

平成 26 年 5 月 28 日現在

機関番号：14401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22740104

研究課題名(和文)変分法による多体問題の研究

研究課題名(英文)Variational approach to the n-body problem

研究代表者

柴山 允瑠 (Shibayama, Mitsuru)

大阪大学・基礎工学研究科・講師

研究者番号：40467444

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円、(間接経費) 690,000円

研究成果の概要(和文)：n体問題において正則化可能な衝突をもつ周期解の存在に関するかなり一般的な証明を与えた。これにより、直線3体問題の一般の質量に対するSchubart軌道、二等辺3体問題のBroucke軌道、対称4体問題の関口軌道など数値計算で発見されていた軌道に対し、数学的な存在証明を与えることができた。また、4体問題の超8の字解の存在を変分法により証明した。さらに、二等辺3体問題において、周期解の分岐現象を数値計算により調べた。また、直線3体問題において衝突多様体論を用いて非可積分性を証明した。

研究成果の概要(英文)：I proved the existence of periodic solutions with regularizable collisions in the n-body problem. This includes the proof of the existence of Schubart orbit with arbitrary masses in the collinear three-body problem, Broucke orbit in the isosceles three-body problem and Sekiguchi orbit in the symmetric collinear four-body problem. I also proved the existence of super-eight solution by using the variational method. We investigated the bifurcation phenomena on periodic solutions in the isosceles three-body problem. I proved the non-integrability of the collinear three-body problem by using the collision manifold theory.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：数学・大域解析学

キーワード：多体問題 変分法 周期解 天体力学 力学系 カオス 分岐 対称性

1. 研究開始当初の背景

3体問題の8の字解の存在証明がなされた後、変分法によるn体問題は活発になされており、いくつかの周期解の存在が証明されていた。8の字解と同様の方法で得られる解はほとんど得られており、新たな進展が望まれる状況であった。

また、3体衝突特異点の研究では、McGeheeによる衝突多様体論により、多様な研究がなされていた。特に特異点と関連する可積分性の判定の研究は、長年研究されてきており、関数論や微分ガロア理論を基にしたMorales-Ramis理論が主流になっていた。矢ヶ崎氏と二等辺3体問題において衝突間のヘテロクリニック軌道の存在とそこから分岐して現れる周期解の族について理論的および数値的な研究成果が得られていた。

2. 研究の目的

変分法により、n体問題のより多様な解の存在証明を目指す。
また、解が衝突特異点近傍を通過するときの、特異的な振る舞いを解明する。

3. 研究の方法

作用積分の最小化法に基づく。
衝突特異点近傍の解の振る舞いについては、Levi-Civitaの正則化およびMcGeheeの衝突多様体論を用いる。

4. 研究成果

(1) 8の字解の存在証明がなされた後の研究の流れの中で、4体問題の超8の字解の存在を変分法により証明することが当初からの問題となっていた。本研究では、その問題を解決した。

(2) 衝突特異点を持つ解に対する変分法による存在証明を達成した。これにより、2質点が等質量の場合しか示されていなかったSchubart軌道の存在証明が任意の質量に対して達成された。他にも、二等辺3体問題のBroucke軌道、対称4体問題の関口軌道など数値的にしか存在が知られていなかった軌道について理論的な存在証明を与えたことになる。

(3) 衝突多様体論により直線3体問題の非可積分性を証明した。これまで可積分性の判定のために主に用いられてきたMorales-Ramis理論とは異なる新しいアプローチを提示した結果である。

(4) 矢ヶ崎一幸氏との共同研究の進展として、二等辺3体問題において衝突間のヘテロクリニック軌道から分岐する周期解に限ら

ず、より多様な周期解の分岐現象を数値的に計算した。

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8件)

M. Shibayama, Variational proof of the existence of the super-eight orbit in the four-body problem, Archive for Rational Mechanics and Analysis, In press, 査読有

DOI:10.1007/s00205-014-0753-x

M. Shibayama, Minimax approach to the n-body problem, ASPM. vol. 64, (2013), Nonlinear Dynamics in Partial Differential Equations, In press, 査読有

M. Shibayama, Morse index of periodic solutions in the n-body problem, 天体力学N体力学研究会2011集録, (2012), 査読無

M. Shibayama, Action minimizing periodic solutions in the N-body problem, proceedings of Sino-Japan conference 2011, (2012), 169-182, 査読無

M. Shibayama and Yagasaki, Families of symmetric relative periodic orbits originating from the circular Euler solution in the isosceles three-body problem, Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy, 110, (2011), 53-70, 査読有
DOI:10.1007/s10569-011-9338-2

M. Shibayama, Non-integrability of the collinear three-body problem, Discrete and Continuous Dynamical Systems-A, 30, (2011), 299-312, 査読有

DOI: 10.3934/dcds.2011.30.299

M. Shibayama, Minimizing periodic orbits with regularizable collisions in the n -body problem, Archive for Rational Mechanics and Analysis, 199, (2011), 821-841, 査読有

DOI: 10.1007/s00205-010-0334-6

柴山允瑠, 舞踏解に関する第二変分の数値計算, 天体力学N体力学研究会・ちばN体2010 集録, (2011), 198-206, 査読無

[学会発表](計 13 件)

M. Shibayama, Variational Proof of the Existence of the Super-Eight Orbit in the Four-Body Problem, Taiwan-Japan Symposium on Celestial Mechanics and N-Body Dynamics, NCTS, Taiwan, (December, 6, 2013)

柴山允瑠, 変分法による軌道の探索, 第56回自動制御連合講演会, 新潟大学 (2013年11月16日)

M. Shibayama, Variational proof of the existence of the super-eight orbit in the four-body problem, The Sixth International Meeting on Celestial Mechanics, Viterbo, Italy, (September, 9~7, 2013), (ポスター講演)

M. Shibayama, Variational proof of the existence of the super-eight orbit in the four-body problem, The Asian Mathematical Conference 2013, Busan, Korea, (July, 1, 2013) (招待講演)

柴山允瑠, Variational proof of the existence of the super-eight orbit in the four-body problem, KAM理論とその周辺, 金沢大学サテライトプラザ, (2013年6月19日)

柴山允瑠, Minimax approach to the n -body problem, 微分方程式セミナー,

大阪大学理学部数学教室, (2012年10月19日)

柴山允瑠, 天体の周期運動, 研究会「非線形現象の解明と制御」, 大阪大学基礎工学研究科(2012年10月4日)

柴山允瑠, 天体力学における周期解, 非線形テクノサイエンス講演会, 大阪大学(2012年2月22日)

柴山允瑠, On the super-eight orbit in the four-body problem, 冬の力学系研究集会, 日大軽井沢研修所(2012年1月7日)

M. Shibayama, Variational approach to the n -body problem, Emerging topic on differential equations and their applications, Nankai University, (December, 6, 2011), (招待講演)

M. Shibayama, Variational approach to the n -body problem, The 4th MSJ-SI conference on Nonlinear Dynamics in Partial Differential Equations, Kyushu University, (September, 13, 2011)

M. Shibayama, Non-integrability of the three-body problem via blowing-up of the collision singularity, Workshop on Symplectic Geometry and Topology, Kyoto University, (February, 18, 2011)

M. Shibayama, Heteroclinic connections between triple collisions and relative periodic orbits in the isosceles three-body problem, The 8th AIMS Conference on Dynamical Systems, Differential Equations and Applications, Dresden University of Technology, Germany, (May, 27, 2010)

[その他]
ホームページ等
<http://www.sigmath.es.osaka-u.ac.jp/~shibayama/>

6 . 研究組織

- (1)研究代表者
柴山允瑠(MITSURU SHIBAYAMA)
大阪大学・基礎工学研究科・講師
研究者番号: 40467444