

すばる望遠鏡の概要と将来 137億年の宇宙史

いえ まさのり

家 正則(国立天文台)

- 1) すばる望遠鏡の概要
- 2) 宇宙史：最遠銀河の発見
- 3) レーザーガイド補償光学
- 4) 次世代超大型望遠鏡構想

すばる望遠鏡(国立天文台ハワイ観測所)

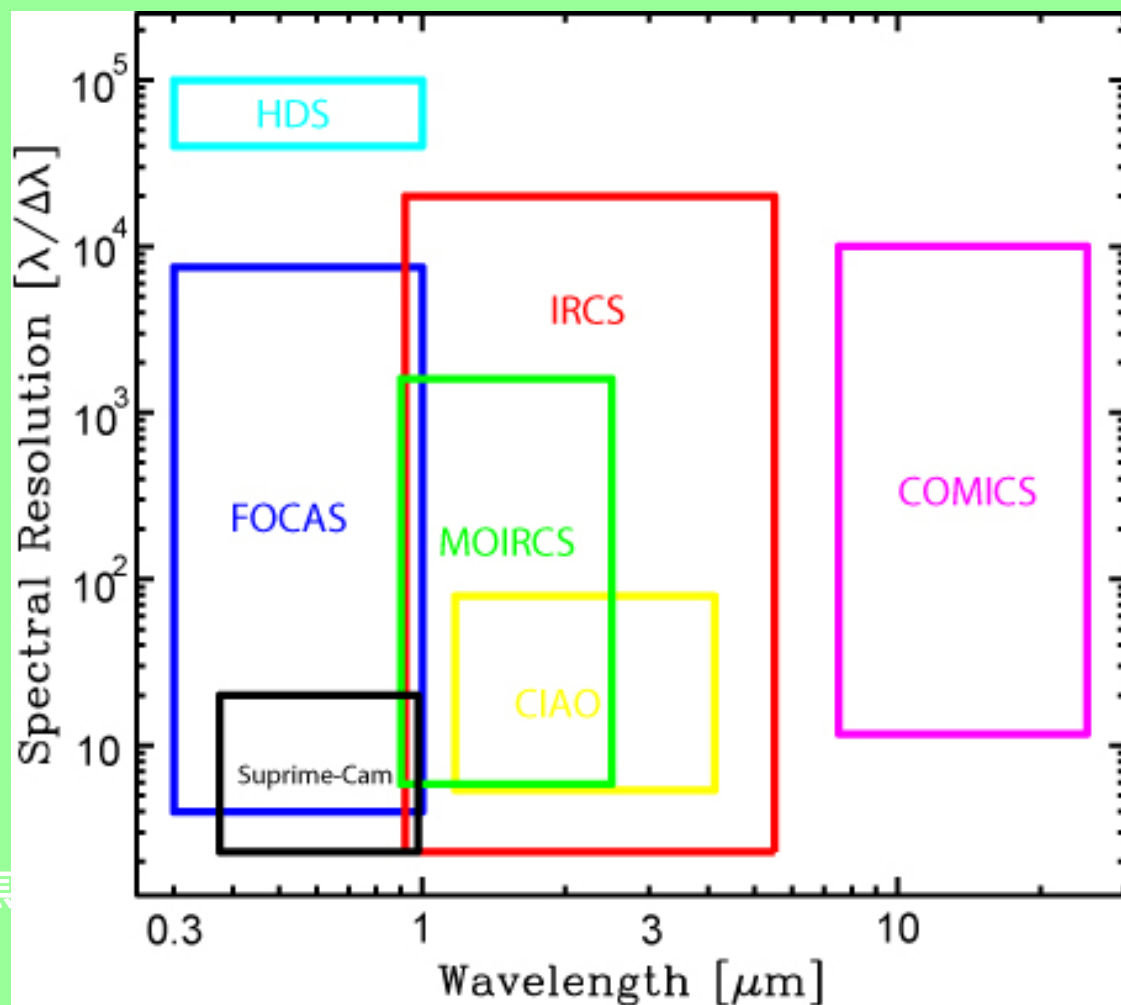
- 2000年から運用開始
- 口径8.2m
- 高度4200m
- 世界でも最高画質
- 4 焦点, 7 観測装置



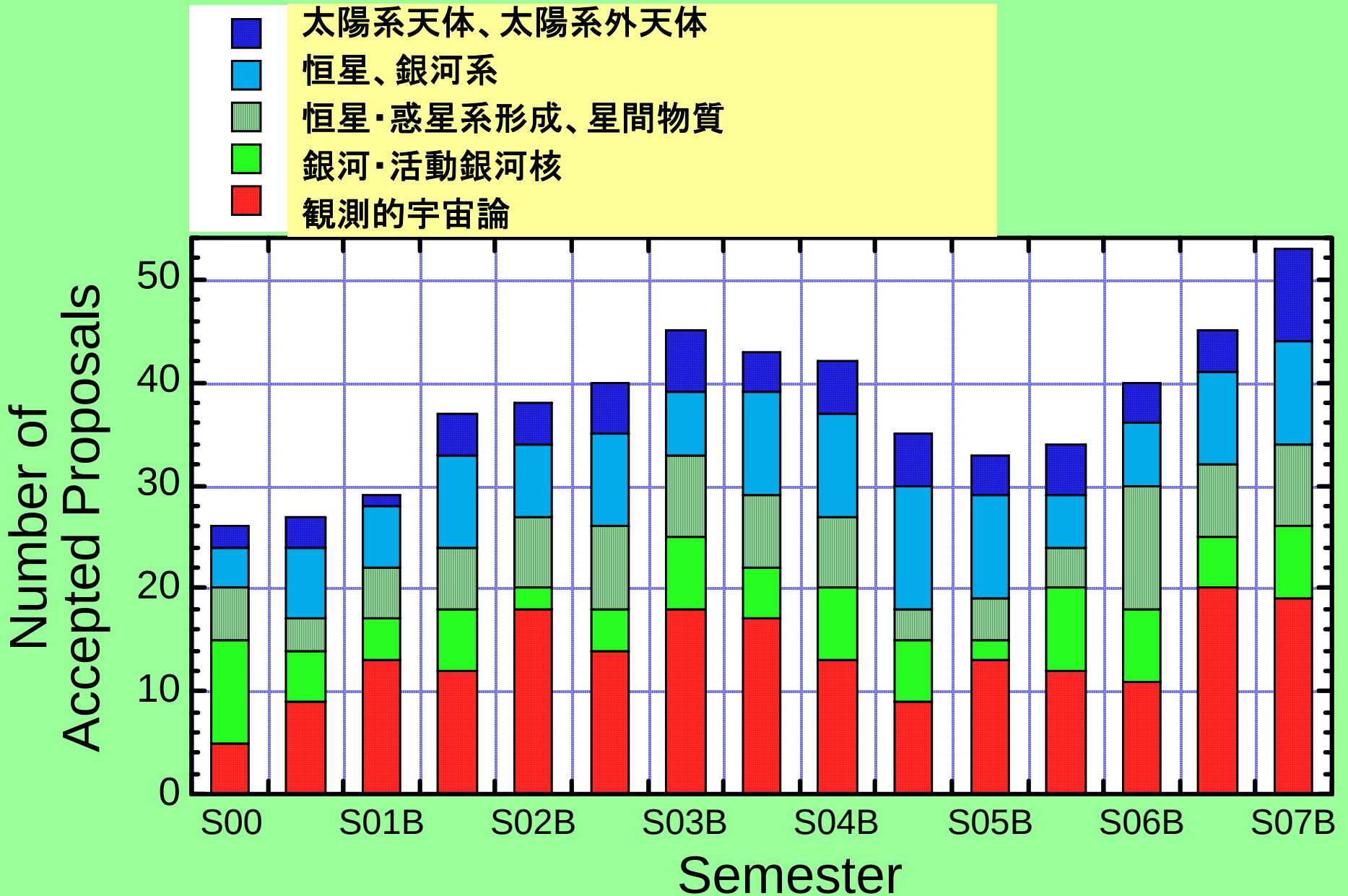
観測装置

Suprime-Cam	可視撮像 (34'×27') (赤感CCDへ)
HDS	高分散分光 ($R=10^5$)
FOCAS	微光天体多天体分光撮像
IRCS/(AO188)	近赤外分光撮像 ($R=20000$) /補償光学
COMICS	中間赤外分光撮像
MOIRCS	近赤外多天体分光撮像 (7'×4')
AO188	188素子レーザーガイド補償光学装置
(HiCIAO)	コロナグラフ撮像装置
FMOS	多天体OH除去分光装置 (400)
Hyper Suprime	超広視野撮像装置 (FOV1.5°)

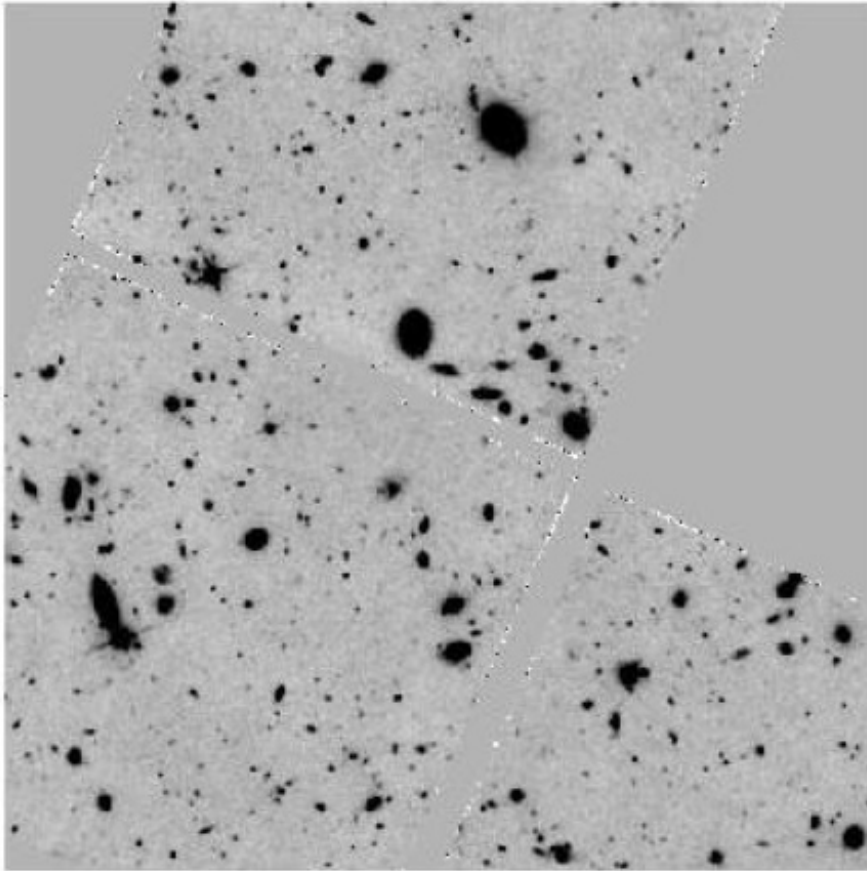
すばる望遠鏡焦点と観測装置



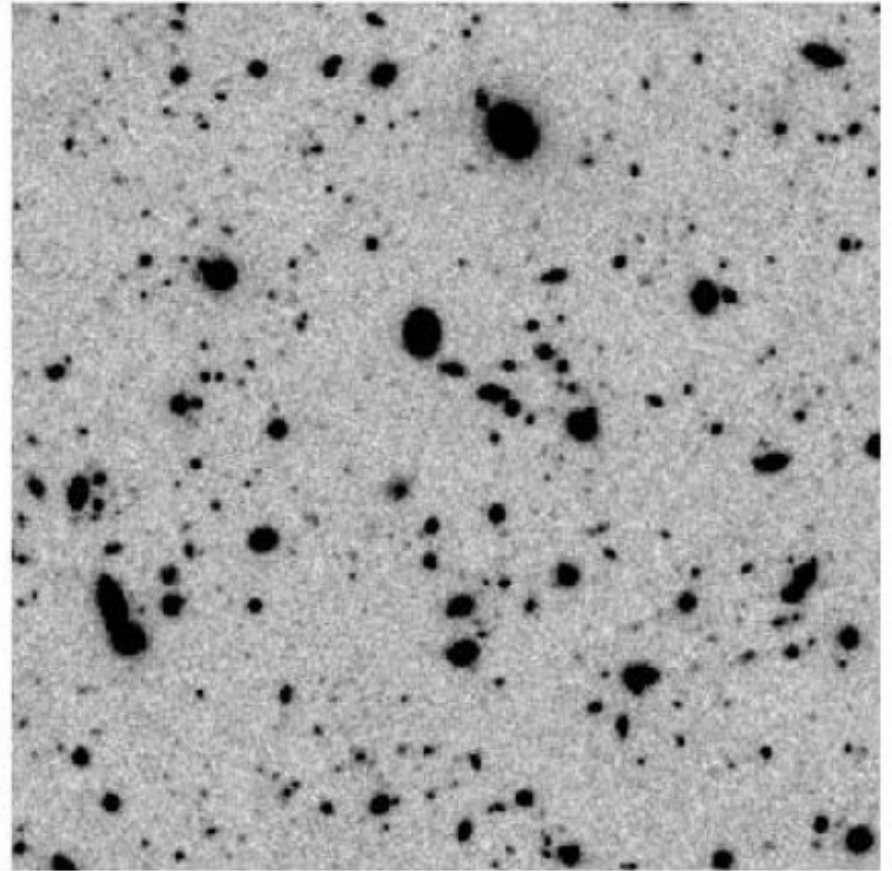
研究分野



ハッブル望遠鏡 対 すばる望遠鏡



HST 'wide-I' continuum



NB816 narrowband

限界等級引き分けだが、視野で100倍勝つ。

宇宙史の探査法

- 1) マイクロ波背景放射のゆらぎスペクトル
赤方偏移1000(38万年後)の時代
- 2) 最遠銀河を見る(宇宙再電離期)
赤方偏移7(7億5千万年後)
- 3) 銀河系やアンドロメダ銀河の化石(古い星)
赤方偏移0(137億年後)

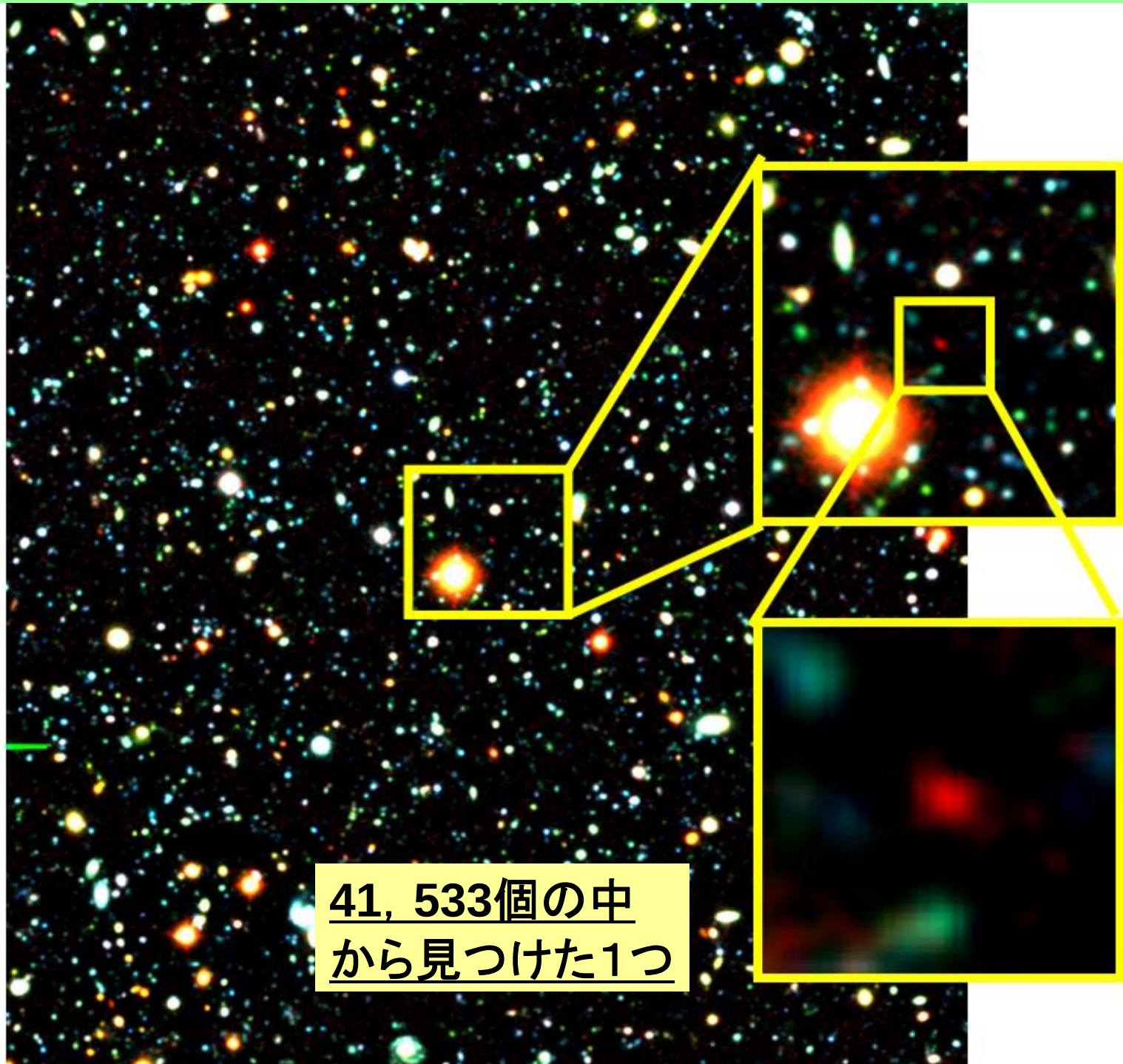
遠方銀河のギネス記録保持(601日目)

表 1: 最も遠い銀河ベストテン (2006 年 9 月 14 日)

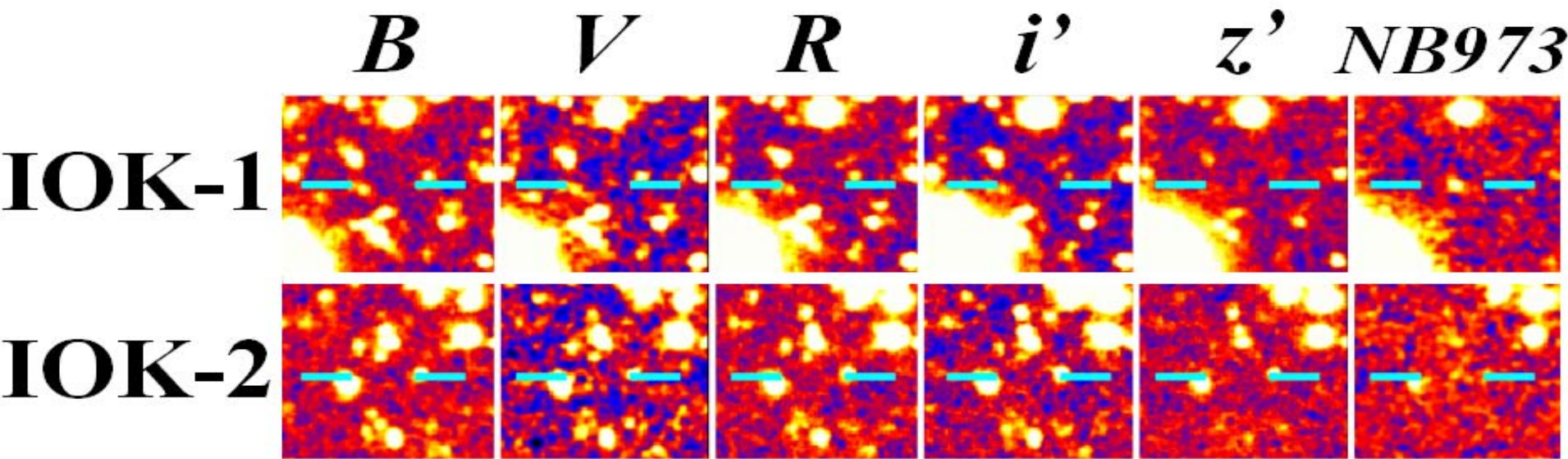
順位	天体名	座標	赤方偏移	距離 #	論文	公表日
1	IOK-1	J132359.8+272456	6.964	128.826	家ほか	2006 年 9 月 14 日
2	SDF ID1004	J132522.3+273520	6.597	128.250	谷口ほか	2005 年 2 月 25 日
3	SDF ID1018	J132520.4+273459	6.596	128.248	柏川ほか	2006 年 4 月 5 日
4	SDF ID1030	J132357.1+272448	6.589	128.238	柏川ほか	2006 年 4 月 5 日
5	SDF ID1007	J132432.5+271647	6.580	128.222	谷口ほか	2005 年 2 月 25 日
6	SDF ID1008	J132518.8+273043	6.578	128.219	谷口ほか	2005 年 2 月 25 日
6	SDF ID1001	J132418.3+271455	6.578	128.219	小平ほか	2003 年 4 月 25 日
8*	HCM-6A	J023954.7-013332	6.560	128.189	Hu ほか	2002 年 4 月 1 日
9	SDF ID1059	J132432.9+273124	6.557	128.184	柏川ほか	2006 年 4 月 5 日
10	SDF ID1003	J132408.3+271543	6.554	128.178	谷口ほか	2005 年 2 月 25 日

距離は宇宙年齢を 136.6 億歳とするモデルによる値。単位は億光年

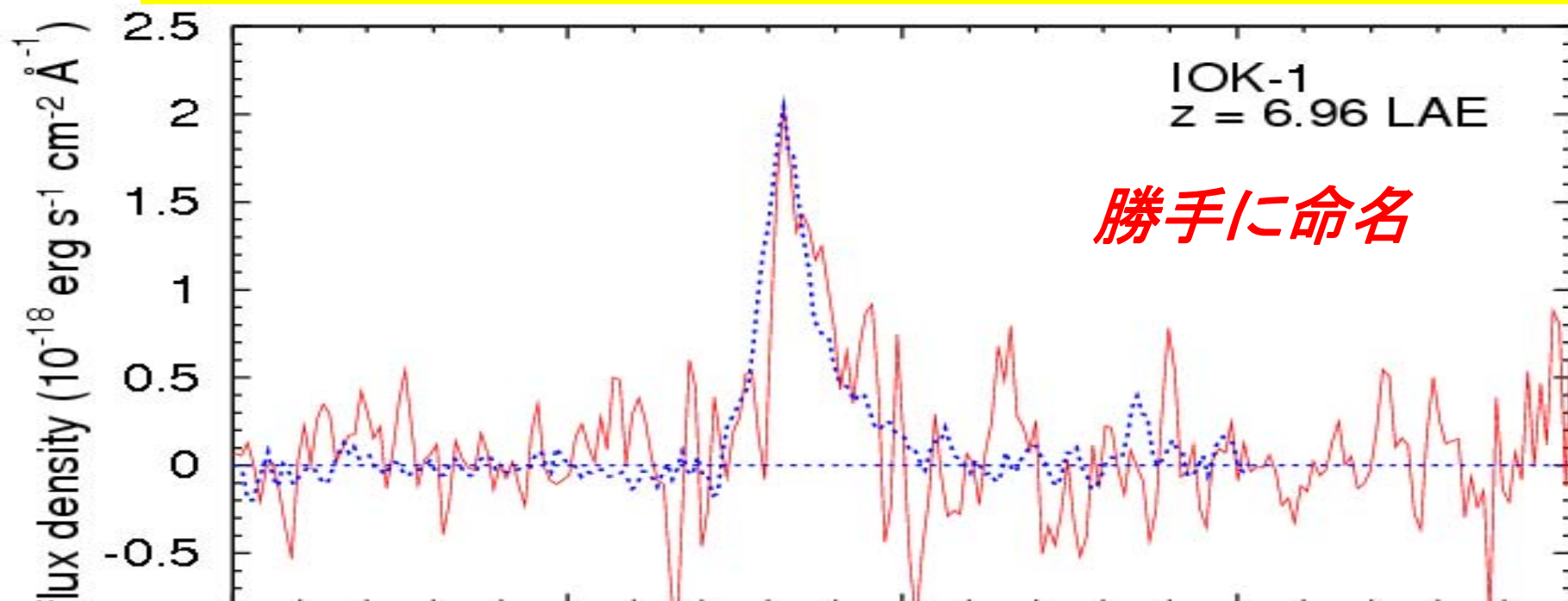
* この銀河のみケック望遠鏡で発見されたが、他はすべてすばる望遠鏡による発見。



41, 533個の中
から見つけた1つ



128億光年、最遠方銀河「IOK-1」の発見



世界記録で グランドスラム 報道

2006年(平成18年)9月14日 木曜日
14版 総合 2

最も遠い 銀河発見

123億8千万光年

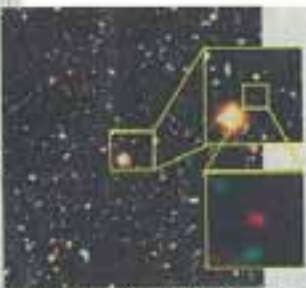


宇宙の果てに、最も遠い銀河が発見された。その距離は、地球から123億8千万光年と推定される。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。この銀河は、非常に遠くから観測されたため、その光は宇宙の膨張によって赤外線にシフトしている。発見チームは、この銀河の中心部に、非常に明るい光源があることを確認している。この光源は、銀河の中心にある超大質量ブラックホールか、あるいは、銀河の中心にある若い星の集団である可能性がある。発見チームは、この銀河の周囲に、多くの小さな星や、ガス雲があることを確認している。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。

2006年(平成18年)9月14日(木曜日)
14版 総合 2

一番遠い銀河

観測史上、最も遠い銀河



宇宙の果てに、最も遠い銀河が発見された。その距離は、地球から123億8千万光年と推定される。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。この銀河は、非常に遠くから観測されたため、その光は宇宙の膨張によって赤外線にシフトしている。発見チームは、この銀河の中心部に、非常に明るい光源があることを確認している。この光源は、銀河の中心にある超大質量ブラックホールか、あるいは、銀河の中心にある若い星の集団である可能性がある。発見チームは、この銀河の周囲に、多くの小さな星や、ガス雲があることを確認している。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。

2006年(平成18年)9月14日(木曜日)
14版 総合 2

最も遠い銀河



宇宙の果てに、最も遠い銀河が発見された。その距離は、地球から123億8千万光年と推定される。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。この銀河は、非常に遠くから観測されたため、その光は宇宙の膨張によって赤外線にシフトしている。発見チームは、この銀河の中心部に、非常に明るい光源があることを確認している。この光源は、銀河の中心にある超大質量ブラックホールか、あるいは、銀河の中心にある若い星の集団である可能性がある。発見チームは、この銀河の周囲に、多くの小さな星や、ガス雲があることを確認している。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。

最も遠い銀河



宇宙の果てに、最も遠い銀河が発見された。その距離は、地球から123億8千万光年と推定される。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。この銀河は、非常に遠くから観測されたため、その光は宇宙の膨張によって赤外線にシフトしている。発見チームは、この銀河の中心部に、非常に明るい光源があることを確認している。この光源は、銀河の中心にある超大質量ブラックホールか、あるいは、銀河の中心にある若い星の集団である可能性がある。発見チームは、この銀河の周囲に、多くの小さな星や、ガス雲があることを確認している。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。

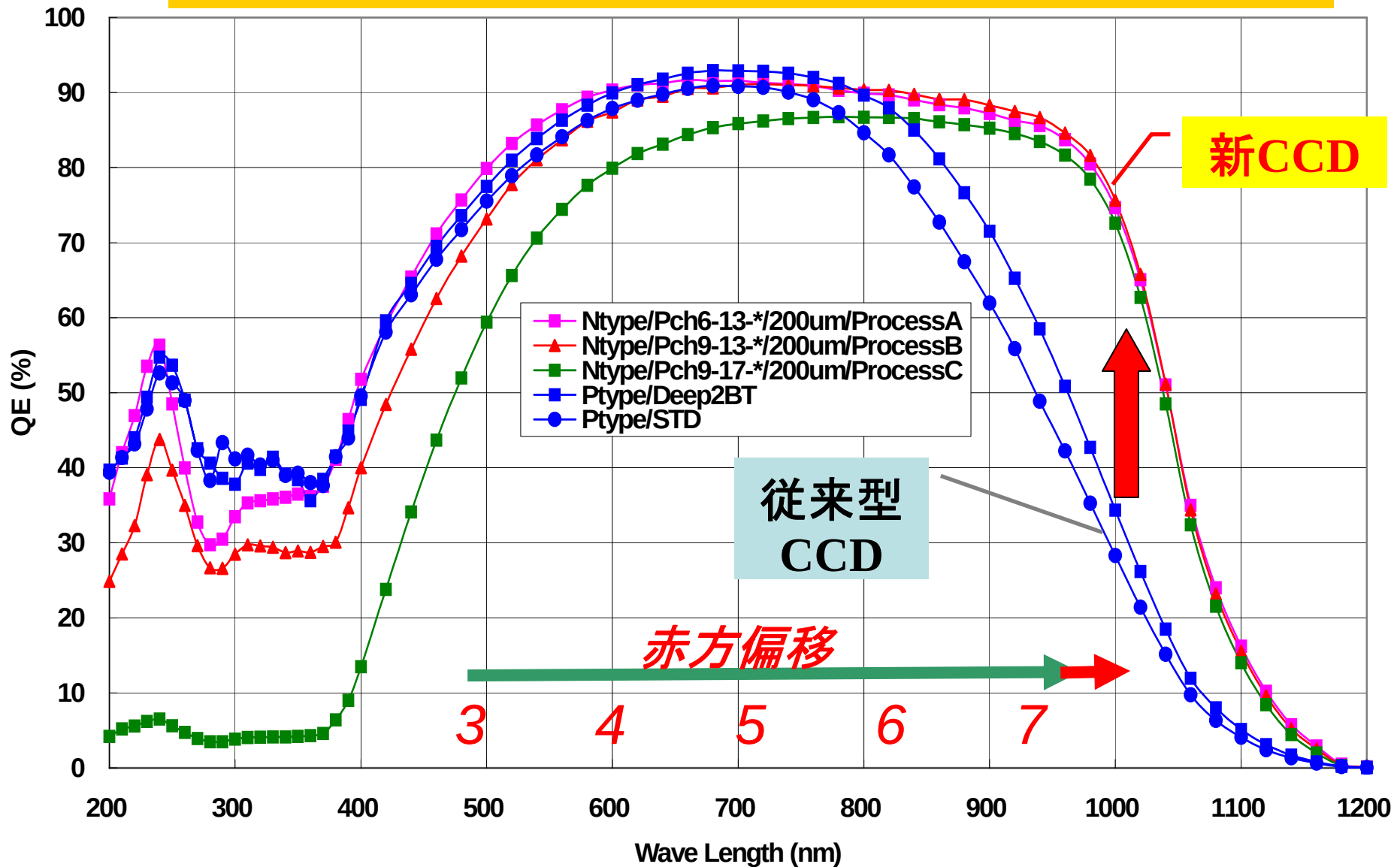
平成18年(2006年)9月14日(木曜日)
14版 総合 2

最も遠い銀河



宇宙の果てに、最も遠い銀河が発見された。その距離は、地球から123億8千万光年と推定される。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。この銀河は、非常に遠くから観測されたため、その光は宇宙の膨張によって赤外線にシフトしている。発見チームは、この銀河の中心部に、非常に明るい光源があることを確認している。この光源は、銀河の中心にある超大質量ブラックホールか、あるいは、銀河の中心にある若い星の集団である可能性がある。発見チームは、この銀河の周囲に、多くの小さな星や、ガス雲があることを確認している。この発見は、宇宙の膨張速度や、銀河の形成のメカニズムに関する重要な手がかりを与える可能性がある。発見チームは、この銀河が、宇宙の初期に形成された最初の銀河の一つである可能性を示唆している。

浜松ホトニクスが開発した赤増感CCD



NB1006+赤感CCDで ギネス記録再更新

水素原子が出す強い光
(波長121nmライマン α 線)

赤方偏移7.3を狙う！

中心波長1006nm
主焦点カメラ赤感CCDで



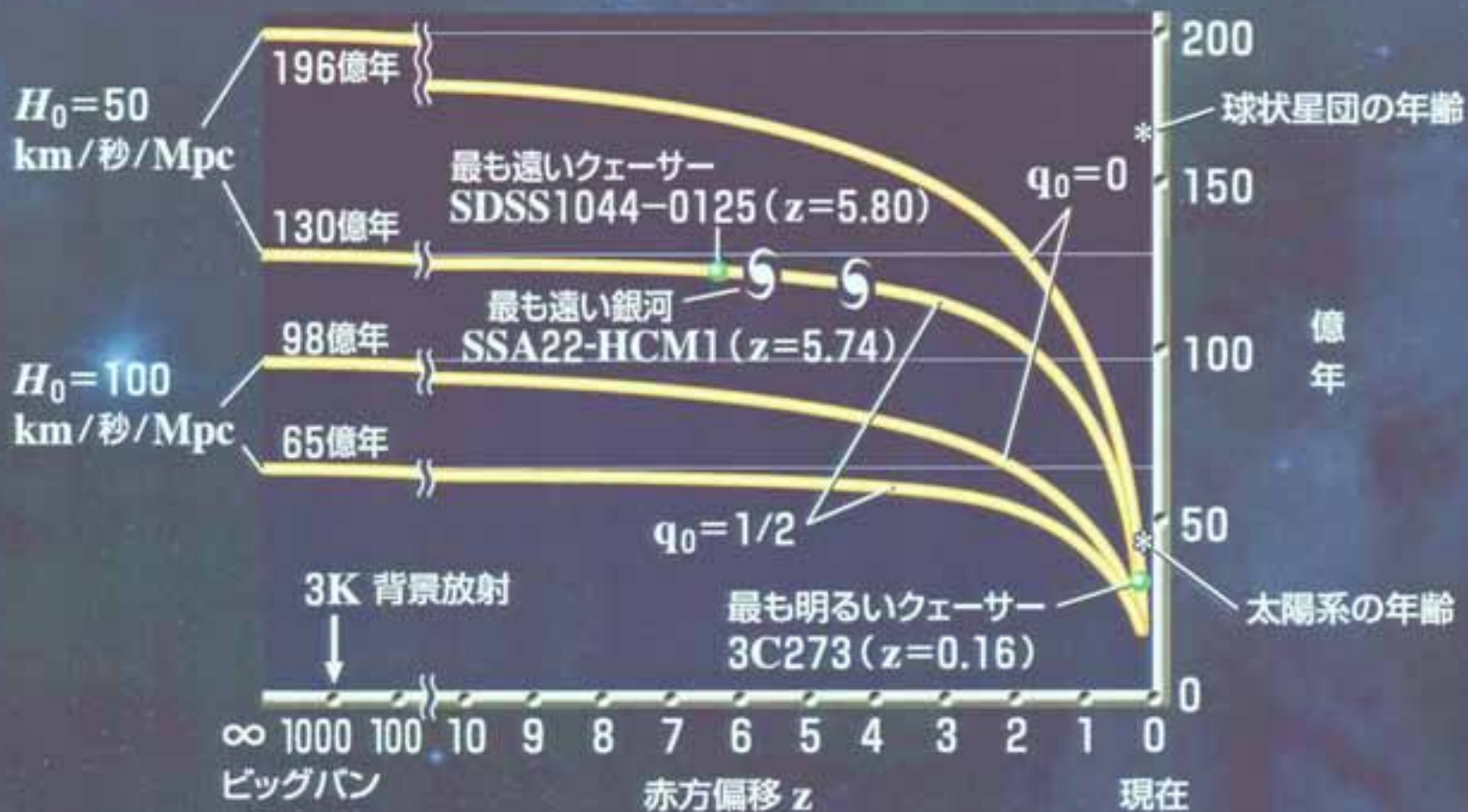
可視光を透さないで真っ黒に見える

宇宙年齢は137億歳!!

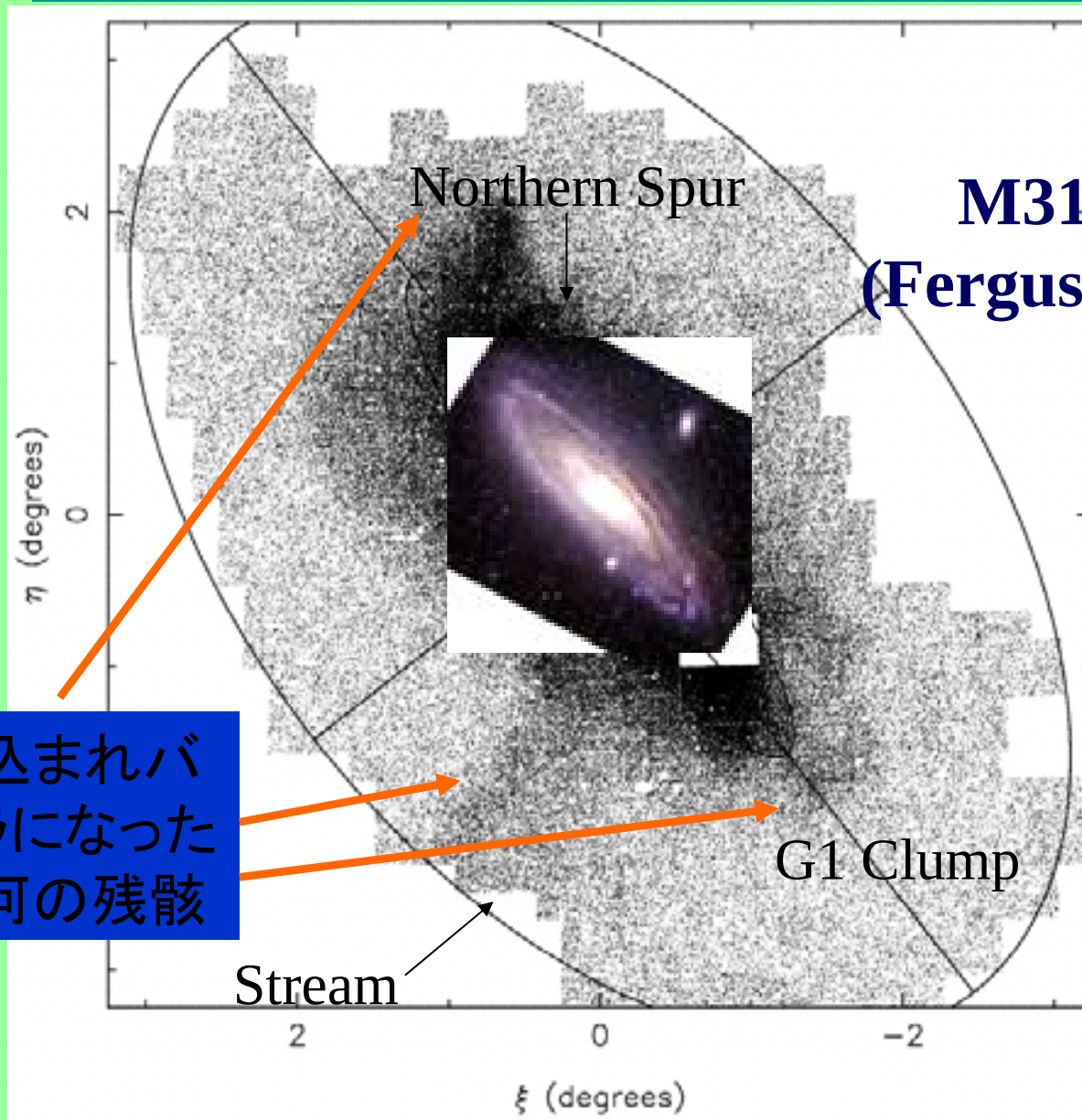
- ・ビッグバン(137億年前)
- ・宇宙の晴れ上がり(38万年後)
- ・最初の星と銀河が誕生(約3億年後)
- ・すばる望遠鏡で見た IOK-1 (7.5億年後=129億年前)
- ・太陽系の誕生(91億年後=46億年前)
- ・人類誕生(100万年前)

* 宇宙の物質はわずか	4%	
暗黒物質	23%	
暗黒エネルギー	73%	正体不明

家が担当した4年前までの放送大学TV授業では、
宇宙年齢は 150 ± 50 億年と講義していた！



円盤銀河の形成と形態



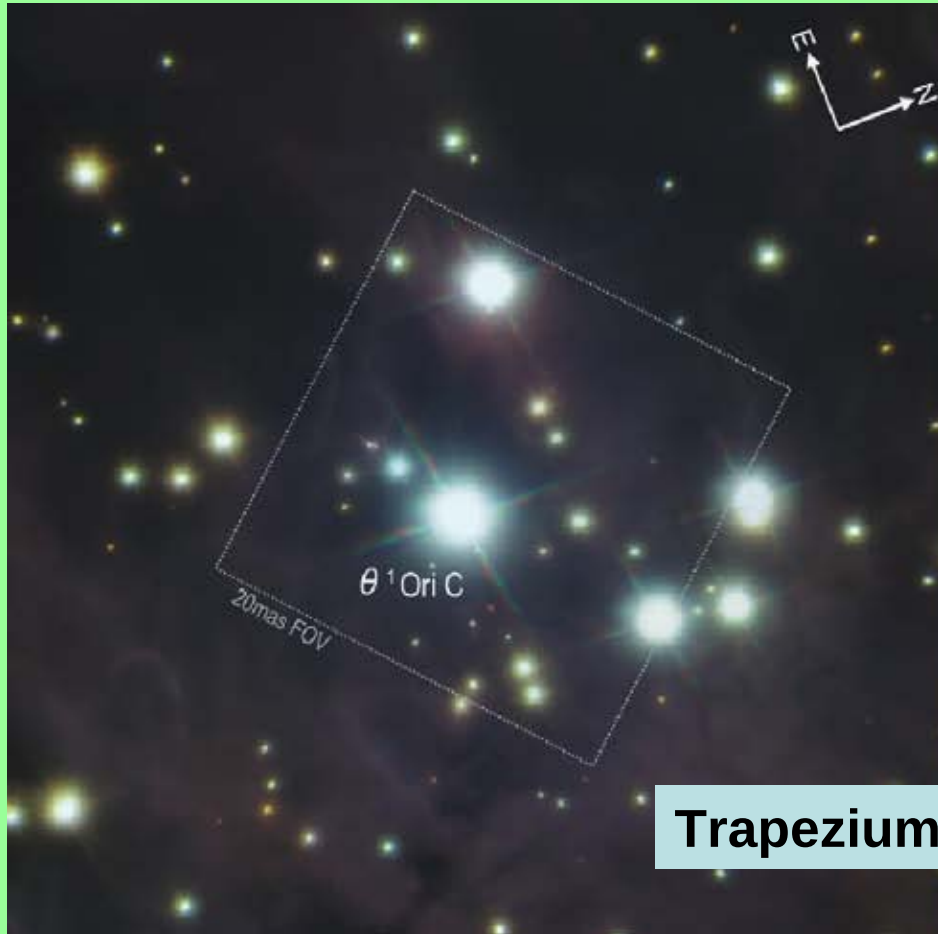
M31's halo
(Ferguson et al. 2002)

飲み込まれバラバラになった
小銀河の残骸

補償光学

188素子補償光学系の初画

400億円の望遠鏡の解像力が1.5%の追加投資で10倍に！



Trapezium, J,H,K-bands



188素子補償光学系(2006)

すばる初期画像 CISC0(1999)

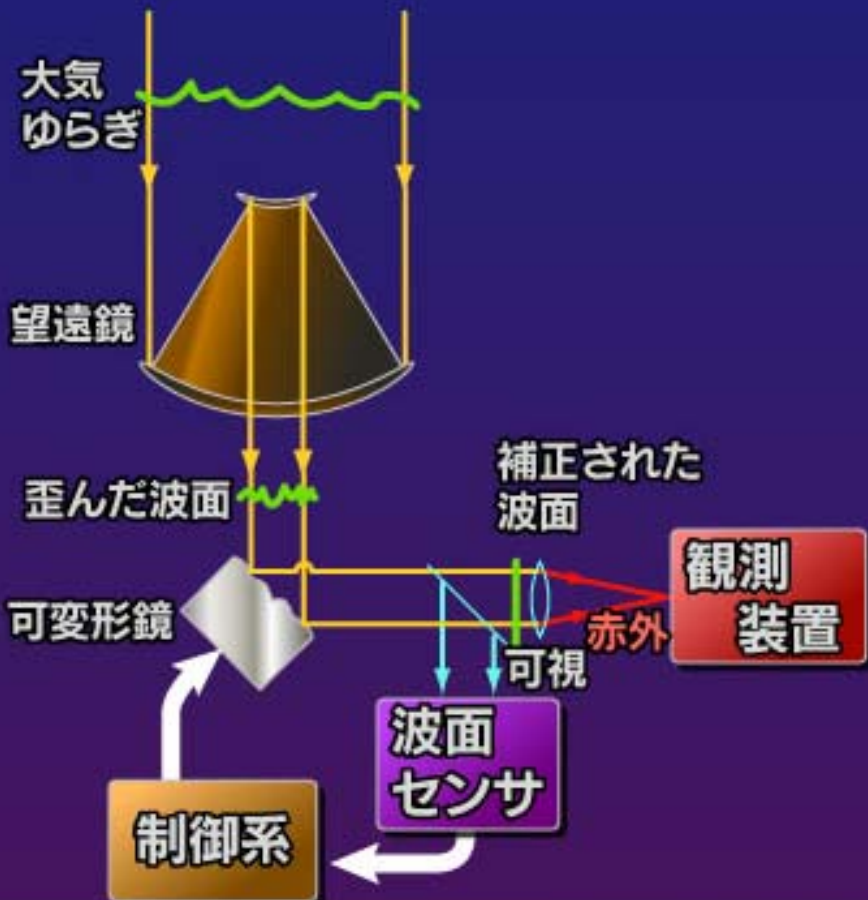
補償光学の原理

① 波面センサ

② 可変形鏡

③ 制御系

ガイド星 ★ 天体





二重星の前を横切る土星の衛星タイタン

タイタンの大気のレンズ効果の初確認

Credit : A.Bouchez,ほか

銀河中心のブラックホールをめぐる星(S2)の運動

NACO May, 2002



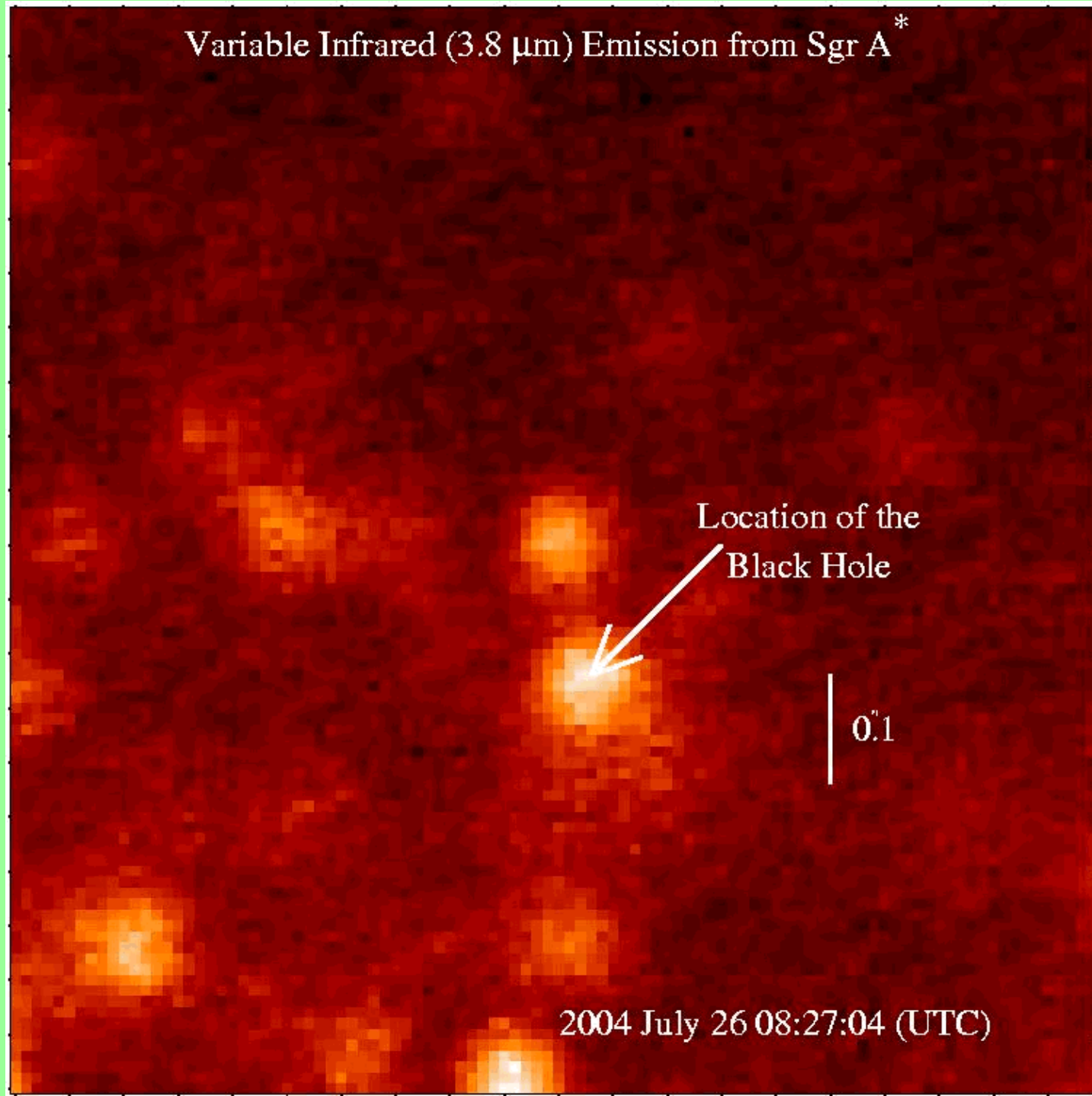
S2 Orbit around Sgr A* (銀河中心)



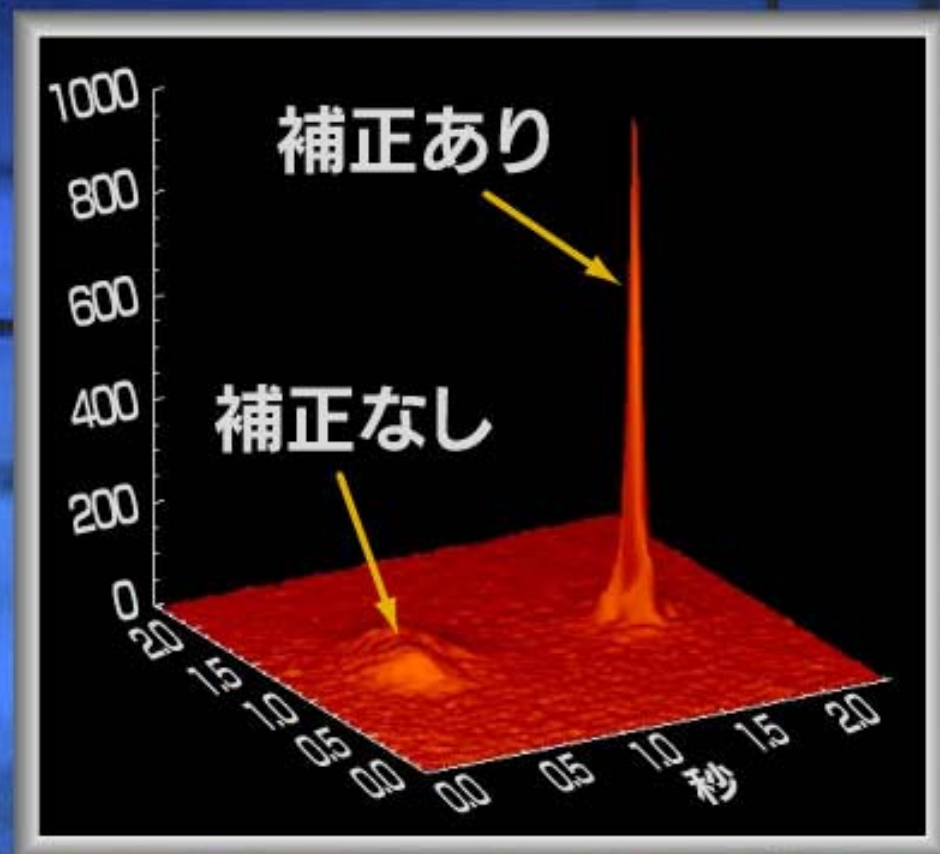
銀河系中心の星の運動から太陽の100万倍の質量のブラックホールがあることが証明された。

出典: European Southern Observation

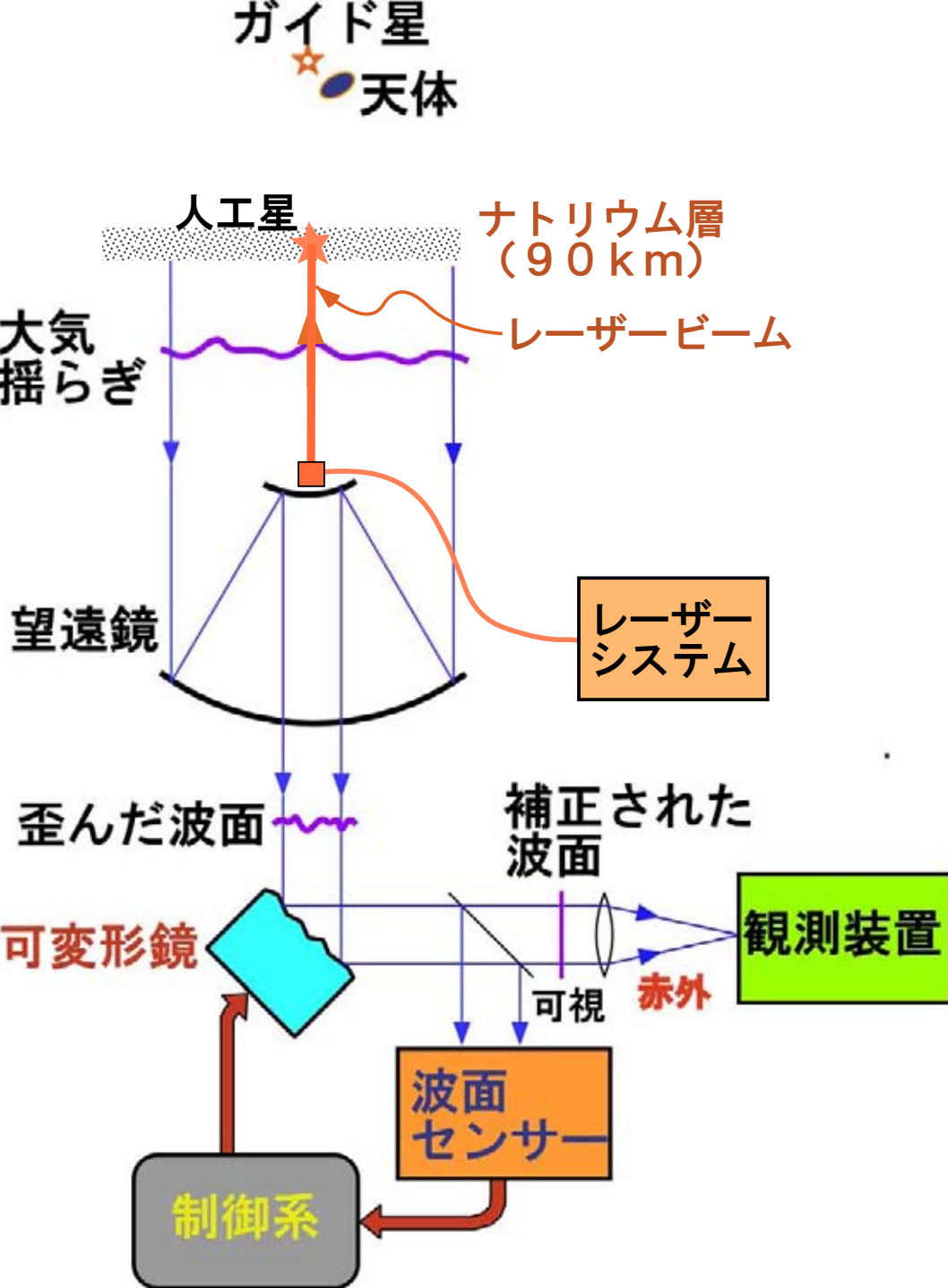
Variable Infrared (3.8 μm) Emission from Sgr A^{*}



すばる補償光学系による回折限界像の実現例



- バンド($2\mu\text{m}$)
- シーイング0.4 秒角
- 補償星像0.07秒角



ガイド星が必要 レーザーガイド星

高さ90kmにあるナトリウム層に波長589nmのレーザーを照射し人工の星を作る

任意の方向の天体が観測可能に

レーザーガイド補償光学用レーザー
照射実験@理化学研究所

牽牛と織女を示すレーザー
ポインター



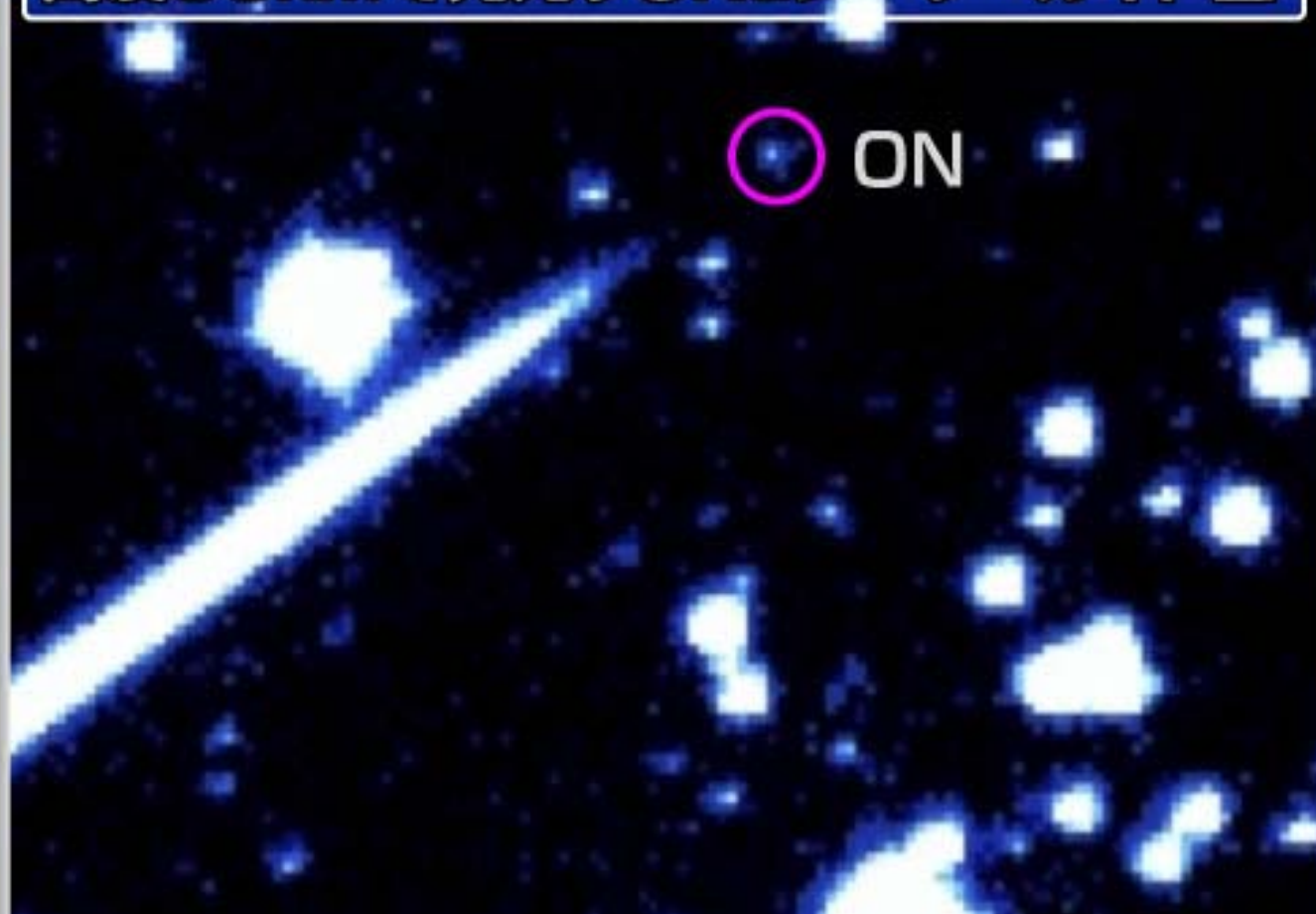
朝日新聞7月7日



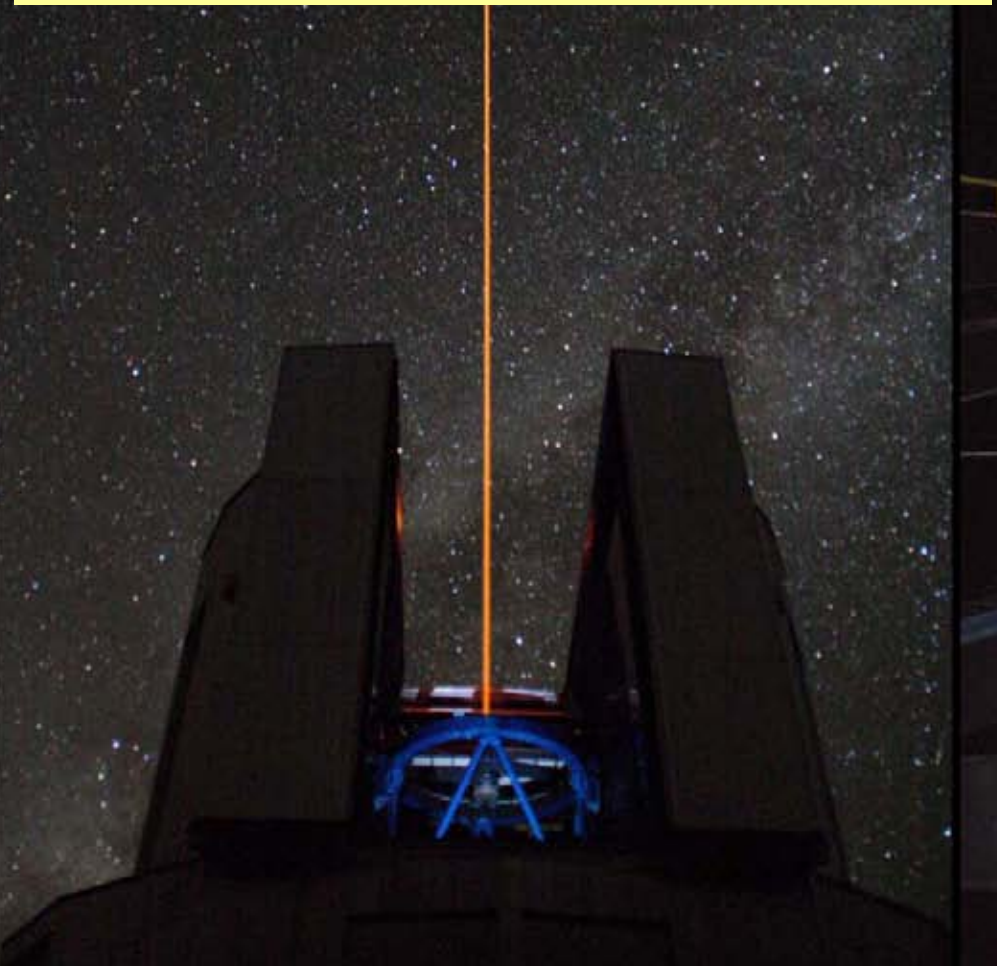
レーザーガイド星生成実験(2005年10月1日)

NaI D2線周波数に1000万分の1の精度でON/OFF

高度90kmで発光するNaレーザーガイド星



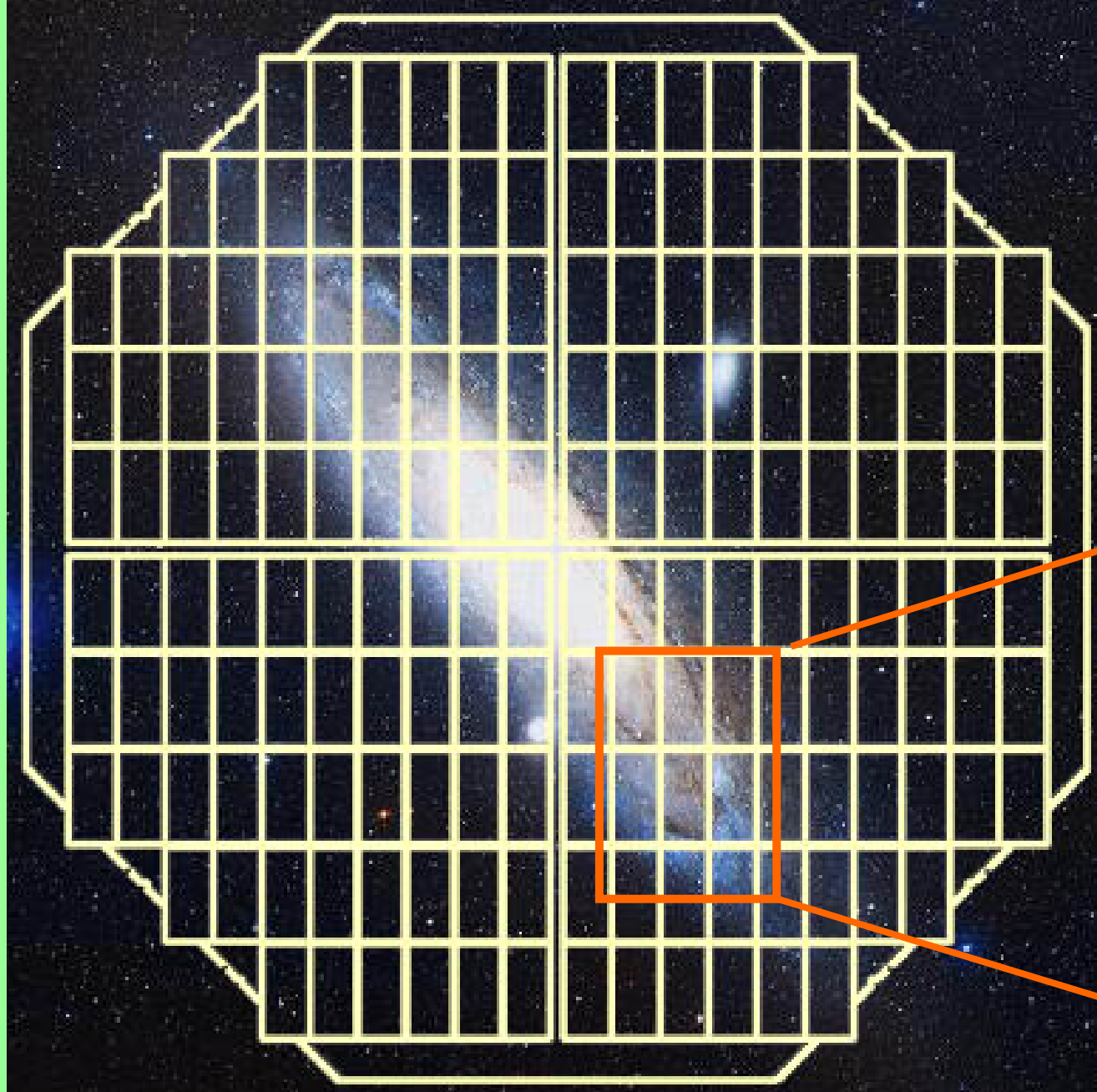
すばるレーザーガイド星
生成実験の成功
2006年10月12日
ハワイ大地震の3夜前



補償光学次世代望遠鏡のメリット

集光力	$A = D^2$
像サイズ	$s = D^{-2}$ (回折限界: $\theta = \lambda / D$)
中心強度	$A / s \propto D^4$
背景光強度	D^0
S / N	D^2

10倍の視野の 超広角カメラ

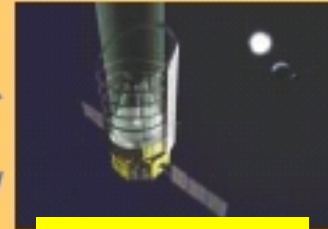


次世代超大型望遠鏡

光赤天連ロードマップ

Space
スペース

Akari



SPICA



系外惑星

JTPF

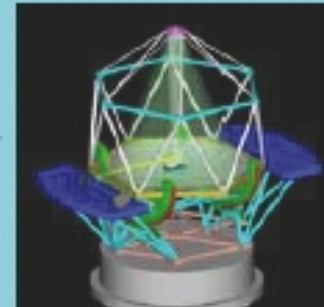


JASMINE

Ground
地上



Subaru



JELT/TMT

銀河宇宙の始まり

2000

2005

2010

2015

2020

年度

TMT計画 (30m望遠鏡)

カリフォルニア大
・カナダ
(日本の参加検討中)

マウナケア
2018年観測開始
建設費用750億円

