

# PHITS2.82の特徴

2015年12月25日 PHITS開発チーム一同

# PHITS2.82に含まれる物理モデル

	中性子	陽子・π粒子 (その他の核子)	重イオン	μ粒子	電子・ 陽電子	光子	
高エネルギー ↑ 低 ↓	1 TeV	1 TeV/n		1 TeV	EGS5	EGS5	
	核内カスケード模型 JAM 3.0 GeV + 蒸発模型 GEM	量子分子 動力学模型		仮想光子 核反応 JAM/ JQMD	or	or	
	核内カスケード模型 INCL4.6 + 蒸発模型 GEM	d t <sup>3</sup> He α	JQMD + 蒸発模型 GEM	+ GEM	原子 データ ライブラリ EEDL / ITS3.0 / EPDL97 (~10GeV)	原子 データ ライブラリ JENDL-4.0 / EPDL97 (~100GeV)	光 核反応 JAM/ JQMD + GEM + JENDL + NRF
	20 MeV	1 MeV	10 MeV/n	200 MeV			
核データ ライブラリ JENDL-4.0 10 <sup>-5</sup> eV	1 keV	電離損失 SPAR or ATIMA			1 keV	1 MeV	

最新版PHITS (v2.82) に組み込まれた物理モデルとその適用エネルギー範囲\*

高エネルギー核反応モデルのバグを修正し、1TeV/nまで適応可能とした

\*モデル及びその適用エネルギー範囲は入力ファイルにて変更可能

# Version2.76からの主な変更点

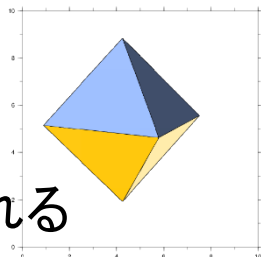
- ◆ 連続四面体形状(ポリゴン的一种)への適応(古田)
- ◆ ミューオン輸送アルゴリズムの改良(安部)
- ◆ 核共鳴散乱(NRF)計算機能の組み込み(小川)
- ◆ Sum tally機能の拡充(橋本)
- ◆ ユーザー指定断面積読み込み機能の導入(橋本)
- ◆ エネルギー分散計算方法の修正(岩元・佐藤)
- ◆ 繋ぎ計算の統計誤差計算方法の改良(古田)
- ◆ EGS5の薄膜計算対応及びバグ修正(佐藤・岩瀬)
- ◆ ポイントタリー機能の導入(仁井田)
- ◆ R- $\theta$ -Zメッシュの追加([t-track]のみ)(仁井田)
- ◆ 三角柱線源の追加(仁井田)

# 連続四面体形状への適応

## ✓ 連続四面体形状とは？

3次元ポリゴン的一种

全ての要素が四面体で構成される



## ✓ 用途は？

人体など幾何学形状では表現できない複雑な体系を表現する

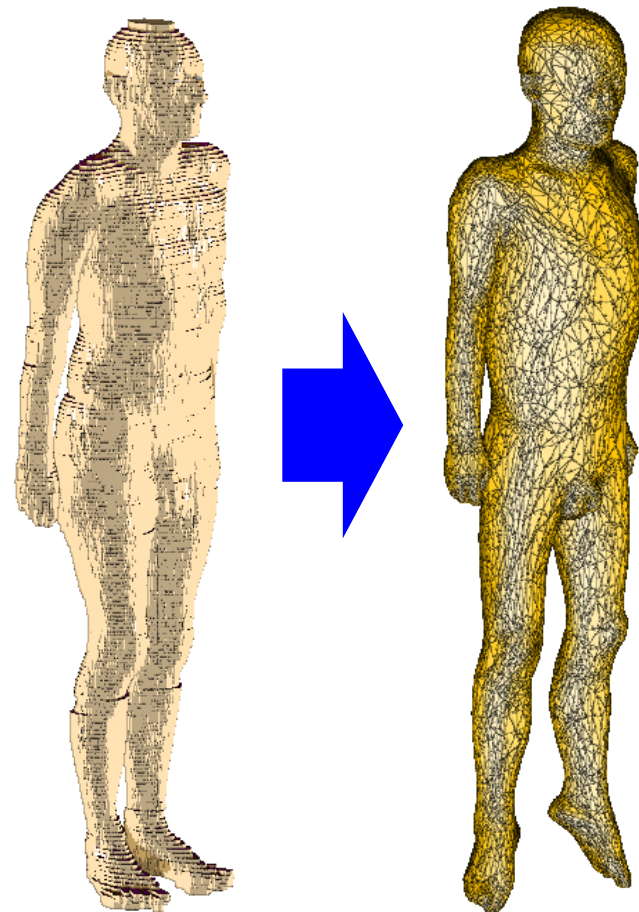
CADジオメトリを連続四面体形状を介して間接的に読み込むことができる

## ✓ 使い方は？

連続格子形状(ボクセル)とほぼ同じ

TetGen\*などのツールを使って、連続四面体形状を別途準備する必要がある

\* <http://wias-berlin.de/software/tetgen/>



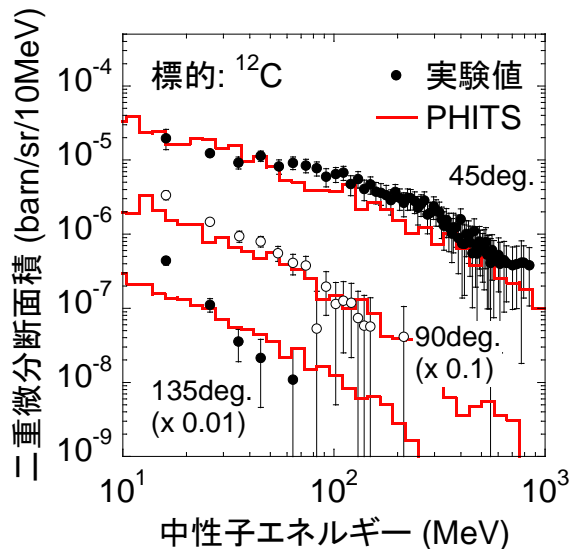
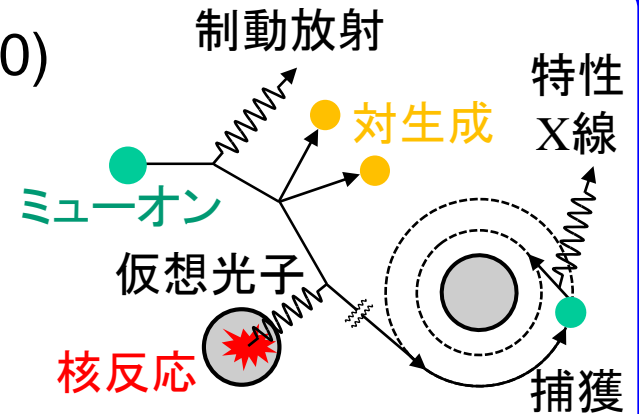
ボクセルファントム  
(ICRP [1])

四面体ファントム  
(Hanyang Univ. [2])

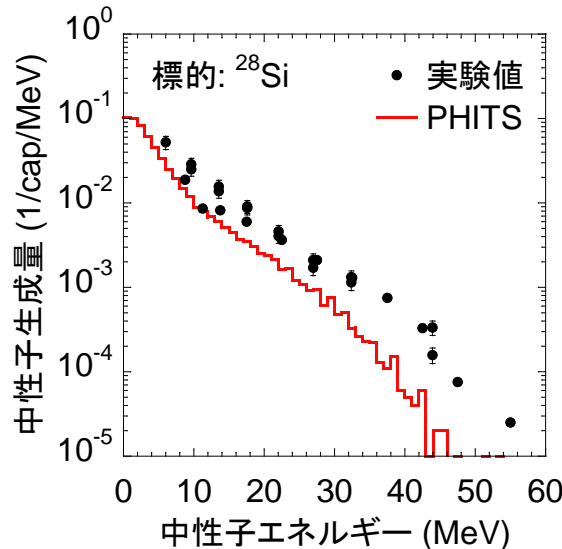
[1] ICRP Publication 110, [2] Y.S. Yeom et al. Phys. Med. Biol. 59, 3173-3185 (2014)  
本改良は、韓国Hanyang大学のKim教授のグループの協力により実施いたしました

# ミューオン輸送に関する改良

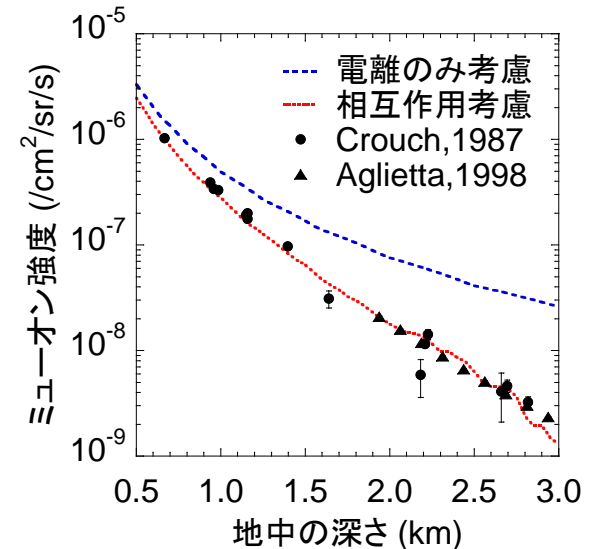
- ◆ 仮想光子を介した核反応計算機能(ver.2.70)
  - ◆ 負ミューオン捕獲反応計算機能(ver.2.76)
  - ◆ 制動放射、対生成計算機能(ver.2.80)
- ➡ 物質中でのミューオンの相互作用を全て計算可能に



$^{12}\text{C}(\mu, n) @ 190\text{GeV}/c$



$^{28}\text{Si}(\mu^-, n) @ \text{captured}$

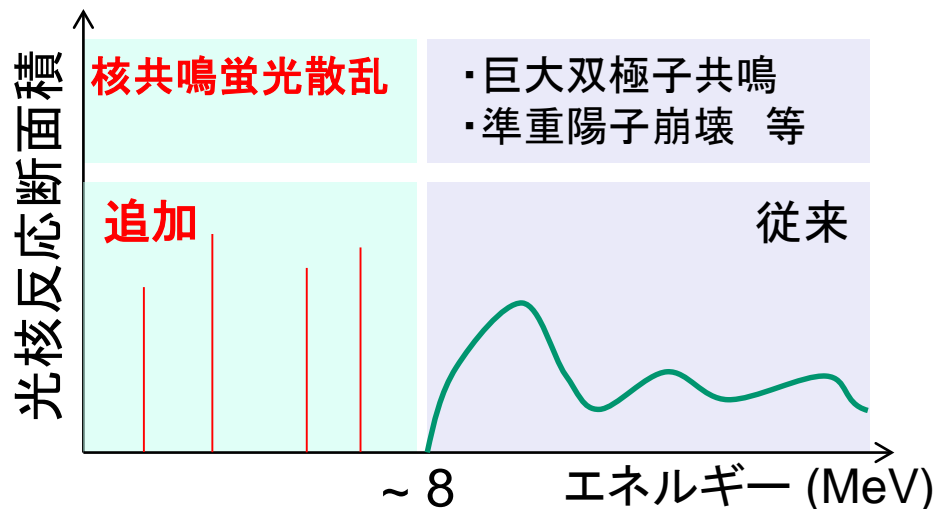


環境ミューオンの透過率

# 核共鳴蛍光散乱(NRF)計算機能の組み込み

## 核共鳴蛍光散乱とは？

原子核の励起準位とほぼ同等のエネルギーの光子が入射したとき、その光子エネルギーを吸収して核が励起状態となり、特定エネルギーの $\gamma$ 線を放出する



### 利点

従来PHITSが扱えなかったMeV領域の光核反応が計算できる

### 用途

食品照射による放射化の計算  
核物質検知のシミュレーション etc.

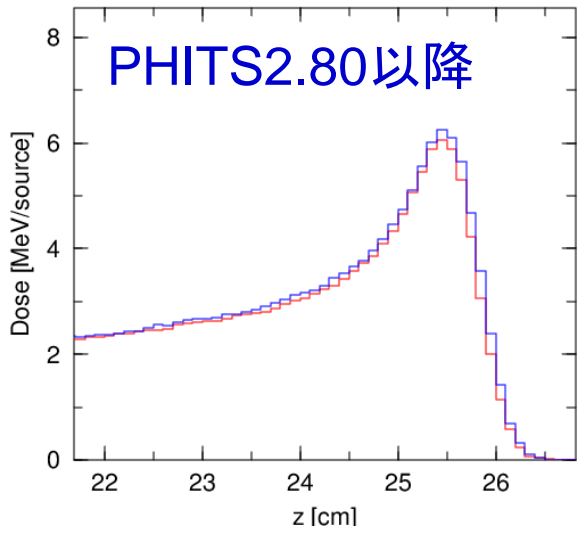
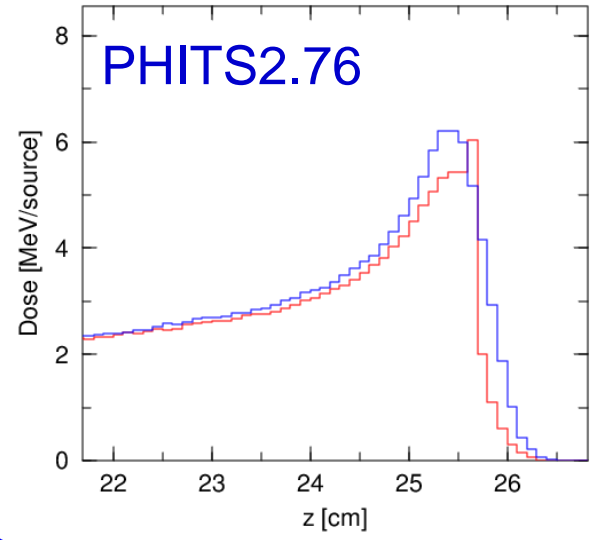
## 使い方

1. [parameters]セクションにおいてiprint=2とする
2. [source]セクションにおいて光子の偏光方向を指定する(偏光の場合のみ)
3. igamma = 3 とすると、[T-yield]で光子照射によるアイソマー生成が計算できる

吸収準位はENSDF(<http://www.nndc.bnl.gov/nudat2/>)の準位ほぼ全てに対応

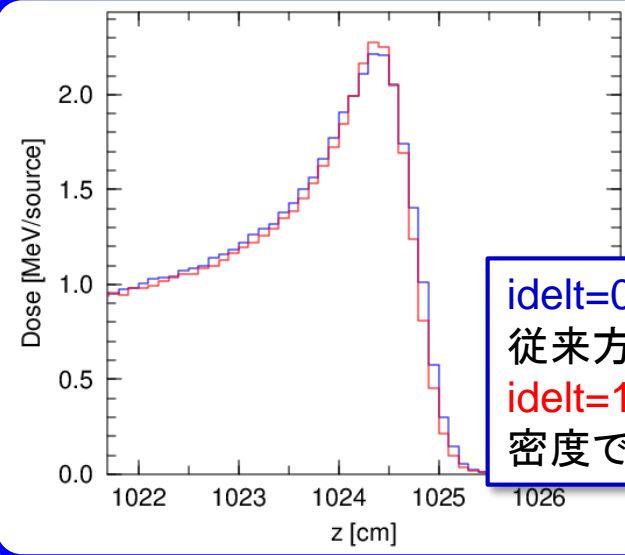
# エネルギー分散計算方法の修正

## 吸収線量のジオメトリ依存性を解消



200MeV陽子を水中に入射したときのブラッグピーク付近の線量

青線: 1mm厚のセルが280個  
赤線: 28cm厚のセルが1個



## 気体中の解析時間を短縮

200MeV陽子が10mの空気を通過して水中に入射したときのブラッグピーク付近の線量

idelt=1: 最大飛行距離を密度で規格化

計算時間が約1.6倍速くなる

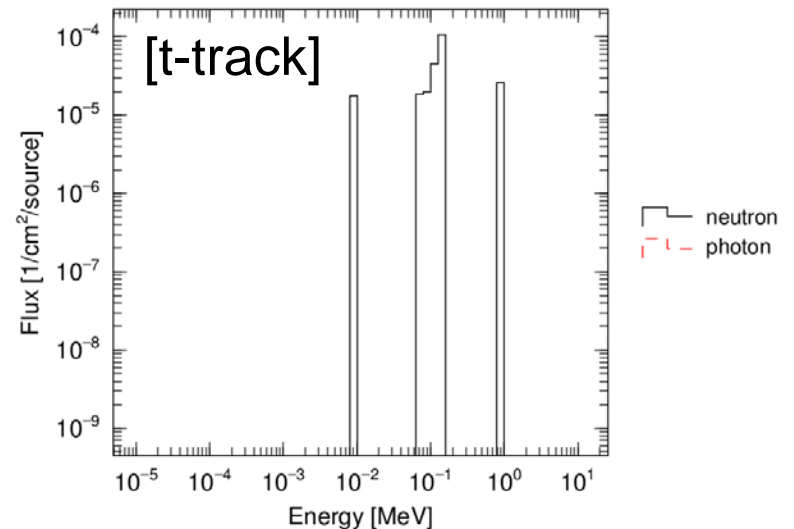
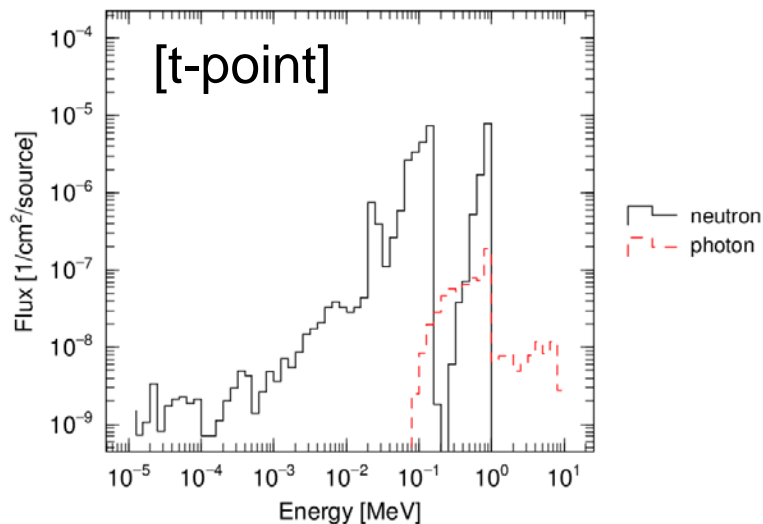
# ポイントタリーの追加

## ポイントタリーとは？

ある点やリング状の線分におけるフルエンスを計算するタリー。体系が大きくタリー領域が小さい場合などに有効

## 計算条件

- ✓ 核データ及び原子データのみ利用したシミュレーション
- ✓ 中性子・光子のフルエンスのみ計算可能
- ✓ イベントジェネレータモードやEGSモードは使わない



ある点及びその周辺のフルエンスを[t-point]及び[t-track]で計算した結果