

可視・赤外天文の現状と将来： スペースへの期待

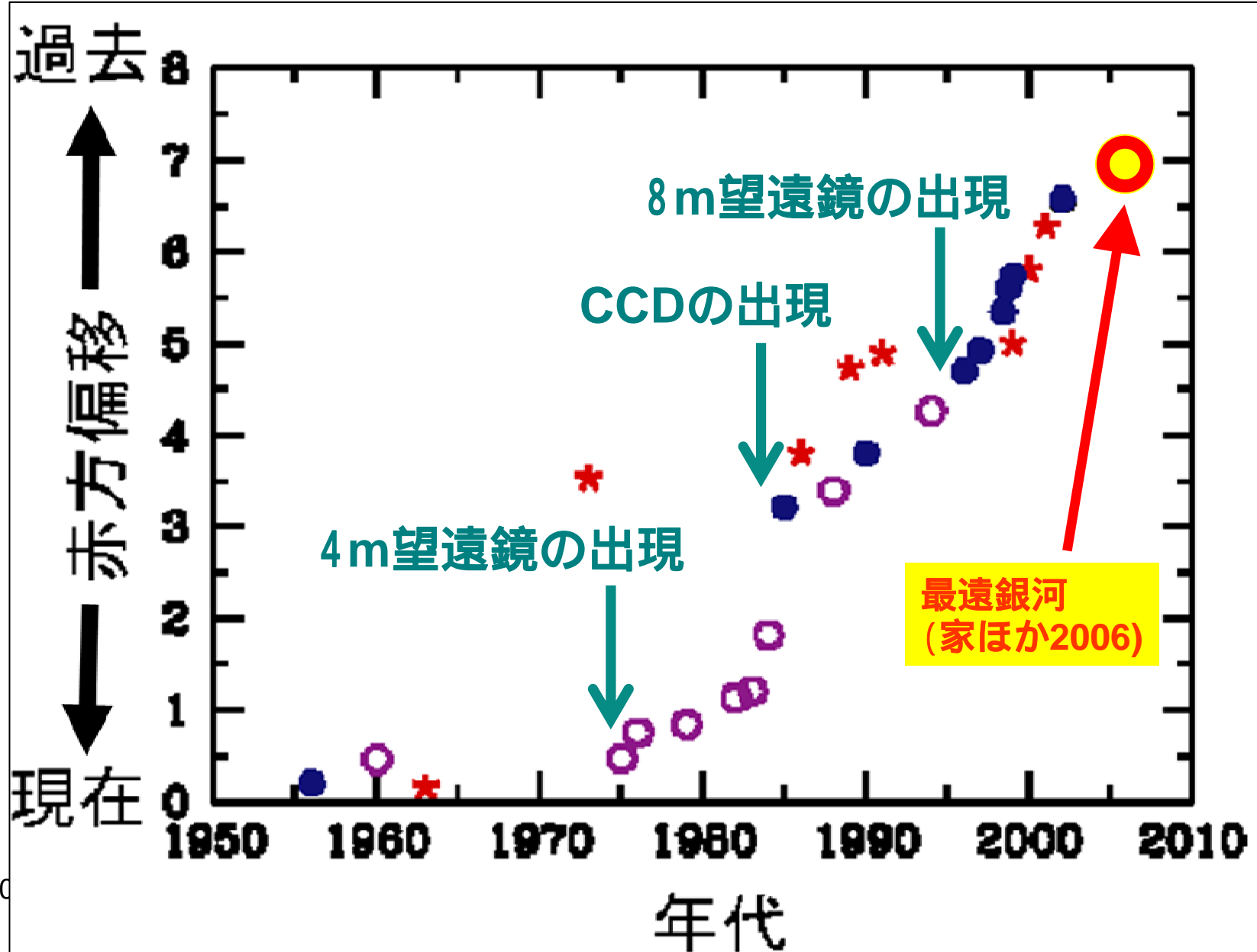
- 下々の地上研究者の私見 -
国立天文台 家 正則

- 1) すばるの成果
- 2) 補償光学：スペースを失業させるか？
- 3) 次世代望遠鏡TMT：スペースとの分業

1) すばるの成果

暗黒時代の終焉:宇宙の夜明けを見る 最遠銀河探査と再電離

人類が見た最遠銀河の記録更新の歩み

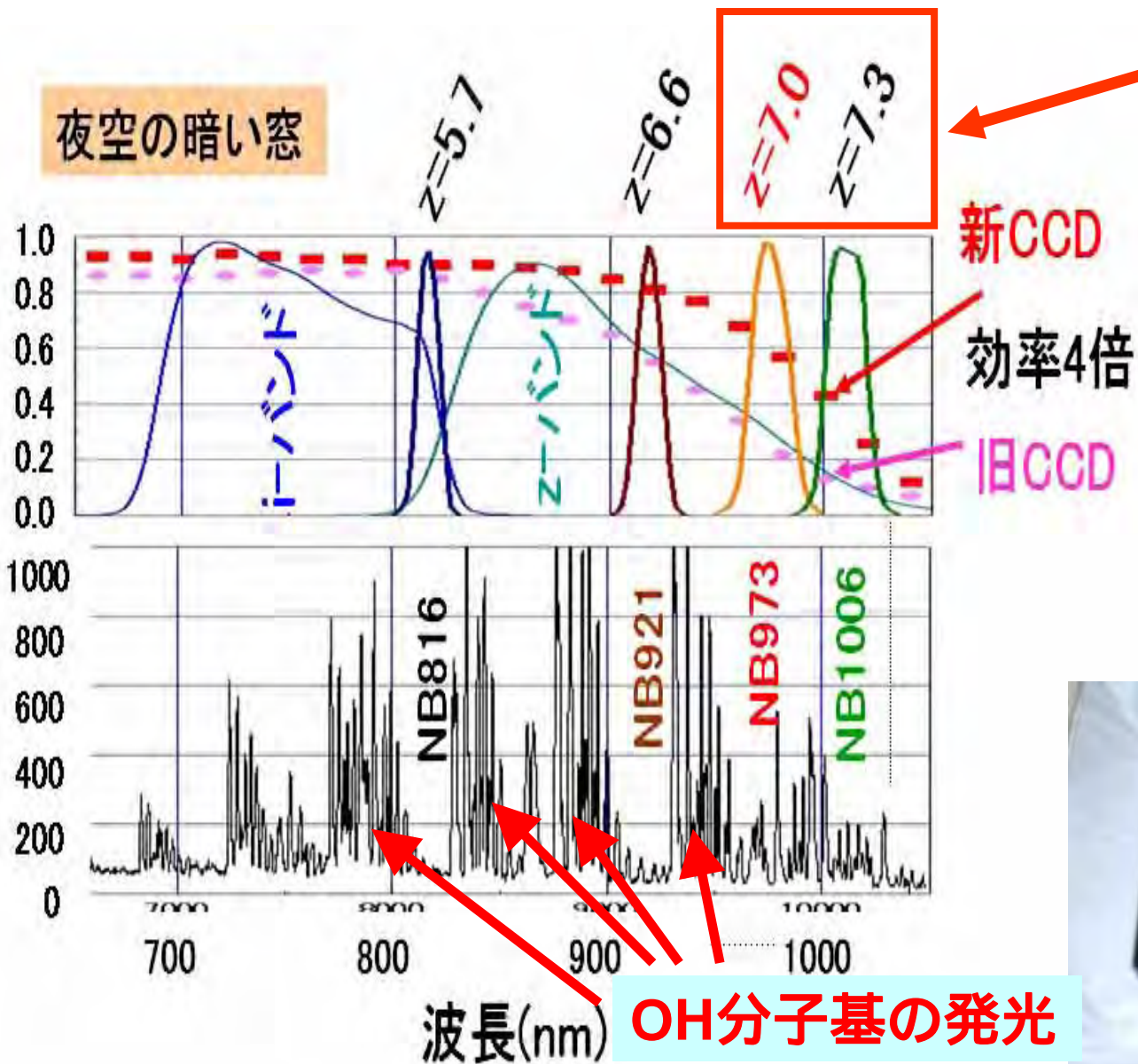


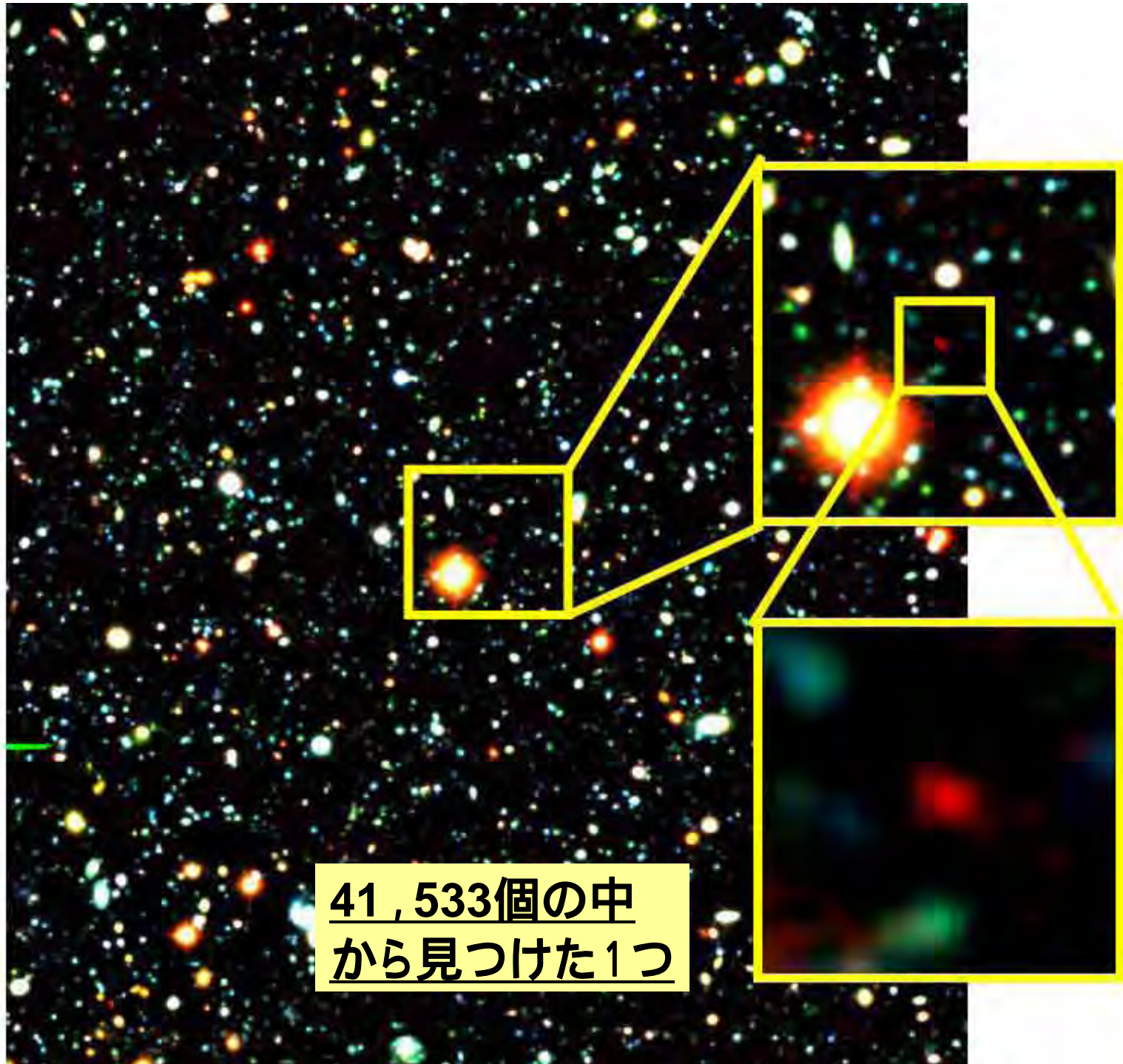
赤方偏移ライマン 輝線の専用フィルター

世界で一枚しかない。
特性フィルター

赤外線しか通さない
ので真っ黒に見える

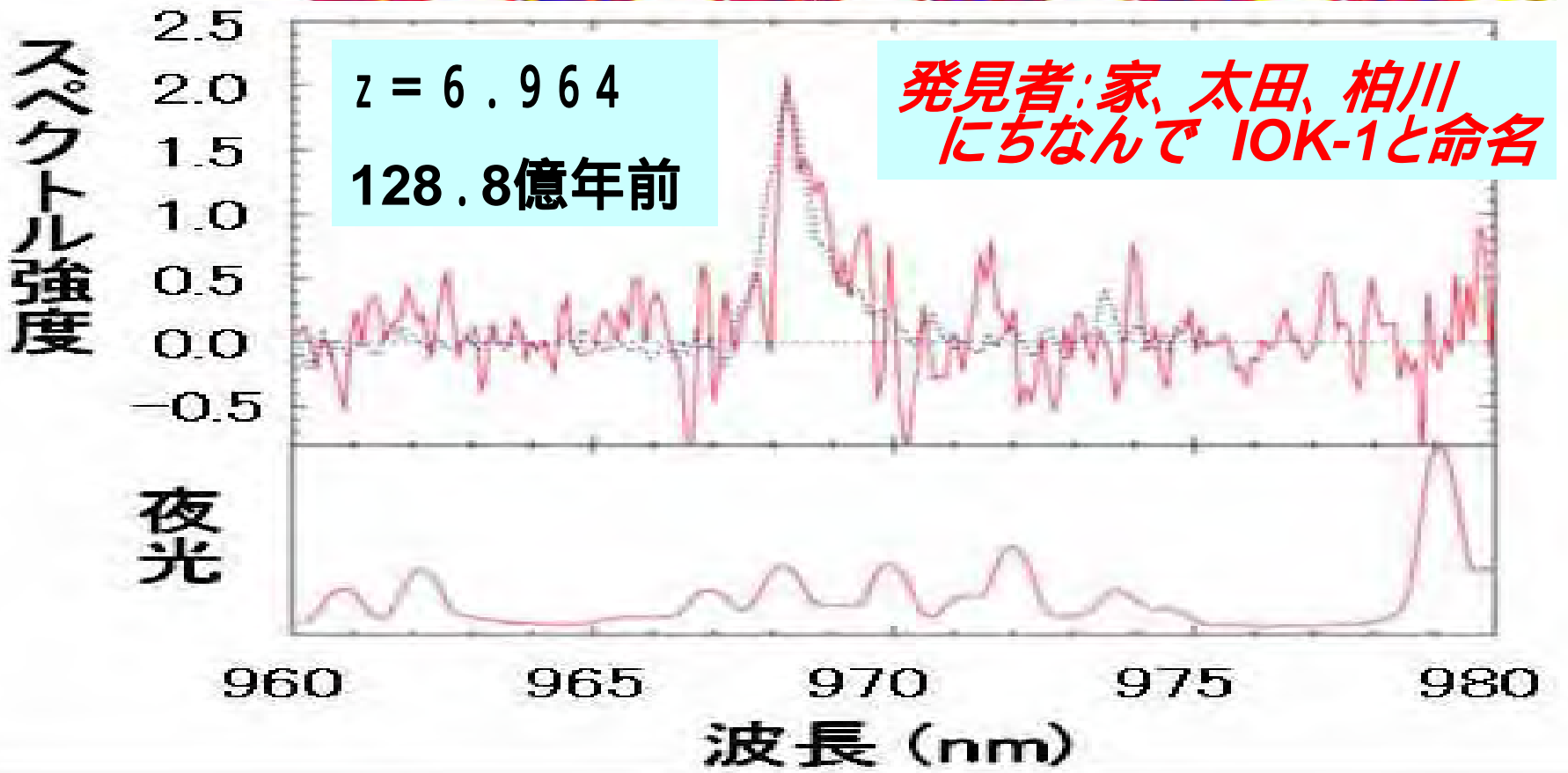
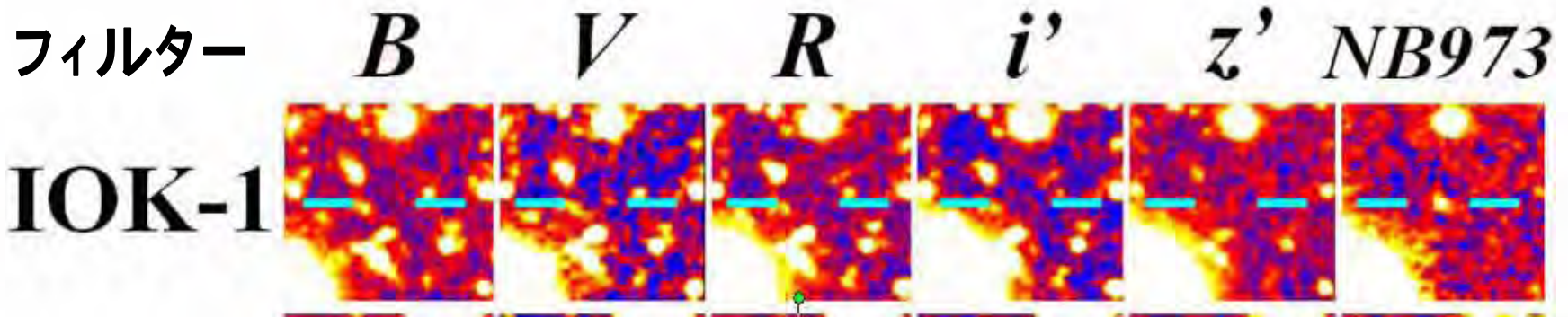
透過率
夜光強度





41,533個の中
から見つけた1つ

129億年昔、最遠方銀河「IOK-1」の発見



遠方銀河ギネス記録保持(今日で1010日目)

* 統計的には今日から26日後から108年後までの間に破られる(95%確率で)

* 本年2月と4月に赤方偏移7.3の銀河探査観測を実施済み(新記録への期待)

Table 1: 赤方偏移が確定した最遠銀河ベストテン(2009年6月19日時点).

順位	銀河名	座標	赤方偏移	億年#	論文	出版日
1	IOK-1	J132359.8+272456	6.964	128.8	家ほか	2006年9月14日
2	SXDF		6.621	128.2	大内ほか	論文準備中
3	SXDF		6.617	128.2	大内ほか	論文準備中
4	SDF ID1004	J132522.3+273520	6.597	128.2	谷口ほか	2005年2月25日
5	SDF ID1018	J132520.4+273459	6.596	128.2	柏川ほか	2006年4月25日
6	SXDF Himiko		6.595	128.2	大内ほか	2008年7月25日
7	SXDF		6.590	128.2	大内ほか	論文準備中
8	SDF ID1030	J132357.1+272448	6.589	128.2	柏川ほか	2006年4月25日
9	SXDF		6.589	128.2	大内ほか	論文準備中
10	SDF ID91163	J132343.4+272954.5	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
10	SDF ID91988	J132342.2+272644.5	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
10	SDF ID71101	J132450.7+272159.7	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
13	SXDF		6.586	128.2	大内ほか	論文準備中
14	SDF ID1007	J132432.5+271647	6.580	128.2	谷口ほか	2005年2月25日
15	SDF ID1008	J132518.8+273043	6.578	128.2	谷口ほか	2005年2月25日
15	SDF ID1001	J132418.3+271455	6.578	128.2	小平ほか	2003年4月25日
17	SXDF		6.575	128.2	大内ほか	論文準備中
18	SXDF		6.573	128.2	大内ほか	論文準備中
19	SDF ID157057	J132419.3+274124.8	6.568	128.2	柏川ほか	2009年2月
20	SXDF		6.563	128.2	大内ほか	論文準備中

年齢は宇宙年齢が136.6億年となるモデルに基づいて算出.

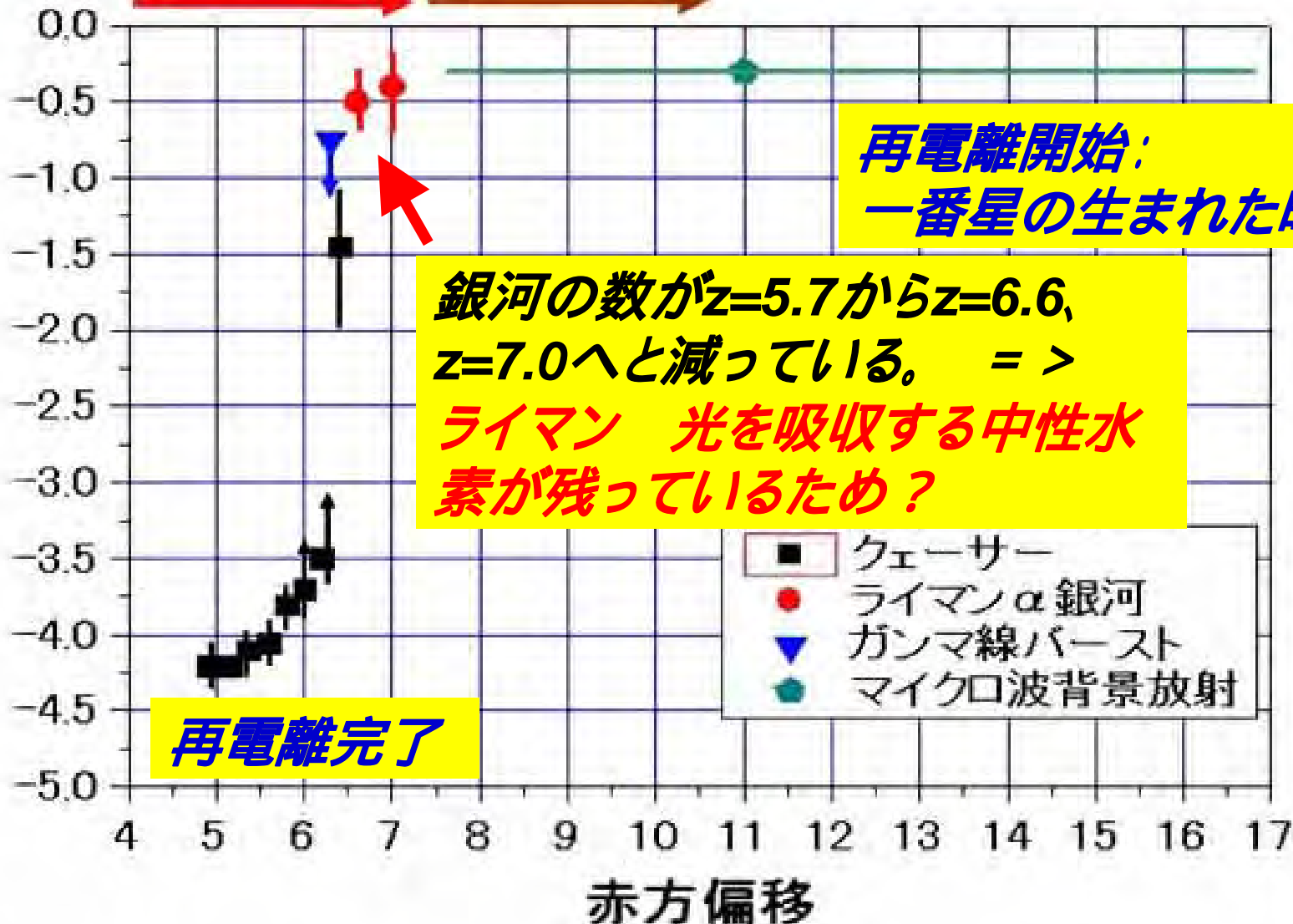
宇宙の夜明けに迫る

CCDカメラ探査

赤外カメラ探査

WMAP/Planck衛星

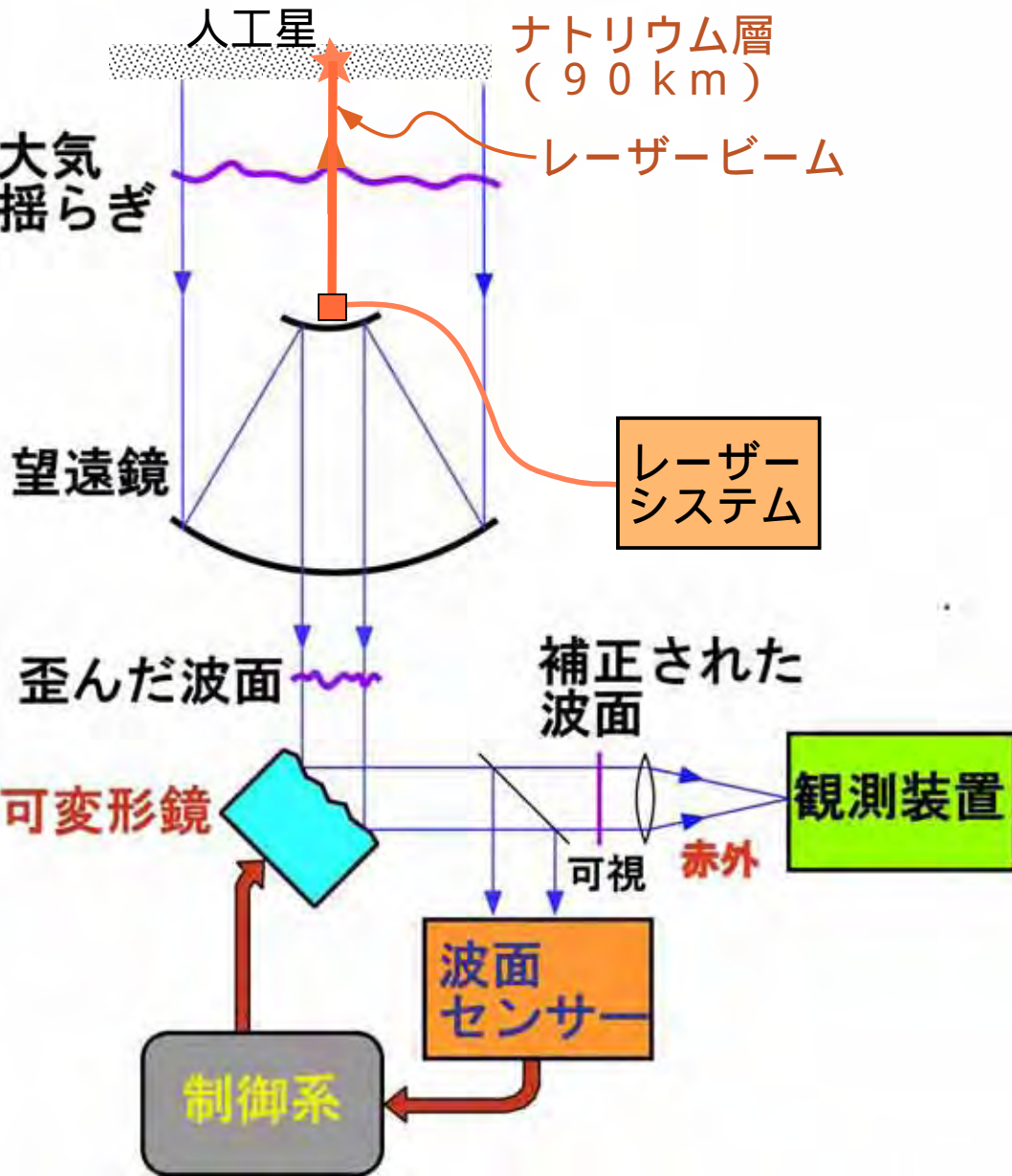
中性水素割合: $\log X_{\text{HI}}$



2) 補償光学はスペースを 失業させないか？

ガイド星
★
天体

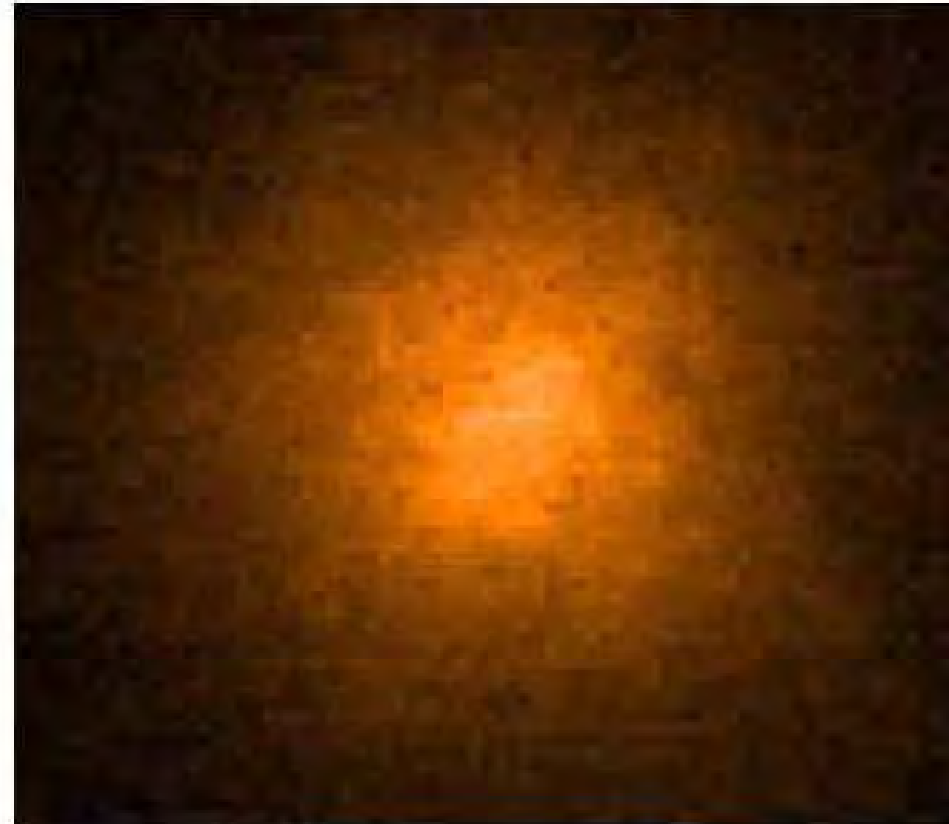
ガイド星が必要 レーザーガイド星



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

188素子補償光学初観測 (2006/10/9)



補償オン(0.063秒角)

2.2 μm

補償オフ(0.6秒角)

2009/6/20

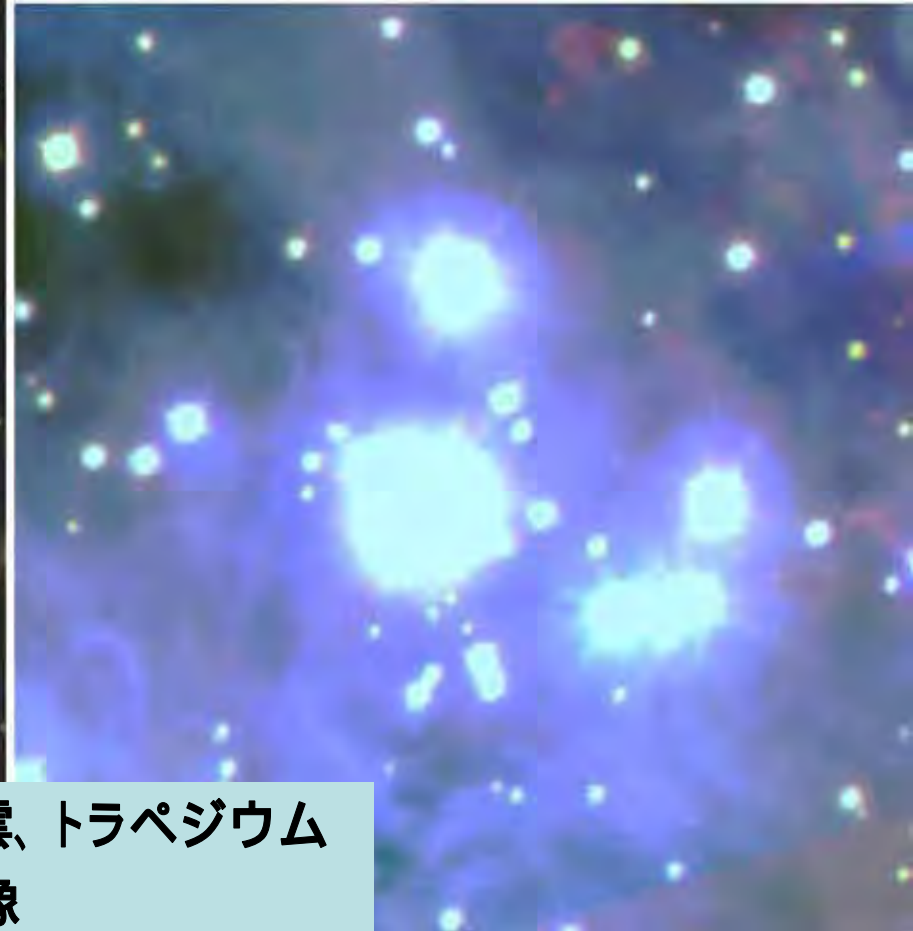
13

188素子補償光学系の初画像

400億円の望遠鏡の解像力が1.5%の追加投資で10倍に！



オリオン大星雲、トラペジウム
赤外カラー画像

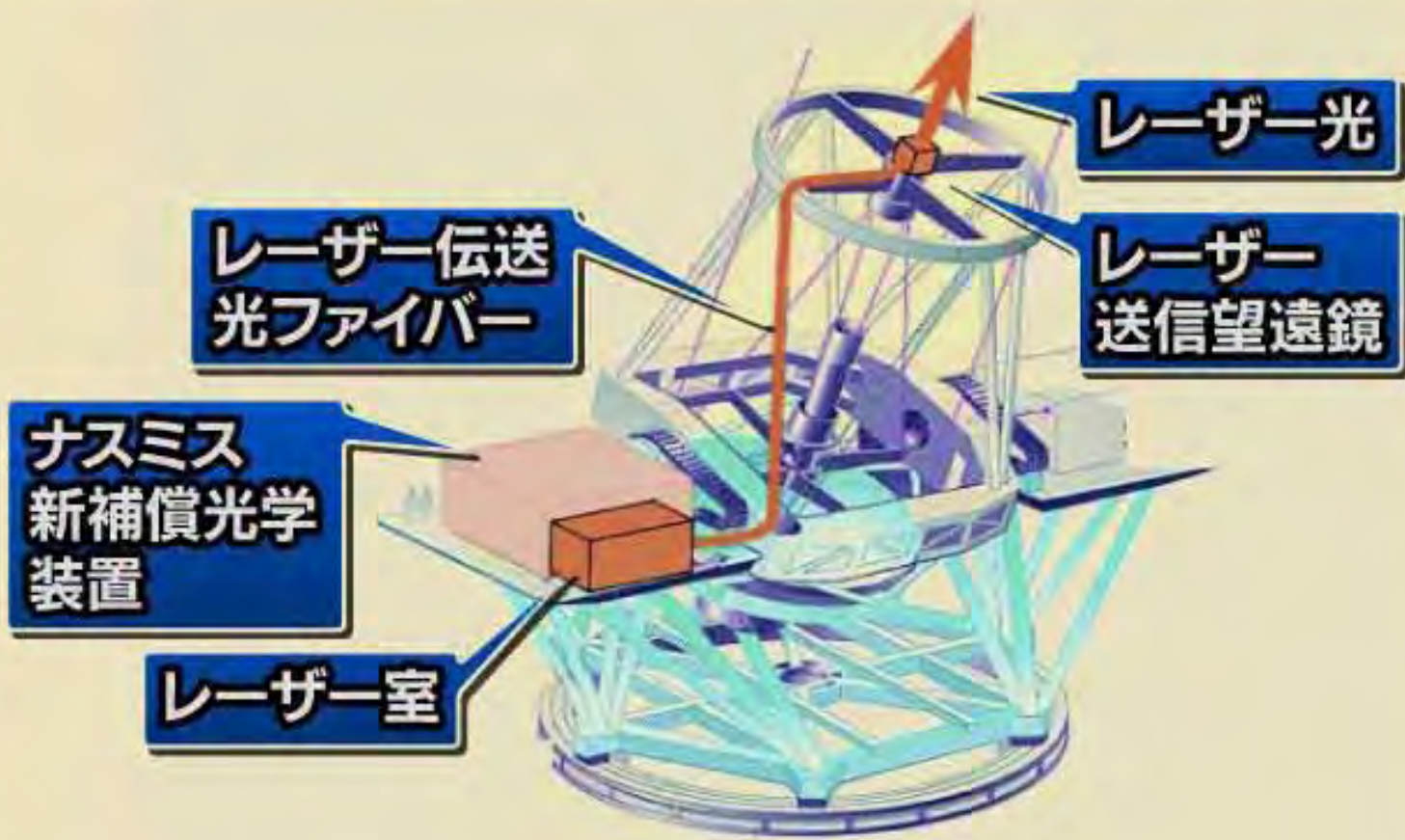


すばる初期画像 CISCO(1999)

188素子補償光学系(2006)
2009/6/20

14

すばるレーザーガイド補償光学系



和周波ナトリウムレーザー

概念図

Nd:YAGレーザー

1064 nm

Nd:YAGレーザー

1319 nm

非線形光学結晶

$$\frac{1}{1064 \text{ nm}} + \frac{1}{1319 \text{ nm}} = \frac{1}{589 \text{ nm}}$$

589 nm

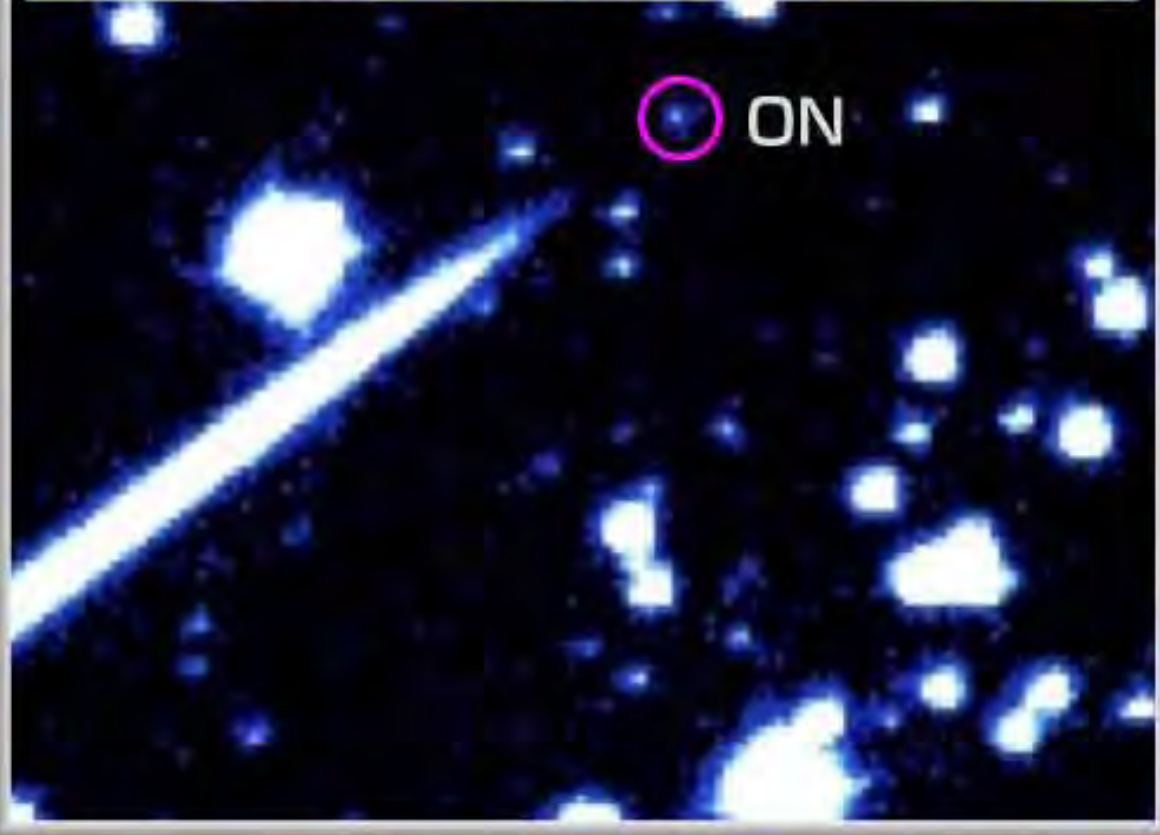
ナトリウム D_2 線共鳴波長

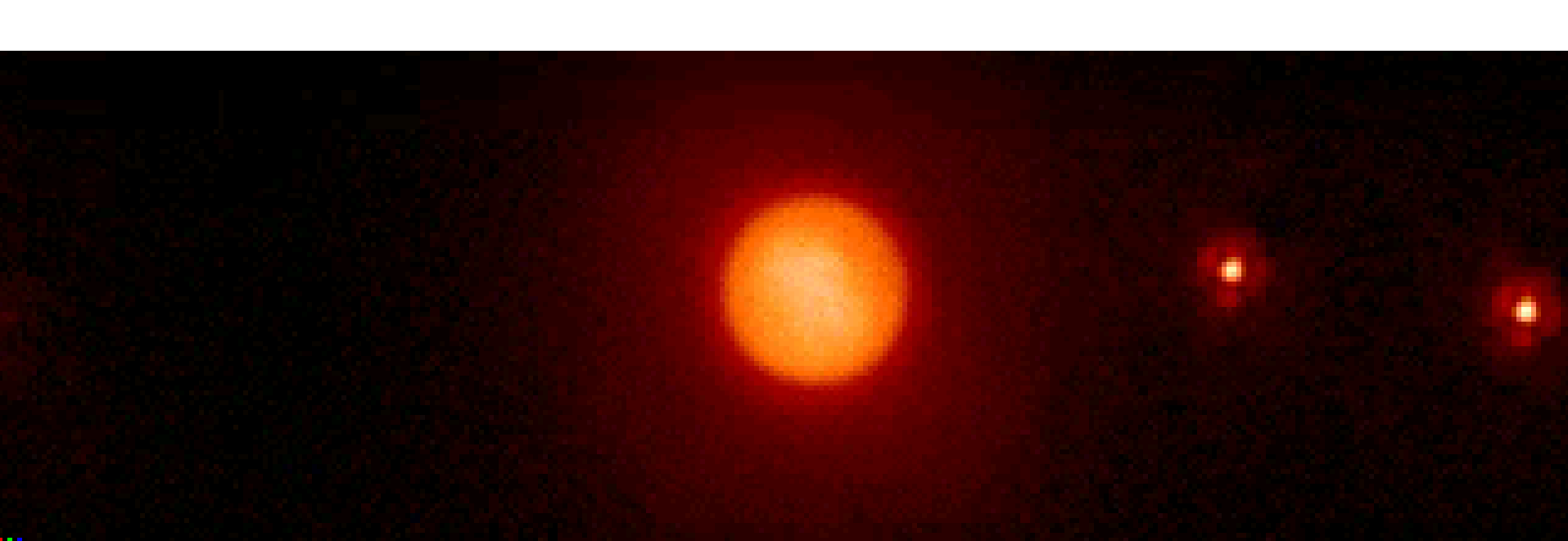
出典:国立天文台・理化学研究所

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





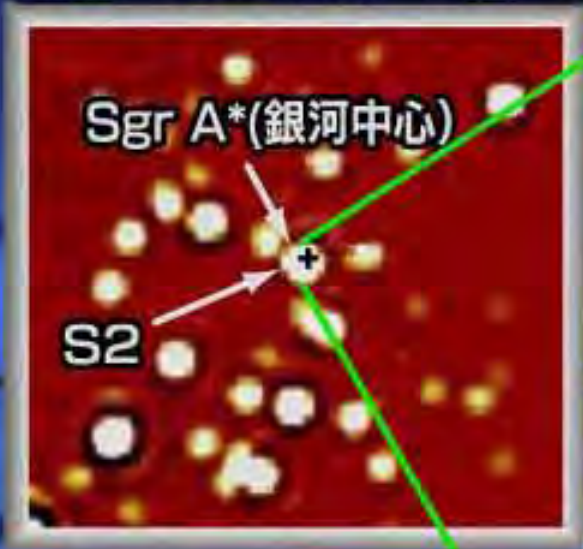
二重星の前を横切る土星の衛星タイタン

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^{*}

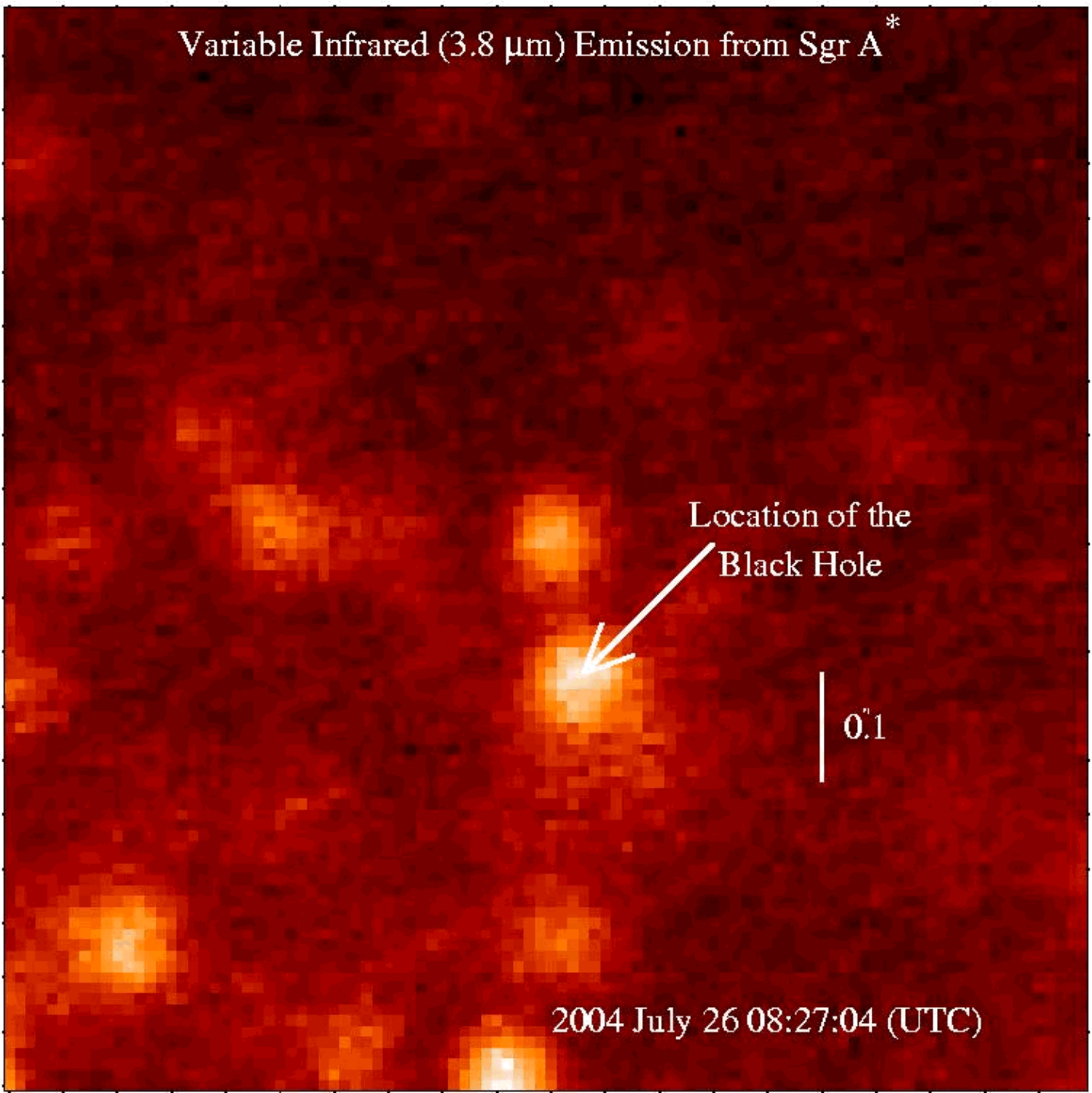
Location of the
Black Hole

0.1

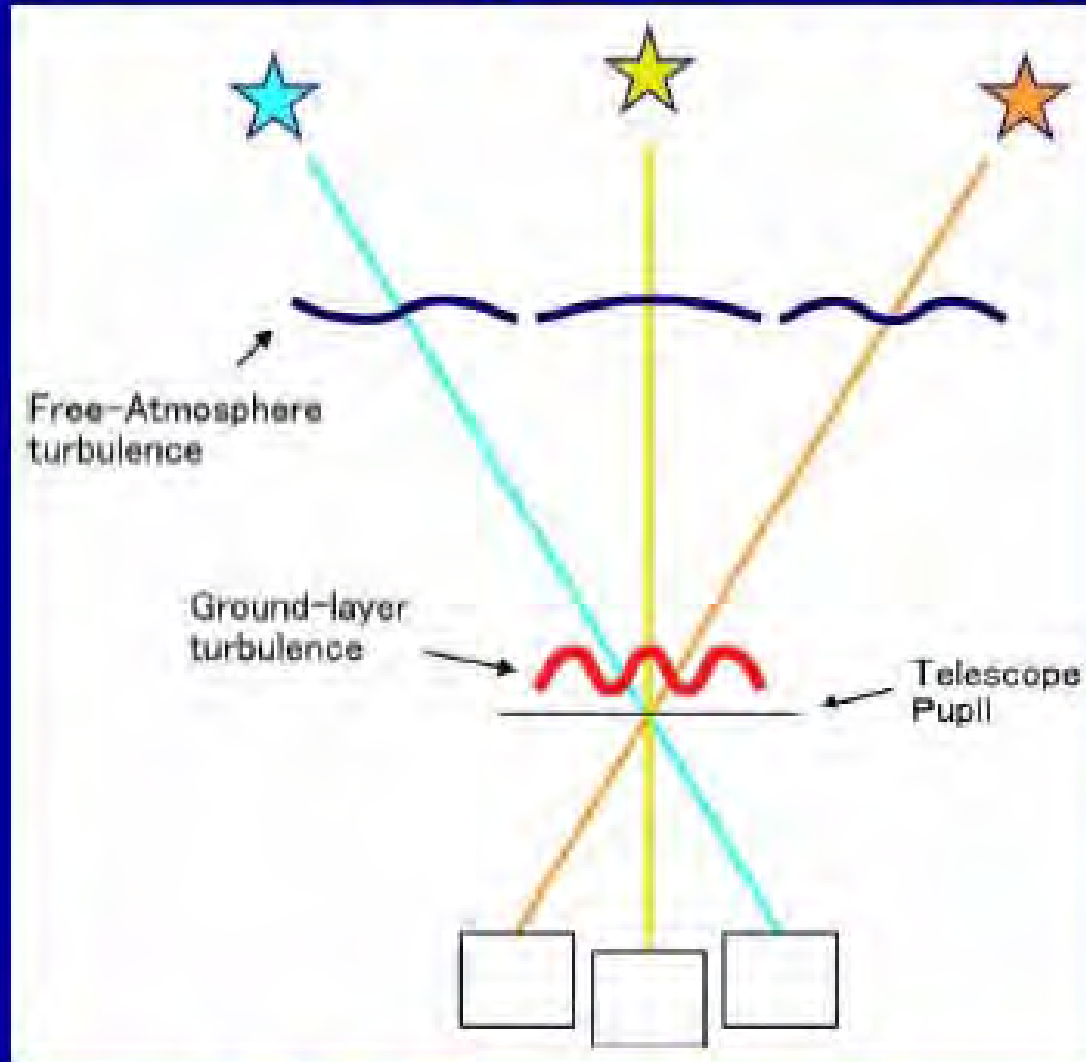
2004 July 26 08:27:04 (UTC)

2009/6/

日本



TMTへ向けたAOの開発



大屋 真 (国立天文台すばる)
「TMT装置検討会」(2007/9/12)

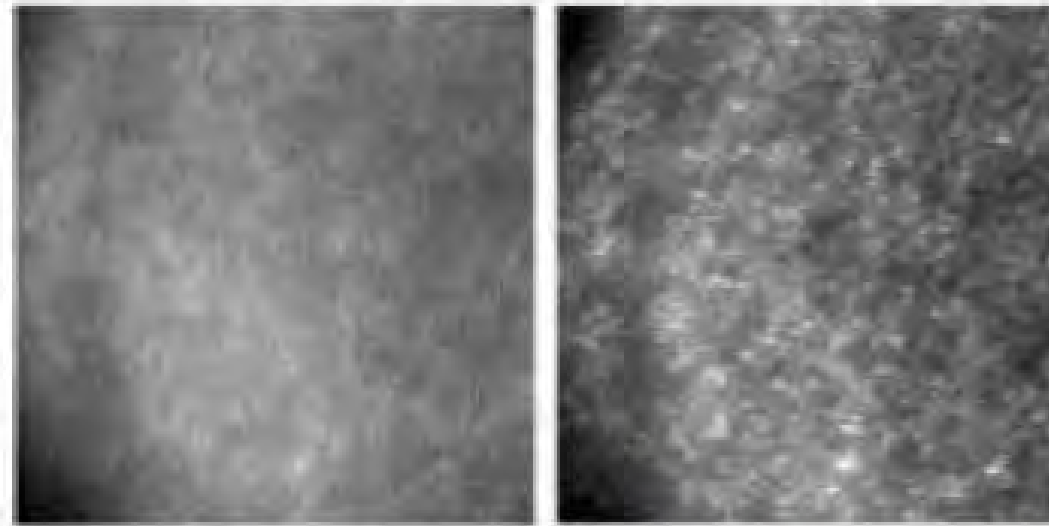
補償光学の進化

- GLAO (Ground Layer AO) 可変副鏡で広い視野についてシーイングを改善
- MOAO (Multi Object AO) 視野内の複数の領域に特化して複数の小型AOモジュールを利かす
- MCAO (Multi Conjugate AO) 乱流層を複数想定して3D立体補正
- ExAO (Extreme AO) 高Strehl比、低散乱光で系外惑星探査に特化

= > 幅広い光学コミュニティの巻き込みが必要。

補償光学応用分野例

- リモートセンシング
- 網膜診断
- レーザー手術
- 光通信
- レーザー加工
- レーザー核融合
- 誘導避雷
- ウラン濃縮



(a) 補償光学なし

(b) 補償光学あり

2009/6/20

第9図 米国ロチェスター大学による網膜撮影像の

補償光学の将来

- 補償光学の高度化はELTに必須
- さまざまな新しいアイデアと可能性
- 高解像度の世界ではスペースより安く
干渉計では見えない暗い天体も観測可能
- スペースのメリットは大気不透過帯と
大気雑音低減

= > 地上とスペースの分業

3) 地上とスペースの 相補性を活かす TMT計画

日本の光赤外天文 マスタープラン

将来計画書
全400頁
(2005年)

* 残部あります

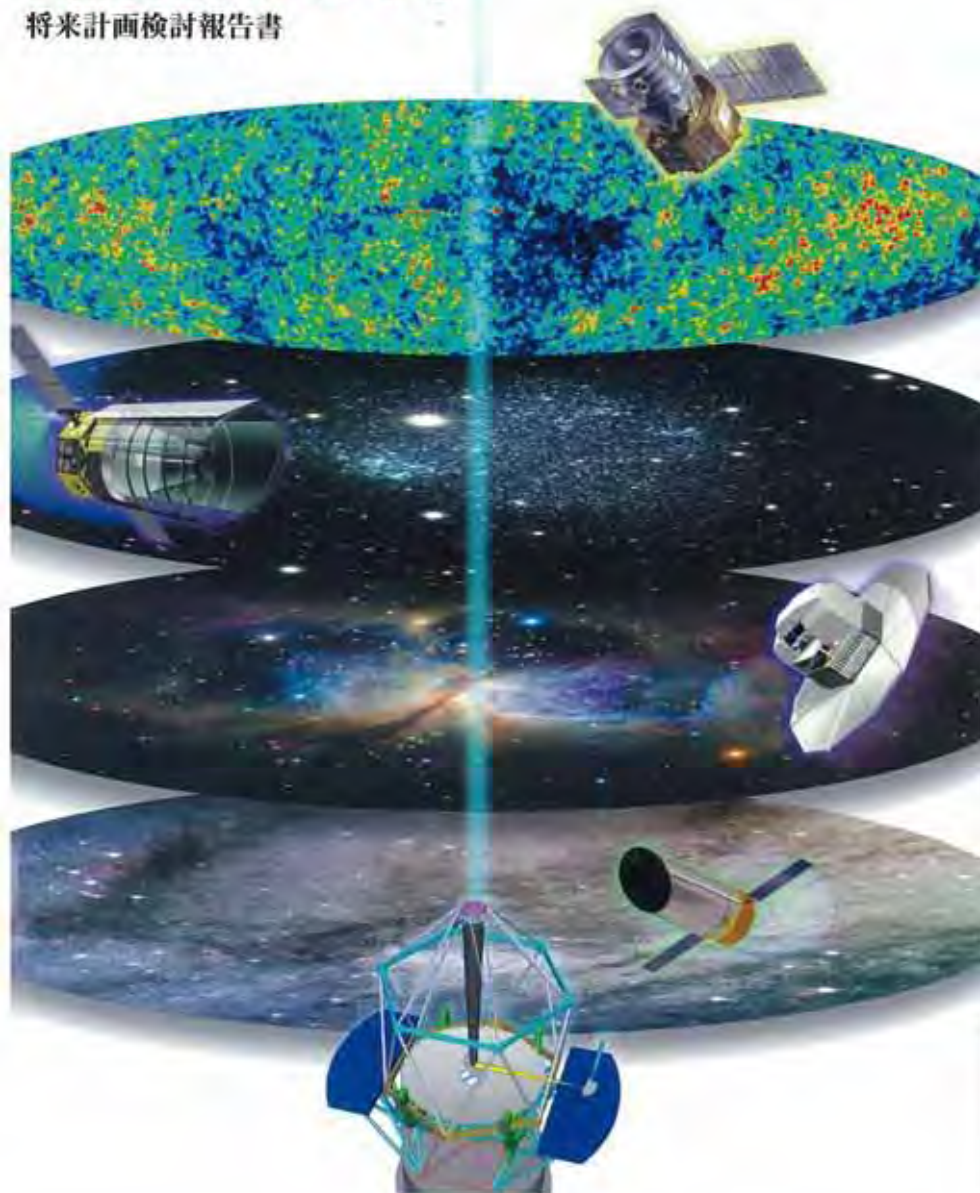
2009/6/20

日本のスペース天文学の現状と展望 2009年06月20日 京都府立大学 天文学部 天文学科 天文学専攻 天文学研究室

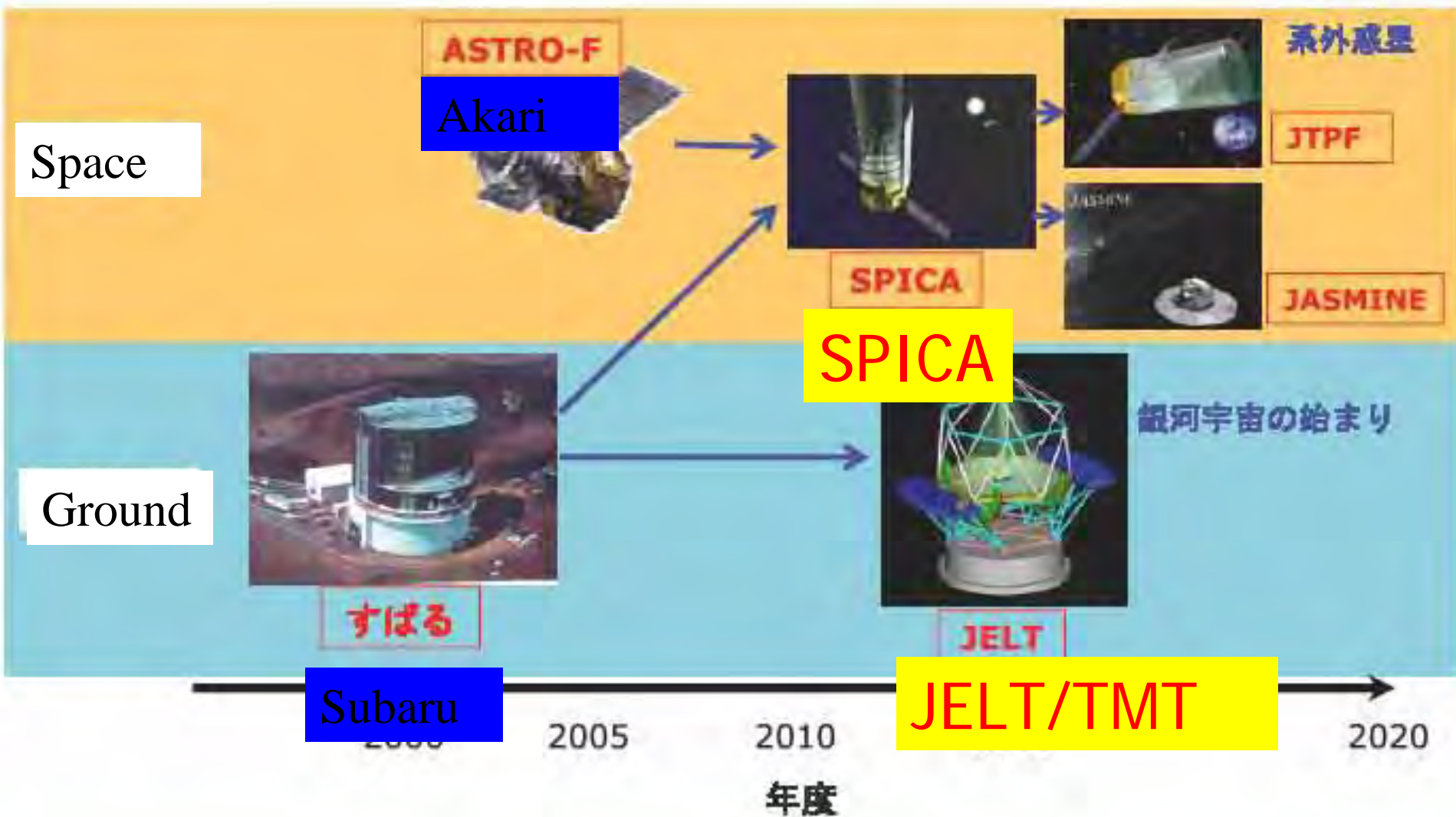
2010年代の 光赤外天文学

将来計画検討報告書

光赤外天文学将来計画検討会・編



光赤天連ロードマップ



30m JELT 構想検討(2002-2006) => TMT に合流(2007)

2009/6/26

29

TMT計画概要

学術目的

- ・最初の星が生まれた**宇宙の夜明け**を解明する。
- ・**太陽系外の惑星**を探し、その起源に迫る。
- ・**ブラックホールの正体**を解明する。

グループ

カリフォルニア工科大、カナダ天文学大学連合、カリフォルニア大、(+ 国立天文台、全米科学財団)

建設地

マウナケア山頂(ハワイ)予定(2009年7月決定)

主鏡

30m(1.5m鏡 x 492枚、すばるは8.2m鏡 x 1枚)

重量

1,400トン(すばるは555トン)

ドーム高

56m (すばるは44m)

観測装置

補償光学装置1台と観測装置3台で開始

建設予算

約1000M\$(ムーア財団他で300M\$確保)、運用経費 50M\$ / 年

= > 国立天文台、米国天文学大学連合、カナダ天文学大学連合が参加準備中

2009/6/20

31

ELT世界情勢

家正則(国立天文台)

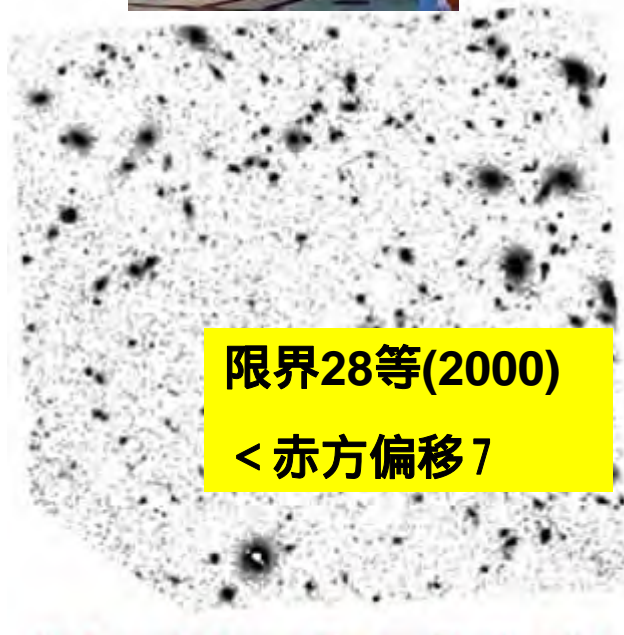
岡山188cm



No. 777
学内広報
1987. 12. 21
東京大学広報委員会

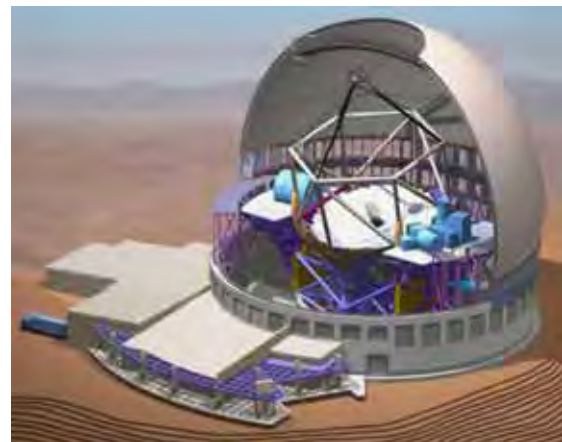


8mすばる望遠鏡



現 Subaru/S-Cam 60min, R=28, 0".5

30m望遠鏡TMT



集光力 13倍
解像力 3.6倍
感度 180倍

限界33等(2018?)
< 赤方偏移17?

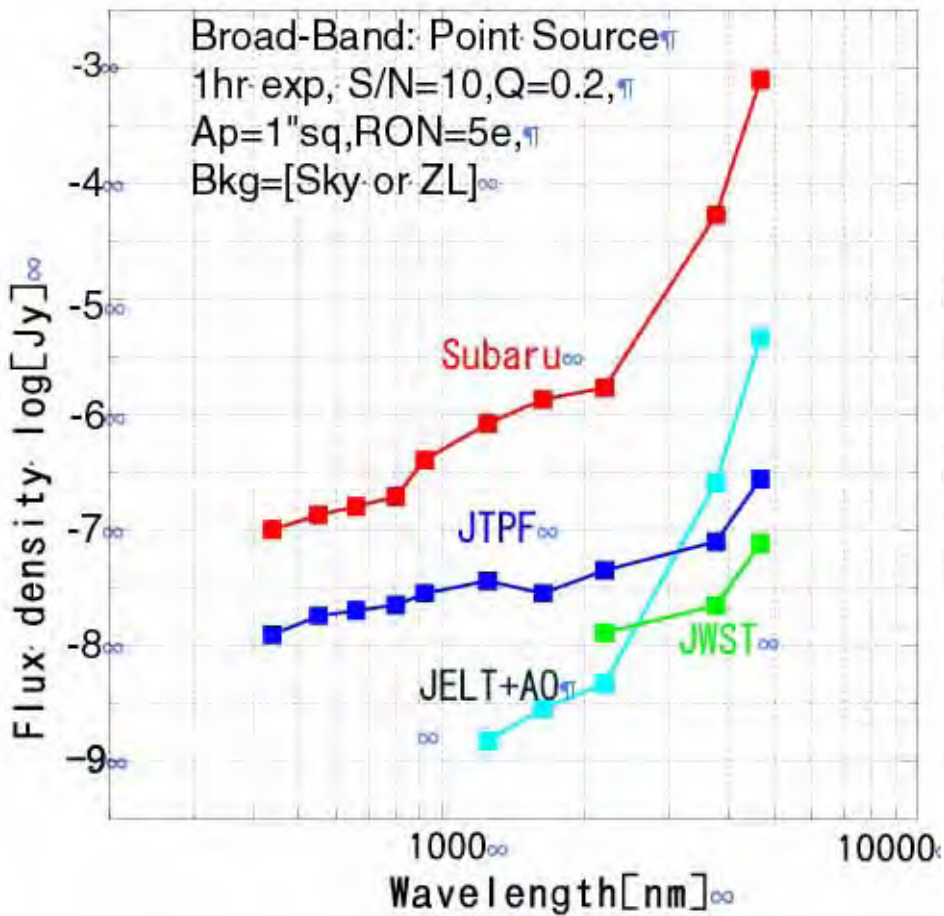
家 正則(国立天文台)

点源に対する感度

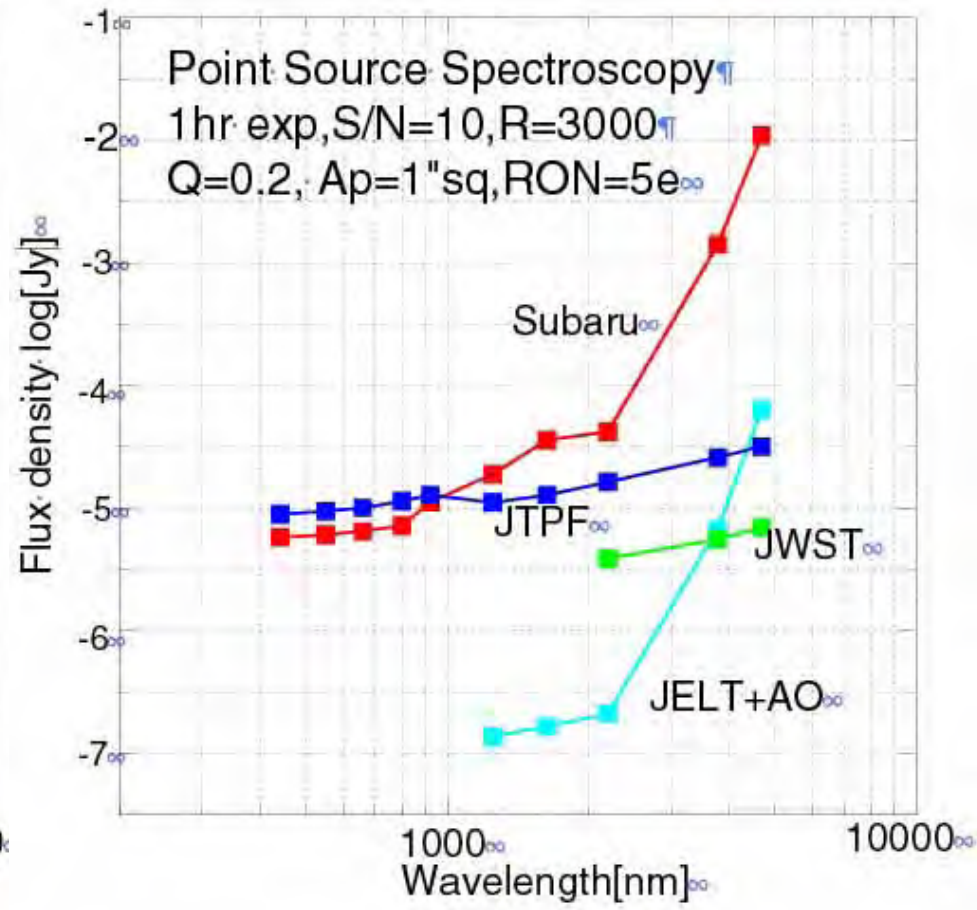
補償光学つきなら特に分光でJWSTを凌駕

スペースに適わない波長域もあり、役割分担が重要

撮像感度



分光感度



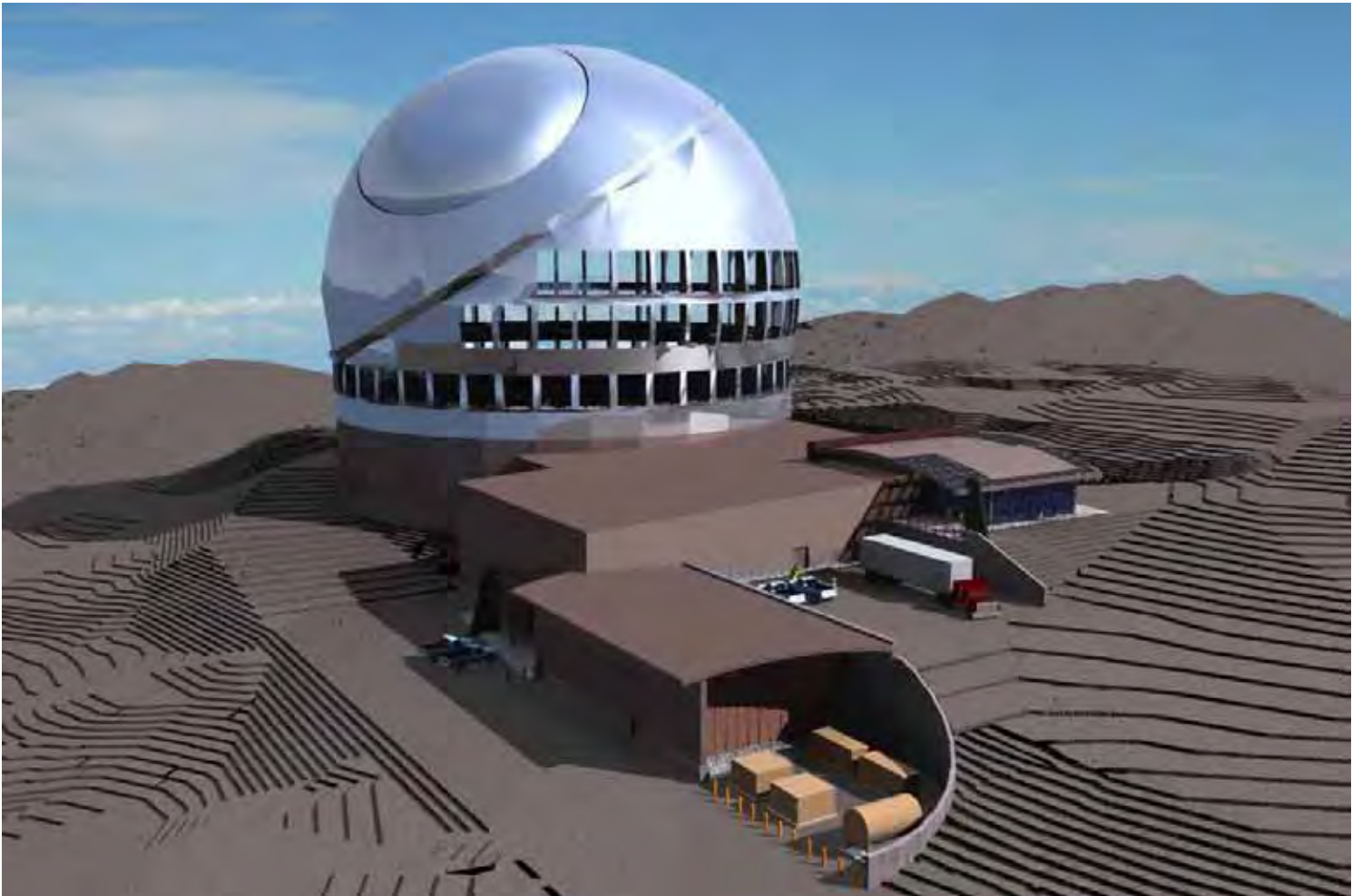
次世代超大型望遠鏡への期待 大集光力(分光)と高解像力(補償光学)

129億年前の最遠銀河 IOK-1
すばる解像力0.9秒角



30m望遠鏡(補償光学つき、
解像力0.015秒角、60倍)で
見る IOK-1 の想像図

13Nサイトでのドーム建設プラン



2009/6/20

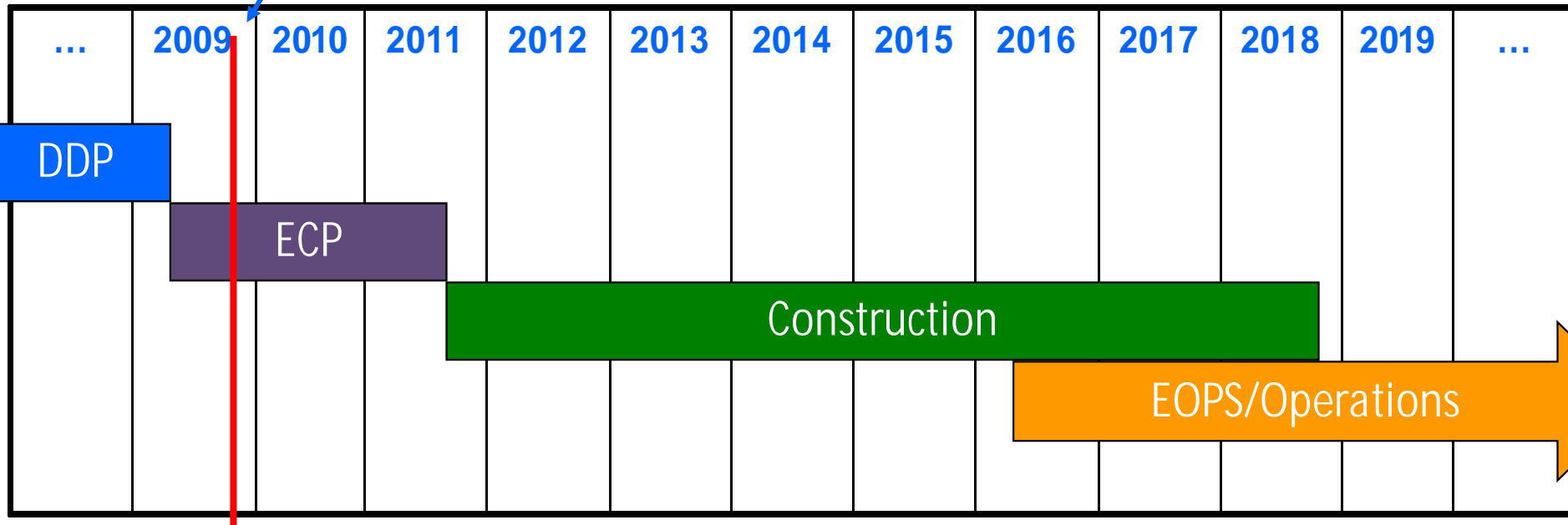
36

TMT 全体年次計画

TMT 基本設計段階 (DDP)は2009年3月で終了

TMT Project Schedule by Programmatic Phase

(by calendar year)



2009/6/20

37

まとめ

- 光赤外は地上とスペースの両輪が重要
- 国際協力の時代
- 宇宙の夜明けを解明できそう
- 補償光学など面白い新技術がある
天文外からも参画を企画
- 日本の宇宙科学・天文学を
どこへ持っていくか： 決定プロセスは？