

ポスター発表原稿 (X 線について編)

原稿というか各放射についてのメモ

●制動放射

電子が物質にぶつかったとき、原子核のクーロン力によって電子が減速する。加速度運動なので X 線を放射。減速で失ったエネルギーのぶんの X 線を出す。

●シンクロトロン放射

荷電粒子が磁場中を運動することでローレンツ力を受け、円運動(加速度運動)を行って電磁波を放射する。

●特性 X 線

原子に X 線が入射すると、原子核内の最内殻(K 殻)の電子がはじき出される。その結果、外殻の電子がある確率(蛍光収率)でもって内殻へと落ち込み、差分のエネルギーが放出される。これを特性 X 線とか蛍光 X 線とよぶ。

●黒体放射

後述

●逆コンプトン散乱

高いエネルギーをもった自由電子が光子と衝突することで、自由電子のエネルギーが光子へと渡されて光子のエネルギーが増す現象。活動銀河核の降着円盤からの放射は紫外線程度であるが、トーラスの穴付近に広がるプラズマ中の自由電子と逆コンプトン散乱することで、エネルギーを受け取って X 線波長になる。

●X 線の観測

X 線はオゾン層によって吸収されてしまうので大気を透過できない。そのため、衛星を打ち上げることで大気圏外で観測をおこなう。

もっと具体的に(図の説明)

電磁波の周波数(波長)に対し大気の透明さを示したもので、地上から宇宙を見る「窓」(地上から見ることができる波長帯)は、約 10 MHz 以上の電波域と、可視光域の、2つしかないことがわかる。低周波の電波は電離層のプラズマで反射されるため、地上には届かない。同様に、赤外線域では大気中にある水や CO₂ など極性分子の回転や振動による吸収、**紫外線 X 線領域では大気分子中の束縛電子による光電吸収、**ガンマ線域ではそれら電子によるコンプトン散乱が効くため、**宇宙からの信号は吸収もしくは散乱されてしまい地上に届かない。よってこれらの電磁波で宇宙を観測するには、飛翔体により大気圏の上部まで上る必要がある。**

医療診断で我々の身体を透過できる X 線が大気を透過できないのは、不思議と思われるかもしれないが、これは大気物質の柱密度が、我々の体(たとえば胸と背中の間)の物質の柱密度より 50 倍も多いためであり、むしろ可視光で大気が透明なことの方を驚くべきであろう。

赤部分が X 線に関する部分

ポスター発表原稿 (恒星編)

●恒星ってなに？

内部で核融合を行うことで自ら輝ける星。核融合によって原子のエネルギーが減り、その減った分のエネルギーが放射される(水素→He なら質量の0.7%が減少)。核子ひとつあたりの質量が鉄 Fe で最小なので鉄より原子番号の大きい(重い)原子には核融合することはない(核子は陽子と中性子のこと。He なら4個)。質量によって進化のしかたが異なる。

●恒星の進化

中心領域で水素の核融合を行っているやつは『主系列星』と呼ぶ。水素の燃焼が終了するとコアが収縮、外層が膨張して『赤色巨星』となってゆく。コアの密度が高まって He の燃焼が始まるとコアの収縮・外層の膨張は止まる。8M $\odot$ 以上の重い星は重力崩壊型(Ⅱ型)超新星爆発を起こす。40M $\odot$ 以下なら中性子星、以上なら恒星質量ブラックホールを生み出す。

●超新星爆発

コアの密度が高くなりすぎたとき、自身の重力に耐えきれなくなって収縮するが、コアが中性子で縮退して堅くなると一緒に縮んでいた外層がコアに跳ね返される現象。

Ⅰ型 白色矮星が別の星と連星系を成して、伴星からガスを剥ぎ取って質量上限(1.4M $\odot$)を超えた場合に起こる

Ⅱ型 大質量の恒星が核融合の末(コアが Fe)に起こす

予想される質問

・重力崩壊って何？

←核融合している間は重力と放射の圧力が釣りあっているが、核融合が終わると放射の圧力がなくなるので重力によって崩壊する。あるところまで崩壊すると、反動で爆発する。

・太陽質量の100倍以上の恒星はないの？

←宇宙初期では、水素やヘリウムだけなので太陽質量の300倍も存在した。現在は重元素が存在しているためそこまで大きな質量にはならない。

ポスター発表原稿 (ブラックホール編)

●ブラックホールとは？

その正体は無限に収縮した超高密度天体。強力な重力を持ち(重力ポテンシャルの井戸が無限大)、落ち込むと光の速度でさえも抜け出すことは出来ない。光(情報)が天体から届かないため、直接観測することはできない。現在も存在が証明されたわけではないのでそう思いき天体を「ブラックホール候補天体」と呼ぶ。例えばはくちょう座 X-1は質量が中性子星の限界質量より大きい光っていないので恒星でもないということから候補天体とされている。(中性子星の限界質量は2~3M $\odot$)

連星系を成している場合、伴星からのガスがブラックホールに落ち込む。そのときガスの角運動量が保存されるため円盤を形成する。これを「降着円盤」と呼ぶ。降着円盤自体は中性子星でも観測される。

地球を直径18ミリまで圧縮すれば BH になる。

●種類

恒星質量ブラックホール: 数10M $\odot$

大質量ブラックホール: 100万 M $\odot$ 以上

恒星質量ブラックホール: 40M $\odot$ 以上の恒星が進化を終えて超新星爆発を起こした後に残るもの。(天体物理学1)

大質量ブラックホール: 異常に明るい銀河核=活動銀河核(AGN)の中心にある。AGN にはクエーサー・セイファート銀河・電波銀河などの種類がある。見える向きや落ち込むガスの量などによって異なる。(天体物理学2)恒星質量ブラックホールとは違う構造を持つ？

恒星質量ブラックホールと大質量ブラックホールの間の質量のブラックホールを中間質量ブラックホールと呼ぶ。

●事象の地平線

シュバルツシルト面(シュバルツシルトの障壁/～の特異点/～の半径/物体の重力半径)とも呼ばれる(ただし、これは見かけ上の特異点であり真の特異点は物体が凝縮している $r=0$ の点)。事象の地平線の向こう側で起きる事柄を観測することは不可能なためこう呼ばれる。

特異点について詳しくは一般相対論を学ぶべし。

●降着円盤

伴星の重力圏からあふれたガスがブラックホールに流れ込むため形成される円盤。角運動量保存則から内側へ落ち込むほど速くなる。そこで生じる内と外との速度差から摩擦が生じ、解放される重力エネルギーの半分だけ熱エネルギーが発生して円盤が熱を持つ。核融合で取り出せるエネルギーは重力エネルギーの数%なので非常にエネルギー効率が良いと言える。恒星質量ブラックホールの降着円盤の温度は数千万 K にも達し、X 線を放射する。

○ガスをとられた恒星はどうなる？

ブラックホールと恒星のポテンシャルが等しい面(ロッシュローブ)にガスが満たされていないと質量輸送はおきないので恒星の質量が減ってロッシュローブを満たせなくなった時点で降着は止まる。

●黒体放射(必要なさそう)

・黒体とは

あらゆる波長の電磁波を完全に吸収する物体(だから黒い)。

・熱放射とは

熱を持った物体が空間(というか電磁場)と熱平衡になろうとして電磁波を放出する。みたいなもの。熱せられた鉄が赤く光るのはこれ。太陽が光ってるのもこれ。荷電粒子が熱エネルギーを得て熱運動をすることで電磁波が放射される。

黒体放射は黒体が行う熱放射のこと。

恒星質量ブラックホールの降着円盤からの黒体放射は X 線の波長域(高エネルギー)までである。AGN の大質量ブラックホールの降着円盤からの黒体放射は内側での温度があまり高くないため紫外線程度の放射になる？。ただし、質量降着率が小さい場合ガスの密度がとても低くなるため黒体放射はできない。

●ジェット

降着円盤と垂直方向に放出される電磁波。電波～X 線・ γ 線まで明るい。回転する BH(カー・ブラックホール)から出やすい。

実は何がでているのかもよくわかっていない。陽子？電子？

●カー・ブラックホール

回転する BH。周りの空間を引きづりながら回転する。回転しない BH はシュバルツシルト・ブラックホール。ガスが角運動量を得られるためより内側でも安定できるので、カーBH のほうが内縁半径は小さくなる。事象の地平線が卵形になる。

●観測

恒星質量ブラックホールは降着円盤からの黒体放射、大質量ブラックホールはジェットの X 線も観測する場合もある。

●大質量 BH について

- ☐ 太陽の100万～10億倍の質量を持つもの
- ☐ 銀河の中心に存在する。
 - ←銀河系中心の BH は太陽の約400万倍の質量
 - ←すべての銀河に存在するかはわかっていない
- ☐ 銀河全体からのエネルギーを凌駕するエネルギーを放出しているものもある
- ☐ 形成過程はいまだ不明。
 - ←太陽の100～1000倍の質量を持った中間質量 BH が合体したという説や、超巨大星の超新星大爆発によって誕生したという説がある。

●研究例「大質量ブラックホールからの鉄輝線の解析」

…銀河中心に潜む大質量ブラックホール(＝活動銀河核)からの鉄輝線を解析して鉄の電離状態や分布を調べ、大質量ブラックホール周辺に広がる構造(＝トラス構造、活動銀河核の統一モデル)を解明する。

- ☐ なんて鉄輝線を選ぶの？

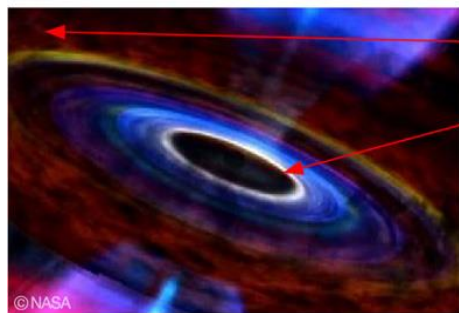
…銀河中には超新星爆発によって鉄が(他の重元素に比べて)大量に撒き散らされており、輝線を見つけやすいから。

□ 鉄輝線から分かることは何？(その一)

…鉄の電離状態。輝線ピークのエネルギー値から鉄の電離状態がおおよそ分かる(ex. 6.4keV: 中性鉄(電離していない鉄), 6.7keV: He like な鉄(24階電離), 6.9keV: H like な鉄(25階電離))。電離状態から鉄を含むプラズマガスの温度が推定可能(電離していない: 温度が低い, 高階電離: 温度が高い)。

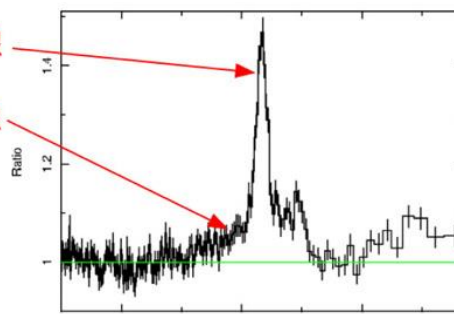
□ 鉄輝線から分かることは何？(その二)

…鉄のおおよそな分布。鉄輝線付近の微細構造(ピーク+周囲の広がった成分)を調べることで、ブラックホールの降着円盤の内縁付近から放射 or 円盤の外縁部からの放射なのかが分かる。



幅の狭い輝線

幅の広い輝線



X線エネルギー (キロ電子ボルト)

http://www.jaxa.jp/article/special/astro/img/mitsuda_photo02.jpg

□ 貼ってある図の意味は？

…鉄輝線が見えてるね！(横軸: エネルギー, 縦軸: 強度)

□ 我々の銀河中心にもブラックホールってあるの？

…あります(ただし直接の証拠はない)。ただし、我々の銀河にある大質量ブラックホール(いて座*)は光を放射していません(=質量降着が起きていない?)。

□ 鉄の原子番号は？

…26です。周期表を見ましょう。Fe Co Ni Cu Zn...

□ ホワイトホールってあるの？

…ブラックホールに吸い込まれたものが出てくる穴、という意味なら存在しない。理論上の概念として相対論に登場するらしい。ブラックホールなどが出すジェットが近い現象かもね。

□ ブラックホールに入ったらどうなるの？

…知りません。けど多分死にます。どうしても知りたいなら相対論を学べ、辻川研いけ。

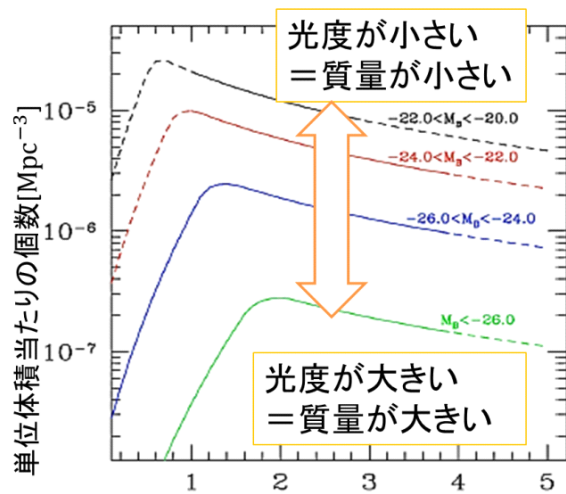
●大質量 BH の形成史を探る

研究背景

一般的な天体...質量の小さいものが集まって、質量の大きなものができる。

大質量 BH.....質量の大きなものが先にできて、その後質量の小さいものができる。

←先行研究 (図を参照↓)



赤方偏移(大きい値ほど昔であることを示す)

大質量 BH の中でも、質量が大きいものほど個数のピークが昔にあることがわかる。

研究目的

X 線を用いた観測より、上記の証拠をつかむ

研究方法

- ☐ ある領域内の X 線を放射している天体を検出し、検出した天体一つ一つのスペクトルを調べる。
- ☐ スペクトルから大質量 BH と推測される天体について、光度をスペクトルから導き、赤方偏移(宇宙年齢と関係がある)を他の論文等を用いて調べる。
- ☐ 光度と赤方偏移の関係をグラフにする。

予想される疑問

- ☐ 赤方偏移と宇宙年齢の関係は？

A1. 現在考えられている有力なモデルでは、以下のようになる。

赤方偏移	宇宙が誕生してからの時間 (億年)
0.000	137.24
0.010	135.91
0.100	124.71
1.000	60.75
2.000	34.38
3.000	22.56

- ☐ X 線を用いる利点は？

A2. 図の先行研究は可視光による観測結果であり、大質量 BH の中の一部の種類しか観測できていない。可視光に比べて透過率の高い X 線であれば、より多くの大質量 BH を観測することができると思われる。

○銀河とは？

銀河とは太陽のような恒星が100万～1兆個集まった天体です。その銀河を構成するものとして、星、星間物質（ガスや塵）、ダークマターがあげられます。このうち直接電磁波を出すのが星と星間物質です。松下研究室では、これらから出る X 線を観測して、銀河の解

析を行います。ダークマターは正体不明の物質で今でも多くの研究者の間で研究が行われています。

銀河を形で分類したものが左下の図で、図の形が音叉に見えることから「ハッブルの音叉図」とも呼ばれています。

- ・楕円銀河は、銀河同士の衝突や合体などの相互作用によって形成されたと考えられており、星はある重心の周りをバラバラの速度で回っている。(正円に近いものから E0、E3... という分類)
- ・渦巻銀河は中心部から渦巻き腕状の構造が伸びていて、星は一定の角速度で回転している。(Sa は腕の湾曲が大きく中心部が大きい、Sc は腕の湾曲が小さく中心部が小さいという分類。渦巻に見えるのは、腕が高密度の物質が集まる領域で、この高密度な状態が星形成を促進したり星をトラップするため。腕の部分で車の渋滞が起きていると例えることもできる！)
- ・棒渦巻銀河は中心部に棒状の星の帯を持つ。この棒構造ができる原因は、正確には判明していない。(分類は渦巻銀河と同じだが、S が SB になっただけ) ← 銀河系もこれ
- ・S0 は E7 よりも扁平で、腕が究極的に巻き付いている感じ

○今年の研究テーマ

さて、今年の銀河研究者は 2 人。

1 人の研究テーマは「渦巻銀河 (M51) の中にいる X 線で光る天体を明らかにする」です。銀河には強く X 線を放射する天体がたくさん含まれています。たとえばブラックホールであったり、パルサーと呼ばれる中性子星であったり。ここで左の M51 の図を見て下さい。衛星で観測されたデータを解析することで、X 線画像を作ることができます。そこに点々と X 線を強く放射している何かがあることが分かります。これらのことを点源と呼びます。その点源のスペクトルを解析して求め、fitting (近似曲線を描く作業)を行います。先ほど述べたブラックホールや中性子星にはそれぞれ個別のモデル (近似式) があり、fitting した結果どのモデルに合うかで、点源の正体を暴くことができます。銀河にどれだけこのような天体たちが含まれているかを知ることによって銀河の進化や成り立ちの解明の手助けとなります。

もう 1 人の研究テーマは「渦巻銀河に付随する高温プラズマの起源の解明」で、NGC6946 という渦巻銀河を対象に研究を進めています。銀河には X 線を放射する高温プラズマが付随しており、渦巻銀河でも観測されています。X 線の図で見ると、明るく光る点の周りにもややと広がって光っているのが高温プラズマです。このスペクトルを解析することで、プラズマの温度や質量、含まれている元素の種類や総量がわかります。

例として挙げた左の方の図は、M82 という別の渦巻銀河の高温プラズマのスペクトルです。このスペクトルを見ると、所々で凸が見えます。この凸が出る時のエネルギーは、元素によって固有の値を取ります。(凸になってないべき関数の部分は制動放射、電子が磁場によって加速度運動している時の放射。)つまり凸の位置によって、何の元素が存在するか知ることができます。(ex.O, Fe, Ne, Mg, ...))

右の図は鉄に対する各元素量比で、軽い星と重い星のどちらの超新星爆発が多く発生したかを知ることができます。

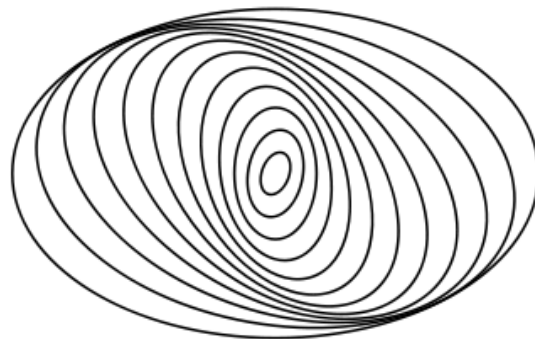
このようにして銀河の謎を解き明かしていくことを目的としています。

Q&A

○過去の研究テーマ

では、その銀河でどのような研究が行われてるかというところ、「近傍銀河における重元素分布」であったり、「楕円銀河におけるダークマターの分布」であったり、「2つの渦巻銀河の衝突シュミレーション」などがあります。重元素分布は、割合を算出することによって、その天体の形成、過程、進化を知る手がかりとなる重要な研究内容です。また、ダークマターの分布も暗黒物質を解明する上で重要な研究となってきます。シュミレーションも宇宙の起原を知る上で重要な研究内容です。このうち、シュミレーションは数値計算によるもので、数値計算を勉強していないと少し大変かも知れません。始めの2つは4年生になってから解析の練習などをすれば大丈夫です。

○「渦巻銀河がなぜ渦巻に見えるか」のもう少し詳しい説明



渦巻銀河の星の軌道はわずかに楕円軌道を描いており、その軌道は互いに相関を持って中心からの距離に応じて滑らかに向きを変えると仮定した。このような条件だと、星の密度の高い部分がらせん状に出来る。したがって星は定期的に腕の部分を通り抜けていることになる。これはよく、所々に渋滞が発生している高速道路に例えられ、渋滞が発生してい

る箇所が銀河の渦状腕に相当する。渋滞の中にいる自動車はそこにとどまっているのではなく低速ながらも走っており、いずれ渋滞部分を抜け出す。これと同様に、渦状腕を構成している星は常に同じではなく常に入れ替わっているが、腕自体は星の密度が高い部分として同じ位置に存在し続けているのである。

○なぜ渦巻銀河を選んだのか(他の楕円銀河とかじゃダメなのか)

・NGC6946の場合

楕円銀河では星形成活動があまり行われていないのに対し、渦巻銀河では高密度の腕の部分で星形成活動が活発に起きている。今回の研究では星形成が活発な所で高温プラズマの元素総量を知りたいのでこれを選んだ。星形成が活発な所で元素総量が多ければ、元素は超新星爆発によってばらまかれ、活発な星形成と元素総量に相関性がなければ元素はもともとあった高温プラズマに含まれていたと予想できるため。

それに加え、NGC6946は「face-on」といって渦巻構造を含む面が我々観測者方向を向いていて解析に使う領域を東西南北で簡単に分けられるから。face-on じゃないと奥行き方向の観測が難しい。

・M51の場合

私の場合は完全に見た目への好奇心によるものです。渦巻銀河は普通独立しています。ですが M51は渦巻腕の先にもう一つ銀河がくっついています。このような特殊なものに対する興味から、私は M51に関する何らかの解析を行いたいと思いました。

○「渦巻銀河に付随する高温プラズマの起源の解明」で、プラズマの温度や質量はどう使うの？

・温度

現在までの研究で、渦巻銀河全体の高温プラズマは低温成分(0.5キロ電子ボルト (500万 K くらい) 以下)と高温成分(0.5キロ電子ボルト以上)の2温度の重ね合わせでよく再現できることが分かっている。ここで我々は低温成分が過去の星形成で放出されたプラズマが断熱膨張をしてある程度冷えたもの、高温成分が現在爆発をしている超新星爆発によるものであると考えた。この考えが正しければ、星形成が活発な領域ほど高温成分の割合が高くなる。よって高温成分と低温成分の分布と星形成領域の相関性を見たい。

○楕円銀河と渦巻銀河はどちらが多い？

銀河団の中 → 楕円銀河

銀河団の外 → 渦巻銀河

○なぜ、鉄の元素量で割るの？

鉄の元素量は誤差の値が小さく求められるので、全体の誤差を小さくするために鉄を用いた。

○1 温度って何？

プラズマの温度が 1 つと仮定 → 1 温度 (ex.高温のみ)

2 つ → 2 温度 (ex.高温と低温)

．．．．

ここの話は別のところで

銀河団からの X 線

銀河団ガスは高温+原子は電離している→

銀河団ガスからの放射は連続的な熱制動放射(温度依存)と非連続的な特性 X 線による輝線(元素依存)を考える。(実際には地球に到達するまでの間の吸収を考える必要がある。)

熱制動放射:高温プラズマ内では電子が不規則に運動している。

原子核近傍で自由電子がクーロン力で軌道を曲げられる(衝突,散乱)(加速度を受ける)際に放出される光子のスペクトル。

特性 X 線;元素のエネルギー準位差に応じた放射(励起された電子が下の準位に戻る際に放射される?自信無い)

元素量=特性 X 線

温度,密度=熱制動放射

電子ボルト=1.6*10⁻¹⁹J 1ボルトの空間内で電子が得るエネルギー

$E \propto kT$ が成立 k ボルツマン定数 気体分子運動論?←不安

1eV=1.16045*10⁴K に置ける分子の平均運動エネルギー? ←自由度とかでずれるから正確な定義じゃない。多分

#####

銀河団とは

数十から数千の銀河の集まり

力学的に平行な中では宇宙最大の天体

###質問###銀河がもっと少なかったら?→(孤立銀河,連銀河,銀河群,銀河団)

###質問###力学平衡じゃないのでは?→フィラメント(超銀河団)が最大、これ以上は天体じゃない(宇宙原理=十分大きなスケールでは宇宙の物質は均等に分布している)

###質問###力学平衡って?→重力で留まっている範囲 宇宙膨張の影響に重力が勝っている

銀河,高温ガス,暗黒物質

暗黒物質((重力以外の相互作用が観測されていない物質))が質量の割合を最も多くしめ、高温ガス(星になれなかった)が2番め,星(≠銀河)が最も少ない。

暗黒物質は光を放たない=直接観測出来ないので高温ガスか星を観測する事になる。松下研では X 線=高温ガスを観測する。

高温ガス ガスの温度は,瓦斯の粒子の平均的な速さを表している。銀河団は、巨大な重力ぽてんしゃるを持っているので、それに引き寄せられて粒子のおちこみにより速い運動をするようになるため温度は高温になる。

###質問###実際どのくらいの割合?→研究のテーマ 中心部では暗黒物質80くらい,高温ガス15くらい,銀河5くらい

###質問###それぞれ何が分かるの?→X線=温度,どんな元素があるのか,ガス密度 可視光=銀河の分布と明るさ

大規模構造

フィラメント←銀河や銀河団が連なっている構造

フィラメントの途中や交点に銀河団がある。

###フィラメントの間の銀河がほとんどないところ←ボイド 説明しなくていい
ふいらめんと方向とぼいど方向で銀河団のえんとりびーや星形成史に違いがあるのでは?
網目状の構造を発達させながら進化してきた。物質が降着←銀河団成長の説明:ダークマターが集まる>そこに星が集まる>銀河が出来る>銀河団が出来る。

小さな構造から出来てきた。ぼとむあつぷ

エントロピーと成長

厳密にはえんとりびーばらめーたらしい

統計力学のエントロピーとは少し異なる

エントロピー←銀河団が熱力学的にどんな風に成長したかが分かる。衝撃波による加熱の指標

いきなり出せないで、温度と電子数密度から出す

###これは特にいわなくていい###理論予測の式→エントロピー $\propto$ (半径)^{1.1}

これがずれている→重力エネルギーが全て内部エネルギーになるわけではない?

実は外側ではガスにムラが有って電子数密度を多く見積もってしまってる?

等の理由が考えられる。

ここには載ってないがエントロピーがずれてるのは南方向と東方向だけ

###質問###加熱って?→重力エネルギー=内部エネルギーを仮定

###質問###なんでエントロピーは外で増えるの?→最近形成された外側はより大きな重力
→より大きなエントロピー

###質問###宇宙年齢って?→宇宙が出来てから今まで 137億年くらい

137億光年前が見えてる星←470億光年位遠い

超新星爆発と元素

重い星(大質量星の超新星爆発) ($M > 8M_{\text{太陽}}$) ←O, Mg はこっちでのみ生成 Fe, Si, S は両方で出来る

寿命~一千万年の短い星 大質量星の重力崩壊による超新星爆発

軽い星(中性子星の超新星爆発) ($8M_{\text{太陽}} > M$)

寿命~百億年の長い星 白色矮星の質量限界による超新星爆発

銀河団ガス内の比率が分かる=銀河団が出来てから現在までの間の重い星と軽い星の超新星爆発の回数比が分かる。横田さんに実際の比率を確認

元素分布と星形成

方向依存性←銀河団分布にそった (フィラメント方向,ボイド方向)

フィラメント(右の方の図のそこ,銀河団が連なってる部分),ボイド(銀河団や銀河がほとんど存在しない部分)

すべくとるを見ることで高温瓦斯に含まれる元素がわかる

#####ここは図の説明,しない方がいい

鉄は両方から合成され、他の元素よりも分かりやすい。(=Feのみ奥の2binまで見える。)

南方向はほとんど決まらない O,Mgでは南方向がそれぞれ単独では決まらないため o,Mgは同率として fit した。

#####

超新星爆発の所の重い星,軽い星の内容に有るように、今まで銀河団で爆発した星の割合と量が分かる。

南の方が少しだけ低くなっている←たまたま?それとも理由があつて?

###質問###太陽組成比ってなに?→水素を1とした時の元素の個数比を太陽と比較している。

指摘(ポスター)

佐々木さん

箇条書き=・付き

元素量→組成比 (or 総量)

←質量に見える

重い星と軽い星の比率(何の?(質量,個数比)いつの?)←超新星爆発の回数比

AWM7銀河団←文字つけてない+suzakuによるものって書いとく。 カラーバーに明暗スケール(~光年)

別天体っていつてない(awm7横田さん,abell 望月さん)

エントロピーなんで外に行くと増えるの?(加熱されたのはどっちが速い←外側の方が最近加熱=外側の方がエントロピー高い。)

理論と観測の違い←一致してないのは何故?(仮定の違い)←どんな仮説が有るか乗せると分かりやすい。

銀河団の枠が切れてる

望月さんのはメモ取り忘れたけどあれに書いてあるから大丈夫

木星

木星：直径は地球の約11倍程度、太陽系第五惑星

画像は X 線@chandra, 可視光@ハッブル

木星のオーロラには、衛星の1つ・イオが関与している。イオの活火山は酸素や硫黄のイオン（電気を帯びた粒子）を吹き出し、木星の磁気圏を満たしている。イオンは磁力線に乗って木星の北極や南極に集まり、太陽風（イオン）と衝突することでエネルギーを失い、その失ったエネルギーを光として放出する。これがオーロラになる。

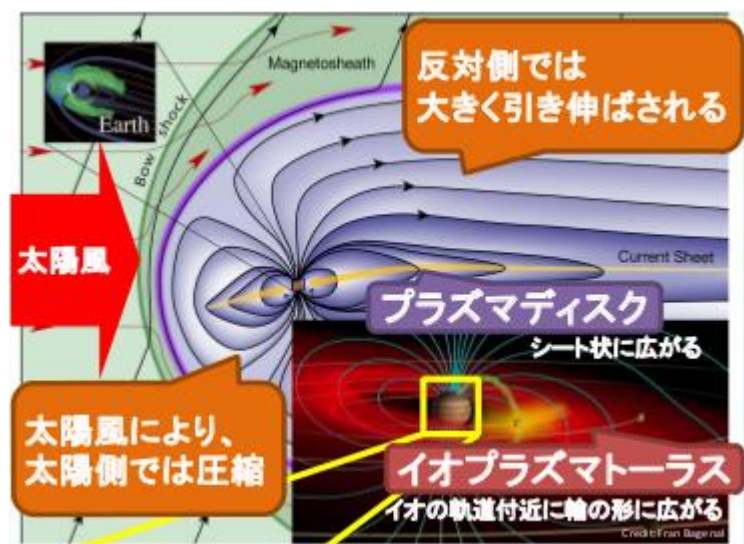
（X 線の放射機構は下参照）

-----磁場を具体的に説明するなら以下-----

地球のものより20000倍の強い磁場、3桁以上大きいサイズの磁気圏により（様々な）X線現象が起きている

→地球のものが説明しづらいので、いらないかも・・・

木星の磁気のやつ



衛星イオの活発な火山活動により磁気圏内にプラズマが供給され、プラズマディスク、プラズマトーラスが形成

（トーラスはドーナツ状？みたいな形のこと）

↓

木星の磁極部分に（プラズマが集まって）オーロラが生まれる

また光速近くまで加速された高エネルギー電子と太陽光子によって木星周囲に広範囲に渡り逆コンプトン散乱が観測される

-----こっから下いらない気がする-----

一方、木星の磁気圏全体は太陽風に押され、太陽と反対の方向へ「しっぽ」のように伸びている。イオンの多くは「しっぽ」に沿って移動し、徐々に流出するとされている。ニューホライズンズは木星を離れてからも、しっぽの中を移動し続け、イオンの濃度などを測定する予定だ。今回観測されたオーロラとともに、木星周辺における物質の移動や反応を具体的に把握する手がかりとなることが期待される。

なお、木星のオーロラのエネルギーは、地球のオーロラの1000倍も強く、その生成メカニズムの詳細を明らかにすることは、研究者の課題の一つとなっている