

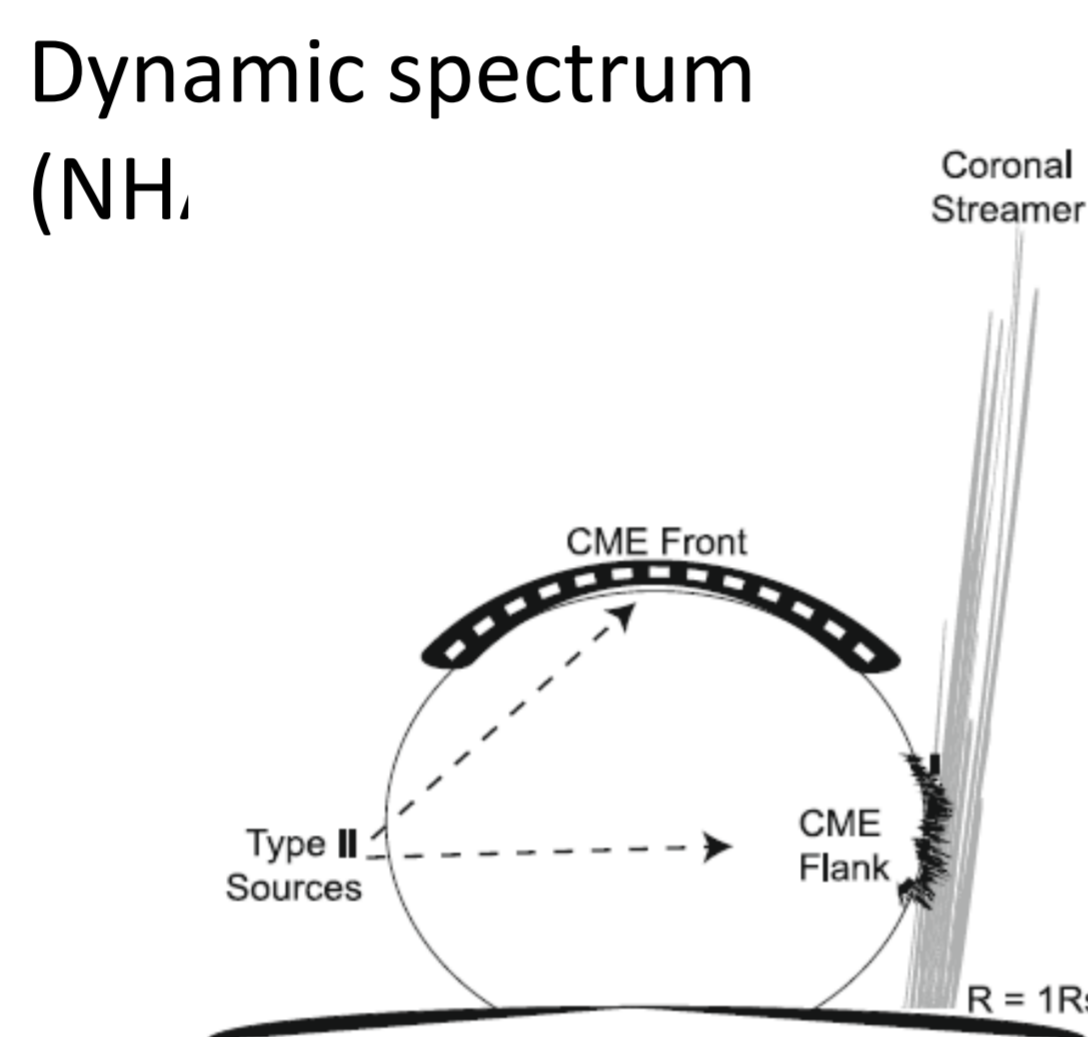
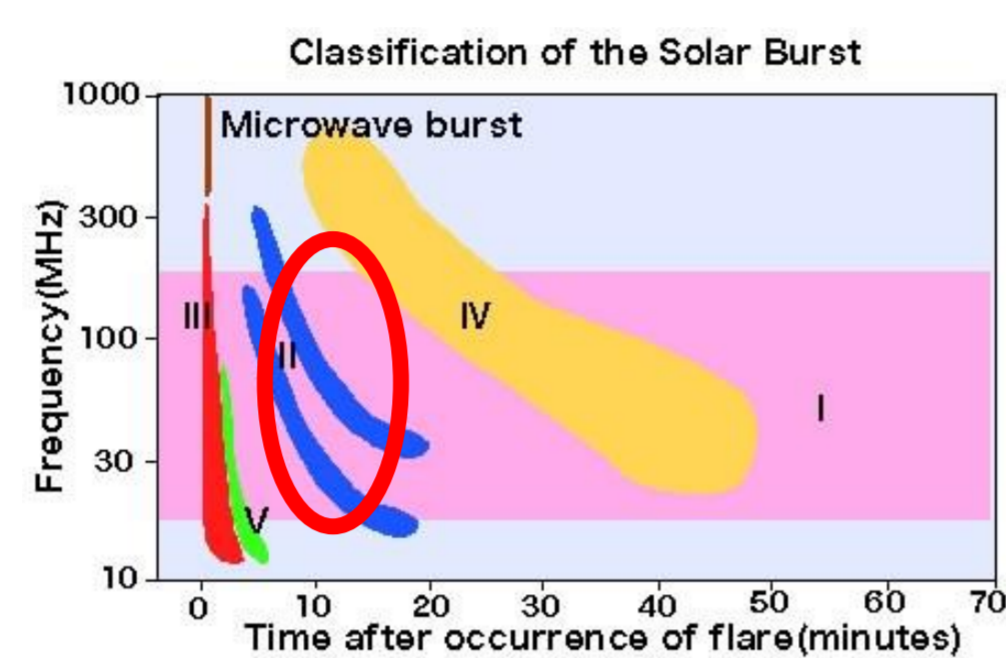
## 概要

太陽フレア・コロナ質量放出(CME)に伴って観測される電波バーストは振動数・時間経過によって区分され、それぞれ異なる情報を与える。II型バーストはフレア・CMEによって発生した衝撃波がコロナ中を伝播することによりプラズマ振動数に相当する周波数の電波が発生するものである。このため、II型をはじめとする電波バーストの解析はフレア・CMEの発生、伝播、さらにはコロナの磁場構造や密度分布などについて多くの情報を得るために重要である。Cho et al.(2008)は、CME発生の際、従来の動径方向への衝撃波伝播によるバーストの発生だけでなく、ストリーマーにCMEが衝突することにより境界でバーストが発生する機構を提案している。一方、2010年天文学会秋期年会において、玉澤らはフレアにおける衝撃波の方向によってII型電波バーストの観測の有無に差異が生じる可能性を提案した。我々は擬似的にストリーマーを形成し、そこに衝撃波をあてることにより、衝撃波がストリーマーに沿って上昇する場合と突き抜ける場合が可能性として考えられることを示した。観測との比較では、ストリーマーに沿った衝撃波の移動が観測されているCME-frank型の電波バーストと予想される。

## 1. Introduction

### II型電波バースト

フレアやCMEが発生した際にできる衝撃波が伝播し、電子が振動してプラズマ振動数に相当する電波が発生する



通常の場合

フレア/CMEに際して発生した衝撃波が動径方向に伝わる事により周波数ドリフト発生(CME front)

Cho et al. 2008など

CMEがストリーマー近傍で発生した場合、衝撃波がストリーマーにあたった場所からII型電波バーストが発生する。(CME frank)

過去の研究事例

van der Holst et al 2002 (2D, 平行磁場)

Sakai & Tanaka 2007 (2D Harris型電流シート + 高密度領域)など

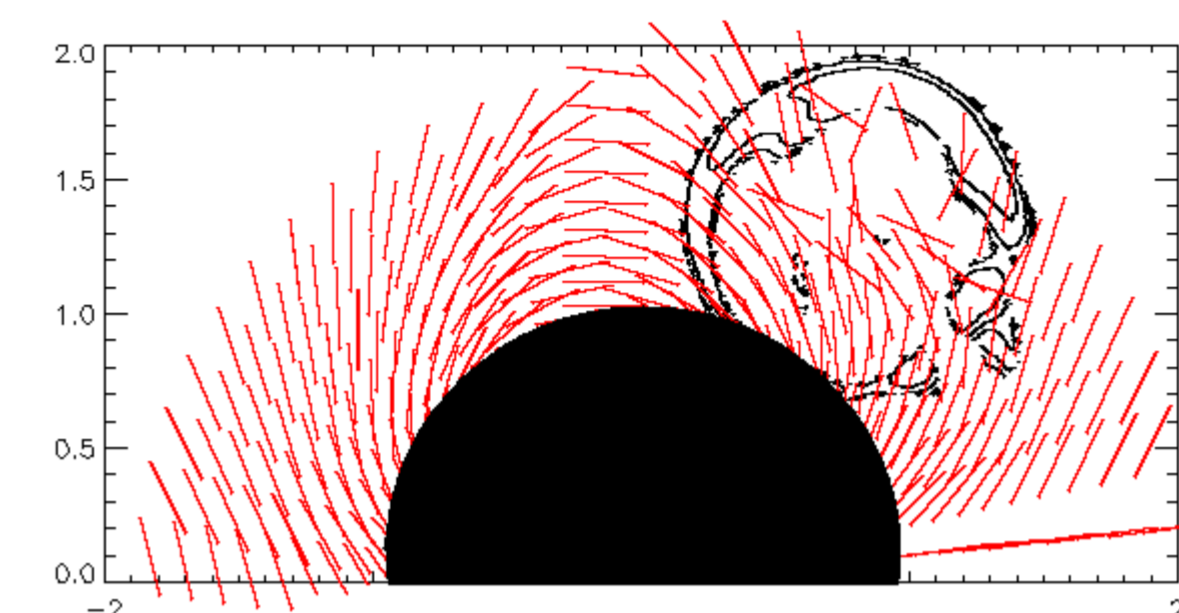
Cho et al 2008より  
CME上部がCME front、  
右側がCME frank

太陽風などを考慮した三次元構造のなかで初期値として点源爆発などで衝撃波を発生させ、解析する

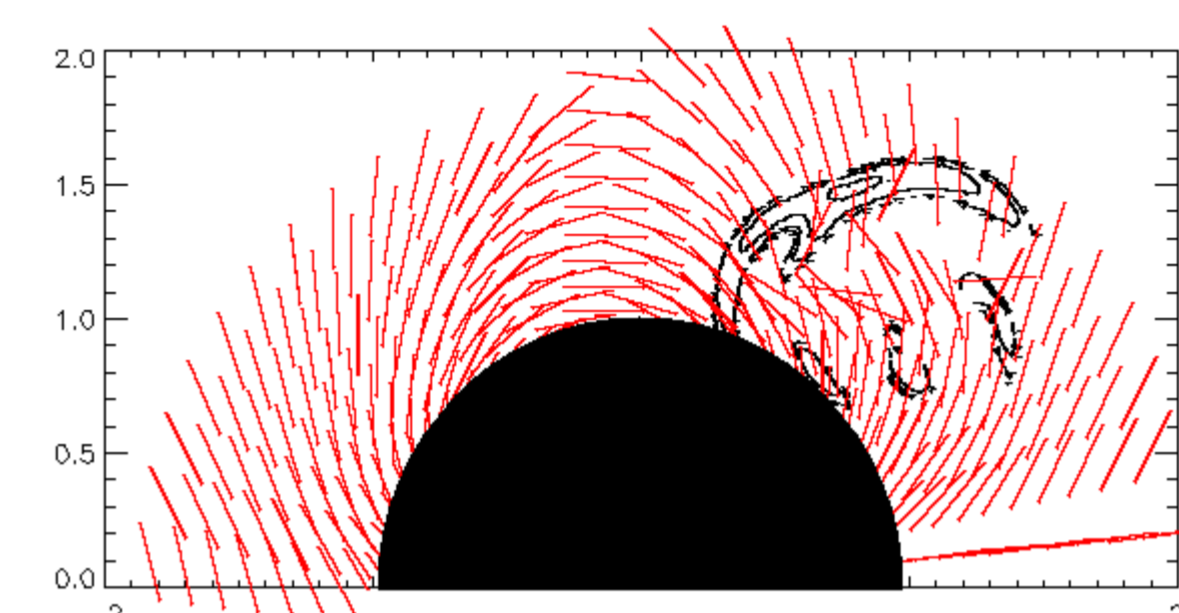
## 3. Numerical results

1500sでの伝播の様子

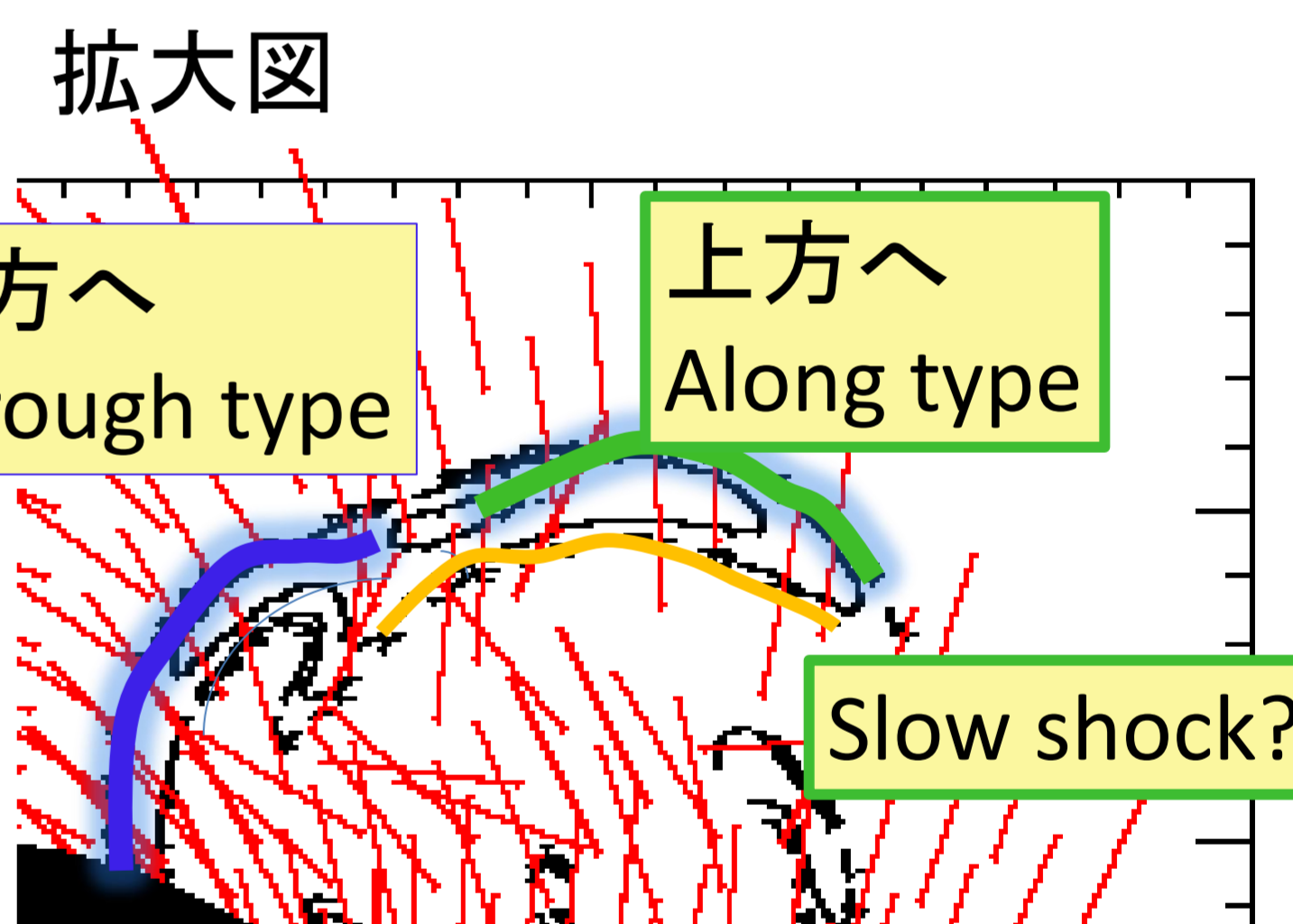
• Pressure type  
衝撃波は等方的に広がる  
→通常のCMEによる衝撃波伝播(動径方向伝播)に近い



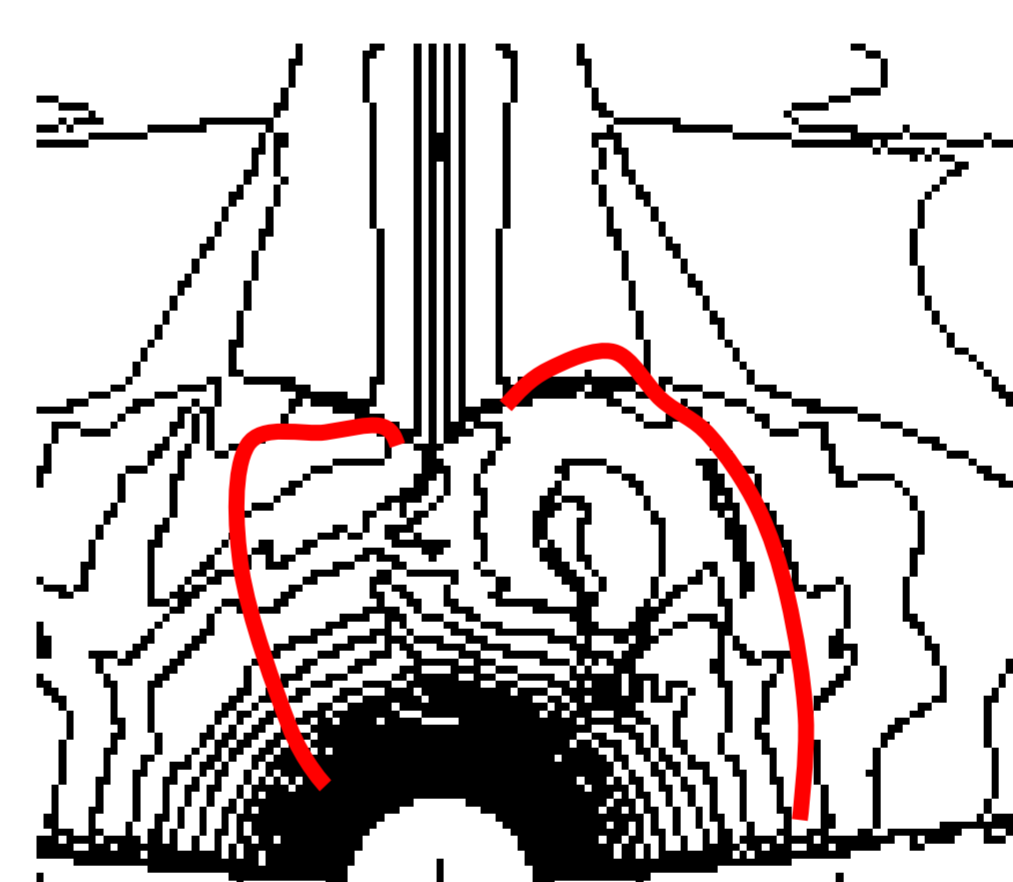
• Velocity type  
衝撃波は非等方  
ストリーマーに衝撃波が強くあたる  
→ストリーマーに沿った伝播と、突き抜けていく伝播がみられる



↑1500s後における衝撃波面上:  
上: pressure-type、下: velocity-type  
相対密度  $\frac{\rho - \rho_0}{\rho_0}$



CMEの位置、衝撃波の方向によって、ストリーマーに沿って衝撃波移動する場合(along type)に加え、内部を横に移動する場合(through type)も考えられる



個別計算による密度等高線  
赤い線が衝撃波面

CMEが近く、衝撃波が強い場合、反対側に伝わることもありうる

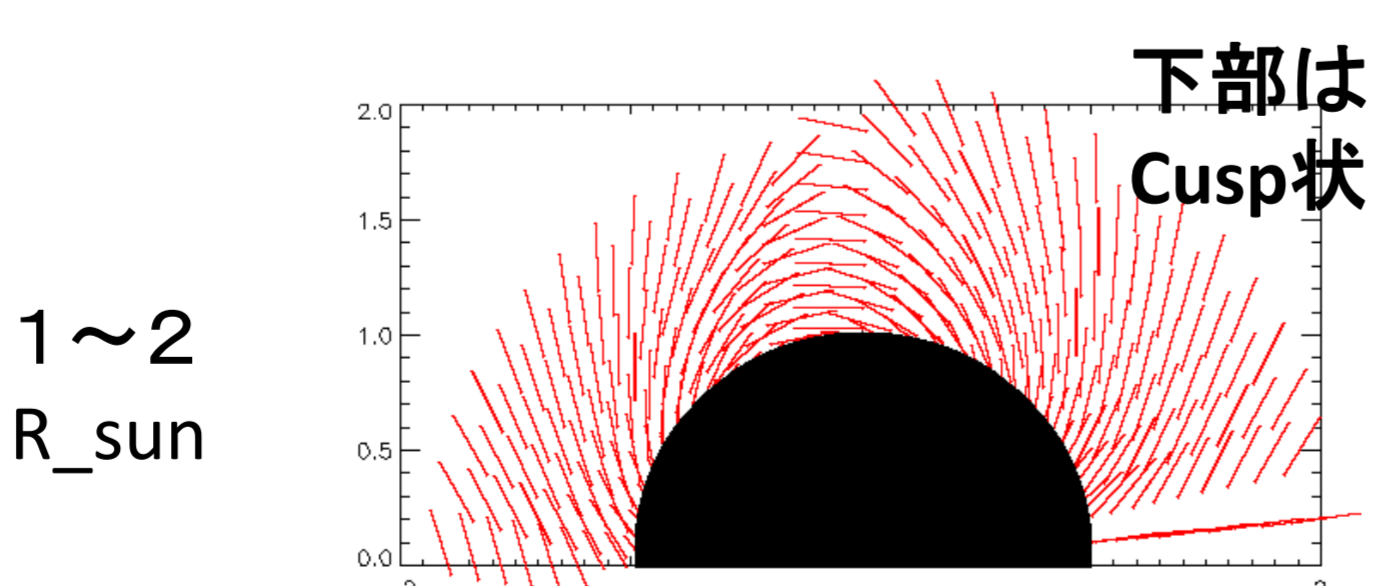
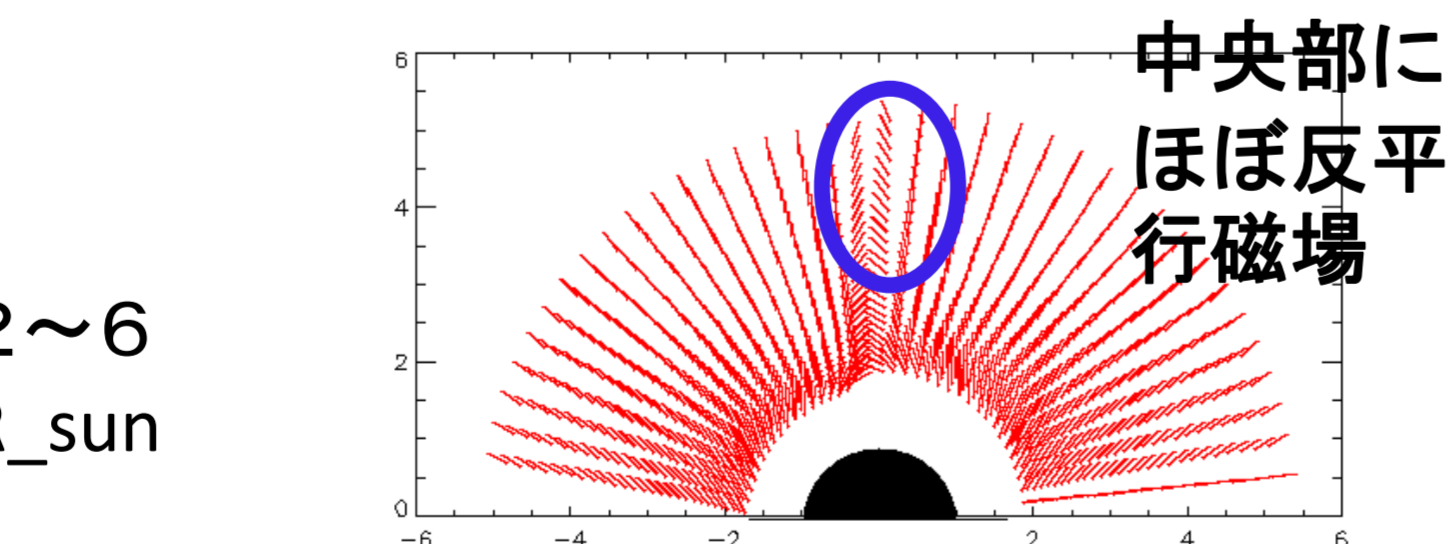
## 2. Numerical Setting

### 二段階による計算

仮定:  
3次元理想MHD+重力+加熱項(太陽風分)  
計算領域: 1~7太陽半径

STEP 1

太陽風の効果で初期磁場を引き延ばし、ストリーマーの形状を構成



初期条件  
圧力・密度は静水圧平衡  
2MKの等温コロナを仮定  
双極磁場  
加熱項により太陽風考慮  
加熱項は動径にのみ依存する形

STEP 2

ストリーマー形状の分布側面付近で衝撃波を発生

スキーム: HLLD(球座標コード)  
グリッド: 180×180×360

衝撃波形成のため、二種類のインプットで計算

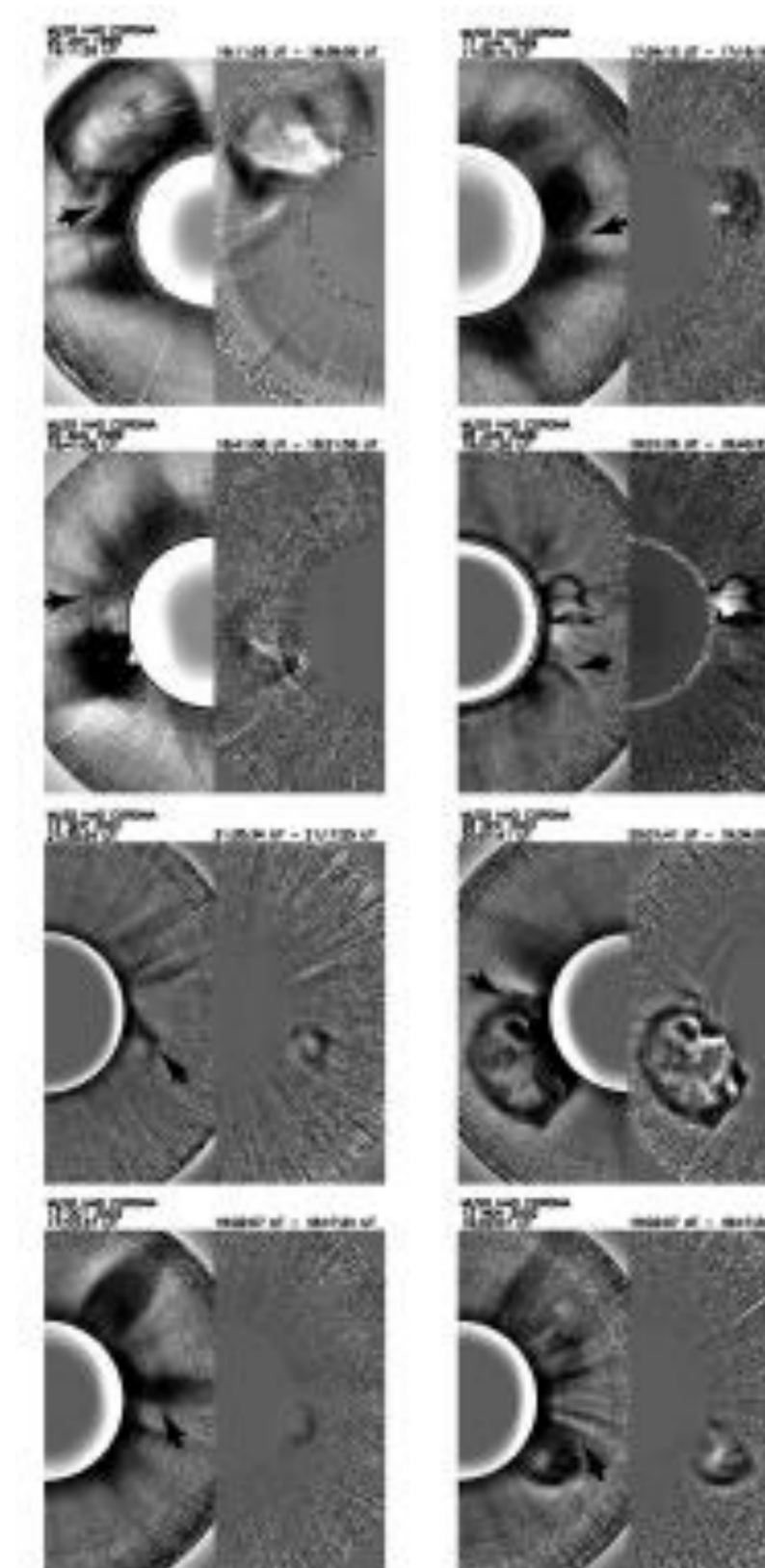
- Case1: pressure type 熱エネルギー(圧力を与える)
  - Case 2: velocity type 運動エネルギー(速度場を与える)
- エネルギーは二者で等しくなるように設定

## 4. Discussion

### 観測との比較

Cho et al2008  
CMEがぶつかるタイミングとtype II radio burstが観測されるタイミングがほぼ同時で、同じ高さ

II型電波バーストはCMEと同じ側で起こっていると考えの方が自然  
→along typeの方が観測結果により近い



Cho et al 2008 より

衝撃波がストリーマーにそって動径方向に移動  
→II型電波バーストによる周波数ドリフトは説明可能