

新製品開発プロセス手法を適用した 総合制作実習における学習効果

— 時代が求めるスキルへ繋げる取り組み —

福山職業能力開発短期大学校 梶原 彬

福山職業能力開発短期大学校 佐藤 和史

Learning effects in comprehensive production training applying new product development process method –Attempts to realize the skills for popular needs in modern times–

KAJIWARA Akira, SATO kazufumi

要約

福山職業能力開発短期大学校（以降、当校）では、令和4年度から、設計力向上の更なる強化を図るため、総合制作実習にて、新製品開発プロセス（以降、開発プロセス）の手法を適用している。本報では、開発プロセスを適用した令和5年度の総合制作実習のテーマ「ゼロハンカーの設計・製作」の実践報告および、時代が求めるスキルに対する効果について報告する。なお、前段である設計力向上を目指す経緯および、時代が求めるスキルに関する内容は、前報「学卒者訓練における設計力向上の取り組み」の報告を参照されたい。

I はじめに

この開発プロセスの手法は、タグチメソッドによる「品質の作りこみ」を、企画・設計部門で十分に検討することで、顧客の期待を超えるコンセプトと仕様を明確なエビデンスを基に作りこんでから設計・製作をスタートするものである。したがって、マーケットイン（顧客志向）をファーストとする開発の進め方である⁽¹⁾。

本報は、令和5年度の総合制作実習にて、執筆者および共著者が担当した「ゼロハンカーの設計・製作」について、開発プロセスを適用した取り組みおよび時代が求めるスキルに対する効果について報告する。

II 総合制作実習

総合制作実習とは、専門課程2年次にカリキュラムとして組まれている卒業制作のことである。この実習では1年を通して、企画⇒設計⇒加工⇒組立⇒調整⇒評

価・検証の一連のプロセスを習得する。成果物については、年度末にポリテックビジョンで学生により発表される（図1）。

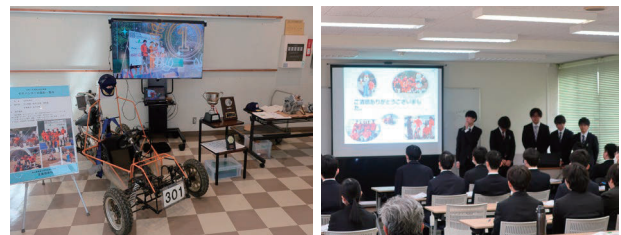


図1 展示・発表会場

III 全日本EV&ゼロハンカーレース in府中

1 レース概要

この大会は、毎年2月に広島県府中市で開催され、産業の発展・振興に資する人材を育成することを目的として⁽²⁾、自作フレームに50ccのエンジンを載せたレーシングカーであるゼロハンカーを設計・製作して、レースにより性能を競う全国的な大会である（図2）。

例年、レースは2日間開催される。1日目は50mの直線ドラッグレース、2日目は本大会であるサーキットコースでのレースとなっている(図3)。令和4年度は、1日目のドラッグレースで優勝実績を残すことができた。令和5年度は2日目の本大会のみの開催となった。レース形式は、予選、決勝トーナメント、決勝の順に行われる。競技部門を(1)から(4)に示す。当校は(1)および(4)の部門へ出場した。

- (1) 手作りエンジン部門
- (2) EV部門
- (3) 一般部門(社会人)
- (4) 学生部門

レースに参加するゼロハンカーには、車体サイズ、安全対策等については規則がある。その他については、参加者が自由に設計・製作することができる。この取り組みを通し、学生達の意識にも変化が見られ、実践技術者として成長する大きな契機にも繋がっている。



図2 大会の様子

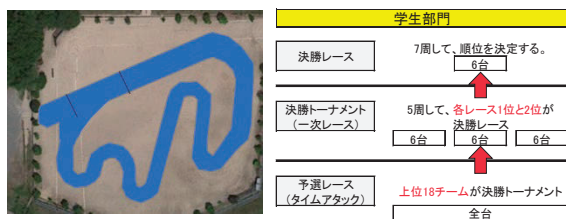


図3 本大会コース、レース形式
(大会プログラムより引用⁽²⁾)

2 手作りエンジン部門への挑戦

出場チームの中で車体だけでなくエンジンも製作して、手作りエンジン部門への出場を果たしたのは当校のみであった。そのため、大会前後に新聞やラジオで紹介され、大きな広報効果を得ることができた。また、令和4年度には(独)高齢・障害・求職者雇用支援機構(以降、機構)の総合制作実習最優秀賞にも選出された(図4)⁽³⁾。



図4 最優秀賞表彰状

IV ゼロハンカーの開発方針

1 方針

表1にゼロハンカーの開発方針を示す。高度職業能力開発促進センターで実施されていた、開発プロセスの訓練⁽⁴⁾、機構内の在職者訓練「3次元ツールを活用した機械設計実習(A202-001-A)」、参考文献⁽⁵⁾をもとに、取り組み方針やルールを定義した。情報・方向性の共有化のため、議論した内容は全て模造紙に記載した。学生には、以下4点を伝え、取り組みを開始した。

- ① 総合制作実習と開発プロセスの進め方。
- ② コンセプトおよび仕様を明確にすること。
- ③ バックキャスト思考で、ゴール・目標を明確に立て、設計・製作を行うこと。
- ④ 手戻りのない設計・製造を目指すこと。

指導員は、実習中において、学生への指示を控え、議論や悩みの時間を確保した。考えること、悩むことを阻害しないようにし、タイミングを見てアドバイスをを行った。

設計仕様の曖昧さをなくすために、一定期間毎にデザインレビューを実施し、質問に対し学生が考え、それに回答することを繰り返した。最初はぎこちない説明でも、回数を重ねるごとに上達が見られ、より客観的かつ簡潔に説明ができるようになる。

表1 取り組み方針

- | |
|---|
| 1: 議論した内容・過程は全て模造紙に記載し、グループ全員で方向性を確認、情報を共有化する。模造紙に記載のないものは議論していないものと判断。 |
| 2: マーカーを使用し、鉛筆・ボールペン・個人ノートは不可。不要な項目は横線で消し、議論した内容を残す。 |
| 3: 議論した内容には、結果、根拠、理由を記載する。 |
| 4: DRでは、毎回異なるメンバーが発表し、模造紙の内容に従い、説明できるようにする。 |

2 スケジュール

表2にスケジュールを示す。4月から7月上旬までは模造紙を使用して、情報収集、コンセプト決定、設計仕様作り、検討作業に徹した。コンセプト・仕様を明確にし、チームで情報共有することで、ゴールを見ながら設計検証作業を行うことができる。

開発プロセスの手法を用いる前の取り組みでは、コンセプトや仕様の曖昧さから、3次元CADを用いた設計に5ヶ月要していた。一方で、開発プロセスの手法を用いたら、3次元CADを用いた設計検証作業は3週間程度で完了することができた。したがって、製作期間を含めた全体の作業時間を大幅に短縮することを可能とした。

表2 スケジュール

4月	↑	試走会、要求整理、コンセプト決定
5月	↑	模造紙を活用した 検討・検証作業
6月	↑	設計仕様検討および決定作業
7月	↓	構想設計 (樹系図作成、ボンチ絵作成)
7月集中実習		3次元CADを用いた設計作業、アセンブリ、図面出力
8月		車体製作
9月		NC、MCプログラム作成
10月		レーザー加工機、NC旋盤、マシニングセンタ
11月		ワイヤーカット放電加工機、旋盤、フライス盤、板金、溶接
12月		車体完成、試験走行、中間発表
12月集中実習		走行練習、予稿集作成、塗装
1月		走行練習、車体調整
2月		走行練習、大会本番 (2月18日)
2月28日		ポリテックビジョン 発表会

V 開発プロセスの適用

1 製品企画

製品企画は開発プロセスの手法で提示されている顧客要求をチームとしての要求に置き換えて検討することにした。具体的には、過去の大会資料を参考に、大会概要・規則、車体のレギュレーションなどの情報収集を行い、要求される事項を整理して図5に示す製品の要求事項をまとめた。

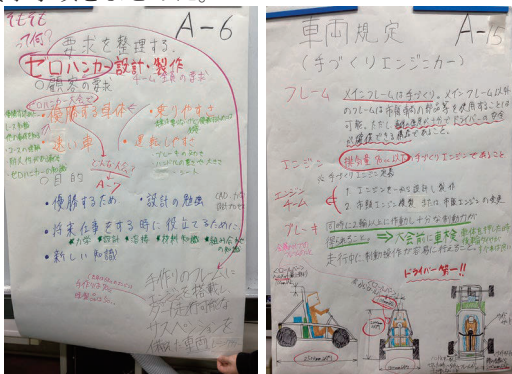


図5 要求事項の整理

要求事項を満たすためのゼロハンカーのコンセプトは、図6に示すように第15回全日本EV&ゼロハンカーレースin府中（以降、第15回大会）で、「ドラッグレースおよび本大会で総合優勝」することとした。

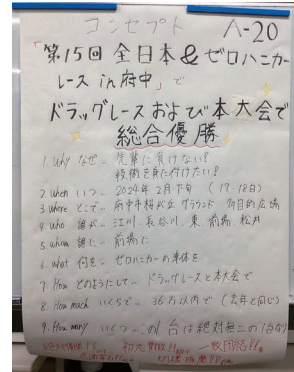


図6 コンセプト

2 基本設計

表3に示しているルールを用いて、図6のコンセプトを達成するための条件を数値化し、ゼロハンカーの仕様を決定した。

仕様を決定する際は優先順位をつけ、重点指向で考えることを学生に伝えた。また、図7のとおり、ロジックツリーを参考にしながら、抽象的表現を具体的表現に落とし込み、目的と手段の品質機能展開を行った。具体的に、大会で優勝するために、①運転技術の向上、②車体性能（ドライバーが走りやすい）を重点指向とし、要求仕様として定義した。具体的数値を算出するために、各種実験、計算を行い、数値データをもとに仕様を決定した。

表3 仕様決定のルール

- 1：数値化、図示、チャート化する。
- 2：検証可能な数値（工学単位系）を使用し、検証できないものはNG。（大きい、軽いではなく「〇〇mm」、「〇〇N」の方で操作できるなど。）
- 3：数値を決めた理由を記載する。「なぜそう決めたのか」を明確に。（理由が明確であれば、仮の数値でも可。）
- 4：大きな仕様から小さな仕様へ分解していく。（コンセプトに照らし合わせ、大まかな機能・仕様から決めていく。）

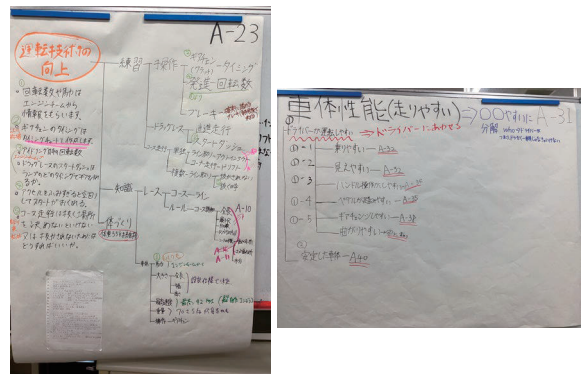


図7 コンセプトを満たすための品質機能展開

3 ゼロハンカーの仕様

3-1 仕様の項目

第15回大会に参加するゼロハンカーの仕様の項目を(1)～(7)に示している。また、本報では(1)～(3)について紹介する。

- (1) 運転技術の向上
- (2) ドライバーの仕様
- (3) 車体の仕様
- (4) メインフレーム、前輪、後輪の仕様
- (5) 荷重の仕様
- (6) 手作りエンジンの仕様
- (7) 安全の仕様

3-2 運転技術の向上

運転技術の向上には、大会のコースの特徴、過去の大会の分析、試験走行、優勝するための走行軌跡に関わる情報が必要と考えた。また、過去車体を用い試験走行を実施し、スピードの計測や乗りやすさなどのデータ収集も行った(図8)。車体性能では「走りやすさ」が必要だと考えた。これを実現するために、乗車しやすい、ハンドルが操作しやすい、コースが見えやすいなどに分解し、目的と手段の品質機能展開を行った(図9)。

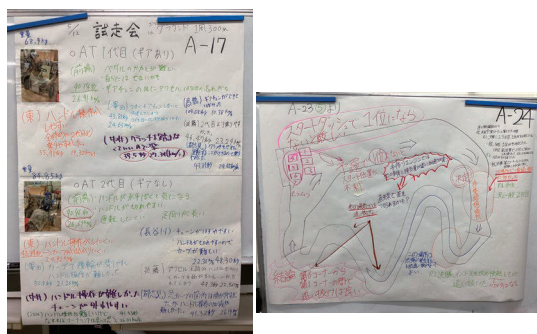


図8 試験走行会データ、大会コースの特徴

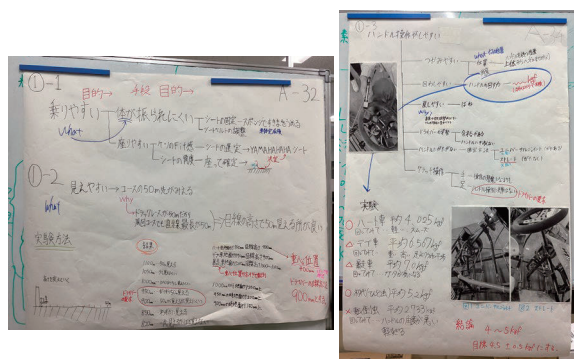


図9 車体性能の仕様

3-3 ドライバー専用車体の仕様

人間中心設計の技術を用いて、ドライバーによる運転・操作性が高いドライバー専用車体を製作することにより優勝に繋がると考え設計することとした。設計作業は運転する予定の学生を測定して、3次元モデルを作成した。そこで、運転しやすい姿勢、ハンドル位置、ペダル位置などを決め、図10に示すように各種配置や寸法を決定した。

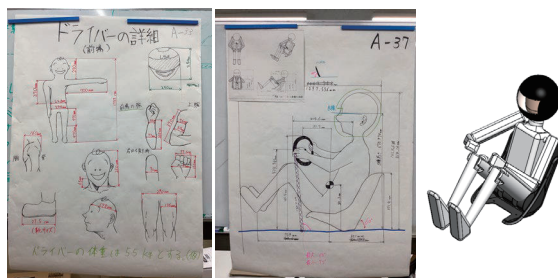


図10 ドライバーの仕様

3-4 車体の仕様

ゼロハンカーの直進性および走行安定性に関わるトレッド幅(タイヤ間の距離)、ホイールベース(前後輪の間隔)、はそれぞれ1000mm、1600mmとし、比を1:1.6とした。この比はスポーツカーにも採用されている数値であり、1:1.6は一般に黄金比と呼ばれる(図11)。

車体重量(手作りエンジンを除く)は、過去の車体や、強度的に十分耐えられることを考慮し、70±5kgとした。車体重心も走行安定性に影響するため、手計算で重心位置の計算を行った。大会はダートコースのため、地面に後輪タイヤを確実に食いつかせる必要がある。そのため、縦方向の重心位置は、後輪側に寄せ、前後の比率を55:45とした。左右のバランスを保つため、横方向の重心は比率0となるよう、ドライバーのシートを11mmずらした。算出した重心位置の整合性を判断するため、3次元CADを用いた。ドライバー以外のモデルは細部の作りこみを避け、簡易モデルで検証して、手計算の結果が妥当であることを確認した(図12)。重心位置の算出後は、各コーナーで発生する遠心力から、車体重心や前後輪にかかる荷重を算出して、強度解析などに用いた。

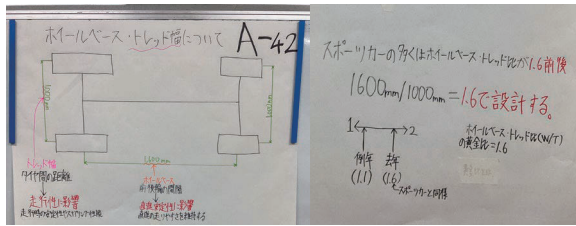


図11 トレッド幅・ホイールベース

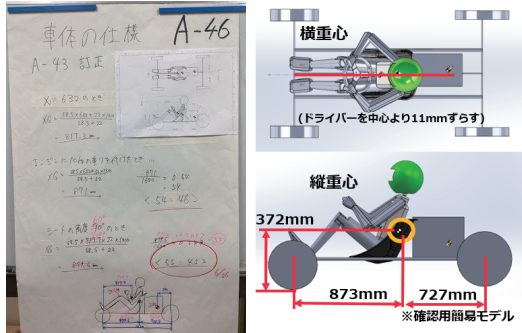


図12 重心位置と簡易モデル

3-5 目標タイム、目標速度の仕様

令和2年度大会優勝車体を参考に、優勝するための最速・平均タイムを定義した仕様を表4に示している。

表4 目標タイム、目標速度の仕様

レース	評価項目	設計仕様	R2優勝車体
本大会 サーキットレース	最速タイム(秒)	32.5	33.0
	最高速度(km/h)	34.0	32.7
	平均タイム(秒)	34.0	34.2
	平均速度(km/h)	31.8	31.6

4 構想設計

表5のルールを適用して、ポンチ絵で全体構想図を描いた。各ユニット・部品へと展開し、樹系図を作成した(図13)。その後、3次元CADでモデリング、アセンブリを行った。

3次元CADで設計目標の1つである重量値を満たすかについて検証を行った。構想設計時に既製品やドライバー以外の部品は1~2フィーチャのみを作成して重量の当たりを付けた(図14)。参考文献⁽⁵⁾を参考に目標重量 $\pm 20\%$ になるか確認した。目標の $65 \sim 75\text{kg} \pm 20\% = 84 \sim 90\text{kg}$ であれば、目標重量をクリアできると判断した。結果、車体重量 $76.93\text{kg} + \text{ボルト・ナット} 3\text{kg}$ (前年度車体データ参照) + その他アクセサリ $4.1\text{kg} = 84.03\text{kg}$ となり、詳細設計へと移行した。

表5 ポンチ絵・樹系図作成のルール

- 1: ポンチ絵、樹系図、ファイル名をセットで記入。
- 2: ファイル名は、担当ユニットに割り当てられた番号で管理。拡張子も記入。
- 3: ポンチ絵には設計基準となる基準平面を記入。
- 4: 設計で重要な構造・ユニットから分類する。
- 5: ひとつの階層は4分木以内とし、階層が深い樹系図を作成する。
- 6: アセンブリと部品は混合を避ける。検討する設計機能同士の規模を合わせる。

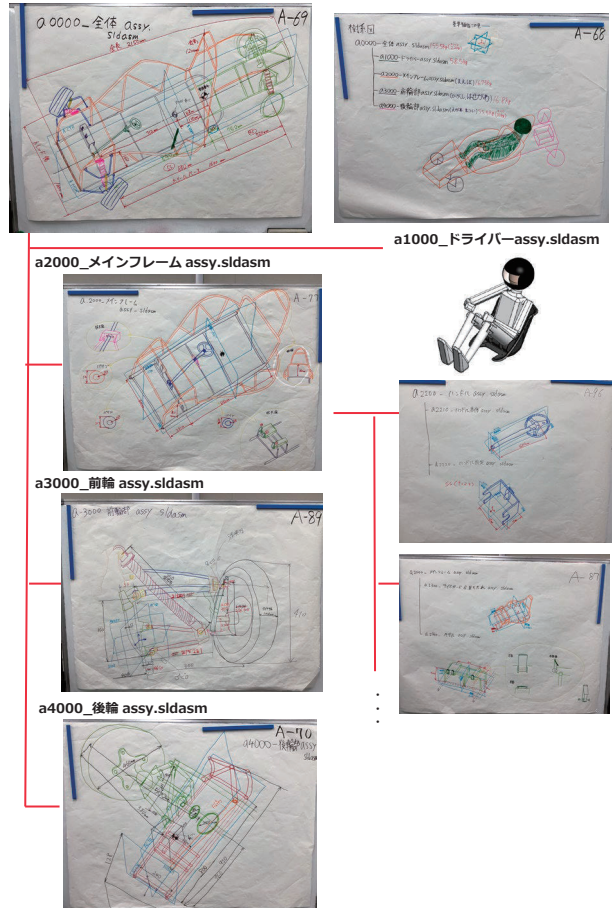


図13 全体構想図、樹系図

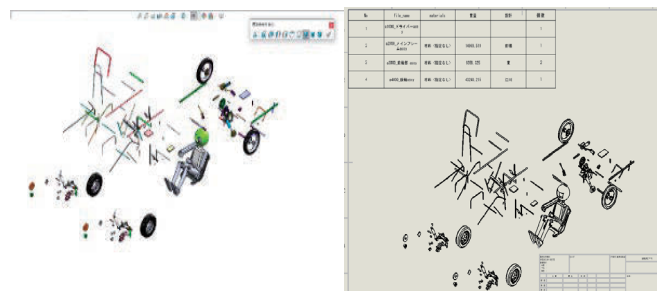


図14 車体重量検証

5 詳細設計、完成モデル

5-1 強度解析

過去の車体を参考に、安全率2~3で設計されているものは、レース当日まで耐久性があるというデータがある。そのため、ドライバーの安全性を第一とするため、ドライバー周りの安全率を最も高く3と設定した。3次元CADにより検討した構造が仕様で示している安全率を有しているのかについて、強度解析で検証した。強度不足が生じたものは仕様を満たすまでフィードバックをかけ、設計変更を行った。車体完成後にひずみゲージを用いて、解析値と実測値の比較を行った(図15)。一例として、後輪部では、CAE最大応力55.6MPaに対し、実験値47.6MPaが得られ、誤差14%となりCAE解析の妥当性を確認した。

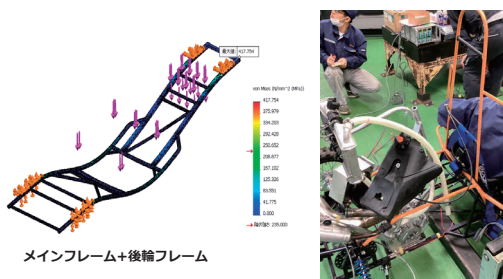
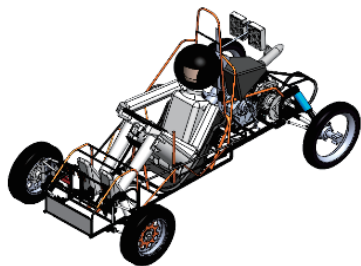


図15 強度解析、ひずみゲージを用いた実験

5-2 完成モデル

完成モデル・部品表を図16に示す。各ユニット・部品に対し図面データを作成して、寸法、材料、重量を管理した。車体重量は74.49kgとなり、目標である65~75kgの車体重量を満たした。カラーリングは、当校のチームカラーであるオレンジと黒を基調としたデザインに仕上げた。



No	file_name	materials	質量	設計	個数
1	a1000_ドライバーassy	材料<指定なし>	58490.000	ドライバー	1
2	a2000_メインフレームassy	材料<指定なし>	18711.938	前場	1
3	a3000_前輪部	材料<指定なし>	15867.916	東・長谷川	1
4	a4000_後輪assy	材料<指定なし>	52970.536	江川・松井	1

図16 完成モデル、部品表

(ドライバーおよび手作りエンジン重量を含む)

VI 製作要素・完成車体

1 加工

学生は実習場にあるほぼすべての工作機械を使用して製作することから、幅広い技術を習得できる。さらに、車体組立時には、位置決め、現物合せ、固定用治具作成などの要素が含まれている(図17)。

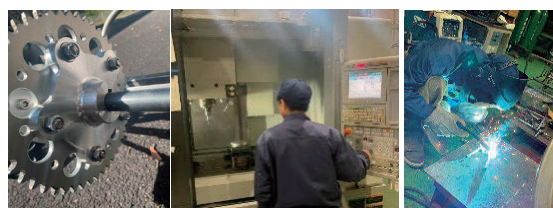


図17 加工物(スプロケット用フランジ)、作業風景

2 完成車体と安全の徹底

完成車体および試験走行の様子を図18に示す。車体には、エンジンチームが製作した手作りエンジンが搭載されている。試験走行時は、指導員立会いのもと、ヘルメット・手袋、安全靴・作業服を着用。グラウンド以外でのエンジン始動、走行厳禁。コース外ではエンジンを切り、手押しで車体を移動。消火器・救急箱を用意する等、安全対策を徹底した。



図18 完成車体、試験走行

3 走行データ

車体完成後は、校内グラウンドで練習走行を実施した。大会本番までの合計周回数は226周となり、十分耐久性があることを確認した。グラウンドのコンディションの関係上、短縮したコースでの走行練習も行った。そこで、全体的にタイムが短縮されており、後半にかけて各周回ともばらつきなく、安定した走行が可能となったことが確認できる(図19)。

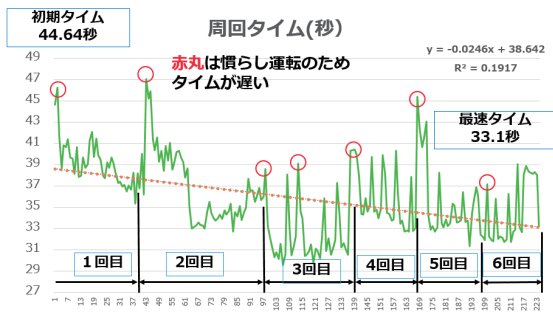


図19 練習走行タイム計測

表7 車体重心の仕様

項目	設計仕様(mm)	製品(mm)	比	比に対する差
縦重心	873 : 727	872 : 728	55 : 45	0
横重心	500 : 500	500 : 500	0 : 0	0

表8 目標平均タイムの仕様

項目	目標平均タイム	平均タイム	差
校内	34.0秒 (AVE:31.8km/h)	33.1秒 (AVE:32.6km/h)	-0.9秒
大会	(AVE:31.8km/h)	32.8秒 (AVE:32.9km/h)	-1.2秒

VII 設計仕様に関する評価

車体完成後の設計仕様に関する製品の数値データ評価表を表6、7、8、9に示す。評価は製品が学生により作成された要求・仕様に関しての整合性について行う。

表6の車体性能に関して、パイプの曲げ精度や溶接の影響で、全長、全幅に多少の誤差は出たものの、車体サイズは大会レギュレーションを満たしていることを確認できた。走行性能に影響する、ホイールベース、トレッド幅、回転半径は差が0となり、設計仕様通り製作することができた。完成車体重量は、74.27kgとなり当初の仕様で定めた70±5kgを満たした。

表7の重心位置は、車体下に角パイプを敷き、つり合いの取れる箇所を測定した。当初の設計通り製作することができ、バランスの取れた車体であることを確認できた。

表8の目標平均タイムおよび表9の最速タイムの仕様は、校内、大会ともに仕様の目標タイムを上回ることができ、仕様を達成できた。

したがって、全ての項目で、仕様を満たす車体を完成させることができた。

表6 車体性能の仕様

項目	設計仕様	製品	差
全長(mm)	2110	2050	-60
全幅(mm)	1140	1220	+80
全高(mm)	1250	1270	+20
ホイールベース(mm)	1600	1600	0
トレッド幅(mm)	前: 1000 後: 1000	前: 1000 後: 1000	0
回転半径(m)	内輪: 2.3 外輪: 3.3	内輪: 2.3 外輪: 3.3	0
車体重量(kg)	70±5	74.27	-0.73 (75kgに対し)

表9 目標最速タイムの仕様

項目	目標最速タイム	最速タイム	差
校内	32.5秒 (AVE:33.2km/h)	31.3秒 (AVE:34.5km/h)	-1.2秒
大会	(AVE:33.2km/h)	30.4秒 (AVE:35.5km/h)	-2.1秒

VIII 得点方式・大会結果

1 総合評価得点計算方法

表10に大会の得点表を示している。学生部門の総合優勝は、「EV得点」、「手作りエンジン得点」、「決勝レース得点」、「デザイン&構造得点」の合計から順位が決定される。

表10 得点表

評価項目	概要と得点
EV得点	1位: 20点 2位: 15点 3位: 10点
手作りエンジン得点	1位: 20点 2位: 15点 3位: 10点
決勝レース得点	1位: 60点 2位: 50点 3位: 40点
デザイン&構造得点	審査員と観客の投票により評価する 1位: 20点 2位: 10点 3位: 8点

2 大会結果

「手作りエンジン部門」では、目標としていた1位(20点)を獲得した。車体のデザインと構造を審査員と観客が評価する「デザイン&構造賞」では、観客の投票を最も集め1位(20点)を獲得した。「学生部門決勝レース」では、パイロン接触によってペナルティを受け、3位(40点)という結果となった。以上の結果、合計得点80点となり、出場チーム中、最多の得点を集め、長年の悲願であった「総合優勝」を果たした。取り組み開始時に定めたコンセプトも達成した(図20)。



図20 総合優勝表彰式、優勝トロフィー

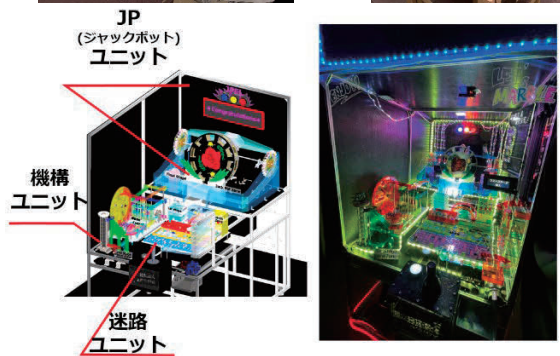
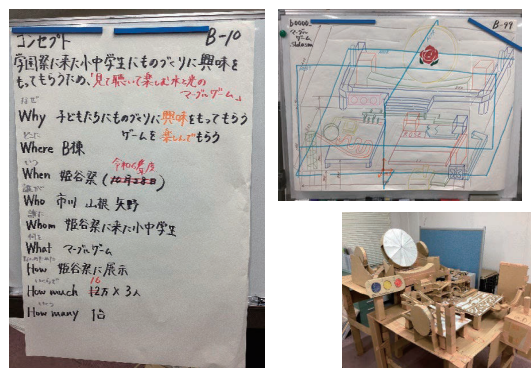


図21 水と光のマールゲーム製品

IX 取り組みに関するまとめ

製品企画から構想設計に至るまでの過程で使用した模造紙は129枚になった。開発プロセスに基づき、コンセプト・仕様というゴールを明確にすることで、トータルの設計・製作期間は短縮された。以前と比較して、2ヶ月以上早く車体を完成させることができた。また、設計・製造上の手戻りを削減でき、スケジュール通りに進捗させることを可能とした。模造紙を使用し、書く・描くことは、情報を整理するための非常に有効な手段であり、グループ全員で方向性を確認し、共通認識で作業に取り組むことができる。また、樹系図を活用して、ポンチ絵でイメージを立体的に描く作業により、立体形状を把握する能力の向上も図ることができたと考える。各種仕様に関する評価や走行データの蓄積も行うことができ、総合制作実習の目的である、企画から評価・検証の一連のプロセスを習得することができた。

生産技術科が取り組んだ他のテーマにおいても、開発プロセスを適用することで、品質の向上が見られ、完成度の高い製品が製作された。一例として、図21に「マールゲームの設計・製作」を示す。このテーマでは、学園祭での展示を目的として、「見て聴いて楽しむ、水と光のマールゲーム」をコンセプトに、ワークとなる人とビー玉の仕様から設計した。また、3次元CADに入る前段階で、段ボールを用いた試作品を作成することで、学生が考えた仕様がコンセプトを満たすかどうかの確認を行った。開発プロセスを適用することで、学生が創造し、今までにない、新しく、面白いものを創り出すことができた。

X 開発プロセスに基づいた訓練の効果

1 アンケート

開発プロセスの展開が、コンセプチュアルスキル、本質を見抜く力、時代が求めるスキルに効果があるのか検証するため、令和5年度2年生にアンケートを実施した。このアンケートは、学生に時代の流れ、今後必要となるスキルを示す狙いもある。調査したいスキルに対しての体系的なアンケートがないため、図22のとおりアンケートを作成した。各種スキルにおいては、授業前・後を5段階のレベルで比較した。学生自身が取り組みを振り返り、次のステップへと繋げる狙いもあるため、学生の自己評価により実施した。本質を見抜く力の向上は、コンセプチュアルスキルの習得と同義ととらえ、構成する14項目の平均にて効果を判断した。スキルに関する説明は、参考文献⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾を参考とした。サンプル数が22名と少ないため、厳密に統計的性質を示すには難しいが、効果の有無は、授業前・後の点差の有意差をt検定(5%有意水準、片側2.5%)および、サンプルサイズに影響されない効果量⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾を使用し、試みた。t検定で有意差があり、かつ、効果量は、効果大(d=0.8以上)(Cohen (1988))の両方を満たすことで効果ありと判断した。アンケート結果を表11、12、13に示す。

習得スキルに関するアンケート

科目名を記入 [評価基準]
1.全く身につけていない
2.少し身につけている
3.まあまあ身につけている
4.かなり身につけている
5.完全に身につけている

上記科目について、下記項目のスキル・力の習得度を評価基準の欄で判断し、記入してください。

No.	項目	項目
1.	論理的思考 (ロジカルシンキング) 物事を論理的に説明したり、整理し、考える力。	コンセプトualスキルを構成する14の要素 (複雑な物事を概念化してとらえたり抽象的に考え、物事の本質を理解する能力)
2.	水平思考 (ラディカルシンキング) 経験や常識にとらわれず、自由な発想ができる力。	
3.	批判的思考 (クリティカルシンキング) 現状に満足せず、批判的に物事を分析・評価して解決策を見つける力。	
4.	多面的視野 目の前の課題に対して複数のアプローチを行える力。	
5.	柔軟性 物事に対し柔軟な対応ができる力。	
6.	受容性 自分と異なる価値観を拒絶せず、受け入れる力。	
7.	知的好奇心 新しいものに対して興味を示し、自ら取り入れる力。	
8.	探求心 物事に対して深い興味を示し、問題の深部まで掘り込める力。	
9.	応用力 一つの知識・技術を他の問題にも適用できる力。	
10.	洞察力 物事の本質を見極め、将来の展望についても分析する力。	
11.	直観力 直観的なひらめきを活用し、瞬時に対応する力。	
12.	チャレンジ精神 未知の分野に挑戦し、失敗を恐れず挑戦する力。	
13.	俯瞰力 広い視点で物事を捉え、進行中の業務が全体のプロセスにおいてどの位置にあるかを把握する力。	
14.	先見性 目の前のことだけでなく、数年後、数十年後におけるニーズの推移を予測できる力。	
1.	分析的思考と革新 情報を収集し、分析し、それをもとに論理的に問題に対処し考える力。物事の根拠に対する新しいアイデアと答えを創発するための創造性と一般的なものの見方を昇華する思考(代位思考)。	2025年以降に需要が高まると予想されるスキル (世界経済フォーラム、仕事の未来レポート2020)
2.	アクティブラーニングと戦略的学習 自身が能動的に学びを進め、自分自身で考え、話し合い、解決することで学びを深める力。	
3.	複雑な問題解決 発生した問題を分析し、原因を見つけ、解決策を考え、解決に導く力。	
4.	批判的思考と分析 現状に満足せず、批判的に物事を分析・評価して解決策を見つける力。	
5.	柔軟性、受容性、イニシアチブ 新しく価値のあるものを作り出す力。独自の考えで物事を作り出す力。率先して発言したり行動したりして能を導く能力。	
6.	リーダーシップと社会的影響 組織をリードして学習する結果力や指導力。個人が組織や社会に影響を与える力。	
7.	テクノロジーの使用、監視、制御 必要なツールを決定する。機械やシステムの動作を制御する。各種センサーから、機械が適切に動作していることを確認する。	
8.	テクノロジーの設計とプログラミング コンピュータシステムやソフトウェア開発、プログラミングに必要な力。	
9.	適応力、ストレス耐性、柔軟性 環境の変化に対応できる力。ストレスに耐える力。批判を受け入れ、ストレスの高い状況に冷静かつ効果的に対処する力。困難な状況でも、平穏を維持し、感情を抑制し、怒りを制御する力。攻撃的な行動を避ける。	
10.	推論、問題解決、発想 事実をもとに、未知の事柄を推し量り、論じる力。問題や課題を発見し、分析し、解決する力。何かを思いひき新しいものを生み出す力。	
1.	問題発見力 複雑な状況や背景にある問題点を見つけられる力。問題を生み出している潜在、本質的な問題を発見する力。	2025年において必要となる能力の上位項目 (経済産業省、未来人材ビジョン)
2.	的確な予想 物事に関係する変化の今後を予測できる力。正確な情報や知識をもとに、将来の結果や出来事や出来事と適切に予想する力。	
3.	革新性 新たなもの、サービス、方法を作り出す力。	
4.	的確な決定 情報を集め、的確に決定ができる力。正確で信頼性の高い情報を収集し、分析し、最適な選択を行う力。	
5.	情報収集 物事に関係する情報を常に収集する力。情報の必要性を理解し、情報を収集する力。得られた情報を整理し整理し、管理・活用する力。	
6.	情報処理 情報の約半分を事実に基づき、客観的にとらえる力。主観的ではなく、第三者目線で物事を見る力。	
7.	コンピュータスキル コンピュータが前提である。各種ソフトウェア、ネットワーク、データベースなど、一般的なコンピュータ関連技術を使いこなす力。	
8.	前置スキル：口頭 口頭でのコミュニケーションが求められる。人とコミュニケーションをとる際に必要な、話す・聴く・理解するなどの力。	
9.	科学・技術 科学的、技術的な知識や能力。	
10.	柔軟性 状況変化に応じて柔軟に対応できる力。物事に対し柔軟な対応ができる力。	

図22 習得スキルに関するアンケート

表11 コンセプトualスキルを構成する14の要素・平均の自己評価

	前	後	平均値	標準偏差	t検定 p 値	効果量 Cohen's d
論理的思考	前 1.8	後 3.1	1.8	0.6	4.3E-10*	2.1
水平思考	前 1.8	後 2.9	1.8	0.8	3.0E-06*	1.5
批判的思考	前 1.8	後 3.1	1.8	0.6	3.1E-08*	2.4
多面的視野	前 1.8	後 3.0	1.8	0.7	3.1E-08*	2.2
柔軟性	前 2.0	後 3.2	2.0	0.7	6.9E-07*	1.4
受容性	前 2.8	後 3.5	2.8	0.9	9.0E-04*	0.8
知的好奇心	前 2.7	後 3.5	2.7	0.7	1.8E-06*	1.0
探求心	前 1.9	後 3.0	1.9	0.8	3.0E-08*	1.4
応用力	前 1.6	後 3.0	1.6	0.5	7.6E-09*	2.0
洞察力	前 1.7	後 2.8	1.7	0.6	3.0E-06*	1.7
直観力	前 2.0	後 2.6	2.0	0.8	6.8E-05*	0.8
チャレンジ精神	前 2.0	後 3.0	2.0	0.9	3.7E-06*	1.0
俯瞰力	前 1.8	後 3.1	1.8	0.7	1.4E-11*	1.7
先見性	前 1.3	後 2.4	1.3	0.5	2.4E-07*	1.5
コンセプトualスキル平均	前 1.9	後 3.0	1.9	0.4	7.3E-11*	3.3

*: P<0.05

表12 2025年以降需要スキル自己評価

	前	後	平均値	標準偏差	t検定 p 値	効果量 Cohen's d
分析的思考と革新	前 1.6	後 2.8	1.6	0.6	2.0E-07*	1.9
アクティブラーニングと戦略的学習	前 1.9	後 3.1	1.9	0.5	6.9E-07*	2.1
複雑な問題解決	前 1.7	後 3.0	1.7	0.5	5.6E-09*	2.1
批判的思考と分析	前 1.7	後 2.8	1.7	0.6	8.4E-07*	1.8
創造性、独創性、イニシアチブ	前 1.5	後 2.5	1.5	0.7	1.9E-07*	1.5
リーダーシップと社会的影響	前 1.6	後 2.6	1.6	0.8	1.9E-07*	1.1
テクノロジーの使用、監視、制御	前 1.6	後 2.7	1.6	0.6	4.3E-08*	1.7
テクノロジーの設計とプログラミング	前 1.5	後 2.2	1.5	0.6	7.7E-04*	0.9
適応力、ストレス耐性	前 2.5	後 3.5	2.5	0.8	3.7E-06*	1.1
推論、問題解決、発想	前 1.8	後 2.7	1.8	0.6	7.4E-05*	1.2

*: P<0.05

表13 2050年需要スキル自己評価

	前	後	平均値	標準偏差	t検定 p 値	効果量 Cohen's d
問題発見力	前 1.7	後 3.0	1.7	0.7	5.6E-09*	1.6
的確な予想	前 1.6	後 2.6	1.6	0.6	3.8E-06*	1.4
革新性	前 1.3	後 2.2	1.3	0.6	3.5E-05*	1.2
的確な決定	前 1.7	後 2.6	1.7	0.6	3.5E-06*	1.2
情報収集	前 1.8	後 3.0	1.8	0.8	2.4E-06*	1.3
客観視	前 2.0	後 3.0	2.0	0.5	2.9E-05*	1.3
コンピュータスキル	前 1.7	後 2.6	1.7	0.8	1.4E-04*	1.0
言語スキル	前 1.9	後 2.7	1.9	0.7	3.4E-05*	1.2
科学・技術	前 1.6	後 2.7	1.6	0.6	6.0E-06*	1.4
柔軟性	前 1.8	後 2.9	1.8	0.7	2.4E-06*	1.5

*: P<0.05

2 アンケートに対する考察

アンケート結果から、表11のコンセプトualスキルを構成する14の要素・平均の自己評価、表12の2025年以降の需要スキル(注1)の自己評価、表13の2050年需要スキル(注2)の自己評価について、全ての内容で効果があることを確認することができた。

これらのことから、開発プロセスを総合制作実習に適用した訓練の展開は、時代が求めるスキルの習得へと繋がるものであることが確認された。

XI おわりに

本報で展開した訓練は、今日までに機構の先輩方が培ってきたノウハウを活かしたものである。そこに、時代が求めるスキルを関連付けた。これらスキルは、学生自身が今後の職業人生の中で日々ブラッシュアップしていくものである。アンケート結果からも、それらスキルに繋げることができたと言える。今後の学卒

者訓練においては、このような時代の流れを学生に伝え、求められるスキルや思考法の習得に向けた訓練を実践・展開していかなければならないと考えられる。また、昨今、AIなどの急速な技術革新により、社会で求められる人材は日々変化している。その中で、今後さらに人間に求められるものは、創造力をはじめとする「考える力」にあり、開発プロセスの訓練は、この力を確実に育成させることができる。

この手法は、教える立場である指導員にも大きなメリットを与える。手戻りが少なくなり、納期短縮が実現されることで、大幅な負担の軽減に繋げることができた。また、コンセプトや仕様、方向性が学生間で共有化されているため、指導に係る手数が減り、デザインレビューを通して、学生自身が自ら考え、学ぶ時間を大きく確保することができた。長期に渡り取り組みが行われる総合制作実習の進捗も管理しやすく、自身の専門技術の習得のみならず、マネジメント能力の向上も図ることができた。そして、時代の流れに乗り遅れないためにも、開発プロセスの手法および、各種スキルの習得を見据えた新しい職業訓練のあり方は、ものづくりの職業訓練を担う、全ての指導員が目指すべきものであると考える。この考えや訓練の展開は、学生達のよりよい職業人生のスタートとなり、我々の行う職業能力開発の価値をさらに高めるものである。

[注]

- (注1) 世界経済フォーラム「仕事の未来レポート2020」から公表されている、2025年以降に需要が高まると予測されるスキル⁽¹²⁾。
- (注2) 経済産業省「未来人材ビジョン」から公表されている、2030年および2050年において必要となる56の能力等に対する需要スキル⁽¹³⁾。

[参考文献]

- (1) 中国職業能力開発大学校付属福山職業能力開発短期大学校紀要,第20号,巻頭語,福永卓己。
- (2) 特定非営利活動法人 いこるde BINGO, 第15回全日本EV&ゼロハンカーレースin府中_プログラム,<https://npo-ikorul.jimdo.com/town/ev/>, (2024.4.30)。
- (3) 令和4年度 総合制作実習および開発課題の成果物にかかる表彰について,
https://www.jeed.go.jp/js/kousotsusya/polytech_co/kenkyu/seikabutuhyosho/copy_of_r3.html

(2023.5.16)。

- (4) 顧客の要望に応える「課題解決型離職者訓練」の取り組み-「メカニカルシステム・エンジニア科」への導入-, 高度職業能力開発促進センター, 福永卓己, 湯浅英司, 職業能力開発報文誌, VOL.26, No.1 (45), 2014。
- (5) 西川誠一, 手戻りを撲滅する! 超・実践的3次元CAD活用ノウハウ, 日刊工業新聞社p8, p16-17, p25-p26, (2019)。
- (6) 世界経済フォーラム, 仕事の未来レポート2020, The Future of Jobs-Report, p36, p153-154。
- (7) PHP人材開発, コンセプトチュアルスキルとは? 構成する要素と目利き力の高め方,
<https://hrd.php.co.jp/hr-strategy/hrm/post-109.php>, (2023.6.19)。
- (8) 三菱電機ITソリューションズ株式会社, コンセプトチュアルスキルとは? 概要とスキルの高め方を学ぶ,
https://www.mdsol.co.jp/column/column_122_1453.html, (2023.6.19)。
- (9) 労働政策研究・研修機構, 職務構造に関する研究II, 労働政策研究報告書, No.176, p276, 平成27年5月29日。
- (10) 2条件間の比較における効果サイズ, 蔵富恵, 愛知淑徳大学論集, -心理学部編-第5号2015, 27-32。
- (11) 効果量と検定力分析入門-統計的検定を正しく使うために-, 水本篤, 竹内理, 関西大学, 47-57, 2011-06-06。
- (12) 世界経済フォーラム, 仕事の未来レポート2020, The Future of Jobs-Report, p36, p153-154。
- (13) 経済産業省, 未来人材ビジョン, p.20, (2022.5)。