

2011年
第3回 全国同時七夕講演会

福島の夜空ノムコウの世界



東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 須藤 靖

2011年7月7日 11:00-12:10 @福島県立安達高校

2011年
第3回 全国同時七夕講演会

福島の夜空ノムコウの世界

おりひめ



福島高校に関する総合ポータルサイト

福高.NET

<http://fukuko.net>



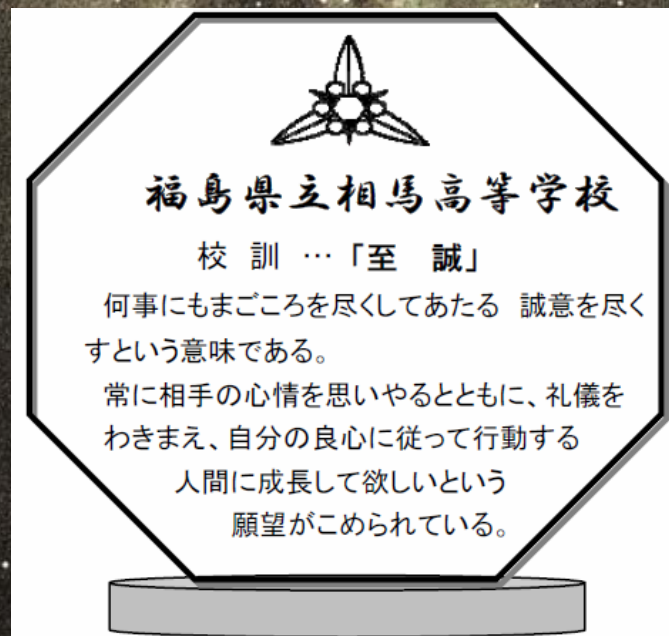
ひこぼし

東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 須藤 靖

2011年7月7日 14:35-15:45 @福島県立福島高校

2011年
第3回 全国同時七夕講演会

福島の夜空ノムコウの世界



東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 須藤 靖

2011年7月8日 10:45-12:35 @福島県立相馬高校

はじめに

- 今回の震災で被害に遭われた方々が、一日も早く通常の生活に戻られることを心からお祈りします
- これから日本は長期にわたり大変な時代を迎えることでしょう。しかしそれを乗り越える力を持っているのは、皆さんのような若い世代です
- こういうときだからこそ、皆さんが新しいことを学び、さらにそれらを様々な形で将来の日本社会に還元してくれることを期待しています

みんながそれぞれ大切な役割を持っている

- 今までは何も問題なくて当然と思っていたことが、実は無数の人たちの膨大な努力に支えられて初めて実現していたことを再認識させられる
 - 電気、水道、ガス、宅配便、下水、郵便、通信、医療、介護、学校、農業、漁業、工場、、、
- 在日米海兵隊基地外交政策部次長ロバート・エルドリッジさん(朝日新聞4月9日「私の視点」)
 - 私はほぼ毎日仙台空港に通い、みるみる生き返る様を目の当たりにした。キャンプ富士から来たブレアン・ハプケン少尉は「こういうことをしようと海兵隊に入ったんです」と話した。がれきを歩きながらの彼女の言葉に、涙が出た。



電気、水道、ガス
郵便、通信
教育、介護、医療
思いやり、絆、やさしさ

**本当のことは心でしか見えないんだ
大切なことは目には見えないんだよ**

**「星の王子様」のなか
のキツネの言葉**



私の人生の目標： アンパンマン オープニングテーマ

- 作詞：(高知県人) やなせたかし



なんのために生まれて
なにをして生きるのか
こたえられないなんて
そんなのは いやだ！



大学教員は毎日何をしているのか？

- 4:30 起床（大学人としては異様な朝型）
- 7:00 大学着：朝食、メールチェック、講義準備、書類書き、論文チェック、学生の論文添削
- 10:00 講義、ゼミ、議論
- 12:40 昼食
- 13:30 学部学生ゼミ、研究室セミナー、輪講、会議、学生との議論
- 16:00 学生との議論、書類書き
- 18:00 大学発：
- 19:30 自宅着：夕食、風呂など
- 22:00 就寝

ほとんど誰かと議論しているか、文章の読み書きのどちらか
(国語力、英語力、コミュニケーション能力はきわめて重要)

高知県人 寺田寅彦の教え

寺田寅彦 科学者＋文学者

(1878年11月28日～1935年12月31日)



- 高知県出身
- 東京帝国大学物理学教授
- 物理学者、地球物理学者
- X線回折を用いた物質の結晶中の原子配列の決定(学士院恩賜賞)
- 金平糖の角、割れ目、電車の混雑、などごく身近な現象を物理学の対象に持ち込んだ先駆的研究でも知られる
- 博士論文は、尺八の音響学的研究
- 夏目漱石の弟子で『吾輩は猫である』の水島寒月や『三四郎』の野々宮宗八のモデル
- 文学者としての筆名は吉村冬彦

寺田寅彦『断水の日』

(大正十一年一月、東京・大阪朝日新聞)

- 私が断水の日に経験したいろいろな不便や不愉快の原因をだんだん探って行くと、どうしても今の日本における科学の応用の不徹底であり表面的であるという事に帰着して行くような気がする。このような障害の根を絶つためには、一般の世間が平素から科学知識の水準をずっと高めてにせ物と本物とを鑑別する目を肥やしそして本物を尊重しにせ物を排斥するような風習を養うのがいちばん近道で有効ではないかと思ってみた

寺田寅彦『天災と国防』

(昭和九年十一月、経済往来)

- 文明が進むほど天災による損害の程度も累進する傾向があるという事実を十分に自覚して、そして平生からそれに対する防御策を講じなければならぬはずであるのに、それがいっこうにできていないのはどういうわけであるか。そのおもなる原因は、畢竟そういう天災がきわめてまれにしか起こらないで、ちょうど人間が前車の顛覆を忘れたところにそろそろ後車を引き出すようになるからであろう
 - 「天災は忘れた頃にやって来る」という彼の有名な警句に一番近い原典であると考えられている

「杞憂」の功罪

- 寺田寅彦：時事雑感（昭和六年一月、中央公論）のなかの「地震国防」
 - 昔シナに妙な苦労性の男がいて、天が落ちて来ると言っていたいそう心配し、とうとう神経衰弱になったとかいう話を聞いた。この話は事によるとちょうど自分のような人間の悪口をいうために作られたかもしれない。この話をして笑う人の真意は、天が落ちないというのではなくて、天は落ちるかもしれないが、しかし「いつ」がわからないからというのであろう
- 「天災は忘れた頃にやってくる」の2つの側面
 - 科学は「天災」を予言したり防いだりできない
 - が、備えをしておけば、科学によって被害を最小限に出来る
 - 一方、心配ばかりしていてもどうしようもない。忘れてしまう（封印する）ことが大切な場合もある

答えを知るより疑問に思う心が大切



眼は、いつでも思った時にすぐ閉じることができるようにできている。しかし、耳のほうは、自分では自分を閉じることができないようにできている。 **なぜだろう。**

(大正十年三月、渋柿)

寺田寅彦

1878年11月28日～1935年12月31日

高知県出身

東京帝国大学物理学教授

科学を学ぶ意味

高校で習う物理は面白いのか

$$m\vec{a} = \vec{F} \quad \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{Mm}{r} = E \quad H = \frac{i}{2\pi r}$$

$$f' = f \frac{v - u'}{v - u} \quad Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

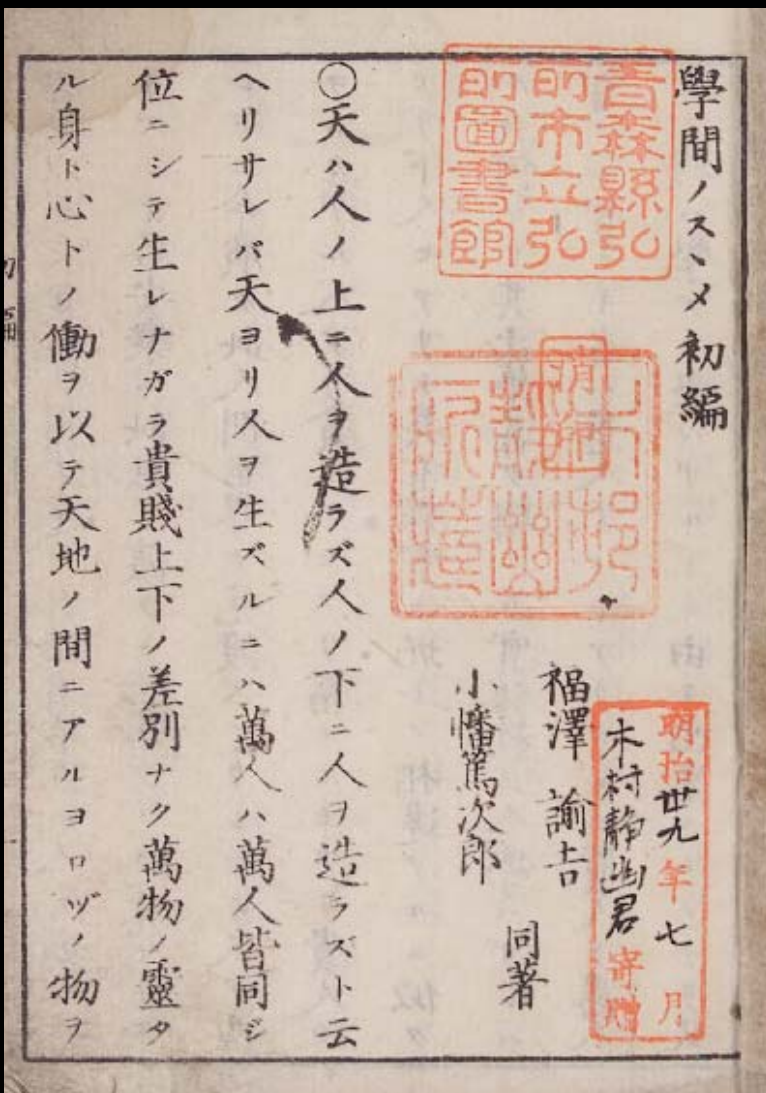
$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} \left(t - \frac{x}{v} \right) \quad C = \frac{\epsilon S}{4\pi k_0 d}$$

- **結論**: 高校の物理の教科書は全くイケテナイ
- できなくてもつまらなくても気にしないで良い!
- 「本当」の科学(=自然界)は面白さに満ちている!

科学を学ぶ意味

- テストで良い点を取るためではない
- 楽しみながら、すこしでもより自然を理解する
- 世の中の不思議さを認識する
- 当たり前とされていることでも一度は疑ってみる
 - みんなが言っているからではなく自分で納得する
- 本物と偽物を見極める
 - 変な人 (TVに出過ぎる有名人・肩書きだけで中身のない人・詐欺師・政治家・官僚・大学教員) に騙されない
 - 真実を合理的に理解し納得する
 - 健全な懐疑心をもち、善悪を区別する
- 科学的考え方は狭い意味の科学にとどまらない

福沢諭吉：学問ノススメ初編



- 「天は人の上に人を造らず人の下に人を造らず」と言えり
- されども今広くこの人間世界を見渡すに、かしこき人あり、おろかなる人あり、貧しきもあり、富めるものあり、貴人もあり、下人もありて、**その有様雲と泥との相違あるに似たるは何ぞや**
- その次第甚だ明らかなり。「実語教」に、「人学ばざれば智なし、智なき者は愚人なり」とあり。**されば賢人と愚人との別は、学ぶと学ばざるとに由って出来るものなり**

Henri Poincaré

(Science and method, 1908)



- *The scientist does not study nature because it is useful to do so. He studies it because he takes pleasure in it, and he takes pleasure in it because it is beautiful. If nature were not beautiful, it would not be worth knowing and life would not be worth living.*

夜空ノムコウの世界

青空のムコウには何かがあるのか



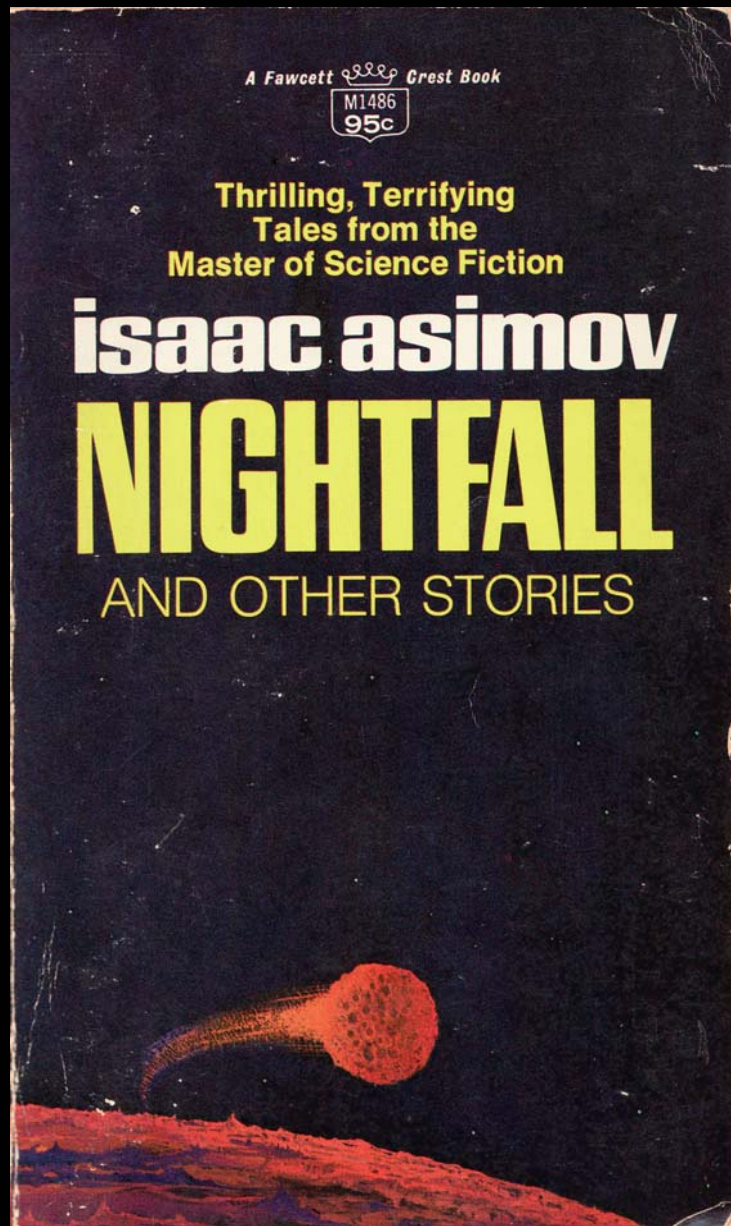
アイザック・アシモフ著 「Nightfall(夜来たる)」



イラスト：羽馬有紗

- 2049年に一度しか夜が来ない“地球”の人たち
- 自分たちの“地球”と宇宙との関係は？

アイザック アシモフ: Nightfall(夜来たる)

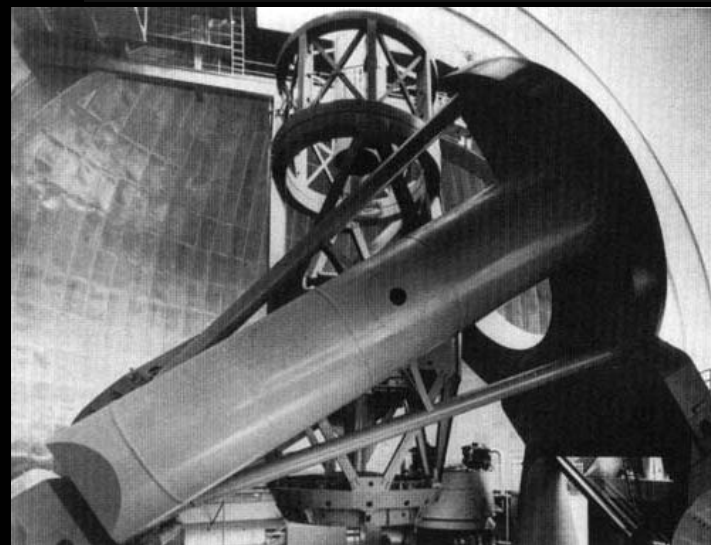
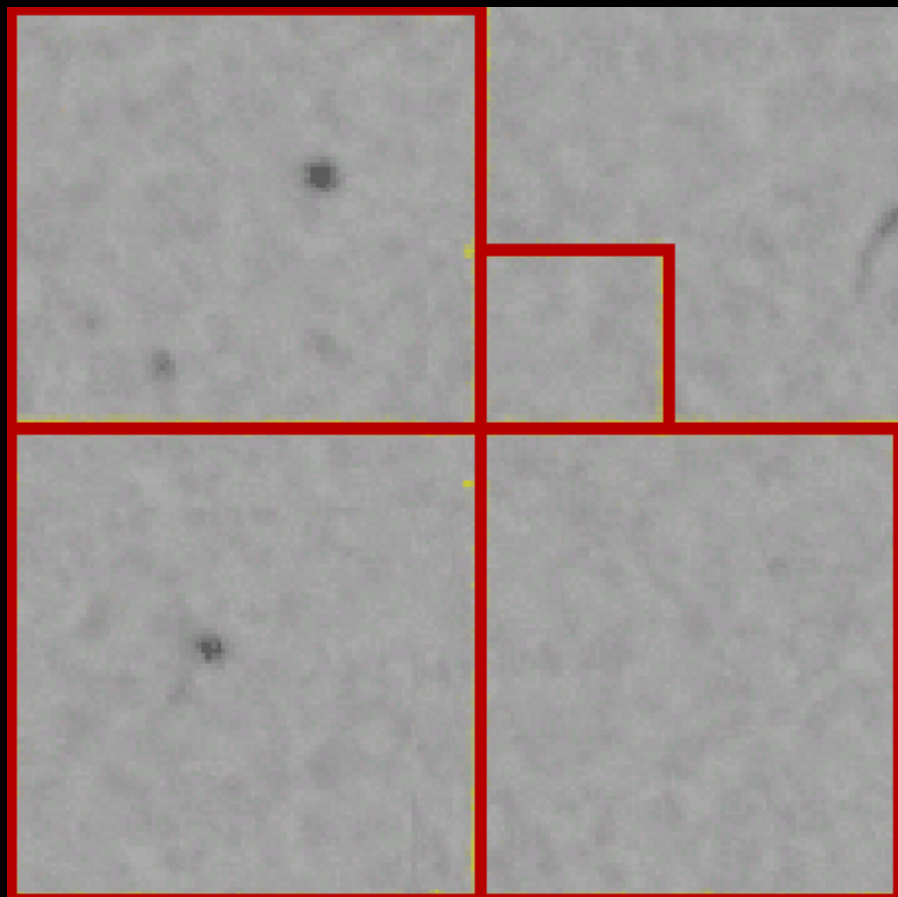


- 夜の存在が外の世界の存在を教えてくれる秀逸な名作
- “Light !” he screamed. Aton, somewhere, was crying, whimpering horribly like a terribly frightened child.
“Stars -- all the Stars -- we didn't know at all. We didn't know anything.”

「我々は何も知らなかった」
でもこれですべて？

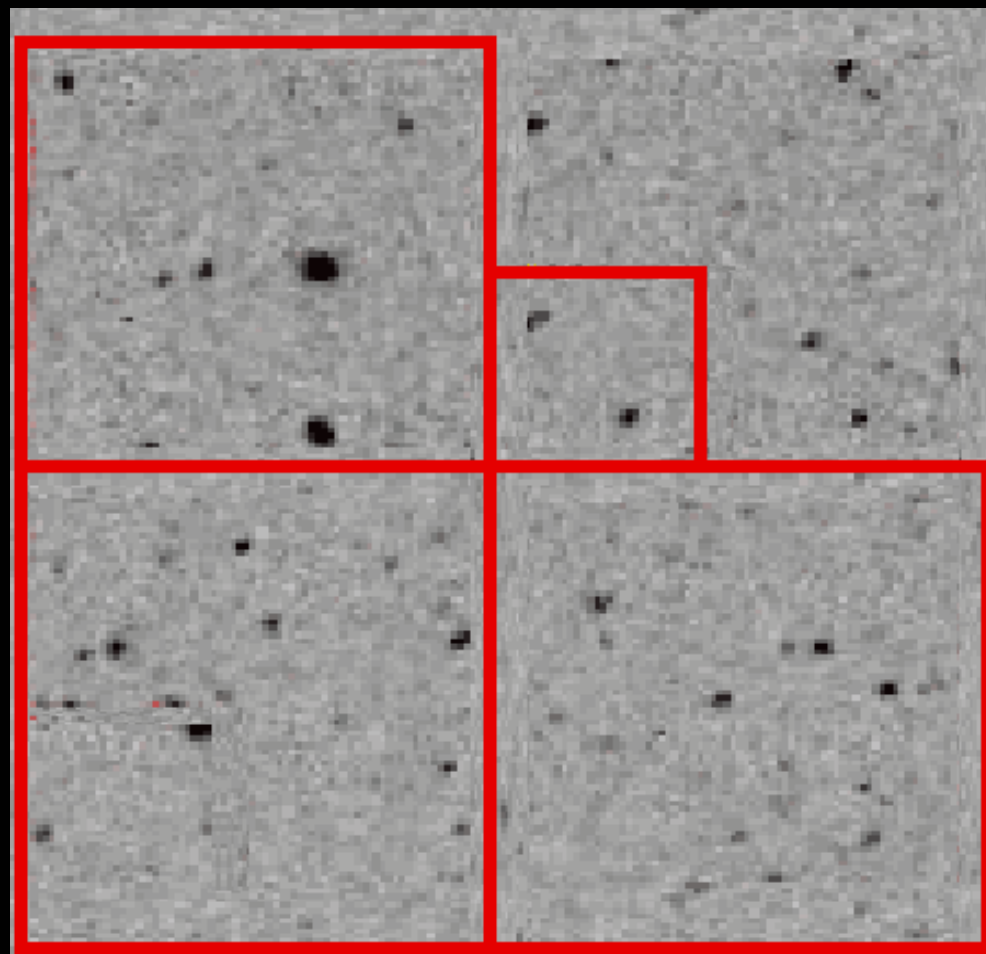
(すばる観測所、田中壺氏撮影)

宇宙を見る目の進歩 (1)

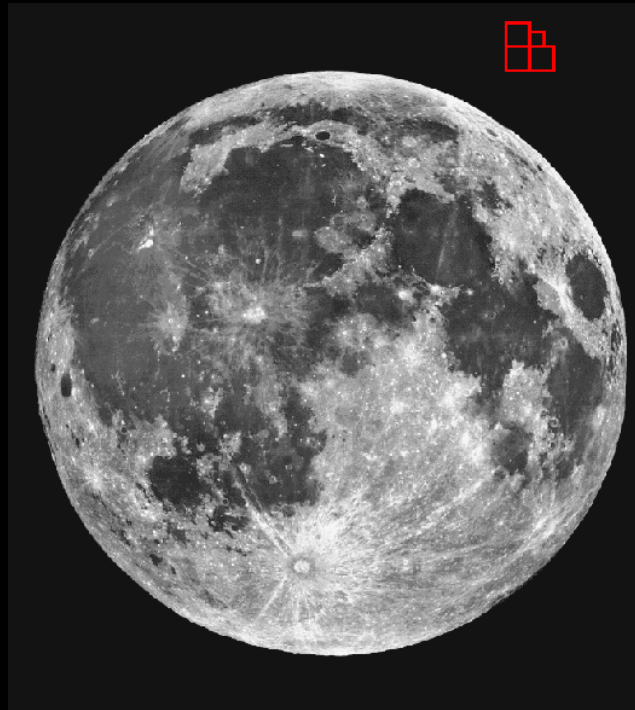


地上5m望遠鏡+写真乾板
100万×人間の眼

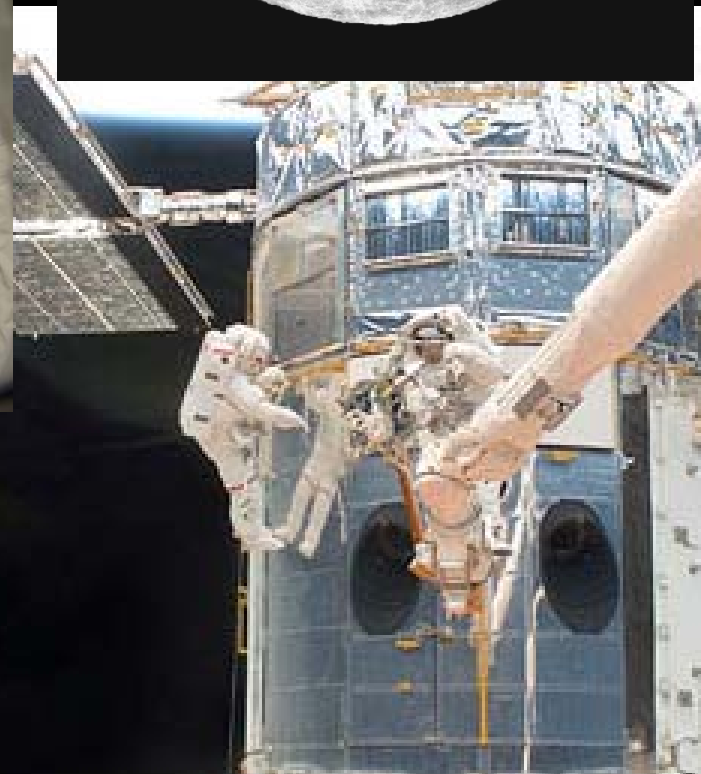
宇宙を見る目の進歩 (2)



地上4m望遠鏡+CCD:
100×写真乾板



宇宙を見る目の進歩 (3)

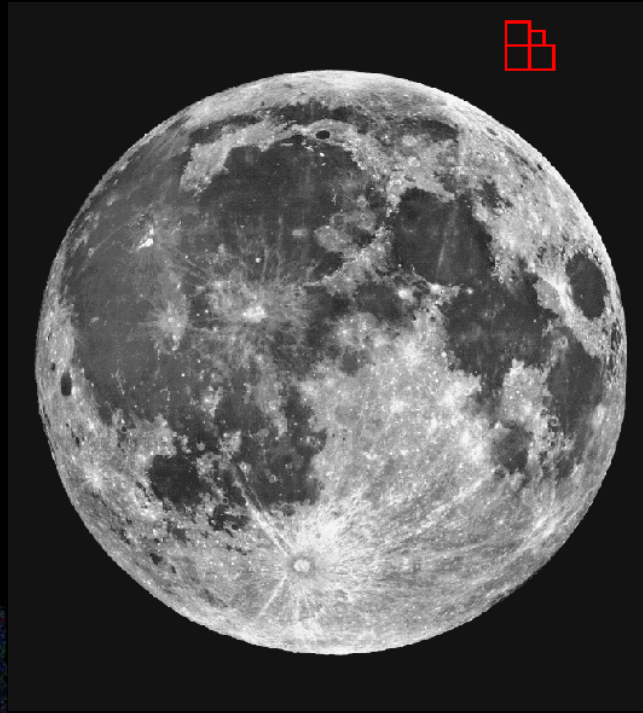


ハッブル宇宙望遠鏡



Hubble Deep Field
CT C41 (APR) January 15, 1995. © 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

重力レンズで「見る」ダークマター



銀河団周辺の重力で光線が曲げられ、
みかけ上5つの異なる天体をつくる
(ダークマターの存在)

98億光年先にある
クエーサー(中心に
ブラックホール)

62億光年先にある
銀河団まわりの
ダークマター



重レンズ天体
SDSS J1004+4112 :
一般相対論的蜃気楼



ハッブル宇宙望遠鏡で観測した 重カレンズ SDSS J1004+4112

これだけ強く曲げる
ためには大量の質
量の存在が必要

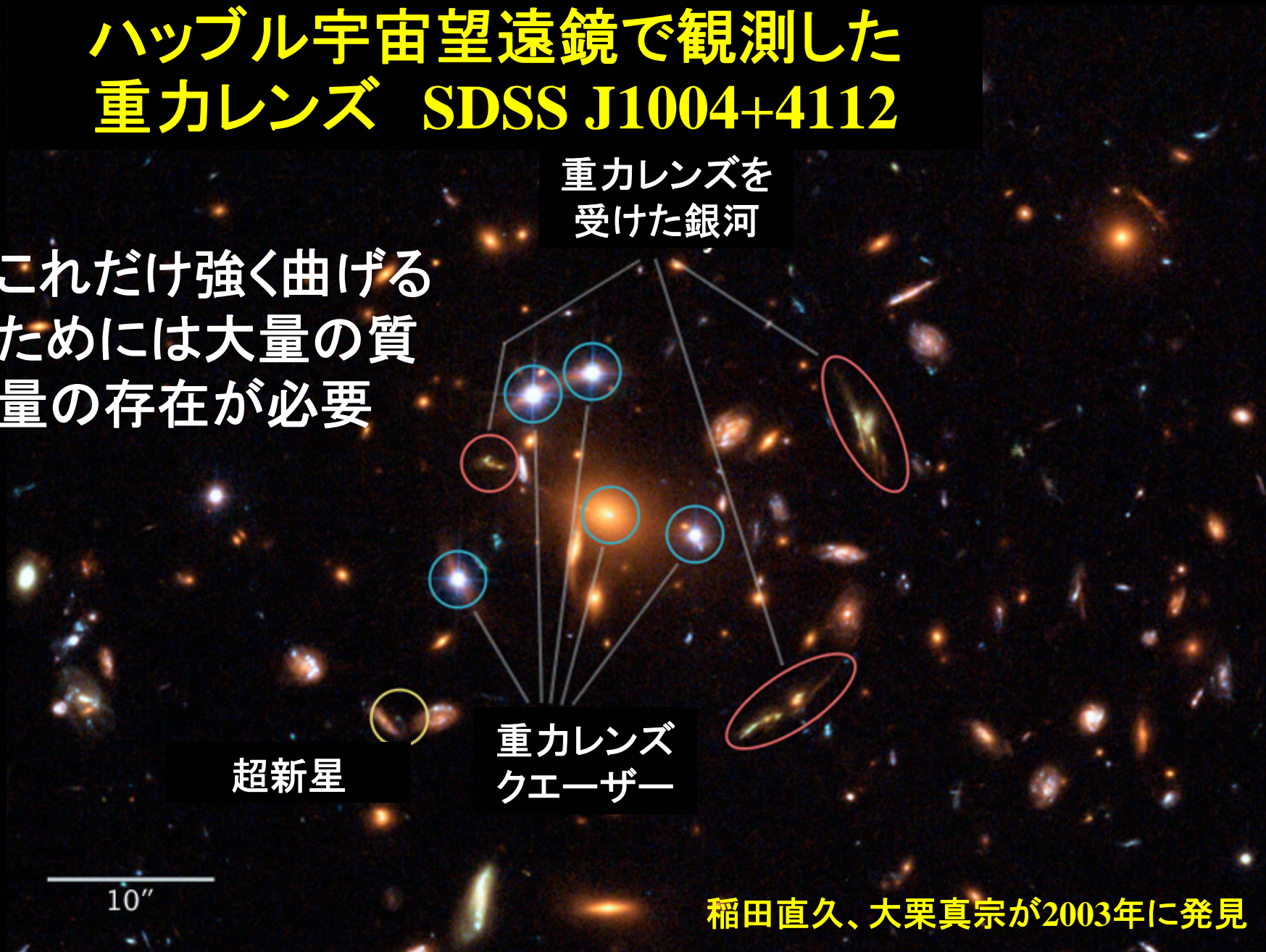
重カレンズを
受けた銀河

超新星

重カレンズ
クエーザー

10''

稲田直久、大栗真宗が2003年に発見



宇宙のダークマター

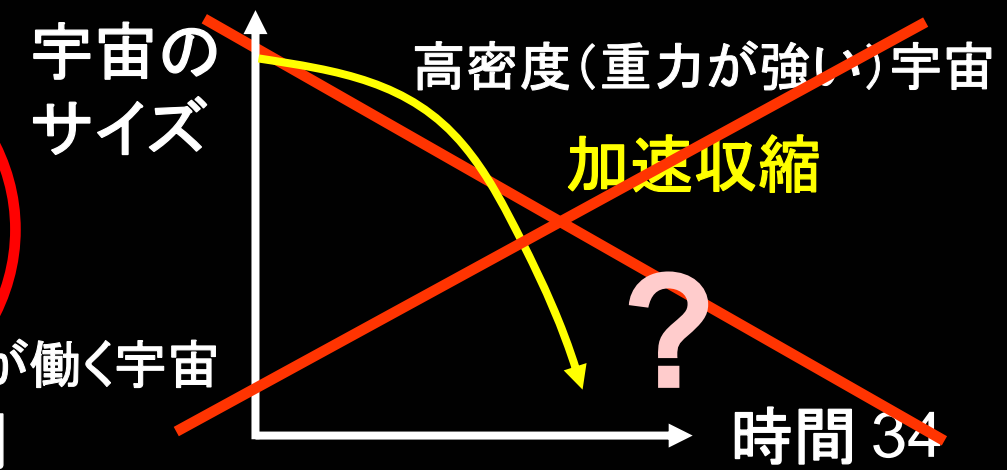
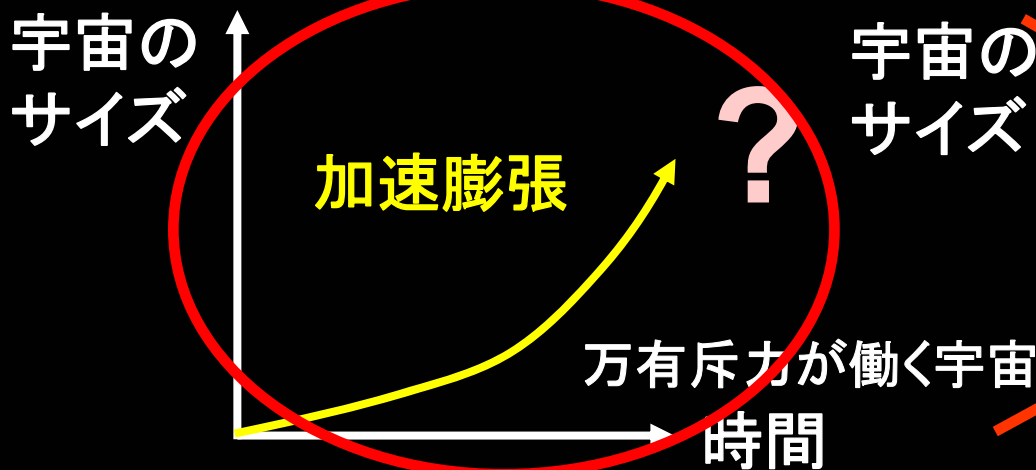
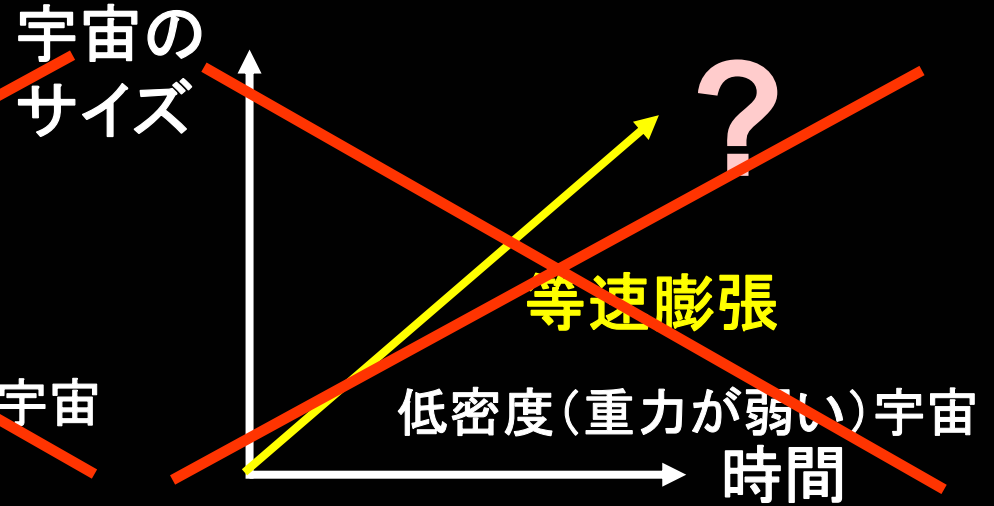
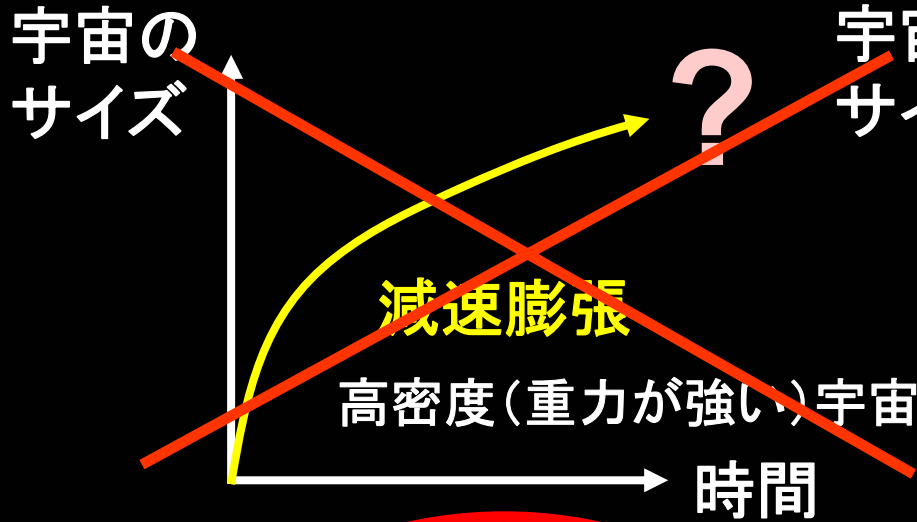
- 実は、光り輝く天体の周りには光ることのないダークマターが満ちている
- **ダークマターの存在は、その周囲を通過する光の軌道を変化させる**
 - アインシュタインの一般相対論にもとづく重力レンズ効果によって実証されている
- その正体は、未発見の素粒子であると考えられている(天文学による微視的世界の発見)
- **ダークマターの直接検出は21世紀物理学に残された大きな課題**

宇宙のダークエネルギー

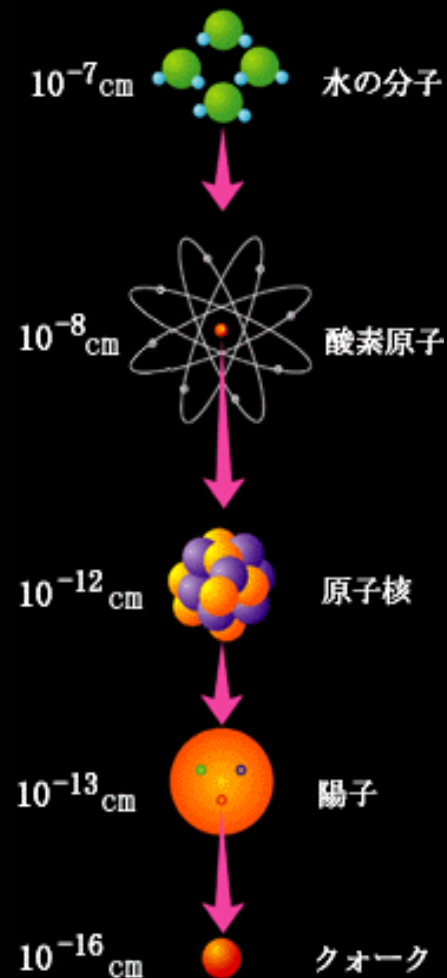
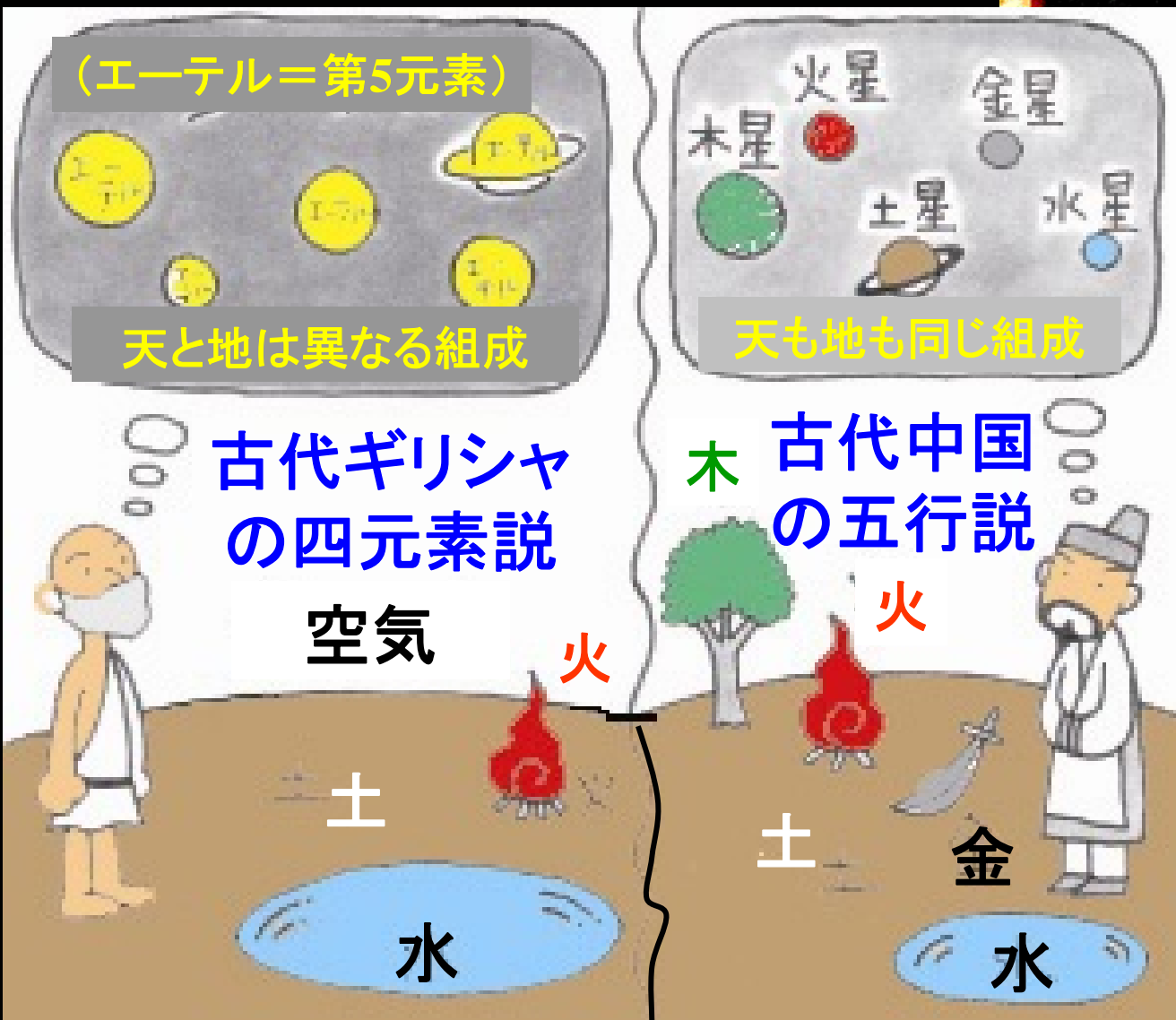
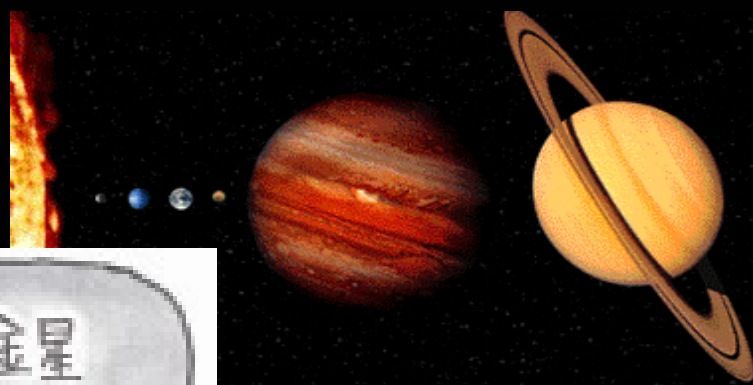
- ダークマターの存在は、光っているものだけが世界のすべてではないことを教えてくれた
 - 空間分布の違いを利用した相対的観測
- では宇宙のあらゆる空間を一様に満たしているような成分は存在しないのか
 - 仮にあるとしても相対的でない測定は可能か
 - 「真空」には本当に何も無いのか
- ダークエネルギーは、空間的には一様分布していてもその密度は時々刻々変化する
 - 宇宙の膨張速度の時間変化を測定する
 - 時間軸に沿った相対的な測定を行なう

宇宙の進化とダークエネルギー

- 宇宙の構造と進化の観測を通じて、宇宙の組成を決定する ⇒ 宇宙の未来もわかる

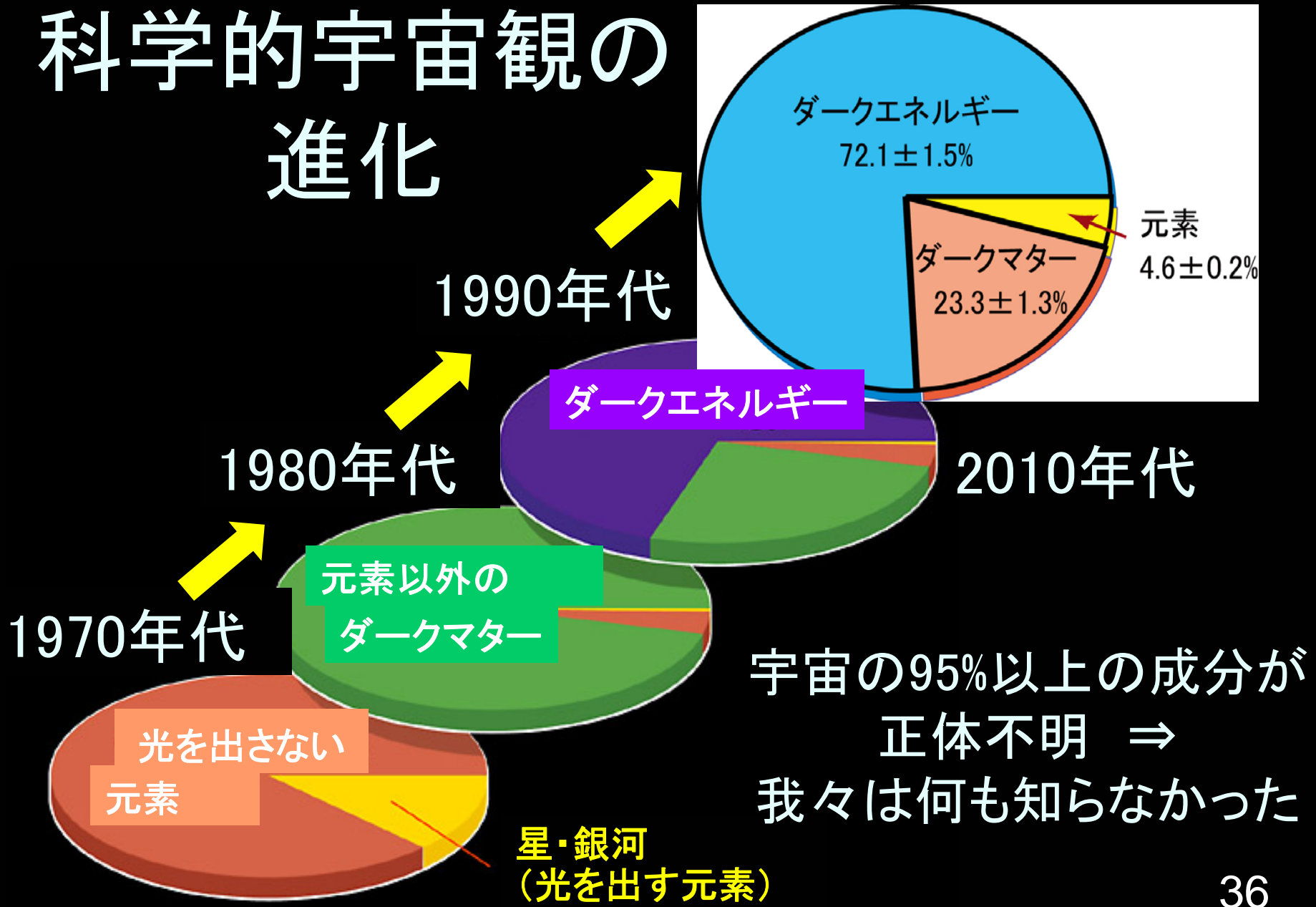


古代の世界観

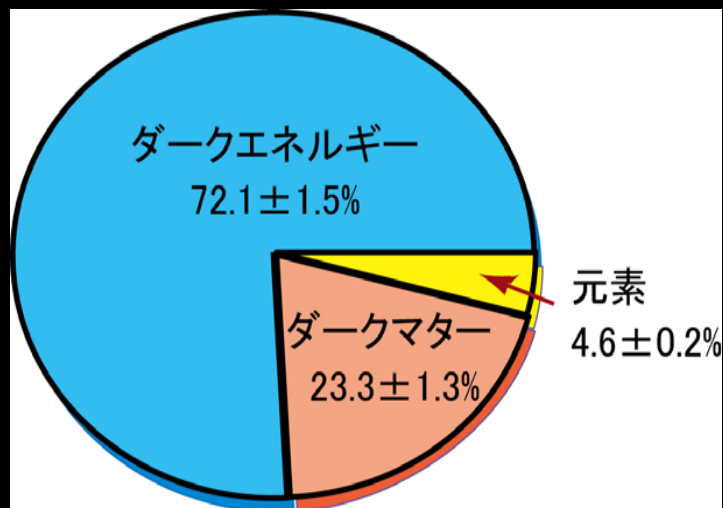


(いずれも 須藤靖「ものの大きさ」図1.1より)

科学的宇宙観の進化



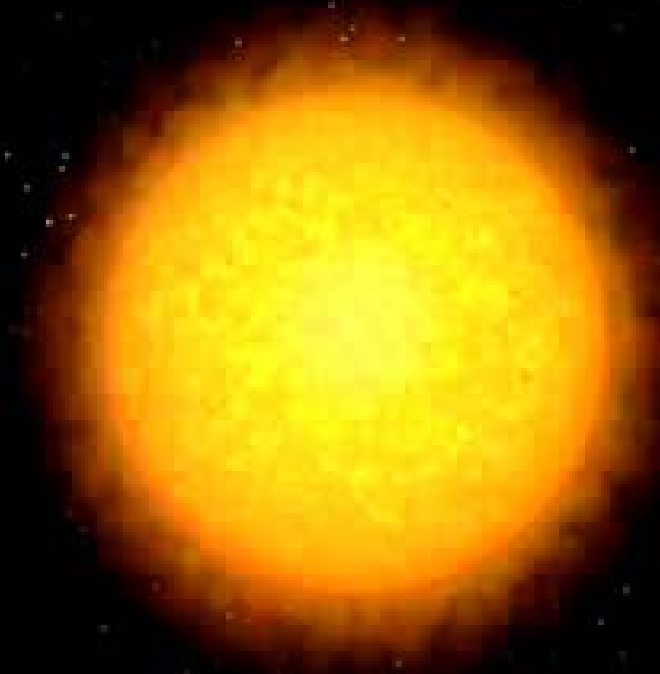
20世紀の天文学が見た夜空ノムコウ 「宇宙は何からできているか？」



- 我々の体をはじめ、地上のすべての物質は**元素**から成る
- しかし宇宙全体を考えると、元素の割合は5%以下
- 光は出さず重力だけを及ぼす**ダークマター**が約2割
- 残る7割以上は、宇宙を一様に満たす**ダークエネルギー**

- 目に見えない ≠ 存在しない
- 宇宙の主成分は目に見えない未知の存在

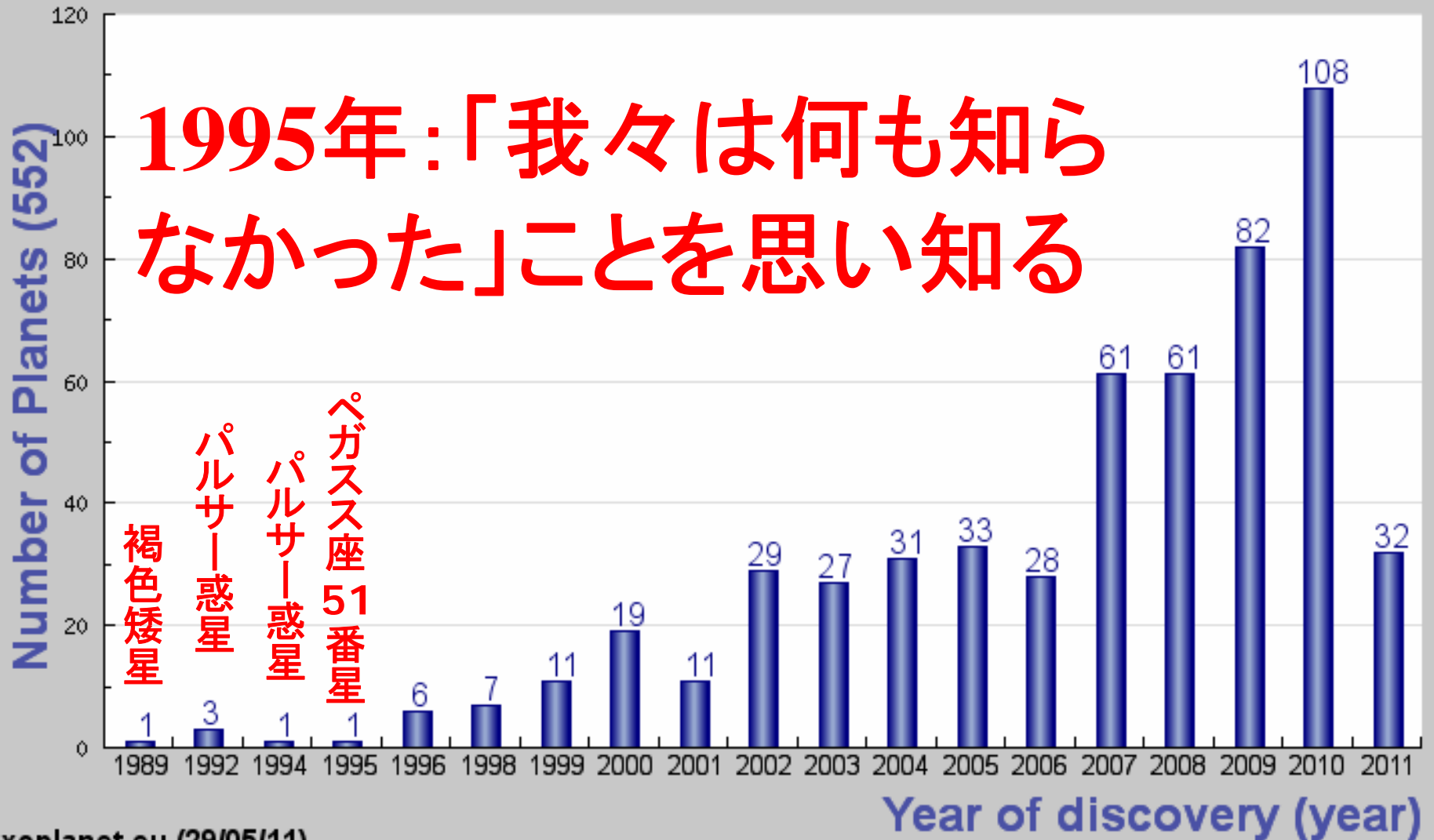
我々以外の世界はあるのか？ 太陽系外惑星



想像図

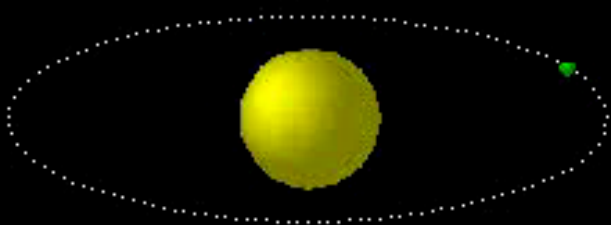
太陽系外惑星の発見年表

Number of planets by year of discovery



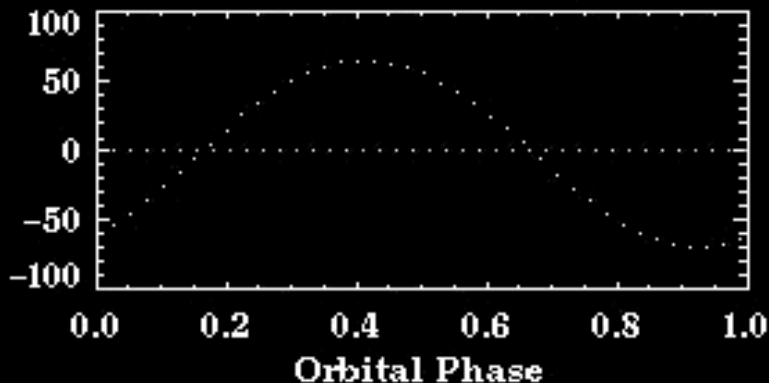
どうやって見つけたのか？

Circular Orbit: rho CrB



$K = 67.4 \text{ m/s}$ $e = 0.03$
 $\omega = 210.0 \text{ deg.}$ $\sin(i) = 0.3$ (*)

Radial Velocity Curve
of the Star [m/s]



S.G. Korzennik (CfA, © 1997)

■ ドップラー法

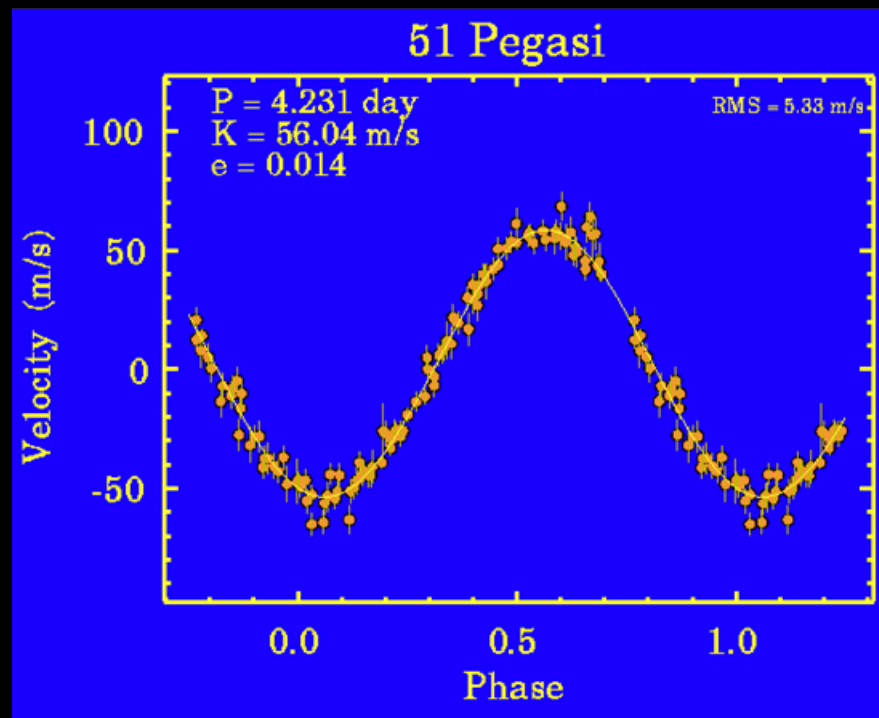
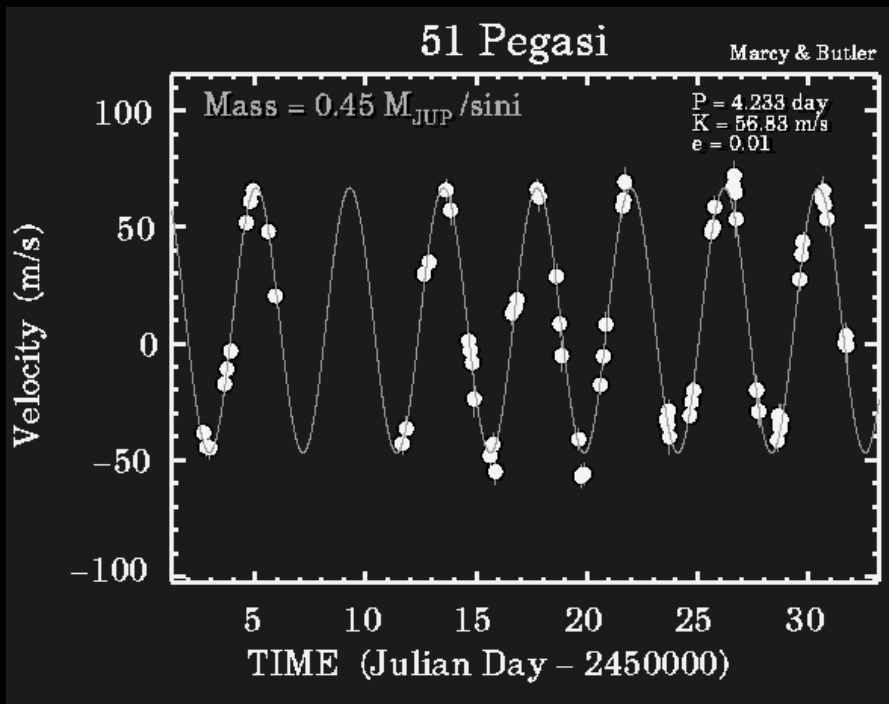
- 中心星の速度が毎秒数十メートル程度、周期的に変動

■ トランジット法

- (運がよければ) 中心星の正面を惑星が横切ることによって星の明るさが1パーセント程度周期的に暗くなる

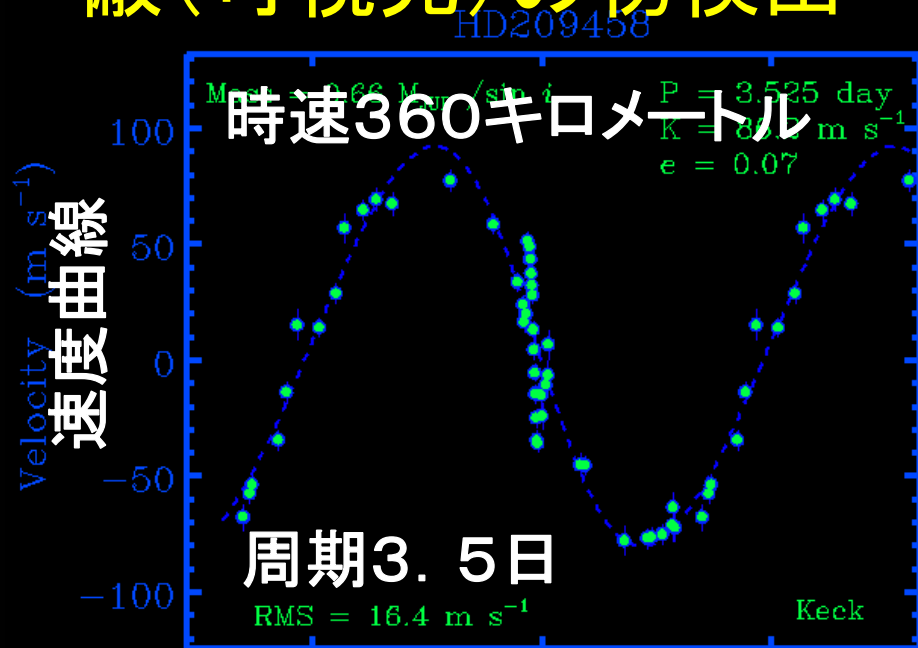
ペガサス座51番星： 初めての太陽系外惑星 (1995年発表)

わずか4.2日で一周！



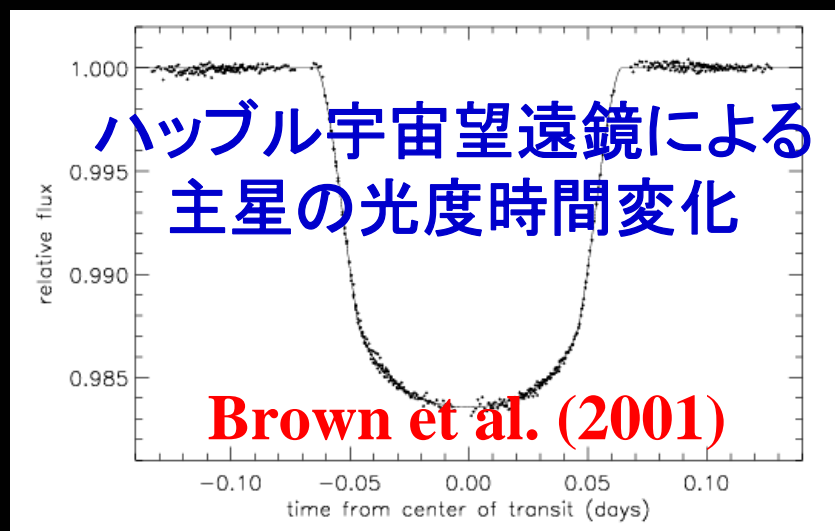
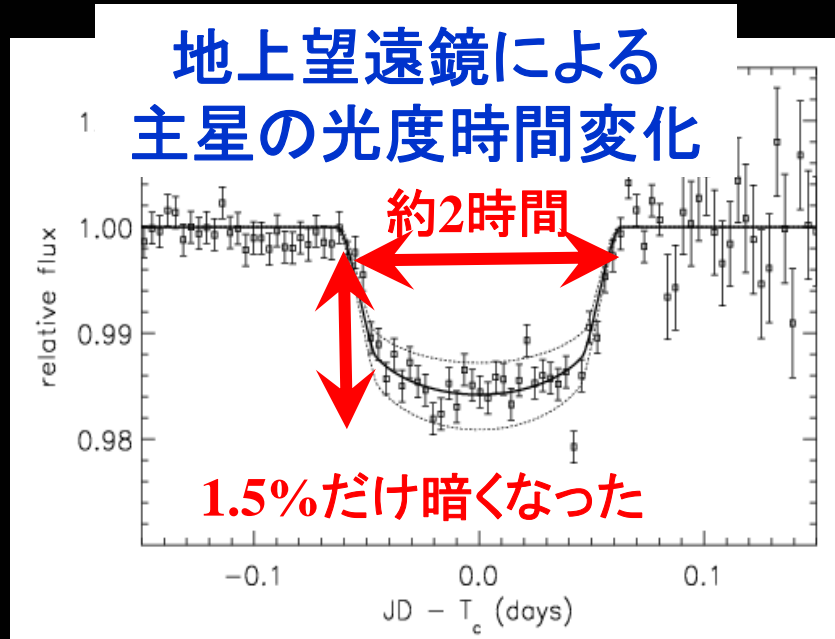
初めてのトランジット惑星HD209458b

- 速度変動のデータに合わせた惑星による主星の掩蔽(可視光)の初検出



地上望遠鏡による
主星の速度時間変化

Henry et al. (1999), Charbonneau et al (2000)



ケプラー探査機 (2009年3月6日打ち上げ)

トランジット惑星の測光サーベイ:
地球型ハビタブル惑星の発見をめざす

■ Borucki et al. NASA press release (2011年2月1日)

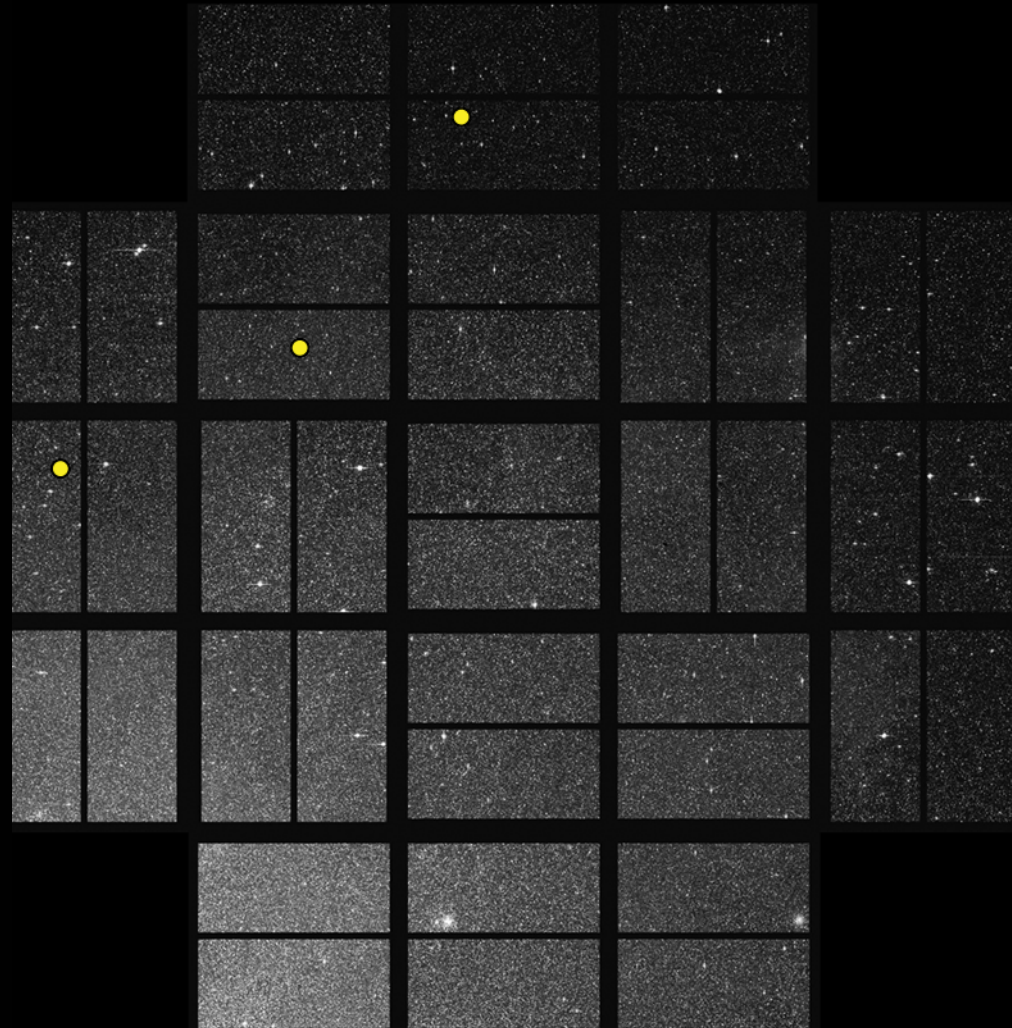
- 1235 のトランジット惑星候補
- 54 個がハビタブルゾーン?
- うち5個が2倍の地球半径以下
- 2重、3重、4重、5重、6重惑星系はそれぞれ、115 45, 8, 1, 1個
- 太陽と似た恒星の約34%が惑星を持ち、17%は多重惑星を持つ

<http://kepler.nasa.gov/>



ケプラー探査機の観測領域

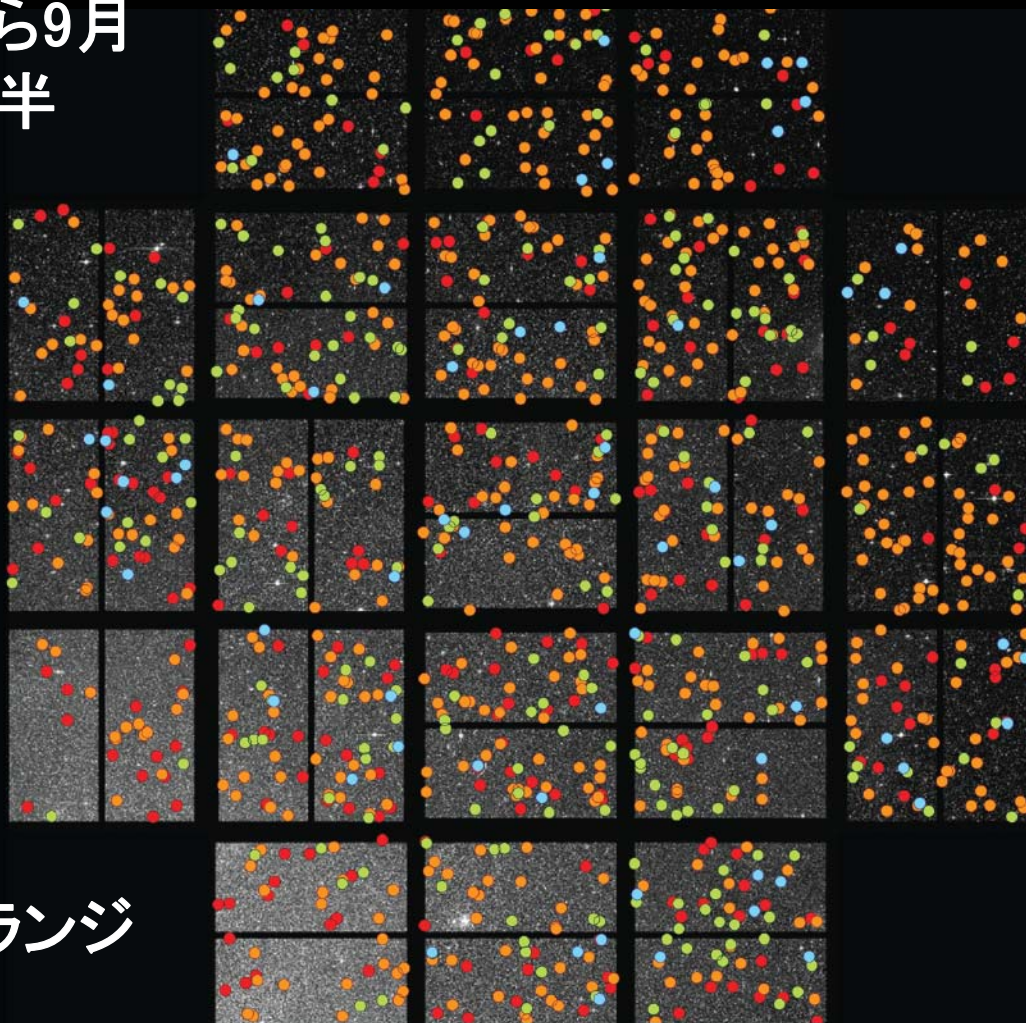
- 白鳥座・琴座付近の100平方度
 - 全天の400分の1
- 以前から知られていた惑星は3個(黄色の点)
- 4年間繰り返しモニター



新たに発見された惑星候補

- 2009年5月2日から9月16日までの4ヶ月半

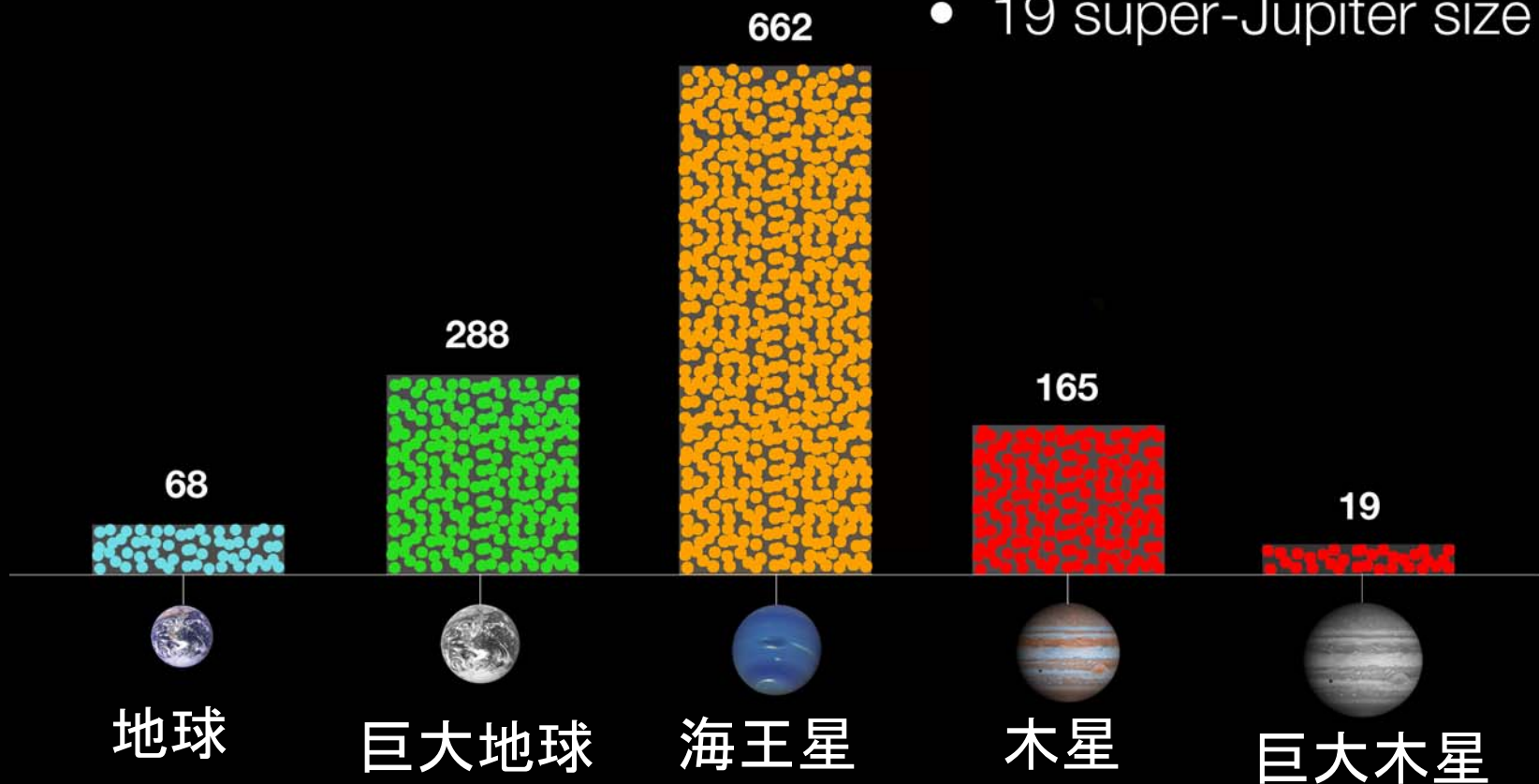
- Earth-size
- Super-Earth size
1.25 - 2.0 Earth-size
- Neptune-size
2.0 - 6.0 Earth-size
- Giant-planet size
6.0 - 22 Earth-size



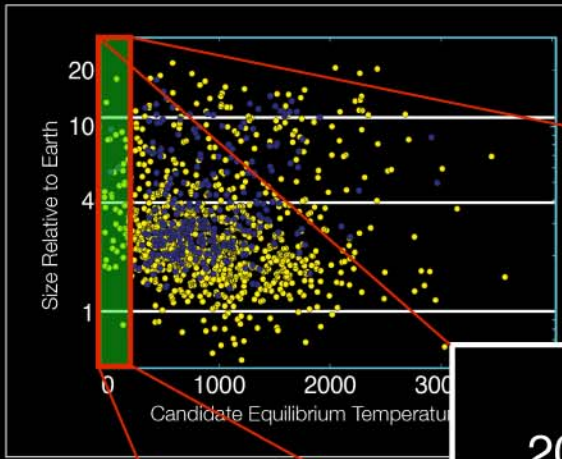
- 1200個以上のトランジット惑星候補

ケプラー探査機が発見した惑星候補

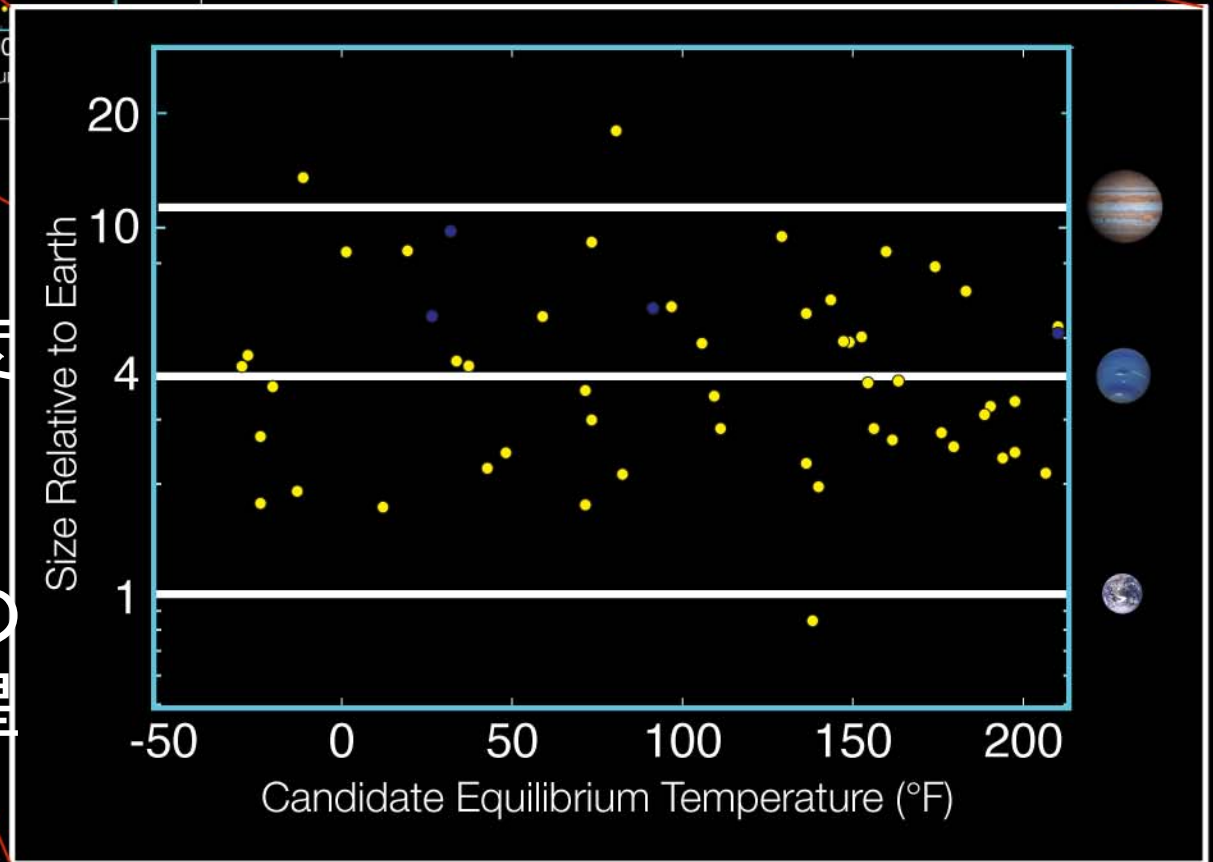
- 68 Earth-size
- 288 super-Earth size
- 662 Neptune size
- 165 Jupiter size
- 19 super-Jupiter size



ハビタブルゾーンにある 惑星候補



ハビタブルゾーン：
惑星の温度が適度
で水が液体として
存在できる領域。
主として、中心星の
明るさと距離、惑星
の反射率などで決
まる



ケプラー11: 6重トランジット惑星系

Kepler-11b Kepler-11c Kepler-11d Kepler-11e Kepler-11f Kepler-11g



1.97 R_E



3.15 R_E



3.43 R_E



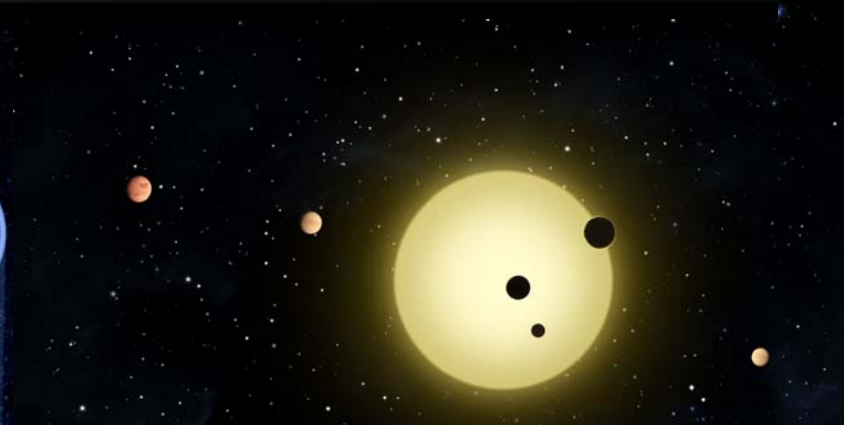
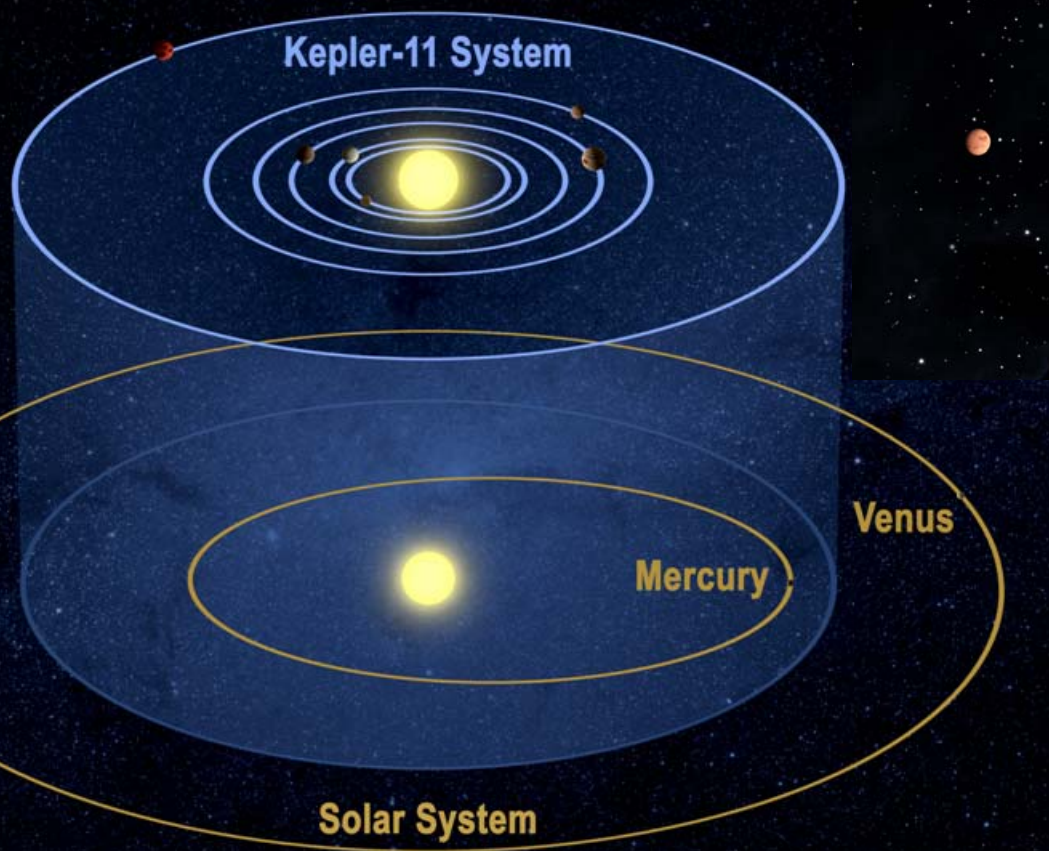
4.52 R_E



2.61 R_E



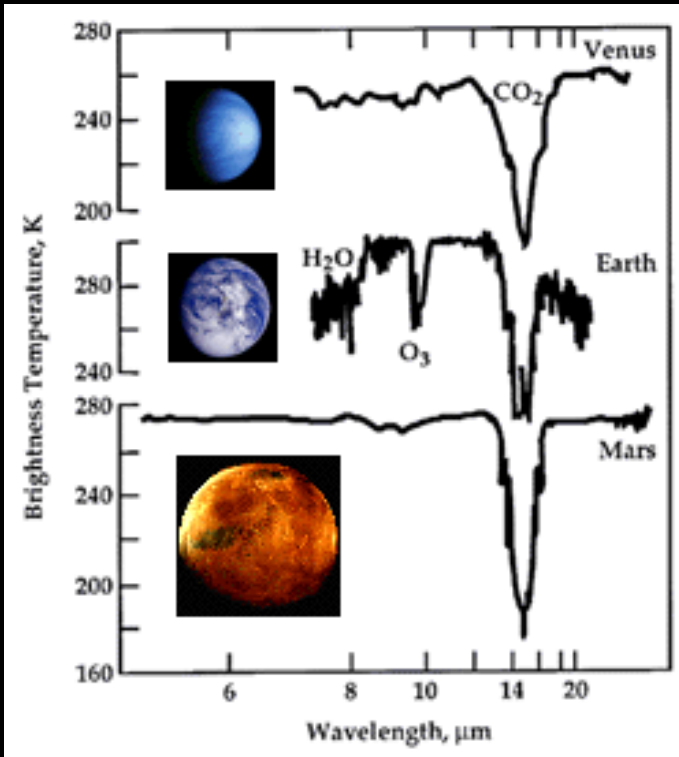
3.66 R_E



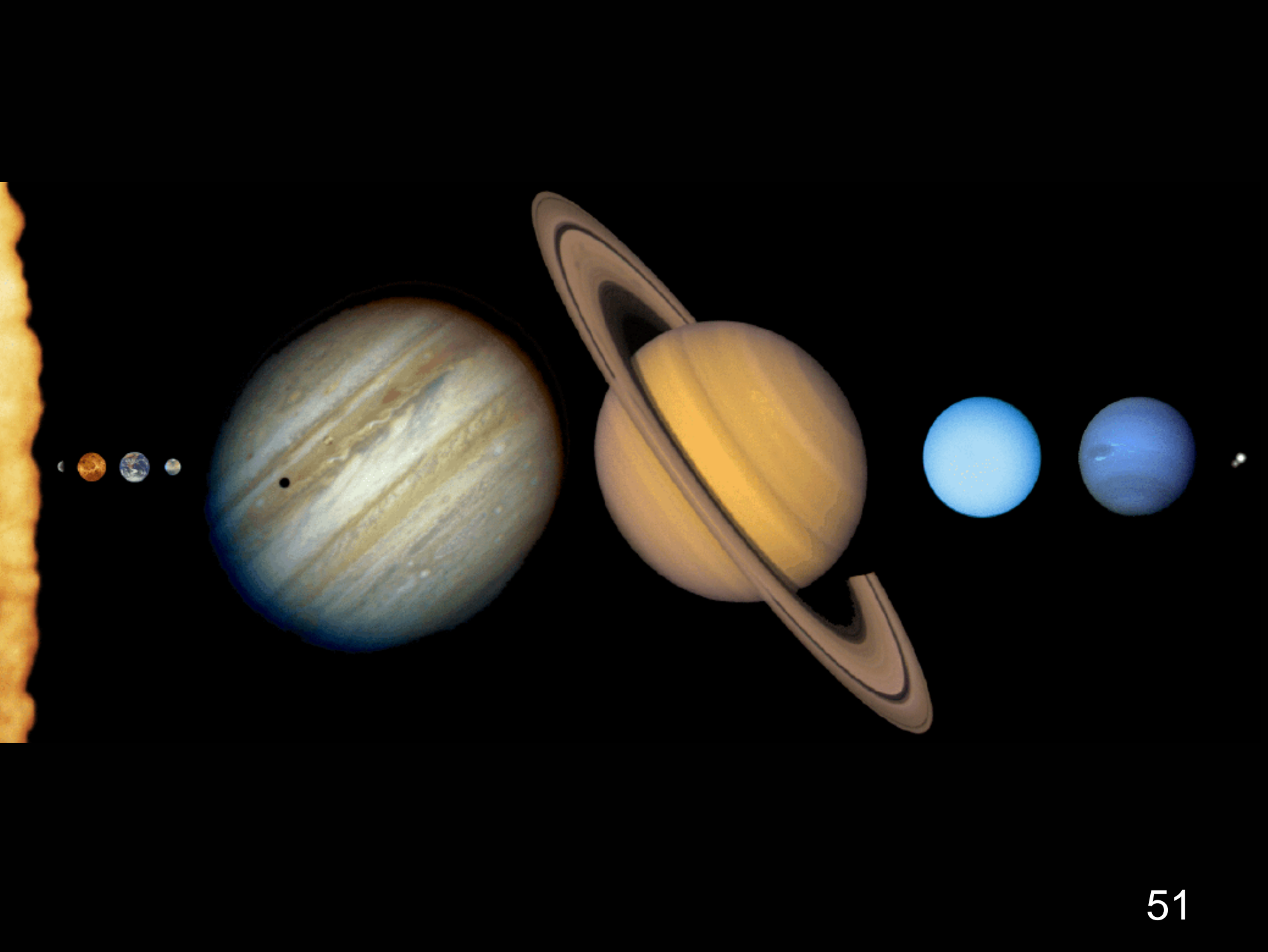
すでに学んだこと: 惑星いろいろ

- **惑星(系)は稀なものではなく普遍的**
 - 太陽と似た恒星の34%(以上)が惑星を持ち、17%(以上)は複数の惑星を持つ
- **太陽系と良く似た系もかけ離れた系も存在**
 - 太陽の周りを数日で公転する木星型惑星が大量に存在(太陽系の木星の周期は約10年)
 - 太陽系とは違い円軌道というよりもかなりゆがんだ楕円軌道の惑星も多い
 - 地球の2倍程度の質量の惑星候補も複数報告
 - 水が液体として存在する摂氏0度から100度の温度の惑星(ハビタブル惑星)候補も報告
 - 我々の地球以外に生命が存在するか?

太陽系外惑星のさきにあるもの “天文学から宇宙生物学へ”



- 地球型惑星の発見
 - 居住可能(ハビタブル)惑星の発見
 - 水が液体として存在する地球型惑星
 - バイオマーカーの提案と検出
 - 酸素、水、オゾン、メタン、、、
 - 超精密分光観測の成否が鍵！
 - 惑星の放射・反射・吸収スペクトルを
中心星から分離する
-
- 直接見に行くことができない系外惑星の表面組成・分布を
天文観測だけでどこまで推定できるか
 - 天文学から宇宙生物学を経て新たな世界観を開拓 50





まとめ

私の「学問」観

- 高校まで
 - 学習(学んでくりかえす)、勉強(つとめはげむ)
- 大学(特に大学院)では
 - 学問(学びて問う)
 - 受身のままずっと待っていても何も来ない
 - 高校までの先生とは違い、大学の教員は親切ではない!
- 謎を解明する(問題に答える)よりも、**新たな謎を発見(世の中の不思議さに感嘆)する**ほうが大事
- **決して競争する必要はない**: 勝ち負けという価値観は学問とは本来相容れない
 - 自分の適性を知る
 - すべてを一人でやるのではなく、教員、友人、先輩、後輩と共に学び議論する

典型的な研究者タイプと思われがちであるにもかかわらず実は研究者に向いていない人

- 他人とコミュニケーションがうまくとれない
 - 結果の批判を通じてさらなる発展が期待できない
- 本を読んで勉強することだけが好き
 - これでは新たな学問・研究にならない
- 難しい分野・問題・テーマだけが好き
 - 優れた学者と同じ道を歩んでいることで自分も優れた研究者であると勘違いする
- 語学力・文章力・表現力が低い
 - 実は私の日常のほとんどの時間は、日本語か英語での議論あるいは文章書きに費やしている
 - 実は理系でも(こそ)重要

試験の成績と本当の能力とは違う

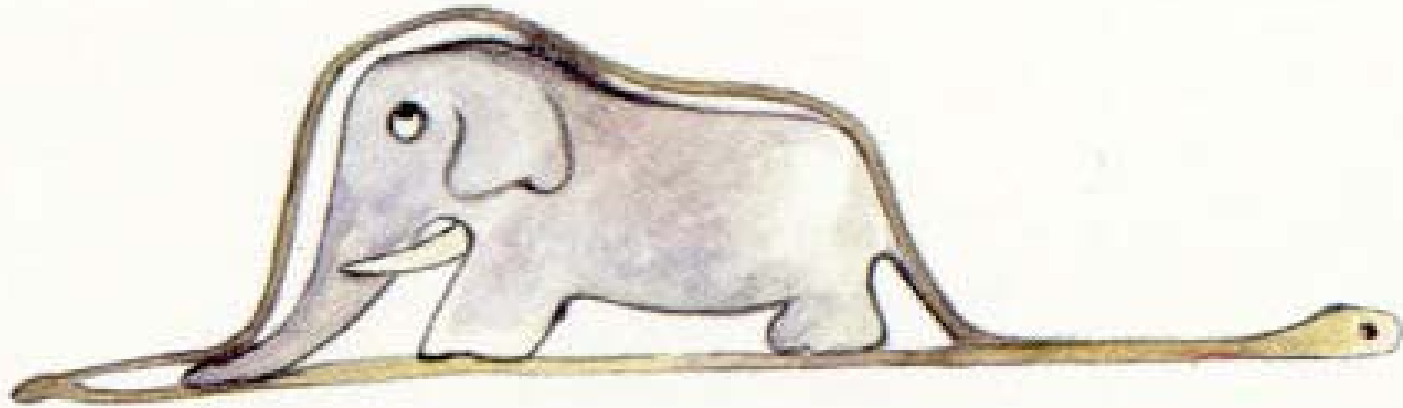
- 高校や大学での試験での評価基準
 - 正解が存在することがわかっている問題を
 - 決められた時間内に
 - 一人だけで何も見ず
 - すべての科目を万遍なく
- これらは実際の社会とは「矛盾する」制約
 - 試験での秀才が必ずしも優れた社会人とはなっていない
- 人間の才能は1次元の数値(全教科の総合得点)ではなく、多次元空間で表現すべきもの
 - 必ずしも(とびぬけて)優秀である必要はない
 - 何でも良いから余人をもって代えがたい度合いが重要
- 自分が打ち込めることを見つけることが最も大切

みえているものだけがすべてではない



*Mon dessin ne représentait pas un chapeau. Il représentait
un serpent boa qui digérait un éléphant*

大切なものは目に見えない



*J'ai alors dessiné
l'intérieur du serpent boa, afin que les grandes personnes puissent
comprendre. Elles ont toujours besoin d'explications*

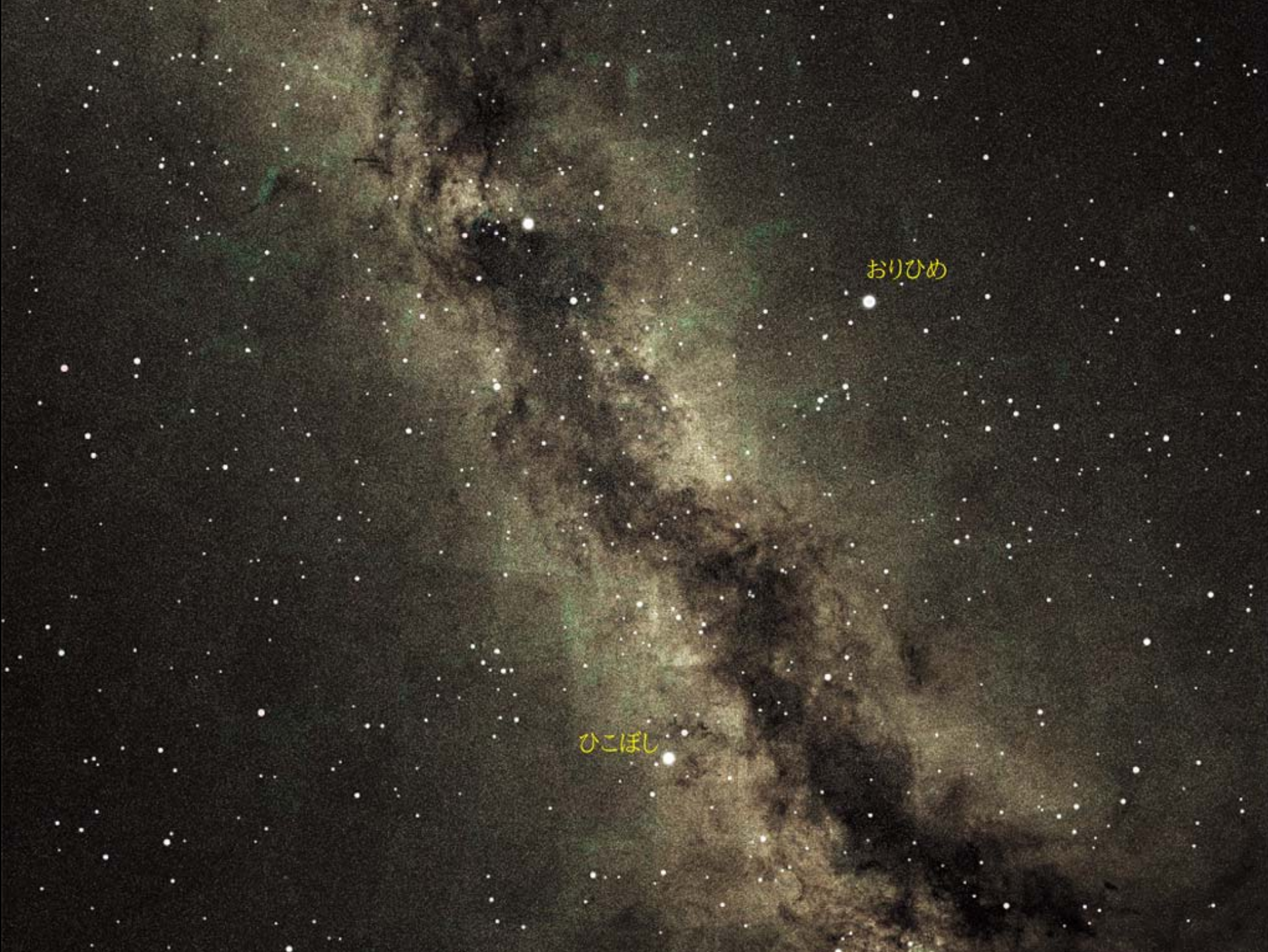


この青空のムコウには
無数の星々
がきらめいている

実はこの星空のムコウにも
ダークマター
ダークエネルギー
が満ちている

いまこそ夜空を眺めよう





おりひめ

ひこぼし

「星の王子様」より



夜空を埋め尽くす無数の星々のどれかに咲く

たった一つの花が好きになれたなら

夜空を見上げるだけで

とっても幸せな気持ちになれる

「僕の花がこの夜空のどこかにあるんだ」

と信じられるだけで

金子みすず：『星とたんぽぽ』

青いお空のそこふかく
海の小石のそのように
夜がくるまでしずんでる
昼のお星はめにみえぬ
見えぬけれどももあるんだよ
見えぬものでもあるんだよ

湯川学の人生観

東野圭吾『真夏の方程式』 文藝春秋社 p.412

- **どんな問題にも答えは必ずある。** だけどそれをすぐに導き出せるとはかぎらない。人生においてもそうだ。今すぐには答えを出せない問題なんて、これから先、いくつも現れるだろう。そのたびに悩むことには価値がある。しかし焦る必要はない。答えを出すためには、自分自身の成長が求められている場合も少なくない。だから人間は学び、努力し、自分を磨かなきゃいけないんだ。



アンパンマン エンディングテーマ

- 作詞：やなせたかし
もし自信をなくして
くじけそうになったら
いいことだけ
いいことだけ
思い出せ





7 / 2011

| 日 | 月 | 火 | 水 | 木 | 金 | 土 |
|----|----|----|----|----|----|----|
| | | | | | 1 | 2 |
| 3 | 4 | 5 | 9 | 7 | 8 | 9 |
| 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
| 31 | | | | | | |

夜空ノムコウ 作詞：スガシカオ

あれから僕たちは何かを信じてこれたかなあ
夜空の向こうには明日がもう待っている

悲しみっていつかは 消えてしまうものなのかなあ
タメ息は少しだけ 白く残ってすぐ消えた

あの頃の未来に 僕らは立っているのかなあ
すべてが思うほど うまくはいかないみたいだ

このまま どこまでも 日々は続いていくのかなあ
雲のない星空が マドの向こうに続いている

あれから僕たちは 何かを信じて来れたかな
夜空の向こうには もう明日が待っている