

リングカレントと放射線帯の磁氣的結合

海老原 祐輔 [1]; Fok Mei-Ching[2]

[1] 名大高等研究院; [2] NASA ゴダードスペースフライトセンター

Magnetic coupling of the ring current and the radiation belt

Yusuke Ebihara[1]; Mei-Ching Fok[2]

[1] Nagoua Univ., IAR; [2] NASA GSFC

The magnetic influence of the storm-time ring current on high-energy particles is demonstrated by using a simulation of the ring current incorporating self-consistent magnetic and electric fields. The simulation predicts that under a strong convection electric field, the magnetic field strength is highly depressed around $L=5$ by newly injected ions of energy 80 keV or less. The depressed magnetic field causes a significant adiabatic decrease in the high-energy ion flux at pitch angles near 90 deg to conserve the first adiabatic invariant. A more tail-like (shortened) magnetic field line causes an enhancement of the flux at pitch angles near 0 deg and 180 deg to conserve the second adiabatic invariant. Consequently, a butterfly-like PAD is formed, which agrees with the Polar observation. We also propose that the adiabatic process could have acted not only on the high energy component of the protons, but also relativistic electrons in the outer radiation belt. This notion is supported by simultaneous Polar observation of relativistic electron fluxes that show a decrease at pitch angles near 90 deg and a slight increase at pitch angles near 0 deg and 180 deg. PADs of protons and electrons can be used to distinguish non-adiabatic processes acting selectively on electrons from adiabatic one.

リングカレントは内部磁気圏の磁場構造に対して支配的であり、リングカレントと内部磁気圏に捕捉されたすべての荷電粒子は磁場を介して結合している。このようなエネルギー階層間結合が顕著に現れるのが放射線帯外帯付近であり、40年以上前から「リングカレント効果」として観測的に知られてきた。放射線帯変動を理解する上で不可欠な「リングカレント効果」をシミュレートするため、リングカレントと力学的平衡状態にある磁場を同時に解き進め、高エネルギー粒子の断熱的変動を求めた。電場については、太陽風パラメータに依存する経験的電場ポテンシャルに加え、リングカレントについての電流保存を満足するために必要となる電場を自己無撞着に与えた。1999年10月22日の磁気嵐についてシミュレートしたところ、対流電場により80 keV以下のエネルギーを持つイオンが $L=5$ 付近に流入し、強まったプラズマ圧によって磁場がテールライクになった。第一断熱不変量を保存するためピッチ角90度付近の高エネルギー粒子のフラックスが下がる一方、第二断熱不変量を保存するためピッチ角0度または180度付近のフラックスが上昇した。結果としてバタフライ型のピッチ角分布が現れた。計算した磁場とピッチ角分布、及びそれらの時間変動は、Polar衛星が赤道面付近で観測したものとよく一致する。「リングカレント効果」は赤道ピッチ角に依存するし、リングカレントを担うイオンの一部も断熱的変動を受けている。リングカレント効果を理解するためには、従来考えられてきたような簡単なモデルでは不十分であり、3次元の磁場構造と第一・第二断熱不変量を同時に考える必要があると言える。放射線帯電子の非断熱加速過程が着目されつつあるが、高エネルギー粒子の断熱過程と非断熱過程を切り分ける上でピッチ角分布はその重要な指標となるだろう。