

創造性モノづくり教育における手こぎ自転車の製作

The Production of handcycle in Creative Manufacturing Education

(平成 17 年 9 月受理)

鈴木 一宏* (SUZUKI Kazuhiro)

渡辺 昇* (WATANABE Noboru)

佐東 信司** (SATO Shinji)

Abstract

In recent years, 'Manufacturing' was widely noticed not only in the industrial world but in the various worlds. In Fukushima National College of Technology, Creative Manufacturing Education was carried out and the machines which were useful for citizen were produced. This report will introduce one of the products which was called 'Handcycle'.

The handcycle is a vehicle which supports playing and enjoying sport for the physically handicapped people, and also has a function of the rehabilitation. Of course a handcycle is commercially available, but it is expensive to buy. Therefore, the students tried to produce the inexpensive handcycle by using thrown away bicycles and their ideas. They produced it along their thought.

We think Creative Manufacturing Education is available for them to develop their creativity.

1. はじめに

高等専門学校では、実践的かつ専門的知識および技術を身に付けた創造的な人材を育成することが目標の1つであり、大学とは異なるモノづくり教育を重視し、実践力のある技術者教育を行っている。

機械工学科のモノづくり教育は、1年次の「創作実習」と2年次および3年次前期までの「工作実習」で行い、技術や技能の基礎を学んできた。3年次後期では、これまでに習得した基礎知識・基礎技術を基盤とした創造性豊かなモノづくりを実現するため、「市民に役立つモノづくり」を課題とした「総括実習」を行った。学生は自ら、作品の発想・企画・設計・見積り・製作及び評価を一貫して行うものである。

この創造性モノづくり教育は2003年度より実施し、2年目を迎えている。

本報告では、機械工学科3年次の「総括実習」の中で、学生が知恵と技術を十分に発揮して完成させた「手こぎ自転車」の製作について報告する。

2. 手こぎ自転車とは

手こぎ自転車は、手（腕）の力を使ってこぐ自転車として「ハンドサイクル」とも言われている。このハンドサイクルは、1980年代ヨーロッパやアメリカで開発されたもので、身体障害者の自転車競技で使用され、世界に広まった。この競技は、パラリンピックの正式種目としても実施されている。手こぎ自転車は競技用具としてだけでなく、車いすでの運動不足を補うリハビリ器具としても活用され、健常者用の自転車でこいだ時と同じ快適さを得ることができる乗り物としても注目されている。

手こぎ自転車の種類には、一般タイプ・スポーツタ

* 福島工業高等専門学校 技術室 (いわき市平上荒川字長尾30)

** 福島工業高等専門学校 機械工学科 (いわき市平上荒川字長尾30)

イプのほか、車いすに取り付けて使用する簡易タイプなどがある。しかし、手こぎ自転車は少量生産のため一般タイプで20万円程度、スポーツタイプで30万円程度、簡易タイプで15万円程度といずれも高価であり、容易に購入できない。

総括実習の課題である「市民に役立つモノづくり」として、汎用性の高い一般タイプの手こぎ自転車の製作を試み、以下の項目を満足する条件を目標とした。

- (1) 足に障害のある人が気軽に乗れる、手こぎ駆動にする。
- (2) リサイクル部品を利用し、安価にする。
- (3) 軽量化を図る。
- (4) 実用性およびデザイン性を考慮する。

3. モノづくりの実施と成果

3.1 製作時間と人員

工作実習の中で総括実習に割ける時間は3時間/週×11週、総時間数33時間と設定した。また目標を達成するには、学生のモノづくりに関する認識および意識を統一する事が重要であるため、7月上旬に総括実習の概要説明を行い、課題製作における各項目の打ち合わせや検討が授業以外の時間を活用して十分に行えるように配慮した。

42名の学生を4グループ(約10名)に編成し、グループリーダー(班長および副班長)を設定した。グループリーダーは、企画・役割分担・製作工程等がスムーズに進行できるように常に配慮できる能力を有した学生とした。

指導体制として、担当教員の他、各グループに技術職員1名を配置し、学生の発想や企画および技術的な問題等について討論し、諸問題の解決を行った。

3.2 駆動系設計

手こぎ自転車の動力をなるべく低くするため、駆動部の歯数比の検討を行った。クランクスプロケット歯数 Z_1 と前輪スプロケット歯数 Z_2 に区別でき、これらの歯数比 ε (ギア比)は(1)式によって求めることができる。

$$\varepsilon = \frac{Z_1}{Z_2} \quad \dots\dots (1)$$

従って、弱い力で駆動させる場合には Z_1 を小さく、速く走行させる場合には Z_1 を大きくすれば良い。

以上により、以下の項目を考慮してギア比を決定し

た。

- (1) 手(腕)と足の力の強弱を考慮し、こぐ時の負荷を軽くする。
- (2) 安全性のため、一般的な自転車と比較して速度が速すぎないようにする。

このことより、クランクスプロケット歯数9T、前輪スプロケット歯数40Tとし、ギア比0.225に設定した(TはToothまたはTeethの頭文字で、歯数を表す記号として使用した)。

一般軽快車(26インチ)は、ペダル1回転で約4.7m前後進むのに対し、手こぎ自転車(20インチ)は約0.35m進むように設計した。

走行速度 V (km/h)は、ペダル1回転に進む距離 R (m)とペダル回転数 N (rpm)より、(2)式によって求まる。

$$V = \frac{60RN}{1000} \quad \dots\dots (2)$$

ここでペダル回転数を50rpmとした場合、一般軽快車(26インチ)の走行速度は約14km/hとなる。それに対し手こぎ自転車は約1.1km/hとなる。これにより、ゆっくりとした走行が可能で、安全性も確保できると考えている。

3.3 模型の製作

車体サイズは、900mm×1,000mm×700mm(高さ×軸間距離×幅)とし、手こぎ自転車の模型を実物の約1/10の大きさで製作した。外観をFig.1に示す。学生は作品のイメージがより明確になり、構造の再認識や部品の構成、グループでの仕事分担などを理解する上で大きく役立った。

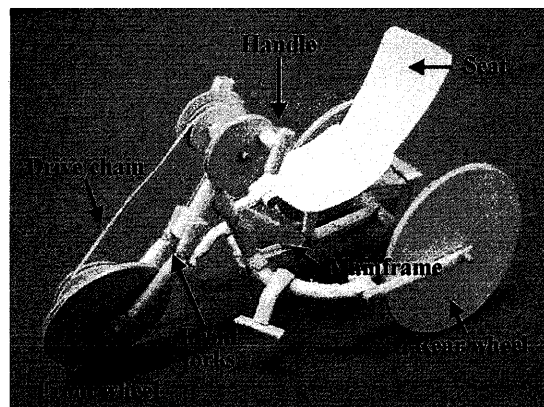


Fig.1 Model of a handcycle.

3.4 主要部の製作と考察

製作の主要部を大別すると、1)前輪駆動部、2)後輪駆動部になる。

1) 前輪駆動部

前輪部は、前輪を支えるフロントフォーク部、駆動部、前輪から構成されている。

①フロントフォーク

メインフレームおよび駆動チェーンとの干渉を避けるための曲げ加工を行った。

完成したフロントフォーク部を Fig. 2 に示す。アルミ丸パイプ (A6061 アルミ合金、外径 $\phi 27.5\text{mm}$ 、厚さ $t=1.7\text{mm}$) を用い、湾曲加工を手加工で行った。左右のフォーク形状は揃っており、性能的には十分なものができた。加工部に残ったシワは、十分な加工治具を用意すれば消えると考えている。メインフレームとフロントフォークを連結する三叉部を Fig. 3 に示す。アルミプレートを使用し、ボルトによるクランプ方式を採用することで、フォークの突き出し量を微調整することができ、車体の姿勢調整が可能になった。

②駆動部

ギア-クランク部は、廃品自転車から再利用し、手(腕)の回転半径を考慮クランク長さを 105mm とした。また、クランクスプロケット歯数 9T 、前輪スプロケット歯数 40T とした。

ハンドル廻りを Fig. 4 に示す。減速比を 0.225 としたため、軽いこぎ出しが可能になった。また、個人の力量に合わせた減速比に歯車を変更することを考慮し、歯車の交換も可能な構造にした。

③前輪

タイヤサイズは、フレームサイズとの関係および軽快性を重視し、小型車に使われるタイヤ外径 20 インチ \times タイヤ幅 1.75 インチを採用し、廃品自転車からタイヤとホイールを再利用した。

2) 後輪部

後輪部は、後輪とそれを支えるメインフレームから構成されている。

①メインフレーム

アルミ丸パイプ、アルミ板 (A5052、 $t=8\text{mm}$) 等を用い、TIG 溶接で製作した。両輪連結部分は強度確保のため、アルミ棒 (A2025、 $\phi 25\text{mm}$) を利用した。

設計上の配慮点は、傾斜面走行時でも全ての車輪に安定的な荷重が負荷されるようにした。このため、乗車時の重量配分を前輪寄りにして前輪の浮き上がりが、空回り防止を行った。また座席部は木材を用い、

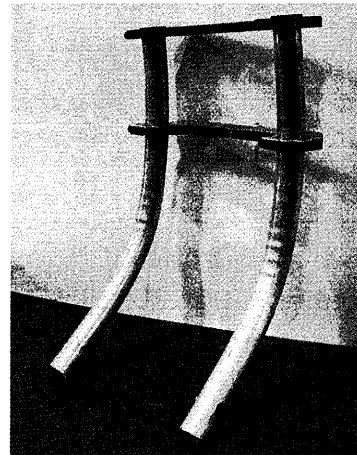


Fig. 2 Produced Front forks.

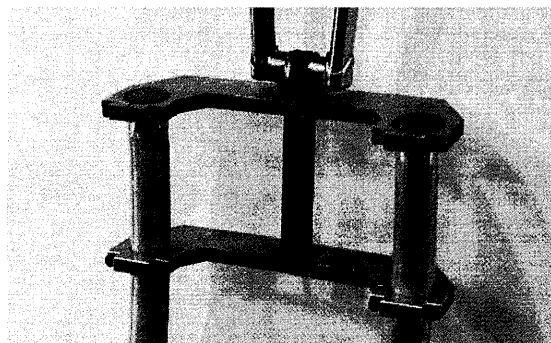


Fig. 3 Junction between front forks and mainframe.

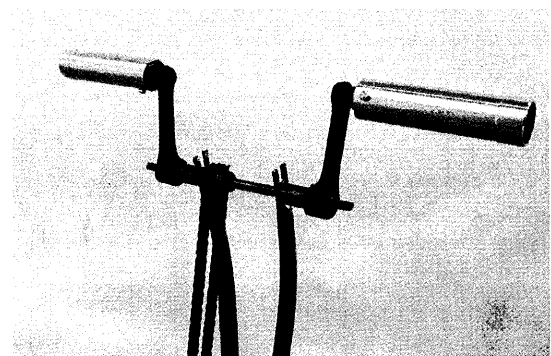


Fig. 4 Handle and gear crank.

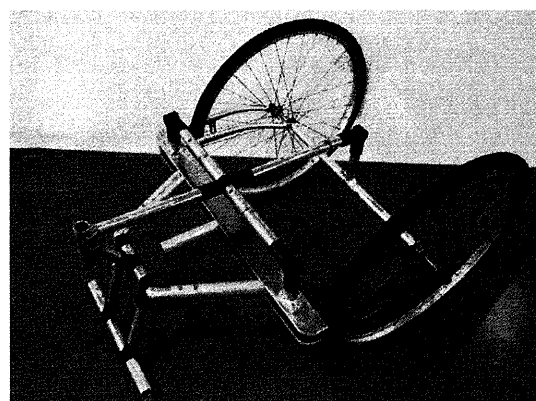


Fig. 5 Structure of the mainframe and rear wheel.

フレームの座席受け部にジョイント部品を利用して固定した。溶接部は強度補強のための肉盛りをしており、強度的には十分である。完成したメインフレームを Fig. 5 に示す。

②後輪

タイヤサイズは、26インチ×1 3/8インチを用い、安定性を確保するため二輪とし、廃品自転車の車輪を再利用した。

このため車輪の強度の確保及び製作費用を抑えることができた。

3.5 作品の完成

手こぎ自転車の完成写真を Fig. 6 に示す。課題製作中は、何度も試乗を繰り返し、各箇所の不具合等の調整を行った。ギア比の設定を低くしたことでこぎ出しが軽く、軽やかになった。また、小径タイヤを採用することで軽く走行でき、車体のバランスが安定し、安全に乗車することができた。

作品の総重量を計測すると約 18.3kg となる。市販されている一般軽快自転車は約 18kg、手こぎ自転車（競技用）は約 15kg である。アルミ材を多用し、軽量化を図ったが市販品と同等であった。さらに軽量化するには本体の小型化や材料の選定が課題となる。例えば、アルミ材より強度的に勝るマグネシウム材の利用を検討すると、強度は 1.75 倍、密度は 0.7 倍で軽量化には最適材であることがわかる。マグネシウム材を用いた場合の重量を計算すると 16.1kg になるが、強度向上分材料を減少させることが可能であり、総重量としては約 20% の削減ができると考えている。この場合、14.5kg 程度まで軽量化できると推定できる。しかし、マグネシウム材は高価格なので、今回の製作には用いることはできなかった。

マグネシウム材の利用は、魅力的であり、今後学生マグネシウムデザインコンテスト（日本マグネシウム協会実施）への出品も検討していきたい。

3.6 製作予算の見積もり

総括実習の予算は、1 グループあたり約 6 万円としているが、廃品自転車を有効に活用することにより 2 万円程度で完成した。市販品の約 1/10 の費用で製作できたことは大変意義深いと考えている。

3.7 成果発表会

総括実習の最後に公開発表会を、校長はじめ教職員および報道関係者（3 社）を交えて実施した。

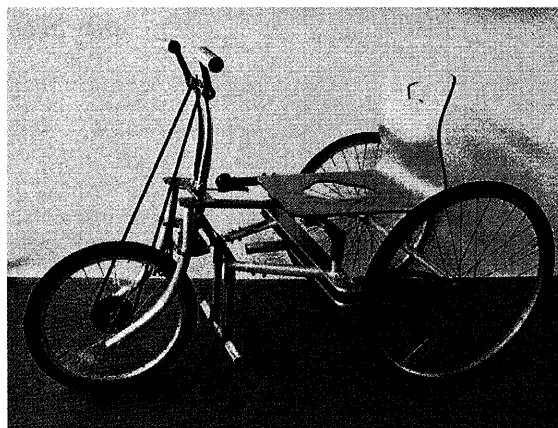


Fig. 6 Appearance of completed handcycle.

発表会では、10 分間のプレゼンテーションで作品の発想・設計・製作に対する自己評価を行った。自己評価は、モノづくりの難しさや完成の喜びを交えての内容であった。その後、手こぎ自転車の動作披露を行った。ここでは手こぎ自転車に実際に乗車することで、その完成度の高さを実感することができた。手こぎ自転車の製作目標通りの動作や安定性および安全性が確保でき、課題作品として満足できる成果が得られた。

4. 学生へのアンケート調査と結果

総括実習に関するアンケート調査を 42 名の学生に行った。

- (1) モノづくりを体感しましたか？
- (2) 楽しかったですか？
- (3) 辛かった（苦しかった）ですか？
- (4) 総括実習をして良かったですか？

の代表的な質問に対し、(1)85%以上が体感できた、(2)83%以上が楽しかった、(3)66%以上が辛かった、(4)88%以上が良いとなった。

この結果では、辛かったと回答しつつも、楽しかった、総括実習をして良かったと回答した学生のほうが上回っている。これは、学生自身が総括実習を高く評価しており、発想から完成までの一貫したモノづくり教育が有意義であったことを表現している結果と言える。

5. まとめ

創造的なモノづくりが重要視されている中、学生自ら目標を設定し、グループの仲間と協調しながら問題を解決して、作品の調整を繰り返し完成させた。

この間の製作時間の不足は、授業以外の時間を有効

に活用して目標を成し遂げた。このことはモノづくり経験にとって大変有意義なものであったと考えられ、アンケート調査でも実証されている。特に高価で入手困難な手こぎ自転車を、廃品自転車を再利用することで、従来の1/10の値段で製作できたことは、新たな可能性を見出した“創造性教育”の成果である。

本実習は、モノづくりの基礎技術を支える創造性に富んだ学生の育成につながっていくと考えており、今後も学生の新たな“創造性への挑戦”に期待して充実したモノづくり教育を心がけたい。

謝辞

本実習では去年に引き続き、校長裁量経費の支援によって実現したものであり、ここに謝意を表します。

参考文献

- 1) 佐東信司、渡邊興仁、渡辺昇、降矢司、太田葵、鈴木一宏、創造的実践技術者の育成をめざしたモノづくり教育の実践、高専教育、第28号別冊、pp. 411-416、(2005)
- 2) 渡辺昇、佐東信司、創造性を生かしたモノづくり実践教育、福島工業高等専門学校紀要、第45号、pp. 127-133、(2004)
- 3) 苫小牧高専機械工学科「ものづくり」教育研究プロジェクト、機械工作実習関係論文再録集、「ものづくり」教育の未来にむけて、分冊、pp. 12-17、(2003)