

輸入された三台のカルヴァー望遠鏡 (近代以降、我国に影響を与えた反射望遠鏡とその後)

坂井義人(長野県) 中村和幸(大阪市 元・中村特殊機)

1、はじめに

明治期以降近代におけるわが国の天体望遠鏡事象については、当初の屈折式の導入を経て、天体物理学の進展に従い、多くは反射式望遠鏡に移行した。このあたりの詳細については未だ全てが明らかにはされているとはいえないが、天文分野の細分化が開始されて以来、我が国の望遠鏡来歴にも目が及ぶこととなりつつあるのは、誠に好ましい。とりわけ過去遺品の蒐集と保管を始めとする諸活動が、国立科学博物館及び国立天文台を始めとして関係機関で開始され、多くの目が向けられつつあるのは重ねて慶ばしい。本稿においてはその刺激を意識しつつ、報告者の狭小なる経験と知識をご容赦いただきながら、関係諸事をも含めて、多少なりともその紹介を試みる事としたい。本稿には、余り紹介されることも少ない技能方面と関係事象についての論述も試みる事とするが、いささかの余技にも偏り、本稿の目的とする所から外れる内容もあり得る事を、我が国の光学的歴史に及ぶ事象として、何卒ご容赦を賜りたい。

2、反射望遠鏡製作とその関連俯瞰(関係者名等年表)

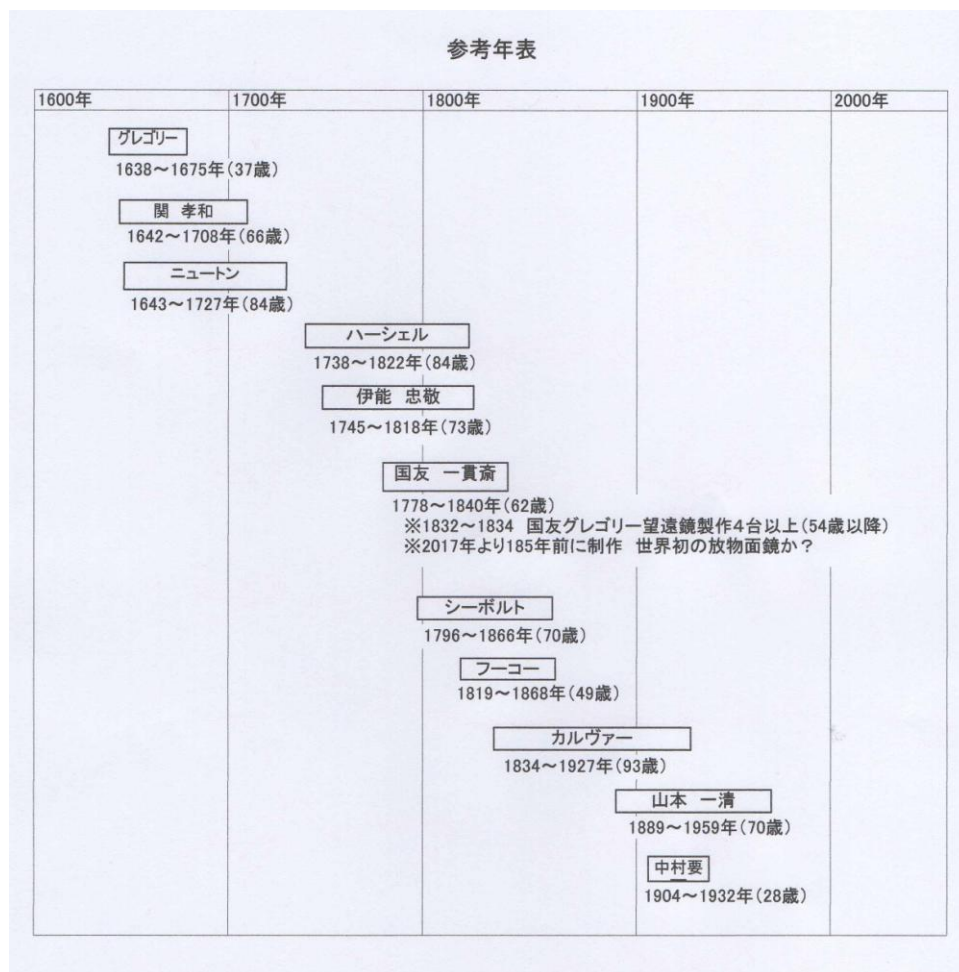


図1 中世より近世及び現代に至る反射望遠鏡製作者等の年代説明図

図1は、反射望遠鏡の考案発明から、その製作とより改良を意図した関係者その他の人的年表である。これ以外にも記すべき重要人物は多数存在するが、ここでは、あくまでも反射式の望遠鏡の考案から、我が国への導入という道のりにのみ限っての年表とし、以下の本稿全体の参考に供していただければ幸いである。

さて、反射式望遠鏡は大物理学者「ニュートン」の発案と謳われるが、実は数学と物理の先達「ジェームス・グレゴリー」に始まるという。グレゴリーはニュートンより五年ほど早く誕生したが、37歳という若さで世を去った。それに比してニュートンは80歳を超える長寿を全うし、業績的にもグレゴリーはその影に隠れるような印象を伴っている。

しかしながらグレゴリーは数学の世界に貢献し、光学歴史初期としては、ニュートンより一早く凹面鏡を使った反射式の望遠鏡という光学概念を発明したという。即ち、回転放物凹面主鏡と楕円副鏡を組み合わせた成立像の望遠鏡の概念を発表しつつも、残念ながら具体的な光学系の製作には成功しなかったとも伝えられる。それに比してニュートンは、いわゆる主鏡の光路を90度折り曲げた倒立反転像の「ニュートン式望遠鏡」を作り上げ、今に至る反射望遠鏡の概念を末永く残し、現代も多用され続けてその大いなる足跡を残している。グレゴリー式反射望遠鏡と、ニュートン式反射望遠鏡は、かかる宿命的な命運から誕生し、その後の光学研究の礎となり、日本も含む全世界を席卷し数々の天文学発見事象にも繋がると言う偉業を成し遂げた。両者の光学図概念等は省略するが、これらは天文光学分野に関係する者にとっては、誰をも知る偉業として今に記憶され続けている。

さて、上記に記述した望遠鏡関係者年代図には、時代を背景とした幾つかのグループにそれぞれが属しているように見える。1600年代から1700年代初頭の数学者物理学者のグループ、即ち「グレゴリー」と「ニュートン」そして日本人の「関孝和」の三名である。特に関孝和は和算の創始者でもあり、何と世界にはニュートンを始めとする大数学者に列せられる。ここから読み取れるのは、数学としての洋の東西という地域差はあるが、日本人の科学技術その他にとっても大きい影響もあったと見るべき事実であろう。突然に幕末明治期を経て数学の概念を学んだというのは、数学史としては誤りに等しく、これは目を見張るべき事実であろう。本稿は反射望遠鏡の歴史的な評価ではあるが、我が国にも、ニュートンその他と比肩する数学者及び、光学史的事跡も江戸時代に確かに存在し、これらは未だ発掘を待つべき事実でもであろう。

次に1700年代半ば頃より、その後の約100年を貫いた、天文観測及びその他の発展を促したグループの存在である。この他にも勿論のこと、数多くの科学者もこの時代は輩出させた。測地天文学の「伊能忠敬」、純粹観測天文学の「ウィリアム・ハーシェル」そして多くの謎をも秘めた鉄砲鍛冶であり、グレゴリー望遠鏡をも独自に作り上げたという「国友一貫斎」（国友藤兵衛）の事跡である。伊能忠敬も地図作りとはいえ、やはり観測的天文家と見るべきであろう。（なお、一筋縄では扱えない印象を残す国友望遠鏡については、今回は最後の部分に特異的事象の存在として紹介する。）

さて最後に、日本で言えば幕末期の1800年代初頭から、1900年代半ばに至る約150年間の事跡である。ここでは近代的事跡の完成から現代まで続く、反射望遠鏡作りの大転換期とその発達を意味する。地球の自転を証明した「レオン・フーコー」、その業績を継いだ反射鏡製作者「ジョージ・カルヴァー」（他の多くの反射鏡製作者を含め）、そして、明治から特に大正期と昭和の前半までの活動をなした「山本一清」とその弟子の「中村要」の存在へと時代は繋がっていく。

以上のように現代に至る、約150年という期間は、前時代を受けて発展してきたことは当然のことながら、一目瞭然の目覚しい発展経過として大きく開花している。以下は、特にカルヴァー反射望遠鏡の事跡を中心に、我が国への影響とその他を概観する事としたい。

3、輸入された反射望遠鏡について



写真1 京大 33cm カルヴァー望遠鏡
左は山本一清 1925 年輸入
(京都大学宇宙会回想録 1997 年)



写真2 花山天文台シュミットカメラ
写真1 赤道儀利用 1957 年
(京都大学宇宙会回想録 1997 年)



写真3 32cm カルヴァー望遠鏡
公益財団法人・倉敷天文台
1926 年発注 (現展示保存)



写真4 46cm カルヴァー望遠鏡
アナナイ教香貫天文台
1927 年輸入 山本貸与

(1) 日本に輸入された初期反射望遠鏡の概要

我が国に反射望遠鏡が輸入され使用されたのは、1920 年に熊本の旧制第五高等学校教授・池田一幸による 16cm アービング反射経緯台と、京都大学の米国製のブラッシャー25cm 反射望遠鏡という。これらは、国立科学博物館報告『日本最初の銀メッキ反射望遠鏡と日本の望遠鏡製作に与えたその影響』に詳しく、またその文中には「天文年鑑・

1931 年版・日本にある反射望遠鏡の目録」にその表が掲載されている。上記の表には 1920 年より 1930 年までの輸入反射望遠鏡についての記載があり、これを眺めるだけでも、大変に興味深い。製作メーカーとしては、アービング、ブラッシャー、エリソン、スレートそしてカルヴァー、ウイス及びリンスコットの由である。

この表中には、1925 年に京都大学に輸入された口径 33cm のカルヴァー反射、同じく 1926 年に発注された倉敷天文台 32cm 反射、また山本一清の 1927 年個人輸入的な 46cm カルヴァー反射も含まれており、今で言えば小口径から中口径のカルヴァー望遠鏡の人気には、輸入台数からしても目を見張るものがある。特に毎年続けての輸入は、特筆されるべきものとも考えられ、如何に重要視されていた望遠鏡であったかを物語っている。本稿では、それら全ての情報は到底持ち合わせてはいないが、この三台についての簡単な来歴と、我が国における独自なる反射鏡製作その他の糸口ともなった経緯について、その付帯事項も含めて知るところを紹介したい。なお、カルヴァー望遠鏡としては、この時期の約 10 年間に 19 台中 8 台もの同型機が、各所各人によって輸入されている模様であるが、ここに写真紹介するもの以外は、果たして殆ど廃棄されてしまったのであろうか。如何にカルヴァーに高い人気と信頼性があり、その内の不明カルヴァーの一台は、某博物館に保管されているとも聞いており、せめてもの安堵の気持ちを醸し出させる。その他も何某かの場所で保存されていることを、心から是非とも望みたい。

(2) 日本に影響を与えた三台の中口径カルヴァー反射望遠鏡

写真 1 から写真 4 は、中口径以上の三台カルヴァー反射望遠鏡の勇姿である。

写真 1 は、山本一清博士によって 1925 年京都大学に導入されたものであり、写真 2 は、人類初の人工衛星スプートニク(1957 年)の追跡観測用に作られたシュミットカメラ(酒造会社・寿屋の資金提供)を、写真 1 の赤道儀架台を流用して搭載した時の写真という。いわば赤道儀部分の再利用とはいえ、純粋なる研究教育活動に活用されたことは、同大学の現代に繋がる天文学発展の礎とも据えられて、忘れがたき機材でもあることは、天井のカルヴァーにとっても誇らしいことであろう。

その後この機材は、京都大学宇宙物理学教室・花山天文台倉庫に人工衛星撮影実験の後の事か、保管され続けて忘れ去られたまま、近年再発見されたと聞く。そして、残念なる事に主要部分の 32.5cm 反射望遠鏡部分は、既に廃棄されてしまったのか、行方不明ともいう。歴史的な貴重な光学系が一枚失われたこととすれば、慙愧に耐えないが、色々な側面から、科学研究には活躍した機材というべきであろう。京都大学での研究活動報告等を、調査すべきかと思われる。現在計画されているという、花山天文台公園博物館構想の実現の折には、赤道儀部分だけでも姿を整えて再び公開される事を期待したい。光学系諸元は口径以外不明。

次に写真 3 は、続けて輸入されたカルヴァー 31.5cm の立派なる姿である。岡山県倉敷市の、現在は公益財団法人・倉敷天文台に格納用の天体ドームの中に展示用として整備されている姿でもある。発注は手元資料によると 1926 年 4 月とあり、上記の 1931 年発刊の天文年鑑には 1927 年倉敷天文台所有と明示されている。この望遠鏡は、大正 15 年 4 月の皇太子行啓(後に昭和天皇)記念として天文台設置計画がなされ、中古ながら主要観測装置として輸入されたという。この施設はいわゆる当時の倉敷紡績(クラブ)原澄治氏の出資による日本初の民間天文台であり、1926 年 11 月、京都大学の山本一清博士その他の協力により開設された。時の台長はやはり山本博士、台員としては中村要そして水野千里などの諸氏の名が見られ、その後は荒木健児(道光・月面の観測)、小山秋雄(変光星)、岡林滋樹(戦没)と本田実の彗星発見等の活動にも繋がっていった。特筆すべきことは、現在で言う公開施設の第一号といい、市民そして全国のアマチュア一観測家たちの憧れの的ともなって、十分なる活躍を果たしたという。

32cm のカルヴァーの機材は、平成 12 年に倉敷市の指定重要文化財として現在に至

っており、今もその勇姿は写真 3 の如く見学可能となっている。報告者（坂井・中村）も、一度見学に伺い原氏の遺志を継ぐ理事長にもお目にかかることが出来た。時を越えての深い感慨は、今も記憶に留めている。なお、主鏡研磨は 1892 年より前と推定され、光学系諸元は口径以外不明（F7 前後と思われる）

さて写真 4 は、一連の輸入されたカルヴァー望遠鏡中、最も口径の大きくまた時代の大海に翻弄もされた機材がこの 46cm である。それについては、既にこの研究会その他でも報告者・坂井により公表し、さまざまな話題を提供した。それらは畢竟、山本一清博士とその関係者、また我が国の天文の世界の一端を語り、本稿での主目的の望遠鏡光学系の確立化にも大きい影響を及ぼし続けた機材でもある。

@ 主要緒元

- ・ 口 径 有効径 45.9 cm （ ニュートン平面鏡・短径 59mm ）
- ・ 口径比 F 6.7 （ 主として眼視用途 ）
- ・ 形 式 主としてニュートン式（ 山本博士ナスミス焦点改良を計画 ）
- ・ その他 英国天文協会・BAA の月面観測者グドエーカー所有のものを、山本博士は譲り受けた。この機材により、初の詳細月面図がグドエーカーによって作られた。京都大学花山天文台、滋賀県「田上天文台」（後に山本天文台と改称）、宗教団体アナナイ（三五）教団・香貫山天文台、その後の山本博士逝去に伴い岐阜市富田学園高校売却、後に亡父・坂井義雄への委譲により現在に至る。これらの経緯は参考文献に譲る。

カルヴァー46 センチ反射望遠鏡の存在意義としては、特に以下のような事柄が 特筆される。特に、花山天文台に在職した中村要による天界誌 1927 年 8 月の P.39~P.42 に、『山本博士の 46 センチ・カルヴァー鏡』という解説記事があり、秀逸なる鏡の特徴その他について論及している。以下にその冒頭部分等を紹介する。（中村はカルヴァーと表現）

最近に山本博士の手元へ、英国の有名な月の研究家グッドエーカー Good-acre 氏の所有された 18 吋カルヴァーが到着した。故・カルヴァー氏の製作による、放物線鏡及び平面其他光学部分品について記す事とする。

鏡は英制の 18 吋として制作されたもので、有効表面は 459 ミリ、即ち 18.1 吋の研磨せられた面である。硝子材は端の厚さ 6 センチ、即ち八分ノ一よりやや厚い。嚴重に言えば 7 センチ半の厚さは望ましいが、製造方法上、別に差支えのない厚さである。現在英のエリソン氏の所有する 18 吋カルヴァーは硝子の厚さは九分一の 2 吋より無いとの事であるが、セルの構造が良いので何の異状も起こさない。

硝子は明らかに Cast disk であって、周囲に一部分外邊を残して居る。多分チャンス会社の硝子と思ふのであるが、比較的泡が少ない。周囲に近いところにかなりの脈が認め得る。

硝子の重さは六貫に近いので、鏡を異動する事は一人で辛うじてである。硝子の裏面には、G.Calver と簡単なサインがしてあって、製作年及焦点距離は書いていない。裏面はきわめてよく、研磨せられて居るが、殆ど前面に渡って硝子面にカビの跡がある。此れは製作年代が古い為に起った自然的現象であるか、或は取扱上から来たのかも知れない。汚い鍍銀を長年放置したとか又は鏡に蓋を怠ったとか望遠鏡を永く使用しなかった等の原因によるものであらうと思ふ。但し此の跡は僅かのもので實際上の能力に影響ないはずである。

鏡の表面の一隅に表面積の約三百分の一許り欠けてて居る。此れも能力上殆ど影響は無い。此れは製造後使用者が作った事は明らかであって、非常な重量の為に落とした際に出来たらしい。

凹面鏡の焦点距離は 308 センチ強、即ち F6.7 であって、カルヴァーの 18 吋としては普通の眼視鏡である。写真鏡としては少し長過ぎる。

放物線鏡の検査は数回行ったが、其の際の三回の収差測定の平均を別表にあげた。

影による外観は全くすばらしい。此れ程の大口径でありながら端は小口径と等しい良好さであって、此れだけでも技術が知れる。全鏡面は端が負修正であり、中央近くが深く、中央部がやや球面に近い外観はあるが、全然輪や階段等の欠点がなく、端から中央まできわめて円滑な面である。

(測定数値結果と測定図、その他の解説文は中略)

以上の温度補正については別の機会に詳細に述べたいが、少なくともカルヴァーが実地観測上の立場より、巧みに取り扱った事柄は専門の望遠鏡屋の暗室内の正確な放物線も比較して、理論と実際の差に興味を覚えるものである。口径の 12 吋までのものなれば、何等かの言葉を与える人があるかも知れないが、18 吋といふ素人の域を越した大鏡を此れ程までこなしした故カルヴァーの技術には驚かざるを得ない。

此の鏡と同様な 18 吋カルヴァーを、カルヴァーに次ぐ技術家として知られて居るエリソン氏が手に入れた際に、カルヴァー氏に充てた手紙に・・・

I must congratulate you on the mirror , whose figure is fine and accurate to the last degree . Till I saw this I did not believe it possible to figure a speculum of such a large size as accurately as which could be done by hand .

と記して居る。筆者の心持も此れと異らない。 (中略)

此の 18 吋は月面研究者として、此の方面唯一の権威者であったグッドエーカー氏が所有したものであって、**Splendours of Heavens** 巻末の月面図は主として此の望遠鏡によって観測完成せられたものである事を追記しておきたい。

凡そ以上が、京都大学花山天文台と、一時設置された 46cm カルヴァー反射望遠鏡との関係をもつ語る内容である。この時期の設置の経緯とかは、本論では詳しく紹介は控えるが、その後は人の世の常の如くに、46 センチ望遠鏡は人々に中で翻弄され続けていく。ただし、上記の中村要の誇らしげなるこの機材への畏敬的な感慨と扱いは、折に触れて天界等に紹介され、自身の著作や、第三者の著作物などにも引用紹介がされ続けていく。その意味では、日本の反射望遠鏡を代表する機材として、さまざまなシーンで良きにつけ悪きにつけ、意識され続けたことは、やはり勲章であろう。果たして、上記に紹介した 30 センチクラスの二台については、かかる扱いは存在したのかどうかは、知識と理解に及ばない。多分、東亜天文学会機関紙・天界には、紹介がなされているとは思われるが、今の所その資料はこれ以上は持ち合わせていない。

さて、この 3 台のカルヴァーの果たしたもう一つの側面も紹介しておきたい。それは上記引用の中村要とその一連の反射鏡製作の経緯である。これらは、現代の反射望遠鏡製作にも受け継がれ、特に天文科学知識の普及及び研究形成にも大きい影響を及

ぼして、今に続いている。

中村要は山本一清博士に認められ、花山天文台に観測その他での活動をなした。その中でも特筆すべきは、やはり我が国の反射望遠鏡の研究と開発であろう。花山天文台を拠点として、夜は観測、昼は反射鏡研磨の作業等の多忙な数年を送った由である。特に幸いであったのは、イギリスその他の輸入反射望遠鏡に実地に触れて、有形無形の光学知識と実践に取り組んだ事である。そして、その活動の中から、花山天文台としての当初からの特有なる市民向け天文啓発活動にも繋がり、天文同好会のちの東亜天文学会での活動の礎を作り、反射鏡研磨技術伝承をも実践したことであろう。詳細については未だ判然としないことも多いが、少なくとも当時の京都大学文学部に学びつつ、中村要の代表的な弟子として、反射鏡製作に研鑽した木辺成磨（真宗木辺派門主、法名・宣慈）にその技能は伝承されていった。そして現在はその弟子たる苗村敬夫に引き継がれている。ところで最近、1928年(昭和3年)製作という一枚の自作15センチ反射鏡に巡り会った。反射鏡の事跡は、未だ判然としないことも多いと記したが、その一例なのかとも感じる事象である。これは近年報告者二名ともに関係してきた、我が国初の江戸後期に作られた国友反射望遠鏡(1830年代)の関連から知ったことであるが、その地元有力関係者のお一人のH氏の手元に、酒巻菊次という人物が研磨完成させたというニュートン光学系の主鏡と斜鏡が伝えられていた。元々は鏡筒から経緯台部分も残されていたらしいものが、斜鏡支持金具以外は、既に廃棄されたらしく、元々この反射望遠鏡を所有した某氏からH氏は譲りうけたものと聞く。この鏡は当然観測等に使われたと想像されるが、いささか振り返るべきは、中村要との関連において、その製作の謂われが、「京都天文台に関係したアマチュア天文研究家」との照会がある点である。1928年は中村要24歳、木辺成磨16才であり、酒巻という人物の年齢は判然とはしないが、おそらく中村要と同じ年齢程度かと想像されるのみである。中村要が山本一清の弟子として京大に在職したのは17歳1921年からであり、鏡研磨は1925年頃に開始されたいわれ、酒巻菊次との関係は大学本部にて指導を受け、先の15センチが完成したのが1928であれば、どうもアマチュアとしては、初期の弟子とも考えられ、場合によってははじめての、中村の言う「素人研磨者一号」であったかもしれない。果たして中村要により指導を受けた人物かどうかは明確とはいえないが、京大花山天文台が1929年10月開台といわれるところからすると、これはその一年以上も早い時の事となり、多分その推論は正しいであろう。京都天文台というからには、1920年代の10年間の反射望遠鏡輸入の時代から、既にその8年後には中村要指導によってのアマチュア反射鏡研磨者が存在したという推論は、その時代の先進性を証明するとも言っても差し支えなさそうである。報告者にとっての新知見程度とはいえ、これには心楽しさを感じ、その他の事跡等も含めて、所期の反射鏡製作の来歴を、鏡精度検証を含めてより多くを知りたいところである。

加えて、京都大学の山本一清と古川龍城が中心となって、1920年9月に発足したという天文同好会(後の東亜天文学会)は、初期の1920年代に始まる海外反射望遠鏡輸入とも相応しつつ、その後に凹面鏡約300面の研磨実績を残した中村要、そして初期の研磨者・酒巻菊次、またその後輩格と考えられる木辺成磨とその弟子、及び数多くの天文アマチュアの立場の反射鏡研磨製作者に繋がっていった。参考までに、一部企業専門家も含めて、代表的な人物としての研磨経験者幾人かを紹介しておこう。

なお、その研鑽は直接間接を問わず、中村要と木辺成磨の著作本に負うところが多いという。因みに、木辺は京大の60cm反射鏡(現・飛騨天文台)を始め、数多くの放物面鏡を製作し、時代の寵児たる小型のシュミット光学系まで及んだ。以上は、京都大学を中心とした、知的好奇心的なる事績と純粋学問的業績であり、戦前の旧・陸海軍の光学兵器等の関係、光学機器メーカー等は別途の問題として提起される必要のある事をお断りしておく。勿論この他にも、著名なご活躍をなした技術者が多いことをご容赦願いたい。

- ・ 中村 要・・・京都大学花山天文台 1932 年・29 歳早逝
- ・ 山崎正光・・・米国にて天文学を修め水沢緯度観測所奉職・1920 年代鏡研磨
(中村要も先達研磨者として、山崎の著作等に影響されたという)
- ・ 木辺成磨・・・中村要・弟子(真宗木辺派門主 僧侶)
- ・ 苗村敬夫・・・木辺成磨・弟子(公開施設望遠鏡ほか)
- ・ 星野次郎・・・主として反射望遠鏡等の製作及び著作
- ・ 鶴田匡夫・・・岡山天体観測所 90cm ニコン製作責任者(海外図書参照の製作)
- ・ 小島信久・・・彗星観測家(シュミット・カメラの自主製作)
- ・ 中村和幸・・・日本特殊光機(中村特殊光機材)生涯 2000 枚余の反射鏡研磨
- ・ 田坂一郎・・・火星眼視観測家 大口径自作反射望遠鏡使用の観測
- ・ 池谷 薫・・・自作反射にて彗星発見、現・池谷光学(公開施設望遠鏡ほか)

本稿は輸入された三台のカルヴァー望遠鏡についての論考であるので、その意義について、より論証を続けたいと思う。それは、たとえば恒星の位置観測等から、物理天体観測の台頭により、屈折から反射光学系に移行した時期でもある。これは大ニュートンが当初から色収差の発生する屈折式レンズから、それらの影響の無い反射望遠鏡への移行の予言を実現したもので、卓見と言うべきである。ただし、当時既に「放物面」の理論は知られていたというが、その製作方法開発には至らず、永く球面鏡が使われ続けたという。そして曇りやすい金属鏡という材質と相まって、球面収差の影響との戦いが始まったと言えるであろう。そして、その労苦の帰結として、遂にフラン生まれの技術者で、パリ天文台に所属した『レオン・フーコー』の出現を待って、それらは解決されたとされる。地球の回転を振り子を使って証明し、また光速の測定等も成功した業績の後、如何なる経緯からかは不明ながら光学理論を駆使しつつ、放物面の製作方法と、その試験方法いわゆる『影の試験法』(ナイフ・エッジ法) 通称『フーコーの影の試験法』を開発した。時に金属鏡からガラスと化学的銀メッキの方法も考案されて、その需要は一気に高まっていった。本論の最初の年代説明図で言う 1800 年代中期、即ち日本で言えば、ペリー艦隊来航から幕末維新にかけてのことである。その後の日本での発展は、上記に述べた如くであるが、三台のカルヴァー望遠鏡はその期待を十分に全うし、そして、中村要をして反射鏡研磨に向かわせ、影の試験方法をマスターして、国内反射鏡生産とその普及に貢献した。中村要は多分山本博士の指導を受けて、最晩年に近いジョージ・カルヴァーとも 1925 年から 1927 年にかけて何通かの書簡交換から、技術取得の向上を目指したという。因みに中村が鏡づくりを開始したのは 1925 年 21 歳の時と言われる。カルヴァーは、フーコーの鏡製作方法とその試験法を受けて研鑽に励み、それらの経験を中村にも伝えたというのが、ほぼ正しい結論と考えてよいであろう。一応の結論として、次項にカルヴァーとフーコーについて、その意義の確認を続けたいと思う。(フーコーとカルヴァーは、時代は重なるが、フーコーが 20 年程早生まれであり、先にカルヴァーの事績を以下に紹介する。)

(3) 鏡面製作者 「ジョージ・カルヴァー」(George Calver)

ジョージ・カルヴァー(1834 年~1927 年・93 歳没)は、よく知られたイギリス人反射鏡の製作者である。元々は天文アマチュア的人物でもあり、生涯 4000 枚にも及ぶ鏡面研磨を成したという。また、その時代には先人として別の反射鏡製作者もあり、スペキュラムという金属鏡よりガラス鏡への移行時期と、化学変化による鏡面銀鍍金普及も手伝って、それらの影響の下に反射望遠鏡の工業化にも繋げた人物と言えよう。カルヴァーは、多くは口径 20cm 前後の鏡を製作したと言われるが、最大口径 1m 鏡程度まで製作しており、米国のリック天文台で使用された 1895 年製作のクロスリー反射望遠鏡が有名である。このような情報は、詳しくインターネットの英文サイトに紹介がされており、カルヴァーのより詳細な来歴は、それらに譲りたい。



写真5 ジョージ・カルヴァー (1834-1927)

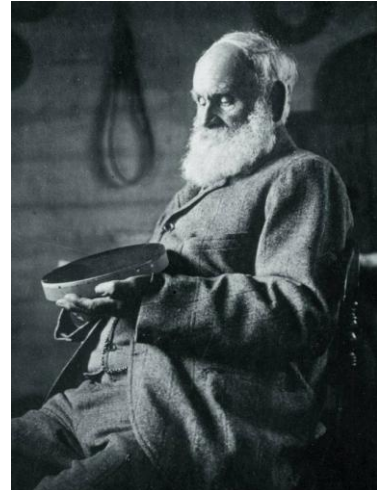


写真6 反射鏡とカルヴァー

次に、光学的技術等についての興味深い事跡等を紹介しておきたい。カルヴァーは、手工業的に反射鏡を製作し続けたが、時代的にレオン・フーコーの業績に基づいて凹面鏡製作を発展させたという事にも注意しておくべきかと思われる。この事実は、本稿の報告者二名ともに最大の関心事でもあり、別途の問題とはいえ、果たして優秀なる放物面鏡の製作は何時頃から始まったのかという大問題にも通じている。それは畢竟、凹面鏡の面形状を定性的な手法にて観察し、そして放物面製作に至る定量的な整形方法等にも通じる問題である。

今まで、報告者は二名とも、反射鏡製作とその手法等について、日頃大きい関心を抱き続けてきた。一言で言うと、「フーコーの影の試験法」(ナイフエッジ試験)をその師とし、経験に基づいての凹面鏡製作の過程を学んできた。しかし乍ら、現代の物の本、解説書によると、フーコーがその方法を考案したときは、人工星を使つての試験法の場合、即ち鏡球心位置に光源と所謂カッターナイフ的な刃物を置いて、反射してくる光を遮って(切ると表現される)その影を観察することの意味と理解してきた。ところが、当時は紙などに針穴を開けて、多分同じような光源(当時はアルコールランプらしい)をその横に置き、そして焦点・球心位置に「顕微鏡」とかいわゆる「接眼鏡」で針穴を覗いて、鏡形状の良し悪しを判断したという。これは、当時の様子として図書類には簡単に紹介はされているが、果たしてこの方法での検査などは可能なのか、何が見えているのか、実は未だ報告者はこれを実施し、確認をしたことは無い。共著者の中村和幸は鏡製作の経験は豊富であるが、この始原的な方法についての明確な意味づけは出来てはいない。図書にこうした方法を紹介した著者諸氏も、実験すら多分行ったことは無いのではとすら思われる。あくまでも推量でしかないが、こんな方法でどれほどの反射鏡の表面形状が判断できるか、当時のレベルを検証してみる必要性を改めて強く感ずる。

実は、カルヴァーもこうした方法に因って鏡面を放物面化したという。ただし、この方法のみでは信頼性に乏しいと考えたのか、必ず夜間に無限遠の星像を高倍率を使つての星像目視的な検査を施し、理想面形状を達成したという。またその後のアナログ的な数値化された経緯は良く分からない。フーコーやカルヴァー以前の金属面研磨には、その時代の鏡の試験方法についての発見とか発明の考察論文等を見出した事は無く、おそらくは星を見ての整形をし、多くは球面鏡止まりと考えられ、せいぜい放物面に近い性能を確保したのではという推論を裏付けるものではないかと考える。

カルヴァーは、70歳以降は助手を雇用し、機械部分等も総合的に製作し、逝去の寸前まで製作し続けたという。いずれにしてもフーコー以降の大技術者であり、畏敬尊敬のまなざし以外には持ち得ない。現代に至る大恩人と見るべきであろう。

4、ジャン ベルナール レオン フーコーと反射鏡性能試験



写真7 レオン フーコー肖像画
(1819-1868)



写真8 フーコーテスト・影の試験
右手前は 10cm 鏡・中村和幸

ジャン ベルナール レオン フーコー（1819 年～1868 年・49 歳没）は、物理学の先達として欠くべからざる逸材である。言うまでも無く、地球回転・自転の理論を、いわゆる高く吊り下げた振り子によって証明したといわれる物理学者であるが、その他にも色々な現象等に測定 of 技術を開発した人物でもある。一般的に物理学者といわれるが、大変な能力の高い技術者としての側面が突出し、異色の存在として銘記すべきでもあろう。一例として、1845 年 26 歳にはダゲレオタイプの写真術により太陽面の詳細な現象の撮影に成功し、その延長線上にある太陽光干渉現象によって、1847 年には光の波動性質の発見をなした。その後は、振り子を使って地球自転を証明し、その成果かが認められて、1855 年 36 歳の時パリ天文台の経度局技師に迎えられたという。

元々は在野の研究者的立場であったが、多くの簡易と思われるような原理を使って物理学的成果を上げた。光学分野では、1857 年に著したという「鏡面の製作法」と、それに続く 1859 年の「光学表面の試験方法」は、それまでの反射望遠鏡光学系製作に革命的成果をもたらした。前者は、ガラスによる凹面鏡製作と銀鍍金の技術とあいまって理想の放物面製作を意図したものといい、後者は現在「フーコーの影の試験」（ナイフエッジ・テスト、フーコーテストとも称される）と理解され、双方ともに現代ですら利用され続けている。これらはパリ天文台年報として所載されているといい、本稿をしたために際しては、入手理解しておくべきであるが、未だその機会には恵まれてはない。グレゴリー、ニュートン以来フーコーに至るまで、凡そ 200 年という時間の推移があるが、それは球面鏡に留まったままの状態から、理想の放物凹面鏡へのゴールをもたらしたと、光学史的には評価されるべきと思われる。

フーコーによるこの試験方法は、どのような経緯で考えつき、具体的に実施したのか、これは大変に興味深い事柄である。有限距離から鏡を何かの光源で照らした場合、球心位置（コンパスの針位置）にその光は収束されることは理解していたと考えられる。当初はピンホールの微細な開孔部分に、顕微鏡的な光学系を配して、鏡面を観察したというが、これはどういう像を見たのかなど、不明点が多い。現在は同様な方法であるが、球心の位置に「ナイフ」を配して光束を遮ると、鏡面の形状から、独特の濃淡模様が現れる。これがフーコーの影の試験の原理であり、次項をご覧願わしい。

6、反射鏡性能試験・フーコーテスト方法の概略について

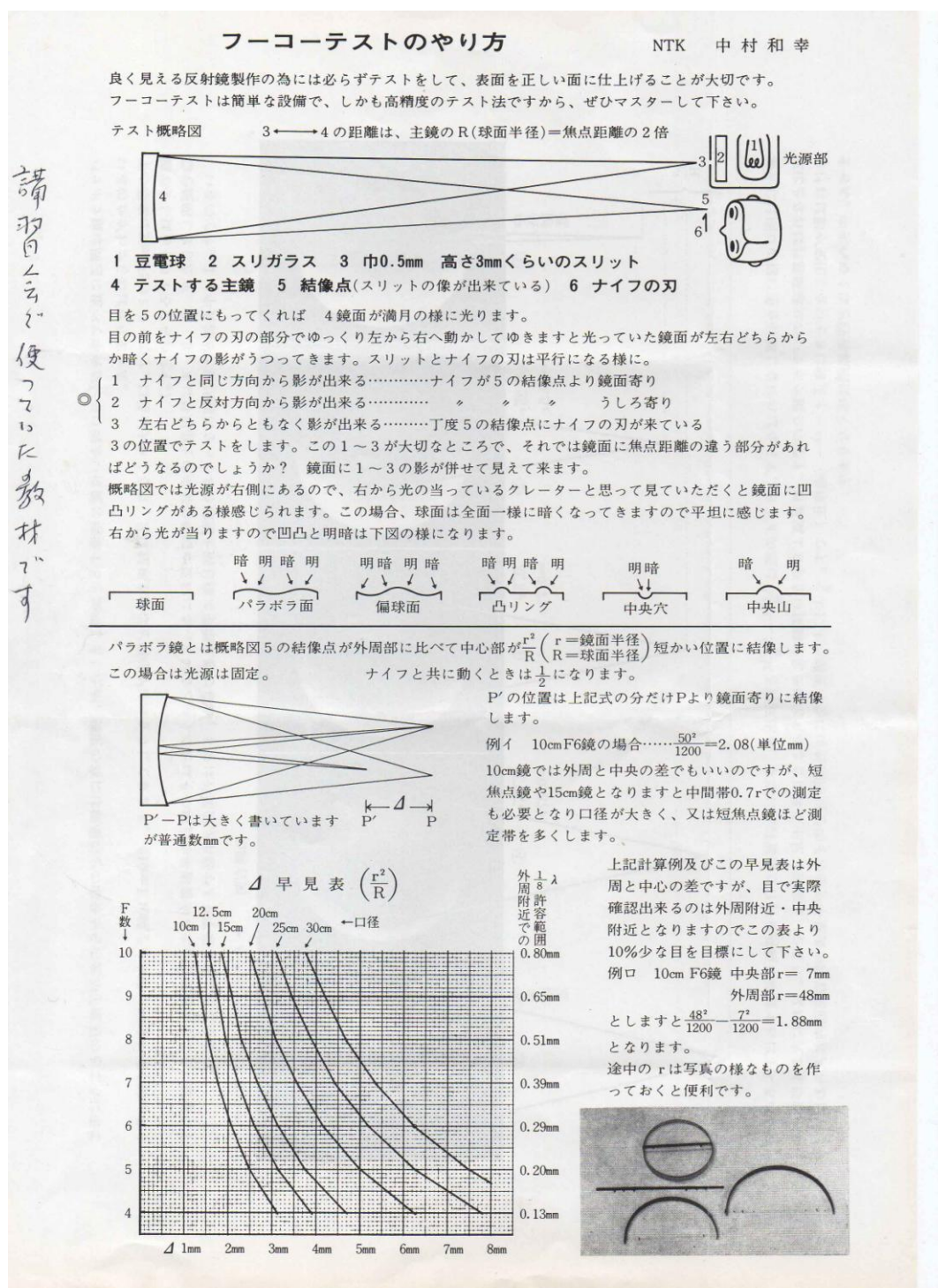


図2 フーコー影の試験方法の説明図 中村和幸

図2は、レオン・フーコーの考案したという「影の試験法」又は「ナイフエッジテスト」とも言われる、反射鏡面の精度試験方法の概要である。図のように、光源部と鏡で反射させた光を遮るための刃物・ナイフ、そしてここでは紹介は無いが、ナイフを移動させて、その折の数値を読み取るメカニカルステージを組み合わせたときの概念図その他である。鏡の球心位置(コンパスの針の場所)にそれらを配置し、球面と放物面の鏡面のそれぞれの場所での差、収差量を測定して、被計測鏡面の精度性能を決定する方法である。 (r^2/R) で定義される。 r は鏡面半径、 R は球面半径を意味する。

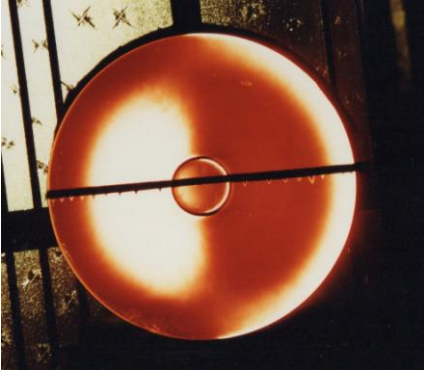


写真 9 放物面写真 中村和幸研磨



写真 10 凹面鏡ピッチ整形研磨 中村和幸

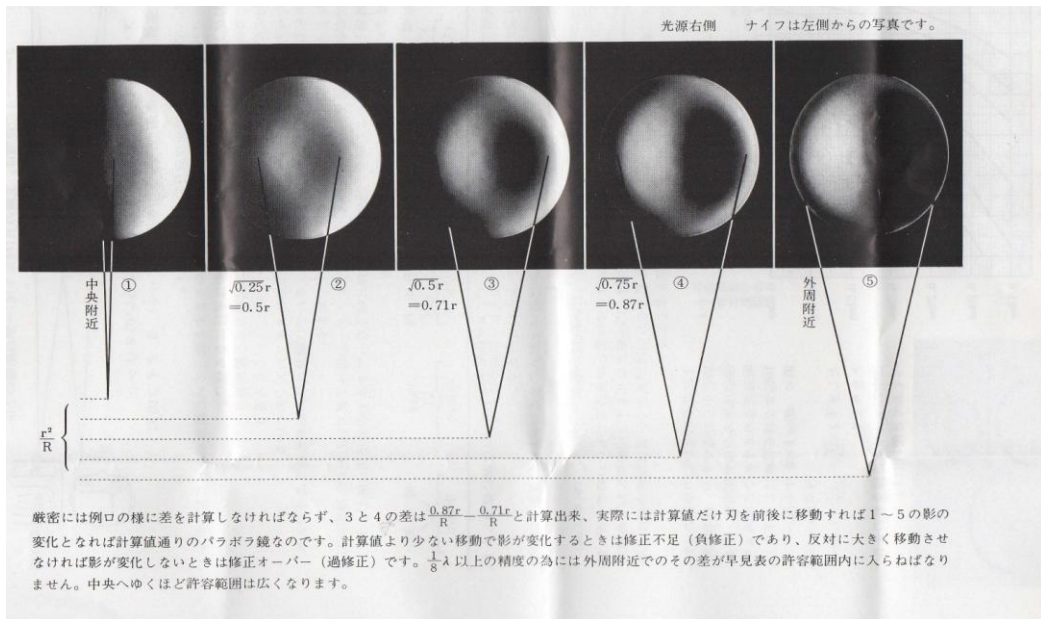


図 3 フーコー試験による影の像の変化

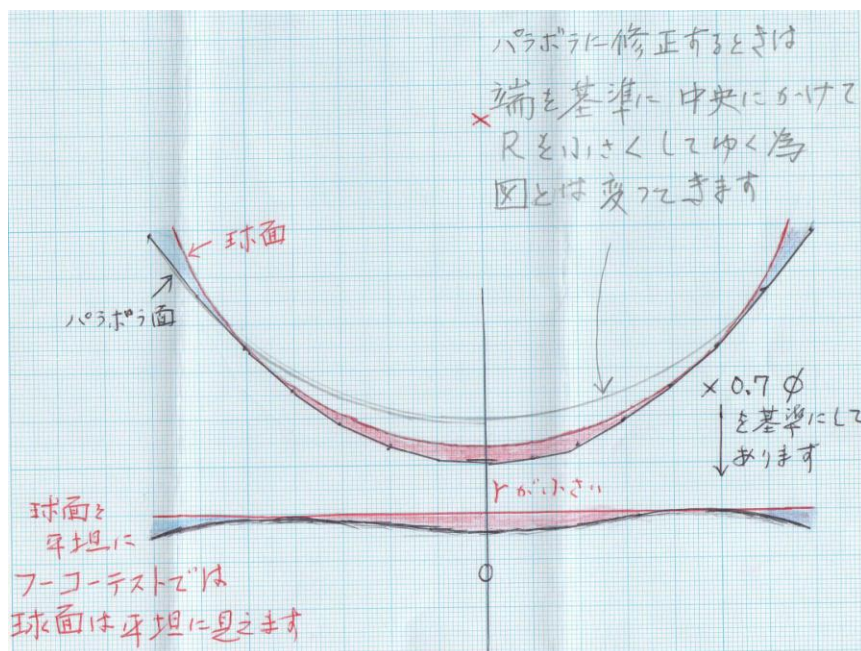


図 4 鏡面と放物面の形状差の説明図 作図 中村和幸

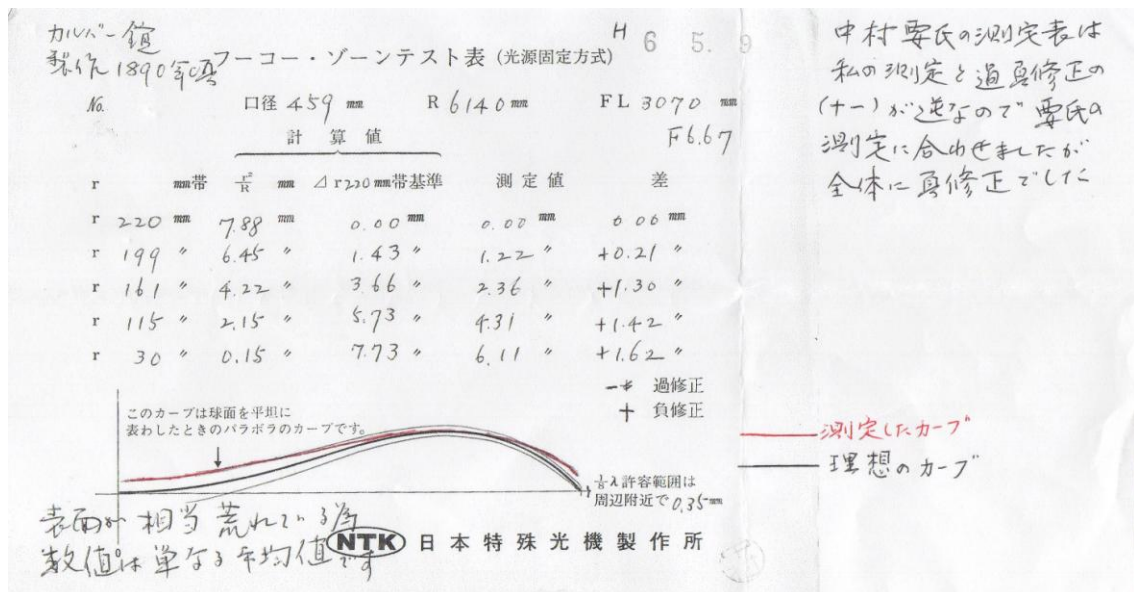


図 5 カルヴァー46cm 放物面試験結果模式図 (中村和幸測定 1994 年 5 月 9 日)

レオン・フリーコーの発見にかかる「影の試験法」(フリーコー試験またはナイフエッジ法)の概略説明は、以上の写真 9、写真 10 及び図 2、図 3、図 4、図 5 に示す。日本国内では、1920 年代の頃、山崎正光と中村要がその先達として双璧である。フリーコーは、この測定技術をパリ天文台に論文発表し、これらは貴重なる財産として、現代に継承された技術的内容との比較検討も必要である。

フリーコーの影の試験は、図 2 に中村和幸が示す概略図のように、球心の位置より、一様光を光軸を少し外れた斜めから照射する。そして正確なる球心位置を探し出して、その位置に「ナイフ」等の助けを借りて、反射した光を遮ることで、特有なる鏡の濃淡的な表情が観察される。なお、球心位置はペンライト等の光源を鏡に当てて、「ピカッ」と輝く場所を探せば、比較的容易にその位置は確認される。その場所にフリーコー測定器を据えて、鏡の表面の観察を実施すれば、定性的には影の模様から鏡の状況が判断される。写真 9 は放物面を意味する影と明るい部分の対照的な連続性が見られる。図 3 は、放物面の数値判定測定に際してのナイフの位置とその影の様子を意味する。図 4 は、これは鏡を横から見た場合の模式図で、基準となる球面の曲率・カーブと放物面の場合のカーブの差(いわば面の深さ)を表すもので、あくまでも強調した模式的図示である。球面のカーブに対しての放物面のカーブが微妙に異なる事が理解いただければ幸いである。加えて図 5 は、球面を基準とした直線として表した場合の、放物面の形状数値表現であり、実際に研磨した鏡の精度的状況を図示したものである。特にこの図は、山本一清博士所有だった 46cm カルヴァー鏡を、過去、中村和幸が測定したものである。赤い曲線として表示してあるカーブが、理想カーブに対しての測定結果となっている。因みに中村要も輸入時早々の 1927 年に測定をしたと思しき結果が、天界誌に紹介されている。この鏡を実際に測定したのは、この二名の他には、木辺成磨も経験したのではないかと推定する。測定に際しては、ノギス様の Y 方向(前後移動)と X 方向(左右方向)に移動可能な、メカニカルステージ(測微尺)に取り付けたナイフを球心位置に置き、その数値の変化量を取得する。簡単な装置に関わらず、大変極微細なる判定の出来る方法であると言われる。具体的測定は、明瞭な影を確認して、鏡に対しナイフを前後させ(Y 方向)、その位置での「暗と明」の「境目」の連続的位置変化の数値を、測微尺により計測する。鏡面の測定位置としては、鏡中心から数箇所を決め、各々のその位置での数値、言葉を変えれば測定場所ごとの焦点距離の変化量を示している。測定に際しての原点は、鏡面端または鏡中央に任意的に設定して、それらの相対的变化量を求めていく事が、焦点距離の差を求めることとなる。鏡面判定の指標は可視光の $1/8\lambda$ (波長)まで研磨すれば、経験的に高精度と規定されている。

7、結語

日本に輸入された、三台のカルヴァー反射鏡についてとその関連事項は、おおよそ以上である。三台のカルヴァー反射望遠鏡は、初期に輸入された他の機材とも相まって、多大なる貢献をもたらした。特に、花山天文台に活躍した中村要を通じて、これらの反射鏡を搭載した望遠鏡は、その後の我が国の科学知識の増進をもたらし、今や全国各地にその事例は枚挙に暇が無い。また天文アマチュアという存在もこの分野を支え、日本社会の科学技術分野、また教育分野などにも、眼には見えぬ大きい貢献を成した。勿論、かかる望遠鏡製作という事績のみが、その全てをたらしめた訳ではないが、しかし、より評価を加えるべき事実でもあろう。

翻って、時代は平成に入り、天文アマチュアも減少化を辿り、後に続く子供の少子化という壁にも突き当たりつつある。果たして将来の科学技術、理系志向に危惧を感じるのは少数派であろうか。反射鏡を作る為に材料を求め、二枚のガラスの間に水溶研磨剤を継ぎ足して、回転放物面を手作業で製作するという経験は、ニュートンの時代以降の再現実験であり、また完成の暁には月・惑星そして恒星の色を、自らの研磨体験によって観察できるという体験は、何にも増して代えがたい。余計なお節介であるが、既に日本国内では、必要数以上の大型反射望遠鏡が存在するが、100年近く続いたそれらの技術継承は、今後如何なる事となっていくのか、いささかなりとも心痛を感じた。このような杞憂に対し、今回の天文学史研究会では頼もしい意見も頂いた。然るに、今後も半導体のシリコンウェハー技術等には、間違いなくこれらは継承されるだろうとの指摘であった。かかる先進技術には、少なくとも半導体表面は精密なる平面研磨等も必要とされ、球面・非球面・平面に限らず、ミクロンオーダーの研磨は必要たる事を教えられた。言うまでもなく、当然屈折型の諸レンズ系も同様な研磨技能は必要で、特に半導体関係に継承され続けて、決して廃れてしまうことはあり得ないと得心した。無知なる自身を恥じ入ると同時に、それ以上の慶びを感じた。

なお結語としては外れるとのご指摘を頂くとは思われるが、今後のよりよき展開のためにも、疑問を提示しておきたい。その疑問とは果たして放物凹面鏡は何時から製作されたかという問題である。本稿報告者は、やはりフーコーの影の試験法に則り、その時期以降測定が可能となり、定性的であっても鏡面が理想的な回転放物線面研磨がなされたと判断された時代と考えてきた。然るに、グレゴリー、ニュートンの当初から、光学系における放物面の重要性は認識されたに関わらず、その後200年の間は、鏡表面は「球面」と認識され、国内のオーソリティによる光学関係図書にも、先に述べたように殆ど球面鏡を使い天体観測に資してきたという結論である。果たして正しい球面すら測定なくしては作りえず、この結論は正しいのであろうか。裏返して言えば、仮に放物面が作られたとしたら、測定無くしてもそうした光学系が作りえるかという問題をも提起する。しかし、放物面もしくはそれに近いものを作り得たとして、全く表面欠陥の無い美しい放物面カーブが製作可能かという課題は残すことともなる。

大正時代以降の日本は、製作技術を含め反射鏡の大恩恵に預かってきた。結語としては、グレゴリーとニュートン以後フーコーの出現までは、未だ明らかとすべき事情の宝庫たることを改めて肝に銘じたいと思う次第である。

参考文献

- ・ 反射望遠鏡 中村要著 恒星社版 昭和17年12月22日
- ・ 反射望遠鏡の作り方 星野次郎著 恒星社厚生閣 昭和32年12月25日
- ・ 反射望遠鏡の作り方 木辺成磨著 誠文堂新光社 昭和42年4月15日
- ・ 望遠鏡光学・反射編 吉田正太郎著 誠文堂新光社 1988年11月30日
- ・ 江戸のものづくり天文暦学論文集 中村士編 平成18年2月(国立天文台)
- ・ 日本最初の銀メッキ反射望遠鏡と日本の反射望遠鏡製作に与えたその影響
Bulletin of the National Museum of Nature and Science Vol33, pp.43-51
西城恵一 中島隆 原秀夫 2010年12月(国立科学博物館他)
- ・ 星尋～ 星空にいだかれて～ 本田實生誕100年記念誌 (公益財団法人・倉敷天文台)

付録・・国友一貫斎とグレゴリー反射望遠鏡光学系について



写真 11 国友一貫斎 4 号 グレゴリー主鏡 (国友本家) フーコー試験写真



写真 12 レプリカ主鏡

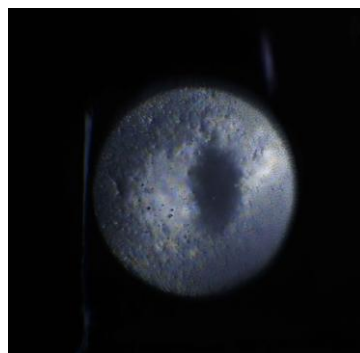


写真 13 レプリカ副鏡

国友望遠鏡とは、江戸後期の天保年間（1830 年代頃）に製作されたグレゴリー式の金属鏡反射望遠鏡のことである。既に詳細なる報告もされているので多くの記述は控えるが、鉄砲鍛冶『国友一貫斎』（藤兵衛）の生涯後半に差し掛かった頃に、その蓄えた鉄砲技術を駆使し、当時の日本では考えられないような高性能の反射望遠鏡を作り上げたという、寓話にも等しいような事象である。国友は現・滋賀県長浜市国友町に位置し、堺、根来などと共に鉄砲技能集団の地として、戦国時代より歴史に名を残した場所でもある。長浜は豊臣秀吉の出世城としても著名であり、琵琶湖東岸の美しい景色を湛え、近隣には織田信長の安土城、浅井三姉妹の小谷城、石田三成の佐和山城、また天下分け目の関ヶ原など、歴史的に宝庫の土地柄である。

国友望遠鏡は 10 機を完成させたと伝えられるが、現存確認は 4 機のみである。一号機は長野県上田、二号機滋賀県長浜、三号機は彦根そして最後の四号機は国友本家にそれぞれ伝承され、現在でも天体を眺めても遜色なき程の性能を保持している。本稿報告者も、実際に木星等を三号機にて観望した体験を有するが、長焦点のため像は暗めながら、木星の帯縞など明瞭であった。余談ながら、全国天文アマチュア諸氏にその機会を提供できた事も、大変に意義深いものであったと述懐する。以下は今回の調査概要の報告である。

さて 2017 年 4 月 17 日、現存 4 機のうち、国友ご本家所有の第四号機について、改

めて地元諸氏と国友ご本家のご好意により、新たなる方針のもと、搭載された金属主鏡についての表面形状性能試験を実施した。写真 11 のフーコー試験の写真がそれである。この性能試験の目的は、既に先行した第一号機と二号機の試験結果を受けての追検査ではあったが、4機の国友鏡のうち上記の2機は既に「放物凹面鏡」たることを確認しており、今回の四号機も放物面鏡の予想の元に行われた。結果は、やはりかなりの高精度の放物面を達成しており、少なくとも4機中3機までが全て放物面と確認された。これはもはや、偶然の産物とか言うに及ばず、放物面鏡を作るぞという、強い製作者の意図を改めて感ずる。

写真 11 では、デジタル・カメラでの撮影で、驚くほどの凹凸感が観察される。勿論この鏡を直接に覗き込んでも、線傷等は認められてもこのような表面構造は見られない。当然にこの四号機鏡も錆等は殆ど無く、綺麗な輝きを保っている。フーコー試験は、その原理とその性格上 10 万分の $1\text{mm} = 0.01\mu$ 程度まで表面の凹凸像として見られると言われ、多分そのオーダーでの微細構造が撮影されていると考えられる。ただし、この鏡が作られて既に 180 年以上経過しているため、中村和幸の指摘によれば、金属表面（実は金属というのは適切表現ではないと言われる）の経年変化による劣化の痕跡等が撮影されているらしい。次に放物面としてのフーコー影の像は、表面の凹凸によって多少障害されているように見えるが、左右対称的に暗部と明るい部分が交互に認められる。定性的には放物面形状と言いきえる。そのカーブも大変に滑らかで、驚く限りである。ありがちな不良研磨痕も無い。なお、グレゴリー凹面副鏡については、当日の国友本家での撮影は実施したが、鏡直径が小さい事と光源の関係もあってか、今回は成功には至らなかった。次回の機会に再挑戦を試みたい。今回のデジタル・カメラによる撮影は、勿論初の試みでもあり、余りにも銀塩写真に比べてその表現力のリアルさに驚嘆する。なおこの四号機鏡は、他の兄弟鏡中央の開孔直径より少し大きめであるが、その理由は判然とししない。また今回の四号機鏡の光学系仕様については以下の如くである。

- ・主鏡：直径 60mm 焦点距離 260mm (F 4.3) 中央穴直径 25mm 鏡精度 $1/3\lambda$
- ・副鏡：直径 13mm 焦点距離 $\approx 30\text{mm}$

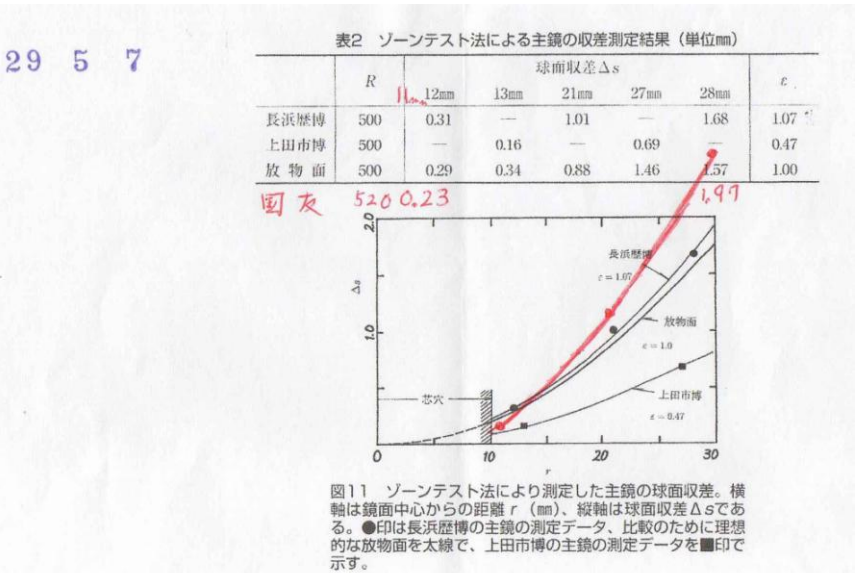


図 6 国友一号機鏡・二号機鏡・四号機鏡の精度比較表 (測定者・中村和幸)

図 6 は、国友一号機鏡、同二号機鏡及び赤線表示は今回の四号機鏡の精度比較表である。二号機鏡(長浜) $1/8\lambda$ 、四号機鏡(国友本家) $1/3\lambda$ 、一号機鏡(上田) $1/4\lambda$ の順の精度であり、全て理想の放物面に対し、理論上も実用上も考えられないほどに素晴らしい。

写真 12 と写真 13 は、報告者の所有する主鏡と副鏡の複製品写真 (レプリカ主副鏡)

である。過去の国友望遠鏡の調査時に、京都大学金属学研究の折の予算にて、本物に準ずる素材を鋳込み、関係各位に配布され、凹面鏡再現実験用として研磨を施したものである。この写真では、国友本家での撮影の欠点を後日改良し、特に光源の一樣光化に留意し撮影したものである。主鏡は一見判別しにくいかも知れないが、数値測定では比較的良好な放物面と判断される。また副鏡は一目瞭然に中央に凹状の深い欠点が認められた。中央形状は研磨時の不良部分と認められ、現代のガラス鏡研磨でも見られる現象である。その他の平滑的部分は球面と認められ、この二枚の光学面の組み合わせでグレゴリー反射望遠鏡を作ると、実用上の使用には十分に耐えられると判断される。いずれにしても、フーコー試験の真の実力と認められるべき画像で、かかる微細の世界にも光軸を少し外して斜めから光を当てると影が発生するという原理は、この様な姿を現すという教科書的な写真でもある。この面白さを是非ご堪能いただければ誠に幸いである。なおレプリカ主鏡の中央部開孔直径は、国友一号機鏡に準ずる。少し大きめの四号機鏡国友本家の物と比較されたい。

ここに紹介した『国友グレゴリー式反射望遠鏡』は、未だ一機の光学性能評価は残余のままである。しかし乍ら現存 4 機のうちの 3 機までが放物面鏡搭載という驚くべき結果を以て、ここにその優れた技量と完成度の高さについては、これで間違いなく結論が得られたと考えてよいであろう。残りの彦根市所有のものも、当然に優秀なる望遠鏡たる事も、結論化しても全く構わないであろう。既に述べた如く、偶然にとか、トライ・アンド・エラー的に鏡は磨かれたとは、到底信じることは不能である。望遠鏡自体の装飾とか、また機械的工業製品としての価値とかは、思考を重ねて目に見える範囲での努力を続ければ、何とかなるであろう。銀装飾とか江戸期の婦人の簪等のアクセサリ、そして刀剣技術などを見れば得心される事である。しかし・・・、反射望遠鏡の鏡作だけは、その範疇には入りえない。ここに如何にして放物面の鏡をつくりえたのか、また現代の検査方法で良く観察されるような研磨の跡としての欠点(凸とか凹などの)その他は、どうすれば回避され、かかる優秀な鏡面を作りえたのか、ますます疑問は深まるばかりである。口幅ったいことをお許しいただければ、数枚程のガラス材でよいので、反射放物面鏡を作りと測定の技量を体得すれば、すぐに思い至ることである。何と反射鏡作りは大変かつデリケートで、そして表面を自己の眼で観察するのみでは達成される技術でないという事を・・・。革命的なカルヴァーは、実際その光学系の整形時には、星を見つつ放物面化を達成したという。これは理解できない訳ではない。しかし、それでも研磨過程では、フーコーテスト的測定を行い、その後完成に持っていったという。

果たして国友一貫斎は、ではどのような方法を示して、この難題に取り組み、また優秀なる鏡を作り上げたのか、未だその方法論すら解明できずに留まったままである。全く測定をせずして、夜間の星を見ながらのみで放物面は作り得る可能性があるかと、某専門家の貴重なるご意見も頂戴した。それでも、鏡に欠陥がないのは不思議でならない。共著者の中村和幸は、測定無しにかかる秀逸なる鏡面は達成され得ないと、改めてその製作方法に強い意見を開陳した。

次にもう一つ、果たして謎として成立するか、またその解決が図り得るかという難問が存在する。それは国友望遠鏡とレオン・フーコーとの双方に跨ると思われる事柄である。国友一貫斎がこの望遠鏡を完成させたのは、没年 1840 年以前の 10 年間の事と今に伝えられる。そしてフーコーが放物面鏡の研磨方法と影の試験方法・フーコー試験を開発したのは、前者は 1857 年、後者は 1859 年の事という。単純に考えても凡そ 20 年以上早く一貫斎が先行し、果たして独立独歩、優秀なる放物面完成化に到ったと言い得るのであろうか。この時代の背景と、双方の 20 年の差とは一体何を意味するのであろう。この事に思い至って後、世界の望遠鏡製作の通史に、大きい関心を抱かざるを得なくなったと言う現実を突きつけられた。世界初の放物面搭載反射望遠鏡は、果たして誰が作りえたか、作ったかという本末転倒とも揶揄される命題なのかも知れない。

今回の国友四号機鏡から判断される事項と、今後の調査検討方針は以下の如くである。

- ① 国友本家四号機鏡は、放物面 $1/3\lambda$ の良鏡である。一号機鏡と二号機鏡も同様の優秀なる放物面鏡であり、未検証の三号機鏡も同様と推定されるが、追試験の実施が可能であれば完璧である。またデジタル画像による四号機鏡の写真も得られた。副鏡は直径の小ささと撮影光源の関係から、今回、良好画像は取得不能であった。ただしその後、フーコー試験器の光源改良が完了し、レプリカ主副鏡とも参考画像取得が可能となった。今後機会があれば、少なくとも長浜市の二号機主・副鏡および四号機副鏡の撮影が可能ならば再度試みる価値は高い。
- ② 国友一貫斎がこれらの複数望遠鏡を製造したのは、1830 年代の末頃より開始されたとされており、仮にレオン・フーコーが放物面鏡の作製方法と、その測定技術を最初に開拓したとすれば、一貫斎は既に約 20 年早くその開発を成功した事となり、この年代差は何を意味するのか、徹底検証が必要である。世界初の放物面搭載望遠鏡は、製作者は特定しうるかという問題提起でもある。勿論、世界の光学歴史を検証すれば、他の第三者という可能性も内包する。
- ③ 国友一貫斎は、江戸出府の折、尾張徳川家附家老・成瀬隼人正邸にて、オランダ渡りのグレゴリー望遠鏡を検分し、その影響下での望遠鏡開発に着手したという。翻って、国内には現在複数台の海外同型望遠鏡が保存されているが、鏡表面の輝きも失われてはいない物があると言われ、それらは一貫斎に如何なる影響を及ぼしたかの検証を展開すべきであろう。可能であれば所有施設にフーコー試験許諾を願い、光学系の検証の必要性を図るのが最良と考えられる。一般的には、海外輸入品の主鏡は球面のみと伝承されているが、多分その詳細判定は実施されてはいない。レオン・フーコーの出現までは、反射鏡は金属製のそれも球面鏡と、今以って断定的に語られる。果たしてそれは正しい結論か否かの判定が必要とされる所以であり、放物面鏡の出現時期の推論と判定にも繋がり得る。
- ④ 加えて、国友望遠鏡の主鏡の研磨製作方法についての、更なる詳細検証が必要と判断される。特に測定技術の有無の検討を含み、仮に測定無くしても良好なる放物面鏡が製作し得るのであれば、その製作方法の特定と、測定技術に代わる手法を判定し、国友鏡の光学的優秀さを証明すべきと思われる。なお、副鏡については、多分球面鏡程度と推定されるが、その点も検証されることも必要であろう。
- ⑤ 求められる方針とその結論は、放物面の出現期特定と、国友一貫斎という技術者の歴史的存在意義確定を得ることである。それは世界の光学史に対して、より一層の意義を深めることを意味し、更に隠れた事実の発掘にも繋がり得る可能性がある。

脱稿 平成 29 年(2017 年) 5 月 30 日