

# 宇宙物理学：これからの10年



物理教室 須藤 靖 (A5サブコース)

2011年6月4日 13:30-13:45@小柴ホール

東京大学大学院理学系研究科

平成24年度物理学専攻修士課程入試ガイダンス

# 天文学・宇宙物理学研究対象と方法論： とにかく「いろいろ」

## ■ 対象別：「XX」の起源と進化

- 「XX」 = 惑星、太陽、恒星、星間物質、超新星、コンパクト天体、銀河系(天の川)、銀河、活動銀河核、銀河団、宇宙、時空、生命・文明

## ■ 波長別：「YY」天文学

- 「YY」 = 電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、ガンマ線、宇宙線、ニュートリノ、重力波

## ■ 手法別：

- 理論、観測(地上、気球、ロケット、衛星、地下)、実験、数値シミュレーション

# 最近20年間の観測的進展

- ダークマターの存在の確立
- 超新星1987Aからのニュートリノの検出
  - ニュートリノ天文学
- 太陽系外惑星の発見
- ガンマ線バーストの宇宙論的天体説の確定
- 超新星を用いた宇宙の加速膨張の発見
  - ダークエネルギーの存在／一般相対論の限界？
- 広域銀河3次元地図作成と遠方銀河の地平線拡大
  - スローンサーベイ、ハッブル望遠鏡、すばる望遠鏡
- 宇宙マイクロ波背景輻射による精密宇宙論
  - 標準ダークマターモデル(インフレーションによるゆらぎ、冷たいダークマター、ダークエネルギー)

# 残された課題と謎

- **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
- **重力波の直接検出**
  - 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

# (天文学) 研究スタイルの必然的進化： 太陽系外惑星探査を例として

今はどの時期なのかを見極めることが本質

**ブレイク  
スルー**

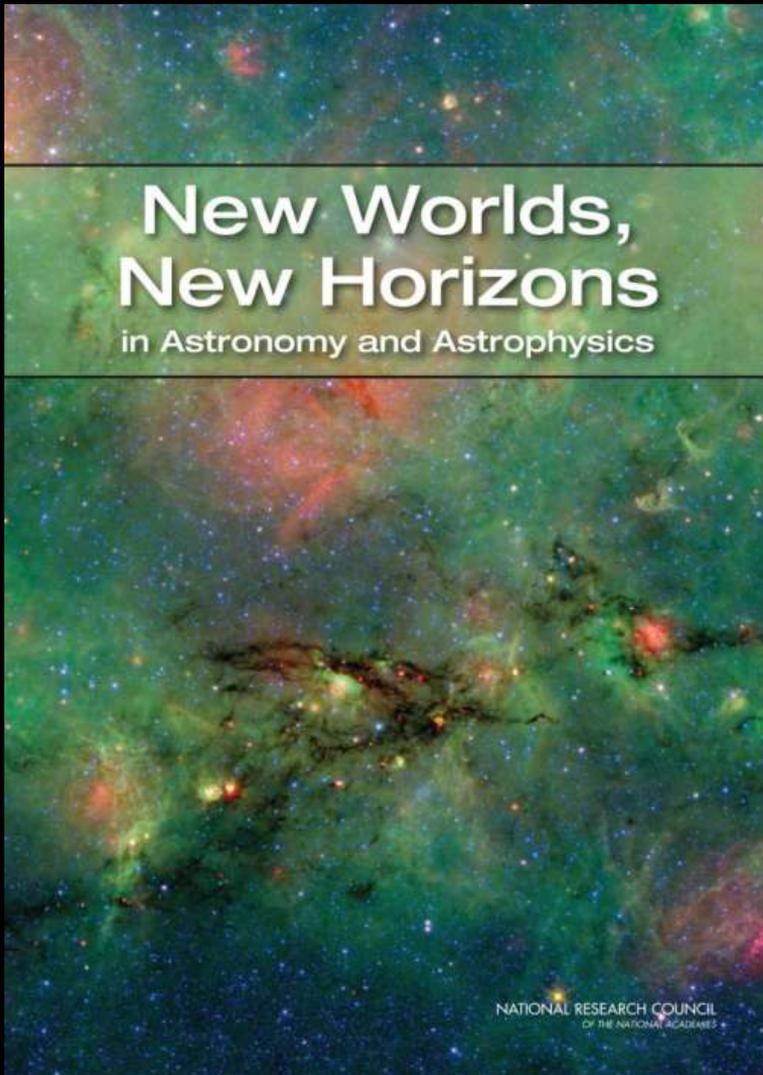
1995年  
系外惑星発見

2009年  
系外惑星専用  
衛星Kepler  
打ち上げ

20XX年  
ハビタブル惑星  
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？

# Astro2010: decadal survey



- ***Cosmic Dawn***
- ***New Worlds***
- ***Physics of the Universe***

August 13, 2010

[http://sites.nationalacademies.org/bpa/BPA\\_049810](http://sites.nationalacademies.org/bpa/BPA_049810)

# The Science Frontier:

## discovery areas

### and principal questions (1)

#### ■ Discovery areas

- Identification and characterization of nearby habitable exoplanets A5:須藤、A8:中川  
第二の地球
- Gravitational wave astronomy  
重力波天文学 A5:横山、A8:坪野、大橋、黒田、梶田
- Time-domain astronomy 突発・激変天体  
A8:中澤、牧島、宇宙研、宇宙線研 近地球接近天体
- Astrometry 銀河系・宇宙の精密測量
- The epoch of reionization 宇宙の再電離  
A5:吉田、A8:大内

# The Science Frontier:

## discovery areas and principal questions (2)

### ■ Questions:

- How did the universe begin? **A1、A5:川崎、横山**
- What were the first objects to light up the universe and when did they do it? **A5:吉田**
- How do cosmic structures form and evolve? **A5:吉田、須藤**
- What are the connections between dark and luminous matter? **A5:吉田、須藤 A8:中澤、牧島、大内**
- What is the fossil record of galaxy assembly and evolution from the first stars to the present? **A8:大内**
- How do stars and black holes form? **A5:吉田**
- How do circumstellar disks evolve and form planetary systems? **A8:山本、中川**
- How do baryons cycle in and out of galaxies and what do they do while they are there? **A8:満田、山崎**
- What are the flows of matter and energy in the circumgalactic medium?

# The Science Frontier: discovery areas and **principal questions (3)**

## ■ **Questions:**

- What controls the mass-energy-chemical cycles within galaxies?
- How do black holes work and influence their surroundings?
- How do rotation and magnetic fields affect stars?
- How do massive stars end their lives?
- What are the progenitors of Type Ia supernovae and how do they explode?
- How diverse are planetary systems and can we identify the telltale signs of life on an exoplanet? **A8:中川、山本**
- Why is the universe accelerating? **A1、A2:相原、A5:須藤**
- What is dark matter? **A8:藁輪、宇宙線研**
- What are the properties of the neutrinos? **A1、A5,A8:宇宙線研**
- What controls the masses, spins and radii of compact stellar remnants?

# 湯川学の科学観

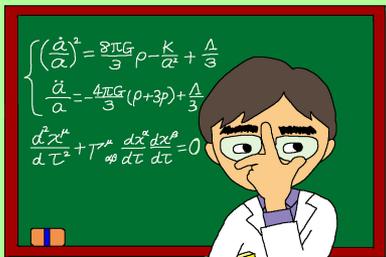
東野圭吾『真夏の方程式』 文藝春秋社 p.411

- 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。たとえば数学の世界では、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う。だが発見される理論は益々高度化していく。そうに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。



# 2010年代の日本の天体宇宙物理大型計画

重力波  
(地上)



LIGO

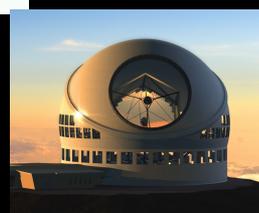


LCGT

重力波の直接検出

光赤外  
(地上)

SUBARU



生命探査と宇宙の夜明け

TMT

電波  
(地上)

ALMA

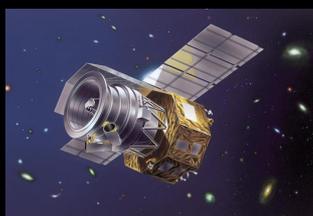


SKA

宇宙暗黒時代と  
銀河進化

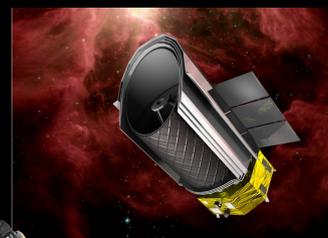


赤外線  
(衛星)



AKARI

SPICA



銀河誕生と  
惑星系の起源

X線  
(衛星)



SUZAKU

ASTRO-H

数千万度の極限宇宙探査

2008

2010

2012

2014

2016

2018

2020