i-explosion

JVO

平成17年発足特定領域研究公募研究　A01-23

最新情報技術を活用した超大規模天文データ解析機構の研究開発

研究代表者:

Masatoshi Ohishi / NAOJ, Sokendai

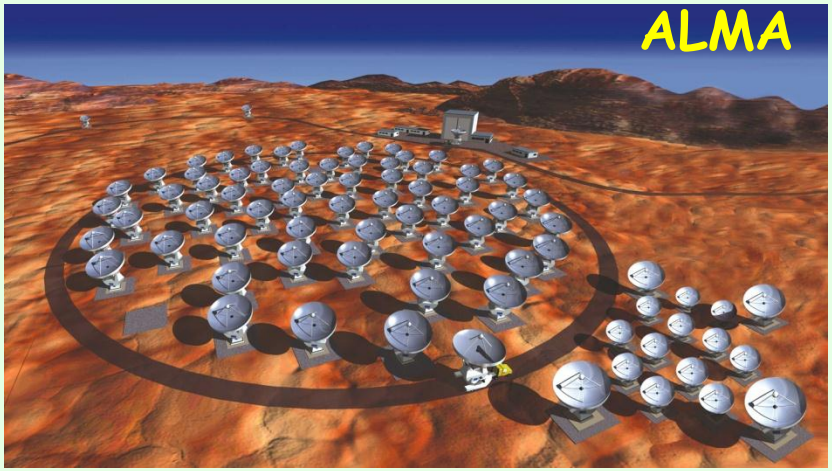
大石雅寿 / 国立天文台，総合研究大学院大学

masatoshi.ohishi@nao.ac.jp

Planned Future Projects

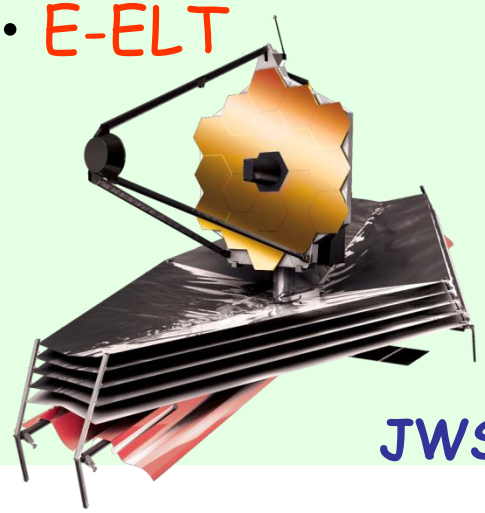
- ALMA
- JWST
- LSST
- LOFAR
- SKA
- TMT
- Pan-STARRs
- E-ELT

30 PB/yr x 6 yr ~ 200 PB

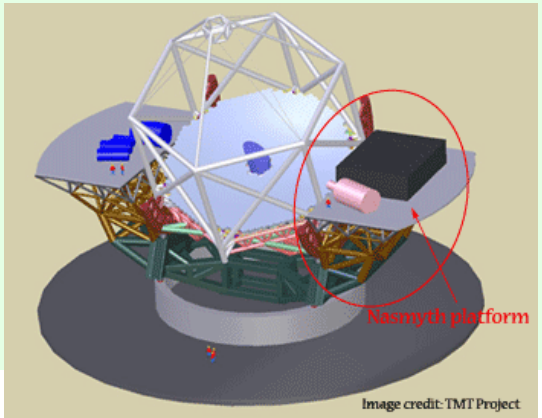


~ a few PB/yr

~ a few TB/night , only object params stored



JWST

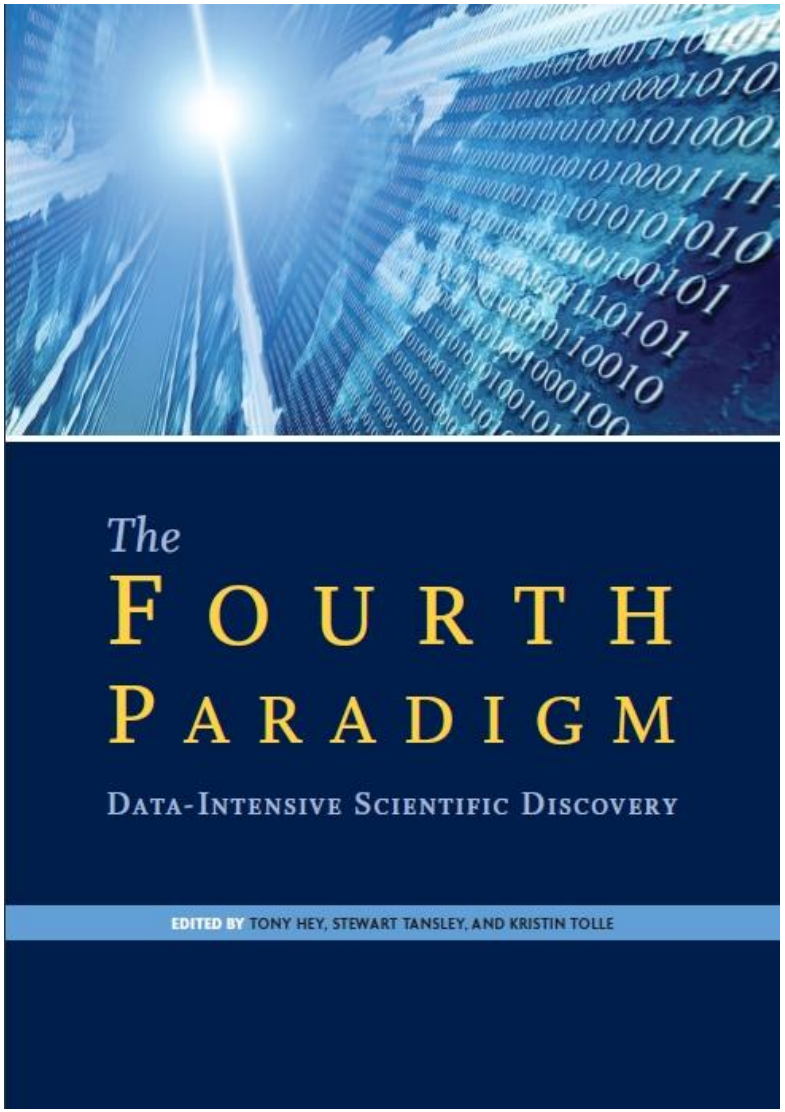


TMT

Data Intensive Astronomy

- Data deluge
  - Huge Image data
  - Wide spectral range
  - Transient data
  - time-domain

- New paradigm in astronomical research by introducing data management and advanced data analysis



Flow of Observational Research

- Issues, Planning
- Observation
- Data Reduction
  - Calib., Select, Combine
    , , ,
- Data Analysis
  - Physical Parameters
  - Thinking
  - Solution
- Publish

Data

↓

Information

↓

Knowledge

↓

Understanding

↓

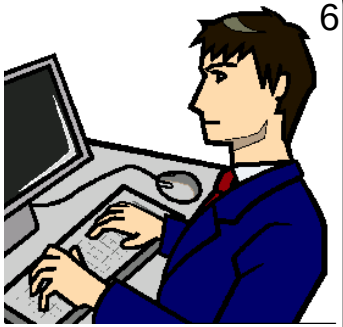
Wisdom

VO Projects in the world

- 16 countries, 1 region (EU) and 1 Int'l org. (ESA)
- International Virtual Observatory Alliance (IVOA) Standards to interoperate VOs

- Meta data,
  data models,
  data accesses,
  output format,
  etc.

Structure of JVO Portal Service



LDAP

Auth.

Grid System

Analysis Servers

MDS

Invoke

JVO

User Request

Invoke

SDSS

QSO

Subaru

...

2MASS

Data Service

User Storage

Service Discovery

Web Service

HTTP Get

FTP

LDAP

S. Reg.

P. Reg.

Metadata Harvesting

Registry

Invoke

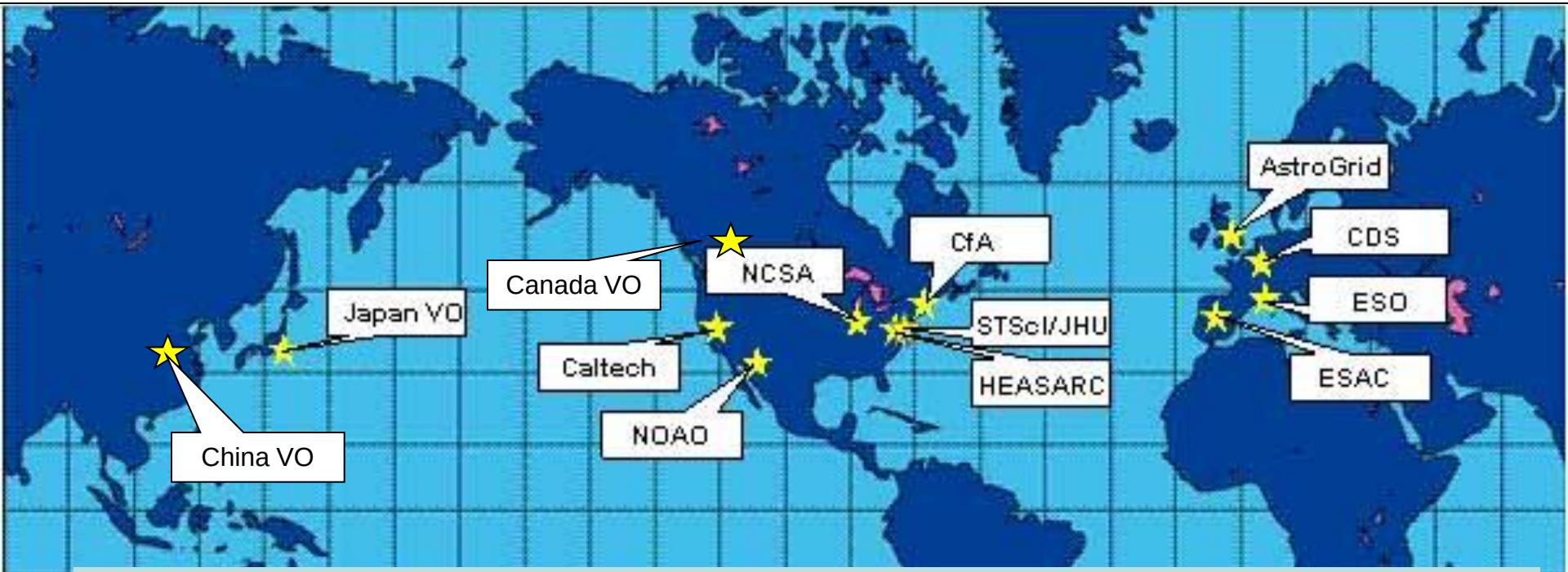
Other VOs

SIAP/SSAP

P. Reg.

SkyNode 0.7.4

Astronomical Virtual Observatories
~ Dataグリッド環境 ~



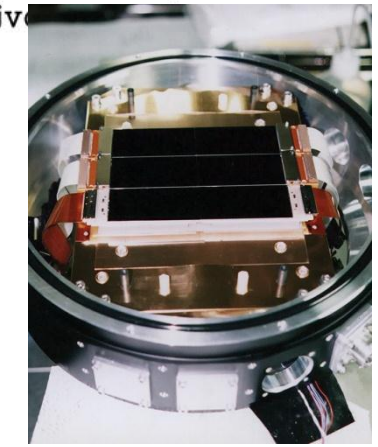
2010年11月現在，すばるのSupCAMやHDSの全データをはじめとして，世界中の10,000を超える資源にアクセス可能。

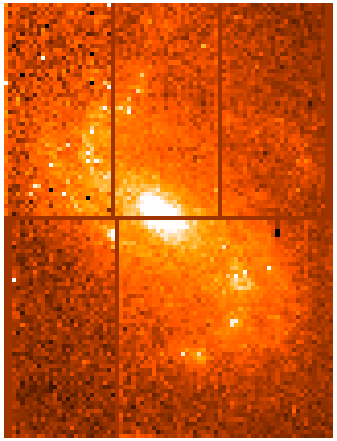
http://jvo.nao.ac.jp/portal/

SuprimeCAMデータへのアクセス

- オンデマンドでの画像モザイク＆較正
- 作成済みモザイク画像も用意されている
- ~ 10 TBytes
- Backgroundで30 CPU coreによる並列処理

JVO ポータルで最も多く利用されているサービス

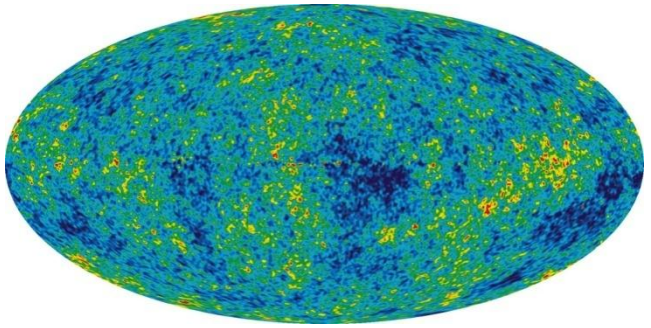




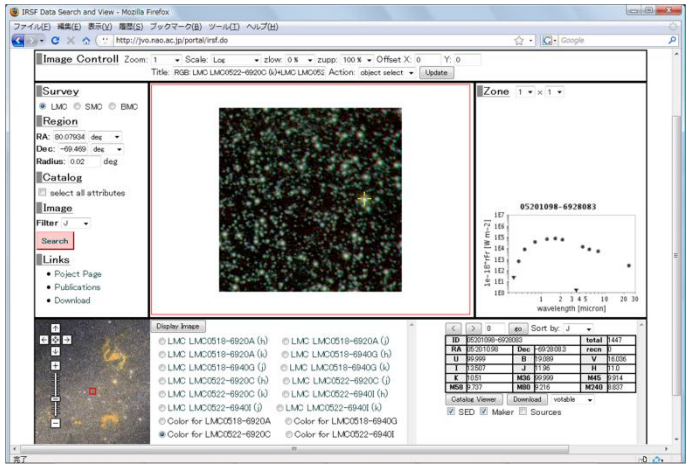
2009~2010年度の研究計画

全天データを同時に対象とするように機能向上

- アクセス可能な天体データの天球面表示
  - 位置，波長，観測時刻（メタデータ）
- 全天データに対する並列検索やデータ処理
  - 非同期並列処理機構の検討・実装



Credit: NASA/WMAP Science Team

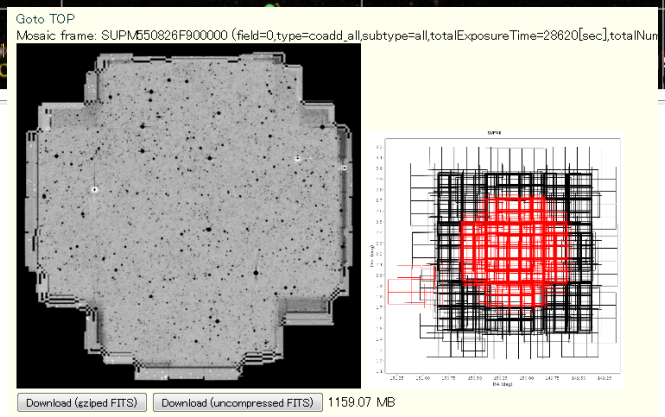


全天データの表示
→ 検索機能との連動

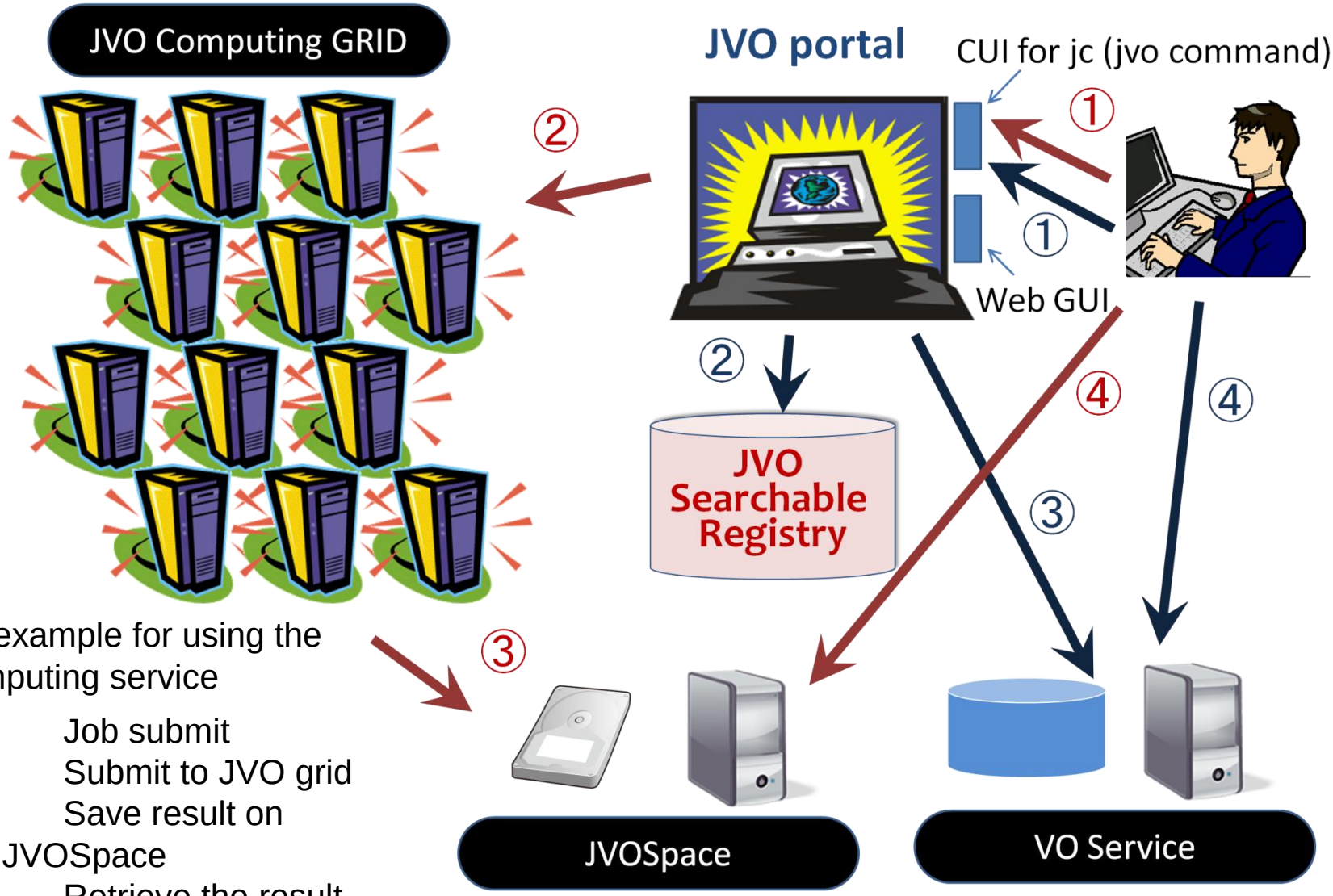
Subaru:
SuprimeCAM, HDS

ISAS:
Suzaku

More to come



API to utilize the JVO system



An example for using the computing service

① Job submit
② Submit to JVO grid
③ Save result on JVOSpace
④ Retrieve the result

Examples of the JVO API

Syntax of jc (jvo command):

```
jc <command> [<option>] [<argument>]…
```

Examples:

```
jc search –i <jvoql_file>
jc registry –k <keyword>
jc copy2l <source> <destination>
jc run <program_name> <arguments>
jc join –s <votable1> -t <votable2> -o <output> --s-ra
        <RA_column> --s-dec <DEC_column> …
```

Other commands:

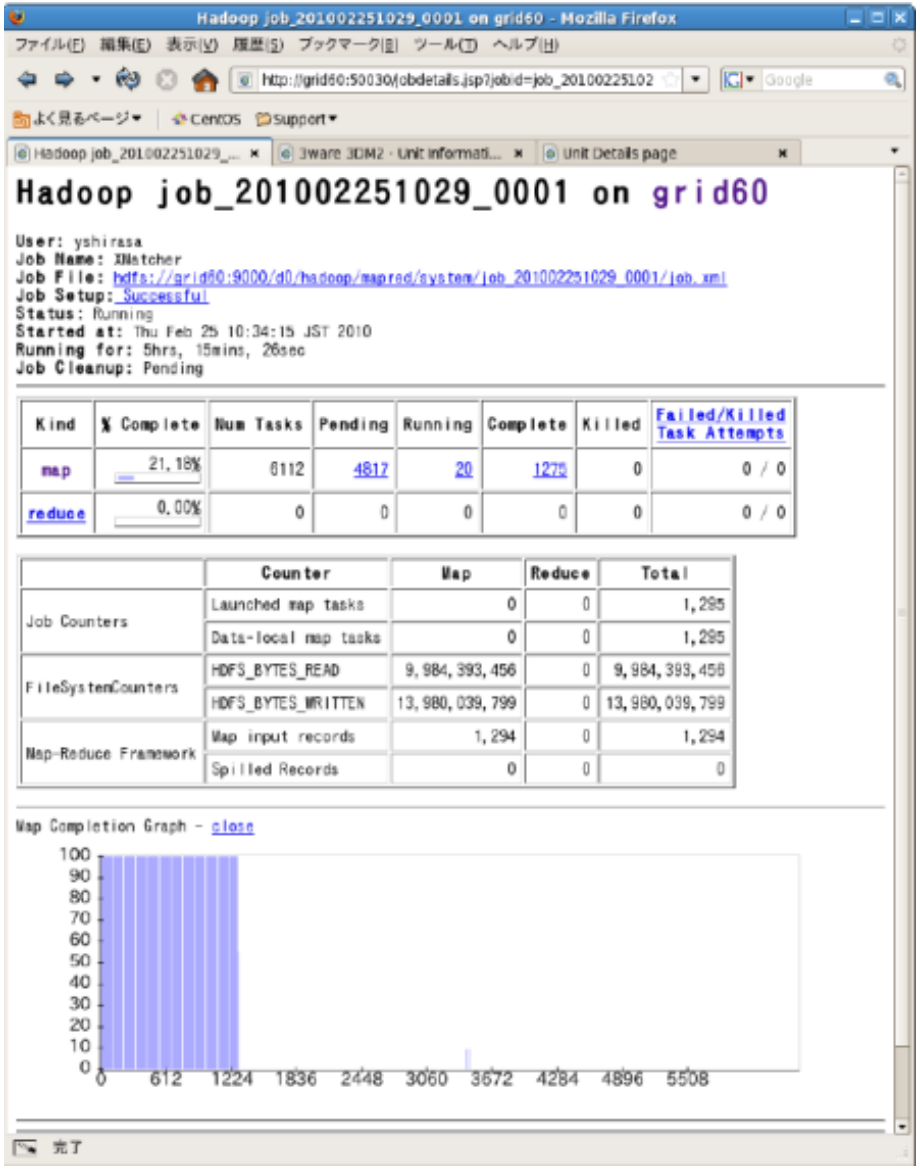
```
ls rsync passwd resume suspent abort ps union join select
```

Hadoopによる分散解析環境構築

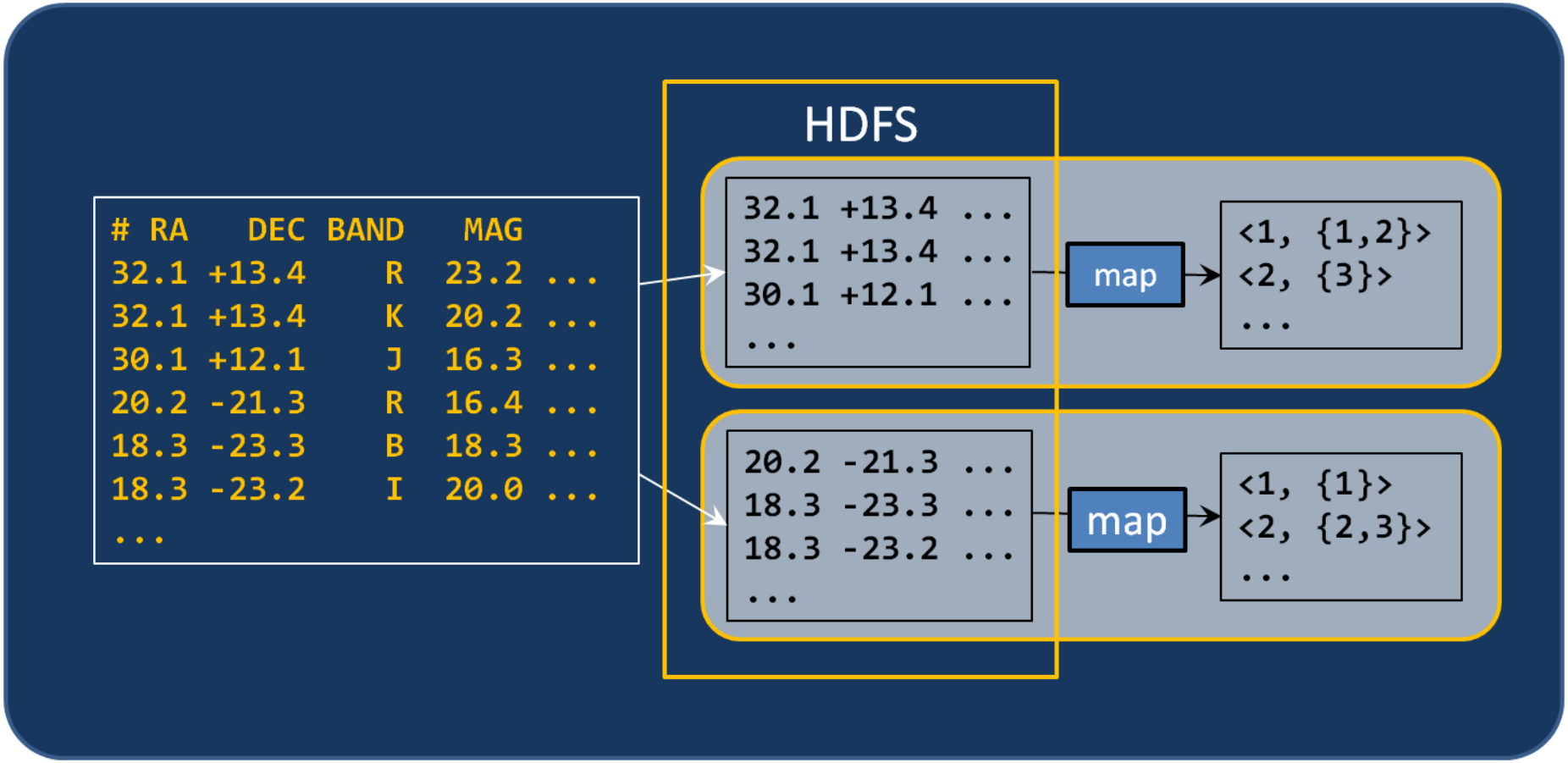
Hadoopを用いた分散解析環境を試験構築

→全天の1/20（10億record) を処理するのに3.7 h

→非分散の場合の約60倍速



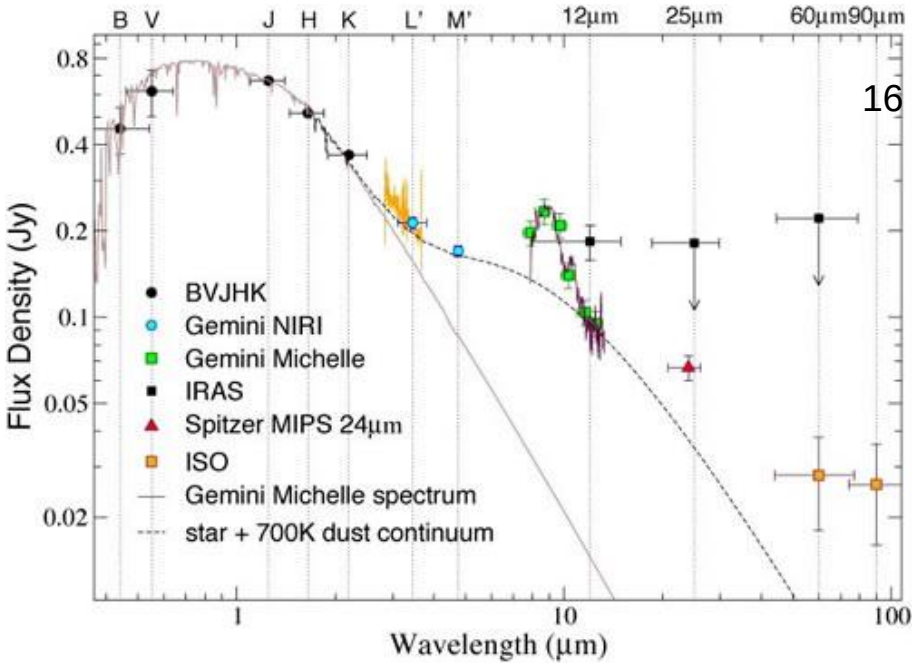
Hadoop環境での10億レコードのクロスマッチ

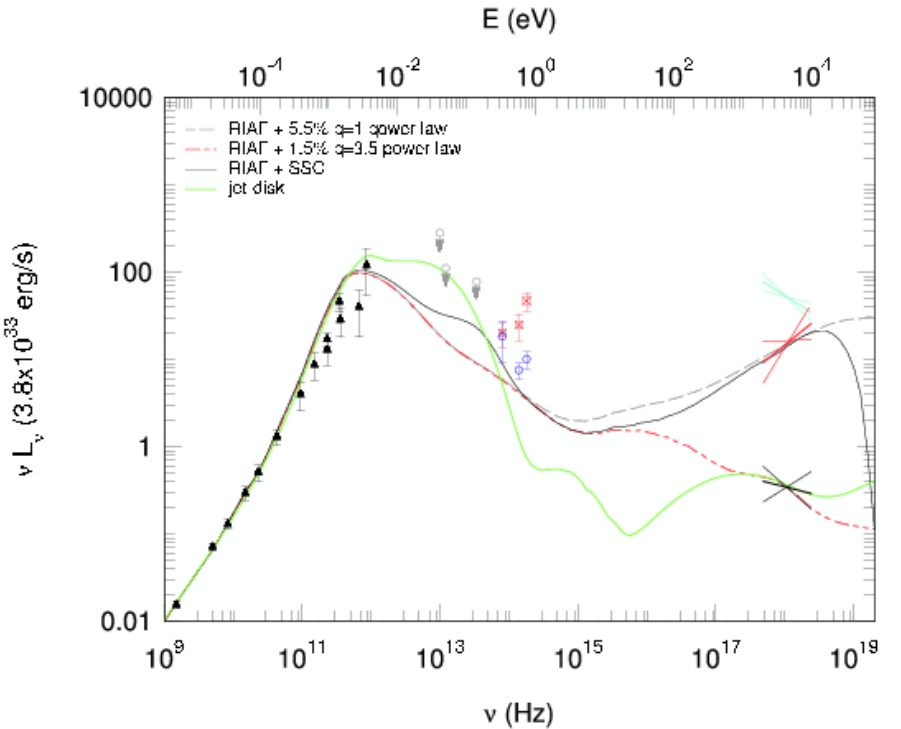


なぜクロスマッチ？

- 天体の本質を知るには，多波長の観測データを集めて解析する必要有り
- 天体の観測空間分解能は，波長，観測装置毎に異なる (1/1000秒 ~ 1度)

→ 空間分解能を考慮したデータの突き合わせ (cross-match)が必要



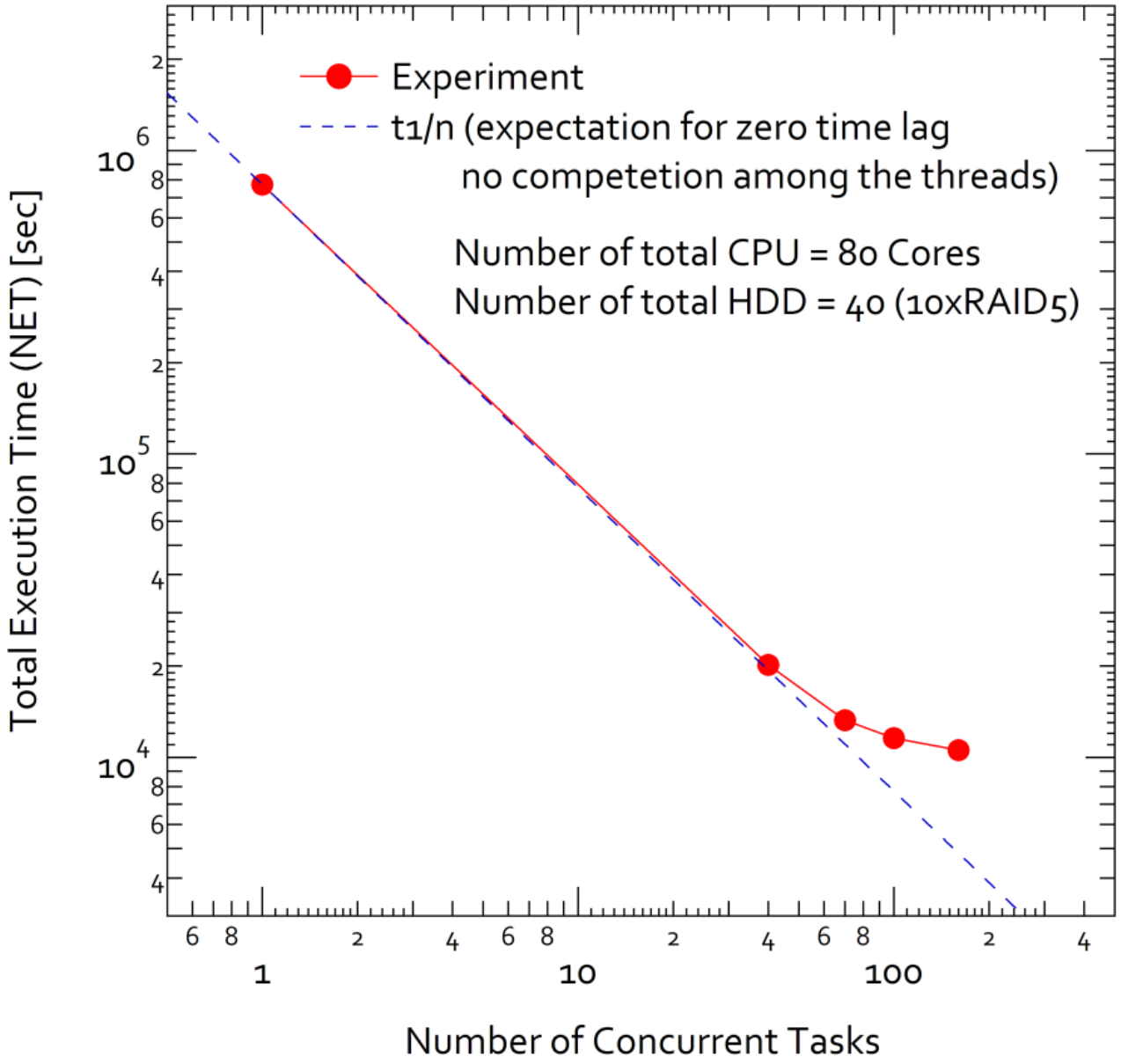


Experiment

- ✓ 1 billions records (1/20 of whole data)
- ✓ Divided into 6112 files. ~3MB/file
- ✓ Each file contains records of which pos error circle overlaps with the same region specified with an HTM index (level 6).
- ✓ Each file are gziped and copied to HDFS.
- ✓ Max number of task executed in parallel
  1, 40, 70, 100, 160
- ✓ Hardware
  10 servers: each has 2x4 core and 4 SATA HDD

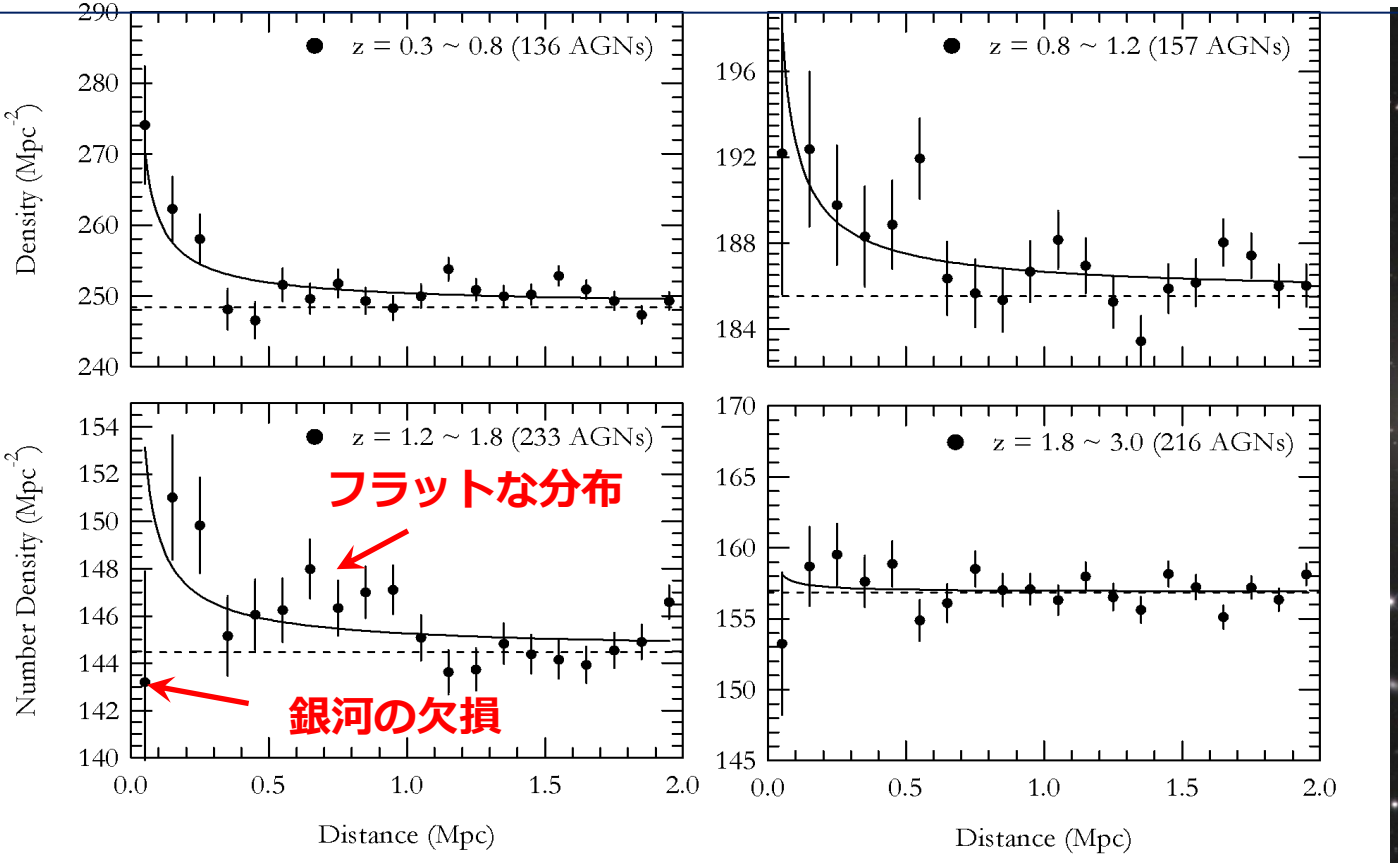
Results

- ✓ If executed by a single task
  9 days for 1G records → 180 days for whole dataset (20G rec.)
- ✓ Parallel execution of 70
  3.7 hours for 1G rec. → 3 days for whole
- ✓ Scaling relation breaks around ~40 tasks
  Overhead of writing to the local FS.
  Writing time occupies ~60% of the total.


Experiment
t1/n (expectation for zero time lag
no competetion among the threads)
Number of total CPU = 80 Cores
Number of total HDD = 40 (10xRAID5)
Total Execution Time (NET) [sec]
Number of Concurrent Tasks
10^6
10^5
10^4
1
10
100

科学的成果:
活動銀河核(AGN)の成長と周囲銀河密度の関連
~1000 AGNs -- SupCAM+UKIDSS

データ収集が数ヶ月→1日: 研究効率を大幅に加速: めでたく論文受理！



Clustering at > 99% confidence level

VO-enabled Papers

SAO/NASA Astrophysics Data System (ADS)

Query Results from the Astronomy Database

Selected and retrieved 172 abstracts.

#	Bibcode Authors	
1	2009MNRAS.tmp.1016M Mollá, M.; García-Vargas, M. L.; Bressan, A.	PopStar I: evolutionary synthesis model description
2	2009MNRAS.396..223D D'Abrusco, R.; Longo, G.; Walton, N. A.	1.000 Quas
3	2009AJ....137.5012C Caballero, J. A.; López-Santiago, J.; de Castro, E.; Comide, M.	1.000 X-Ra
4	2009GeoJI.177..463B Beggan, C. D.; Whaler, K. A.; MacMillan, S.	1.000 05/2009 A E F R U Biased residuals of core flow models from satellite-derived `virtual observatories'

~170 Refereed Papers that have "Virtual Observatory" in its abstract

About 1500 papers mentioning "Virtual Observatory"

日本の天文学の利点

2つの共同利用機関

国立天文台（地上）

専用線

JAXA/ISAS（衛星）

- ALMAとSubaruのデータ連携
  - High-z galaxies
  - Evolution of galaxies
  - Planet formation
  - etc.
- ALMAとSPICAのデータ連携
  - Prebiotic species in protoplanetary nebula
  - etc.

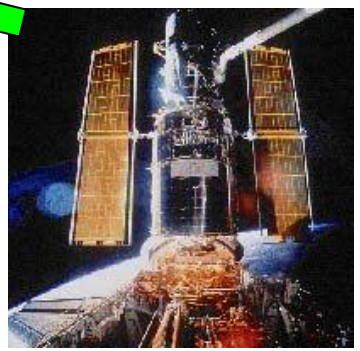
ALMA Archive Architecture

Quality Controlled Data

i-explosion

ALMA subsystem
Archive package
Data base logic
ALMA subsystem
Bulk data flow
Meta data flow
Monitor & Event data flow
AEDF

Offline Pipeline
QuickLook Pipeline
Correlator
Calibr. Pipeline
Observing Tool
Scientist
VO Interface
Data Capturer
Control System
Scheduler
AV Streaming
ALMA Science Archive
ALMA Science Archive Model
Observatory Data Model
BulkStore
XMLStore
MonitorStore
Archive

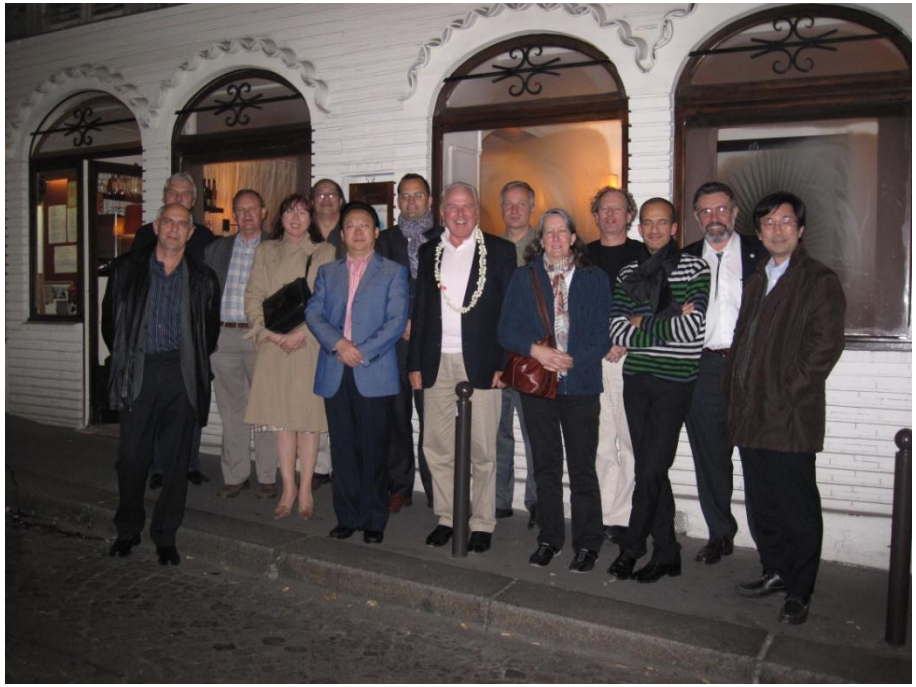


多波長データの活用

ALMAによる科学的成果の最大化

天文以外の科学分野への波及効果

- ICSU（国際科学会議）
  Strategic Coord. Comm. on Info. & Data
- 地球物理，農業，環境，天文等のデータを世界規模で共有（途上国に提供）するためのフレームワーク作り
- 天文VOが手本



ま と め

- 全天を対象とする，天文観測データへの検索・データ解析システムの基盤ができた
- 構築したシステムに，まもなく稼働する新望遠鏡データの接続を検討中
- 天文ヴァーチャル天文台システムがモデルとなって，他の科学分野の「ヴァーチャル観測所，ラボ」システム構築が世界的に進み出した