

これ以上何を知りたい？

記号	名前	推定値
H_0	ハッブル定数	$(67.4 \pm 1.4) \text{ km} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Mpc}^{-1}$
Ω_b	バリオン密度パラメータ	$(0.048884 \pm 0.00073) (h/0.674)^{-2}$
Ω_d	ダークマター密度パラメータ	$(0.2633 \pm 0.0068) (h/0.674)^{-2}$
Ω_Λ	(無次元化された) 宇宙定数	$0.685^{+0.018}_{-0.016}$
Ω_K	宇宙の曲率パラメータ	$(-4.2^{+4.3}_{-4.8}) \times 10^{-2}$
w	状態方程式パラメータ	$-1.13^{+0.23}_{-0.25}$
t_0	宇宙年齢	$(138.13 \pm 0.58) \text{ 億年}$

日本学術会議 第三部会員

天文学・宇宙物理学分科会 副委員長 須藤靖

日本学術会議 第三部物理学委員会

天文学・宇宙物理学分科会主催シンポジウム@東京大学

「天文学・宇宙物理学のさらなる地平を探る」@2017年3月11日

天文学・宇宙物理学の興隆

- 過去30年間で最も進展が著しい科学分野の代表であることは確実
 - 発見：CMB温度揺らぎ、重力レンズ、系外惑星、宇宙の加速膨張、重力波
 - 大規模データ：CMB温度地図、銀河・銀河団・クエーサー測光・分光サーベイ（可視光、赤外、X線、電波）、超新星、ガンマ線天体
 - 理解：ダークマター、ダークエネルギー、サブパーセント精度での宇宙論パラメータ、銀河の進化、恒星・惑星系の進化
- 哲学者に同じ質問をすると「進歩とはなんぞや」といった不毛な答えしか返ってこない

いつまでも右肩上がりだと思ふな

- TMT、ALMA、JWST、WFIRST、LIGO+follow-up、TESSの投資の利子で、これから20年程度は大丈夫だろう
- しかし、すでに発展が著しい分野だからこそ、費用対効果の観点からさらなる進展の期待は難しい
 - 100点満点の試験において、20点しかとれない学生に50点取らせるようにするのは簡単。さらに努力すれば50点から80点に上げるのも可能。しかし、80点から90点へ上げるのは困難だし、ましてや100点満点をとるのはほぼ不可能
- 同じテーマを金と時間をかけて深く掘り下げるだけではなく、いかに**新たな魅力的テーマを発掘できるかが、今後10-20年先のこの分野にとっての死活問題**
 - ビッグサイエンス化ではなく、安く早く面白いことが本質

Expanding the *expanding* universe

0th order	一様等方宇宙モデル	宇宙論パラメータ
1st order	密度揺らぎの線形摂動論	宇宙の大構造 マイクロ波背景輻射
2nd order	非線型重力進化	ダークマターの構造形成
3rd order	バリオンガスの進化	第一世代天体と元素の起源
4th order	銀河、星、惑星の形成進化	光り輝く銀河宇宙の誕生
...		
L-th order	生命の起源・進化	宇宙論的生物発生学
M-th order	知的生命体への進化	宇宙論的生物進化学
N-th order	文化・文明・宗教	宇宙論的社会学
...		

- 謎に答えを出すことよりも、より魅力的な基本的な謎を発見することのほうが重要なのではないか？
- 解いたからには、もっと面白い問いを見つけることこそ学問

栄枯盛衰：研究の花道のパターン

- **パターン I:** すべての重要な問題に答を見つけて栄誉ある終焉を迎える
- **パターン II:** 徐々にではあるが着実に理論的進歩を遂げることで少しずつ歴史的な難問を解決しながら半永久的に発展を続ける
- **パターン III:** 重要な問題を多く残していながら、観測的にも理論的にも新たなブレークスルーを見出すことができず、もはや国民の問題意識とは遊離した重箱の隅をつつくような研究に終始するオタク集団としてほそぼそと生きながらえていく

単なる老化現象？



- 国内外を問わず、功成り名遂げた物理屋は「もう重要な問題はなくなってしまった」と嘆くのが一般的らしい(これは化学や生物ではありえないとの意見を耳にする)
 - 1900年4月27日 ケルビン卿 王立協会講演
 - 熱と光の動力学理論に立ち込める19世紀の暗雲
 - 物理学の終わりどころか相対論と量子論の幕開けだった
- 東大物理では「これからは物理ではなく生物だ」と言い始めると、「あの教授もそろそろ終わりだ」とささやかれるのが常(だった)らしい

宇宙もいろいろ・残された謎

- **宇宙の起源**
 - 素粒子物理学・量子重力理論の進展に依存
- **ダークマターの直接検出**
 - 天文学から高エネルギー物理学実験へ
- **ダークエネルギーの性質の解明**
 - 宇宙の加速膨張の起源
- **重力波天文学の創生**
 - 一般相対論の検証から新しい天文学の窓へ
- **高エネルギー宇宙線の起源**
 - 粒子加速機構の解明、粒子線天文学の開拓
- **超新星爆発・ガンマ線バーストのメカニズム**
 - 大質量星進化の最終段階の理解
- **第一世代天体の発見・起源・進化**
 - 宇宙の果てを見通す、天体の起源、元素の起源
- **恒星・惑星の起源**
 - 星・惑星・コンパクト天体の形成と進化
- **地球型系外惑星の発見から宇宙生物学へ**
 - 第二の地球、生命・文明の起源、生物の普遍性

曖昧な総論ではなく具体的な各論を

- **天文学・宇宙物理学の魅力は、その多様性と意外性にある**
 - 重要性が自明なテーマに、一丸となって取り組むという高エネルギー物理学戦略のみならず、少人数で萌芽的テーマに挑戦することなくしては発展がない
- **現在の大学院生やポスドクのような若手から提案がないと分野のさらなる進展は不可能**
 - 年寄りはそのを潰すのではなく、良いところを汲み取って実現する手助けに徹すべき

系外惑星研究の歴史から学ぶ(?)

**ブレイク
スルー**

1995年
系外惑星発見

2009年
系外惑星専用
衛星Kepler
打ち上げ

20XX年
地球外生命
発見???

	地上からの系外惑星探査	スペースからの系外惑星探査	系外惑星上の生命探査
紀元前 ~1995年	山師、先駆者 ハイリスク ・ノーリターン	荒唐無稽 ハイリスク ・ノーリターン	論外: 危ない人々、十分 成功して失うもの がない人
1995年 ~2009年	ゴールドラッシュ ハイリスク ・ハイリターン	立案 ハイリスク ・ハイリターン	荒唐無稽 ハイリスク ・ノーリターン
2009年 ~ 20xx年	定着 ローリスク ・ハイリターン	実現 ローリスク ・ハイリターン	立案 ハイリスク ・ハイリターン
20xx年~	統計を稼ぐ ローリスク ・ローリターン	定着 ローリスク ・ローリターン	実現? ローリスク ・ハイリターン?

若手研究者の皆さんへ

- すでに進行中のプロジェクトの中で活躍して職を得るという目標ではなく、(30年以上先であろうと)、是非こんなことをやってみたいというアイデアを聞かせてください(それがないとこの分野はパターンIIIとなり終わりです)

参考文献:

須藤靖:「21世紀に向けた観測的宇宙論」

天文月報 1999年2月号 pp.76-86

http://www.asj.or.jp/geppou/archive_open/1999/pdf/19990201c.pdf

須藤靖:「右下がりの時代を生きのびる」

パリティー 2012年5月号 pp.52-55

『宇宙人の見る地球』(毎日新聞社、2014)に収録