

令和 2 年 6 月 3 日現在

機関番号：62616
 研究種目：研究活動スタート支援
 研究期間：2018～2019
 課題番号：18H05875・19K21056
 研究課題名(和文) すばる望遠鏡超広視野カメラによる近傍宇宙論サーベイ

研究課題名(英文) Subaru Near Field Cosmology Survey

研究代表者

岡本 桜子 (Okamoto, Sakurako)

国立天文台・ハワイ観測所・助教

研究者番号：80823377

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：すばる望遠鏡の超広視野カメラ(HSC)を用いて、M81など複数の近傍大型円盤銀河の広域撮像サーベイを行った。そしてM81周辺の8つの古い衛星銀河について、構造パラメータ、総光度、金属量分布と金属量分散を求めた。またM81の周辺に複数存在する若い恒星集団が、M81とM82、NGC3077の重力相互作用に誘発された星形成によって新たに誕生した恒星系である可能性が高いことを明らかにした。そして新たに2つのM81衛星銀河を発見した。またM81と同様な近傍大型円盤銀河6つを対象にした「すばる近傍宇宙論サーベイ」計画を立案して観測時間を競争的に獲得し、そのうち4つの銀河について観測データを取得した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

円盤銀河が一般的に、銀河系のように複雑で豊富な外縁部構造を持つか否か、またそれに含まれる恒星の年齢や金属量が共通なのかどうかは、銀河の進化過程における矮小銀河降着の影響を測る上で非常に重要な問題である。本研究では、銀河系やアンドロメダ銀河が含まれる局所銀河群を超えてさらに遠くの大規模円盤銀河をターゲットに、すばる望遠鏡の超広視野カメラを用いることで、その銀河を構成する個々の星を捉え、非常に暗い外縁部構造と周辺の衛星銀河の性質を詳細に明らかにした。

研究成果の概要(英文)：We have conducted the wide-field photometric survey of nearby massive galaxies using Hyper Suprime-cam on Subaru Telescope. For the M81 galaxy, the structural parameters, total luminosities, metallicity distributions, and metallicity dispersions of eight satellite galaxies were derived. Also, we discovered two new satellite candidates around M81, one of which is the faintest and the most metal-poor galaxies in the M81 group. The luminosity functions of young stellar systems around M81 imply continuous star formation in the recent past, supporting the idea that they are genuinely new stellar systems resulting from triggered star formation in gaseous tidal debris of M81-M82-NGC3077 interactions. Following to the M81 survey, we were awarded ten nights as the intensive program of Subaru Telescope open-use to cover nearby galaxies using HSC. Among the six target galaxies, the observations of four galaxies were executed in 2019.

研究分野：天文学

キーワード：銀河考古学 光赤外線天文学 近傍銀河 銀河形成 恒星種族

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

銀河系のような大型銀河は、周辺の矮小銀河が重力相互作用でいくつも合体、集積することで、階層的に大きく成長してきたと考えられている (e.g. White & Frenk 1991, ApJ, 379, 52)。そして現在の大型銀河の外縁部には、その成長過程を生き残った衛星銀河や、衛星銀河が潮汐力で引き千切られて星が帯状に分布した恒星ストリームなどのサブ構造が多く存在すると理論的に予測されている。実際ここ 15 年ほどの間には、銀河系や隣接するアンドロメダ銀河(M31)の周辺から、複雑な恒星ハロー構造や多くの衛星銀河、恒星ストリームなどが新しく発見されてきた (e.g. Belokurov et al. 2007, ApJ, 654, 897; McConnachie et al. 2009, Nature, 461, 66)。このような状況下で、円盤銀河が一般的に、銀河系や M31 のように複雑で豊富な外縁部構造を持つか否か、またそれに含まれる恒星種族(年齢/金属量)が共通なのかどうかは、銀河の進化過程における矮小銀河降着の影響を測る上で非常に重要な問題である。

星密度の非常に低い銀河外縁部の性質を正確に調べるには、その銀河に属する個々の恒星を検出する必要があるが、それと同時に、銀河の潮汐半径を覆うような全域を捉えることも不可欠である。銀河系と M31 の属する局所銀河群より遠くにあるような近傍大型銀河について、この二つを同時に満たす観測装置は、世界ですばる望遠鏡の超広視野カメラ(HSC)のみであり、銀河系や M31 で知られているような年齢が古く低金属量の恒星ハローが、円盤銀河に普遍的に存在するのかどうか、評価するにはサンプルが不足していた。

2. 研究の目的

近傍円盤銀河の外縁部構造について、統計的な理解を得るため、すばる望遠鏡の超広視野カメラ(HSC)を用いて、複数の近傍円盤銀河の外縁部を探索する「すばる近傍宇宙論サーベイ」を行う。サーベイ計画を立てて競争的な観測時間(すばる望遠鏡共同利用)を獲得して、観測を遂行する。そして対象銀河について [1] 外縁部構造の有無とその恒星種族、[2] 衛星銀河の分布と総数、恒星ストリーム等サブ構造を調べる。計画するサーベイは、本課題が補助される 2 年間では完了しないが、銀河のサンプルが揃い次第、[A] 円盤銀河の外縁部構造の普遍性を検証し、その特徴を統計的に明らかにする。もし個別の銀河が外縁部構造を持たなかったり、持っていたとしてもそれぞれ性質が異なる場合、各銀河の明るさ/形態/環境などを比較し、相関する銀河固有/環境的要素を明らかにする。また[B] 衛星銀河分布を理論予測と比較し、矮小銀河の不足が銀河系に限られた現象なのか明らかにする。

3. 研究の方法

観測が進行中の近傍銀河 M81 に加えて、7つの近傍大型円盤銀河を HSC で撮像観測する「すばる近傍宇宙論サーベイ」をすばる望遠鏡の共同利用にインテンシブプログラムとして応募し、2年4期で10-15夜の観測時間を獲得する。そして中心から半径50kpc (M81 と NGC253 は 125kpc)を1-5視野、2色でカバーし、各銀河のRGB頂部(古い赤色巨星が進化中に取り最も明るい等級)から1.5等級暗い範囲($g \sim 28$)までの星を検出する。本申請で支援される2年間に、少なくとも計画の2/3の観測を完了し、画像から検出した天体の形状、明るさと色を使ってその銀河に属する恒星を選び出す。そして[1] 円盤半径(R25)を超える外縁領域の恒星の空間分布から、恒星ハロー/厚い円盤の有無を明らかにする。また星の色と等級を恒星進化モデルに基づく等時曲線と比較して年齢と金属量を見積もり、種族ごとの空間分布を明らかにする。[2] 未知の衛星銀河/恒星ストリーム等を探す。また観測領域内にある既知の衛星銀河の性質も調べて、衛星銀河の光度/空間/金属量分布を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 2018年には、近傍大型円盤銀河 M81 の HSC 撮像サーベイで計画した7視野のうち、未完了だった西側領域を観測し、HSC のパイプラインを用いて一次処理を行った。

観測領域内に含まれる点光源の測光カタログを用いて、領域内にある既知の8つの衛星銀河について、構造パラメータ、総光度、金属量分布と金属量分散(図1参照)を求めた。そのうちの

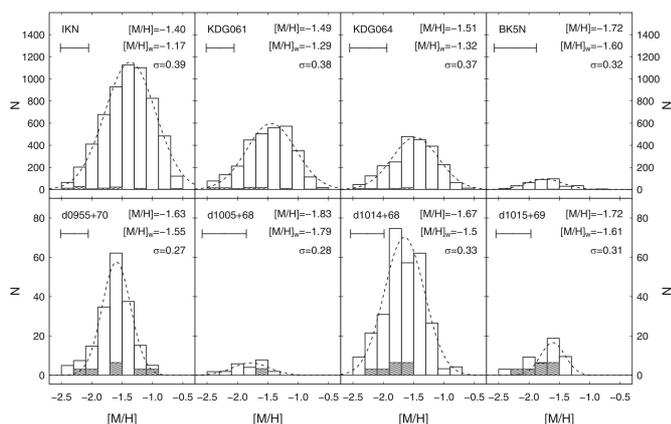


図 1. M81 の衛星銀河の金属量分布

1 つ、IKN はこれまで知られていたよりも総光度が 3 等も明るく、矮小楕円銀河クラスであることが明らかになった。そしてこれらの銀河は、局所銀河群の矮小銀河と同様の光度-金属量関係および光度-半光度半径関係を持つことを示した。

また M81 周辺に複数存在する若い恒星集団 (図 2) について、それぞれ色-等級図 (図 3) と光度関数上での星の分布を、恒星進化モデルに基づく等時曲線と比較することで、数億年前から少なくとも 3000 万年前まで連続的に星形成が続いたことを明らかにした。この星形成時期は M81 と近くの M82, NGC3077 が重力相互作用を始めたと予測される時期と一致しており、またこの恒星集団に付随するような非常に古い恒星種族の密度超過が見られないことから、重力相互作用に誘発された星形成によって新たに誕生した恒星系であると示唆される。

また同データから古い恒星の空間分布上の密度超過を探し、M81 の衛星銀河候補を新たに 2 つ発見した (図 4 参照)。そのうち d1006+69 は、M81 グループの矮小銀河の中で、最も暗く、また最も金属量の低い銀河である。以上の成果は、Astrophysical Journal にて論文として発表した。またこれらの成果と、次に述べる「すばる近傍宇宙論サーベイ」プログラムに関して、複数の国際研究会にて発表した。

(2) M81 サーベイを拡張する形で、恒星質量や形態などの異なる 7 つの近傍円盤銀河を対象として立案した「すばる近傍宇宙論サーベイ」計画は、すばる望遠鏡共同利用の 2018 年後期募集 (2018 年 3 月受付) では不採択だった。そこで、より効率的な計画に修正して 2019 年前期募集 (2018 年 9 月受付) に再応募し、2018 年 12 月に、インテンシブプログラムとして 2 年間 (2019 年 2 月-2021 年 1 月) で合計 10 夜の HSC 観測時間が認められた。要求夜数 15 夜に対して 10 夜の採択となったことから、観測対象を 6 つに、また観測領域を各銀河で 2-4 視野に修正した観測計画を立て、2019 年 2 月から観測を開始した。天候不順等の理由により、2019 年度中に取得できたデータは予定の約 4 割に留まったが、2019 年度は NGC4244 の中心 1 視野について g-band と i-band フィルターの両方の観測を完了し、また NGC247 と NGC253、NGC4236 の中心 1 視野の i-band フィルター観測を終えた。NGC4244 については一次処理を完了し、恒星ハローの有無とその恒星種族について、論文化へ準備を整えた。サーベイプログラムは本課題の終了後も続き、現時点では、2021 年冬に観測を完了する予定である。

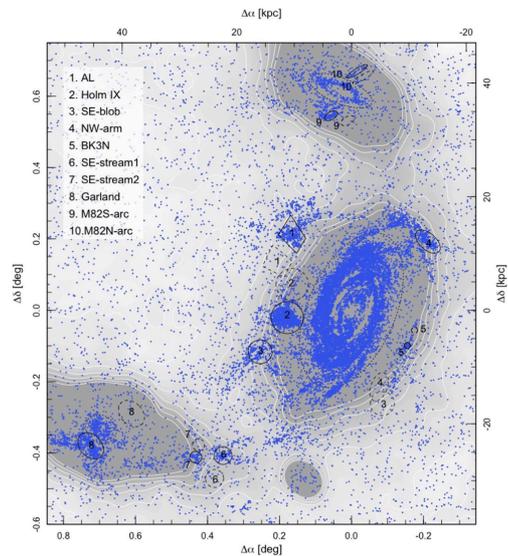


図 2. M81, M82, NGC3077 周辺の若い恒星 (青) の空間分布。背景の灰色コントアは年齢 10 億年以上の古い恒星の分布を示す。

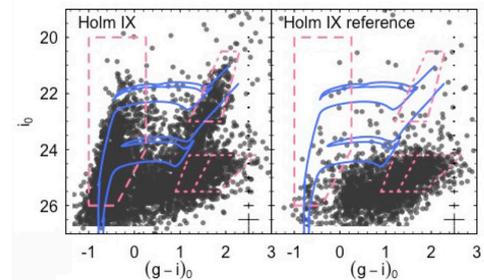


図 3. Holm IX 領域 (左、図 2 中の 2 番) と比較領域 (右) に含まれる恒星の色-等級図。青の実線は、年齢が 3200 万年と 1 億年の恒星の等時曲線。

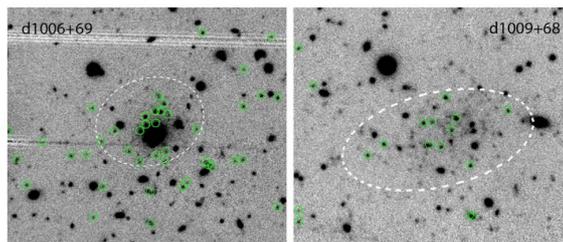


図 4. M81 周辺で新たに発見した衛星銀河 d1006+69 (左) と d1009+68 (右) の i-band 画像。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Okamoto Sakurako, Arimoto Nobuo, Ferguson Annette M. N., Irwin Mike J., Bernard Edouard J., Utsumi Yousuke	4. 巻 884
2. 論文標題 Stellar Population and Structural Properties of Dwarf Galaxies and Young Stellar Systems in the M81 Group	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Astrophysical Journal	6. 最初と最後の頁 128 ~ 128
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3847/1538-4357/ab44a7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Sakurako Okamoto
2. 発表標題 Resolved stellar population of nearby galaxies and their satellites
3. 学会等名 Lorentz Center Workshop, "The Bewildering Nature of Ultra-diffuse Galaxies"（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakurako Okamoto
2. 発表標題 "Signatures Of On-Going Interactions At The M81 Group Centre In The Low Surface Brightness Features"
3. 学会等名 IAU Symposium 355: The Realm of the Low Surface Brightness Universe（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakurako Okamoto
2. 発表標題 Resolved stellar populations of dwarf galaxies in the M81 group
3. 学会等名 第五回銀河進化研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sakurako Okamoto
2. 発表標題 Galaxy Archaeology beyond the Local Group
3. 学会等名 Workshop on Galactic Archaeology with LAMOST and Subaru
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡本桜子
2. 発表標題 すばるとTMTの連携で拓く銀河考古学
3. 学会等名 日本天文学会2018年秋季年会 特別セッション"すばるとTMTの連携で拓く科学のフロンティア" (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sakurako Okamoto
2. 発表標題 Suabru Near-Field Cosmology Survey
3. 学会等名 Subaru User's Meeting FY2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----