

5 インチゲージの製作 活動報告書

長野県松本工業高等学校
電気科 曾根原 悠吏
電子工業科 藤巻 陸哉

1. 活動の概要

1-1 プロジェクトの背景と経緯

本年度、電気工学部では部員個々の技術力をさらに高め、より実践的なものづくりの考え方を身につけることを目的として、特定のテーマに特化したチームを立ち上げた。その取り組みとして、機械設計、電気制御、および大規模建造物の統合を最終目標に掲げたチームにおいて、「人が乗れる5インチゲージの製作」を主たる研究テーマに設定した。

5インチゲージは軌間127mmのレールを走行する本格的な鉄道模型であり、その設計・製作には、従来の小型模型や競技用ロボットの域を遥かに超えた、高度な工学知識と精密な加工技術が要求される。本プロジェクトは、部員たちがこれまでロボコン等の活動で培ってきた「高度な電子制御技術」や「リンク機構の設計ノウハウ」を、より大型で実用的な「移動体」という新領域に応用し、技術的限界に挑戦することを目的としたものである。

1-2 本活動の目的と意義

従来の部活動では、競技点や審査点を競うロボットの製作が中心であり、部材の軽量化や瞬発的な動作の実現に重きが置かれてきた。しかし、実際に人間が搭乗し移動する機器の製作においては、「絶対的な構造強度」「長期間の使用に耐えうる耐久性」、そして何よりも「搭乗者の命を守る

安全確保」という、競技用ロボットとは全く異なる次元の設計思想が不可欠となる。

本活動を通じて達成すべき主な工学的主眼は、以下の4点に集約される。

①構造力学の高度な実践

搭乗者の荷重および動的な負荷に耐えるフレーム構造の設計と検証。

②材料工学への理解

鋼材、アルミ、合成樹脂など、適材適所の素材選定と加工技術の習得。

③実用的な動力伝達系の構築

高荷重下でのスムーズな発進・加速を実現するトルク制御と駆動機構の実装。

④安全設計（フェイルセーフ）の導入

ブレーキ機構や脱線防止策など、実社会の輸送機器に通じる安全基準の策定。

1-3 活動期間と進捗の総括

活動期間は令和6年度1月から令和7年度6月までの長期的プロジェクトとして設定し、助成金を活用して、特殊工具の整備や高精度な部品・資材の調達を行いながら製作を進めた。当初の計画では、松工祭（文化祭）における一般来場者を対象とした試乗体験会の実施を最終目標としていたが、後述する技術的課題、および大型加工

設備の制約により、今年度内での完全な完成には至らなかった。

しかしながら、3D CAD を用いた設計、および検証用プロトタイプによる走行実証を通じて、「理論上の設計」と「現実の加工」の間に存在する課題を明確に特定することができた。本報告書は、その過程で得られた知見と、次年度に向けた課題を整理したものである。

2. 製作の経過

2-1. CAD によるモデリングと干渉チェック

製作の第一段階として、3D CAD ソフトウェア (Autodesk Fusion) を用い、車両全体の設計を実施した。本プロジェクトでは、従来の小型ロボット製作では考慮しきれなかった「大規模構造物特有の課題」を事前に解決するため、以下の点に注力した。

①軸配置と旋回性能のシミュレーション

5 インチゲージの標準的な曲線半径を走行可能にするため、台車の回転中心とホイールベースの最適値を算出する。

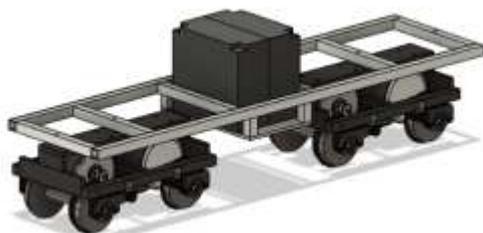


図 2-1 フレームと台車配置

②高荷重対応のフレーム設計

搭乗者の重量が直接かかるメインフレームに対し、応力が集中する箇所を特定し、補強材の配置を調整。

③標準規格への適合

他の 5 インチゲージ車両や既存のレールとの互換性を保つため、車輪のフラン

ジ形状やバックゲージ (118mm) を規格通りにデータ化した。

有限会社ヤマダ金属商会鉄道事業部
5インチゲージレール寸法図面

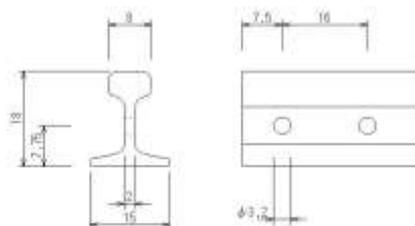


図 2-2 (有)ヤマダ金属商会
5インチゲージレール寸法図

2-2. 検証用プロトタイプ (1/1 スケール) の製作と駆動実験

本製作に用いる鋼材は加工難易度が高く、失敗時のコストも大きいため、まずは「形状と機構の妥当性」を確認するための実物大プロトタイプを製作した。



図 2-3 実物大プロトタイプ 3D 設計

①代替素材による試作

3D プリンターによる PLA 樹脂パーツと、加工性の高いアルミパイプ、アクリル板を組み合わせることで、設計変更に対して柔軟に対応できる体制を整えた。

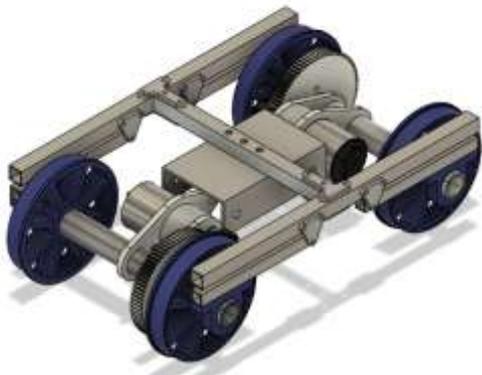


図 2-4 台車釣掛け駆動方式台車

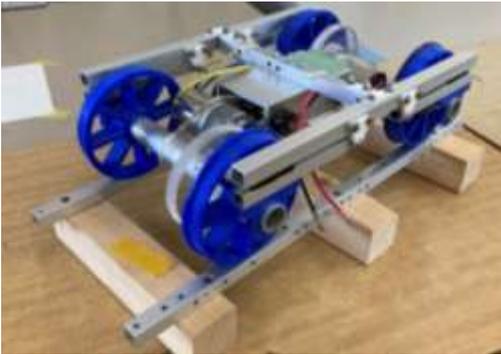


図 2-5 試作釣掛け駆動方式台車

3. 駆動系の先行実装と検証

試作機に DC モーターとバッテリー、制御ユニットを搭載し、実際に低荷重での走行実験を実施。これにより、設計通りの減速比で十分なトルクが得られるか、また脱線リスクがないかを実機で確認した。



図 3-1 試作台車に搭載した TAMIYA ギヤードモータ

この工程により、メイン機に採用予定のチェーン駆動方式の有効性や、重心位置の妥当性を証明することができ、次の段階への確かな成果を得た。



図 3-2 チェーン駆動台車に使用した DC モーター MY1025

3-1 本製作における技術的障壁と設備制約の特定

プロトタイプでの検証を経て、いよいよ鉄鋼材を用いた「本機」の製作に着手した。しかし、ここで当初の想定を上回る現実的な技術課題に直面した。

① 素材加工の難易度

耐久性と剛性を確保するために選定した鉄製部材は、従来の部活動で使用してきたアルミ材や樹脂に比べ、切削・穴あけ加工において極めて高い負荷と精度管理を要求されることが判明した。

② 工作機械の限界

特に自作を試みた「車輪」の加工において、車輪の直径が保有する旋盤のチャック径および加工可能な最大径を上回り、物理的に加工が困難であるという設備上の制約が明らかとなった。

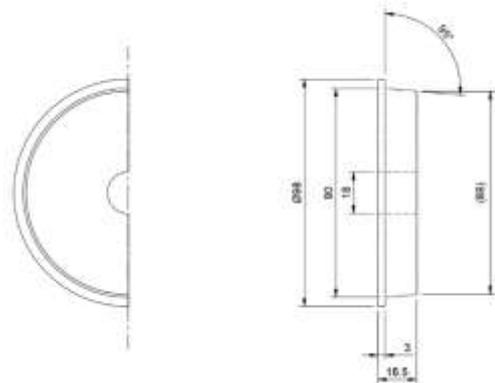


図 3-3 車輪設計

③高精度公差の維持

車軸および軸受けのはめあいにおいて、走行時の振動を抑えるための $\pm 0.1\text{mm}$ 以下の精密な公差維持が求められたが、既存の設備と環境下では安定した品質確保に課題が残った。



図 3-4 車軸設計

4. 成果と課題

本年度の活動において、設計から試作に至るプロセスを完遂したことで、以下の工学的知見を得るに至った。

①設計と実機特性の分析

3D CADによる詳細なモデリングの結果、理論上の重心位置や各部クリアランスの最適解を導き出した。試作機1号での走行実験において、これら机上の計算値が実機の挙動と概ね一致することを確認し、「シミュレーションの妥当性」を検証できた。これにより、机上の設計を実機に反映させる際の具体的な目安や判断基準を明確にすることができた。

②動力伝達系における課題と方針転換

プロトタイプで採用したギア駆動方式において、高荷重時のスリップや路面からの衝撃による伝達ロスが観測された。これを分析した結果、5インチゲージ特有の「低い地上高」と「高いトルク」の両立には、遊び（隙間）を許容しつつ柔軟に動力を伝えるチェーン駆動がより合理的であるとの結論に達した。単に仕様を変更するだけでなく、「なぜその機構が必要なのか」を実証データから深く考察できたことは、大きな学びとなった。

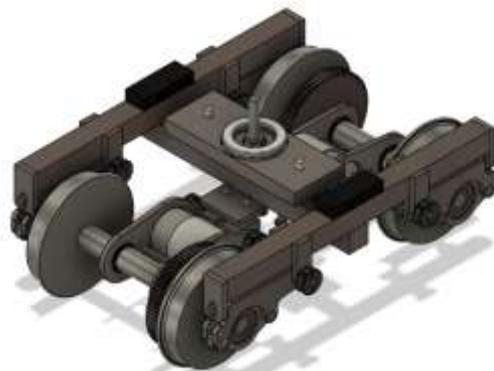


図 4-1 チェーン駆動式台車設計

③公差管理が走行性能に与える影響の解明 軸受や車輪の嵌め合いにおいて

$\pm 0.1\text{mm}$ の公差に挑んだ結果、わずかな精度の誤差が、部品同士の干渉や回転の抵抗に直結することを製作過程で実感した。小型ロボットでは許容されていた僅かな誤差が、重量物を支える機構においては致命的な動作不良に繋がるという、規模に応じた精度管理の重要性を再認識した。

5. 総括

本年度の活動は、特定の完成形を目指すプロセスにおいて、設計・試作・課題抽出という一連の研究開発サイクルを実直に回すことができた。5インチゲージという大型プロジェクトを通じて得られた「大規模構造物の設計指針」や「厳格な公差管理の重要性」といった知見は、単一のプロジェクトに留まるものではない。

これらは、今後部活動で製作されるあらゆる機体において、設計の信頼性を高め、製作ロスを減らすための部全体の共通資産となるものである。今後はこの経験を部内で共有・継承し、電気工学部全体のものづくりの質をさらに向上させていくための確かな土台としていきたい。