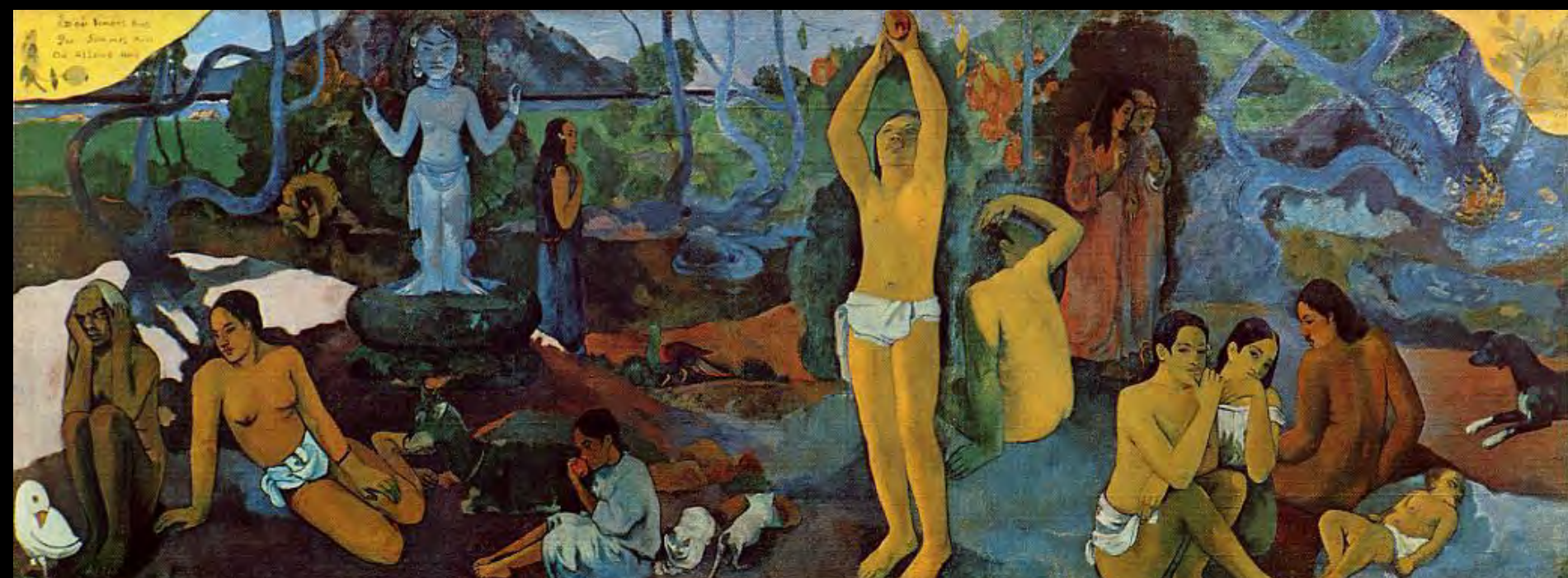


宇宙と我々の起源



D'où Venons Nous / Que Sommes Nous / Où Allons Nous

東京大学大学院理学系研究科 物理学専攻 須藤 靖

15:00-16:00 2018年12月15日 いこいの集い@高知県の町

安芸市立伊尾木小学校



「子供の頃、海を見て
育っていない人間は信用
できん」(西原理恵子)

働き者と怠け者の会話

- 「お前は毎日ごろごろと怠けてばかりで、なぜ真面目に働こうとしないのか？」
- 「むしろ君こそ、なぜあくせく働いているの？」
- 「それはたくさんお金を稼ぎたいからだ」
- 「お金を手に入れてどうする？」
- 「いい家に住み、おいしい物を食べ、好きな物を買い、、、」
- 「それから？」
- 「残りの人生をゆっくり楽しむつもりだ」
- 「だろ？俺は今まさにそうしているのさ」

社会人と天文学者の会話

- 「お前は毎晩星を眺めているばかりで、なぜ真面目に働こうとしないのか？」
- 「むしろ君こそ、なぜあくせく働いているの？」
- 「それはたくさんお金を稼ぎたいからだ」
- 「お金を手に入れてどうする？」
- 「いい家に住み、おいしい物を食べ、好きな物を買い、、、」
- 「それから？」
- 「星でも眺めながら人生をゆっくり楽しむつもりだ」
- 「だろ？俺は今まさにそうしているのさ」

生きる意味を与えてくれる天文学！

- **子供時代**：食べる、遊ぶ、友だち、初恋、家族
- **若者時代**：学ぶ、働く、恋愛
- **人生中間盤**：稼ぐ、仕事、子育て、ローン、介護、様々な形態の恋愛
- **人生終盤**：楽しむ、趣味、学ぶ、読書、自分の世界観を広げる、社会貢献、(新たな恋愛)
 - 狭い意味では全く役に立たない天文学が、人生終盤になるほど大きな意義／生き甲斐を与えてくれる
 - この意見は若者には決して理解されない／共感を呼ばないでしようか、今日の皆さんであれば、、、

アイザック・アシモフ「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
 - 空にいつも一つ以上の太陽が昇っているためいつも「昼」のまま
- 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
 - これは、たまたま空に一つしか太陽が昇っていない時に、ラガッシュの内側の惑星が起こす皆既日食のため
 - 物語はこれから数時間で「夜」が訪れる時から始まる
 - 初めて「夜」を見た瞬間、ラガッシュの住民は何を思ったのか

「我々は何も知らなかった」



その瞬間に彼らの世界観が一変した

イラスト：羽馬有紗

この空のかなたをみて自分の住む「世界」を知る

この青空はこの世界の果てなのか？
その先にも見えない別の世界が
広がっているのか？

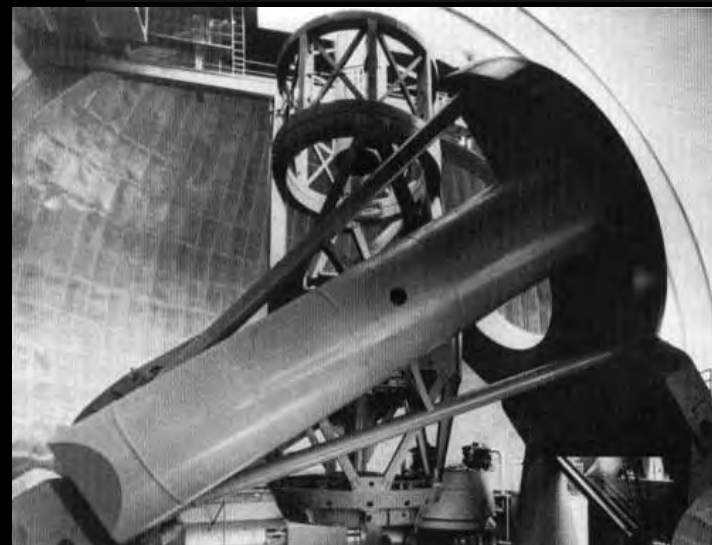
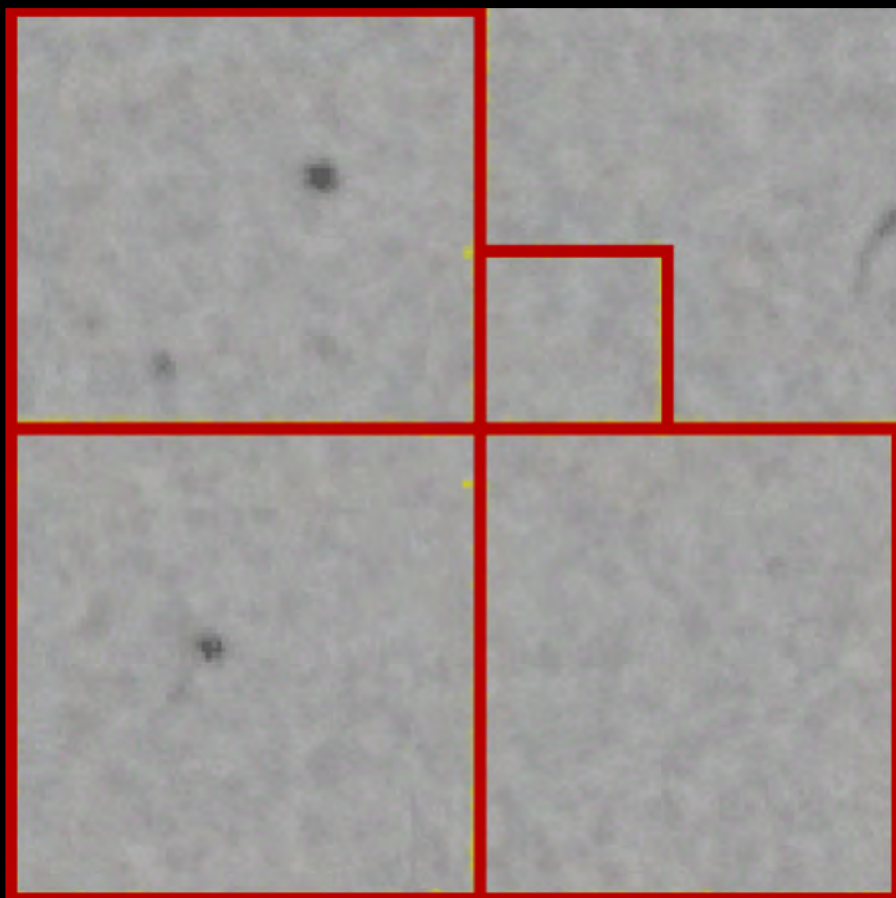


この星空の先にもさらに
別の世界が広がっているのか？



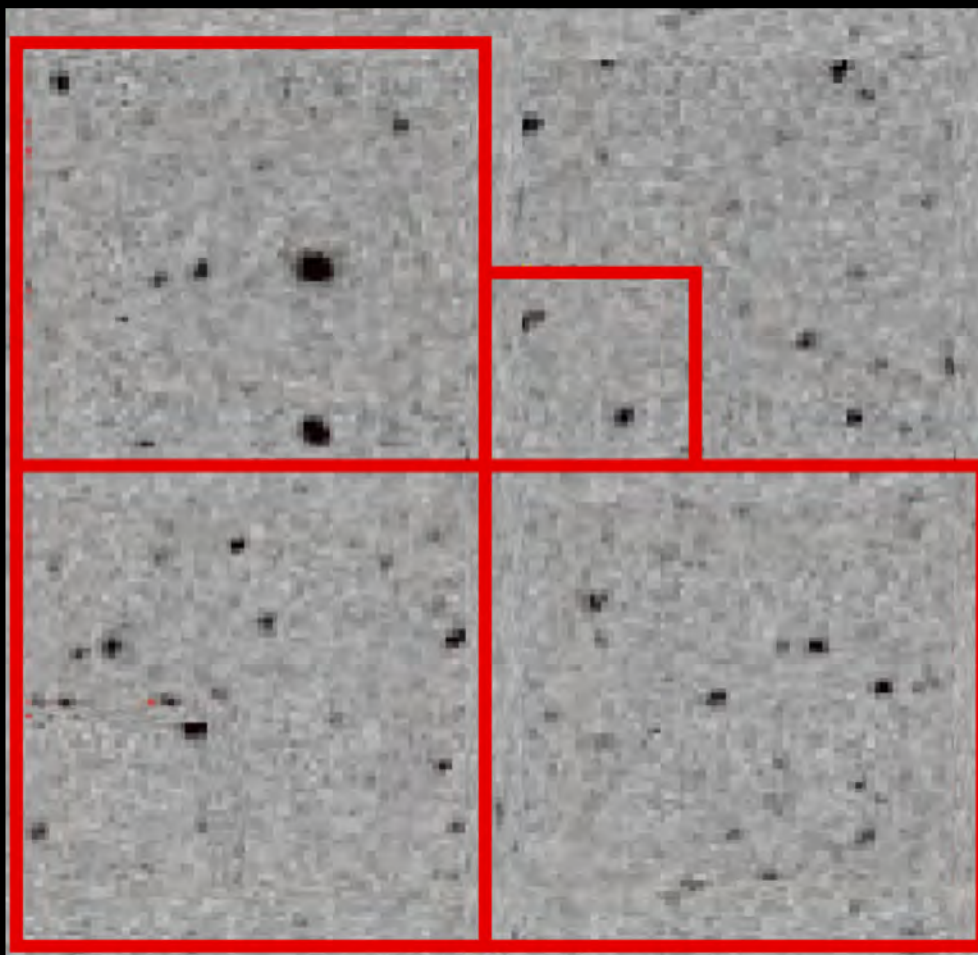


宇宙を見る目の進歩 (1)



地上5m望遠鏡+写真乾板
100万×人間の眼

宇宙を見る目の進歩 (2)



地上4m望遠鏡+CCD:
100×写真乾板

須藤 靖

私は飛行機が苦手です。どうしても時間が長い機を降りて、高知へはなるべく新幹線・上野線を選びたいと思っています。...

地上600キロ 空飛ぶ天文台

打ち上げられた宇宙望遠鏡であれいかして観測されているのかを紹介してみたいと思います。地球の回りを公転する軌道望遠鏡...

ある年の間に数回、スペースシャトルを用いて宇宙飛行士が保守・修理を行って宇宙飛行士が保守・修理を行って宇宙飛行士が保守・修理を行って...

た。HSTの「目」に「カメラ」を装着して3年15ヶ月の間に「目」を修理して93年15ヶ月の間に「目」を修理して...

この決定に対して世界中の天文学者が反対し、HST継続の重要性を訴えた結果、06年、NASAは方針転換を発表し、09年5月、アトランティス号が、通算5回目（最後）となる有人修理を行いました。...



宇宙飛行士によるハッブル宇宙望遠鏡の修理作業

1999年12月スペースシャトル・コロンビア号から撮影。STS-107 撮影機組「STS-107」撮影機組「STS-107」



地球を周回するハッブル宇宙望遠鏡 (2009年3月6日、第4回目の修理を終えたスペースシャトル・コロンビア号から撮影。STS-107 撮影機組「STS-107」)

最後に、今回述べたHSTの歴史を知った上で、二つの写真をしつくり鑑賞してほしいと思います。上は、HSTの修理のために、スペースシャトルの船外で活動している宇宙飛行士の姿です。背景に写っている地球の美しい姿も格別ですが、この修理をする飛行士たちの姿はさらに感動的です。...

高知新聞二〇一六年八月十三日朝刊

宇宙物理学者、東京大学教授 二ノ宮隆徳

宇宙を見る目の進歩 (3)



ハッブル宇宙望遠鏡

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



Hubble Deep Field

ST ScI OPO January 15, 1996. © 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

百億光年先の宇宙



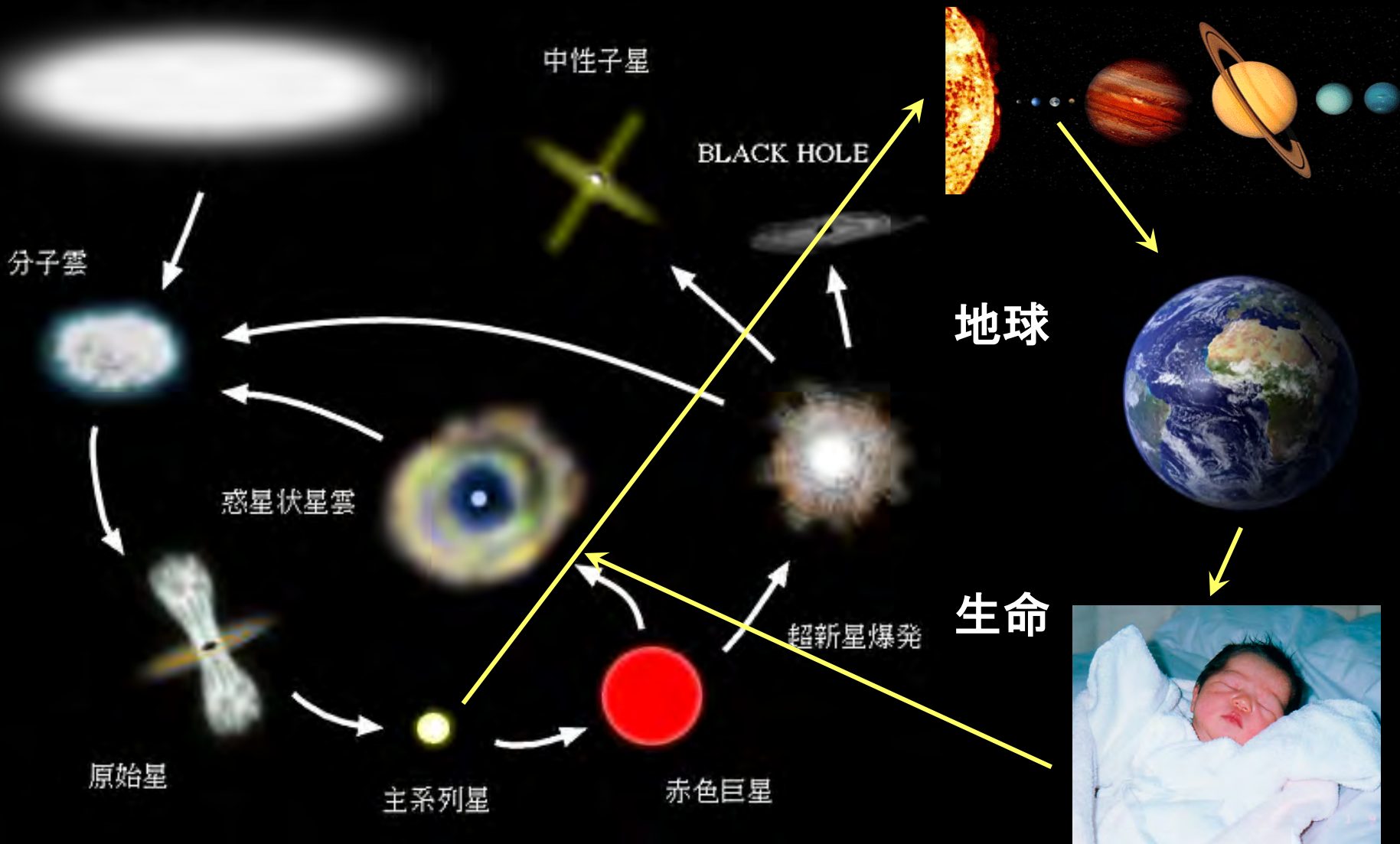
「起源」を探る＝学問

- 起源の探究はすべての学問の原動力
 - 日本語の起源：言語学
 - 生命の起源：生物学
 - 人類の起源：人類学
 - 地球の起源：惑星科学
 - 物質の起源：物理学
 - 宇宙の起源：宇宙論
- まだまだ「わからないことだらけ」だから良い
 - 謎がない満ち足りた人生よりも、謎だらけでまだやりたいことだらけ人生のほうがずっと楽しい

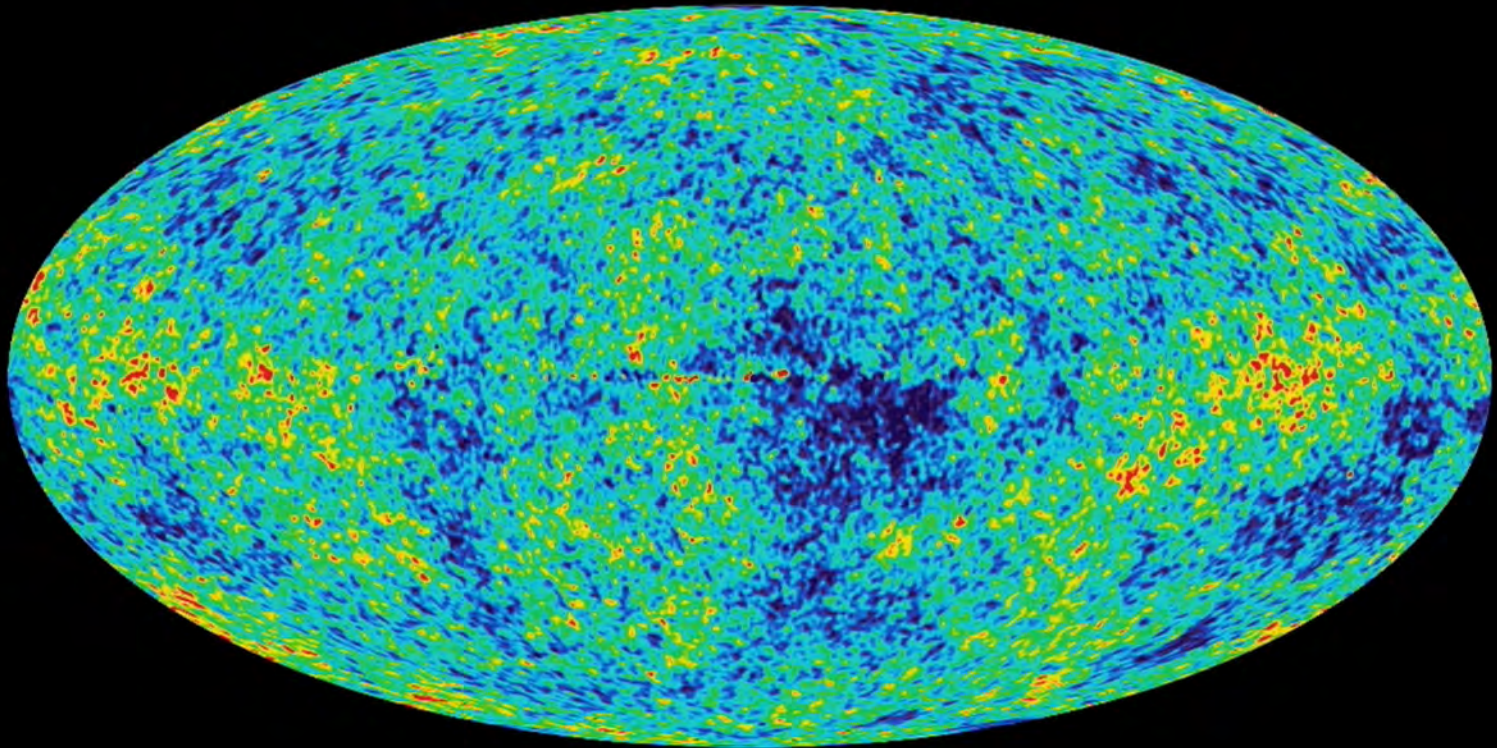
ビッグバン、天体形成史、元素循環

BIG BANG

太陽系

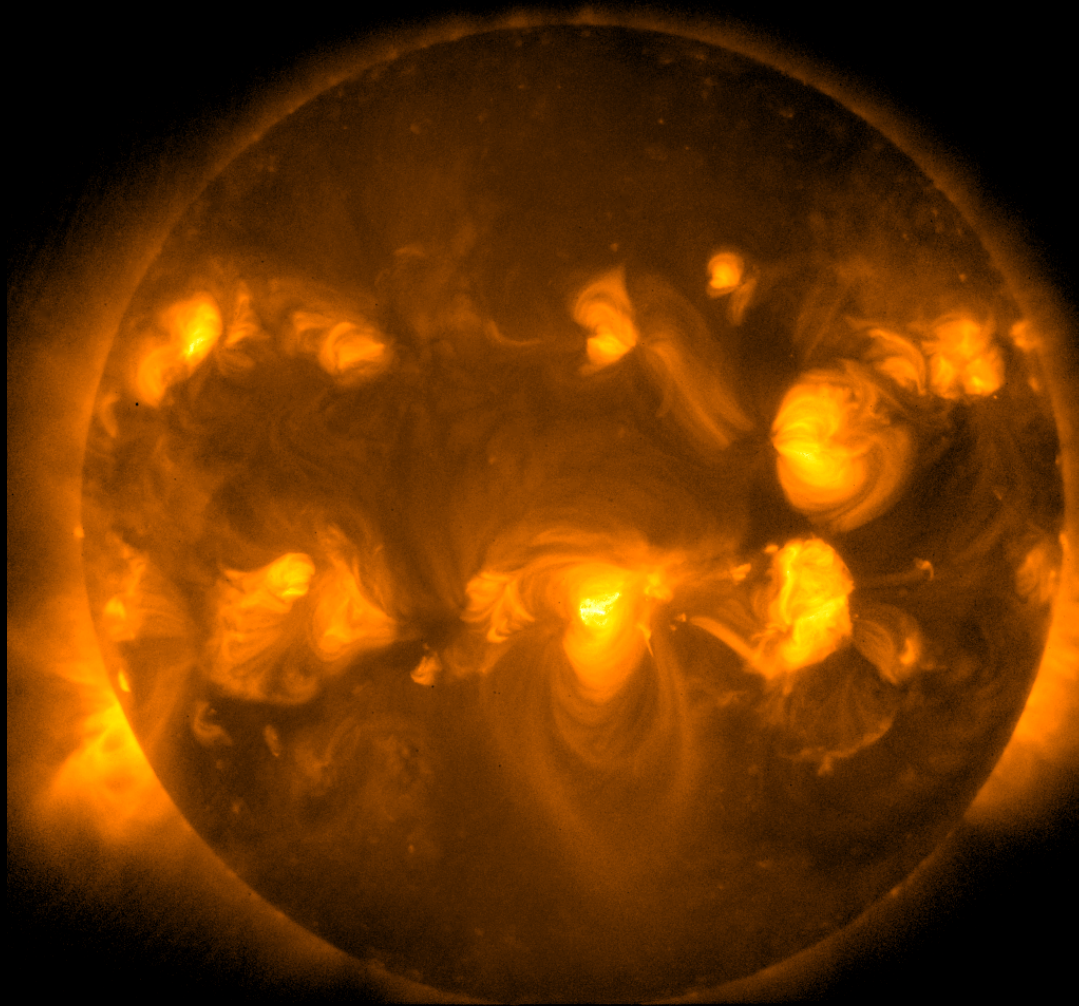


ビッグバンから現在の宇宙へ



NASA/WMAP Science Team -David Spergel

太陽：我々のエネルギーの源



惑星状星雲：太陽の最期

- 太陽が進化してできる赤色巨星の最期に大量のガスが宇宙空間に撒き散らされる



Helix Nebula
HST画像

超新星爆発：大質量星の最期

- 大爆発の後、重元素を撒き散らし、中心に中性子星・ブラックホールを形成

かに星雲

1054年に起こった
超新星爆発の残骸
(平安時代の藤原定家の明月記に記録が残っている)

はくちょう座X-1



- 超新星爆発によって形成されたと思われるブラックホールの例（ブラックホールは明るく輝く天体！）

人間の体の起源 = 宇宙の元素

ORIGINS: SOLAR SYSTEM ELEMENTS

H HYDROGEN																	He HELIUM																																	
Li LITHIUM	Be BERYLLIUM																	B BORON	C CARBON	N NITROGEN	O OXYGEN	F FLUORINE	Ne NEON																											
Na SODIUM	Mg MAGNESIUM																	Al ALUMINUM	Si SILICON	P PHOSPHORUS	S SULFUR	Cl CHLORINE	Ar ARGON																											
K POTASSIUM	Ca CALCIUM	Sc SCANDIUM	Ti TITANIUM	V VANADIUM	Cr CHROMIUM	Mn MANGANESE	Fe IRON	Co COBALT	Ni NICKEL	Cu COPPER	Zn ZINC	Ga GALLIUM	Ge GERMANIUM	As ARSENIC	Se SELENIUM	Br BROMINE	Kr KRYPTON																																	
Rb RUBIDIUM	Sr STRONTIUM	Y YTIUM	Zr ZIRCONIUM	Nb NIOBIUM	Mo MOLYBDENUM	Tc TECHNETIUM	Ru RUTHENIUM	Rh RHODIUM	Pd PALLADIUM	Ag SILVER	Cd CADMIUM	In INDIUM	Sn TIN	Sb ANTIMONY	Te TELLURIUM	I IODINE	Xe XENON																																	
Cs CESIUM	Ba BARIUM	Hf HAFNIUM		Ta TANTALUM	W TUNGSTEN	Re RHENIUM	Os OSMIUM	Ir IRIDIUM	Pt PLATINUM	Au GOLD	Hg MERCURY	Tl THALLIUM	Pb LEAD	Bi BISMUTH	Po POLONIUM	At ASTATINE	Rn RADON																																	
Fr FRANCIUM	Ra RADIUM																																																	
<table border="1"> <tr> <td>La LANTHANUM</td> <td>Ce CELIUM</td> <td>Pr PRASEODYMIUM</td> <td>Nd NEODYMIUM</td> <td>Pm PROMETHIUM</td> <td>Sm SAMARIUM</td> <td>Eu EUROPIUM</td> <td>Gd GADOLINIUM</td> <td>Tb TERBIUM</td> <td>Dy DYSPROSIUM</td> <td>Ho HOLMIUM</td> <td>Er ERBIUM</td> <td>Tm THULIUM</td> <td>Yb YBBIUM</td> <td>Lu LUTETIUM</td> </tr> <tr> <td>Ac ACTINIUM</td> <td>Th THORIUM</td> <td>Pa PROTACTINIUM</td> <td>U URANIUM</td> <td colspan="14"></td> </tr> </table>																		La LANTHANUM	Ce CELIUM	Pr PRASEODYMIUM	Nd NEODYMIUM	Pm PROMETHIUM	Sm SAMARIUM	Eu EUROPIUM	Gd GADOLINIUM	Tb TERBIUM	Dy DYSPROSIUM	Ho HOLMIUM	Er ERBIUM	Tm THULIUM	Yb YBBIUM	Lu LUTETIUM	Ac ACTINIUM	Th THORIUM	Pa PROTACTINIUM	U URANIUM														
La LANTHANUM	Ce CELIUM	Pr PRASEODYMIUM	Nd NEODYMIUM	Pm PROMETHIUM	Sm SAMARIUM	Eu EUROPIUM	Gd GADOLINIUM	Tb TERBIUM	Dy DYSPROSIUM	Ho HOLMIUM	Er ERBIUM	Tm THULIUM	Yb YBBIUM	Lu LUTETIUM																																				
Ac ACTINIUM	Th THORIUM	Pa PROTACTINIUM	U URANIUM																																															



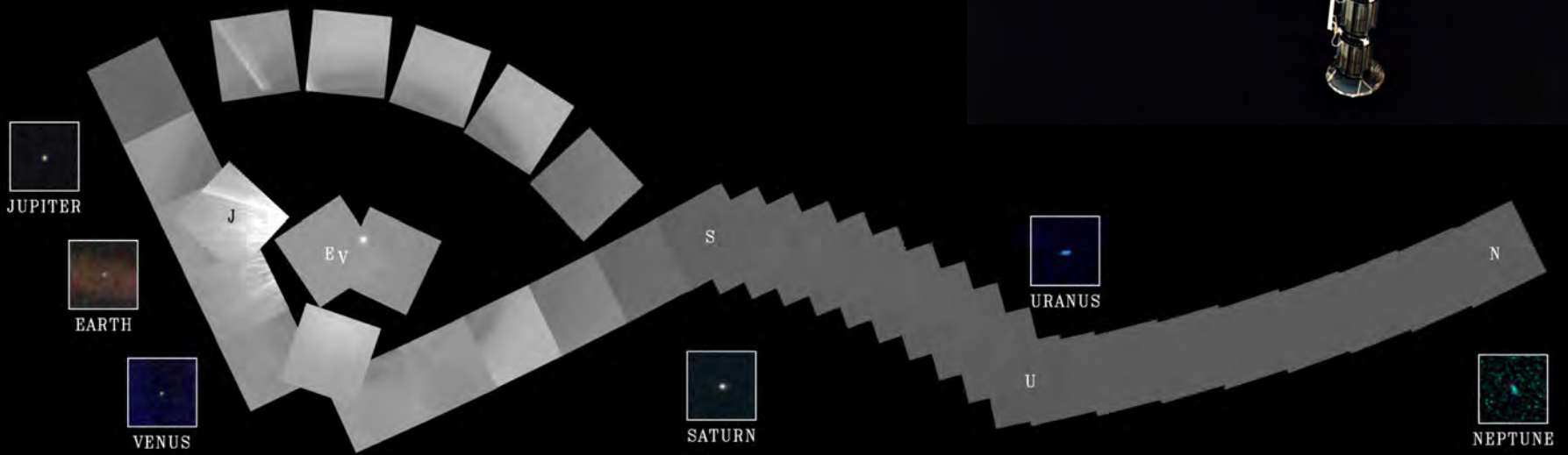
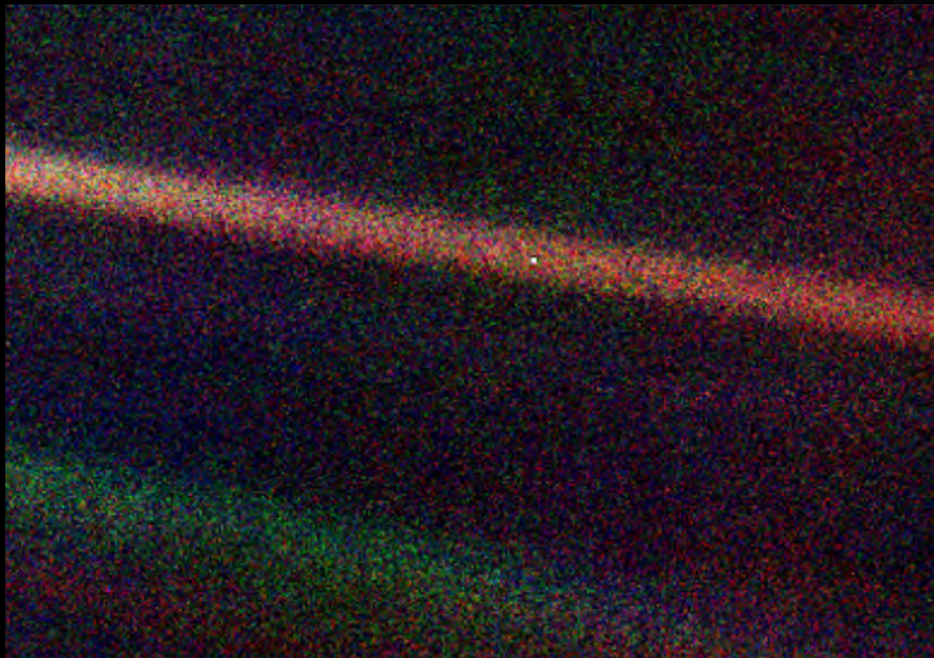
1%
9.5%
16.5%
73%

我々は星の子供 -宇宙の元素循環-



- ビッグバン後、最初の3分間で合成された水素とヘリウムから、数億年後に**第一世代の星**が誕生
- **星の内部で重元素が合成**され、それが星の進化の最終段階(超新星爆発)で宇宙にばらまかれる
- それを材料として**次の世代の天体**が誕生
- この過程の繰り返しが宇宙での**元素循環**
- かつて宇宙のどこかで生まれた**星の内部で合成された重元素**、さらには宇宙最初の3分間で合成されたヘリウムが我々の体の材料

ペイル・ブルー・ドット





土星から 見た地球

- 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

夜の地球



<http://earthobservatory.nasa.gov/Features/NightLights/page3.php>



夜の日本周辺

夜の高知県





須藤 靖

地球から宇宙を眺めてきるのは夜が... 舞臺、六の太陽をもつ惑星「ラ...

世界を支配するダーク

は約2千年で1真つ暗な洞窟の中に... 小説の始まりです。

「白昼」は、ラカッシュを真つ暗闇に... 高知市に転出しており、私の生まれた...

るが、全く凡そ存在し過ぎない... 宇宙の主役は光っている天体ではな...

■土曜掲載

須藤 靖

1938年10月30日、アメリカで放送された通常のラジオ番組が中断され、火星入道隊を自的して地球に到着したという臨時ニュースが流れまし...

もちろんこのニュースは真実ではありません。映画監督・俳優として有名なジョン・ウェルズが、H・G・ウェルズの1899年のSF小説『宇宙戦争』を基に、1時間のラジオ番組として放送したものでした。

実はこの騒動の中心になった「宇宙

戦争は天文学者ハシルバール・ローウエルの火星の運河と火星入道隊に関する研究に影響を受け書き上げられたものだとされています。ローウエルはアメリカの大富豪の息子として生まれ、火星に興味をもったため天文学者になりました。ついに火星の影を捉え、1899年アリゾナ州にローウエル天文台を設立してしまっただけです。

1916年から52年までローウエル天文台を務めたジェームズ・スローパーは、遠方部がいずれも我々の天の川銀河から遠かっていることを発見し、エドワード・ハッブルの宇宙膨張の発見（1929年）に本質的な貢献をいたしました。そのスローパーは、1924年に火星表面の暗い領域を観測し、そこには植物に特徴的な

火星人はいるか

緑葉が生存する証拠は認められない、との論文を発表しています。これは、単なる想像過ぎない火星入道隊とは異なる、天文学的観測データに基づいて、火星生命の検証に挑戦した極めて先駆的の研究です。

右写真は、2015年9月9日に撮影された高さ約500メートルのアイオリス山(別称オLYMPUS MOUNTAIN)で、地球の高山だと書かれても気がつかないほどと似ています。火星には地球に比べてはるかに高い山々がひびいており、火星最大の火山とされるオリンポス山は周囲より747メートルも高いのです。

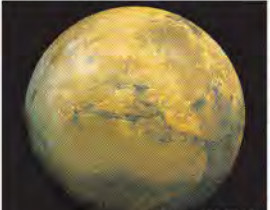
火星のアイオリス山 https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA19912



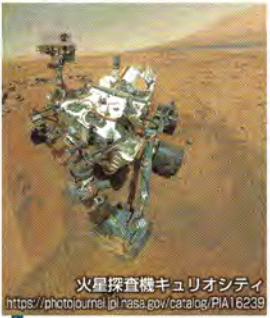
アイオリス山の麓の盆地 https://mars.nasa.gov/resources/7505/strata-at-base-of-mount-sharp/



Henrique Alvim Corrêa (1876-1910) による『宇宙戦争』の挿絵 https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Correa-Martians_vs_Thunder_Child.jpg



バイキング1号が1980年2月22日に撮影した火星 https://nssdc.gsfc.nasa.gov/mage/picray/mars/mars02c1.jpg



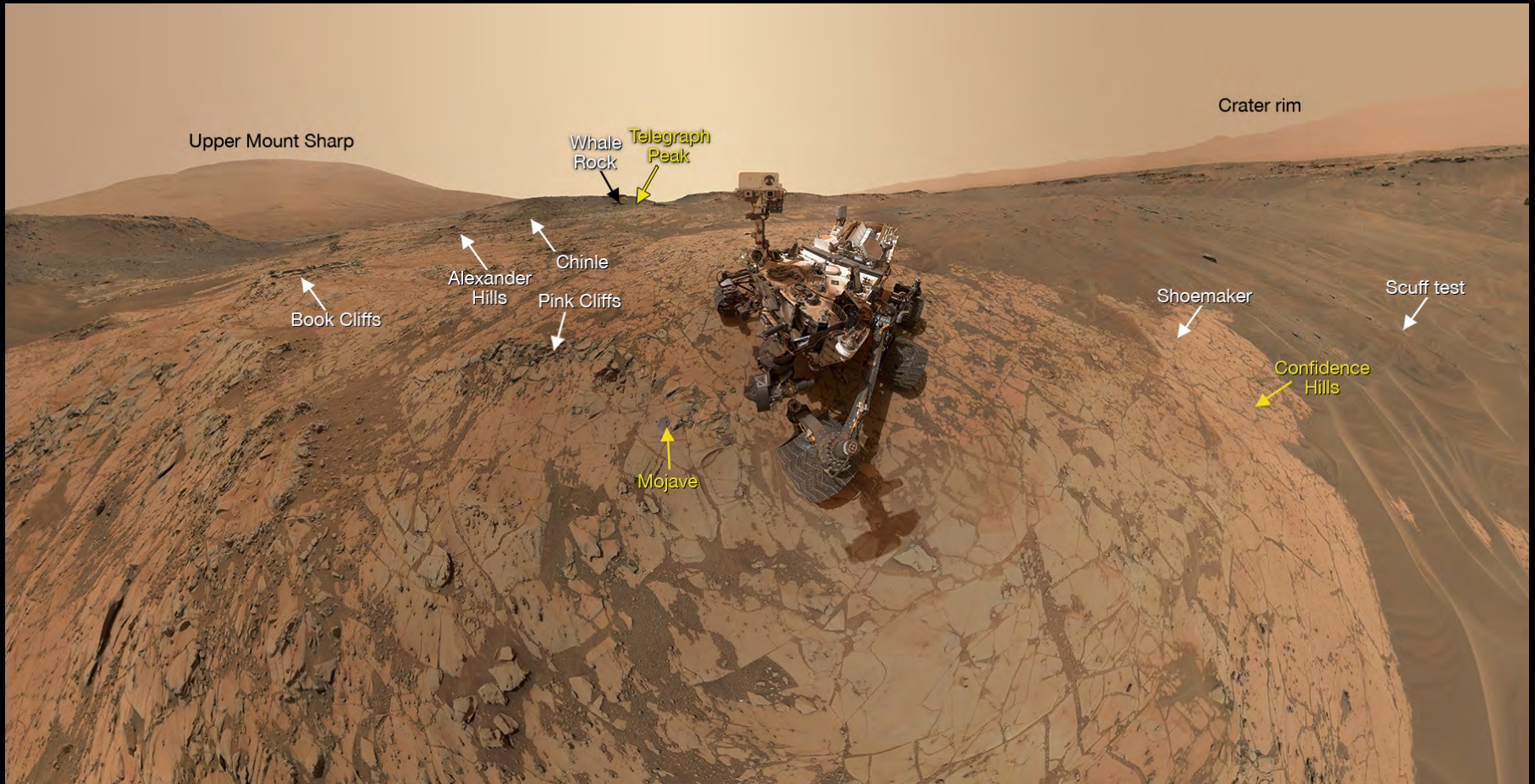
火星探査機キュリオシティ https://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA16239

場面のようには見えませんが、これは火星左下の写真は、まるでSF映画の一場面のように見えますが、これは火星

高知新聞二〇一八年十一月十日朝刊

男子陣地

火星着陸探査機 キュリオシティ

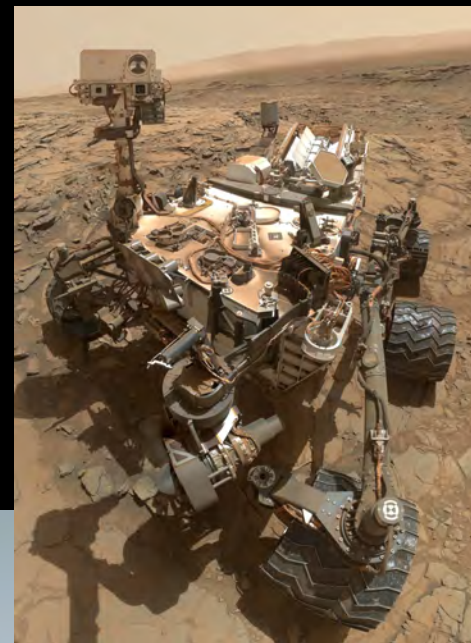


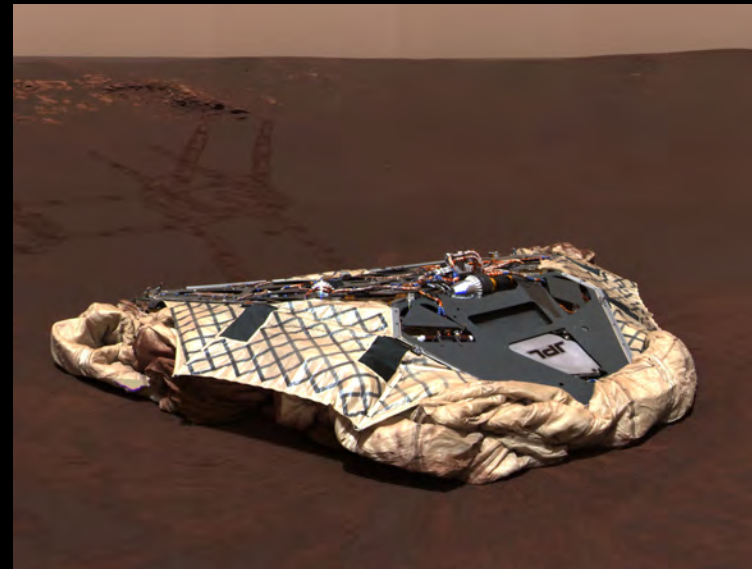
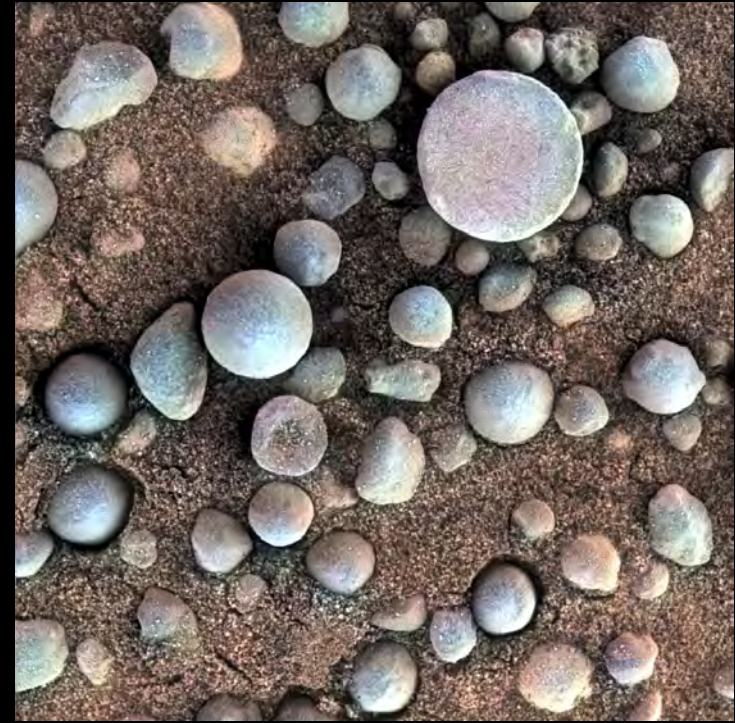
Curiosity (Mars Science Laboratory) 2011年11月26日 打ち上げ、2012年8月6日 火星軟着陸

<https://mars.jpl.nasa.gov/msl/>

火星の表面

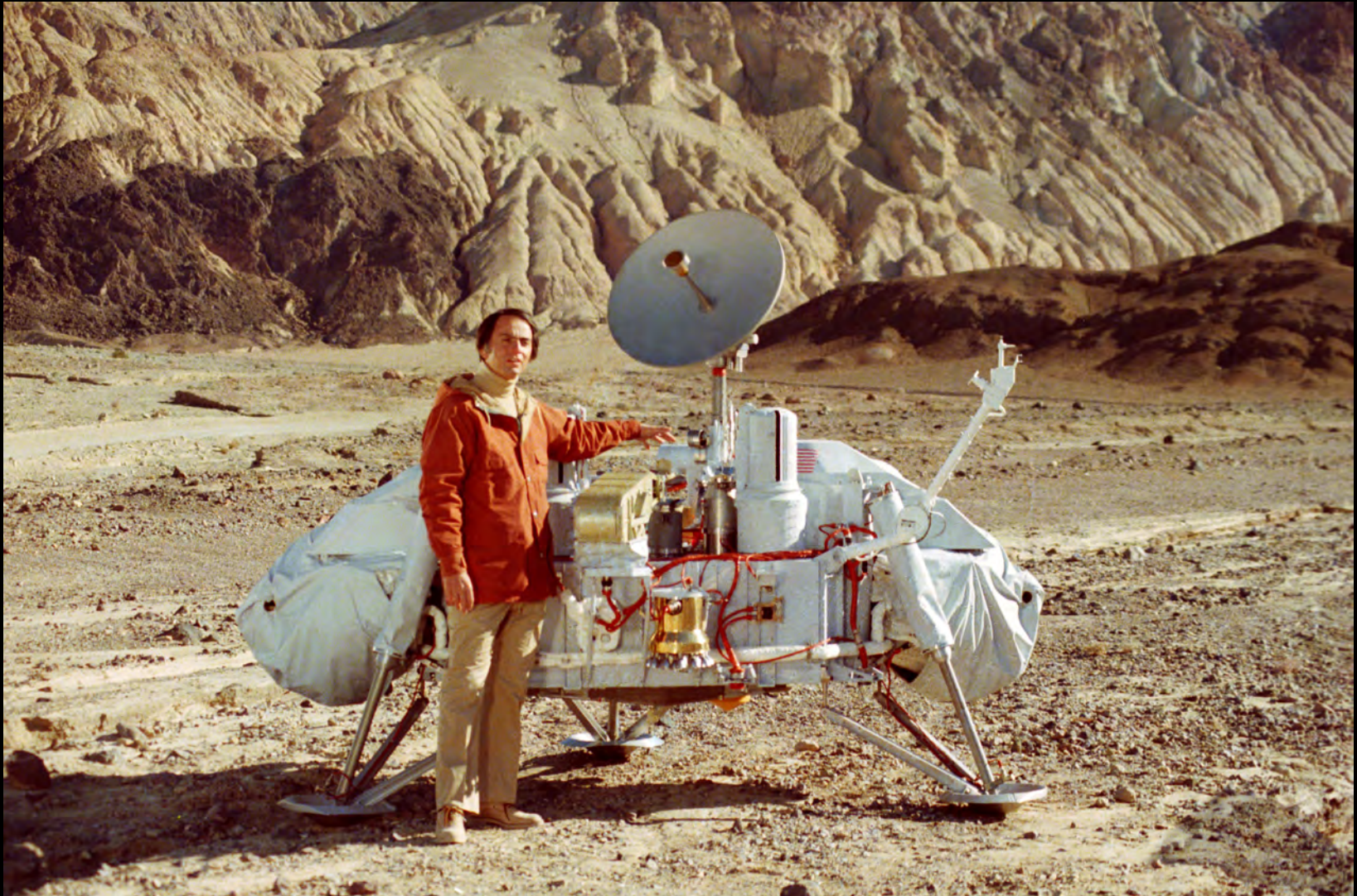
<https://eyes.nasa.gov/curiosity/>





カール・セーガンとバイキング1号のランダー模型

この写真を見ると、火星表面の写真もまた地球のどこかで撮影されたのではないかという疑惑を与えてしまうほど、火星は地球と似ている



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

銀河系内の（生命に適した）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

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。

須藤 靖

「見守る宇宙人」をめぐって... 1995年の初見以来現在に至るまで、われわれの太陽系の外に7千個程度の惑星系が発見されています。系外惑星がこれほど普遍的に存在しているのは、そのなかには、地球と同じような生命、さらには高度知覚の文明を持つ惑星が存在する可能性も高くないではありません。

大抵のメタのほとんどは、微生物の繁殖によるものです。つまり生物なしには生命が難しいです。同様に、惑星の惑星の大成分を詳しく調べ、大量の酸素やメタンが検出されたならば、そこに十分な生物が存在している可能性が高くと推測できます。実は私は外惑星の表面を大規模に探検する計画を持っています。

これはいなくても、現在の探検技術がもう少し進歩すれば実現可能な方法ではあるものの、酸素やメタンが検出されたとしても、地球と同じ本当に生物由来である厳格な証明は困難です。系外惑星の植物のつぼみは地球と同じく緑色であることがわかっていますが、そのほか、このような地球外方法ではなく、高度な地球外文明からの通信信号を検出するという、さらに野心的といえる、超ハリスク・ハイライナー計画が古くからなされてきました。

この地球外文明は電波を用いた交信による機械的に進歩しました。電磁波は周波数が低い物質に邪魔されず遠方まで届くという性質があります。そのため、仮に地球外生命が地球へ信号を送ることは、可視光ではなく電波を用いることです。素直に通信手段が普及している携帯電話は0.7から3.5メガヘルツの周波数範囲の電波を用いています。このため、いわゆる「Search for Extraterrestrial Intelligence」地球外知の生命体探査は、電波天文学から始まりました。

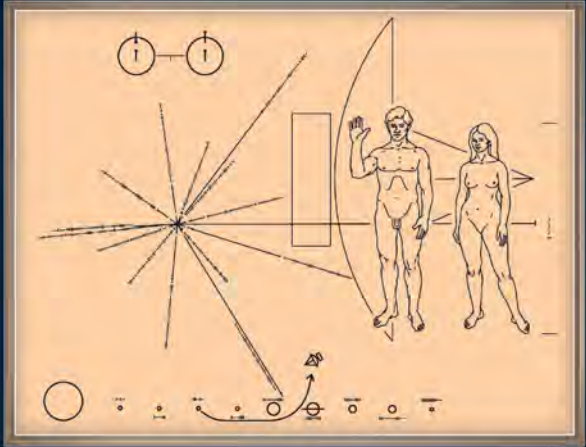
77年に打ち上げられたボブシャール探査機にも、同様にレジオニア探査機がこれには15兆の距離、多の自然音、音楽、55万個の挨拶が取り込まれています。右側、トリスクは、74年11月16日、ブルトリコにあるアレシボ電波望遠鏡から、約255兆年離れた地球探査機M13に向けて電波信号を送りました。これはアレシボ・メッセージと呼ばれ、1から10までの数字、DNA、人間、太陽系、望遠鏡に関する情報が含まれています。左側、これは、この地球上に知的文明が存在することを示すものです。ただし現時からこれに反対する科学者も多くいます。

「考え入る人もいられませんが、米国の探査学者カール・セーガンは、前述のレイクローレンスに72年から73年に打ち上げられた宇宙探査機レジオニア10号、11号に金属板を取り付けました。右側、これは地球の人類から宇宙への初めてのメッセージを載せていたのです。」

宇宙人へのメッセージ

バイオニア探査機に搭載された金属板

ボイジャー探査機に搭載されたレコード盤



1から10までの数 (2進法) DNAを構成する水素、酸素、窒素、炭素、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、一つだけ上に飛び出しているのが地球) アレシボ電波望遠鏡

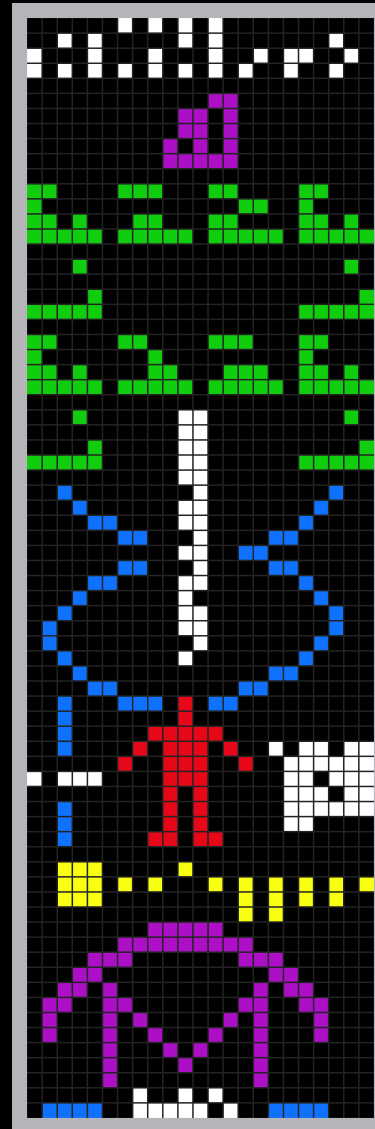
アレシボ・メッセージ 1974年7月26日から8月15日まで、アレシボ電波望遠鏡から、地球外生命の存在を示す可能性を高めるためのメッセージを送りました。内容は、1から10までの数字、DNA、人間、太陽系、望遠鏡に関する情報が含まれています。右側、これは、この地球上に知的文明が存在することを示すものです。ただし現時からこれに反対する科学者も多くいます。

特定の天体からの信号を探査するのは、地球から四方八方に信号を発し、それを受信した知天文明から、事をもたらすのが手っ取り早いのは、宇宙物理学者、東大教授、安芸市出身 二 第3-蘭地蔵

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

今から50年後の世界？

- **科学・技術は驚くべきスピードで世界を変える**
 - 子供の頃には、スマホ、インターネット、ロボット、自動運転などはSFどころか、想像すらできなかった
- **今から50年後には、今の我々が決して予想できない世界が確実に実現する**
 - 自動翻訳(外国語教育は不要)、労働の完全AI/機械化、天災の制圧、脳とコンピュータの完全接続、不老不死、地球外知的文明との遭遇
 - 高知県の消滅、核戦争や未知のウイルスによる人類絶滅、ホモサピエンスに代わる新人類の台頭
- **現在の倫理観、価値観、世界観が一変する**

この空のかなた

- 宇宙を見て世界を知る
 - この空のかなたに、宇宙は果てしなく広がっている
 - 宇宙における星の誕生と死
 - この輪廻転生の繰り返しのサイクルに、地球と我々の人間は組み込まれている
- でも世界はまだまだわからない謎に満ちている
 - 地球外に生命はいるか
 - 「我々は何も知らなかつた」たとつぶやきながら安らかに逝きたい

