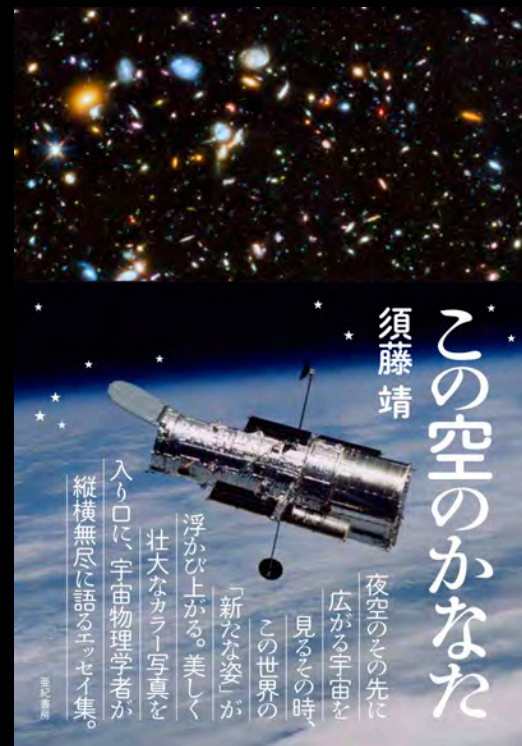


この空のかなた



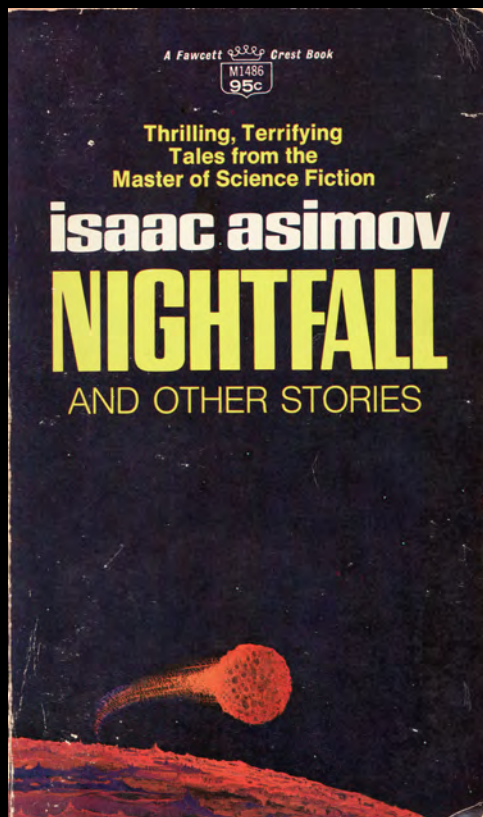
東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻 須藤 靖

高知みらい科学館 サイエンストーク

2018年8月16日 18:30-20:00@オーテピア プラネタリウム

夜空と望遠鏡が「世界」を変える

アイザック・アシモフ著「Nightfall (夜来たる)」



- 6つの太陽を持つ惑星ラガッシュには「夜」がない
- 古来からの伝説によると、2049年に一度だけラガッシュに「夜」が訪れるという
 - これから数時間で「夜」が訪れる時から物語が始まる
 - 初めて「夜」を見たラガッシュの住民は何を知った？

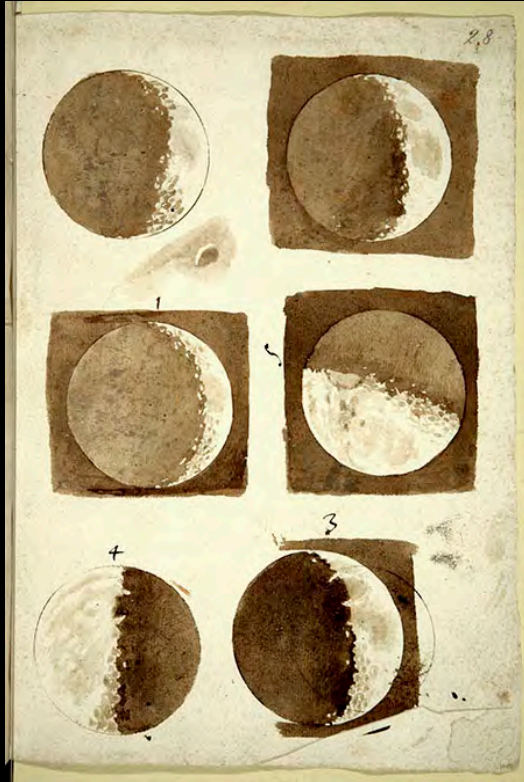
我々は何も知らなかった この空のかなたを見て、自分の「世界」を知る

イラスト:羽馬有紗



ガリレオと地動説

- ガリレオ・ガリレイ (1564-1642)
 - 天の世界も特別ではない:天動説から地動説へ



ガリレオによる月のスケッチ

<https://brunelleschi.imss.fi.it/galileopalazzostrozzi/object/GalileoGalileiDrawingsOfTheMoon.html>

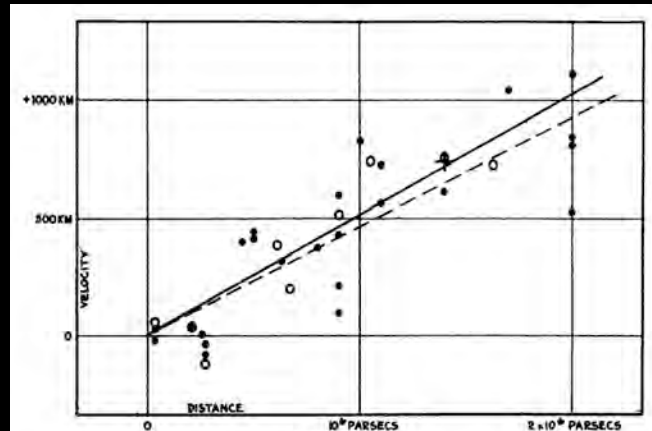


ガリレオの製作した望遠鏡

https://catalogue.museogalileo.it/gallery/GalileosTelescope_n03.html

ハッブルと宇宙膨張

- エドウィン・ハッブル (1889-1953)
 - 天の川の外の銀河の発見
 - 宇宙膨張の発見



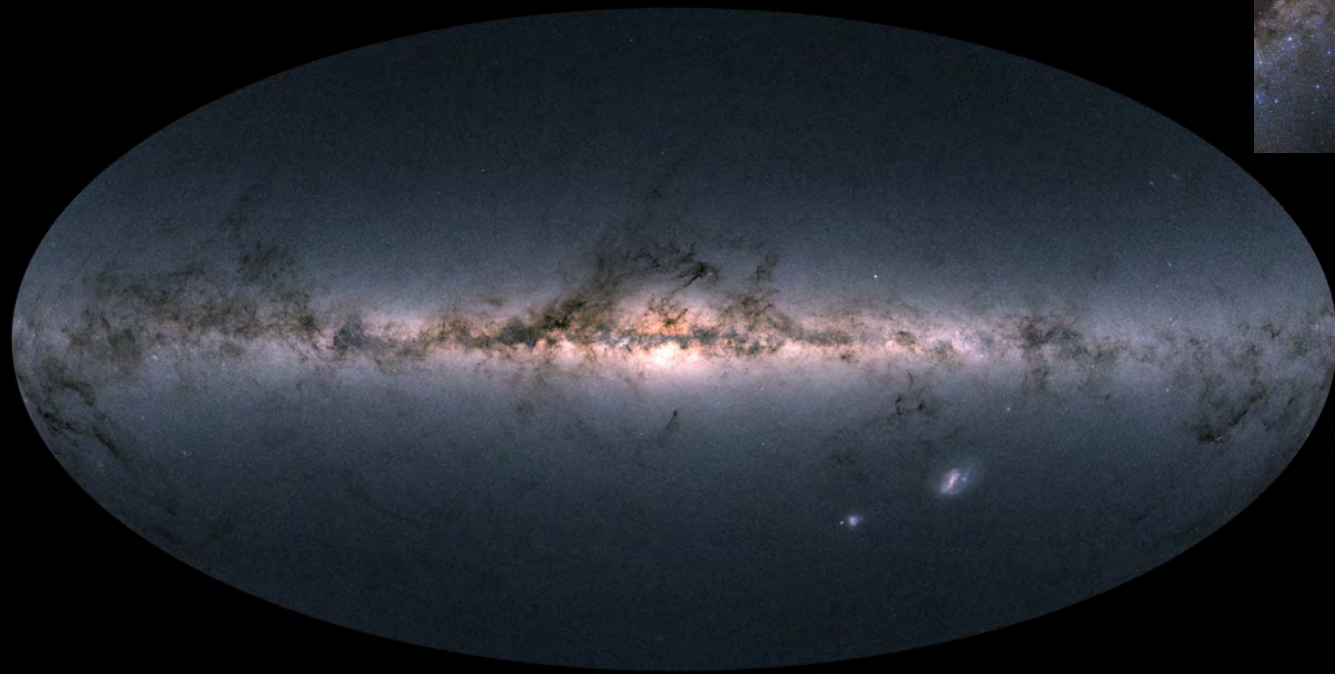
ハッブルによる遠方銀河の距離速度関係

E.Hubble (1929)

ハッブルが宇宙膨張を発見した100インチフッカー望遠鏡

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:100inchHooker.jpg>

ガイア探査機による天の川銀河



<https://www.cosmos.esa.int/web/gaia/home>

天の川@ハワイ島マウナケア山頂



https://www.subarutelescope.org/Gallery/j_starrynights.html

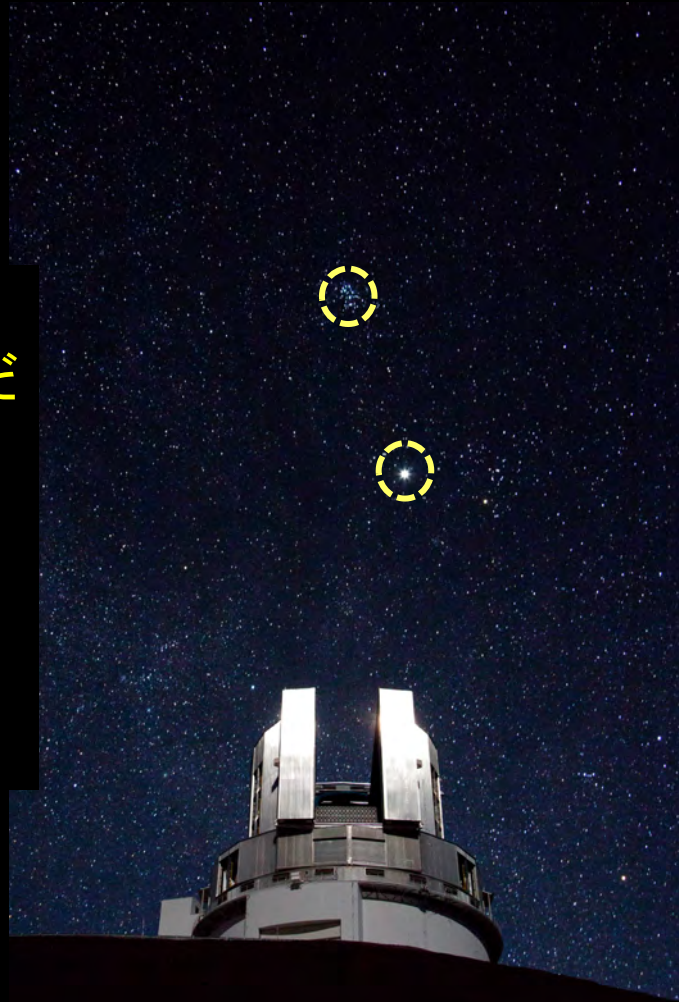




すばる望遠鏡と昴

- 星は昴星(すばる)。彦星(ひこぼし)。タづつ。よばひ星、すこしをかし。尾だになからましかば、まいて。
 - 枕草子 239段
 - 星といえば、やっぱりすばる、彦星、宵の明星。流れ星もわりといいものだ。尾を引かなければもっと良いんだけど。

https://www.subarutelescope.org/Gallery/j_starrynights.html

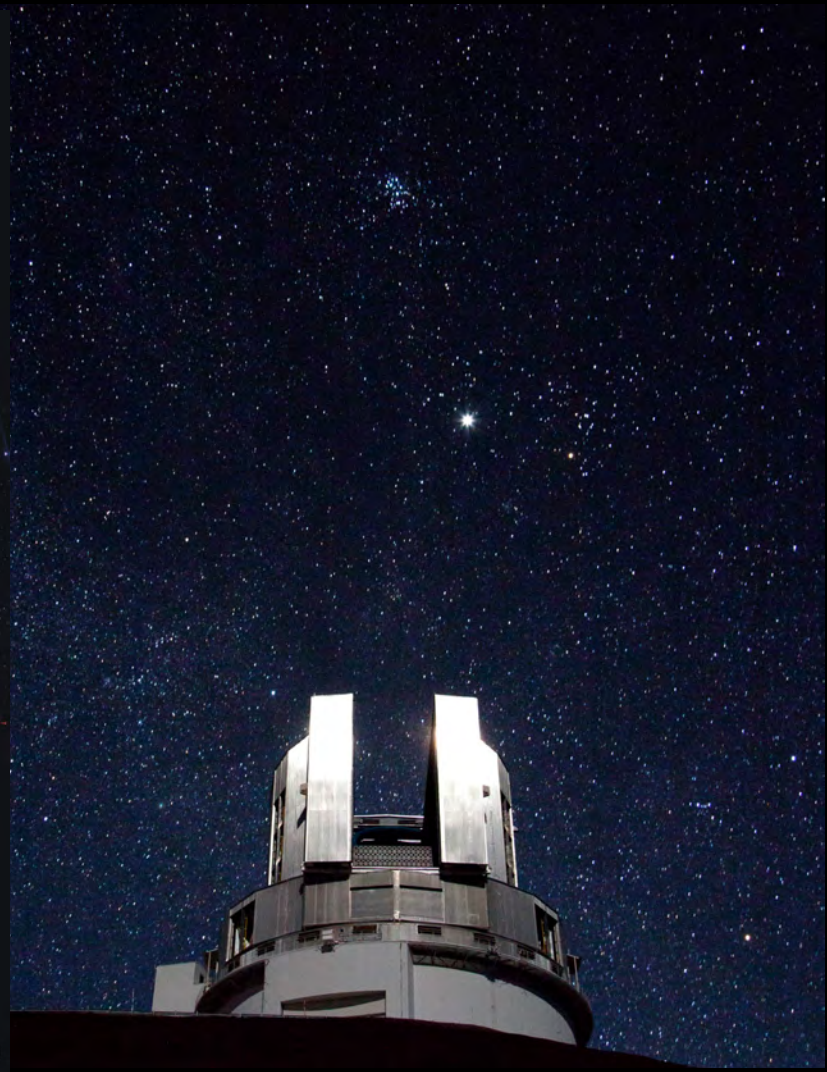


すばる望遠鏡ハイパーシュープリームカム で撮影したアンドロメダ銀河



[http://www.eso.org/public
/images/potw1342a/](http://www.eso.org/public/images/potw1342a/)

[https://www.subarutelescope.org
/Topics/2014/09/08/fig1j.jpg](https://www.subarutelescope.org/Topics/2014/09/08/fig1j.jpg)



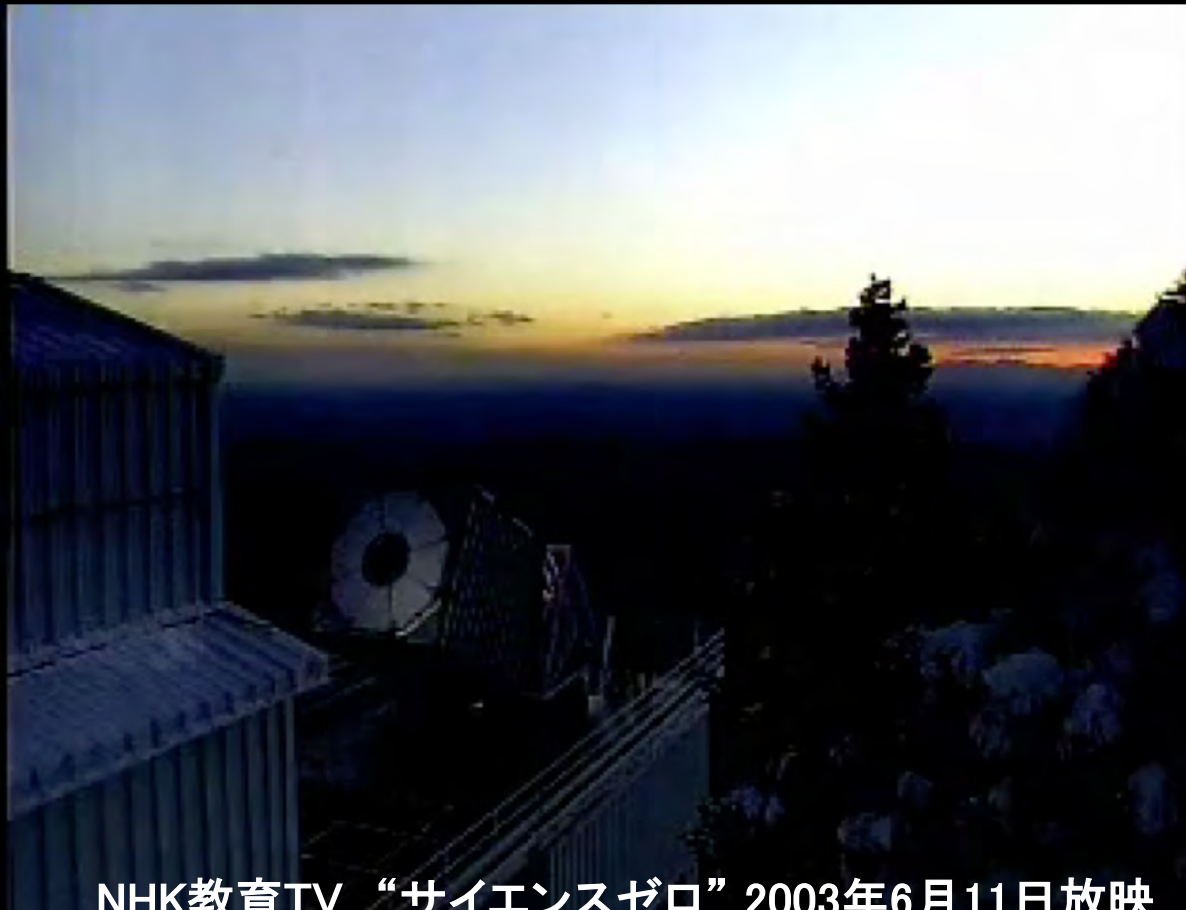
(c) Hiromitsu Kohsaka/HSC Project/NAOJ

SDSS

(スローンデジタルスカイサーベイ)

天文学のための
宇宙“グーグル”マップ

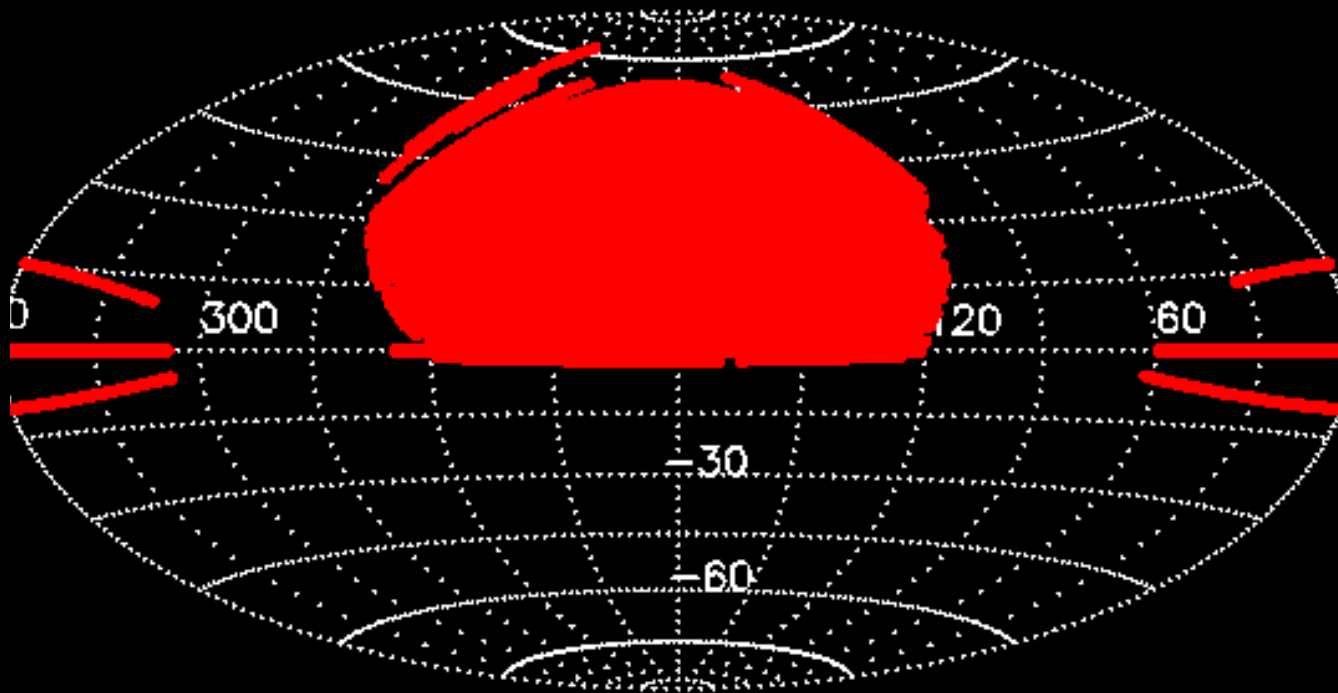
SDSS: スローンデジタルスカイサーベイ



NHK教育TV “サイエンスゼロ” 2003年6月11日放映

広い空の全天地図作成国際共同研究： SDSS(スローンデジタルスカイサーベイ)

赤い領域がアパッチポイント天文台から観測できる空





80万個の銀河の3次元地図

NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

SDSS@米国ニューメキシコ州アパッチポイント



SDSS望遠鏡@アパッチポイント天文台



ホワイトサンズ試験場

1945年7月16日 マンハッタン計画のプルトニウム型原爆
(長崎に落とされたタイプ)の爆発実験がなされた

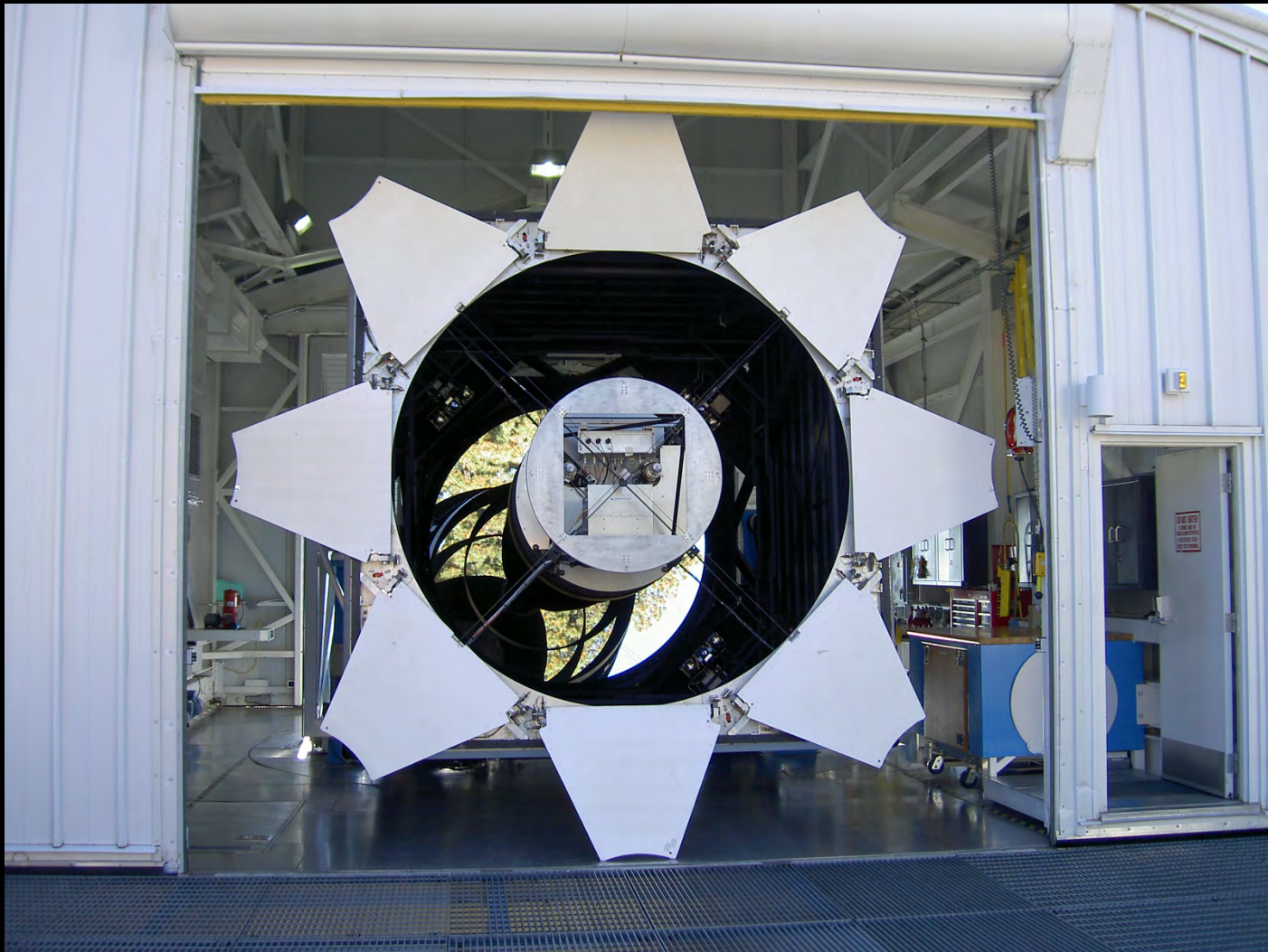


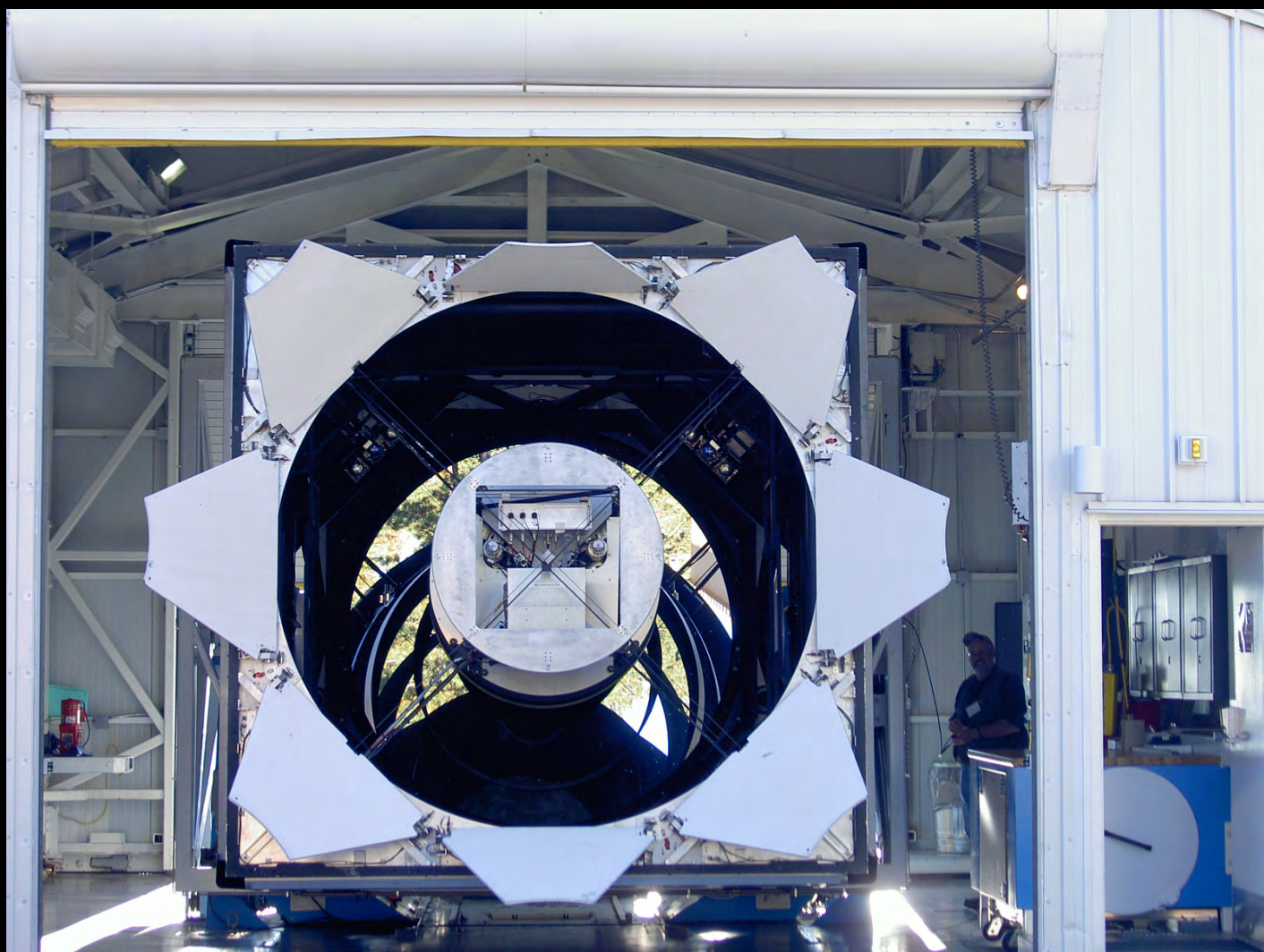




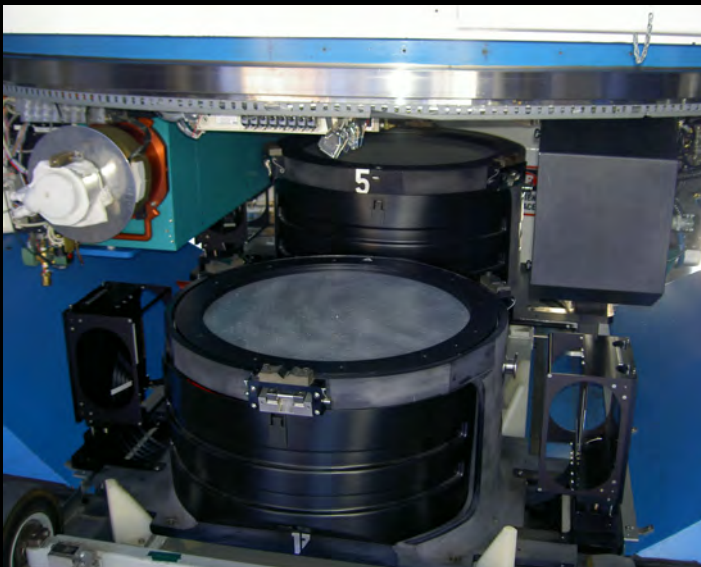






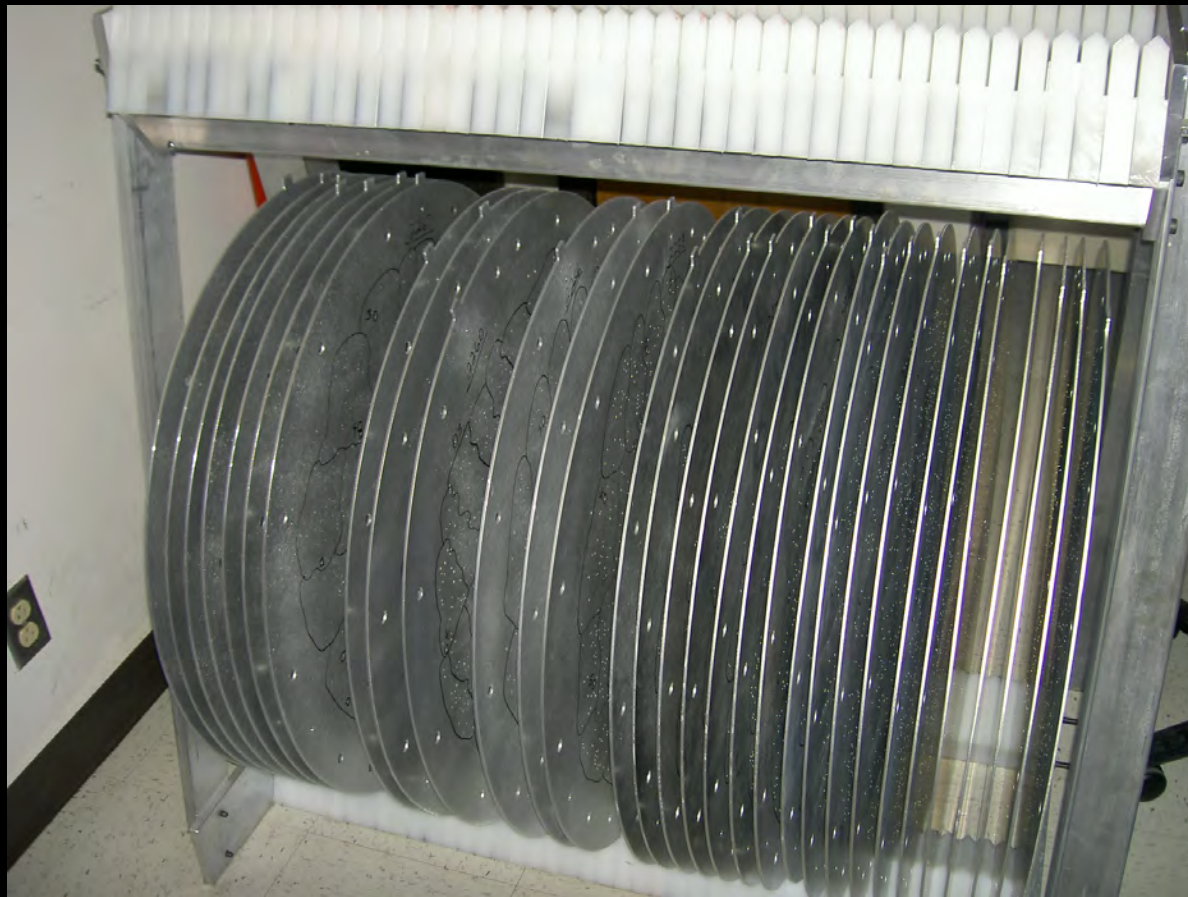


SDSS分光器



天体観測は測光(撮像)と分光の2種類に分かれる。分光は、天体の光を虹のように異なる色に分解してその強さの分布(スペクトル)を調べる。SDSSではまず測光し、その後約1%の天体を選んで分光する。

穴あきアルミ板





2189

03

20

10

01

10

05

02

70

08

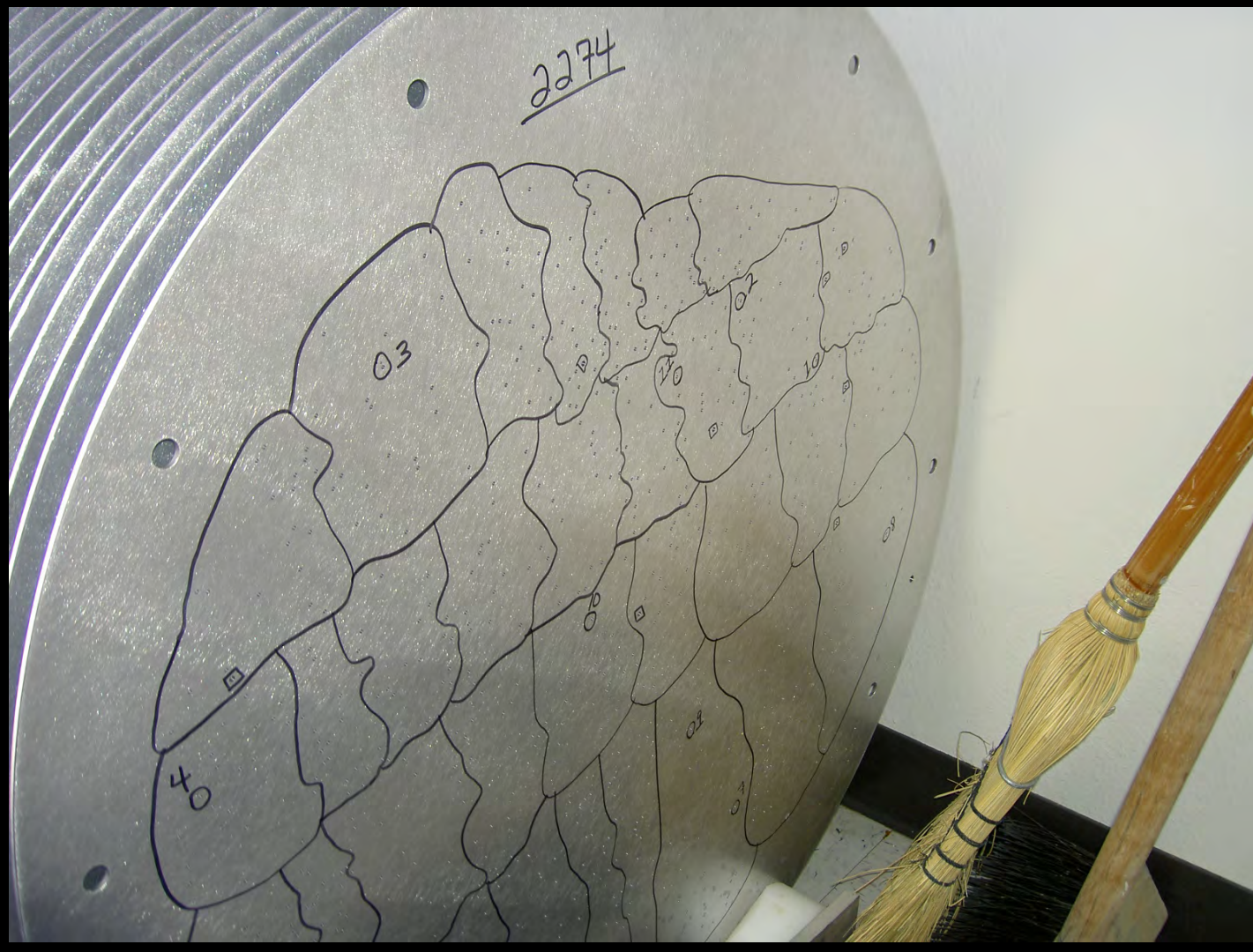
2274

03

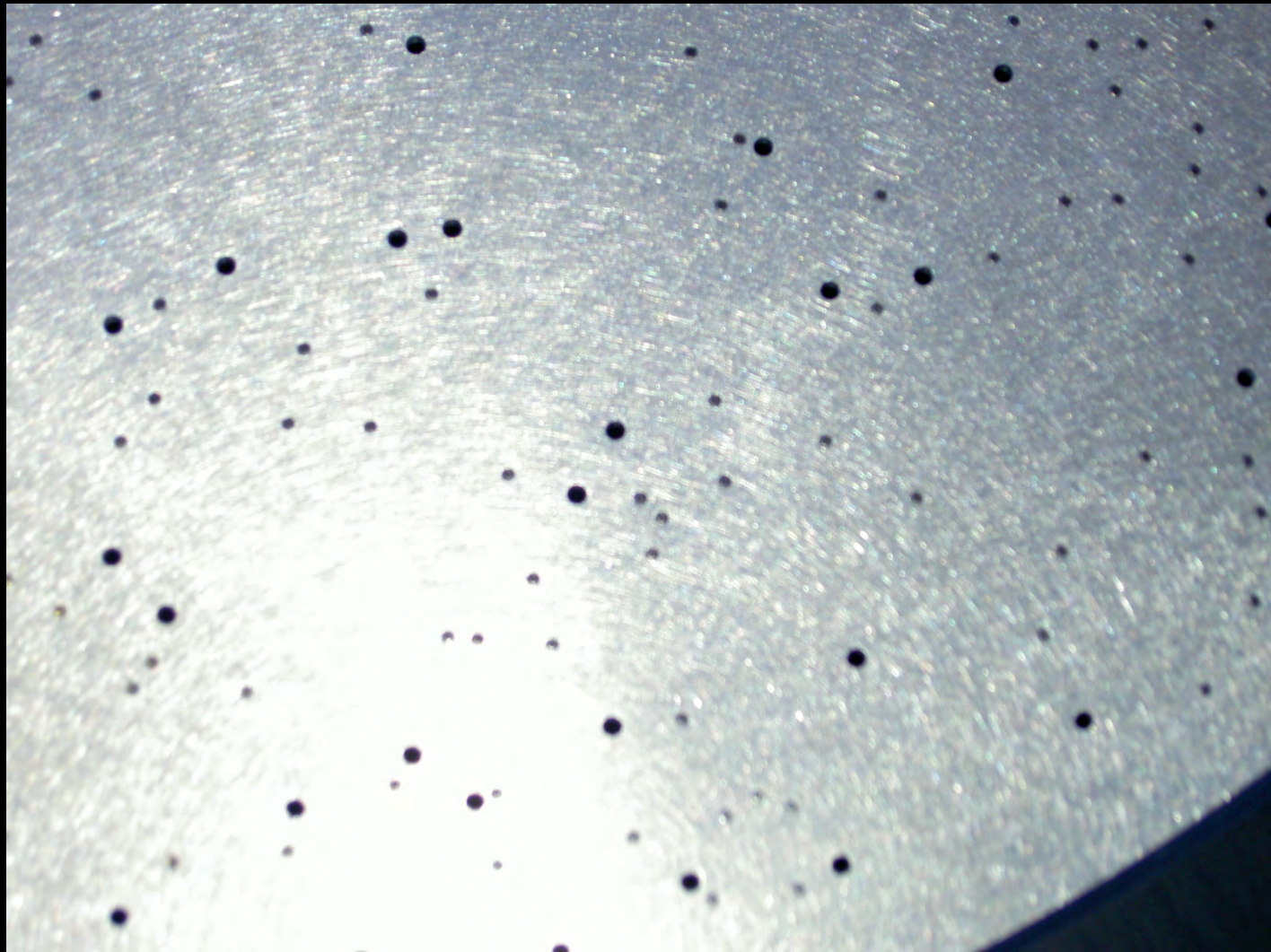
10

10

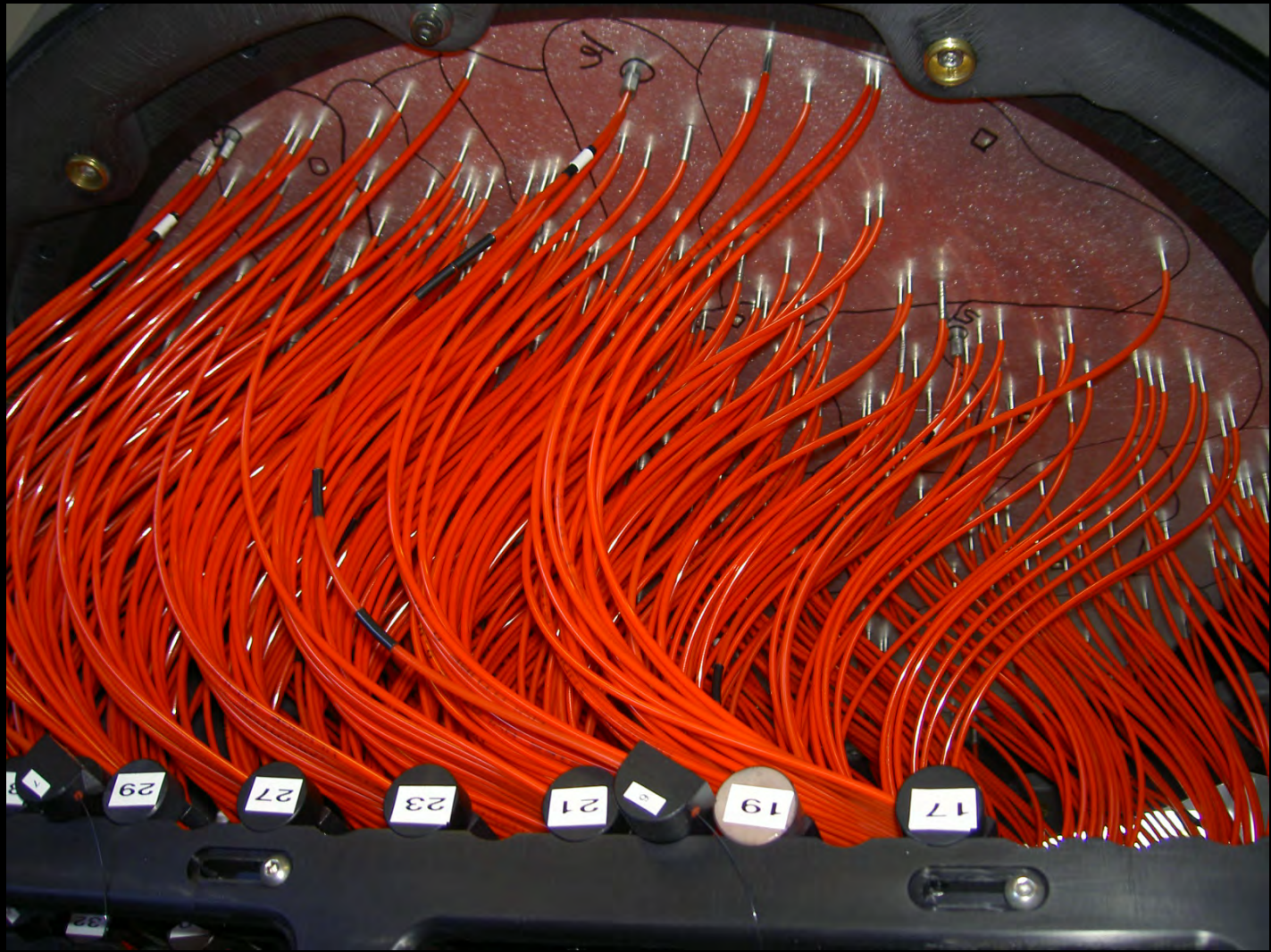
04















実際にSDSS観測で用いられた
アルミ板が高知みらい科学館にある

<https://youtu.be/zaWyL6QGI-0>

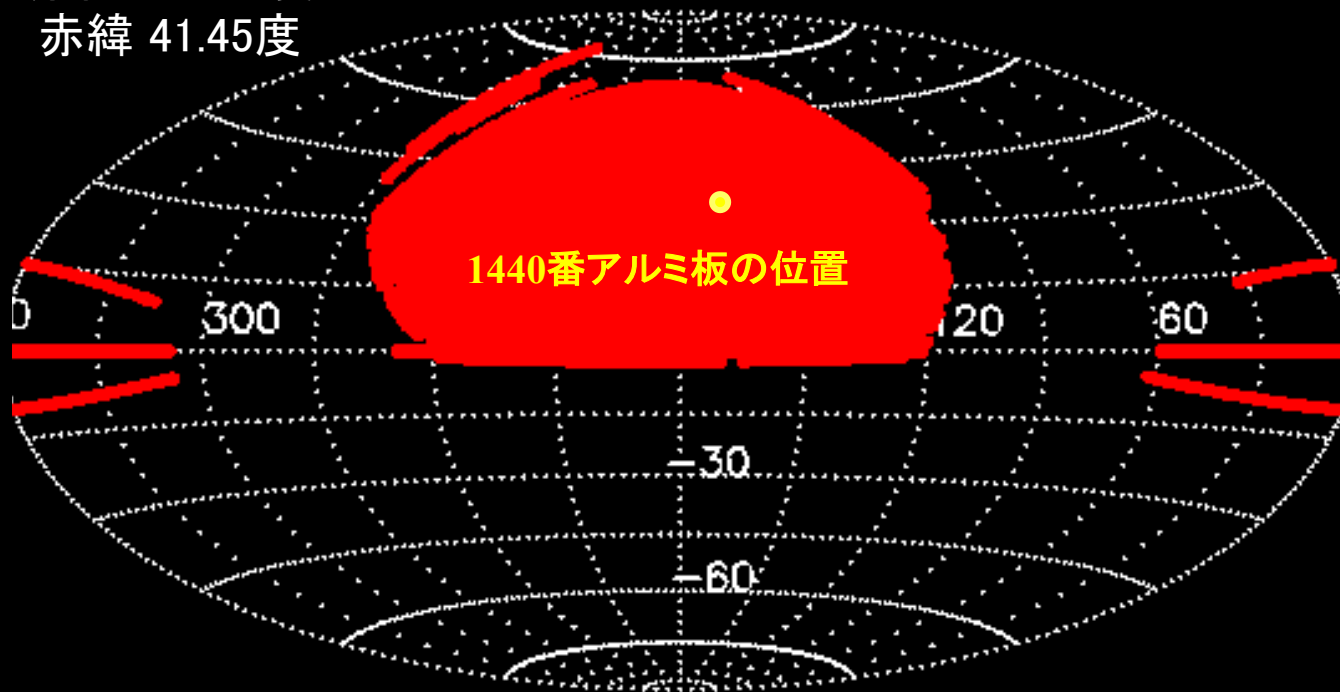
高知みらい科学館の1440番アルミ板

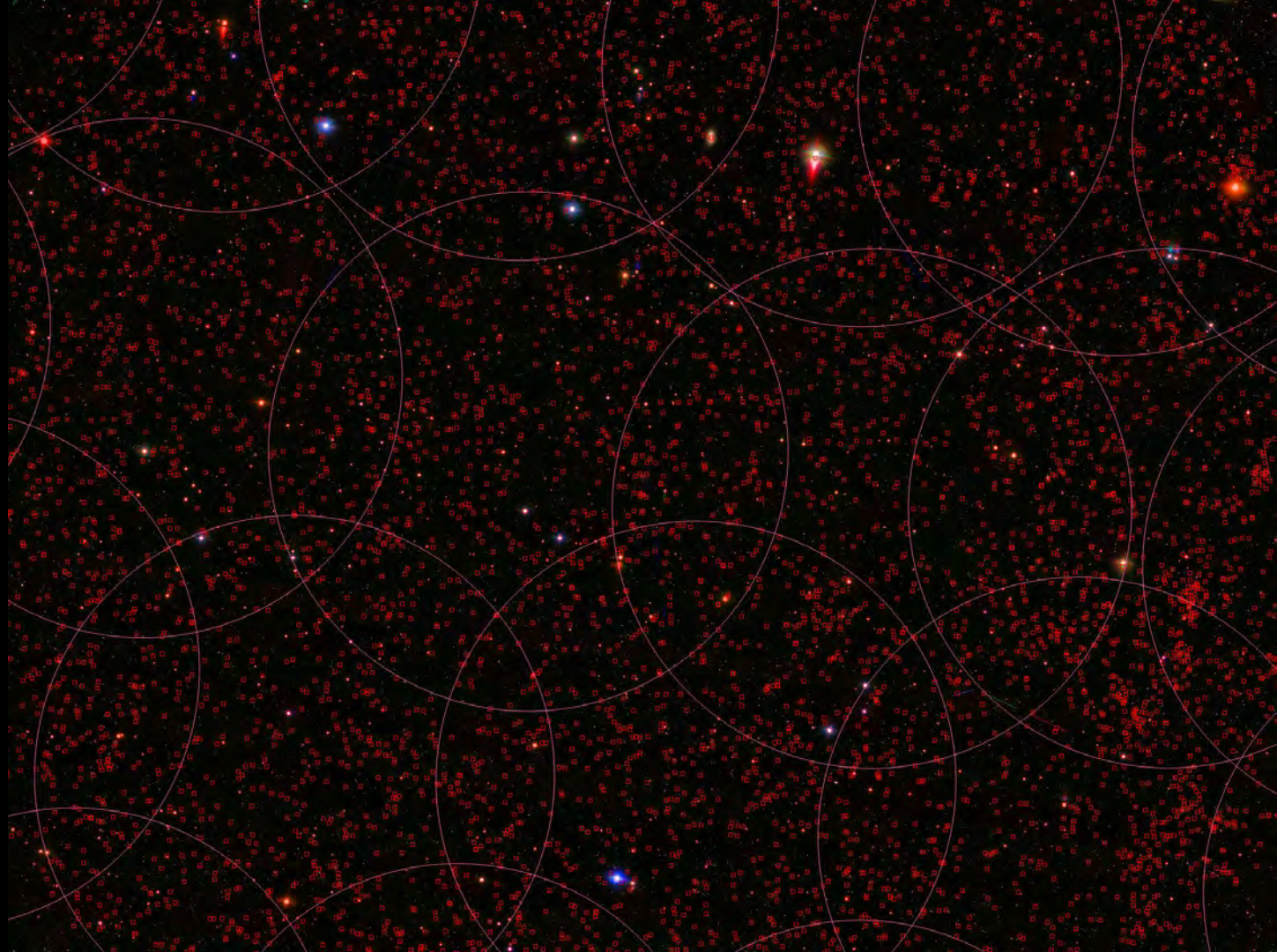


天球上での位置
赤経 170.32度
赤緯 41.45度

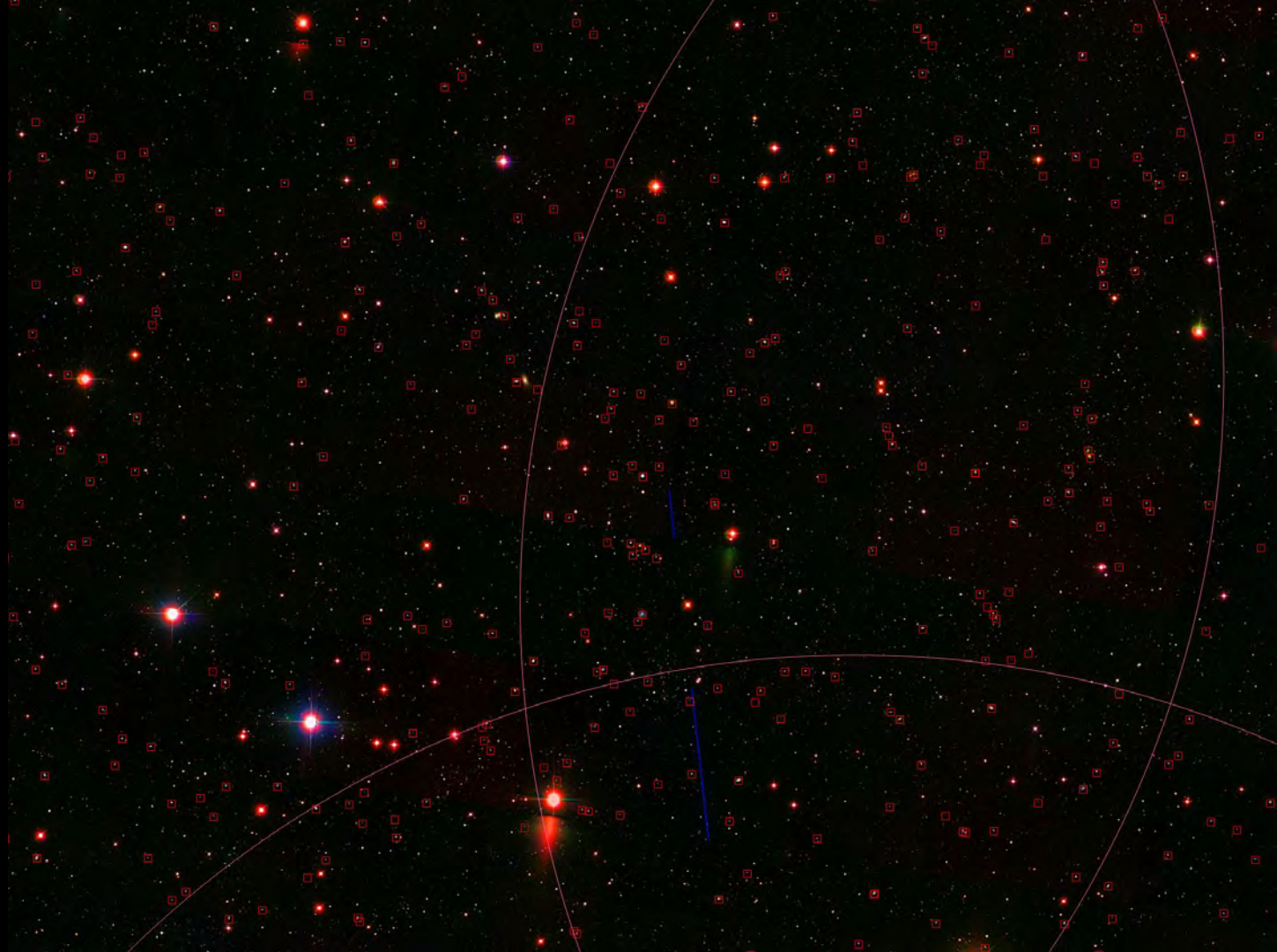
広い空の全天地図作成国際共同研究： SDSS(スローンデジタルスカイサーベイ)

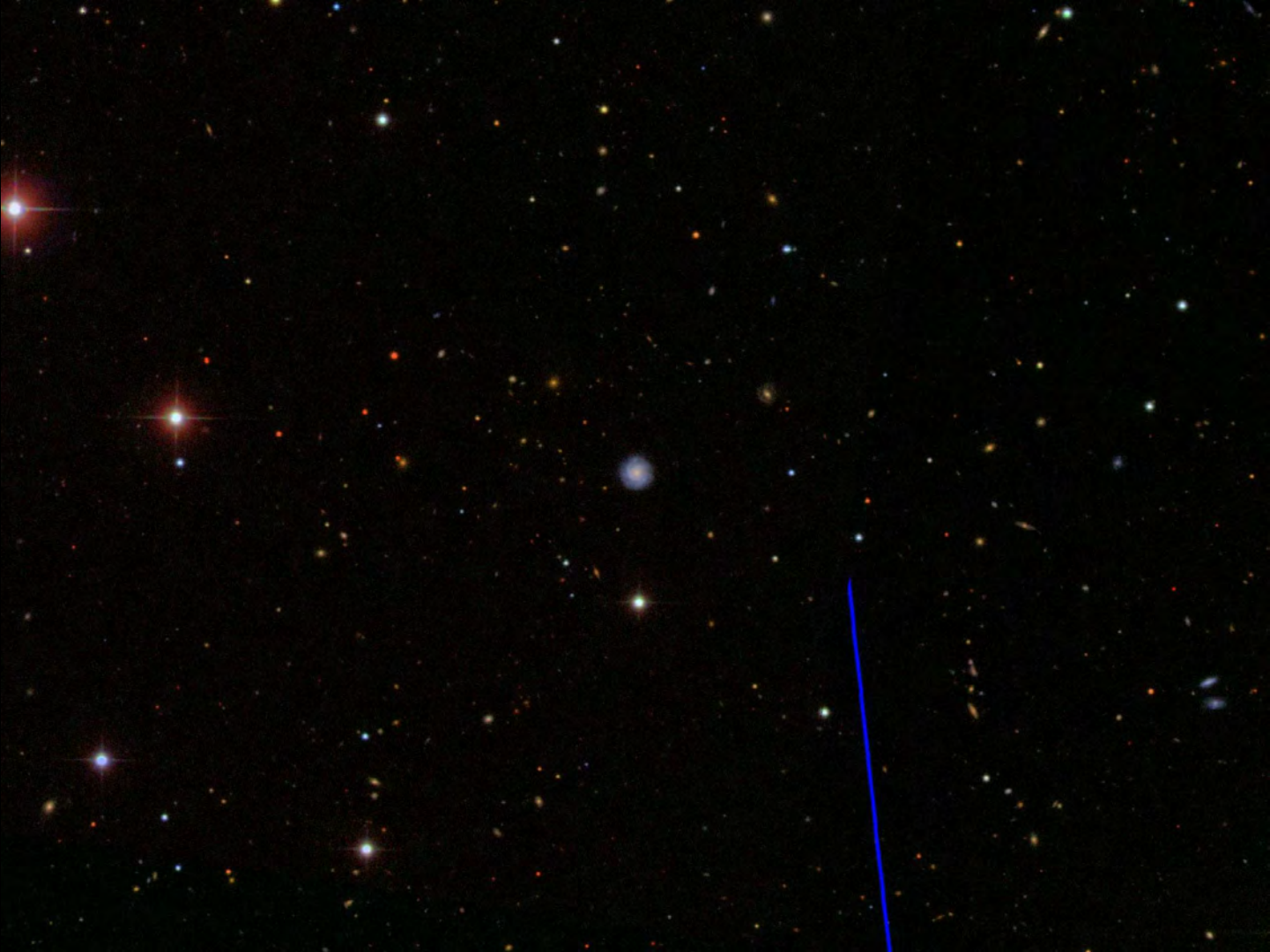
赤経 170.32度
赤緯 41.45度







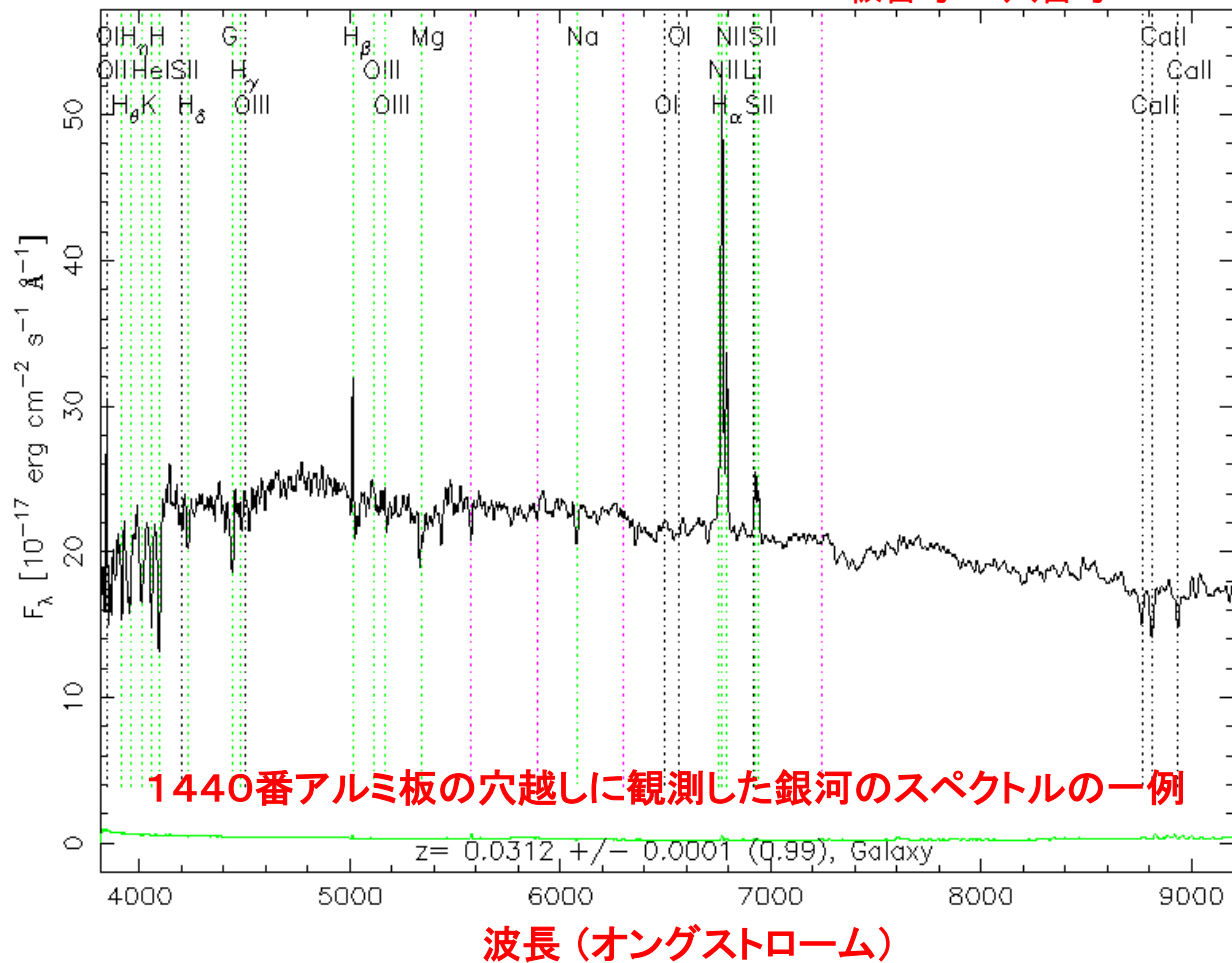






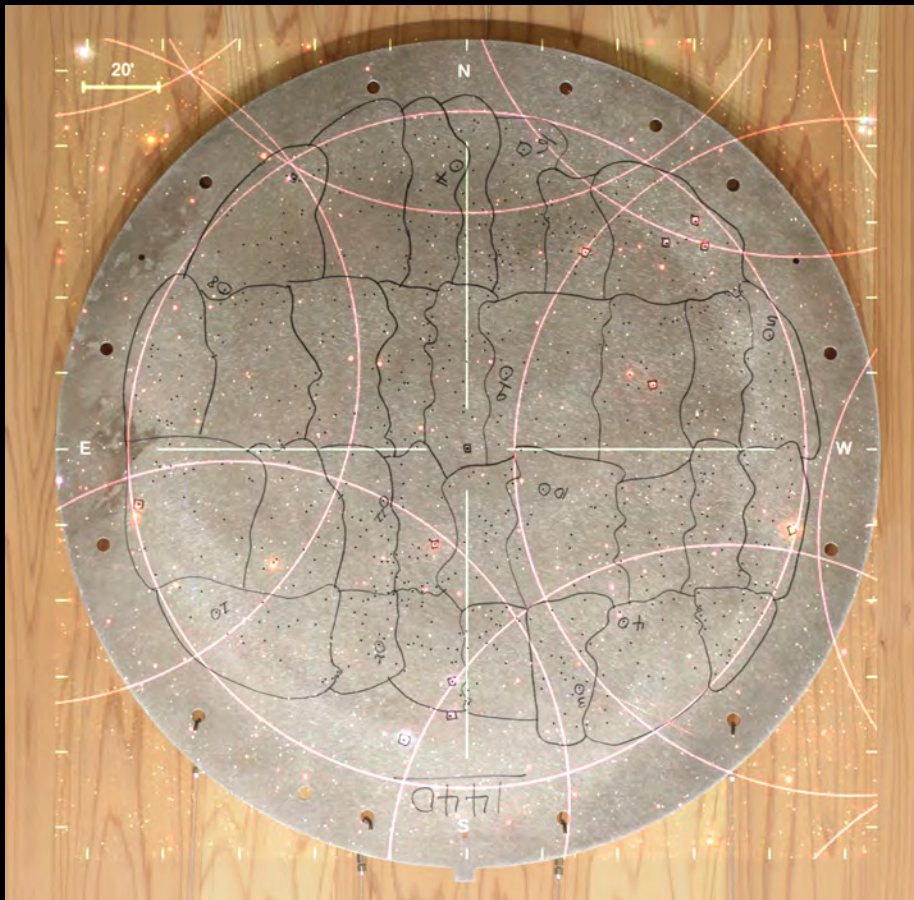
RA=172.07528, DEC=41.64149, MJD=53084, Plate=1440, Fiber=628

板番号 穴番号



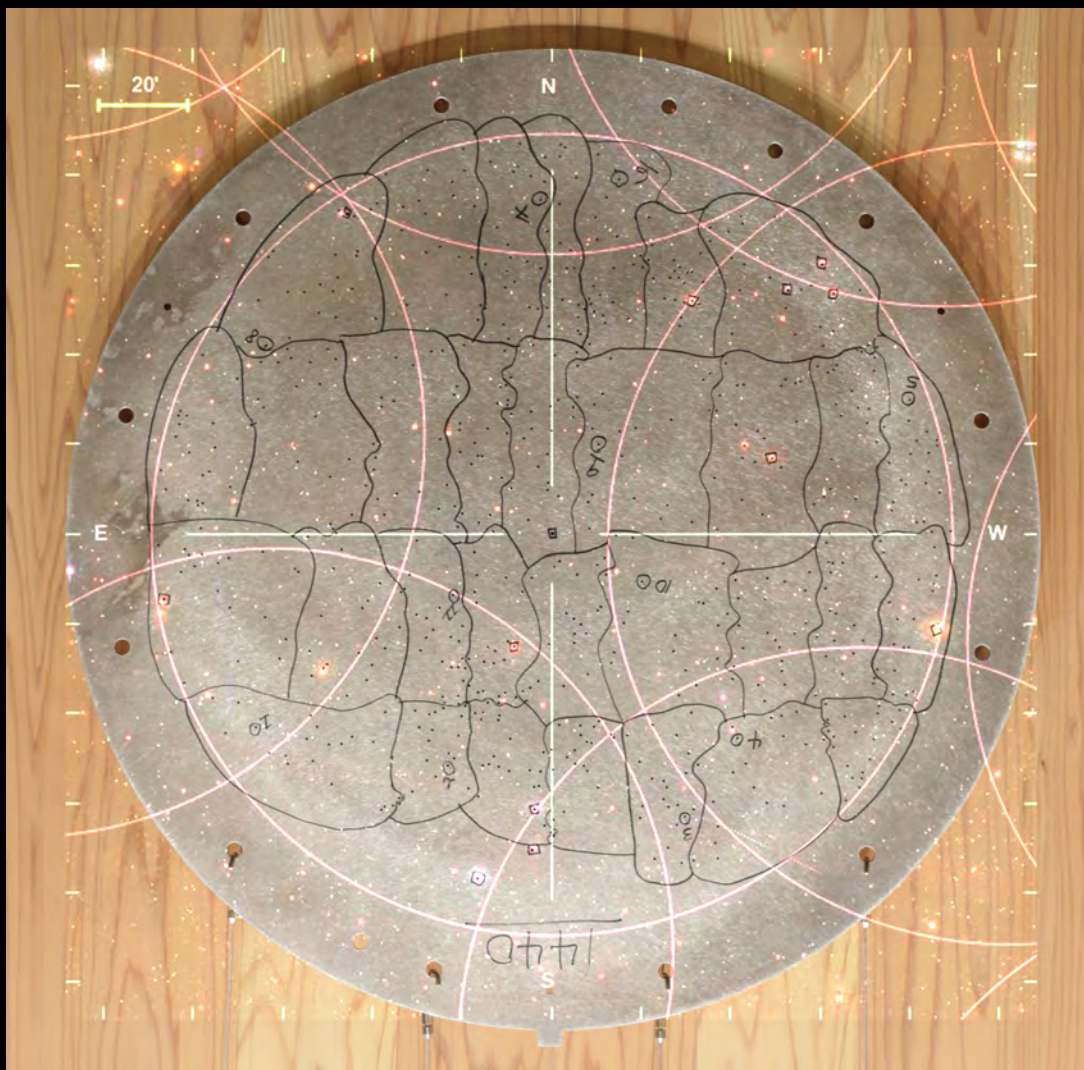
波長 (オングストローム)

高知みらい科学館の1440番アルミ板



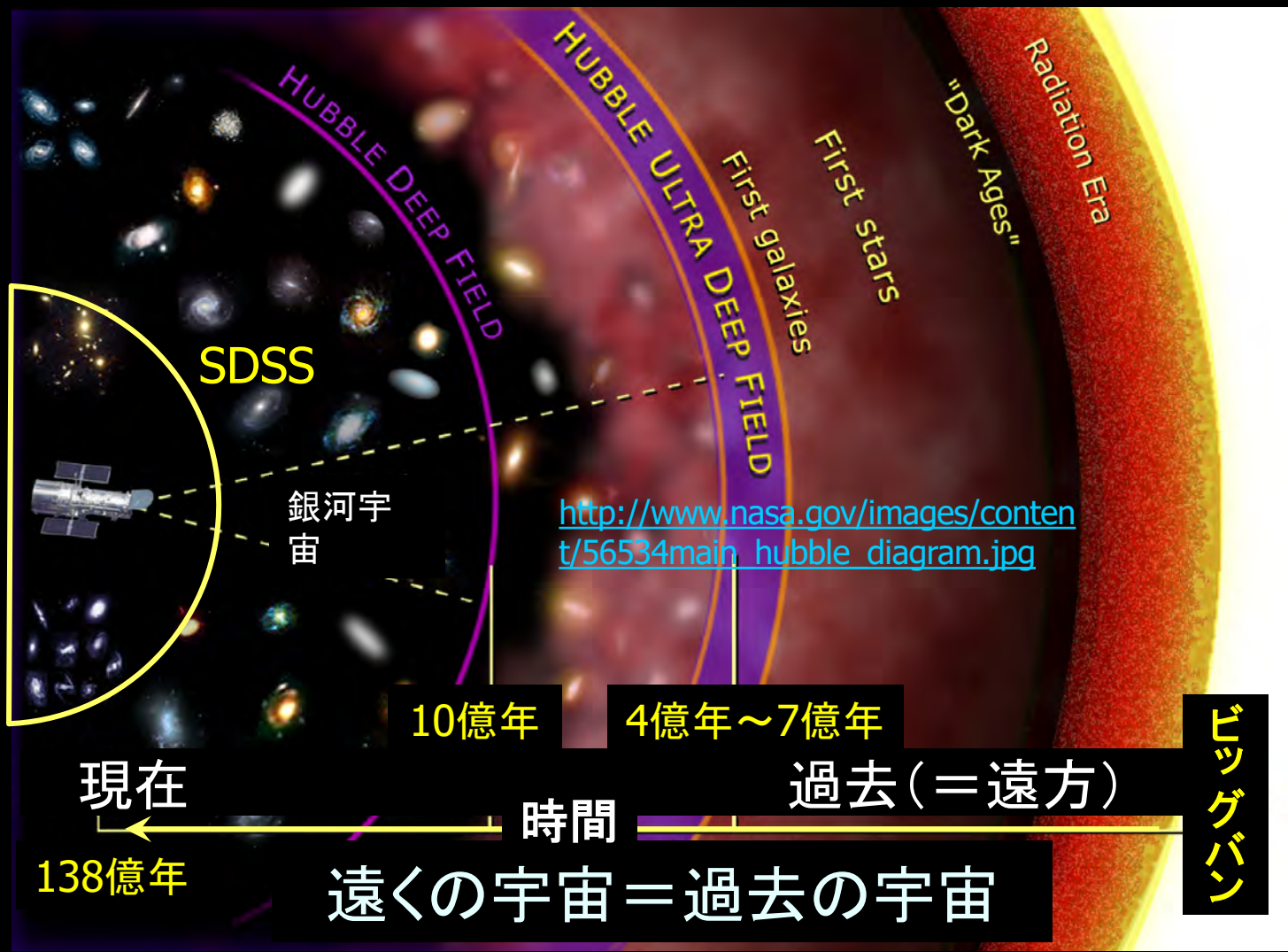
天球上での位置
赤経 170.32度
赤緯 41.45度

高知みらい科学館
主査(学芸員)
前田雄亮氏作成



もっと遠くへ

宇宙の果て



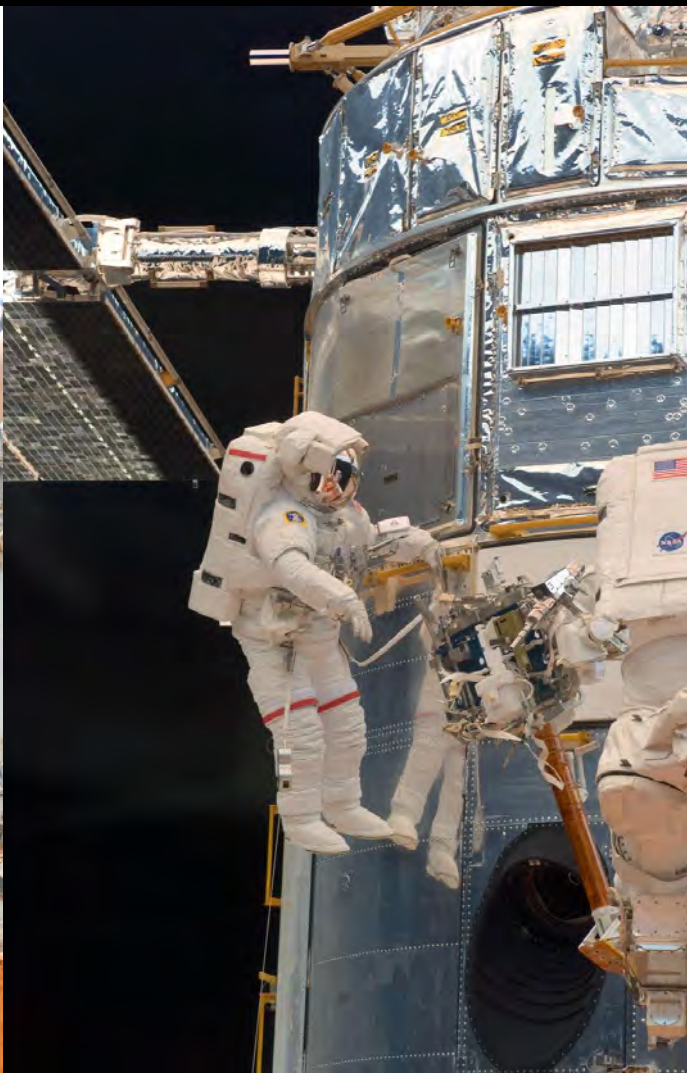
ハッブル宇宙望遠鏡



<http://www.spacetelescope.org/images/archive/category/spacecraft/>

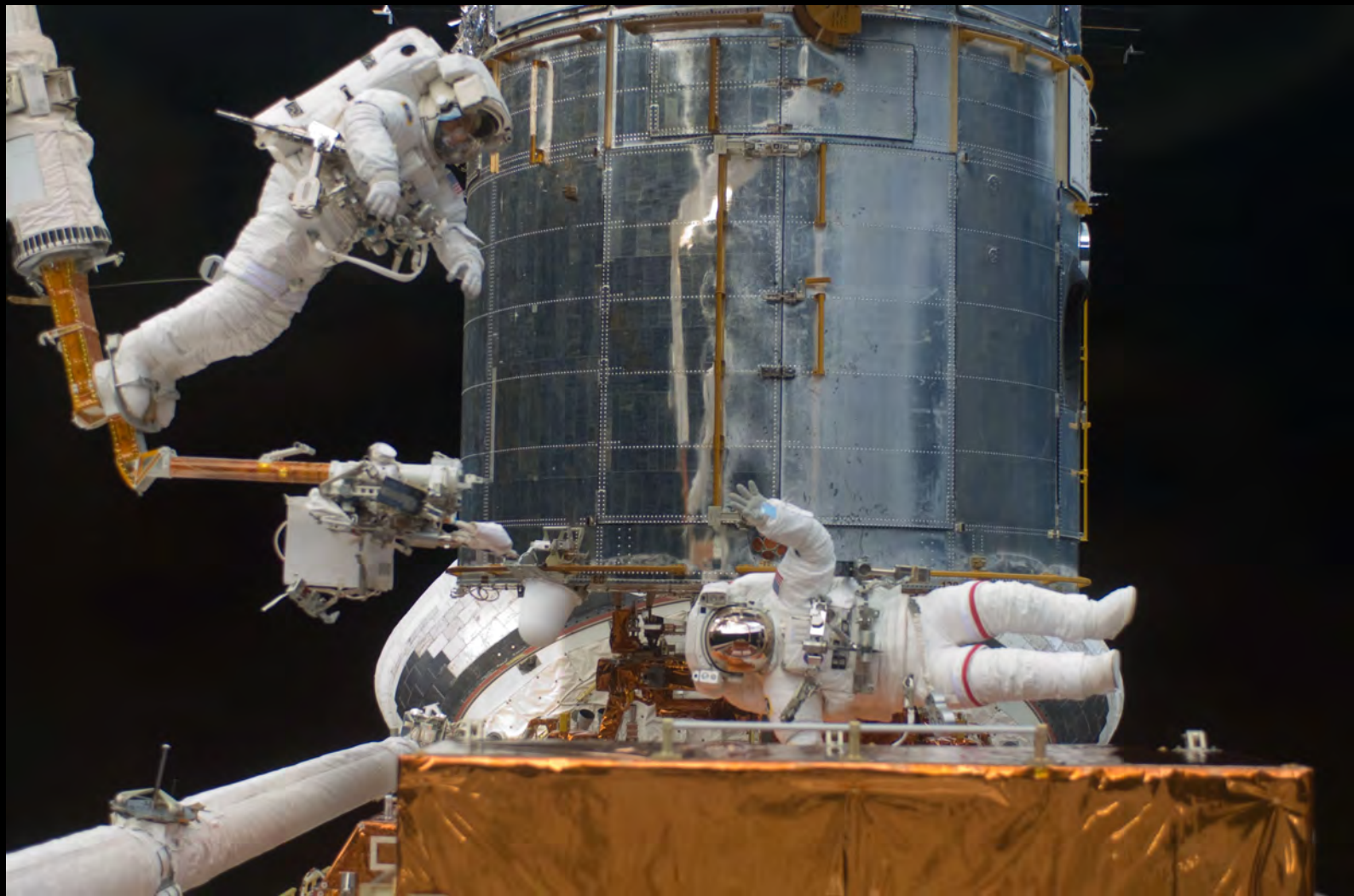












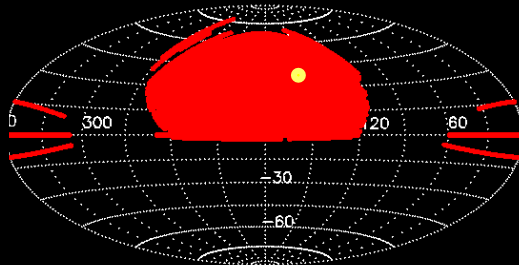
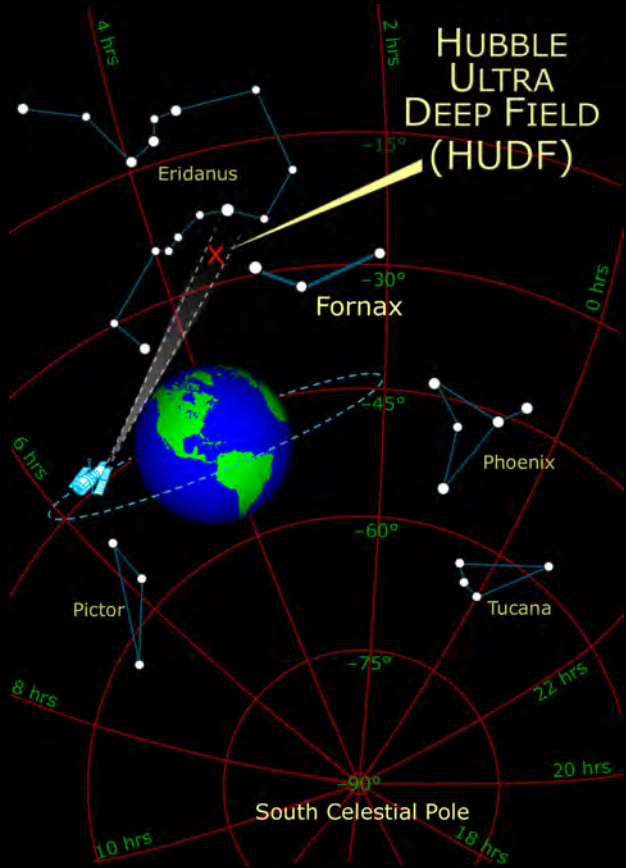




ハッブル ウルトラディープ フィールド



実は空のほんの一部しか見ていない

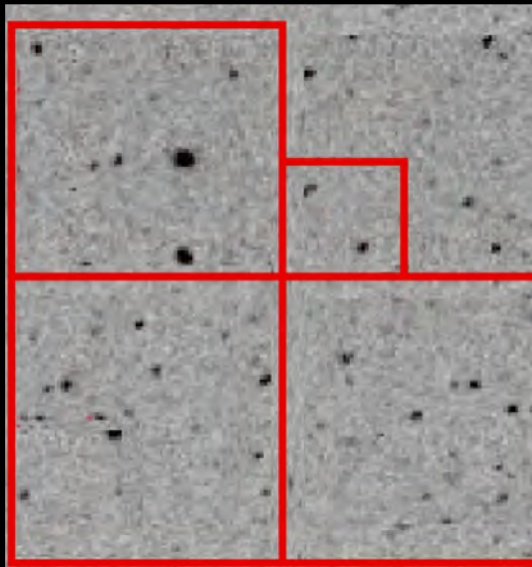


Size of Hubble eXtreme Deep Field on the Sky





宇宙を見る目 の進歩



地上4m望遠鏡+CCD:
100×写真乾板



Hubble Deep Field
ST ScI OPO January 15, 1996 R. Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA

HST WFPC2

ハッブル宇宙望遠鏡+CCD:1000×地上望遠鏡

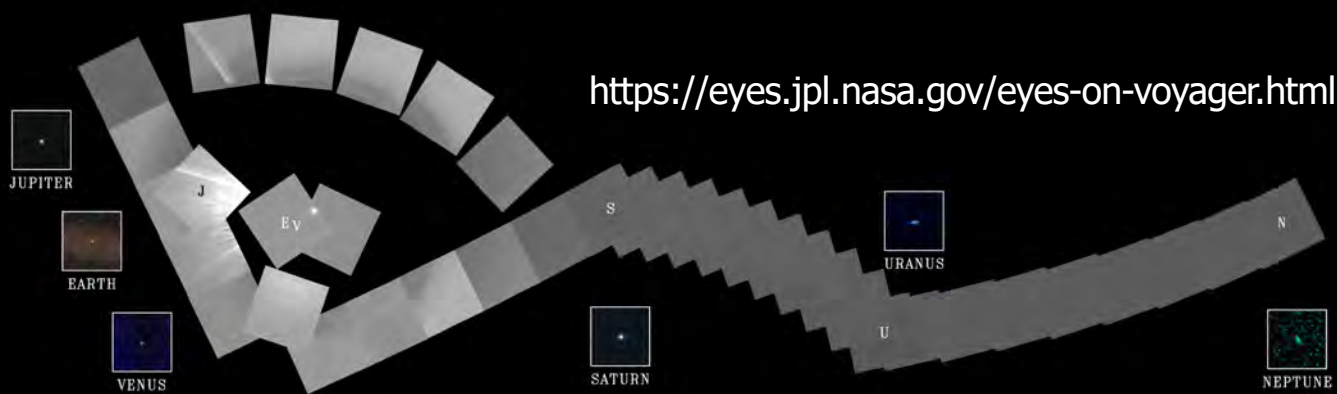
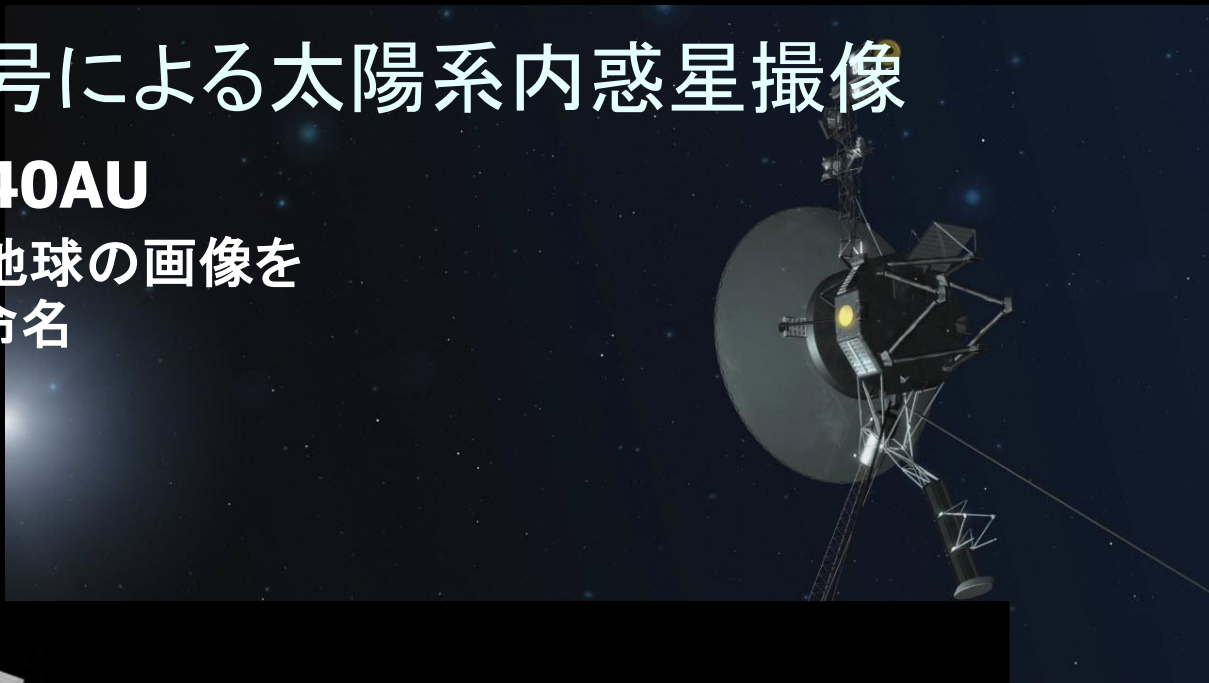


もっと近くへ

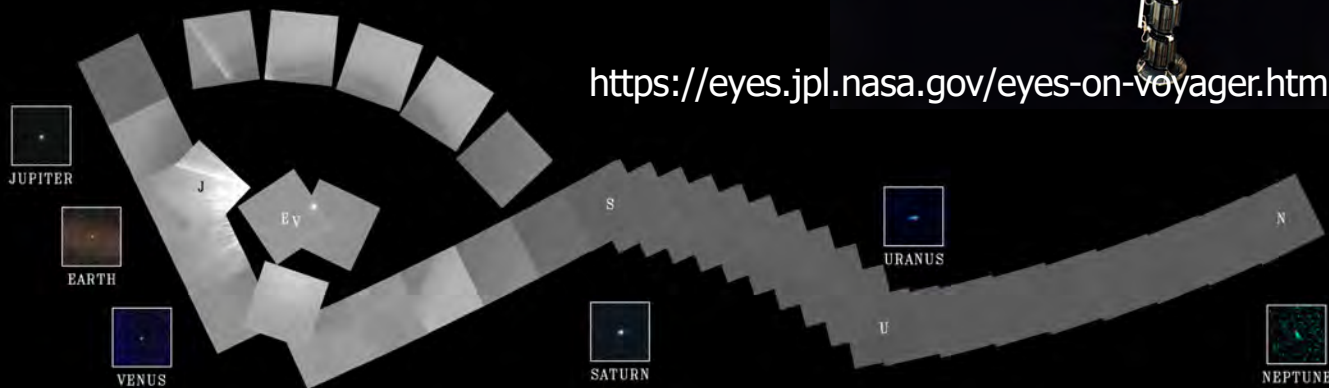
太陽系内天体

ボイジャー1号による太陽系内惑星撮像

- **1990年2月14日@40AU**
 - カール・セーガンが地球の画像を **Pale Blue Dot** と命名



ペイル・ブルー・ドット

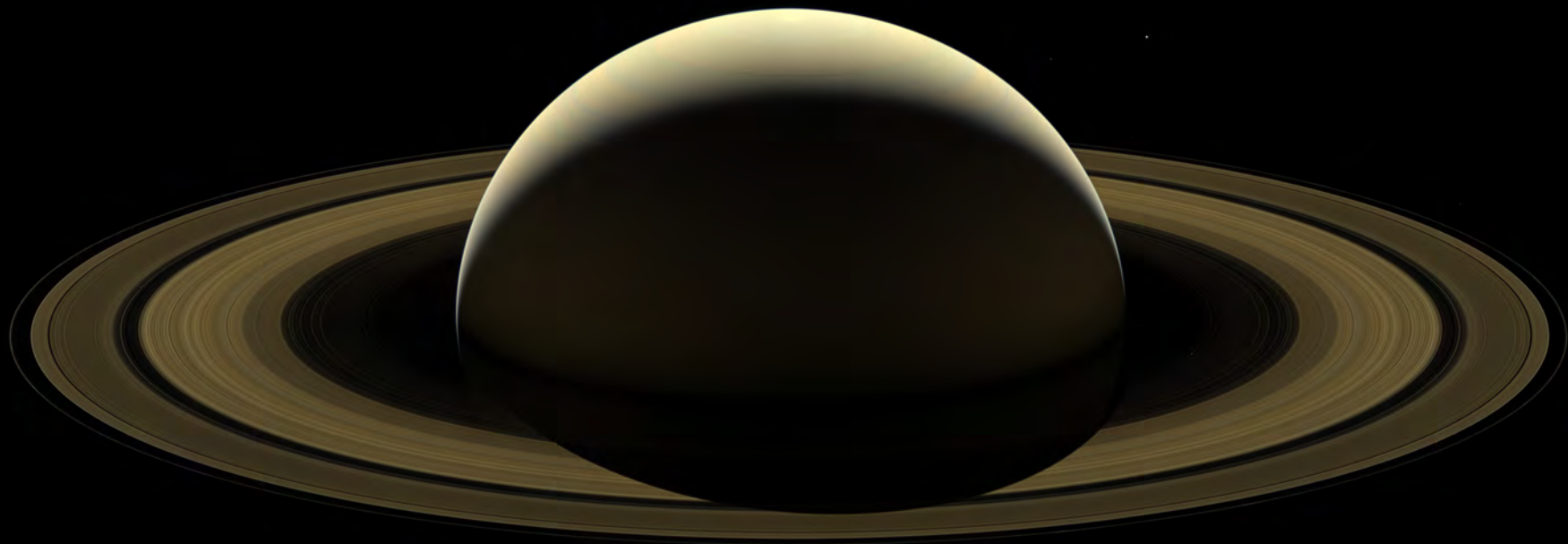




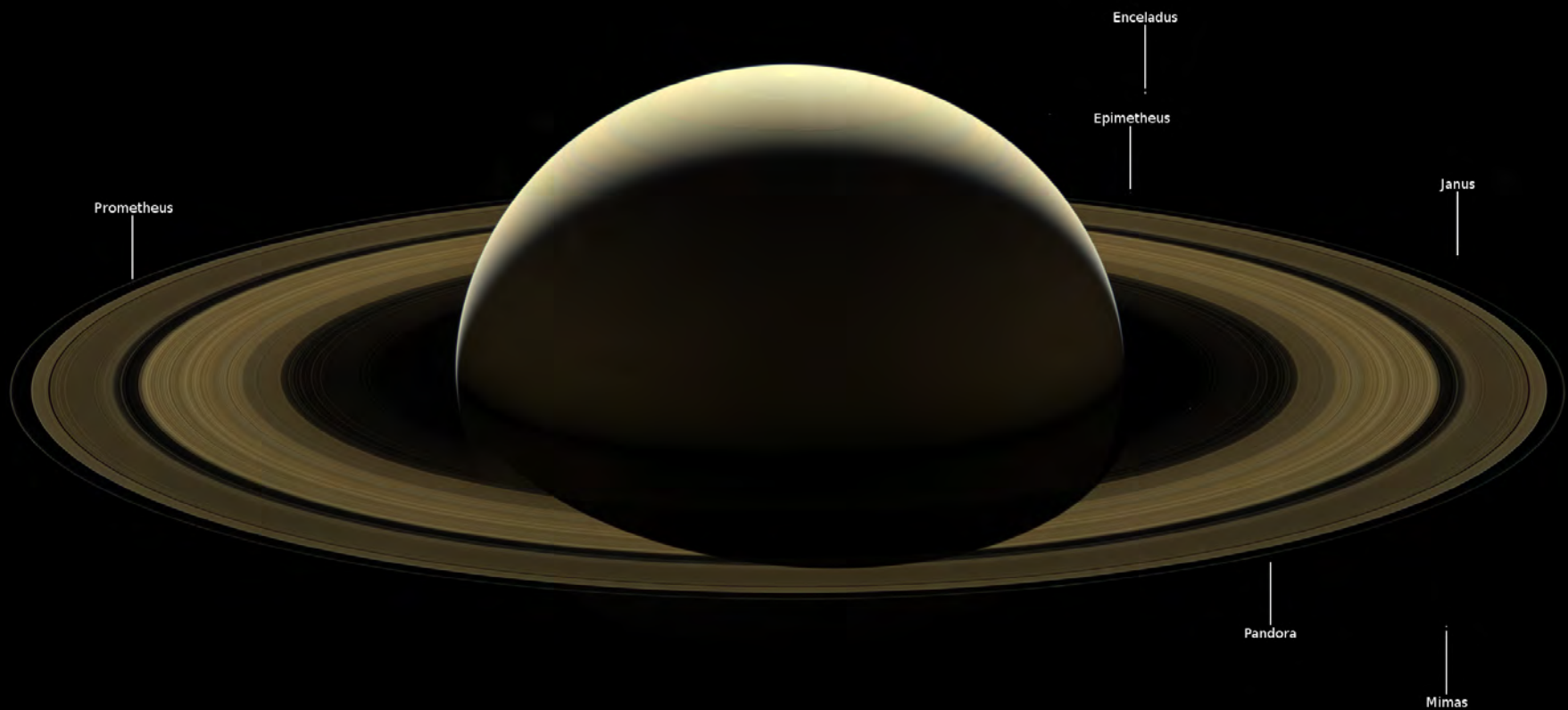
https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main/index.html

- 土星探査機カッシーニが撮影した地球と月
 - 2013年7月20日(日本時間):
 - 2万人がこちらに手を振っている

土星



https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main/index.html



Prometheus

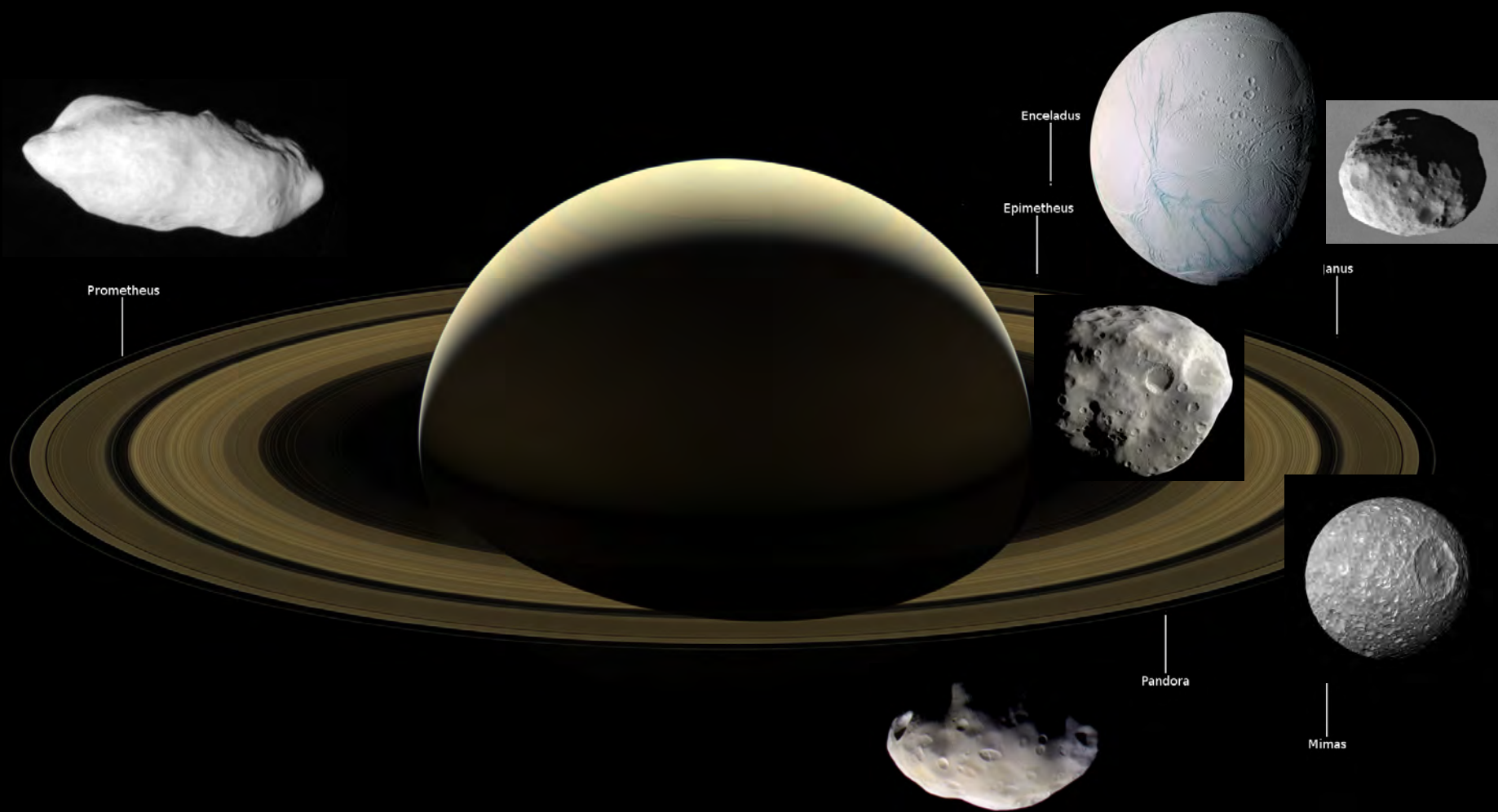
Enceladus

Epimetheus

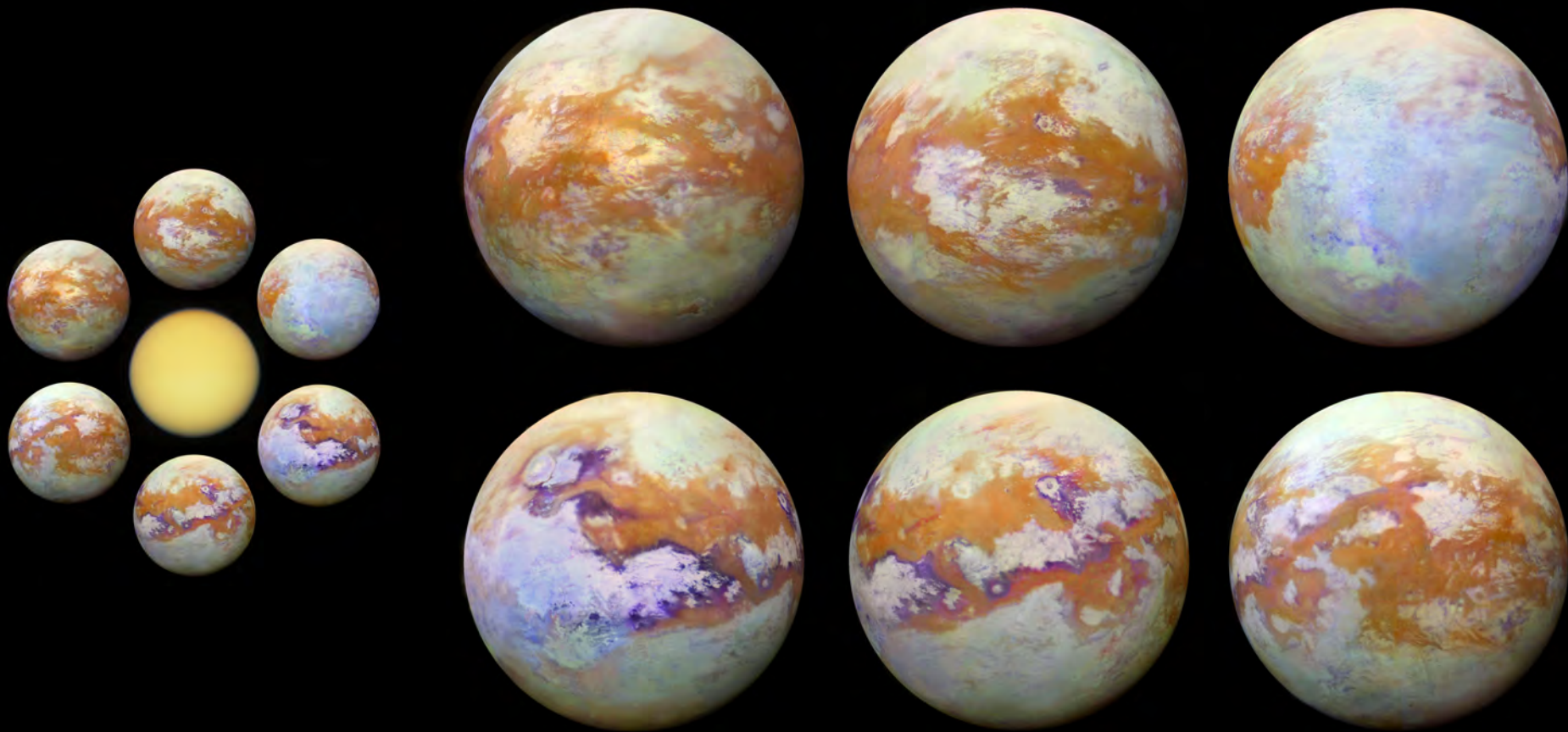
Janus

Pandora

Mimas



土星最大の衛星タイタン

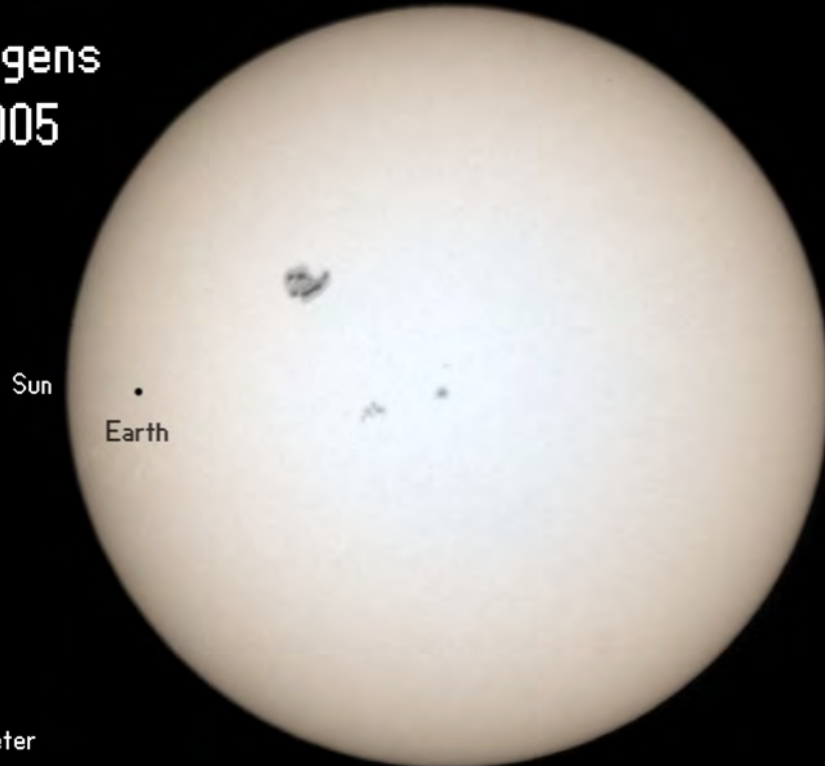


地球から土星の衛星タイタンへの旅 カッシーニ二探査機/ホイヘンス



地球から土星の衛星タイタンへの旅 カッシーニ探査機/ホイヘンス

The View from Huygens
on January 14, 2005



A Simulation Made Possible by the
Descent Imager / Spectral Radiometer

https://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main/index.html

火星着陸探査機 キュリオシティ



Curiosity (Mars Science Laboratory) 2011年11月26日 打ち上げ、2012年8月6日 火星軟着陸
<https://mars.jpl.nasa.gov/msl/>

火星の表面

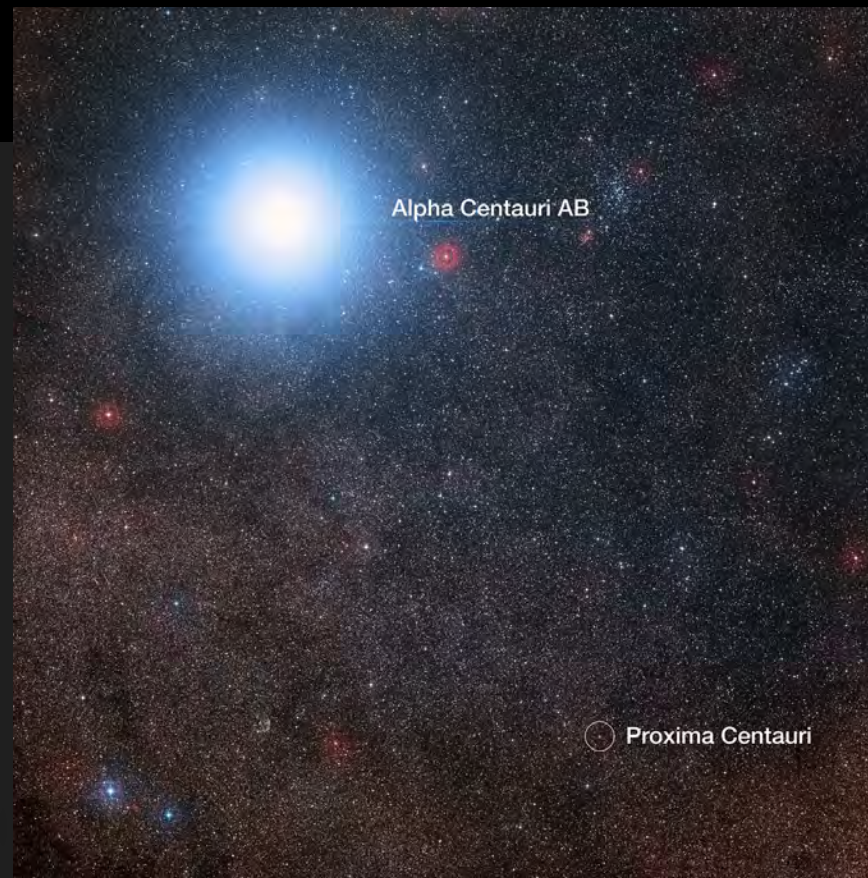
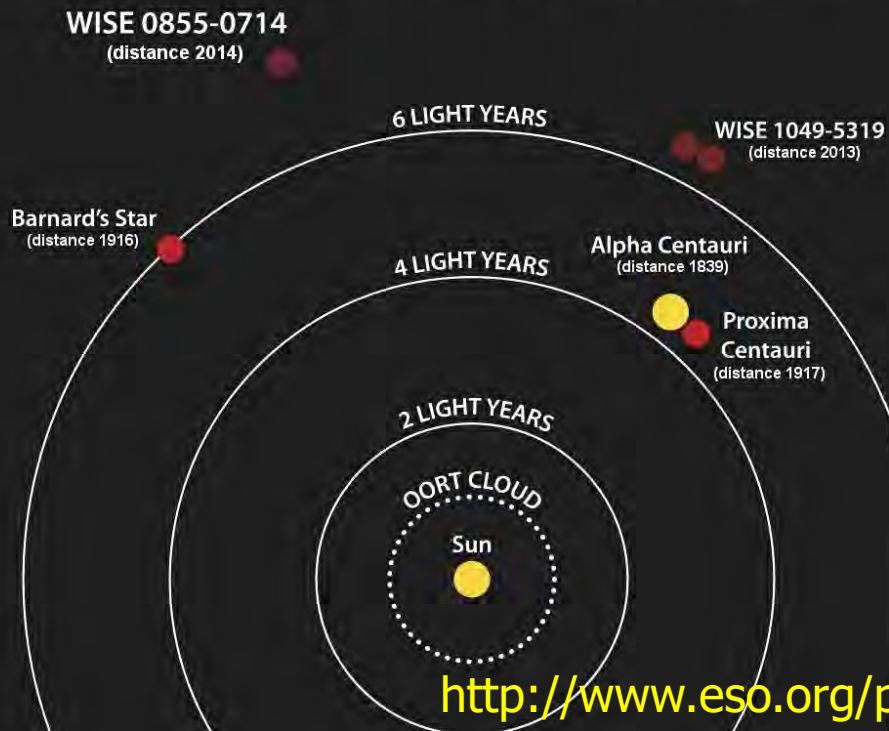
<https://eyes.nasa.gov/curiosity/>



太陽系から一番近い恒星
プロキシマ ケンタウリ

プロキシマ ケンタウリ

THE SUN'S CLOSEST NEIGHBORS



<http://www.eso.org/public/usa/news/eso1629/>

プロキシマ ケンタウリb

- ケンタウルス座アルファ星は、太陽に最も近い3重連星系で、その一つがα Cen C = プロキシマ ケンタウリ(4光年先)
- その周りに、水が液体として存在できる可能性のある惑星(プロキシマ ケンタウリb)が発見された(2016年8月26日)
- そこへ直接超ミニ探査機を送るスターショット計画が検討されている



<http://www.eso.org/public/usa/news/eso1629/>

ブレイクスルー イニシャティブ

<http://breakthroughinitiatives.org/Initiative>

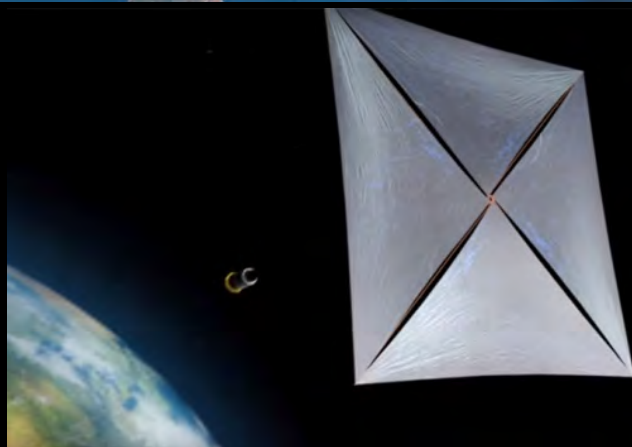
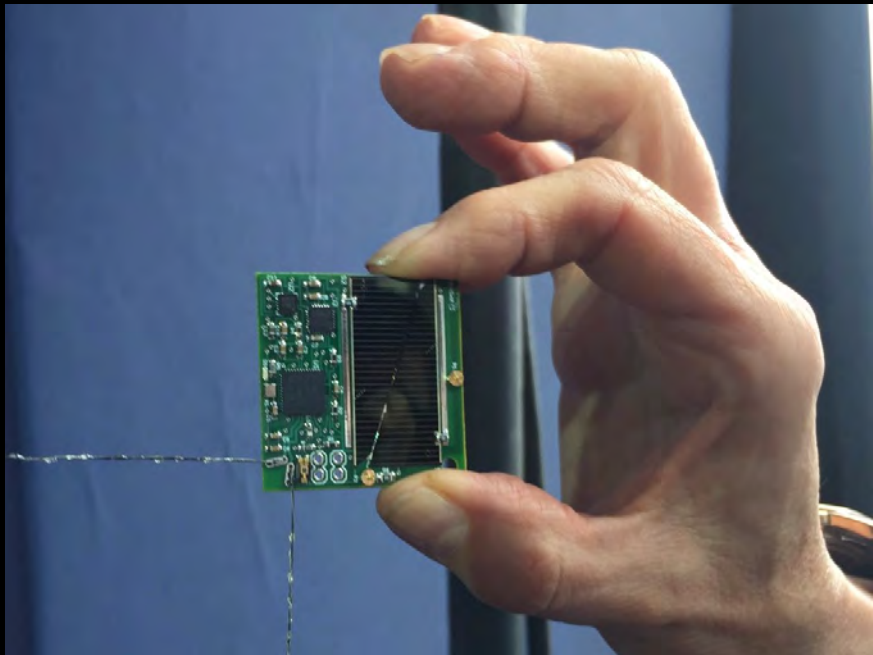
- ロシア出身のIT投資家ユリ・ミルナー(素粒子理論物理学で学位取得後、IT投資で4000億円の資産を得る)が地球外知的生命を探索するために、2015年7月20日に立ち上げた
 - **ブレイクスルーリッスン**: 地球外文明の電波あるいはレーザーによる信号を受信
 - **ブレイクスルーメッセージ**: 宇宙空間へ送るメッセージとして最適なものを提案するとともに、その行為の哲学的倫理的妥当性を検討
 - **ブレイクスルースターショット**: ケンタウルス座アルファ星へ探査機群を送るための概念設計検討

ブレイクスルースターショット

<http://breakthroughinitiatives.org/Initiative/3>

- スターチップ
 - 2cm x 2cm、数グラムで、カメラ、コンピュータ、通信用レーザー、燃料装置を搭載したチップ
 - 4m x 4m の帆に結びつけられ、それが地上からのレーザー光を受けて、約10分で光の20%の速度にまで加速される
- プロキシマ ケンタウリに1000個のスターチップを次々と飛ばす。約20年で到着する
- ただしこの技術はまだ存在しておらず、完成までに今から20年の研究開発が必要

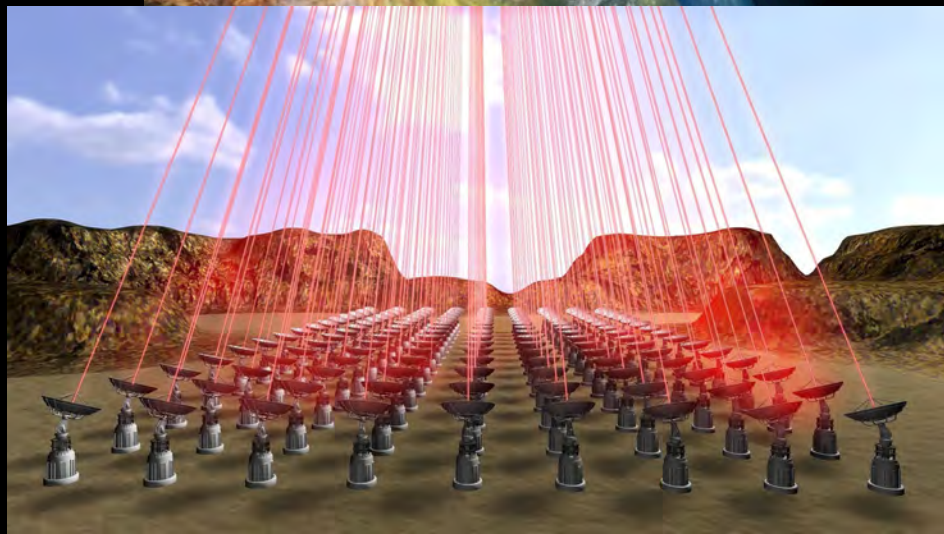
ブレイクスルー スターショット計画 スターチップ



地上のレーザーで光速の20%に加速



- 今から20年後に打ち上げ、さらに20年かけてプロキシマケンタウリに到達しデータを取得。その4年後には地球にデータが届く。そこには何が写っているのか？



地球外文明はあるのか？：ドレイクの式

$$N = (N_s / L_s) \times f_p \times n_e \times f_L \times f_I \times f_C \times L$$

銀河系内にある
交信可能な
知的文明の数



フランク ドレイク博士

Nの値は良くわかっていない。0.003個(つまり、我々の地球以外には存在し得ない!)と推定する研究者から200万個と推定する研究者までいる。ドレイク博士自身は1万個程度であると考えた。

銀河系内の恒星の数

その恒星の寿命

その恒星が惑星を伴っている確率

その惑星の中で、生物が存在可能な環境にある地球型惑星の期待値

その惑星に生物が発生する確率

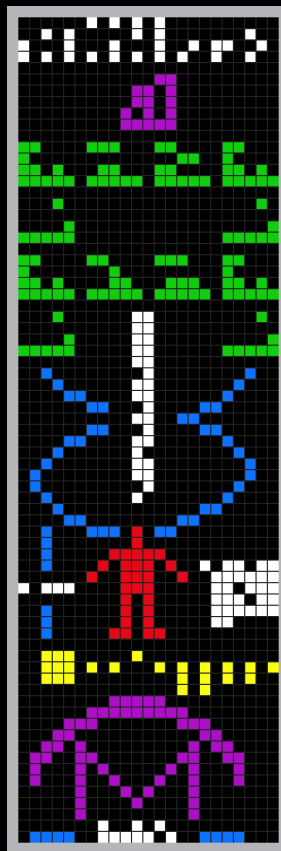
その生物が知的生命に進化する確率

その知的生命が他の文明と交信を行う確率

その文明の継続時間

アレシボ メッセージ

- ドレイクは、1974年11月16日にプエルト・リコにあるアレシボ電波望遠鏡から、約2万5千光年離れた球状星団M13に向けて電波信号を送った
- それを解読して並べたとすれば0と1の信号列が右図のようになる



1から10までの数(2進法)

DNAを構成する水素、炭素、窒素、酸素、リンの原子番号(2進法)

DNAのヌクレオチドに含まれる糖と塩基、計12種の化学式

DNAの二重螺旋

人間

太陽系(左端が太陽で、一行上になっているのが地球)

アレシボ電波望遠鏡

まとめ

この空のかなた

- 「この空のかなた」が、我々の世界観を一変させてきた
 - 我々は宇宙の中心ではない(天動説から地動説へ)
 - 宇宙は進化する(宇宙膨張とビッグバン宇宙論)
 - 科学の進歩は技術(望遠鏡、人工衛星)の進歩に支えられている
- 究極の大目標は、宇宙における生命と文明の起源と進化
 - それに科学的に迫れるのは天文学観測のみ！

