

令和元年6月10日現在

機関番号：62616

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K05038

研究課題名(和文)地球自轉變動と気候変動

研究課題名(英文)Variation in the Earth's rotation and its relation to global climate change

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) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：世界に残る古代の天文記録を発掘し、それらを使って当時の地球自転角を精密に定める研究を進めた。特に6世紀の中国に残る日食と月による掩蔽記録が役立つことを明らかにした。同時に、古代の日本における時刻制度を明らかにし、具注暦の日出入時刻の精度がかなり良かったことも判明した。また、奈良県に残るキトラ古墳の天文図の観測時期と観測地緯度が求められた。プトレマイオスのアルmageストに書かれている火星の軌道の計算の不備も明らかになった。地球自転速度変動と気候変動との関係については、気候変動に関する証拠があまり得られず、その相関関係を十分に明らかにするには至らなかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球の自転速度が変動していることは20世紀前半に近代天文観測から証明された。古代における地球自転速度については、当時の日月食の観測記録から知られるが、当時の時刻の記録は精度が不十分のため、主に皆既日食と金環日食が観測された場所によって求められてきた。我々は、そのような新たな記録を日本のみならず、中国・韓国・インド・ニュージーランドなどの研究者と協力して探し出し、古代における地球自転速度変動の精密化を行った。地球自轉變動は海水面の昇降、つまり地球全体の気候変動と関連しているはずであるが、それについては、現時点ではまだ充分には解明されていない。今後の研究が待たれる。

研究成果の概要(英文)：Ancient astronomical records in various countries were found with the help of collaborators of many countries and determining the variation of the Earth's rate of rotations in ancient times were performed using them. Especially we have found that there were some solar eclipses and lunar occultations recorded in the 6th century in China that are useful for our studies. In addition the sunrise and sunset times recorded in the calendars called Guchureki in the Heian Period in Japan were found to be very precise with an accuracy of 1 - 2 minutes. We have also determined the observation era and the latitude of the observation place of the celestial map found in the Kitora Tumulus, which is believed to have been constructed in around AD 700. The relation of the variation of the Earth's rotation to the global climate change was not been able to be fully clarified due to the lack of the proofs of the global climate change.

研究分野：歴史天文学

キーワード：日月食・星食 地球自轉變動 気候変動 位置天文学 歴史天文学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

地球自転遅れ T ($\Delta T = TT - UT$; TT は地球時、 UT は世界時) は主に月による潮汐摩擦で 2 次関数的に変化しているが、その変化量は力学的に計算されるものより小さく、短周期変動も存在する。この変動は地球の慣性モーメントが変化しているためであり、その大部分は海水面の上昇と下降で説明できると予想される。海水面の上昇・下降は極の氷床の消長の結果であるから、 ΔT 変動は地球全体の温暖化・寒冷化の指標である。 T 変動の精度を高めること、地球全体の気候変動との相関があるかどうかを明らかにすることが必要となっていた。

2. 研究の目的

地球自転遅れ T の 200 ~ 300 年以下の短周期変動の存在を確定すること、そして、この変動が気候変動と相関があるかどうかを明らかにすることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

歴史時代の T 変動は日月食記録と月による恒星・惑星の掩蔽記録を使ってのみ決定できる。研究代表者らが開発した複数観測を同時に解く手法を使い、信頼できる観測記録を用いて高精度の T 変動を求める。また、ヨーロッパで発見された気候変動(シュペーラー極小期やマウンダー極小期など)や未知の気候変動の証拠を探し、 T 変動との相関を調べる。

4. 研究成果

古代の地球自転変動を調査するには、地球自転の遅れを示すパラメータ T の値を多くの時点に対して求めることが必要であり、そのためには世界の古代の日月食や星食の信頼できる記録を調べることが求められる。2014 年 11 月に国立天文台で行った「Intensive Workshop on Ancient and Medieval Eclipse Data: Compilation on Eclipse Data and Examination of their Reliability」と題する研究会において、各国の古代日月食・星食の取りまとめ状況を確認し、研究方針と研究協力について議論した。その研究会の集録を 2015 年 11 月に発行したが、その研究結果の 1 つとして、中国の古代星食の記録から T の値が求められることを明らかにし、日本天文学会欧文研究報告誌に論文を発表した。また、東アジアと日本国内の天文学史関係の研究者による研究結果を議論するため、「天文学史研究会」と「『歴史的記録と現代科学』研究会」を計 4 回開催し、新たな古代天文記録の収集を行った。その他、日本の天文記録には時刻が記録されているものがあり、その解釈には当時の時刻制度を知る必要がある。そのため、平安時代中期に書かれた御堂関白記の時刻制度を調査した。その結果、従来の研究者による当時の時刻制度の解釈に間違いがあることが判明し、さらに当時の具注暦の日出入の予報時刻が 1 ~ 2 分という高い精度を有していることが明らかになった。また、古代天文現象を計算するために作成した計算機プログラムを応用して、飛鳥時代に作られたキトラ古墳の天文図の元になった観測の年代と観測場所を特定し、同時にアルマゲストの記述に基づいて火星の位置と運動を再現し、プトレマイオスの天動説による火星の位置の正確さも確かめた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 19 件)

Hisashi Hayakawa, Mitsuru Sôma, Kiyotaka Tanikawa, David Michael Willis, Matthew Wild, Lee Macdonald, Shinsuke Imada, Kentaro Hattori, and Francis Richard Stephenson, A Transit of Venus Possibly Misinterpreted as an Unaided-Eye Sunspot Observation in China on 1874 December 9, *Solar Physics*, 査読有, 2019, 印刷中

相馬 充, 渡辺 瑞穂子, 谷川 清隆, 『御堂関白記』の時刻制度, 査読有, 国立天文台報, 2019, 印刷中

O. Simmonds and K. Tanikawa, A Specific Period When Maori Arrived in Aotearoa-New Zealand, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読無, 2019, pp.104 - 130
http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai5/10_simmonds.pdf

K. Tanikawa, M. Sôma, O. Simmonds, and K. Iwahashi, T from solar eclipses around 1415 AD, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読無, 2019, pp.131 - 138
http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai5/11_tanikawa.pdf

相馬 充, 谷川 清隆, 渡辺瑞穂子, 『御堂関白記』の日出入時刻の精度, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読無, 2019, pp.298 - 299
http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai5/30_soma.pdf

Kiyotaka Tanikawa, Mitsuru Sôma, Geetha Kydala Ganesha, and B.S. Shylaja, T from the solar eclipse on 754 June 24 observed in India and solar eclipse on 761 August 5 observed in China, 第 6 回天文学史研究会集録, 査読無, 2018, pp.46 - 53
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/history6/07Tanikawa.pdf>

相馬 充, 谷川 清隆, 佐藤洋一郎, 谷川恵一, 落合博志, キリスト処刑の日の特定, 第 6 回天文学史研究会集録, 査読無, 2018, pp.171 - 175

<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/history6/24Soma.pdf>
Kiyotaka Tanikawa, Mitsuru Sôma, B.S. Shylaja, and Mayank Vahia, The reliability of records of observed solar eclipses in India and comparison with contemporaneous eclipse data from other countries, *The Growth and Development of Astronomy and Astrophysics in India and the Asia-Pacific Region*, 査読無, 2018, pp.81 - 88
<https://www.springer.com/gp/book/9789811336447>
Mitsuru Sôma, Derivation of the inclination of Mars' orbit in the *Almagest*, *The Growth and Development of Astronomy and Astrophysics in India and the Asia-Pacific Region*, 査読無, 2018, pp.125 - 127
<https://www.springer.com/gp/book/9789811336447>
Mitsuru Sôma and Kiyotaka Tanikawa, Earth rotation derived from occultation records, *Public in Japan, Publications of the Astronomical Society of Japan*, 査読有, 2016 68 (2): 29 (1-8), 2016, pp.1 - 8
DOI 10.1093/pasj/psw020
相馬 充, キトラ古墳天文図の観測年代と観測地の推定, 査読有, *国立天文台報*, 第 18 巻, 2016, pp.1 - 12
<https://www.nao.ac.jp/contents/about-naoj/reports/report-naoj/18.pdf>
Kiyotaka Tanikawa, 'Greek' Astronomy, 第 5 回天文学史研究会集録, 査読無, 2016, pp.34 - 50
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/history5/06Tanikawa.pdf>
相馬 充, キトラ古墳天文図の解析, 第 5 回天文学史研究会集録, 査読無, 2016, pp.183 - 187
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/history5/21Soma.pdf>
Mitsuru Sôma, Observations of the Annular Eclipse on 2012 May 21 by the General Public in Japan, *Publications of the Korean Astronomical Society*, 査読有, Vol.30, 2015, pp.753 - 755
DOI 10.5303/PKAS.2015.30.2.753
Kiyotaka Tanikawa and Mitsuru Sôma, Historical Astronomy and Eclipses, *Proceedings of Intensive Workshop on Ancient and Medieval Eclipse Data: Compilation of Eclipse Data and Examination of their Reliability*, 査読無, 2015, pp.1 - 15
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/WS2014/tanikawa.pdf>
Mitsuru Sôma and Kiyotaka Tanikawa, Reliability of Eclipse Records in Japanese Ancient Periods, *Proceedings of Intensive Workshop on Ancient and Medieval Eclipse Data: Compilation of Eclipse Data and Examination of their Reliability*, 査読無, 2015, pp.49 - 52
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/WS2014/soma.pdf>
渡辺 瑞穂子, 相馬 充, 谷川 清隆, 上田 暁俊, 『水左記』の日蝕記事の欠字をめくって, 第 4 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 査読無, 2015, pp.100 - 107
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai4/watanabem.pdf>
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」研究会集録, 査読無, 2015, pp.108 - 115
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai4/ueda.pdf>
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」研究会集録, 査読無, 2015, pp.116 - 124
<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/gendai4/soma.pdf>

[学会発表](計 22 件)

相馬 充, 重修大明暦の日出入時刻, 第 6 回天文学史研究会, 2019 年 3 月 11 - 12 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)
Kiyotaka Tanikawa, Observations of Planets in Ancient Japan, 第 6 回天文学史研究会, 2019 年 3 月 11 - 12 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)
Kiyotaka Tanikawa, Mitsuru Sôma, Anjing Qu, Historical records of eclipses and variations of ΔT : The seventh century, *International Symposium on Astral Sciences in Asia*, 招待講演, 2019 Jan 24 - 26, IIT (Bombay, India)
Mitsuru Sôma, Sunrise and Sunset Times of the Chinese Chongxiu-Daming Calendar 重修大明暦 and Comparison with Those of Other Chinese Calendars, *The Second International Conference on History of Mathematics and Astronomy*, 招待講演, 2018 Dec 2 - 8, The Second International Conference on History of Mathematics and Astronomy, Northwest University (Xi'an, China)
Kiyotaka Tanikawa, T in the first half of the seventh century --Suiko-eclipse and Y'angd`-eclipse--, *The Second International Conference on History of Mathematics and Astronomy*, 招待講演, 2018 Dec 2 - 8, The Second International Conference on History of Mathematics and Astronomy, Northwest University (Xi'an, China)

Mitsuru Sôma, Time System in the Heian Period in Japan Inferred from Mido-Kanpaku-Ki, Cultures, Stars and Numbers: Intercultural Exchanges in East Asian Mathematics and Astronomy, 招待講演, 2018 Sept 14 - 17, UCL Institute of Education (London, United Kingdom)

Kiyotaka Tanikawa and Mitsuru Sôma, Japanese Astronomy in the 7th and 8th Centuries, 招待講演, 2018 Sept 14 - 17, UCL Institute of Education (London, United Kingdom)

Kiyotaka Tanikawa, T around 1415, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会, 2018 年 3 月 22 - 24 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

相馬 充, 御堂関白記の日出入時刻の精度, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会, 2018 年 3 月 22 - 24 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

Mitsuru Sôma, Date of Christ's Crucifixion, Indian Institute of Astrophysics Extramural Talk, 招待講演, 2018 March 5, Indian Institute of Astrophysics (Bengaluru, India)

Mitsuru Sôma, Earth rotation determined from occultation records, Importance of Records of Ancient Eclipses for History of Astronomy, 招待講演, 2018 March 3, Jawaharlal Nehru Planetarium (Bengaluru, India)

Kiyotaka Tanikawa, Short-term variations of Delta T and climate changes, Importance of Records of Ancient Eclipses for History of Astronomy, 招待講演, 2018 March 3, Jawaharlal Nehru Planetarium (Bengaluru, India)

Kiyotaka Tanikawa and Mitsuru Sôma, The Astronomical Aspect of the Locality of a Civilization, Indian Institute of Astrophysics Extramural Talk, 招待講演, 2018 March 2, Indian Institute of Astrophysics (Bengaluru, India)

Kiyotaka Tanikawa, T from the solar eclipse on 754 June 25 observed in India, 第 6 回天文学史研究会, 2017 年 3 月 17 - 18 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

相馬 充, キリスト処刑の日の特定, 第 6 回天文学史研究会, 2017 年 3 月 17 - 18 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

Mitsuru Sôma, Results from Recent Lunar Graze Observations, 7th International Workshop on Occultation and Eclipse, 招待講演, 2017 March 8 - 10 (Shar-e Kord, Iran)

Kiyotaka Tanikawa, 'Greek' Astronomy, 第 5 回天文学史研究会, 2016 年 3 月 25 - 26 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

相馬 充, キトラ古墳天文図の解析, 第 5 回天文学史研究会, 2016 年 3 月 25 - 26 日, 国立天文台 (東京都三鷹市)

相馬 充, 掩蔽観測の現代的意義, 天体力学N体力学研究会 2015, 招待講演, 2015 年 12 月 24 - 25 日, SMBC イベントスペース (千葉県千葉市)

Mitsuru Sôma, When and where were the observations made for the celestial map in the Kitora Tumulus, 2015 International Symposium on Historical Astronomy, 招待講演, 2015 Sept 23 - 24, Seoul, South Korea

②1 Kiyotaka Tanikawa and Mitsuru Sôma, On the eclipse of 延鳥郎 and 細鳥女 in Samguk-Yusa, 2015 International Symposium on Historical Astronomy, 招待講演, 2015 Sept 23 - 24, Seoul, South Korea

②2 相馬 充, キトラ古墳天文図の観測年代と観測地の推定, 日本天文学会 2015 年秋季年会, 2015 年 9 月 9 - 11 日, 甲南大学 (兵庫県神戸市)

[図書] (計 5 件)

相馬 充, 谷川 清隆, 国立天文台, 第 5 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 2019, 306

相馬 充, 谷川 清隆, 国立天文台, 第 6 回天文学史研究会集録, 2018, 180

相馬 充, 谷川 清隆, 国立天文台, 第 5 回天文学史研究会集録, 2016, 192

相馬 充, 谷川 清隆, 国立天文台, 第 4 回「歴史的記録と現代科学」研究会集録, 2015, 128

Mitsuru Sôma and Kiyotaka Tanikawa, 国立天文台, Proceedings of Intensive Workshop on Ancient and Medieval Eclipse Data: Compilation of Eclipse Data and Examination of their Reliability, 2015, 86

[その他]

ホームページ等

<http://www2.nao.ac.jp/~mitsurusoma/>

6 . 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名 : 上田 暁俊

ローマ字氏名 : UEDA, Akitoshi

所属研究機関名：国立天文台
部局名：重力波プロジェクト推進室
職名：助教
研究者番号（8桁）：30332159

研究分担者氏名：谷川 清隆
ローマ字氏名：TANIKAWA, Kiyotaka
所属研究機関名：国立天文台
部局名：理論研究部
職名：特別客員研究員
研究者番号（8桁）：80125210

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。