

メイド・イン・くしろ出展のミニワイパーモデル設計および製作について

遠藤 祭^{A)}

^{A)}釧路工業高等専門学校 教育研究支援センター 建設・生産グループ

1. はじめに

リンク装置は、細長い棒(リンク)を回転対偶や滑り対偶で組み合わせた機構であり、自動車のワイパーに代表される多様な運動を生み出す。ワイパーの効率化や最適化に関する研究は盛んに行われているが、これらの研究はリンク機構が既に成立していることを前提としたものがほとんどである。したがって、リンク機構の機構設計に関する報告例は少ないのが現状である。

そこで本報告では、リンク機構の機構設計に着目し、「ホワイトボード上をアクリル製の車のワイパーを模したパーツで拭き取り、文字を消す文房具のキット(以下、ミニワイパーモデル)」の設計および製作、並びに第15回釧路地場工業展示会(以下、メイド・イン・くしろ)当日のアンケート結果について報告する。

2. メイド・イン・くしろ出展の経緯

前項のミニワイパーモデルは、令和7年2月1日(土)～2月2日(日)開催の第15回メイド・イン・くしろに出展した。本イベントは、釧路地域工業振興協会が主催で、釧路市観光国際交流センターを会場に隔年開催している。本イベント出展の経緯は、釧路高専の地域共同テクノセンターから業務依頼を受け、教育研究支援センターのメイド・イン・くしろワーキンググループ(以下、WG)が企画・運営を担当した。業務依頼の主な要件は、以下の通りである。

- (1) 釧路高専担当ブースの企画と運営を行うこと。
- (2) 小中学生(未就学児童も含む)を主な対象とすること。
- (3) 釧路高専や工学への興味を抱くような体験を提供すること。
- (4) 体験ミニ工場の予算は約15万円以内に収めること。

WG メンバーは上記の条件を満たす出展物として、ミニワイパーモデルを製作することで決定した。当日は、組み立てたミニワイパーモデルを持ち帰ってもらう形式で体験ミニ工場を実施した。

3. 設計手法

ミニワイパーモデルの設計は、図1に示す設計フローチャートに基づき、以下の手順で進めた。まず、業務依頼の要望を満たす製作品の設計条件を決定した。次に、上記で設定した設計条件を基に2次元CADでモデル

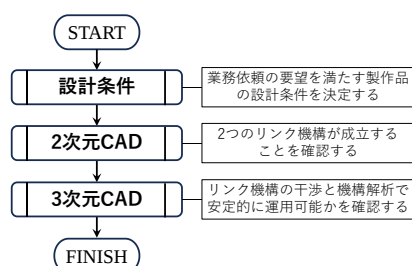


図1 設計のフローチャート

を作成し、2つのリンク機構が上死点(TDC: Top Dead Center)と下死点(BDC: Bottom Dead Center)の状態で作成するかを確認した。最後に、3次元CADでモデルを作成し、各パーツの干渉確認と機構解析を行い、安定的に動作することを確認した。

3-1. 設計条件

メイド・イン・くしろの体験ミニ工房で出展するミニワイパーモデルを図2に示す。本モデルの構成は、文字を消すために動作するワイパー部(図2の赤枠)とワイパーを手動で動作させる手回し部(図2の青枠)の2つである。設計条件は以下の通りに設定した。使用材料は、アクリル板(板厚 $t=1.5, 3, 10\text{mm}$)を用途に応じて使い分けた。拭き取り部は、紙ウェスをメンディングテープで留める交換可能な仕様とした。大きさは、持ち運びやすいA5サイズとした。平行クランク機構のリンク長は30, 90mmとし、ワイパーブレードは実車を参考に比率3:4、最大長さ90mmに設定した。偏心往復スライダクランク機構のクランク半径、偏心量、連結棒の長さは、平行クランク機構の位置決めした後に調整し、決定した。

3-2. 2次元CADによる設計

2次元CADはAutoCAD 2023(Autodesk製)を使用した。本モデルは、2つのワイパーを平行に保つためにパラレル方式のワイパーリンク機構(図2の赤枠で示す平行クランク機構)を採用した。次に、すべてのリンクがA5サイズのアクリル板に収まり、干渉を防ぐために手回し部のリンク機構(図2の青枠で示す偏心往復スライダクランク機構)を設計し、2つのリンク機構で構成した。図2(a)はTDC(ワイパーが水平の状態)で、図2(b)はBDC(ワイパーが垂直の状態)をそれぞれ示す。平行クランク

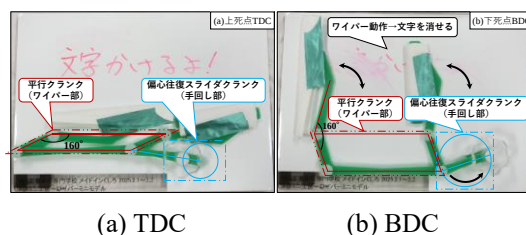


図2 ミニワイパーモデルと各リンク機構の概要

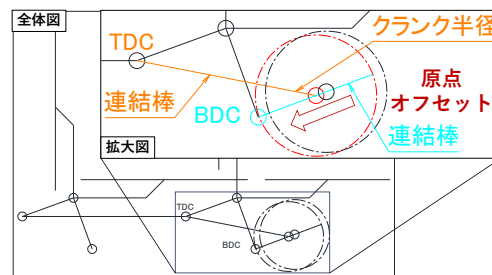


図3 偏心往復スライダクランク機構の原点オフセット

機構のリンク長は、A5 サイズの亚克力板内に収まるよう決定し、グラスホフの定理が成立することを確認した。また、ワイパーブレードの角度は実車を参考に 160°とした。A5 サイズの亚克力板内で 2 つのリンク機構の動作を成立させるため、平行クランク機構の X 方向変位量と偏心往復スライダクランク機構のクランク半径の 2 倍が一致するように、偏心往復スライダクランク機構の原点、偏心量、連結棒の長さを決定した。その後、図 3 に示すような TDC と BDC の 2 つの状態で作成したリンク機構が成立するまで、偏心往復スライダクランク機構の原点オフセットを試行錯誤法で調整した。原点オフセットは、TDC と BDC の 2 つの状態で作成した連結棒の長さが一致するまで行った。

3-3. 3 次元 CAD による設計・解析

3 次元 CAD は、SolidWorks 2023 (Dassault Systèmes 製) を使用した。リンク幅 6mm、回転対偶は $\phi 5$ の貫通穴として 3 次元 CAD を作成した。各亚克力パーツの板厚は、用途に応じてモデルを作成した。次に、SolidWorks の干渉認識を用いて、各パーツが互いに干渉しないかを確認した。干渉がある場合は、ワッシャーの追加や各パーツの配置を変更した。最後に、図 4 に示すような SolidWorks Motion の機構解析を用い、2 次元 CAD で検証したミニワイパーモデルの機構が安定的に動作するかを確認した。その結果、解析でも安定的に動作することがわかり、2 次元 CAD で TDC と BDC の 2 点で成立条件を確認する手法は有効であることを確認した。

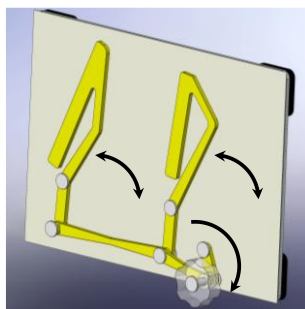


図 4 ミニワイパーモデルの機構解析

4. 製作手法

上記のような手法で設計した後、各亚克力パーツをレーザー加工機で切断し、各部品の組み立てを行った。ミニワイパーモデル製作は、メイド・イン・くしろ体験ミニ工場の来場者を 120 名と想定して量産作業を行った。

4-1. レーザー加工機による切断

亚克力パーツの切断には、レーザー加工機 PLS6.150D (Universal Laser Systems 製) を使用した。加工データは、2 次元 CAD を CorelDRAW Graphics Suite 2019 (Corel 製) に変換した。切断作業は、亚克力の板厚ごとに出力、照射速度や照射回数 (PPI) を調整した。

4-2. 各部品の組み立て

切断した亚克力パーツの組み立てには、以下の部品を使用した。変位拘束、回転自由の条件を満たす回転対偶は、プッシュ鉚 (メイワパーツ製) を用いた。次に、ホワイトボード上の拭き取りには、ハサミで切断した紙

ウェスをを用い、マスキングテープで留めることで交換可能なものとした。最後に、WG メンバー内で試作会を行い、小中学生にも分かりやすい組み立て順序を考案して当日の来場者に説明する組立説明書を作成した。

5. イベント当日とアンケート評価

本モデルはメイド・イン・くしろの体験ミニ工房に出展し、当日は WG メンバー 4 名が来場者の対応を行った。図 5 は出展ブースの様子であり、76 名の小中学生 (未就学児童含む) が体験し、体験後にアンケート調査を行った質問項目と結果である。

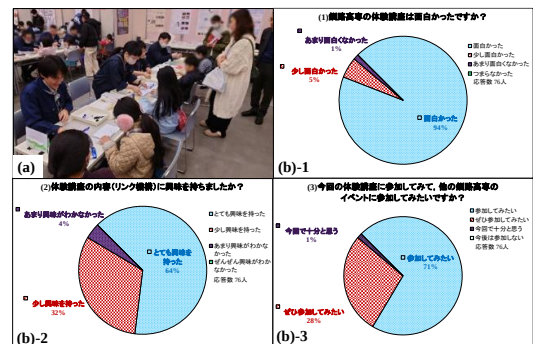


図 5 (a)出展ブース^[1]及び(b)アンケート調査

- (1)「体験講座は面白かったか」に対して、99%が「面白かった」又は「少し面白かった」と回答した。
- (2)「リンク機構に興味を持ったか」に対して、96%が「とても興味を持った」又は「少し興味を持った」と回答した。
- (3)「他の鉋路高専のイベントに参加してみたいか」に対して、99%が「ぜひ参加したい」又は「参加したい」と回答した。

6. 結論と今後の課題

本報告で得られた主な成果は以下の通りである。

- (1) 2 次元 CAD を使用し、平行クランク機構と偏心往復スライダクランク機構は、TDC と BDC の 2 点で 2 つのリンク機構が成立することを確認した。
- (2) 3 次元 CAD の干渉確認と機構解析により、2 次元 CAD で確認できない干渉や安定的な動作を確認することができた。
- (3) レーザー加工機を使用することで複雑な形状の亚克力パーツを製作でき、プッシュ鉚で回転対偶、紙ウェスで拭き取りを実現した。

一方で、今後の課題は以下の 2 点が挙げられる。

- (1) ワイパーの拭き取りで完全に拭き取れない領域が存在した。これは、拭き取る材料の厚さで亚克力パーツのたわみが影響しており、再検討が必要である。
- (2) 手回し部の TDC 付近で回転させにくい領域が存在した。これは、連桿比 (れんかんひ) λ を約 0.7 と大きくしたため、0.2~0.3 の範囲で再設計することで、操作性が改善すると考えられる。

7. 参考文献

- [1] 鉋路高専 HP, 「第 15 回鉋路市地場工業展示会 (メイド・イン・くしろ)」に出展しました (R7.8.19 参照) <https://www.kushiro-ct.ac.jp/2025/02/10/17987/>