

空へ挑み、宇宙を拓く



SOLAR-Cミッション

常田佐久・ISAS/JAXA SOLAR-C WG

2012年春季天文学会M12a

2012年3月20日9:30-9:42

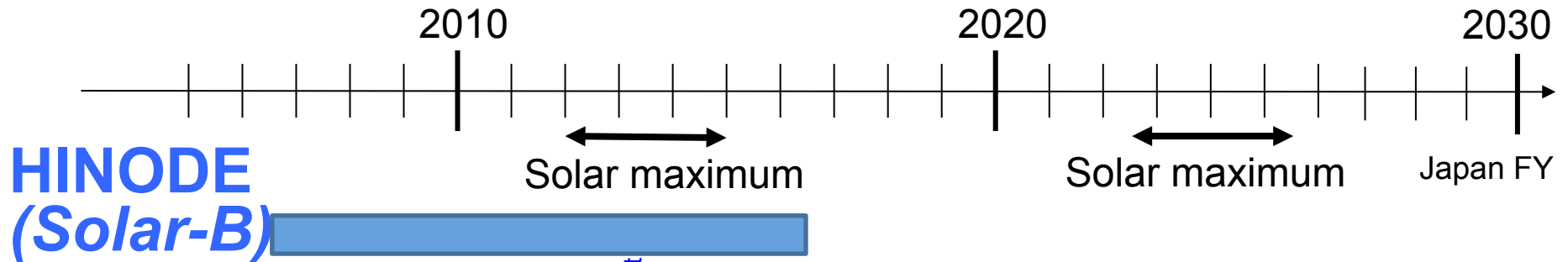


日本の太陽物理 これから20年の戦略

- 「ひので」により高解像度と偏光分光の組み合わせの威力により大きな成果を得た(査読論文:500篇/5年)
- SOLAR-Cでは「ひので」で部分的であった偏光分光を彩層・遷移層付近まで行い、光球—彩層—遷移層—コロナの磁場構造・ダイナミクス・熱力学量を直接的手法・間接的手法で求め、太陽物理の多様な課題に答える
- 引き続いて、SOLAR-Dにより、太陽の内部流れ場と極域磁場の観測を行いダイナモ機構に迫る

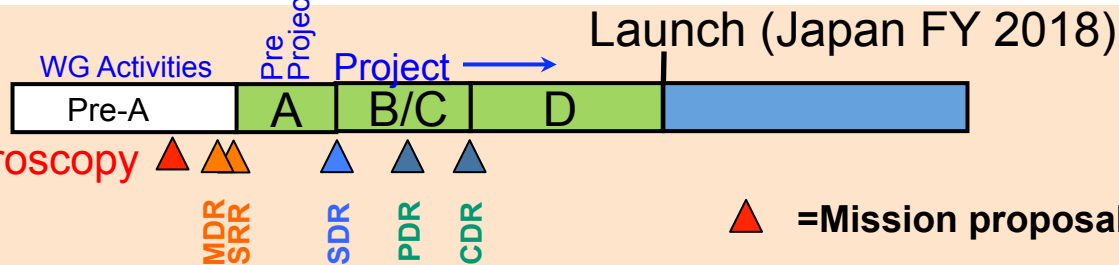


Solar&helio physics roadmap 2011-2030: From SOLAR-C to SOLAR-D



Solar-C

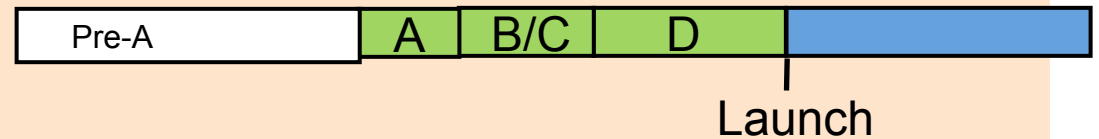
High resolution spectroscopy
(plan B-satellite)



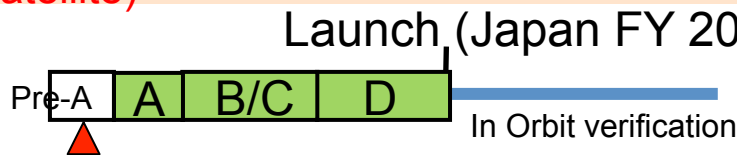
▲ =Mission proposal to ISAS/JAXA

Solar-D

Out-of-ecliptic mission
(Success-guaranteed plan A-satellite)



Engineering mission^(*)
(ISAS small satellite series #3)



^(*) Verification of large ion engine and other technologies to be used for future deep space missions

ISAS/JAXA Solar-C WG

JSPEC/JAXA out-of-ecliptic solar mission WG

11 March. 2011

Pre-A: Pre-Phase-A (WG activities)
A: Phase-A (R&D)
B/C: Phase-B/C (PM phase)
D: Phase-D (FM phase)
SSSC: Space Science Steering Committee



太陽物理残された諸問題

- 光球と彩層、コロナの磁場構造 (SOLAR-C)
- 彩層・コロナの加熱 (SOLAR-C)
- 高速太陽風の加速・加熱機構 (SOLAR-C)
- 磁気プラズマの基礎過程 (SOLAR-C)
- 局所ダイナモ過程 (SOLAR-C/D)
- 太陽内部の構造と流れ場 (SOLAR-D)
- 大局的ダイナモ過程 (SOLAR-D)
- 粒子加速



Solar-Cの科学目的

- 光球—彩層—遷移層—コロナの磁場を直接的(偏光分光観測)・間接的手法(数値的外そうモデル)を駆使して明らかにする。光球より上空の磁場構造はほとんど知られていない。
- 同時に光球からコロナ・フレアまでの温度的に隙間のない分光観測(光子計測手法を含む)を行い、熱力学的諸量とプラズマのダイナミクス(ジェット、波動、乱流)を明らかにする。
- これにより磁気リコネクションを起こす磁気中性面を同定したり、磁気リコネクションの構造や波動の伝搬の性質を明らかにし、彩層・コロナの加熱、太陽風の加速を解明する。
- これらを光球—コロナのシステムとして、すなわち磁氣的結合を明らかにする。



横糸と縦糸の織りなす世界

- 解明すべき天文学的現象(彩層・遷移層・コロナの磁場構造とマクロ・ミクロ磁気中性面、彩層・コロナ加熱、太陽風の加速など)を横糸とする。
- それに対して、天体プラズマ素過程(磁気リコネクション、波、乱流、局所ダイナモ、磁束管など)は縦糸になる。
- SOLAR-Cにより横糸と縦糸の織りなす多様な太陽プラズマを総合的に観測・解明する。



搭載望遠鏡案

- 大型可視光望遠鏡(一本他)
 - 光球・彩層(直接)、コロナ(間接)の磁場観測
- 高効率UV望遠鏡(清水他)
 - 彩層からコロナまでの隙間ない分光観測(速度場、乱流)
- X線・EUV望遠鏡(坂尾他)
 - 案1: 高温コロナの光子エネルギー計測
 - 案2: 超高分解能EUV観測

科学目標の設定

トップレベル科学問題
= 解くべき問題

何と何をやれば彩層・コロナ加熱は
「わかった」状態となるのか、を示す。

Solar-Cでこれをやったら(観測したら)
なるほどこの問題は解決しそうだね、
と思ってもらえるにはどうすればいい
か?という観点で整理。

彩層・コロナ加熱

彩層・コロナはどの
ように加熱されているのか?
太陽風はなぜ出て
くるのか?

SOLAR-Cの目標

大気中の磁気波動で上空に伝えら
れるエネルギーフラックスを〇〇の
精度で計測する。

エネルギーの熱化する場所を〇〇
の精度で特定する。

.....

彩層・コロナの活動

彩層・コロナはどの
ようなプラズマ素過
程により活動してい
るのか?

.....

.....

.....

「ひので」等過去ミッション からの質的なジャンプ

「ひので」で明らかとなった、
波動伝搬によるエネルギー
輸送の可能性を踏まえ、
・彩層磁場計測
・鍵となる空間・時間分解能
での観測
・全大気層の分光観測
による戦略的アプローチで
彩層・コロナ加熱を解決する。

.....

このステップ入れる

説明コーナー

目標達成の具現化

元の“Observation Goals”に対応

SOLAR-Cの目標

- 大気中の磁気波動で上空に伝えられるエネルギーフラックスを〇〇の精度で計測する。
- エネルギーの熱化する場所を〇〇の精度で特定する。
-
-
-
-

(前ページの再掲)

方法・手段

- 「ひので」による観測で彩層→コロナへのエネルギー輸送を担っている可能性が示されたスピキュール構造に対し、磁場と輝度の変動をそれぞれ〇〇の精度で計測する。
- 波動伝搬過程を追うため、彩層と遷移層・コロナをマッチした空間分解能(〇〇秒角)で観測する。
-

各機器で行なうべき観測

- SUVIT:
...
LEMUR:
...
XIST:
...
- SUVIT:
...
LEMUR:
...
XIST:
...

行なうべき観測の機器ごとのANDで、機器ごとの要求性能設定



SOLAR-Cの課題(1)

- 可視光・UV望遠鏡とも現在の基本仕様で、彩層の早い現象に追従することは可能か？
- ハンレ効果の検出に必要な光子数と必要な早い時間分解能は整合しているのか？
- δB と δV の相関情報(Fujimura&Tsuneta+09)のないUV望遠鏡で波動のエネルギーフローを観測することはそもそも可能なのか？(e.g. CLASPは飽和のない領域で δB を計測)
- 彩層のハンレゼーマンの観測で波動の検出が可能か？飽和領域では磁場に対する感度がなくなる。現在の最適ラインは、波動の検出の観点からも最適な選択か？



SUVIT と EUVS で波のモード・進行方向・エネルギー量を光球・彩層・コロナで明らかにできるか？

光球でのオブザーバブル Zeeman/Hanle効果を使用

$$I + \delta I(t)$$

$$B_{//} + \delta B_{//}(t), B_{\perp} + \delta B_{\perp}(t)$$

$$V_{LOS} + \delta V_{LOS}(t)$$

Temperature (°K)

10,000

Photosphere

Chromosphere

SUVIT

Temperature

光球での横波の
発見とモード同定
(Fujimura+09)

min

1000

2000

Height (km)



Transition Region

XIS

プロミネンスを伝える
横波(Okamoto+08)

EUVS

彩層・遷移層でのオブザーバブル

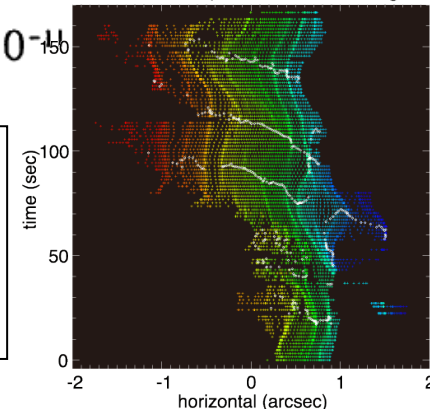
$$I + \delta I(t), V_{LOS} + \delta V_{LOS}(t)$$

$$\text{With CLASP, } B_{\perp} + \delta B_{\perp}(t)$$

CLASP+が必要でないか？

スピキュールを
伝える横波
(DePontieu+09,
Okamoto+11)

horizontal displacement at each height





SOLAR-Cの課題(2)

- ハンレ効果の解析イメージ(シミュレーションの使い方)は見えているか？(e.g. CLASP)
- 彩層のベクトル磁場データを用いることにより、コロナ磁場の導出がどれだけ改善するか？
- CLASPは彩層と遷移層の境界の磁場を観測する。可視光望遠鏡でMgIIの採否の議論がされているが、より上層の磁場を求める観点から、MgIIとLy α はどちらか優位か？CLASPに科学的優位性はないのか？



NASAとESAおよび欧州諸国 との国際協力(「ひので」発展型)

- **JAXA&NAOJ etc**
 - 大型光学望遠鏡
 - 可視光望遠鏡の焦点面観測装置の一部
 - X線ミラー (調整中)
 - 衛星と打上げ
- **NASA**(pending US decadal survey)
 - 可視光望遠鏡の焦点面観測装置の主要部
 - X線・EUV望遠鏡
- **ESA & European nations** (pending SPICA resolution)
 - UV分光望遠鏡
 - 大型光学望遠鏡の主鏡・副鏡、試験用フラット一式



マイルストーン

- **2012年4月7日**: ISAS戦略予算ヒアリング
- **2012年4月30日**: US decadal survey release
- **連休後すぐ**: ISASシステムエンジニアリング室と打合
- **2012年夏**: 国際SUVIT meeting
- **2012年8月13日**: SOLAR-C science working group (St. Andrews)
- **2012年秋?**: ISAS/JAXA中型衛星AO発出
- **2012年冬?**: ミッションプロポーザル提出
- **2012年度内?**: 中型衛星審査(宇宙理学会)
- **2018年度**: SOLAR-C打上げ希望(米国欧州と調整要)

最後に

- 衛星開発は格闘技。絶対にやるという覚悟がないとできない。
- コミュニティーの立場からASTRO-Gの反省が重要(⇒原宇宙理学委員)。
- 困難に見えても検討していると見えてくることがあるので、継続的検討が重要。
- コミュニティーの若い人は、どうやってSOLAR-Cに貢献できるか考えてほしい。