

ALMA

完成予想図



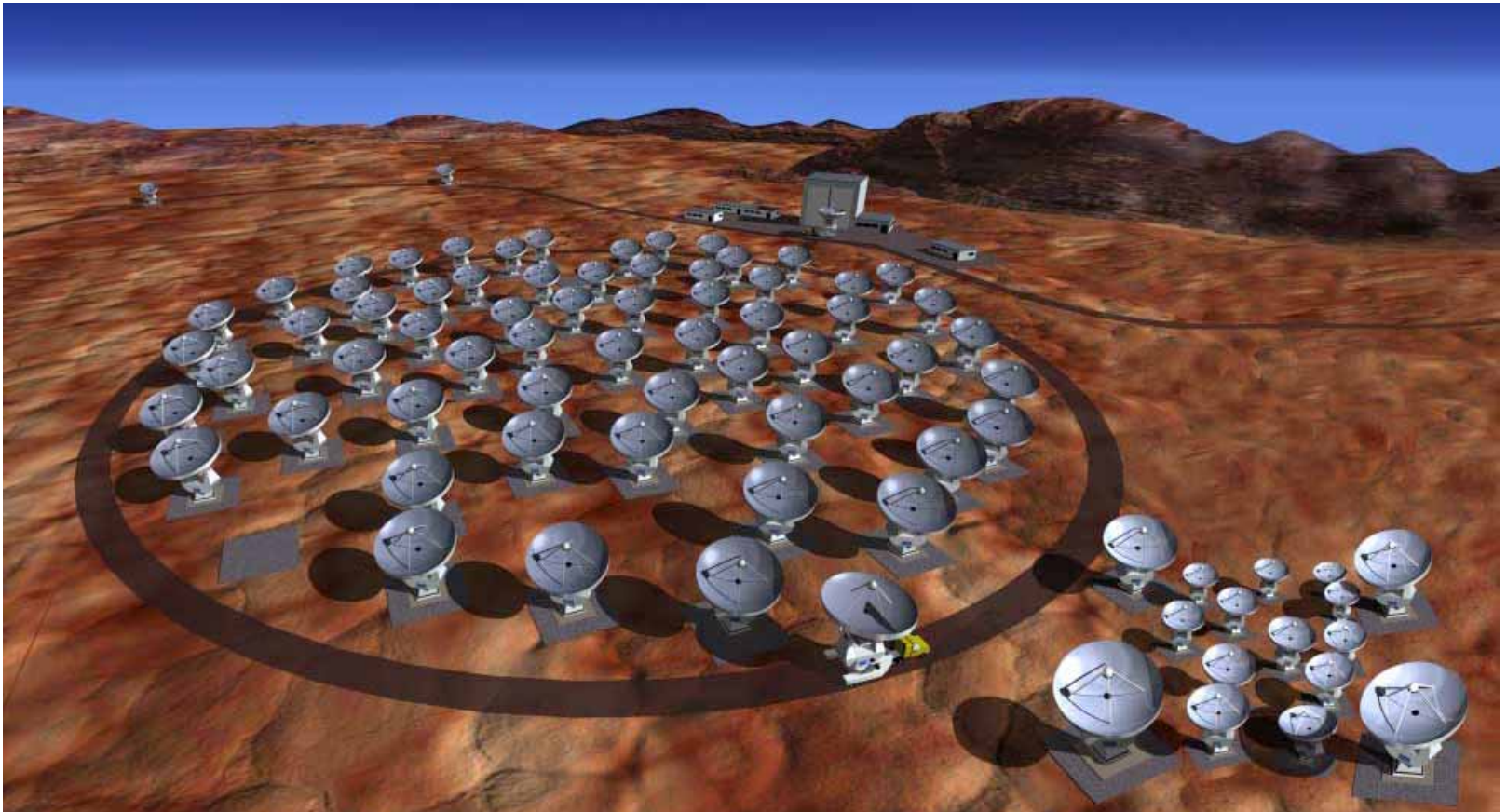
長谷川哲夫

国立天文台ALMA計画準備室

アルマとは

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array

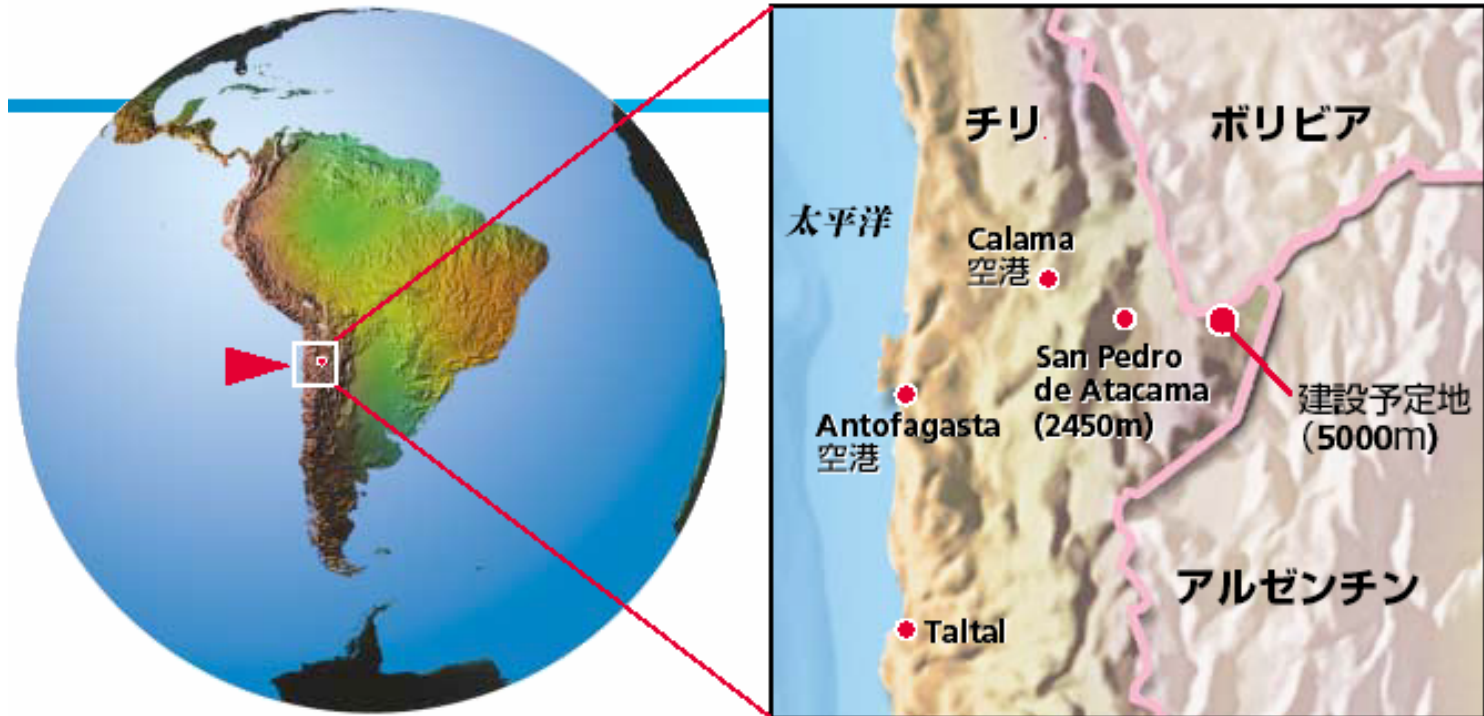
- 開口合成型電波望遠鏡
 - 64素子アレイ：12-mアンテナ64台
 - コンパクトアレイ：7-mアンテナ12台 + 12-mアンテナ4台



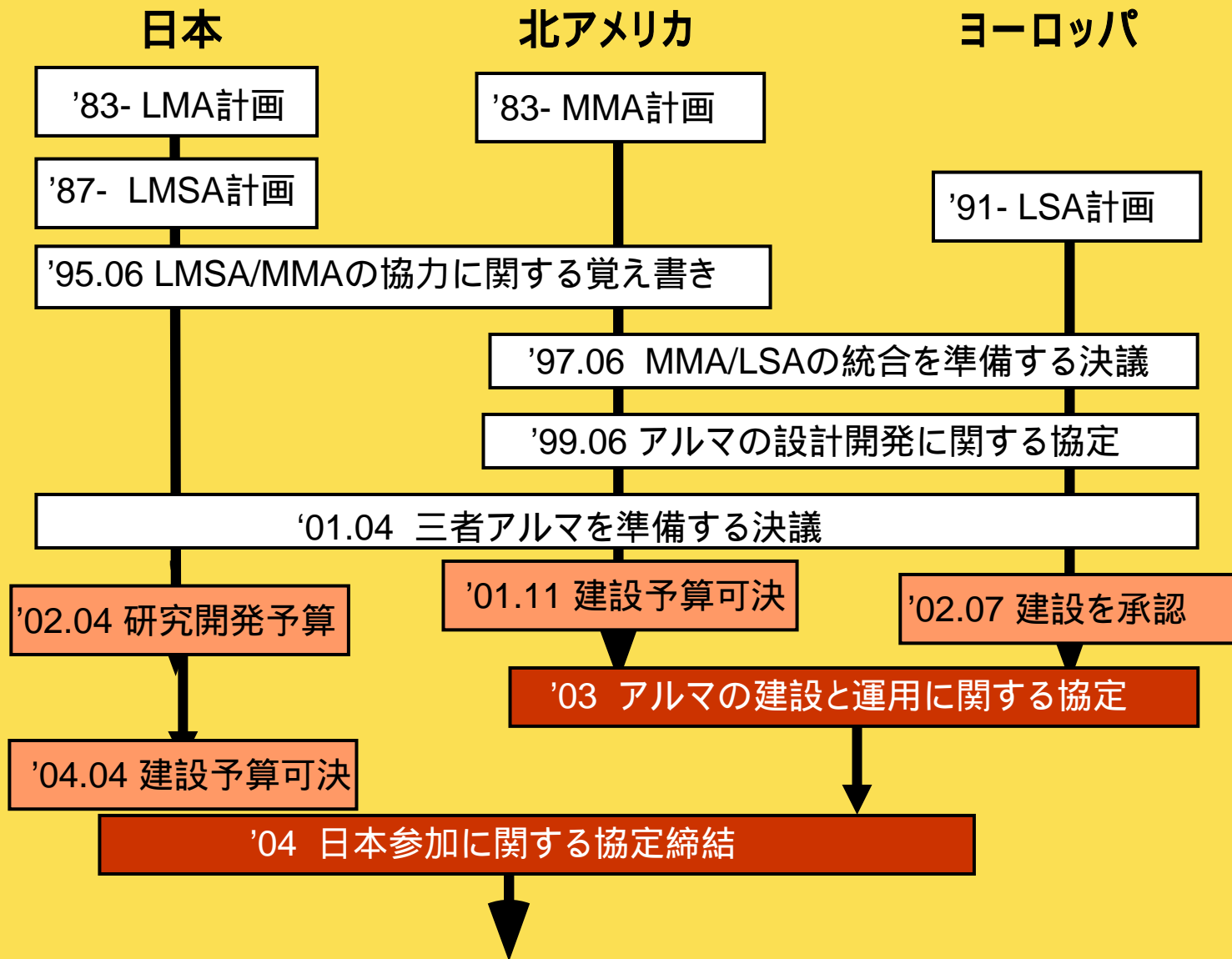
アルマとは

Atacama Large Millimeter/submillimeter Array

- 建設サイト:チリのアタカマ高地 (5000 m)
- 国際協力:北米(米、カナダ)、欧州(ESO + スペイン)、日本、チリ



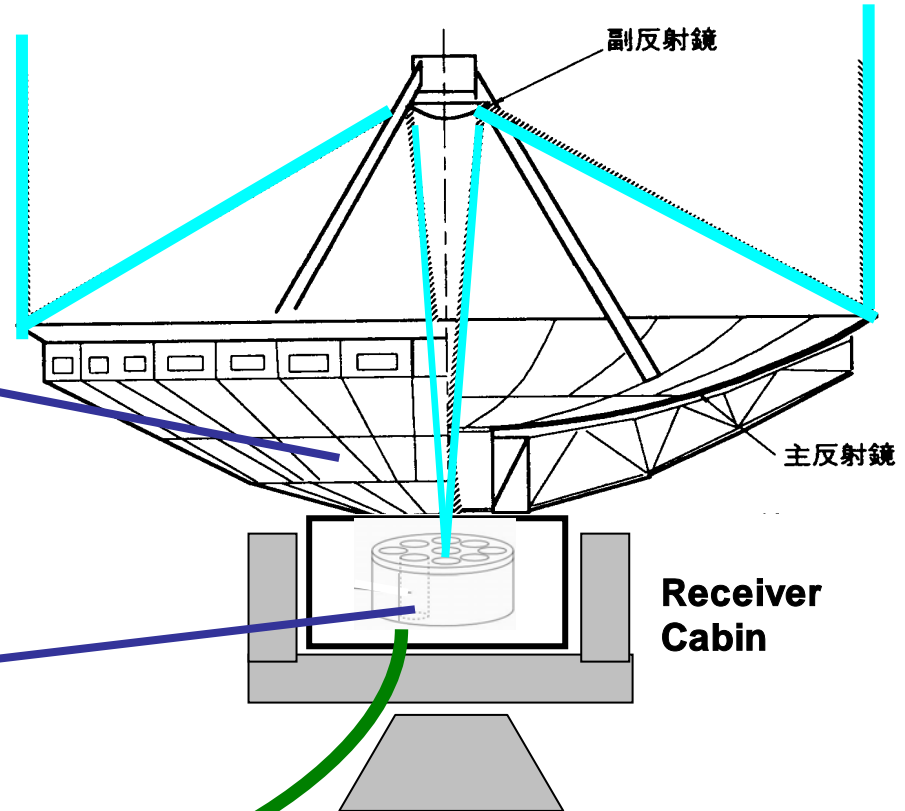
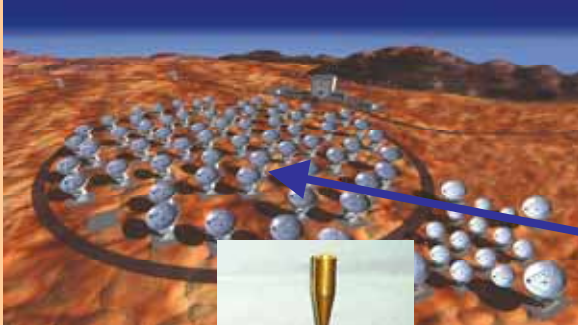
三者アルマへのステップ



The ALMA System

Antenna

64-element array (64 12-m dishes)
ACA system (12 7-m + 4 12-m dishes)

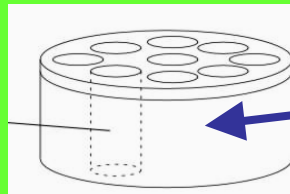


Receiver Front End

Cartridge



4K Cryostat



Correlator

Correlation Spectroscopy



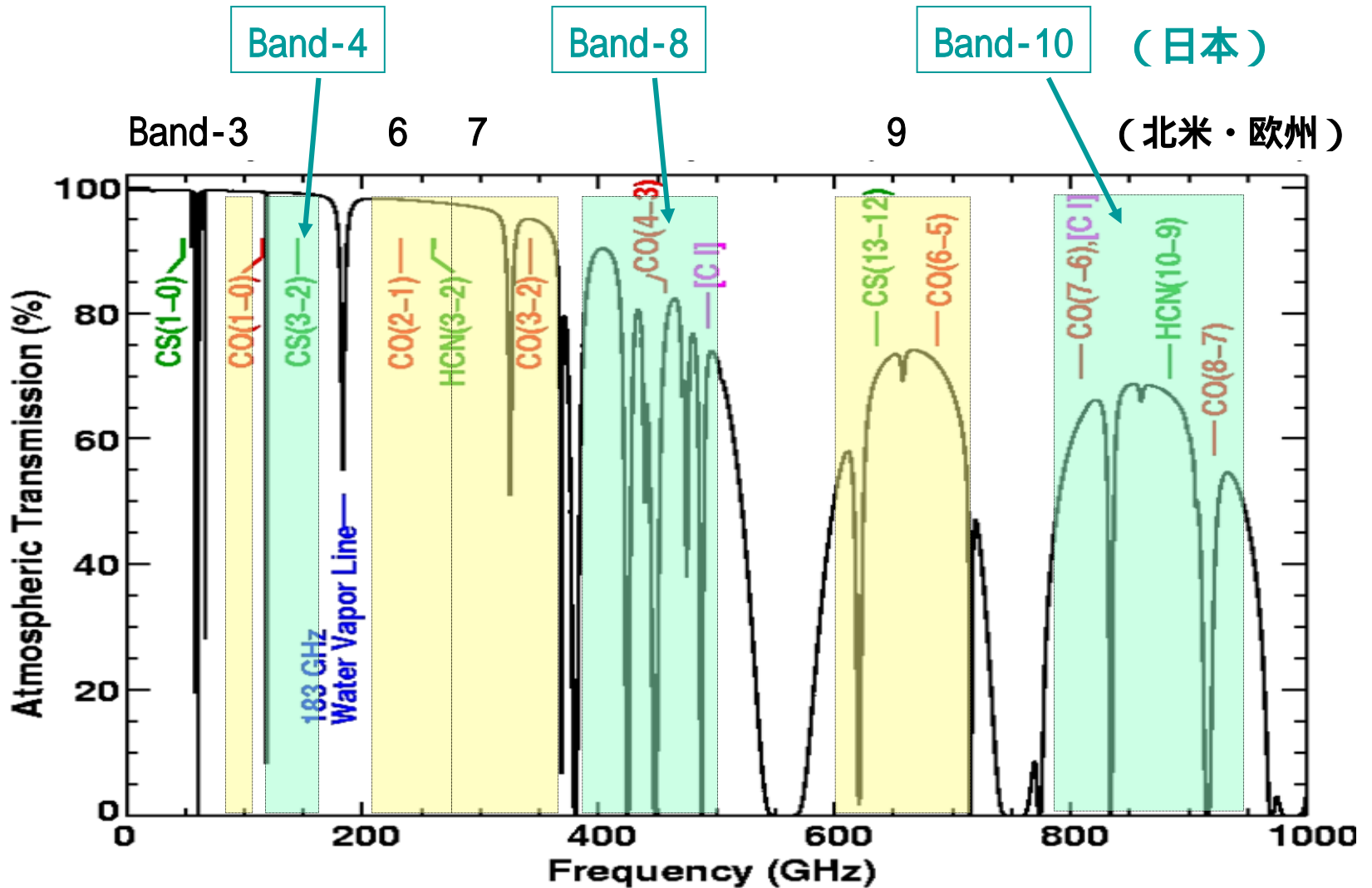
Receiver Back End

LO creation/distribution
IF conversion
Digital sampling
Signal transmission

Task division

	Baseline ALMA (NA+EU)	Japanese contribution	Enhancements
Antennas	64 12-m dishes	ACA 12 7-m dishes 4 12-m dishes	High fidelity imaging of extended sources
Receiver bands	86 - 116 GHz 211 - 275 GHz 275 - 370 GHz <u>602 - 720 GHz</u>	125 - 163 GHz <u>385 - 500 GHz</u> <u>787 - 950 GHz</u>	Submillimeter bands up to 950 GHz
Correlators	Baseline correlator	ACA correlator	Low loss 3-bit correlation for ACA

ALMAの受信バンド



高い感度とイメージング能力

- 高い感度

- 大きい集光面積: 現在のミリ波干渉計の16倍
 - 低い雑音: 量子限界に迫る超伝導ヘテロダイン受信機群
 - 高い大気透過率: 高い標高、乾燥した気候
- 総合的に2桁の感度向上

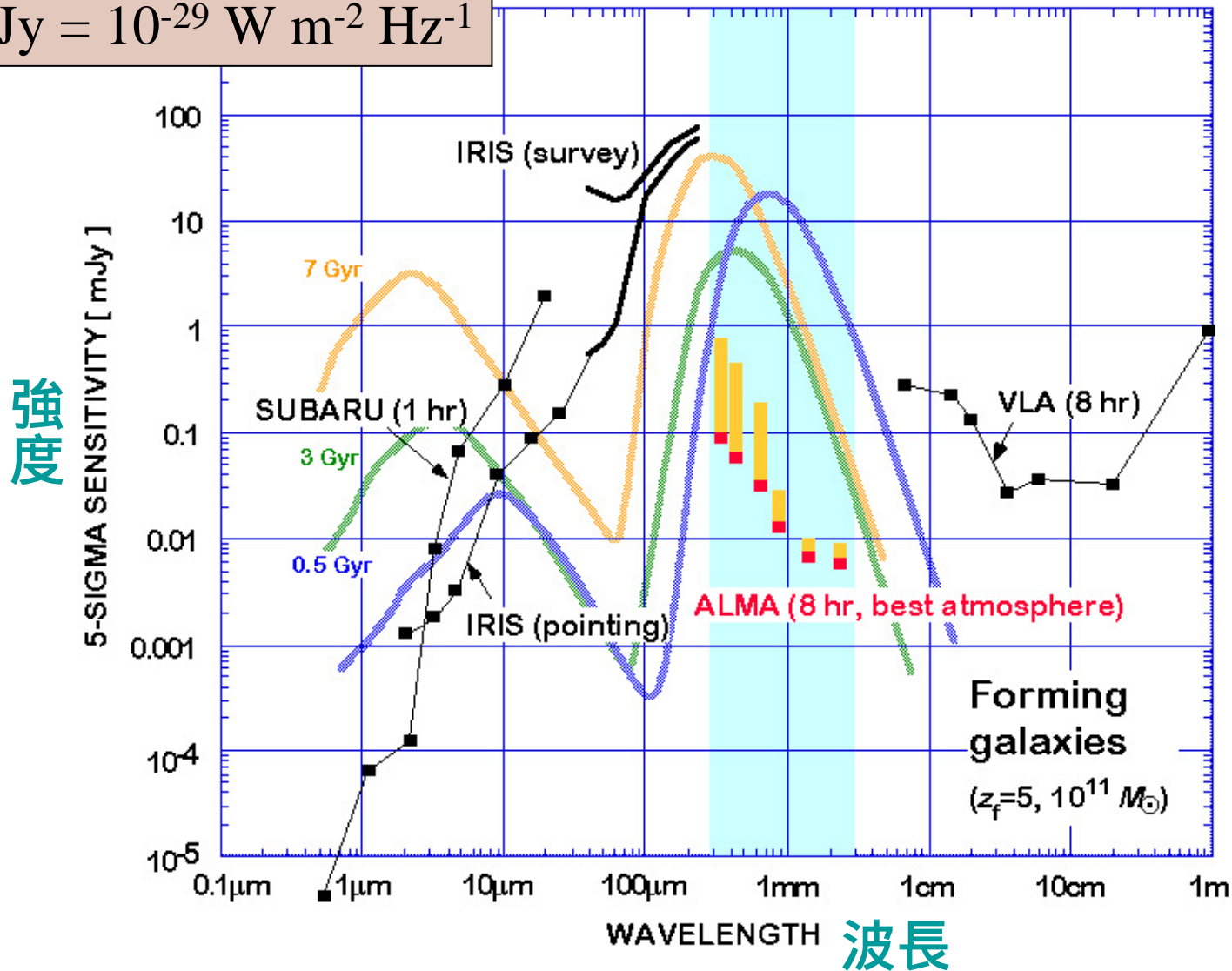
- 高いイメージング能力

- 高い解像力: 最高2桁の解像力向上
- 広視野モザイク可能
- 高いイメージフィデリティ

コンパクトな天体に対するALMAの感度

(8時間積分、5)

$$1 \text{ mJy} = 10^{-29} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$



解像力

- (最大基線長) / (観測波長) に比例
 - 配列を変えることにより、
 - 小さい配列 低解像力、しかし輝度に対する感度高い
 - 大きい配列 高解像力、しかし輝度に対する感度低い
 - 最大配列でサブミリ波観測
0.01”の分解能(現在のミリ波干渉計の100倍)

広がった天体に対するALMAの感度

(2 km 配列、1分積分、5)

周波数	分解能	Cont.		Line	(1 MHz)
(GHz)	(秒角)	Best	Median	Best	Median
100	0.31	0.22 K	0.35 K	9.8 K	15.7 K
150	0.21	0.26 K	0.38 K	11.7 K	17.6 K
230	0.13	0.31 K	0.44 K	13.7 K	19.6 K
350	0.09	0.57 K	0.88 K	25 K	39 K
490	0.06	0.87 K	8.8 K	39 K	390 K
650	0.05	3.1 K	31 K	137 K	1370 K
900	0.03	3.9K	39 K	176 K	1760 K

広がった天体に対するALMAの感度

(300 m 配列、1分積分、5)

周波数	分解能	Cont.		Line	(1 MHz)
(GHz)	(秒角)	Best	Median	Best	Median
100	2	5 mK	8 mK	0.22 K	0.35 K
150	1.4	6 mK	9 mK	0.26 K	0.40 K
230	0.9	7 mK	10 mK	0.31 K	0.44 K
350	0.6	13 mK	20 mK	0.57 K	0.88 K
490	0.4	20 mK	0.2 K	0.88 K	8.8 K
650	0.3	70 mK	0.7 K	3.1 K	31 K
900	0.2	90 mK	0.9 K	4.0 K	40 K

広がった天体に対するALMAの感度

(10 km 配列、1分積分、5)

周波数	分解能	Cont.		Line	(1 MHz)
(GHz)	(秒角)	Best	Median	Best	Median
100	0.062	5 K	9 K	240 K	390 K
150	0.041	7 K	10 K	290 K	440 K
230	0.027	8 K	11 K	340 K	480 K
350	0.018	14 K	22 K	630 K	970 K
490	0.013	22 K	220 K	970 K	9700 K
650	0.009	77 K	770 K	3400 K	34000 K
900	0.007	98K	980 K	4400 K	44000 K

広がった天体に対するACA単独の感度

(1分積分、5)

周波数	分解能	Cont.		Line	(1 MHz)
(GHz)	(秒角)	Best	Median	Best	Median
100	2	0.35 mK	0.55 mK	15 mK	24 mK
150	1.4	0.42 mK	0.63 mK	18 mK	28 mK
230	0.9	0.49 mK	0.7 mK	22 mK	31 mK
350	0.6	0.91 mK	1.4 mK	40 mK	61 mK
490	0.4	1.4 mK	14 mK	61 mK	610 mK
650	0.3	4.9 mK	49 mK	220 mK	2.2 K
900	0.2	6.3 mK	63 mK	280 mK	2.8 K

ALMAの視野

(モザイクキングにより拡張可能)

周波数	64素子アレイ (12mアンテナ)	ACA (7mアンテナ)
(GHz)	秒角	秒角
100	62	106
150	41	71
230	27	46
350	18	30
490	13	22
650	9.6	16
900	6.9	12

High fidelity imaging

Role of the Compact Array

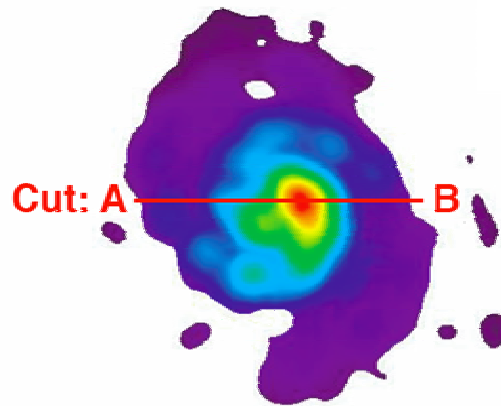
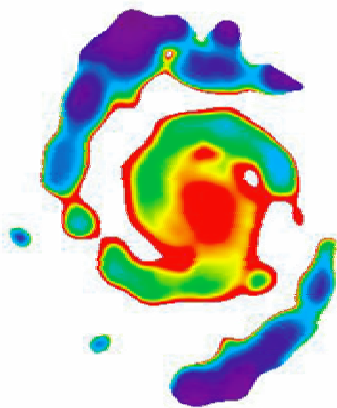
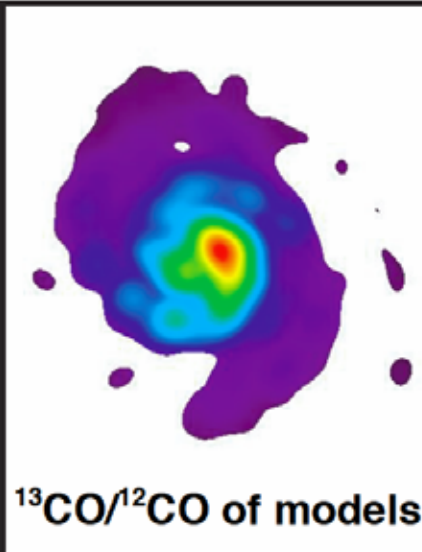
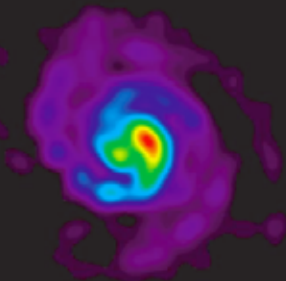
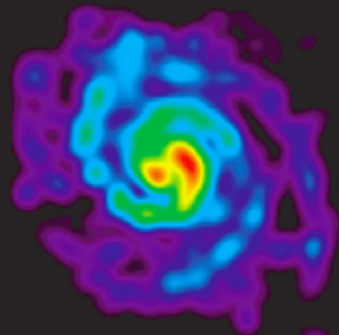
- **Interferometer**

- Only sensitive to the Fourier component corresponding to the baseline ranges
- Shortest baseline limited by the diameter of the dish

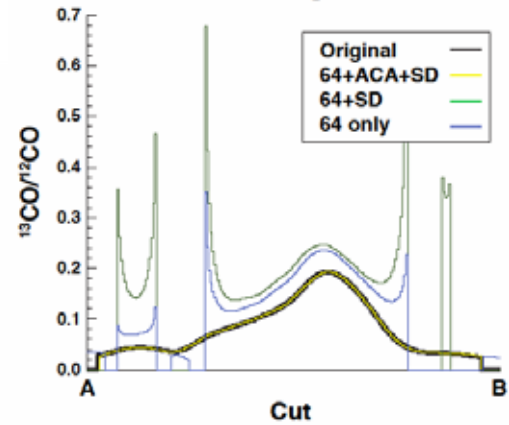
Missing flux problem

- **Heterogeneous array**: add smaller dishes to collect shorter-spacing data

SPIRAL GALAXY SIMULATION 230 GHz mosaicing



Profile along cut A-B



Technical innovations

Developments in Japan

- **Collaborative developments**

- National Astronomical Observatory of Japan
- Groups at Universities and Institutes
(U. Tokyo, Nagoya U., Osaka Pref. U., Toyota College of Tech., CRL, etc.)

Items include;

- Precision reflector antennas
- Receiver frontend (SIS mixer receiver)
- Photonic LO
- FX spectro-correlator
- etc.

Milestones

- **2003 Feb.** **Bilateral Agreement signed
(North America & Europe)**
 - **2003 Nov.** **Groundbreaking**
-
- **2004 Q2** **Trilateral Agreement signed
(Japan participates)**
 - **2007 Q3** **Start early science observations**
 - **2012 Q1** **Start full science operations**

Operation of ALMA

- **ALMA is a single integrated instrument**
 - Researchers in Japan, Europe, North America and Chile will enjoy all the capabilities
 - The share of observing time is proportional to the Value of contribution to the project
- **Dynamic scheduling**
 - Make the full use of the good condition for submillimeter observation
 - Observers will not go to the site
- **Pipeline processing**
 - User-friendly system: open to non-specialists
 - Data archive open to the world researchers

Science with ALMA

- **Three Key Science Areas:**
 - **Protoplanetary disks:**
Formation of Planetary Systems
 - **Protogalaxies:**
Formation of Galaxies
 - **Interstellar chemistry:**
Origin of life in space

ALMAで展開する多彩なサイエンス

距離	天体	実際の広がり	見かけの広がり	ALMAによるプロジェクトの例
z~5以上	原始銀河	10 kpc	3"	原初天体の無バイアスサーベイ、銀河誕生の姿を初めて描き出す
z~0.5 - 3	銀河団	1 Mpc	200"	スニヤエフ・ゼルドビッチ効果、宇宙論パラメータの決定
z~0.1 - 3	赤外超過銀河	10 kpc	6"	大きな赤外光度の原因、銀河合体、AGN形成
z~0.01	進化途上の銀河	10 kpc	50"	銀河の形態（楕円銀河や円盤銀河）はどのようにして作られたか
10 Mpc	AGNトーラス	1 pc	0.02"	トーラスの構造を初めて描き出す
10 Mpc	AGNを取り囲むスターバースト領域	1 kpc	20"	構造・運動・物理状態、AGNとのつながり
100 kpc	大小マゼラン銀河の分子雲	50 pc	100"	金属欠乏星間物質の物理・化学、星団形成のメカニズム
8 kpc	銀河系の中心	5 pc	100"	ブラックホールを取り巻くガスの構造・運動
5 kpc	大質量星形成コアや超コンパクトHII領域	0.05 pc	2"	大質量星はなぜできるか、ラインサーベイ、偏波観測
1 kpc	超新星残骸	0.05 - 0.5 pc	10 - 100"	衝撃波物理・化学の実験場として、ラインサーベイ
1 kpc	晩期型星	0.02 pc	4"	質量放出の歴史、双極性の起源、ラインサーベイ
0.1-1 kpc	星団形成中の分子雲コア	0.01 - 0.1 pc	2 - 100"	星団形成のメカニズム、偏波観測
0.1-1 kpc	双極分子流	0.01 - 0.5 pc	2 - 500"	発生メカニズム、衝撃波、周囲へのインパクト
0.1 kpc	原始星	5000 AU	50"	質量降着、星の質量はなにが定めるか
0.1 kpc	原始惑星系円盤	400 AU	4"	構造・運動・ギャップ、原始巨大惑星、ラインサーベイ
10 pc	主系列星を取り巻くデブリディスク	400 AU	40"	惑星を示唆する構造やギャップ
	惑星とその衛星		1 - 40"	大気の構造と運動
	彗星		2 - 100"	コマ中の物質分布、ラインサーベイ、ジェット
	太陽		1800"	活動領域、リムブライトニングによる彩層構造解明

アルマサイエンスワーキンググループ

ミッション

- 日本の天文コミュニティがアルマを使って展開する重要な研究テーマについて、
2007年の部分運用開始時、
2009年の部分運用中期、
2012年の本格運用開始時
における具体的な観測を念頭に置きながら、研究の目標およびアプローチを考える。
- それに向けた資料の収集や予備的な研究などの科学的な準備を進め成果を発表しつつ、強力な研究グループの形成を促進する。

アルマサイエンスワーキンググループ

準備期:2004年3月まで

- アルマ計画準備室を中心に、研究目標とアプローチの概略を描く。(何を、どうやって、どこまで明らかにできるか)
- 2004年3月に一応のまとめ。(天文学会特別セッションに反映)

第1期:2006年3月まで

- 研究員や大学院生、電波以外を専門とする研究者にも参加してもらう
(野辺山45mやNMA、ASTE、なんてん2、すばる、IRSFなどによる観測、観測衛星による観測の提案、理論研究の実行)
- 2005年3月ごろ中間まとめ。2005年に行われる予定のアルマによるサイエンスの国際会議に申し込み、発表。

アルマサイエンスワーキンググループ

第2期:2006年3月以降

- 研究員や大学院生、電波以外を専門とする研究者も含む強力な研究チームができています。
- 2007年にあると想定される部分運用開始時のサイエンスについて、それまでの研究の蓄積を背景に強力な提案を出すとともに、国際共同研究においてもイニシアチブを発揮する。
- アルマ部分運用による新しい成果やその他の観測装置の観測結果、理論の研究結果を取り込みつつ、研究のストラテジーを進化・発展させる。