

機械技術科12期生

卒業制作要旨



持続可能なものづくりを支える人材育成について

機械技術科 12 期生 二谷 知輝
指導教官 國分 寛幸

1. はじめに

私が卒業制作にこのテーマを選んだ理由は、2050 年までのカーボンニュートラル実現を見据え、地球にある資源の有効活用と、炭素製品などのライフサイクルコストを考ながら環境への配慮を実現していかなければならない中で、効率よく環境にも配慮した持続可能なものづくりが求められているからである。

福島県内外問わず、人材不足により一人一人が作業効率の向上を計り多能工の人材を目指していかなければならない。各企業が製造する製品にも高付加価値を付けた製品を製造しなければならない。私が 2 年間で学んだ機械の基礎知識を展開させて高付加価値を製品に付けさせるものづくりシステムを構築する必要がある。

手法として、工程管理を学び ECRS の改善の仕組みを体感的に身に付け、原価の仕組みも学びこれから就職して行なう生産の中の作業の価値、能力の価値を理解する内容を企業連携で行う。また就職先で使用する 5 軸の機械をハイテクプラザで使用し、CAD/CAM ソフト「HyperMILL」にも触れ最先端技術の理解もする。これらを用い課題製作を行った内容を報告する。

2. 高付加価値のものづくりシステムについて

付加価値とは、製品の売上高から、購入した原材料等の外部購入費を差し引いた部分の事である。すなわち製品にプラスアルファの価値を付ける事をマインド付けする為に作業を細分化し効率のよい作業をするシステムがこれからの時代に合わせたものづくりに求められている。更に製品に高付加価値を付けるにはどうするか考える。高付加価値とは生産過程で新たに加えられた価値のことであり製品を製作していく中での過程で価値を付けていくことがとても重要になってくる。そのため工程を知り、無駄な作業を無くし常に改善していくこと、最善な工程を選定することがとても重要である。

工程の効率化を知り学ぶため、就職先でもある小浜製作所様に課題の提供を頂き取り組んでいく。

3. ECRS の改善と工数管理と原価について

課題に取り組む前にまずは ECRS の改善を前提にしながら進めていく事を前提とした。課題を製作していく中でその作業は無くすことが出来ないか、工程が一緒にならないか、順番を変更できないか、簡単にできないかを意識しながら工程を考えていく。

次に工数について考える。工数とは仕事量の全体を表す尺度で、仕事を一人の作業員で遂行するのに要する時間の事である。工数を考えながら作業を進めることで仕事の価値が決まってくることを理解しながら課題の製作を行っていく。

次に原価について考える。原価とは製品 1 個あたりに掛

かった費用、コストのことである。また、これに生産数量をかけて材料費、労務費、間接費などが原価の中に含まれている。一つの製品の売り上げ金額から原価を引いたものが利益となる。学校の実習では今まで製品を作ることだけ意識してきたが、製品を作る過程や加工に掛かる時間、材料にもお金が発生している事、寸法不良が発生すればそれまでに行なっていた作業の価値が無駄になる事を体感的に学んでいき、実践する事が今回のテーマに直結していく。この内容を頭に入れながら今回の課題に着手していく。

4. 課題 1

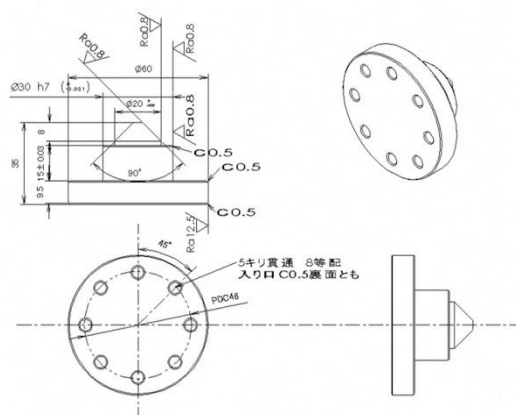


図 1 課題図面

(1) 作業工程の決定

材料発注→汎用旋盤→汎用フライス→完成

(2) 各工程の作業時間内訳

汎用旋盤 125 分、汎用フライス 63 分 合計 188 分

(3) 加工結果

図面要求精度公差を満たせていない。

- ① 角度寸法 $90^\circ \pm 15'$ に対し $89^\circ 49' 51''$ で角度は公差を満たしているが寸法は上部 $\Phi 4.0$ に対し $\Phi 3.792$ と公差外していた。

89:56:44	A=	89:49:51
90:04:43	d=	0.01807
179:54:15	n=	8
89:56:44	Ø=	19.7453 (1) 円錐
90:04:43		
179:54:15		
89:56:44	Ø=	3.7924 (1) 円錐
90:04:43		
179:54:15		

図 2 三次元測定データ

- ② 面粗さ Ra0.8 に対し Ra1.323 であり公差外だった。

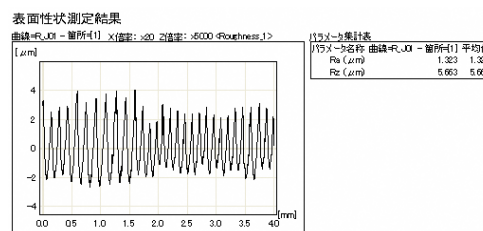


図 3 面粗さ測定値

(4) 工程の問題点を再考案

- ①汎用機械では角度の調整はアナログメモリで合わせる為角度の保証、径寸法の調整が見込みであり寸法保証が不十分であり機上での測定は出来ない。
- ②汎用機での面粗さの保証は手送りでの調整になる為指示要求精度を満たすのが難しい。
- ③汎用フライス盤での等配穴加工はアナログメモリで座標値を出していく為加工時間が掛かり、加工精度も良くない。
- ④工程の組み方に改善が必要ではないか。
- ⑤課題の加工時間は合計で 188 分要しているが時間が掛かりすぎているのではないか。

4-1. 現状工程の見直し

上記内容を踏まえ工程の見直しを行なう。品質を満たし加工と一緒にならないか、工程を無くせないか、工程の順番を変更できないか、加工を簡単に出来ないか考える。

(1) 改善後工程

材料発注→CAD/CAM→NC 旋盤→MC→完成

(2) 改善後各工程の加工時間内訳

CAD/CAM 30 分 (NC 旋盤 20 分、MC 10 分)、NC 旋盤 36 分、MC 15 分、合計 81 分

(3) 改善後の品質

- ①角度寸法 $90^\circ \pm 30'$ に対し $90^\circ 4'$ であった。
- ②面粗さ Ra0.8 に対し Ra0.405 であり公差を満たした。

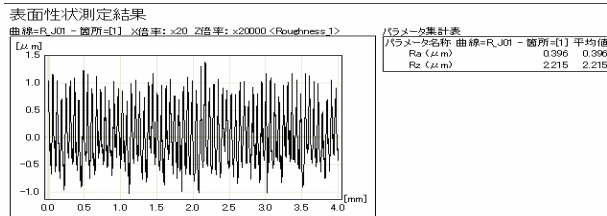


図4 面粗さ測定値

(4) 工程見直し結果

図面要求精度を満たし、加工時間も見直し前 188 分から見直し後 81 分となり 107 分の短縮になった。等配穴加工も汎用フライスから MC 加工に変更した事により加工し易く、精度も保証できる。



図5 改善前(左)と改善後(右)の製品の比較

(5) 工程と加工時間を考慮した結果

汎用機のメリットとして材料があればすぐに加工に着手する事が出来ること、加工工程も加工中に柔軟に対応でき加工負荷などの対応が効くことがあるが、デメリットとして、手送りによる仕上げ面粗さを出していく事の難しさ、

人が全ての作業を行うことでの加工時間のバラツキと安全面でのリスクがある事が分かる。

NC 機械のメリットとしては品質面の向上と製品の品質維持が容易である事、量産化やコストの低減が可能であること、安全に作業が行えることが改善して比較する事で理解出来た。

上記の特徴を掴むことで製品 1 つに対し、最良の加工方法を導き出すことが工程設計の時点可能である事が分かった。作業の中のムリムダを無くし作業にあたって行くことが付加価値をつけるのにとっても重要なプロセスであり改善にも繋がった。

(6) 時間短縮による波及効果

工程を見直し後 107 分の加工時間短縮になったことにより短縮された時間で違う製品の生産に当たることが出来る。

5. 課題 2

課題 1 の内容を踏まえ課題 2 の製作に入る。課題 2 は図 7 にあるパイプ形状である。

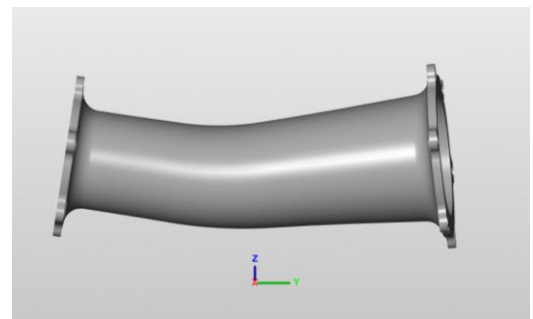


図6 課題図2

(1) 工程設計

材料発注→汎用フライス→MC 上面→MC 正面→MC 左側面→MC 右側面→MC 底面と以上の工程となった。

(2) 問題点

- ①MC 加工時に段取り(材料をバイスから外し平行出しまでの作業のこと)が 6 回発生する。
- ②加工が進むにつれワークを保持する方法がない。
- ③加工に必要な刃物(エンドミル)がない。
- ④加工に必要な治具がない。

以上の問題点より小浜製作所様に相談し加工方法、加工ノウハウをご教授頂き、加工に必要な治具をお借りした。

(3) 加工機械

曲面形状の問題からロボットテストフィールド内にあるハイテクプラザ南相馬にある設備「ヤマザキマザック VARIAXIS」5 軸マシニングセンタを使用し加工を行なっていくことに決定した。



図7 VARIAXIS(左)と hyperMILL(右)

(4) 加工準備決定後再工程計画

材料発注→CAD・CAM→半自動フライス盤→5軸MCとこの工程で計画を立てた。

5-1. 製作

(1) CAM 作業

5軸MCで加工するに当たりまずは加工プログラム作成を行う。ハイテクプラザ南相馬にあるCAD・CAMソフト「HyperMILL」を使用し操作方法をハイテクプラザ職員の協力のもと学んでいった。

まずはCAM作業を進めていくのに必要なレイヤー分けを行なっていく。レイヤーを分けることで加工プログラムを作成したい箇所を分別し、また、後から加工を修正する際にわかり易くするための作業である。各レイヤーに加工原点を定めておくのも重要である。

次に加工工具の選定を行う。形状を踏まえ工具を選択していく事の重要性に気付き、エンドミルの種類と特徴について理解がより一層理解出来た。

今回のCAM作業を学ぶにつれ加工用途によってエンドミルの使い分け、加工条件の選定やビビリが発生した際の加工条件の調整方法なども深く学べた。

名称	形状	加工事例
スクエア エンドミル		
ラジアス エンドミル		
ボール エンドミル		
テーパ エンドミル		

図8 エンドミル形状と加工事例



図9 CAM操作の様子

(2) 加工前準備

CAM作業が完了し加工前の段取り作業を行なった。加工する際に材料を保持する為に治具への取り付けが必要である。その為に半自動フライス盤にてポケット加工、穴あけ加工、タッピング加工を行なった。その後MCへ取り付け段取り作業を実施し加工を開始する。

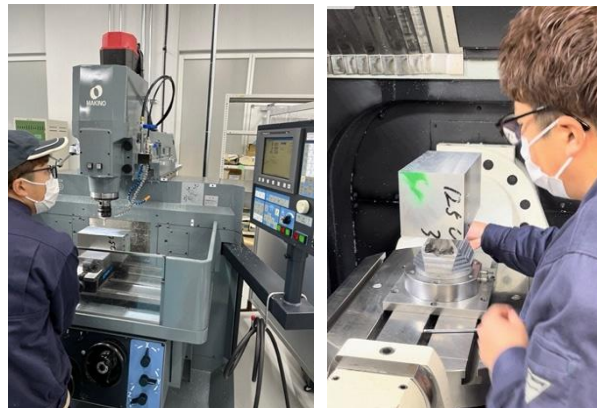


図10 前加工の様子と取り付けの様子

(3) 課題2の結果

問題点に挙げた3軸MCでの段取り回数6回が5軸MCでは1回になり段取り回数が集約され、製品に対して最良の工程を設計することが出来た。また、工具段取り時にツールプリセッターを使用し工具径、工具長を自動で測定でき段取り時間の短縮が出来ていた。



図11 完成した課題品

6. 結果

課題を通して、汎用機を選択するより自動機での加工の方が精度もよく面精度も均一にすることが可能だった。プログラムを作成する時間はあるが改善前より加工時間が大幅に改善でき生産性も向上する。ただし、切削するまでにプログラムや加工前準備に時間がかかってしまうことから製品の個数や製品の形状、要求精度、納期によって、1個取りや容易な形状などの製品には汎用機が適している事を充分理解出来た。

工程を設計する際に効率良く最良の工程を組み立てる事の重要性、製品一つに掛かるコストや作業者が行なう生産に高付加価値を付けるものづくりシステムを構築するには、就職する前の下準備がとても重要である。

7. おわりに

課題を通して工程の重要性、改善の有効性、工数による作業の価値を実際に製作する事で体感的に学べる事が出来、最先端の技術を学ぶことができた。

また、今回学んだ CAD/CAM は就職先でも使用しているものなので予備知識として入社することができる。この経験を活かし入社後は多能工・人材になり多くの機械に触れる人材になりたい。仕事はもちろん、趣味の車の部品なども作っていきたいと考えている。

就職先でもある企業と連携して課題の製作に取り組んだことにより加工技術や工程の組み立て方を体感でき、今回のテーマに展開できた。

8. 謝辞

卒業研究を進めるにあたり、小浜製作所の川岸社長、ハイテクプラザの安斎さん、そしてテクノアカデミー浜の先生の方々にきめ細やかな指導をいただいたことに謝意を表します。

固定翼ドローン運搬用台車製作について

機械技術科 12 期生 井部 歩夢
指導教官 國分 寛幸

1. はじめに

福島イノベーションコースト構想にある航空宇宙産業分野でドローンや新しい空モビリティの製造に関わる企業の SEL 社と連携し、次世代航空産業のものづくりを推進する。私が2年間で学んだ基礎知識を活かし関連産業に携わる取り組みである。また次世代航空産業のリアルに触れることで福島県の次世代を担う人材育成を目的としている。テクノアカデミー浜の立地を活かし企業と打ち合わせから完成までを行うことで、製造現場で実際に行うものづくりの流れを理解し、課題の品質、性能共に満足したものづくりを進め就職後も活かしていける能力を身に付ける。手法として、企業が提案する課題を問題解決型で進めていく。今回の卒業研究では、次世代航空機である飛行艇型ドローンの「HAMADORI6000」の運搬、着水用の台車の製作を行なった。その内容について報告する。



図1 固定翼ドローン HAMADORI6000



図2 運搬台車

2. 課題

固定翼ドローンを運搬し海に着水させる際、現在 SEL 社では市販のキャリーワゴンを改造し使用しているが多くの改良の余地があり依頼に至った。台車の製作に関して多くの課題が出された。(図2 運搬台車)

(1) 機体の支え台の製作

- ・上下運動できる様にする。
- ・台車と合わせずに孤立させる。

- ・台車に収納できる様にする。

(2) 台車の高さの改善

- ・現状の台車（高さ 800mm）より低くする。
- ・整備の為台車の下に入れる様にする。
- ・前側を低く、後側高くする。

(3) ハンドルの改善

- ・ハンドルの長さは現状より長くする。
- ・ハンドルの取り外しができる様にする。
- ・ハンドルを前後に付け替えられる様にする。

(4) 台車の改善

- ・台車が浮かない様にする。
- ・台車の材質を変える。
- ・台車が海に沈んだ際、目印が欲しい。
- ・台車の幅を広くする。
- ・タイヤにブレーキを付けたい。
- ・ノーパンクタイヤにしたい。

(5) 台車と機体の接地部の改善

- ・機体と支え台の接地部にはクッションを付け水に濡れてもずれない様に固定方法を改善したい。

以上の改善点が挙げられ製作していく際に下記表にまとめ実現性、緊急性、コストの3点で評価した。

表1 評価表

項目	実現度	緊急度	コスト
支え台の上下運動	○	◎	○
支え台の孤立	○	◎	○
台車に収納	○	◎	○
台車が浮かないように	◎	◎	○
台車の高さを低く	◎	○	○
整備のために下に入れる様に	△	△	○
前側低く後側高く	○	○	○
ハンドルの長さ	○	◎	○
ハンドルの取り外し	◎	◎	◎
ハンドルを前後に	◎	◎	◎
台車の材質変更	◎	◎	△
台車に目印	○	○	○
台車の幅を広く	○	○	○
タイヤにブレーキ	○	○	△
ノーパンクタイヤ	◎	◎	○
クッションの固定方法	○	△	○

以上の表の結果より評価が高いものを優先的に製作の検討していく。

3. 製作の検討

- (1) 台車の改善
台車が浮かない様にする、台車の材質を変える、ノーパンクタイヤの3項目を対策していく。
- (2) ハンドルの改善
ハンドルの長さは現状より長くする、ハンドルの取り外しができる様にする。ハンドルを前後に付け替えられる様にする。の3項目を対策していく。
- (3) 機体の支え台の製作
上下運動できる様にする、台車と合わせずに孤立させる、台車に収納できる様にする。の3項目を対策していく。

3-1. 台車の検討

- (1) 台車が浮かない様にする
まずは現状の台車の重量を調査する。調査の結果、重量は 19.9kg であり対策として台車は 30kg にする。
- (2) 台車材質を変更する
主に海で使用するため海水に接することが多くなる。まずは海水の成分を調べてみる。
 - (a) 海水の成分の内訳
塩化ナトリウム約 77.9% 塩化マグネシウム約 9.6% 硫酸マグネシウム約 9.6% 硫酸カルシウム約 4.0% 塩化カリウム約 2.1% そのほかの成分 0.3%
 - (b) 海水成分を考慮した材質の選定
主に耐食性のある材料を選定し比較した。
○＝耐食性優(侵食度 0.05 mm/年以下)
△＝耐食性普通(侵食度 0.05～1.00 mm/年)
×＝耐食性なし(侵食度 1.00 mm/年以上)
―＝データなし

表 2 材質別耐食表

	濃度(%)	温度(℃)	SUS304	SUS316	インコネル	ハステロイ	チタン
塩化ナトリウム	10-30	常温-100	×	―	△	△	○
塩化マグネシウム	10-40	常温-100	△	―	○	○	○
硫酸マグネシウム	10-40	常温-100	○	○	△	○	―
硫酸カルシウム	100	常温-100	△	―	―	△	○
塩化カリウム	10-20	常温-100	△	○	△	△	―

上記の結果調査の結果成分に対しての耐食性が分かった。しかし、切削性やコスト、機械的性質についても調査し材料選定を行う。

- (c) 材料の機械的性質

表 3 材質別機械的性質

	比重	融点	引張強度	延伸率	硬度ビッカース 硬さ:HV0.05	切削性	コスト
SUS304	7.93	1400-1450	≥520N/㎟	≥40%	≥187	◎	◎
SUS316	7.98	1370-1400	≥520N/㎟	≥40%	≥187	○	△
インコネル	8.8	1370-1425	600-1200N/㎟	52%	150-280	×	×
ハステロイ	9.24	1270-1390	550-900N/㎟	45≥%	100-230	×	×
チタン	4.51	1668	340-510N/㎟	≤32%	110-230	△	△

以上の結果から切削性、コストを考慮し SUS304 に決定し進めていく。

- (3) ノーパンクタイヤの検討

機体の重量が約 90kg の為、トータルで考え耐荷重 200Kg の物を購入し対応した。

3-2. 台車のフレーム設計と機構検討

- (1) 構造の設定
機械技術科のクラブ活動で参加しているエコラン競技大会で培った知識、経験を活かせないか検討した。
- (2) エコランでの経験を活かすために
 - ・エコランカーでは軽量化を目的としているが今回製作では台車が浮かない様にある程度の重量を確保する事。
 - ・三輪では無く四輪で荷重のバランスを考慮すること。
 - ・フレームの接合方法は海水を考慮しボルト止めでは無く溶接を主とする事。
- (3) 上記を考慮した構造の設計
 - ・ホイールローダーのような構造を取り入れる。
 - ・タイヤは前輪側のフレーム、後輪側のフレームで固定し中央駆動部が回ることによって制御できる様にする構造を取り入れる。中心に高さ違いでベアリングを2つ入れ込み中心を軸に回転することによってハンドリングを制御する。

3-3. 台車の制作

- (1) 土台となるフレームの制作
 - ① SUS304 材の Φ20 丸材を母材として設計した長さに伴いの盤を使用し切断する。
 - ② フレームが三角の形になる為接合する部分に角度を付けなければならない。汎用フライス盤を使用し機械加工にて角度出し加工を行なった。
 - ③ 前輪側と後輪側でフレームの高さが違う為 Φ80 の丸材を汎用旋盤、フライス盤にて加工実施。
 - ④ 中央に配置する二つのベアリングを固定する部分はフライス盤にて平面加工を行い、穴あけ後タップ加工し製作した。
 - ⑤ 中央側のベアリング部のボルトが市販品では対応できない為、NC 旋盤にて製作した。



図 4 フレーム中央駆動部

- (2) フレーム溶接治具の検討

設計通り溶接にて接合するが前輪側フレームと後輪側フレームの高さが異なる為不安定で溶接するのが難

しい。そこで、安定して施工する為に位置出し治具の制作を行う。鉄板（SS 材）に設計したフレーム寸法をマーキングし SS 材のアングル板を 8 箇所分切り出し直角に曲げ加工を行なった。アングル完成後、マーキング部に半自動溶接機にて点付する。治具はあくまでフレーム溶接時の補助の役割の為に点付けのみの接合となっている。



図 5 製作した治具の写真

(3) SUS304 材の溶接性質について

SUS304 材を溶接していくがまずは性質について調べる必要がある。SUS304 はオーステナイト系ステンレスに分類されておりクロムが 18%、ニッケルが 8%入っている。

溶接は、温度を上げて溶接棒と品物を融合する処理で、アーク溶接時には、1500℃以上の高温になって溶融している状態になり、溶接後は空冷されて常温まで冷却されるが、鋼の組織や成分が変化し熱による膨張収縮が加わって変形が発生する。SUS304 は耐食性が高い材料だが、溶接部分の耐食性は極端に低下し、溶接後に冷やされることで着色する特徴がある。これは熱によって耐酸化性が低下して着色しやすくなる性質である。これらを理解した上で溶接作業に入る。

(4) フレームの溶接

製作した治具をガイドにしシャコ万力、プライヤを用いながら固定しまずはフレーム母材を仮付けしていく。仮付けの際のポイントとして時間をかけずに素早く付ける様に作業した。付けすぎると溶け落ちてしまう為である。仮付け後隙間を埋める様に本付け作業を行なった。

(5) フレームの強度とフレームの高さ調節

機体を運搬する際のフレームの強度を上げる目的とフレームの高さ調節を行うために材料切断後溶接を行い二段フレームになる様施工した。溶接部は直ぐに酸化が始まり変色したが、グラインダーにて除去し仕上げた。



図 6 前輪側フレームの様子

4. ハンドルの改善

(1) ハンドルの取り外しが出来るようにする

ハンドルを簡単に取り外せるようにする為検討した結果ステンレス製の I ボルトのねじ部を切断し溶接にて前輪側、後輪側に固定し取り外しが可能な機構を製作した。

(2) ハンドルを前後に付け替えられる様にする

ハンドルを簡単に取り外せるようにする為検討した結果ステンレス製のカラビナを使用することに決めた。ハンドルにはスリングベルトを使用し、長さの改善も行った。



図 7 ハンドル装着した台車（左）と完成した台車（右）

(4) 防錆塗装処理

台車の母材であるステンレスは錆に耐食はあるが、海水への懸念から防錆塗装を行なった。使った塗装剤は、現在、機械科で進められている REAL SKY プロジェクト第 2 弾で製作している軽量飛行機 LSA 製作で使用している塗料を活用した。

5. 台車完成後 SEL 社へ中間報告

台車が完成し報告へ行った。現状の台車に対して満足頂いた。しかし、これからの課題についても意見いただいた為下記にまとめる。

(1) 台車中央駆動部のベアリングについて

- ・海水に耐えられるかどうかを調査し耐えられない場合は対策が必要である。
- ・着水時、スロープの段差などに台車が耐えられるかを検証し、耐えられない場合は耐えられるようにする。

(2) タイヤについて

- ・重量があるため坂道でスピードが出るようになったので、止まれるようにブレーキを付ける。

(3) 台車中央駆動部の固定方法について

- ・中央駆動部のベアリングとベアリングユニットがれないように止める構造を製作したが、機体の重量で使用しているうちに外れてしまう場合は中央駆動部の下側に支えとなる車輪が必要になってくるのでは。

(4) 機体支え台の制作について

- ・台車と支え台の固定方法とスライド式にするか検討する。

(5) 支え台と機体の間のクッションについて

- ・クッションの止める方法は、タイラップがいいと考え

ているが支え台が完成していない為、出来次第試したい。

(5) 翼の支え部について

- ・台車の制作に時間が掛かってしまい制作出来ていないため製作引き続き継続して課題の製作に取り組んで欲しい。

7. おわりに

今回の課題の製作するにあたり、台車製作に時間が掛かってしまい支え台の製作に取り掛かることが出来ず、SEL 社の要望に応えることが出来なかった。この製作を次の後輩達に引き継ぐ形となってしまいましたが、このテーマを通してものづくりの楽しさや二年間学んできた知識や技能を駆使して製作を行うことが出来た。

8. 謝辞

今回の卒業研究を進めるにあたり、SEL 社の方々、今野鐵工所の今野社長、テクノアカデミーの先生方に段取りや材料発注、機械の取り扱い、加工方法のアドバイスなどのご指導を頂いたことに謝意を表します。

航空用アルミニウムを用いた小学生向け教材開発

機械技術科 12 期生 今野 俊樹
指導教官 古泉 貴啓

1. はじめに

イノベーションコースト構想に基づく航空宇宙産業推進の動きを受けて、次世代の航空産業を支える人材の育成が課題となっている。航空用アルミニウムを用いた小学生向けの教材は、本物の飛行機と材料や接合方法が同じで、ものづくりイベントで活用してもらうことにより次世代航空産業の裾野の広がりが期待できる。

本報告では、テクノアカデミー浜の2年間で培った技能・技術を生かして取り組んだ、その教材の量産化について報告する。

2. 教材

今回製作する課題について、エアレースパイロットの室屋義秀氏が代表を務める株式会社パスファインダーの小学生向け教材(図1)を題材として、量産化への仕組みを構築する。

使用する材料は、現在テクノアカデミーで製作している、LSA (Light Sport Aircraft)で実際に使われている A2024 T4 を使用し、リベットについても A リベット・AD リベット・ブラインドリベットを使用する。

表 1 主なアルミ機械的性質

規格	質別	引張強度 N/mm ²
A2017	T4	425
A2024	T4	470
A5052	H34	260
A6061	T6	310
A7075	T6	570

表 2 アルミリベット種類

種類	アルミ規格
A リベット	A1100
AD リベット	A2117
D リベット	A2017

3. 製作

教材を量産化製作するうえで、加工時間短縮や加工精度、コストの低減も同時に進める。

3-1 加工の概要

製作には市販材料定尺版(1800 mm×900 mm×1 mm)を使用する。発注の段階でカットを申し込むと値段が上がってしまうためである。今回の製作ではテクノアカデミー浜にある機械及びロボットテストフィールドにある機械での加工を検討していく。使用する機械は、シャー、ROBODRLL、ROBOCUT、プレスベンダー、サンドブラスト、帯鋸盤、汎用フライス盤である。自動機を使用するため CAD/CAM の使用も必須である。

3-2 加工設計

1 つの教材は 11 部品で構成されており、部品には所定の穴と曲げ加工が必要となる。

穴あけ加工やワイヤー放電加工を行うと、バリが発生するが、その除去時間の必須となる。また、アルミの板を重ねて加工する際に使われる接着剤の除去作業を省力化する必要もある。さらに、アルミニウムの特性上、表面に微細なキズが簡単に入ってしまうため、サンドブラストにてバリ取りと接着剤はがし、シボ加工を施すことにした。

材料を加工機に乗る大きさにしなければならぬため、部品を□250 mm に整えて、穴あけ→ワイヤーカット→治具にて曲げ加工→サンドブラスト→組付けの順序での工程とした。市販材料定尺版(1800 mm×900 mm×1 mm)を無駄なくカットするために□250 mm とした。

3-3 加工開始

CAD/CAM を用いて、教材の輪郭線でトレースし形を決め、□250 mm の板の中に無駄のないように配置していく。この時、穴位置と輪郭がリンクするように決めていく。プログラムは、マシニング加工するための穴あけプログラムとワイヤー放電加工用のプログラムを制作する。CAD 製作時の各部品の調整にも手間がかかり、何度もやり直しをする羽目になってしまったが、マシニングのプログラムを作るコツや、ワイヤー放電加工機のプログラムを作るコツなどの習得をこの苦勞から得られた気がした。

ワイヤー放電加工機の使用の際は、回転率を上げるのに、加工途中で止まらないようにしつつ、最短経路での加工パスにすることで、ワイヤーの無駄も省く。また、加工後にいたから切り抜けた材料が干渉しないようにした。(図1)

次に、各部を曲げる金型の製作である。それぞれの角度が違うものであったが、効率を上げるため角度を統一することにした。製作した曲げ用の金型を図2に示す。その後、サンドブラストにて、面取り、シボを追加し完成した教材が図3である。

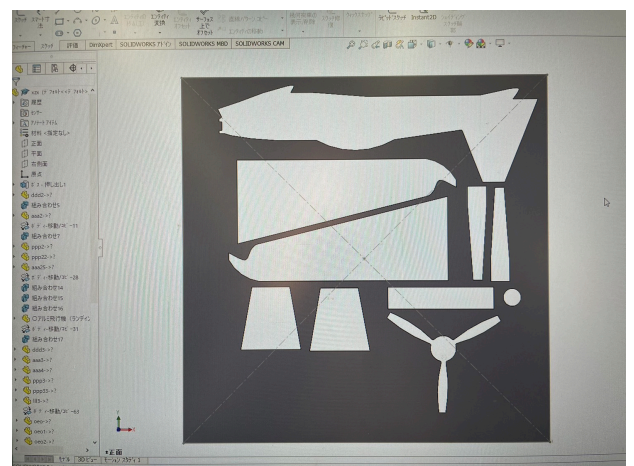


図 1 ワイヤー放電用 CAD のモデル

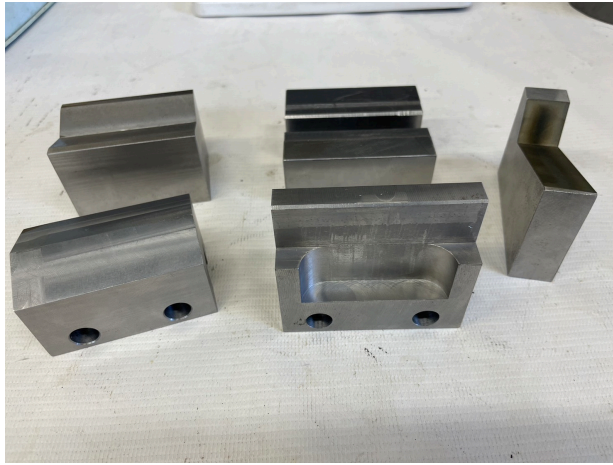


図2 曲げ金型



図3 完成品

4. 結果

今回、金型製作やプログラムを改善・作成し加工時間や組み立て時間を計測したが、一枚の板に加工する部品を全て入れ込み、プログラムは多いが一番効率よく加工できる方法と、1つの板に1つの部品をできる限り加工する方法を比べると、精度・組み立てとも前者の方が早く、丁寧に、無駄なく作成することができた。後者の時間測定がうまくいかなかったが、前者の測定は記録したので今後役に立ててもらいたい。

実際に作成した飛行機を比べてみても出来栄は、かなり良くなった。

5. 考察

〈1〉. 治具

今回5つの治具を制作したが、材料が小さい為一気に多くの部品を曲げることができず、また、部品を平行に曲げやすくする為に、治具に部品の形に合わせた溝を掘り、曲げの位置決めと平行に曲げる事が出来るようにした方がさらに効率が良くなる事に気が付いた。

〈2〉. ワイヤ放電加工

今回一からプログラムを作成し、加工を行ったが、一つの部品を加工し終わるとM01で止まってしまい、その度に加工準備を押し、加工を再開しなければならない為、安全にかつ正確に加工するにはメリットの一つだが、効率を優先するのであれば、一回の加工で続けて行った方が良い。

〈3〉 リベット

今回、穴の位置を部品に干渉しないように調整したが、それでもやりにくいところが多く、サンドブラストで綺麗にした面にも傷をつけてしまった為、更なる調整を施す必要がある。

6. 終わりに

今回、イノベーションコースト構想に基づく航空宇宙産業推進の動きを受けて、次世代の航空産業を支える人材の育成が課題となっている中、航空用アルミニウムの小学生向けの教材をテクノアカデミー浜の2年間で培った技能・技術を通し、その教材の量産化に向けた仕組みを構築した。

その中で、時間の短縮や費用の削減に成功し、目標は達成したが、これからの展開として、さらに改善しなければならない点があった。

一つは、小学生向けの教材ということ視野に入れていの中で、リベットを行う際に、小学生の力でも簡単にリベット打ちができるようにすること。

二つ目は、更なる量産化を目指し、ワイヤー加工機やロボドリルで行う作業の時間を短縮し、現段階では、一日で3セットが限界だが一日で10セット程作れるようにすること。

三つ目は、実際に南相馬市の小学校に作成したキットを見せ、リベット打ちを体験させ、ものづくりイベントで活用してもらうことにより次世代航空産業の裾野の広がりを実現出来るようにすること。

これらの事を今後の展開にしたいと考えている。

7. 謝辞

卒業研究を進めるにあたり、ロボットテストフィールド南相馬市技術支援センター安齋様、伊藤先生、テクノアカデミー浜の先生方には、きめ細かな指導を頂いたことに心より謝意を表します。

航空機用アルミニウムリベットの加工硬化について

機械技術科 12 期生
担当指導員松下 慎之介
渡邊 真義

1. はじめに

テクノアカデミー浜の機械技術科では、福島県と株式会社パスファインダー社が締結した産業人材育成に関する連携協定に基づき、福島イノベーション・コースト構想の航空宇宙分野に関する取組を REALSKY プロジェクトと称して進めてきた。令和 2 年度には、REALSKY プロジェクト第一弾として、室屋義秀選手のレース機のエアインテーク部分を CFRP(Carbon Fiber Reinforced Plastic)で製作し、室屋選手にレース機で実際に飛行していただき、製作品の性能評価を行った。令和 3 年度からは、REALSKY プロジェクト第二弾として、欧米で LSA (Light Sports Aircraft) に分類される二人乗り軽量航空機の部品を購入して製作を進めており、完成した LSA での飛行実現を目指している。

LSA 製作の主要な工程の一つに、アルミニウム合金リベット(図 1)で部材を結合するリベッティングがある。リベッティングではリベットを圧縮して、片方の端部を所定の仕上がり寸法範囲に塑性変形させて部材を結合させる(図 2)。航空機の品質を確保するために、すべてのリベットが確実に所定の寸法範囲に収まっていることを確認し、変形不足の場合は追加加工を行った。

追加加工を行った際に、1 回目の加工によるリベットの変形程度により、追加加工が困難になる場合があることに気がついた。そのことを、先生に報告したところ、変形に伴うアルミニウム合金の加工硬化が追加加工のしやすさに影響を及ぼしている可能性があるとのアドバイスを得た。

本稿では、LSA 製作で用いたソリットシャंकリベットの追加加工が可能な、1 回目の加工による変形量の閾値を明らかにすることを目的として、各変形程度における加工硬化の状態を硬さ試験により定量的に示した結果を報告する。



図 1 アルミニウム合金リベット



図 2 リベット結合部分

2. 加工硬化

一般的に金属は、付加した荷重を除去した際に元の形状に戻る弾性変形領域を超えて荷重を付加すると、局所的な原子配列を維持しながらも、元の形状に戻らない塑性変形を起こす領域に入る。材料が変形するとき、ミクロな視点では原子配列の乱れ(転位)や、格子の交点が空となる格子欠陥などが発生することがあり、これらは変形が増えるほど増大する。この原子配列の乱れや格子欠陥が互いに干渉すると、弾性変形が生じにくくなると共に、原子が再配列する塑性変形も起こりにくくなる。このように、原子配列が変動する余地がなくなると同時に、再配列もできなくなることで材料が硬くなるのが加工硬化である。⁽¹⁾

3. 試験

硬さ試験には大きく 4 種類ある(ロックウェル、ビッカース、ブリネル、ショア)。今回は、航空機部品の検査に使用されており、微小な試験領域で測定が可能なビッカース硬さ試験を採用した。試験には、図 3 に示す松沢精機社製電動ビッカース硬度計 Model VK-M を用いた。



図 3 電動ビッカース硬度計

(1) 試験片

使用したリベットは MS20470AD4-4 (A2000 番系) と MS2047A4-4 (A1000 番系) の二種類のリベットを使用した。リベットで結合する板は、1.0 mm と 0.5 mm のアルミの板 (A1000 番系) を用いて、図 4 に示す形に機械加工を施した。

(2) 変形量定義

今回の試験では、リベットの変形量を表すために、ドリブン変形率 (D.D.R.: Driven Deformation Ratio) を式 (1) のように定義して、試験時の変形量を揃えた。

$$D.D.R. = \Delta L / L \times 100(\%) \quad \dots (1)$$

ΔL : 施工により変形したリベットの足の長さ

L : 施工前のリベットの足の長さ

(3) 試験方法および条件

図 4 に示す結合用板を、2 種類のリベットで 10 種類の D.D.R. (0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 57%, 60%, 70%, 80%) で結合した。結合にはハンドリベッターを用いて、目的の D.D.R. (変形量) になるように正確にリベッティングを行った。今回のリベットの場合、D.D.R. が 57% で適正な結合状態となる。

結合した試験片の変形側端面の硬さを測定した。試験力は 294.2N、加圧時間は 15 秒とした。

また、試験時の各種エラーの影響を排除するために、同種同条件の試験を 3 回行い、それぞれから得られたデータにスミルノフ・グラブス検定を行い異常データの排除をした上で平均化したデータを代表値とした。

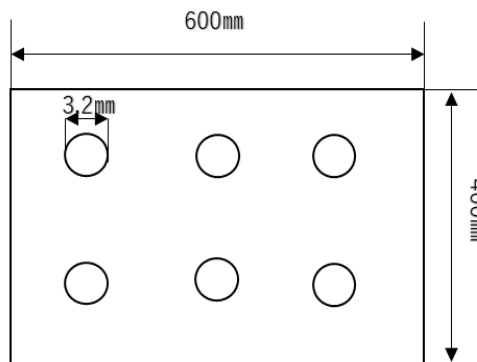


図 4 結合用板

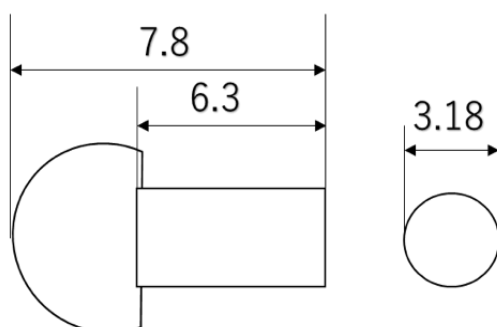


図 5 使用したリベットの寸法

6. 試験結果とまとめ

統計処理を行ったビッカース硬さ (代表値) と D.D.R. の関係を図 6 に示す。図 6 を参照すると、AD リベット、A リベットともに、D.D.R. の増加するに伴い、硬度が増加することがわかる。特に、AD リベットの方が、変形に伴う硬化が大きいことがわかった。また、2 次関数で近似をしたところ、AD リベットについては、D.D.R. 40% あたりから硬度上昇が緩やかになり、硬度が飽和傾向になることがわかった。

以上の結果から、D.D.R. 40% 付近にリベットの加工硬化の変曲点が存在しており、リベッティングの作業性に影響を及ぼす閾値があると推察される。

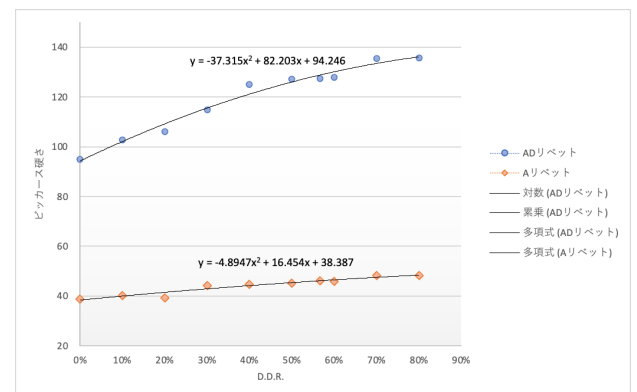


図 6 ビッカース硬さと D.D.R. の関係

7. 終わりに

今回の卒業研究では、航空機製作作業で気がついたことがきっかけとなり、アルミニウム合金の性質について学ぶことができた。特に、加工硬化がリベッティング作業に及ぼす影響を定量的に調べたことにより、自分が体験を通して感覚で把握したことを人に説明する形で表現する経験ができたことがとても勉強になった。今回の結果を、今後の LSA 作製の中で、後輩に役に立てほしいと思う。

8. 謝辞

卒業研究を進めるにあたり、株式会社パスファインダーの皆様には、航空に関する専門的なサポートをいただいたことに謝意を表します。テクノアカデミー浜の先生の方々には、卒業研究全般についての指導をいただいたことに謝意を表します。

参考文献

- (1) 里 達雄「文献名」, 日刊工業新聞社 (2016/3/25)

エアレース機のグレアシールド製作について

機械技術科 12 期生 森 翔太郎
担当指導員 渡邊 真義

1 はじめに

テクノアカデミー浜の機械技術科では、福島県の重点産業として成長が見込まれる航空宇宙産業に関する取組を REALSKY プロジェクトと称して進めてきた。令和 2 年度には、REALSKY プロジェクト第一弾として、室屋義秀選手のレース機のエアインテーク部分を CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastic) で製作し、室屋選手にレース機で実際に飛行していただき、製作品の性能評価を行った。REALSKY プロジェクト第一弾へ取り組んだ結果、機械技術科には CFRP 成形技術が蓄積されたため、令和 4 年度からは CFRP 成形技術を応用して、室屋義秀選手のエアレース機のグレアシールドを製作する REALSKY スピンオフプロジェクトの取り組みがスタートした。

本報告では、ドライカーボンをクロスを用いた成形結果と、新たに大気圧成形用に開発されたプリプレグシート材を用いた成形結果について報告する。

2 REALSKY スピンオフプロジェクト

機械技術科には、ドライカーボンをクロスを用いた大気圧成形でエアレース機の一次構造材料を製作する技術とノウハウが蓄積されていたため、それらを応用して、エアレース本番で使用してもらう部品を製作するという目標を立てた。その後、株式会社パスファインダーでエアレース機の整備を担当されている航空整備士の方に、製作可能な本番用のパーツが存在するかを問い合わせた結果、グレアシールドであれば可能性があるという回答を得た。そこで、エアレース本番で使用してもらうことを目的としたグレアシールド製作を、REALSKY スピンオフプロジェクトとしてスタートさせた。

グレアシールドとは、飛行機のcockpitの計器類を覆うカバーで日本語では「防眩板」と呼ばれる。グレアシールドは、外光の差し込みにより計器類が見えなくなるのを防ぐ重要な役割がある。

3 成形方法と材料

今回は、2 種類の方法で成形を行った。一つ目の方法は、REALSKY プロジェクト第一弾の時に用いた方法で、この方法をドライカーボン法と呼ぶことにする。二つ目の方法は、今回初めて取り入れた方法でプリプレグ法と呼ぶことにする。

(1) ドライカーボン法

製作する製品形状を有したメスの型（金型やケミカルウッド型等）に、平織り等のカーボンファイバー（強化繊維）を必要枚数積層するのと併せて、主剤と硬化剤を混合した接着剤（マトリックス樹脂）を含浸させる。その後、型を専用のフィルムで梱包し真空状態にして硬化させる方法である。

(2) プリプレグ法

プリプレグと呼ばれる、カーボン繊維に前もって樹脂を浸透させた中間材料を用いる。プリプレグは、取り扱いがしやすいように、樹脂のべとつきが少ない状態のことが多い。しかし、積層間の接着強度を上げるために、硬化時には熱と大気圧以上の圧力を同時にかける、オートクレーブと呼ばれる圧力釜を使用する必要がある。今回は、三菱ガス化学株式会社で開発された、大気圧成形が可能なプリプレグシートを用いて成形を行った。プリプレグの積層以降の手順は、ドライカーボン法と同様である。

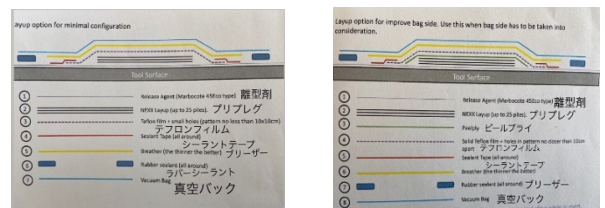


図 1 使用材料

(3) 成形時のフィルムの積層構成

1 層、2 層の時の構成は三菱ガス化学株式会社推奨のバックサイド改良オプション(図 2 (a))で行ったが、成形に失敗した。ピールプライに樹脂が吸われていると考え 3 層時からテフロンフィルムとピールプライを反対し成形を行った。

3 層、4 層の時の構成は、三菱ガス化学株式会社推奨の最小オプションの構成変更した方法(図 2 (b))で行った。



(a) (b)
図 2 フィルム積層構成

4 成形実験

プリプレグ法は初めての成形方法であったため、グレアシールド形状を成形する前にプリプレグ法の仕上がりを確認する目的で、小型カップ形状で 4 種類の成形条件で試作を行った。その結果を表 2 に示す。

表 2 4 種類の製作条件

	時 間	温 度	切 込 み	結 果
1 層	1 時間	100℃	無 し	失 敗
2 層	2 時間	100℃	無 し	失 敗
3 層	3 時間	125℃	有 り	成 功
4 層	3 時間	125℃	有 り	成 功

① 1 層 (図 3)

まず、1 層のプリプレグの薄さ、成形時間、成形温度が分からないためドライカーボン法と同じ条件で成形を行ったが隙間ができてしまい成形できなかった。樹脂の流動性確保のためプリプレグが疎であることが起因したと考えられる。

② 2層 (図4)

1層のプリプレグでは薄いと分かったため、二層で焼いた。結果は成形できなかった。まだ、樹脂が足りていない傾向があった。

③ 3層 (図5)

2層のプリプレグで薄いと分かったため、3層のプリプレグで、焼く時間を3時間にし、温度125℃で成形した。結果は成形できた。適切な成型条件が分かった。しかし、Rの部分に樹脂が行きわたっていない問題があった。

④ 4層 (図6)

樹脂の量を確保するために、4層のプリプレグで成形した。結果、3層と同じ場所のRの部分の一部に樹脂が行きわたっていない問題があった。



図3 1層



図4 2層



図5 3層

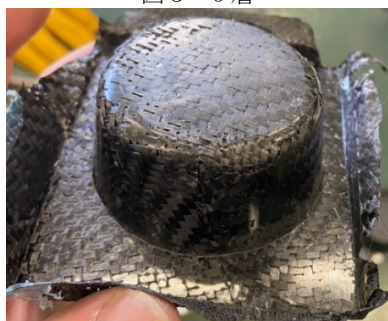


図6 4層

今回の成形ではプリプレグを焼く温度、焼く時間、プリプレグの積層条件が分かった。しかし、Rの部分成形しづらく樹脂リッチや樹脂不足になりやすいことが分かった。また、離型剤の効果が持続するのが、成形回数三回までと分かり四回目以降は金型からプリプレグを外しづらくなると分かった。(図7)



図7 離型できない成形品

5 グレアシールド形状の成形方法

今回は2種類の方法で成形を行った。一つ目の方法は、小型カップ形状の成形と同様にプリプレグ3層を成形する方法で、この方法を3層成形法と呼ぶことにする。二つ目の方法は、トヨタ自動車株式会社に教えていただいた方法で、この方法を、2分割成形法と呼ぶことにする。

(1) 3層成形法

カップ形状成型実験と同じ条件で成形を行う。成形は成功し見た目は今回の成形の中で一番綺麗だったが、図8に示すように、表面の一部が歪む、Rの部分に樹脂リッチや樹脂不足などがおきてしまう。

トヨタ自動車株式会社に3層成形法で綺麗に成形する方法を教えていただいたので以下に示す。前提として、金型接触層には、プリプレグに切込みを入れない方が良い。

- ・Rの部分の樹脂リッチや樹脂不足などはRの部分にシリコンを挟んで成形するとともに、Rの部分に合わせてハケの先端を加工する。
- ・表面のクロス紋様を金型にあわせる。
- ・プリプレグを炉で焼くときに、プリプレグ内にある樹脂が流動可能な状態で、温度を90度で30分焼いた後に最終硬化温度3時間焼く。



(a)



(b)



(c)

図8 三層成形法の結果
(a)樹脂不足(b)樹脂リッチ(c)全体

(2) 2分割成形法

トヨタ自動車株式会社の見学で教えていただいた方法で、真ん中の扇形になっている部分(部品A)と回りのコの字になっている部分を分けて成形をする(図9)。まず、扇形の部分を成形し、次に二回目にコの字型を成形して、それらを新たなプリプレグで結合する方法で、最終的な積層構成は3層と同じだが、結合部分の積層枚数

が1枚多い。結果、Rの部分を綺麗に整形することができたが、結合部分の表面にしわができ凹凸になってしまった。これは、結合部分に増やしたプリプレグに対して、適切な硬化条件を与えることができなかったことが原因と考えられる。



部品 A



完成品

図9 2分割成型方法の結果

6 まとめ

今回の取り組みから以下の知見を得た。

- ・プリプレグ法はあらかじめ樹脂が浸透しているためドライカーボン法よりも成形しやすい。
- ・プリプレグをストーブやドライヤーなどで温めるとRの部分が押し込みやすくなる。
- ・プリプレグを貼る際に金型を温めてから貼るとプリプレグの樹脂が少し溶けて貼りやすくなるが、しわが付きやすくなり見て目が汚くなってしまう。また、手で張り付けるためプリプレグに手が付着するので気を付けないといけない。
- ・表面には切込みの跡や吸引機の吸引後が残って見えてしまうので、なるべく切り込みを入れずに気を付けて成形する必要がある。
- ・角のRの部分はプリプレグを貼る時や、吸引機で真空状態にするときに、ヘラや手などで押し込んでないと浮いてしまうので気を付けないといけない。
- ・3層成形法は、切込みなど跡が目立つがトヨタ自動車株式会社に教えていただいた方法を行えば見た目が綺麗にできる。
- ・2分割成形法は、別々に成形した部品を一つに合わせることが難しいばかりではなく、プリプレグの紋様を合わせる必要も出てくる。

謝辞

今回の製作に関してロボットテストフィールドの安斎様、そしてテクノアカデミー浜の先生方々にきめ細やかな指導いただいたことに謝意を表します。

猪苗代湖の水草除去を目指した除去器具の開発

機械技術科 12 期生 武藤 好誠
指導教官 古泉 貴啓

1. はじめに

福島県の猪苗代湖は会津と中通りにまたがる国内 4 番目の大きさを誇る湖で国指定天然記念物のミズスギゴケ群落や白鳥の飛来地として貴重な生態系を保有する区域に指定されている。猪苗代湖の一番の特色は強酸性の長瀬川の河川水が流入するため、湖水も酸性を示し、有機物の量を示す COD は 0.5 mg/l で平成 14 年から平成 17 年度までの 4 年間水質日本一と評価されていた。その美しさから天鏡湖（てんきょうこ）と呼ばれていた。

しかし、平成 18 年ごろから湖水の中性化が急激に進行した。強酸性水の流入が減少、さらに生活排水流入の影響もあり水中に有機物が増加し、水草が増殖・腐敗し水質に悪影響を与えるだけでなくその悪臭は地域に暮らす人々にとって解消したい事例であった。

その影響を受け水草の撤去に取り組む団体も出てきてはいるが既存のスコップ等を使っている為、手間・時間・労力がかかっていた。本報告では、テクノアカデミー浜で学んできたノウハウを活かしながら、猪苗代湖の水質改善向け専用の器具を開発したことを報告する。

2. 課題

課題を見つけるために、実際の現場である猪苗代湖で作業を行った。浜辺には傾斜があり、砂というよりは直径 1 mm 程の砂利が広がっている。早速、湖岸の水草を既存の道具（図 1）を使い持ち上げてみた。水草（図 2）には、湖岸の砂利がまわりつき、そのまま持ち上げて回収容器に入れるには、相当な力があるものであった。実際の作業の内容は、掬った砂利と水草の混合物を湖で一度すすぎ、余分な砂利を落とした水草のみを回収容器に集めていく作業である。砂利と混合状態の水草の重量はおおよそ 2.5 kg であり、すすぎ後は 300 g ほどまで重量は減少する。既存の道具は、そもそもの重量が重く、300 g ほどの水草でも繰り返し作業での身体への負担は図れないものであると感じた。さらに道具の柄も長さが 1500 mm 程ほしい。可能ならば、大型の重機を導入したいほどの水草である。



図 1 現行品（例）



図 2 猪苗代湖の水草

3. 設計のコンセプト

今回、開発する道具についてのコンセプトを 3 つ設けた。1 つ目は、課題で上がったように重量が負担になるためなるべく軽量にすること。2 つ目に商品化を見据え、なるべく工数を減らし、安く作れるような器具にすること。最後に、作業する方々が使いたくなるように見栄えの良さ重視することとした。

一般的に 1 回の水草を採取する重量は、2.5 kg 程度が平均的大人の 1 回あたりの重量であると実験で想定した。

3. 1 素材の検討

材料を選定するにあたって既存の道具の主な課題が、道具自体が重い、柄が短く水草の回収幅が狭いため作業性や効率が悪い、砂を巻き込んだ際の荷重に耐えられない等、この課題点を解決するもの検討した。その結果鉄製鋼材より比重が軽く、柄を長くしても重量に支障が出ず、砂を巻き込んで持ち上げたときにかかる荷重に耐えられる、水辺で作業するため耐食性のあるものがアルミニウムだった。しかし、製作時に想定されるアルミの溶接には溶接割れが起こる。アルミの溶接割れは、溶接部が冷えて固まる温度（凝固点）付近で発生する。これを高温割れといい、銅 (Cu) を含む合金である 2000 番系は銅組成の溶加材で溶接すると割れ易くなる。5000 番系はマグネシウム (Mg) を加えた合金で強度と耐食性、溶接性が向上することが知られている。

結果、溶接性に優れているといわれている A5052 アルミ合金を採用した。

3. 2 形状の検討

まず、水草をとるためには、砂を洗い流す必要があるため、溝か穴を入れることが必要である。そこでスコップ形状のものを設計したが加工が複雑になるため断念した（図 4）。

次に設計したものは、現行品でもある農業フォークを参考に、フォーク形状のもの設計し（図 5）、3D モデルを作

り、解析上で問題がないことを確認できた(図6)。また、現行のものより、フォーク幅を広げ収納面積を拡大させ、柄を長くし作業しやすい長さの形状とした。丸棒は保持のしやすさと強度の観点からφ30mm厚み2mmの中空材、板厚は軽さと強度の観点から3mm厚とした。(図4)(図5)(図6)

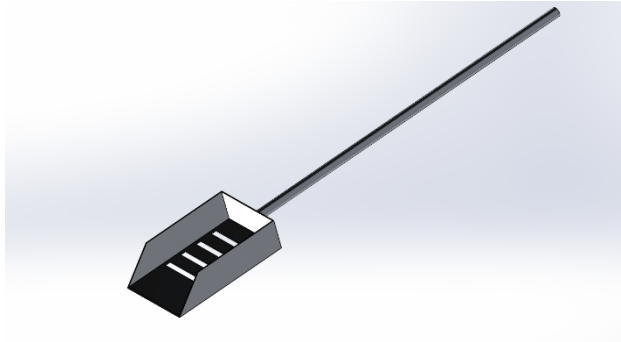


図4 構想案

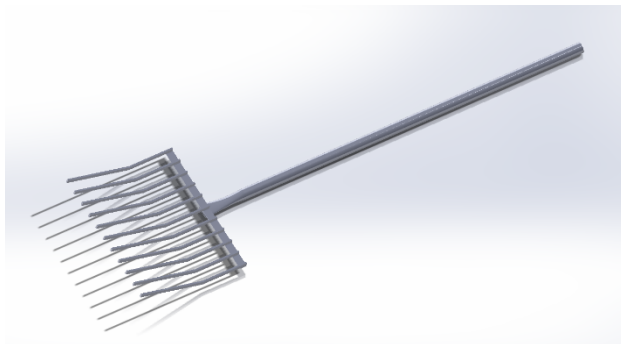


図5 試作品

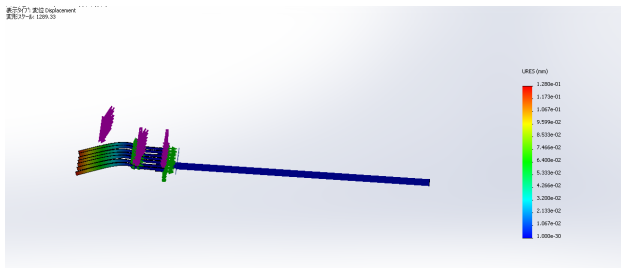


図6 解析

4. 製作

製作には、シャー、Tig溶接、汎用旋盤、ワイヤー放電加工機を使用した。試作品を溶接した際、3mmの厚みでは加工が容易でないと判明したため、最終品は5mmに厚みを増やし、試作品より、溝の間隔を広くし、加工しやすく、収納面積が変わらない形状とした。

はじめに、シャーリングで板厚5mmのアルミ板を400mm×40mmと10mm×330mmを切り出す。切断時に出たひずみが発生するのでガスバーナーで加熱し万力を使ってひずみを除去する。次に1500mm×φ30mmの中空パイプのフォーク部との接合部を、溶接性が向上するようにハンマーで叩き平らにする。また、フォーク部先端を30°に手で曲げる。切り出したアルミ板を溶接していく。板厚が5mm×10mmの溶接をはじめは40Aでしていたが折ることがあった。アルミ溶接は高い電流でやるとよいことを知り、200Aでやってみたところ以前よりできるようになったが、やはり溶け落ちやすかった。トライアンドエラーの結果

150Aが溶け落ちず、折れもしなかった。溶接後はハンドグラインダーを用いて、溶接したところを整えた。

柄の最後部には汎用旋盤を使い、末端のキャップの作製し、LOCTITEで接着をした。最後に、持ちやすいように、テニスラケットや野球のバットで用いられるグリップテープを巻いた。

製作において、アルミの溶接は低電流でやるのではなく高電流で素早く溶接することを強く学んだ。

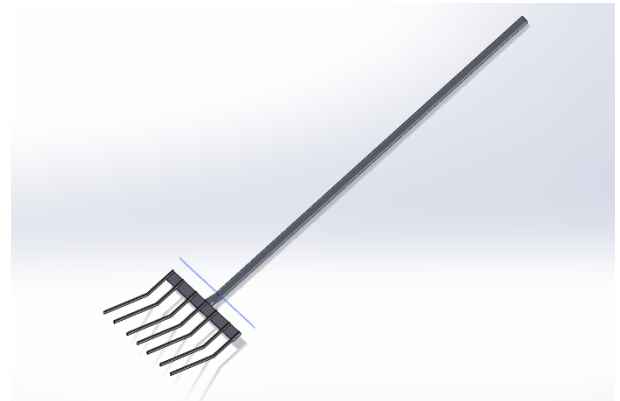


図7 製作物

5. 結果

結果は、猪苗代湖で検証したが、1月上旬ということもあり水草が腐敗し、想定していた条件ではできなかった。また、砂ごと持ちあげるため数回持ち上げる作業をしていたら左端のフォークが曲がってしまった(図7)。断定できないが、水草と砂利の混合物を地面にさしながら掬い取る際、両端のフォークには横からの荷重が多くかかることから、曲がってしまったものだと考える。その他については、水がうまく抜け、砂も落とせることを確認できた。

実験後に端のフォーク部が曲がってしまったことから、強度の計算を施し、フォークの折り目のところに支柱を追加した(図7)。根本から130mmのところ横にアルミの支柱を設けることで、上からの荷重に約1.25倍の強度が上がった。5mm×10mmの角材について、断面二次モーメントの値は、横からの数字が上からの数字の1/4倍しかなかった。こちらについても支柱を入れたことで1.25倍の強度を補った。重量も現行品(農業用フォーク 図1)が1729gに対して完成品は1215gと0.7倍の軽量化ができた。見栄えについて、クラスメイトに意見を求めたが、色についての意見が多く、違う色に塗装してみてもいいという意見が出された。また、溶接部のビードをさらに整えてみてほしいという意見も出されたが、特に決定的な意見は出されなかったため、まずまずのものといえる。



図 7 実験後



図 8 改良したもの

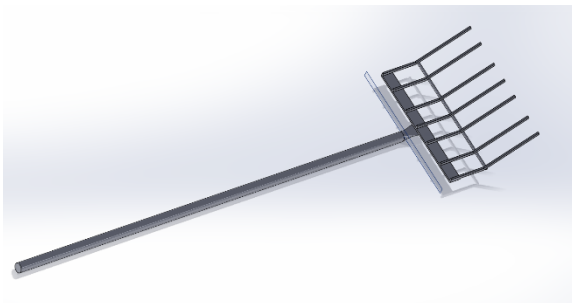


図 9 3D データ

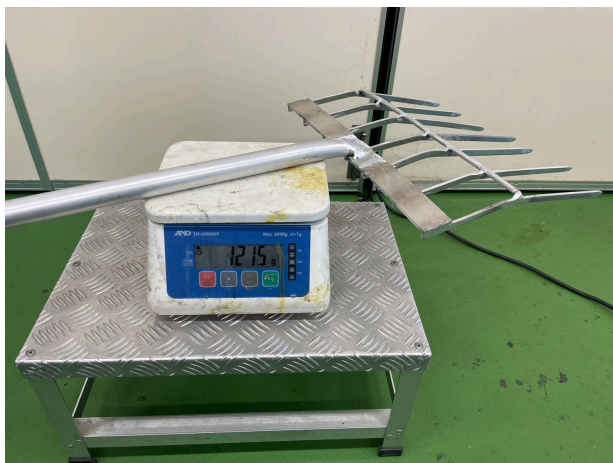


図 10 完成品の重量

いざ製作する段階で大いに躓いたり、立ち止まってしまうこともあり奥深さを感じた。

今年度は、実際に水草回収に間に合わなかったが、機会があるのであれば、来年度水草除去を行っている団体等に使用していただき、湖との共生を図っていただけたら幸いである。

7. 謝辞

卒業研究を進めるにあたり、ロボットテストフィールド南相馬技術支援センター安齋様、五十嵐先生、今野先生には、きめ細やかな指導をいただいたことに心より謝意を表します。

6. 終わりに

今回の卒業研究の猪苗代湖の水草除去器具の開発に挑戦したことを通して、一連のものづくりを体験することができた。コンセプトを設け、それに向けた設計をしても、