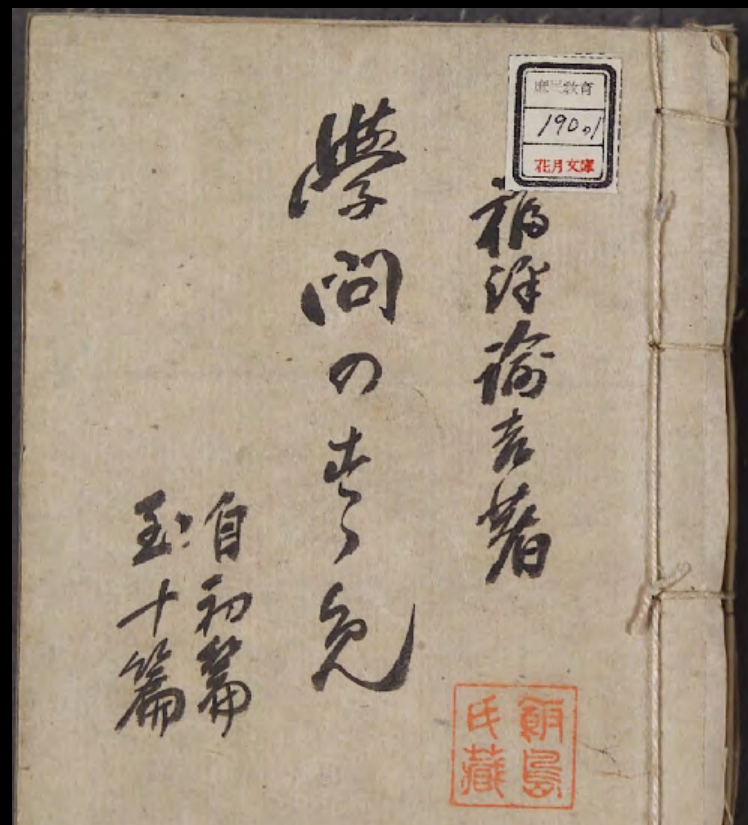
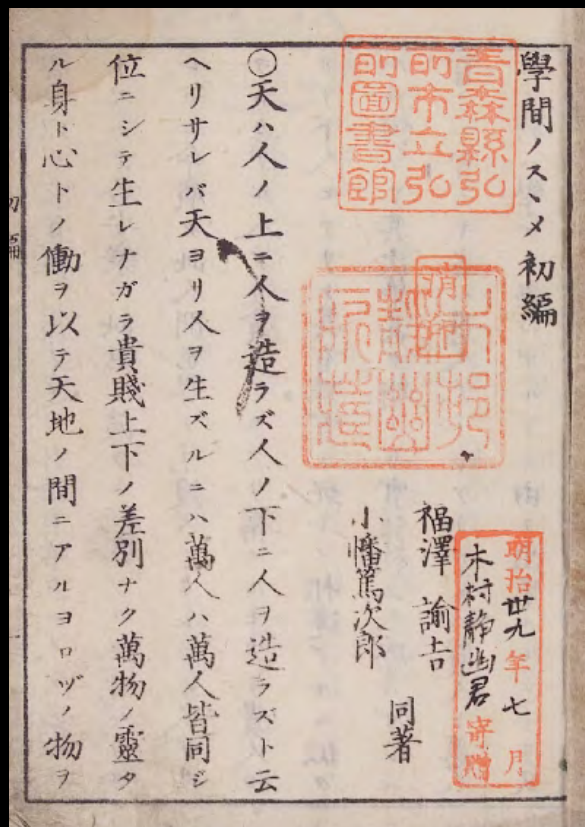


1. 科学の役割と物理学的世界観



理学系研究科 物理学専攻 須藤 靖

学術俯瞰講義 物質のはじまりとはたらき フェムトナノエクサの世界

我々の宇宙からマルチバースへ 2017年9月28日 16:50-18:35

http://www-utap.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2017j

第1回 科学の役割と物理学的世界観

1.1 学問のススメ

1.2 科学の目的と役割

1.3 我々の宇宙 地平線球内の天体諸階層

1.4 夜空ノムコウ 見えるもの≠存在するもの

1.5 宇宙観の進化

1.6 まとめ 物理学的世界観

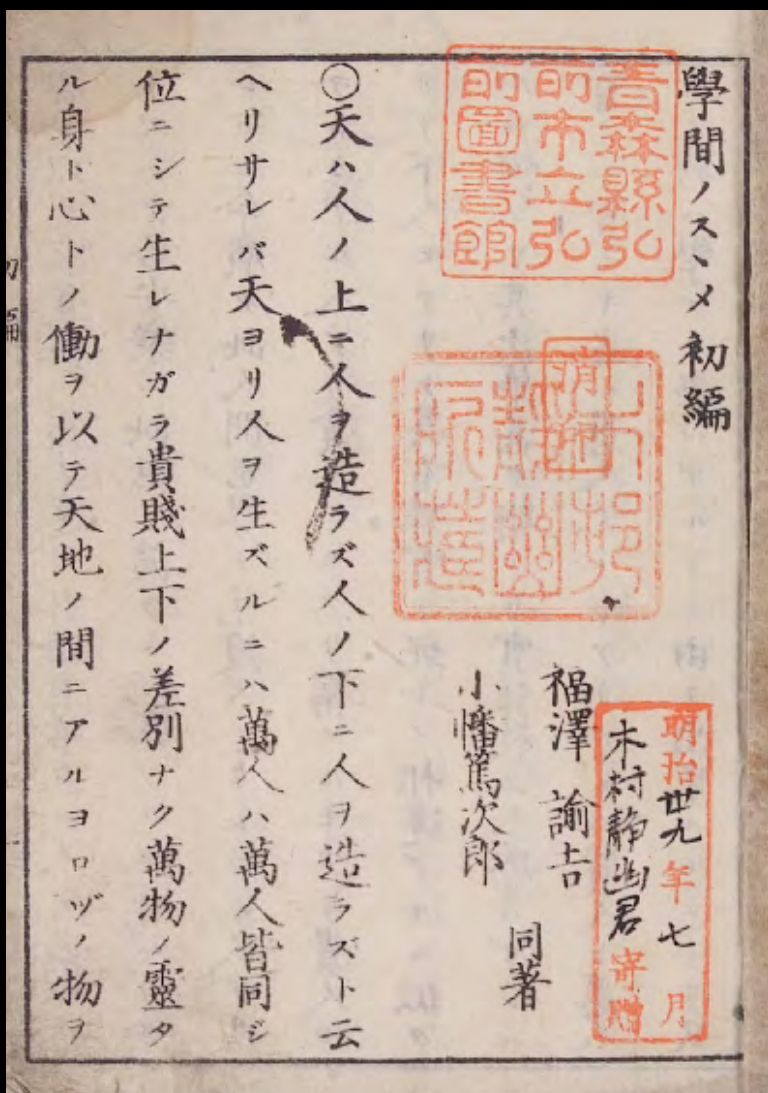
補足資料 1.A 先人たちの科学観

1.B 「夜来たる」の教え

1.1 学問ノススメ

福沢諭吉：学問ノス、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: 学問ノスヽメ初編)

- 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

究理学と物理学

■ 究理学 = natural philosophy (広義)

- 17世紀頃の英国で、思弁的な哲学と区別し人々が教養として身につけるべき「実験的な自然の哲学」を意味した
- ニュートンのプリンピキア = Philosophiae naturalis principia mathematica

■ 物理学 = physics (狭義)

- 19世紀末頃から実用的な知識の重要性を認識し、natural philosophyがphysicsに置き換わる
- 自然学(広義のphysics)
= 自然法則の究明 (natural philosophy)
+ 個々の現象解明の集積 (狭義のphysics)

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)
- 受身のままだただ待っていても何も起こらない
- 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

典型的な理系研究者タイプと思われがち
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

試験が得意な人≠研究者に向いている人

- **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にはなっていない
- **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
- **何よりも研究が好き・楽しめることが大前提**

1.2 科学の目的と役割

日本学術会議の使命

■ 日本学術会議法前文(1948年7月)

- 日本学術会議は、科学が文化国家の基礎であるという確信に立って、科学者の総意の下に、わが国の平和的復興、人類社会の福祉に貢献し、世界の学界と提携して学術の進歩に寄与することを使命とし、ここに設立される

■ 日本学術会議の声明@第一回総会(1949年1月)

- われわれは、日本国憲法の保障する思想と良心の自由、学問の自由及び言論の自由を確保するとともに、科学者の総意の下に、人類の平和のためあまねく世界の学界と提携して学術の進歩に寄与するよう万全の努力を傾注すべきことを期する

大学の使命： 東京大学憲章 (2003年3月18日制定)の前文より

- 国籍、民族、言語等のあらゆる境を超えた人類普遍の真理と真実を追究し、世界の平和と人類の福祉、人類と自然の共存、安全な環境の創造、諸地域の均衡のとれた持続的な発展、科学・技術の進歩、および文化の批判的継承と創造に、その教育・研究を通じて貢献すること

学術に携わるものの責任

- 大学と研究者には自主性・自律性が最大限保証されるべき
 - しかしそれは、その成果が全世界の社会の平和と幸福に貢献する場合に限る
 - 個人的な名声や欲望のためにあるのではない
- 科学者の社会的責任は個々の研究に優先する
 - なぜ研究不正をしてはいけないのか
 - なぜ軍事研究に巻き込まれてはいけないのか
 - その帰結を熟慮せず、研究が進むのならなんでも許されるとの考えは完全な間違い

科学教育の目的： 科学的思考法を身につける

- 文系か理系かといった瑣末な問題ではない
- 科学的**知識**を問題としているのでもない
- いわゆる文系と言われている職業（法律家、政治家、官僚）にこそ科学的**思考法**が不可欠
 - 今や司法関係者に最新の科学・技術の理解がなくては問題の正しい判断は不可能
- 残念ながらそれが欠如している（しかもそれを恥じていない）としか思えない人が多いのも事実

研究者以外も科学を学ぶべき理由

- テストで良い点を取るためではない
- この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
 - 健全な懐疑心をもち善悪を区別する
- 科学的「考え方」は、狭い意味の科学研究だけにとどまらず、人生一般にとって本質的

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
- **競争のための競争は無意味**: 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、必ずしも科学者**
の間で共有されていないらしい
 - 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

invaluable > valuable

- 「役に立たない」≠「価値がない」
 - 芸術、音楽、文学、恋愛は役に立つのか？
 - でもそれらこそが生きる意味を保証してくれる
 - **valuable** は、「価値を判断できる」程度に大切、意義深いという意味
 - **Invaluable** は、「もはや価値を判断する事すらできない」ほど重要であるという意味 ≠ **useless**
 - 科学にも **useful** ではなく **useless** だが **invaluable** な分野があって良い
 - ⇒ 天文学や素粒子物理学などはその例

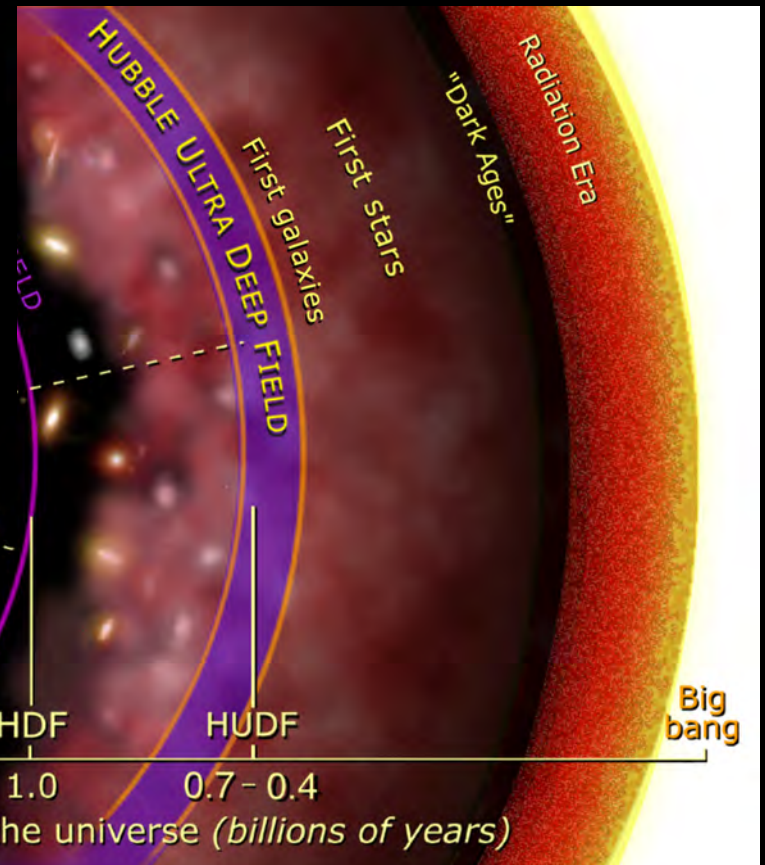
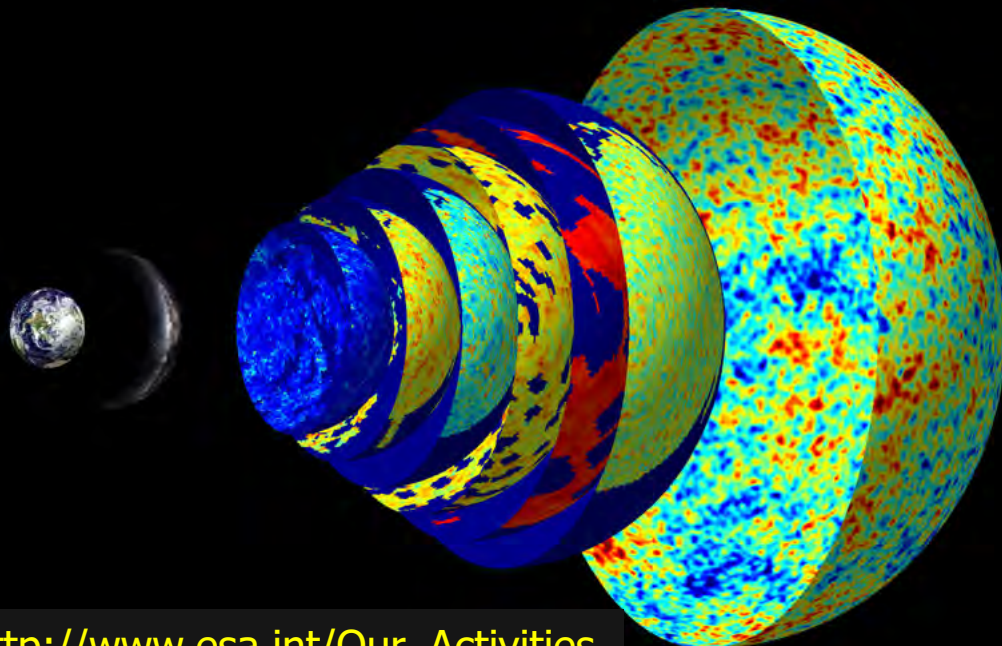
1.3 我々の宇宙

地平線球内の天体諸階層

宇宙観測は天球上で行われる

■ 遠く=過去

■ 光速は有限



http://www.esa.int/Our_Activities/Space_Science/Planck

Normal galaxies

Modern universe

13.7

HDF

1.0

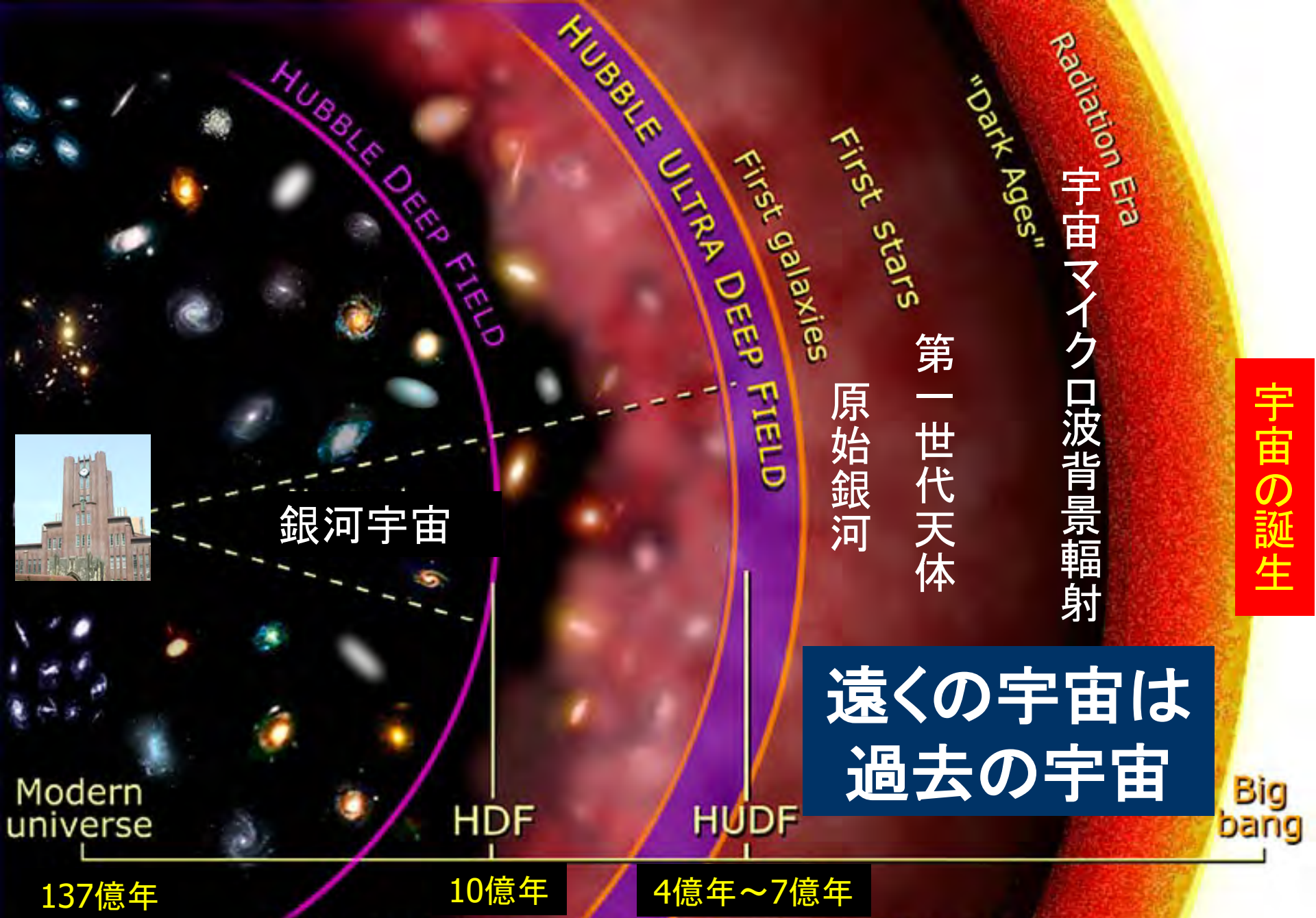
HUDF

0.7-0.4

Big bang

Age of the universe (billions of years)

http://www.nasa.gov/images/content/56534main_hubble_diagram.jpg



宇宙マイクロ波背景輻射

第一世代天体

原始銀河

First galaxies

First stars

Radiation Era
"Dark Ages"

宇宙の誕生

遠くの宇宙は過去の宇宙

銀河宇宙

Big bang

137億年

10億年

4億年~7億年

HDF

HUDF

Modern universe

http://www.nasa.gov/images/content/56534main_hubble_diagram.jpg

なぜかこの世界は階層だらけ

(おそらくある種の安定性を保証する)

- 生物—器官—細胞—DNA—塩基—分子—原子
- 物質—原子—原子核—陽子・中性子—クォーク
- 宇宙—銀河団—銀河—惑星系—地球
- 会長—社長—副社長—専務—部長—課長—係長—社員—派遣—アルバイト
- 教授—准教授—助教—博士研究員—大学院生—学部生
- 士農工商 (最近の教科書では、そのような階層は存在しなかったと教えられるらしいが、、、)

宇宙の階層

宇宙の大構造

太陽系



矮小銀河



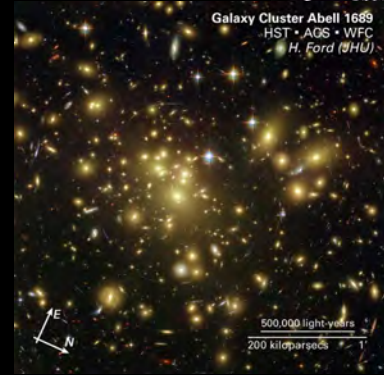
銀河群



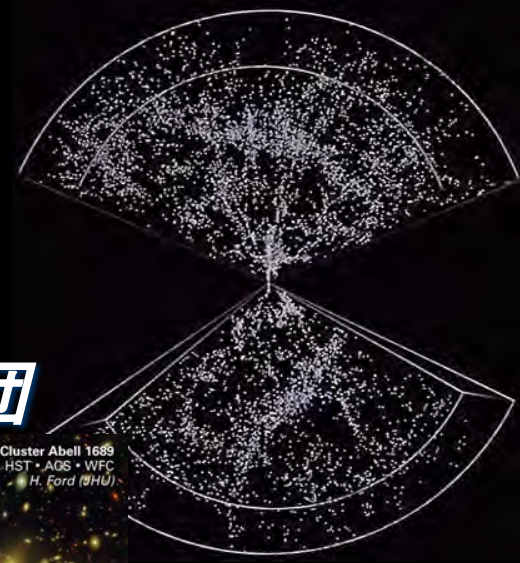
銀河



銀河団



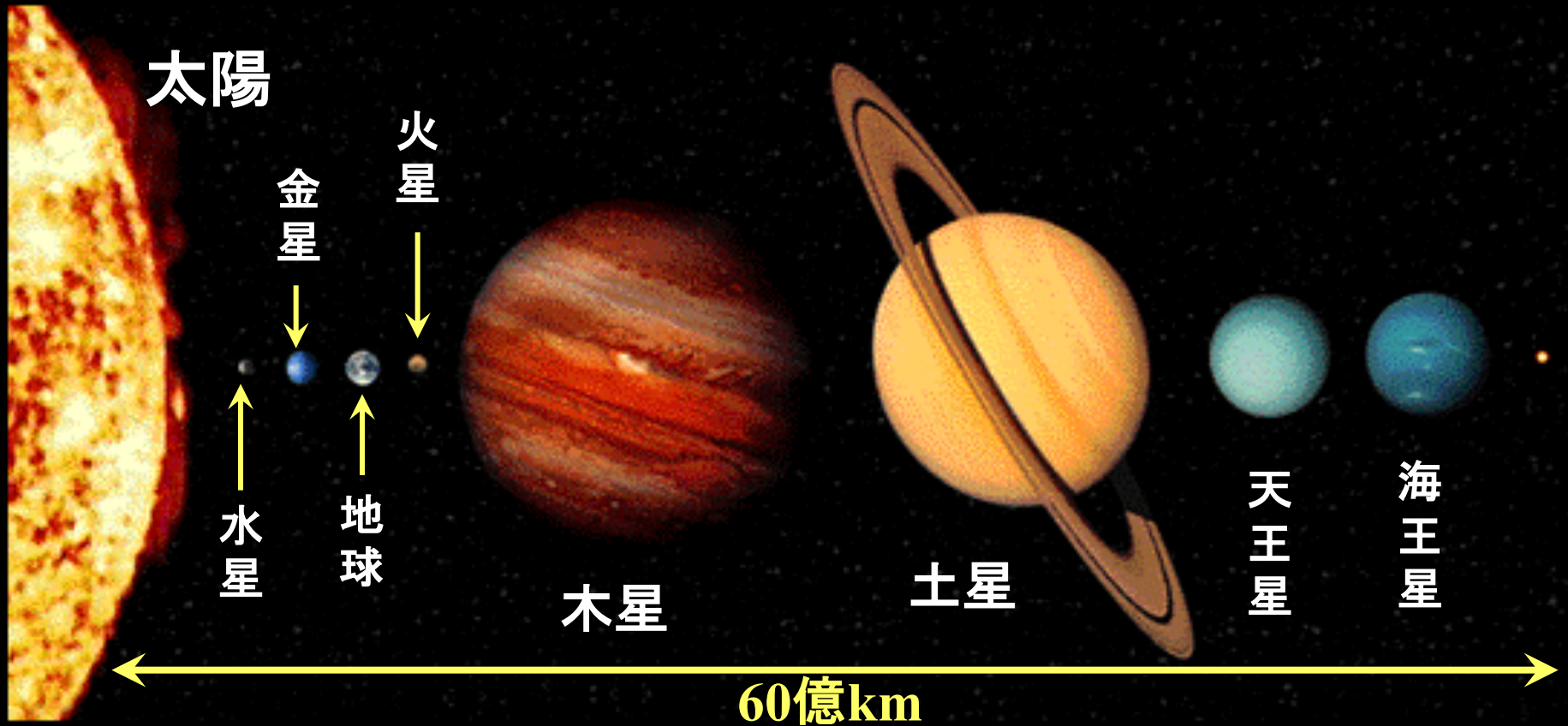
星団



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

典型的大きさ [単位: パーセク (~3.1光年)]

八つの惑星：我が太陽系



(太陽からの距離は別として、惑星の相対的な大きさはほぼ実際の比の通り)

<http://www.solarviews.com/eng/homepage.htm> © Calvin J. Hamilton

アンドロメダ銀河 (M31): 隣の銀河



13万光年

すばる望遠鏡
ハイパースープリームカム
宮崎聡他 (2013年7月)

<http://hsc.mtk.nao.ac.jp/ssp/gallery/>

銀河の形：ハッブル分類

Sa



Sb



Sc



Sd



楕円銀河

渦巻銀河

S0

レンズ状銀河



E0



E6



棒渦巻銀河



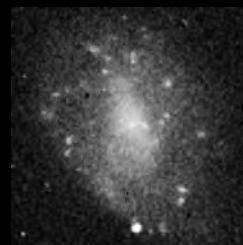
SBa



SBb



SBc



SBd

<http://skyserver.pha.jhu.edu/jp/>

銀河団： 宇宙で最大の自己重力系



- 100～1000個の銀河が、直径1千万光年程度の領域に重力で集団化したもの

銀河団エイベル1689
(距離:22億光年)
ハッブル宇宙望遠鏡

http://hubblesite.org/gallery/album/the_universe

人類が見た最も遠い(=最も古い)銀河宇宙

ハッブル
ウルトラ
ディープ
フィールド
(HUDF)



http://hubblesite.org/gallery/album/the_universe

地平線球：我々が現在観測できる宇宙

■ 宇宙膨張のため「観測できる宇宙」の大きさは時々刻々拡大している

全宇宙（果てはなく、
体積もほぼ無限）

- ある時間内に光が伝わる距離より遠くは観測不可能
- 地平線球：我々を中心する半径「宇宙年齢 × 光速 = 138億光年」の球
- 宇宙膨張を考慮すると、より正確には460億光年となるが、数倍の違いは無視して良い

■ この地平線球は、(全)宇宙のごく一部

- 我々が現在観測できる宇宙 (= 地平線球) と、(全)宇宙とは区別して使い分けるべき

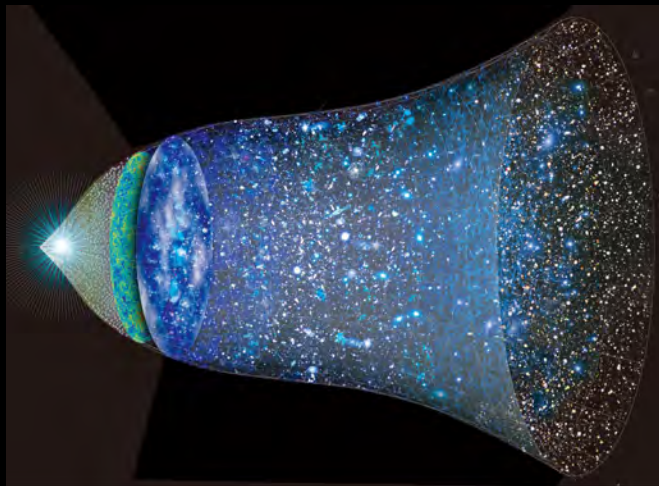
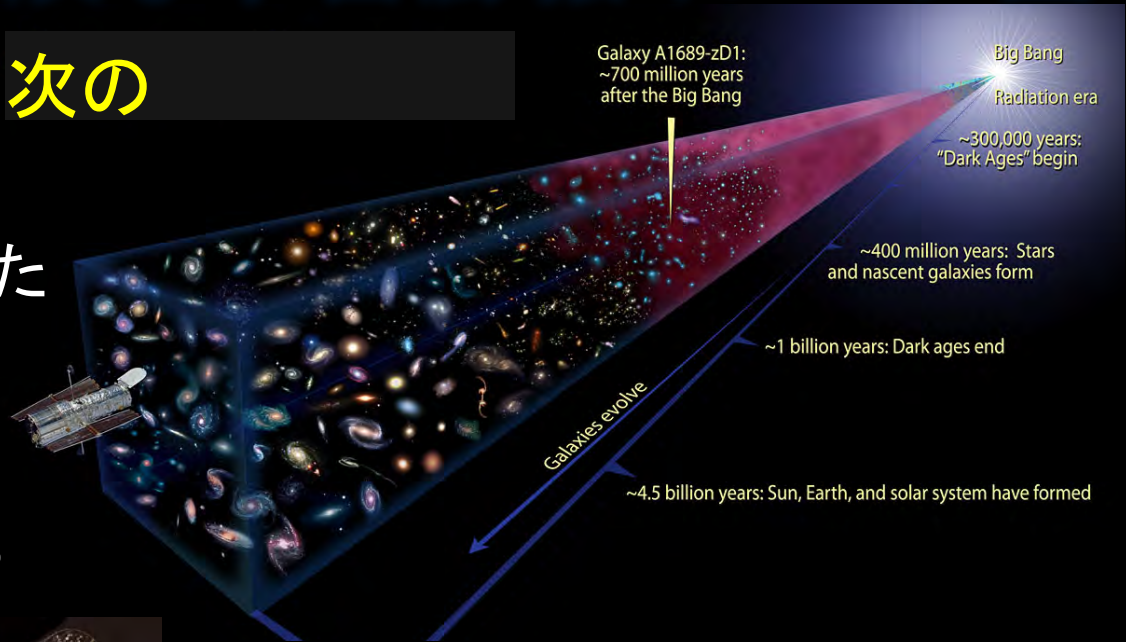


半径460億光年
の地平線球
(我々が観測できる宇宙)

多用されているにもかかわらず 誤解を生み危険な宇宙膨張イメージ図

■ 以下の図から受ける次の 印象はすべて誤解

- 宇宙は点から始まった
- 宇宙には端がある
- 宇宙の大きさは有限
- 宇宙には中心がある



<http://hubblesite.org/>

Illume vol.19 (2007) No.37 4-21

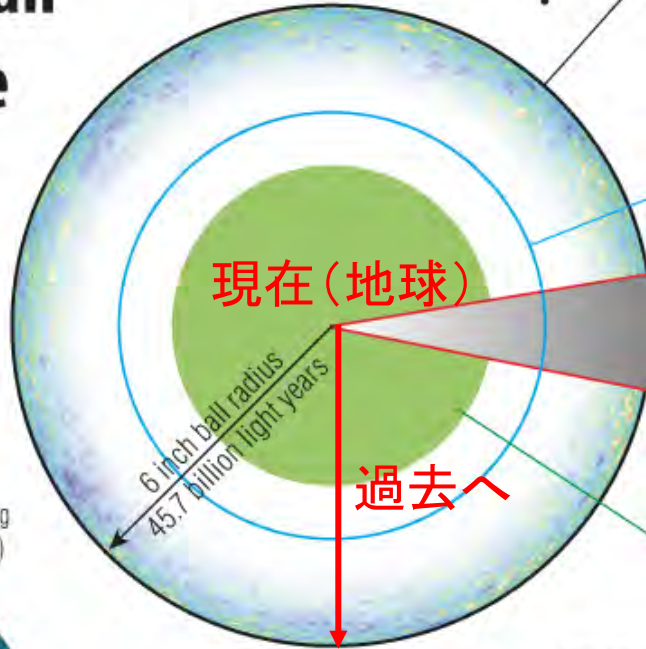
電磁波で現在観測できる宇宙の果て

宇宙マイクロ波背景放射(ビッグバンの光の化石)

The 12 Inch Beach Ball Universe

Light from outside the sphere has not yet reached us, and light from inside the sphere has already passed us.

Cosmic Microwave Background (CMB)
 = 45.7 billion light years in radius
 = 13.7 billion years in time
 (These numbers are not equal because the universe is expanding at the same time light is traveling.)



Light from the first stars
4 inch radius

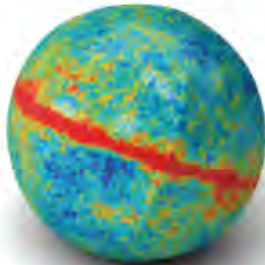
現在(地球)

Earth is here

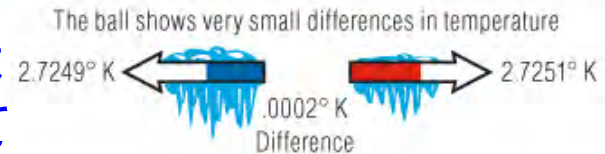
The Milky Way Galaxy
0.000008 inch diameter

Galaxies seen by the Hubble Telescope
approx. 3 inch radius

(The red band around the ball is our own Milky Way Galaxy blocking the view of the CMB light.)



この外側にも宇宙は
ほぼ無限に広がって
いる



The ball shows very small differences in temperature

Learn more: <http://map.gsfc.nasa.gov/resources/edactivity1.html>

地球から天球面での温度地図を逆転させて表現した天球儀



1.4 夜空ノムコウ

見えるもの≠存在するもの

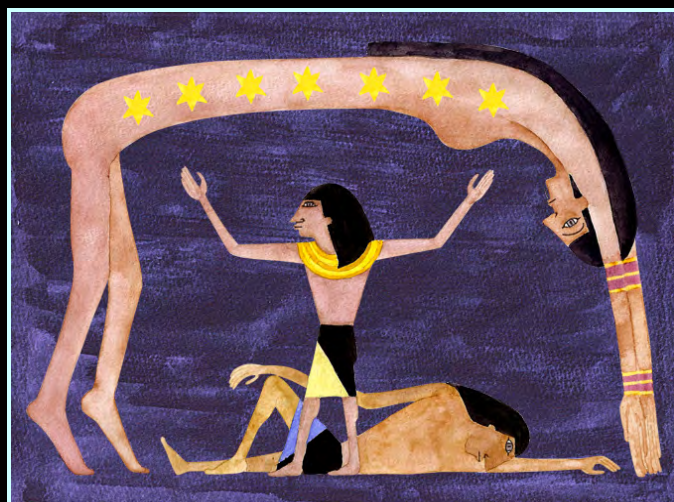
宇宙と世界の大小関係

- 宇宙 > 世界？ or 世界 > 宇宙？
 - Universe = 宇宙 = Space + Time
 - World = 世界 = Time + Space
 - 天文学者(少なくとも私)にとっては「宇宙」は観測できる具体的な対象であり、むしろ「世界」の方がより広い抽象的概念に思える。
- 以下では「世界 > 宇宙」と解釈し、**世界観**という言葉を用いる(ただしこれは私流)

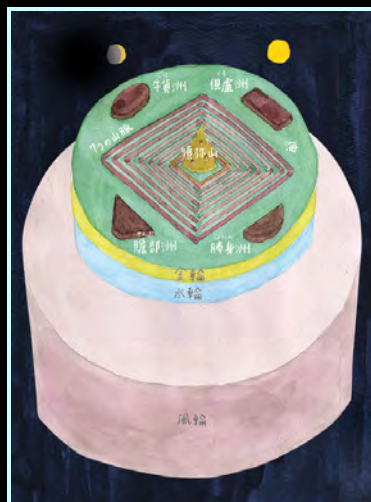
夜空のむこうの世界を探る

■ 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？
- もう一つの地球はあるか？
- 生物はどうやって生まれたのか？

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知ったのか

「我々は何も知らなかった」



イラスト：羽馬有紗

「我々は何も知らなかった」ことに気づくことこそ学問

我々は何も知らなかった

A Fawcett Crest Book

M1486
95c

Thrilling, Terrifying
Tales from the
Master of Science Fiction

isaac asimov

NIGHTFALL

AND OTHER STORIES

- 夜が存在するおかげで我々の世界の本質がわかる
- “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我々の世界が
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、
我々以外の世界の存在が実感できる

(すばる観測所、田中壱氏撮影)

この夜空のムコウにさらに別の世界
が存在しているのでは？

1.5 宇宙観の進化

この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？
 - ものをどんどん分けていくとどうなるか？
 - 分子⇒原子⇒原子核⇒素粒子(クォーク・レプトン)
 - さらにより基本的な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？
 - 地球⇒太陽系⇒星団⇒銀河⇒銀河団⇒宇宙の大構造
 - 宇宙の大きさ(=年齢)は？
 - さらに遠く(=過去)の宇宙はどうなっている？
 - 宇宙を占める物質は、この地上の微視的世界の構成要素(素粒子からなる)と同じなのか？

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

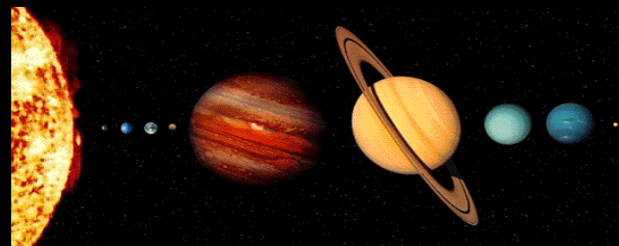
- (木、火、土、金、水)

× (陽、陰)

- 日本での惑星と曜日名の由来

■ 現代物理学

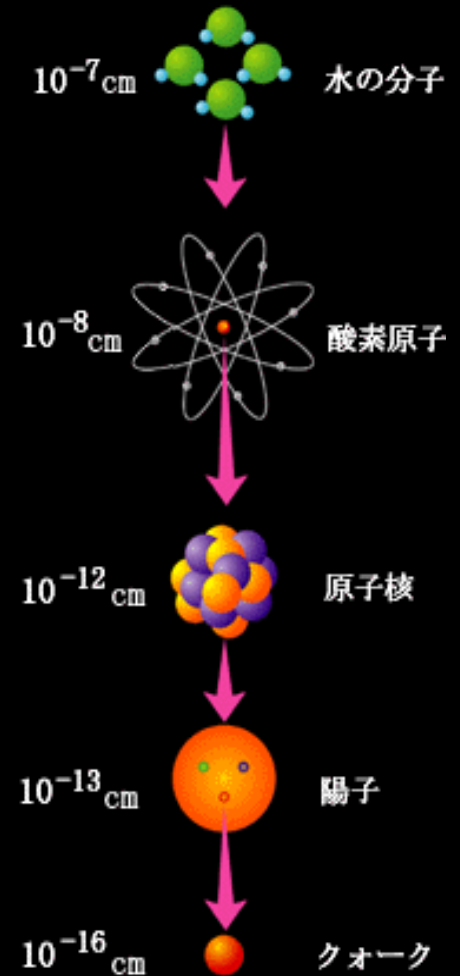
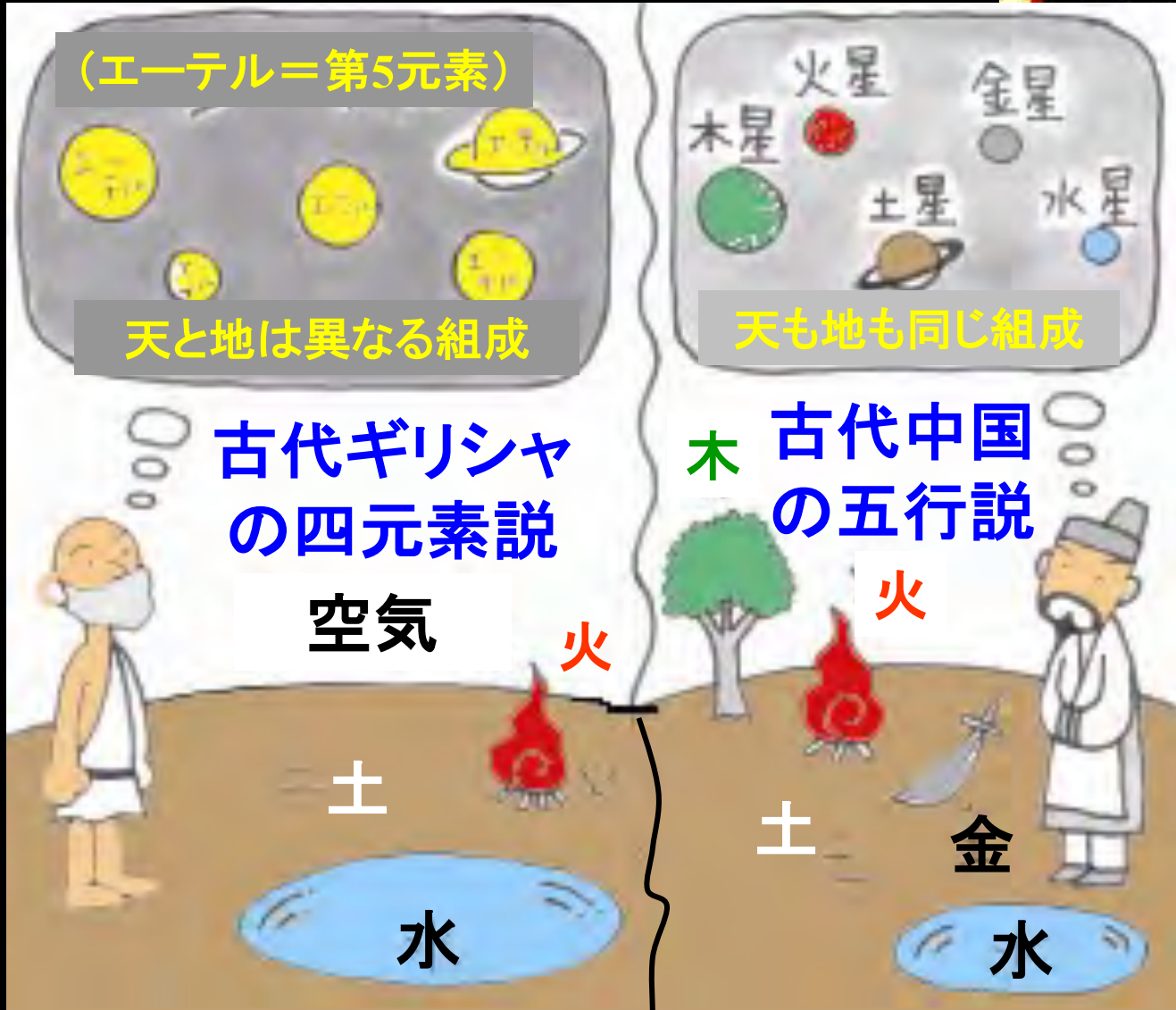
- 物質 ⇒ 分子 ⇒ 原子
⇒ 原子核 (陽子・中性子)、電子
⇒ 素粒子 (クォーク・レプトン)



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

天の世界と地の世界



(いずれも 須藤靖「ものの大きさ」図1.1より)

宇宙は地球と同じ組成をもつか？

- 宇宙論における最大の疑問
- 20世紀天文学観測がもたらした予想外の発見
 - 宇宙には大量のダークマターが存在
 - 実はさらに大量のダークエネルギーが存在
- 宇宙はダーク成分に支配されている

■ 微視的世界の標準モデル

- 地球上の既知の物質はすべて元素から、さらに、すべての元素は素粒子(クォークとレプトン)から構成される

	mass →	≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0	0
	u	c	t	g	H	
	up	charm	top	gluon	Higgs boson	
QUARKS	≈4.8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²	0		
	-1/3	-1/3	-1/3	0		
	1/2	1/2	1/2	1		
	d	s	b	γ		
	down	strange	bottom	photon		
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	91.2 GeV/c ²		
	-1	-1	-1	0		
	1/2	1/2	1/2	1		
	e	μ	τ	Z		
	electron	muon	tau	Z boson		
LEPTONS	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²		
	0	0	0	±1		
	1/2	1/2	1/2	1		
	ν_e	ν_μ	ν_τ	W		
	electron neutrino	muon neutrino	tau neutrino	W boson		
					GAUGE BOSONS	

ウィキペディアより

重カレンズで「見る」ダークマター

2003年に東京大学の稲田直久と大栗真宗がSDSSで発見、すばるで確認
Inada et al. Nature 426(2003)810

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のダークマ
ターによる重力が、クエーサーからの
光を曲げる

5つの異なる
クエーサー像
が見える



重力レンズ天体
SDSS J1004+4112 :
一般相対論的蜃気楼



宇宙には大量のダークマターが満ちている

重力レンズ効果

- 質量の存在のために空間が歪んだ結果光の進路が曲がる一般相対論的現象
- 銀河(団)の背後にあるクエーサーが、多重像に
- この効果を用いて銀河(団)の質量を推定すると光っている質量の数倍にもなる

銀河団 SDSS J1004 + 4112

Credit: ESA, NASA, K. Sharon (Tel Aviv University) and E. Ofek (Caltech)

- **ダークマター(暗黒物質):** 重力は及ぼすが直接光ることはない。現時点では未知の素粒子なのではないかと考えられている

実は宇宙の主成分はダークエネルギー

- **ダークマターとは異なり、空間的に局在してはいない**
 - 例えば、本来何もないはずの真空自体が持っているエネルギーのように、宇宙全体を一様にみたくしている
- **その重力は、引力ではなく実効的に「斥力」**
 - 1917年にアインシュタインが(全く異なる理由から)導入した宇宙定数に対応
 - ダークマター以上にその正体は不明
- **ダークエネルギーは、いまだ理解していない新たな物理学を探る重要な手がかり**

2011 ノーベル物理学賞

■ Saul Perlmutter, Brian P. Schmidt and Adam G. Riess

- 1998年に、遠方の超新星の観測を通じて、宇宙の膨張が加速していることを発見

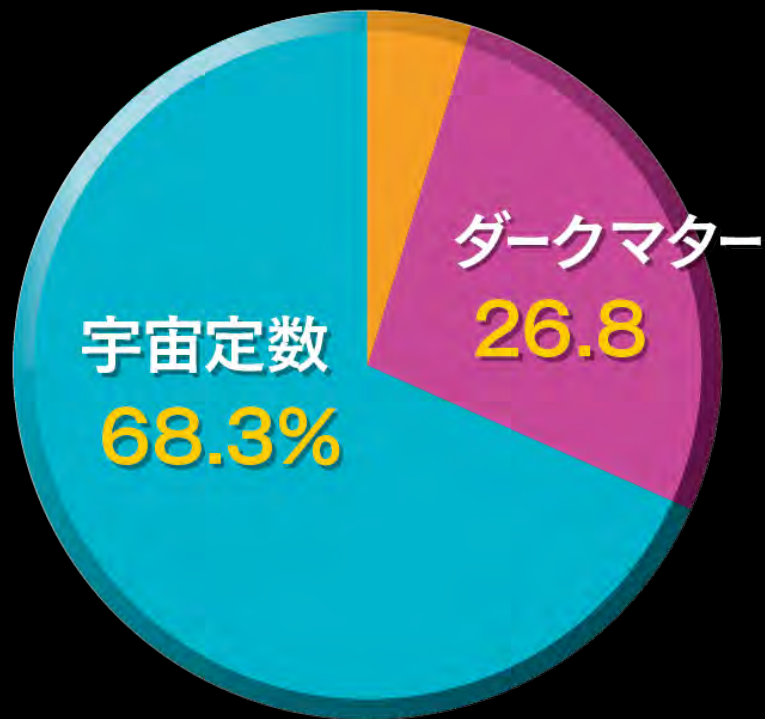
この観測事実を説明する最も有力な仮説がダークエネルギー



<https://www.nobelprize.org/>

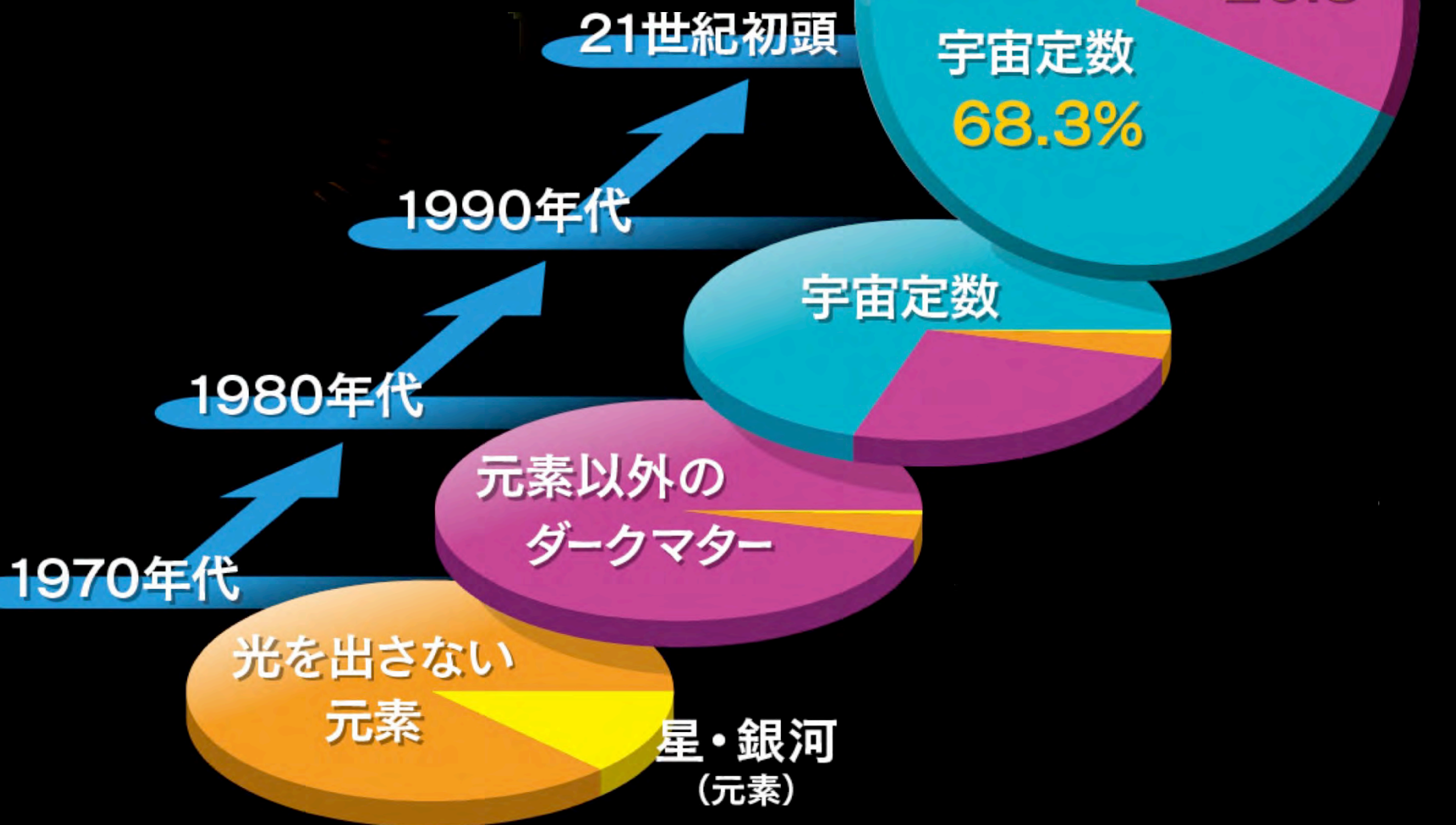
遠方宇宙の観測を通じて明らかになった、現在の我々の宇宙の組成

元素 4.9



- 宇宙の主成分は宇宙定数で約7割を占める
- その次は約3割を占めるダークマター
- 我々の身の回りの世界を構成している元素はわずか5%程度でしかない
- 宇宙の約95%はその正体が未だ解明されていない

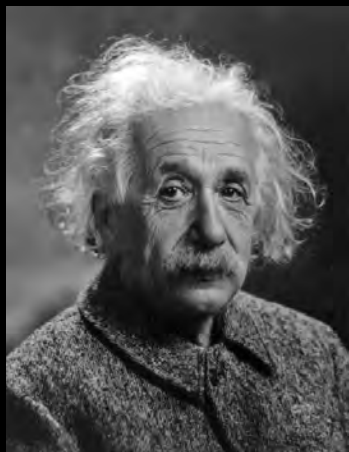
現代天文学による 宇宙観の進化



1.6 まとめ

物理学的世界観

物理教の経典



http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/Albert_Einstein_Head.jpg

- 世の中の「本質的なこと」はすべて物理法則によって「自然に」説明できるはずである
- むろん、実際にわかっていない現象も多いが
 - 自由度が多く、初期条件を精度よく推定できないために細かいことまではわからないだけ(複雑系)
 - まだ正しい物理法則の理解に至っていないだけ(すべての相互作用の統一⇒究極理論への道)
- つまり、単に我々がまだ未熟者であるだけで、もっと修行を積みればわかるようになるはず
 - 学者という職業の存在意義
- 「神様」を持ち出す必要はない

自然科学とえせ科学との違い

■ 自然科学の特徴

- 必ずしも「厳密な」自然像の構築を追求してはいない
- 近似的描像を更新し続ける営み
- 無矛盾な理論モデルでも、実験が否定することがある

■ 「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)
- 間違っているか判断できない命題(例えば、神が存在する)は、自然科学では(まだ)扱えない
- 「説明できない謎の存在」は自然科学の限界ではなく、むしろ出発点

科学の進歩と社会的責任

- 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
 - 過去の業績はどんなに偉大な貢献をしたものであっても、やがて新しい結果にとって代わられる
- 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
 - しかし、その営みを通じて「世界」をより深く理解するための本質的・不可欠な作業
 - 現代社会は科学なしには発展できない
 - だからこそ、科学者はその社会的責任を十分認識して行動すべき

現代物理学が到達した世界観

mass →	≈2.3 MeV/c ²	≈1.275 GeV/c ²	≈173.07 GeV/c ²	0	≈126 GeV/c ²
charge →	2/3	2/3	2/3	0	0
spin →	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs boson
QUARKS					
	≈4.8 MeV/c ²	≈95 MeV/c ²	≈4.18 GeV/c ²	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
	0.511 MeV/c ²	105.7 MeV/c ²	1.777 GeV/c ²	91.2 GeV/c ²	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
LEPTONS					
	<2.2 eV/c ²	<0.17 MeV/c ²	<15.5 MeV/c ²	80.4 GeV/c ²	
	0	1/2	1/2	±1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

微視的世界

素粒子

原子核

世界の階層

原子

DNA

人間

山

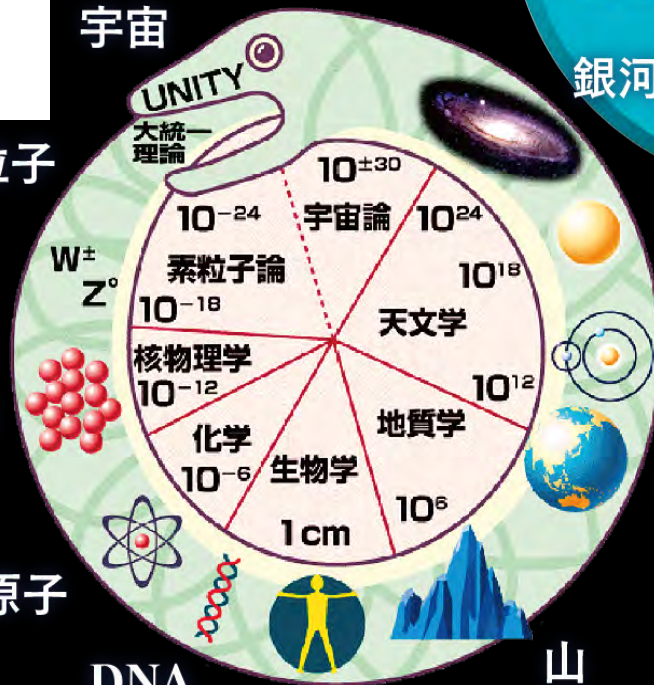
地球

太陽系

星

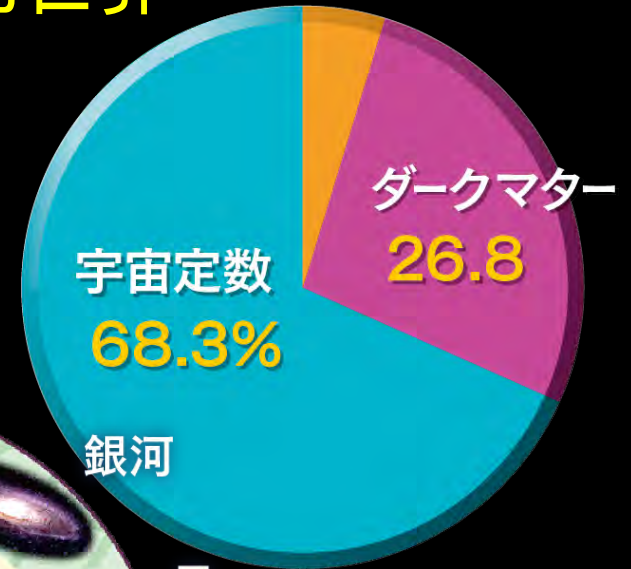
銀河

宇宙



巨視的世界

元素 4.9



補足資料

1.A 先人たちの科学観

Henri Poincaré (Science et méthode, 1908)



- *Le savant n'étudie pas la nature parce que c'est utile. Il'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.*

Henri Poincaré (Science and method, 1908)

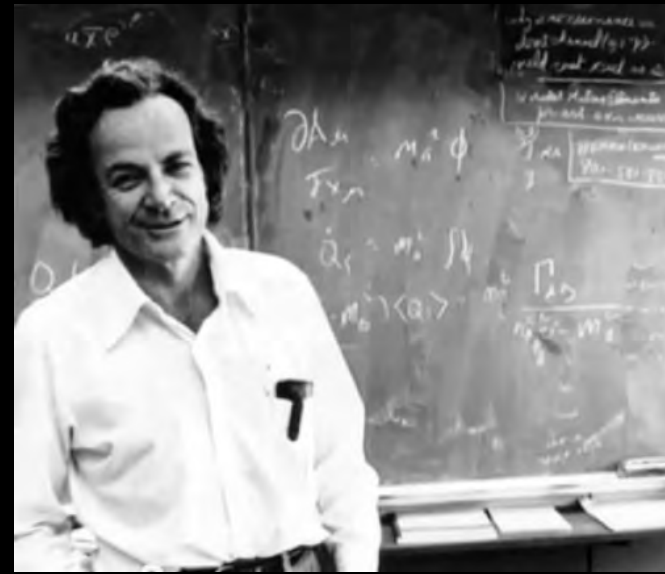


- *The scientist does not study nature because it is useful to do so. He studies it because he takes pleasure in it, and he takes pleasure in it because it is beautiful. If nature were not beautiful, it would not be worth knowing and life would not be worth living.*

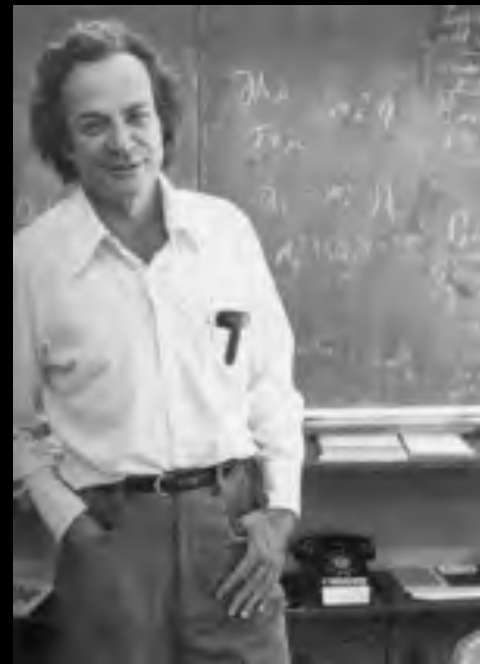
リチャード・ファインマン

『ファインマンさんベストエッセイ』

(大貫昌子・江沢洋訳 岩波書店)

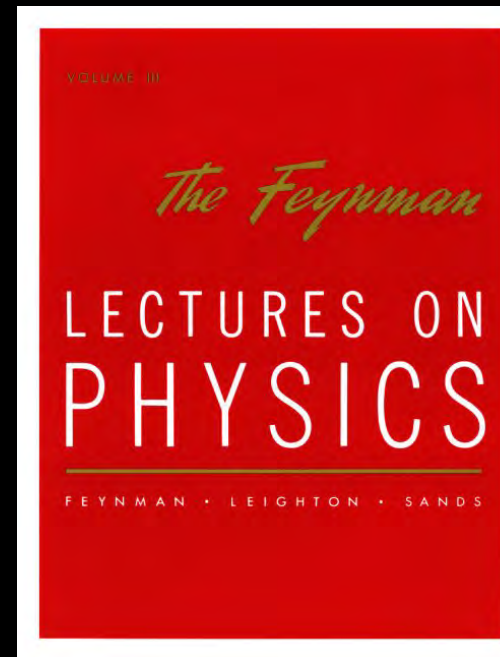


- 僕はみなさんが専門家を、たまにどころか、必ず疑ってかかるべきだということを、科学から学んで頂きたいと思います。事実、僕は科学をもっと別な言い方でも定義できます。科学とは専門家の無知を信じることです。

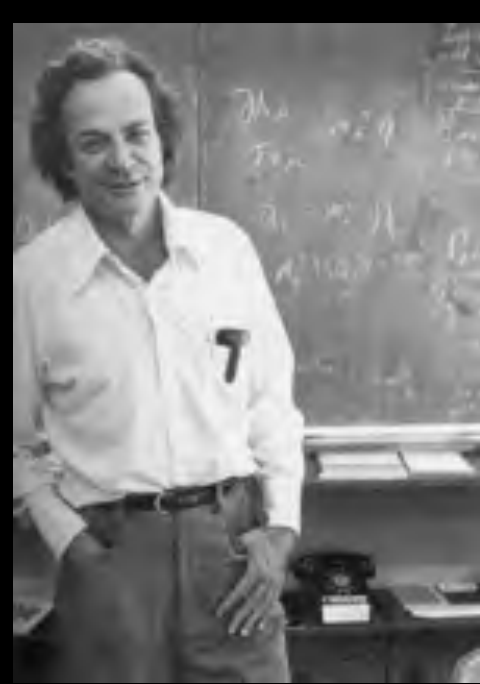


Richard Feynman

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

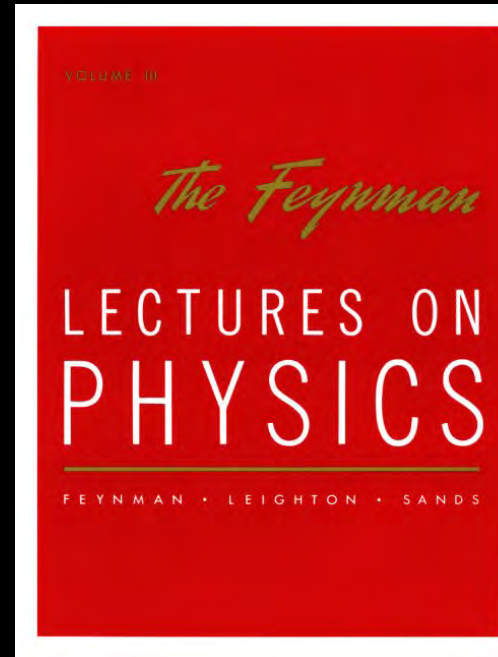


- Finally, may I add that the main purpose of my teaching has not been to prepare for some examination -- it was not even to prepare you to serve industry or the military.



Richard Feynman

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



- 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.)*

Richard Feynman

(The Feynman lectures on physics, volume III,
Feynman's Epilogue: “purpose of my teaching”)

- 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.)*
- Perhaps you will not only have some appreciation of this culture; it is even possible that you may want to join in the greatest adventure that the human mind has ever begun.

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

笠井 献一『科学者の卵たちに贈る言葉 江上不二夫が伝えたかったこと』（岩波科学ライブラリー210）より

- 研究はスポーツ競技じゃないんだから、目的は他人に勝つことじゃないよ。闘争心を研究の原動力にしたのでは、勝った、負けた、だけにこだわってしまう。他の人と争うような研究テーマにみんなが群がるのはやめて、なるべくみんなが違う課題をいろいろな角度から攻める方がいい
- 流行っている研究は君がやらなくたって誰か他の人がやるに決まっている。そんなテーマをやったってつまらない。



江上 不二夫(1910 – 1982) : 戦後日本の生化学を牽引した。名古屋大学教授、東京大学教授、日本学術会議会長、国際生命の起源学会会長等を歴任

笠井献一著『科学者の卵たちに贈る言葉江上不二夫が伝えたかったこと』

岩波科学ライブラリー 210

科学者の卵たちに 贈る言葉

江上不二夫が伝えたかったこと

笠井献一



岩波書店

「実験が失敗したら
大喜びしなさい」
「自然は人間の頭で
考えられるよりも
はるかに偉大で
複雑だよ」

- 科学は勝ち負けではない
- 流行している研究などやらなくてよい
- 人真似でかまわない
- 牛でこうだったから馬でもそうなるかどうかはやってみる前から分かるはずがないでしょう
- つまらない研究なんてない
- 実験が失敗したら大喜びしなさい

天文学という文学

- 「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)



(高知県人)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！



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



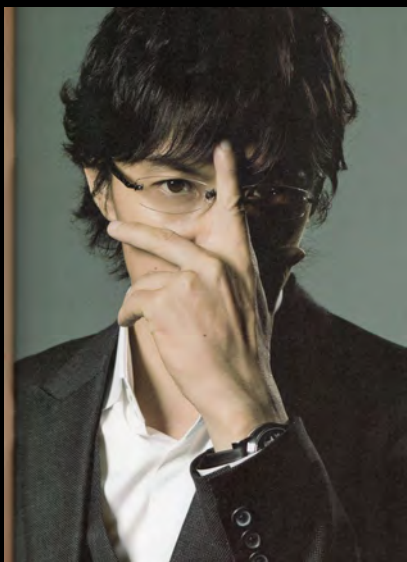
湯川学の科学観

東野圭吾『真夏の方程式』 文藝春秋社 p.411

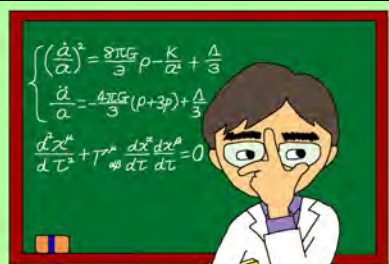
- この世界には現代科学では解けない謎がいくつもある。しかし科学の発展と共に、いずれも解かれていくだろう。では科学に限界はあるのだろうか。あるとすれば、何がそれを生み出すのだろうか
- それは人間だ。人間の頭脳だ。数学の世界では、何か新しい理論を発見した時には、正しいかどうかをほかの数学者に検証してもらおう。だが発見される理論は益々高度化していく。そうなると当然検証できる数学者もかぎられてくる。ではもし理論が難解すぎて、ほかの誰も理解できなかつたらどうだろう。それが理論として定着するには、別の天才が現れるまで待たねばならない。人間の頭脳が科学の限界を生み出すというのはそういう理由からだ。

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。



1.B 「夜来たる」の教え

2010年6月25日@ロサンゼルス

空が青いわけ

- 大気は粒子(気体分子)から成る
- レイリー散乱 $\propto (\text{波長})^{-4}$
- 青空は世界の果てなのか
- この先に別の世界が広がっているのか

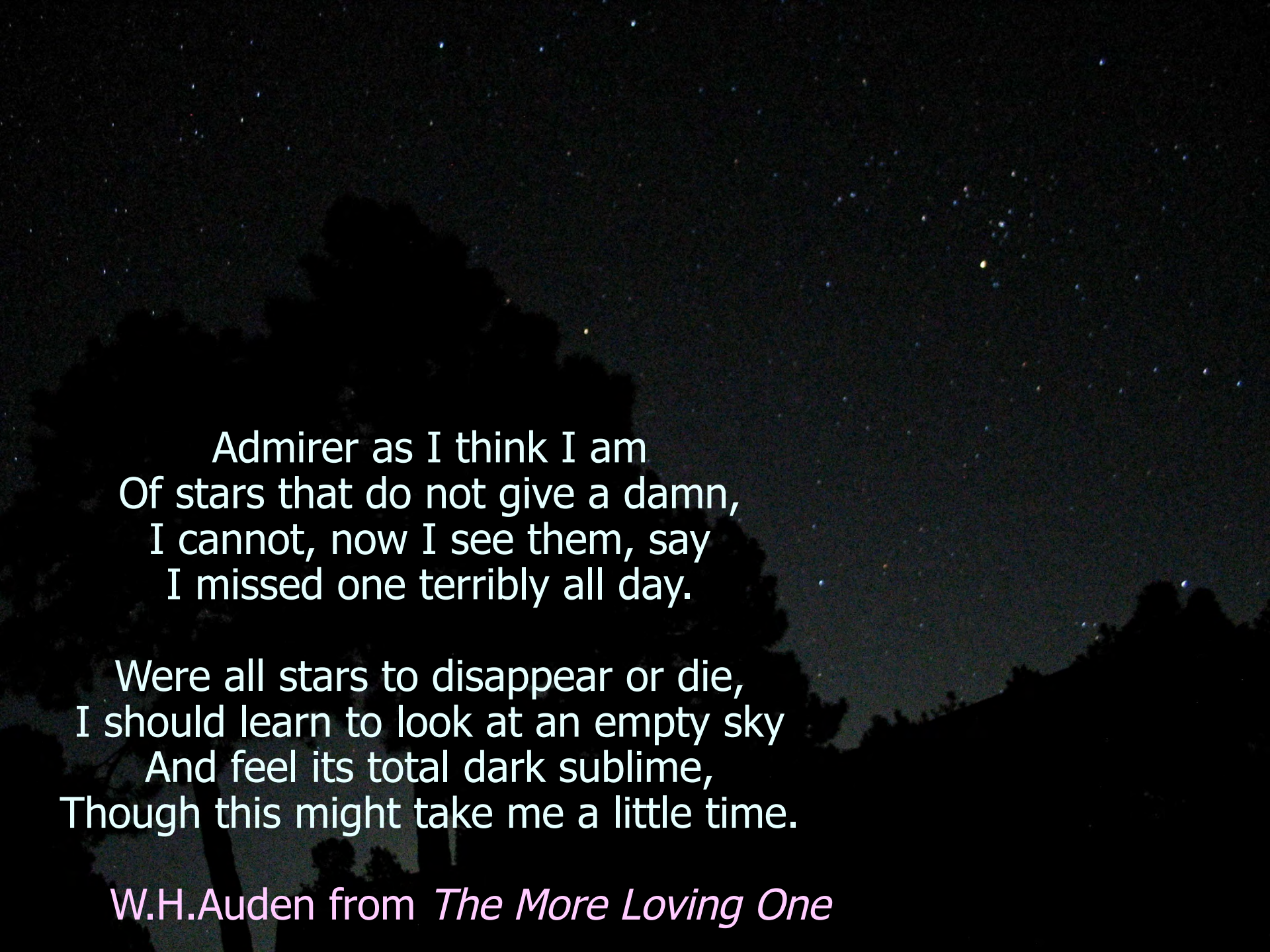


2011年12月10日22時13分@埼玉県上尾市

夜空が暗いわけ



- オルバーズのパラドックス(夜空は明るいはず)
- 宇宙は有限の過去から始まった
- 光の速度は無限ではない



Admirer as I think I am
Of stars that do not give a damn,
I cannot, now I see them, say
I missed one terribly all day.

Were all stars to disappear or die,
I should learn to look at an empty sky
And feel its total dark sublime,
Though this might take me a little time.

W.H.Auden from *The More Loving One*

*If the stars should appear one night in a thousand years,
how would men believe and adore, and preserve for
many generations the remembrance of the city of God?*

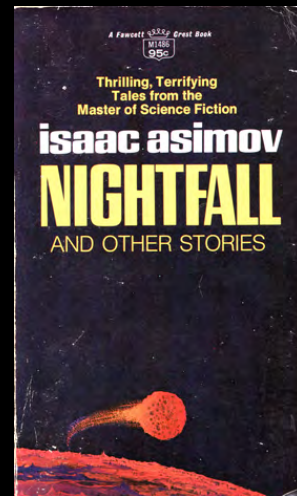
Ralph Waldo Emerson



2012年5月21日 7:34@安田講堂前広場

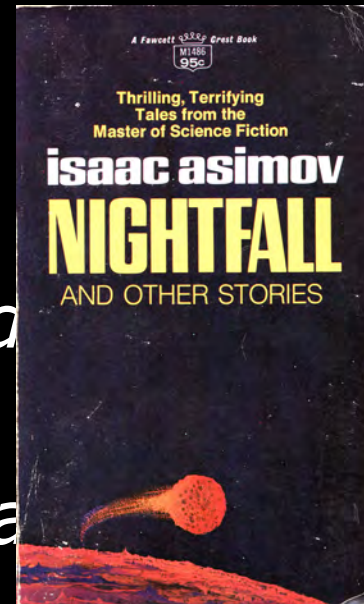
アシモフの回想

- The writing of “Nightfall” was a watershed in my professional career. When I wrote it, I had just turned twenty-one. I had been writing professionally (in the sense that I was submitting my stories to magazines and occasionally selling them) for two and a half years, but had created no tidal wave. I had published about a dozen stories and had failed to sell a dozen others.
- Then John W. Campbell, Jr., the editor of Astounding Science Fiction, showed me the Emerson quotation that starts “Nightfall.” We discussed it; then I went home and, over the course of the next few weeks, wrote the story.



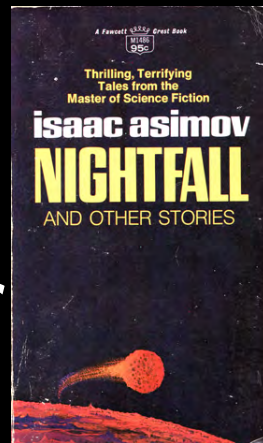
アイザック アシモフ: Nightfall (1)

- *Lagash's own sun. Alpha, the one about which it revolved, was at the antipodes, as were the two distant companion pairs. The red dwarf Beta -- Alpha's immediate companion -- was alone, grimly alone.*
- *Aton's upturned face flushed redly in the sunlight. "In just under four hours," he said "civilization, as we know it, comes to an end. It will do so because, as you see. Beta is the only sun in the sky."*



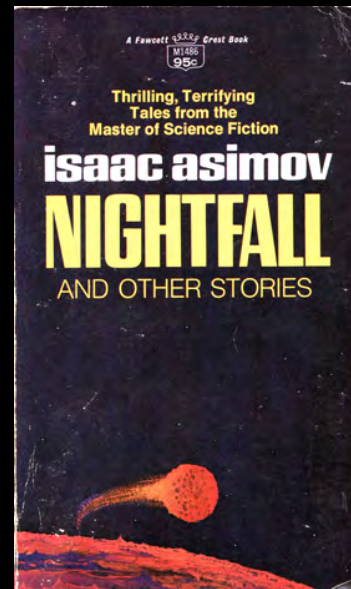
アイザック アシモフ: Nightfall (2)

- *We've located series of civilizations, nine of them definitely, and indications of others as well, all of which have reached heights comparable to our own, and all of which, without exception, were destroyed by fire at the very height of their culture.*
- *And no one could tell why. All centers of culture were thoroughly gutted by fire, with nothing left behind to give a hint as to the cause.*



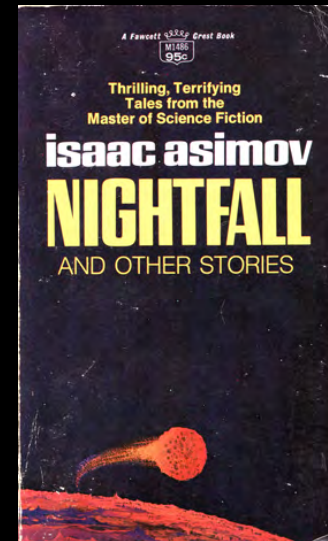
アイザック アシモフ: Nightfall (3)

- *The Cultists said that every two thousand and fifty years Lagash entered a huge cave, so that all the suns disappeared, and there came total darkness all over the world! And then, they say, things called **Stars** appeared, which robbed men of their souls and left them unreasoning brutes, so that they destroyed the civilization they themselves had built up.*



アイザック アシモフ: Nightfall (4)

- *Beta! And it has been shown that the eclipse will occur only when the arrangement of the suns is such that Beta is alone in its hemisphere and at maximum distance, at which time the moon is invariably at minimum distance. The eclipse that results, with the moon seven times the apparent diameter of Beta, covers all of Lagash and lasts well over half a day, so that no spot on the planet escapes the effects. That eclipse comes once every two thousand and forty-nine years.*



アイザック アシモフ: Nightfall (5)

■ “Light !” he screamed. Aton, somewhere, was crying, whimpering horribly like a terribly frightened child.

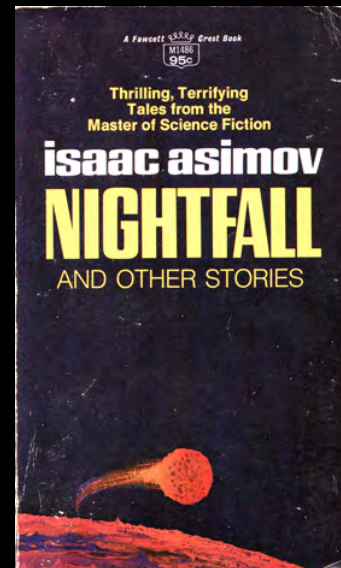


■ *“Stars -- all the Stars -- we didn't know at all. We didn't know anything.”*

■ *Someone clawed at the torch, and it fell and snuffed out. In the instant, the awful splendor of the indifferent Stars leaped nearer to them.*

■ *On the horizon outside the window, in the direction of Saro City, a crimson glow began growing, strengthening in brightness, that was not the glow of a sun.*

■ *The long night had come again.*



Le Petit Prince: (par Antoine de Saint Exupéry)



Si quelqu'un aime une fleur qui n'existe qu'à un exemplaire dans les millions et les millions d'étoiles, ça suffit pour qu'il soit heureux quand il les regarde. Il se dit: "Ma fleur est là quelque part . . ."

「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

金子みすゞ：『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

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*

