

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2006 ~ 2008

課題番号：18740104

研究課題名 (和文) 星間分子雲の収縮から第二コアの形成と高速ジェット現象の解明

研究課題名 (英文) The second core formation and high-speed jet in the collapsing cloud

研究代表者 町田 正博 (MACHIDA MASAHIRO)

京都大学・大学院理学研究科・特定研究員(グローバルCOE)

研究者番号：10402786

研究成果の概要：数値シミュレーションにより分子雲コア中での星形成過程についての研究を行った。星はガス雲の中で重力収縮することによって誕生する。この研究では3次元磁気散逸多層格子法という手法を用いて、世界で初めて、分子雲から星が誕生するまでの直接計算を行った。研究の結果、星形成過程で現れる2つのコア(ファーストコア、セカンドコア)から異なる性質を持つガス流が現れることがわかった。また、分子雲コアの分裂と連星形成の条件についても解明した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	700,000	210,000	910,000
2007年度	700,000	0	700,000
2006年度	700,000	0	700,000
年度			
年度			
総計	2,100,000	210,000	2,310,000

研究分野：天文学

科研費の分科・細目：理論天文学

キーワード：数値シミュレーション、星形成、磁気流体、連星

1. 研究開始当初の背景

(1)星形成過程を理解するためには、分子雲コアから原始星が形成するまでを数値シミュレーションを用いて直接計算をする必要がある。しかし、そのためには、10桁近くに及ぶ広範な空間スケールを分解しなければならない。そのため、我々の研究開始以前には、星形成の進化の途中段階までしか調べられていなかった。

(2)星形成過程では、磁場の取扱が必要不可欠である。しかし、高密度での磁場の取り扱いが難しいために磁場を考慮した研究は、今まで、ほとんど行われていなかった。そのためローレンツ力によって駆動すると考えら

れる「双極分子流」や「原始星ジェット」の研究も「ガス収縮中の星形成」という枠組みでは、ほとんど調べられていなかった。

2. 研究の目的

(1)大規模数値シミュレーションを用いて分子雲コアから原始星形成までの直接計算を行い、ガス収縮からの星形成過程の理解を、この研究の大枠の目的とした。

(2)星形成、または、収縮ガス中で重要である磁場の散逸(オーム散逸)の定式化と散逸を扱う数値コードの開発と流体コードへの実装を初期の目的とした。

(3)開発したシミュレーションコードを用いてガス収縮過程での星形成の3つの重要な問題：「磁束・角運動量問題」、「アウトフローとジェット駆動メカニズムの問題」、「連星形成問題」の解決を数値コード開発後の具体的な目的とした。

3. 研究の方法

我々は以前から「多層格子法」という手法を用いて、ガス収縮の計算を行っていた。しかし、この数値コードは「理想磁気流体」を扱うコードであったため、原始星誕生直前の高密度ガスを扱うことが出来なかった。

そこで、我々は「2. 研究目的」で述べたように、磁場の散逸を扱うルーチンを開発して、高密度ガスの扱いと原始星の直接計算を可能にした。この数値コード(3次元磁気散逸多層格子法)を用いて、分子雲コアから原始星形成までの直接計算を行い、上記の問題を解決した。

4. 研究成果

ベクトル並列スーパーコンピュータを用いた大規模シミュレーションにより原始星形成の計算を行った。その際、初期の分子雲コアが持つ様々な物理量をパラメータとして数多くの計算を行った。その結果、以下の結果を導出することが出来た。

(1)ガスの収縮と共にガスのイオン化度が低下する。その結果、原始星形成以前に初期に分子雲コアが持っていた磁場の99.99%はオーム抵抗によって散逸する。最終的に、原始星形成時には十分に磁場が抜けることが分かった。また、我々の計算で得られた原始星の磁場強度は、観測値と非常によく一致する。

(2)ガスの収縮過程でガスの熱進化に従い、異なる2つのコア(ファーストコア、セカンドコア)が形成する。これらのコアが形成すると収縮が緩やかになるために、磁力線が激しく回転して異なる2つのタイプのフローを駆動する。これらのコアの周りの状況は大きく異なる。ファーストコアの周りのガスは磁気散逸を経験していないために強磁場であるのに対して、セカンドコアの周りには磁気散逸を経験しているために弱磁場である。そのためフローの駆動メカニズムも異なる。ファーストコアから駆動するフローは、磁気遠心力風メカニズムで駆動し広い開口角を持つ。他方、セカンドコアからのフローは、磁気圧風メカニズムで駆動して、非常によいコリメーションを持つ。前者は、観測の分子ア

ウトフローに対応し、後者は光学ジェットに対応することが分かった。

(3)初期に分子雲コアが持つ揺らぎの大きさ、磁場、回転の強さをパラメータとして100以上の異なる分子雲コアの進化を計算した結果、連星形成条件が得られた。連星は、ガス収縮の途中で中心部が分裂することにより形成する。回転は円盤状の形状を作り分裂を促進するのに対して、磁場は磁気制動の効果により分裂を抑制することが分かった。また、連星と単星を分ける唯一のパラメータは、磁気エネルギーと回転エネルギーの比であることが分かった。

ガス収縮過程で、分裂は2つの典型的な時期にのみ起こる。進化の早い段階で分裂が起きた場合には遠隔連星になり、進化の遅い時期で分裂が起きた場合には近接連星になることが得られた。

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)

町田正博 論文名: Thermal effects of circumplanetary disc formation around proto-gas giant planets 掲載雑誌: MNRAS 巻号: 392 頁: 514 - 524 発表年: 2009年 査読: あり

町田正博、小久保英一郎、犬塚修一郎、松本倫明 論文名: Angular Momentum Accretion onto a Gas Giant Planet 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 685 頁: 1220 - 1236 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博、松本倫明、犬塚修一郎 論文名: Magnetohydrodynamics of Population III Star Formation 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 685 頁: 690 - 704 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博 論文名: Binary Formation in Star-forming Clouds with Various Metallicities 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 682 頁: 1 - 4 発表年: 2008年 査読: あり

武藤恭之、**町田正博**、犬塚修一郎 論文名: The Effect of Poloidal Magnetic Field on Type I Planetary Migration 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 679 頁: 813 - 826 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博、大向一行、松本倫明、犬塚修一郎 論文名: Conditions for the Formation of First-Star Binaries 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 677 頁: 813 - 827 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博、富阪幸治、松本倫明、犬塚修一郎 論文名: Formation Scenario for Wide and Close Binary Systems 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 677 頁: 327 - 347 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博、犬塚修一郎、松本倫明 論文名: High- and Low-Velocity Magnetized Outflows in the Star Formation Process 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 676 頁: 1088 - 1108 発表年: 2008年 査読: あり

町田正博、犬塚修一郎、松本倫明 論文名: Magnetic Fields and Rotations of Protostars 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 670 頁: 1198 - 1213 発表年: 2007年 査読: あり

町田正博、犬塚修一郎、松本倫明 論文名: Outflows Driven by Giant Protoplanets 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 649 頁: 129 - 132 発表年: 2006年 査読: あり

町田正博、犬塚修一郎、松本倫明 論文名: Second Core Formation and High-Speed Jets: Resistive MHD Nested Grid Simulations 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 647 頁: 151 - 154 発表年: 2006年 査読: あり

町田正博、大向一行、松本倫明、犬塚修一郎 論文名: The First Jets in the Universe: Protostellar Jets from the First Stars 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 647 頁: 1 - 4 発表年: 2006年 査読: あり

町田正博、松本倫明、花輪知幸、富阪幸治 論文名: Evolution of Rotating Molecular Cloud Core with Oblique Magnetic Field 掲載雑誌: The Astrophysical Journal 巻号: 645 頁: 1227 - 1245 発表年: 2006年 査読: あり

〔学会発表〕(計 6件)

発表者: **町田正博** 発表表題: 低質量分子雲コア中での褐色矮星の形成可能性 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2009年3月26日 発表場所: 大阪府立大学

発表者: **町田正博** 発表表題: 巨大ガス惑星と周惑星円盤の形成過程 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2008年9月11日 発表場所: 岡山理科大学

発表者: **町田正博** 発表表題: 異なる重元素量を持つガス雲中での星形成過程と連星頻度 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2008年3月24日 発表場所: 国立オリンピック記念青少年総合センター

発表者: 町田正博 発表表題: 近接連星と遠隔連星の形成シナリオ 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2007年9月26日 発表場所: 岐阜大学

発表者: 町田正博 発表表題: 原始惑星系円盤中でのガス惑星の角運動量獲得過程 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2007年3月28日 発表場所: 東海大学

発表者: 町田正博 発表表題: 星形成過程における分子流と光学ジェット of 駆動メカニズム 学会名: 日本天文学会 発表年月日: 2006年9月21日 発表場所: 九州国際大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

町田 正博 (MACHIDA MASAHIRO)

京都大学・大学院理学研究科・特定研究員
(グローバル COE)

研究者番号: 10402786