

赤外線カメラを用いた宇宙観測用 スペckルイメージングシステム

Infrared Speckle Imaging System using 2-D camera for Ground-Based Astronomy

廣本宣久、高見英樹、片坐宏一、青木哲郎、J.Souchay*、有賀 規
(N.Hiromoto, H.Takami, H.Kataza, T. Aoki, J.Souchay, T. Aruga)
郵政省通信総合研究所 (Communications Research Laboratory)

ABSTRACT: Infrared speckle imaging system has been developed using an 128X128 HgCdTe array infrared camera at the CRL 1.5m telescope. The system is adopted for obtaining infrared images of astronomical objects with refraction-limited resolution from the ground. We have observed double stars and late-type stars with extended envelopes using the infrared speckle imaging system.

1. はじめに

1980年代後半になって、天体観測に用いるに足る高感度な赤外線2次元アレイが開発され、世界のいくつかの天文台で赤外線カメラによる撮像観測が活発に行われ始めた¹⁾。通信総合研究所においても、当所の1.5m望遠鏡のナスミス焦点で用いるHgCdTe128X128アレイ(ロックウェルインターナショナル社製)を用いた赤外線カメラを開発し²⁾、銀河等の赤外線イメージング観測を進めてきた³⁾。この赤外線カメラを用いて、高空間分解能の赤外線2次元撮像を行うために、スペckルイメージングシステムを開発し、天体の初期観測に成功したのでその概要について報告する。

2. 赤外線スペckルイメージングシステム

2. 1. 赤外線カメラ

赤外線2次元アレイは、128X128素子の $Hg_{1-x}Cd_xTe$ ($x=0.446$)ハイブリッドアレイで、カットオフ波長は $2.5\mu m$ である。液体窒素温度(77K)で、十分低い暗電流($\sim 20e^-/s$)で用いることが可能である。読みだし部は、CMOSマルチプレクサ(TCM-1000B)である。量子効率が高い(波長 $2.2\mu m$ で0.78)点で優れている。読みだし雑音は、現在 $2200e^-$ でスペckルの5倍大きい。通信総合研究所の1.5m望遠鏡のナスミス焦点(F/18)に置いたとき、赤外線カメラの写野は、2枚のZnSeレンズを用いた冷却光学系によって $4.2' \times 4.2'$ 、1素子の視野は $2''$ になる。標準的な赤外線バンドシステムであるJ、H、Kを含む切り替え可能な冷却フィルタシステムを持つ。

2. 2. 赤外線スペckル光学系

スペckル用光学系はナスミス焦点の赤外線カメラの前にCaF₂とZnSeの5枚の組レンズからなる10倍拡大光学系を取り付け、1つの素子の視野 $0.2'' \times 0.2''$ 、全体の写野は $25'' \times 25''$ に変換するものである。この分解能は、波長 $2.2\mu m$ での口径1.5m望遠鏡による回折限界(約 $0.3''$)よりも高い。この光学系の波長 $2.2\mu m$ での透過率は、65%である。ナスミス焦点板の装置切り替え鏡を 90° 回転することによって、通常の視野とスペckル用の分解能の高い視野を選ぶことができる。

2. 3. データ取得及び蓄積システム

大気擾乱に起因するスペckルの寿命はFriedパラメータ r_0 ⁴⁾に比例すると考えられるので、波長依存性は、 $\lambda^{6/5}$ であり、赤外線では可視光よりもかなり長くなり、 $1''$ 程度のシーイングの条件では100msよりも長くなる。ここでは、赤外線カメラのフレームレートを最大12Hzで撮像できるようにした。このときデータレートは400KB/sであり、この速度でパーソナルコンピュータ(IBM PC/AT:8MB Memory/130MB Hard Disk)のメモリ上に約150フレーム分書き込む。その後、150フレーム

分のデータ (5MB)をハードディスクに約 500KB/sで蓄積する。約3000フレーム分 (100MB)のデータをハードディスクに蓄積した後、DAT (GIGATAPE CO.; GIGA1230)にダンプして (170KB/s)最終的に保存する。データ解析には、光磁気ディスク (PIONEER; Laser Memory DE-S701) にデータをリストアして用いている。

3. 観測及び結果

3. 1. 観測手順

データ蓄積の制限から、一続きに取得できるフレーム数は約3000であるので、以下の手順で空 (sky)、参照星 (reference star)、目的天体 (object)を観測する。

sky (300 frames) → reference (450 frames) →

object (450 frames) → reference (450 frames) →

object (450 frames) → reference (450 frames) → sky (450 frames)

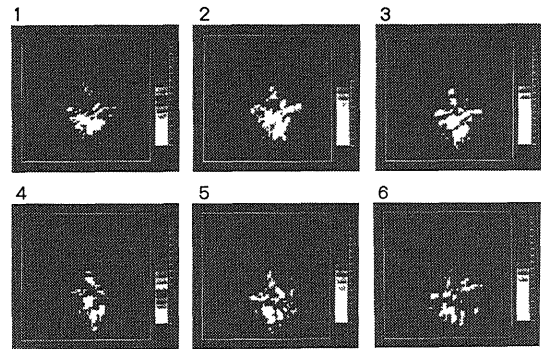


Fig.1 Atmospheric infrared speckle images

この一続きの観測に約5分要するが、その間には大気擾乱の性質はほとんどの場合変わらない。参照星は目的天体に近い点源を選んで用いる。空は1/12 sの積分時間では、背景放射はほとんど零に近く、主にアレイと増幅回路及びA/D変換器の電氣的ドリフトを測定することになる。

更に、アレイの感度むらを補正する (flat fieldを作る) ため、一晩の間に空の長時間積分 (波長2.2 μmで100s) のイメージを10 frames と同じ積分時間のコールドシャッタをしたイメージ (dark frame) を10 frames 取る。

3. 2. 観測

観測は1990年10月～11月に、二重星 (α Gem, α UMa) 及び広がった星周塵を持った晩期型星 (IRC +10216, VY CMa, NML Tau) のスペックル観測を行った。

Fig. 1に12Hzで取得した波長2.2 μmでの星 (α UMa) の連続するスペックルイメージを示す。赤外線ではスペックルの数が～10個程度と少なく、またその変化の速度が1/12 sよりも遅いことがわかる。現在、観測限界は赤外線アレイの読みだし雑音で決まっています、2.5～3等である。

3. 3. データ解析

データ解析は、一つ一つのフレームに対して、空のフレームの差引き及び感度むらの補正をした後、スペックル画像の重心位置を中心に32X32 pixelsを切り出して、このフレームを用いてLabeyrieの方法⁵⁾で空間パワースペクトル (またはヴィジビリティ) を求めた。また、シフト・アンド・シフト法⁶⁾で像を再生することも行っている。

3. 4. 観測結果

観測結果は、α Gemで3"角離れた二重星が、IRC+10216及びVY CMaで非等方な広がった成分を検出した。

参 考 文 献

1) Wynn-Williams, C. G., and Becklin, E. E. eds. 1987, *Infrared Astronomy with Arrays* (Honolulu: University of Hawaii).

2) Hiromoto, N., Takami, H., Itabe, T., Aruga, T., Aoki, T. E., Sato, S., Yamashita, T., and Tanaka, M. 1990, in *Conf. digest on 15th Intl. Conf. on Infrared Millimeter Waves*.

3) Aoki, T. E., Hiromoto, N., Takami, H., Okamura, S. 1991, to be published in *Publ. Astron. Soc. Japan*.

4) Fried, D. L. 1966, *J. Optical Soc. America* **56**, 1372.

5) Labeyrie, A. 1970, *Astron. Astrophys.* **6**, 85.

6) Lynds, C. R., Worden, S. P., and Harvey, J. W. 1976, *Astrophys. J.* **207**, 174.