

安政五年ドナティ彗星観測にみる
土御門家の天文観測技術に関する一考察
— 江戸幕府天文方・間重遠の観測との比較から —

岩橋 清美^{1,*}

¹ 國學院大學 〒150-8440 東京都渋谷区東4丁目10-28

北井 礼三郎²

² 立命館大学 〒603-8577 京都府京都市北区等持院北町56-1

玉澤 春史³

³ 京都市立芸術大学 〒610-1197 京都府京都市西京区大枝沓掛町13-6

Observation of Donati comet in Japan on 1858
- Evaluation of the technical arts of astronomical observations at
Tsuchimikado (Kyoto), Tenmongata (Edo) and Hazama (Osaka) -

Kiyomi Iwahashi^{1,*}

¹ Kokugakuin University, 10-28 Higashi 4-cyome, Shibuya-ku, Tokyo 150-8440

Reizaburou Kitai²

² Ritsumeikan University, 56-1, Toujiinkita-cyou, Kita-ku, Kyoto 603-8587

Harufumi Tamazawa³

³ Kyoto City University of Arts, 13-6 Kutsukake-cho, Oe, Nishikyo-ku, Kyoto 610-1197 Japan

* iwskym.3955@tbc.t-com.ne.jp

(Received 2022 October 31; accepted 2022 December 16)

概要

安政五(1858)年に出現したドナティ彗星は、我が国では京都土御門家、江戸幕府天文方および大坂間家において観測され、その観測記録が残されている。これらの史料は、いずれも西洋天文学に基づく観測記録であり、高度・方位が数値として記されている。管見の限りでは、19世紀前半の彗星観測記録において、京都土御門家・江戸幕府天文方・大坂間家の記録がそろっている事例はドナティ彗星のみである。これらの観測記録から、彗星の日々の赤経・赤緯値を導出して、観測精度の相互比較を行った結果、(1)西欧の近代的な観測精度に比して我が国観測所の観測精度は一段落ちるものの、(2)彗星の軌道を赤道座標値で±2度の精度ではあるが、軌道の全貌を概ね把握できていたこと、(3)3観測所の中では土御門観測が一番優れていたこと、(4)天文方、間の観測は期間が短く断定は難しいが、観測値にオフセットがあることが分った。

また、三観測所での測定の比較から、測定の基本的な考え方は相互に共通しており、時刻測定の方法も共通の機器が使われているので、天体位置測定の精度の違いは、儀器の設置精度および堅牢性、眼視観測者の熟練度によるところが大きいという結論を得た。

Abstract

Donati comet (1858) was observed at Tsuchimikado, Tenmongata and Hazama observatories in Japan. Their daily observational records were found to give us numerical data of apparent positions of the comet and permit us to get equatorial coordinates of daily positions of the comet. Intercomparison among the three observatories records results in the followings. (1) Japanese technological arts of the astronomical observation did not attained the technical levels in Western observatories yet, (2) the obtained accuracies of the equatorial coordinates of the comet was within ±2 degrees, (3) Tsuchimikado is superior to the other two in the viewpoint of observational accuracy, and (4) Tenmongata and Hazama equatorial coordinates show systematic offsets, which we can see only in the short time-spans of observation records at the two observatories.

The three observatories had common knowledge of astronomical position measurements and utilized the similar instruments both in the position measurements and the time reckoning. The difference of accuracies of measurements can be due to the setting accuracies of instruments, the robustness of the instruments and the human errors of the naked-eye observers.

Key words: Comet Donati - Historical records in Japan - Technical arts of observation

1. はじめに

本稿は、安政5(1858)年8月から9月にかけて観測されたドナティ彗星の観測記録をもとに、朝廷において陰陽頭を務めていた土御門家の天文観測技術について分析を行うものである。近世の土御門家は、陰陽道本所として江戸幕府から陰陽師支配の公認を受け、民間陰陽師をはじめ様々な宗教者や芸能者を支配していた(林 2005)。また、同家は暦に対する権限を持ち改暦に関与したが、その暦学は「伝統的権威」と評価されてきた(渡辺 1987)。

享保期における幕府の漢訳洋書の輸入緩和政策により、西洋天文学の受容が進むと、間重富はもちろん、幕府天文方においても天文占が行われなくなった。そのため、19世紀以降も伝統的な東洋天文学の柱であった天文占を継続していた土御門家の存在は、西洋科学に学び先端的な学知を持った高橋至時・景保ら幕府天文方や麻田剛立・間重富といった民間天文家の対極に位置する存在として位置づけられてきた(中村 2008; 嘉数 2016)。

しかし、この指摘は一面的な評価に過ぎないとも言える。なぜならば、先行研究において、同一の天文現象を対象とした、土御門家・幕府天文方・間家による観測技術の比較がなされていないからである。

ここで天文学史研究における彗星観測技術に関する研究を振り返っておきたい。先駆的な研究としては、渡辺 敏夫(渡辺 1987)や中村 士(中村 2008)の分析があるが、三者の技術比較はなされていない。とくに土御門家については史料制約もあり、観測機器や観測技術の詳細な研究は皆無といってよい。

近年では栗田 和美が安政5(1858)年のドナティ彗星(栗田 2019)を事例に間家の観測技術を分析した(栗田 2019)。栗田はこのほかにも文政2(1819)年・文政8(1825)年の彗星の間家の観測記録を検討しており(栗田 2018; 栗田 2019)、土御門家については文久元年の彗星記録を扱っている(栗田 2020)。さらに、幕府天文方足立 左内による文政13(1830)年の彗星観測記録を分析した研究もある(栗田 2014)。これらの研究は主として、それぞれの彗星の軌道を求め、その結果を西洋の観測記録と比較して、当時の日本の観測技術の精度を問うものであって、日本の天文学者間の技術比較を行ったものではない。

土御門家は18世紀末に家塾をつくり測量や天文学に通じた暦算家を門人とし、学知の発信を行い、当時の社会において一定の役割を果たしていたことが明らかにされている(梅田 2009)。19世紀前後の社会においては、土御門家といえども、もはや西洋天文学の影響から免れることはなく、天文観測においても幕府天文方や間家と何らかの関係をもっていたはずである。こうした視点に立てば、従来の天文学史が説く、先進的技術を取り入れた幕府・間家に対して土御門家が東洋の伝統的な天文学を重視したという、二項対立的視点も見直されるべきである。このため、本稿ではドナティ彗星を事例に3者の観測技術を比較し、土御門家の観測技術を実証するとともに、19世紀前半の日本における天文観測技術の一端を明らかにしたい。

なお、分析においては、歴史史料を扱うため、いくつか留意すべき点がある。第一に史料の残存状況であり、第二には誰がどのような意図をもって作成した史料であるか、第三には原本・写本・案文といった史料の区別である。このような史料の性格規定は、三者の技術力の評価に直結する。そこで、本稿では、分析に用いる史料の位置付けを行った上で、三者の観測技術を分析する。

2. 観測史料

ここでは、本論文で用いる観測史料の史料学的考察を行う。

2.1. 19世紀の前半における彗星観測史料の残存状況

ここでは、まず、19世紀初頭から前半にかけて観測された彗星観測史料を概観しておきたい。近世日本において数値による観測史料や観測図が作成されるようになるのは、管見の限りでは18世紀半ば以降である。前近代日本の天文史料全体を見渡すと彗星記録は日月食に次いで多く、彗星に対する人々の関心は高かったと言えるのだが、その記録の多くは彗星の光の状況や位置の変化を文章で書いたものであり、西洋科学が導入される以前は彗星の位置情報を数値で記録することは極めて少なかったと言える。

表1は19世紀初頭から前半にかけて、観測数値を記した記録をまとめたものである。これによると、江戸幕府天文方の記録は極めて少なく、土御門家の記録も幕末に集中していることがわかる。これらに比して間家の観測記録の残存状況は高く、文化4(1807)・文化8(1811)・嘉永6(1853)・安政5(1858)・文久元(1861)年の記録が残されている。さらに、土御門家・幕府天文方・間家の三者による観測史料が残っているのは安政5(1858)年の彗星のみである。よって安政5(1858)年彗星は19世紀前半の日本における天文観測技術を分析する上で極めて適切な事例なのである。

2.2. 土御門家記録

本論では國學院大學図書館に所蔵されている土御門家記録を使用する。当館が所蔵する土御門家記録は全17点で、その内訳は中世9点、近世5点、近代3点である(高見澤 2018)。彗星観測記録はドナティ彗星のほかに嘉永6(1853)年のクリンカーフェーズ彗星の記録がある。ドナティ彗星観測記録は全32点で、これらの史料は「安政五年戊午彗星出現一件 從八月上旬至九月下旬 晴雄」と上書のある包紙に一括されていた(高見澤 2020)。

その詳細は以下の通りである(請求番号貴2208-8-1 32)。()は作成年月日を示す。

- 1 彗星出現につき初度勘文控(安政5年8月13日)
- 2 彗星出現につき二度目勘文控(安政5年8月16日)
- 3 安政五年戊午八月廿二日昏測(彗星所在図)(安政5年8月22日)
- 4 安政五年戊午八月廿四日昏測(彗星所在図)(安政5年8月24日)
- 5 安政五年戊午彗星出現図(安政5年8月14日-9月1日)
- 6 安政五年戊午彗星出現図(安政5年8月14日-9月18日)
- 7 安政五年戊午彗星出現図(安政5年8月29日-9月13日)
- 8 彗星之弁 (安政5年8月-9月推定)
- 9 九月二日昏時球行数書上(安政5年9月2日)
- 10 順天堂福田塾彗星考・木版(安政5年)
- 11 彗星之儀二付奉申上候(安政5年)
- 12 安政五年八月十三日彗星位置図(安政5年8月13日)
- 13 毎日垂球行記(安政6年6月29日-8月25日)
- 14 彗星測量記并垂球行数法(安政5年9月1日-17日)
- 15 安政五年戊午八月 彗星測量記 (安政5年8月14日-9月26日)
- 16 暮六時五分之刻分書上(安政5年8月12日-26日)
- 17 彗星出現につき二度目勘文控(安政5年8月16日)
- 18 午中・昏中球行記(安政5年9月1日-4日)

| 彗星 | 所蔵の有無・所属先 | | |
|------------|---------------|--------------|--------------|
| | 土御門家 | 江戸幕府・天文方 | 問家 |
| 文化4(1807)年 | X | X | ○ 大阪歴史博物館 |
| 文化8(1811)年 | × | ○ 大阪歴史博物館 | ○ 大阪歴史博物館 |
| 嘉永6(1853)年 | ○ 國學院大學図書館 | × | ○ 大阪歴史博物館 |
| 安政5(1858)年 | ○ 國學院大學図書館 | ○ 大阪歴史博物館 | ○ 大阪歴史博物館 |
| 文久元(1861)年 | ○ 宮内庁書陵部 | × | ○ 大阪歴史博物館 |
| 文久2(1862)年 | ○ 宮内庁書陵部 | ○ 国立天文台 | × |

Table 1. Available documents on the historical comets observed and recorded by Tsuchimikado, Tenmongata and Hazama.

- 19 午中・昏時球行記(安政5年9月4日-6日)
- 20 午中・昏時球行記(安政5年9月5日-6日)
- 21 安政五年午八月彗星之測(安政5年8月14日-23日)
- 22 昏測分改算書上(安政5年9月15日)
- 23 彗星所在図(安政5年)
- 24 彗星所在図(安政5年8月)
- 25 彗星実測(安政5年8月24日)
- 26 球行記 正午球(安政5年9月1日-23日)
- 27 午中・昏時球行記(安政5年9月7日-15日)
- 28 正午・昏時・午後刻分球行記(安政5年9月1日-4日)
- 29 昏時・六時五分球行記(安政5年8月)
- 30 球行数比較記(安政5年9月6日-10日)
- 31 彗星考・勘文(8月17日)
- 32 勘文留(文久元年-文久3年)

本史料群の作成者は、1、2、17、32が土御門 晴雄、10が大坂順天堂福田塾、それ以外は土御門家の門人伊藤 信興・松浦 浩静である。両人は肩書きに「東寺」と記しているので同寺の寺侍と推測される。また、32はドナティ彗星の史料ではない。

本史料群は大きく分けて、(1)垂球行記、(2)彗星観測記、(3)勘文に分類でき、(1)と(2)が日々の観測記録、(3)は(1)(2)を踏まえた彗星の吉凶占文である。このうち(2)には彗星の位置を数値で示した史料・彗星の位置の変化を文章で表現した史料・観測図があり、観測図には数日に互る変化を図示したものもある。(2)(3)は基本的には土御門家へ提出されていた。伊藤・松浦は土御門家の権殿で観測を行い、それに基づく勘文も作成していた。本史料の中心は、土御門 晴雄が初度・二度目の勘文を安政五(1858)年八月十三・十六日に作成・提出したのちの観測記録である。

問家および江戸幕府天文方の史料との比較における同家文書の特徴は、彗星出現時から消滅までの観測の過程を追える点にある。垂揺球儀の振子のカウント数を記したメモ書(9、16)、およびそれらをもとに作成したと推測される「午中・昏中球行記」が残されていることもその一

例である。つまり、観測の状況を史料で追えるという点で観測技術の分析に適した文書群であると言える。

2.3. 問家史料

問家に残るドナティ彗星の観測記録は問重遠によるものである。本史料は大阪歴史博物館所蔵羽問文庫に収められている(請求番号羽文2-59、井上 2006)。

観測者である問重遠は問重富の孫、問重新の長男で、天保9(1838)年に重新が死去したため家督を相続した。父の重新は天体観測技術に長けており、観測法や観測機器の考案・改良を行って観測精度の向上に努め、江戸幕府の御用観測も担っていた(大阪歴史博物館 編、1999、2017)。重遠もその技術を継承したと推測される。ドナティ彗星出現時、重遠は幕府から観測記録を提出するよう命じられていたが、目の調子が悪く、観測が儘ならない状況である旨を江戸幕府天文方足立左内の用人に書状で伝えていた(請求番号羽文2-59)。

本史料の形態は縦帳で、数量は1冊である(図1)。表題には「安政五戊午八月十四日丙辰彗星初見爾後疏測量之記」とある。なお、表紙には観測機器名も記されており、これによると子午線儀、垂揺球儀、小地平盤・小象限儀が使われていた。内容は安政5(1858)年8月15日から9月9日までの観測記録で、日々の「午正球行」「彗星球行」「子正後分數」「視高」「方位距」が記録されている。末尾には以下のような記述がある(請求番号羽文2-59)。

右ノ如ク彗星初メ東方甫□(虫損)間ニ見ル、直ニ儀器ヲ施シ不俟欲測之而忽雲ニ入終不見、八月十五日十六日曇天、亦不見也、然ルニ十七日之昏初テ西方ニ光ヲ見ル、其光芒凡三尺許、從テ毎昏之ヲ連測ス、九月三日ニ至リ頗ル短シ、蓋月光の妨ル故ナランカ、後偶々晴夜日窺スルニ彗星南ニ轉移シテ、星光幽ニ唯白氣ヲ見ル如ク芒乎トシテ所在定難ク、固リ測儀ヲ施スコト能ス、終ニ全ク盡テ見ヘス、故ニ光ニ疏測スル所僅ニ録メ以テ聊カ実測ノ一端ニ備ノミ

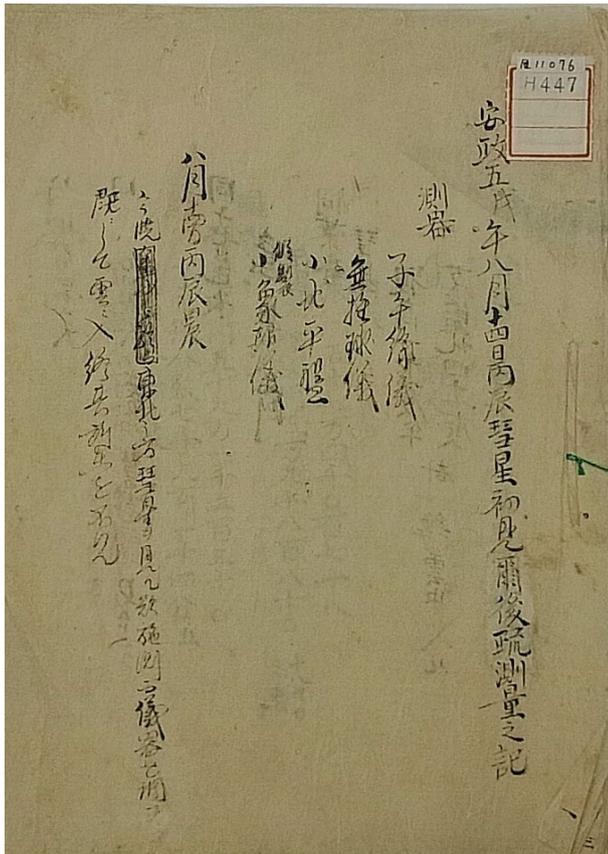


Fig. 1. Hazama document on the observation of Donati comet (partial). 「安政五年八月十四日丙辰彗星初見爾後疏測量之記」 (Osaka Historical Museum羽文2-59)

これによると、彗星出現から曇天が続き、八月十七日になって初めて西方に三尺余りの光が見えたという。その後、順調に観測を進めたが、九月三日に彗星の光が短くなり、その後見えなくなった。このため、記録が僅かなものになってしまったと述べられている。

2.4. 江戸幕府天文方史料

江戸幕府天文方の観測記録は大阪歴史博物館所蔵羽間文庫に伝来されている(図2、請求番号羽文2-216)。形態は卷子で、外題に「安政五年八月彗星 江戸伊藤吉右衛門連測 問方飯原脩五郎急写」とあることから、江戸幕府天文方伊藤 吉右衛門の観測記録を問家の門人飯原 脩五郎が写し取ったことがわかる。内容構成は、(1)昏所見図、(2)晨所見図からなり、(1)は8月3、4、17、22、23、24、29、30、9月1-4、6、9日の彗星の位置の変化、(2)は8月14-16、18、23、24日の彗星の位置の変化を記した観測図である。なお、図中には曇天で観測できなかった日付が記されている。(1)の末尾には、「子正度分数」「地平経度」の書上げがある。(2)の末尾には以下のような記述がある(請求番号羽文2-216)。

安政五年戊午八月十三日昏彗星西北ノ間ニ見ル、光芒一尺余、是レ測量ノ初トス、翌十四日晨復々東北ノ間ニ見ル光芒五尺許、爾後晴ヲ得レハ必ス其行度ヲ測ル、同月廿五日後陰而三五日此際彗星漸々東南ニ進ミ、其出地に日出後ニアリ、此ニ於テ晨測ヲ施スコト能ハス、廿九日昏後復々連測ヲ施ス、其光芒漸長ク其行モ亦連ナリ、初メ太

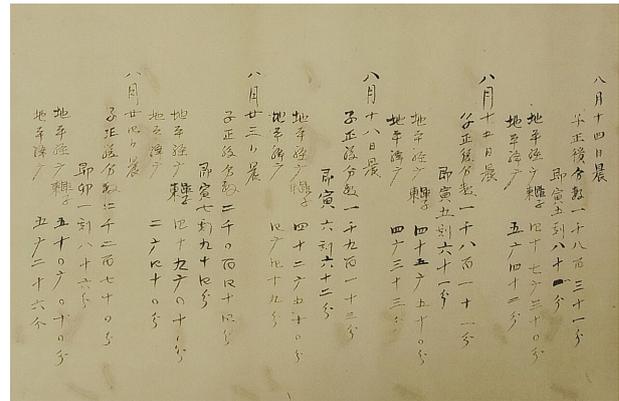


Fig. 2. Document on the observation of Donati comet at the Tenmongata (partial). The content of the document is a copied version of the Tenmongata observation records supplied by an officer at Tenmongata. 「安政五年八月彗星 江戸伊藤吉右衛門連測 問方飯原脩五郎急写」 (Osaka Historical Museum羽文2-216)

微垣ノ北ニアリ、今ヤ天市垣ニ至ル、其行コト凡七十六度茲ニ其数ノ精ナルヲ撰ミ其運行軌蹟ヲ図スルコト如右

これによれば、幕府天文方は8月13日に彗星の出現を初めて確認し、翌14日から29日まで観測を続けていた。彗星は光芒1尺程であったものが、14日には5尺ほどになり、東南方向に移動したとある。この部分は(2)の観測図に示した彗星の動きを文章化したものである。つまり、江戸幕府天文方では、日々の観測結果もとに観測図=所見図を作成し、根拠となる数値を示した上で、観測状況と彗星の変化を文章にまとめたのである。

3. 観測測量態勢

3.1. 土御門家

土御門 晴雄(1827-1869)が、安政五(1858)年時の土御門家当主である(中山1983)。ドナティ彗星の測量は、当初は京都の土御門家敷地内の天文台で実施されていたが、その後は同敷地内の権殿という建物で行われていた。史料にみえる観測者は東寺の伊藤 信興、松浦 浩静の2名である。彼らが権殿で日々測量しデータの整理を行い、勘文も作成していた。観測にあたっては垂揺球儀を使用しており、観測に習熟していたと推測される。

3.2. 大坂・問家

安政五年当時の問家の当主は第9代間 重遠であった(中山1983)。先述のように、重遠は安政五(1858)年に天文御用勤向相続が許可され、大坂の問家敷地内において天文観測に従事していた。江戸の天文方とも交信があった模様である。実際、「安政五戊午八月十四日丙辰彗星初見爾後疏測量之記」の末尾に次のような書状の下書がある(請求番号羽文2-59)。

先月七日之御状拜見仕候、時下寒冷之節御座候処、益御勇健被成御座恐音之御儀奉存候、然者彗星出現ニ付御届申上候処、夫々御取計御届被成下候趣被仰付承知仕候、右彗星出現之細測記并見取絵図面・実測数を以経緯ヲ算当之所、追而被遊御窺度旨、且亦右出現彗星之儀ニ付、勘考之儀も有之候ハ、無忌憚可申上候様、左内様被仰聞候旨被仰下承知仕候、依之早速取調可申上候筈御座候所、私

儀近年彼是多病罷在候上、折柄眼氣相惱難波仕、今以相勝不申、右仕合ニ付拝復遅延罷成、呉々恐入候、尤彗星疎側記入算仕可差上管御座候所、前文之仕合何分宜御取成被仰上被成下候様奉希上候、不快中疎漏も不少候哉ニ心配罷在候、可然奉希上候、且彗星之愚説賤父之遺稿見当自儘相渡奉差上候、□(虫損)之段御延引拝復旁申上度如此御座候、何分可然御取成之程々奉願候、頓首

十月廿日

廣沢善右衛門様
(後略)

間

この書状は間重遠が廣沢善右衛門という人物に宛てた書状の下書きである。廣沢善右衛門は、書状の内容から江戸幕府天文方足立左内の家来(用人)と思われる。この書状からわかることは以下の通りである。

- 1 彗星が出現したとき、間のほうから足立に届け出をした。
- 2 幕府天文方(足立)は各自観測を行い、幕府に届けるように指示した。
- 3 そこで間は観測を始め、観測記を作成し、彗星の経緯を計算した。
- 4 幕府天文方は彗星について意見があれば述べるように指示した。
- 5 これに対し、間は自分の意見だけではなく、父重遠の遺稿を見直して彗星に関する記述をまとめ、足立に提出したいと考えていた。
- 6 しかし、間は近年、様々な病を患い体調不良であり、とくに目の調子が悪いことは観測に悪影響を与えていた。

この史料における注目点は間重遠の体調不良と眼疾であり、これが観測に少なからぬ影響を与えていたことである。

3.3. 江戸・天文方

安政五(1858)年当時天文方に就任していたのは、渋川敬典(1838年生まれ、1858年就任)、山路諧孝(1777年-1861、1810就役)と山路彰常(1846年就役)、及び足立左内信行(1845年就任)の4名である(中山1983)。この中、渋川敬典は弱冠20歳であり、また山路父子は蕃所和解御用にあたっており、天文測量は足立左内信行が主として担当していたものと思われる。実際、3.2節で述べた如く、大坂・間家とのドナティ彗星についての、測量記録についての通信も用人廣澤を介して足立左内信行宛になっている。

なお、天文方には諸所より測量記録が届けられていたと推測するが、管見の限りでは、天文方の測量記録は、大阪歴史博物館所蔵の「安政五年八月彗星 江戸伊藤吉右衛門連測 間方飯原脩五郎急写」という文書のみである。この測量記録は、測量可能期間のごく一部期間のみの記録であり、他測量との精度比較という面ではその点を割り引いて考える必要がある。

4. 観測記録の整約

4.1. 土御門家記録

土御門家で安政五年にドナティ彗星の位置を測量した記録は、安政五年戊午八月(土御門史料15)にまとめられている(以降、測量記とよぶ)。測量期間は八月十四日から九月廿六日の間である。この測量期間の中、前半の八月の間は、日出前でも日没後でも目にすることができたため、暁および暮の記録として測量記には残されている。

毎回の測量記録は、日付、観測時刻、参照恒星の名称

およびその地上高度と方位、彗星の地上高度と方位で構成されている。この中、観測時刻は、「明六時」、「明六時前」や「暮六時二分」等のように記録されている場合もあるが、単に「暮」、「昏」等のように数値が記されていないことも多く、各回の観測時刻の概略を記しているだけであり、実際の測量時刻としては取り扱うことができない。この観測時刻については、次の3.1.1項で別史料を用いて考察する。参照恒星としては、彗星が見える方位、高度に近いところにある明るい恒星が選ばれている。暁時は天狼(シリウス)、軒轅南大星(レグルス)が選ばれており、暮時は搖光(破軍星、おおくま座 η 星)、玉衡(おおくま座 ϵ 星)、大角(うしかい座 α 星、アークツルス)、招搖(うしかい座 γ 星)、貫索大星(かんむり座 α 星)、箕宿、心宿が選ばれている。

日付、参照恒星の高度・方位が与えられると、実際の観測時刻を求めることができる。地球が太陽の周りを1年かけて1周するため、地球から見た見かけの位置も1年間で1周する(年周運動)。例えば、0時にみえる星空の配置は、日々360 / 365度ずつ赤道方向に沿って西にずれて行く。一方、地球の自転により、星の見かけの位置も東から西へ赤道方向に移動する(日周運動)。従って、ある与えられた日に参照恒星の見かけの位置(高度、方位)が測量されると、その測量の時刻が求められることになる。

参照恒星の測量から日付・時刻が分り、その時の彗星の高度・方位(地平座標)が測量されると、彗星の星空内での絶対的な位置が定まる。この絶対的な位置を、赤道座標(赤経・赤緯)で表現するのが現在の天体位置の標準表記法となっている。日付・時刻・高度・方位の値から、彗星の赤道座標を求める際、球面天文学の公式から求めることができる(長谷川1996)。一方、プラネタリウムソフトStellarium¹を用いて、日付・参照恒星の地平座標から時刻を定め、その時の彗星の測量地平座標から、彗星の赤道座標を求めることができる。ここでは、Stellariumを利用して彗星の赤道座標を求める方法を採用した。このStellariumの特徴は、星々の位置を視覚的に確認できることである。また、天体の見かけの位置は大気屈折の影響も考慮されており、測量時の実際の見え方にも配慮されている。測量記録値は「度切り」で精度が高くなく、また望遠鏡設置精度などによる誤差もあり得るので、例えば参照恒星から時刻を求めるにしても整約結果に誤差が含まれる。Stellariumを利用すると、参照恒星の地平座標の測量値に、視覚的に一番近接する時刻を選ぶことができるので、記録精度の問題、測量機器設置の精度の問題を補償して、より正確な測量時刻を求めることができる。また、視覚的な確認を行いつつ、参照恒星の地平座標測量値から時刻を求める際、測量値から5角以上も離れているような時があり、測量時に参照恒星を別の恒星と見誤ったと判断することが可能であった。以上の理由で、この論文では測量値の整約にはStellariumを利用することにした。

4.1.1. 土御門測量記録の整約によるドナティ彗星の軌道

Stellariumを利用して、土御門測量記にある安政五年八月十四日から九月廿六日の間(西暦1858年9月19日から10月25日の間)の各測量記録の地平座標値から赤道座標値を求め、それを図示したのが図3である。赤点は各日の土御門測量値に基づくものである。参考のために、3.2節で述

¹ <https://stellarium.org/>

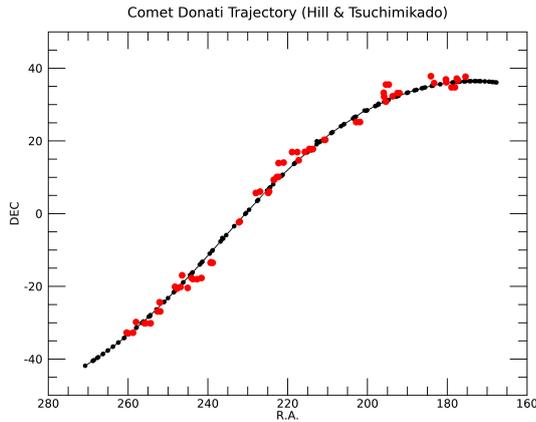


Fig. 3. Trajectory of Donati comet observed at Tsuchimikado with red points. Trajectory of the comet based on the observations in Western countries (Hill 1865) is plotted in black.

べる西欧観測値を黒点で示した。この図をみると、土御門測量は、その精度においては西欧の観測の精度には及ばないものの、彗星軌道の全体的な様子は把握できていたことが分る。これらの測量値をもとに、安政五年戊午彗星出現図(土御門史料5)、安政五年戊午彗星出現図(土御門史料6)、安政五年戊午彗星出現図(土御門史料7)に記載されている彗星軌道および日々の位置が記されたのであろうと推測される。

参照恒星として用いられたものの中に、箕宿、心宿というそれぞれ複数の星で構成されている宿がある。この中、箕宿には4つの恒星が含まれているが、その中で一番明るいういて座 ϵ 星が参照されているとした。また、心宿にはさそり座、おおかみ座が含まれているが、参照恒星としては、さそり座 α 星(アンタレス)が利用されたものと判断した。

なお、測量記録のうち、参照恒星として利用されていたものと記録されていたが、実際は異なる恒星と見誤ったと思われるものがあつた。招搖(うしかい座 γ 星)と記録されている参照恒星が、八月廿日、九月一日、九月二日、九月三日、九月四日、九月九日、九月十一日、九月十二日、九月十四日、九月十五日に記録されている。それぞれの測量日に、招搖をうしかい座 γ 星とみなして試みに求めた観測時刻が、同日別の参照恒星を用いて求めた時刻とかけ離れており、うしかい座 ϵ 星を招搖として測量したと解釈する方が同日の他の参照恒星から導いた時刻と近かったため、うしかい座 ϵ 星を招搖であると誤って測量したと判断した。また、九月十二日に搖光(おおぐま座 η)として記録されているのも同様で、同定を誤っておおぐま座 ζ 星の測量位置を記録したものと判断した。

4.1.2. 土御門記録における時刻表現

土御門測量記には、六時二分のような時刻表記が散見される。具体的には、表2に示すような例である。この表は、測量記に記載されている時刻と、4.1.1項で整約時に求められた観測実時刻を比較したものである。測量記記載時刻と実時刻は大きく異なっている。この測量記記載時刻表現の意味を土御門史料から検討した。

| 測量記記載時刻 | 整約済観測実時刻 |
|-------------|-------------|
| 八月十三日 暮六時二分 | 9月19日 18:55 |
| 八月十四日 暮六時 | 9月20日 18:47 |
| 八月二十二日 夕六時 | 9月28日 18:26 |
| 八月二十三日 明六時 | 9月29日 05:15 |

Table 2. Time of observation recorded in Tsuchimikado document and the actual local solar time of the observation.

Fig. 4. Tsuchimikado document on the time reckoning (partial). 「彗星測量記并垂球行數法」(Kokugakuin Univ. Library 貴2208-8-14)

まず、球行記正午数(土御門史料26)という史料で見られるように、土御門家では垂揺球儀を利用して正午の垂揺球儀の示す値を記録していた。この垂揺球儀は、振り子の等時性を利用して時刻を測る装置であつて、一種の時刻カウンターである(渡辺 1987)。正午(太陽南中時)のカウンター値を日々記録しておく、一日当たりのカウンター増加分が分り、従つてある日のある時点でのカウンター値が分ると、その時の地方真太陽時が得られる。

このことをもとにして、昏という時刻表記を考える。土御門史料(請求番号貴2208-8-14)には、九月三日から十七日(新暦10月9日から23日)の間の毎日の昏時点の垂揺球儀のカウンター値が記録されている(図4)。土御門史料(請求番号貴2208-8-14)には、そのカウンター値から計算できる昏時の午後刻分の値、すなわち該当日に太陽が南中する時刻(正午)から昏までの経過時間を刻・分・秒単位で表したものが記されている(図5)。この時間単位は、1日を100等分した時間を刻とし、刻の100等分したものが分、そして分を100等分したものを秒としている(渡辺 1987)。従つて、この昏刻分値は、地方真太陽時に換算することができる。それを図6にオレンジ色の点でプロットしている。次に、昏刻分改算書上(土御門史料22)という史料では、安政五年九月十四日から二十日(新暦10月20日から26日)の間の昏刻分が、同年九月十五日付けで記されている。この昏刻分の値も、前史料と同様に地方真太陽時に換算することができ、それを図6に灰色点でプロットしている。尚、図6では、参考のためにこの期間の日没の時刻を青色点で示している。これらの史料の調査から、(1)昏というのは、漠然とした夕方頃という意味ではなく、ある1時点

Fig. 5. Tsuchimikado document on the time reckoning (partial). 「彗星測量記并垂球行数法」(Kokugakuin Univ. Library 貴2208-8-14)

の時刻を指すものであること、(2)土御門史料22で、九月十五日に九月十四日から九月二十日までの昏刻が計算されていることより、昏刻というものは実測ではなく計算で求めることができるものであること、(3)九月三日から二十日にかけて、昏刻の地方太陽時の値が徐々に早い時刻に変わっていることから、昏という時点は定時法的なものではなく不定時法的なものであること、(4)日没から昏までの真太陽時時間差は、漸増しており、不定時法での一刻(約2時間)に該当していることが分る。以上により、昏刻(暮)は不定時法表現であり、日没から半刻経過した時点を示すといえる。

Stellariumを用いて整約した結果から得られた彗星測量を行った時点の地方太陽時は、図6に緑点でプロットしている。実際の測量は、昏の前後の時間帯、即ち空が暗くなって彗星が見やすい時刻に行われたことが分る。

土御門家の時刻表現についての重要な資料として、暮六時五分之刻分書上(土御門史料16)がある。これは、九月十八日から同二十六日の間の暮六時五分という時刻を、刻・分・秒単位で記したものであり、この史料により、毎日の暮六時五分が地方真太陽時ではどの時刻に該当するかがわかる。図6に1858年10月の日付ごとに、暮六時五分という時刻が、地方真太陽時では何時になるかをプロットしている。この両者の比較より、(1)暮六時五分という時刻が、日を追って早い地方太陽時になっており、暮六時五分というのは不定時法的な時刻表現であること、(2)暮六時五分は、真太陽時で考えると日没より1時間54分後(即ち不定時法での一刻)に該当していることがわかる。前段落で昏(即ち暮と同義)は、日没後不定時法での半刻後であることを確認した。従って暮六時五分という時刻は、昏刻よりさらに半刻経過した時刻であるといえる。即ち、不定時法では、昏刻を暮六つとしているので、暮六時五分という表現は、暮六つ半に該当する不定時法表現であると結論できる。

なお、この暮六時五分という表記は、市井で流布していた暦にも使用されている。例えば、安政五年の伊勢暦²には、月食の開始時刻や、二十四節気の日の出時刻などの表記に使用されている。また、橋本(2002)によると、天保時代以降の暦には、時刻はすべて太陽の出没を基準とする不定時法で表記するようになった。さらには、「分」という単位は「歩」と表記されることもあったということである。

この不定時法の表記が土御門家の測量記に記されているのは、測量の概略の時刻を心覚えとして(例えば不定時法和時計を用いて時刻を知って)記したのではないと思われる。

4.2. 欧米でのドナティ彗星の観測

ドナティ彗星は、イタリアのフィレンツェにおいてG. B. Donati (Donati 1858)によって1858年6月2日に発見された彗星である。C/1858 L1(Donati)あるいは1858 VIと称されている彗星である。その発見以来、欧米各地で肉眼あるいは小望遠鏡を用いて観測がなされた。1858年9月27日にはW. Usherwoodによって、また1858年9月28日にはG. P. Bondによって初めて彗星の写真撮影がなされたということでも有名である(Pasachoff et al. 1996)。彗星の尾の長さ・形、コマの形態が詳細に観察され、核部の天球面上の位置測定も多くの観測者によって行われた。すべての

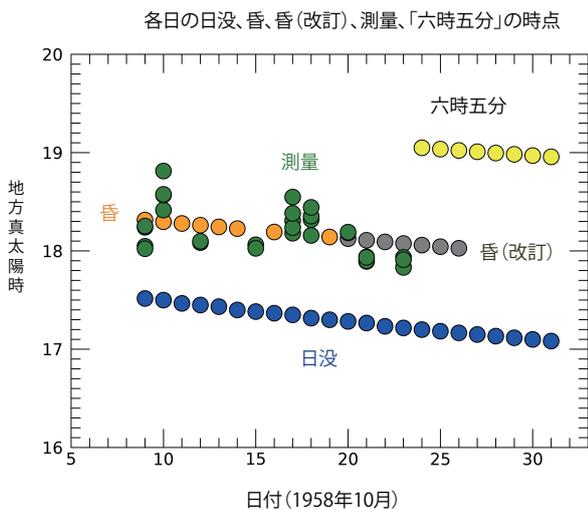


Fig. 6. Local solar times of the time descriptions used in the Tsuchimikado document in 1858 Oct. Sunset (blue circles), 昏 (orange and gray circles), 「六時五分」(yellow circles) and the observation of the comet (green circles).

² <https://library.nao.ac.jp/kichou/archive/9428/kmview.html>

観測の報告は、G. W. Kronkによる「Cometography: A Catalog of Comets, VOLUME 2: 1800-1899」にまとめられている。von Asten (1865)とHill (1865)が、これらの欧米での彗星位置観測を収集して彗星の軌道要素を求めている。

Hillが収集した彗星位置データは、Hill (1867)によって出版されている。その論文中には、約1000におよぶ位置観測データ(日付、観測地、赤経、赤緯、理論軌道からの観測値のずれ)が表形式で与えられている。彗星の位置測定は32ヶ所で行われたが、観測精度の高いものから順にクラス分けをして理論解析に対しては観測値に重みを付けて利用されている。一番高い重みを付されたのは、Ann Arbor, Bonn, Cape I, Greenwich, Kremsmünster, Liverpool, Pulkova, Mer. Obs.の7ヶ所での観測である。これらの観測所では彗星位置測定のための基準となる比較星が100個以上測定されており、彗星位置決定の精度が高い。一番低い重みの観測結果でも赤経・赤緯ともに理論軌道曲線からのずれは1分角以内に納まっている。Hill (1867)に掲載されている観測データのうちで、1958年9月20日-10月25日を含む期間の欧米の観測の赤経・赤緯値を図7, 8に黒点でプロットしている。欧米の観測で赤経・赤緯のいずれかが欠測しているデータは割愛してプロットしている。

4.3. 大坂・間家によるドナティ彗星の観測

大阪の間家においてもドナティ彗星の観測がなされ、その測量記録が「安政五戊午八月十四日丙辰彗星初見爾後疏測量之記」として残されている。測量期間は八月二十日から九月六日(新暦9月26日から10月12日)であった。測器としては、子午線儀、垂揺球儀、小地平盤、假製小象限儀が用いられた。

この測量記には、観測日ごとに子正後分数、視高、方位距北の測量数値が記録されている。このうち子正後分数は、垂揺球儀のカウンタをもとにして求められる観測時刻データである。具体的には、毎日の正午時のカウンタを午正球行値として記録し、一日の長さをカウンタで示したものを用事一周球行として求めており、彗星位置測量時のカウンタを彗星球行として記録している。この彗星球行カウンタ値から正子刻のカウンタ値を差し引いたのち、それを用事一周球行で割ると、彗星観測時の正子刻からの経過時間が1日の長さに対する比率として求まる。この比率から求めた時刻を子正後分数として記録されている。この子正後分数というのは、午前0時からの経過時間を示しており、一日24時間の1万分の1(8.6秒)である分という単位で記録されている。この子正後分数を用いると現代の60進法で表記した彗星測量時刻を求めることができる。ここで求められた時刻は、観測地大坂(経度 $135^{\circ}31'12''$)での太陽南中時を基準にしたものであるから、日本標準時より2分13秒進んだものになる。

視高、方位距北は、地平線からの高度、真北からの方位を角度単位で記録したもので、彗星の位置を示すものである。現代の方位角は、真北から東周りに 360° 一周する値で表される。従って、 360° から方位距北の観測値を差し引いたものが、現代使用されている方位角に相当する。測定は、子午線儀を基準として設置された小地平盤の上に小象限儀を搭載して彗星を観測した時、小象限儀の方位を小地平盤の目盛りから読み取り、また小象限儀で視高を読み取っていたと思われる。その角度読み取り精度は、 1° あるいは 0.5° であった。

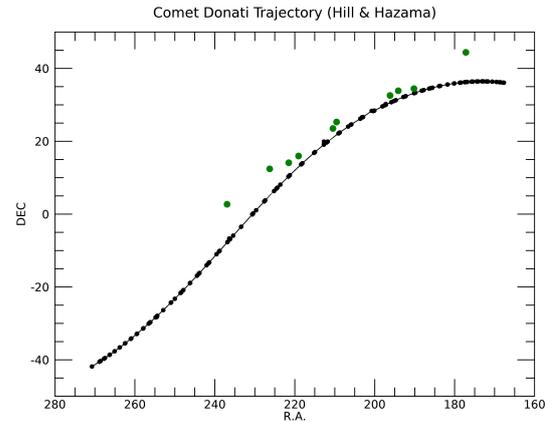


Fig. 7. Trajectory of Donati comet observed at Hazama, plotted with green points. The trajectory derived by the observations in Western countries (Hill 1865) is plotted with black points.

以上のように、間家での測量資料は、測量日ごとに測量時刻と地平座標(高度・方位)が与えられていることになるので、そのデータから測量日毎の彗星の赤道座標値を求めることができる。この論文では、3.1節と同様に Stellarium を利用して地平座標から赤道座標への変換を行った。観測期間中の彗星の赤道座標を、図7に緑点でプロットした。

この図7によると、赤緯方向に大きくずれている測量値もあるが、概ね彗星軌道の傾向は把握できていたと判断できる。但し、全観測期間にわたって、西欧の観測に比べて、赤経方向に $+2^{\circ}$ 程度あるいは赤緯方向に $+2^{\circ}$ 程度のオフセットが見られる。これは、測量に使用された地平盤あるいは象限儀の設置設定誤差などが原因かもしれないと考えている。

4.4. 江戸・天文方によるドナティ彗星の観測

大阪歴史博物館所蔵の安政五年八月彗星という文書がある。これは、江戸天文方で彗星の測量を行った図・記録を、伊藤吉左衛門という人物が、大坂・間家に届けた折、間方の飯原 脩五郎が急写した文書であって、間家に保管されていたものである。この文書には、八月十三日から九月九日までの彗星の位置が星野図に記されたものと、八月十四日から二十四日までの期間の晨時の測量記録が写されている。この測量記録には、測量日毎に子正後分数、地平経度距子東、地平緯度が記されている。子正後分数は、間家の測量と同じく深夜0時からの経過時間が分数単位で与えられているものであって、現行の60進数に変換できる。地平経度距子東は、子の方角(即ち北)から東方向に測られた方位角を度・分角単位で記されている。角度は間家の場合に比べて細かく測量されており1分角まで記されている。この地平経度と地平緯度で、測量時の彗星の地平座標が与えられていることになる。従って、間家の測量と全く同様に赤道座標に変換できる。この論文では、江戸天文方の整約においても Stellarium を利用した。その結果を、図8にプロットしている。図8によると、江戸・天文方の測量記録は、データが少なくその精度を判断するのは難しい。ただ、間家での測量と同程度の精度のように見

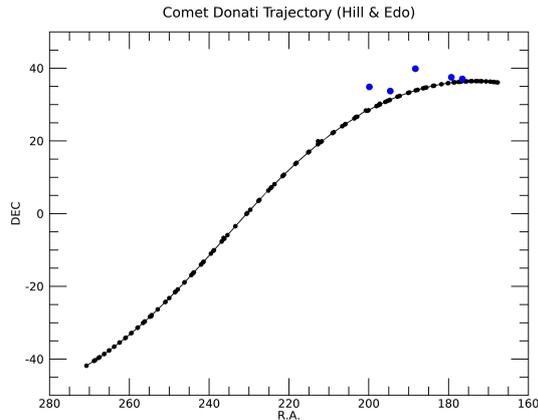


Fig. 8. Trajectory of Donati comet observed at Tenmōgata, plotted with blue points. The trajectory derived by the observations in Western countries (Hill 1865) is plotted with black points.

受けられる。また、間家測量と同じように赤経あるいは赤緯の値がオフセットしていることも見て取れる。

5. 測量精度の比較とまとめ

土御門家、間家、江戸・天文方および西欧での測量に基づいて、ドナティ彗星の日々の赤道座標変化を前章で求めた。相互比較を行うために、4つの結果を重ね書きしたものが図9である。図9には、赤道座標値プロットを、メルカートル図法で描いたものと、ランベルト正積方位図法で描いたものを示している。メルカートル図法表示は高緯度で歪みが大きいため、高緯度で歪みが少ないランベルト正積方位図法表示を補足として付している。

図9をもとに、各観測所の彗星軌道の測量精度をまとめると

- (1) 江戸時代我が国での測量精度は、西欧観測に比べて、精度は一段落ちること
- (2) 我が国の三観測所のなかでは、土御門家による測量精度が一番優れていること
- (3) 土御門家による測量においては、測量誤差(赤道座標値)はおおむね ± 2 度角程度あるが、軌道の全貌は把握できていたこと
- (4) 大坂・間家および江戸・天文方の整約結果の赤道座標値は、土御門家や西欧観測に比して、 5° 角程度の系統的ずれ(オフセット)があることが分る。

なお、大坂・間家および江戸・天文方の測量記録の数は土御門家のものより少ない。大坂・間家では、当主間重遠が眼疾に悩んでいた時であり、その分測量回数が少なかったからかもしれない。また、江戸・天文方の史料には、彗星の見取図(星野の中を彗星が移動する軌道図)が八月十三日から九月九日にわたって描かれているものの、測量記録としては八月十四日から八月二十四日の間という一部しか残されていない。従って、上記のまとめは、大坂・間家および江戸・天文方での測量記録が少ない状況でのものであり、その点は留意することが必要である。

6. 結論と議論

6.1. 測量精度

土御門家による彗星位置の測量精度は、赤道座標値においては西欧に比して ± 2 度角の誤差が認められる。日食・月食の予想が重要視されていたことを考えると、太陽および月の見かけの直径 0.5 度角に比べてこの誤差は大きく、この測量精度では食の予想の角度は保証されないと思われる。土御門家の本来の職掌である勘文を作成するうえではこの精度でも十分であったのであろうか。あるいは、土御門家での暦作成上の測量対象の太陽、月、惑星については、堅牢な測量装置を用いて精度高く行っていたものの、突発的天文事象である彗星の測量は、仮設の簡易装置を用いて測量を行っていたのであろうか。この点は、今後調査を進めることが必要であると思われる。

6.2. 観測史料の比較から見える土御門家の観測技術

土御門家・江戸幕府天文方・民間天文家間家は、いずれも彗星の軌道を測量しており、観測に用いた機器、およびその技術には大きな差異はないものと考えられる。彗星の軌道を測量することは、恒星位置の日周運動をもとにして絶対的な座標(赤道座標)を求めるのが基本である。測量日時、方位、高度を測量すれば求められるため、その意味では、土御門、間、天文方も基本的には同じ手法を使っていた。時刻は基準星の位置測定あるいは垂揺球儀で計り、方位、高度は何らかの儀器で角度を測る方法が三者共通で使われている。この測量方法が基本的には三者共通であったということは、明示的ではなかったにしろ相互に交流があったということが伺われる。

なお、19世紀前半の日本では、高度方位を測量する儀器が、堅牢なものではなく、また角度測量も細かな角度まで測られていなかった。このため、西欧測量よりも精度が劣った結果になったのではないと思われる。

しかしながら、三者が技術を共有していたことは、19世紀前半の日本社会では西洋科学技術の影響はもはや免れなかったことを示しており、先進的な技術を導入した江戸幕府天文方・民間天文家間家に対し、伝統的天文学に固執した土御門家という二項対立的な見方は一面的でしかない。

本稿では、三者の観測結果の比較から、日本の観測精度が西洋に比して一段落ちるものの、彗星の軌道を赤道座標値で ± 2 度の精度ではあるが、概ね把握できたことを実証し、さらに三者においては土御門家の観測が一番優れていることを明らかにした。このことは、明らかに、これまでの二項対立的な評価の見直しをせまるものであり、土御門家の観測技術を江戸幕府天文方・間家との関係において相対しえたと言える。

本稿において土御門家の観測技術の精度を実証しえたのは、観測に実際に担当した東寺の門人の史料が、下書を含めて日々の観測記録から朝廷に提出する観測図や勘文の作成過程を再現し得る史料が残存していたからである。逆に幕府天文方、間家の観測の精度が下がったのは、史料の残存状況や土御門家ほどまとまっていなかったことにもよる。つまり、過去の天文観測技術の評価は、史料の残存状況や史料の質に依拠することが少なくないのである。そのため、土御門家の他の彗星観測記録の検討が必要であると同時に史料批判も必要になり、文理共同研究の必要性を見ることができるといえる。

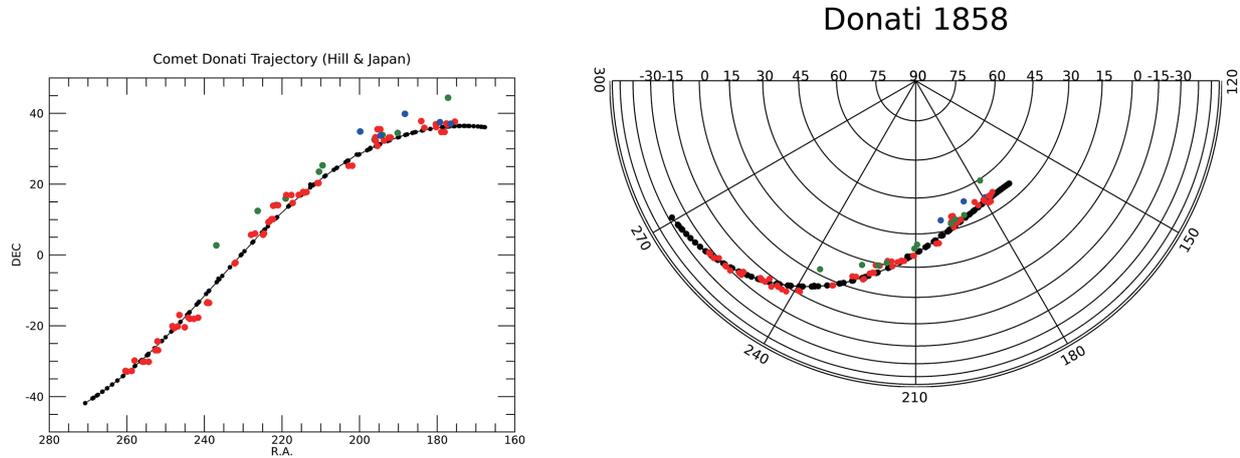


Fig. 9. Summary of trajectories of Comet Donati observed in Japan. Tschimikado result is plotted in red, Hazama results in green, and Tenmongata results in blue, respectively. The trajectory derived by the observations in Western countries (Hill 1865) is plotted with black points. The left panel is shown in Mercator projection, while the right one is in Lambert equal-area projection.

本研究は、JSPS科学研究費21K03630の助成を受けた。

参考史料

「安政五戊午八月十四日丙辰彗星初見爾後疏測量之記」
(大阪歴史博物館所蔵羽間文庫 請求番号羽文2-59)

「安政五年戊午八月 彗星測量記」(國學院大學図書館土
御門家史料 請求番号貴2208-8-1 32)

「安政五年八月彗星 江戸伊藤吉右衛門連測 間方飯原
脩五郎急写」(大阪歴史博物館羽間文庫 請求番号2-216)

References

- Donati, G. B. 1858, *MNRAS*, 18, 271
 Hill, G. W. 1865, *Astronomische Nachrichten*, 64, 182
 Hill, G. W. 1867, *Memoirs of the American Academy of Arts and Sciences*. New Ser., 9, 67
 Kronk, G. W. 1999, *Cometography: Volume 2, 1800-1899: A Catalog of Comets* (Cambridge: Cambridge University Press)
 Pasachoff, J. M. Olson, R. J. M., & Hazen, M. L., 1996, *Journal for the History of Astronomy*, 27, 129
 von Asten, E. 1865, *Astronomische Nachrichten*, 64, 190
 長谷川 一郎. 1996, *天文計算入門球面：三角から軌道計算まで* (東京都: 恒星社厚生閣)
 橋本 万平. 2002, *日本の時刻制度増補版(オンデマンド版)* (東京都: 塙書房), 第3章19節
 林 淳. 2005, *近世陰陽道の研究* (東京都: 吉川弘文館)
 井上 智勝 編. 2006, *大阪歴史博物館所蔵 羽間文庫古典籍・古文書目録* (東京都: 国立科学博物館理工学第2研究室鈴木一義)
 嘉数 次人. 2016, *天文学者たちの江戸時代一暦・宇宙観の大転換一* (東京都: 筑摩書房)
 栗田 和実. 2009, *天界*, 90, 290

- 栗田 和実. 2014, *天界*, 95, 428
 栗田 和実. 2018, *天界*, 99, 429
 栗田 和実. 2019, *天界*, 100, 209
 栗田 和実. 2020, *天界*, 101, 267
 中村 士. 2008, *江戸の天文学者星空を翔る* (東京都: 技術評論社)
 中山 茂. 1983, *天文学人名辞典: 天文学年表* (東京都: 恒星社厚生閣)
 大阪市立博物館 編. 1999, *特別陳列 羽間文庫一町人天文学者 間重富と大阪一* (大阪府: 大阪市立博物館)
 大阪歴史博物館 編. 2017, *館蔵資料集13 羽間文庫：器具篇一対、重要文化財指定目録一* (大阪府: 大阪歴史博物館)
 高見澤 美紀. 2018, *國學院大學校史・学術資産研究*, 10
 高見澤 美紀. 2020, *國學院大學校史・学術資産研究*, 12
 梅田 千尋. 2009, *近世陰陽道組織の研究* (東京都: 吉川弘文館)
 渡辺 敏夫. 1987, *近世日本天文学史 下巻* (東京都: 恒星社厚生閣)