

X-ray survey of AGNs in Subaru XMM-Newton Deep Survey Field

Masayuki Akiyama (Tohoku Univ.) Yoshihiro Ueda, Kazuo Hiroi (Kyoto Univ.) Kazuhiro Sekiguchi (NAOJ), and SXDS survey team

Growth history of the super-massive black holes at the centers of galaxies can be inferred from the cosmic evolution of the number density AGNs. In order to reveal the number density of obscured and non-obscured AGNs as a function of redshift, we have been conducting multi-wavelength follow-up observations of X-ray sources detected in the Subaru XMM-Newton Deep Survey (SXDS) field. After the launches of Chandra and XMM-Newton, various hard X-ray surveys have been conducted. However, due to the existence of X-ray sources with faint optical counterparts, we have not revealed the properties of the entire X-ray source population, especially the understanding of the high-redshift obscured AGNs is rather limited. Using the multiwavelength data covering from UV to Mid-IR as well as intensive spectroscopic observations, we are identifying the nature of optically-faint X-ray source population. They are obscured AGNs at redshifts 1-3, and they can be as luminous as QSOs. The estimated stellar mass of the host galaxies of obscured AGNs are independent from redshift and luminosity.

Summary of the spectroscopic identification of the X-ray sources

われわれはすばる/FOCASを中心として、すばる/MOIRCS、VLT/VIMOS、AAT/2dF、Magellan/IMACSといった可視、近赤外線多天体分光器を用いて分光同定観測を2001年から継続的に行ってきた。これまでの分光同定の結果を図1にまとめる。ソフトバンド、ハードバンド選択のX線源の分光ID率を視野中心からの距離に対してX線での優位度別にプロットしている。これまでの観測により探査領域のうち中心から20'の領域にあるほぼすべてX線源については分光観測を行った。視野全体で見ると60-70%のX線源が分光同定されている。ただし、図2には分光観測を行った中で分光IDがつかないものの割合をプロットしているが(実線:分光観測した全サンプル、点線:そのうち点状の天体)可視光で暗い天体($i>23.5$)に対しては分光赤方偏移が決まらなかった天体が多く、8-10m望遠鏡での可視分光観測だけではX線源全体のコンプリートな理解には不十分であることがわかる。

Figure 1

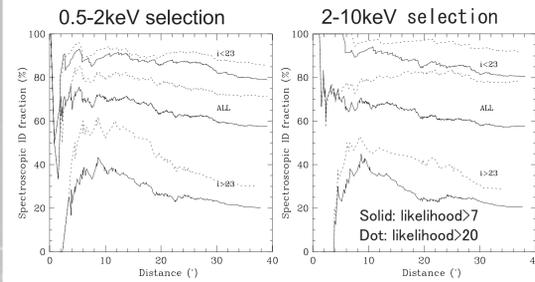
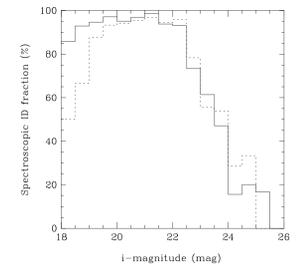


Figure 2



Photometric redshift estimates for optically-faint X-ray sources

分光観測によって正体が明らかにできない可視光で暗い天体や、まだ分光観測でカバーできていない天体についてはGALEXによる紫外線、すばるによる可視光、UKIDSS UDSの赤外線、Spitzerの中間赤外線合計15バンドでの測光情報を用いて測光赤方偏移の推定を行った。測光赤方偏移の推定ではPEGASEを用いて作成した銀河のテンプレートの他にQSOのテンプレート、銀河とQSOを足し合わせたテンプレートを用意して、独自のコードを用いて行った。図3にSEDのフィット結果の一例を示す。銀河の場合には1.6um付近を中心として折れ曲がるSEDおよび4000Aブレイクが決め手となり赤方偏移が制限される。一方QSO的なSEDを持つ天体は基本的にパワーローのスペクトルであるが、GALEX FUV,NUVやSuprime-CamやCTIOで得られたU-bandのデータが加わることでLyman breakにより赤方偏移に制限がついた。また2umより長い側で見られるダスト放射によるバンプ構造も手がかりとなった。測光赤方偏移の推定の精度を分光赤方偏移のわかっている天体を用いて調べると図4に示したようになる。光度関数の議論などに使うには十分な精度の赤方偏移推定ができています。さらにベストフィットのテンプレートの種類からそれぞれの天体のタイプを推定することもできた。

Figure 3

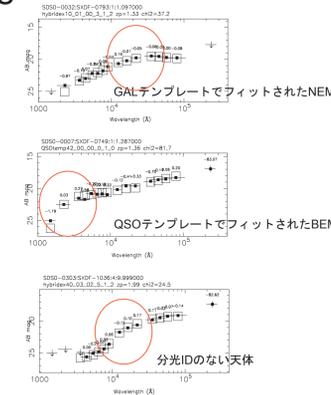
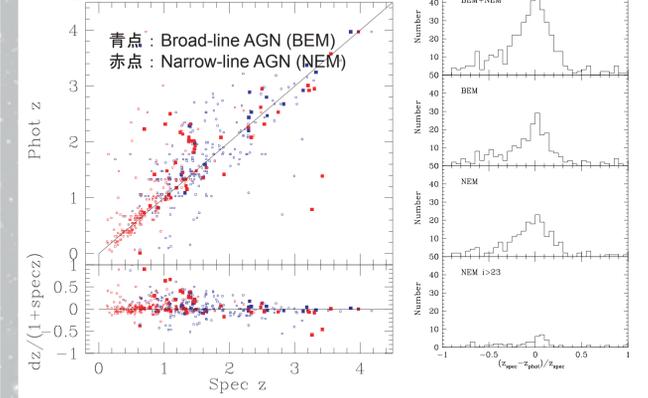


Figure 4



X-ray properties of the AGNs

分光、測光赤方偏移の情報に基づいて推定されたX線AGNの性質の全体像をまとめる。図5に赤方偏移分布を示す。分光赤方偏移のみのヒストグラム(太線で示す)を見るとNarrow-line AGN天体は赤方偏移1以下に分布しているように見えるが赤方偏移1-3では測光赤方偏移サンプルが多数存在する(詳細は次の段参照)。赤方偏移-X線光度分布を図6に示す。赤方偏移-X線ハードネス比の分布を図7に示す。

Figure 5

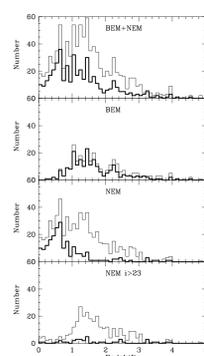


Figure 6

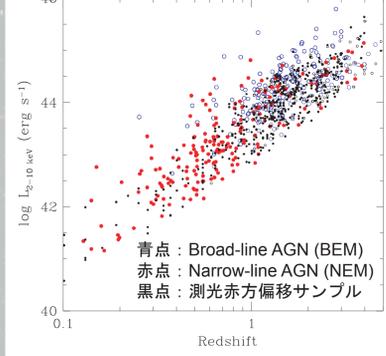
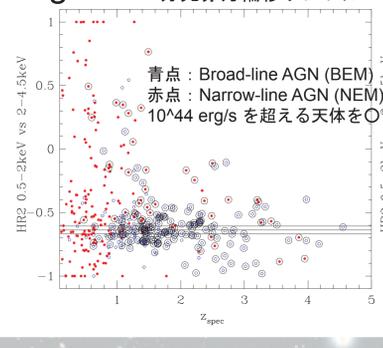
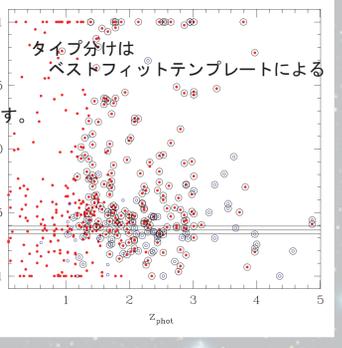


Figure 7 分光赤方偏移サンプル



測光赤方偏移サンプル



Nature of optically-faint X-ray sources

今回のサンプルについて赤方偏移と可視等級の分布図を図8に示す。測光赤方偏移の結果によれば可視光で暗い($i>23$)天体は赤方偏移1-3にある2型AGNであると推定される。この図の上で可視等級の分光赤方偏移サンプルの分布の延長上に分布している。図9に示すようにBzK図の上にプロットすると、sBzKに分類されるカラー領域でも赤い側に分布しており、赤方偏移1.4-2.5付近の銀河のカラーとコンシステントである。これらの天体のX線光度はQSOとSeyfertの境界付近にある(図6)。X線スペクトルはやや「硬く」吸収を受けていることが示唆される(図7)。図5の下2段に示すようにこれらの天体は赤方偏移1-3の種族の中では大きな割合を占めている。

Figure 8

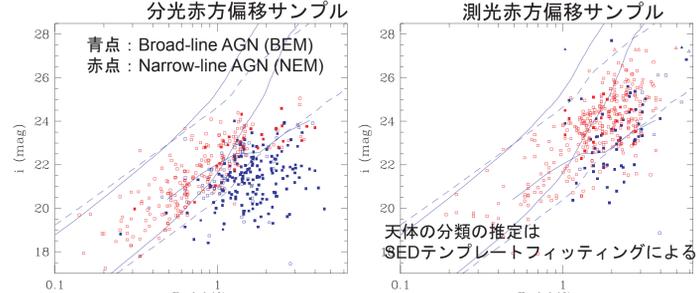
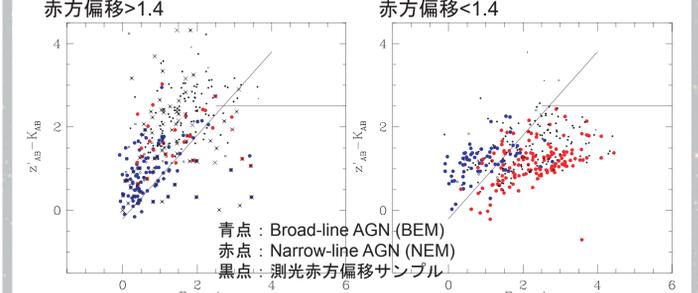


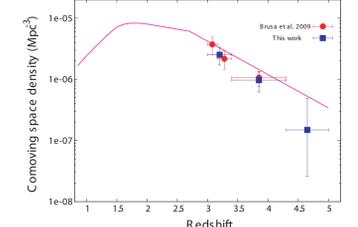
Figure 9



Number density of high-redshift AGNs

今回のサンプルのうち分光赤方偏移サンプルを用いて推定された赤方偏移3以上のQSOの個数密度の進化を図10に示す(廣井修論より)。分光赤方偏移サンプルから推定される数密度はすでにCOSMOS領域の観測結果で得られている分光赤方偏移+測光赤方偏移のサンプルの赤方偏移3以上のQSOの数密度とコンシステントになっている。SXDS領域では測光赤方偏移のサンプルを加えると数密度は2倍程度大きくなることから、SXDS領域のサンプルのほうが高い赤方偏移のQSOの個数密度が高いことを示唆する。COSMOSのサンプルでは見落とされている種族があることが示唆される。

Figure 10



Properties of host galaxies of obscured AGNs

図2に見られるように2型AGNのSEDには1.6umバンプもみられることなどから、これらの天体の可視から近赤外にかけての連続光は母銀河の成分が支配的になっていると考えられる。よって、多色の測光データに対してSEDテンプレートフィッティングすることで、母銀河の性質に制限を付けることができる。図11に推定された星質量を中心核光度の関数としてプロットした。色の違いは赤方偏移の違いを表す。このサンプルの中で中心核光度は2桁以上に渡って分布しているのに対しLAGNの母銀河の星質量は赤方偏移、中心核光度によらず比較的一定で $\log M_{\text{star}}=10-12$ 付近に分布している。母銀河の星質量が一定であることは図8に示した赤方偏移と等級の関係からも推定される。赤点で示されるNEMサンプルの赤方偏移-等級関係は星質量が赤方偏移、中心核光度によらず比較的一定であることとコンシステントである。図9の実線は近傍宇宙で見られるブラックホール質量とバルジ星質量の関係のエディントン比、X線全光度比を仮定してプロットしたものである。

Figure 11

