

星の誕生を解明する

藤澤健太(時間学研究所)

杉山孝一郎(理学部・理工学研究科)

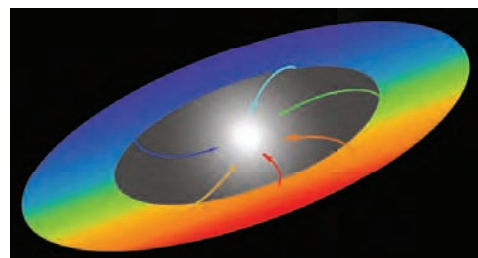
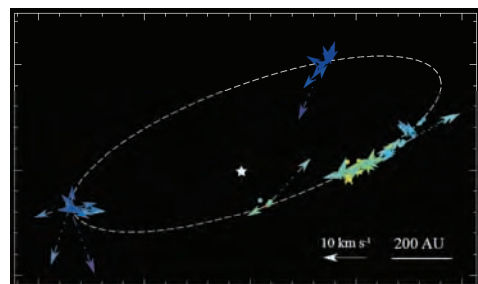
他、共同研究者

発表の概要

- 電波望遠鏡で星の誕生を研究した



- 星周囲のガス運動の観測に成功！ガスは回転＋落下によって星に降り積もる



山口大学における天文学の研究

- 電波天文学
 - 宇宙・天体が放射する電波を観測し、宇宙や天体について研究する学問
 - 強弱はあるが、あらゆる天体が電波を放射している
- 山口32m電波望遠鏡
 - 山口市仁保KDDI山口衛星通信センター内
 - 2000年以前は国際衛星通信の通信用アンテナ
 - 2001年にKDDIから国立天文台に無償で譲渡
 - 国内では4番目の大きさ
- 研究テーマ
 - 星の誕生
 - ブラックホール
 - その他



研究の背景

- 星
 - 宇宙の基本要素天体
- 星の誕生と死
 - 星間物質の大循環

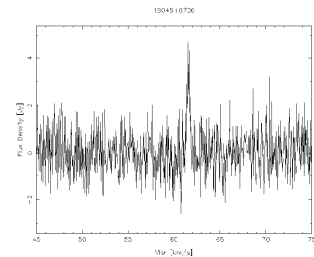
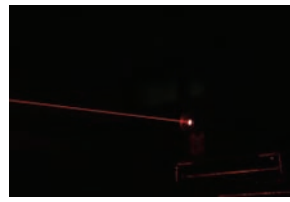


我々はどこからやってきたのか？

キーワード： メタノール・レーザー

- レーザー

- 通常では発生し得ない異常に強力な電波放射が生じる現象



レーザーの電波版がレーザー

- メタノール・レーザー

- 大質量の星が形成されるとき、星の周囲のガスに含まれるメタノール分子がレーザー電波を放射する



「メタノール・レーザーは星の誕生の研究に使えるかもしれない」と考えられていた。しかし、どのように使えば良いか、はっきりとは分かっていなかった

キーワード： VLBI

- 多数の電波望遠鏡で同時に観測を行う方法

- 非常に高い角度分解能(細かな形を見分ける能力)

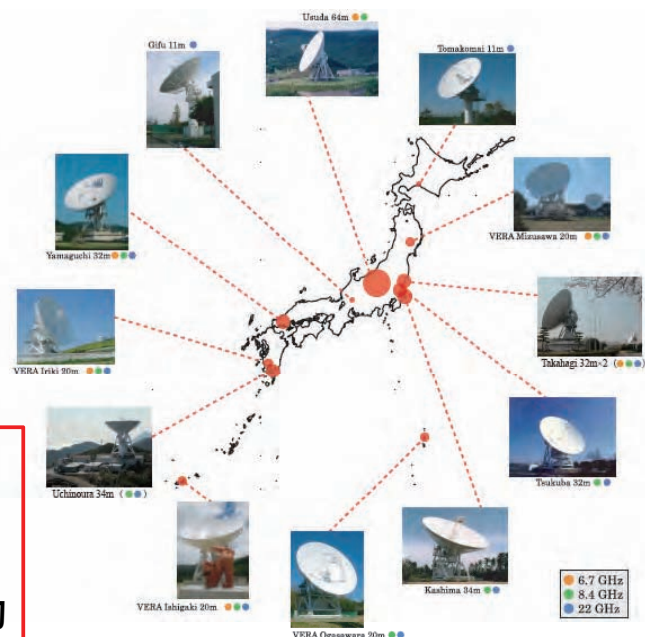
- 日本VLBI観測網JVN

- 国内13台の電波望遠鏡を組織化した観測網
- VLBIによって、人間の視力の1万倍以上を達成。世界トップクラス

ごく微小な天体を拡大して観測できる



星とブラックホールの研究に威力



山口大学における研究の取り組み

年次	事項
2002年	アンテナ譲渡、藤澤が山口大学に着任、望遠鏡研究の開始
2004年	メタノール・メーザーの本格的観測に成功、新天体の発見(初成果)
2005年	VLBI観測を開始
2008年	多数天体の観測、ケフェウスAの研究で杉山が論文を発表
2010年	茨城32m電波望遠鏡、上海25m電波望遠鏡とのVLBI観測を開始
2011年	大質量星周囲のガスの、回転+落下運動の検出



2011年12月8日(木) 14:30~

明らかになってきた 大質量星の形成過程

杉山 孝一郎

山口大学 大学院理工学研究科(理学部)
物理科学分野 学術研究員

本発表における天文学の基本用語

- 様々な用語
 - 星間ガス
 - 主に水素の原子・分子で構成、宇宙に広く分布
 - 星間塵(ダスト)
 - 星間ガスにまじって存在する、珪素・炭素・鉄などの重元素からなる微小な粒子
 - 視線速度
 - 観測者から見た奥行き方向の運動速度
 - 固有運動
 - 天球面上での動き(視線方向に垂直)

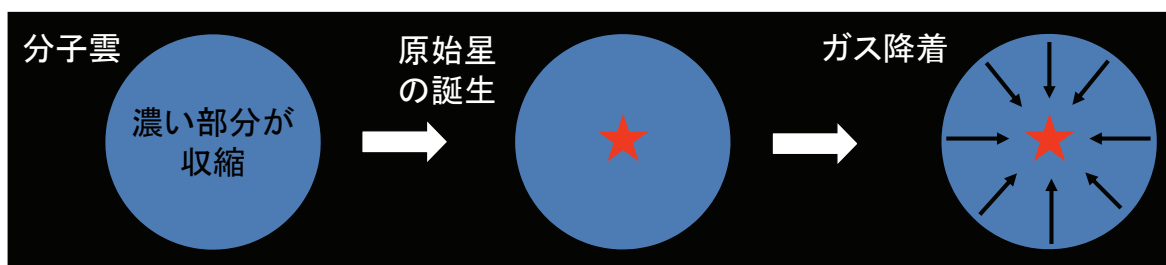
恒星はどうやって誕生する？

- 恒星: 自己発光する星
 - 代表例は太陽
- 誕生過程は？
 - 母体となるのは星間ガス
 - ガスの濃い部分が収縮して原始星を形成
 - さらに周囲のガスが降り積もる(降着)

太陽の可視光写真

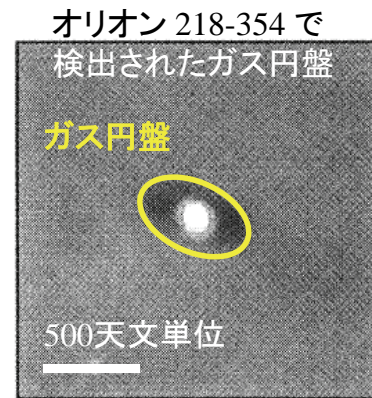


Credit: Big Bear Solar Observatory
(New Jersey Institute of Technology)

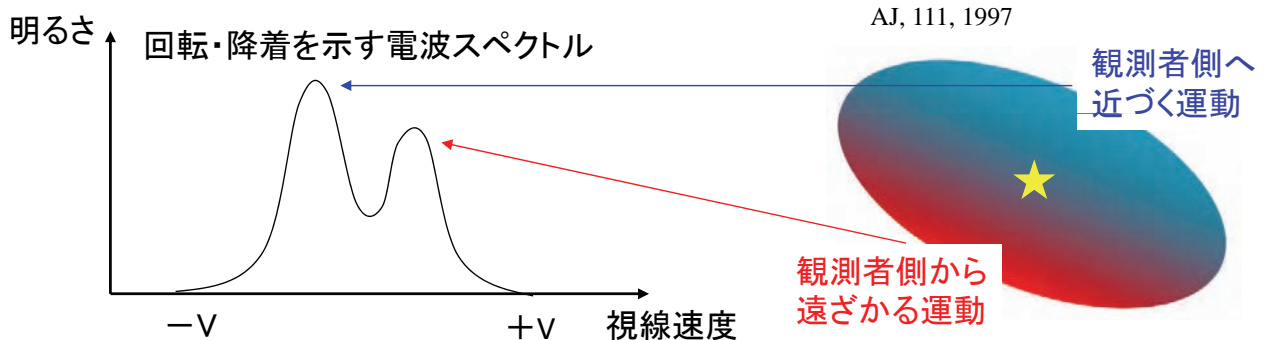


軽い星：形成過程はかなり解明された

- 星周囲にガス円盤を形成
 - 太陽程度の星周囲では可視光によって直接撮像されている
- ガス円盤の回転・降着運動
 - 分子が出す電波スペクトル線観測により**間接的**に検証済み



McCaughrean & O'Dell (1996),
AJ, 111, 1997



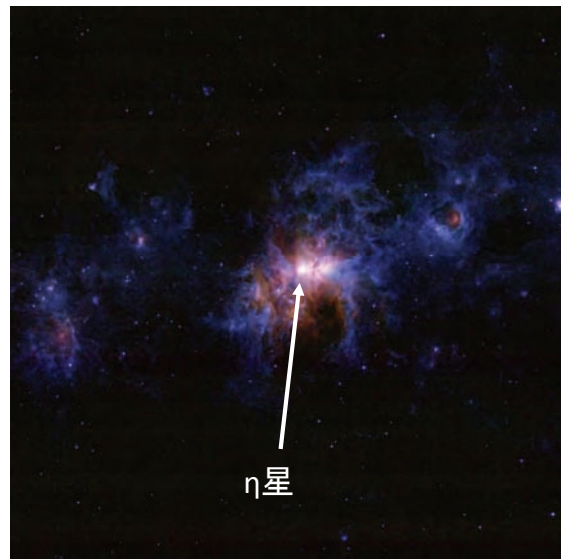
重い星：形成過程は未解明

- 基本的な事がわかっていない
 - 円盤はあるのか、ないのか？
 - ガスが降り積もるのか、星の合体か？
- 理論的な困難
 - 強い星の光がガスが降り積もるのを妨げる
- 観測的な困難
 - 遠方であって観測が難しい
 - 塵に埋もれて見えにくい
 - 個数が少ない

重い星(大質量星)の存在・役割

- 大質量星＝太陽の8倍以上の質量の星
 - 太陽に比べて100～10万倍明るい
 - 超新星爆発を起こす
 - 様々な元素を合成し、宇宙にまき散らす

宇宙における物質の進化
にとって大質量星は重要



有名な大質量星:りゅうこつ座 η星
太陽の70倍もの質量を有する
(Credit: MSX, IPAC, NASA)

研究の目的

将来の最終目標

- 大質量星の誕生過程の解明

本研究の目的

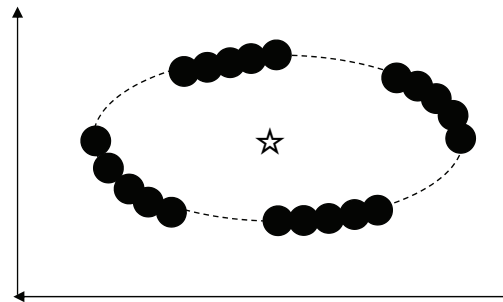
- 大質量星形成領域ケフェウス A内の大質量星 HW2の誕生過程の解明
- 固有運動の計測による、周囲のガスの微小な動きを**直接的に**検出

ガスの固有運動の計測

- ガス円盤の回転・降着運動の**直接計測**が必須！
 - メタノール・レーザーに着目
 - 天体までの距離が遠いため、高い解像度(空間分解能)が必要...

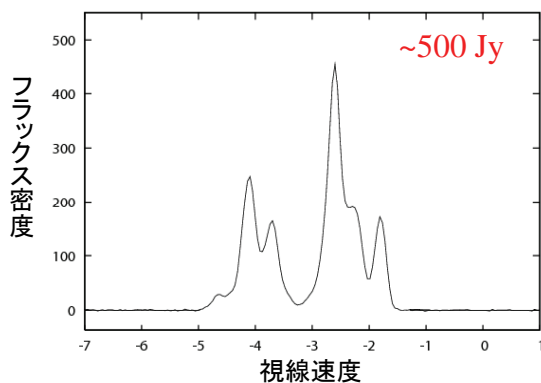
VLBI観測法により達成可能！

- 固有運動の計測
 - 直接的に回転・落下運動を検出できる
 - ただし非常に微小

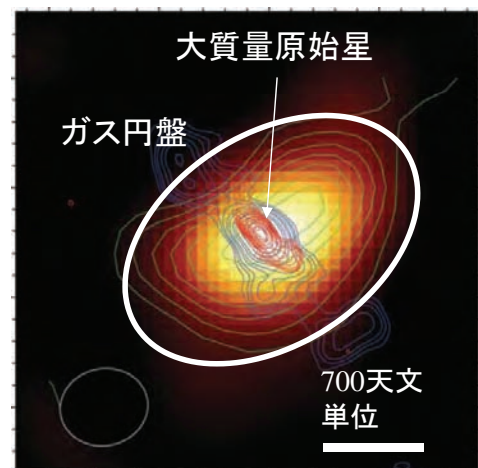


観測天体: ケフェウス A

- 太陽系に近い大質量星の誕生現場
- 距離: 2200光年
- ガス円盤が存在するらしい
 - 視線速度による間接的な結果



メタノール・レーザーのスペクトル



電波分子輝線観測による円盤

(Patel et al. 2005, Nature, 437, 109)

日本VLBI観測網(JVN)

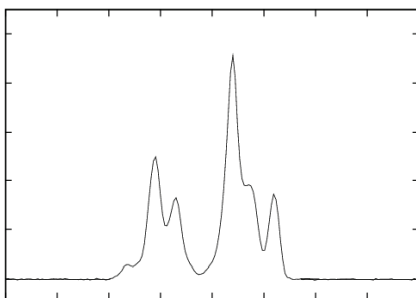
- 観測局数 : 13
 - VERA 4局 (鹿児島)
 - 山口, 岐阜, 北海道, 茨城
 - 臼田, 鹿島, 筑波, 内之浦
- 観測 3回実施
 - 2006年9月9日
 - 2007年7月28日
 - 2008年10月25日



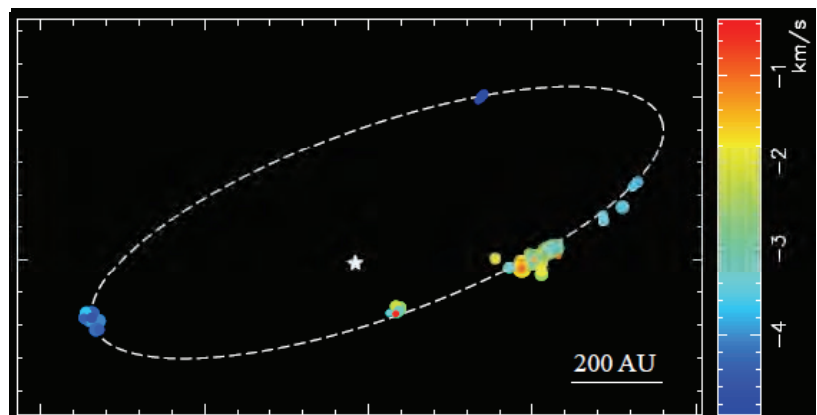
ガスの分布と運動の検出を！

大学連携ホームページより
<http://www.astro.sci.yamaguchi-u.ac.jp/~kenta/jvnhp/index.html>

ケフェウスA: メタノール・メーザーの分布

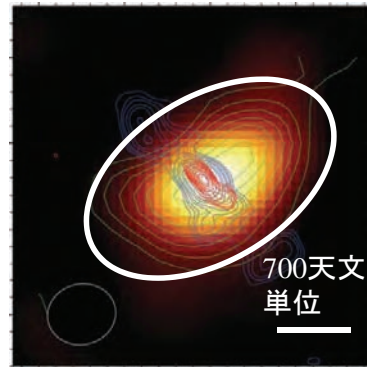
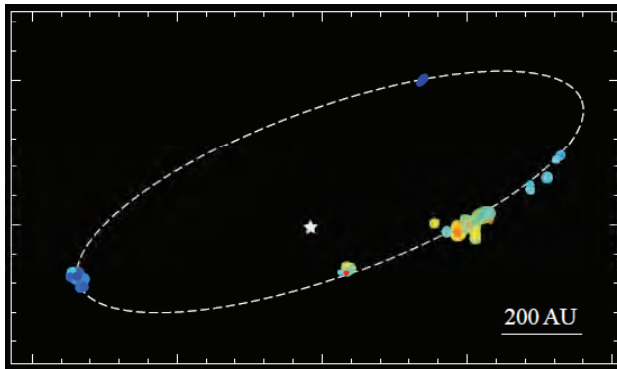


観測で得られたケフェウスAのメタノール・メーザーの空間分布。色は視線速度に相当。



- 5つの放射群に分かれて分布
- 全体的には楕円状の形を形成
- メーザー楕円の中心付近に星の存在

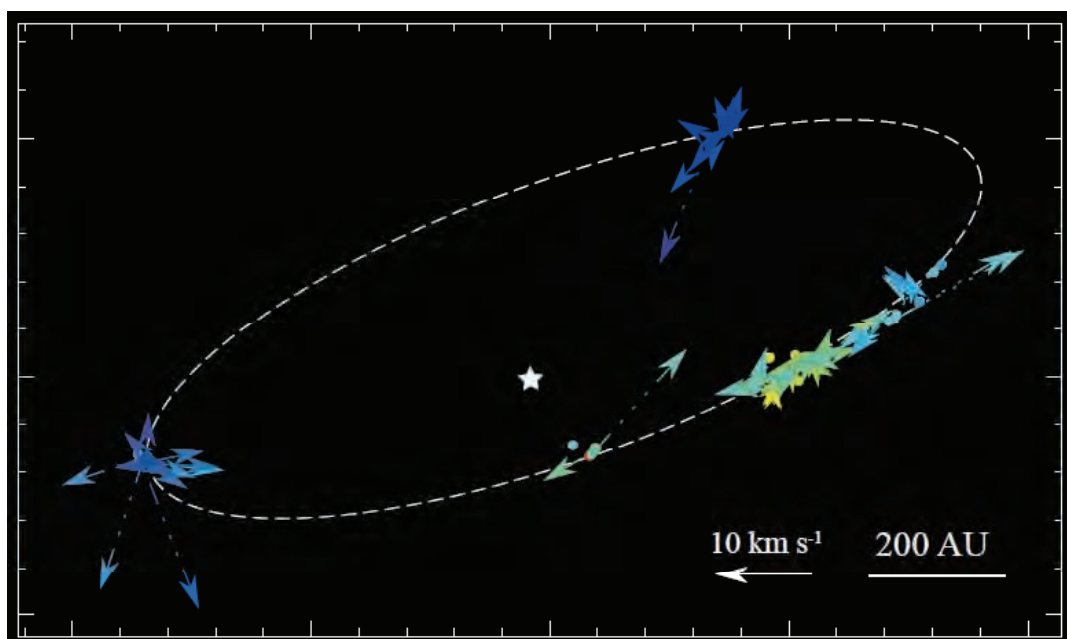
メーザーは円盤状に分布している



- メーザー楕円は、電波分子輝線のガス円盤分布にサイズ・速度共に一致！

→ メタノール・メーザーは円盤上で発生している → **ガス円盤が存在する！**

固有運動を検出！

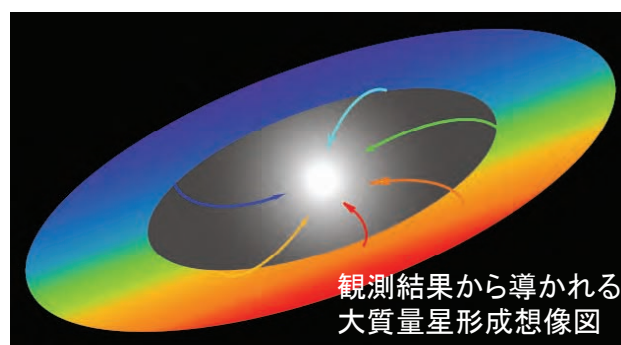
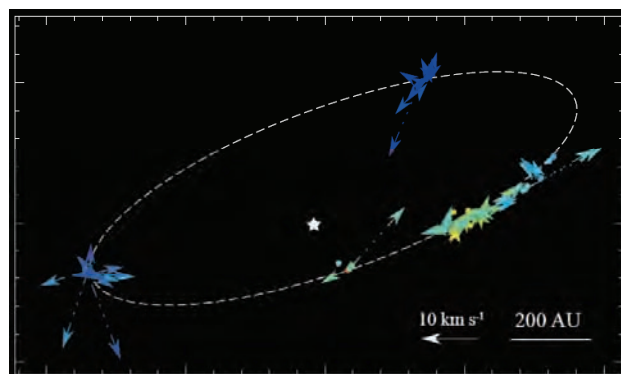


2年間、3回の観測により、ガスの運動を検出することに成功！
(このような観測自体、世界でも数例しか成功例が無い)
円盤に沿って回転している？⇒データの詳細な解析を実施

大質量星周囲での回転＋落下運動 を世界で初めて検出！

- 大質量星周囲に存在する
- しかも、「ガスが**回転し、かつ中心星へ落下**」している様子を**固有運動として世界で初めて検出**することに成功！

大質量星も周囲の円盤からのガス降着により形成されていることを立証



研究の発展計画

- 東アジア地域と連携した研究組織

➡ East Asian VLBI Network(東アジアVLBI観測網)

- 2010年～中国・上海天文台との共同観測開始
- 今回の研究と同様な成果が、これから数年で続々と得られると期待できる

- 国際シンポジウム『東アジアの最先端天文学』

- 2011年12月17日(土)
- 中国、韓国、台湾から第一線の研究者を招待
- 星の形成、終末期、ブラックホールの研究、新望遠鏡の建設など