Csillagkörüli korongok dinamikája

Csillag- és bolygókeletkezés az ALMA-korszakban

Kóspál Ágnes

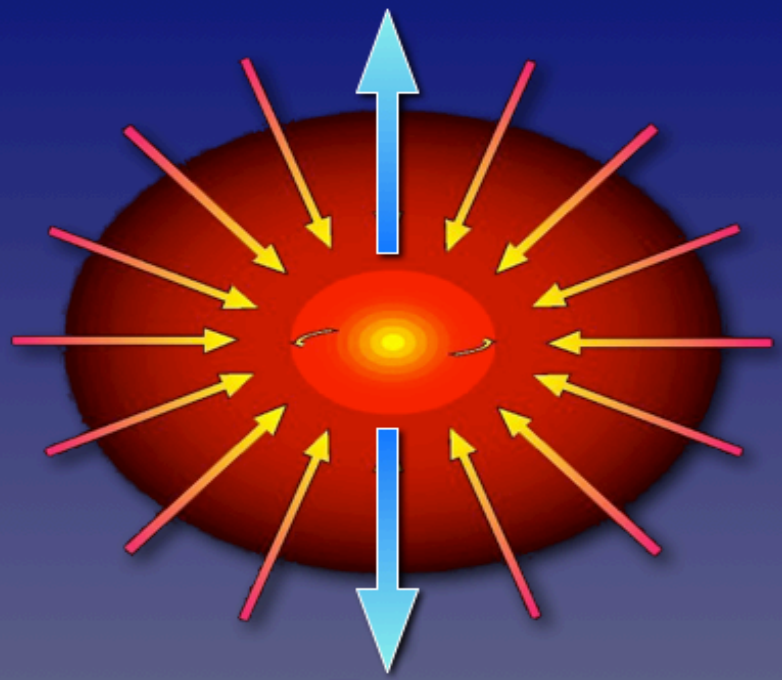
ESA / MTA CSFK CSI

Lendület Korong-kutató Csoport

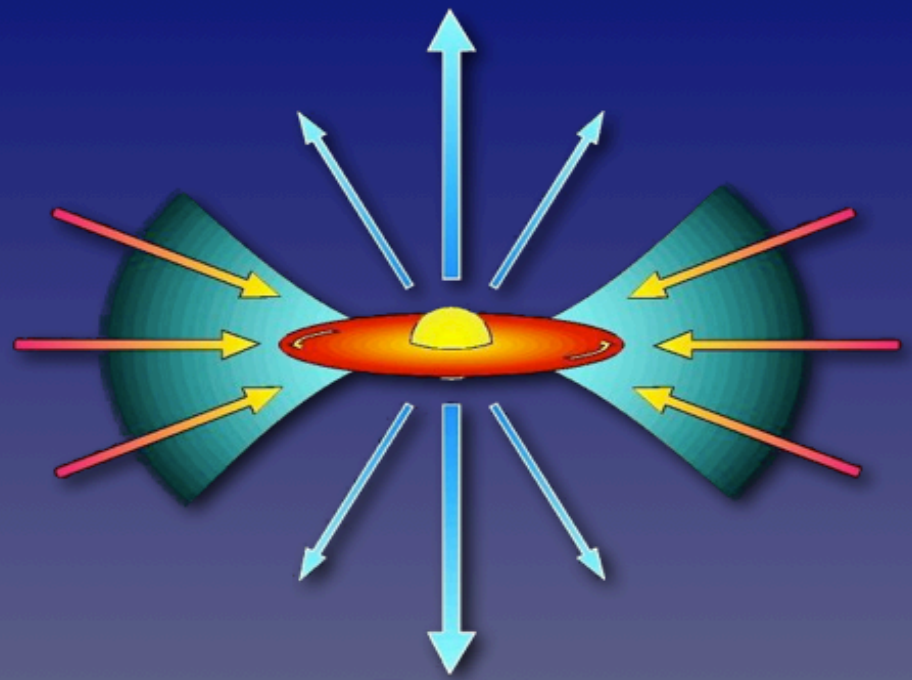
Fiatal Csillagász és Asztrofizikus Kutatók Találkozója

2014 szeptember 17–19

The isolated star formation paradigm

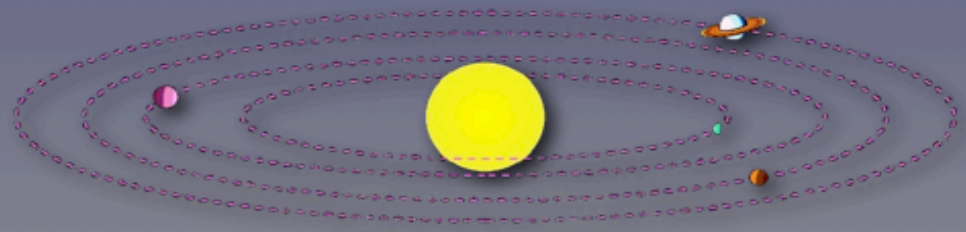


Class 0:
10^4 yrs; 10-10^4 AU; 10-300 K



Class I-II:
10^{5-6} yrs; 1-1000 AU; 100-3000 K

Class II-III:
10^{6-7} yrs; 1-100 AU; 100-5000 K

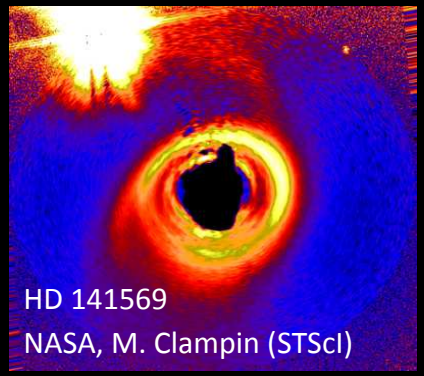


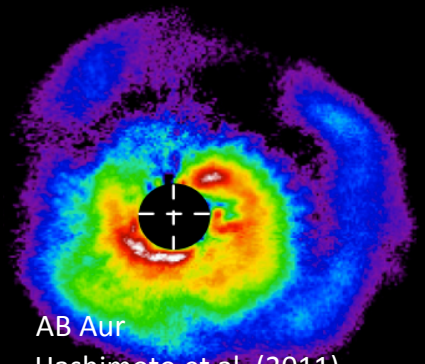
Class IV:
10^{7-9} yrs; 1-100 AU; 100-5000 K

After Shu, Adams, & Lada

Új irányok a korong-kutatásban

- Korongok tipikus mérete: néhány 100 CsE (< 1″ a legközelebbi csillagkeletkezési területeken)
- A korongok kis-skálás szerkezetéről kevés az információ
- Korongok belső dinamikája, transzport folyamatok ismeretlenek
- Enélkül nem érthetjük meg teljesen a csillagok és bolygók keletkezését

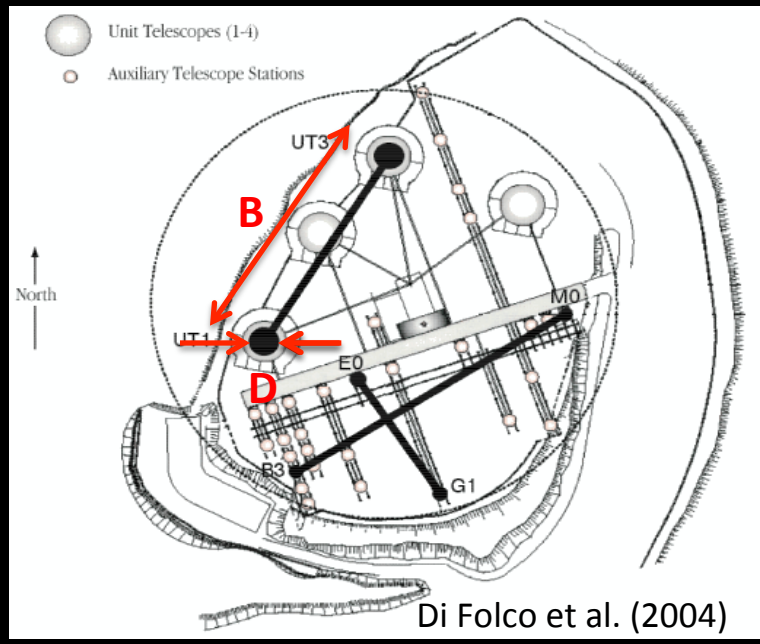

HD 141569
NASA, M. Clampin (STScI)


AB Aur
Hashimoto et al. (2011)

GG Tau
Gemini Obs., D. Potter

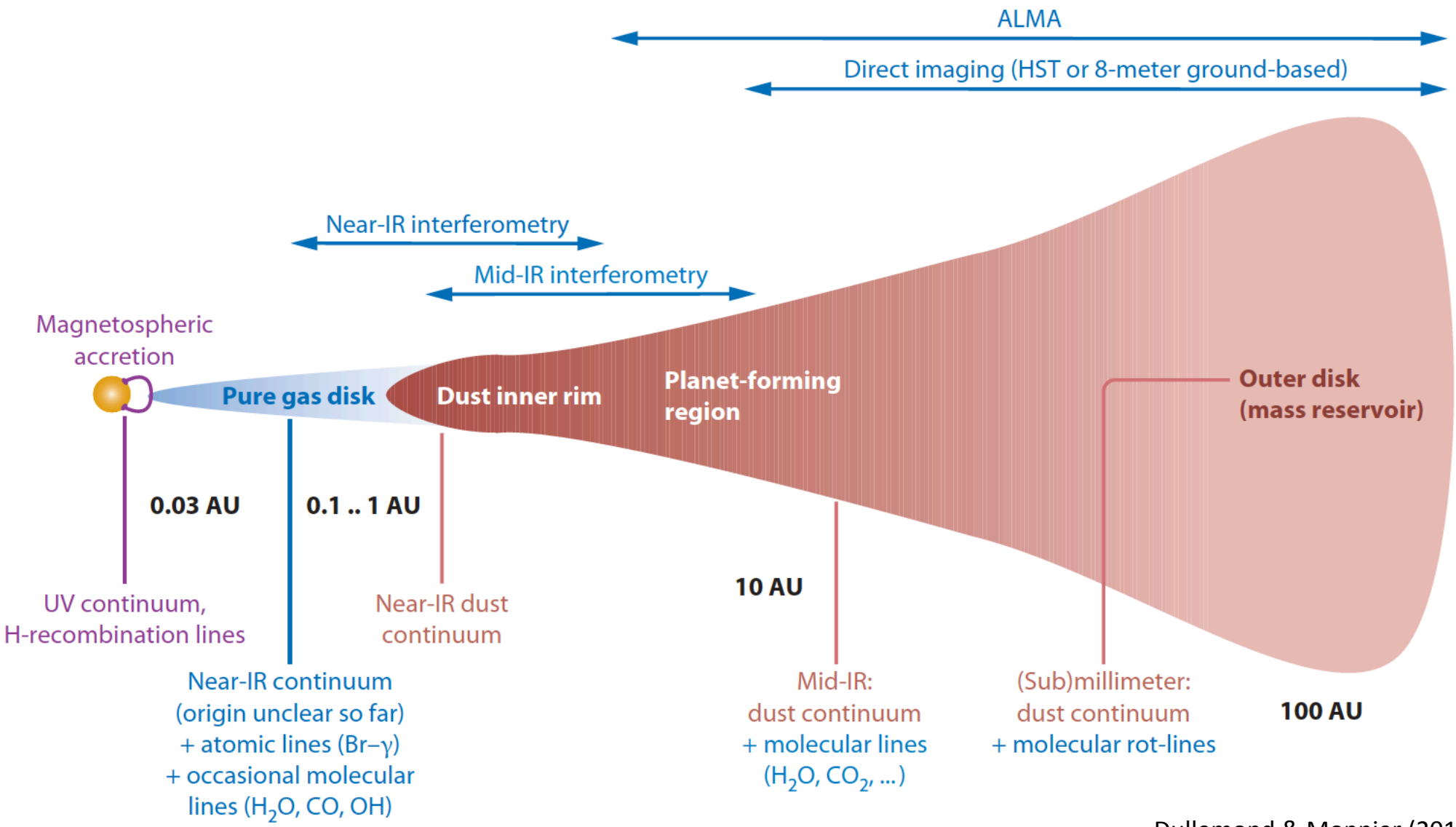
Interferometria

- Egy távcső elméleti felbontása:
  ~ λ/D
  D – tükör/antenna átmérője
- Egy interferométer felbontása:
  ~ λ/B
  B – bázisvonal
- Működő technika optikai, infravörös, milliméteres és rádió hullámhosszakon is



Di Folco et al. (2004)

(Szub)milliméteres tartomány



Dullemond & Monnier (2010)

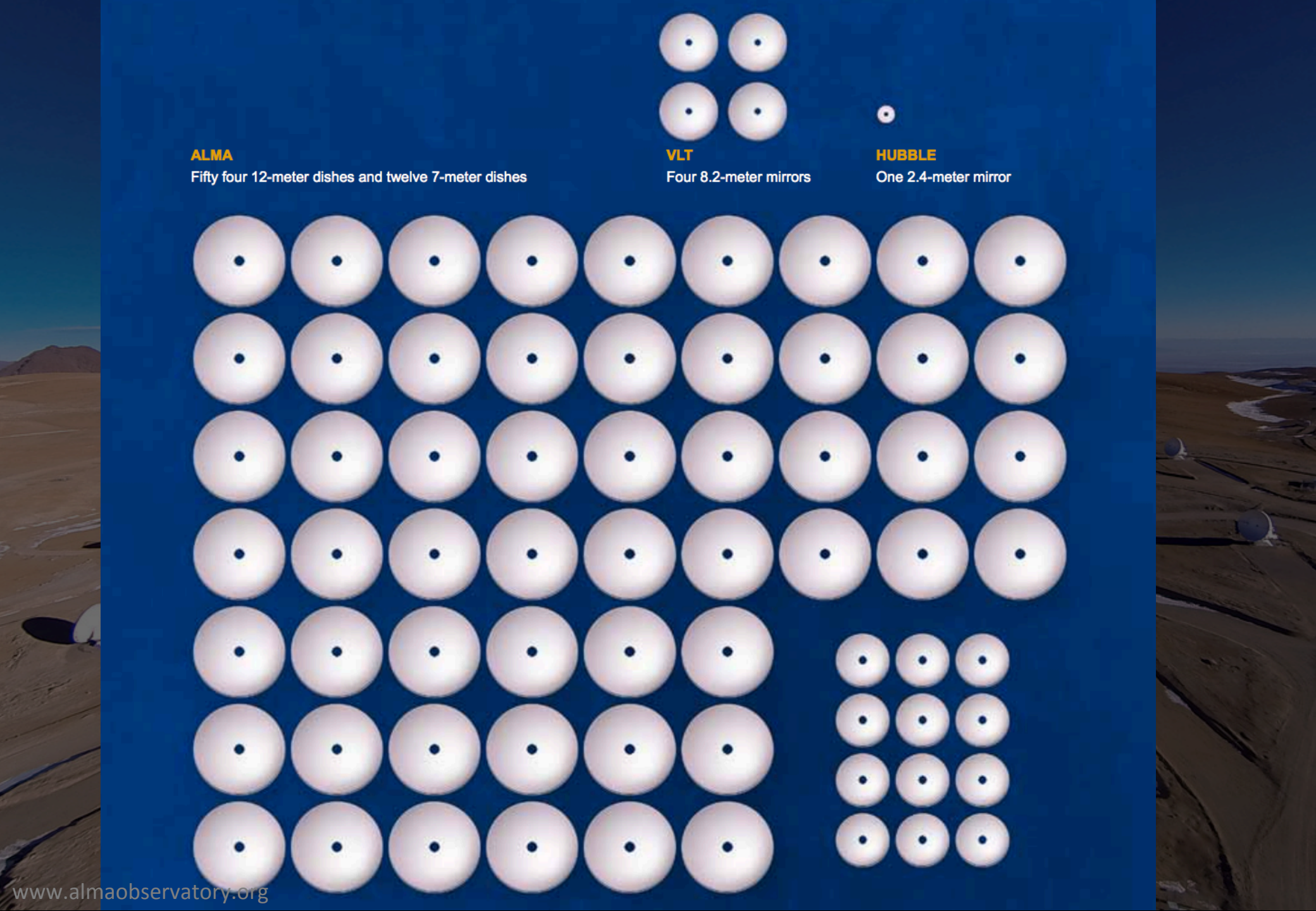
ALMA

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array

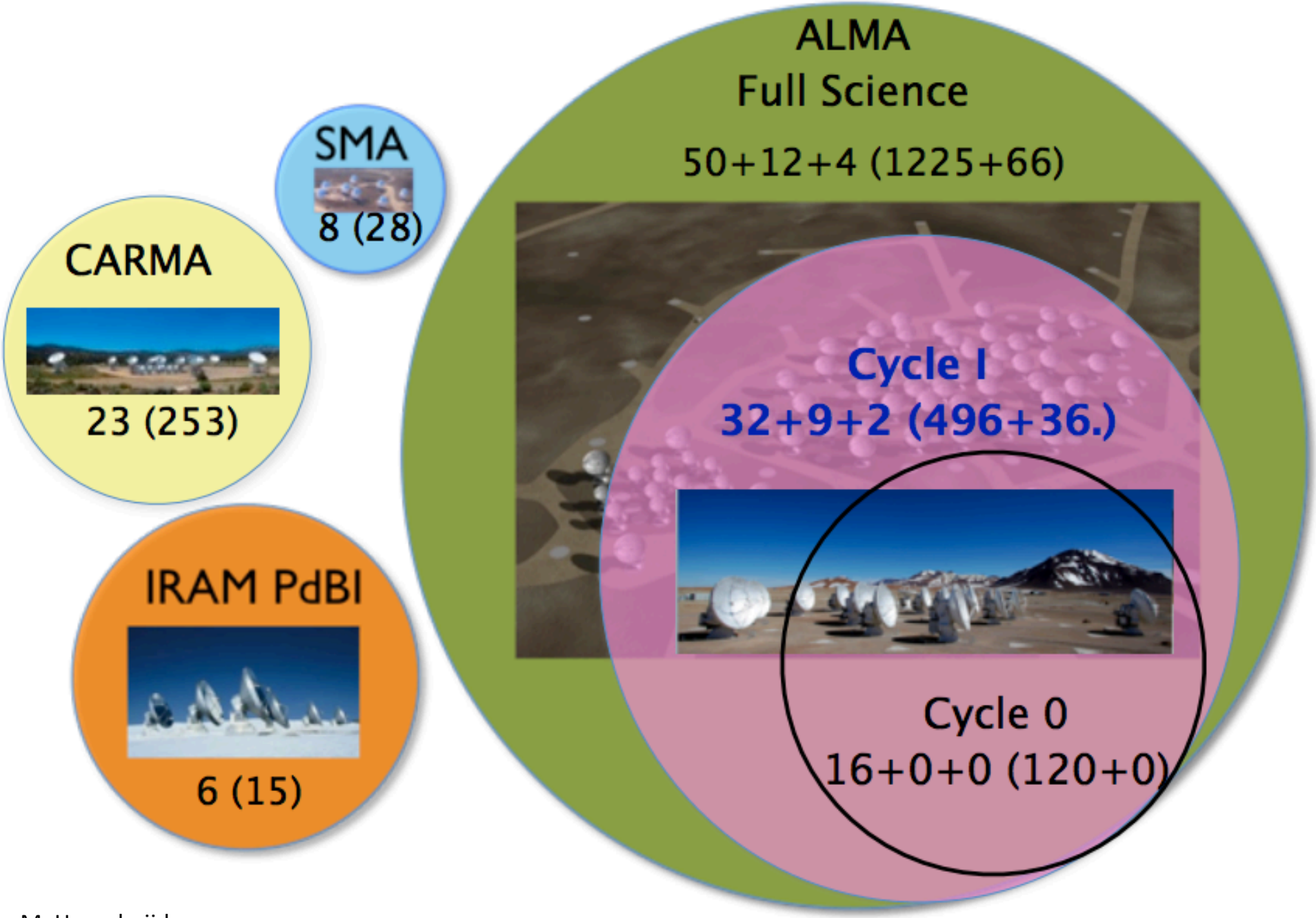
ALMA

- Atacama Large Millimeter/submillimeter Array
- 54 db 12 m-es antenna és 12 db 7 m-es antenna
- 0.4 – 3.1 mm (84 – 950 GHz)
- Térbeli felbontás: 0.006″ – 4.8″
- Spektrális felbontás: 3.8 kHz – 15.6 MHz (>0.01 km/s)
- Globális összefogásban épül Chilében
- Bárki pályázhat rá (3 – 11-szeres túljelentkezés)

www.almaobservatory.org



www.almaobservatory.org



Ábra: M. Hogerheijde

Big data

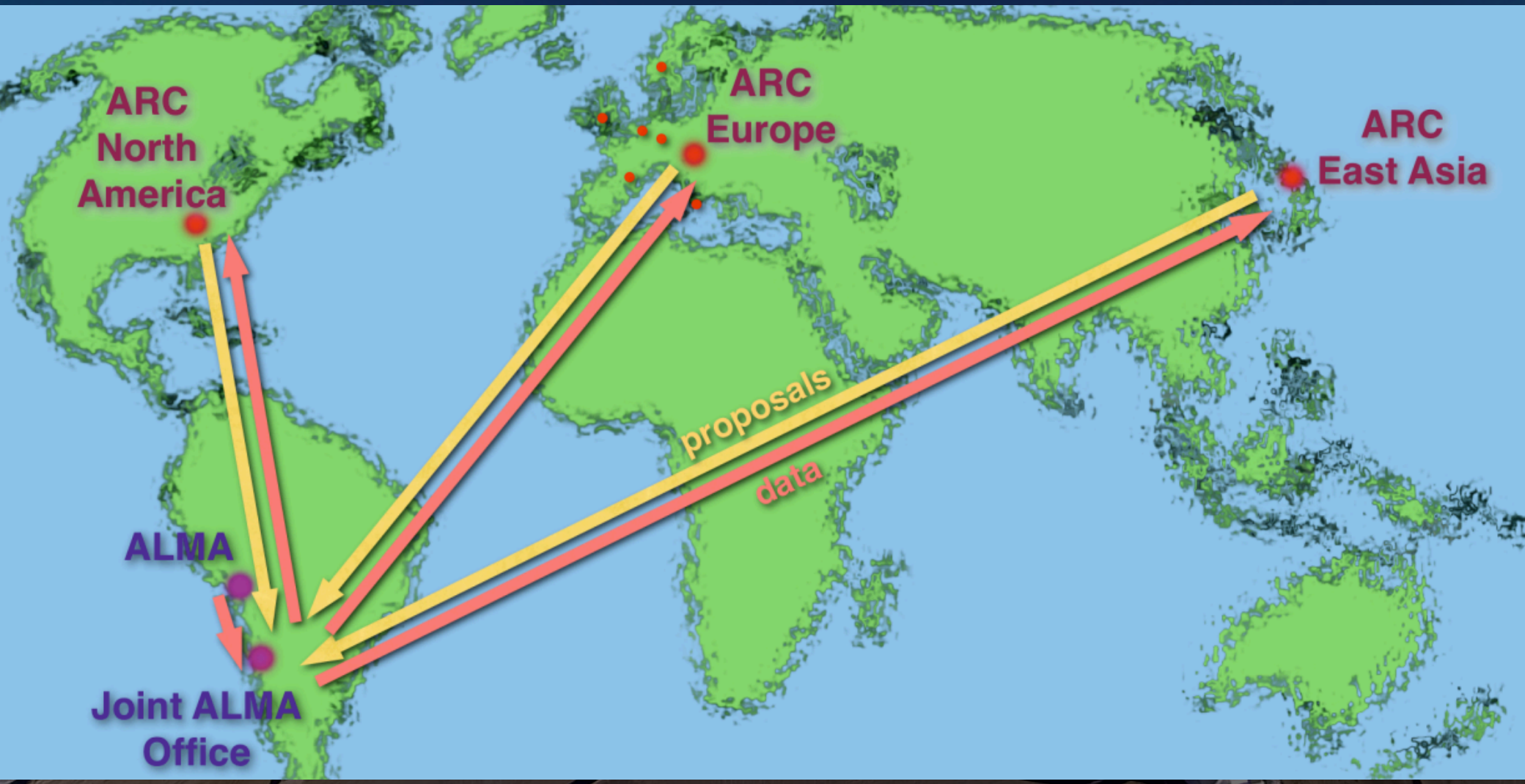
- Az ALMA korrelátor a világ egyik legnagyobb szuperszámítógépe
- 134 millió processzor
- 17 peta-FLOP (másodpercenként 1.7×10^{16} művelet)

ALMA (ESO/NAOJ/NRAO), S. Argandoña

- Korrelátor: 1 GB/s lag data ⇒ Klaszter: 512 MB/s raw data ⇒ ALMA archívum
- 700 TB/év adatot kell tárolni

www.almaobservatory.org

ALMA Science Archive



MTA CSFK Lendület
Korong-kutató csoport

- Az MTA 2014-es Lendület pályázatának nyertese
- Projekt időtartama: 2014 október 1 – 2019 szeptember 30
- Intézet: MTA Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont
  Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet
- Teljes költségvetés: 193 MHUF
- Csoporttagok:
  - Kóspál Ágnes (PI)
  - Moór Attila
  - Regály Zsolt
  - 2 posztdok
  - 1 doktorandusz

Helyi munkatársak:
- Ábrahám Péter
- Szegedi-Elek Elza
- Kun Mária
- Mező György
- Pál András

Külföldi együttműködők:
- Eduard Vorobyov (Bécs)
- Michael M. Dunham (Yale)
- Dmitry M. Semenov (MPIA)
- Mario Flock (Saclay)

Háttérkép: Sódor Ádám

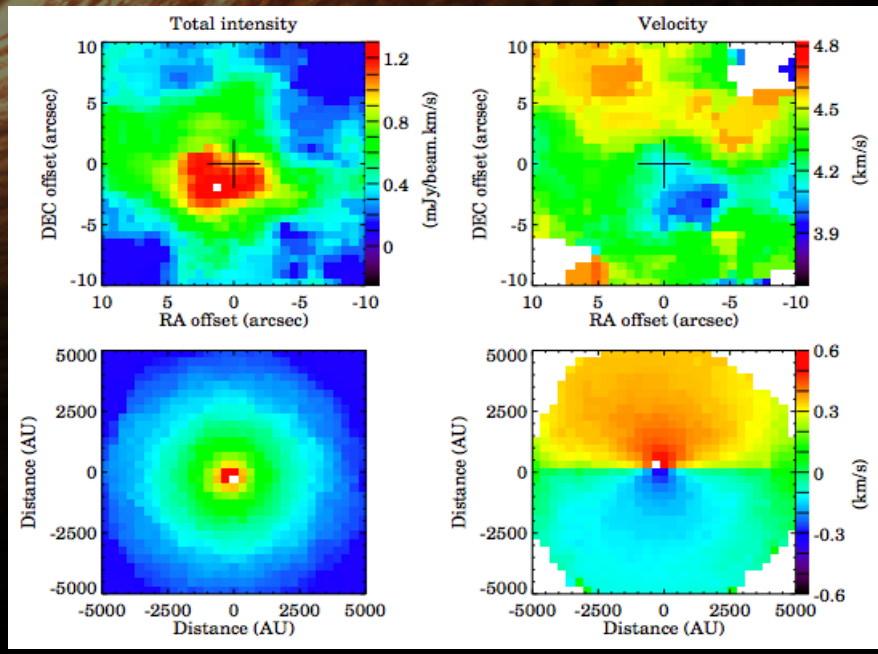
1. Epizódikus akkréció

- Luminozitás-probléma: a protocsillagok észlelt fényessége 1-2 nagyságrenddel kisebb az elméletileg jósoltnál
- Lehetséges megoldás: az akkréció nem folytonos, hanem epizódikus
- Megfigyelések szerint vannak olyan csillagok, melyek akkréciós rátája rövid idő alatt több nagyságrenddel megnő: fiatal eruptív csillagok

Háttérkép: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle, Ábrahám et al. (2009) nyomán

1. Epizódikus akkréció

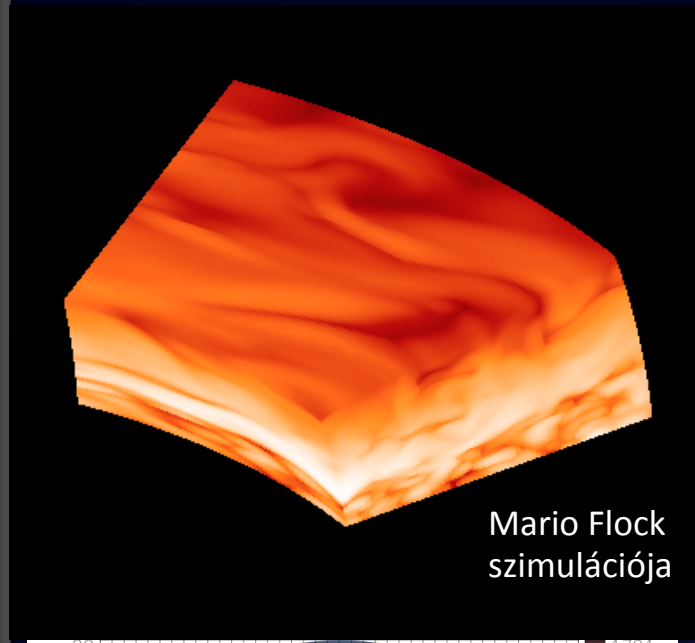
- Célunk: megállapítani, hogy a fiatal eruptív csillagok valóban megoldást nyújtanak-e a luminozitás-problémára
- Módszereink: fiatal eruptív csillagok körüli anyag térbeli és sebesség-struktúrájának vizsgálata
- Várható eredmények: behullási ráták; numerikus szimulációk a cs.k.a. időfejlődésére
- ALMA-mérések folyamatban



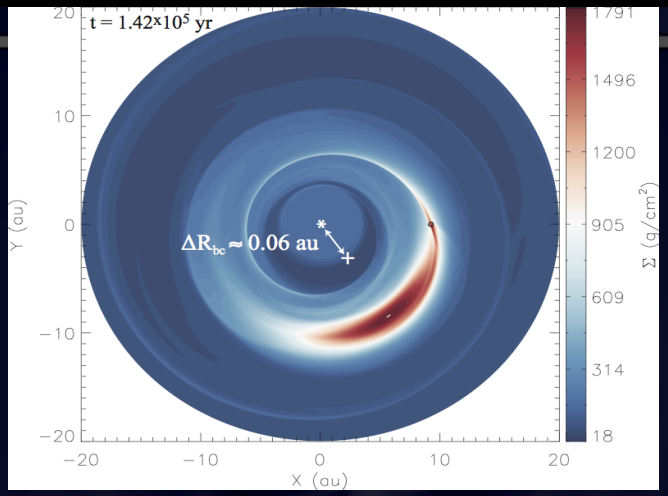
Kóspál et al. (in prep.)

2. Korong-dinamika

- A fő akkréciós fázis után alakul ki a protoplanetáris korong, ami dinamikailag továbbra is aktív
- Nagyskálás turbulencia, spirálkarok, örvények
- Ezek befolyásolják a korong fejlődését és a bolygókeletkezést is



Mario Flock szimulációja



Regály et al. (2013)

Háttérkép: Vorobyov & Basu (2010)

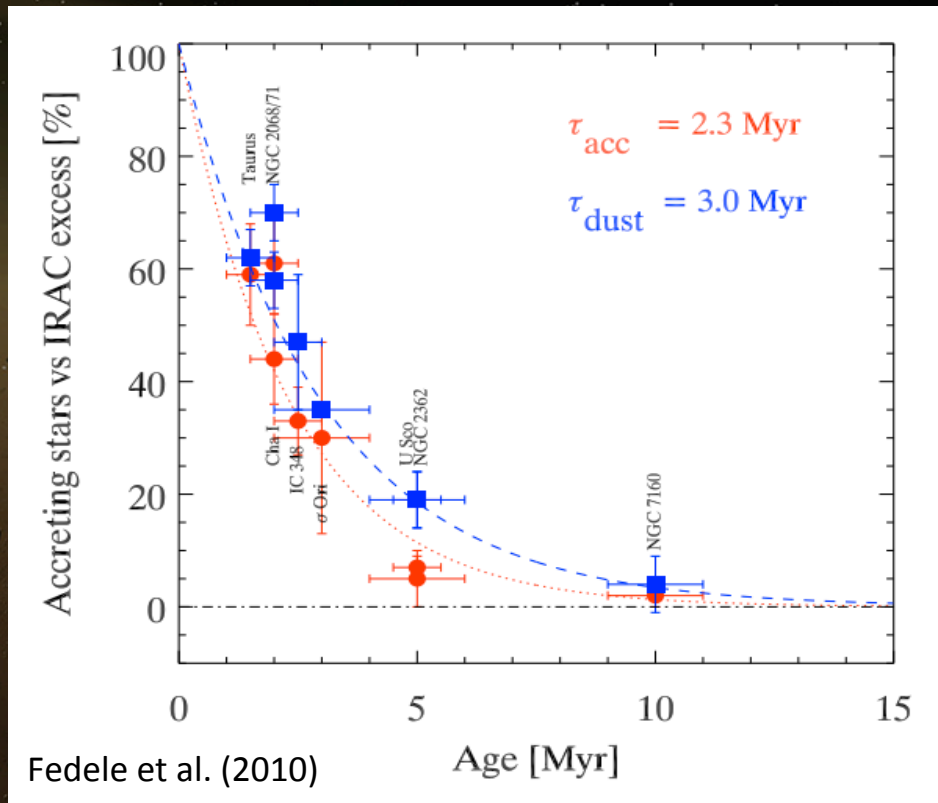
2. Korong-dinamika

- Célunk: megmérni a turbulenciát és az akkréciót a korong belsejében; vizsgálni a korong és a benne kialakuló bolygók kölcsönhatását
- Módszereink: nagy térbeli és spektrális felbontású képek a korongokról, struktúrák numerikus modellezése (lásd Regály Zsolt előadását pénteken)
- Várható eredmények: azimutális aszimmetriák detektálása, a turbulens vonalkiszélesedés detektálása
- ALMA-mérések folyamatban

Háttérkép: Vorobyov & Basu (2010)

3. A korongok eltűnése

- A korongok eloszlásának időskálája lényeges paraméter: ez határozza meg, mennyi idő van a bolygókeletkezésre
- Általában 10 millió év után már nincs primordiális por és gáz a rendszerben
- Törmelékkorongok: másodlagos por, planetezimálok lemorzsolódásából

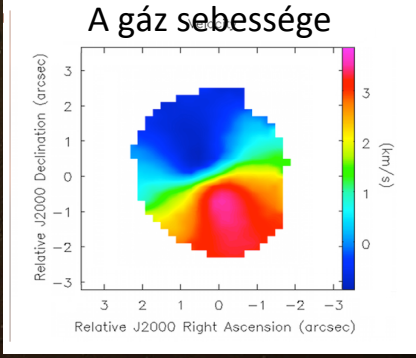


Fedele et al. (2010)

Háttérkép: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle

3. A korongok eltűnése

- Célunk: a molekuláris gáz fejlődésének vizsgálata törmelékkorongokban
- Módszereink: térben és spektrálisan felbontott képek készítése fiatal mozgási halmazok korongjainak gázanyagáról
- Várható eredmények: pontos időskála a gáz élettartamára; gáz eredete törmelékkorongokban; törmelékkorong és bolygók kapcsolata
- ALMA-mérések folyamatban



Kóspál et al. (2013)
Moór et al. (2013)

Háttérkép: NASA/JPL-Caltech/T. Pyle

Zárszó

- Tudomány az ALMÁ-val: kozmológia, nagy-z galaxisok, közeli galaxisok, csillagközi anyag, asztrokémia, csillagfejlődés, szupernovák, naprendszerbeli objektumok, Nap
- Következő ALMA ciklus: jövő tavasszal
- Eredményeink: előadások, sajtóhírek, web
  www.konkoly.hu/staff/kospal
- Egyetemi kurzusok

1 Oldalméret 20

Tárgykód	Tárgy név	Tárgy kredit	Kurzus típus	S/O	Kurzus kód	Telephely	Leírás	Fő/Várólistás/Limit	Órarend inf.	Oktatók	Félév
cc2n1ck1	Csillagkörüli korongok fejlodése 1	2	Előadás	O	1			0/0/999		Kóspál Ágnes, Ábrahám Péter Dr., Moór Attila, Regály Zsolt Dr	2014/15/1
FIZ/2/070E	Akkréciós folyamatok a csillagkeletkezésben	6	Előadás	O	FIZ/2/070E			2/0/20		Ábrahám Péter Dr., Kóspál Ágnes	2014/15/1

- TDK- és diplomamunka lehetőség