PHITS3.10の概要

PHITS開発チーム一同

2019/03

発表内容

1. PHITS最近の動向
2. 最新版PHITSの特徴
3. 今後の予定

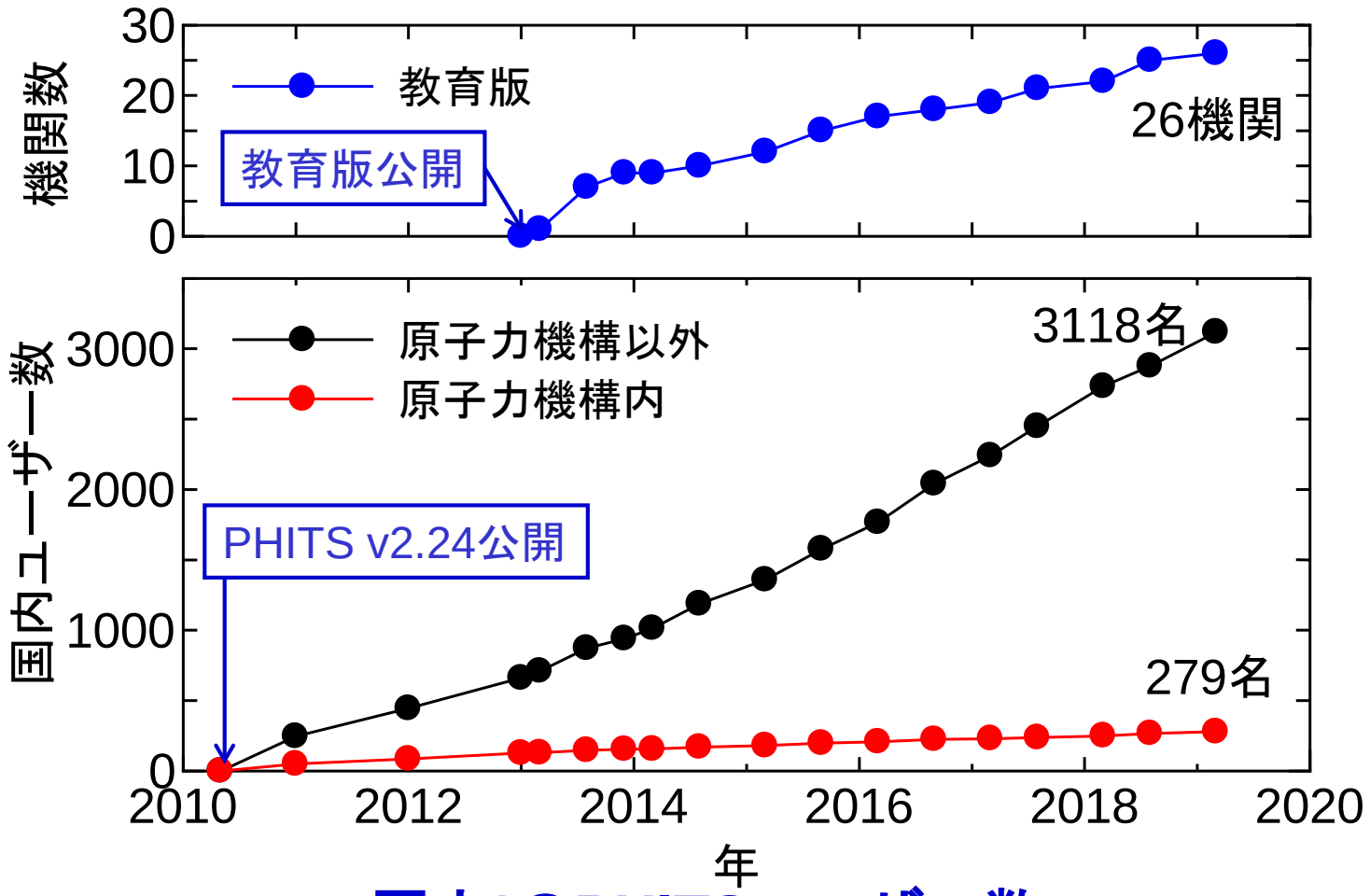
最近の更新履歴

2017年12月 : PHITS 3.02をRISTに登録

2018年08月 : PHITS 3.08を講習会で配布開始

2019年03月 : PHITS 3.10をRISTに登録

国内ユーザー数の変化

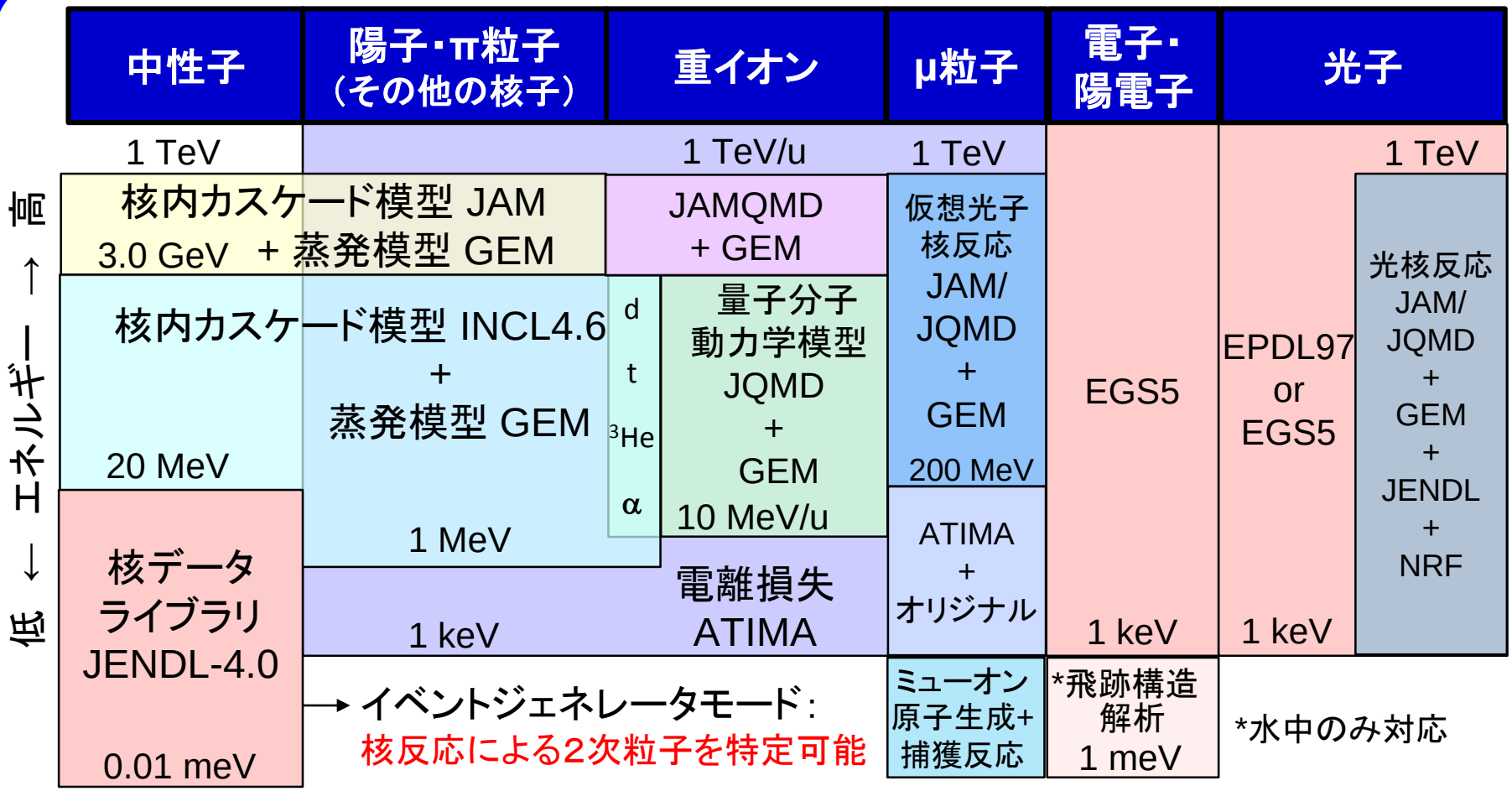


国内*のPHITSユーザー数

国内で約3,400名！！

*PHITS講習会に参加，もしくはRISTを通してPHITSを入手した人数

物理モデル（奨励設定）



PHITS3.10に組み込まれた物理モデルとその適用エネルギー範囲

- ✓ この1年で大きな変化はない
- ✓ （書かれてはいないが）20MeV以下のニュートリノの核反応モデルが加わった

発表内容

1. PHITS最近の動向
2. 最新版PHITSの特徴
3. 今後の予定

最近の改良点①：PHITS3.08

平成30年8月から講習会のみで配布開始

PHITS3.02からの主な変更点（担当者）

◆JAMQMD2の完成と論文化（小川）

◆ニュートリノ反応モデルの開発と組込（小川）

◆[weight window]及び[t-wwg]のxyzメッシュ機能の追加（仁井田）

◆RI線源機能のオージェ電子・内部転換電子・特性X線への拡張（松田）

◆様々なタイプの線量換算係数を[multiplier]形式でデータベース化（佐藤）

◆連続四面体線源機能（s-type=24）の組込（古田）

◆CADから変換した連続四面体形状の読込機能の開発（古田）

◆蒸発モデルにおいて核子とγ線放出の競合を考慮（小川，九大・渡辺研）

◆[forced collisions]を使った検出応答関数計算機能の追加（安部）

◆[t-interact]でイベント毎の反応回数を出力する機能を追加（安部，甲斐）

◆[t-yield]及び[t-dchain]で独自の放射化断面積読込機能を追加（仁井田）

◆[t-deposit]と[t-heat]の統合（佐藤）

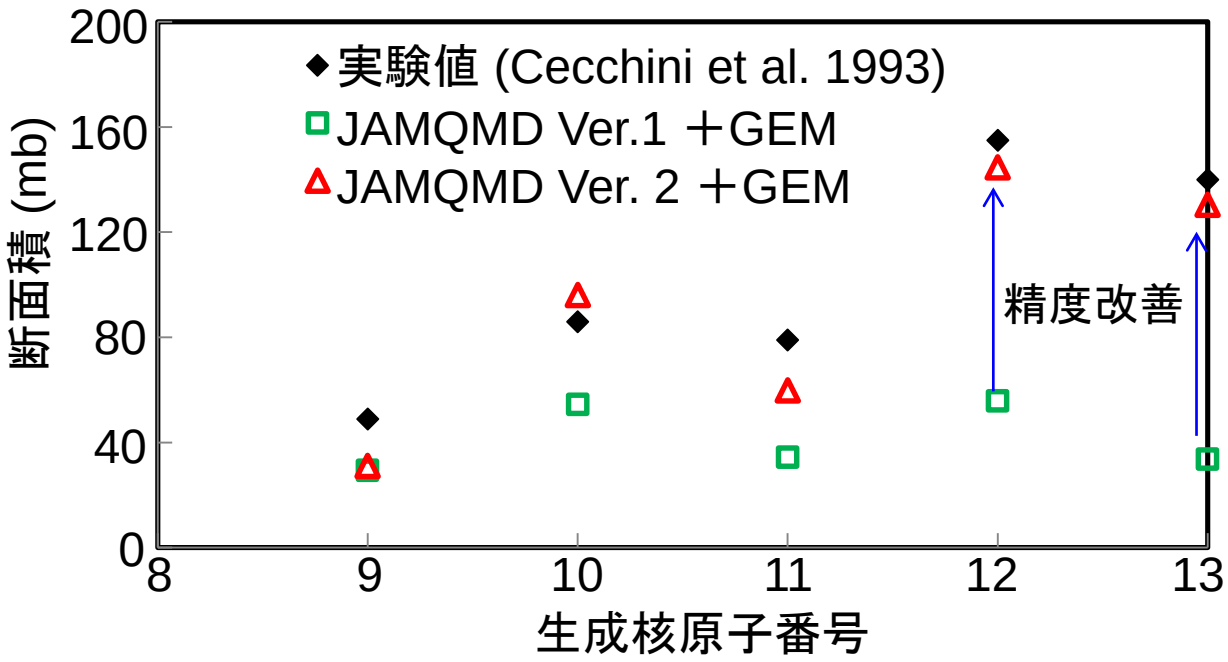
◆Windows用MPI実行ファイルのパッケージ組込（佐藤，（株）ナイス）

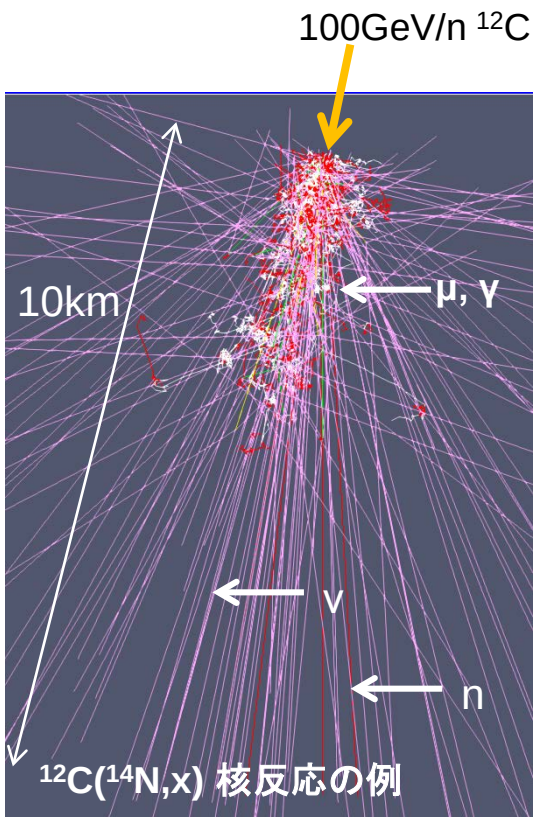
JAMQMD Ver.2の開発

3 GeV/n ～1 TeV/nの高エネルギー重イオン入射反応モデル

宇宙線挙動解析・高エネルギー物理実験に使用

14.6AGeV ^{28}Si(^{27}Al,x) 反応断面積の計算



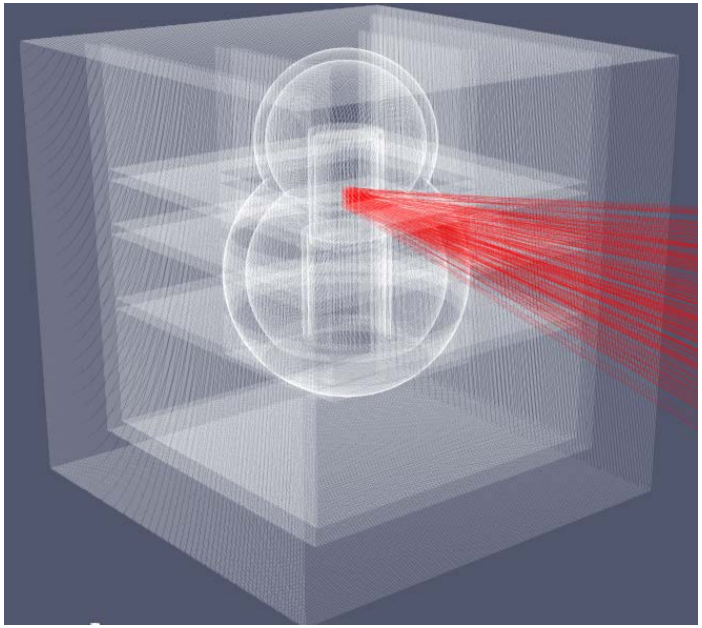


- ✓ 破砕片の生成が正確になった (上図:12, 13の部分)
- ✓ 3GeV/n以上で自動的に使用

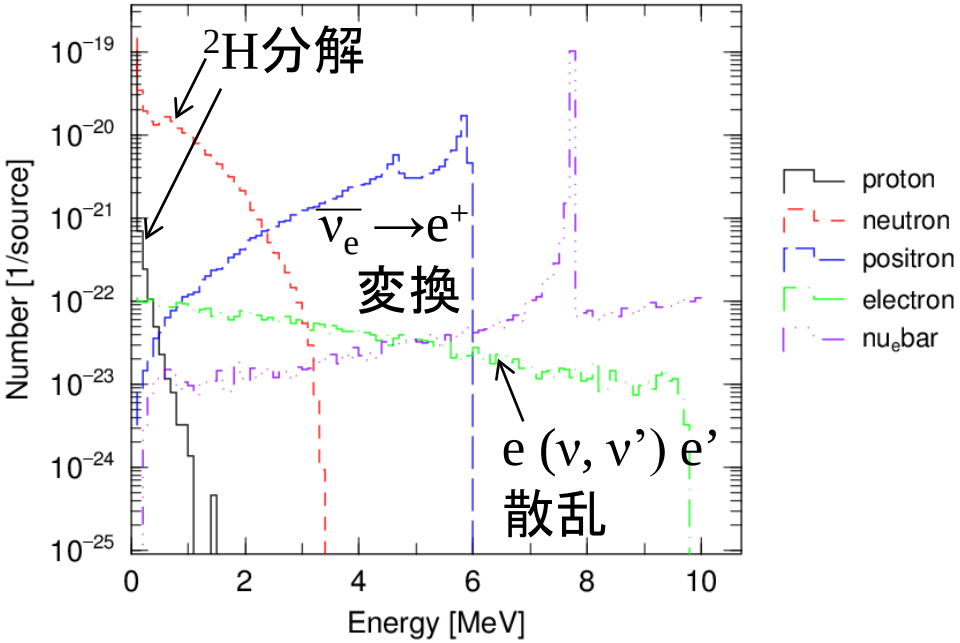
*T.Ogawa *et al.*, *Phys. Rev. C.*, **98,** 024611 (2018)

ニュートリノ反応モデルの開発

ニュートリノと電子, ^{1}H, ^{2}H の反応モデルを実装*



原子炉を貫通するニュートリノ



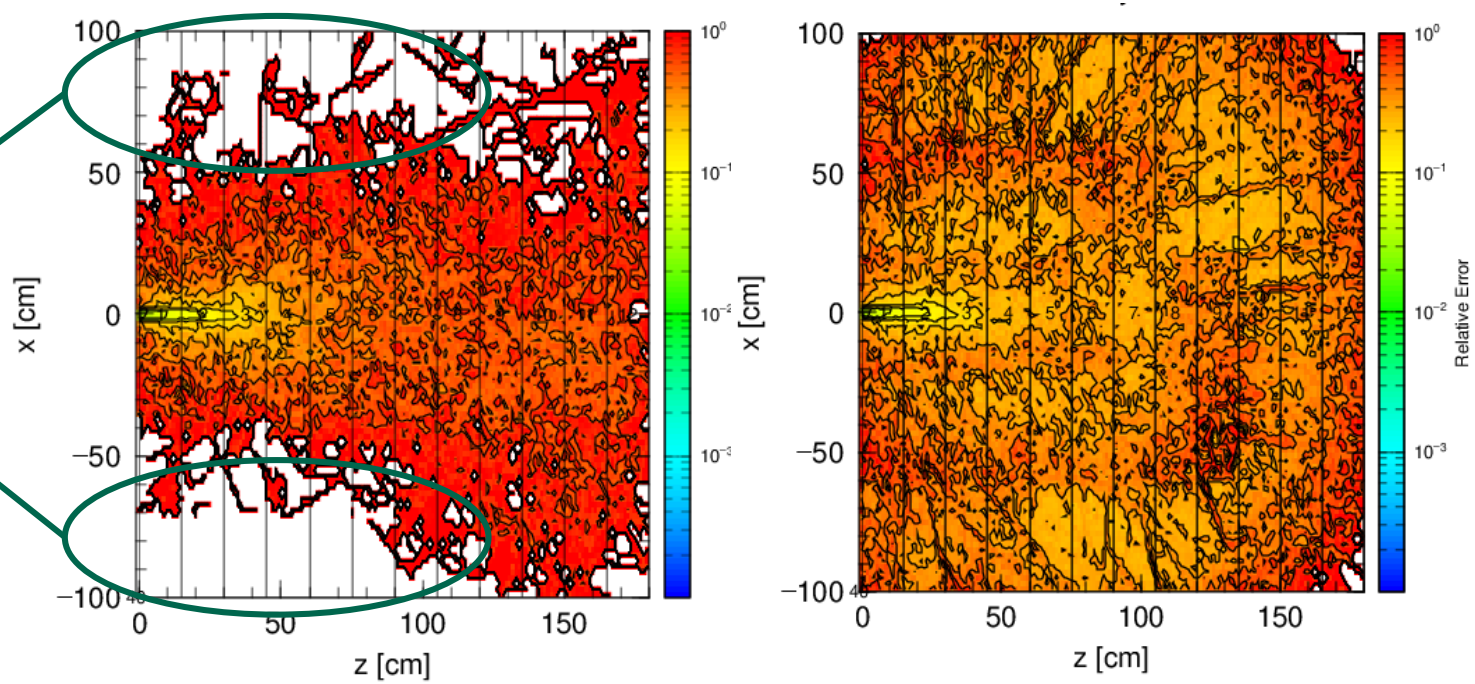
10MeV $\bar{\nu}_e$による ^{2}H($\bar{\nu}_e$,X) 反応
による2次粒子エネルギー分布

- ✓ [Parameters]セクションで ntrnore = 1 とするとオン。デフォルトでオフ。
- ✓ 反応を見たい領域(検出器など)で [Forced Collisions] の使用を推奨
- ✓ ニュートリノ振動、ヘリウム以上の核との反応：検討中

*一部機能はver.3.10以降のみ動作

[weight window]のxyzメッシュへの適応

横方向に領域を分割していないので粒子が届かない



透過方向に遮へい体を分割して[t-wwg]を設定した場合（左）とxyzメッシュで[t-wwg]を設定した場合（右）の2回目計算統計誤差

（lecture/advanced/weightBより抜粋）

[Weight Window]を定義するためにわざわざ領域を細かく分割する必要がなくなった

最近の改良点②：PHITS3.10

平成31年3月から配布開始

PHITS3.08からの主な変更点（担当者）

◆熱流体解析コード（Fluent等）との連成機能の開発（古田・佐藤・CTC）*

◆JENDL-4.0/HE読込サンプル（一部核種のみ）の提供（松田・仁井田）

◆磁場マップ読込機能の開発（佐藤・ASTOM）

◆[t-dchain]のxyzメッシュ対応（誘導放射能の線源読込機能は未対応）（安部）

◆エラーメッセージIDの導入（一部エラーのみ対応）（佐藤・ナイス）

◆電子飛跡構造解析モードの高精度化（甲斐・松谷）

◆ユーザー指定関数を用いた検出器分解能計算機能の導入（小川）

◆核内カスケードモデルINC-ELFの高度化（小川，九大・魚住研）

◆テトラ&ボクセル幾何学形状表示オプション(gshow=5)の追加（佐藤）

◆圧縮形式のLattice構造に対応させ，読込を高速化（古田）

◆負ミューオン捕獲反応の調整オプション導入（安部）

◆[t-deposit]による水等価線量計算機能の導入（古田）

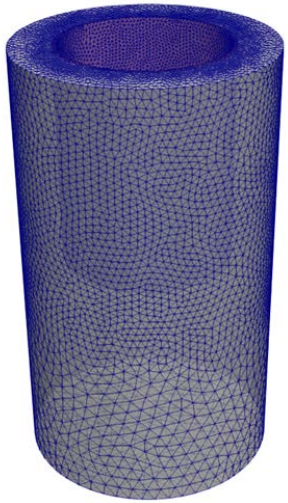
◆batch.outの仕様変更（残りバッチ数を調整可能とした）（橋本）

*原子力機構・原子力基礎工学研究センター・燃料・材料工学Dvのサポートにより実施

熱流体解析コードとの連成機能の開発

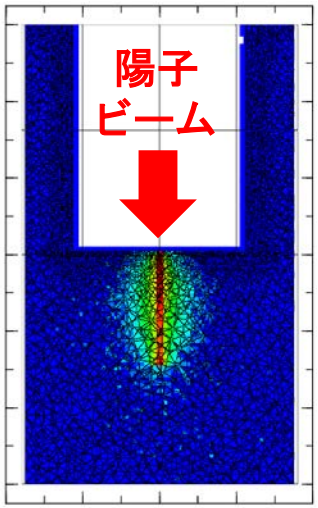
- ✓ 熱流体解析コード(Fluent等)で体系を作成
- ✓ 四面体メッシュ化して、NASTRANバルクデータ形式で出力
- ✓ PHITSに読み込んで発熱量を計算し、OpenFOAMフィールドデータ形式で出力
- ✓ 熱流体解析コードで読み込んで熱流体計算

Fluent → PHITS → Fluent



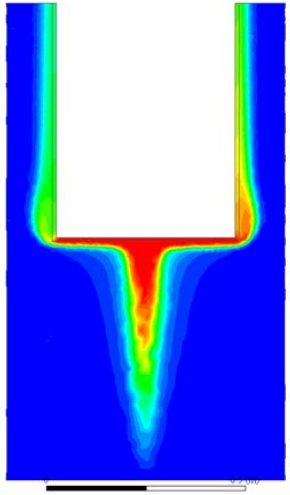
四面体メッシュ体系

NASTRAN
バルク
データ形式



発熱量分布

OpenFOAM
フィールド
データ形式



温度分布

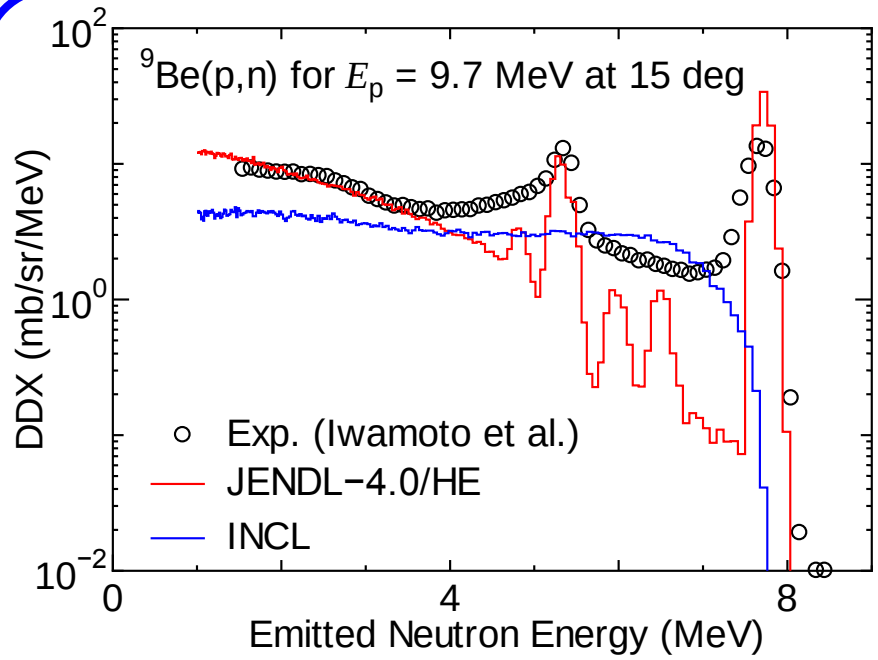
四面体メッシュの一般的な出入力形式に対応しているので、PHITSによる発熱量計算を熱流体等の他の物理計算にシームレスに繋ぐことができる

原子力機構・原子力基礎工学研究センター・燃料・材料工学Dvのサポートにより実施

JENDL-4.0/HE読込サンプルの提供

JENDL-4.0/HEとは？

- ✓ 200MeVまでの陽子・中性子に対する核データライブラリ
- ✓ 核内カスケードモデルと比べて，特に軽核や低エネルギーで精度が良い
- ✓ 20MeV以下の中性子に対しては，JENDL-4.0と同じデータが格納されている



JENDL-4.0/HEとINCLを用いて計算した^{9}Be(p,n)反応による中性子生成断面積

使用上の注意点！

- ✓ サンプルとして数核種のみPHITSパッケージに格納。残りの核種はJAEAホームページより順次公開予定
- ✓ イベントジェネレータモードと組み合わせて利用できない
- ✓ 付与エネルギー計算ができない（[t-deposit] & [t-heat]が使えない）

▼

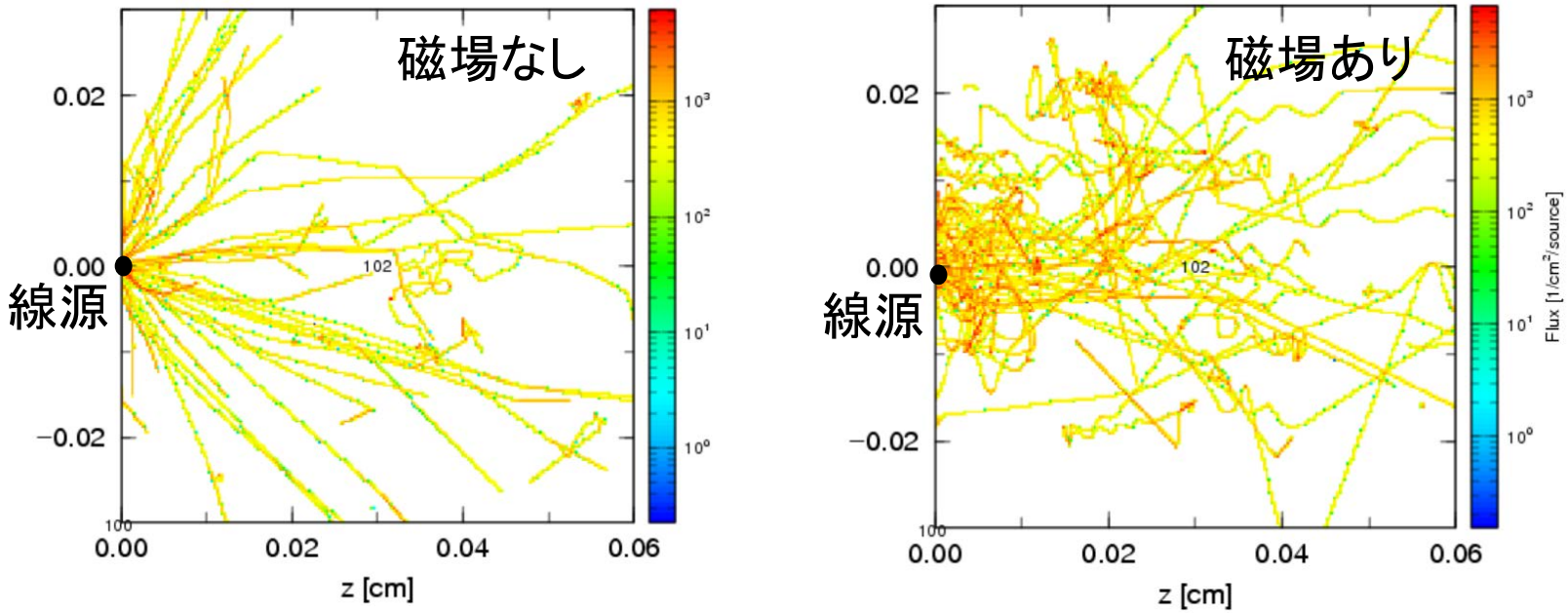
用途は遮蔽計算や中性子源設計などに限定される

詳細はphits/recommendation/jendlHE参照

S. Kunieda et al., JAEA-Conf 2016-004 (2016), https://wwwndc.jaea.go.jp/ftpnd/jendl/jendl40he.html

磁場マップデータ読込機能の開発

- ✓ xyz及びr-zグリッドで定義された磁場を読込可能
- ✓ データマップ型・データリスト型の両方に適用
- ✓ 各軸に対して反転・対称磁場にも適用
- ✓ 磁場中の粒子飛跡はルンゲ・クッタ法を用いて解析



金属ターゲット中の電子挙動。左図は磁場なし，右図はできるだけ右方法に電子が進むよう調整した磁場をかけた場合の計算結果

磁場データは大阪大学レーザー科学研究所坂田博士より提供
使い方の詳細は phits/utility/magmapを参照

今後の予定

◆高エネルギー核データ親和性の向上

- ✓ 対応核種の拡充

◆新たな計算機能の追加

- ✓ 飛跡構造解析モードの拡張（イオン・ターゲット）
- ✓ 分散分析に基づく系統誤差評価機能
- ✓ DCHAINの統計＆系統誤差出力機能

◆ユーザー支援機能の拡充

- ✓ 入力ファイル作成を支援する専用エディタの開発
- ✓ エラーメッセージID機能の完成

◆計算精度の向上

- ✓ 最新の蒸発モデル・核分裂モデルの導入・改良

お願い

- ✓ 更新にはML登録が必要ですので，最新版への更新をご希望の方は，PHITSホームページを参照の上，必ず登録してください
- ✓ バグを見つけた場合や，改良の要望がありましたら，PHITS事務局<phits-office@jaea.go.jp>までご連絡ください

みなさまからのフィードバックをお待ちしております

より詳しく知りたい方は

◆ PHITSオフィシャルホームページ

http://phits.jaea.go.jp

◆ PHITS Facebookページ

https://www.facebook.com/phitscommunity

現在，445

いいね！

◆ PHITSオフィシャル参考文献

T. Sato et al. J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018)

https://doi.org/10.1080/00223131.2017.1419890（オープンアクセス）

◆ PHITS事務局（質問受付）

https://phits.jaea.go.jp/contact/

phits-office@jaea.go.jp