

自然界(≡宇宙)をもっと良く知りたい

www.phys.s.u-tokyo.ac.jp/~suto/mypresentation_2005j.html

理学部物理学科
ガイダンス@駒場

2005年5月19日

18:00~19:30

須藤 靖

東京大学大学院

理学系研究科

物理学専攻



Seldner, Siebers, Groth, and Peebles,
1977, AJ, 82, 249

窮理学と物理学

- **物理学 = physics**
 - もともとは「自然学」とでも呼ぶべき言葉
 - 自然学(広義のphysics)
 - = 自然法則の究明 (natural philosophy)
 - + 断片的な事実の集積 (狭義のphysics)
 - プリンキピア *Philosophiae naturalis principia mathematica*
- **窮理学 = natural philosophy**
 - 17世紀頃英国で思弁的な哲学ではなく、多くの人々が教養として身につけるべき「実験的な自然の哲学」を意味するものとして誕生
 - 福沢諭吉等はこれを窮理学と訳した
 - 19世紀末頃から実用的な知識の重要性が認識され、natural philosophyがphysicsに置き換えられた

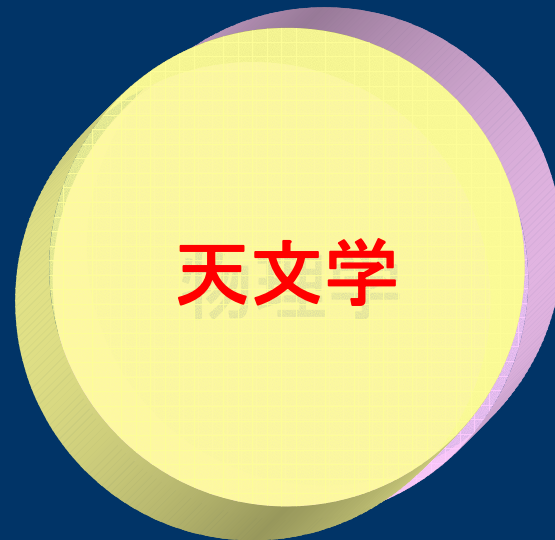
天文学と物理学

■ 天文学からの物理学の発展

= 古典力学の形成

コペルニクス
ケプラー
ガリレイ
ニュートン

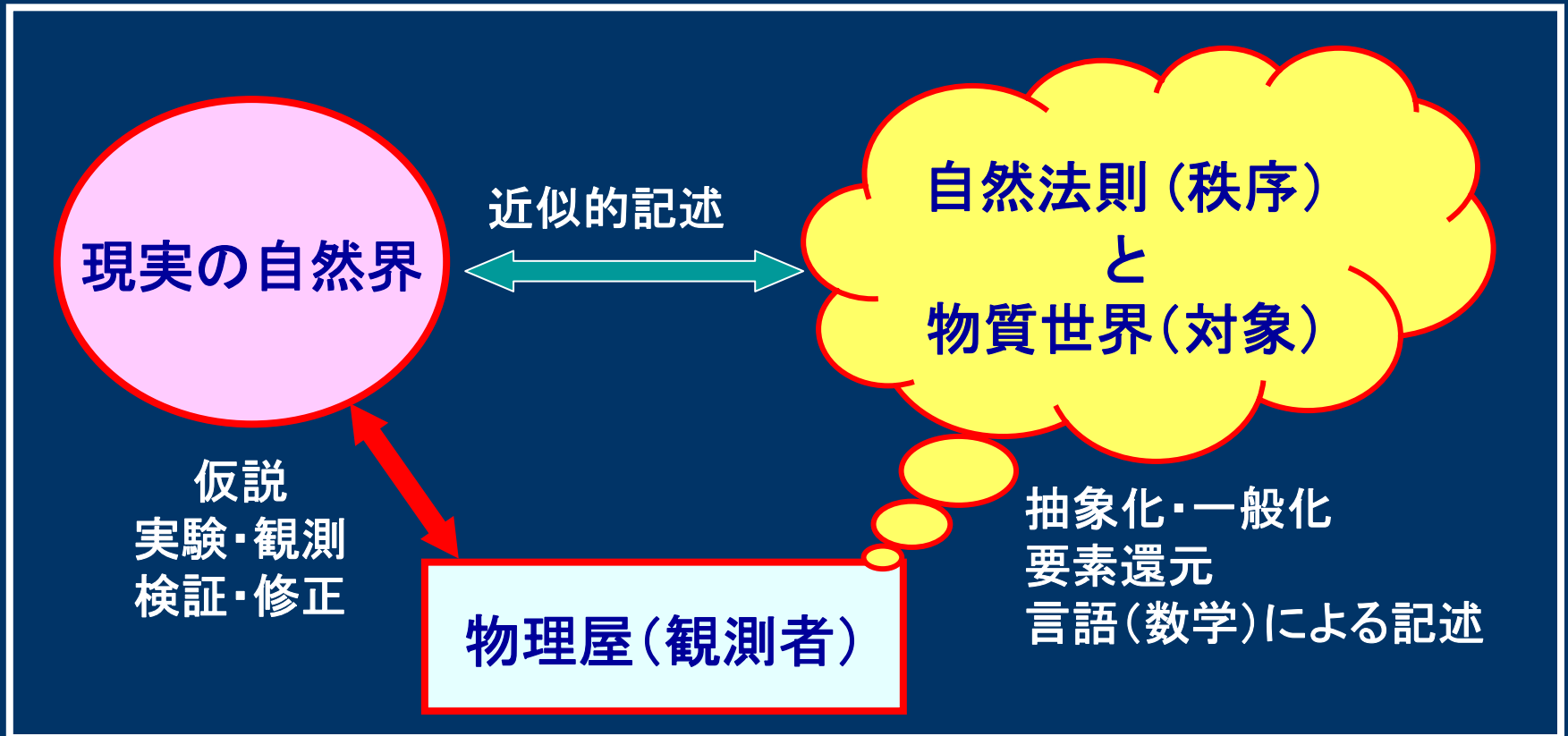
極限状況での理論の検証
新たな問題の提供



最新の技術・基礎理論の提供
現象の理解

- 一般相対論
- 原子核物理
- 素粒子論

自然界理解の図式



↑ この方法論の妥当性のチェック ???

第三者機関（同業者、哲学者、納税者、文部科学省？）による検閲

我々の世界をもっとよく知りたい

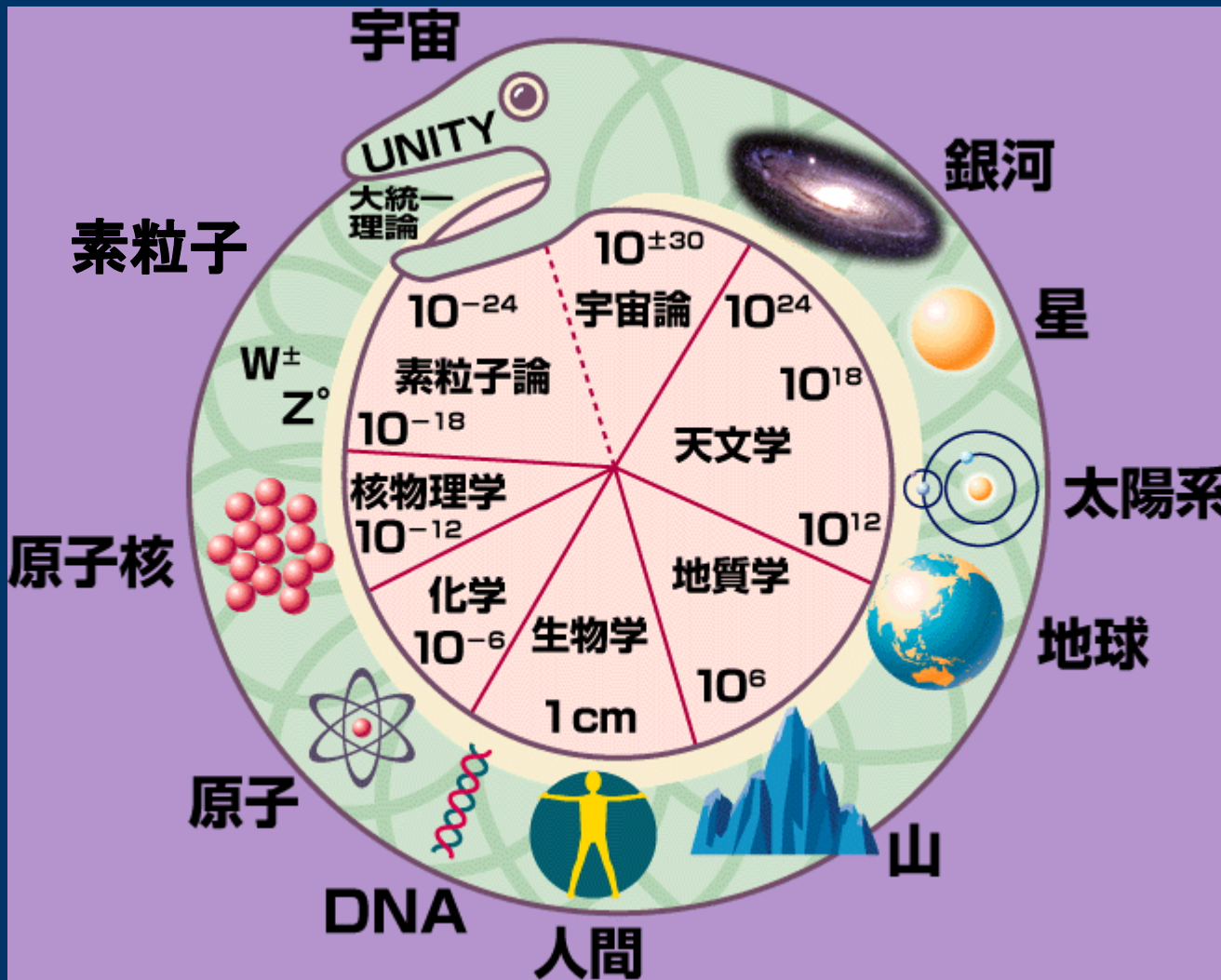
■ 微視的世界：物質は何からできているのだろうか？

- 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(バリオン)⇒素粒子(クォーク・レプトン)
- もはやこれ以上は分けることのできない最小構成要素が存在
- 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⇒宇宙の大構造
- 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

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

天の世界と地の世界

■ 古代ギリシャの4元説

- 地上: 空気、土、火、水
- 天空: エーテル(第5元素)
- アリストテレスの2世界観

■ 中国の五行説

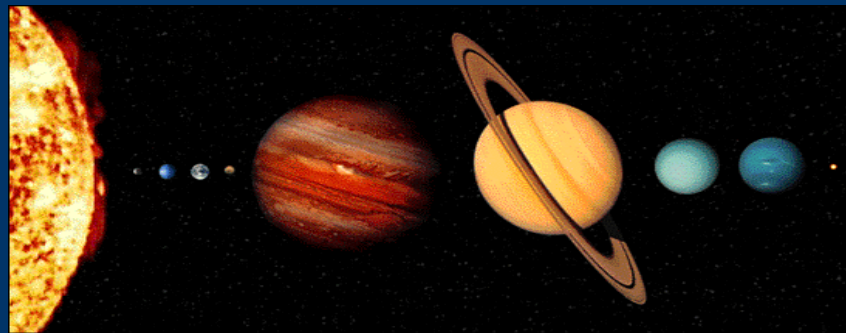
- (木、火、土、金、水) × (陽、陰)
- 甲乙 丙丁 戊己 庚辛 壬癸

■ 昔の中国では惑星の名前は物質の起源にちなんでいる

- 中国では、地上と天空の世界の組成が同じと信じられていた? より近代的!

■ 宇宙の起源 ⇔ 物質の起源 という考え方は、現在の素粒子的宇宙論におけるもっとも基本的な出発点

- 原子の土星モデル(太陽系モデル)

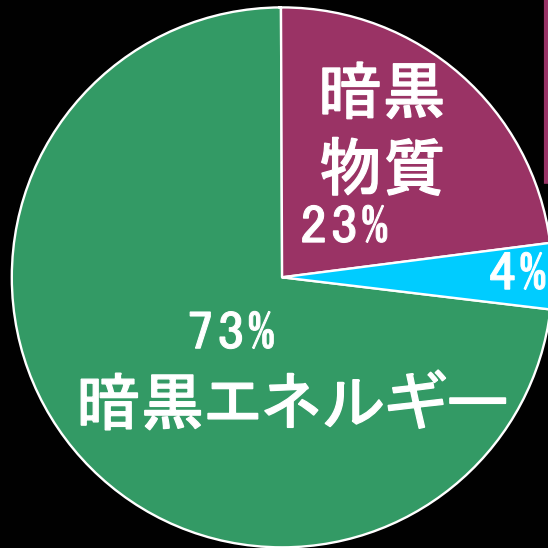


日月火水木金土



宇宙の組成 2005

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)

- 宇宙空間を一様に満たしているエネルギーが宇宙の主成分！
- 万有斥力(負の圧力)
- アインシュタインの宇宙定数？

- 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(の質量)は実質的にはすべてバリオン

宇宙論と太陽系外惑星研究のつながり

- **我々の世界をもっと良く知りたい**
 - 遠くの宇宙はどうなっているのか？
 - 見たことのない暗い(遠い)天体を探す
- **宇宙論をする心を支える究極の目的**
 - 我々はこの広い宇宙でひとりぼっちなのか？
 - 第二の地球はあるか？

太陽系外惑星とはどんなものか

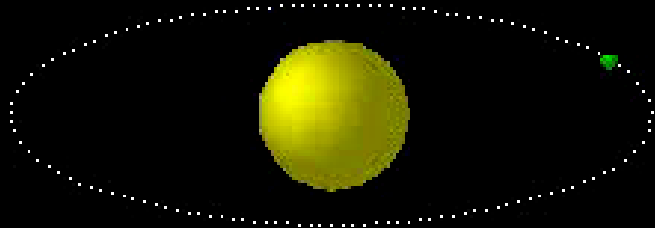
- 水金地火木土(天海冥)のその先？
- わが太陽系の拡大
 - 1781年:天王星の発見
 - 1846年:海王星の発見
 - 1930年:冥王星の発見
- 1995年:初めての太陽系外惑星の発見
- 哲学から科学へ
 - この宇宙とよく似た宇宙も全く異なる宇宙も無限に存在する
 - エピキュラス (紀元前341年～270年)
 - 我々以外の宇宙は存在し得ない
 - アリストテレス (紀元前384年～322年)

どんな系外惑星がみつかっているのか

- 2005年4月16日までに154個の系外惑星
- 1995年:初めての太陽系外惑星
 - 約50光年先のペガサス座51番星の周り
 - 一年(公転周期)がわずか4.2日
 - 質量は木星の1/2(地球の150倍)
- 1999年:食をおこす系外惑星の初発見
 - 約150光年先のHD209458という星の周り
 - 3.5日で公転、質量は木星の0.7倍(地球の200倍)
 - 惑星の大きさがわかる(半径が木星の1.3倍、地球の15倍)
 - 地球のような岩石惑星ではなく、木星のようなガス惑星
 - ホットジュピター
- 太陽系惑星とは全く異なる姿:すべてが予想外

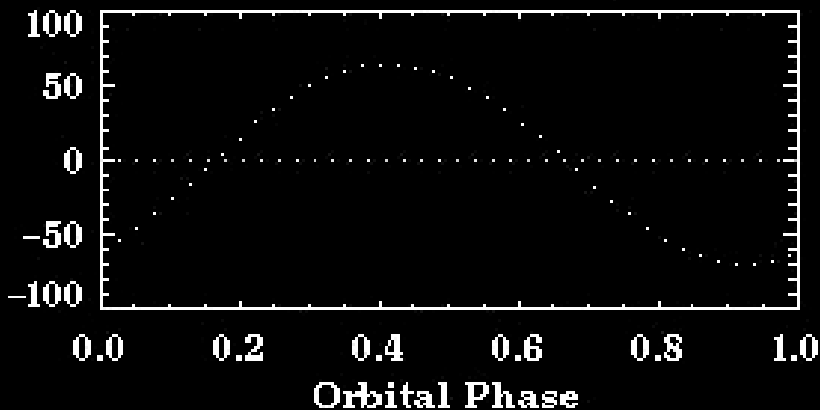
どうやって見つけたのか？

Circular Orbit: rho CrB



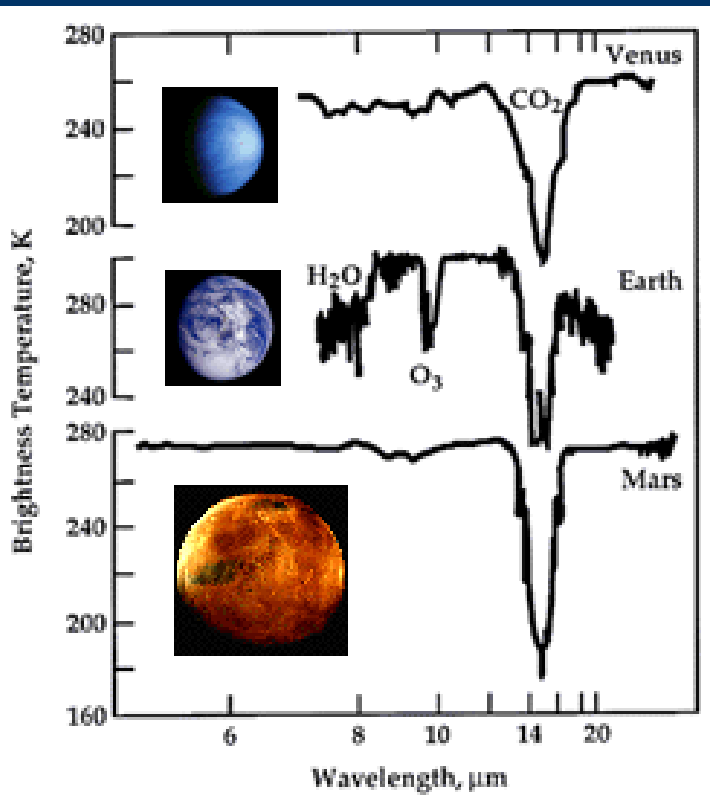
$K = 67.4 \text{ m/s}$ $e = 0.03$
 $\omega = 210.0 \text{ deg.}$ $\sin(i) = 0.3$ (*)

Radial Velocity Curve
of the Star [m/s]



- 惑星を直接見ることはできない (暗すぎる)
 - 赤外線での直接撮像が今後10年スケールでの目標
- 中心星の運動を精密に観測すれば惑星があるかどうか分かる
 - 中心星の速度が我々に対して毎秒数十メートルだけ周期的に変動
- さらに運がよければ、中心星の前を惑星が横切ることで星の明るさがほんの少しだけ暗くなる場合もある
 - 公転周期を4日間とすると、2時間程度の間1パーセントだけ暗くなる

太陽系外惑星研究： 今後の20年 “天文学から宇宙生物学へ”



- 木星型ガス惑星： 発見の時代から“characterization”の時代へ
 - 起源、形成、進化の基礎モデル構築
- 地球型惑星の発見へ
- 居住可能惑星の発見へ
 - 水が液体として存在する惑星
- 超精密分光観測の成否が鍵！
 - 惑星の放射・反射・吸収スペクトルを中心星から分離する

直接見てくることができない距離にある惑星に生物が存在するかどうかを天文観測だけで検証できるか？ Biomarker を特定できるか？

謎解きはまだまだこれから

- 宇宙の果てをみることで自然界の新たな物質階層が明らかとなった
 - 宇宙の約23%は暗黒物質、約73%は暗黒エネルギー
 - 我々は宇宙の96%の部分を全く理解していなかった
 - 暗黒物質、暗黒エネルギーの解明は21世紀科学の大目標
- 10年足らず前に初めて太陽系以外に惑星が存在することが発見された(ただしまだガス惑星のみ)。
 - 第二の地球はあるのか？
 - 地球外生物、地球外知的文明は存在するか？
 - 我々の存在は偶然か、必然か？
 - これらが単なる夢物語やSFではなく、科学的(物理+天文+化学+地学+生物)に議論できる時代になってきた！