

# Carbon Stars and Other Luminous Stellar Populations in M33

Rowe, J.F., Richer, H.B., Brewer, J.P., Crabtree, D.R.

2005, AJ 129, 729-744

## 1. イントロ

C/M  $\leftrightarrow$  メタル Blanco, McCarthy 1983, Richer et al 1985, ... Growegen 2002

C/M  $\rightarrow$  銀河のメタル勾配。Zaritsky's star-forming viscous disk model 1992

$\Rightarrow$  回転曲線が平坦になるとメタル勾配に変化。

AGB = 1-10 Gyr で relaxed subsystem in galaxy? Nowotny et al 2001

$\rightarrow$  AGB は 銀河の中間年齢での星形成を記録している。

マイナーマージャーの歴史も探れる。

FNPS = a four band photometric system Richer group, Aaronson 開発

M33 を遠くまで探って潮汐作用があるか、

例えば最近発見された MW の潮汐リングは F 型星の超過探索から。Newberg et al 2002, Ibata et al 2003

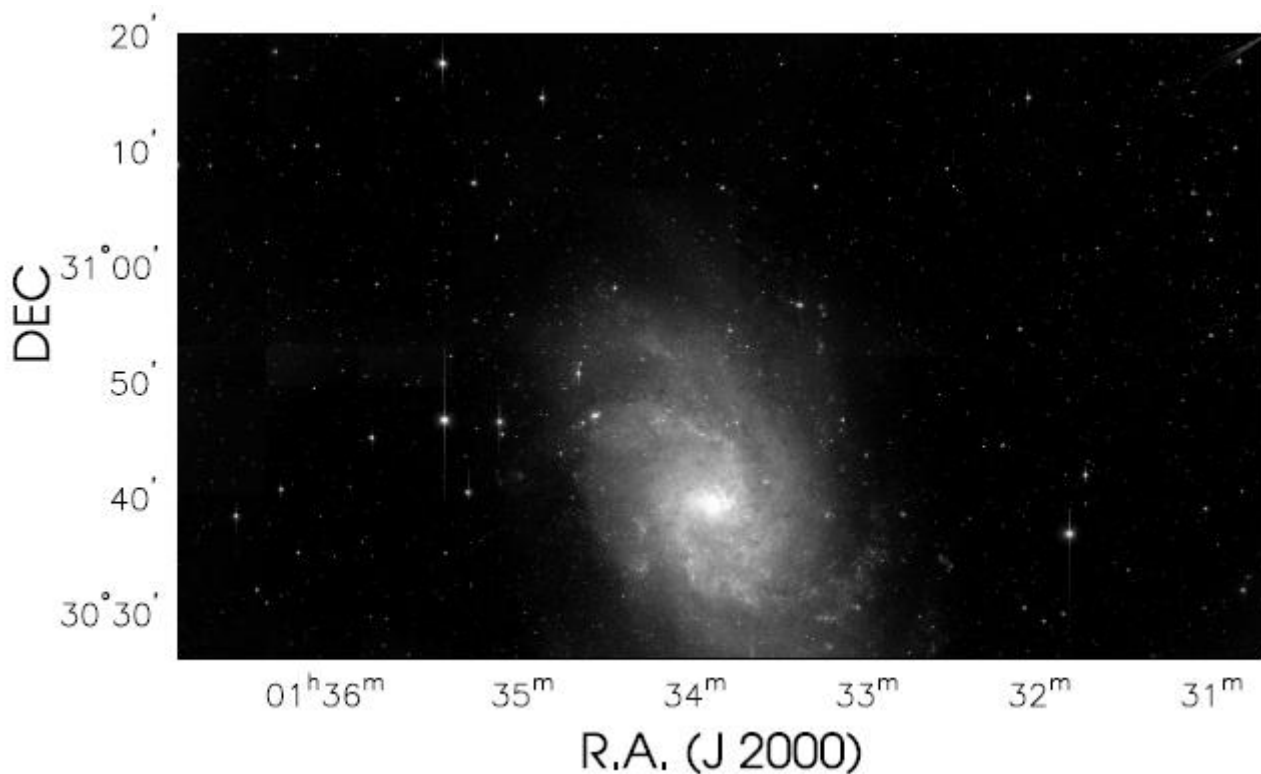


図1 Vバンド(CFHT)

## 2. 観測 1999-2000

CFHT +12 MIT/LL 228x8192 CCD  $\rightarrow$  42'x28'  $\rightarrow$  80'x50' を撮像

## 3. データ処理

測光データは electronic edition of AJ にある。

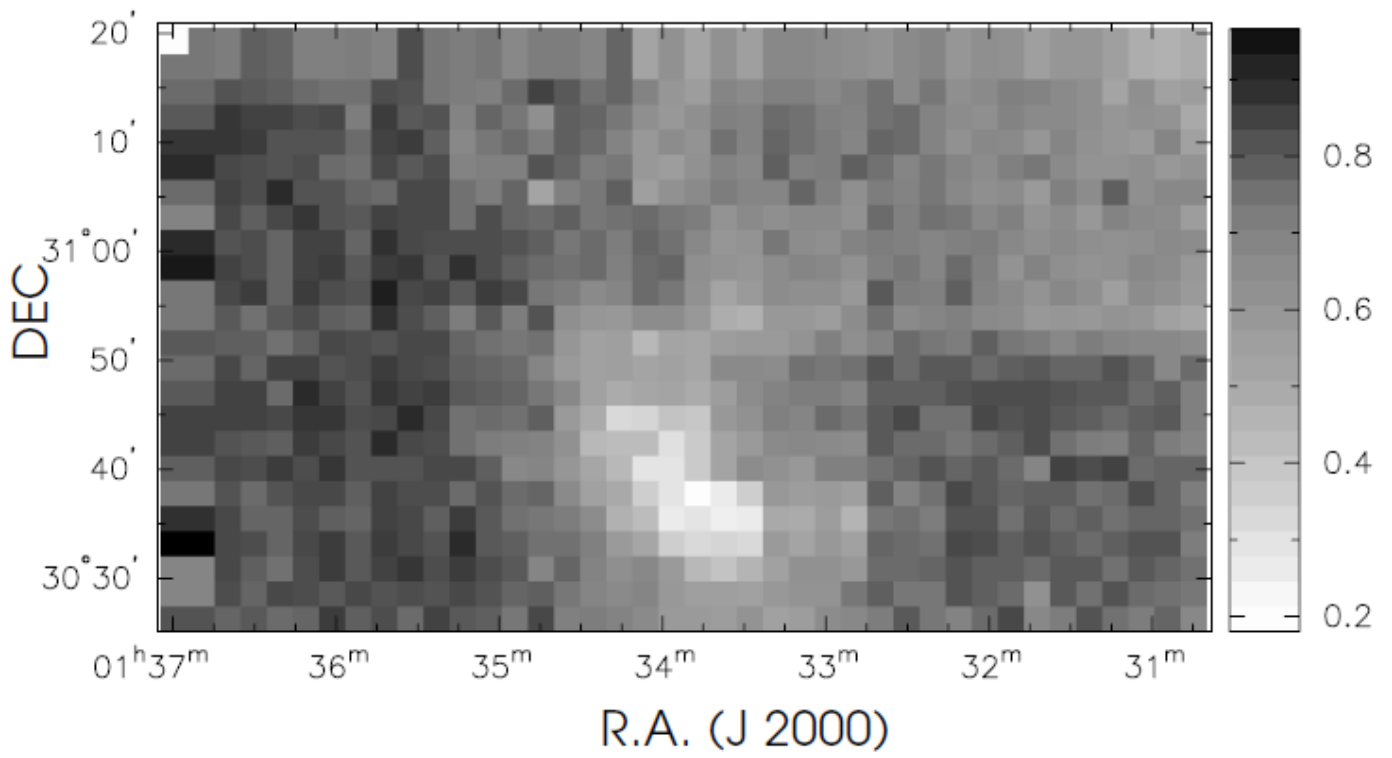


図2 完全度マップ 等級は？

#### 4. 結果

##### 4. 1. 星カウント

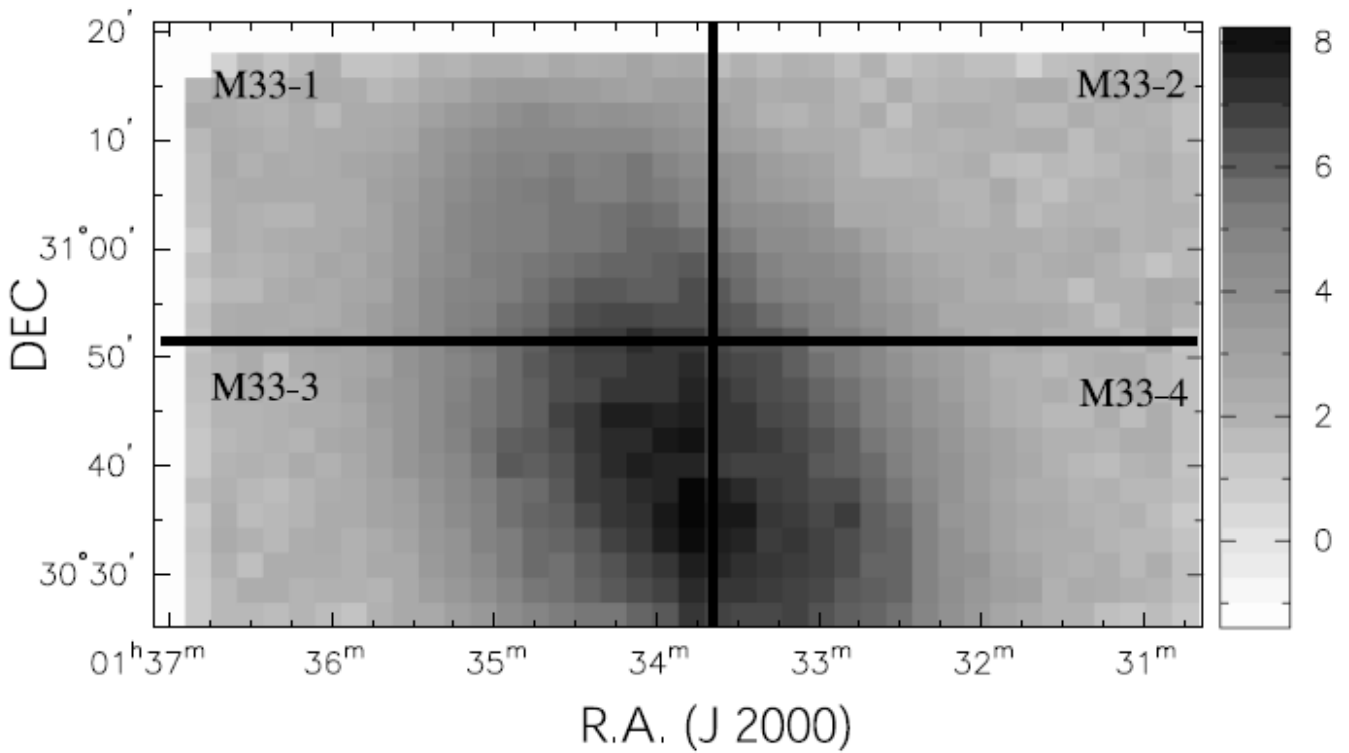


図5 観測星全てのマップ

星の分布はかなり平坦に見える。M31 (Ferguson et al 2002) などとは対照的。

ストリームを検出したい。 Vivas,Zirin2003 C 星、RRLyr の分布からSagmdwarfの尾を検出  
 Odenkirchen et al Pal5 の 尾

#### 4. 2. CMD

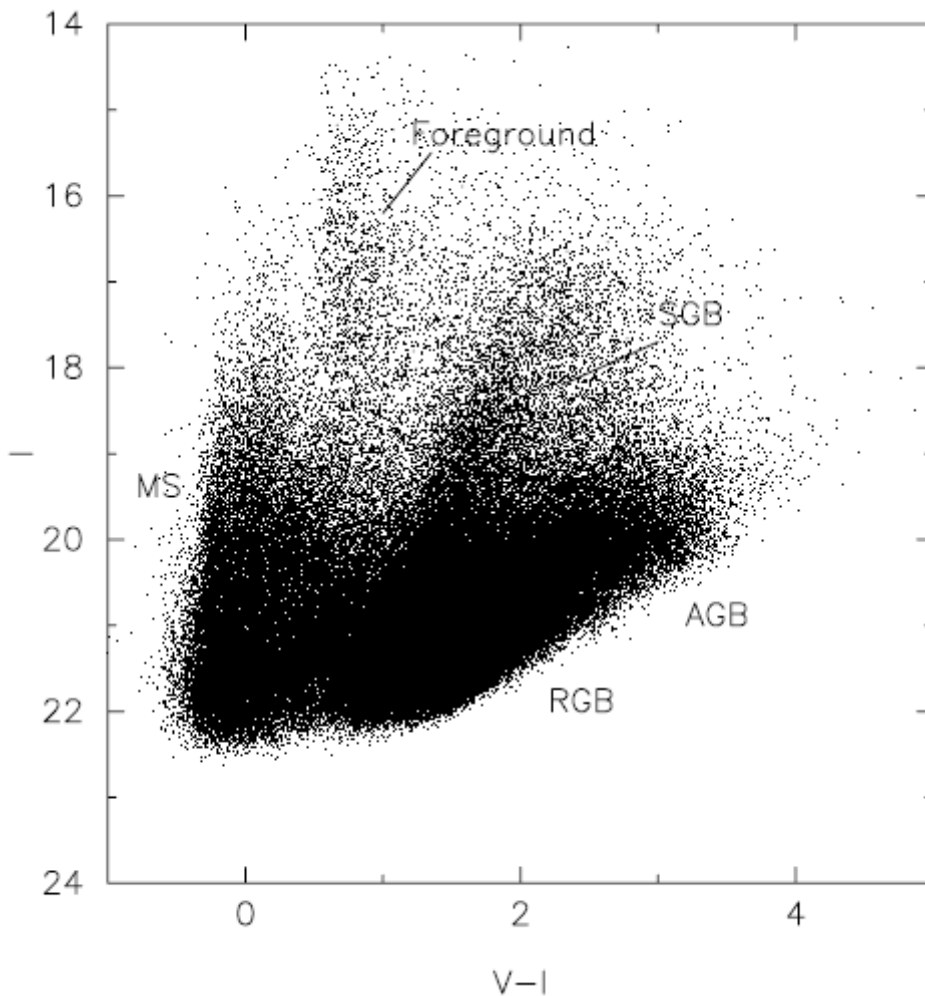


図 6 M33,  $Err(V-I) < 0.05$ の星のCMD 右下、Vによるカットで赤い星に制限がある。

CMDには、MS, SGB, RGB, AGBが区別できる。

MS  $-0.5 < V-I < 0.35$  の垂直なバンド。若い明るい青い星で、最近の星形成を示す。

$t = 6.31 \times 10^7$  yrの等時線 (Girardi2000) と  $DM = 24.64$  から、MSTップで、 $M = 5.8 M_{\odot}$  ( $Z = 0.008$ )

RedSGB  $V-I = 2, V > 19$

RGB  $V-I = 1.5, V = 22.5$  の塊

AGB  $V-I > 2, V < 21$

前景  $V-I = 0.8$ の垂直なバンド

#### 4. 3. CMDで選んだ星のカウント

Klypin et al 1999, Moore et al 1999 降着サブハローは以前考えられたより長く持続する。

M33やMWIには数百のコアが存在しているだろう。

——> 種族毎に分布を調べてみる。

主系列星 (V-I) < 0.35 最近のSFを反映する若い星種族

図1に見えた腕は明るい主系列星で良くたどれる。

図7の下は  $15 < V < 22$  の主系列星を選び、検出率補正した。

このマップは  $M > 6M_{\odot}$  の星を網羅しているはず——>腕はOK. 中心部はダメ。

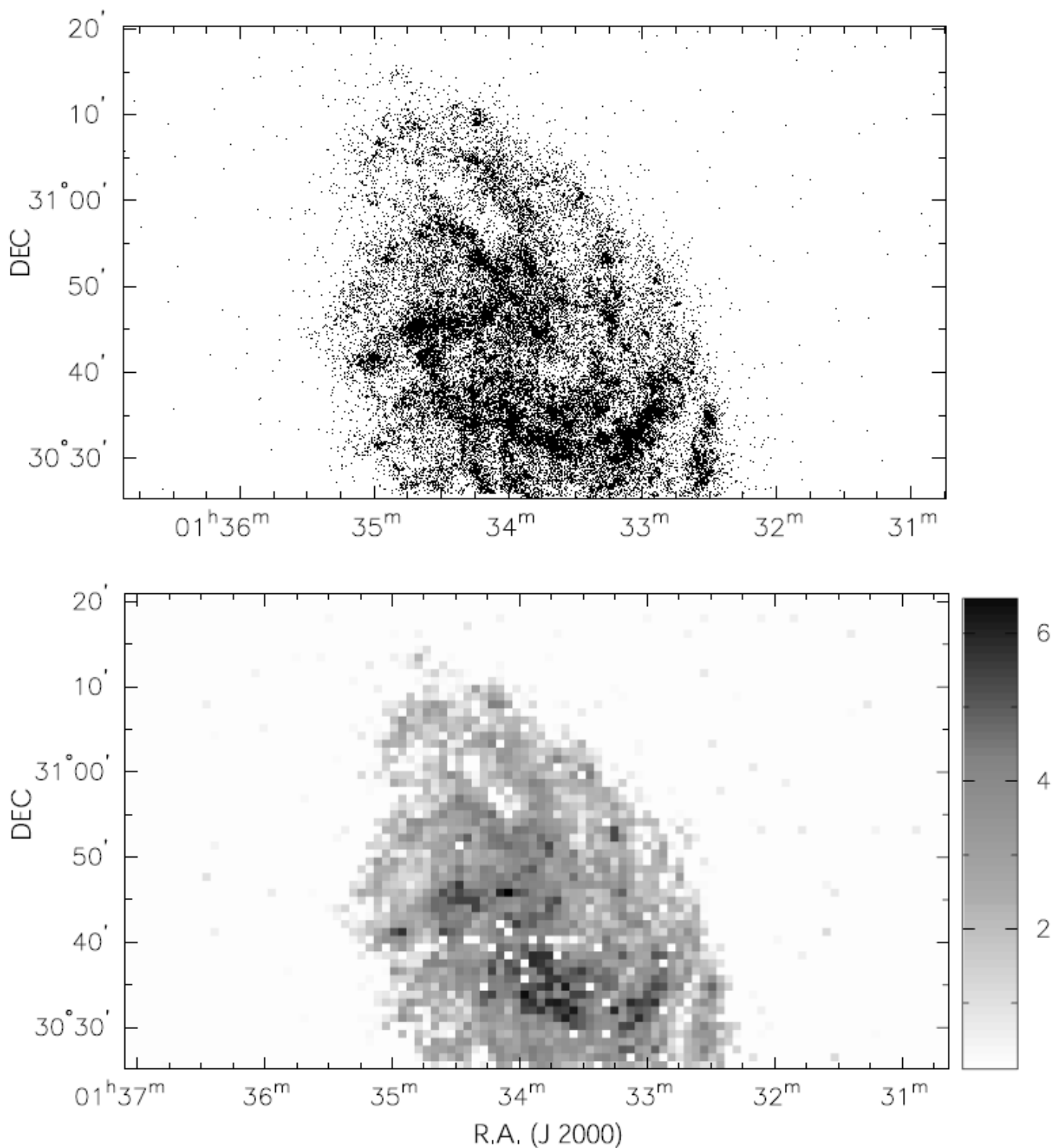


図7.  $V-I < 0.35$ の星全て。上図中心部は込み過ぎで抜けている。

下図は  $15 < V < 22$  で検出率補正。  $\ln(\text{星数}/\text{arcsec}^2)$

超巨星(SGB)

$$V < 21.75, \quad 1.2 < V-I$$

比較的若い( $T < 1 \text{ Gyr}$ )。SGBマップは一面に広がる前景の赤色矮星で乱されている。

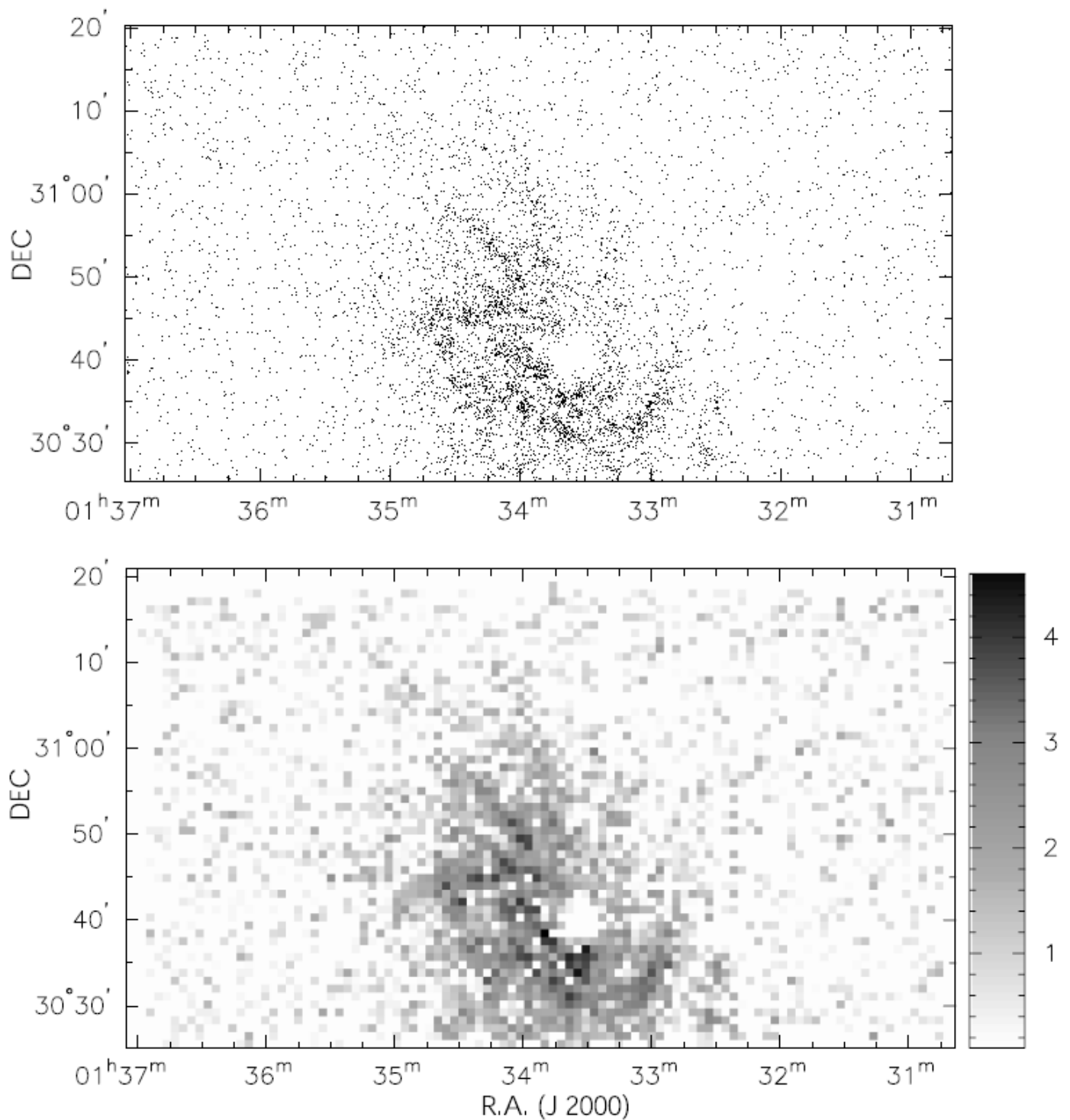


図8. M33の超巨星分布。(V-I) > 1.2、 V < 21.1 検出率補正済み。スケールは  $\ln(\text{星数}/\text{arcsec}^2)$

AGB 星 分布に構造は見えない。 ==> 右上部は腕？ 他も結構見える。

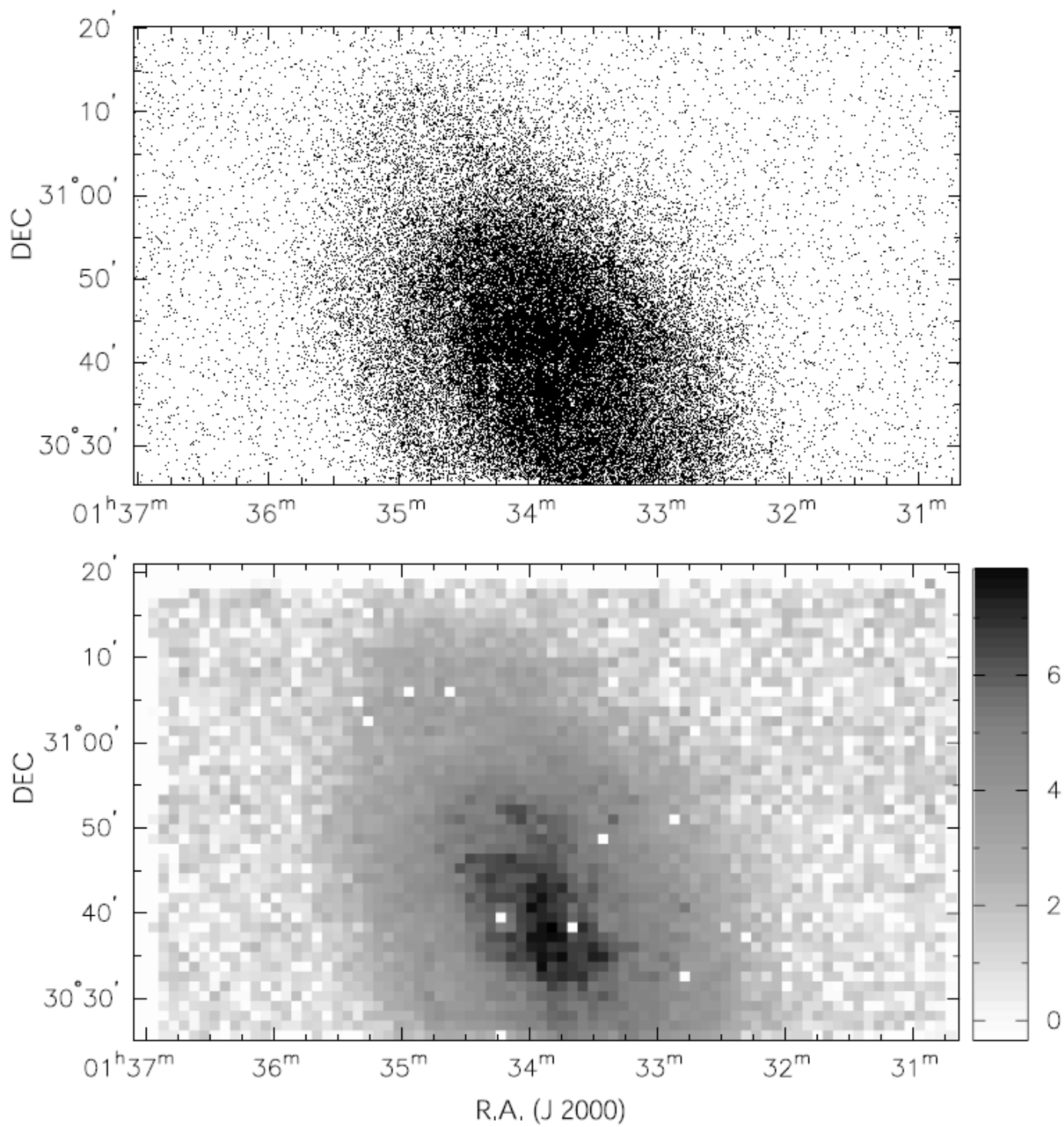


図9 M33 AGB星の分布。V-I>2.0, 19<I<21 下図は検出率補正。

#### 4. 4. 2色図

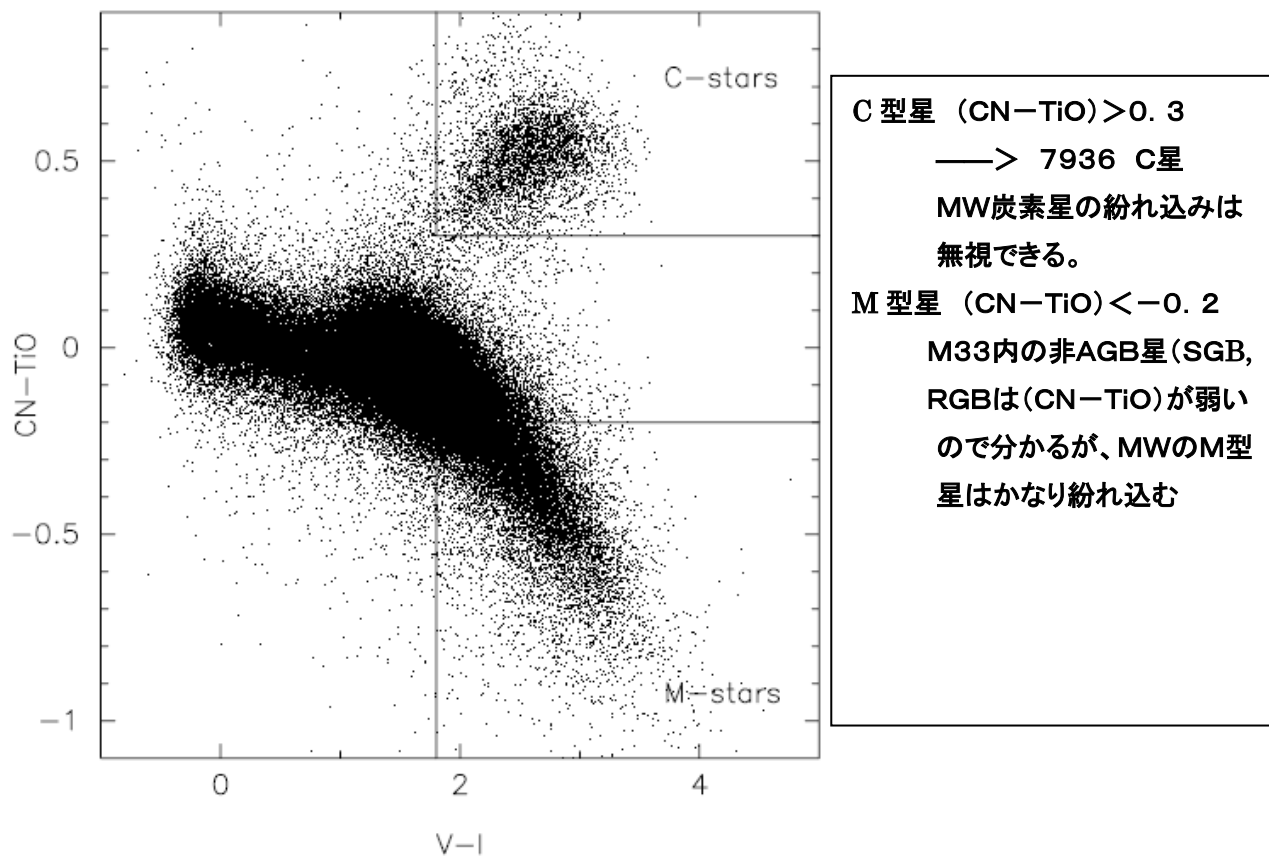


図10. 2色図。MとCの間にS型星？

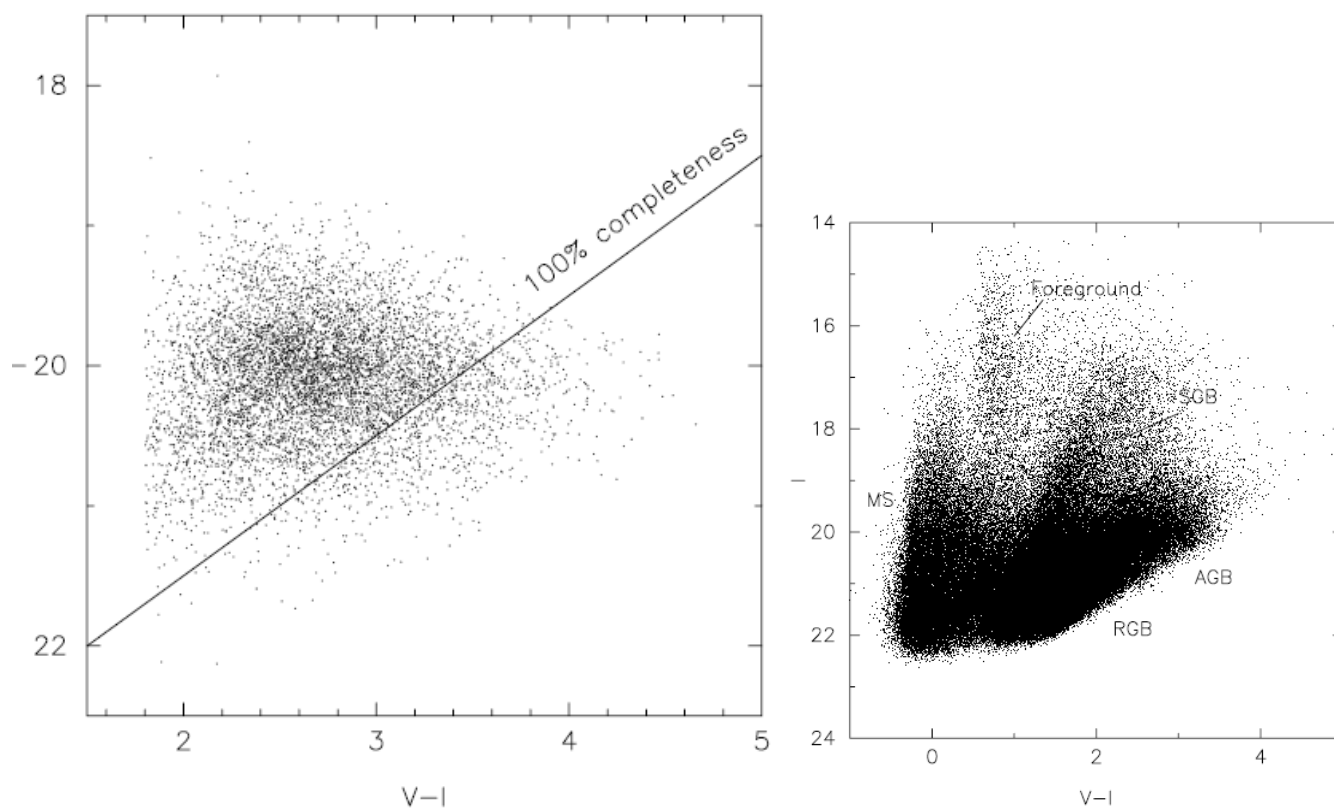


図11. 炭素星のCMD

参考に全体のCMD(図6)

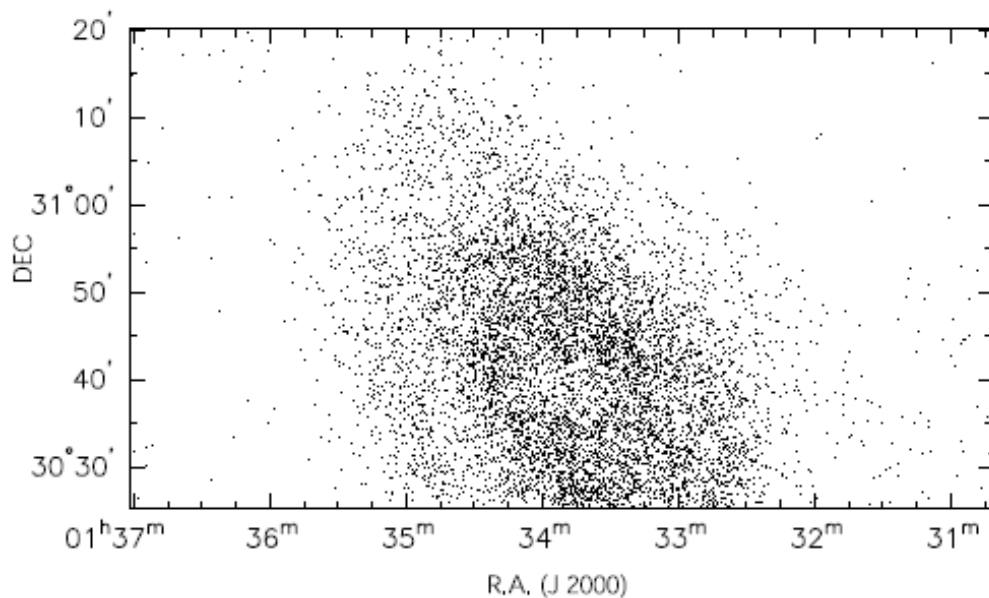


図13 C星分布 弱い腕構造が見える。――>本当？AGB星の図9の方がよく見えた。

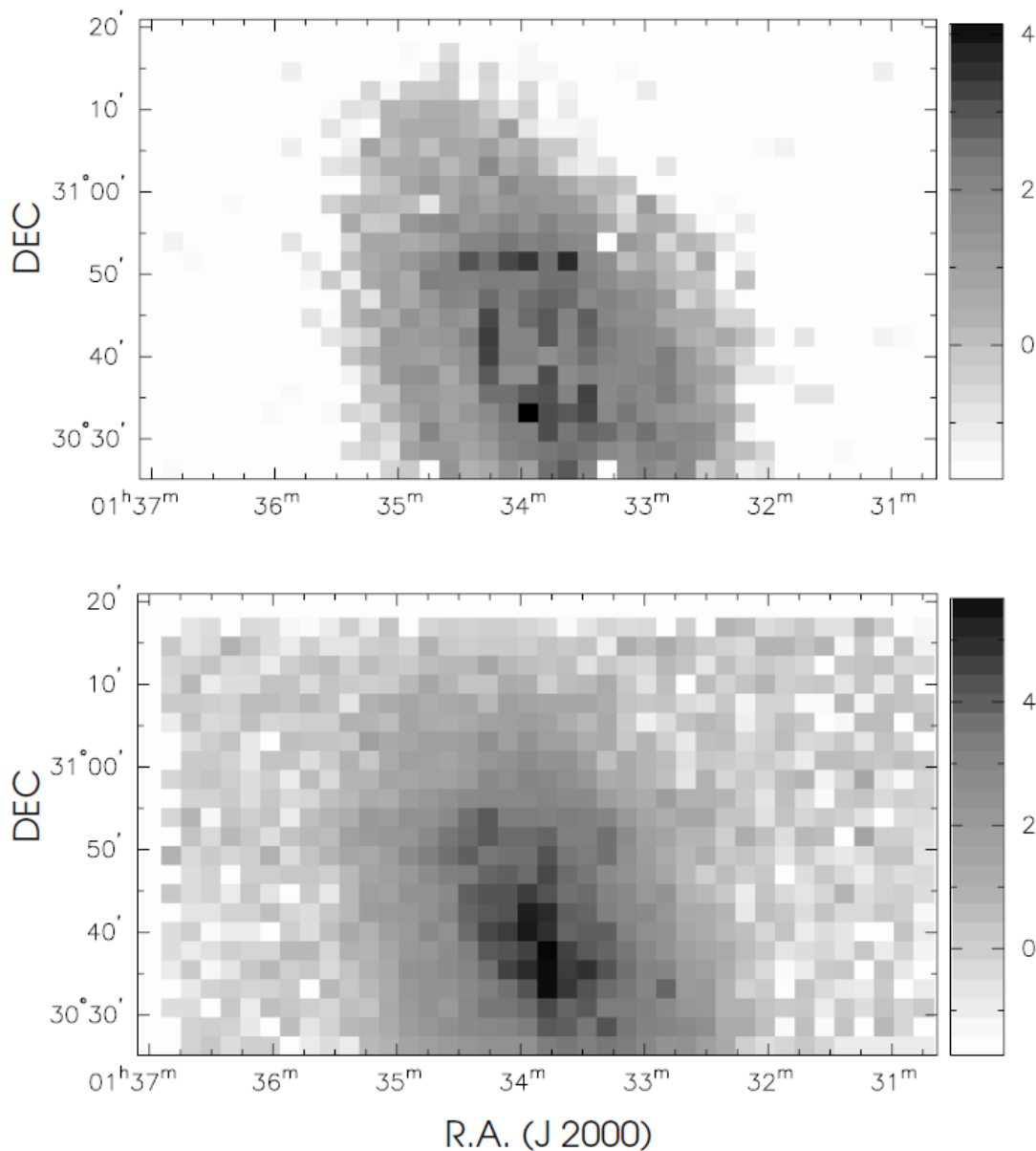


図 14 上=炭素星、下=M型星 検出率補正済み。Block et al 2004の中心から14'のすごいC星のアーキは見えない。炭素星が真ん中窪んで、M型星と入れ子に見える。



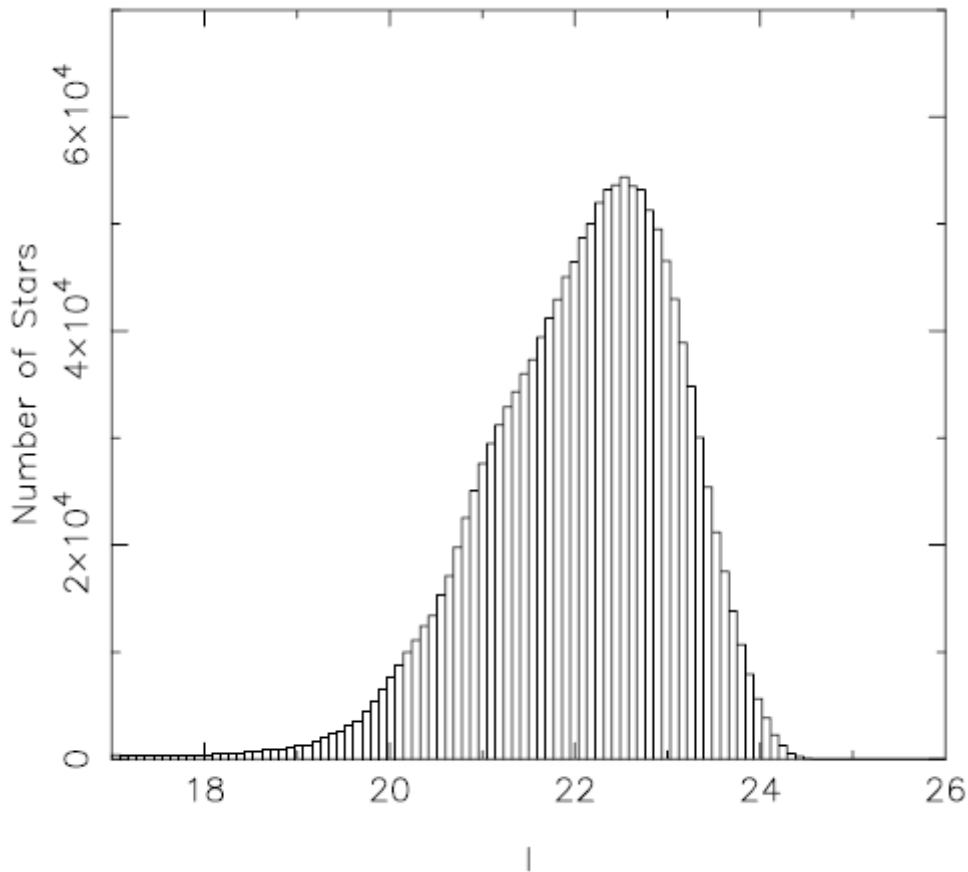


図12 I=22から下がる。

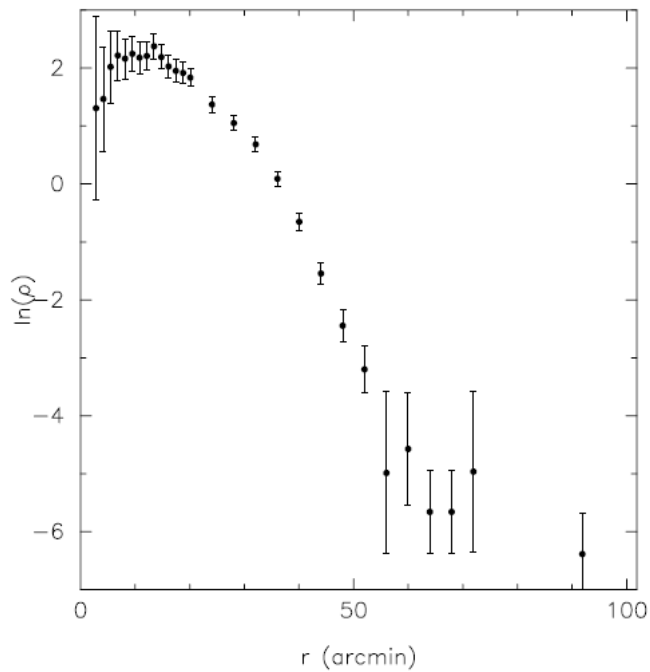


図15 炭素星の半径分布。Tilt補正

R < 15' で平坦。

15' < R < 50' 落ちる。

50' < R < 70' 平坦

本当？炭素星は中心おちてない？検出率の効果？

4. 5. 3. メタル量勾配

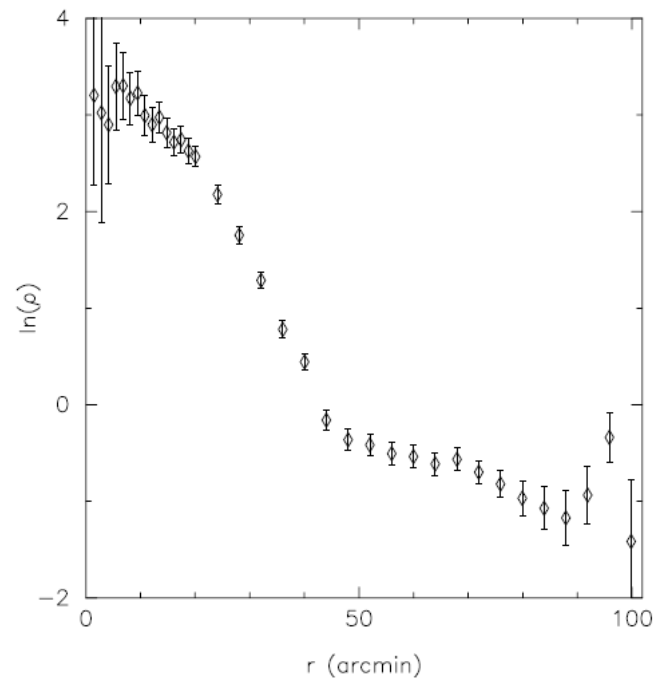


図16 M型星の半径分布

R < 20' 緩く下がる

20' < R < 40' 急な落下

45' < RではMWの星のため平らになる。

M型星の前景分=0.55星/Arcmin<sup>2</sup>を引いてC/M比を算出する。

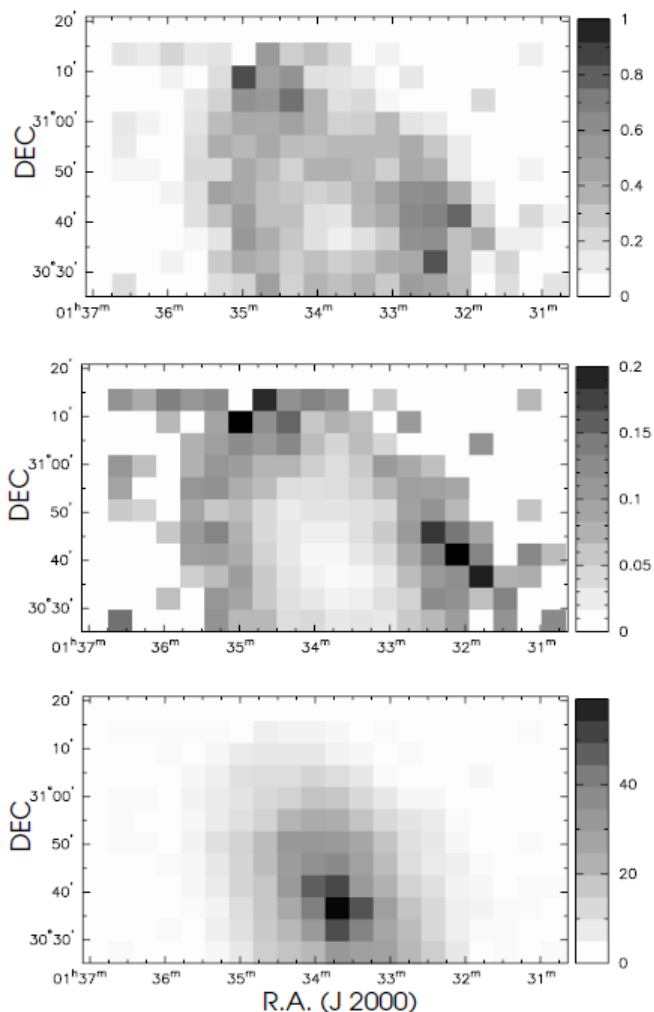
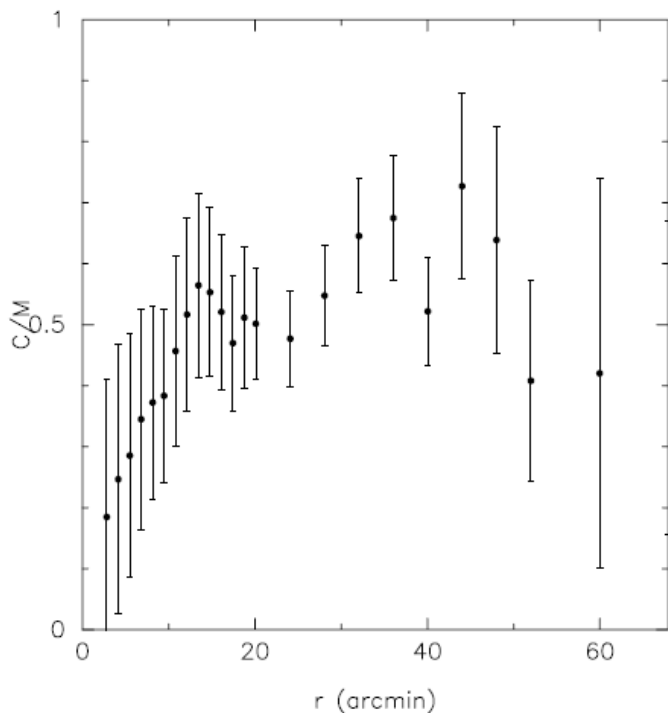


図17. C/M比。1' = 0.25 kpc

R=12'まで比は上昇。その先は平坦

——> 中心部で高メタル。周辺は低メタル。

この結果は粘性円盤形成モデル(Zaritsky 1992)と一致する。

回転曲線	内側	剛体回転	外側	平坦(ダークマター支配)
		微分回転なし		回転のずれ
		粘性流起きない		動径方向の流れ
		メタル量勾配		メタル量勾配消える

21cm

R > 10' - 15' で回転平坦化

図18 上=C/Mマップ 中=エラー 下=S/N比

図18のC/Mは、銀河が低メタルのリングに囲まれているかのように見える。

MWも同じ。(Ibata 2003) アームの延長か？

シミュレーション(Navarro/Steinmetz 1997)でもそうなる。

高C/M比領域はリアルか？

図18トップには高C/M=0.5と0.6の2か所がある。Blockの炭素星リングと位置が重なる。

ここが、単に低メタル腕の延長か？

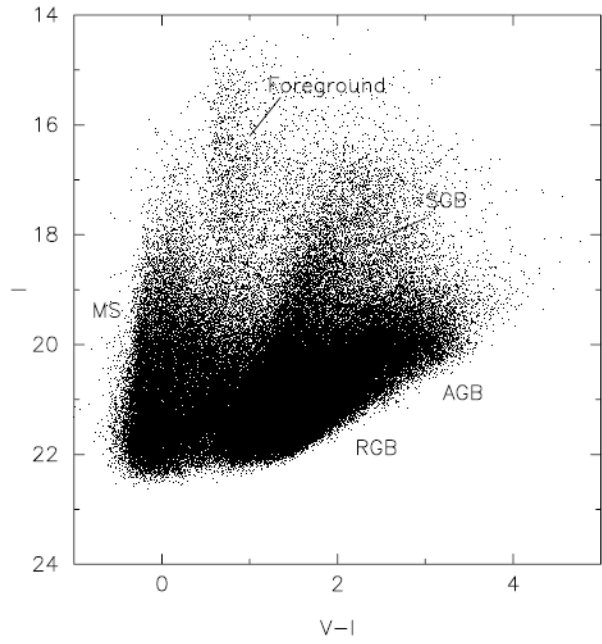
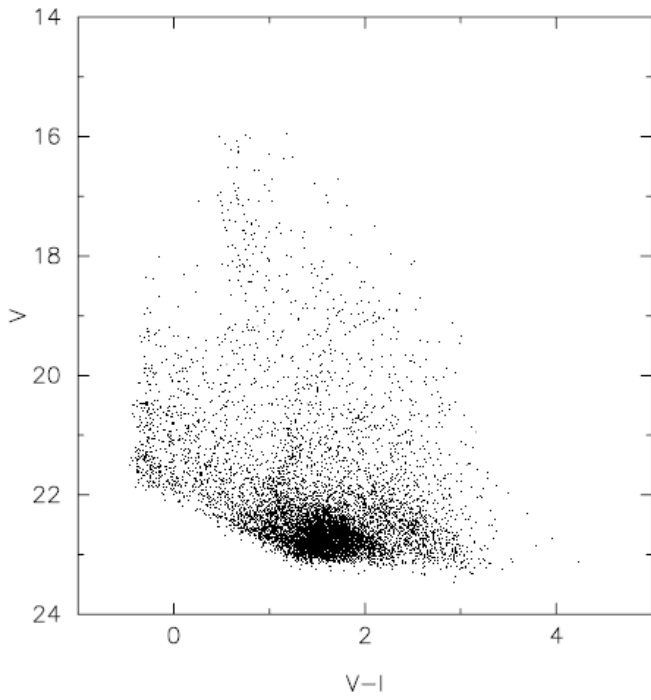


図19 腕の端10'四方のCMD  
特に変な形はしていない。

参考 全体。縦軸が異なる。

#### 4. 6. 炭素星光度関数

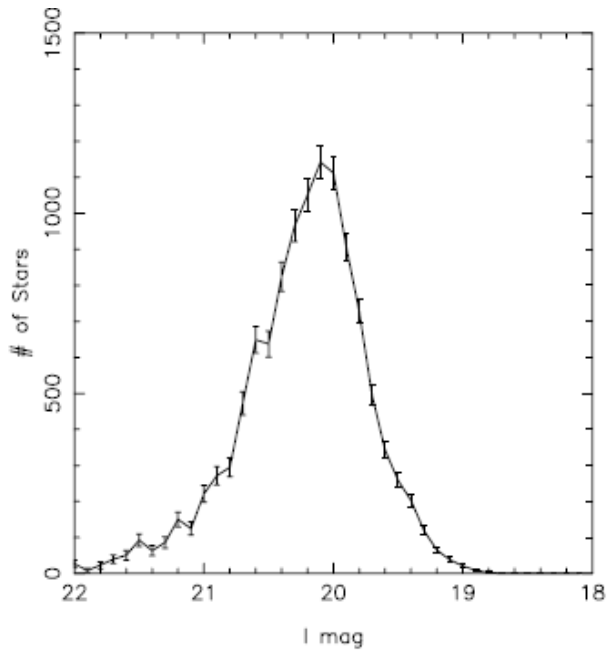
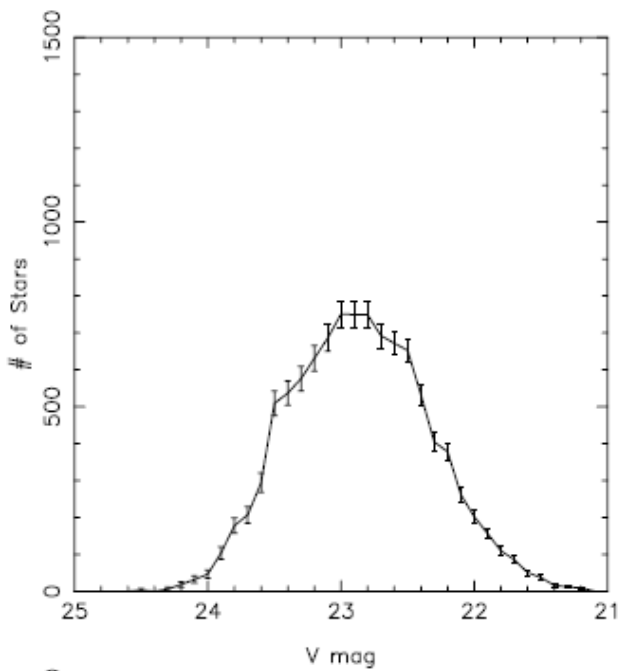
$$M_{bol} = I + BC - 24.64$$

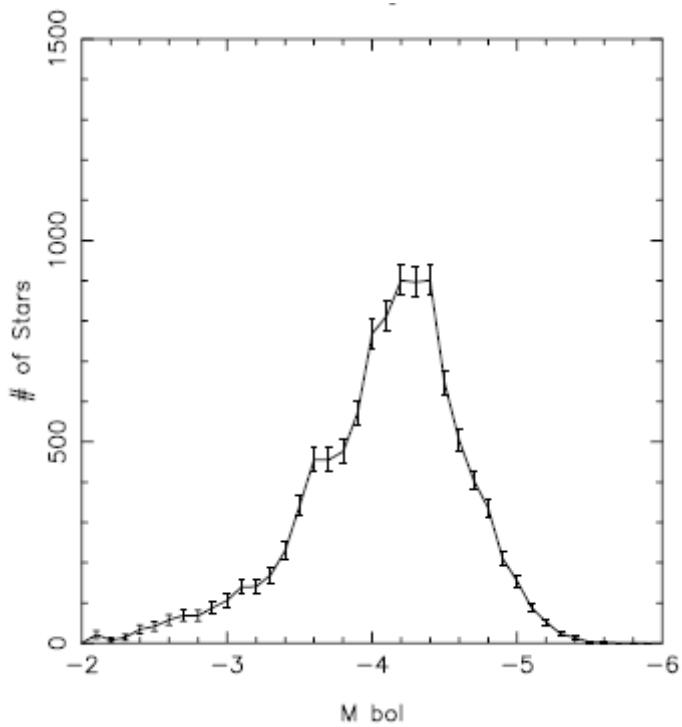
$$BC = 0.3 + 0.38(V-I) - 0.14(V-I)^2$$

Gro2002によると、 $\langle M_{bol} \rangle$ は大体一定。 $[Fe/H]$ の影響はない。

違いが出るのはC星の暗い方で検出不完全か、中間年齢を欠くとき。

M33では $\langle M_{bol} \rangle = -4.2 \pm 0.1$  M31, SMC(-4.1) と一致。





## 5. まとめ

1. 主系列星と超巨星の腕状分布 でも、図を見せただけで解析からほど遠い
2. AGB星分布は広がっている。かすかに腕パターン こちらも銀河構造との関連解析なし
3. M31やMWで見つかった小さな塊(落下痕)はM33にない
4. C/M比の動径変化はメタル量の変化で説明できる。
5. C/Mが平坦になる点は回転速度平坦化の点と一致する。粘性流円盤を支持。
6. M33のまわりにC/Mが高い低メタル円盤があるらしい。
7. 高C/M領域が2か所ある。腕の終端に一致。ここで低メタルかどうか、検証必要。