

「宇宙で最初の星と銀河」

いえ まさのり

家 正則（国立天文台・TMT推進室）

1) 技術の発展が支える天文学

すばる望遠鏡、補償光学、**次世代望遠鏡TMT**

2) 宇宙の夜明けに迫る

宇宙の歴史、ライマン α 銀河、宇宙の夜明け

(1) 8mすばる望遠鏡

1999年完成 (準備に7年、建設に9年)

建設費400億円

無料内部見学(要予約)

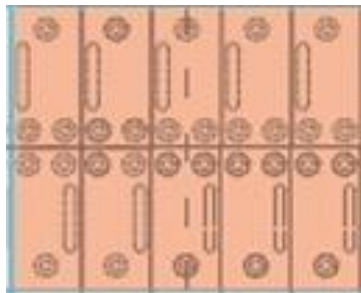


国立天文台ハワイ観測所

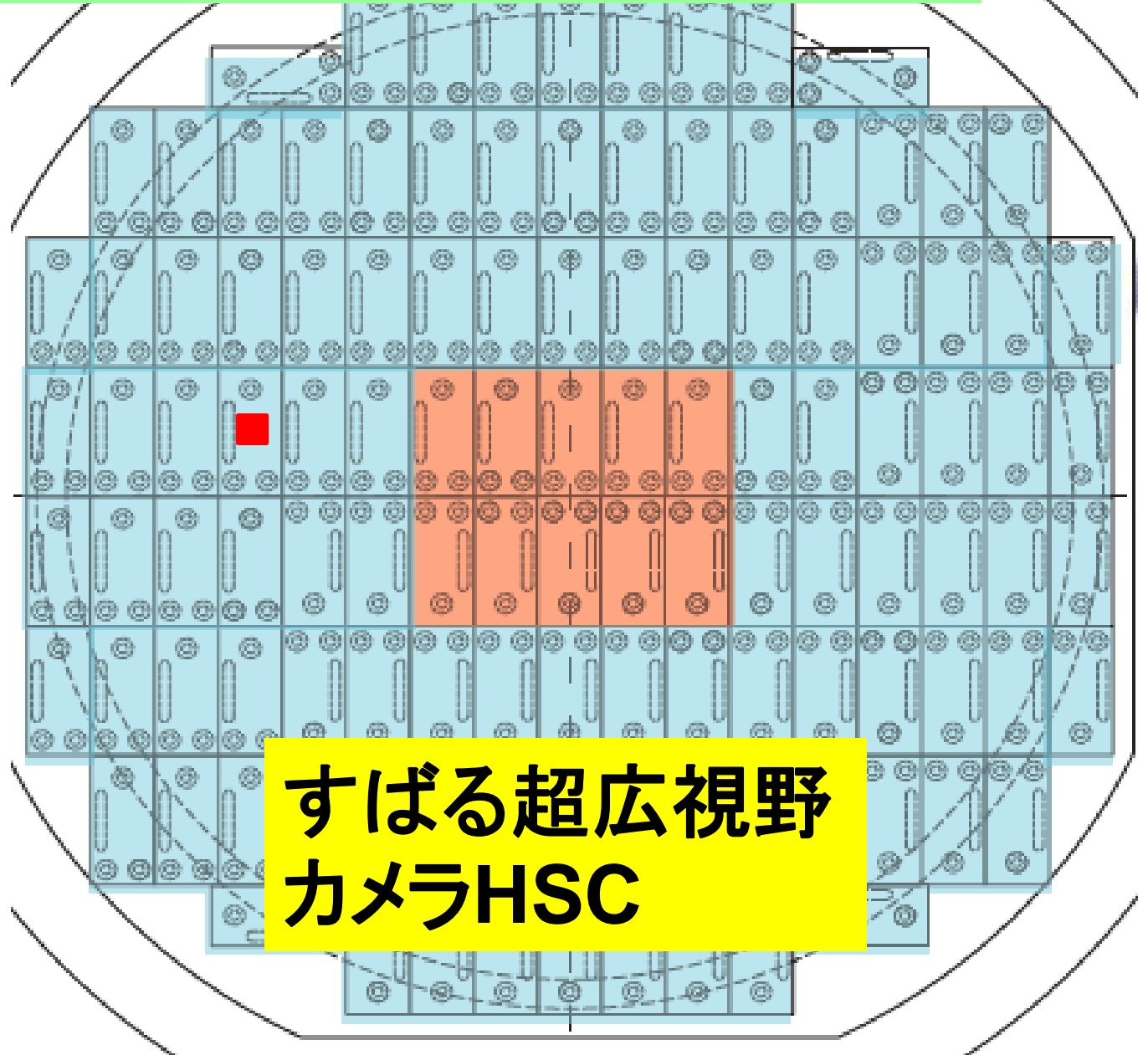
視野が10倍(ハッブルの1000倍)



ハッブル
宇宙望遠鏡

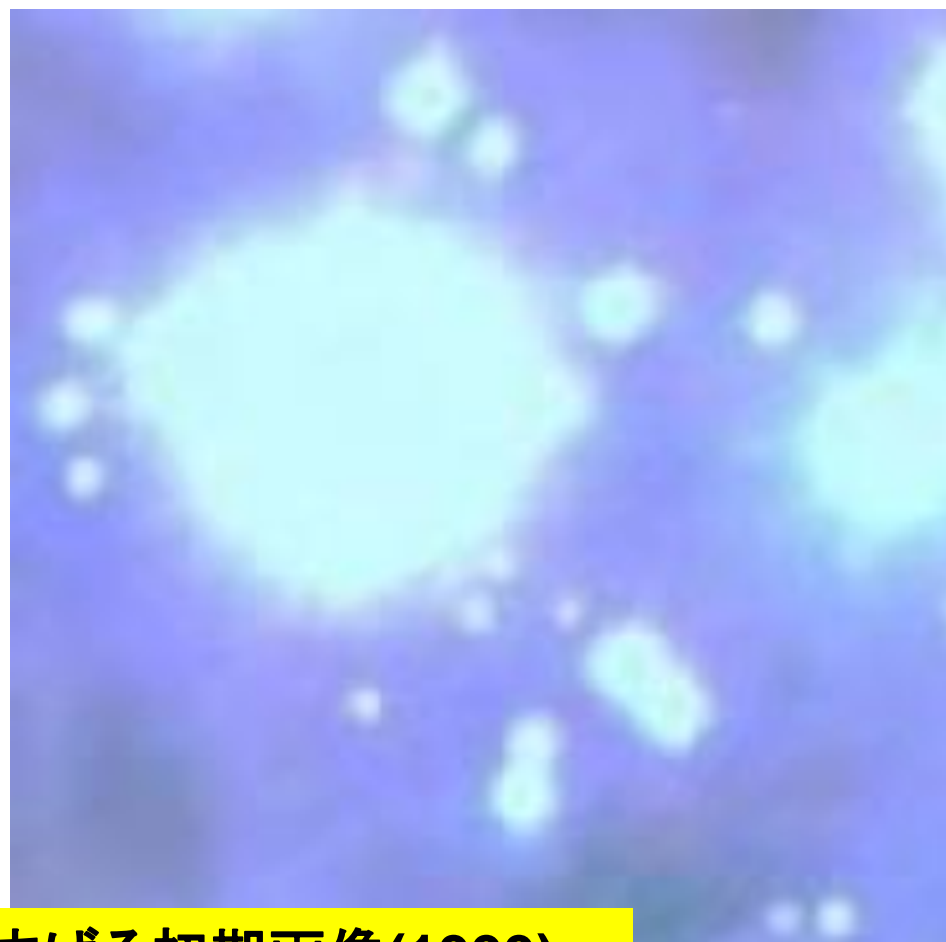


すばる主焦点カメラ
SuprimeCam

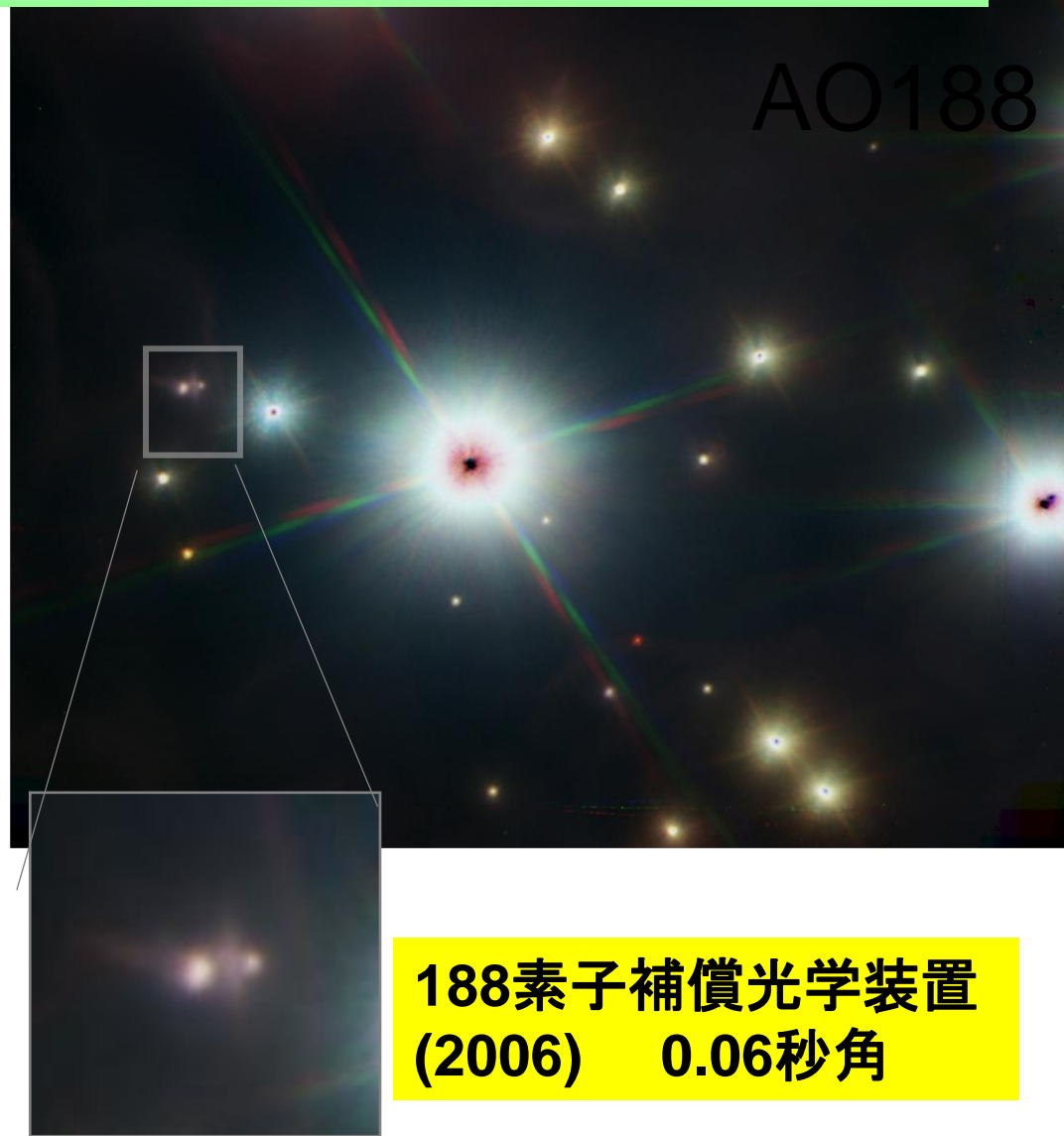


すばる超広視野
カメラHSC

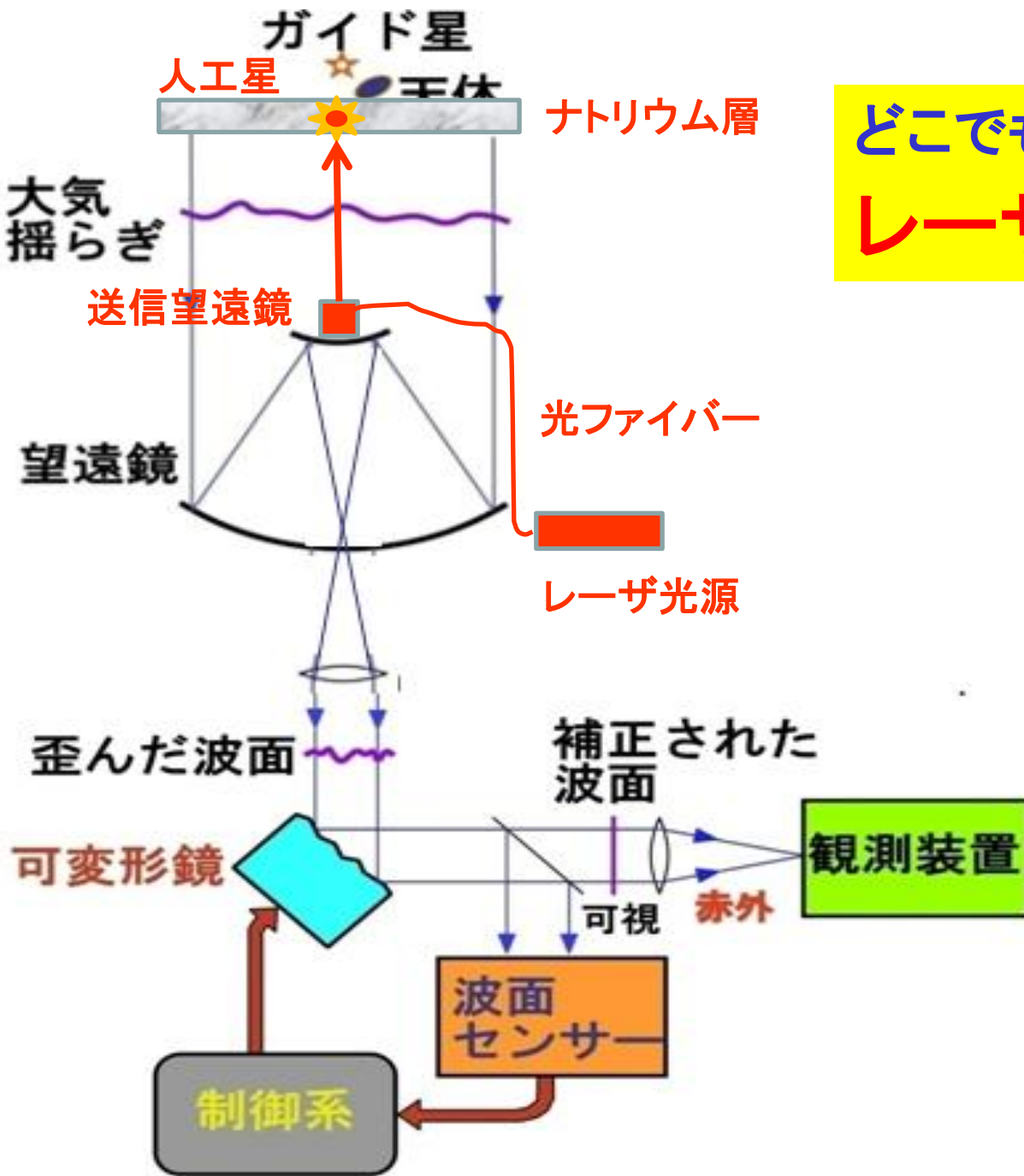
(2) 補償光学(視力が10倍)



すばる初期画像(1999)
解像度 0.6秒角



188素子補償光学装置
(2006) 0.06秒角



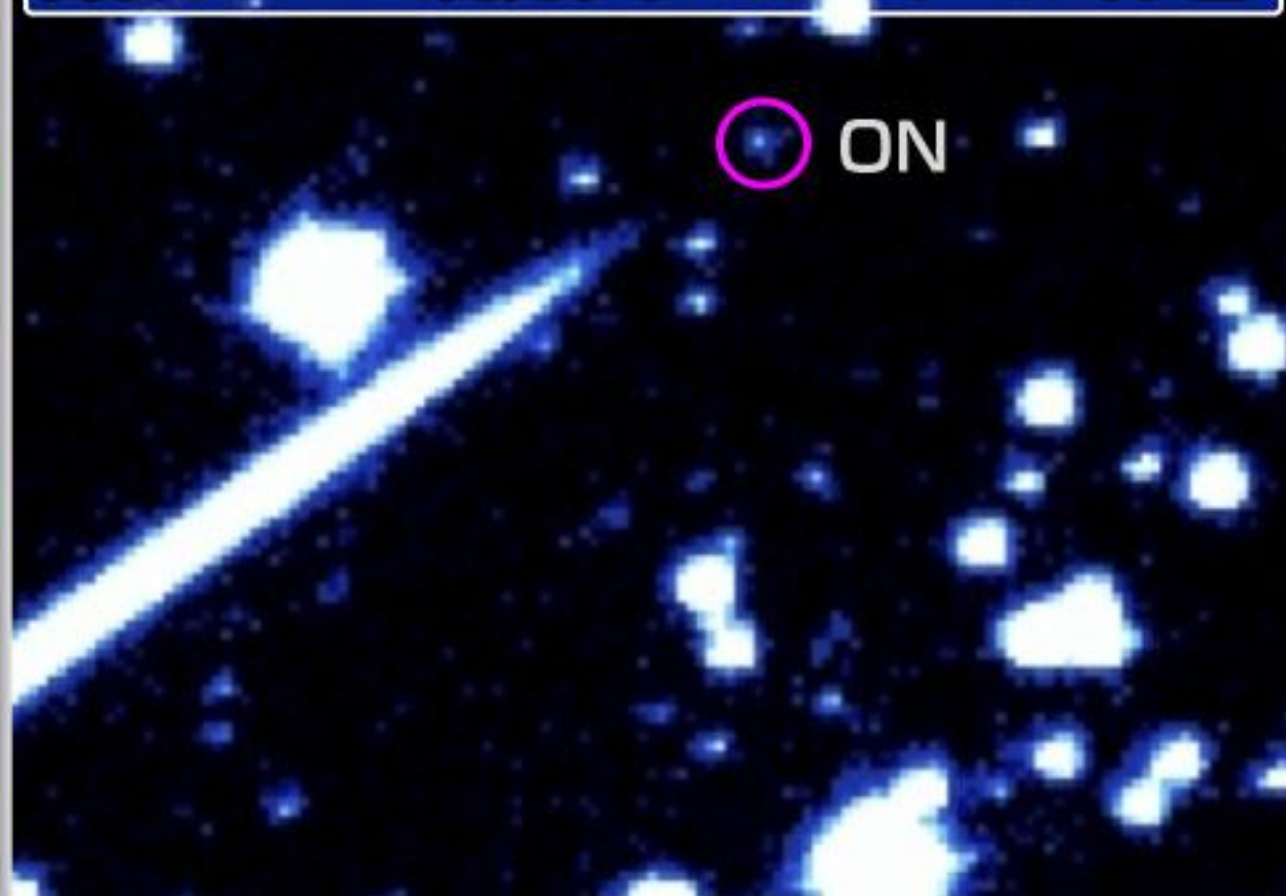
どこでも補償光学を使えるようにする
レーザーガイド星生成装置

高さ90kmのナトリウム層(厚さ約10km)に波長589nmのレーザーを照射し、ナトリウムを発光させて、「人工のガイド星」を作る

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



スターウォーズの世界？

T.Fuse 2009

「宇宙で最初の星と銀河」、2012/10/8、一橋講堂、家正則(国立天文台)

**10年後の天文学を担う
次世代超大型望遠鏡
*Thirty Meter Telescope (TMT)***

(3) 次世代30m超大型望遠鏡TMT



日本国立天文台、カリフォルニア大学、カリフォルニア工科大学
米国天文学大学連合、カナダ天文学大学連合、
中国国家天文台、インドTMT連携機構

「宇宙で最初の星と銀河」、2012/10/8、一橋講堂、家正則(国立天文台)

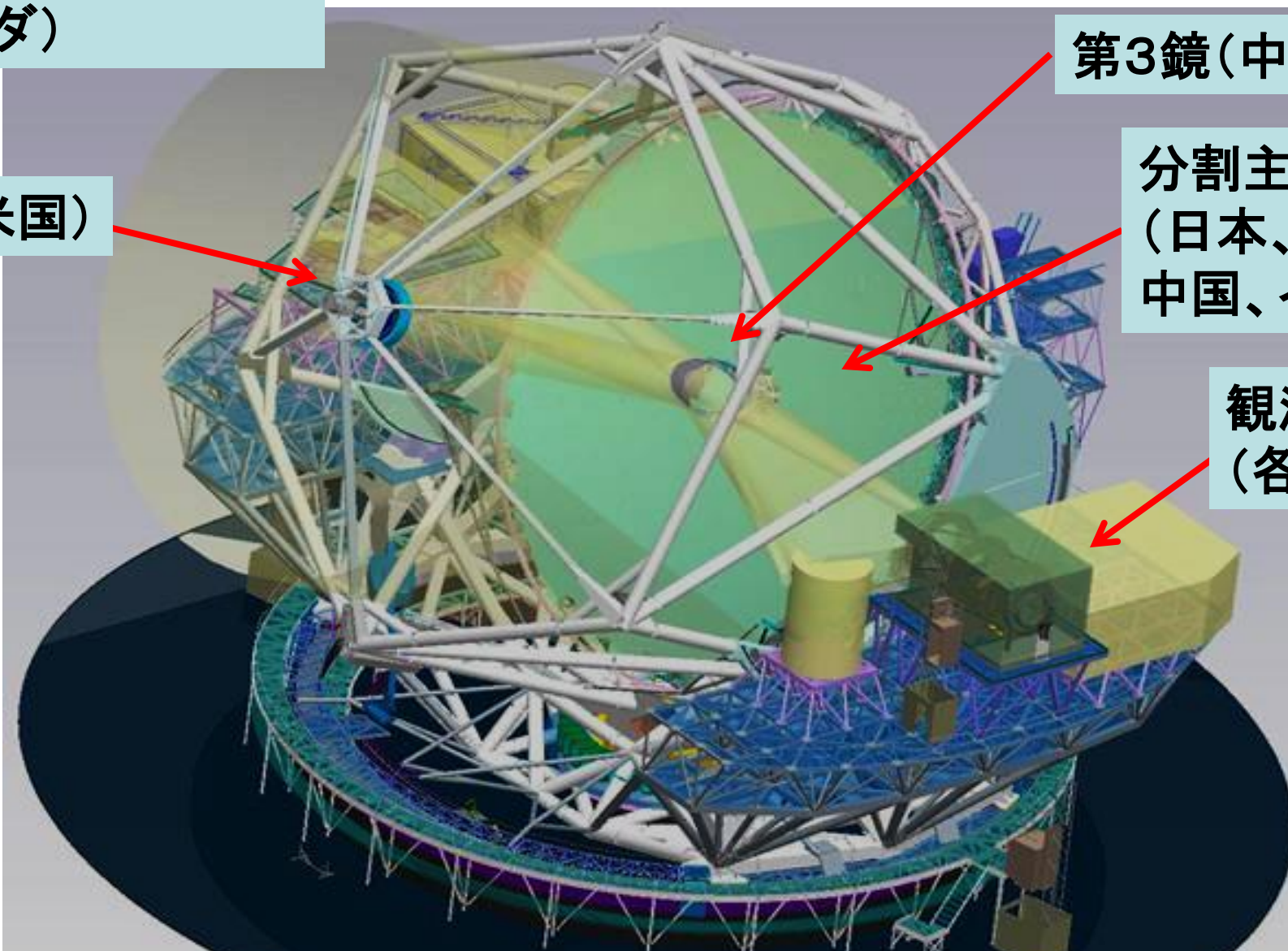
補償光学系、ドーム
(カナダ)

副鏡(米国)

第3鏡(中国)

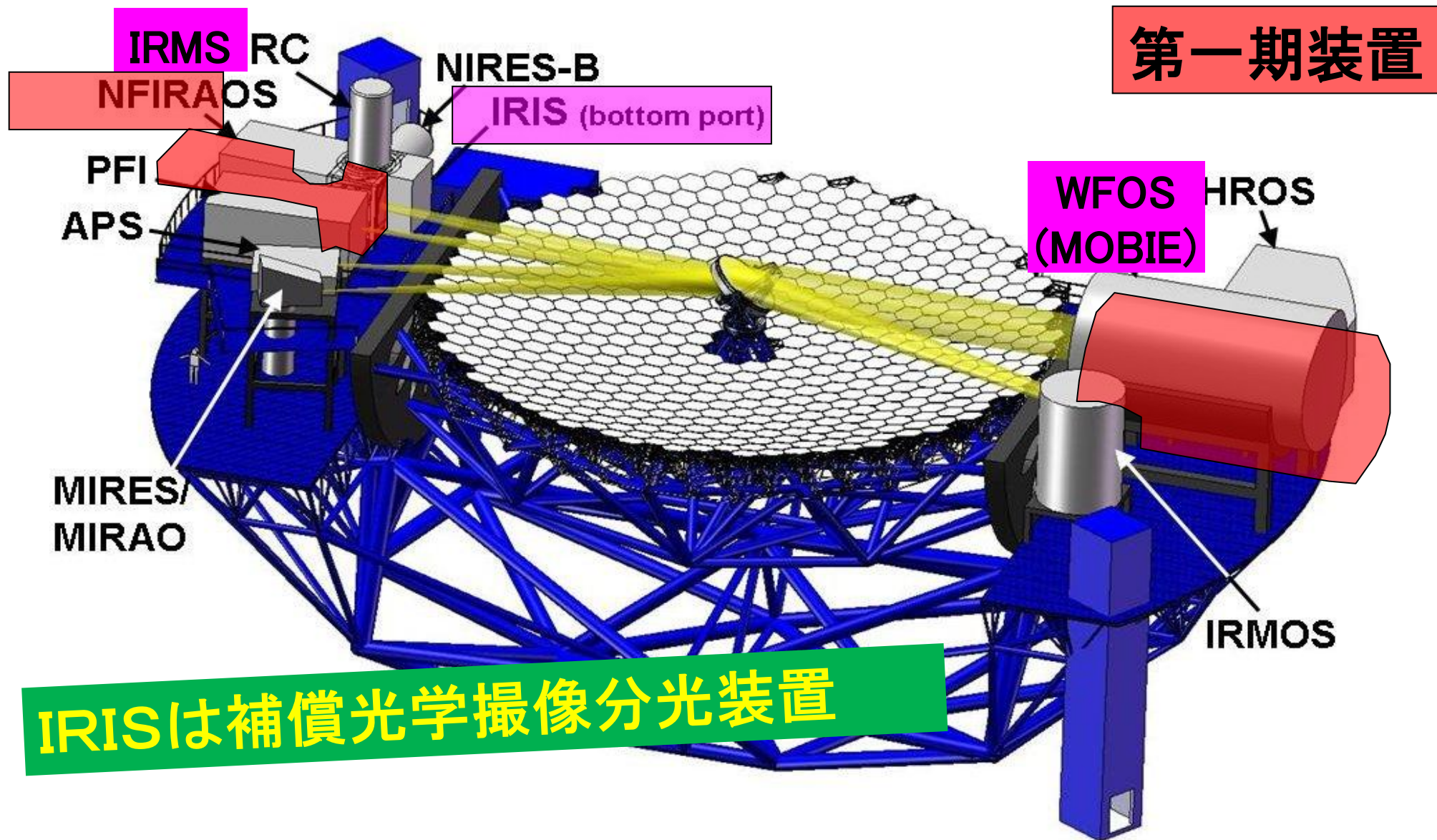
分割主鏡
(日本、米国、
中国、インド)

観測装置
(各パートナー)



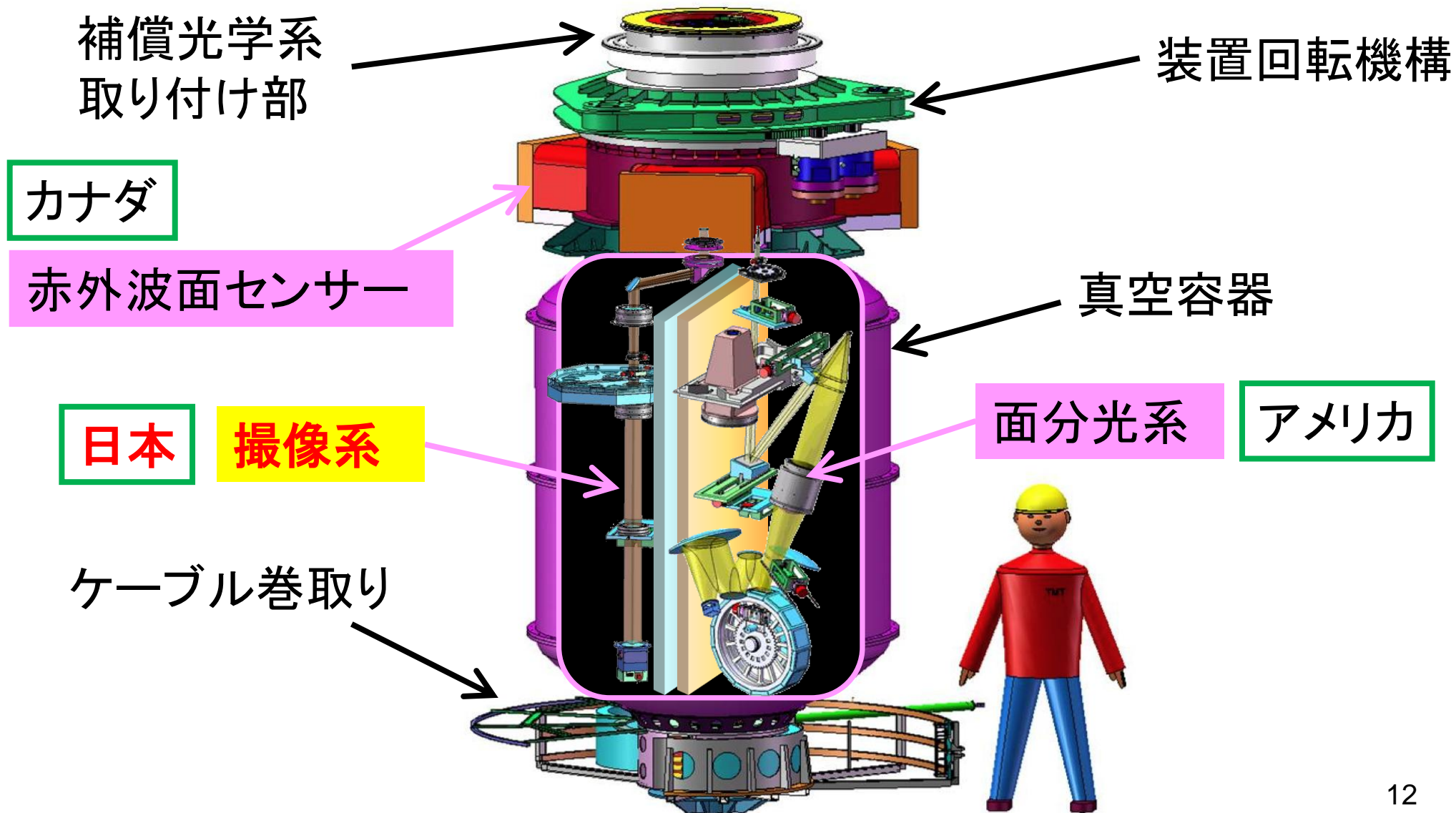
①望遠鏡の本体構造は日本の担当

TMT観測装置



IRISは補償光学撮像分光装置

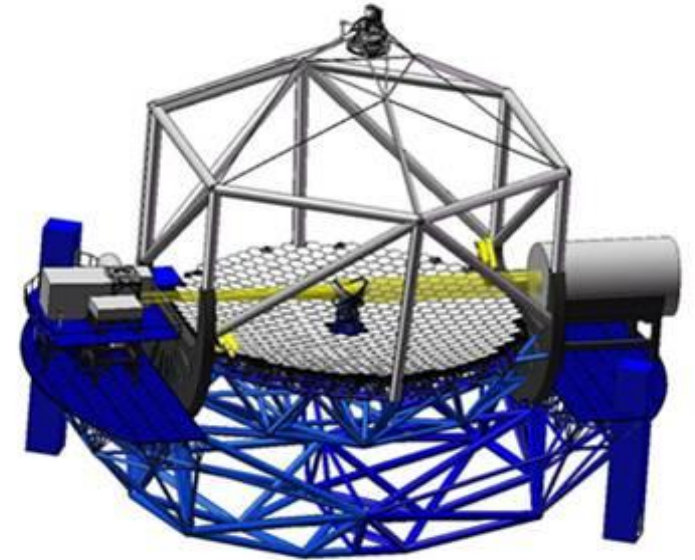
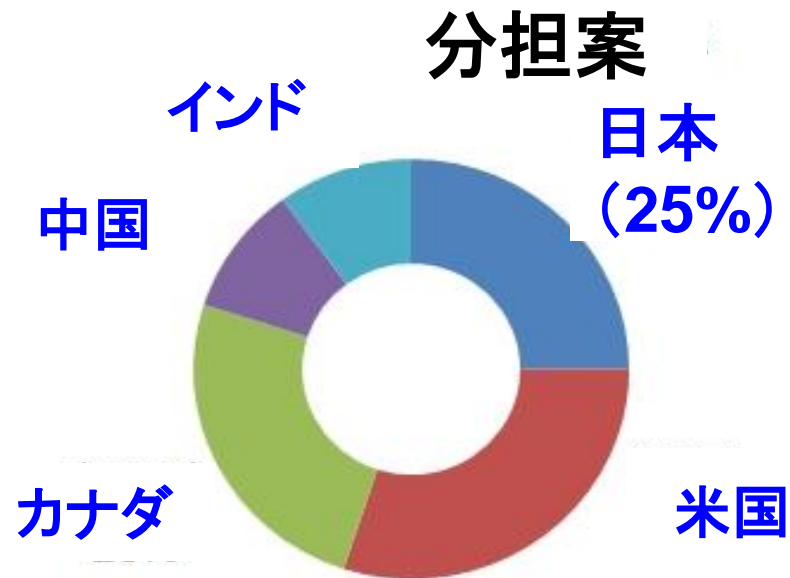
近赤外撮像分光装置 IRIS



建設プラン

●国際協力科学事業

- 建設総額： 約1500億円
- 建設： 2014—2021年(8年計画)



●すばると連携して北の宇宙を観測



TMT計画に250M\$を寄付した
Gordon Moore氏 (Intel 会長)

応援メッセージもよろしく



トップ

貴方のご支援が明日の
天文学を支える

個人は一口1000円から
法人は一口10000円から

3Dクリスタルや国立天文台歴史館への
名札掲載など、募金特典もあり

詳しくはこちらから



個人様のクレジットカード決済
による寄附はこちらから



内容確認時に【クレジットカード決済】
ボタンを押して下さい。

詳細についてはこちらをご確認ください。

2008年、国立天文台は、
足してから創設された
盤を豊かなものにする
の役割を果たすため
ためには、運命を共に
文学発展に資するため
に、国立天文台は、

ご支援いた



皆さんも千円から寄付できます！
寄付者のリストを完成時に展示。

望遠鏡の進化

岡山188cm



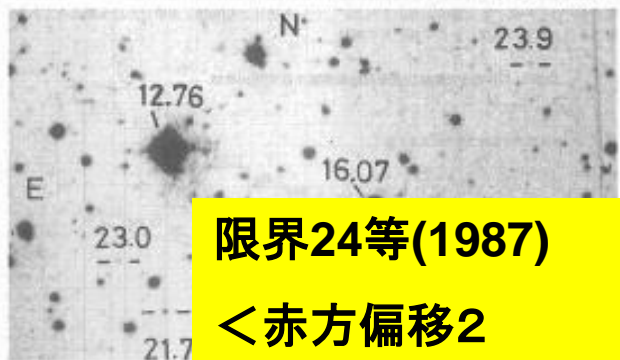
8mすばる望遠鏡



30m望遠鏡TMT

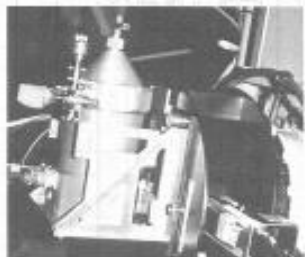


No. 777
 学内広報
 1987. 12. 21
 東京大学広報委員会

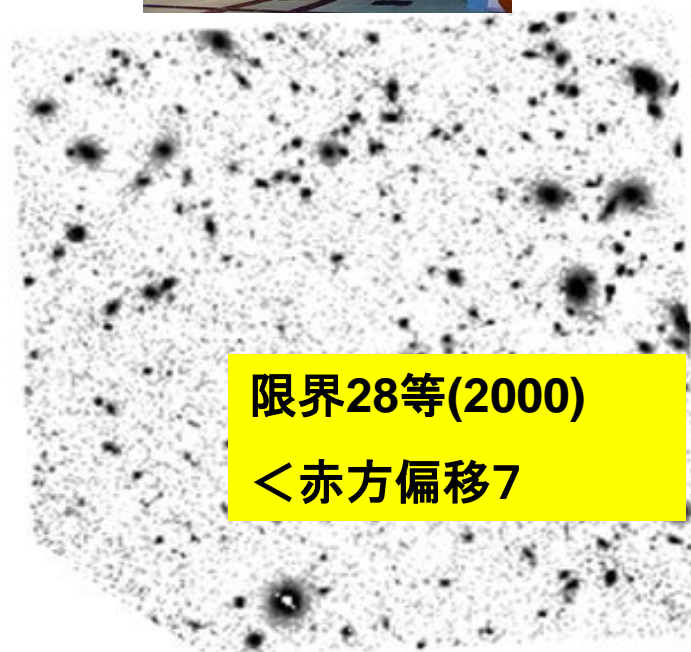


24等星を捕らえたCCDカメラ

東京天文台岡山天体物理観測所で完成した液体窒素冷却型CCDカメラ(写真右)を、夜空の暗い水鏡面内のシェット望遠鏡に取り付けて、1987年5月に北極星域を観測し、24等星の極微光天体を初めて確認することができた(写真上)。CCD(固体撮像素子)カメラは高量子効率、低雑音の光検出装置であり、測光精度が良いため、従来の写真乾板による観測に比べて5等級以上暗い(約20分の1以下の明るさの)天体が検出できるようになった。



部分領域での検出である。この観測は約150時間



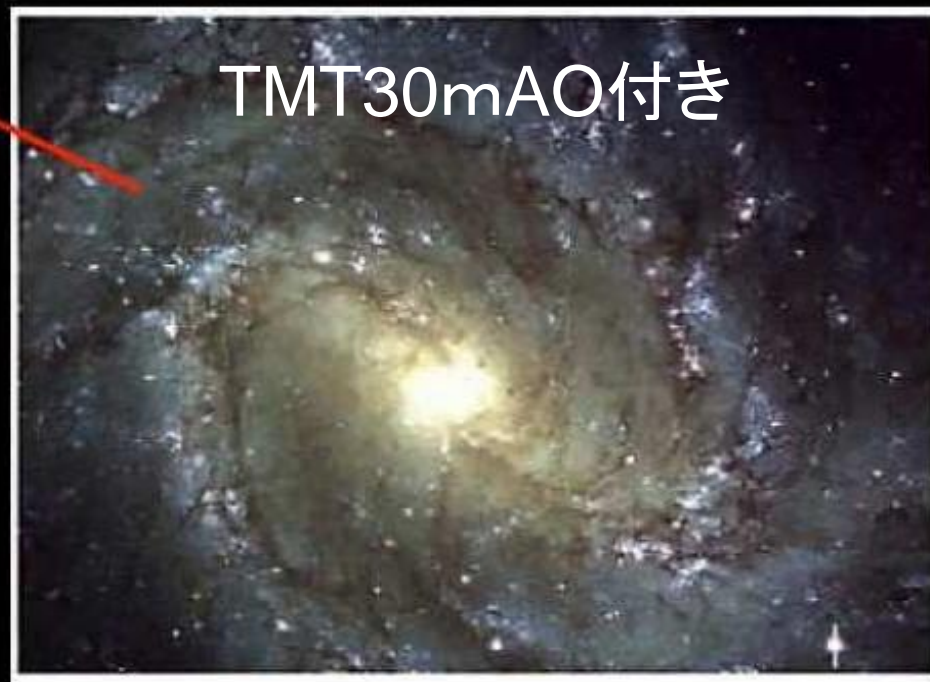
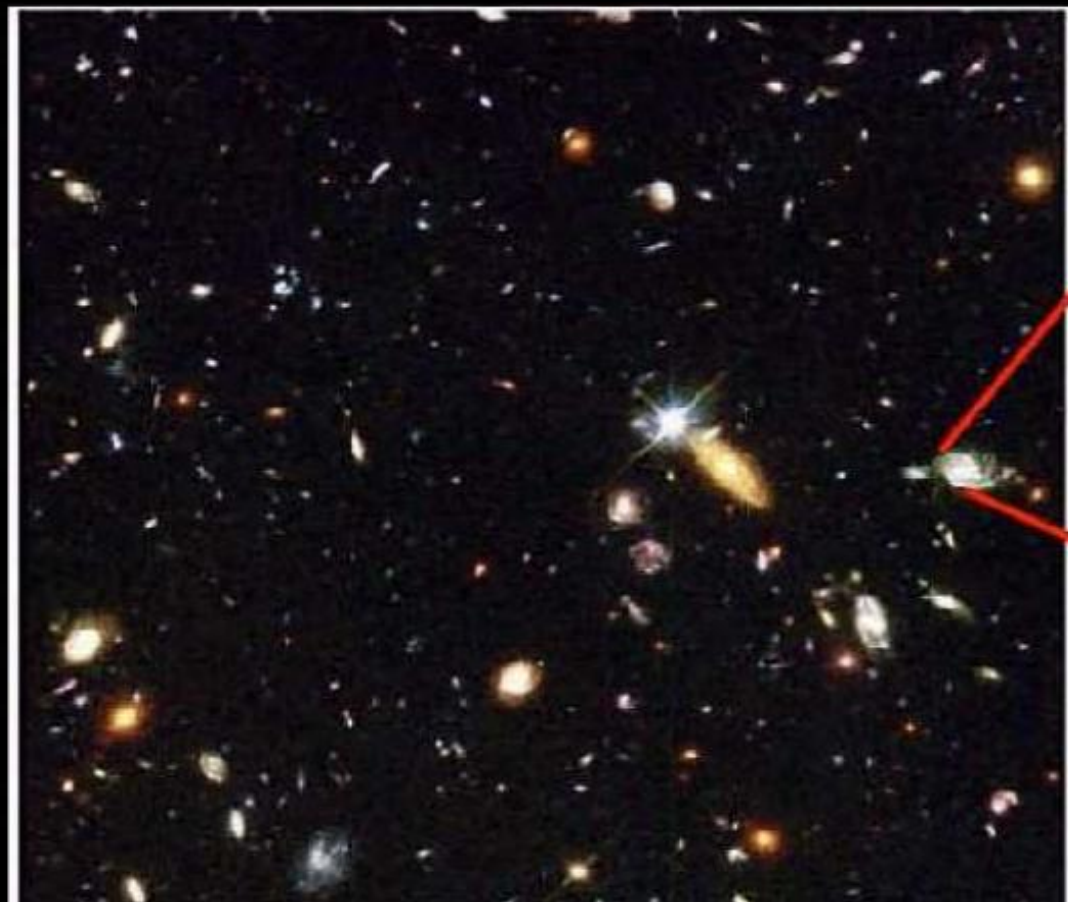
限界28等(2000)
 <赤方偏移7

Subaru/S-Cam 60min, R=28, 0".5

集光力 13倍
 解像力 3.6倍
 効率感度180倍

限界32等(2021)
 <赤方偏移17?

TMTの威力： 大集光力と高解像度

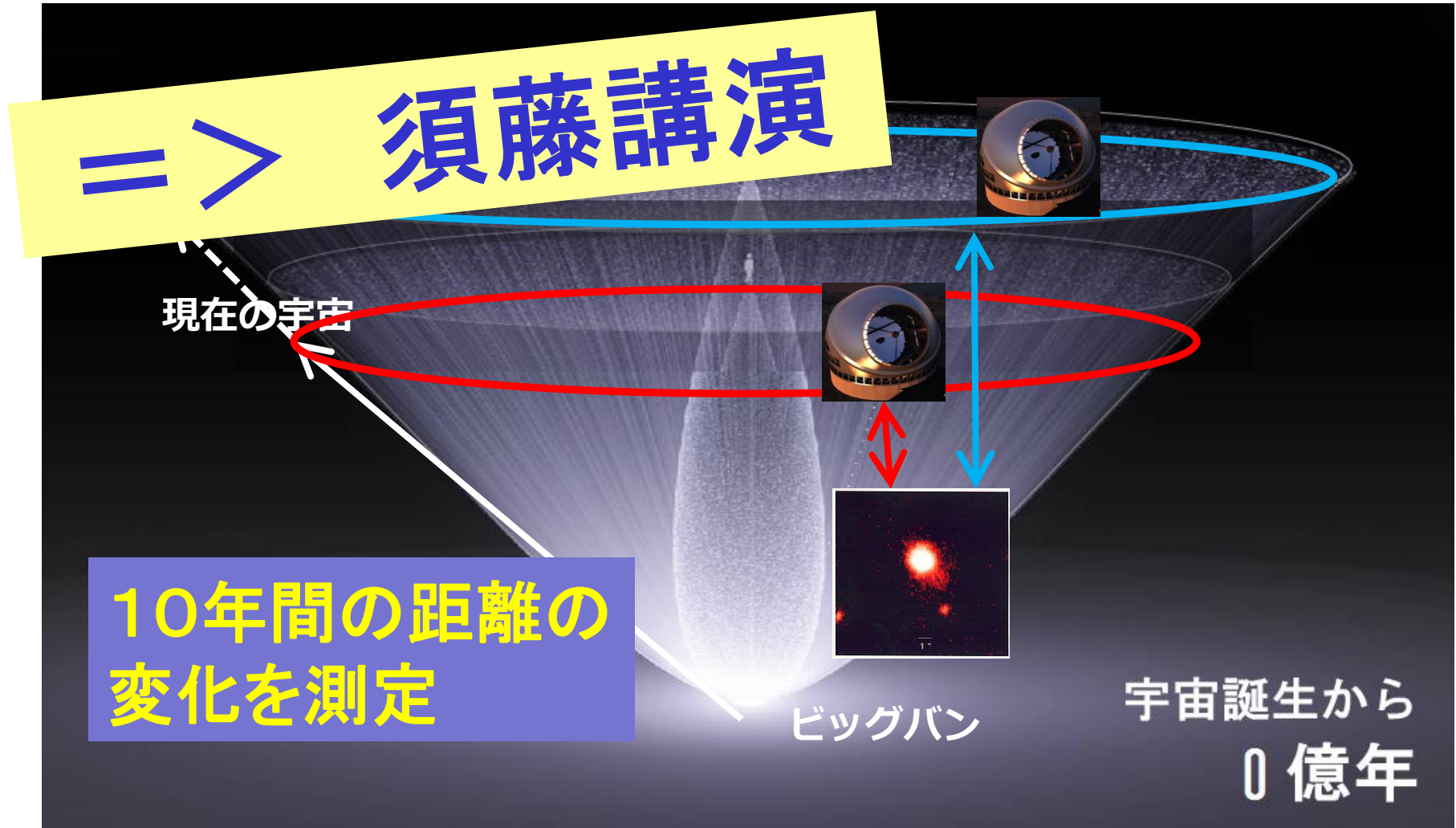


TMTの解像度 = すばるの4倍
TMTの感度 = すばるの14倍~200倍
回折限界での効率 ~ 口径⁴

The same with a 30 meter telescope

TMTの科学目標

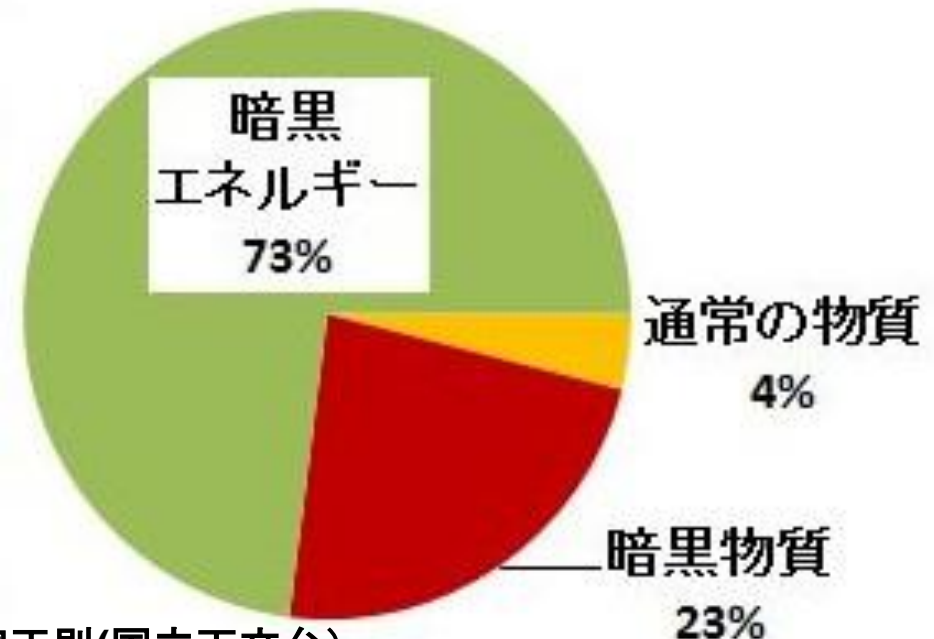
②ダークエネルギーの性質の解明



3つの暗黒問題

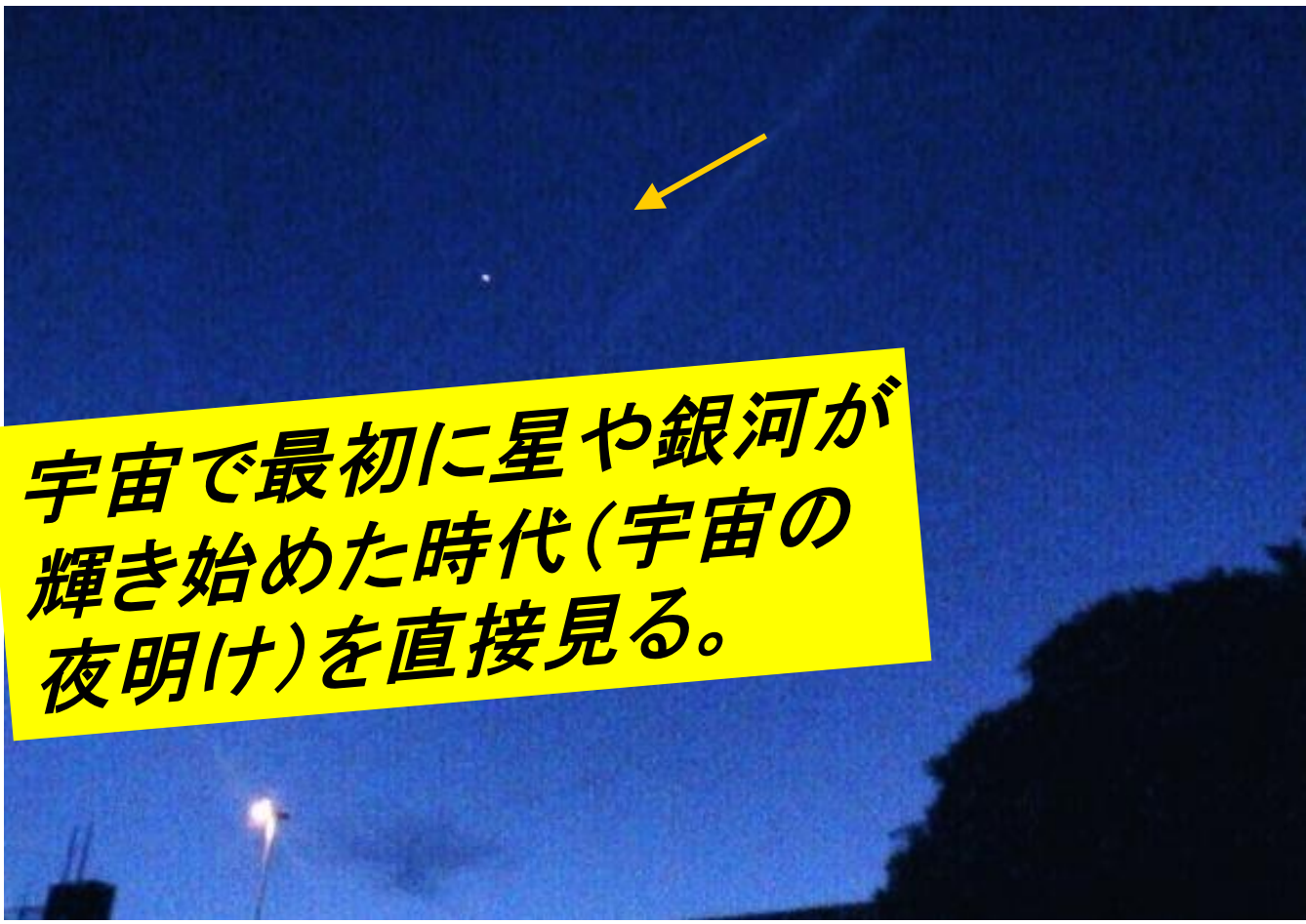
- ・暗黒物質
(未知の素粒子?)
- ・暗黒エネルギー
(真空のエネルギー?)
- ・暗黒時代
(初代銀河、宇宙再電離)

宇宙の構成要素



TMTの科学目標

③ 宇宙暗黒時代の夜明けを見る



宇宙で最初に星や銀河が
輝き始めた時代(宇宙の
夜明け)を直接見る。

「一番星みつけた」

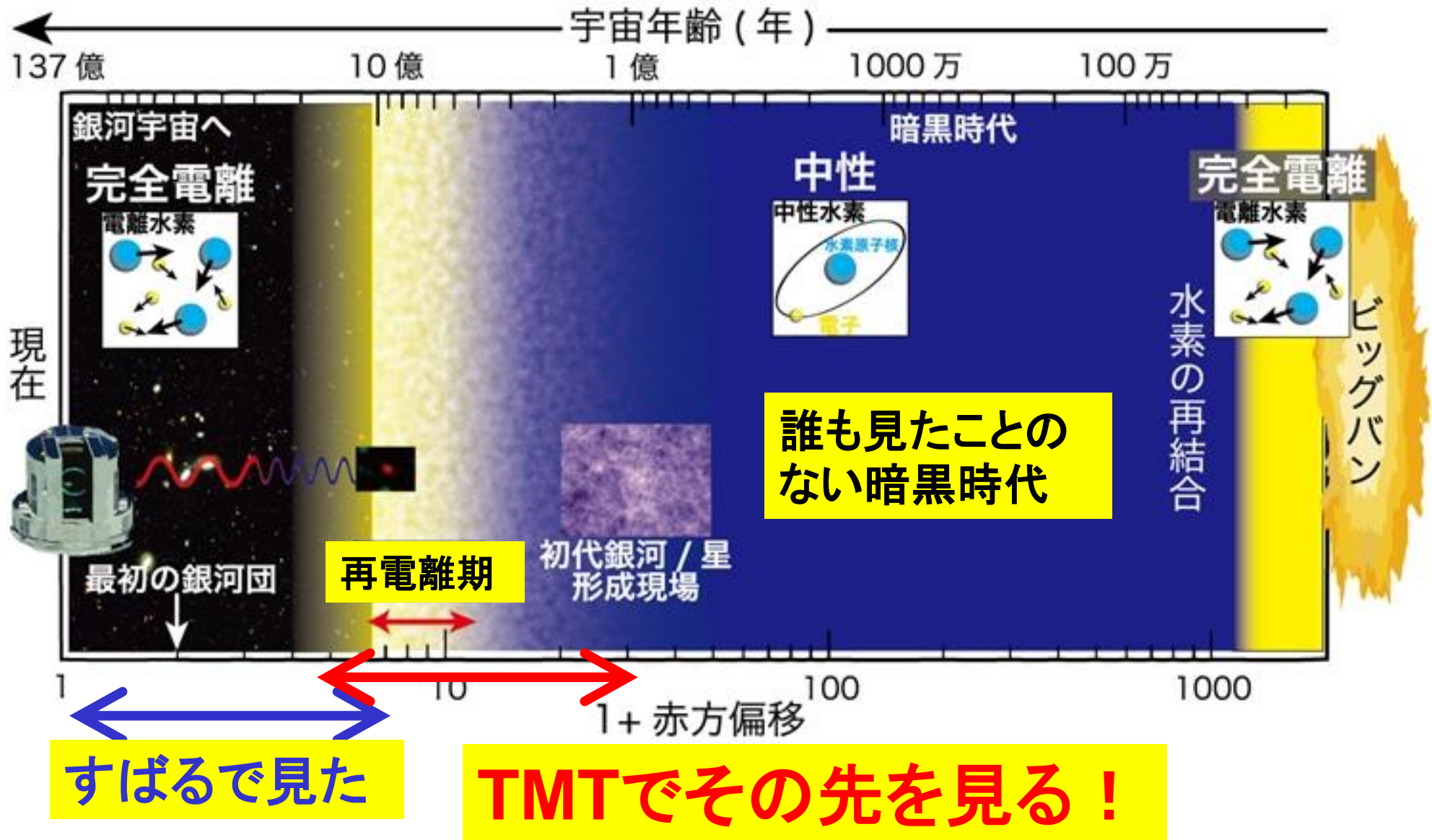
生沼勝作詞(主)・信時潔作曲／文部省唱歌(一年)

一番星みつけた。
あれあの森の
杉の木の上に。

二番星みつけた。
あれあのどての
柳の木の上えに。

三番星みつけた。
あれあの山の
松の木の上に。

宇宙考古学：宇宙の歴史を観測でひもとく



赤方偏移 $z = \delta\lambda/\lambda =$ 波長増加率

- 宇宙の膨張の目安

赤方偏移 z では宇宙の大きさは

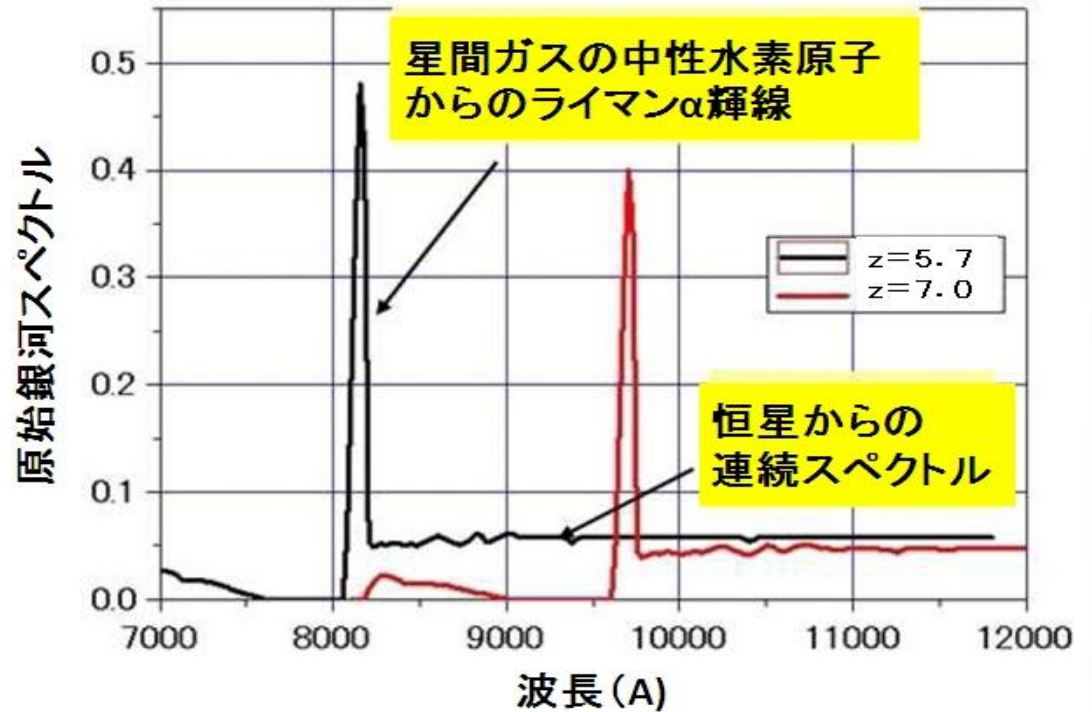
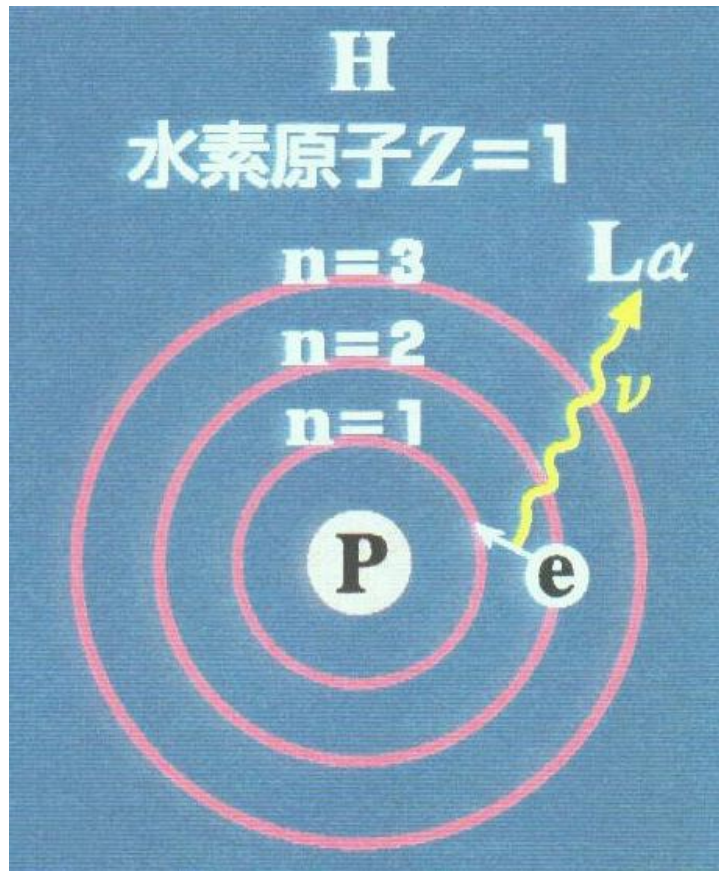
$$\frac{1}{1+z}$$

- 遠くを見ることは昔を見ること！

イベント	赤方偏移	ビッグバン後
宇宙晴れ上がり(宇宙背景放射)	1000	0.0038億年
最初の星誕生 (再電離開始)	20	3億年
宇宙の夜明け (再電離完了)	6	10億年
地球の誕生	0.45	91億年
現在	0	137億年

ライマン α 銀河を探せ

Partridge・Peebles (1967)
の提案 => 失敗の連続

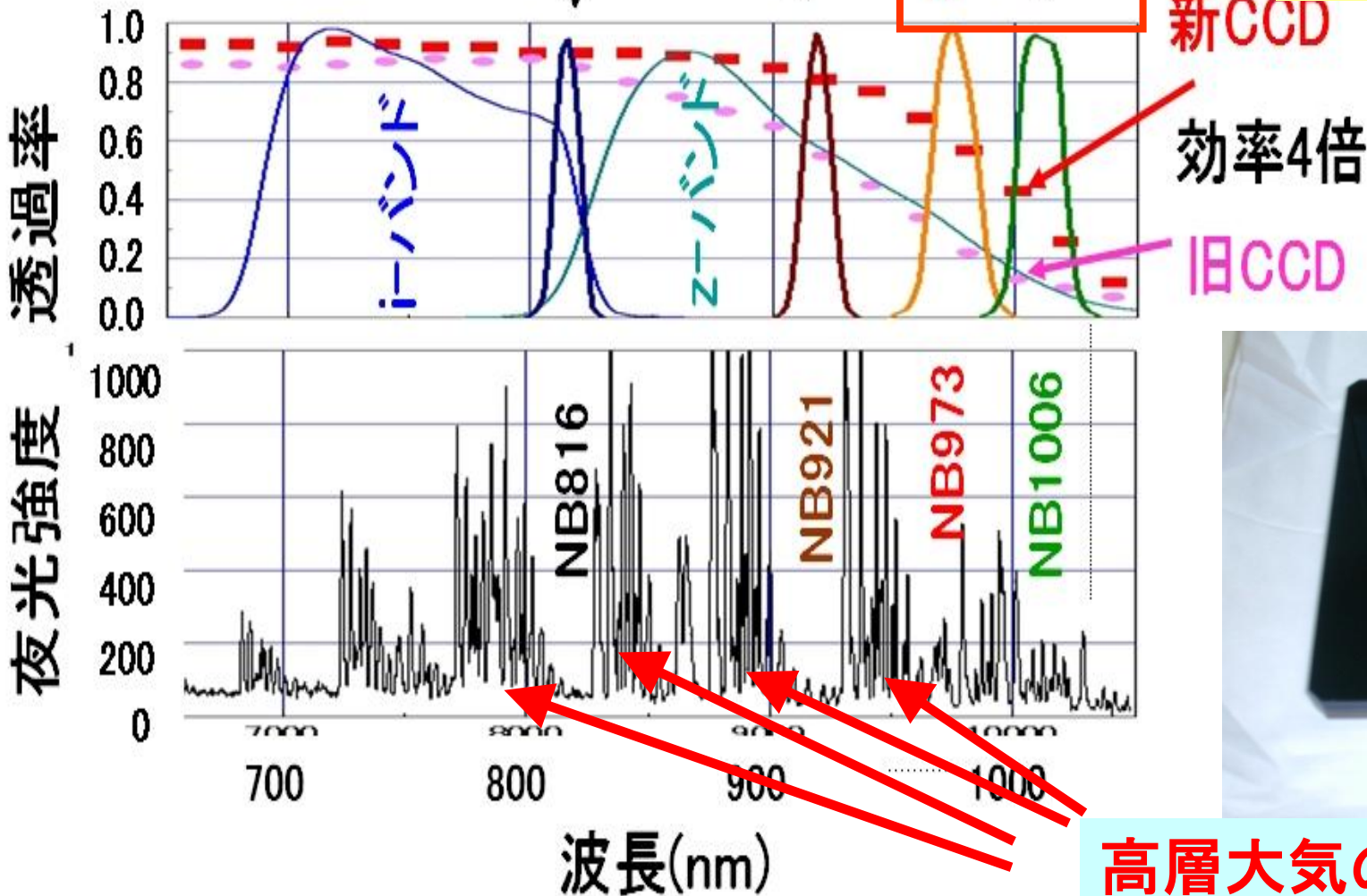


宇宙で一番多い
原子は水素原子

水素原子が出す
一番強い光はライマン
アルファ線という紫外
線の光(波長1215Å)

世界で1枚：専用フィルターを製作

夜空の暗い窓



赤外線しか通さないの
で真っ黒に見える

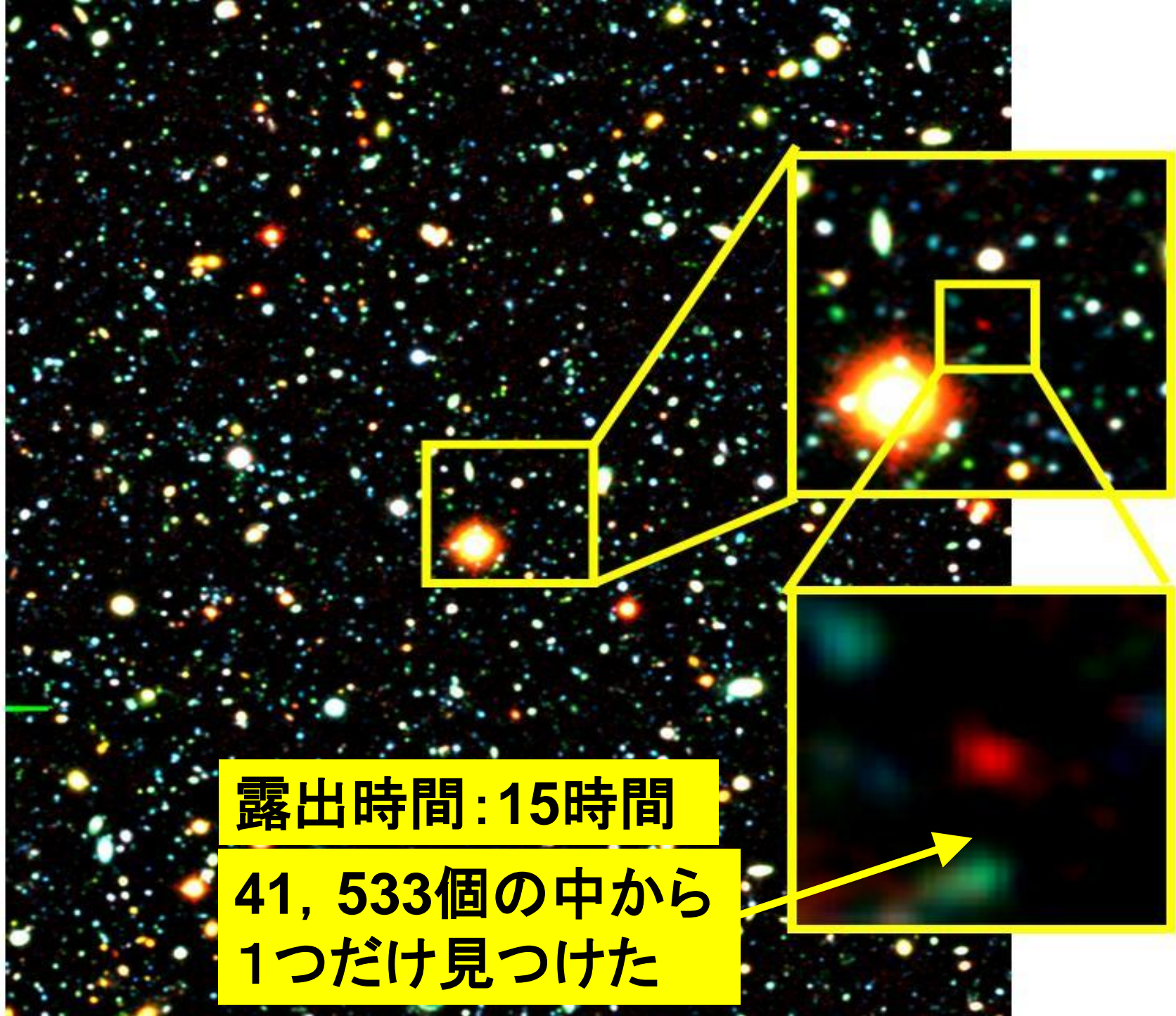
新CCD

効率4倍

旧CCD



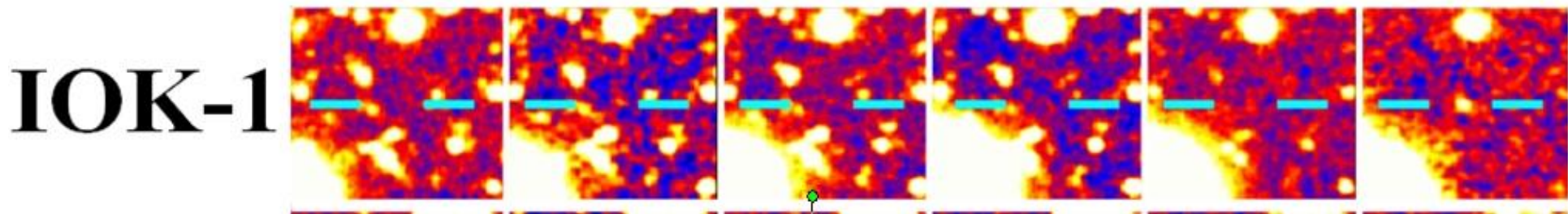
高層大気分子発光



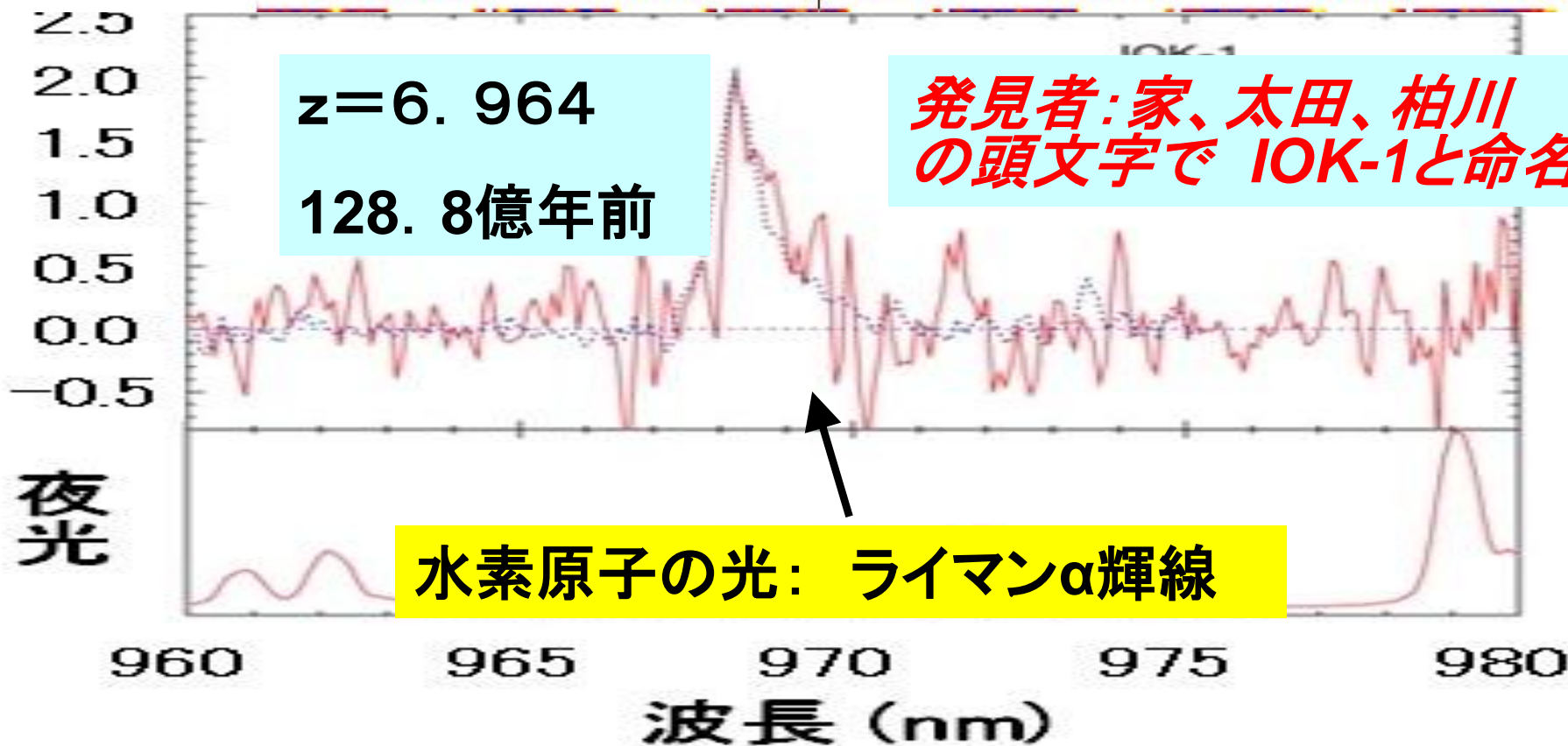
露出時間:15時間
41,533個の中から
1つだけ見つけた

129億年昔、最遠方銀河「IOK-1」の発見

フィルター *B* *V* *R* *i'* *z'* NB973



スペクトル強度



遠方銀河のギネス記録

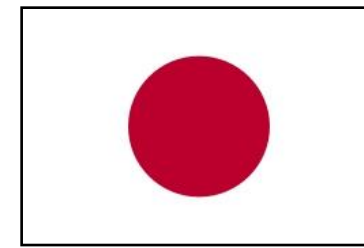


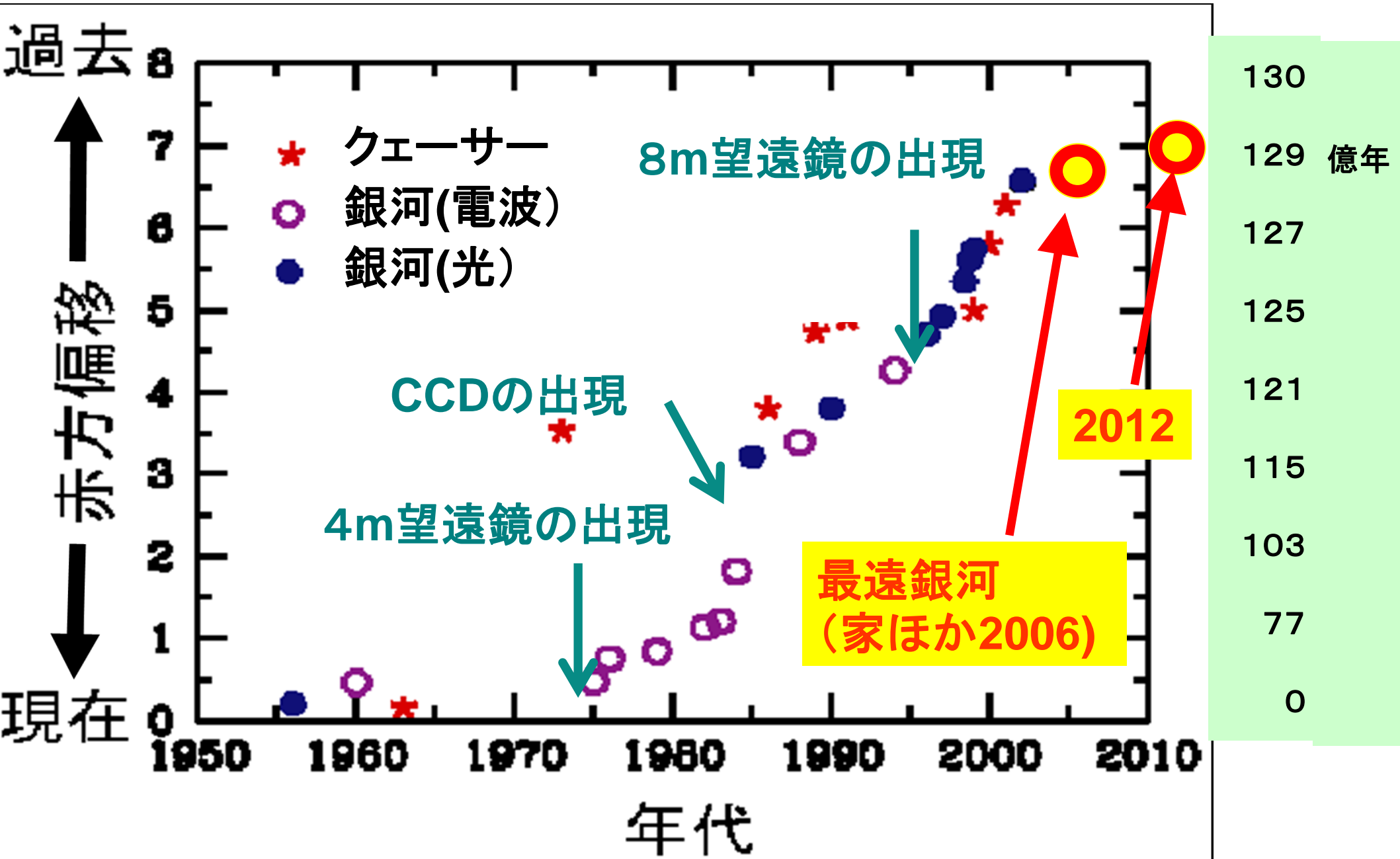
Table 1: 赤方偏移が確定した最遠銀河ベスト 12(2009年10月1日時点).

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	SDF ID1004	J132522.3+273520	6.597	128.2	谷口ほか	2005年2月25日
3	SDF ID1018	J132520.4+273459	6.596	128.2	柏川ほか	2006年4月25日
4	SXDF Himiko		6.595	128.2	大内ほか	2008年7月25日
5	SDF ID1030	J132357.1+272448	6.589	128.2	柏川ほか	2006年4月25日
6	SDF ID91163	J132343.4+272954.5	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
6	SDF ID91988	J132342.2+272644.5	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
6	SDF ID71101	J132450.7+272159.7	6.587	128.2	柏川ほか	2009年2月
9	SDF ID1					年2月25日
10	SDF ID1					年2月25日
11	SDF ID1					年4月25日
12	SDF ID157057	J132419.3+274124.8	6.568	128.2	柏川ほか	2009年2月
13	HCM-6A	J023954.7-013332	6.560	128.2	Huほか	2002年4月1日

**赤方偏移 6.6 ではたくさん見つかったが、
赤方偏移 7.0 では一つだけ**

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.

人類が見た最遠銀河の記録更新の歩み



最遠銀河ベストテン (2012年10月8日)

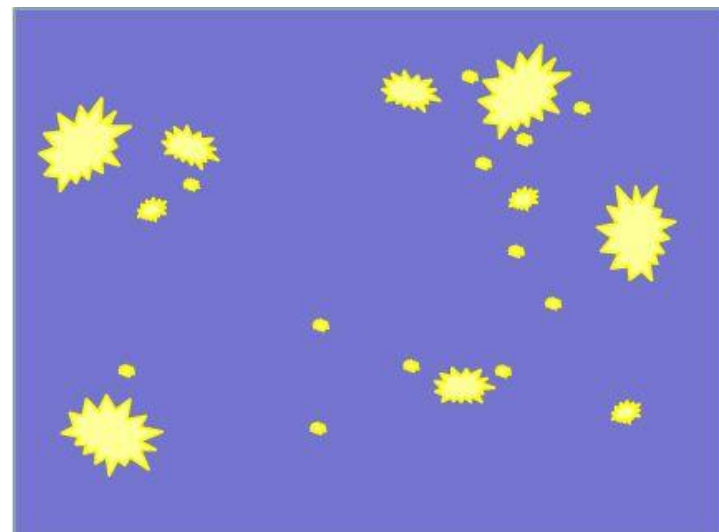
順位	名前	座標	赤方偏移	億光年	論文	出版年月
1	SXDF-NB1006-2	J021856.5-051958.9	7.215	129.1	澁谷他	2012.6
2	GN-108036	in GOODS NORTH field	7.213	129.1	小野他	2012.1
3	BDF-3299	J222812.3-0350959.4	7.109	129.0	Vanzella 他	2010.12
4	A1703 _z D6	J131501.0+515004	7.045	128.9	Schenker 他	2012.1
5	BDF-521	J222703.1-350707.7	7.008	128.9	Vanzella 他	2010.12
6	G2-1408	J132357.1+272448	6.972	128.8	Fontana 他	2010.12
7	IOK-1	J132359.8+272456	6.964	128.8	家他	2006.9
8	HUDF09_1596	J033303.8-275120	6.905	128.7	Schenker 他	2012.1
9	SDF46975	in Subaru Deep field	6.844	128.6	小野他	2012.1
10	NTTDF-6345	J120536.9-074522.3	6.701	128.4	Pentericci 他	2011.12

すばるは引き続きこの分野でのトップランナー

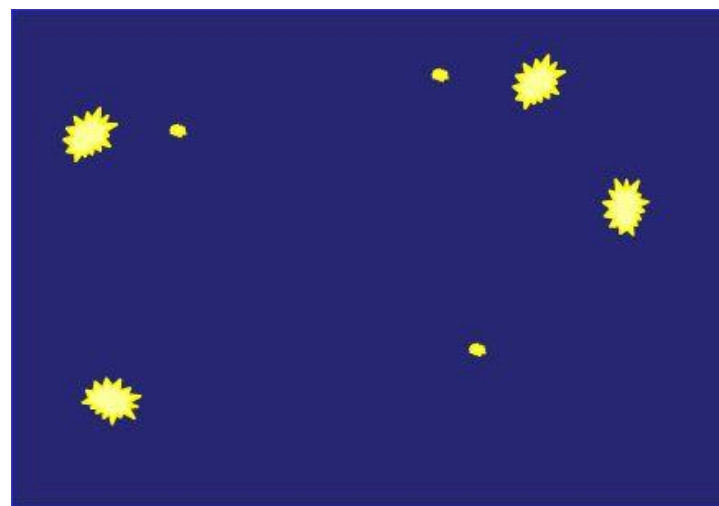
赤方偏移7(129億年前)以上で急にライマンアルファ銀河が見えなくなるのは宇宙再電離が完了前の時代に踏み込んだため



恒星からの紫外線連続光は水素雲を通過
=> 紫外線連続光では暗くならない



水素雲からライマン α 線は中性水素雲で散乱
=> ライマン α 線では見えなくなる



宇宙再電離はいつ終了したか？

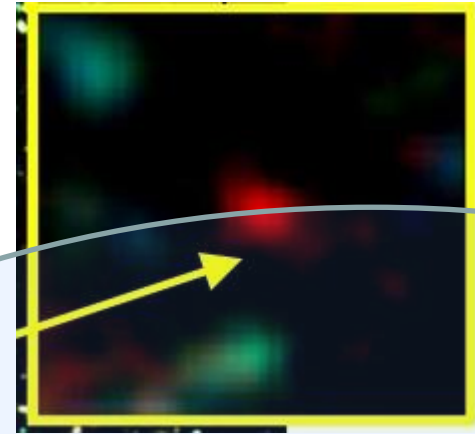
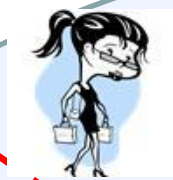
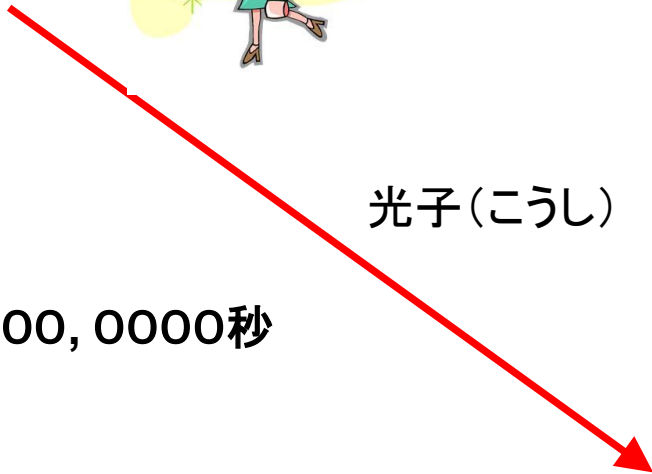
中性水素の割合





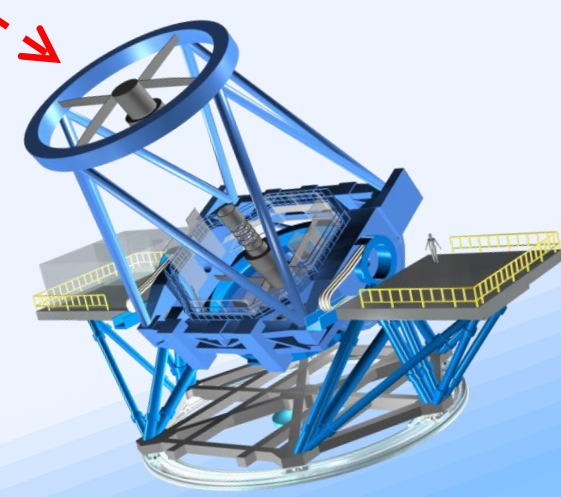
129億年
=40億秒の1億倍
=40, 0000, 0000, 0000, 0000秒

光子(こうし)



129億年も旅してきた光が最後の
一瞬に乱されて像がぼけてしまう。

最後の0.001秒



まとめ

- すばる望遠鏡の進化 視野ハッブルの1000倍
- 補償光学で視力も10倍に進化
- ⇒ 究極の30m望遠鏡TMT計画
- 宇宙の歴史を見る
- ライマン α 銀河研究で日本が活躍
- 最初の星や銀河の輝く始めた時代を見る