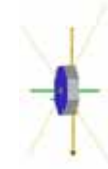
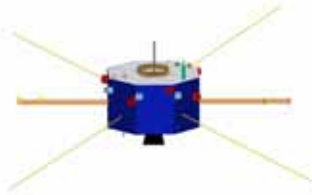


編隊衛星による宇宙プラズマ「その場」完全観測の実施にむけて

# --SCOPE衛星観測装置--

齋藤義文、前澤洌(JAXA/ISAS)、藤本正樹(東工大)  
小嶋浩嗣(京大)、篠原育、津田雄一(JAXA/ISAS)  
次期磁気圏衛星WG



		親衛星	子衛星[近:1]	子衛星 [遠:3]
粒子	電子	<b>FESA</b> ( 10eV-40keV 高時間分解 ) <b>MESA</b> ( 10keV - 100keV ) <b>HEP-E</b> ( 30keV-700keV )	20keV/q ) N.A.	<b>EISA</b> ( 10eV-  電子・イオン同時計測
	イオン	<b>FISA</b> ( 5eV/q-40keV/q 高時間分解 ) <b>IMSA</b> ( 5eV/q-25keV/q 質量分析 ) <b>MIMS</b> ( 10keV/q -100keV/q 質量分析 ) <b>HEP-I</b> ( 30keV - 1MeV )		
粒子 & 電磁場		<b>WPC</b> ( 波動・粒子相関器 )	N.A.	
電磁場	磁場	<b>MGF</b> ( DC・低周波磁場 < 128Hz )	<b>MGF</b> ( DC・低周波磁場 < 64Hz )	
		<b>WFC-B</b> ( 高周波磁場 < 10kHz )	<b>WFC-B</b> ( 高周波磁場 < 10kHz )	
	電場	<b>EFD</b> ( DC・低周波電場 < 128Hz )	<b>EFD</b> ( DC・低周波電場 < 64Hz )	
		<b>WFC-E</b> ( 高周波電場 < 100kHz )	<b>WFC-E</b> ( 高周波電場 < 20kHz )	
		<b>SPECTRUM</b> ( 高周波電場 < 10MHz )		

# 時間分解能

12s

0.1s

10ms

## SCOPE計画における粒子観測

超高時間分解能電子計測器

波動粒子相関  
wave-particle correlator

編隊による空間構造把握

電子スケール

イオンスケール

波動-波動相関計測

1

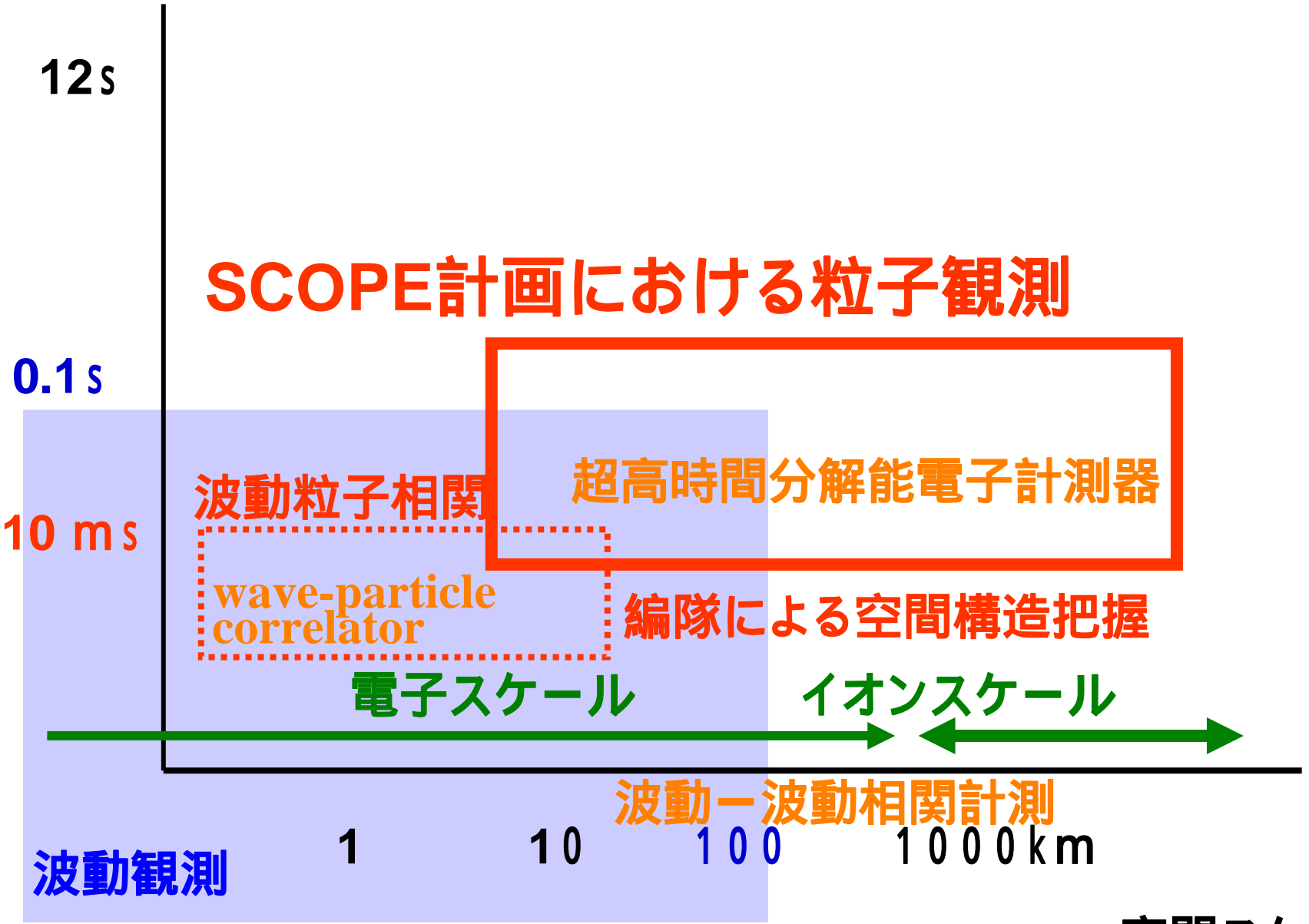
10

100

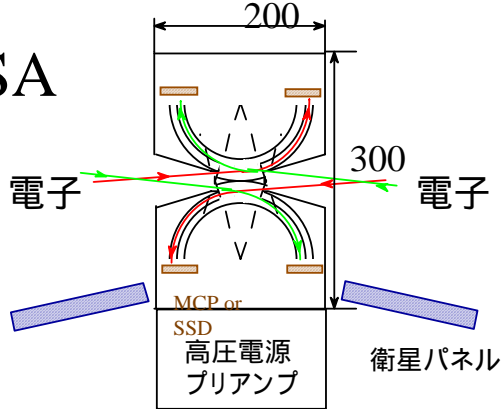
1000 km

波動観測

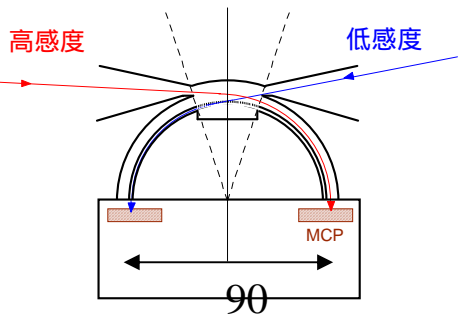
空間スケール



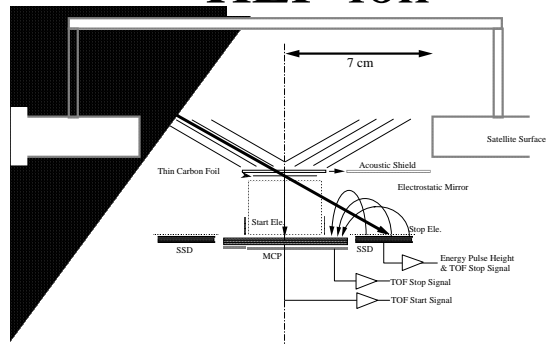
# FESA



# FISA

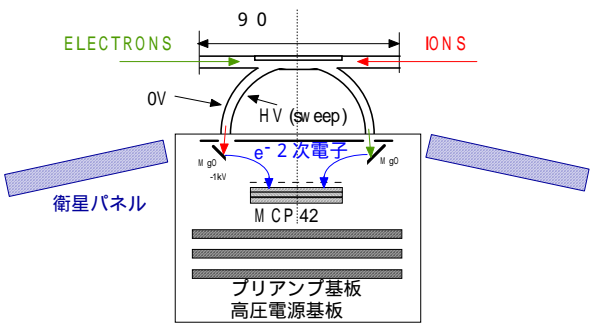


# HEP-ion

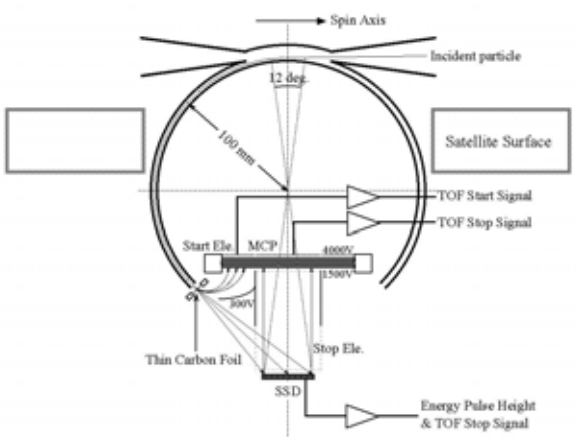


# プラズマ / 粒子観測装置

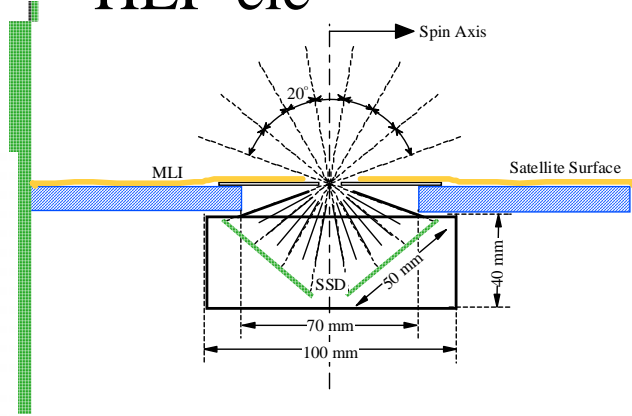
# EISA



# MESA, MIMS



# HEP-ele



時間分解能

12s

0.1s

10ms

# SCOPE計画における粒子観測

超高時間分解能電子計測器

波動粒子相関

wave-particle correlator

編隊による空間構造把握

電子スケール

イオンスケール

波動-波動相関計測

1

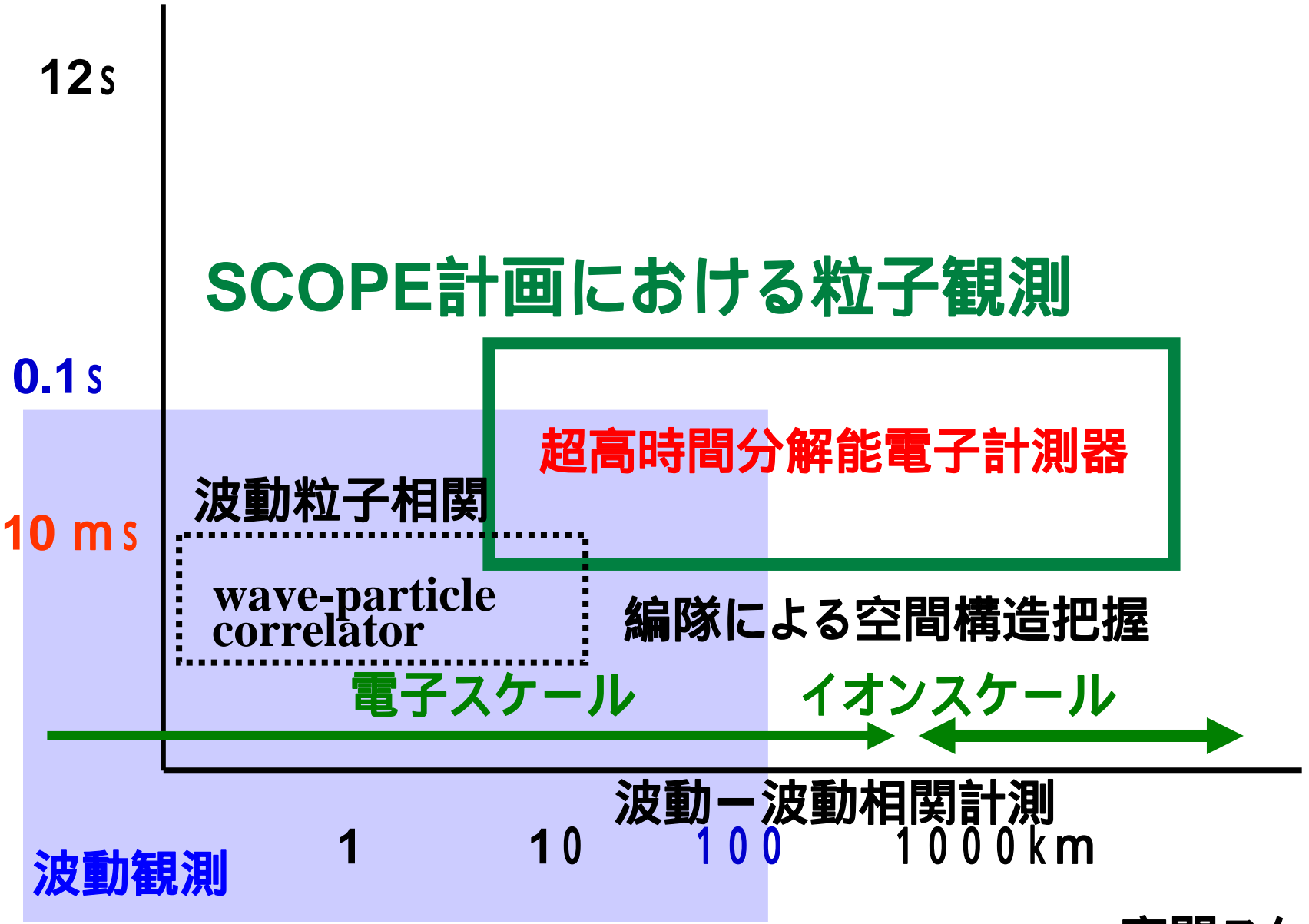
10

100

1000 km

波動観測

空間スケール



# プラズマ / 粒子観測装置

・高時間分解能電

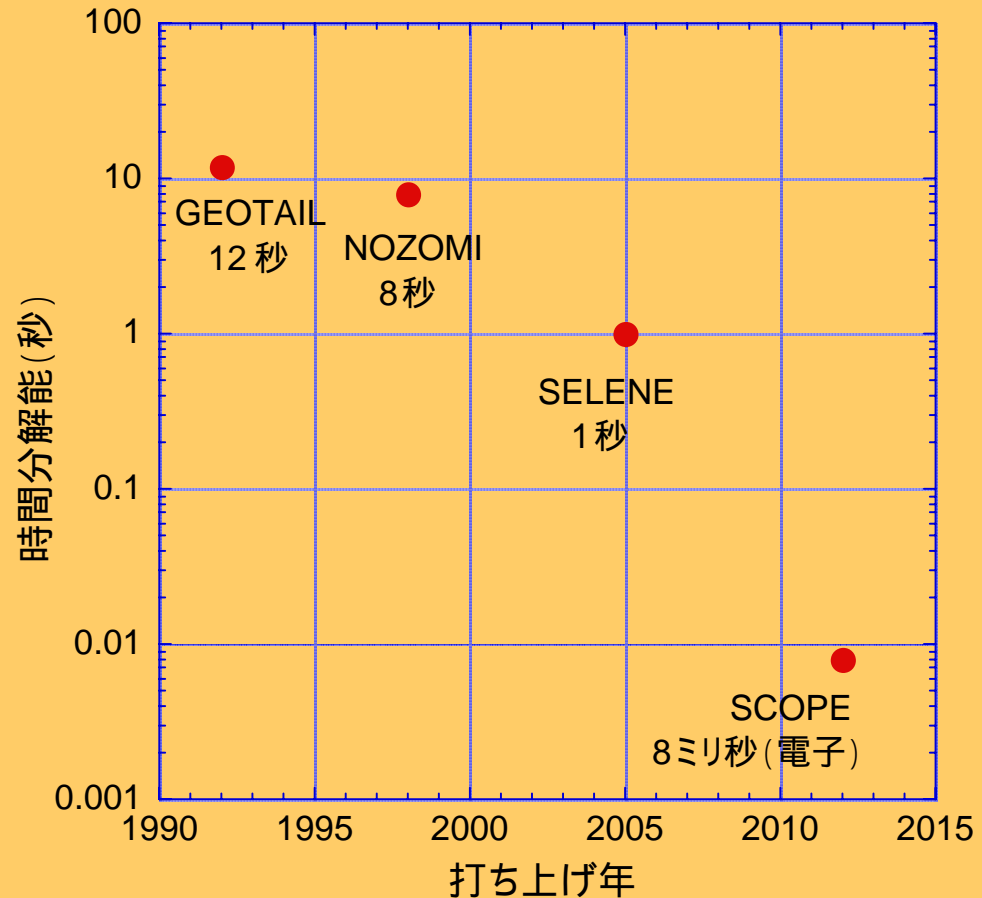
従来の1000

新規技術

- 1) 高時間分解能セ
- 2) アナログASICを  
量、低消費電力化

衛星搭載用プラズマ観測器の時間分解能

(3次元分布関数を取得するのに必要な時間)



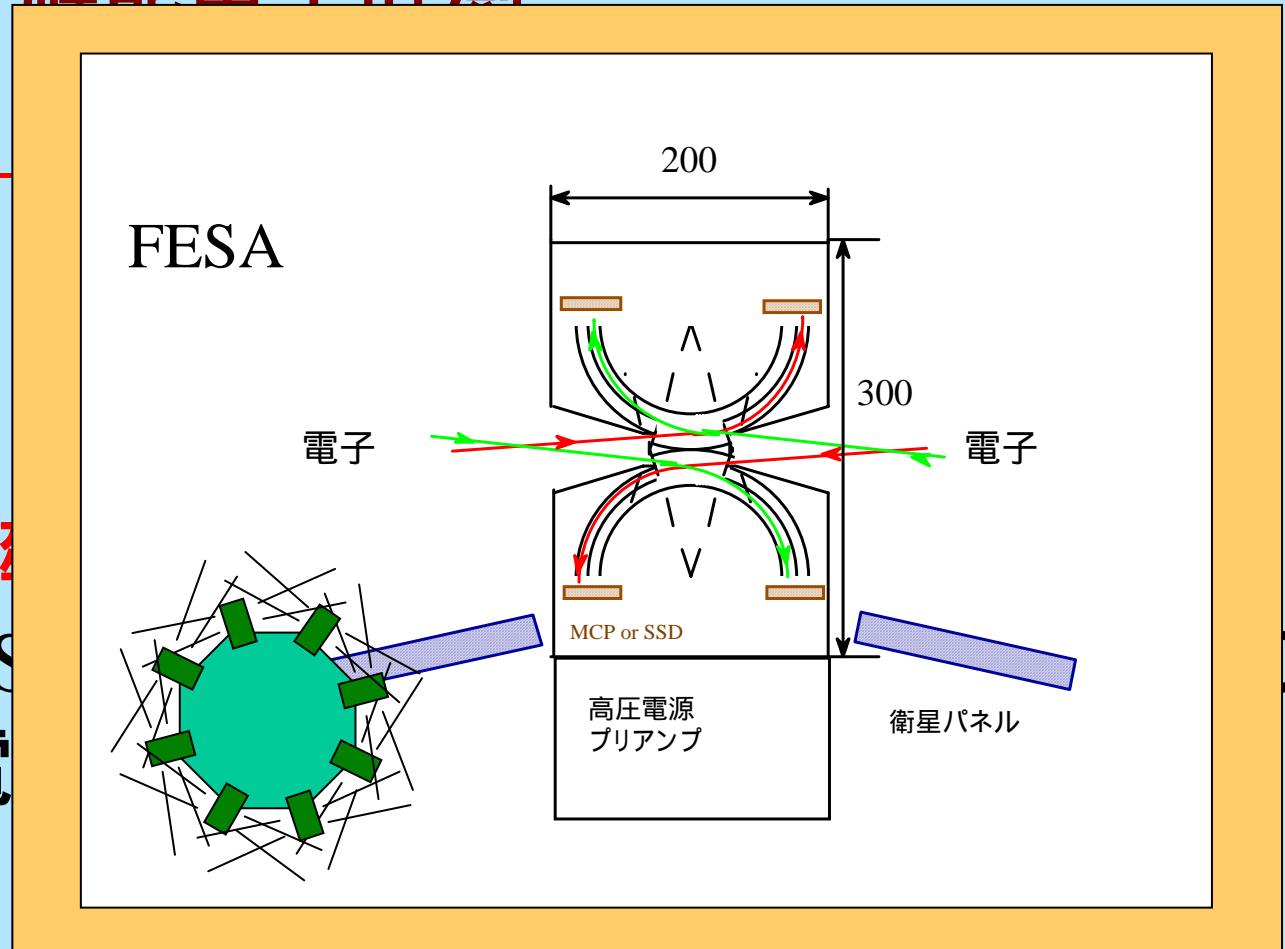
# プラズマ / 粒子観測装置

## ・高時間分解能電子計測

従来の

新規技術

- 1) 高時間分解能
- 2) アナログASD  
量、低消費電



軽

# プラズマ / 粒子観測装置

## ・高時間分解能電子計測

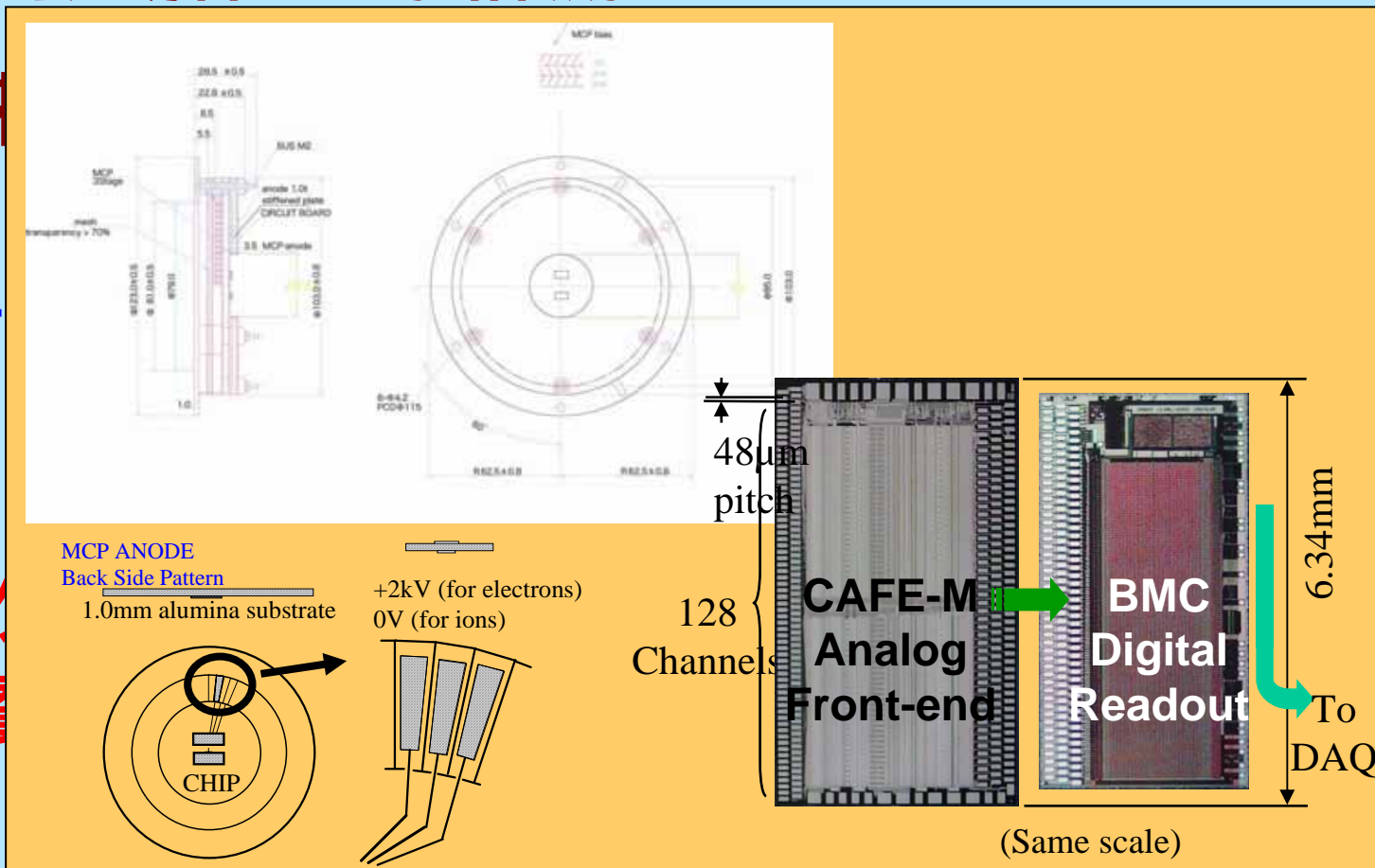
従来

新規技術

1) 高時間

2) アナログ

量、低消費



軽



時間分解能

12s

0.1s

10ms

# SCOPE計画における粒子観測

超高時間分解能電子計測器

波動粒子相関

wave-particle correlator

編隊による空間構造把握

電子スケール

イオンスケール

波動-波動相関計測

1

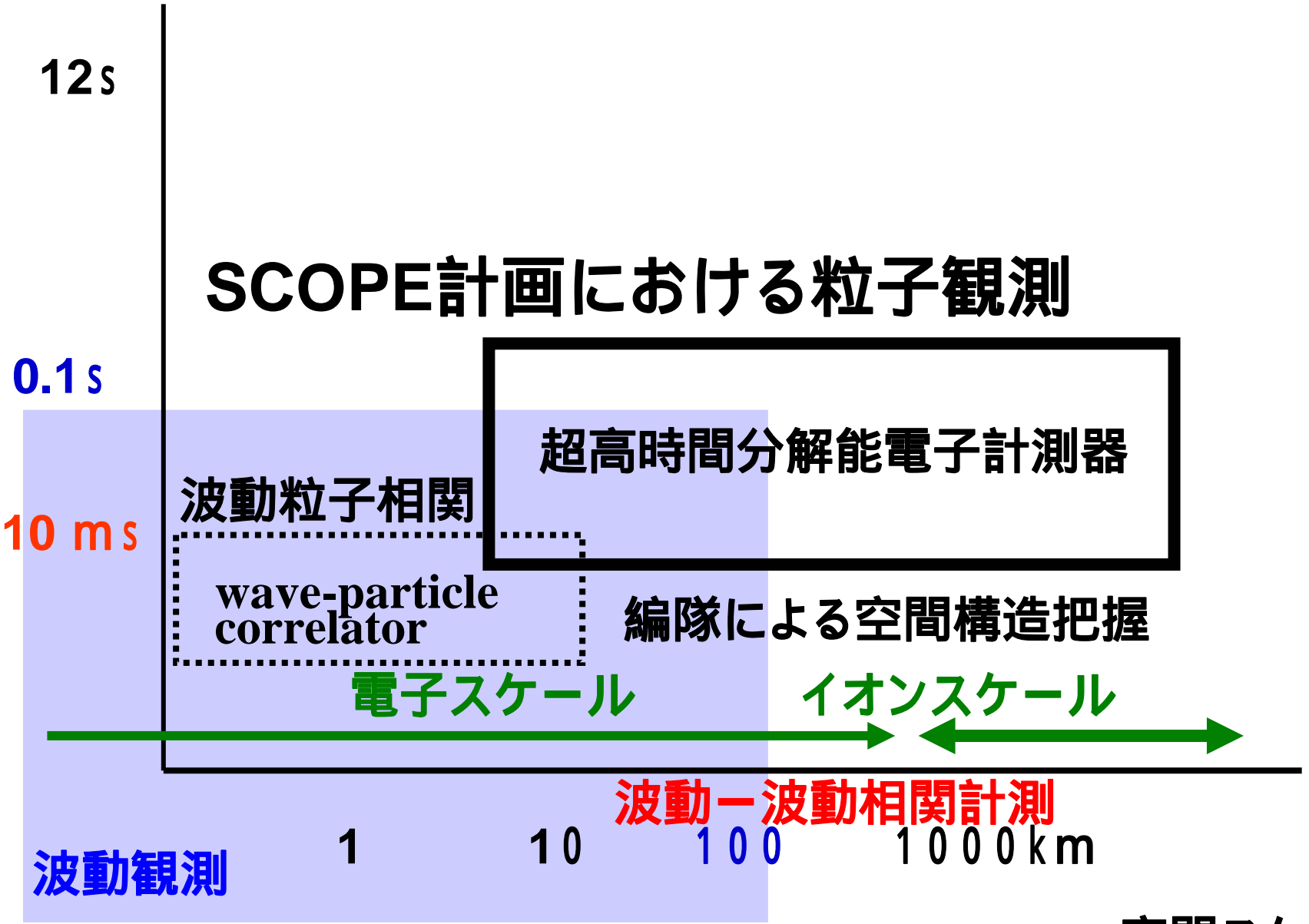
10

100

1000 km

波動観測

空間スケール



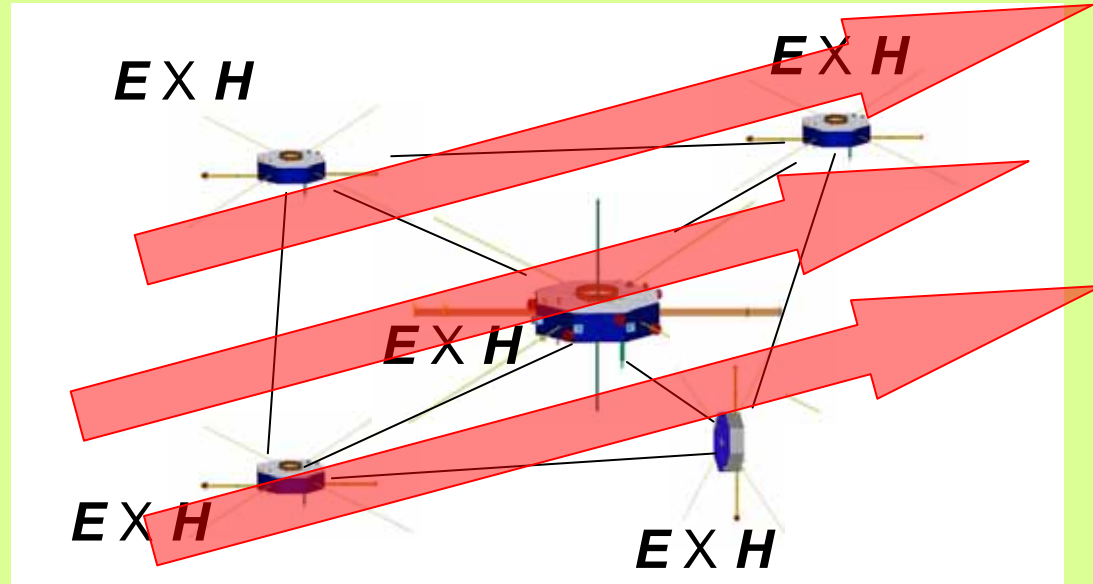
# プラズマ波動観測

Single spacecraftでは波面の広がりがわからない

SCOPEによるブレイクスルー



編隊衛星による観測

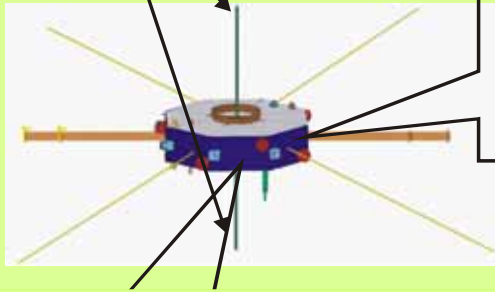


点の観測から面の観測へ  
全方位的な波動エネルギー流量の同定へ  
波動-波動相関計測による波数と位相速度  
の同定

# プラズマ波動観測

## 新規開発技術

スピン軸方向  
軽量電解アンテナセンサーの開発



波動観測装置の  
チップ化

アナログ ASIC

### ・スピン軸アンテナ (軽量電界センサー)

- 衛星の姿勢に影響を与えない構造
- 長さは、10 m tip-to-tip  
感度は、この長さで現状のプリアンプでは、 $0.7\mu\text{V}/\text{m}$ 程度となり、満足できる程度
- 重量は伸展機構を合わせて2-3kg/set程度を目標

# スピン軸アンテナ

DC ~ 太陽風電子プラズマ周波数(0Hz ~ 100kHz)の電界3成分観測

従来: スピン軸方向の電界成分が欠落  
電場の絶対値とその方向を算出することができなかった



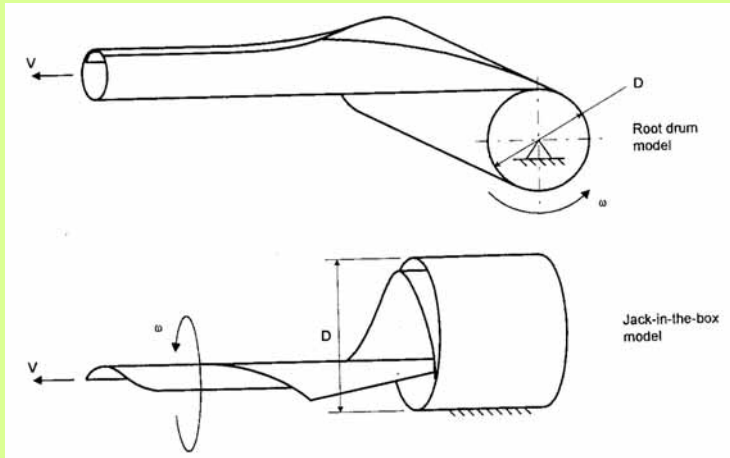
スピン軸アンテナの搭載

- ・電界の絶対値の算出
- ・波動-粒子相互作用における電界エネルギーおよび、電磁場エネルギーフローであるポインティングフラックス( $E \times H$ )の算出

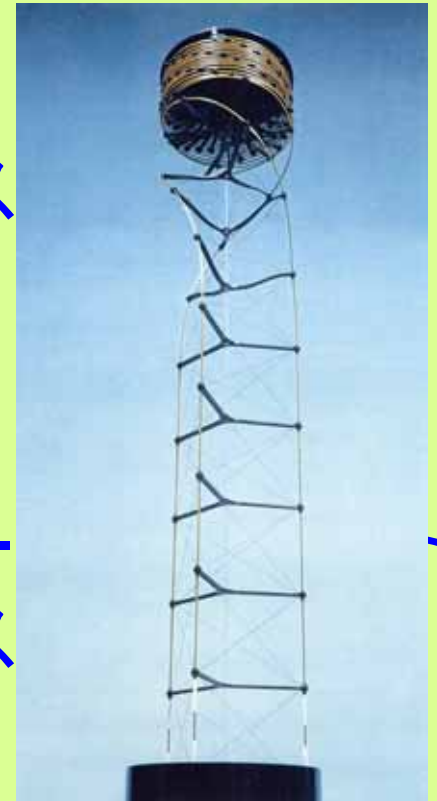
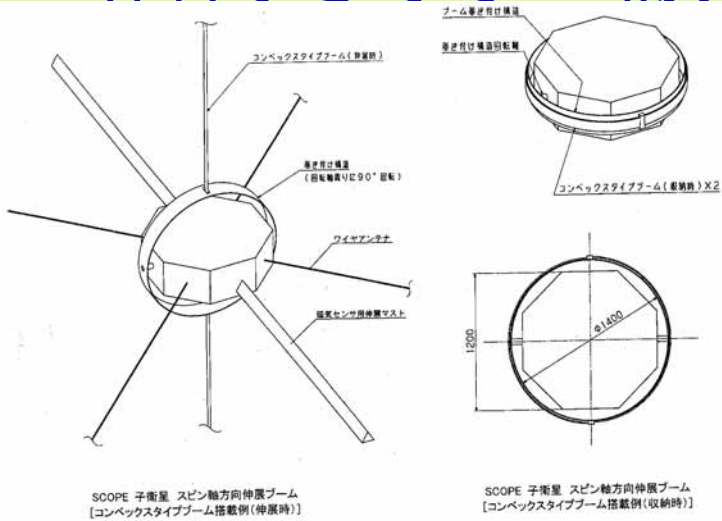


粒子と波動のエネルギー交換の定量的評価

# スピン軸アンテナ候補



- ・機械式伸展マスト
- ・弾性アンテナ + 根元ジン

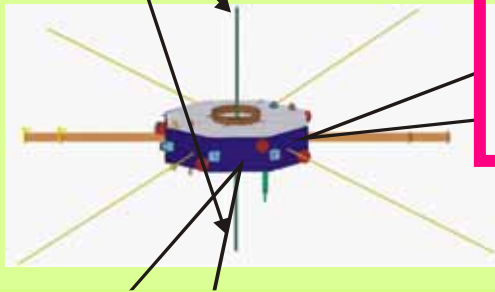


ツの林  
マス  
フレ  
マス  
の複  
フレ  
マス  
タフ  
三

# プラズマ波動観測

## 新規開発技術

スピン軸方向  
軽量電界アンテナセンサーの開発



波動観測装置の  
チップ化

アナログ ASIC

### ・スピン軸アンテナ (軽量電界センサー)

- 衛星の姿勢に影響を与えない構造
- 長さは、10 m tip-to-tip  
感度は、この長さで現状のプリアンプでは、 $0.7\mu\text{V}/\text{m}$ 程度となり、満足できる程度
- 重量は伸展機構を合わせて2-3kg/set程度を目標

### ・波動観測器のASIC化

- VLSI研究室に協力をもとめ、アナログASICの開発をスタート
- 初段差動アンプ～A/Dまでを一つのASIC内に実現
- インダクタンスを使用しないFilterのASIC内組み込み
- 高周波サンプル - A/Dの組み込み可能性の検討

時間分解能

12s

0.1s

10ms

# SCOPE計画における粒子観測

超高時間分解能電子計測器

波動粒子相関

wave-particle correlator

編隊による空間構造把握

電子スケール

イオンスケール

波動-波動相関計測

1

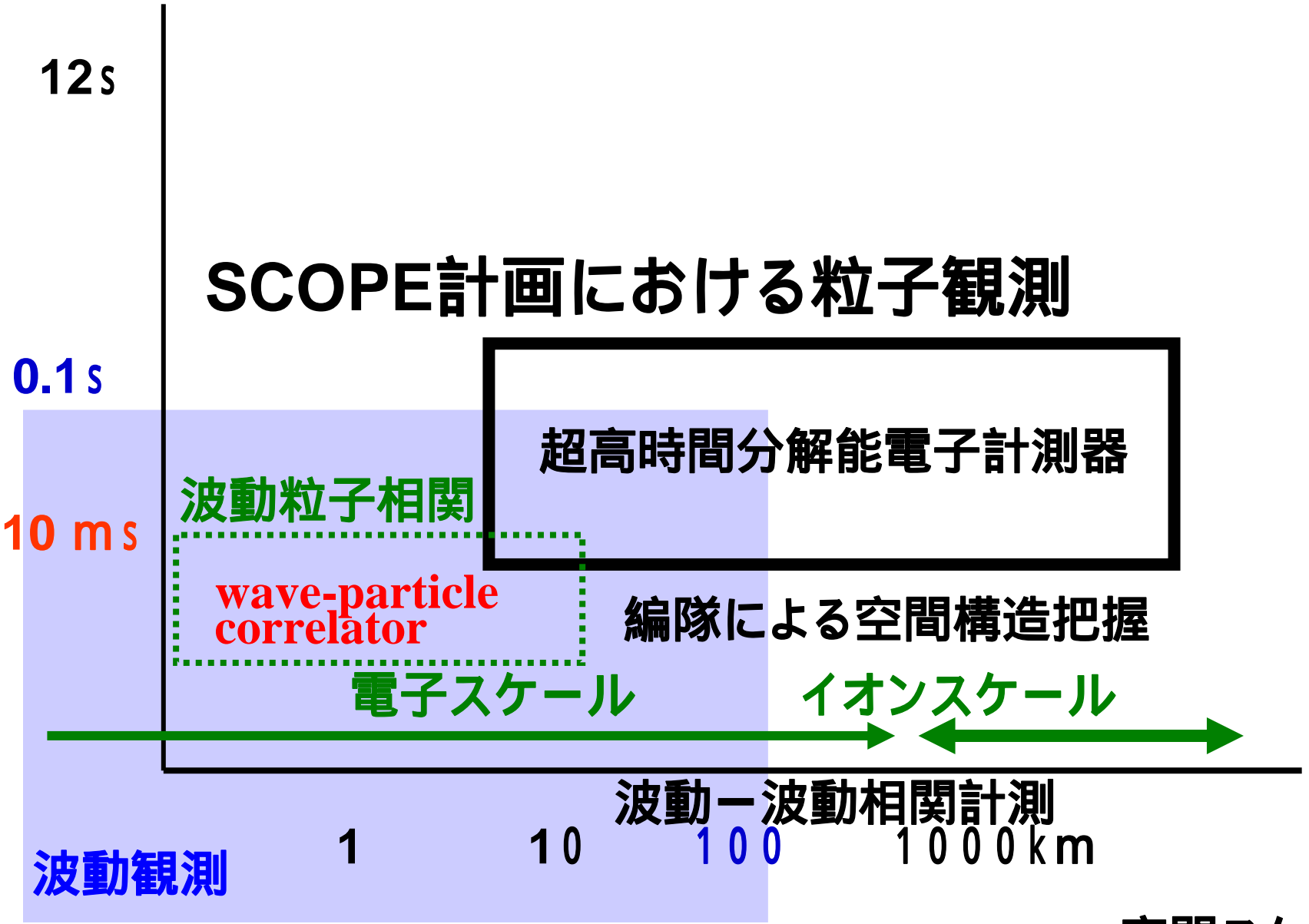
10

100

1000 km

波動観測

空間スケール

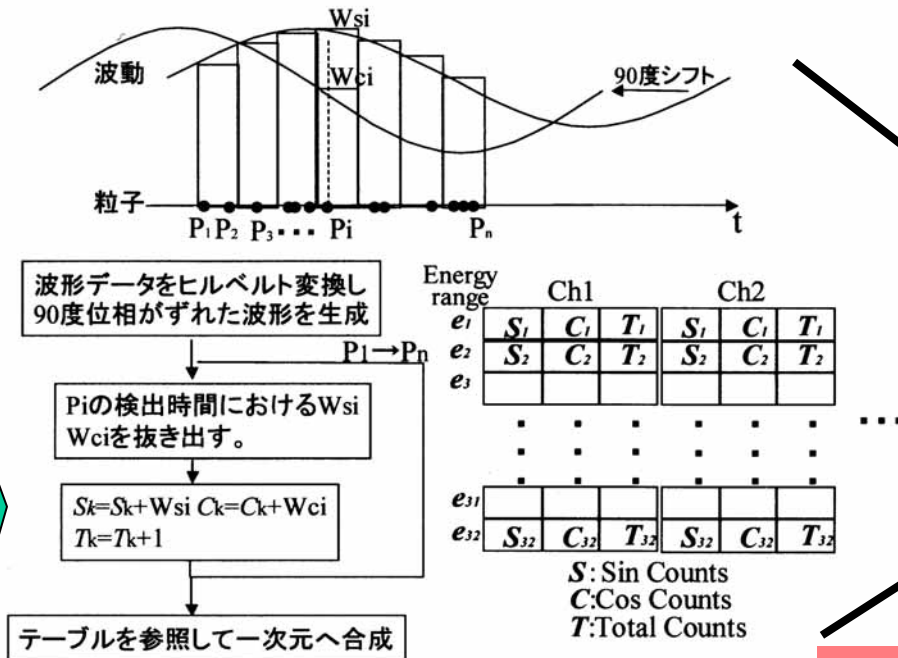


# プラズマ観測 & プラズマ波動観測

## 新規開発技術

### デジタル型 Wave-Particle Correlatorの開発

粒子のカウントパルスをダイレクトに波動観測波形と対応づけるため、粒子および波動観測器と、高速インターフェースで接続が必要。  
さらに、粒子と波動のデータ取得タイミングに同期させる必要がある。



FPGA一個に集約

オンボードで、粒子のカウントパルスと波動の「振幅」、「位相」データの相関をとっていく

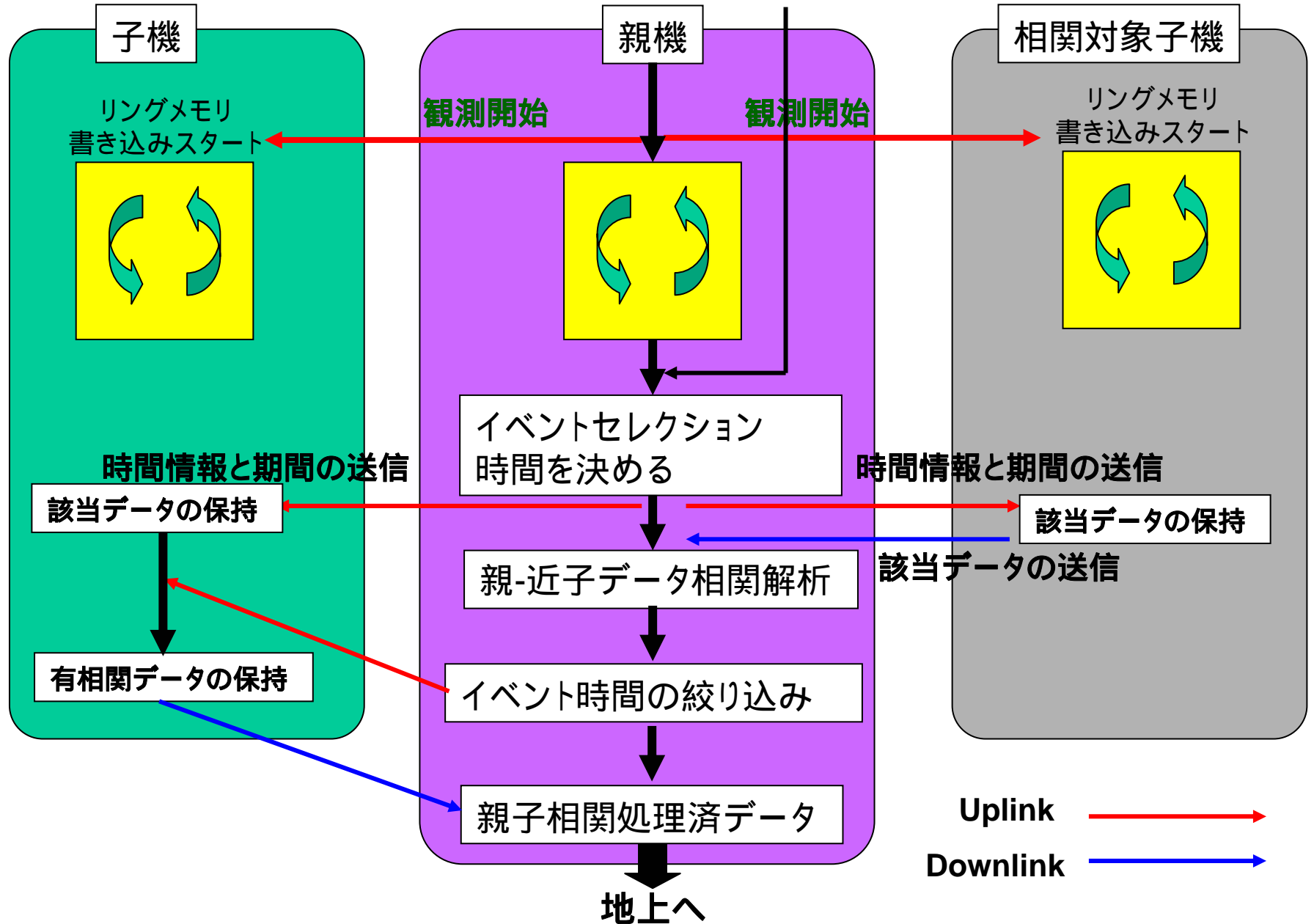
デジタル化による

- 軽量化の実現
- 相関エネルギーレンジをリアルタイムで変更できるFlexibilityの実現



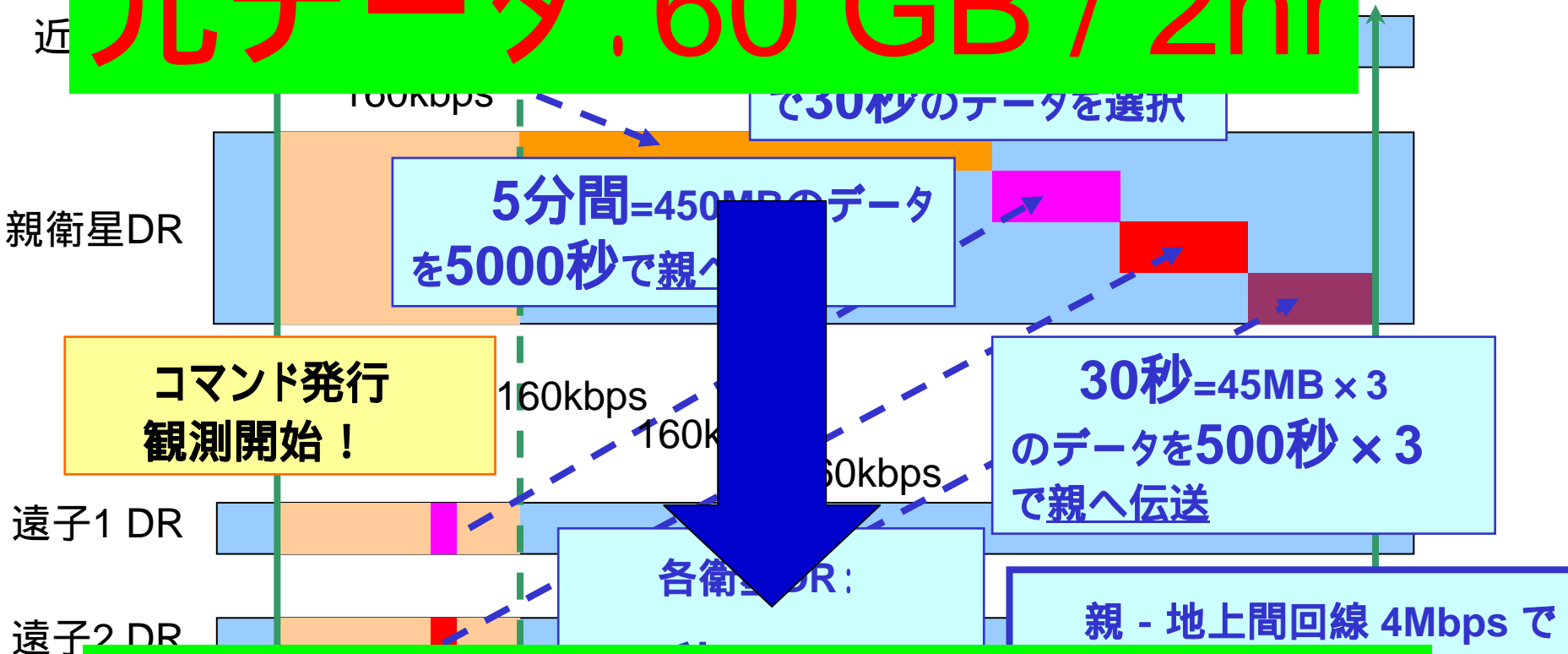
# 親-子間通信によるデータ取得戦略

トリガ(定期, PWI, MGF, ESA, WPCなど)



# 親-子間通信によるデータ取得戦略

元データ: 60 GB / 2hr

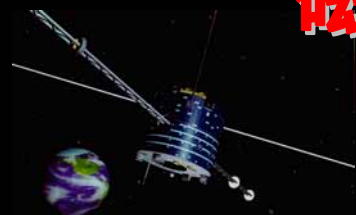


伝送データ: 1GB / 2hr

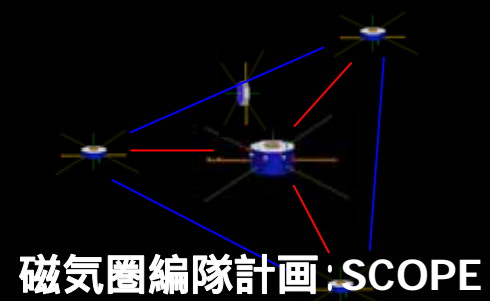
# 磁気圏衛星



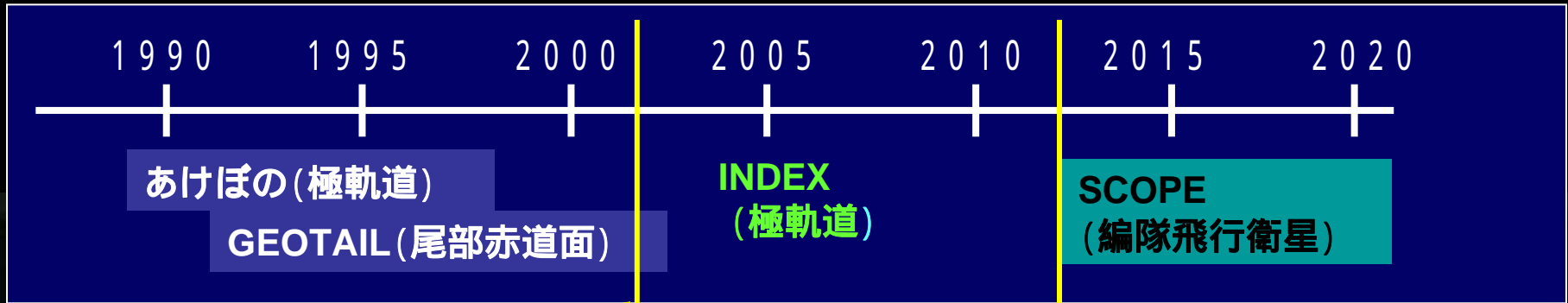
AKEBONO



GEOTAIL



磁気圏編隊計画:SCOPE



NASA MC

2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011		2012		2013	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Mission提案										Launch!											

衛星システム検討・開発  
観測機器検討・開発

PM

FM

総合試験

Schedule