

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 9 日現在

機関番号：62616
研究種目：基盤研究(C)
研究期間：2011～2013
課題番号：23540276
研究課題名(和文)東アジアとインドの天文学(紀元1000年まで)

研究課題名(英文)Ancient Astronomy in East Asia and India (Until AD 1000)

研究代表者
相馬 充(SOMA, Mitsuru)

国立天文台・光赤外研究部・助教

研究者番号：30187885
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円、(間接経費) 660,000円

研究成果の概要(和文)：日本・中国・韓国・インド・越南に残る日食や星食の古記録を調査し、それらを用いて紀元1000年までの地球自转角パラメータの値 T と月潮汐加速項の決定を行った。また、日本で9世紀からの800年余にわたり使用された宣明暦について具体的な計算方法を調査し、問題点を明らかにした。日食や星食の予報を正確に計算するため、日本の月周回衛星「かくや」とアメリカNASAの月周回衛星LROによる精密月地形データを使って月縁の凹凸の効果を計算する計算機プログラムを完成させ、実際の予報に役立てた。

研究成果の概要(英文)：Ancient astronomical records of eclipses and occultations were investigated and parameter values of the Earth's rotation and lunar tidal acceleration were obtained until AD 1000 using them. Problems in the calculations of the Senmyo-reki (Xuanming-li in Chinese) were clarified. In order to calculate predictions of eclipses and occultations precisely computer programs for lunar limb profiles were completed using the precise lunar topographic data obtained by the Japanese lunar orbiter Kaguya and NASA's lunar orbiter LRO and they were used for actual predictions of eclipses and occultations.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：地球自轉變動 日月食・星食 位置天文学 歴史天文学 アジア天文史

1. 研究開始当初の背景

もともとの研究動機は、地球の自転速度長期変動を求めることであった。そのために、古代の信頼できる観測記録がいつの時代にどこにあるのかを調査して、各国の天文記録の特徴を捉えることの重要性を認識した。一方、日本の天文記録の信頼性が歴史学者によって疑問視されていた。研究代表者らは、日本を含む東アジアの先行研究者が苦手とした数理天文学の手法を駆使して、7世紀の天文記録が観測に基づくことを示した。同時に日本の天文学が7世紀に始まることを示した。

東アジアの天文学は中国を起源としているが、各国・各地域ではそれぞれ独立に発展してきた。日本に関しては上述した研究代表者らの先行研究で8世紀までの特徴が明らかになった。しかし、東アジアの他の地域についてと日本の9世紀以降については、天文学の発展の歴史の詳細が明らかになっていなかった。

当時の暦法による暦日の決定や日月食の計算ができると、当時の記録の信頼性の判断に役立てることができるが、それらの計算方法の問題点等については明らかになっていない点が多く存在していた。

2. 研究の目的

紀元1000年までの約1000年間の東アジア(中国文化圏)およびインドの天文学の特徴を明らかにする。中国を起源とする東アジアとインドの天文学の歴史の全体像を描くことが本研究の主要目的である。

日本の古代の暦法による暦日および日月食の計算方法を確立し、当時の日月食記録が予報と観測のいずれによるものか、判断できるようにすることも本研究の重要な目的である。

3. 研究の方法

上述したとおり、研究代表者らは自身の先行研究で8世紀までの日本の天文学の特徴を明らかにした。同じ手法は韓国や越南など東アジアの漢字文化圏の古代天文学の解析にも使える。

天文記録は現代天文学で真偽を判定できるもの(日食・月食・星食・彗星)とできないもの(流星・隕石・その他の雑象)に分けることができる。前者の日月食については、観測か予測かを判定できる場合が多い。星食記録は注意深い観測者の存在を意味する。これらのことから天文学の特徴が見えてくる。一方、後者の記録の場合は、各国の観測数を比較して、それぞれの国の天文学の特徴を探り出すことが可能となる。

また、当時の暦法による予報が計算できるようになれば、日月食の記録が予報に基づくものか観測によるものかを判断するのに役に立つ。旧唐書や新唐書に書かれている当時の暦法の解説を読み解き、各暦法による暦日

および日月食予報が計算できるようにして、記録と比較する。

国ごとの研究の進め方を記すと次のようになる。

中国に関しては、後漢書から五代史までの史書に含まれる天文記録を吟味する。中国の天文記録は基本的に観測に基づく。日月食以外の天文記録は史書ごとに重点の置き方が異なる可能性がある。記録の数統計を取ることにより、それぞれの時代の特徴を捉える。日食・星食記録の信頼性を吟味する申請者らの手法(日食・星食記録から地球自転角パラメータ T と月の潮汐項補正值 を同時に求める相馬図を利用する方法)を随所で活用する。

日本の天文記録は『日本天文史料』(神田茂, 1935)に収集されているので、日本の場合は天文記録の種類別抽出は比較的容易である。日月食・彗星の記録は観測に基づいているかどうか、星食は地球自転角パラメータ T の決定に使えるか等を調査する。

朝鮮の記録は日食以外はまとめられていない。そこで三国史記と高麗史から天文記録を抜き出す。特に三国史記の場合は編纂時期が12世紀なので、記録の頻度、記録の断絶、三国史記独自の記録などを総合して、天文記録の独自性および開始時期を判定する。高麗史の天文記録は高麗独自のものである可能性が高いので、有用な結果が期待できる。

越南の記録は「大越史記全書」および「越史畧」から群馬大学の研究協力者が収集している。日食記録が豊富にある。越南の場合も中国の記録の混入がありうるので、同研究者と協力して記録の信頼性を吟味する。朝鮮半島の場合と違って中国中心部から遠いので、越南の日食記録は地球自転角パラメータ T の値の決定のために重要である。

インドの場合はインドのタタ研究所(Tata Institute)の研究協力者が発掘したインドの日食記録の信頼性を同研究者と共同して解析する。インドの場合は日食記録しか手に入らないので、インド天文学全体の特徴を調べることはできないが、信頼できる皆既日食記録があれば地球自転角パラメータ T の値の精密決定に役立てることができる。

4. 研究成果

旧唐書と新唐書の元嘉暦、麟德暦の暦法に関する解説を読み解き、それらの暦法による暦日の計算式を組み立てて、それらの暦日や各暦法に基づく日月食の推算が行えるようにした。

皇極天皇2年5月16日(西暦643年6月8日)の月食は日本書紀に記録されているが、日本では観測不可能であったことが知られていて、当時の暦法による予測をそのまま記録したものと推測がなされていたが、当時の暦法による推算はこれまでなされていなかった。研究代表者らは当時使われていた元嘉暦による暦日と月食の計算を行い、元嘉暦

で計算しても、この月食が日本で日出後の昼間に起こる（つまり地平線下で起こるので見られない）ことになることを明らかにした。したがって、この記録がなされた原因の詳細は、いまだ不明である。

続日本紀では和銅年間（西暦 708～714 年）に儀鳳曆が使用されている。日本の儀鳳曆は麟徳曆の別称とされているのに、続日本紀と旧唐書で干支の書かれている日付を探し出したところ、日本と唐で同じ月日の干支が異なるものがいくつもあることが確認できた。この差異の原因についてはさらなる研究が必要である。

日本では宣明曆が平安時代の貞観 4 年（西暦 862 年）から江戸時代の貞享元年（西暦 1684 年）まで 800 年以上の長きにわたり使用された曆法で、日本の古記録を調べる上で特に重要な意味を持つ。この曆法の計算の問題点について研究を行った。宣明曆については、旧唐書と新唐書の記述だけでは具体的な計算方法が不明であったので、江戸時代に書かれた安藤有益著『長慶宣明曆算法』をも参照して、正確な宣明曆の計算式を組み立て、計算機プログラムを作成して、任意の年の宣明曆が自動で計算できるようにした。その過程において、『長慶宣明曆算法』の表値等にいくつもの間違いがあることが判明した。中でも月の動きの不整の計算では元々の中国における宣明曆の計算で 2 次補間がなされていたと考えられている（藪内清による）のに、『長慶宣明曆算法』では 2 次補間が採用されていない。これは朔の日時の計算と日月食の予報に影響するので特に重要な問題点になりうる。『長慶宣明曆算法』にある計算方法は、内田正男著『日本曆日原典』の作成などにも使用されているので、その間違いが曆日の決定に影響していないか、今後検証していくことが必要になる。

星食は一般に見られる範囲が広いので、星食が見られたという観測記録は地球自転角パラメータ T や月の潮汐項を決定するという研究代表者らの目的には使えないのが普通であるが、同時期の別の星食記録を組み合わせることで研究代表者らの研究に役立つ場合がある。中国に残る西暦 503 年の金星食と西暦 513 年の土星食はその例で、同じく中国に残る 516 年の金環日食と 522 年の皆既日食の記録とも矛盾がないことが判明した。これにより、同時期の地球自転角パラメータ T の値は一般に用いられている Stephenson (1997) が与える値より有意に小さいことが判明した。中国に残る西暦 389 年と 402 年の水星食、西暦 397 年と 400 年の木星食からも同様の結果が得られることが分かった。

皆既日食や金環日食や星食が起こる正確な場所や時刻を計算するには月縁の凹凸の効果を考慮する必要がある。日本の月周回衛星「かぐや」のレーザ高度計 LALT とアメリカ NASA の月周回衛星 LRO のレーザ高度計 LOLA による精密月地形データを用いて月縁

の凹凸の効果を計算できるプログラムを完成させ、実際の日食や星食の予報に役立てた。

研究代表者である相馬は 2012 年 4 月に韓国を訪問し、韓国天文学会春季年会において月縁の凹凸の計算についての招待講演を行うとともに、東アジア地域の日月食古記録についての意見交換を行った。研究分担者である谷川は 2012 年 8 月に中国で開かれた国際天文学連合総会に出席し、その分科会会合において、複数地点に残る彗星の観測記録についての招待講演を行った。

中国・韓国・越南・インドの古代天文記録については、それらの地域に残る日月食や星食の記録について研究している国内外の研究協力者を招いて研究会を開催し、それらの記録の信頼性について議論し、地球自転角パラメータと月潮汐加速項の決定に有用な観測記録の発掘に努めた。これらを用いてさらに研究を進めることで、東アジアおよびインドの天文学の歴史の全体像が得られることが期待される。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 14 件)

SÔMA, Mitsuru: Transit of Venus - Halley's Recommendation and This Year's Phenomenon, 第 3 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読なし, 2013 年, pp.28 - 32

上田暁俊, 谷川清隆, 相馬充: 1183 年 11 月 17 日の水島日食前後の T , 第 3 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読なし, 2013 年, pp.70 - 93

渡辺瑞穂子, 谷川清隆, 相馬充, 上田暁俊: 和銅年間における日唐の曆日の相違, 第 3 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読なし, 2013 年, pp.94 - 99

落合敦子, 渡辺瑞穂子, 相馬充, 上田暁俊, 谷川清隆: 元嘉曆による皇極二年の月食の観測可能性, 第 3 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読なし, 2013 年, pp.100 - 105

谷川清隆, 相馬充: 地球慣性モーメントの変化と T の変動, 第 3 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読なし, 2013 年, 133 - 135

相馬充, 上田暁俊, 谷川清隆, 安本美典: 247 年 3 月 24 日の日食について, 国立天文台報, 査読あり, Vol.14, 2012 年, pp.15 - 34

相馬充, 荒木博志, 野田寛大, 田澤誠一, S.Goossens, 早水勉: 2012 年 5 月 21 日の日本における金環日食限界線, 国立天文台報, 査読あり, Vol.15, 2012 年, pp.1 - 11

落合敦子, 渡辺瑞穂子, 相馬充, 上田暁俊, 谷川清隆: 『日本書紀』皇極天皇二年

五月十六日の月食記事と元嘉暦, 国立天文台報, 査読あり, Vol.15, 2012年, pp.13 - 28

TANIKAWA, Kiyotaka, YAMAMOTO, Tadato, SÔMA, Mitsuru: Solar Eclipses at Sunrise and Sunset in the Chunqiu Period, Highlighting the History of Astronomy in the Asia-Pacific Region, Proceedings of the Sixth International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-6), 査読なし, 2011年, pp.21 - 43

SÔMA, Mitsuru, TANIKAWA, Kiyotaka: Japanese astronomy in the 7th century, Highlighting the History of Astronomy in the Asia-Pacific Region, Proceedings of the Sixth International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-6), 査読なし, 2011年, pp.139 - 151

SÔMA, Mitsuru, TANIKAWA, Kiyotaka: Investigation of the Earth's Rotation using Ancient Chinese Occultation Records, Mapping the Oriental Sky, Proceedings of the Seventh International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-7), 査読なし, 2011年, pp.64 - 66

[学会発表](計18件)

SÔMA, Mitsuru: Mistakes in the Xuanming Calendar (宣明暦), The Eighth International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-8), 2014年3月26 - 28日, University of Science and Technology of China & Anhui Museum, China

TANIKAWA, Kiyotaka, SÔMA, Mitsuru, UEDA, Akitoshi: Delta T Variations from AD 1133 to AD 1267, The Eighth International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-8), 2014年3月26 - 28日, Hefei, China

渡辺瑞穂子, 相馬充, 谷川清隆, 上田暁俊: 水左記の日食記事の欠字をめぐって, 第4回「歴史的記録と現代科学」研究会, 2014年2月28日 - 3月1日, 国立天文台上田暁俊, 相馬充, 谷川清隆: 世界の日食頻度, 第4回「歴史的記録と現代科学」研究会, 2014年2月28日 - 3月1日, 国立天文台

相馬充: 宣明暦の計算 - 二十四気損益・ちょうじく積の計算の誤り -, 第4回「歴史的記録と現代科学」研究会, 2014年2月28日 - 3月1日, 国立天文台

相馬充, ほか: 金環日食ベイリービーズ観測による太陽半径の決定, 日本天文学会2012年秋季年会, 2012年9月19日 - 21日, 大分大学

TANIKAWA, Kiyotaka, SÔMA, Mitsuru: A list of historical comets observed at plural sites. IAU GA JD5 "From meteors and meteorites to their parent bodies:

Current status and future developments", 2012年8月20日 - 31日, Beijing, China

SÔMA, Mitsuru: Lunar Limb Profiles Predicted from the Lunar Topographic Data of Kaguya and LRO, Spring Meeting of Korean Astronomical Society, 2012年4月5日 - 6日, Gyeongju, Korea

上田暁俊, 谷川清隆, 相馬充: 1183年11月17日の水島日食に関する T の考察, 日本天文学会2012年春季年会, 2012年3月19日 - 22日, 龍谷大学

相馬充, 早水勉: 意外に知られていない皆既日食と金環日食の食分, 日本天文学会2011年秋季年会, 2011年9月19日 - 22日, 鹿児島大学

SÔMA, Mitsuru, TANIKAWA, Kiyotaka: Determination of T and Lunar Tidal Acceleration from Ancient Eclipses and Occultations, StephensonFest, 2011年4月13 - 16日, Durham, UK

[図書](計4件)

相馬充, 谷川清隆 (編集): 第3回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 国立天文台, 2013年, 総ページ数138

相馬充 (監修): 月のこよみ 2014, 誠文堂新光社, 2013年, 総ページ数104

相馬充 (監修): 月のこよみ 2013, 誠文堂新光社, 2012年, 総ページ数96

NAKAMURA, Tsuko, ORCHISTON, Wayne, SÔMA, Mitsuru, STROM, Richard: Mapping the Oriental Sky, Proceedings of the Seventh International Conference on Oriental Astronomy (ICOA-7), 国立天文台, 2011年, 総ページ数262

[その他]

ホームページ

<http://optik2.mtk.nao.ac.jp/~somamt/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

相馬 充 (SÔMA, Mitsuru)

国立天文台・光赤外研究部・助教

研究者番号: 30187885

(2) 研究分担者

上田 暁俊 (UEDA, Akitoshi)

国立天文台・重力波プロジェクト推進室・助教

研究者番号: 30332159

谷川 清隆 (TANIKAWA, Kiyotaka)

国立天文台・客員部門・特別客員研究員

研究者番号: 80125210