

jh220017

マルチスケール 宇宙プラズマ連成 シミュレーションの研究

課題代表：三宅洋平*（神戸大学）

*y-miyake@eagle.kobe-u.ac.jp

共同研究拠点：九州大学、京都大学、北海道大学

研究の背景

- 宇宙プラズマの持つ時空間スケール階層性
- 惑星固有磁場・大気・固体表面との複合相互作用プロセス

➤ 宇宙プラズマ 近似度



➤ 中性気体プロセス

マルチフィジックス

➤ 固体表面プロセス

個別に開発されてきた複数のシミュレーションコード／プログラムを柔軟かつ省コストに連結し、連携動作させる方法論を探求

連成計算に向けたロードマップ

1. 連成の土台となる物理モデル構築

- 対象となる複合現象の決定
- スケール間で交換されるべき物理パラメータの抽出
- 連結時の物理量変換・粗視化（および微視化？）

2. コード結合フレームワークの開発実装

- 連成計算のために必要なコード変更の手間を最小化するAPI群の整備

3. 対象物理現象向け連成プログラム開発

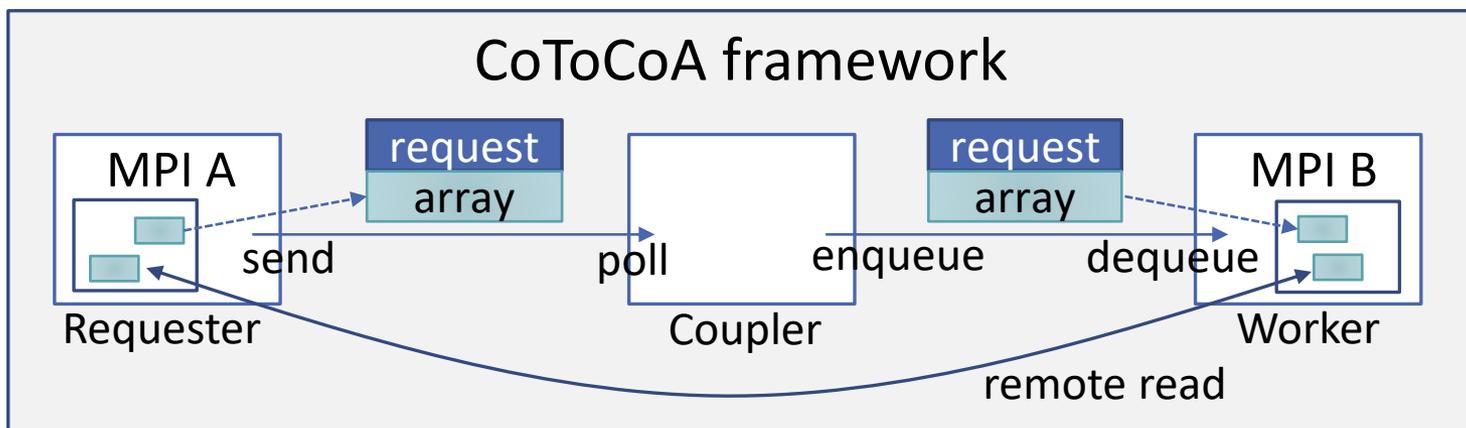
- 実装、動作検証、性能評価、実用化

コード間結合フレームワーク CoToCoA

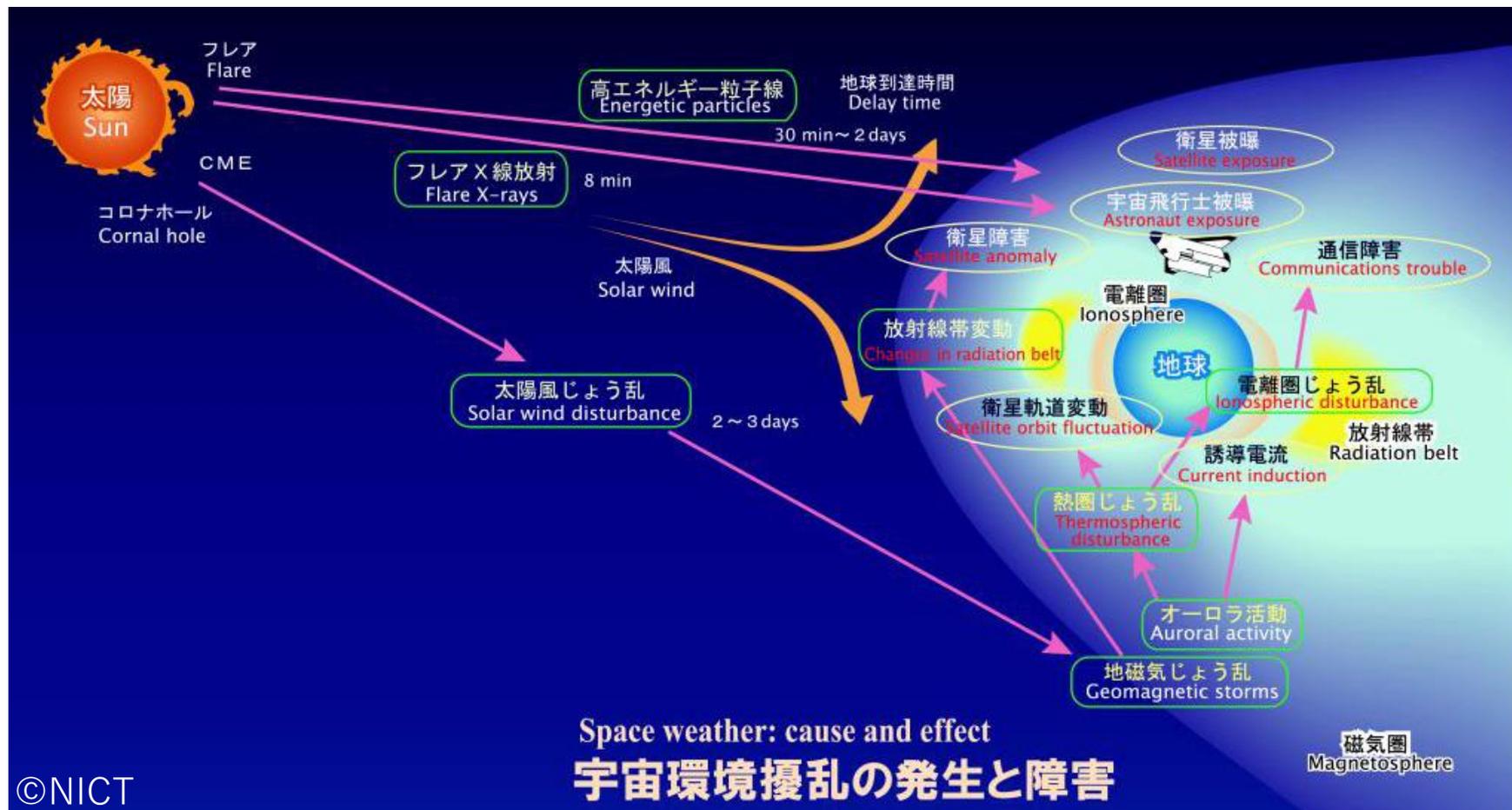
available at, <https://github.com/tnanri/cotocoa>

連成計算のための3種類のプログラム向けインターフェース

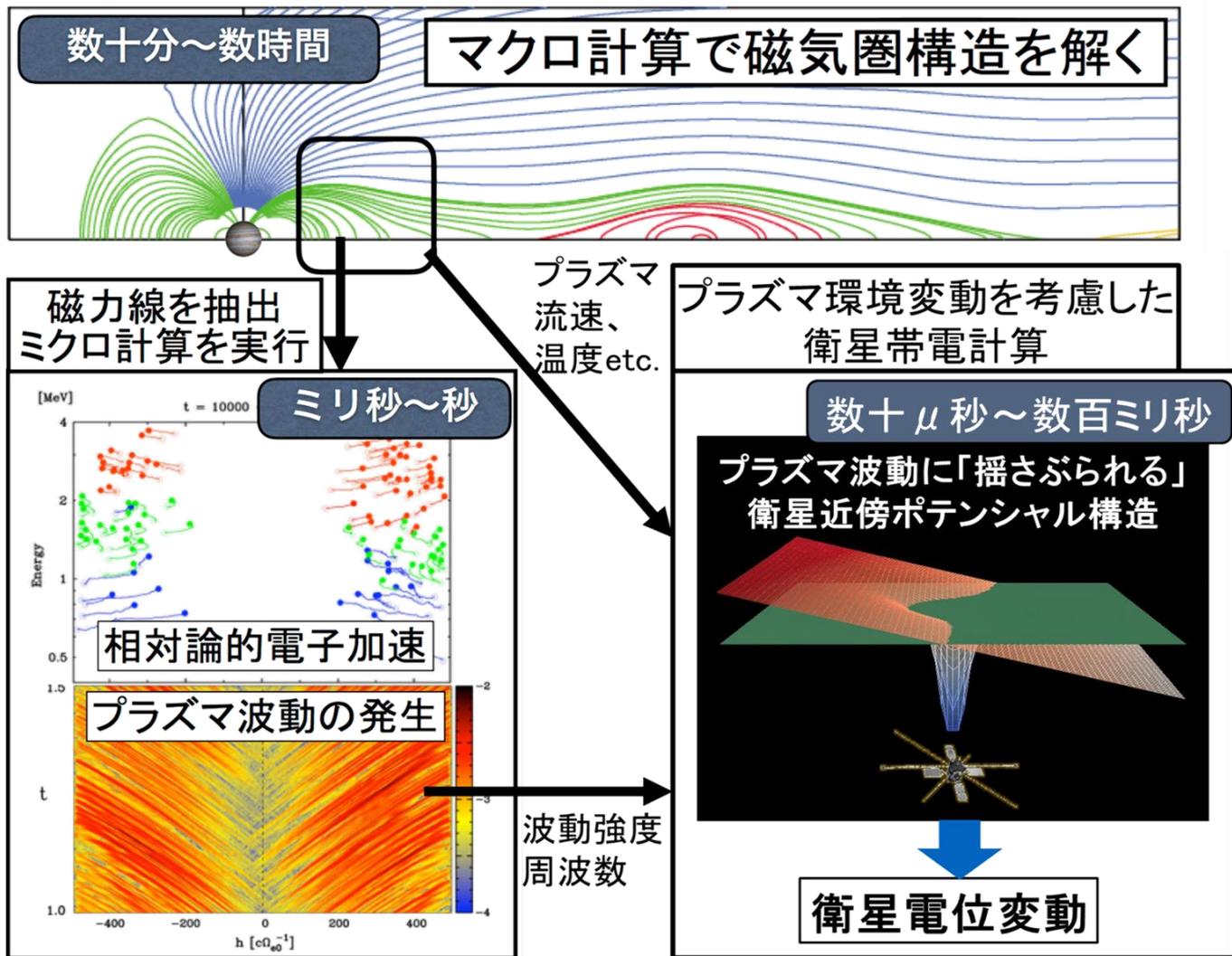
- Requester : Couplerに計算依頼 (request) を送信
- Coupler : Requesterからの requestに応じてプログラムを選択
空いているWorker担当プロセス群にrequestを転送
- Worker : Couplerからの requestに応じてプログラムを実行



「太陽・惑星間空間・地球・社会 インフラ」を包含する複合システム

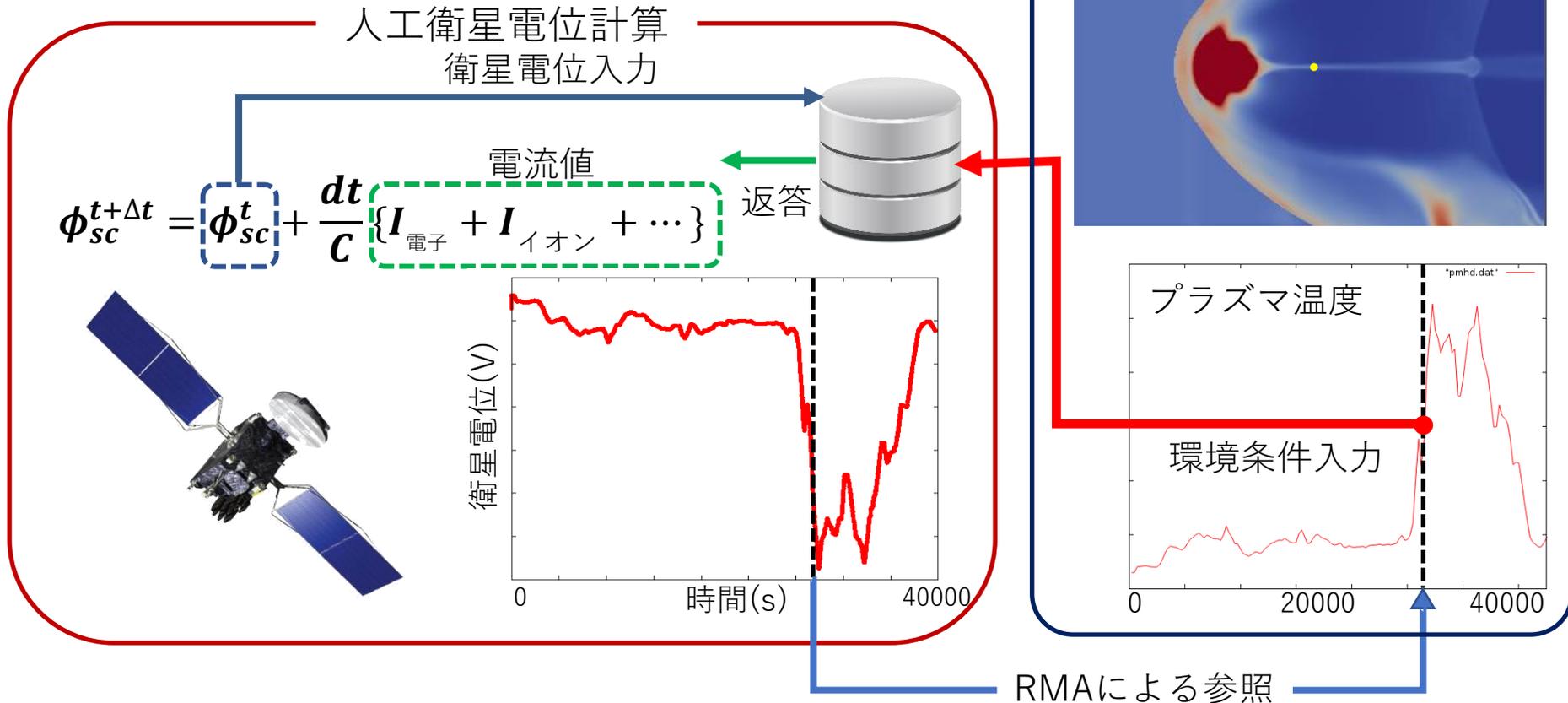


磁気圏 - 波動粒子相互作用 - 人工衛星 のスケール間結合



磁気圏－衛星帯電連成解析

1. 太陽活動に依存し、時々刻々と変化する地球磁気圏
⇒ 約1日間の変動（時間刻み幅は～min）
2. 周辺プラズマ条件に依存する衛星帯電
⇒ 数100μs～数10minの帯電緩和時間



磁気圏－衛星帯電連成計算の設計

➤Requester (磁気圏MHD計算)

```
call CTCAR_init()
call CTCAR_regarea_real4(data, size, areaid)
! MHD initialization
call CTCAR_sendreq_withreal4(datint, ndatint, datreal, ndatreal)
do step = 1, nsteps
! MHD calculation: temporal integration
data(step, 1:ncomp) = field(scx,scy,scz,1:ncomp)
end do
! MHD finalization
call CTCAR_finalize()
```

➤Worker (衛星帯電計算)

```
call CTCAW_init(progid, procsperreq)
call CTCAW_regarea_real4(areaid)
do while
call CTCAW_pollreq_withreal4(fromrank, &
& datint, ndatint, datreal, ndatreal)
if(CTCAW_isfin()) exit
! SCCHARGE initialization
step = 1
do while (step <= nsteps)
call CTCAW_readarea_real4(areaid, rank, offset, size, data)
if( .not.(findnewdata(data(step, 1))) ) cycle
! SCCHARGE calculation: temporal integration
step = step + 1
end do
call CTCAW_complete()
end do
call CTCAW_finalize()
```

➤Coupler (制御プログラム)

```
call CTCAC_init()
call CTCAC_regarea_real4(areaid)
do while
call CTCAC_pollreq_withreal4(reqinfo, fromrank, &
& datint, ndatint, datreal, ndatreal)
if( CTCAC_isfin() ) exit
progid = SCCHARGE
call CTCAC_enqreq_withreal4(reqinfo, progid, &
& datint, ndatint, datreal, ndatreal)
end do
call CTCAC_finalize()
```

- ① Requesterが計算要求発行
⇒ Couplerが受領
- ② Couplerが計算要求を待ち行列に追加
⇒ Idle状態のWorkerが引き受け
- ③ WorkerがRequesterの計算進捗を確認

2022年度研究計画

1. コード間結合フレームワークCoToCoA
 - 連成計算時のオーバーヘッド時間計測ルーチンの開発
2. 地球磁気圏－衛星帯電連成計算
 - CoToCoAを用いた連成計算の実装と有効性検証
 - 並列性能評価
 - MHD計算と衛星帯電計算の計算負荷特性の調査
3. 衛星帯電連成計算の並列化
 - 時間領域並列化に向けた基礎調査の開始