

令和元年6月21日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2018

課題番号：26400225

研究課題名(和文)位置天文衛星を用いたオリオン領域の大質量星形成過程の研究

研究課題名(英文) Study of massive star formation process in Orion region via astrometric observation

研究代表者

西 亮一 (Nishi, Ryoichi)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：80252419

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：ヨーロッパ宇宙機関による位置天文観測機Gaiaの2回目の公開データを用いて、オリオン領域の星形成過程についての解析を行った。まず、H-R図(色-等級図)を描くことにより、若い前主系列星を選別した。それらの星について天球面上での位置の変化に着目することにより、若い前主系列星は、天球面上での相対運動が非常に小さいことを発見した。これらの結果は、オリオン領域のような大質量星形成領域での予想と異なり、かなり静かな星形成過程を示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

大質量星は非常に明るく輝き、周囲の星間雲への影響が大きい。そして、銀河系の進化を考える上でも重要である。しかし、その形成過程はまだまだ理解が不十分である。そこで、近傍の大質量星形成領域であるオリオン広領域での星形成過程についてこれまでと異なる手法による研究結果は重要である。また、その結果は大質量星が連鎖的に形成されるというモデルの予想とは異なっており、新たな形成モデルの構築の必要性も明らかになった。

研究成果の概要(英文)：We study pre-main sequence stars in Orion region using astrometric data of the Gaia data release 2 (DR2). Gaia is astrometric spacecraft of European Space Agency and DR2 was published on 25 April 2018. Using the Gaia DR2 astrometric parameters, we draw the color magnitude diagram (H-R diagram). There is a branch of main sequence stars. And we can see another branch of young pre-main stars. We plot the proper motion distribution and show that young stars are highly concentrated into small area on the plan. This means that almost all of star forming molecular clouds in Orion region have been well correlated on the proper motion plane and also stars are formed calmly for most cases

研究分野：天文学

キーワード：星形成 位置天文学

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

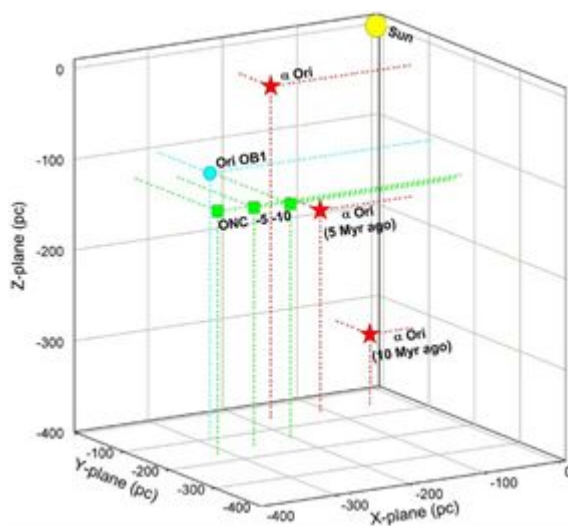
1. 研究開始当初の背景

大質量星は、紫外線を中心とする強力な放射場や最終段階における超新星爆発などにより銀河中でのエネルギー生成の中核を担っている。また、星の中心や超新星爆発時の原子核反応により、銀河の化学進化を推進する役割も大きい。しかし、その生成機構の解明は進んでいない。そこで新世代位置天文観測機のデータを用いた解析が新しいアプローチとして重要である。

2. 研究の目的

大質量星は、超新星爆発や紫外線を中心とする多量の放射によるエネルギー放出、そして重元素の放出と拡散などを通じて銀河進化に多大な影響を与えるが、その形成過程の理解は不十分なままである。本研究は、近傍の大質量星形成領域であるオリオン領域において、2014年度打ち上げ予定の位置天文衛星 Nano-JASMINE と HIPPARCOS 衛星のデータを結合して得られる、大質量星の位置と運動についての情報を基にして、大質量星が次世代の大質量星の形成をうながすという連鎖的星形成モデルについて検証を行うことが目的であった。

また進化の最終段階にあり、いつ超新星爆発を起こしてもおかしくない注目されているベテルギウス (α Ori) について、赤色超巨星であることから可能な VLA による電波観測と HIPPARCOS のデータを組み合わせて距離と固有運動の観測精度を向上させた (Harper et al. 2008) 研究がある。ベテルギウスの運動はこの領域の大質量星の中でかなり特異であり、生成時期の 107 年前の予測位置は星形成領域とは一致せず、形成過程は大きななぞである (下図)。他の大質量星集団と同時に形成され、そこから打ち出された可能性も指摘されているが、この領域特にオリオン OB1 の星々の位置と固有運動のより精度の高いデータを用いて解析を行い、ベテルギウスの形成過程のモデルを検証することも目的であった。



3. 研究の方法

主として 2014 年度打ち上げ予定であった位置天文衛星 Nano-JASMINE のデータによるオリオン領域の星の固有運動情報から、大質量星の相対運動についての解析を行い、大質量星形成モデルに対する検証を行う計画であった。また、ESA の打ち上げた位置天文観測機 Gaia による中小質量星の観測による固有運動情報を補助的に使う予定としていた。しかし Nano-JASMINE 衛星は、予定していたブラジルのアルカンタラの発射場の整備が進まず、打ち上げ延期が続き現在でもまだ打ち上げられていない。そのため、基本的に Gaia のデータに基づく解析となった。そして、Gaia のデータ公開も種々の問題が生じたために大きく遅れる結果となり、研究進展が遅れた。

また、野辺山 4.5 m 電波望遠鏡によるオリオン A 巨大分子雲を CO などの分子輝線の観測する星形成レガシープロジェクトに一部参加し、星形成の母体となる分子雲の空間構造や速度構造の解析結果とそこで形成されたと考えられる若い星との関係についての研究も行った。

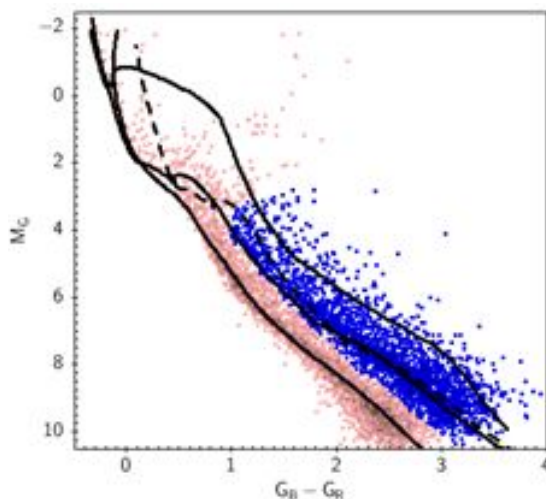
4. 研究成果

(1) 2018 年に公開された Gaia の Data Release 2 (DR2) に基づくオリオン領域の星形成過程の解析

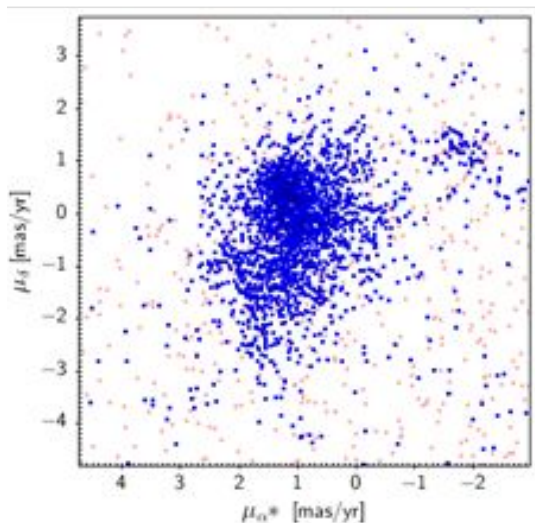
Gaia は 20 等級より暗い星も観測でき、また観測精度も非常に高い高性能の位置天文簡素器であるが、残念ながら 6 等級よりも明るい星を精度よく観測することは困難である。そのため、本来の研究課題の目的であるオリオン領域に存在する大質量の OB 型星を精度よく観測することはほとんどできない。そのため、大質量星と一緒に集団的に形成されると考えられている中小質量星についての解析を行った。その成果については 3 件の学会発表を行うと共に複数の研究集会での発表も行った。それだけではなく、継続して学術論文や学会発表、研究集会での発表などによって研究成果を発表していく。具体的な内容は以下である。

1. オリオン領域において Gaia DR2 のデータを用いて、H-R 図 (色 - 絶対等級関係の図) を作

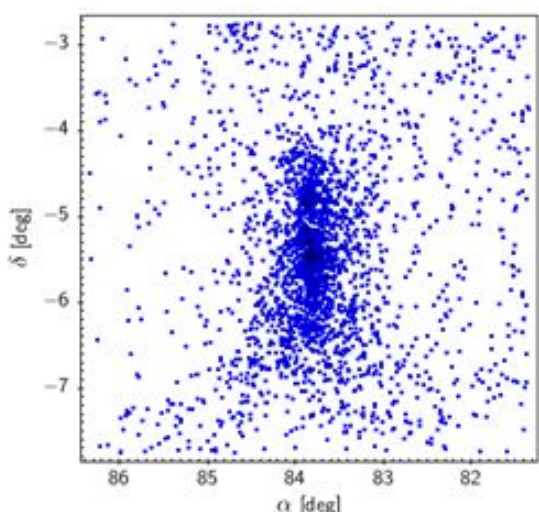
成した。H-R 図上では、中小質量星は形成後の年齢が数億歳以上である銀河円盤を構成する主系列星と数千万歳以下であるオリオン領域で形成された前主系列星がかなり明確に分離できた。そして、星間吸収の効果の不定性を考慮したうえで、若い前主系列星を選択できることを示した（下図の青印が若い前主系列星）。



2. 次に、これらの星の天球面上での運動を記述する固有運動平面での分布の解析を行った。その結果、これらの若い前主系列星は、固有運動平面で非常に狭い範囲（速度分散が 1km/s 以下）に集中していることを発見した（下図の青い星が若い前主系列星）。このことから、逆に、固有運動平面における分布を用いて、若い星の選別が可能であることが示唆される。この手法は、オリオン大星雲近傍のように、高い星の密度や星雲光が原因となる背景光で Gaia データからは H-R 図を描くことが困難な領域で若い星を選別する方法を与えることにもなる。



3. そこで固有運動平面での分布を基に、オリオン大星雲を中心としたオリオン A 巨大分子雲における若い星を選別し、天球面上での分布を調べ、オリオン大星雲近傍に集中するオリオン星雲星団の多数の星が含まれていることを示した（下図の中央部）。



この結果を用いて、オリオン星雲星団を含む領域でのオリオン A 巨大分子雲での星形成についての解析を行った。

5. オリオン OB1 アソシエーション全体を含む広い領域についても、固有運動平面での分布から、集団的に形成された若い星のグループを選別できることを示し、それに結果と、H-R 図を用いた解析による年齢推定を組合すことでこの領域の星形成史についての解析を行った。

6. 以上の結果から、オリオン領域では、非常に広い領域にわたって若い星の固有運動平面での分布が狭い範囲に限られていることが分かった。また、この領域の広い範囲にわたって、数千万年以上の長期間およそ定常的に星形成が継続していることも分かった。これらの結果は連鎖的星形成のモデルから予想されているものとは大きく異なるものである。

(2) 野辺山 4.5 m 電波望遠鏡によるオリオン A 巨大分子雲の CO などの分子輝線による観測結果の解析

オリオン領域の星形成の母体雲の主要な一つであるオリオン A 巨大分子雲をかなり広領域での電波観測結果をまとめたマップを作成し、基本的な解析に続き、分子雲の構造と星形成履歴との関係の解析を行っている。その結果は下記の論文だけではなく、今後の雑誌論文などにより発表していく予定である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 1 件)

Nakamura, Fumitaka, , [Nishi, Ryoichi](#), et al., Nobeyama 45 m mapping observations toward Orion A. III. Multi-line observations toward an outflow-shocked region, Orion Molecular Cloud 2 FIR 4, Publications of the Astronomical Society of Japan, 査読有, 2019, in press.

[学会発表](計 3 件)

発表者：西亮一、発表課題：Gaia DR2 に基づく Orion OB 1 アソシエーションの星形成史の解析、学会名：日本天文学会、発表年：2019 年

発表者：西亮一、発表課題：Gaia DR2 を用いたオリオン領域の星形成過程の解析、学会名：日本天文学会、発表年：2018 年

発表者：西亮一、発表課題：On the relation of star formation and Orion Giant Molecular Clouds、学会名：International Astronomical Union、発表年：2018 年

[その他]

ホームページ等

「誰でも使える Gaia データ」

URL: <https://astro1.sc.niigata-u.ac.jp/~nishi/Gaia/GaiaDR1top.html>

Gaia の観測データは、完全に公開されており、研究者のみではなく一般の人でもそのデータを使うことが可能である。ただし、マニュアルなどは基本的に英語で研究者向けのものになっていて、研究者以外の人にはハードルが高いと考えられる。そこで、Gaia データの使い方についての初歩的な解説を書いて公開している。現在のものは少し古くなっているため、今後のアップデートを行って行く予定である。

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。