

銀河中心の赤外線観測、

Sgr a\*周りの恒星、

ガス雲のG2運動

西山 正吾  
(宮城教育大)



# 天の川銀河と銀河系中心

## 棒渦巻銀河



太陽系 ●

8 kpc (2万6千光年)

10 000 ly

<http://www.atlasoftheuniverse.com/milkyway.html>

# 天の川銀河と銀河系中心

9/29



[www.eso.org](http://www.eso.org)

# 大氣の海

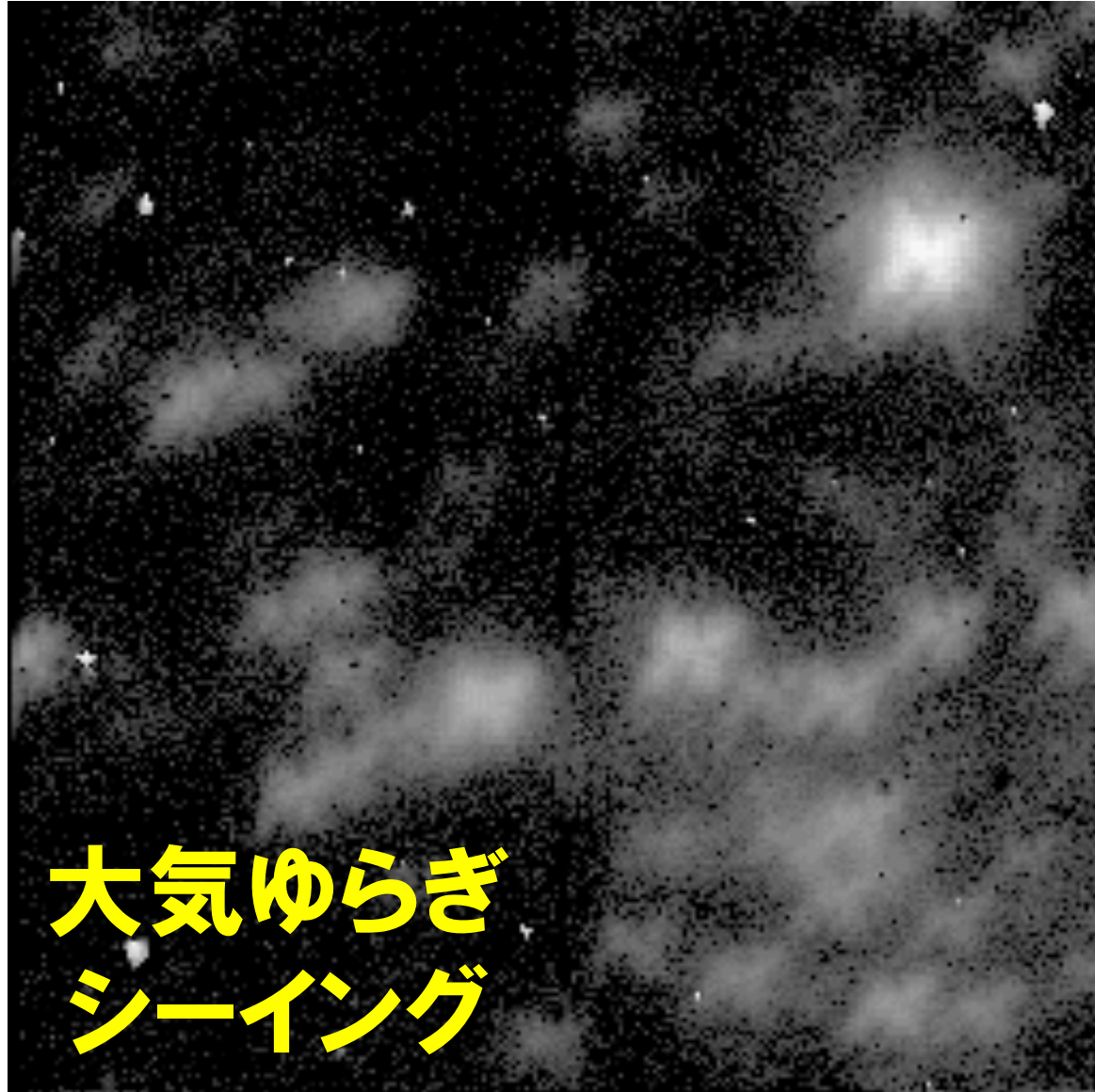
川の中をのぞいてみると





# 大気の海

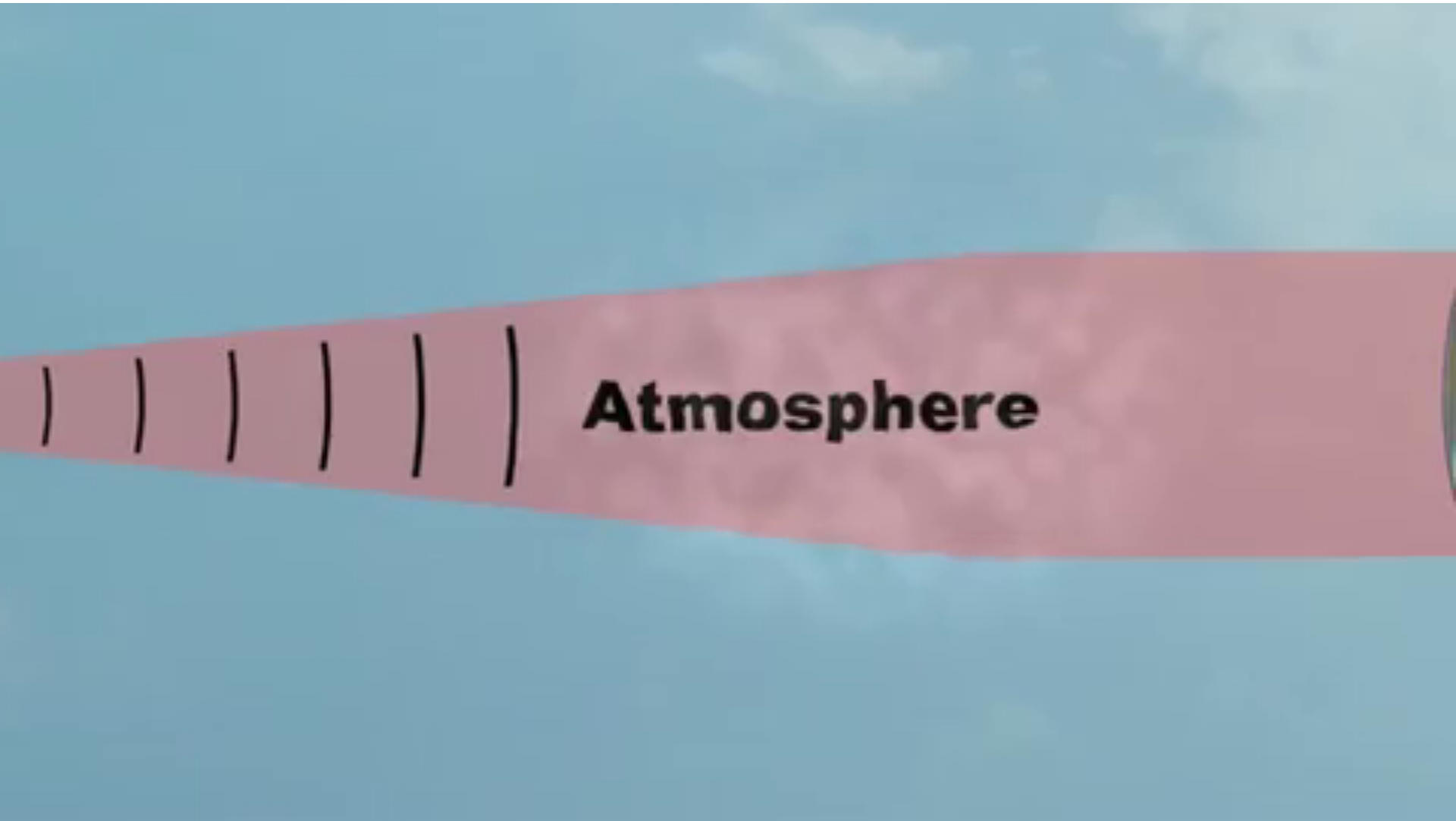
大気の「底」から宇宙を見る



大気ゆらぎ  
シーイング

# ゆらぎ対策1. 補償光学

## 補償光学





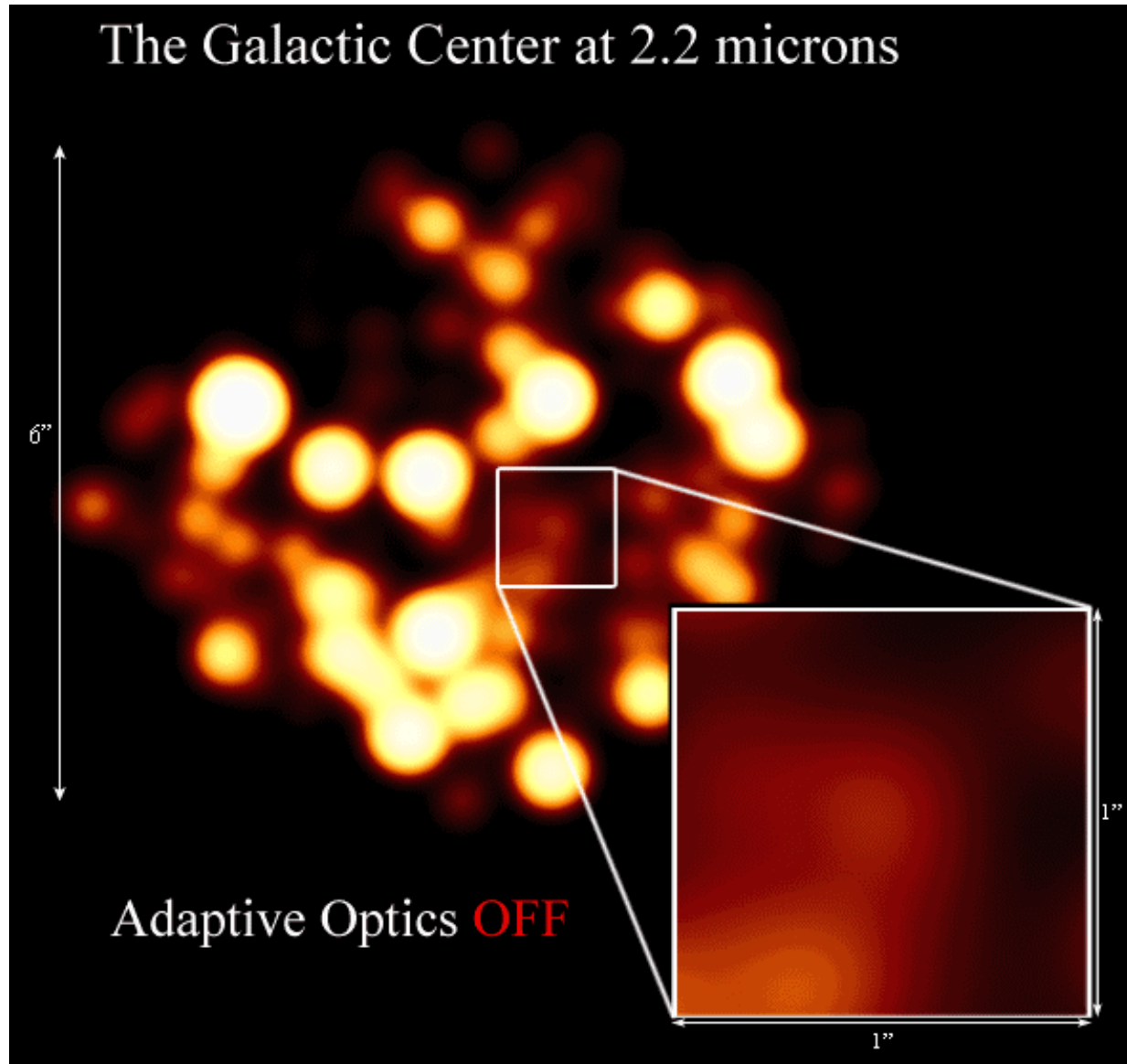
# ゆらぎ対策1. 補償光学

## 補償光学



# ゆらぎ対策1. 補償光学

## 補償光学





# ゆらぎ対策2. 補償光学+レーザー

## 補償光学+レーザーガイド星



# ゆらぎ対策2. 補償光学+レーザー

---

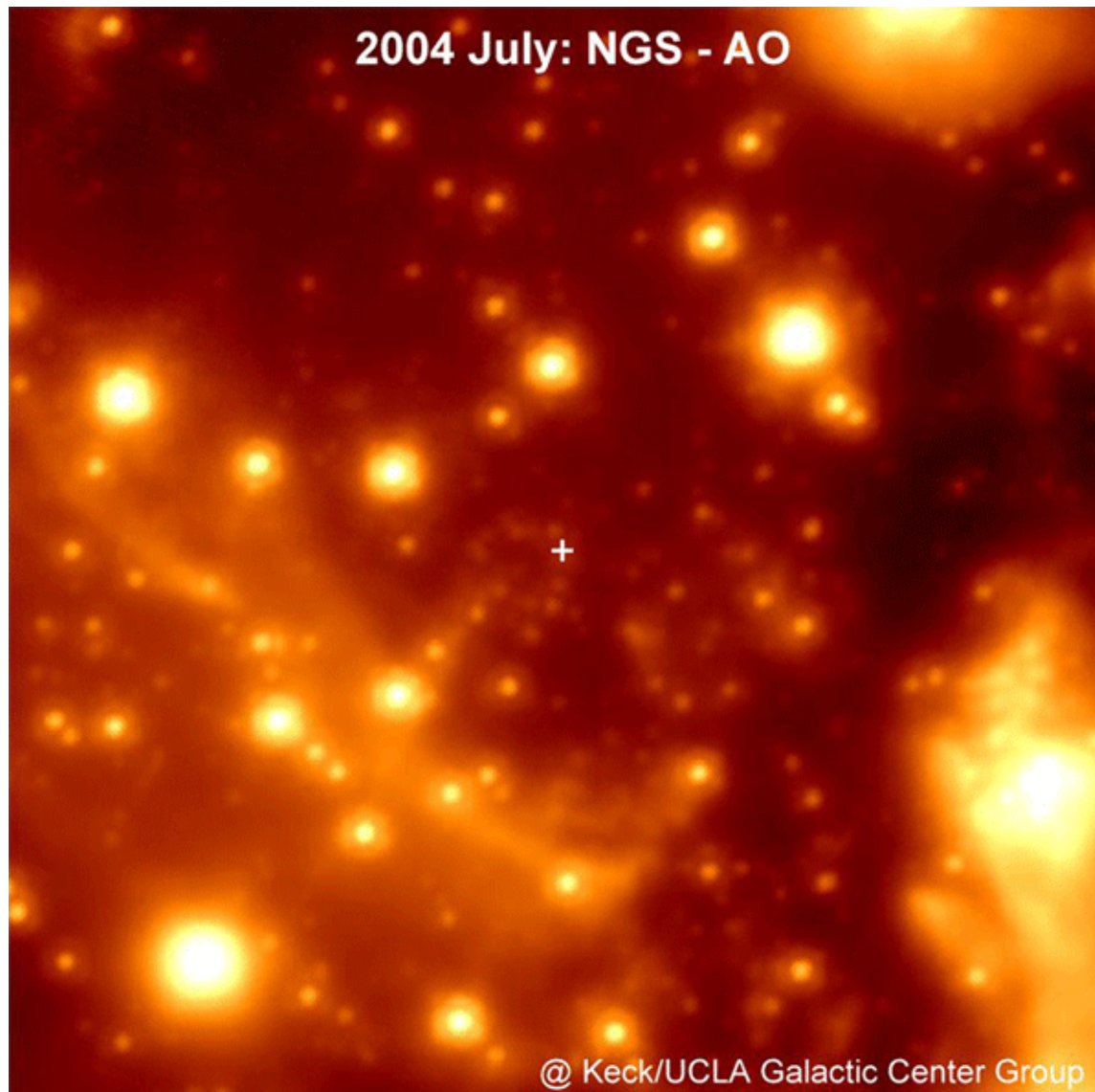
## 補償光学+レーザーガイド星



# ゆらぎ対策2. 補償光学+レーザー

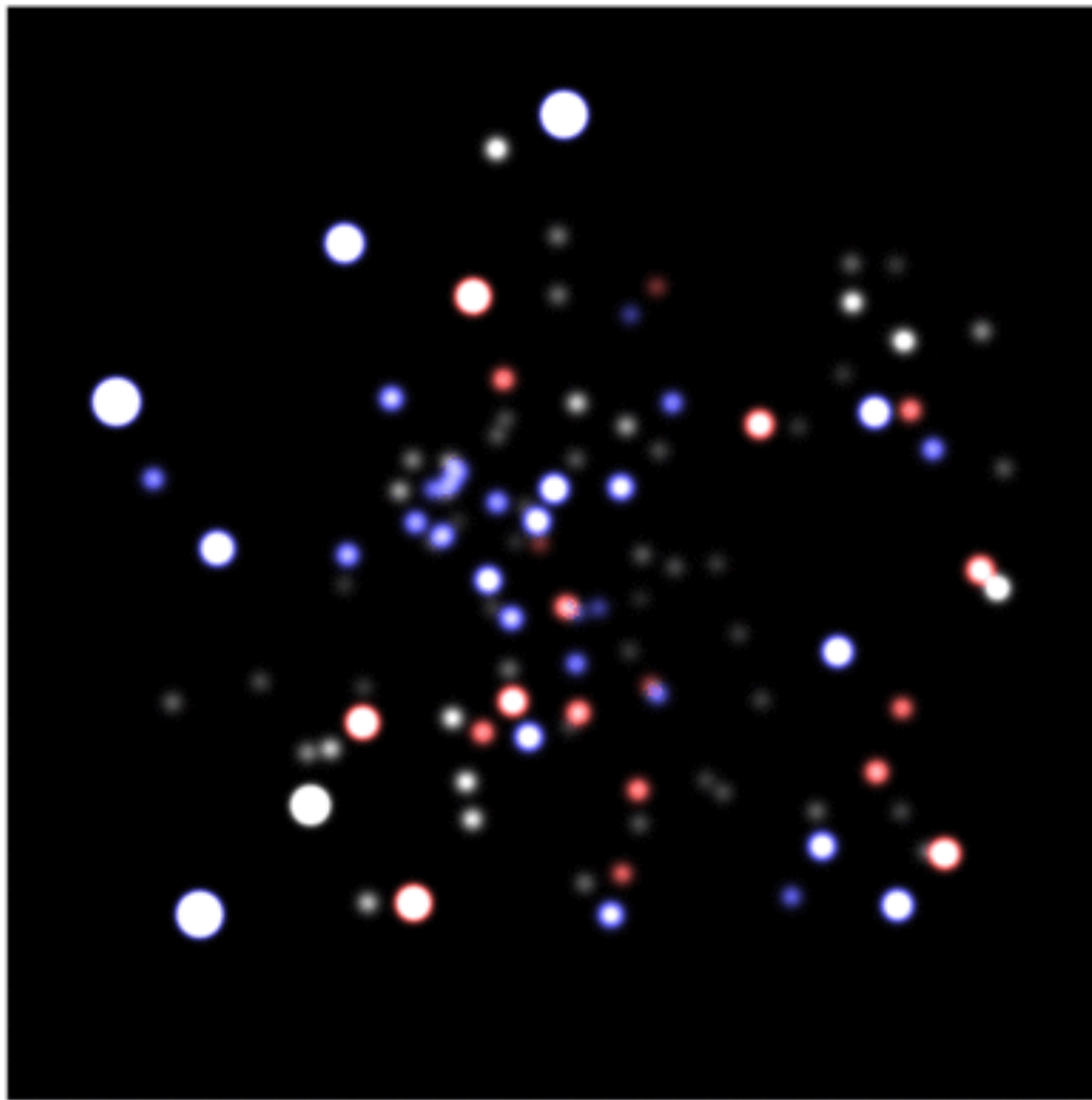
---

## 補償光学+レーザーガイド星

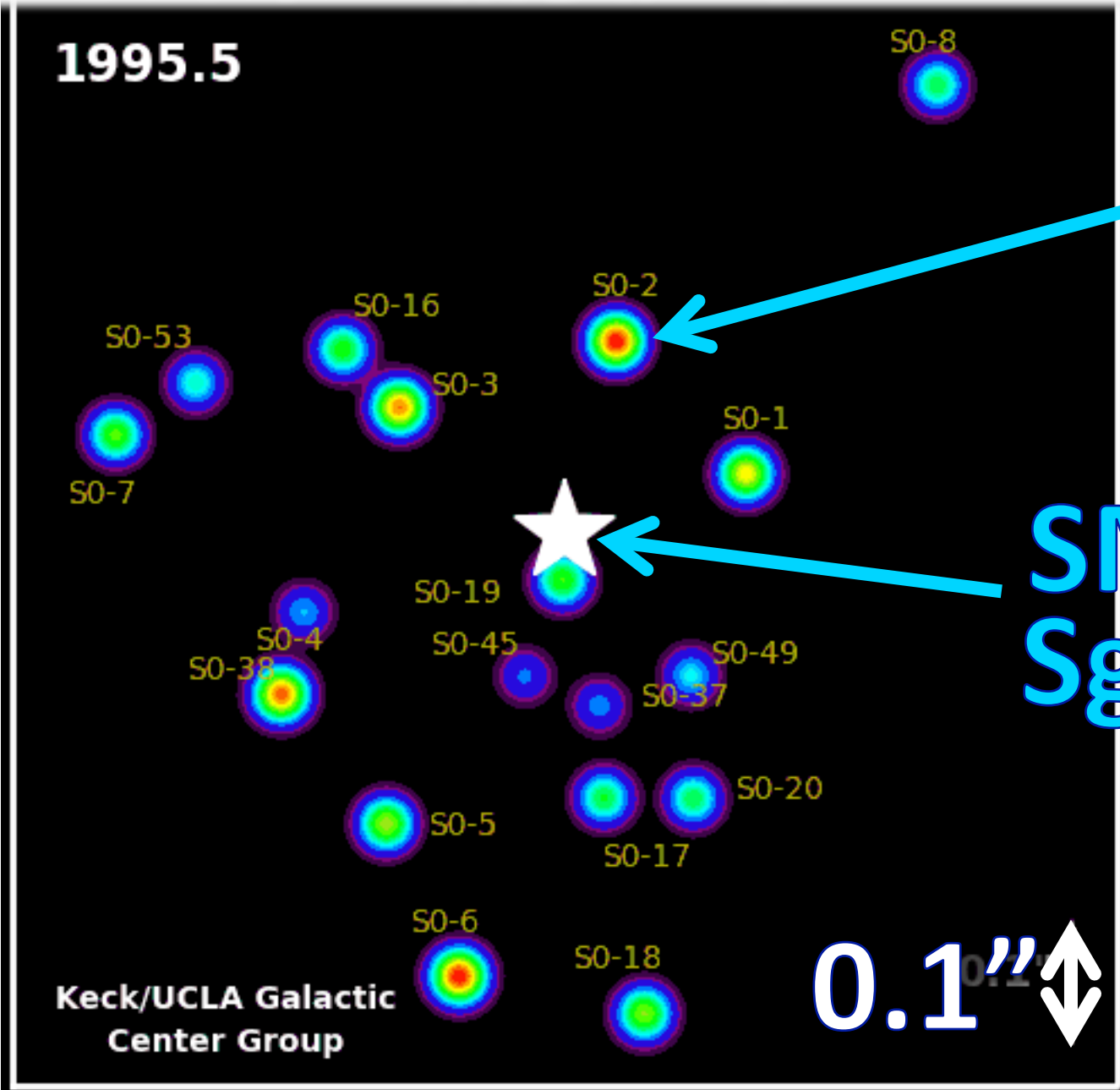


# ゆらぎ対策2. 補償光学+レーザー

## 補償光学+レーザーガイド星



# ゆらぎ対策2. 補償光学+レーザー



S2

SMBH  
Sgr A\*

0.1"  $\updownarrow$

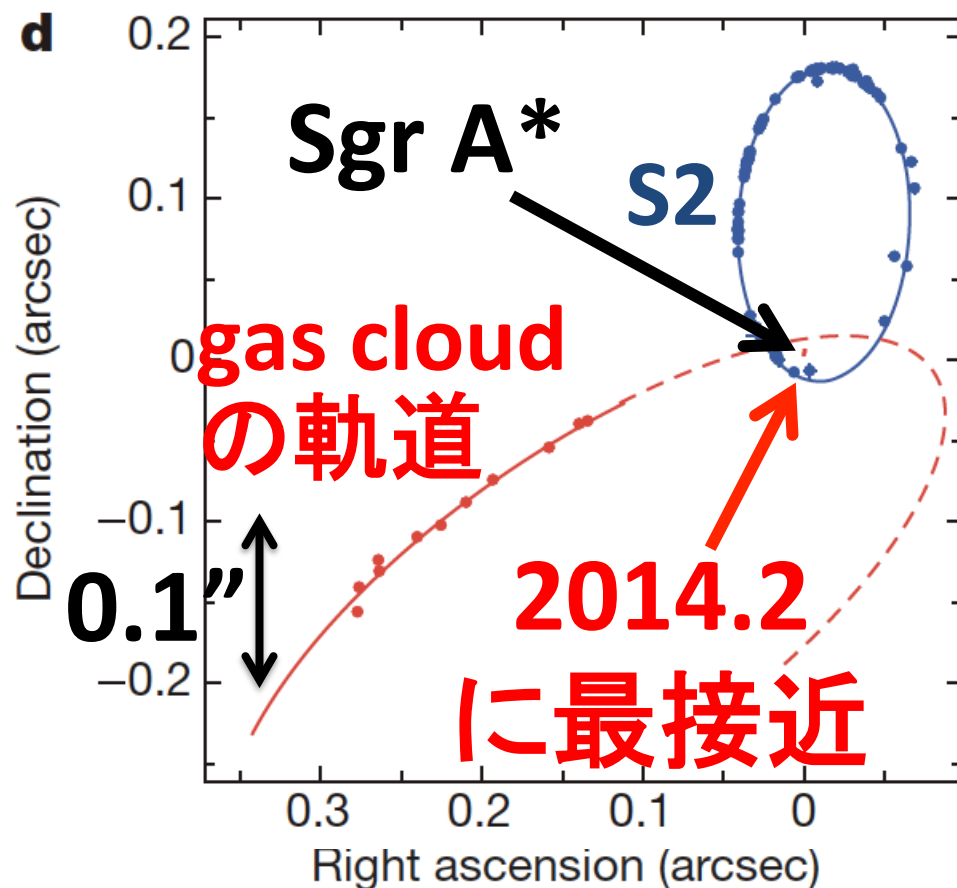
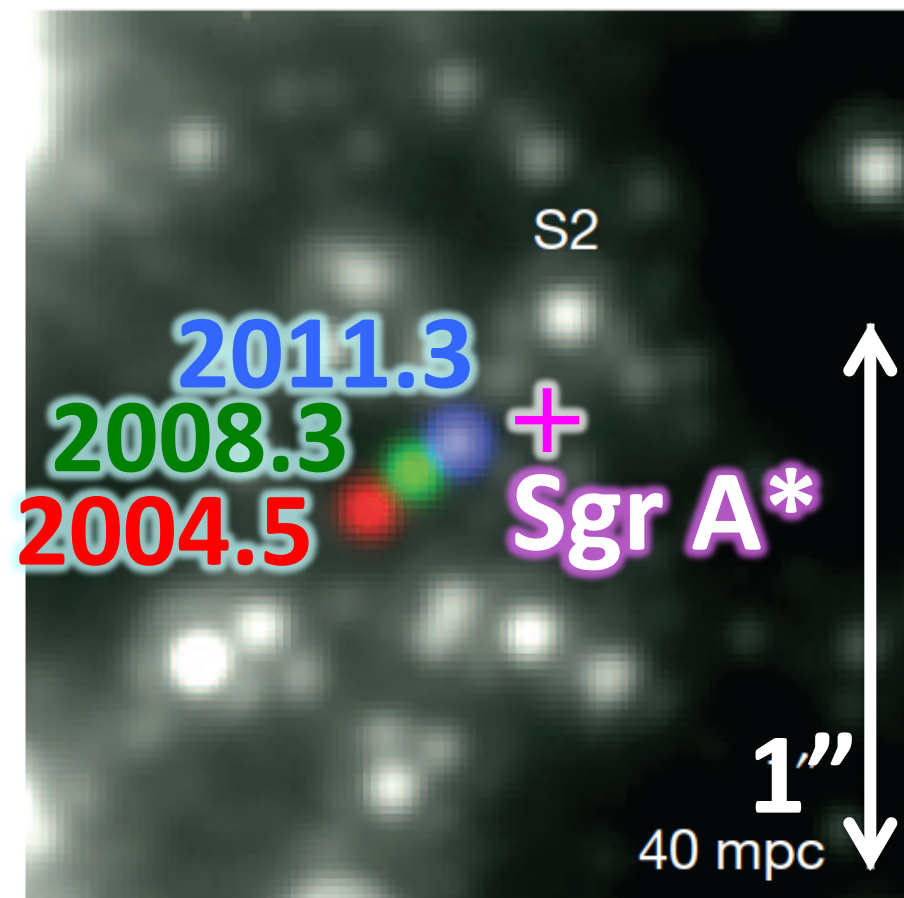
# 銀河系中心の星の分布

## 補償光学+レーザーガイド星



# ブラックホールへ落ちるガス雲

## Sgr A\* へ落ち込むガス雲 (Gillessen+ 12a,b)

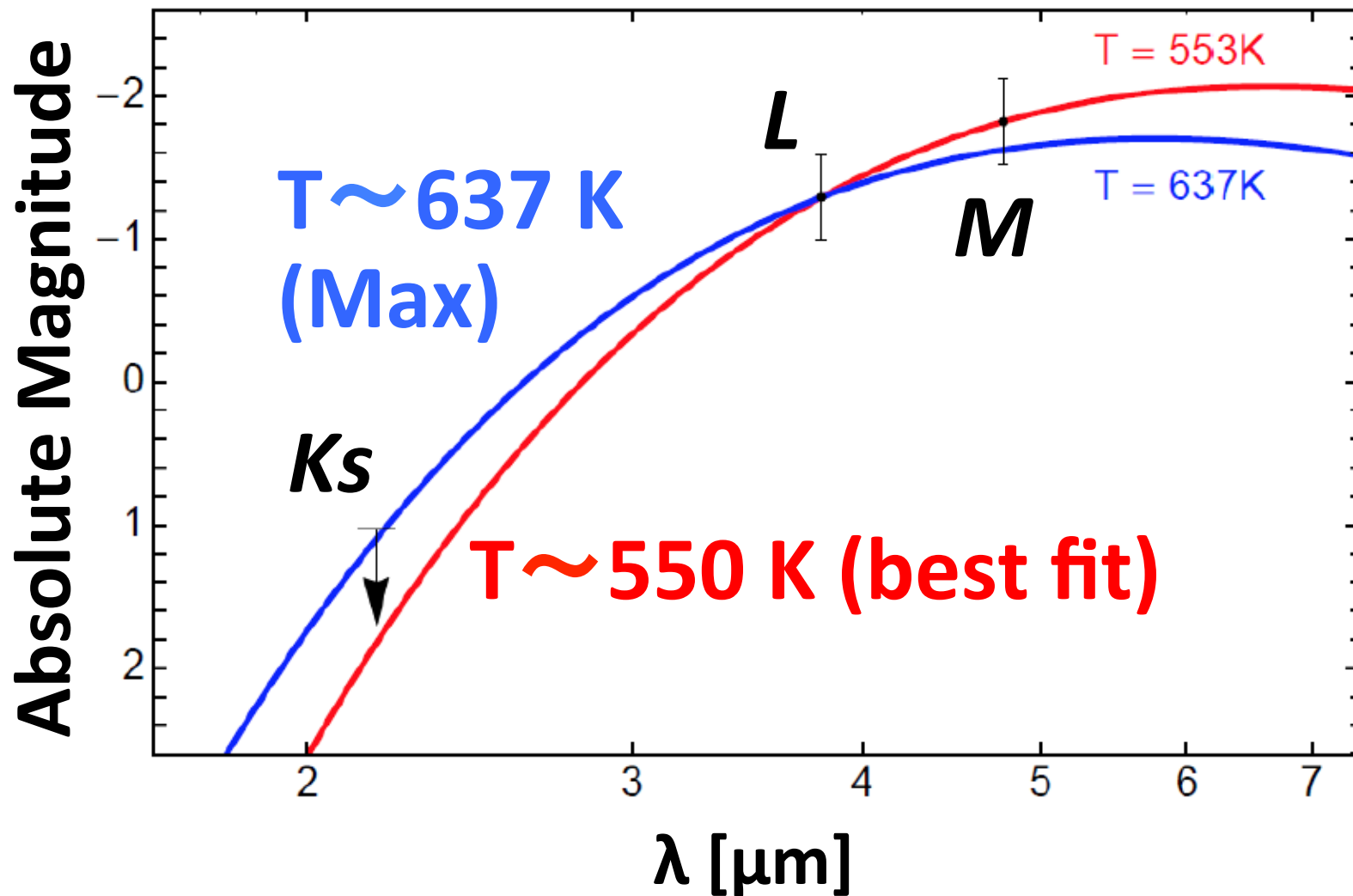


**最近点:  $\sim 1600 R_s$  (130 AU) from Sgr A\***

# ブラックホールへ落ちるガス雲 <sup>16/29</sup>

星ではない? (Gillessen+ 12)

1. 非常に低温 ( $\sim 550$  K)

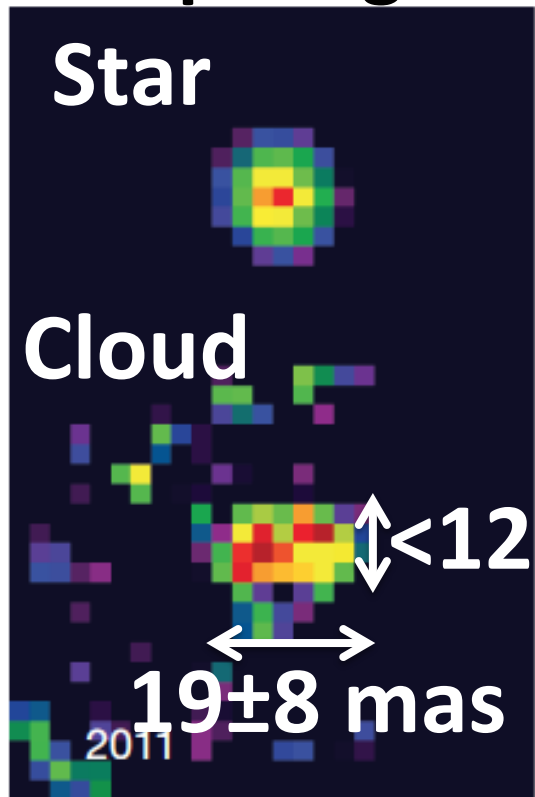


# ブラックホールへ落ちるガス雲 <sup>17/29</sup>

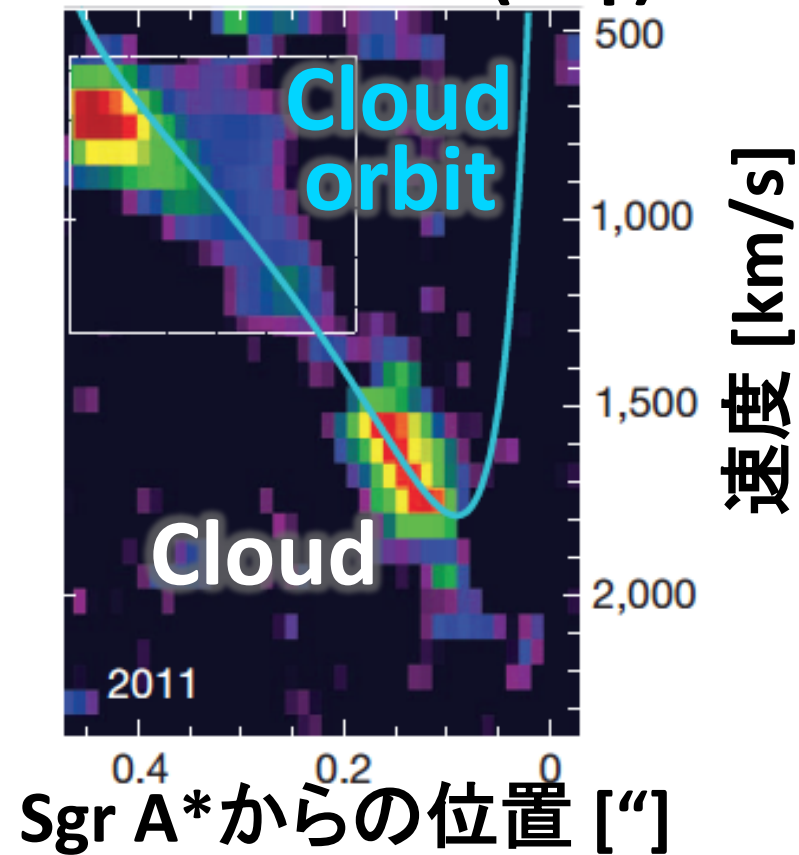
星ではない? (Gillessen+ 12)

1. 非常に低温 ( $\sim 550$  K)
2. 輝線(Br $\gamma$ , Br $\delta$ , He I 2.058 $\mu$ m)、広がり、速度勾配

B $\gamma$  image



位置-速度図 (B $\gamma$ )



# ブラックホールへ落ちるガス雲

18/29

Saitoh+ 14



**“SPITZER/IRAC OBSERVATIONS  
OF THE VARIABILITY OF Sgr A\*  
AND THE OBJECT G2 AT 4.5  $\mu\text{m}$ ”**

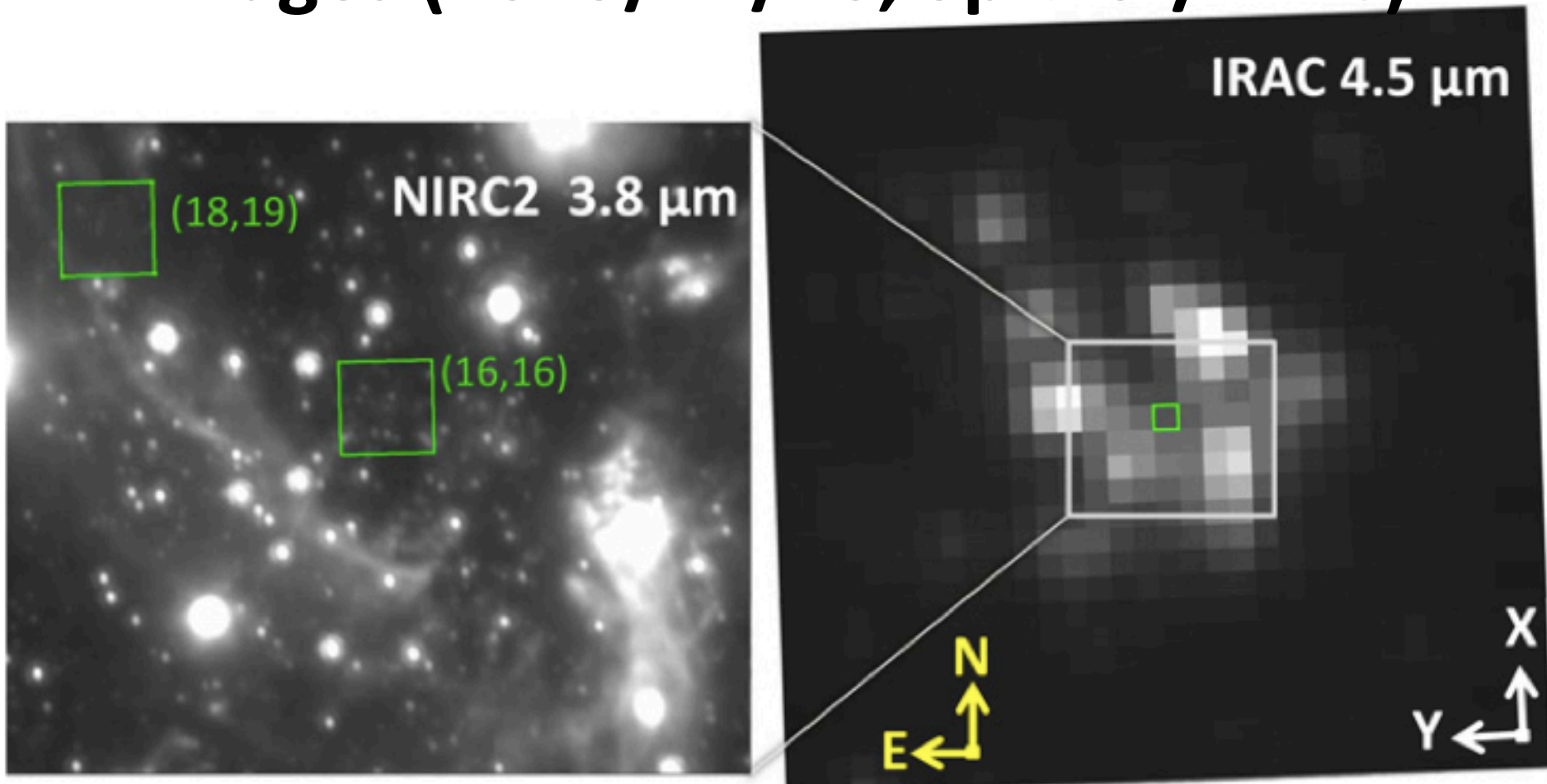
**(2014, ApJ, 793, 120)**

**J.L. Hora, G. Witzel et al.**

**← UCLA group with the Keck telescope**

# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>20/29</sup>

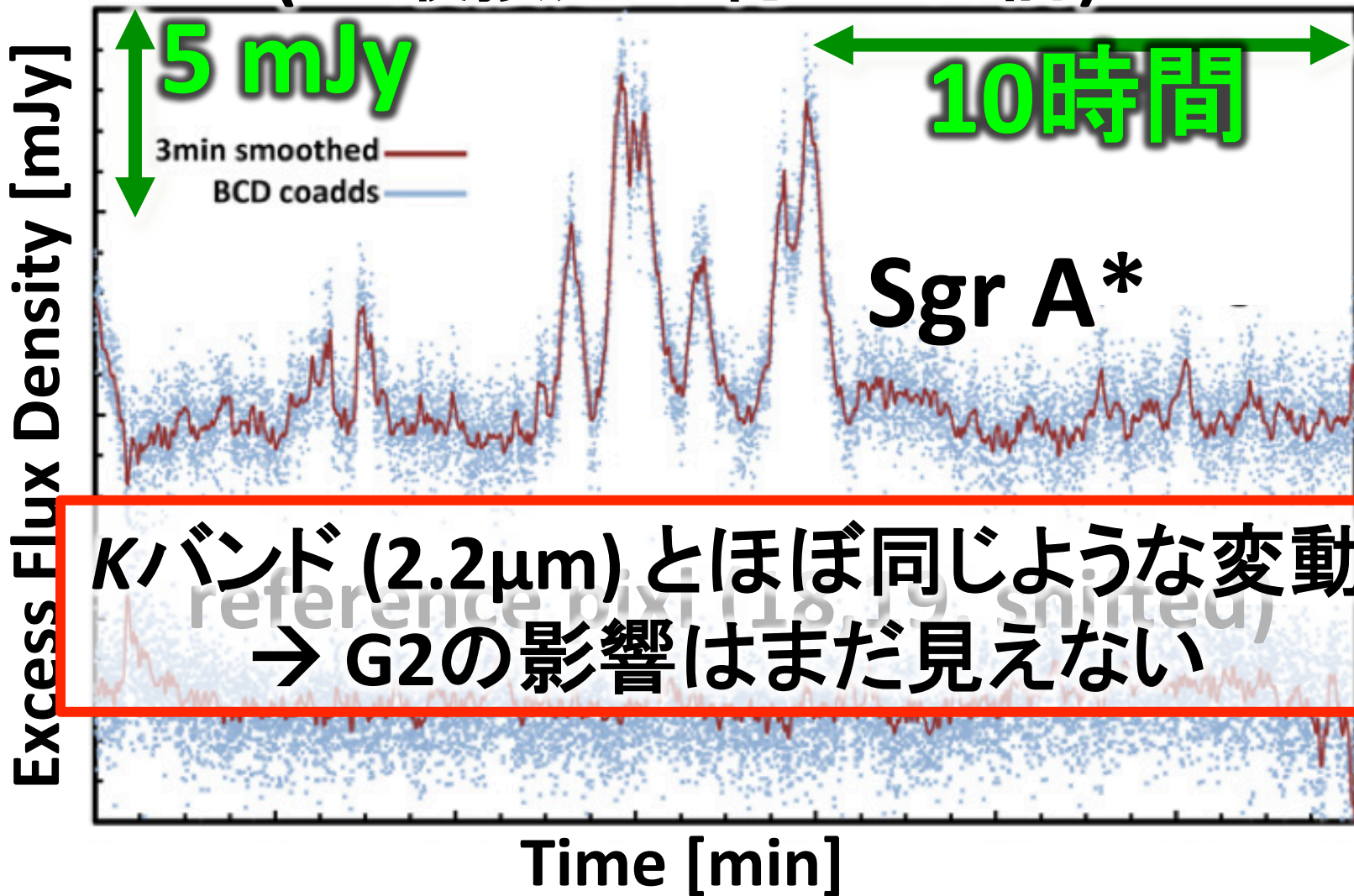
Images (2013/12/10, Spitzer/IRAC)



地上の赤外線望遠鏡では観測できない時期  
(太陽の方向にいて座)

# ブラックホールへ落ちるガス雲

Sgr A\*の赤外線 ( $4.5\mu\text{m}$ ) のライトカーブ  
(G2最接近の約100日前)



# “DETECTION OF GALACTIC CENTER SOURCE G2 AT 3.8 MICRONS DURING PERIAPSE PASSAGE”

(2014, arXiv:1410.884)

G. Witzel, A. M. Ghez et al.

← UCLA group with the Keck telescope

## 観測日

2014 March 20

2014 May 11

2014 July 3

2014 August 4

## 過去のデータ

2005 July 30

2006 May 21

2009 July 22

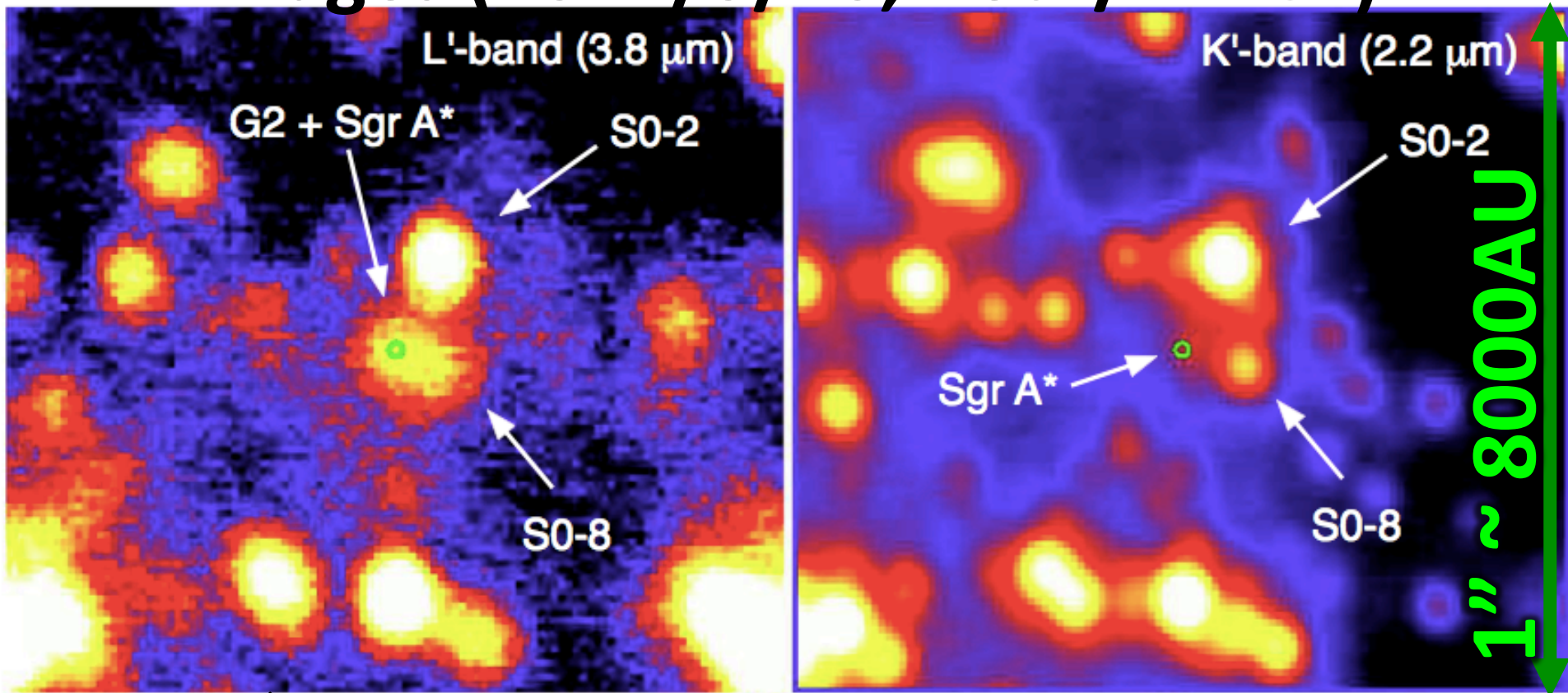
2012 July 20 - 23

2014 August 5



# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>23/29</sup>

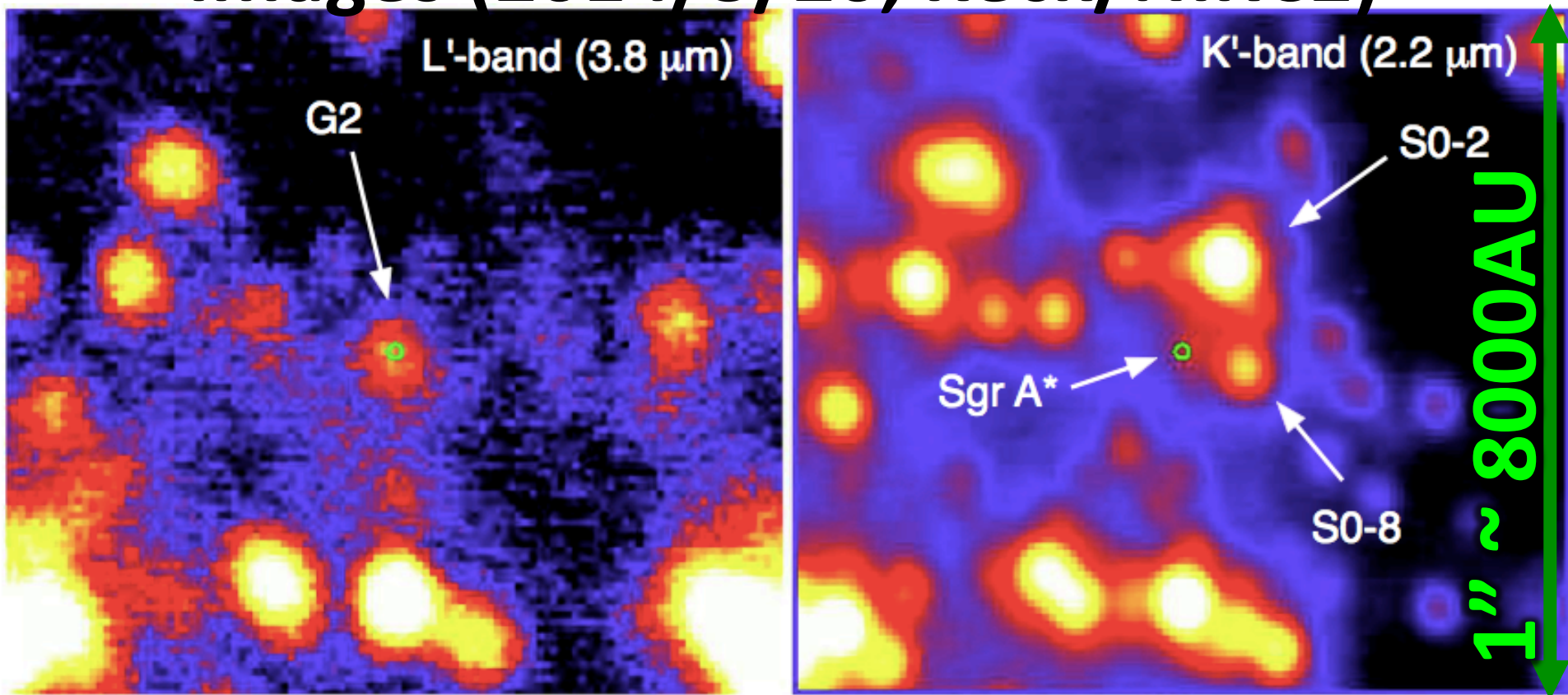
Images (2014/3/20, Keck/NIRC2)



- G2がブラックホールに最接近している時期
- G2 & Sgr A\*: 分解できない ( $\sim 20\text{mas}$ ,  $10\text{mas/pix}$ )
- Sgr A\*: 比較的暗い時期

# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>24/29</sup>

Images (2014/3/20, Keck/NIRC2)

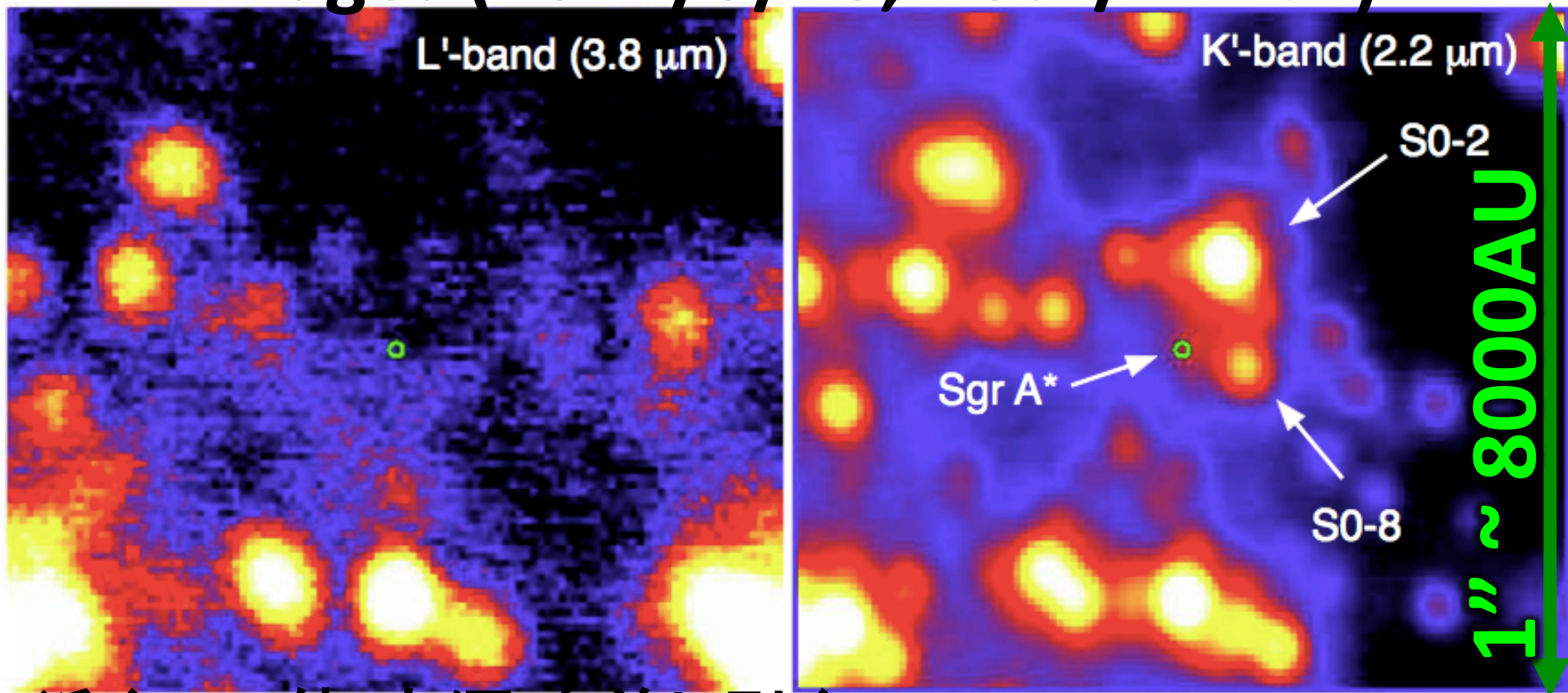


近々の天体(点源)を差し引く(Sgr A\*, S0-2, S0-8)  
→ G2の成分が見える(3.8μm)



# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>25/29</sup>

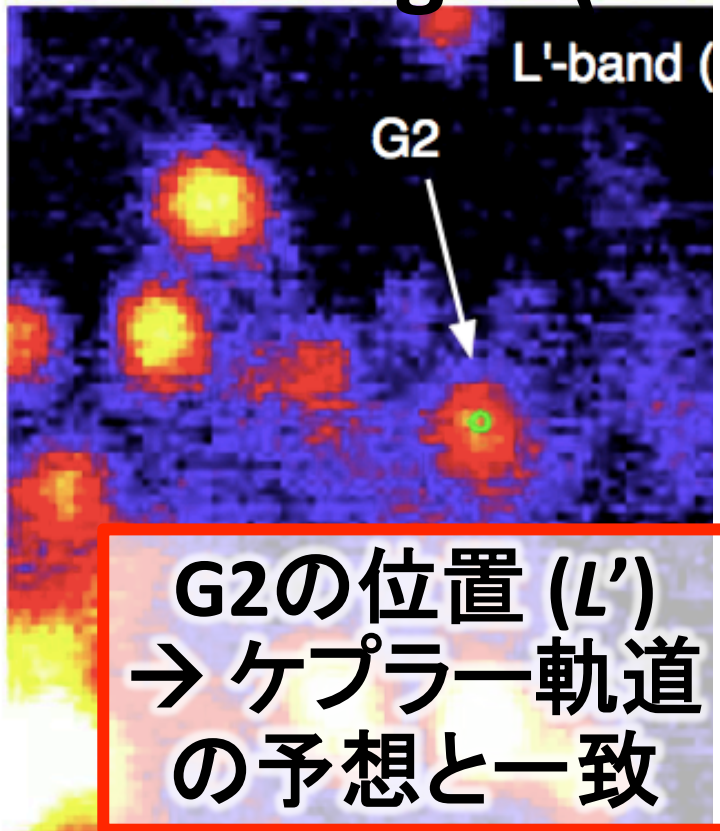
Images (2014/3/20, Keck/NIRC2)



近くの天体(点源)を差し引く(Sgr A\*, S0-2, S0-8)  
G2の成分も点源として差し引く  
→ G2 & Sgr A\* の位置になにも見えない  
← G2はほぼ点源、明るさも精確に測定

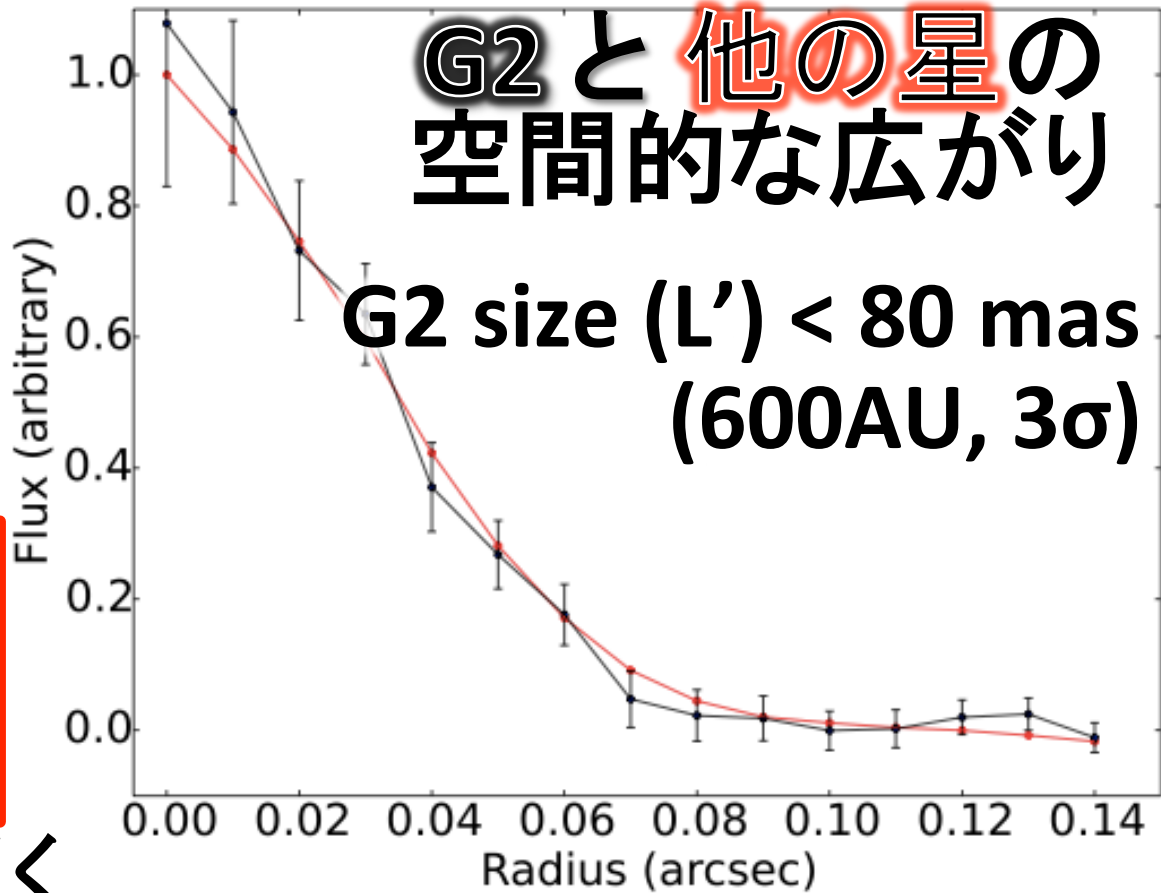
# ブラックホールへ落ちるガス雲 <sup>26/29</sup>

Images (2014/3/20, Keck/NIRC2)



G2の位置 ( $L'$ )  
→ ケプラー軌道  
の予想と一致

近くの天体を差し引く  
(Sgr A\*, S0-2, S0-8)

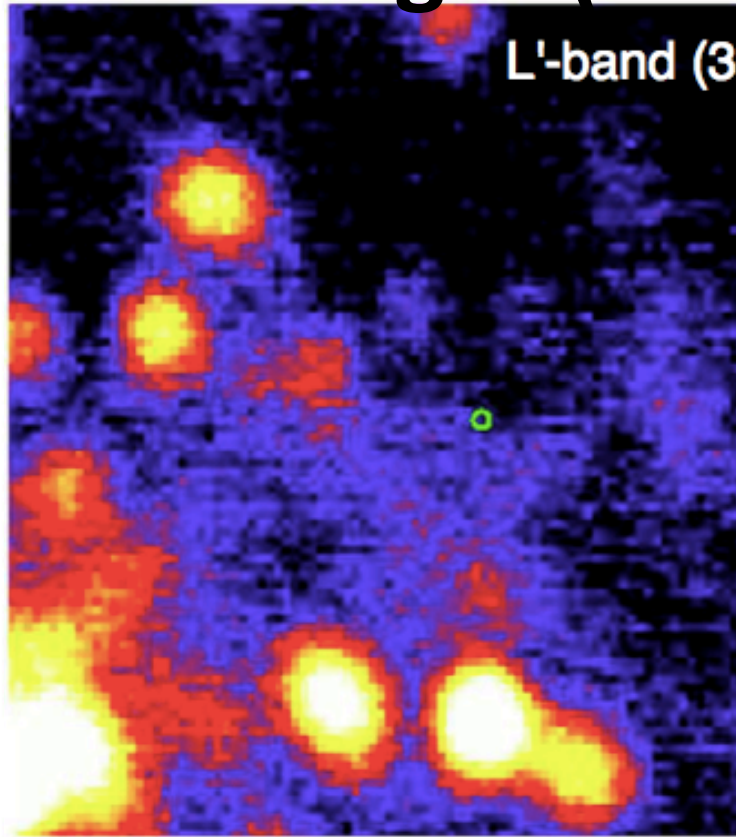


最接近点で、点源(星)よりも  
広がっているようには見えない

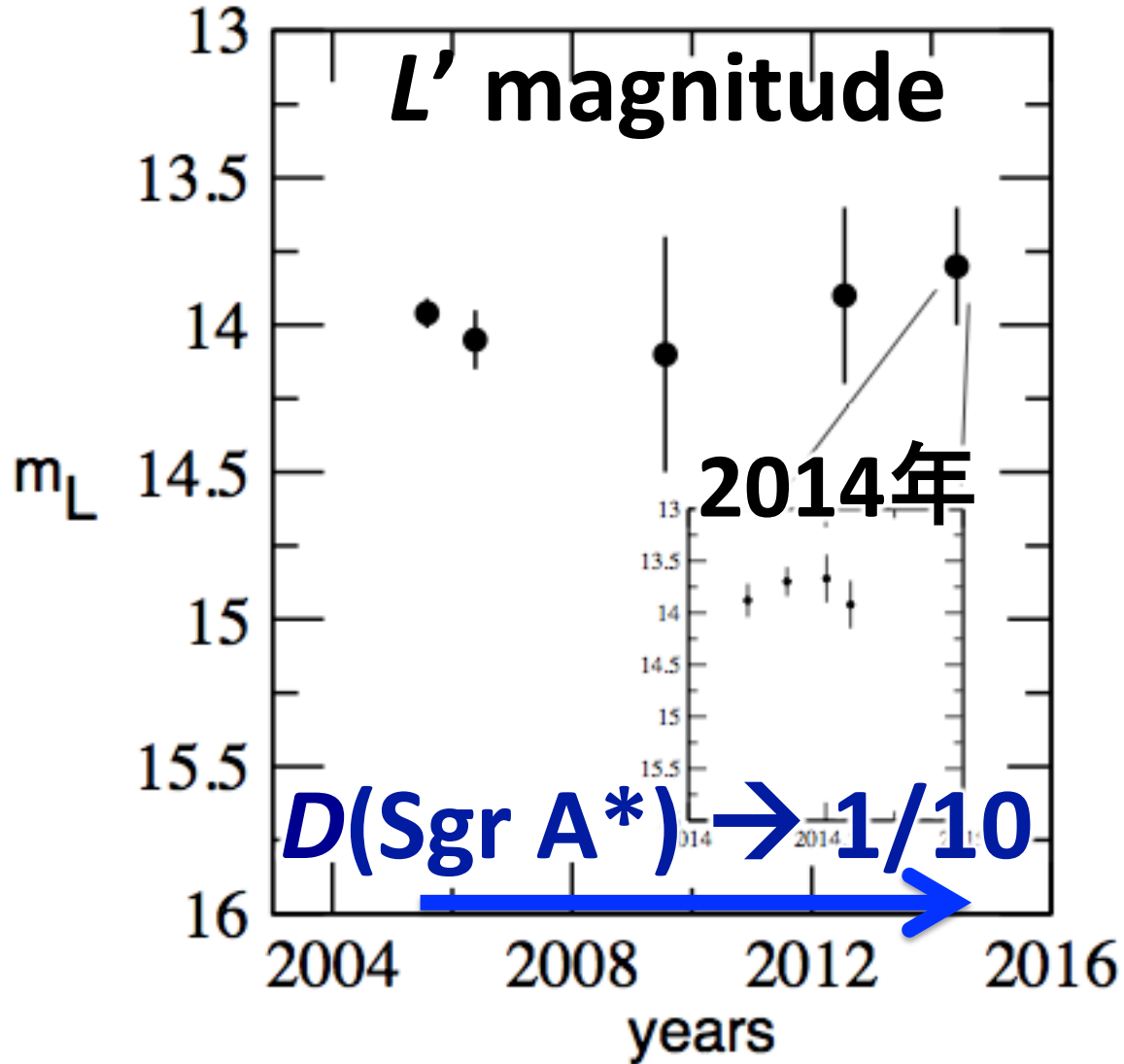


# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>27/29</sup>

Images (2014/3/20, Keck/NIRC2)



近々の天体を差し引  
G2も点源として差し  
→ G2自身の明るさ



# ブラックホールへ落ちるガス雲<sup>28/29</sup>

- 空間的な広がりはない
- ケプラー軌道からのズレはない
- 明るさの変動はない

→「ガス“だけ”の雲」説は否定

L'バンド( $3.8\mu\text{m}$ )の放射

- Br- $\gamma$ とは異なる場所からきている
- 星を取り囲む、光学的に厚いダスト殻  
→ 内部から加熱

# ブラックホールへ落ちるガス雲 <sup>29/29</sup>

Tidal radius with SMBH ( $4.3 \times 10^6 M_{\odot}$ )

$$r_t = 1.31 \text{ AU} \cdot \frac{R_{3D}}{215 \text{ AU}} \times \left( \frac{M_{G2}}{2M_{\odot}} \right)^{1/3}$$

$R_{3D}$ : Sgr A\*からの3次元距離  
 $M_{G2}$ : G2の(中の星の)質量

→ 数太陽質量の主系列星

+ 数AUに広がったダストシェル

→ a binary merger product?