

平成 22 年 5 月 1 日現在

研究種目： 若手研究(B)
 研究期間： 2008 ～ 2009
 課題番号： 20740106
 研究課題名(和文) 冷却高感度広視野望遠鏡による銀河面掃天観測
 研究課題名(英文) Survey for Galactic Center by Wide Field Cryogenic Camera

研究代表者
 栗田 光樹夫 (KURITA MIKIO)
 名古屋大学・大学院理学研究科・助教
 研究者番号：20419427

研究成果の概要(和文)：本研究によって、南アフリカ天文台サザーランド観測所に、近赤外線広域サーベイ用の観測基地を設置した。2009年7月におよそ1か月間南アにて銀河中心方向の5平方度にわたるUIR輝線サーベイ観測を行った。検出された顕著なUIR輝線(未同定赤外線輝線)を放射する天体や広がった構造はこれまでの近赤外線の撮像観測等によって知られている星形成領域と星団と一致した。しかし、新たにM42のような大質量星形成領域に相当するようなUIR放射天体は銀河中心方向の5平方度からは確認できなかった。また検出されたいずれの天体も中心の1平方度に存在し、周辺の4平方度からは検出されなかった。

研究成果の概要(英文)：We constructed a near infrared survey station at South African astronomical observatory in Sutherland. In Jul 2009, we executed UIR band (Unidentified Infra-Red) survey toward the galactic center with 5 square degrees for about one month. All UIR point like and diffuse sources significantly detected consist with known object of star forming region and cluster by previous work. However we could not detect a new object such as high mass star forming region M42 within the survey area. Furthermore, all sources we detected are in the central 1 degree square of the galactic center.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
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：光赤外線天文学

1. 研究開始当初の背景

UIR(Unidentified InfrarRed)バンド放射は Gillet,Forrest,& Merrill(1973)により NGC7027 で $11.3\mu\text{m}$ に広がった放射として発見された。このバンド放射を担う物質は未特定であり、UIR バンド放射と呼ばれている。UIR バンド放射は $3.3\mu\text{m}$ $6.2\mu\text{m}$ $7.7\mu\text{m}$ $8.6\mu\text{m}$ $11.3\mu\text{m}$ の主コンポーネントとそれに付随する副コンポーネントやプラトーと呼ばれる広がった放射によって構成される (Verstraete et al., 2001)。UIR バンド放射は惑星状星雲、反射星雲、星形成領域、銀河面、系外銀河などから検出されており、スペクトルも天体によらずよく似ている。このことから UIR バンド放射を担う物質は安定で普遍的に存在していると考えられている。UIR バンド放射の有力な担い手と考えられている物質に PAH(Polycyclic Aromatic Hydrocarbon)がある。PAH は UV 光子を吸収して、そのエネルギーを C-H の伸縮振動などで解放し、バンド放射をすると考えられている。

Sellgren(1984)が反射星雲の観測でダストの温度が熱平衡状態ではなく、一時的に高温になる場合があるという現象を明らかにした。これは VSG(Very Small Grain)と呼ばれる大きさが $\sim 10\text{\AA}$ ほどの粒子が UV 光子を 1 個吸収して一時的に 1000K まで加熱され、熱放射するためだと考えられている。

最近の研究では炭素系の VSG が UV 光で蒸発して PAH が生成されるのではないかと (M.Rapacioli, C.Joblin, and P. Boissel 2004) という示唆もされている。

2. 研究の目的

PAH・VSG は星間空間に普遍的に存在していると考えられているが、実際に広い範囲の空間分布を観測した例はない。原因は、1) 地上では L バンドで観測できる装置が少ない上に、観測時間が限られる 2) スペースでは広い領域を狭帯域フィルターで撮像観測することは事実上不可能である。しかし、我々の開発した広視野冷却望遠鏡を使用すれば地上から L バンドの観測ができ、観測時間も十分に確保できる。そして狭帯域フィルターを使用した観測が可能である。

PAH の観測は現在までに数多く行われているが、ほとんどが分光による観測であり、個別天体の狭い領域に限られる。また VSG は 1000K で熱放射をしていると考えられている。1000K の熱放射は $3\mu\text{m}$ にピークを持つが、これまでの観測はほとんど中間・遠赤外線でしかされていないため、一番重要な波長を見逃している。そこで本研究では星間ダスト分布を議論する上で必要十分な分解能 (~ 2 秒角) で広がった天体を観測し、大局的な輻射場と微粒子の空間分布を明らかにしたい。

3. 研究の方法

銀河系中心領域 ($l \pm 10^\circ, b \pm 5^\circ$: 100 平方度) を PAH ($3.3\mu\text{m}$)、Ln ($3.6\mu\text{m}$)、Br α ($4.05\mu\text{m}$) の 3 狭帯域フィルターを使用してサーベイ観測を行い、late-B,A 型星からの UV 放射を間接的に観測する。これらの星からの UV 光は水素原子を電離させるほど ($h\nu$

>13.6eV)ではないが他の多くの星間原子・分子を電離・解離させることが出来る。星間に見られるガス・イオンの多くはこれらの星からのUV光が担っている。銀河中心にあるlate-B,A型星によって引き起こされる星間現象をPAH、Ln、Br α の3つの狭帯域フィルターを使用して調べる。

広視野・高コントラストの地上赤外線観測を実現するために1)冷却望遠鏡、2)赤外検出器読み出し回路、3)専用赤道儀架台の3つの開発を行った。

冷却望遠鏡

地上からの赤外線観測は長波長側で2.2 μ m(Kバンド)までが主流である。Kバンドより長い波長域では観測装置自体の熱放射がノイズ源となるため、観測は困難を極める。事実、国内にはKバンドより長い波長を観測できる装置はなく、すばる望遠鏡においてもIRCS、CIAO、COMICSと数えるほどであるが、いずれも高解像であるが高視野な装置ではない。

一方、当研究室で継続的に開発してきた有効口径230mmの望遠鏡(右図参照)は全光学系を110Kまで冷却し高いS/N比を達成した。鏡筒の先端にはフッ化カルシウムの窓があり装置全体を真空に引いている。昨年度に光学系を更新し、以下に述べる検出器の改良と共に視野1平方度を達成した。

赤外検出器読み出し回路

2.2 μ mより長い3.6 μ m(Lバンド)を観測するには、InSb検出器を使用しなければならない。この検出器は1~5 μ mに感度を持つ

ため、1)35Kまで冷却し熱雑音を減らし、2)検出器出力の高速読み出しを行い、検出器の飽和を防ぐ必要がある。これらの要因のため、Lバンドでは、Kバンドまでの観測とは一線を画す困難を伴う。

地上からLバンドの観測をするには、検出器からの出力を高速でA/D変換できるアナログ回路が不可欠である。すばる望遠鏡用専門観測装置には32チャンネル読み出し回路を備えたInSb(1k x 1k)が使用されている。しかしこの読み出し回路は米国の技術者によって開発されたものである。国内ではそのような大型赤外線検出器に対応できるアナログ回路が開発されていなかったためInSb(1k x 1k)を効率的に使用できていなかった。われわれのグループではこの読み出し回路の開発を成功させ、2007年の夏に低バックグラウンドと広視野化を実現できた。

専用赤道儀

広視野冷却望遠鏡は重量150kgあり市販の架台では対応できない。開発した架台の指向精度は10"で、追尾精度は1"以上である。目標の100平方度を達成するために、最適な観測プログラムに従って効率的に駆動させる赤道儀も含めたシステムを構築した。冷却望遠鏡の諸元を以下の表にまとめる。

完成した観測装置を用いて100平方度にわたる赤外線サーベイを行うために効率的で大量の観測時間を投入するのみである。PAH放射のように広がった淡いシグナルを検出するには十分な積分時間と適切なフィルタ

交換、および参照フィールドの頻繁な観測が求められる。観測効率として1夜あたり3平方度を目標とする。銀河面の観測できる季節を考慮すると2年にわたる観測期間が必要となる。

観測サイトである南アフリカ・サザーランド観測所では当研究室のIRSF（近赤外線天体観測所）があり、恒常的に観測を継続しているため本計画の運用面での基盤は整っている。

4. 研究成果

これまでにM42をはじめとする星形成領域、銀河中心、系外銀河などを観測した。その結果、系内の星形成領域と銀河中心にてPAH輝線を検出することに成功した。特にM42で検出されたPAHの空間分はSPITZER望遠鏡による中間赤外線強度と良い相関があり、PAHと星間ダストおよび紫外線放射場の関連が議論できると期待する。

装置において、波長3ミクロンでも地上から十分な感度で観測が可能であることがわかり、観測装置を冷却した効果が実証された。しかし大きく4つの問題が発生した。それらは、冷凍機による望遠鏡の振動、架台モータのサーボによる検出器ノイズの発生、読み出しクロックパターンの間違い、冷却時による10秒角程度の光学収差である。これら問題のうち光学収差以外は改善を行い解決した。

装置の立ち上げは万全ではないものの、他の研究者との共同研究も開始した。具体的には冷却望遠鏡によって、 η カリーナの5年周期の質量放出イベントをモニタリング観測

するものである。加えてこの研究を通して3名(大学院後期1名と前期2名(ともに留学生))の教育を行った。うち1名は修士論文として装置開発から観測までの研究をまとめ、1名は現在学位論文執筆中である。

2009年7月におよそ1カ月間南アにて銀河中心方向の5平方度にわたるUIR輝線サーベイ観測を行った。われわれの観測結果では、顕著なUIR輝線を放射する天体や広がった構造はこれまでの近赤外線撮像観測等によって知られている星形成領域と星団の周辺のみ3天体でしか検出されなかった。UIRを放射するPAHは銀河に普遍的に存在すると考えられているが、M42のような大質量星形成領域に相当するようなUIR放射天体は銀河中心方向の5平方度からは確認できなかった。またいずれの天体も中心の1平方度に存在し、周辺4平方度からは検出されなかった。

昨年度で課題期間は終了したが、装置の改良（光学系の修正、フィルター交換機構の交換、窓の曇り対策）を行ってより高い観測効率を実現し、のこりのサーベイ領域を観測したい。これに加え、装置の特殊さ（低熱雑音と広視野）から銀河中心方向の変光星モニタリング観測の共同研究依頼がある。そのために装置とドームのリモート観測化を実現する。これによってよりサーベイ観測の大幅な効率化が図られると期待する。

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2件)

① Kentaro Haraguchi, S.Sato, M.Kurita,
G. Weilai

Experiment of WFCT II (Wide Field
Cryogenic Telescope II) at Sutherland,
South Africa

2nd Arena Conference

巻	発行年	最初と最後の 頁
33	2 0 0 8	257-260

査読無

② Kentaro Haraguchi, S.Sato, M.Kurita,
G. Weilai

Experiment of Wide Field Cryogenic
Telescope II (WFCT II) at Sutherland,
South African Astronomical Observatory
Proceedings of the SPIE

巻	発行年	最初と最後の 頁
7014	2 0 0 8	7014E-7014 6E-10

査読無

[学会発表] (計10件)

① 松永典之、栗田光樹夫、他
広視野冷却望遠鏡 WFCT-II による銀河面脈動
星探査の計画
日本天文学会春季年会
2010年3月24日
広島大学

② 栗田 光樹夫

Title:NIR Polarization monitoring of Eta
Carinae in spectroscopic event

Global-COE Workshop on Eta Carinae and
its Surrounding Media

2010年1月10日

Nagoya University

③ 左近 樹、栗田光樹夫、他

NIR observations of Eta Carinae during the
periastron in 2009 with WFCT2

Global-COE Workshop on Eta Carinae and its
Surrounding Media

2010年1月10日

Nagoya University

④ 松永典之、栗田光樹夫、他

1 m (以下) 級の望遠鏡で探る銀河系の構造
と進化

スペースガード研究会

2009/12/21-22

北海道大学

⑤ 栗田光樹夫、他

近赤外偏光観測に基づく eta Carinae の
spectroscopic event

2009/12/11-12, IRSF 赤外線サーベイ研究会,
浜名湖ロイヤルホテル(静岡県)

⑥ 左近樹、栗田光樹夫、他

冷却望遠鏡の観測に基づく eta Carinae の
"spectroscopic event

2009/12/11-12, IRSF 赤外線サーベイ研究会,
浜名湖ロイヤルホテル(静岡県)

⑦ 松永典之、栗田光樹夫、他

広視野冷却望遠鏡WFCT-IIによる脈動変光星
探査の計画

2009/12/11-12, IRSF 赤外線サーベイ研究会,
浜名湖ロイヤルホテル(静岡県)

⑧ 原口健太郎、Gu Weilai、栗田光樹夫、他

M42 における PAH と極微粒子の空間分布

日本天文学会

2009/3/27

大阪府立大

⑨ 原口健太郎、Gu Weilai、栗田光樹夫、他

広視野冷却望遠鏡 II の開発と性能評価

日本天文学会

2009/3/26

大阪府立大

⑩ Kentaro Haraguchi, S. Sato, M. Kurita, G.

Weilai

Experiment of Wide Field Cryogenic

Telescope II (WFCT II) at Sutherland,

South African Astronomical Observatory

SPIE

2008/6/23

France Marseille

[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://www.z.phys.nagoya-u.ac.jp/
~ando/coldtel.htm](http://www.z.phys.nagoya-u.ac.jp/~ando/coldtel.htm)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

栗田 光樹夫 (Kurita Mikio)

名古屋大学・大学院理学研究科・助教

研究者番号: 20419427