

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 理工系



研究領域名 新しい星形成論によるパラダイムシフト： 銀河系におけるハビタブル惑星系の開拓史解明

名古屋大学大学院・理学研究科・教授

いぬつか しゅういちろう
犬塚 修一郎

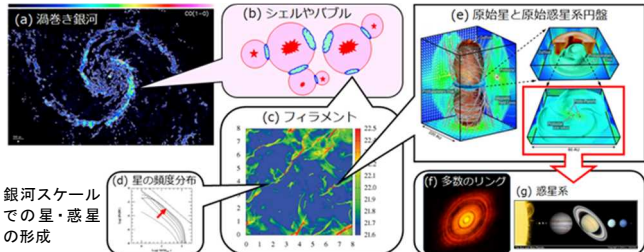
研究課題番号：18H05436 研究者番号：80270453

【本領域の目的】

継続する星形成と重元素合成・放出により固体惑星の材料物質分布は銀河中心領域から外側に広がってきた。この銀河進化によりハビタブル惑星が生まれる環境が銀河系の内側から外側へ「開拓」された。約46億年前に生まれた太陽系の起源・進化を探るためには、現在とは異なる太陽系誕生の環境を理解することが必須であり、宇宙年齢に匹敵する時間スケールでの銀河系の進化を理解する必要がある。そのため、今正に手にした銀河系円盤部における星形成論の新しい枠組みを発展させ、銀河系スケールでの星団形成活動を記述する。また、関連研究者の総力を結集して、進化する銀河系における多様な惑星系の形成論を構築し、現環境とは異なる初期状態を起点とする太陽系史研究へとパラダイムシフトを導く。さらに、太陽を生んだ星団の他の星、つまり太陽の兄弟星の分布や、太陽系のように生命を育む惑星系の形成領域分布の描像を確立し、惑星系観測の新機軸を構築する。

【本領域の内容】

銀河スケールでの星形成活動を理解し、進化する銀河系の中で多様な惑星系の形成・進化を解明すること、特に太陽系がどのような場所・環境で生まれ、何を経験してきたのかを突き止め、真の太陽系の起源を理解することである。さらに、太陽を生んだ星団の他の星、つまり太陽の兄弟星の分布や、太陽系のような生命を育める惑星系の形成領域分布についての描像を確立し、惑星系観測・探索の機軸を構築する。この新しい挑戦的研究テーマについて、対応する天文学・宇宙物理学の全ての分野の専門家が協力する。



本領域は、六つの研究項目により上記の研究目的の達成を目指します。

星形成論(A01):星団形成過程重元素増加と銀河進化の解明。多様な原始惑星系円盤形成の解明。

惑星系形成論(A02):現実的な惑星系形成過程の解明。銀河系における汎惑星系形成論の確立。

大気形成論(A03):多様な環境下での多様な過程を考慮した新たな惑星系大気形成論の確立。

星団観測(B01):重元素が異なる銀河系及び大小マゼラ

ン雲の巨大分子雲の観測。星団の形成過程の観測的解明。

円盤観測(B02):多数の円盤の高解像度観測。「水」の振る舞いの全容解明。多様な環境下での円盤進化。

惑星系観測(B03):若い惑星系の観測と統計分布の解明。惑星の軌道進化への制限。ハビタブル惑星の発見。

さらに、本領域が我が国の系外惑星研究の総合的発展をもたらすようにするために、計画研究ではカバーできない相補的な役割を果たす研究テーマを公募する。全体として、計画研究の枠にとらわれない、幅広い研究を推進する。

【期待される成果と意義】

宇宙年齢規模の時間スケールに渡る星団の形成率と質量関数の進化を記述し、銀河系における重元素量の増加過程、つまり化学進化の描像を定量的に確立する。また、多様な環境における星・惑星系形成過程を理論的・観測的に解析し、多様な系外惑星系の形成過程を理解する。その結果として、固体惑星と巨大ガス惑星の分布に特徴を持つ太陽系の真の起源を確立する。これらの研究成果は、太陽系のように生命を育むハビタブル惑星系が銀河系のどの領域に誕生し得るかということをも明らかにし、今後の系外惑星系観測への指針を与える。また、太陽系が経験した周辺環境の変化を考慮した太陽系科学のパラダイムシフトをもたらす。これにより、新しい学問である系外惑星系科学・黎明期にある宇宙生物学に天文学・宇宙物理学的基盤を与え、基礎科学として定着させることを期待している。

【キーワード】

星間分子雲:星間空間に存在する低温(約10K)の雲であり、主に水素分子で構成されている。星が生まれる現場である。

系外惑星:太陽系外に存在する惑星のこと。1995年の発見に始まり、現在までに4千個ほどの候補天体が観測されている。

原始惑星系円盤:星形成が起こるときに、星の周りに副産物として形成されるガス円盤。その中には1%程度の固体微粒子を含み、惑星系形成の現場である。

銀河の化学進化:銀河系において化学組成(種々の原子の存在頻度分布)が進化することを指す。

ハビタブル惑星:生命が存続可能な環境を持つ惑星。

【研究期間と研究経費】

平成30年度～34年度：

1,109,800千円

【ホームページ等】

<http://www.ta.phys.nagoya-u.ac.jp/star/>

【Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas (Research in a proposed research area)】
Science and Engineering



**Title of Project : A Paradigm Shift by a New Integrated Theory of
Star Formation: Expanding Frontier of Habitable
Planetary Systems in Our Galaxy**

Shu-ichiro Inutsuka
(Department of Physics, Nagoya University, Professor)

Research Project Number: 18H05436 Researcher Number: 80270453

【Purpose of the Research Project】

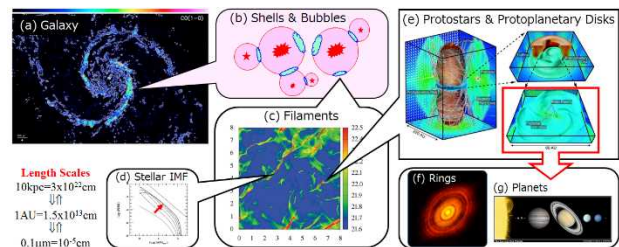
Stars are continuously created in our Milky Way Galaxy. Heavy atomic elements, such as metals, are created inside stars and blown out into the interstellar space of the Galaxy. This process provides atomic elements heavier than hydrogen and helium, such as carbon and oxygen, which is critically important for the existence of living creatures in the universe. In our Milky Way Galaxy, the enrichment of heavy elements starts in the inner Galactic regions and gradually expands toward the outer regions of the Galactic disk. This implies that the environment for creating habitable planets and biological entities are developed inside-out in the Galactic Disk over a timescale of the age of the universe. Understanding the origin and evolution of our solar system requires the comprehension of the environment of the birth place of the solar system about 4.6 billion years ago that is expected to be different from its current location in the Galaxy. This requires our understanding of the evolution of our Galaxy itself, over the timescale comparable to the age of the universe. We will try to understand this by extending the recently developed theory of star formation and describing the formation of star clusters. In addition, we will develop the planet formation theory and try to solve multiple puzzling questions regarding the origin of the solar system. This would be done by the collaboration of all the relevant researchers in Japan and this work is expected to lead a paradigm shift in the investigation of the origin of our solar system. We will also try to find possible siblings of the Sun that would have been born at the same time in the same star cluster, i.e., the expected birth place of the Sun. The results of our project are expected to provide a quantitative picture for the distribution of habitable planets in the Galaxy, and hence, provide a new strategy for future observations of exo-planets.

【Content of the Research Project】

- [A01] Theory for the Formation of Star Clusters and the Evolution of Our Galaxy
- [A02] Theory for the Formation of Planetary Systems from Diverse Protoplanetary Disks
- [A03] Theoretical and Observational Studies of the Formation and Evolution of Diverse

Planetary Atmospheres

- [B01] Observational Studies on the Formation of Star Clusters in Giant Molecular Clouds
- [B02] Observational Studies on the Evolution of Protoplanetary Disks in Diverse Environments
- [B03] Innovation of Infrared Observations of Young Planets and Habitable Planets



【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

We will describe the time evolution of the formation rate and the mass function of star clusters and establish a quantitative picture of the Galactic chemical evolution. We will also investigate theoretically and observationally the existence of different types of exo-planets and understand the diversity of planet formation in our evolving Galaxy. These studies are expected to provide a deep understanding on the origin of our solar system.

【Key Words】

Galactic Chemical Evolution: The enrichment of heavy elements in the Galaxy.

Molecular Clouds: Low temperature (~10K) clouds in the interstellar space that are mostly composed of molecular hydrogen: The birthplace of stars.

Protoplanetary Disks: Rotating gaseous disks created around new-born stars: The birthplace of planets.

Exo-Planets: Planetary systems found outside of our solar system.

Habitable Planets: A certain type of planets that may possess liquid water on their surface, and hence, may potentially provide a chance to host biological entities.

【Term of Project】 FY2018-2022

【Budget Allocation】 1,109,800 Thousand Yen

【Homepage Address】

<http://www.ta.phys.nagoya-u.ac.jp/star/>