

課題情報シート

課題名：	Brain Gear68 の設計製作		
施設名：	東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校		
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

機械設計製図、機械工作実習、三次元 CAD/CAM、積層造形、安全衛生

(2) 課題に取り組む推奨段階

機械設計、CAD 実習Ⅱの終了後

(3) 課題によって養成する知識、技能・技術

実物の製作をとおして三次元 CAD のモデリング技術や歯車の設計及び積層造形精度と強度を理解し、設計と製作における技能・技術の実践力を身につける。

(4) 課題実習の時間と人数

人数：2名

時間：216時間

Brain Gear は正八面体をベースとした製作物が既に米国 Stratasys 社で設計・製作されています。図 1 に示す Brain Gear8 は当短大で設計・製作したインボリュート曲線からなる傘歯車を用いた正八面体をベースとする製作物です。正八面体の各辺に配置した傘歯車対一個を回すと全ての歯車が回ります。ものづくりを実践する立場として、この奇妙な構造とメカニズムに興味を抱き構造を解明すること、および流体の攪拌や複雑な動力伝達機構などに応用できる可能性があるため総合制作実習の課題として Brain Gear68 (六方八面体をベースにした Brain Gear) に取り組みました。



図 1 Brain Gear8

課題の成果概要

Stratasys 社の Brain Gear は 12 枚の直歯からなる傘歯車を使用しております。これに対し図 1 の Brain Gear8 は 20 枚のインボリュート曲線からなる傘歯車ですからよりスムーズに回ります。Brain Gear46 と Brain Gear8 の設計・製作の中で明らかになった点が 2 点あります。その一つは正八面体の隣り合う 2 面の角度を傘歯車の円ピッチ角で割って、余りの角度が歯厚を示す中心角度より十分小さい角度であることです。もう一つは積層造形機の造

形精度です。歯先幅が 0.5mm 以下になると造形できません。歯数が多くなると刃先幅が小さくなり、造形可能な大きさで且つ適正な歯数を検討する必要があります。

上記の事柄を念頭に Brain Gear68 の設計・製作を行いました。Brain Gear68 は 144 個の傘歯車からなり、1 個の歯車を回すと 144 個全ての歯車が回ります。Brain Gear8 は 1 種類の傘歯車の設計で済みましたが、Brain Gear68 は 3 種類の傘歯車が必要となります。図 2 は Brain Gear68 のベースとなる六方八面体です。この頂点に支点となる球を配置し、辺には軸を配置しました。図 3 は積層造形した部品の一部です。図 4 は部品を組み付けた状態で、1 辺にウォームとウォームホイールを取り付けモータで回転するようにしました。適度なバックラッシュもあり大変スムーズに回転します。本テーマは第 6 回東北ポリテックビジョンで発表・展示を行いました。



図 2 六方八面体

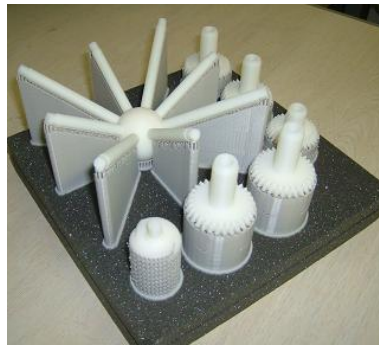


図 3 積層造形した部品



図 4 完成した Brain Gear68

課題制作・開発の訓練ポイントおよび所見

本テーマは 4 年前から総合制作実習の課題として取り組んできました。課題を進めるにあたり①多面体の調査、②Brain Gear としての成立条件、③三次元 CAD による多面体のモデリング、④傘歯車の設計とインボリュート曲線、⑤三次元 CAD によるアセンブリ、⑥積層造形機による造形物精度と造形物強度、⑦組み付けの方法、⑧評価・発表、の流れで実施してきました。

①②では文献・ネットなどにより多面体の種類と調査を行います。正多面体は 5 種類あり、この中で Brain Gear として成立する多面体は正八面体だけです。学生はこの点を十分理解し、正多面体から派生した準正多面体の中から Brain Gear として成立する可能性のある多面体（四方六面体の Brain Gear46 や六方八面体の Brain Gear68）を検討します。今回は Brain Gear68 の設計・製作をテーマにしました。この選択は学生のモチベーションを上げることにあります。完成すると世界で初めてになるからです。

③では三次元 CAD により、Brain Gear のベースとなる準正多面体のモデリングを行います。ここで選択した準正多面体である六方八面体の頂点角度や面角度が必要となります。

④では六方八面体の頂点角度や面角度から傘歯車の設計を行います。CAD 実習Ⅱの実習課題では、すでにインボリュート曲線の作図と平歯車のモデリングを実習しています。ここでは傘歯車について文献調査を学生が自ら行います。また多面体の頂点角度や面角度から造形可能な適正歯数の検討を行うことが重要な点になることを学生と議論します。

⑤では三次元 CAD 上で六方八面体の頂点には球、辺には軸を配置します。設計した歯車をアセンブリし歯車が噛み合っているか詳細を確認します。歯車の干渉など問題が派生した場合は再度④で再検討に戻ります。

⑥では過去に実験・研究した精度や強度のデータと造形手法を提示して造形を行います。今回の Brain Gear68 の造形時間は昼夜連続で1ヶ月かかりました。

⑦では部品の組立てをヤスリなどの手工具を用いて行います。接着剤は使用しておりません。

⑧では組み付けた Brain Gear68 が正常に回るか、念入りに調査します。これら一連の流れの中で、教育・訓練の重要な点として①学生自ら行動できる環境にすること。②重要な点で必ず学生と議論すること。③成果を外部に発表すること。などが挙げられます。最後に製品が完成したとき、学生の目の輝きが将来のものづくり基本となると感じます。

今回は③から⑥の工程について訓練ポイントおよび所見を紹介します。

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
<p>○ 3次元 CAD による傘歯車のモデリングが習得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インボリュート曲線による歯面の作図 ・軸角度、歯数、ピッチ円等傘歯車の理解 ・サーフェスとソリッドによる傘歯車のモデリング ・多面体の3次元モデリング 	<p>◇ 傘歯車のモデリング</p> <ul style="list-style-type: none"> ・インボリュート曲線とモデリング <p>3次元 CAD 上で基礎円からインボリュート曲線を描きます。この曲線から傘歯車の凹形状の円周ピッチを描き、この曲線を歯幅とピッチ円すい角により相似・縮小しサーフェスを生成しました。歯先円すいのソリッドから凹形状のサーフェスにより切断し傘歯車の谷を生成しました。これを歯数だけ行いました。</p> <p>ベースとなる六方八面体のモデリングは文献から生成しました。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 3次元 CAD による平歯車のモデリングを行い、インボリュート歯車について調べさせます。 ● 事前に正八面体をベースとする Brain Gear8 の製作事例を提示します。Brain Gear68 の歯数とモデリング手法を習得させます。 ● 文献データから六方八面体をモデリングし、隣り合う面角度3種類を求めます。この角度から歯数、歯幅、積層造形可能な最小歯厚などを検討させます。 ● 面角度から割り出した3種類の歯車からアセンブリするための歯車を検討させます。

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
<p>○ 3次元 CAD を用いたアセンブリ機能が習得できます。</p> <p>○ 積層造形機を用いた造形法が習得できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・データ変換(stl データ) ・CAM データの出力 ・積層造形機の操作方法 ・造形方向の精度と強度 	<p>◇ アセンブリ 六方八面体の頂点には球、各辺には歯車を配置しました。</p> <p>◇ 積層造形機 ・データ変換と造形 データ変換はトレランスが外形精度に影響を与えるため、0.02mm としました。これは過去のデータ収集により造形精度に影響のない値です。 造形部品点数が 150 以上となるため精度と強度に影響がないように一回で積層可能な点数をできるだけ多くしました。</p>	<p>● 3次元 CAD 上でアセンブリした傘歯車の歯の干渉を確認させます。ここの確認が重要であることを理解させます。</p> <p>● 造形後の組立を考慮した部品設計を検討させました。例えば頂点と軸を一体化することにより部品点数の削減および強度と組立精度が向上します。</p> <p>● 造形は精度と強度を考慮した積層を検討させました。</p> <p>● 組立を考慮した軸と穴の寸法差を検討させました。</p>

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校
住所 : 〒037-0002
 青森県五所川原市大字飯詰字狐野 171-2
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www.ehdo.go.jp/aomori/college/c-top.html>