

太陽観測衛星「ひので」による 半暗部マイクロジェットの統計的解析

京都大学理学研究科宇宙物理学教室 修士1年

吉永祐介

1. 黒点

1.1. 黒点の構造

太陽黒点は中心の最も暗い「暗部」とその周りを取り囲む「半暗部」で構成されている。半暗部は暗部を中心として放射状に広がる筋状の構造（フィラメント）が見られる、活動的な領域である。（図1）

- 大きさ：～数万 km
- 温度：約 4000 K
（静穏領域では約 6000 K）
- 磁場強度：数千 G

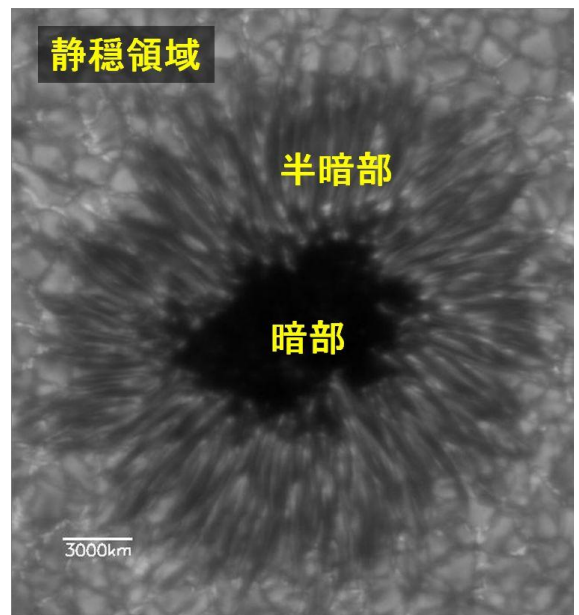


図1 G-band Hinode/SOT（可視光磁場望遠鏡）

1.2. 黒点の磁場構造

黒点における磁場は、暗部の中心部ではほぼ垂直で外に行くほど次第に傾いているような構造をしている。（図2）

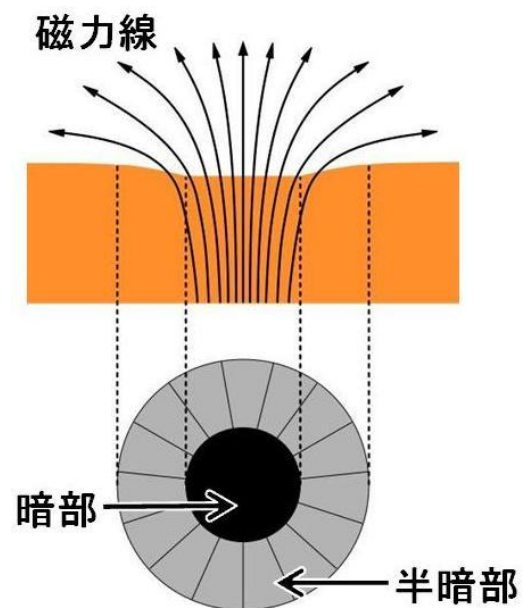


図2

2. 半暗部マイクロジェット

2.1. 半暗部マイクロジェットとは

半暗部マイクロジェットは、太陽観測衛星「ひので」の可視光磁場望遠鏡（SOT）の Ca II H 線フィルターを通じた観測で発見された小さなジェット状の構造である（図 3 の赤丸で囲われた中に見えている）。

（Katsukawa et al. 2007）

「ジェット」と名がついてはいるが、本当にプラズマが動いている「ジェット」であるかどうかは、まだ分かっていない。

「ひので」の Ca II H 線（396.9nm）による観測では太陽の彩層下部から光球を見ることができる。

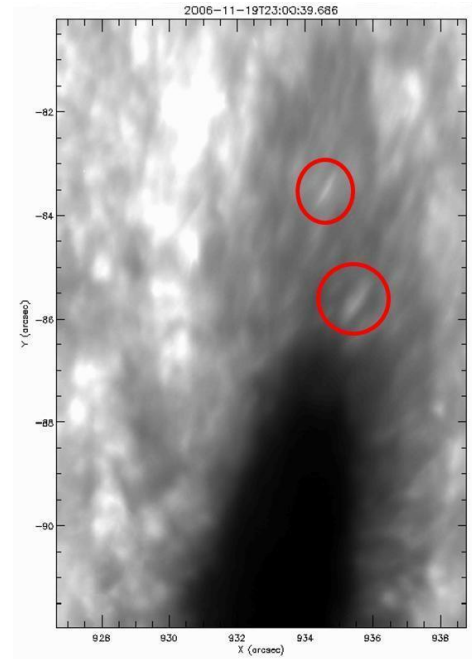


図 3

2.2. 半暗部マイクロジェットの 3 次元的構造

マイクロジェットは水平方向にはフィラメントと同様に、黒点の中心から放射状に伸びている。一方、太陽表面に対しては、ほぼ水平なフィラメントと比べて垂直方向に傾いている。この構造のために、黒点の位置によってフィラメントとマイクロジェットの見え方が異なる、ということが起こる。

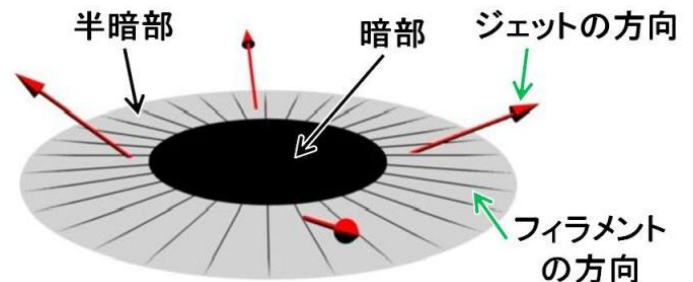


図 4

2.2.1. 太陽中心から遠い場合

黒点が太陽中心から遠い位置（リム）にある場合（図 5 左）、黒点を斜めから見ることになる。そのため、フィラメントの向きとマイクロジェットの向きが違う、ということが起こる（図 5 右）。

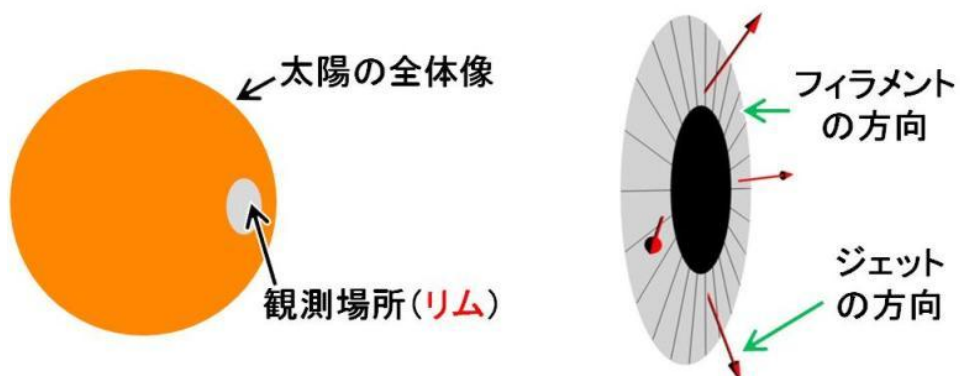


図 5

2.2.2. 太陽中心に近い場合

一方、黒点が太陽中心（ディスクセンター）に近い位置にある場合（図 6 左）、黒点を真上から見ることになる。そのため、フィラメントとマイクロジェットは同じ方向を向く（図 6 右）。このためマイクロジェットを見つけるのは比較的困難になる。

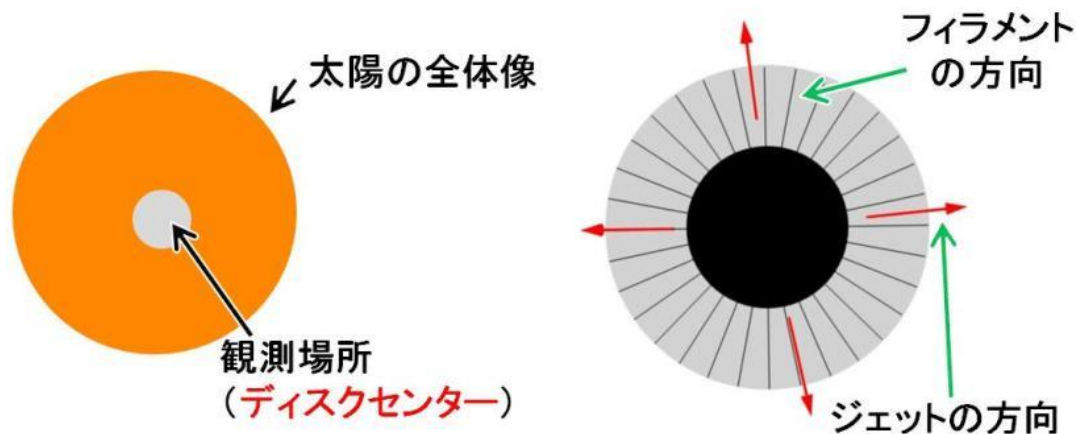


図 6

2.3. 半暗部マイクロジェットの発生する仕組み

半暗部では水平な磁場と比較的垂直な磁場が混在している。マイクロジェットはそれらの完全に反平行ではない磁場による磁気リコネクションによって発生していると考えられている。

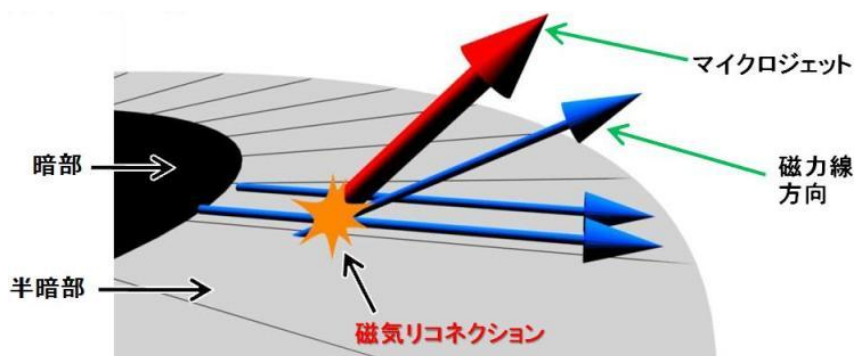


図 7

3. 本研究について

3.1. 目的

半暗部マイクロジェットは瞬間的に現れる上に非常に小さい構造であるため、解析が難しくあまり調査が進んでいない。そこで今回は、半暗部マイクロジェットの物理量（幅、長さ、寿命、見かけの速度）の典型的な値を求めるべく統計的調査を行った。また、3次元的な構造を把握しておくために黒点を2方向から見た場合で調査した。

3.2. データ

解析に用いたデータは「ひので」SOTのCa II H線フィルターによる画像である。一つは2006年11月14日のもので時間分解能は約20秒、太陽中心・ディスクセンターに近い黒点である。(図8a) もう一つは、同年11月19日のもので時間分解能は約5秒、太陽中心から遠いリムにある黒点である。(図8b)

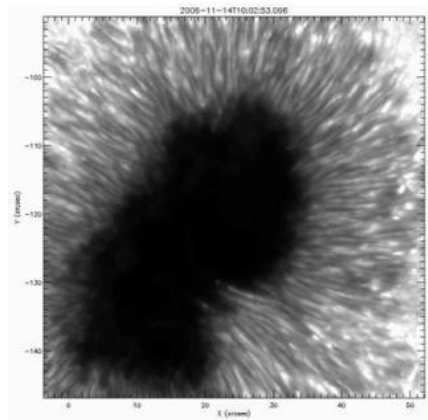


図 8a

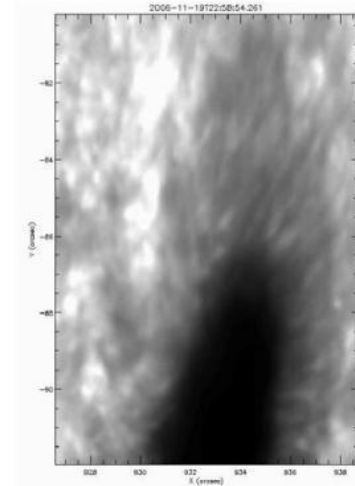


図 8b

3.3. 結果

3.3.1 長さ と 幅

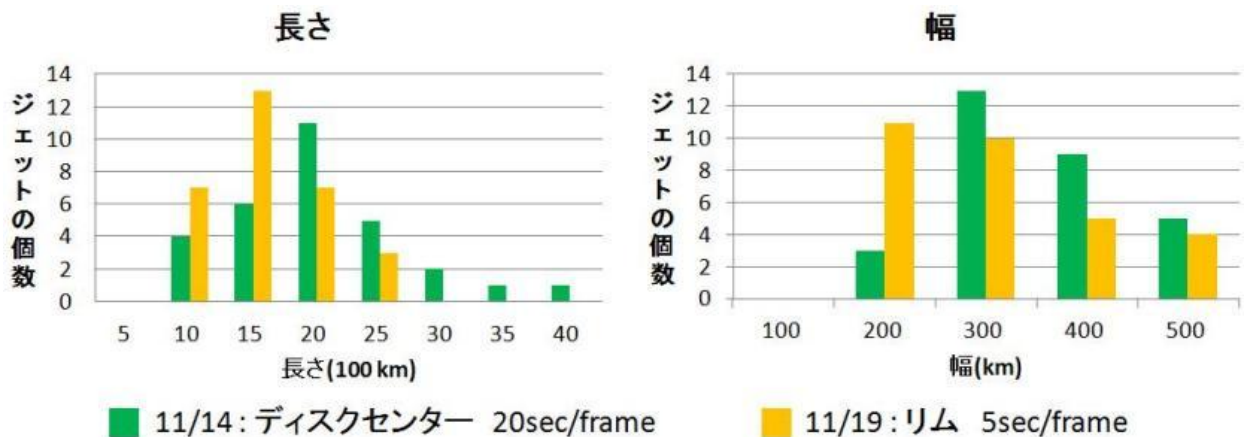


図 9

長さ と 幅 は黒点の位置によらず同じくらいの値となった。それぞれの平均値は次の通りで、先行研究（長さ：1000 km ~4000 km 幅：約 400 km）ともだいたい同じである。

- 長さ ディスクセンター：1800 km リム：1400 km
- 幅 ディスクセンター：310 km リム：270 km

3.3.2. 寿命

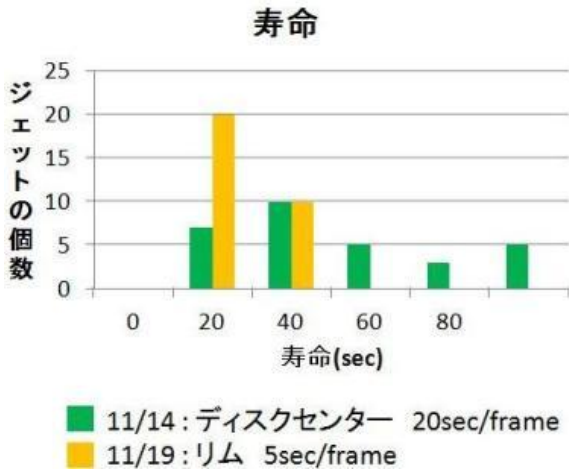


図 10

ディスクセンターのデータで寿命の長いものが多くなった。これは時間分解能が関係していると思われる。今回、時間をほとんど置かずと同じ場所で複数のジェットが発生するということがいくつかあった。ディスクセンターのデータでは時間分解能が悪いため、複数のジェットを一つのジェットとしてとらえてしまい寿命の値が長くなってしまった可能性が高い。平均値はディスクセンターで約 60 秒、リムで約 20 秒となった。先行研究では約 1 分以内となっている。

3.3.3. 速度

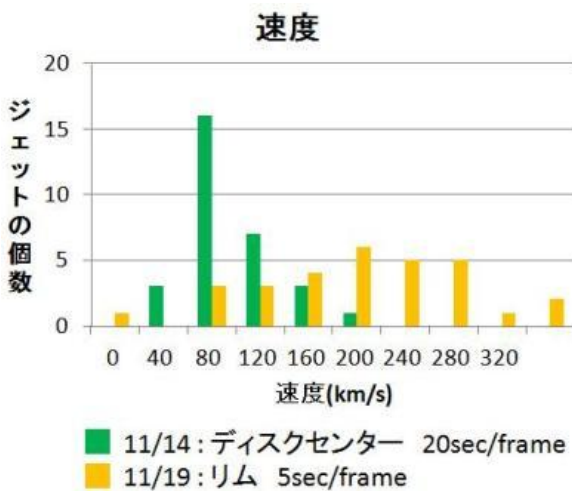


図 11

リムのデータで速度が速いものが多くなった。これも時間分解能が関係している。ジェットが現れる時間に対して時間分解能が長く、動きを分解できないため、速度を

長さ / 時間分解能

で求めている。このため時間分解能が短いほど、得られる速度はより正確な速い値になる。平均値は、ディスクセンターで約 90 km/s、リムで約 180 km/s となった。先行研究では約 100 km/s 以上となっている。今回時間分解能が約 5 秒という高いデータを使ったため、より正確な速度が求められたと思われる。

3.4. 半暗部マイクロジェットの性質

ここではこれまでに分かっている半暗部マイクロジェットの性質を紹介する。

今回、マイクロジェットの伸びている方向と垂直な方向に全体的に動いているものが観測された (図 12a の青線の方向)。図 12a の青線の位置にスリットを入れ、そのスリット上の変化を表すタイムスライスを作ると、傾き、すなわちスリット方向に動いているのが確認できる。(図 12b の赤線)

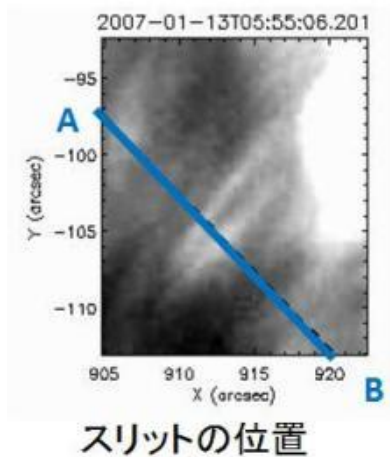


図 12a

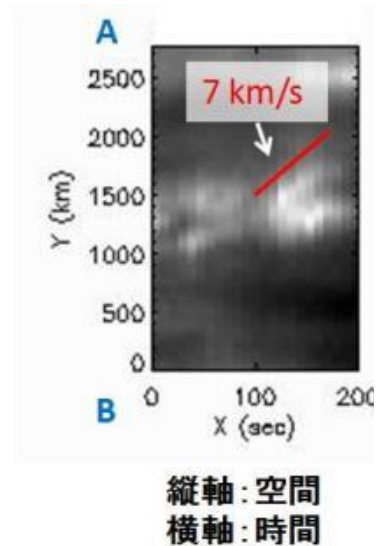


図 12b

これはリムにある黒点なので、太陽表面に垂直に動いているのが見えている可能性がある。この解釈としては、磁気リコネクションの際に磁力線が動くのに乗って動いているとも考えられる。(図 13 水平方向の磁力線と比較的垂直な磁力線が磁気リコネクションをしたあと、磁気張力によって動くのを表している。)

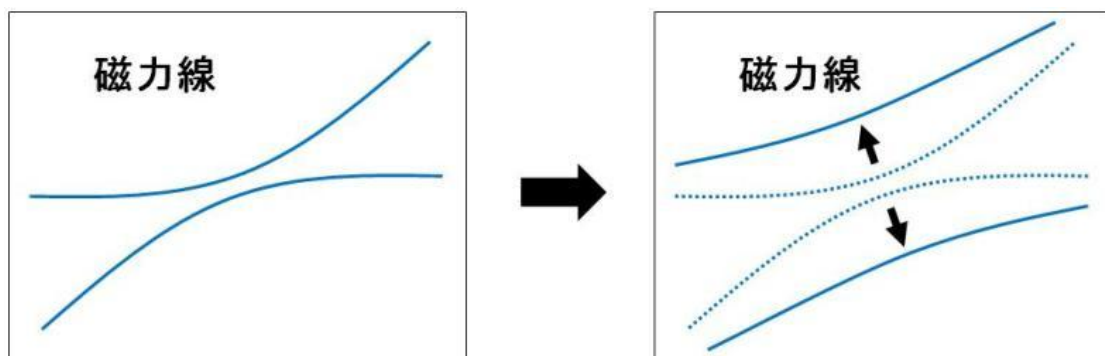


図 13

他にも

- 時間をほとんど置かずに、同じ場所で複数のジェットが発生するもの
- 外向きの放射方向とは違う方向に伸びるもの
- 動きの遅いもの (約 50 km/s)

などが見られた。

3.4. まとめ

半暗部マイクロジェットの典型的な物理量が得られた。それぞれの値の平均値は以下の通りである。

長さ：約 1500 km 幅：約 300 km

寿命：約 20 秒 速度：約 180 km/s (リムのもの)

ただし、寿命と速度は時間分解能が結果に影響するので、より正確なリムのデータ（時間分解能が高い）のものである。

マイクロジェットは、その発生の仕組みや性質など、未だ解明されていないことが多く、それらの解明には、より高い空間・時間分解能が必要である。