

MOIRCSによる 53W002 $z = 2.4$ 原始銀河団の近赤外線撮像観測

愛媛大学 M1 相田 優
銀河 30B

平成 24 年 8 月 30 日

概要

これまでの研究から、近傍の銀河団中の楕円銀河は比較的古い星から構成されており、これらの年齢を推定すると、 $z > 2$ で形成されたものが多いと推測されている。したがって、銀河団における銀河の形成・進化の理解には、 $z > 2$ の原始銀河団を直接観測することが重要であると考えられる。 $z = 2.4$ の電波銀河 53W002 の周辺領域は、同じ $z = 2.4$ の Ly α emitter が多数見つかったり、数少ない $z > 2$ の原始銀河団のひとつである。本研究では、すばる望遠鏡および近赤外広視野撮像分光装置 MOIRCS で観測された 53W002 領域の JHK3 バンドの近赤外撮像データを処理・解析して、 $z = 2.4$ の大質量銀河の探査を試みた。講演では、近赤外線のカラーで選ばれた $z = 2.4$ の大質量銀河候補天体の空間分布や色等級分布について議論する。

1 Introduction

近傍の銀河団中の楕円銀河は比較的古い星から構成されており、これらの銀河は $z > 2$ で形成されたものが多いと推測されている。このことから、銀河団における銀河の形成・進化の理解には、 $z > 2$ の原始銀河団を直接観測することが重要であるといえる。

今回探査の対象とした領域は、 $z = 2.4$ の電波銀河 53W002 領域である。過去の研究から、狭帯域フィルターを用いて行われた撮像観測で、電波銀河と同じ redshift に多数の Lyman alpha 輝線銀河 (LAE) が発見されている、原始銀河団領域であるとわかっている (Pascarelle et al. 1996, ApJ,

456, L21; Keel et al. 1999, AJ, 118, 2547)。LAE は一般に星質量が小さく、比較的年齢が若いので、近傍銀河団を代表する大質量銀河との関係は必ずしも明らかとはいえない。LAE などで見逃されている大質量銀河種族の探査には、近赤外線観測が有効である。そこで本研究では、すばる望遠鏡および多天体近赤外撮像分光装置 MOIRCS で観測された 53W002 領域の JHK_s 3 バンドの近赤外撮像データを処理・解析して、 $z = 2.4$ の大質量銀河の探査を試みた。

2 Data & source detection

データは、MOIRCS 1 視野 ($4' \times 7'$) を JHK_s 3 バンドで観測されたものを使用した。データ処理は、標準的な reduction に加え、fringe pattern の除去と、一度足し合わせた画像から、天体マスクを作成した。夕方の観測であったため特にフリンジの影響が大きく、これを取り除く工程を加えることで、より暗い天体まで解析できるようになった。最終足し合わせ画像は、 K_s バンドでは Figure 1 のようになった。天体検出は SExtractor を用いて K_s バンド上でを行い、 K_s バンドの全等級は SExtractor の MAG AUTO を使用した。カラー測定は PSF 合わせ後の画像 ($0.5''$ FWHM) 上で $0.9''\phi$ のアパーチャーを用いた。今回のデータ処理で得られた各バンドにおける限界等級は、Table 1 を参照。

3 Sample

$z = 2.4$ の Balmer break 銀河を選び出すため、 JHK_s のカラーを用いて選出する方法 (Kajisawa et al. 2006, MNRAS, 371, 577) を採用した。 $z = 2.4$ の銀河では、Balmer break によって J バンドが H 、 K_s バンドに比べて相対的に暗くなる (Figure 2)。その結果、二色図上で $H - K_s$ が比較的青いものに対して $J - K_s$ は赤いという特徴的な分布になる。この分布を用いて $z = 2.4$ の銀河だけを選出する。ただし、星の年齢が非常に若い (例えば 10 Myr 程度) 銀河は、SED に現れる Balmer break が非常に弱くなるので、この選択法では見逃しやすい。以上より、選出条件に

$$J - K > 2(H - K) + 0.5$$

$$J - K > 1.5$$

を用いると、 JHK 銀河 28 個を選出することができた (Figure 3)。

説明した選択法で実際に $z = 2.4$ の銀河を選出できるか、GOODS-N 領域における $K_s < 22$ の銀河に対して、同様の JHK_s 3 バンドでの色選択を行って得たカタログの測光 赤方偏移の分布 (Kajisawa et al. 2011, PASJ, 63S, 379K) を見ると、Figure 4 のようになった。Figure 4 より、 $z = 2.4$ あたりの銀河を中心に選択されており、特に $z < 2$ の銀河のコンタミが非常に少ないことがわかる。これより、今回の解析においても同様の赤方偏移範囲の銀河を選択していると期待できる。

4 Results

4.1 色等級図

色選択から得られた $z = 2.4$ の銀河の色等級分布を調べると、Figure 5 のようになった。電波銀河と同程度の $J - K_s$ カラーをもち、 K_s 等級では電波銀河より 1-2 mag 程度暗い箇所に、銀河の一団が見られる。さらに K_s 等級が暗いところでは、電波銀河より青いカラーの銀河が数多く見られる。以降、 $J - K_s < 2.0$ の銀河を”電波銀河より青い銀河”とする。電波銀河 53W002 本体は今回の色選択からはずれているが、これは AGN 起源の強い輝線が J, H, K_s バンドそれぞれに含まれており、その影響が効いている可能性がある。

4.2 空間分布

色選択された銀河の空間分布をみると、Figure 6 のようになった。電波銀河と同程度あるいはそれ以上に赤い $J - K_s$ カラーをもつ銀河は、電波銀河が存在する視野右半分に偏って分布しているように見える。一方で、電波銀河より青い銀河は広範囲にばらついて分布しているといえる。

4.3 数密度超過

色選択から得られた JHK 銀河の K_s 等級に対する数密度分布を調べ、GOODS-N 領域において同様の色選択で選ばれた銀河を用いた結果 (Kajisawa et al. 2011) と比較すると、Figure 7 のようになった。 $K_s = 21.5 - 22.0$ の範囲では、今回のデータは completeness 不足でフェアな比較ができて

いない可能性があるものの、 $K_s = 19.5 - 21.0$ のあたりに数密度の超過が見られる。色等級分布と見比べると、電波銀河と同程度のカラーを示している銀河も、おおよそ密度超過が見られる等級範囲に分布している。これらの銀河が電波銀河と同じ赤方偏移にあって密度超過を作っているとすると、原始銀河団の中で色等級関係が作られつつあるところを観測していると考えられる。

5 Summary

今回、 $z = 2.4$ の 53W002 領域に存在する原始銀河団の近赤外撮像による観測を行い、以下に示す結果や結論が得られた。

1. JHK_s 3バンドの近赤外データを用いて銀河の探査を行い、 $z = 2.4$ の JHK 銀河を 28 個検出した。
2. JHK 銀河の色等級分布を見ると、電波銀河と同程度の $J - K_s$ カラーをもつ 1-2 mag 暗い天体が複数存在し、これらは電波銀河のある視野右半分に偏って分布していた。
3. JHK 銀河の数密度分布を調べると、 $K_s = 19.5 - 21.0$ で密度の超過が見られた。
4. 密度超過が見られた等級範囲は、電波銀河と同程度のカラーをもつ銀河の等級とおおよそ一致していた。これらの銀河は、原始銀河団内でこれから色等級関係を形成しつつあるのかもしれない。

Table1 : Limiting magnitudes ($0.9''\varphi, 5\sigma$)

Band	Exposure time (sec.)	m_{lim} (Vega mag.)	$FWHM$ (arcsec)
<i>J</i>	4050	24.4	0.40
<i>H</i>	3720	23.6	0.43
<i>K_s</i>	3823	22.1	0.42

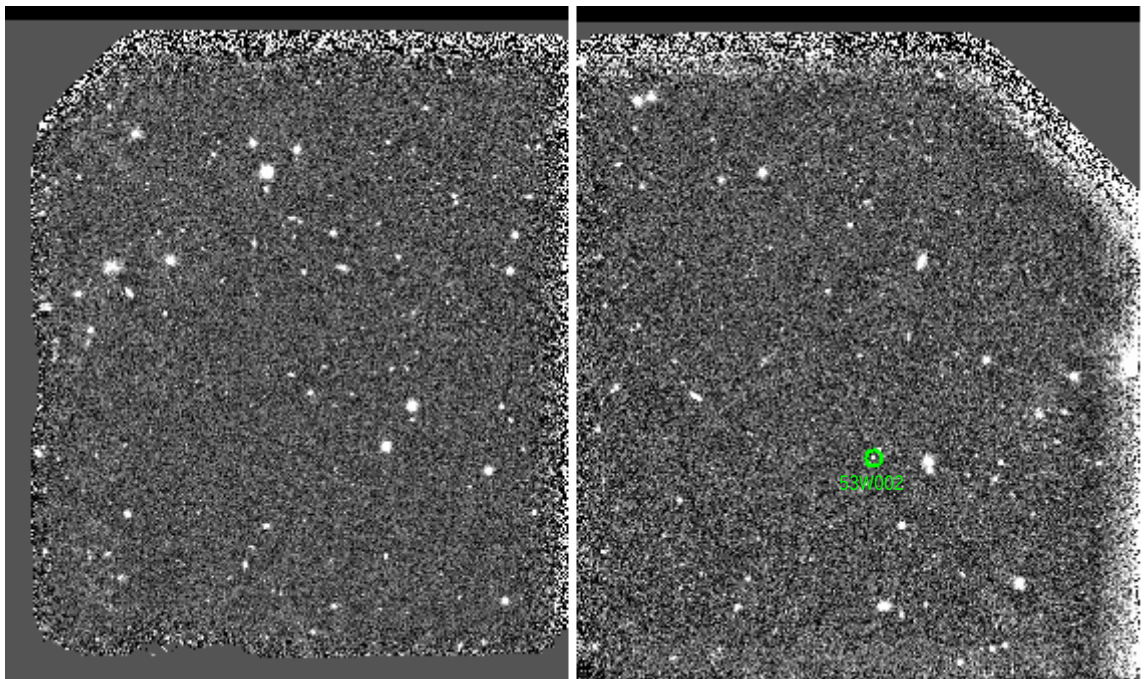


Fig. 1: 最終足し合わせ画像。緑枠内にある天体が 53W02

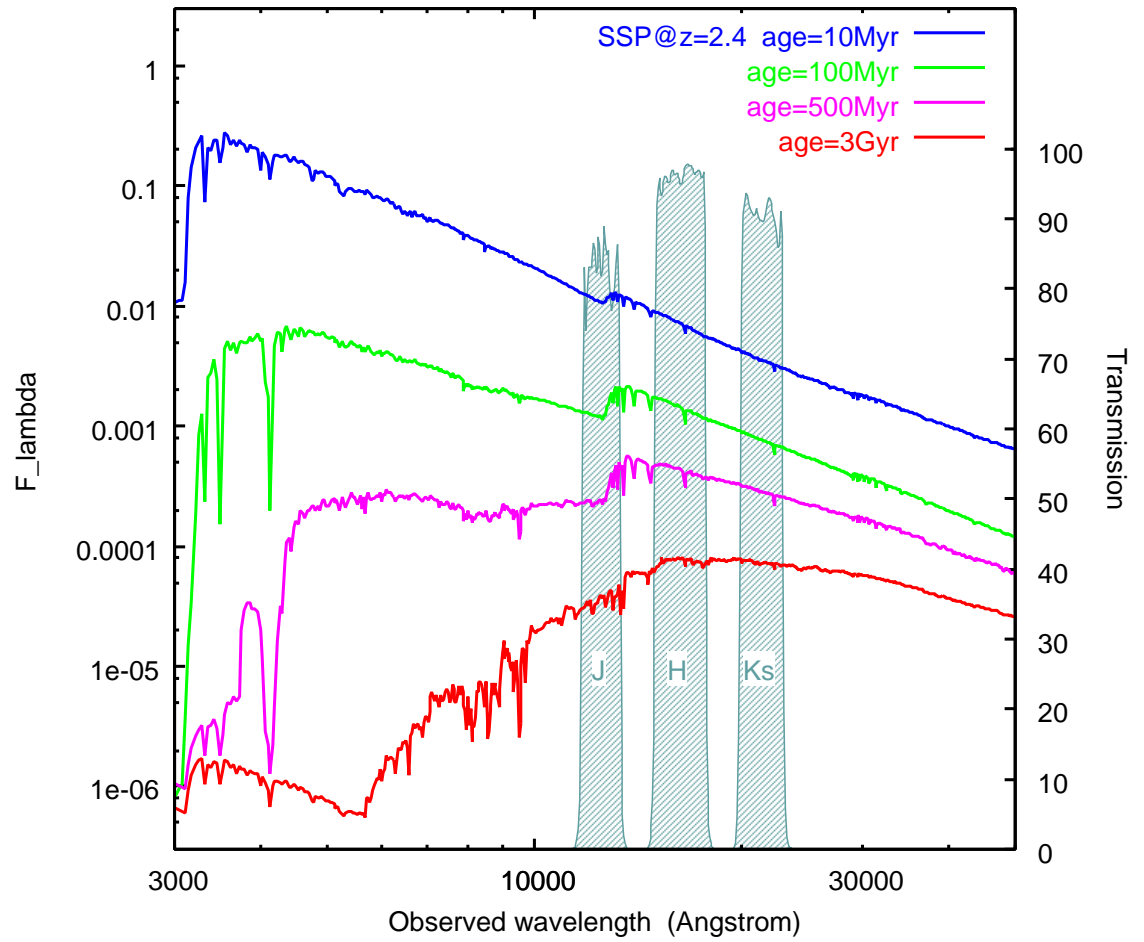


Fig. 2: SSP (Bruzual & Charlot 2003, MNRAS, 344, 1000B) から得られる $z = 2.4$ の銀河のスペクトル と、 JHK_s バンドの波長範囲。

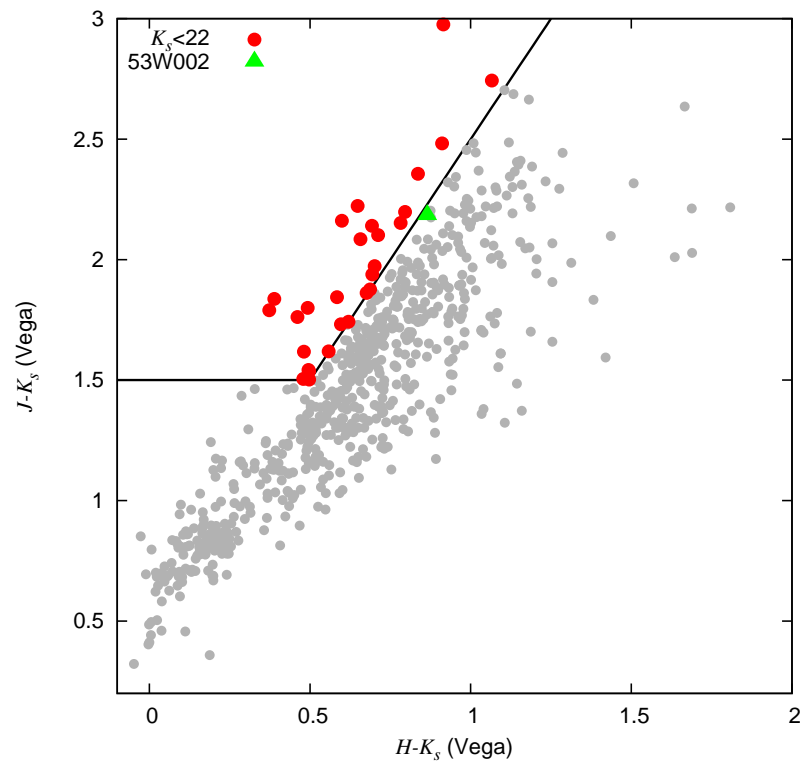


Fig. 3: K_s バンドで検出された天体を二色図上にプロット。赤色の点が JHK 銀河。

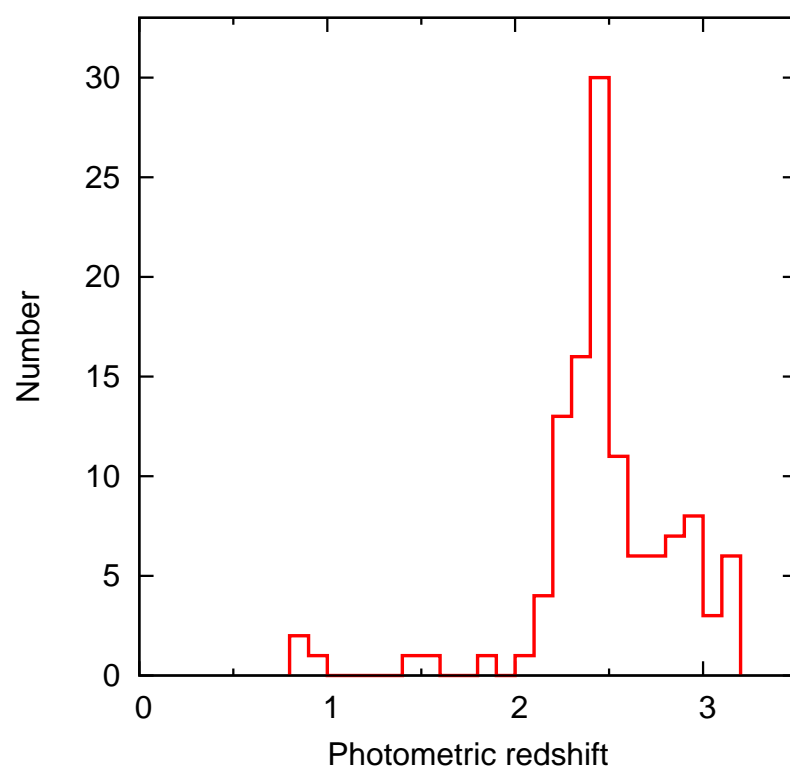


Fig. 4: GOODS-N 領域における JHK 銀河の測光赤方偏移分布

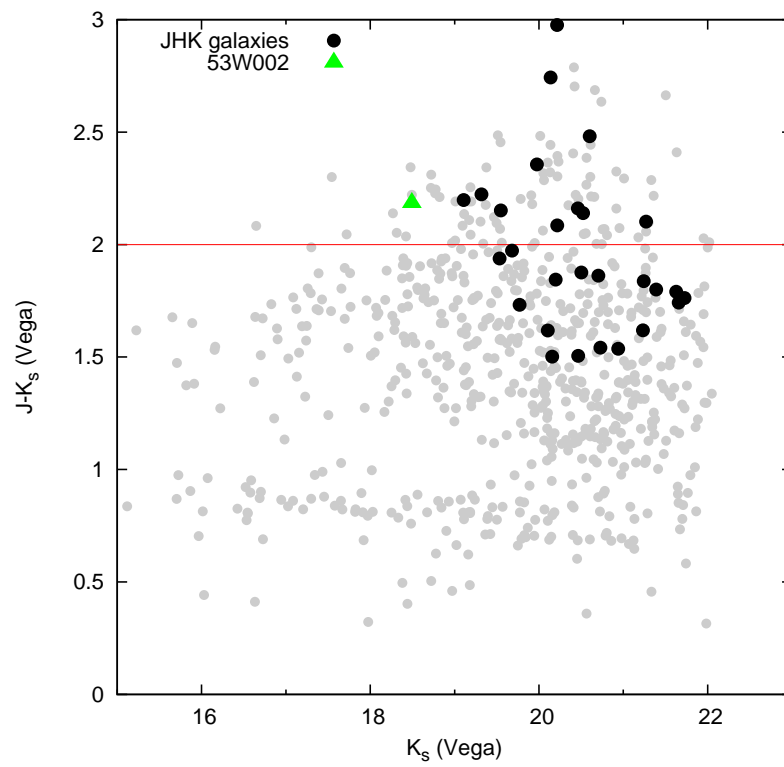


Fig. 5: $z = 2.4$ の銀河の色等級分布

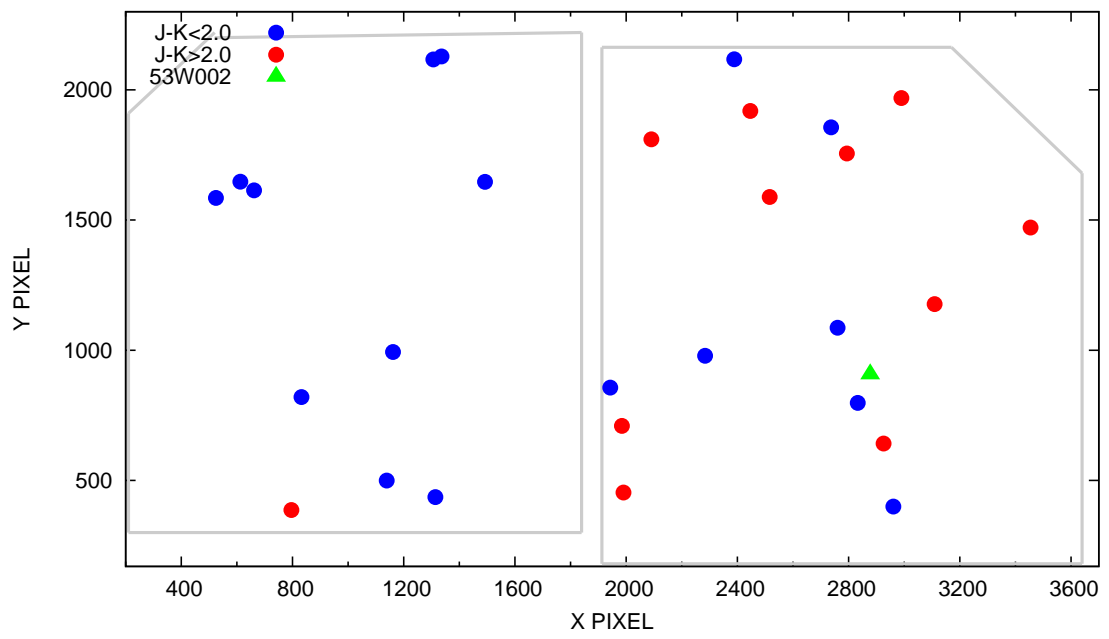


Fig. 6: 色選択された銀河の空間分布

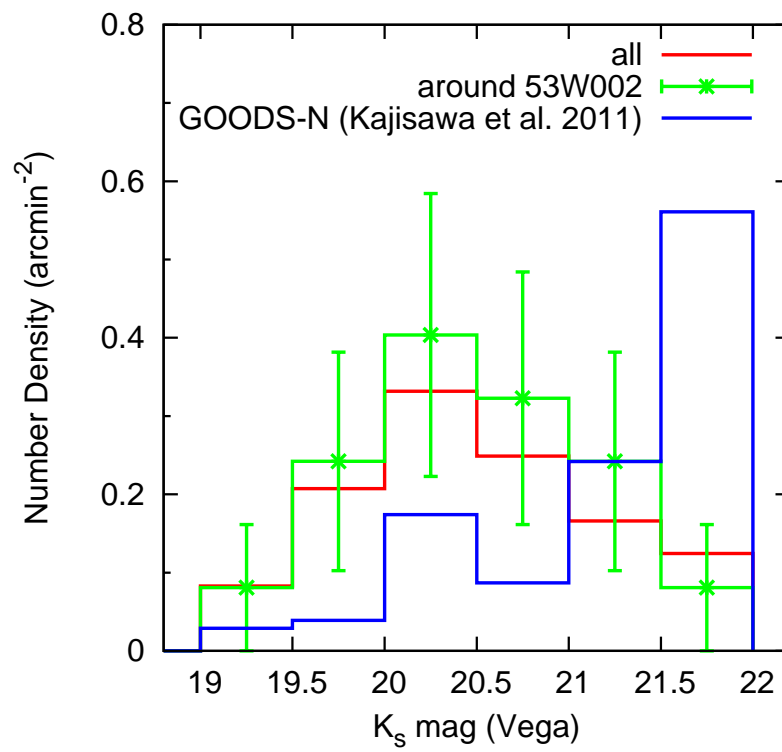


Fig. 7: $z = 2.4$, JHK 銀河の数密度分布