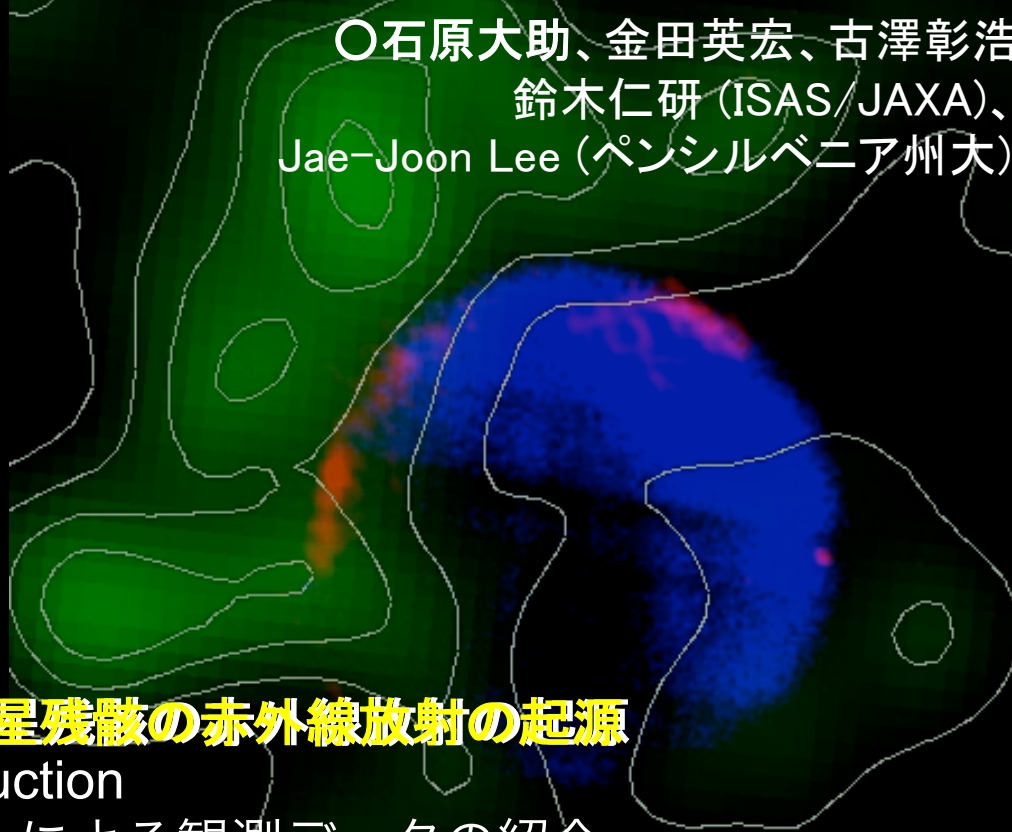


あかり全天サーベイマップを用いた 超新星残骸の高温プラズマ中のダストの観測

○石原大助、金田英宏、古澤彰浩、國枝秀世 (名古屋大学)
鈴木仁研 (ISAS/JAXA)、Bon-Chul Koo (ソウル大)
Jae-Joon Lee (ペンシルベニア州大)、Ho-Gyu Lee (トロント大)
尾中敬 (東京大学)



青: X線(Suzaku)
緑: 12CO (CGPS)
赤: 赤外線(AKARI)

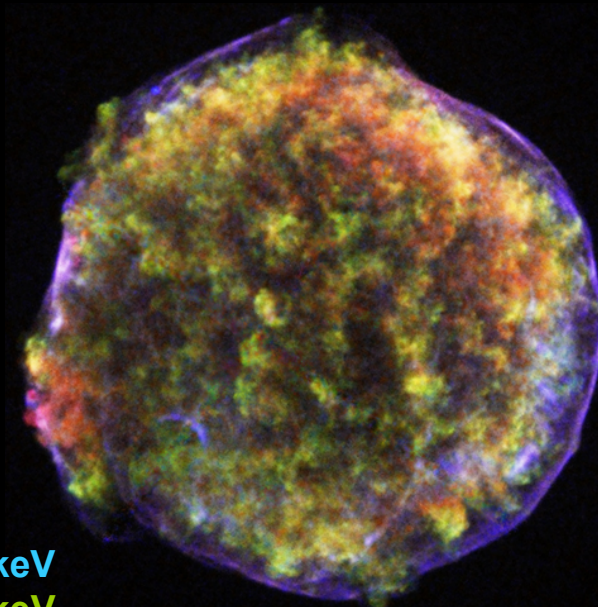
Tycho超新星残骸の赤外線放射の起源

- Introduction
- AKARI による観測データの紹介
- 赤外線放射の起源と物理状態の考察 (全体、NE、NW)
- Summary

「あかり」全天サーベイデータ

塵に蔽われたAGNの検出

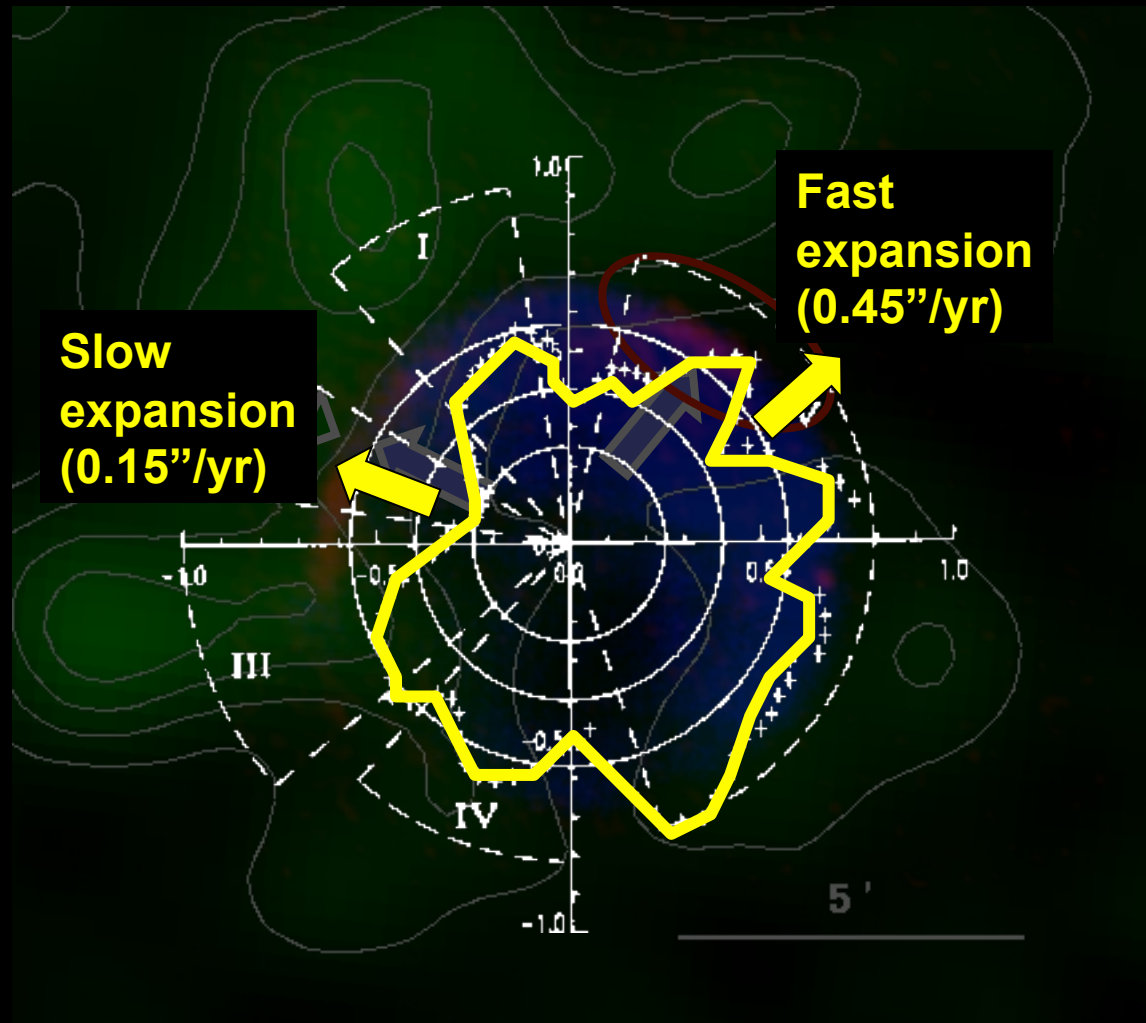
1. Tycho's SNR



4.1 -6.1 keV
1.63-2.26 keV
0.95-1.26 keV,
(Warren+ 2005)

- 1572年 Tycho Brahe による観測
- 距離 1.5~3.1 kpc (Chevalier+ 1980 etc.)
- サイズ 8' (5.3pc)
- Type Ia
- Extensively studied in X-ray, Radio and Optical
- Ejecta物質の膨張
(Furuzawa+ 2009)
- 赤外線を出している
 - + IRASで検出 (Schwartz 1995)
 - + ISO/ISOCAM (Douvion+ 2001)

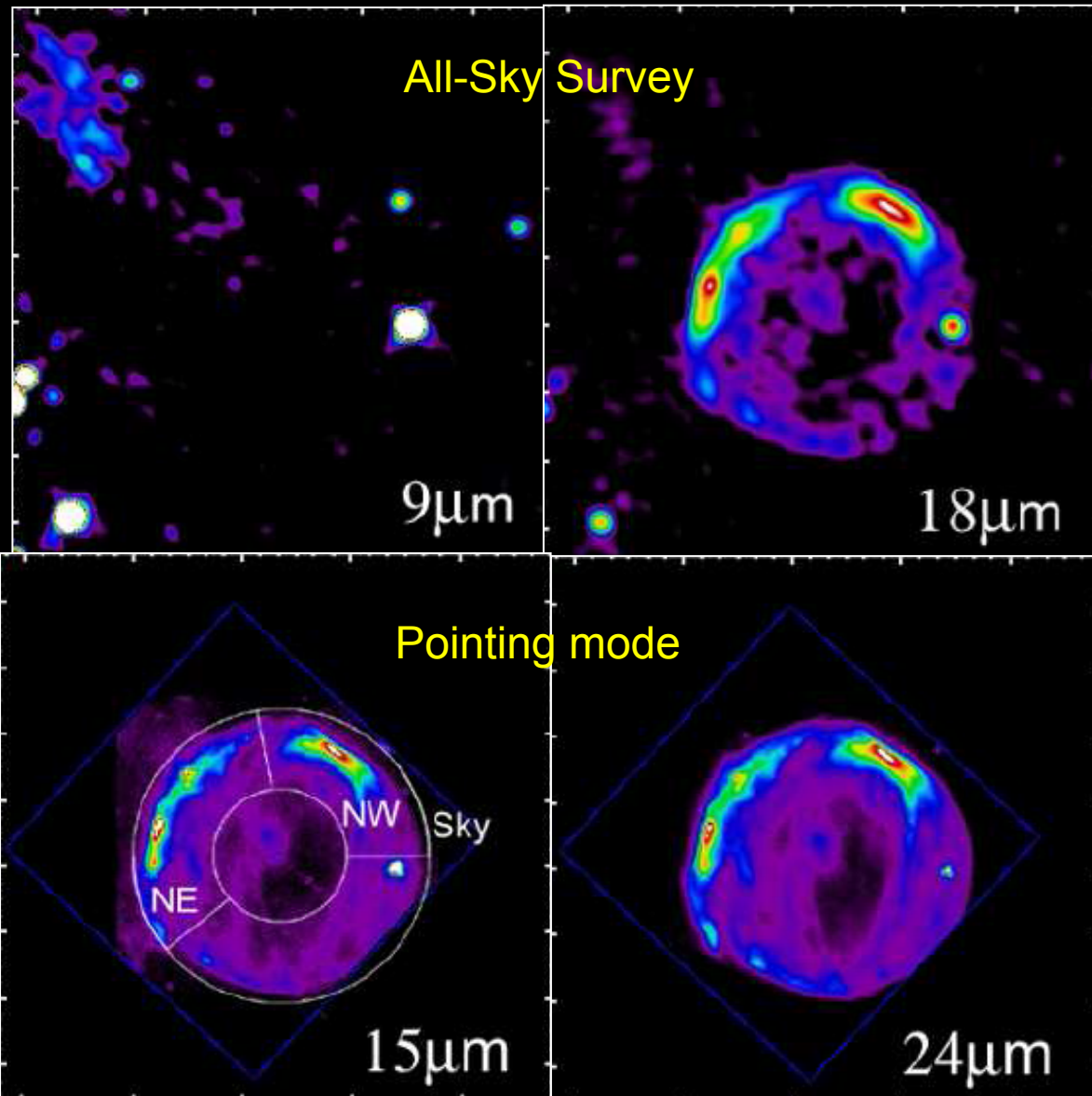
1. Tycho's SNR



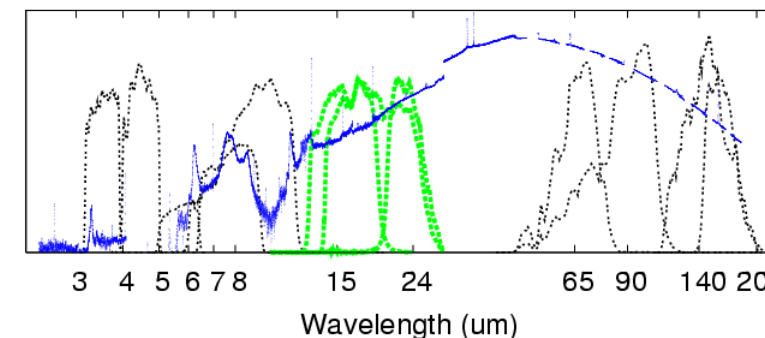
X-ray (Suzaku 0.1–12 keV)
Molecular cloud (12CO)
Hot dust (AKARI 18um)
Expansion velocity
from VLA 1375 Hz
(Reynoso+ 1997)

「あかり」の赤外線画像(9, 15, 18, 24, 65, 90, 140, 160um)から、ダストの物理状態と起源を探る。

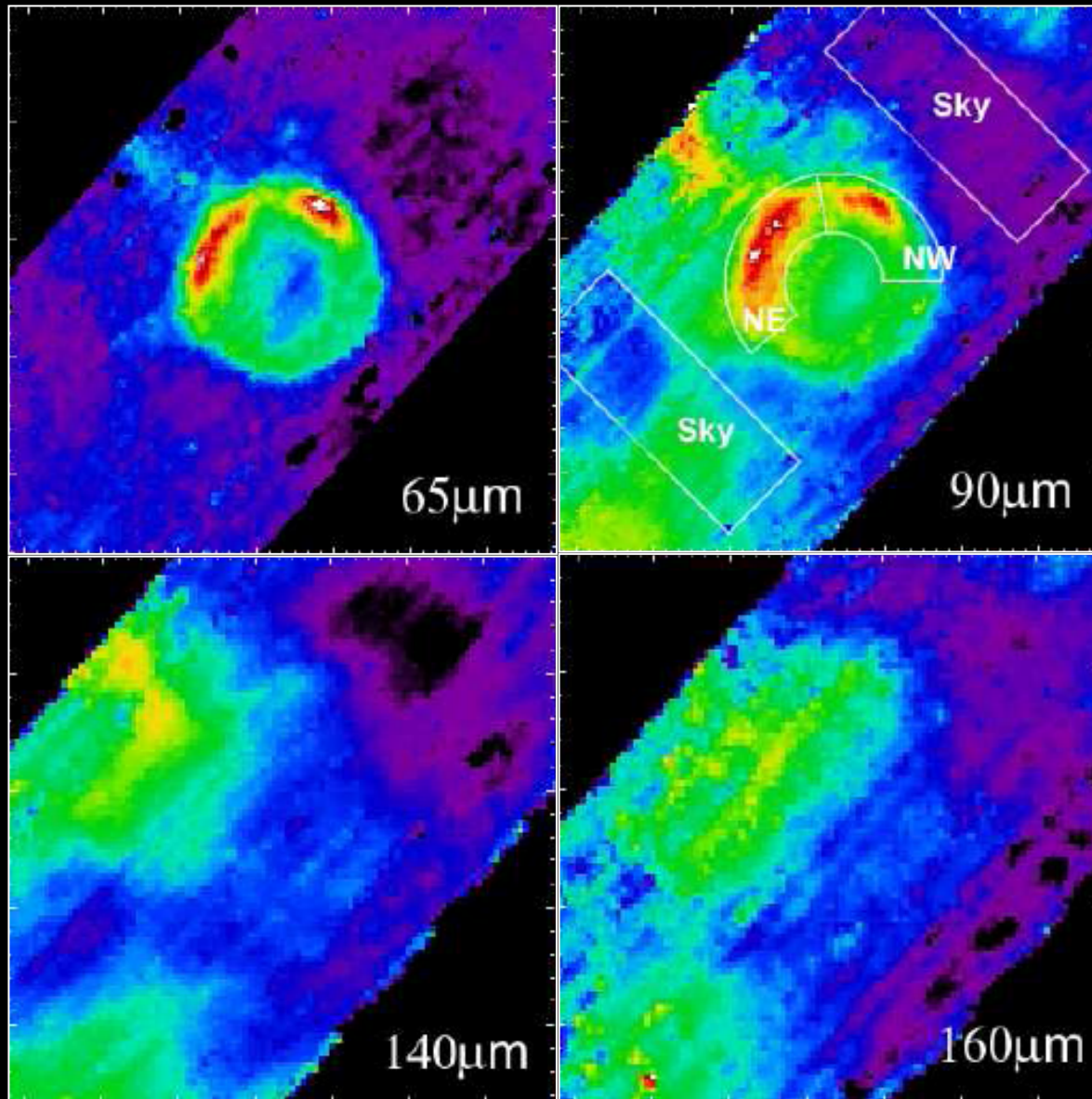
3. Infrared images (AKARI)



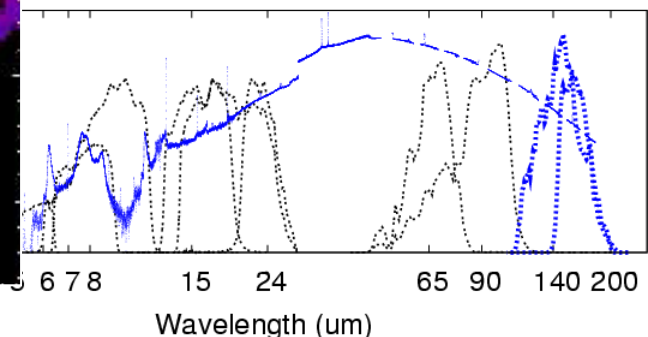
- あかり IRC 9 μ m
+ SNRと異なる形状
... ISMのPAH蛍光輝線
- あかり IRC 15,18,24 μ m
+ シェル状の放射
+ NEとNWに明るい箇所
...SNRからのダスト放射



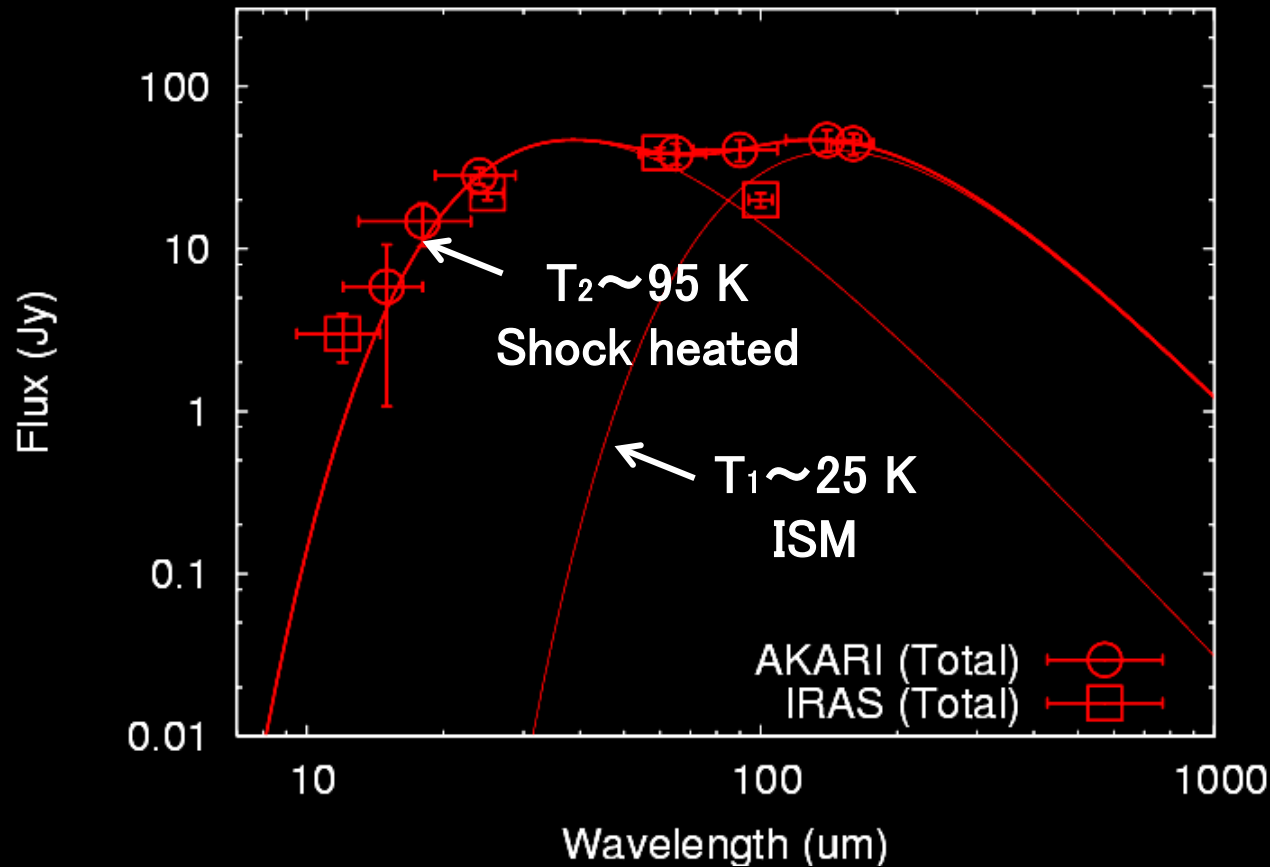
3. Infrared images (AKARI)



- あかり IRC 9 μm
 - + SNRと異なる形状
 - ... ISMのPAH蛍光輝線
- あかり IRC 15, 18, 24 μm
 - + シェル状の放射
 - + NEとNWに明るい箇所
 - ... SNRからのダスト放射
- あかり FIS 65, 90 μm
 - + シェル状の放射
 - + NEとNWに明るい箇所
 - ... SNRからのダスト放射
 - + 左上に構造
 - ... ISMのダスト
- あかり FIS 140, 160 μm
 - + Inter stellar cold dust



4.1 赤外線放射の起源 ダスト温度・半径方向の分布から



Total SED

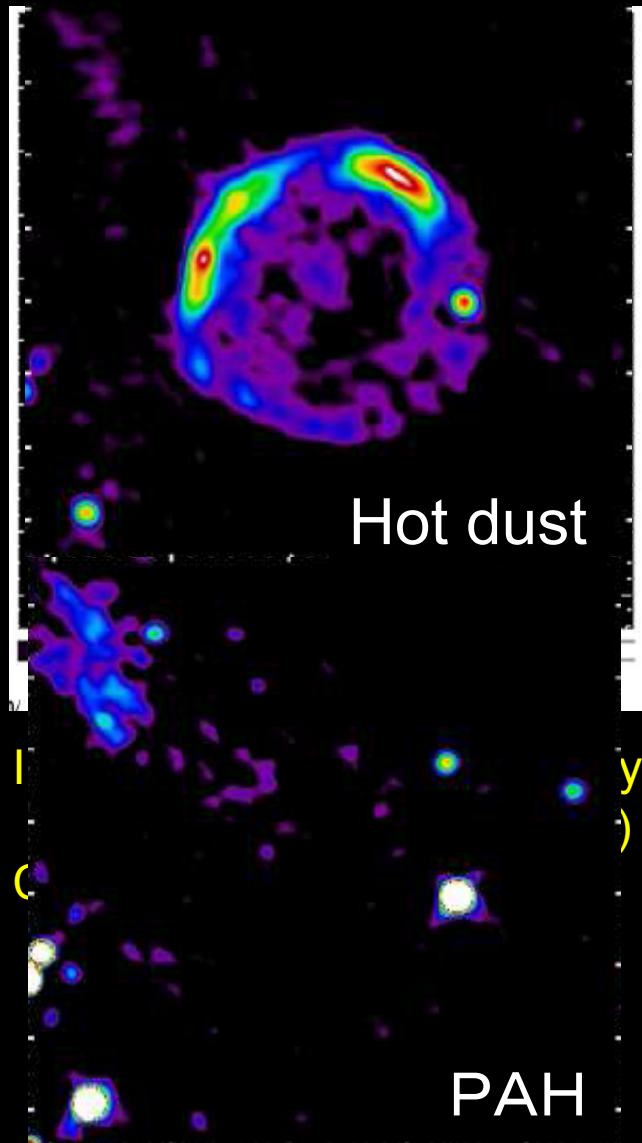
- AKARI +
IRAS (過去の観測例)
- 2温度で記述
 $T_1 \sim 25$ K ... ISM
0.3 Msun
 $T_2 \sim 95$ K ... Shock heated
 $1e-3$ Msun

⇒ 衝撃波で加熱されたISM

4.1 赤外線放射の起源 ダスト温度・半径方向の分布から

ダスト温度

⇒ シェルの外側(衝撃波の近く)で高い



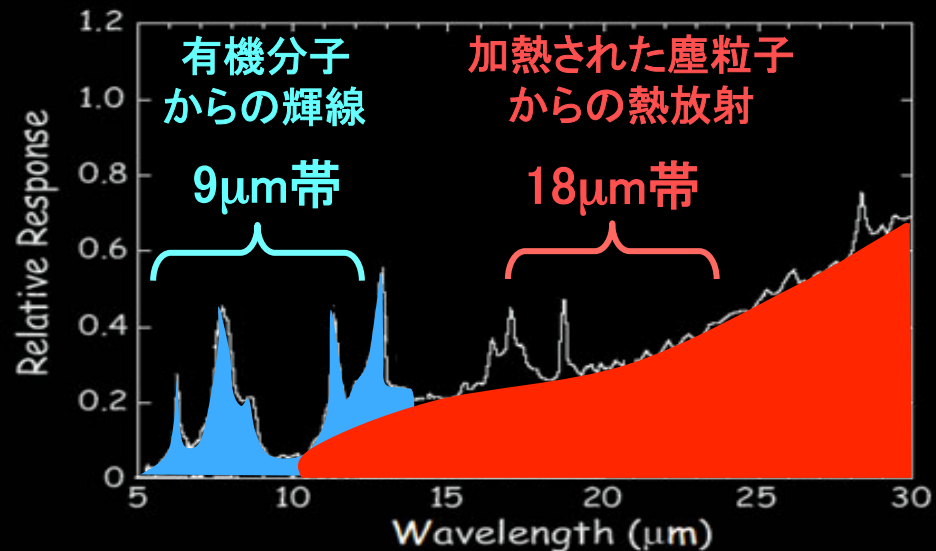
ダ

ニ

τ

(

PA



星間空間の一般的なスペクトル

同じサイズのダストの1/100~1/1000

⇒ < 1 yr ... ほぼ壊滅

破壊

yr

1994)

m-3

ール

4.1 赤外線放射の起源 ダスト温度・半径方向の分布から

ダスト温度

⇒ シェルの外側(衝撃波の近く)で高い

ダスト(silicate)破壊のタイムスケール

プラズマ中でのspatteringによるダストの破壊

ISMダストが衝撃波で加熱され、
post-shockプラズマの中で衝突破壊されている
⇒ 色温度～100 Kのシェル構造

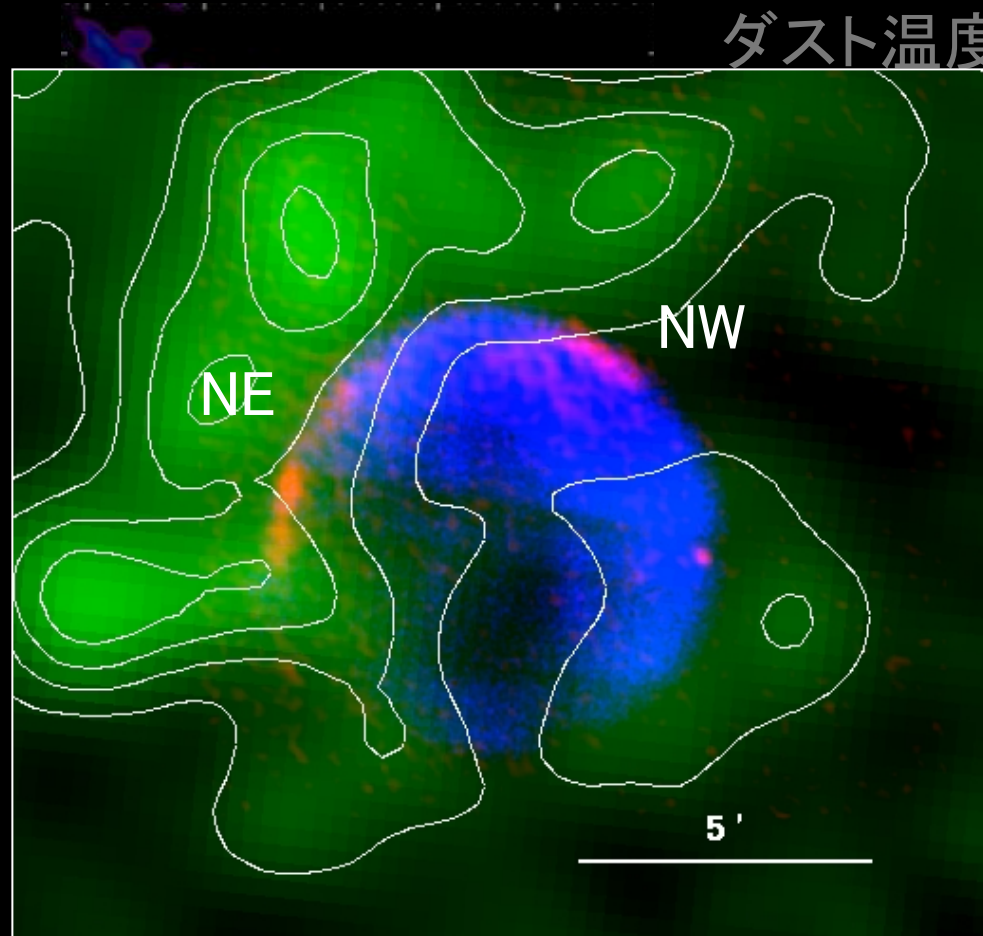
⇒ 150 yr ⇔ 500 yr (SNRの年齢)

PAH (small graphite) の破壊タイムスケール
同じサイズのダストの1/100～1/1000

⇒ < 1 yr ... ほぼ壊滅



4.2 NEとNWの赤外線放射の起源



の外側(衝撃波の近く)で高い

ate)破壊のタイムスケール

コでのspatteringによるダストの破壊

熱され、

で衝突破壊されている

エル構造

(1994)

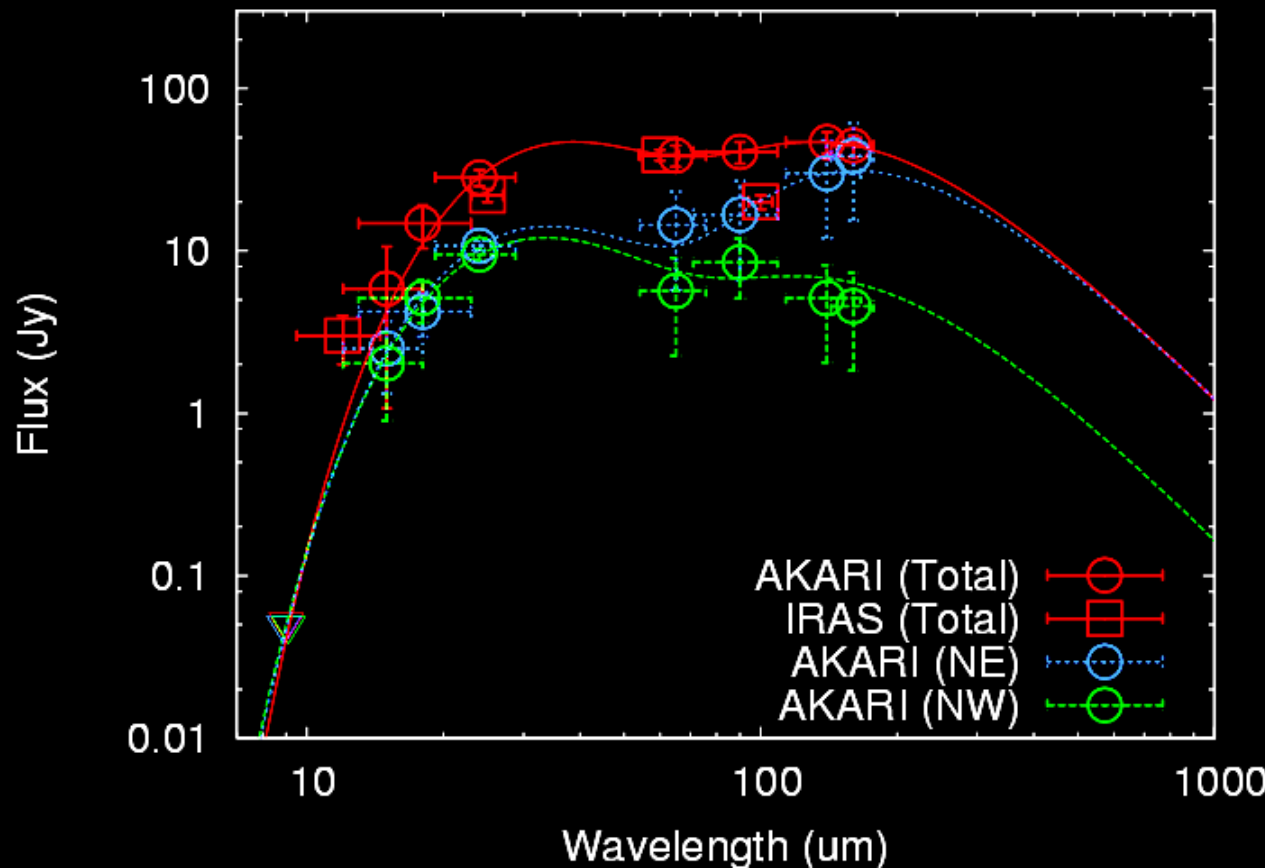
icate), $a=1\text{mm}$, $T=0.4\text{eV}$, $n=10\text{ cm}^{-3}$

yr $\Leftrightarrow$ 500 yr (SNRの年齢)

(graphite) の破壊タイムスケール

とくに明るいところ(NEとNW)の
赤外線放射の起源(物理)は？

4.2 NEとNWの赤外線放射の起源

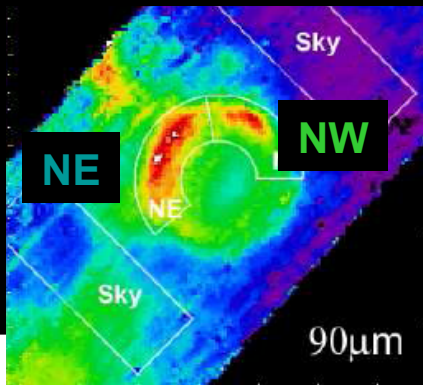


Total SED

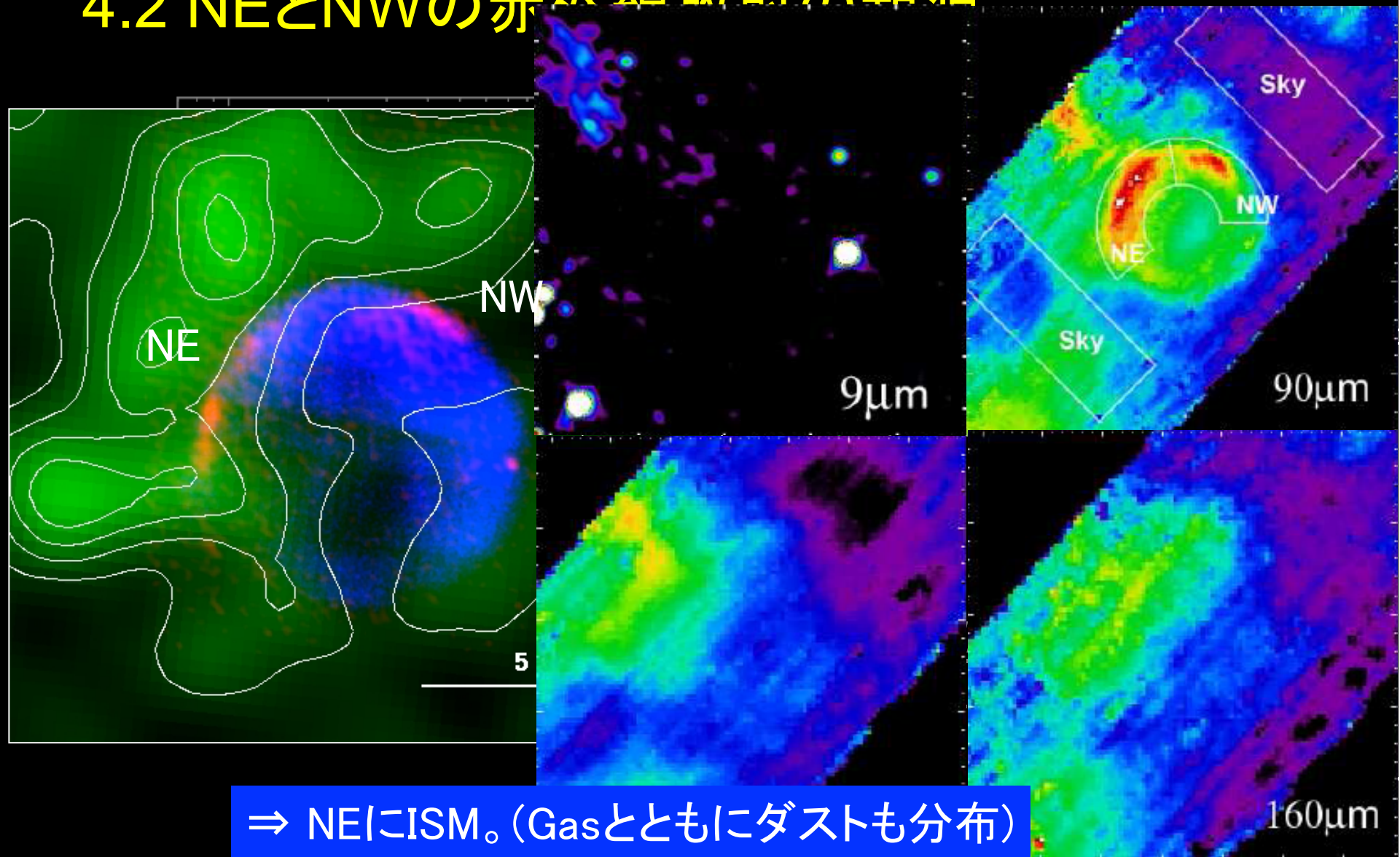
- AKARI +
IRAS (過去の観測例)
- 2温度で記述
 $T_1 \sim 25 \text{ K} \cdots \text{ISM}$
 0.3 Msun
 $T_2 \sim 95 \text{ K} \cdots \text{Shock heated}$
 $1e-3 \text{ Msun}$

NE、NWのlocal SED

- 同様に2温度で記述
- NEに大量のcold dust
 $\Rightarrow \text{ISM起源}$
- NWには無し

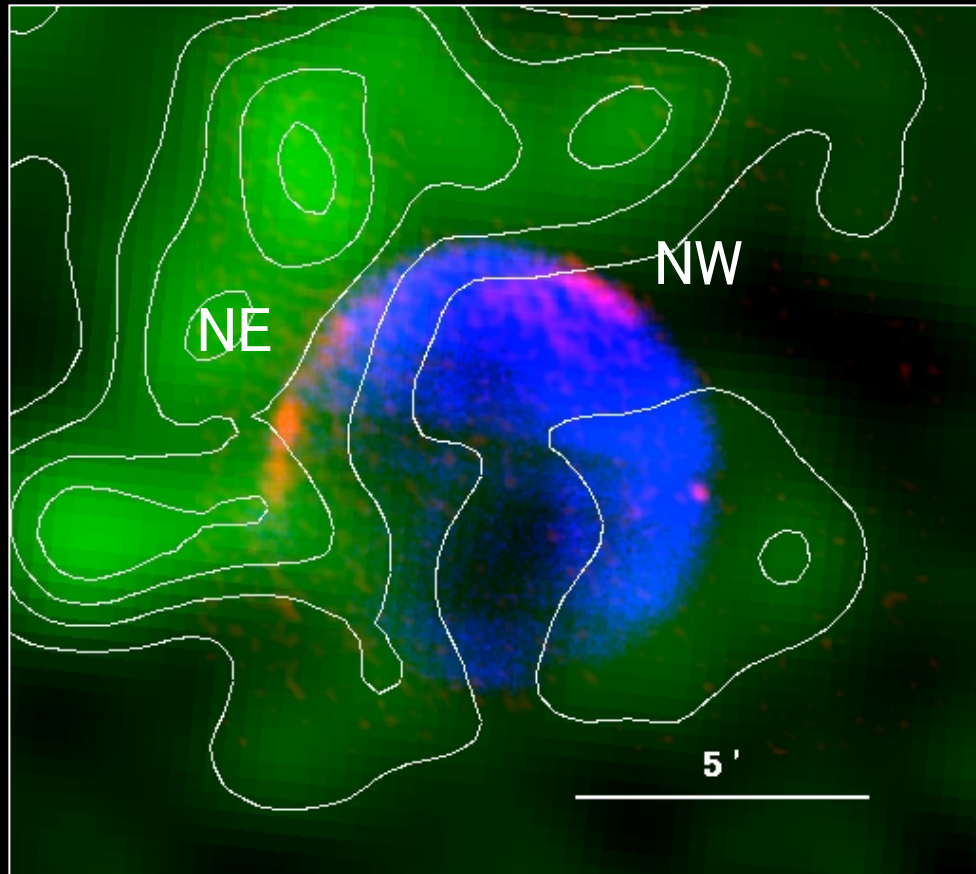


4.2 NEとNWの赤外線放射の分布



VIには無し

4.2 NEとNWの赤外線放射の起源

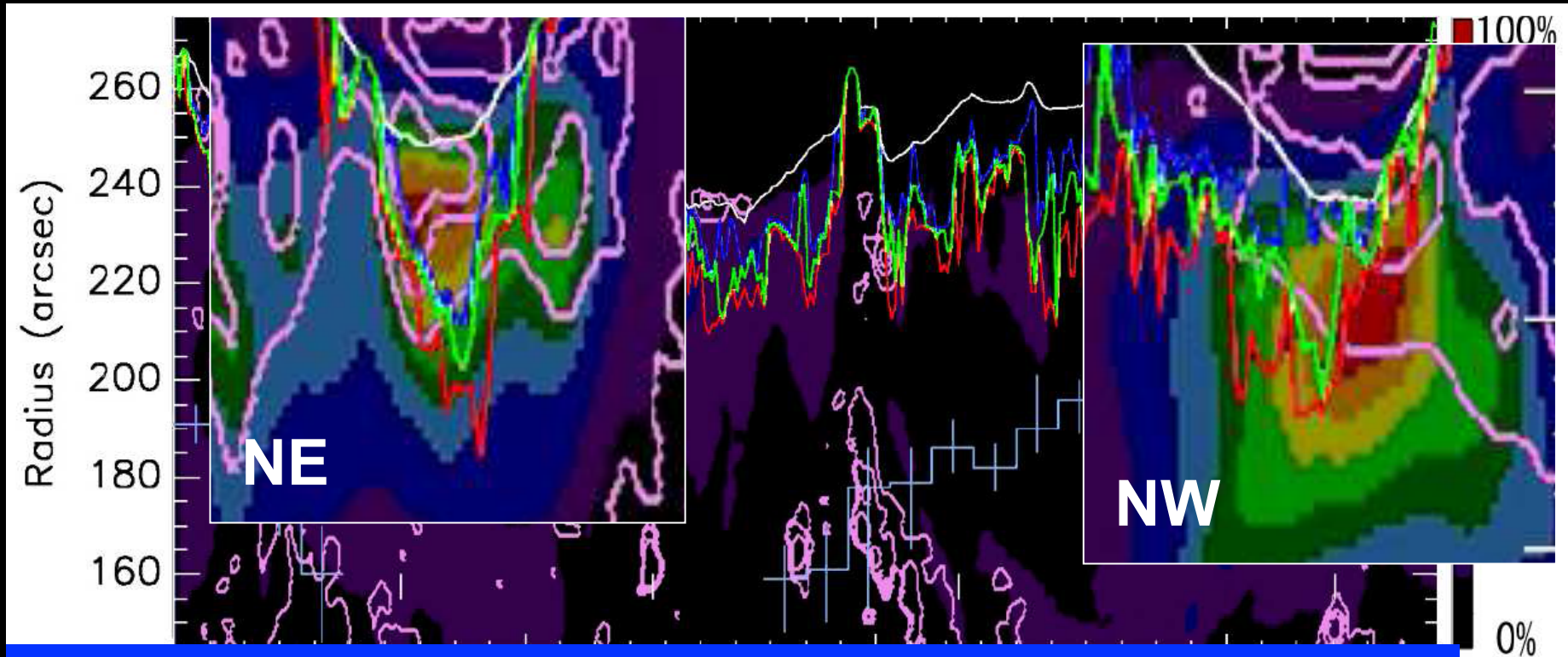


⇒ NWはガスが殆ど無いのに、
hot dust が多い。

	NE	NW
Gas (H ₂) -60~-63 km/s	20 Msun	2 Msun
Hot dust (~100 K)	2e-4 Msun	2e-4 Msun
Ratio Gas/Dust	1e4	1e5
Cold dust (~20 K)	0.3 Msun	0.03 Msun
Ratio Gas/Dust	70	70

NE、NWともに典型的なISMの値
100~200 (Sodroski+ 1994)

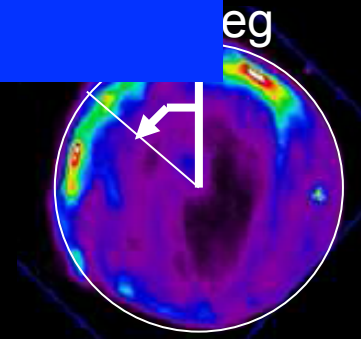
4.2 NEとNWの赤外線放射の起源



Swept-upされた物質ではなく、ejectaと共存している。
⇒ Ejectaの中で生成されたダスト(?)

- (image) 24 μ m emission
(Contour) Dust temperature (15 μ m/24 μ m)
- Blast wave
 - Contact discontinuity (1 σ , 2 σ , 3 σ)
 - Reverse shock

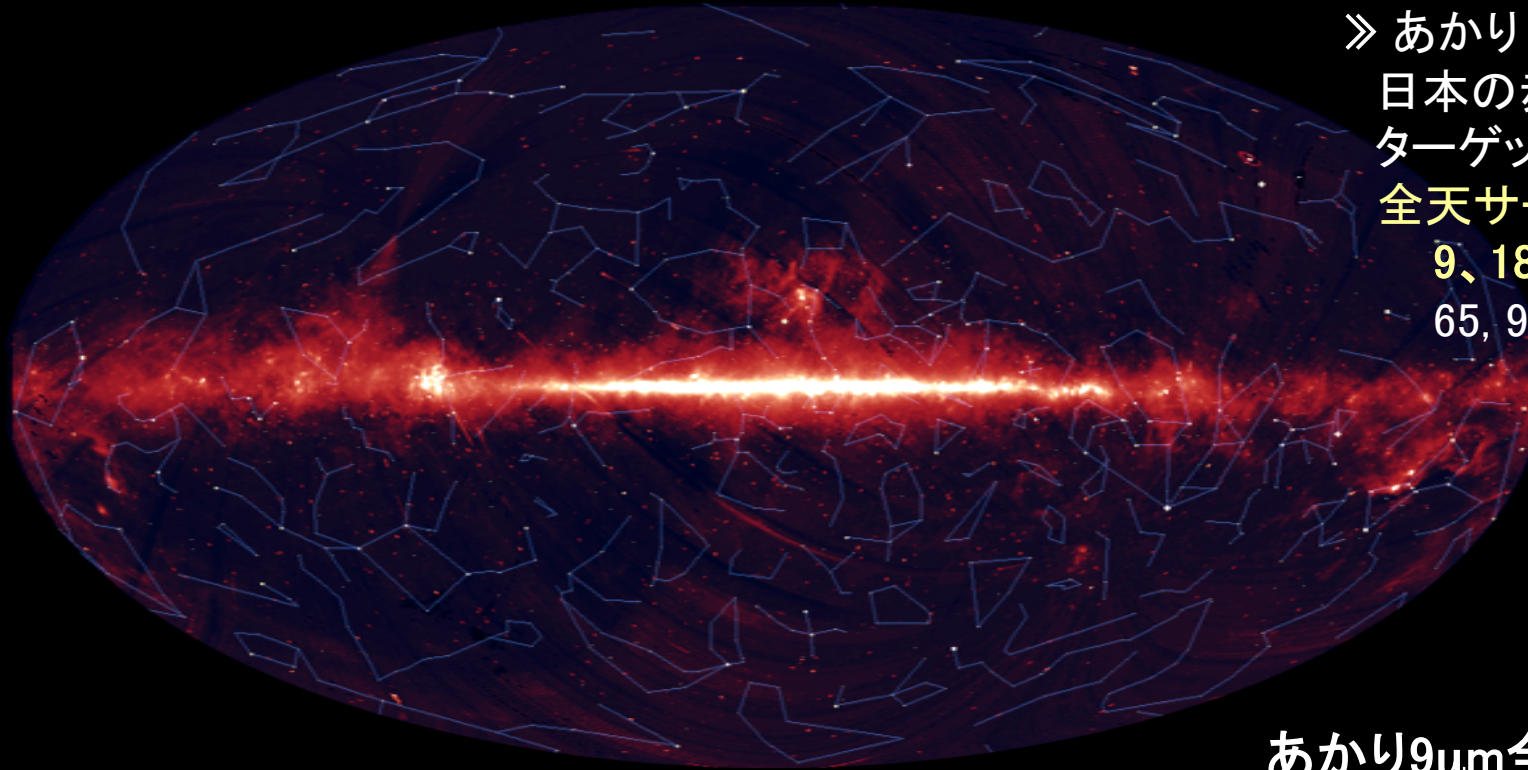
(Warren+ 2008)



5. まとめ

- Tycho's SNRを、赤外線(「あかり」9 μ m~160 μ m)で観測。
⇒ ダストの物理状態(温度分布・加熱源)とその起源(ISM or ejecta)を考察。
- ISMダストが、シェル状に広がる衝撃波に過熱されプラズマ中で破壊されてゆく様子が見えている。
- NEに大量のISMが存在し、残骸と interaction をしている。
(さらに、SNRから直線状に伸びる加熱源が示唆される)
- NWにISMは存在しないが、Hot dustが見られる。
 - ガス-高温ダスト比が少ない(ガスが少ない)
 - 不連続面の内側で光っている
⇒ Ejecta からのダスト生成？
- Type Iaでもダスト生成の兆候の発見は初めて。
⇒ 現在・初期宇宙での物質生成史の研究にインパクト
- 「あかり」赤外線データによる超新星残骸の解析の重要性

「あかり」中間赤外線全天サーベイデータ



» あかり (2006～2011)
日本の赤外線天文衛星
ターゲット指定観測
全天サーベイ観測
9、18μm
65, 90, 140, 160μm

あかり9μm全天画像
(Ishihara et al. 2006, 2008)

「あかり」中間赤外線全天サーベイデータ

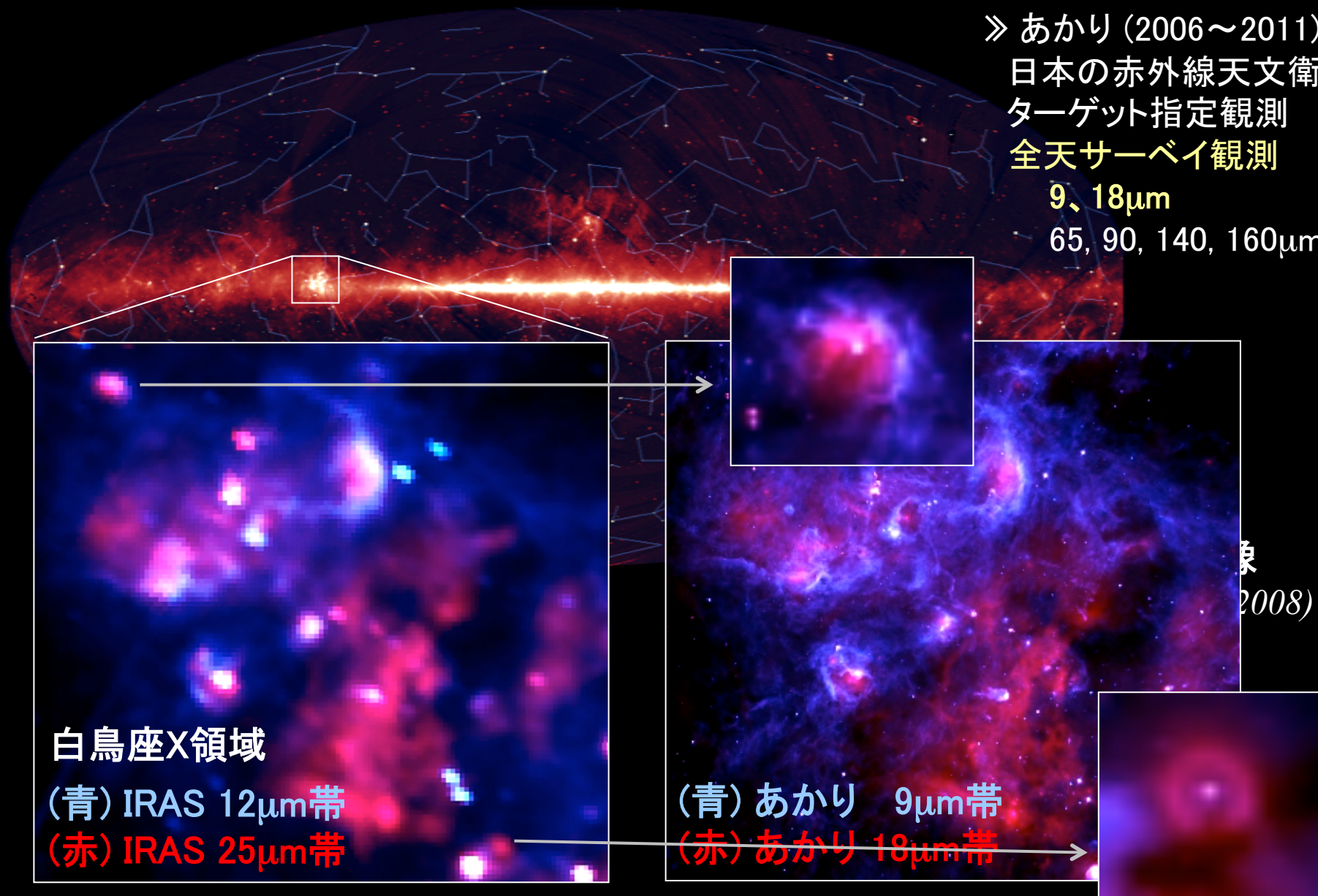
» あかり (2006~2011)
日本の赤外線天文衛星
ターゲット指定観測
全天サーベイ観測
9、18 μm
65, 90, 140, 160 μm

象
(2008)

白鳥座X領域

(青) IRAS 12 μm 帯
(赤) IRAS 25 μm 帯

(青) あかり 9 μm 帯
(赤) あかり 18 μm 帯



「あかり」中間赤外線全天サーベイデータ

» あかり (2006~2011)
日本の赤外線天文衛星
ターゲット指定観測
全天サーベイ観測
9、18 μ m
65, 90, 140, 160 μ m

(青) あかり 9 μ m天体

(赤) あかり 18 μ m天体

あかり9 μ m全天画像

(Ishihara et al. 2006, 2008)

Table Performance of AKARI/MIR PSC

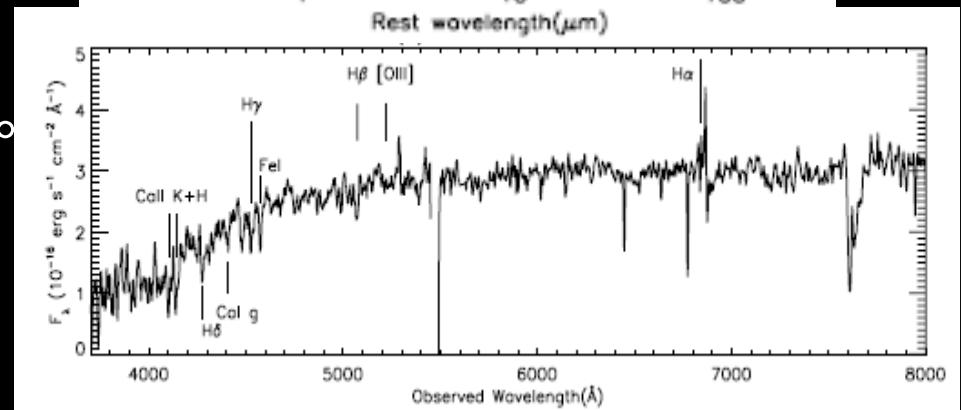
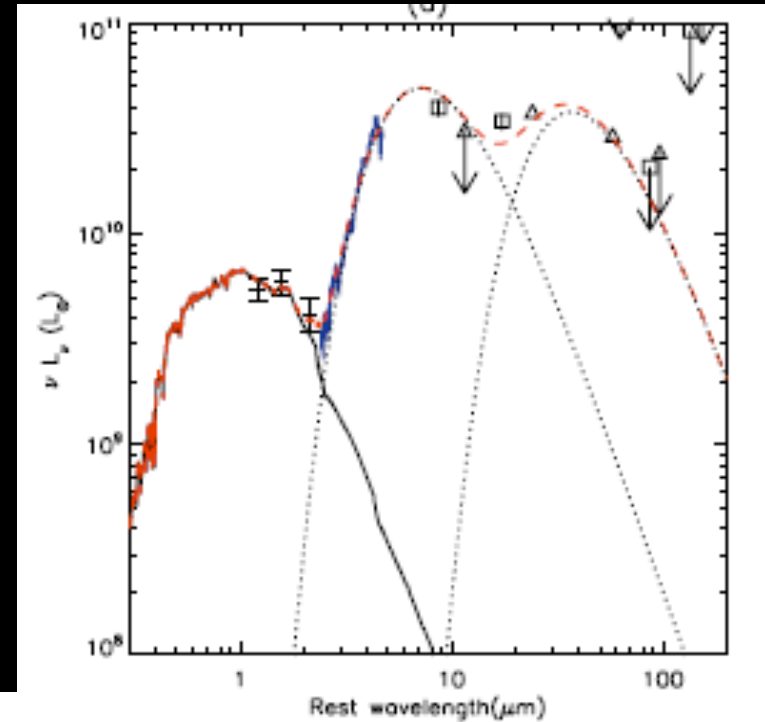
Band center	9 μ m	18 μ m
Detection limit (5 σ)	50mJy	90mJy
Position accuracy	<3''	
Num. of sources	844,649	194,551
	870,973	

(Ishihara et al. 2010)

AKARI detections of hot dust in luminous infrared galaxies (Oyabu, Ishihara et al. 2011)

「あかり」中間赤外線
全天サーベイソースを追観測

- 「あかり」近赤外線分光
高温($\sim 500\text{K}$)ダスト成分の検出
- 可視スペクトル
AGNの兆候がない
- 塵に埋もれたAGNと考えている。



5. まとめ

- Tycho's SNRを、赤外線(「あかり」9 μ m~160 μ m)で観測。
⇒ ダストの物理状態(温度分布・加熱源)とその起源(ISM or ejecta) を考察。
- ISMダストが、シェル状に広がる衝撃波に過熱されプラズマ中で破壊されてゆく様子が見えている。
- NEに大量のISMが存在し、残骸と interaction をしている。
(さらに、SNRから直線状に伸びる加熱源が示唆される)
- NWにISMは存在しないが、Hot dustが見られる。
 - ガス-高温ダスト比が少ない(ガスが少ない)
 - 不連続面の内側で光っている
⇒ Ejecta からのダスト生成？
- Type Iaでもダスト生成の兆候の発見は初めて。
⇒ 現在・初期宇宙での物質生成史の研究にインパクト
- 「あかり」赤外線データによる超新星残骸の解析の重要性