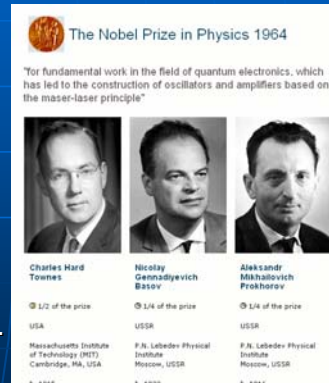


## メーザーの発明

- 最初のメーザーはタウンズらによる人工的なもの(マイクロ波増幅技術として, 1954年)
- その後、宇宙空間でのメーザー現象が発見された

レーザーは現在の日常生活に  
欠かせない技術

レーザーポインター、  
CD, DVD  
加工用レーザー、医療用レーザー  
等



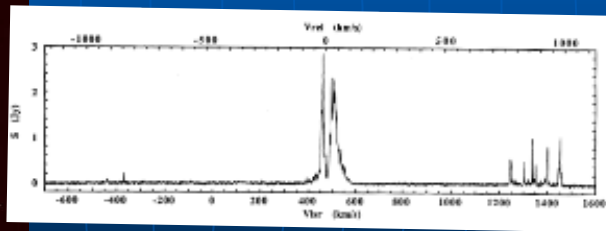
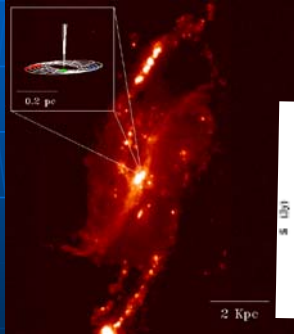
1964年ノーベル賞  
(メーザーとレーザー)

## メーザー観測の利点

- 高い空間分解能  
BH近傍、原始星近傍、恒星近傍を  
観測するユニークな道具
- 天球面上での運動を容易に検出可能  
天体観測に新しい軸を導入(時間軸)  
運動学、位置天文学

## NGC4258のAGNメガメーザー

- NGC4258 (M106)
- + / - 1000km/sにもおよぶ幅の広い  
スペクトルの発見 (1993、野辺山45m鏡)



光学写真

中心部の水メーザーのスペクトル

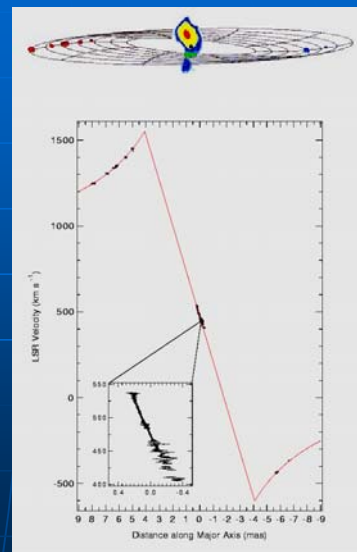
中心成分は視線速度が系統的に変化する(加速)

## NGC4258のVLBI観測

- VLBAによるイメージング  
ブラックホール周りの回転ガ  
ス円盤を検出

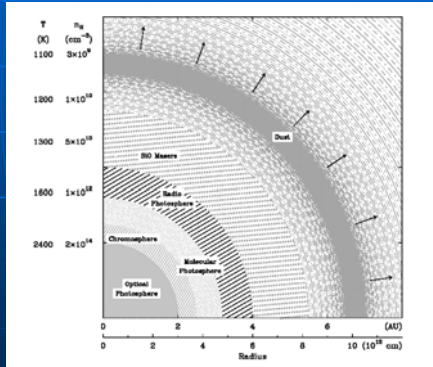
その大きさと回転速度が  
ブラックホールの質量が  
3600万太陽質量と分かった

もっとも確からしいブラック  
ホールの証拠  
(日米共同研究、1995年)

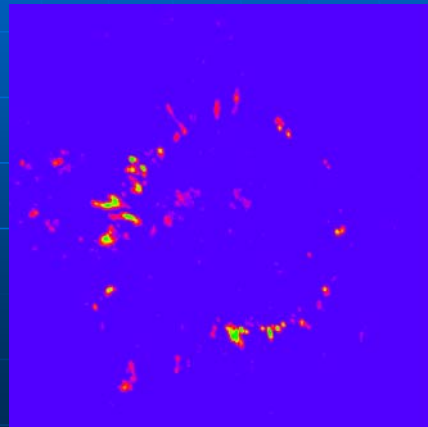


# AGB星の星周領域

- AGB星: 年老いた星。質量放出をしながら脈動している。



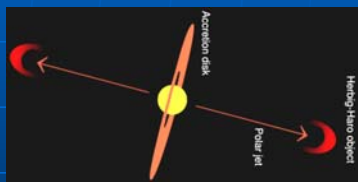
AGB星の星周領域の模式図



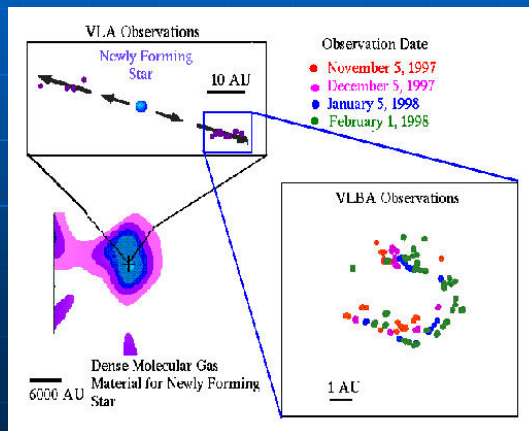
TX CamのSiOメーザー(VLBA)

# 星形成領域のメーザー

- 水メーザーは主に原始星ジェットのリッジ領域をトレース。運動が容易に検出できる。

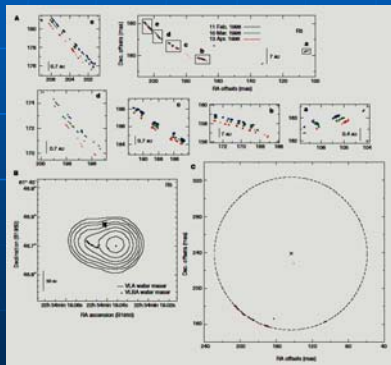


S106 FIR

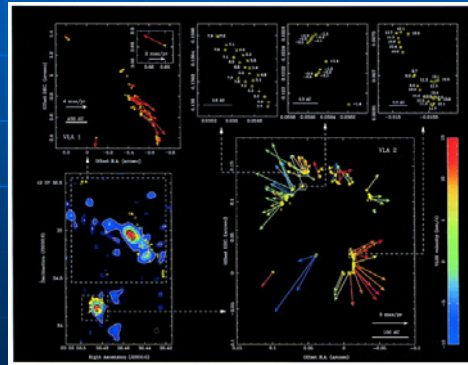


## 水メーザーOutflowの謎

- 球対称シェル  
最近見つかった球対称シェル（まだ 2例）  
双極流と違う種族？異なる進化段階？



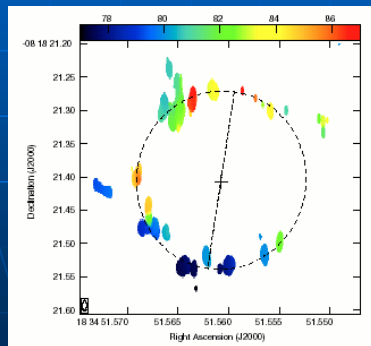
Cep A (Torrelles et al. 2001)



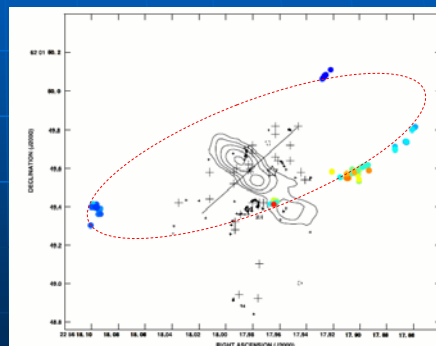
W75N (Torrelles et al. 2003)

## メタノールメーザー

- 大質量星周囲で観測される。
- 正体は不明。原始星円盤に付随する可能性も



G23.657  
ケプラー回転する円盤の可能性も



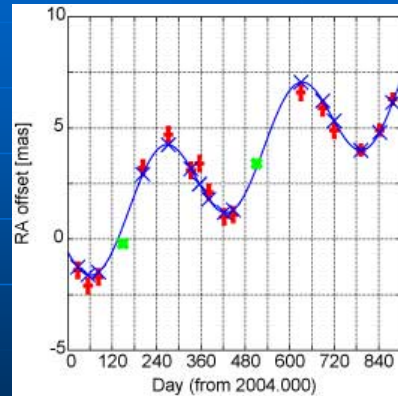
Cep-A HW2  
中心星の周りにリング状に分布？

## レーザー位置天文学

- オリオン星雲 (VERA) 2年あまりの東西方向の動き



電波を出す若い星



視差: 約140万分の1度

距離: 1420光年

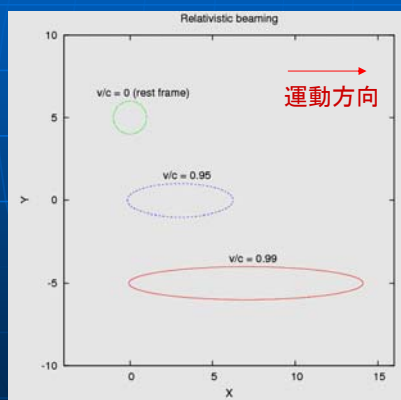
オリオン星雲の最も正確な距離

## シンクロトロン放射

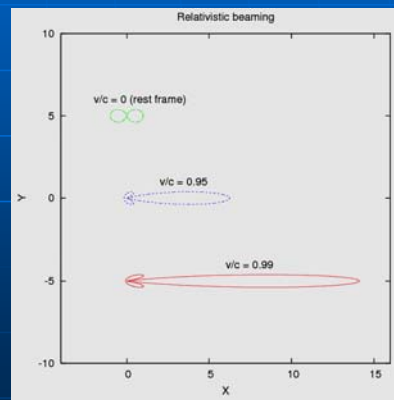
- 高エネルギー電子+磁場による非熱的放射
- ドップラーブーストにより高い輝度温度が達成可能。(レーザー放射と並ぶ高輝度放射、高分解能観測可能)
- 高エネルギー現象 (AGN, 超新星残骸etc) に付随して観測されることが多い

## 相対論的ビーム効果

- 観測者に向かって光速に近い速さで運動している天体からの放射は強くビーミングされる



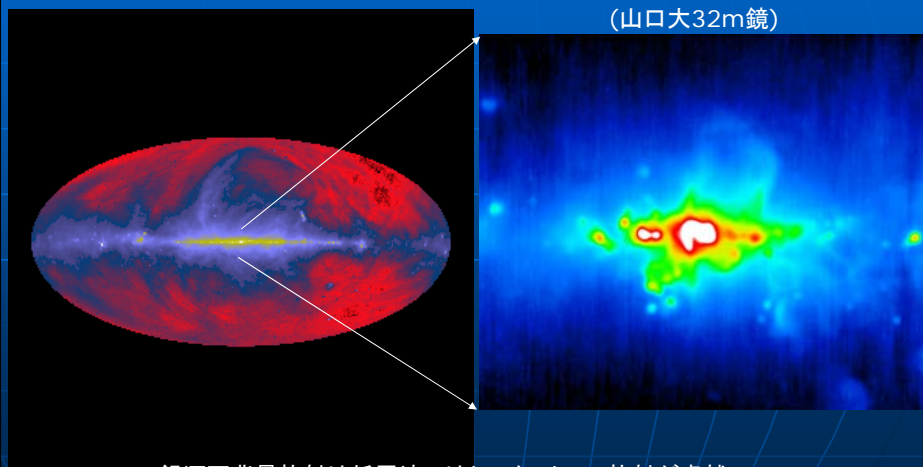
静止系で等方な放射



加速を受けた荷電粒子の放射

## 銀河面放射

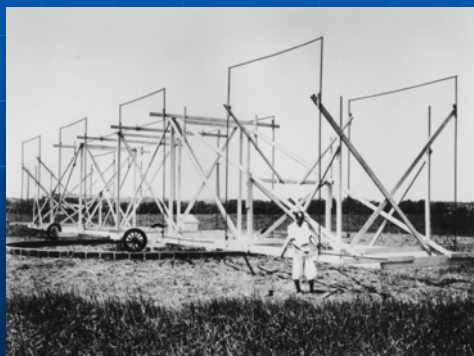
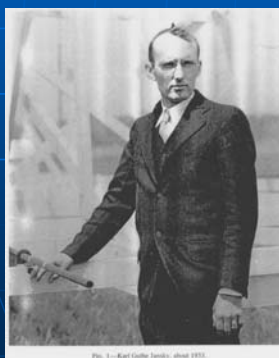
- 408MHzの全天マップ(左)      銀河系中心部(8GHz)  
(山口大32m鏡)



銀河面背景放射は低周波ではシンクロトロン放射が卓越  
GHz帯になると、星形成領域からの制動放射なども混じる

## 電波天文学の誕生と銀河面背景放射

- カール ジャンスキー  
(1905-1950)  
米国ベル研究所の電波技師  
雷による電波雑音を研究中に宇宙電波を(偶然)発見 (1931年)



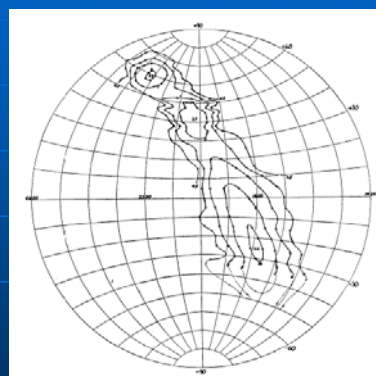
Jy ( $10^{-26} \text{ W/m}^2 \text{ Hz}$ ) は彼に因んだ単位

## リーバーの電波地図

- 自作の望遠鏡をいろいろな方向に向け、電波強度を測定



リーバーの観測で得られた初めての電波宇宙地図



天の川と、Sgr Aなどの明るい天体も見えている (1944年)

この帯域の銀河面放射は主にシンクロトロン放射

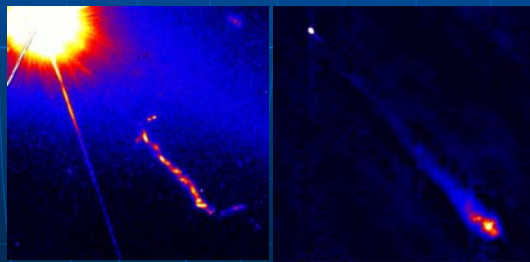
## クェーサーの発見

- 3C273  
ケンブリッジ大の3Cカタログで発見 (1959)  
月の掩蔽を用いて位置計測と光学同定が行われ、約13等級のクェーサー( $z=0.158$ )が発見された (1963)。

3C273 光学写真

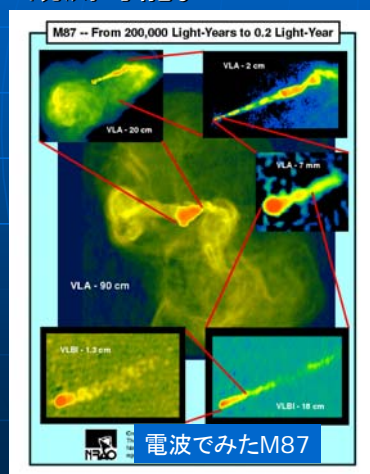


光および電波でみえるジェット

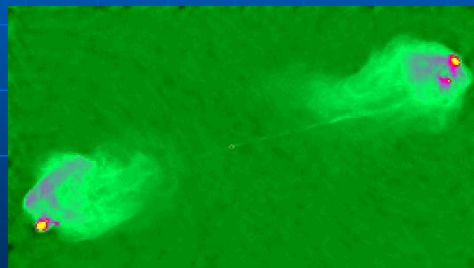


## 電波銀河、AGN

- AGNから光速に近い速度でジェットが放出され、シンクロトロン放射で明るく輝く。VLBIで中心部を高分解観測可能。



電波銀河 はくちょう座A (VLA)



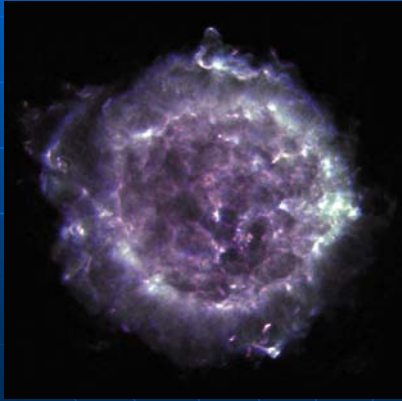
相対論的ジェット+電波ローブ



# 超新星残骸

## ■ 超新星残骸での電子加速 + 磁場

超新星残骸 Cas A (VLA)



超新星残骸 SN1993J (M81)  
VLBAによるモニター観測結果

