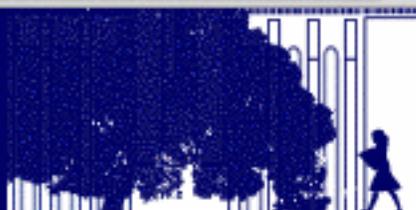




京都大学



検索

社会人・一般の方

● 京大TOP

▶ 本サイト関連情報

Kyoto University

● お知らせ index

● 社会人・一般の方TOP

ニュースリリース

BACK NUMBER

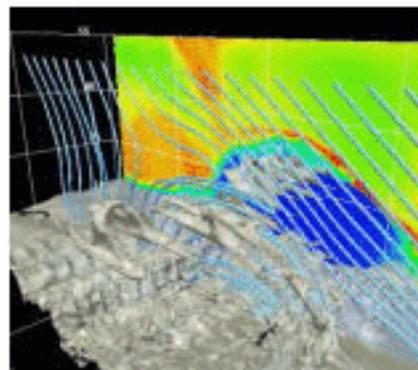
[2005年3月分]

3月11日・金曜日

記者レク

地球シミュレータで太陽コロナの謎にせまる

大学院理学研究科附属天文台の大学院生の磯部洋明、宮腰剛広研究員、柴田一成教授、および東京大学理学系研究科の横山央明助教授の研究グループは、世界最大級のスーパーコンピュータ・地球シミュレータを用いて太陽大気の大規模数値シミュレーションを行い、太陽の浮上磁場領域（黒点形成領域）のコロナ加熱とフィラメント形成メカニズムの新たなモデルを提唱しました。



この結果は2005年3月24日発売の英国科学誌Natureに掲載されました。

詳細

▶ 朝日新聞（4月5日夕刊 7面）、京都新聞（3月24日 30面）、産経新聞（3月24日 3面）、日経新聞（3月24日夕刊 22面）、毎日新聞（3月24日 2面及び3月30日 26面）及び読売新聞（3月30日 1面）に掲載されました。

▶ NHKで放送されました。

ニュースリリース

3月24日・木曜日 記者レク

地球シミュレータで太陽コロナの謎にせまる

京都大学大学院理学研究科附属天文台の大学院生の磯部洋明、宮腰剛広研究員、柴田一成教授、および東京大学理学系研究科の横山央明助教授の研究グループは、世界最大級のスーパーコンピュータ・地球シミュレータを用いて太陽大気の大規模数値シミュレーションを行い、太陽の浮上磁場領域（黒点形成領域）のコロナ加熱とフィラメント形成メカニズムの新たなモデルを提唱しました。この結果は2005年3月24日発売の英国科学誌Natureに掲載されます。

地球シミュレータは、日本が誇る世界最大級のスーパーコンピュータです。地球変動の予測がその第一の目的ですが、これまで不可能だった大規模な数値シミュレーションにより、画期的な成果をあげることが期待できる分野にも計算機資源が割り当てられています。天文学は、地上での実験が不可能なこと、莫大な空間スケールに広がる複雑な現象を扱うことから、大規模数値シミュレーションが最も威力を発する分野の一つです。我々のグループは地球シミュレータを用いて、太陽の浮上磁場領域のこれまでで最も高解像度の3次元数値シミュレーションを行いました。

太陽浮上磁場領域とは、太陽表面で磁場が内部から出現し、黒点が形成されつつある領域のことです。浮上磁場領域では、太陽フレア、ジェット噴出など、磁気エネルギーの解放による爆発現象が頻繁に起きています。これらの磁気的活動現象の解明は、天文学的に重要な問題であると同時に、太陽?地球環境変動のメカニズムを探る上でも非常に重要な課題です。

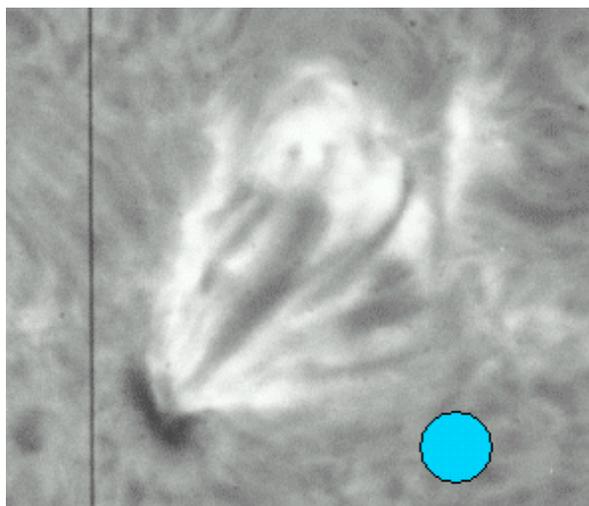


図1 京都大学飛騨天文台で撮影された浮上磁場領域のH α 線像。図中の円は地球の大きさを示す。

図1は京都大学飛騨天文台で撮影された、浮上磁場領域のH α 線（水素原子の出す光）画像です。左下の黒い模様が黒点、白い領域はプラージュと呼ばれる、加熱が起きている領域です。右上の大きなプラージュの下には、左下の黒点と逆向きの磁場極性をもった黒点が隠されています。特徴的なのは黒点

とプラージュを結ぶ、アーチフィラメントと呼ばれる細長い構造で、磁力線の形を反映しています。我々は地球シミュレータを用いて、これまでにない高解像度で浮上磁場領域のシミュレーションを行い、観測されているようなフィラメント構造やフレア発生の様子を、世界で初めて再現することに成功しました。

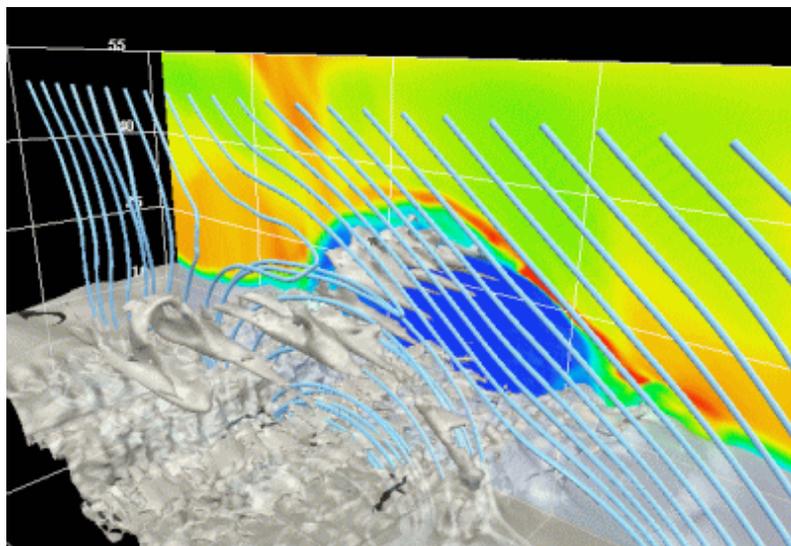


図2 シミュレーション結果の3次的可視化。グレーはガス密度の等値面、側面のカラーは温度分布、青の太線は磁力線を示す。

図2はシミュレーション結果を3次的に可視化したものです。グレーは浮上磁場領域のガス密度の等値面を示したもので、細長いフィラメント構造が上空に浮いているのがわかります。これがH α 線で観測されるアーチフィラメントに対応します。断面のカラーは温度分布、青い太線は磁力線を表しています。図中央部の半円形の磁力線が内部から浮上してきた磁場で、上空の磁場と接する際にガスを加熱、加速してフレアやジェットが発生します。フィラメント構造の発達に伴い、フレアやジェットにも観測されているような細かい構造が見られます。シミュレーション結果を詳しく解析した結果、フィラメント構造は磁気レイリーテイラー不安定(注)という現象により形成されていることが分かりました。このようなフィラメント構造の発達は、これまでの低解像度シミュレーションでは見えていなかったもので、地球シミュレータの計算能力を使って初めてその形成メカニズムを明らかにすることができました。

2006年には日本の次期太陽観測衛星Solar-Bが打ち上げられ、宇宙空間から高解像度の磁場やX線の観測データが得られます。地球シミュレータの計算能力とSolar-Bや飛騨天文台の観測データが車の両輪となって、太陽物理学の長年の課題にこの数年でさらに大きな進展があることが期待されます。

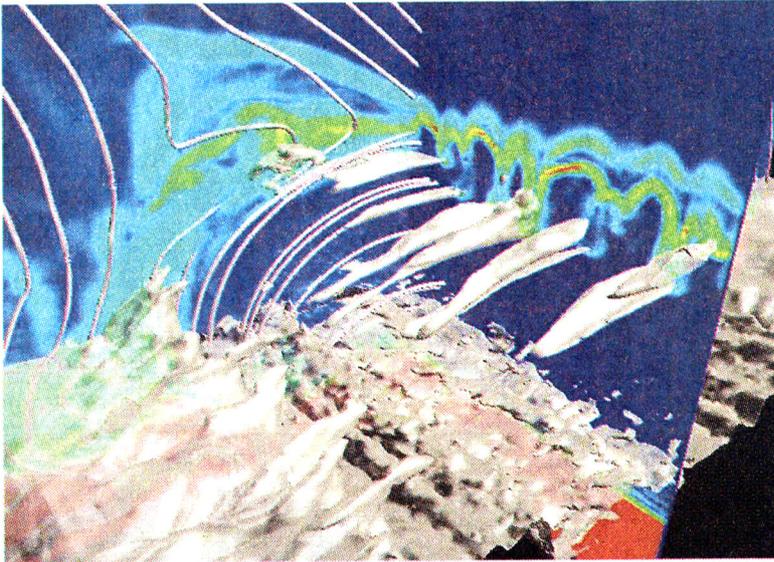
(注) 磁気レイリーテイラー不安定

軽い磁場の上に重たいガスがのることによって不安定になり、重いガスが下に落ち込むことによって磁力線にそったフィラメント状の構造ができる現象。

UP ▲ BACK ◀

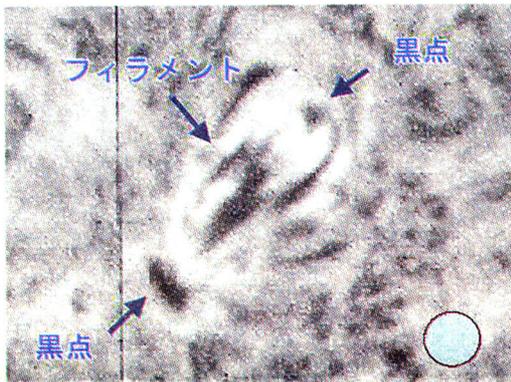
K y o t o U n i v e r s i t y

シミュレーション結果。太陽表面から灰色雲状のフィラメントが浮上している。灰色の棒線は磁力線。電流分布の断面図(後の面)で見ると、フィラメント両側に電流(黄色から赤色)が発生している



太陽表面スパコンで再現

太陽活動の仕組み解明へ



地上から観測される太陽フレア。二つの黒点をつなぐ筋状の黒いフィラメントが見える。図中の○は地球の大きさ(京大理学研究所付属天文台提供)

太陽表面でコロナが加熱されたり、フレア(太陽面爆発)のエネルギーが生まれたりする様子が、日本のスーパーコンピュータ「地球シミュレーター」で再現された。

磯部さんは太陽表面

京大理学研究所付属天文台の大学院生磯部洋明さん、柴田一成教授らの研究で、太陽活動のメカニズム解明につながる成果という。英科学誌「ネイチャー」で二十四日、発表する。

太陽の表面温度は六千程度だが、大気コロナは百万度以上にまで熱せられるうえ、黒点の上空

ではフレアが繰り返される。これらのエネルギーは太陽磁場の変化で生じると考えられているが、詳しいメカニズムは分かっていない。

二つの黒点をアーチ状に結ぶ重いガスの筋状構造「フィラメント」を再現した。その結果、磁場で

太陽表面から持ち上げられた重いガスが不安定に動いて磁場が激しく変動、フィラメントのすき

間に強い電流の流れることが分かった。この電流でガスが加熱される様子も見る事ができた。さらにジェットと呼ばれるガス噴出現象も再現できた。

磯部さんは「フィラメントの長さ(数千キロ)や動きも実際の観測結果と一致しており、太陽表面でどのようにして強いエネルギーが生まれるのかを説明する有力なモデル

上空の空間(幅五万キロ、奥行き一・五万キロ、高さ二万キロ)を地球シミュレーターで再現。空間内の二億ポイントで五万回ずつ計算するという詳細な三次元シミュレーションで、磁場やガスの動き、温度、電流の様子などを調べた。

シミュレーションでは二つの黒点をアーチ状に結ぶ重いガスの筋状構造「フィラメント」を再現した。その結果、磁場で

太陽表面から持ち上げられた重いガスが不安定に動いて磁場が激しく変動、フィラメントのすき間に強い電流の流れることが分かった。この電流でガスが加熱される様子も見る事ができた。さらにジェットと呼ばれるガス噴出現象も再現できた。

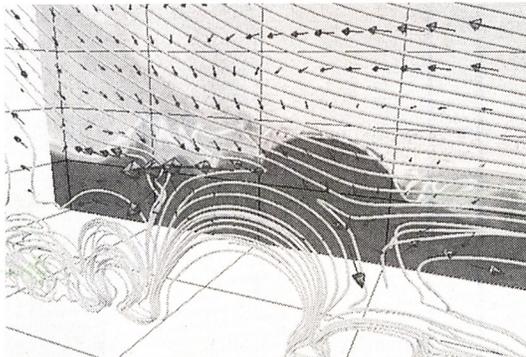
磯部さんは「フィラメントの長さ(数千キロ)や動きも実際の観測結果と一致しており、太陽表面でどのようにして強いエネルギーが生まれるのかを説明する有力なモデル

上空の空間(幅五万キロ、奥行き一・五万キロ、高さ二万キロ)を地球シミュレーターで再現。空間内の二億ポイントで五万回ずつ計算するという詳細な三次元シミュレーションで、磁場やガスの動き、温度、電流の様子などを調べた。

シミュレーションでは二つの黒点をアーチ状に結ぶ重いガスの筋状構造「フィラメント」を再現した。その結果、磁場で

「できた」と話す。フレアから放出される放射線や素粒子は地球にまで達し、人工衛星や地上の送電線にも影響することから、さらにメカニズムを解明し、いつフレアが生じるかなどの「宇宙天気予報」に役立てたいという。

太陽の黒点間に「筋状現象」が形作られる過程を、京都大大学院理学研究科の磯部洋明さん(28)らの研究グループがコンピュータグラフィックス(CG)化した。通信衛星など



スーパーコンピュータで計算、映像化された黒点周辺の筋状現象や温度分布(京都大大学院の研究グループ提供)

黒点の間のアーチCGに

にも影響を与えている黒点周辺の様々な現象の解明が期待される。筋状現象は数十年前に発見され

た。黒点と黒点の間のアーチ型の筋で、密度の濃いガスでできているとされるが、発生のメカニズムはわかっていない。

磯部さんらは、太陽観測衛星などで得られたデータなどを、世界最速級のスーパーコンピュータを使っ

京大スーパーコンピュータで計算

て計算。太陽表面の長さ1万5000キロ、幅4万8000キロ、高さ2万5000キロの空間をCG化し、磁力線を反映した筋状現象の形成過程を浮かび上がらせた。論文では筋状現象の発生の仕組みも推測している。

研究グループを指導する柴田一成・同大学院教授は「今後、実際の観測で裏付けたい」としている。24日付の英科学誌ネイチャーに掲載された。

サイエンス

TODAY

◆筋状構造に着目
フレアは太陽内部の磁場が表面に浮上する黒点付近で多く発生し、磁気エネルギーが急激に解放される現象だ。太陽の表面温度は約6000度だが、黒点上空のコロナは100万度以上の高温になり、大きなフレアが起こる際は1000万度にも達する。

◆筋状構造に着目
フレアは太陽内部の磁場が表面に浮上する黒点付近で多く発生し、磁気エネルギーが急激に解放される現象だ。太陽の表面温度は約6000度だが、黒点上空のコロナは100万度以上の高温になり、大きなフレアが起こる際は1000万度にも達する。



磯部洋明博士

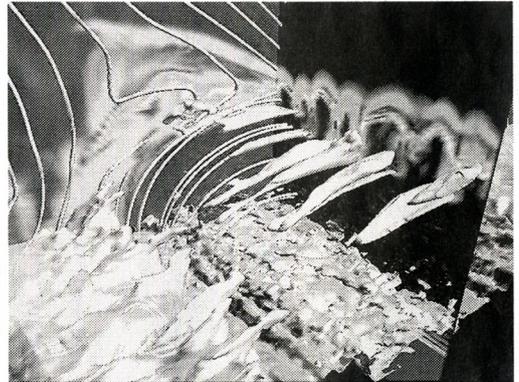
「磁気レイリーテイラー不安定」という物理現象が原因だと指摘し、それが磁場を乱すから不安定になる。黒点上空に筋状構造



京都大の望遠鏡で91年に撮影された、黒点付近の筋状構造(右上から左下方向)

が現れることは以前から知られていたが、詳細なメカニズムは不明だった。柴田教授はこのメカニズムが大規模に起るものがフレアだと考えられる。新モデルはその仕組み解明の重要な鍵になる」と語る。

◆日常生活にも影響
フレアの仕組みの解明が望まれる大きな理由は、私たちの日常生活にも重大な影響を与えるからだ。フレアが起きると、原子が電子と陽子に分かれたプラズマ状態のガスや、エックス線などを放出し、1億5000万



ガスが磁場に沿って筋状に流れる様子を示すシミュレーション画像

フレア 博士論文で新理論

太陽の真の姿を解明へ

いた時のこと。画像の異常に気づき、大量のプラズマ放出を直感

た。ガスや磁場の関係を表す「磁気流体力学方程式」(8変数非線形連立偏微分方程式と1つ)を解かせ、磁場の浮上による変化を計算。出力された膨大な数値を画像化し、その意味を解析した。

柴田教授は「400年前の(天文学者)ケプラーの時代、火星の公転軌道が円でなく楕円と確かめるのに、人の手による計算で何年もかかった。今のコンピュータなら数分だ」と言う。究極的な計算能力を手に入れた現代、天文学者の重要な仕事は、吐き出される膨大なデータの読み解きにある。「今や各国研究者が、計算結果を共同で解析する時代(同教授)だ。

◆鍵は人間の力
ただ、誤解もあるようだ。磯部さんは「機械に計算させるなら乗だね」と言う人がいる。と苦笑する。磯部さんは03年から丸1年、計算結果の解析を繰り返した。確かに地球シミュレータは1秒間で40兆個の計算式を解く能力を持つが、相手が巨大な天体なのに1回の計算に半日かかる。計算エラーの点検も必要だ。

そもそもコンピュータの答えは、機械自身には何ら意味のない数字の列に過ぎない。「コンピュータはあくまで道具。どんな問いを与え、結果から何を読み取るか。それは人間の想像力」と磯部さんは強調する。

解析中に想定外の筋状構造が見えた時、計算ミスかとも考えた。「だがどこか見ただぞ」と思い当たった。日夜観測にあたる研究者らとの議論のたまもの「磯部さん。人の目による観測を行う天文台だからその成果だった。

今後の大仕事は、詳しい観測によるモデルの実証。京大飛騨天文台(岐阜県)の望遠鏡や、06年打ち上げ予定の観測衛星「SOLARIB」などを活用して理論の裏付けを進める予定だ。

数十億年前の太古、太陽の活動ははるかに活発だった。地球にも多量の粒子が降り注ぎ、生物の盛衰にも影響を与えた可能性があるという。柴田教授は「太陽は地球の歴史と共にある。その真の姿を解き明かしたい」と話している。

離れた地球に飛来する。電子や陽子が大気にぶつかって発光するのがオーロラだ。一方で、地球の磁気圏が乱される「磁気嵐」が地上の変電施設に異常電流を起して停電になったり、エックス線が航空無線に障害を与えたりする。

柴田教授が94年、鹿児島県の観測所、衛星からの太陽エックス線画像をチェックして

し、すぐに各国の関係機関に連絡した。すると予想通り、大規模な磁気嵐が発生。「対策が間に合った米国の電力会社から10億円の被害を免れたと、えらく感謝されました」

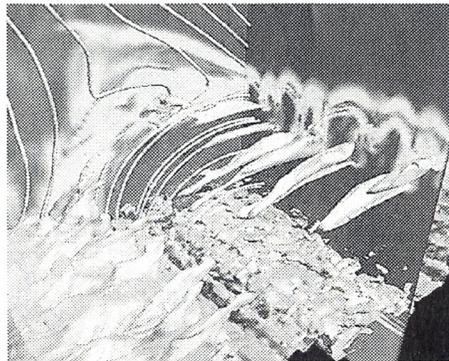
◆スパコンを駆使
今回の研究では、急発展した情報技術が重要な役割を果たした。スケールが大きすぎると、地上で観測する天文現象は、地上では実験不可能だ。磯部

京都大大学院理学研究科付属天文台

科学

太陽表面の爆発再現

京大、スーパーコンピューターで



太陽表面で起きる巨大な爆発(フレア)が発生する様子を、スーパーコンピューターを使って高解像度で再現することに、京都大大学院理学研究科付属天文台の磯部洋明さん(太陽物理学)ら

のグループが成功した。筋状の構造がはつきりわかるシミュレーション画像(写真)磯部さん提供)も得られた。

フレアは、黒点の形成部分で頻繁に起きる。そこでは細長い筋状の構造「フィラメント」ができることが観測されている。

磯部さんは海洋研究開発機構の「地球シミュレーター」を使い、ガスの密度や温度分布、磁場の強さなどを解析。太陽表面から磁場の力で重いガスが持ち上げられ、不安定な状態になると磁力線に沿ってガスが流れ落ち、フィラメントができることを確認した。