

四国職業能力開発大学校
高知職業能力開発短期大学校

紀要
第27号

平成28年(2016)1月

巻頭言 能開大を取り巻く新たな動きについて	金城 圭一	1
<教育訓練技法・実践報告>		
「コマ大戦」への取り組み	八崎 透・黒木 猛	5
オープンソースを改良した非線形3次元有限要素法プログラム	寺島 周平	11
レトロフィットによる非線形有限要素法プログラムの制作		
ーオープンソースで始めるシェルの座屈後挙動解析ー	寺島 周平	19
能力開発セミナーの企画および実施	広瀬 直俊	25
「一日体験授業」への取り組み	高本 浩司・吉岡 誉吏	29
沖縄職業能力開発大学校の総合制作実習におけるEV製作の取り組み	山中 裕二	33
大学校広告用駅看板の製作ー大型駅看板の製作事例ー	鳥谷部 太	37
鉄筋コンクリート造施工実習の実践報告		
ー専門課程における施工および施工管理技術の教育訓練ー	磯野 重浩	39
応用課程建築施工システム技術科における開発課題の展開について	平野 直樹	43
Instructional Text Design 技法についての一考察	成田 義也	49
<研究論文>		
品質工学MTシステムによる卒業後離職者の将来予測	岩永 禎之	55
押込力を受けるモルタル充填鋼管の耐力と変形に関する推定式の提案	越智 隆行	67
ものづくりPBLにおける個人のチームワーク測定尺度の開発(第1報)		
ー応用課程の開発課題における個人のチームワーク能力測定尺度の作成のための調査ー	下釜 洋一・鳥谷部 太・竹下 浩	75
若年者ものづくり競技大会に対する取り組みと教育訓練方法の調査・分析、教育的効果について		
ー「ITネットワークシステム管理」職種ー	佐竹 一孝	83
系統模擬が可能な交流安定化電源装置を用いた電気機器実験教材開発	瀧本 雄一	87
<附録>		
開発課題実習報告		94
総合制作実習報告		108

巻 頭 言

能開大を取り巻く新たな動きについて

最近、職業能力開発大学校や職業能力開発短期大学校（以下「能開大」という）を取り巻く環境に2つの大きな動きがあった。平成26年7月、安倍首相の諮問機関である教育再生実行会議からの第五次提言である。これらの動きは我々にとって脅威となるのか？それとも「ついに我々の出番がやって来た！」と明るい未来を描けるのか？しっかりと動きの真意を読み取り、時期を逸さないよう対応準備する必要がある。

一つ目は「単位認定」と「編入」の動きである。

提言の「高等教育機関における編入学等の柔軟化」の中で、「国は、省庁の枠を超え、意欲ある学生が更なる学びの機会が得られるよう、能開大における学修を大学の単位認定の対象とするとともに、これらの施設から大学への編入についても途を開くように検討する。」とある。これを受けて従来から検討していた文部科学省は中教審の答申を受けて同年9月、大学、短大設置基準（告示）を改正し、60単位を限度に能開大（既に課程認定を受けている職業能力開発総合大学校、防衛大学校、気象大学校等も含まれる）の学修を大学としての単位に認める通達を出すとともに、大学への編入（法律改正が必要）については単位の認定状況を見た上で継続的に中教審で検討が加えられることとなった。60単位の認定制限は、従来から大学設置基準に定められている、他大学からの認定、大学以外の教育施設からの認定及び入学前の既修得単位の認定の上限総数であり、職業能力開発大学校・短期大学校の評価による上限ではない。単位制を取っていない能開大は、主体的な学修の考え方を含めて大学との接続に課題が多く（と言われている）、「編入」については単位認定の状況や実績を踏まえて引き続き検討されるようである。「編入」はともかくも、「単位認定」については厚生労働省も要望しており、能開大の「強み」であることは言を俟たない。今後、単位認定については各能開大とも具体的な動きがあると思われる。

この議論の過程において「能開大などの教員要件、施設要件、カリキュラムは質が担保され大学相当」と中教審が認め、文部科学省高等教育局長発の告示改正通達においても「次に掲げる学校以外の教育施設で学校教育に類する教育を行うものにおける学修で、大学又は短期大学において大学教育又は短期大学教育に相当する水準を有すると認めたものを新たに規定した」と記されたことは今更感もありつつ、特筆に値するものである。

二つ目は「実践的な職業教育を行う新たな大学」を作ろうとする動きである。

同提言では、その「職業教育の充実、強化」において、「社会・経済の変化に伴う人材需要に即応した質の高い職業人を育成するとともに、専門高校卒業者の進学機会や社会人の学び直しの機会の拡大に資するため、国は、実践的な職業教育を行う新たな高等教育機関を制度化する。これにより、学校教育において多様なキャリア形成を図ることができるようにし、高等教育における職業教育の体系を確立する。」とある。大学生の就職後の離職率が高く（3年後で30%を超える）、非正規雇用等安定的な職についていない大卒者が10万人（20%）を超えるなど、大学が本当に就職に役に立つ職業能力を付与していないのではないかとの課題もあり、文部科学省は早速「実践的な職業教育を行う新たな高等教育機関の制度化に関する有識者会議」を設置し、半年の議論を経て具体的な像として、過日答申された。「G型大学・L型大学」、「大学の職業訓練校化」や「大学教育とは」等、社会に多くの話題を提起しながら、平成20年12月の諮問から平成23年1月の中教審の答申を受け、7年の期間を経て現実味を帯びてきた。

認可基準等の制度設計は今後、中教審で詰められるようだが、学位（学士）の習得を到達点に、既存の大学からの移行や専修学校（職業実践専門課程）からの昇格も視野に、政府の新成長戦略の目玉としての後押

しもあり、平成30年度頃から「実践的な職業教育を行う大学」（学校教育法の1条校）として順次開設されるようである。専修学校の永年の実績と地道に進めてきた「1条校化運動」の成果とも言えるだろう。

現状においても「実践的な職業教育を行う大学」はいくつもある。医療看護心理系はその最たるものだし、工業系（職種を特定した）、教員系、数は少ないがパイロット養成学科もある。大学進学率が50%を超える超全入時代の今日、大卒者のすべてが昔のような幹部候補生で就職することはできず、その意味において「手に職を付ける」メリットは大きく、新たなキャリア形成の促進につながる。が、サービス業がますます成熟する日本において、新しい大学の、その目指す職種が未だ不透明なのが気に掛かる。「実践的な職業教育」＝「手に職をつける」発想自体、新しい大学に対する私の考え違いなのかもしれない。

新しく構想される学校種は2年の専門課程の上に、2年の上級課程が設けられるとも聞く。また、社会人に対する専門的なスキル向上のための短期プログラムも用意されると言う。この方向性はまさしく私たちの能開大が試行錯誤の中に築き上げ、ノウハウを蓄積してきたものに相違ない。

この2つの「職業教育」における動きをみていると、提言の中で、能開大を評価し、単位認定を促進しながら、実践的職業能力の習得においては、実践的職業教育を40年以上も先駆者として携わり、実績を上げてきた我々能開大の活用結果として触れないのは非常に寂しくもあり残念である*。

「実践的な職業教育を行う大学」が確実に増える平成30年度からは、「2018年問題」に直面する時期であり、実践的職業教育をその特異性（文部科学省の大学との差別化）として学生募集をしてきた我々能開大は、各方面にその存在意義や存在基盤の再構築を迫られることになるだろう。

永らく日本の中高等教育の中で職業教育が機能してこなかった最大の理由は、それが学校教育という幹の外にあったもう一本の幹であるからであり、今回の「単位認定」や「実践的な職業教育を行う大学」構想は、この幹を一本に統合する千載一遇のチャンスである。学校教育全体の中で職業教育の意義・在り方が認知され始めるのである。能開大も「単位認定」の実績を積み上げ、その蓄積された職業教育のノウハウを学校教育の中で大いにアピールできる絶好のチャンスなのかもしれない。今後の動きを注視したい。

この紀要は四国職業能力開発大学校と附属高知職業能力開発短期大学校の教員が日々実践教育の中から思考し、研究し、感じ、取り組んでいることをまとめたものである。実践的職業教育の先駆者として、我々能開大は、量として地元産業界に大きな影響力を及ぼすことはできないが、少しでもその成果を質として発信し、文部科学省から大学相当と認められたことを裏づけ、証明するような存在意義を高めていきたい。

皆様のご意見、ご感想をいただければ幸いである。

平成 28 年 1 月

四国職業能力開発大学校附属
高知職業能力開発短期大学校
校長 金城圭一

※有識者会議の最終報告の中の「高等教育段階における専門職業人養成の現状」に、明確な職業観、目的意識を持つ高校生の進路先の一つとして職業能力開発総合大学校が紹介されている程度。

<教育訓練技法・実践報告>

「コマ大戦」への取り組み

四国職業能力開発大学校 生産機械システム技術科 八崎 透

九州職業能力開発大学校 生産技術科 黒木 猛

An Approach to “Spin Top Fight Competition”

Toru YATSUZAKI Takeshi KUROKI

Abstract

Events related to the manufacturing industry such as machining competition or robot competition have been held grandly in Japan. And then a unique competition that uses “spin top” began in 2011. The name of competition is "all-Japan manufacturing spin top fight competition" ^[1]. The purpose of this paper is to write the story of the three-year struggle of how the authors have tried to participate to “spin top fight competition” with their students and colleagues

1. 緒 言

加工競技会やロボット競技会等のものづくりに関係した催しが、全国で盛大に開催されている。その中で、2011 年度からコマによる対戦型の一風変わった競技会が始まった。その名も「全日本製造業コマ大戦」^[1]という競技会である。著者が九州職業能力開発大学校(以後、九州能開大と言う。)在職中に、卒業生が多数就職している企業から参加の依頼を受け、企業や学校に混じり 2012 年度九州沖縄予選に参加し「17 チーム中、第 3 位」という成績を収め、全国大会の前に実施された「全国大会敗者復活戦」まで進めた。そして、昨年度四国職業能力開発大学校(以後、四国能開大と言う。)の学生と 2014 年度西日本予選に参加し、「34 チーム中、ベスト 8」「学校関係 12 チーム中、1 位」という事で「ベストパフォーマンス賞」を受賞した。また、2014 年 11 月に実施された「機械系業務担当者会議」でコマ大戦を紹介し、大戦用コマの製作方法について若手の職員と検討すると共に、このようなイベントに参加する意義について討論した。さらに、品質工学の手法でコマを設計し「コマ大戦」に挑戦している企業について紹介する。

2. 「コマ大戦」の概要

「静止状態で回転軸に対し直径 20mm 以下」の 2

つの喧嘩コマを「直径 250mm 凹 R700mm ケミカルウッド製」の土俵で戦わせる競技会である。相手を土俵の外へ弾き飛ばすか、土俵内で相手より長く回っていれば勝ち、一方が 2 連勝したら試合終了である。そして、勝者が敗者のコマをもらえ、最終的に優勝者が参加者全てのコマを総取りする。この競技会は全日本製造業コマ大戦協会^[1]が主催しており、全国の中小製造業従事者をはじめ、大学、高等専門学校、高等学校の学生や職員が自慢の自作コマを持ち寄り熱い戦いを展開している。九州能開大で参加した第 2 回大会では 7 つのブロックで地方予選が展開され、その中で 17 チームが参加した九州沖縄予選 G2 博多場所^[1]に出場した。図 1 が九州沖縄予選 G2 博多場所に出場した 17 個のコマの勇姿である。



図 1 九州沖縄予選 G2 博多場所に出場したコマ

3. 「コマ大戦」に参加した経緯

九州能開大での「コマ大戦」への参加の経緯は、全日本製造業コマ大戦協会の理事をされている近隣企業の方の依頼からである。この企業には九州能開大の卒業生が多数在籍しており、彼らが「コマ大戦」に参加するのでアイデアが欲しいという依頼から具体的に参加の準備を始めた。この「コマ大戦」参加において前提としたのは、学生を前面に出して職員は裏方に徹するという事である。コマの設計から製造まで学生が主体的に実施し、応用課程の学生が専門課程の学生を指導しながらコマの製作を行い、企業との意見交換も学生に任せるようにした。また、四国能開大での取組みでは、今回の予選が「全国大会の予選」では無く海外からの参加を募った「世界大会の予選」である事を知り、学生共々勝ちにこだわった。

4. 九州職業能力開発大学校での取組み

前項で述べた経緯で「コマ大戦」に参加しました。以下に九州能開大での取組みを述べる。

4.1 競技用コマの製作

九州沖縄予選の開催日は2012年10月24日で、参加まで1ヶ月程度の時間が有った。まずは、学生達にアイデアを募り、職員を含め協議を重ね幾つかの案を出した。図2に示すコマは、4枚の羽根が出るという飛道具を持ったコマである。このコマは専門課程の学生からのアイデアで、応用課程の学生が形状や製作方法でアドバイスをした。コマを回転させると遠心力で4枚の羽根が出るという仕掛けで、回転させてないときは4枚の羽根が本体の中に収まっており、ルールによる「静止状態で回転軸に対し直径20mm以下」を満たしている。設計段階では3次元CAD上で「形状」「羽の出し入れ」「バランス」等の検討をし、機械加工の検討段階では使用する「工作機械の選択」「加工順番」「NCデータの作成」等を応用課程の学生が中心に専門課程の学生を指導した。また、実際の加工でも専門課程の学生が未使用の工作機械の使い方を応用課程の学生が丁寧に教えていた。図3に加工の一部を示す。この4枚の羽根のコマであるが、結果としてバランスが取りづらく対戦型のコマと

しては不向きであった。その後、幾つかの飛道具を持ったコマのアイデアを出し製作してみたが、どれもバランスが悪く「コマ大戦」に使用することができなかった。結果として、重心の低い図4に示すオーソドックスなコマの方が、長時間安定して回り、他のコマとの対戦にも向いている事が分かった。以上の結果を持って依頼企業との意見交換をし、それぞれが保有する工作機械と加工の技能を考慮して、「コマ大戦」に参加するコマの形状や材質を決め製作に取り掛かった。

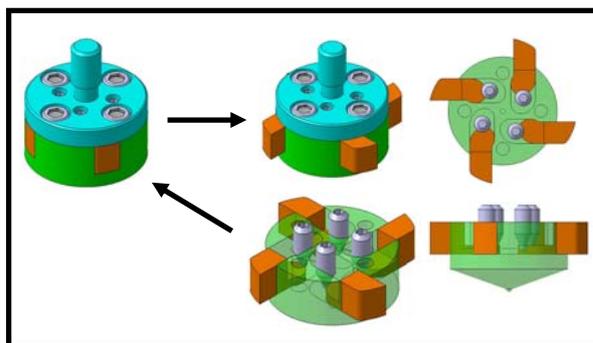


図2 羽根が出るコマ

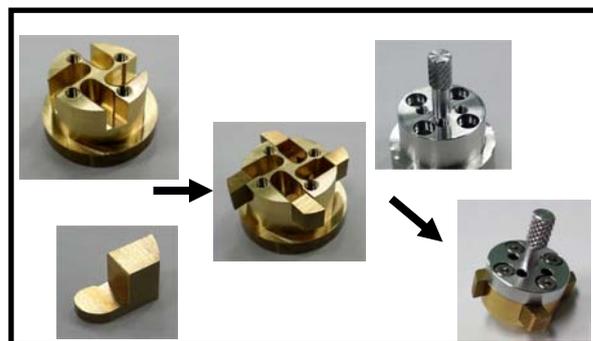


図3 コマの部品加工

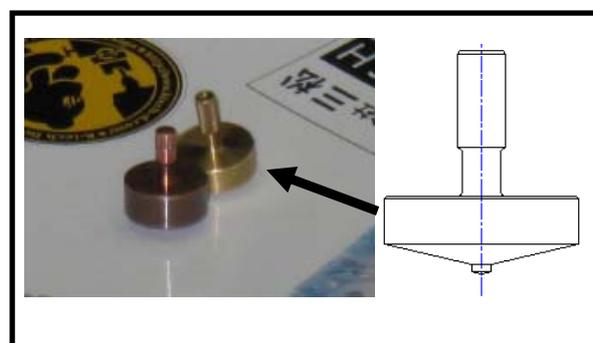


図4 コマ大戦に参加したコマ

4.2 第2回全日本製造業コマ大戦九州沖縄予選
「第2回全日本製造業コマ大戦九州沖縄予選 G2博多場所」は、マリンメッセ福岡で開催されたも

のづくりフェア 2012 の一環として 2012 年 10 月 24 日に実施された。参加数は 17 チームで、内訳は企業が 13 チーム、学校が 4 チームという構成であった。図 5 に示しますようにメディアの注目度も高く、ニュースの中のトピックスとしてや参加企業の取組みを特番として放映する放送局もあった。特に、今回この競技会を紹介して頂いた企業においては、コマの製作過程から競技会当日までをドキュメンタリータッチで放映されていた。この企業には卒業生が多数在籍しており、少なからず我が大学校も取り上げられた。我々のチームは、競技会で「投げ手」として専門課程の学生を指名し、先ず 1 回戦で企業チームと対戦した。なかなかの激戦でお互いに 2 連勝ができずに、やっと 7 ゲーム目に勝利した。2 回戦は工業高等学校チームとの対戦で負けられないというプレッシャの中、貫禄の 1 ゲーム目からの 2 連勝で勝ち進んだ。準決勝は最終的に優勝した企業チームと対戦し、1 ゲームは勝利するものの惜敗した。その後、3 位決定戦に回り高等専門学校と対戦しあっさり 2 連勝で勝利した。当初、「いまさらコマ回しなんて」という心持もあったが、いざ競技会が進むにつれ参加者全員熱くなりあちらこちらで歓声を上げていた。競技会の合間には、取材に来たメディアが参加者を捉え取材をするし、対戦中はカメラが何本も立ち熱気に溢れた競技会であった。参加した企業のコマに目を向けると、形状では我々が製作したコマとほぼ同様な形で、材質と加工精度、そして勝負度胸で勝敗が決した。優勝したコマは、超硬の本体にセラミックスで製作した回転軸を圧入したもので、重心が低く、芯ブレがない綺麗なコマで、単独では 15 分以上回転し続けるとの事であった。「投げ手」もその企業の重役の方で落ち着いてコマを回し、投げミスをする方が大勢いる中で淡々と勝負に徹している姿が印象的であった。我々が製作したコマは快削黄銅製で、図 4 に示すコマで競技会に望んだ。我々の「投げ手」も初出場ながら冷静に競技に集中し 3 位入賞を勝ち取った。そして、パシフィコ横浜で開催された第 2 回全国大会への最後の切符を獲得する為、各ブロック予選 3 位のコマによって実施された「全国大会敗者復活戦」まで進めた。



図 5 競技会の模様

5. 四国職業能力開発大学校での取組み

隔年で実施されているコマ大戦も開催回数が進み 2014 年度は第 3 回大会ということで、国内だけではなく海外にもその存在が知られている。ジャカルタ、ドバイ、ソウルでもコマ大戦が 2013 年度に開催されており、国際化が進んでいる。このような流れの中、第 3 回大会においては国外の企業や学校にも参加を呼び掛け「世界コマ大戦」という位置づけがなされた。我々が参加したコマ大戦は「世界コマ大戦西日本予選 G2 北九州場所」という名称で、西日本 17 県から 37 チームが参加し熱戦が展開された。以下に四国能開大での取組みを述べる。

5.1 競技用コマの製作

四国能開大での取組みも学生を中心にコマの設計及び製作を行った。当初、学生が色々な案を出してくれたが、使用できる工作機械の制約や使用できるコマの材料の制約で、C3560 (快削黄銅) とインコネル 718 を用いたオーソドックスなコマを数種類製作した。その中で、学生がこだわったのは回転軸と本体の芯ブレの最小化である。「コマ大戦」のコンセプトは「喧嘩ゴマ」だが、競技が進むとコマの接触が無い中、土俵でコマが回り続けるという局面も多く、いかに安定してコマが回り続けるかも大切な要素である。その場合、コマの芯ぶれが命取りに成る。そこで、学生はコマ製作時に行う材料の芯だしにも工夫をした。例えば、生爪とコレットを用いた材料の把持等、幾つかのパターンで回転軸と本体の芯ぶれの最小化に努めた。また、「実際に製作するコマがどの程度単独で回転できるのか」といった事も、コマと土俵の間に生じる摩擦による制動トルクを推測し、回転体の運動方程式から事前に予想する試みも積極的

に行っていた。図 6 にコマ製作時の状況、図 7 に制動トルクからの回転時間の予想について、図 8 に今回製作し「コマ大戦」に参加したコマを示す。

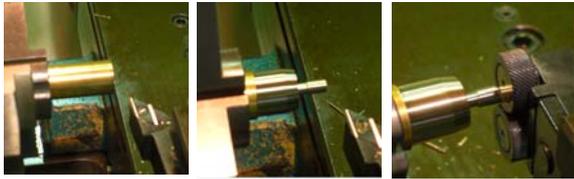


図 6 コマ製作時の状況



$$F = \mu \times mg$$

$$T = r \times F$$

$$\alpha = \frac{T}{J}$$

$$t = \frac{\omega - 0}{\alpha}$$

ここに、F : コマと土俵の摩擦力 N
 μ : コマと土俵の摩擦係数
 m : コマの質量 kg
 J : コマの慣性モーメント $\text{kg}\cdot\text{m}^2$
 T : 制動トルク N·m
 α : 角加速度 sec^{-2}
 ω : コマの初速角速度 sec^{-1}
 t : 予想回転時間 sec

図 7 制動トルクからの回転時間の予想

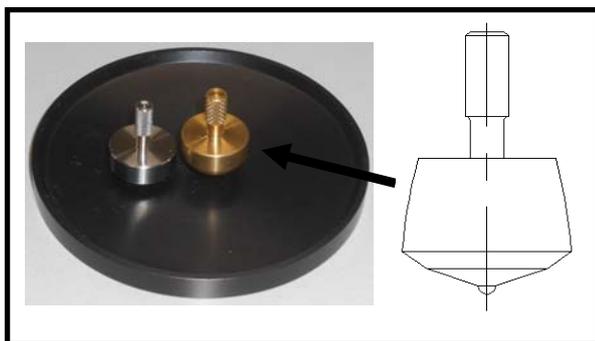


図 8 コマ大戦に参加したコマ

5.2 世界コマ大 2014 西日本予選 G2 北九州場所

「世界コマ大戦 2014 西日本予選 G2 北九州場所」は、北九州イノベーションギャラリーで 2014 年 7 月 12 日に開催された。参加数 37 チームの内訳は企業が 25 チーム、学校が 12 チームという構成であった。北九州では、過去にも「コマ大戦」のエキシビジョンマッチが実施されており、本大戦も北九州市の後援を受け盛大に開催された。図 9 に開会式に臨む北橋市長と参加者を示す。



図 9 開会式に臨む北橋市長と参加者

競技の進行は先ず 8 つのグループで総当たりのリーグ戦を行い、上位 2 チームが決勝トーナメントを戦った。四国能開大チームは、グループ H を 2 位通過し決勝トーナメントに臨んだ。決勝トーナメントでは、1 回戦を企業チーム相手に対し、四国能開大の「投げ手」があっさり 2 連勝し勝ち抜けた。この時点で、九州工業大学等 12 チーム参加した学生チームの中でベスト 8に残ったのは四国能開大だけであった。次の準々決勝は、超精密加工を生業にしている企業チームと対戦した。相手のコマは、超硬を本体に回転軸にセラミクスを使用した重心が低く芯ブレが無い、我々が追及した遠心力で回転力を得る事ができる理想的なコマであった。無用なコンタクトの無い持久戦を呈した戦いに成り、残念ながらここで敗退した。敗因を分析してみると 1000 の 5mm オーダーで妥協した芯ブレを、1000 分の 1mm オーダーまで上げることに尽きると考えられる。改善の余地がある要因である。このトーナメントの 2 位までが「世界大会」に出場できたのだが、後 2 勝の壁を大きく感じた「コマ大戦」であった。今回、学生チームの中で唯一ベスト 8に残ったという事で「ベストパフォーマンス賞」を受賞した。図 10 に「世界コマ大戦 2015 西日本予選」に出場したコマの勇姿、図 11 に「世界コマ大戦 2014 西日本予選」の状況を示す。



図 10 「世界コマ大戦 2015 西日本予選」に参加したコマ



図 11 「世界コマ大戦 2015 西日本予選」の状況

6. 機械系業務担当者会議での取組み

四国ブロックでは、毎年各施設間の交流と技能伝承を兼ねて「業務担当者会議」を各系で実施している。機械系において、2014年度は四国能開大が当番校で色々な取組みを行った。その中で、「コマ大戦」の紹介と実際の製作を体験していただいた。能開大に在籍していると学生の教育を絡め色々なイベントに参加しやすいのだが、能力開発促進センターにおいては業務の性格上イベントへの参加が難しいように聞く。そこで、今回の「コマ大戦」を通して、四国能開大での取組みを紹介した。

6.1 「コマ大戦」の概要説明

先ずは、前章で記述した「コマ大戦」の概略について説明した。具体的には、①九州能開大および四国能開大での取組、②品質工学の「コマ大戦」への展開について述べた。参加者はみなさん若い職員の方達で、著者の説明に興味を示してくれた。この概要説明では、特にイベントに参加する事で学生のモチベーションを高揚できる事とメディアに如何にアピールできるかを述べた。図12に概要説明の一コマを示す。



図12 機械系職員担当者会議の一コマ

6.2 「コマ大戦」用コマの製作

説明終了後、参加者の方が使用したことのない半自動旋盤（滝澤 TAC-460A）の操作練習を兼ねて「コマ大戦」用コマの製作を行った。また、製作したコマを用いて実際の「コマ大戦」の競技方法について説明した。参加者みなさんは真剣に取組み、それぞれのコマを公式の土俵で回し、コマのでき具合確認した。図13にコマの製作と試投風景を示す。



図13 コマの製作と試投風景

7. コマ大戦と品質工学

世の中には色々な事を考える人がいてコマ大戦用のコマを、品質工学を用いて設計している人がいる。長野県に在るタカノ株式会社の技術者の方である。「コマ実験セット」成るものを考案し、材質や外径の異なるコマのパーツを自由に組み合わせ、コマ大戦用コマを設計してもらおうとの考えである。ここで面白いのは、単にコマを作って競い合うだけではなく、コマの設計を通して品質工学(タグチメソッド)を学ぼうというところである。今回、タカノ株式会社の技術者の方に四国能開大に来校していただき「コマの設計と品質工学」について講義をしていただいたのでその内容を紹介する。^[2]

7.1 「コマ実験セット」の概要

コマを作るパーツとして、軸と重りがそれぞれ9種類ずつあり、1つの軸に対して、重りを2~4枚取り付けることができる。パーツの組み合わせや、重りの取り付け位置を変えることで、作れるコマの組み合わせパターンは729通りある。図14に使用するコマの軸と重りを示す。

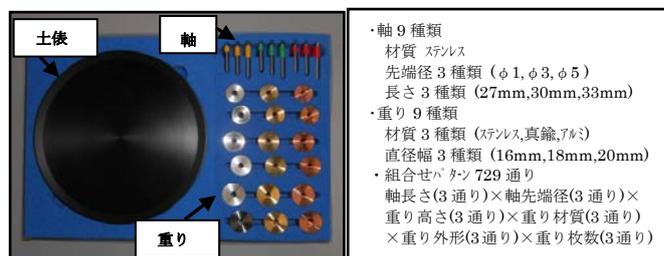


図14 使用するコマの軸と重り

7.2 「コマ実験セット」を用いた品質工学の講義

講義の内容は「コマ大戦」の概要から始まり、「コマ大戦」を通じた企業としての「仲間づくり」「人づくり」、さらに「コマ実験セット」を用いた品質工学の実験手順であった。特に、品質工学

の実験では、①制御因子の割り付けと水準設定 ② L18 直交表に基づいたコマの組立て ③ノイズ（回転数のばらつき）を与えての、コマの回転時間の測定 ④SN 比と感度の要因図の作成および最適条件と比較条件の選定 ⑤ 最適条件と比較条件でのコマの組立て ⑥最適条件と比較条件での実験 ⑦再現性の評価等の品質工学の基礎を学習した。品質工学については能力開発セミナーにおけるニーズも高く、四国能開大でも積極的に品質工学が展開されている。今後は、今回紹介した「コマ実験セット」を用いた能力開発セミナー展開も考えられる。また、学生に対する品質工学の授業に対しても活用できると思われる。図 15 に講義風景、図 16 に品質工学実験風景を示す。今回、「コマ実験セット」を紹介して下さったタカノ株式会社も第 1 回大会から「コマ大戦」に参加されており、常に優勝や上位入賞を果している。



図 15 品質工学講義風景



図 16 品質工学実験風景

8. 結 言

3 年間に渡り取り組んできた「コマ大戦」について、述べた。結果として、全国大会（世界大会）レベルまでには、かなりの改善が必要と痛切している所である。しかし、この取組みを通して学生に自分達を表現する機会を与えることができたと思う。特に、生産現場のプロの方達と同じ条件でコマを作り、一緒のルールで競い合った経験は大きく、なかなかできない経験だったと思う。今後は、2 回の「コマ大戦」の経験を生かし全国大会（世界大会）に参加できる学生の育成をしたいと考えている。また、機構の若い方にも「コマ大

戦」のような競技会に参加する楽しみ方をお話し、このような試みが施設の広報につながる事をアピールできればと思う。そして、すでに四国能開大でセミナーや学生の実習で積極的に展開されている品質工学についても「コマ大戦」を通して関わって行ければと考えている。

文 献

- [1] 全日本製造業コマ大戦 <http://www.komataisen.com/>
- [2] タカノ株式会社 <http://zenmono.jp/projects/45>

著者 E-mail Yatsuzaki.Toru@jeed.or.jp

オープンソースを改良した非線形 3 次元有限要素法プログラム

生産技術科 寺島 周平

Nonlinear 3D-Finite Element Program by Open Source Enhancement

Shuhei TERASHIMA

概要 CAE(Computer Aided Engineering)学習は、汎用ソフトウェアの利用技術の習得と計算力学の手法を学ぶものに分類することができる。汎用ソフトウェアは、開発元によるサポートと十分な検証がなされているが、導入や維持費用が必要になる。講習会の多くは、汎用ソフトウェアの利用技術を学んでもらい、販売代理店が特定のソフトウェアの導入を促す内容が多い。内部でどのような処理がなされているかを知るためには、自学自習に頼らざるを得ない。一方で、計算力学の習得は、大学の研究室でプログラムを作成するための理論的背景を学ぶことが中心であって、製品開発における CAE 活用技術はそれほど重視されていない。ここでは前者のアプローチに近いが、オープンソースを使い、汎用ソフトウェアの内部処理に対する洞察力を習得する方法を紹介する。それには、汎用の CAE フリーウェアを入手し、学習者がプログラミングを通じて必要な解析機能を追加し、解析を行ってみることである。この作業を通じて、CAE 解析の理論に偏ることなく、汎用ソフトウェアのオペレーションに対する直観力を習得することができる。ここでは、学習効果の定量的な測定は実施していない。しかし、汎用 CAE の利用者であっても、フリーウェアを使用すると、数値計算と利用技術を同時に学ぶことができる。ソフトウェア作成者としての経験を積むことで、解析のモデリング技術を向上させることができるかもしれない。

1. はじめに

製品の設計や評価を計算機の内部で行うシミュレーション技術が CAE であり、この中心的な技術となるのが、有限要素法(Finite Element Method, 以下では FEM のように略す)による構造解析である。この FEM を用いた解析技術を学ぶには、二つのアプローチが存在する。そのひとつは、計算力学の手法を学ぶことで、簡単なプログラムを作成し、実際に使ってみる数値計算法の学習である。他のひとつは、汎用ソフトウェアのオペレーションを中心に利用技術を学ぶことである。ソフトウェアの販売代理店は、このような顧客と有料の保守契約を結び、保守やオペレーションの講習会などを請け負う。アフターサービスの費用は、販売代理店やベンダーの売り上げ全体に対して大きい割合

を占めている。販売代理店にとって、ソフトウェアのインストールは、すべての終わりではなく始まりである。ソフトウェア単体の価格に比べると、ソフトウェアのオペレーションに対するアドバイスや研修費用は数年を経ると非常に高額になる。アカデミック製品の場合であっても、これらは保守料金に含まれており、有料である。解析実務者は、理論的背景よりも即戦力になる汎用ソフトウェアの利用技術に関心を示す。業務で使用するソフトウェアに習熟しなければならないが、職業訓練の CAE 利用技術コースが、販売代理店に対する「民業の圧迫」であってはならない。また、機械系の CAE には「業界標準」が存在しないため、ポリテクカレッジが、能力開発セミナーで使用するソフトウェアと企業で導入するそれは必ずしも同

じではない。そのため、特定のソフトウェアのオペレーションに習熟することが、業務の効率化には直結しない場合がある。

それでは、CAE 解析固有のパラメータの設定法やモデリングの技術を学ぶには、どうすればよいのであろうか。たとえば、非線形解析の収束判定基準や増分量は、どのように決定すればよいのであろうか。電話やメールでソフトウェアベンダーから、都度回答をもらうことが一般的であるが、これでは解析技術者の能力は向上しない。解析実務の能力を向上させるためには、FEM ソフトウェアの中でどのような処理が行われているかをある程度知っていなければならない。理論的背景を知れば、汎用ソフトウェアのオペレーションを短期間で習得することができる。

今日、解析実務で必要とされる手法は、線形解析からより精度の高い弾塑性や大変形などの非線形解析や熱・構造などの連成解析へ移行しつつある。「線形解析」はともかく、「非線形」は苦手では知らなくて良いというのは、業務の内容によっては通用しない。ところが、こうしたシミュレーションを理解できるようになるには、連続体力学の知識と非線形解析の数値計算という難易度の高い壁がある。これには、図を多用して非線形力学の数学的な記述に対する直観力を養う訓練や、関数電卓を使って簡単な 1 要素の FEM モデルの数値解を求める演習が有用である。それに加えて、オープンソースを活用すると、この壁を乗り越えることができるかもしれない。ここでは、このオープンソースを使った 3 次元非線形解析 FEM プログラムの制作手順を紹介する。

2. 非線形 FEM 解析プログラム

2.1 オープンソースウェアの入手

FEM 解析の学習は、理論的な背景を知るだけでは十分ではなく、簡単なプログラムを作成してみることが効果的である。線形解析であれば、サンプルプログラムを用いて簡単な問題を解きながらより理解を深めることができる。非線形解析を独習したい人も、理論的な背景を学びながら、ソー

スコードを読み書きすることから始めるべきである。

しかしながら、大変形・大ひずみの有限変形解析が可能で、かつ機能拡張が容易な小規模のソースコードは、著者の知る限り、専門書の付録や大学のホームページには見当たらない。その一方で、ANSYS など検証がなされた汎用ソフトウェアのソースコードは非公開である。もし、汎用ソフトウェアのベースになったオープンソースコードがあれば、発展性や保守の容易さという点からも優れている。名の知れたフリーウェアであれば、安定したアルゴリズムや要素モデルが採用され、過去の資産をそのまま継承している。ソースコードの解読を通じて、詳細な数値計算の知識を得ることもできる。このようなソフトウェアの条件は次の通りである。

- ① ユーザーズマニュアルが完備され、数値計算手法を解説したテキストを入手することができる。
- ② わかりやすいアルゴリズムのソルバーを用いており、解読や変更が容易である。非線形の静、動系に対して効率のよい解析が可能である。
- ③ 比較的小規模なプログラムであり、かつモジュール化がなされている。そのため、要素モデルや材料ライブラリの追加が容易な構成である。

これらの条件を満たすプログラムのひとつに NONSAP¹⁾がある。このプログラムはその効率性と信頼性により、ANSYS など汎用ソフトウェアのコアになった。このプログラムは 1970 年代に開発され、古色蒼然の感がある。また、その後の数値計算技術が組み込まれていないため、接触問題や容器内の液体が長周期振動する現象(スロッシング)のような構造・流体連成解析に対応していない。しかし、このプログラムには他のフリーウェアに比べると、いくつかの利点がある。

第一に、ソースコードが 10000 ステップ以下で比較的短い。ステップ数の少ないソースコードほど、全体を見通しやすく学習には有利である。数

値計算技術をソースコードから学ぶには、数万ステップに及ぶプリポストプロセッサを含まないほうがよい。この規模であれば、個人レベルでの解読や変更が可能である。

第二に、理論的背景を詳しく解説したバーテ教授の教科書²⁾が整備されている。この教科書は、解析技術者にとっていわゆる「FEMの聖典」である。現在は、この第3版が入手可能であるが、プログラミング技術の習得には、定式化を省略していない第2版が有用かもしれない。ユーザーマニュアル¹⁾と教科書を用いて、このコードを解読するには大学院の知識を必要としない。

もちろん、学習者はこの文献で数値計算法を学ぶ前に、連続体力学についてひと通りの知識を得ておかなければならない。この分野の教科書では、文献3)が「聖典」と最も親和性が高いと思われる。

第三に、静解析の処理部を変更したい場合には、質量マトリックスの計算や、動的解析部には一切触れなくてもよい。静解析部を変更した後も、文献1)に示される動的解析を変更前と全く同じように実施することができる。すなわち、各処理部のモジュール化がなされているため、静解析の処理部を変更する場合には、動解析の詳細を必ずしも知る必要がない。そのためデバッグの労力を大幅に軽減することができる。

ところで、オリジナル版の非線形解析ソルバーは、ラグランジュ乗数法や弧長法を用いない古典的な荷重増分法（修正ニュートン法）である。そのため、接触を含む薄肉構造物の座屈後挙動を解くことが難しい。ユーザーマニュアル¹⁾の計算例で示されたアーチの動的解析では、剛性行列ではなく、質量行列を含んだ正則な行列を三角分解するために、荷重変位曲線における極値でのつりあいを求めることができる。このアーチの動的応答のように、薄肉構造物の動的応答であれば、弧長法を追加することなくオリジナル版を使って、解析が可能である。

2.2 3次元大変形成素モデルの追加

NONSAP¹⁾を使用すると、平面応力と平面ひずみの大変形、弾塑性の静・動解析が可能であるが、3

次元ソリッドやシェルの非線形要素、接触要素は含まれない。そこで、オリジナル版に以下の機能を追加し、その後の解析技術の進歩に対応できる学習教材に変更した。ここでは、解析機能の(a)および(b)の直交異方性モデルを組み込む手続きを紹介する。(c)については別の機会に報告する。

- (a) 大変形・大ひずみの3次元ソリッド要素
- (b) 3次元ソリッド要素に対する弾塑性材料 (von Mises), 直交異方性弾性材料モデル
- (c) 弧長増分法による非線形解析ソルバー

つりあい方程式を立てる計算手続きは次の3つの部分にまとめることができる。

- (a) 線形ひずみの要素剛性行列と等価節点力
- (b) 非線形ひずみに対する要素剛性行列と等価節点力
- (c) 変位解を求めた後の応力算出

これらを一連のサブルーチンに分割してコーディングするのではなく、一つのサブルーチン内で逐次処理的に記述する。古風なプログラミング書法ではあるが、代入文で計算式を記述するだけなので、わかりやすい。

一軸応力状態の公称応力と真応力に対応する応力は、3次元応力状態では、それぞれ第2種ピオラ・キルヒホッフの応力、コーシー応力と呼ばれる。これらの応力と共役なひずみは、それぞれグリーンひずみとアルマンジのひずみである。

これらを用いて導かれる仮想仕事の原理には全ラグランジュ法と更新ラグランジュ法がある。応力ひずみ関係が時間に依存する場合は、他の定式化を行い、コーディングすればよい。NONSAP¹⁾では、この二つの処理を変数INDNLで選択できるようになっている。

変更作業の第一段階では、2次元非線形ソリッド要素の処理部分を解読する。それには、ただ一つの平面応力要素からなるモデルで近似した矩形板の引張問題を、1荷重ステップだけ電卓で解いてみる。この数値計算例をもとに、2次元ソリッド要素の数値計算で使われるすべての変数の役割

を明らかにする。

第二段階では、一面を固定した立方体の4頂点に引張力を加えたモデルの数値計算を1ステップだけ電卓で解く。この後のデバッグ作業では、プログラムの実行結果が、この手計算と一致することを確認する。

第三段階では、NONSAP¹⁾のプログラミングスタイルを踏襲して、3次元ソリッド要素の剛性行列と節点力を求めるサブルーチンを作成する。

このとき、2次元非線形ソリッド要素における多くのサブルーチンを再利用することで、プログラムの書き方を統一する。2次元要素のサブルーチン名を変更してから、3次元要素に対する剛性行列を求めるサブルーチンを追加する。2次元非線形要素の計算で使われる変数と似た変数名を使用し、意味を類推しやすくする。例えば、積分の変数変換を行う Jacobi 行列やひずみ・変位変換行列、応力の変換などは、サブルーチン名を変更した後に、配列サイズや、代入文を書き換えている。その結果、入力データや変位・応力などの出力形式も、変更を加えることなく用いることができる。

2.3 直交異方性弾性材料モデル

第2種ピオラ・キルヒホッフの応力テンソルとグリーンのひずみテンソルをベクトル表記したものをそれぞれ(1)、(2)式のように定義する。左下添字はある基準となる配置の時刻(0)を、左上の添字は現時刻で応力・ひずみを評価することを表わす。

$${}'_0\hat{S} = [{}'_0S_{11} \quad {}'_0S_{22} \quad {}'_0S_{33} \quad {}'_0S_{12} \quad {}'_0S_{13} \quad {}'_0S_{23}]^T \quad (1)$$

$${}'_0\hat{\varepsilon} = [{}'_0\varepsilon_{11} \quad {}'_0\varepsilon_{22} \quad {}'_0\varepsilon_{33} \quad 2'_0\varepsilon_{12} \quad 2'_0\varepsilon_{13} \quad 2'_0\varepsilon_{23}]^T \quad (2)$$

線形弾性体に対して、応力ひずみ関係は (3)式のようなになる。

$$\frac{\partial'_0\hat{S}}{\partial'_0\hat{\varepsilon}} = {}_0C \quad (3)$$

有限要素の局所座標系から全体座標系へのひずみ変換行列を X とするとき、局所座標系における応力ひずみ変換行列 ${}_0\bar{C}$ から全体座標系における行列 ${}_0C$ への変換は (4) 式のように表すことができる。ここで、応力ひずみ変換行列の逆行列を (5) 式のように表すことができる。直交異方性のヤング率、ポアソン比、せん断弾性係数をそれぞれ E 、 ν 、 G のようにおく。

$${}_0C = X {}_0\bar{C} X^T \quad (4)$$

$$[{}_0\bar{C}]^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & -\nu_{12} & -\nu_{13} & 0 & 0 & 0 \\ E_{11} & E_{11} & E_{11} & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_{12} & 1 & -\nu_{23} & 0 & 0 & 0 \\ E_{22} & E_{22} & E_{22} & 0 & 0 & 0 \\ -\nu_{13} & -\nu_{23} & 1 & 0 & 0 & 0 \\ E_{33} & E_{33} & E_{33} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{13}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} \end{bmatrix} \quad (5)$$

つぎに、有限要素の局所座標系と直交異方性の主軸の規約を図1に示す。有限要素の局所座標系と直交異方性主軸をそれぞれ r - s - t と 1-2-3 で示し、二つの座標系の原点はそれぞれ要素図心と Gauss の積分点上におく。

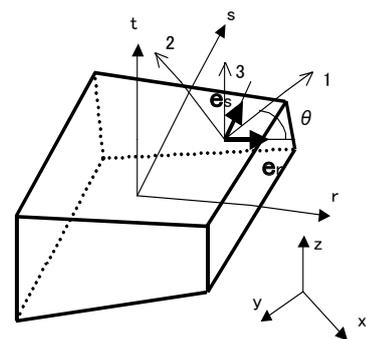


図1 要素モデル

局所座標系の第1軸を反時計方向に回転させて直交異方性の第1軸に重ねることができる傾き角 θ を正にとる。 \vec{e}_r, \vec{e}_s はそれぞれ Gauss 積分点において与えた r, s 軸方向の基底ベクトルを表す。これらふたつのベクトルは直交していない。一般に、異方性主軸は局所座標系における座標軸の方向と

一致しない。したがって、この二つの座標系について (4) 式と同様な座標変換を行わなければならない。

3. プログラミング

3.1 言語仕様の問題

NONSAP¹⁾は1970年代前半にFortranIVを用いて開発されており、現在のFortranコンパイラでは、実行形式ファイルの作成が難しい。コーディング技法を学ぶには、ソースコードを一通り読んでみることが必要である。さらに、これを変更なしで利用するには、古い言語仕様で書いたソースコードをコンパイルできるFortran77(以下77と略す)を入手しなければならない。

コンパイル作業の段階では様々な原因によってエラーが発生する。エラーの原因はFortranIVとその後のFortran規格との違いによる。たとえば、FortranIVではどのような条件でも、DOループ内部の処理が1回は実行される。一方、ループの制御変数の初期値が終値より大きい場合、77以降ではループ内部の処理は行われない。この問題はNONSAP¹⁾のサブルーチンBANDETで生じる。

ソースコードの修正はFortran90などに基づいて行うほうが便利である。しかし、両者は完全に互換性がない。現在入手できるほとんどのコンパイラは、77以前の言語規格には対応していないようである。古い77コンパイラを入手するか、あるいは77とFortran90/95の混在が可能なコンパイラを入手し、コードの制御構造をいったん77に書き換える。著者は古い77コンパイラを使用している。

NONSAP¹⁾では、計算処理に必要な配列がラベル無しのCOMMON文によって割り当てられ、各サブルーチンに引き渡されるダイナミックアロケーションを用いている。現在の言語仕様では、配列サイズを明示的に変数で指定する必要はないが、かつてはこのような書法でメモリ空間を有効に使用して数万自由度の問題を解いた。自由度とは、構造物の一点が独立に動ける方向、すなわちx、y、z座標軸方向の並進運動とこれらの座標軸まわりの回転角である。

使用者は、メインプログラム先頭に書かれた表

1の3行を変更して、配列を新たに宣言・拡張する。変数MTOTはワードで表示した配列の総数の最大値である。このワードは、32ビットまたは64ビットを表わすと考えてよい。

表1 メインプログラムのメモリ割り当て

COMMON A(10001)
NUMEST=2000
MTOT=10000

古いFortranでは、配列の添え字0を使用できないので、COMMON文で宣言される配列の最大値はMTOT+1にする。サブルーチンのCALL命令を実行する前に、変数MTOTが割り当てられた配列の総数を超過していれば、エラーメッセージを出力して停止する。

また、サブルーチンごとにデバッグが終了するまで、実行中に処理がどこまで進んでいるかを把握できる出力文を入れると便利である。

NONSAP¹⁾に含まれるエラーや数値計算の結果に対してカリフォルニア大学は責任を負っていない。プログラムを変更する際には、理論解説書に相当する文献²⁾の内容を学んでいなければならない。これは、連続体力学³⁾を学んだ読者を対象に書かれている。連続体力学とFEMの数値計算法の関係は、「営業力」と「自動車運転免許」の関係に似ている。運転免許は、営業活動に不可欠の資格であるが、それを持っているだけでは、営業のトップにはなれないのと同様である。また、カリフォルニア大学が配布しているレポート⁴⁾にはプログラムの例題が含まれているので、これらの例題との比較を行って、結果を十分に検証しておかなければならない。

3.2 プログラムの変更

NONSAP¹⁾はトラスと2次元ソリッド要素を用いた静的及び動的非線形解析が可能である。とくに、この2次元ソリッド要素については、十分な検証がなされており、完成状態に達していると考えて良い。3次元ソリッド要素は、線形ひずみの解析機能と、線形弾性材料のサブルーチンが用意

されている。しかし、非線形の3次元ソリッドやシェル要素は含まれてない。文献1)には、要素グループ制御カードで、非線形3次元ソリッド要素を選択することができる」と述べられているが、この部分のコーディングが見当たらない。そこで、これらのサブルーチンと同じスタイルで、3次元ソリッド要素の非線形ひずみの計算に必要なコードを追加する。サブルーチンの引数や変数を増やすことより、線形要素で用いている配列変数のサイズを拡張して用いるべきである。

NONSAP¹⁾では、線形解析と非線形解析を要素グループで管理しており、変数 NEGL, NEGNL でそれぞれの解析の総数を指定することができる。NEGNL が 1 以上の場合に、非線形のひずみ変位マトリックスの計算処理を線形ひずみの計算処理部の後に追加すればよい。

図 2 には、3次元非線形解析に使用する主なサブルーチン構成図を示す。ソースコードのサイズという面ではやや不利であるが、2次元非線形ソリッド要素と類似の変数名を用いることで、プログラムの見通しを良好にすることができる。追加したサブルーチンを含めた、代表的なものの機能を下に述べる。

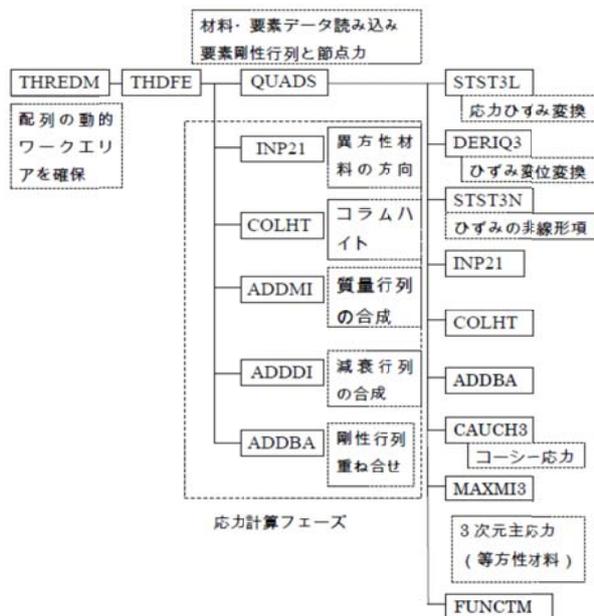


図 2 プログラム構成図

INP21 は有限要素内部の直交異方性の材料定数

を定義した座標系データを読みこむ。ここで、この材料軸の方向余弦と、材料定数番号を関連づけるテーブルを作成する。THREDM は指定された材料モデルの計算に必要なワーキングエリアを確保する。THDFE は要素ごとの剛性行列と内力ベクトルを解析の種類(線形、非線形)ごとに計算する制御プログラムである。

QUADS3 は考慮中の要素グループに属する要素の重ね合わせループ内に置かれる。変数 IND の値で線形ひずみと非線形ひずみに対応する剛性行列の値を計算する。サブルーチン STST3L では、線形材料モデルの応力ひずみ変換行列を求める。直交異方性弾性体の応力ひずみ行列の計算では、材料定数を定義した座標系の方向余弦を求める。サブルーチン FUNCTM は、応力ひずみ変換行列を全体座標系へ変換する。このサブルーチンから、与えられた要素内部の任意点に対する補間関数とその微分やヤコビ行列を求める。

非線形 FEM の数値計算は、プログラミングの「技能」に依存する割合が大きいといわれている。この技能をフリーウェアから習得することができる。例えば、自由度の異なる有限要素モデルを重ね合わせて、1次元配列の全体剛性行列を組み立てる手法などである。また、応力ひずみ変換行列の座標軸の方向を入力データで与える手法も学べる。さらに、ガウスの消去法や、剛性行列の計算を1次元配列だけで実行するアルゴリズムなど、数値計算法の教科書で触れられていない技術、(これは技能と呼ぶべきかもしれない)を学ぶことができる。

1970年初頭は、数値計算の並列処理が広く行われていなかったため、処理を高速化するためのプログラミング技法が駆使されている。行列の積を求める計算処理では、行と列の総数が固定され、それぞれ6以下であれば、DO ループなどの反復命令を使用しないで、代入文を列挙して記述する。これは Fortran では古い記法であるかもしれない。しかし、ソースコードの保守を考えると、非線形方程式を解く反復計算内部に FOR や DO などの反復命令を入れないほうが望ましい。この反復命令を入れない記法をとることで、計算を高速化できる。また、演算結果が常にゼロになる行列の計算

をあらかじめチェックしておき、コーディングの段階で省略することができる。さらに数式とコードの対応がとりやすくなり、変数の取りうる値の範囲を直感的に把握できるなど、処理速度の向上のみならず、デバッグが容易になる利点がある。

配列変数はなるべく1次元を使い、かつ行列の0エントリが多い計算では、行列同士の積をなるべくループで計算しないで、代入文で列挙する。行列演算の結果、0になるエントリをあらかじめ計算から除く。これらのテクニックだけで処理速度は大幅に向上する。

4. 数値計算

4.1 引張を受ける1要素立方体モデル

引張荷重を受ける直交異方性の立方体に対する変位を求め、プログラムの妥当性を考察した。図3のような等方性立方体が引張を受ける場合²⁾を解析し、変位曲線を求めた。

立方体の一辺の長さは5cmとし、一定の荷重モードの大きさは87MNとする。異方性の主軸1、2、3をそれぞれ x, y, z 軸と一致させた。

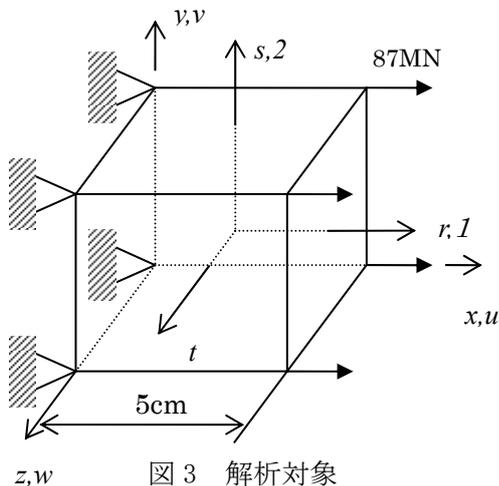


図3 解析対象

応力ひずみ関係式は(5)式を用いる。材料定数は炭素繊維強化材の値を用い、縦弾性係数とポアソン比およびせん断弾性係数を次の(6)式のように与える。

$$\begin{aligned} E_{11} &= 95.1\text{GPa}, E_{22} = E_{33} = 9.98\text{GPa}, \\ \nu_{12} &= \nu_{13} = \nu_{23} = 0.21, \\ G_{12} &= G_{13} = G_{23} = 3.92\text{GPa} \end{aligned} \quad (6)$$

荷重に対する x 方向の変位曲線を図4に示す。グラフの荷重乗数に荷重ベクトルを乗ずることで、節点に加えた実際の荷重を求めることができる。引張方向の変位がもとの寸法の約2倍になるとき、計算を打ち切っている。

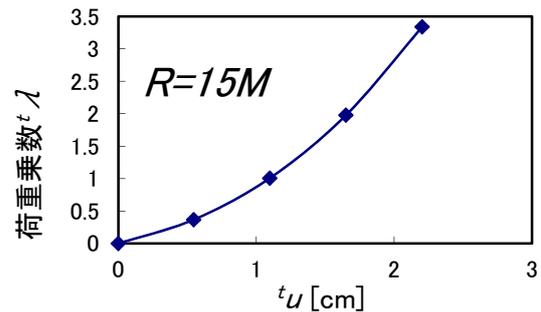


図4 荷重変位曲線

5. おわりに

ここで紹介した事例は、GUI（グラフィカルユーザーインターフェース）や、並列処理を用いない原始的なものである。製品設計の問題解決に汎用ソフトウェアを活用できるかどうかやモデリングの技術などは、設計者の能力に依存する。この能力を高めるに、解析したい部品の自由物体図を描き、妥当性を考察することが必要であろう。

文献

- 1) K. J. Bathe, E.L.Wilson, R.H.Iding, NONSAP A Structural Analysis Program for Static and Dynamic Response of Nonlinear Systems, UC SESM Report No. 74-3, 1974
- 2) K. J. Bathe, *Finite Element Procedures*, Prentice-Hall, 1997
- 3) L. E. Malvern, *Introduction to the Mechanics of a Continuous Media*, Prentice-Hall, 1969
- 4) K. J. Bathe, H. Ozdemir, E.L.Wilson, *Static and Dynamic and Geometric and Material Nonlinear Analysis*, UC SESM Report No. 74-4, 1974

著者 E-mail terashima@kagawa-pc.ac.jp

レトロフィットによる非線形有限要素法プログラムの制作

－オープンソースで始めるシェルの座屈後挙動解析－

生産技術科 寺島周平

Implementation of Nonlinear FEM in Retrofit Method

－Starting Post Buckling Analysis of Shells with Open Source Software－

Shuhei TERASHIMA

概要 Computer Aided Engineering(CAE)は一般には汎用ソフトウェアを用いて行われる。その一方で、個人レベルで CAE を使用したい、あるいは理論的な背景を知りたい設計実務者が存在する。CAE の解析結果が妥当であるかどうかを判断する能力を高めるには、プログラムの内部でどのような処理が行われているかを知っていなければならない。それには、ソースコードが公開されたプログラムをカスタマイズし、実際に使用してみる学習が有効である。ここでは、オープンソースコードに座屈後挙動の機能を追加する方法を紹介する。妥当な数値計算結果が得られ、公開ソフトウェアを非線形 CAE 教育のツールに活用できる可能性があることがわかった。

1. はじめに

現在、中堅企業において CAE(Computer Aided Engineering)への導入が進みつつある。この CAE の中心的な技術が、有限要素法(Finite Element Method, FEM)による構造解析である。しかし、ANSYS や ABAQUS などの汎用ソフトウェアを導入することが、直接的に試作品の製作工程を省くことにはならない。FEM の解析結果を製品にフィードバックするのは、それを使用する設計者の能力であって、高価なソフトウェアの導入はそれを支援する手段にすぎない。汎用ソフトウェアをブラックボックスとして使用する場合にあっては、設計者は理論的な背景を知っていなければならない。また、線形解析だけでなく、さらに精度が高い非線形解析や流体・構造などの連成解析に関する知識が必要とされることがある。どのレベルまで必要になるかは、開発する製品に左右されるが、解析の種類や困難さは企業規模にはあまり関係がないようである。例えば、中規模の事業所でプレス機械や金型の設計に従事する技術者は、大変形・材料非線形

および接触問題に関する知識が必要である。解析実務者には、抽象的な数学を用いて複雑な式を理解する能力ではなく、現実の問題に対応できる能力が必要である。汎用ソフトウェアのオペレーションの習熟に限れば、プログラムコードの理解や、それを書いた経験は全く必要としない。しかし、解析結果が妥当であるかどうかを判断できる能力は、プログラムの内部でどのような処理が行われているかを知ることと関連性が高い。それには、ソースコードが公開されたプログラムを解読し、カスタマイズする学習が有効である。オープンソースを読むことは、解析ソフトウェアの様々なノウハウを理解し、それを他の設計実務者に紹介できる利点がある。以下では、オープンソースコードを変更して、座屈後挙動解析の機能を追加する方法を紹介する。

2. オープンソースコードとは

メカニカル CAE ソフトウェアの種別を表 1

に示す。CAE 解析に必要なソフトウェアを導入するには、表中の1から3の方法が挙げられる。最も安価なものでは、大学のホームページからダウンロードできるソフトウェアがある。東京大学の Adventure では、弾塑性解析、幾何学的非線形解析が可能である。

1. フリーウェア	・・・	大学のHPからダウンロード
2. 汎用ソフトウェア（学生版）	・・・	解析規模に制限がある サポートが得られない 解析結果に信頼性がある
3. 汎用ソフトウェア（製品版）	・・・	大規模問題に対応できる 設計実務者向け

表 1 解析ソフトウェアの種別

代表的なフリーソフトウェアの歴史は、古くは NISEE（カリフォルニア大学バークレー校の太平洋地震工学研究所）で開発された SAP4 や NONSAP¹⁾が有名である。NON SAP のコードは、ソースプログラムの規模が小さく、メモリアロケーションの手法を学べるなど、プログラム開発者にとっては、非常に有用なソフトウェアであった。現在は、FEAP と呼ばれるフリーウェアの公開と改良が中心になっている。汎用ソフトウェアの ANSYS は SAP や NONSAP をベースにしたソフトウェアである。

ところで、CAE の解析結果を保証するためには、汎用ソフトウェアが不可欠であるが、その内部でどのような処理が行われているかを学ぶことが目的であれば、高価なソフトウェアは必ずしも必要ではない。ソースコードが全面的に公開されていることや、理論的背景を解説した文献が入手できることがフリーソフトウェアの大きい利点である。これらには汎用ソフトウェアのような GUI（グラフィカルユーザインターフェース）は付属していない。古い Fortran 言語で記述されており、移植の際にはバグフィックスなどの手直しが必要である。

3. オープンソースコードの変更作業

3.1 プログラムの移植

既存のソースコードを利用した開発は、過去の資産をそのまま継承できる利点や、発展性や

保守の容易さという点からも非常に優れている。変更しやすいソースコードは、比較的小規模でありかつモジュール化がなされ、要素モデルや材料ライブラリの追加が極めて容易な構成でなければならない。

前章で述べた NON SAP は理論的背景を解説した教科書²⁾が整備されている。この文献は FEM の数値計算法を述べた内容であり、連続体力学は独習用の教科書³⁾を入手することができる。しかし、このソフトウェアは開発からすでに 30 年近くが経過しており、要素モデルの種類や非線形解析の範囲が限られていた。これに座屈後解析機能を追加するための定式化と変更手続きを紹介する。この作業を通じて、解析に必要な知識と有用な教育用ツールを得ることができた。

作業を始めるにあたって、NON SAP のコンパイルと結果の検証作業が必要である。ソースコードをサブルーチン単位に分割して、古い Fortran 言語のオプション付きでコンパイル、リンクを行う。コンパイル作業の段階では様々な原因によってエラーが発生する。あらかじめ、計算処理に要する時間を取り出すためのサブルーチンをコンパイラに適合するものに変更しなければならない。もとのプログラムとデータの互換性を保つために、入力データや変位・応力などの出力データフォーマットは可能な限りこれを変更しないようにする。ほとんど使用されない（と思われる）オプションに関しても、削除しない方が望ましい。作成者はデバッグが終了するまで、実行中に処理がどの部分まで進んでいるかを把握しなければならない。そこでプログラムの適当な位置に処理内容がわかる出力文を入れる。

3.2 非線形方程式のソルバー

有限変形のシミュレーションを行う主な目的は構造物の安定性を解析することである。NON SAP では改訂 Newton-Raphson 法^{1),2)}を用いてつりあい方程式、動解析の場合は運動方程式の解を求める。とくに、座屈後挙動解析を行うためには、これを解の発散を防ぐ数値計算法

に置き換えなければならない。そこで、つりあい方程式の反復解法を弧長法⁴⁾による座屈後負荷経路の正確な追跡アルゴリズムに変更した。数値計算の経験によれば、この方法は収束性が良く、計算過程が安定している。座屈点の近くでも必要な反復計算の回数が少なく、かつ比較的自由度の大きい問題でも、適度の計算時間で解くことができる。この節では、順を追ってこの弧長法アルゴリズムを整理する。

いま、静的問題を考えると、離散化された系のつりあい方程式は(1)式により与えられる⁵⁾。求める解の変位ベクトルを \mathbf{u}^* 、荷重パラメータを λ^* とおく。未知変位に加えて外荷重パラメータも未知変数として取り扱おうと、つりあい方程式を次のように表わすことができる。

$$f(\mathbf{u}^*, \lambda^*) = 0 \quad (1)$$

以下では外力は保存力のみを取り扱い、要素の回転に追従して荷重ベクトルの向きが変化する追従荷重は扱わない。荷重や変位ベクトルなどの変数には、文献1)および2)の記法に準じた添字を用いる。一定の荷重モードを R_{ref} 、時刻 t における荷重パラメータを ${}^t\lambda$ とする。基準配置(変形前の状態)における時刻を左下添字で、変位やひずみなどの変数を評価する時刻を左上添字であらわす。変数の右添字は、 $\mathbf{u}^{(i)}$ のように、第 i)回目の反復計算を表わす。

時刻 t における荷重ベクトル ${}^t\mathbf{R}$ は、荷重モードを用いて(2)式のように表わすことができる。弾性・弾塑性など時刻に依存しない材料モデルでは、 t は実時間ではなく、増分方程式を与える仮想的なパラメータである。

$${}^t\mathbf{R} = {}^t\lambda R_{ref} \quad (2)$$

内力は変位の関数ではなく、時刻 t における変位ベクトル ${}^t\mathbf{u}$ に至る経路に依存すると考えられる。有限変形の場合、弾性体であっても連続体の内力を与える独立変数は変形前の形状を

参照しているのではなく、時刻 $t=0, \Delta t, 2\Delta t \dots$ における形状に依存する。時刻 $t+\Delta t$ における内力 ${}^{t+\Delta t}\mathbf{F}$ と荷重パラメータ ${}^{t+\Delta t}\lambda$ を用いると、(1)式を外力と内力ベクトルの誤差方程式として(3)式のように表わすことができる。

$$f(\mathbf{u}^*, \lambda^*) = {}^{t+\Delta t}\lambda^* R_{ref} - {}^{t+\Delta t}\mathbf{F}(\mathbf{u}^*) \quad (3)$$

有限変形では、各時刻における変形勾配を積分して次の時刻における物体の形状が定まるので、任意の時刻における物体の形状は、弾性体であっても負荷経路に依存する。しかし、ここでは(3)式のように内力を変位の解 \mathbf{u}^* の関数であるとみなす。時刻 t における内力と荷重パラメータが既知であると仮定し、時刻 $t+\Delta t$ におけるそれらを求めることを考える。さらに、第 $(i-1)$ 回目の反復における $t+\Delta t$ に対するつりあい方程式の解が既知であると仮定して、上式をテイラー展開すると(4)式を与えることができる。

$$f(\mathbf{u}^*, \lambda^*) = f({}^{t+\Delta t}\mathbf{u}^{(i-1)}, {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}) + \left[\frac{\partial f}{\partial \mathbf{u}} \right]_{{}^{t+\Delta t}\mathbf{u}^{(i-1)}} (\mathbf{u}^* - {}^{t+\Delta t}\mathbf{u}^{(i-1)}) + \left[\frac{\partial f}{\partial \lambda} \right]_{{}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}} (\lambda^* - {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}) \quad (4)$$

右辺第二項の導関数を次のように置き換える。

$$\left[\frac{\partial f}{\partial \mathbf{u}} \right]_{{}^{t+\Delta t}\mathbf{u}^{(i-1)}} = -{}^{t+\Delta t}\mathbf{K}^{(i-1)} = -{}^t\mathbf{K} \quad (5)$$

ここで、 ${}^t\mathbf{K}$ は接線剛性行列であり、反復計算中も正則で一定値をとると仮定する。(3)式より、

$$\left[\frac{\partial f}{\partial \lambda} \right]_{{}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}} = R_{ref} \quad (6)$$

ここで、変位と荷重パラメータの増分を(7)式のように定義する。

$$\begin{aligned} \mathbf{u}^{(i)} &= {}^{t+\Delta t}\mathbf{u}^{(i)} - {}^t\mathbf{u} \\ \lambda^{(i)} &= {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i)} - {}^t\lambda \end{aligned} \quad (7)$$

この式の左辺に対する変化分をそれぞれ $\Delta u^{(i)}$, $\Delta \lambda^{(i)}$ とおくと、次の(8)式が成り立つ。ここで、 $u^{(i)}$ と $\Delta u^{(i)}$ はオーダーが異なる数値である。たとえば前者が $10^2[\text{m}]$ のとき、後者は $10^{-6}[\text{m}]$ である。

$$\begin{aligned} u^{(i)} &= u^{(i-1)} + \Delta u^{(i)} \\ \lambda^{(i)} &= \lambda^{(i-1)} + \Delta \lambda^{(i)} \end{aligned} \quad (8)$$

つぎに、(7),(8)式を組み合わせると、第(i)回目の反復における変位ベクトルと荷重パラメータを次のように修正することができる。

$$\begin{aligned} {}^{t+\Delta t}u^{(i)} &= {}^{t+\Delta t}u^{(i-1)} + \Delta u^{(i)} \\ {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i)} &= {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)} + \Delta \lambda^{(i)} \end{aligned} \quad (9)$$

(5),(6)式および(9)式を(4)式に代入すると、次の反復式を導くことができる。

$${}^tK\Delta u^{(i)} = {}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}R_{ref} - {}^{t+\Delta t}F^{(i-1)} + \Delta \lambda^{(i-1)}R_{ref} \quad (10)$$

この式の両辺に左から ${}^tK^{-1}$ を乗じてから右辺を次式のように置き換える。この逆行列は、ガウスの消去法などで求める。

$$\begin{aligned} \Delta \tilde{u}^{(i-1)} &= {}^tK^{-1}({}^{t+\Delta t}\lambda^{(i-1)}R_{ref} - {}^{t+\Delta t}F^{(i-1)}) \\ u_{ref} &= {}^tK^{-1}R_{ref} \end{aligned} \quad (11)$$

これらの量を用いて(10)式を書き直すと、つぎのようになる。

$$\Delta u^{(i)} = \Delta \tilde{u}^{(i-1)} + \Delta \lambda^{(i)}u_{ref} \quad (12)$$

ここで、求める変位増分が超円筒上に移動すると仮定する。すなわち、 Δl を弧長増分とすると、(13)式のような制約条件を与えることができる。この弧長増分は使用者が入力データで与

える。

$$u^{(i)T}u^{(i)} = \Delta l^2 \quad (13)$$

ここで、(11)式、(12)式、および(8)式を(13)式に代入すると、 $\Delta \lambda^{(i)}$ に関する次の2次方程式が得られる。

$$a_1(\Delta \lambda^{(i)})^2 + a_2\Delta \lambda^{(i)} + a_3 = 0 \quad (14)$$

この方程式の係数は次のようになる。

$$\begin{aligned} a_1 &= u_{ref}^T u_{ref} \\ a_2 &= 2u_{ref}^{(6)}(u^{(i-1)} + \Delta \tilde{u}^{(i-1)}) \\ a_3 &= (u^{(i-1)} + \Delta \tilde{u}^{(i-1)})^T (u^{(i-1)} + \Delta \tilde{u}^{(i-1)}) - \Delta l^2 \end{aligned} \quad (15)$$

この2次方程式の2つの根に対応する変位増分ベクトルの変化を(12)式により求める。負荷経路上の逆戻りを防ぐために、前段階の荷重ステップにおける変位増分ベクトル(8)式と現段階の変位増分の内積を求めて、この値の符号が正であるものに対する根を選択する。

荷重増分パラメータの初期値は(16)式を用いて求めることができる。

$$\lambda^{(0)} = s \frac{\Delta l}{\sqrt{u_{ref}^T u_{ref}}} \quad (16)$$

接線剛性行列 tK が正定行列であるとき、変数 s は1をとり、 tK が負の固有値をもつ場合には、 $s=-1$ である。この行列を三角分解するとき、すべての対角要素の積が正値をとれば、 $s=1$ である。

反復計算の収束判定基準は次の式で与えることができる。この収束条件が満足されるまで反復を繰り返す。

$$\varepsilon_D = \frac{\|\Delta u^{(i)}\|_2}{\|{}^{i+\Delta}u^{(i)}\|_2} \quad (17)$$

(10) 式および(13)式は負荷経路全体に対して成り立つので、座屈前後でも同一の定式化を用いることができる。

3.3 プログラムの構成

変更作業に取り掛かる前にプログラムを解読し、基本的な流れを把握しなければならない。文献 1), 2)で数値計算の手順を理解した上で作業を行うことが最も重要である。コードの検証やデバッグは先に示したつりあい方程式を基準にするのではない。電卓で確認できる1要素の簡単な例題を作成しておき、プログラムでの計算結果と比較する。

NONSAP のサブルーチンでは、LOADS と EQUIT が変更対象である。LOADS は各時刻における荷重ベクトルを求める。ここで、 R_{ref} を入力データで与え、外部ファイルへ保存する。EQUIT は、Newton 法のサブルーチンである。これは、非線形有限要素が含まれる解析を選択する場合に、つねに呼ばれる。次に NONSAP のコードを用いる場合の変更手順を次に述べる。

- ① 三角分解された接線剛性行列をファイルから配列に読み込む。その対角要素に対する積の符号から (16) 式におけるパラメータの符号 s を決定する。
- ② スカイライン法ソルバーCOLSOL を呼び出し、(11) 式を解いて u_{ref} を求める。
- ③ 与えられた弧長 Δl を用いて (16) 式における $\lambda^{(0)}$ を計算する。初期値 u_0 を次の(18)式から求める。

$$u_0 = \lambda^{(0)t} K R_{ref} \quad (18)$$

- ④ (11) 式を用いて $\Delta \tilde{u}^{(i-1)}$ を求める。形状の座標値を更新してから、全ての非線形要素グループに属する要素剛性行列と内力ベクトルを更新する。

- ⑤ $\Delta \lambda^{(i)}$ に関する 2 次方程式 (14)式を解く。(12)式から 2 次方程式の二つの実根に対する変位増分ベクトルの変化を求める。
- ⑥ 負荷経路上の逆戻りを防ぐため、(8)第1式と前荷重ステップ時に求めた変位増分ベクトルとの内積を計算し、その値が正であるものを選択する。
- ⑦ 収束判定基準 (17)式が満足されない場合は、手順④へ戻る。

弧長増分法では、(14)式が実数根をもつことが必ずしも保証されない。解が発見できない場合の対策として、リスタートファイルを生成してから、反復計算を中断する。

4. 数値計算

本章では平面トラスとシェル(1)の座屈後挙動解析の数値計算を示す。

4.1 平面トラスの荷重・変位曲線²⁾

ここでは、弧長増分法の妥当性を確認するため、NONSAP の 3 次元トラス要素を使用し、図 1 のような応力ひずみ曲線を得た。変形前の形状を挿入図に、材料パラメータを(19)式に示す。節点 1,2,3 が可動節点で P は荷重で横軸は節点 3 の垂直変位である。

$$L=5 \text{ cm}, A=10 \text{ cm}^2, E=10^6 \text{ N/cm}^2 \quad (19)$$

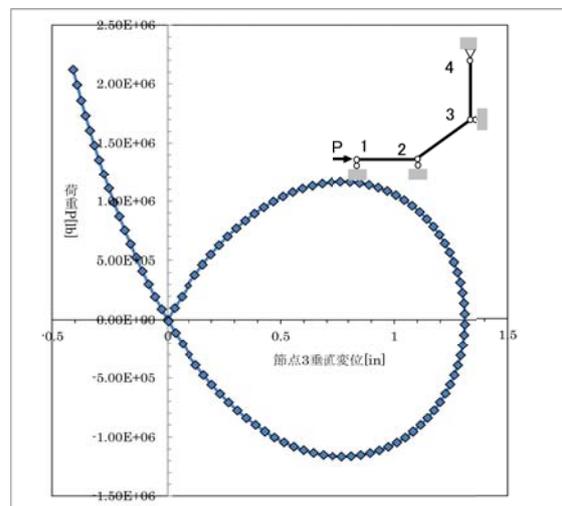


図 1 平面トラスの荷重変位曲線

4.2 集中荷重を受ける円筒シェル

これは、シェル要素のベンチマークテストとして知られる例題である。NONSAP はトラスと 2 次元ソリッド要素を備えているが、シェル要素は含まれていない。そこで新たに、3 次元連続体の縮退シェル要素⁵⁾を追加した。この要素は工学理論から導かれる古典的なシェル要素に比べてより汎用性がある。ロッキング現象を引き起こす問題があるが、ANSYS など汎用ソフトウェアに備えられた実用的な要素である。この要素は、せん断力やモーメントを断面特性に基づいて、改めて応力を評価するための後処理を必要としない。幾何学的及び形状パラメータを(20)式に示す。円筒シェルは周辺を単純支持され、中央に集中荷重を受ける。対称性を考慮して、形状の 1/4 に対する荷重変位曲線を図 2 に示す。図中の A 点から B 点においては、荷重も変位も減少する区間である。文献 5) の数値計算とほぼ一致する結果を得ることができた。

$$R=2540 \text{ mm}, a=254 \text{ mm}, h=6.35 \text{ mm},$$

$$E=3 \times 10^3 \text{ kN/mm}^2, \nu=0.3 \quad (20)$$

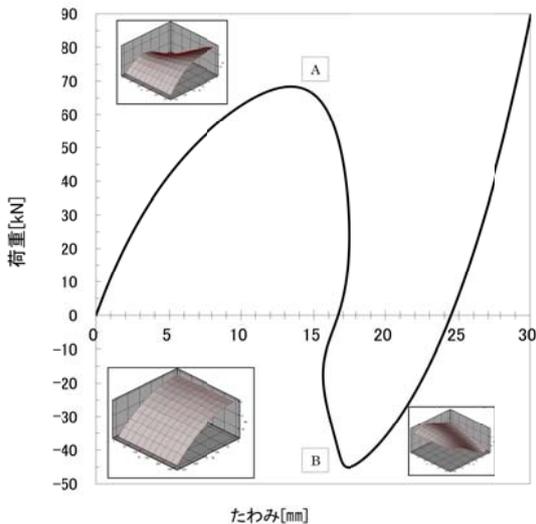


図 2 集中荷重を受ける円筒シェルの荷重変位曲線

4.3 集中荷重を受ける球形シェル

前節と同じ要素を用いて、中央に集中荷重を受ける球形シェルの座屈後挙動解析を行った。図 3 に荷重変位曲線と変位図を示す。文献 5) の

解析結果とは異なる負荷経路が得られた。

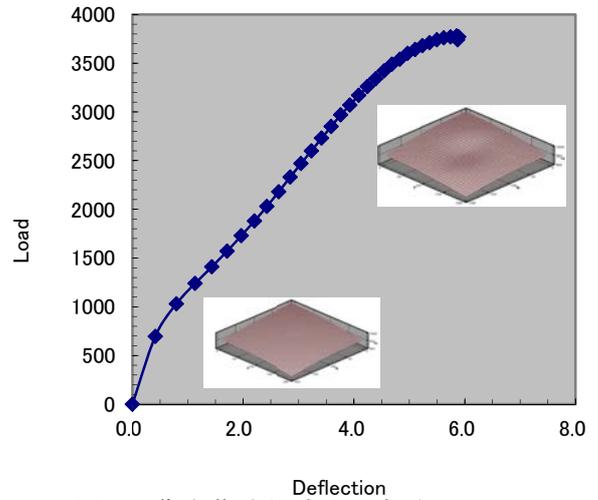


図 3 集中荷重を受ける球形シェルの荷重変位曲線

5. まとめ

ここで述べられている解析機能は既に発表された内容を集めたものである。しかし、既存のソースコードを利用して FEM の新しい機能を与える作業を通じて、プログラムの機能を全て理解し、身近な教育ツールをほぼ無料で得ることができる。

文献

- 1) Bathe, K. J., Wilson, E.L., Iding, R.H., NONSAPA Structural Analysis Program for Static and Dynamic Response of Nonlinear Systems, UC SESM Report No. 74-3, Feb. 1974
- 2) Bathe, K. J. , Finite Element Procedures, Prentice-Hall, 1996
- 3) Marvern, L. E. Introduction to the Mechanics of a Continuous Medium, Prentice-Hall, 1969
- 4) Riks, E. , The Application of Newton's Method to The Problem of Elastic Stability, Journal of Applied Mechanics, pp.1060, 1972
- 5) Crisfield, M. A., Non-linear Finite Element Analysis of Solids and Structures, Vol.1, Wiley, 1996

著者 E-mail terashima@shikoku-pc.ac.jp

能力開発セミナーの企画および実施

生産技術科 広瀬 直俊

The Seminar for contrivance and fulfillment

Naotoshi HIROSE

概要 例年、専門的職業能力開発に関するニーズ調査を行い、分析結果をもとにして、地域ニーズに応える能力開発セミナーコースの計画・設定がされている。このうち、実施および実施結果の評価は次年度を考える場合に重要である。ニーズ調査より、要望が強い複数分野の中でも、今回は、特に実施率が高い3次元CAD・設計分野に関して、能力開発セミナー実施後のアンケート結果を報告し、今後の企画について考察する。

1. はじめに

現在、実践技術者養成の目標のもと、各センター・大学校・短大校などにおいては能力開発セミナー・離職者訓練・専門課程訓練が行なわれている。能力開発セミナーは、近隣地域の団体・企業を対象とした社員の教育・研修支援を目的として取り組みがなされるものである。

今回、団体・企業からの実施要望が高かった3次元CAD・設計分野コースの能力開発セミナーについて、2014年度の実施後のアンケート結果を中心にまとめた。アンケート結果から、評価・改善を行い、次年度の実施へつなぐことが目的である。

この報告は、2015年3月まで在籍した栃木県宇都宮市のセンターで実施した内容であり、自動車業界の3次元CAD・設計によるモデリング・アSEMBリなどを行っている企業などからの受講者によるアンケート結果に基づいている。

2. 能力開発セミナープロセス

2.1 ニーズ調査

能力開発セミナーは、実施する前年度に「専

門的職業能力に関する調査票（機械系関連職務ほか）」を用いて各企業に対してニーズ調査を行い、その結果に基づいて要望の多い分野に関するコースの企画・立案を経て実施している。図1、はコース設定計画から実施を経て、検証・改善に至るまでのフローチャートである。

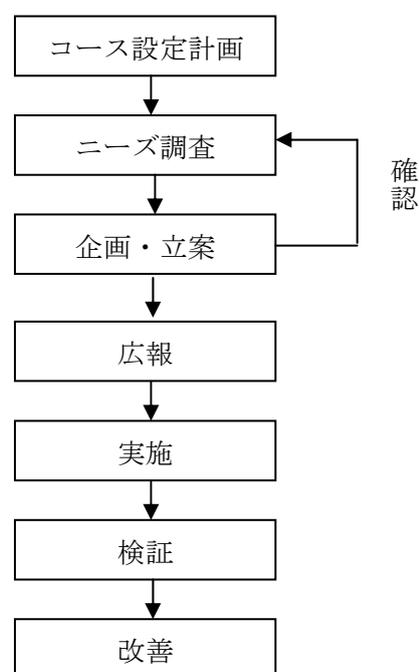


図1 能力開発セミナーの改善までの流れ

企画・立案の段階では、必要に応じて確認を繰り返しながら、検討をつめている。

詳細は、「能力開発セミナープロセスチェックシート」で訓練のねらい・主要項目・企画テーマの妥当性などを検討する。

2.2 プロセスチェックシート

能力開発セミナーコースの設定にあたっては、訓練のねらいなどを検討しなければならないため、「能力開発セミナープロセスチェックシート」による分析手法が用いられている。その内容の抜粋を、表1および表2に示す。

この中から、表1中の設問①「企画テーマの妥当性」・「背景把握」を考察する。栃木県宇都宮市周辺には、自動車業界の完成車メーカーとそこに人材を派遣する人材派遣会社および一般機械器具を設計する企業などが所在しており、設計・3次元CADによるモデリング（立体化）・アセンブリ（組立）などを行っている企業が多く見うけられる。これら企業からの「専門的職業能力に関する調査票（機械系関連職務ほか）」の調査結果には、若年者や40歳以上の中途採用者に対して、部品設計における職務での「採用の際に求める職業能力」として「3次元CAD」・「3次元CADによるモデ

表1 能力開発セミナープロセスチェックシート

(抜粋) (1)

	主要項目	的確性に 関する設問
訓練の ねらい	設問① 企画テーマの妥当性	背景把握
訓練の 対象者	設問② 受講者像の明確性	業種、職務
		受講者のキャリア
		ねらいと受講者の 整合
習得目標	設問③ 習得目標の明確性	習得目標の記述 内容
訓練の 内容 (表2へ 続く)	設問④ 訓練基盤の充実度 /実現性	訓練機器、設備
		教材、テキスト 整備

表2 能力開発セミナープロセスチェックシート

(抜粋) (2)

(表1か ら続く)	主要項目	的確性に 関する設問
訓練の 内容	設問⑤ 訓練内容・構成の 適切性	訓練の順序
		時間配分
		教材、テキスト 内容
		実習・演習内容 訓練課題
	設問⑥ コースの発展性	コースの 系統性
		コースの 発展性
	設問⑦ 広報明快性	広報エリア 広報ルート

リング（立体化）」に回答が多くあることから、「企画テーマの妥当性」があるとの結論を得た。これにより、能力開発セミナーコースとして設定した。

3. 実施概要

3.1 実施コース概要

実施したコースの概要を、表3に示す。カリキュラム内容は、3次元CADソフトの機能理解・3次元形状のもとになるスケッチの作成・モデリング（立体化）およびエラーが生じた場合のエラ

表3 能力開発セミナー実施概要

分野	機械系
コース名	製品設計のための3次元検証技術 (ソリッド編)
実施日程	2014年7月16日～18日
訓練時間	18時間(3日間)
受講者数	7人
実施形態	レディメイド型
会場	CAD実習室(センター内)
使用ソフト (3次元CAD)	CATIA V5 R2012(ダッソー・システムズ社)

一箇所の検出・修正などで構成されている。これらの技能を、例題や演習課題に取り組む過程で身に付けられるようになっている。テキストは、受講者のレベル分布が初学者から実務経験者まで分散すると想定し、各レベル層が使用可能なものを選定した。内容は、課題を中心としたもので、各課題の作成手順・必要なコマンドを、図と簡単な文で説明している。

4. コース実施結果

4.1 アンケート結果

能力開発セミナーの実施後は、受講者にとってどのようなものであったかを把握し、評価・改善作業と次年度の実施へとつなぐことを目的として、アンケート調査を実施している。受講者が、アンケート様式の各設問項目に回答する仕組みである。

アンケート様式は、受講した内容に関してあらかじめ用意された項目から回答を選ぶ選択式と、選択した項目に対する理由を書く記述式などから構成されている。回答結果は、「コース別アンケート分析シート」に集約される。その結果を、表4および表5に示す。各設問項目を項目欄に、その回答を回答内容欄に記している。

表4 能力開発セミナー実施結果 (1)

設問項目	回答内容 (数値は人数をあらわす)
会社の業種	製造業(4)、情報・通信業(2)、その他(1)
ご自身の職業	金属加工(3)、設計(3)、通信(1)
ご自身の職業における就業経験年数	5年未満(2)、5年以上10年未満(1)、10年以上15年未満(1)、15年以上(3)
知ったきっかけ	会社指示(7)
受講目的	専門的な知識及び技能・技術を深めるため(4)、 新たな知識及び技能・技術を習得するため(3)

表5 能力開発セミナー実施結果 (2)

設問項目	回答内容 (数値は人数をあらわす)
役立ったか	大変役に立った(4)、役に立った(3)
「大変役に立った」、「役に立った」理由 (複数回答可)	「新たな知識及び技能・技術が身に付いた」(5)、「専門的な知識及び技能・技術が深まった」(2)、「これまでの仕事(職務)を理論的に整理することができた」(3) 他
セミナー日数	短い(4)、適当(3)
講師の指導方法	大変わかりやすい(3)、わかりやすい(4)
実施した実習	大変良い(4)、良い(3)
教材(資料)	わかりやすい(6)、わかりにくい(1)
期待していた内容であったか	十分に期待した内容であった(2)、期待した内容であった(5)
また機会あれば受講したいか	ぜひ受講したい(5)、受講してもよい(2)

この結果に基づいて、考察をする。

まず、能力開発セミナー実施結果のうち、重要なものについていくつか述べる。表5の設問項目のうち、「役立ったか」に関する設問に対する回答は、「大変役に立った」(4人)、「役に立った」(3人)であった。この回答をした理由(複数回答可のため、回答人数合計と受講者数とは一致しない)の内訳は、「新たな知識及び技能・技術が身に付いた」(5人)、「専門的な知識及び技能・技術が深まった」(2人)、「これまでの仕事(職務)を理論的に整理することができた」(3人)、「業務(生産性や品質の維持・向上等)に役立てることができる」(2人)となっており、表4中の受講目的の回答である「専門的な知識及び技能・技術を深めるため」(4人)および「新たな知識及び技能・技術を習得するため」(3人)と比較して、受講者の「受講目的」はおおむね達成できたと考えられる。このことは、「4.2 アンケート結果(自由記述意見)」の記述においても示されていた。よって、「能

力開発セミナープロセスチェックシート」中の「ねらいと受講者の整合」が、ほぼはかれたとの確証を得た。地域でのニーズとコースの企画・実施の目的が、一致しているとみなすことができる。

また、「期待していた内容であったか」に関する設問に対して、「十分に期待した内容であった」(2人)、「期待した内容であった」(5人)であり、今後の実務での活用が期待できる内容として、受け入れられているとの結果を得た。

次に、表6に示すアンケート集約結果についていくつか述べる。スコアは、表4および表5の回答内容に基づいて専用のソフトで計算された0から100までの範囲をとる数値であり、高い程良い。

表6 能力開発セミナーアンケート集約結果

項目	スコア
役立ち度	89.3
指導法	85.7
実習演習	89.3
教材	67.9
希望一致度	82.1
リピート度	92.9

「役立ち度」は、「役立ったか」に対する回答データをもとにしたスコアであり、「希望一致度」は、「期待していた内容であったか」に対する回答データをもとにしたスコアである。

特に改善が必要な箇所は、スコアが67.9の「教材(資料)」であり、「わかりにくい」をなくし、「わかりやすい」を「大変わかりやすい」にすることである。使用した教材(テキスト)は、離職者訓練で使用実績があるもので、課題集的な構成である。課題を進めながら知識や使い方を身に付けていくため初級者でも活用できるが、例題・演習問題などの課題は応用レベルのものが多く、操作マニュアル(操作主体の記述)となっており、使用時には受講対象者に合わせて課題の目的・課題作成手順・必要なコマンドなどの説明を十分に改善が必要である。

なお、表6のスコアとは別に、コース全体の評価指標として「コース総合評価スコア」がある。0から100までの範囲をとる数値で、80以上が目標となっている。このコースでは、81.0であった。

4.2 アンケート結果(自由記述意見)

アンケート結果のうち、自由記述欄への記入内容は、以下とおりである。

コース設定に関する意見のうち、「セミナー日数」について、5日間の希望者が4人と受講者の半数を超えており、日数を増加させたりコースを分割することが考えられるが、Off-JTとして企業を離れる時間が増加すると、職務の進捗に支障が生じるとする企業側の意見が多い状況から、検討するにとどめた。受講者全員が会社指示での受講のため、指示を出した企業へのヒアリングが必要と考える。

また、実務経験者から次の意見があった。

「3D設計の依頼が多くなり新たな知識を身に付けるため受講した。一通りの手順が習得できた」、「職場で学んだことがすべてであったが、その時に得た知識を改めて整理する機会になった」、「受講してみて知らなかった操作がいくつかあった」、「普段あまり使わないようなコマンドの内容がわかった」など、日常業務では気が付かない知識などについて、職場を離れることで認識を新たにできていると見られる。

5. おわりに

能力開発セミナーコースの受講者アンケート集約結果より、以下の結論に至った。

- ① 3次元CAD・設計分野コースについて、地域でのニーズとコースの企画・実施の目的が一致している。能力開発セミナーでの教育・訓練が必要とされていることが確認でき、かつ、センターの存在意義を示せたと考えられる。
- ② アンケート結果の分析・評価と能力開発セミナーコースの改善は、次年度の企画・実施の根拠と機会を与えるものである。
- ③ 実務での活用が期待できる内容との評価であることが、明らかとなった。

文献

- 1) 広瀬 直俊 能力開発セミナーの広報および実施
秋田職業能力開発短期大学校 紀要 第11号
2006.3
著者 E-mail Hirose.Naotoshi@jeed.or.jp

「一日体験授業」への取り組み

電子情報技術科 高本 浩司・吉岡誉吏

Approach for the Experience Class of one day

TAKAMOTO Koji, YOSHIOKA Takashi

概要 近年、高校と大学の双方において高校 - 大学間連携（以下、高大連携という）の意義や重要性が認識されつつある。四国職業能力開発大学校附属高知職業能力開発短期大学校 電子情報技術科（以下、当科という）では、高大連携の取り組みとして、オープンキャンパスや指導員が高校に出向いて出張授業等を行っているが、2013年度から新たに一日体験授業を加えた。

それに伴い、一日体験授業向けの教材として、当科の重点教育要素である電子回路・プログラミング・通信ネットワークを体系的に体験できる教材を検討・製作した。本稿では、製作教材を紹介しつつ、一日体験授業の取り組みについて報告する。

1. はじめに

高知職業能力開発短期大学校（以下、本校という）では、主に進学を見据えた高校生が本校を知る良い機会として、年間5回のオープンキャンパスを日曜日に実施している。本校のオープンキャンパスの特色は当科及び生産技術科が開催回ごとに異なる体験授業テーマを用意しており、全てのテーマを体験しても飽きさせないところにある。しかし、実際には複数回参加する高校生は少なく、各科のカリキュラム全体をしっかりとイメージしてもらうには難しい状況である。

一方で、実施後のアンケートに「もっと体験したい」という意見が多く見られたことを受け、午前9時から午後4時までの一日を使って各科のカリキュラムの概要を体験できる一日体験授業を企画した。一日体験授業は、高校生が夏休みを利用して参加しやすいように8月上旬の平日に実施することとし、2013年度から始まり、今年度で3回目の開催となる。

2. 高大連携事業

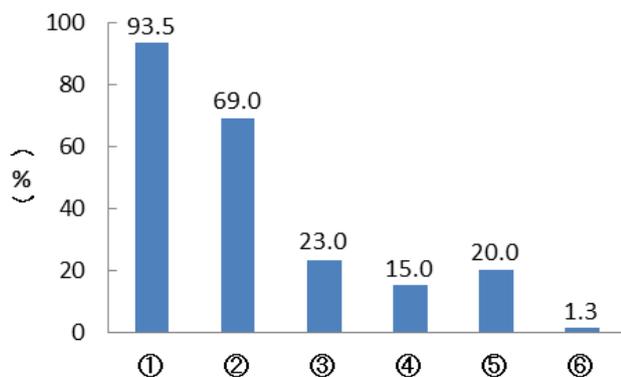
今日盛んに高大連携が行われるきっかけとして

は、文部科学省の中央教育審議会が1999年に提出した答申¹⁾とされている。その答申の基本的な考えでは「大学側がこれまでのようにいかに受験の合格者を選抜するかという視点よりもむしろ、高校生がいかに自らの能力・意欲・関心に合った高等教育機関を選択するか、あるいは、大学が求める学生を見いだすか」という初等中等教育から高等教育まで一貫した考え方で改革を進めていく視点が重要としている。そのための具体的な連携事業として、次の3点を挙げることができる。

- (1) 大学の科目等履修生や聴講生・公開講座等の活用（体験入学やオープンキャンパスも含まれる）
- (2) 大学における学修の単位認定
- (3) 大学教員による高校での学校紹介や講義等の実施

今日では、中高一貫教育や科目群の選択制度等により高校の多様化と選択の幅は広がっており、生徒一人一人の能力を伸ばすために高校と大学が連携した教育の意義や重要性が認識されつつある。2014年に高大接続に関する調査²⁾が行われ、近年の高大連携活動の内容がまとめられているので図1に示す。

多く実施されているのは「高校への出張授業」93.5%、次いで、「オープンキャンパス以外の高校生向けの公開講座」69.0%となっているが、大学での通常授業の履修・聴講に対して入学後に単位を与える制度は15.0%に留まっている。



- ①：高校への出張授業
- ②：オープンキャンパス以外での高校生向けの公開講座・授業（高校での単位付与なし）
- ③：大学で実施する高校生向けの授業（高校での単位付与あり）
- ④：大学での通常授業を高校生が履修・聴講できる制度（入学後の大学で単位付与あり）
- ⑤：大学の通常授業を高校生が履修・聴講できる制度（大学での単位付与なし）
- ⑥：入学者選抜を兼ねた大学の科目履修生としての高校生の受け入れ

図1 高大連携の活動内容

3. 当科における一日体験授業

当科の重要教育要素は電子回路・プログラミング・通信ネットワークの3つである。これら組込み機器製作に必要な3要素を効率良く学べるように、Arduino(アルデュイーノ)システムを用いて、超音波距離計を製作することとした。

Arduinoシステムは、図2に示すマイコンとI/O(入出力)ポートを備えたArduino基板と統合開発環境(IDE)で構成されるものである。Arduinoシステムを用いた理由として、次の3点を挙げる。

- (1) I/Oポートを備えており、自作の電子回路基板を接続させることができる。
- (2) AVRマイコン(ATmega328P)を搭載しており、C言語に似たArduino言語でマイコ

ンのプログラミングができる。そのため、入校後に当科で行うプログラミング授業に近い状態を体験できる。

- (3) シリアル通信機能を備えており、無線通信でのデータの送受信もできる。



図2 Arduino基板の外観

3.1 電子回路体験の教材

電子回路を製作するにあたり、本来はブレッドボードでの動作確認、CADソフトを使ったパターン配線、基板加工機を用いたパターン切削、パターン切削後の電子回路基板へのハンダ付け作業を一連で行う必要がある。一日体験授業では時間短縮も考慮し、最後の工程であるハンダ付けを行うこととするが、高校生の中にはハンダ付けの未経験者も多いので、ハンダ付け練習を行った上で基板製作に取り掛かっている。製作する電子回路基板は図3に示す液晶ディスプレイ(以下、LCDという)表示用マウント基板、図4に示す無線送信用マウント基板の二つである。

また、図5に図3の回路にLCD及び超音波距離センサーを接続した完成写真を、図6に図4の回路とArduino基板を接続した完成写真を示す。

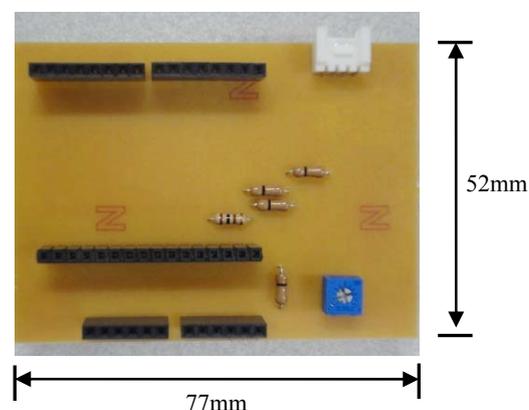


図3 LCD表示用マウント基板

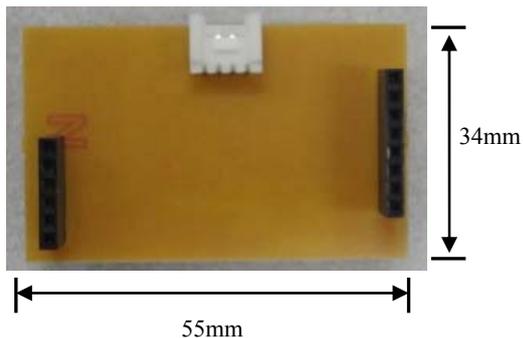


図4 無線送信用マウント基板

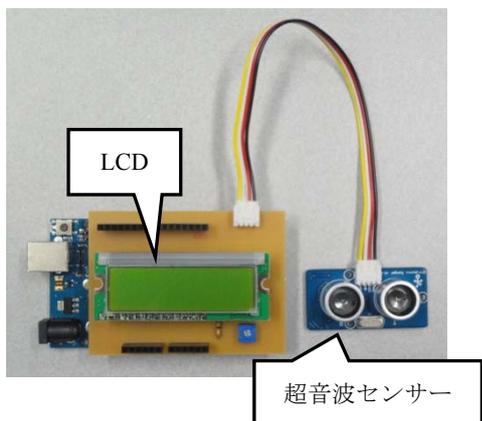


図5 LCD表示回路の完成写真

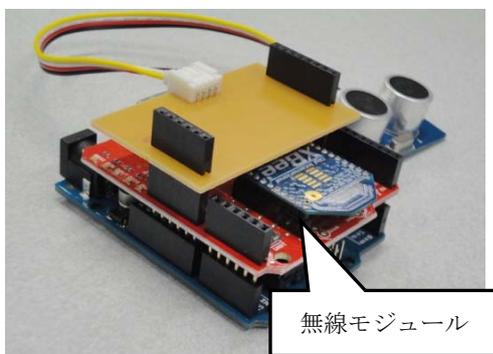


図6 無線送信回路の完成写真

3.2 プログラミング体験の教材

一日体験授業では、アルゴリズムや細かな文法の説明は省略し、プログラムの記述そのものを体験することに主眼を置いている。プログラミング言語を用いて符号化（コーディング）し、機械語に変換（コンパイル）してマイコンに書き込むという手順を行うことで、プログラミングに対するイメージの形成を期待できる。作成するプログラムは超音波距離センサーで取得した数値を処理し、

LCDに距離を表示するものである。図7に Arduino IDE 上の当該プログラム画面の一部を示す。

また、先に製作した LCD 表示用マウント基板と、プログラムを書き込んだ Arduino 基板を接続した動作の結果を図8に示す。

```

distance_ultrasonic_lcd $
// LCDキャラクタディスプレイ関数のインクルード
#include <LiquidCrystal.h>

// 使用するピンの定義
LiquidCrystal lcd(12, 11, 10, 5, 4, 3, 2);

// 反射波の変数を用意
unsigned long echo = 0;
// 信号ピンを9番ピンに設定
byte signalPin = 9;

void setup(){
  // オープニングメッセージの表示
  lcd.begin(2,16); // 使用するLCDの行数、桁数を設定する
  lcd.clear();
  lcd.print("Distance Meter");
  lcd.setCursor(3,1);
}

void loop(){
  // まず信号ピンを出力に設定（発信用）
  pinMode(signalPin, OUTPUT);
  digitalWrite(signalPin, LOW);
}

```

図7 プログラミング画面（抜粋）



図8 動作結果

3.3 無線通信体験の教材

組込み機器は無線でお互いに通信をすることが多い。一日体験授業では無線通信規格の一つである ZigBee プロトコルを使った XBee を採用した。その理由として、今回の内容が受注生産における組込み機器を開発する場面を想定しており、その際、特定機器同士でのデータ送受信に ZigBee が使用されることが多いためである。

通信の設定にはフリーソフト X-CTU を用いた。

通信相手のアドレス等を自ら入力することで通信ネットワークの構築に興味を持つことが期待できる。

通信設定後は、無線通信プログラムをマイコンへ書き込む。プログラムは超音波距離センサーで取得した数値を処理し、送信回路からパソコンと接続した受信回路へ電波で伝送するものである。

ここで用いるプログラムは時間短縮のため完成済みプログラムを配布するが、コンパイルと書き込みは高校生自身が行う。

図9に無線通信の送受信回路を示し、図10に受信回路が受け取った情報をパソコンのシリアルモニターで表示した状態を示す。

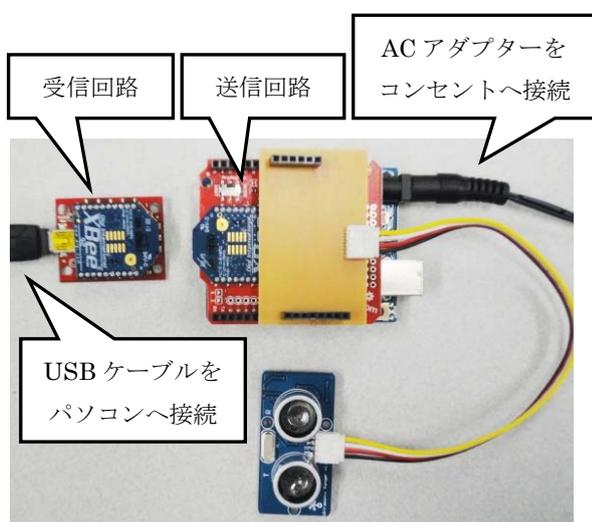


図9 無線通信の送受信回路



図10 受信結果 (シリアルモニター)

4. 教材の発展性

今回製作した教材をさらに発展させるならば、一日体験の時間枠には収まらないが、次の二点の機能追加が考えられる。

- (1) 取得したデータのデータベース化
- (2) データベースを元に、必要な情報を抜き出し、グラフ化するインターフェースの作成

これらの機能を追加することにより複合的な要素を学ぶこととなり、専門課程の授業に展開することでより高度な知識とスキルの連動した習得が期待できる。

5. おわりに

今年度の参加は15人であり、徐々に一日体験授業が高校の進路担当者に浸透しつつあると感じる。

また、一日体験授業に参加した高校生には、日頃の高校での授業では得られない知的な刺激を感じた様子が見受けられ、高校生のアンケート結果にも「様々な体験ができて良かった」、「一日体験でしか体験できないことを学べてよかった」等の感想が寄せられており、取り組みとして一定の成果を上げていると言える。

一方、課題としては、遠方の高校生が参加しにくいことである。遠方の高校生や保護者が参加したいと思えるような魅力ある取り組みを目指す必要がある。そのためには、高校生にとってより良いものとなるように教材のブラッシュアップを常に図ることが肝要と考える。

最後に、当科のオープンキャンパスを含めた体験授業に協力して頂いた各高校並びに当校関係職員の皆様に心から感謝を申し上げる。

文献

- 1) 中央教育審議会 初等中等教育と高等教育との接続の改善について (答申)
- 2) ベネッセ教育総合研究所 高大接続に関する調査 http://berd.benesse.jp/up_images/research/2014_koudai_06.pdf

著者 E-mail Yoshioka.Takashi@jeed.or.jp

沖縄職業能力開発大学校の総合制作実習における EV 製作の取り組み

四国職業能力開発大学校 電気エネルギー制御科 山中 裕二

Production of electric vehicles in the general production training program of Okinawa Polytechnic College Yuji Yamanaka

概要 近年、二酸化炭素排出による地球規模の温暖化や環境汚染といった問題により、環境に優しい EV の開発が盛んであり、その研究・発展が期待されている。私が所属した大学校の学生の多くも、EV に強い関心を持っており、これまで様々な EV を総合制作実習のテーマに選定し、EV 製作に取り組んできた。本稿では、私が総合制作実習で担当した学生が製作した各種 EV について紹介する。

1. はじめに

EV とは Electric Vehicle の頭文字の略で、電気の乗り物という意味である。これから述べる EV とは、バッテリーをエネルギー源としてモータで動く乗り物（電気バイク、電気自動車）のことを指す。私は平成 27 年 4 月 1 日の異動で、四国職業能力開発大学校（以降、四国能開大）専門課程「電気エネルギー制御科」担当となった。前担当科は、沖縄職業能力開発大学校（以降、沖縄能開大）専門課程「電気エネルギー制御科」である。全国にある電気エネルギー制御科は、専門課程「制御技術科」がリニューアルされて設立されているのが一般的である。ところが、沖縄能開大の電気エネルギー制御科は全国で唯一、専門課程「電気技術科」がリニューアルされて設立された科である。よって、電気系の専門課程としては、最も歴史が長い。電気技術科では先輩方が長年、電気自動車等の製作に取り組んできており、私も興味を持った。以降、学生自身が興味を持ったこともあり、毎年様々な EV の製作に取り組んできた。本稿では、沖縄能開大の学生が製作した各種 EV について述べる。

2. ガソリン車と比較した EV の得失

ガソリン車と比較した EV の得失について表 1

に示す。各自動車メーカーやバイクメーカーが EV の開発に力を入れているのには、これらの長所が世間に認知され、EV が「売れる」ようになってきているからであろう。ただし、EV は実用面から見るとまだ短所の影響が大きく、特にバッテリーの技術革新がなければ、EV の更なる普及はまだ難しいのではないかと想定される。

表 1. ガソリン車と比較した EV の得失

	長所
	排出ガスがなく、地球環境に優しい 石油代替エネルギーを燃料源とすることができる 燃料費が安く経済的である 家庭用の電源から、簡単に充電することができる 回生ブレーキによるエネルギーの回収が可能である エンジンによる振動・騒音がなく静かである 大容量のバッテリーが搭載されているので、非常用電源として使用することができる 自由度のあるデザインにすることができる
	短所
	充電に時間がかかる インフラの整備状況が不十分である 走行が静かすぎるため、歩行者への危険性がある 航続距離が短い バッテリーが高いため車両価格が高い バッテリーの交換費用が高い バッテリーの種類によっては安全性に問題がある

3. 総合制作実習における製作物

3.1 フル電動自転車の製作

総合制作実習を初担当となった2009年度は、テーマを「フル電動自転車の製作」として取り組んだ。図1に使用した車体を、図2にモータを取り付けた状態を示す。車体には三輪タイプの自転車を使用し、駆動には250WのDCギヤードモータであり、主電源は28Vのリチウムイオンバッテリーである。DCギヤードモータと後輪に直結してあるギヤをチェーンで接続した。ドライブ回路として、PIC(Peripheral Interface Controller)マイコンを用いた速度制御回路の製作を行った。その他、DC-DCコンバータの製作、速度計の製作を行った。



図1. 使用した車体



図2. 加工後

3.2 回生・充電システム付き電気バイクの製作

2010年度は、テーマを「回生・充電システム付き電気バイクの製作」として取り組んだ。図3に製作した車体を示す。2009年度の車体・モータはそのまま利用し、主電源は28Vのリチウムイオンバッテリーを、補助電源には12V5Ahの鉛バッテリーを使

用した。2009年度は動作が不安定であったDCモータの速度制御回路を、安定した動作とすることに成功した。ブレーキには機械的ブレーキのほか、タイヤの回転するエネルギーを利用してバッテリーを充電する回生ブレーキや、そのまま熱として逃がす発電ブレーキを採用した。さらに、熱から回路を守る安全装置回路、前照灯回路、ウィンカ回路及びバッテリー残量表示回路等の付属品を製作した。この電気バイクは、2011年2月に行われた九州ブロックポリテックビジョンの発表の部そして展示の部で、共に最優秀賞を頂いた。



図3. 回生・充電システム付き電気バイク

3.3 電気バイクの製作1

2011年度は、テーマを「電気バイクの製作」として取り組んだ。図4に製作した車体を示す。本体は動かなくなったスクーターを使用し、エンジンを取り外して製作した。駆動にはインホイールタイプの600WDCブラシレスモータを使用した。電源にはDC48V10.5Ahのリチウムポリマーバッテリーを使用し、回生ブレーキで12Vバッテリーを充電できるようにDC-DCコンバータを製作した。また、ドライブ回路として、DCブラシレスモータの速度制御回路を製作した。



図4. 電気バイク1

3.4 電気自動車の製作

2012年度は、テーマを「電気自動車の製作」として取り組んだ。図5に製作した車体を示す。

車体は以前に製作してあった電気自動車を使用し、駆動には600WDCブラシレスモータ2個を左右後輪に取り付けた。電源にはDC48V10.5Ahのリチウムポリマーバッテリーを使用した。この年は自動車を対象としたため、前進・後退が出来るようにモータの正転・逆転回路も製作した。

また、前年度作製した速度制御回路を、dsPICマイコンを用いたプログラミングにより、基盤を小型化することができた。



図5. 電気自動車

3.5 DC ブラシレスモータを用いた電気スクーターの製作

2013年度は、テーマを「DC ブラシレスモータを用いた電気スクーターの製作」として取り組んだ。図6に製作した車体を示す。車体には2011年度に使用した車体を使用し、大幅な加工を行った。駆動には600WDC ブラシレスモータを使用した。電源にはDC48V10.5Ahのリチウムポリマーバッテリーを使用した。この年は学生が、自作のステッカーを貼ったり、シートを開けたらLEDが点灯する回路を製作したりと、趣味のように楽しんで取り組んでいたのが印象的であった。ブラシレスDCモータの速度制御回路を一から作り直したことで、十分な速度を出すことができた。各種付属品も作成し、市販の電気スクーターのような非常に完成度の高いものができた。



図6. 電気スクーター

3.6 電気バイクの製作2

2014年度は、テーマを「電気バイクの製作」として取り組んだ。図7に製作した車体を示す。

車体には、壊れて動かなくなった市販の電動スクーターを使用した。駆動には600WDC ブラシレスモータを使用した。主電源は12V5Ahの鉛バッテリーを4個直列接続してDC48Vとし、補助電源は12V5Ah鉛バッテリーを2個使用してDC24Vとした。

元々この電気スクーターは、インホイールモータが使われていたため、駆動部はモータを交換するだけでよく、ガソリン車を使用した時と比べて、非常に少ない加工で車体を完成させることができた。DC ブラシレスモータの制御回路や付属の回路の製作、基板設計を行った。



図7. 電気バイク2

3.7 コンバートEVの製作

2014年度は、テーマを「コンバートEVの製作」として取り組んだ。図8に製作した車体を示す。

本テーマは、コンバート EV の製作を行っている一般財団法人ものづくりネットワーク沖縄のご協力を頂いて製作した。

車体には、エンジンを取り外した軽自動車を使用し、車体の清掃・分解から作業を始めた。駆動には 6kW の DC モータを使用した。主電源は 12V12Ah の鉛バッテリーを 8 個直列接続して DC96V とし、補助電源には鉛バッテリーを 1 個使用して DC12V5Ah とした。

DC モータの速度制御回路は自作してみたものの、安全面を考慮して、市販の DC モータコントローラを搭載した。また、補助電源充電用の DC-DC コンバータ、車体停止のためのブレーキシステムといった各種付属品を搭載し、市販の自動車のような完成度が高いものができた。この製作したコンバート EV を使用して、バッテリーの充放電と走行方法の関連性を調べるために、走行試験を行った。

また、ものづくりネットワーク沖縄からの依頼により、アクセル信号発信回路の製作も行った。これは、コンバート EV を車検に通すためにトルク試験が行われるが、人がアクセルを踏む代わりに回路から一定のアクセル信号を出力するという装置である。

このコンバート EV は 2015 年 2 月に行われた、九州ブロックポリテックビジョンの発表の部で最優秀賞を頂いた。



図 8. コンバート EV

4. おわりに

これまで総合制作実習で、様々な EV の製作をテーマとして取り組んできて感じているのは、専門課程の 2 年生が 1 年間で取り組むテーマとして、

難易度や内容を見ても、丁度良いということである。電子回路・電気回路・マイコン制御・モータ制御・機械加工など、電気エネルギー制御科で学んできた内容が万遍なく盛り込まれていて、専門課程 2 年間の総まとめとして相応しい。もし多少の失敗があったとしても、モータが回らない=EV が動かない、という事態は考えにくく、学生自身が「製作物が出来た」という実感をもって、卒業できるテーマであることも大きい。

また、電気を使って動く乗り物は、内容や原理が分かり易く、電気について知らない人が見ても理解できる点が長所である。オープンキャンパスや対外的な各種イベントで多くの EV を出展してきたが、たくさんのお客様に説明を聞いて頂き、試乗して頂き、そして楽しんで頂いた。特にオープンキャンパスにおける宣伝効果は大きく、EV に興味を持ったので沖縄能開大の電気エネルギー制御科に入校した、という学生も多く見られた。

今年度は、四国能開大の電気エネルギー制御科の総合制作実習で「2 サイクルバイクを用いたコンバート EV の製作」というテーマのもと、製作を進めている。これからも様々な EV の製作に取り組み、四国能開大のシンボルとなるようなものが完成できればと思う。

文献

- 1) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「フル電動自転車の製作」2010 年
- 2) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「回生・充電システム付き電気バイクの製作」2011 年
- 3) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「電気バイクの製作」2012 年
- 4) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「電気自動車の製作」2013 年
- 5) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「DC ブラシレスモータを用いた電気スクーターの製作」2014 年
- 6) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「電気バイクの製作」2015 年
- 7) 沖縄職業能力開発大学校 卒業論文「コンバート EV の製作」2015 年

著者 E-mail Yamanaka.Yuuji@jeed.or.jp

大学校広告用駅看板の製作

—大型駅看板の製作事例—

電子情報技術科 鳥谷部 太

Design Train Station Advertising Billboard for College

Futoshi TORIYABE

概要 2013年から当校の駅看板、主要 JR 駅丸亀駅、多度津駅、琴平駅の駅看板のデザインを製作した。製作会社のデザインではなく、大学校の職員がデザインすることで、よりメッセージ力を高めることを目的とした試みであった。駅看板は、通常のポスターデザインと比較してかなり大きい制作物であることから、掲載する画像が非常に難しかった。今回、駅看板を制作することで得た知見について報告する。

1. はじめに

駅看板は、多くの方々が集まる公衆の場であることから、知名度を上げること、また、駅周辺施設であることを PR する効果としては絶大である。駅看板を見た方々に、深々と印象を与えることで、この土地の潜在的存在感を芽生える刷り込み効果を期待できる。

本報告では、制作事例の紹介、制作物の仕様、工夫したことについて紹介する。

2. 制作事例の紹介

今回制作した駅看板は、電飾看板である。照明装置を内部に装備した広告物であり、デザイン上、この透過による配慮も必要となる。全面を塗りつぶすこと、背景を白とすること、など考慮している。

制作した駅看板は、当校の最寄り駅である丸亀駅 2ヶ所、琴平駅、多度津駅のそれぞれ 4ヶ所に設置した。



図1 丸亀席設置駅看板 その1



図2 丸亀駅設置駅看板 その2

図1は、丸亀駅正面として、施設を PR するものとした。図2は、今回の制作物の中で、もっと大きな看板であり、写真にはフリー素材を使用した人物中心のデザインとした。



図3 多度津駅設置駅看板

図3は、今回制作した看板の中では、文字を中心に情報を伝達するものとした。



図4 琴平駅設置駅看板

図4は、赤丸が駅看板である。琴平駅が観光地の名所であることから、観光で訪れた方々へのPRをコンセプトに施設写真を全面に押し出したデザインとした。

3. 制作物の仕様

表1に今回制作した駅看板の仕様について示す。画像解像度は200dpiを指定している。表には、画素数で表記した。画素数から非常に大きな仕様であることが分かる。発売されているデジタルカメラ一眼レフの有効画素数が大きなものでも4000万画素であり、約40万円相当のものに当たる。A0(841mmX1189mm)で6200万画素相当が必要である。

表1 駅看板の仕様

駅名	大きさ	画素数
丸亀その1	2000mmX3000mm	372,000,744
丸亀その2	1200mmX1800mm	133,920,268
多度津駅	600mmX2700mm	100,440,201
琴平駅	900mmX1300mm	72,540,145

4. 工夫したこと

看板制作上、画像添付は必須項目であるので、施設内にある画像の中で大きな画像をくまなく、調査することとした。普段こちらで使用しているデジタルカメラで撮影したスナップ画像は、まずこの選択肢から消えた。外部のカメラマンが納品した画像から調査したが、最高解像度の画像は、航空写真の画像で1200万画素あった。琴平駅看板の1/6サイズであった。実際に使用したサイズは、72dpiで最高長さ1500mmとした。これ程、大きくなると実サイズでの校正は、200mm四方程度で、色移りを確認する程度であった。完成、設置されるまで、画像のジャギーについてはわからないことであった。現在、看板を眺めても画像のジャギーは分らないほど良好な仕上がりになっている。後からわかったことであるが、駅看板等は、見る人が実際には、離れてみることもあり解像度もそれ程必要でない。しかしながら、実際にデータを比較するには、高価な実験となるので、デザイナーの経験上の話となっている。

5. おわりに

施設内で広告デザインを制作することは、非常に実現可能なことと思われる。個々人のデザイン力に大きく影響されるが、デザイン力は、個々人のバランス力によるところが大きい。心理学的に年齢が高くなるほど、バランス力が高まることから、個々人の経験によらず、我々であれば、たとえ初めてでも十分対応できると考えられる。

また、制作物の全体的な印象は、素材によるところが大きいので、素材をしっかりとストックすることが必要である。大切にしたい素材は、写真である。写真も、高解像度の画像が必須であるので、機器を揃える、プロの撮影家に依頼することである。この点は主張したいと考えている。

今回最寄りの4ヶ所に駅看板を設置した。このことを通して、学生募集へ貢献できているかが最も知りたいところである。

著者 E-mail toriyabe@shikoku-pc.ac.jp

鉄筋コンクリート造施工実習の実践報告

— 専門課程における施工および施工管理技術の教育訓練 —

住居環境科 磯野重浩

Practice report of reinforced concrete construction training

Shigehiro ISONO

概要 ポリテクカレッジの居住系では専門課程の建築科、住居環境科、および応用課程の建築施工システム技術科において建設産業の実践技術者に必要な技能・技術と知識を習得するための科目が設定されている。中でも実習場で行う課題として、実大の建築物を想定した専門課程の建築施工実習や応用課程の標準課題、開発課題実習が大きな役割を果たしている。

筆者はこれまでに居住系の専門課程と応用課程で施工系の科目を担当してきた中で、実習課題の構成や運営方法について検討を行ないながら進めてきた。そこで本稿はこれまでに実施した課題のうち、鉄筋コンクリート造施工に関する課題設定と実施内容について実践報告をするものである。

1. はじめに

ポリテクカレッジの教育訓練システムの特徴である実学融合による科目編成の考え方のもと、居住系では専門課程の建築科、住居環境科、および応用課程の建築施工システム技術科において建設産業の実践技術者に必要な技能・技術と知識を習得するための科目が設定されている。その中でも実習場で行う課題として、実大の建築物を想定した専門課程の建築施工実習や応用課程の標準課題、開発課題実習が大きな役割を果たしている。

筆者はこれまで応用課程に携わってきた中で、昨年度から専門課程を担当し、施工系の実習を実施しながら実習課題の構成の検討を行なっている。そこで本稿は実習課題のうち、鉄筋コンクリート造（以降 R C 造）施工に関する課題設定と進め方についての実践報告をするものである。

2. 実習課題の構成と実施時期

四国職業能力開発大学校における実習課題は、

表 1 住居環境科の実習課題の構成と実施時期

1 年 次				2 年 次			
前期		後期		前期		後期	
1期	2期	3期	4期	5期	6期	7期	8期
(建築構法) (材料, 施工等)				施工図		施工図	
施工実習 I (木質構造)				↓ 施工実習 II (RC造)		↓ 生産実習 (内装)	
				<進路検討> (インターシップ)			

標準カリキュラムにおいて、木質構造を扱う「建築施工実習 I (4 単位)」(以降実習 I)、鉄筋コンクリート造を扱う「建築施工実習 II (4 単位)」(以降実習 II) の 2 課題と、校独自の設定として内装施工を扱う「建築生産実習 (4 単位)」(以降生産実習) の合計 3 課題で構成されている。これらを実習場内で展開しており、実施時期やスペースの面を考慮しながら実施している。表 1 に実習課題の構成と実施時期を示す。実施時期は、学科や他の実技科目との関連をもとに、四半期単位でのカリキュラム構成であることや、能力開発セミナーや共同研究など授業以外の実習場の使用状況も勘

案して設定する必要がある。このことから3課題とも4単位の授業を週一日終日単位の9回で実施している。実習課題にかかる加工図や詳細図などの図面作成は、2年次に行なう実習Ⅱと生産実習の2課題について実習課題の前もしくは同期に「施工図実習Ⅰ、Ⅱ（ともに2単位）」と連携して実施できるように設定している。また、平成26年度までは実習Ⅱを2年の最終期（8期）に行っていたが、学生の就職先として総合建設業の割合が多いことや、インターンシップを2年夏季に設定していることから、今年度の27年度から2年当初の5期に実施し、高所作業の経験を通して生産現場での安全をより意識できるように考慮した。

3. 鉄筋コンクリート造施工実習の構成と実施内容

3.1 実習課題の構成

今年度実施した施工実習Ⅱの課題建物は、写真1に示すように一般的な鉄筋コンクリート造ラーメン構造の1層分の柱2本と、それをつなぐ大梁と床スラブの一部を施工対象とした。この課題におけるRC造躯体に関する施工および施工管理技術の構成要素は、鉄筋、型枠および仮設の3工事である。これらの教育訓練内容として施工および施工管理に関する習得目標とする項目を工事ごとに整理したものを表2に示す。学生は、鉄筋や型枠材料を切断して下拵えする加工作業と、現場で所定の位置に組み立てる鉄筋の配筋及び型枠の建て込み作業を行なうことにより、専門工事業における「施工者」の立場と、総合建設業の「施工管理者」の立場を経験し、RC造生産への理解を深めることができる。また、本課題建物の施工にかかる第3実習場内のレイアウトを図1に示す。

3.2 課題の運営方法

実習では、学生を2班に分け、実習期間を通した班長と、回ごとにリーダーと副リーダーを決め、原則としてリーダーが朝礼および終礼時のミーティングを運営するようにしている。朝礼時のミーティングでは、冒頭に教員側が当日の作業予定と全体的な安全上の留意事項を説明したうえで危



写真1 建築施工実習Ⅱの施工完了状況

表2 建築施工実習Ⅱにおける施工・施工管理項目

	鉄筋工事	型枠工事	仮設工事
施工要素	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋切断 鉄筋曲げ加工 鉄筋配筋 	<ul style="list-style-type: none"> 型枠加工 型枠建て込み 	<ul style="list-style-type: none"> 基準墨出し 枠組足場施工
施工管理要素	<ul style="list-style-type: none"> 部材寸法精度 柱配筋検査 梁配筋検査 	<ul style="list-style-type: none"> 建て入れ検査 	<ul style="list-style-type: none"> 枠組足場検査（施工時、使用時）
主な使用機器類	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋ベンダー 鉄筋カッター 	<ul style="list-style-type: none"> パネルソー 卓上丸のこ インパクトドライバ 	<ul style="list-style-type: none"> 枠組足場一式 レベル 振動ドリル

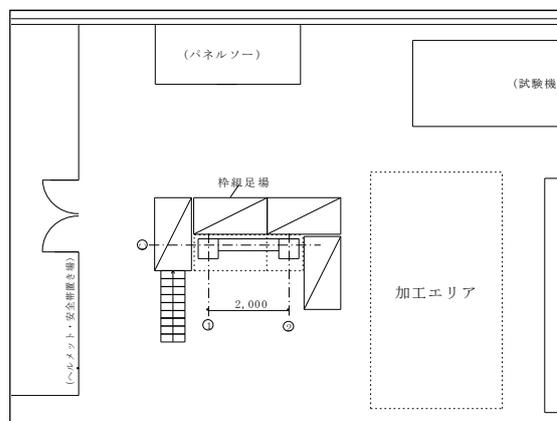


図1 課題建物施工時の実習場内レイアウト

険予知活動を行ない、グループごとに報告する。また終礼時のミーティングでは、作業日報の作成とヒヤリハット報告、次回打合せを行なう。鉄筋、型枠、仮設の各工事に関する加工、取り付け作業について担当者を毎回決めており、進行に応じて適時集合し説明をしながら工程を進めていくようにした。施工管理面では、建築工事標準仕様書における関連事項の提示と工事管理写真を撮影し、柱、梁の配筋検査時は全員が撮影するようにして

いる。写真2に本実習における施工及び施工管理の実施状況を示す。

実習時に盛り込む内容として、昨今の安全作業の取り組みへの重要性の高まりや、学生の多くが何らかの形で管理業務に携わることから、習得項目として施工管理を重視する必要があると考える。

4. おわりに

鉄筋コンクリート造施工実習は、木質構造施工実習とともに居住系の実習課題の中でも、学生に建築物の施工および施工管理を習得させるうえで重要な位置づけにある。学生の進路については専門課程で卒業し社会人になる場合と、応用課程に進学する場合があります。両面を考慮した上で限られた時間内にどれだけの項目を習得させるかを十分に配慮する必要がある。進学した際は、図2に示す通り標準課題および開発課題をグループ学習形式により施工・施工管理技術を十分に意識した内容で実施し、応用課題につなげられるカリキュラムが用意されている。このような居住系の教育訓練システムは、建設の実務を学生に認識させる点でたいへん効果的であると考えられる。^{1), 2)}

また、昨年度は専門工事業団体に協力を戴き技術を学ぶ機会を設けた。このような取り組みも、プロの技を間近に見て技術・技能への理解を深める上で有効と考える(写真3)。安全指導面では、卓上丸のこ作業に関する安全教育徹底の通達や、今年7月施行された労働安全衛生規則の改正により、足場の組立て作業に係る業務が特別教育の対象とされたことも注視すべき事項である。このように今後も常に法令や現場サイドの技術動向を把握しながら教育訓練の内容を見直し、充実させていくことが実習課題を行なう上で重要なことと考える。

文献

- 磯野重浩：鉄筋コンクリート造施工・施工管理総合課題実習の実践報告 実践教育研究発表会予稿集 2003、9
- 磯野重浩：開発課題と連携した応用課題実習の実践報告 その2 コンクリートの強度測定と建物調査結果 実践教育研究発表会予稿集 2007、9



(柱の配筋)

(朝礼ミーティング)



(柱筋の検査)

(型枠の建て入れ検査)

写真2 建築施工実習Ⅱの実施状況

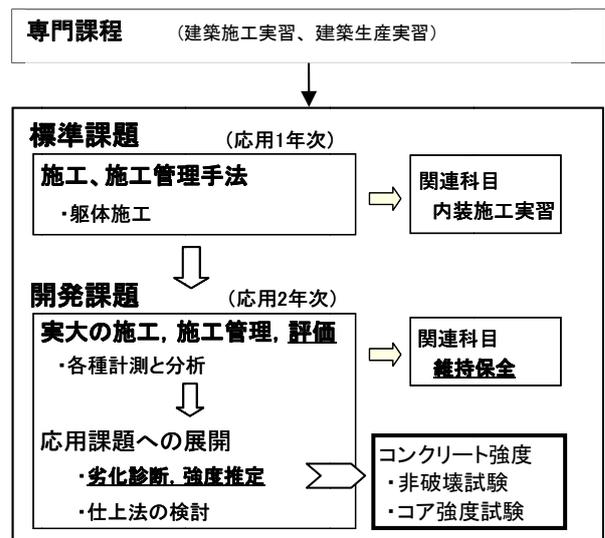


図2 実習課題と科目間の関係



(鉄筋工事)

(屋根工事)

写真3 専門工事のプロから学ぶ機会を設ける

著者 E-mail isono@shikoku-pc.ac.jp

応用課程建築施工システム技術科における開発課題の展開について

学務課 平野 直樹

A Study on the Evolution of the Challenges of Development in Department of Architectural System Engineering

Naoki Hirano

概要 1999年に職業能力開発促進法に基づく高度職業訓練に応用課程が新設された。応用課程の開発課題の学習方式は、複数の学生（5人程度）でグループを編成し、役割を明確にしながらグループの各人が自身の専門性を発揮し、相互に協力・研鑽^{けんさん}するなど、生産現場を意識しながら共通の課題に取り組み、問題解決に臨む方式である。建築施工システム技術科の開発課題における教育訓練の指導を通して得られた指導方法について報告する。さらに課題を検討し、これからの建築施工システム技術科の開発課題における展開方法を、2013年、他系と連携し進めた経過を踏まえ一考察する。

1. はじめに

1999年に職業能力開発促進法に基づく高度職業訓練に応用課程が新設された。応用課程は、職業能力開発短期大学校で実施していた専門課程の修了者または同等以上の技能およびこれに関する知識を有すると認められる者に、さらに2年間の教育訓練課程で新製品の開発、生産工程の構築等に対応できる将来の生産技術・生産管理部門のリーダーを育成することを目的に設定された。応用課程で習得させる能力は、工業技術を「理解することのみでなく「活用する、実践する」能力を習得させるとともに、これまでの技術はもとより新たな技術等を自ら修得する能力を持たせることで、次代を担う高度で多様な職業能力を有し“生産現場のリーダー”として企業の発展に貢献できる人材を養成することとされている¹⁾。専門課程では、工学体系に基づいた技能・技術を受動的な訓練を経て習得していくことが求められ、応用課程では、専門課程で得た技能・技術をもとに生産現場に適

応するために必要となる創造性、コミュニケーション能力、リーダーシップ等を能動的に身につけていくことが求められている。

応用課程の特徴は、「ものづくり現場を集合教育訓練に導入すること」である。そして、これらの能力を修得させる訓練手法として、課題学習方式とワーキンググループ学習方式を実践している。

課題学習方式は、「具体的なものづくり課題を設定し、課題を解決する行為を通して専門課程で習得した技能・技術を応用する能力を養う」方式である。そして、ワーキンググループ学習方式は、「ものづくり現場は、複数人が連携・協力し合って作業することが一般的であることから、複数の学生（5人程度）でグループを編成し、役割を明確にしながらグループの各人が自身の専門性を発揮し、相互に協力・研鑽^{けんさん}するなど、生産現場を意識しながら共通の課題に取り組み問題解決に臨む」方式である。

本報告では、筆者がこれまでの9年間で建築施工システム技術科の開発課題における教育訓練の指

導を通して得られた指導方法について報告する。さらに課題を検討し、これからの建築施工システム技術科の開発課題における展開方法を、2013年、他系と連携し進めた経過を踏まえ一考察する。

2. 建築施工システム技術科の開発課題

専門課程居住システム系のカリキュラムは、包括的な建築教育方式をとっている。専門課程2年生前期修了あたりから徐々に自分の適性にあった計画、環境、構造、施工など専攻する分野をしばり総合制作実習をまとめ上げる。応用課程の居住・建築システム系建築施工システム技術科では、

開発課題実習を実施する際に、専門課程で習得した得意とする技術・技能に加え、標準課題を経て建築施工分野における専攻の分類（施工・施工計画・施工図作成・積算他）でも得意とする専門分野の確立ができる。そして、建築施工システム技術科の開発課題におけるプロジェクトチームは、学生それぞれの得意分野が混在した専門的技術能力を発揮する場となる。開発課題実習は、建設現場を意識した「ものづくり」全工程の生産管理を主体的に行うことにより複合した技能・技術およびその活用能力（応用力、創造的能力、問題解決能力、管理的能力等）を習得することを目的としている¹⁾。これまで取り組んできた主な総合制作

表1 総合制作実習および開発課題テーマ一覧

カテゴリー内容 A：建築施工等、仕様も含めた具体的な「ものづくり」を適切に行う。 B：学生が既に習得した専門的な技能・技術およびこれに関する知識を複合的に活用し、かつ更に集積すること。 C：産業界の技術動向調査の結果から、産業界等が特に必要としている技能・技術を対象として、その技能・技術の習得およびその活用能力の習得を適切に行うことができる建築施工の課題であること。 D：企画・設計および制作から評価に至る「ものづくり」工程や施工管理を網羅した課題である。	
---	--

実施年度	カテゴリー	テーマ	課題要素	連携企業・団体	事業連携、新聞等掲載	学生人数
1999年度 (専門課程)	A	在来軸組工法による木造2階建住宅の模型製作(1/5スケール)	企画、設計、施工、施工管理、設計監理	工務店	建築士事務所協会賞	4名
2003年度 (専門課程)	B	伝統的木質構法を用いたイベントスモールボックスの制作	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造設計	建築設計事務所	共同研究能力開発セミナー	9名
2004年度 (応用課程)	C	木質構造における伝統的要素の実験的検証	構造設計、施工、施工管理、構造実験、性能評価、材料実験	建築設計事務所	共同研究 真の日本の住まい	4名
2005年度 (応用課程)	C	みやぎ版住宅(栗原型)の企画開発	企画、設計、施工、構造設計、設計監理、性能評価	工務店	共同研究	6名
2006年度 (応用課程)	C	木造戸建住宅の屋根緑化小型システムの開発	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、環境設計	造園施工会社	共同研究 河北 Weekly	5名
2007年度 (応用課程)	D	早期簡易設置型「仮設・木質シェルター」の開発	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造実験	製材会社、林業総合技術センター	共同研究 朝日新聞、河北新報	6名
2008年度 (応用課程)	D	LVLによる簡易多目的シェルターの開発(東北ポリテクニクビジョン最優秀賞)	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造	製材会社、林業総合技術センター	共同研究 河北新報 アグリフェア	5名
2009年度 (応用課程)	D	木造ブロック積層工法に関する研究 ツリーハウス“天空の城 IN Kurihara”ワークショップ	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造	森林研究会	共同研究 テレビ放映 河北新報	7名
2010年度 (応用課程)	D	Bamb00 shelter -竹によるイベント空間の開発- (東北職業能力開発大学校同窓会賞)	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造	林業家	河北新報	9名
2011年度 (応用課程)	C	スギ間伐材を用いた太陽光・風力併用型街路灯支柱の開発	企画、構造実験、施工、施工管理、設計監理、性能評価、材料実験	電子精密部品会社	共同研究 アグリフェア展示	6名
2012年度 (応用課程)	C	北海道産材による土壁ユニットパネルの開発	企画、設計、施工、施工管理、設計監理、性能評価、構造	左官工事業組合	共同研究 北海道建設新聞	5名

2003年度 伝統的木質構法を用いた
イベントスモールボックスの制作
(専門課程)

ものづくりに関する実習課題が多い能力開発セミナーを実施
学生の総合制作実習の課題テーマと共通する部分がある場合、
セミナーに学生が参加

セミナー受講者 → **着い力と発想が得られる**

学生 → 社会の経験者と議論することにより、**実際の現場の考え方を学べる**

伝統的木質構法に関するセミナーを通して、セミナー受講者と学生が共同で作上げた
伝統的木造模範家屋の製作過程から今後の総合制作実習のひとつの展開方法



図1 総合制作実習 カテゴリーB 2003年度

スギ間伐材を用いた
太陽光・風力併用型
街路灯支柱の開発



図5 開発課題 カテゴリーC 2011年度

総合制作実習	能力開発セミナー
試製機体を用いたお茶材料に関する研究	お茶の単産性栽培技術
サブテーマ ・産地産物お茶の集産加工 ・お茶とお茶の産地 ・産地産物の科学的検証	産地産物の科学的検証
伝統的木質構法を用いたイベントスモールボックスの制作	木造家屋の建築設計・施工
サブテーマ ・断熱耐力設計の研究 ・伝統的構法における設計実務 ・伝統的構法における施工実務 ・伝統的構法におけるコスト実務 ・伝統的構法における作業手順書の作成	伝統的構法の建築設計・施工について

能力開発セミナーと総合制作実習の概要



図2 総合制作実習展開例 2003年度

2012年度北海道産材による土壁ユニットパネルの開発



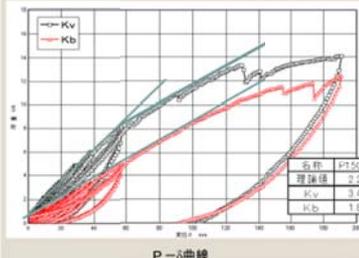
土壁りの様子 静的加力試験

試験体概要

試験体3のみ圧縮木材使用
土の存置期間 約1か月
土の乾燥期間 2週間弱

図6 開発課題 カテゴリーC 2012年度

2004年度 木質構造における伝統的要素の実験的検証 C
格子壁の実験結果



実験風景(1/15rad)

実験値と算定式による壁倍率

名称	P150(N)	δy(N)	μ(N/mm)	S(置種)	変倍率
理論値	230	1558	0.17	2294.09	1.2
Kv	344	781	0.16	1879.64	1.9
Kb	188	815	0.10	1427.69	1.0

□理論値は断面材の材質、木材技術センターの「木造住宅壁・屋根の構造・設計」の資料に基づいて算定されたものである。

図3 開発課題 カテゴリーC 2004年度

2007年度早期簡易設置型「仮設・木質シェルター」の開発D



図7 開発課題 カテゴリーD 2007年度

2006年度 木造戸建住宅の屋根緑化小型システムの開発C
システムの経済的効果の検証



実験建物 工法: 木造軸組1坪大 屋根勾配: 2/10 断熱性能: 2棟同等

図4 開発課題 カテゴリーC 2006年度

2008年度 LVIIによる簡易多目的シェルターの開発D



図8 開発課題 カテゴリーD 2008年度



図9 開発課題 カテゴリーD 2009 年度



図11 開発課題 カテゴリーD 2010 年度

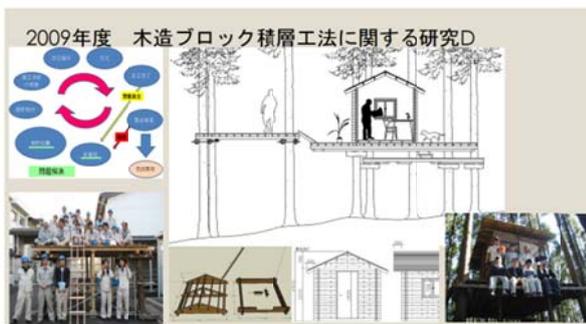


図10 開発課題 カテゴリーD 2009 年度



図12 開発課題 体系連携例 2013 年度

実習の2テーマと開発課題の9テーマを表1に示す。1999年度の専門課程総合制作実習におけるテーマでは、ものづくりを適切に行う施工管理法を学生が習得するため、工務店の支援により大工が進める現場施工の建方調査と平行して1/5スケールの模型作りを実施した。2003年度の専門課程総合制作実習のテーマは、既に習得した技能・技術とこれに関する知識を複合的に活用する内容を設定した。このテーマは、建築設計事務所5社から支援を受けた。伝統的木質構造に関する能力開発セミナーの中で、受講者と学生が伝統的木造模家屋を共同で作りに上げた。今後の総合制作実習のひとつの展開方法といえる(図1、2)。

専門課程で取り組んだ総合制作実習は、学生にある程度の方向性を考えさせるが、どちらかといえば取り組みは受動的なところが多い。一方、2004、2005、2006、2011、2012年度に取り組んだ応用課程の開発課題は、学生が能動的に建設産業の技術動向の調査を実施し、その結果から、建設産業が必要としている技能・技術を対象として、その技

能・技術の習得およびその活用能力の習得を適切に行うことができる建設関係の製品の設計・製作、建築施工等の課題であった(図3、4、5、6)。

また、2007、2008、2009、2010年度に取り組んだ開発課題は、学生自ら企画・設計・製作から評価に至る「ものづくり」工程や施工管理を網羅した課題であった。専門課程、応用課程ともに企業・団体との連携により実習課題を進めている。応用課程においては特にその関係を密にしている(図7、8、9、10、11)。

3. 他科との連携

今後の課題としては、本来建築系の開発課題も生産系と同様に、複合的技術要素が絡み合って成立しているため、単科で箱ものだけの建築施工管理ができていけば良いものではない。したがって他系科との連携がますます重要になってくるのが考えられる。例えばスマートハウスを開発していくならば生産電気システム技術科をはじめとする連携が必要となってくる。

また、異業種の企業・団体とのつながりも重要になってくる。2011年度に電子精密部品会社と連携し実施した「スギ間伐材を用いた太陽光・風力併用型街路灯支柱の開発」は、好例といえる(図5)。2013年度は、「再生エネルギーを用いた木材乾燥倉庫の開発」をテーマとして、専門課程電気エネルギー制御科の総合制作実習と横断的に連携している。学生は、建築施工システム技術科6名、電気エネルギー制御科3名の構成である。指導員体制は各科教員1名合計2名である(図12)。課題の展開はPDCAサイクルを教育面で構築した。その基本的内容は、P=課題の把握および学生自身での計画の作成、D=計画の実施および成果の取りまとめ、C=成果発表による評価、A=成果の改善である。それぞれ科の課題単位数が異なるものの概ね成果を上げられたように考えられる。応用課程の学生はプロジェクトマネジメント力、リーダーシップ力を発揮し、専門課程の学生は、種々のスキルを向上させることができたと考えられる。

4. おわりに

これまでの開発課題の実施状況と2013年度の取組方法について整理した。建築施工システム技術科の開発課題の取組み方として他系・企業との連携による教育訓練システムの構築が必要であると考えられる。

私事であるが、現在、教育訓練の指導の場から離れた立場にいる。平成5年4月より滋賀職業能力開発短期大学校に5年、東北職業能力開発大学校に14年、そして北海道職業開発大学校に2年間、平成26年3月まで大学校で指導員として奉職した。

総合制作実習および開発課題を指導した学生は、117名(専門課程住居環境科55名、応用課程建築施工システム技術科62名)であった。そのうち、卒業後、結婚したカップルもおり、元気な子どもさんと一緒に学校を訪れてくれることもあった。

大学校を巣立った彼らには、ものづくり教育で育んだ絆を大切に歩んでほしい。

文献

1) 職業能力開発指導部:応用課程の考え方、p. 1、2005. 3

Instructional Text Design 技法についての一考察

Technique of Narita method instructional text design

生産電子情報システム技術科 成田義也

概要 高齢・障害・求職者雇用支援機構で実施される事業内援助および事業主へのセミナーは、non-formal education として実施されている。non-formal education は、ISO29990 に基づいて、基本的に運営されている。事業主に対する、オーダーメイドセミナーで使用するテキスト設計については、職業能力開発で実施される技法と ISO29990 を擦り合わせた、Instructional Text Design method を用いて作成をおこなった。

職業能力開発で用いられる指導案および作業手順書等の策定技法を応用し、オーダーメイドセミナーで使用するテキスト資料の設計・制作をおこなった。本稿では、non-formal education service のひとつとして、オーダーメイドセミナーに使用するテキスト制作技法として、ヒアリング調査の実施から、分析、テキスト作成およびセミナーの実施、評価を事例として考察をおこなった。

1. はじめに

“一期一会”という言葉がある。講義や実習をおこなう場合、対象者は、二度と同じ授業を同じ状況で受けることは無い。対象者に基づいて内容を精査し、講習内容を策定し、資料の作成を実施している。

事業主に対する研修を実施する場合、ISO29990 で規定される、non-formal education and training-Basic requirements for providers として捉え、運営がおこなわれている。このため、指導案等についても、ISO29990 と擦り合わせた形での設計・制作が必要となる。

ここから、典型的な企業内研修であるオーダーメイドセミナーについて、企業とのヒアリング調査をふまえ、セミナー内容の構成、時間を含めた指導用資料について、Instructional Text Design 技法として提案をおこなう。ヒアリングの中で、機械振動について組み込む必要が生じ、機械振動についての教育等については ISO18436 と擦り合わせをおこなった。

2. 提案する指導技法の背景

E-learning への活用として知られるのが、Instructional Design であり、不特定多数を相手としても、一定の範囲で、個々の学習状況や基礎知識等

に合わせて、個別に学習することが可能となるよう、教育工学の手法に基づいて確立されつつあるシステムとして知られている⁽¹⁾。

職業能力開発施設では、指導技法の中で、指導後の仕上がり像を明確化し、対象となる技能・技術・科学について、要素毎に分解し、各要素を修得に必要な時間を基準として、指導案、作業手順を作成することが、指導技法として確立されている⁽²⁾。

また、企業研修は non-formal education and Training-Basic となるため、ISO29990 の対象となっている。

さらに、エンジニアに対する教育訓練に関しては、国際的な協議の中で、ワシントン協定 (Washington Accord) による技術者教育について規定されている。これは、JABEE で認定され、大学等で運用されている。この中で企業への教育訓練における教育訓練サービスとしてソウル協定 (Soul Accord) が提唱され、ISO29990 の背景となっている。

技術相談援助の中でオーダーメイドセミナーについて要望を受けた場合、こういった技術標準への対応について考慮する必要がある。

3. Instructional Text Design 技法

ISO29990 では、ニーズ把握、サービス内容の設

計、サービスの実施、対象者のモニタリング、事業主による評価等が求められる。基本的なセミナー運用体制に基づいて実施しているのは、アンケートによる対象者のモニタリングおよび事業主による評価となっている³⁾。

指導員が調査等を実施する範囲は、ニーズ把握、サービス内容の設計、サービスの実施、サービスの評価となる。これを全体的な流れとして、図1に示す。



図1. 全体の流れ

ニーズ調査は、事業主が要望としている内容を研修に実装できるか、研修の中で必要とする技能・技術・科学について修得できるか、といった点を事業主の技術担当者もしくは責任者に対してヒアリング調査することで実施する。事業主によって、広範囲にサービスが求められた場合は、対象事業主および受講対象者における優先順位について、事前に調査しておく必要がある。

また、事業主にとって、研修はビジネスである。このため、研修に割くことができる時間、費用は、制約された範囲内で実施しなければならない。

分析と体系化は、制約されたコストおよび時間条件の中で、優先度に基づいた分析を実施し体系化をはかる。分析は、技術要素全体の体系化と共に、対象研修時間内で実施可能な範囲で設計するため、研修内容を明確化できるように分析しなければならない。

テキストの設計・制作は、実施時間とコストによる制約条件の中で、効果の最大化を図れるように実施することが目的となる。要素は、できる限り多く実装するためには、作業手順の省略化をはかり、要素を最大化することが、テキストの設計・制作における目標となる。

作業手順の省略化は、対象者のスキルによって異なるため、作業手順を省略するためには、対象者のスキル評価をしておく必要がある。

多くの場合、対象受講者に対して事前にスキルを確認することは難しいため、対象受講者の業務内容から、ある程度の範囲で予測し、設計・制作をおこなうこととなる。このため、テキストの最初には、受講者のスキル確認用にコンテンツを実装する。

確認用のコンテンツで、セミナー実施時の最初に対象者のスキル評価をはかる。さらに、テキストの設計・制作には規定したセミナー範囲前後を含めて、制作することで対応を図る。

テキストの評価は、セミナー実施後のアンケート結果で確認をおこなう。アンケート内容から、テキストの評価を実施し、Instructional Text Design 技法のさらなる確立を図る。

4. 活用事例

当該企業では、回転体に取り付けるツールの設計・製作をおこなっている。開発から製造を含めて、10名程度のエンジニアによって運用されている。

当該企業では、ツールの設計制作が対象のため、様々なメーカーの製品に部品として実装される。このため、ツールのみでの評価試験が困難な状況となっている。

ニーズ調査では、当該企業に対しヒアリングによっておこなった。当該企業の業務内容およびセミナーの内容について確認した。

ニーズ調査内容から、当該事業主の要望として、回転体の2次元および3次元の演算について、ツールの回転における振動解析という2つの項目についてセミナーを実施することとした。セミナー内容を表1に示す。

演算処理ソフトは、事業主の要望から、フリーウェアを使用することとなった。

対象者は、当該部所だけでなく、製造等を含めた技術部全員を対象として要望された。

表1. セミナー構成

前半6h	・数値演算基礎 ・アプリケーション操作	1.0h
	・行列と行列演算 ・2次元回転行列 ・座標変換	2.0h
	・3次元回転行列 ・空間座標変換 ・3Dグラフィック表示	2.0h
	・まとめ	0.5h
	・検討会	0.5h
	後半6h	・振動の基礎
・振動解析の基礎		1.0h
・データファイル確認		0.5h
・データ抽出		1.5h
・データ解析		1.0h
・評価・分析		1.0h

セミナーの実施結果としては、前半6時間については、30分ほど時間を超過したものの、基本的な行列演算から、目的とする数値演算方法について、基礎事項の確認をおこなうことができた。後半6時間については、実験日からセミナーまでの日程で、資料等の準備が間に合わず、簡易解析データの結果からテキストの作成となった。

このため、振動解析に関するセミナー実施には不十分な結果となった。この結果として、セミナーの評価に繋がったと考えられる。

5. Text Design について

5.1 ヒアリングにおける注意事項

オーダーメイドセミナーの場合、ヒアリングの結果から課題抽出をおこなう必要がある。相手が求める研修内容について、重要な要素は、ヒアリングの中で技術項目を抽出することにある。

次に、ヒアリングで抽出された技術項目に対応できる範囲について、明確化して、相手と調整をおこ

なう必要がある。

技術項目から、作業手順を策定し、実習時間の見積もりを実施する。実習時間の見積もりから、セミナー時間の策定をおこない、相手とセミナー時間について調整を実施する。

一回のヒアリングで、技術項目の抽出、セミナー時間の見積もりができることは難しいため、通常は複数回のヒアリングで調査項目を確定する。

5.2 ヒアリングからの分析

対応できる範囲と対応できない範囲について明確化しておく必要がある。表1の構成は、できれば事前に当該企業に確認をおこない、対応範囲の明確化をおこなっておくことが必要となる。特に、課題の増減は、セミナー時間そのものに影響を与えるため、セミナー時間内で対応できる範囲について見積もりを行っておかなければならない。

セミナーまでに期間がとれるようであれば、表1に基づいて作成した、テキスト資料等について、当該事業主に確認できれば、より高い効果が期待できる。

表1の構成に基づいて、テキスト構成を規定する。項目の内容から、最低限の演習課題を選定し、必要最小限のコンテンツについて、作業手順書の作成をおこなう。演習課題項目の追加については、セミナーの進行状況に合わせて対応できるようにする。

ヒアリングの時間見積もりから、時間超過を必要とする場合は、作業手順書の見直しを実施し、時間内で修了できるよう調整をおこなう。どうしても厳しい場合は、セミナー修了後に、追加資料として自己啓発可能なテキスト資料として作成するか、セミナー後に追加資料として当該企業に送付することを了承してもらう。

5.3 Text Design

このような Text Design に基づく資料の作成は、短時間で作成する必要があるため、表1を指導原案とし、表1で規定した時間配分に合わせて作業手順を規定し、テキスト資料を作成する。普段から、作業手順書を資料として作成し、インターネット等を

用いて公開しておけば、より効率的な Text Design Method として活用できる。

筆者は、図2に示す Web ページ上に、各種資料の作成をブログとして保存している。

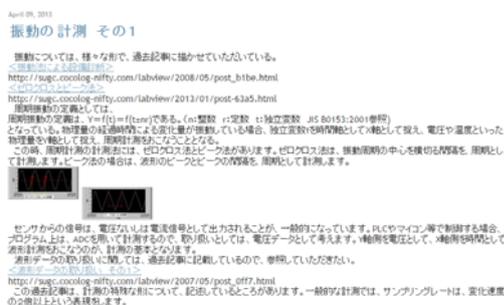


図2. Web 上に公開している資料用ブログ

また、Text および実習を受講者との連携が図れるよう iTunesU を活用し、PDF 資料だけでなく、パワーポイント等を含めて、図3に示すように受講生等に公開している。



図3. iTunesU 上の公開資料

オーダーメイドセミナーの場合は、公開用の資料からの流用は可能だが、作成した Text 資料の公開はできないので注意が必要である。

5.4 実施にあたって

Text 資料が完成した段階で、セミナー準備は完了したといえる。セミナーの実施にあたっては、導入用に作成した資料に基づいて、対象者のスキル確認をおこない、セミナーの進捗状況の管理をおこなう。

作成した時間配分に合わせ、セミナーを実施することが大切である。時間配分についてズレが生じた場合や、内容等で不足が生じた場合は、セミナー終了後、追加資料の作成をおこない、すみやかに当該企業に送付する。

5.5 評価にあたって

高齢・障害・求職者雇用支援機構では、セミナーについての評価は、アンケート調査による評価がおこなわれる。アンケート評価を用いて、評価および不足内容等について確認をおこない、反省と今後の検討を図る。

6. おわりに

本稿では、事業主からの相談援助に基づいて、オーダーメイドセミナーの実施について、事例報告をおこなった。

事例では、後半部における計測データの解析等で、満足度調査については70%の達成に止まった。これは、準備期間からテキスト資料が不十分であったためと考えられる。また、振動解析について、時間内で理解に至ることが難しかったという意見があり、これは、当該事業主の要望であったフリーウェアによる対応ができなかったことが原因と判断される。

これは、筆者の指導員としての力不足から来るものである。今後は、より効果的な指導技法の確立をはかる必要がある。オーダーメイドセミナーを事例としたが、本方式は、在職者訓練だけでなく、離職者訓練や学卒者訓練に対してもより効率的な訓練への応用が適用できる。Instructional Text Design 技法による Text 作成、評価結果は、指導目標、指導時間に合わせて、内容等について再構築をすすめていくことで、達成度や満足度の向上をはかることができる。

文献

- (1)内田実, 実践インストラクショナルデザイン, 東京電機大学出版局, 2007
- (2)厚生労働省職業能力開発局, 職業訓練における指導の理論と実際, 2007
- (3)Learning services for non-formal education and training-Basic requirements for service providers, ISO29990:2010

< 研 究 論 文 >

品質工学 MT システムによる卒業後離職者の将来予測

四国職業能力開発大学校 生産機械システム技術科 岩永禎之

Future prediction for the early job-leaving people who graduated from polytechnic universities
by MT System in Taguchi Method

Yoshiyuki IWANAGA

概要 新規学卒者の高い早期離職率が問題であるが、従来の離職予測モデルでは在学中に適用できない。本稿の目的は将来の離職者を在学中に予測する手法を開発することである。調査研究資料 No.120 で実施したヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの能力別質問シートの試行検証結果に加え、卒業後の就業状況、指導員による総合評価と全科目の成績などを追跡調査した。これをもとに品質工学が提唱するパターン認識のための MT システム（マハラノビスータグチシステム）を用い、離職者の予測を行った。就職担当を含む複数の指導員による検証により、本手法の予測結果は概ね相対的な順位の妥当性が高いという結果を得た。在学中の離職者予測の可能性を示し、より効果的な指導に役立つと考えている。

1. はじめに

近年、新規学卒就職者のいわゆる「七五三問題」と呼ばれる高い早期離職率が問題となっている。一方、職業能力開発大学校の応用課程¹⁾の卒業後3年での定着率は86.4%であり、一般の大学における卒業後3年での定着率70.0%（厚生労働省が作成した「新規学卒就職者の在職期間別離職率の推移」の数値を基に算出）より高い²⁾。

学生の大学校や実習に対する充実度と「課題学習方式及びワーキンググループ方式において養成する能力別質問シート³⁾」の質問項目との関係を調査し、チームワーク力、コミュニケーション力・調整力、リーダーシップ力などの習得度意識が高い場合、充実度が高まる傾向がある⁴⁾ことが、長井（2012）により研究されている。

また、専門課程¹⁾や一般大学の卒業生の離職率より応用課程卒業生の離職率は低い。これは応用課程でヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルを習得したためではないか⁵⁾と、山之内（2012）により推論されている。

さらに、学生の在校時の成績や企業の採用担当者などのヒアリング調査、学生の就職状況、卒業後の業務などをもとに生産機械システム技術科¹⁾

が目指す、ものづくり現場の高度実践技術者の定義を明らかにし、VE（バリュー・エンジニアリング）の手法により企業等で求める高度実践技術者像とカリキュラムの整合性の検討を行い、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキル養成のための教材を提案すること⁶⁾が來住（2011）により研究されている。これら3つの研究から応用課程の卒業生の定着率の高さが、応用課程で習得したヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルによるものと示唆される。

しかしながら、学生のヒューマンスキルとコンセプチュアルスキルの習得状況と卒業後の定着率との関連性を直接的に明らかにした研究は見受けられない。

また、若年者の将来の離職の予測を行う実証的研究は少ない。最近の研究では、3年以内の離職に関する予測モデルの構築⁷⁾をした佐藤（2010）、モチベーションによる離職モデルを検討⁸⁾した柿沼（2011）があるが、いずれも職場での要因に関するモデルであり、在学中には予測できない。

さらに、このような学生の将来の予測に品質工学を用いた研究は多くはない。品質工学の手法の一つである MT システム（マハラノビスータグチ

システム)はパターン認識の新しい方法で、工学分野だけでなく、診断、判別、予測など医学や経済系分野、人間の認証や能力評価など社会科学系分野にも広まりつつあり、新しい評価方法とも言われている。

そこで、在学中のヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況などから MT システムを用いることにより将来の離職者を予測する手法を開発することを本稿の目的とする。

2. 離職者の予測方法

2.1 MT システムによる離職者の予測

在学中のヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況は、職業能力開発総合大学校職業能力開発研究センターの調査研究資料 No.120「応用課程モデル教材の開発と訓練効果の

研究—標準課題実習におけるヒューマンスキル・コンセプチュアルスキル等の調査・分析—³⁾(以下「調査研究資料 No.120」と記す)によって調査されている。調査研究資料 No.120 では、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況に関する表 1 に示した「課題学習方式及びワーキンググループ学習方式において養成する能力別質問シート」(以下、「能力別質問シート」と記す)の試行検証を 6 校の学生(H20.3 卒業生)129 名を対象に実施している。能力別質問シートは、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルについての問いかけで構成したものであり、9 の評価する能力要件に対する 29 の質問項目で構成されている。各質問項目には 1 から 5 の選択肢を設けてあり、各選択肢は被験者の到達状態を具体的に記載している。被験者には各質問の 1 から 5 の選択肢について、自身の到達状態を自己評価し回答してもらう

表 1 課題学習方式及びワーキンググループ学習方式において養成する能力別質問シート

大区分	No.	評価する能力要件	番号	質問項目	回答欄	1	2	3	4	5
課題発見・分析能力	1	課題発見力	1	課題を見つけられる(標準課題や会議、あなたに与えられたレポートなどを進める上で、うまく進めるための方法や要因、あるいは思い通りに進まないなどの問題に気づきそれを解決するための原因となるもの(=課題)を見つけられる)		問題に気づくことができる	問題の原因を想像できる	問題を克服するために取り除くべき原因(=課題)を見つけられることができる	課題を解決するための時間的・物理的条件を整理できる	課題の重要度に応じて優先順位をつけることができる
			2	課題解決に必要な情報を収集できる		情報収集の手段を選択できる	情報を探すことができる	情報を収集できる	適切な手段を用いて効率的に情報収集できる	収集した情報を系統的に整理できる
			3	収集した情報を分析できる		収集した情報と解決すべき課題を関連付けることができる	解決すべき課題ごとに情報を取捨選択し、整理できる	情報を分析し、課題解決のいくつかの方策を得ることができる	得られた方策からどのような結果を得られるか推察できる	最善の課題解決策を決定できる
			4	課題解決提案力	1	課題解決案を提案できる		課題解決案を提案する意思を持つことができる	課題解決案をリーダーもしくはメンバーなどの関係者に伝えることができる	課題解決案を会議など大勢が議論している場面で提案できる
組織力	27	プレゼンテーション力	1	プレゼンテーションの流れを作れる(あなたが標準課題の発表など複数の人にプレゼンテーションをおこなわなければならない場面を想定してください)		自分がおこなうプレゼンテーションの内容を想像できる	想像した内容でプレゼンテーションの流れを作ることができる	時間内で終わるプレゼンテーションの流れを作ることができる	一貫性があり、理解しやすいプレゼンテーションの流れを作ることができる	プレゼンテーションの趣旨や聴取者に合わせてプレゼンテーションの流れを作ることができる
			2	プレゼンテーションのための資料、報告書などの文書が作成できる(あなたがプレゼンテーションをおこなう時に作成する資料や報告書などを作成しなければならない場面を想定してください)		プレゼンテーション資料や文書作成の手段を選択できる	適切なツールでプレゼンテーション資料や文書を作成できる	わかりやすく適切なことばでプレゼンテーション資料や文書を作成できる	図表を用い、本文とのバランスがとれた見やすいプレゼンテーション資料や文書を作成できる	統一感を持たせるために工夫したプレゼンテーション資料や文書を作成できる
			3	プレゼンテーションを実践できる(あなたが標準課題の発表など複数の人にプレゼンテーションをおこなう場面を想定してください)		聴取者に配慮したプレゼンテーションをおこなう気持を持つことができる	時間配分を意識し、聴取者に内容が伝わるプレゼンテーションが実践できる	聴取者が理解できるように効果的な手段でプレゼンテーションが実践できる	聴取者の理解の状況に気を配りながらプレゼンテーションを実践できる	聴取者の興味をひき、意見や感想を述べたいくなるようなプレゼンテーションを実践できる

こととしている。

本稿では、調査研究資料 No.120 で試行検証した 6 校 129 名のうち 5 校 105 名を対象に、①現在就職先に定着しているかどうか、②指導員による応用課程卒業時点での総合評価、③調査対象者の属性データ（標準課題における役割と性別）、を調査した。指導員による応用課程卒業時点での総合評価は、卒業生の卒業時点を振り返って、企業や社会から求められる能力の習得度などの総合的な評価を 10 段階評価で採点することによって調査した。主観的・恣意的に偏った評価とならないように、できる限り複数の指導員で採点することで客観性を確保した。上述の対象者のうち 3 校 61 名についてはさらに、④全科目の成績について調査した。

これら 4 つの調査項目により、品質工学が提唱するパターン認識のための情報処理技術である MT システムの MT 法（マハラノビスタグチ法）を使って、将来の離職者を予測することを試みた。本稿で用いた MT 法とは、田口玄一により考案された、評価の基準となる正常なデータ（本稿の場合、卒業後に離職していない学生のデータ）で単位空間を定義し、多数の項目の相関関係を考慮しながら、評価対象メンバー（本稿の場合、学生で離職の可能性を評価する対象者）の単位空間からの乖離の程度を、逆行列を利用してマハラノビスの距離として求め総合判断をする方法⁹⁾である。「マハラノビス」とは、「マハラノビスの距離」という多次元空間における一般距離の概念を提唱したことで知られるインドの数理統計学者 P.C.マハラノビスの名前であり、「タグチ」とは、品質工学の提唱者である田口玄一の名前である。MT 法では、正常な集団を判断基準として利用する。そして、多くの情報（本稿の場合、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況、指導員による総合評価、属性データや成績）を総合した判断尺度を用いて、判断対象メンバーを、正常な集団からの離れ具合によって定量的に判断する。判断対象メンバーが正常な集団に近い位置にあれば、それは正常なものに似ている（本稿の場合、離職の可能性が低い）メンバー、遠く離れていれば正常なものに似ていない（本稿の場合、離職の可能

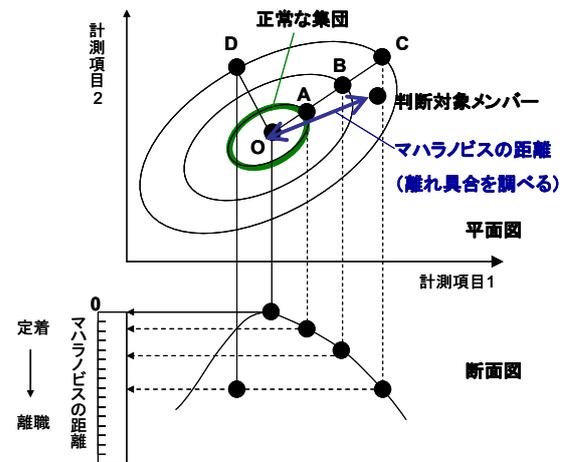


図 1 MT 法の基本的概念

性が高い)、つまり異常なメンバー、と判断できる。ここで、正常な集団のことを MT 法では「単位空間」と呼ぶ。これによって判断の基準点を決めている。そして、判断の基準点からの離れ具合を多くの情報を総合した判断尺度である「マハラノビスの距離」によって定量化する。この MT 法の基本的概念をイメージで表現したものが図 1 である¹⁰⁾。MT 法で将来の離職者を予測する場合に、複数の計測項目を調べるが、簡単のために計測項目が 2 つある場合について述べる。計測項目 1 と計測項目 2 に正の相関がある場合には、平面図のようにデータは右上がりに分布する。一番内側の楕円を正常な集団とする。断面図に示した点 O は山頂で、断面図の左端のものさしの目盛りは 0 である。点 O から離れる、すなわち山を下るにつれて就職先への定着度が低下する。平面図に示した点 O、点 A、点 B、点 C、点 D の位置を、断面図に対応付けた。点 A は山頂 O から近いところがあるので、就職先に定着する可能性が高く、点 B、点 C の順に就職先に定着する可能性が低くなる。点 D は平面図においては、一見点 O に近そうに見えるが、断面図から定着度は点 C とおなじくらいということになる。このように MT 法を用いると、マハラノビスの距離の大小で、正常な集団とどのくらい離れているかを定量的に表現できる。計測項目が多数あっても、多次元の計測項目を総合して 1 つの尺度であるマハラノビスの距離であらわすことができ、就職先に定着するかを総合的に判

断することが可能となる¹⁴⁾。

離職者の予測システムを作る手順としては、①単位空間の対象（本稿の場合、就職先への定着者）を決める、②総合計測のための計測項目（本稿の場合、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況、属性データや成績など）を決める、③総合計測のためのものさし（本稿の場合、定着している人のパターンからの差を計測するものさし）を作る（このものさしを予測システムという）、④単位空間に属さない対象（本稿の場合、離職者）に対してマハラノビスの距離を計算する、⑤ものさしの測定精度である SN 比を求め、ものさしの精度を検証する、⑥在校生に対してマハラノビスの距離を計算し、将来の予測をする、⑦妥当性、信頼性を評価し、問題がある場合は①に戻って計測項目などを調整する、となる。

2.2 MT 法によるデータ処理の手順

2.2.1 単位空間のメンバーと計測項目データを収集

ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得度を調べた能力別評価シートの各能力などの k 個の計測項目からなるメンバーを数多く集めた中から、単位空間の定義に利用するメンバーを n 個選ぶ。これを単位空間のデータとして表にまとめたものを表 2 に示す。横方向に項目が k 個、縦方向に対象のメンバーの数が n 個並んでいる。 i 番目のメンバーの j 番目の計測項目の生データを y_{ij} と記述する。これが本稿では定着者のデータであり、このデータから定着度を表すものさしを作る。MT 法で単位空間を定義するためには、少なくともメンバー数 n が計測項目数 k よりも多いことが必要である。

2.2.2 計測項目ごとにデータの平均値と標準偏差を計算

前項の計測項目ごとに、データの平均値と標準偏差を求める。 j 番目の計測項目の平均値の計算式を(1)に、 j 番目の計測項目の標準偏差の計算式を(2)に示す。

表 2 単位空間のデータ

単位空間 メンバー	計測項目				
	y_1	y_2	y_3	...	y_k
定着者 1	y_{11}	y_{12}	y_{13}	...	y_{1k}
定着者 2	y_{21}	y_{22}	y_{23}	...	y_{2k}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
定着者 n	y_{n1}	y_{n2}	y_{n3}	...	y_{nk}
平均値	m_1	m_2	m_3	...	m_k
標準偏差	σ_1	σ_2	σ_3	...	σ_k

表 3 規準化された単位空間のデータ

単位空間 メンバー	計測項目				
	Y_1	Y_2	Y_3	...	Y_k
定着者 1	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}	...	Y_{1k}
定着者 2	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}	...	Y_{2k}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
定着者 n	Y_{n1}	Y_{n2}	Y_{n3}	...	Y_{nk}
平均値	0	0	0	...	0
標準偏差	1	1	1	...	1

$$m_j = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n y_{ij} \right) \quad (1)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \left[\sum_{i=1}^n (y_{ij} - m_j)^2 \right]} \quad (2)$$

この平均値と標準偏差を表 2 の中に示した。

2.2.3 計測項目ごとにデータを規準化

i 番目のメンバーの j 番目の計測項目の生データを y_{ij} と記述する。計測項目が能力別評価シートの能力であれば 5 段階評価なので生データ y_{ij} は 1 から 5 の値となり、指導員による応用課程卒業時点での総合評価であれば 10 段階評価なので生データ y_{ij} は 1 から 10 の値となり、科目の成績であれ

ば 100 点満点なので生データ y_{ij} は 1 から 100 の値となる。データをそのまま使うと計測項目によりオーダーが異なるので、平等に扱えるようにオーダーを揃える必要がある。このオーダーを揃えることを規準化という。生データ y_{ij} を計算式(3)により規準化する。ここで規準化されたデータを Y_{ij} とする。

$$Y_{ij} = \frac{y_{ij} - m_j}{\sigma_j} \quad (3)$$

規準化された単位空間のデータを表 3 に示す。規準化された各計測項目は平均値が 0、標準偏差が 1 となる。

2.2.4 相関行列の計算

相関係数 r とは、二つの項目間の相関関係を示すもので、例えば課題発見力の習得度とチームワーク力の習得度の相関関係を示すものである。相関係数 r は、-1 から +1 の範囲の値をとる。計測項目 Y_1 と Y_2 の相関係数を r_{12} とする。したがって、 r_{12} と r_{21} は同じ値となる。相関係数 r_{ij} の計算式を式(4)に示す。式(4)により全ての相関係数を計算すれば、式(5)で示す相関行列を求めることができる。

$$r_{ij} = \frac{\sum_{p=1}^n Y_{pi} Y_{pj}}{n} \quad (4)$$

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

相関行列 R の主対角線上は、同じ項目どうしの相関係数であるから 1 となる。主対角線上以外の相関係数は、

$$r_{ij} = r_{ji} \quad (6)$$

で、主対角線を挟んで対称になる。

2.2.5 相関行列の逆行列の計算

前項で計算した相関行列 R にたいして、逆行列を計算する。相関行列 R の逆行列を R^{-1} と記す。

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \cdots & 1 \end{bmatrix}^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2k} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & a_{kk} \end{bmatrix} \quad (7)$$

相関行列 R と逆行列 R^{-1} を掛けると、主対角要素以外がすべて 0 の行列なり、この行列を「単位行列」という。相関行列や逆行列の計算には、コンピュータのソフトウェアを用いれば、比較的簡単に計算できる。

これで、単位空間の定義ができたことになる。

相関行列 R × 逆行列 R^{-1} = 単位行列 E

$$\begin{bmatrix} 1 & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & r_{23} & \cdots & r_{2k} \\ r_{31} & r_{32} & 1 & \cdots & r_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{k1} & r_{k2} & r_{k3} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2k} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & a_{kk} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

2.2.6 離職者の計測項目データを規準化

単位空間外の p 番目の離職者データ (u_{p1} u_{p2} u_{p3} \cdots u_{pk}) はベクトルであり、 u_p と表す。離職者データ u_p についても、単位空間と同様に k 個の計測項目が必要になる。

単位空間メンバーの計測項目データから求めた平均値と標準偏差をそのまま用いて、以下の式(9)で単位空間外の p 番目の離職者データ u_p の各計測項目データを規準化する。

$$U_{pj} = \frac{u_{pj} - m_j}{\sigma_j} \quad (9)$$

規準化された p 番目の離職者データ (U_{p1} U_{p2} U_{p3} \cdots U_{pk}) はベクトルであり、 U_p と表す。表 2.15 に離職者の規準化データを表形式にまとめたものを示す。

2.2.7 離職者のマハラノビスの距離の計算

U の転置ベクトルを U^T と表す。 P 番目の離職者のマハラノビスの距離 D_p^2 は以下の式(10)で計算することができる¹¹⁾。

$$\begin{aligned}
 D_p^2 &= \frac{1}{k} U_p R^{-1} U_p^T \\
 &= \frac{1}{k} \begin{bmatrix} U_{p1} & U_{p2} & U_{p3} & \cdots & U_{pk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2k} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{k1} & a_{k2} & a_{k3} & \cdots & a_{kk} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_{p1} \\ U_{p2} \\ U_{p3} \\ \vdots \\ U_{pk} \end{bmatrix} \\
 &= \frac{1}{k} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} U_{pi} U_{pj} \\
 &= \frac{1}{k} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} \left(\frac{u_{pi} - m_i}{\sigma_i} \right) \left(\frac{u_{pj} - m_j}{\sigma_j} \right) \quad (10)
 \end{aligned}$$

2.2.8 在校生の計測項目データを規準化

2.2.6 項と同じ方法で、在校生の計測項目データを規準化する。

2.2.9 在校生のマハラノビスの距離の計算

2.2.7 項と同じ方法で、在校生のマハラノビスの距離を計算する。

3. 予測結果

3.1 ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルによる予測

5 校 85 名の定着者を単位空間のメンバーとし、能力別質問シート 29 項目、標準課題でのリーダー経験 1 項目、指導員による総合評価 1 項目と校区分 5 項目の 36 項目を計測項目として予測システムを作った。単位空間である定着者 85 名、単位空間外の離職者等 20 名と在校生 26 名のマハラノビスの距離を比較した結果、図 2 に示す通り、定着者と離職者等のマハラノビスの距離は分布範囲が重なり識別が十分にできなかった。

3.2 科目の成績による予測

科目の成績を入手できた 3 校 52 名の定着者を単位空間のメンバーとし、履修済み科目の成績 11

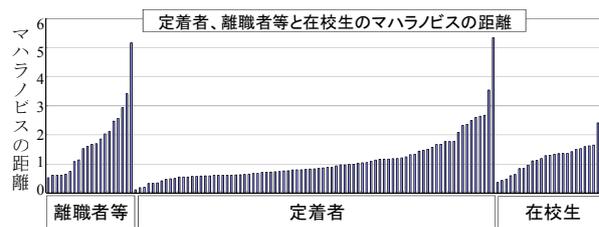


図 2 定着者、離職者等と在校生のマハラノビスの距離 (ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルによる予測)

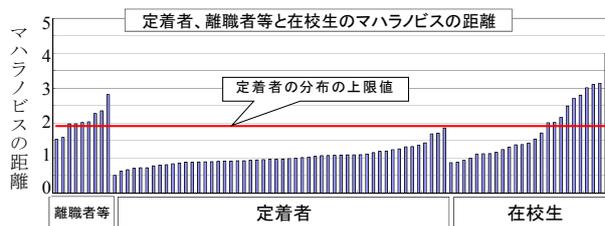


図 3 定着者、離職者等と在校生のマハラノビスの距離 (ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキル及び科目の成績による予測)

項目、標準課題のリーダー経験 1 項目、指導員による総合評価 1 項目と校区分 3 項目の 16 項目で予測システムを作った。単位空間である定着者 53 名、単位空間外の離職者等 9 名と在校生 26 名のマハラノビスの距離を比較したが、3.1 節と同様の結果であった。

3.3 ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキル及び科目の成績による予測

3.1 節及び 3.2 節に記述した通り、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得度の違いだけ、または履修した科目の成績の違いだけでは将来の離職者を在学中に予測することができるとは言えないことがわかった。そこで、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得度と履修した科目の成績の両方を計測項目として予測システムを作り直し、将来の離職者を在学中に予測できないか検討した。

3.2 節と同様に、科目の成績を入手できた 3 校 52 名の定着者を単位空間のメンバーとした。

2.1 節に記述した通り、能力別質問シートは 9

項目の評価する能力要件に対する 29 の質問項目で構成されている。そこで、3.2 項の 16 の計測項目に、能力別質問シートの質問項目を評価する能力要件 9 項目に集約して加え、全 25 項目として予測した。ここで、評価する能力要件 9 項目に集約したのは、MT 法では計測項目より多くの単位空間のメンバー数がないと計算できないという制約があり、計測項目の 2~3 倍の単位空間メンバーがないと予測結果の精度が悪くなる場合があるからである。

新たな単位空間で対象者のマハラノビスの距離を計測し直した結果、図 3 に示す通り、離職者 9 名中 7 名が定着者の分布の上限値 ($D^2=2$) を超え離職者と識別できた。これは精度の向上を示唆している。

他方で、定着者 3 校 52 名から任意の 1 名を単位空間から除いて予測システムを作り直し、その 1 名の予測を 52 名分繰り返すことで予測精度の証明を試みた。それらを定着と予測することができれば予測システムの精度を証明できる。その結果、約 3 割 16 名の定着者のマハラノビスの距離が、もともとの定着者の分布の上限値を超え、妥当性に問題があることがわかった。

3.4 マハラノビスの距離が小さい定着者を単位空間にした場合の予測

3.3 節で示したマハラノビスの距離が上限値を超える 16 名の定着者は、それ以外の定着者とは均質ではない可能性がある。このため、この 16 名を除いた 36 名の定着者を単位空間のメンバーとした。

能力別質問シートの評価する能力要件 9 項目、標準課題のリーダー経験 1 項目と指導員による総合評価 1 項目の合計 11 項目は 3.3 節と同様に計測項目とした。科目の成績については、科目単位で項目としていたものを削除し、共通科目、系共通科目、専攻学科、専攻実技と課題学習の 5 項目に集約して計測項目とした。校区分 3 項目は 2 項目に減らし、合計で 18 項目を計測項目とした。計測項目を 25 項目から 18 項目に削減したのは、単位空間のメンバー数が 52 名から 36 名に減少したからである。

単位空間である定着者 36 名、単位空間外の離職者等 9 名と在校生 26 名のマハラノビスの距離を比較した結果、定着者と離職者等のマハラノビスの距離は分布範囲が重ならず識別が可能となった。しかし、離職者のマハラノビスの距離の分布の下限値未満の在校生は 26 名中 1 名となり、3.3 節の予測システムより妥当性が悪化した。

3.5 項目選択による予測精度の向上

3.3 節の定着者による予測精度の評価で、定着者のマハラノビスの距離が大きくなる原因の一つに、予測に必要な計測項目がいくつか単位空間に含まれている場合がある¹²⁾。そこで、予測に必要な、むしろ予測精度を下げる項目を見つけ出し、計測項目から除外する作業を行った。

項目選択では、単位空間に含まれていない離職者等のデータを用いて、そのマハラノビスの距離を大きくすることに、各計測項目がどの程度寄与しているかを調べることで、計測項目の有効性を評価する。各計測項目において、単位空間作成に使用する、単位空間作成に使用しないとして、定着者の単位空間を作成する。できた単位空間に対し、離職者等 9 名のマハラノビスの距離を求める。離職者等のマハラノビスの距離が大きければ定着者との識別がしやすくなる。このようにマハラノビスの距離が大きければ大きいほど良い場合には、測定精度の評価に望大特性の SN 比を用いる。

品質工学における SN 比は大きいほど測定精度が優れていることを示す尺度で、単位はデシベル (db) を用いる。データが多数ある場合には一般にばらつきをもつので、ばらつきを含めて一括して望ましさを数量化するのが SN 比である。離職者等 l 人のマハラノビスの距離 $D_1^2, D_2^2, \dots, D_l^2$ が大きくなれば定着者の集団から離れ、離職者であると判定する測定精度が向上する。離職者等の人数を l 、それぞれのマハラノビスの距離を $D_1^2, D_2^2, \dots, D_l^2$ とすれば、望大特性の SN 比 η は式(11)で計算することができる。このとき、SN 比が大きいほど、離職者等 l 人のマハラノビスの距離 ($D_1^2, D_2^2, \dots, D_l^2$) が定着者の集団から離れ、離職者であると判定する測定精度が向上する。

$$\eta = -10 \log \frac{1}{l} \left(\frac{1}{D_1^2} + \frac{1}{D_2^2} + \dots + \frac{1}{D_l^2} \right) \quad (db) \quad (11)$$

これらの計算結果の要因効果図から定着者と将来の離職者を予測するのに有効な項目、有効ではない項目を調べる。要因効果図で左側の第1水準は項目を単位空間作成に使用した場合のSN比、右側の第2水準は項目を単位空間作成に使用しない場合のSN比としたので、左上がり(＼)の項目は予測に有効な項目である。その項目を除くことでSN比が小さくなってしまっているためその項目は残すべきと判断する。逆に、右上がり(/)の項目は予測に必要なのない、むしろ予測の精度を下げる項目である。

項目選択前の初期の計測項目は、能力別質問シート29項目、履修科目の成績9項目、標準課題でのリーダー経験1項目、指導員による総合評価1項目、性別1項目と校区分3項目の合計44項目とした。単位空間のメンバーは定着者52名、単位空間外のメンバーは離職者等9名とし、3.3節の予測システムと同様とする。図4に初期の要因効果図を示す。図4において、横軸は計測項目であり、縦軸はSN比である。ここで、最も右上がり(/)の31番目の計測項目(標準課題のリーダー経験)を削除し、再度項目選択を行う。2回目以降も同様に、最も右上がりの計測項目を削除し、再び項目選択を行う作業を繰り返した。25回目の項目選択で、SN比の差が2(db)以上ある右上がりの項目がなくなったので項目選択を終了した。計測項目44項目を、19項目に減らしたことになる。表4に項目選択により残った項目を示す。表4に記載されている項目は3.3節の予測システムの計測項目であり、「×」印が記載されている項目は項目選択で除外された項目、「×」印が記載されていない項目は項目選択で残った項目である。この残った項目が予測に有効な項目である。図5に示す通り、項目選択後も分布範囲が重ならず識別可能な状態を保っている。また、離職者等のマハラノビスの距離の分布範囲の下限未満の在校生は26人中16人で、3.3節、3.4節や項目選択前の予測シ

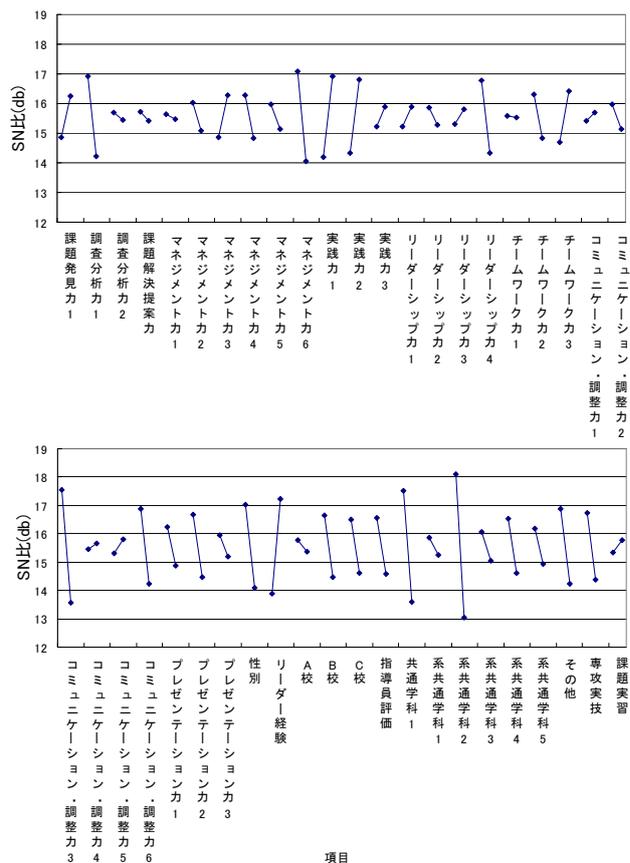


図4 要因効果図(初期)

表4 項目選択により残った項目

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
計測項目	課題発見力1	調査分析力1	調査分析力2	課題解決提案力	マネジメント力1	マネジメント力2	マネジメント力3	マネジメント力4	マネジメント力5	マネジメント力6	実践力1	実践力2	実践力3	リーダーシップ力1	リーダーシップ力2	リーダーシップ力3	リーダーシップ力4	チームワーク力1	チームワーク力2	チームワーク力3	コミュニケーション・調整力1	コミュニケーション・調整力2
選択	×	×	×		×	×	×		×		×	×	×		×	×		×	×	×	×	×
No.	23	24	25	26	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	
計測項目	コミュニケーション・調整力3	コミュニケーション・調整力4	コミュニケーション・調整力5	コミュニケーション・調整力6	プレゼンテーション力1	プレゼンテーション力2	プレゼンテーション力3	性別	リーダー経験	A校	B校	C校	指導員評価	共通学科1	系共通学科2	系共通学科3	系共通学科4	系共通学科5	その他	専攻実技	課題実習	
選択	×	×	×	×	×	×		×	×					×					×		×	

※「×」印は、項目選択により削除された項目である。

テムと比較すると妥当性が向上している。また、在校生で2番目にマハラノビスの距離が大きな学生は、調査後に休学した学生である。図6に項目選択終了時の計測項目の要因効果図を示す。19項目の計測項目の中で16項目が左上がり(\\)の予測に有効な項目となっている。また、コミュニケーション・調整力3、リーダーシップ力4の効果が高いと考えられる。ちなみに、最も効果の高いコミュニケーション・調整力3は、「他者の考えを受容できる能力」で、リーダーシップ4は「グループのモチベーションを維持できる能力」である。

3.3節と同様に、任意の1名を単位空間から除いて予測システムを作り直し予測精度の証明を試みた結果、マハラノビスの距離がしきい値 ($D^2=2$) を超えたものは約23%12名に減少し、マハラノビスの距離の最大値も5.83に減少するなど精度の改善が確認できた。

4. 考察

4.1 予測精度の評価

3.5節の予測システムのSN比は4.409(db)で、3.1節の予測システムとのSN比の利得は3.743(db)となり、予測精度が真数で2.37倍向上したことになる。

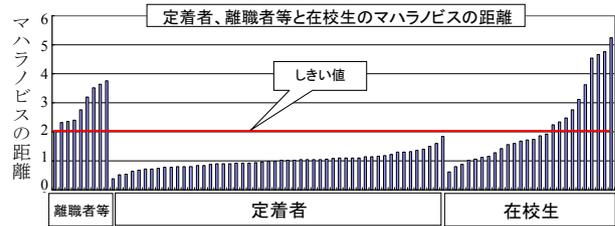


図5 定着者、離職者等と在校生のマハラノビスの距離 (項目選択後)

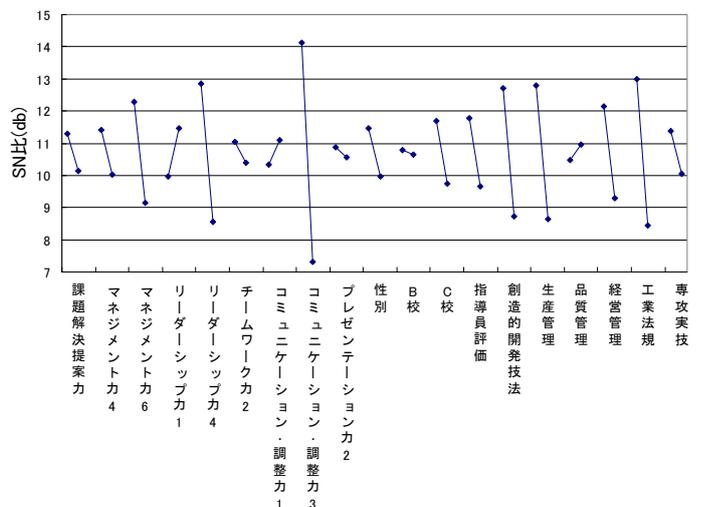


図6 要因効果図 (項目選択後)

表5 指導員による妥当性検証結果

No.	在校生	D ²	判定	妥当性コメント
1	在校生10	0.87	○	文句は言うが、やめない
2	在校生24	0.88	○	自らやめる考えは出ない
3	在校生2	0.93	○	能力低い
4	在校生14	0.99	○	やめない
5	在校生13	1.12	○	やめない
6	在校生12	1.13	○	やめない
7	在校生6	1.13	○	何も考えない、自らやめる考えは出ない
8	在校生18	1.17	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
9	在校生26	1.25	××	現代鬱、ちょっと言われるとやめそう、留年生
10	在校生19	1.32	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
11	在校生25	1.38	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
12	在校生7	1.39	○	自信を持っている
13	在校生17	1.43	○	能力低い、自らやめる勇気は無い
14	在校生20	1.54	○	出来るように見えて、実は能力低い
15	在校生22	1.72	○	出来るように見えて、実は能力低い
16	在校生1	2.01	×	マイナス思考が強い、コミュニケーション下手
17	在校生15	2.02	○	能力低い、自らやめる勇気は無い
18	在校生5	2.17	×	心配性だし、能力低い、自ら辞めるかもしれない
19	在校生11	2.49	×	心配性、自ら辞めるかもしれない
20	在校生3	2.71	×	要領は良い
21	在校生9	2.80	×	能力は高いが心配性、自ら辞めるかもしれない
22	在校生8	3.01	×	努力できない、注意されても平気、感度低い
23	在校生23	3.11	××	会社への忠誠心は無い、自分勝手な理由でやめそう
24	在校生21	3.14	×	消極的
25	在校生16	4.00	××	休学した
26	在校生4	4.59	×	マイナス思考が強い

○: 辞めない、×: 辞めるかも、××: 辞めた、かなり辞めそう

No.	在校生	D ²	判定	妥当性コメント
1	在校生10	0.63	○	文句は言うが、やめない
2	在校生14	0.80	○	やめない
3	在校生22	0.87	○	出来るように見えて、実は能力低い
4	在校生26	1.02	××	現代鬱、ちょっと言われるとやめそう、留年生
5	在校生20	1.07	○	出来るように見えて、実は能力低い
6	在校生24	1.12	○	自らやめる考えは出ない
7	在校生13	1.17	○	やめない
8	在校生7	1.28	○	自信を持っている
9	在校生17	1.42	○	能力低い、自らやめる勇気は無い
10	在校生15	1.56	○	能力低い、自らやめる勇気は無い
11	在校生12	1.60	○	やめない
12	在校生19	1.67	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
13	在校生25	1.72	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
14	在校生2	1.74	○	能力低い
15	在校生9	1.86	×	能力は高いが心配性、自ら辞めるかもしれない
16	在校生6	1.92	○	何も考えない、自らやめる考えは出ない
17	在校生8	2.25	×	努力できない、注意されても平気、感度低い
18	在校生3	2.35	○	要領は良い
19	在校生18	2.47	○	能力低い、何も考えない、自らやめる勇気は無い
20	在校生11	2.76	×	心配性、自ら辞めるかもしれない
21	在校生4	3.12	×	マイナス思考が強い
22	在校生1	3.62	×	マイナス思考が強い、コミュニケーション下手
23	在校生5	4.54	×	心配性だし、能力低い
24	在校生23	4.66	××	会社への忠誠心は無い、自分勝手な理由でやめそう
25	在校生16	4.75	××	休学した
26	在校生21	5.23	×	消極的

○: 辞めない、×: 辞めるかも、××: 辞めた、かなり辞めそう

る。また、3.3 節の予測システムと比較した場合の SN 比の利得は 1.392(db)であり、真数で 1.38 倍予測精度が向上したことになる。

主観的な評価となるが、就職担当を含む複数の指導員による妥当性検証を実施した。表 5 に 3.3 節の予測システムと、3.5 節の予測システムに対する指導員による各学生の就職後の離職可能性の判断を比較することで妥当性を検証した結果を示す。大きな傾向としては、マハラノビスの距離が小さな学生は、楽観的で何も考えておらず自分から辞めそうにはない、マハラノビスの距離が大きな学生は、心配性、マイナス思考、コミュニケーションが下手などの要因を併せ持ち自ら辞める可能性があるという評価であった。個別にみると、○印が辞めそうにない、×が二つは、休学した、またはかなり辞めそうな学生で、×は辞めるかもしれないという学生である。マハラノビスの距離が低い辞めそうな学生が一人いるものの、休学した、またはかなり辞めそうな学生のマハラノビスの距離が大きくなっており、概ね相対的な順位の妥当性は高いという検証結果を得た。

また、3.3 節の予測システムと比較すると、3.5 節の予測システムに対する指導員による妥当性検証結果の方が、休学した、または辞めそうな学生のマハラノビスの距離は 8 名中 5 名で上昇している。3.5 節の予測システムに対する指導員による妥当性検証結果では、マハラノビスの距離の上位 7 番目までに、休学した、または辞めそうな学生 6 名が入っている。項目選択の結果、予測精度が向上していることを示唆していると考えられる。

4.2 マハラノビスの距離増大の要因分析

図 7 に在校生のマハラノビスの距離増大の要因分析の結果を示す。要約すると、①対象者によって一つの大きな要因や複数の要因がある、②全体的にみると要因は特定の項目ではなく対象者によりまちまちである、ことがわかった。将来の離職を予測するだけでなく、その対象者毎の要因がわかるので、より効果的な学生指導に活かすことができる。

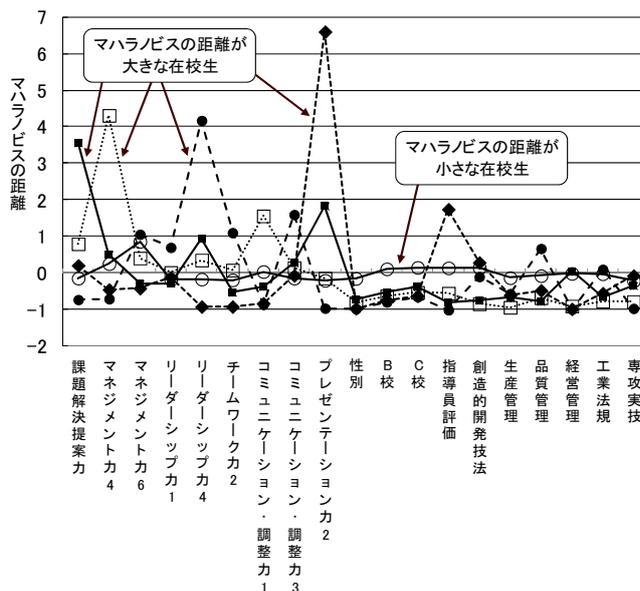


図 7 マハラノビスの距離増大の要因（在校生）

5. まとめと今後の課題

ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況と科目の成績を計測項目とすることで、MT 法を用い卒業後離職者を在学中に予測する可能性が開けたと考える。この方法の良い点は、この単位空間ができると能力別質問シートによるアンケートと履修科目の成績などで予測ができることである。つまり、就職指導やカウンセリングなどに精通していなくても予測が可能となる。それらの学生に対してマハラノビスの距離増大の要因分析を行うことで、在学中の対応が可能となる。実用上の精度の有無は本稿で対象とした在校生の測定結果と 3 年後の職場での定着状況を比較することで確認できる。3 年後に達した時点で定着状況を調査し、実用上の精度の有無を検証する。次にさらに予測精度を高める方法について考えてみたい。

一つ目は、単位空間の対象の決め方を再検討することである¹⁰⁾。就職後の早期離職に対して均質な集団を単位空間のメンバーとしているかどうかを再検討し、メンバーの選び方を SN 比で確認する。例えば、離職の理由を調査し、結婚のための

離職や、前向きな理由による転職を単位空間のメンバーから外す、就職後3年ではなくもっと長い期間定着している人を単位空間のメンバーに選ぶ、などが考えられる。どのようなメンバーが良いかは、SN比で確かめる必要がある。

二つ目は、単位空間のメンバー数を再検討することである¹⁰⁾。単位空間のメンバー数が不十分だと、単位空間のパターンに偏りが起きる可能性がある。調査研究資料No.120で試行した6校のデータを全て収集すれば精度向上の可能性があるが、現状では主に個人情報保護の観点から困難である。このため、個人情報保護の観点に十分に配慮した上で他の能開大のデータ収集するためのルールを作るなど、メンバー数を増やす工夫を考える必要がある。また、継続的にデータを収集することで、メンバー数を増やすことも必要である。

三つ目は、総合計測のための計測項目の決め方を再検討することである¹⁰⁾。本稿では、卒業生を対象としたため、在学中の過去の情報を計測項目にしなくてはならないという制約があった。予測精度が高いシステムを構築するためには、少しでも関連すると思われる項目はできるだけ多く収集しておいた方が良い。また、どのような特徴を持った人が就職先に定着しているかを研究し、どのような項目が関連するかを調べるのが重要である。例えば、「早期離職者ほどストレスが理由で離職する人の割合が多い¹³⁾」との調査結果がある。ストレスの受け止め方と性格には相関があるのでSPI(適性検査)などの性格検査の項目を収集する、などが考えられる。

四つ目は、信号の値を検討することである¹⁰⁾。MTシステムにおける信号とは、単位空間に属さない離職者をいい、信号の値として真値(真の値、例えば離職までの勤務日数)、またはグレード(例えば1年目の離職、2年目の離職、3年目の離職)を用いる。信号の値があると、信号の値とマハラノビスの距離が比例関係に近ければSN比が大きくなり、マハラノビスの距離で作ったものさしの測定精度が良いということがわかるので、予測精度の向上をはかることができる。本稿では、有効な信号の値を見出すことができなかつた。このため、真値やグレードが不明な場合に用いる「離職者

のマハラノビスの距離は大きければ大きいほど良い」という考え方により、望大特性のSN比を使って測定精度を評価せざるをえなかつた。ある信号の値が大きければ大きいほど離職しやすいというような特性を見出すことができれば、予測精度を向上できると考える。

五つ目に、MT法ではない他のMTシステムを用いることがある。他のMTシステムの中では、RT法(認識のためのタグチ法)が有力候補である。T法(タグチ法)には、3種の方法¹⁴⁾がある。T法(1)は単位空間が中央にある場合(両側T法)、T法(2)は単位空間が片側にある場合(片側T法)に使う方法である。T法(3)は、標準SN比と余因子行列を用いる方法でRT法とも呼ばれている。T法(1)、T法(2)で解析を行う場合には信号の真値が必要であり、その信号の真値にはかなりの正確性が求められるため、本稿のように信号の真値が得にくい場合にはT法(1)、T法(2)は使にくい。RT法の特徴は、①信号の真値を必要としない、②単位空間のメンバー数と計測項目数の関係で、「メンバー数>計測項目数」の制限を受けない、③多重共線性の影響を受けない、④解析時間が早い、などである。特に②と③はMT法にはない特徴である。RT法はMTシステムの中で一番新しい方法であるため、研究事例はあまり多くないようだが、すでに行われている先行事例によれば、MT法と同等の識別力を有していると言われている。こうした特徴を考慮すれば、RT法を用いることで予測精度が向上する可能性がある。

また、ヒューマンスキル・コンセプチュアルスキルの習得状況などの自己評価を学生自らが入力し、その入力結果と成績システムのデータからマハラノビスの距離の大きさやその要因を低コストで持続的・自動的に計算可能なシステムを構築するなどの応用が必要であると思われる。これにより卒業後離職する可能性がある学生に対するフォローを充実させるなど、より効果的な指導に役立てられる。

文献

- 1) 厚生労働省：職業能力開発促進法施行規則(昭和44年10月1日労働省令第24号)、2012
- 2) 高齢・障害・求職者雇用支援機構 公共職業訓練部

大学校課：職業能力開発大学校等における高度技能者養成訓練等に係るフォローアップ調査結果、7(2012)

- 3) 職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター：調査研究資料 No.120 応用課程モデル教材の開発と訓練効果の研究－標準課題実習におけるヒューマンスキル・コンセプチュアルスキル等の調査・分析－、2007、職業能力開発総合大学校 能力開発研究センター
- 4) 長井崇：“建築施工システム技術科の標準課題におけるヒューマン・コンセプチュアルスキルの修得度と充実度の関係について” 職業能力開発総合大学校平成 23 年度応用研究課程高度実践技術指導者専攻研究論文発表会、3(2012)
- 5) 山之内隆志：“木質構造施工（標準課題）におけるヒューマン・コンセプチュアルスキル習得度の評価に関する調査及び分析” 職業能力開発総合大学校平成 23 年度応用研究課程高度実践技術指導者専攻研究論文発表会、7(2012)
- 6) 来住裕：“調査をもとにしたヒューマン・コンセプチュアルスキル養成のための学習課題の提案” 職業能力開発総合大学校平成 22 年度応用研究課程高度実践技術指導者専攻研究論文発表会、11(2011)
- 7) 佐藤綾子：“若者の早期離職について－新卒 3 年以内の離職に関する予測モデルの構築－” 応用社会学研究 東京国際大学大学院社会学研究科、20、65(2010)
- 8) 柿沼英樹：“モチベーションによる離職予測モデルの検討 文献展望と仮説の構築” 経営行動科学学会年次大会 発表論文集、14、308(2011)
- 9) 田口玄一：品質工学応用講座 MT システムにおける技術開発、2002、日本規格協会
- 10) 長谷川良子：マハラノビス・タグチ (MT) システムのはなし、2004、日科技連出版社
- 11) 田村希志臣：よくわかる MT システムー品質工学によるパターン認識の新技术、2009、日本規格協会
- 12) 高田圭、高橋和仁、矢野宏：品質工学、Vol.7 No.1、65(1999)
- 13) 柿沼英樹：ビジネス・レーパー・トレンド 2007 年 9 月号、2007.9、4(2007)
- 14) http://www.qes.gr.jp/introduction/whatqe_qa/QA3/QA3Q09V15N3.htm

著者 E-mail iwana@shikoku-pc.ac.jp

押込力を受けるモルタル充填鋼管の耐力と変形に関する推定式の提案

住居環境科 越智 隆行

STUDY ON MECHANICAL CHARACTERISTICS OF STEEL TUBE FILLED WITH MORTAR SUBJECTED TO PUSHING LOAD

Takayuki OCHI

概要 らせん階段を歩行した時、踏み板で受けた荷重はささらへ伝達される。ささらの下端部は階段軸を押込み、踏み板のたわみが生じる。そこでらせん階段の鋼管軸にモルタルを充填することで、ささら下端部の階段軸の押込みを抑えることを検討する。本研究ではモルタル充填鋼管の押込み実験によりその破壊性状を把握する。その結果より押込力を受けるモルタル充填鋼管の耐力と変形に関する推定式を提案する。提案した推定式の降伏耐力は、安全側で精度よく推定できた。

1. はじめに

写真1に示すよういらせん階段は階段軸にささらと踏み板がらせん状に接合されたものである。らせん階段を歩行した時、踏み板で受けた荷重はささらへ伝達される。ささらの下端部は階段軸を押込み、踏み板のたわみが生じる。通常このような問題を避けるため、鋼管の径厚比の変更等の補強が行われているが、本研究では階段軸をモルタル充填鋼管構造とすることにより、階段軸の押込みを抑制することを検討する。階段軸をモルタル充填鋼管構造とすることで、階段軸の耐力、剛性の向上が期待できるため、階段軸の径を小さくすることが可能となり、らせん階段の意匠設計上の利点となる。

モルタル充填鋼管構造に類似するものとして、コンクリート充填鋼管構造がある。接合部に関するコンクリート充填鋼管構造の研究としては、大規模建築物、高層建築物のコンクリート充填鋼管柱と鉄骨梁のパネルゾーンを対象として、城戸らによる研究¹⁾²⁾が挙げられる。これらの研究では接合部局所の耐力は、鋼管内にコンクリートが充填されているため、柱部分の押込み破壊は無いもの

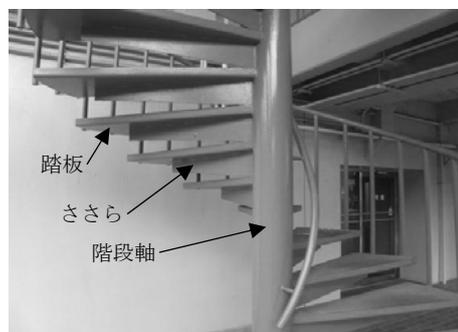


写真1 らせん階段

と考え、梁フランジの接合部の曲げ耐力を計算している。モルタル充填鋼管の押込みに関して仲威ら³⁾は、鋼管軸方向への圧縮を検討している。しかし、著者らのように階段軸の接合部への押込力を検討した研究は見当たらない。

本研究ではらせん階段の階段軸の押込みを抑制することを目的とし、モルタル充填鋼管の押込み実験によりその破壊性状を把握する。押込力を受けるモルタル充填鋼管の耐力と変形に関する推定式を提案し、実験結果との比較からその妥当性を検討する。

2. モルタル充填鋼管の押込み実験

モルタル充填鋼管とささらの接合部の破壊性状を把握するため、押込み実験を行う。ささらと踏板の断面は図1に示すT字型部材を想定する。この階段接合部を柱梁の接合部と比較すると、踏み板部分が梁上端フランジ、ささらは、梁ウェブに当たる。本実験で対象とする接合部は梁下端フランジに相当する部材は無い。踏板に荷重がかかった場合、ささら下部の押込力が階段軸へ伝わる。モルタル充填鋼管とささらの接合部の部材の耐力は上端の引張側よりも下端の圧縮側が小さいため、本研究では圧縮部分のみを検討する。モルタル充填鋼管が受ける押込力は図1に示すように塑性時の応力として考える。押込力の載荷幅 h' は中立軸から圧縮縁までの距離とする。

2.1 実験概要

実験に使用した試験体諸元を表1に示す。使用した鋼管はSTK400である。試験体は計8種類を用いた。名称に示すように鋼管径はS1~S4の4種類とする。充填モルタルの圧縮強度が 30N/mm^2 以

上を $F40$ 、 30N/mm^2 より小さい試験体を $F20$ の2種類としている。試験体の径厚比 ϕ/t は、ほぼ一定で $31\sim 33$ の範囲である。試験体の機械的性質はJISによる引張試験を行った結果、ヤング係数 $E_s = 1.88 \times 10^5 (\text{N/mm}^2)$ 、降伏応力 $\sigma_y = 396 (\text{N/mm}^2)$ であった。試験体寸法、ひずみゲージ、変位計の取り付け位置を図2に示す。試験体は長さ 400mm とし、両端より 50mm の位置を直径 22mm のピンで拘束している。ピン間のスパン L は 300mm とする。実験は試験体の中央部がささらから押込力を受ける部分と仮定して実施する。加圧面の治具寸法は厚み t_1 は 6mm 、幅 h' は 39mm とする。

加圧面周辺の鋼材の降伏範囲を把握するため、図2に示すように鋼管の円周方向及び長さ方向にひずみゲージを取り付けた。円周方向は図2(a)に示すように α が $\pi/8$ (ゲージA)、 $\pi/4$ (ゲージB)、 $3/8\pi$ (ゲージC)、 $\pi/2$ (ゲージD) の位置に取り付ける。長さ方向は図2(b)に示すように加圧面の端部から鋼管径の 0.15 倍 (ゲージ1)、 0.3 倍 (ゲージ2)、 0.45 倍 (ゲージ3)、 0.6 倍 (ゲージ4) の計4箇所に取り付ける。これらのひずみゲージにより鋼管へ伝達する応力の範囲を確認する。

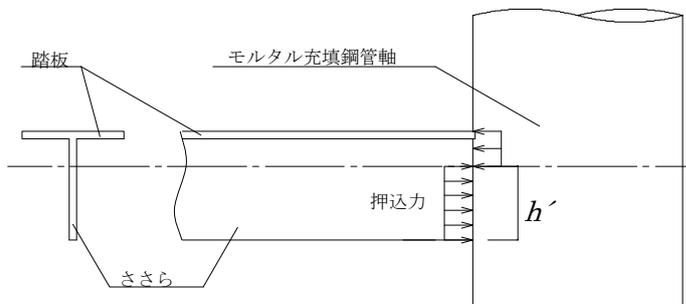


図1 モルタル充填鋼管と踏板の接合部の応力状態

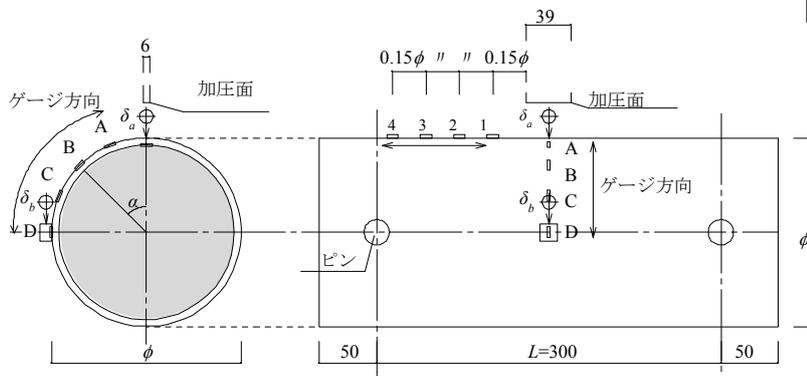


表1 試験体一覧と物性値

名称	寸法			モルタル 圧縮強度 f_c (N/mm^2)
	管径 ϕ (mm)	管厚 t (mm)	径厚比 ϕ/t	
S1-F40	165.2	5.0	33.0	40.1
S1-F20				20.5
S2-F40	139.8	4.5	31.1	36.0
S2-F20				23.2
S3-F40	114.3	3.5	32.7	40.1
S3-F20				22.3
S4-F40	101.6	3.2	31.8	40.1
S4-F20				11.9

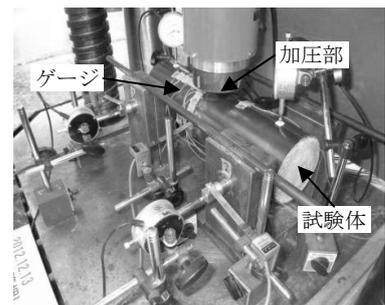


写真2 実験状況

本実験ではモルタル充填鋼管が押込力を受けることにより2種類の変形が生じる。鋼管をスパン300mmの梁として考えた時の曲げ変形と加圧面周辺での局所変形である。本実験では押込力によって生じる局所変形を検討対象とする。鋼管の局所変位 δ_ℓ は図2に示す加圧面の鉛直変位 δ_a から鋼管の曲げ変形による鉛直変位 δ_b を減じて求める。局所変位 δ_ℓ は以下の式により求められる。

$$\delta_\ell = \delta_a - \delta_b \quad (1)$$

試験体は写真2に示すように治具に固定し、容量1000kNの万能試験機で加圧する。

2.2 実験結果

2.2.1 荷重-局所変位関係

F40試験体を例に、荷重 P_e と局所変位 δ_ℓ の関係を図3に示す。すべての試験体において荷重局所変位関係は、ある降伏点を越えると二次勾配を持つバイリニア型の挙動を示した。図3中に●印で、求められた降伏耐力 P_{ey} を示す。降伏耐力 P_{ey} は図3に示すように初期剛性 K_e と二次勾配の接線の交点から垂線を下ろした実験値との交点とした。各

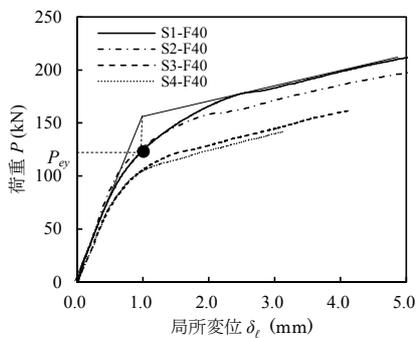


図3 荷重-局所変位関係

表2 実験結果

名称	降伏耐力 P_{ey} (kN)	初期剛性 K_e (kN/mm)
S1-F40	123.2	153.8
S2-F40	113.9	181.2
S3-F40	91.6	146.7
S4-F40	90.9	143.5
S1-F20	116.6	242.9
S2-F20	97.2	148.2
S3-F20	88.6	131.1
S4-F20	74.6	105.5

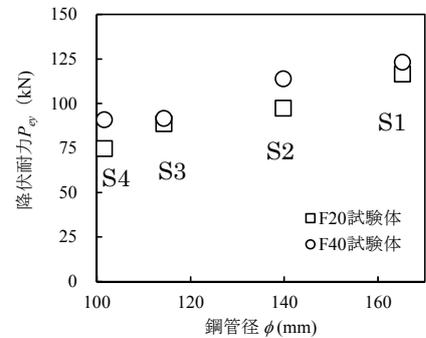


図4 降伏耐力と鋼管径の関係

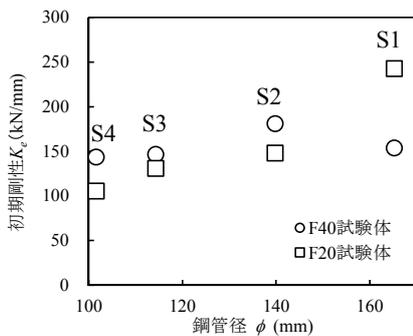


図5 初期剛性と鋼管径の関係

モルタル充填鋼管の降伏耐力 P_{ey} 及び初期剛性 K_e を表2に示す。また降伏耐力 P_{ey} と鋼管径 ϕ の関係を図4に示す。実験での降伏耐力 P_{ey} は鋼管径の大きなものほど、線形的に大きくなっている。同じ鋼管径では、モルタル圧縮強度はF40試験体に対してF20試験体の半分程度となっているが、降伏耐力 P_{ey} は圧縮強度のように半分に低下していない。これは、鋼管による充填モルタルの拘束効果が大きいため、モルタル強度の影響が緩和されたものと考えられる。

初期剛性 K_e と鋼管径 ϕ の関係を図5に示す。初期剛性 K_e は鋼管径の大きなものほど、大きくなる傾向がみられる。同じ鋼管径では、モルタル圧縮強度が大きいF40シリーズがF20シリーズに比べて大きくなる傾向がみられる。これは充填モルタルの圧縮強度が影響していると考えられる。

2.2.2 試験体の破壊モード

実験後のS4-F40試験体を加圧面端部より10mmごとに切断した断面のひび割れ状況を図6に示す。円周方向の切断面では加圧面から概ね $\pi/4$ の方向

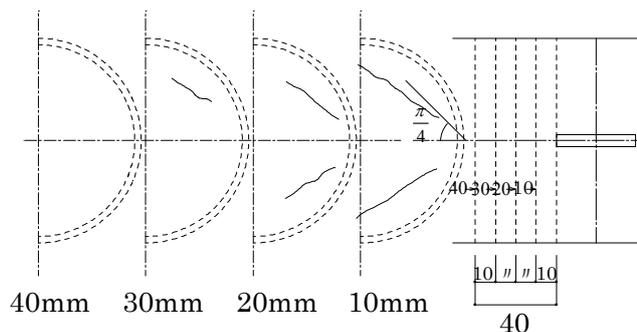
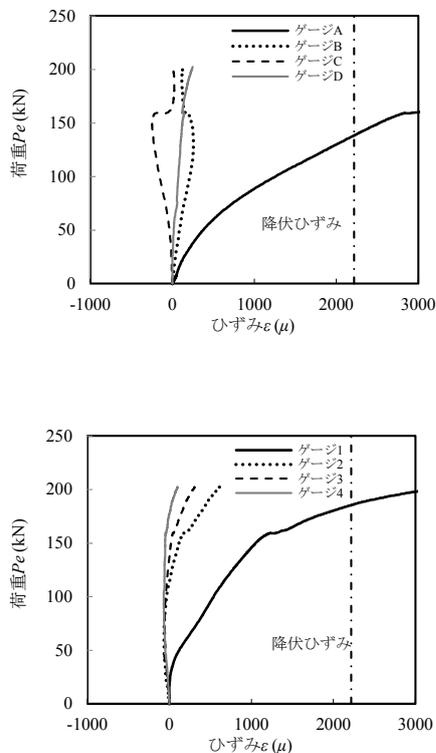


図6 切断面のひび割れ状況(S4-F40試験体)

に充填モルタルのせん断ひび割れが発生している。これらのひび割れ状況は他の試験体でも同様の傾向を示した。以上のように、降伏耐力 P_{ey} は押込力により充填モルタルがせん断破壊し、荷重変形関係が二次勾配へ移行する点と考えられる。各断面のひび割れ状況より、30mm の断面まではひび割れが確認でき、40mm の断面ではひび割れが確認できていない。押込力による長さ方向の荷重伝達範囲は、加圧面端部から 30~40mm 程度と考えられる。

2.2.3 応力状態

鋼管表面のひずみ挙動を S2-F40 試験体を例に図 7 に示す。図 7(a) は円周方向、図 7(b) は長さ方向の荷重 P_e -ひずみ ε 関係である。同図中に一点鎖線で事前に求めた鋼材の引張試験から得られた降伏ひずみ値も示す。加圧面に最も近いひずみゲージ A とひずみゲージ 1 は荷重の上昇とともにひずみ値が大きくなっている。円周方向のひずみゲージ A では降伏耐力 $P_{ey}=140\text{kN}$ となるあたりで降伏ひずみを超えている。これは加圧面近傍の鋼管部分



が充填モルタル内に押込まれ、局所的な変形が卓越し、鋼管の円周方向に広く荷重を伝達できていないためと考えられる。ひずみゲージ 1 では二次勾配に移行して降伏ひずみを超えており、長さ方向にも広く荷重を伝達できていないと考えられる。全てのゲージは荷重 160kN を越えたあたりから大きく変動している。これらの応力状態の変化は、充填モルタルにひび割れが発生することで、充填モルタルが大きく変形し、加圧面の鋼管部分の押込みがさらに進行したことに起因すると考えられる。それとともに、加圧面が 160kN を越えて二次勾配へ移行後も、ひずみゲージ A とひずみゲージ 1 が増大するのみで、他のひずみゲージは弾性域にとどまっている。これらのひずみゲージの挙動から、加圧面近傍のみが押込まれていることが確認できた。これらより降伏耐力 P_{ey} の近傍では、内部の充填モルタルにせん断ひび割れが発生していることが確認できた。

3. 押込力を受けるモルタル充填鋼管の耐力変形関係推定式

押込み実験においてモルタル充填鋼管の破壊モードはモルタルのせん断ひび割れ破壊と確認できた。2章での実験結果より、耐力推定式と剛性推定式を構築する。

3.1 耐力推定式の構築

充填モルタルのひびわれ模式図を図 8 に示す。

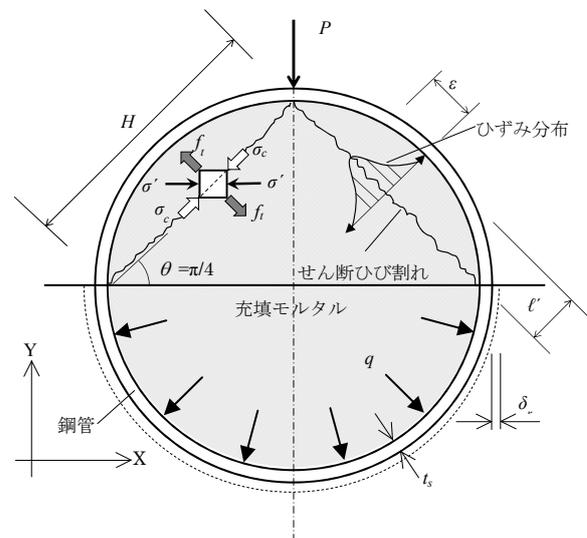


図 8 充填モルタルのひび割れと変形模式図

荷重-局所変位関係での降伏耐力 P_{ey} は、充填モルタルにせん断ひび割れ破壊が生じたことが原因と考えられる。推定式では降伏耐力 P_{cy} を迎えた時に充填モルタルの終局耐力 ${}_{mor}P_{cu}$ を迎えるものとする。

図8に示すせん断ひび割れ長さ H は鋼管径 ϕ を用いて式(2)で表わされる。

$$H = \frac{\sqrt{2}}{2} \phi \quad (2)$$

ひび割れ上の微小要素の応力状態を図8の上半分に示す。微小要素にはひび割れに沿った圧縮応力度 σ_c 及びひび割れの法線方向に働く引張応力度 f_t が発生する。X方向応力 σ' はコンクリート割裂強度の式より荷重 ${}_{mor}P_{cu}$ 、試験体直径 ϕ 、試験体長さ ℓ を用いて式(3)で表される。

$$\sigma' = \frac{-2{}_{mor}P_{cu}}{\pi\phi\ell} \quad (3)$$

モーメントの応力円を用いてせん断ひび割れ面での応力状態を図9に示す。応力円の半径を r, r' とし、主応力度を σ' 、せん断応力度を τ_u とすると、 r は式(4)、 r' は式(5)となる。

$$r = \sqrt{\left(\frac{\sigma'}{2}\right)^2 + \tau_u^2} \quad (4)$$

$$r' = -\frac{\sigma'}{2} + f_t \quad (5)$$

引張応力度 f_t はひび割れ面の応力の釣り合い $r = r'$ から求まり、式(6)で表される。

$$f_t = \frac{\sigma'}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma'}{2}\right)^2 + \tau_u^2} \quad (6)$$

押込力による影響は加圧部だけでなく加圧部周辺にも影響を及ぼすと考えられる。この時の影響面積 A は図8に示すせん断ひび割れ長さ H 、試験体の長さ方向のせん断ひび割れ長さである加圧面長さ ℓ_0 、長さ方向の荷重伝達範囲を影響範囲 ℓ_1 とすると式(7)で表される。

$$A = H(\ell_0 + 2\ell_1) = \frac{\sqrt{2}}{2} \phi(\ell_0 + 2\ell_1) \quad (7)$$

ここで、式(6)を終局せん断応力度 τ_u ⁴⁾ について整理すると式(8)となる。

$$\tau_u = \sqrt{(f_t - \sigma')f_t} \quad (8)$$

式(7)、(8)より、 θ の角度をなす面に働くせん断

力 F_θ は式(9)のように表される。

$$F_\theta = A\tau_u = \frac{\sqrt{2}}{2} \phi\ell \sqrt{(f_t - \sigma')f_t} \quad (9)$$

式(9)を鉛直方向の力 F_H に変換する。 θ は実験の破壊モードを考慮して $\pi/4$ とすると式(10)となる。

$$F_H = A\tau_u \sin \theta = \frac{1}{2} \phi\ell \sqrt{(f_t - \sigma')f_t} \quad (10)$$

式(10)で定義される鉛直方向の力 F_H は中心軸を対称として発生するため、モルタルの終局耐力である ${}_{mor}P_{cu}$ は式(11)で表される。

$${}_{mor}P_{cu} = 2F_H = \phi\ell \sqrt{(f_t - \sigma')f_t} \quad (11)$$

充填モルタルは鋼管により拘束されるため、図8に示す充填モルタルのひび割れ上で発生する引張応力度は、鋼管による拘束を受けていないモルタルの引張応力度よりも大きいと考えられる。本研究では図8の下半分に示すような内圧を受ける薄肉円筒シェルモデル⁵⁾を用いてx方向の変位 δ_r を求める。鋼材のポアソン比 ν_s 、ヤング係数 E_s 、内圧 q 、鋼材厚 t_s を用いて式(12)となる。

$$\delta_r = \frac{2 - \nu_s q \left(\frac{\phi}{2}\right)^2}{2E_s t_s} \quad (12)$$

充填モルタルの引張ひび割れひずみ ϵ_u は充填モルタルのヤング率 E_c とすると式(13)で表される。

$$\epsilon_u = \frac{f_t}{E_c} \quad (13)$$

充填モルタルに引張ひび割れが生じた場合、ひび割れ周辺でのひずみ分布は図8のようになる。式(13)で表されるひずみは初期ひび割れが生じる時である。鋼管の拘束効果を考慮するためには、初期ひび割れの発生後、そのひび割れが進展し、充填モルタルが動き出す時のひずみを算出する必要がある。式(13)に補正係数 $\beta (> 1.0)$ を乗じてひび割れ進展時のひずみとする。耐力算定時にはひび割れが開いた状態を想定して補正係数 $\beta = 2.0$ とする。ひび割れから外径までの長さ ℓ' は式(14)となる。

$$\ell' = \frac{\phi}{4} (2 - \sqrt{2}) \quad (14)$$

充填モルタルにひずみが発生することにより部材に半径方向の変位 Δr が生じる。変位 Δr は応力

集中係数 κ と補正係数 β より、式(15)のように表される。耐力算定時にはひび割れ近傍での応力集中を考慮し補正係数 $\kappa=1.5$ とする。

$$\Delta r = \frac{2\beta\ell'\varepsilon_u}{\kappa} \quad (15)$$

$\Delta r/2=\delta_r$ から鋼管の拘束効果による見かけ上の引張強度増分 Δf_t はヤング係数比 $n_s=E_s/E_c$ と式(12)、式(13)を用いて式(16)のように表される。

$$\Delta f_t = \frac{2(2-\sqrt{2})\beta n_s t_s f_t}{\kappa(2-\nu_s)\phi} \quad (16)$$

充填モルタルの引張強度 f_t は、モルタル圧縮強度 f_c を用いて式(17) ⁶⁾ によって算出される。

$$f_t = 0.62 \sqrt{f_c} \quad (17)$$

式(16)で定義される引張強度増分 Δf_t がひび割れ発生時に増加している荷重と考えられる。式(11)に式(3)を代入し、式(16)で定義する引張強度増分を考慮すると、充填モルタルの終局耐力 ${}_{mor}P_{cu}$ 、すなわち降伏耐力 P_{cy} は式(18)で表される。

$$P_{cy} = \frac{31(\ell_0 + 2\ell_1)}{50} \left\{ \phi + \frac{2(2-\sqrt{2})\beta n_s t_s}{\kappa(2-\nu_s)} \right\} \left\{ \frac{1}{\pi} + \sqrt{1 + \frac{1}{\pi^2}} \right\} \sqrt{f_c} \quad \dots(18)$$

3.2 初期剛性推定式の構築

初期剛性を推定するため、充填モルタルが押込力を受ける場合の応力の影響範囲を求める。Bousinesq による正方形床板から無次元地盤への押込力が働いた場合の等圧力線図 ⁷⁾ を図 10 に示す。応力の伝達範囲は 10%の圧力線を影響範囲と仮定す

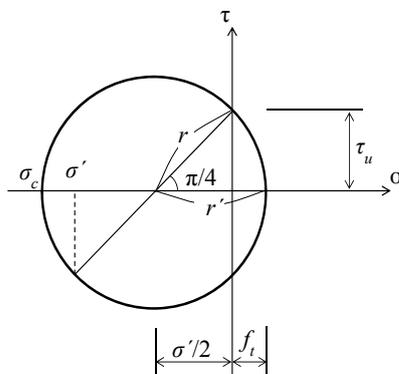


図 9 充填モルタルの応力状態

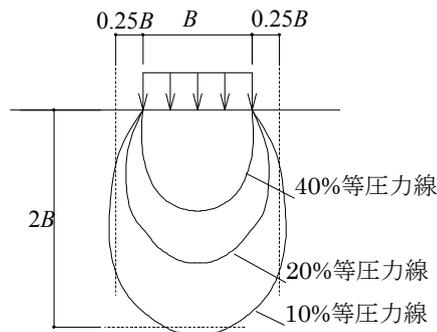


図 10 Boussinesq 応力の等圧力

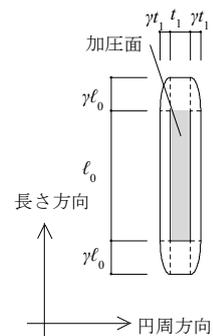


図 11 影響範囲

ると、深さ方向で $2B$ 、幅方向では $0.25B$ 程度となる。ここで、 B は載荷幅である。この結果に基づいた平面の影響範囲を図 11 に示す。図 11 の γ は 0.25 となり、影響範囲の面積 A_1 は加圧面長さ ℓ_0 と厚み t_1 を用いて式(19)となる。

$$A_1 = \pi\gamma^2\ell_0 t_1 + 2\gamma\ell_0 t_1 + 2\gamma t_1 \ell_0 + \ell_0 t_1 \quad (19)$$

図 10、図 11 から $2B=2\ell_0$ が成り立ち、充填モルタルのヤング率 E_c を用いて一般的に用いられる応力 σ - ひずみ ε の関係より、以下の式(20)が成り立つ。

$$\frac{P}{A_1} = E_c \frac{\delta}{2\ell_0} \quad (20)$$

式(20)を荷重 P について整理すると以下の式(21)となる。

$$P = \frac{E_c A_1}{2\ell_0} \delta \quad (21)$$

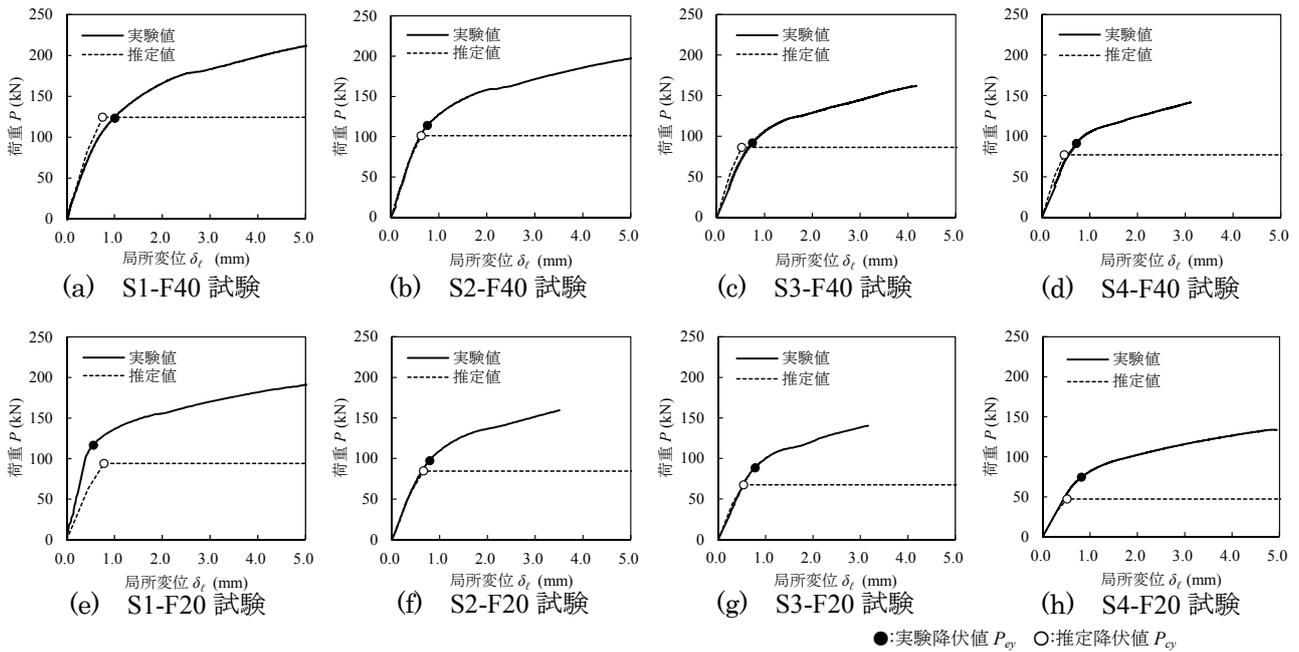
式(21)に式(19)を代入すると荷重 P と変位 δ の関係は、式(22)となる。

$$P = E_c \left\{ \frac{(\pi\gamma^2 + 4\gamma + 1)t_1}{2} \right\} \delta \quad (22)$$

よって、初期剛性 K_c は式(23)となる。

$$K_c = E_c \left\{ \frac{(\pi\gamma^2 + 4\gamma + 1)t_1}{2} \right\} \quad (23)$$

鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説 ⁹⁾ に示すコンクリートの短期許容応力度を参考に、 $2/3P_{cy}$ の時点で荷重-変形関係の二次剛性を $2/3K_c$ とした。



4. 実験値と推定値の比較

2章で求めた降伏耐力 P_{ey} 、初期剛性 K_e と3章で推定した降伏耐力 P_{cy} 、初期剛性 K_c の比較を行う。計算では、鋼材のポアソン比 $\nu_s=0.3$ 、鋼材と充填モルタルのヤング係数比 n_s は、 E_s に 1.88×10^5 、 E_c に圧縮強度 f_c とヤング係数の関係式⁸⁾から算出した値を用いる。

荷重-局所変位関係の推定値と実験値を比較したものを図12に示す。図12(a)~(h)よりF40試験体とF20試験体いずれの場合も降伏耐力は推定値より実験値が若干大きく安全側で推定できている。3章で仮定した影響範囲 l_1 は2章で確認した長さ方向の荷重伝達範囲40mmで概ね妥当であったと考えられる。F40試験体とF20試験体いずれの場合も初期剛性は推定値と実験値がおおむね合っている。

降伏耐力の実験値 P_{ey} と推定値 P_{cy} の比 P_{ey}/P_{cy} と鋼管径 ϕ の関係を図13に示す。 P_{ey}/P_{cy} は平均値1.21、変動係数0.14となり、挙動の複雑さを考慮すると精度良く推定できている。また、 P_{ey}/P_{cy} は鋼管径 ϕ の変化にも影響されない。初期剛性の実験値 K_e と推定値 K_c の比 K_e/K_c と鋼管径 ϕ の関係を図14に示す。※印に示すようにF20-S1は、変位計測が十分でなかったため平均値には含めていない。この値を除いて計算すると K_e/K_c は平均値0.88、変

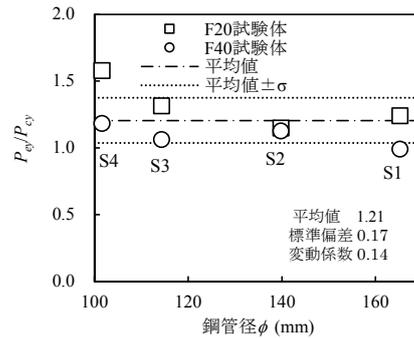


図13 降伏耐力の比較

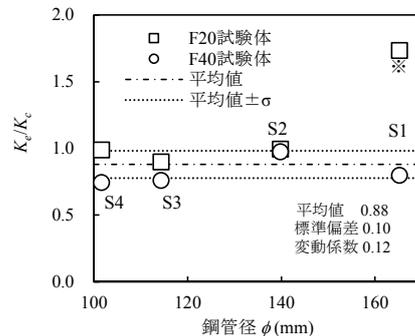


図14 初期剛性の比較

※F20-S1は変位計測が十分でなかったため平均値と標準偏差の計算より除外

動係数0.12となり、精度よく推定できている。また、鋼管径 ϕ の影響も受けない。

5 まとめ

本研究はらせん階段の階段軸の押込みを抑制することを目的とし、モルタル充填鋼管の押込み実験によりその破壊性状を把握した。押込みを受けるモルタル充填鋼管の耐力と変形に関する推定式を提案し、実験結果との比較からその妥当性を検討した。得られた成果を以下にまとめて示す。

- 1) 押込みを受けるモルタル充填鋼管の破壊モードは、充填モルタルのせん断破壊である。この破壊により、荷重-局所変位の関係は二次勾配へ移行する。
- 2) 押込みを受けるモルタル充填鋼管の降伏耐力は、充填モルタルの圧縮強度が小さいものほど小さくなるが、その耐力の低下は圧縮強度の低下に比べて小さい。
- 3) 本実験の範囲において押込みを受けるモルタル充填鋼管の実験値 P_{ey} と推定値 P_{cy} の比 P_{ey}/P_{cy} は、平均値 1.21、変動係数 0.14 であった。
- 4) 本実験の範囲において押込みを受けるモルタル充填鋼管の実験値 K_e と推定値 K_c の比 K_e/K_c は、平均値 0.88、変動係数 0.12 であった。

謝辞

本実験で用いた試験体は株式会社三立鉄工の上原忠氏より提供していただきました。また本研究を行うに当たり香川県鋼構造協同組合の皆様にご協力いただきました。ここに記して謝意を表します。

文献

- 1) 城戸将江, 津田恵吾: コンクリート充填角型鋼管柱に取り付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第 602 号, pp219-226, 2006.4
- 2) 城戸将江: コンクリート充填円形鋼管柱に取り付く梁ウェブ接合部の曲げ耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第 673 号, pp483-489, 2012.3
- 3) 仲威雄, 加藤勉, 阿部信男: コンクリート充填鋼管の圧縮強さ, 日本建築学会構造系論文集, 第 69 号, pp605-608, 1961.10
- 4) 大塚浩司, 庄谷征美, 外門正直, 原忠勝: 第 3 版鉄筋コンクリート工学限界状態設計法へのアプローチ, pp.116-117, 1997.2
- 5) 川田雄一: 材料力学 - 基礎と強度設計 - , pp.80-81, 1965.4
- 6) Chu-Kia Wang, Charles G Salmon : Reinforced Concrete Design, Fifth Edition, pp.12-14, 1992
- 7) 山口柏樹: 土質力学, pp.147-149, 1983.4
- 8) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算基準・同解説, 2010.2
- 9) 越智隆行, 上原祐弥, 宮本慎宏, 松島学: 押込みを受ける鋼管コンクリートの力学的特性に関する研究 その 1 押込み実験, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道) 構造Ⅲ, pp.1551-1552, 2013.8
- 10) 上原祐弥, 越智隆行, 宮本慎宏, 松島学: 押込みを受ける鋼管コンクリートの力学的特性に関する研究 その 2 推定式の提案, 日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道) 構造Ⅲ, pp.1553-1554, 2013.8.

著者 E-mail ochi@shikoku-pc.ac.jp

ものづくり PBL における個人のチームワーク測定尺度の開発 (第 1 報)

一応用課程の開発課題における個人のチームワーク能力測定尺度の作成のための調査一

生産電子情報システム技術科 下釜 洋一・電子情報技術科 鳥谷部 太
職業大 職業開発応用系 竹下 浩

Development of a measure of individual teamwork personal teamwork competency in project based learning for manufacturing

Yoichi SHIMOGAMA and Futoshi TORIYABE and Hiroshi TAKESHITA

概要 チームワークとは、メンバー間でコミュニケーションをとったり、互いに助け合ったりする活動であり、情報共有や活動の相互調整という行動的要素と、団結心や協調性など態度・感情・認知など心理的要素の両方がある。応用課程で行っている開発課題において、チーム内にいる各個人にはタスクワークだけでなくチームワークも実行するように期待され、そのような圧力がかかっているが、測定する尺度は開発されていない。本研究は、相川ほか¹⁾の個人のチームワーク能力を測定する尺度を参考にし、応用課程修了者に半構造化面接法による調査を行った。さらに指導員及び心理学者と検討し、個人が有しているチームワーク能力を把握できる心理測定尺度の測定を可能にする質問項目を作成するための基礎調査を行った。

1. はじめに

近年、企業から技術者や研究者を招致して「ものづくり」や「キャリア」について、先進的で効果的な講義を行う大学や教育機関があるなど、教育現場ではさまざまな教育方法が取り入れられている。その理由の 1 つは、企業が求める人材像に、主体性、コミュニケーション能力、実行力、チームワーク能力、協調性、課題解決能力などが必要であるという分析結果からと考えられる。また経済産業省は、産学の有識者からなる委員会を構成して、「職場や地域社会で多様な人々と仕事をしていくために必要な基礎的な力」を三つの能力からなる「社会人基礎力」として提唱している²⁾。三つの能力とは、前に踏み出す力、そして考え抜く力、最後にチームで働く力である。このような背景にあって、教育支援及び教育方法が多様化されており、特に注目されている教育方法の 1 つに PBL (Project Based Learning) 形式による教育がある。PBL とは、課題解決型学習モデルであり、複雑な問題解決を伴うものもある。その活動の中で、学生は課題デザインから、問題解決、意思

決定、調査活動まで、長期間にわたって自律的に課題をこなす機会が与えられ、最終的には成果物を求められる。つまり学生はプロジェクトチームを作り、互いに協力しながら活動をし、組織的に学習するモデルの教育方法である。PBL 形式における教育は、個人で行うのではなくチームで目標及び目的を達成するために進めていくことが大きな特徴でもある。多くの講義や演習は、学生個人中心にて行い、個人で学習をし続けるため、目標に向けて協力する力などの能力を身に付けることが難しい。しかし PBL 形式においては、まずチームを作り学生が主体的に活動することにより、習得が難しいとされるプロジェクトを遂行するのに必要なスキルを習得することができる。チームを作ってプロジェクトを達成させていくこの教育方法は、職業能力開発促進法で定められた高度職業訓練の開発課題の狙いと同じである。応用課程の開発課題とは、ある期間複数の専攻科が集まりチームを作り、ワーキンググループ学習方式にて目標及び目的を達成していくものである。そもそもチームとは、「価値ある共通した目標・目的・任務

のためにダイナミックで相互依存的、適応的な相互作用を交わす二人以上の人々からなる識別可能な集合」のことであり、チーム内の個人は、それぞれの役割を割り振られ、ほかのメンバーと相互依存や相互作用をしつつ、一定の期間の中で、共通の目的や目標の達成を目指すことになる。チーム内の個人が取り組む活動は、課題そのものが要求する活動であるタスクワークと、ほかのメンバーとの情報交換や相互援助などの対人的な活動であるチームワークの二つに大別することが出来る。もし、チーム内の各個人がタスクワークのみに取り組むならば、チームは単にタスクワークをこなす個人の集まりにすぎなくなるが、各個人がチームワークも構築したならば、チームは個人の集まり以上の力を発揮し、優れたパフォーマンスや高い成果をあげることができる。タスクワークに含まれる技術、技能は個人差が発生すると同様、チームワークを構成する能力においても個人差が発生すると考えられている。チームワークを構築する能力を、本研究では、チームワーク能力と呼ぶことにする。メンバーのチームワーク能力が高いほど、チームの生産出力、チームの存続可能性、メンバーの満足感が高まる予想される³⁾。特に応用課程の開発課題において、学生はプロジェクト遂行のためチームを組むが、技術、技能的な興味を優先し、チーム編成前にメンバーの具体的なチームワーク能力を把握することはなくチームを構成している。多くの先行研究は、会社組織、医療組織、軍隊など個人が現に所属しているチームにおけるチームワークを問題にしているが、ものづくり型 PBL 形式のワーキンググループに関するチームワーク能力を問題視しているものはない。

本研究は、応用課程の開発課題、ものづくりを行う学生個人に焦点をあてた「応用課程の開発課題における個人のチームワーク能力尺度」を作成することを目的とした予備調査を行い分析した。

2. 調査方法

本研究の尺度を開発するに当たっては、相川ら¹⁾が仮定した個人のチームワーク能力を構成する要素として、「コミュニケーション能力」「チーム

志向能力」「バックアップ能力」「モニタリング能力」「リーダーシップ能力」の 5 つの下位尺度を参考に行った。予備調査に使用した相川ら¹⁾の質問項目数の詳細を表.1 に示す。

表.1 参考にした個人のチームワーク能力の構成

チームワーク能力	下位因子	質問項目数
コミュニケーション能力	解読	7
	記号化	6
	主張	4
チーム志向能力	同調	6
	調和	4
モニタリング能力	自主	3
	状況把握	6
	調整思考	3
バックアップ能力	意見比較	3
	情緒支援	7
リーダーシップ能力	情報支援	4
	手段支援	4
	遂行指導	5
	関係構築	4
	公平対応	3
	問題対処	3

「コミュニケーション能力」とは、メンバーとの関係を形成し維持するために、自らの意思をほかのメンバーに的確に表現し、ほかのメンバーの意思を適切に解読する能力のことである。「チーム志向能力」とは、自分がチームに属することを重要と考えて個人の目標よりもチームの目標を優先させて、ほかのメンバーとの対立を避けて調和を重視する能力のことである。「バックアップ能力」とは、ほかのメンバーを励ます情緒的サポートや実際の助言や助力を提供する能力のことである。

「モニタリング能力」は、チームが置かれている状況を把握し、ほかのメンバーの様子を観察し、それに対する自分の行動を確認して、状況に応じて調整していく能力のことである。最後に「リーダーシップ能力」は、メンバー同士の相互作用を促したりチームの目標を達成したりするようほかのメンバーに働きかける能力のことである。下位因子の詳細においては表.2 に示す。

表.1 に示したこれら 5 つの下位能力を測定する尺度項目及び表.2 の下位因子を参考にし、4 名の応用課程修了者（機械系：1 名、電気・電子系：2 名、情報系：1 名）に依頼し半構造化面接を行い、応用課程の開発課題における個人のチームワーク能力測定尺度の質問項目を作成した。

今回採用した半構造化面接とは、相川ら¹⁾が作成した質問項目に従って面接を進め、被面接者の状況や反応に合わせて質問の表現や順序などを変えることのできる面接方法である。

そして作成した質問項目をさらに職業訓練指導員及び心理学者と評価を行い、質問項目を選定した。コミュニケーション能力は 19 項目、チーム志向能力は 18 項目、モニタリング能力は 27 項目、バックアップ能力は 15 項目、そしてリーダーシップ能力は 20 項目、合計 99 項目の質問項目を作成した。なお被面接者の詳細を表.3 に示す。4 名ともに、専門課程を修了し、応用課程の開発課題、54 単位（972 時間）を修了した者である。

表.2 下位因子の内容

下位因子	内容
解読	相手の気持ちを表情等から感じ取る
記号化	表情やしぐさによって表現する
主張	自分の考えを適切な方法で表現する
同調	メンバーと歩調を合わせ対立を避ける
調和	チームの和を保ち、チームの決定を尊重する
自主	自分の意見を変えずに行動する
状況把握	チームのおかれている現状を把握する
調整思考	状況に応じて調整する
意見比較	自分とメンバーの意見を比較する
情緒支援	ほかのメンバーを励ます
情報支援	助言など情報を提供する
手段支援	メンバーを手伝う、ものを貸す
遂行指導	目標遂行のためにメンバーに働きかける能力
関係構築	自分とメンバー、メンバー間の関係をつくる
公平対応	伝達や発言のメンバーによる偏りをなくす
問題対処	メンバーに役割を与え、チームの問題に対処する

表.3 半構造化被面接者の詳細

面接者	性別	修了科	修了年	出身校
K	男	機械	2015	四国
M	男	電子	2002	四国
Y	男	電子	2005	九州
T	女	情報	2014	中国

選定した 99 項目の質問をランダムに並べ替え、2015 年 9 月に四国にある応用課程及び専門課程を設置している四国職業能力開発大学の電子情報、機械、電気を専攻している学生に調査を行った。質問紙の表紙には、応用課程開発課題の意識調査のご協力をお願いという標題にて、性別と学年、専攻、そして開発課題の経験を尋ね、個人評価をすることがないことを明示し調査を行った。質問紙における各尺度の教示文に対して、「1（全くあてはまらない）」、「2（あまりあてはまらない）」、「3（どちらともいえない）」、「4（ややあてはまる）」、「5（非常にあてはまる）」の 5 件法をもって行った。

まず専門課程に所属する 126 名の学生を対象に、開発課題の意識調査を行った。応用課程に進学する学生の多くは専門課程を経験し、四国職業能力開発大学校では、毎年多くの専門課程の学生が応用課程へ進学している。被験者は開発課題の経験はないが、開発課題そのものについては、説明会やパンフレット等を通して知識を持っていると考えられる。実際に分析を行ったデータは、欠損値のあるものを除いた 114 名を対象としたものである。

3. 分析方法

各 5 つの能力の平均値と標準偏差を求め、平均値±標準偏差の値が回答範囲（1～5）を超えた場合は、天井効果あるいはフロア効果が生じたと判断してその項目を除外した。除外した理由としては、天井効果及びフロア効果が生じた場合、項目の得点分布が高い方もしくは低い方に歪んでいるため、尺度項目としてはあまり適切ではないからである。

その結果、チーム志向能力の質問項目に 1 つの天井効果が発生したためその項目を削除した。質

問項目を z 、因子負荷量を a 、共通因子 f 、独自因子を e として、モデル式化した式を(1)に示す。

$$\begin{aligned} z_1 &= a_{11}f_1 + a_{12}f_2 + a_{13}f_3 + \cdots + a_{1n}f_n + e_1 \\ z_2 &= a_{21}f_1 + a_{22}f_2 + a_{23}f_3 + \cdots + a_{2n}f_n + e_2 \\ &\vdots \\ z_{99} &= a_{991}f_1 + a_{992}f_2 + a_{993}f_3 + \cdots + a_{99n}f_n + e_n \end{aligned} \quad (1)$$

5つの能力ごとに反復主因子法による共通因子数の決定を行った。採用した因子数を用いて、プロマックス回転にて因子負荷量を算出した。

因子負荷量の算出方法は、まずは質問項目の得点 k とし、各質問項目の平均を算出する。

$$k = \begin{pmatrix} k_1 \\ k_2 \\ \vdots \\ k_{99} \end{pmatrix} \quad k - \bar{k} = \begin{pmatrix} k_1 - \bar{k}_1 \\ k_2 - \bar{k}_2 \\ \vdots \\ k_{99} - \bar{k}_{99} \end{pmatrix} \quad (2)$$

(2) 式の結果から各標準偏差 S を求め、相関行列 R に変換した。

$$S \Rightarrow \sqrt{S_{k_1k_1}}, \sqrt{S_{k_2k_2}} \cdots \sqrt{S_{k_{99}k_{99}}} \quad (3)$$

$$R_1 = \begin{pmatrix} \frac{k_1 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_1k_1}}} \\ \frac{\sqrt{S_{k_1k_1}}}{\sqrt{S_{k_1k_1}}} \\ \frac{k_2 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_1k_1}}} \\ \vdots \\ \frac{k_{99} - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_1k_1}}} \end{pmatrix}, R_2 = \begin{pmatrix} \frac{k_1 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_2k_2}}} \\ \frac{\sqrt{S_{k_2k_2}}}{\sqrt{S_{k_2k_2}}} \\ \frac{k_2 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_2k_2}}} \\ \vdots \\ \frac{k_{99} - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_2k_2}}} \end{pmatrix} \cdots R_{99} = \begin{pmatrix} \frac{k_1 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_{99}k_{99}}}} \\ \frac{\sqrt{S_{k_{99}k_{99}}}}{\sqrt{S_{k_{99}k_{99}}}} \\ \frac{k_2 - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_{99}k_{99}}}} \\ \vdots \\ \frac{k_{99} - \bar{k}}{\sqrt{S_{k_{99}k_{99}}}} \end{pmatrix} \quad (4)$$

$$R = \begin{pmatrix} R_1R_1 & R_1R_2 & \cdots & R_1R_{99} \\ R_1R_2 & R_2R_2 & \cdots & R_2R_{99} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ R_1R_{99} & R_2R_{99} & \cdots & R_{99}R_{99} \end{pmatrix} \quad (5)$$

ゆえに

$$R = \begin{pmatrix} 1 & R_1R_2 & \cdots & R_1R_{99} \\ R_1R_2 & 1 & \cdots & R_2R_{99} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ R_1R_{99} & R_2R_{99} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (6)$$

(6) 式の固有値 λ を算出するための算出方法を(7)式に示す。

$$R' = \begin{pmatrix} 1 - \lambda & R_1R_2 & \cdots & R_1R_{99} \\ R_1R_2 & 1 - \lambda & \cdots & R_2R_{99} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ R_1R_{99} & R_2R_{99} & \cdots & 1 - \lambda \end{pmatrix} = 0 \quad (7)$$

(7) 式の固有値 λ より、固有ベクトル l を算出した。その結果より因子負荷量 a を求めることが可能である。算出方法を(8)式に示す。

$$\begin{aligned} a_{11} &= \sqrt{\lambda_1}l_{11} \\ a_{12} &= \sqrt{\lambda_1}l_{12} \\ &\vdots \\ a_{21} &= \sqrt{\lambda_2}l_{21} \\ a_{22} &= \sqrt{\lambda_2}l_{22} \\ &\vdots \end{aligned} \quad (8)$$

つまりモデル式は(9)式のようになり、共通因子の負荷量を求めることが可能となる。

$$\begin{aligned} z_1 &= \sqrt{\lambda_1}l_{11}f_1 + \sqrt{\lambda_1}l_{12}f_2 + \sqrt{\lambda_1}l_{13}f_3 + \cdots + \sqrt{\lambda_1}l_{1n}f_n + e_1 \\ z_2 &= \sqrt{\lambda_2}l_{21}f_1 + \sqrt{\lambda_2}l_{22}f_2 + \sqrt{\lambda_2}l_{23}f_3 + \cdots + \sqrt{\lambda_2}l_{2n}f_n + e_2 \\ &\vdots \\ z_{99} &= \sqrt{\lambda_{99}}l_{991}f_1 + \sqrt{\lambda_{99}}l_{992}f_2 + \sqrt{\lambda_{99}}l_{993}f_3 + \cdots + a_{99n}f_n + e_n \end{aligned} \quad (9)$$

因子負荷量は、各質問項目の共通因子の影響を示しており、因子を解釈する際には、0.35 あるいは

は 0.4 程度を基準としてそれ以上を採用することが多い。本研究においては、0.35 を基準として分析を行った。

4. 分析結果

5 つの能力ごとに分析を行い、各共通因子で因子負荷量が基準値を超える質問項目を抽出した。表.4 から表.8 まで分析結果を示す。

4.1 コミュニケーション能力尺度の探索的因子分析の結果

第 1 因子は 4 項目で構成されており「相手の忙しさを、察知することができる」「相手の気持ちをうまく察知できる」など、メンバーとの関係を形成し維持するため、ほかのメンバーの意思を適切に解読する項目が高い負荷量を示していた。そこで、「解読」因子を命名した。次に第 2 因子では 6 項目で構成され、自らの意思をメンバーに伝えることメインとなる項目が高い負荷量を示した。よって「技術者の主張」因子と命名した。第 3 因子は、3 項目から構成され、「作業が上手くいかない場合、メンバーに助けを求めることができる」「技術的な悩みを、相手に伝えることができる」などの高い負荷量を示したため「作業の円滑化」因子と命名した。コミュニケーション能力尺度の探索的因子分析の結果を表 4 に示す。

表.4 コミュニケーション能力の分析結果

	質問項目	解読	技術者の主張	作業の円滑化
61	相手の感情を敏感に感じ取ることができる	0.862	0.077	-0.15
72	相手の気持ちをうまく察知できる	0.862	-0.037	0.03
28	相手の対応から機嫌を察知できる	0.727	0.126	-0.034
74	相手の忙しさを、察知することができる	0.702	-0.076	0.27
21	自分の状況を、相手に伝えることができる	-0.051	0.86	-0.081
22	自分の意見をミーティングでうまく表現できる	0.065	0.82	-0.165
14	人と話すのが得意である	0.072	0.475	0.265
31	人の話が間違っていたと思った時は、自分の意見を述べる	0.016	0.427	0.274
82	メンバーの会話や行動で、技術力や能力を見抜くことができる	0.105	0.381	0.12
52	自分の気持ちを態度でうまく表現できる	0.164	0.356	0.078
38	作業が上手くいかない場合、メンバーに助けを求めることができる	0.078	-0.149	0.63
68	技術的な悩みを、相手に伝えることができる	-0.247	0.271	0.597
46	意見を言う時は、まず友人に話して味方になる	0.154	-0.002	0.54

4.2 チーム志向能力尺度の探索的因子分析の結果

第 1 因子は、因子負荷量が基準値よりも若干低いものも存在するが、本分析においては 6 項目の構成とした。「メンバーの技術力を考慮して行動している」「チームの調和を保つことは、自分にとって重要である」などと同調と調和、作業責任が融合した項目の因子負荷量が高く示した。これらの項目は、メンバーとの関係を形成し維持するためチームを良好にする項目に高い負荷量を示している。そこで「思いやり」因子と命名した。第 2 因子は、「メンバーの意見を考慮して行動している」「同じチームの他科が頑張っていると、自分もさぼれないと思う」「チームの決定を尊重する」と 3 項目の構成となった。チームの一員として自分の場所を確保することから「適応」因子と命名した。最後に第 3 因子は、3 項目で構成されており、「メンバーが納得しなくても、自分の意見を変えない」「メンバーと意見が合わなくても、自分の作業のやり方は変更しない」などであり、「自主」因子と命名した。チーム志向能力尺度の探索的因子分析の結果を表 5 に示す。

表.5 チーム志向能力の分析結果

	質問項目	思いやり	適応	自主
43	メンバーの技術力を考慮して行動している	0.693	0.033	-0.006
33	メンバーの都合に合わせて納期を提示している	0.469	0.035	0.264
78	メンバーの性格を考慮して行動している	0.422	0.202	0.062
64	チームの調和を保つことは、自分にとって重要である	0.391	0.220	-0.069
4	チーム内の他の専攻科メンバーから期待されている	0.335	0.114	0.239
87	自分の担当作業を指示された通りこなせばよい	0.331	-0.025	-0.093
90	メンバーの意見を考慮して行動している	0.009	0.730	0.032
96	同じチームの他科が頑張っていると、自分もさぼれないと思う	0.098	0.626	-0.146
40	チームの決定を尊重する	0.199	0.399	-0.079
44	メンバーが納得しなくても、自分の意見を変えない	-0.321	0.199	0.766
63	メンバーと意見が合わなくても、自分の作業のやり方は変更しない	0.105	-0.124	0.711
79	メンバーの望むように行動する必要はないと思う	0.231	-0.213	0.503

4.3 モニタリング能力尺度の探索的因子分析の結果

第 1 因子は 5 項目で構成されており、「他のメンバーが危険な作業を行う時は、一緒に安全確認を行っている」「次に何をするか、メンバーと調整しながら作業している」など客観的に最適方法の検討する項目の負荷量が高く示した。よって、「状況把握」因子と命名した。第 2 因子は、3 項目で

構成されており「ミーティングでメンバーの意見を聞いて、自分の意見の参考にする」「ミーティングでは、メンバーの意見と自分の意見を比べながら聞く」などとほかのミーティングに関する項目の負荷量が高いことより、「意見比較」因子と命名した。第3因子は4項目で構成されており、「使用する工具や機器が、そろっているかを事前に確認している」「リーダーのアドバイスを聞いて、自分の意見を考え直す」「マシンとソフトウェアの進捗を把握している」など、ものづくりを行うにあたって準備するための負荷量が高く示した。ゆえに「作業段取り」因子と命名した。最後の第4因子は5項目で構成され、「ミーティングの内容を議事録に残している」「購入する部品や機器の価格をミーティングで報告し、コストを管理している」「各機能の進捗を、ミーティングで確認している」などものづくりにおける管理を示す負荷因子が高く示したため「マネジメント」因子と命名した。モニタリング能力尺度の探索的因子分析の結果を表6に示す。

表.6 モニタリング能力の分析結果

質問項目	状況把握	意見比較	作業段取り	マネジメント
41 他のメンバーが危険な作業を行う時は、一緒に安全確認を行っている	.777	-.069	-.083	-.002
8 次に何をするか、メンバーと調整しながら作業している	-.560	.061	.084	.004
51 チーム内の同じ専攻科のメンバーが作業の遅れて困っている時は、手伝っている	-.519	.178	-.169	.192
15 次の作業内容をメンバーと確認する	-.448	.138	.240	-.069
62 メンバーと話して自分のやり方が間違っていないか確認する	-.389	.053	.275	-.035
29 ミーティングでメンバーの意見を聞いて、自分の意見の参考にする	.026	-.873	-.111	-.069
30 ミーティングでは、メンバーの意見と自分の意見を比べながら聞く	.074	-.476	.190	.179
3 メンバーがちゃんと来ているか確認している	.280	-.433	-.031	-.075
70 使用する工具や機器が、そろっているかを事前に確認している	-.154	-.302	-.666	.053
81 リーダーのアドバイスを聞いて、自分の意見を考え直す	-.015	.149	-.490	-.260
12 マシンとソフトウェアの進捗を把握している	-.201	.051	-.439	.160
76 リーダーの説明と自分の意見を比べながら聞く	.058	-.011	-.417	.122
98 ミーティングの内容を、議事録に残している	.060	-.196	-.049	-.727
27 購入する部品や機器の価格をミーティングで報告し、コストを管理している	.092	-.023	-.059	.704
56 各機能の進捗を、ミーティングで確認している	-.032	.074	-.028	-.679
36 メンバーが欠席している時は、理由を確認する	-.072	.044	.111	-.476
39 専攻が異なる話をしっかり聞き、目標を確認する	-.082	.288	.192	-.364

4.4 バックアップ能力尺度の探索的因子分析の結果

バックアップ能力尺度の探索的因子分析の結果を表7に示す。

表.7 バックアップ能力の分析結果

質問項目	情緒支援	技術者情報支援	手段支援
32 仕事が遅れているメンバーがいたら手伝う	0.702	0.127	-0.130
83 困っているメンバーがいたら、助ける	0.701	0.216	-0.081
49 メンバーに嬉しいことがあった時は、自分のことのように嬉しい	0.680	-0.008	-0.134
10 メンバーが落ち込んでいるとき、励ます	0.644	-0.196	0.281
5 作業がうまくやれたメンバーがいたら、ほめる	0.602	-0.118	0.087
20 仕事がうまくいかないメンバーがいたら一緒に考えている	0.553	-0.067	0.201
57 技術的にわからないメンバーには、自分のわかる専門情報を提供している	0.016	0.868	0.013
26 プレゼン資料を作る時、専門分野のデータを提供している	-0.093	0.625	0.188
77 問題解決の技術や技能、ノウハウをメンバーに提供している	-0.029	0.545	-0.208
13 メンバーが不満を口にしても、話を聴く	-0.084	-0.143	0.853
88 メンバーが工具などを忘れた時、自分のものを貸してあげる	0.078	0.111	0.449
6 メンバーの都合がつかないときは、自分が代わる	0.180	0.349	0.374

第1因子は6項目で構成され、「仕事が遅れているメンバーがいたら手伝う」「困っているメンバーがいたら、助ける」などほかのメンバーを励ます項目の負荷因子量が高いため、「情緒支援」因子と命名した。第2因子は3項目で構成され、「技術的にわからないメンバーには、自分のわかる専門情報を提供している」「プレゼン資料を作る時、専門分野のデータを提供している」など技術情報に係わる支援の負荷因子が高く示した。よって、「技術情報支援」因子と命名した。第3因子は「メンバーが不満を口にしても、話を聴く」「メンバーが工具などを忘れた時、自分のものを貸してあげる」など、メンバーを手伝う、ものを貸す支援の負荷量が高い。ゆえに「手段支援」因子と命名した。

4.5 リーダーシップ能力尺度の探索的因子分析の結果

第1因子は4項目で構成されており、「制作物にトラブルが発生した時は、メンバーと話し合い必要な作業を行っている」「メンバーのアイデアをミーティングで取り上げ議論する」などの因子負荷量が高く示した。ゆえに技術者として相談しやすい雰囲気づくりという観点から「技術者の公平対応」と命名した。第2因子は3項目で構成されており、「チームの失敗に対する最良の解決方法を考えることができる」「チーム内の重要事項をメンバー全員に伝える」などの因子負荷量が高い。よって「技術者の倫理」因子と命名した。第3因子は4項目で構成され、「チームの問題に対して、対処できる」「メンバーから実験環境や設定を聞かれても答えることができる」などの因子負荷量が高い。よって「キャプテンシー」因子と命名した。

最後の第4因子は、3項目で構成され「メンバー全体がなじめるような雰囲気を作っている」「チームのムードづくりができる」などの因子負荷量が高い。ゆえに「関係構築」因子と命名した。リーダーシップ能力尺度の探索的因子分析の結果を表8に示す。

表.8 リーダーシップ能力の分析結果

質問項目	技術者の公平対応	技術者の倫理	キャプテンシー	関係構築
19 制作物トラブルが発生した時は、メンバーと話し合い必要な作業を行っている	.648	-.065	-.001	.160
42 メンバーのアイデアをミーティングで取り上げ議論する	.646	.081	-.182	.013
86 メンバー各々を公平に扱う	.571	-.145	.062	.166
92 特定のメンバーを頼りにしている	.432	-.077	.009	-.014
35 チームの失敗に対する最良の解決方法を考えることができる	-.262	.688	.041	.128
99 チーム内の重要事項をメンバー全員に伝える	.345	.641	-.058	-.143
84 プレゼン資料など、各専門分野に担当を割り振っている	.037	.449	.128	-.038
7 技術的なトラブルが起きたときに頼られている	-.203	.003	.779	.013
69 チームの問題に対して、対応できる	.165	.149	-.566	-.139
67 メンバーから実験環境や設定を預かっても返入ることができる	.165	.265	-.396	-.042
2 メンバーの能力に合わせて、作業を分担している	-.010	-.021	.377	.156
34 メンバー全体がなじめるような雰囲気を作っている	-.058	.248	-.123	.544
53 チームのムードづくりができる	.089	.138	.089	.540
95 メンバーの個人的な問題に気を配っている	.131	-.207	.023	.512

5. 考察

本研究にて作成した因子構造と相川ほか¹⁾が作成した因子構造を比較検討した。本研究では、コミュニケーション能力尺度の下位因子が「解説」「技術者の表現」「作業の円滑」の3因子が見出された。ほかチーム志向能力尺度の下位因子「思いやり」「適応」「自主」、モニタリング能力尺度の下位因子「状況把握」「意見比較」「作業段取り」「マネージメント」リーダーシップ能力の下位尺度「技術者の公平対応」「技術者の倫理」「キャプテンシー」「関係構築」においては、相川ほか¹⁾が作成した個人のチームワーク能力の下位因子とは異なる構造となった。一方、バックアップ能力尺度の下位因子「情緒」「技術情報」「手段」においては、相川ほか¹⁾が作成した個人のチームワーク能力の下位因子の構造は同じであった。コミュニケーション能力尺度、チーム志向能力尺度、モニタリング能力尺度、リーダーシップ能力の下位尺度の4つの下位因子構造が異なる原因は、質問紙を回答した被験者が異なることであると深く考えられる。つまり、相川ら¹⁾が作成した個人のチームワーク能力を測定する質問項目は、ものづくり型PBLを行っている学生に適応できない可能性があるかと判明した。

プロジェクトを遂行するために必要なスキルを学ぶことができるということで、全国の能開大を初め、PBL型の教育が各地で数多く行われているが、実際に学生にどのような能力が身についたかを客観的に測ることは困難である⁷⁾。教職員側としても、ソフトウェア開発技術者や機械技術者、電子回路及び電気技術者として、技術的な能力以外どのような能力にてプロジェクトを遂行したかと客観的に把握するのは難しい。そのためプロジェクトを遂行するための能力及びスキルが身についたかを客観的に評価するのは非常に困難である。本研究の結果を利用し、プロジェクトを遂行するのに必要なスキルのひとつである個人のチームワーク能力を測定することが可能ではないかと考えられる。

今後の課題としては、さらに多くの被験者に協力を願い、調査、実験そして分析を行うことにより、まずは信頼性と妥当性を検討する必要があると考えられる。

文献

- 1) 相川充, 高本真寛, 杉森伸吉, 古屋真 個人のチームワークの能力を測定する尺度の開発と妥当性の検討, pp139-150, 社会心理学会, 2012
- 2) 経済産業省, <http://www.meti.go.jp/policy/kisoryoku/>
- 3) Hackman, J.R.(1987).The design of work teams. In J.W.Lorsch(Ed.), Handbook of organizational behavior. Englewood Cliffs, NJ:Prentice-Hall.pp.315-342.
- 4) 三沢良, 佐相邦英, 山口裕幸 看護師チームのチームワーク測定尺度の作成, pp.219-232, 社会心理研究, 2009
- 5) 福安直樹, 井垣宏, 佐伯幸朗, 水谷泰治, 松本真佑, 楠本真二, チーム内の役割分担を考慮したソフトウェア開発PBLの評価基準と状況把握支援, 電子情報通信学会論文誌, D, vol.J98-D, No.1, pp.117- 129, 2015
- 6) 長井 祐樹, 理工系大学院人材に期待されている人物像, 電子情報通信学会誌, pp893-897,2014
- 7) 松浦佐江子, ソフトウェア開発技能育成に向けた学習支援環境, 電子情報通信学会, D, Vol.J98-D, No.1, pp.167-171,2015

著者 E-mail shimogama@shikoku-pc.ac.jp

若年者ものづくり競技大会に対する取組みと 教育訓練方法の調査・分析、教育的効果について －「IT ネットワークシステム管理」職種－

電子情報技術科 佐竹一孝

The educational effect, research and analysis of efforts and educationl training method for the Youth
Monozukuri Skills Competition、
－IT Network Sytem Administration－
Kazutaka SATAKE

概要 毎年、全国大会として実施されている「若年者ものづくり競技大会」に参加する施設は、入賞、もしくは教育訓練の成果を発揮することを目標にそれぞれ独自の方法で取組みや教育訓練を実施している。その方法には、効果があるものそうでないものがあると考えられる。そこで、参加施設（大学、専修学校、職業能力開発施設等）に対して、教育訓練方法に関する調査を行い、教育方法の違いとその効果について定量的に分析することで、より効果的な方法について考察した。また、習得スキルとしてテクニカルスキル以外のヒューマンスキル、コンセプチュアルスキルについての調査結果について報告する。

1. まえがき

中央職業能力開発協会が主催する「若年者ものづくり競技大会」（以下、競技大会）は、若年者のものづくり技能に対する意識を高め、若年者を一人前の技能労働者に育成していくための競技大会である。競技大会では、技能、技術だけでなく、競技課題の中にある問題とそれに対する手法を如何に早く発見して、迅速に対応し競技時間内で解決できるかも重要な要素となる。競技大会に参加するための教育訓練は、各施設で独自の取組みがあり、効果的な教育訓練とそうでない方法があると考えられる。

そこで、本研究では、競技大会における「IT ネットワークシステム管理」職種に参加した施設に対して、本職種に対する取組みと教育訓練方法をヒアリング、アンケート形式で調査し、教育訓練方法の違いとその効果について定量的に分析することで、より効果的な教育訓練方法について考察することとした。また、競技大会の参加者は技能習得だけでなく、課題への取組み方、問題発見、解決方法などのコンセプチュアルスキルに関する能力も高まるものと考えられる。調査、分析を通して、訓練教育方法とその効果だけでなく参加者が身に付けた能力についても考察する。

2. 「IT ネットワークシステム管理」職種

2.1 競技概要

企業内の殆どのコンピュータは、インターネットに接続され、企業のサーバシステムには高い信頼性が求められる。信頼性の高いネットワークとサーバシステムを設計・構築・運用管理するのが「IT ネットワークシステム管理」の技術者である。この職種には、信頼性の高いシステムを構築するための技術と知識だけでなく、システムにトラブルが発生した際は、その現象と状況を的確に判断して対処することも求められ判断力と想像力が重要となる。競技大会では、「信頼性のある ICT・サーバシステムの構築技術」及び「インターネットへの接続も含めた社内ネットワーク構築技術」を競われる。

2.3 求められる技能、技術

競技大会で構築するネットワーク構成例を図 1 に示す。競技大会では以下の技能、技術が求められる。

- ① 各機器の物理的な配線と LAN ケーブル作成
- ② TCP/IP プロトコルの理解とクライアント設定
- ③ ルーティングテーブルとルーティング技術
- ④ Cisco 社製ルータの設定（2 台）
- ⑤ Debian GNU/Linux 基本操作とネットワーク設定

- ⑥ Linux におけるインターネットサーバ構築技術
(DNS、Mail、WWW、DHCP、FTP、Proxy、仮想環境等)
- ⑦ アクセスコントロールとフィルタリング
- ⑧ セキュリティ技術
- ⑨ ネットワークコマンド
- ⑩ ネットワーク障害対応

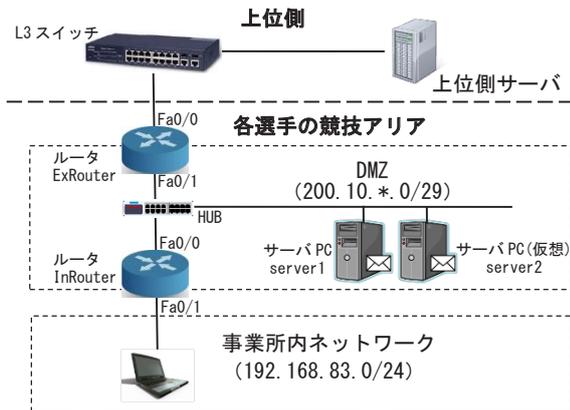


図1 ネットワーク構成例

3. 四国職業能力開発大学の取組み

四国職業能力開発大学校（以下、四国能開大）では、専門課程における技能習得に高い目標意識を持たせることを目的に 2013 年度から競技大会に参加し、2014 年度は 2013 年度に比べ高い得点を得ることができた。競技結果は競技大会終了後、競技運営の委員から参加者の順位と 100 点満点に換算した得点が各施設の指導者にフィードバックされている。また、各採点項目に関する得点率もフィードバックされる。表 1 に 2013 年度、2014 年度の競技結果、得点率を示す。2013 年度は全体平均の得点率に比べ低い得点率となっているが、2014 年は全て全体平均より高い得点率となっている。2013 年度、2014 年度における教育訓練方法の違いを表 2 に示す。

以下に示す訓練方法の違いが効果的であったと考えた。

- 1) 前年度より早い時期に訓練を開始
- 2) 教材、テキストでマニュアル化して訓練
- 3) 複数の総合練習課題を作成して模擬競技を実施
- 4) チェック表を作成して苦手分野の把握
- 5) Cisco ルータの訓練比率の増加

表 1 競技結果の比較

項目	2013 年度得点率[%]		2014 年度得点率[%]	
	四国	全体	四国	全体
基本接続、設定	56.3	60.1	81.7	79.0
サーバ構築	33.3	46.5	51.9	47.3
ルータ設定	37.5	51.4	70.3	58.8
競技結果	39.1		58.1	

表 2 2013 年度、2014 年度の教育訓練方法の違い

	2013 年度	2014 年度
使用機器	Cisco ルータを他施設から借用	競技大会と同等レベルの機器を整備
訓練時間 1 週当たりの平均訓練時間	8 時間/週×6 週 25 時間/週×2 週	8 時間/週×6 週 20 時間/週×4 週
教材、テキスト	ホワイトボードに板書	ルータ、Debian の教材テキスト作成
練習課題	簡易練習問題	競技大会に準じた総合練習課題
チェック表	なし	採点項目に準じたチェック表の作成
訓練比率 ルータ訓練：サーバ訓練	3 : 7	4 : 6

4. 2014 年の参加施設への調査と分析

4.1 ヒアリング、アンケート調査

2014 年度の参加施設であり、過去の参加実績、または入賞実績のある 10 施設（千葉工業大学、北海道職業能力開発大学校、関東職業能力開発大学校、東海職業能力開発大学校、青森職業能力開発短期大学校、高知職業能力開発短期大学校、日本電子専門学校、ECC コンピュータ専門学校、情報科学専門学校、沼津技術専門学校）の指導者に対して取り組み方法、教育訓練方法に関する以下の項目と競技大会の結果である得点についてヒアリング、アンケート調査を実施した。

また、競技大会の結果（得点）を教育訓練の成果と考え目的変数とし、各調査項目を説明変数として回帰分析を行った。

(1) 訓練時間

（訓練開始から大会 1 ヶ月前の 6 月までの訓練時間と競技大会直前 1 ヶ月間の訓練時間）

(2) 目標設定（入賞目標等）

(3) 総合練習課題のパターン数と反復練習、総合練習回数

(4) チェック表の作成

(5) Cisco ルータ設定、Debian によるサーバ構築の訓練比

(6) 課題、問題点の解決方法

(7) 指導員の係わり時間

(8) 教材、テキストの作成、市販テキストの準備状況

4.2 分析結果

競技結果（得点）と各調査項目の分析結果における相関係数 R を表 3 に示す。数値で表現できない調査項目に関してはダミー変数を用いて分析し、相関係数 R が 0.4 以上で「相関がある」と判断する。

訓練時間においては、訓練を早い時期に開始し、訓練時間が多い方が得点が高くなると想定した。しかし、分析の結果としては、訓練開始から競技大会 1ヶ月前までの総訓練時間では R が 0.200 と相関がなく、競技大会直前 1ヶ月前の訓練時間と得点との間に R が 0.715 と強い相関があることが分かった。競技大会直前 1ヶ月前の訓練時間と得点の関係を図 2 に示す。長期間訓練するよりも、競技大会 1ヶ月前までは、概ね 30 時間程度の訓練を実施し、競技大会前 1ヶ月前に集中した訓練が効果的であると言える。また、競技大会 1ヶ月前の訓練時間により、競技結果（得点）を予測する回帰式として (1) 式が得られる。ここで、目的変数 y は競技結果（得点）、説明変数 X_1 は競技大会直前 1ヶ月前の総訓練時間[hour]を表す。

$$y = 0.4453x_1 + 32.887 \quad (1)式$$

表 3 競技結果との相関係数

調査項目	相関係数 R
目標設定（結果を目標にしない、3位以内目標、優勝目標）	0.720
直前1ヶ月前の総訓練時間	0.715
課題解決（過去参加者が指導、指導者が指導、自分で調査）	0.665
総合練習課題の練習回数	0.618
総合練習課題のパターン数	0.600
同一問題繰り返し回数（反復回数）	0.515
Cisco ルータとサーバ構築の訓練比（ルータ訓練：サーバ訓練）	0.447
チェック表作成の有無（有1、無0）	0.385
指導者係わり時間（総訓練時間に対する指導者の係わり度）	0.258
訓練開始～6月までの総訓練時間	0.200
市販テキスト準備状況（有1、無0）	0.200
教材、テキスト作成状況（有1、無0）	0.020

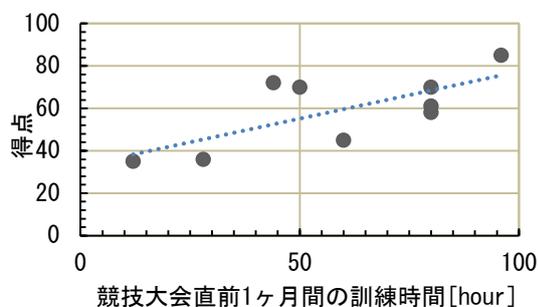


図 2 競技大会直前 1ヶ月前の訓練時間と得点の関係

総合練習課題においては、パターン数と競技結果で、R が 0.600 と相関があった。1 パターンのみ準備し、1 パターンのみの反復訓練では効果がないのではないかと考えたが、一定の効果があることが分かった。数パターンでの総合練習がより効果があり、単一パターンしかない場合は、反復回数を多くすることで一定の効果が期待できる。

目標設定においては、R が 0.720 と強い相関があり、訓練中のモチベーションを向上させるために目標を明確にし、目標意識を高く持つことが結果に影響するという結果になった。また、課題解決の手法においても R が 0.665 と相関があった。課題、問題の解決は「指導者が指導する」方が効率的で効果があると想定したが、「自分で調査し解決させる」ことが効果的であることが分かった。

訓練比率においては、競技課題の内容からサーバ構築に関する内容が多いためサーバの訓練比率を多くする方が効果的であると想定したが、Cisco ルータの訓練比率を高くした方が効果的であるという結果になった。チェック表の有無、テキストの有無、指導者の係わり時間に関しては弱い相関となり効果が期待できないという結果になった。

表 3 に示す調査項目において、相関係数 R が 0.4 以上の項目を説明変数とし、競技結果（得点）を目的変数として重回帰分析を行った。結果、表 4 の精度で (2) 式の重回帰式が得られた。ここで、目的変数 y は競技結果（得点）、説明変数 x_1 は競技大会直前 1ヶ月前の総訓練時間[hour]、 x_2 は総合練習課題のパターン数（最大 4 パターン）、 x_3 は課題解決方法（過去の参加者が指導したとき[0]、教員が指導したとき[1]、自分で調査、解決させたとき[2]とするダミー変数とする）、 x_4 は Cisco ルータの訓練比（3～6）を表す。

$$y = 0.187x_1 + 5.092x_2 + 11.782x_3 + 6.801x_4 - 5.594 \quad (2) 式$$

表 4 重回帰式の精度

相関係数 R	0.990
自由度調整済み決定係数	0.960
標準誤差	3.475

4.3 2013 年度の取組み結果

(2) 式は、2014 年度の各施設の教育訓練の状況から得られた重回帰式であるが、表 2 の 2013 年度の四

国能開大の取組みを代入し、競技結果を算出すると以下のようなになる。

2013年度の取組みは、1ヶ月の総訓練時間66時間、総合練習課題は初参加であったため作成できず、課題解決方法は指導者が指導し、ルータ訓練：サーバ訓練は3：7程度の比率であった。競技結果（得点）の予測は38.9点と算出され、実際の得点39.1点に極めて近い結果を得ることができた。(5-2)式は、教育訓練の状況から競技結果の一定の予測が可能な重回帰式であると言える。

4.4 2015年度の取組みと予測

2015年度の競技大会前に、競技結果を予測した。2015年度は、3位以内を目標とし競技結果としては、70点程度を目標として訓練を実施した。2015年度の取組みの結果としては、1ヶ月の総訓練時間75時間、予想問題のパターン数は3パターン、課題解決方法は参加者自身で調査、解決させ、ルータ訓練：サーバ訓練は4：6程度の比率であった。上記パラメータを(2)式に代入して得られる競技結果の予測は、74.475点となった。また、(1)式で得られる競技結果の予測は、66.28点となった。これらの結果から、2015年度の取組みにおいては、競技大会前に、競技結果を66点～74点程度と予測した。

2015年7月に開催された競技大会における実際の競技結果は68.71点となり、予測した競技結果に概ね近い結果を得ることができた。(1)式、(2)式は、2015年度の取組みにおいても概ね妥当な回帰式と言える。(2)式の重回帰式による予測は、74.475点であったが、実際は、5.765点下回った。これは、2014年度の全体の平均点が48.5点で、2015年度は44.0点と平均点も4.5点下がっていることから、予測した点数より低くなったものと考えられる。

順位としては、金賞／厚生労働大臣賞を受賞することができ、目標以上の成績を得ることができた。

5. ヒューマンスキル、コンセプチュアルスキル

職業能力開発総合大学校能力開発研究センターの調査研究資料 No.120²⁾で報告されている能力別質問シートを使用してアンケート調査を実施した。競技

大会参加前後でのレベルの変化を表6に示す。特に「課題発見・分析能力」の向上が大きく、中でも「課題発見力」の向上が大きい。また、「調査・分析力」の向上も評価されている。競技大会は個人競技のため、「リーダーシップ力」や「組織力」の能力に関する評価は低くなっている。

表6 ヒューマンスキル、コンセプチュアルスキルの変化

能力	評価する能力要素	能力要素別変化	能力別変化
課題発見・分析能力	課題発見力	1.400	1.083
	調査・分析力	1.150	
	課題解決提案力	0.700	
計画推進力	マネジメント力	0.856	0.715
	実践力	0.900	
	リーダーシップ力	0.389	
組織力	チームワーク力	0.389	0.415
	コミュニケーション・調整力	0.559	
	プレゼンテーション力	0.296	

6. あとがき

競技大会に対する取組みについて定量的に分析し、効果的な方法とそうでない方法について分析した。効果があるのではないかと想定した取組みにおいて、実際は効果が期待できないなど、事前に想定していなかった結果も得られた。

競技大会に参加することで、テクニカルスキルだけでなく、「課題発見・分析能力」、「調査・分析力」の向上が期待できることが分かった。

また、2014年度の各施設の教育訓練方法と競技結果において重回帰分析を行った結果、教育訓練方法により一定の競技結果を予測できる重回帰式を導くことができた。今回の分析は、2014年に競技大会に参加し、調査に協力頂けた施設のデータであり、データ数として多い訳ではないが、2013年度、2015年度の取組みにおいても一定の妥当性が確認できた。

今後、調査数を増やして、より精度の高い分析を行う必要がある。

文献

- 1) 若年者ものづくり競技大会：中央職業能力開発協会
<http://www.javada.or.jp/jyakunen20/index.html>
- 2) 職業能力開発総合大学校能力開発研究センター、「応用課程モデル教材の開発と訓練効果の研究—標準課題実習におけるヒューマンスキ・コンセプチュアルスキル等の調査・分析—」，調査研究資料 No. 120，2007
 著者 E-mail satake@shikoku-pc.ac.jp

系統模擬が可能な交流安定化電源装置を用いた電気機器実験教材開発

電気エネルギー制御科 瀧本雄一

Development of the electric apparatuses experimental teaching materials for using the AC power supply system

Yuichi TAKIMOTO

概要 「環境・新エネルギー分野」に関する知識を学ぶ学生のための新しい実験装置の導入事例が報告されており、その装置類の中の一つに、太陽光・風力発電システムのパワーコンディショナを評価するための、逆潮流を許容できる系統模擬交流電源装置がある。本装置は、同評価装置用途のみならず、他の電気機器実験にも使用できる。本稿の内容は、この商用電源の模擬が可能な交流電源装置を用いて、従来からある単相変圧器の基本特性実験と三相誘導電動機の基本特性実験を行うことが可能かどうかの検証を行った結果と、それを元にした実験教材の提案である。

1. はじめに

一般家庭に太陽電池や燃料電池が導入される時代が到来し、「環境・新エネルギー分野」に関する知識を学ぶ学生のための実験装置の導入事例が報告されている。例えば、太陽光・風力発電システムのパワーコンディショナを評価する実験装置があり、そのシステムには発電電力の吸収（逆潮流）を許容できる系統模擬交流電源装置が使われている。その理由としては、実験に直接商用電源を利用すると発電電力が逆流するため、所内系統に不具合を起こしかねないからである。この評価装置以外にも、近年の電動機実験では電力回生実験を含むものが多く、装置に商用電源を利用できないものが増えている。

電気を学ぶ学生にとって交流理論は基本であり、その応用である変圧器や誘導電動機等の電気機器実験は、理論を実証する重要な実験である。これらの実験に、逆潮流を許容できる系統模擬可能な交流電源装置が利用可能ならば、従来からの商用電源を利用した実験に加え、回生電力実験や周波数特性実験を追加することができる。

本稿では、代表的な電気機器実験である単相変圧器の特性試験（無負荷試験、短絡試験）と三相誘導電動機の特性試験（実負荷試験）に用いる電

源を、商用電源の模擬が可能な電源装置に置き換えた実験を行い、その結果を考察する。

2. 交流安定化電源装置の基本特性



図1 交流安定化電源装置 外観（取扱説明書より）

表1 交流安定化電源装置 PCR1000LE 基本仕様

電圧設定精度	± (0.3% of set + 0.6V)
最大電流	10A (100VAC 入力)
	5A (200VAC 入力)
電力容量	1kVA
最大ピーク電流	最大電流（実効値）の4倍
最大逆潮流	最大電流（実効値）の30%
負荷力率	0～1（進相または遅相）
周波数	1～999.9Hz

使用する交流安定化電源装置は、菊水電子工業製 PCR1000LE で、その外観写真を図 1 に、基本仕様は表 1 に示す。また、出力特性については、カタログ値より、出力電圧率 100% で負荷力率 0.8 以内なら、出力電流率 100% を保証しており、出力電圧率 150% ならば出力電流率 60% を確保することができる。

特徴的な機能として、電流を供給するだけではなく、実験対象が発電する電流の吸い込み（逆潮流）機能があるため、発電や回生能力がある機器に使用することが可能である。また、複数台を連携させ単相 3 線出力や三相出力とすることも可能である。

3. 安定化電源装置を利用した単相変圧器の特性実験

実負荷をかけないで、単相変圧器の諸特性、電圧変動率および効率を計算で求めるための実験として、単相変圧器の無負荷試験と短絡試験がある。この代表的な電気機器実験である 2 つの実験を、交流安定化電源装置を用いた場合と、商用電源を用いた場合とで比較し、交流安定化電源装置の優位性を確認してみる。

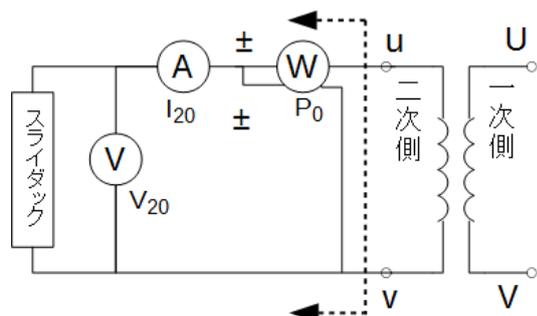


図 2 単相変圧器無負荷試験実験回路

実験対象は、200V-100V 容量 200VA の変圧器とする。商用電源を用いた無負荷試験では、図 2 のように接続し、二次側(100V)の供給電圧 V_{20} を、スライダックにて 0 から定格値のまで順次大きくしていく。このとき流入する電流 I_{20} がほぼ全て励磁電流となり、入力電力 P_0 は無負荷損で、ほぼ鉄損 P_i に等しい。

交流安定化電源装置を使用する場合、点線より

左の計器および装置類は本体に内蔵しており、同様に供給電圧 V_{20} を 0 から定格値まで順次大きくして、各 V_{20} に対する電流 I_{20} 、電力 P_0 を測定する。

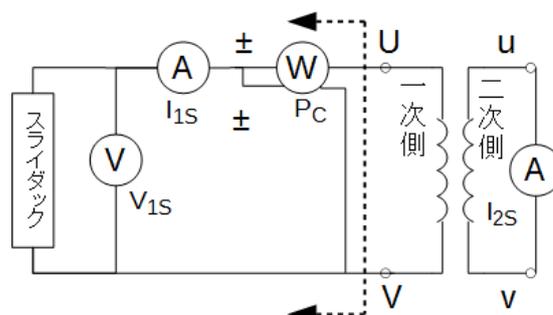


図 3 単相変圧器短絡試験実験回路

商用電源を用いた短絡試験では、図 3 のように接続する。二次側(100V)を電流計 A で短絡し、一次側(200V)の一次供給電圧を調整して二次定格電流 I_{2n} に等しい短絡電流 I_{2s} が流れるようにすれば、一次側も定格電流 I_{1n} に等しい電流 I_{1s} が流れる。このときの一次電圧 V_{1s} がインピーダンス電圧であり、入力 P_c は全負荷銅損に等しい。

交流安定化電源装置を使用する場合、無負荷試験と同様に、点線より左の計器および装置類は本体に内蔵されており、インピーダンス電圧 V_{1s} を調整し、短絡電流 I_{2s} を 0 から定格値まで順次大きくして、各 I_{2s} に対する全負荷銅損 P_c を測定する。

このときの一次電圧（インピーダンス電圧）波形をオシロスコープで確認してみる。

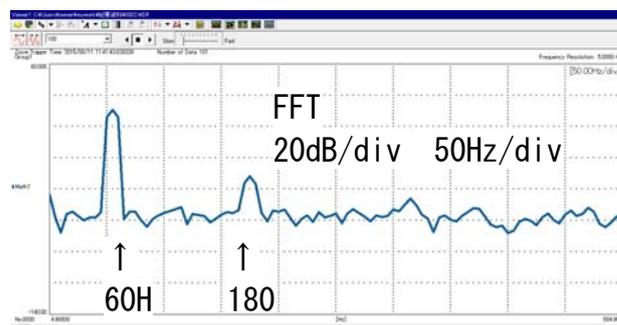


図 4 単相変圧器一次電圧 周波数成分
(交流安定化電源利用時)

図 4、図 5 は、インピーダンス電圧である一次電圧を FFT(高速フーリエ変換)により解析した周

波数波形で、図4は交流安定化電源装置の波形、図5は実習室の商用電源波形である。

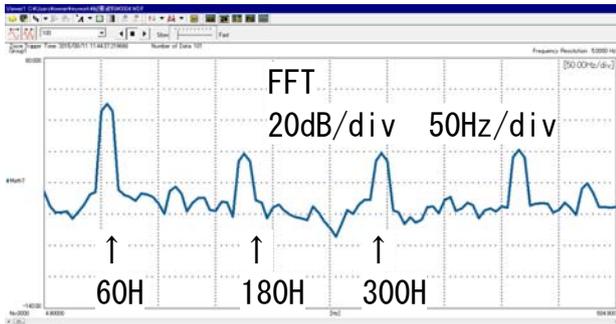


図5 単相変圧器一次電圧 周波数成分 (商用電源)

比較すると、商用電源は、施設内のエアコン等のインバータが原因と思われる5次以降の奇数次の高調波が多重しており、交流安定化電源装置にはそれが存在しておらず、負荷特性において商用電源よりも優れているのが確認できる。

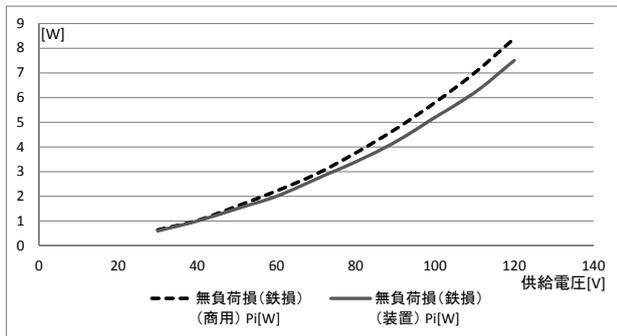


図6 無負荷特性曲線 無負荷損 (鉄損)

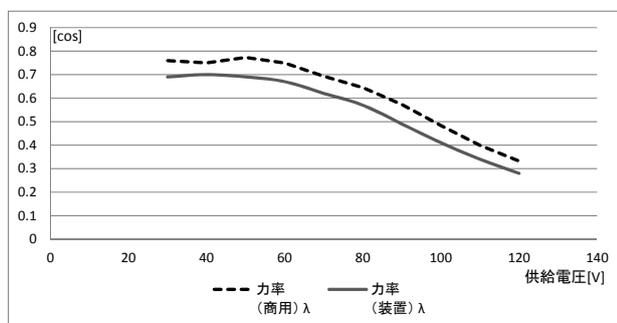


図7 無負荷特性曲線 力率

図6、図7は、図2の単相変圧器無負荷試験結

果をまとめたものである。図6の結果より、無負荷試験で算出される鉄損は、安定化電源装置では商用電源より平均で10%程度少なく、力率も0.05少ない結果になった。つまり、安定化電源装置での実験結果は理論値に近く、商用電源では第5高調波の影響があることが分かった。

また、短絡試験で算出された銅損には変化は見られなかった。よって、第5高調波は鉄損のみを増加させることが分かる。

以上の結果より、交流安定化電源装置を単相変圧器の無負荷試験、短絡試験に用いた場合、商用電源を用いる場合と比較して、理論値に近い結果が得られた。また、実験結果に商用電源との比較を追加することで、高調波の影響も定量化することが可能である。

4. 安定化電源装置を利用した三相誘導電動機の実験

使用する交流安定化電源装置は、複数台連携して三相出力が可能であり、回生電力を吸収する機能を有しているため、発電する能力もある三相誘導電動機の基本特性実験に使用できるのではないかと考えた。そこで、三相誘導電動機の実負荷試験を行い、その速度特性を調べることにより、交流安定化電源装置が三相誘導電動機の基本特性実験に使用することができるか検証してみる。

図8は従来の三相スライダックを使った実験回路図で、本回路を使用し、三菱 SF-JR 200V、4極、0.75kWの三相誘導電動機の実験を行った。この回路を交流安定化電源装置で実現するには、2台を専用回路でV結線接続する必要がある。

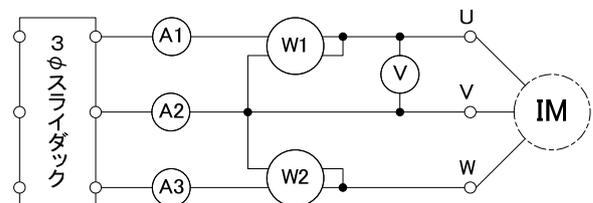


図8 三相誘導電動機の実験回路

図9は2台の交流安定化電源装置をV結線した実験回路図である。図中の計測器は実際には交流

安定化電源装置内に含まれている。この際の結線方法は、図10 負荷接続図を参考に単相3線式結線を行う。このままでは単相200V電源となるので、2台を同期させ、N側を基準にUV間位相差を 60° に設定し、L1を電動機側のU、NをV、L2をWとすることで、各相 120° 位相差の三相交流が得られる。

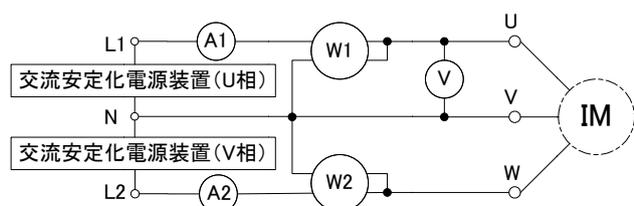


図9 図8を交流安定化電源装置2台で実現した回路

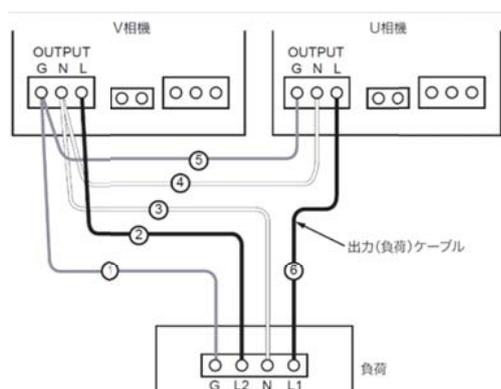


図10 負荷接続図（取扱説明書より）

懸念される点は、装置出力電圧率の上限が150%であり、相電圧が150Vまでしか上がらず、200V電動機の定格電圧まで試験電圧を加えることができないことである。

実負荷試験は、実験対象の三相誘導電動機の軸に、三菱ZA-1.2Y形パウダーブレーキを直結して負荷の代用とし、ブレーキ電流を変化させることにより負荷トルクを変化させ、実負荷特性を計測した。その結果を図11に示す。

入力電圧は、最大で定格の75%しか印加することができなかつたが、パウダーブレーキ電流を調節し、定格トルク3[Nm]、定格電流3.4[A]以上の負荷をかけることができ、所要のデータを得ることができた。

また、もし拘束試験を行う場合でも、0Vから定

格電圧の約25%程度のインピーダンス電圧までを供給電圧とすればよいので、交流安定化電源装置にて実験を行うことが可能である。

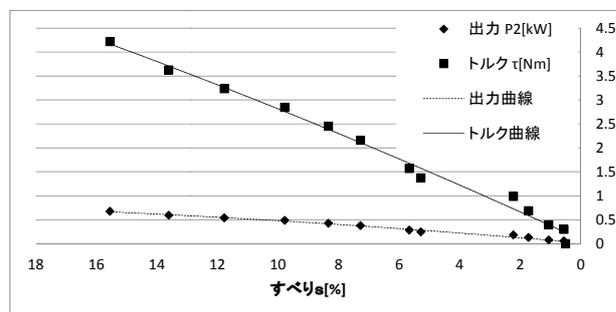


図11 三相誘導電動機 速度特性曲線

5. まとめ

系統模擬が可能な交流安定化電源装置を、商用電源に置き換えて、単相変圧器の基本特性実験と三相誘導電動機の基本特性実験を行うことが可能であることが検証できた。

また、交流安定化電源装置を使用する場合、商用電源では不可能な周波数を変更しての実験や、任意形状の交流波形の実験等、実験項目を増やすことができる。

交流安定化電源装置 PCR1000LE を1台もしくは連携した2台を使い、定格容量内の電気機器実験に使用した場合において、以下の3点にまとめることができる。

- ① 200V-100V、200VAの単相変圧器の無負荷試験および短絡試験に使用することができる。
- ② 同実験を10%程度の第5高調波が多重した商用電源を用いた実験結果と比較すると、鉄損が10%程度少なく、力率も0.05少ない結果が得られた。
- ③ 装置2台を単相3線式結線とし三相電源として利用するには、2台を同期させてUV間位相を 60° に設定することによりV結線三相電源とすることができる。その電源を、200V、4極、0.75kWの三相誘導電動機の実負荷試験に使用することができる。

文献

- 1) 池本徹三, 電気・電子工学実験 (2) (新編電気工学講座 (31)), pp. 72-81, コロナ社, 2000

< 附 録 >

当校の教育訓練体系について

(総合製作実習・標準課題・開発課題の説明)

この紀要には「総合製作実習」「標準課題」「開発課題」という言葉が出てきます。これを説明するためには、本校の教育訓練体系を説明する必要があります。以下、簡単に本校の教育体系を述べ、その中で上記課題がどのような内容と意味を持つのか説明します。

職業能力開発大学校とは、厚生労働省管轄の独立行政法人高齢・障害・求職者雇用支援機構が設置し運営する教育訓練機関です。全国に、北海道・東北・関東・東海・北陸・近畿・中国・四国・九州・沖縄の計10校があります。本校もそのひとつです。な

当校の教育体系を、図1を見ながら説明します。ここでは標準的な場合を説明します。当校には高校を卒業した学生が、入校試験を経て入校します。4年間の教育訓練課程を持っており最初の2年を「専門課程」、次の2年を「応用課程」と呼びます。専門課程を修了すると、応用課程に進学することもできますし、就職することもできます。多くの学生は応用課程に進学します。応用課程を修了すると、就職、進学します。

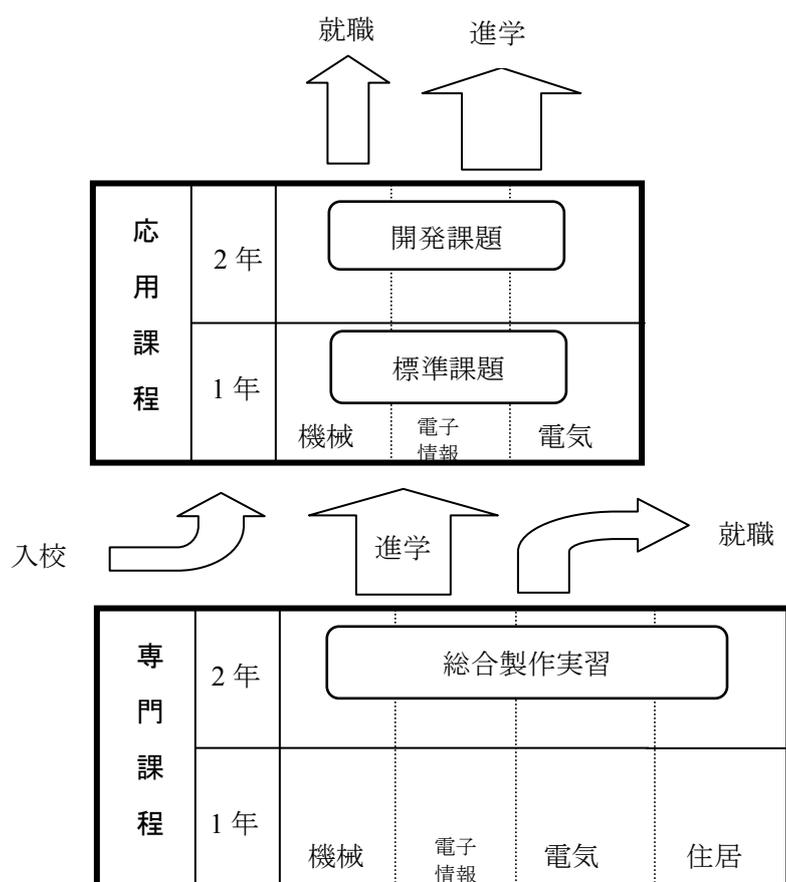


図1 本校の教育訓練体系と実習課題

四国校の専門課程には、機械・電子情報・電気エネルギー・住居（これらは正式名称ではありません）

ません)の4学科が、高知校には機械・電子情報の2科があります。応用課程には機械・電子情報があり、そして28年度に電気が設置されます。四国校に住居に対する応用課程はありません。しかし近畿能開大はじめとする他大学校には居住系の応用課程を設置されていますので、住居の学生にも進学还有机会はあります。

本校の教育のもっとも大きな特長は、学科と同様に実習を重視していることです。学科で学んだ知識や技術を、実習によって実際のものづくりに応用していくようにしています。私たちはこの教育方法のことを「実学融合教育」と呼んでいます。「実」は実習・実技、「学」は学科・理論を意味します。実学融合教育によって、理論と技能をともに身につけた実践的な技術者を社会に送り出すこと、これが当校の目標です。

この目標を達成するために、カリキュラムが工夫されています。ここではその中で

- (1) 総合制作実習
- (2) 標準課題
- (3) 開発課題

について説明します。学生はこの順序で課題を実行します。

総合制作実習は専門課程の2年生の科目であり、いわば専門課程の卒業論文です。専門課程ではものづくりの基本となる知識や技術を学びます。総合制作実習はここで学んだ事柄に基づいて実際にソフトウェアやハードウェアを製作します。2年生後期の約半分の時間を当てています。

応用課程では、専門課程よりもさらに高度かつ実践的な内容の授業が行われます。1年生の後半～2年生前半に課されるのが標準課題実習です。ここでは、各学科の学生でいくつかのグループを作らせ、これらの全グループに対し同一の製作課題が与えられます。すなわち、作るべき物の仕様が与えられたとき、それを実際に製作する手順や技能をここで習得します。

最後に開発課題実習について説明します。開発課題の理念は、作るべき対象の仕様が与えられるのではなく、学生自身が発想し、企画し、設計することです。大まかなテーマが与えられたあと、学生は自ら行動するよう要請されます。活動にあたっては、機械・電子情報・電気の3科の学生がグループを作り共同で設計・製作していきます。このとき、コストおよび工程の管理、共同作業の進め方、連絡報告や発表の重要性とその方法などが指導されます。現実の企業活動を模擬した実践的かつ総合的な課題が開発課題であり、2年生の約70%の時間が費やされます。今年のテーマとその結果を後に掲載します。

以上、本校の教育体系とその中での実習課題について簡単に説明しました。われわれはこのような教育・訓練によって「生産現場のリーダー」を育成することをめざしています。その活動の一端を本紀要でご覧下されれば幸いです。

【開発課題】 FCV の開発

Development of a fuel-cell vehicle

生産機械システム技術科 池内海・磯野隆洋・竹崎龍一・福西亮介・藤澤光介・松岡航・三宅浩樹

生産電子システム技術科 小出浩貴・大地達也・久道憲吾

生産情報システム技術科 穂積誠也・白石洋介・西岡芳朋・小野寺萌

指導教員 岩永禎之・成田義也・谷本富男

1. はじめに

本課題では 2015WEM に参加する FCV の開発を行う。FCV とは燃料電池自動車(Fuel Cell Vehicle)の略で、空気中の酸素と水素ボンベから供給された水素を化学反応させ、発生した電気エネルギーによってモータを駆動させる車のことである。

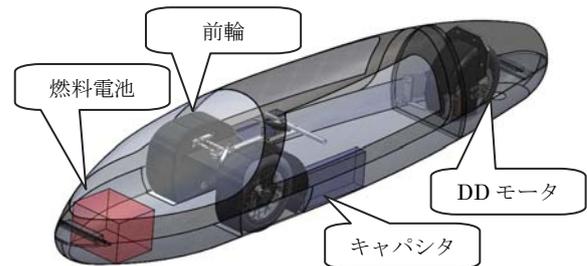


図1 車体モデル

2. WEM (ワールド・エコムーブ) とは

WEM は鉛蓄電池部門と燃料電池部門があり、大会側の支給するバッテリー又は水素燃料をエネルギー源とし、2 時間での走行距離を競う省エネルギー競技である。5 月に参加した WEM2014 の結果は 2 位だった。この結果を踏まえ、今年度は WEM2015 「燃料電池部門優勝」を目標とし、製作に取組んだ。

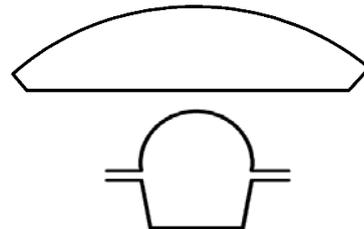


図2 マスター型 (上) と積層後の雌型 (下)

3. 設計方針

3.1 車体設計

車体製作をプリプレグ成形にすることによって完全モノコック化ができる。それにより車体を軽量化することができ、転がり抵抗を低減できる。キャノピーを取り除くことで流線形にする。また、前年度よりも前面投影面積を約 4%減らし、空気抵抗係数を 10%減、車体重量半分域にする事で、走行距離が約 8km 向上するように設計した。図 1 に車体モデルを示す。

3.2 スクリーン

スクリーンの成形にバキュームフォームを使用した。これにより車体の形状に合わせたスクリーンを作ることで、空気抵抗を小さくすることができる。

3.3 後輪操舵

後輪操舵を採用し、小型化をはかる。昨年度は前輪だけで操舵をしたが、油圧を利用し前輪を一定角度以上傾けると、連動して後輪も操舵するように設計した。

4. 車両製作

4.1 マスター型・雌型の製作

ベニヤの板を配置し、隙間に発泡材を詰めベニヤ板に沿ってやすりを使用し形を整え完成したマスター型を図 2 (上) に示す。ゲルコート塗布し、雌型の剛性を高めるためガラスクロスなどを 12 枚積層する。積層後の雌型を図 2 (下) に示す。



図3 製品積層

4.2 製品積層

離型処理し、内側にプリプレグを積層した製品積層を図3に示す。雛型に積層した製品を電気炉に入れ焼き固める（キュア処理）。

5. 電装部

全体構成図を図4に示す。燃料電池から安定した電力の供給を行うために、ファンや水冷システムを用いて発熱を抑える。燃料電池からの電圧を電源回路により24Vに変え、電力を供給する。燃料電池の保護及び水素の消費量を抑えるために、電流制御回路により3A~4Aの間で電流を制御し、モータや操作部に電力を供給する。

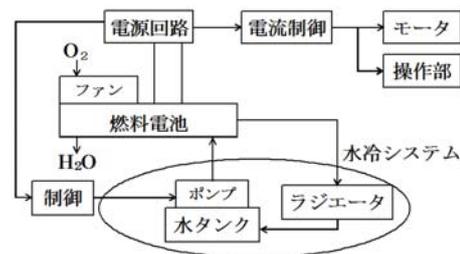


図4 全体構成図

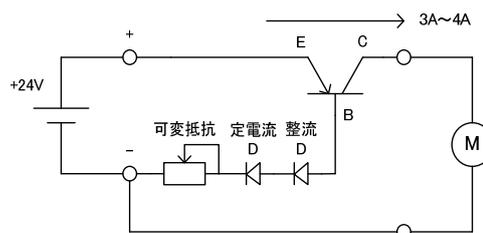


図5 電流制限回路図

5.1 電流制御回路

電流制御回路とは流れる電流を一定に保ち、水素消費量を規定内に抑えることができる。回路図を図5に示す。この回路を取り入れた事で、電流値を3~4Aの間で一定に保つことを可能とした。

5.2 モータの製作

トルクを上げることで、モータの性能向上を目指した。ドライバ回路を含め、検証を進め車体に実装を行う。

6. 走行支援

2年目である今年度は、WEM2014での反省点より、「走行支援」「水素管理」「故障発見」「操作訓練」の4つの観点から「支援システム」を開発した。

6.1 走行支援

昨年度開発した「走行スケジュール支援」の改良に取り組んだ。「走行スケジュール支援」とは、走行中の車両の状態を把握し運転者に適格な走行指示を支援するシステムである。

6.2 水素管理

水素を完全に消費してしまうとボンベ内の気圧が下がり、空気が入り易くなる。その結果、水素吸着金属が劣化し、最悪の場合は高価な水素ボンベが廃棄となる。それを防ぐために、ボンベ内の水素の残量を把握する為の「水素管理ツール」を開発した。



図6 シミュレータ画面

6.3 故障発見

過去の不具合経験をデータとして蓄積し、各種部品などに問題・故障が発生した際、早期発見・解決を支援するツールを開発した。

6.4 操作訓練

前年度では、車体が完成するまで満足な走行練習ができなかった。これを改善するため、いつでもPC上で走行練習ができ、短期間で操作手順を身につけられる「走行シミュレータ」を開発した。シミュレータの画面を図6に示す。

7. おわりに

2年目である今年度は、モータの改造など優勝に向けた車両の製作に取り組んだ。私たちは完成させることができなかったが、来年度は目標である「燃料電池部門優勝」に向け新車両の完成を期待する。

【開発課題】NCフライス盤精度計測装置の開発

A Development of Cutter Location Measuring System for Numerical Control Machine Tool

生産機械システム技術科 ○木下研吾 岡部友治 片山裕貴 葛原圭祐 辻恵太

生産電子システム技術科 中川富雄 湯川修平

生産情報システム技術科 松岡智彦 山岡聖卓

指導教員 八崎 透 成田 義也 千知岩 浩一

1. 目的

現在工作機械の精度を評価する方法は、静的精度を評価するレーザー測長法と動的精度を評価する円運動試験法が主に用いられている。しかし、いずれの方法も実際の運動経路の誤差評価の挙動に対して、十分な計測・評価が可能ではない¹⁾。そこで、実際の2次元平面における運動経路の誤差の挙動が評価できる装置の開発を行うことで、加工現場における工作機械の保守・保全に貢献することを目的とした。本課題は、安川マニュファクチャリング株式会社技術員様から提案された課題である。

2. 課題概要

2-1 システム構成

今回、製作したNCフライス盤計測システムでは、NCフライス盤等のNC工作機械の2軸(XY軸)の運動精度を評価する本装置はNC工作機械2軸の運動経路をリニアエンコーダで検出し、シリアル通信でPC(Personal Computer)に230.4Kbpsの速度で送信する²⁾。そして、PC上でリニアエンコーダから送られてきた運動経路と基準である指令経路を比較し、NC工作機械の精度評価を可能にする。図1にシステム構成を示す。

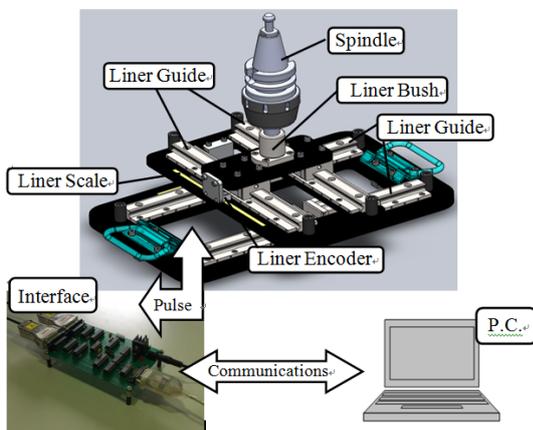


図1. システム構成

2-2 設計仕様

装置の目標とした仕様を表1に、測定プロセスを図2に示す。

表1. 装置仕様

構成	計測部 制御部 離別型
装置寸法(mm)	310×457×140
材料	SS400
装置質量(kg)	17(計測部)
最大稼働範囲(mm)	200×200
計測精度	1 μm
計測最大速度	600mm/min
通信方法	シリアル通信
通信速度	230.4Kbps

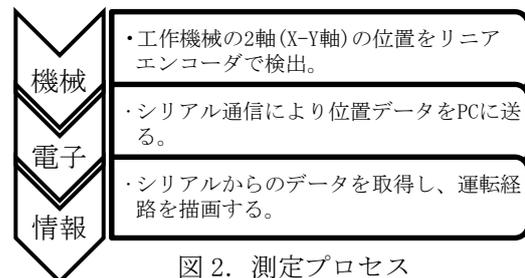


図2. 測定プロセス

2-3 本年度の達成目標

本年度の目標は計測装置のプロトタイプとしてNCフライス盤の円弧運動及び直線運動の計測が可能な装置を開発する。

3. 動作説明

- ①計測部をNC工作機械に取り付ける。次に、主軸に丸棒を取り付け、リニアブッシュに丸棒を深さ20mm程度で差し込む。その後、NC工作機械に円形、矩形のプログラムを送る。プログラムの動作については、指令経路を確実に計測するために、それぞれの図形を1周描くプログラムにする。
- ②PC上の計測条件設定画面で、シリアル通信に使用する通信ポートとそのボー・レートを設定する。描画対象と送り速度の情報を与え、計測できる環

境を整える。

③PCに配置したシリアル通信「接続」ボタンを押した後、NCプログラムを起動してNC工作機械が動き始めると、制御部は自動でパルスデータを取得する。

④NC工作機械が指定した運動を終了したら、PCに配置したシリアル通信「切断」ボタンを押して、シリアル通信を切断する。自動で計測日時を取得し、それをファイル名とし計測データを保存する。

⑤CSVファイルに保存したデータを読み込み、画面上で表示する。数値（中身のデータ）は相対値から、絶対値に変換し、画面上に実際の運動経路を描画する。

4. 計測例

4-1 完成装置

本課題で製作した測定装置を図3に示す。

4-2 円運動経路の計測例

円運動経路（R50.）を送り速度 600mm/min で計測した。図4に計測例を示す。

4-3 矩形運動経路の計測例

矩形運動経路（100. ×100.）を送り速度 600mm/min で計測した。図5に矩形運動経路の計測例を示す。

4-4 二軸間の直角度の計測例

今回のシステムでは、リニアスケールをXY方向に直交させて使用しているため、そのXY座標を解析することで直角度を求めることができる。原点から次の指令座標（X50. Y50.）に直線補間を行った計測例を図6に示す。

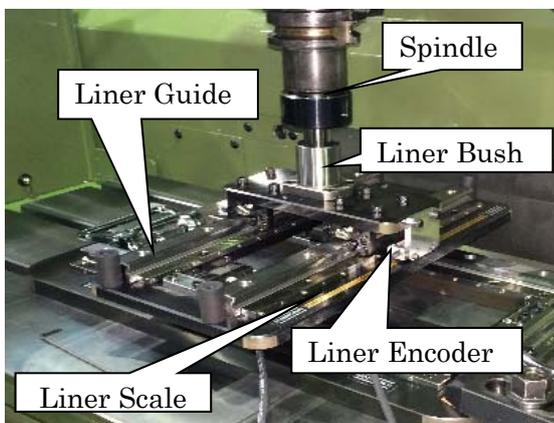
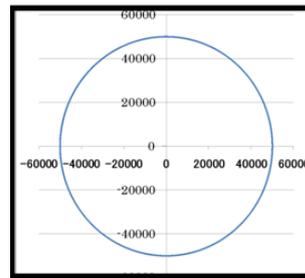
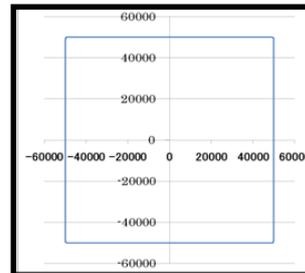


図3. 測定装置



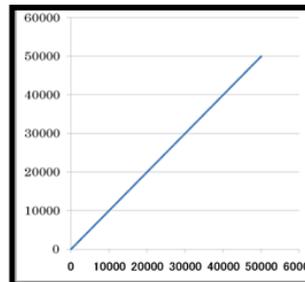
Machine Tool	KE-55 Makino
Feed rate	600mm/min
Gain Points	500,000

図4. 円運動経路の計測例



Machine Tool	KE-55 Makino
Feed rate	600mm/min
Gain Points	500,000

図5. 矩形運動経路の計測例



Machine Tool	KE-55 Makino
Feed rate	600mm/min
Gain Points	100,000

図6. 二軸間の直角度の計測例

5. まとめ

5-1 本年度の成果

今年度に立てた目標として以下のことを達成することができた。

- ①円運動だけでなく、矩形運動等の直線運動も計測できる機構の装置の製作
- ②インターフェースを用いた位置データの取得
- ③インターフェースとPC間の通信
- ④円及び直線運動経路の描画

5-2 今後の課題

今年度得た成果より今後の課題として、

- ①真円度及び直角度の精度評価
- ②バックラッシ及び反転スパイク等の観察の2項目を上げる。

【参考文献】

- 1) 垣野義昭：DBB法による金型加工用工作機械の精度チェック、型技術、第11巻(2004)、P.22
- 2) <http://armadillo.atmark-techno.com/armadillo-revisionVisual>
株式会社アットマークテクノ

【開発課題】 装具用シャフトオートベンダの開発

Development of an Automatic Bending System for Orthotics

生産機械システム技術科 ○樋本翔、◎清水吉彦、西森勇貴、山本晃司
 生産電子システム技術科 宮川淳、村下薫、上田開斗
 生産情報システム技術科 澤田尚弥、増田千尋、吉松幹真
 指導教員 石田俊郎(機械)、天野隆(電子)、下釜洋一(情報)

1. はじめに

身体的な問題から普段の生活へ支障が生じる人への補助道具の中に、装具というものがある。装具は治療を目的としたようなものから、日常生活動作の補助を行うものまでさまざまな種類が存在する。本開発では装具の部品を作るための装具用シャフトオートベンダを開発することを目的とした。本開発の装具用シャフトオートベンダで製作する部品は、人体を固定する装具の部品同士をバランスよく固定する金具の部分である。綺麗な円弧出しとねじれが起らない全自動加工機の開発工程を報告する。

2. シャフトオートベンダの構成

シャフトオートベンダの全体構成を図. 1 に示す。

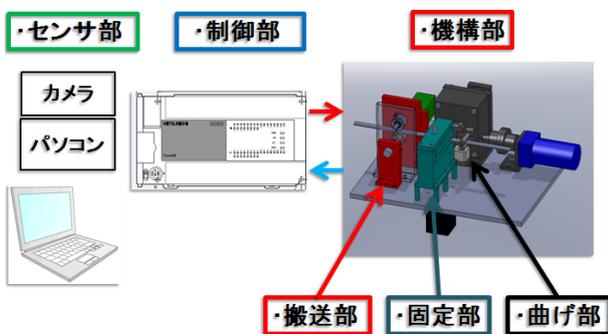


図. 1 全体構成図

手書きした実際の図面及び曲げを加えたシャフトを図. 2 に示す。

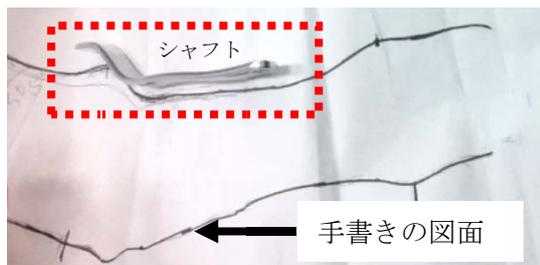


図. 2 手書き化した実際の図面とシャフト

手書きにて設計された図面をセンサ部にて読み取りデジタル化した。図面の各円弧を簡易的に数値化し、角度にて算出するプログラムを作成した。

算出した角度を、制御部にて計算しモータ制御を行う。モータは機構部の曲げ部と接続され、計算された力にてシャフトを曲げることが可能である。本開発にて使用したシャフトはジュラルミンであり、1200N で曲げることが可能である。

3. センサ部

装具用シャフトオートベンダの手書きで作った設計図面をデジタル化することを目的とした。本報告では、角度 10 度間隔で 100 度から 170 度までのコーナを CAD で作り、本開発で製作したシステムにて算出した。その実験概要を図. 3 に示す。



図. 3 センサ部の実験概要

先の図. 3 にて実験した結果を、図. 4 に示す。

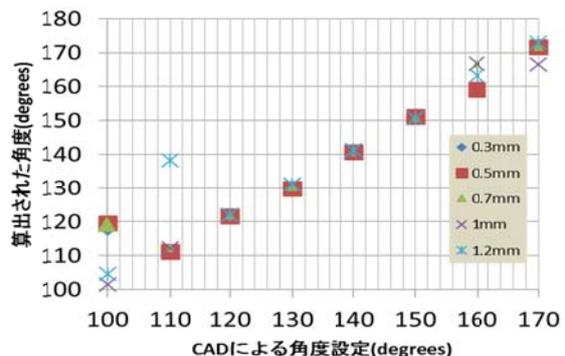
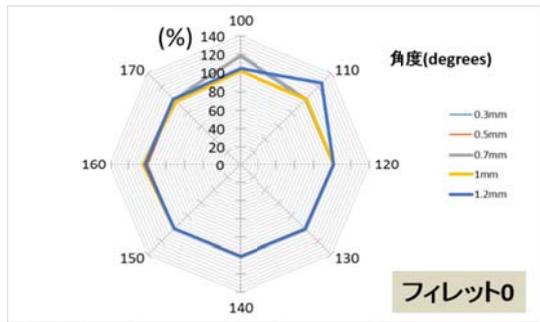


図. 4 システムで算出した結果

CAD で作った角度とシステムにて算出した角度を比較検討した結果を図.5 に示す。



線の太さが 0.3mm、0.5mm と細い時、ほぼ設定した角度と同様の角度を算出することができた。しかしながら、線の太さが 0.7mm と大きくなると、設定した角度よりも大きい角度を算出した。

4. 制御部

本開発で使用したモータは、オリエンタルモータ社の 4RK25GN-AW2MJ を使用する。選定したモータの計算した結果を表.1 に示す。

表.1 選定モータの算出計算

名称	文字	数	計算式
荷重	F	1200 N	
力点と軸との距離	L	70 mm	
モータギアヘッド減速比	i1	18	
減速機減速比	i2	60	
合計減速比	i	1080	$i=i1*i2$
回転数	N	1400 rpm	
安全率	S	2	
必要トルク	T	0.156 N·m	$T=(F*L*10^{-3})/i*S$

モータギアヘッド減速比を 1:18 にする事により、1200N の力を得ることができる。

センサ部から PLC までの通信にはシリアル通信を使用して行う。センサ部から求められた値を PLC に送信する。送られてきた値になるまでモータを回転させる。モータに取り付けたロータリエンコーダの値が送られてきた値になるまで回転させ加工を行う。

5. 機構部

機構部の全体図を図.6 に示す。機構部は大きく分けると、搬送部、固定部および曲げ部の三つで構成されており、搬送部はセンサ部で読み取った数値データを参照し必要な長さをローラで送り出す。固定部は、台形ねじをモータに直結し、爪部を上下運動

させることで部材を掴み固定する。曲げ部は、正転および逆転することで固定部を始点にし、部材の曲げ加工を行う機構である。様々な角度に対応し、部材の強度を落とさないために、一度の曲げ加工ですべての角度が出せるように設計している。搬送部、固定部及び曲げ部には電磁ブレーキ付きモータを使用する。

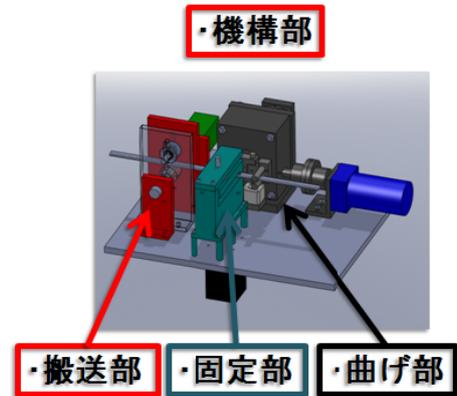


図.6 機構部全体

6. 開発日程

開発日程の予定と実績を表.2 に比較し示す。

表.2 開発日程

作業工程(月)	4月	5月	6月	7月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
課題内容の把握	→									
設計図案作成		→								
詳細設計			→							
材料発注				→						
部品発注					→					
実験機の加工					→					
部品加工						→				
画像処理							→			
プログラム作成								→		
制御部作成									→	
組み立て調整										→
評価										
発表資料の作成										
報告書作成										

実際の進捗を→で示す
制作した予定は図枠を塗りつぶして示す。

7. おわりに

本開発の実験を通して、2点のことが今後課題としてあげられる。センサ部において、現在は角度の算出実験ができており、円弧の形状においては、どのように算出できるのかを早急に実験する必要がある。具体的な実験方法としては、設定の CAD データにフィレットを加え、製作したアルゴリズムがどのような結果を算出するという方法が考えられる。制御部ではモータのトルク算出は完成した。

機構部は、実験機の製作を行い製作に必要なスプリングバック等の実験データを取得していく。

【開発課題】にんにく仕上げ機の開発 Development of Garlic Processing Machine

生産機械システム技術科 池地 良介 岡田 吉容 尺長 弘樹 浜田 晃吉 藤原 敏晃

生産電子システム技術科 角南 知巳 長江 大助 和田 亮嗣

生産情報システム技術科 石原 誠 大野 峻平 金久 俊喜 松尾 智仁

指導教員 池本和夫（生産機械） 下釜洋一（生産電子） 千知岩浩一（生産情報）

1. はじめに

本課題は、野菜の工業用洗浄機・選別機などの総合メーカーから開発を依頼された。香川県はにんにくの生産量全国2位を誇り、年間約600トンを生産している。にんにくの仕上げ処理を自動化して、作業者の負担軽減と処理個数の増加に貢献する。

2. 装置の概要と開発方針

仕上げ装置は根切り・茎切り・皮むきを一つの機械で自動化する装置である。検証装置はサイズ分けと根切りの検査を行う装置で、仕上げ処理の精度も検証・評価をする。本年度ではこれらの機能を改善して処理能力の向上を目標としている。

3. 仕上げ・検証装置の開発と改善

3.1 根切りおよび茎切り部の改善

根切り部の AC モータを 42 角のモータから 60 角に変更することで回転数とトルクを上げて根切りの精度を向上し、ステッピングモータをトルクの高いものに変更した。その改善点を図1に示す。

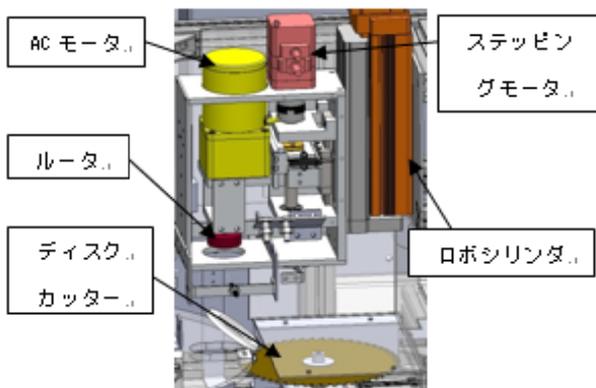
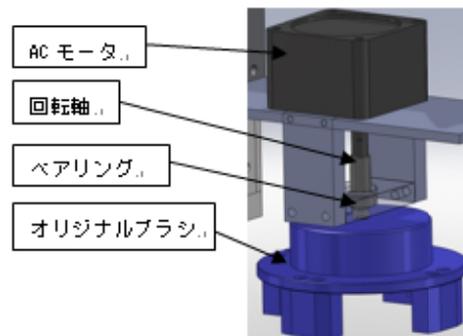


図1 根切り部および茎切り部の構成

3.2 皮むき部の改善

ブラシを回した時の振れをなくすため回転軸にベアリングを設け、にんにく側面の皮をむくためにオリジナルブラシを設計した。その構成を図2に示す。



3.3 検証装置の改善

CCD カメラによる撮像環境を改善してサイズ判定の成功率や仕上げ処理の評価精度を向上した。仕上げ装置と一体化させ自動でサイズ別に分別できる仕分け装置にした。

3.4 撮像部の設計・製作

にんにくのサイズ、根が除去できているかを判定するカメラ1台と、にんにくに変色などの異常がないか検査するカメラ2台を仕上げ装置に直接取り付けした。新規に設計・製作した撮像部を図3に示す。

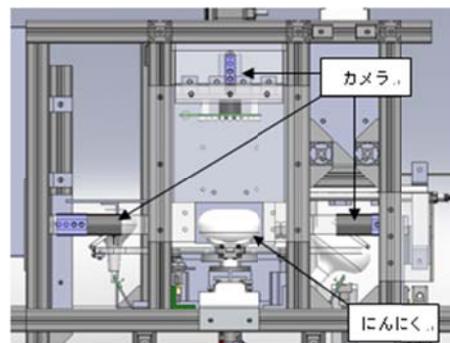


図3 カメラ3台を取り付けた撮像部

3.5 その他の改善

仕上げ装置でむき出しになっている制御部を外部から保護するため、開閉可能なカバーの設計・製作をした。

回転テーブルの材質をアクリルからアルミに変更して剛性を向上させた。

にんにくの仕上げ処理後、装置の下にゴミや塵などが散乱しないようトレイを設けた。

4. 撮影部の照明作成

画像処理の際に使用する照明を改善するために、可変抵抗の調整で明るさを変えることができる照明を作成した。

5. パラメータの変更

ロボシリンダのパラメータの変更を行いロボシリンダの降下、上昇速度を上げ根切りのタクトタイムを20秒から10秒程度に短縮をした。

6. 画像処理

6.1 ソフトウェア概要

本開発に使用しているソフトウェアを以下の表1に示す。

表1 ソフトウェア概要

使用 OS	Microsoft Windows7 professional
画像処理ソフト	LINX HALCON11
	OpenCV2.3
通信開発環境	MX Component Version4

6.2 進捗状況

現在の進捗状況として、上面からにんにくを撮影してHALCONを使い、にんにく表面の最大直径を求めるとにんにくの根の除去具合を判定し、側面からにんにくを撮影してOpenCVを使い、にんにく側面に変色などの異常がないかを判定している。

撮影したにんにくのサイズを比較した相関図を図4に、撮影したにんにくの判定結果を図5に示す。

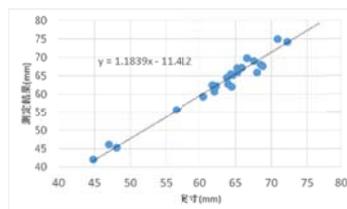


図4 サイズの比較

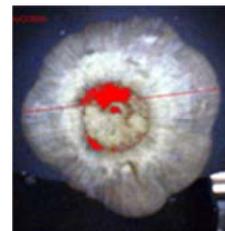


図5 上面からの判定結果

7. 実験結果

開発したにんにく仕上げ装置の処理能力を評価するための実験を行った。現段階での仕上げ処理実験と画像処理実験の大まかな成功率を表2と3に示す。

表2 仕上げ処理実験結果

	成功率
サイズ判定	75%
根の判定	70%

表3 画像処理実験結果

	成功率
根切り	65%
茎切り	100%
皮剥き	100%

8. おわりに

仕上げ装置と検証装置の一体化は完了した。今後は一体化した装置の成功率を高め、改良を続けていきたい。実際に一体化したものを図6に示す。



図6 にんにく仕上げ装置と検証装置の一体化

【開発課題】モバイル連携による CE 業務支援システムの開発

Development of Customer Engineer Support System cooperating with Mobile Terminal

生産情報システム技術科 ○細川 裕司, 楠目 悠平, 市川 魁秋, 舛市 優司

指導教員 木村吉伸 (情報)

1. はじめに

本テーマでは、プリンタやコピー機などのオフィス機器の販売・保守を行う企業の「CE 業務支援システムの開発」を行う。現行、CE 保守業務の受付記録・保守内容記録・伝票印刷等におけるデータ管理は自動化されていない。本開発では、顧客先での保守内容をインターネットに接続したモバイル端末で入力し、社内の一元管理されたデータベースにリアルタイムに反映することで業務の効率化を図る。レスポンスデザインで各種端末に対応する Web アプリケーションとすることで保守を容易にしている。

昨年度に社内システムおよびモバイル端末用アプリケーションの部分的プロトタイプが構築されており、今年度は、顧客先での伝票出力機能の追加、未実装ページの製作、ユーザインターフェースの改善に取り組み、実運用を目指した。

2. システム概要

2.1 業務フロー

図 1 に保守業務フローを示す。

顧客から保守依頼を受け、受付担当者が①受付登録を行うと CE に②自動的にメールが送信される。CE はモバイル端末で③受付記録を確認し保守作業へ向かう。保守作業後はモバイル端末で④保守記録を行い、⑤モバイルプリンタに伝票出力する。社内では、何時でも保守データの確認および Excel ファイル出力が可能である。なお、③受付記録確認時には、定期訪問データの確認も行える。

2.2 開発環境

表 1 に開発環境を示す。

表 1 開発環境

Web サーバ	Apache
データベースサーバ	SQL Server2008
Web アプリケーション	PHP ・ HTML5 ・ CSS3 JavaScript(jQuery, Ajax, jQueryUI, jqPlot)

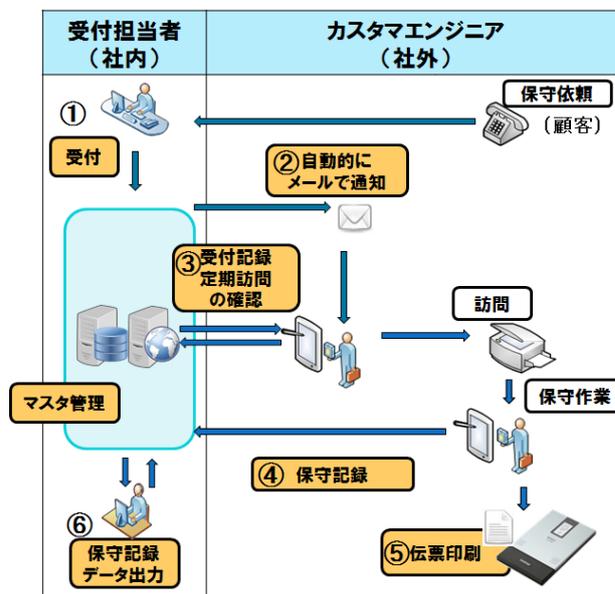


図 1 保守業務フロー

3. 開発成果

3.1 保守記録の改善 (モバイル端末)

CE が顧客先での保守記録を行う際、再訪問予定・交換予定部品・受注部品の登録機能を追加し、ユーザの要求データを完備した。また、印刷ボタンを追加し、3.2 の伝票印刷に対応させている。

図 2 に保守詳細ページを示す。

図 2 保守詳細ページ

【開発課題】 自動搬送装置システムの開発 Development of the automatic transport system

生産機械システム技術科 廣瀬 建太郎, 佐藤 聖仁, 松木 基, 三宅 悠介
 生産電子システム技術科 村崎 大誠, 武田 秀和, 森本 康寛
 生産情報システム技術科 宇高 尚史, 小片 章弘, 塩谷 東吾, 田中 一成, 山川 賢
 指導教官 亀山 寛司 (機械), 武藤 正昭 (電子情報), 稲益 悦夫 (生産情報)

1. 概要

本課題では、全方向移動型の搬送装置を設計製作した。また、自動走行させるための走行制御システムや装置全体の動作状況を監視計測し、操作する運行管理システムを開発した。

搬送装置は、タブレット端末による操作で指定したルートを実行させる。安全対策として非常停止ボタンとバンパーセンサや表示灯を設置した。

2. システム仕様

搬送装置の車体強度や許容積載重量の向上を図り、重量検知機能を搭載した。また、搬送装置の前方を撮影できるようにカメラを取り付けた。表1に搬送装置と操作端末の基本仕様を、図1に搬送装置と自動搬送装置システムの外観を示す。

運行管理システムは、計測制御ツール LabVIEW® と画像処理ツール HALCON® を使用して開発した。

表1 基本仕様

	搬送装置	操作端末
本体(mm)W×L×H	660×660×1110	195×117×13.1
電源	バッテリー	内蔵バッテリー
制御装置	マイコン	Androidタブレット
無線通信	Bluetooth	Wi-Fi・Bluetooth
重量	80kg	765g
計測用センサ	超音波・ロータリエンコーダ	
画像センサ	Wi-Fiカメラ	

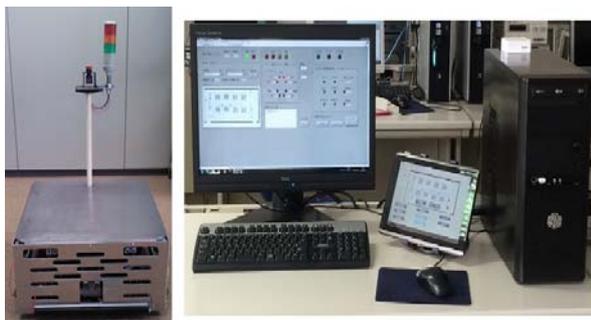


図1 搬送装置と自動搬送装置システム

3. 搬送装置の構成

搬送装置は、近距離の障害物検知や、積載物の重量を検知し、表示灯で周囲に警告することができる。製品化に向けて、安全性やメンテナンス性を重視した設計を行った。

3.1 搬送装置機構部の構成

ギアボックスを組み立て式とし、歯車のメンテナンスや軸の取り外しを容易にできるようにした。

天板の側面にアルミフレームを固定し、強度や電子部品の取り付け範囲を増やすよう設計した。

さらにバンパーセンサにテープスイッチを用いることにより衝突検出の範囲と精度を向上させた。

3.2 搬送装置制御部の構成

超音波センサを利用して障害物を検知し、衝突を避ける。新たな機能として重量センサを搭載し、許容積載重量の検知を行う。3色表示灯を搭載し正常運転中などの搬送装置の状態を表示する。センサの値等の PIC マイコンとタブレット間の通信は、Bluetooth®通信を用いた。

図2に搬送装置のハードウェア構成図を示す。

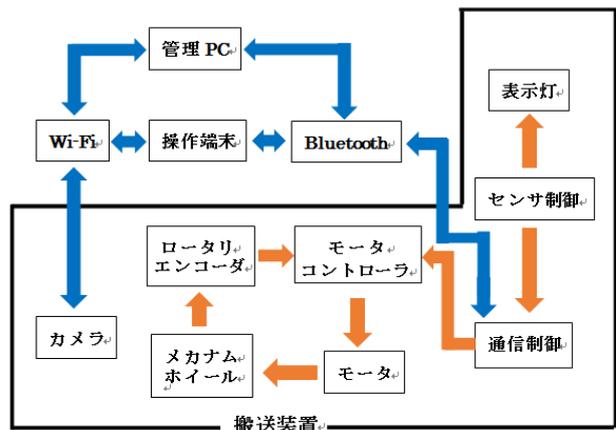


図2 搬送装置のハードウェア構成図

4. 自動搬送装置システム

自動搬送装置システムは、搬送装置をタブレット端末で制御しながら自動走行できる走行制御システムと搬送装置に搭載した各センサを遠隔監視し、走行制御システムを支援する管理パソコン上の運行管理システムから構成される。図3にソフトウェアシステム構成図を示す。

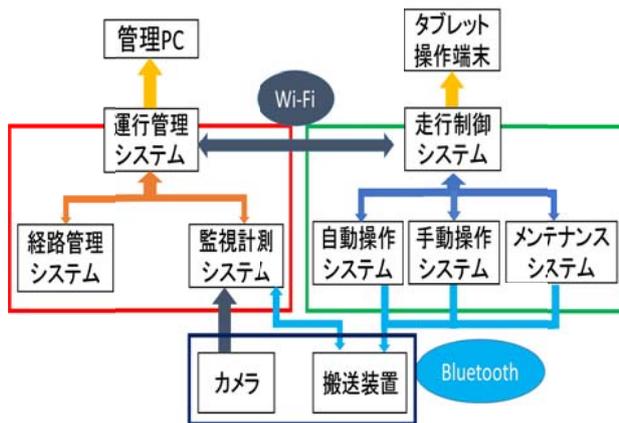


図3 ソフトウェアシステム構成図

4.1 走行制御システム

走行制御システムは、タブレット操作端末にてルート指定を行い、地点間を移動する自動操作システムと手軽な操作で搬送装置を動かせる手動操作システムがある。また、メンテナンスシステムでは、車輪の動作確認やセンサ等のメンテナンスに必要な情報を取得することができる。

4.2 運行管理システム構成

運行管理システムは、管理PCに実装され監視計測システムと経路管理システムがあり、Wi-Fi無線LANを用いて必要な情報をタブレット上の走行制御システムに知らせる。

監視計測システムでは、搬送装置上のセンサやカメラから取得した情報をリアルタイムに表示をしながら、搬送装置本体の状態や位置情報を画像処理により計測する。図4に画像処理による距離計測結果を示す。

経路管理システムでは、地図や走行スケジュール・ダイアグラム等を作成し、タブレット端末上の走行制御システムに送信して自動走行に利用できる構成にしている。

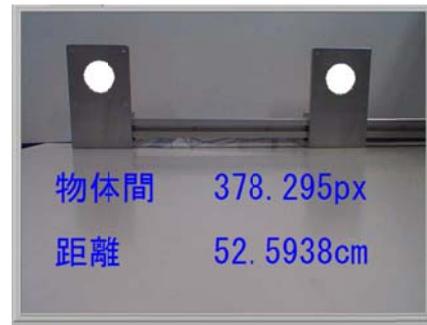


図4 画像処理による距離計測結果

5. 走行性能テスト結果

設計製作した搬送装置で走行性能テストを行った。図5に走行性能テストの実験結果を示す。

位置や姿勢に誤差が生じ、目標精度内に収まらなかったが、1m四方のコースを周回できた。

原因としては、電源電圧の変化やタイヤの摩擦による影響が考えられる。

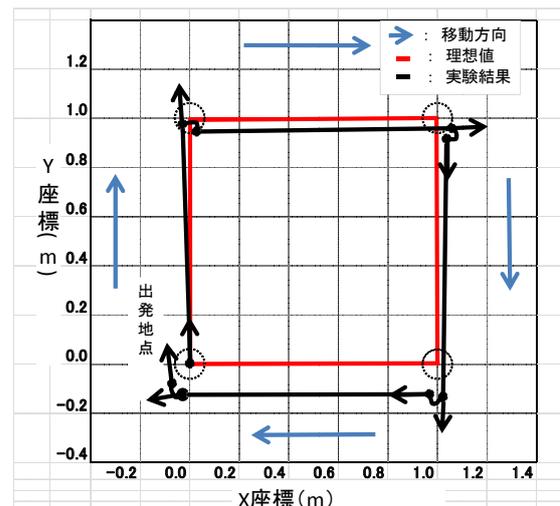


図5 走行性能テストの実験結果

6. まとめ

目標である搬送装置の設計製作と、ルート走行が可能で自動搬送装置システムを開発することができた。搬送装置は、車体の強化を行ったため総重量は増加した。

安全対策では、超音波センサの障害物検知や、バンパーセンサによる障害物との衝突検出、走行中の非常停止を行うことができた。

操作端末での指定コースによる搬送装置の自動走行や管理PC上の監視計測システムによる搬送装置の走行制御が可能であることを確認した。

【開発課題】石膏モデルの研削作業支援装置の開発

Development of Grinding Support Device for Plaster Models

生産電子システム技術科 福岡 稜也 櫻田 国孝

指導教員 天野 隆

1. はじめに

本課題は、橋本義肢製作株式会社(以下橋本義肢と表示)との共同開発テーマである。義肢製作の現場では、次にあげる3つの点を支援できるシステムの開発が望まれている。

- ・工程において、手間と技能を要する作業
- ・対象者一人ひとり異なる要求事項への迅速な対応

- ・作業に携わる職人の高齢化に伴う技能伝承

中でも、図1に示すような石膏モデルの加工について着目した。この作業は、石膏モデルのバイスへの取付け、計測のための取り外し、計測後バイスへの再取付け作業は、労力を要するとともに、その位置の再現性に問題を抱えている。本課題では、石膏モデルハンドリングの簡素化と、定位置再現性システムを装備する「石膏モデルの研削作業支援装置の開発」に取り組むことを目的とした。

昨年度では全体構成が図2のようになっており、機構部と制御盤が分かれているため機器の移動がしづらく、機構部を固定するために現場の作業台にねじ穴を開ける必要があった。また、操作性にも問題があった。ローンを回転させる場合、コンソールのジョグダイヤルを回してから出力ボタンを押す手順となる。このため、ジョグダイヤルと石膏モデルの動きが同時でなく、ローンの角度調整がし辛かった。なお、コンソールを図3に示す。

今年度では制御盤と機構部を一体化するとともに、ジョグダイヤルと石膏モデルが周期して回転するように制御した。なお、機構部の仕様を表1に示す。



図1 石膏モデルの加工

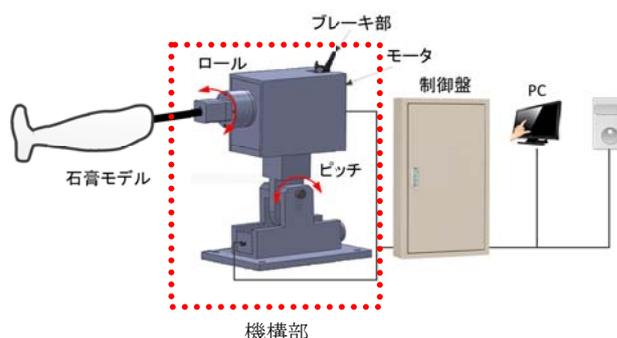


図2 昨年度の全体構成



図3 昨年度のコンソール

表1 仕様

回転速度	180° /sec	ロール範囲	360°
分解能	0.1°	ピッチ範囲	±45°
電源	AC100V	機構部重量	90kg

2. 全体構成

全体構成を図4に示す。現場の作業環境を変更しないようにするため、機構部と制御部を一体化した。これにより、スペースがあれば簡単に設置が可能である。ロールはモータにより制御し、角度変更を行う。ピッチは、機構下層部のハンドルを手動で制御し、角度変更を行う。筐体にはアルミフレームを使用し、機構部に荷重がかかっても十分に支えられるよう計算した。天板は機構部の重さで歪むことがないように、厚さ10mmのものを使用した。

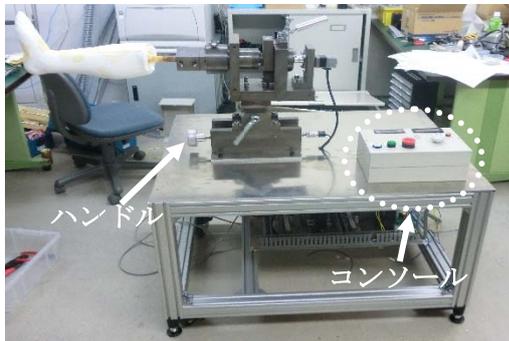


図4 全体構成

3. 制御システム構成

図5に制御システム構成を示す。ロールはコンソールで操作しピッチはハンドルで操作する。ジョグダイヤルで回転角を決め、ドライバからの信号をコンソール(図6)へ取り込み、現在のロール角をLCDで確認する。

ピッチはハンドルを回して、変更する。ピッチ角においてもLCDで確認する。研削作業中は、ブレーキによりロール用のモータを機械的に止め、安全に配慮した。なお、図7に電気機器配置を示す。

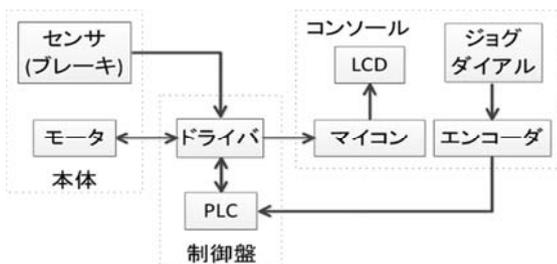


図5 制御システム構成



図6 コンソール

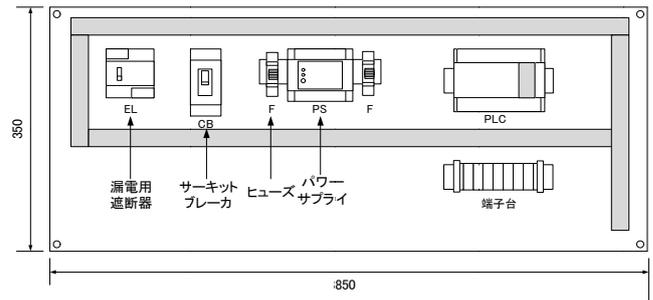


図7 電気機器配置

4. コスト

コストを表2に示す。なお、予算は20万である。機構部は現状のものを使用したため予算には計上していない。

表2 コスト

	総計
筐体部	¥101,390
制御・操作部	¥92,352
総計	¥193,742

5. おわりに

筐体部と機構部を一体化することにより、機器の移動がしやすくなった。さらに、ロールやピッチの回転、角度の表示により、作業者が石膏モデルの加工をしやすくなると考えている。現在、ロールの角度の機能についてソフトウェアの修正を行っている。

一方、石膏モデルの加工が行われている作業場で使用される液状の石膏、研削時の粉塵などの防泥・防塵対策がとれていない。改善案として機構部にシーリングを施す、コンソールにカバーを用いることを考えている。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

生産技術科

5Sに基づいた構造物の製作

Production of the metal structure based on 5S campaign.

学生氏名 新川 颯 杉 颯樹 三好 勇紀 山崎 裕起

指導教員 青木 節



就職先で必要な溶接技術および施工技術の習得を目的として、アクリル板用の整理棚を作成した。

材料を整理することと、材料置場から加工機までの運搬も兼ねて、脚部にキャスターを付け、可動式にした。

また、本課題を製作することで、設計、材料選定、加工、組立、測定まで金属加工製品のものづくりにおける一連の加工技術・技能を習得することを目的とした。

金属加工による立体モデルの製作

Production of the Three-Dimensional Model by Metal Working.

学生氏名 川南 総一郎 寺岡 優伎

指導教員 青木 節



身近にあるパーベキューセットを製作することで、設計、材料選定、加工、組立、測定まで金属加工製品のものづくりにおける一連の加工技術・技能を習得することを目的とした。

併せて、半自動溶接、レーザ加工、プレスブレーキ等の各種加工機の条件設定の方法および考え方を経験することで、製品の寸法精度を上げる手法も習得した。

溶接による実用的な構造物の製作

Production of practical metal structure by welding.

学生氏名 中村 拓磨 畠田 祥樹

指導教員 青木 節



実際に使用できる課題を製作することをテーマとして、形鋼用の材料棚を作成した。

本課題を製作することで、溶接技術および施工管理法と設計、材料選定、加工、組立、測定まで金属製品のものづくりにおける一連の加工技術・技能を習得することを目的とした。

棚の上部にローラーを取り付け、高さを帯のご盤と合わせることで、材料の運搬を容易にした。現在、実習場で実際に使用しており、作業性を改善した。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

生産技術科

加工材選別機の製作

Production of a Sorting Machine for Machined Components.

学生氏名 三谷 勇統 宮本 健司 内田 憂紀

指導教員 穴田悦生



近年、生産ラインの省力化に伴い部品の供給や検査工程は、自動化された作業ユニットで構成されている。

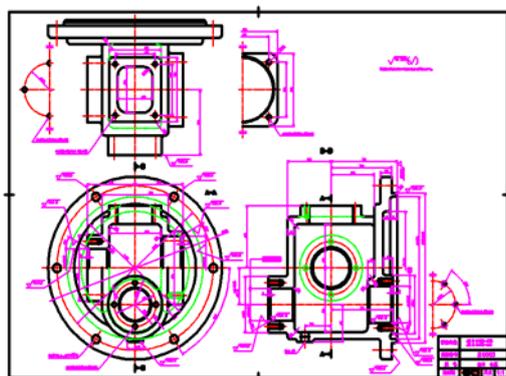
本課題では、材質や色の異なる3種類（アルミ、2色の樹脂）の機械加工材の高さを検査し、規格内に入るワークを選別し、各々の収納場所に納める作業ユニットを製作した。1分間に4個選別できることを目指した。ベルトコンベアを一から設計、製作したことで機械設計の応用力が身に付いた。

CADを用いた効率的な機械設計技術

Efficient machine design technology using a CAD

学生氏名 白井冬馬

指導教員 孫入弘安



応用課程や就職後の実務で生かすために、機械製図に関する知識を身に付け、CADを用いて効率的に製図を行う技術を習得することを目的とした。

CAD操作におけるコマンドの有効活用で、作図時間の短縮。様々な製図例などを参考に、装置の種類や形状のパターンをできるだけ多く経験し、3DCADでのモデリングを通して立体形状を把握した。

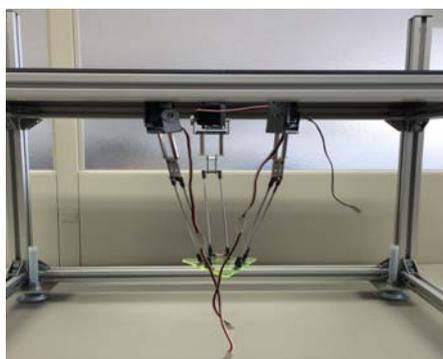
若年者ものづくり競技大会にも参加し、総合制作実習で取り組んだことを生かすため技能検定にもチャレンジした。

パラレルリンクロボットの製作

Production of the parallel link robot

学生氏名 松村祐太郎、多田昇平

指導教員 孫入弘安



パラレルリンクのパラレルとは平行という意味であり、先端のエンドエフェクタが常に水平を維持したまま平行移動できるよう、支柱であるアームが、常に平行四辺形を維持したまま移動する機構であり、エンドエフェクタの種類を変えることで、様々な用途に使用できる。

機械加工による構造部分のハード面の製作だけでなく、マイコン基盤のはんだ付けや、制御ソフトでのブロックダイアグラムを作成し、ソフト面の製作にも取り組んだ。

本装置では、エンドエフェクタに、吸着パットを取り付け、ピックアッププレイスのような動きを実現させる。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

技能五輪課題の製作

Production skills Olympics challenge

学生氏名 武下直人

指導教員 孫入弘安



加工技術の向上を目的として、第50回技能五輪「精密組立て」の課題である「オルダム式スライドチャック機構」に取り組み、加工精度を高めることを心がけ、製作を行った。

公開されている2D図面だけでは、立体をイメージすることが難しく、組立て後の動作も理解し難いため、3Dモデルを作成し、構造・動作を理解した後、加工手順を検討する。多種多様な機械加工を経験し、実際に動作するまで調整を行った。

搭乗型多脚歩行ロボットの制作

Production of boarding-type multi-legged walking robot

学生氏名 荒井翔吾、幸内雅弥、平川湧太

指導教員 孫入弘安



設計、材料選定、部品選定、加工、組立、動作までを行い、設計、製作、評価等のものづくりの一連の技術力を身に付けることを目的とし、ユニークな歩行となるよう、テオ・ヤンセン機構と呼ばれる四節回転連鎖の「てこクラック機構」を用いた。

人を搭乗させ安定した歩行を実現させるために、本体の上下動作を小さく抑え、さらに、脚の数を増やすことで安定性を向上させ、十分な強度を確保することを重点に製作した。

一番重要となる脚部分を中心に設計変更し、スムーズな動作になるよう改善させた。

音を奏でるからくり装置の製作

Production of a Machine that play Sound

学生氏名 豊田康知、松浦大成、村上雅暁

指導教員 神田健一



本装置は左右に1本ずつの糸を上下に張り、1本の糸に長さの異なる6本のアルミパイプを通し、アルミパイプが糸を通じて上下に移動できるようにしている。本体下部にはモーターとリフターを設け、リフターは糸に沿って上下に動き、アルミパイプを上部に移動させる。アルミパイプは上部に移動した後、自由落下する。この時、6本のアルミパイプは互いに打ち合い打音を奏でながら落下する。リフターには同期機構が



あり、これにより左右のアルミパイプを両方とも上昇させるか、左右のどちらかのみを上昇させる。この選択は操作板のスイッチで行え、3種類の金属打音を奏でられる。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

技能検定 NC 旋盤 1・2 球課題に挑戦

Challenge to Technical Skill Test for Numerically Controlled Lathe Machine

学生氏名 近藤 大晃、松本 大輝

指導教員 藤沢則秋



技能検定 機械加工職種（NC旋盤作業）1級および2級課題に取組み、プログラム作成、NC旋盤加工および正確な測定を通じて、プログラムの簡略化や加工精度の向上を図ることにより、検定合格に向けた機械加工技術の習得を目標とした。

試験日当日に公開される課題図内の隠し寸法について、マクロ機能を活用したプログラミングを行い簡略化することでミスの防止に取り組み、プログラム作成時間の短縮を図る。加工においては、工具摩耗補正等を機能的に活用することで、寸法公差内に仕上げ加工精度の向上を図る。

卓上旋盤の製作

Manufacture of a bench lathe

学生氏名 喜田 由一、白井 優作、中谷 正吾

指導教員 藤沢則秋



本課題の製作を通して、機械加工技術の習得と向上を目的とした。そのために、各種部品は出来るだけ既製品に頼らず、自ら設計・製作した。

また、昨年の一号機を分解し問題点を見つけ、刃物台の締付け強度の増加、ハンドル類への目盛の刻みや0セット機能の追加および出力アップ等の改善を行い、実用的で高精度な卓上旋盤を製作した。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

無線通信を利用した簡易スマートメータの製作-RaspberryPi を用いたデータベースサーバの構築-
Product of Simple Smart Meters using Wireless Communication- Construct DBMS Using Raspberry Pi-

学生氏名 浅野 睦綺

指導教員 佐竹一孝

コンセント単位、もしくは機器ごとに電力計測可能で、かつ LAN 内（家庭内・企業内）でデータ管理できる簡易スマートメータを製作することとしました。管理用 PC を組み込み用マイクロコンピュータである Raspberry Pi に置き換え、データベースサーバを構築しました。Xbee（親機）により受信したデータをデータベースに保存し、タブレット端末からのデータの要求に対して応答します。これにより、PC を必要としないデータベース管理システムを実装することができました。

無線通信を利用した簡易スマートメータの製作 -Android アプリケーション-

Product of Simple Smart Meters using Wireless Communication - Android Application-

学生氏名 土田 知健

指導教員 佐竹一孝

コンセント単位、もしくは機器ごとに電力計測可能で、かつ LAN 内（家庭内・企業内）でデータ管理できる簡易スマートメータを製作することとしました。LAN 上のデータベースサーバから、対象となる機器、期間を指定してデータを取得します。取得したデータの使用電力量から、電気料金を計算し、タブレット端末上にグラフで表示します。電気料金の算出には、全国家庭電気製品取引協議会が定める電力料金目安単価と四国電力の料金メニューの2つパターンから計算するようにしました。

無線通信を利用した簡易スマートメータの製作 -計測精度の向上-

Product of Simple Smart Meters using Wireless Communication- Improvement of measurement accuracy-

学生氏名 平井 龍

指導教員 佐竹一孝

コンセント単位、もしくは機器ごとに電力計測可能で、かつ LAN 内（家庭内・企業内）でデータ管理できる簡易スマートメータを製作することとしました。電流センサの出力値は、数ミリ[V]と非常に小さい値のため、ノイズの影響により、電流値の誤差が大きくなる現象がありました。そこで、A/D 変換前のアナログ部の回路において増幅回路、整流回路、フィルタ回路を構成することで、電流値の計測精度の向上を図りました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

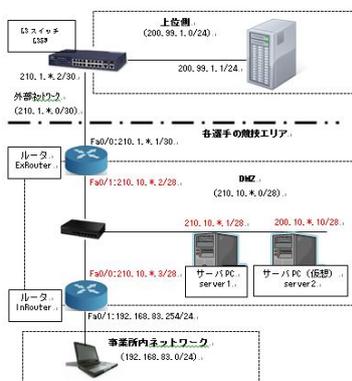
電子情報技術科

若年者モノづくり競技大会—IT ネットワークシステム管理—

Youth Monozukuri Skills Competition –IT Network System Administration -

学生氏名 岩崎 めぐみ

指導教員 佐竹一孝



「若年者ものづくり競技大会」とは、技能を習得中の20歳以下の若年者を対象に開催し、技能レベルを競うとともに一人前の技能労働者に育成するための競技大会です。その中で私は、「IT ネットワークシステム管理」職種の競技に参加しました。競技結果としては、敢闘賞（4位）に入賞することができました。

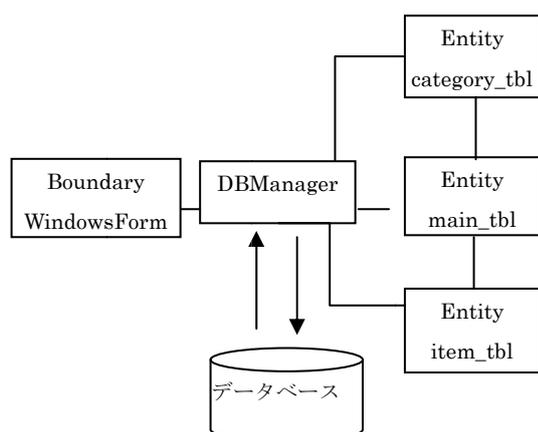
競技大会までの取組み方法をまとめ、また、競技課題に必要な知識、技術をまとめ、テキストとなる教材を作成しました。更に、次年度以降に参加する学生のために、競技課題に準じた練習問題、解答集を作成しました。

VB を利用した DB プログラミング

DataBase Programming using VB

学生氏名 町口 菜摘

指導教員 佐竹一孝



電子情報技術科のカリキュラムにはないデータベースの仕組み、取扱い、プログラミングの技術を身に付けるために、Microsoft® VisualBasic®を利用してアプリケーションを作成しました。データベースサーバには、Microsoft® SQL Server®を使用し、プログラム設計には、UMLを用いたクラス設計を利用しました。画面 (Boundary クラス)、ロジック (Manager クラス)、データ構造 (Entity クラス) を設計し、アプリケーションを実装しました。

スマートフォンで ON:OFF 制御できる電源タップの制作

Production of ON / OFF control can power tap on the smartphone

学生氏名 市原 一磨

指導教員 土山 博剛



近年、スマートフォン等の携帯情報端末を用いて外出先でも容易に情報を得ることができる社会になっています。

スマートフォンが普及した現在、情報家電と呼ばれるものが注目を集めています。情報家電とは、家の中にある家電製品をスマートフォンで遠隔操作できる家電製品を指します。

本テーマは、家電を操作する大元の部分である電源タップを改良して外出先からスマートフォンで自宅の電源タップをコントロールすることで家電製品を操作できるようにできるシステムを制作しました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

WEBカメラを用いたWEBアプリの制作

Production of WEB application using WEB camera

学生氏名 楠 裕貴

指導教員 土山 博剛



学校訪問された方に当校の電子情報技術科の授業を本館からなどの離れた場所に設置されたPCを使って見学することができるシステムを検討しました。

マイコンとWEBカメラを用いたWEBアプリを作成し、学内のどこからでも実習室における授業風景を閲覧できるシステム制作しました。

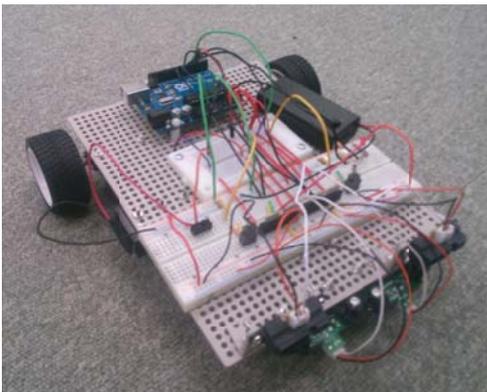
また、マイコンに温度センサを取り付け、常に温度を一定に保っているサーバ室の温度状況管理ツールも同時する作成しました。

Arduinoを使ったモーターカーの制作

Production of motor car using Arduino

学生氏名 高尾 駿司

指導教員 土山 博剛



最近の掃除用ロボットが多くのご家庭で使われています。掃除用ロボットとは掃除をしている部屋の地図を作成せず、「らせん状に掃除する」「壁伝いに掃除する」「障害物にぶつくと角度を変えてランダムウォークする」などの動作をします。

本制作は、なるべく短い時間で部屋全体を掃除できるルートを検討することにしました。また、机の上でも動作ができるような機能があるモーターカーを制作しました。

遠隔操作型監視カメラの制作

Remote-operated surveillance camera production

学生氏名 萩原 裕也

指導教員 土山 博剛



監視カメラは盗難防止や現場の状況を把握できるように様々な施設に設置されています。事件が起こったときも施設に設置された監視カメラを使って犯人の状態を確認するという私たちの身の回りで欠かせないシステムです。

また、監視カメラは設置した方向でないと監視できない場合が多いため、監視カメラの向きを遠隔操作できるような装置を検討しました。

マイコンにカメラとモータを取り付け、WEBアプリによりモータを制御できるように制作しました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

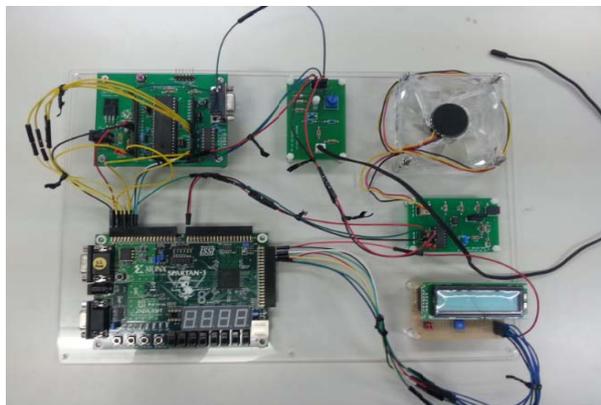
電子情報技術科

Verilog-HDLによるFANコントロール制作

Production of FAN controller according to Verilog- HDL

学生氏名 濱田 泰考

指導教員 土山 博剛



授業の課題である PIC マイコンによる FAN コントロールシステムを FPGA による FAN コントロールシステムへ作成し直すことでハードウェア記述言語の理解を深めようと考えた。

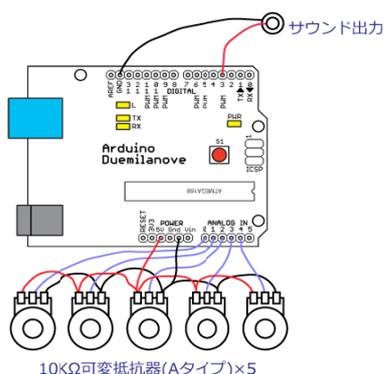
FPGA によるシステムを作成することはできたが、制作する過程で、良い発見がありました。それは、システムの開発途中で作成した PIC と FPGA のハイブリットなシステムです。このシステムは、ソフトウェアとハードウェアの良い点を協調した両者の良い点を合わせたシステムであることに気が付きました。

Arduino を使ったシンセサイザの制作

Production of the synthesizer using the Arduino

学生氏名 高橋 慶多

指導教員 土山 博剛



オーディオ機器に興味があり、音源を出力する回路作成を行うことにした。また、授業で習得したマイコン「arduino」を利用してプログラムを作成し、シンセサイザの制作を試みました。

成果物としては、音色を生成することができる回路及びプログラムの作成までは完成できました。

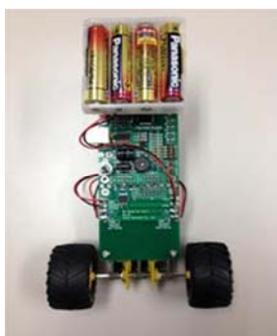
今後の課題としては、和音の生成や曲の自動演奏などを改良し挑戦したいと思います。

倒立振り子ロボットの製作

Production of an inverted pendulum robot

学生氏名 下川 豪士

指導教員 鳥谷部 太



倒立振り子ロボットは昨年に先輩が使用したのを使い、マイコンは PIC18F2550、モータはステッピングモータでの制御を試みたがうまく動作させることができず倒立振り子ロボットキットを使用し、昨年の倒立振り子ロボットやプログラムの問題点などの考察をすることにした。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

ET ロボットコンテスト 2014～プログラム攻略～

ET Robot Contest 2014~ Program cheats

学生氏名 西河僚平

指導教員 鳥谷部 太



ET ロボコンは設計したモデルからプログラムを作成する。しかし、モデルを設計するには、走行体制御プログラムを習熟しておかないと困難である。本報告は、今年度の大会結果と後輩に継承するための取り組みについて報告する。

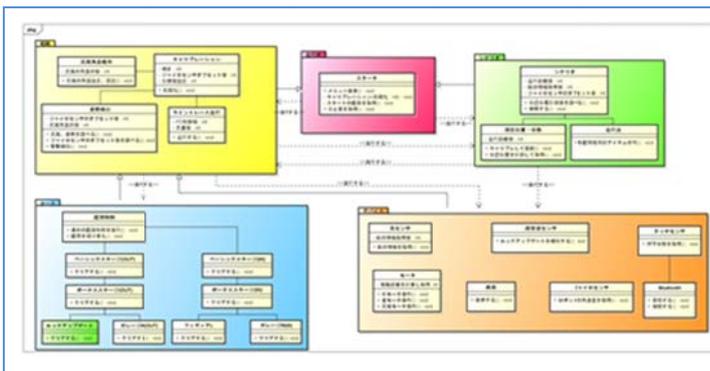
今回、後輩に継承するため電子情報技術科1年 30名に、3期の集中実習 8日間で走行体の組立からプログラムについて指導した。

ET ロボットコンテスト 2014 ～モデル攻略～

ET robot contest 2014 ~Model capture~

学生氏名 吉田 椋

指導教員 鳥谷部 太



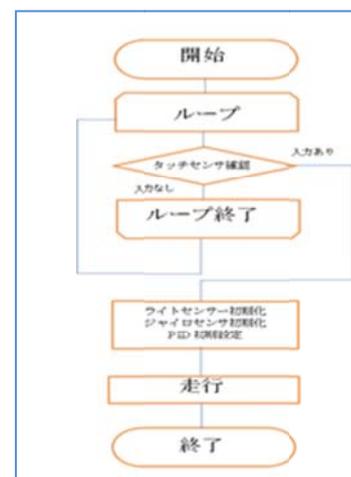
ET ロボットコンテストでは、モデル制作がメインのコンテストである。そこで、今まで出場して使用していたクラスを見直した。前回のモデルは、基本構造でのクラス図のまわりがなく関連線が多かったため、分かりにくかった。今回は、パッケージ化を無理やりすることはなく、自分のやり方で書いたのでクラス間の関係性をより深く記述したモデルを作成した。

ET ロボコンのプログラム制作

Program production of ET Robocon

学生氏名 金井優太

指導教員 鳥谷部 太



今回私達は ET ソフトウェアデザインロボットコンテスト (以下 ET ロボコン) に参加した。ET ロボコンとは日本の産業に欠くことのできない組み込みシステム分野の技術教育をテーマに、決められた走行体で指定コースを自律走行する競技で、同一のハードウェアに、UML 等で分析・設計したソフトウェアを搭載し競う大会である。ET ロボコンの競技は 2 部門 3 クラスがあり、今回はデベロッパー部門プライマリークラスという入門者向けの技術の基礎を学ぶコースに参加した。この大会に参加する後輩のために残せるような、わかりやすいプログラムなおかつ速度を求められるようなプログラムの作成をめざし取り組んだ。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

BeagleBone で android 端末の設定

How to Setting BeagleBone for Android

学生氏名 吉田公典

指導教員 鳥谷部 太



授業で使用している BeagleBoard を使って android を PC の画面上に出力するというのを目的とした。

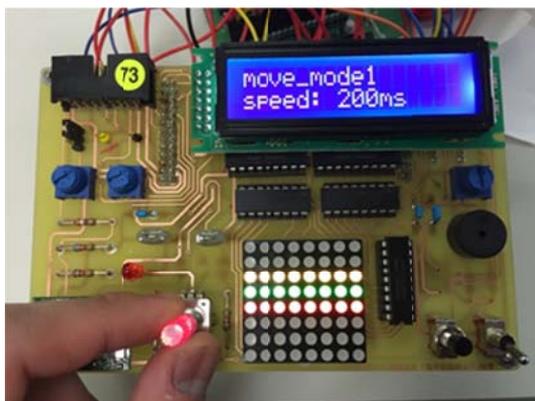
今回は、BeagleBoard と BeagleBone を使い android の端末に出力し、タッチスクリーンで操作ができるように設定方法などを調査した。

若年者ものづくり大会の対策

Measure of a youth manufacturing meeting

学生氏名 常井 敬太

指導教員 鳥谷部 太



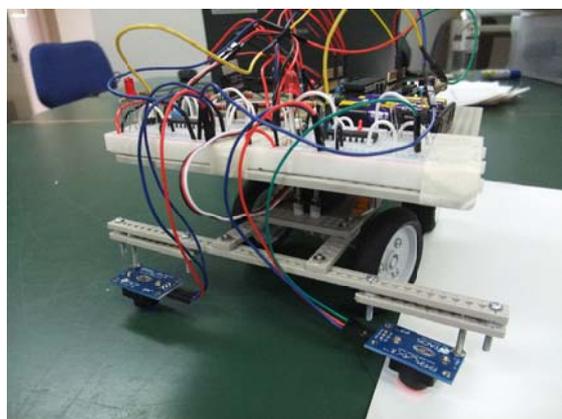
本テーマは、第9回若年者ものづくり大会に参加した経緯から、自分のプログラミング能力の向上と次年度の対策大会のプログラム作成と今年度のモータの制御の出題問題が来年度に継続されると思うので回転装置の類似となる装置の作成を主として行った。

車線認識型ライトレースカーの製作

Production of the traffic lane recognition type line trace car

学生氏名 多田 雄吉

指導教員 中山 伸一



自動車の運転アシスト技術については、多くのシステムが開発され実際に搭載されています。その中に、車線逸脱時に警告を出すシステムがあり、事故の軽減に役立っています。

本テーマでは、2本の白線ラインの中を走行するマイコンカー製作をすることとしました。

ラインの認識は、どんな色でも可能となるようにカラーセンサを用いて判断させ、車体の制御は PIC を用いて製作しました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

サイクルコンピュータの製作

Production of the cycle computer

学生氏名 堤 誠

指導教員 中山 伸一



現在、私たち人間が生活していくための交通手段としては、自動車やバイク、自転車などの乗り物は欠かせないものとなっております。その中でも自転車は運動不足解消や交通費の節約などから通勤、通学で利用する人が増えています。

本テーマでは、自転車に関わる製作を行うため、サイクルコンピュータを製作することとしました。

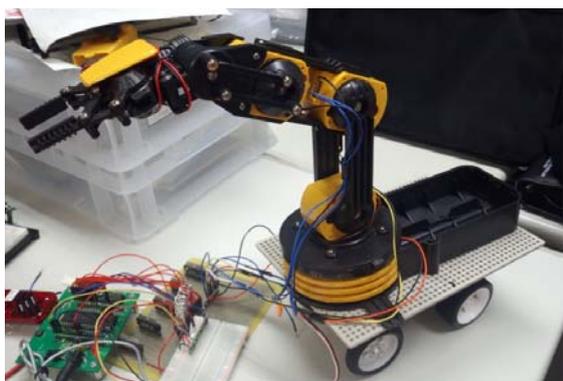
プログラム開発は Arduino で行い、自転車のタイヤに取付けたセンサからの信号を取得して自転車の速度と距離を表示するようにしました。付加機能としてストップウォッチ、最高速度、平均速度の表示もできるように製作しました。

ロボットアームコントローラの製作

Production of the robot arm controller

学生氏名 二宮 惇

指導教員 中山 伸一



現在、私たちの暮らしを支えるロボットはニーズに合わせて多くのものがあります。アームロボットも重い荷物を取ってくれます。台車の付いたアームロボットを製作し、リモコンで制御できれば、足の不自由な人でも移動することなく物を取ってくることができると思います、本テーマとしました。

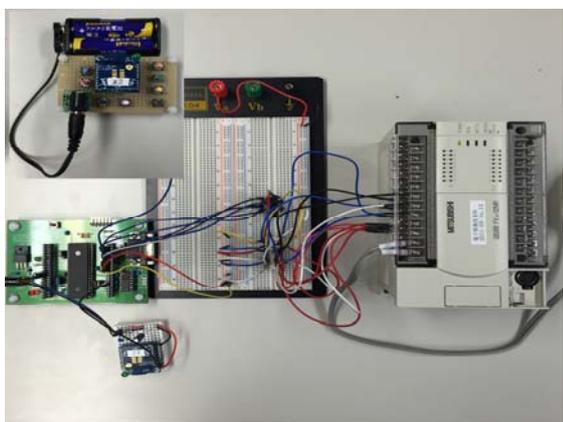
リモコンと、ロボットの制御は PIC にて行い、無線通信部は微弱無線モジュールを使用しました。車体のバランスもあり、重いものは持てませんが、軽いものを運ぶことができるロボットが製作できました。

シャトル射出機のリモコンの製作

Production of the wireless remote controller of the shuttle ejection machine

学生氏名 兵頭 泰之

指導教員 中山 伸一



共同研究にて製作しているバドミントンのシャトル射出機のメイン制御は PLC で行い、動作はタッチパネルから行っています。その PLC をマイコンを利用して無線にて制御することを目的として、無線リモコンの製作を本テーマとしました。

リモコンから PLC へは XBee を利用して通信しています。XBee からの信号は PIC を通して PLC へ接続しています。リモコンは、XBee の省電力モードを用いてリモコンのボタンを押した時のみ通信するように製作しました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

電子情報技術科

GPSを利用した距離測定カロリー計算機能付き腕時計

Watch with range-finding calorie calculation function using GPS

学生氏名 藤田 恭宏

指導教員 中山 伸一



GPSとは人工衛星を利用して自分が地球上のどこにいるのかを正確に割り出すシステムであり、カーナビ、スマートフォンなど多くの物に利用されています。

本テーマでは、GPSを利用した時計を製作し、現在の時刻だけでなく、移動距離、消費カロリーの表示をできるようにしました。

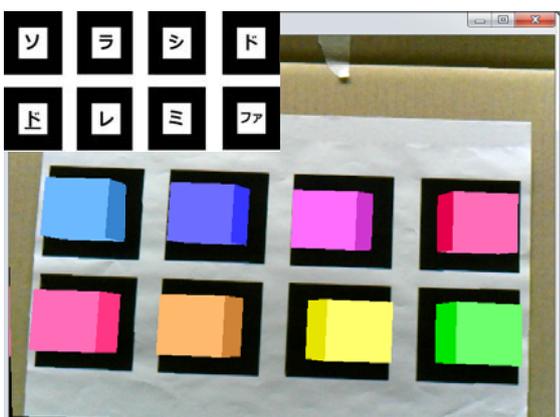
プログラム開発はArduinoで行い、GPSからの経度・緯度の取得データから移動距離を算出します。また、移動距離と時計装着者の体重を用いて消費カロリーを算出しています。

AR（拡張現実）を用いた楽器製作

Musical instrument production using the augmented reality

学生氏名 真鍋 昂大

指導教員 中山 伸一



ARとはAugmented Reality（拡張現実）の略称であり、カメラを通して見える現実の映像に画像やテキスト、音声などの追加情報を表示するという技術で、現在様々なところで利用されています。

本テーマでは、マーカーをカメラで読取ることによってパソコン画面に3Dモデルを出現させ、マーカーを手などでかざすことで音を出力するようにする擬似的な楽器の製作に取り組みました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

住居環境科

新設コンクリートの強度推定に関する検討

Examination of Compressive Strength of New Concrete Structures

学生氏名 貝塚 真国 曾根 優人 藤澤 輝城

指導教員 磯野 重浩



建築・土木構造物の経年による劣化が社会的な問題になってきており、建築構造物の検査を通して建物が健全であるかを調査する必要性が高まってきている。その中でも躯体コンクリートの強度を確認することは、劣化診断の重要な要素である。コンクリート強度の確認方法は、テストハンマーや超音波試験を用いた非破壊試験による方法と、供試体やコアの圧縮試験による破壊試験の方法がある。本研究では、試験体および供試体を対象とした、反発度法、超音波法等の非破壊試験とコア・供試体を対象とした圧縮強度試験をおこないここで得られた結果から強度の関係を考察した。

塩飽大工の技能に関する研究

Study on Techniques and Skills of Shiwaku Daiku

学生氏名 亀井 秀和 西田 千晶

指導教員 磯野 重浩



香川県と岡山県の間、備讃瀬戸に散在する塩飽諸島にはかつて「塩飽大工」と呼ばれ職人集団がいて各地で活躍した。このうち丸亀市本島に「最後の塩飽大工」とうたわれる高島昭夫氏がおられ、木を活かして組む工法を今に受け継がれている。

本研究は塩飽大工の特徴を探るため、小屋組みの仕組みに着目し、本島で高島氏に木材の見極め、墨付け、チョウナ加工などヒアリングと直接指導をしていただきこれをまとめ、あわせて小屋組み部分のモデルを製作し

木育に関わる空間の提案 ～Honey Come House～

The proposal of space involved in Woody Education

学生氏名 藤澤夕輝、吉見隆子

指導教員 齋藤慎一郎



普段、屋外の鉄製遊具で遊ぶ機会が多い子供達に木製遊具のもつ温かみや木の良さを感じてもらいたいと考え、建築物としての要素を感じる事のできるものとして木に囲まれた空間を企画・提案・制作しました。

提案する木育空間において求めたのは、見た目にも面白さを感じられ、かつ強度と安全性を持つということであり、「親しみやすい形と高い強度を兼ねた躯体」「様々な用途（読書・昼寝・食事・遊び・休憩）に対応できる空間」「縦、横、奥行き方向に自在に連結可能な空間」をコンセプトとしました。

専門課程（2年次）総合制作実習 四国職業能力開発大学校

住居環境科

災害に備えた避難所スペースの有効活用に関する提案 ～Cubic Room～

Suggestion about the effective utilization of the refuge space for a disaster

学生氏名 澤田陽史、橋本賢明、藤本雄登、渡邊泰輝

指導教員 齋藤慎一郎



東日本大震災では多くの人が長い避難所生活を強いられ、避難所での1人分のスペースは約2㎡と狭く、またプライバシーの確保が不十分などの問題が発生しました。そこで、この1人当たりの面積の拡大や、プライバシーの確保など、避難所スペースの有効活用について提案しました。

コンセプトは「1人分のスペースの拡大」「足場や電動工具なしで組み立てられる躯体」「プライバシーの確保」「安心感を与える内装」の4つとし、四国職業能力開発大学校の体育館を避難場所と想定し設計を行いました。

木造仕口部の耐力に関する実験的研究及び木造耐力壁への活用

Strength of wooden column base joint and practical use to a wooden structural wall

学生氏名 羽野仁喬 吉田匠

指導教員 越智 隆行



木造住宅の柱脚接合部には種々の建築専用金物が多用されている。しかし、解体時に出る金物と木材等の分別作業は手作業に頼るしかなく、コストは膨大である。本研究では、金物不使用で高い強度を発揮する環境に配慮した接合法の引張試験を行い問題解決に繋がるか検討することとした。本実験では、ほぞ厚60mmの地獄ほぞと山形プレートをを使用した接合法との比較検討を行った。その結果地獄ほぞは、山形プレートよりも高耐力であり、環境に配慮した柱脚接合法として期待できる知見を得た。

土塗壁の耐力性能を安定向上させる施工法の開発

—半柱による1間壁の実大実験—

Development of Construction Methods to Stabilize Improve the Strength Performance of Mud-Wall

学生氏名 元谷実咲

指導教員 越智 隆行



歴史的な土壁住宅では、近年の居住スタイルの変化、耐震性、快適性の問題から土塗壁が敬遠され、解体や建て替えが進行している。左官職人の減少により、地域の歴史的建物を保全する職人の存続も課題になっている。こうした問題を省みて、土塗壁の安定した耐力性能を得るため、1間壁で一様の塗厚さを確保できる施工法の開発を行う。本研究では、地域仕様の土塗壁に改良を加えた「半柱1間壁」の実大実験を行い、耐力性能について検証する。

その結果「半柱1間壁」は、最大耐力、剛性については仕様の改良による耐力性能の向上が確認でき、施工性が良く施工精度が確保しやすいことが確認できた。

専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校
生産技術科
四輪電動カートの制作

Production of four-wheel electric cart

学生氏名 池田結、大西和也、刈谷帆、小松弘員

指導教員 宮西 大輔



高齢者が日常の足として利用している電動車いすは非常に便利な道具ですが、長年利用され古くなった電動車いすは中古車としての価値がないため処分に困るケースも少なくありません。

そのような状況から、近隣企業の依頼を受け使われなくなった電動車いすの再利用方法として、公園等を散策するための四輪電動カートの製作に取り組みました。

公園散策や観光地の移動手段として利用することを想定し、視界を広げるために立って乗車しても安全に移動できるものを製作することができました。

振り子時計の製作

Production of Pendulum clock

学生氏名 松岡 昇吾、畠山 湧、植田 光、長岡 壮平

指導教員 真鍋 佳樹



振り子時計は、ガリレオ・ガリレイにより発見された振り子の等時性を応用したもので、1656年に発明された最初の機械式時計です。自動化された製品が多く存在する近年において、新しいものばかりではなく、古来からあるものの技術とその構造を知り製品作成を行うことで、問題解決能力及び機械要素の知識の向上を目的とし製作を行いました。

完成した振り子時計は、錘を動力源とし39時間動きます。時間の誤差は、調整を繰り返し一日で+12分まで調整を行いました。

専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校
生産技術科
竹加工機の製作

Production of bamboo processing machine

学生氏名 菅原秀慈、次良丸透、西本千宏、濱口純一

指導教員 安部章二郎



竹製品の製造を行う企業の依頼を受け、竹べら製品の加工において手作業で行う工程の負担軽減を目的として開発を行いました。

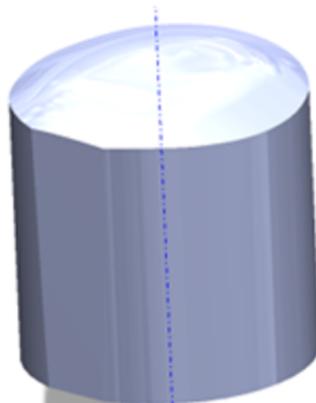
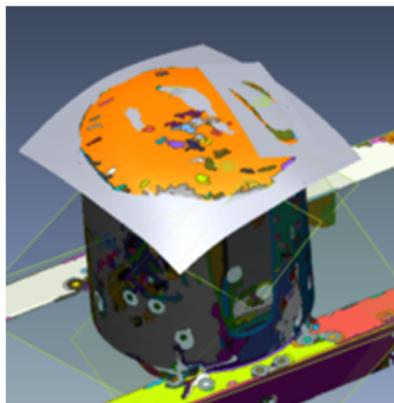
完成した製品は、メンテナンス性向上のため機構を簡素化ながらも、切断作業をワンアクションで加工でき、毎分10本以上の加工が行えるものとなりました。

土佐打ち刃物製造工程における機械化への技術支援

Technical assistance to mechanization in the traditional knife manufacturing process of Tosa

学生氏名 宮崎史章

指導教員 榎本 実



高知県の伝統工芸品である「土佐打ち刃物」に使用される道具「槌(つち)」は、使用する職人のノウハウが詰め込まれたものです。今後予想される職人不足や技能伝承といった問題を解決するために、デジタルツールを用いて、その形状を数値化し、保存することにしました。

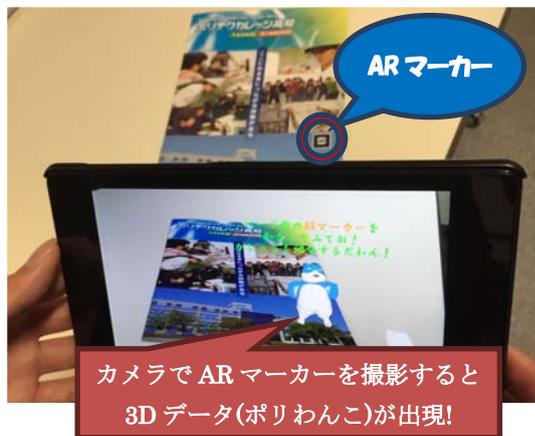
専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校
電子情報技術科

ARを利用した学校案内アプリの制作

Production of School Guidance Application Using AR

学生氏名 岡上 和也、公文 勇弥、中野 翔太、森本 篤史

指導教員 岡本 真一



AR (Augmented Reality) とは、現実環境にコンピュータを用いて情報を付加提示する技術のことです。本総合制作実習では、Android 対応タブレットを利用し、学校案内用パンフレット内に配置したARマーカーをカメラで撮影することにより、各科の実習風景、ポリテクフェスタでの体験コーナー、オープンキャンパスでの体験授業などパンフレットに掲載されていない情報を3Dデータに加工し、音楽再生と同時に表示できるアプリケーションの制作を目的としました。今後の課題としては、動画再生機能を追加することが挙げられます。なお成果物は、施設見学会や各種イベント等で展示しており、当校の広報用アプリとして今後も活用していきたいと思っております。

スポーツエアガン競技用測定システムの制作

The Measurement System Development for Japan Steel Challenge

学生氏名 小栗 侑吾、林 抄栄、

指導教員 黒田 充宏



スポーツエアガン競技とは、正式名称ジャパンスティールチャレンジという、制限時間以内に4から5枚の的となるプレートに弾を命中させ、すべての的に命中するまでの速さを競う競技です。従前における的の命中判定は人為的に行っており、正確に判定されているとは言い難く、各的への命中までの時間も測定できていませんでした。

本総合制作実習では各的にショックセンサーを取り付け、エアガンが命中した衝撃を感知できるようにしました。また、併せてストップウォッチ機能も製作し、これらをマイコンで制御させることにより、競技の測定を自動化することができました。

専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校

電子情報技術科

スマートデバイスによる Raspberry Pi を用いた動画中継移動体の制御

Production of the Control System by the Android Smart Devices of the Mobile Equipped with Raspberry Pi that Relays it while Taking the Videos

学生氏名 一円 陽祐、大原 誠、酒井 秀彰、畠中 洋

指導教員 高本 浩司



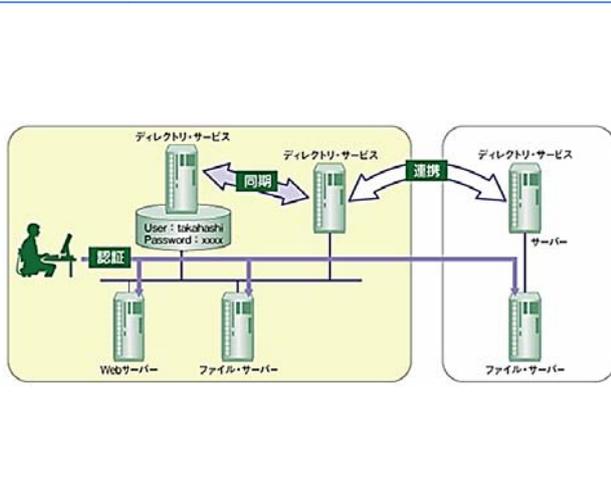
本総合制作実習では、「人が行き辛い場所でも扱える遠隔操作可能な移動体の製作」を目指し、機能豊富で使い勝手の良いシングルボードコンピュータである Raspberry Pi を利用した動画中継システム及びその画像に基づいた Android OS 搭載のスマートデバイス（タブレット）からの無線 LAN (Wi-Fi) 通信による遠隔操作システムの構築を行いました。タブレットから Raspberry Pi 内の専用 Web ページにアクセスし、Web ページ上に表示される中継動画を見ながら、Wi-Fi 通信による遠隔操作を通して移動体に前後左右及び停止の命令を与える動作実験を行った結果、各命令に応じて移動体が確実に動作することを確認できました。

ドキュメント管理システムの構築

Implementation of the Document Control and Management System

学生氏名 佐伯 祐司、平田 淑希

指導教員 小松 一美



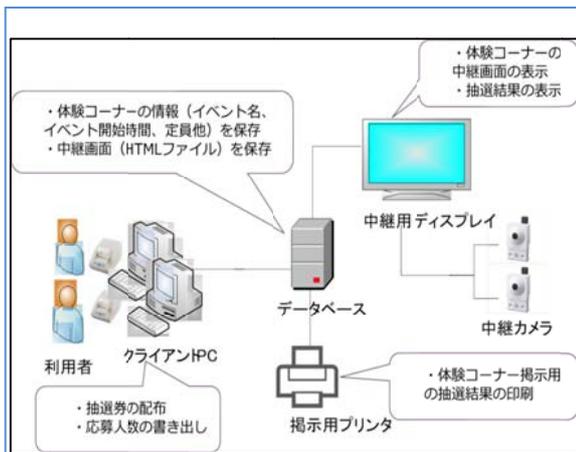
本総合制作実習は、地元の香南市施設農業協組合（以降、香南 CATV という、敬称略）と当校との共同研究である「ドキュメント管理システムの構築」の一環として実施しました。その中で、現在の香南 CATV の情報保護に関して不十分な部分のセキュリティ要件を明確にし、今後、どのように対応を行っていくかということが議論となり、次年度以降も含めてディレクトリサーバの構築と既設ファイルサーバをこれと連動させるよう設定変更を行う等のセキュリティ強化策を検討、これに取り組みました。今年度はディレクトリ体系の策定まで行っています。なお、香南 CATV の現状は、中小企業共通の課題と想定されることから、この取り組みをセミナー開発に結びつけたいと考えています。

ポリテクフェスタ受付システムの構築

Implementation of the Event Reception Desk System at Polytech Festa in Kochi

学生氏名 古谷 隆之介、和田拓也、川田 隆誠

指導教員 小松 一美



本総合制作実習では、例年 11 月に当校で実施されるポリテクフェスタにおける体験イベント受付システムの構築を行いました。本システムは同時に受付を行っている体験イベントに対応したタッチパネル（クライアント PC、最大 3 台まで）と発券プリンタを用意し、各々のタッチパネルでイベント毎の予約表を印刷するものです。また、発券された枚数はデータベースサーバに格納された後、当選者発表時刻になると当選番号発表を設定されたプリンタ及び校内に設置された大型ディスプレイに表示されます。なお、この大型ディスプレイは通常、各イベントの様子を中継しています。この開発によりイベントの受付業務が効率化することが可能となりました。

専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校

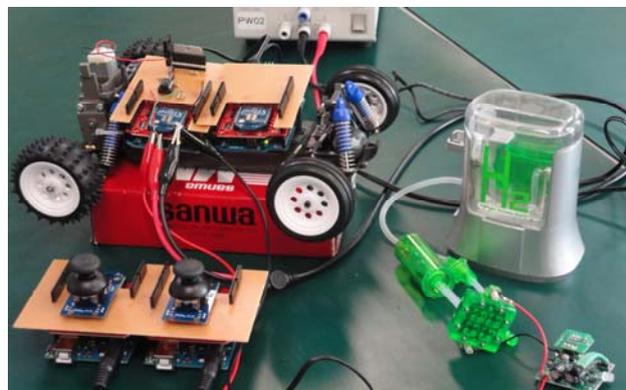
電子情報技術科

水素燃料電池を用いたラジコンカーの製作

Production of a Radio Control Car used Fuel Cell

学生氏名 上野 一紀、後藤 準哉、宮地 凌平、吉松 和真

指導教員 吉岡 誉吏



二酸化炭素を排出せず、種々の原料から生成することが可能な水素を用いた燃料電池自動車（FCV）が注目を集めています。一方で、FCVの原理や仕組みを学べる施設が高知県内には無く、オープンキャンパスなどで当校を訪れる方がFCVについて学ぶ機会を提供するために製作を行いました。このラジコンカーでは、AVRマイコン搭載のArduinoシステムにより前輪操舵のためにサーボモータをコントロールし、後輪駆動のためにDCモータをコントロールして車体を制御を可能としています。また、燃料電池で生成した電圧が0.6Vであったため、昇圧コンバータや直流電源で補うことで各モータを直接駆動しています。

通信対戦ゲームアプリケーションの作成

The Application Development for an Online Game

学生氏名 久川 国泰、黒石 季央、吉本 幸他

指導教員 黒田 充宏



本総合制作実習では、アンドロイドOSのスマートフォンやタブレットで動作するゲーム作成を通して、アプリケーション作成技術やカメラ、通信機能の活用方法を習得することを目的としました。

作成したゲームは、端末のカメラからバーコードを読み取り、その数値情報からキャラクターデータを生成し、コンピュータが生成するキャラクターと対戦するもので、バーコードが異なれば、能力が異なるキャラクターが生成されるようになっています。

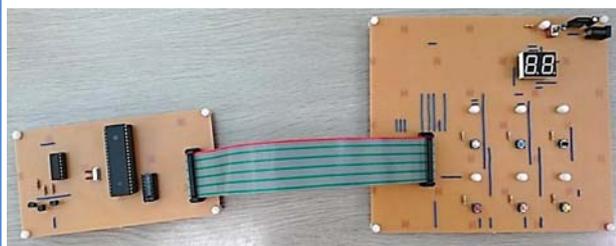
また、Bluetoothを用いた無線通信を利用して、端末が2台あれば端末間で遊べるように、通信対戦機能も追

反射神経測定器の製作

Production of Reflexes Measuring Instrument

学生氏名 竹崎 翼、長谷川 峻亮

指導教員 高本 浩司



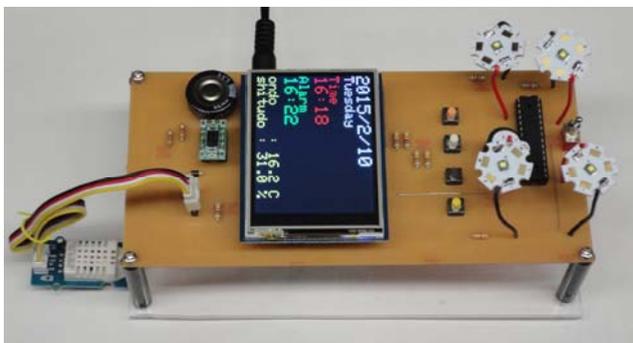
本総合制作実習では、「ものづくりフェスタ」等の各種体験イベントの空き時間に、時間を持て余している方にゲーム感覚で遊んでもらえるような物の製作を目指し、このテーマに取り組みました。製作した反射神経測定器ではPICマイコン（PIC16F877）を使用し、ランダムに一つずつ点灯する6個のLEDに対して、それぞれに対応したスイッチをLED点灯中に押すことにより、押した回数が7セグメントLEDに表示され、約30秒間でボタンが何回押されたかを見るものです。製作していく中で、ハードウェアやソフトウェア（プログラム）の改良・変更を行いながら、目的に応じた動作を行う装置を製作することができました。

専門課程（2年次）総合制作実習 高知職業能力開発短期大学校
電子情報技術科
変光式目覚まし時計の製作

Production of an Alarm Clock supported by Light Variation

学生氏名 飯塚 祐太、高橋 秀明

指導教員 吉岡 誉吏



世の中には不眠症で悩む人は多いと言われ、体内時計が正しく機能していないことが原因に挙げられています。体内時計を正しく機能させて不眠症を解消するには、毎朝規則正しく朝日を浴びることが効果的とされています。そこで、白色パワーLEDを朝日に見立て、光と音で起床を支援するデジタル時計を製作しました。AVRマイコンを用いてプログラミングを行い、白色パワーLEDの光量を段階的に大きくするように制御しています。また、ブザー音は人が聞き取りやすい周波数の音を出すブザーを用い、ディスプレイはカラーTFT液晶を採用することで可読性を高めています。

平成 27 年度 紀要編集委員会

四国職業能力開発大学校

委員長	中山 喜萬	(校長)
副委員長	後藤 豊	(能力開発統括部長)
機械系	八崎 透	(生産機械システム技術科)
電子情報系	下釜 洋一	(生産電子情報システム技術科)
電気・電子システム系	小國 淳一	(電気エネルギー制御科)
居住系	山下 世為志	(住居環境科)
事務局	平野 直樹	(学務課長)

高知職業能力開発短期大学校

委員長	金城 圭一	(校長)
副委員長	鯨坂 純朗	(能力開発部長)
事務局	尾堂 治彦	(学務援助課長)

四国職業能力開発大学校

高知職業能力開発短期大学校

紀要 第 27 号

発行 平成 28 年(2016)1 月 29 日

発行者 四国職業能力開発大学校
〒763-0093 丸亀市郡家町 3202
TEL 0877-24-6290 FAX 0877-24-6291

印刷 株式会社弘栄社
〒766-0004 仲多度郡琴平町榎井 261
