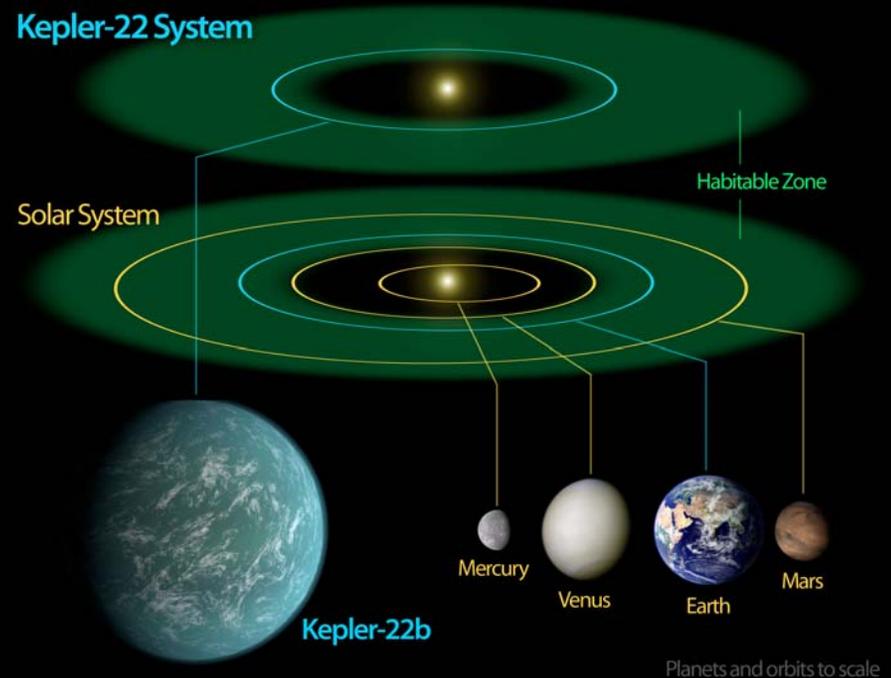
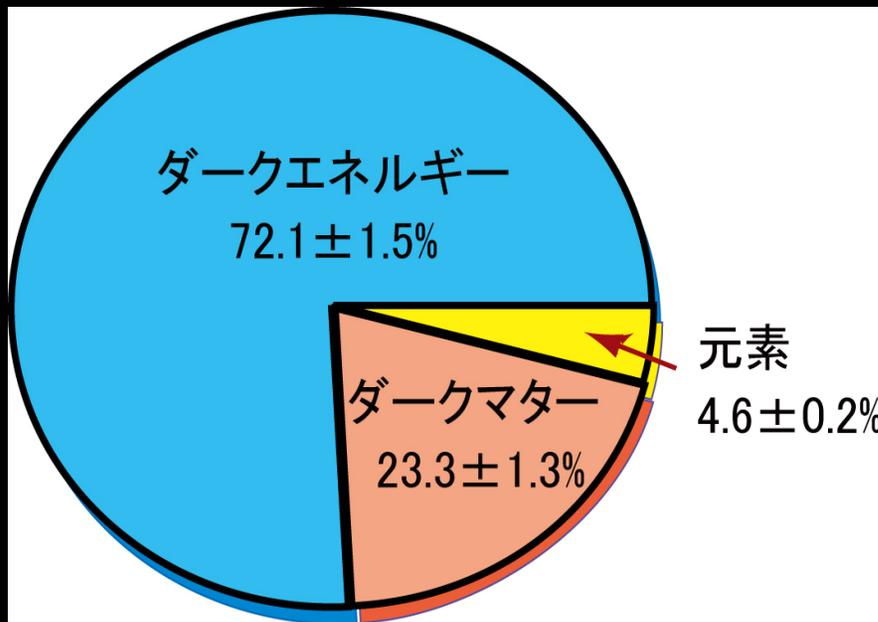


Invaluableでpricelessな 科学の価値と値段



東京大学 大学院理学系研究科物理学専攻 須藤 靖

2012年2月24日 九段中等学校進路講演会

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2012j.html

役に立つ勉強
と
役に立たない学問

必要な知識と不要な知識

- 高校で「学ばされる」科目は役に立つのか？
- 人によって全く異なるだろうが、私の場合
 - 数学と物理(と地学の一部)は不可欠
 - 英語と国語は文献を読み、共同研究者と議論し、研究結果を発表するために極めて重要
 - 化学と生物はあまり要らない
 - 歴史と地理、古文・漢文などは全く不要
- しかし、必要あるいは「狭い意味で役に立つ」事だけを学んでおけばそれで良いのか？
- 何のために学ぶのか？

何かを学ぶ理由

■ 幸せで楽しい人生を送るため！

- 良い会社に入り、安定した収入を得るためではない
- 人より優れている必要はない
- 自分がうちこめること、興味を持てるものを見つけられればそれで十分幸せである
- 生きる目的を見つける

■ 学び知る事で、以前は見えなかったものが見える

- 自分の世界、人生の可能性が広がる
- 無理に嫌な事を強制されてやる必要はない
- 何もせず無駄に時間を過ごしているだけでは、せっかく生まれてきたのにもったいない

やなせたかしの教え： アンパンマン オープニングテーマ



- 作詞：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！



高校までの「勉強」と大学(院)での「学問」

- 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)、問うために学ぶ
 - 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！
 - 自分の適性を知る
 - すべてを一人だけでやるのではなく、教員、友人、先輩、後輩と共に学び議論し研究する

試験が得意な人 ≠ 新しいことを開拓する

人

- 大学入学までに行う試験での評価基準
 - 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
- これらは研究・社会の現場とはすべて「矛盾する」
 - 試験での秀才が必ずしも優れた研究者・社会人になってない
- 人間の才能は1次元に数値化できるものではなく、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
- 何よりも自分が好き・楽しめることを見つけることが大切

科学を学ぶ意味

役に立たないことの価値

- 役に立つ事がすばらしいのは当たり前だが、役に立たないからといって、価値がない訳ではない
 - 芸術、音楽、文学、恋愛は何かの役に立つのか？
 - でもそれらは、我々が生きる理由を与えてくれる
 - **Invaluable** は、価値を判断する事ができない(ほど重要である)という意味
 - **Priceless** は、お金に換算した値段がない(ほど大切)という意味
 - これにしたがえば、科学にも**useful**だけではなく、**useless**だが**invaluable**で**priceless**な分野があって良い

Henri Poincaré

(Science et méthode, 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.

Richard Feynman

(The Feynman lectures on physics, volume III,
Feynman's Epilogue)

- The main purpose of my teaching has not been to prepare for some examination -- it was not even to prepare you to serve industry or the military. I wanted most to give you some appreciation of the wonderful world and the physicist's way of looking at it, which, I believe, is a major part of the true culture of modern times. *(There are probably professors of other subjects who would object, but I believe that they are completely wrong.)*

自然科学は間違いを通じて進歩する

- 「正しいのか間違っているのか区別できる」ことこそ自然科学の本質
 - 自然科学は決して万能ではないし、記述できることには限界がある
 - “falsifiable” (うそであることを示しうる)
 - 「説明できない事実が存在する」は自然科学の限界ではなく、むしろ出発点
- 失敗する(できる)からこそ進歩する
 - 失敗したことが明確に認識でき、その**反省**がフィードバックされた結果としてやがて次の成功を生む
 - 失敗や間違いの試行錯誤こそ、「世界」をより深く理解するためには本質的・不可欠
 - たまたまうまく行った成功例から学ぶことはあまり多くない

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無い人・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

心を癒してくれる名言はいかが？

- この本によれば、植物は人の愛情や威嚇を敏感に感じとり、反応するという。
- 「殺風景な避難所にも木はあります。植物が見てくれている、聞いてくれていると思えば、1人じゃなくて世界観が変わります」
- 憂いを知らぬ顔に思えた桜のピンク色が、人と一緒に元気をふるい起こそうとする姿に見えてきた。

(某新聞2011年4月17日(日)読書面書評欄より抜粋)

(ひねくれた)私のコメント

- このような世の中に乗じて「癒し」という名前の元に、トンデモ説を巧みに織り込んだような「迷言」を許してはならない(特に最初の一文がひどい)
 - 「植物が人の愛情や威嚇を敏感に感じとり、反応する」などというのは、ナンセンスの極み(ちなみにここで「心を安らかにしてくれる本」として玄侑宗久という人があげているのは、『植物の神秘生活』というトンデモ本。オイオイと言いたい！)
 - もちろん、それを信じるのは宗教と同じく個人の自由ではあるが、植物の美しさとは無関係
 - 桜は人の気持ちなどとは無関係に、自然のサイクルにしたがって花を咲かせ、葉をつけるだけだし、決して人間のためにピンク色になっているわけではない
 - ここまで勝手にこじつけては桜に失礼

おそらく世の中でより多数の大人の意見

- この記事を読んで、どれほどの避難所にいる方々が癒されたのかを想像してみる
- いろいろな人がいるのだから、どのような感じ方をしても自由ではないか
- すべての物事を科学的という言葉だけで片付ける「科学者」こそ狭い世界観に凝り固まっている
- このような善意に満ちた美しい言葉にまで揚げ足取りのような文句をつけるのは、人の心がわからない証拠
- だから科学者はだめなんだ

でもあえて言わせてほしい

- 基本的には世界観は個人の自由
- ただし、気持ちが弱り正常な判断力を欠いている際に、(結果的であれ)特定の価値観を滑り込ませるような行為は許されるべきではない
- 善意であれ、さらにいえば善意だからこそ危険性が高いこともある
- 「植物は人の心がわかる」から、「人の心を理解してくれるサボテンの鉢植え 1万円也」、「人を癒してくれた桜の木で作った印鑑 3万円也」、「常にあなたを見守ってくれる胡蝶蘭 50万円也」への道は直線距離にして100m以下

人にだまされない生き方

- 単なる文学的な修辞だにごまかして、「癒し」の大義名分のもとナンセンスな主張に目をつぶる態度は許せない
- 「植物が人の感情を感じとり反応する」は科学的には全くナンセンスである。それを信じるのは個人の自由であるが、それなしに桜の美しさや新緑の芽吹きを愛でられないのであれば、世界観を広げるどころか閉ざしてしまっているのではあるまいか。人間の苦しみとは無関係に、時が過ぎれば花を咲かせ実を結ぶ。それが自然の摂理なのであり、だからこそ、そのなかに希望をそして未来を感じるとうることができるのだと信じたい。

私の考える科学の心

- 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
 - **勉強**(つとめはげむ)から **学問**(学びて問う)へ
- **決して競争するな**: 勝ち負けという価値観は科学とは本来相容れない
- **ただし、このような私の価値観は、科学者の間でもあまり受け入れられてはいない**
 - しかし「役に立たない」学問を、その波及効果、あるいは「100年後に役に立つ」学問を生み出すという理由で正当化する論調には賛同しかねる

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

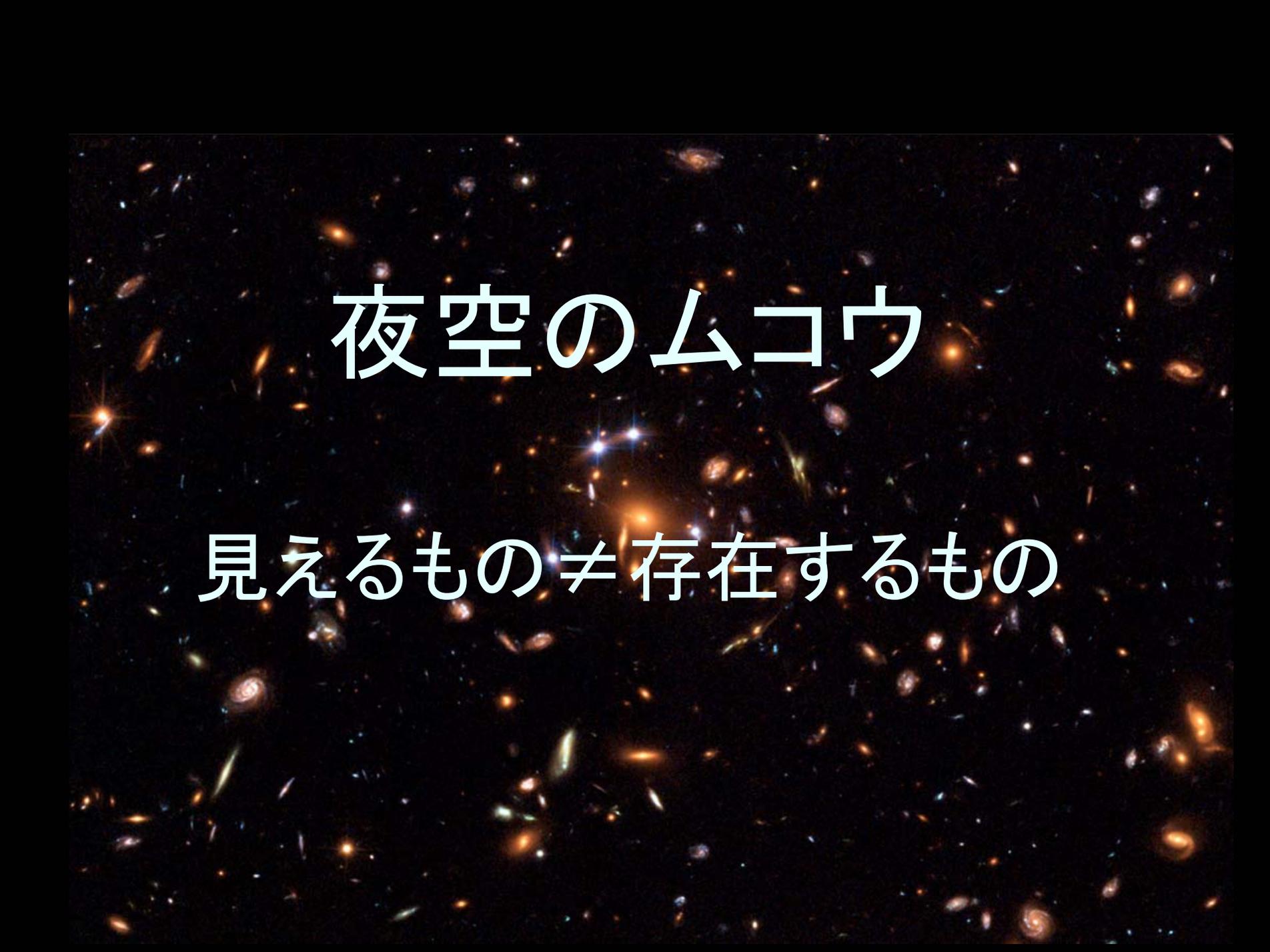
東京帝国大学物理学教授

文学部と理学部

- 「文学部か、いいなあ」
- 「え、どうしてです」
- 「思い残すことがないでしょう」

私は《文学部しかない》と決めていて、それが何のためとは思わなかった。しかし、勉強が、それ自体のためというより、ステップであるということも当然あるわけだ。いや大学という存在の《機能》を考えたら、そちらの方が自然なのかもしれない。

北村薫『六の宮の姫君』(東京創元社)



夜空のムコウ

見えるもの ≠ 存在するもの

ロサンゼルスの青空 (2010年6月25日)

- この青空は世界の果てではないのか
- この先に別の世界が広がっているのか

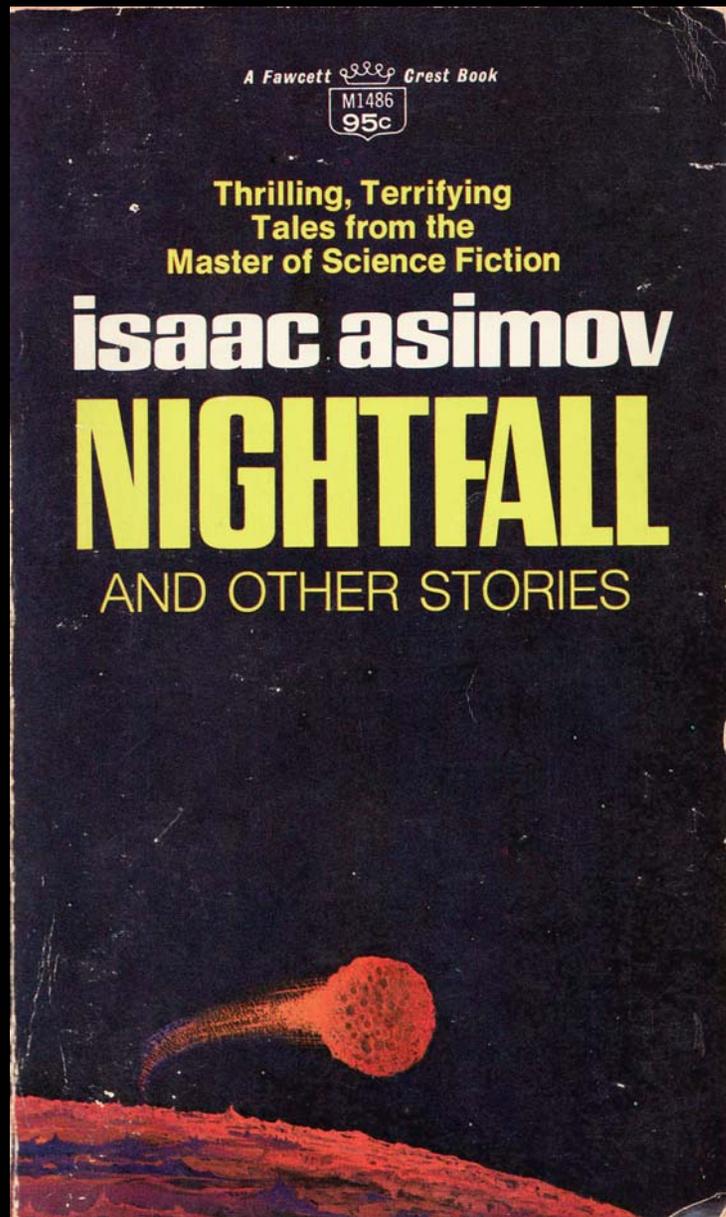
アイザック・アシモフ著 「夜来たる」



イラスト：羽馬有紗

- 2000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？

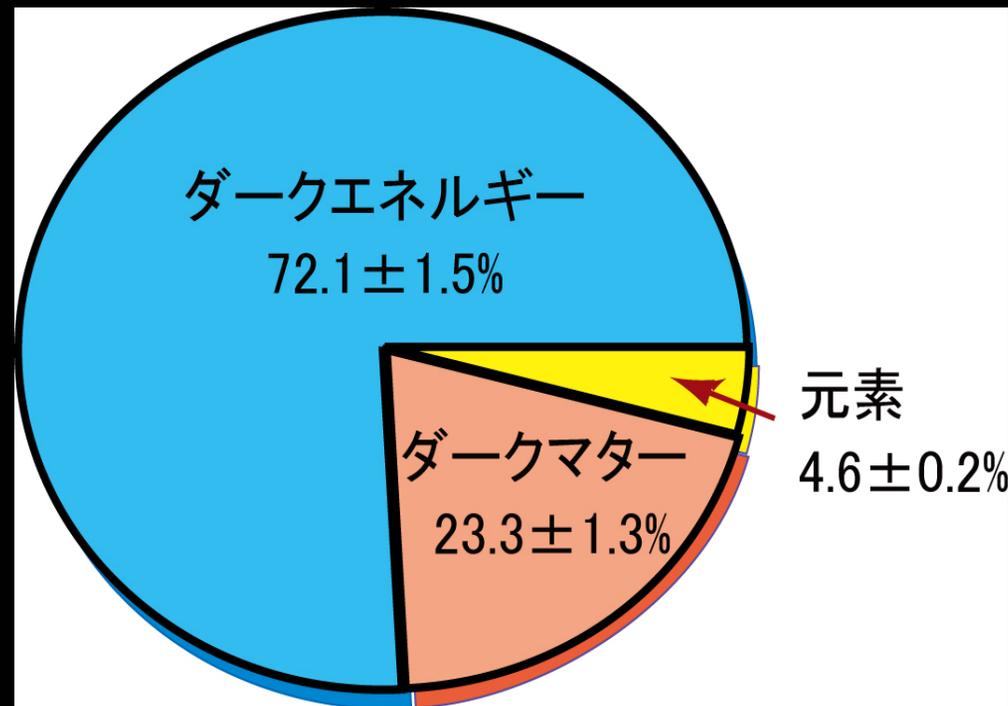
アイザック アシモフ: Nightfall(夜来たる)



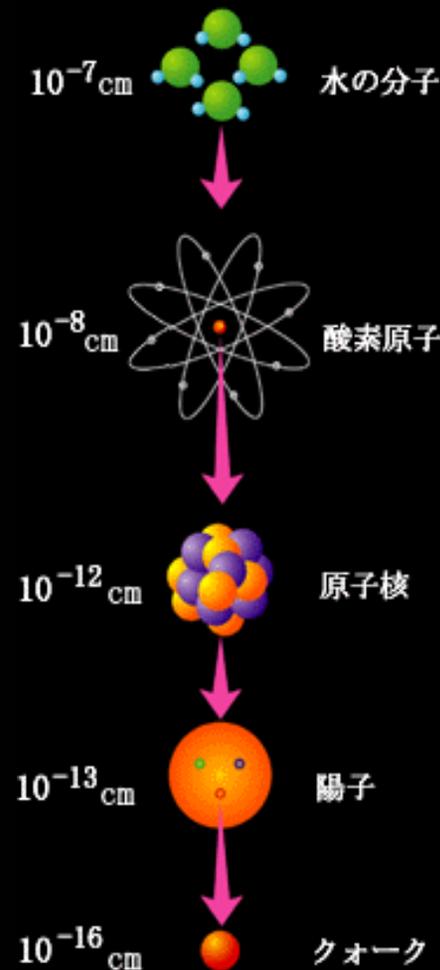
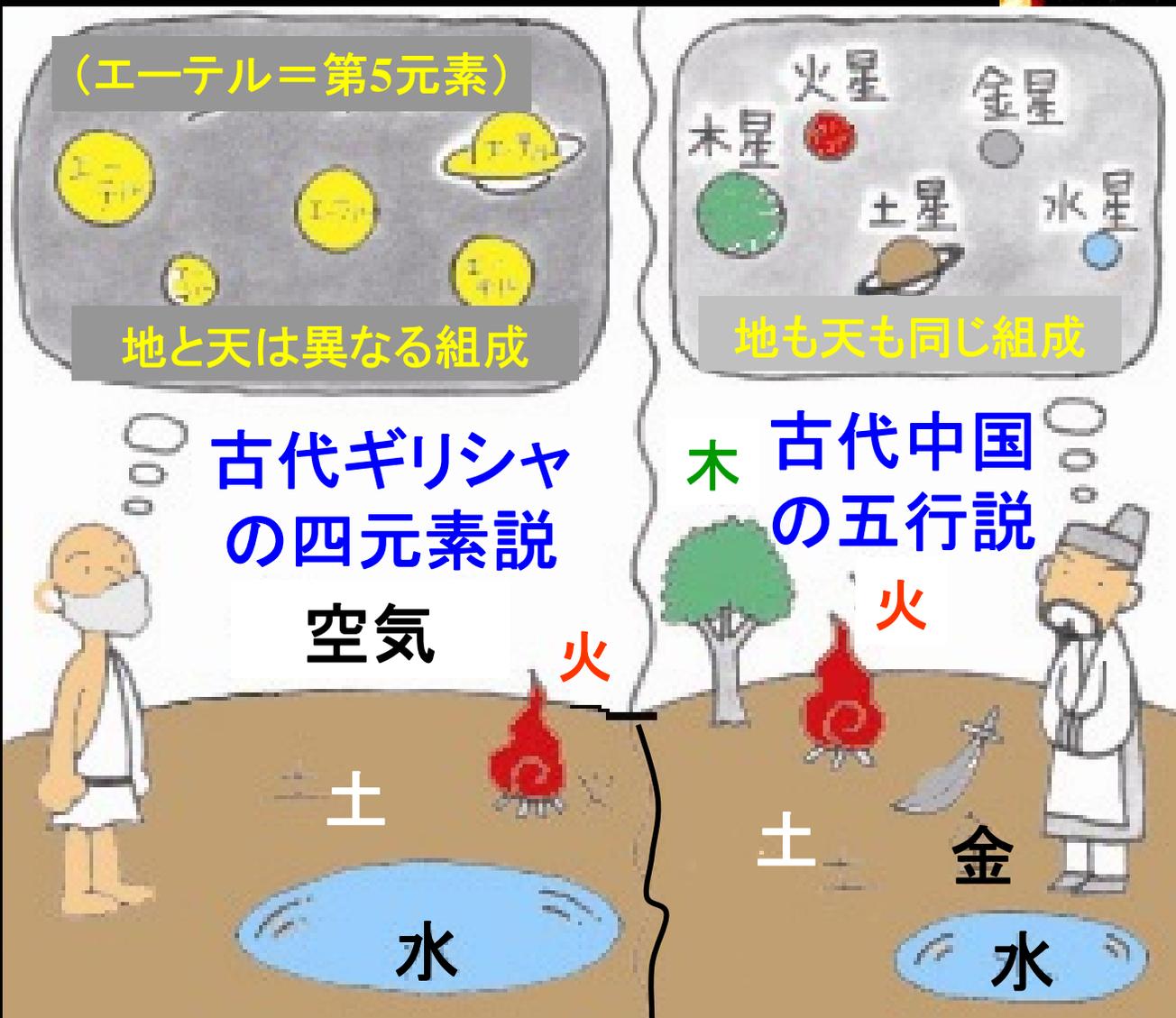
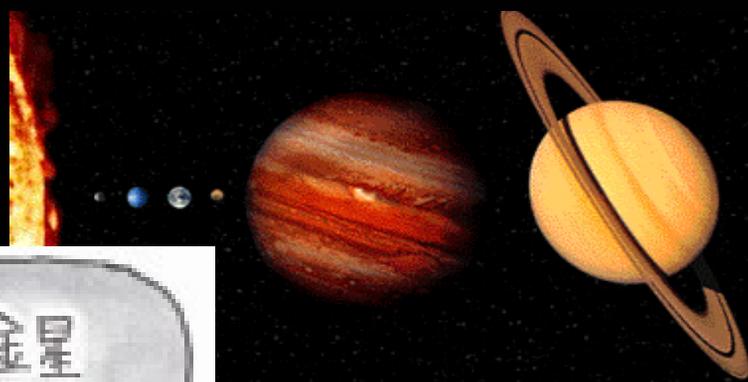
- 夜の存在が外の世界の存在を教えてくれる秀逸な名作
- “Light !” he screamed. Aton, somewhere, was crying, whimpering horribly like a terribly frightened child.
“Stars -- all the Stars -- we didn't know at all. We didn't know anything.”

見えなくとも宇宙を満たしているもの

宇宙のダークエネルギー



自然界に思いをはせる



(いずれもよう:須藤靖「ものの大きさ」図1.1より)

世界は何からできているのか？

■ 古代ギリシャの4元説

- 空気、土、火、水

■ 中国の五行説

- (木、火、土、金、水)
× (陽、陰)

- これが日本で用いられている惑星と曜日の名前の由来

■ 現代物理学

- 分子⇒原子⇒原子核(陽子・中性子)⇒素粒子(電子、ニュートリノ; クォーク・レプトン)

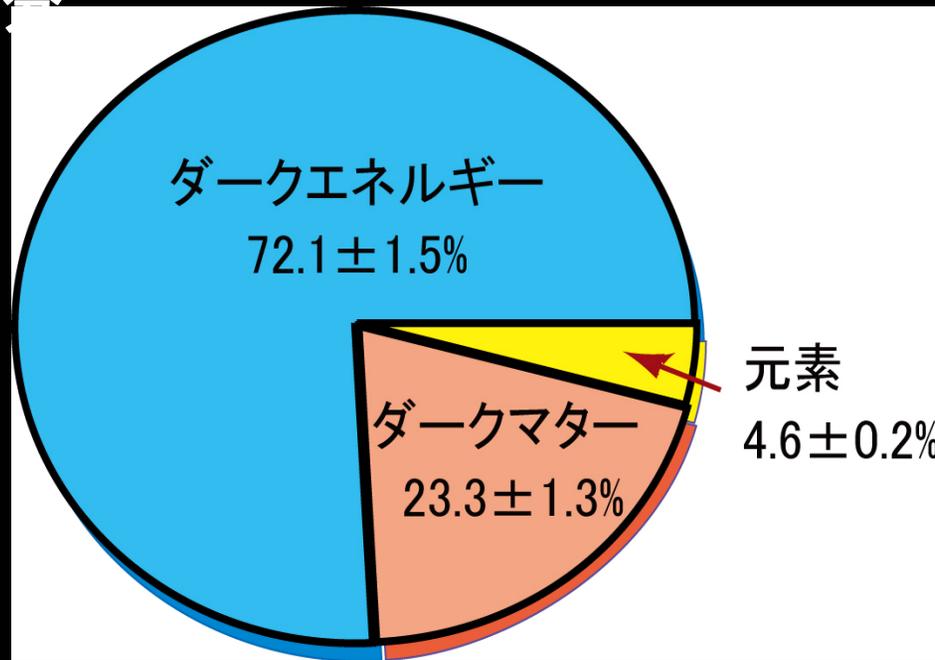


日月火水木金土

	陽	陰
木	きのえ 甲	きのと 乙
火	ひのえ 丙	ひのと 丁
土	つちのえ 戊	つちのと 己
金	かのえ 庚	かのと 辛
水	みずのえ 壬	みずのと 癸

宇宙は何からできている？

- 万有斥力(負の圧力)
- アインシュタインの宇宙定数？ **ダークエネルギー**
- 宇宙空間を一様に満たしている
- ダークマターとは異なり空間的に局在しないが宇宙の主成分



元素

- 現時点で知られている物質は実質的にはすべて元素(陽子と中性子)からなる

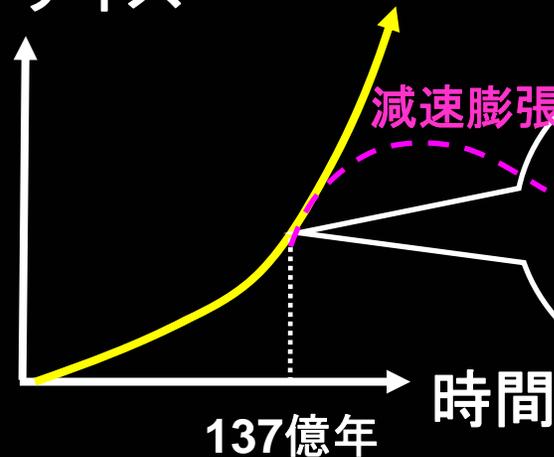
ダークマター

- 銀河・銀河団は星の総和から予想される値の10倍以上の質量
- 未知の素粒子が正体？

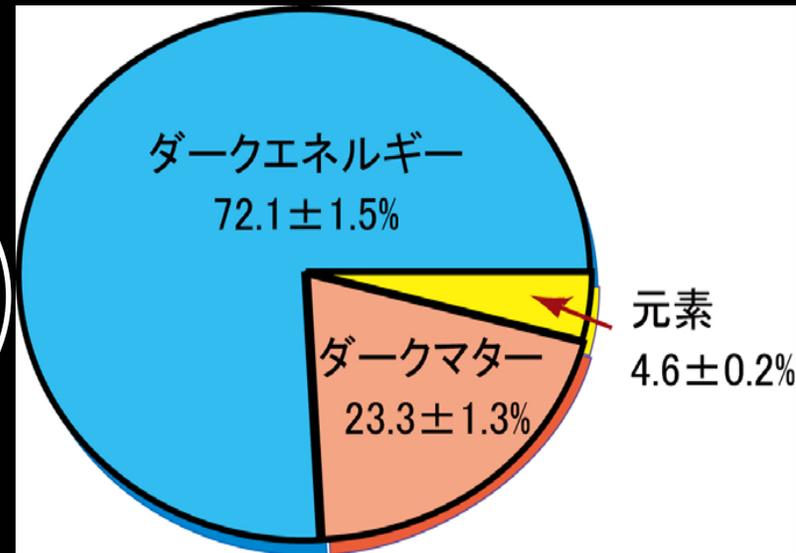
宇宙の95%以上が正体不明

宇宙の
サイズ

宇宙の加速膨張



万有斥力?
宇宙定数?
ダークエネルギー?
一般相対論の破綻?



■ ダークエネルギーの正体は何か？

- 万有斥力を及ぼす奇妙な物質(ダークエネルギー)?
 - アインシュタインの宇宙定数 (1917年)?
 - 「真空」がもつエネルギー? 21世紀のエーテル?
- 宇宙論スケールでの一般相対論(重力法則)の破綻

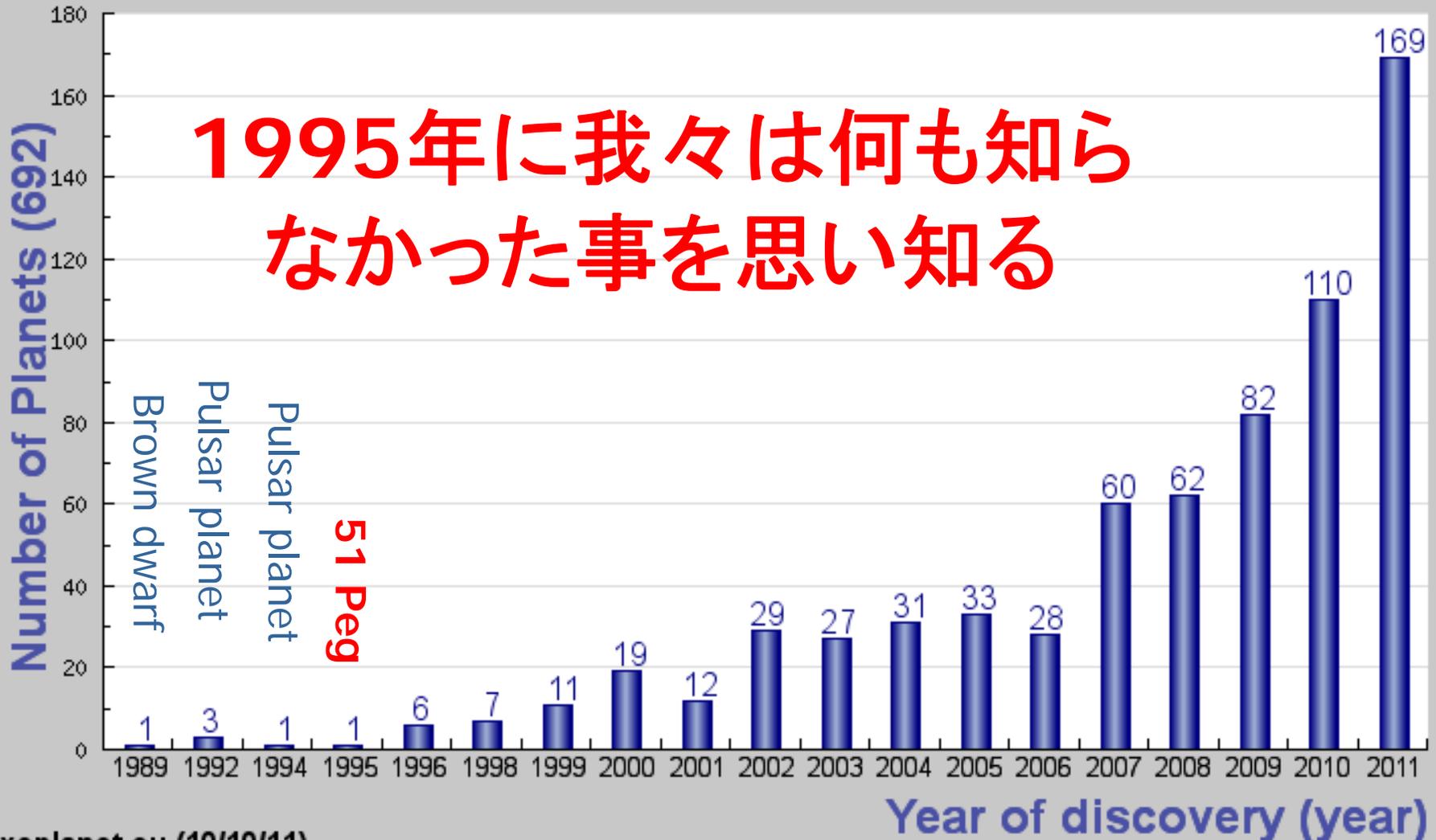
■ 我々は何も知らなかった

我々の地球の外にある世界

太陽系外惑星

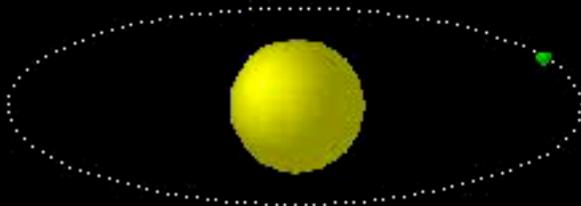
太陽系外惑星発見の歴史年表

Number of planets by year of discovery



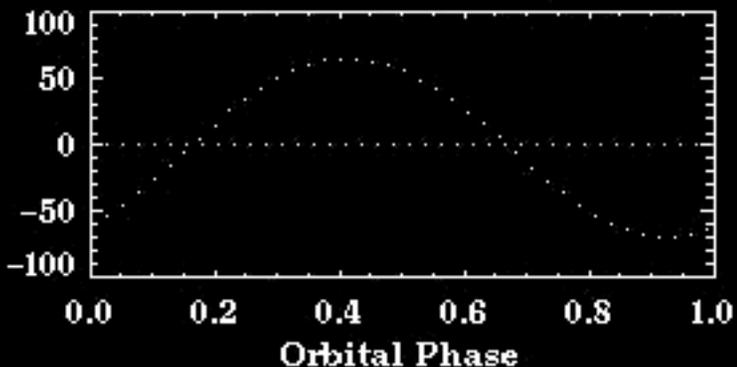
どうやって見つけたのか？

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]



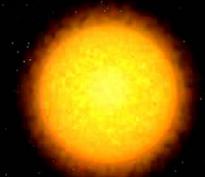
S.G. Korzennik (CfA, © 1997)

■ 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

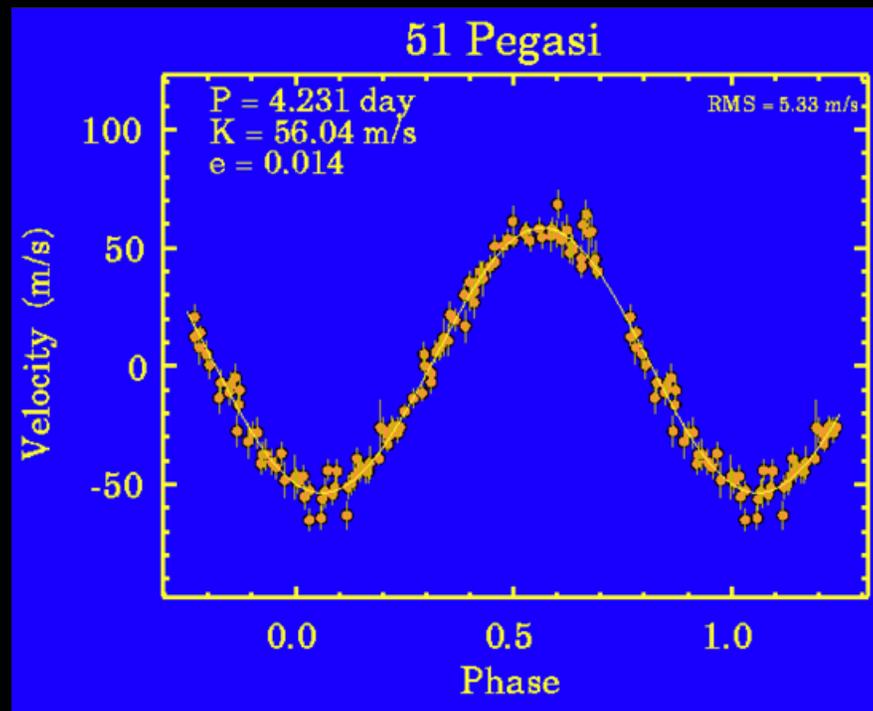
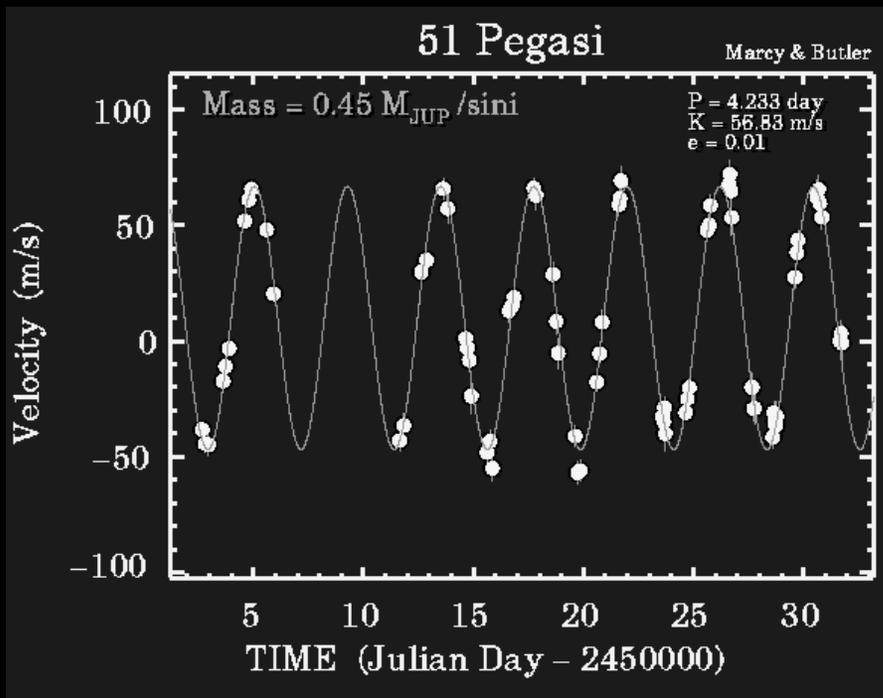
■ トランジット法

- (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)

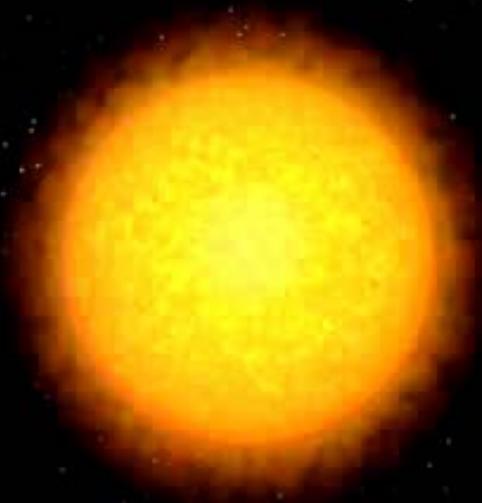
わずか4.2日で一周！



初めてのトランジット惑星HD209458b

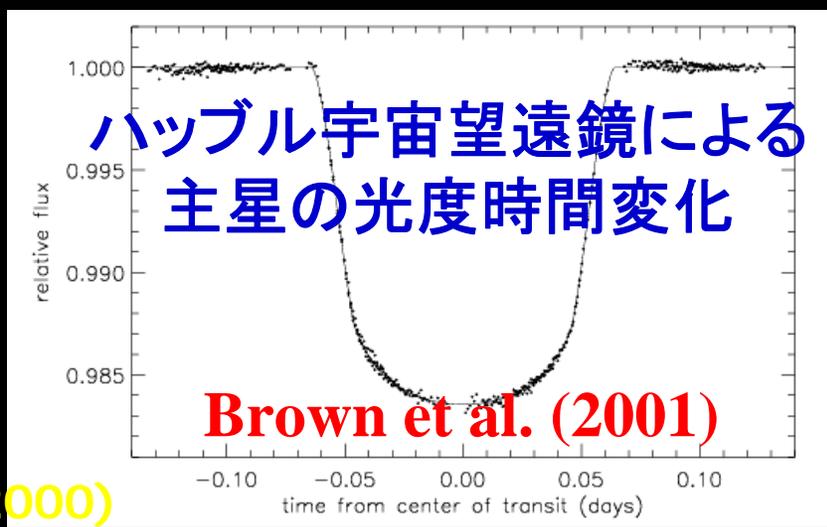
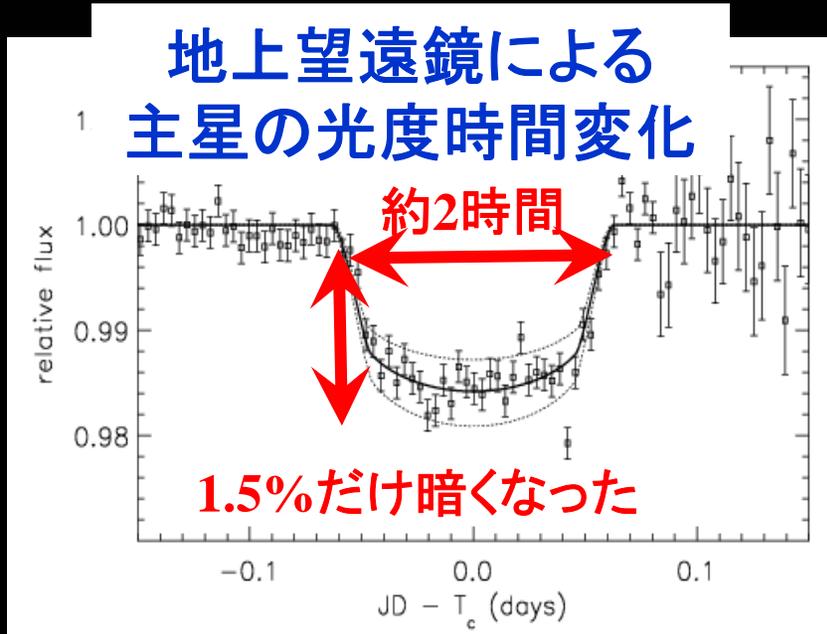
- 速度変動のデータに合わせた惑星による主星の掩蔽(可視光)の初検出

周期3.5日



想像図

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/>

最初の居住可能地球型惑星？

Kepler-22 System

もう一つの地球？ 生命は存在するのか？

Habitable Zone

Solar System

我々は何も知らなかった



Kepler-22b

Presentation by Natalie Batalha, Kepler Deputy Science Team Lead

Planets and orbits to scale

今日皆さんに伝えたかったこと

「我々は何も知らなかった」ことを思い知る

- 20世紀の物理学は、世の中の物質がクォークとレプトンという素粒子の階層によってほぼ説明できると思い込んでいた
 - しかし最新の天文学によって、それは大間違いで、宇宙の大半は未知の物質からなることが示されている
- 太陽系以外に惑星が続々と発見されている
 - ただしそこに生命が存在するかどうかはまだ誰にもわからない
- 科学においては、答えを見つけると同等、あるいはそれ以上に、重要な謎を見つけることが大切
 - まさに宇宙物理学・天文学の現状は**学問**

個人的な物理学的世界観

■ 「見えない ≠ 存在しない」

- 見えているものは実はほんの一部。むしろ、見えていないものこそ真実あるいは本質であることが多い
- この世の中が不思議さにあふれていることに気づく
- 新たな謎を発見しよう。自らその謎を解明する必要はないし、謎の答えが完全に理解できなくとも良い
- でも、役に立たない謎を解明しようとしている人々の努力の意義は理解してほしい

■ 理系・文系といった無意味な分類はやめる

- 常に異なる価値観と世界観を学び続けることで、世界（含む自分）を客観的に相対化する

■ 競争はせず、楽しみながら学んで生きていこう

湯川学の人生観

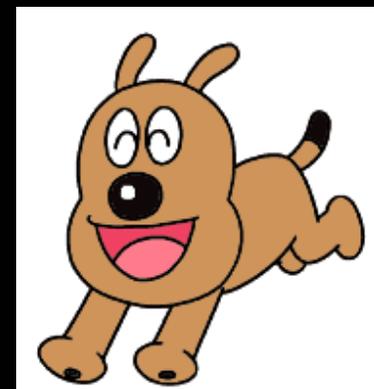
東野圭吾『真夏の方程式』 文藝春秋社 p.412

- **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

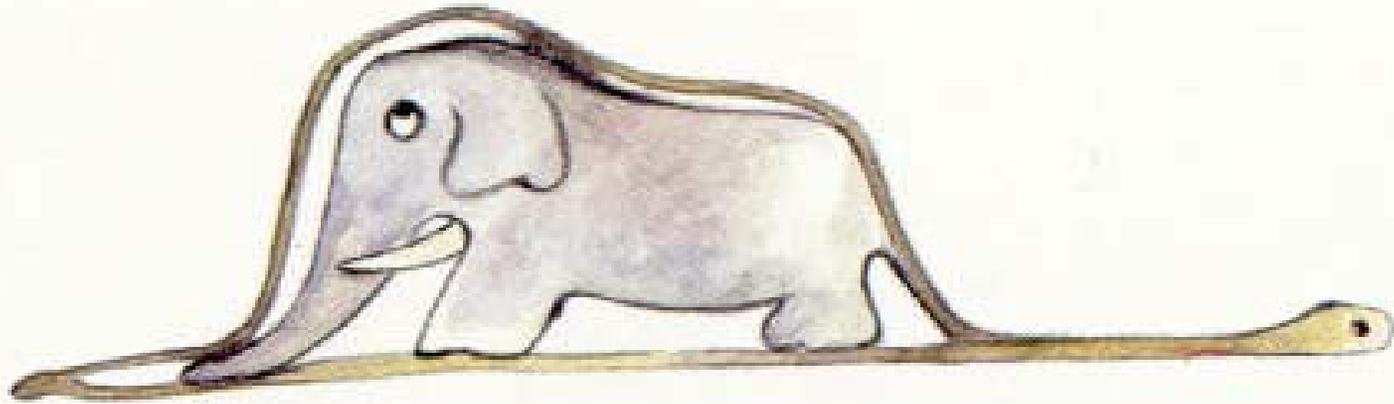


みえているものだけがすべてではない



*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*



青空しか知らないとこの世界の
外などないと思ってしまう

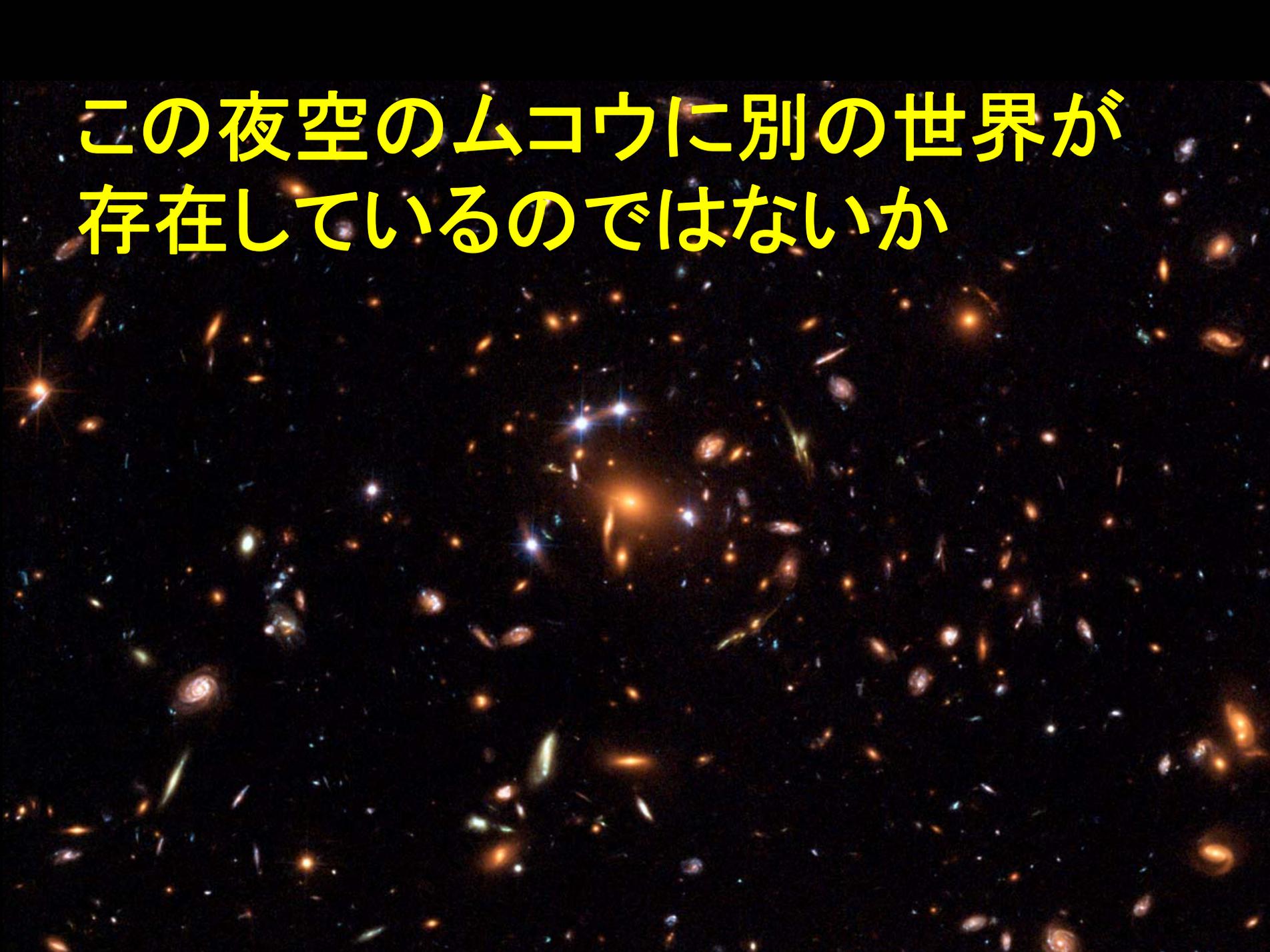


「我々は何も知らなかった」

満天の星空を見上げれば、
我々以外の世界があるのは当たり前

(すばる観測所、田中壺氏撮影)

この夜空のムコウに別の世界が
存在しているのではないか



見えなくとも「夜空のムコウ」にあるもの

■ 宇宙に果てはあるのか？

■ 宇宙論

■ 宇宙は何からできているのか？

■ 素粒子論

■ もう一つの地球はあるのか？

■ 惑星形成論、宇宙生物学

■ 地球外生命・文明はあるのか？

■ 人間原理、宇宙社会学、宇宙比較文化論

宇宙を探求する 心「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