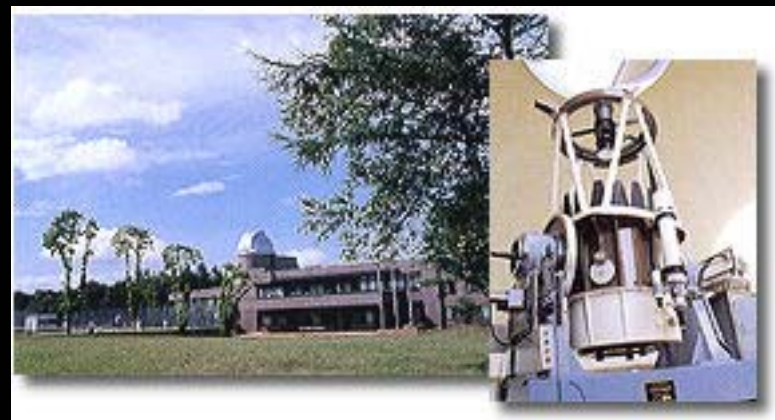


第27回 北軽井沢 駿台天文講座



天文講座 ① 8月6日16:00-17:00
夜空のムコウの世界を探る

天文講座 ④ 8月7日10:00-11:00
宇宙の組成と宇宙の未来

天文講座 ⑥ 8月8日 9:00-10:00
宇宙における必然と偶然

天文講座 ⑧ 8月8日20:00-21:00
太陽系外惑星とバイオマーカー

東京大学大学院
理学系研究科
物理学専攻

須藤 靖

2010年8月6日(金)~9日(月)

北軽井沢駿台天文台(北軽井沢「一心荘」)

講演pdf ファイル

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2010j.html

参考文献

- 須藤靖:『ものの大きさ』(東大出版会 2006)
- 須藤靖:『解析力学・量子論』(東大出版会 2008)
- 須藤靖:『人生一般二相対論』(東大出版会 2010)
- 松原隆彦:『現代宇宙論入門』(東大出版会 2010)
- ジョン・バロウ:『宇宙に法則はあるのか』
(松浦俊輔訳:青土社 2004)
- ペーター・ウルムシュナイダー『宇宙生物学入門』
(須藤靖他訳:シュプリンガー・ジャパン 2008)
- 井田茂他:『宇宙は地球であふれている』
(技術評論社 2008)

天文講座 ①

8月6日16:00-17:00

夜空のムコウの世界を探る

宇宙論と太陽系外惑星研究の
めざすものの概観

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

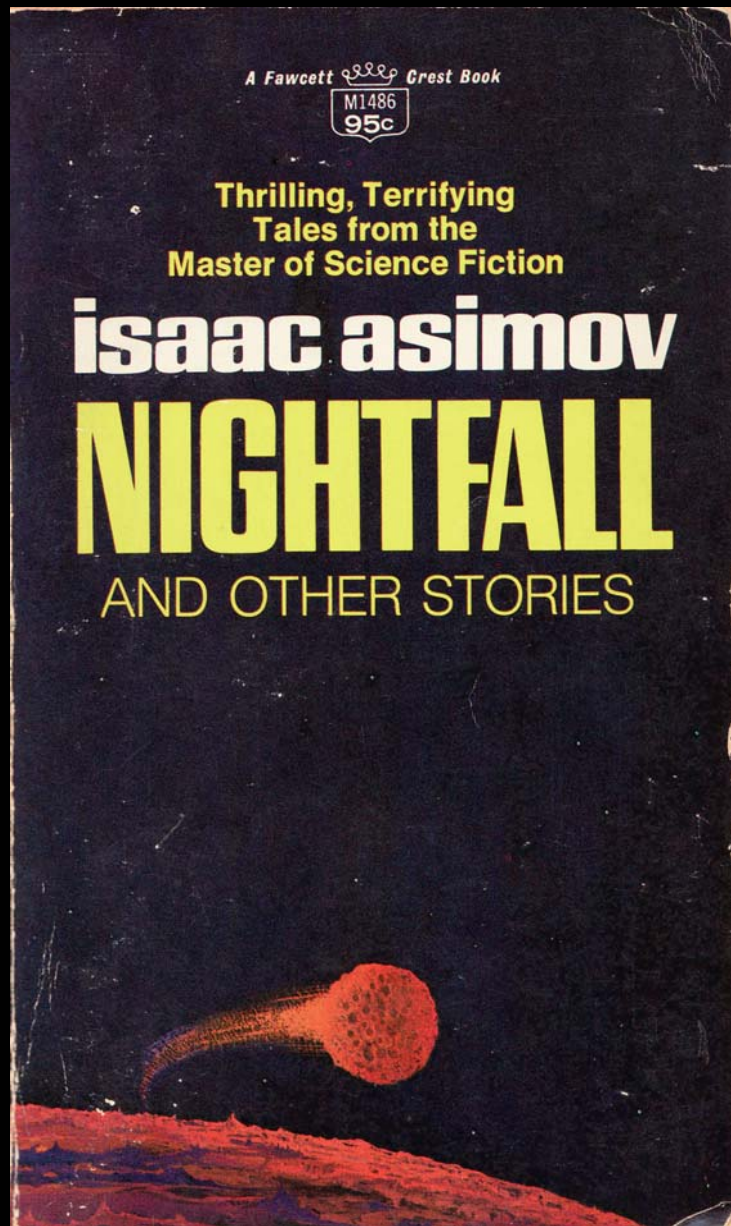
アイザック・アシモフ著 「夜来る」



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 (夜来る)



- 夜の存在が別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.”

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



「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とは思えない

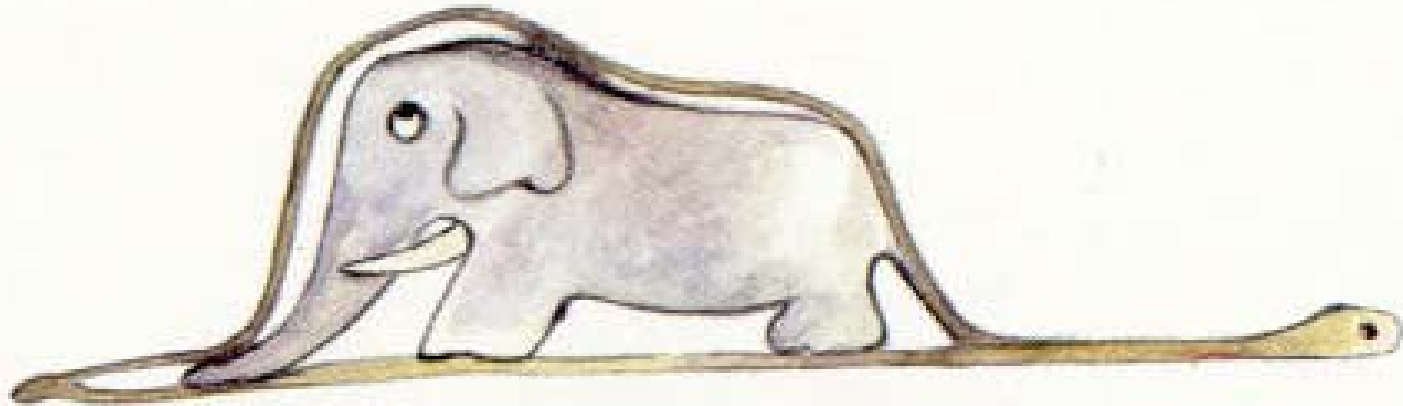
(すばる観測所、田中壺氏撮影)

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*



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

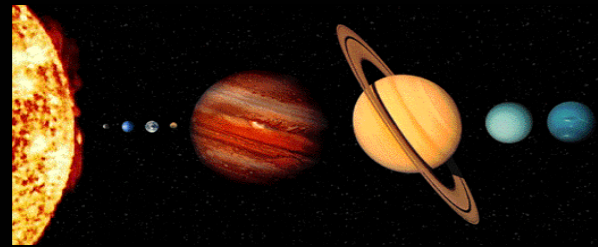
■ 中国の五行説

- (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

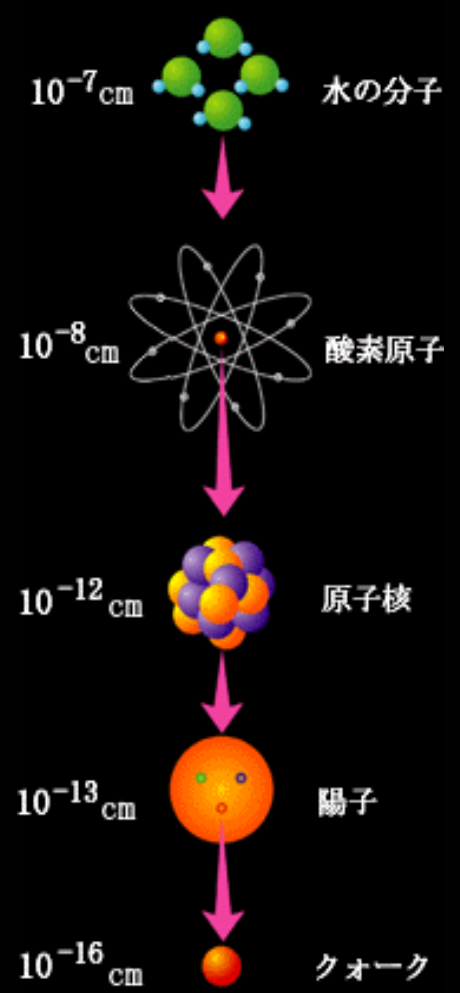
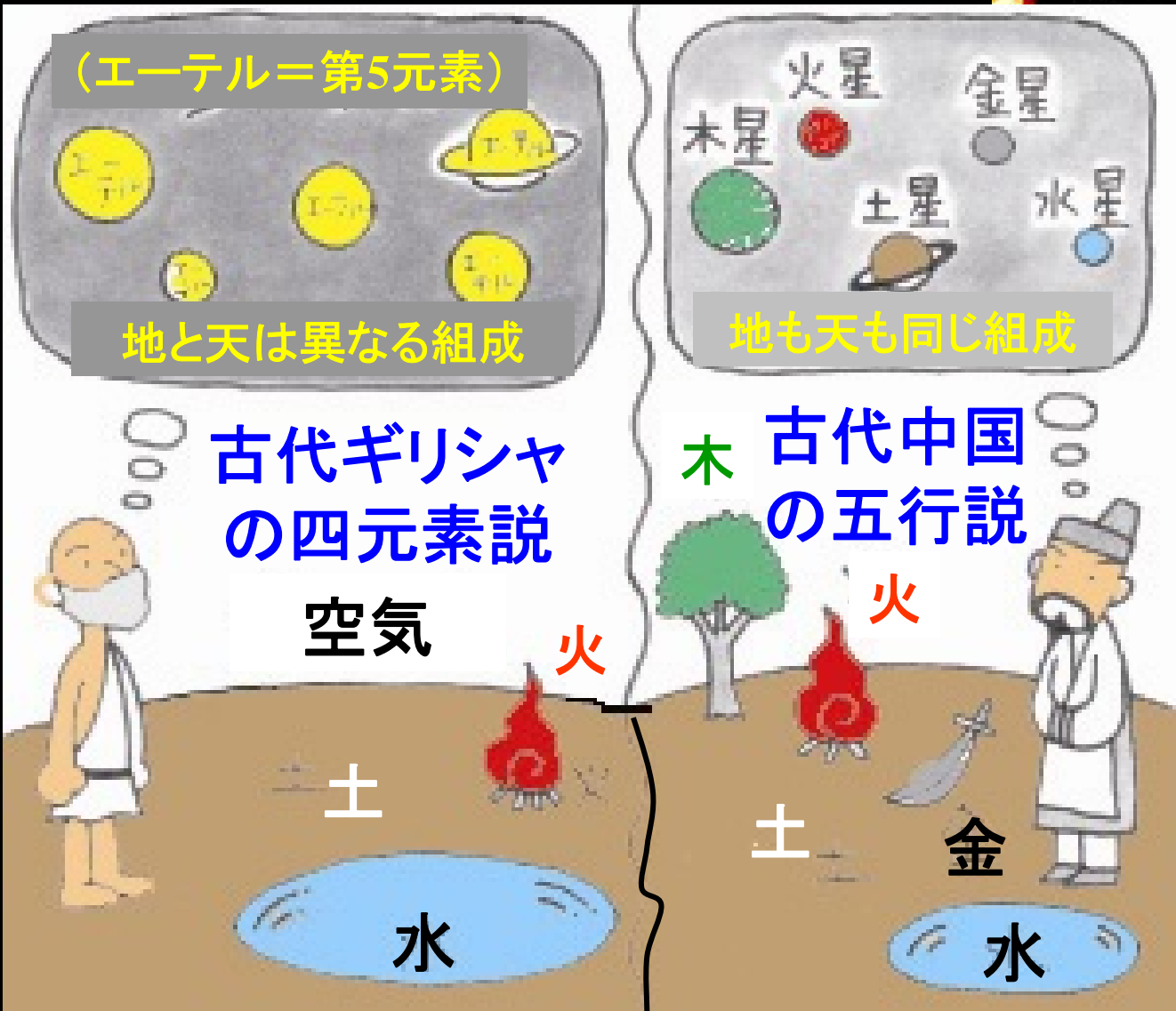
- 分子⇒原子⇒原子核(陽子・中性子)⇒素粒子(電子、ニュートリノ、クォーク・レプトン)



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

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)

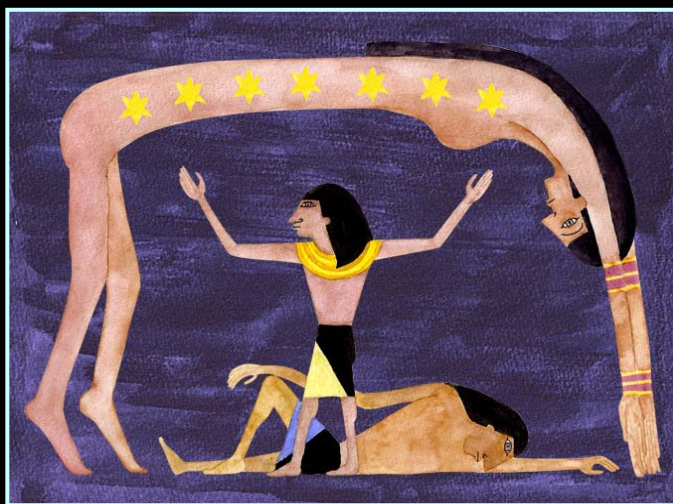
世界をもっとよく知りたい

- **微視的世界**: 物質は何からできているのだろうか?
 - 分子⇒原子⇒原子核⇒素粒子(クォーク・レプトン)
 - これ以外の物質(素粒子)は存在しないのか?
- **巨視的世界**: 宇宙の果てには何があるのだろうか?
 - 地球⇒太陽系⇒星団⇒銀河⇒銀河団⇒宇宙
 - 宇宙の大きさ(=年齢)はどのくらいだろう
 - さらに遠く(=過去)の宇宙はどうなっているのだろうか
 - 宇宙を占めている物質は、我々がすでに知っている微視的世界の構成要素と同じなのだろうか

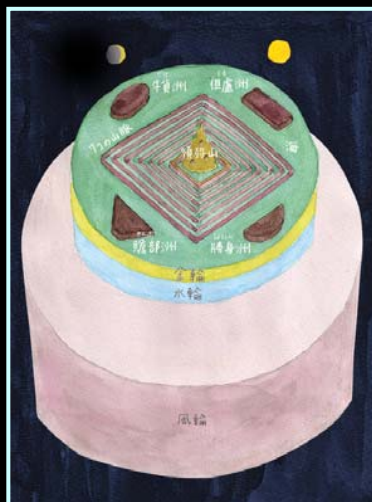
夜空のムコウの世界を探る

■ 見えない先はどうなっているのか

古代エジプト



仏教



古代インド



イラスト：羽馬有紗

■ みんな知りたいのに答えが(まだ)ない謎

- 宇宙は何からできているか？ 講座④
- もう一つの地球はあるか？ 講座⑧
- 生物はどうやって生まれたのか？ 講座⑥

「夜空のムコウ」の意味 ～見えなくともそこにあるもの～

- 宇宙の果てを観測する 講座③、④、⑤
 - 宇宙論
- 宇宙を満たしている物質を探る 講座④
 - 素粒子論
- 第二の地球を探す 講座②、⑦、⑧
 - 惑星形成論、宇宙生物学
- 地球外文明はあるか 講座⑥、⑦
 - 人間原理、宇宙社会学、宇宙比較文化論

穴あきアルミ板から夜空のムコウを見る



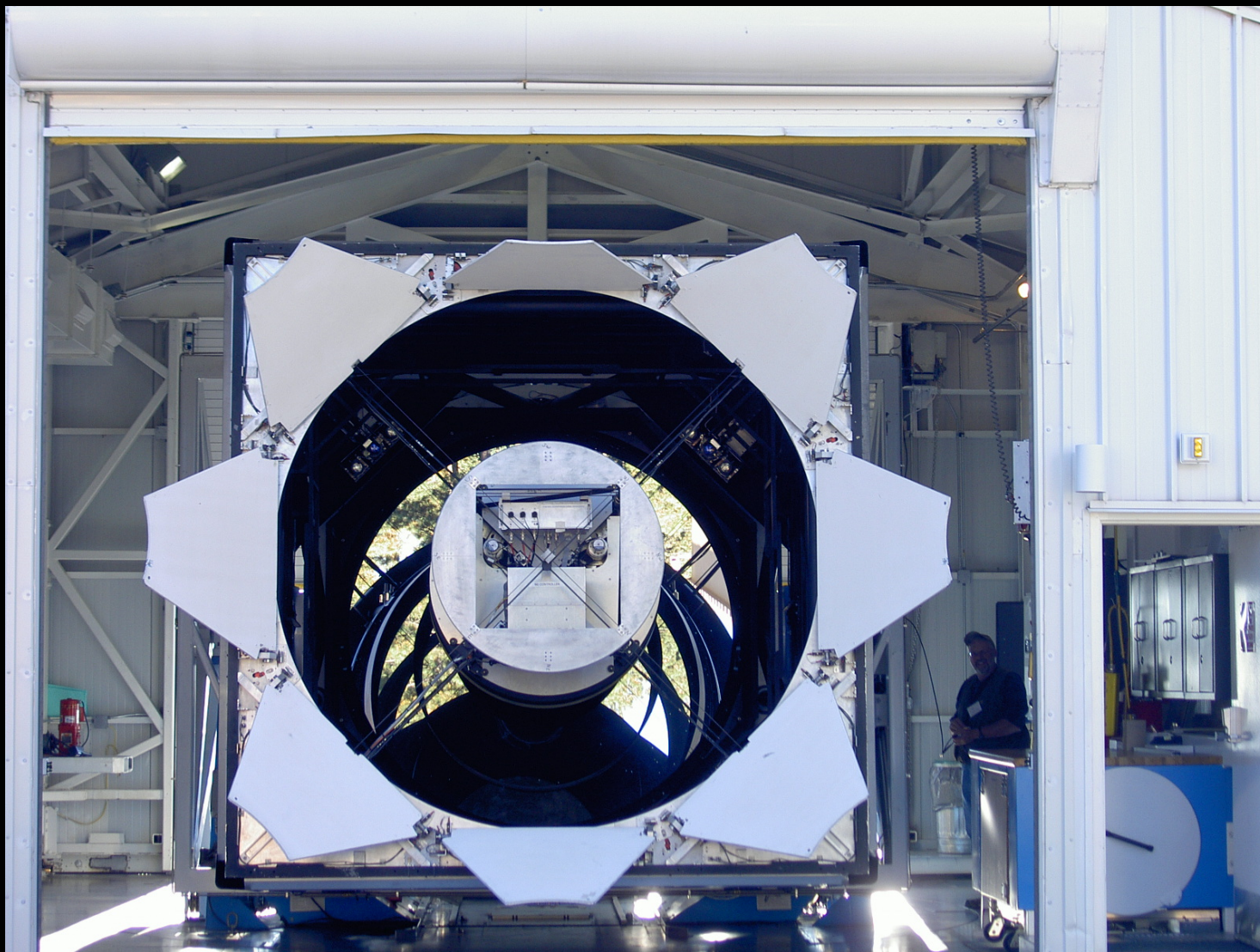
穴あきアルミ板とアパッチポイント天文台



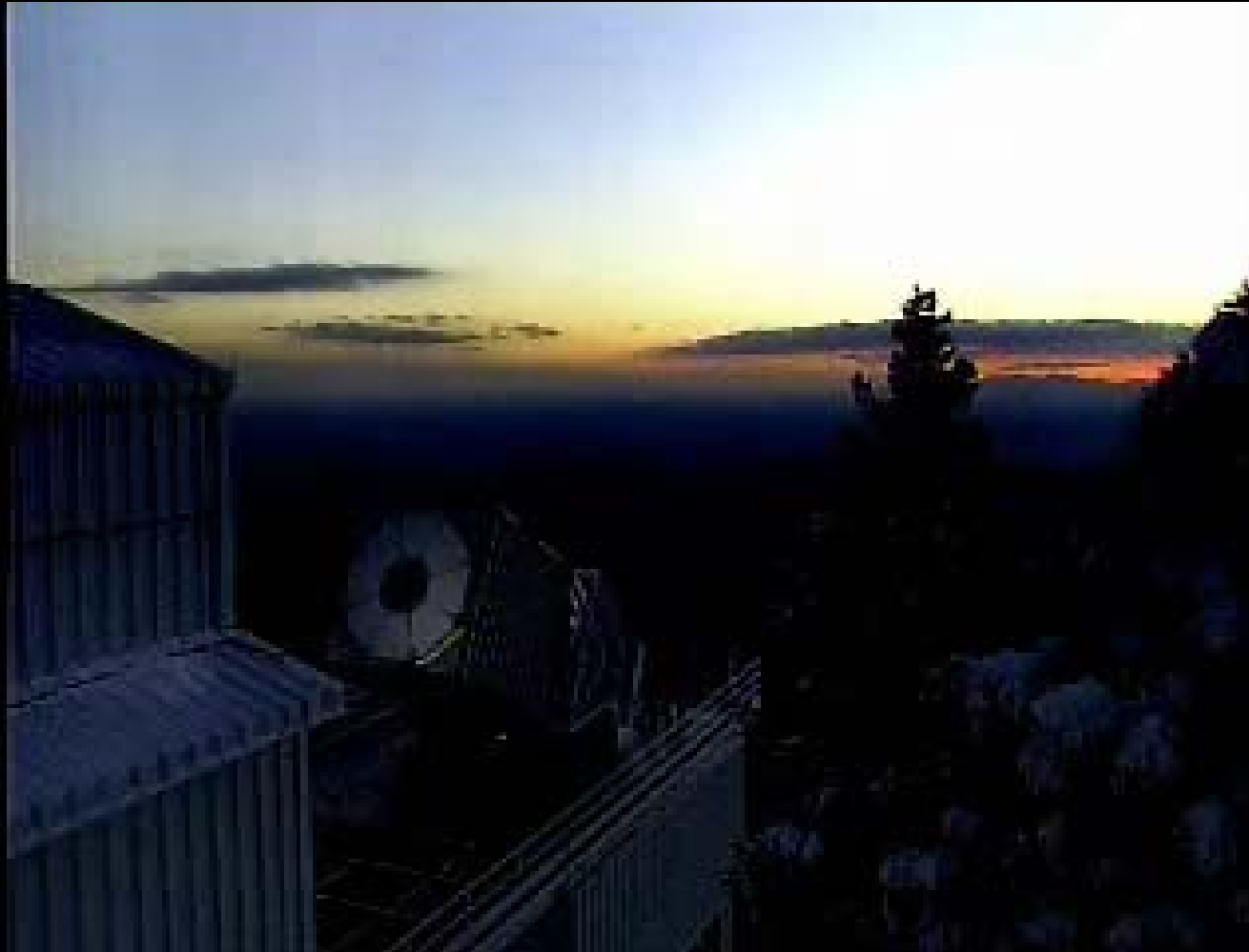
穴あきアルミ板とアパッチポイント天文台



穴あきアルミ板とアパッチポイント天文台



望遠鏡で遠くの銀河を見る アパッチポイント天文台@アメリカ



NHK教育TV “サイエンスゼロ” 2003年6月11日放映



史上最大の銀河地図作りをめざして： 日米独共同スローンデジタルスカイサーベイ

8千万個の銀河を観測、そのなかの80万個の銀河の3次元地図作り

<http://www.sdss.org/dr1/>

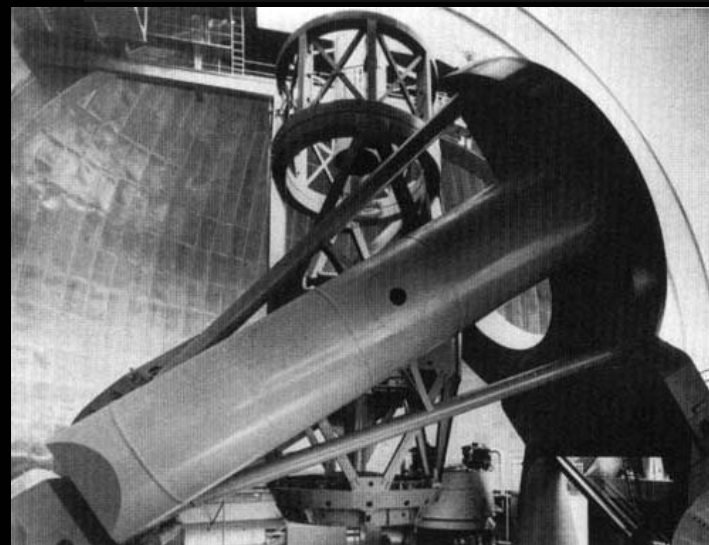
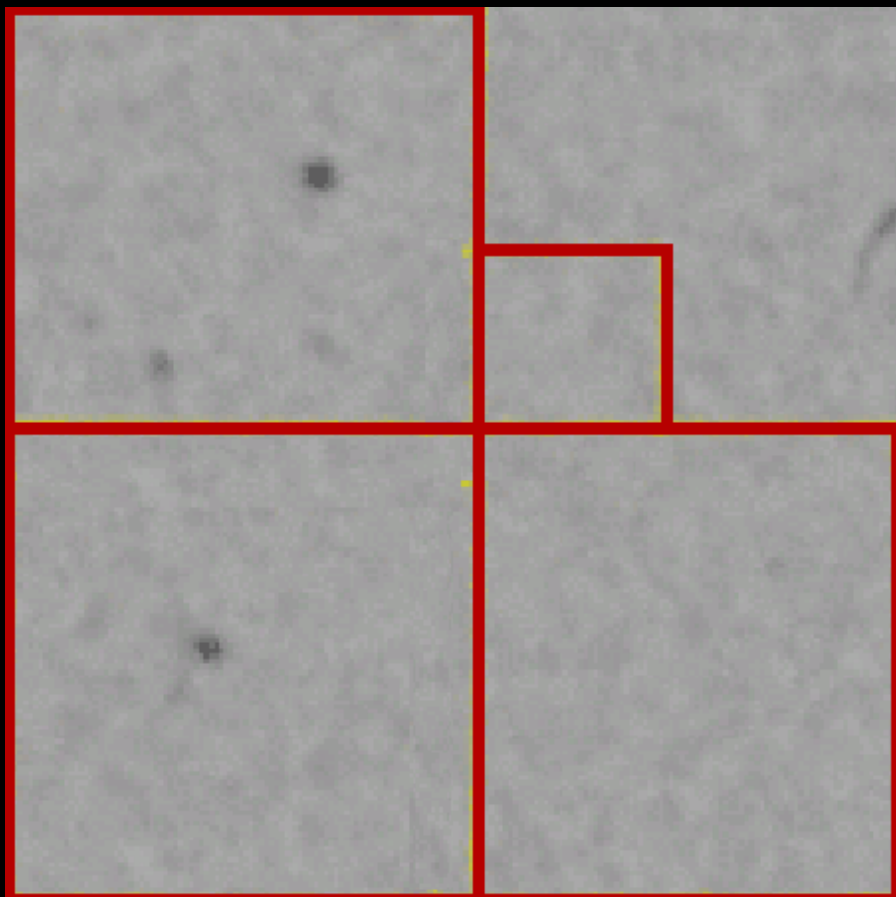


文部科学省

Ministry of Education, Culture,
Sports, Science and Technology

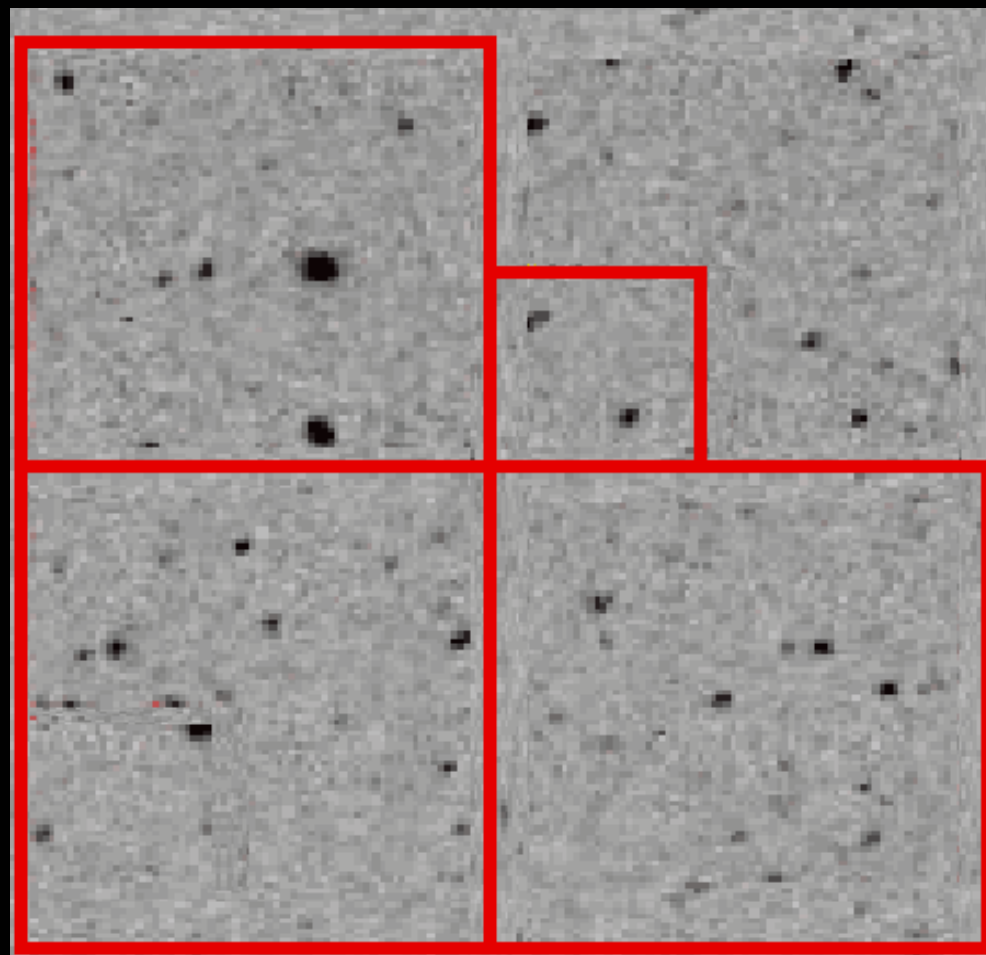
NHK教育 サイエンスZERO 2003年6月11日 0:00 放映

宇宙を見る目の進歩 (1)

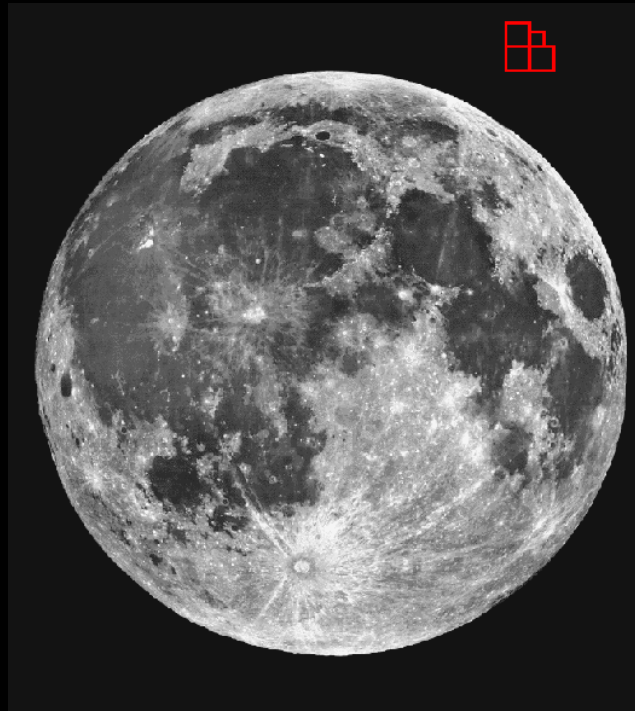


地上5m望遠鏡+写真乾板
100万×人間の眼

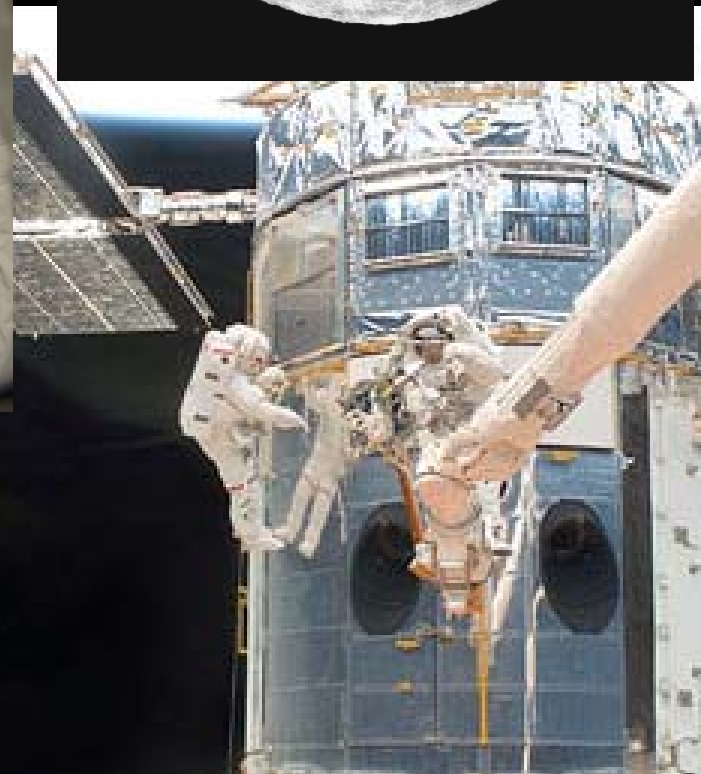
宇宙を見る目の進歩 (2)



地上4m望遠鏡+CCD:
100×写真乾板



宇宙を見る目の進歩 (3)



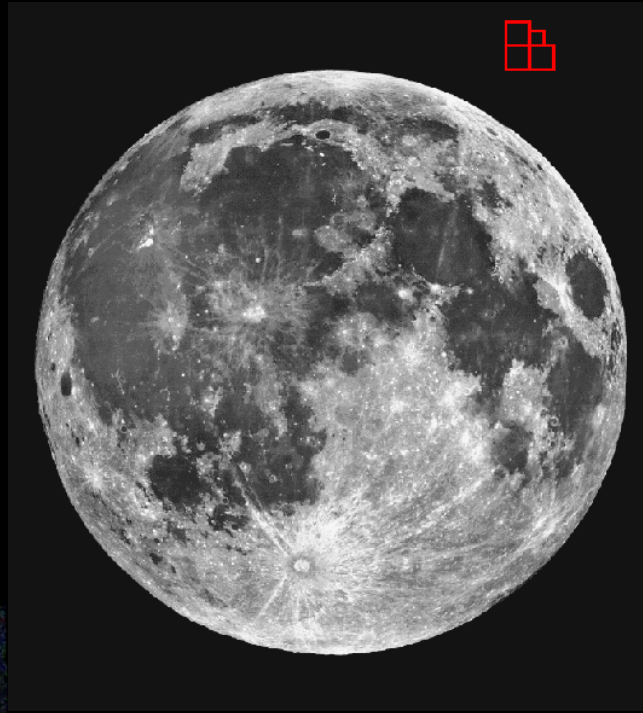
ハッブル宇宙望遠鏡



Hubble Deep Field

CT C-1 (APR) January 15, 1996. © Williams and the HDF Team, ST ScI and NASA

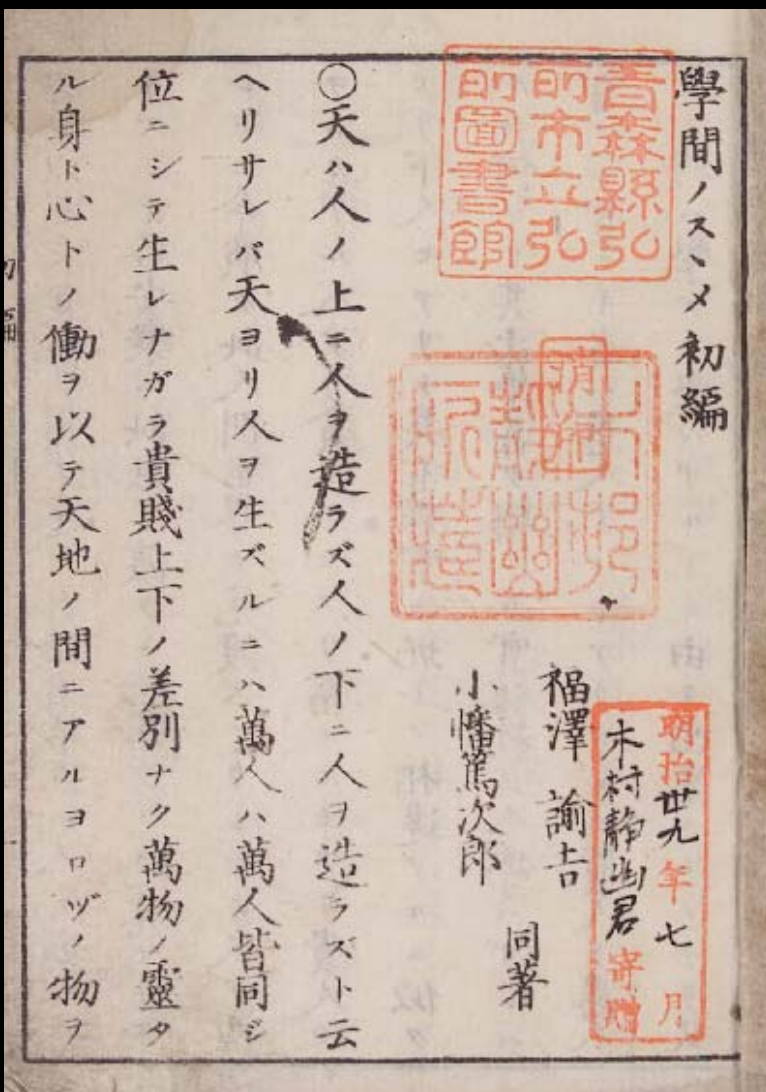
HST WFPC2



ハッブル宇宙望遠鏡+CCD:
1000×地上望遠鏡

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**



究理学（福沢諭吉：学問ノススメ初編）

- されば今かかる実なき学問は先ず次にし、専ら勤むべきは人間普通日用に近き実学なり
- 譬えば、いろは四十七文字を習い、手紙の文言、帳合の仕方、算盤の稽古、天秤の取扱い等を心得、なおまた進んで学ぶべき箇条は甚だ多し
- 究理学とは天地万物の性質を見てその働きを知る学問なり

證據ナリサレバ今斯ル實ナキ學問ハ先ヅ次ニシ專ラ
勤ムベキハ人間普通日用ニ近キ實學ナリ譬ヘバイロ
ハ四十七文字ヲ習ヒ手紙ノ文言帳合ノ仕方算盤ノ稽
古天秤ノ取扱等ヲ心得尚又進デ學ブベキ箇条ハ甚多
シ地理學トハ日本國中ハ勿論世界萬國ノ風土道案内
ナリ究理學トハ天地萬物ノ性質ヲ見テ其働ヲ知ル學

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

(自然)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
- 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

Henri Poincaré

(Science et méthode, 1908)

- *Le savant n'étudie pas la nature parce que c'est utile, il l'étudie parce qu'il y prend plaisir et il y prend plaisir parce qu'elle est belle. Si la nature n'était pas belle elle ne vaudrait pas la peine d'être connue, la vie ne vaudrait pas la peine d'être vécue.* (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.)

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

物理学はあくまで自然界の近似的記述法の一つ

- **自然界の記述言語が数学である必然性はない**
 - 自然(神様?)が微分方程式を解いて、物体の運動を決定しているとは思えない
 - にもかかわらずこれだけ多くのことが数学によって記述できることは奇跡であるとも言える
 - 現実に「解ける」問題に帰着させるには、本質だけを残した近似が必要
 - 仮にすべての要素を取り込んだ計算が可能だとしても、それでは結局物事の本質を理解できないばかりか、逆に理解から遠ざかるだけ

武谷三男の三段階論

武谷三男(1911-2000)

立教大学教授、理論物理学者

(原子核・素粒子物理、宇宙物理)

著書: 弁証法の諸問題



- 自然認識(物理学)は、**現象論**(現象や実験結果の記述: ガリレオ・ガリレイあるいはティコ・ブラーエの天文観測データ)⇒**実体論**(それらの構造の整理と法則性の発見: ケプラーの法則)⇒**本質論**(なぜどのような原理でそれらが起こるかという統一した論理の構築: ニュートンの万有引力の法則)の三段階を経て発展するという理論
- 弁証法的に「対立物の統一と闘争」が原因となって「量的変化から質的变化」を起こし、「否定の否定」によって止揚される、を自然科学の発展の形態に即して表現したもの

世界は美しくあるべきか

- 世界を貫く基本物理法則は対称性によって支配されているというのが、物理屋の信念(ほとんど宗教かも)
 - エネルギー保存則は時間的並進対称性の帰結
 - 運動量保存則は空間的並進対称性の帰結
 - 角運動量保存則は空間的回転対称性の帰結
- 自然界の法則(相互作用)はこの対称性によって規定されているというのがゲージ理論という考え方
 - 確かに現在知られている法則はすべてそのように定式化できる
 - これは決して自明ではなくまさに驚くべきことであり、物理屋の価値観に大きな影響を与えている
- しかし、そうであるべき必然性がないのも事実

完全な対称性からのわずかなずれが大切？

- 自然も対称性を少しだけ破っていることが多い
 - 粒子の質量の起源(自発的対称性の破れ)
 - 対称性の破れ方こそ世界の多様性の源泉
- 完全すぎるものは美しくない？
 - 完全でないところが個性であり愛すべき点
 - 左右完全に対称な顔は良く見ると不気味？
- なぜか、基本的な漢字の多くは左右対称性を微妙に破っているようだ
 - 月、火、水、木、金、土、日、大、中、小、人、生、山、川、光、門

曼荼羅と自然界の階層



- 高い対称性と階層構造を持つ
- ミクロあるいはマクロな自然界の描写と解釈できなくもない

世界は一つなのか

- 実は科学的な回答は不可能だと思う
- 基本的には個人の価値観や好みを反映して多種多様の意見があり得るしそれらは尊重されるべき
- ただし、世界は数多くあると考えたほうが不自然さを避けられることは確からしい
- 一方、世界が不自然なものであってはいけないという理由もまた存在しない
- ここでは「宇宙」はその中に物質を包含する時空間という意味で用いることにし、「世界」はその宇宙を貫いている摂理や法則というより抽象的な意味で用いておく(ただしこれはあくまで私の個人的な使い分けでしかないので注意してほしい)

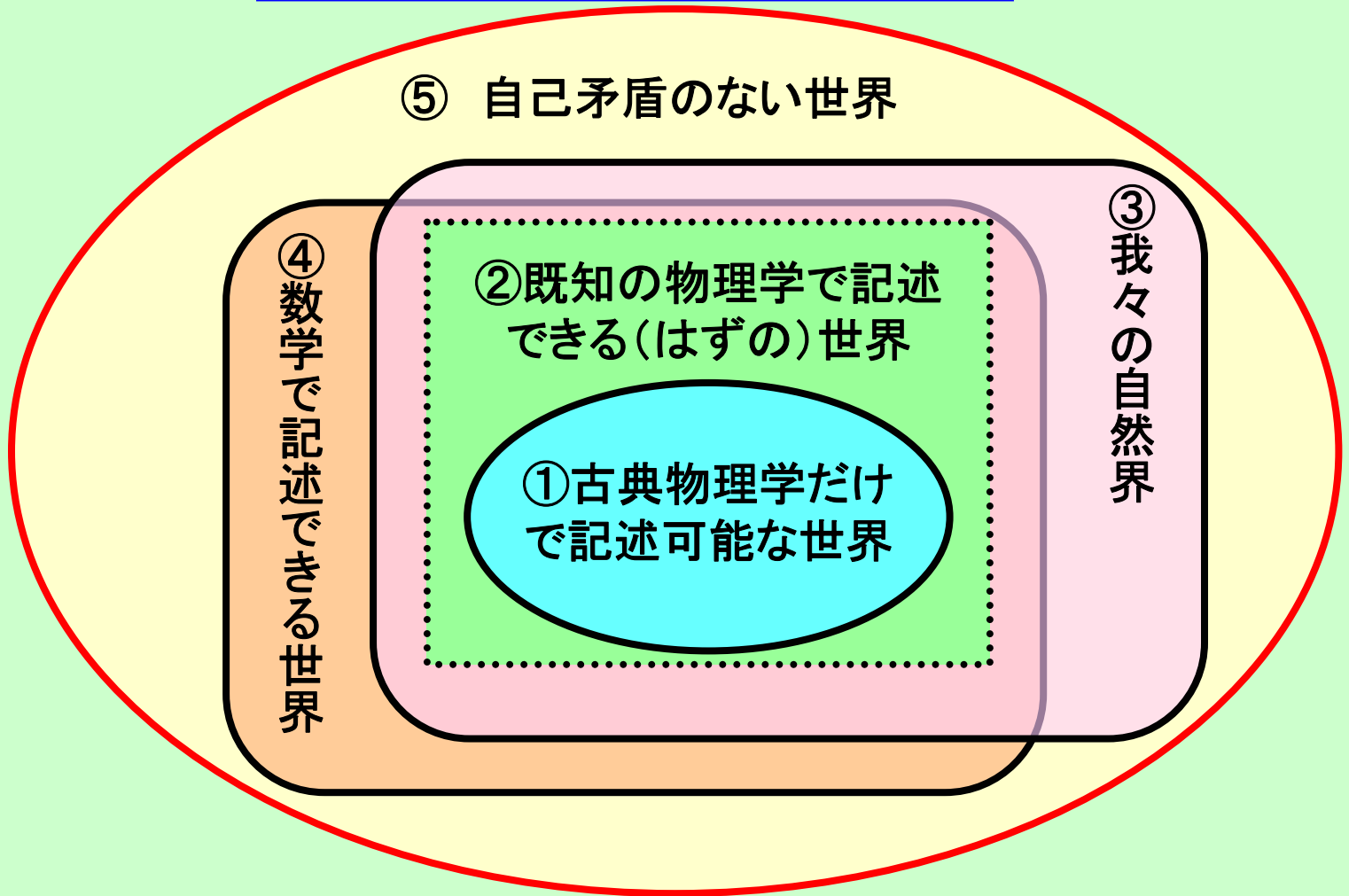
世界は理解できるものなのか

- この宇宙を支配している摂理や法則という抽象的な意味での「世界」が存在していること自体が不思議
 - 哲学者なら「世界は本当にあるのか」と問いかけることだろう
- その「世界」を我々のような人間が部分的にでも理解できていることはさらに不思議
 - 我々はまだ不完全であるとはいえ、自然科学という体系の構築に成功している
 - ネアンデルタール人がそのようなことを成し遂げられるとは思えない
 - 世界を理解するための最低限の知性は何か
 - 我々人間はどこまで世界を理解可能な知性のレベルなのか

「世界」の論理階層

ありとあらゆる可能性

自己矛盾を含む世界



宇宙を知り 世界を知る

- 宇宙の果てと太陽系外惑星から得られた新しい世界観
 - 最近の天文学観測の進歩にともない、宇宙の果てと太陽系外惑星に関する理解が飛躍的に広がった
 - その結果、我々の宇宙さらには世界を理解するうえでは、それら以外にも宇宙や世界があるほうが自然なのではないかという考えすら生まれてきた
 - 我々人類はどこまで世界を理解できるかは明らかではない
 - 世界を知るという試みは、科学の原動力であり、決して終わることのない営みとして人類が存在する限りいつまでも続く文化である
- 「我々は何も知らなかった」と痛感する時期を迎えたい