

超広域分子雲観測による 宇宙背景放射の研究

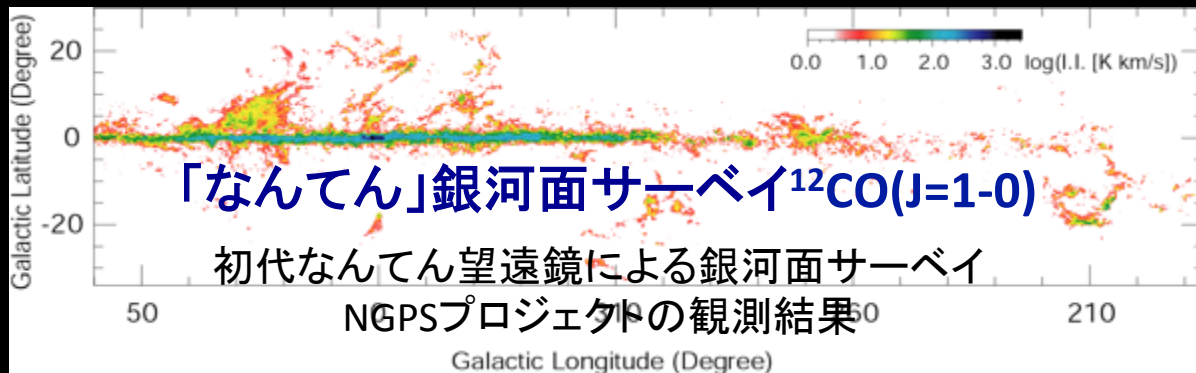
発表 : 柏野 大地 名古屋大学大学院 理学研究科
天体物理学研究室(Ae研)

NA_NTEN S_UPER CO SURVEY as LEGACY

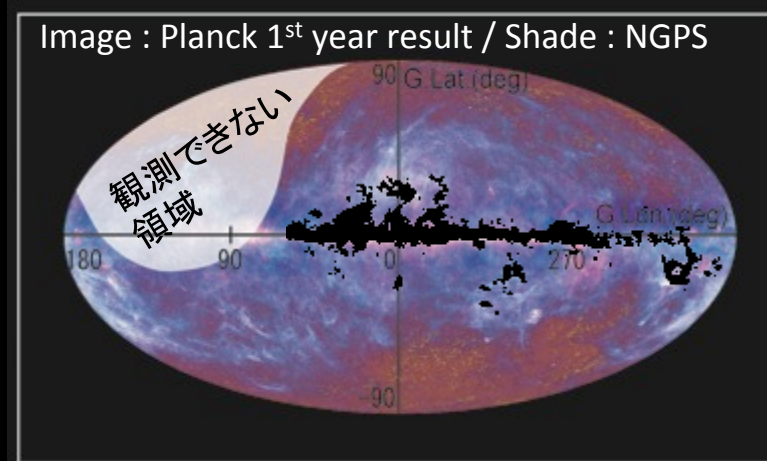
超広域CO分子雲観測プロジェクト

2010年から2011年にかけて、新しいプロジェクトNASCOを立ち上げた。
NASCOとは、NANTEN Super CO Surveyの略である。

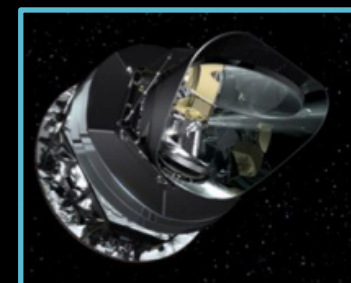
NGPS (Nanten Galactic Plane Survey) ⇒ NASCO



- ❖ OTFスキャンによる超広域CO輝線観測
- ❖ NANTEN2望遠鏡@チリ、アタカマ (高度4865m)
- ❖ 全天の70%をカバー
- ❖ 観測点2000万点規模



- ❖ 欧州宇宙機関 PLANCK teamとのコラボレーション



Goal

宇宙背景放射B-mode偏光の検出



NASCO + PLANCK

- ❖ 銀河系内ISMのmorphologyと速度分布の理解
- ❖ 星間磁場の物理的理解
- ❖ 星間物質の大局的分布・偏光のモデル化

➤ 宇宙マイクロ波背景放射とは？ B-modeとは？

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)

❖ 宇宙誕生後38万年後 ($z = 1100$) から飛んでくる。

❖ $T = 2.725 \text{ K}$ の黒体放射

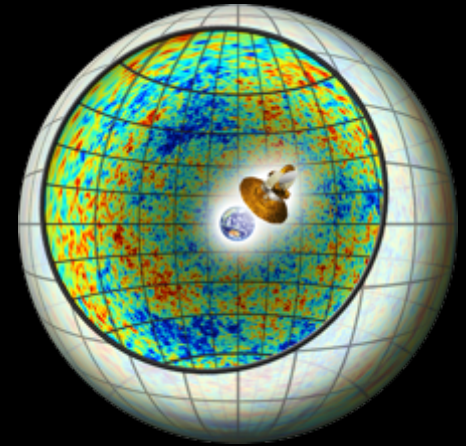
❖ 等方的

➢ 宇宙がプラズマ状態で、電子と光子が激しく散乱し合う熱平衡状態だった

❖ わずかな温度ゆらぎ

➢ 10万分の1程度のわずかなゆらぎ
➢ 宇宙初期の量子的なゆらぎを反映する

➔ WMAP衛星が詳細に観測 (2004-2010)



Last Scattering Surface

CMB光子は空のあらゆる方向からやってくる。温度は 2.725K 。
赤と青は温度の高低を表すが、ゆらぎは10万分の1程度である。
 $z=1100$ に対応する大きな球面領域を最終散乱面 (last scattering surface) と呼ぶ。

宇宙マイクロ波背景放射(CMB)

WMAP
(2004-2010)

Bモード偏光の検出には至っていない

主な成果

- 宇宙年齢 137億歳
- エネルギー密度構成比:
通常の物質 ~4%, DarkMatter ~ 23%, DarkEnergy ~73%

WMAP衛星による観測によって、宇宙年齢や密度構成比など基本的で重要なパラメータの多くが精度よく決められた。しかし、WMAPでも検出できていない重要なシグナルがあり、それが偏光のB-mode成分である。

CMB B-mode Polarization

インフレーションにより「始原重力波」が発生

➤ CMBの偏光パターンに「Bモード」と呼ばれる模様を刻み込む。

B-mode : 偏光成分が渦を巻いているようなパターン

Bmodeは空にこのような模様として観測される。
宇宙は膨張しているので、早く刻まれた模様ほど現在において大きな渦として観測される。



➤ 始原重力波が作り出すBモード偏光はラージスケール(渦の半径が大きい)

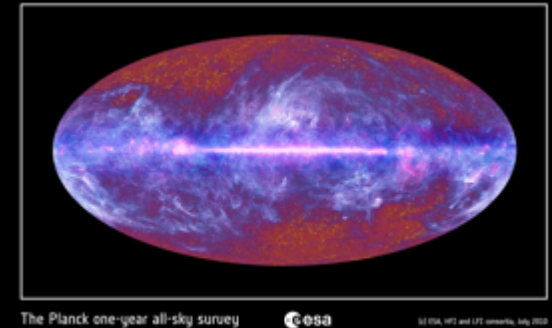
➤ B-modeの測定により、インフレーション理論に制限をつけられる。

➔ 偏光に対する感度の高い測定が必要

PLANCK衛星 : 全天観測をするためラージスケールのBモード偏光に対して感度が高い。

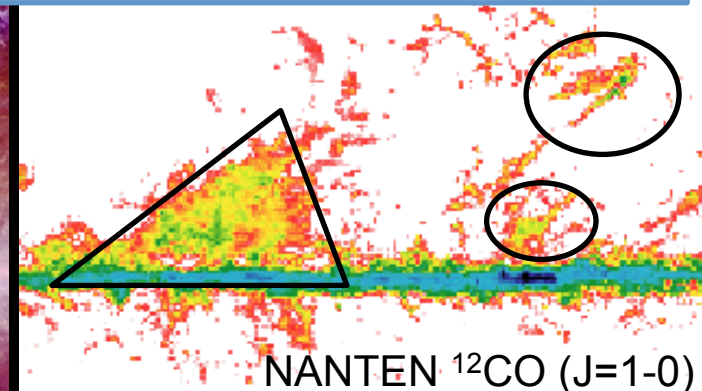
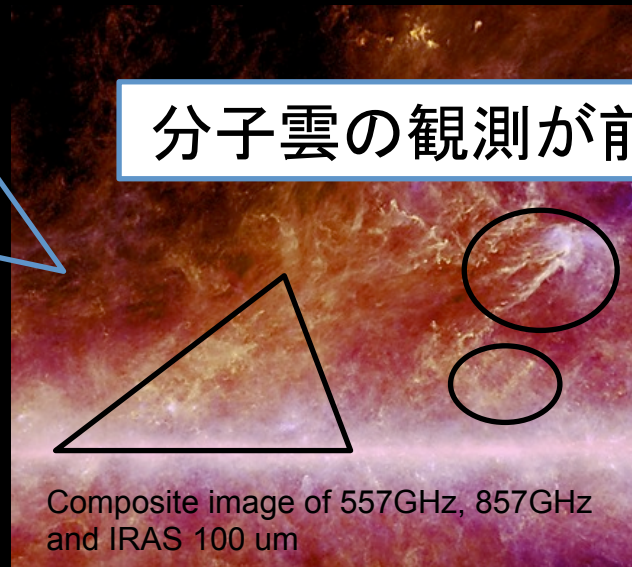
問題点: 前景成分

銀河内前景成分の理解・ 除去が必須



分子雲の観測が前景成分の理解に役立つ

Plank+IRAS (左) となん
てん12CO(1-0) (右)の観
測結果。前景放射とCO
分子雲の分布が良く一
致しており、分子雲の観
測が前景成分の理解に
役立つと考えられる。



宇宙マイクロ波背景放射の観測には大きな問題点がある。銀河系内の星間ガスやダストなどからの前景放射である。Planck first yearの結果(右上)では、銀河面からかなり高銀緯の領域まで前景放射(青紫)が効いていることが分かる。銀河系内の前景成分をよく理解して取り除くことが微弱なBmodeを検出するための必須条件である。

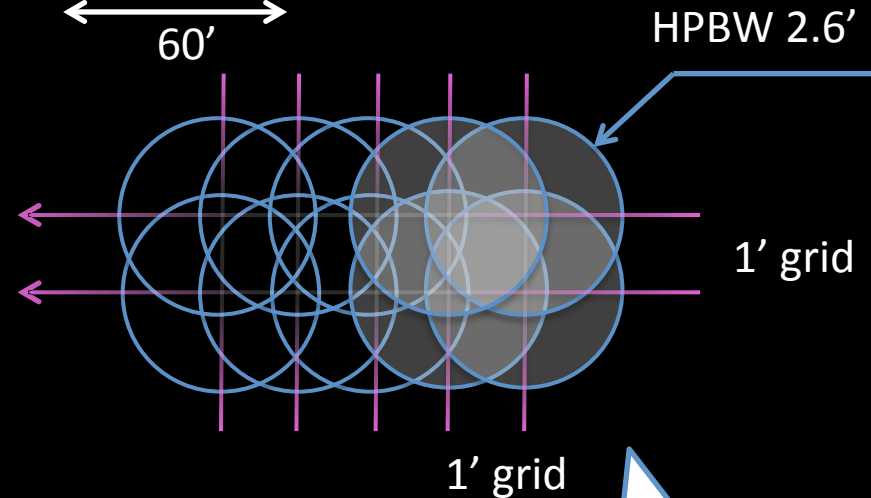
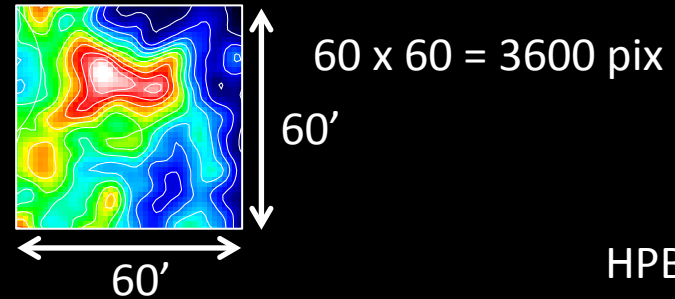
研究計画

- 2010年度：
 - 旧「なんてん」の銀河面サーベイ NGPS ver.1 とプランクとの比較(カメレオン領域)
 - 試作受信機製作
 - 観測(Musca領域)
- 2011年度：
 - 試作受信機による観測
 - NASCO用本受信機の製作
 - プランクとの比較解析を開始
- 2012-15年度：
 - 本受信機による観測を開始
 - 星間物質を高精度でモデル化
 - CMB Bモード偏光の検出に挑む

NASCO : CO ($J=1-0$) Survey Strategy

- On-The-Fly Mapping

- 60' x 60' タイル
- 1' グリッド
- 積分時間 : 1sec/pix
- 較正法 : チョツパーホイール法
- rms \leq 0.6 K



- 100GHz System

- Beam Size: HPBW = 2.6'
- ヘテロダインDSB受信機 : ^{12}CO , ^{13}CO 同時観測
 - 2SB受信機 (now developing)
- Trx = 100 K
- 分光器 : 速度範囲/分解能 $\sim 2600\text{km/s} / \sim 0.16\text{km/s}$

空を隙間なく観測できる

本研究の特色と期待される成果

観測的宇宙論と星間物質研究の融合

- CMBの偏光：前景の偏光の高精度決定が必要不可欠
 - 前景成分の偏光は、磁場の大局的な分布を反映しつつガスの乱流による局所的な成分が重なって決定される。
 - 全星間過程を物理的に明らかにし、観測データの解析とモデル化によって、極めて微弱な背景放射のBモードを、最も精度良く推定する
- 副産物として、前景成分に対する理解の飛躍的向上
 - ガスの力学に磁場が強く影響している。星形成過程の理解においても、磁場の定量的な詳細解析は、意義が大きい
 - 分子雲の広域観測データは天文学におけるレガシー「**歴史的共有財産**」として大きな波及効果を生む。