

# — 総合（卒業）制作実習を指導して— 3次元CAD/CAMによる電動車椅子 「amuse」の設計・製作を通して

ポリテクカレッジ島根 制御技術科  
(島根職業能力開発短期大学校)

福永 卓己・鍛冶 耕介

## 1. はじめに

短大における実践技術者の養成という目的は、技術的な要素だけではなく人格的な要素も含んでおり、踏まえて産業界から必要とされる人材を送り出すことが私どもの使命であると考えている。

具体的に「ものづくり」を学生達に教えていくうえで、製品のアイデアを現実の物とすること（開発から設計・製造の過程を知ること）は重要なことであり、複数の者がプロジェクトを形成して、成し遂げることが必要である。そのなかで自分はどの分野を担当し、持てる能力を向上させながら発揮できるか。また同じプロジェクトの者と意志の疎通ができるかという、ただ単なる技能・技術の問題ではなく、自己表現力および協調性と責任感を養うことも重要なことであると私は考える。

## 2. 卒業製作のテーマ設定

そこで、今回は卒業製作のテーマとしてジョイスティック1本で水平面8動作（前進、後退、前方右左折、後方右左折、左右旋回）が可能であり、（左右にDCモータを配置）体重120kgまでの人が乗用でき、かつ、乗り心地と（サスペンション機能を持つ）発進時のスムーズさを兼ね備えた電動車椅子（以降「amuse」）の設計と製作を学生3名に投げかけた。

## 3. プロジェクトのメンバー

まずは機械設計担当者および機械加工担当者、プログラム制御担当者を各1名決定し、この3名に基本的な形、構造、動き等のアイデアを練らせることとした。この3名は3次元CAD (I-DEAS Master Modeler) を共通のアイテムとして使えるまでのトレーニングを行っている。

## 4. 各メンバーの担当内容

### 4.1 機械設計担当者

機械設計担当者はプロジェクト全体のアイデアを



図1 amuse. Xvi

3次元CAD (I-DEAS Master Modeler) をツールとして各部品の製作を行い、アッセンブリ機能 (I-DEAS Master Assembly) によって組立図を生成する。また、他の2名からの設計の改善要求があった場合は即座に3名で最善策を考え、3次元データの変更を行う。また、最終でき上がりの3次元形状をWeb上で表示するためにXVL形式データへのコンバート (XVL Composer使用) を行った。図1にコンバートされた形状を示す。

#### 4.2 機械加工担当者

機械加工担当者は機械設計担当者から来た3次元データをもとに各部品の加工、製作、組立を行うが、そのなかで不具合 (加工ができない、部品の強度不足等) が生じた時点で設計改善の要求を設計担当者に返す。

また、機械加工担当者は「amuse」の筐体 (ボディ) をI-DEAS Master Modelerでモデリングし、機械設計者との調整を行ったうえで製作した。筐体の材料は熱可塑性樹脂 (塩化ビニール) を使用しており、また筐体のうちフェンダー部 (タイヤカバー) は取り外し可能とし、形状が曲面であることから、3次元CAM (I-DEAS Generative Machining) によ

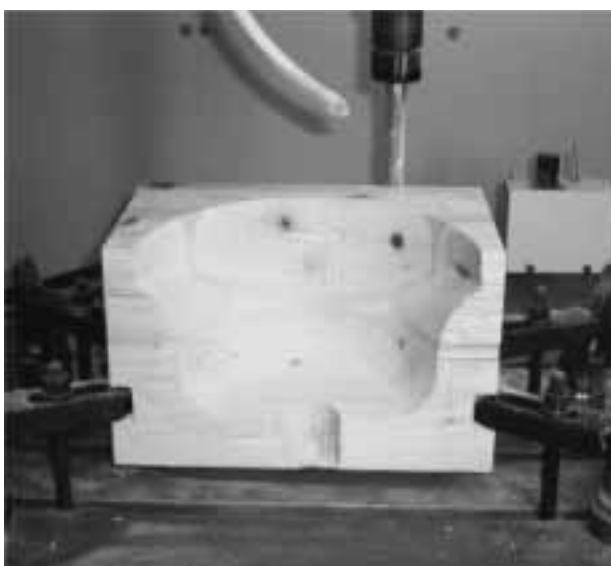


図2 メス型の加工

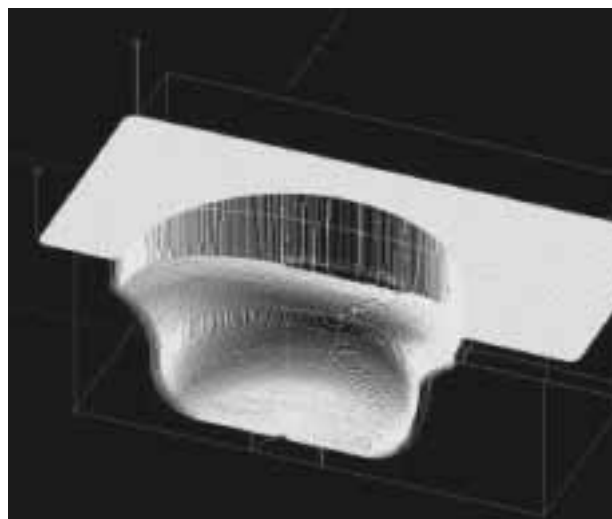


図3 中仕上げカッターパス



図4 フェンダー部取り付け

ってカッターパスを生成し、マシニングセンタによってオス型・メス型を加工した。

この際に型自体がかなり大型となることから、型の材質として米松の集成材を使用した。アルミ合金等も考えられたが、成型品の精度があまり求められていないことから予算的にもこの材料で十分との判断を下したわけである。しかしながら木材には方向性があるため通常の金属を加工するカッターパスおよび切削条件では割れを生じることがあり、特に刃の抜け際が顕著に現れた。これを改善するために数々の工夫を凝らし、型の完成となったわけである。図2にメス型の加工状況、図3に中仕上げのカッタ

ーパスを示す。

その後、原始的な樹脂成型方法ではあるがフェンダーの成形を行い、筐体本体に取り付けボディーの塗装を行った。図4に塗装後のフェンダー部を示す。

#### 4.3 プログラム制御担当者

プログラム担当者は、まず制御方法およびモータ、動作駆動回路を決定した。制御方法はPLCを用いた制御とし、駆動用モータにはDC24Vモータ（26W）を選択した。また、駆動回路にはリレーを用いたH型正逆転回路を使用し、ジョイスティック内部4個のリミットswから出力される信号の組合せで「amuse」自体の進行方向を制御する（図5）。

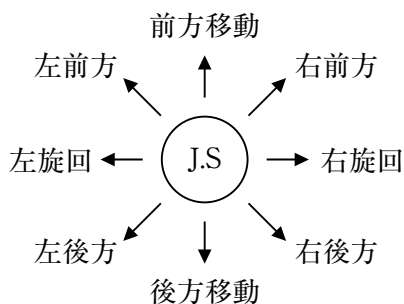


図5 ジョイスティックによるamuse動作

当初は乗用車のアクセルのように、ジョイスティックの倒れ加減で、スピードコントロールさせることも考えたようだが、搭載するPLCの寸法制限・アナログ入力機能および角度センサ等を含めての価格を考慮するうちに、単純に倒した方向に適当な加速をかけるほうが望ましいと判断した。結果その方法として、PWM（パルス幅変調）を採用し、目的とする適当な加速を得ることができた。パルス信号は通常DCサーボモータ制御に使用されるkHz帯のものではなく、PLCからの出力信号を利用した約16Hz程度（周期60ms）のものである（図6）。

この信号でパワートランジスタ2sk2410をスイッチングさせ、段階的加速を実現させた。

次段階として運転時の安全を確保するための条件

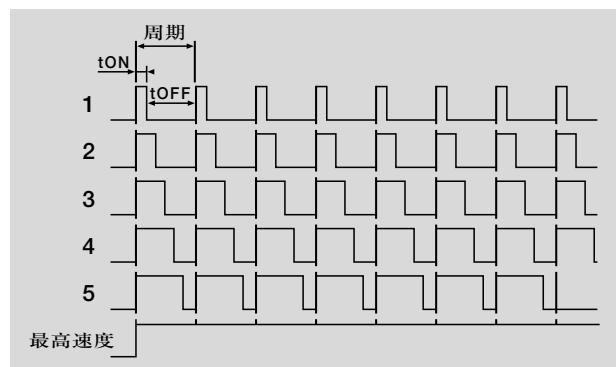


図6 6段階のPWM信号



図7 制御部配置図

を考えさせた。危険を知らせる警告ホーン信号はジョイスティックのトリガーボタンを利用し、走行中であることを外部に知らせるためのメロディ音も場合に依りて選択できるように回路構成した。また、人の乗車を検知するセンサも取り付けることとした。

このようにして、必要機器等が順次選択され、そのレイアウトを機械設計担当者に伝えることにより、「amuse」筐体内の部品配置を決定した。

その後、PWM 6段階の信号をプログラミングし、各センサ回路との安全面に十分な配慮をしたプログラムを制作した。図7に配置図を示す。

## 5. 組立および調整

まずは機械部品の組立を行い、モータとバッテリーを直接つないだ状態で乗車試験を行った。初めの数分は問題なく動いたが、前進後退を繰り返すうちにモータ軸とドライブシャフトをつなぐ軸継ぎ手に滑りが生じた。この問題は軸継ぎ手の変更によって問題は解消された。

次に制御部をすべて装着し、プログラムどおりに動作し、かつ人の乗車時に快適な動きとなるかの試験を行った。

最後に筐体（ボディー）を装着しての走行、耐久試験を行い、これによって約60kgの人が平坦な場所であれば約3時間は連続走行が可能であることが確認できたわけである。走行試験の様子を図8に示す。

## 6. 各担当者の技術的向上について

機械設計担当者は各アプリケーションのオペレーションの習熟と3次元形状でのアイデアの創造性、連想性の確立方法の習熟。3次元CADによる設計能力の向上と実際の製作に際しての問題点をフィードバックし、再設計するという問題解消能力が習得できた。

機械加工担当者は3次元CADのモデリング能力と3次元CAMのオペレーション、マシニングセンタの操作方法、型作成および成形方法を習得することによりCAD/CAM、成形までの一連の流れを経験することができた。また、各種汎用工作機械の操作、加工技能の習得ができた。また、特記すべきことはI-DEAS ms8のプロジェクト機能およびチームの概念が設計と加工担当者間で十分に機能していたことである。

プログラム制御担当者はPLCのプログラミング技術を習得するとともに、PWM制御原理とモータ起動回路、トランジスタによるスイッチング、負荷変



図8 走行試験

動による回路保護方法についても理解を深めることができた。また、ハード面でもセンサやジョイスティック、シーケンサ、アクチュエータ駆動回路の配線の取り回しなども習得することができた。

## 7. 各担当者の「ものづくり」に対する意志の向上

今回、この「amuse」をポリテックビジョンに展示することになり、はじめは、自分の担当内容さえこなしていればよいと思っていた3人であったが、実際に物が動き出し、多くの人に評価される機会におかれたとき、各担当者は「より完成度の高いもの」に執着するようになりだした。

展示会2日間連続運転可能とするために3人の各担当者は機械の整備および動作の調整に夜遅くまで作業をし、展示会場で自分の担当以外の内容に関しても答えられるようにと、お互い情報交換も忘れずに行っていた。

1月の半ばを過ぎる頃には彼ら3人はすでに「amuse」にハマリまくった状態であった。昼も夜も寝るまで「amuse」のことを考えているわけである。どうしたらもっと良くなるか、多くの人に良い評価をもらえるのか。わかりやすいプレゼンテーションができるか、それしか考えていないわけである

から。

しかし、これぞものづくりの本髄であると思  
う。ゲームに「はまる」ということはよく聞くが、  
やはりものづくりに「はまる」、はめてあげること  
が私たちの仕事であり、人づくりではないかと考える。

## 8. 展示会にて

ポリテックビジョン等の発表展示会が施設外（短  
大以外）でも行えることは非常に重要なことである。  
その理由として以下の項目があげられる。

- ① 製作物の完成度を極限まで高めようとする意識  
が学生、指導担当教官ともに高くなる。
- ② 製作物の説明文および展示用のパネル等を作成  
することによって製作過程を再認識できる。
- ③ 会場で設営するまでの製作物、パネル等の梱包、  
開封、輸送時等の工夫を知ることができる。
- ④ 外部に対して説明のできる展示をすることから  
「ものづくり」に対する甘えがなくなる。

実際ポリテックビジョンでは50人以上の方に試乗  
していただき、「これ面白いね!」というご意見を  
多くの方からいただいた。その時の彼ら3人の得意  
げな顔と、自信に満ちた説明ぶりに私も彼らの成長  
ぶりを喜ばしく思うところである。図9にポリテッ  
クビジョンでの試乗例、図10に展示の様子（各担当  
者3名）を示す。

## 9. 終わりに

私たちは、やはり「ものづくり」は「人づくり」  
があってはじめて成せることであると考え。技  
術・知識・経験などの重要な要素は省くことはでき  
ないが、少なくとも「ものづくり」によって得た喜  
びと達成感がなければ、自分も他人も動かすことは  
できない。

学生に今年も「ものづくり」を指導するために、



図9 乗車例



図10 ポリテックビジョン展示の様子

われわれ指導者は常に新しい技術・技能・知識を取  
り入れる必要があり、毎年学生たちとともに新しい  
ことにチャレンジしているのである。このチャレン  
ジし続ける「人づくり」が今後の日本の国を支えて  
いくと感じ、今年は何を作ろうかと頭を捻る今日こ  
のごろである。