

ALMA で迫る プロミネンス微細構造

岡本文典（宇宙研）

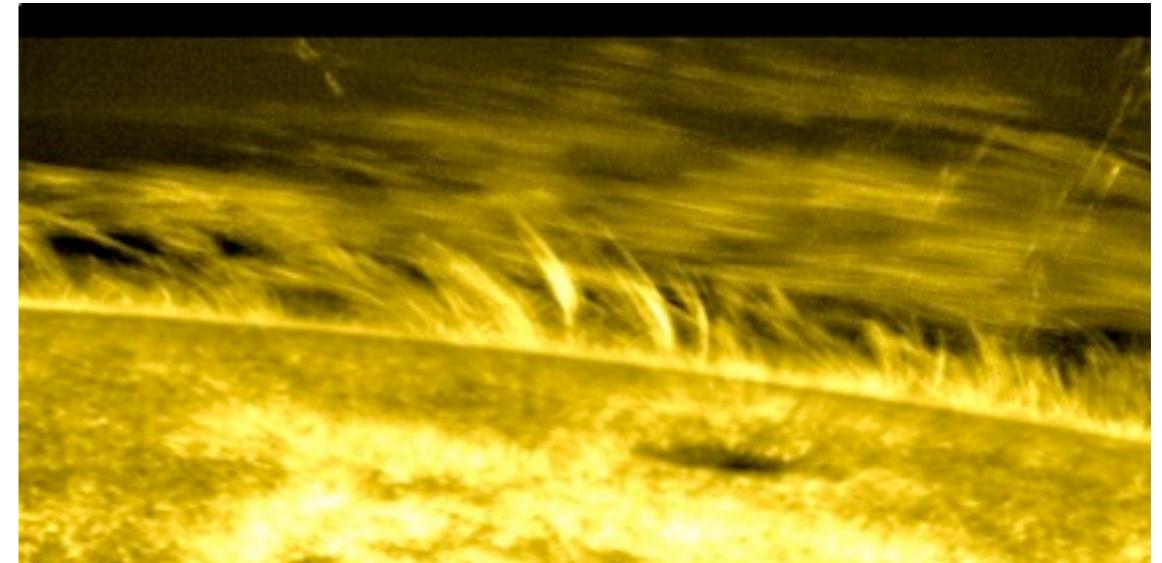
プロミネンス微細構造 – どれだけ細いか？

ひので・可視光望遠鏡(SOT)

分解能 0.2”

活動領域プロミネンス

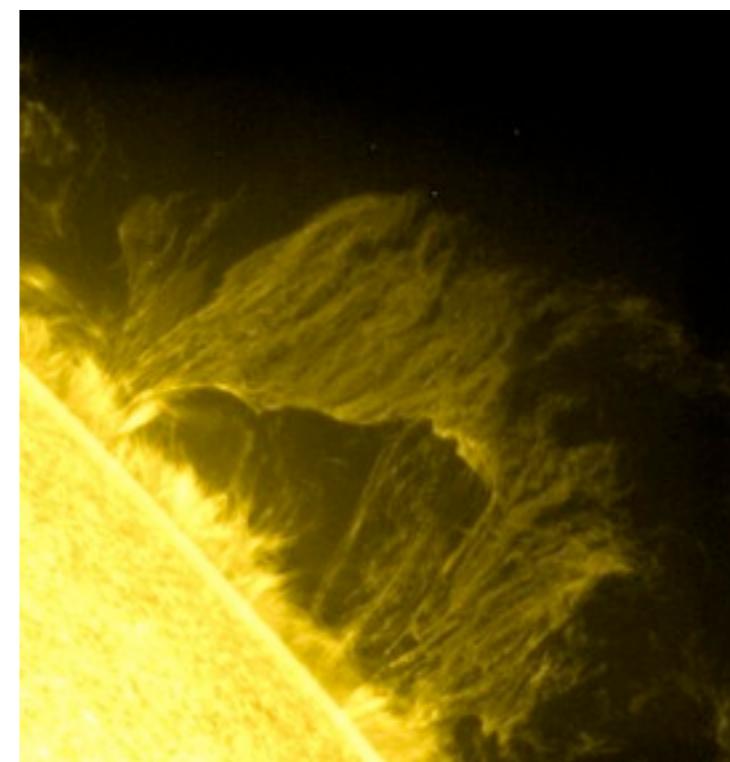
鉛直幅 = 0.5” に見える
flux tube を見ている？



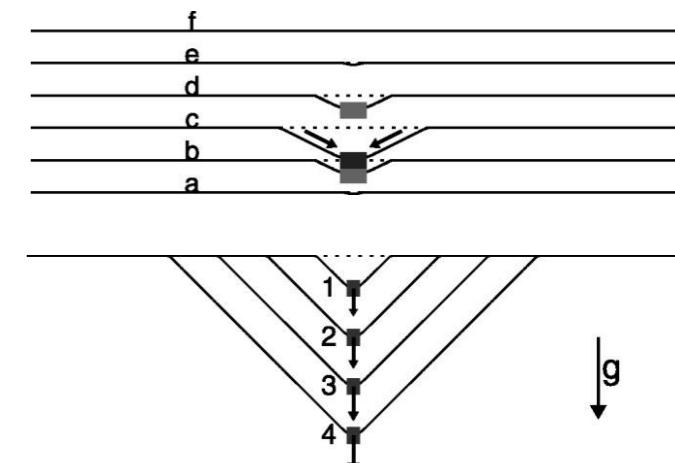
Okamoto+07

静穏領域プロミネンス

水平幅 = 多種多様
(磁場の強さに依存?)



Berger+10

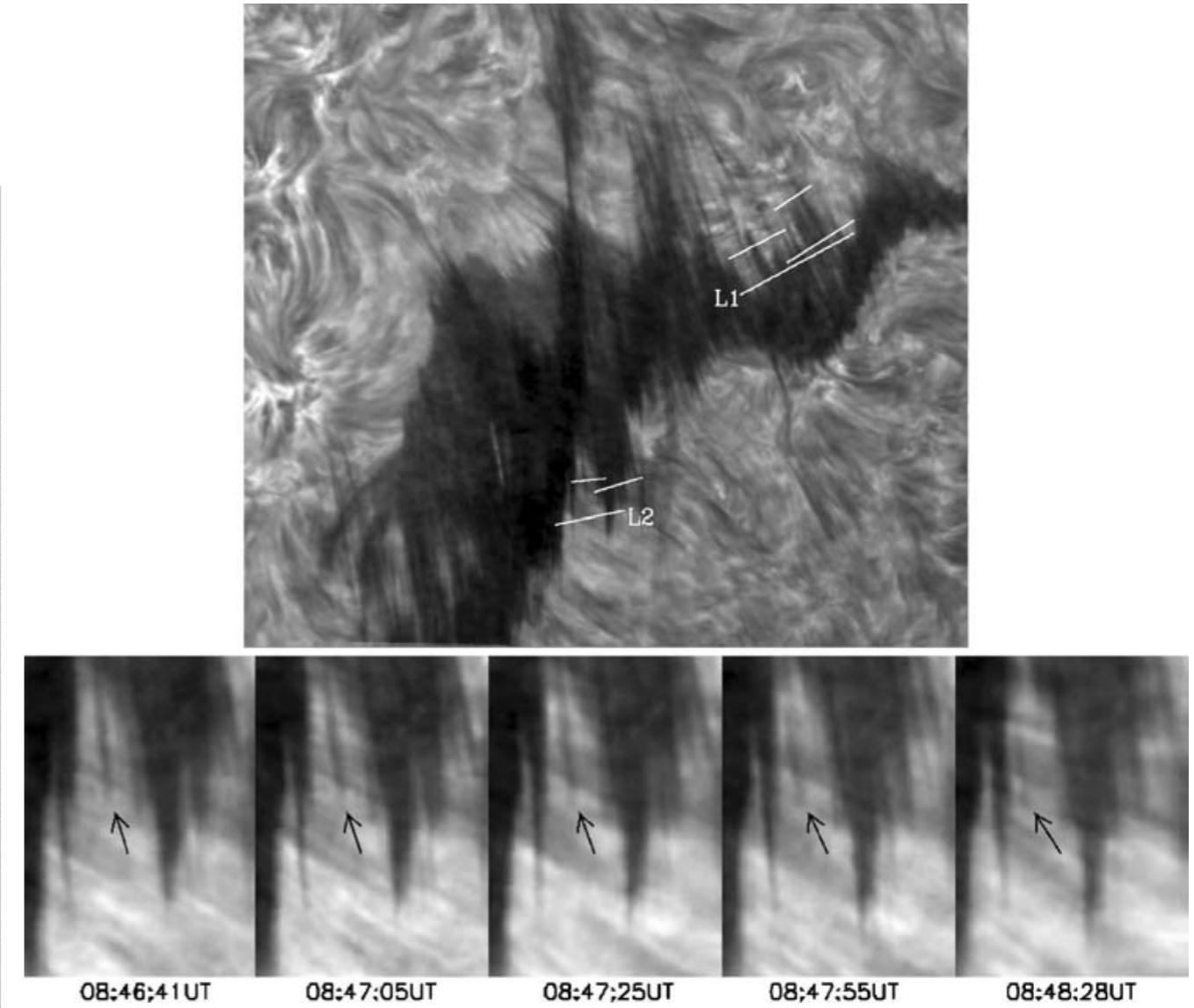
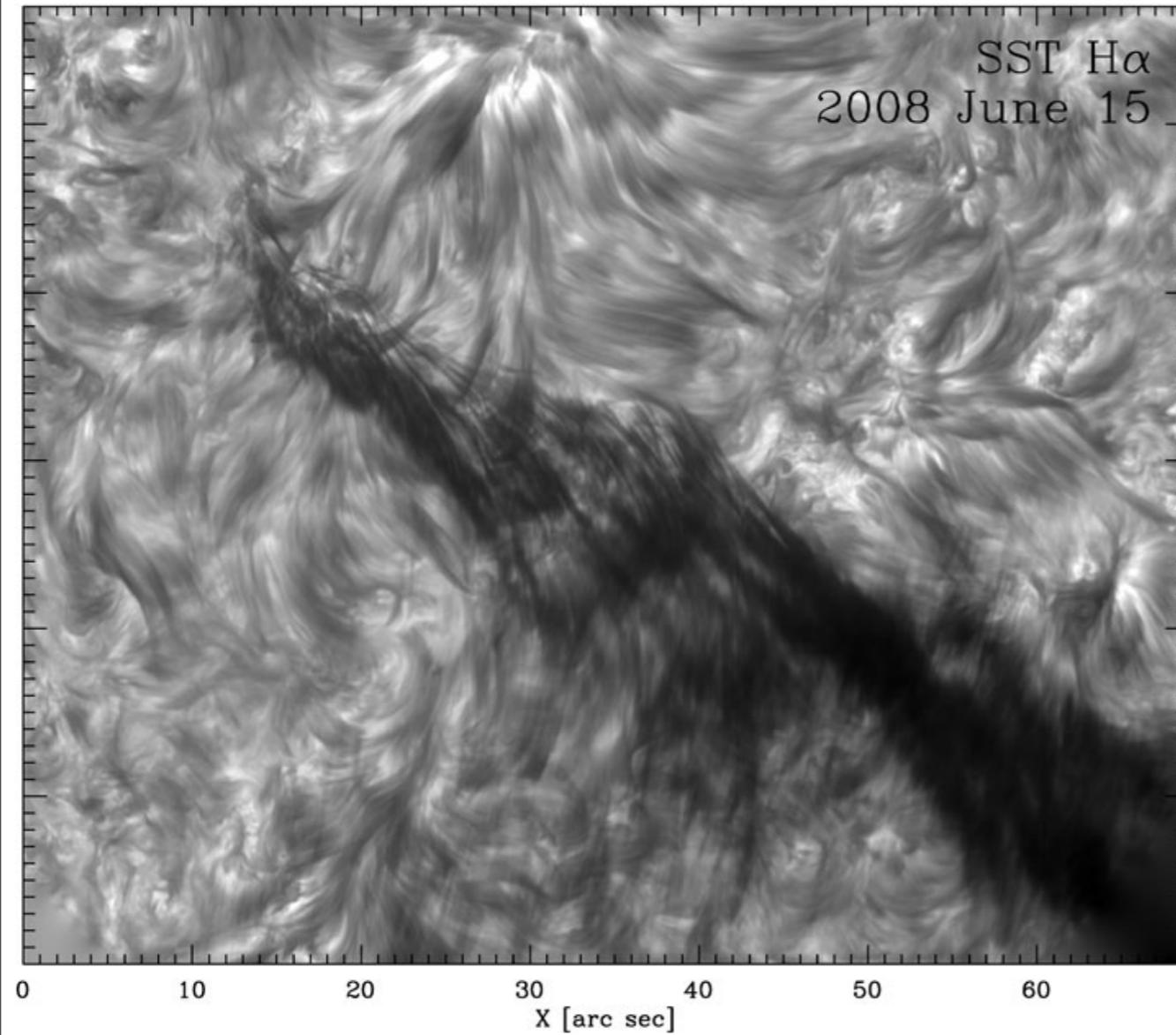


Chae+08

プロミネンス微細構造 – どれだけ細いか？

スウェーデン 1 m 望遠鏡(SST)

分解能 0.14''



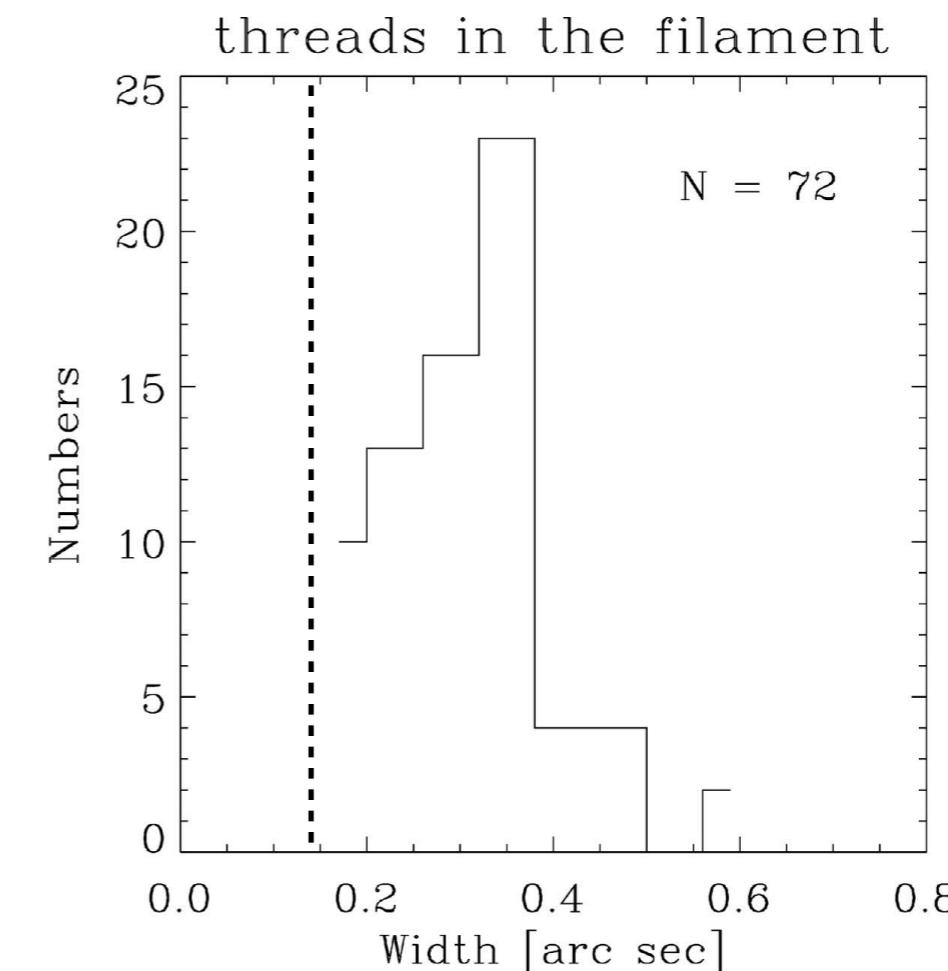
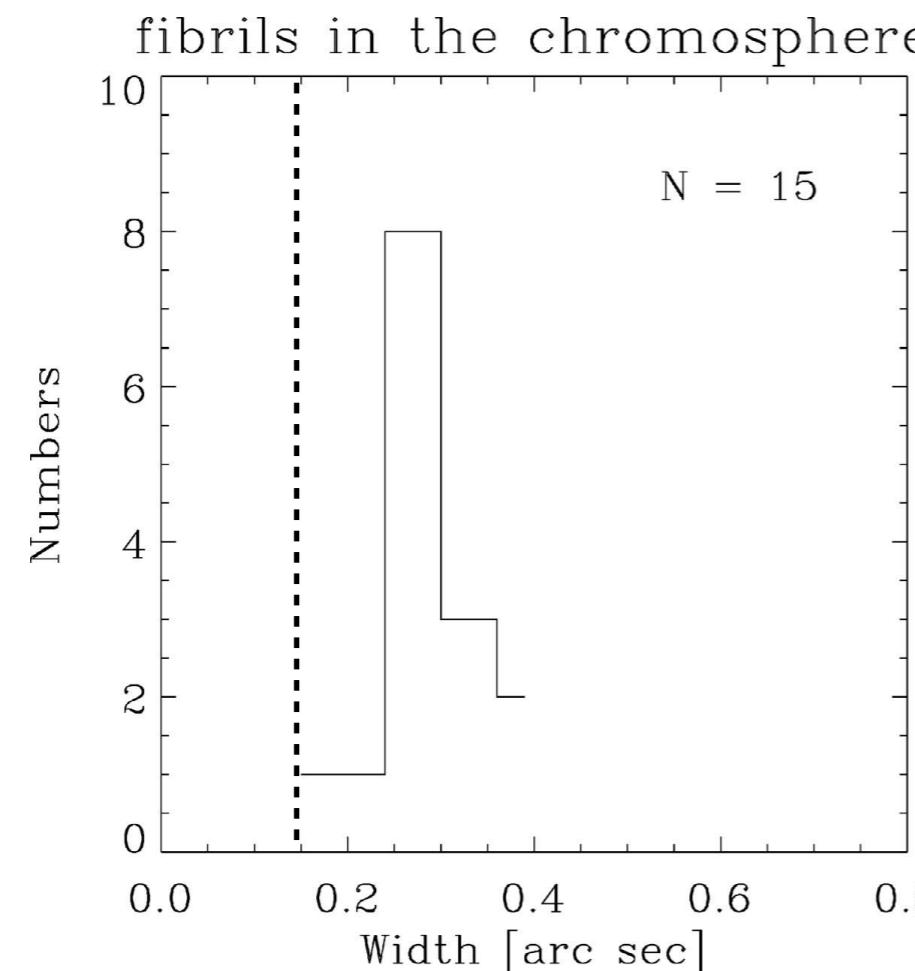
静穏プロミネンスでも
水平の筋がはっきりしている

プロミネンス微細構造 – どれだけ細いか?

スレッドの幅

平均 0.3" (0.2"~0.6")

0.16"幅のものも観測されており、もっと細いものもあるだろう



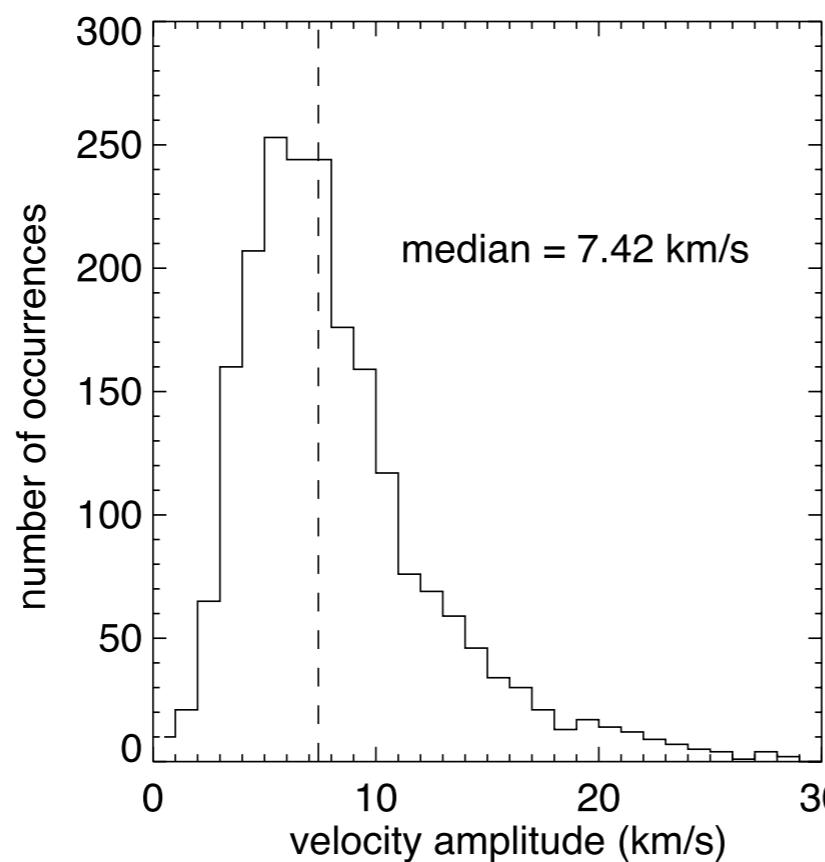
プロミネンス微細構造 – 波の検出

極細のスレッドが観測できた場合

微小振幅の波動が検出できるかも

ドップラー観測では 1 - 2 km/s 程度の微小速度
振幅の波動が検出されている

Lin+07



0.2'' 画像から引き出した波動の速度振幅
(スピキュール観測)

1-2 km/s はキビシイ

Okamoto&DePontieu 11

プロミネンス微細構造 – 波の検出

極細のスレッドが観測できた場合

微小振幅の波動が検出できるかも

ドップラー観測では 1 - 2 km/s 程度の微小速度
振幅の波動が検出されている

Lin+07

観測制約の 5分以内でも、高周波の波は捉えられる

エネルギー的には重要ではないかもしれないが…

Okamoto&DePontieu 11

こういうのが見えるか？



Okamoto+07

プロミネンス微細構造 – 観測可能性

懸念

seeing によらず、空間分解能は出るか

現時点で未知数

電波で観測される成分はシャープなのか

H α のものより broad である Kundu&McCullough 72

H α で消えても電波ではまだ見える Kundu 72

遷移層に相当するものを見ている?
e.g., Butz+75

(5~85 GHz。85 GHz は 5,500 K の輝度温度)

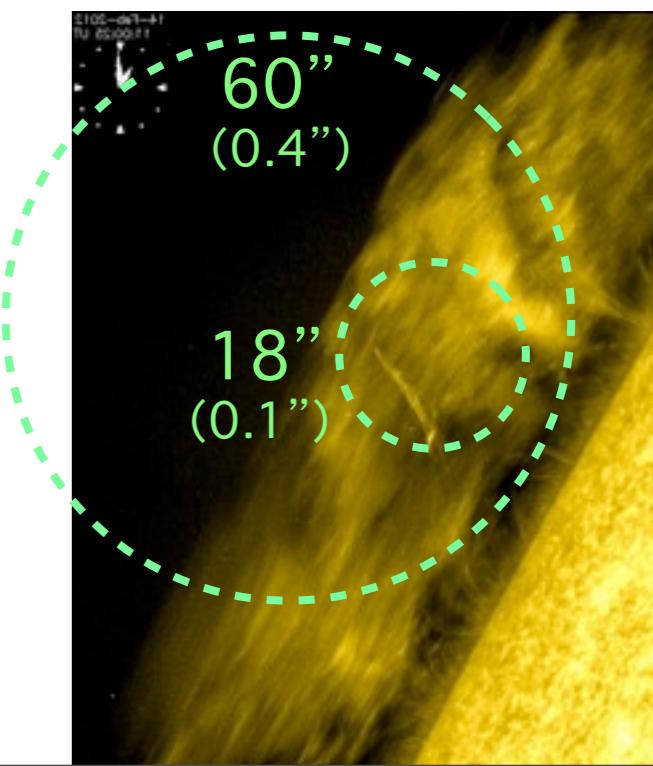
どこを観測するか

ディスクとリム外の同時撮像は像合成に難あり

完全にリムの外だけを見る?

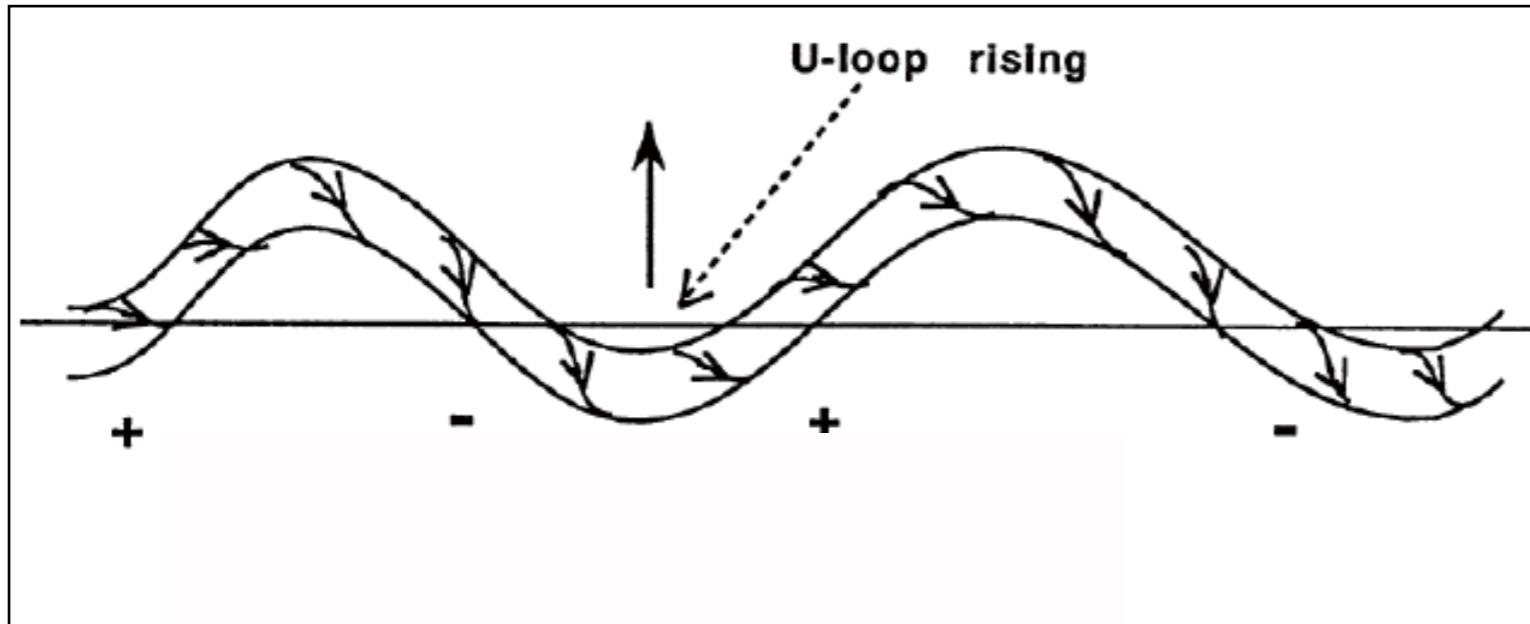
Band 3 = FOV 60" だと、上空のものしか見えない

Band 6 = FOV 18" は視野が狭いが使える?



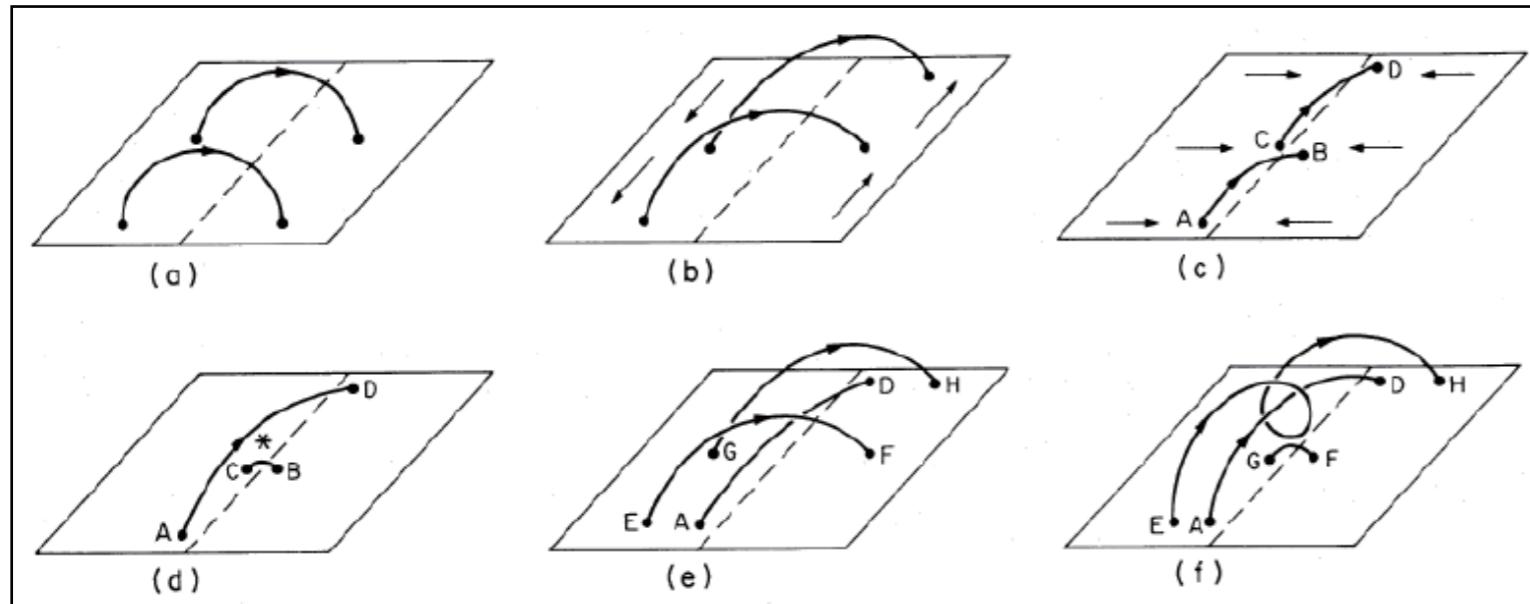
プロミネンス形成 – 磁場の浮上

プロミネンスの螺旋磁場を作るには



Rust&Kumar 94

光球下からの浮上

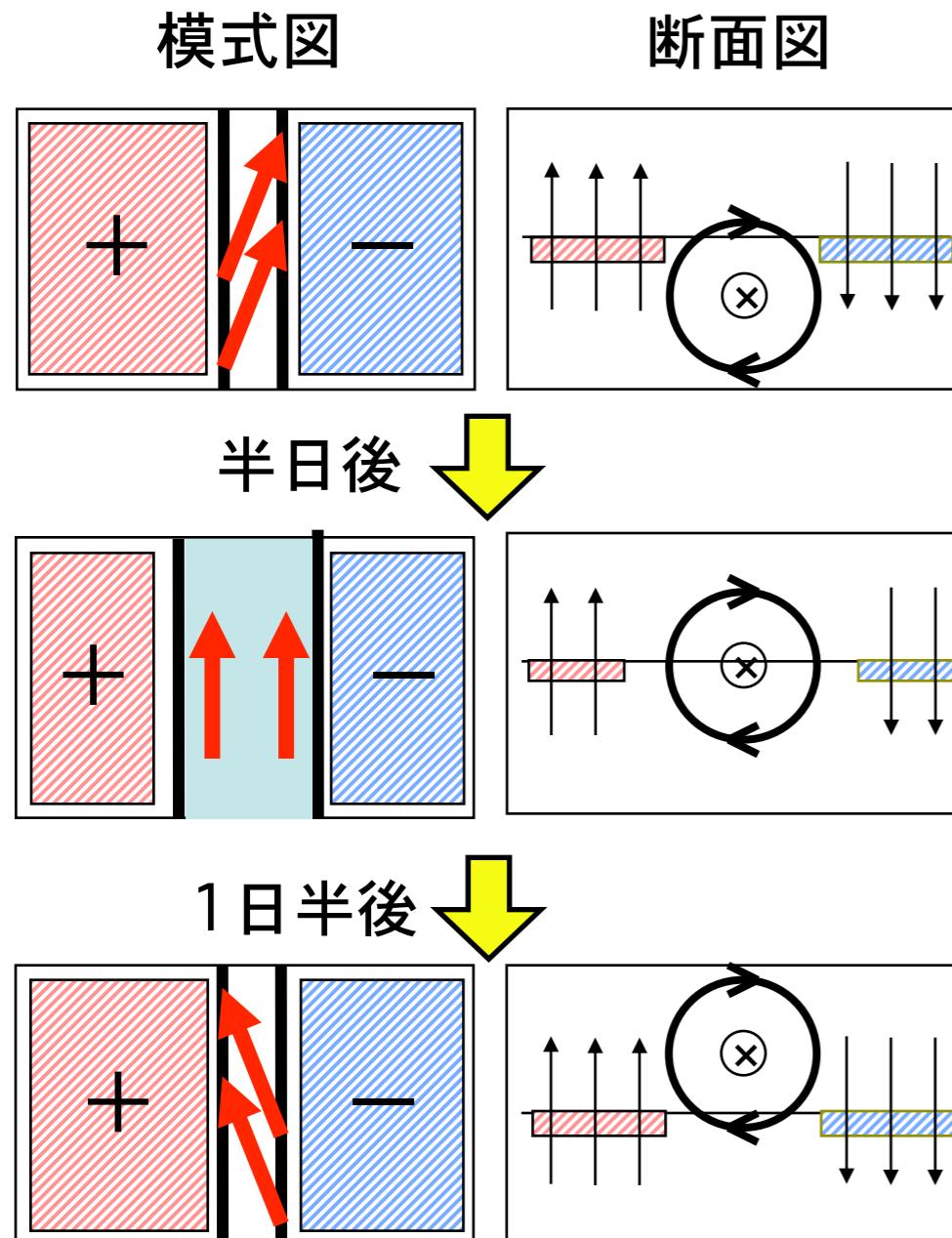


vanBallegooijen&Martens 89

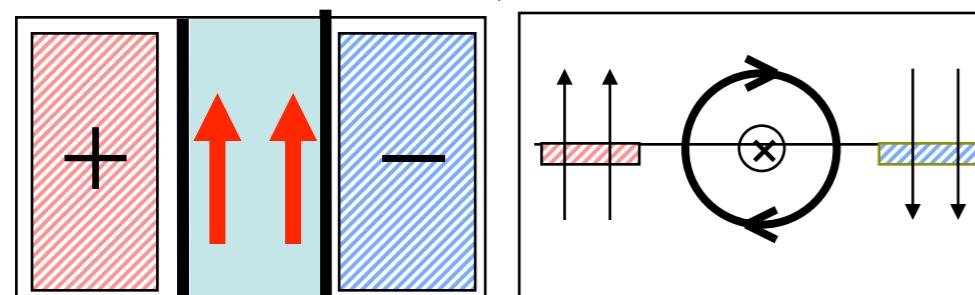
光球の流れによる
コロナ磁場の変形と
つなぎ替え

プロミネンス形成 – 磁場の浮上

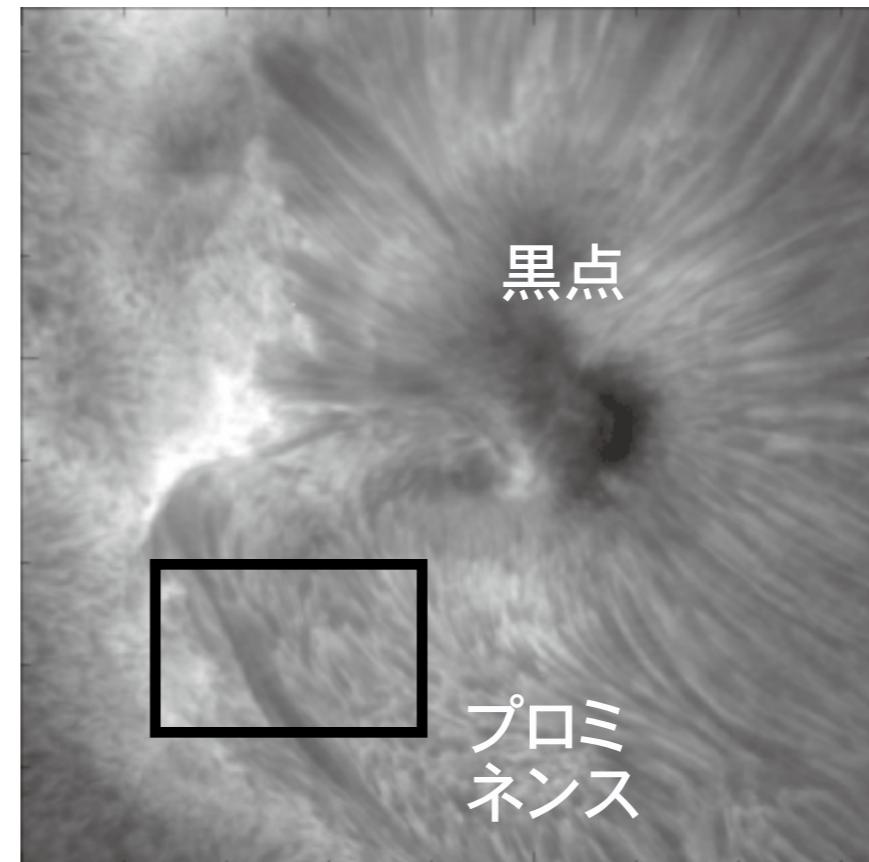
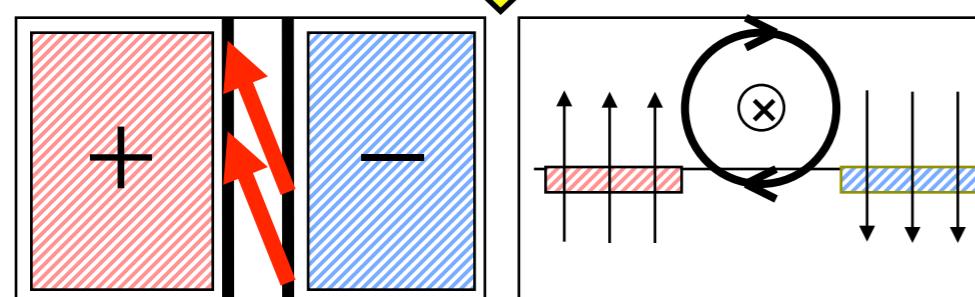
螺旋浮上磁場の発見



半日後



1日半後

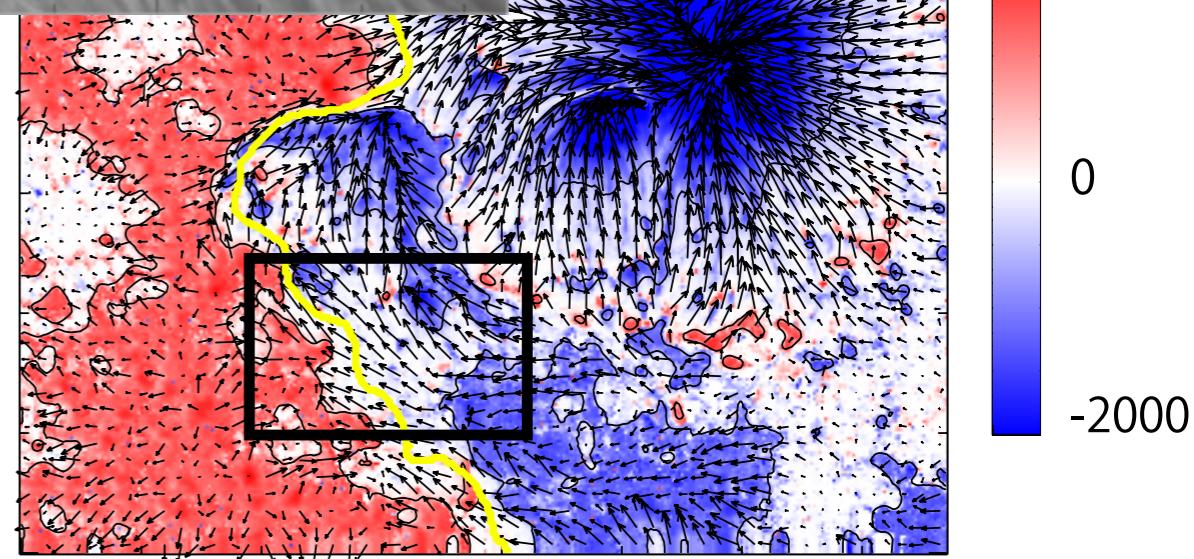


黒点

H α 線

プロミ
ネンス

光球ベクトル磁場



(G)
2000

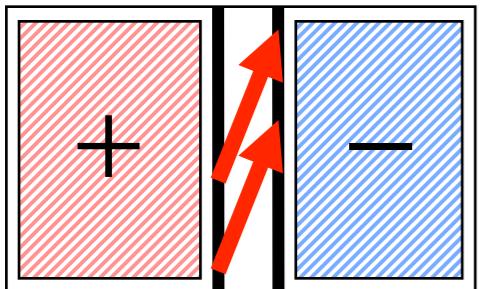
0

-2000

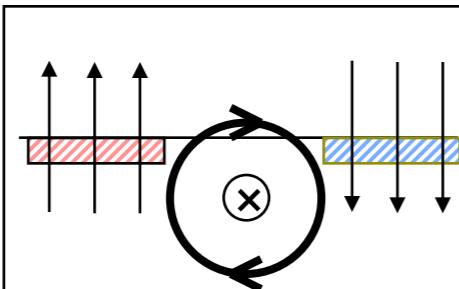
プロミネンス形成 – 磁場の浮上

螺旋浮上磁場の発見

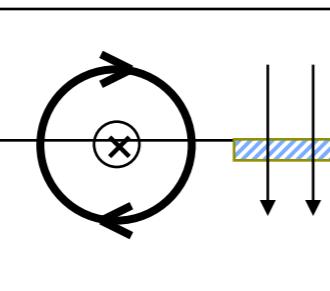
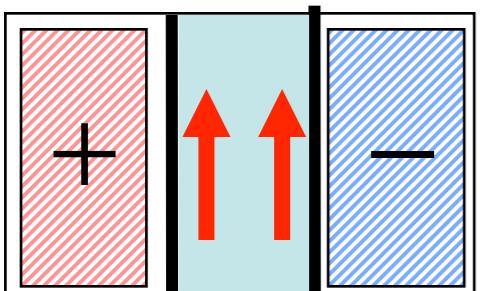
模式図



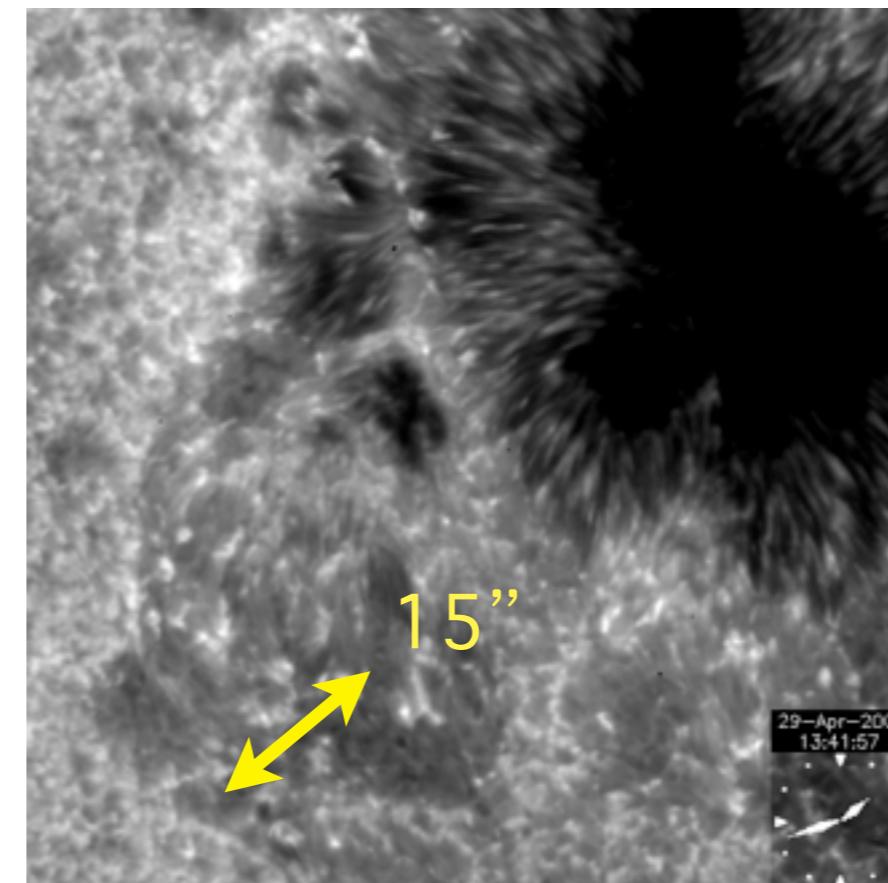
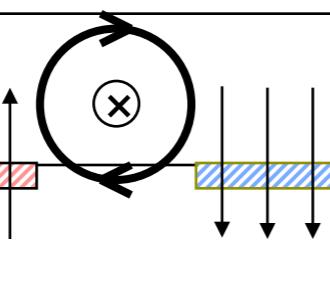
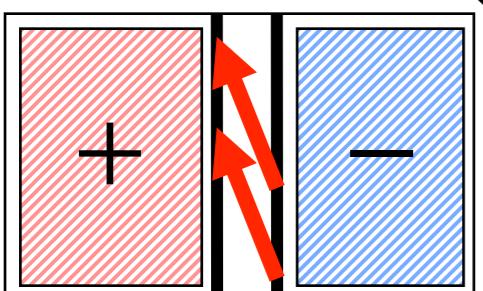
断面図



半日後

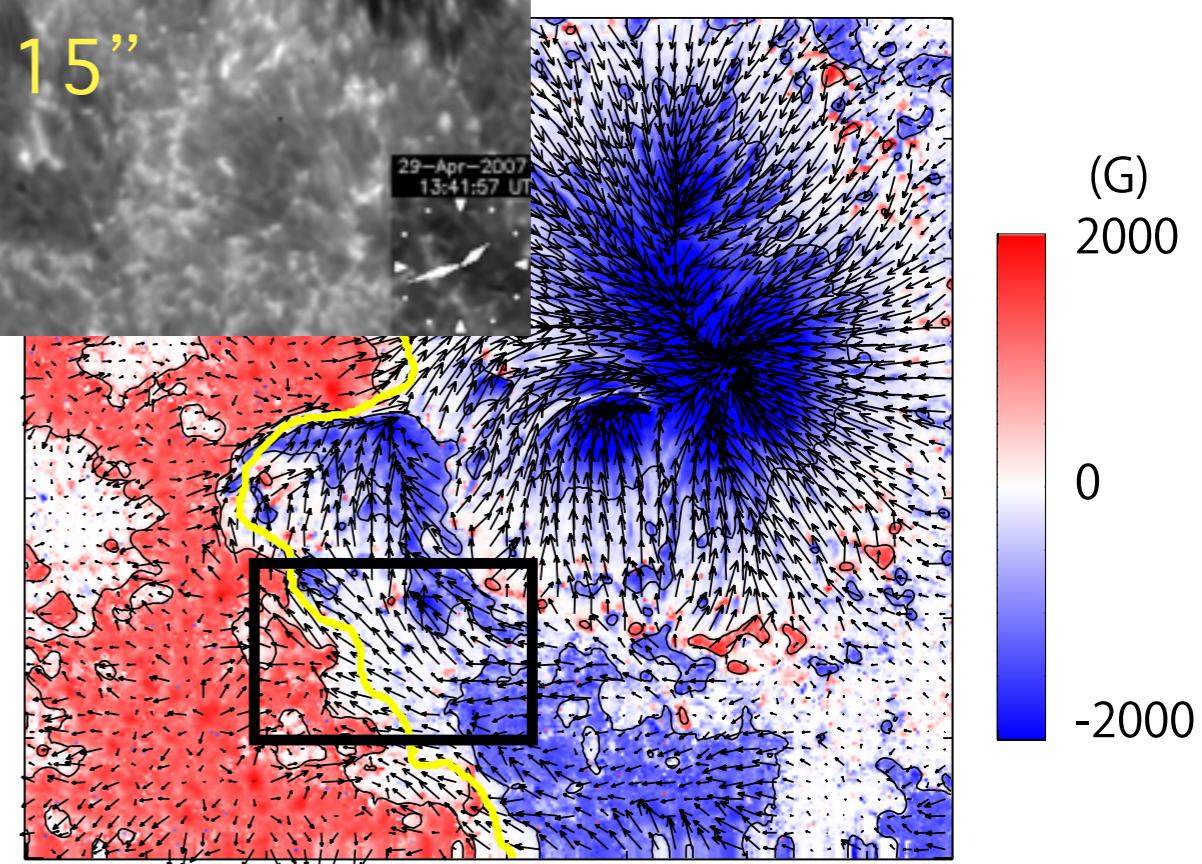


1日半後



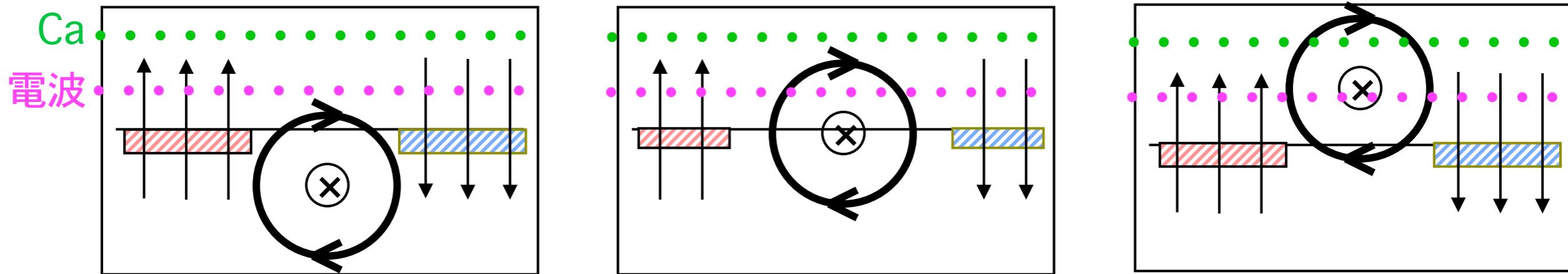
Ca H線

光球ベクトル磁場



プロミネンス形成 – 磁場の浮上

浮上磁場の到達高度の時間差を探れないか



ひので/Ca線とALMA/電波画像の比較必要

Caは元々brighteningが多すぎる。電波はどうか？

optically thinならプロミネンスの有無に関係なく、浮上磁場や
温度最低層での相互作用が見える（ひので/Caも同じか…）

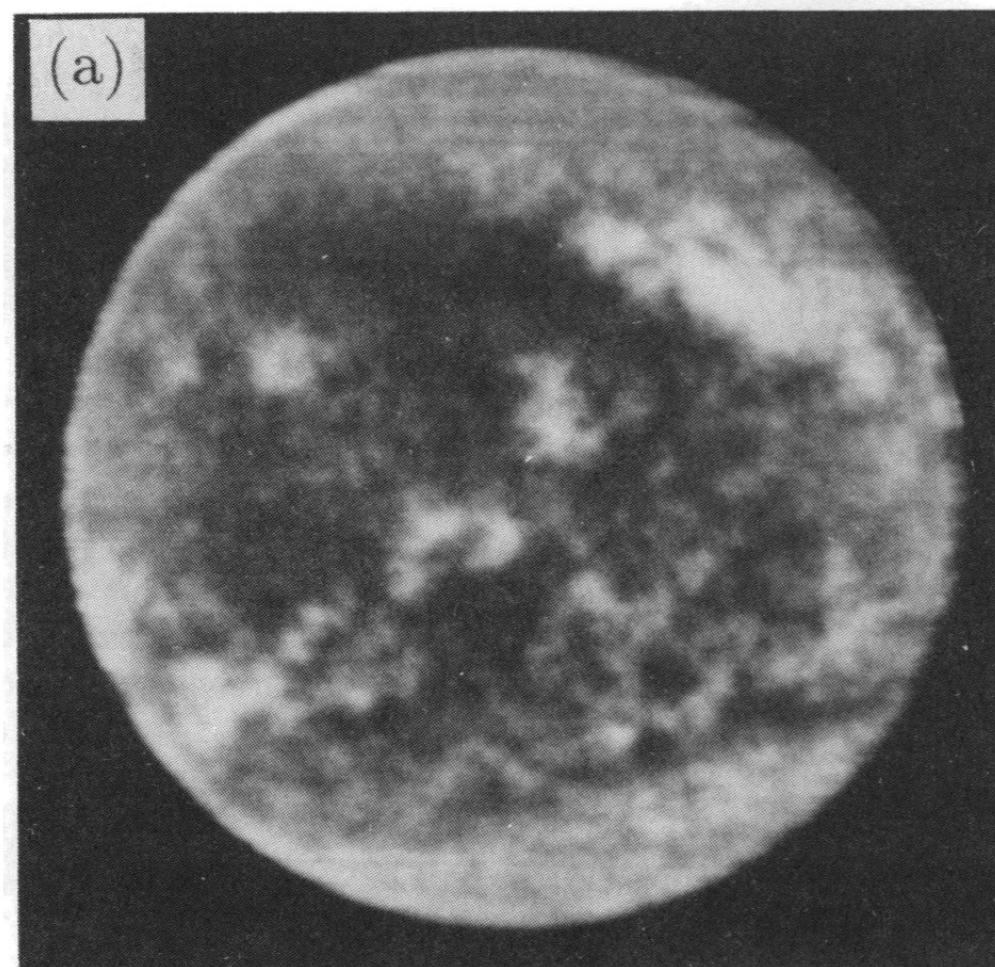
ヘリオグラフ(13")では分解能が足りない

0.1"分解能より60"視野(Band 3)

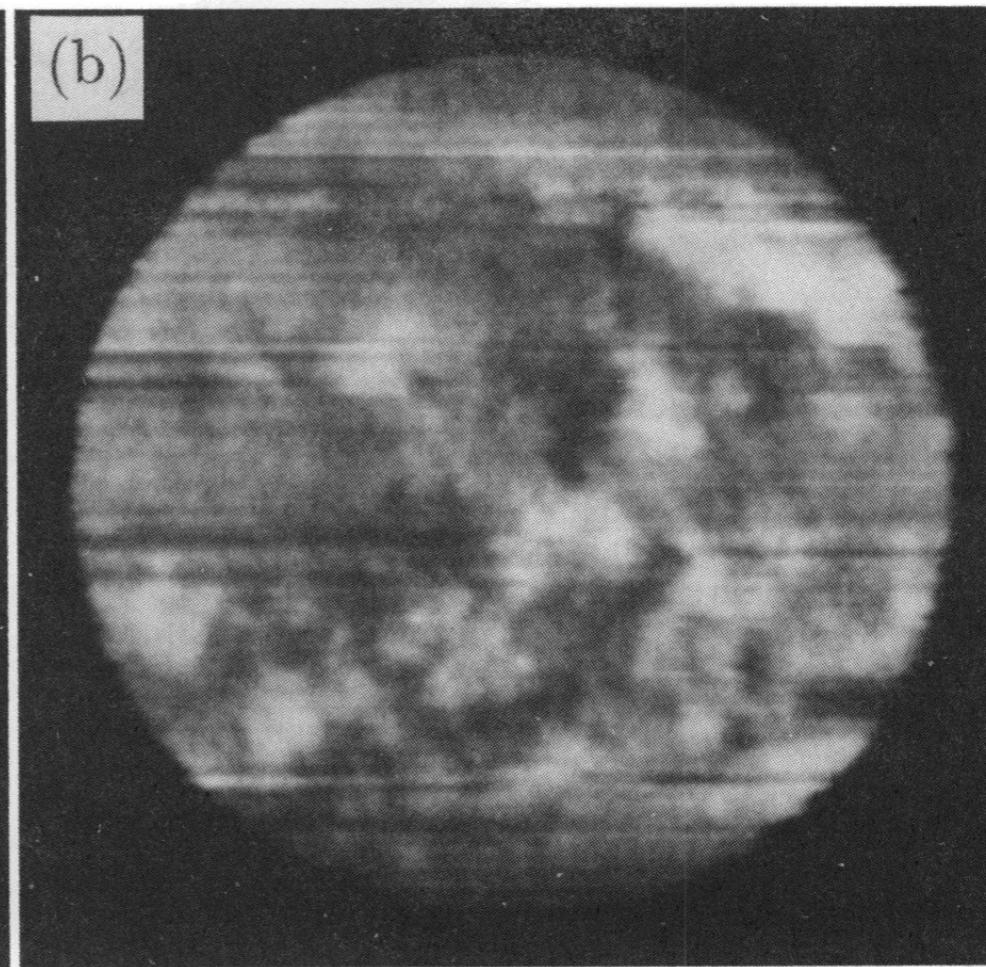
プロミネンスのミリ波観測例

ミリ波・サブミリ波観測 (Caltech Submillimeter Observatory)

850 μ m
(350 GHz)



1250 μ m
(240 GHz)



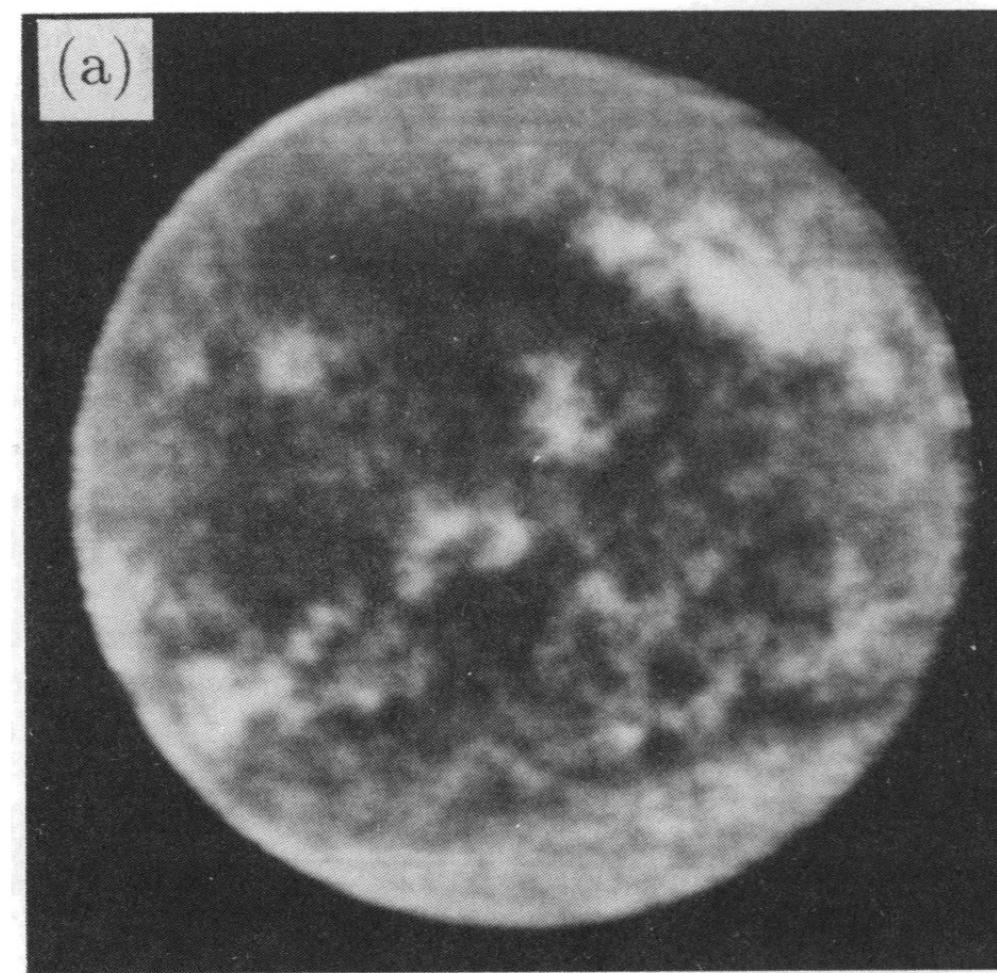
分解能: 20"

分解能: 30"

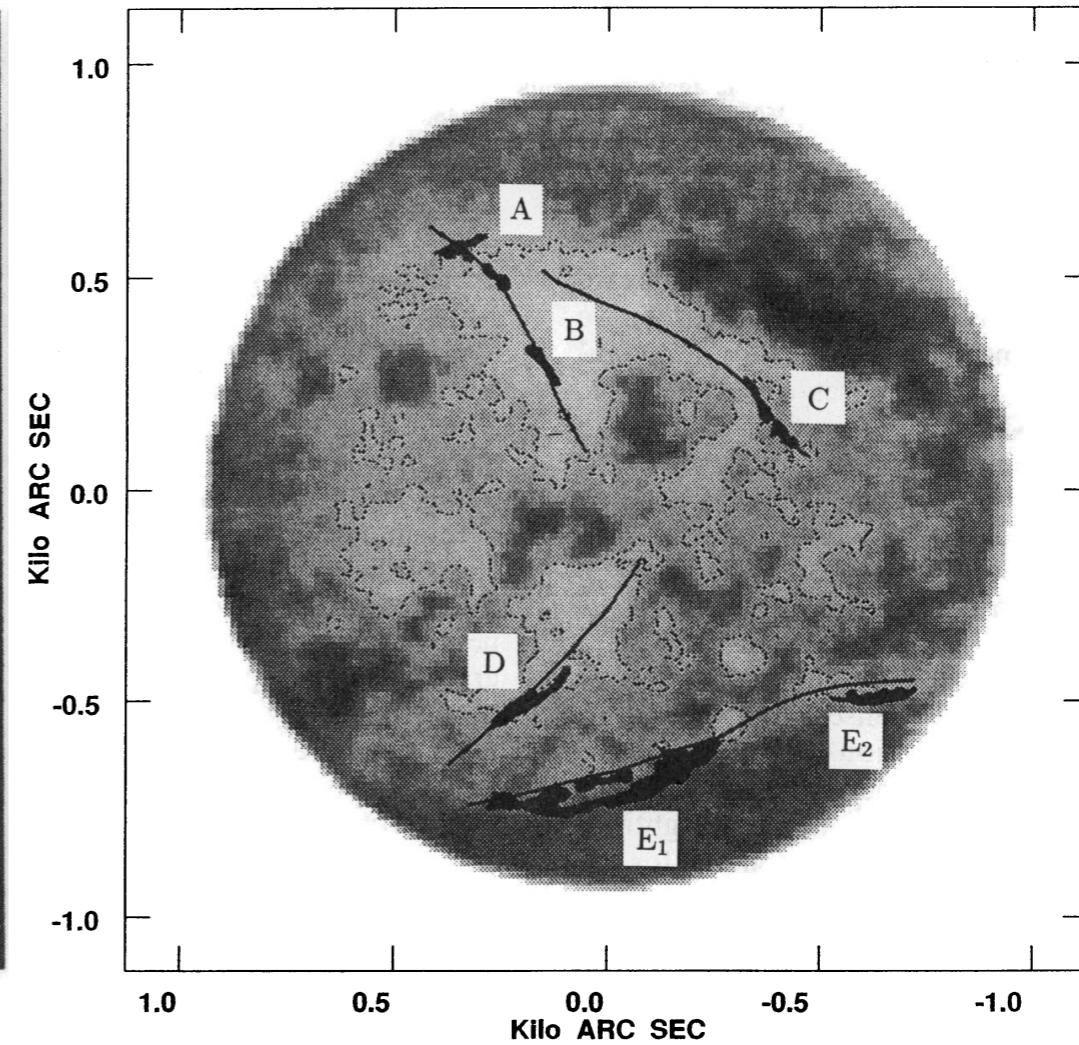
プロミネンスのミリ波観測例

ミリ波・サブミリ波観測 (Caltech Submillimeter Observatory)

850 μ m
(350 GHz)



850 μ m + H α + PIL



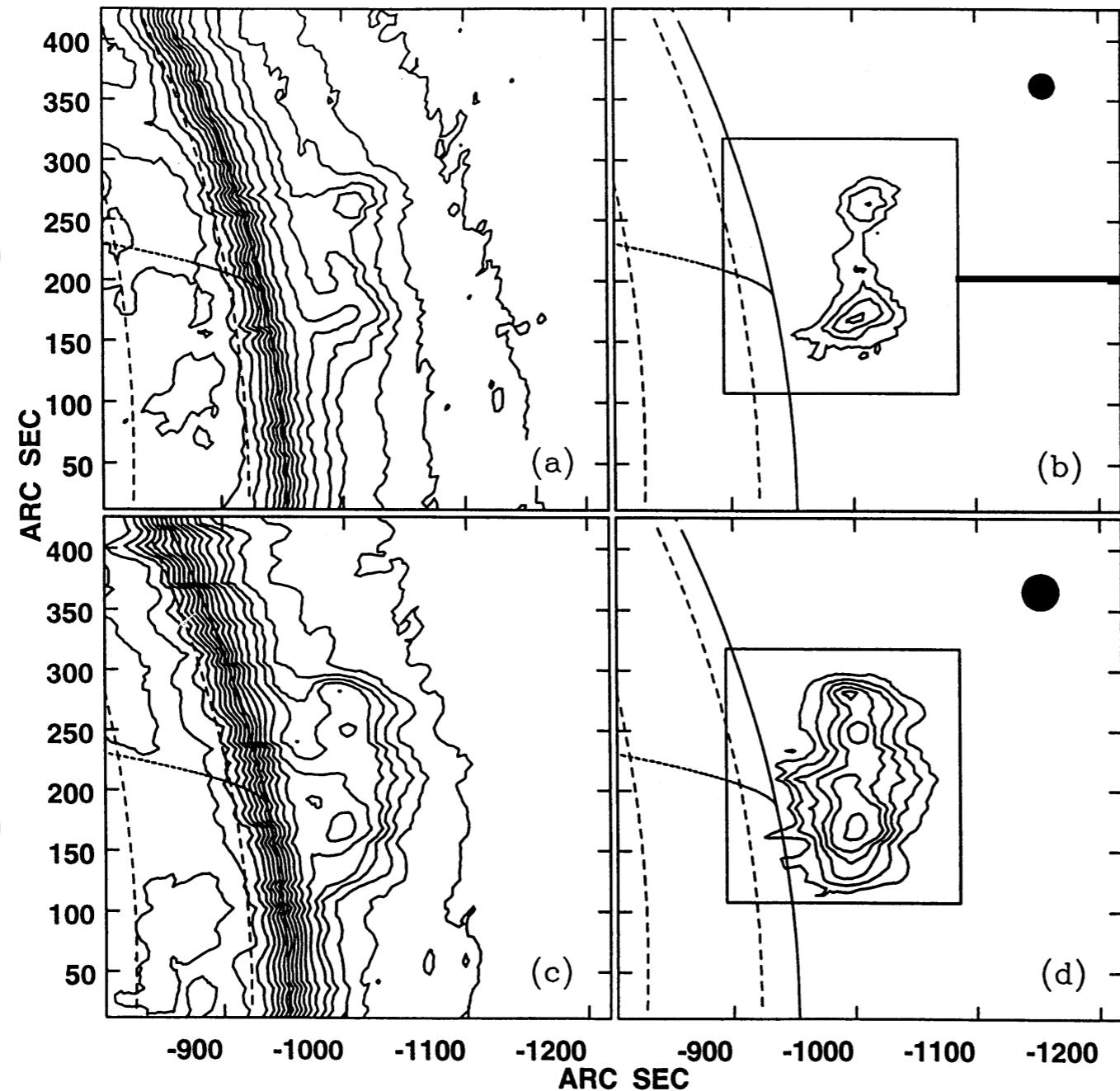
850 μ m では、ディスク上のプロミネンスは
very optically thin らしい。

プロミネンスのミリ波観測例

ミリ波・サブミリ波観測 (Caltech Submillimeter Observatory)

リム観測

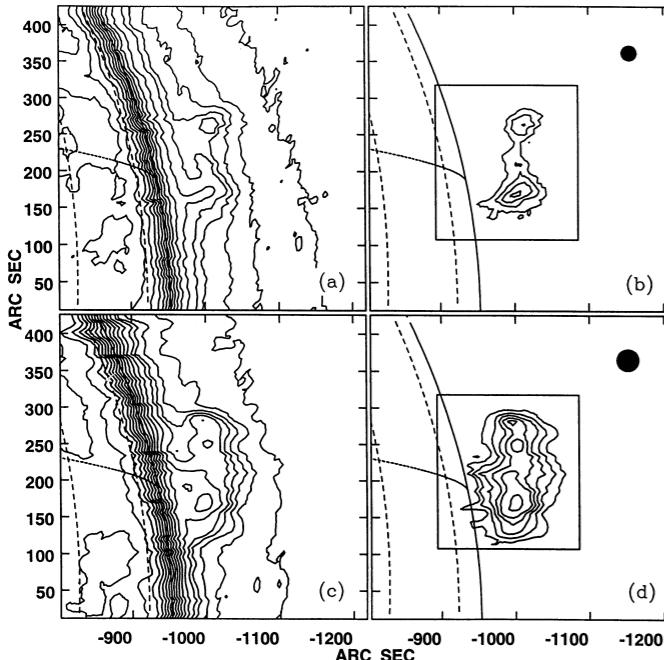
850 μ m
(350 GHz)



2波長の輝度温度と、
optically thin の条件から
温度 : 5,000 - 6,000 K
 τ_{850} : 0.10 - 0.13
 τ_{1250} : 0.26 - 0.35

プロミネンスのミリ波観測例

ミリ波・サブミリ波観測 (Caltech Submillimeter Observatory)



各波長で emission measure ($n_e^2 L$) が出来る

$$\tau_{850} : 1.15 - 2.02 \times 10^{29} \text{ cm}^{-5}$$

$$\tau_{1250} : 1.26 - 2.30 \times 10^{29} \text{ cm}^{-5}$$

視線方向の長さ L を適当に決めれば n_e が出る

…と思つきや、filling factor が 0.03~0.3 と不確定性が大きい。

同じことをやるにしても、これは高分解能観測で大きく改善されるはず。
多分、この議論だけで1つ論文は書ける。

まとめ?

1. リム外の観測ができればおもしろい
2. 副産物として密度導出も可能か
3. ディスク上は解釈が難しいかも