

すばるXMM-Newton深探査領域でのX線AGN探査

秋山 正幸（東北大天文） 上田 佳宏（京都大宇宙物理） 関口 和寛（国立天文台） 他SXDSチーム

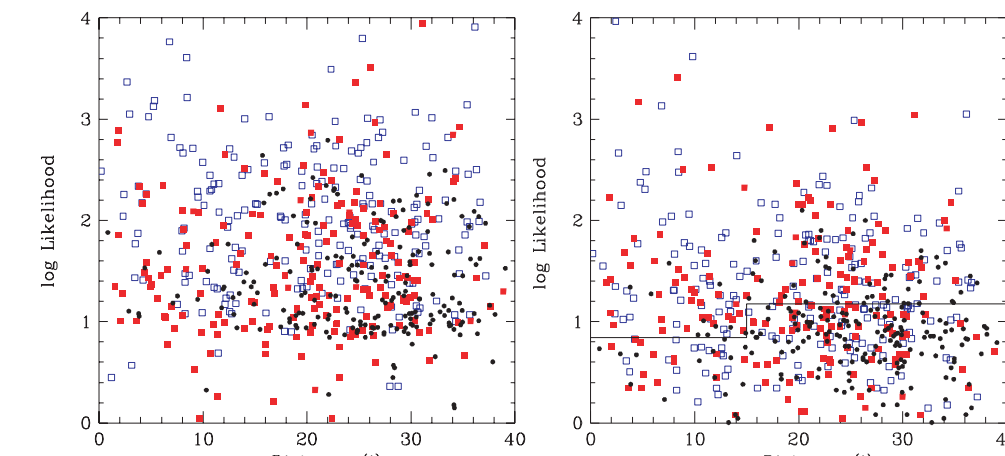
われわれはAGN種族の赤方偏移進化を明らかにし、超巨大ブラックホールの成長史を明らかにするために、すばるXMM-Newton深探査領域(SXDS領域)で見つかったX線源に対して多波長でのフォローアップ観測を行ってきた。チャンドラ衛星、XMMニュートン衛星の打ち上げ以降、ハードX線でのさまざまな探査が行われてきたが、多くの対応天体が当初予想されていたよりも可視光で暗いこともありX線源全体についてはまだ十分なコンプライトネスで理解できていると言えない。SXDS領域では紫外線から中間赤外線での多波長深撮像画像の測光データ、および可視、近赤外線での多天体分光観測による分光データが揃いつつあり、これらを用いることでX線源の正体が非常に高いコンプライトネスで明らかになりつつある。特に1) 可視光で暗いX線源の正体は赤方偏移1-3の隠されたAGNであり、この赤方偏移にQSOに匹敵する光度の隠されたAGNが多数存在すること、2) 隠されたAGNの母銀河の星質量を推定すると赤方偏移、中心核光度によらず比較的一定であること、がわかった。

X線源の可視分光探査のまとめ

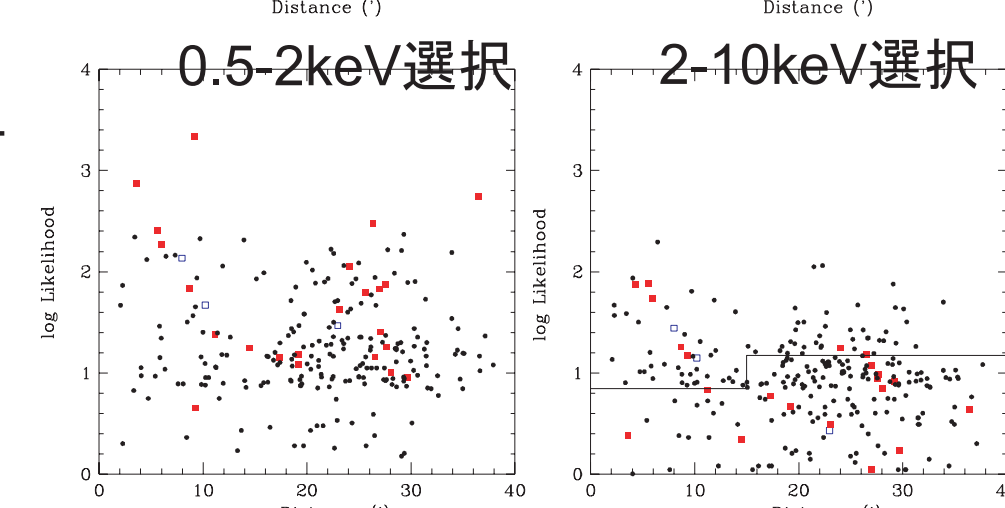
われわれはすばる/FOCASを中心として、すばる/MOIRCS、VLT/VIMOS、AAT/2dF、Magellan/IMACSといった可視、近赤外線多天体分光器を用いて分光同定観測を2001年から継続的にやってきた。これまでの分光同定の結果を図1にまとめる。ソフトバンド、ハードバンド選択のX線源を視野中心からの距離とX線での優位度でプロットしている。これまでの観測により探査領域のうち中心から20'の領域にあるX線源についてはほぼすべて観測を行った。視野全体でみると60-70%のX線源が分光同定された。ただ、可視光で暗い天体(下段に示す)に対しては分光赤方偏移が決まらなかった天体が多く、8-10m望遠鏡での可視分光観測だけではX線源全体のコンプライトな理解には不十分であることがわかった。

図1

可視明るい R<24



可視暗い R>24



青点: Broad-line AGN (BEM)
赤点: Narrow-line AGN (NEM)
黒点: 分光赤方偏移なし

X線源の測光赤方偏移の推定

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の中間赤外線の合計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2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3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。一部測光赤方偏移が大きくずれる天体があるが多くの天体の測光に問題があるケースで個別に測光をやり直すことでさらに精度が向上できると考えています。

図2

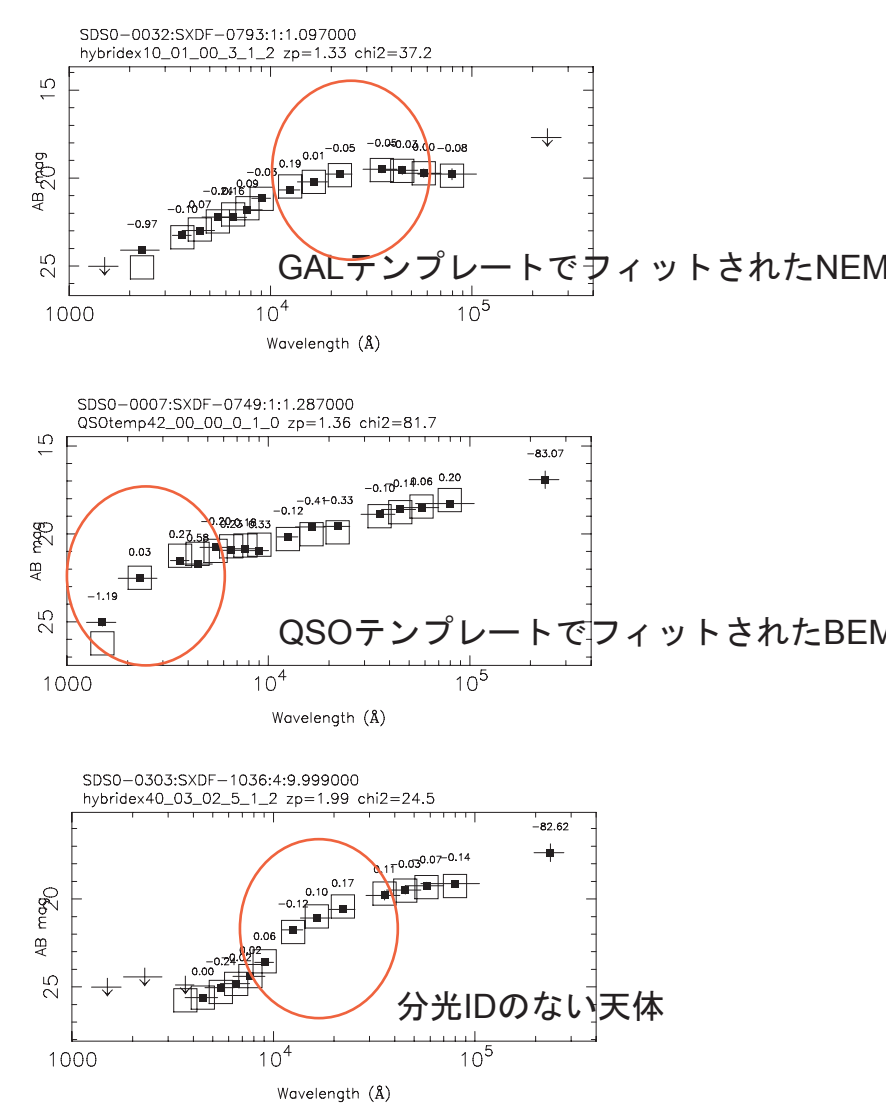
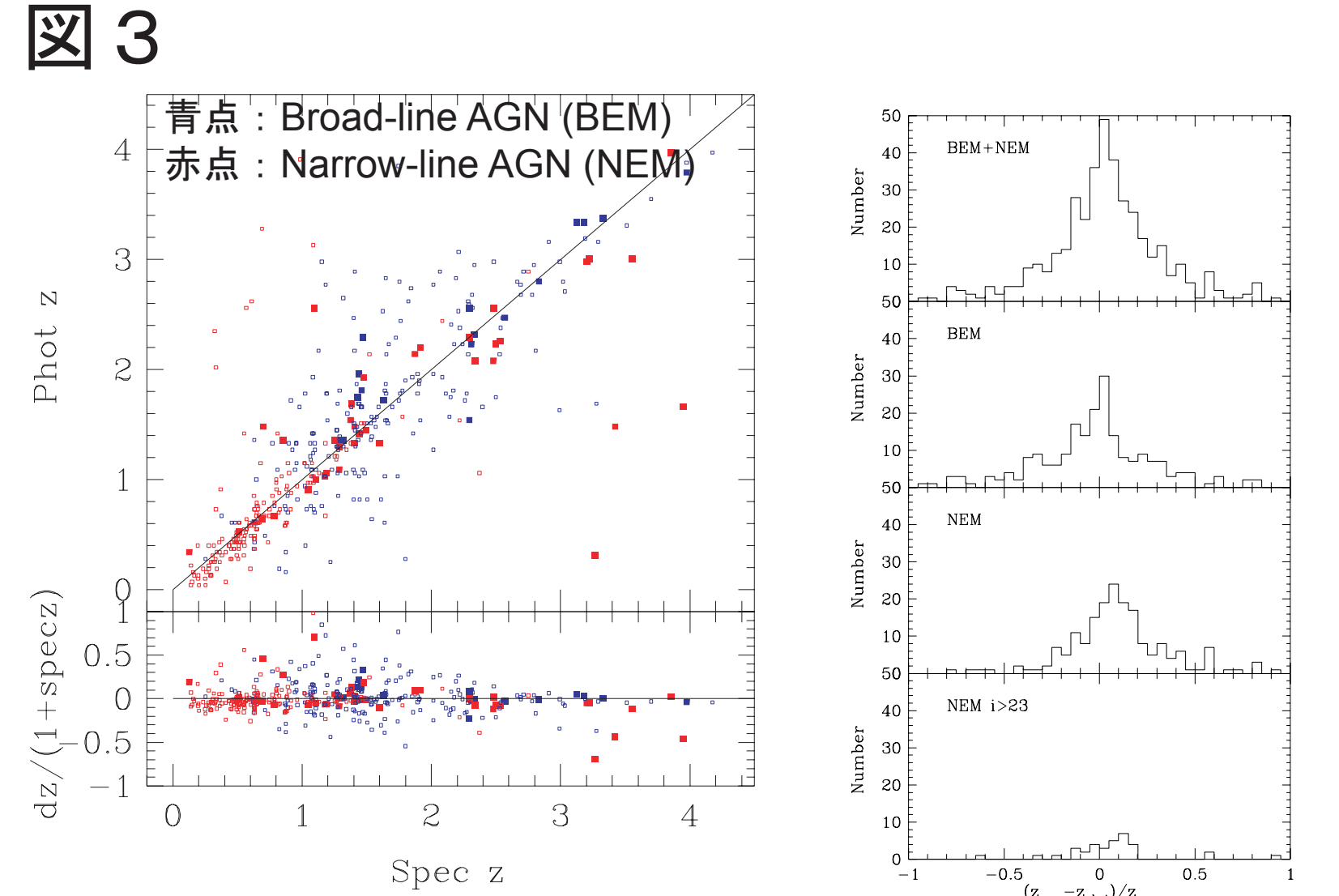


図3



SXDS領域のX線AGNサンプルの全体像

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4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5に示す。赤方偏移-X線ハードネス比の分布を図6に示す。

図4

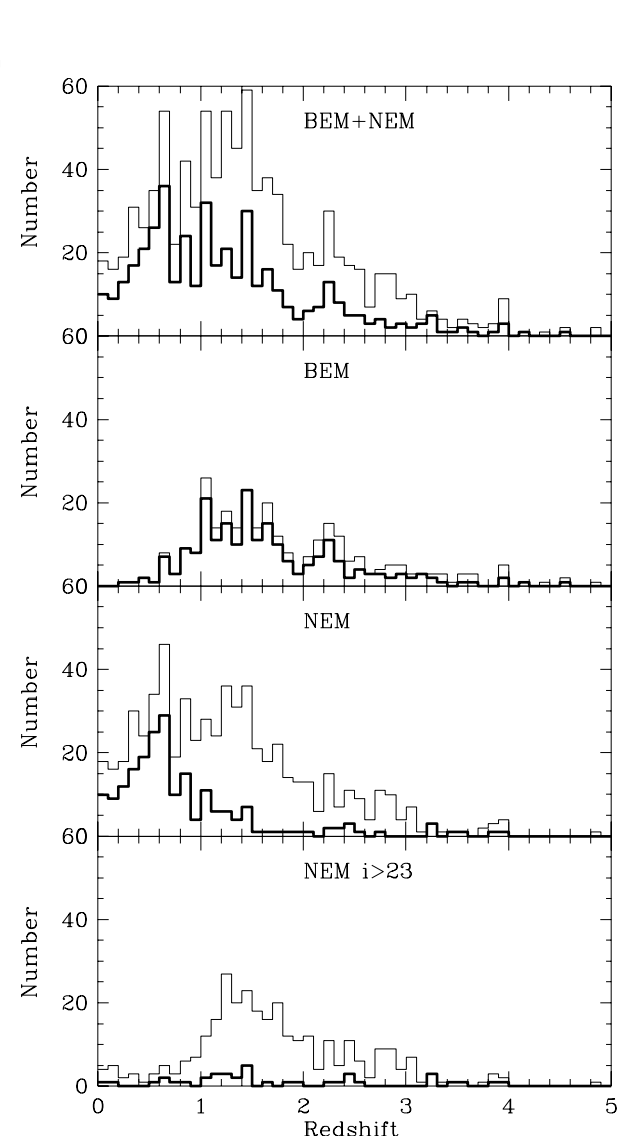


図5

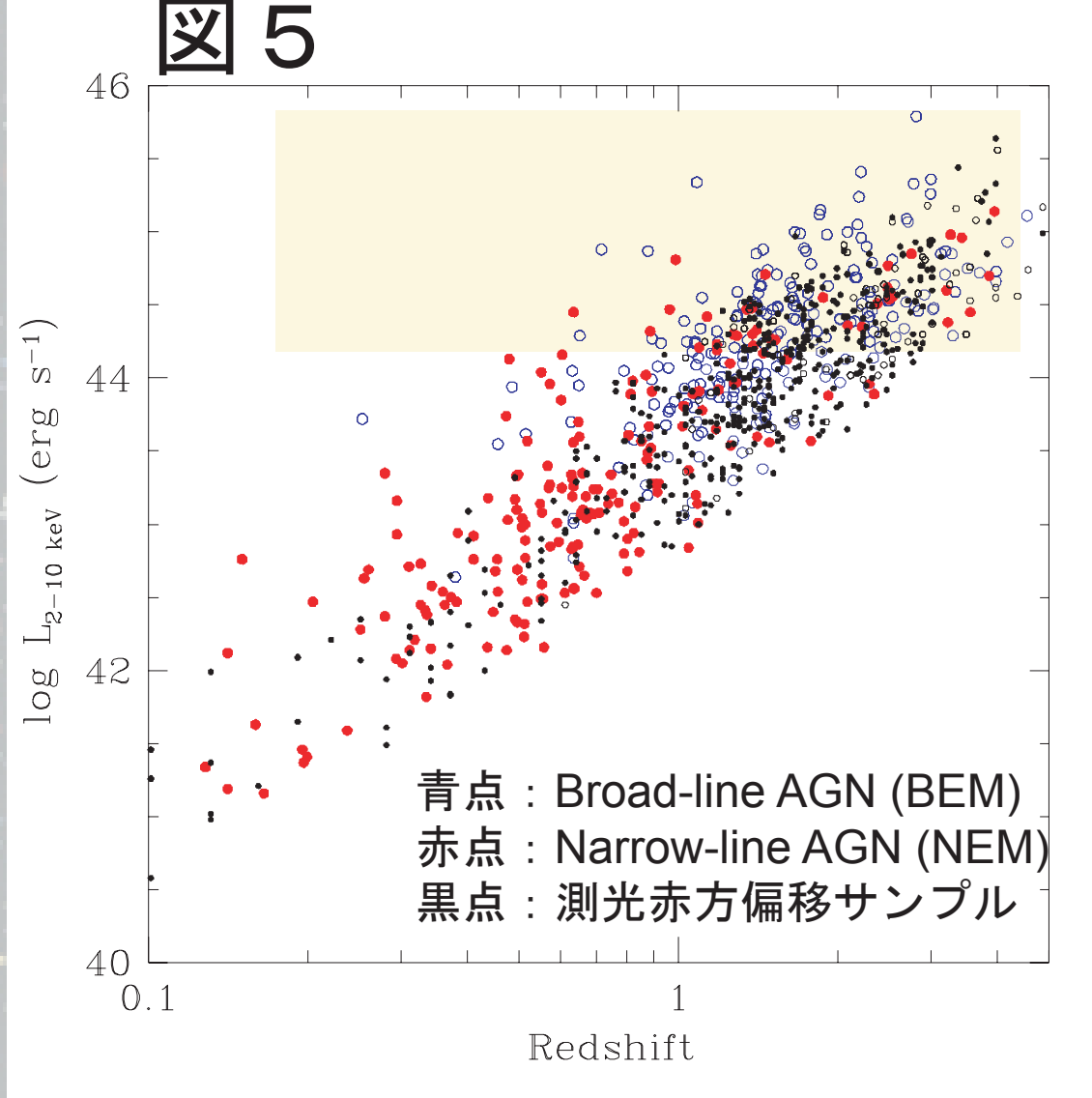
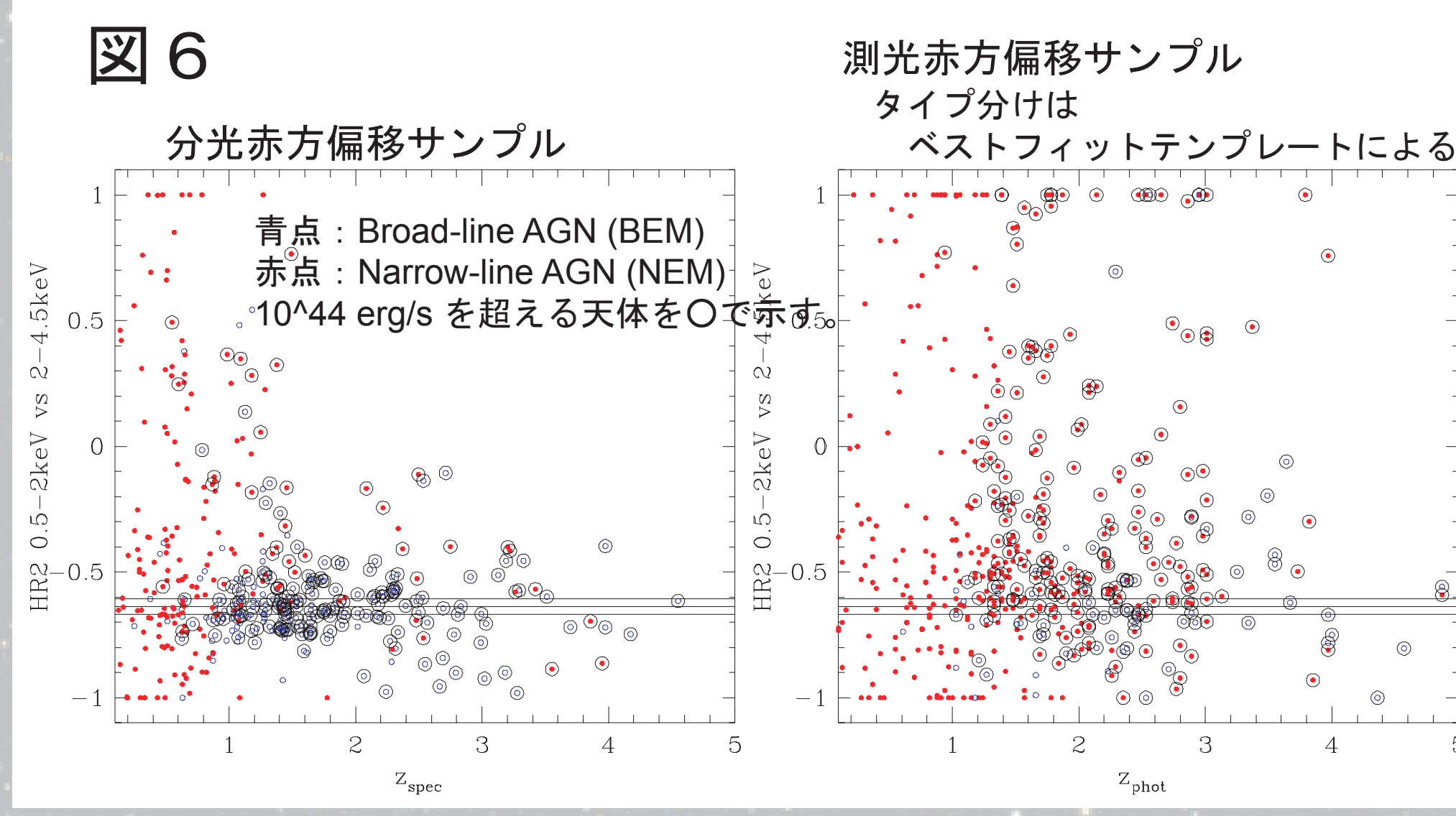


図6



可視光で暗いX線源の正体

分光観測で正体を明らかにすることができない可視光で暗い天体についてはその正体が測光赤方偏移の情報から推定することができる。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7に示す。測光赤方偏移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8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5)。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6)。図4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。

図7

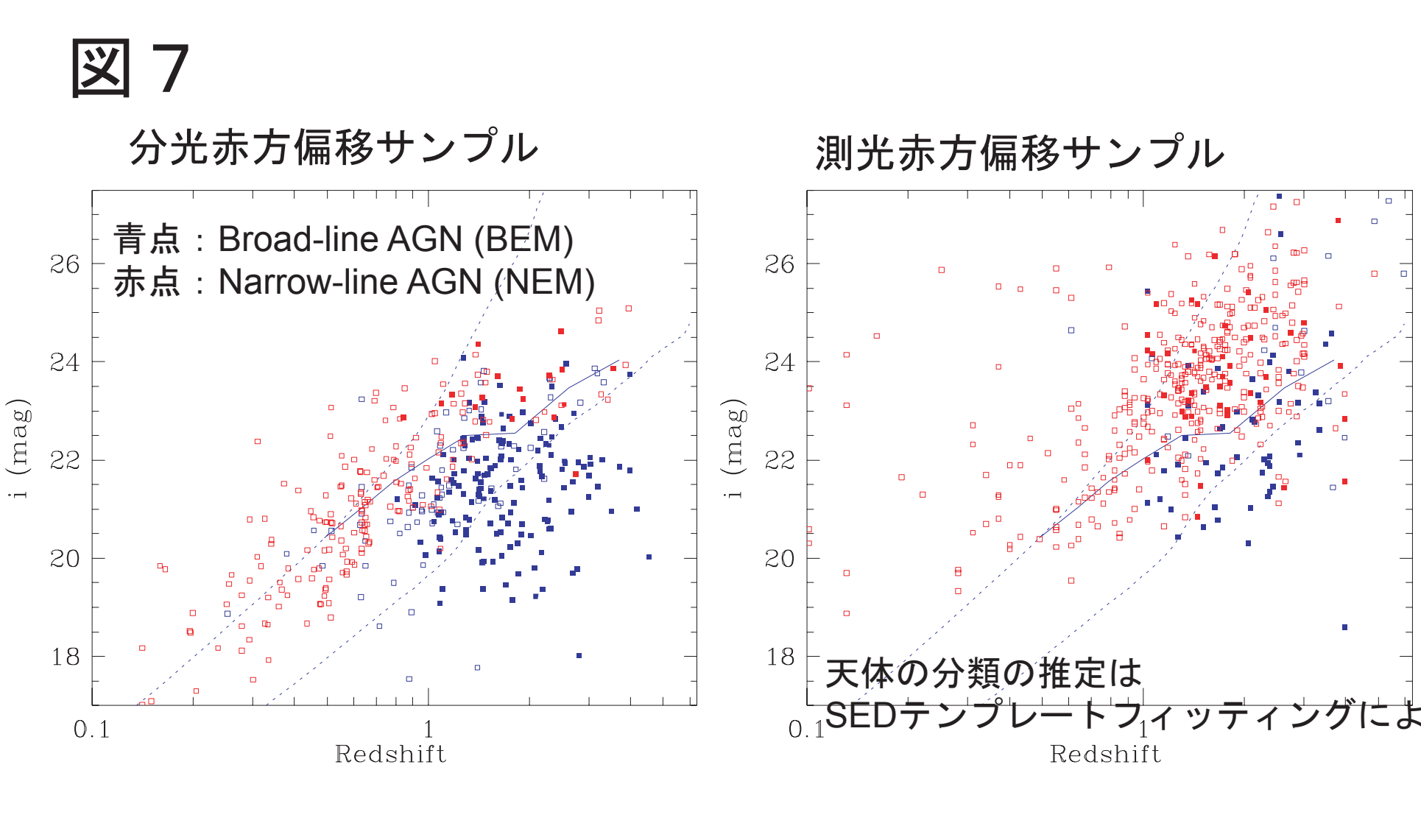
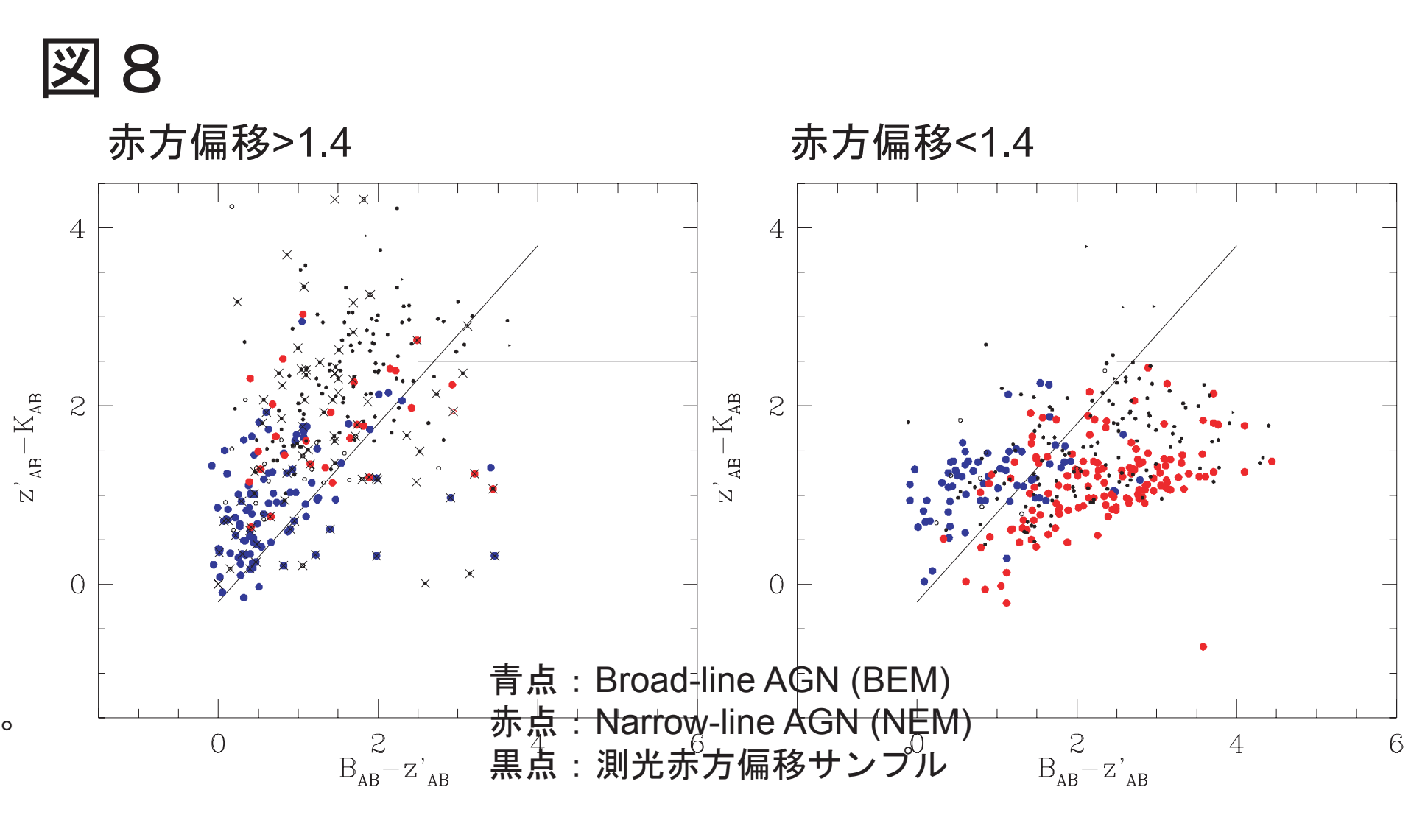


図8



X線AGNの母銀河の性質

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9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AGN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7に示した赤方偏移と等級の関係から推定される。図7では破線で $\log M_{\text{star}}=11$ の銀河のモデルの等級の赤方偏移変化を示してある(比較的年老いたモデル上、若いモデル下)。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をエディントン比、X線全光度比を仮定してプロットしたものである。光度の小さいAGNではこの関係からずれているように見える。

図9

