

NANTEN2望遠鏡による電波観測

名古屋大学大学院理学研究科 天体物理学研究室(Ae研) 福田 達哉

NANTEN
Submillimeter Observatory

福井康雄、山本宏昭、奥田武志、J.Stutzki(U.Cologne)、F.Bertoldi(U.Bonn)、B.C.Koo(Seoul Nat.U)、L.Bronfman(U.Chile)、M.Burton(UNSW)、A.Benz(ETH Zurich)、小川英夫(大阪府立大学)、NANTEN2チーム

NANTEN2望遠鏡

NANTEN2望遠鏡はチリ北部のアタカマ高地(標高4800 m)に設置されているミリ波・サブミリ波帯の電波を観測できる口径4 mの電波望遠鏡である。観測周波数帯は100 GHz、230 GHz、500 GHz、800 GHz帯であり、CO輝線及びCI輝線の観測が可能である。現在は100 GHz帯受信機、500/800 GHz帯受信機を搭載し、¹²CO(J=1-0)、¹³CO(J=1-0)等のスペクトル観測を24時間体制で精力的に行っている。これまでの観測対象は大小マゼラン銀河、超新星残骸に付随する分子雲、大質量星形成領域、銀河系中心部での分子雲磁気浮上ループ、および分子雲ジェット等と非常に多岐にわたっている。

NANTEN2計画

銀河系および系外銀河のサブミリ波による大規模サーベイを行うことで、広範囲における分子雲の分布、構造、運動を明らかにし、分子雲の形成や進化過程、そして星形成のメカニズム等を解明することを目標としている。

共同研究

- 名古屋大学/大阪府立大学
- ケルン大学/ボン大学
- ニューサウスウェールズ大学
- チリ大学
- チューリッヒ工科大学
- シドニー大学/マッコリー大学
- ソウル大学

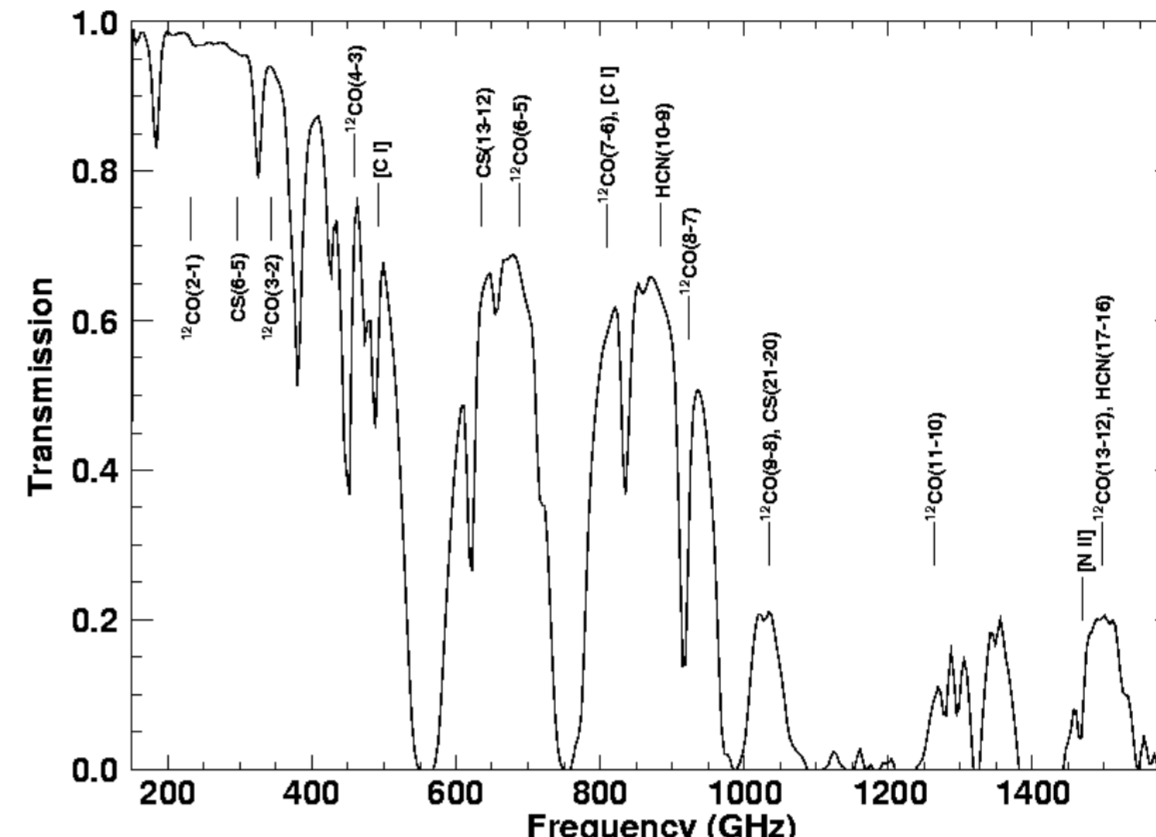
NANTEN2 スペック

- 場所: チリ・アタカマ高地(標高4800m)
- 口径: 4m
- 鏡面精度: 15μ m rms
- 観測輝線:
 - 115GHz: ¹²CO、¹³CO(J=1-0)
 - 230GHz: ¹²CO、¹³CO(J=2-1)
 - 460GHz: ¹²CO(J=4-3)、CI(³P₁-³P₀)
 - 800GHz: ¹²CO(J=7-6)、CI(³P₂-³P₁)
- HPBW: 2.7' (115GHz)、1.3' (230GHz)、39" (460GHz)、26.5" (810GHz)



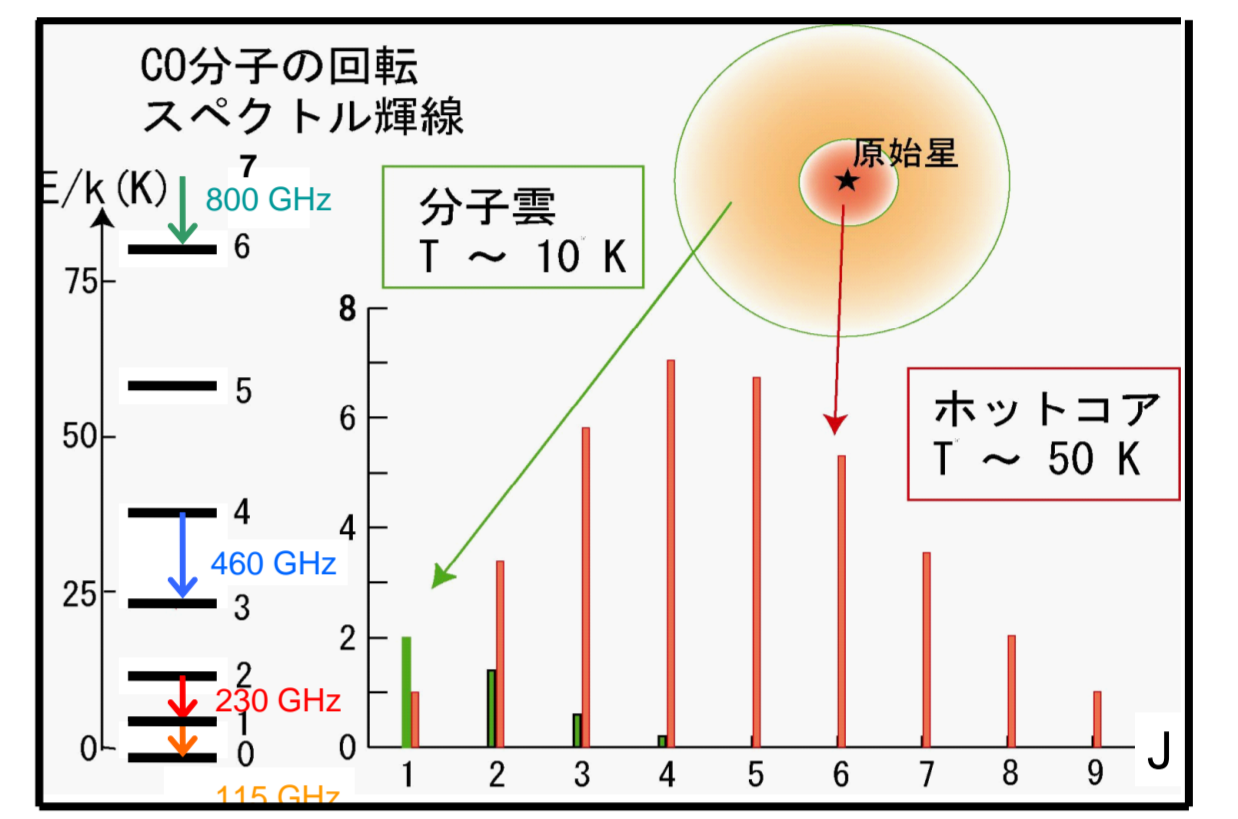
NANTEN2望遠鏡

太陽光・強風から望遠鏡を守るため、望遠鏡はドーム内に収められている。ドーム内のドアの内側には電波透過膜があり、これを閉めることで日中の観測が可能となる。



アタカマ高地の大気透過特性

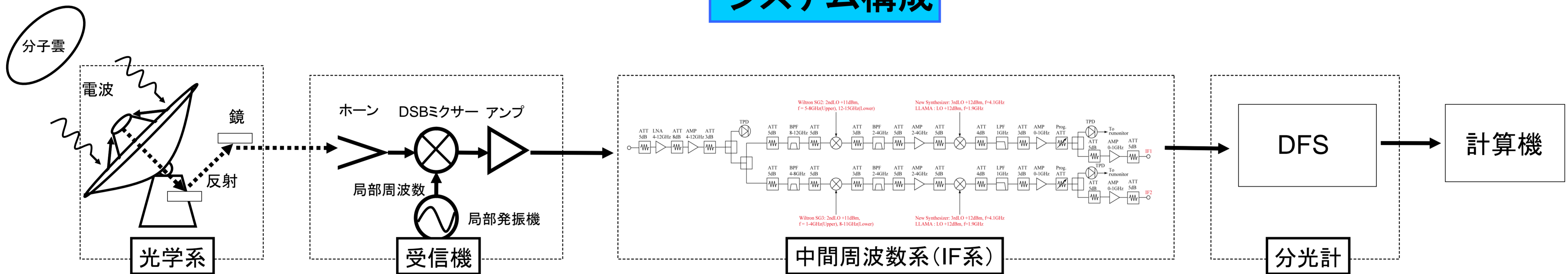
標高4800 mにあるアタカマ高地は、空気中の水分子が少なく乾燥しているため、ミリ波・サブミリ波観測に最適である。



CO分子の回転スペクトル輝線

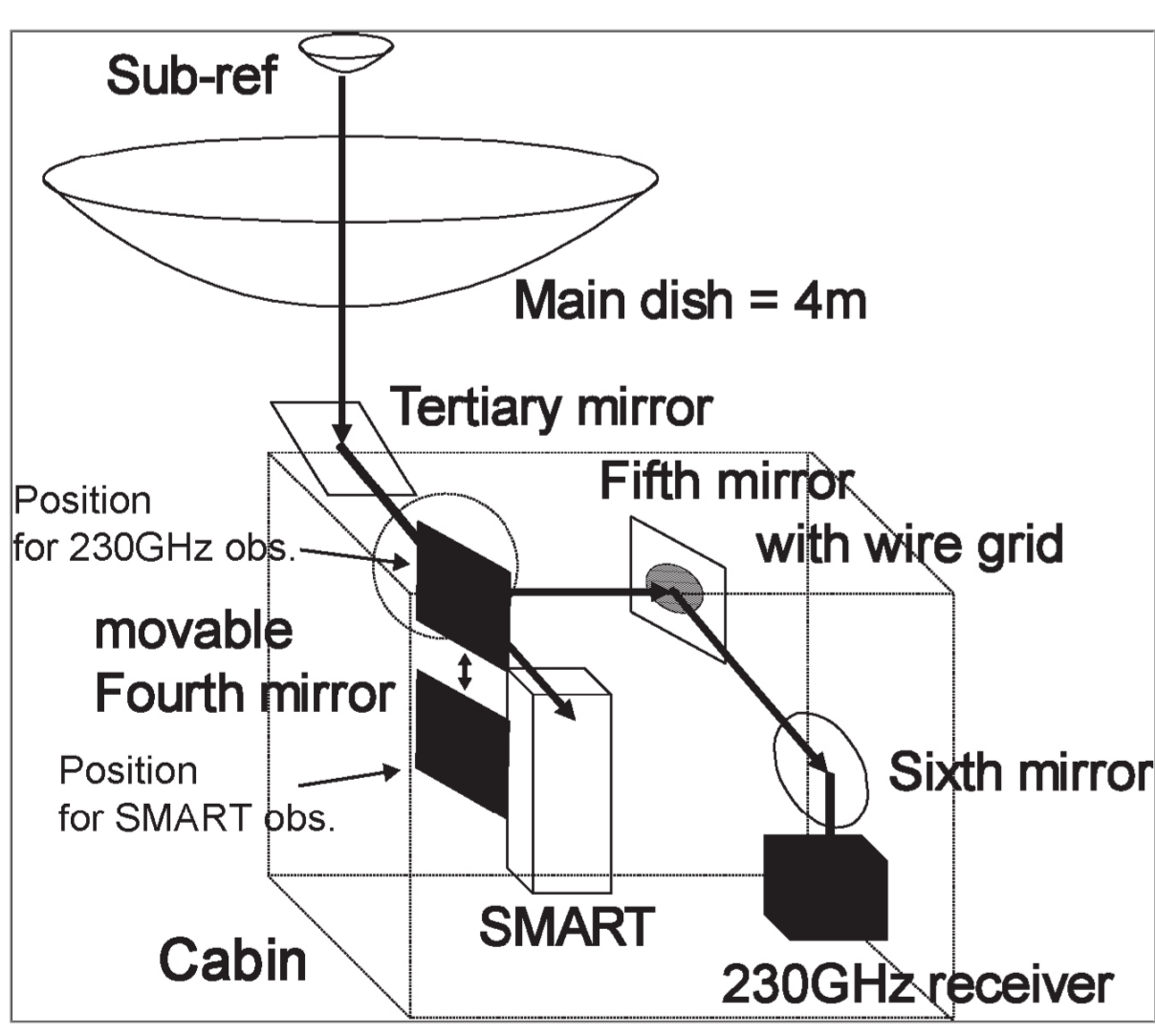
COの多励起輝線の強度比を測定することにより、分子雲の温度・密度を推定することができる。

システム構成



光学系

光学系は主鏡で受けた電波を受信機まで誘導する伝送系である。NANTEN2の光学系は主に口径4mの主鏡、副鏡、第3鏡から第6鏡の合計6枚の鏡から構成されている。主鏡で反射された電波は副鏡に集められた後、各鏡で反射を繰り返し最終的に受信機に到達する。可動式の第4鏡を上下に動かすことで名古屋受信機とケルンSMART受信機の切り替えが行われる。



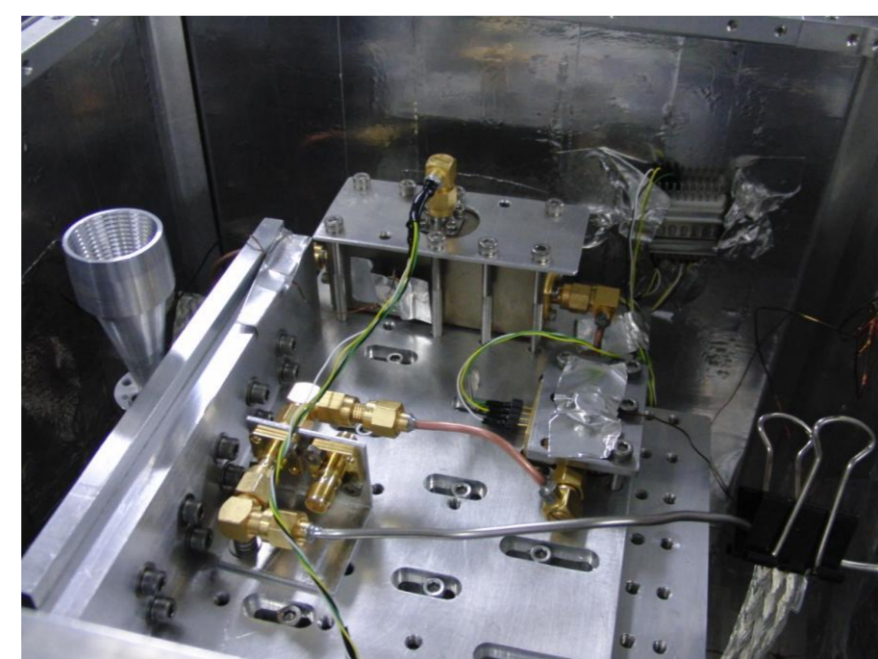
NANTEN2望遠鏡光学系

受信機

NANTEN2には2系統の受信機が搭載されており、100GHzおよび500GHz/800GHz帯の3帯域を受信する。名古屋大学で製作した100GHz観測システムにより¹²CO、¹³COのJ=1-0輝線を観測する。また500GHz/800GHz帯は各8素子の多素子受信機であるケルン大学(ドイツ)製作のSMART受信機により2周波同時受信が可能である。NANTEN2に搭載されている高感度・多素子受信機システムと小口径望遠鏡の組み合わせが、短時間に高感度で広範囲のサーベイを可能にしている。

名古屋受信機(100GHz)

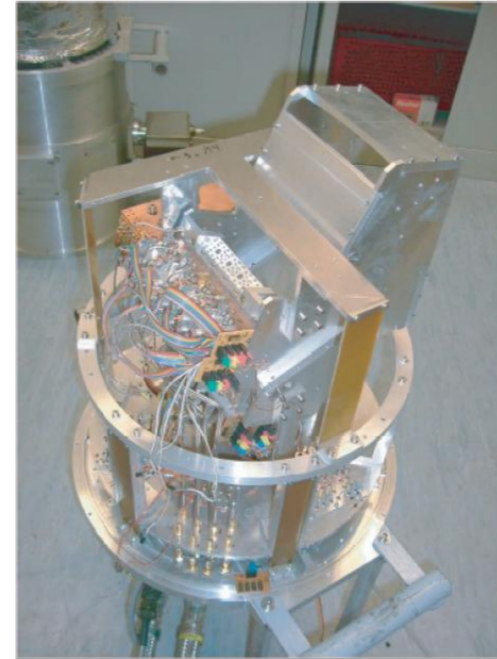
- ・100GHz帯観測
- ・ヘテロダインDSB方式
- ・1 beam
- ・T_{rx}=100K



名古屋受信機

SMART受信機(500/800GHz)

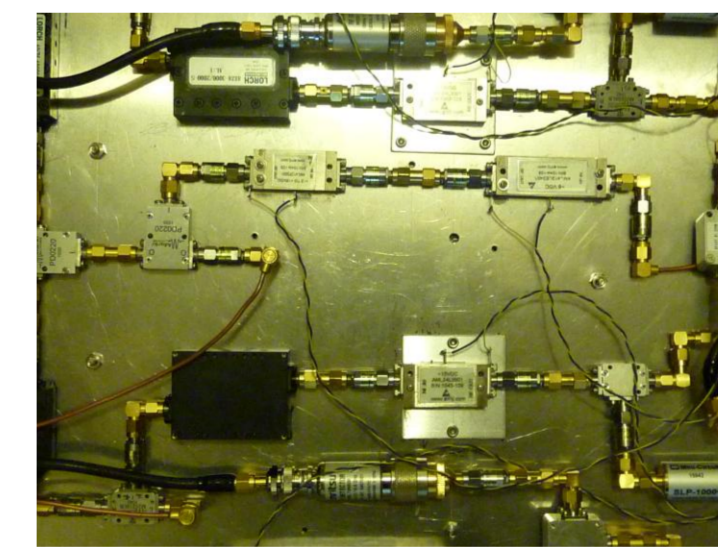
- ・500/800GHz帯同時観測
- ・ヘテロダインDSB方式
- ・各周波数帯ごと8 beam
- ・T_{rx}=170K(@500GHz)
- ・T_{rx}=380K(@800GHz)



SMART受信機

IF系

宇宙から飛来する電磁波は非常に微弱であるため増幅しなければならないが、現在のところサブミリ波を直接増幅できる適切な機器がない。そのため、局部発振機から別の電波を混ぜ、差周波数を取り出すことで周波数を下げる。ここで信号の周波数を下げ、増幅する装置がIF系(中間周波数系)である。IF系で段階的に周波数を下げ、最終的に0-1GHz帯にする。0-1GHz帯では十分なゲインを持つ低雑音増幅器が存在するため、信号を容易に増幅することができる。



IF系

分光計

IF系で増幅された信号は分光計によって周波数ごとに分光される。2010年に音響光学型分光計(AOS)に代わってFX型デジタル分光計(DFS)を導入した。

デジタル分光計(DFS)
(Desital Fourie trasform Spectrometer)

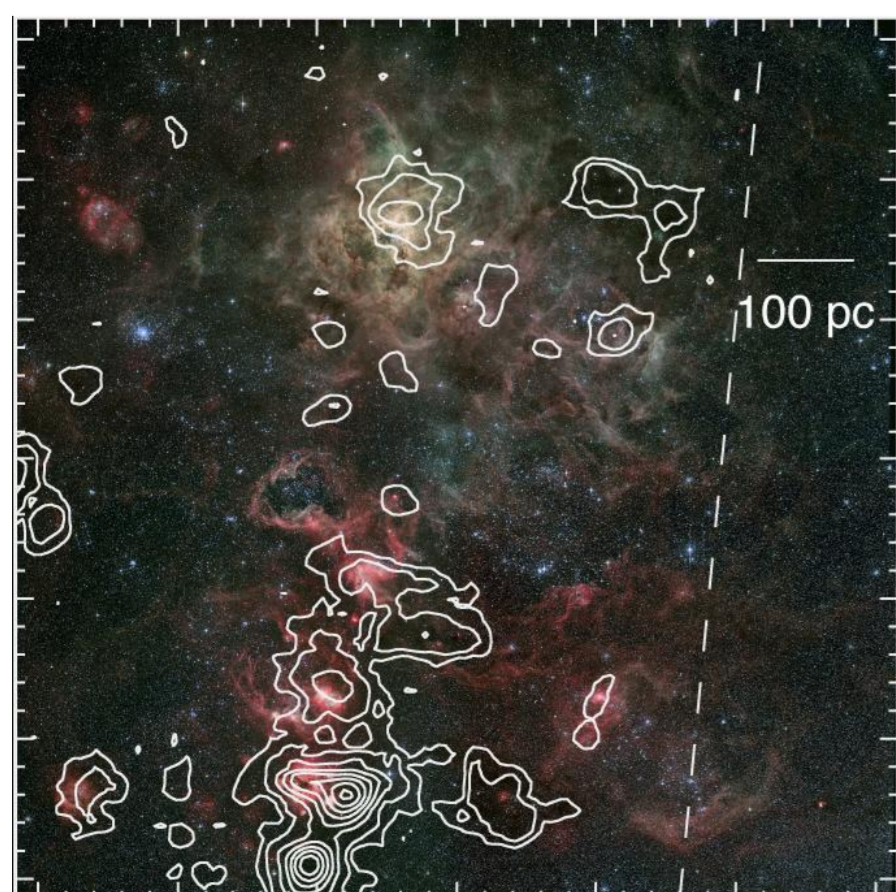
- ・周波数帯域幅 1GHz
- ・分光点数 16384点
- ・周波数分解能 61kHz
- ・速度分解能 0.16km/s(@115GHz)、0.08km/s(@230GHz)



デジタル分光計

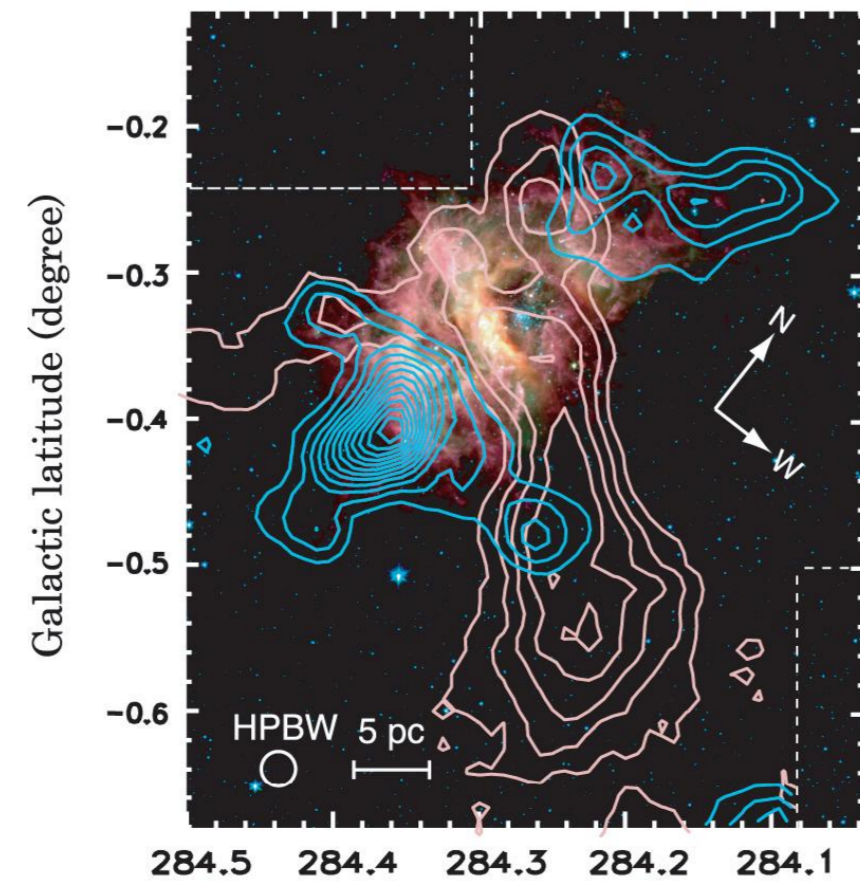
観測結果・研究計画

マゼラン雲



大マゼラン雲の赤外線イメージとCO(J=2-1)のコントラスト。

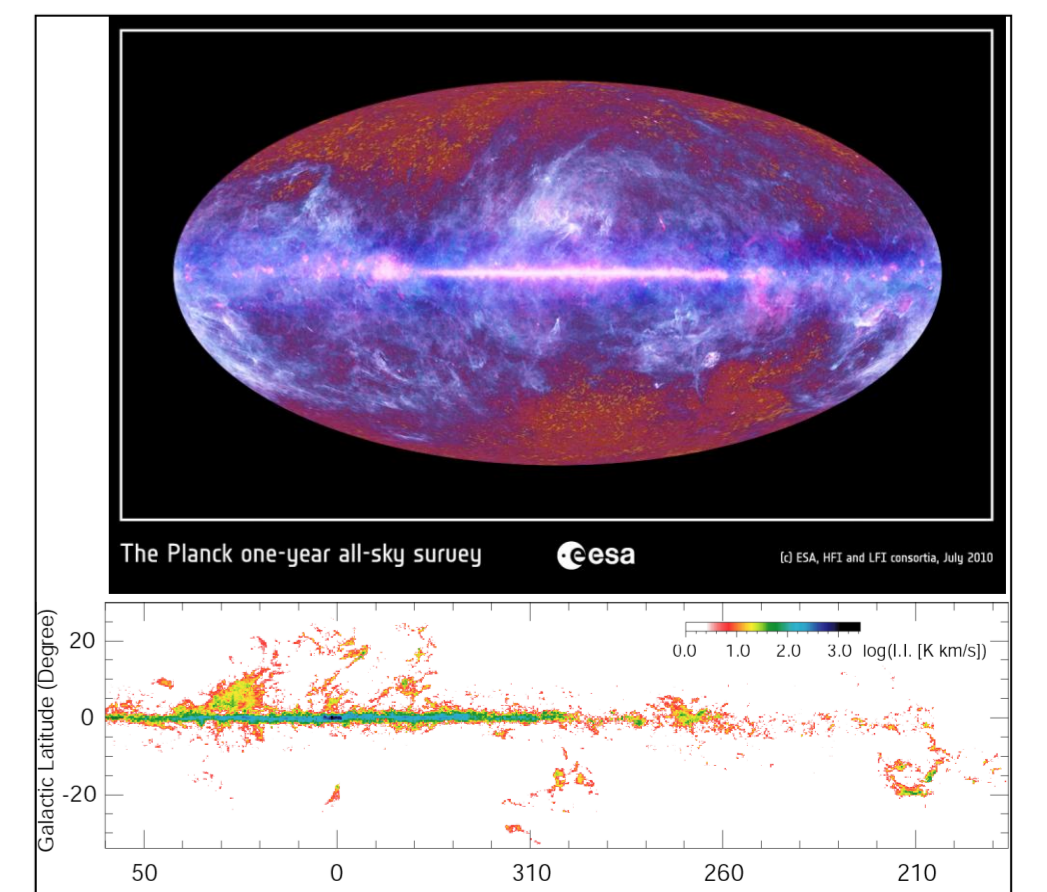
大質量星形成領域



超星団Wrsterlund2の赤外線イメージとCO(J=2-1)のコントラスト。色の違いは巨大分子雲が異なる速度領域にあることを示している。

NASCO計画

我々はPlanck衛星チームと共同で前景分子雲観測による宇宙背景放射(CMB)のBモード検出を計画している。NASCOとは"NANTEN Super-CO Survey as Legacy"の略称である。Planck衛星は30-857GHzの9バンドについて全天サーベイを行っているが、この結果には銀河系に分布するCO同位体により放射されている前景成分が多含まれているため、CMBを導出するにはこれを除く必要がある。そこでNANTEN2望遠鏡を用いて¹²CO、¹³CO、C¹⁸O各分子のJ=1-0輝線によるサーベイを全天の70%において行う。



Planck衛星による30-857GHzの9バンドを合成した図とNANTEN2望遠鏡の前身である、なんてん望遠鏡によるCO(J=1-0)分布の比較。形状が良く一致していることが分かる。