

明治前期の機械式計算器の開発に関する一考察

前島正裕

国立科学博物館理工学研究部 〒305-0005 茨城県つくば市天久保4-1-1

One Consideration about Development of Mechanical Calculators in Early Meiji Period

Masahiro MAEJIMA

Department of Science and Engineering, National Museum of Nature and Science, Tokyo
4-1-1 Amakubo, Tsukuba-shi, Ibaraki 305-0005, JAPAN

Abstract Investigating records of domestic industrial exhibitions and Japanese patent in early Meiji period, this report shows that the social interest in a calculation instrument had increased, and that there were a few Japanese people who tried to make calculators before Ryouichi Yazu who made the mechanical calculator named as Jido-Soroban, and that the development of mechanical calculators had already begun at that time. And a unique mechanism of a mechanical calculator which has stepped teeth on counting disk patented by Matsubayashi Kenjiro is discussed.

Key words: Mechanical Calculator, Soroban

1. はじめに

我が国で最初に商用に生産された機械式計算器として、矢頭良一（1878～1908）が発明し、1903（明治35）年に特許登録された「自動算盤」¹⁾が良く知られている。「自動算盤」は内山昭や山田明彦らの報告により詳しく知られるようになったが²⁾、それ以前の我が国における計算機械の開発については今まであまり関心を持たれてこなかった。わずかに綿紡機の発明で有名な臥雲辰致（1842–1900）が1888年頃試作したとされる木製の加算用計算機や、漢学者の佐伯元吉（1865–1934）が1892（明治25）年に製作したとされる木製のデジタル式加減乗除算用の計算機が知られる程度である³⁾。そこで本稿では、日本国内の計算器開発における明治前期の実態を把握するため、内国勸業博覧会の出品記録と特許登録の明細書に着目し、「自動算盤」以前の計算器について調査を行った。

2. 内国勸業博覧会の記録から見る明治前期の計算具及び計算器

江戸時代の我が国においては、算盤や算木を用いた計算方法がよく知られていた。明治時代になると経済活動はますます盛んになり、計算の用途が増え算盤は日用の道具として盛んに使用された。その時代を反映し、明治初期に開催された内国勸業博覧会にも算盤が多数出品されている。それらの中に新たな工夫をこらしたものが登場している。

内国勸業博覧会は、初代内務卿大久保利通の建議により開始されたもので、第一回は1877（明治10）年に東京の上野公園で開催された。出品物は鉱業及び冶金に関するもの、製造物、美術、機械、農業、園芸の分野にわたる多岐なもので、国内外のさまざまな産業や技術を人々に紹介し、またその質を競わせ、産業を振興する場として活用された。その主旨から、博覧会には新しい発明や改良・工夫された日用品などが多数出品され、その中には計算具や計算器もあった。

1877（明治10）年に開催された第一回内国勸業

博覧会から、1903（明治36）年の第五回内国勸業博覧会までの五回の博覧会に出品され、褒状授賞など何らかの評価を得た算盤、計算具及び計算器類を表1に示した。第一回の内国勸業博覧会では第二区（製造物）の第十六類（教育ノ器具）で8件の受賞⁴⁾があった。第二回では教育ノ器具は第二区（製造物）の十四類（教育及ヒ學術の器具）に移り学校用掛算盤2件と算盤31件の出品があったが、第一回の授賞者は選外となった^{5),6)}。第三回では第5部（教育及学芸）の三十九類で7件⁷⁾、第七部（機械）で1件⁸⁾の合計8件、第四回ではすべて算盤類で第5部（教育及学芸）の三十八類（教育）に分類されて8件⁹⁾、第五回も同様にすべて算盤類で第9部（教育、学芸、衛生、経済）の五十類（學術）に25件¹⁰⁾である。

個別の構造については残念ながら詳しいことは不明であるが、出品の大半が教育用計数器、かけ算盤、算盤または大型の教授用算盤で、『第二回内国勸業博覧会報告書 第2区』⁶⁾によれば、この時代「洋算いまだ良く行われざるので算盤を持って計算の用に供する。高等の術にいたりては、算木を用い、あるいは紙筆を用いる。」ような時代であった。第四回の『第四回（明治廿八年）内国勸業博覧会審査報告 第5部』¹¹⁾における項目毎の評価では、教育用の計算具について「ほとんどが構造的におかしいものや奇巧妙すぎて算数の正確な学習の邪魔になる」と厳しい。ただし「算計両器塗板付」と「旋轉指數器」については、前者について「軸の構造脆弱ですぐ壊れる」、後者について「構造が粗雑で使用に耐えない」と指摘しつつ、両者

とも改良すれば教授上役に立つと評価している。

第五回の計算具はすべて算盤である。『第五回内国勸業博覧会審査報告 第9部』¹²⁾によれば、「算盤の上等品はかつて中国製であったが、約百年前に出雲國龜嵩町村上吉五郎なる人物が轆轤を応用して種々改良を加え、その製造器械と方法を一子相伝とした。後に島根県の梅木一右衛門が出雲の名産龜嵩算盤の製造者として評判となった。明治の初年にその技術は広く伝授し、第五回博覧会当時には大阪府、広島、鳥取両県においても良品を製造すること多数となった」（筆者意識）とのことである。博覧会にはその他に四十九類（教育）に「計数器」として百件を超える応募があったことが報告されている¹³⁾。しかしこれら簡単な教育用器具は学校の出展品で評価は極めて低く、東京高等師範学校附属小学校と女子高等師範学校附属小学校の計数器のみ記述がある¹⁴⁾。

3. 明治前期の国内特許に見る計算具及び計算器

我が国では1885（明治18）年4月に「専売特許条例」が公布され特許制度がスタートした。その年の8月に登録された第1号から1888（明治21）年6月の第500号までの500件について調べてみると、16件の計算具・計算器関係の特許が出されていたことがわかった。この16件は水澤義正の「摺動機附算盤」（特許第304号）と野口幾太郎・松本卯之助の「標字變換自在算盤」（特許第三六九号）を除くと、算盤や教育用大形算盤の改良である。さらに1885年の第一号から1902年の第6010号

表2. 明治時代前期の特許明細書に見る計算器及び計算具（第6010号まで、ただし算盤類を除く）

発明品名称	出願年	特許権者	特許番号及び特許登録日
摺動機附算盤	1886（明治十九）年 11月6日	水澤義正 東京府深川区	特許第三〇四号（第百十四類） 明治十九年十二月二十五日
標字變換自在算盤	1886（明治十九）年 12月1日	野口幾太郎 東京府京橋区 松本卯之助 東京府京橋区	特許第三六九号（第百十四類） 明治二十年六月十七日
計算器	1891（明治二十四）年 3月11日	佐伯元吉 鳥取県久米郡	特許第一七〇九號（第百十四類） 特許 明治二十五年九月二十三日
計算器	1893（明治二十六）年 3月1日	柘林謙治郎 山口県豊浦郡	特許第二〇六三號（第百十四類） 特許 明治二十六年十月十四日
計算機	1897（明治三十）年 11月11日	山田良吉 京都府船井郡	特許 第三四七六号（分類不明） 特許 明治三十二年五月十八日
自働算盤	1902（明治三十五）年 3月3日	矢頭良一 住所記載なし	特許第六〇一〇号（分類不明） 明治三十六年一月廿九日

(矢頭の「自動計算盤」)までの間に登録された特許の中から機械的機構を持つ計算器を調べたところ、表2に示した6件の特許が登録されていたことがわかった。

水澤義正の「摺動機附算盤」と野口幾太郎・松本卯之助の「標字變換自在算盤」は、共に字を記入した板を計算時に用いるよう工夫した算盤で、その板を動かすところに歯車と滑車を用いていた。一方佐伯元吉(1865-1934)が考案した「計算器」は、上記算盤と同様計算時に数字を記入した板を左右に動かす点は同じであるが、本器は算盤ではなく、数字を記入した小片を表のように並べて、手で動かしながら計算を行うもので、加減乗除用が可能であった。佐伯は鳥取県久米郡下北條村大字松神村(旧因幡鳥取藩領で、現在の鳥取県東伯郡北栄町)の漢学者・教育者である¹⁵⁾。柘林謙治郎の「計算器」は歯車機構を使った機械式計算器である。柘林「計算器」の詳細は次項で述べる。山田良吉の計算機は、算盤玉を立てにつなげて無限軌道のキャタピラのように回転させ、その動きを歯車に伝えて計算する機械式計算機である。加減乗除算が可能である。なお山田と矢頭の特許明細は、旧形式¹⁶⁾のため分類は明記されていない。

4. 柘林計算器の構造とその特徴

柘林の計算器は、歯車を使った機械式のデジタル計算機である。その特徴は計算器本体中央にレイアウトされた大円板を使う数送り機構にある。そのメカニズムはライプニッツ(Leibniz)のステップド・ドラム(Stepped Drum)歯車やタイガー計算器などで使われた出入歯式歯車とは異なっている。図1にその構造を示す。(a)は本体表面図、(b)はその内部構造を上から見た平面図、(c)は、横から見た断面図である。

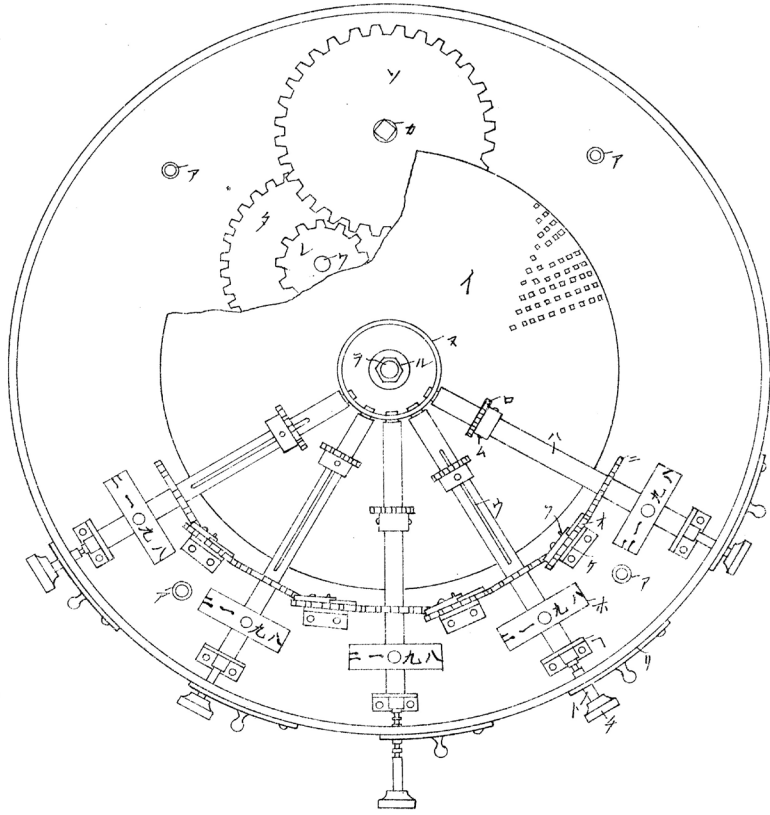
特許明細から、その構造と計算方法は次のようである。外形は円盤状で、その内部の中央に大円板(イ)がある。大円板(イ)の上面には外周より内に向かって、10, 9, ~1個に至る歯列がある(図1(a)の歯列も特許明細の説明も10, 9~1個と表記されているが、9~1個の間違いだと思われる)。歯はそれぞれ円周方向には大円板(イ)の同心円状に、軸方向には各歯列がシリンダー(ハ)に固定した歯車(ロ)と噛み合う配置となっている。シリンダー(ハ)の本体外周に近い方に、0~9

の数字を周りに記した示答輪(ホ)と歯車(ニ)が固定されている。シリンダーの中央には立て溝(ウ)があり、ここを通してシリンダー(ハ)内に挿入したシャフト(ト)と歯車(ロ)が連結されている。このシャフト(ト)には、シリンダー(ハ)の端より外側に引き出す部分に、10個のノッチ(キ)が設置されている。ノッチ(キ)の幅は大円板(イ)の表面に植列した歯の幅に等しく、またノッチ(キ)と次のノッチ(キ)との距離は、大円板(イ)の表面の各歯列の距離に等しい。従ってノッチ(キ)は引き出す前が「0」で、ノッチ(キ)を1個引き出すと、歯車(ロ)が大円板(イ)の上面における1個の歯に噛み合い、2個引き出すと2個の歯に咬合する。

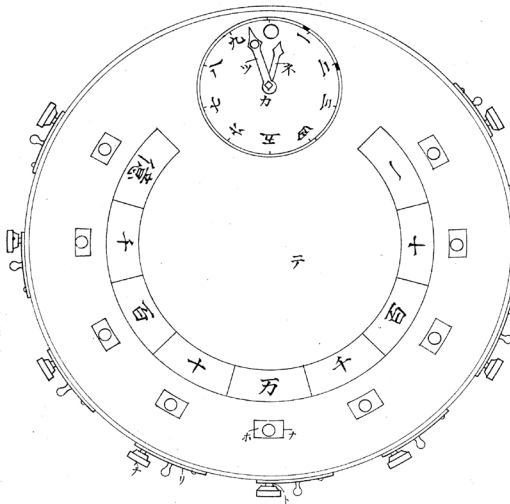
シリンダー(ハ)、シャフト(ト)、歯車(ロ)の組み合わせは、スポーク状に配置され、歯車(ニ)と次の歯車(ニ)の間には、歯車(オ)が置かれている。これは桁上げ機構で、この歯車(オ)に弾片(マ)でテンションをかけた歯押(ク)を配し、歯車(オ)が一方に回転する時のみ一回転毎に歯押(ク)で、次の歯車(ニ)の歯一個を送りだす。しかし、反対に回転する時や、次の歯車(ニ)が反対の回転をするときは、歯押(ク)のみ回動して、次の歯車(ニ)や歯車(オ)は影響を受けない。

歯車(ソ)の軸(カ)には、上端に短針(ネ)を差込み、その上部は角状にして長針(ツ)を取り付ける。長針(ツ)を廻すと歯車(ソ)一歯車(レ)一軸(ワ)一歯車(タ)一歯車(ヨ)を通じて大円板(イ)が回転する。示答輪(ホ)の数字は上から覗けるように、上板(コ)および盤(テ)を通し孔を開ける。そして盤(テ)の表面上の軸(カ)の周りに円を書き、その円周を十区に等分して、0~9の数字を記入し、長針(ツ)が今いくつを示しているか分かるようにする。

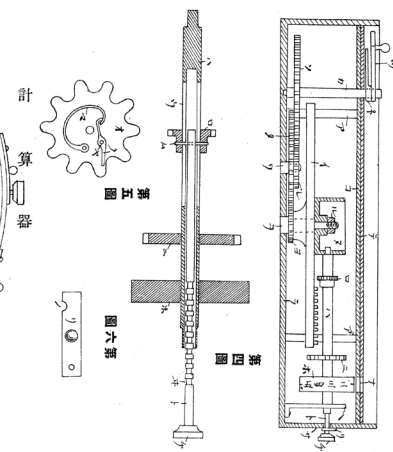
歯車(ソ)、(レ)、(タ)、(ヨ)の歯数は、歯車(ソ)が一回転するとき、歯車(ヨ)が十回転するように決定する。かつ歯車(ロ)、(ニ)、(オ)は共にその歯数を十個とする。ゆえに孔(サ)よりある数だけノッチ(キ)を引き出してシャフト(ト)の位置を定めれば、歯車(ロ)はその数に等しい歯数よりなる歯列(大円板(イ)の表面における)に咬合するため、長針(ツ)を(○)記号より(1)記号まで、すなわち十分の一回転すれば、大円板(イ)は一回転し、従って歯車(ロ)はノッチ(キ)の数だけその歯を送る。ゆえに、示答輪



(a)平面図



(b)正面図



(c)側面図

図1. 柘林謙治郎の「計算器」(特許第2063号より)

(ホ)の記号数字(○)を最初に孔(ナ)に設定しておけば、孔(ナ)に表れる数字は、外部に引き出したノッチ(キ)の数を示すものになる。

以上のような理由から、長針(ツ)を十区画、即ち全一回転するまでは、回転した区画に等しい数だけ外部に引き出したノッチ(キ)の数を倍した総数、即ち前二数の乗積が孔(ナ)に表れることになる。

乗算はまず孔(ナ)にすべて(○)記号を表し、次に右方を下位として時計回りに被乗数のだけそれぞれノッチ(キ)を引き出し、乗数が一桁なら長針(ツ)をその数に等しい区画だけ回転させる。すると孔(ナ)に乗積が表れる。乗数が十位以上の場合は、まずその最上位の数より掛け始める。最上位の数字を前段と同一の手順で掛け算した後、摘子(チ)を回転して、孔(ナ)に表れる数をすべて一位ずつ上位に移して、最下位には(○)を表す。次に乗数の上から二桁目の数字を掛け算して、その後また、孔(ナ)に表れるすべての数を一位ずつ上位に移し、また最下位を(○)にして、次に乗数の上位より三位下の数を掛け算し、順次この方法によって、最後まで計算する。

長針と短針の軸への取り付け方、桁上げ機構のところで使われている弾片(マ)と歯押(ク)の構造および輪列の組み合わせは、柱時計技術の応用を想起させる。数を送る重要な機構である大円板上の歯列の数が間違っているなどの点から、本器が実際に作られたか定かではないが、上記のシンプルな構造から原理的には動作をする可能性がある。しかし長針を「1」進めると大円板が一回転する構造は、長針=軸=歯車-歯車=軸=歯車-歯車=軸=大円板と力を伝えて一回転させ、さらに大円板の歯列とかみ合う歯車=シャフトを回転させる必要があるため、長針の取り付け部分にかなり無理な力が加わると推定される。

5. Christel Hamann の Calculating-Machine

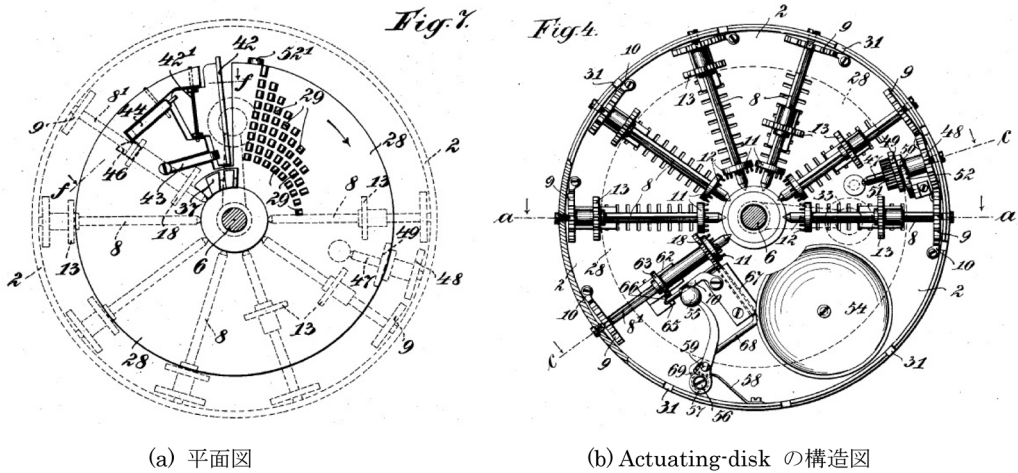
前項のように、柘林の「計算器」は、歯車機構を持った機械式計算機で、円盤形のフォルムと、表面に1~10までの歯列のある平円板を用いた数送り機構を特徴とするが、同じ特徴を有する計算器の特許がドイツのエンジニアによって米国で出されている。1905年に申請され、1906年にpatentが登録されたChristel Hamann (1870-1948)の“Calculation Machine”¹⁷⁾である。図2にその構造

を示す。(a)は計算器中央部の大円板を含む平面図、(b)は大円盤上面のシリンダー・シャフト配置平面図、(c)は本体断面図である。

この計算機は、柘林の「計算器」と同様に、円盤形の平たい本体内部の中央に、1~9個と順番に数が増える歯列をその表面にもった大円板が設置されており、その歯列に噛み合う歯車を使って「数送り」を行う。柘林の計算器では、歯車はシリンダー内のシャフトに取り付けられており、そのシャフトを引き出して乗数を設定したが、本機は逆に歯車がシリンダーに取り付けられており、シリンダーを動かして乗数を設定する。大円板は、その軸に取り付けられたクランクを持って直接駆動するので構造的に無理がない。また、大円板下部にも放射状にシャフトが設置されており、はるかに複雑な構造となっている。その構造により、柘林の器械は加算乗算器だがHamannの器械は四則演算が可能である。

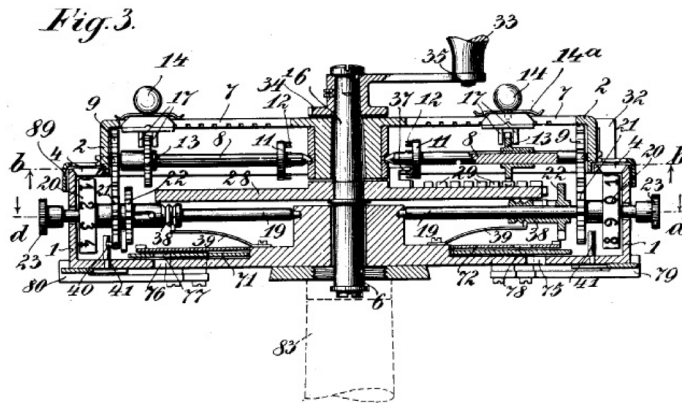
Hamannは特許明細の中で、その器械の特徴を、タイガー計算器などにも使われた出入歯式歯車でも、ライプニッツのステップド・ドラム歯車でもなく、階段状の歯を表面を持ったシングルディスク(actuating-disk)を使っている点であるとしている。ディスク上歯列の増える方向が柘林の方式では中心から外周に向かっているが、(図2(a)参照)、Hamannの方式では逆に外周から中心に向かって増加している点(図2(a)参照)が異なっているが、基本的な考え方は同一である。柘林の特許出願は1893(明治26)年3月1日、特許登録は1893(明治26)年10月14日である。一方Hamannの出願は1905年4月28日、特許登録は1906年10月9日であり、柘林の方が10年以上早い。

Christel Hamannの計算器以前の類似案件として、円盤、円筒形の計算機としては、Anton (Antonius) Braun (1686-1728)が1727年に製作した計算器、1770年代にPhilipp Matthäus Hahn (1739-1790)が製作した数台の計算器や1780年代のJohann Helfrich Müller (1746-1830)の計算器などが有名であるが、これらはいずれもライプニッツのステップド・ドラム歯車を使用している。米国の特許を調査したが、柘林とHamannの両者に共通して先行する器械は見つかっていない。しかし現時点で柘林の計算器がオリジナルなアイデアによるものか否かは結論できない。



(a) 平面図

(b) Actuating-disk の構造図



(c) (b)図の a-a における断面図

図2. Christel HamannのCalculating-Machine (US Patent No. 832 666より)

6. 終わりに

矢頭良一が特許を登録した1902(明治35)年以前の我が国の計算器の開発史について、内国勸業博覧会の報告書や褒状授与人名録と特許明細書に焦点を当て、従来我が国の情報処理技術発展の視点から取り上げられることがなかった事例を示し、明治黎明期にこの分野に参入した人々がいたことを示した。さらにその中から、歯車を用いた機械式計算器である柘林謙治郎の「計算器」に焦点を当て、その構造を示し、独特の構造の実現可能性とオリジナル性について考察した。

柘林の「計算器」が実在した可能性は現時点で不明であるが、その構造から耐久性に多少難があるものの、可能性があることがわかった。さらな

る考察には、実際に機能モデルを作成し、実現性について動作を確認する必要がある。またその構造は、管見の限りオリジナル性の高いものであると思われる。

今回の調査では器械式計算に焦点を当てたため詳細に構造を考察したのは柘林の計算器のみであったが、今回表1と表2に挙げたその他の計算器類についてもさらなる調査が必要であろう。また里程器などのように歯車を使って距離を測る器械や自動販売機などの発明や工夫も今回の調査から多数確認されており、これらを我が国における情報処理技術史の視点から調査し、再評価する必要もある。

引用文献

- 1) 日本機械学会, 2008. 「自動算盤 (機械式卓上計算機) パテント・ヤズ・アリスモメトル」, 『機械遺産』, 機械遺産 第30号, 日本機械学会, 6.
- 2) 山田明彦, 2010. 「明治時代に開発された我が国最初の計算機「自動算盤」」『Fundamentals Review』, Vol. 4, No. 3, 105–112.
- 3) 内山昭, 1983. 『計算機歴史物語』, 岩波新書, 163.
- 4) 条野伝平編, 1877. 『明治十年内国勸業博覧会賞牌褒状授与人名録』, 条野伝平, 71p.
- 5) 第二回内国勸業博覧会事務局, 1882. 『第二回第二回 (明治十四年) 内国勸業博覧会審査評語 上』, 内国勸業博覧会事務局, 395p.
- 6) 農商務省, 1883. 「第二区第十四類第十五類第十九類」『第二回内国勸業博覧会報告書』, 農商務省博覧会掛, 91–95.
- 7) 第三回内国勸業博覧会事務局, 1890. 『第三回内国勸業博覧会褒賞授与人名録 第五部』, 内国勸業博覧会事務局, 4–9.
- 8) 第三回内国勸業博覧会事務局, 1890. 『第三回内国勸業博覧会褒賞授与人名録 第七部』, 内国勸業博覧会事務局, 3.
- 9) 第四回内国勸業博覧会事務局, 1896. 『第四回 (明治廿八年) 内国勸業博覧会審査報告 第5部』, 第四回内国勸業博覧会事務局, 20–21.
- 10) 小倉政次郎編, 1903. 『第五回内国勸業博覧会受賞人名録』, 東浪館書房, 651p.
- 11) 第四回内国勸業博覧会事務局, 1896. 『第四回 (明治廿八年) 内国勸業博覧会審査報告 第5部』, 第四回内国勸業博覧会事務局, 22.
- 12) 第五回内国勸業博覧会事務局, 1904. 『第五回内国勸業博覧会審査報告 第9部』, 長谷川正直, 168–169.
- 13) 第五回内国勸業博覧会事務局, 1904. 前掲書 (12), 54–44.
- 14) 第五回内国勸業博覧会事務局, 1904. 前掲書 (12), 105–108.
- 15) 新日本海新聞社鳥取県大百科事典編集委員会編, 1984. 『鳥取県大百科事典』, 新日本海新聞社.
- 16) 櫻井孝, 2011. 「明治期の特許発明明細書 (公報) のナゾ」『特技懇』, 特許庁技術懇話会, No. 260, 109–118.
- 17) Hamann, C., 1906. Calculating Machine. US Patent, No. 832 666.