



「モノづくり」と
「研究と創造」



CONTENTS

卷頭言 「試行錯誤からの創造」	②
記念館トピックス	②
研究と創造の広場 「環状織機」	
大正13年(1924)製の環状織機/各機構について	④
豊田佐吉と「円」運動/環状織機開発の経緯	⑤
佐吉が発明した環状織機の機構	⑥
環状織機開発の動向	⑦
データ&インフォメーション	⑧

卷頭言

産業技術記念館副理事長
日本電装(株)相談役

田中 太郎



試行錯誤からの創造

日本電装(株)は、昭和24年にトヨタ自動車工業(株)の電装品製造部門が分離独立して設立されたのであります。電装品(創業期は電気機能部品といった)の研究開発は、(株)豊田自動織機製作所の紡績研究室に始まります。トヨタ自動車の創業者である豊田喜一郎は、昭和8年に豊田自動織機製作所内に自動車部を設置して自動車の試作に着手し、電装品については輸入品を利用しながらその国産化を目指しました。

紡績研究室では、電気技術者が昭和10年の終わり頃からトヨタ製のA型エンジンに用いられたデルコレミー社製の電装品を分解、スケッチして製図を始め、昭和11年10月頃に発電機の試作第1号ができました。しかし、当初は失敗の連続であり、いろいろ工夫し試行錯誤を繰り返しながら一つ一つ基礎的な技術を解決して、ようやく本当の電装品らしいものができ上がったのは昭和12年4月頃のことです。

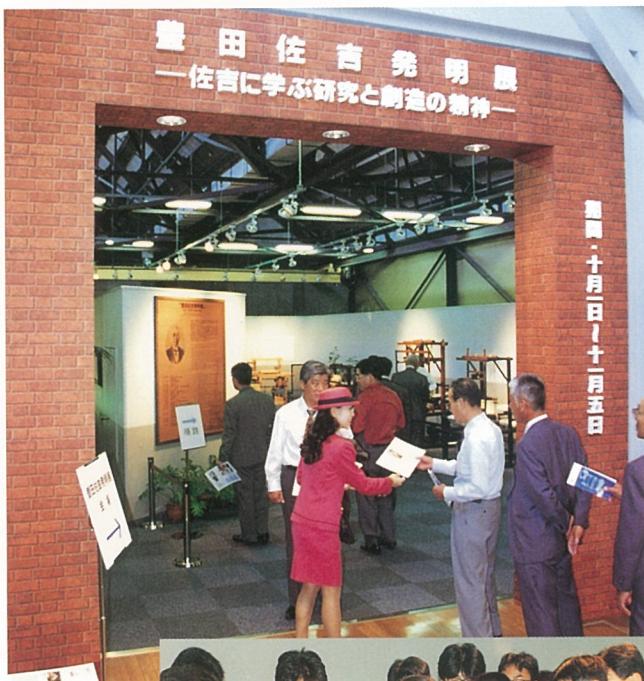
このようにして確立された国産技術を基盤に、昭和28年にはドイツのボッシュ社から電装品に関する技術が導入され、さらに昭和30年にはスパークプラグの技術も追加されて、同34年から製造、販売を開始しました。スパークプラグ事業では、政府の認可条件から愛知化学工業(株)(昭和11年航空機用スパークプラグ製造会社として名古屋市南区に設立)の工場設備や従業員を引き継ぎ、またその工場が伊勢湾台風で被災したため製造設備を本社工場に移転するなど、当初は苦労の連続でした。

この事業で培われたセラミックス技術が基礎となって、排気温センサやO₂センサ、触媒ハニカム担体などのセラミックス部品が開発され、自動車の排ガス対策に寄与いたしますが、その背景には、原材料の粉碎や混練、焼成といった基本に立ち戻った研究開発によって確立されたファインセラミックス技術があります。

豊田佐吉は自動織機開発のために材料の糸を紡ぐ紡績工場を設け、また、その長男喜一郎は自動車の製造のために材料の特殊鋼を研究、開発する製鋼所を設けて、基本の材料から始めました。豊田喜一郎は「国産自動車は完全なものが出来るか」(昭和15年5月1日発行の小冊子)の中で「何と云っても苦心してそこまでもって行った者には尚それをよりよく進歩させる力があります」と述べています。

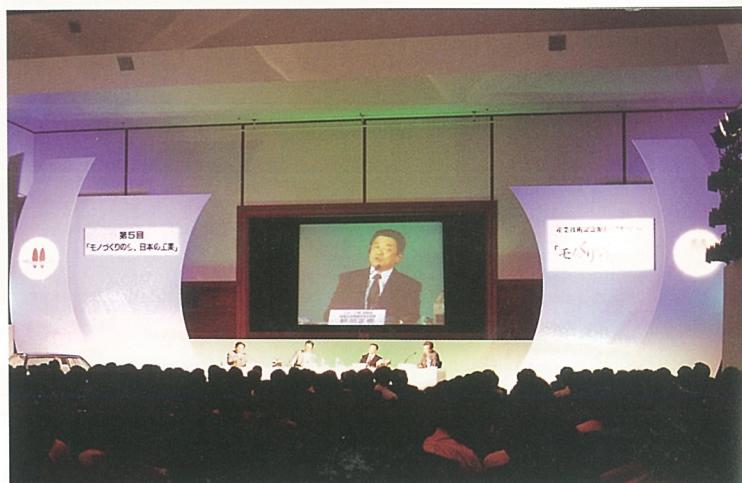
電装品は、失敗の繰り返しや技術導入によって開発され、その過程で先人達は苦労して基礎技術を確立してきたのであり、それが「よりよく進歩させる力」、即ち新たな創造への原動力になっているものと思います。私どもは、基本を大切にした創業者の精神を引き継ぎ、「モノづくり」を通して技術的な基盤をさらに拡大、深化させ、新たな創造に挑戦して「モノづくり」の発展のために尽くしてまいりたいと思っております。

記念館トピック



■豊田佐吉発明展

平成7年10月1日から11月5日まで開催。佐吉が発明した織機の自動化機構を実機や模型で再現してご覧いただき、佐吉の「研究と創造の精神」をご理解いただきました。



■Talk Session モノづくりルネッサンス

平成7年10月17日、「モノづくりの今、日本の工業」をテーマに、第5回を開催。各分野で活躍している方々によるディスカッションや、山根一眞氏と五代富文氏の対談に、ご来場の方々は熱心に耳を傾けていました。

秋の行楽シーズンをむかえ、小中学校をはじめとする学校行事の社会見学で産業技術記念館は連日にぎわい、展示物を見たり、説明を聞いて熱心にメモを取る姿が見られました。また、第1回特別展として開催した「豊田佐吉発明展」では多くの方々に佐吉が発明した機構を動かしてご覧いただき、機構の巧みさに思わず発する嘆声が聞かれるほどでした。



■学校行事の社会見学

秋は、学校行事の社会見学の季節。当館には昨年にも増して多くの学生・生徒が訪れました。いろいろな展示物を目を輝かせながら見学。当館員の説明にも身を乗り出すようにして、真剣に聞いていました。



●西消防署、当館共催の救急ゼミナールをエントランスロビーで開催（平成7年9月9日）



●MVCJ (Mercedes Veteran Club of Japan)の方々がご来場（平成7年11月12日）

展示解説「環状織機」研究と創造の精神のシンボル

豊田佐吉の環状織機に関する最初の発明は、明治39年(1906)4月28日出願の「環状織機」(明治40年5月28日 特許第12169号)であり、その発明はイギリスやアメリカをはじめとする、海外17カ国の特許を取得している。

「予ノ終局ノ目的ハ自動織機ト環状織機トニアリ」とした佐吉は、大正13年(1924)に、高速運転中の確実な杼替を世界で初めて実現した、無停止杼替式豊田自動織機G型の完成を見るにいたると、次は、環状織機の実用化に向けて全精力を傾注した。

そして、当初の発明をさらに改良し、「環状織機の綜続装置」(大正14年8月11日 特許第65171号)、「環状織機の杼推進装置」(大正14年8月19日 特許第65262号)、「環状織機の織布捲取装置」(大正14年9月11日 特許第65711号)、「環状織機の綜続作動装置」(昭和3年10月1日 特許第121599号)などを発明した。

佐吉は昭和5年(1930)に他界するまで環状織機の研究に没頭したのであり、佐吉のその「研究と創造の精神」と、独創的な「モノづくり」にかけた夢を象徴するシンボルとして、環状織機を産業技術記念館のエントランスロビーに展示している。

大正13年(1924)製の環状織機

佐吉は明治39年(1906)に環状織機を発明した。エントランスロビーに展示されている環状織機は、大正13年(1924)に、新たに考案された装置を取り入れて試作された、現存する唯一の完成機台である。(株)豊田自動織機製作所は、この機台を長年保存してきたが、産業技術記念館建設にあわせて徹底的に修復し、完全に運転可能な状態に復元したものである。この環状織機は全て機械的に作動し、たて糸を開く開口は独特な形状の溝カムとラック&ピニオン機構を用いた前後運動、開口されたたて糸の間によこ糸を入れる杼の動きは連続円運動、入れたよこ糸のよこ打ちは環状の簇による上下揺動運動によって、直径1.54mの円筒状の布を織ることができ、それを切り広げると4.83mの超幅広の布になる。この環状織機が試験運転された当時は、杼が毎分36回転してよこ糸を入れ、毎時90cm、面積にして4.3m² (幅4.8m×長0.9m)の布を織ったのであり、その製織能力はG型自動織機の毎時4.3m² (幅0.97m×長4.43m)に匹敵した。現在はその三分の一の毎分12回転で運転するように調節されている。



環状織機のよこ入れ・開口機構



エントランスロビーに展示されている環状織機

各機構について

環状織機は、従来の織機の杼の往復運動を円運動に変えることにより、動力の損失や振動騒音を低減するとともに、高速で布を織ることができる生産性の高い織機を目指して開発された。布を織る技術の要素としては、たて糸を開く開口、開いたたて糸の間によこ糸を入れるよこ入れ、入れたよこ糸を布に密着させるために簇で打つよこ打ち(簇打ち)の三つがあり、環状織機でも同じ原理を用いて布を織る仕組みとなっている。織機には、それらの機能をはたす装置に加え、たて糸を供給するたて糸送出装置と織られた布を巻き取る捲取装置が備えられており、従来織機ではそれらの装置が、水平方向に配列されているのに対し、展示機では下から上へ垂直方向に配列されている。それぞれの機構につき、佐吉が開発したG型自動織機と環状織機を対比すると、次のようになる。

G型自動織機	環状織機

豊田佐吉と「円」運動

1. 佐吉がπ(円周率)を発見した話

「環状」とは「円形」のことであり、環状織機は円形(型)織機ともいわれる。環状織機の特徴は、従来の織機の杼の往復運動を円運動にした点にあるが、佐吉は発明に志した明治18年頃から円運動に強い関心を抱き、円そのものについても深く研究したと思われる逸話が、次のように語られている。「また、こんな話を聞いたことがあります。多分、これはアルキメデスと同じような方法で円を多角形にして測られたと私は思うんですが、大円でも小円でも直径と円周とに一定の関係がある、ということを発見しました。本人としては大発見だったわけです。早速、名古屋から夜行列車に乗り、夜明けに東京の弁理士の所を訪ねた、という笑えない話もあります。いずれも工学的知識のない佐吉翁が、体当たりで発明に打ち込んでいった姿が目に見えるようです」(名古屋技術俱楽部発行「東海の技術先駆者」掲載、近藤晴二氏の昭和55年11月20日の講演記録「豊田佐吉翁を語る」)。現在の教育水準からすれば、円周率を知っているのが当たり前かも知れないが、明治初期の義務教育を受けただけの佐吉にとってはゼロからの出発であり、円周率を知らない人がそれを発見したということでは、アルキメデスと同列といえないこともない。佐吉がどのような数値の円周率を得たかは、前掲の講演記録にくなく、これ以外に知るすべもない。ちなみに17世紀に出された「割算書」(毛利重能著、1622年発行)や「塵劫記」(吉田光由著、1627年発行)などの和算の書物では3.16から3.2の範囲で、ほぼ10の平方根に近い値である(朝日新聞社編、日本科学技術史)。これらは数学的に導き出された値であるが、実地第一主義の佐吉の場合は、計算するよりも、正確な真円度の円板を精密に計測することによって円周率を発見し、3.14に近い値を得ていたことも考えられないことはない。

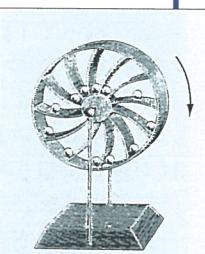
2. 永久機関と円運動

佐吉が発明した円運動に関する機械には、環状織機以外にも環状単流原動機(大正3年特許第26931号)、環状原動機(大正6年特許第31865号)、環状単流原動機(大正10年特許第39749号)などがあり、円運動に対する関心が高かったことがうかがえる。発明私記(豊田自動織機製作所40年史3頁)によると、「石炭ハ高価ニシテ本邦ノ産業ニ使用シテ収支償ハザルノ感アリタルヲ以テ 何カ之ニ替ルベキ原動力ヲ案出セント志シ 遂ニ今日云フ所ノ永久又ハ無限動力(所謂発明界ノ魔物)ノ発明ニ取り掛レリ」とのことである。永久機関とは、外力を加えることなく永久に運動し続け、無限に動力を取り出せる機関のことである。この種の永久機関が不可能なことは、16世紀のレオナルド・ダ・ビンチ、17世紀のライプニッツやニュートンなどによって、主張されていたにもかかわらず、多くの人が模索を続け、様々な考案がなされた。「発明百集」に出てくるウースター侯の永久運動装置はその一例であって、円運動を永久に続けるように考案したものである。佐吉も似たような種々の円運動を模索したものと想像され、そのような発想が環状織機や環状原動機の発明の基になっているものと思われる。

ウースター侯の永久運動装置

リムと外輪の間に鉛の球を入れたもので、下半分では外側へ、上半分では内側へ転がりやすいようにリムは曲線にしてある。右下の部分での回転モーメントが他の部分より大きいので、車輪は時計回りの向きに回転することになる。この図は原理を示したもので、彼の提案では50ポンドの球を40個用いるのがかりなものであった。

(平凡社、世界大百科事典より)



ウースター侯の永久運動装置の図

環状織機開発の経緯

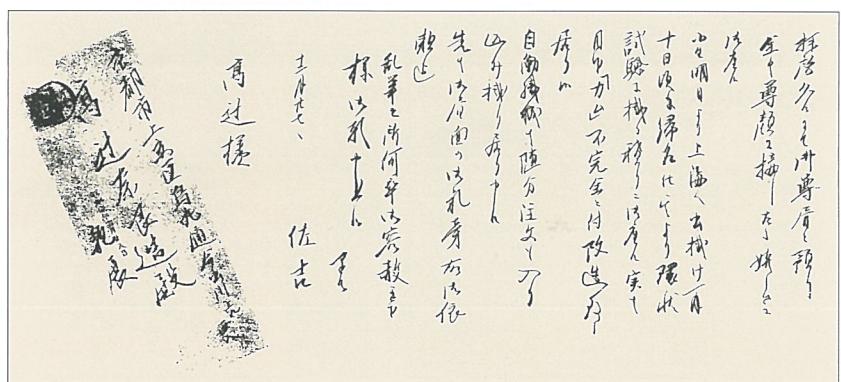
◆高辻奈良造氏との出会い

豊田佐吉の環状織機は、高辻奈良造氏(工学博士、元鐘淵紡績(株)専務取締役)を抜きにして語ることはできない。佐吉は発明私記で「高辻氏ハ予ガ武平町時代 即チ最初ヨリ斯業ニ就テハ 親シク何カト教示ヲ垂レ 殊ニ環状織機ニ付テハ大ニ導カルル所多ク 環状織機ニ志スニ至リシハ 全ク同氏ノ賜ナリ サレバ予ハ終始先生トシテ尊敬シ居タリ」と述べている。佐吉と高辻氏の交際は、三井家の織布事業計画のために、当時三井家同族会管理部技師であった高辻氏が、佐吉が開発した動力織機の実用性を鑑定しに、明治32年(1899)9月に佐吉を名古屋市武平町へ訪ねた時に始まる。同氏の調査の結果、佐吉と三井物産との間で、織機の製造販売に関する共同事業契約が結ばれ、同年12月に(名)井桁商会が設立されることになる。また、佐吉と高辻氏は互いの人柄に敬服し、

肝胆相照らす仲となって、長く交際を続けることになり、環状織機の開発構想もそのような中から生まれた。高辻氏は、前記織布事業計画に関連して、ノースロップ自動織機などの調査のために、明治33年(1900)に欧米に渡り、パリの世界大博覧会で円形織機を見て帰国し、佐吉と二人でそれについて大いに論じ合い、「往復運動によるものよりは循環運動(円運動)によるものこそ私どもの理想とする織機であらねばならぬ」(豊田佐吉伝追憶録、高辻奈良造氏の「故豊田佐吉氏の追憶」)ということから、佐吉は環状織機の研究開発を決意する。



高辻奈良造氏



佐吉が高辻氏に出した環状織機に関する書簡(昭和元年12月27日付)

◆環状織機の発明

佐吉のこの時期は、動力織機の改良や自動織機の研究に専念していた時期であり、アンクル式たて糸送出装置(明治35年 特許第5241号)、押上式自動杼替装置(明治36年 特許第6787号)、ヘルド探知機械式たて糸切斷自動停止装置(同)などを発明している。前掲の「故豊田佐吉氏の追憶」によれば、高辻氏は佐吉から「明治38年7月22日其考案に係る一環状織機の下図を見せられた事さえあって其後も引き続き研究して居られた」とのことである。佐吉が環状織機の特許を出願したのは明治39年(1906)4月28日であり、翌年の5月28日に特許12169号として登録されているので、環状織機が発明されたのは遅くとも明治39年4月頃と考えられる。佐吉は、環状織機を発明したとはいうものの、当時は自動織機の研究(明治39年12月 自動杼替装置の特許出願)や広幅鉄製織機の改良(明治41年 H式、同42年12月 L式完成)に努めたため、環状織機を実際に製作したのは明治42年(1909)末から同43年(1910)初頃と思われる。発明私記によれば、佐吉は直径8尺5寸(2.55メートル、外周8.00メートル)の円筒状の布が織れる巨大な環状織機を完成させたが、入れる工場がなかったため、鉄工場と木工場の間にトタン屋根をわたし、開いた二方を板で囲ったところに据え付けて試験を行い、布を織るのに成功した。しかし、なお改良の余地があったが、自動織機の研究開発が急がれたところから、環状織機の改良は、大正13年(1924)の無停止杼替式豊田自動織機G型の完成まで待つことになる。

佐吉が発明した環状織機の機構

佐吉が明治39年(1906)に発明した環状織機は、大正13年(1924)に改良された。当初の発明(旧型)と改良発明(新型)を比較すると全体の構造は図1.と図2.のとおりであって、新型の方が簡単な構造になっている。それは、たて糸を開く綜続装置が大きく変わったからであり、旧型は図3.に示すハート形のカムの外周に沿って上下2段の綜続が駆動されるようとするため、図1.に示す複雑な機構を用いている。それに対して、新型は図4.に示す溝カムの溝に沿って下段の綜続が駆動されると、ラック & ピニオンで連結される上段の綜続が連動する簡単な機構となっている。開いたたて糸の間によこ糸を入れる方法は、旧型、新型とも環状の簇の上を走行する杼によって行う方式を採用している。杼の走行は、旧型では傾斜した簇の上を車輪を着けた杼が重力で自ら移動するのが通常の運動であり、杼の運動が停滞した時だけ追随する駆動装置が補助的に押すのに対し、新型では駆動装置が常時杼を押して走行させる方式を採用している。よこ糸を織られた布に密着させるよこ打ちは、旧型、新型とも同じ方式であり、環状の簇の上に引き出されたよこ糸が、上下揺動する簇によって上部の布のところまで押上られて、布に密着する。旧型から新型に至る進歩は、佐吉の研究と創造の精神が具現化されたものといえるが、その精神は絶えることがなかったのであり、実際、展示機の環状の簇を上下揺動させる機構は、特許明細書の図面とは異なる方式であって、さらなる改良がなされたものと思われる。

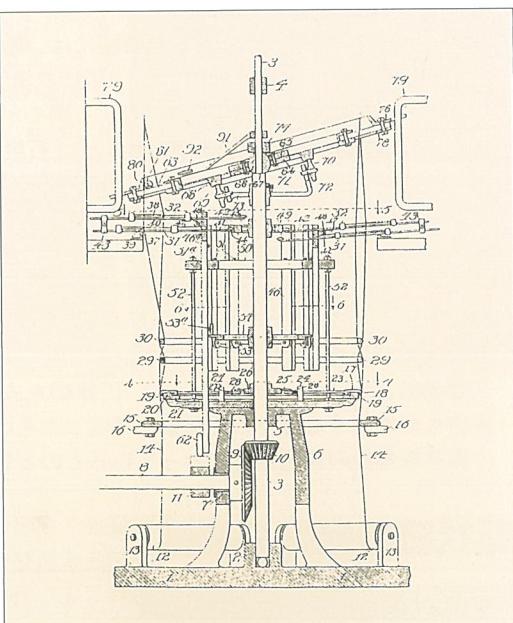


図1. 明治39年(1906)発明の環状織機(旧型)

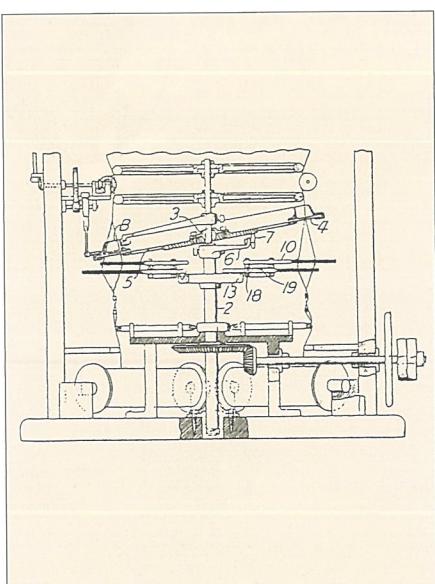


図2. 大正13年(1924)発明の環状織機(新型)

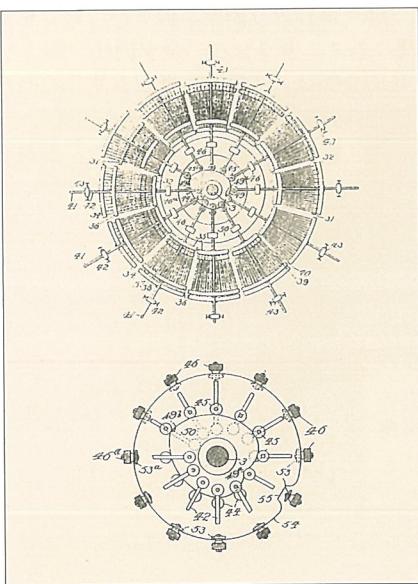


図3. 旧型の綜続装置

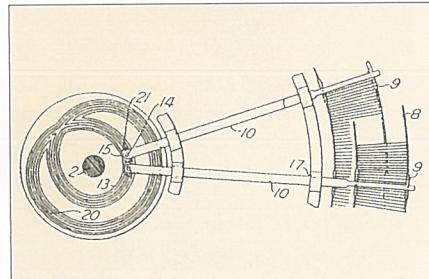
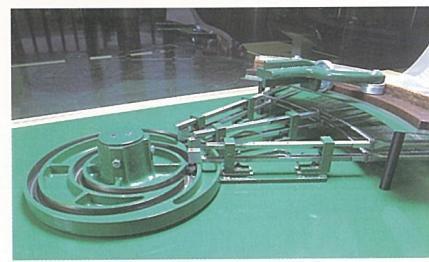


図4. 新型の綜続装置



新型の綜続装置の機構模型

環状織機開発の動向

環状織機はたて糸を円筒状に配列し、連続円運動する杼によってよこ糸が螺旋(らせん)状に織り込まれる機構を持つ織機である。普通の有杼織機では杼が左右交互に往復運動するので、動力の消耗や機械の振動・騒音が大きいのに対し、環状織機はそれらが小さいため、理想に近い織機と考えられて古くから多くの考案がなされている。豊田佐吉は、高辻奈良造氏から1903年のパリ世界大博覧会に出品された円形織機について話を聞いたのをきっかけとして環状織機の発明を目指すことになったが、その円形織機がどのようなものであったかは不明である。産業技術記念館の図書室に収蔵されている、英國の纖維業界誌テキスタイル・マニファクチャラーに紹介された纖維機械に関する英國特許の中から環状織機(Circular Looms)の特許を探してみると、古いものは、カール・ベンツが世界最初のガソリン自動車を世に出した年の、W. Brierley(英)の1886年特許5759号がある。その21年後に佐吉は最初の環状織機の発明により、英國で1907年(明治40年)特許2845号を、さらに、それから20年後の1927年(昭和2年)に次の特許307149号(図5.)と307568号を取得している。

環状織機で最も困難な問題の一つは、開口したたて糸の間にある杼をどのように推進するかということである(日本纖維機械学会発行、革新織機)とされている。佐吉の発明した環状織機では、旧型では傾斜した環状の簇の上を車輪を着けた杼が滑り下る方式であり、新型では内側からローラーでたて糸越しに杼をしごくようにして推進させる方式であって、いずれも機械的な方法を採用している。前記のテキスタイル・マニファクチャラーに紹介された特許では、G. Canepa(伊)の電磁石で杼を推進する環状織機(図6.)の1909年特許13344号があり、それ以降S. B. Crepsi(伊)の1918年特許114160号(図7.)など、電磁石で杼を推進する方式の環状織機が各種考案されている。さらに、杼の推進方式としては、特別に設計された歯車がたて糸をかき分けながら杼の歯車とかみ合って杼を推進させる方式や、柔軟な環状のプレートの上に乗った杼をプレートの下に設けられたローラーがプレートを押し上げながら移動して杼を推進する方式などが考案され、ジューント製の袋(麻袋)の製織などにつかわれた。纖維機械学会誌(昭和25年1月号)の記事によると、16ポンド(約7.3キログラム)の小麦を一杯につめた32ヶのジューント袋を4フィート6インチ(約4メートル)の高さから落下させる試験を行った結果では、環状織機で織った生地の袋は16ヶ全て無傷だったのに対し、平型織機生地で作った袋は16ヶ中15ヶまで側面の縫い目から損傷したことがあり、円筒状の生地を袋に利用することで、環状織機の特徴が生かされているといえる。

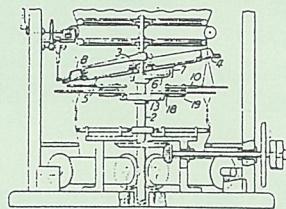
環状織機は、前述のように理想に近い作動により、高い生産性が期待できる織機である。半面、衣料用の製織については、次のような機構上の制約条件が指摘されている。

- ① 使用する杼の数が限定されるので、よこ糸で出せる柄が限られる。
 - ② 使用する綜緯杼の数にも制限があり、変化のある織物が織れない。
 - ③ よこ打ちの方法や速度、ワープラインの長さなどから、よこ糸の密度が高い緻密な織物を織るには限界がある。
 - ④ 榛の推進方法によっては、たて糸を損傷するおそれがある。
- 上記の面から見た場合、無杼織機の登場により環状織機に対する期待は薄れたと考えられるが、環状織機には立体的に織物を織るという大きな特徴があり、新たな技術の開発によって、再び脚光を浴びる日が来ることが期待される。

307,149. Circular Looms.

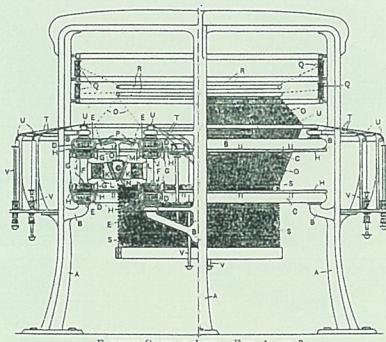
S. TOYODA, Nagashicho, Nagoya, Japan. December 30, 1927. No. 35,393.

The shedding mechanism comprises upper and lower head frames made from arc-shaped rods telescopicly connected by sheaths to form complete rings. The sheaths are pivoted to operating rods 10, the lower ones of which carry rollers engaging a groove in a cam on a rotating upright shaft 2. When a lower operating rod is pushed



outwards by the cam, the upper one is pulled inwards, to form a shed where the shuttle is

図5. THE TEXTILE MANUFACTURER(JUNE 15, 1929)で紹介された豊田佐吉の環状織機に関する特許



ELECTRIC CIRCULAR LOOM.—FIGS. 1 AND 2.

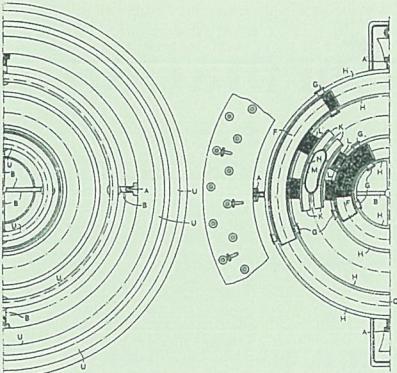


FIG. 3.—ELECTRIC CIRCULAR LOOM.—FIG. 4.

図6. G. Canepa(伊)の環状織機

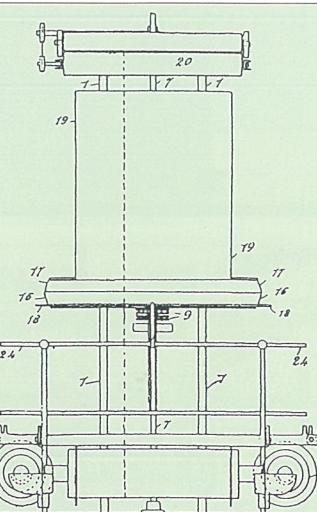


図7. S.B.Crepsi(伊)の環状織機

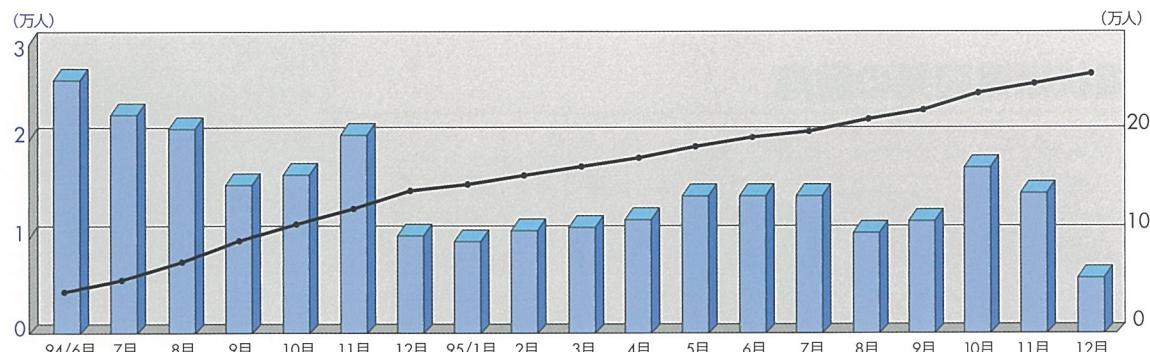
Data

●来館者数

◆来館者の状況

平成6年6月～
平成7年12月

来館者数
255,674人
(平成7年1月～12月)
130,630人

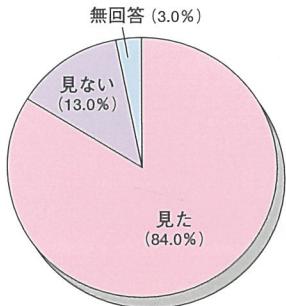


●特別展「豊田佐吉発明展」アンケート結果

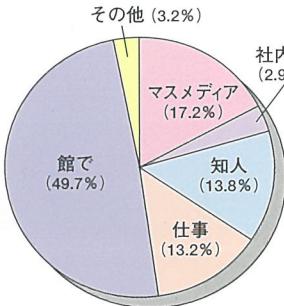
アンケート実施日 平成7年10月31日(火)、11月3日(祝)

N=410人

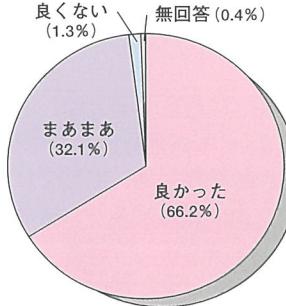
Q1 特別展をご覧になりましたか



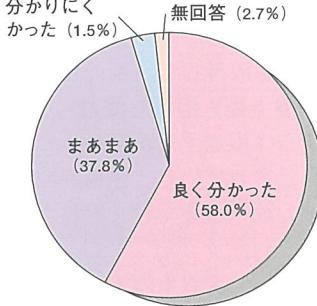
Q2 特別展の開催を何で知りましたか



Q3 特別展の印象はどうでしたか



Q4 展示物について分かりましたか



Information

●今後の主な行事

〈Talk Sessionモノづくりルネッサンス〉

■第6回

日 時／2月(予定) 午後2:00～午後5:30

場 所／産業技術記念館 大ホール

テ マ「モノづくり日本の使命」(仮)

●お知らせ

〈継続展示〉

「豊田佐吉発明展」の展示物は、特別展の期間終了後も引き続いて、特設会場で展示しています。

●施設案内

〈大ホール〉

面積 470m² (約142坪)

収容人員 椅子席500人

机付席300人

付帯施設 控室、クローケ、AV室

仮設舞台 50m² (W10m×D5m)



〈小ホール〉

面積 200m² (約61坪)

収容人員 椅子席150人

机付席120人

付帯施設 映像機器(ビデオ・LD)、演台、ホワイトボード他



大・小ホールの利用

お問い合わせ先 運営G(052)551-6115

ご案内



開館時間

◆午前9:30～午後5:00 (入館は午後4:30まで)
※レストランは22時まで営業

休館日

◆月曜日 (祝日の場合は翌日)
◆年末年始

観覧料

◆大人(大学生含む) 500円
◆中高生 300円
◆小学生 200円
※30名様以上の団体は1割引 ※100名様以上2割引
※学校行事での来館では学生は半額

交通

- ◆【名鉄】「栄生駅」下車徒歩3分
- ◆【地下鉄】「亀島駅」下車徒歩10分
- ◆【市バス】名古屋駅前 バスター・ミナルレモンホーム
10番のりば「名古屋駅行(循環)」「則武新町3丁目」下車徒歩3分
- 無料駐車場 乗用車 300台 大型バス 10台

館報Vol.3 発行日／平成8年1月5日 発行者／産業技術記念館



産業技術記念館

〒451 名古屋市西区則武新町4丁目1番35号

TEL 052-551-6111 FAX 052-551-6199