

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年3月8日現在

機関番号：17102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21740136

研究課題名（和文） 原始星アウトフローの長時間進化と星周円盤の形成過程

研究課題名（英文） Long-term evolution of protostellar outflow and formation of the circumstellar disks

研究代表者

町田 正博（MACHIDA MASAHIRO）

九州大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号：10402786

研究成果の概要（和文）：

大規模数値シミュレーションを用いて、分子雲コア中での星と円盤の形成過程を調べた。星はガスが収縮して誕生するが、星形成の過程で角運動量保存により回転円盤が形成し、その円盤から磁場の効果によりアウトフローが出現する。このアウトフローは分子雲コアのガスを掃き集めて星間空間に放出するため、星形成率を50%以下に抑えることが出来る。

研究成果の概要（英文）：

Using numerical simulation, the formation of stars and circumstellar disks in molecular cloud cores were investigated. In the collapsing cloud, the rotating disk appears. Then, the protostellar outflow is driven from the disk by the Lorentz force. The protostellar outflow ejects the gas inside the cloud into interstellar medium and suppresses the star formation rate to less than 50%.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：MHD, アウトフロー、ジェット、惑星形成、星周円盤、星形成、褐色矮星、降着円盤

1. 研究開始当初の背景

星は宇宙の最も基本的な構成要素であるが、その計算過程はよく分かっていない。ガスの収縮から星が誕生するまでの過程には、様々な効果が複雑に絡み合っているために、数値シミュレーションが必要不可欠である。

今までに、星形成過程の数値シミュレーションは行われていたが、この研究以前では原始星が形成した直後までの計算のみであり、

原始星形成後の星周円盤の進化や円盤内での惑星形成過程についてはほとんど研究されていなかった。また、星形成過程で磁場の効果を考慮した計算はほとんど行われていなかった。

2. 研究の目的

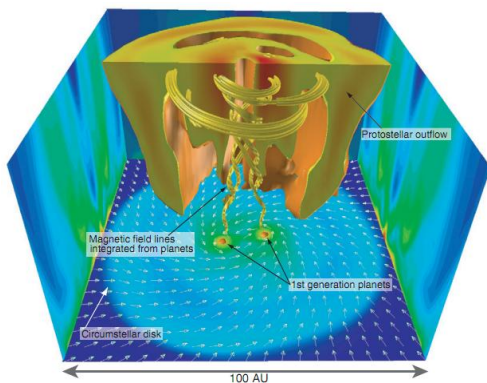
この研究では、大規模シミュレーションによって、原始星形成後の星形成後期段階の円盤形成や惑星形成過程を解明する。その際、磁場の進化とその散逸についても考慮する。また、円盤から駆動する原始星アウトフローが星形成過程に与える影響を調べる。さらに計算から得られた結果を観測と比較し、星・惑星形成の形成シナリオを構築することを目的とする。

3. 研究の方法

3次元非理想磁気流体多層格子法の数値コードを用いて、星が出来る前の分子雲コアから星形成後に円盤が形成・進化する過程を調べる。また、シンクセル法を用いて、円盤進化と原始星アウトフローの長時間進化を可能にした。さらに磁場の散逸過程をモデル化して、数値シミュレーションコードに実装する。

4. 研究成果

分子雲コア中から直接星形成過程を計算した結果、星形成の初期段階で非常に重い円盤が形成することが分かった。形成した円盤は重力的に不安定であり、円盤の内側領域で重力不安定より分裂を起し原始惑星が誕生する。他方、円盤の外側領域では、磁場と回転の効果により円盤表面からアウトフローが現れる。下の図は、円盤内部で誕生した、原始惑星と円盤の外側領域から駆動している原始星アウトフローを示している。



また、円盤や原始星アウトフローの長時間進化の計算の結果から、広い開口角で現れた原始星アウトフローは重力崩壊中のガス雲中でガスを掃き集めながら伝播することが分かった。このアウトフローによって掃き集められたガスは、最終的には、星間空間に放出される。そのため、初期に分子雲コアが保持していたガスの約半分が星間空間に放出

され、星形成率を 50%以下に抑えることが出来ることが分かった。さらにアウトフローの長時間進化を調べたところ、アウトフローの運動量やサイズは観測とよく一致することが分かった。

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 13 件)

① 谷川 享行, 大槻 圭史, 町田 正博, 'Distribution of Accreting Gas and Angular Momentum onto Circumplanetary Disks,' The Astrophysical Journal, 巻号 747, 1, 頁.47, 2012 年, 査読有

② 町田 正博, 犬塚 修一郎, 松本 倫明, 'Effect of Magnetic Braking on Circumstellar Disk Formation in a Strongly Magnetized Cloud', Publications of the Astronomical Society of Japan, 巻号 63, No.3, 頁 555-573, 発表年 2011 年, 査読有

③ 町田 正博, 松本 倫明, 'The origin and formation of the circumstellar disc', Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 巻号 : 413, 4, 頁 2767-2784, 発表年 2011 年, 査読有

④ 町田 正博, 犬塚 修一郎, 松本 倫明, 'Recurrent Planet Formation and Intermittent Protostellar Outflows Induced by Episodic Mass Accretion', The Astrophysical Journal, 巻号 : 729, 1, 頁 42, 2011 年, 査読有

⑤ 塚本 裕介, 町田 正博, 'Classification of the circumstellar disc evolution during the main accretion phase,' Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 巻号 416, 1, 頁 591-600, 発表年:2011 年 査読有

⑥ 犬塚 修一郎, 町田 正博, 松本 倫明, 'Emergence of Protoplanetary Disks and Successive Formation of Gaseous Planets by Gravitational Instability', The Astrophysical Journal Letters, 巻号 : 718 頁 : 58-62, 発表年 : 2010 年, 査読有

⑦町田正博, 小久保英一郎, 犬塚修一郎, 松本倫明, `Gas Accretion onto a Protoplanet and Formation of a Gas Giant Planet', Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 巻号: 405 頁: 1227-1243, 発表年: 2010年, 査読有

⑧富田賢吾, 松本倫明, 富阪幸治, 大須賀健, 町田正博, 西合一矢, `Radiation Magnetohydrodynamics Simulation of Proto-Stellar Collapse: Two-Component Molecular Outflow', The Astrophysical Journal Letters, 巻号: 714, 頁: 58-63, 発表年: 2010年, 査読有

⑨町田正博, 大向一行, 松本倫明, 犬塚修一郎, `Binary Formation with Different Metallicities: Dependence on Initial Conditions', Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 巻号: 399, 頁: 1255-1263, 発表年: 2009年, 査読有

⑩町田正博, 大向一行, 松本倫明, `Star Formation in Relic HII Regions of the First Stars: Binarity and Outflow Driving', The Astrophysical Journal, 巻号: 705 頁: 64-67, 発表年: 2009年, 査読有

⑪町田正博, 犬塚修一郎, 松本倫明, `First Direct Simulation of Brown Dwarf Formation in a Compact Cloud Core', The Astrophysical Journal Letters, 巻号: 699, 頁: 157-160, 発表年: 2009年, 査読有

⑫町田正博, `Thermal Effects of Circumplanetary Disc Formation around Proto-Gas Giant Planets', Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, 巻号: 392 頁: 514-524, 発表年: 2009年, 査読有

⑬山田雅子, 町田正博, 犬塚修一郎, 富阪幸治, `Emission from a Young Protostellar Object. I. Signatures of Young Embedded Outflows', The Astrophysical Journal, 巻号 703, 1, 頁 1141-1158, 発表年: 2009年, 査読有

[学会発表] (計 5 件)

①町田正博, 「星周円盤とガス惑星形成における重元素量の影響」, 日本天文学会秋期年会, 2011年9月21日、鹿児島大学

②町田正博, 「低金属量下での星周円盤の形成」, 日本天文学会春期年会, 2011年3月18日、筑波大学

③町田正博, 「星周円盤の起源とその形成過程」, 日本天文学会秋期年会, 2010年9月22日、金沢大学

④町田正博, 「原始星アウトフローと星形成率の関係」, 日本天文学会春期年会, 2010年3月26日、広島大学

⑤町田正博, 「周連星円盤からのアウトフロー」, 日本天文学会秋期年会, 2009年9月15日、山口大学

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://jupiter.geo.kyushu-u.ac.jp/machida/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

町田正博 (MACHIDA MASAHIRO)

九州大学・大学院理学研究院・准教授

研究者番号：10402786

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：