

アルマ計画

総合科学技術会議
第1回評価検討会
2003年9月17日

文部科学省 国立天文台

説明資料の内容

- 天文学と国立天文台について
- アルマ計画の目的・目標について
- アルマ建設の内容について
- アルマ計画の技術開発について
- アルマ計画の推進体制について
- 新規大規模研究開発評価の調査検討項目に関連して

天文学と国立天文台について

天文学の目的

宇宙の

構造
運動
歴史

遠くへ

観測・望遠鏡

過去へ

私たちはどんな世界にいるのか
私たちとはどんな存在か
どこから来てどこへ行くのか

天文学：対象

スケール / 距離

対象

100万 km

太陽

100億 km

太陽系

恒星

1000 光年

星間物質

恒星・惑星形成

10万 光年

銀河系

銀河

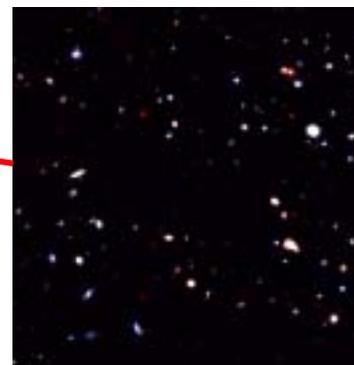
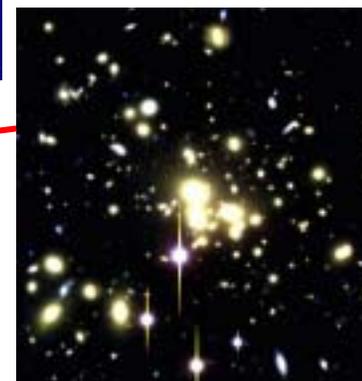
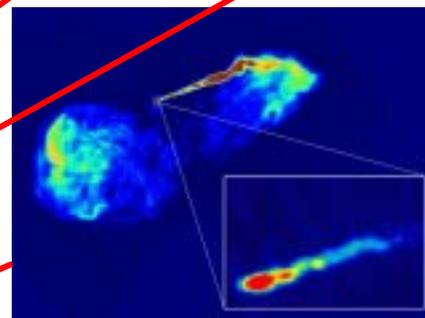
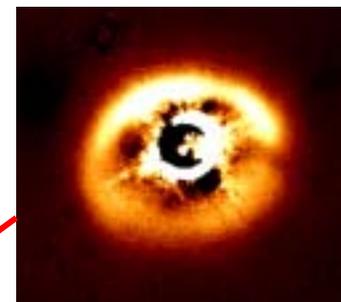
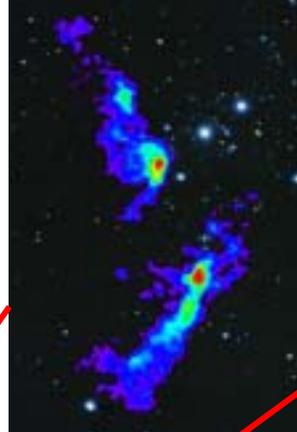
活動銀河核

銀河団

150億 光年

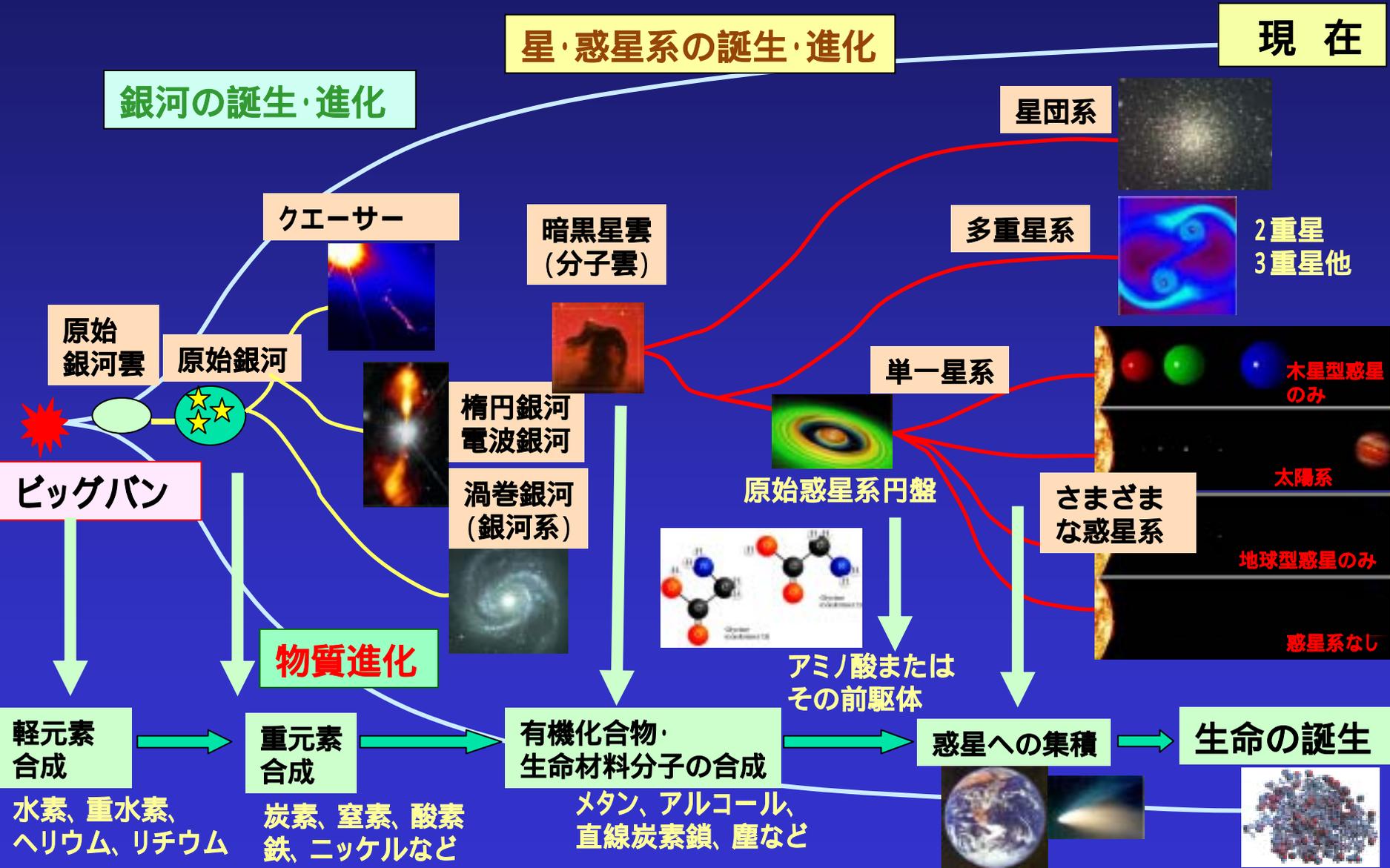
膨張宇宙

(1光年 = 10兆km)



天文学：宇宙の歴史的・総合的な理解をめざす

宇宙の物質進化史



天文学：観測手段

対象

太陽

太陽系

恒星

星間物質

恒星・惑星形成

銀河系

銀河

活動銀河核

銀河団

膨張宇宙



観測手段

太陽専用望遠鏡
(可視・磁場・電波・X線)

可視光望遠鏡
赤外線望遠鏡
(撮像・分光・偏波)

電波望遠鏡
ミリ波望遠鏡
(単一望遠鏡・干渉計)
(強度分布・分光・偏波)

X線望遠鏡(スペース)

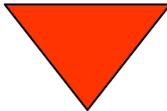
ニュートリノ望遠鏡

重力波望遠鏡



日本の主な地上望遠鏡の流れ

国立天文台
に改組

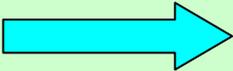


日本の全天文学コミュニティが
支持するナショナルプロジェクト
を、国立天文台が順次推進

岡山天体物理観測所 1960年

すばる望遠鏡 2000年

光赤外線
望遠鏡



1960

1970

1980

1990

2000

2010

野辺山宇宙電波望遠鏡群 1982年

ALMA 2011年

電波望遠鏡



大学共同利用機関 としての国立天文台

大型望遠鏡の
重要性、国際性

大学共同利用機関
国立天文台

大型望遠鏡の開発・
建設

観測所の共同利用
国際対応

社会への普及還元
など

共同利用・共同開発
オープンな運営
将来計画検討

全国研究コミュニティ

東京大学
京都大学
東北大学
名古屋大学
鹿児島大学
茨城大学
北海道大学
大阪大学
早稲田大学
法政大学

……

等
国公私研究教育機関

アルマ計画の目的・目標について

アルマ(ALMA)計画

- 直径12mのアンテナ64台とコンパクトアレイシステム (12m × 4台、7m × 12台) を中心とする**干渉計型の巨大電波望遠鏡**を、チリの5000m乾燥高地に建設
- 最大14kmの基線長で、すばるやハッブル宇宙望遠鏡を10倍上回る**0.01秒角の解像力**を実現
- ミリ波～サブミリ波(最も波長の短い未開拓の電波)で、**太陽系外の惑星形成など未知の宇宙**を探る
- 日米欧の**本格的国際協力**で、**人類共通の夢に挑戦**

アルマが目指す科学上の目的

3つの主要な科学目標

■ 太陽系以外の惑星系とその形成を解明:

光・赤外線では見えない暗黒星雲からの恒星と惑星系の誕生プロセスを、高い解像力と高度な分光により解明。

■ 宇宙の諸天体の起源と歴史を読み解く:

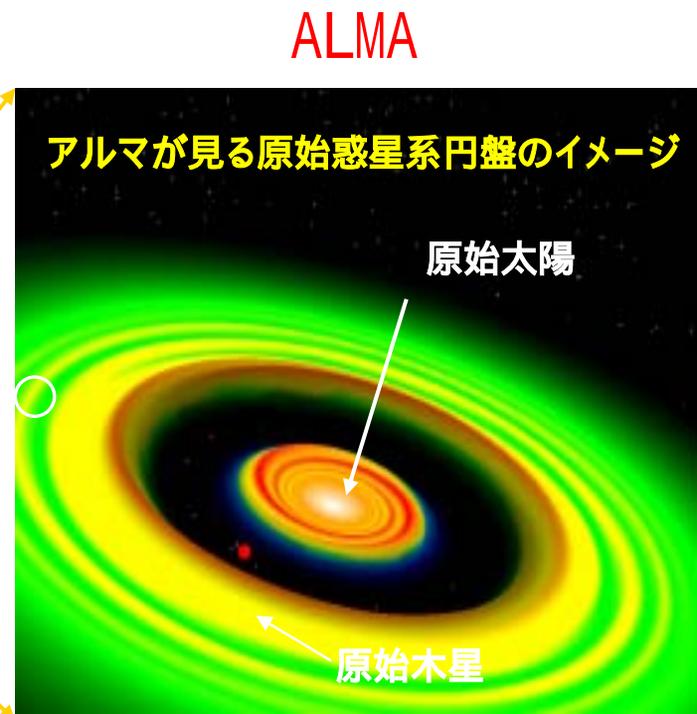
膨張宇宙の晴れ上がり直後まで見通すサブミリ波により、誕生する銀河、多様な天体を捉え、諸天体の歴史を解明。

■ 膨張宇宙における生命への物質進化を追及:

サブミリ波の強力な分光で、星間雲や原始惑星系で形成される有機分子や固体微粒子の進化、生命の起源との関連を追求。

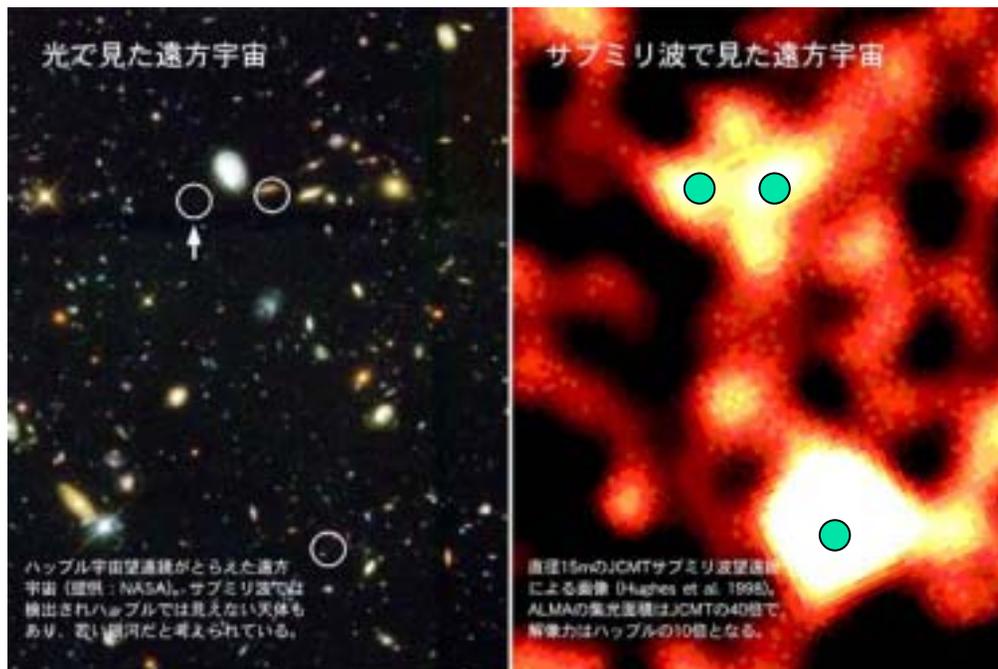
太陽系外の惑星系とその形成を解明

- **最高の空間分解能(0.01秒角)**で、恒星を周る原始惑星系円盤を観測、さまざまな惑星系の形成プロセスを解明。
- **ACAシステムとサブミリ波受信機、高性能の電波分光装置**で、円盤の内部運動や化学組成から、惑星系の多様性や生命の起源に迫る。



諸天体の起源と歴史を読み解く

- 宇宙を晴れ上がり直後まで見通す**サブミリ波**の高感度と分光能力で原始銀河を探查。組成を分析し、銀河や星の形成と進化を解明。
- 宇宙初期から現在に至る銀河進化史の定量的研究には、**ACAシステム**と**サブミリ波受信機**による画像と分光能力が不可欠。



可視光では見えない原始銀河をサブミリ波で観測

左：可視光の遠宇宙
(HST, 分解能0.1 秒角)

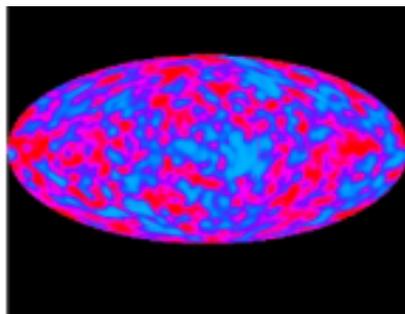
右：サブミリ波の同領域
(JCMT, 分解能10 秒角)

ALMAの画像は、HST (左) の10倍シャープ (0.01 秒角) に

膨張宇宙における生命への物質進化を追及

- 初期宇宙から近傍まで、ガス雲や天体の原子・分子組成を詳細に分析し、宇宙開闢以来の物質の変遷と化学進化を解明。
- サブミリ波受信機と高分散相関器は、アミノ酸など生命関連分子を探查し、宇宙生命の起源に迫る高度な分光観測に威力。

誕生したての宇宙



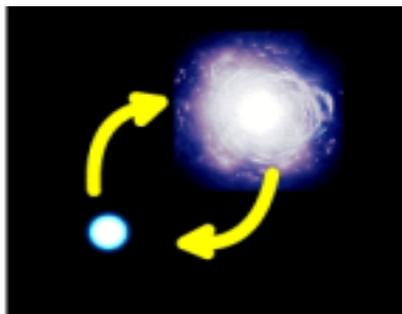
軽元素のみ

H D
He Li など

ALMA望遠鏡



恒星の誕生と死



重元素の合成

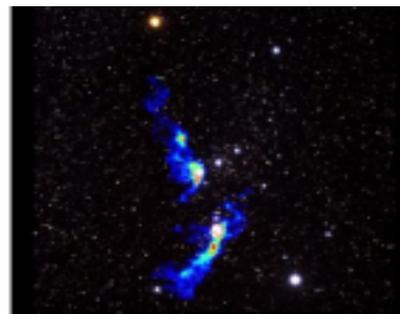
C N O
Fe Ni Co など

すばる望遠鏡



天文衛星

暗黒星雲から星へ



有機化合物の生成

CH₄ HNCO
CH₃OH CH₃CN など

ALMA望遠鏡



惑星への集積



生命の誕生

アミノ酸、
タンパク質 など



グリシンなどアミノ酸
やその前駆体

「世界望遠鏡」としてのアルマ

■ 日、米、欧の共同建設・共同運用

日米欧の計画をドッキングし、世界にひとつの巨大電波望遠鏡に(総予算約1170億円)

■ 日本は欧米に2年遅れで参加

欧米は2002年建設開始。日本は開発準備でリードしたが、建設は2004年から参加を想定

■ アジアでの共同を展望

建設期の技術・研究協力(中国、韓国、台湾)
完成後はアジアセクターへ発展を展望

日本参加の意義と効果

■ 日本参加の意義・効果

- 日本の参加で、三者で計画したアルマが全体として完成。
- 2年先行した米欧が、まずミリ波中心の基幹部分を建設。
- 観測・技術で実績を持つ日本の参加で、サブミリ波や画像性能高度化、計画目標を達成（従来からの三者合意に基づく）
- 当初から立案を進めた日本が、アルマによる天文学を主体的に展開。

国際的緊急性

- 進行中の米欧の実施計画と整合性を保ち、日本の科学と技術をアルマで活かすため、**2004年度の建設参加**が極めて重要。
- アルマの全体計画完成に不可欠なため、米欧は日本の早期参加を強く要望。