

宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリング

草野完也(名古屋大学/JAMSTEC)、島伸一郎(兵庫県立大学)、長谷川晃一(中電シーティーアイ)
井上 諭、塩田大幸、柴山拓也、中坊孝司(名古屋大学)、Sylwester Arabas (University of Warsaw)
宇宙・地球表層・地球内部の相関モデリングチーム

本研究の目的

地球環境は内部、表層、外部(宇宙)が互いに影響を及ぼしながら変動化する相関システムである。特に、太陽からの放射エネルギーは地球環境の駆動源であるため、太陽活動は気候変動のみならず生命の誕生と進化に決定的な影響を与えてきた。さらに、太陽活動は未来における高度文明社会の発展にも決定的な影響を与えると考えられる。本研究はそうした視点に立ち、地球環境の変動を太陽と地球が一体となった複合システムとして理解するための相関モデルの開発を目指すものである。このため、「暗い初期太陽のパラドックス」と全球凍結に代表される地球史における大規模環境変動の理解、マウンダー極小期と小氷期の相関に代表される千年スケールの地球環境変動の理解、太陽活動とその社会影響の数値予測を通じた未来文明に寄与する太陽地球環境の研究に貢献することを目的とする。

◆太陽面爆発の謎

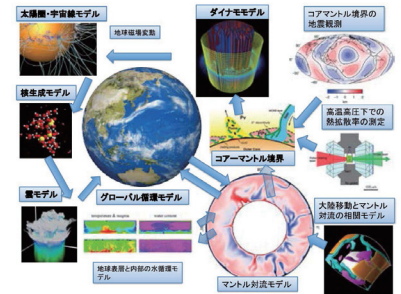
太陽面爆発機構の解明とその発生及び影響の予測

◆小氷期の謎

太陽周期活動変動と地球環境の関心の解明

◆暗い初期太陽の謎

暗い初期太陽と温暖な地球環境のパラドックスの解明



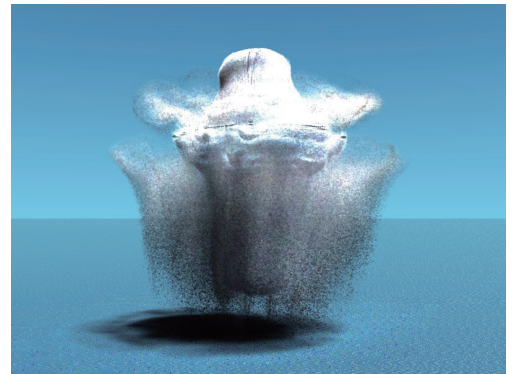
太陽地球環境変動における重要課題

宇宙・地球表層・地球内部の相互作用

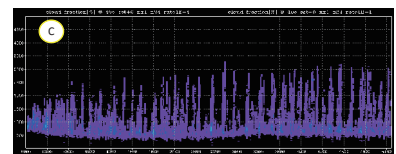
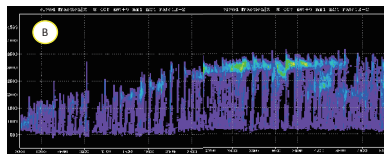
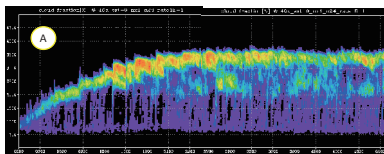
超水滴雲モデルによる雲のシミュレーション

太陽活動が地球環境へ長期的影響を与えるメカニズムとして、宇宙線による大気電離が雲核生成を誘起することによって、太陽活動が地球大気中の雲の生成と維持に影響するとする仮説が提案されている。一方、雲核は雲のダイナミクスに重要な影響を与えるが、雲核の生成率の変化が雲の性質をどのように変えるのかは未だに十分理解されていない。

我々は独自に開発した超水滴雲解像モデルを使い、宇宙線による電離効果によって大気中の雲核生成率が変化した場合の雲の振る舞いの違いを地球シミュレータを使った系統的に解析した。その結果、雲核生成率が $10^{-2}/\text{cm}^3/\text{s}$ を境に、雲核生成率の変化によって雲の振る舞いに2つの異なる状態が現れることを明らかにした。このことは、雲核生成率が雲の寿命とアルベドに大きな影響を与え得ることを示唆している。



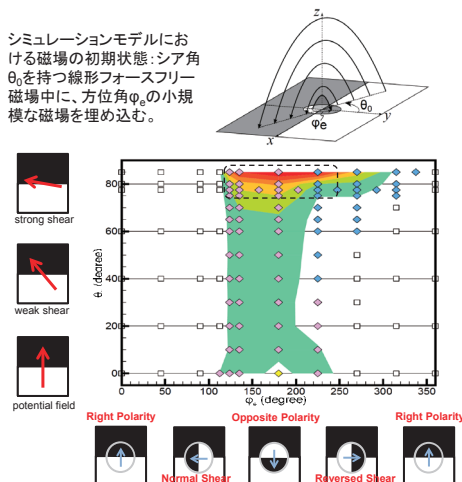
超水滴雲モデルによる雲の生成と降雨のシミュレーション結果



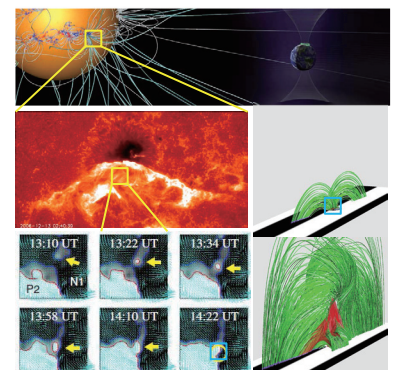
雲密度の分布(縦軸高度、横軸時間)。A: 雲核生成率 $10^{-1}(\text{cm}^3/\text{s})$ 。雲量大く、雲頂高い。B: 雲核生成率 $10^{-2}(\text{cm}^3/\text{s})$ 。雲量は変動し、雲頂高い。C: 雲核生成率 $10^{-4}(\text{cm}^3/\text{s})$ 。雲量小さく、雲頂低い。

太陽面爆発の発現機構の解明と地球環境への影響の予測

地球環境と現代社会にも大きな影響を与える太陽フレアの発現機構を調べる為、地球シミュレータを利用して160通り以上の異なる太陽磁場構造についてその非線形安定性を計算しました。その結果、自由エネルギーを蓄積した大規模な磁場中に特定の構造を持つ小規模な磁場が存在することが、フレア爆発の原因となることを見出しました。さらに、我が国の太陽観測衛星「ひの」による観測とシミュレーションの比較によって、シミュレーションで見出された特徴的な小規模磁場がフレア領域の中心に実際に存在していることを発見しました。この結果は、シミュレーションと精密な観測の連携によって、フレア爆発の発生メカニズムを明らかにしたものであり、フレア発生予測にも貢献する成果として注目されています。



80とφの異なる組み合わせに関するシミュレーション結果のフレア爆発のエネルギー分布。点線で囲まれた部分のみが大フレアを生む。



シミュレーション(右下の2つの図)と太陽観測衛星「ひの」及びSDOによる観測の比較:シミュレーションで見出されたフレア爆発のトリガ磁場が観測されたフレア領域(左中図)の中心に存在していたことを発見した(左下図)。トリガ磁場は小規模の磁束の集積によって成長することで、フレアの発生に至ったことが分かる。(Kusano, et al. 2012 Astrophysical J.)