

宮城野高校特別講座
「学問の世界」
(2013.6.1)

天文学・宇宙物理学の世界

滝沢元和
(山形大学理学部物理学科)

お品書き

- 宇宙物理学とはどういう学問か？
- 現代の宇宙物理学
 - 宇宙からの“光”を見る(光、電波、X線)
 - 光っていない世界を見る: 重力レンズ
 - コンピューターの中で実験する
- 宇宙を大学で勉強するには
- まとめ

宇宙物理学とは
どういう学問か？

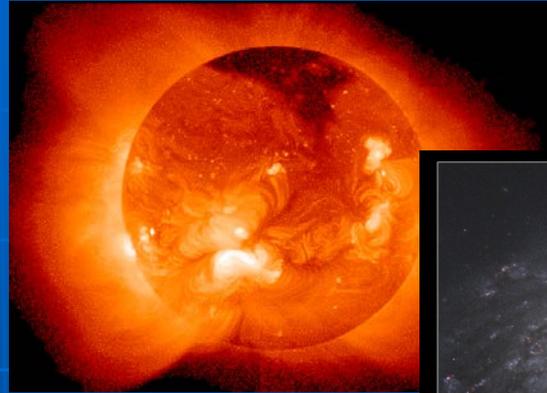
宇宙物理学とはどういう学問か？(1)

- 「物理学」を道具として「宇宙」を理解する。
 - 物理法則(自然のルール)は地球上でも遠い宇宙でも同じ(はず)。
 - 身の回りの現象(放物運動、電磁石)と同じように宇宙での現象(銀河や星の性質)も物理法則を使って理解できる。
 - 星や銀河はどうやってできたのか？宇宙の未来は？
- 「宇宙」を使って「物理学」を調べる。
 - 地球上の実験室では再現不可能な極限状況(強重力、超高温、超希薄、、)が宇宙には存在。
 - 天然の実験室(コントロールはなかなかきかないが、、、)
- ただし、この二つの側面は必ずしも明確に分かれるものではない。

宇宙物理学とはどういう学問か？(2)

■ 研究対象

- 星、銀河、ブラックホール、宇宙そのものなど
- どうやってできたか？
- その性質は？
- 将来どうなるか？



■ 研究手法

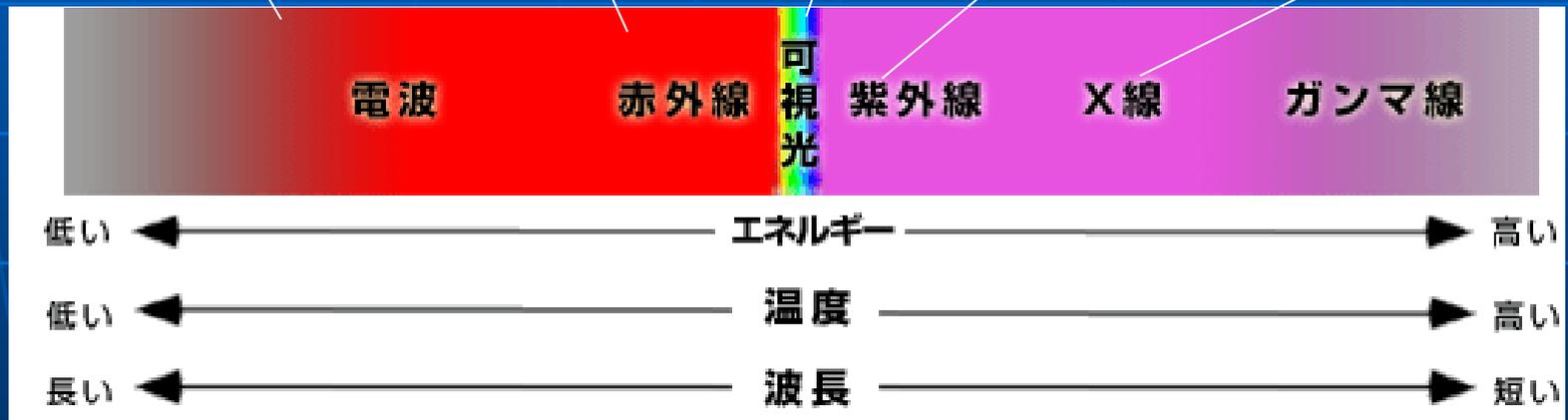
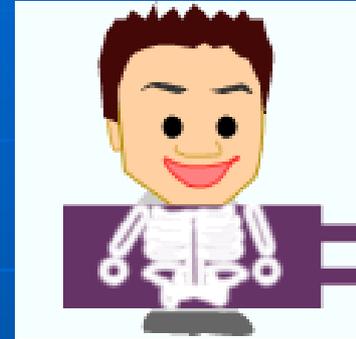
- 理論計算(紙と鉛筆)
- 観測(光、電波、X線 etc)
- コンピューターシミュレーション



宇宙からの“光”を見る

光、電波、X線etc

宇宙をみる手段：電磁波



電波、赤外線、可視光、紫外線、X線、ガンマ線：みな同じ仲間
ただし、波長(エネルギー)が違う====>違う温度の世界が見える。

光で見る宇宙

太陽



0-3-1103 撮影場所：鳥取県
天文台 天文情報公開センター 広報普及室

- 人類が宇宙を見る最古の手段。
- 数千度—1万度くらいの世界がよくみえる。
 - 太陽
 - 恒星(普通の星)
 - 銀河(星の集団)
 - 銀河団(銀河の集団)



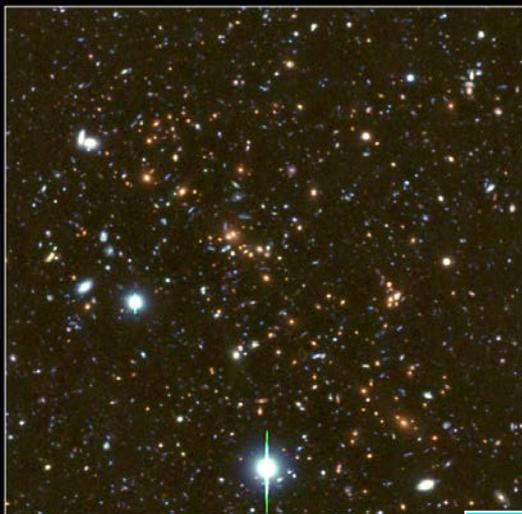
M 63 (NGC 5055)

Suprime-Cam (B, V, H α)

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan

June 22, 2006

太陽のような星が数千億個ぐらい集まってできた銀河



Galaxy Cluster RX J0152.7-1357

Suprime-Cam
December

Subaru Telescope, National Astronomical Observatory of Japan
Copyright © 2003, National Astronomical Observatory of Japan, All rights reserved.

銀河が数百個集まってできた銀河団

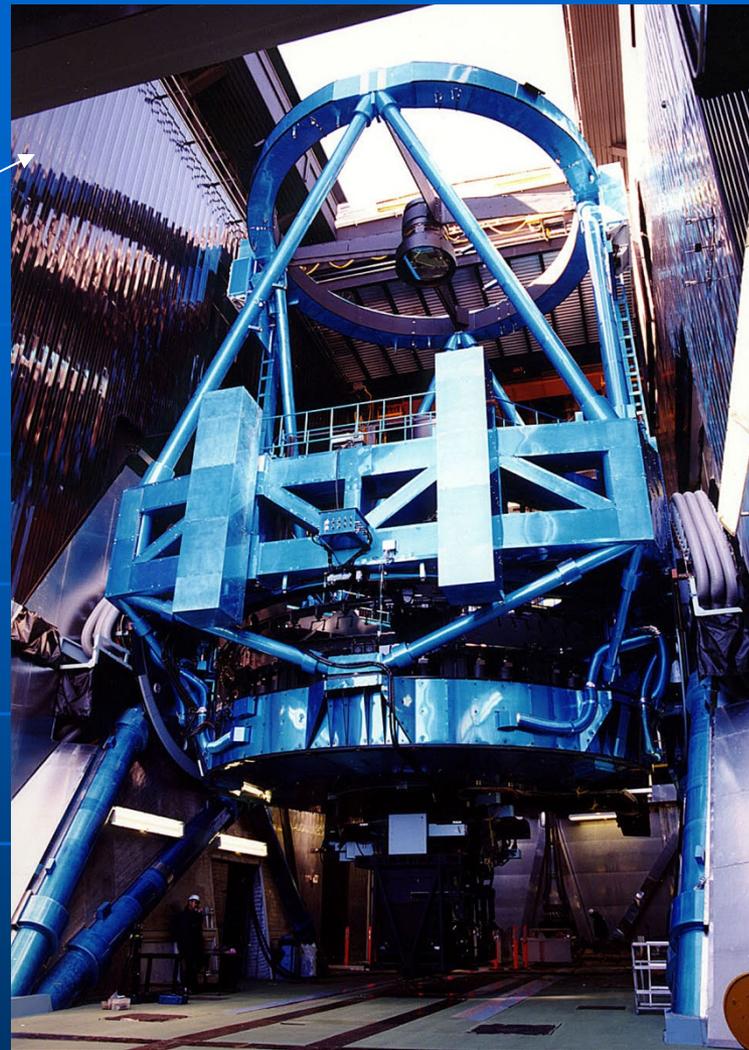
光で宇宙を見る目



ハワイ島マウナケア山頂の巨大望遠鏡群
世界の天文学の最前線基地の一つ



図 1.2 おもな大型望遠鏡の建設地.



すばる望遠鏡(口径8.2m)
世界トップクラスの光学望遠鏡の一つ

電波で宇宙を見る

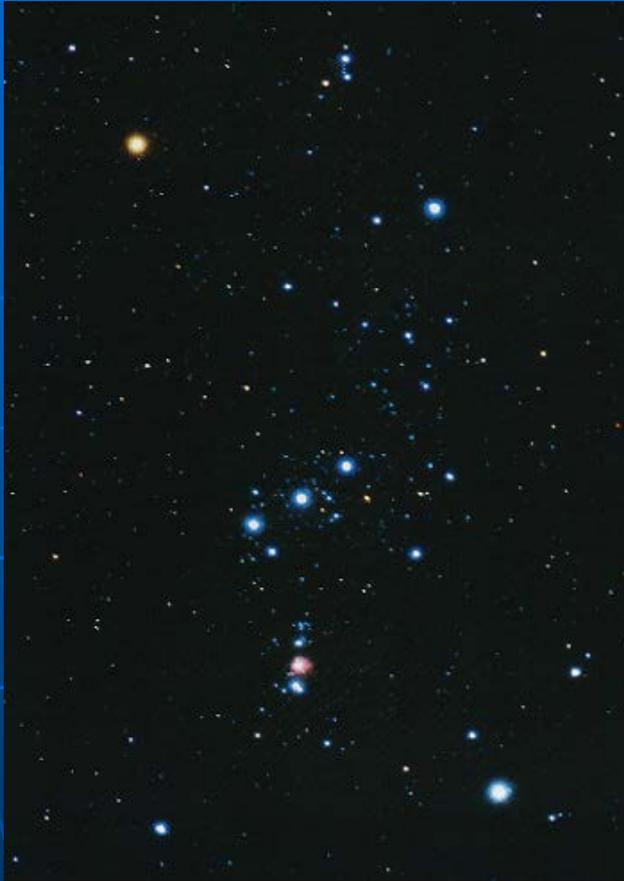


野辺山電波観測所45m電波望遠鏡

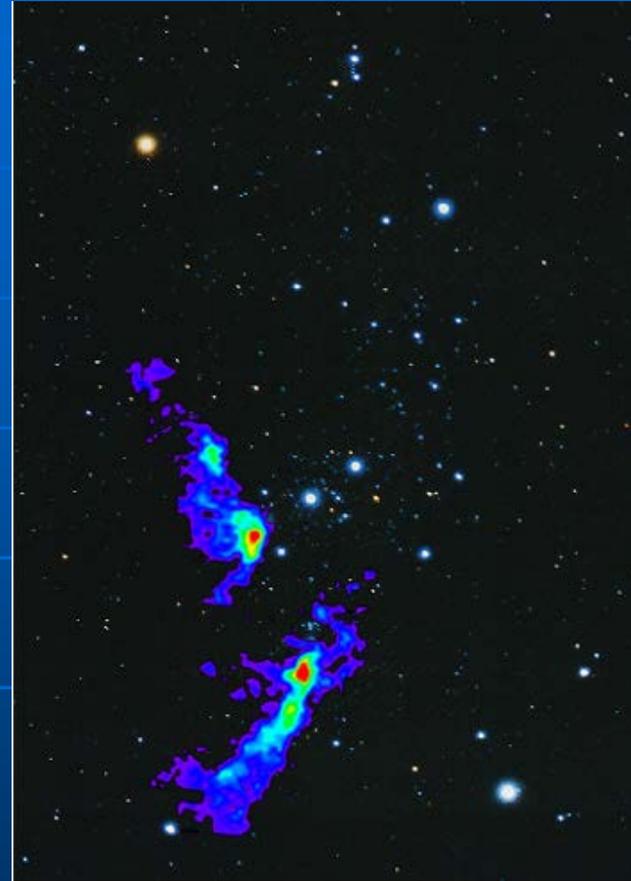
- 電波：光・赤外線よりも波長の長い（振動数の低い）電磁波。
- TV, ラジオ、携帯電話、WiFiなど
- 光よりも温度の低い世界が見れる。
（星の材料、星ができつつある場所など）

地球外文明からの通信電波も受かるかも？

電波で見る宇宙



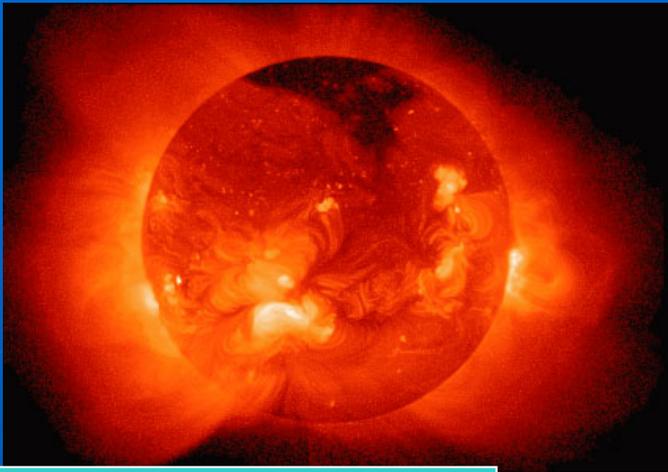
光で見たオリオン座
(数千度の世界)



電波で見たオリオン座
(氷点下100-200度の世界)

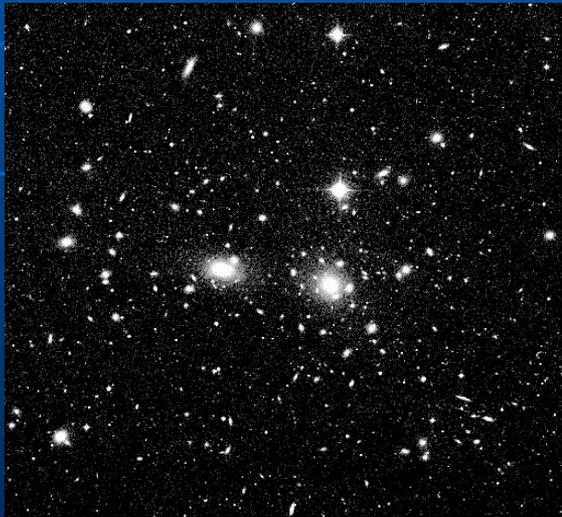
太陽の10万倍もの質量の冷たいガスが存在し、
星になりつつあると考えられている

X線で宇宙を見る

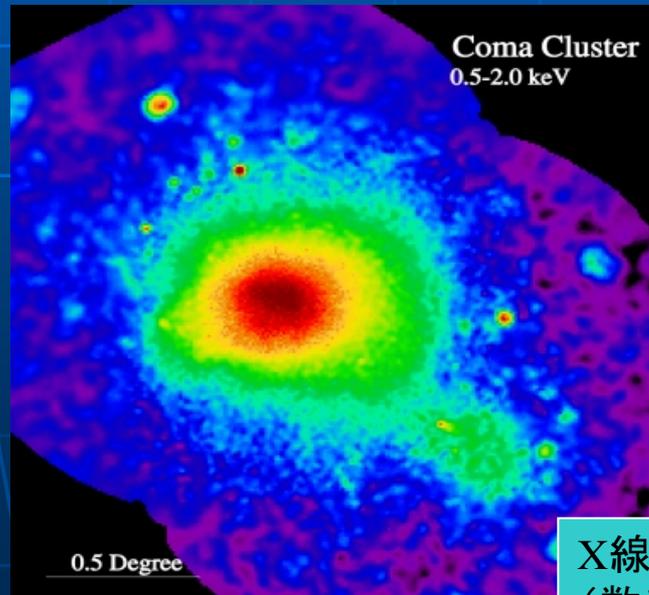


X線で見た太陽
(コロナ、数100万度の世界)
太陽表面自体は約6000度

- X線: 光よりも波長の短い(振動数の高い)電磁波。
- 病院のレントゲン、空港の手荷物検査など
- 光よりも温度の高い世界(数千万—数億度)がよく見える。
 - 太陽コロナ
 - 銀河団高温ガス
 - 活動銀河中心核



光で見た銀河団
(数100個の銀河の集まり)

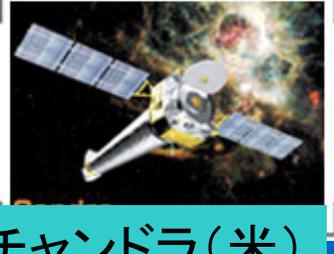


X線で見た銀河団
(数千万から数億度の高温ガス)

X線で宇宙を見る目



ニュートン(欧)



チャンドラ(米)

すざく(日本 2005--)



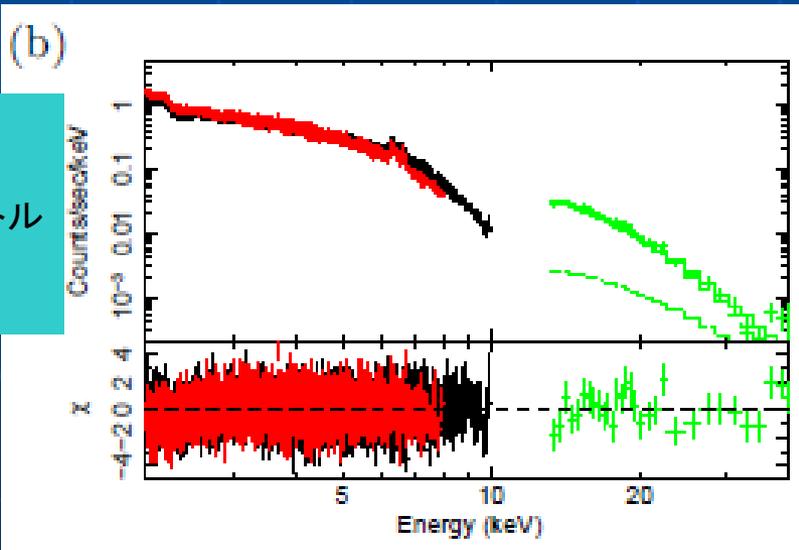
- X線は地球大気に吸収されるため、地上までは届かない。

——>観測装置を大気圏外に持っていくのが必要

- 現在、異なった特徴をもった3つの人工衛星が活躍中。

- チャンドラ(高解像度)
- ニュートン(大集光力)
- すざく(広いエネルギー帯域、高エネルギー分解能)

- 山形大でも「すざく」を用いて銀河団や中性子星の観測をおこなっている。



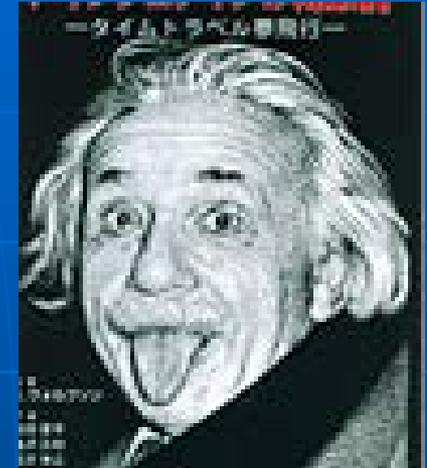
すざく衛星による銀河団A2319の広帯域X線スペクトル(菅原知佳さんの修士論文より)

光っていない世界を“見る”

重力レンズ

光っていない世界を見る：重力レンズ

アインシュタインの一般相対論によると、重力とは時間空間のゆがみである。その結果、光も重力によって曲げられる。
重たい天体があたかもレンズのような役割をする（重力レンズ）



遠くにある天体

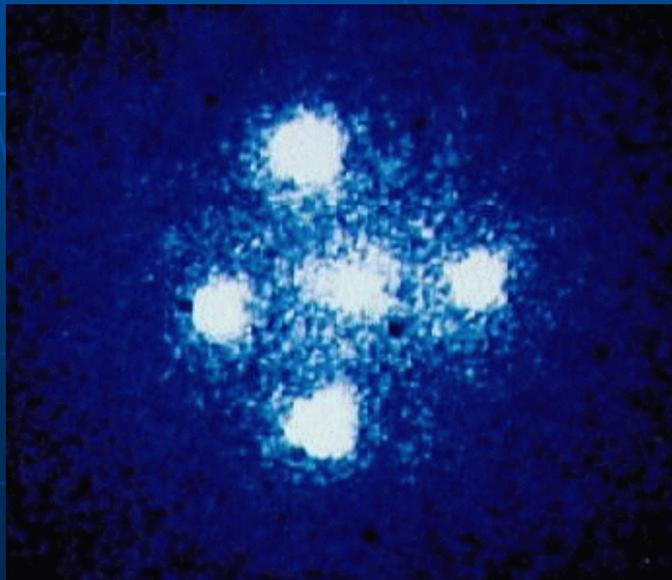
レンズ天体

観測者

重力レンズ



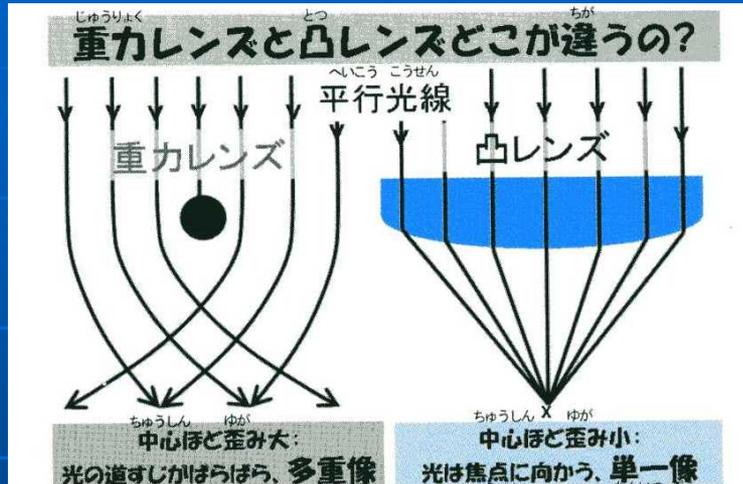
背景にある天体からの光が重力によって曲げられる。曲げられ方は手前にあるレンズ天体の質量で決まる。



詳しく調べることで光っていない暗黒物質の量や分布がわかる

光っている物質の10倍程度の質量が必要

「重力レンズ」レンズ



お手元の紙とレンズ
でしばし遊んでみて
ください

宇宙を“実験”する

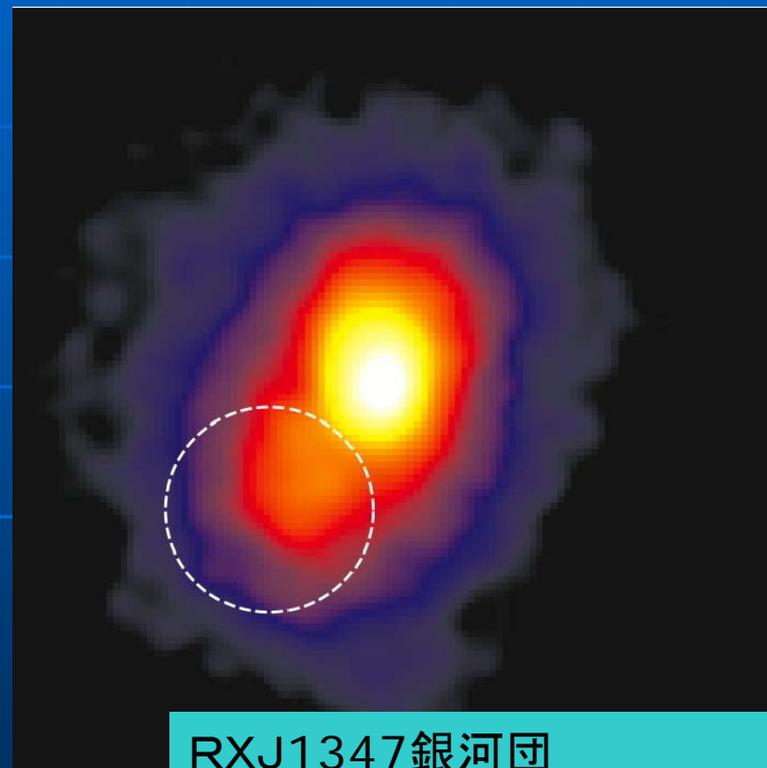
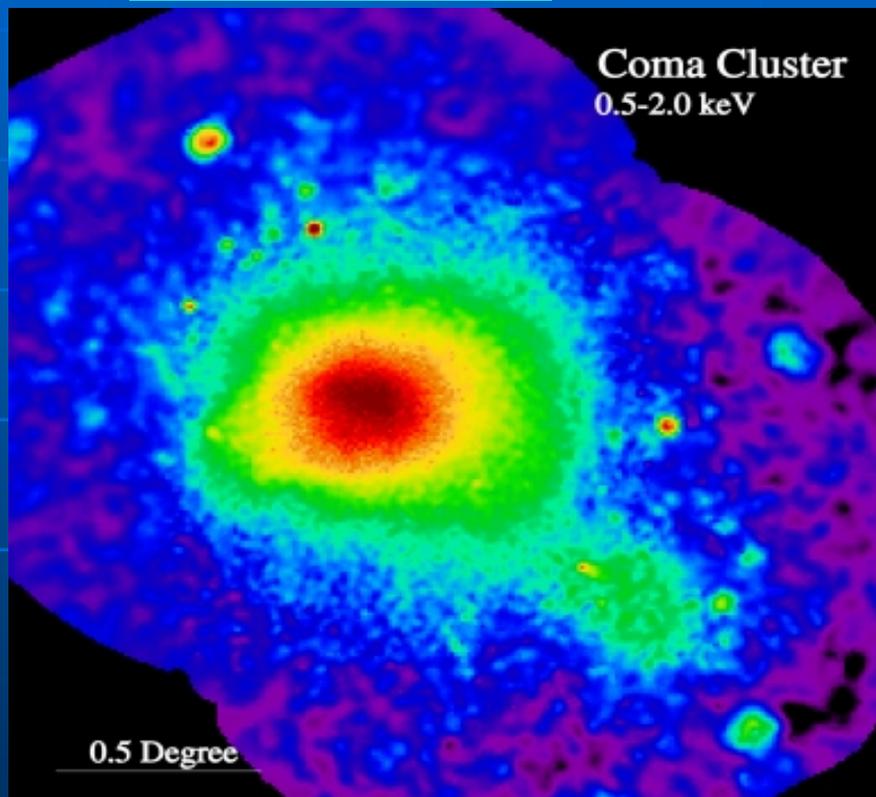
コンピューターシミュレーション

宇宙物理学でのコンピューターシミュレーションの重要性

- 普通は、理論(頭で考える&紙と鉛筆で計算)+観測(しっかり観察)+実験(うごかしてみる)。
- でも宇宙でおきていることを実験することは難しい(ほとんど無理)
 - 大きさ、重さ、時間のスケールが全然違う。
 - 地球上ではつくりえないような特別な状態(すごく熱い、すごく強い力、ものがほとんどない)
- けど自然界のルールは地球の上でも遠くの宇宙でもおなじ(はず)。
- ルールがわかっているならば、コンピューター上でシミュレーションをする。
——>理論、観測に続く第3の柱

衝突している？銀河団

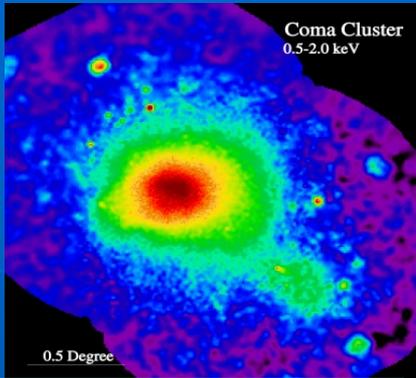
かみのけ座銀河団



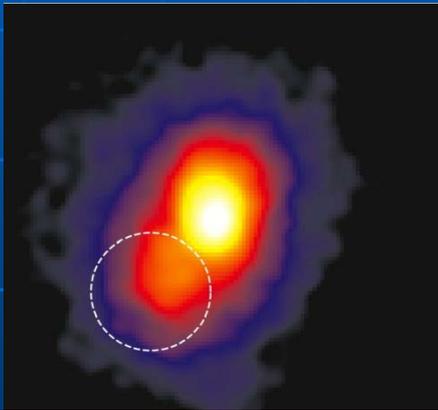
点線で囲んだ部分には宇宙でも最も熱い(約3億度)ガスが見つかっている

衝突している銀河団

(滝沢による計算: 並列計算機を使用)

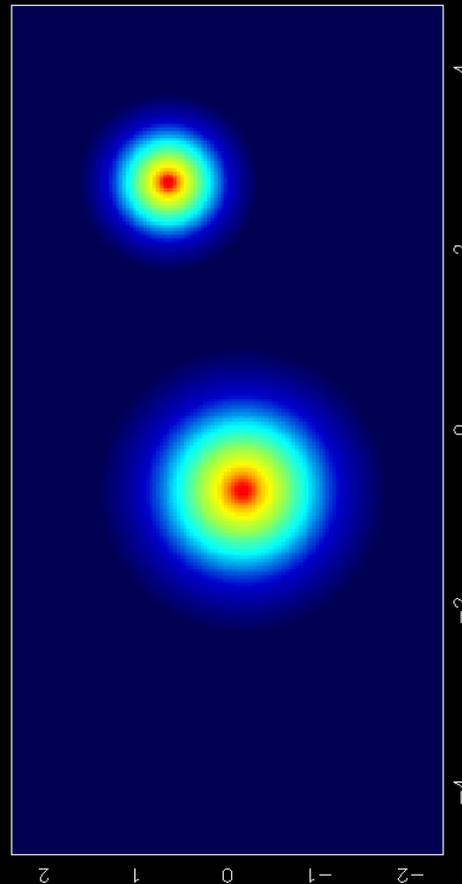


かみのけ座銀河団

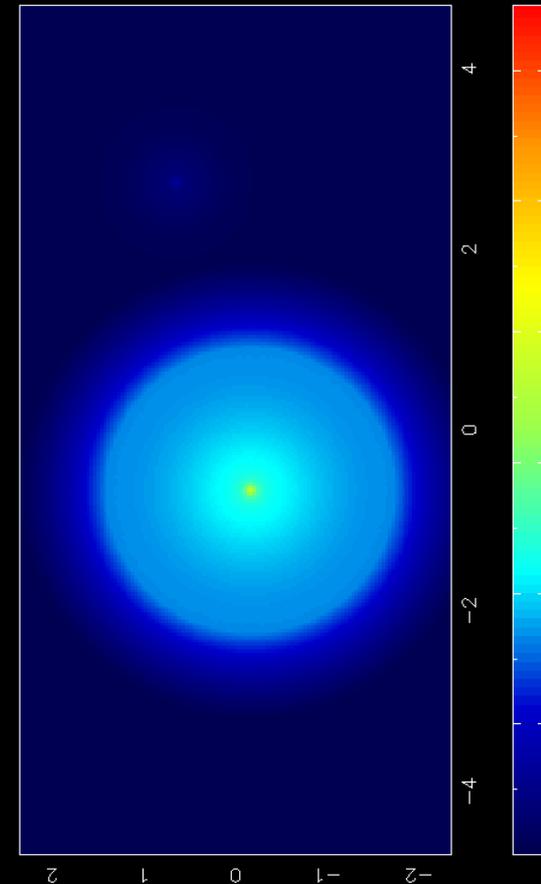


RXJ1347銀河団
点線で囲んだ部分には宇宙
で最も熱い(約3億度)ガス
が見つまっている

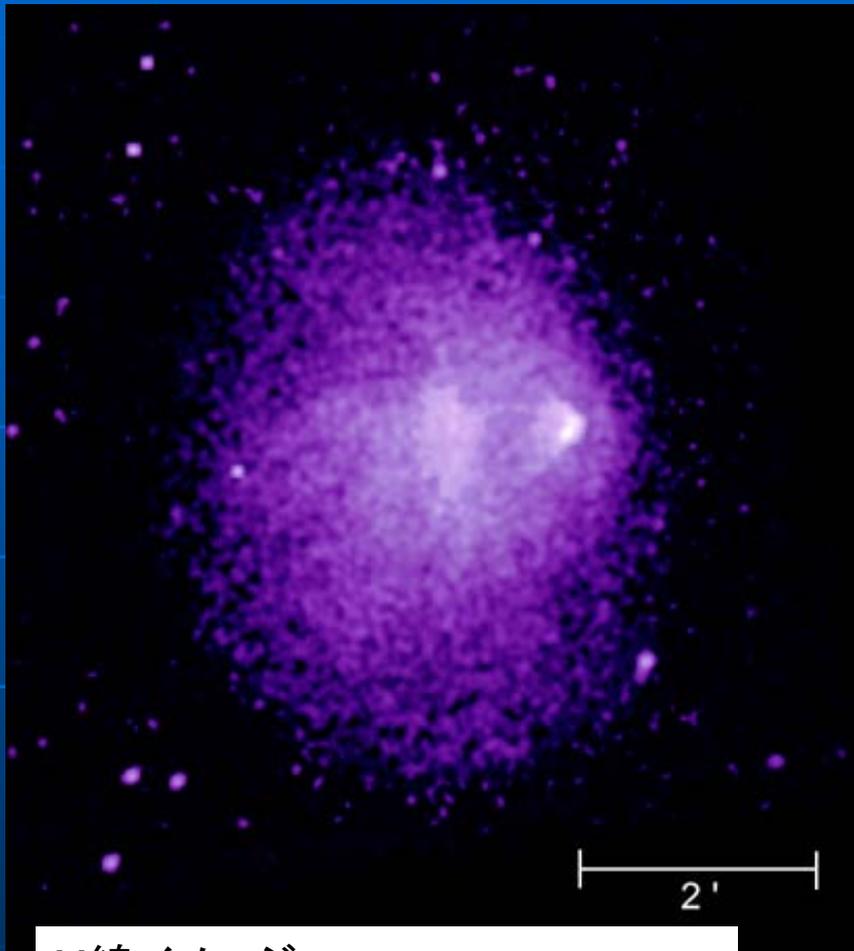
ガスの密度



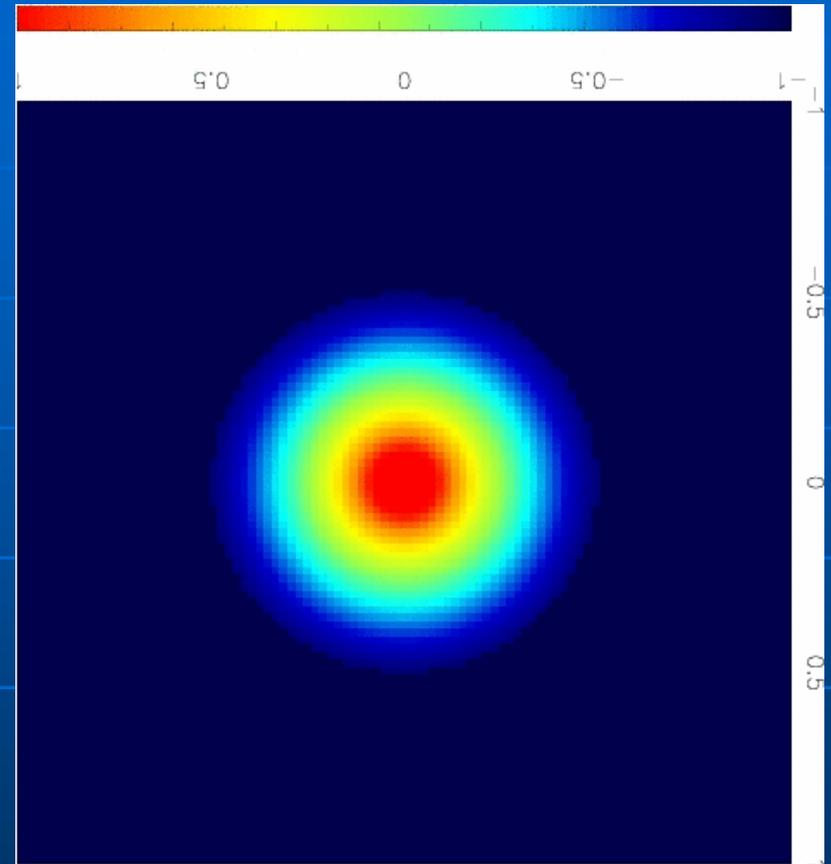
ガスの温度



1E0657-56銀河団(弾丸銀河団)



X線イメージ
右の方に弾丸みたいなもの。左から突き抜けてきた??



「弾丸」部分の流体シミュレーション。
倉兼君(2011年度修了)の修士論文より。

宇宙や天文学を大学で勉強するには？

- 宇宙を学べる大学は意外とたくさんある。
(宇宙、天文の名前が付いた学科自体は少ないが)
 - 理学部物理学科(例えば山形大学理学部物理学科)、
 - 教育学部理科教育、場合によっては工学部のなかにも。
- 基本的な科目はきちんと勉強しておきましょうね。
(特に数学、物理、英語)。
 - 宇宙でおきていることを学問として扱うには物理学、数学は必須。
 - 理系の人間こそ英語が必要。外国人の友人をつくるチャンスは普通の人よりも多いと思う。
- その上で他人とは違う得意技、独創性を
(これは私が助言してどうこうなるものではありません。皆さん自身で考えてください。)

まとめ

- 宇宙を見る様々な手段
(光、電波、X線、etc)
- “光っていない世界”も見れる(重力レンズ)
- 宇宙を“実験”する
(コンピューターシミュレーション)
- 宇宙を勉強できる大学は意外と多い。
- 基礎も大事。独創性も大事。
- 理系の人間こそ英語が必要。