

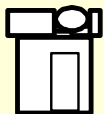


2006年2月21日  
銀河系研究会@三鷹

# 東大60cm鏡による銀河面 $^{12}\text{CO}(2-1)/^{13}\text{CO}(2-1)$ サーベイ計画

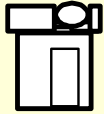
半田利弘  
東京大学 天文学教育研究センター

東大60cm鏡2SB化計画: 東大 + 国立天文台 + 大阪府立大 + 東京学芸大



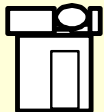
## 銀河の構造と星間物質

- 天の川銀河の構造
  - バルジ、棒状構造
  - Disk: radial-structure, arm-interarm, z-structure
- 星間物質との関係
  - 星間ガス環境の構造との関係
  - Galactic shock modelの観測的検証
- 星間ガスの温度・密度の2/3次元分布を得たい



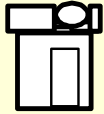
## 銀河面サーベイ

- 天の川銀河内にある天体を調べる
  - ガイドマップを得る
  - 銀河内天体を統計的に調べる
- 天の川銀河の全体像を得る
  - 他の銀河との比較対象となるデータを得る
  - 天の川銀河 = 最も近い銀河
  - 桁違いに高い空間分解能: 分子ガスの観測
    - 10分角@8.5kpc=1秒角@5Mpc
  - edge-on銀河 3次元構造



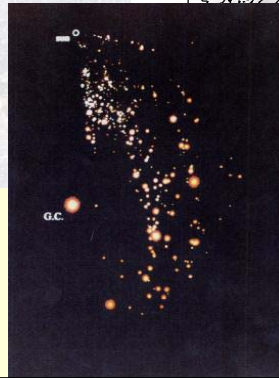
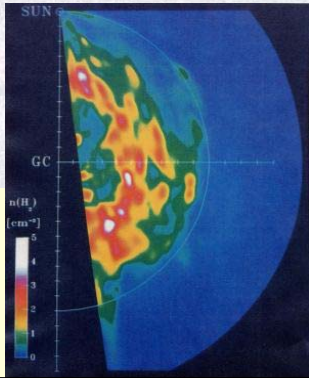
## 全体像を得る

- Large coverage
  - できるだけ広く
  - 低輝度の領域までくまなく: 完全無作為マップ
- Dense sampling
  - 後処理で分解能を変更できる
  - Nyquist sampling: sampling grid 1/2 beamsize
- 詳細構造との関連: 大望遠鏡による観測  
Sawada et al.(本研究会ポスター)

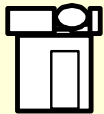
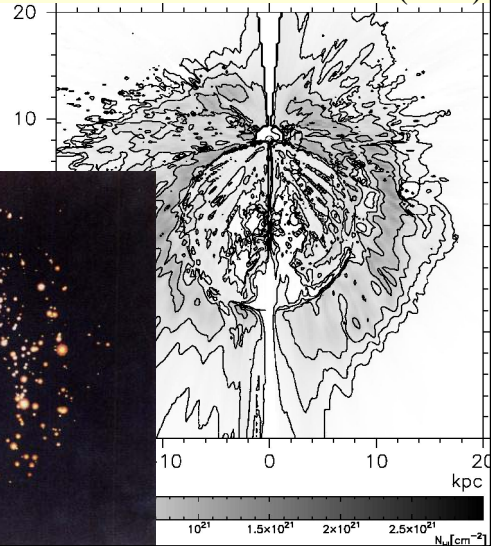


## Face-on view

- HIサーベイ
- COサーベイ

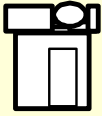


Nakanishi&Sofue(2003)



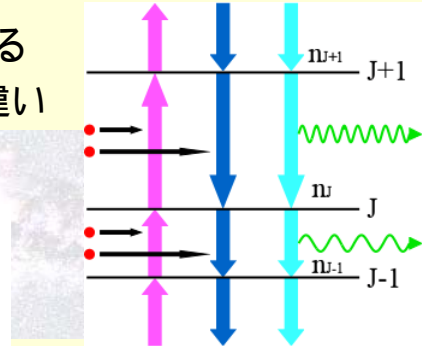
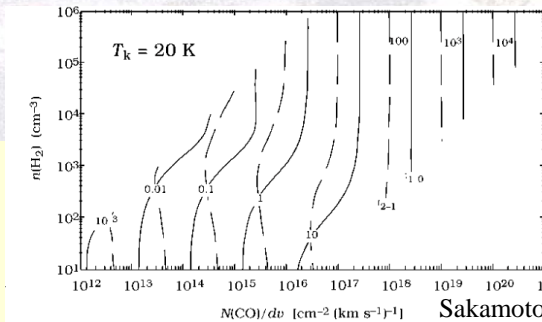
## 系外銀河との比較

- 絶対的な空間分解能
  - $9\text{arcmin}@8.5\text{kpc}=0.9\text{arcsec}@5\text{Mpc}(=22\text{pc})$
- 銀河衝撃波モデル
  - 詳細構造に対する観測的検証
- armとinterarmとの違いとは？
  - 分子ガスの状態 / 分子雲構造との関連
- diskの厚さ方向の構造
  - 厚さの変化、厚さとarmとの関連
  - disk厚さの観測はNGC891のみ
- 対応する銀河面サーベイデータが必要



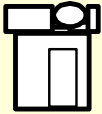
## 多輝線観測の意義

- 分子ガスの励起状態を知る
  - 遷移の違いによる励起の違い
- 多準位でmodel計算



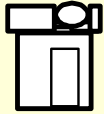
$$\left. \begin{aligned} & \left. \left. \left. \frac{n_{J+1}}{1/kT_{\text{bb}}} - 1 \right\} - \beta_{J,J-1} A_{J,J-1} \left\{ n_J - \frac{(n_{J-1} - n_J)}{\left[ \exp(2hBJ/kT_{\text{bb}}) - 1 \right]} \right\} \right. \right. \\ & \left. \cdot 1 - L(L+1) \right\} \right\} \cdot \left. \left. \left. \left. 1 - J(J+1) \right\} \right\} \right\} \right. \end{aligned} \right\} \text{Goldreich \& Kwan (1974)}$$

Sakamoto et al. (1997)



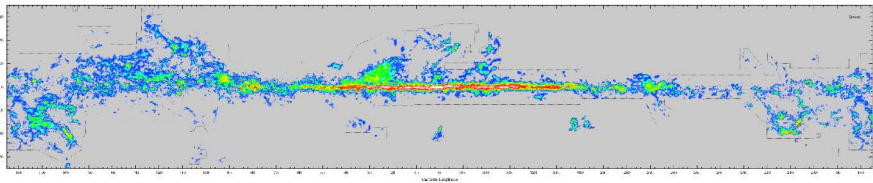
## 多輝線観測のポイント

- emitting regionの均一性
  - beamsizeが同じ
  - 励起条件が類似
  - 同一領域からの輝線である
- 星間化学への依存性
  - 同一分子、同一分子種
- 高い精度
  - 指向精度、強度較正

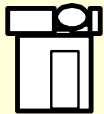


# 東大60cm望遠鏡

- 野辺山に設置
- サーベイ専用機
- オフセット光学系
  - 高いビーム能率

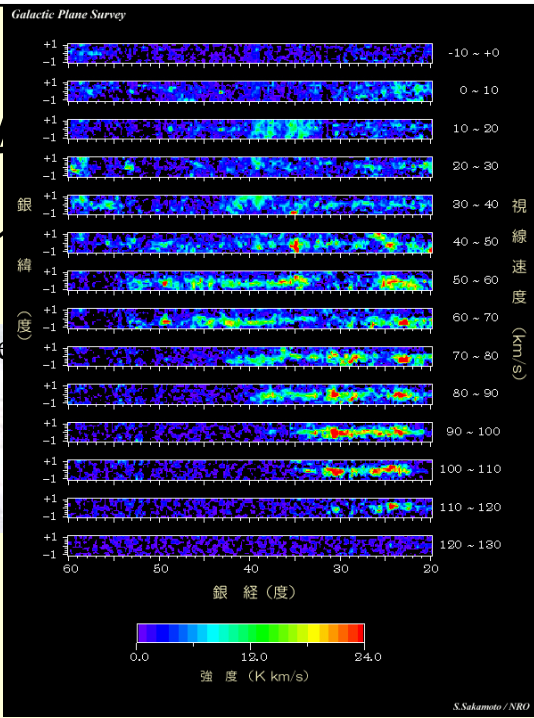
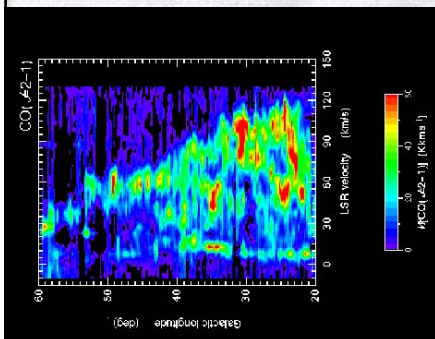


Dame et al. (2001)

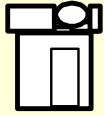


# 旧システム

- 第1期銀河面サーベイ
  - 内域:  $20^\circ$  /  $60^\circ$ ,
  - grid spacing  $1/8\text{deg}=\text{bc}$





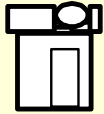
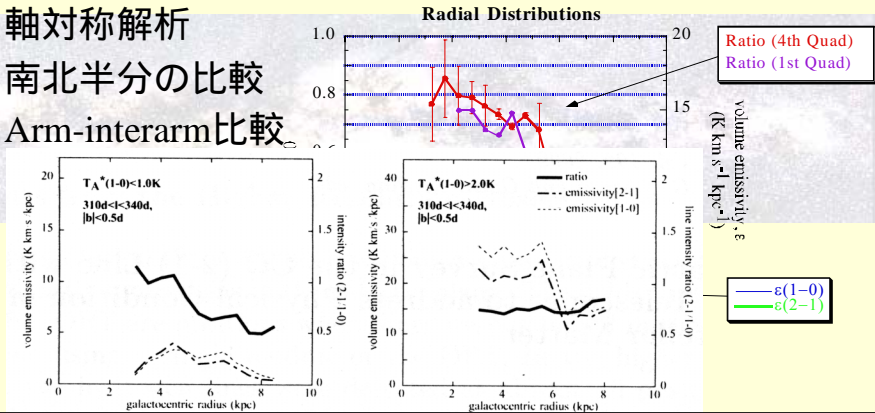


# 旧システムでの成果

## • 第1期銀河面サーベイ

Sakamoto et al. (1995,1997), Handa et al. (2002)

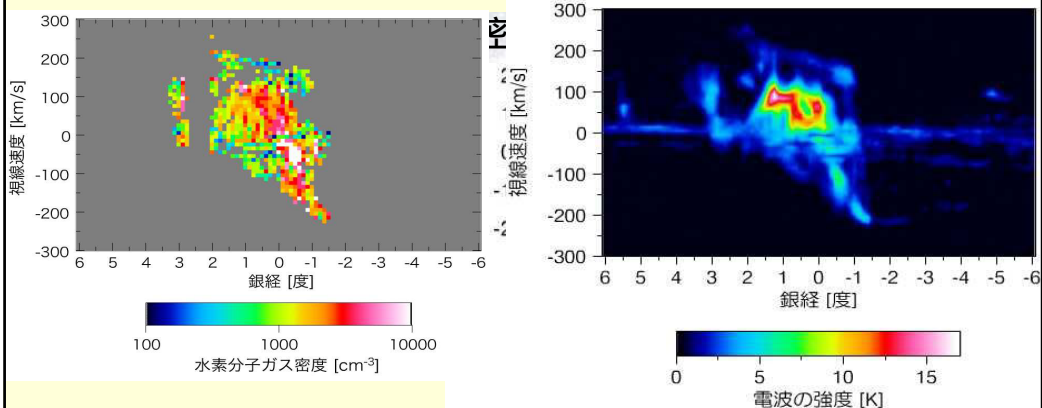
- 軸対称解析
- 南北半分の比較
- Arm-interarm比較

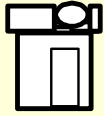


# 旧システムでの成果

## • 銀河中心領域 Sawada et al. (2001)

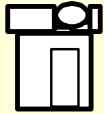
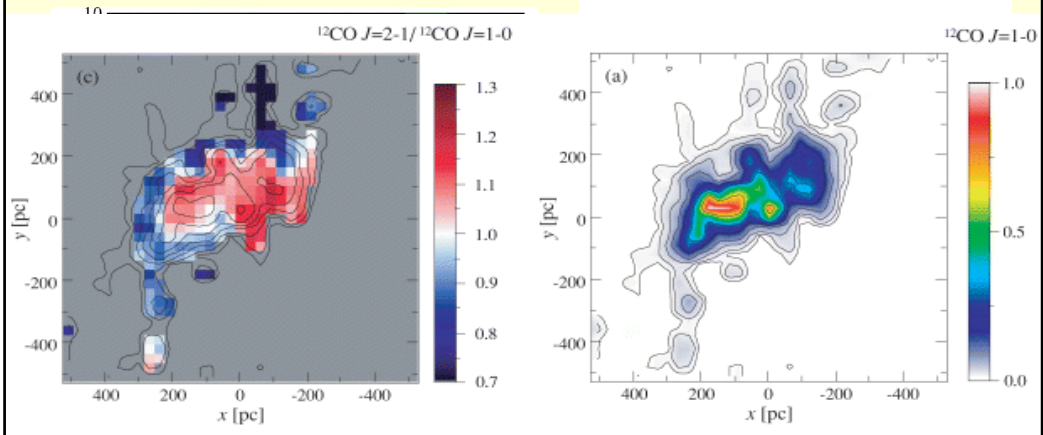
- 密度分布





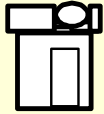
## 旧システムでの成果

- 銀河中心領域:face-on view Sawada et al. (2004)



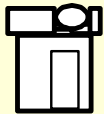
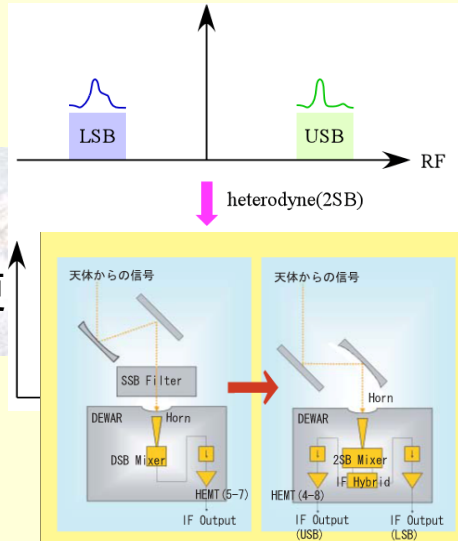
## 望遠鏡システムの更新

- 受信機
  - 新方式の受信機への換装
- 分光器
  - 新分光器への交換
  - 2系統化
- IF系
  - 新IF系への交換
  - 2系統化
- アンテナ制御
  - ソフトウェアの書き換え



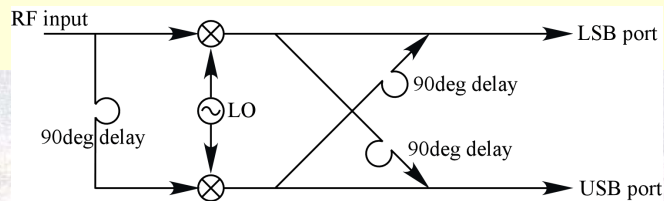
## 受信機

- 2SB受信機の搭載
  - 2周波同時観測
- SSBフィルタの撤去
  - 透過損失の解消
- 受信機室光学系の変更



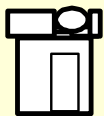
## 受信機

- 2SB受信機の原理



- ポイント
  - 2つのmixerの特性を揃える
  - 90deg hybridの移相精度





## 受信機

- 大阪府立大学 & 国立天文台と共同
- $T_{\text{sys}}=250\text{K}$ : 実測値

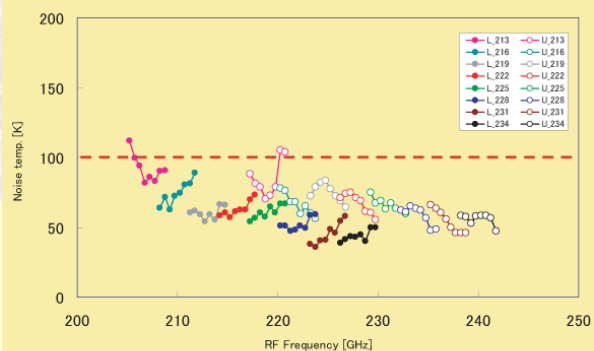
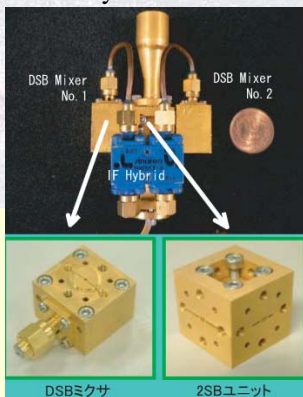


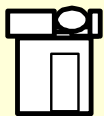
Fig.4 受信機雑音温度のRF周波数特性



## 受信機室・光学系

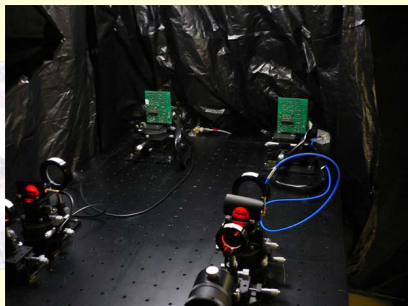
- 整備
  - ビーム伝送の
  - 機器配置の





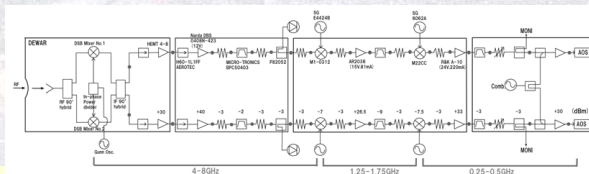
## 分光器

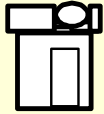
- 東京学芸大学と共同
- 分光器設置場所の移動
  - 受信機室 観測室
  - 温度環境の改善
- 新分光器の設置
  - 帯域幅: 250MHz
  - 2系統
  - PC利用の積分器、TCP/IP通信



## IF系

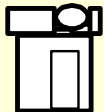
- 第1 IF系周波数変更
  - 1.4GHz 5GHz化
  - $^{12}\text{CO}(2-1)$ ,  $^{13}\text{CO}(2-1)$ 同時観測
- IFチェーン変更
  - 可変第2 LO
  - 同時周波数追尾
- 2系統化
  - 2輝線同時観測





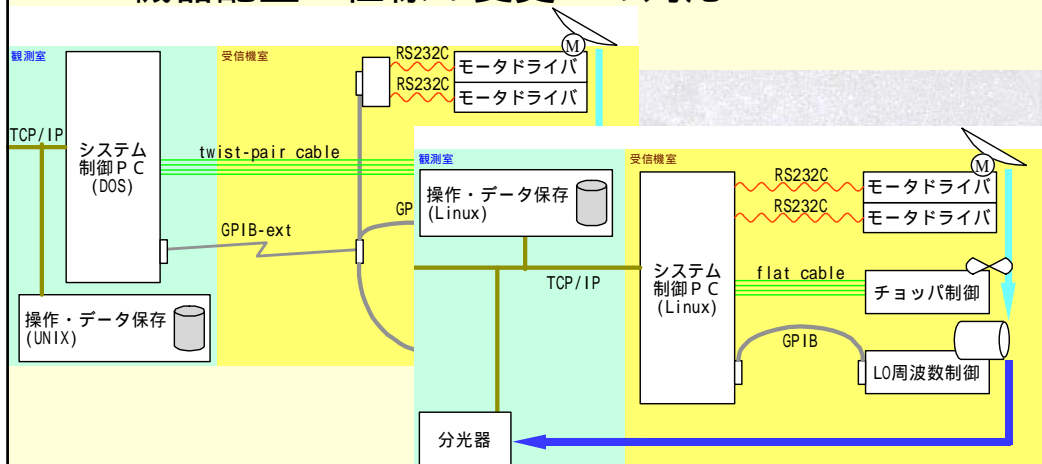
## 制御ソフトウェア

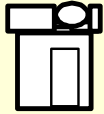
- ASTROS UltraASTROS
- 稼働マシンの変更
  - NEC PC9801(80286) DOS/V(Pentium)
  - 高速化, hardware老朽化対策
- OSの変更
  - MS-DOS Linux
  - Multi-task化, TCP/IP親和性向上
- 操作インターフェースの改良
  - 表示部とコマンド部の完全分離
  - 機能のモジュール化を深化
  - Internetとの親和性向上



## 制御ソフトウェア

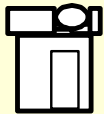
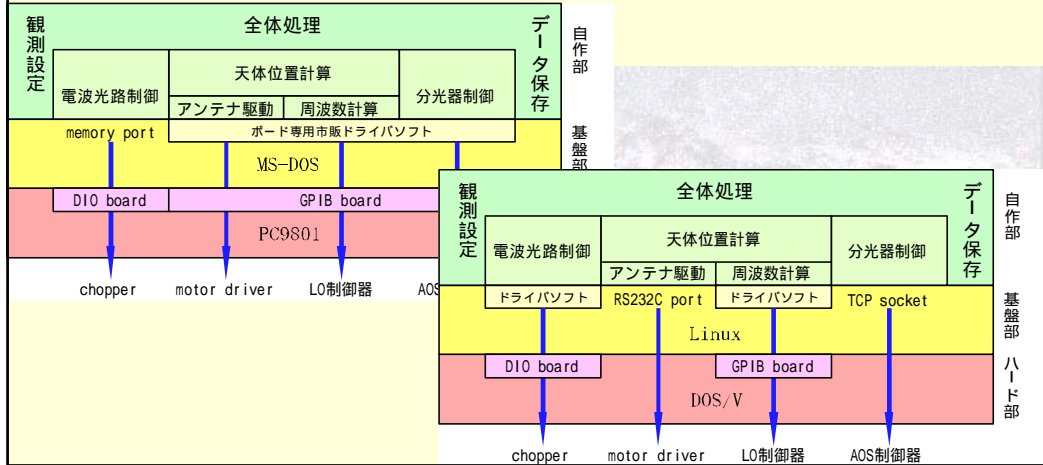
- 機器配置 / 仕様の変更への対応





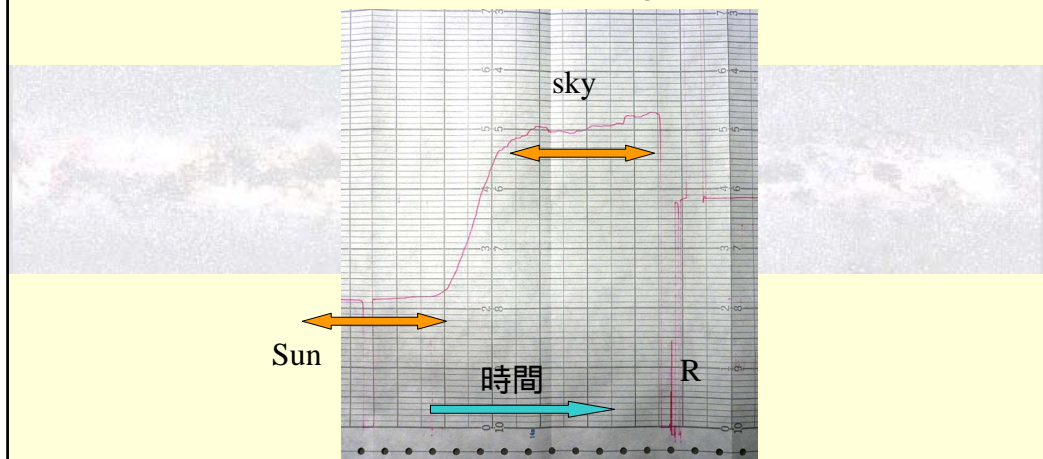
# 制御ソフトウェア

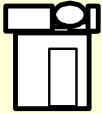
- モジュール差替による更新



# 試験観測

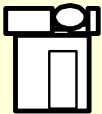
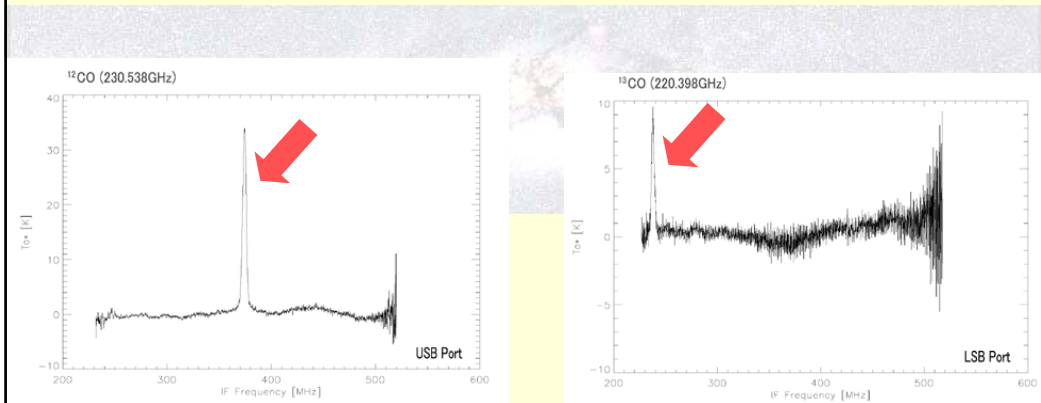
- 2005年1月8日: 連続波first light





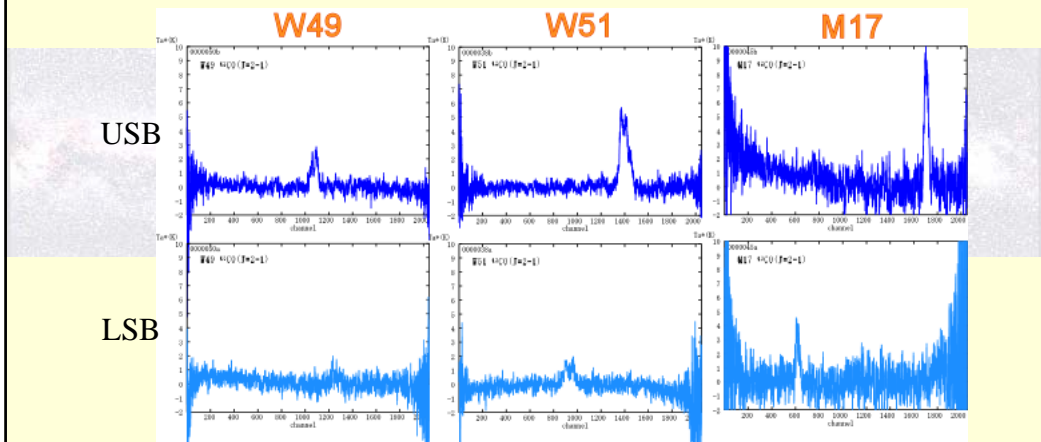
## 試験観測

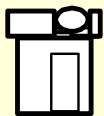
- 2005年3月21日: 分光観測first light  
– Orion KLの2周波同時観測



## 試験観測: 同時受信

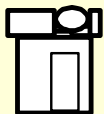
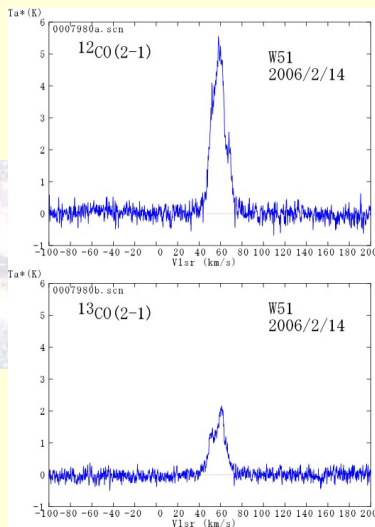
- 2005年9月29/30日





## 試験観測：同時速度追尾

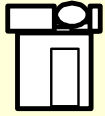
- USB/LSB同時速度追尾
- 2006年2月14日
  - 10sec積分でのデータ



## 現状

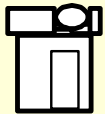
- 可視光による指向精度較正
  - peak-peakで1arcmin程度を確認
- 電波天体による指向精度較正
- beam能率の測定
  - 95%以上を確認
- ソフトウェア機能の確認と向上
- 2月より観測を開始





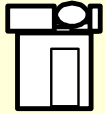
## 可視光による指向精度較正

- 望遠鏡に同架の光学望遠鏡による
  - 恒星を用いた夜間測定
  - CCD画像取り込みによる自動測定
  - 数時間で測定可能
- 直焦点モデルによる解析
  - 6パラメータ
  - Az軸 & El軸の傾き、原点オフセット
  - CCD中心位置のオフセット



## 電波天体による指向精度較正

- 分子雲peakの5点法観測データによる
  - 特定天体の測定: OriKL, W3, NGC1333
  - 望遠鏡パラメータと天体構造とを同時に解く
  - 簡易整約と結合した自動測定
  - 1日で測定可能
- クーデ焦点 + 天体構造モデルによる解析
  - 12パラメータでフィット
    - 6パラメータ: 受信機位置、クーデ鏡直交度
    - 6パラメータ: 3天体の60cm鏡ビームでの中心位置



## 新・銀河面サーベイ

- 内域:  $6^\circ$  /  $60^\circ$ ,  $|b| < 2^\circ$
- grid spacing  $1/16\text{deg}$ =Nyquist sampling
- $^{12}\text{CO}$ - $^{13}\text{CO}$ 同時観測
  - 2 ~ 3シーズンで完了
  - 厚さ方向の分解
  - 非軸対称モデルによる解析
  - arm-interarmの違いを求める