

自動繰糸機の織度感知と自動給繭機構の理解

佐波晶^{†1} 齊藤有里加^{†2} 上田裕尋^{†2} 横山岳^{†2} 葛西成治^{†2} 曾木芳正^{†2} 星野伸男^{†3} 金子敬一^{†2}

サナフェイズ^{†1} 東京農工大学^{†2} 新增澤工業^{†3}

1. はじめに

東京農工大学工学部は、内務省勸業寮内藤新宿出張所蚕業試験掛の流れを汲む東京繊維専門学校が前身であり、製糸技術に関連する装置を多く所蔵し、大学内の科学博物館で継続的に展示を行っている。その中で、ニッサンHR型自動繰糸機は、繭から生糸を均一な太さで自動繰糸する装置の完成形であり、世に広く使われた装置として保存されている。科学博物館内の繊維技術研究会では、製糸技術の伝承への取り組みとして、自動繰糸機の開発者の協力によって動態展示を続けている。動態展示による繰糸機の動作の理解は、改良の歴史の理解につながり、将来の改良への土台となることが期待される。

自動繰糸機の最も重要な機能として、生糸の太さを管理・維持する機能がある。数本の繭糸を撚り合わせて生糸を作る繰糸工程では、生糸の直径（標準的な14デニールで0.05mm）が基準を下回った場合に繭糸を追加する必要がある。ニッサンHR型自動繰糸機では、織度感知から繭糸の追加作業を、電気センサーやリレースイッチなどを使わず、機構によって実現している。

本報では、ニッサンHR型自動繰糸機の3Dデジタル復元に向けて、設計図面の豊富なニッサンHR-3型自動繰糸機の織度感知から自動給繭する機構（図1）に着目し、三次元形状モデルとして構築する。構築作業によって、3Dデジタル復元の手法としての有効性を確認する。

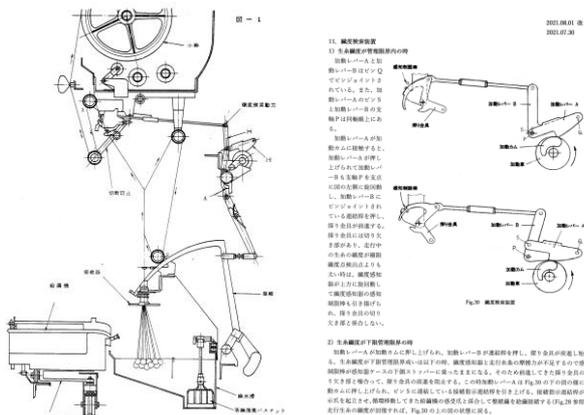


図1. 織度検索装置と動作の仕組み^[1]

Fig1. Structure and mechanisms of yarn size detection

2. 部品の三次元形状の作成

ニッサンHR-3型自動繰糸機の設計図面は、新增澤工業株式会社へ移管され、大日本蚕糸会の貞明皇后蚕糸記念科学技術研究助成を受けた日本シルク学会の製糸技術の保存事業において、その一部の図面のpdfファイル化が行われた^[2]。このpdfファイルの図面を下絵として、二次元CAD (Jw_cad Version 8.25a) および三次元CAD (Fusion 360 2.0.17954 x86_64) を用い、三次元形状を作成した。

二次元CADでは、部品の図面を下絵として読み込み、主要なアウトラインをトレースして、dxfファイルに保存した。図面内で寸法が明らかな水平垂直線を使い、下絵の拡大率と傾きを補正することが重要である。領域を分割する線が多いと三次元CADの操作が煩雑になるため、補助線は別レイヤに分け、dxfファイル保存時に非表示にする。複雑な形状は三次元CADでブーリアン積を取るため、側面図、上面図が正確に正面図の側面となるようにトレースし、立ち上げ用の軸を描き込む。

三次元CADでは、dxfファイルを読み込み、スイープとブーリアンでだまかに形状を生成して、ねじ穴を追加する。Fusion360ではスイープと形状の平行移動を組み合わせれば、1つの投影面で作成した正確なアウトラインから複雑な形状も少ない手順で生成できる。作成した三次元形状は部品番号をファイル名にして保存する。

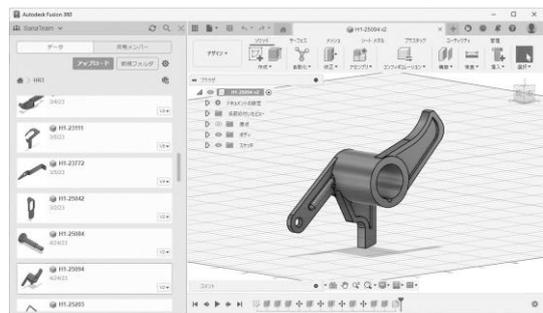
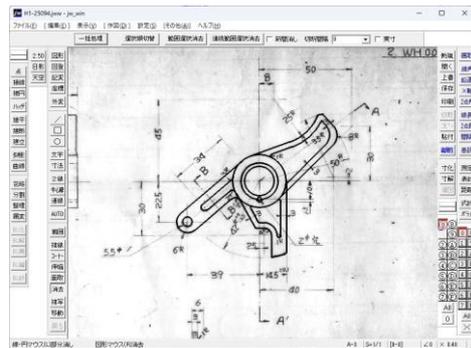


図2. CAM-FEED 部品の三次元形状の作成
Fig 2. Making 3D shape of CAM-FEED part

Understanding the mechanism of automatic silk reeling machine from yarn size detection to automatic cocoon feeding

†1 SHO SANAMI, SANAPHASE

†2 YURIKA SAITO, HIROCHIKA UEDA, TAKESHI YOKOYAMA, SEIJI KASAI, YOSHIMASA SOGI, KEIICHI KANEKO, Tokyo University of Agriculture and Technology

†3 NOBUO HOSHINO, Shin Masuzawa Industrial Co., Ltd.

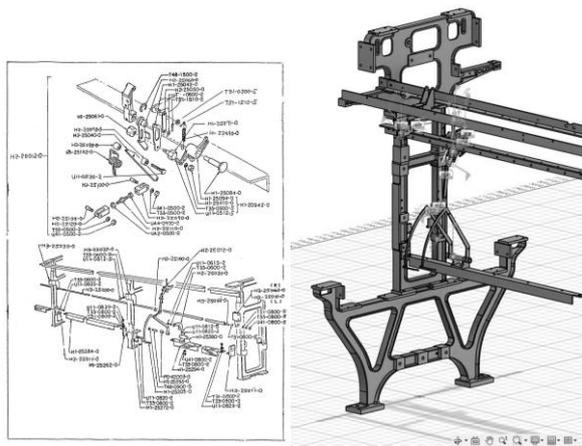


図3. 主要部品図^[3]とフレーム組付け結果
Fig 3. Assembly information and result

3. 部品の組み立て

三次元 CAD で三次元形状を持つ部品に対する組み立て情報を付与し、実際の部品を組み上げるように装置機械を表現する。部品の組み立て情報は、部品を一体化する剛性ジョイントと部品間の位置姿勢の関係を拘束する可動ジョイントに大別される。

剛性ジョイントは、2穴以上のボルトナットや部品形状による引っかかりとボルトナット、調整ねじを含む締結など様々だが、三次元 CAD では1穴のジョイントで基準を定義し、回転角とオフセットで固定できる。

可動ジョイントは穴・円筒形状による拘束と、部品形状によるカム機構が大半で、前者は直交三軸の並進と回転による可動表現と親和性があり、三次元 CAD で容易に関係を付与できる。後者は、カム形状に対するフォロワーの位置・回転を定義する必要があるが、一般的な形で三次元 CAD に入力することは困難なため、カム形状の回転角に対するフォロワーの位置・回転を指定した。

図1の構造を構築するには、装置枠に固定された部品の位置が必要であるため、地面から立ち上げる装置枠部品も作成し、これに組み付けた(図3)。すべての部品間の組み立て情報を付与したところ、三次元 CAD から部品の位置・姿勢を計算できないエラーが表示された。

4. 機構の理解

部品の組み立て情報のみで機械機構が自動で表現できないため、部品の組み立て情報を参照し、剛体として一体化する部品群と可動部を整理した。東京農工大科学博物館および岡谷蚕糸博物館の動態展示について、機構の動作タイミングを動画撮影し、織度検知から給繭への動作フローをまとめた(図4)。その結果、織度感知器によって生糸の織度の不足を感知すると、接緒指示連結桿が引き上げられ(図5)、この部品に接合されたボルトを接緒桿駆動カムが押せるようになる。ボルトは接緒桿駆動レバーを駆動し、その結果、接緒動作が行われる。

三次元 CAD で、部品間の関係を与えただけで動作を再現できなかった原因を検討した結果、2つのハードルが存在することがわかった。まず、本装置で多用されるリンク機構は作用点に対する解が線対称に2つ存在することが多く、複数のリンク機構が連動する場合に解が安定し

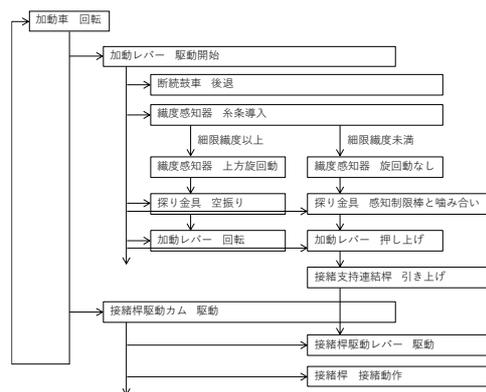


図4. 織度検知から接緒への動作フロー
Fig 4. Diagram of motion size detection to feeding

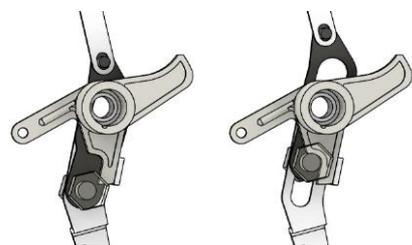


図5. 接緒指示連結桿の接緒動作制御位置
Fig 5. Two positions of connecting rod for feeding motion

て得られなかった。次に、カム機構に対するフォロワーの押し付けがフォロワーの重量による単純な鉛直方向の力ではなく、リンクによる力の向きの変更や、ウエイトによる回転力として与えられており、幾何的に表現できなかった。

一方で、図面情報に基づき部品形状を作成し、ボルトナットで組み上げるように組み立て情報を入力していくだけで正しい位置関係が得られる点と、組みあがった装置の部品を自由に非表示にして機構動作を検討・確認出来る点は、三次元 CAD の利点と感じられた。

5. まとめ

本報では、自動繰糸機の一部の機構に着目し、3D デジタル復元の手法を検討した。図面情報および組み立て情報が十分に保存されているケースでは、部品形状を作成し、組み上げる手法が実行可能であり、また、機構の理解に大きく寄与することが確認できた。このように3D デジタル復元した装置は再現性が高く、表示方法を工夫することで機構解説の資料としての活用が期待できる。

本研究は JSPS 科研費 JP21K01000 の助成を受けて実施した。また、参考文献を含め当時の資料を保存・保管された諸氏に深い謝意を表明する。

参考文献

[1] 五味宏, ニッサン自動繰糸機開発略記 I, 東京農工大学科学博物館所蔵, 2021.
[2] ニッサンHR-3型自動繰糸機設計図面集, 日本シルク学会
[3] NISSAN AUTOMATIC SILK REELING MACHINE HR-3 -PARTS CATALOGUE-