

衛星時代前のプラズマ環境を推定

-1958年頃と1970年頃はプラズマの重さが約2倍に?-

概要

気象衛星ひまわりや放送衛星(CS/BS)が飛翔している地球周辺の宇宙空間は、真空ではなく、荷電粒子からなるプラズマで満たされています。このプラズマ環境は、ちょうど地球上で大気環境が暑くなったり寒くなったり蒸し暑くなったり乾燥したりするのと同じように、大きく変化することが分かっています。現代では、こうした「宇宙の天気」を調べるために、科学衛星が多数打ち上げられています(図1)。

しかし、人工衛星の時代が幕を開けたのはスプートニク1号が打ち上げられた1957年からで、定常的にプラズマの環境が計測され出したのは1960年台半ばから後半以降でした。それより昔の時代にプラズマ環境を直接観測したデータはないので、何らかの方法で推定するしかないというのが実情でした。将来的に、地球周辺のプラズマ環境がどのように変わっていくかを理解するためには、昔の環境を知ることが重要になります。

今回の研究では、地上で古くから計測されてきた地磁気(地球の持つ磁場)の変化を記録したデータを利用して、1956年から1975年のプラズマ環境、特にプラズマの重さがどのように変化しているかを推定することに世界で初めて成功しました。古くは地磁気の観測は、図2に示したように磁石を細い糸で吊り下げ、光を反射させて印画紙に記録していました。本研究では、地磁気の観測を行っていた気象庁地磁気観測所の増子徳道氏と共同研究を行い、(1)紙の記録をスキャナーで電子画像に変換する、(2)電子画像から線を自動的に読み取ってデジタルデータを作成する、という2段階でデジタルデータ化を行いました(図3)。これにより、科学衛星による観測が一般的になる以前の1956-1975年の地磁気の変動をコンピュータで扱えるようになりました。

次に図3(c)に見えるような、地磁気の振動現象を選び出し、その振動数から宇宙空間のプラズマ環境の推定を行いました。この原理は、パーティグッズで使われるヘリウムガスを吸い込むと声が高くなるという現象に似ています。つまり、普段の声は声帯で空気を振動させた時の音ですが、空気の重さの約7分の1のヘリウムガスを吸い込むと音速が速くなるので、ヘリウムを含んだ空気の振動数が高くなり、声が高くなるという仕組みです。プラズマが軽ければ、地磁気の振動数が高くなり、プラズマが重ければ、地磁気の振動数が低くなることとなります。この原理を使って推定したプラズマ環境の変化は図4に示しています。これによると1964年ごろと1975年ごろは、プラズマはほとんどすべてが水素イオンでできていたが、1958年頃と1970年ごろは、7-10%程度の酸素イオンが混じっており、全体の重さとしては2倍以上に変化していたことが明らかになりました。

以上の結果は、アメリカ地球物理学連合が発行するJournal of Geophysical Research誌に掲載が決定しました。2016年5月17日に出版前の原稿が閲覧可能になっています。

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2016JA022510/full>

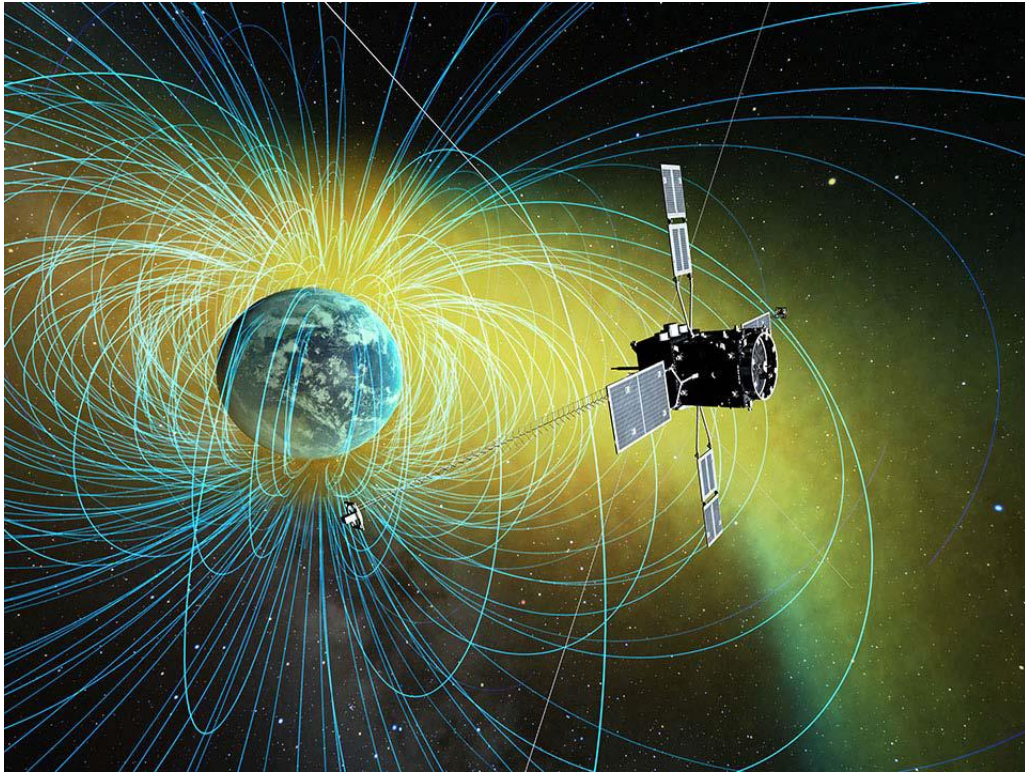


図1：地球周辺の宇宙空間に存在するプラズマとそれを観測する科学衛星のイメージ。
 (本イラストに描かれた衛星は、打ち上げ予定のジオスペース探査衛星ERG (提供JAXA))

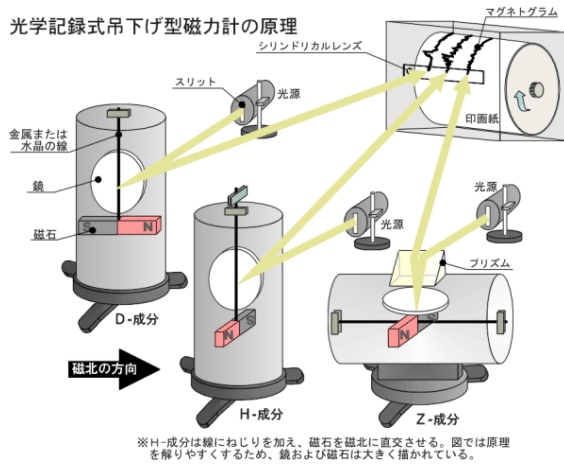


図2：(左)古い時代の地磁気観測の原理。磁石を細い糸で吊り下げ、光を反射させて印画紙に記録していた。(右)京都大学で作成・使用されていた光学記録式磁力計の写真。

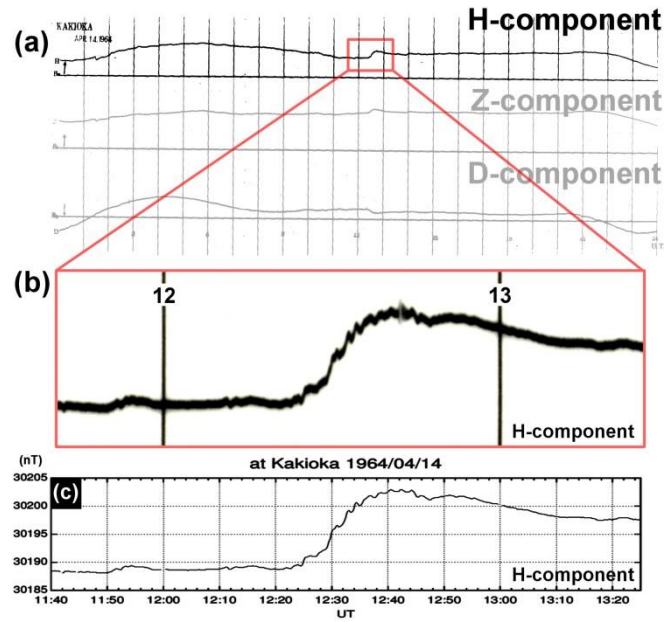


図3: (a)印画紙記録をスキャナーで取り込み、電子画像化したもの。(b)その拡大図。(c)デジタルデータに変換し、プロットしたもの。1964年4月14日のデータをコンピューター上で扱えるようになった。

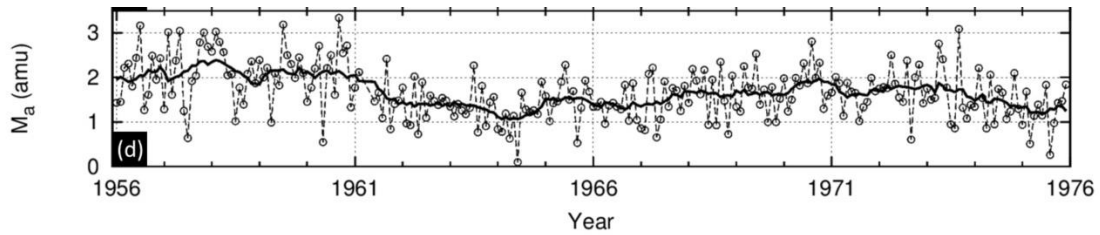


図4: 1956年から1976年における宇宙空間におけるプラズマの重さ変化。科学衛星が一般的になる以前の宇宙空間のプラズマ環境を世界で初めて推定できた。

<論文タイトルと著者>

Yamamoto, K., Nosé, M., Mashiko, N., Morinaga, K., and Nagamachi, S. (2016). Estimation of magnetospheric plasma ion composition for 1956–1975 by using high time resolution geomagnetic field data created from analog magnetograms. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*.