

1. Introduction

最近、Marel/Cioni2001 は AGB, TRGB 星から  $\text{tilt} = 35^\circ$  , さらに Marel(2001)は LMC ディスクが楕円形で、密度分布も非一様であることを見出した。これらの特長は銀河系の潮汐力が原因であろう。

次の問題は、LMC の形状からさらに潮汐効果を見出すことである。

この論文では RC の見かけ等級を用いて LMC の形を調べる。

RC の利用: Stanek et al1994, Girardi/Salaris2001, Cole1998

RC が絶対距離の決定に使えるかどうかは問題があるが、相対距離の測定ではゼロ点の問題は消える。

RC は、LMC で  $3.5 \times 10^4$  個/deg<sup>2</sup> もあり、空間構造を細かく調べられる。

固有カラーもはっきりしているの、それ自身で赤化を決められる。同じ天体で赤化補正をするので、Zaritsky が言う種族毎に赤化が異なる影響はない。

1. 観測

CTIO 0.9m鏡+SITe2KCCD □ LMC  $6^\circ \times 6^\circ$  から SFR を避けて50点で V, I 観測

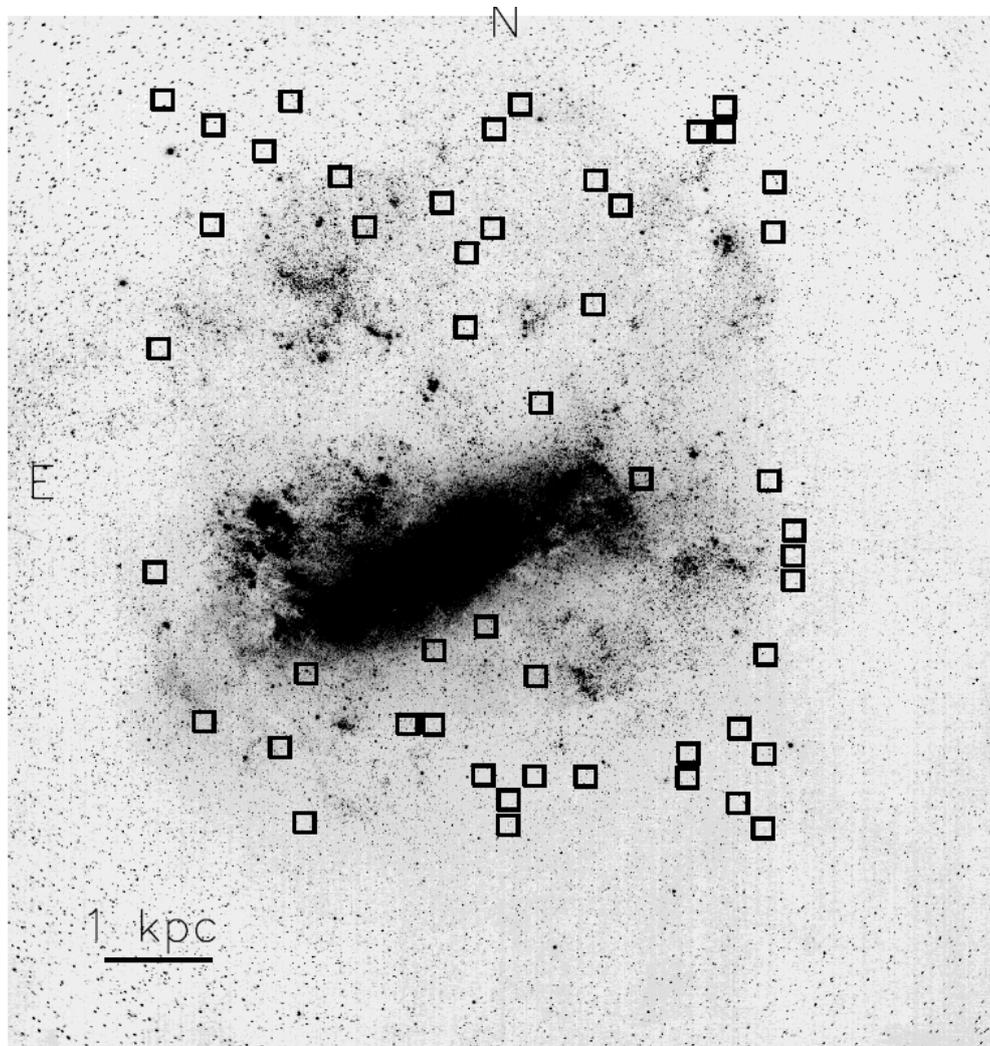


図1 LMC 観測点

3. データ解析

3. 1. 測光

3. 2. 測光較正

### 3. 3. RC 星の測定

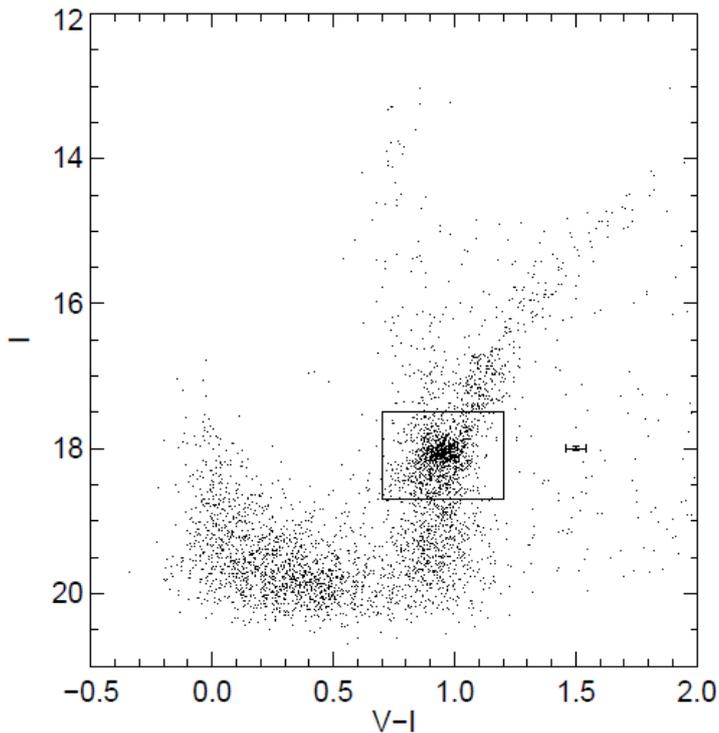


図2 四角は RC 領域。

- 1) I と V-I ヒストグラムを作る
- 2) それに、サビツキー・ゴレイフィルタを掛けて前処理する。
- 3) 2次式+ガウスでフィットする。
- 4) フィルター前のヒストグラムを使って、 $\chi^2$ を計算する。

—>

V-I:  $\chi^2/\nu = 1.3$

これより大きい $\chi^2$ を偶然得る確率は20%

I:  $\chi^2/\nu = 1.04$

これより大きい $\chi^2$ を偶然得る確率は35%

5) 領域毎の3-4観測の I, V-I 平均を取る。(V-I)<sub>0</sub>=0.92 を仮定して、E(B-V)、AI=1.4E(V-I)を求める。

6) 距離のエラー=測光較正(1%)+RCの赤化補正(2%)。年齢や金属量が領域毎に異なる影響は2%くらいはあるが、考慮しない。第四節参照。

### 3. 4. LMCの位置と形状

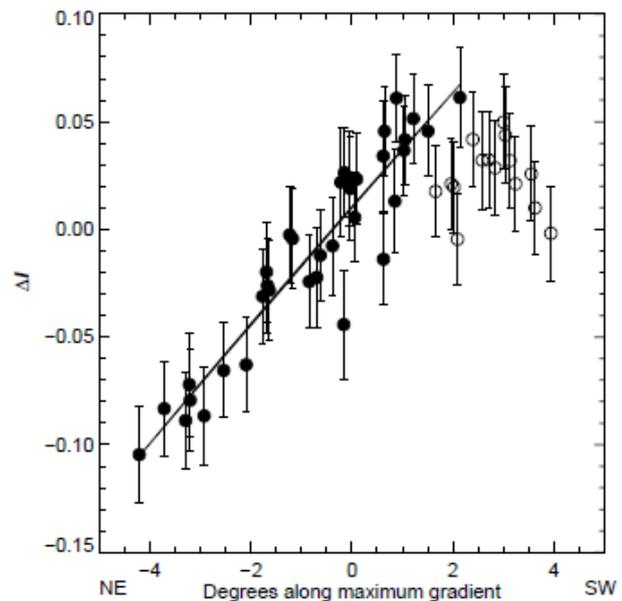
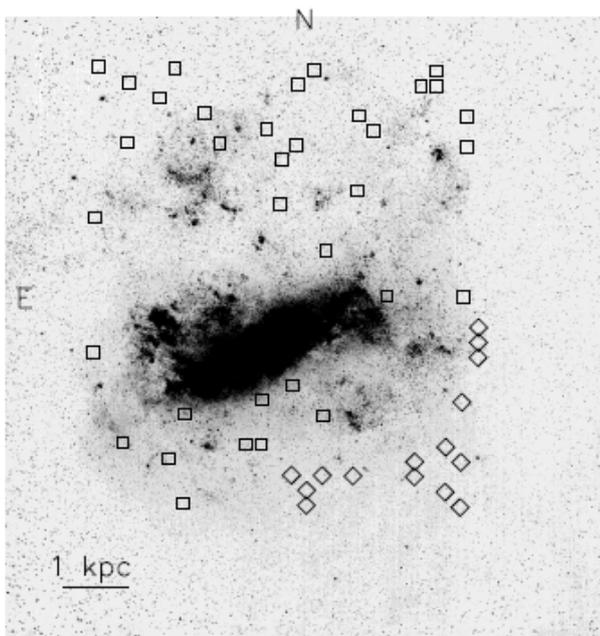


図3 ◇はNWのズレが大きい15点。右はノード線方向から見透かしたLMC。

Planar Coordinates Wesselink1959を採用。

中心は deVaucouleurs/Freeman 1972 を2000に直し、(05h19m38.0s, -69° 27' 05.2") J2000

I=0はフェースオン、 $\Theta$  は北から東へ測る。

全データ平面フィットから、 $I=24^\circ \pm 2^\circ$   $\Theta=149^\circ \pm 6^\circ$   
Cadwell/Coulson 1986 Cepheids 分布は、28.6 142.4

$\chi^2/\nu = 1.4$  で偶然この大きさに達する確率は2%でフィットは良くない。

SW方向がこっち向きに折れているのでその15点を除くと、 $I=35.8^\circ \pm 2.4^\circ$   $\Theta=145^\circ \pm 4^\circ$

Marel/Cioni 2001 34.7 122.5

$\chi^2/\nu = 0.62$  これより大きい値に偶然なる確率は96%でフィットは大変良い。

その15点だけをフィットすると、 $I=14^\circ \pm 9^\circ$   $\Theta=280^\circ \pm 47^\circ$

$\chi^2/\nu = 0.5$  これより大きい値に偶然なる確率は94%でフィットは大変良い。

LMC ディスクはWARPLしている。

#### 4. 議論

Cadwell/Coulson 1986 と Marel/Cioni 2001 の違いはWARPLしているディスクの違う領域からサンプルを集めたためであろう。しかし、システムティックエラーがワープに見えた可能性も残る。

以下にエラーを検討する。

##### 4. 1. 較正エラー

測光ゼロ点と大気減光係数の安定性から、測光較正精度は1%以下である。

実際、領域毎に領域平均との毎晩の等級差をプロットしても1%以下が確かめられた。

##### 4. 2. 赤化

もし、SWの15点でE(V-I)を、他より0.07等実際より過大に見積もっていたら、図3の結果、つまりSWが近い、が出てくる。

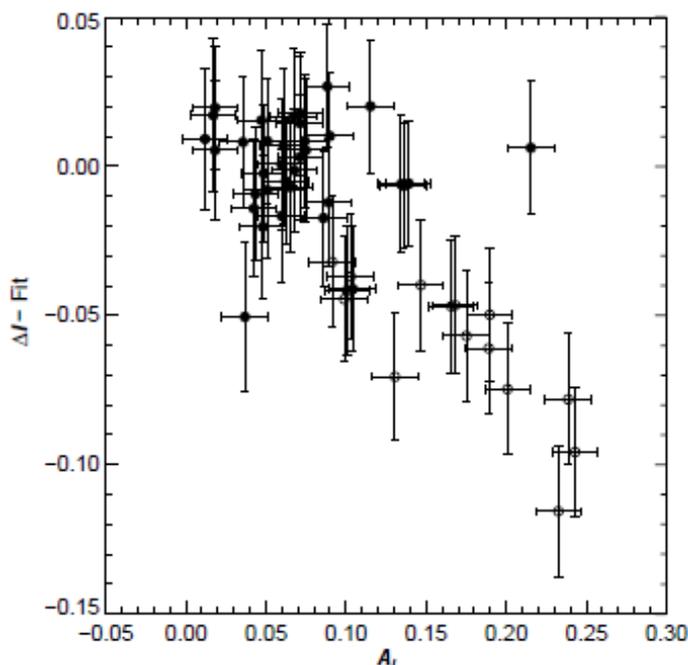


図5  
横軸:  $A_I$   
縦軸: フィット平面との距離指数差  
 $I(\text{フィット}) = 35^\circ$   
○ = SWの15点  
● = その他  
  
確かに、SWは $A_I$ が大で、しかも $A_I$ が大きいとフィット面とのずれも大きい。

。赤化の評価を間違えたかどうかを見るために、SWと残り領域それぞれの規格化ヘス図を作って、差し引いた。間違えていれば、CMDの他の特徴にもズレが現れるはず

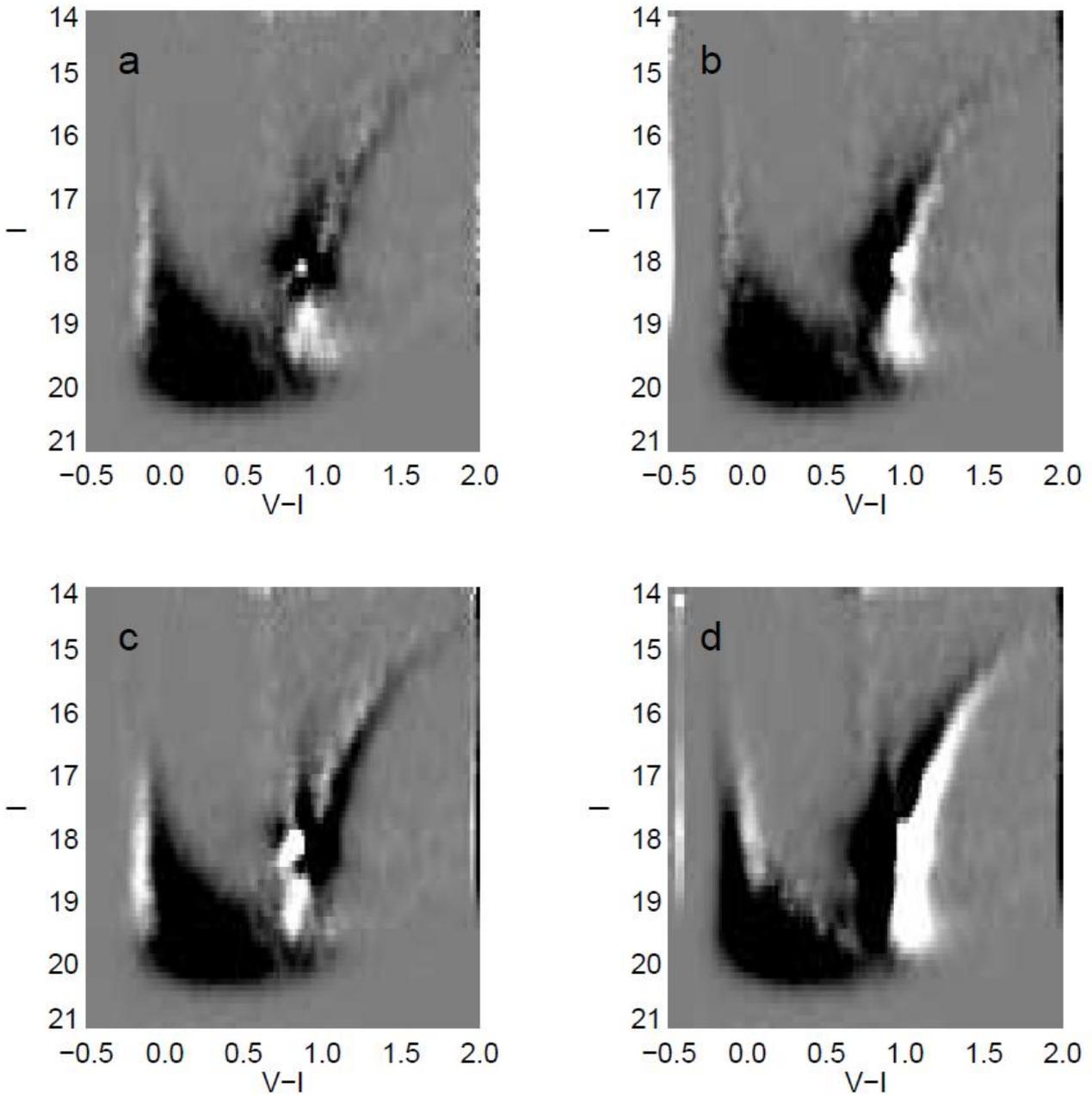


図6 SWと残り領域それぞれの規格化ヘス図の差。(a)そのまま (b)SWを(V-I)で0.02シフト  
 (c) SWを(V-I)で-0.02シフト (d) SWを(V-I)で0.08シフト 白はSWの方が高密度  
 図6を見ると、E(V-I)に0.02程度の誤差は許されるが0.07は含まれていないことが分かる。  
 したがって、赤化エラーはワープの原因ではない。では、なぜ、LMC平面からのずれとA(I)に相関がで  
 るのか？  
 COBE/DIRBE-IRAS/ISSAダストマップ(Schlegel et al. 1998)を見ると、SW付近は銀河系のA  
 (I)~0.3程度のダスト雲がかかっている。

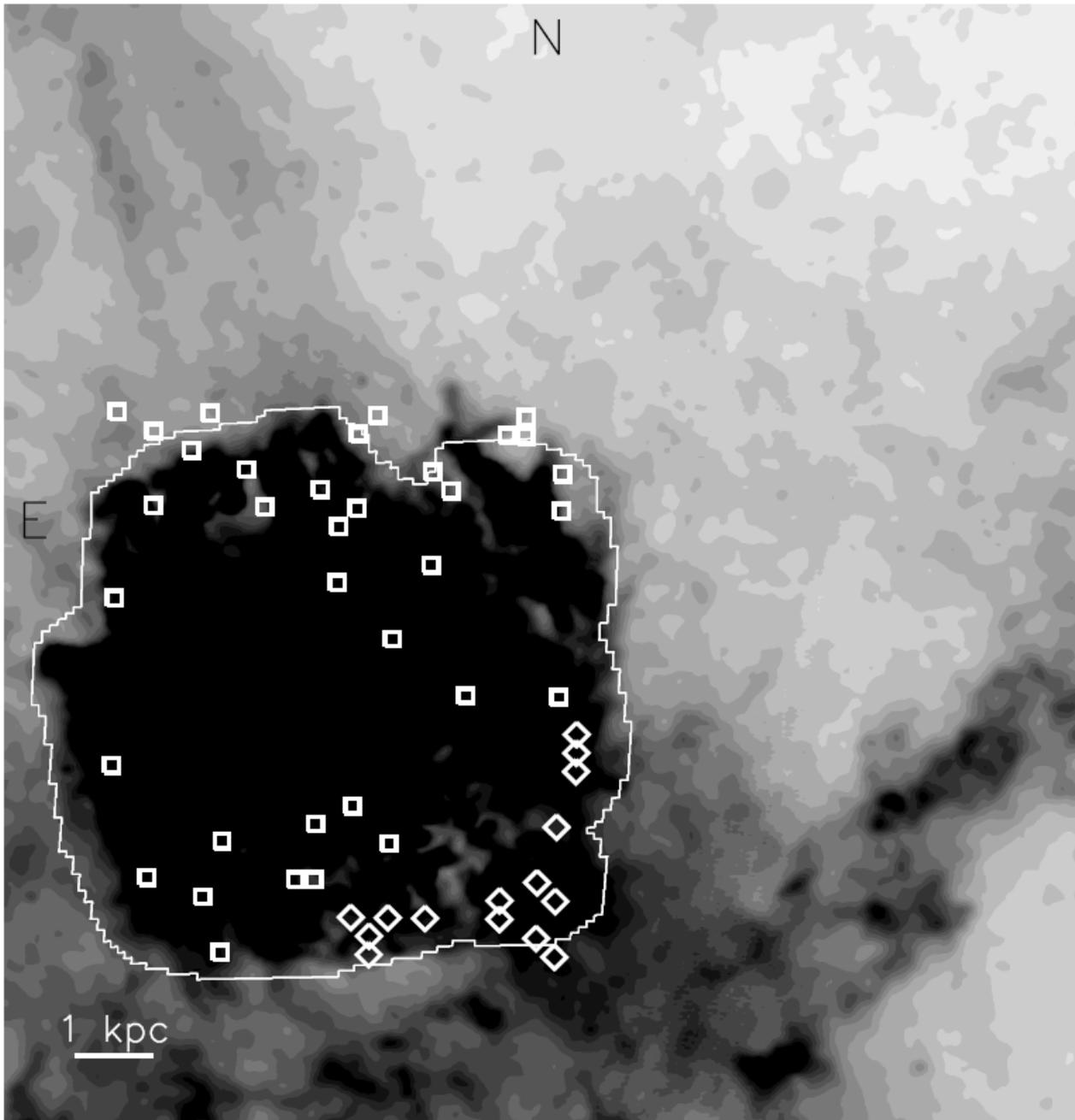


図7 COBE/DIRBE-IRAS/ISSAダストマップ(Schlegel et al. 1998) 白線内側はLMCで温度が異なるので不正確。LMCのSW端が高減光領域にかかっていることが分かる。

#### 4. 3. 年齢とメタル量

Girardi/Salaris2001, Cole1998 はRCへのメタル、年齢の影響が強いことを示した。

低メタル、若いRCは明るい。

Girardi/Salaris2001に習って、LMCのRC平均年齢=4Gy、

Pagel/Tautvaisiene et al.  $[Fe/H]=-0.6$

-->  $t=2\text{Gyr}$ か $[Fe/H]=-1.6$ にすると、 $M(I)$ は0.1等明るくなる。

$t=7\text{Gyr}$ か $[Fe/H]=-0.3$ にすると0.1等暗くなる。

--> SW ワープは他より低メタルか若いかなのために明るいか

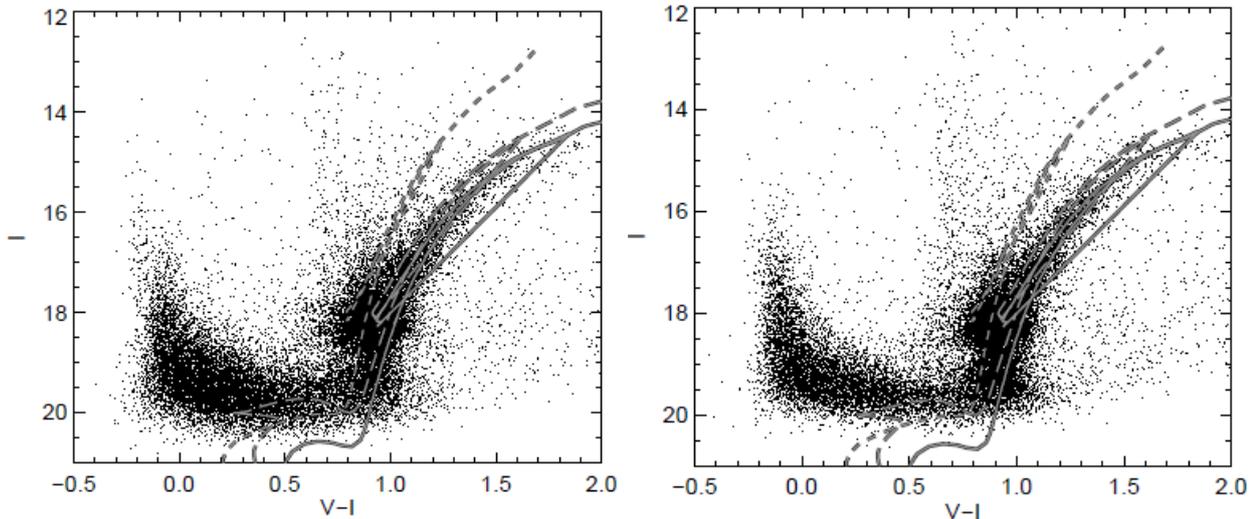


図8左 35領域の星を傾きと減光を補正して重ねたCMD。 図8右 SW15領域の合成CMD  
 実線は $t=4\text{Gyr}$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.6$  (G/S01)

長鎖線: $t=2\text{Gyr}$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.6$  短鎖線: $t=4\text{Gyr}$ ,  $[\text{Fe}/\text{H}] = -1.6$

左右のCMDが似ているのは種族が近いことを示す。

\* 右図は傾き補正をしないままで若い等時線と重ねるなら $t=2\text{Gyr}$ は結構いいんじゃないか？

とにかく

1. CMDの形が似てる。RGBの傾きが同じ
2. LMCでメタル量、年齢はあまり変わらない。

GS01は、Holtzman99のSFHとPage; / Tautvaiene98のメタル-年齢関係から

RC(バー)はRC(円盤)より0.01明るいだけ

我々もバーは円盤より2Gyr若い $< 0.03$ 等の変化しかない。

Smecker-Hane et al 2002 バーのRCはIで0.02等明るい。ただし、彼らの結果に、A(I)で周りより

0.04大きくし、距離を彼らの円盤より0.02近くすると、差し引きで0.04明るいことになる。

3. LMC微分回転は回転周期=270Myrで非拘束構造を壊す。2kpcサイズの構造が周りと違うメタル、年齢

を長く維持できない。

だからワープは実在である。

## 5. 結論

ワープは2kpcの巾で円盤から2.5kpc跳ね上がっている。

方向はSMCを向いている。

Gardiner / Noguchi 1996のモデルでは200Myr前にLMCとSMCが接近した。

しかし、Weinbergによると銀河系の作用かも知れない。