

江戸時代の「機巧」技術に関する実証的研究

鈴木 一 義

国立科学博物館理工学研究部

A Positive Study on the Technique of Mechanism in the Edo Era

By

Kazuyosi SUZUKI

Department of Science and Engineering, National Science Museum, Tokyo

Abstract

This paper tries to consider the technique of mechanism in the Edo era by investigating Japanese automaton 'Karakuri', which is one of mechanical technics in Edo era. It is suggested that karakuri may have been short of motive power which is an important factor to advance the technique of mechanism, but it was on the Karakuri techniques that the comprehension of the western technology introduced to Japan after the Meiji restoration was based.

1. は じ め に

明治以前の機械技術は、これまで和時計などに代表される、ごく一部のものしかないといわれてきた。そしてそれらが日本において機構的に理解され、日本の変化を加えられていることなども、それらの技術が生産的技術と結びつかなかったこともあって、ほとんど無視されてきた。

しかし、明治期において、日本が西洋の機械技術を短期間に導入し消化しえたのは、やはりその基礎が明治以前の江戸時代にできていたとしなければならないだろう。たとえ江戸時代の技術が当時の生産技術と結びつかないまでも、その技術がどのような形で存在していたのかの研究は、明治期のそれを考えるうえでも、きわめて重要であると考えられる。

江戸期の機械技術史におけるからくり技術の研究はきわめて少なく、これまで 2, 3 の研究があるに過ぎない。その中で、立川昭二氏は、「機巧図彙の周辺」という論文の中でその研究の重要性をあげている。¹⁾ 氏によれば、からくり技術は、「封建社会という制約された社会的背景の中で、機巧的な創意と夢とを最大限に発揮できたものといえば、からくりの世界においてほかになかった。からくりは当時の技術者の能力を最高度に表現することのできた唯一の対象であった。」としている。史実的にこれを裏付けるものとして、享保 6 年 (1721 年) に出された新規法度の御触書きがある。²⁾ これは本来、ぜいたく禁止の意味合いで作られたが、制度的には技術の発達をも禁止することになったのである。しかしその前後に出された御触書を見ると、「見せ物等之儀は新規之事不致候ては如何候間、此段は可為格別事、」として、見せ物等だけはこの中に含まれなかった。享保年間といえば、大阪の竹田からく

り座が全盛の頃で、いろいろな工夫をこらしたからくりがその妙を競っていた時代である。幕府としても庶民の娯楽まではその束縛の対象としなかったようである。当然からくりはその存在自体の目的からも、当時の技術を十二分に生かした上で成立し、新規工夫、改良、発明が行われたはずであり、当時の技術水準を知るための貴重な資料であることはまちがいない。

本研究は江戸時代の機械技術の一つの発露とされる、からくりを実証的に調査し、その比較、研究を行い、明治前機械技術の特色を明らかにしようとするものである。

2. からくりの分類

日本におけるからくりは、記録によれば斉明天皇 4 年 (658 年)、僧智由が作った指南車があり、今昔物語には高陽親王の水掛け人形の記事がある。しかしこの時代のものは中国の説話、伝説を起源としたものであろう。⁸⁾ 室町時代以降には実際に作られたと考えられるからくりがあらわれる。例えば、「看聞御記」の永享 9 年 (1437 年) には台付きの座敷からくりが祝儀の進物とされたとあり、「老人雑話」には、慶長 3 年 (1598 年) 秀吉が京に参内した時「銭を入れるとはう人形」をもらったとある。江戸時代になるとさらに多数のからくりの記事を散見することができる。

このように、いろいろなからくりが作られていたわけであるが、一般に「からくり」と呼ぶものの中には、種々のからくりが含まれる。ここでは見せる対象と構造について分類を行い、本論文で扱う「からくり」の種類を明確にする。

まず、からくりを見せる対象から次のように分けることができる。

(1) 祭礼などの神事のために作られたからくり

代表的なものとして、台車、山車からくりなどと呼ばれるものがあり、室町期に完成された京都曳山の不動の立居人形を祖として、各地に広まった。⁴⁾ 現存するものも比較的多い。

(2) 芝居などの一般大衆への見せ物として作られたからくり

竹田からくり芝居のようにからくり自体を見せ物としたものや、人形浄瑠璃のように舞台面における巧妙な総合の一つの要素として使われたもの⁵⁾がある。常時使用されるため当時のもので現存するものは少ない。特にからくり芝居などにおいて、商品価値のなくなったものは保存されない場合が多い。

(3) おもに個人を対象に作られたからくり

商品としてのからくり人形や、特定個人のために作られたからくり人形がある。個人の所有のため、残っているものもあるが、現代のおもちゃと同じに壊れて捨てられたものも多かったであろう。

次に、その構造から 2 つに分けることができる。⁶⁾

(A) 内部に機関を持ち、原動力は弾性ばね(鋼、真ちゅう、鯨口ひげ、竹、杉皮など)水、砂、空気、水銀などによって人形を動かす。

(B) 原動力は人力により、糸や串を手などで操作し、仕掛を見せる事なく、さながら機関で動くように見せかける。

以上二つの観点から分類すると、(1)、(2)のからくりはほぼ(B)に属し、(3)のからくりは(A)に属するものが多い。すなわち(1)、(2)は見る側が人形の仕掛や舞台裏の事には関心を持たず、見たところの技が真に迫っていればそれで満足するものだからである。⁷⁾特に(1)はその性格上、人間によって奉納するという目的を持つため、自動化された機構からくりより、人間の意を伝えやすい糸操りからくりが多いようである。江戸時代には、こうしたからくりを「あやつり」(B)と呼び、機構的な「からくり」(A)とは区別していた。⁸⁾機構的な、いわゆる「からくり」は(2)のからくり芝居に使われた一部

No	個数	名	株	No	個数	名
1	1	左扉板		18	1	ストップバー
2	1	右扉板		19	1	棒天符
3	1	天板		20	1	前輪支持台
4	1	中層板		21	1	前輪支持アーム
5	1	仕切り板		22	1	前輪
6	1	ゼンマイ軸		23	1	カシ
7	1	1の歯車		24	1	カムアーム
8	1	カム(行戻)		25	1	カムアーム台
9	1	車輪(動輪軸)		26	1	腕輪
10	1	2の輪(動輪)		27	1	首台
11	1	車輪		28	2	首台支え
12	2	クランク軸(足)		29	2	ラチェット(留輪)
13	1	がんぎ車輪		30	2	ラチェット爪
14	1	がんぎ車輪受		31	2	腕
15	1	がんぎ車		32	1	ベース(底板)
16	1	ストップバー受		33	1	ゼンマイ
17	1	天符受				

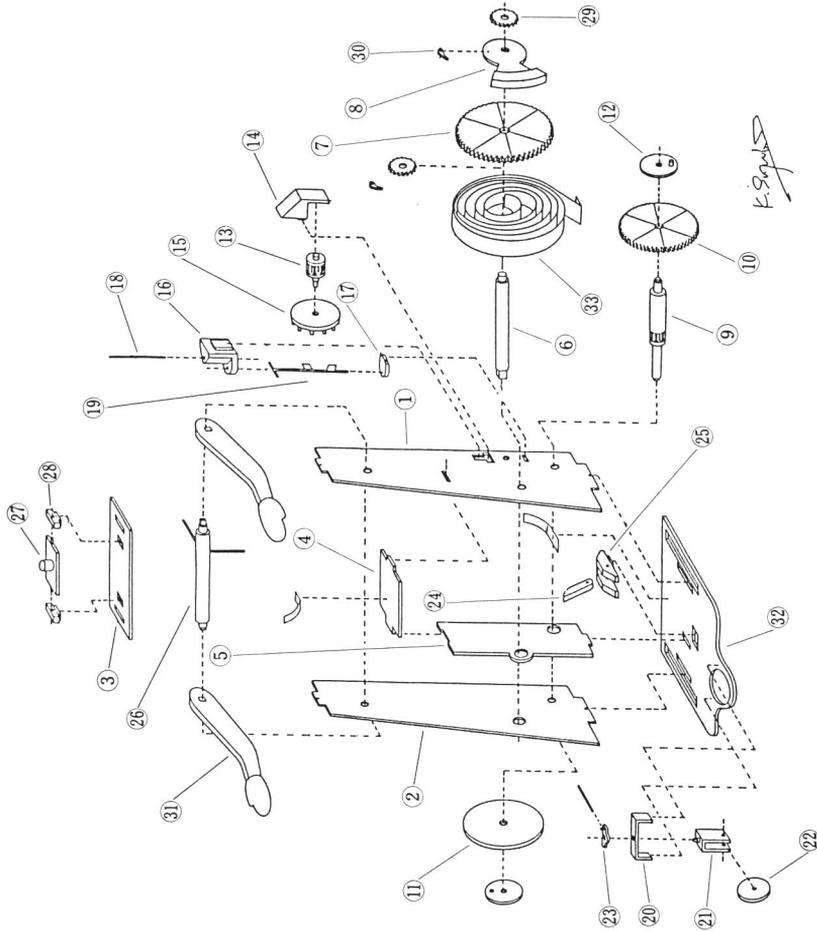


図1 茶運び人形の組立図

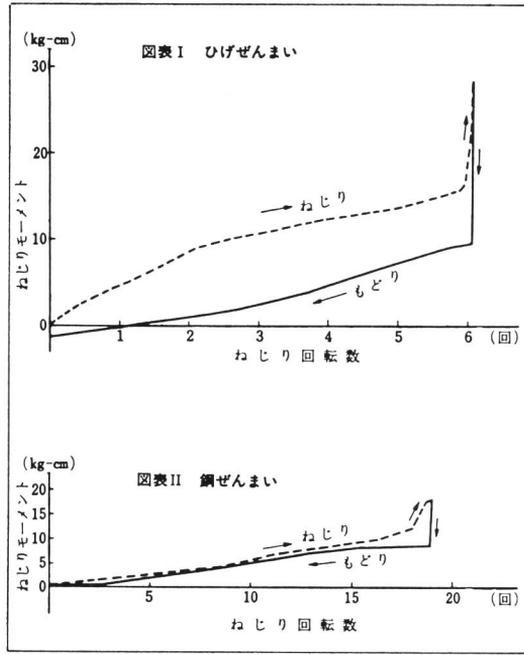


図 2 鯨と鋼ぜんまいの特性比較図

と、(3) のからくりによくみることができる。本論文では、(A) に属する (3) のからくりについて主に扱い、特に機構的要素を多く含むぜんまいからくりについて調べたものである。

3. からくりの機構、技術

江戸時代のからくり人形は全国に数十体現存しているが、動く人形ゆえ壊れているものや、後で修理されたものも多い。その中で江戸時代の機械技術を示すものとして代表的ないくつかを調査し、またその技術の特徴を明らかにする意味で、「機巧図彙」中の茶運び人形を図面の通り復元した。ここでは①動力部②调速部③方向転換機構④歯車⑤足の機構⑥首ふり機構⑦その他、についてその特徴を分析し報告する。

(1) 機巧図彙を元に復元された茶運び人形

寛政 8 年 (1796 年) にだされた「機巧図彙」は、寛政の改暦の折りに幕府の天文方暦作助手として参画した、土佐の細川半蔵頼直の著である。この本は首巻、上巻、下巻からなり、首巻で当時の和時計、上下巻ではからくりの製作法を詳しく図解している。⁹⁾ この中に茶運び人形も図解されており、これを元に復元製作を行った。(図 1)

その機構は次の通りである。

①動力は鯨のひげ製ぜんまいを指定している。鯨のひげとは、鯨目ひげ鯨亜目に属する鯨の上あごに生えた板状の繊維状細管の集まったもので、これで小魚等の餌を渡し捕らえる。¹⁰⁾ 日本において捕鯨が本格的に行われ始めたのは慶長年間 (1596~1614 年) の事で、¹¹⁾ 文化 5 年 (1808 年) に書かれたとされる「鯨史稿」には、セミ鯨のひげがいろいろな細工に用いられたとある。¹²⁾ セミ鯨のひげは弾力



図3 復元された茶運び人形

に富み、加工もしやすいため、当時製作が難しかった金属性ばねの代わりに用いられた。金属製ばねは既に、鉄砲の点火装置等に用いられていたが、動力として使うには材料強度的にも、製造的にもまだ不十分であったと考えられる。¹³⁾ 鯨のひげのばねとしての性能は、山崎氏が報告したものがあるので引用する。¹⁴⁾ (図2) 鯨のひげと鋼ぜんまいの取り付け軸はともに14mmで、香箱の直径155mmである。形状は鯨は厚さ2.3mm、幅13.9mm、長さ1,134mm(「機巧図彙」中の茶運び人形の鯨ぜんまい製作寸法にはほぼ等しい)、鋼は厚さ0.5mm、幅19mm、長さ2,050mmである。結果を見ると現代の鋼ばねに比べて非常に使いづらいことがわかる。動力として使用できる力の有用範囲がわずかで、また一度使用したあとのばね性の復元に時間のかかることも大きな欠点である。そして、得られる力も原材料としてのひげの大きさ等、自ずから限界があり、からくり人形を作る上での大きな制約になったであろう。

現在、セミ鯨は捕獲禁止でぜんまいに加工できるようなものは手に入らない。そこで山崎氏のデータより、鯨のぜんまいにはほぼ等しい最高トルクのでている上述の鋼ぜんまいを使用した。ただし山崎氏の実験データでは香箱の直径が155mm、軸径14mmである。機巧図彙中の茶運び人形の鯨ぜんまいは、取り付け軸径は14mm位だが、「香箱は檜を曲げて外形を決めよ(香箱の直径)」とあり、その直径は人形の大きさからいって、約120~130mm位である。この影響も考えられたが、実際取り付けで計ったところでは2~3kg・cm程度の差であった。

②調速部は初期の和時計に使われた、棒天符と冠形脱進器からなっている。棒天符には、おもりは付けられず短い棒が付いているだけである。また、機巧図彙を見ると天符軸ががんぎ車に斜めに取り付けており、不自然で構造的にもおかしい。製作では垂直に取り付けた。

③方向転換機構は、一の歯車の横に取り付けられたカム（角度約 60° 、一の歯車の 10 歯相当）が、カムアームを押し、棒でつながれた前輪の角度を変えることによって方向転換が行われる。カムが行き過ぎれば、ばねによりカムアームは元に戻り、前輪もまっすぐになり人形は直進する。

④歯車は破損を防ぐため、6 枚の、木目を歯の切る方向に揃えたものを、合わせて作るように図解している。木の欠点をうまく補った方法である。歯はのこぎり歯と、現代のインポリュート歯の両方で製作してその比較をおこなった。結果は、現代の歯が必ずしも歯より優れているとは言えなかった。これは工作の精度にもよるのだが、現代の歯はのこぎり歯より寸法誤差に対する許容度（動力伝達効率とは別である。）が小さい。それ故、機巧図彙にあるように竹ピンで全体を組み立てていくようなものでは、歯の噛み合いが許容限度以上にずれてしまうことがある。また木材の経年的な変化（そり）に対しても考えなければならない。そりを無くし、きちっと作れば現代に分があるのだが、当時の人形はどう処理しているのか、問題となる部分である。

歯車は一の歯車が歯数 60、動輪軸の歯数 8、動輪直径 90 mm とした。これより人形の動きは一往復で、直線にして $\{(2 \times 60) / 8\} \times 90 \times 3.14 = 4241$ mm 動く。またカムの 10 歯分の距離 $(10/8) \times 90 \times 3.14 = 353$ mm で半回転し、この時の回転半径約 112 mm となる。すなわち、人形は片道直線部分 $(4241 - 353 \times 2) / 2 = 1767$ mm を進み、半径 112 mm の半円を描いて元の場所へ戻っていく。実際に動かすときはカムの位置を変えることにより直線部分を最大 1767 mm の範囲内で変更できる。操者から客までの距離に合わせて変えたと考えられる。

⑤足の動く機構は、左右の足棒を動輪上に偏心して付けてあり、たがいちがい摺足で動くようになっている。

⑥首ふりは、片方の動輪から首に糸を引き動輪の動きに合わせてうなづくようになっている。

⑦人形の図解は詳細をきわめ、各部の寸法も正確なものである。微に入り細にわたる説明の仕方をとっても、半蔵自身が作ったことがあり、手元にその人形がなければできないものである。

復元した人形は、見事に茶を運んだ。（図 3）しかし、問題となったのはやはり動力の不足である。人形の軽量化と、作りの正確さが要求される。現代でも強度的に許す限り軽量化を計るのは、機械設計の基本である。まして動力が十分でないのだから許容限度以上に軽量化するか、小さなものを作るしか道はなかったのだろう。和時計のように鉄で作ることはもちろん、立川氏の言われるように「技術者というものは例題をバリエーションするとき小型化してみようとする」¹⁵⁾のではなく、おそらく人間を模倣したロボットであれば、より人間的なものを作りたかったはずである。動力の欠如による当時の技術者の無念さが思われる。

(2) 茶運び人形（高知県立郷土文化会館蔵、図 4, 5, 6）

高さ約 365 mm、全木製の人形である。来歴ははっきりしていないが、立川氏は寛政（1789～1800 年）頃の作ではないかとしている。¹⁶⁾

人形は何か所か破損した部分があり、修復した後もうかがえる。この人形の機構の主な特徴を次に示す。

①動力となるぜんまい部分は既に失われて無いが、肩部分に残っている腕の戻しばねには鯨のひげが使われているので、動力としても鯨のひげが使われていた可能性が強い。

②调速部が人形後方にある。棒天符はなくなっている。がんぎ車には腕と連動したストッパーと、現在はなくなっているが横方向から差込み式のストッパーが働くようになっている。腕のストッパーは人形が、茶碗を置けば動きだし、取れば停止するように働く。差込み式のストッパーは人形の保管時に使用すると考えられる。



図 4 茶運び人形 (高知県立郷土文化会館蔵)

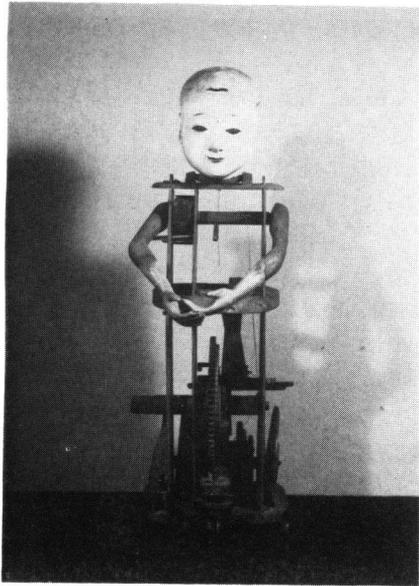


図 5 茶運び人形 (前方)

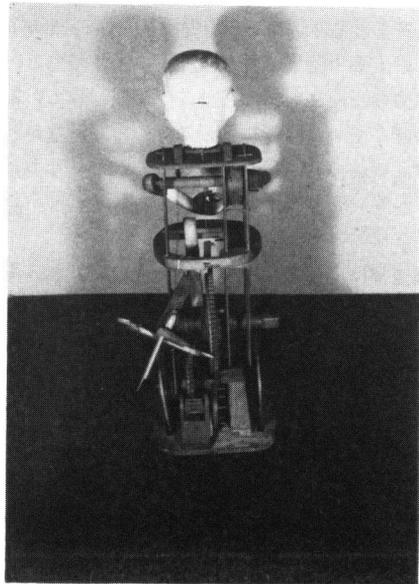


図 6 茶運び人形 (後方)

- ③方向転換機構は、一の歯車の横に取り付けられたカム(角度約 34° 、一の歯車の7歯相当)と、前輪(方向転換用車輪)と糸によって結ばれたカムアーム(オリジナルには見えないが機構としてはこのようなものがこの位置にあったであろう。)からなっている。
- ④歯車は、一の歯車が歯数74、動輪軸の歯数は7、動輪直径95mmであった。これより人形の動きを算出すると、一の歯車2回転で人形が一往復するから、直線にして $\{(2 \times 74) / 7\} \times 95 \times 3.14 = 6310 \text{ mm}$ 動く。またこのうちカムの7歯分の距離298mmで半回転し、この時の回転半径は95mmとなる。すなわち、人形は片道直線部分 $(6310 - 298 \times 2) / 2 = 2857 \text{ mm}$ を進み、半径95mmの半円を描いて元の場所へ戻っていく。歯車は歯が欠けないように、木目を歯の方向に合わせて分割したものを張り合わせてある。歯の形状は、三角形ののこぎり歯であった。
- ⑤足の動く機構は片側だけが残っており、動輪の回転にともない、上下に動くようになっている。
- ⑥頭の首ふり機構もあったようで、鯨のばねが残っている。
- ⑦全体に華奢に作られており、動輪は軽量化のために肉抜きされている。特に人形の頭は、桐材をくり抜いて作られており、首ふりを容易にし動力の不足を補っている。

人形はかなり手慣れた作りで、使用されている材料、人形の頭といい専門の人形師の手になるものと思われる。特に眼にはガラスを入れてあり、個人が作ったものとしては考えにくい。また何度か修理されたらしく、腕の軸棒などはおそらく 180° 回転してつけられている。しかしオリジナルの部分が多く、後で加えられた機構はないようであるから、原型に復元するのもそれほど難しくないと考えられる。

(3) 盃運び人形(笛敵人形記念美術館蔵、図7, 8, 9)

日本画家で、人形研究家としても知られた故西沢笛敵氏の所蔵品である。高さ235mm。これも来歴ははっきりしていないが、人形の台の裏に「安永四亥三月三日 若井源大衛門源信親拵之 初瀬に遣わしや」とあり、おそらく安永4年(1775年)、若井源信が娘か誰かのの初節句に送ったものだろう。

この人形の機構の特徴は以下の通りである。

- ①動力のぜんまいには鯨のひげが使われている。厚さ約1.6mm、幅約8mmのものが残っているが、鯨のぜんまいの内側には鋼のぜんまいが捲かれており、後で修理された時、鋼ぜんまいに替え外観だけは元の鯨のひげを使ったものらしい。なお、ぜんまいは人形に向かって、右側に付いている。普通はぜんまいを捲くとき、人形の顔が客を向くように左側に付いているので(操者が右ききの場合)このタイプはめずらしい。
- ②调速部は、現状では見あたらない。機構からいって、あったとすれば後方になるのだが、その部分は修理されオリジナルのものとは異なっており、現在は腕と連動したストッパーになっている。しかし後方部のオリジナルと考えられる板にはそれらしい痕跡もあり、またこの人形の作り、時代からも调速部がないとは考えにくい。おそらく(2)の人形と同じような调速部が後方に付いていたと考えられる。
- ③方向転換機構も、現状では見あたらない。これも前輪部分は後から修理したものらしく、オリジナルなものについては、今のところ不詳である。現状では、人形は直進のみを行うことになる。
- ④歯車は、一の歯車の歯数64、動輪軸の歯数8、動輪直径64mmであった。従って、もし方向転換機構が付いていたとすると、一の歯車2回転で一往復だから、直線にして $\{(2 \times 64) / 8\} \times 64 \times 3.14 = 3217 \text{ mm}$ 動き、約その半分の距離を往復するとすれば、だいたい畳一帖分となる。茶運び人形は畳敷の座敷で客に茶を運ぶ人形であるが、動力またその構造からいって、畳の縁を乗り越えていくには不安定すぎたと考えられる。従って畳一帖の中で動かすことが多かったはずで、この人形も方向転換機構が



図 7 盃運び人形 (笛敷人形記念美術館蔵)



図 8 盃運び人形 (前方)

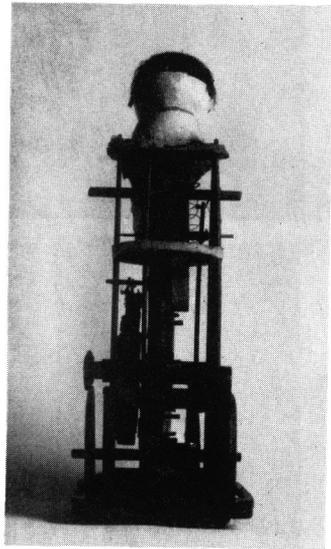


図 9 盃運び人形 (後方)



図 10 茶運び人形
(石川県, 個人蔵)

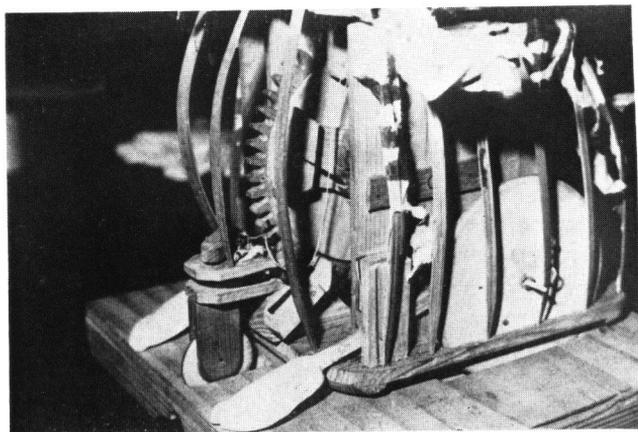


図 11 茶運び人形
(前方)

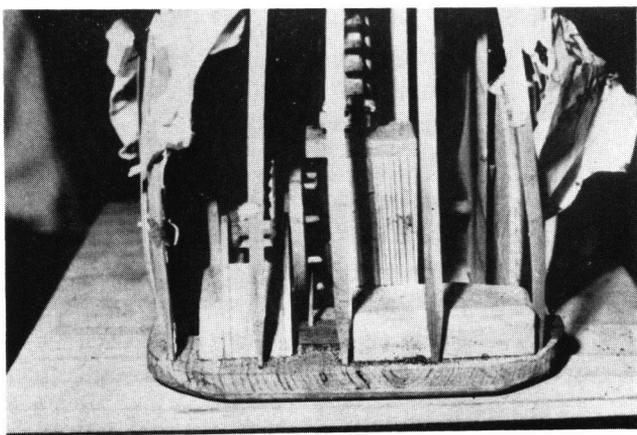


図 12 茶運び人形
(後方)

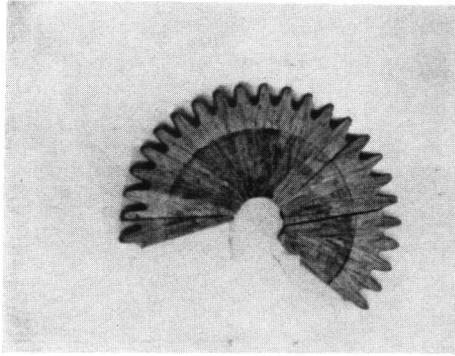


図 13 茶運び人形の歯車

あればその範囲を動くことになる。一の歯車は、何枚かの木目を合わせた張り合わせで、歯はやすりのようなもので仕上げられている。歯車の添え板には一緒に削られた後が多数見られる。歯元が薄く欠けやすいのか、差し歯になっているところもある。二の歯車はすべて差し歯で作られており、歯の材質は竹で和時計にみられるものに近い歯形となっている。

⑤足は、現状では付いていない。しかし付いていた跡は見受けられる。

⑥首ふり機構は付いているが、後で付け加えたもので、もとの機構かどうかはわからない。しかし首自体は動くようになっているため、なんらかの機構は付いていたと考えられる。

⑦全体はやはり華奢に作られており、動力の不足を補うために動輪の肉抜きも行われている。

この人形の内部はかなり修理されており、オリジナルがどんな形であったか推定するのはきわめて難しい。

(4) 茶運び人形 (石川県, 平戸氏蔵, 図 10, 11, 12)

金沢の元回船問屋であった平戸家は、明治初め頃まで北前船による商いで、北海道の産物を大阪に運んでいた。所蔵の人形は幕末頃、大阪で買い求めたということであり、一緒に買ったという楊弓の箱には「大阪新町通り西口 毛馬新七 藤原定重」とある。人形の着物には平戸家の家紋が織り込まれ、注文して作らせたものかわからないが、いずれにしてもこうした人形が商品として売られていたことはまちがいない。大阪は江戸、京と並ぶ文化の地、人の集まる地である。少々値段は高かったかも知れないが、多くのからくり人形が各地に買われていった可能性は大きい。

この人形の機構の特徴は次の通りである。

①動力は鯨のひげを用いており、厚さ約 2.2 mm、幅約 22 mm で現在でもばね性を保っており、ネジを捲けば動く状態にある。きわめて保存状態がよく、使われている鯨のひげも立派なものである。幕末頃には鯨の捕獲技術も向上し、よいひげが出回ったであろうと思われる。

②调速部は後方に作られている。棒天符タイプの機構である。天符の頭には棒天符の代わりに石のおもりが付けられているが、時計ほど厳密な调速の必要がないので、これでも十分機能を果たしたと考えられる。がんぎ車には腕と連動したストッパーと差込み式のストッパーが働くようになっている。

③方向転換機構は、一の歯車の横に取り付けられたカム(角度 40°、一の歯車の 6 歯に相当)と、前輪(方向転換用車輪)と糸で結ばれたカムアームからなっている。カムアームがカムによって押されると、糸が引かれて前輪が傾くようになっている。前輪部と、カムアームの戻しにも鯨のひげぜんまいが使われている。

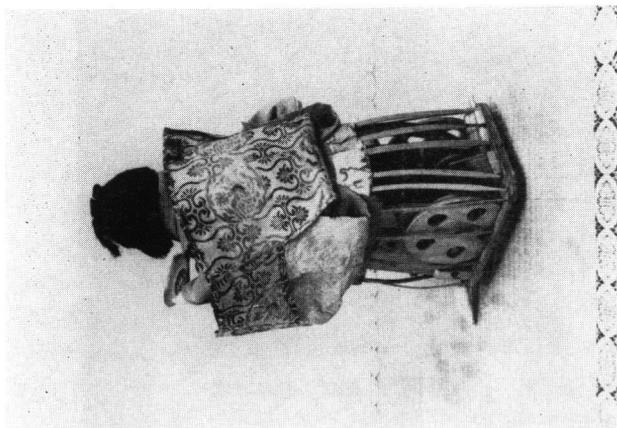


図 16 茶運び人形 (後方)

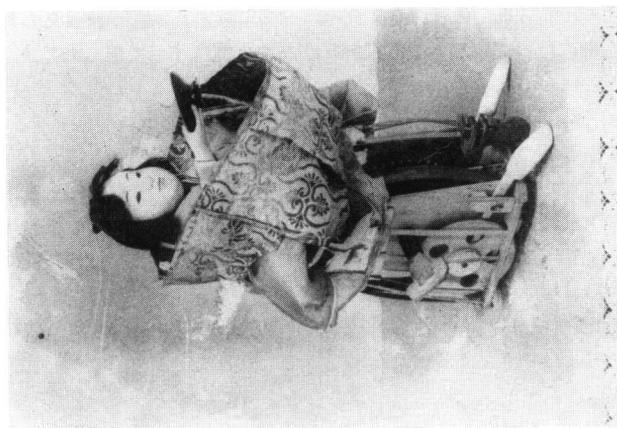


図 15 茶運び人形 (前方)



図 14 茶運び人形 (日本人形史所載)



図 17 歩み人形 (大阪市立博物館蔵)

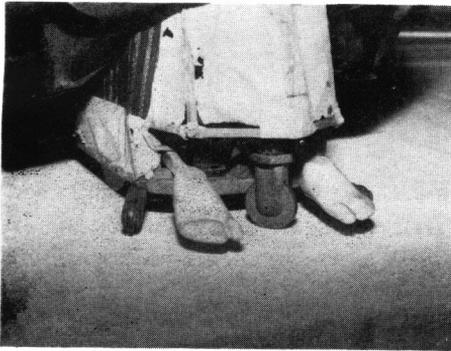


図 18 歩み人形 (前方)

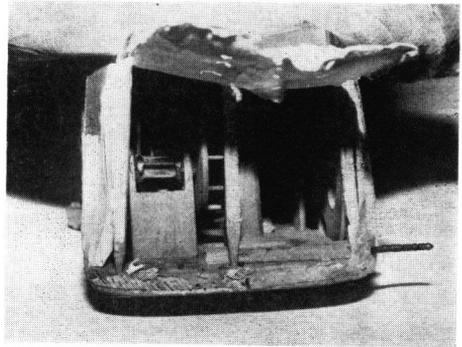


図 19 歩み人形 (後方)

④歯車は、一の歯車 54, 動輪軸の歯数は 8, 動輪直径 90 mm であった。従って、人形の動きは一往復で、直線にして $\{(2 \times 54) / 8\} \times 90 \times 3.14 = 3817 \text{ mm}$ 動く。またカムの 6 歯分の距離 212 mm で半回転し、この時の回転半径は 67 mm となる。すなわち人形は、片道直線部分 $(3817 - 212 \times 2) / 2 = 1696 \text{ mm}$ を進み、半径 67 mm の半円を描いて元の場所へ戻っていく。歯車の作りは、図 13, にあるように 1, 2 歯分ごとに分割した桎の木を張り合わせて作ってある。歯形はインボリュート曲線にほぼ一致する、きれいな歯形になっている。おそらくやすりの様なもので削ったのだろうが、何体も作ることににより、経験的にインボリュート歯形に近づいていったと考えられる。

- ⑤足の機構は、(2)の人形と同じように動輪の回転によって、上下に動くようになっている。
- ⑥首ふり機構は、頭から左右の動輪へ糸が引かれており、人形の動きに合わせて首が左右に振れるようになっている。
- ⑦全体的には、削りの仕上げなど見えないところとか、必要の無いところでは雑になっている。一体一体注文で丹精に作ったというより形は決まっていて、特定のからくり人形師しか作れなかった、ということではなさそうである。からくりの内部は同じで、着物だけ客の要望で家紋を入れたとも考えられる。人形の眼にはガラスがはめられている。

金沢のこの人形は来歴が割にはっきりしており、またほぼ完全な形で保存されている、きわめて貴重なものである。

さて、まだ完全な調査は行っていないが、これと同じ仕様で作られたと考えられるからくり人形がある。

一つは、昭和17年に書かれた山田徳兵衛氏の「日本人形史」¹⁷⁾にでてくる茶運び人形である。図(14, 15, 16)この人形は高さ一尺五寸余(約45cm)で、内部の機構を見ると调速部、方向転換機構(この人形では進行方向左に曲がるように見える)、足の機構や全体の作り、またおそらくは購入者の家紋の入った着物といい、まさに瓜二つである。

もう一つ大阪市立博物館が所蔵する歩み人形がある。(図17, 18, 19)この人形は高さ約43cmで、茶運び人形ではないようであるが、调速部や方向転換機構、足の機構はやはり同じものである。台板には前輪、動輪とは別に左右に支え車が付いており、後から付けたようにも見える。

この3体は大きさや、作り方、機構、人形の頭の類似性から言っても同時代の同じ系統のものと考えられる。今後詳しい調査を行う必要がある。

(5) 亀の盃台(個人蔵、図20, 21)

ぜんまい仕掛けの亀の盃台である。由来によると、寛永頃(1624~1643年)の有名な遊女、吉野太夫のものだと言うことである。当時の遊女は、茶や歌を始め諸芸に通じた教養人であった。京都六條末筋町にあった遊廓で、寛永8年(1631年)に京の豪商、佐野紹益に身請けされるまで、吉野太夫は公家や京を訪れた外国人の相手をした。からくりもそうした客からの贈物と考えられる。¹⁸⁾

機構の特徴は次の通りである。

- ①動力は真ちゅうの香箱に入っており、鋼製のものである。そしてこの動力を一定に引き出すために鎖引き装置が付けられている。この装置は、慶長17年(1612年)に家康に献上された時計にも使われていた。¹⁹⁾
- ②调速部は、オルゴールによく見られる風切り車が付いている。
- ③方向転換機構は付いていない。
- ④歯車は真ちゅう製で、時計と同じ歯形をしている。動くのは腹部の4つの歯車により、その内の2つ(前輪)が駆動輪で、他の2つ(後輪)はフリーである。また駆動輪の一つは调速部に連動している。
- ⑤⑥足、手、頭は駆動輪に偏心して付けられたクランクから、糸によって引かれ動くようになっている。
- ⑦亀の甲ら、腹部分は銅の打ち出しで作られており、手足、頭は木製でつなぎの部分は紙で張ってある。

この亀の盃台はおそらく時計かオルゴールの部品を転用して、からくりを作り直したものと考えられる。亀のからくりと言えば、幕末の技術者、田中久重が亀の盃台を作っていたことは知られている。

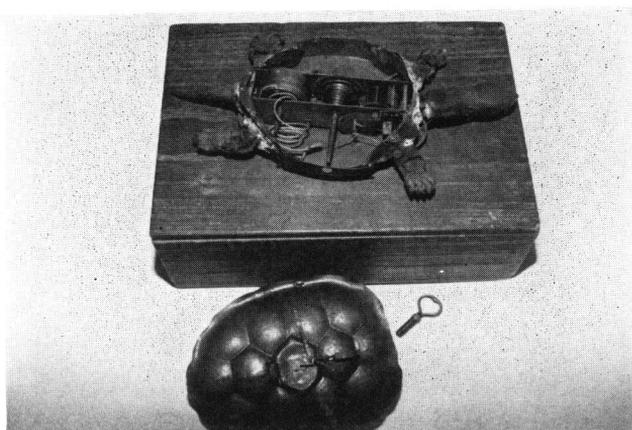


図 20 亀の盃台（個人蔵）

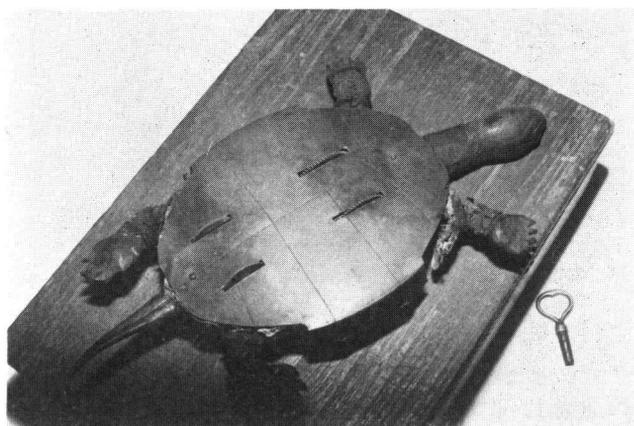


図 21 亀の盃台（裏）

が、²⁰⁾ 現存する 2 体とも大きさ約 15 cm 程度で、手の平に乗る大きさである。ところがこの亀は大きさ 26 cm あり、かなり大きい。

ところで、吉野太夫のからくりといえば、享和 2 年 (1802 年) に滝沢馬琴が京に旅した折りに見た「蟹の盃台」が有名である。この時のことを馬琴は「著作堂一夕話」に図入りで載せている。(図 22) 京で、吉野太夫の子孫の佐野栄庵にこのからくりを見せられ、馬琴は琉球から伝わったものと推理している。この蟹のからくりは現在でも佐野紹益の子孫が所蔵している。(図 23) また、佐野家の分家にも吉野太夫のものと伝えられている蟹のからくりが残っている。(図 24) この二つともまだ動く状態で、とても 350 年以上前のものとは思えないほどであった。馬琴が見たのは佐野家に残るものようだが、吉野太夫のものと言われるものが、3 体もあるのはどういうことなのだろうか。佐野家のものが琉球から伝わったものとして、残りの二つはそれを元に日本人が作った可能性もある。また京で、時計などの技術を修行していた久重も、吉野太夫のからくりのことは知っていたであろうから、もしかする

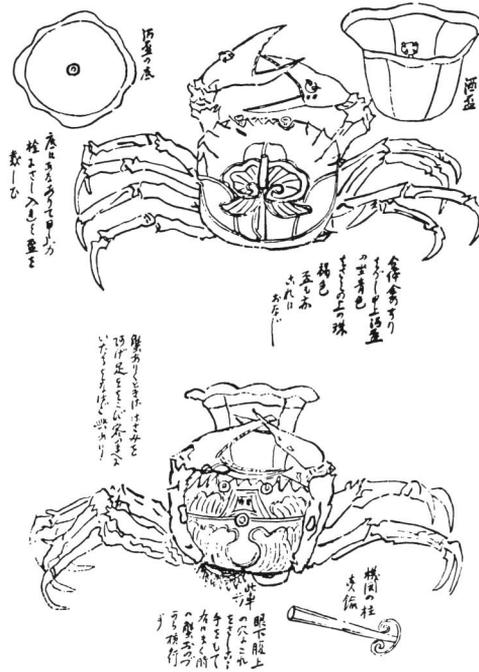


図 22 蟹の盃台（著作堂一夕話所載）

と亀や蟹のからくりを見たかも知れない。その内部機構などの調査は技術史上も重要である。

以上に述べたからくりの調査により技術的な特徴として、以下のことが解明された。動力については鋼、真ちゅう製のぜんまいの製作が難しかった為、鯨のひげを代用とした。しかし動力としては十分なものではなく、このために西洋のからくりに見られるような機構的な発達はできにくかったと考えられる。调速部等の機構は、渡来した時計やからくりのものを模倣したと考えられるが、江戸末期のからくり人形にみられるような歯車の形状、カムを利用した方向転換など理論的ではなく体験的、経験的にそれらを理解し、応用していたと思われる。明治期において西洋技術の導入が行われたとき、こうした知識はいろいろな分野でその理解に大きな助けになったのではなかろうか。

4. からくりとからくり師の果たした役割

この章では、からくりやからくり師が当時の機械技術にどのような影響を与えたのか、いくつかの問題となる点を整理することにより考察する。

(1) からくり師の経歴と特徴

よく知られているからくり師としては、大阪道頓堀で寛文2年(1662年)にからくり興行をした竹田出雲や、機巧図彙を書いた細川半蔵頼直、幕末金沢の奇才大野弁吉、からくり儀衛門として有名な田中久重がいる。²¹⁾ こうしたからくり師はしばしば時計師との関わりを指摘されてきた。²²⁾ 代表的なからくり人形とされる「茶運び人形」は、まったく時計の機構そのものを利用している。しかし、時計師として記録にある技術者で、からくりを作った人物としては普通、田中久重ぐらいが挙げられるだ

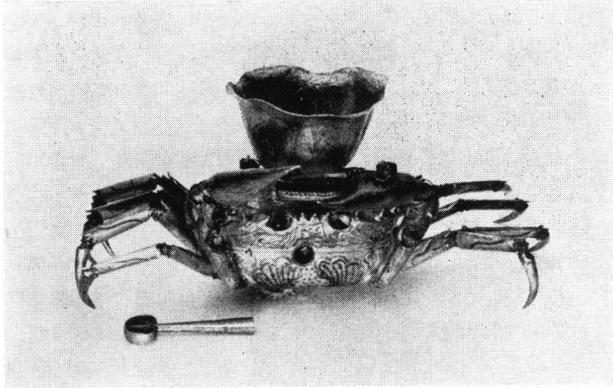


図 23 蟹の盃台（個人蔵）

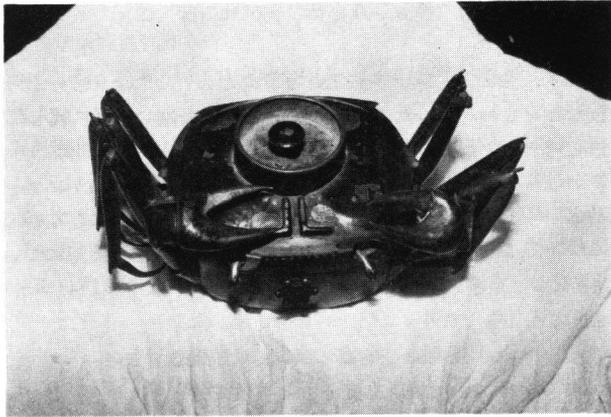


図 24 蟹の盃台（個人蔵）

けである。従って、時計の技術を応用しからくりを作った、時計師以外のからくり師がいたはずである。時計の構造を理解でき、また製作もできたからくり師は、次のような経歴と特徴を持った技術者グループに大別できる。

①最先端の知識と技術を合わせ持った技術者

機巧図彙以前に、「璣訓蒙鑑草」というやはりからくりの図解書がでている。2巻3冊からなり、享保15年(1730年)に多賀谷環中仙という人物によって書かれている。これまで多賀谷については、漢方医とも算学者とも言われていた。²³⁾しかし最近彼の遺品が見つかり、それには「京天文具司 多賀谷環中仙作」とある。(図25)天文具師(司)とは、天文に関する諸機械はもちろん、時計も含めいろいろな科学機器を作っていた人たちのことである。²⁴⁾細川半蔵も、もしかすると天文に対する知識と同時に、天文具師に負けない工作の腕を持っていたが故に、幕府に召し抱えられたと考えるもおかしくない。

同じように寛政の頃伊能忠敬に「垂揺球儀」を作った戸田東三郎なども、金工²⁵⁾というより天文具師と呼べる。田中久重はこの戸田家において時計、天文などの技術を学んでいる。²⁶⁾金沢の大野弁吉

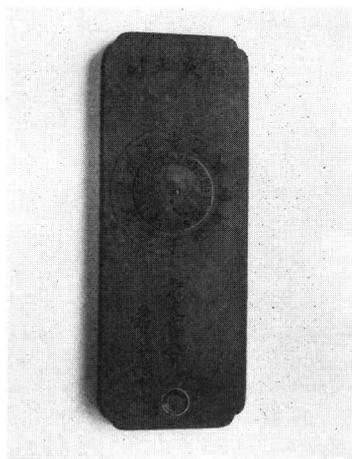


図 25 多賀谷環中仙の夜時計（個人蔵）

もからくりの他、象牙細工、金細工、ガラス細工、写真術など行ったという。彼らは、科学的な知識とそれを具現化する技術とを合わせ持った、当時の社会では最先端の分野に属していたのである。

②からくり製作の技術を持ち、それを専門としていた技術者

山車からくり専門のからくり師の存在は、山崎氏らによってかなり明らかにされている。²⁷⁾ しかしそれとは違った、商品としてのからくりを専門とする、からくり人形師の存在が 3 章で指唆された。このからくり人形師については、調べられたものがほとんどなく、その実態についてはほとんど分かっていない。山田徳兵衛氏の「京洛人形尽くし」²⁸⁾によると、延享 2 年 (1744 年) の「京羽二重大全」に、

“からくり人形師 東洞院七條上ル二丁目 吉兵衛”

“紙細工、からくりたばこ入師 西堀川下立賣下ル町 堀井軒”

とある。また、文久 3 年 (1863 年) の「花落羽津根大全」にも、

“雛人形、ぜんまい人形山ほこ飾人形師 六角富小路角 芳坂屋藤兵衛”

の名がみえる。一般の人形師とは異なる、からくりをなりわいとする人形師が延享年間には既に存在していたことになる。特に文久頃に、ぜんまいとわざわざ銘打ったからくり人形師がいたことは、鯨だけでなく鋼、真ちゅう製のぜんまいが手に入るようになっていた可能性を示す。幕末、嘉永 4 年 (1851 年) には田中久重も、真ちゅうのぜんまいを使った万年時計を作っている。²⁹⁾

からくり人形師は、科学的な知識より経験的な技術の蓄積によって、からくりを製作していたと考えられる。

③個人の知的、技術的欲求によりからくりを作った技術者

天文具師やからくり人形師の作ったからくり人形や、機巧図彙を見て独学でからくり技術を身につけた人たちもいた。常陸国、谷田部に住んでいた名主、飯塚伊賀七 (1762~1836 年) は、文政頃 (1818~1829 年) にかからくりを作っていた。³⁰⁾ 機巧図彙が出版された当時彼は 35 歳、藩医、広瀬周伯に蘭学を学ぶほど学問好きの彼であれば、当然機巧図彙も見て、知っていたと考えられる。

細川半蔵の生まれた土佐にも、江口市左衛門正直、方良親子そして楠瀬恵恒らのからくり技術者がいた。³¹⁾ 江口市左衛門 (1620~1681 年) は土佐の幡多郡下田の豪商であった。当時日明の貿易船は、

通航路である関門海峡を周防の豪族大内氏におさえられ、土佐沖を通航し大阪に入らねばならなかった。下田はその寄港で、また京阪に必要な木材や薪炭を運び出す港でもあった。正直みずから、船に乗り九州、大阪に赴き、商売の傍らいろいろなことを見聞した。そうして蓄えた知識と技術で、船の水垢を吸い取る「スッポン」なる機器を発明したり、からくり人形を作ったりしたと伝えられている。また彼が大阪に行った折り、当時有名な竹田出雲のからくり芝居を見た。ところが出雲の人形は行ったままで戻ってこない。そこで正直が出雲に人形が戻る機構を教えたという。茶運び人形の方向転換機構のことだろうが、あの稀代のからくり師竹田出雲にまさる知識、技術を持っていたというのは、当時の機構技術が一般の人たちから大きくかけ離れたものでなく、まだ身近に理解できるレベルであったともいえる。彼の息子の方良(?~1718年)も機巧を好み、工夫の才があった。彼が足摺山寺に寄進した人形時計は、後にネジが壊れて動かなくなったとき、細川半蔵が修理したといわれている。楠瀬恵恒(1774~1807年)は、土佐安芸郡伊尾木村の福屋という商家に生まれた。彼は細川半蔵の家で、半蔵の作った時計を見せられ、それ以後時計や車輪船などの機械を作るようになったということである。江口方良が細川半蔵に、半蔵が楠瀬恵恒にからくりを通して影響を与えている。でき過ぎの感もあるが十分考えられることで、このようなことはおそらく、日本各地であったと考えられる。

(2) からくり技術の流入経路について。

ここではからくりの知識、技術がどの様に流入し、または工夫され広まったのかを考察する。

①からくり技術の流入

からくりに使われた機構、技術は、西洋の場合と同じように時計と関係が深いといわれている。日本に時計が伝わったのは、天文20年(1551年)ザビエルが大内義隆に送った機械時計が最初とされる。日本の技術者はすぐその原理、製法をマスターした。慶長3年(1598年)以前に初代津田助左衛門が時計を製作し、遅くとも元祿(1688年)までには日本の不定時法にあった時計、和時計を製作していた。³²⁾ そうした技術を応用してからくり人形が作られたのであろう事は容易に考えられる。吉野大夫の蟹のからくりについても、海外からもたらされ、それを模倣、製作した過程が推定できる。

時計をもたらしたキリスト教宣教師は、キリスト教とともに西洋の科学と技術も伝えた。「耶蘇会の学校制度」³³⁾によれば「慶長5年(1600年)以来、天草島の志岐のセミナリヨの生徒幾人かは、オルガン製作の授業を受けた。時計及び天文機器製作も行われた。」とある。また、宣教師たちが、キリストの復活祭にからくり仕掛の飾りを見せたという記録もある。³⁴⁾ 鎖国が始まる寛永頃には、各地のセミナリヨも姿を消していたが、その知識、技術は各地に大きな影響を与えたと考えられる。

②からくり技術の普及

からくり技術は、いわゆる生産的技術ではないために社会の統制からはずれ、各地に広まりやすかったと考えられる。からくりの芝居興行、商品化されたからくり人形などは、日本各地にその技術を広めることに役立ち、その影響で江口市左衛門や楠瀬恵恒のように、実際に作ってみる人たちもいたと推定される。

機巧図彙、機訓蒙鑑草などの本も、からくり技術を普及させた。機巧図彙は文化5年(1808年)に再版されるほど評判が高かった。当時は、貸本屋なども十分商売になるほど、一般の文化レベルも向上しており、写本も含めそうした本が手に入りやすくなっていた。³⁵⁾ 大野弁吉も機巧図彙の写しを残している。

からくりの果たした役割は、まず科学と知識を持った天文具師のような人たちが自分の知識と技術を示すための、一手段としてからくりを作り、その内部の機構に対する興味を一般大衆に起こさせたことにある。この啓蒙的な効果については、竹田出雲のからくり芝居や山車からくりも挙げられる。

そして、その興味を元に商品としてのからくりが作られる。さらにこうしたからくりの普及が、各地にそれを模倣し、製作する技術者を生んだことが考えられる。

5. ま と め

以上、からくりを実証的に調べ、その構造上の特徴と技術史上の役割について考察した。大きな特徴として、動力の不足が挙げられる。機構的技術を発展させていくための、重要な要因が十分でなかったことは、からくりが機構的ではなく、人力による「あやつり」や工芸的なものに向かっていった原因の一つと考えられる。また、からくりが機構的技術の普及に果たした役割についても指摘した。これは今後さらに多くの実物資料や文献資料によって、他の技術分野との関わりも含めて確かめられねばならない。いずれにせよ江戸時代の技術者たちが、からくりを作ることで身につけた体験的な技術的知識は、その後の明治期に於ける理論的知識の理解に、大いに役立ったと考えられよう。

6. 謝 辞

本稿作成のための資料調査等に関して、国立科学博物館理工学研究部の石橋一郎、中川徹、佐々木勝浩、清水慶一、前島正裕、教育部の飯野貞雄の各氏はじめ、各地の博物館、資料館の方々にご協力いただきました。ここに改めてお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 立川昭二 1967. 「機巧図彙の周辺」, 科学史研究, **83**: 113-123.
- 2) 高柳真三・石井良助編 1976. 『御触書寛保集成』東京 岩波書店 1356 pp., 1017.
- 3) 吉田光邦 1974. 『機械』東京 法政大学出版 234 pp., 162.
- 4) 山崎構成 1976. 『曳山人形戯現状と研究』東京 東洋出版 1221 pp., 789-799.
- 5) 和辻哲郎 1971. 『日本芸術史研究』東京 岩波書店 695 pp., 692.
- 6) 山崎構成 1976. 『曳山人形戯現状と研究』東京 東洋出版 1221 pp., 906.
- 7) 山田徳兵衛 1953. 『人形芸術』東京 創元社 128 pp., 72.
- 8) 山崎構成 1976. 『曳山人形戯現状と研究』東京 東洋出版 1221 pp., 907.
- 9) 立川昭二 1969. 『からくり』東京 法政大学出版 393 pp.
- 10) 国立科学博物館 1987. 『鯨の世界』東京 科学博物館後援会 35 pp., 11.
- 11) 大林雄也編 1988. 『大日本産業事蹟 2』東京 平凡社 362 pp., 45.
- 12) 大矢真一 1976. 『鯨史稿』東京 恒和出版 538 pp., 198-205. (大槻清準 1808. 『鯨史稿』)
- 13) 日本ばね工業会 1974. 『日本のばねの歴史』東京 日本ばね工業会 295 pp., 17.
または、山口隆二 1950. 『日本の時計』東京 文壽堂 318 pp., 218.
- 14) 山崎構成 1981. 『曳山の人形戯』東京 東洋出版 1068 pp., 864-875.
- 15) 立川昭二 1969. 『からくり』東京 法政大学出版 393 pp., 258.
- 16) 立川昭二 1969. 『からくり』東京 法政大学出版 393 pp., 65-68.
- 17) 山田徳兵衛 1942. 『日本人形史』東京 富山房.
- 18) 江馬 務 1922. 『灰屋紹益と吉野太夫』東京 芸艸堂 160 pp., 123-129.
- 19) 朝比奈貞一 1949. 「久能山御時計拝見記」, 時計, **1**(9): 23-25.
- 20) 今津健治 1964. 『近代技術の先駆者-東芝創立者田中久重の生涯』東京 角川書店 205 pp., 68.
- 21) 全体をまとめたものでは前掲、立川氏の『からくり』がある。
個別のものでは前掲、今津健治『近代技術の先駆者-東芝創立者田中久重の生涯』。
竹田出雲については、『竹田出雲集』朝日新聞社 (1975),
細川半蔵については、『土佐史談』復刊 61 号 (1975) に詳しい。
- 22) 吉田光邦 1974. 『機械』東京 法政大学出版 234 pp., 167.

- 23) 福本和夫 1982. 『カラクリ技術史話』東京 フジ出版 294 pp., 169.
- 24) 飯野貞雄 1986. 「大隅源助の引き札」. あかり 1: 28-32.
- 25) 山口隆二 1950. 『日本の時計』東京 文壽堂 318 pp., 27.
- 26) 今津健治 1964. 『近代技術の先駆者-東芝創立者田中久重の生涯』
東京 角川書店, 205 pp., 46-52.
- 27) 山崎構成 1981. 『曳山の人形戯』東京 東洋出版 1068 pp..
- 28) 山田徳兵衛校 1938. 『京洛人形尽くし』東京 芸艸堂, 16-17.
- 29) ASHINA, T. and ODA, S., 1954. "Myriad-year clock" made by G. H. Tanaka 100 years
ago in Japan. *Bull. Natn. Sci. Mus.*, 1(2): 1-12.
- 30) 谷田部文化財保存会 1963. 『飯塚伊賀七』茨城 谷田部文化財保存会 47 pp..
- 31) 寺石正路 1978. 『土佐民間科学者伝』高知 高知市民図書館 220 pp..
- 32) 山口隆二 1950. 『日本の時計』東京 文壽堂 318 pp., 11-58.
- 33) 岡本良知 1943. 『日本に於ける耶蘇会の学校制度』東京 東洋堂, 251.
- 34) 柳谷武夫編 1968. 『新異国業書 1』東京 雄松堂, 260.
- 35) 辻 達也 1988. 『江戸時代を考える』東京 中央公論社 185 pp., 137.

