E36:
新しい宇宙線空気シャワー シミュレーションコードの開発
(COSMOSの開発と将来の展開)

塙　隆志　(東大ICRR)

査定額と共同研究者

- E36　空気シャワーシミュレーション
  - 査定額 20万円（旅費）
    - 月例実務者会議
    - ３月の勉強会
  - 大型計算機利用
  - 共同研究者

    常定芳基（大阪市大）、毛受弘彰（名大）、櫻井信之（徳島大）、
    吉越貴紀、大石理子、野中敏幸、武多昭道、西山竜一、釜江常好（東大）、木戸英治、
    榊直人（理研）、笠原克昌（芝工大）、藤井俊博（京大）、芝田達伸、板倉数記（KEK）、
    大嶋晃敏、山崎勝也（中部大）、日比野欣也、有働慈治（神大）、
    多米田裕一郎（大阪電通大）、奥田剛司（立命館大）、奈良寧（国際教養大）、
    土屋晴文（原子力機構）

E36活動内容（COSMOS開発）

- 2013年末、有志による「モンテカルロシミュレーション研究会」として発足（2014年から共同利用）
- COSMOS8 GFortran版の公開、ICRR webサーバーでの公開
- cmake compileの実現
- 「空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会」（シニア＋学生セッション）
- 構造の改良：相互作用のモジュール化（地味な coding作業）
- 共同研究者で分担し、多様な環境でのコンパイルと動作試験
  - マイナーアップデート（環境依存を多数発見）
  - Web page, manual, サンプルコード等の改良
- 今年度（後述）
  - COSMOS version 8のbug fixと動作試験継続
  - COSMOS version 9の完成と公開に向けた準備
  - CORSIKA WSでの講演
- 来年度、今後の方向性を議論
  - 若手への講習会の開催（CORSIKAも含む）[今年度から持ち越し]
  - ニュートリノ反応の導入

COSMOS update history 2018-2019

Minor updates

- 8.03 (25-Apr) source fileを一本化
- 8.031 (16-Aug) bug fix
- 8.032 (23-Aug) sibyll2.3c.fにコンパイル依存バグ => CRMCで使っていたsibyll2.3c01.fに変更 (Felix Riehnに確認)
- 8.033 (30-Aug) EPOS出力にoff-mass-shell particleあり。CRMCで使っている修正コードを導入。
- 8.034 (18-Oct) ユーザー定義断面積を利用可能に
- 8.035 (13-Nov) compile optionの追加
- 8.036
- 8.037 (4-Apr) sibyll2.3cのtarget定義のバグ修正
- 8.038 (27-Sep) 原子核入射指定方法改善
- 8.039 (8-Nov) heavy ion入射の PDGコード利用可
- 8.040 (on going) 大気電場指定サンプルコード

ICRRの webサーバーに移動！(2018-)

cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp

Presentation in the CORSIKA 30th anniversary WS

The COSMOS air shower simulation program

Takashi Sako

(ICRR, University of Tokyo)

for the COSMOS development team

Official web : http://cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp/cosmosHome/
New web under develop : http://cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp/COSMOSweb/

COSMOS User Interface

User code and input files (FirstKiss as an example)

COSMOS system functions

- cosmos/cmain.f
- Manager/cmanager.f
- Manager/cbeginRun.f
- Manager/ceventLoop.f
- Tracking/ctracking.f
- Tracking/cobservation.f
- Tracking/cinteraction.f

cosmosLinuxGfort (executable)

standard input

link

chook.f User hook functions

call subroutine chookBgRun
call subroutine chookBgEvent
call subroutine chookObs
call subroutine chookEnEvent
subroutine chookEnRun
subroutine chookTrace
call subroutine chookEInt
call subroutine chookGInt
call subroutine chookNEPInt

param MC condition parameters

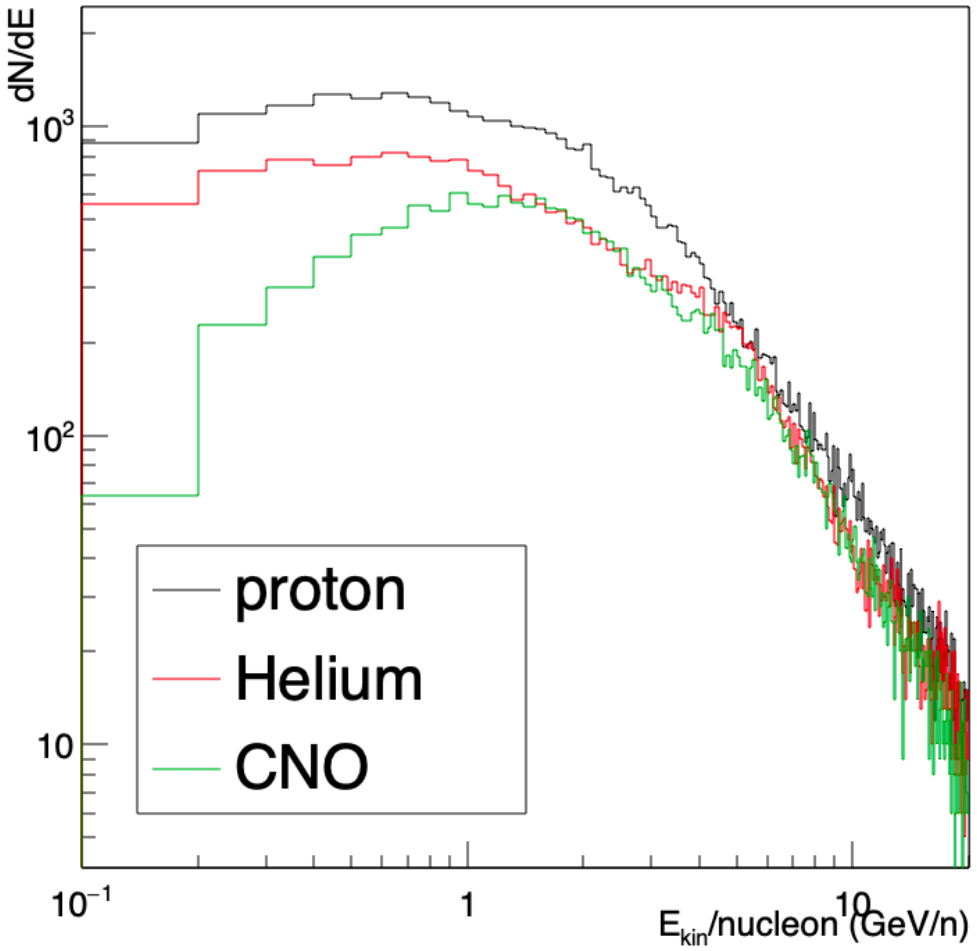
```
ASDepthList = 3000, 4000.0 6000.0
10000.0  .0 .0 .0
ASHeightList = .0, .0, .0, .0, .0, .0, .0, .0, .0, .0,
Azimuth = (0.0,360.0),
BaseTime = 10.0,
Cont = F,
ContFile = ' '
CosZenith = (0.9, 0.9)
CutOffFile = ' ',
Ddelta = 5.00,
      :
PrimaryFile = 'primary',
      :
```

primary

```
'iso 12 6'   'GeV'    'KE/n'  'd'    0   /
     100            1.
      0.            0.
```

Primary particle setting

Primary definition



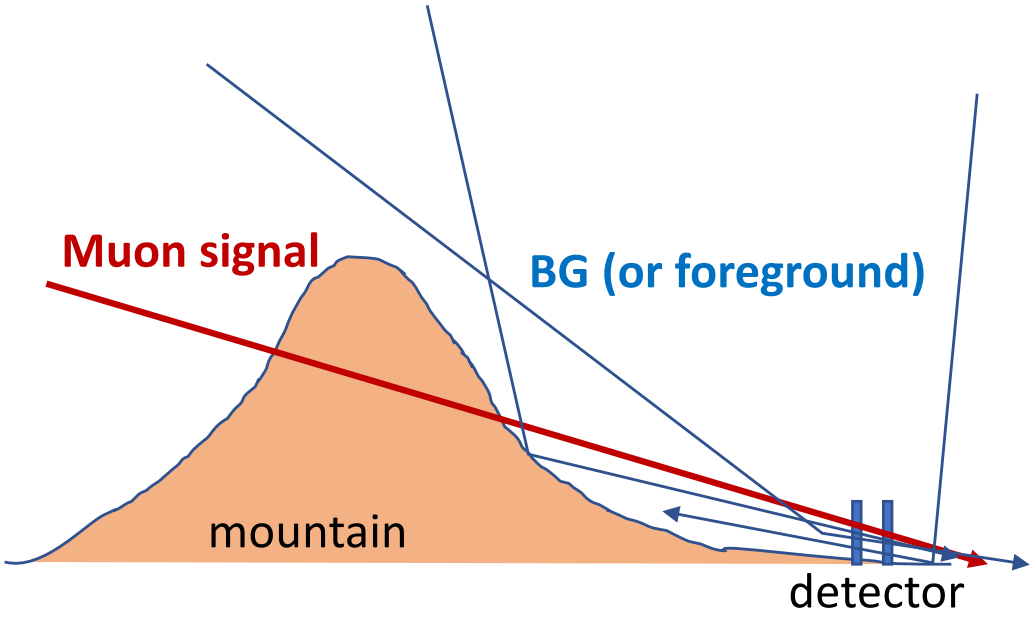
Of course, mono energy, simple power law are simpler

'primary' file

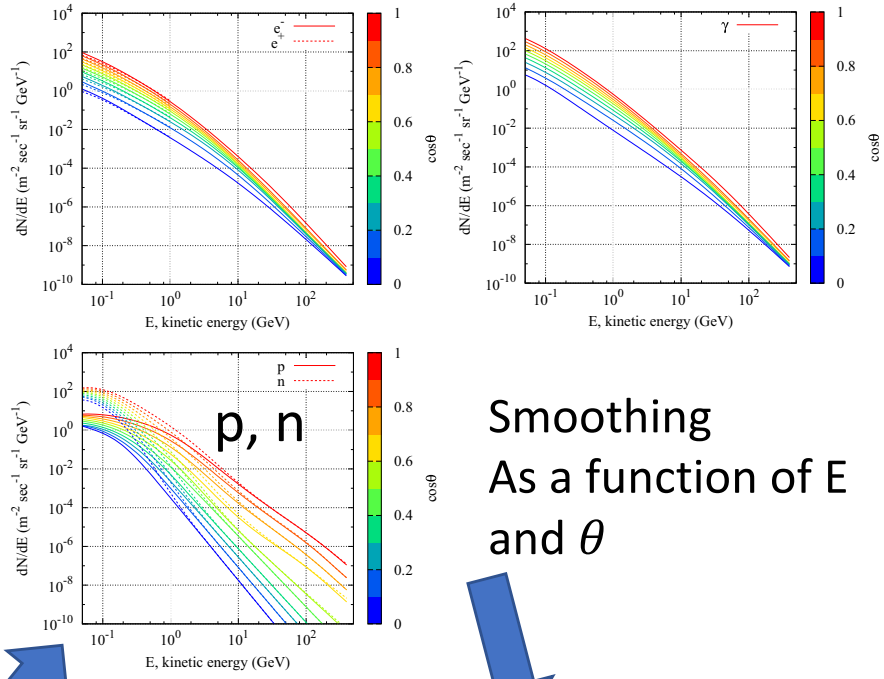
```
'p'     'GeV'     'KE/n'   'd'      0   /
        0.1       1.2
        0.2       1.5
        .3        1.7
        .4        1.9
        .5        1.93
        .6        1.9
        .8        1.8
        1.5       1.5
        2.        1.25
        3.        .8
        4.        .55
        10.       .1
        20.       .02
        100.      2.8e-4
        0         0
'He'    'GeV'     'KE/n'   'd'      0   /
        .1        .7
        .2        1.
        .4        1.2
        .6        1.25
        .8        1.2
        1.        1.15
        2.        .7
        5.        0.35
        10.       0.065
        30.       .008
        100.      2.e-4
         0         0
'CNO'   'GeV'     'KE/n'   'd'      0 /
         .1       .013
        .2        .28
        .3        .4
        .5        .65
        .8        .8
        1.        .85
        1.3       .88
        2.0       .75
        4.        .35
        6.        .2
        10.       .07
        20.       .012
         0         0
```

最近の応用例：Muography

(R.Nishiyama, A.Taketa, S.Miyamoto, K.Kasahara, Geophys. J. Int. (2016) 206)



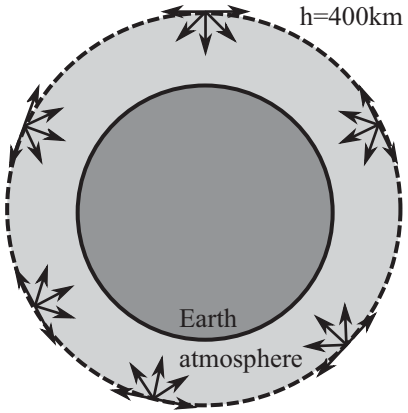
$e^{+/-}$ γ

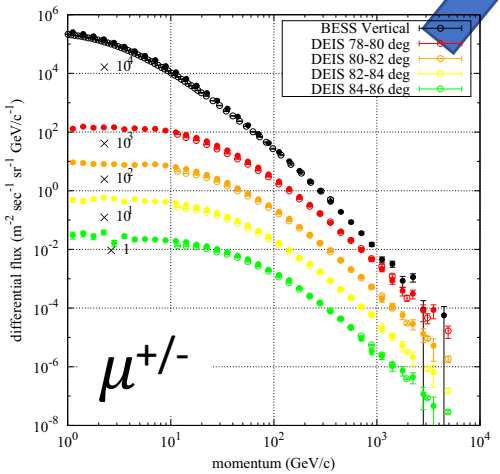


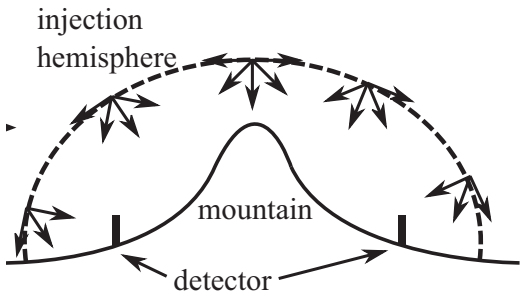
Smoothing
As a function of E and θ

GEANT4

(a) COSMOS





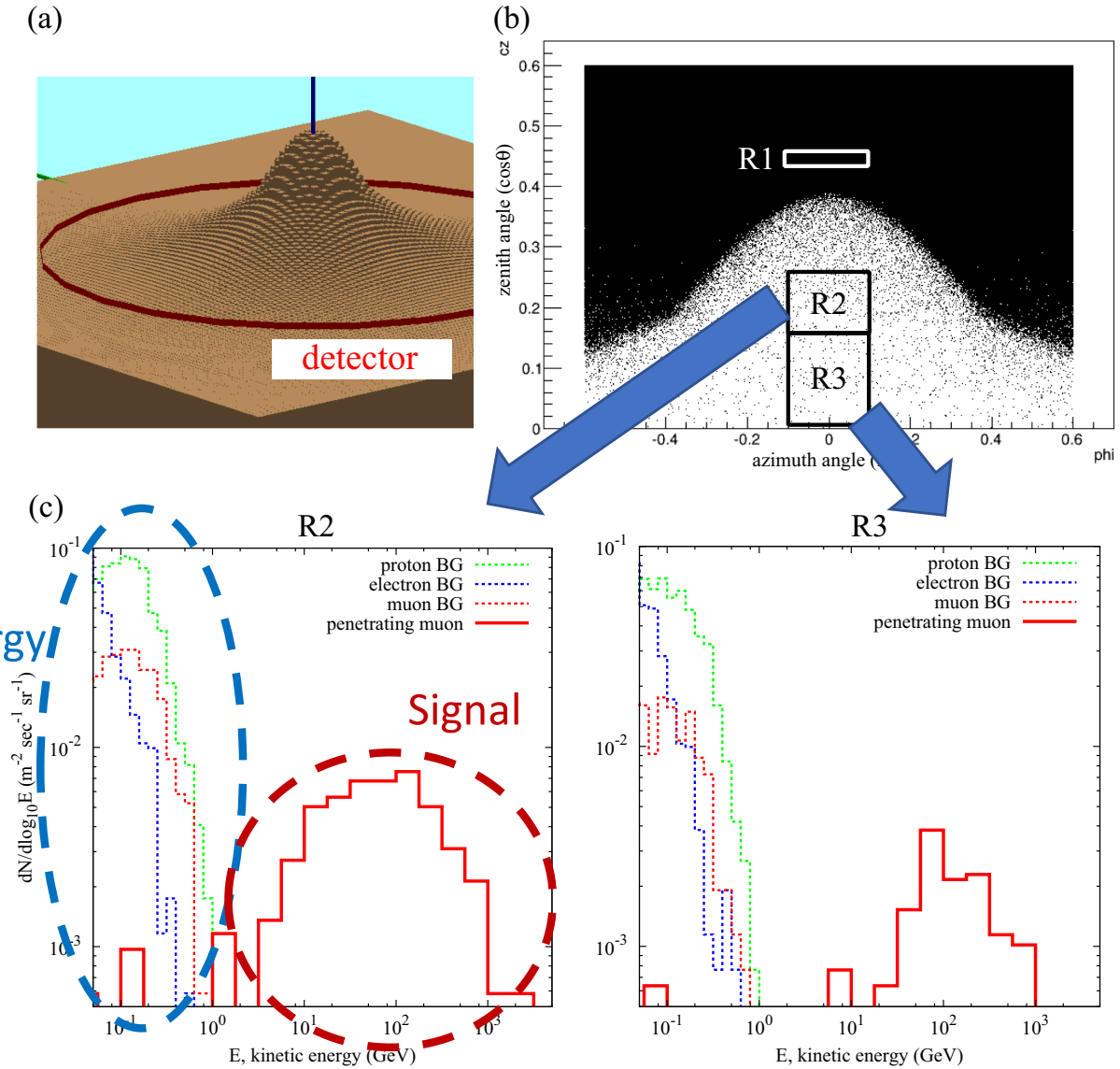


最近の応用例：Muography

(R.Nishiyama, A.Taketa, S.Miyamoto, K.Kasahara, Geophys. J. Int. (2016) 206)

BG dominates in number

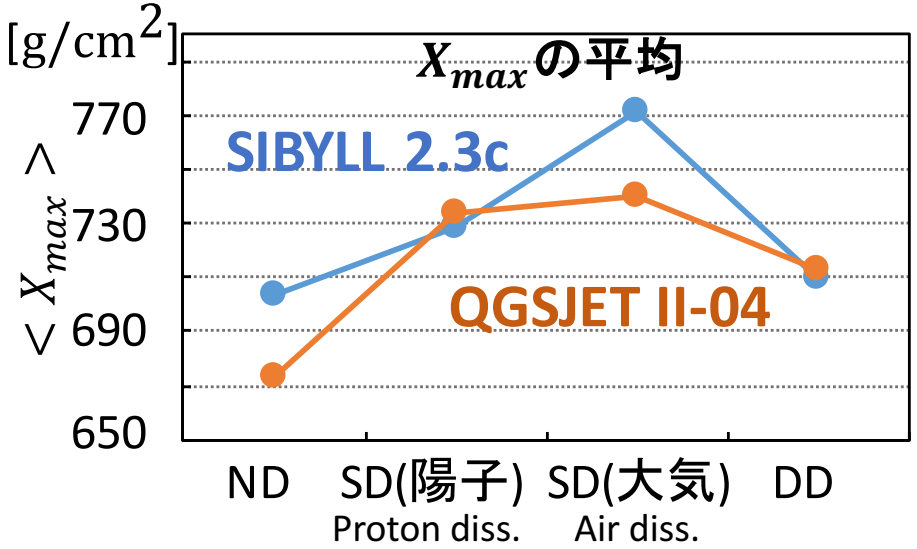
But clear difference in energy

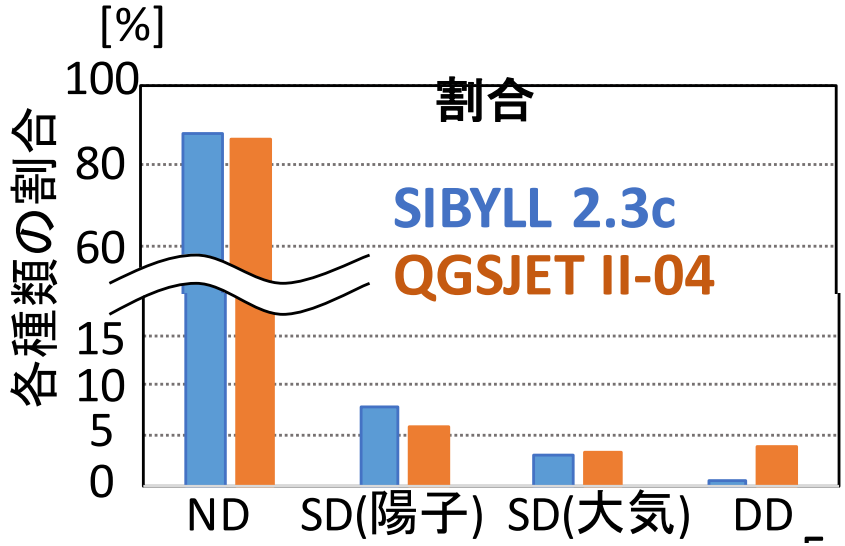


最近の応用例：

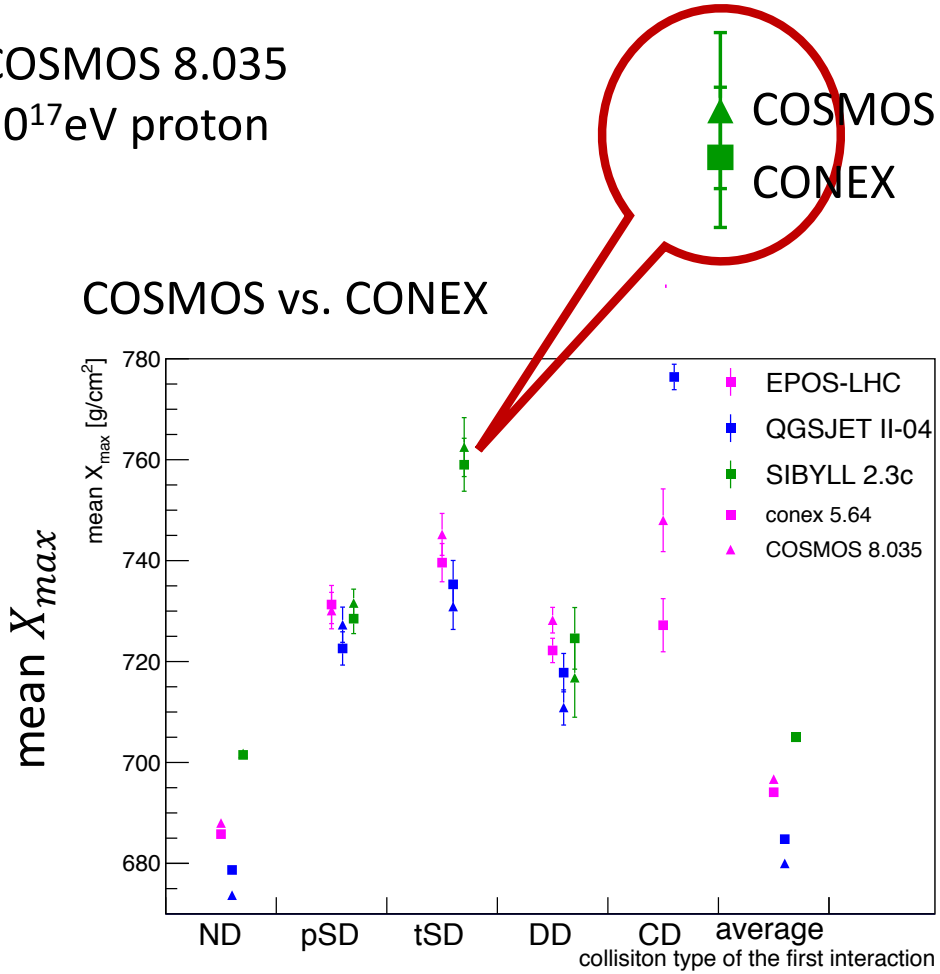
by K.Ohashi (LHCf, Nagoya)

- 1st interaction category and <X_{max}>



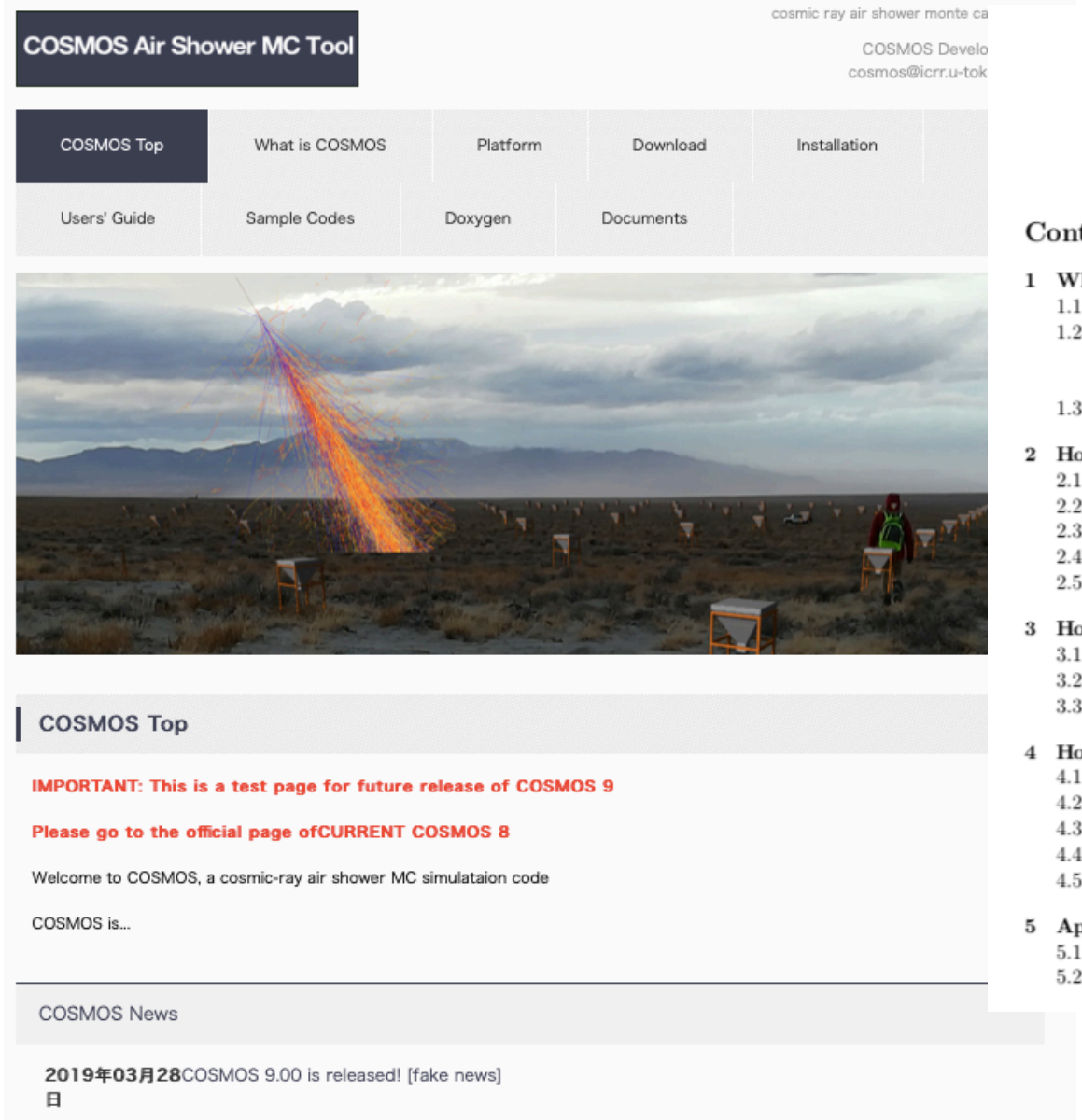


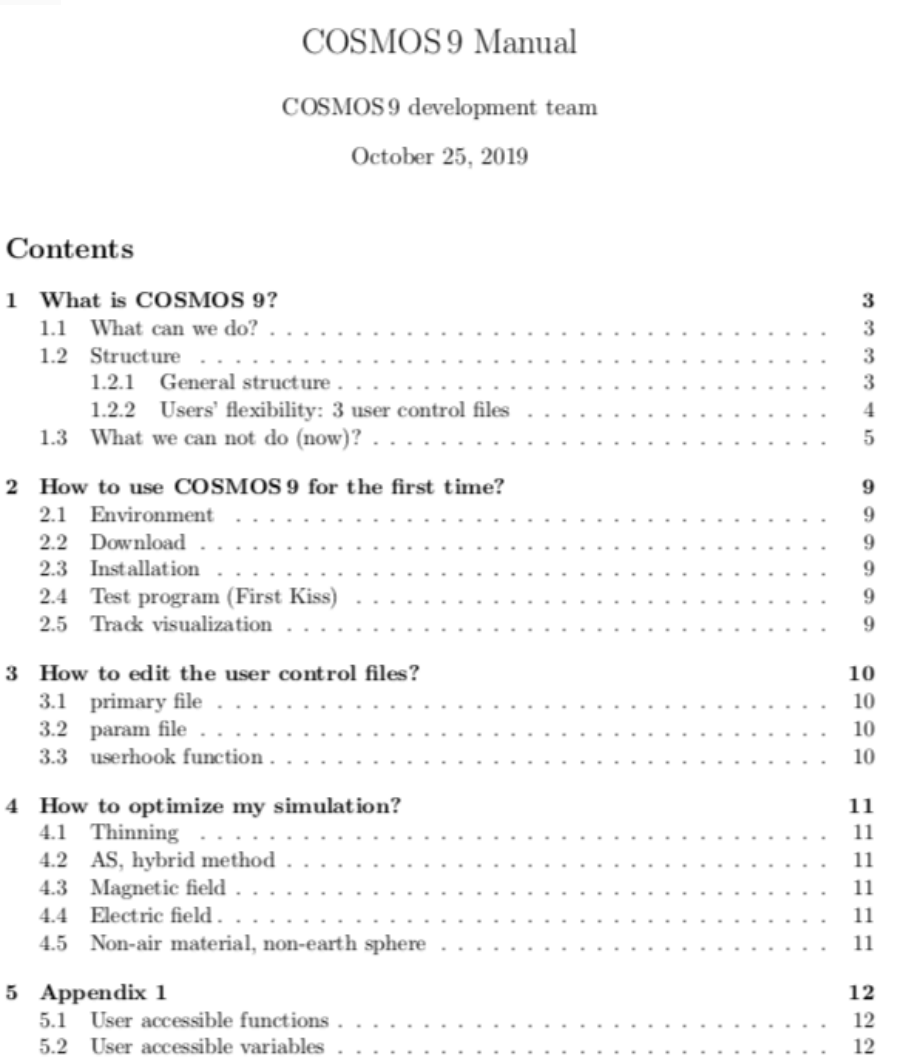
COSMOS 8.035
10^{17}eV proton



COSMOS9

- http://cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp/COSMOSweb/





COSMOS 9 Manual

COSMOS 9 development team

October 25, 2019

Contents

1 What is COSMOS 9? 3
1.1 What can we do? . . . 3
1.2 Structure . . . 3
1.2.1 General structure . . . 3
1.2.2 Users' flexibility: 3 user control files . . . 4
1.3 What we can not do (now)? . . . 5

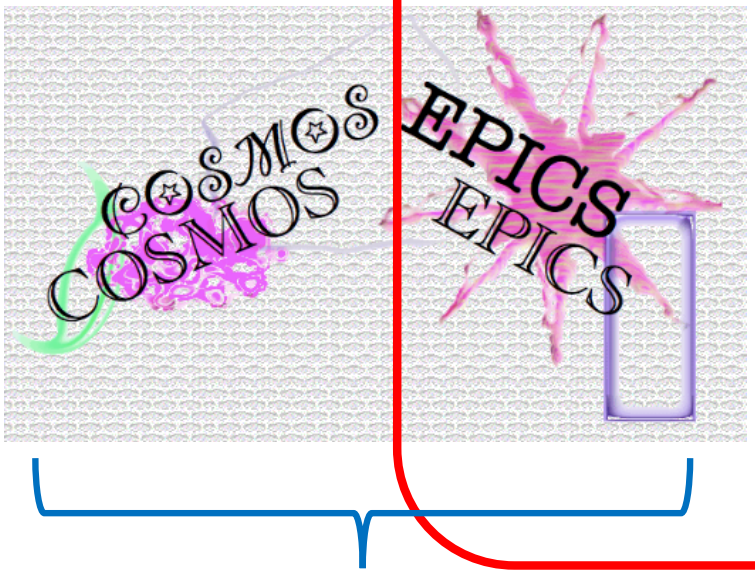
2 How to use COSMOS 9 for the first time? 9
2.1 Environment . . . 9
2.2 Download . . . 9
2.3 Installation . . . 9
2.4 Test program (First Kiss) . . . 9
2.5 Track visualization . . . 9

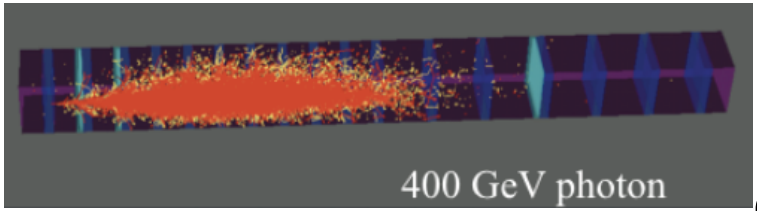
3 How to edit the user control files? 10
3.1 primary file . . . 10
3.2 param file . . . 10
3.3 userhook function . . . 10

4 How to optimize my simulation? 11
4.1 Thinning . . . 11
4.2 AS, hybrid method . . . 11
4.3 Magnetic field . . . 11
4.4 Electric field . . . 11
4.5 Non-air material, non-earth sphere . . . 11

5 Appendix 1 12
5.1 User accessible functions . . . 12
5.2 User accessible variables . . . 12

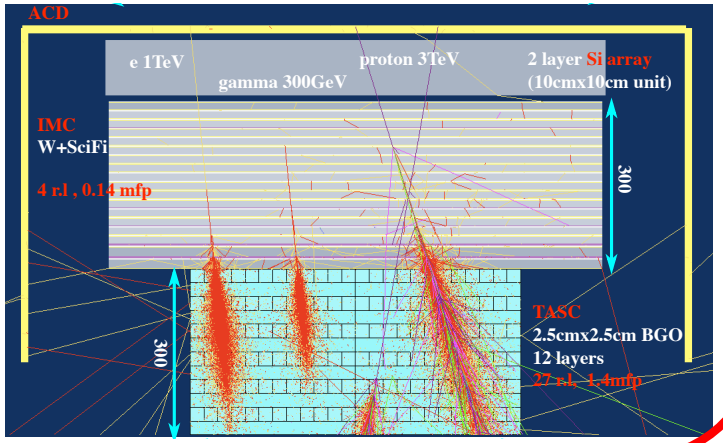
Tracking in non-air material fusion with EPICS – on going update --

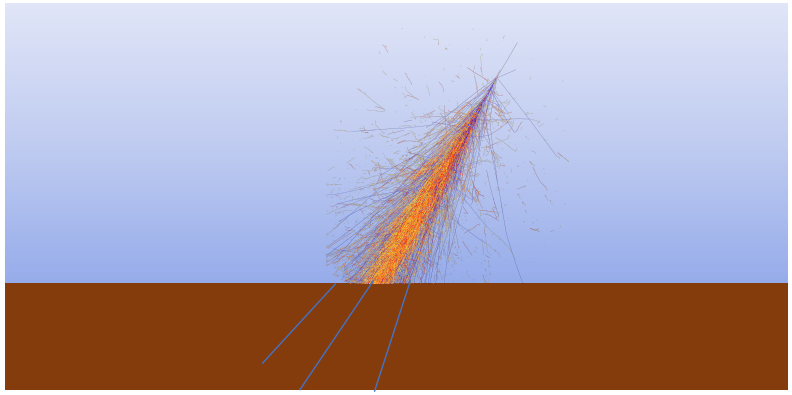




LHCf

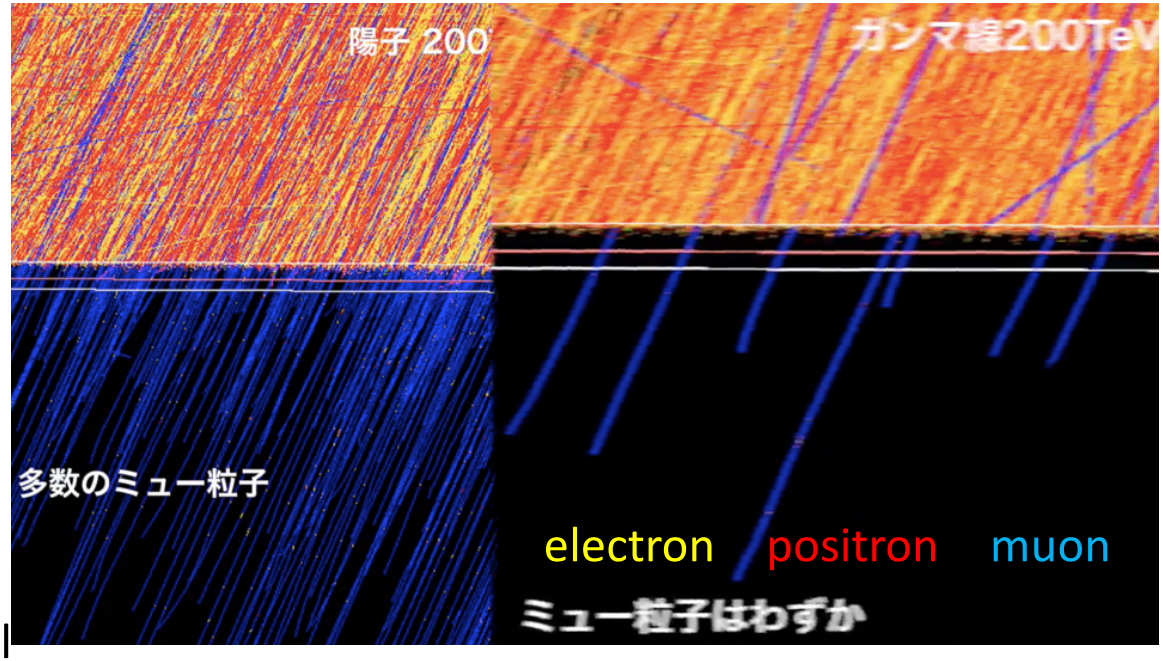
CALET





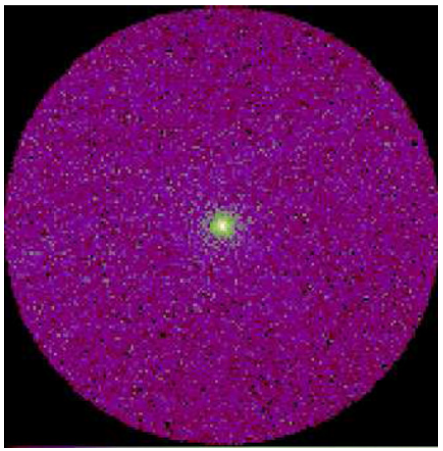
- EPICS is a detector simulation code allowing arbitrary material, shape, …
- Seamless simulation into rock, ice, water, … using high energy interaction models
- Muongraphy

Tiber ASγ + MD



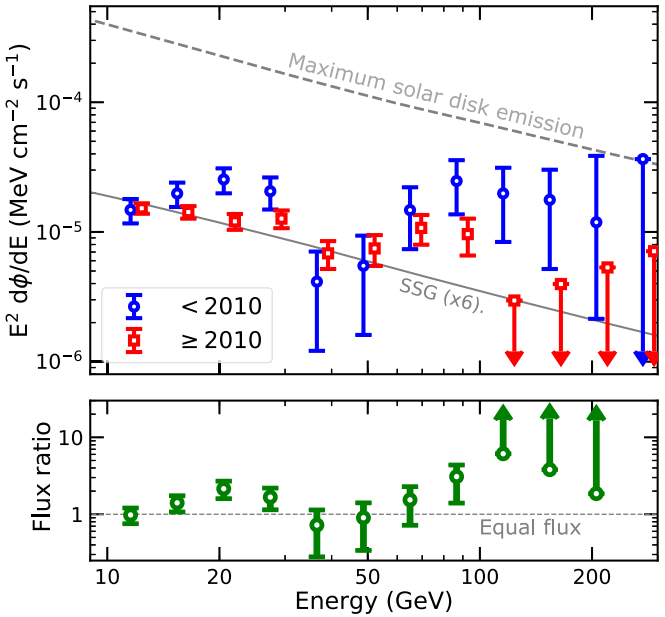
https://www.tibet-asg.org/index_ja.html

Extra-Terrestrial Air showers !?
-- proposed application --

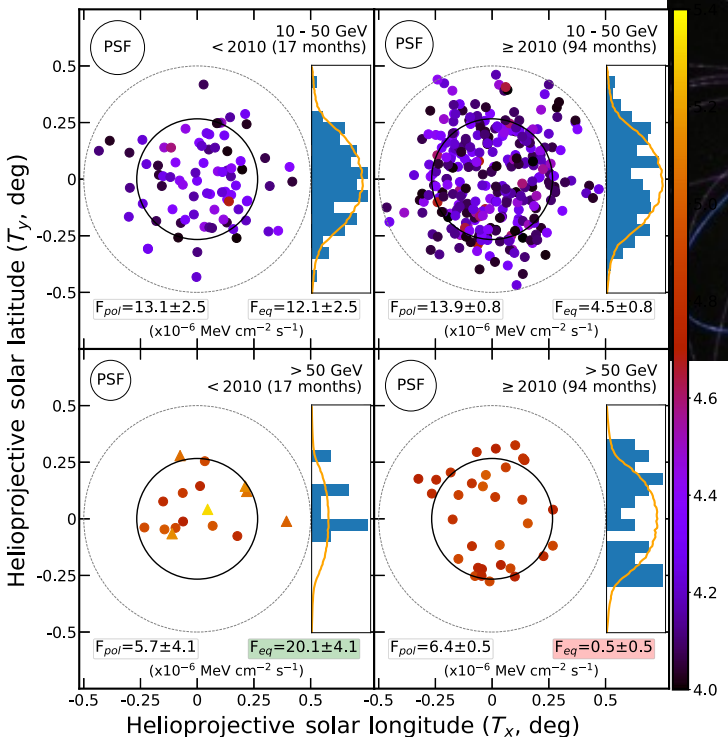


- Fermi/LAT observation
- GCR + solar atmosphere

A.Abdo et al., ApJ, 734:116 (10pp), 2011

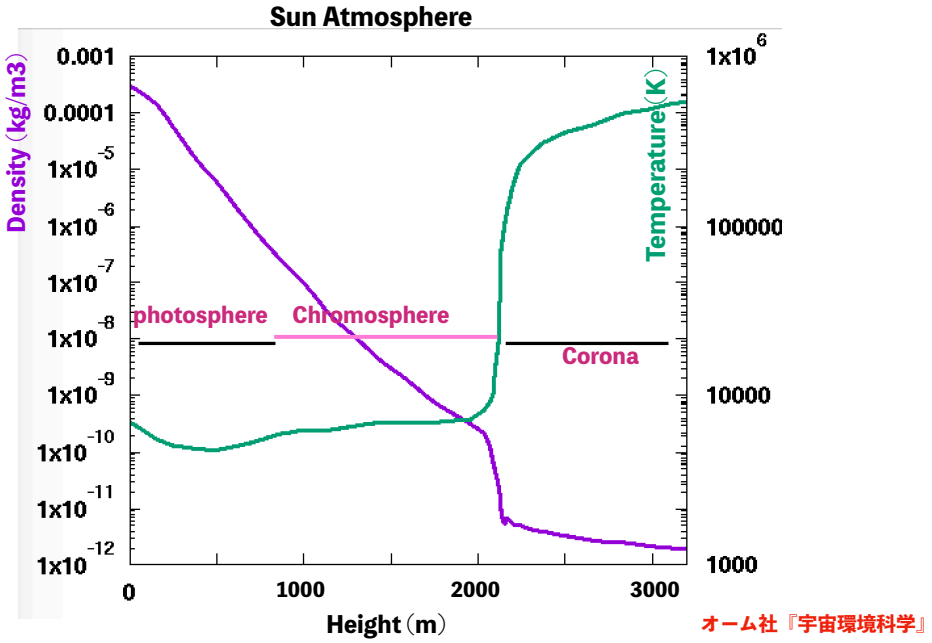


T. Linden et al., PRL 121, 131113 (2018)

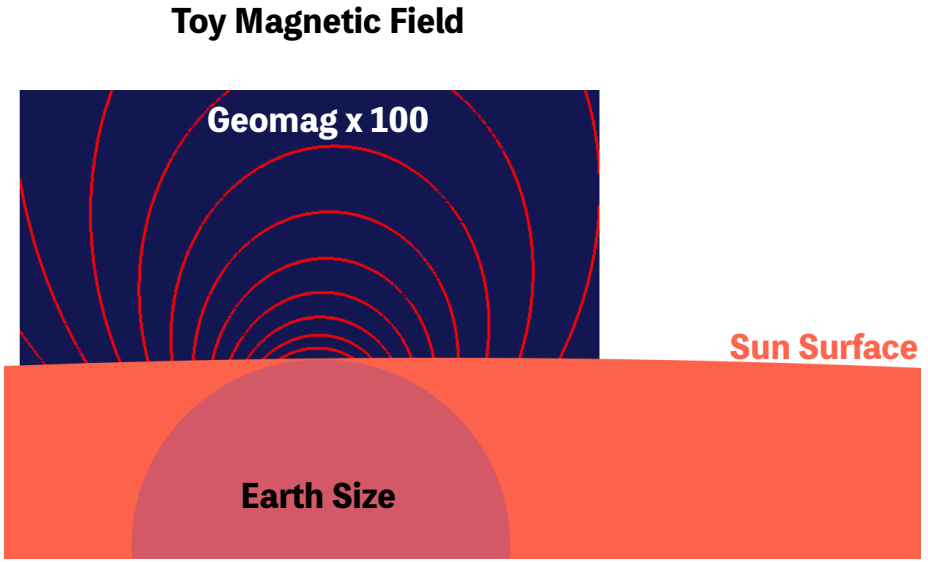


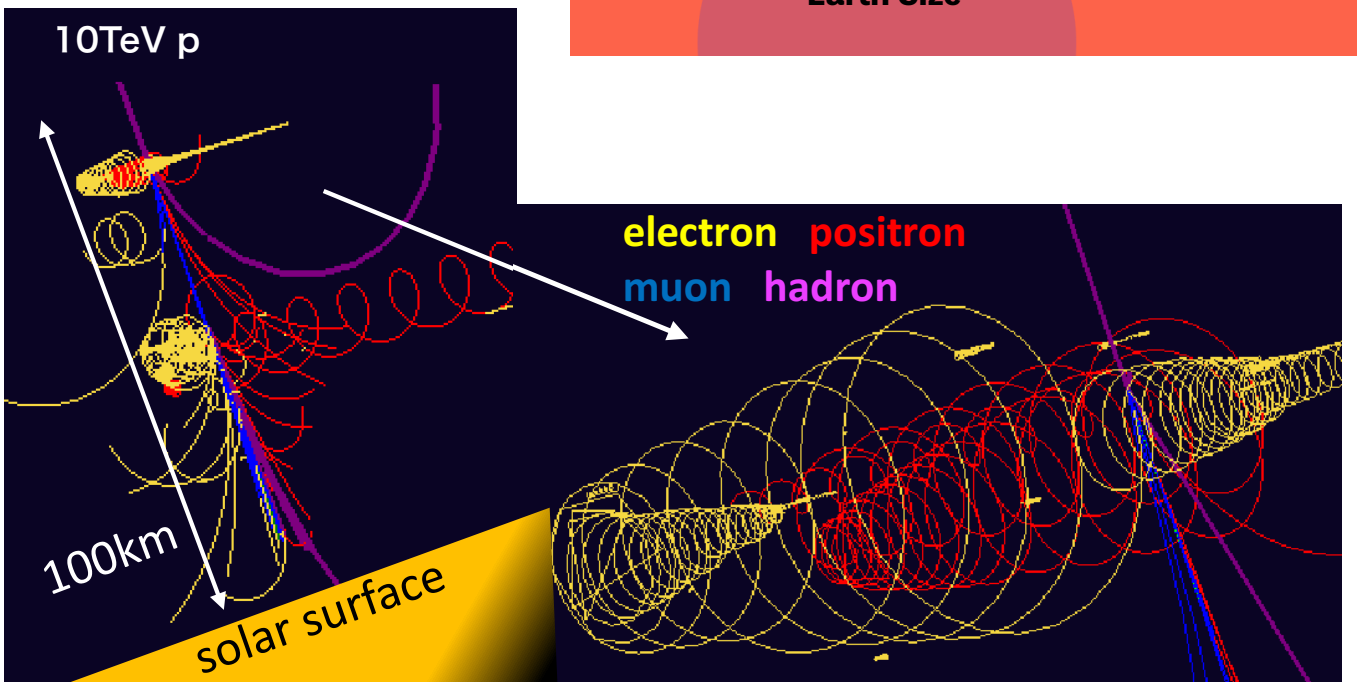
- Time dependent energy spectrum, emission region
- GCR + solar magnetic field + interaction with H, He, …
- Quantitative explanation by COSMOS?

太陽大気テスト計算



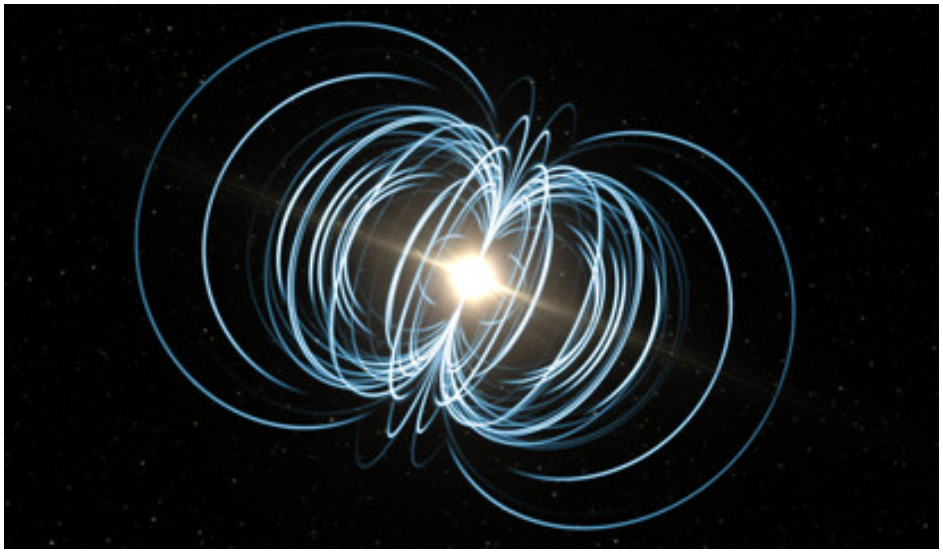
オーム社『宇宙環境科学』

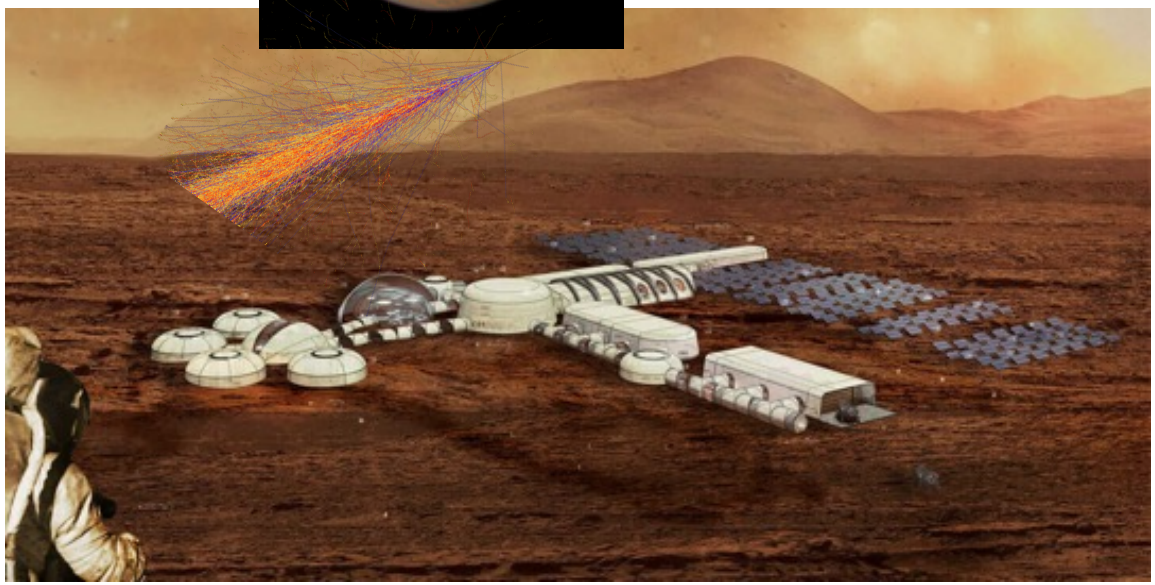




More applications?

Tracking in strong magnetic field





Air showers in other planets

まとめ

- COSMOS 8の維持・改良
  - 動作試験の分担 => 環境依存・バグの発見対応
  - ユーザー対応強化 => サンプルコード・マニュアルの整備
  - コードの構造化 => COSMOS9へ
- COSMOS 9の開発
  - 「非」大気への対応
  - 公開準備中（マニュアル・サンプル・可視化）
- COSMOSの普及
  - CORSIKAチームとの交流
  - 若手むけ講習会の予定（not only COSMOS）
  - 西村先生の講義録出版予定

ご支援ありがとうございます。
初心者ユーザーのご意見歓迎。卒業研究等のテーマにもどうぞ。