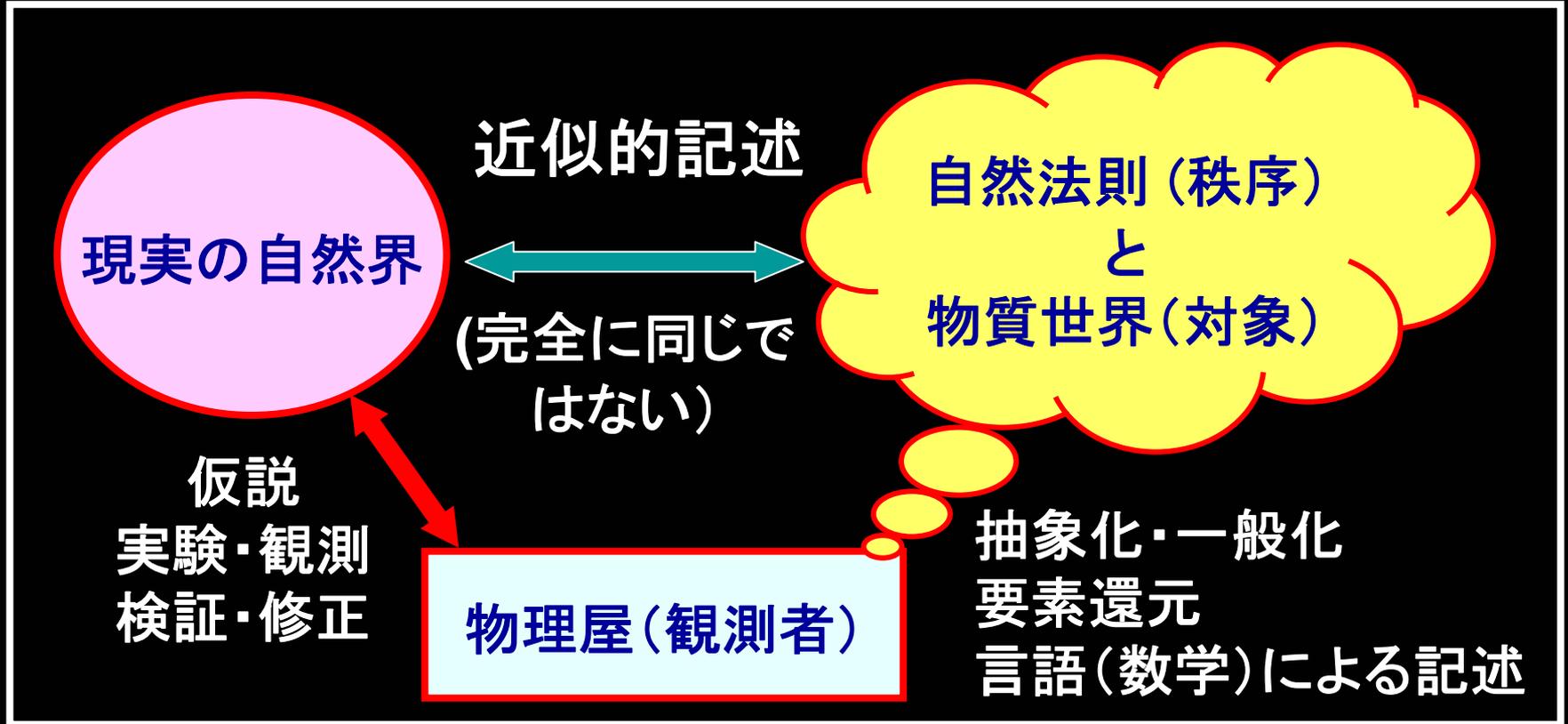


# VI 世界を科学で俯瞰する

このループを繰り返しながら近似の精度を高めていくのが科学という営み



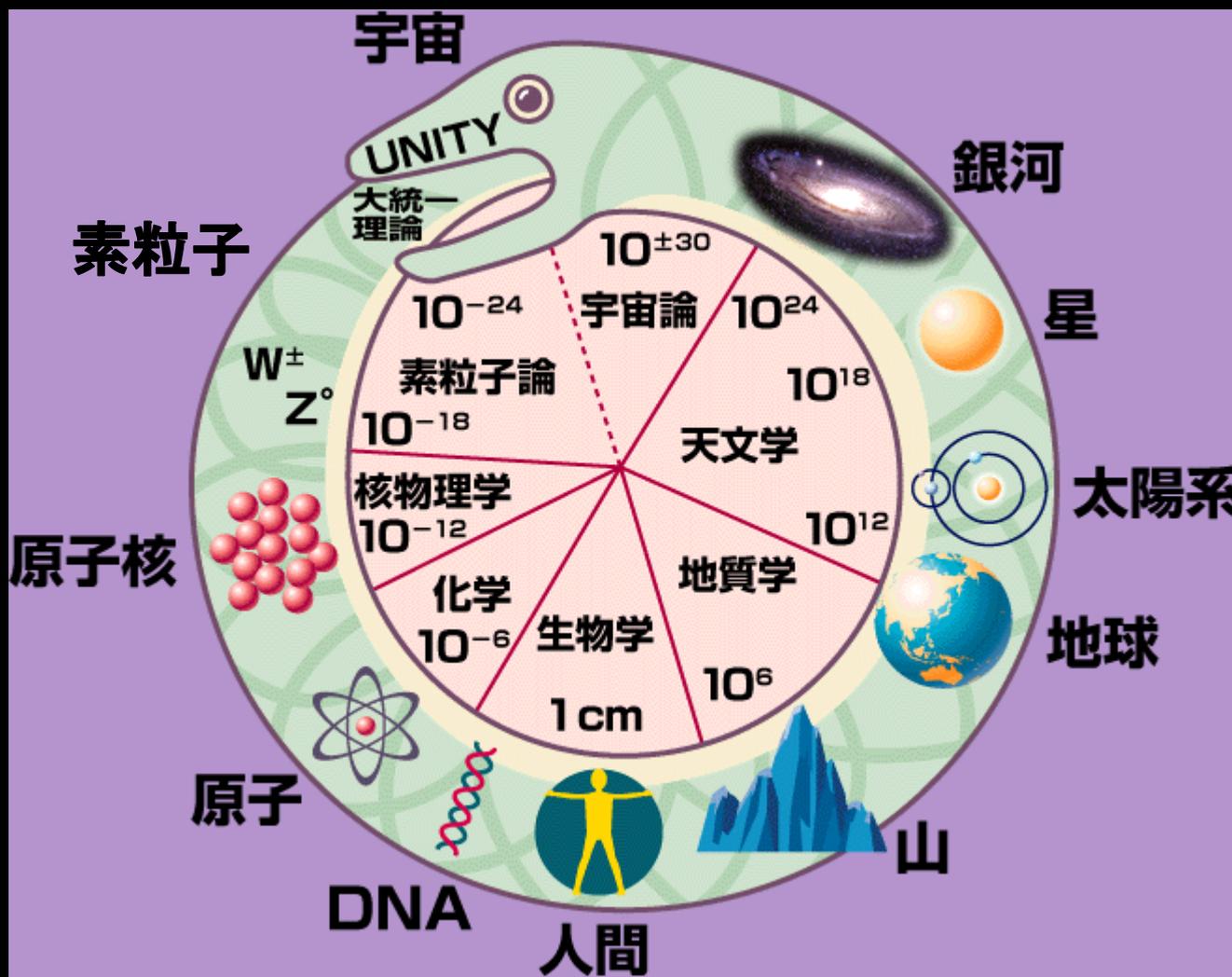
↑ ↓ この方法論の妥当性の外部からのチェック ???

第三者機関 (同業者、哲学者、納税者、文部科学省?) による検閲

# 正解のない物事に科学的思考 の外挿を試みる

- 森羅万象は階層構造をなす
  - 論理構造世界の階層性
  - 科学が適用できる世界とできない世界
- 宇宙の未来
  - 宇宙に終わりはあるか
- 物理屋的的人生観と国家のロードマップ
  - 何をもって幸せとするか
- 物事はどのように終わるべきか
  - 意味のあることを新たに始めるのは実はやさしい
  - すでに始まったことを(その使命が終わったときに)やめるほうが難しい

# 自然界の階層：ミクロとマクロをつなぐ



- 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 $10^{-24}$ cm以下
- この約50桁も離れた巨視的世界と微視的世界とが宇宙の研究を通じてより深く理解されつつある

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

# 物理法則そのものが階層的な構造を持つ

- 幸いにも自然法則はある種の階層的理解が可能
  - そうである必然性はなく、とても不思議なことである
  - すべてを同時に完全に知る必要はない
  - 量子力学・相対論を知らなくても古典力学でほとんどの現象は十分正確に記述可(知らない部分をブラックボックスとして扱っておいて良い)
  - いまだ究極理論(Theory of Everything:すべての相互作用を統一して記述する理論。超弦理論はその候補であるがまだ完成にはほど遠い)は知られていない
  - しかし、それが完成したとしても古典力学、量子力学、相対論が間違っている、というわけではない。単により深い理解ができるだけ。

# 「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

⑤ 自己矛盾のない世界

③ 我々の自然界

② 既知の物理学で記述  
できる(はずの)世界

① 古典物理学だけ  
で記述可能な世界

④ 数学で記述できる世界

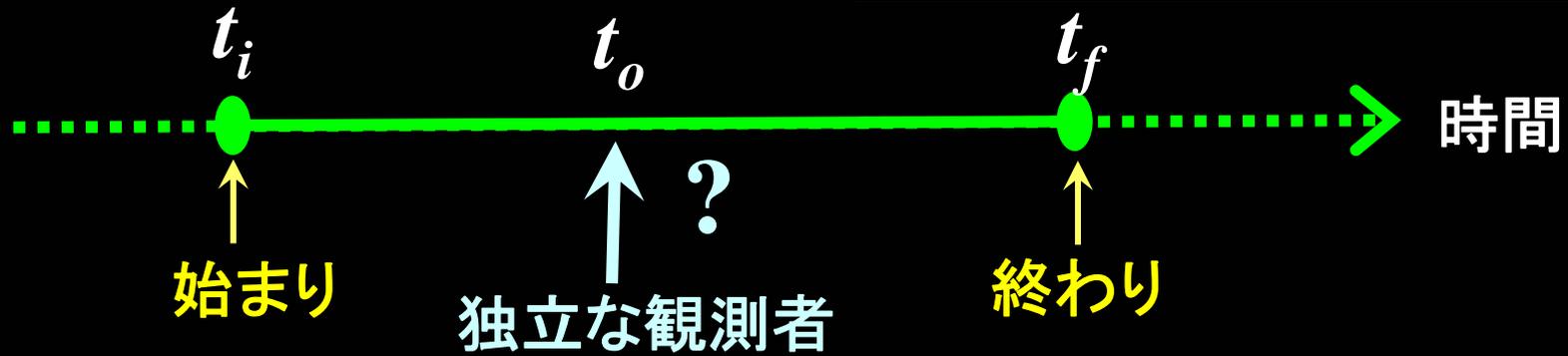
# 宇宙に終わりはあるか？

- 「始まり」があるのならば、「終わり」もあるはず
  - **地球の終わり**： 50億年後には、太陽は地球の公転軌道ほどのサイズの赤色巨星になり、地球は飲み込まれる
  - **文明の終わり**： 人類(文明)はそれよりはるか以前に、疫病、核戦争、資源の枯渇などによって実質的に消滅しているであろう
  - **宇宙の終わり**： 宇宙膨張の力学がすべてを決める
    - 無限に膨張を続ける  $\Leftrightarrow$  宇宙の密度が0に漸近する空虚な宇宙？
    - やがて収縮に転じる  $\Leftrightarrow$  初期特異点のように密度が発散し、それ以後の時間発展が記述できない宇宙？

# 物事の寿命を予言できるか？

- 物事に明確な始まりと終わりがある場合、その終わりの時期を予想できるか？
- 我々が特別な存在でない限り、我々自身の経験を平均値とみなせる
- つまり、始まりから今までの時間と、これから終わりまでの時間はほぼ等しいはず
  - 95パーセントの確率で

$$\frac{\Delta t_{\text{過去}}}{39} < \Delta t_{\text{未来}} < 39\Delta t_{\text{過去}}$$

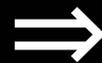


“Implications of the Copernican principle for our future prospects”  
J.R.Gott Nature 363(1993)315

# 我々の文明の余命を予測する

- 地球が誕生して約46億年。約50億年以内に、膨張した太陽に飲み込まれることがわかっている
- 去年できたベンチャー企業が翌年つぶれても驚くには値しないが、江戸時代から続いた老舗が来年つぶれる可能性は低い
- 毎年無数のインスタントラーメンが発売されてはきえていくが、チキンラーメンやチャルメラのような昔ながらの銘柄はずっと生き残っている
- 私は昭和33年生まれであるが、昭和は64年間で終わった
- 例えば文明が誕生してから  $\Delta t_{\text{過去}} \doteq 2000$  年とすれば、我々の文明が終わるまでの時間は95パーセントの確率で

$$\frac{\Delta t_{\text{過去}}}{39} < \Delta t_{\text{未来}} < 39 \Delta t_{\text{過去}}$$



$$50 \text{年} < \Delta t_{\text{未来}} < 8 \text{万年}$$

# 宇宙の未来

日経サイエンス  
2008年6月号

The End of Cosmology ?  
L.M.Krauss & R.J.Scherrer



**現在** 夜空に伸びるぼんやりした光の帯は、天の川銀河の銀河円盤。アンドロメダ銀河やマゼラン雲など、いくつかの近傍銀河は肉眼で見える。望遠鏡を使えば数十億個もの銀河が見える。



**50億年後** アンドロメダ銀河が近づいてきた結果、夜空いっぱいに見える。太陽は赤色巨星に膨れあがった後に燃え尽き、地球は酷寒の世界となる。

- 50億年前 宇宙の加速膨張始まる
- 50億年後 太陽が一生を終え、地球を飲み込む  
天の川銀河とアンドロメダ銀河が衝突
- 1000億年後 超銀河形成、他の銀河は視界から消える
- 100兆年後 恒星が燃料を使い果たして消失
- $10^{37}$ 年後 物質を構成している陽子が崩壊

**1000億年後** 天の川銀河は球状の超銀河になり、地球はその外縁部を“見捨てられた天体”として浮遊しているかもしれない。他の銀河はすでに視界から消え去った。

**100兆年後** 消灯の時。最後の恒星が燃え尽きる。ぼんやりと光るブラックホールと、どこかの文明がともした人工照明を除き、宇宙は暗闇となる。最後に、銀河が崩壊してブラックホールとなる。

# 物理を通して学んだ人生の教訓

- 世の中を厳密に記述することは不可能
  - あくまで近似理論であることを常に認識すべき
  - 枝葉末節は気にしない、バランス感覚が大切
- その上で、より高い精度の近似理論を目指す
  - いくら論理的に完璧であろうと、実験・観測と矛盾するものは(少なくとも我々の宇宙に対しては)間違った理論
  - 既存の理論が不適切ならばそれを向上させるのは無駄(バランス感覚の重要さ、必要なら最初からやり直す)
  - 順序が重要、優先度を考える(摂動論)

$$\text{理想的な社会} = \text{現実の社会} + \sum_{n=1}^{\infty} (\text{修正案})_n \left[ \frac{\text{税金投入額}}{\text{全国家予算額}} \right]^n$$



$$f(x) = f(x_0) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n!} \frac{d^n f}{dx^n} (x - x_0)^n$$

# 国家規模でビッグサイエンスを行う意義

- **精神面**（ある意味で、オリンピックに近い）
  - ある科学的真理を初めて発見・解明する国際競争で勝利する（最近では、アメリカ対ヨーロッパという構図が多い）
  - 国威高揚、世界における自国の存在意義・誇り
  - 内外の政治的経済的問題から目をそらし、国民を幸せな気持ちにさせる
- **実用・経済面**
  - 資源の少ない日本が将来にわたって世界的な存在意義を持ち続ける

私の考える科学の意義

原子力に関する米国上院公聴会（1969年4月16日）

議員 「素粒子物理学のような純粋科学に膨大な国費を使うことが、米国の防衛にどのように役立つか」

ロバート・ウィルソン（米国立フェルミ加速器研究所初代所長）

**「米国を守るに値する国とする」**

# 自然科学的戦略

- まず、何が本質的か、何を説明したいか、(n次近似での)ゴールを**具体的に**設定
- それを達成するために最も効果的な方法論を企画立案し**シミュレーション**してみる
- 実際に実行した後、**その成果を検証(必要なら反省)してそれを次のステップにフィードバック**する
  - 成功した場合には、次の(n+1次近似での)目標・ゴールを設定してループを繰り返す
  - 失敗した場合には、その理由を考えて、再度やる価値があるかどうか検討。本質的な困難が発覚した場合には、それを見逃した原因を明確にしたうえで、**さっさとやめる**
  - **過去の判断にとらわれず、正しく見切りをつけられるかが鍵**
  - 複数の選択肢を与える(例えば、2つの年金機構)

# 一般相対論的人生観

- 世の中に絶対的な幸せはない
- 相対的な比較のみが重要
  - 本来は十分満ち足りていても、周りがもっと贅沢ならば、不満を感じてしまう
  - みんな平等に貧しければ貧しさなど気づかない
  - 富めば富むほど、人との関係を嫌い利己的になる
  - 貧しければ自然に助け合い、人間関係が濃くなる
  - 刹那的な物欲のために常に前へ進むことの愚かしさ
  - 街を歩いている人々の顔が輝いているか？
- 「次はどうする」、よりも、「いつ(どこまできたら)やめるか」のほうが重要でかつ難しい
  - 実際には、既存のしがらみのために極めて困難

# 貧しいけど幸せ・貧しいから幸せ



豊かではなかったけれど

# 「物理学的世界観」講義3回のまとめ

## ■「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
- ただ謎を解明する営みの意義は理解してほしい

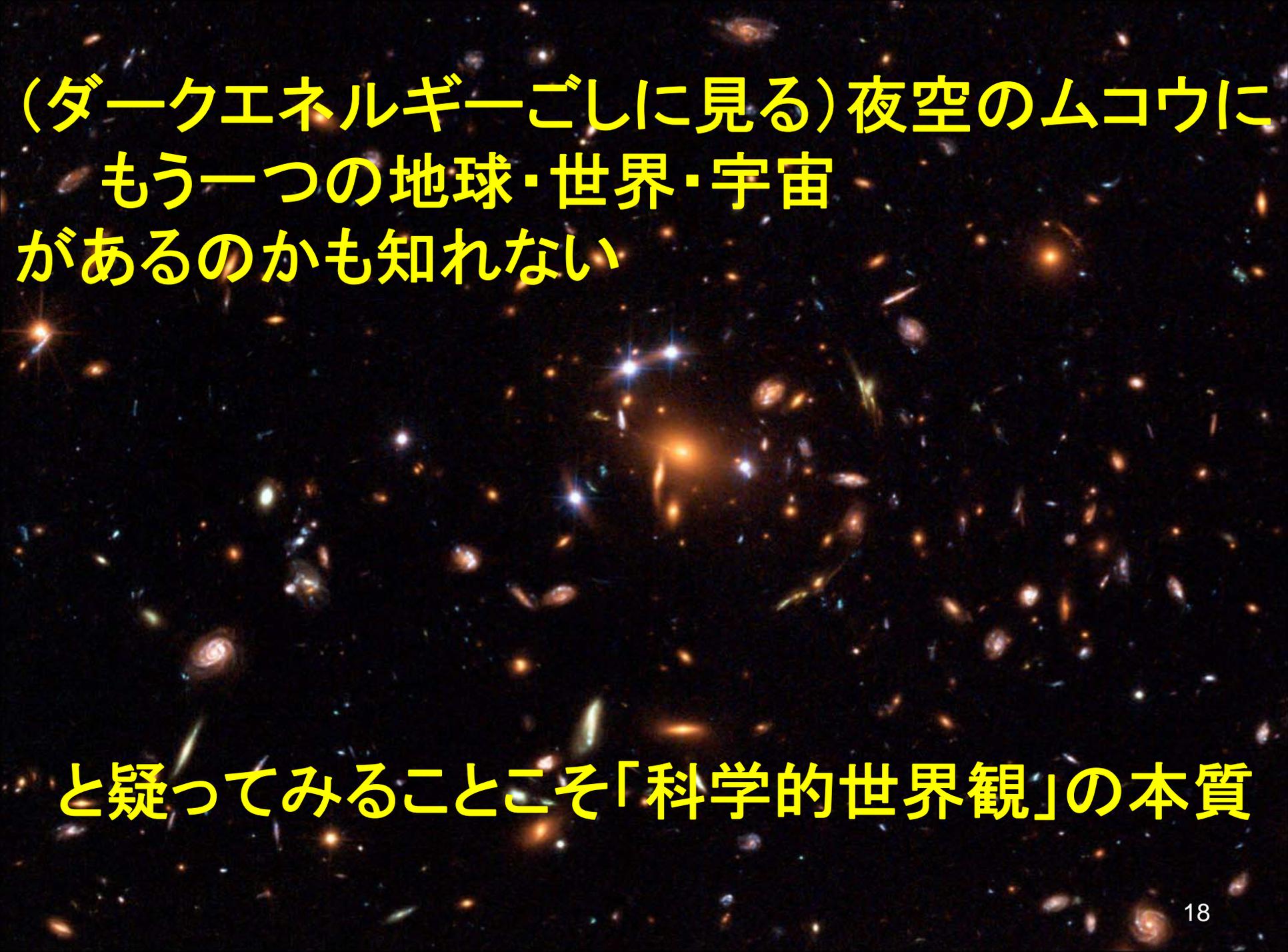
## ■ 理科系とか文科系といった単純な分類をすることだけで、自分の怠慢を正当化してはいけない

- 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

## ■ 意味のない競争をして疲弊することはやめよう

この青空の向こうには  
無数の星々  
がきらめいている

この星空のいたるところに  
ダークマター  
ダークエネルギー  
が満ちている



(ダークエネルギーごしに見る)夜空のムコウに  
もう一つの地球・世界・宇宙  
があるのかも知れない

と疑ってみることこそ「科学的世界観」の本質

# 私の人生の出発点： 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！

