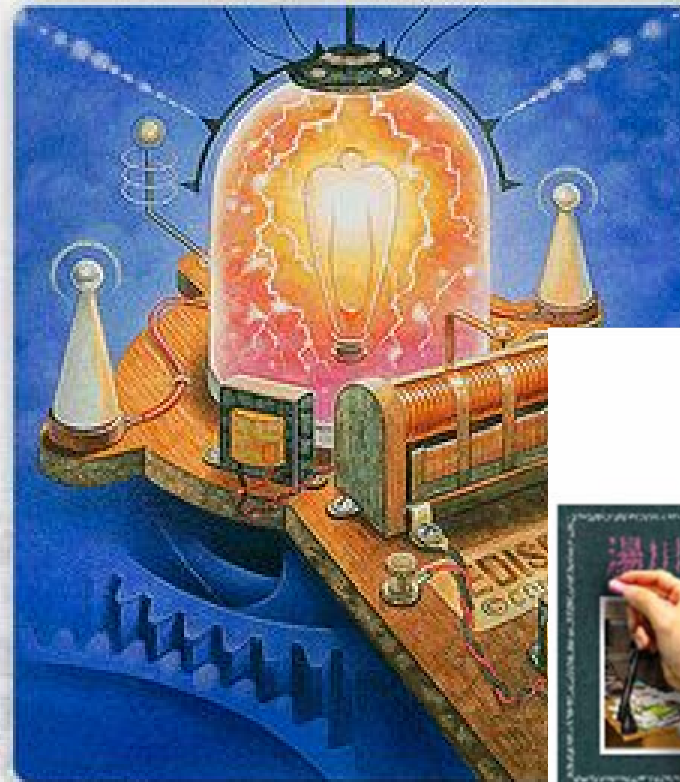


夜空のむこう

東京大学 大学院理学系研究科 物理学専攻
須藤 靖

2007年12月20日 相馬高校SSH研修講演会@代々木

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2007j.html



絵・塩谷博明

10月企画 新月9ドラマ

探偵ガリレオ

東野圭吾 × 福山雅治 × 柴咲コウ

湯川研究室セット紹介
「ガリレオ」のために作られた「湯川研究室」の豪華なセットを余すところなく紹介します。 [click](#)

原作紹介
東野圭吾さんの『探偵ガリレオ』、『予知夢』を紹介。 [click](#)

ギミックギャラリー
トップページで過去に公開されていた、ロゴのギミックをご覧いただけます。 [click](#)

データ放送プレゼント
地上デジタルテレビやワンセグで「ガリレオ」を見て、プレゼントをゲットしよう。 [click](#)

『ガリレオ』特別対談
福山雅治さんと柴咲コウさんの特別対談、お互いの印象や東野作品の魅力などを語っていただきました。 [click](#)

ガリレオ 研究室
番組公式コミュニティサイト 研究生募集中! [click](#)

■ むろん、現実がそんなわけはない、、、

湯川学 vs. 湯川秀樹



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
 - もちろん高村先生の責任ではありません
- 「本当」の物理学(=自然界)は面白さに満ちている!

高校と大学の違い



学問の自由に基づき、真理の探究と知の創造を求め、世界最高水準の教育・研究を維持・発展させる

学ぶに相応しい資質を有するすべての者に門戸を開き、広い視野を有するとともに高度の専門的知識と理解力、洞察力、実践力、想像力を兼ね備え、かつ、国際性と開拓者的精神をもった、各分野の指導的人格を養成する



福島県立相馬高等学校

校訓 …「至誠」

何事にもまごころを尽くしてあたる 誠意を尽くすという意味である。

常に相手の心情を思いやるとともに、礼儀をわきまえ、自分の良心に従って行動する

人間に成長して欲しいという
願望がこめられている。



高校までの「勉強」と大学(院)での「学問」

- 高校まで **至誠**
 - **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** 学問の自由に基づき、真理の探究と知の創造を求め、世界最高水準の教育・研究を維持・発展させる
 - **学問** (学びて問う)、**研究** (みがいてきわめる)
 - 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、友人、先輩、後輩と共に学び議論し研究する**

研究者に向いている人

- 大学(院)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(あらゆる仕事)と「矛盾する」制約
 - 試験での秀才が必ずしも優れた研究者にはなっていない
- 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
- ただし研究が好き・楽しめることが大前提

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

(自然)科学を学ぶ意味

- 試験のために勉強することが目的ではない
- 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
- 正しいことと間違っていることを見極める
 - 変な人(詐欺師、政治家、官僚、教員)に騙されない
 - 真実を合理的に理解し納得する
 - 善悪を区別する
- 科学を学んで良かったなあ、と思ってほしい

自然科学とえせ科学との違い

■ 自然科学の特徴

- 近似的な世界観を更新し続ける行為
- 論理自身は問題なくとも、実験が否定することもある

■ 「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的定義

- “falsifiable” (うそであることを示しうる)
- 間違っているかどうかわかりようがなければ)
自然科学の対象外 (例: 神が宇宙を創った)
- 「説明できない」ことは自然科学の問題点ではなく、むしろ出発点

研究する楽しさ

- (どんなにつまらないことでも)世界で初めて発見する喜び
 - 自分がいち早く知り得たことの興奮
 - 成果を発表して共感してもらえることのうれしさ
- 単に結論を知識として受け入れるのではなく、自分の頭で理解する喜び
 - 「宇宙がビッグバンで始まったなどという知識は二束三文の価値もない。重要なのは、なぜそう考えられるかである。」 佐藤文隆(宇宙物理学者)
- 自分一人では実現できないことを共同研究を通じて一緒に可能にしていく喜び
 - 自分の存在感の確認

青空しか知らないとこの世界だけが
唯一の存在のように思ってしまう

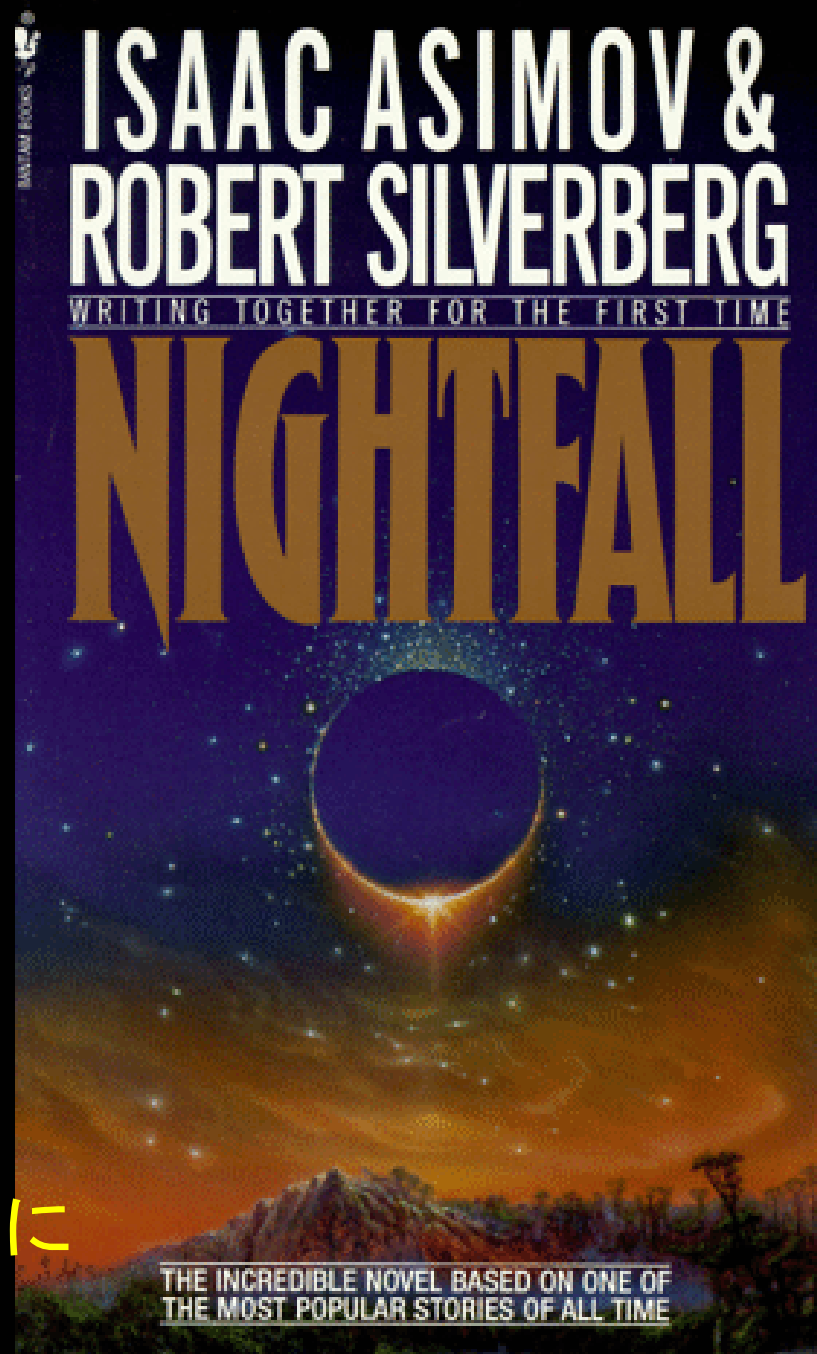


(すばる観測所、田中壱氏撮影)

夜来たる



6つの太陽をもつ惑星ラガッシュに
二千年に一度の夜が訪れる



「我々は何も知らなかった」

満天の星空を見上げれば、

我々以外の世界がないほうが不自然

(すばる観測所、田中壺氏撮影)

夜があることの幸せ

- 暗いので昼間にはできない悪いこともできる
- リラックスできる
- ゆっくり眠れる
- 集中して何かに取り組める
- 地上の世界以外にも、夜空の向こうに別の世界がひろがっていることを教えてくれる
 - 宇宙とは何か、物質とは何か
 - 天文学の発端、哲学・自然科学の源流

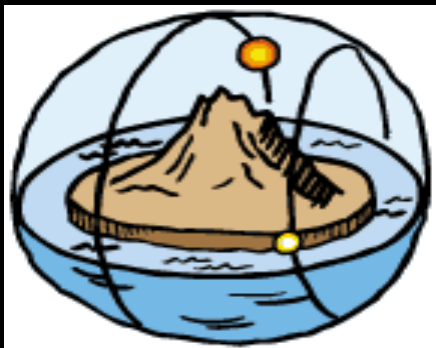
夜空のむこうの世界

■ 宇宙の果てには何がある？

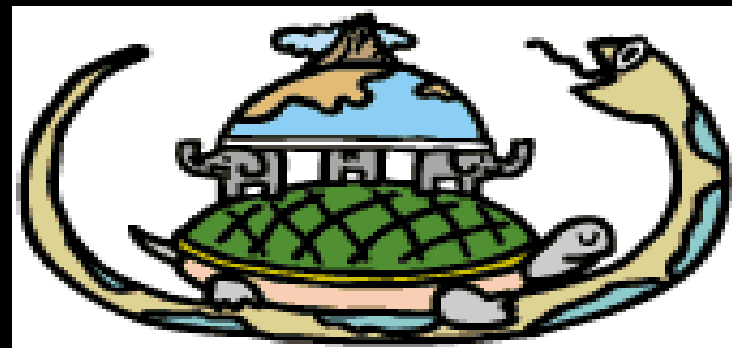
古代エジプトの宇宙像



古代中国の宇宙像



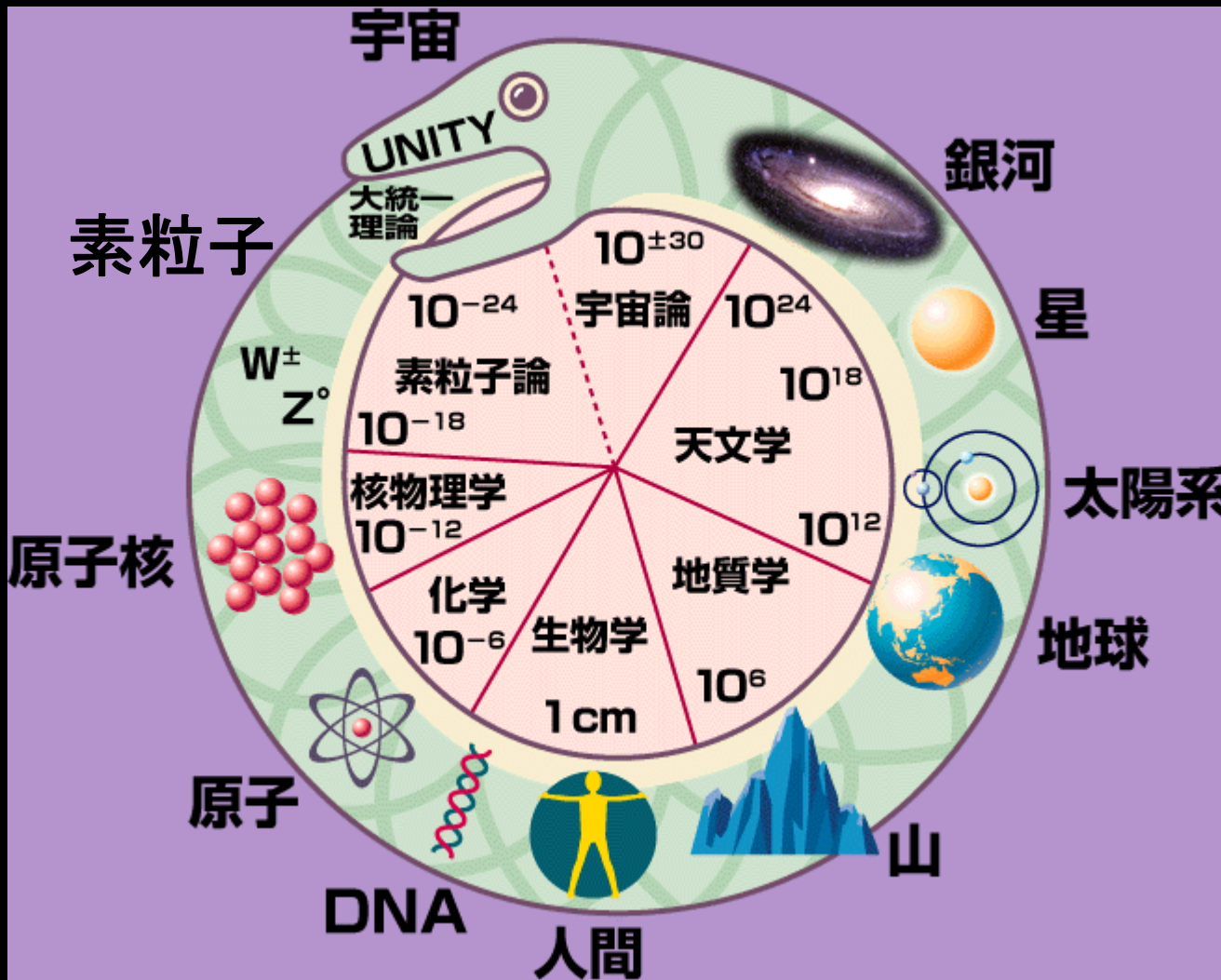
古代インドの宇宙像



<http://www.isas.ac.jp/kids/firstlook/index.html>

- 宇宙を満たしているものは何か？
- もう一つの地球はあるか？
- 夜の存在なくしてこのような思考に到達するのは容易ではない

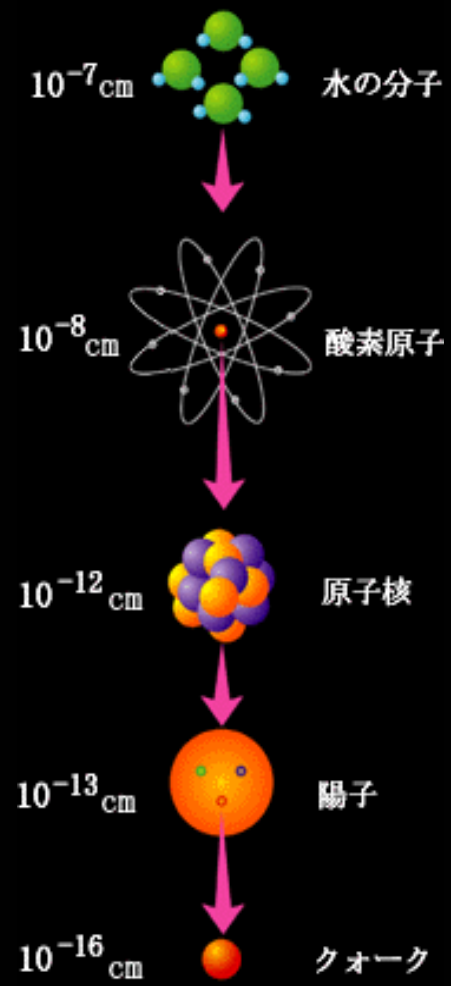
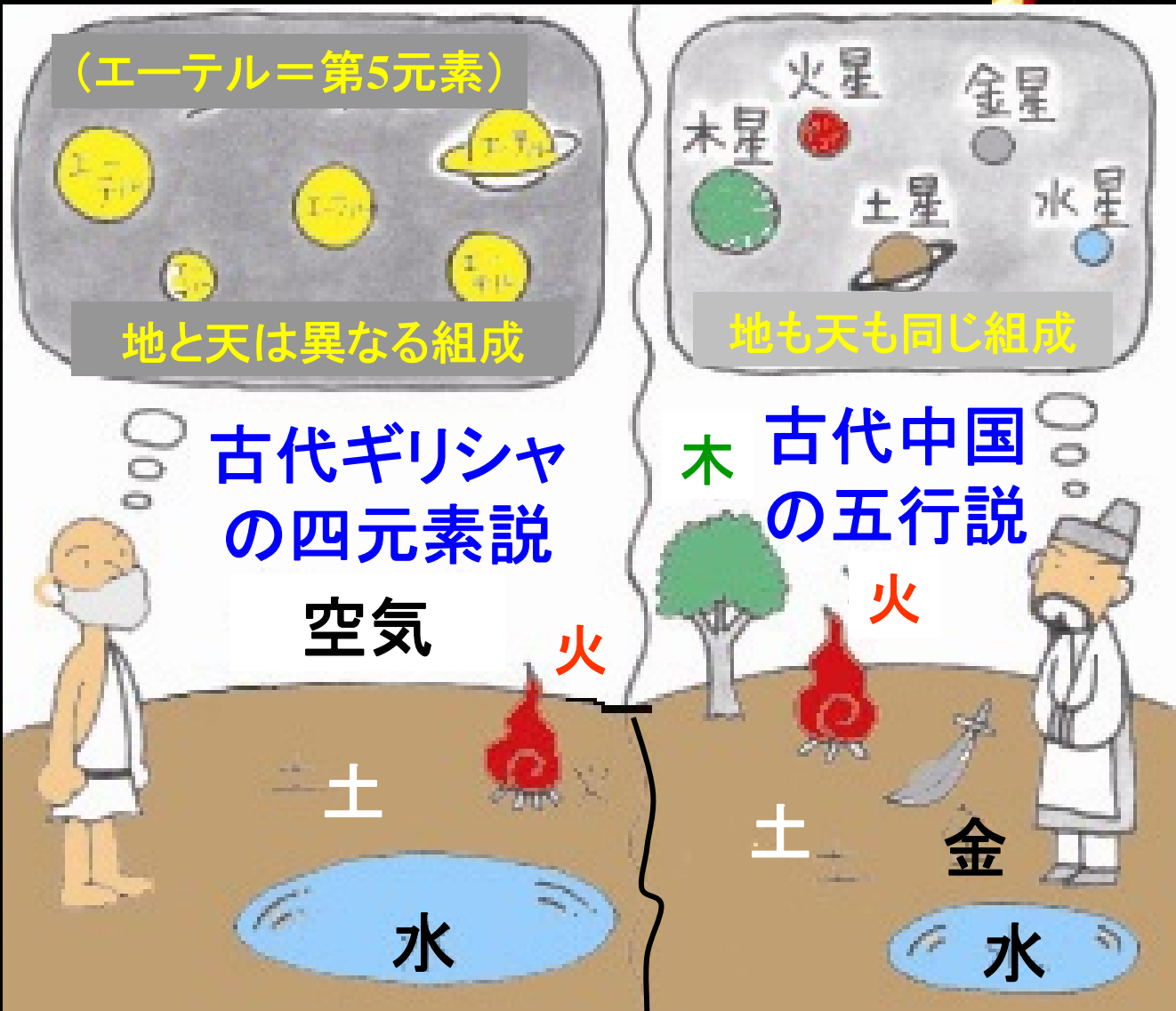
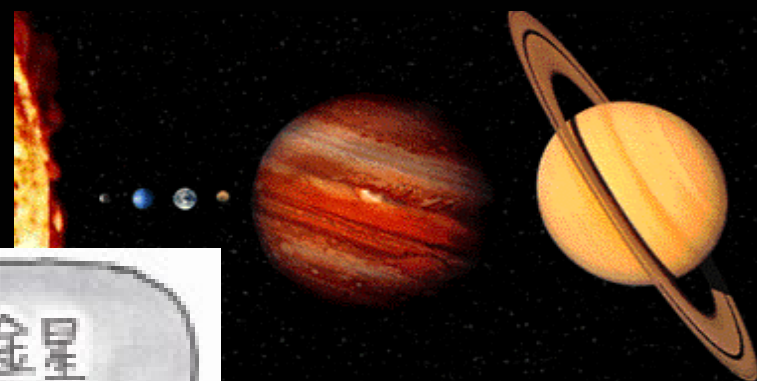
自然界の成り立ち



- 宇宙の大きさは約 10^{27} cm, すべての物質を形づくる素粒子の大きさは約 10^{-24} cm
- この約50桁も離れた巨視的世界と微視的世界とは宇宙の進化を通じて結びついている

シェルドン グラシヨー 著 “Interaction”のなかの図をもとに作成

自然界に思いをはせる



(いずもりよう:須藤靖「ものの大きさ」図1.1より)

ものは何からできているのだろうか？

■ 古代ギリシャの4元説

- 空気、土、火、水

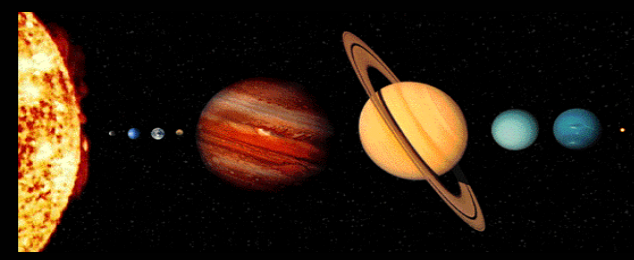
■ 中国の五行説

- (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

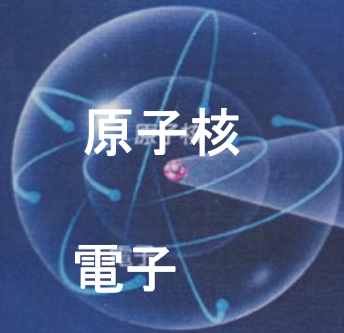
- 分子⇒原子⇒原子核(陽子・中性子)⇒素粒子(電子、ニュートリノ; クォーク・レプトン)



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

物質を構成しているもの



原子

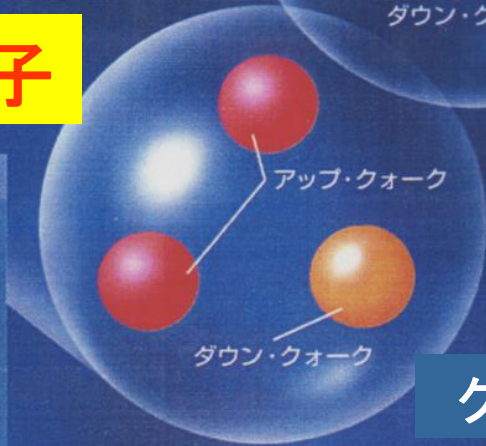
原子核

中性子

陽子

中性子

陽子



クォーク

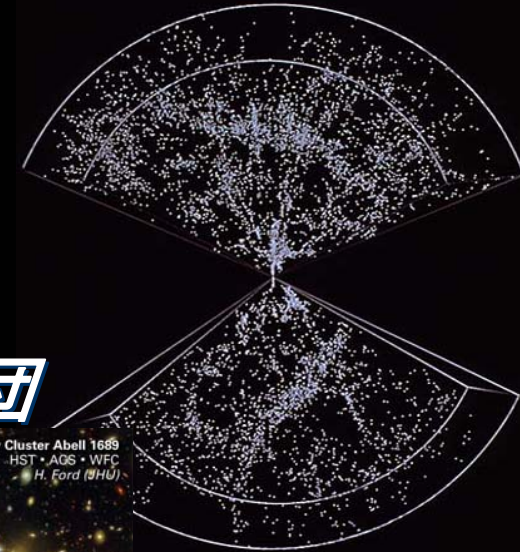
	第1世代	第2世代	第3世代
レプトン	電子 ニュートリノ	ミュー・ ニュートリノ	タウ・ ニュートリノ
	電子	ミュー粒子	タウ粒子
クォーク	ダウン	ストレンジ	ボトム
	アップ	チャーム	トップ

原子核の周囲を電子がまわって原子をつくる。原子核は陽子と中性子から、陽子と中性子はアップ・クォークとダウン・クォークから構成されている。第2世代と第3世代のクォークとレプトンは、粒子加速器を用いるなどして、高エネルギー状態にならないとあらわれない。われわれの世界の物質は第1世代のクォークとレプトンからできているといえる。

宇宙を構成しているもの

宇宙の大構造

銀河群



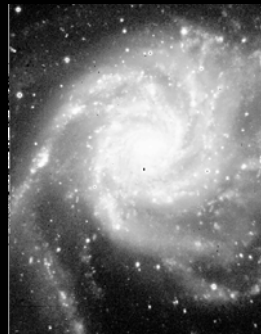
矮小銀河



太陽系



銀河



銀河団



星団



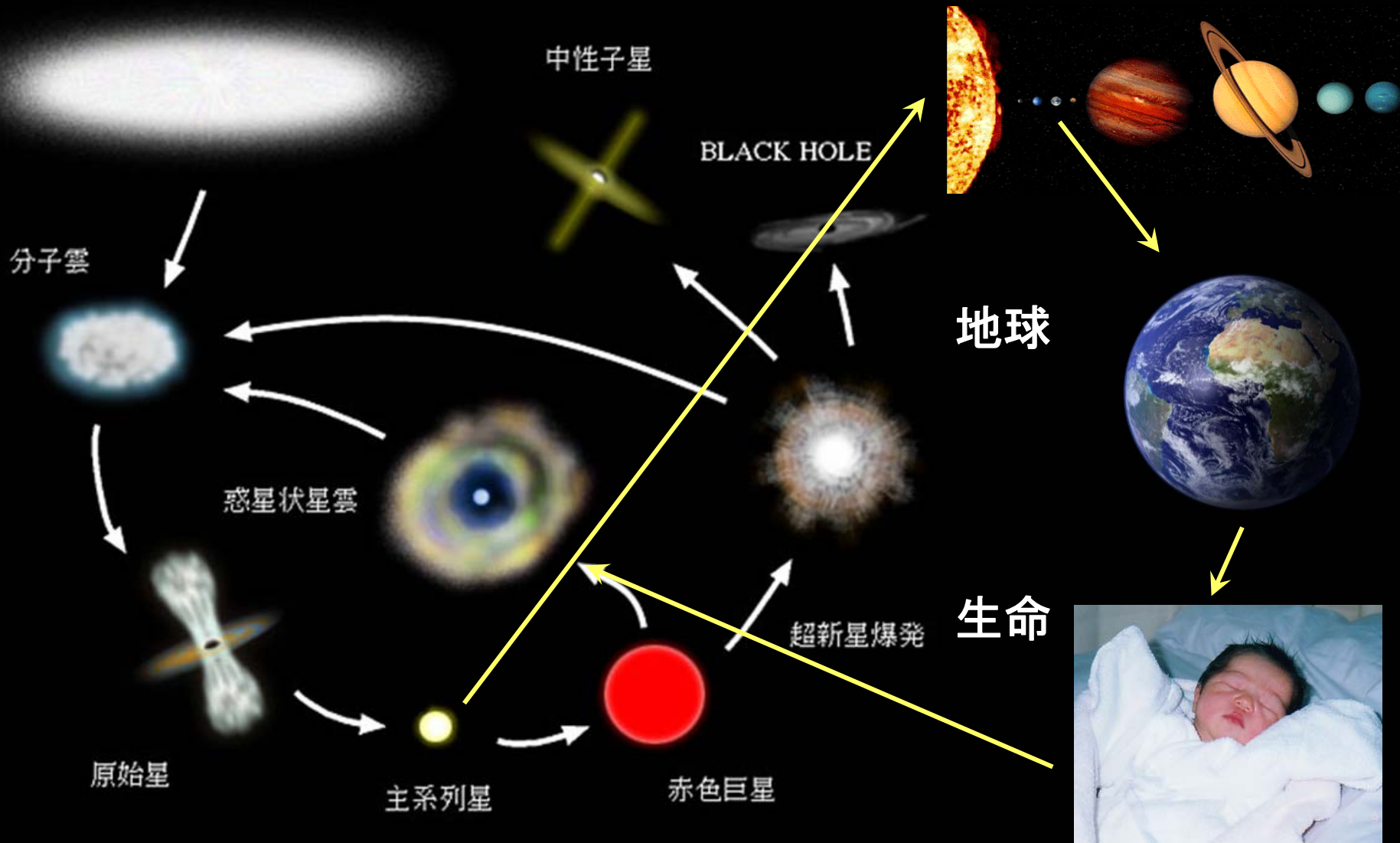
10^0 10^1 10^2 10^3 10^4 10^5 10^6 10^7 10^8

天体諸階層の典型的大きさ [光年]

ビッグバン、天体形成史、元素循環

BIG BANG

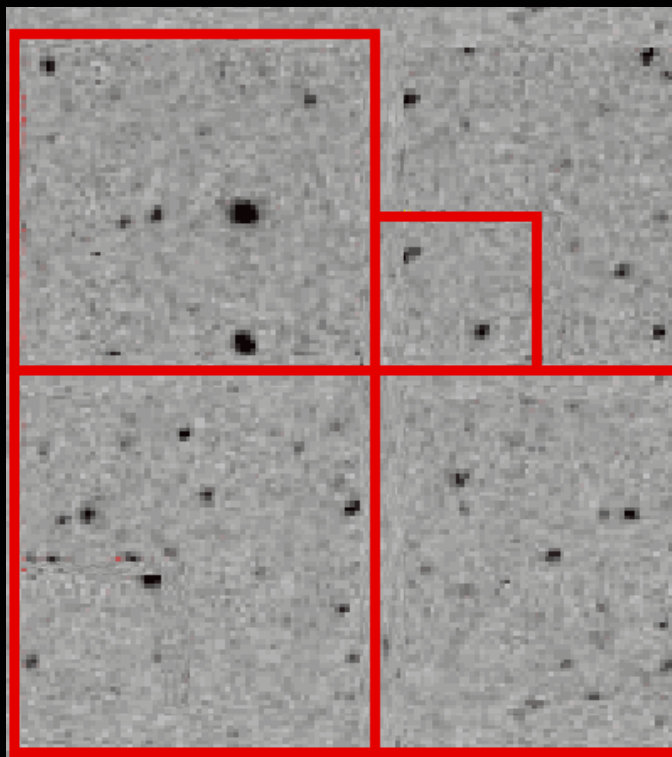
太陽系



我々は星の子供：宇宙の元素循環

- ビッグバン後、最初の3分間で合成された軽元素から、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
- **我々は、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を材料としている！**

宇宙を見る目 の進歩



地上4m望遠鏡+CCD
100×写真乾板



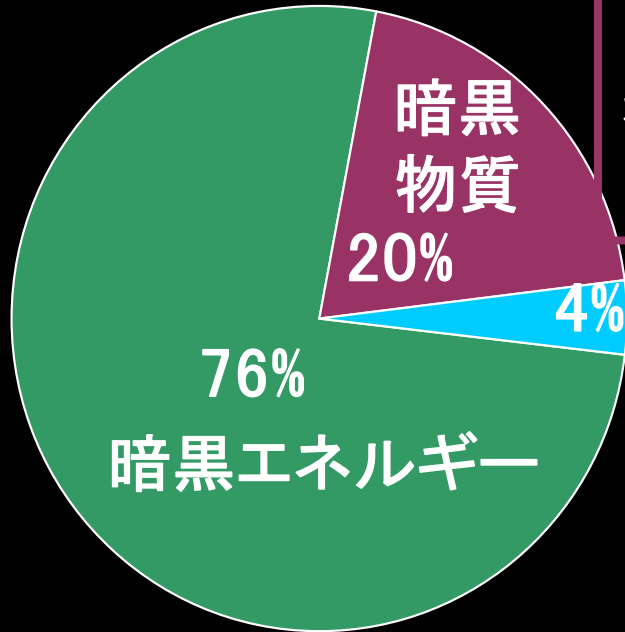
Hubble Deep Field
ST ScI OPO January 15, 1996 R. Williams and the HDF Team (ST ScI) and NASA

HST WFPC2

ハッブル宇宙望遠鏡+CCD:1000×
地上望遠鏡

宇宙は何からできている

宇宙の組成



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

通常物質 (バリオン)

- 元素をつくっているもの (主に、陽子と中性子)
- 現時点で知られている物質はすべてバリオン

- すべての空間を一様にみたく謎のエネルギー
- 万有斥力(負の圧力)
- アインシュタインの宇宙定数？

我々は、地上・天空を問わず万物を暗黒エネルギーごしに見ている

もうひとつの宇宙の果て： 銀河系のどこかに生命を宿した惑星はあるのか？

■ 宇宙の果てと太陽系外惑星



- 大望遠鏡は「暗い」天体を観測できる
 - 本当は明るいのだが遠く
にあり暗く見える天体
⇒ 宇宙の果てにある銀河
 - すぐ近くにあるのだが本
当に暗い天体
⇒ 銀河内にある系外惑星

第二の地球はあるか？



- 生命が誕生するには
 - 適度な温度
 - 大気存在
 - 液体の水(居住可能)
 - +偶然？
- 恒星の周りの地球型惑星を探せ！

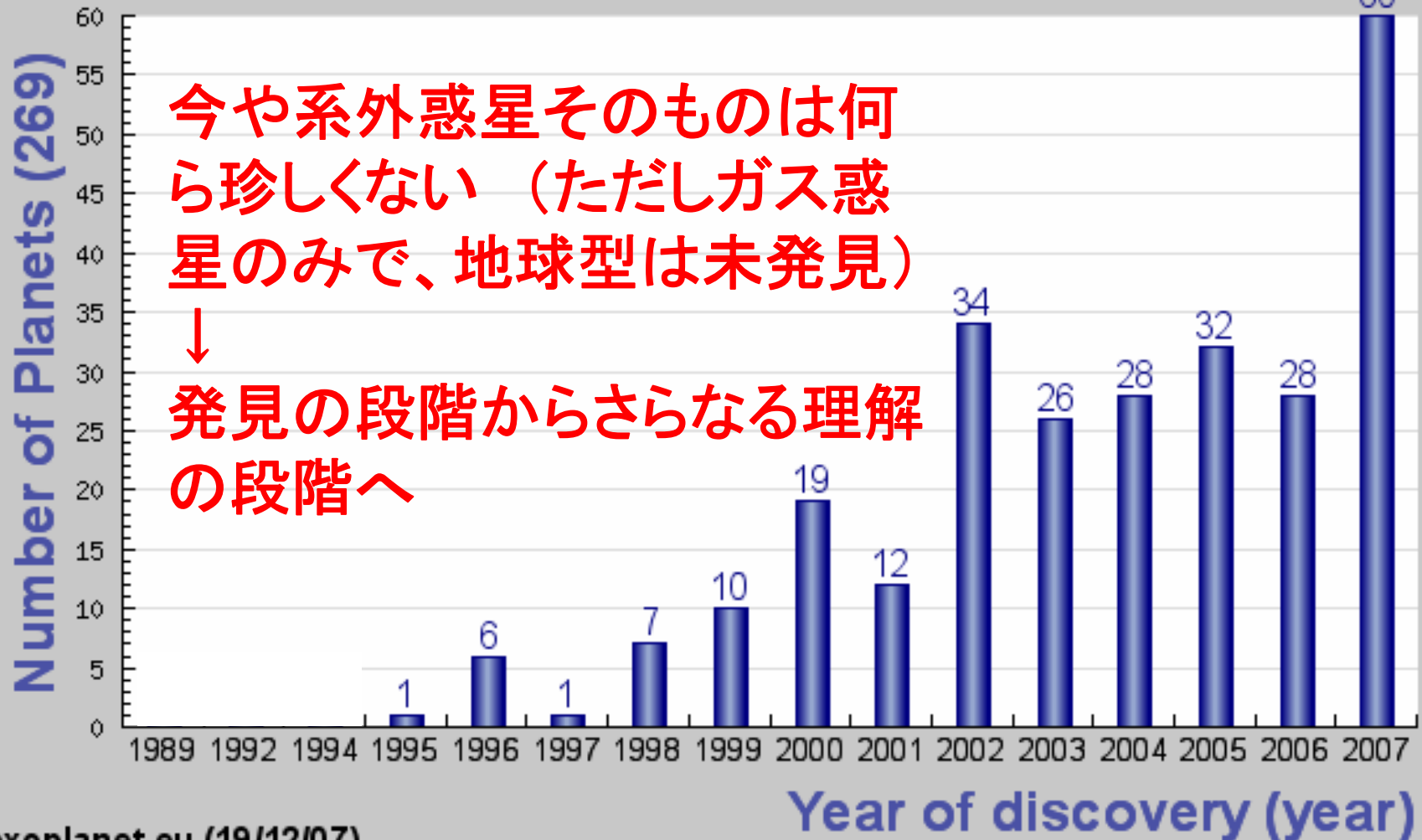
Terra衛星のMODIS検出器のデータ

<http://modarch.gsfc.nasa.gov/>

<http://www.nasa.gov/home/index.html>

太陽系外惑星の発見数の年変化

Number of planets by year of discovery



今や系外惑星そのものは何
ら珍しくない（ただしガス惑
星のみで、地球型は未発見）

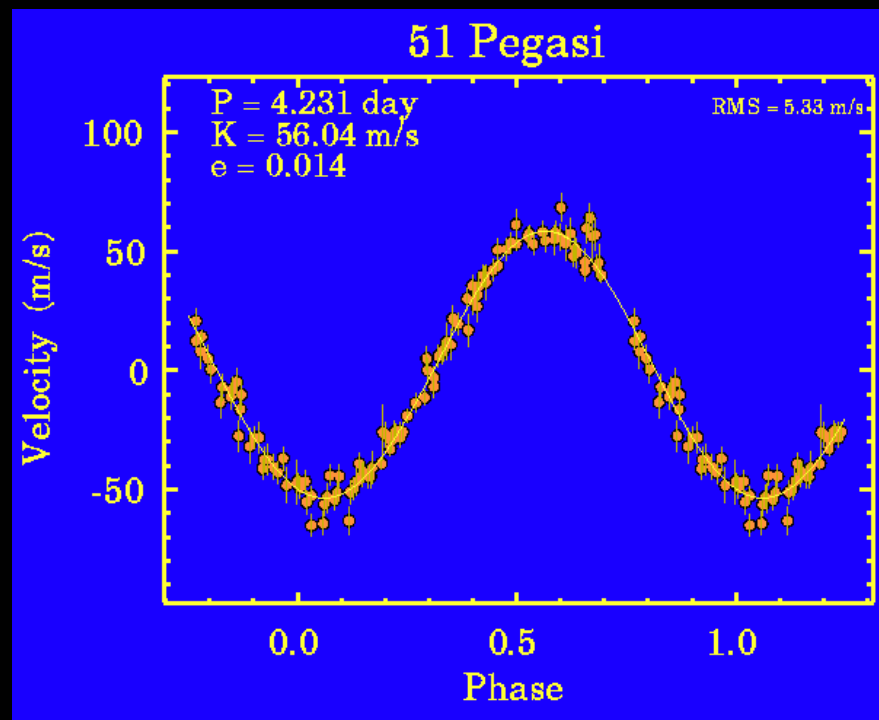
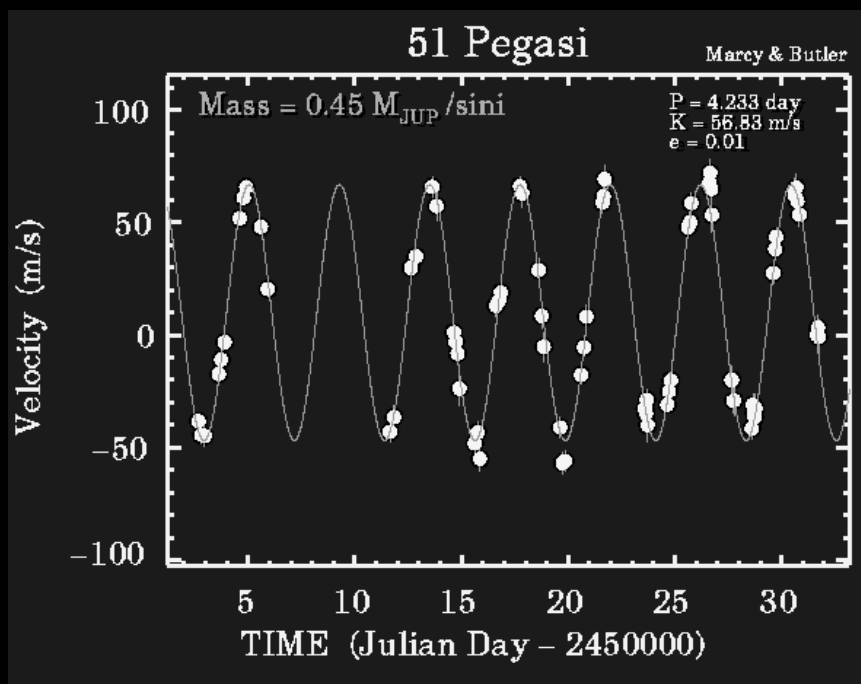


発見の段階からさらなる理解
の段階へ

ペガサス座51番星： 初めての太陽系外惑星



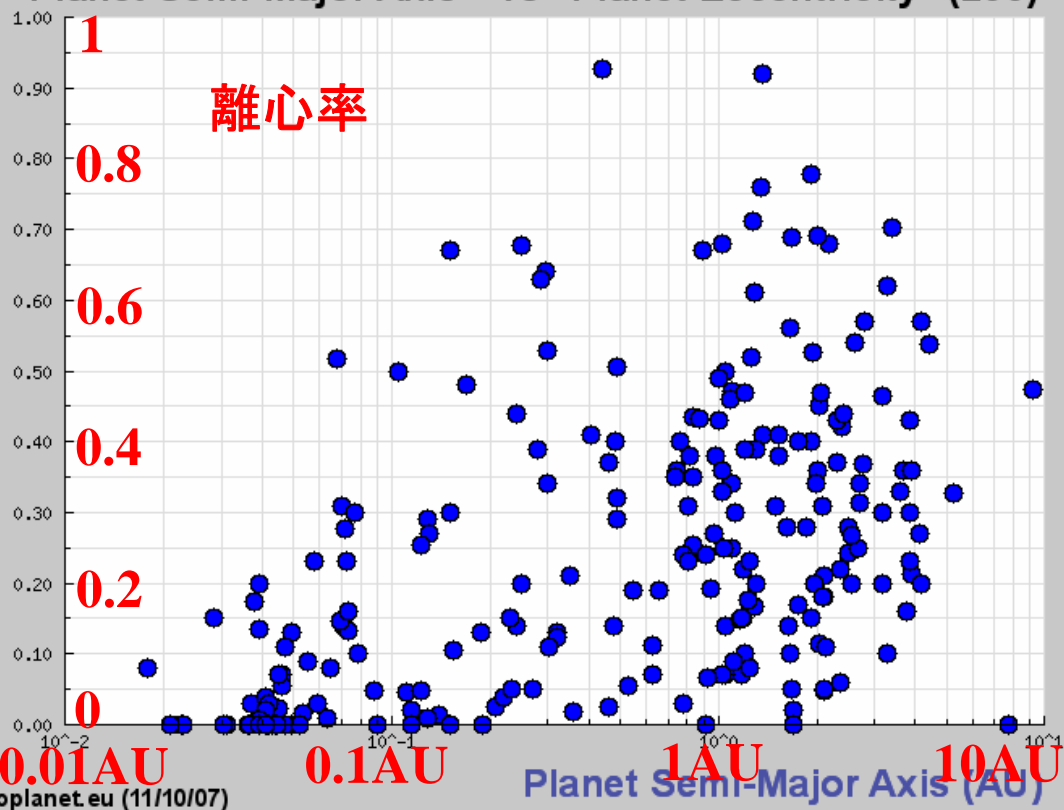
- メイヨール & ケロス (1995年)



周期がわずか4.2日！

系外惑星の軌道長半径と離心率

"Planet Semi-Major Axis" vs "Planet Eccentricity" (230)



- 円軌道から大きくずれた軌道が多い (ただし、0.1天文単位以下の半径では円軌道に近い)
- 1天文単位以下の半径をもつ木星質量の惑星が大量に存在 (食の観測例から考えるとおそらくガス惑星)

太陽系とは全く異なる系も存在する: 惑星系の多様性

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

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



Frank Drake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。

地球外比較文明論

- 毎日あたりまえであると考えていたことも、実は奇妙な習慣なのかもしれない
 - なぜお箸で食べるのか、なぜ納豆を食べるのか
 - 外国人との交流を通じて初めて不思議であることに気づく
- いくつかの例
 - 言語は存在するか、また音を用いてコミュニケーションするか
 - π という概念はあるか、その数値を知っているか
 - 男女の違いはあるか
 - 芸術が存在するか、それらに感動するか
 - 生きていて楽しいと思うか
 - 死という概念が存在するか
- 交信は非現実的(片道100年?)であるにしても、考えてみるのは面白い

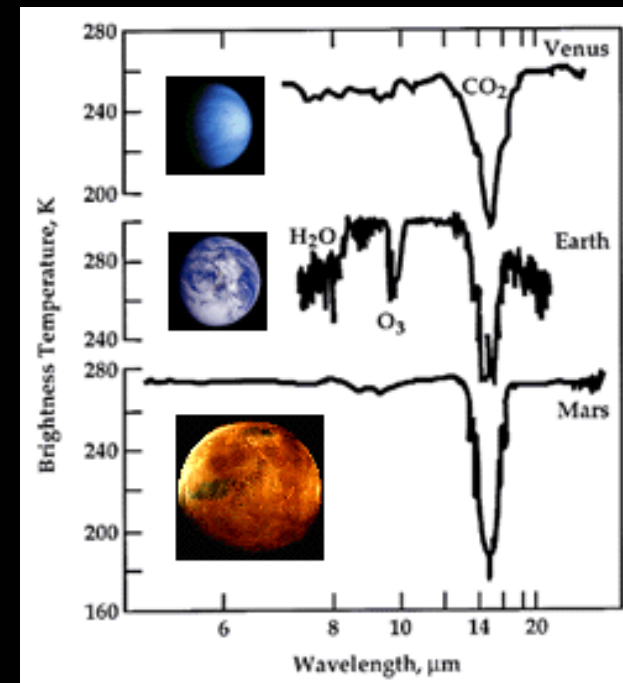
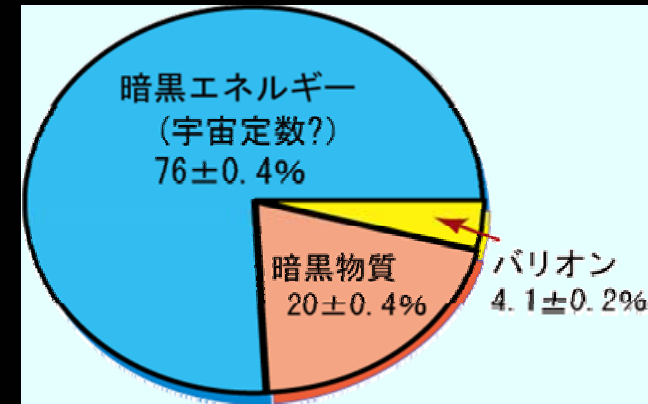
「夜空のむこう」を探ることで、従来全く予想されていなかった新しい科学が発展しつつある

■ 宇宙の果ての観測から微視的世界の新しい階層が発見された

- 宇宙の96%の正体は理解されていない
- 暗黒物質と暗黒エネルギーの解明は新しい自然法則を探る本質的な鍵

■ 天文学から宇宙生物学へ

- 1995年初めての系外惑星発見
- 地球型居住可能(水が液体として存在する)惑星の発見へ
- 遠くの惑星に生物の兆候を探る天文学的試み



私の(研究)人生の目標: 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!



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



この青空の向こうには
無数の星々
がきらめいている

実はこの星空のいたるところに
暗黒物質
暗黒エネルギー
が満ちている

(暗黒エネルギーごしに見る)夜空の向こうに
もう一つの地球・世界・宇宙
があるのかも知れない

Merry Christmas

