

# 編機技術の系統化調査

A Systematic Survey of Knitting Machine Technology

今井 博文 Hirofumi Imai

## ■要旨

「衣」の文化は人間が生まれたときから始まる。その関係は切っても切り離しができない。なぜ「衣」をまとうのであろうか。体温調節、ウイルスやばい菌から身を守る、危険物からの保護など、外的要因から体を守る防御手段としたり、身体の一部として動作を補助したり、美意識を高めるファッションなどが考えられる。

一方、「衣」は「生地」から作られているから、少し広く解釈して、「生地」と人のかかわりを考えてみる。運ぶための物入れ、物を縛る紐、雨風、暑さを遮るもの、インテリアとして使用するもの、医療用品として利用するものなどがある。

それでは、どのようにして「生地」は作られてきたのであろうか。「生地」を作るためには原料である「原糸」が必要となる。「原糸」は動物の毛、植物の繊維、化学繊維などから紡績技術で製作され、この「原糸」を使って手製や機械で「生地」が完成される。

機械を大別すると、一つは経糸(たていと)と緯糸(よこいと)が交互に組み合わせる「織機」、そしてもう一つは編目が連なって「生地」を形成する「編機」である。本報告書は、この「編機」に関する技術の系統化調査を行うものである。

調査内容として、「編機」に分類される工業用編機の種類を明確にした後に、それぞれの章で開発された歴史や「編機」の特徴や特質、技術の変遷などを報告する。さらに「編機」には「編針」という重要な部品が装備されているが、この「編針」の開発が「編機」の技術革新に大きな影響を与えていることから、別に章立てを行い報告する。

「編機」は大別すると「経編機」、「丸編機」、「横編機」の3種類に区分される。世界で初めて機械化されたのは、ウィリアム・リーが1589年に開発した靴下編機である。構造上「横編機」に分類される。この靴下編機から派生して「経編機」、「丸編機」が開発されていった。すでに機械化から4世紀以上の期間が過ぎているが、大きく技術革新がなされたのは、やはり手動機から自動機への転換以降であろう。全自動化で操作性が向上し、さらにコンピュータ化で多種多様な編成方法を可能とした。

なお「横編機」の章に関しては、少し紙面を増やし、「編地」の成形技術、「編目」の形成技術、「編地」の引き下げ技術などを報告する。

最終章では、全体を通じてのまとめと、「編機」の課題と期待で締めくくらせていただいた。

## ■ Abstract

The culture of clothing begins the moment we are born, forming an inseparable bond with our bodies. Why do we wear clothes? Clothing serves various purposes: it protects us from external factors by regulating body temperature, shielding us from viruses and germs, and guarding against physical dangers. It can also function as an extension of the body, aiding movement, or as a form of fashion that enhances our sense of beauty.

On the other hand, since clothing is crafted from fabric, we can take a broader perspective and explore the relationship between people and fabric itself. Fabric serves many purposes: it is used for carrying items, tying objects together, shielding against rain, wind, and heat, enhancing interior spaces through decoration, and even serving as essential materials in medical applications.

So, how is fabric traditionally made? Creating fabric begins with raw thread, which is produced from materials like animal hair, plant fibers, or synthetic fibers through spinning techniques. This thread is then converted into fabric, either by hand or with the help of machines.

Broadly speaking, there are two main types of machines used to create fabric: The loom, which interlaces warp and weft threads in an alternating pattern; and the knitting machine, which uses a series of loops to form fabric. This report provides a systematic survey of knitting machine technology.

The survey covers the following topics: An overview of the types of industrial knitting machines; and the historical development, characteristics and properties, and the evolution of technology for each. An additional chapter is dedicated to the critical role of the knitting needle as a key component and driving force in knitting machine innovation.

Knitting machines can generally be categorized into three types: warp knitting machines, circular knitting machines, and flat knitting machines. The first knitting machine to be mechanized was the sock knitting machine, invented by William Lee in 1589. Structurally, this machine falls under the category of flat knitting machines. The warp knitting machine and circular knitting machine evolved from the original sock knitting machine. While more than four centuries have passed since the advent of mechanized knitting, the most significant technological advancements likely occurred with the transition from manual to automatic machines. Full automation enhanced operability, and computerization enabled a wide variety of complex knitting methods.

The chapter on flat knitting machines focuses additional attention to shaping technology, stitch formation techniques, and knitted pull-down technology for knitted fabrics.

The final chapter provides a summary of the entire book, showing both the challenges faced by knitting machines as well as future expectations.

## ■ Profile

今井 博文 Hirofumi Imai

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

1982年 関西大学工学部管理工学科卒業  
1982年 株式会社島精機製作所入社EDP室配属  
1984年 生産技術部生産技術課  
1987年 メカトロ開発部技術第2グループ  
技術情報管理業務に従事する  
2006年 企画部情報システムグループ課長  
2011年 管理本部総務人事部部長  
2018年 執行役員総務人事部部長  
2021年 総務人事部顧問  
2024年 国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

## ■ Contents

1. はじめに .....	4
2. 靴下編機 .....	8
3. 経編機 .....	23
4. 丸編機 .....	32
5. 手袋編機 .....	50
6. 編針 .....	61
7. 横編機 .....	65
8. おわりに .....	98
9. 謝辞 .....	99

# 産業用ロボット技術の系統化調査 (2024 年度版)

Systematic Survey on Industrial Robots  
(2024 Edition of "A History of Japanese Industrial Robots")

小平 紀生 Norio Kodaira

## ■要旨

1980 年を普及元年とする産業用ロボットは 45 年を経て、全世界で毎年およそ 50 万台出荷される産業となった。産業用ロボットのほとんどは製造現場で活用される製造業用ロボットであり、日本の産業用ロボットの市場は製造業の質的变化を反映して変化してきた。

1960 年代初頭に世界で初めての油圧駆動型産業用ロボットが米国で生まれ、米国の自動車産業がこれに着目したが普及には結びつかなかった。1970 年代に入り、電動サーボと半導体技術の進歩により、マイクロプロセッサを搭載した電動サーボ駆動型のロボットが登場し、これをきっかけとして日本の多くの機械メーカ、電機メーカがロボット開発に着手した。当時の日本の製造業は自動車と電機電子機器のハイテク製造業がけん引役となっていた。日本のロボット開発の盛り上がりとハイテク産業の自動化意欲が 1980 年のロボット普及元年の背景となった。

ロボット普及元年から最初の 20 年間は、日本国内の需要に支えられ、機械製品としてのロボットの機能・性能が著しく進歩した。1980 年代は自動化意欲が高いハイテク産業からの厳しい達成要求が、初期のロボット産業を鍛え、バブル崩壊以降の 1990 年代は一転して厳しい価格低減要求がロボットメーカの淘汰を促した。技術的には 1980 年代は機械要素、電動サーボなど電動機械技術の進歩、1990 年代はマイクロプロセッサと情報処理技術の進歩により、高度な演算を要する制御やプログラミング、シミュレーションツールが長足の進歩を遂げた。

2000 年以降の日本のロボット産業は、バブル崩壊以降の低調な国内需要に対して、アジア需要の急増により輸出依存型の産業へと変化した。2010 年代に入ると、中国向け出荷が一気に拡大し、バブル崩壊以降、長年にわたり停滞傾向にあった日本製ロボットの出荷台数は倍増した。その結果、2020 年代には中国向けが半数を占める圧倒的な中国市場依存型産業へと変貌した。2000 年以降のロボットメーカ間の競争は、生産機械としての機能・性能の追求から、生産システムの構成要素としての価値向上へと変化した。2000 年代のロボットでは、知能化やネットワーク化が進んだ。2010 年代に入ると、システムエンジニアリング、すなわちロボットを使いこなす技術が重視されるようになった。

2010 年代以降、中国製ロボットのシェア拡大が著しく、かつて 80%を超えていた日本製ロボットのシェアは 50%を割り込んだ。日本のロボット産業は、今後激化する国際競争に備える必要がある。

なお、ロボット産業については、2003 年から 2005 年にかけて、最初の技術の系統化調査が実施された。ちょうど生産機械としての機能・性能の開発競争から、生産システム構成要素としての開発競争に変化したタイミングであった。今回の調査は、その後の市場と技術の変化を踏まえた視点で、前回の調査期間も含めて調査した。

また、前回調査では製造業用途を中心とした産業用ロボット編と、それ以外のサービスロボット編に分かれていた。今回調査は、主としてその後も産業として拡大した製造業用途についての調査である。サービスロボットについてはその後もサステナブルな産業にはなり得ていないが、社会実装に向けた動きのある具体事例について、1 つの章を興して解説した。

## ■ Abstract

It has been 45 years since the first year of the robot market-1980. Today, global annual shipments of industrial robots have reached 500,000 units. Most of these robots are utilized in the manufacturing industry, and the Japanese industrial robot market has evolved in response to the qualitative shifts in the manufacturing industry.

In the early 1960s, the world's first hydraulic-driven industrial robot was developed in the United States. While it garnered attention from the US automobile industry, it did not lead to widespread adoption. However, in the 1970s, advancements in electric servo and semiconductor technology led to the emergence of electro servo-driven robots equipped with microprocessors, triggering the development of industrial robots among numerous Japanese machine and electronics manufacturers. At the time, Japan's manufacturing industry was fueled by the high-tech sectors of automobiles and electrical and electronics equipment. The enthusiasm for Japanese robot development and the push for factory automation in these industries marked 1980 as the first year of the robot market.

In the two decades after the first year of the robot market, the functions and performance of robots as mechanical products advanced significantly, driven by strong demand from high-tech manufacturing industries. In the 1980s, the high-tech industry's push for automation imposed strict performance requirements, fostering the early development of the robot industry. However, in the 1990s, after the burst of the bubble economy, a demand for lower costs led to a shakeout of robot manufacturers. Technological progress in 1980s focused on mechanical components, electric servos, and other electromechanical innovations. By contrast, the 1990s saw advancements in microprocessors and information technologies, enabling breakthroughs in control, programming, and simulation tools that required sophisticated computing power.

Since 2000, Japan's robotics industry has transformed into an export-driven industry, fueled by increasing demand from Asia, in contrast to sluggish domestic demand following the burst of the bubble economy. In the 2010s, exports to China grew rapidly, causing Japanese robot shipments, which had been stagnant for years after the bubble burst, to double. By the 2020s, the industry became heavily dependent on the Chinese market, with half of its products destined for China. In the 2000s, competition among robot manufacturers shifted from improving functions and performance as production machinery to enhancing the value of robots as components of production systems, with robots becoming more intelligent and networked. By the 2010s, the focus shifted toward system engineering, emphasizing the technology of utilizing robots within broader production systems.

Since the 2010s, the market share of Chinese robots has grown significantly, and Japanese robots, which once accounted for more than 80% of the market, have lost less than 50% of the market share. Japan's robot industry needs to prepare for intensifying international competition.

The previous systematic survey on industrial robot was conducted from 2003 to 2005, during a time when competition was transitioning from enhancing functions and performance as production machinery to developing production system components. This current survey takes into account the changes in the market and technology that have occurred since then, including the period of the previous survey.

The previous survey was divided into two sections: one focused on industrial robots, primarily for manufacturing applications, and another on other types of service robots. The current survey is mainly focused on industrial robots in manufacturing, a sector that has continued to expand since then. While service robots have not yet developed into a sustainable industry, a chapter has been included to discuss specific cases where progress is being made towards their social implementation.

## ■ Profile

小平 紀生 Norio Kodaira

国立科学博物館 産業技術史資料情報センター 主任調査員

1975年 東京工業大学工学部機械物理工学科卒業  
三菱電機株式会社入社、1978年より同社応用機器研究  
所にて産業用ロボットの研究開発に従事  
1992年 事業部門に転じ、稲沢製作所、名古屋製作所にてロボッ  
ト設計・開発等の管理職を歴任  
2007年 本社FAシステム事業本部主管技師長  
2013年から主席技監  
2022年 三菱電機株式会社退職  
2024年 国立科学博物館産業技術史資料情報センター  
主任調査員

2007年～2020年 (一社)日本ロボット工業会  
システムエンジニアリング部会長、  
ロボット技術検討部会長  
2009年～2016年 (一社)日本ロボット学会 理事、副会長、  
会長、監事、2023年から名誉会長  
2018年～現在 (一社)日本ロボットシステムインテグレータ  
協会参与  
2018年～現在 (一社)セーフティグローバル推進機構 理事

## ■ Contents

1. はじめに .....	110
2. ロボット産業の概要 .....	112
3. 製造業用ロボットの発展経緯と 日本の製造業の質的变化 .....	120
4. 生産機械としての製造業用ロボットの発展経緯 (製造業用ロボットの誕生から2000年まで) ...	131
5. 生産システム要素としての製造業用ロボットの 発展経緯(2000年以降) .....	158
6. その他の産業用ロボットの社会実装 .....	176
7. おわりに .....	186
8. 謝辞 .....	190



# 自動車用電動パワーステアリング技術の系統化調査

Systematic Survey on Electric Power Steering Technology for Automobile

中浦 俊介 Shunsuke Nakaura

## ■要旨

人は歩いて移動する速さをはるかに超える「馬」に乗ることで、より遠くへ移動することができるようになった。さらに、街道などが整備されると馬などの動物が引く車輪付き車などが使われるようになり、人は便利な「馬車」を古くは古代ローマ時代から使用していた。馬車は、騎手が馬を手綱でかじ取りしていたが、自動車の誕生と同時にステアリングが必要とされるようになった。ステアリングとは、車および船などの進行方向を任意に変更するための「かじ取り装置」のことであり、日本語では、「操舵装置」と言われている。

自動車用ステアリングの起源は、自動車の誕生と同時期と推測される。自動車の起源を調査すると、ニコラ・ジョゼフ・キュニョー (Nicolas-Joseph Cugnot) により製作された「三輪蒸気自動車」の第 1 号機 (1769 年) が、世界最初の自動車と認められている。

ガソリン自動車は、1885 年にドイツのダイムラーがガソリンエンジンをオートバイに積んで走り、翌 1886 年に木製馬車にエンジンが搭載された四輪車で走行している。同じくドイツのベンツも 1886 年に三輪自動車、89 年に四輪自動車をいずれも安全性を考慮して鉄製の構造で作られており実用性にも配慮していた。

1900 年頃にフランスの自動車会社パナール・エ・ルヴァソール社 (Panhard et Levassor) 製作の自動車に、円型のステアリングホイール (ハンドル)、空気入りタイヤが装着された。

1950 年代に入るとボールねじ式ステアリングが誕生する。ウォームギヤとナットのネジ山との接触面に鋼球が挿入されることで、ベアリングと同等に滑り摩擦から転がり摩擦へ変換され、軽い操作力での操舵を可能にした。そして、1970 年代、FF (フロントエンジン・フロントドライブ) 車の普及が始まると、搭載に有利なコンパクトさ、遊びが少なくダイレクトで正確な操舵性能から、ステアリング機構はボールねじ式からラック&ピニオン式へと主流の座が入れ替わる。

パワーステアリングの始まりは、油圧の力で操舵力を補助する油圧式パワーステアリングであった。油圧式の大きな利点として、自然な操舵フィーリングが得られ、高級車および大型車に容易に対応できることが魅力として挙げられる。一方、走行中はエネルギーを無駄に使用することになり、省エネの観点から電動式 (電動パワーステアリング) が採用されていくことになる。

世界初の電動パワーステアリングとして、コラムアシストタイプ電動パワーステアリングが 1988 年 3 月に日本の軽自動車に搭載された。1989 年には、エンジンルーム搭載としては世界初となるピニオンアシストタイプ電動パワーステアリングが日本の軽自動車に採用され、そして、1990 年に、世界初の普通車向けのラックアシストタイプ電動パワーステアリングが日本を代表する新世代スポーツカーに搭載された。

一方、油圧式の自然な操舵フィーリングが好まれた欧州市場では、1990 年代中頃から電動ポンプ式油圧パワーステアリング (Hydraulic Electric Power Steering) が採用され始めた。

電動パワーステアリング (EPS) は、ステアリングコラムに直流モータによるアシスト機構を一体に組込んだコラムアシストタイプ EPS を軽四輪車に搭載して以降、日本の軽自動車市場を中心に普及してきた。2000 年代になり EPS は 10 年の市場実績から信頼性に対する市場の評価も定まり、より速いペースで普及が拡大した。

欧州市場においては、乗用車のパワーステアリング搭載率の拡大に伴い、小型車へのパワーステアリング装着のニーズも高まり、1996 年頃から小型車へ EPS の採用が始まった。北米市場においても、2001 年に米国生産車として初めて小型 SUV にコラムタイプ EPS が搭載された。

高出力が要求される中型車以上の乗用車向けに、日欧の自動車メーカーがラックアシストタイプ EPS の採用を開始し、国内外のステアリングメーカーが EPS 市場に参入する動きが活発となった。2010 年頃には油圧パワーステアリングと同等の搭載割合まで増加した。

2010 年以降になると、世界的に中・大型車への搭載割合の増加のペースが上がり、2020 年では 70% 以上の EPS 搭載率になっている。中・大型車向け EPS として開発された、「デュアルピニオンタイプ電動パワーステアリング (DP-EPS)」および「ラックパラレルタイプ電動パワーステアリング (RP-EPS)」は、その優れた性能から、より多くの車両に EPS が搭載されることになった。

本報告書は、自動車用電動パワーステアリングの技術開発の経緯を、自動車の歴史から調査を開始し、自動車開発の歴史とステアリング技術の変遷を記述し、次のステップでは「EPS の誕生から EPS がパワーステアリング搭載率において No.1 のステアリングシステム」になるまでの技術開発の系統化調査を実施し、その結果を詳細にまとめた。

## ■ Abstract

People were able to travel greater distances by riding horses, which were much faster than traveling on foot. As roads were laid, wheeled vehicles pulled by horses and other animals came into use, and horse-drawn carriages have been in use since ancient Roman times. These carriages required a rider to control the horse, but with the advent of the automobile, steering became essential. Steering is a system designed to intentionally change the direction of a vehicle's travel.

The origin of the automobile steering system is assumed to be contemporaneous with the birth of the automobile. An examination of the history of the automobile reveals that the first three-wheeled steam car, built by Nicolas-Joseph Cugnot in 1769, is recognized as the world's first automobile.

In 1885, Daimler of Germany mounted a gasoline engine on a motorcycle, and conducted a first test drive. The following year, in 1886, Daimler built a four-wheeled vehicle with an engine mounted on a wooden carriage. Meanwhile, Benz, also from Germany, focused on practicality by constructing a three-wheeled car in 1886 and a four-wheeled car in 1889, both made with steel for added safety.

Around 1900, cars produced by the French automobile company Panhard et Levassor were fitted with a circular steering wheel and pneumatic tires.

In the 1950s, ball screw steering was developed. By inserting steel balls into the contact surface between the worm gear and nut threads, friction was shifted from sliding friction to rolling friction, similar to that of bearings, enabling steering with lighter steering effort. In the 1970s, as front-engine front-drive (FF) cars began to spread, the mainstream steering mechanism was switched from the ball screw type to the rack and pinion type offering advantages such as compactness for easier installation and more direct, precise steering with reduced play.

Power steering began with hydraulic power steering, which uses hydraulic power to assist with steering effort. One of its main advantages is that it offers a natural steering feel and can be easily adapted to both luxury and larger vehicles. However, hydraulic power steering wastes energy during operation, leading to the adoption of electric power steering from an energy conservation perspective.

As the world's first electric power steering, a column-assist type was installed in Japanese light vehicles in March 1988. In 1989, the first pinion-assist type electric power steering system, mounted in the engine compartment, was adopted in Japanese light vehicles. Then, in 1990, Japan's leading new-generation sports vehicle became the first to feature the world's first rack-assist type electric power steering for a regular passenger car.

In contrast, the European market, which favored the natural steering feel of hydraulic steering, began adopting Hydraulic Electric Power Steering (H-EPS) in the mid-1990s.

The electric power steering (EPS) market has been growing mainly in the Japanese light vehicle sector since the introduction of the column-assist type EPS, which integrates a DC motor assist mechanism into the steering column. In the 2000s, the market began expanding more rapidly as the EPS gained a reputation for reliability, built on its 10 years of successful market performance.

In the European market, as the installation rate of power steering in passenger cars increased, the demand for power steering in compact cars also grew, leading to the adoption of EPS in compact cars around 1996. In the North American market, the first column-assist type EPS was installed in small SUVs as US production vehicles in 2001.

Japanese and European automakers began to adopt rack-assist type EPS for mid-sized and larger passenger cars that require high output, and domestic and foreign steering manufacturers began to actively enter the EPS market. By around 2010, the adoption of electric power steering had reached the same percentage as hydraulic power steering.

From 2010 onwards, the proportion of medium and large vehicles equipped with EPS increased at a faster pace worldwide, and by 2020, the EPS installation rate surpassed 70%. The dual-pinion type electric power steering (DP-EPS) and rack-parallel type electric power steering (RP-EPS), developed specifically for medium and heavy-duty vehicles, have been installed in more vehicles due to their superior performance.

This report begins by exploring the history of electric power steering technology for automobiles, starting



with the development of automobiles and the evolution of steering systems. The next section presents a systematic survey of the technological advancements from the birth of EPS to its emergence as the leading steering system, in terms of installation rate for power steering, with a detailed summary of the findings.

■ Profile

中浦 俊介 *Shunsuke Nakaura*

国立科学博物館 産業技術史資料情報センター 主任調査員

1983年 静岡大学電気工学科卒業  
光洋精工株式会社(現 株式会社ジェイテクト)入社  
1993年 光洋精工株式会社  
ステアリング電装技術部主任  
1998年 光洋精工株式会社  
ステアリング電装技術部要素設計グループ長  
2003年 国内出向  
株式会社ファーブス  
2006年 株式会社ジェイテクト  
第1電子技術部第11室 室長  
2015年 株式会社ジェイテクト  
システム開発部 主査  
2021年 株式会社ジェイテクト 退職  
2024年 国立科学博物館 主任調査員

■ Contents

1. はじめに .....	200
2. 電動パワーステアリングの構造と種類 .....	202
3. 電動パワーステアリングの歴史 .....	209
4. 電動パワーステアリングの開発と進化ー誕生~2000年ー .....	217
5. 電動パワーステアリングの開発と進化ー2000年~2010年ー .....	234
6. 電動パワーステアリングの開発と進化ー2010年以降ー .....	256
7. 自動車用電動パワーステアリングの将来展望 .....	272
8. おわりに .....	285

# 魔法瓶技術の系統化調査

Systematic Survey on the Vacuum Flask Technology

吉田 正弘 Masahiro Yoshida

## ■要旨

マイボトルの利用が我々の生活に定着し、プラスチックゴミの低減のみならず、ステンレス真空二重構造のマイボトル（魔法瓶）は保温、保冷の基本的な断熱性能から省エネにも大きく貢献している。さらに環境負荷軽減や資源の有効活用を図るべく魔法瓶企業が販売店や自治体とも連携し、給水・給茶スポットの提供や循環型モノづくりとして使用済ステンレスボトルの回収などで広がりを見せ、魔法瓶が改めて見直される時代に突入している。

その魔法瓶の起源であるが、19世紀の第二次産業革命の時代にイギリス人化学者が気体を冷却して保存するガラス製の真空二重瓶を発明した。断熱効果の高い真空二重瓶を保温目的で金属ケースの内部に収め、携帯用として発売したのが魔法瓶の始まりである。確かに優れた断熱効果を有する画期的な機能から魔法瓶と呼ぶのが定説と言われている。

1904年にドイツで販売された世界初の携帯用ガラス製魔法瓶は、極寒地に挑戦する探検家向けの特殊用途から始まった。この魔法瓶が日本で生産され、家庭用品として東南アジアへの輸出で生産規模を拡大させた。戦後の国内経済成長に伴う生活様式の変化もあり、1980年頃には一家に一台保有する卓上用魔法瓶として浸透した。ガラス製魔法瓶の発展は真空二重瓶の自動化生産から始まったと言える。内・外のバルブ加工の機械化に加え、2種類のバルブを一体化して、その空間に銀メッキを施し、真空の工程も自動化された。ガラス真空二重瓶として大量生産し、安定した供給と品質の確保が出来るようになった。ガラス製魔法瓶もその用途により形状が細分化され、特に卓上用ハンドポット、エアーポットは機能開発が進み、一般家庭で使用するガラス製魔法瓶も1981年に約2,000万本と最高の販売数となった。

中瓶の材質がガラスからステンレスに替わってからは各社独自の製法でステンレス真空二重瓶を開発し、金属プレス加工、排気条件、溶接形状、表面処理…などの研究は勿論、気密検査、温度検査などの信頼性の向上が図られた。さらにはJISに基づく用途開発も進み、特に携帯用ステンレス鋼製魔法瓶「マグボトル」は新たなニーズを創出した直飲み仕様で拡売の起爆剤となった。外出時には欠かせないマグボトルは2015年以降、一人一本保有する生活必需品となり、先人技術者達の知恵と工夫でその時代の変化に合わせた革新的な技術開発が大きな役割を果たしたと言える。

本報告書は魔法瓶の開発にあたり、まずはガラス製魔法瓶の中瓶製造及び完成品としての必要な機能及び信頼性についての技術開発とその変遷を調査した。その後、新たな真空技術から登場するステンレス鋼製魔法瓶が安定的に生産できる体制になり、より小さく、より軽くする為の製造技術や魔法瓶としての用途開発、主要部品の進化・変遷過程を系統化し、調査した。またステンレス真空二重瓶の製造設備や真空断熱技術から展開する調理用品としての応用例や産業又は研究用として異業種との共同開発による用途事例などを紹介する。

## ■ Abstract

The use of “My Bottle” has become a common practice part of in our daily life, not only helping to reduce reducing plastic waste, but also contributing greatly significantly to energy conservation through with its the basic heat-insulating performance of the stainless steel vacuum duplex construction (vacuum flask), which effectively retains heat and cold. In addition, vacuum flask companies are collaborating with retailers and local governments to reduce environmental impact and promote the make effective use of resources. These efforts include, providing water and tea supply spots and collecting used stainless steel bottles as part of an approach to recycling-oriented focused manufacturing.

The vacuum flask originated during the Second Industrial Revolution in the 19th century, as an invention by a Scottish chemist. This chemist invented a glass vacuum double-bottle to cool and preserve gases. This glass vacuum double-bottle, known for its excellent heat-insulating properties, was enclosed in a metal case to maintain its temperature, which made it a portable good for sale, and marked the beginning of vacuum flasks. It is widely believed that the term “vacuum flask” was coined due to its revolutionary ability to provide excellent heat insulation.

The world’s first portable glass vacuum flask was sold in Germany in 1904, initially designed for explorers challenging the extreme cold. These vacuum flasks were later produced in Japan and exported to Southeast Asia as household items, prompting an expansion in production. As Japan went through postwar economic growth and accompanying lifestyle changes, vacuum flasks became commonplace. By 1980, they were widely used as tabletop vacuum flasks and owned by every family.

The development of glass vacuum flasks began with the automation of vacuum double-bottle production. Along with the mechanization of the inner and outer valve processes, two types of valves were integrated and silver-plated in the space between them, while the vacuum process itself was also automated. This allowed for mass production of glass double bottles, ensuring a stable supply and consistent quality. Over time, glass vacuum flasks were designed in various shapes to suit different uses, with particular functional advancements made in tabletop and pneumatic tabletop vacuum flasks. By 1981, sales of glass vacuum flasks for general household use peaked at approximately 20 million units.

After the material of the inner bottle was changed from glass to stainless steel, each company developed its own method for manufacturing stainless steel vacuum double-layer bottles. They enhanced reliability through techniques such as metal press work, optimizing exhaust conditions, refining welding shapes, surface treatments, as well as conducting airtightness and temperature inspections. The development of applications based on JIS also progressed, and in particular, the portable stainless steel vacuum bottle “Mug Bottle” became a catalyst for sales growth with its direct-drinking design that created new needs. The Mug Bottle, an essential item for going out, has become a daily necessity for many since 2015. This success can be attributed to the innovative technological advancements made by pioneering engineers, adapting to the changing times with their ingenuity and know-how.

This report begins by examining the technological development and evolution of glass vacuum flasks, focusing on the essential functions and reliability required for the finished product. This study was expanded and systematized for the period after stainless steel vacuum flasks, born from the new vacuum technology, entered stable production, and examines the manufacturing technology for smaller and lighter vacuum flasks, the development of vacuum flask applications, and the evolution and transition process of the key components. This study also explores manufacturing facilities for stainless steel vacuum flasks, highlights examples of cooking utensils developed using vacuum insulation technology, and examines collaborative applications with other industries for industrial or research purposes.

■ Profile

吉田 正弘 Masahiro Yoshida

国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

1977年 姫路工業大学金属材料工学科卒業(現兵庫県立大学)  
1977年 象印マホービン株式会社入社 技術部に配属  
ガラス魔法瓶の設計開発に従事  
1997年 商品第六開発部 主席研究員  
1998年 第四開発部長  
2002年 第三開発部長  
2007年 執行役員 商品開発部長  
2008年 象印ファクトリー・ジャパン株式会社 常務取締役  
2010年 象印ファクトリー・ジャパン株式会社 専務取締役  
2012年 象印ファクトリー・ジャパン株式会社 代表取締役社長  
2013年 象印マホービン株式会社 取締役  
象印ファクトリー・ジャパン株式会社 代表取締役社長  
2019年 象印マホービン株式会社 退任  
象印ファクトリー・ジャパン株式会社 代表取締役社長  
2020年 象印ファクトリー・ジャパン株式会社 退任  
2024年 国立科学博物館産業技術史資料情報センター主任調査員

■ Contents

1. はじめに .....	292
2. ガラス製魔法瓶の誕生と国内生産 .....	293
3. 中瓶（ガラス真空二重瓶）の構造 .....	300
4. 中瓶の自動化とガラス製魔法瓶の用途開発 .....	302
5. ガラス製大容量魔法瓶の機能開発 .....	314
6. ステンレス鋼製魔法瓶の開発と製造 .....	326
7. ステンレス鋼製魔法瓶の用途開発 .....	343
8. ステンレス真空二重瓶の用途開発 .....	374
9. 終わりに .....	382