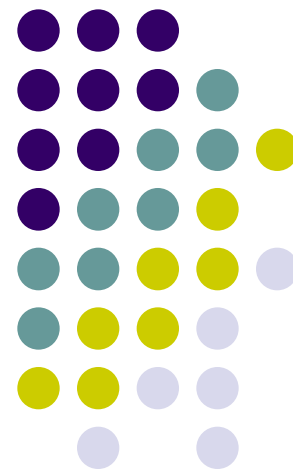


Mimizukuによるミラ型星のモニター観測の 提案

—変光とダスト生成の関係が知りたい—

板 由房(東北大・助教)

小野里 宏樹(東北大・M1)





発表内容

- 2000年から10年以上続けてきたJHKでのマゼラン雲のモニター観測データをまず見て頂きます。
- Kより長い波長、及び、中間赤外のモニターデータが欲しくなる訳を説明したいと思います。
 - 中間赤外のモニターデータが加わるどのような事が分かりそうかについて、過去の数少ない中間赤外のモニター観測結果を紹介しながら考えたいと思います。

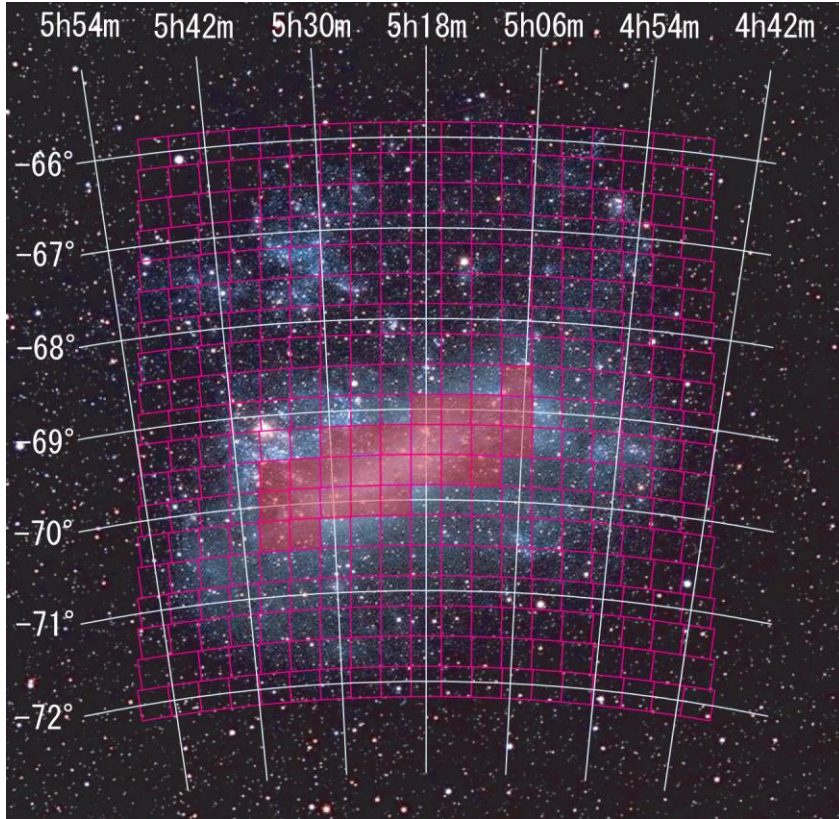
IRSF/SIRIUS

InfraRed Survey Facility

SIRIUS:
FOV: about 7.7' x 7.7'
PFOV: 0.453"/pix,
4 times better than that of the 2MASS
Take JHKs images simultaneously.

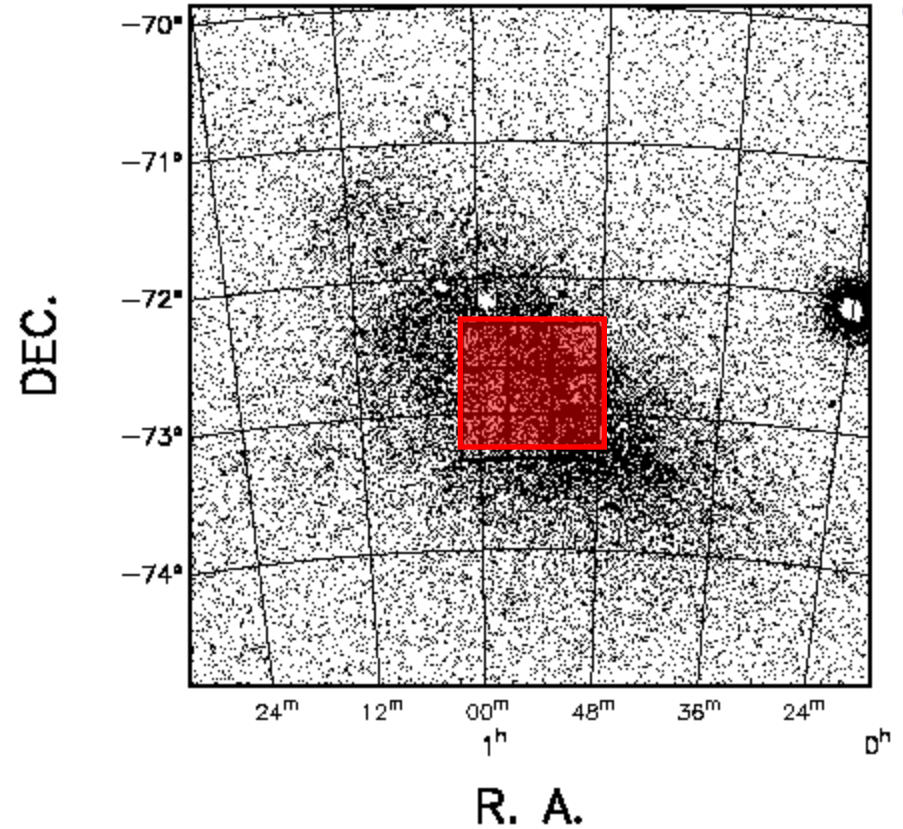


Observation



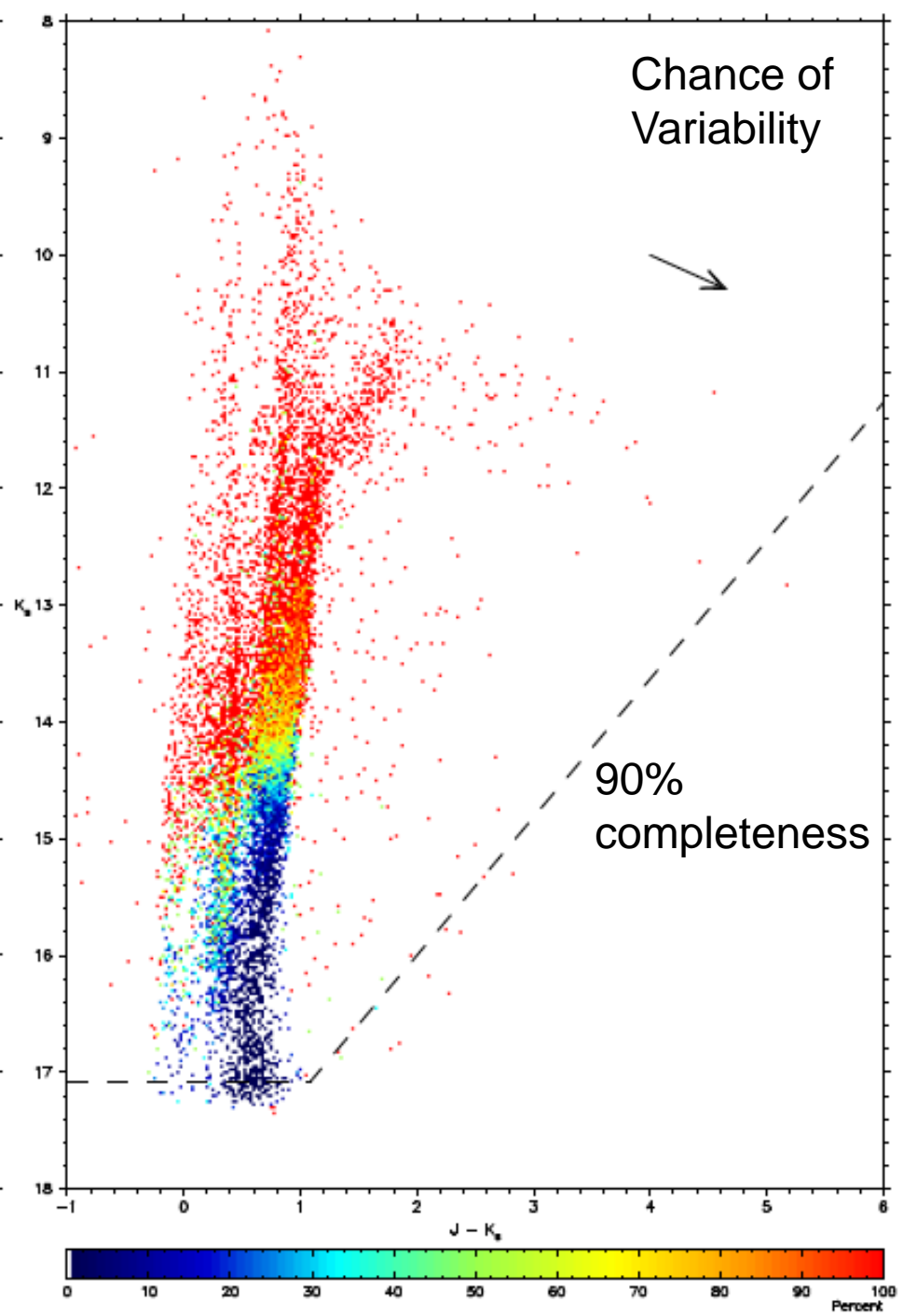
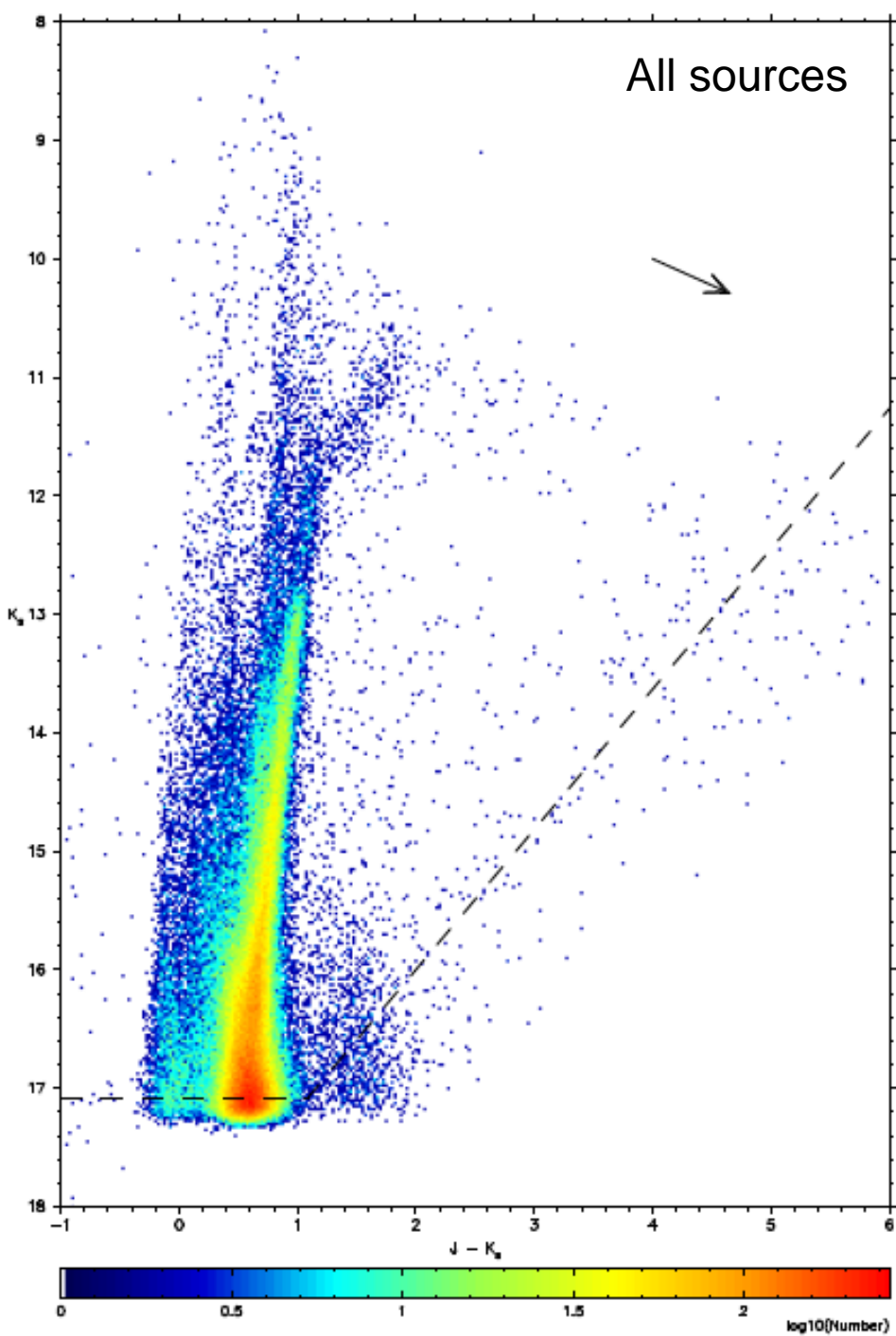
LMC : 3 square degrees along the bar

Observed about 110 times in >10 yrs.



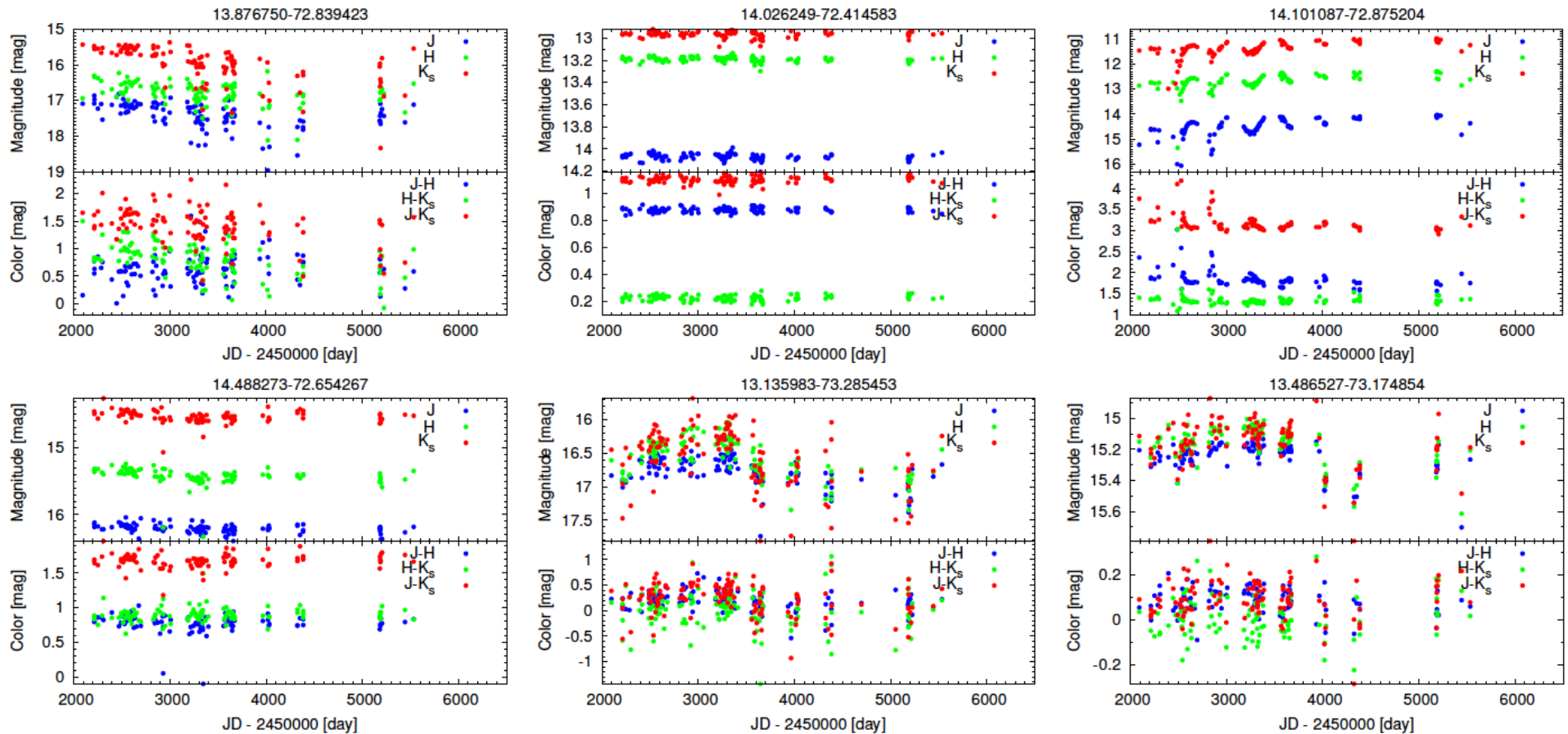
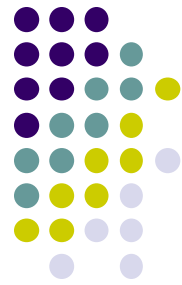
SMC : 1 square degree in the central region

Observed about 130 times in >10 yrs.



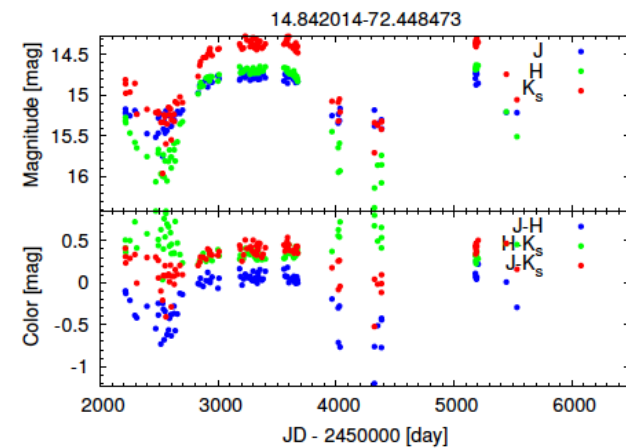
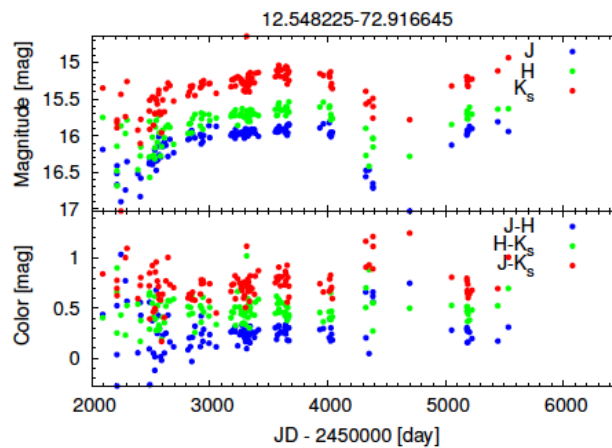
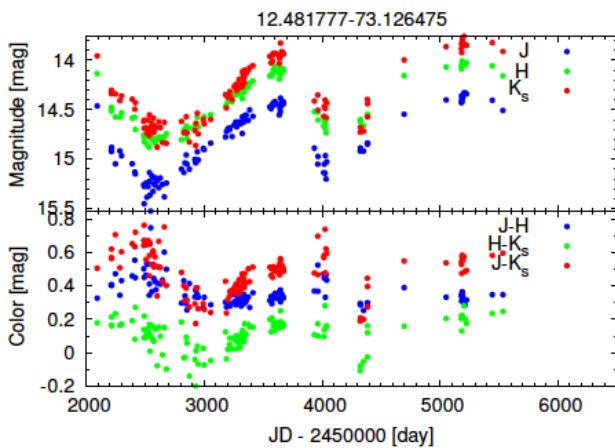
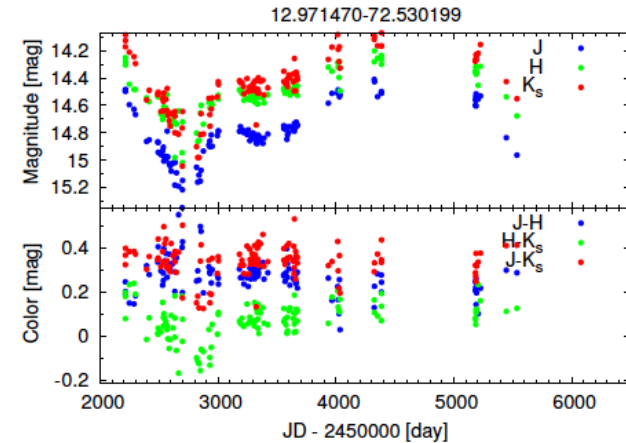
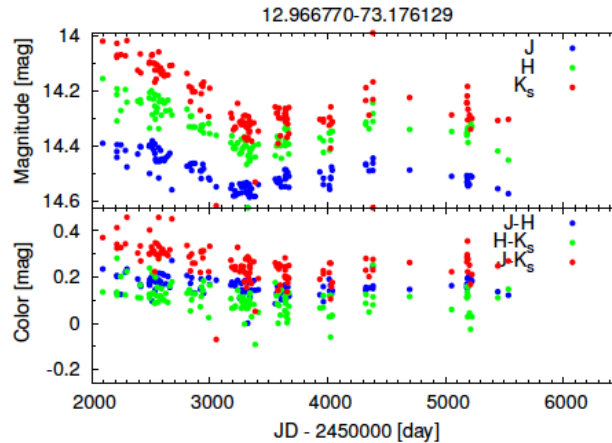
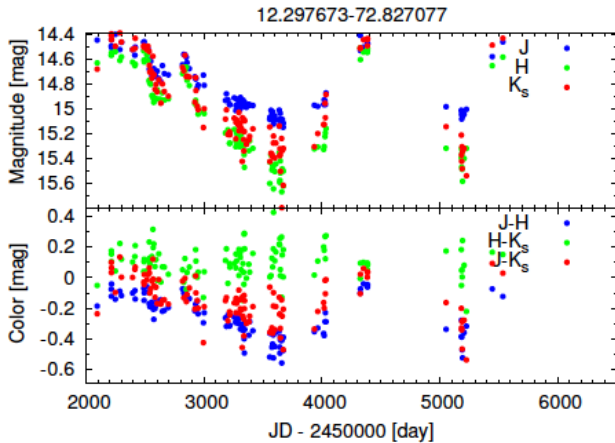
Many types of variables are detected.

2. YSOs and PMS stars



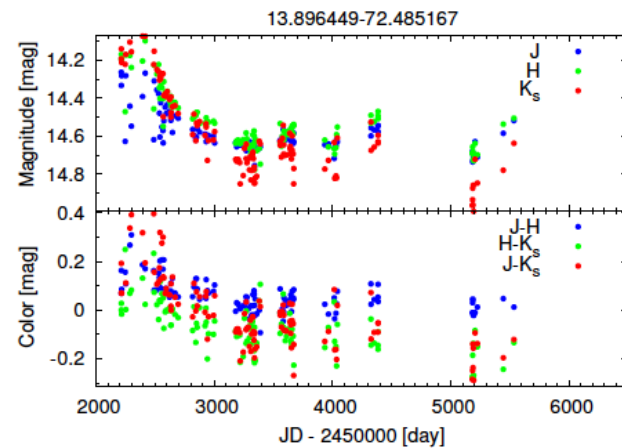
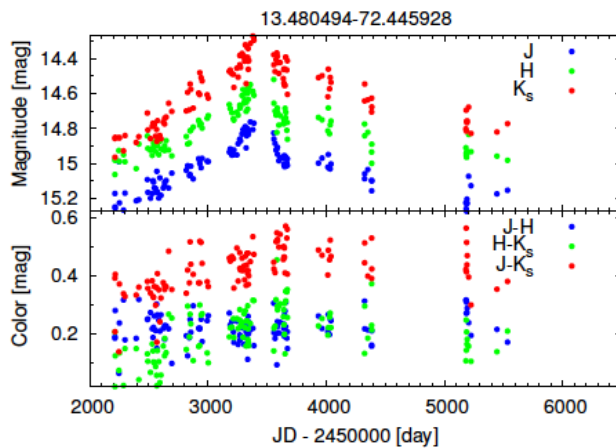
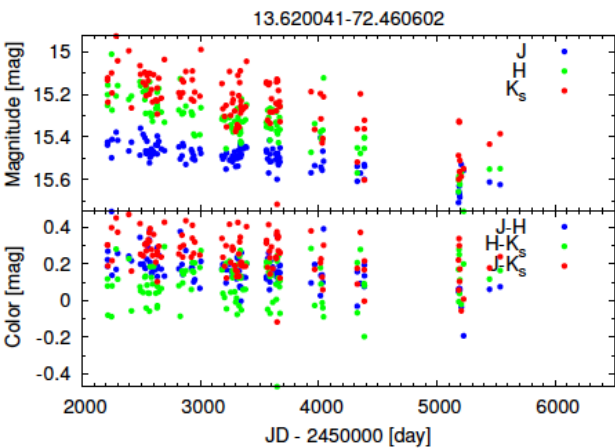
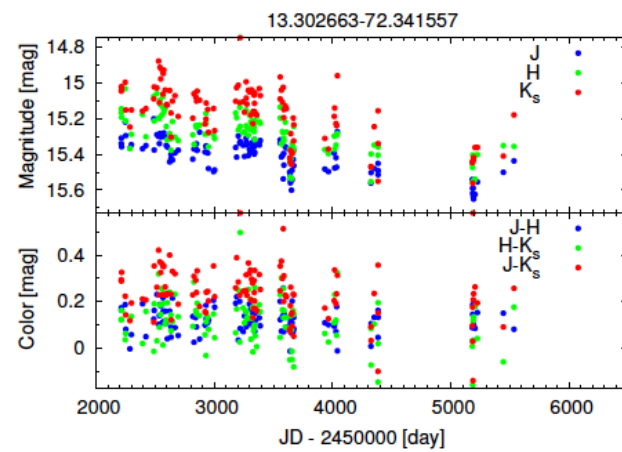
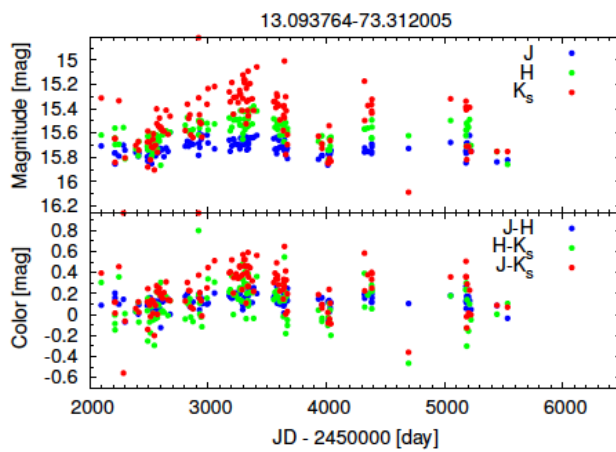
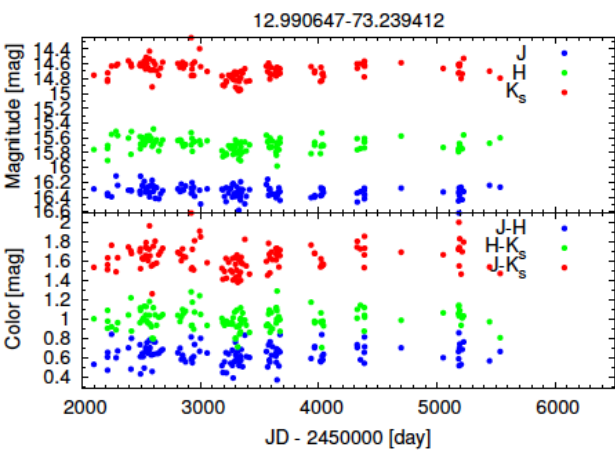
Many types of variables are detected.

3. HMXB and em. line stars



Many types of variables are detected.

4. Be stars and pulsars

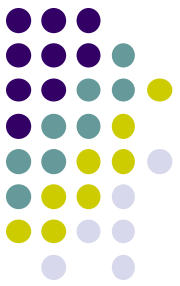




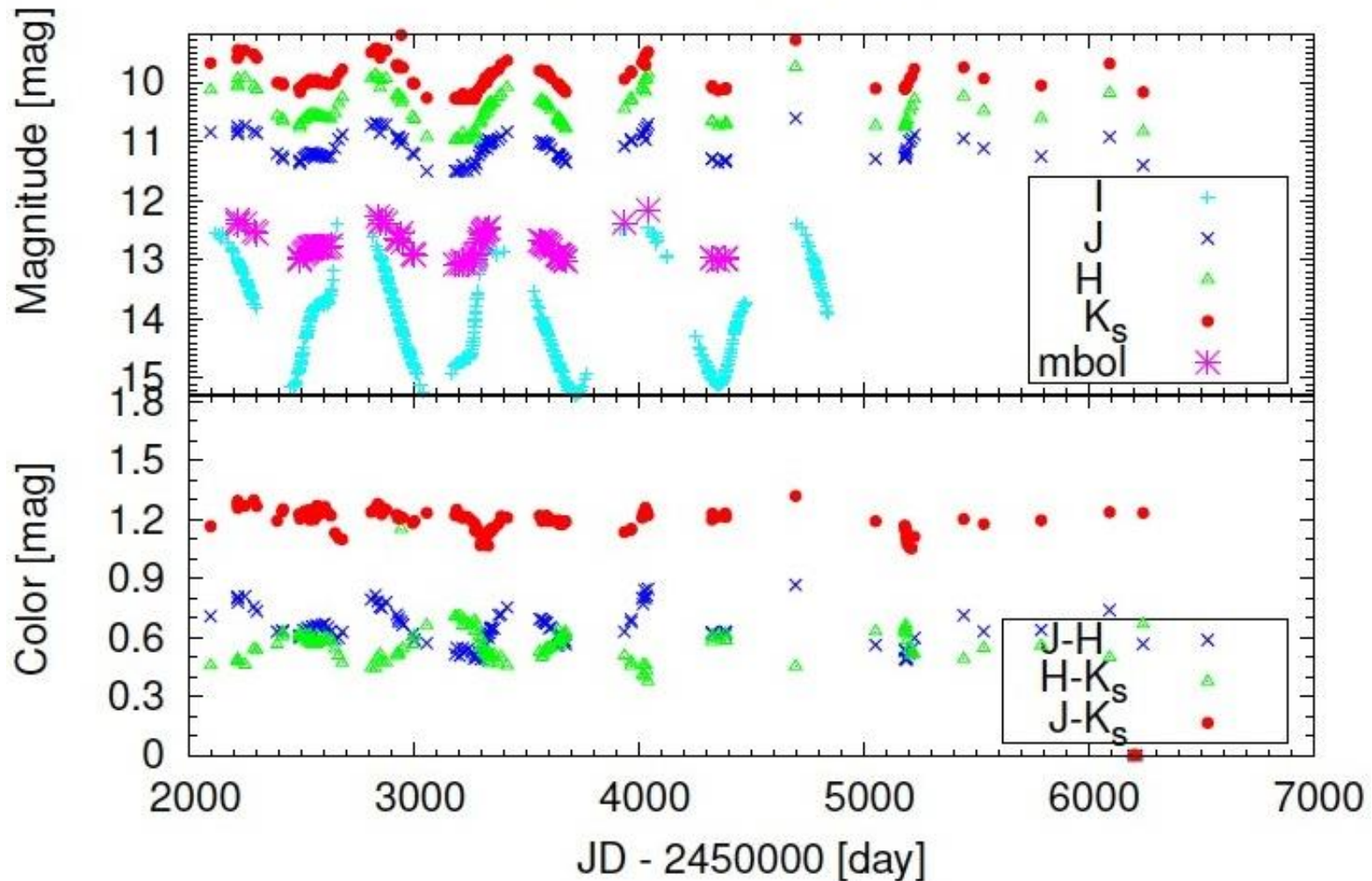
ミラのmbolの時間変化を計算

- IJHKは時系列データを使用
 - それより長い方(Spitzer+WISE)は時系列データ無し
 - Kより長い所は時間的に不変として計算。仕方ない。
 - この、現状仕方が無い処理のせいで、スッキリサツパリできません。
 - スッキリサツパリするためには、Kより長い所でのモニターデータが重要で、それをミミズクで観測したいな、、、という話にこれから持って行きます。
- 何故mbolの時間変化を気にするのか？
 - 質量放出率を計算したり星の進化を議論するには
 - ある波長の明るさではなくて、「時間平均された」星の平均光度が必要だから。

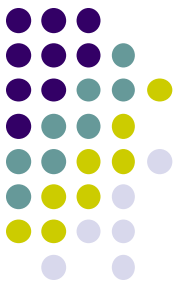
Light curves of some Mira-like variables (O-rich?)



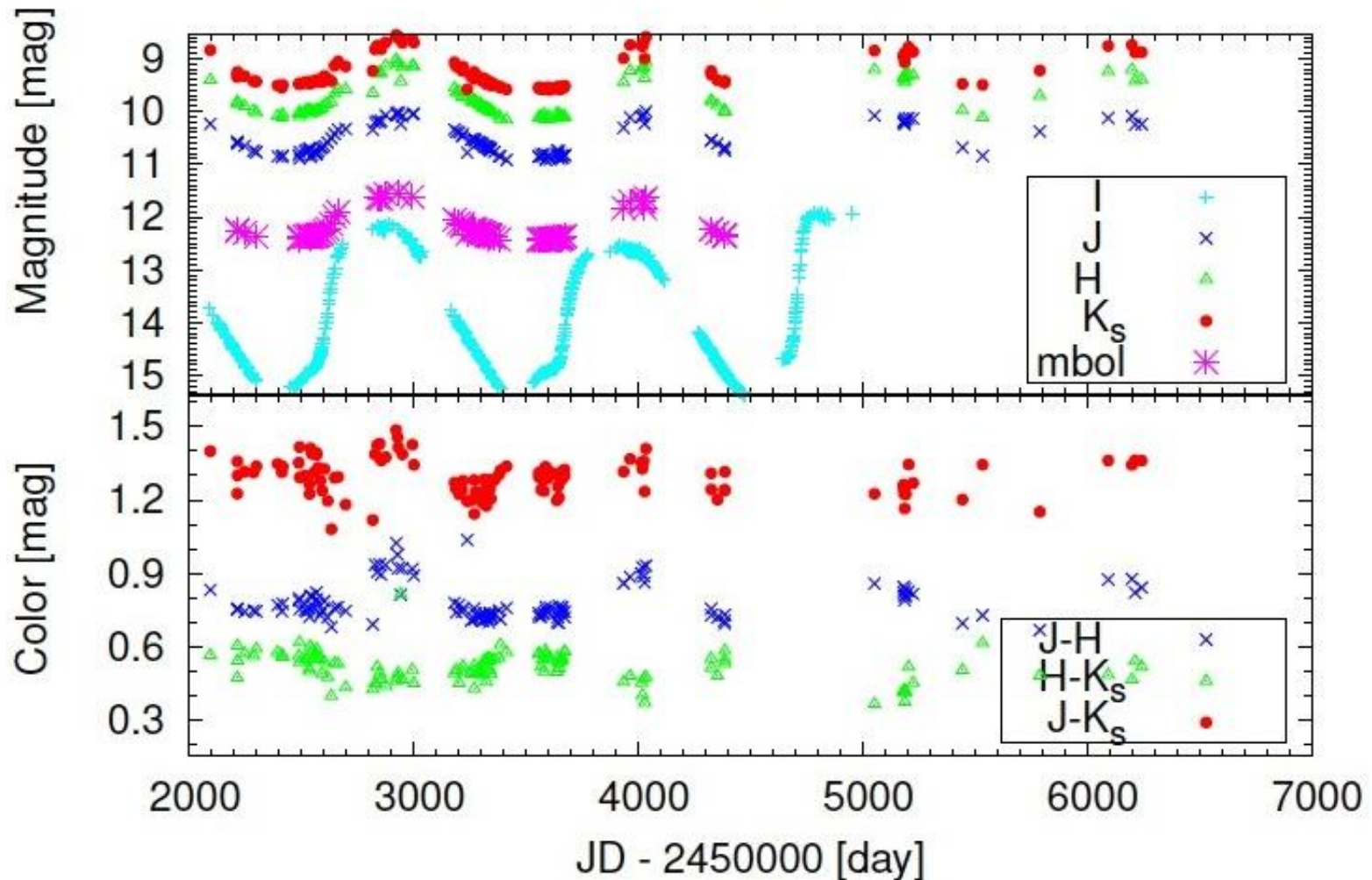
12.357515-73.200992



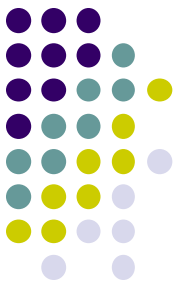
Light curves of some Mira-like variables (O-rich?)



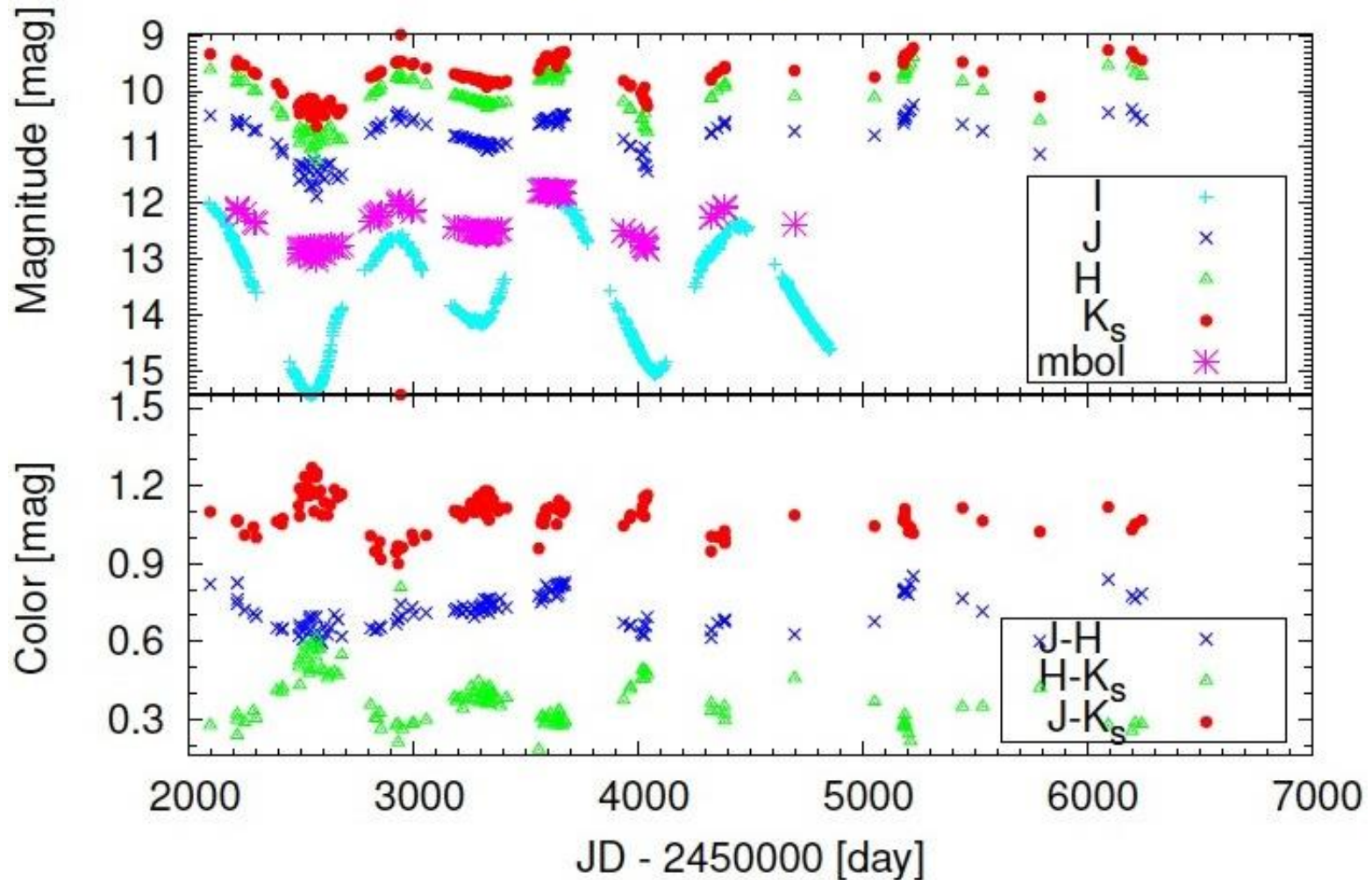
12.627624-72.858313



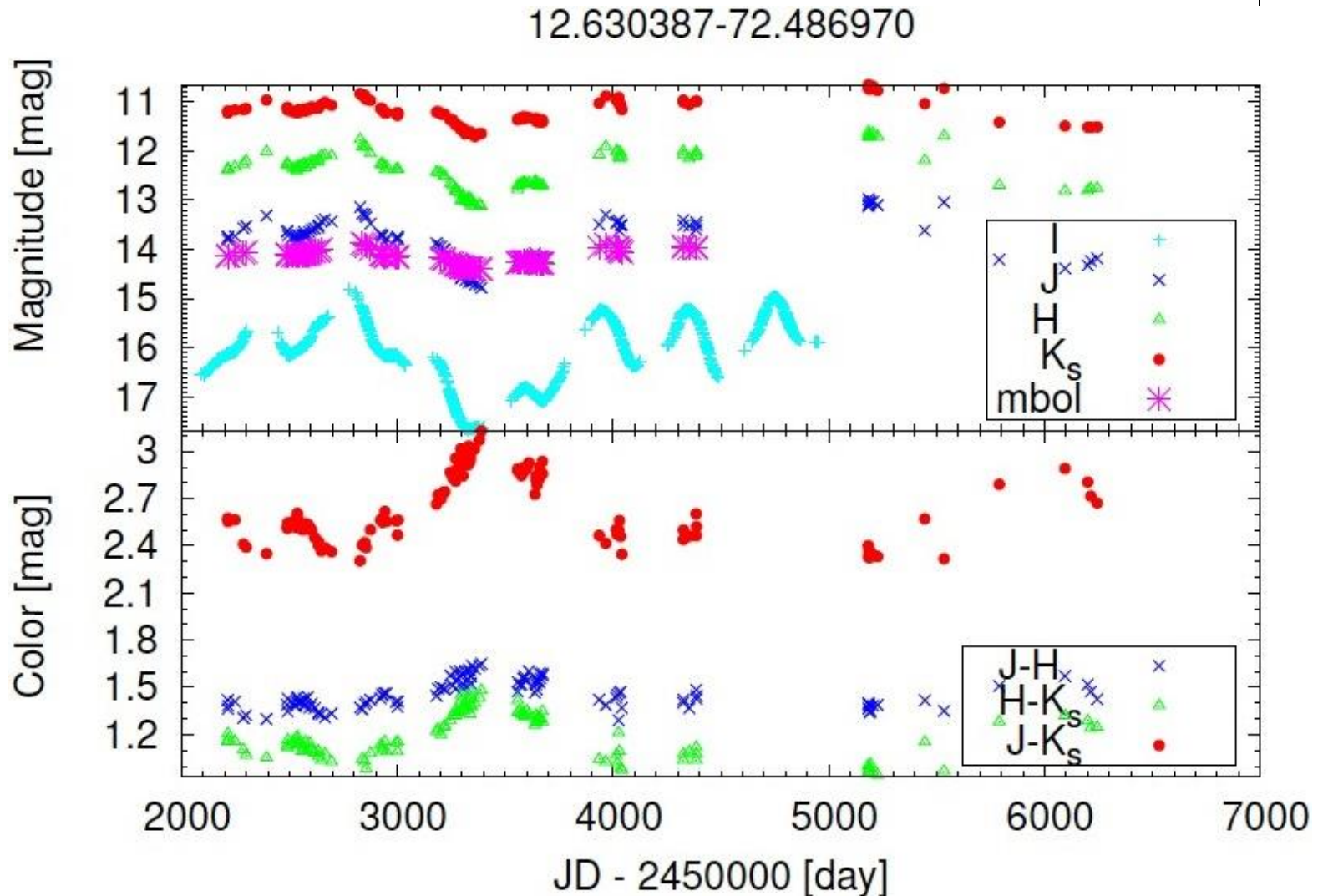
Light curves of some Mira-like variables (O-rich?)



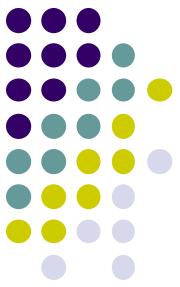
13.053892-73.148062



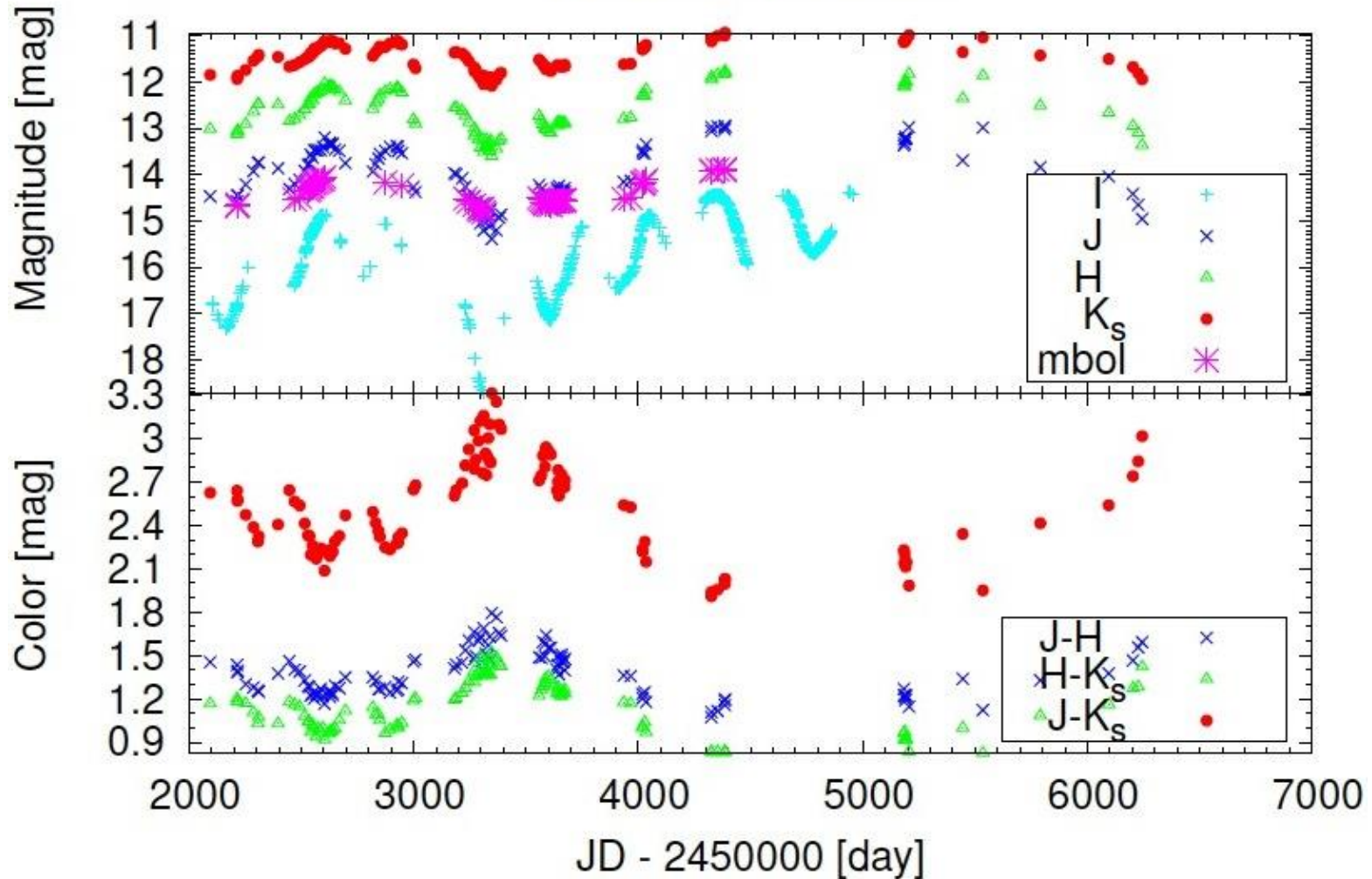
Light curves of some Mira-like variables (C-rich?)



Light curves of some Mira-like variables (C-rich?)



13.410400-73.295330





mbolの時間変化からわかること

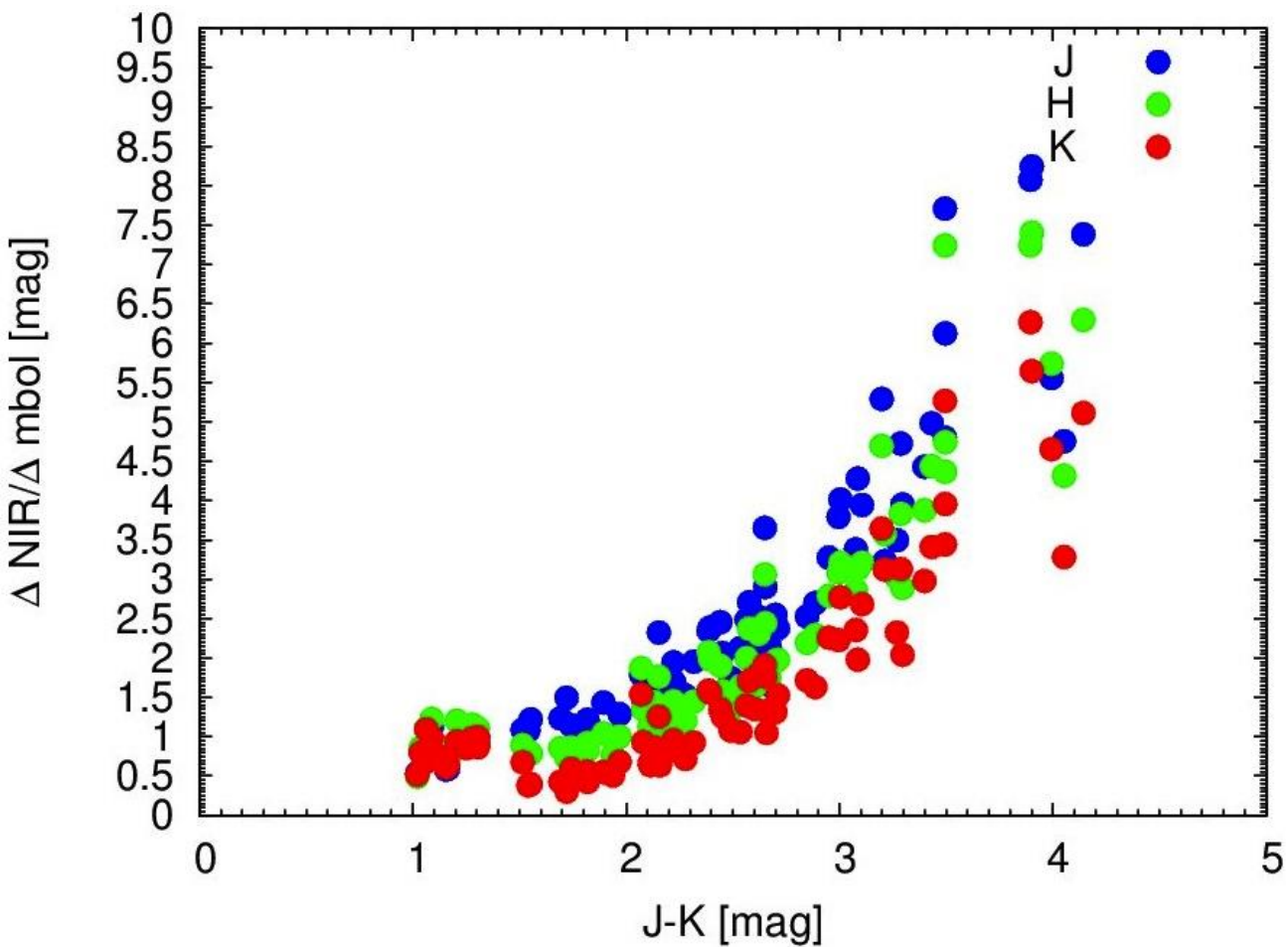
- ミラ型星は、VやIでは >5 等(>100 倍)変化するの
は「ざら」ですが、、、
- mbolの変化を見ると、mbolはpeak to peakで1等程
度、従って星の光度Lの変化は約2.5倍程度。
 - 普通のミラ型星の輻射エネルギーのピークはH,K,Lあた
りにある
 - H,Kの振幅はpeak to peak で1等程度なので、mbolの変化は
理解できる



mbolの変化を見て生まれる疑問

- 疑問その1:
 - 赤い星でmbolの振幅が小さいように見えるけど？
 - リアルではない気がする。。スツキリサツパリしない所。
 - 赤いミラ型星はH,K,Lよりも長い所に輻射エネルギーのピークがある
 - Kより長い所の変光は今は無視せざるを得ない
 - mbolの見積もりがちゃんと出来ていないだけでは？
- 疑問その2:
 - 光度変化はどれもだいたい2.5倍程度。2.5倍「しか」と思う？それとも2.5倍「も」と思う？
 - 中間赤外線モニター観測との関連性は？
 - ダスト生成？

疑問1: 赤い星で $\Delta mbol$ の大きさが小さいように見えるけど？



ここで言う Δ は
Peak-to-Peakの値ではなく
ライトカーブに
 $x = a \sin(\omega t + \delta)$
をフィットした時の a です。

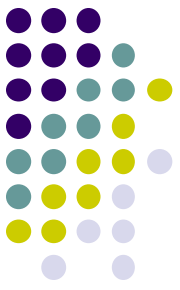
色が赤い天体ほど、 ΔNIR
に比べて $\Delta mbol$ が小さい。
どうやら近赤外以降の光の
変動を無視している効果が
効いているようだ。

Kより長い所も、やっぱり
モニターしないとダメそう。

→

ミミズクなら出来る！！
宇宙望遠鏡ではその手の
モニター観測は難しい。

疑問2:Lの変化は2.5倍程度 小さいとみるか、大きいとみるか？



- Onaka et al., 2002

過去の観測例

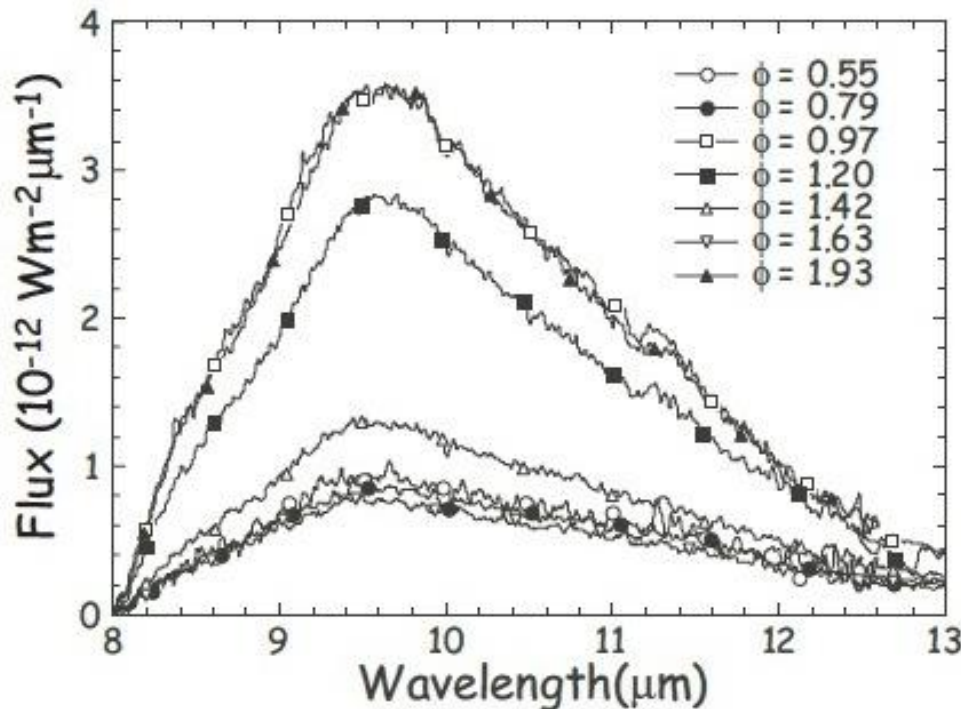


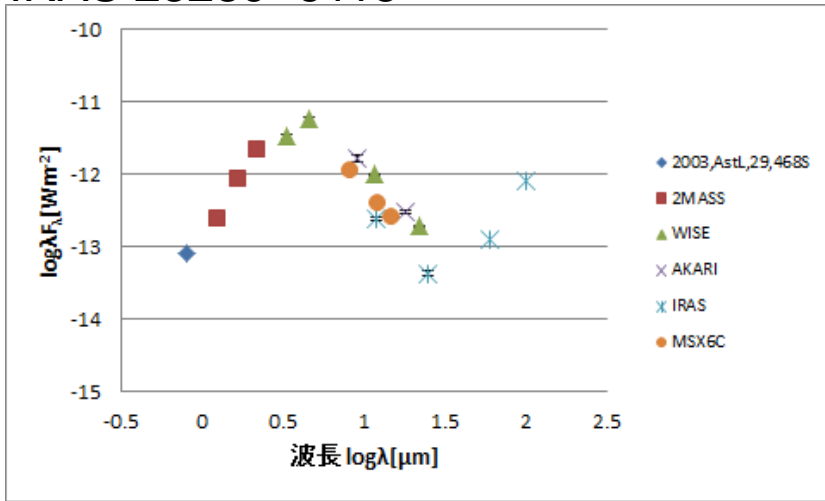
Fig. 7. The dust feature spectra of Z Cyg, in which the stellar continuum has been subtraced in the same way as in Monnier et al. (1998). The denotations of each spectrum are shown in the figure.

- ISO/SWSで
 - Z Cyg を7回観測
- ダスト生成？
 - Integrated infrared fluxの変化は3倍程度
 - ダストの温度が変化し、10/18の比は最大光度の時に大きくなる。
 - 中心星のL変化(3倍程度)で説明可能
 - 最小光度の時にダストが生成されなくても変化が説明できてしまうという結論

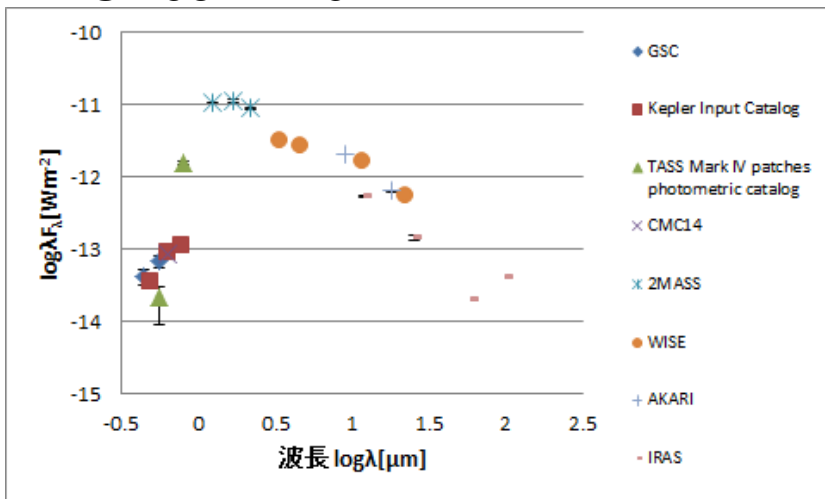
でも、こんなものもあります。 中間赤外で大きく変光する天体



IRAS 23289+6115



IRAS 19574+4941

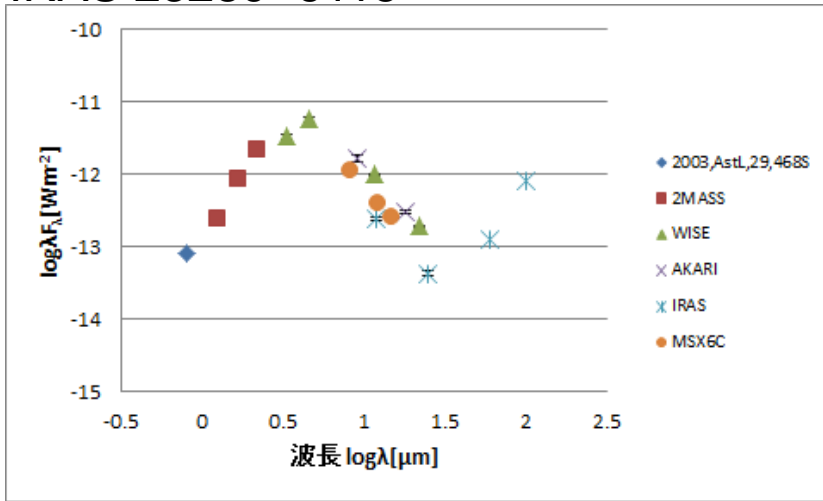


- 小野里君(東北大M1)
- IRAS/AKARI/WISE
- 中間赤外で大幅な変光を示した天体
 - 詳しい選出条件は小野里君に聞いて下さい
- 5つ発見
 - 1つのみ正体が既知
 - FU Ori型星だった
 - 残りの4つは論文が全くない/ほとんど無い。
- AGBぽい？

中間赤外で大きく変光する天体 その2



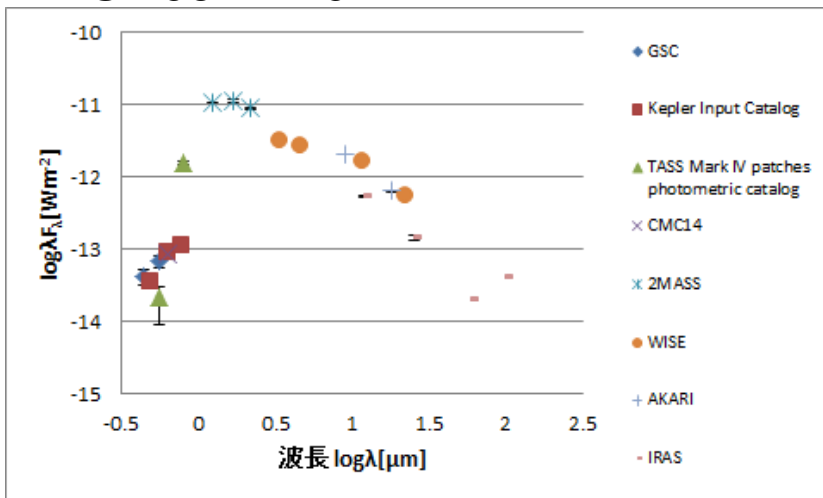
IRAS 23289+6115



- IRAS23289+6115

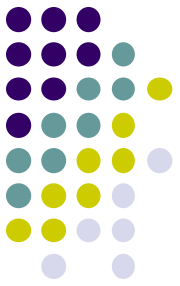
- F_A9/F_I12 ~ 3.3
- F_W12/F_I12 ~ 12.08
- F_A18/F_I25 ~ 1.3
- F_W22/F_I25 ~ 3.0

IRAS 19574+4941



- IRAS19574+4941

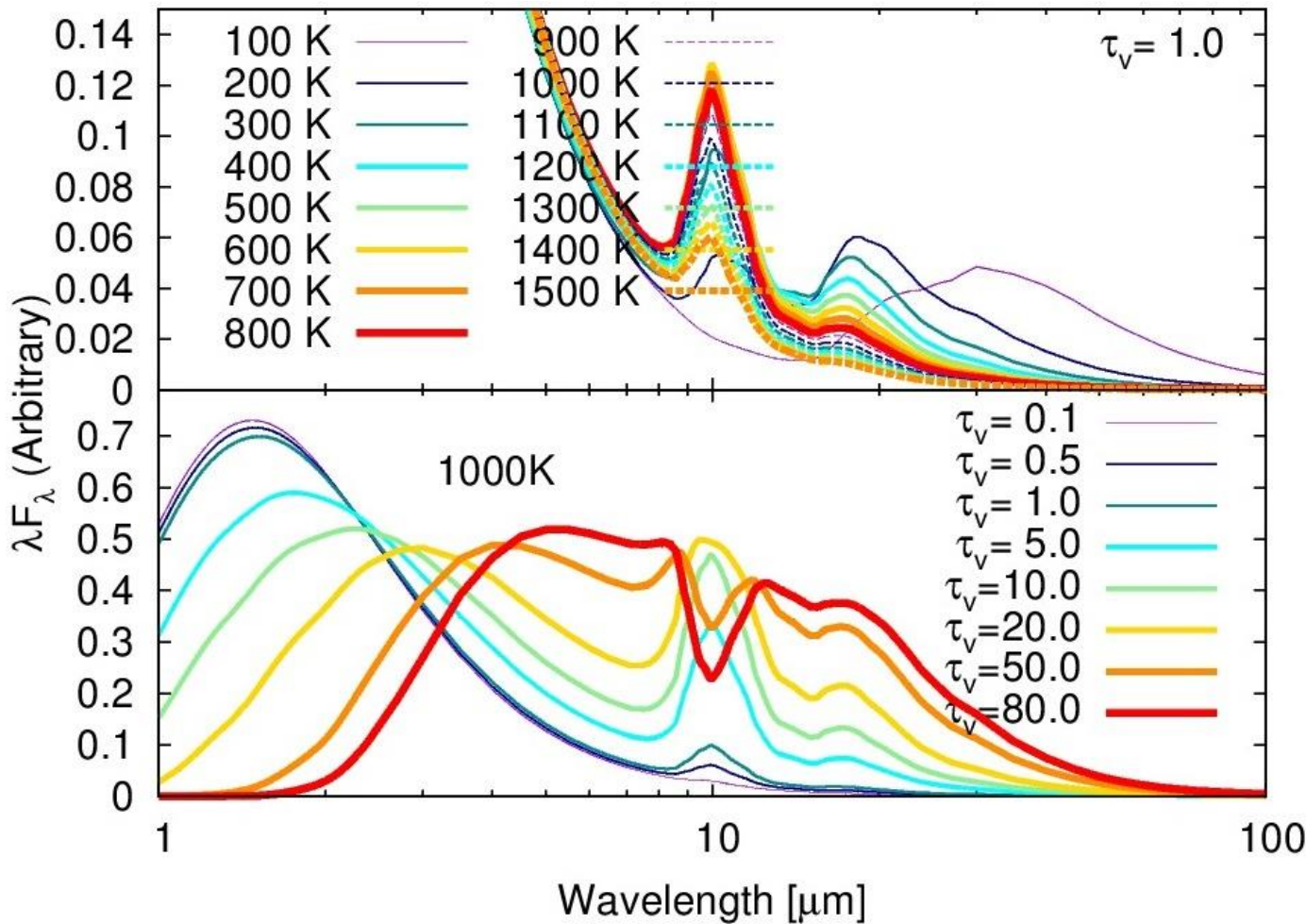
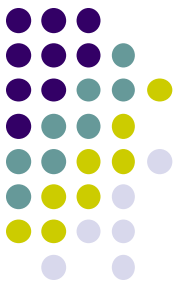
- F_A9/F_I12 ~ 2.3
- F_W12/F_I12 ~ 2.4
- F_A18/F_I25 ~ 3.2
- F_W22/F_I25 ~ 3.3



10um/20um 比

- V583 Cas (IRAS 23289+6115)
 - IRAS 12 / IRAS 25 11.6329
 - AKARI 9 / AKARI 18 10.9211
 - WISE 12 / WISE 22 9.8967
- IRAS 19574+4941
 - IRAS 12 / IRAS 25 9.3001
 - AKARI 9 / AKARI 18 6.4368
 - WISE 12 / WISE 22 5.7901

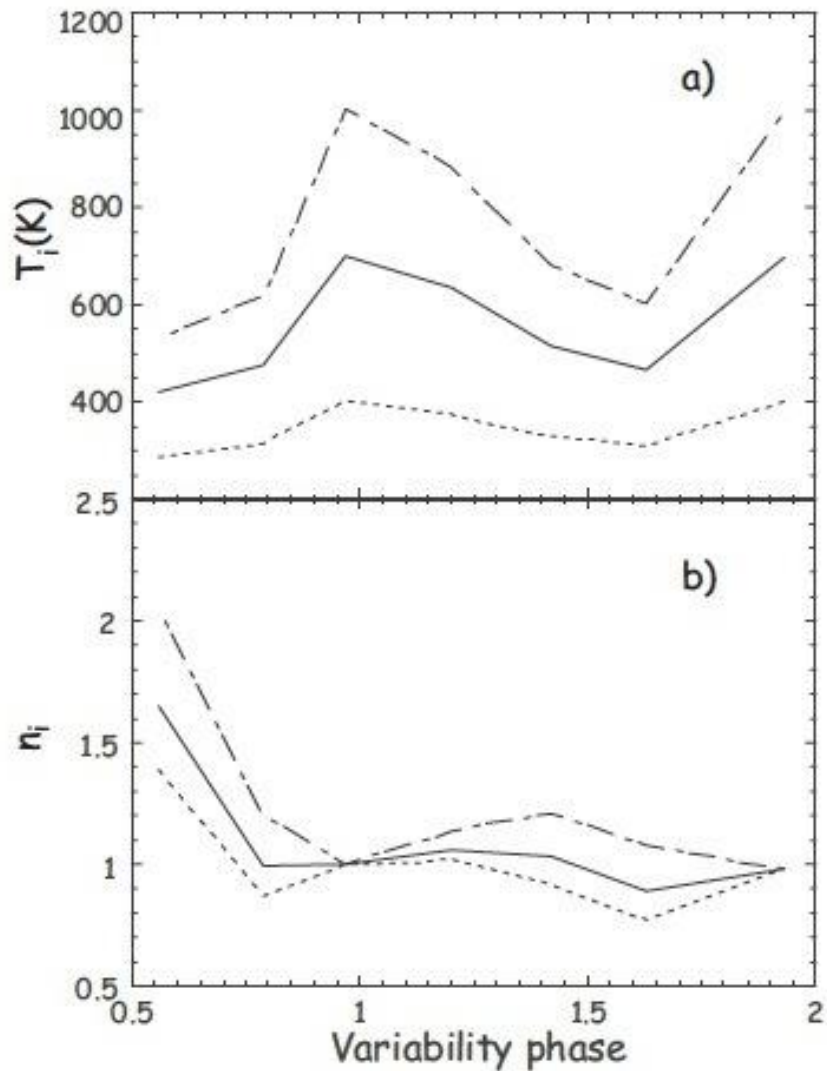
Simulationではどう？ O-rich星の場合



物の量は変えずに
温度だけ変えたとき。
700Kから400Kに
変わると、10 μm はほと
んど変わらない。
20 μm では、2倍程度
変化する。

物の量を変えて
温度は変えないとき。

3倍以上変えるには
かなり物を増やす
必要あり



3つ線があるのは、採用する
ダストのoptical constantの違い。

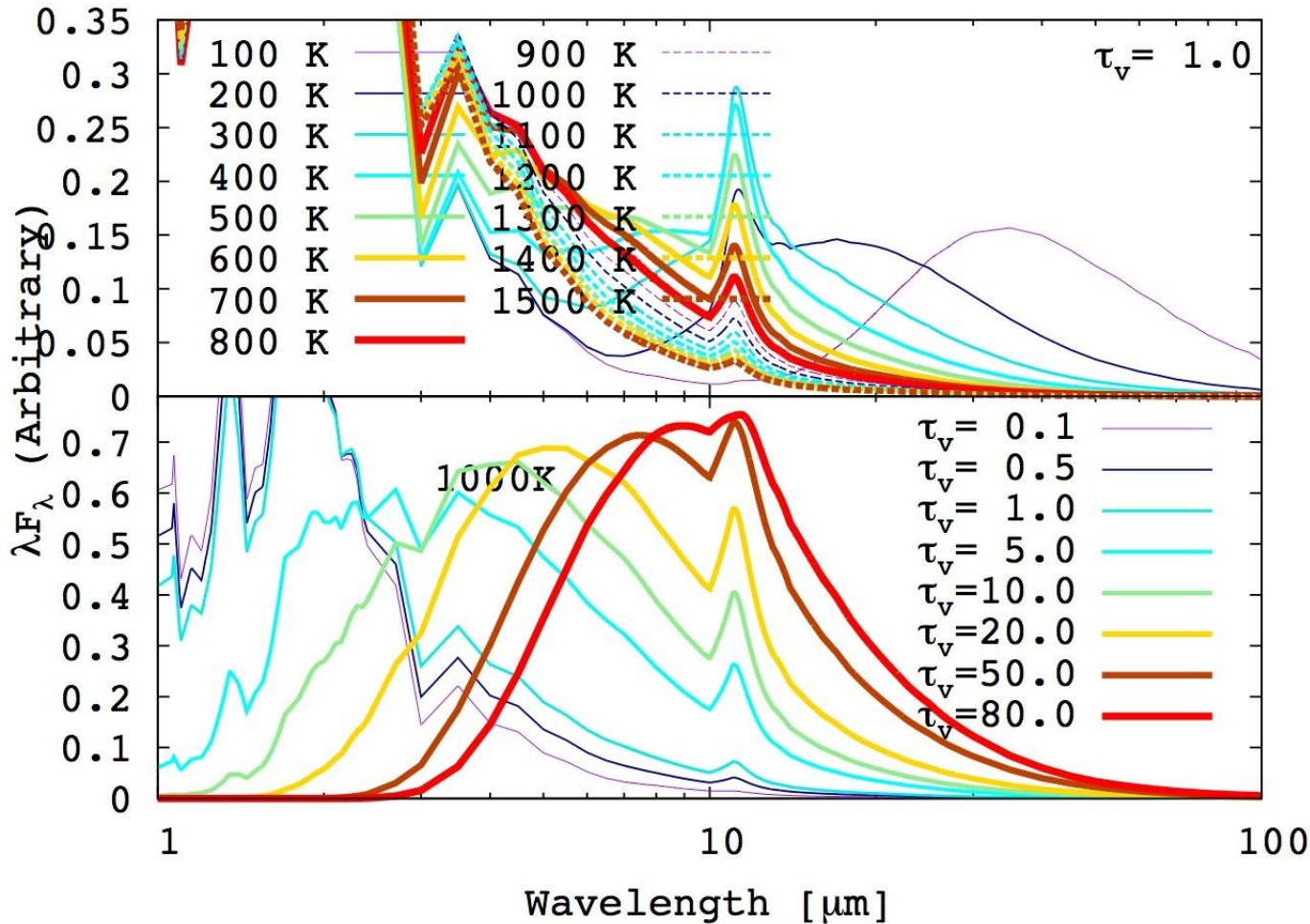
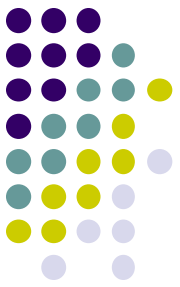
solid-lineが、観測を一番良く再現
するoptical constantを採用したもの。
(ただし、星毎に違う可能性あり)

inner boundary での温度は
400Kから700Kくらいまで変化している
というのが、尾中先生の結果



Fig. 3. Variations in the inner dust shell temperature T_i (a) and the normalized inner dust density n_i (b) for the “best fit” models with $y_0 = 0.1$. The solid lines represent the parameters for models with Q_7 , the dotted lines those with Q_4 , and the dot-dashed lines those with Q_{10} . The inner dust density is normalized to the visual maximum ($\phi = 0.97$) and is derived based on the assumption that the inner dust shell radius r_i is constant.

Simulationではどう？ C-rich星の場合



物の量は変えずに
温度だけ変えたとき。
温度が700Kから400K
に変わっても2倍弱程度
の変化

物の量を変えて
温度は変えないとき。

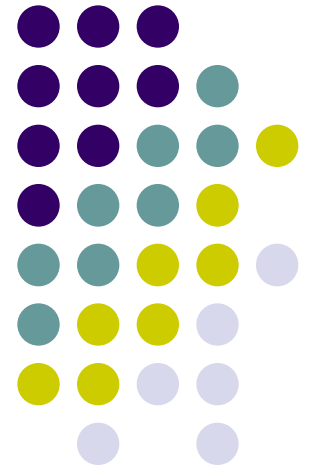
タウが1より小さい状態
から1を超えるような時に
だいぶ変わる。



まとめ

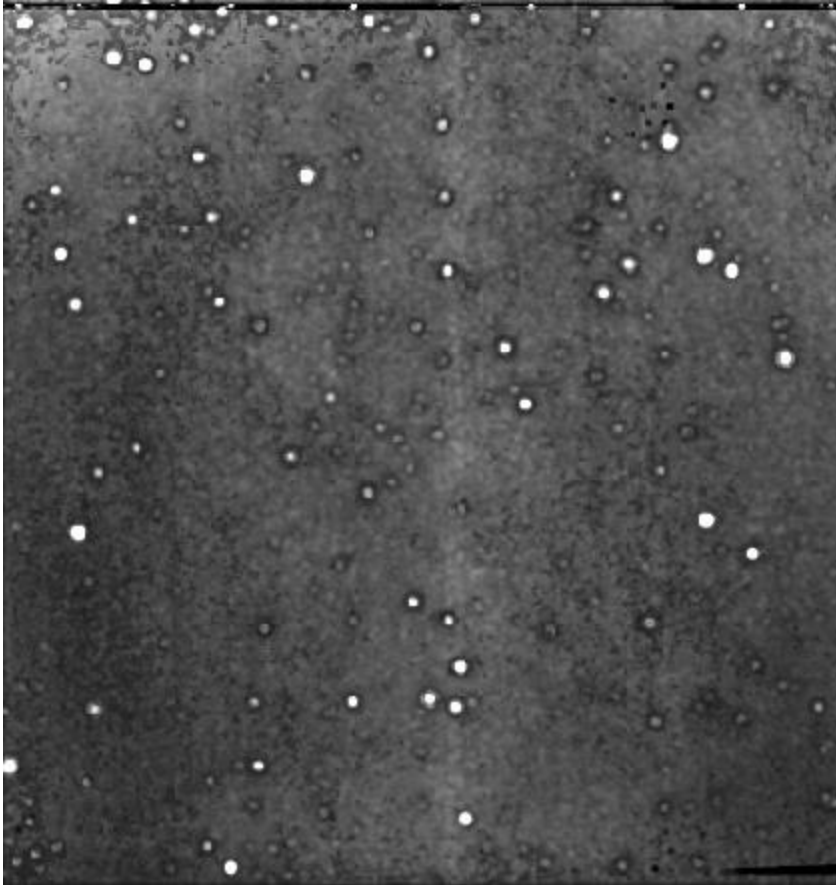
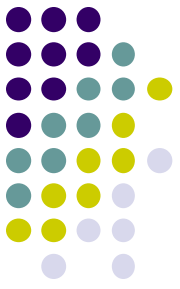
- ミラ型星のモニターを是非ミミズクで。
 - 古くからある研究だがデータは不完全。
 - 特にKより長い所をミミズクで揃えたい
 - マゼランには拘らない。GAIAで距離が決まる系内天体。
 - 特にL,M,Nと、Qバンドの観測に期待。
 - 中間赤外の変化が中心星の光度変化だけでは説明できないものもある??
 - 特に小野里君の天体について
 - 近赤外のモニター(南ア&岡山の柳澤さん赤外望遠鏡)
 - 分光観測で正体判明→プロポーザル提出済み
 - 更に中間赤外のモニターが出来たら最高だ。。。
 - ダストが生成される時を観測で初めてとらえられるかも??

Appendix



Finding variable stars with ISIS image subtraction software

Alard & Lupton, 1998, ApJ, 503, 325



Variable stars detected

JHK



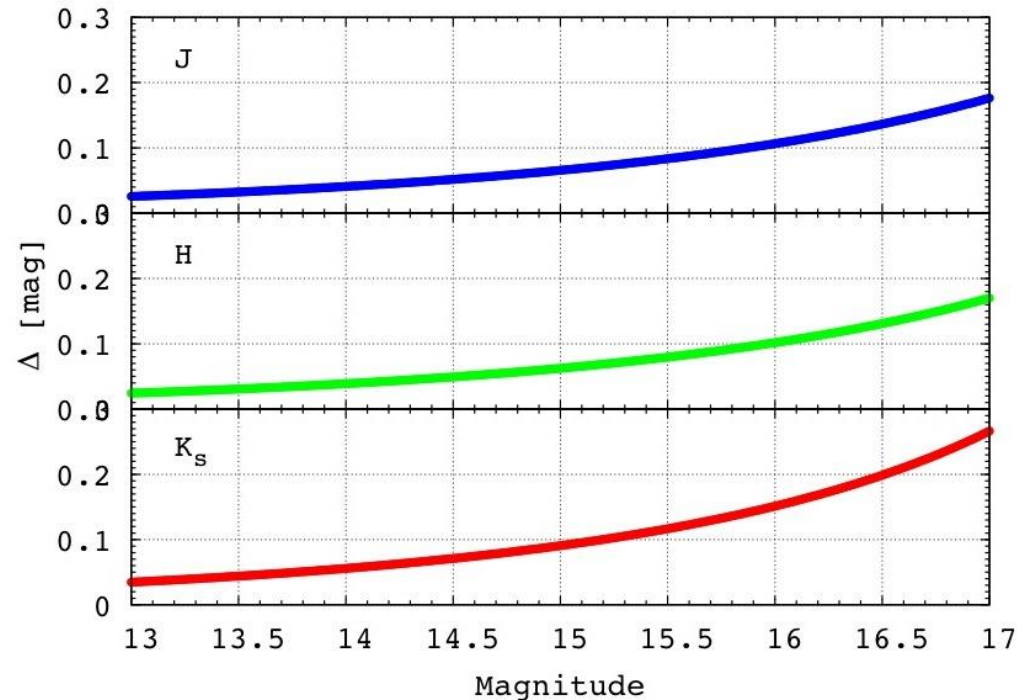
Data release plan

- SMC data
 - Catalog paper: done, ready to submit (Ita et al.)
 - Science papers
 - Mira: in preparation (Ita et al.)
 - Cepheid: almost done (Matsunaga et al.)
- LMC data
 - Catalog paper: to be written (Ita et al.)
 - Science papers: to be written

Suvery properties



- 10 σ detection limits
 - 17.7, 17.0, and 15.3 mag at J, H, and K, respectively in the most crowded region.
- How subtle light variation can be detected ?
 - depends on the luminosity and pulsation amplitude of variable stars.



A classical cepheid variable with a period of a few days and an amplitude of about 0.1 mag in the SMC (~ 15 mag at K) is detected.



Products

- Photometry catalog

- JHK photometry
- lists $\sim 3.8 \times 10^5$ point sources
- Catalog sample

- Variable star catalog

- JHK time-series
- lists $\sim 1.2 \times 10^4$ variable sources.
- Time-series catalog sample

| R.A. | DEC. | R.A. (<i>J</i>) | DEC. (<i>J</i>) | <i>J</i> | σ_J | Name of | Number of |
|-----------|------------|-------------------|-------------------|----------|------------|---------------------------|--------------|
| [degree] | [degree] | [degree] | [degree] | [mag] | [mag] | time series data | observations |
| 11.972789 | -73.290066 | 11.972768 | -73.290061 | 11.693 | 0.025 | 11.972789-73.290066.J.dat | 123 |
| 11.973571 | -73.301043 | _____ | _____ | 99.999 | 99.999 | _____ | 000 |
| 11.974165 | -73.105771 | _____ | _____ | 99.999 | 99.999 | _____ | 000 |
| 11.974200 | -73.220387 | _____ | _____ | 99.999 | 99.999 | _____ | 000 |
| 11.974271 | -73.216319 | _____ | _____ | 99.999 | 99.999 | _____ | 000 |

- Only the first 8 columns (J-band data) are shown due to the limited space.
- H and K-band data follows rightward.

| JD | magnitude | σ_{diff} | $\sigma_{instrumental}$ | σ_{offset} | Name of | Name of |
|----------------|-----------|-----------------|-------------------------|-------------------|--------------|-----------|
| [day] | [mag] | [mag] | [mag] | [mag] | region | subregion |
| 2452092.702650 | 15.235 | 0.016 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2452212.327669 | 14.969 | 0.010 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2452213.285094 | 14.971 | 0.017 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2452214.380693 | 15.095 | 0.012 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2452246.273367 | 15.287 | 0.024 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| | | | | | | |
| 2455225.273063 | 14.973 | 0.024 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2455444.448035 | 14.995 | 0.008 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2455534.359242 | 15.147 | 0.012 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2455789.529211 | 15.128 | 0.008 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |
| 2456094.590574 | 15.050 | 0.009 | 0.021 | 0.003 | SMC0050-7310 | F |