

次期太陽観測衛星Solar-Cによる 太陽大気における振動・波動研究 の展望

国立天文台太陽観測所

北川直優

太陽大気中の波動

- ▶ 太陽大気→今日は、主にコロナです。
- ▶ コロナで発生、伝播、散逸する波動
 - ▶ さまざまなスケール
 - ▶ 時間：1 sec – 100 min
 - ▶ 空間：1000 km – 10^5 km

▶ ツールとしての波動

▶ コロナ日震学

- ▶ 波動の位相速度から密度や磁場を測定する

▶ 上層大気の加熱・太陽風加速（鈴木さん講演）

コロナループの横揺れについて成り立つ式

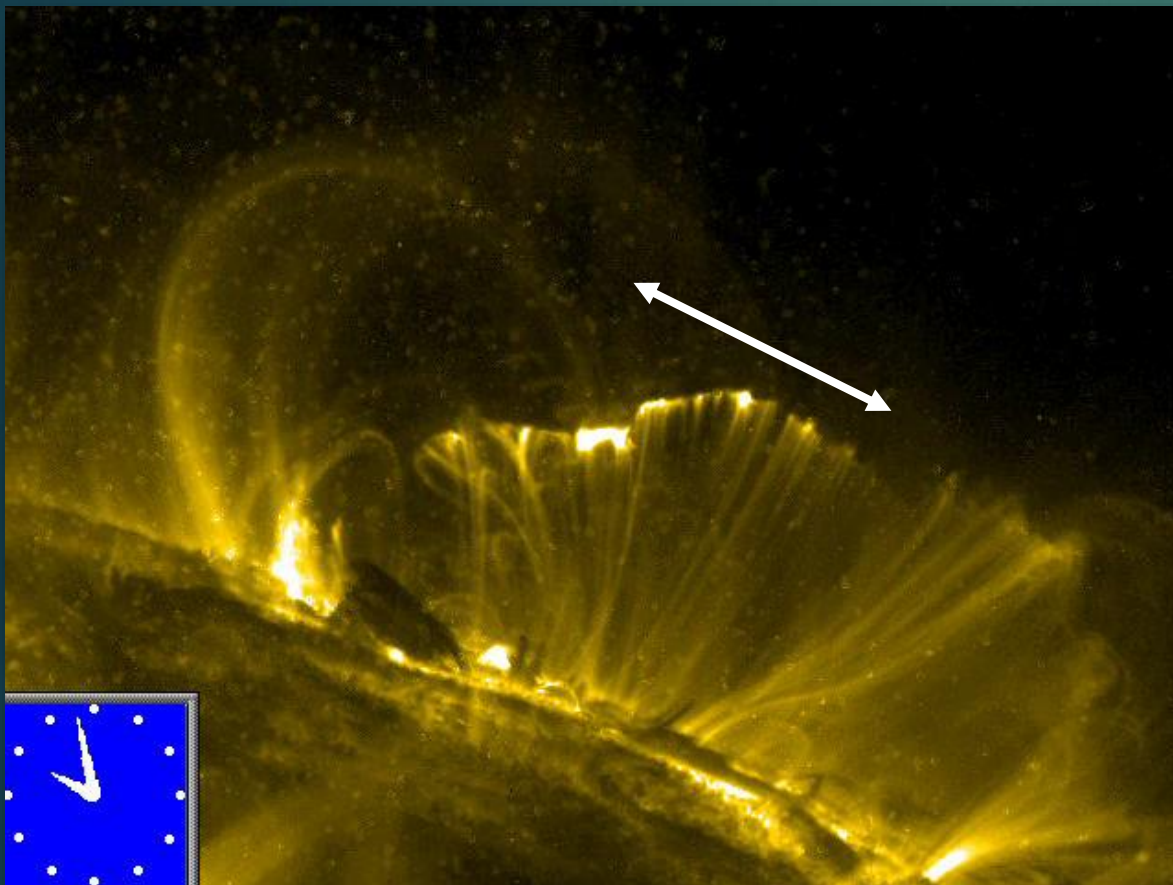
$$B = \frac{l}{P_{\text{kink}}} \sqrt{8\pi(1 + \rho_e/\rho_0)}$$



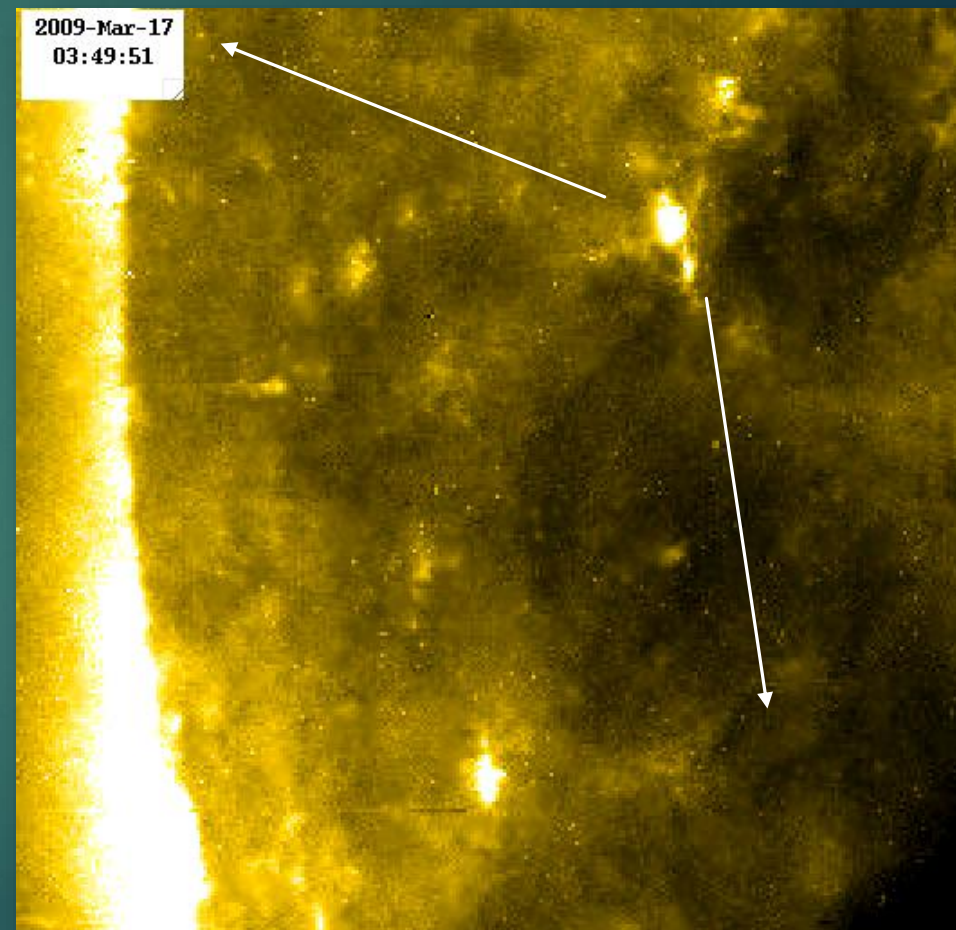
ギャラリー

「ひので」まで

突発的エネルギー解放によって生じた振動

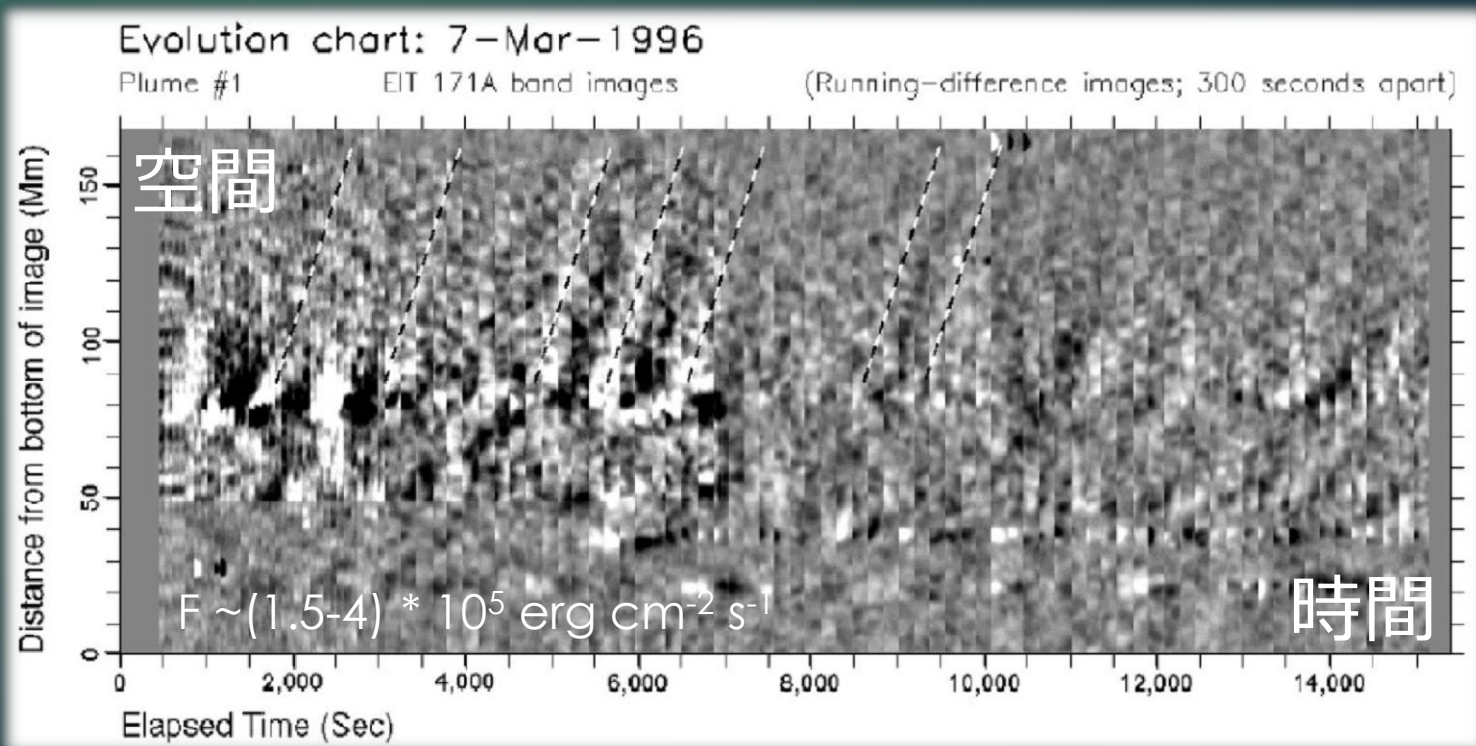
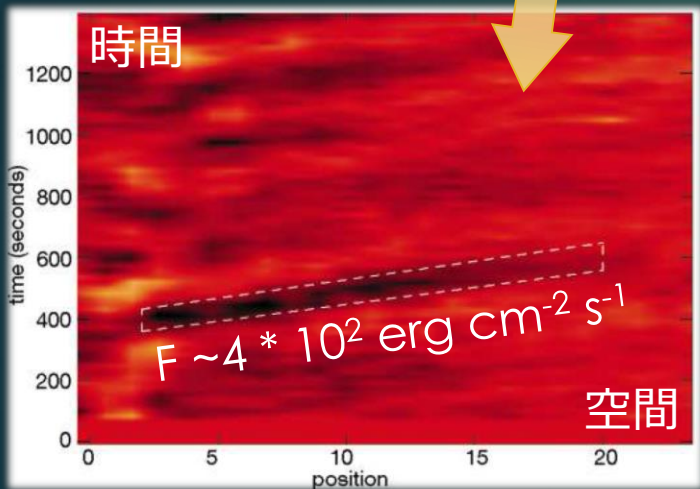
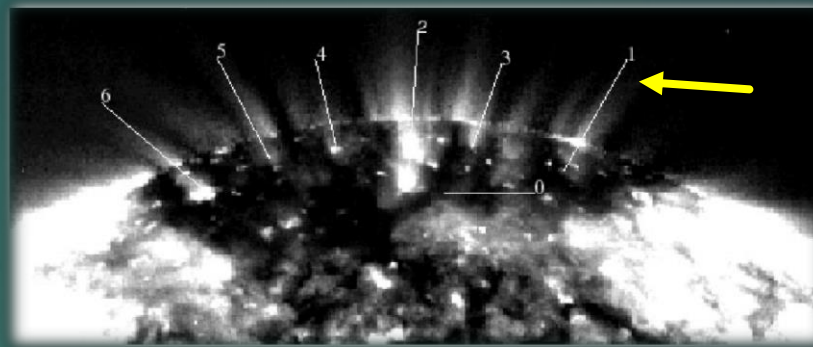
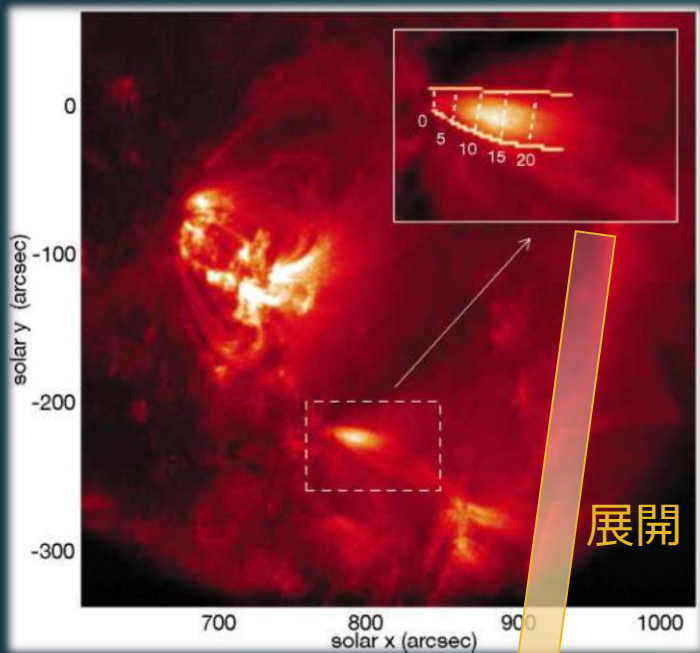


フィラメント噴出直後の振動



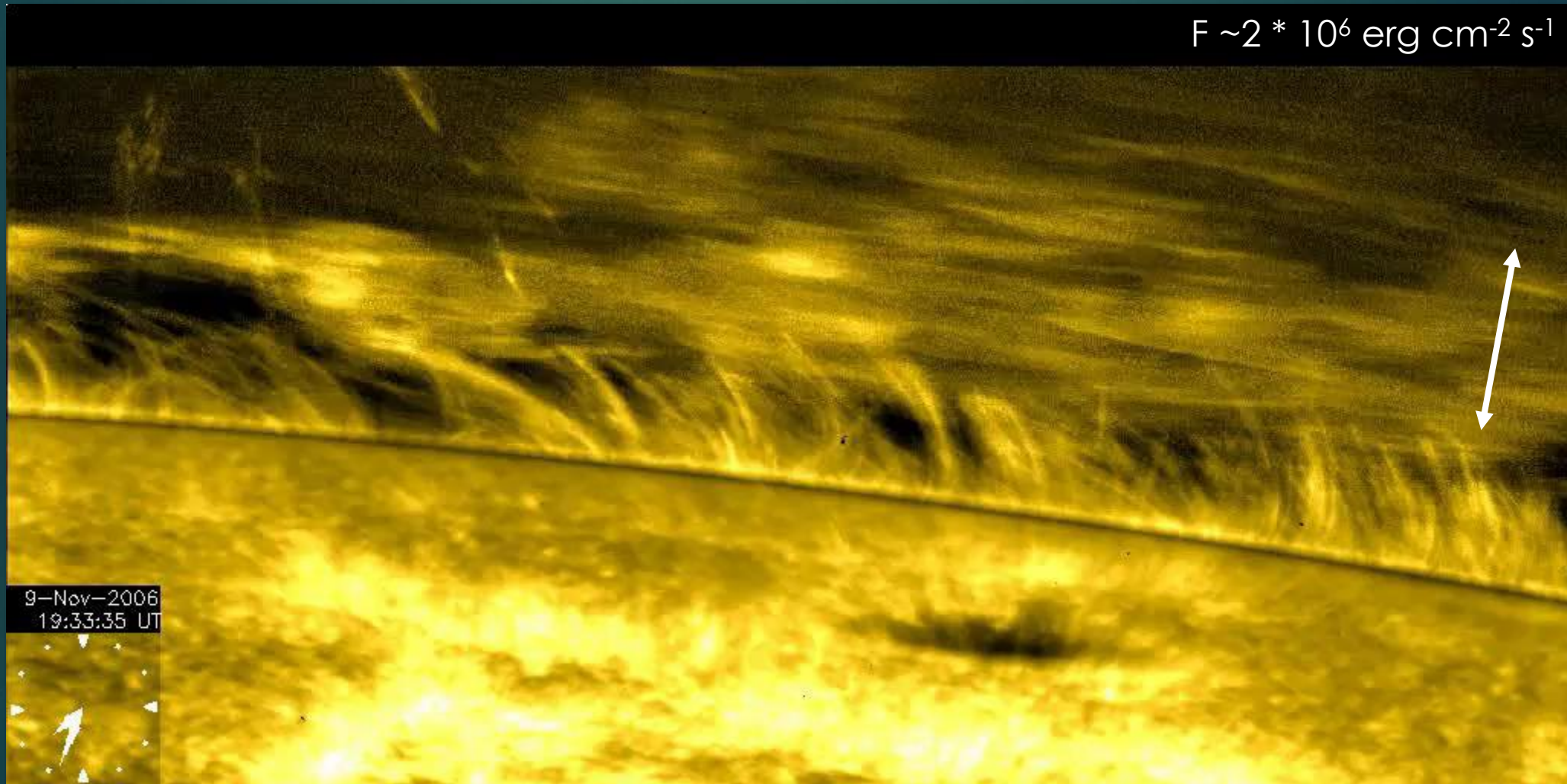
双極性磁場の出現後に発生した波動

コロナ上空へと伝播する波動



「ひので」以降

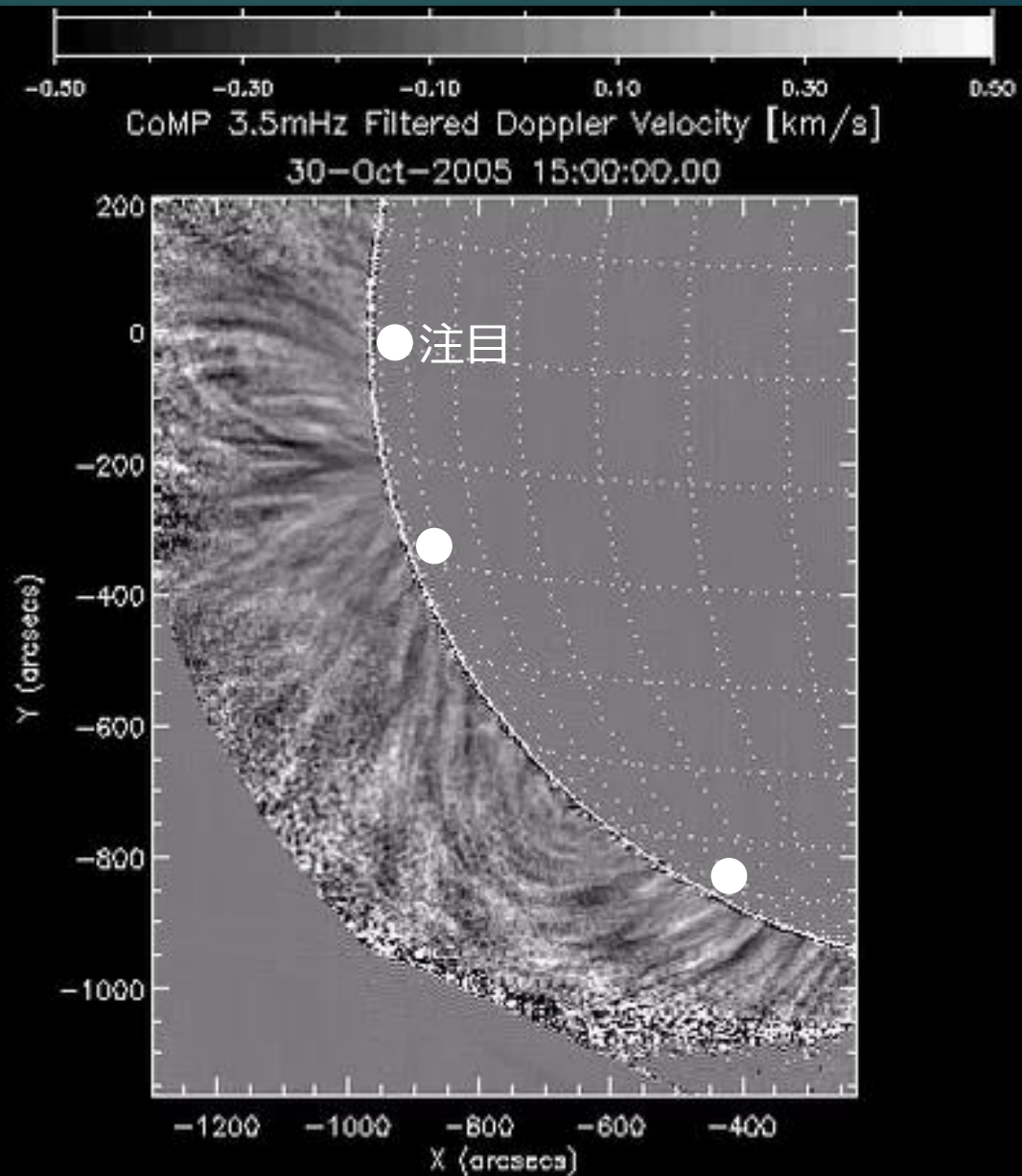
プロミネンス中を伝播する横波



Okamoto et al. (2007)

コロナ中を 伝播する横波

- ▶ 地上観測
- ▶ フレアなどの突発的な現象が起きていない状況
- ▶ $F \sim 10 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



Tomczyk et al. (2007)

極端紫外線分光観測の性能向上

観測機器	打ち上げ	波長帯 (Å)	波長分解能 (Å)	露光時間 (s)	空間分解能 (")	スキャン視野 (") ²
OSO I	1962	150-400	-	-	-	(Full Sun)
OSO III	1967	20-1300	0.6/2.0	180/0.16	-	(Full Sun)
OSO IV	1968	300-1400	3.2	900	60	60 * 60
OSO V	1969	280-1030	-	2	-	(Full Sun)
OSO VI	1969	280-1390	0.8	900	35	60 * 60
OSO VII	1972	120-400	1.6	120	20	300 * 300
Skylab/SO55	1973/4	280-1350	0.13	210	5	300 * 300
Skylab/SO82A	1973/4	171-630	0.13	-	>2 (slitless)	(Full Sun)
CHASE	1985	150-1335	0.25/0.4	~sec	15	180 * 60
MSSTA	1991	40-2800	-	-	0.7	(Full Sun)
NIXT	1988	63.5	-	-	2-3	(Full Sun)
LASP	1988	605-635	0.03	0.4	20	18 * 54
SERTS	1989/91/93	235-450	0.06	-	6	300 * 480
SoHO/CDS	1995	154-787	0.07-0.12	~sec	~3	240 * 240
Hinode/EIS	2006	170-290	0.02	~sec	~2	1024 * 512

波動の論文数（観測機器ごと）

ADS/CQF

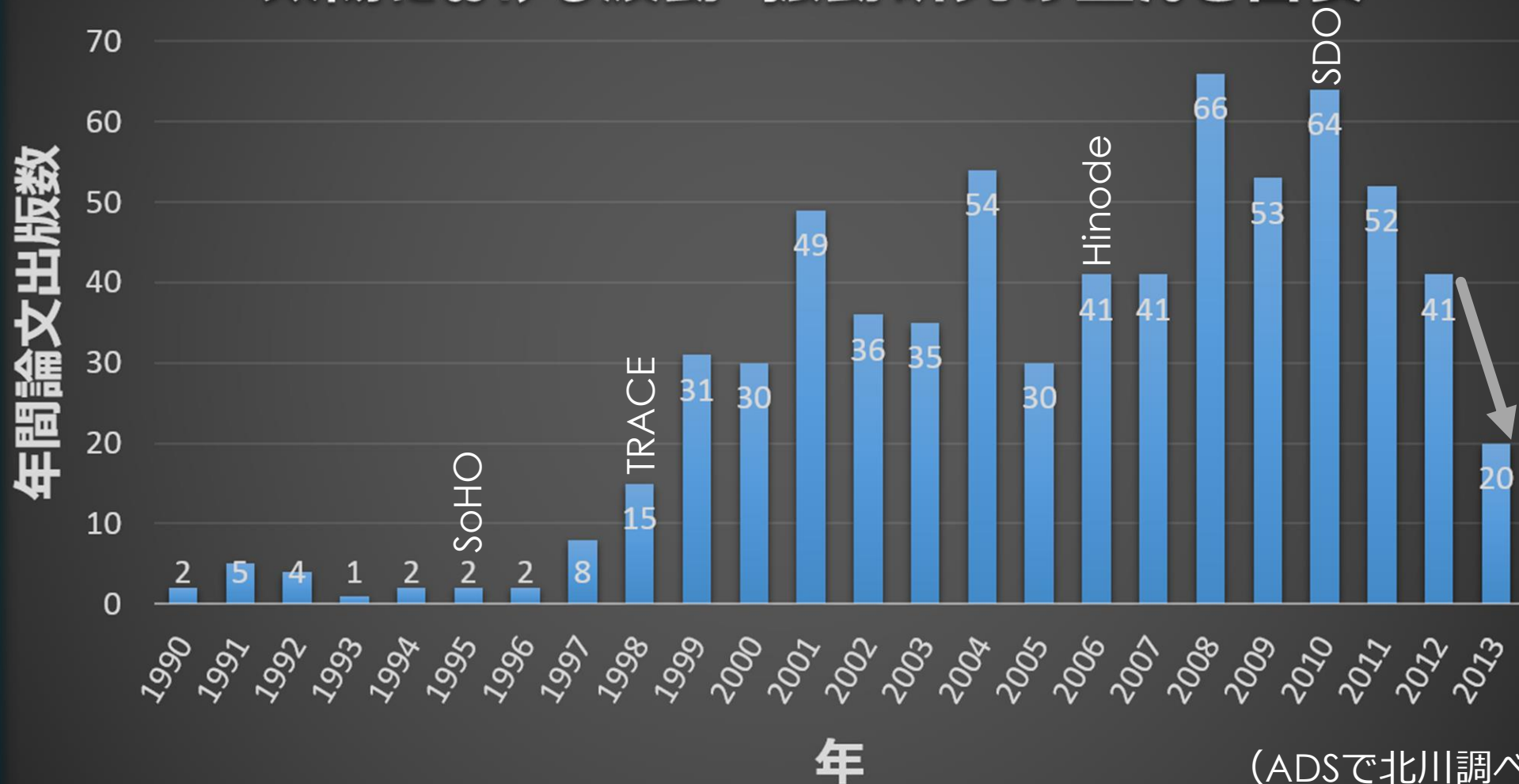
intitle:wave or oscillation

inabstract:TELESCOPE and (wave or oscillation) and (solar or sun)

		TRACE	SoHO			Hinode				Unspecified
			EIT	SUMER	*	SOT	XRT	EIS	*	
Wave/Oscillation (inabstract:tel)	#	191	204	86	457	61	19	44	178	14526
Period	start	1998/4/2	1995/12/2			2006/9/22				
	end	2010/6/21	-			-				
Observing dur.	day	4463	6860			2913				43539
Production rate	#/year	15.6	10.9	4.6	24.3	7.6	2.4	5.5	22.3	
inabstract:										
Coronal heating	#	22	23	25	90	19	5	12	54	
Solar Wind	#	4	13	14	90	13	1	7	40	
Seismology	#	32	19	7	28	7	1	9	23	
Total	#	58	55	46	208	39	7	28	117	
Production rate	#/year	4.7	2.9	2.4	11.1	4.9	0.9	3.5	14.7	

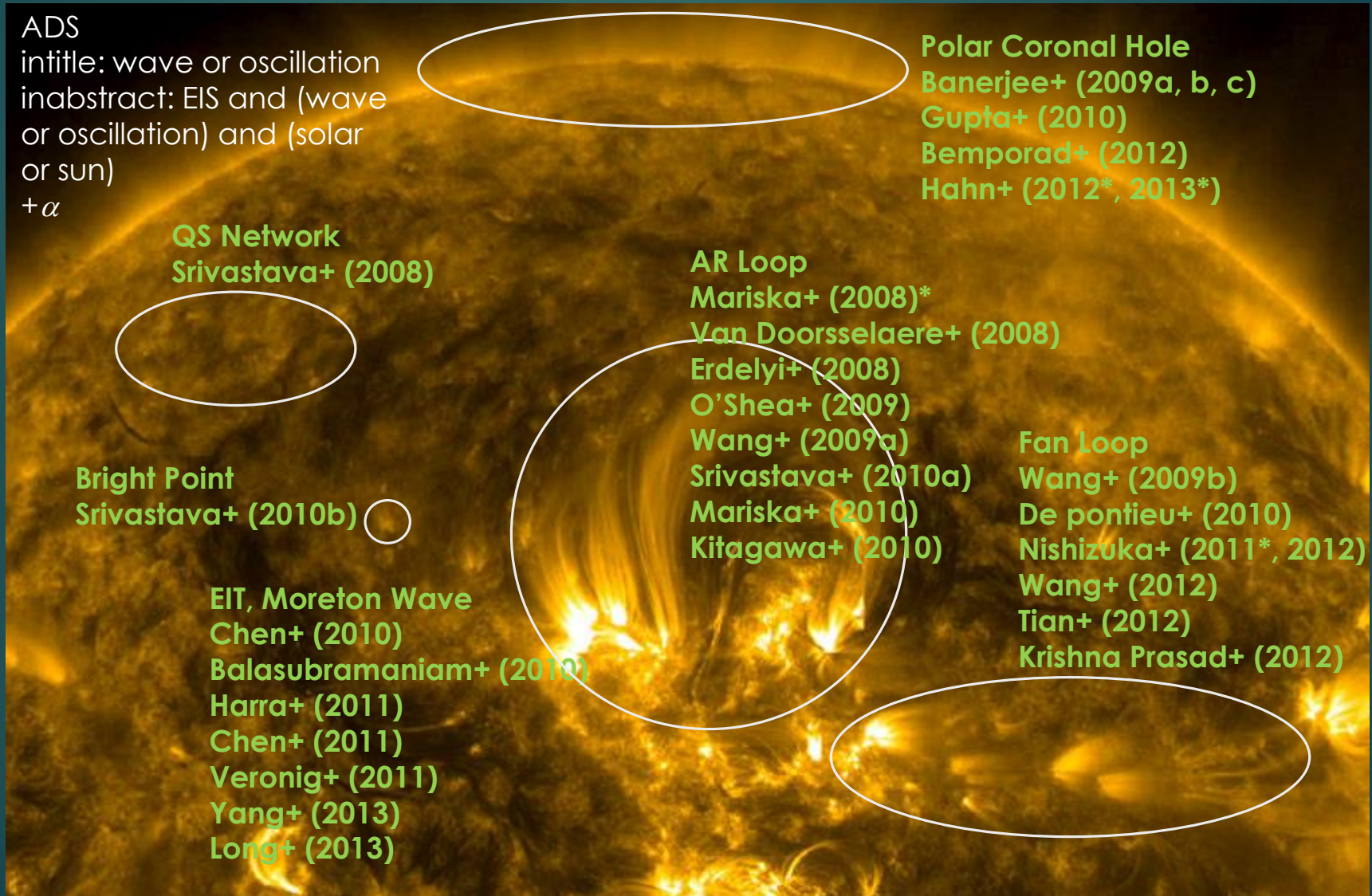
波動の論文数（中期推移）

太陽における波動・振動研究の盛んさ目安



次の観測衛星
で再度盛り上
がる（はず）

「ひので」で見えたコロナの波動



画像 : 2011年10月15-17日 (<http://sdo.gsfc.nasa.gov/>)

一言でまとめ

- ▶ 「ひので」 まで
 1. フィラメント噴出やフレアにともなうコロナループの振動
 2. 活動領域周辺のループ足元から放射強度擾乱の伝播
 3. 極域における放射強度擾乱の伝播
- ▶ 「ひので」 以降
 - ▶ プロミネンスやスピキュールはいつも揺れている
 - ▶ コロナの至る所に波動・振動現象が見られる
 - ▶ 上記 2. と 3. は、もしかして波動というより上昇流？
- ▶ 光球で生み出されているエネルギーフラックス
 - >> コロナ加熱に必要なフラックス
 - >> コロナにおいて観測されている波動のフラックス
 - ▶ どこかで散逸しているのか、という疑問は残っている (Solar-B そして Solar-C)

気になる点（私見です）

Q1. 観測の空間分解能が上がれば、個々の振動する要素が見えるか？

A.

- (1) 基本となる構造に典型サイズがあれば、いつかは見える（フィリングファクターは0.01–0.1のオーダー）。しかし、構造の空間スケールがベキ分布（指数 >2 ）だったら勝負はつかない？ ←数値計算のフィードバックが必要
- (2) 光学的に薄いことによって視線方向にすべての構造が透けているので、観測に工夫が必要かもしれない。

Q2. 何を示したらコロナの加熱を見た、と主張できるのか？

A.

- (1) コロナにおいて観測される波動のフラックスが本当にいつも小さいとしたら、それは間接的な証拠ではある。
- (2) 一本の磁力線を伝わる波動の励起から散逸・熱化までを追うのは難しい。 ←彩層観測に期待 (IRIS; 岡本さん)

近い将来のトピック

- ▶ これからの課題 (De Moortel & Nakariakov 2012)
 - ▶ コロナループの根本から伝搬する放射強度擾乱
 - ▶ コロナで観測されている横波
 - ▶ コロナ加熱や太陽風加速に効いているのか？
 - ▶ コロナ日震学への応用
 - ▶ アルフベン波
 - ▶ 観測の空間分解能が上がったら、将来的には個々の振動する要素を見ることができるのか？