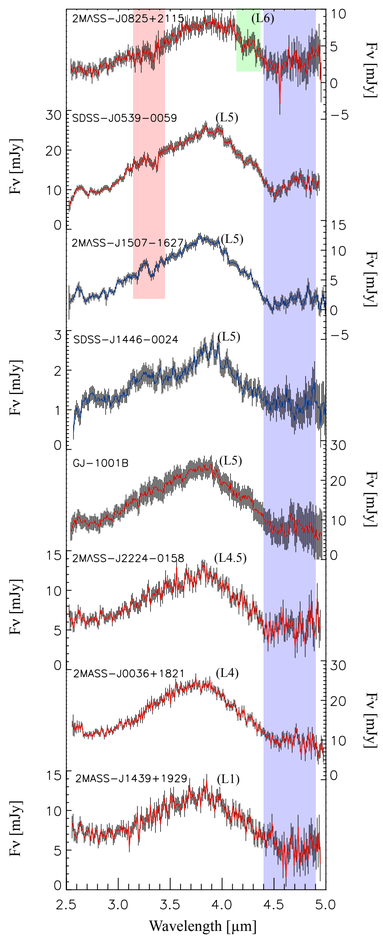
「あかり」による低温度星研究の進展

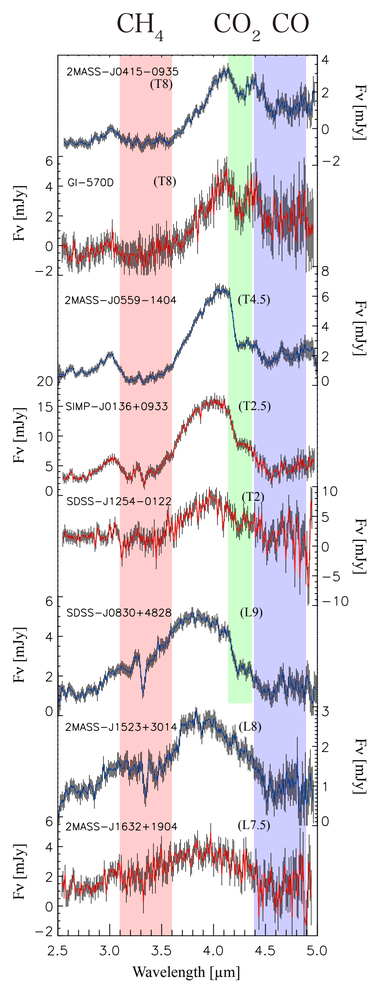
空華智子 , 山村一誠 (ISAS/JAXA), 福士比奈子 , 中田好一, 田辺俊彦, 松永典之, 三戸洋之, 辻隆 (東京大学), 泉浦秀行 (国立天文台), 板由房 , 高山正輝 (東北大), 植田稔也 , Rachael L Tomasino (デンバー大), 松浦美香子 (ロンドン大)

我々は、赤外線天文衛星「あかり」を用いて低温度星（表面温度：3000K 以下）の研究を進めている。我々は、大きく分けて 2 種類の低温度星を研究対象としている。一つは、褐色矮星である。褐色矮星は、恒星と惑星の中間の質量、温度を持つ天体である。生成過程は恒星と同様であるが、質量が小さいため水素核融合反応が起こらなかった天体である。もう一つは進化末期の恒星で、これらは赤色巨星、あるいは赤色超巨星となり、表面の物質を星間空間に放出（質量放出）している天体である。質量放出は、宇宙の物質循環・化学進化の重要なプロセスの一つである。我々は、「あかり」によって、質量放出が星の進化段階のどこで起き、放出された物質がどのように宇宙空間に還元され、宇宙の化学進化にどのような影響を与えているのかを明らかにしようとしている。本発表では、近赤外線分光データを用いた褐色矮星の大気構造の研究の成果、中間赤外線撮像観測による炭素星質量放出率の研究の成果、および、質量放出過程の解明に向けた遠赤外線撮像データの性能向上の試みについて報告する。

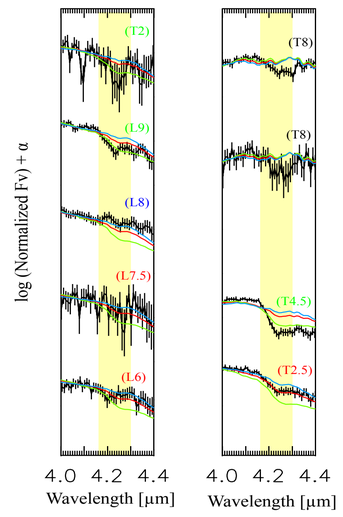
近赤外線分光データを用いた褐色矮星の大気構造の研究

我々は、低温極限天体「褐色矮星」の大気構造の理解を目指している。「あかり」により、世界で初めて波長領域 2.5-5.0 μm の連続的なスペクトルの取得に成功した。このデータから、(1) CO の存在量が熱平衡を仮定した理論大気（大気モデル：Unified Cloudy Model）から逸脱していること、(2) CO_2 の分子吸収バンドを初めて検出し、CO と同様にその存在量が理論予測から逸脱しており、更にバンド強度から金属量（C、O）の存在量を推定できること、(3) 進化理論で予測されている半径と質量 / 年齢の関係を、観測的に確認した、などの結果を得た。



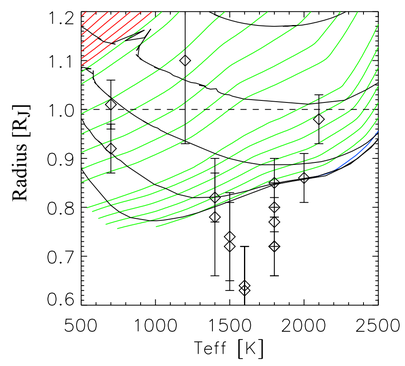


▶「あかり」（R〜120）により、27 天体（L：16、T：11）を観測し、そのうち、単独の褐色矮星 16 天体（L：11、T：5）の高品質なスペクトルの取得に成功した。CO、CO_2、CH_4 の吸収バンドが顕著に見えているのがわかる。理論予測に反し、CO、CO_2 が T 型矮星の大気中において普遍的な存在であることが明らかになった。
Phase2（cooler）：青、Phase3（warmer）：赤
(Yamamura et al. 2010, ApJ, 722, 682; Sorahana & Yamamura 2012, ApJ, 760, 151S)



◀「あかり」で検出された CO_2 分子の 4.2 μm 吸収バンドが、モデルスペクトル中の吸収バンドに比べ、深い / 浅い天体が存在することが明らかになった。このような理論からの逸脱に対して、C と O の存在量の違いで説明することがでることを示し、これまで用いてきた太陽金属量とは異なる天体が存在する可能性を示した。
(Tsuji et al. 2011, ApJ, 734, 73; Sorahana et al., in prep.)

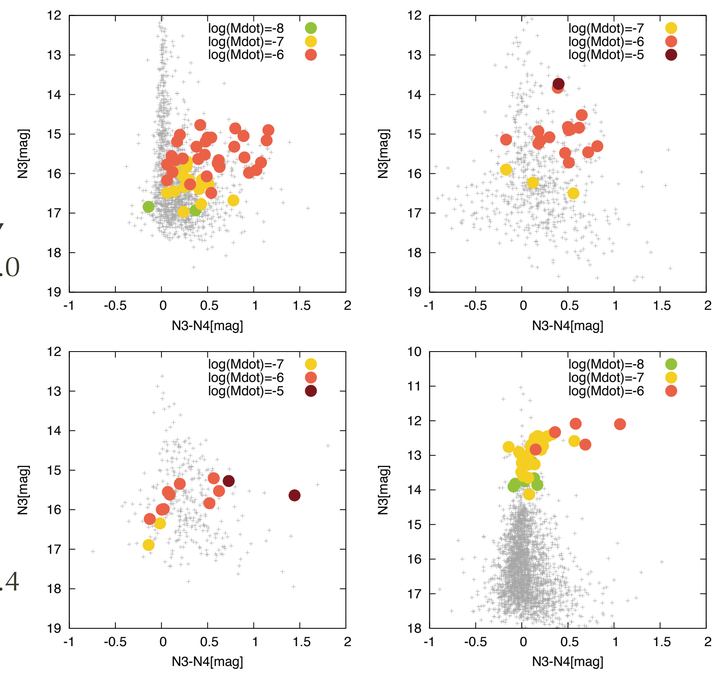
▶「あかり」で観測した天体の半径を、モデルフラックスとの強度比と知られている距離から導出した。進化理論で予想される褐色矮星の半径と質量および年齢との相関を初めて観測的に確認した。(Sorahana et al., submitted to ApJ)



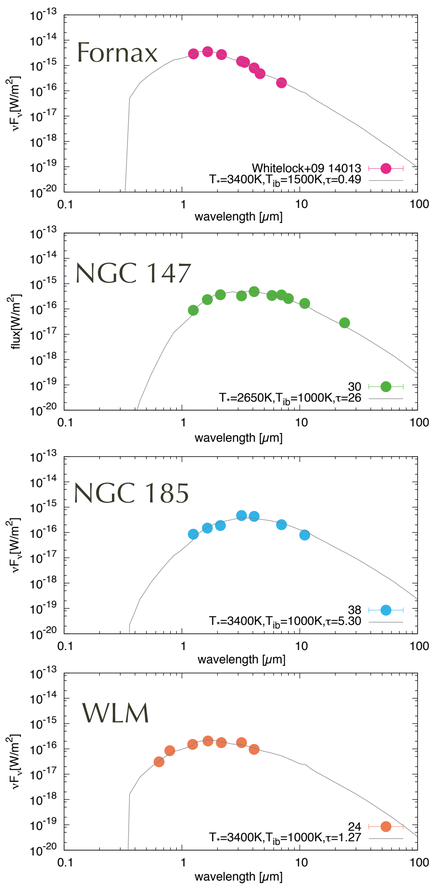
低金属量環境下における炭素星の質量放出率

中小質量星はその進化の最終段階において AGB 星へと進化し，自らの質量を宇宙空間へ放出し宇宙の物質循環の一部を担っている．しかし，AGB 星からの物質還元機構の詳細を知ることは難しい．しかし，距離・年齢・金属量が求まっている恒星系を観測することで，物理量を定量的に評価することが出来る．
そこで我々は近傍矮小銀河に存在する炭素星に着目し，それらの質量放出率を求め，銀河の金属量とどのように関係があるのかを見ることにした．

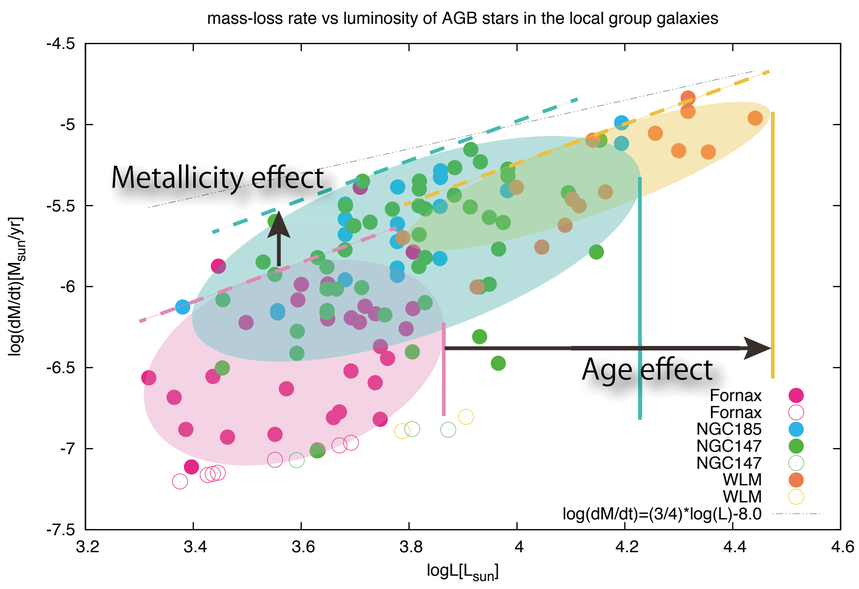
***AKARI*/IRC による観測 (MP:AGBGA)** : 3.2 μm (N3), 4.1 μm (N4), 7 μm (S7), 11 μm (S11)
質量放出率の計算 : 輻射輸送計算コード DUSTY
炭素星の周りにダストシェルを仮定し , 輻射輸送と恒星風を計算
モデルスペクトルと , 観測から得られる SED をχ^2 フィット
ガス / ダスト比 = 200 を仮定 .



▲ 4 つの近傍矮小銀河 (NGC 147, NGC 185, WLM, Fornax) の [N3-N4] vs N3 の色等級図．既知の炭素星を色を付けてマークしてある．色の違いは本研究で得られた質量放出率の大きさを表している．



▲あかり IRC の測光結果と文献の値から得られた炭素星の SED と，最もよくフィットできたモデルスペクトルの例．



▲上の図において，各銀河の最も明るい炭素星の光度の違いは , それぞれの銀河の炭素星の年齢の違いを表している．それに対し金属量の効果は，同じ光度で見た場合の質量放出率の違いとなって現れていると考えることができる．これにより，金属量が高い銀河の炭素星ほど，質量放出率が大きいという結果が得られた．

(Fukushi et al., in prep.)

AKARI MLHES Data Set Processing with FAST

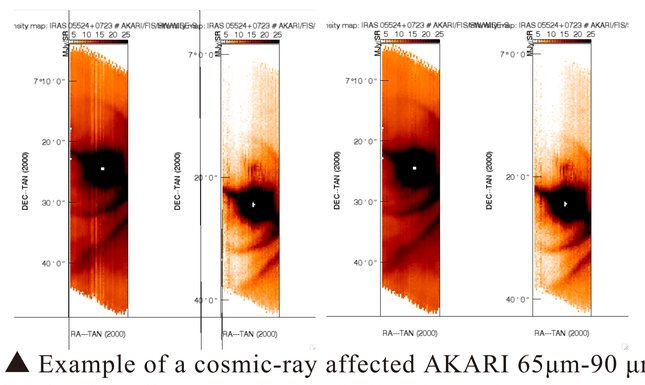
(Tomasino et al., in prep.)

MLHES Mission Program

The *AKARI* MLHES (excavating Mass Loss History in Extended dust shells of Evolved Stars) data set is the largest collection of the most sensitive far-infrared (far-IR) images of the cold extended circumstellar dust shells of evolved stars and it is the key to understanding the dusty mass loss phase of stellar evolution (PI: Yamamura). There are 144 objects which have been observed using *AKARI*' s Far-Infrared Surveyor (FIS).
FIS has two detector arrays observing in 4 bands (centered at 65, 90, 140 and 160 μm) which capture information from the extended emission targets in different wavelengths.

FAST: FIS-AKARI Slow-scan Tools

FAST is a program that allows for interactive assessment of the data quality and on-the-fly corrections to the time-series data on a pixel-by-pixel bases in order to manually correct glitches that would have been missed in the pipeline process. These corrections include: (1) eliminate bad on-sky calibration sequences, (2) flag out cosmic-rays and their after-effect affected time-series readings from the data stream and (3) remove real sources from local sky-flat frames, among other options.
These improvements are scheduled to be included in subsequent updates to the program.



▲ Example of a cosmic-ray affected AKARI 65μm-90 μm bands Alpha Orion map before (left) and after (right) the using FAST. This shows how FAST can be used to clean up data.

We thank to the East Asian and Pacific Summer Institute (EAPSI) fellowship program and NSF/JSPS for this opportunity to conduct research at ISAS.