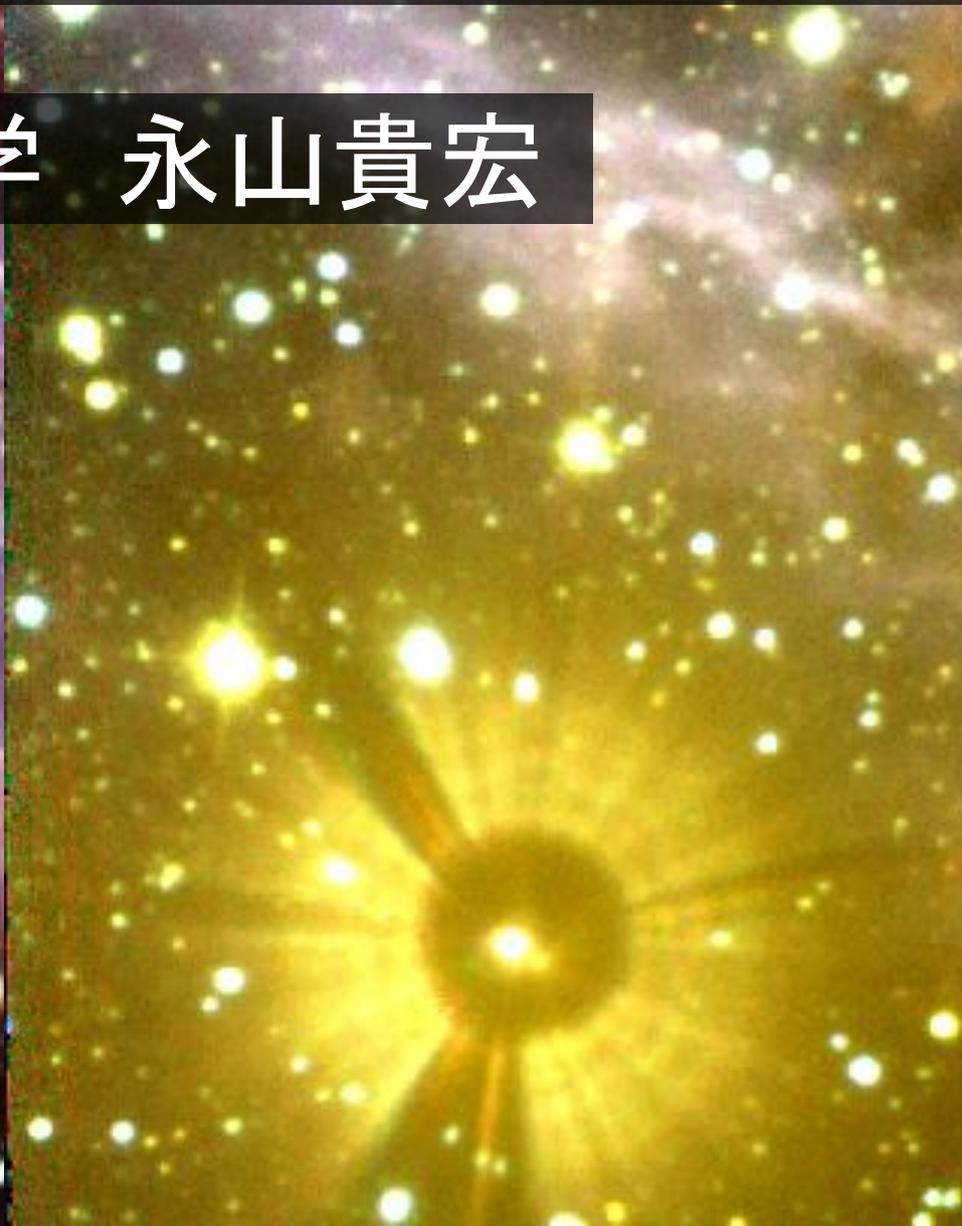
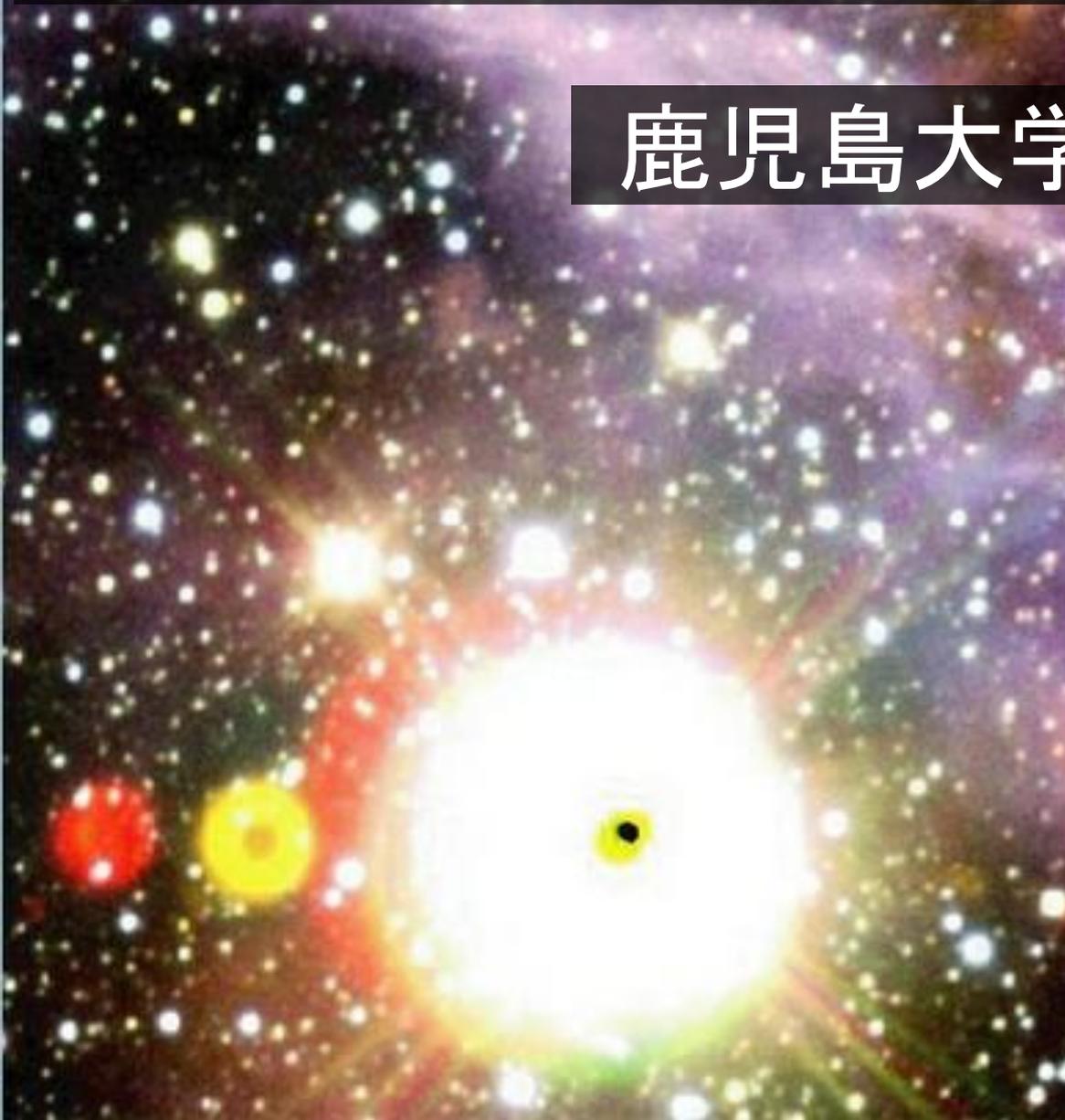
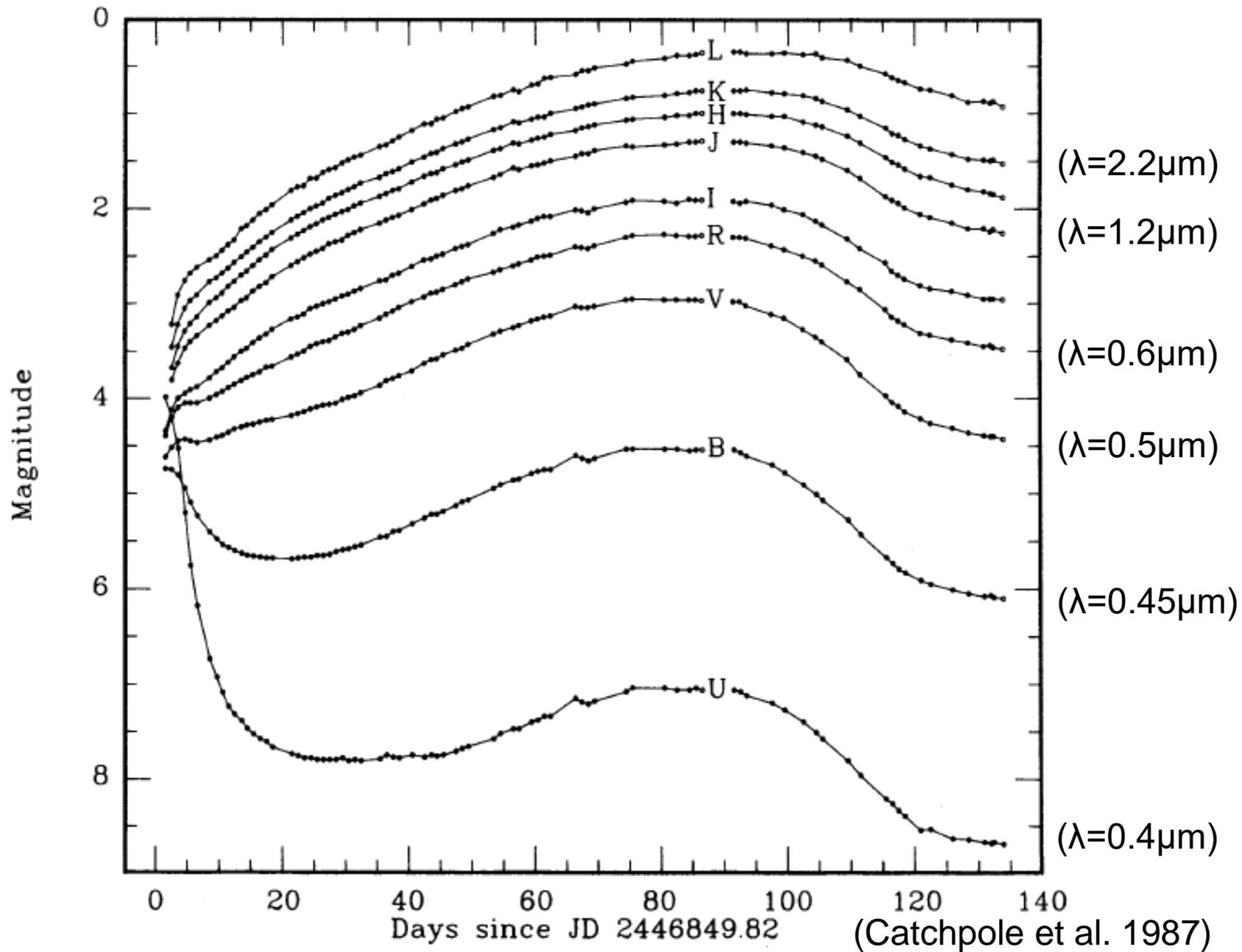


銀河系内の極めて明るい超新星 の赤外線観測

鹿児島大学 永山貴宏



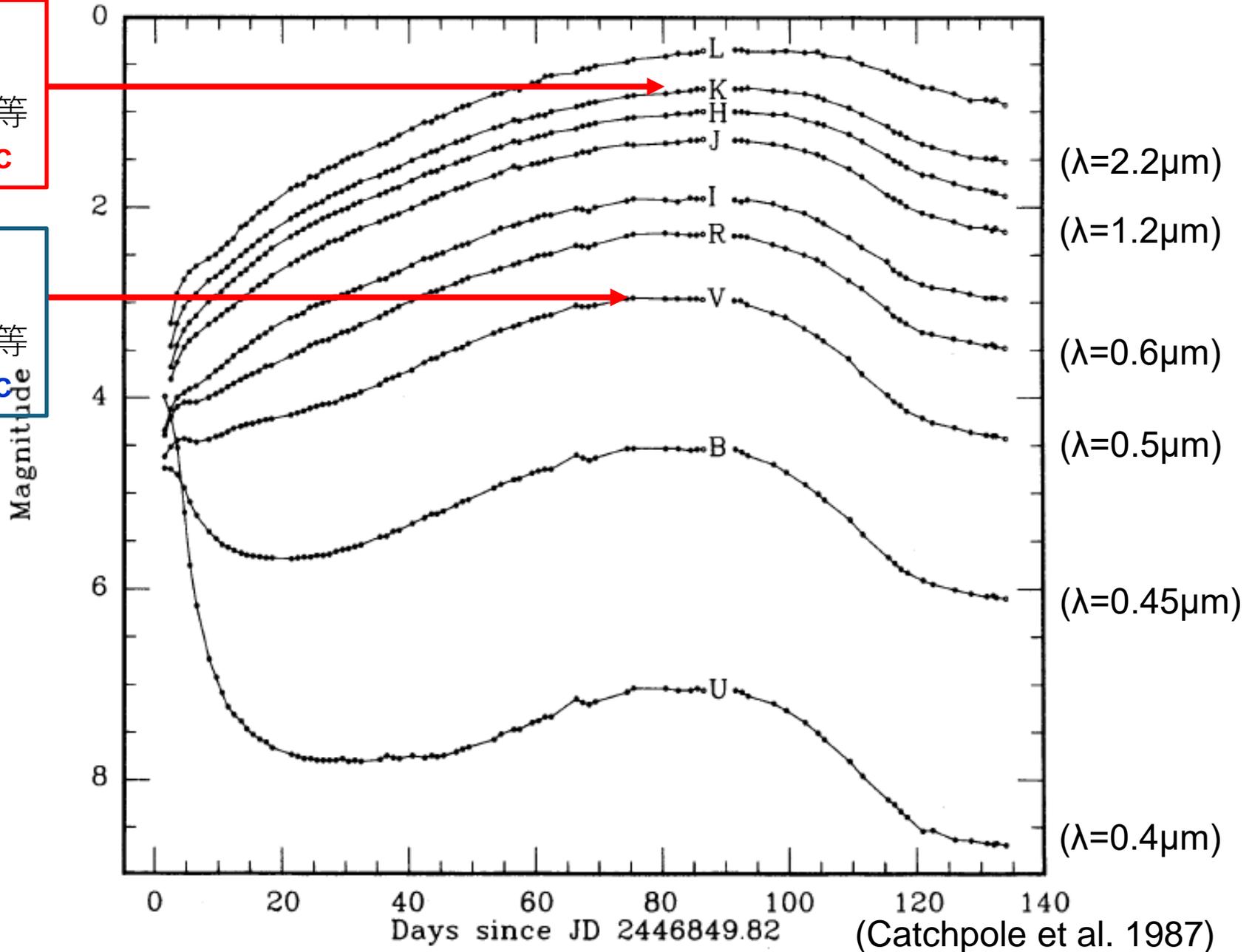
SN1987A (D= 50 kpc、 $\mu=18.5\text{mag}$)



SN1987A (D= 50 kpc、 $\mu=18.5$ mag)

Kバンド極大
見かけ ~ 0.7 等
絶対等級 -17.8 等
 ~ -7.8 等@1kpc

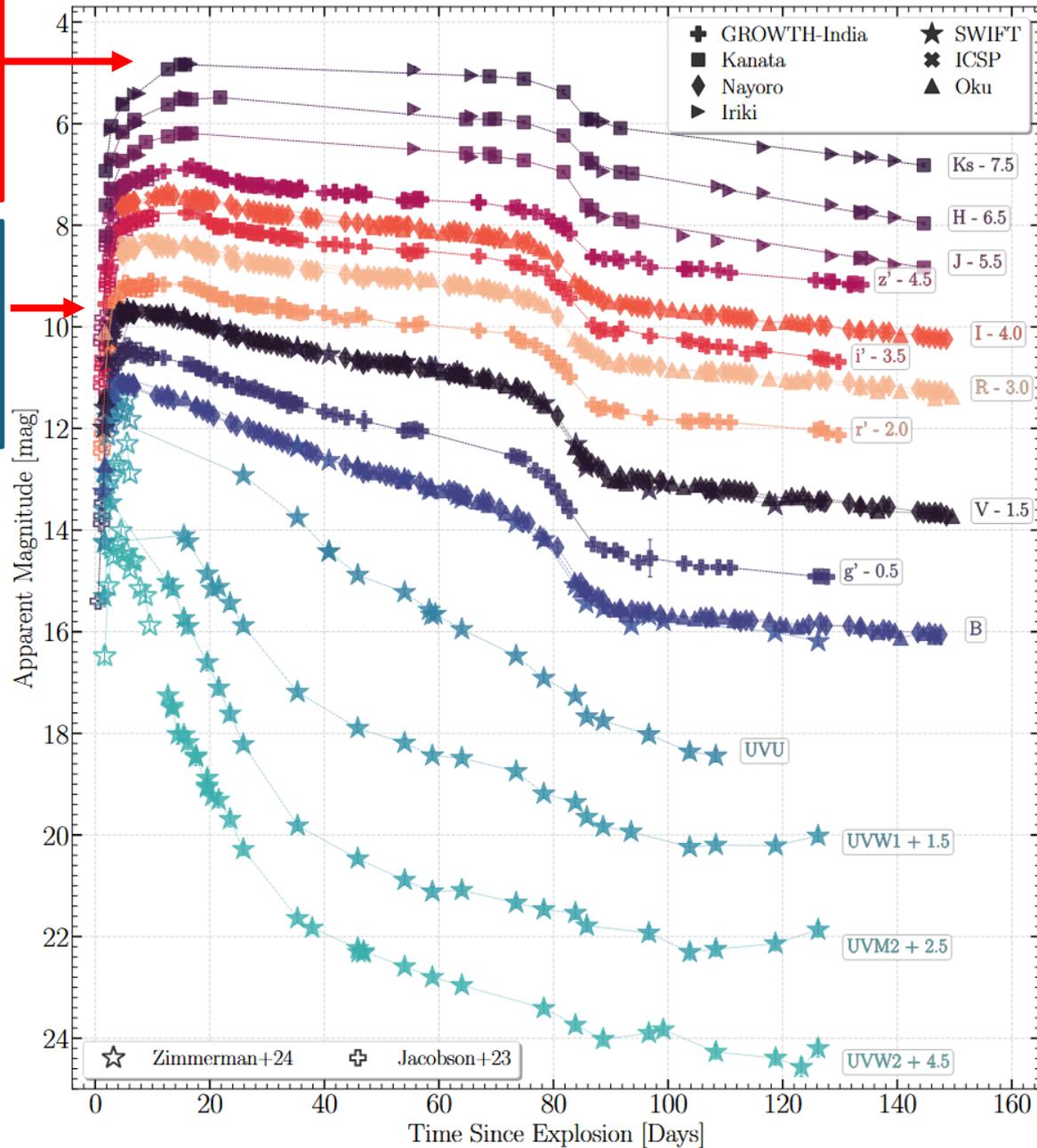
Vバンド極大
見かけ ~ 3 等
絶対等級 -15.5 等
 ~ -5.5 等@1kpc



SN2023ixf 21世紀に入ってから一番明るくなくなったII型超新星 ($D = 6.82 \text{ Mpc}$, $\mu = 29.17 \text{ mag}$)

Kバンド極大
見かけ ~ 10.7 等
絶対等級 -18.5 等
 ~ -8.5 等@1kpc

Vバンド極大
見かけ ~ 11 等
絶対等級 -18.2 等
 ~ -8.2 等@1kpc



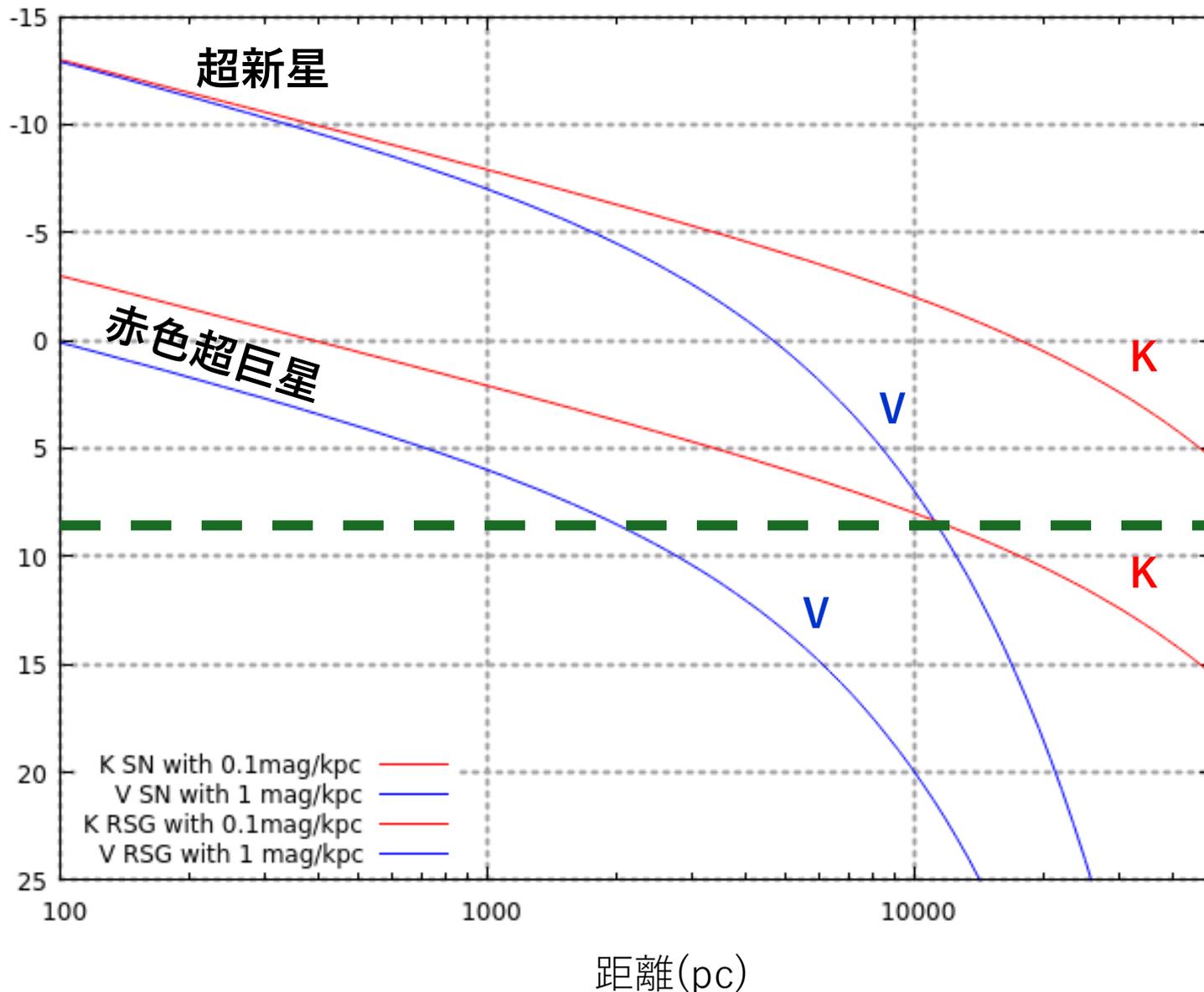
Singh et al(2024)
(AB mag)

超新星(極大時)、赤色超巨星(親星)の距離別見え方

絶対等級SN = -18等、RSG = -8等@K, -5等@V

(減光は、方向によって大きく異なるが)

Kバンドで0.1mag/kpcで増加、Vバンドでは1mag/kpcで増加



Kバンド (近赤外)

減光による影響は軽微

<10kpcでは
爆発前の時点で
サチる程度に明るい
その状態から
さらに明るくなる

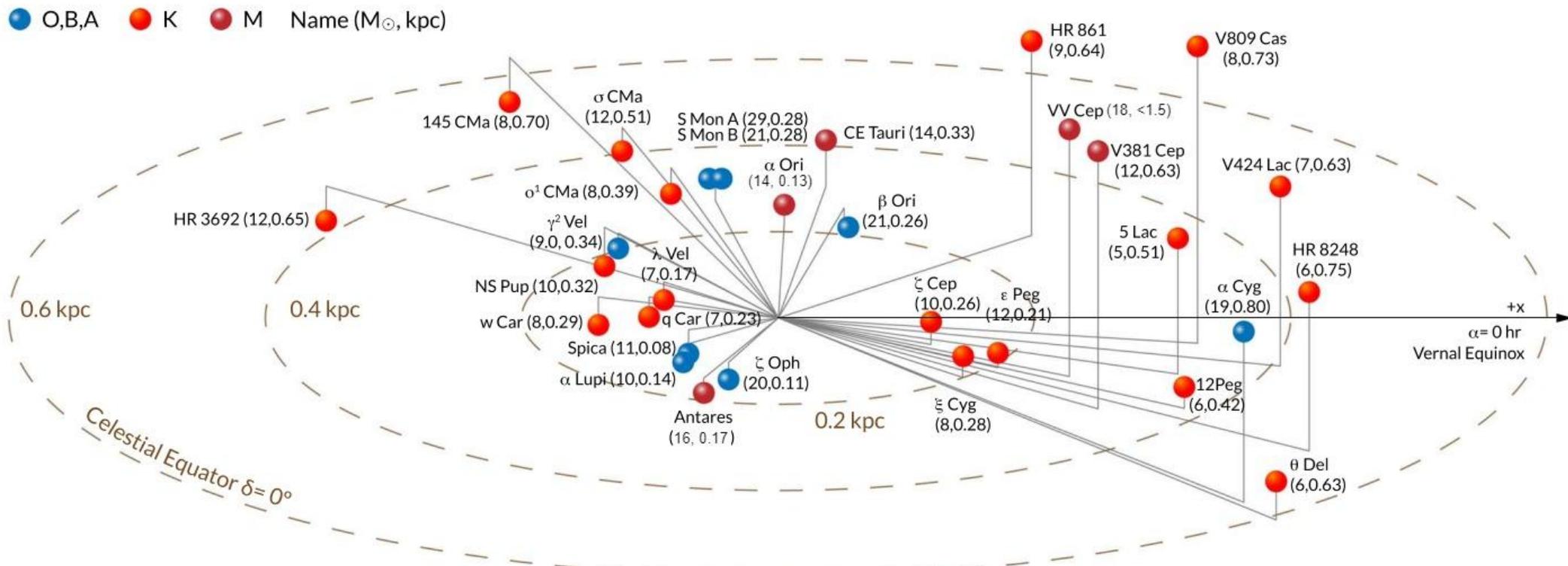
Vバンド (可視光)

距離が遠いと
減光は大きな影響
>10kpcだと親星が
みえていない可能性大
~10kpcだと爆発後は
減光によりほどよく
暗くなる
~7等? @10kpc

ZTFとかなら
(アラートがなくても)
見つけれられるはず

超新星を起こしそうな天体は どの方角、どの距離にどれぐらいある？

英語版 Wikipedia **List of supernova candidates**



ここに載っているのは近傍(<600pc)の超有名天体のみ (リゲル、デネブも載っている?)

近い、減光も少ない

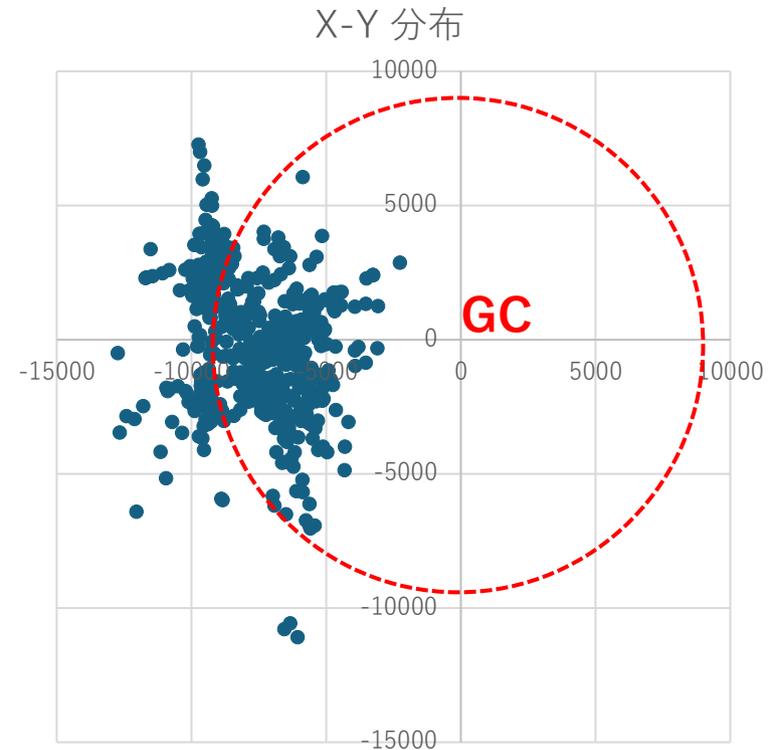
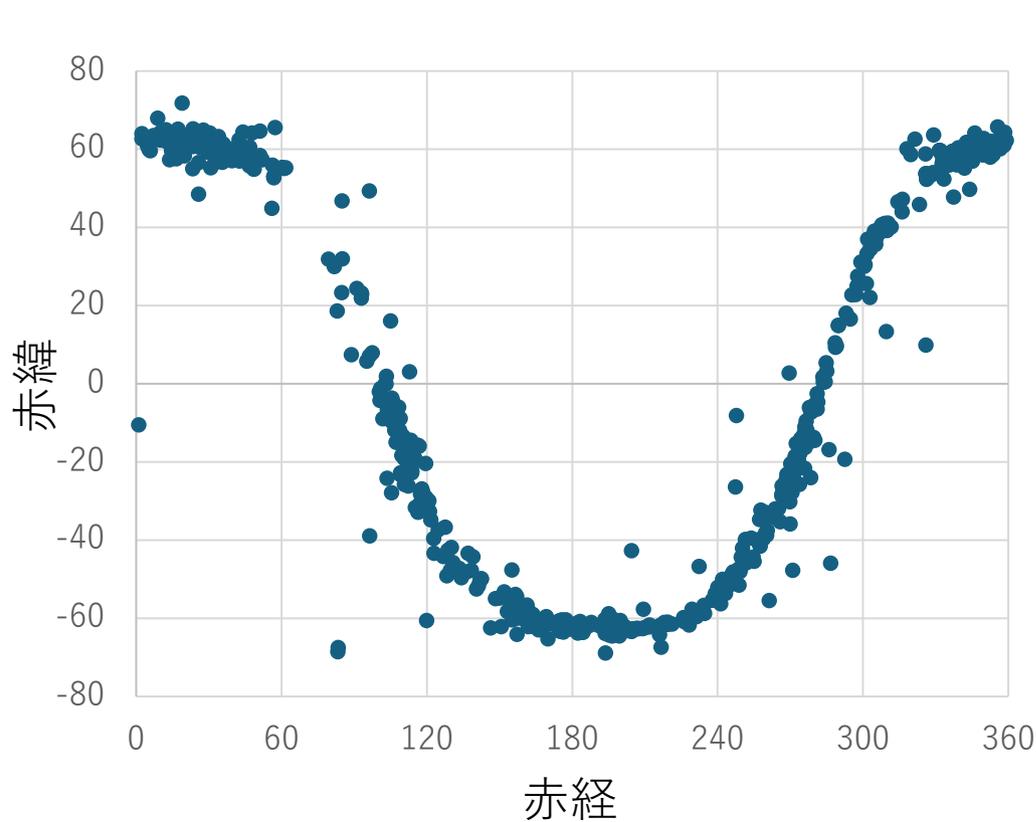
→ もしも本当にこれらが超新星を起こしたとしたら

- 10等より明るくなり、**昼間に目で見ても見つけられるレベル**になるはず

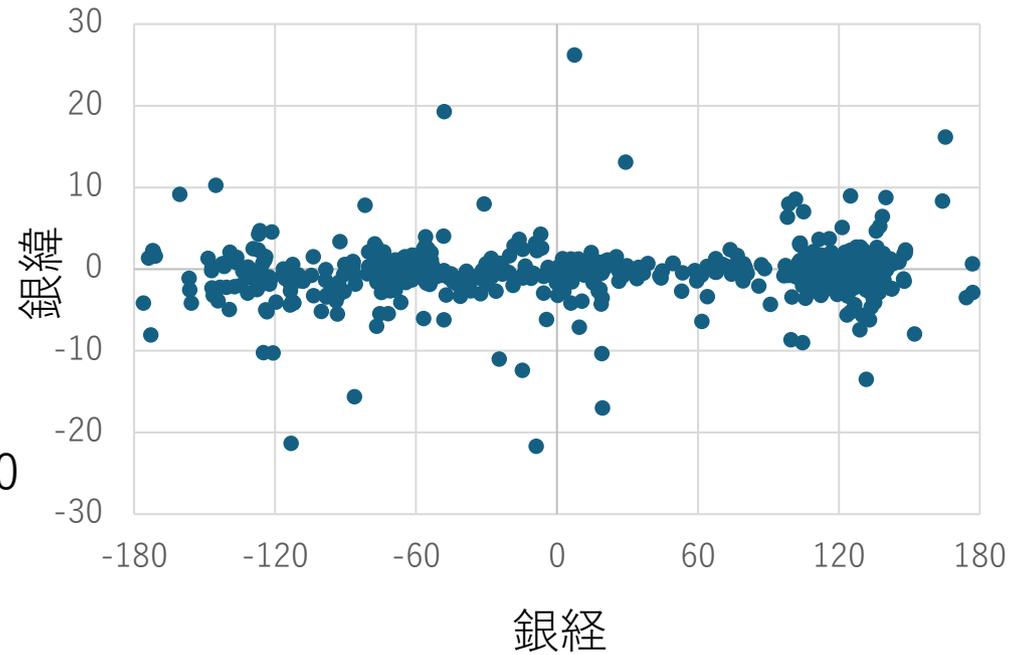
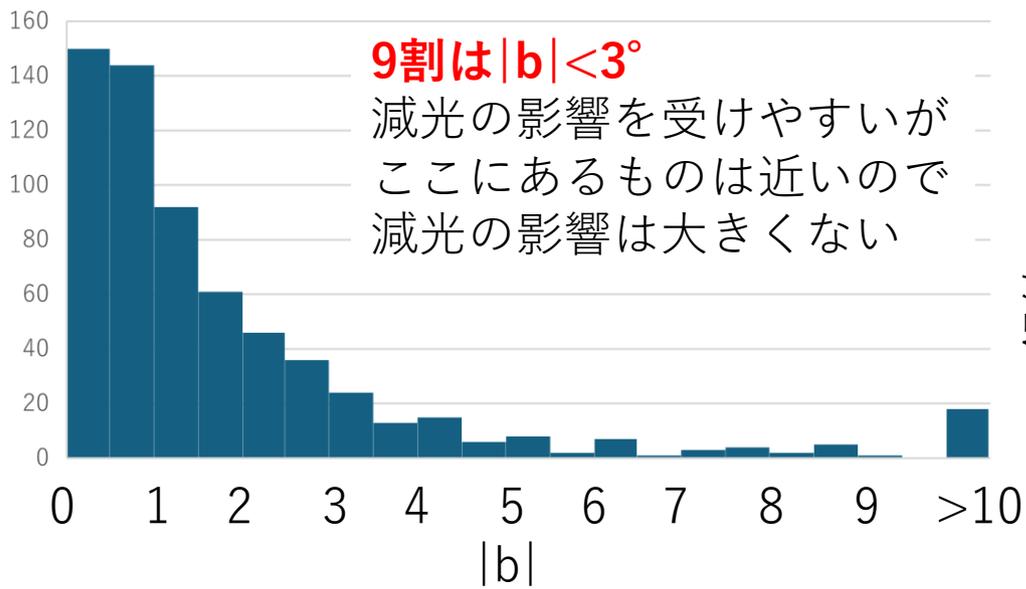
起きたらすごいことだが、現実的には考えにくい。。。

Red supergiant candidates for multimessenger monitoring of the next Galactic supernova 640個の赤色超巨星(候補)

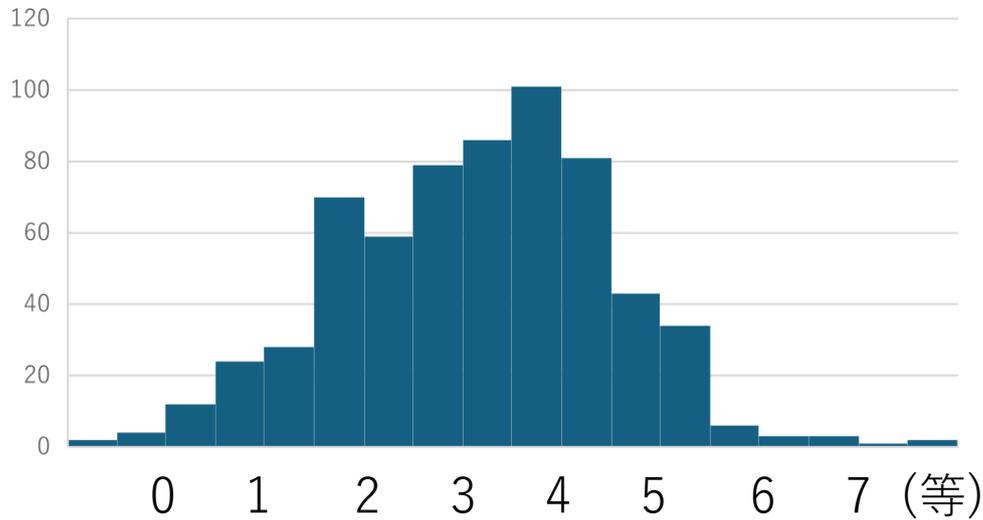
Sarah Healy ¹★, Shunsaku Horiuchi ^{1,2}, Marta Colomer Molla, ³ Dan Milisavljevic, ^{4,5} Jeff Tseng, ⁶ Faith Bergin, ⁴ Kathryn Weil ⁴, Masaomi Tanaka ⁷ and Sebastián Otero ⁸



思ったよりも北半球の割合が多いが、地球近傍しかリストできていないことが原因と思われる

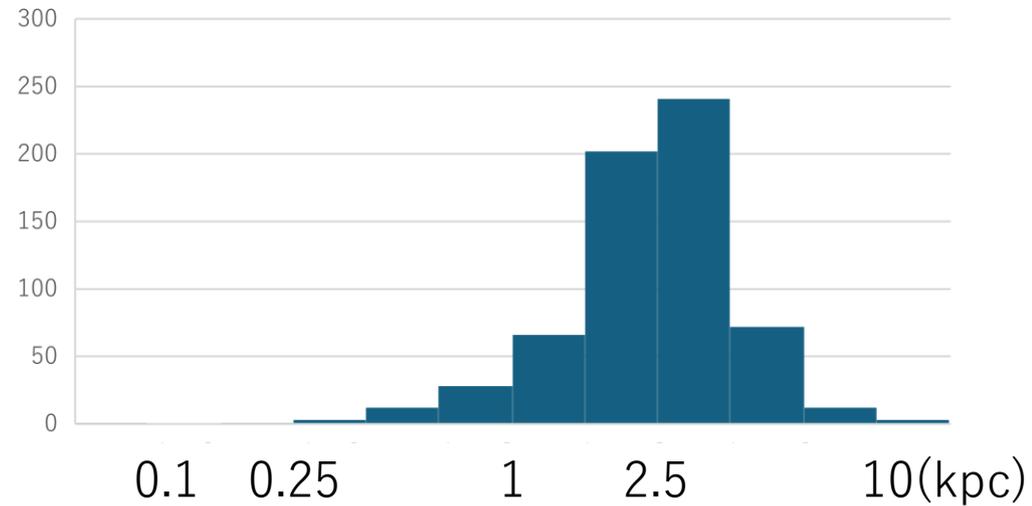


K等級頻度分布



Kバンドではどれもサチるほど明るい
(事前観測の段階ですら観測の工夫が必要)

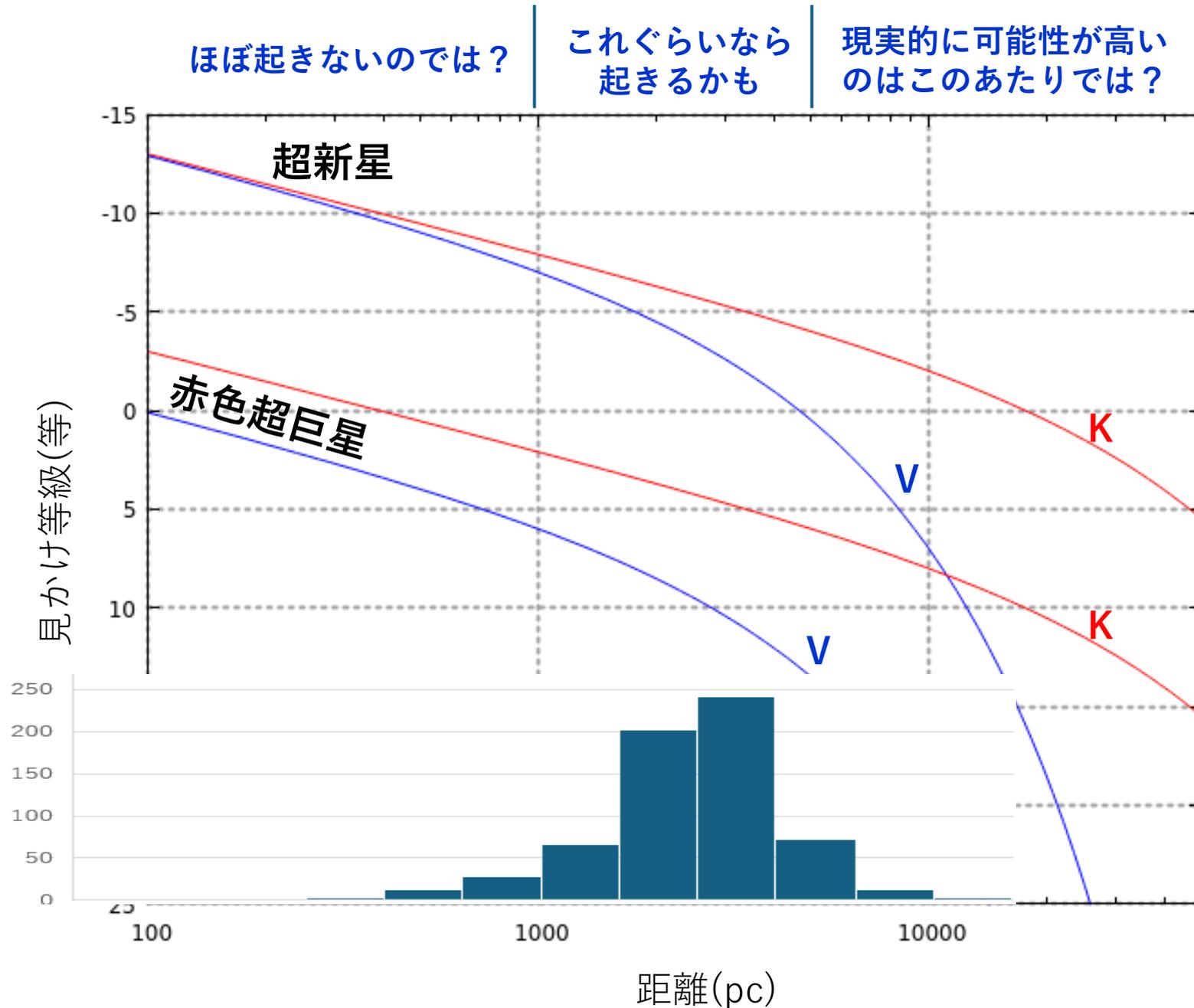
距離指数頻度



リストアップできているのは
たかだか3kpcの範囲

実際に超新星を起こすのはこれに載っていない星の可能性が高い

超新星(極大時)、赤色超巨星(親星)の距離別見え方

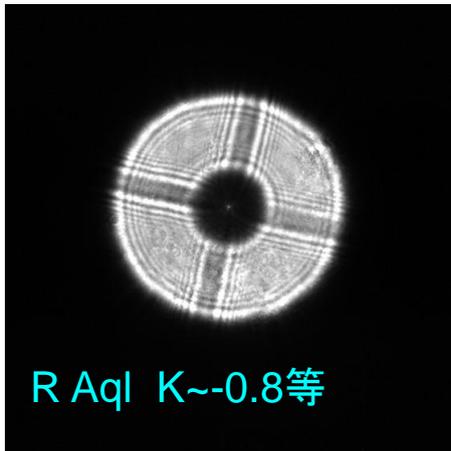
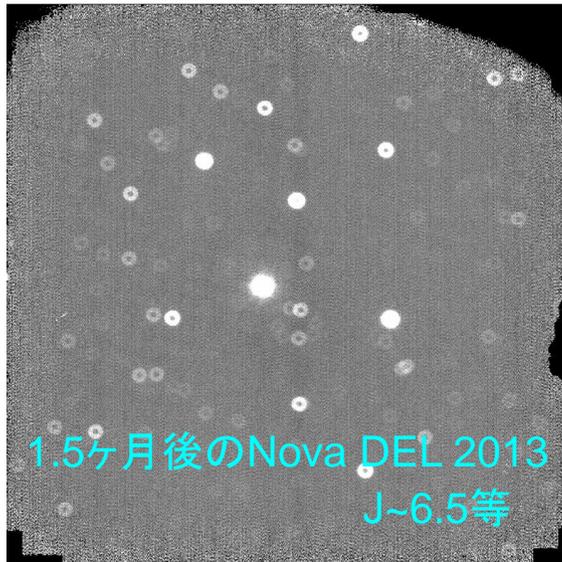


0等より明るい天体を観測できる必要がある

赤外線で明るい星を観測する工夫 15等分ぐらい

1. デフォーカス

通常 $\Phi 5\text{pix}$ ぐらいで結像
→ $\Phi 100\text{pix}$ にしてもせいぜい
400倍(6-7等)程度の効果



せいぜい、**K~-1等**まで

2. ミラーカバーを少しだけ開ける (アパーチャーを絞る)

$\Phi 1\text{m}$ を $\Phi 1\text{cm}$ まで絞っても、
10000倍(10等)の効果

板さんの3cm望遠鏡でも**K~1等程度**でサチる
(画素スケールが大きいので)

3. 積分時間を短くする

1秒を1m秒にしても、1000倍(7.5等)

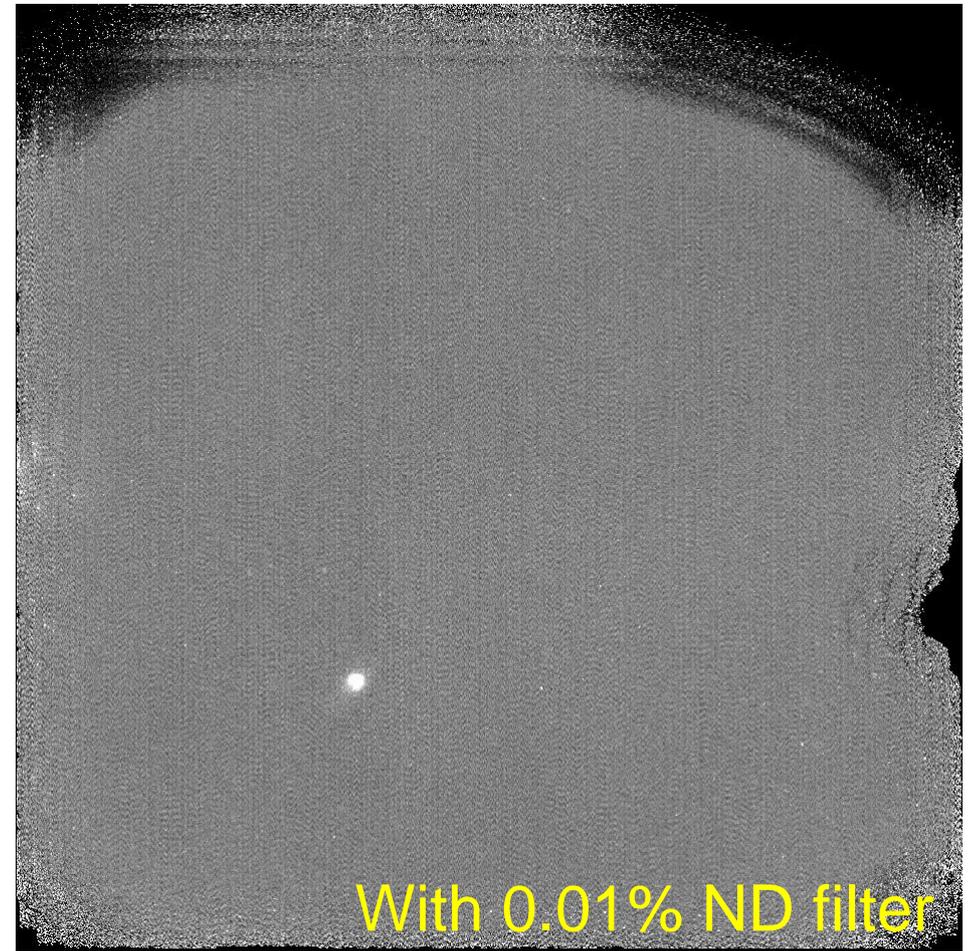
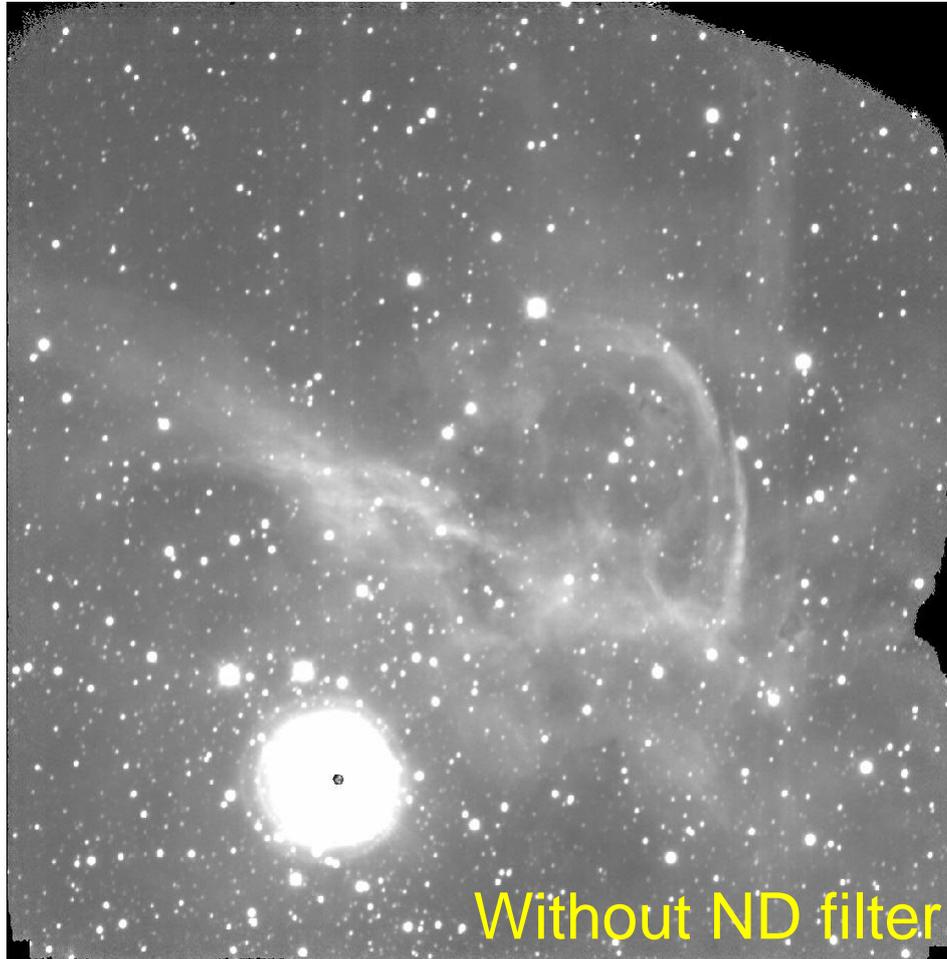
1msでもせいぜい**K~0等**?

4. 減光フィルタ

南アフリカ天文台 75cm 望遠鏡
+ IR photometer Mk II
(2013年ごろに撤去済み)



全面のNDフィルター (10%、1%、・・・)



とりあえず機能する。減光率は-10等とかも可能 (昼間の空も暗くしてくれる)

しかし、全面のNDフィルターは、他の星も暗くする。。。

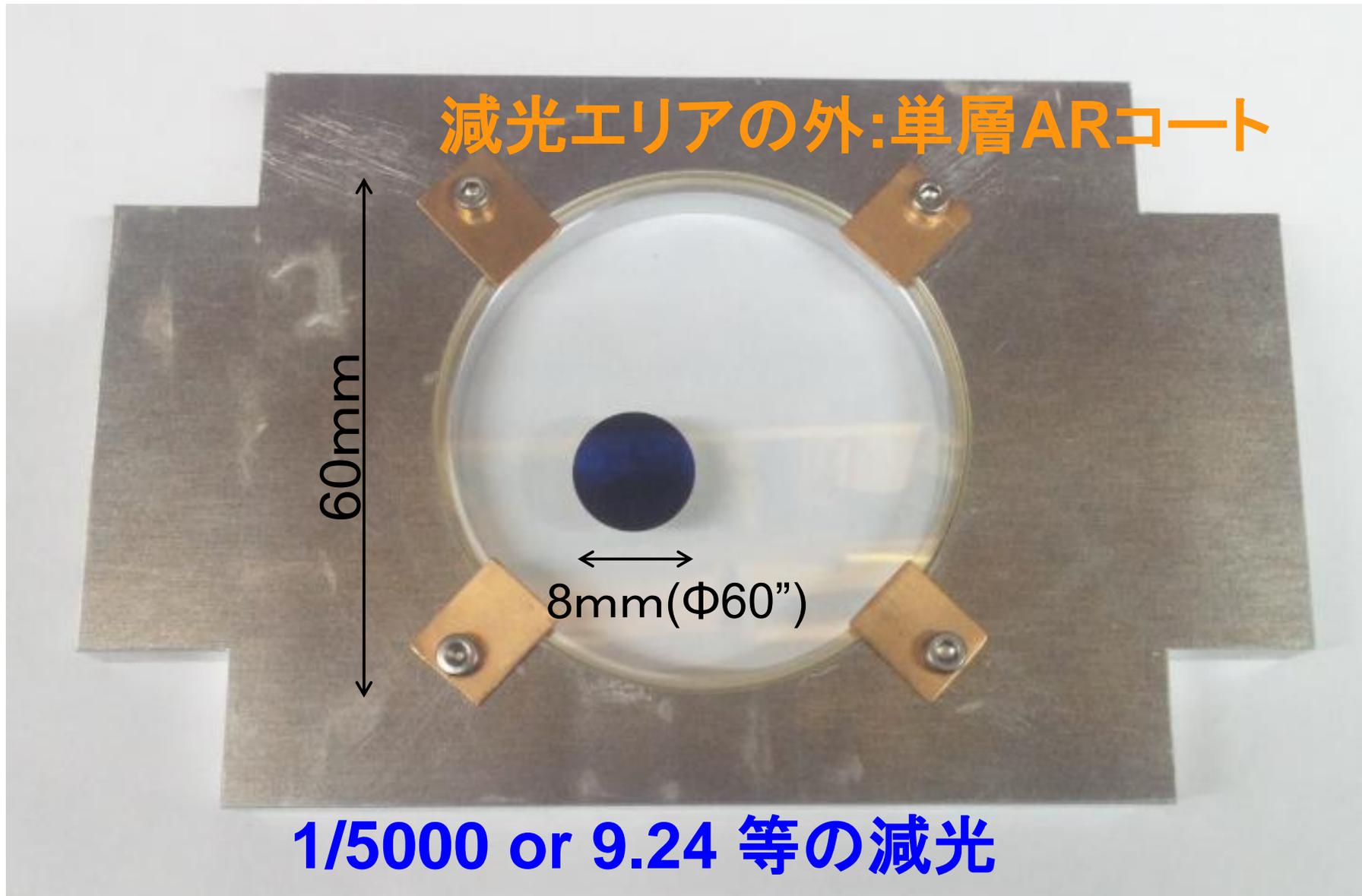
標準星と交互に測光する必要あり → 良い天気を要求

視野内に参照星が取れれば、天気に関係なく測光結果が安定

部分減光フィルタ

視野の一部分だけを減光

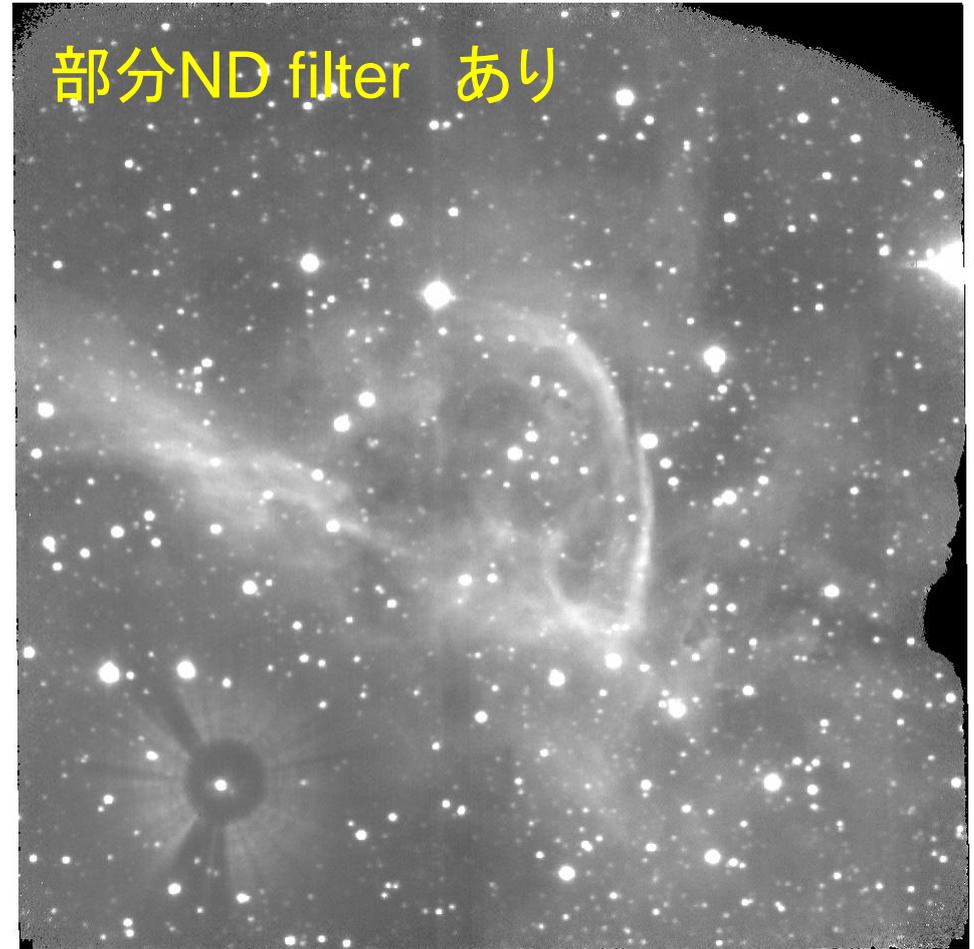
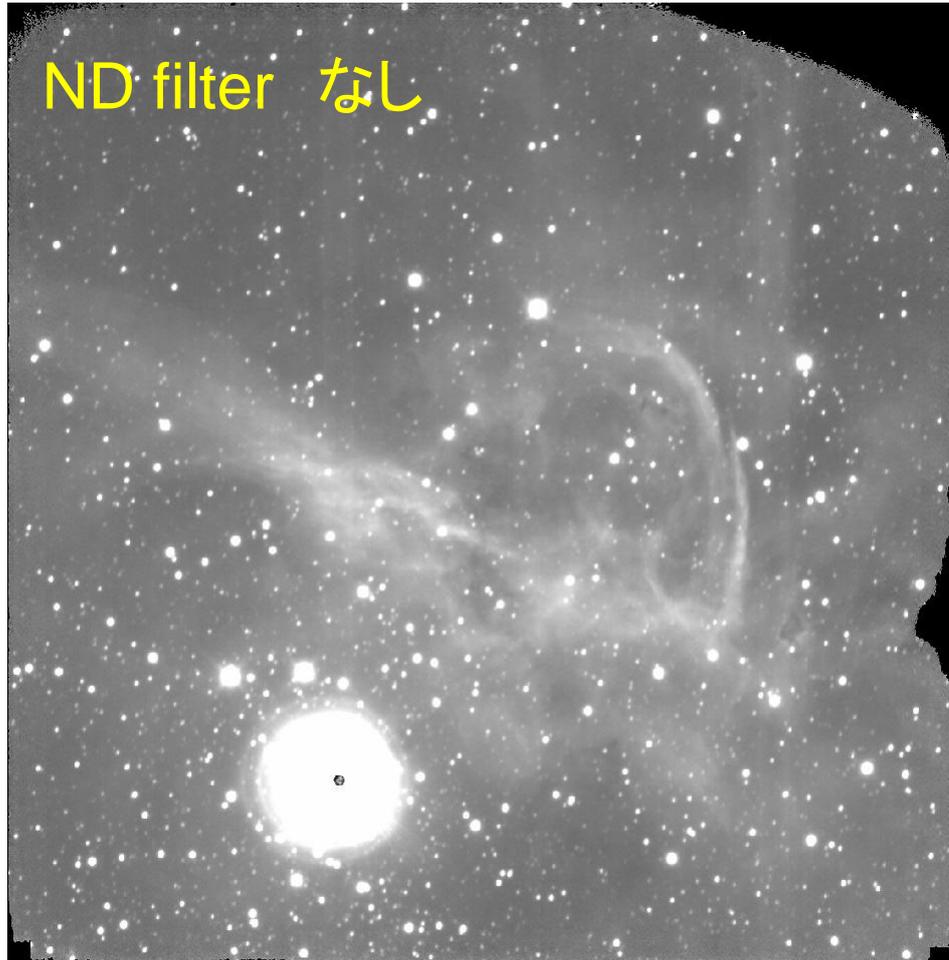
減光エリアの外: 単層ARコート



1/5000 or 9.24 等の減光
(透過率: 0.02%)

0-5等の星がターゲット

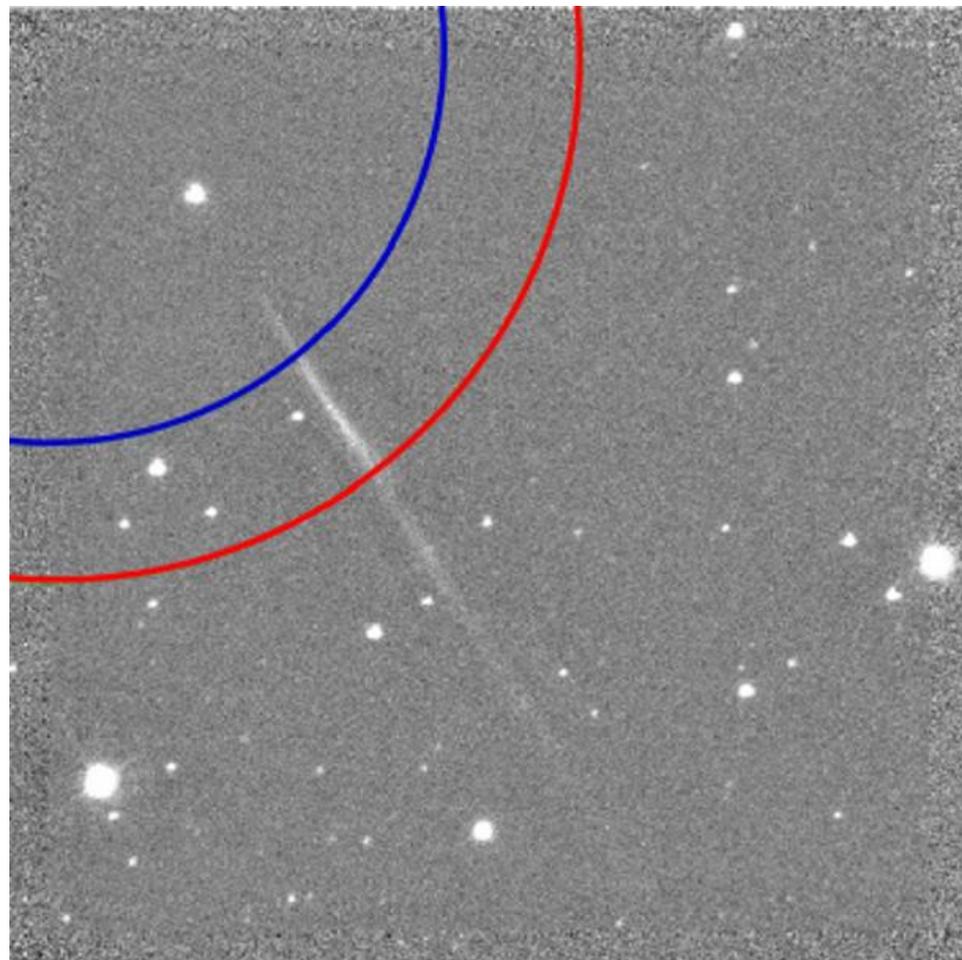
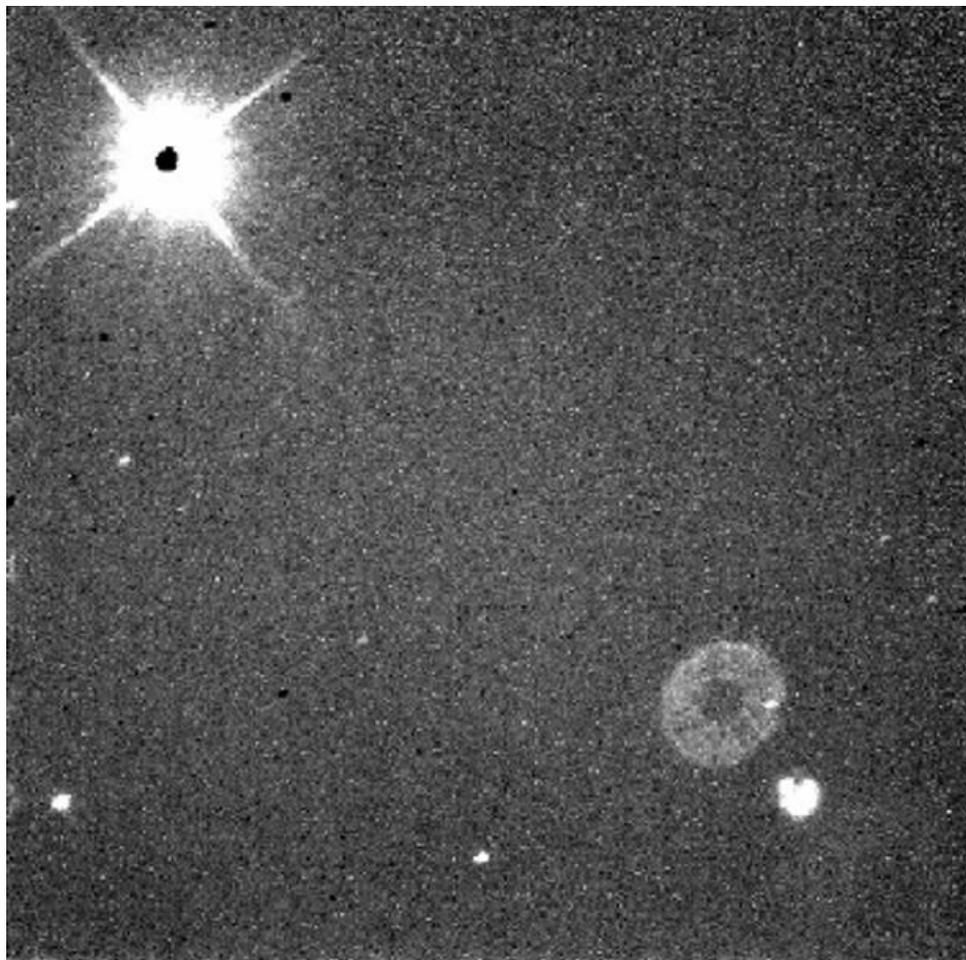
部分ND Filterを使って撮影した η Car (IRSF:南天)



期待通りの画像が得られた



鹿児島1m望遠鏡(北天)でも可能

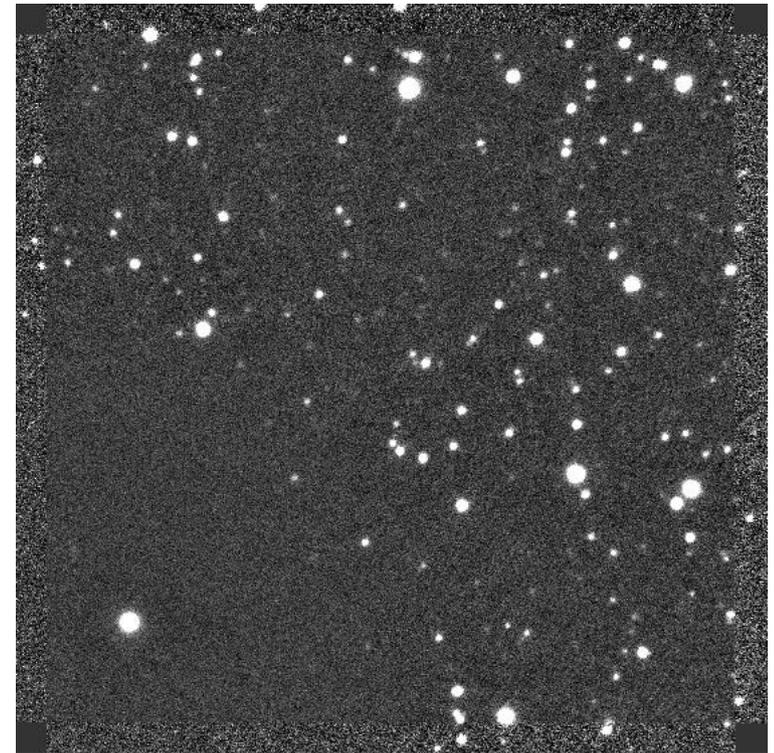
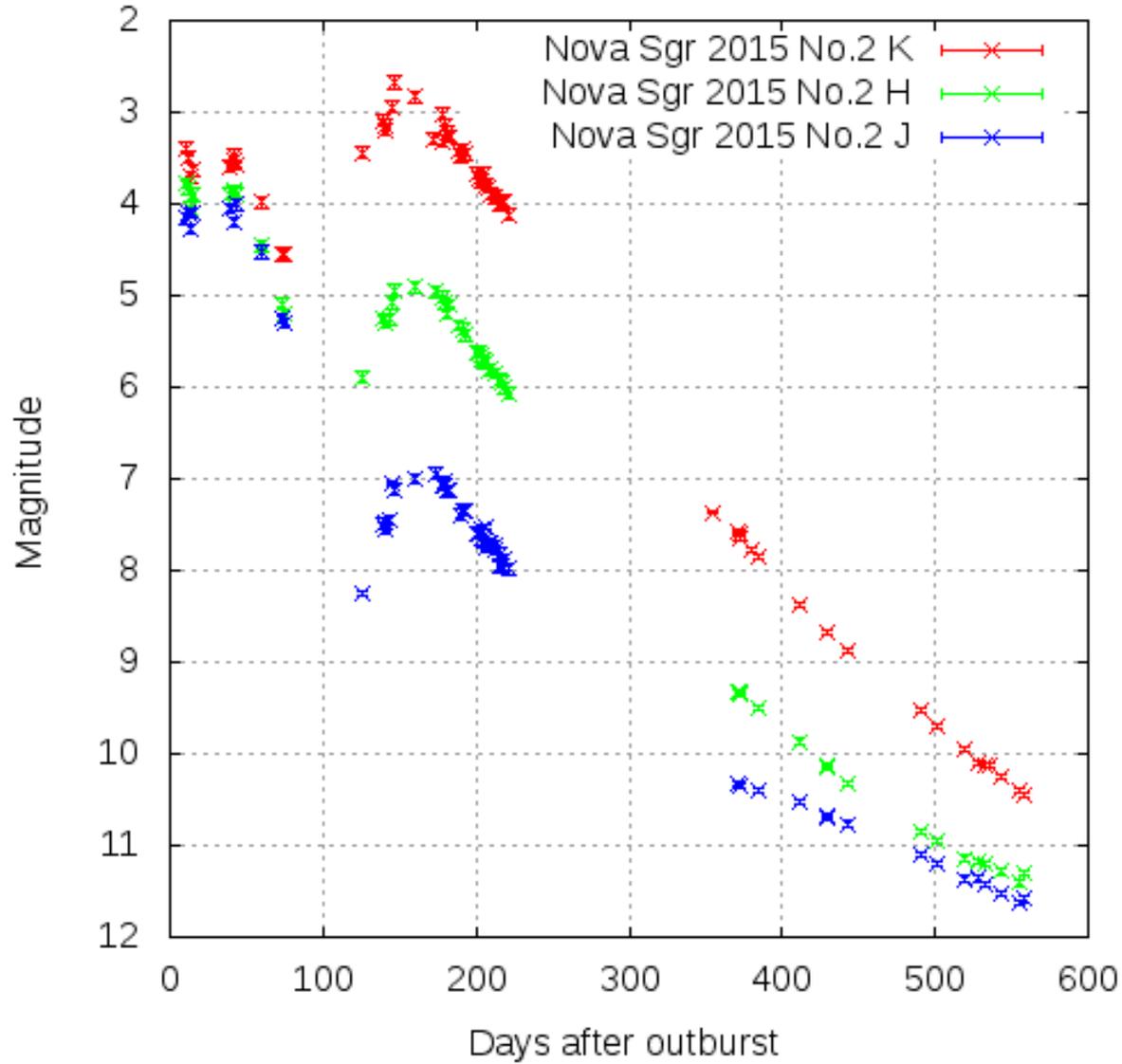


α Ori (ベテルギウス) with 1/20万 (13.25等) 部分減光フィルタ @ku1m
 $\lambda = 2 \mu\text{m}$ で全天でもっとも明るい (~ -4 等) 天体



—6等程度より暗ければ、数kpcより遠いII型超新星なら観測できる(と思っている)

Nova Sgr 2015 No2



昼間に超新星爆発が起きたら？

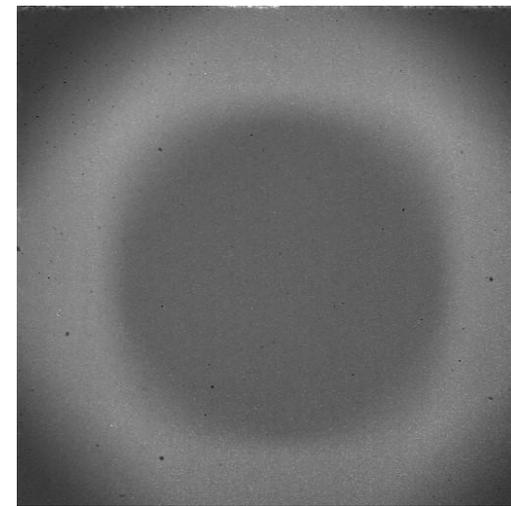
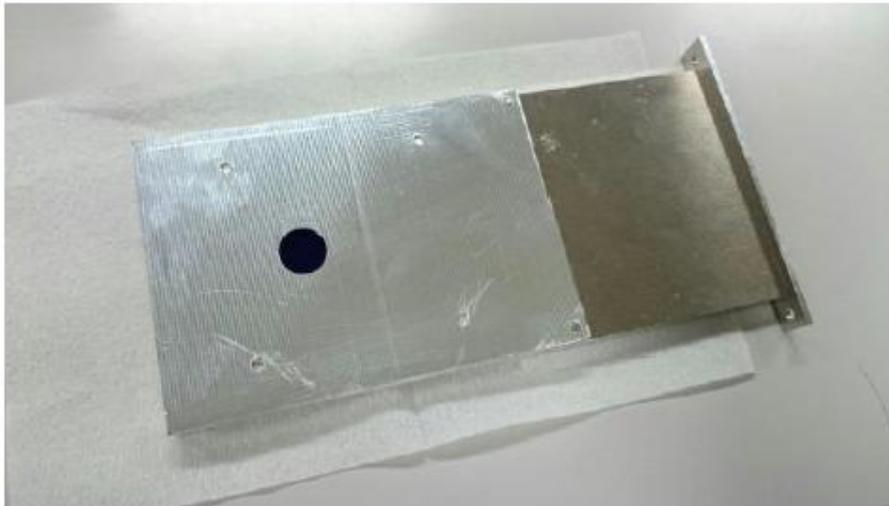
昼間といっても2つのパターン

1. ある地点において昼間という場合
世界のどこかは夜だから、そこでは観測可能
夜だったところはラッキー(ただし明るい天体の観測への備えは必要)
(GW170817 のときもこんな感じだった)
2. 天体が太陽に近い場合
世界中のどこでも夜間に観測することはできない
銀河中心方向(いて座)は11-12月はまさに太陽の方向

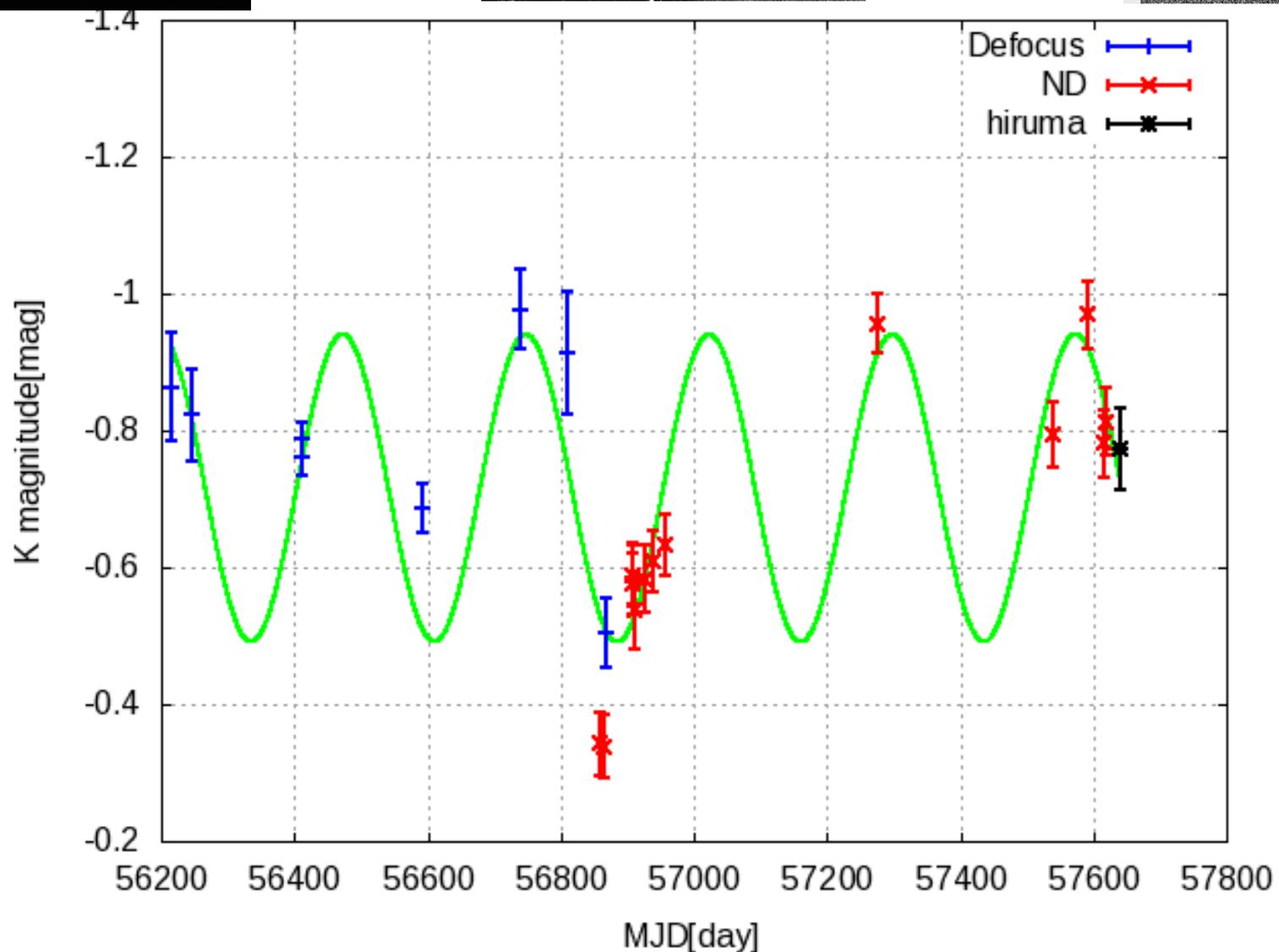
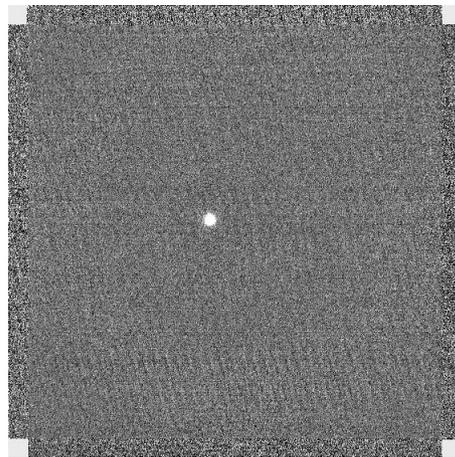
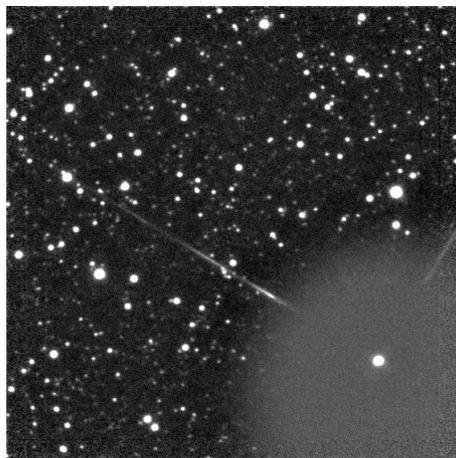
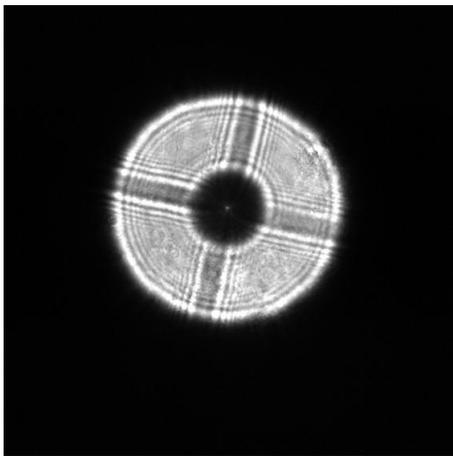
赤外線昼間観測

減光フィルタ → 空の明るさも暗くなる

近赤外線：超新星自体は十分明るい → 空さえ暗くすれば昼間でも観測可
さすがに視野内参照星は期待できないので、既知の1等星などを標準星とするしかない



I R S F では全面減光フィルタを使って、視野 $\square 7'$ での観測も可能
(η カリーナの観測などは実際に昼間もやっている)



実際の観測

夜の場合

○ まだターゲットが見つからないとき

- ・ とりあえず、減光フィルタなしでエラー範囲を掃天
- ・ IRSF(南): $\square 7'$ 、鹿児島(北): $6' \times 4'$ (2年後)
- ・ 1視野あたり ~ 10 秒、1平方度で900秒ぐらい
- ・ 減光フィルタなしなら、とてつもなく明るく映るので、一発でわかるはず

○ ターゲットが見つかったら

- ・ 適切な減光率の部分減光フィルタで観測できるかぎり測光観測
- ・ きっと銀河面だから参照星には困らないはず
- ・ よほど準備しているところ以外は正確な測光は無理なので独壇場となる？

昼間の場合

○ よほど明るくない限り、おそらく誰も特定できていないだろうから

- ・ 全面減光フィルタでともかくエラー範囲を掃天
- ・ 視野、サーベイ速度は上と同じ 1平方度で900秒ぐらい？
- ・ 基本的にも写らないはずだが、超新星が視野に入ればそれなりに明るい天体が写るので、一発でわかるはず
- ・ 訓練は必要だろう
(ベテルギウスとかアンタレスとかがエラー範囲の中に入るような座標で疑似アラートを出すとか)
- ・ IRSF、鹿児島ともに、いろいろなモードの観測で基本夜の観測なので、準備にかかる時間のほうがはるかに長そう

まとめ

- 銀河系内超新星は
Kバンドで -8等@1kpc, -3等@10kpc ぐらいになるだろう
明るすぎて通常の観測方法では観測できない
- 鹿児島、IRSFでは部分減光フィルタを準備
現存の1/20万フィルタで、-6 - -5等ぐらいまでは観測できる
- 赤色超巨星の候補～640個
ただか3kpc程度までなので、この中から爆発する可能性は高くないと思う
- どこで爆発するかは運次第
昼間の可能性もある
→鹿児島、IRSFでは昼間の観測も準備している