

2009/9/11

TAO 6.5m 近赤外線観測装置ワークショップ

星形成領域におけるYSO食連星サーベイ

国立天文台・ELTプロジェクト室
山下卓也

概要

- 広視野赤外線観測装置を用いた星形成観測
 - 良く行われる観測
 - 問題点
- 食連星観測による星の物理パラメータの決定
 - ライトカーブ+視線速度 → 主星・伴星の質量・半径(温度、光度)
- 食連星サーベイの現状
 - Monitor プロジェクト
- YSO食連星サーベイの提案
 - TAO 6.5m のメリット
 - 近赤外線・連続性
 - 円盤システム(同土)の食の発見?!

広視野赤外線装置を用いた星形成研究

- すばる MOIRCS で良く行われる星形成関連の観測
 - 超低質量YSOの統計的研究
 - 星形成領域の深いYSOサーベイ・多天体分光
 - より軽い星(褐色矮星・惑星質量)の存在・形成・進化
 - IMF の軽い側の関数形
- しかし、どうしても残る疑問点！
 - 進化モデルは正しいのか？
- この問題の解決の数少ない方法の一つ
 - → 食連星による星パラメーターの決定
 - YSO の食連星はまだあまり進んでいない

星の物理量の決定

- 天体質量の決定

- 軌道(運動)を決定 → ニュートン力学で質量決定
- (可視赤外線天文では主に)連星系を用いる
 - 電波では、星周ガスの運動を用いる

- 連星系

- 実視連星の質量

- 位置を精度良く測定して軌道を決定
 - 2天体の相対位置変化だけだと、質量の和しかわからない
- 連星系の軌道周期: P
- 連星系の軌道長半径: $a = a_1 + a_2$

$$- \frac{a^3}{P^2} = \frac{G(M_1 + M_2)}{4\pi^2}$$

» 連星系の見かけの軌道長半径: α

» 距離 (d) がわかっていると: $a = \alpha \times d$

星の物理量の決定

– 分光連星の質量

- DLEB: Double lined (SB2) eclipsing binary
 - $M_1 \sin^3 i, M_2 \sin^3 i$ が求まる
- SLEB: Single lined (SB1) eclipsing binary
 - 質量関数 ($(M_2 \sin^3 i)^3 / (M_1 + M_2)^2$)しか求まらない
- SB2 で(相対位置)実視連星でもあると、主星・伴星の質量が求まる
- 食が観測されると、 i が求まり、かつ…
 - Eclipsing Binary(食連星)

• Eclipsing Binary(食連星)

- 測光観測で“食”を起こす天体を見つけ、光度変化を観測
- 視線速度の観測を合わせて主星・伴星の質量決定
 - モデルを介するが、主星・伴星の半径も求まる
 - 表面温度、光度、表面重力も求まる(多色データ)

食連星(Eclipsing Binary)観測の現状

- 観測の現状
 - 1Mo 以上の主系列星は多く観測されている
 - $< 1\text{Mo}$, YSO の観測は非常に少ない
 - 実行中の食連星サーベイプロジェクト
 - Monitor
 - 散開星団トランジットサーベイの副産物
 - UStAPS
 - The University of St Andrews Planet Search
 - EXPLORE-OC
 - EXtrasolar PPlanet Occultation REsearch – Open Cluster
 - PISCES
 - Planets in Stellar Clusters Extensive Search
 - STEPSS
 - Survey for Transiting Extrasolar Planets in Stellar Systems

Monitor プロジェクト

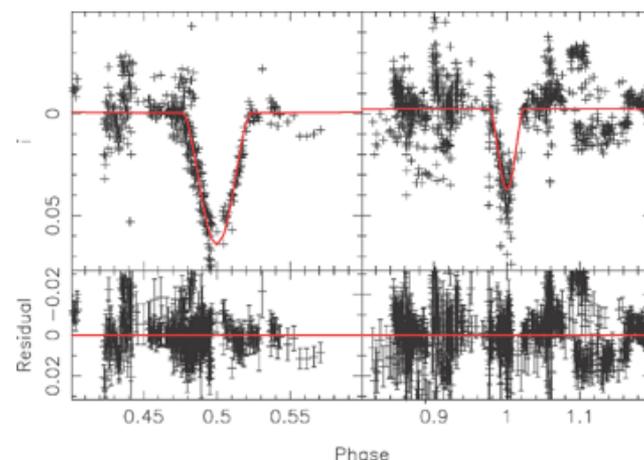
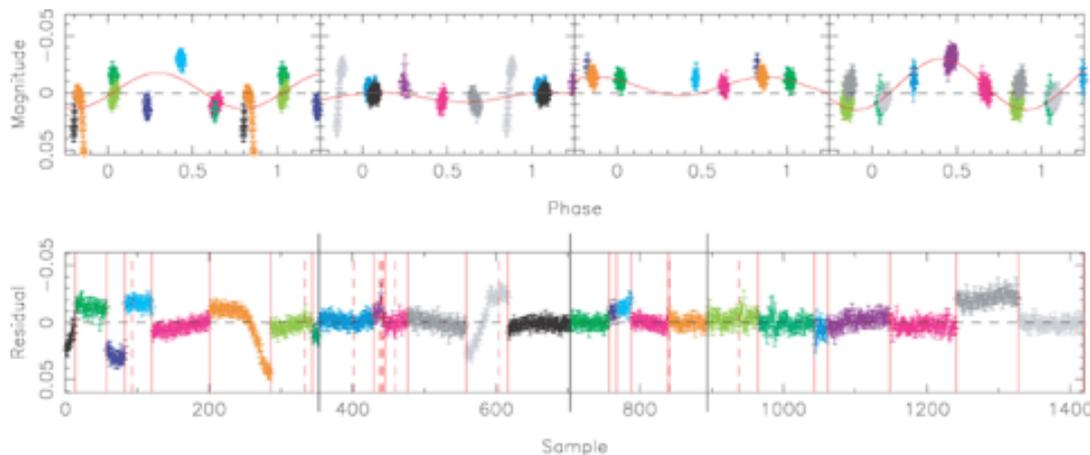
- 9つの若い散開星団の測光モニター
 - 超低質量星・BDの掩蔽, 惑星トランジットを見つける
 - 若い星の、年齢・質量・半径・光度の関連を較正
 - K型星から惑星まで
 - 副産物: 自転とフレア
 - 2004年開始、世界中の 2- 4 m 望遠鏡を利用
 - 100以上のEB+約3のトランジット惑星を見つけると期待
- ターゲット
 - $t \ll 200$ Myr、1回の撮像で数百天体が撮れること
 - Primary: ONC, NGC2362, NGC2547, NGC2516
 - Secondary: h & χ Per, IC4665, Blanco 1, M50, M34

Monitor プロジェクト

- 望遠鏡＋装置
 - INT 2.5m: Wide Field Cam
 - ESO/MPI 2.2m: Wide Field Imager
 - CTIO 4m: Mosaic II
 - CFHT 3.6m: MegaCAM
 - KPNO 4m: Mosaic
- サーベイの深さ
 - 主系列の下限質量星に対して測光精度～1%
 - $I = 19 \text{ mag}$ が分光RVフォローアップを行う限界
- サンプリング間隔
 - $< 15 \text{ min} : 1\text{hr}$ (最短)の掩蔽を見逃さない
 - できれば 5 min に近く: ingress, egress を分解する

Monitor プロジェクト

- オリオンのサンプル (Irwin J. et al. MN 380, 541 2007)
 - WFC on 2.5m INT, 34' × 34' 写野、10夜の観測を2+2セット
 - 積分時間: 60s at V and 30s at i バンド → 3.5分頻度
 - 限界等級: 1% 精度で、18mag at V and 17mag at i バンド
 - 2500天体のライトカーブ取得
 - EB イベント ~ 0.05mag v.s. 食以外 ~ 0.03mag PV
 - 黒点の自転による変動
 - フィッティング → 4.9日の自転による modulation でOK
 - 黒点の生成・消滅 → ライトカーブが粗だとうまくフィットできない

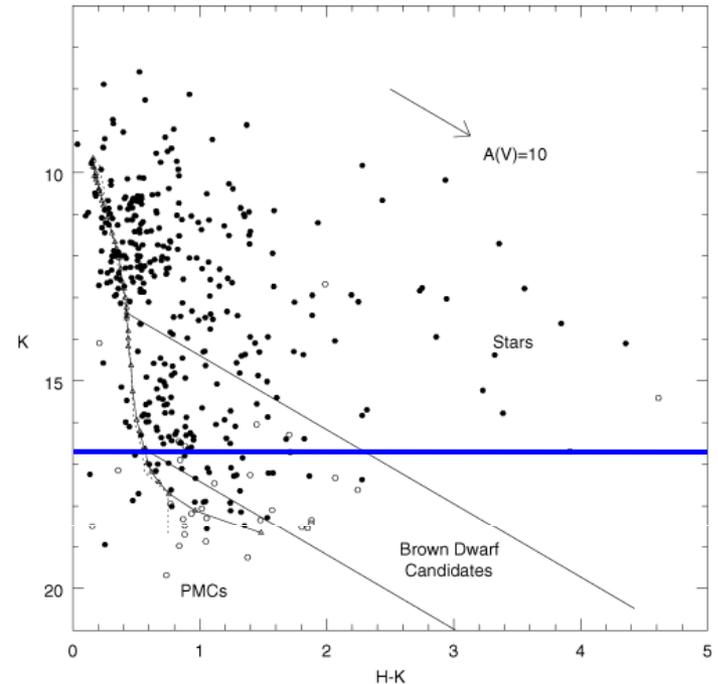


食連星サーベイの提案

- 可視光モニター観測ではできない(不得意な)天体を狙う
- TAO 6.5m の利点
 - 近赤外線観測
 - 若いEBを多数発見できる
 - 同年齢仮定が成り立っていない?
 - 多くのサンプルが必要
 - より若い天体をサーベイできる
 - 進化トラックのより若い時期の天体データを提供できる
 - 円盤システム(同土)の食が発見できるかも!
 - 連続的に観測できる
 - 黒点(など)による別原因の変光の補正が容易

食連星サーベイの提案

- 対象とする天体 (主星、伴星)
 - 若い星状天体 (YSO)
 - 低質量星 YSO
 - 若い褐色矮星
 - あわよくば、惑星質量天体
 - Orion: 1 Myr の進化モデル (右図)
 - $A_V=10\text{mag}$: BDの主星が十分に検出できる
 - $A_V \sim 0\text{mag}$: 主星が惑星質量天体
- 対象とする現象
 - 食による減光
 - Eclipsing Binary
 - 惑星トランジット
 - 周期: 10日程度までを狙う?
 - 使える時間に依存: 長いほどよい



Lucas+05 MN361, 211
Orion 周辺部: $26''$, 396天体

食連星サーベイの提案

- 観測計画
 - 期間
 - 観測頻度
 - 5分毎 (ingress, egress を分解)
 - 積分時間
 - 1分を仮定
 - 感度 (すばるMIRCSから換算)
 - 1分積分, 100σ
 - 17.8 mag at J
 - 16.7 mag at H
 - 16.8 mag at Ks
 - 面積
 - $8' \times 4' \times 4'$ 写野程度

食連星サーベイの提案

- 観測計画
 - 対象領域
 - 年齢 < 10Myr の星形成領域 (散開星団は含めない)
 - ONC(-5°) ~1Myr, 480pc
 - NGC2362(-25°) ~5Myr
 - その他南天の近傍星形成領域
 - » 未調査です
 - IC348 (+32°) ~3Myr
- 発見確率 (定量的計算はしていません)
 - 写野: 8' × 4' × 4写野
 - WFC on 2.5m INT, 34' × 34' の1/9
 - 中心部を狙うので星の数密度は高い
 - Monitor はOrion 周辺部
 - Monitor の期待値: >100 の食連星 (オリオンだけではない)

食連星サーベイの提案：フォローアップ観測

- フォローアップの高分散分光 (RV)
 - Monitor では $I < 19$ mag を設定 (8-10m 可視高分散分光)
 - 例えば、すばる IRCS を用いると
 - 1hr, 5σ
 - AO がフルに効いていると仮定
 - J,H,K ~ 18 mag
 - 発見される多くの食連星は赤外RV観測可能
 - TMT に拡張
 - + 2.8 mag \rightarrow 21 mag
- 原始星は吸収線の視線速度測定は難しい？
 - 非常に若い原始星は円盤表面からの吸収線がある？
 - 円盤からの輝線がみられる場合もある (分離が困難?)

食連星サーベイの提案

- しかし、**円盤システム(同士?)の食が見られるかも!**
 - 原始星・円盤の幾何構造の新しい情報が得られる
 - 但し、ある程度離れたシステムでないといけない??
 - 円盤のサイズ?
 - 軌道周期の長いシステム → 長時間モニター
- 散乱光しか見えていない天体の場合は、Pole-on から見るのに等しい?!
 - 角運動量が揃っていると食を起こす幾何学的配置はない?
 - ひょっとしたら妙なシステムがあるかも

観測装置へのリクエスト

- 高いダイナミックレンジ
 - ある程度明るい星も対象にできると良い
 - しかし、明るい星は数も少ないし・・・
- 短い読み出し時間
 - 高い観測効率
 - ダイナミックレンジ確保のためには短時間積分の足し算？
 - 10秒程度であれば・・・