

内部磁気圏におけるイオンピッチ角分布の統計解析

富田 昂 [1]; 能勢 正仁 [2]; Niehof Jonathan[3]; Fritz Theodore A.[3]

[1] 京大・理・地球電磁気; [2] 京大・理 地磁気資料解析センター; [3] CSP, Boston Univ.

Statistical analysis of the ion pitch angle distribution in the inner magnetosphere

Subaru Tomita[1]; Masahito Nose[2]; Jonathan Niehof[3]; Theodore A. Fritz[3]

[1] SPEL,Kyoto Univ.; [2] DACGSM, Kyoto Univ.; [3] CSP, Boston Univ.

It is known that energetic particles are drifting around the Earth in the inner magnetosphere. Many researchers have been studying their pitch angle distribution (PAD) and its cause in order to reveal physical mechanisms occurred along their drift path. Various PADs (e.g., normal, isotropic, head-and-shoulder, and butterfly types) have been commonly identified by previous studies. In particular, for the butterfly PAD, there are several proposed generation mechanisms such as 'particle injection and drift effect' [Konradi, 1973], 'drift shell splitting + magnetopause shadowing' [West et al., 1973], 'drift shell splitting + negative radial flux gradient' [Sibeck et al., 1987], 'ring current effect'

[Ebihara et al., 2008], and 'multiple pitch angle scattering effect' [Shibahara et al., 2010].

In this study, we focus on the high-energy ions (10-200 keV) in the inner magnetosphere and conduct a statistical analysis of the PAD by classifying disturbance level and particle energy. We examine which of the generation mechanisms of the butterfly PAD mentioned above is the most plausible. We use the particle flux data measured by the CAMMICE/MICS instrument (1.0-200 keV/q) onboard the Polar satellite and select the event when the Polar satellite traversed the magnetic equatorial plane during 1996-2002.

For high energy ions (≥ 50 keV), we find that normal, butterfly, and isotropic PAD can be seen respectively on the whole dayside, around midnight, and between the regions where the normal and butterfly PADs were found. We classify the butterfly PAD into the 'U-type' butterfly which looks like a smooth bowl and 'M-type' butterfly which has a deep bite-out at 90 degree pitch angles, and find that 'M-type' and 'U-type' butterfly can be seen at $5\sim 6$ Re and at ≥ 7 Re on the night side, respectively. This can be understood by 'drift shell splitting + negative radial flux gradient'

On the other hand, low-energy (~ 10 keV) ion PAD shows a quite different characteristic. In particular, 'M-type' butterfly can be seen on the day side and this result cannot be explained by generation mechanisms mentioned above.

In this presentation, we will show the statistical analysis results of the pitch angle distribution in the inner magnetosphere and investigate what causes the different results of the butterfly PAD between high energy ions (≥ 50 keV) and low energy ions (~ 10 keV).

内部磁気圏ではさまざまなエネルギー粒子が地球周辺をドリフトしていることが知られており、その軌道上で起こりうる物理現象を調べるために粒子のピッチ角分布 (Pitch Angle Distribution, PAD) が研究されてきた。これまで様々な形 (normal 型、isotropic 型、head-and-shoulder 型、butterfly 型) のピッチ角分布が発見されており、特に、butterfly 型分布の生成理論については、"Particle injection and drift effect" [Konradi, 1973]、"Drift shell splitting + magnetopause shadowing" [West et al., 1973]、"Drift shell splitting + negative radial flux gradient" [Sibeck et al., 1987]、"Ring current effect" [Ebihara et al., 2008]、"Multiple pitch angle scattering effect" [Shibahara et al., 2010] 等が提唱されている。

本研究では、高エネルギーイオン粒子 (10keV~200keV) に注目し、磁気擾乱度合い、粒子エネルギーで分類した PAD の統計解析及び、これまで提唱されている Butterfly 型 PAD 生成理論の再検討を行った。使用するデータは、極軌道衛星 Polar に搭載されている CAMMICE/MICS で得られた粒子フラックス (1.0keV/q~193.4keV/q) で、1996~2002 年の間に衛星が磁気赤道付近を通過するイベントを対象とした。

その結果、50keV 以上の粒子においては、Normal 型は昼側全域、Butterfly 型は midnight 側、Isotropic 型は Normal 域と Butterfly 域の間で見られ、Butterfly 型をその形状で "M-type" と "U-type" に分類して調べたところ、夜側 5-6Re 域は M-type、7Re 以遠では U-type の Butterfly 型 PAD が見られた。これは、"Drift shell splitting + negative radial flux gradient" で説明できる。

他方で 10keV 程度の低エネルギー粒子の PAD は高エネルギー粒子と異なる様相を示した。特に昼側において "M-type" Butterfly が多く見られ、これは上記の生成理論だけでは説明できないことがわかった。本発表では、内部磁気圏におけるイオンピッチ角分布を包括的に述べていき、さらに 50keV 以上の Butterfly 型 PAD と 10keV 程度の Butterfly 型 PAD の違いを引き起こす物理過程についても詳しく検討していく予定である。