

科学における黒船

100 年前の金星日面経過観測

齊 藤 国 治*

1. 発 端

明治6年(1873)6月30日, 当時駐日アメリカ合衆国公使であった C.E. デロングから明治政府外務少輔(次官補にあたる)上野景範あて, つぎのような一通の公文書が差出された。

「甲号別紙第一号合衆国国務卿代理より本日落手いたし候書翰の写し閣下へ差出し候。右は金星の日輪を経過するを経験するため, 観台を横浜および長崎の近傍に設立すべき許可を得るため, 且つ入用の器械其他緊要の物品は無税にて陸上げ致したき候旨申述べ候ものに御座候間, 閣下御尽力, 右同様相達し候様御所置下されたく相願ひ候 敬具」

別紙として, アメリカ合衆国国務卿代理 J.C. ヒーダリスからデロングあて上記と同一内容の公文(5月20日付)の訳文が添えられてあった。

つまり, アメリカの天文家が来日して, 日本国内で金星の太陽面通過を観測する計画だから諸事よろしくたのむというのである。

ところでわが国でも江戸時代に水星の日面経過を観測したという記録はある。すなわち文政5年(1822)に間(はざま)重新がこれを実視して記録している。しかし金星の日面経過というのははじめてのことであった。それは無理もない。金星の日面経過という現象は第1表に示すように非常に稀にしか起らないからである。

第1表 金星日面経過の年月日(世界時)

年 月 日	(時分)
1631 12 7	3:49~ 6:49 (昇交点通過のあと)
1639 12 4	14:56~21:54 (昇交点通過のまえ)
1761 6 6	2:01~ 8:36 (降交点通過のあと)
1769 6 3/4	19:15~ 1:35 (降交点通過のまえ)
1874 12 9	1:50~ 6:26 (昇交点通過のあと)
1882 12 6	13:57~20:16 (昇交点通過のまえ)
2004 6 8	5:15~11:28 (降交点通過のあと)
2012 6 5/6	22:22~ 4:53 (降交点通過のまえ)

(J. Meeus: Journ. Brit. Astr. Ass., 68, 98, 1958 による)

* 東京天文台

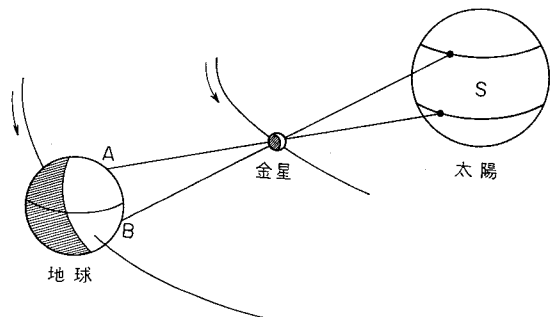
K. Saito: The Transit of Venus Observed in Japan 1874.

それにしても, この稀有の天文現象を観測するためにわざわざ千里の波濤を越えてまで来日するのは何のためなのか, 明治政府の要人にはその意図がよく理解できなかった。入国許可の要請をうけた当時の明治政府のうち本件に関係ふかい関係の名をあげれば下の通り。

太政大臣 三 条 実 美
海 軍 卿 勝 安 芳 (海舟)
文 部 卿 木 戸 孝 允

いずれにせよ開国間もないわが国にとって, これは科学における「黒船」とも称すべき事件であった。

明治維新を境にして, 江戸浅草にあった幕府天文台は解体し, 当時の天文家のほとんどは失職し離散してしまっていた。しかし, これに代って明治政府の海軍省内には水路寮が設けられ, 長崎の海軍伝習所で西洋航海術を学んだ若い技術士官らによって西洋天文学の芽が育ちつつあった。当時は, 東京大学も東京天文台もなかったから, 海軍省水路寮が日本における天文学関係の唯一の専門官庁であった。そこで政府は当然水路寮に対して本件について諮問をおこなった。当時の水路寮長官海軍大佐柳橋悦(猶悦とも書く)は諮問をうけて最も適切な答申をおこなっている。すなわち, 本件は純粋に天文学関係の観測であって全く他意はないことをのべ, これを機会にして部下の士官らをして来日の天文家に随従し, 観測を見習わせ, さらに彼らのつてをもとめて新式の観測機械・天文図書・図表・数表の入手を企画している。これらの経緯は水路寮「金星試験顛末」(明治6年~8年筆



第1図 地球の南北両半球上の2点 A, B から金星の日面経過を観測すると, 日面上の見かけの経路は視差のために異なる2線に投影されて見える。

記綴り)や「法規分類大全」(明治24年刊)に詳しい。またそのころ、政府お雇い外国人のひとりにアメリカ人ダビッド・モルレー(1830-1905)という人があった。文部省学監の要職にあり、日本の近代教育制度の制定に協力したが、政府の諮問に答えて、金星日面経過を観測することの意義を平易な文章で答申している。これは「金星過日」(明治7年写本)と題して今日も残っている。

たまたま本年は金星経過のことがあってからちょうど100年目にあたるので、天文月報にこの事件の概要を述べて、読者の注意を引く次第である。

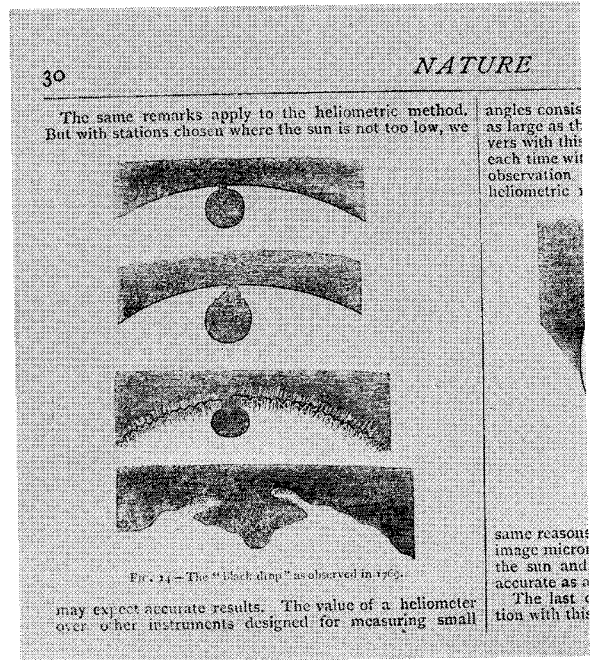
2. 金星太陽面通過を観測することの意義

ド・ラランドの天文講話第2巻によると、金星の太陽面通過をはじめて予報(1631年12月7日)したのは、J. ケプラーであり、またはじめてこれを観測(1639年12月4日)したのはイギリスの若き副牧師J. ホロックスであったという。当時は水星・金星の太陽面通過は天体力学的興味から注目されていたらしい。

ついで1667年に、ハレー彗星でのに有名になったE. ハレー(1656-1742)は、南大西洋の孤島セント・ヘレナ島に滞在して、南天の星図をつくるという観測事業に従事していたが、たまたまその年に水星の太陽面通過に遭遇したのである。このとき若いハレーは内惑星の太陽面通過を観測することによって、太陽系の尺度がきめられるというヒントを得た。それによると、(第1図を参照せよ)地球上南北にへだたった2地点A, Bから内惑星(この場合には金星が適当)の日面経過(太陽面Sへの投影)を観測し、その経過時間を測定し、南北2点で得られた観測値の差から、金星の視差ひいては太陽の視差を求めることができると考えた。かれは帰国後さらに研究をかさねたすえ、1691年にロンドン王立協会のPhilosophical Transactions誌上に、このアイデアを発表している。

それによると、地球上南北の2点から見て金星と太陽との接触する時刻(とくに内触が適当)を1secの精度で観測できるならば、太陽視差は1/500の精度、すなわち0.002の精度で正しく求められるはずだと書いている。ハレーの生きていた17世紀末当時は、地球太陽間距離は有効数字1ケタもしくはとは判っていないのだから、太陽視差の精密決定が当時の天文学界の最大の関心事であったことは理解されねばならない。ハレーは1742年に死亡したので、かれ自らは1761年の金星日面経過を見ることができなかった。そこでハレーは有名なハレー彗星の帰還とこの金星日面経過のことを後世に遺言したのである。

1761年、1769年の両度の金星日面経過にはヨーロッパの先進国の科学者は一命を賭してまで地球上僻遠の地



第2図 1769年に観測されたときのブラック・ドロップのスケッチ(Nature, 1874年5月14日号より転載)

に出張し、接触時刻の測定という地味な観測に従事した。そしてその結果太陽視差の値として、 $\pi=8.5 \sim 8.9$ を得た。これはハレーの期待した精度(0.02)と比べて随分下廻る値にとどまったことになる。観測が精密にできなかった最大の原因は、いわゆる「ブラック・ドロップ」の出現であって、これはだれも全く予想していなかった現象であった。「ブラック・ドロップ」とは、たとえば金星が太陽面内に侵入するのを観測しているでしょう。太陽と金星の両円が内接したつぎの瞬間には、当然両円は離れ、明るい太陽縁とくらい金星縁との間に光のすじが入ると期待される。ところが、まったく意外なことにくらい金星のへりは太陽縁にへばりつuitのまま、金星自身は太陽面内に侵入していったのである。その結果、見かけの金星像は「雨だれ」型に延びてしまった。そして両円の幾何学的内接の時期から大分の秒数(人によりマチマチ)が経ってから、やっと両へりの間に光の条が入ったというのである。これが天文学史上有名な「ブラック・ドロップ」といわれる現象である。このため観測者の接触時刻値には人によって10°ないし30°のパラツキを生じてしまった。つまり、ハレーが期待した1"の精度で接触時刻が決められるなら、太陽視差は0.02の精度で得られる」というワケにはいかなかったのである。

ブラック・ドロップのスケッチ例を第2図に掲げておく。これは1769年の記録である。この絵を見ても接触時刻の決定がうまくいかなかったことが理解できよう。

ブラック・ドロップの発生の原因についてはいくつかの説がおこなわれているが、筆者の考えでは、当時使った望遠鏡レンズの収差が原因で生じたと判断している。

3. 観測隊の規模

1761年と1769年にはブラック・ドロップに患されて不満足な観測結果しか得られなかった天文学者らにとつて105年の歳月が経って、やっと待望の1874年つまり明治7年がめぐってきた。そこで、欧米先進各国は莫大な国費を支出して、競って多くの観測隊をアジア太平洋地域に派遣した。派遣隊の規模からいえば、フランス・イギリス・アメリカ・ロシアが最も大きく、その他ドイツ・イタリア・メキシコからの観測隊もあった。また当然既設の天文台ではその土地で観測をおこなっている。しかしヨーロッパやアメリカは夜の時間帯に入っていて具合がわるかった。第3図は各国観測隊の出張先きの地名を示している。そのうちでハワイ諸島では第1、第2接触しか見られず、東ヨーロッパの地域では第3、第4接触しか見られない。つまり今回の観測は日本を含む東経135°線あたりが絶好の観測地帯であったのである。

日本に来た観測隊は下の通りであった。

1. フランス派遣隊——フランスは南北両半球に合計6隊を派遣したが、日本に来たのは、隊長 J. ジャンサン（パリ経度局）と同じく F. チスラン（ツールーズ天文台長）で、その他技術士官としてはピカール（海軍中尉）、ドラクロワ（同上）、ダルメイダ（ブラジル国より随従の士官）、アラン（写真師）、ワセー（同上）その他総勢8名（ジャンサン夫人を含む）であった。長崎の金刀比羅山および別隊として神戸諏訪山を観測地とした。

2. アメリカ派遣隊——アメリカは南北半球に8隊をおくり出したうち、日本に来たのは隊長 G. デビッドソン（アメリカ沿岸測量局次長）以下、O.H. チットマン（同上、副天文士）、W.S. エドワーズ（同上、第二副天文士）、S.R. セイバート（写真助手）、H.E. ロッジ（同上）、F.H. ウィリアムズ（同上）らで、その他にデビッドソン夫人、子息2人も同伴してきた。彼らは長崎大平山（現在の星取山）に布陣した。

3. メキシコ派遣隊——メキシコからは合計1隊で、横浜の野毛山と山手本村に分かれて駐在した。観測隊長は F. ディアス・コバルーピアスで、他に F. ヒメネス（次長）、M. フェルナンデス（助手）、A. バロソ（同上）、F. ブルネス（記者）の以上5名であった。

これらに対し日本側としては海軍省・文部省・外務省から掛官や通訳官が外国隊に随従して観測実習乃至は接待をしている。すなわち、

1. 海軍省よりの派出——柳橋悦（海軍大佐、水路権頭）は長崎でアメリカ隊と共にいた。相ノ浦紀道（海軍

中佐）は長崎市内の福濟寺境内に、大伴兼行（海軍中尉）らはアメリカ隊に随従、加藤重成（海軍少尉）らは長崎のフランス隊に随従した。また、五藤国幹（海軍大尉）ら4名は神戸のフランス隊に随従し、吉田重親（海軍中尉）ら4名は横浜のメキシコ隊に随従した。

2. 文部省よりの派出——ダビッド・モルレー（文部省学監）と畠山義成（中督学）とは長崎のアメリカ隊に随従し、また古賀護太郎（開成学校監事、訳官）は長崎のフランス隊に随従した。

3. 外務省よりの派出——鶴田貫一郎（訳官）は神戸のフランス隊に随従した。

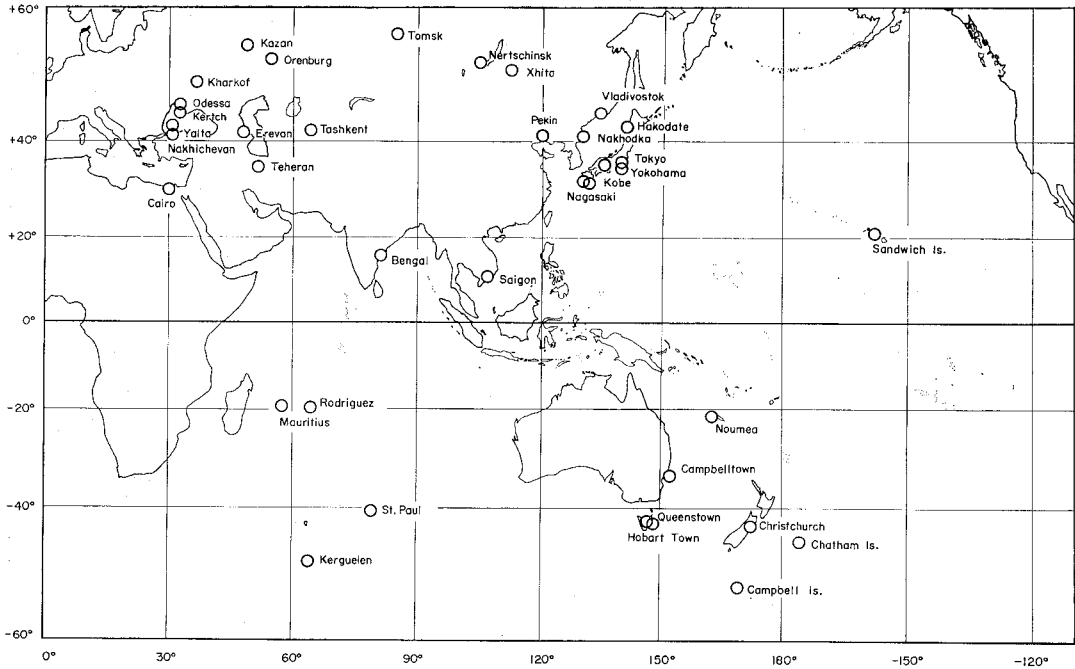
その他に、東京の海軍観象台（麻布飯倉町）では、水路寮の伴鉄太郎海軍少佐が指揮をとって各種の観測をした。また、内務省測量局のお雇い外国人 C.A. マックベーンら3名を含む一団は、東京品川御殿山に仮観測場を設けて同様の観測をした。遠く函館では、開拓使出仕福士成豊が接触時刻の観測を残している。また宮中において、明治天皇および皇太后・皇后らが御雇い外国人 M. S. デイと開拓使出仕荒井郁之助の説明で金星経過を親しく御覧になった。

4. 観測当日の様相

明治7年12月9日の天候は函館は快晴、東京・横浜も快晴、神戸は晴れ時に浮雲あり、長崎は午前中半晴、午後から曇り、夜に入りて雨となった。つまり外国隊の主力が駐在した長崎ではあまり満足の結果が得られなかった模様である。

ジャンサンが発明した回転カメラ (revolver photographique) も、もやにさまたげられて十分な成果を得なかった。この機械は円板状の写真原板の円周に沿って1秒1コマの割りで露出をして、金星の接触時を写真的に1秒の精度できめようとの意図でつくられたものであった。これはのちにエジソンが発明した活動写真の原型ともいうべきものであろう。因みにこの機械は現在もパリ天文台の展示室に保存されている由である。

ジャンサンの報告の一部を下に紹介しておく。「……9日午前には幾分の雲があったが、天候はまず良い方でした。第二接触（午前10時52分）はチスラン君と私とがとらえました。8インチ赤道儀は優秀なレンズをつけているのですが、金星像は完全な円で、へりも鋭く、金星の円盤が太陽円に対する相対的な進み方は何らブラック・ドロップらしき徴候もなしに、幾何学のおこりました。しかし、金星円盤が太陽へりに内接したと見えた瞬間と、光の条が両者の間に生ずるときとの間には、かなり長い時間が経過しました。……ダルメイダ君は回転カメラにて太陽への写真47コマを露出した写真（1枚）を撮りました。第2接触のうち、ピカール君とアラ



第3図 1874年の金星日面経過観測のために世界各国から観測のため出張した土地の一覧図。(筆者原図)

ン君もそれぞれの機械でできるだけ多くの写真を撮りました。しかしときどき雲がでて邪魔をしました。第3接触(午後2時42分)のときは全く僥倖で、雲の切れ間から覗く太陽上で、チスラン君と私は接触時刻を充分の精度で測ることができました。第4接触のころは空は全く曇ってしまいました……」

アメリカ隊ダビッドソンの報告も以上とほぼ同じであるが、ダビッドソン夫人の手記を少しく下に引用しておこう。

「……そのあと太陽は厚い雲の土手に没しました。間もなく空は太陽の意気地ない退却に対して涙をこぼしはじめました。かくしてこの大きなイベントはおわりを告げたのです。このときになって、自然は飢えの苦しみを主張しはじめました。私どもは朝食以来一片のサンドウィッチと一杯の茶のほか振っていなかったのです。ホテルの支配人に極上等の夕食を運び上げるように命じ、5時ごろ私どもは食堂テント内で時間タップリの食事をとりました。そのとき外では雨が激しく降り出しました……」

以下の文は神戸諏訪山にあったフランスのドラクロワ中尉の報告である。「……11月30日に諏訪山に到着。日本政府は我々に対しあらゆる援助をおしななかった。観測小屋は3日間で完成した。フランスから同道してきた若き日本人清水誠君は、もとパリ中央学院の学生であったが、写真技術を習得しており、多くの才能をもっていた。すなわち画家としても通訳官としても有能であった。……連日天候は概して良好で、ことに経過当日は快

晴であった。現象が近づくやクロノメートル比較のため電信で長崎と連絡した。観測者は金星が太陽面に侵入するまで金星の姿を認めなかった。切れ込みが見えた瞬間最初のタップを敲いた。第1接触である。太陽へり外で金星大気の暈を認めたとき第2のタップを敲いた。この輝いた弧は金星全円が太陽面へ没入しおわるまで認められた。没入のとき、輝いた弧は太陽へりに切線状になり、そして金星と太陽へりを結ぶ小さな黒滴(goutte noire)を認めた。この黒滴が消えたとき再びタップを敲いた。一方、清水君は第2接触が終了するや否や写真撮影にとりかかった。彼は第2接触終了まではクロノメートル係をつとめていたからである。午後2時ごろモヤが立ちはじめたが、大気は平穏であった。はじめのころに撮った写真原板はきれいに仕上がったが、あとの方はモヤを透している。第3接触の時期が近づいてきたので再び観測機械にとりついた。金星と太陽との間にはまた橋(ligament)がかかった。そのころまた薄モヤが出てきて輝く弧は認められなかった。第4接触もモヤのため不確かである。全部で15枚の金星写真を得ている……」

横浜野毛山にはメキシコ観測隊長ディアス・コバルーピアスらが待機していた。ディアス自身の立派な報告書もあるが、以下には東京日日新聞の末松記者の探訪記を紹介しよう。

「……それよりまた野毛山・太神宮前の第一観天場に到る。其有様は大抵本村の第二場と同じ。但し、左辺に電信機械ありて、二筋の線を引き、神戸並びに長崎の観天

場に連れり、此処の天文学士は即ち頭取カバルピアス氏にて、外に日本書生三人来り居れり（筆者注・これらは水路寮派出の吉田重親海軍中尉らのこと）。カバルピアス氏自ら機械を運転し、またコロノメートルを見合せ、冊子に筆記せり。一人にて数事を兼ねるその煩雑一方ならず。金星すでに太陽経過の中点を過ぐるに及んで、曰く「予れ疲れたり、少しく休せん」と。同じく室外に出て雑話す。……観天場より見るに、少し隔たりたる人家に新たに窓を穿ちて、望遠鏡の如き者をさし出せり。是れカバルピアス氏属員の金星過日の写真を写す処なりと言う。……すでにして一僕洋酒菓子を持ち来たる。探訪者は此時、最早ステーション出車の期に迫りたるを以て、早々として野毛山を下れり。」

5. 観測の成果

金星日面経過の観測というのは、皆既日食などちがって、甚だ地味な観測である。観測といっても接触の瞬間の時刻測定で、これを実視もしくは写真的に観測するのである。北半球の観測班が観測に成功しても南半球の班が曇天などで不成功となれば、北半球の班の成功は全くの水の泡である。そのため、各国は南北両半球に数班を派遣したのである。こんなに大規模な派遣をして得られる成果はただひとつ、太陽視差という3桁ばかりの数値であった。

1882年までにフランス科学アカデミーは金星経過観測についての膨大な報告書8冊を印刷した。その第2集第2部にはジャンサンらの日本における報告が載っている。イギリスのストーンはそれらを使って太陽視差値として $\pi=8''.88$ を求めている。一方アメリカの金星経過委員会も報告書2冊を印刷した。アメリカ隊は合計213枚の日面経過写真を整約した結果

$$\pi=8''.883 \pm 0''.034$$

と出している。メキシコ隊は横浜に一班が来たただから独自では太陽視差値を求めることはできない。誰れかにデータを使ってもらいより仕方がなかった。東京麻布の海軍観象台の観測もあるが、これが太陽視差の決定のために有効に使われたかどうかは不明である。

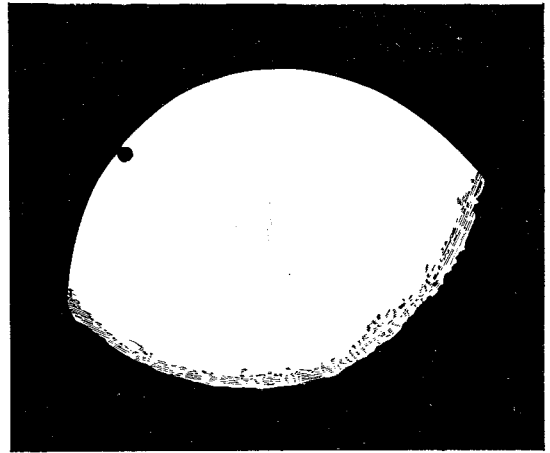
ところで明治7年のあと8年をへだてて明治15年(1882)にも金星経過が起っている。今回は南北アメリカ州が絶好の観測地域であって、日本では全く夜の間にならなくなってしまった。ただ寺尾寿(のち東京天文台初代台長)がフランス留学の帰途恩師チスランにとまなわられて、西インド諸島マルチニック島で観測をしている。このときの総括結果は下の通りであった。

$$\text{イギリス隊の観測結果} \quad \pi=8''.832 \pm 0''.024$$

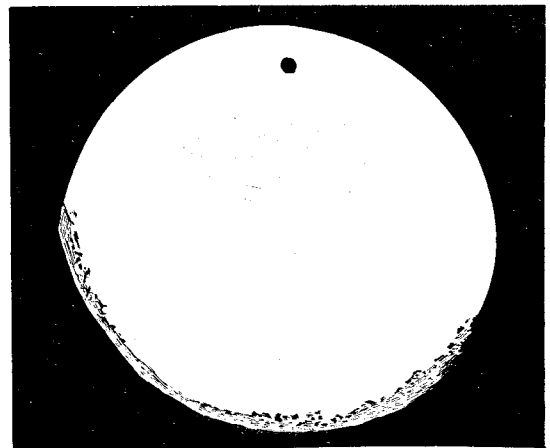
$$\text{アメリカ隊の観測結果} \quad \pi=8''.847 \pm 0''.012$$

フランス隊の総合成果は不詳である。ここで筆者が文

APENDICES.



II. Dic. 8 á..... 23^h 27^m 46^s.
Tiempo medio de Nogue-no-yama.



X. Dic. 9 á..... 1^h 50^m 42^s.
Tiempo medio de Nogue-no-yama.

第4図 メキシコ観測隊(横浜野毛山)が撮影した金星日面経過写真の二コマ(メキシコ隊長ディアス著 *Viaje al Japón* から転載)

献を調べあげた結果の感想を述べるならば、1874年の最も活発な熱意にくらべて、1882年の観測とその後の成果の発表には、何か以前ほどの熱意が感ぜられない。つまり金星の日面経過を観測して、太陽地球間距離を精密に決定するとの企画は、はじめに考えたようにはうまくいかないらしいとの悲観論が学者間に浸透していつて、1882年はいわば情性的に観測したものの、その結果格段に精度向上が期待できそうにないとの、後ろめたさがあったのではなからうか。

いずれにせよ、この世界を沸かした観測は竜頭蛇尾におわったという外はない。つぎの金星経過は2004年と2012年とにあるが、前回のような大規模な観測隊の派遣などはまずあるまい。金星の日面経過は今や天文学史

の一挿話になってしまったといつてよい。

因みに、現行の太陽視差値は理科年表（1970）によれば

$$\pi = 8.794$$

とある。これは地球金星間をレーダーで直接測距した観測にもとづく値であるという。

6. 金星観測記念碑について

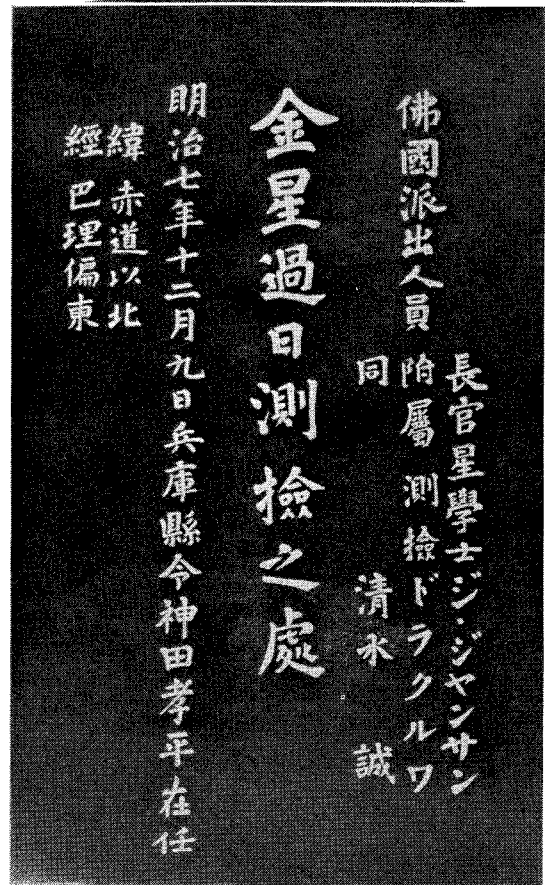
「つわものどもが夢のあと」というが、100年前の金星観測を記念した碑や台石が長崎・神戸・横浜に現在も残っている。これらは特にアマチュア天文家には興味ある対象物であろう。

長崎市立山町コンピラ山の金刀比羅神社（標高 280 m）の裏山約 100 m のところに、ジャンサンが建てた金星観測碑が苔むして残っている。市バス停留所「金比羅口」でおりて北側の山を登ること 20 分で達する。碑は高さ 205 cm、二段の方石の上に大きなピラミッド形をしている。斜面の三角形の稜線は長さ 185 cm、底辺の長さは 163 cm、南と東との三角面にはフランス語で観測の内容、派遣機関名、隊員の氏名、経緯度が刻まれている。碑は砂岩でつくられているので、100 年を経て刻字がボロボロになっており読取りにくい字が多い。この碑は長崎県史跡になっており、長崎市も最近金星碑を含む附近一帯を立山遊歩公園に指定し、碑をかこって犬走りと柵とを設けて大切にこの記念物を保護している。

長崎の大平山（現在星取山）にはダビッドソンらが布陣していたが、ここは別段記念碑をのこさなかった。現在山の頂上には長崎統制無線中断所が建てられていて、長崎県内のマイクロ波中継の中心である。うたた今昔の感に堪えない。また、長崎県立図書館には市内勝山町で電話線工事中に発掘したという基石柱を保存している。截頭角錐で上面に十字線が刻んである。ダビッドソンかジャンサンかが経緯度測量のとき埋めておいたらしいということだが、判然とはわからない。

神戸市生田区諏訪山公園には方石上に樹てた円柱（高さ 159 cm、周囲 189 cm）の記念碑がある。碑の前にはフランス語で金星観測の事実とジャンサン・ドラクロワ・清水誠の名前が刻られている。裏面は同じ意味の日本語である。石質は花崗岩であるため、保存状態は優秀で苔の附着もない。ここは明治 35 年以来神戸市の公園に編入されているため、幾分の手入れがなされているのかもしれない。フランス隊の一員として帰国した清水誠は化学者で、のち東京本所柳原に「新燧社」という日本最初のマッチ工場を建てた人。現在もマッチ製造関係者がときどきこの碑を参詣にくるという話は奥ゆかしい。

横浜にきたメキシコ隊が、観測器械を据えつけた石柱の一部が現在も横浜市西区宮崎町 39 番地の大森達雄氏



第 5 図 神戸諏訪山公園内にある金星碑裏面の日本語、拓本から転写したもの（明治の明が目篇になっているがそのまま。）

邸内にある。このことは「横浜市史稿」中にも記録されている。これはただの角石をつみかさねたもので碑銘もなにもないが、隊長ディアス・コバルピアスの報告書中の記事や図面と現存物とを比較してみると方位や寸法などピタリと一致するから大丈夫本物である。100 年前の現地は野毛山の上で四方の見晴らしもよかったであろうが、現在は繁華な市街地になってしまっている。

麻布飯倉の海軍観象台のあったところは、現在は建設省国土地理院の総合庁舎が建てられている。敷地の一角に「日本経緯度原点」の標石があるが、金星観測の記念物などは一切ない。

以上の内容は東京天文台報 第 16 卷（昭和 46/47 年）に発表した斉藤国治・篠沢志津代「金星の日面経過について、特に明治 7 年（1874）12 月 9 日 日本における観測についての調査——前・後篇」からの引用である。詳細興味のある人は原報告にあたられたい。