

会場 B

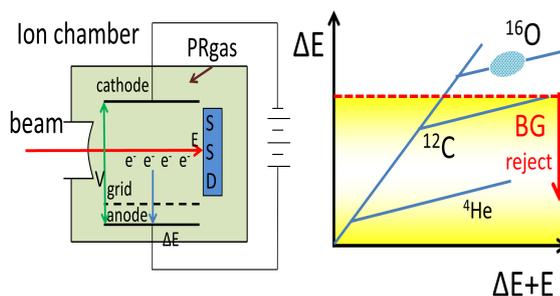
実験核物理, 宇宙線・宇宙物理領域

B-1 天体核反応測定のためのイオンチェンバー開発

九州大学理学府物理学専攻^A, 神戸大学理学研究科^B 三鼓達輝^A, 藤田訓裕^A, 相良建至^A, 山口裕幸^A, 松田沙矢香^A, 岩崎諒^A, MariaTheodoraRosary^A, 劉盛進^B, 寺西高^A

九大原子核実験室では、天体ヘリウム燃焼の主反応である ${}^4\text{He}({}^{12}\text{C}, {}^{16}\text{O})\gamma$ 反応の断面積測定を行っている。この測定は約 45 年間にわたり世界中で行われてきたが、いまだに成功していない。我々は ${}^{16}\text{O}$ を検出する方式を採用し、この方式では世界トップの $E_{cm}=1.5\text{MeV}$ までの測定に成功したが、目標は 0.7MeV までの測定である。この目標達成のため、検出する低エネルギー ($5\text{MeV}\sim 2\text{MeV}$) の ${}^{16}\text{O}$ とバックグラウンドの ${}^{12}\text{C}$ を識別する特殊イオンチェンバーを開発している。そのイオンチェンバーの構造(下図左)と性能を報告する。イオンチェンバー(ガスカウンター)でのエネルギー損失 ΔE と、その下流に置く SSD (半導体検出器) で残りのエネルギー E を測定する。同じ $\Delta E+E$ の ${}^{16}\text{O}$ と ${}^{12}\text{C}$ で ΔE が異なることを利用して ${}^{16}\text{O}$ と ${}^{12}\text{C}$ を識別し、 ${}^{12}\text{C}$ を除去する(下図右)。ここで問題は、全エネルギー $\Delta E+E$ が小さいことで

ある。 $5\text{MeV}\sim 2\text{MeV}$ では、 p と d の $\Delta E+E$ 分離でさえ容易でないが、重イオンの ${}^{16}\text{O}$ と ${}^{12}\text{C}$ では非常に難しい。非常に薄い膜 ($0.9\mu\text{m}$)、低圧ガス ($30\text{-}10\text{ Torr}$) 中での放電、非常に小さい Signal と大きい Noise (低い S/N 比)、などで苦労してきた。Noise をあと数分の 1 に低減すれば、バックグラウンド問題が解決できそうである。



B-2 九州大学における AMS (加速器質量分析) システムの開発

九州大学理学府物理学専攻 粒子物理学講座^A 岡部貴浩^A, 野呂哲夫^A, 坂口聡志^A, 森川恒安^A, 前田豊和^A, 池谷康祐^A, 衛藤晴彦^A, 桑田薫法^A, 田中淳平^A, 山足麻耶^A, 西山憲一^A

AMS (加速器質量分析) は、加速器を利用した超高感度の微量元素分析法である。試料中の放射性同位体である ^{14}C の濃度を正確に測定することによって試料の年代を決定でき、考古学などで応用もされている。通常 ^{14}C 年代測定では崩壊曲線を用いることにより試料の年代を決定するが、九大 AMS グループでは、1950~1960 年代に行われた大気中核実験によって生じた大気中の ^{14}C 濃度の急激な変化 (Bomb-Effect) を利用することにより、現代試料を 1~2 年の精度で測定することを目指している。必要な測定精度は 1% である。

々のこれまでの開発で、九大 AMS システムの測定精度自身は 1% レベルに達しているが、まだ測定の再現性が不十分なため、毎回の測定で確実にデータが得られる状況にはなっていない。このため安定性向上を目指して、タンDEM加速器とビームラインの透過効率の再確認とパラメータ測定手段の見直しを行っている。その中で、AMS 専用イオン源から最下流の検出器に至るまでをいくつかのセクションに分けて、各セクションでのパラメータをユニークに設定する手法を確立することが当面の目標である。また、①計算シミュレーションによるビームトランスポートの確立、②加速器パラメータのモニタリングシステムの開発・拡張、③新たなスリットやビューアーを入れるなどのビームラインの拡充を行っている。今後、これらの開発・改良によりビーム透過効率・安定性等の向上を行い、精度 1% の AMS 測定の確立を目指す。

、これまでの開発の経緯と今後の展望について述べる。

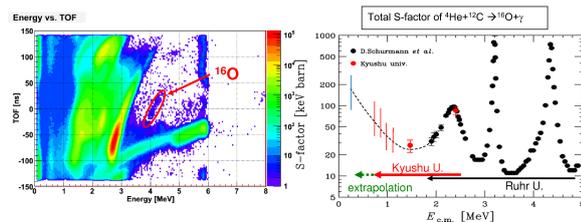
B-3 $E_{\text{cm}}=1.5\text{MeV}$ 以下での $^4\text{He}+^{12}\text{C} \rightarrow ^{16}\text{O}+\gamma$ 反応測定における BG 除去

九州大学理学府物理学専攻^A, 神戸大学理学研究科物理学専攻^B 岩崎諒^A, 藤田訓裕^A, 相良建至^A, 山口祐幸^A, 松田沙矢香^A, 三鼓達輝^A, MariaTheodoraRosary^A, 劉盛進^B, 寺西高^A

九大では、星の一生を左右する $E_{\text{cm}}=0.3\text{MeV}$ での $4\text{He}(^{12}\text{C},^{16}\text{O})\gamma$ 反応全断面積を測定している。 ^{16}O の共鳴が 0.3MeV 近くにあるため、できる限り 0.3MeV 近くまで実測する必要があるが、クーロン障壁のため断面積は極めて小さい。それ故 40 年前からの世界競争であるが未だに測定されていない。小さい断面積測定には、①ビーム量・標的量・検出効率・測定時間を極限まで増やし、②バックグラウンド (BG) を $1/10$ 以下にする、必要がある。

①はほぼ解決した。②は ^{12}C による BG をあと 3 桁低減すれば良い所まで来た。BG 低減には、反跳粒子分析器、パルスビーム、長時間チョッパーを考案し最適化し、BG 数/ビーム個数を約 10^{-16} にして、 1.5MeV 測定

に成功した (下図左)。今開発中のイオンチェンバーで BG を 3 桁低減できれば、 0.7MeV まで測定でき 0.3MeV への外挿が可能になる。

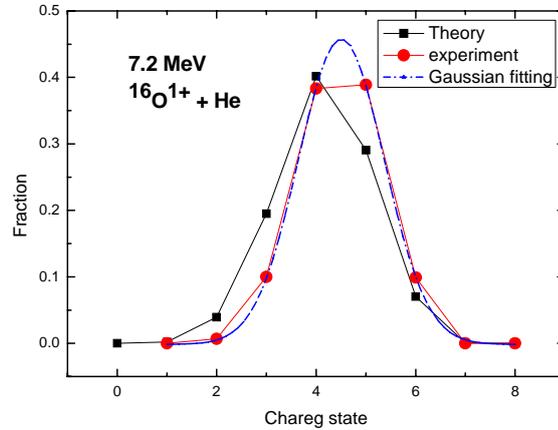


B-4 天体核反応 ${}^4\text{He}+{}^{12}\text{C} \rightarrow {}^{16}\text{O}+\gamma$ からの ${}^{16}\text{O}$ の荷電分布

神戸大学理学研究科^A, 九州大学理学府物理学専攻^B 劉盛進^A, 相良建至^B, 寺西高^B, 藤田訓裕^B, 山口裕幸^B, 松田沙矢香^B, 三鼓達輝^B, 岩崎諒^B, Maria T. Rosary^B, 櫻井誠^A

Abstract: The astrophysics nuclear reaction ${}^{12}\text{C}+{}^4\text{He}\rightarrow{}^{16}\text{O}+\gamma$ have been measuring at Kyushu University Tandem accelerator. In present work, equilibrium charge state distributions have been calculated for 7.2MeV and 4.5MeV ${}^{16}\text{O}$ projectiles passing through He gas target. The calculation of charge state distributions is performed by solving a set of differential equations, which relate to charge exchange between collision ion and target atom. For Ionization cross section, calculations have been performed for single-electron processes in the Plane Wave Born Approximation. And the Impact Parameter Represent-

ation is used to calculate the capture cross section. Thus, charge state distributions are compared with previous experimental data.



B-5 pd 分解反応における Space Star Anomaly と今後の垂直面内実験

九州大学理学部物理学科^A, 九州大学理学府物理学専攻^B 大中貴恵^A, 相良建至^B, 石橋和久^B, 木村駿太郎^B, 田中翔基^B, 前田裕史^A, 吉永拓実^A

3核子系の反応(散乱、分解、融合)では実験結果と理論計算で不一致があるが、その多くは3核子力に起因すると考えられている。しかし、低エネルギーでは3核子力の効果が小さいため、Nd散乱のAy puzzleとNd分解反応のSpace Star Anomalyは未だに原因不明である。特にSpace Star Anomalyは基本量である断面積の不一致なので、深刻な問題である。Space Starとは反応後の3核子が正三角形の頂点にあり($\beta=120^\circ$)、かつ正三角形とビーム軸が垂直($\alpha=90^\circ$)である運動学条件である。九大グループではpd分解反応実験を $E=13\text{MeV}/A$ と $9.5\text{MeV}/A$ で行い、Space Star Anomalyが存在することつきとめた。また、Kⁱⁿ大学データの大きな間違いを証明し、今年の実験でStar Anomalyの α 依存性を再確認した。今回はこれまでの実験について報告し、今考えている垂直面内での実験計画($\alpha=90^\circ$, $\beta=0^\circ\sim 180^\circ$)について述べる。

B-6 pd 分解反応における collinear 異常の探索

九州大学理学部物理学科^A, 九州大学理学府物理学専攻^B 前田裕史^A, 相良建至^B, 石橋和久^B, 木村駿太郎^B, 田中翔基^B, 大中貴恵^A, 吉永拓実^A

pd 分解反応における Collinear 異常の探索
前田裕史, 相良建至, 石橋和久, 木村駿太郎,
田中翔基, 大中貴恵, 吉永拓実
九州大学・理物・理

九大少数系グループは、 $E_p=9.5$ および 13 MeV での pd 分解反応断面積を長年にわたり系統的に測定しており、最近約 15 パーセントの Space Star Anomaly(SSA) の存在を確定した。SSA は原因の予想もついている不思議な現象である。Space Star 条件では、分解反応後の 3 核子がビーム軸に垂直な平面内で正三角形の頂点をなして遠ざかる。正三角形のなす平面がビーム軸と垂直のときに異常が最大になるのが SSA であり、正三角形が垂直から傾くと異常が小さくなる事も既に確定した。すなわち、

1. 正三角形@垂直平面 → 断面積異常が大
2. 正三角形@斜め平面 → 断面積異常が小と判った。我々は今後、
3. 正三角形以外@

垂直平面 → 断面積異常が大か、小か？ を系統的な実験で調べ、異常の特徴を把握して原因を究明する予定である。Space Star 条件の他に、3 核子が一直線状に並ぶ Collinear 条件下でも異常が起こる可能性があるとい前から指摘されており、Collinear 条件下での実験が既にいくつか行われているが、いずれも垂直平面内における Collinear ではなかった。そこで我々は、

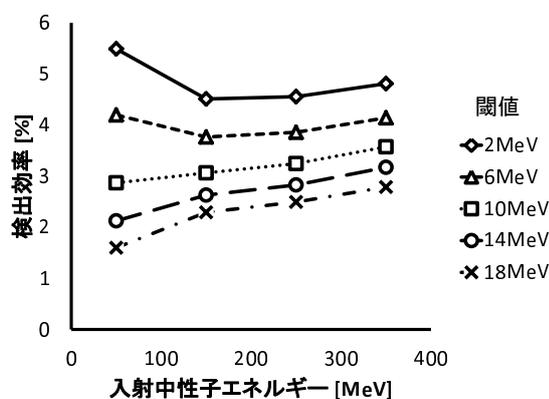
4. Collinear @垂直平面 → 断面積異常が大か、小か？ を調べる実験を最初に行うことにした。九大タンDEM加速器で予備実験を行ったので、その実験方法と中間結果を報告する。

B-7 粒子輸送計算コード PHITS による高速中性子検出のシミュレーション

宮崎大学大学院工学研究科^A, 宮崎大学工学部^B 宮迫洋行^A, 前田幸重^B, 齊藤透^A, 宮崎武^B

大阪大学核物理研究センター(RCNP)では中性子検出器 NPOL3 を用いた実験が数多く行われている。NPOL3 は荷電粒子 veto 用の 0.5cm 厚のプラスチックシンチレーター 1 面と、中性子検出用の 5cm 厚のプラスチックシンチレーター 2 面の計 3 面で構成される。検出効率は入射する中性子のエネルギーや、プラスチックシンチレーターからの ADC 信号にかける閾値などに依存する。そこで今回、粒子輸送コード PHITS を用いて NPOL3 による 50~400MeV の中性子検出のシミュレーションを行い、検出効率の依存性を調べた。グラフは閾値を 2~18MeV とした時の入射中性子エネルギーに対する検出効率のシミュレーション結果である。入

射中性子のエネルギーが低い領域では検出効率の閾値依存性が大きい事などが明らかになった。



B-8 一般相対性理論の電磁気的重力理論による解釈

日本文理大学工学部機械電気工学科^A 竹本義夫^A

((一般相対性理論と電磁気的重力理論との対比))

* $d'ct = \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}} dct \leftrightarrow dct$, $d'r = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}}} dr \leftrightarrow dr$ に対応している。

一般相対性理論 \leftrightarrow 電磁気的重力理論

(A) 時空 (シュバルツシルト) \leftrightarrow (ミンコフスキー)

$$ds^2 = -d'ct^2 + d'r^2 + r^2(\sin^2 \theta d\phi^2 + d\theta^2) \leftrightarrow ds^2 = -dct^2 + dr^2 + r^2(\sin^2 \theta d\phi^2 + d\theta^2)$$

(B) 運動方程式

$$(1) \frac{d}{d\tau} \left(\frac{d'ct}{d\tau} \right) = - \frac{M_G}{r^2 \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}}} \left(\frac{d'r}{d\tau} \right) \left(\frac{d'ct}{d\tau} \right) \leftrightarrow \frac{d^2 ct}{d\tau^2} = - \frac{M_G}{r^2} \left(\frac{dr}{d\tau} \right) \left(\frac{dct}{d\tau} \right)$$

$$(2) \frac{d}{d\tau} \left(\frac{d'r}{d\tau} \right) = - \frac{M_G}{r^2 \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}}} \left(\frac{d'ct}{d\tau} \right)^2 + \frac{1}{r} \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}} \left\{ \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right)^2 + \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right)^2 \right\} \leftrightarrow \frac{d^2 r}{d\tau^2} = - \frac{M_G}{r^2} \left(\frac{dct}{d\tau} \right)^2 + \frac{1}{r} \left\{ \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right)^2 + \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right)^2 \right\}$$

$$(3) \frac{d}{d\tau} \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right) = - \frac{1}{r} \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}} \left(\frac{d'r}{d\tau} \right) \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right) + \cos \theta \frac{d\phi}{d\tau} \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) \leftrightarrow \frac{d}{d\tau} \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right)_{(real)} = - \frac{1}{r} \left(\frac{dr}{d\tau} \right) \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right) + \cos \theta \frac{d\phi}{d\tau} \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right)$$

$$(4) \frac{d}{d\tau} \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) = - \frac{1}{r} \sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}} \left(\frac{d'r}{d\tau} \right) \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) - \cos \theta \frac{d\phi}{d\tau} \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right) \leftrightarrow \frac{d}{d\tau} \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right)_{(real)} = - \frac{1}{r} \left(\frac{dr}{d\tau} \right) \left(r \sin \theta \frac{d\phi}{d\tau} \right) - \cos \theta \frac{d\phi}{d\tau} \left(r \frac{d\theta}{d\tau} \right)$$

(C) 主方程式 (惑星・光の軌道を決定する) ** 赤道上

$$\left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{2M_G}{r}}} \frac{d'r}{d\tau} \right)^2 = - \frac{c^2}{C^2} + \frac{C_0^2}{C^2} \frac{1}{1 - \frac{2M_G}{r}} - \frac{1}{r^2} \leftrightarrow \left(\frac{1}{\sqrt{e^{-2\frac{M_G}{r}}}} \frac{d'r}{d\tau} \right)^2 = \left(- \frac{c^2}{C^2} + \frac{C_0^2}{C^2} \frac{1}{e^{-2\frac{M_G}{r}}} - \frac{1}{r^2} \right) e^{2\frac{M_G}{r}}$$

* 異なった二つの手法がほとんど同じ結果を導く。(式の違いは (3)(4) の虚部が補う)

(詳しくは <http://www.nbu.ac.jp/~takemoto/genko.html>)

B-9 電磁気的重力理論

熊本県^A 那須俊一郎^A

1. 日本文理大学の竹本教授は、電磁ポテンシャルの微分から、電磁場が発生し、その際、これまで知られていなかった電場の時間成分を伴うことを発見した。また、電磁ポテンシャルを2階微分すると、ダランベリアンを使った電磁場の方程式が現れ、電場の時間成分があるおかげで、人為的でないわゆるローレンツ条件は必要としないことを論じた。

2. 竹本教授は、電磁場の発生メカニズムを重力に応用して、新しい重力理論「電磁気的重力理論」を提唱した。ここでは、この理論を理解しやすくするため電磁気でよくするように、時間変動がない場合と時間変動がある場合に分けて分析してみたい。特にファラデーの電磁誘導則が、重力場では、誘導重力場の発生という形でマッハの原理の説明に使うことができることを述べたい。

3. クライン・ゴルドン方程式・プロカ方程式と1の電磁場の方程式を比較すると、両者は同じ形をしていて前者が質量がある場合で、後者が質量がない場合に相当すると思われる。そこで、竹本の電磁場理論を質量がある場合に拡張し、質量をもつ光子(ベクトル場・スカラー場)を発生させることを考えてみたい。

4. 同じ様に、2の重力場理論を質量がある場合に拡張し、質量をもつ重力子(ベクトル場・スカラー場)を発生させることを考えてみたい。

B-10 暗黒エネルギー

熊本大学^A 蓮尾陽^A, 高橋慶太郎^A

宇宙の時間発展はアインシュタイン方程式で表現され、宇宙膨張の速さは宇宙を構成しているエネルギーによって決まってくる。宇宙がバリオンや、ダークマターのような圧力ゼロの物質で支配されているとするならば、宇宙は減速膨張となる。また、宇宙定数が支配している場合、宇宙は加速膨張となる。現在、宇宙がどのように膨張しているかは、光度距離と赤方偏移の関係を測定することで調べることができる。Ia型超新星の絶対光度は光度曲線の形から精度よく推定できるため、光度距離と赤方偏移の関係を調べる良い天体であり、その結果現在宇宙は加速的に膨張していることがわかった。つまり現在の宇宙は、宇宙定数のようなエネルギーに支配されていることを示している。この加速膨張をさせているエネルギーを一般的にダークエネルギーと呼ぶ。今回は、ダークエネルギーを仮定するに至った経緯と今後の課題について述べる。

B-11 Sgr A*における熱的・非熱的電子からの放射スペクトル

熊本大学自然科学研究科^A 馬場多聞^A, 甲斐隆志^A, 荒井賢三^A

我々の銀河中心(距離 $8.4 \pm 0.6 \text{ kpc}$)には Sgr A* と呼ばれる超大質量ブラックホール(質量 $4.0 \times 10^6 M_{\odot}$)が存在すると考えられ、多波長で精力的に観測が行われている。それらの観測から Sgr A* の光度は他の銀河核より低い ($L_{\text{bol}} \sim 10^{-9} L_{\text{Edd}}$) ことが分かっており、低光度活動銀河核に分類されている。Sgr A* の光度が低い原因は質量降着率が低い ($\dot{M} \leq 10^{-7} M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$) ためであると考えられている。

低光度活動銀河核では、光学的に薄く十分に放射が行われないため内部への移流が優勢になる移流優勢降着円盤や円盤内縁付近のジェットからの放射を観測していると考えられている。Sgr A* から直接ジェットは観測されていないが、スペクトルや偏光の特徴からその存在が示唆されている。

そこで本研究では、まず Narayan et al. (1995) により導出された自己相似解を基に、冷却過程として内部への移流、シンクロトロン放射、制動放射及びそれらのコンプトン散乱を考慮した移流優勢降着円盤モデルを構築した。円盤中では電子とイオンの質量差から加熱はイオン冷却は電子により行われるが、光学的に薄い場合イオンと電子は熱平衡にならないため、イオンと電子間に温度差が生じる2温度モデルを採用した。また円盤から降着するガスの一部はジェットとして噴出している。今回はジェット中でガスが等方的に断熱膨張するような玉ねぎ状のモデルを構築した。これらのモデルを Sgr A* に適応しスペクトルを計算した結果について考察する。また、電子の大部分は熱的な分布をしていると考えられるが一部が非熱的な場合についても議論を行う。

B-12 降着円盤内のガス塊における分子形成

熊本大学 自然科学研究科^A 富田美紀^A, 荒井賢三^A

降着円盤内でガスの密度の高いところは自己重力により収縮する。そのガス塊中での分子形成を調べる。そのために、ガス塊をポリトロープ（力学平衡にあるガス球）としてモデルを構築した。

静水圧平衡の式と連続の式を用い、 $\rho = \rho_c \theta^n$ (ρ_c は星の中心密度) として状態方程式を仮定することでポリトロープ指数 n の Lane-Emden 方程式が得られる。その際、無次元変数 ξ ($r \equiv \alpha \xi$) を導入している。この式は、

$$\frac{1}{\xi^2} \frac{d}{d\xi} \left(\xi^2 \frac{d\theta}{d\xi} \right) = -\theta^n$$

である。この Lane-Emden 方程式を $n = 1.5$ について解き、得られた ξ と θ を用いて密度と温度の関係を得た。

また、分子反応ネットワークを用いる。これは 396 種の分子と 4605 の分子反応を含んでいるが、このうち 50 種の分子と 2820 の分子反応を利用する。反応率は UMIST データベース 2006 を用いる。初期組成として太陽組成を使用し、上記の Lane-Emden 方程式から得られた密度と温度を用いて分子反応を計算する。二体反応を考えると、 i 種の分子または原子の個数比 Y_i の時間変化は

$$\frac{dY_i}{dt} = - \sum D_{ij} \rho N_A R_{ij} Y_i Y_j + \sum D_{kl} \rho N_A R_{kl} Y_k Y_l$$

(ρ : ガスの密度, N_A : アボガドロ数, R_{ij} : 反応率)

ただし

$$D_{ij} = \begin{cases} 1 & (i \neq j) \\ 1/2 & (i = j) \end{cases}$$

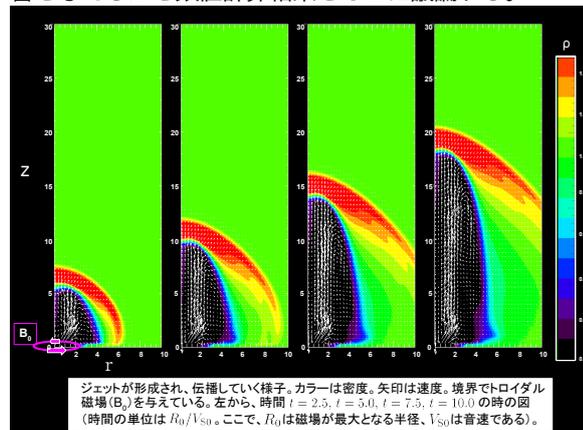
これを解いて分子形成を追う。

B-13 磁気駆動ジェットの MHD シミュレーション

熊本大学 自然科学研究科^A 出口真輔^A, 小出眞路^A

銀河団コアにおいて、X 線放射により失われるエネルギーはその周辺からのガスの流入 (Cooling flow) により供給されていると考えられてきた。しかし、観測されるべき Cooling flow が確認されず、コアを暖める他の加熱源として AGN ジェットや熱伝導などが提案されている。M. Ruszkowski ら (2004) は AGN ジェットによるモデルを取り上げ、ジェットのエネルギーとして熱エネルギーを直接与えて計算を行った。一方、我々は新たに磁場により駆動されるジェットを用いたモデルの検討を行っている。具体的には、境界条件で印加したポロイダル磁場の磁気圧によりプラズマを加速、収束させてジェットを形成させる。宇宙流体数値シミュレーション用統合ソフトウェア CANS を用いた試計算によると上記の機構により自然とジェッ

トが形成されることが確認できた (図参照)。Cooling flow 問題を考える前段階として、今回はまずこのように駆動されたジェットの特性を示し、さらにジェットが周囲の環境にどのような影響を与えるかを数値計算結果をもとに議論する。



B-14 Effects of a New Triple- α Reaction on the S-process in Massive Stars

九州大学理学府^A, 熊本電波高専^B 菊池之宏^A, 小野勝臣^A, 松尾康秀^A, 橋本正章^A, 藤本信一郎^B

太陽質量の10倍を超える質量を持つ恒星にはヘリウム燃焼と炭素燃焼において中性子源があるため、weak s -process と呼ばれる重元素合成過程が起きると考えられている。近年、Ogata et al.(2009)によって新しい triple- α 反応率 (以下 OKK rate) が発表された。この反応率は恒星進化に関わる温度付近で従来の反応率より数桁から数十桁大きい。Triple- α 反応は、進化における主要な元素である ^{12}C と ^{16}O に関わる重要な反応であり、OKK rate を用いた恒星進化計算並びに元素合成計算は従来の結果を変える可能性がある。本研究では星全体の質量が $25M_{\odot}$ で中心に $8M_{\odot}$ のコアを持つ恒星をモデルに、一次元静水圧平衡を仮定した比較的小さい核反応ネットワークで恒星進化計算を行い、その結果を用いて post-process によって大規模元素合成計算を炭素燃焼段階まで行った。得られた結果として、ヘリウム燃焼後には OKK rate を用いた場合に、従来の反応率を用いた場合に比べて s -process によって生成される元素の生成量は少なくなるが、炭素燃焼後ではどちらの元素を用いた場合でも大きな違いは見られなかった。よって、OKK rate が weak s -process に与える影響は少ないと考えられる。

B-15 降着円盤モデルにおける粘性規定

熊大院自然^A 甲斐隆志^A, 荒井賢三^A

活動銀河の中心部には超大質量ブラックホールが存在し、その周りを高速回転しながら徐々に中心へ落下していくガスが降着円盤を形成していると考えられている。ガスがブラックホールへ降着していくためには自身の角運動量を失う必要があり、円盤内の乱流粘性が重要な役割を果たしているとされる。

乱流の動粘性係数は典型的な乱流渦の速度とサイズの積 $\nu \sim v_{\text{turb}} l_{\text{turb}}$ で表すことができるが、それらを直接知ることは困難であり、標準円盤モデルに代表されるように (1) $\nu = \alpha c_s H$, もしくは (2) $\nu = \alpha c_s^2 / \Omega$ (α , c_s , H , Ω はそれぞれ粘性パラメータ, 音速, 円盤の半分の厚み, 角速度) とする α モデルが用いられてきた。一方, (3) $\nu = \beta r^2 \Omega$ (β , r はそれぞれ粘性パラメータ, 中心からの距離) とする β モデルも提案されている。これは差動回転する2つのシリンダー間における Taylor-Couette 流の実験結果とよく整合している。

本研究では、動粘性係数を (1) – (3) とした場合に降着円盤の構造にどのような影響を及ぼすのか調べた。中心ブラックホール質量 $M = 3.9 \times 10^7 M_{\odot}$, 質量降着率 $\dot{M} = 10^{-3} \dot{M}_{\text{Edd}}$ (\dot{M}_{Edd} は Eddington 質量降着率) とし, α , β をそれぞれ 10^{-1} , 2×10^{-8} とし数値計算を行った。その結果, 自己重力優勢な領域において (2) と (3) の場合にほぼ同様の円盤構造が得られる一方, (1) の場合には構造は大きく異なることがわかった。しかしながらいずれの場合においても観測との不一致などがあり, 満足のいく結果は得られなかった。これは円盤外縁部での降着円盤モデルにおいて粘性の詳細な理解が非常に重要であることを示している。

B-16 磁気リコネクションの MHD シミュレーション

熊本大学 自然科学研究科^A 瀬尾崇之^A, 小出真路^A

非相対論的抵抗性電磁流体力学コードの二次元数値シミュレーションによって、 x - y 平面上で x 軸に対称な反平行磁場を仮定し、更に縦磁場を含めた場合の磁気リコネクションを計算し、縦磁場の強さの違いによるアウトフロー速度やインフロー領域の速度の変化について調べたところ、非相対論では縦磁場によるそれらの顕著な違いは見られないという結果が得られたのでそれを示す。