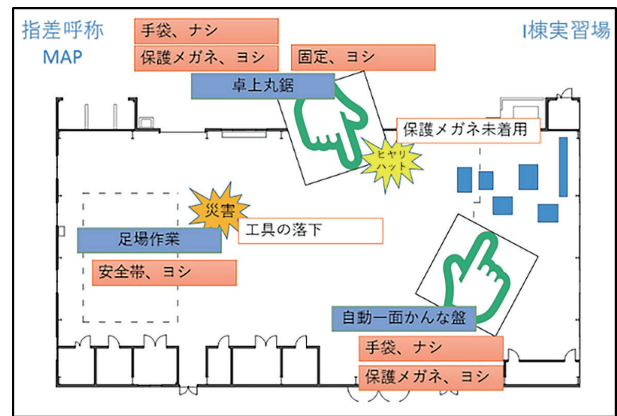


図3. 指差呼称MAP作成例

個人用安全報告書は、実習時には必ず作成し、個人ファイルに閉じることとした。また、実習中や実習後すぐに記入できるように、原則手書きとする。

実習前に記入する内容としては、個人の作業予定内容だけでなく、自分が所属する班の作業内容も記入することとする。また、前日の作業後ミーティングにおける全体のヒヤリハット報告の中から、自分が特に重要だと思う内容を記入することにより、ヒヤリハットを一過性のものとせず、危険予知につなげるものとする。

実習中または実習後に記入する内容としては、作業前ミーティングで班ごとに実施する危険予知活動の内容および当日の実習における服装と5Sについての自己チェック、自分が遭遇したヒヤリハットや受けた指導とし、ヒヤリハットは作業後ミーティングで発表する。危険予知活動において決定した指差呼称項目については、それが実施できたかどうかを○×で記入する。服装の自己チェックは、実習服・保護帽・安全靴・手袋・保護眼鏡・安全帯について当日の実習で指示された服装を維持できたか、○×で記入する。5S自己チェックは、当日の実習において5Sを意識した作業が実践できたか、1（できていない）～5（できた）の5段階評価で記入する。

個人用安全報告書の様式を図4に示す。

安全報告書 (個人)		日付	休調			
班	記入者氏名					
実習前に記入	本日の作業予定内容とひとりKY					
	本日の作業予定内容 (班)					
	本日の作業予定内容 (個人)					
	前日のヒヤリハット (全体)	内容	対策			
	本日の危険予知 (個人)	内容	対策案			
実習後に記入	本日の作業実施内容と安全報告					
	本日の施工実施内容 (班)					
	本日の施工実施内容 (個人)					
	本日の指差呼称項目 (班)		実施			
	本日の服装自己チェック (○×記入)					
	実習服	保護帽	安全靴	手袋	保護眼鏡	安全帯
	本日の5S自己チェック (5段階評価)					
	整理・整頓	清掃・清潔	しつけ			
	<p>整理・整頓</p> <p>作業は必要なものだけを行う。 不要なもの、不要なものは使用しない。 始末するものはその場で分別する。 作業場所の片付けは必ず行う。 工具や材料は、定位置に収納する。 材料や半製品は指定した場所に置く。 材料の量は指定した量を超えないようにする。</p> <p>清掃・清潔</p> <p>ゴミは発生したらすぐに捨てる。 床にこぼれた水や油はすぐに拭く。 機械を使用したらすぐに清掃する。 作業中に発生したゴミは指定した場所に捨てる。 作業終了後は作業場所をきれいに保つ。 作業後は手洗いを必ず行う。</p> <p>しつけ</p> <p>静粛。大きい声で話さない。 作業中は携帯電話を電源オフにする。 作業中は携帯電話を指定した場所に置く。 作業中は携帯電話を指定した場所に置く。 作業中は携帯電話を指定した場所に置く。</p>					
	本日のヒヤリハット (個人)	内容	対策			
実習中に受けた指導 (個人)						
1日の感想						

図4. 個人用安全報告書様式

3. 対象と調査方法

対象は九州職業能力開発大学校応用課程建築施工システム技術科令和2年度1年生24名とした。

訓練効果の調査方法としては、機械安全知識調査問題および安全意識調査アンケートを用いた。機械安全知識調査問題は真偽法とし、実習でよく使用するパネルソー、自動一面鉋盤、卓上丸鋸盤、角ノミの4種各7問で計28問とした。安全意識調査アンケートは、5Sや安全にかかわる意識を「まったく大切だと思わない」から「非常に大切だと思う」の7件法により問うものとした。

調査は木質構造標準課題実習の入場教育前(1回目)と入場教育後(2回目)および実習すべてが終了した後(3回目)の計3回、同様の調査用紙にて実施した。

使用した調査用紙の一部を図5、6に示す。

下記の問題を読んで、正しければ○、間違っていれば×を解答欄に記入してください。

パネルソーに関する問題

1. パネルソーに使用するコンプレッサのエア圧力は、一般的に4~7MPa程度とする。
2. 日常点検として、のこ刃取り付け用ボルトが締まっているか確認しなければならない。
3. 日常点検として、のこ刃の状態を確認する必要はない。
4. コンプレッサのドレンは、1年に1回排出する。
5. 毛挽き切断とは、材料に1mm程度の溝をつけることである。
6. クランプとは、材料を押さえることである。
7. 切断開始位置は、上昇位置設定つまみで調整できる。

自動一面カンナ盤に関する問題

1. 自動一面カンナ盤は、切削寸法を設定することはできるが、仕上がり寸法の設定はできない。
2. 手動ハンドルは、刃の位置を昇降させるものである。
3. 送材速度は、遅いほどきれいな仕上がり面が得られる。
4. プレッシュバーは、カンナ削の後ろに位置し、切削した材料を押さえるためのものである。

図5. 機械安全知識調査問題

	ほとんど 思わない	2	3	4	5	6	7	非常に大切だ と思う
--	--------------	---	---	---	---	---	---	---------------

1. 卓上丸鋸の安全カバーが壊れてしまったら、直るまで使わない

2. 実習場内で帽子をかぶる際は、頭髮のすべてが帽子に納まるようにする

3. 作業中に鋸の歯が欠けてしまったら、区切りのよいところまで加工した後、鋸刃を交換する

4. 卓上丸鋸のブレーキの効きが悪い場合でも、止まるまで待って、作業を続ける

図6. 安全意識調査アンケート

4. 検証方法

調査結果に関して、有意差検定と効果量測定を行うことにより、令和2年度の木質構造標準課題実習における安全訓練が、機械安全知識と安全意識の向上に係る効果を検証した。

有意差検定は、対応のある3群の順序変数比較であるため、Friedman検定で全体の有意差を確認後、個別の有意差を確認するために多重比較を行った⁽¹⁾。有意水準は0.05と定めた。また、今回はサンプルサイズが24と小さく、検定力が下がってしまう可能性があるため、サンプルサイズによって変化することのない効果量rについても検討することとした。効果量rは0.5を効果大、0.3を効果中、0.1を効果小と見ることができ⁽²⁾。

なお、安全意識調査アンケートにおける結果がどのような因子に起因しているかは、筆者が平成30年に執筆した論文⁽³⁾において因子分析により抽出され

た上位4因子を起用し、第1因子「機械の安全な使用方法を実践しようとする意識」、第2因子「決められたルールを守ろうとする意識」、第3因子「清掃や清潔を心掛ける意識」、第4因子「作業効率より安全を重視する意識」とした。

5. 機械安全知識調査の結果および考察

令和2年度1年生24名の機械安全知識調査データにおける平均正答数を統計解析した結果を表1に示す。

すべての機械の合計から全体的な傾向を見ると、平均正答数は1-2回目において3.66点上昇しているが、2-3回目では1.25点下降している。全体の有意差を確認するFriedman検定では $P < 0.05$ であるので、どこかで有意差があると考えられる。多重比較の結果、1-2回目及び2-3回目においても $P < 0.05$ であるため、どちらも有意差が確認できた。また、効果量 r については、1-2回目0.88、2-3回目0.50とどちらも効果大であることがわかる。

パネルソーを見ると、平均正答数は1-2回目において1.05点上昇しているが、2-3回目では0.51点下降している。Friedman検定では $P < 0.05$ であるので、どこかで有意差があると考えられ、多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目0.75、2-3回目0.50とどちらも効果大であることがわかる。

自動一面鉋盤を見ると、平均正答数は1-2回目において1.34点上昇しているが、2-3回目では0.50点下降している。Friedman検定では $P < 0.05$ であるので、どこかで有意差があると考えられ、多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目は0.75で効果大、2-3回目は0.32で効果中であることがわかる。

卓上丸鋸盤を見ると、平均正答数は1-2回目において0.17点上昇しているが、2-3回目では0.04点下降している。Friedman検定では $P \geq 0.05$ であるので、有意差は確認できなかった。多重比較の結果でも、

1-2回目、2-3回目ともに $P \geq 0.05$ であるため、有意差が確認できなかった。効果量 r については、1-2回目0.16、2-3回目0.18で効果小であることがわかる。

角ノミを見ると、平均正答数は1-2回目において1.08点上昇しているが、2-3回目では0.17点下降している。Friedman検定では $P < 0.05$ であるので、どこかで有意差があると考えられ、多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目は0.75で効果大、2-3回目は0.20で効果小であることがわかる。

以上のことから、卓上丸鋸盤以外は入場教育における安全訓練の効果が表れていることがわかる。ただし、卓上丸鋸盤については、1回目の調査から他の機械よりも平均正答数が高くなっており、かつ有意差もなく効果量も小となっているため、入場教育前から十分な知識を有しており、それを保っているものと考えられる。

実習における安全訓練では、パネルソーと自動一面鉋盤において、その機械安全知識を保持していないことがわかる。卓上丸鋸盤と角ノミに関する機械安全知識は保持していることがわかる。これは、パネルソーと自動一面鉋盤は、卓上丸鋸盤と角ノミに比べ、実習中の使用頻度が少ないためであると考えられる。

表1. 令和2年度 機械安全知識の統計解析結果

機械	時期	平均	P値	r
すべての機械	1回目	18.67	0.00	0.88
	2回目	22.33		
	3回目	21.08		
パネルソー	1回目	4.71	0.00	0.75
	2回目	5.76		
	3回目	5.25		
自動一面鉋盤	1回目	4.08	0.00	0.75
	2回目	5.42		
	3回目	4.92		
卓上丸鋸盤	1回目	5.75	0.79	0.16
	2回目	5.92		
	3回目	5.88		
角ノミ	1回目	4.13	0.00	0.75
	2回目	5.21		
	3回目	5.04		

P値：左) Friedman 右) 多重比較、r：効果量

6. 安全意識調査の結果および考察

令和2年度1年生24名の安全意識調査データにおける各因子の平均値を統計解析した結果を表2に示す。Friedman検定ではすべての因子において $P < 0.05$ であるので、どこかで有意差があると考えられる。

「機械の安全な使用方法を実践しようとする意識」因子を見ると、平均値は1-2回目において0.88点上昇しているが、2-3回目では0.20点下降している。多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目は0.80で効果大、2-3回目は0.29で効果小であることがわかる。

「決められたルールを守ろうとする意識」因子を見ると、平均値は1-2回目において0.60点上昇しており、2-3回目でも0.08点上昇している。多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目は0.77で効果大、2-3回目は0.34で効果中であることがわかる。

「清掃や清潔を心掛ける意識」因子を見ると、平均値は1-2回目において0.69点上昇しており、2-3回目でも0.22点上昇している。多重比較の結果、1-2回目、2-3回目ともに $P < 0.05$ であるため、どちらも有意差を確認できた。また、効果量 r については、1-2回目は0.75で効果大、2-3回日も0.53で効果大であることがわかる。

「作業効率より安全を重視する意識」因子を見ると、平均値は1-2回目において0.92点上昇しており、2-3回目でも0.21点上昇している。多重比較の結果、1-2回目は $P < 0.05$ 、2-3回目は $P \geq 0.05$ であるため、2-3回目は有意差が確認できなかった。また、効果量 r については、1-2回目は0.79で効果大、2-3回目は0.44で効果中であることがわかる。

以上のことから、すべての因子において入場教育における安全訓練の効果が表れていることがわかる。

実習における安全訓練では、「機械の安全な使用

法を実践しようとする意識」因子の向上が確認できていないが、他の因子に関しては向上もしくは維持ができているということがわかる。

表2. 令和2年度 安全意識の統計解析結果

因子名	時期	平均	P 値	r
機械の安全な使用方法を実践しようとする意識	1回目	5.08	0.00	0.80
	2回目	5.95		
	3回目	5.75		
決められたルールを守ろうとする意識	1回目	5.96	0.00	0.77
	2回目	6.56		
	3回目	6.64		
清掃や清潔を心掛ける意識	1回目	5.21	0.00	0.75
	2回目	5.90		
	3回目	6.12		
作業効率より安全を重視する意識	1回目	4.32	0.00	0.79
	2回目	5.24		
	3回目	5.45		

P 値：左) Friedman 右) 多重比較、r：効果量

7. まとめ

実習における災害の減少のため、機械安全知識と安全意識の向上を目的とした安全訓練を実施し、その効果を検証することとした。

安全訓練として、実習前に行う入場教育と、実習中に実施する安全訓練を行い、それぞれの前後で計3回の調査を行った。調査方法は機械安全知識調査問題および安全意識調査アンケートを用いた。

調査結果に関して、有意差検定と効果量測定を行うことにより、木質構造標準課題実習における安全訓練が、機械安全知識と安全意識の向上に係る効果を検証した。

検証の結果、入場教育において、機械安全知識および安全意識の向上を確認することができた。実習中に実施する安全訓練では、機械安全知識の大きな向上は見られないが、卓上丸鋸盤と角ノミに関する機械安全知識は保っていることが確認できた。安全意識についてもおおむねその意識の維持ができていることが確認できた。

今回の検証により、実習中に実施する安全訓練での機械安全知識と安全意識の向上が今後の課題であると考えられる。この検証は今後も継続し、学生の

木材加工用機械の安全な使用に関する知識と安全を心掛ける意識の向上を図り、災害減少に努めることとする。

〈参考文献〉

- [1] 神田善伸：「初心者でもすぐのできる フリー統計ソフト EZR (EasyR) で誰でも簡単統計解析」、南江堂、2014年、pp124-131
- [2] 水本篤、竹内理：「研究論文における効果量の報告のために」、英語教育研究31、2008年、pp57-66
- [3] 齋藤慎一郎：「木材加工用機械を使用した訓練における安全指導用教材の訓練効果に関する研究」、平成30年度高度養成課程研究論文、2019年

風洞実験装置を用いた ファンの省エネ実習装置の開発

千葉職業能力開発短期大学校 五十嵐智彦・栗秋 亮太

1. はじめに

近年、持続可能な開発目標（いわゆるSDGs）が注目されるとともに、工場やビル設備等においても、省エネ技術についての関心が高まっている。一般に、工場やビル設備におけるファンやポンプ設備にインバータを適用すると大きな省エネ効果が得られることが知られており、広く普及しつつある。それに伴い、職業能力開発施設におけるインバータに関する教育・訓練に対する需要も増加してきている。

筆者らは、主に職業能力開発促進センター（ポリテクセンター）や職業能力開発大学校（ポリテクカレッジ）における汎用インバータの活用に関する教材を開発してきた⁽¹⁾。文献（1）では、省エネ効果を実験的に体感できるようにポンプ負荷実習装置を開発し、その実験結果について報告した。しかし、実際の省エネの現場においては、ポンプ設備のみではなく、ファン設備も多く省エネ対象とされる。

そこで本稿では、汎用インバータによる省エネのもう一つの適用対象であるファン設備について、その動作原理や風圧・風速等の諸量の測定法、ファンの軸動力の計算、およびその省エネ効果が実験的に学習できる実習装置を開発し、その特性を評価したので報告する。



図1 ファン実習装置

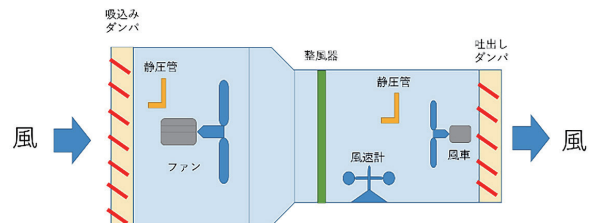


図2 ファン実習装置の概要図

2. 実習装置の概要

一般に、換気設備等で用いられるファン・ブロワにおいては、その風速を可変させる機構としてダンパを用いる。これは、流体の流路に流体の抵抗となるように短冊状の板を設け、この板の角度を $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ の間で可変させることで風速を調整している。ダンパを調節することで風速を調節してもファンの消費電力が大きく変わることがないので、消費電力を風速の3乗で低減させることができるインバータ制御

と比較して無駄が多いとされている。

そこで、本装置では、インバータによるファンの省エネ効果を実験的に習得できるようにした。また、現実の設備においてはインバータの導入前にどの程度のファンの省エネ効果が得られるのかの概算ができなければならない。したがって本教材では、ピトー管（静圧管）を設け、内部の静圧を測定できるようにすることによって、ファンの軸動力、および効率までを計算できるようにしている。

ファン実習装置で行う主たる実習は、風洞装置に備え付けのファン装置を50Hzで運転したときを基準とし、ここにダンパにより風速を制限した場合と、インバータにより周波数を可変させることにより風速を変更した場合の、それぞれの消費電力を比較し、インバータによる省エネ効果を検討するものとした。

本実習装置は、昭和電業社製の屋内風力発電実習装置（KENTAC 6901）をベースとした。この装置の風速の吐出口側と吸込口側にそれぞれ着脱可能な形で共板式風量調整ダンパ（フカガワ製VD-TSA 600-600および、同VD-TSA 800-800）を設置し、ダンパによる風速調整ができるようにした。また、吐出口、および吸込口付近にそれぞれ静圧管（アズワン製PTS-VT6-170）を設け、ダンパの開閉度の変化

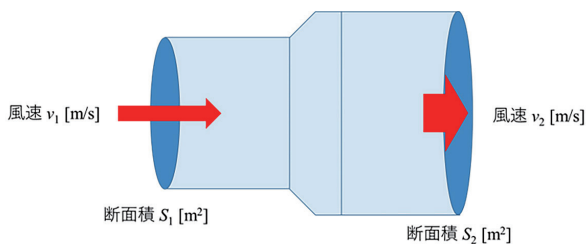


図3 流体の連続性

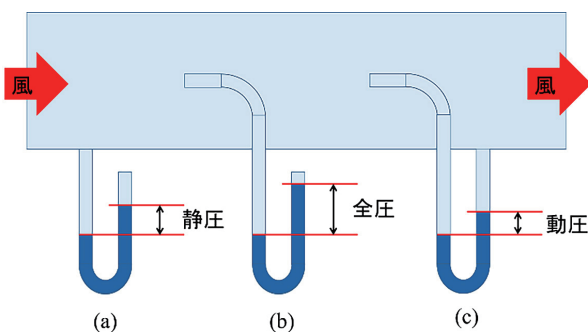


図4 ピトー管による圧力の測定

に伴う内部の静圧の変化を直接測定できるようにした。風速計は、屋内風力発電実習装置に既設であるので、それを用いた。筆者らの検証では本設備では風洞内部の位置による風速ムラが非常に大きいことを確認している。また、本実習装置の風速測定法はJISに規定された風速測定法とも異なる方式が用いられているため、その測定誤差は大きい可能性がある。しかし、相対的な風速の測定は可能であると考えられるため、本稿では本実習装置に既設の風速計をそのまま使用することとした。

3. ファンの軸動力の計算

はじめに、ファンの軸動力の算出についてみていく。ファンで移送する空気が非圧縮流体であると仮定すると、図3に示すような断面積が S_1 [m²]から S_2 [m²]に変化する管内における風速 v_1 [m/s]、 v_2 [m/s]は以下の連続の式が成り立つことが知られている。

$$Q = S_1 v_1 = S_2 v_2 \quad \dots \text{式(1)}$$

ここで、 Q [m³/s]は流量である。本実習装置では、図2に示すとおり、風速計が吐出口側のみにしか設置されていない。そこで、吸込口側と吐出口側の断面積から、吸込口側の風速を算出する必要がある。

管内の圧力は、図4に示すようにピトー管によって測定することが可能である。同図 (a) は、風洞の側面に対し平行に管の端部を設け、流体の圧力エネルギーによってピトー管内に圧力が生じるようにしたものである。これにより測定できる圧力を静圧 [Pa]と呼ぶ。また、同図 (c) のように、流体の移動方向と同じ方向に管の端部を設け、流体の運動エネルギーによってピトー管内に圧力が生じるようにしたもので、これにより測定できる圧力を動圧 [Pa]と呼ぶ。風速と動圧の関係は次式によることが知られている⁽²⁾。

$$P_s = \frac{1}{2} \rho v^2 \text{ [Pa]} \quad \dots \text{式(2)}$$

ただし、 ρ : 空気密度 [kg/m³]

(一般に、 $\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$)

v : 風速 [m/s]

なお、同図 (b) のようにすると、静圧と動圧の和の圧力が生じ、これを全圧 [Pa] という。

このとき、ファン動力 (ファンの機械出力) P [W] は次のように求められる⁽³⁾。

$$P = \frac{1}{60} Q_{min} H \text{ [W]} \dots \text{式(3)}$$

ただし、 Q_{min} : 毎分流量 [m³/min]

H : 有効静圧 [Pa]

ここで、有効静圧 H [Pa] は、次式により求められる⁽³⁾。

$$H = P_{out} - P_{in} - P_{vout} \text{ [Pa]} \dots \text{式(4)}$$

ただし、 P_{out} : 吐出口全圧 [Pa]

P_{in} : 吸込口全圧 [Pa]

P_{vout} : 吐出口動圧 [Pa]

また、ファンの軸動力 (ファンの機械入力) P_{in} [W] は次式により計算できる⁽³⁾。

$$P_{in} = \frac{P_e}{(1 + \alpha)} \dots \text{式(5)}$$

ただし、 P_e : 消費電力 [W]

α : ファンの裕度 (0.1~0.3)

今回は、ファンの裕度 α を 0.3 として計算した。

4. 省エネ効果の検討とファン効率の算出

本実習装置を用いて、ダンパ制御の場合とインバータ制御の場合の消費電力の比較、および、入出力特性とファン効率の比較を行った。

本実習装置の圧力測定の様式図を図5に示す。図5のように、吐出口静圧、および吸込口静圧は、ピトー管 (静圧管) に差圧計 (TESTO 510SET) を取り付けることにより測定する。吐出口動圧は、実習装置既設の風速計により得られた風速値から、式 (2) を用いて算出する。また、吸込口動圧は、式 (1) に示した連続の式から算出する。消費電力は、実習装置既設のインバータ (三菱製FR-E720-2.2K) とパソコンをUSBケーブル (GT09-C30USB-5P) で接続し、専用ソフトウェア (三菱製 FR-Configurator2) のモニタ機能により測定する。

図6にダンパ制御 (吐出しダンパ) とインバータ

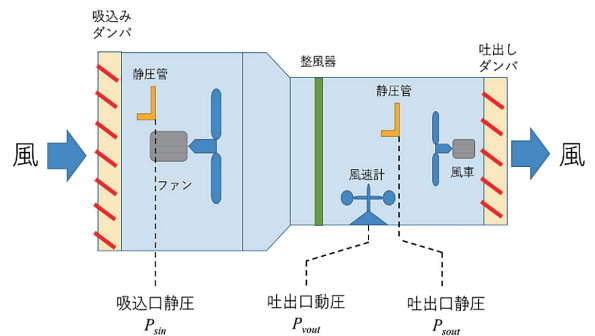


図5 ファン実習装置の圧力測定

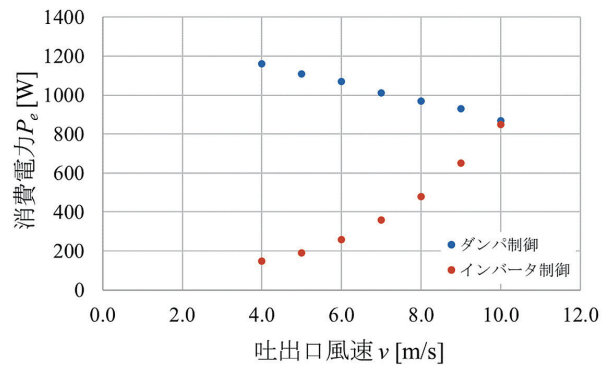


図6 各制御法による消費電力の比較

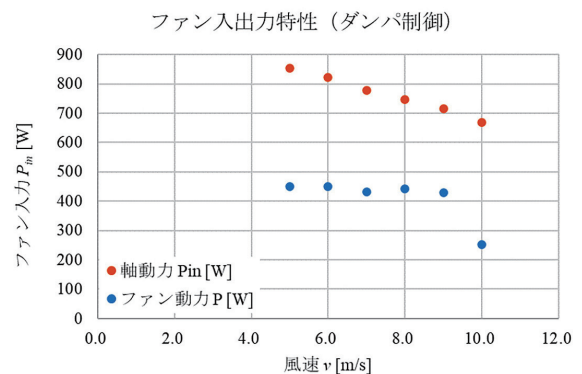


図7 ダンパ制御のファン入出力特性

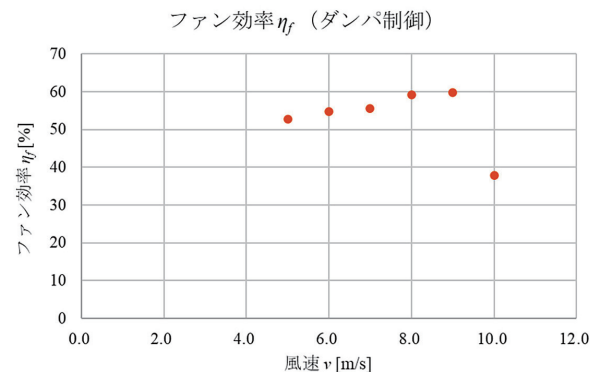


図8 ダンパ制御のファン効率

制御の消費電力を比較したものである。このグラフより、風速10m/sを基準としてその風速を下げていくとき、ダンパ制御の場合では消費電力はわずかに上昇していく一方、インバータ制御では、大幅に消費電力が減少していく様子が確認できる。一般には、消費電力は風速の3乗に比例することが知られているが、同図より本実習装置における消費電力は、風速の2乗程度までしか低減していないことが確認できる。これは、風速の減少によって風車効率も低減したためであると考えられる。図7には、ファンの機械入出力特性を示す。ファンの機械入力（軸動力）は、図7でもみたとおり風速が下がるにつれてわずかな上昇がみられるが、ファンの機械出力（ファン動力）は、ダンパが全開である風速10m/sを除けば、ほぼ一定であるとみなすことができる。また、図8には、ダンパ制御の場合のファン効率を示す。ファン効率は、風速9m/s程度が最も高く、山型になっている様子が確認できる。インバータ制御の場合のファンの入出力特性を図9に示す。同図より、ファ

ン動力、ファン軸動力ともに、風速が小さくなるとともに、急激に減少している様子が確認できる。ただし、ファン動力（機械出力）はおおむね風速の3乗に比例している一方、ファンの軸動力（機械入力）は風速の3乗よりも大きくなっているようである。これは、風速が小さくなるにつれてファン効率が低減すること、および、インバータのV/f制御におけるトルクブーストの影響が目立つようになったためであると考えられる。図10には、インバータ制御の場合のファン効率を示す。同図より、インバータ制御の場合、低速域では効率が大幅に減少することが確認できる。

5. まとめ

本稿では、インバータ制御の訓練に供するポンプ実習装置について報告した文献(1)の続報として、ファン実習装置について検討した。

本実習装置は、既存の風力発電実習装置をベースに実現できることから簡易に実現でき、かつ、風速制御をダンパ制御とインバータ制御の2通りの特性をおおむね理論通りに再現することが確認できた。今後は、風速測定の精度向上など、測定値の精度向上について検討する。

〈参考文献〉

- [1] 五十嵐智彦, 子川昌浩:「負荷特性に応じた汎用インバータの取扱いに関する実習教材」, 技能と技術 2019年1号, 2019
- [2] 梶島岳夫:「流体工学の基礎」, 森北出版, 2022
- [3] 省エネルギーセンター:「省エネルギー手帳2021工場技術者必携」省エネルギーセンター, 2021

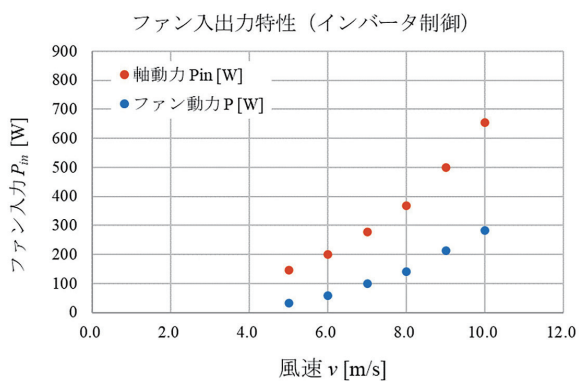


図9 インバータ制御のファン入出力特性

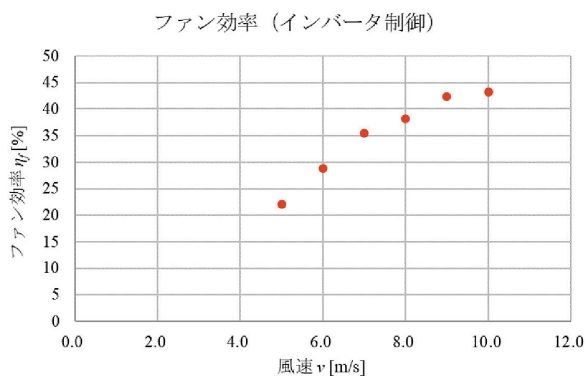


図10 インバータ制御のファン効率

第26回 令和4年度 職業訓練教材コンクールの入賞作品

職業訓練教材コンクールに多数のご応募をいただき、誠にありがとうございました。

応募作品94点の中から、厳正な審査の結果、16作品が厚生労働大臣賞をはじめ特別賞(独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構理事長賞、中央職業能力開発協会会長賞)に選出されました。

なお、入賞作品の内容については、来年の本誌にてご紹介する予定です。

厚生労働大臣賞（特選） 1点

教材名	氏名	所属
建設機械の保全技術 ～現場で使える保守・点検～	川橋 壮彦	中部職業能力開発促進センター 名古屋港湾労働分所

厚生労働大臣賞（入選） 4点

教材名	氏名	所属
ソフトウェアコアを活用した制御システム構築技術	山下 幸祐 土山 博剛 有村 望 中村 久任	兵庫職業能力開発促進センター ” 高知職業能力開発短期大学校 兵庫職業能力開発促進センター
3Dプリンタを題材とした統合型ものづくり教材 —魅力あるものづくり課題への取組み—	山田 知広 外村 文男 西村 智 潮田 誠人 梅本 泰弘	滋賀職業能力開発短期大学校 ” 瀬田工業高等学校 ” 八幡工業高等学校
構内情報配線施工に関するデジタル教材	若林 革	千葉職業能力開発短期大学校
遠隔訓練も可能とする初学者のためのリスクアセスメント教材（機械加工作業編）	宮崎 大和	関西職業能力開発促進センター

特別賞（独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構理事長賞） 6点

教材名	氏名	所属
ARを用いた安全教育用教材	埴 浄子 井関 修司 相原 豊	沖縄職業能力開発大学校 ” ”

「クラウド活用によるIoTシステム構築技術 セミナーテキスト」 「クラウド活用によるIoTシステム構築技術 模範解答集」	蓬萊 晃司	山梨職業能力開発促進センター
効率と実践を意識した三次元測定実習教材 —20の指導ポイントと就職意欲と品質管理意識の醸成—	吉松 邦浩	熊本職業能力開発促進センター
絶縁抵抗測定実習盤	菊池 成樹	福島職業能力開発促進センター
作業安全実習テキスト	小笠原邦夫	千葉職業能力開発促進センター
電気設備点検（ドローン） ドローン基礎・屋内操作編	藤田 学	国立吉備高原職業リハビリテーションセンター

特別賞（中央職業能力開発協会会長賞） 5点

教材名	氏名	所属
木造住宅の耐震性を学ぶ	鶴田 暁	四国職業能力開発大学校
一軸テーブルおよびハンドの製作	大庭 英樹 川内 亨一 黒木 猛 吉本 俊二	九州職業能力開発大学校 ウイルテック株式会社 九州職業能力開発大学校 ”
鉛フリー手はんだ実習方法 ～初心者が踏むべき最初のステップ・トレーニング方法～	佐竹 正宏	(社)実装技術信頼性審査協会 ソルダリングテクノロジーセンター
(簡易3軸組み合わせ) 直動システム 2期集中実習 機械工作実習教材	楠本 佳弘 神川 謙一 飯沼 俊貴 山本 衡 藤原 力 岡本あおい	京都職業能力開発短期大学校 ” ” ” ” ”
これからTIG溶接作業に携わる人のための実習作業テキスト	田代 尚弘 角川 勇	兵庫職業能力開発促進センター 加古川訓練センター ”

(敬称略 順不同)

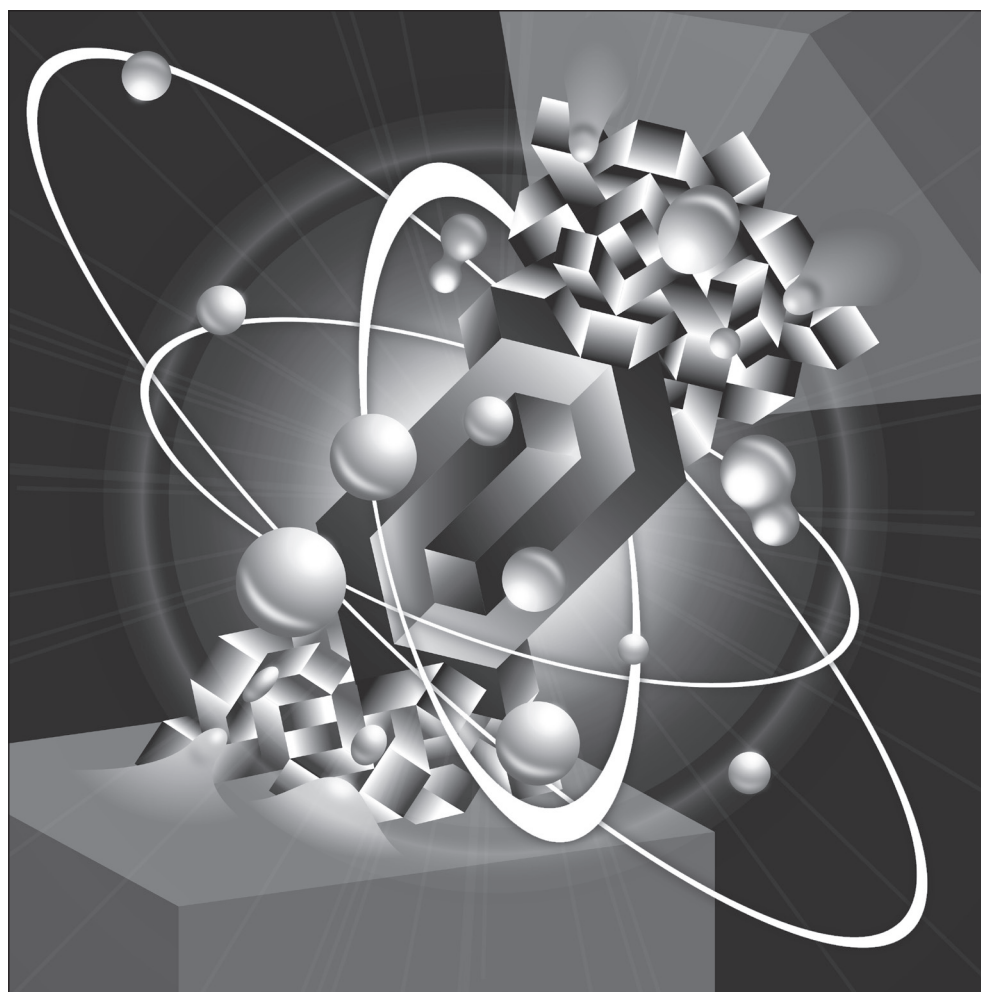
表紙デザイン選考会 選考結果

「技能と技術」誌表紙デザインの募集に、全国から108点の応募をいただきました。毎年多数のご応募ありがとうございます。専門識者による厳正な審査の結果、以下の8点を入選作品といたしました。

最優秀賞に選ばれた高橋清椰さんの作品は、2023年に発行されるVol.58の表紙を飾ります。また、令和5年度職業能力論文コンクールのポスターデザインに採用されます。

優秀賞に選ばれた上間大嘉さんと宮城茉莉さんの作品は、2023年に発行されるVol.58の裏表紙を飾ります。

■ 最優秀賞 高橋清椰（長野県長野技術専門学校）



【コンセプト】

テーマ：技能から技術への成長

画面左下と右上にある立方体は、物を作る「人」を表しています。

中央にある立方体は物を作る「技能」を表し、球体は新しい技術革新における向上への「思い」を表しています。

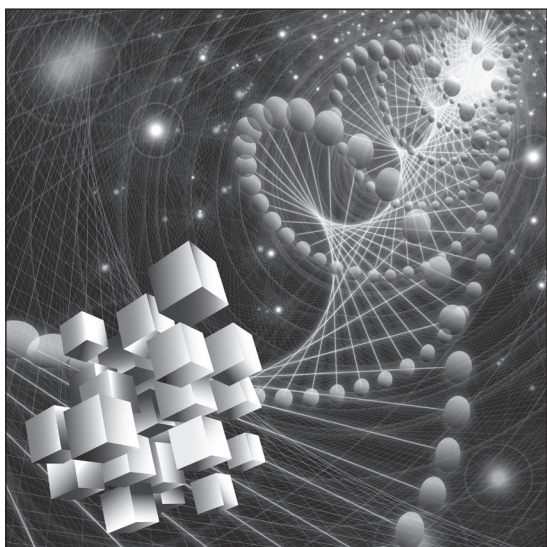
そして、「技能」と「思い」を「人」が吸収することによって技術へと成長していく瞬間を表しました。

【最優秀賞作品に対する選考員のコメント】

- ・ 中心から外側へ一定の規則性をもって広がるような構成と、白黒の明暗がはっきりしているためポジティブな印象となっており、「技能と技術」誌の表紙やコンクールのポスターにふさわしい作品となっている。
- ・ 細い楕円のリングが非常に上手く表現されている。また球体のサイズと配置がまとまっている。空間の表現が上手く、楕円の使い方によって空間の広がりを感じることから、より立体的な印象を与える作品である。
- ・ 色調のメリハリと構成が秀逸である。他の作品に比べ、特にコントラストが効いている作品であり、この「技能と技術」誌各号ごとに色が異なることを考慮出来ていると感ぜられる。

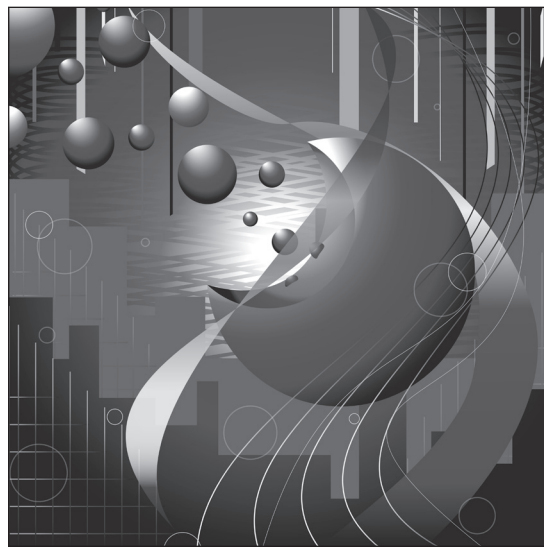
■ 優秀賞

上 間 大 嘉(沖縄県立具志川職業能力開発校)



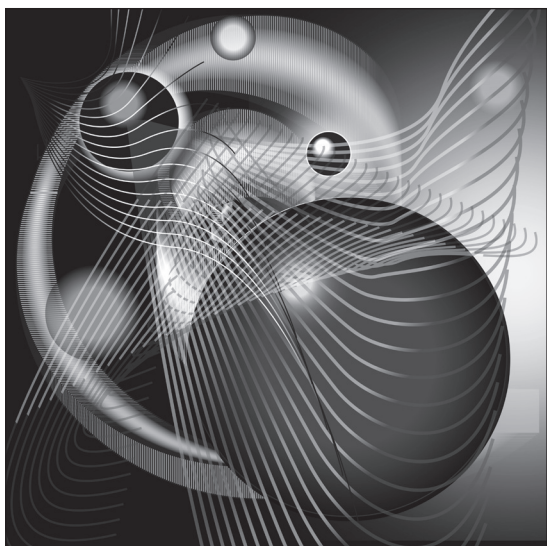
■ 優秀賞

宮 城 莉 子(沖縄県立具志川職業能力開発校)

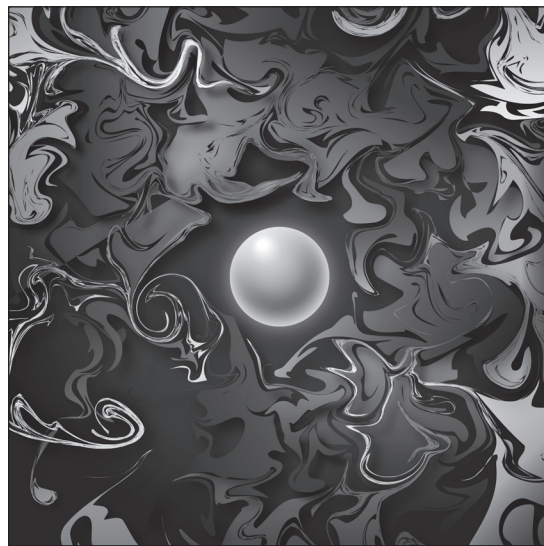


■ 佳作 (5名)

植 村 佐知子(大阪障害者職業能力開発校)



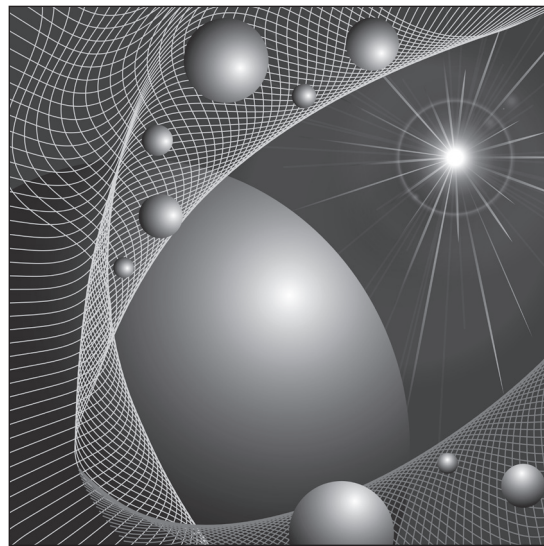
奥 本 亜由美(兵庫県立神戸高等技術専門学院)



松 田 七 海(沖縄県立具志川職業能力開発校)



松 本 彩 華 (兵庫県立神戸高等技術専門学院)



鈴 木 大 吾 (秋田県立大曲技術専門校)



(敬称略)

令和5年「技能と技術」誌 特集テーマについて

「技能と技術」誌編集委員会において、令和5年の特集テーマ（カテゴリー）を決定いたしました。令和5年より下記のカテゴリーを基に募集を行い、投稿原稿内容より特集テーマを決定いたします。本誌への投稿をお待ちしております。

特集テーマ

①【人材育成・技能伝承】

内容：各種競技大会、技能検定に向けた取り組み事例や、社会的関心の高い課題や製造現場での課題をテーマとした実習 等。

②【安全対策（ものづくり、支援、教材開発 等）】

内容：休業災害0を目指した安全対策への創意工夫およびリスクアセスメントの取り組み、ロボットについての訓練も含めものづくり分野の安全の種類が増加している中で、新しい変化への安全対策についての取り組み 等。

③【支援事業（就職支援、技能競技、産学連携 等）】

内容：求職者及び学生に対する就職支援、特別な配慮が必要な受講生に対する支援事業、企業との共同開発 等。

④【障がい者訓練】

内容：障がい者に対する職業能力開発における創意工夫及び就職支援、企業における障害者雇用と人材育成等の取り組み 等。

⑤【技術革新（第4次産業革命、DX、SDGs、GX 等）】

内容：第4次産業革命など技術の進展に対応した訓練、民間の訓練等、効果的な訓練教材の開発について 等。

⑥【ポストコロナ（オンライン、ハイブリッド、意識改革 等）】

内容：コロナ禍における職業能力開発の取り組みから、ポストコロナにおける人材育成に向けての実践事例（コロナ禍を鑑みた人材育成プログラムの作成、オンライン訓練に対する教材開発、コロナ感染防止対策等） 等。

問い合わせ先

「技能と技術」誌編集事務局

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

〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1

TEL：042-348-5075 FAX：042-348-5098 E-mail：fukyu@uitec.ac.jp

編 ■ 集 ■ 後 ■ 記

今号の特集は、「ものづくり分野における安全対策」でした。

今回、特集1では職業訓練指導員を対象とした安全衛生研修における研修効果の分析と考察について、特集2では教材開発を題材に安全意識向上への取り組みについて、特集3では実習での安全知識と安全意識の向上に係る効果の検証についての3点の報告をさせていただきました。

研修ノートでは、平成30年度職業訓練教材コンクール特別賞受賞「負荷特性に応じた汎用インバータの取扱いに関する実習教材」（本誌2019年1号掲載）の続報として「風洞実験装置を用いたファンの省エネ実習装置の開発」を報告させていただきました。

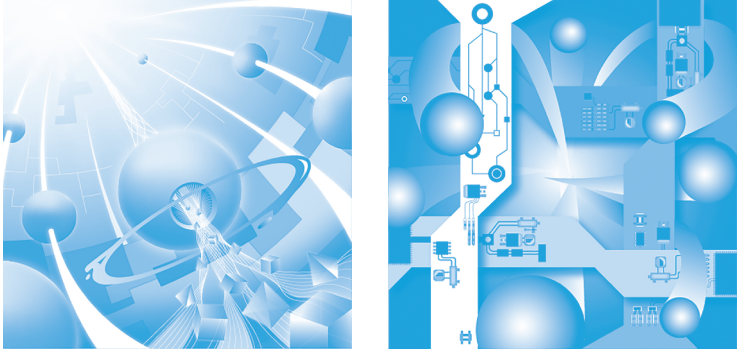
また、お知らせにも掲載したとおり、令和5年より皆さまより投稿いただきました内容を基に各号の特集テーマを決定させていただきますので、多くの投稿をお待ちしております。

【編集 井王】

職業能力開発技術誌 **技能と技術** 4/2022

掲 載 2022年12月
編 集 独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構
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
〒187-0035 東京都小平市小川西町2-32-1
電話 042-348-5075
制 作 システム印刷株式会社
〒191-0031 東京都日野市高幡1012-13
電話 042-591-1411

本誌の著作権は独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が有しております。



技能と技術