

課題情報シート

課題名：	エアホッケー台の製作		
施設名：	関東職業能力開発大学校		
課程名：	専門課程	訓練科名：	生産技術科
課題の区分：	総合制作実習課題	課題の形態：	製作

課題の制作・開発目的

(1) 課題実習の前提となる科目または知識、技能・技術

機械製図、CAD 実習、機械加工・工作実習、レーザ加工実習、シーケンス実習

(2) 課題に取り組む推奨段階

レーザ加工実習終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

課題を通して、機械製図、機械加工、機械工作、レーザ加工、油圧・空圧制御、シーケンス制御、報告書作成、プレゼンテーション等の総合的実践力を身に付けます。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：3名

時間：216時間

エアホッケーは二人の対戦者が、台上の円盤を打ち合い相手ゴールへ打ち込むゲームです。台の上面にある多数の小穴からの空気流によって円盤を浮上させるので摩擦が少なく、強く押し出された円盤は四方のフェンスで反射して動き続け、弱く押し出すとゆっくりとすべるように動きます。当校では地域貢献の一環として、地元市主催の子供向け科学体験ツアーや工業祭等の展示イベントに参加していますが、これらイベントでの活用を



図1 製作したエアホッケー台

視野に入れた新たな制作課題について学生に意見を求めたところ、本課題に取り組みたいとの希望が出されました。この台はゲームに用いる他、物理的な視点からは、低摩擦下の物体運動の観察ができ、摩擦・慣性・運動量等の科学体験テーマとなり得る事、手作りの製作物で多くの人にゲームを楽しんでもらい、ものづくりの大切さをアピールできる事、設計・加工・流体・制御等の要素を適度に含む点等から、総合制作課題として設定することとしました。

課題の成果概要

エアホッケー台の構造、材料および加工法について構想設計および図面作成を行い、図面に従って各部品の製作、組立を行いました。円盤を浮上させ滑らかな運動を実現させるための台の主要部分は、次のような構成としました。レーザ加工で多数の小穴をあけたアクリル上板、底板およびアルミ平角棒で送風箱を構成し、フェンスとなる木枠で囲むように保持し既存のテーブル上に置きました。市販品の送風機からダクトホースを通し送風箱に空気を送り、台上の樹脂製円盤を浮上させることができました。この台の主要部分があれば、点数表示等の周辺作品が無くても、エアホッケーを楽しむことができました。台両端の木箱内にアルミ製ゴールボックスを置き、光電センサで進入物を感知、PLCでカウントし、表示板に得点をデジタル表示させました。ゴールボックス内の円盤は手で回収します。近日中に地元市のイベントに出展予定です。

製作過程の詳細は次節に示し、本節では問題解決の事例と今後の展望について述べます。成果のうち最も重要なポイントは、円盤の浮上と滑らかな運動ができるかという点ですが、この達成までには、次に述べるような前年度の失敗と改善がありました。以前に圧縮機を空気圧源とした空気圧装置の製作経験はありましたが、それとは異なる低圧、大流量の送風機を用いた製作は担当指導員にとっても初めての経験でしたので、空気圧装置の感覚では十分に太いと思われたφ20耐圧ホースによる配管が、本製作物には細すぎて円盤が浮上しないという失敗が前年度の製作においてありました。簡単な実験で配管に問題があることを確かめた後、ダクトホースを採用して円盤の浮上ができ、大口径の配管、送風機の圧力・風量特性などについて、新たに学ぶことができました。またその後、今回の製作には反映しておりませんが、配管自体を無くして、送風箱に送風機を直結した構造が最も合理的との考えに至っております。

前年度の課題において、製作に新規性を加味する主旨で、送風箱を500mm四方の小型のユニットとして多数製作し、それらを並べて任意の面積のエアホッケー台を作ろうと試みましたが、ユニットを並べた際の僅かな段差のため使用時に違和感があり、また、円盤の動きを邪魔するという問題が残りました。この主な原因として市販のアクリル板には金属板と比べてかなり大きな厚さの許容差があることを、同僚指導員のアドバイスで気付きました。今回の製作では最小限の分割に抑えた構造として実用性が向上しました。今後機会があれば、分割方式で製作を行なっても上面の段差が出ないような構造を検討してみたいと思います。

1つの小穴から流れる空気量は小さな値ですが、この値から全体の風量が決まります。現在は計算値しか求めていませんが、実際に小穴1個の流量を測定するにはどうしたらよいか、ガス溶接で用いるフロート式流量計等を流用したり、他の流量センサを適用できないか等、稼働中の送風状態をより詳しく知ることが今後の課題です。また、台の大きさ、重量ともに結構な大きさとなってしまいましたので、イベント等での運搬や普段の保管にも不便があります。移動可能な車輪付きで、なおかつ保管時には立てた状態で収納できるような、既存のテーブルに替わる移動式収納架台の設計製作も今後の課題としてあがっています。図面や部品の段階から組立へと製作が進んで、製作物の実像が見えてくると、学生は具体的なアイデ

ィアを出しやすくなり、さらに進んだ製作のベースとすることができます。ゴールボックス内の円盤は手で回収していますが、円盤の自動回収とゲーム開始時の自動供給についても、まだ構想段階ですが、次年度の学生が意欲を示しています。またPLCプログラムにおいて、円盤がゴール内で反跳すると得点の重複計数が予想されますので、それを避けるために光電センサがONになると自己保持され、保持を押しボタンスイッチにて解除しないと、次回のカウントができないようにしましたが、実際の使用時には不便を感じますので、他に良い方法がないか検討したいと思います。

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

この台は一見単純で簡単に作れそうに思えますが、製作にあたっては次のような問題点があることを学生に理解させました。①広く平滑な面を作製・維持すること、②多数の小穴の加工、③多数の小穴から空気が均一に流れるか、④台の板面が内圧に耐えられるか、⑤必要な空気圧力・流量が不明、⑥空気源には圧縮機と送風機のどちらが適するかの判断、⑦子供が使用する際に危険のないものとする。

＜製作過程の概要＞

はじめに、1つの小穴を通して流れる空気量の計算式を図書館で調べ、台全体で想定される圧力・流量の見積りを行い、空気源には高圧・小流量の圧縮機ではなく、低圧・大流量の送風機が適することを確認しました。(図2)

$$Q = 226S\sqrt{(p_1 - p_2)p_2} \times \sqrt{\frac{273.15}{T}}$$

p_2 : 外圧
 p_1 : 内圧
 T : 空気温度(K)
 S : 穴の有効断面積(mm²)

図2 小穴から流出する空気量の計算

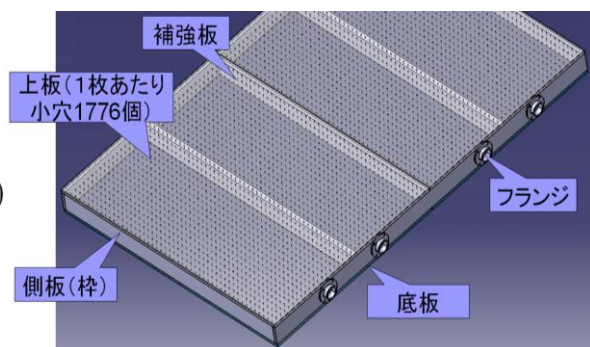


図3 送風箱の3D-CADモデル

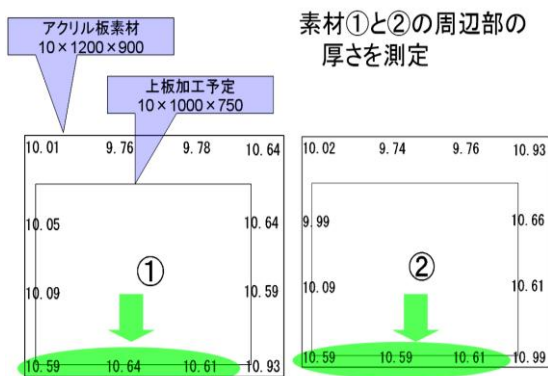


図4 レーザ加工前のアクリル板厚さ測定

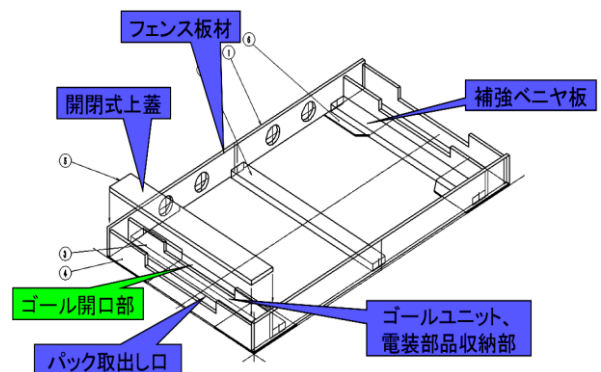


図5 フェンスを兼ねた木枠

台の構想および設計は次のように行ないました。既存のテーブルに合わせて台の広さは1800×1000mmとし、長手方向の両端各150mmの部分にゴールを設けるので、エア浮上させる送風箱の広さは1500×1000mmとしました。上面および底面の亚克力板、側面および内部補強用のアルミ平角棒をボルトで組立て、厚さ85mmの薄い箱型の準気密容器(送風箱、寸法：1500×1000×85mm、図3)を作り、上板にはレーザ加工で直径1mmの小穴を縦横の間隔20mmで多数開孔しました。上板および底板は寸法1500×1000のところ、レーザ加工機の加工範囲の制約から750×1000に二分割としました。分割した亚克力板を突き合わせる際には、亚克力板の厚さの誤差がかなり大きいことに配慮して、レーザ加工前に板厚を測定して、誤差が少なくなるような向きに組合せるようにしました。(図4)

円盤をはね返すフェンスが必要なため、送風箱の四方を木枠(図5)で囲みテーブル上に置き、反射特性を改善するために金属製の補助材を追加しました。木材を用いたのは子供への安全性、重量および加工のしやすさに配慮したためです。送風機(図6)は市販の0.4kW、三相200Vの汎用型を選定し、風量不足の場合に備えてインバータにて変速できるようにし、イベント等での使用の際に便利のように100V電源で使用できるようにしました。(図7)

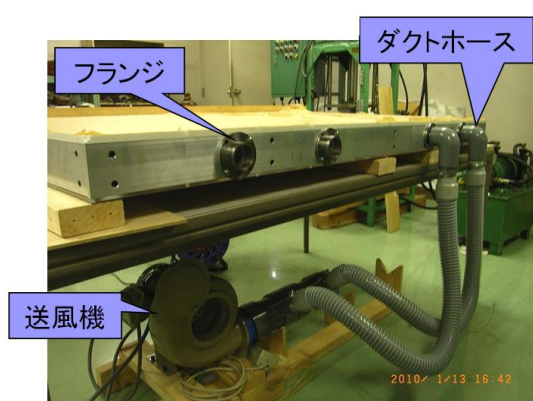


図6 送風機とダクトホース



図7 インバータ
とゴールボックス



図8 制御盤内の部品配置
(配線前)

送風機から送風箱への配管は、塩ビ管継手を利用して4系統に分岐し、ダクトホースを通して、送風箱の側面に設けた配管フランジに接続しました。塩ビ管継手を用いたのは、ダクトホース専用の継手類が無かったためです。4系統に分岐したのは、小穴からの空気流の偏りを減らすように、送風箱の内部を4つに仕切ったため(図3)ですが、その効果は未確認です。円盤および円盤を打つスマッシャーは樹脂素材を旋削して製作しました。

ゴールボックス(図7)はアルミ板および平角棒で作成し、円盤が斜面に沿って滑り落ちる途中で、透過式光電センサの光線を遮るとPLCの入力信号がONとなることにより、ゴールに入った回数をカウントし、応用命令を用いてデジタル表示ユニットに数字を出力させました。PLCや表示ユニット等はアルミ板で製作した表示盤(図8)内部に収めました。

<所見>

エアホッケーはテレビで目にする機会もあり、若者にとって親しみやすく、技術的なハードルはそれほど高くないので、総合制作への積極的な取組みが苦手な学生にとっても比較的やさしい課題といえますが、機械設計・加工に加えて、樹脂や木材加工、配管、制御盤の板

金・電装など広範囲の要素を含んでいます。遊具ということで、遊び感覚で安易に取組まないように、無駄な装飾は省く等、節度を保つような指導が必要と思います。

養成する能力 (知識・技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練(指導)ポイント
○製作課題に対して必要な予備調査および主要項目の数値見積りを行なう能力	◇小穴を通り、送風箱から外部へ流れる空気流量および内圧の関係を理解し、現実的な条件設定、すなわち本製作に必要な想定圧力・流量を設定します	●図書館で文献調査を行ない、有効な資料の抽出・まとめの後、得られた情報を利用して必要な計算を行ない、計算結果が目標に対して適用可能であるか判断します
○合理的な設計・製作のベースとなる基本構想を決定する能力	◇送風箱の材質、寸法、加工・組立方法をどのようにするか多数の案を入念に検討します	●ブレンストーミング形式で意見、アイデアを出し、評価・まとめを行ないます
○構想図からの的確な部品図、組立図を作図する能力	◇送風箱のような構造物は通常授業の製図課題には無い学生にとって新たな作図対象です、本制作では3Dよりも2D-CADを重視しました	●上下・左右対称物の省略、断面図による内部の図示、多数の小穴およびボルト穴の寸法記入、接合部・配管部の詳細図等を助言します
○長尺部品のフライス加工	◇汎用フライス盤の加工テーブル移動範囲を超える長さの部品に、正確な位置に穴あけ加工を行ないます	●加工テーブルにバイスを2台取付・平行出し、材料持ち替えの再々、所定長さの突き当て治具を考案、作製します
○多数個部品のフライス加工	◇通常授業の加工課題では扱わない、多数の同一部品を効率よく汎用フライス盤で加工	●部品の形状により、可能な物は多数を同時にクランプしてまとめて切削、個別切削する部品は効率的な工程を検討
○繰り返し形状のレーザ加工	◇機種によって異なると思いますが、レーザ加工機のプレスモードを使用	●単純形状の繰り返しなのでCAMは使用せず加工機の実操作盤でプログラム作成
	◇レーザ加工後のアクリル板にボール盤にて沈めフライスで深座ぐり加工	●大きな板材を卓上ボール盤のテーブル上で保持する工夫が必要、樹脂の切削特性への対応が必要です

養成する能力 (知識、技能・技術)	課題制作・開発のポイント	訓練（指導）ポイント
○長尺部品からの送風箱の組立	◇直角度、平面性に留意し、ゆがみを生じないように、ボルトはめねじをつぶさないように慎重に、各部均等に締め込みます。	●側面枠は定盤上で仮組みし、上板と底板の直角を基準として組立てます
○木枠の木材加工	◇木ねじは適当な径と深さの下穴をあけた後、電動ドリルドライバを利用してねじこみます	●木材は通常授業では扱いませんが、簡単な切断や接合には柔軟に対応できることが望ましいと思います
○送風機の電力配線	◇商用電源からブレーカ、インバータ、送風機間をキャプタイヤケーブルで配線します	●作業時の感電、通電時の短絡、使用時の感電防止に配慮します
○製作物の試運転	◇送風機から送風箱に空気を送って円盤が浮上できるか慎重に試します	●製作物を初めて作動させる際は予想外のトラブルが起こる危険があり、本製作では粉塵が舞い上がって目等を傷めない事等に注意します
○樹脂材料の旋盤加工	◇浮上させる円盤、スマッシャーを樹脂素材から旋削します 切り屑のつながりに注意し、分別処分します	●樹脂の切削条件は一般になじみが薄いことも有り、経験者に問合せたり、試し削りを行うなど慎重に行ないます。
○小規模な制御盤の板金設計・加工	◇けがき、切断、穴あけ、曲げ、組立の一連の板金加工	●曲げ部分の半径から所定の寸法を割出して設計、角穴の加工には工夫を要します
○電子部品の選定、回路設計・配線	◇制御版に必要な機能を検討して、最小限の部品を選定します	●機械系学生には難しい分野ですので、十分にヒントを与えるか、指導員側でかなりの部分を助ける必要があります
○PLC の動作線図の作成、プログラミング	◇円盤がゴールに入ったときどのような動作が必要であるかよく検討します	●シーケンス制御実習の習得状況に応じて適切な助言を与えます

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 関東職業能力開発大学校
住所 : 〒323-0813
 栃木県小山市横倉三竹 612-1
電話番号 : 0285-31-1711 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/tochigi/college/>