

大マゼラン雲の星団を用いた レッドクランプ星の近赤外線等級の 金属量・年齢依存性の調査

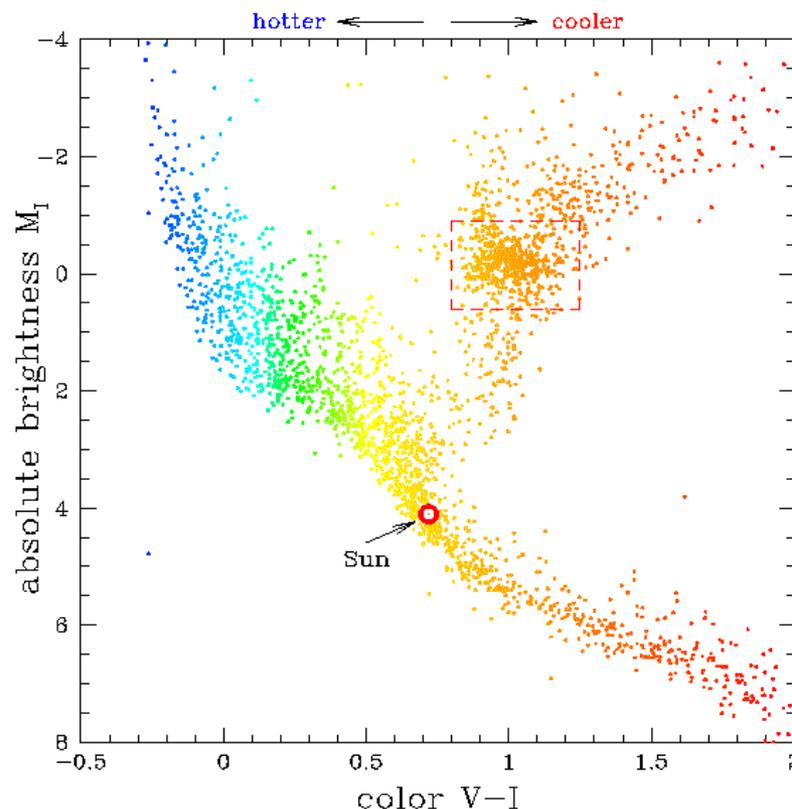
小野里宏樹（東北大学）

板由房（東北大学）、中田好一（東京大学）、
西山正吾（宮城教育大学）

レッドクランプ (RC) 星

- 絶対等級のばらつきが小さい
- 比較的天体数が多い
- 近赤外線では金属量や年齢の依存性が小さい

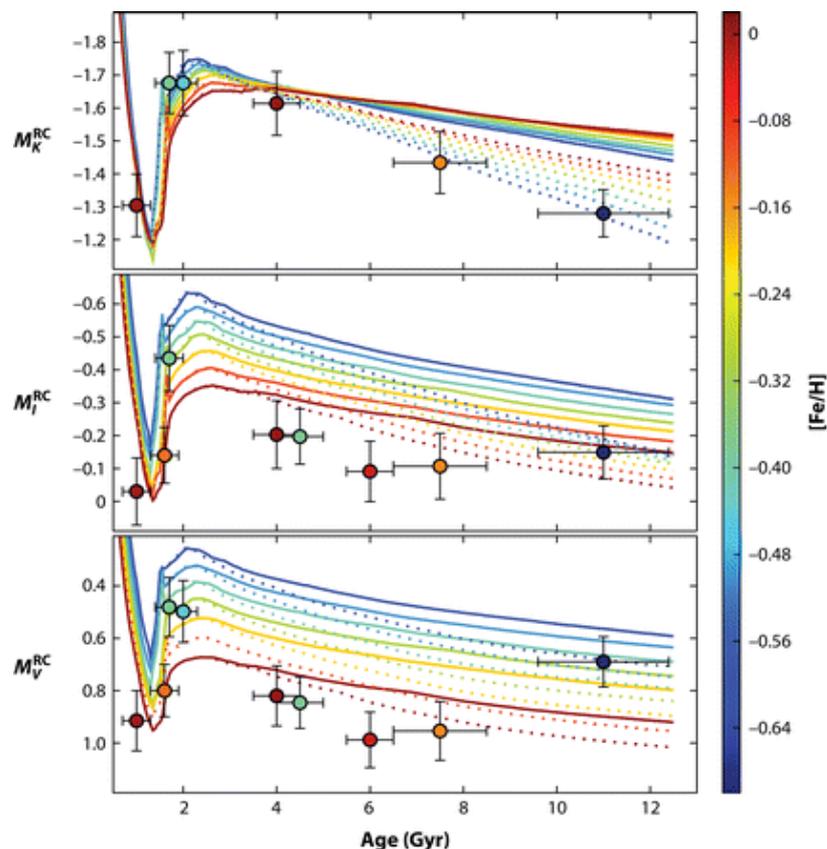
→ 優秀な距離指標天体



<http://www.astronomy.ohio-state.edu/~kstanek/CfA/RedClump/>

RC星の近赤外線 絶対等級（理論）

- 金属量依存性：小
- 年齢依存性
 - 若い RC星：大
 - 古い RC星：小



 Girardi L. 2016.
Annu. Rev. Astron. Astrophys. 54:95–133

Girardi 2016, ARA&A, 54, 95

RC星の近赤外線の絶対等級（観測）

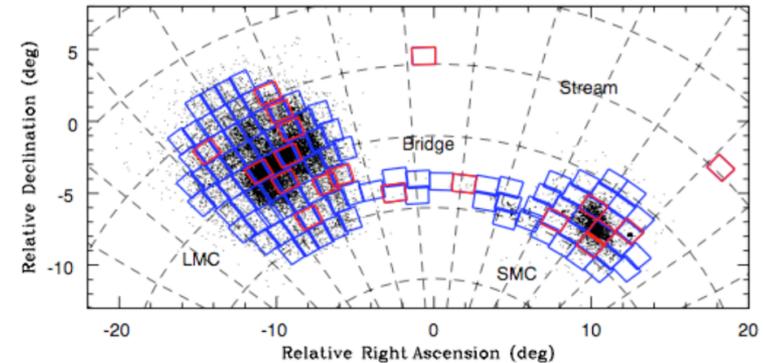
- 金属量依存性
 - 太陽近傍や天の川銀河内の星団を用いて小さいことが確認されている（理論と一致）
Alves (2000), Grochoski & Sarajedini (2002), Laney et al. (2012) など
- 年齢依存性
 - 古い RC星の年齢依存性
 - 天の川銀河内の星団を用いて小さいことが確認されている
Grochoski & Sarajedini (2002) など（理論と一致）
 - 若い RC星の年齢依存性
 - 天の川銀河に若く、RC星を多数含む星団がほとんど存在しないため、検証が不十分

大マゼラン雲の星団

- 星団がほぼ同じ距離にある
 - 天の川の星団のような距離の決定精度の影響を受けない
- 若く、RC星を多数含む星団が多数存在する
 - Grochowski & Sarajedini (2002) で使われている天の川の星団はRC星の個数が数個程度
- 小マゼラン雲
 - 大マゼラン雲の Palma et al. 2016 のように同一手法で年齢、金属量が測定されたカタログがない
 - 奥行きが深いので、やや距離の影響を受ける

近赤外線等級

- VMC survey (DR4)
 - Y-, J-, Ks-band
 - 口径 4m の VISTA 望遠鏡による大小マゼラン雲のサーベイ
 - これまでの 1m クラスの望遠鏡では難しいマゼラン雲の RC 星にも容易に届く深いデータ

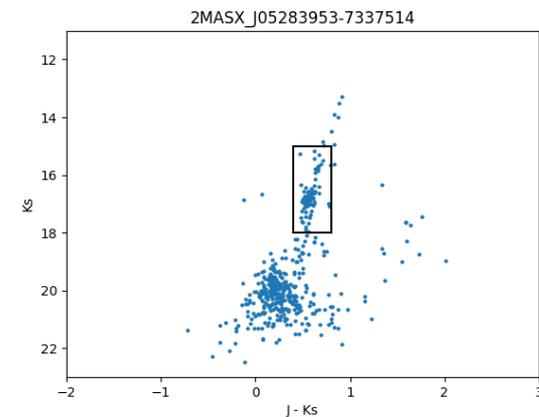
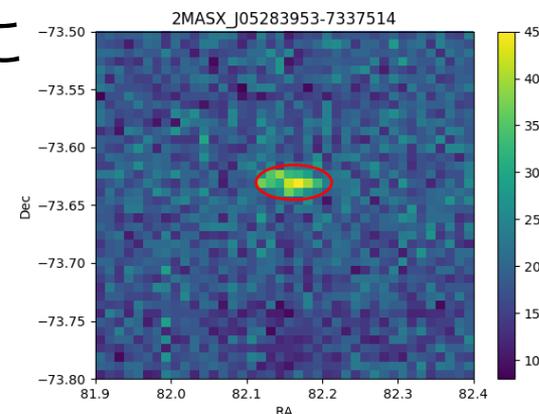


星団

- Palma et al. 2016, A&A, 586, 41
 - 年齢や金属量が同一の手法で測定されていて、手法の違いによる系統誤差の心配がない

近赤外線等級の決定

1. Palma+ 2016 の星団の内、周辺領域に比べ密度が3倍以上高い星団を選択
(field星の影響が少ないもの)
星団は楕円でフィット
2. 色等級図で $18.0 < Ks < 15.0$ 、
 $0.4 < J - Ks < 0.8$ の星を取り出す
 - 主系列や前景星の影響を減らすため



近赤外線等級の決定

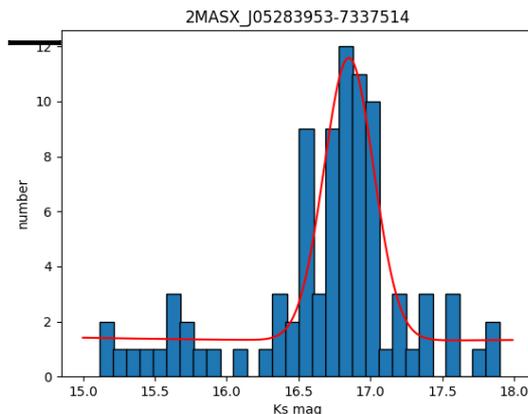
3. RC星の等級の分布を関数でフィッティング
関数系は Girardi 2016 より

$$N(\lambda) = \boxed{a + bM_\lambda + cM_\lambda^2} + \boxed{d \exp \left[-\frac{(M_\lambda^{\text{RC}} - M_\lambda)^2}{2\sigma_\lambda^2} \right]}$$

赤色巨星の分布

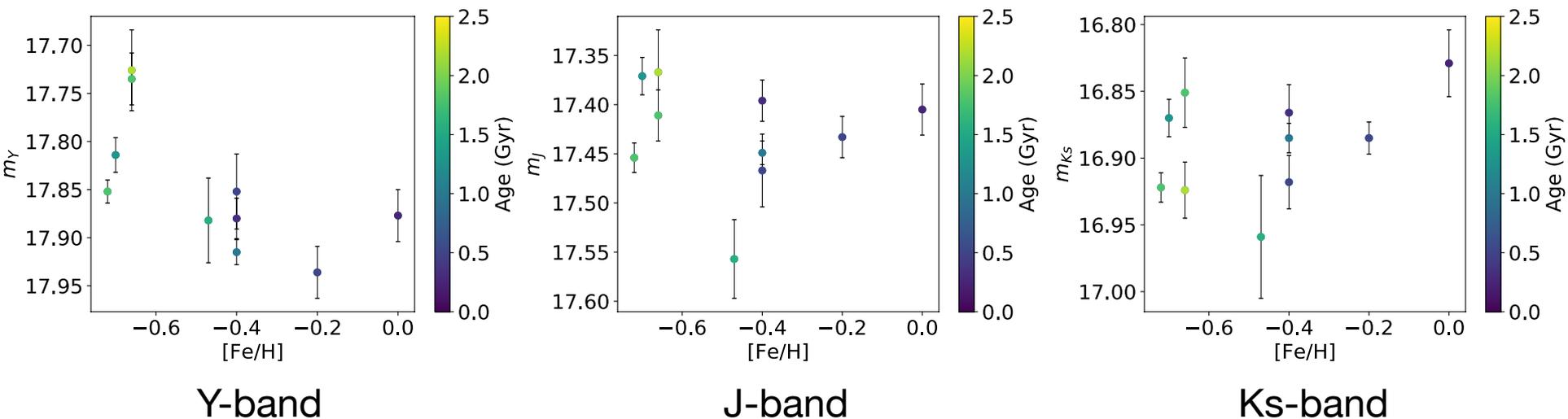
RC星の分布

- a 、 b 、 c 、 d 、 M_λ^{RC} 、 σ_λ がパラメータ
- 2次式は赤色巨星の分布



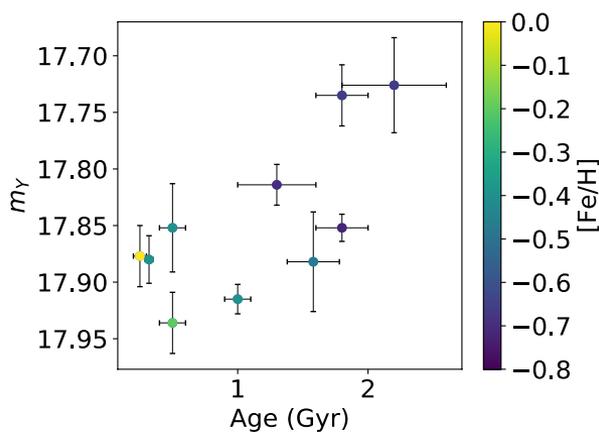
金属量依存性

- Y-band では金属量が高いほど暗いという若干の依存性が見られる
- J-, Ks-band では金属量依存性がほとんど見られない

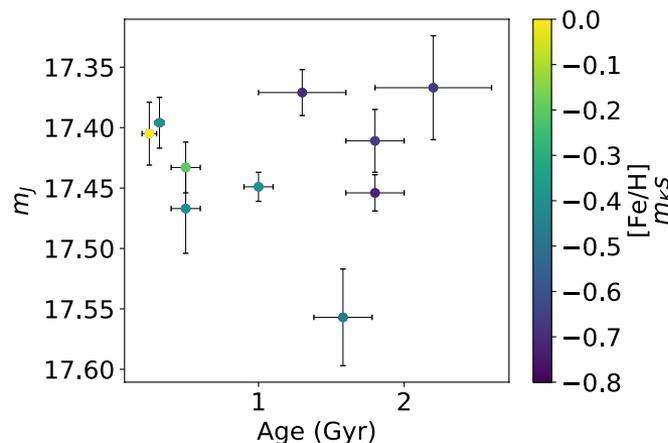


年齢依存性

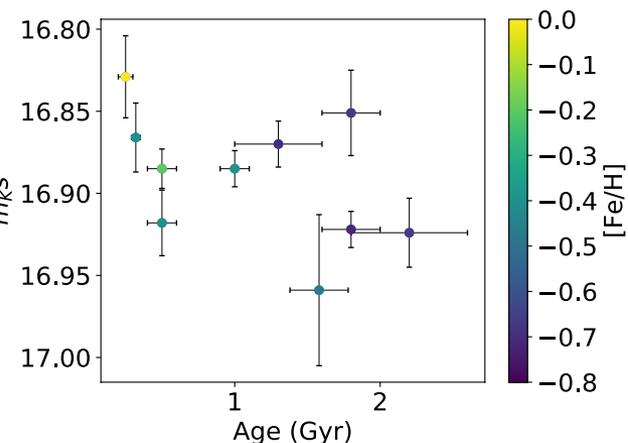
- Y-band では 0.25-2.2 Gyr の範囲で古い RC 星の方がやや明るいという傾向
- J-, Ks-band では 0.25-2.2 Gyr の範囲でも年齢依存性はほとんど見られない



Y-band



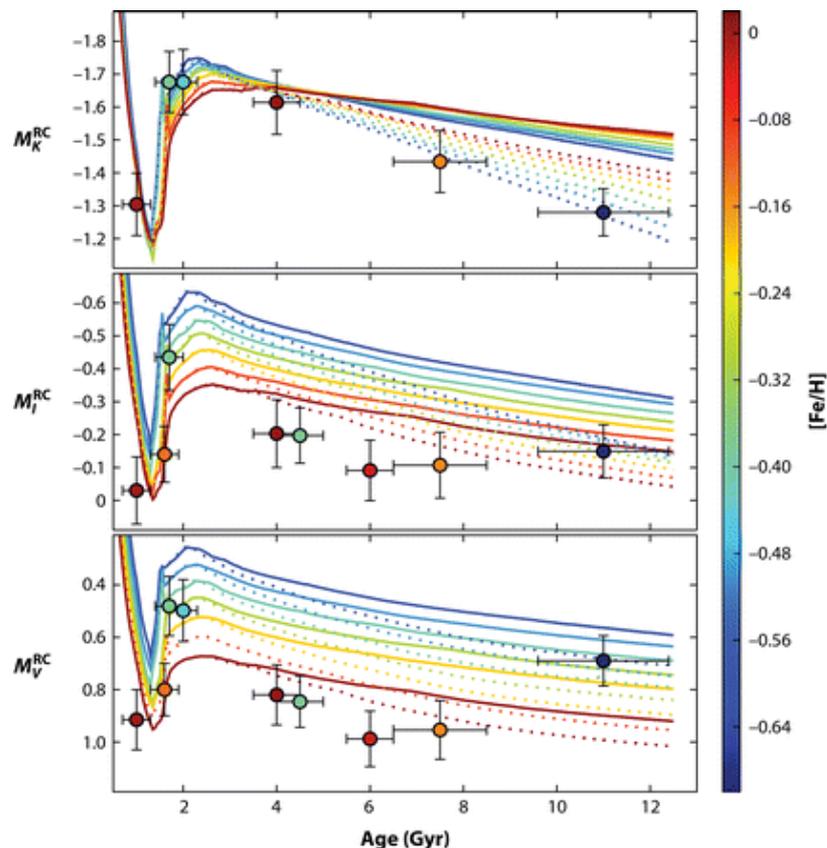
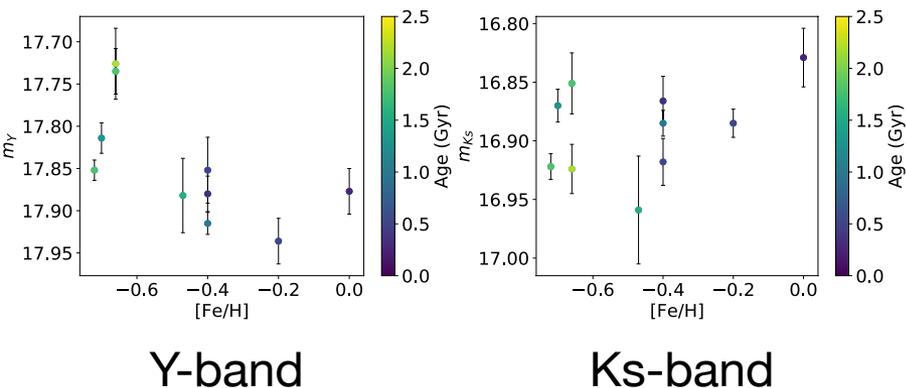
J-band



Ks-band

金属量依存性 (比較)

- 理論予想
 - I で 0.2-0.3、
K で 0.0-0.2 等程度
- 今回の結果
 - Y で 0.2 等程度
 - J、Ks はばらつきも 0.1 等程度

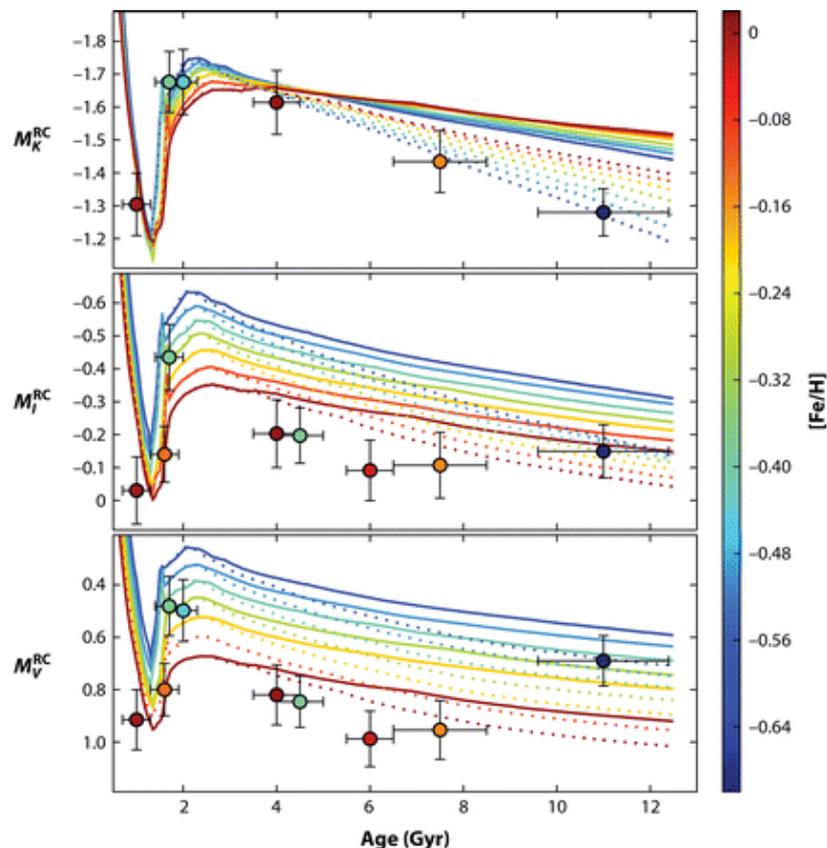
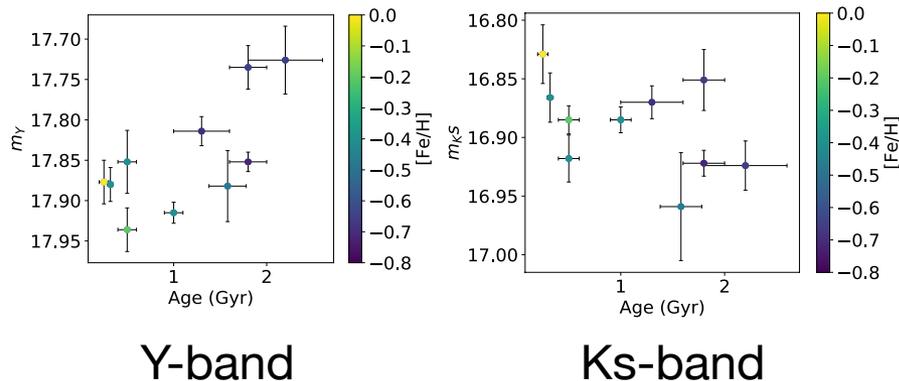


 Girardi L. 2016.
Annu. Rev. Astron. Astrophys. 54:95-133

Girardi 2016, ARA&A, 54, 95

年齢依存性 (比較)

- 理論予想
 - 0.5等程度 (< 2 Gyr)
- 今回の結果
 - Yでも 0.2 等程度
 - J、Ksはばらつきも 0.1等程度

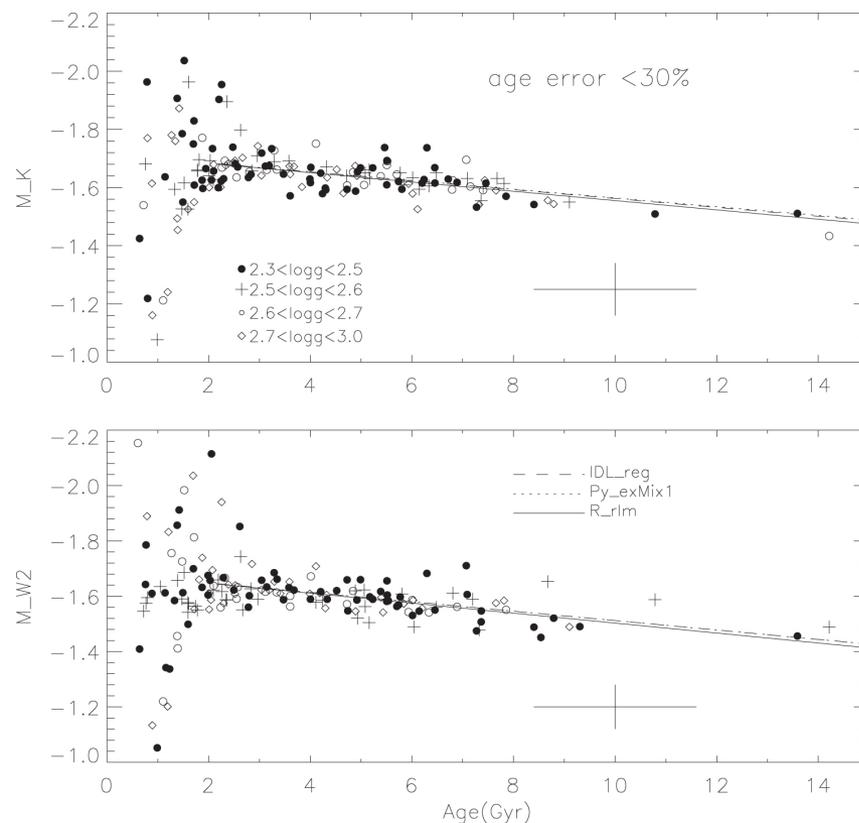


 Girardi L. 2016.
Annu. Rev. Astron. Astrophys. 54:95–133

Girardi 2016, ARA&A, 54, 95

年齢依存性

- Kepler fieldのRC星に対し星震学的に求めた年齢を用いて年齢依存性を調査
- ばらつきはあるものの、平均を見ると大きな依存性はなし
- WISE W3 (4.6 μm) ではより依存性がない傾向



Chen et al. 2017, ApJ, 840, 77

- レッドクランプ星は有用な距離指標天体であると考えられているが、理論的に大きな年齢依存性が考えられている若いレッドクランプ星では年齢依存性の検証が不十分であった
- VISTA 4m 望遠鏡の大小マゼラン雲のサーベイである VMC survey の新しい深いデータにより若いレッドクランプ星のサンプルを増やした検証が可能となった
- J-、Ks-band では年齢や金属量への依存性がほとんど見られず、近赤外線では距離指標天体として非常に有用であることが確認できた

補足資料

Grochoski & Sarajedini (2002) と今回のサンプル

