

Zadání studentského projektu

Název projektu: Porovnání parametrů plazmatu přechodové oblasti s hydrodynamickým modelem

Vedoucí projektu: doc. RNDr. Jana Šafránková, DrSc.

Charakter projektu: experimentální práce

Termín ukončení projektu: 30. září 2000

Řešitel: Petr Pišoft, 3. ročník

Popis projektu:

Současný stav problematiky

Nadzvukový proud slunečního větru při svém obtékání magnetického pole Země vytváří dvě charakteristické hranice - *rázovou vlnu a magnetopauzu*. Oblast mezi těmito hranicemi se nazývá *přechodová oblast*. Obvykle předpokládáme, že parametry plazmatu v této oblasti jsou přímo úměrné odpovídajícím parametrům ve slunečním větru. Lepší představu o skutečných hodnotách jednotlivých parametrů podává numerický model, který publikoval **Spreiter et al., [1966]**. Tento model je založen na představě slunečního větru jako ideálního plynu a nebere tedy v úvahu žádné elektromagnetické interakce. Model je dvourozměrný a předpovídá prostorový profil jednotlivých parametrů plazmatu. V literatuře je možno najít jen několik pokusů verifikovat předpovědi tohoto modelu. K dispozici je starší práce (**Spreiter and Alksne, [1968]**) autorů citovaného modelu konstatující, že data sondy Pioneer 6 kvalitativně potvrzují predikci, i když ani strmost ani amplituda pozorovaných radiálních variací koncentrace, rychlosti a teploty plazmatu s modelem nesouhlasí. Tato studie ovšem nepoužívala referenční měření ve slunečním větru. Tento nedostatek nemá práce **Steinberg and Lacombe, [1992]**, ale dochází k obdobnému závěru jako práce předchozí. Obě studie byly zaměřeny na oblast vzdáleného chvostu, kde sonda prolétá přechodovou oblast radiálně a značnou rychlostí, což umožňuje snazší konverzi času na prostorové souřadnice.

Experimentální studie, zabývající se radiálním profilem parametrů plazmatu přechodové oblasti na denní straně, zcela chybí. Na rozdíl od experimentálních studií byly pro tuto oblast vypracovány magnetohydrodynamické modely, které zahrnují vliv magnetického pole unášeného slunečním větrem. **Zwan a Wolf, [1976]** předpověděli, že započtení tlaku magnetického pole povede ke snížení koncentrace plazmatu v blízkosti magnetopauzy. Ke stejnému výsledku došel jinou cestou i **Pudovkin et al., [1982]**. Tento efekt byl nazván "*plasma depletion layer - PDL*". Existenci vrstvy snížené koncentrace sice předpovídají oba

modely, ale zásadně se liší v mechanismu vzniku a tedy v podmínkách, za kterých může být efekt pozorován. Zatímco **Zwan and Wolf, [1976]** předpokládají, že ke vzniku vrstvy dojde tehdy, když bude magnetické pole slunečního větru orientováno souhlasně s magnetosférickým, v modelu **Pudovkin et al., [1982]** je tomu naopak. Postupně bylo publikováno několik experimentálních studií oblasti poblíž magnetopauzy, ale jejich výsledky jsou rozporné. Například článek **Phan et al., [1994]** dokumentuje na základě statistické studie, že PDL je pozorována častěji v případě, kdy je magnetické pole slunečního větru orientováno k severu, **Pudovkin et al., [1995]** dochází k právě opačnému výsledku.

Jak je vidět z předchozího krátkého rozboru, jsou současné znalosti o plazmatu přechodové oblasti značně neúplné a jednotlivé poznatky si často protiřečí. Protože k interakci slunečního větru s magnetosférou dochází prostřednictvím přechodové oblasti, je podrobná znalost této oblasti nesmírně důležitá pro další studium vztahů Slunce - Země.

Cíl projektu

V současné době přesekává přechodovou oblast pravidelně několik umělých družic - INTERBALL-1, MAGION-4, GEOTAIL a IMP-8. Měření družice WIND je možno užít jako téměř permanentní monitor slunečního větru. Cílem projektu je tedy použít naše data z družice INTERBALL-1 (popřípadě MAGION-4) a porovnat je s předpovědí hydrodynamického modelu citovaného v úvodu. Statistické zpracování umožní stanovit systematické odchylky mezi pozorováním a modelem, studium jednotlivých případů pak pomůže najít zdroj těchto odchylek. Zvláštní pozornost pak bude věnována fluktuacím iontového toku a závislosti amplitudy těchto fluktuací na okrajových podmínkách.

Postupné cíle je možno definovat následovně:

- digitalizace hydrodynamického modelu,
- vypracování programů v jazyce IDL pro čtení dat z různých družic a výpočet příslušných parametrů z načtených dat,
- implementace modelů rázové vlny a magnetopauzy do programů,
- vlastní zpracování dat a interpretace získaných výsledků.

Časový harmonogram projektu

Na základě dílčích cílů navrhujeme tento časový rozvrh:

- **do 15.12.1999**
 - digitalizace modelu **Spreiter et al., [1966]**
 - vývoj programů pro načítání dat a jejich zpracování

- **do 30.6.2000**

- vývoj programů pro normalizaci naměřených dat vzhledem ke zmíněnému modelu
- vývoj programů pro normalizaci souřadnic družice vzhledem k poloze hranic přechodové oblasti

- **do 30.9.2000**

- systematické zpracování dat z období září - říjen 1995 a leden - únor 1996
- porovnání výsledků s modelem
- spolupráce při přípravě publikace.

Výsledek projektu

Systematické porovnání experimentálních dat s předpovědí hydrodynamického modelu přispěje k pochopení procesů, které formují zemskou magnetosféru. V optimálním případě umožní výsledky projektu rozhodnout, který z MHD modelů PDL lépe vystihuje skutečnost.

Předpokládáme, že úspěšné řešení projektu bude završeno přípravou referátu na mezinárodní konferenci Americké geofyzikální unie (Washington, červen 2000), popřípadě na konferenci COSPAR (červenec 2000) a přípravou následné publikace v časopise.

Literatura

- Phan, T.-D., et al., The magnetosheath region adjacent to the dayside magnetopause: AMPTE/IRM observations, *J. Geophys. Res.*, 99, 121, 1994.
- Pudovkin, M. K., M. F. Heyn, and V. V. Lebedeva, Dependence of magnetosheath parameters upon the direction of the solar wind magnetic field, *J. Geophys. Res.*, 87, 8131, 1982.
- Pudovkin, M. I., S. A. Zaitseva, and B. P. Besser, Magnetopause magnetic barrier parameters in dependence on the solar wind magnetic field orientation, *Ann. Geophys.*, 13, 828, 1995.
- Spreiter, J. R., A. L. Summers, and A. Y. Alksne, Hydromagnetic flow around the magnetosphere, *Planet. Space Sci.*, 14, 223, 1966.
- Spreiter, J. R. and A. Y. Alksne, Comparison of the theoretical predictions of the flow and magnetic fields exterior to the magnetosphere with the observations of Pioneer 6, *Planet. Space Sci.*, 16, 971, 1968.
- Steinberg, J.-L., and C. Lacombe, An empirical model of the plasma density distribution in the distant Earth magnetosheath, *Geophys. Res. Lett.*, 19, 2285, 1992.
- Zwan, B. J., and R. A. Wolf, Depletion of the solar wind plasma near a planetary boundary, *J. Geophys. Res.*, 81, 1636, 1976.