

赤外線観測

中島 紀(ただし)

作成:今西昌俊

1.赤外線観測とは？

可視光観測との違い

2.赤外線観測が適した天体

塵による吸収が大きな天体

低温の天体

宇宙遠方の高赤方偏移天体

すばる望遠鏡は可視光、赤外線望遠鏡



可視光

波長 $0.3-1\mu\text{m}$

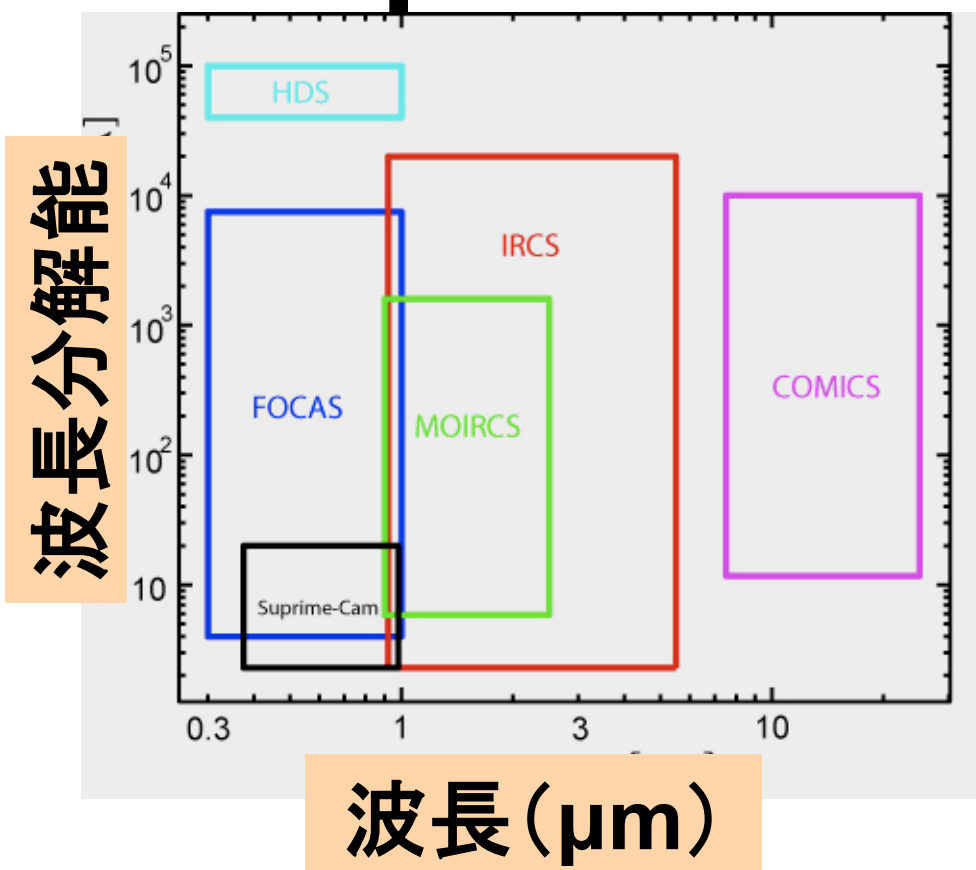
赤外線

波長 $>1\mu\text{m}$

可視光



赤外線

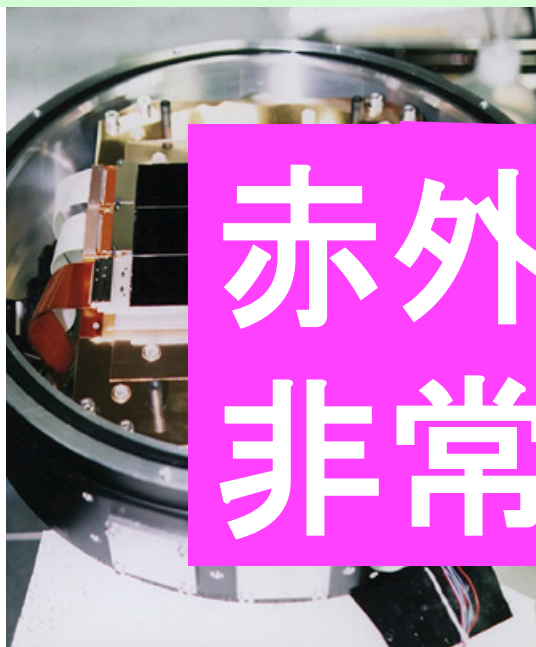


赤外線観測は難しい ①

CCDは赤外線に感度がない！

赤外線検出器: InSb, HgCdTe

すばる主焦点CCDカメラ



満月の広さを
一度に観測

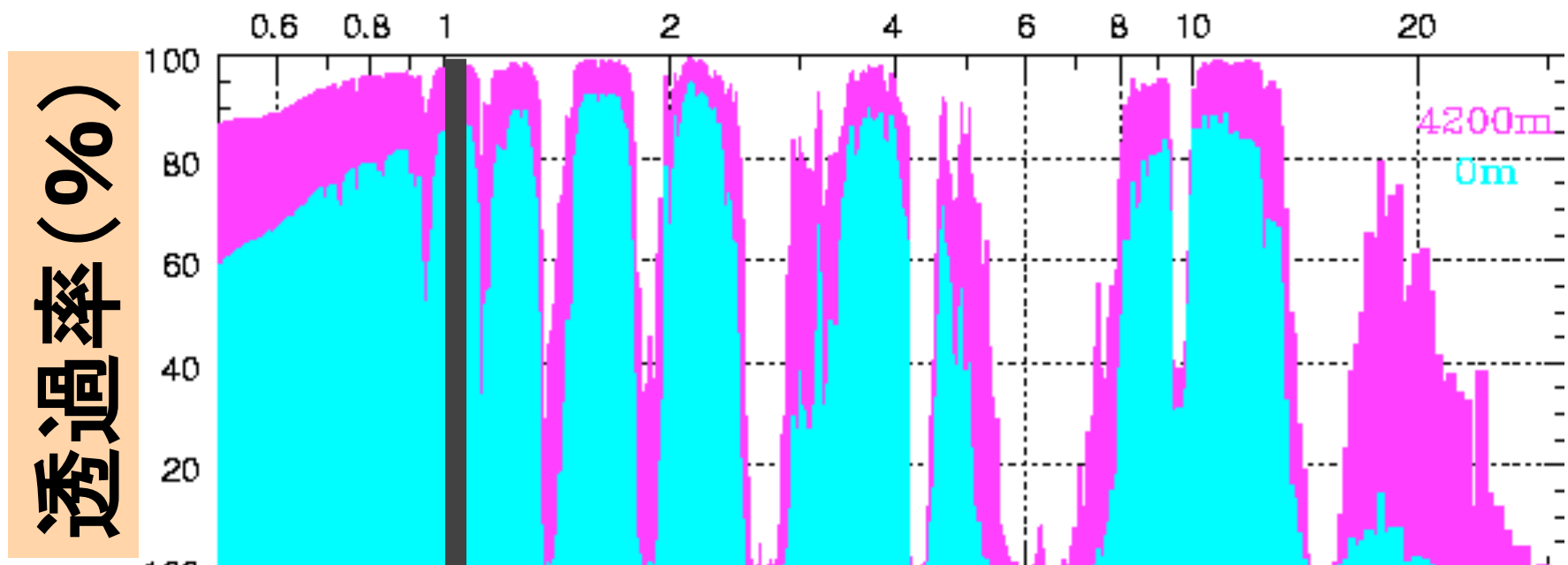


赤外線では
非常に困難

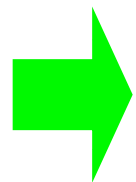
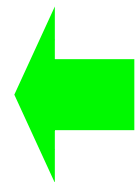
赤外線観測は難しい ②

地球大気を透過しない波長がある

波長(μm)



可視光

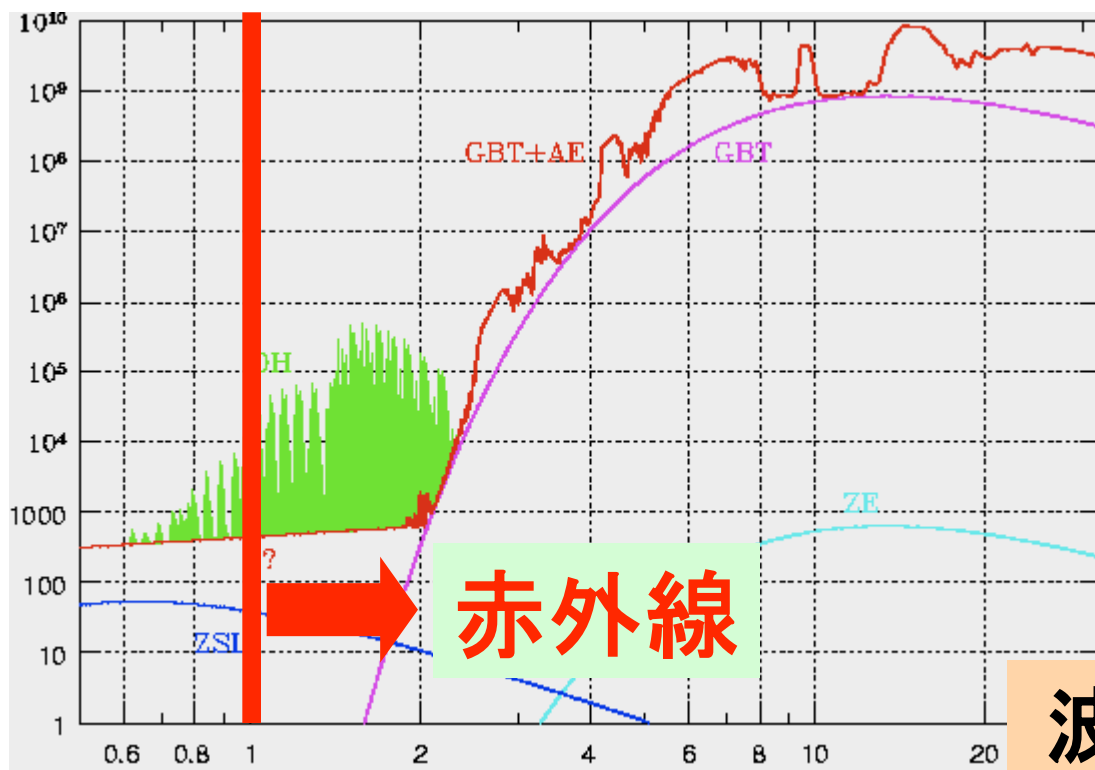


赤外線

赤外線観測は難しい ③

(天体以外の)背景放射が大きい

背景放射の強さ



ノイズが大きい

波長(μm)

夜空は、可視光では暗いが、
赤外線では明るい。

赤外線観測は難しい ③ 続き

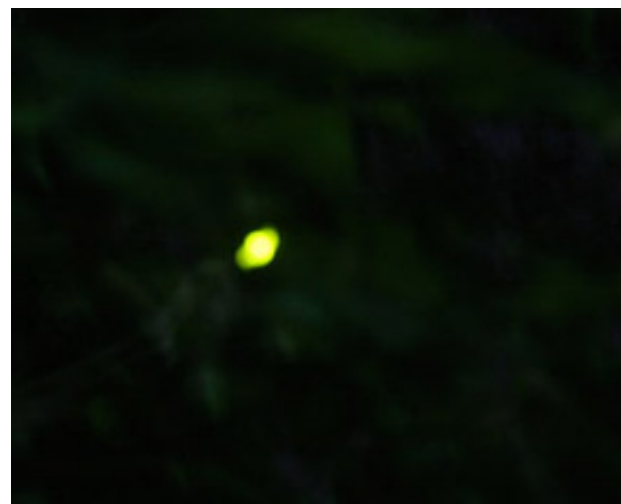
(天体以外の)背景放射が大きい

身近な例

京都哲学の道



蛍：夜は見える
(昼は見にくい)



可視光に比べて、発展が遅れて来た
(標準星の整備も遅れている)

1.赤外線観測とは？

可視光観測との違い

2.赤外線観測が適した天体

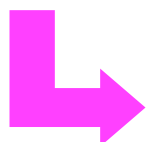
塵による吸収が大きな天体

低温の天体

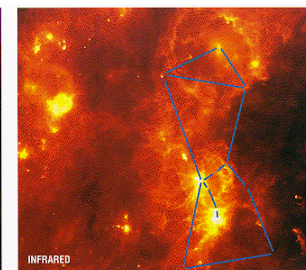
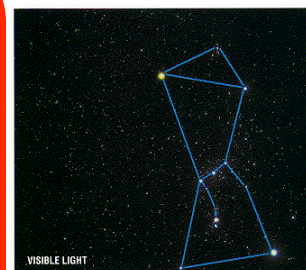
宇宙遠方の高赤方偏移天体

赤外線の特長（可視光に比べて）

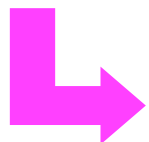
1. 塵による吸収が小さい



大量の塵をまとった天体

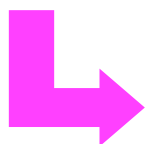


2. 低温の天体は赤外線で見える



褐色矮星

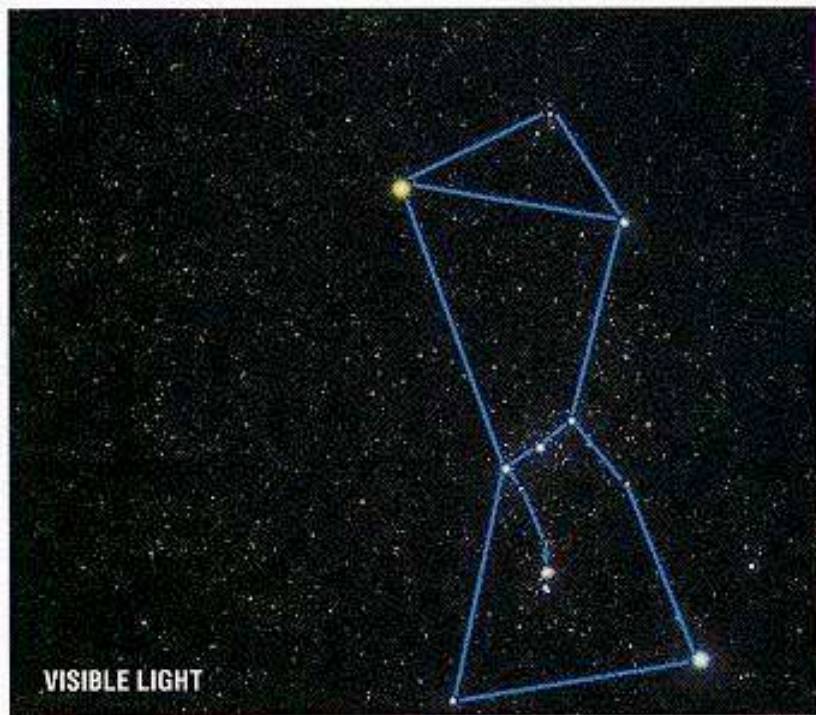
3. 赤方偏移で波長が伸びる



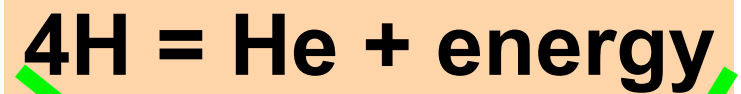
宇宙遠方の天体

星

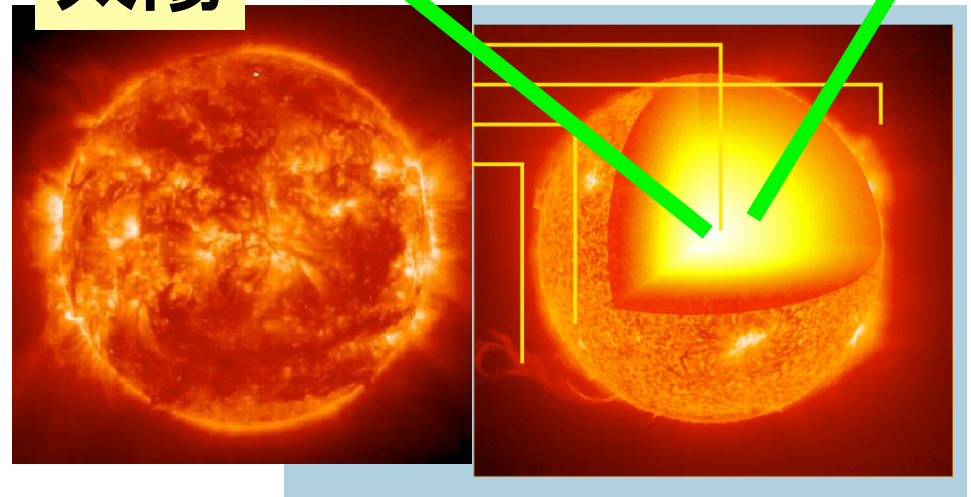
オリオン座



核融合反応

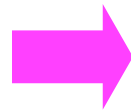


太陽

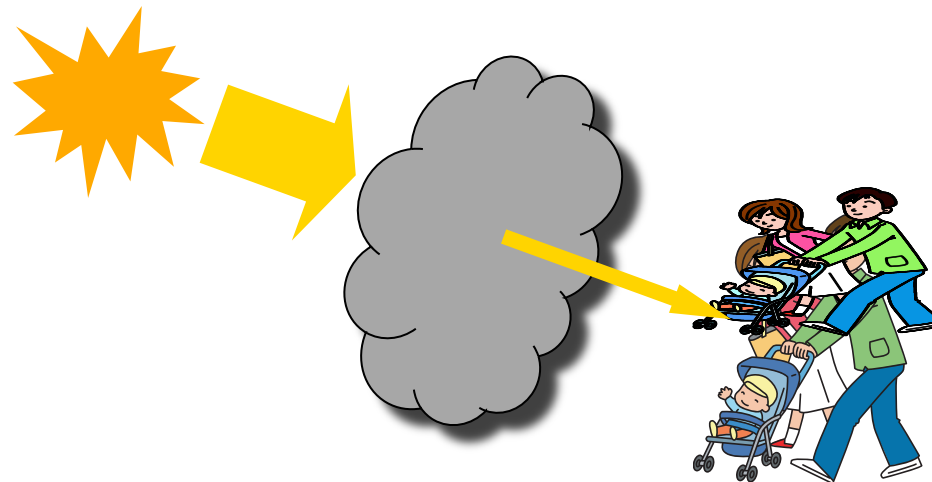
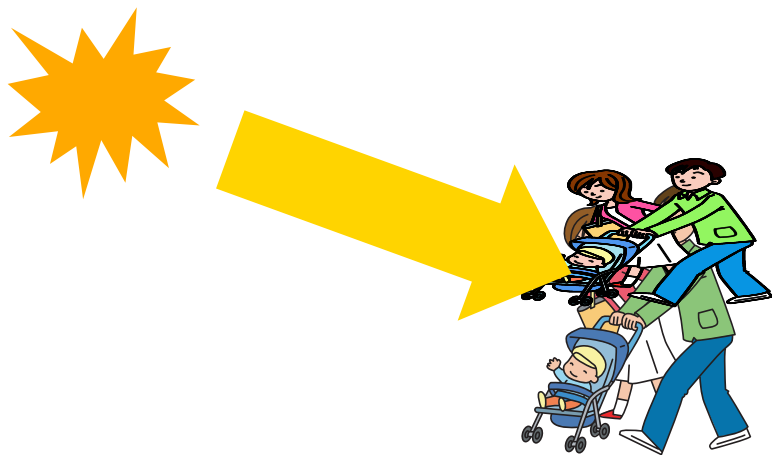


我々の銀河系の中にある

塵による吸収



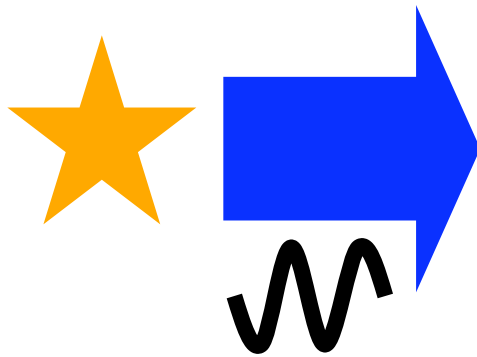
暗くなる



赤外線では塵吸収の影響は小さい

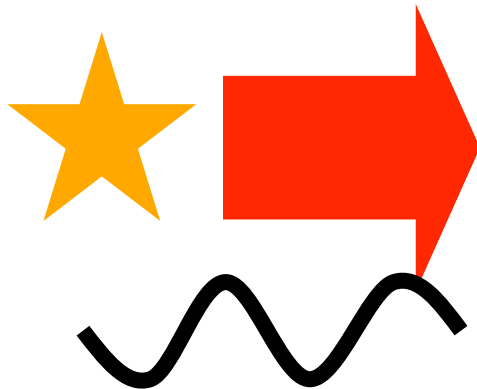
塵とガス

可視光



暗い

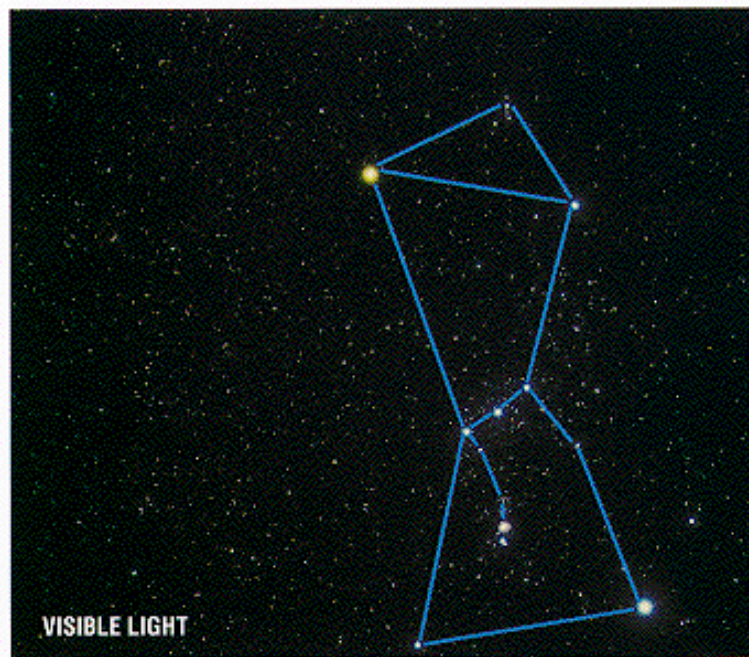
赤外線



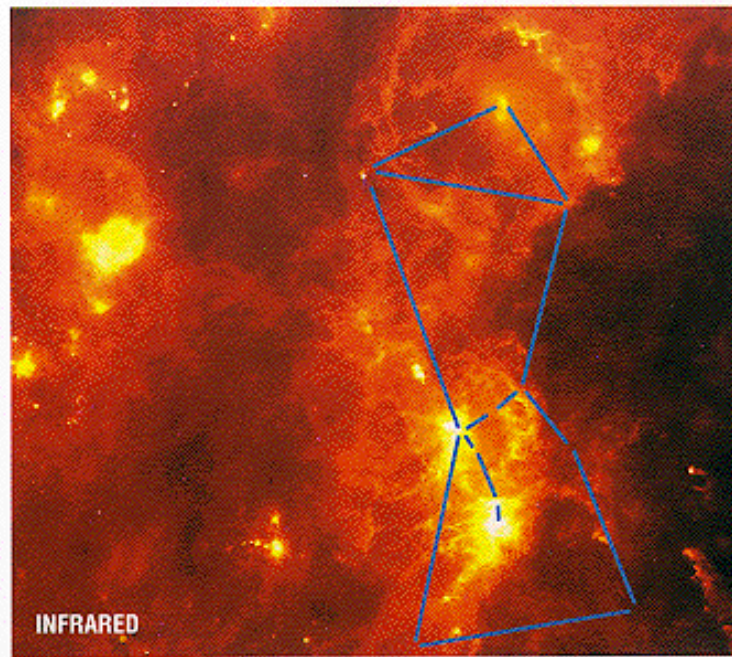
明るい

塵やガスに埋もれた星は、
赤外線のみで見える

可視光



赤外線



オリオン座

我々の銀河系の中
の星生成領域

ソングレロ銀河(M104)

可視光



赤外線



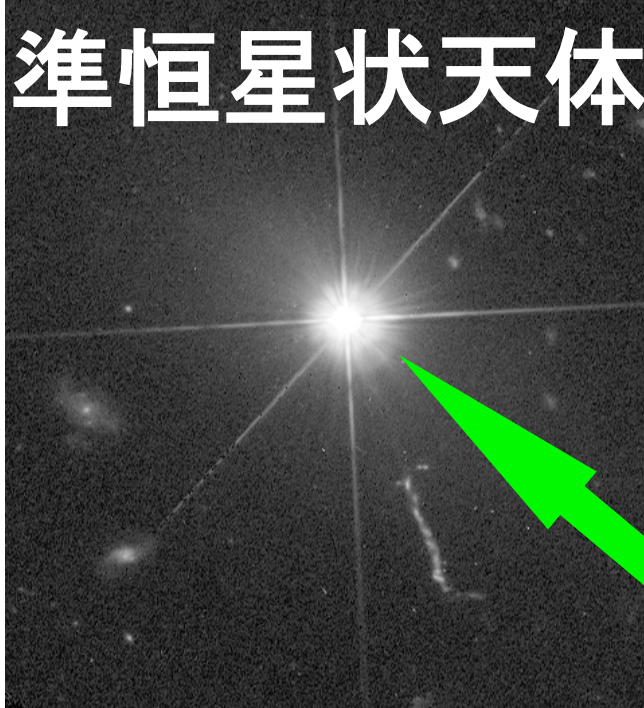
可視光+ 赤外線



塵に隠されて生じている
活発な星生成は、
赤外線でのみ見える

クエーサー (AGN) = 星のように見える

準恒星状天体

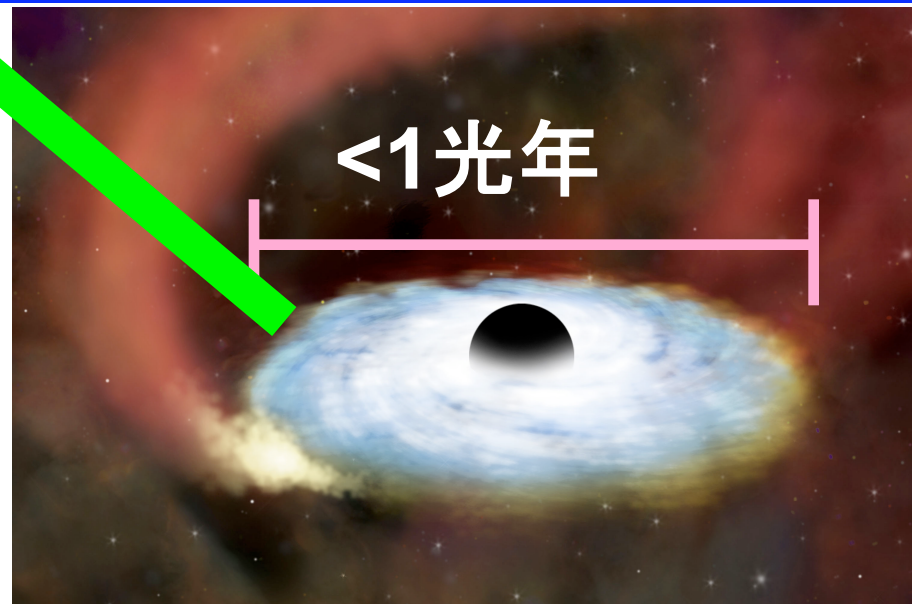


銀河系の外にある。

**太陽の数100万以上の質量
の超巨大ブラックホール
+ 降着円盤**

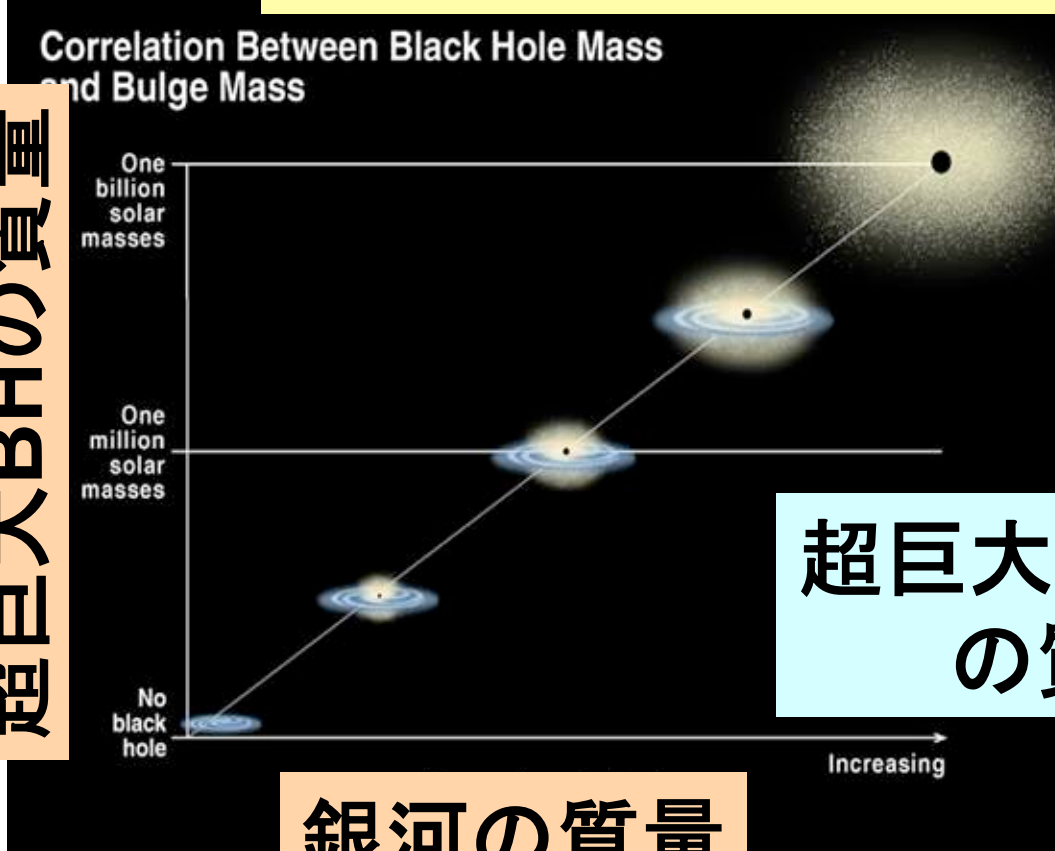
**非常に明るくて、
時間変動大きい**

**星の集合では
説明できない**



超巨大ブラックホール(BH)は
銀河(スフェロイド成分)の中心
にほぼ必ず存在する

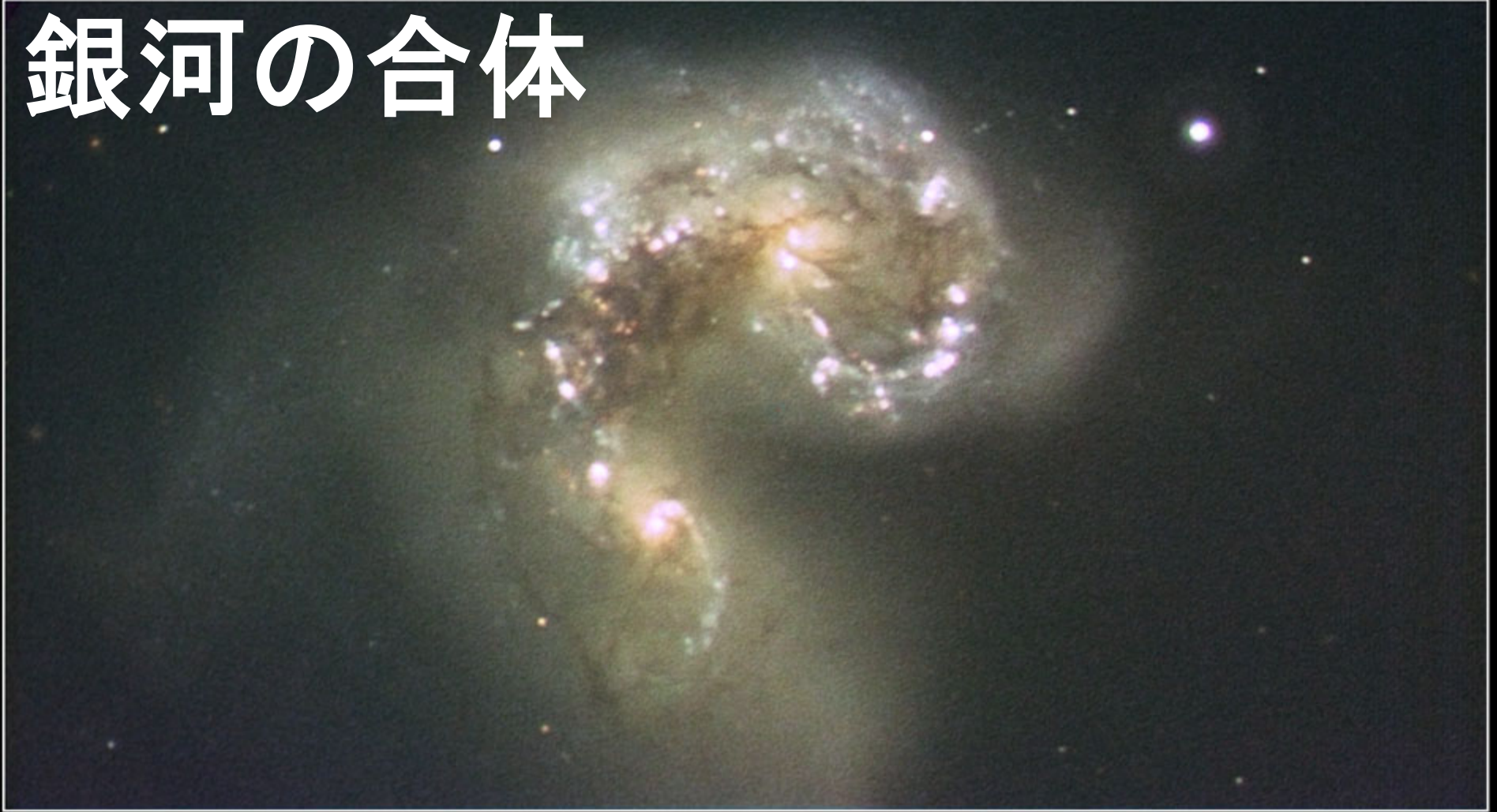
超巨大BHの質量



超巨大BHと銀河(スフェロイド)
の質量は相関している

銀河の質量

銀河の合体



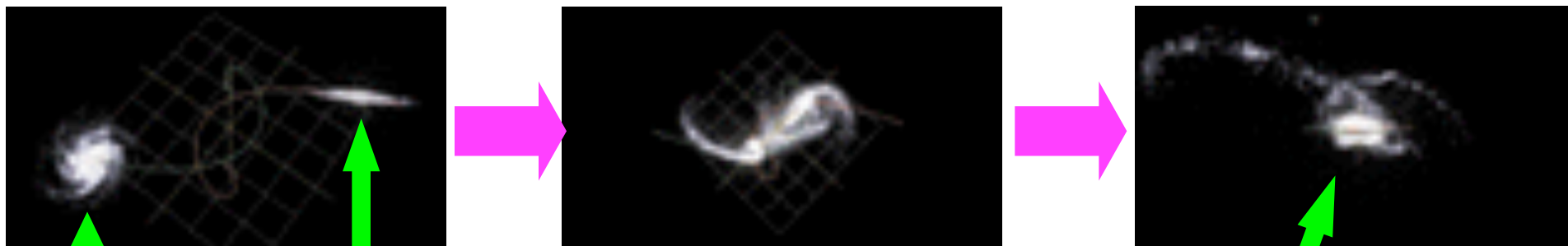
NGC 4038 - 4039
[Antennae Galaxy]

Ultra-high-sensitivity HDTV I.I. color camera (NHK)
Exp. 22 sec. (11 frames coadded) January 16, 1999

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

Copyright © 1999, National Astronomical Observatory of Japan, all rights reserved

銀河の合体

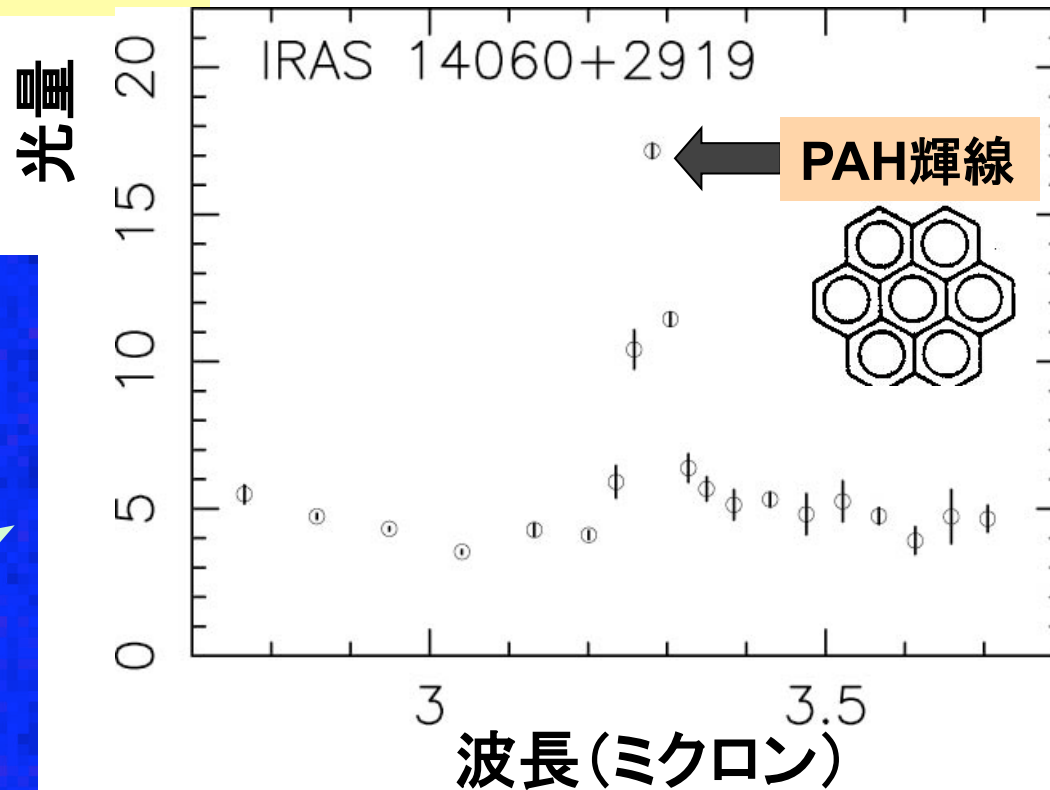
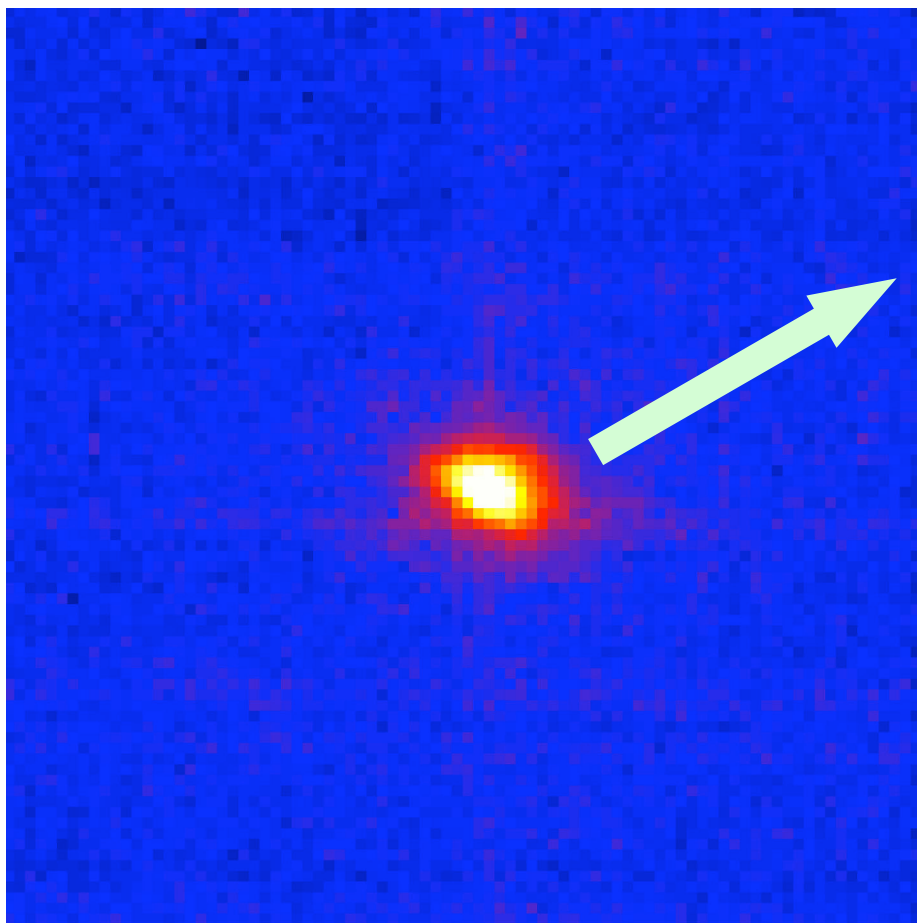


銀河の中心に超巨大
ブラックホール(BH)

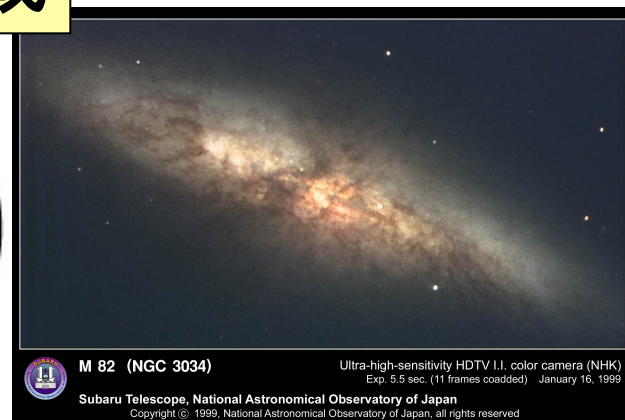
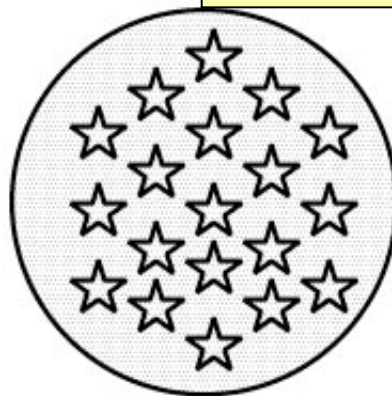


塵に隠されている

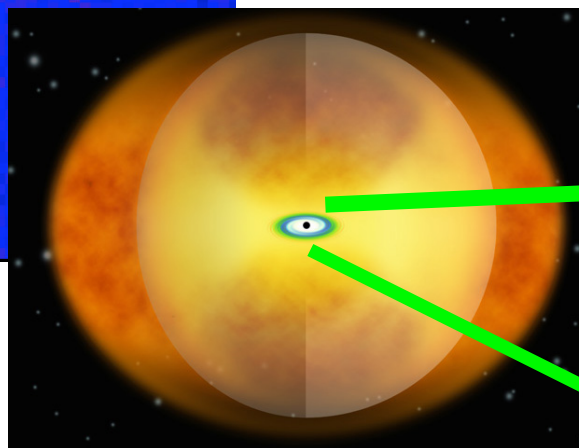
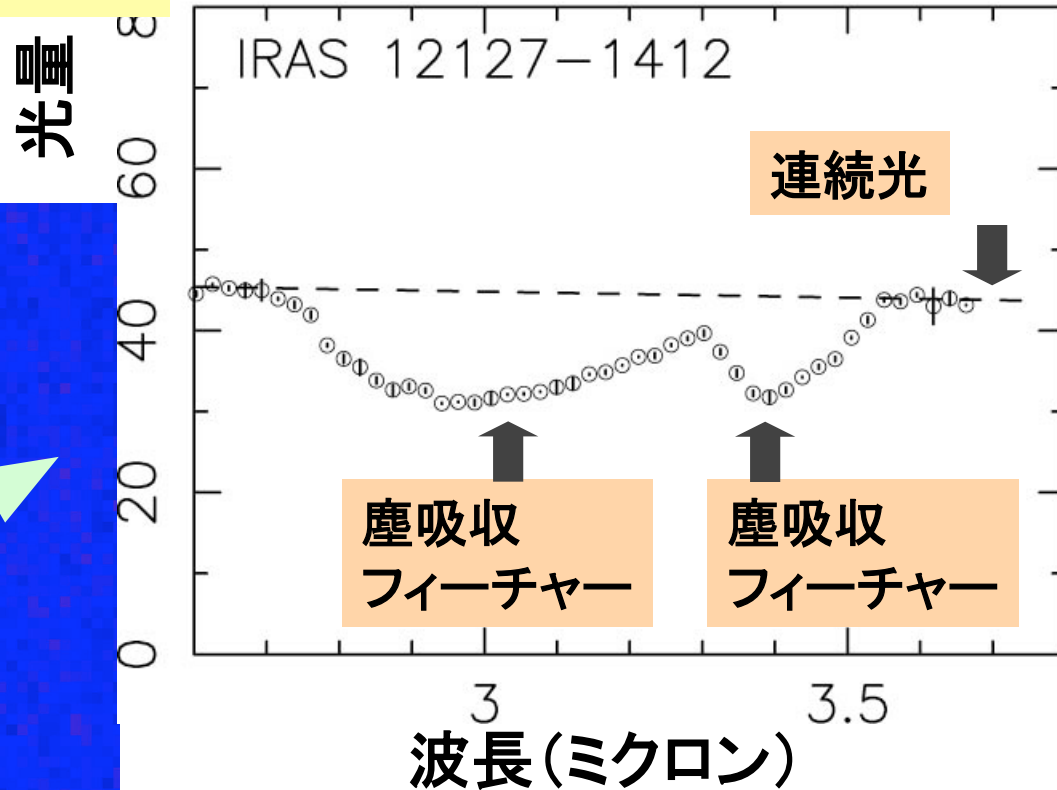
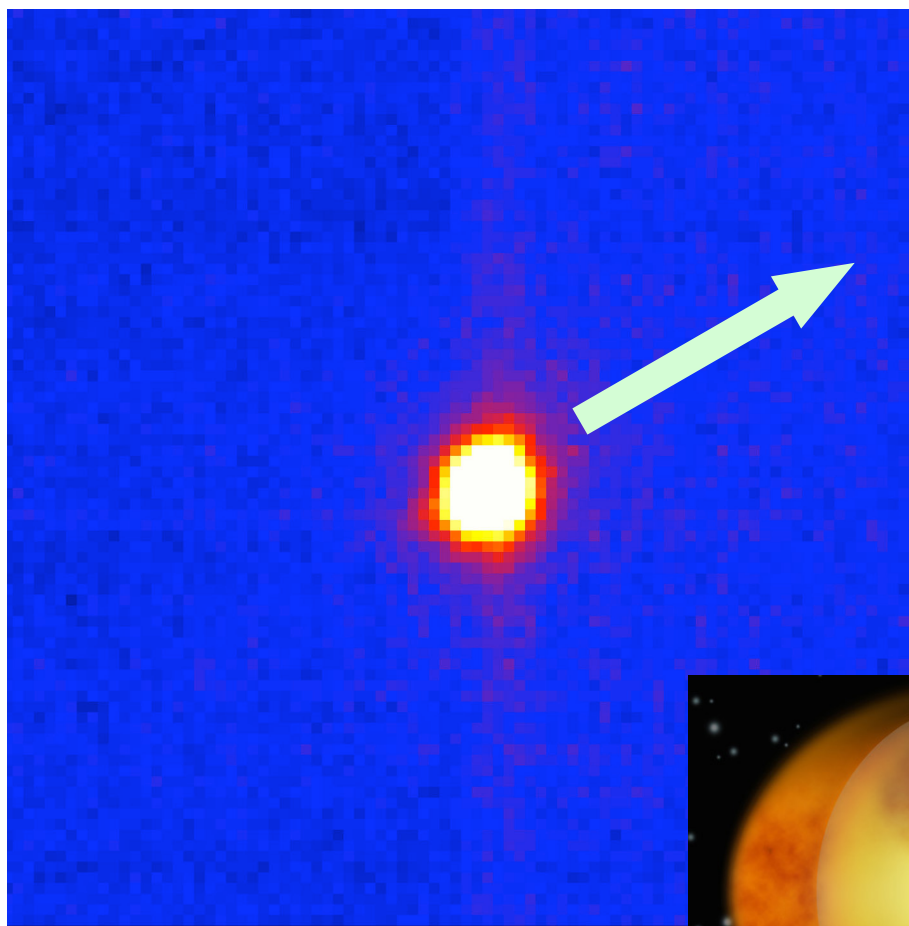
すばるによる赤外線分光



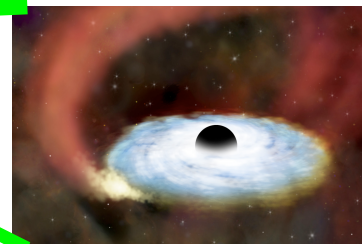
星生成



すばるによる赤外線分光

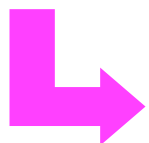


活動的な超巨大BH



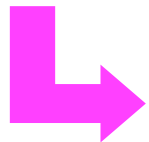
赤外線の特長（可視光に比べて）

1. 塵による吸収が小さい



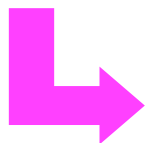
大量の塵をまとった天体

2. 低温の天体は赤外線で見える

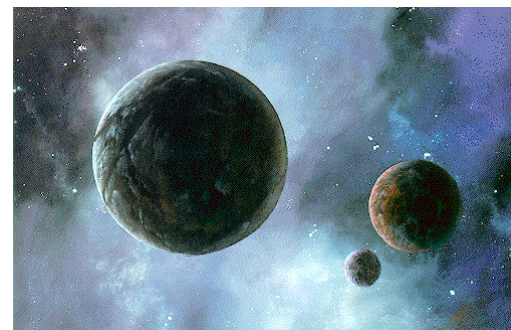


褐色矮星

3. 赤方偏移で波長が伸びる



宇宙遠方の天体



星

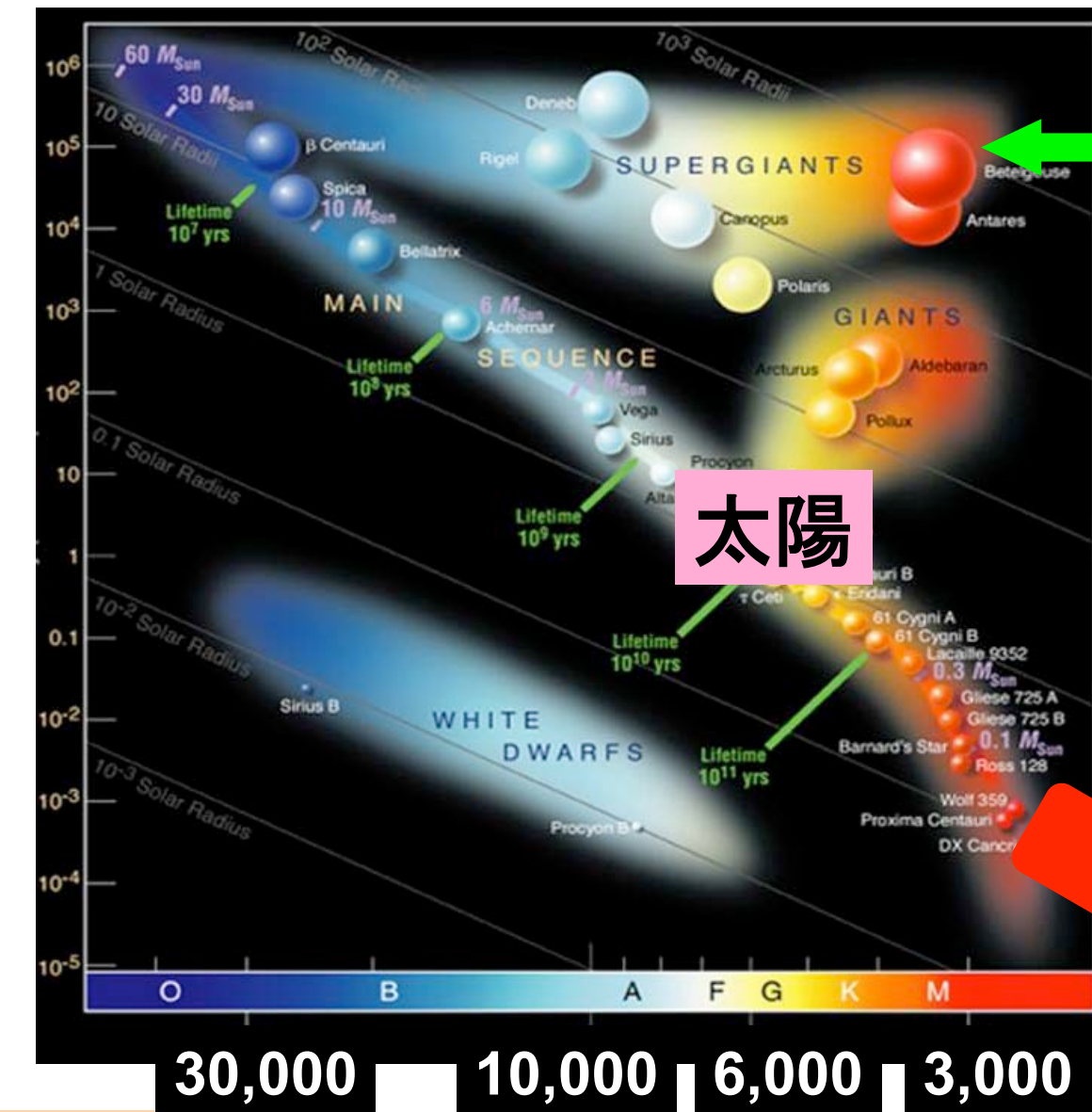
明るい



光度



暗い



太陽

褐色矮星

高温



温度(K)



低温

スペクトルの型

B A F G K M L T Y?

光度
(太陽光度単位)

$\times 10^6$
 10^4
 10^2
1
 10^{-2}
 10^{-4}
 10^{-6}

超巨星

巨星

主系列星

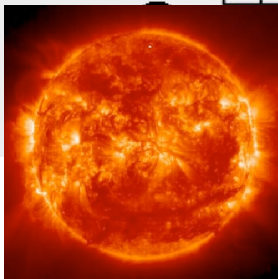
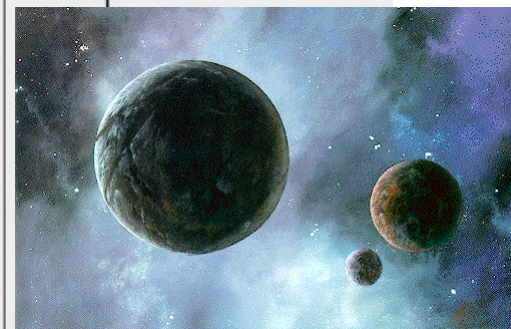
白色矮星

褐色矮星

核融合を起こさない

温度(K)

核融合



6000K

太陽

1000K

褐色矮星

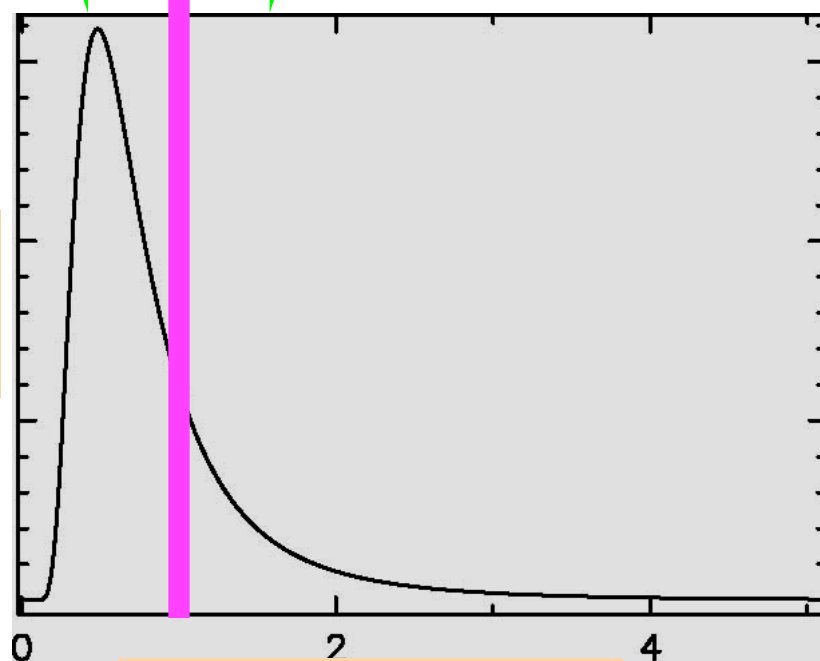
可視

赤外

可視

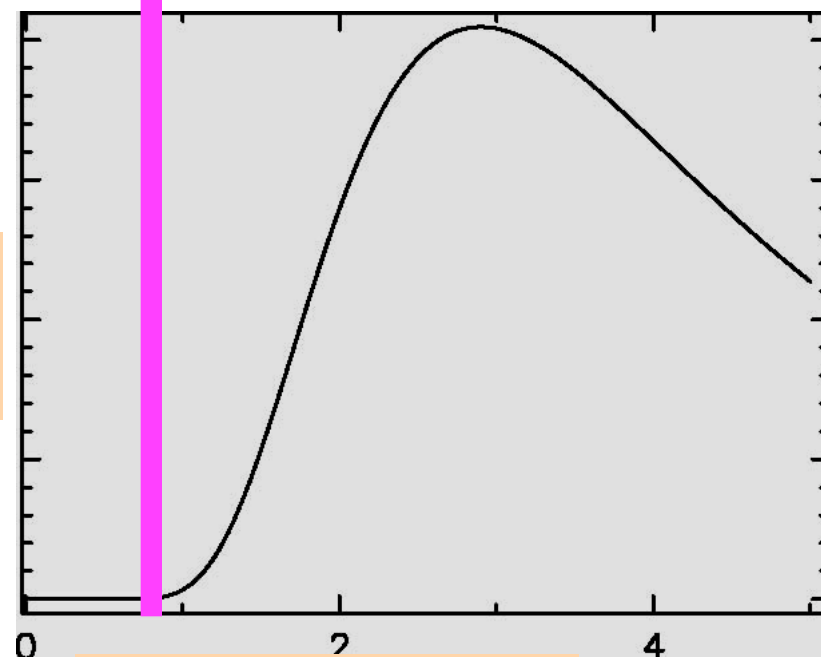
赤外

光量



波長(ミクロン)

光量



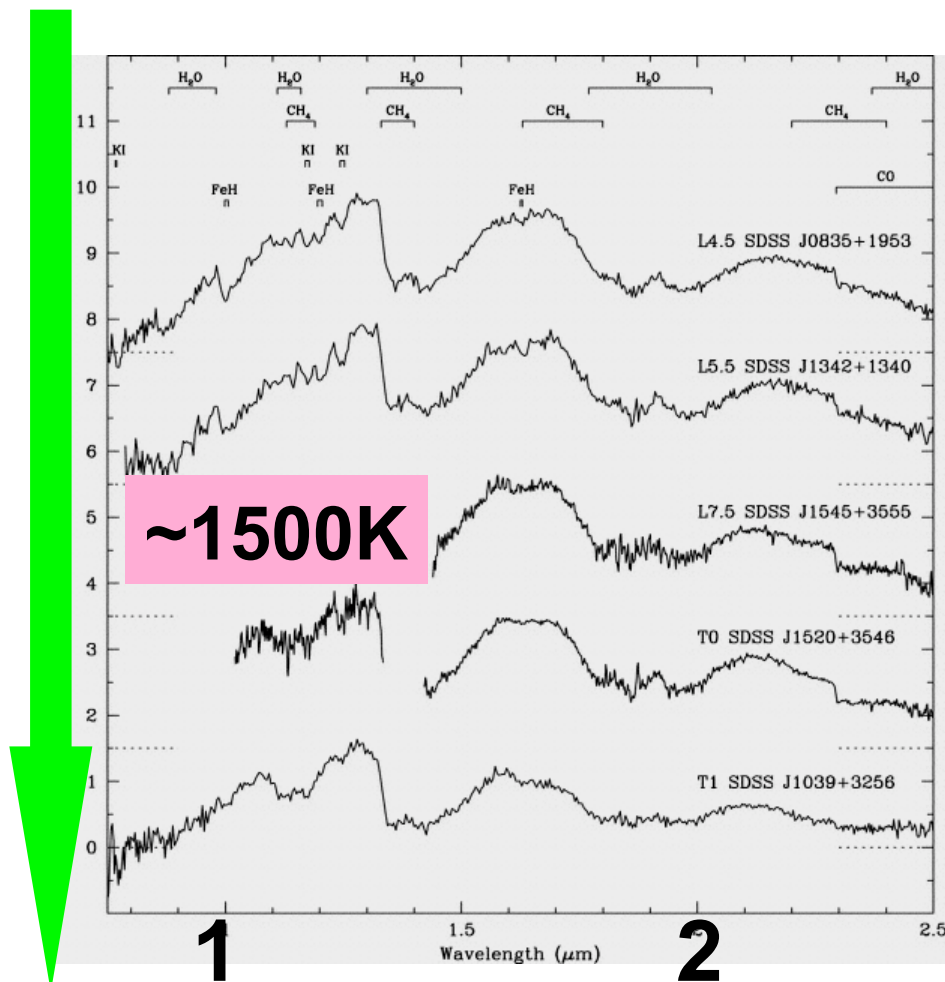
波長(ミクロン)

低温の褐色矮星は赤外線で見える

赤外分光

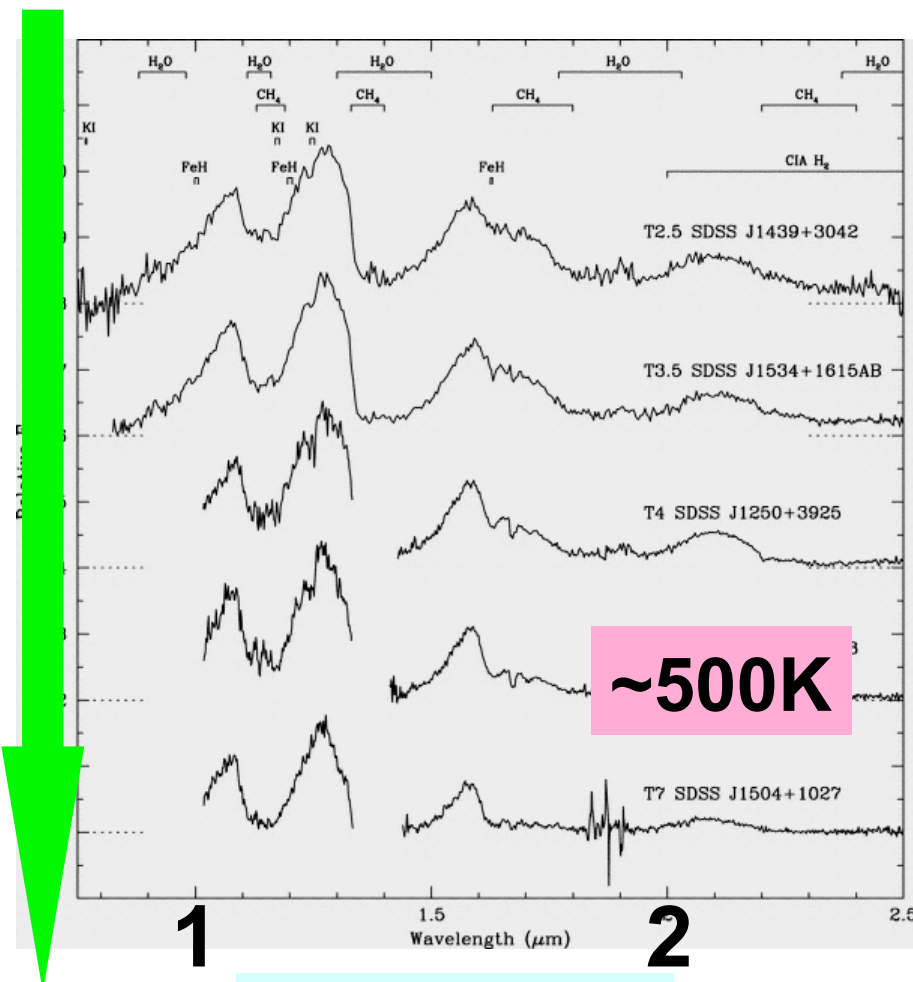


温度



低温

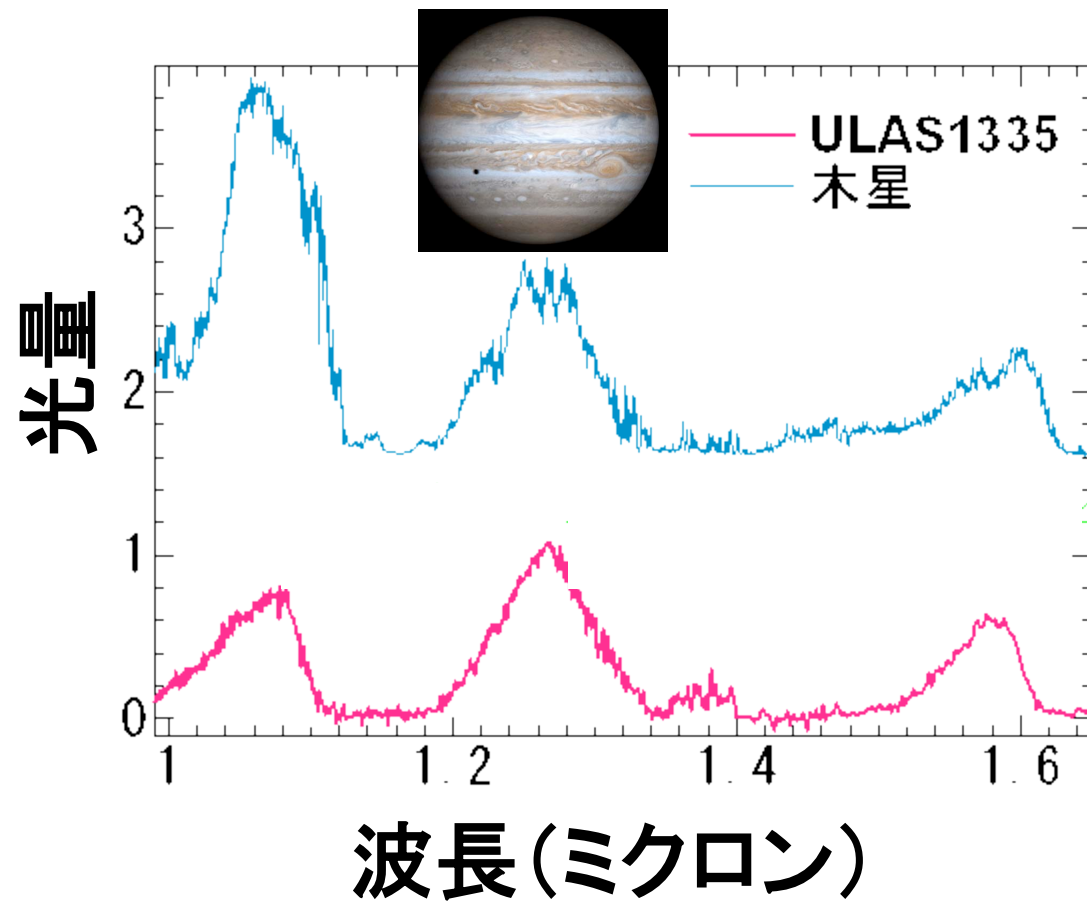
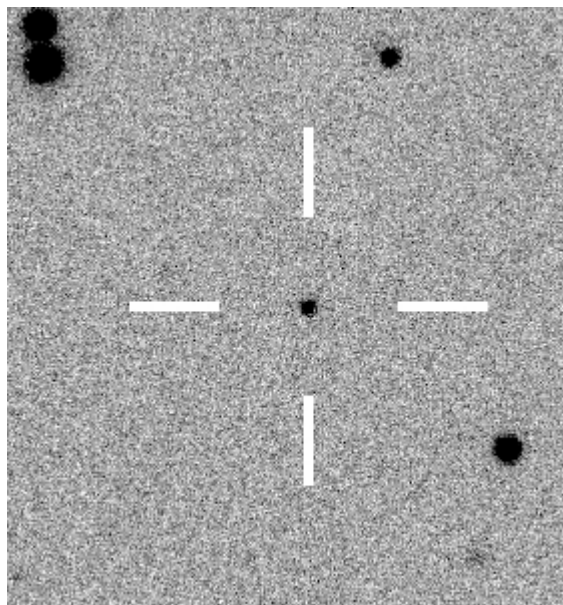
波長(ミクロン)



低温

波長(ミクロン)

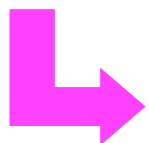
赤外線分光



最も低温の褐色矮星を発見

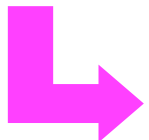
赤外線の特長（可視光に比べて）

1. 塵による吸収が小さい



大量の塵をまとった天体

2. 低温の天体は赤外線で見える

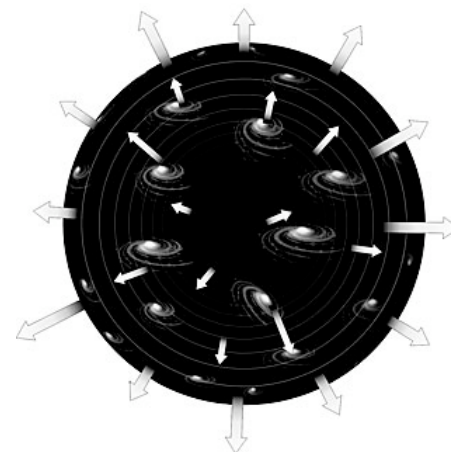


褐色矮星

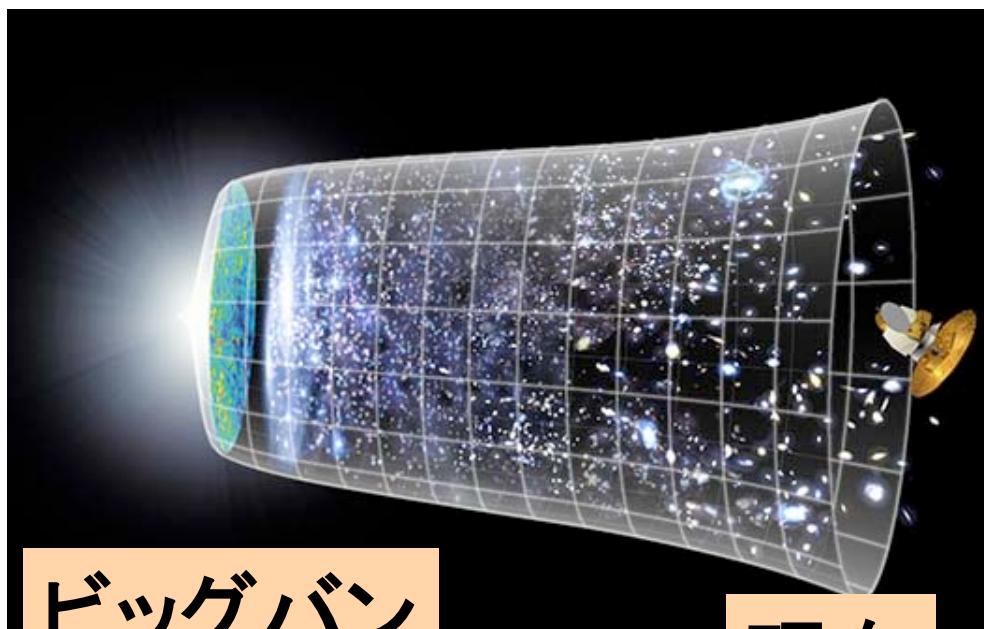
3. 赤方偏移で波長が伸びる



宇宙遠方の天体

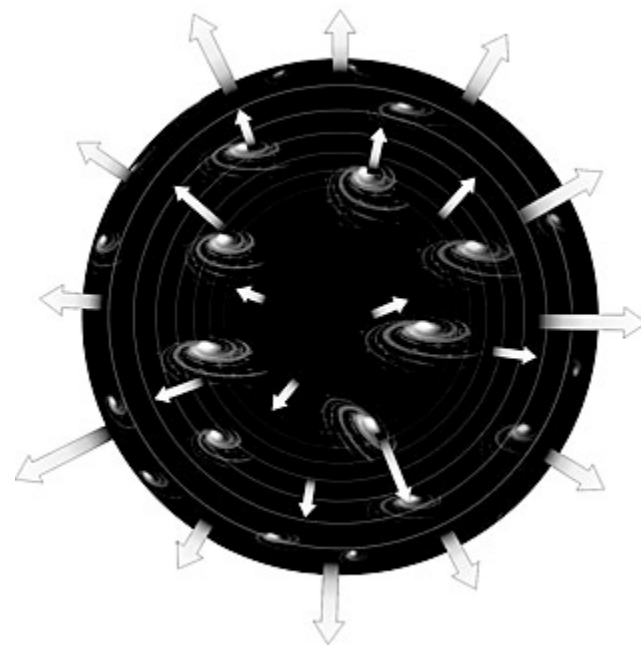


我々の宇宙は膨張している

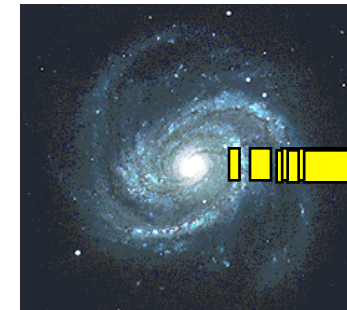
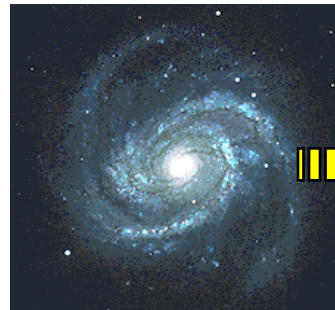
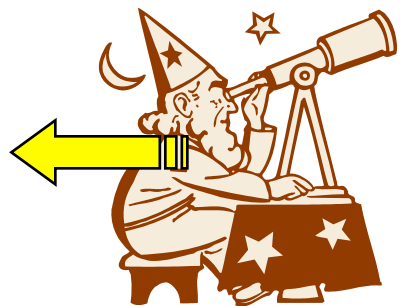


ビッグバン

現在



膨張宇宙



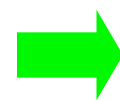
2x

2x

天体の距離が
2倍 = 2倍の後退速度
3倍 = 3倍の後退速度

赤方偏移

後退速度

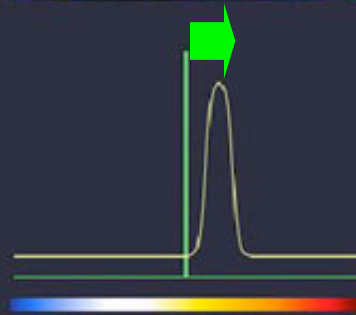


赤方偏移

近い

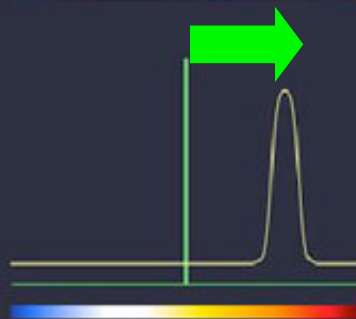


近くの銀河



遠い

遠くの銀河



短い



波長



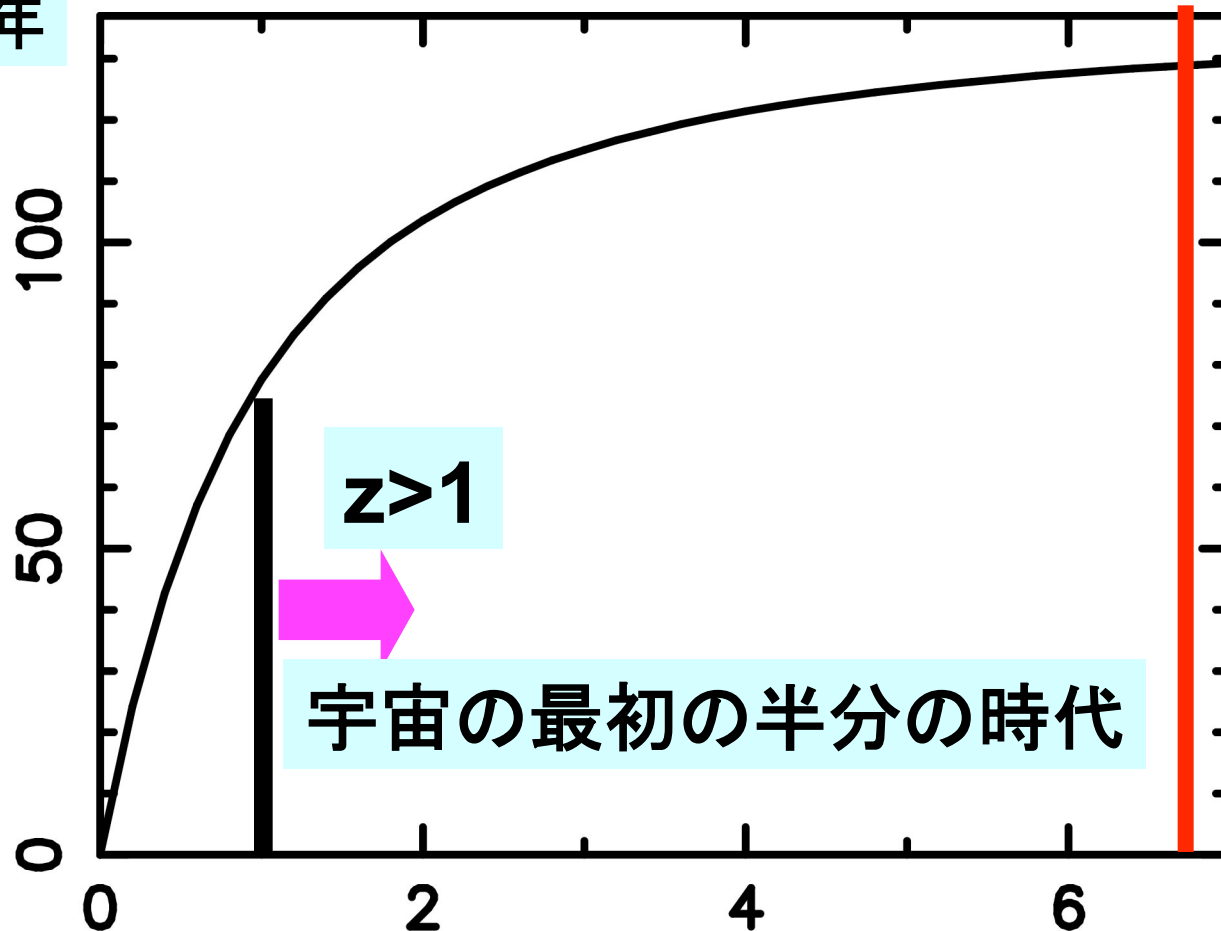
長い

赤方偏移と距離

現在見つかった
最も遠い天体

137億年

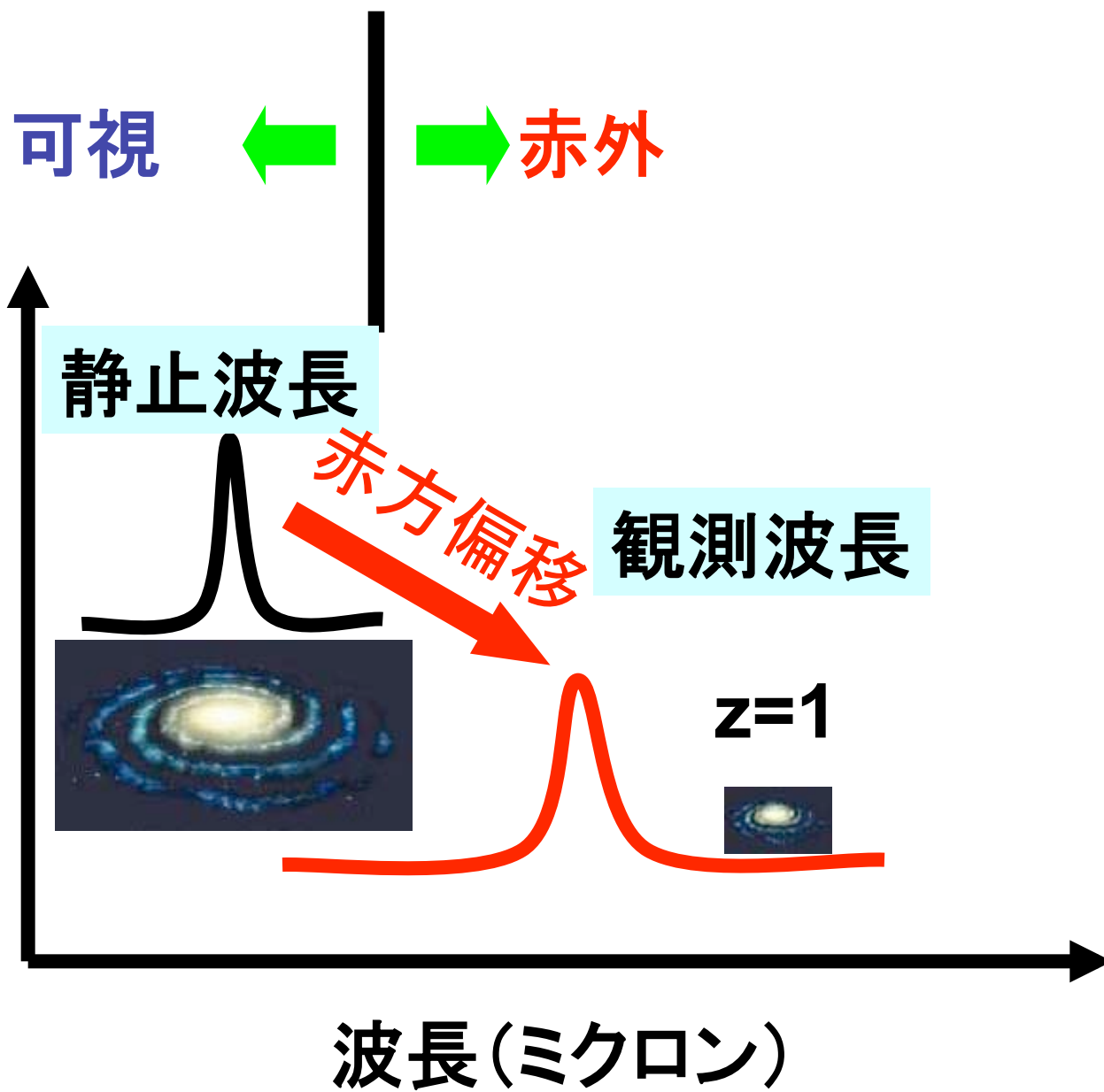
光年(何年前の宇宙)



$z > 1$

宇宙の最初の半分の時代

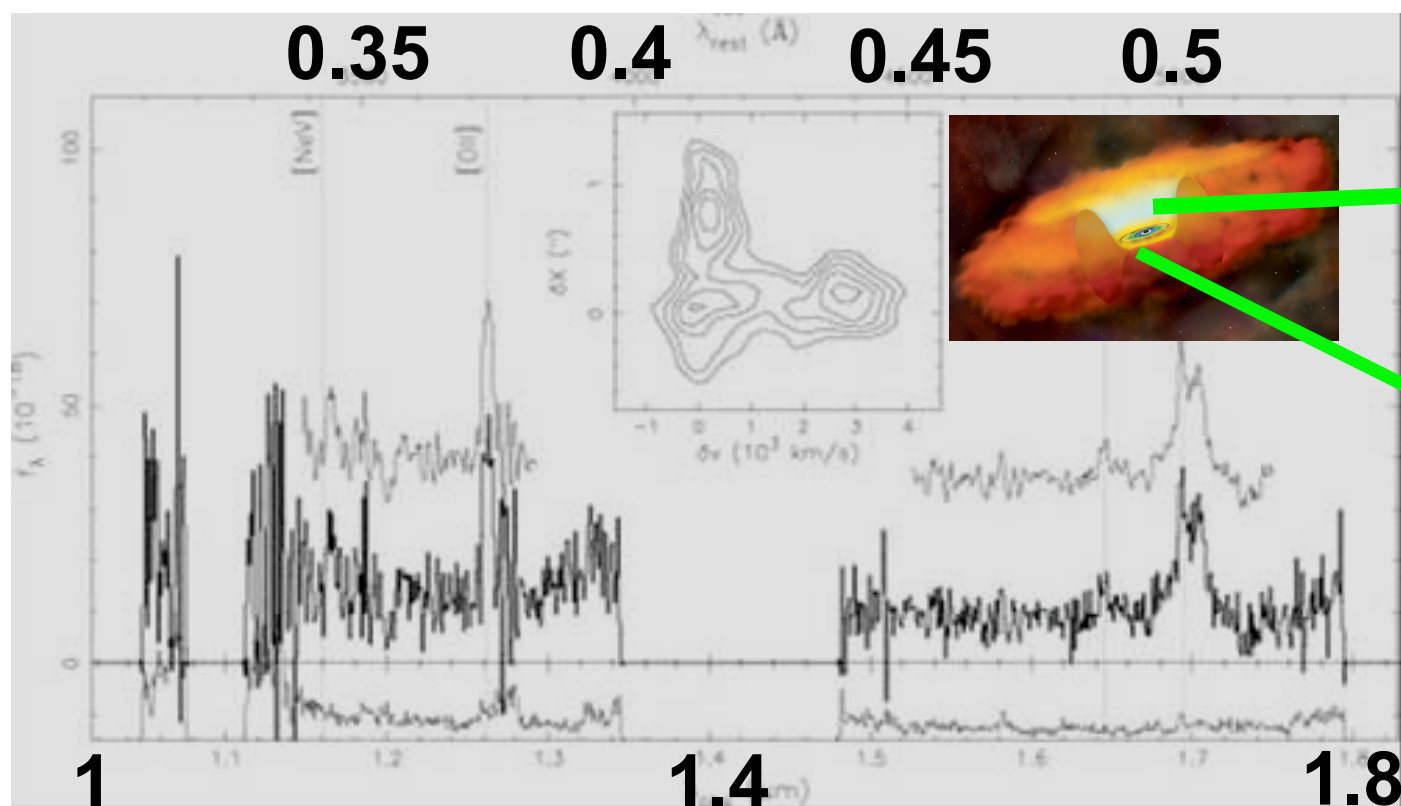
赤方偏移(z)



遠くの($z \sim 2$)銀河の赤外線分光

静止波長(ミクロン)

可視光

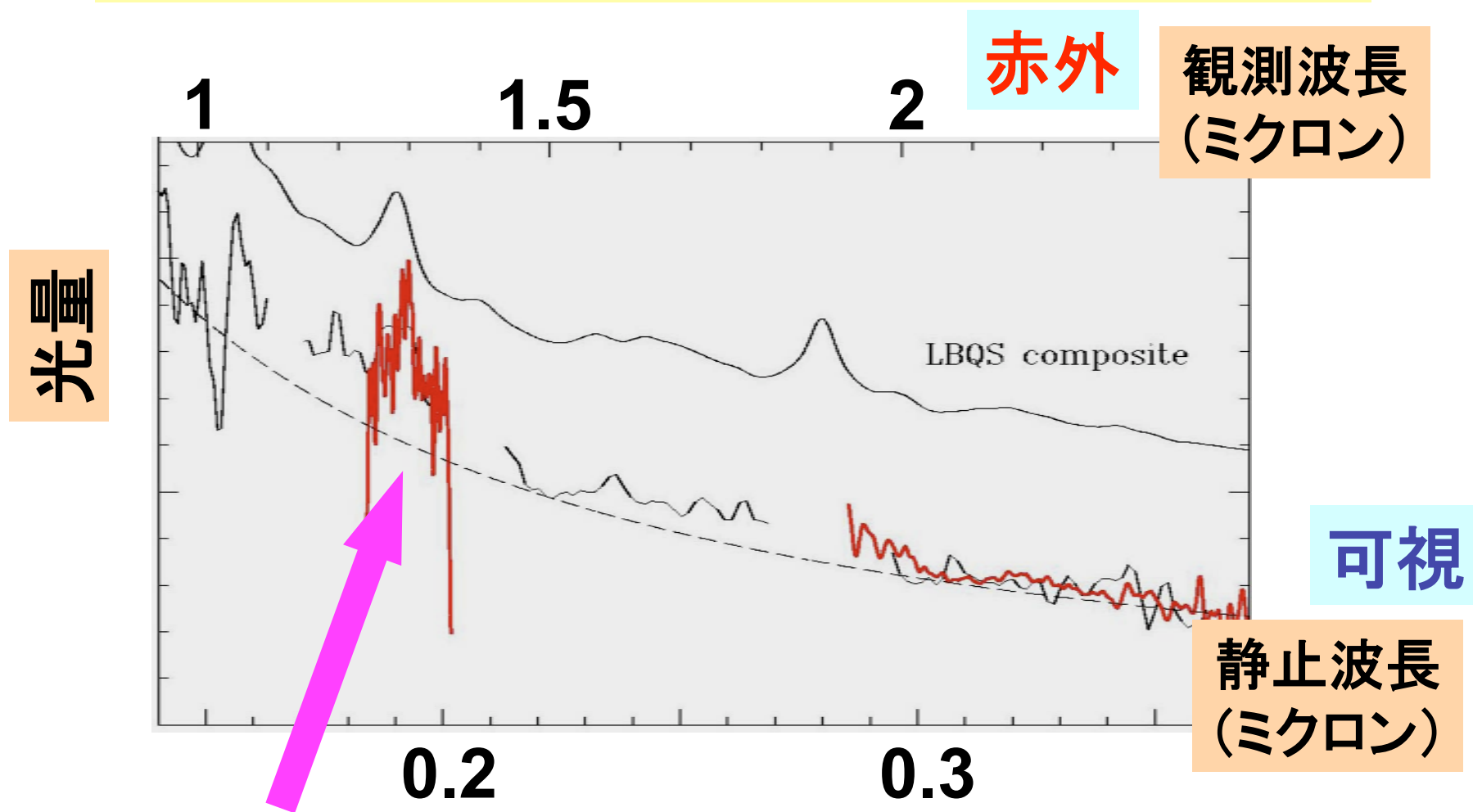


超巨大BH

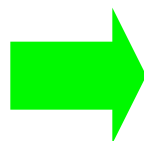
観測波長(ミクロン)

赤外線

すばるによる $z\sim 6$ クエーサーの赤外線分光



強い鉄の輝線



非常に活発な星生成が
宇宙初期に生じていた

最も遠いクエーサー

静止波長(ミクロン)

より遠方

0.7

0.8

0.9

$z=6.4$:

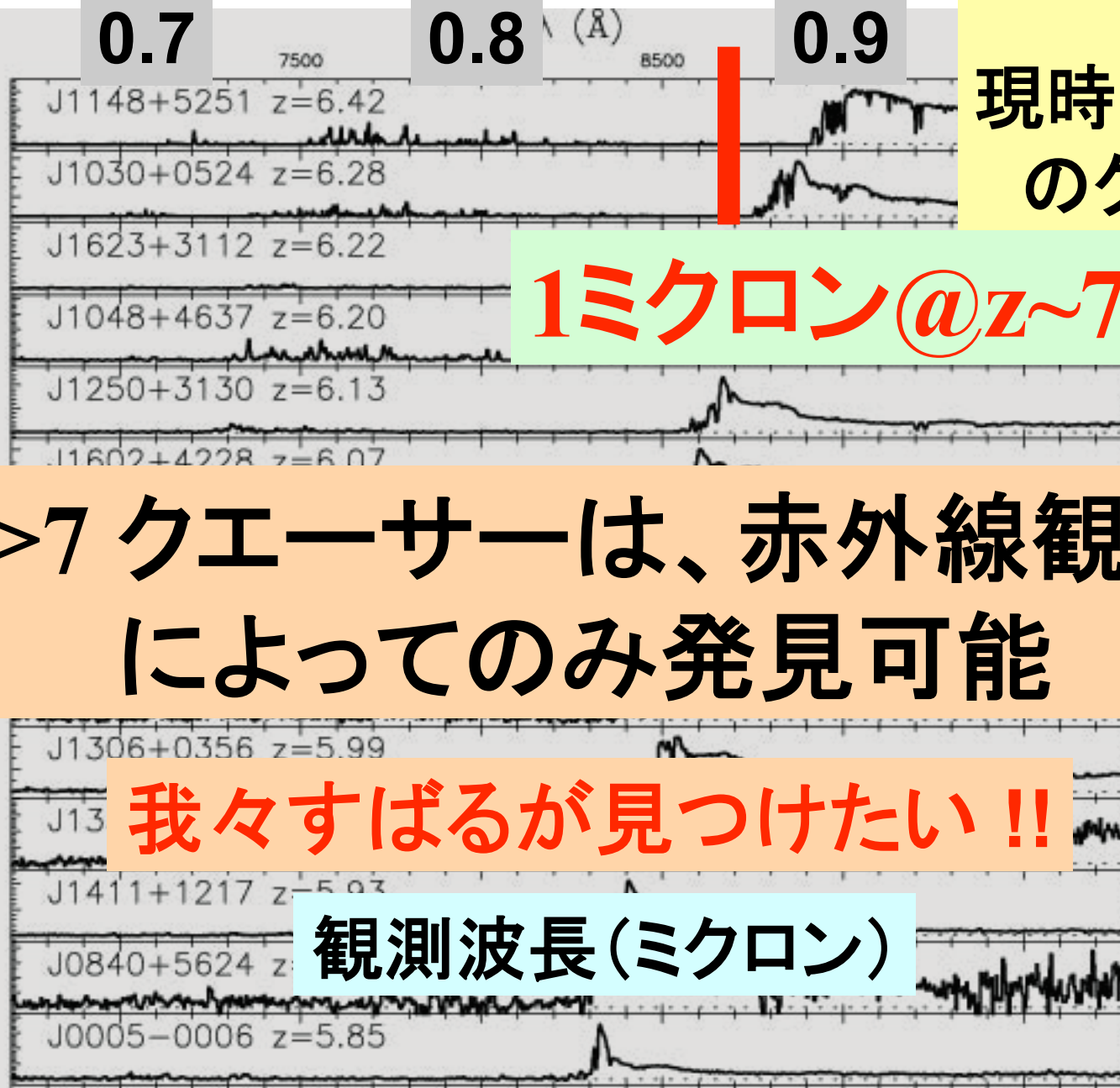
現時点で最遠方
のクエーサー

1ミクロン@ $z\sim 7$

$z > 7$ クエーサーは、赤外線観測
によってのみ発見可能

我々すばるが見つけたい!!

観測波長(ミクロン)



補足

1. NDR (Non-Destructive Read)

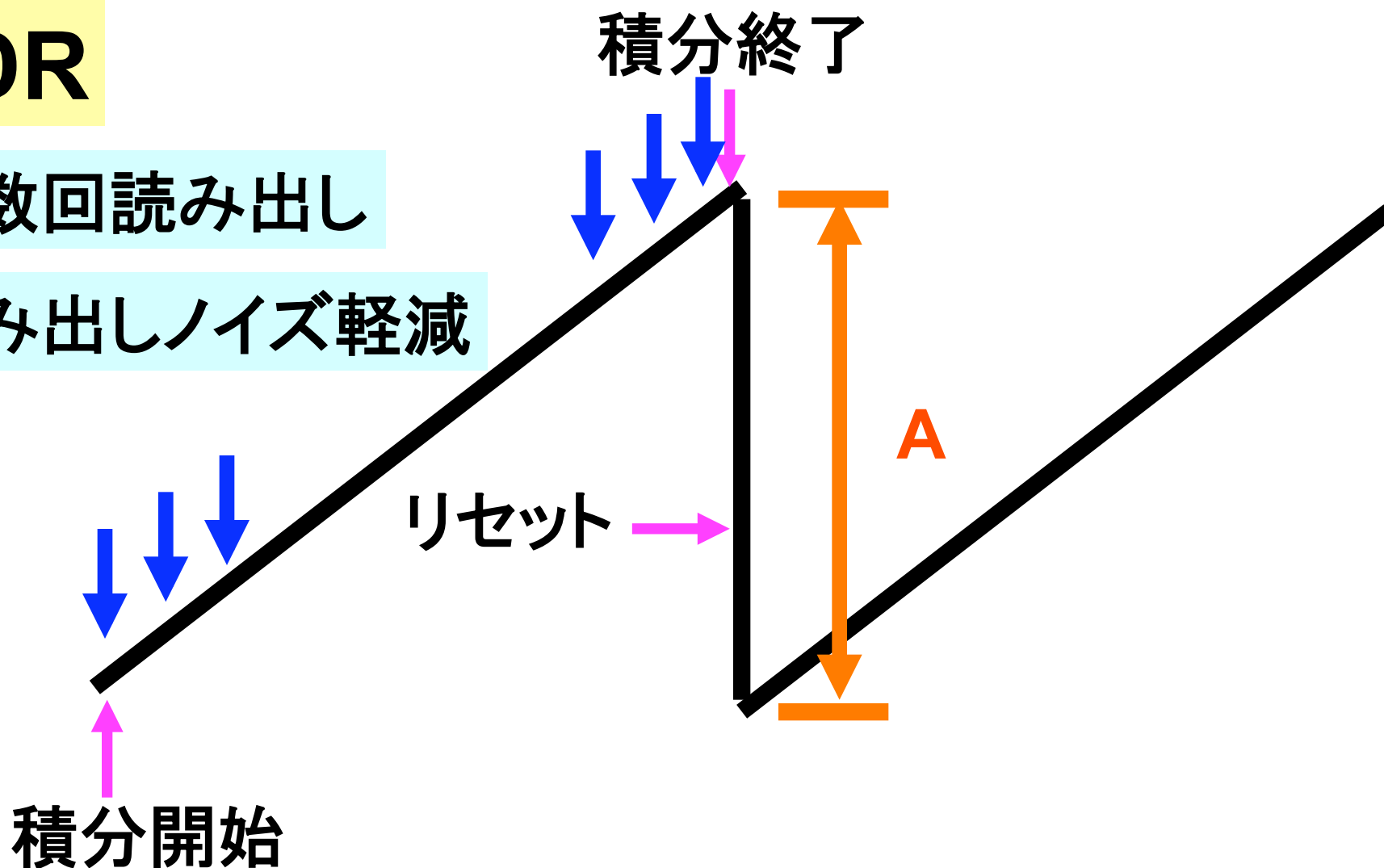
非破壊読み出し

2. Airmass

NDR

複数回読み出し

読み出しノイズ軽減



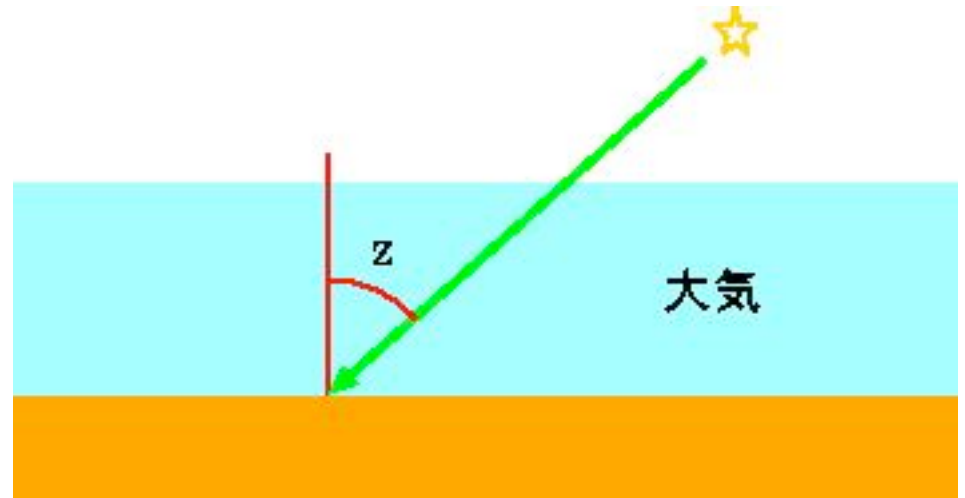
信号の差Aを積分時間で割ったものが信号の強さ

赤外線検出器で可能。CCDではNDR不可能

$$\text{Airmass} = 1/\cos(z)$$

天頂で1

水平線から30度で2



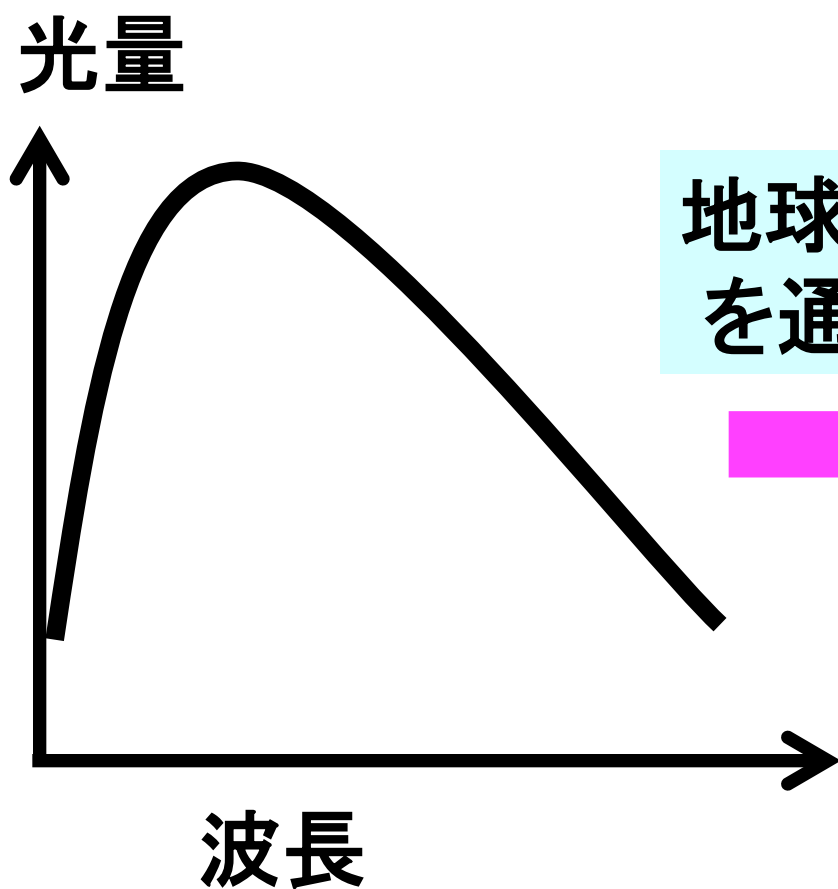
目的天体と標準星は、似た値で観測(<0.1)

Airmassは赤外線観測でより重要

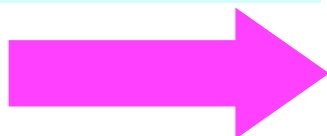
地球大気の透過率(の波長依存性)を補正

真のスペクトル

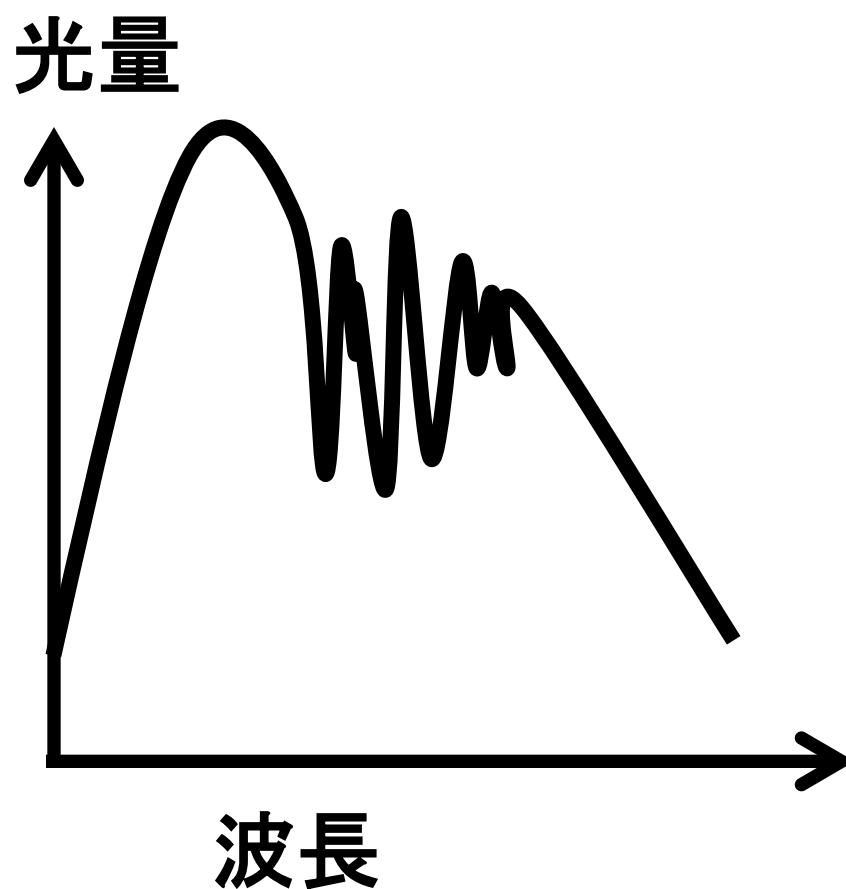
我々はこれを知りたい



地球大気
を通ると



観測スペクトル



装置の透過率も波長依存

標準星も同時に観測

標準星：スペクトルの形(と明るさ)が既知

スペクトルは、ある温度の黒体放射で近似できる

天体のスペクトル = 真のスペクトル $\times$ 地球大気の透過率

標準星の観測スペクトル = 黒体放射 $\times$ 地球大気の透過率

天体の真のスペクトル =

$$\frac{\text{天体の観測スペクトル}}{\text{標準星のスペクトル}} \times \text{黒体放射}$$

End