

F28:
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)

塔 隆志 (東大ICRR)

査定額と共同研究者

- 査定額 10万円（旅費）・繰越分 16.7万円


- 月例実務者会議
- 3月末のCOSMOS講習会・空気シャワー勉強会

- 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）

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) を毎年開催
- 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
- **非気体媒質・非地球大気での計算可能な改良 (ただし同心球殻)**
- CORSIKA WSでの講演
- 今年度 (後述)
 - **新バージョン COSMOS Xの公開** 
 - ICRC2021で発表
 - 若手向け講習会
 - 月例会議で Debug, etc...

COSMOS X公開

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

COSMOS X Manual

COSMOS X development team

November 18, 2021

Contents

1	What is COSMOS X?	3
1.1	What can we do with COSMOS X?	3
1.2	Structure	3
1.2.1	General structure	4
1.2.2	Users' flexibility: 3 user control files	4
1.3	What we can not do (now)?	5
2	How to use COSMOS X for the first time?	9
2.1	Environment	9
2.2	Download	9
2.3	Installation	9
2.4	Test program (First Kiss)	10
2.4.1	Compile and Run	10
2.4.2	Track visualization	11
2.4.3	Userhook output	12
3	How to edit the user control files?	13
3.1	primary file	13
3.2	param file	14
3.3	userhook function	14
4	How to optimize my simulation?	15
4.1	Hadronic interaction model ON GOING	15
4.2	Thinning	15
4.3	AS, hybrid method	15
4.4	Magnetic field	15
4.5	Electric field	15
4.6	Non-air material, non-earth sphere	15

cosmic ray air shower monte carlo code

COSMOS Air Shower MC Tool

COSMOS Develop Team
cosmos@icrr.u-tokyo.ac.jp

COSMOS Top | What is COSMOS | Platform | Download | Installation

Users' Guide | Sample Codes | Doxygen | Documents

COSMOS Top

Now brand-new version of COSMOS, COSMOS X, is available. Enjoy it. Your feedbacks are welcome.

For old COSMOS version <=8, please go to the original page.

Welcome to COSMOS, a cosmic-ray air shower MC simulation code

COSMOS is...

COSMOS News

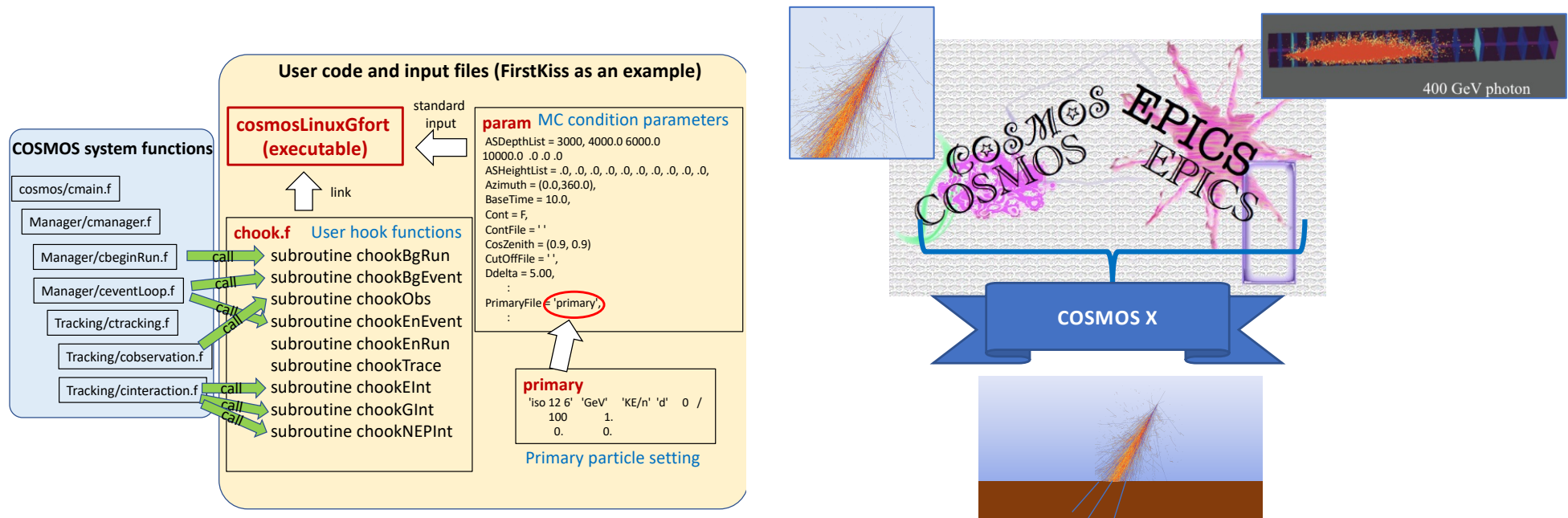
ICRC2021で報告

ICRC2021 (Berlin, online) ID725

COSMOS X as a general purpose air shower simulation tool

T. Sako,^a T. Fujii,^{b,c} K. Kasahara,^d H. Menjo,^e N. Sakaki,^f N. Sakurai,^g A. Taketa,^h Y. Tamedaⁱ for the COSMOS X development team

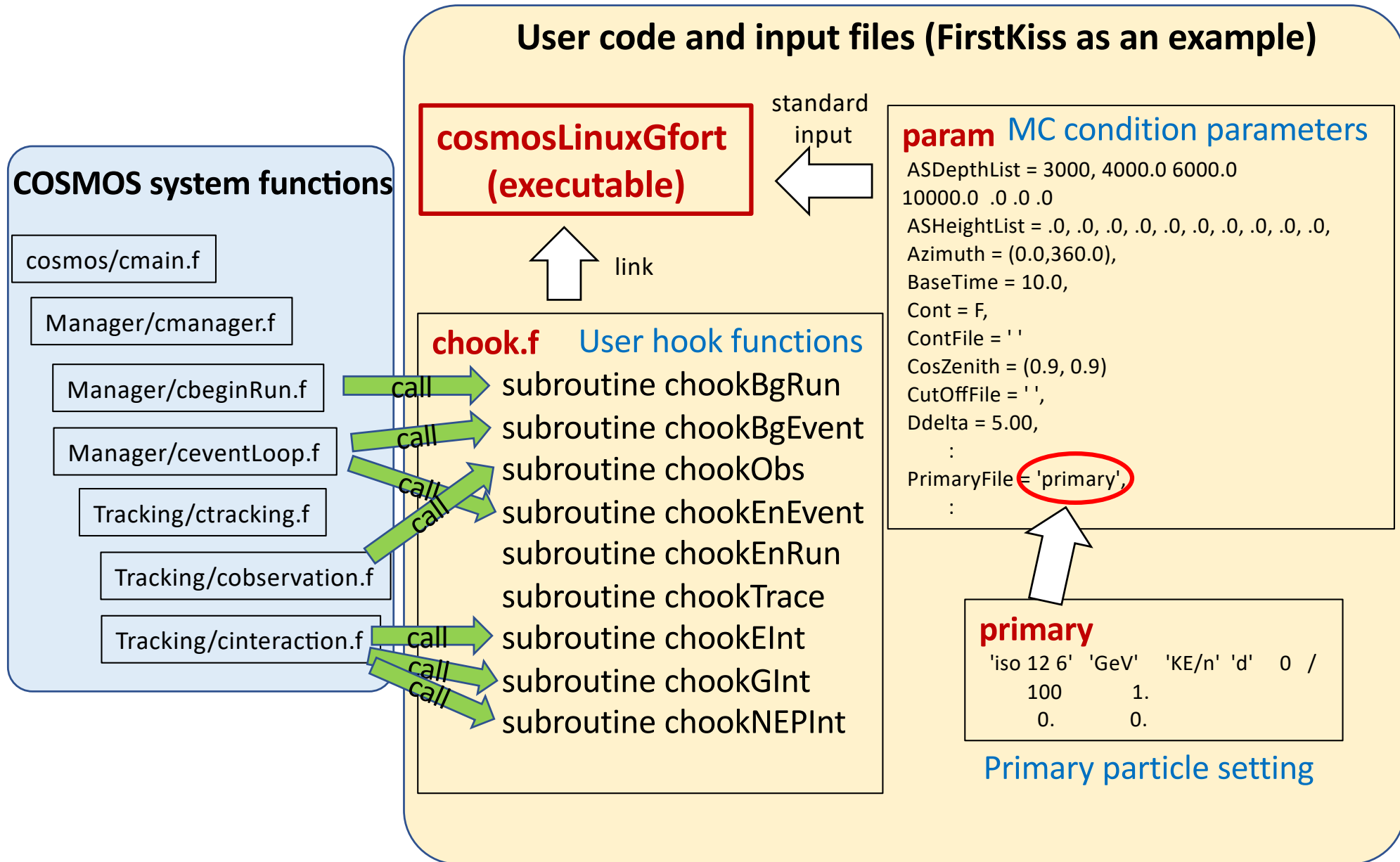
^aInstitute for Cosmic Ray Research, the University of Tokyo, ^bHakubi Center for Advanced Research, Kyoto University, ^cGraduate School of Science, Kyoto University, ^dFaculty of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, ^eInstitute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya University, ^fComputational Astrophysics Laboratory, RIKEN, ^gGraduate School of Science, Osaka City University, ^hEarthquake Research Institute, University of Tokyo, ⁱOsaka Electro-Communication University, Department of Engineering Science



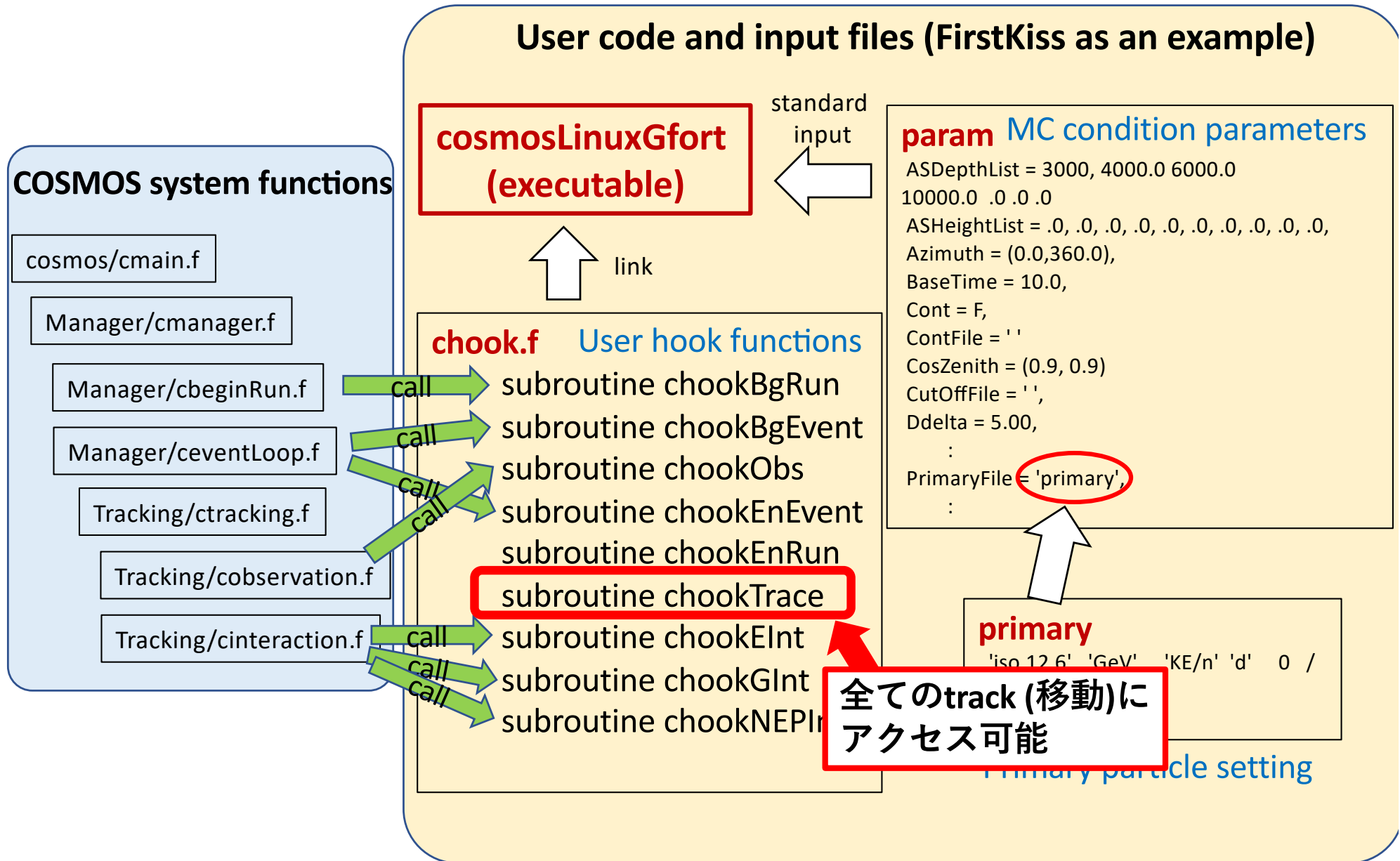
- Air shower MC simulation tool becomes more and more important in CR physics
 - *PID, muon puzzle, LHC, thunder cloud, solar gamma rays, etc...*
- COSMOS is an air shower MC simulation tool with flexible user control functions
- Combining with a detector simulation tool EPICS, **extended COSMOS, COSMOS X**, is born

Proceedings paper : PoS(ICRC2021)431

COSMOS User Interface



COSMOS User Interface



```

! ***** hook for trace
! * This is called only when trace > 60
! * User should manage the trace information here.
! * If you use this, you may need some output for tr
! * at the beginning of 1 event generatio and at the
! * generation so that you can identify each event.
! *
! *
      subroutine chookTrace

```

```

#include "ZmediaLoft.h"

#include "Ztrack.h"
#include "Ztrackp.h"
#include "Ztrackv.h"
#include "Zobs.h"
#include "Zobsv.h"

```

```

      type(coord)::f
      type(coord)::t

```

```

      call ccoordForTr( 25, f, t)

```

```

!      t is in meter.
      tstep = 100      ! timing step in nsec
      iusbf = TrackBefMove%t/0.3/tstep
      iusmv = MovedTrack%t/0.3/tstep
      energy = MovedTrack%%fm%p(4)

```

```

      if ( (iusbf .ne. iusmv) .and. (energy .gt. 0.01) ) then
        write(TraceDev,'(2i7, 3i4, f10.1, 3f12.1, 2f10.1)')

```

```

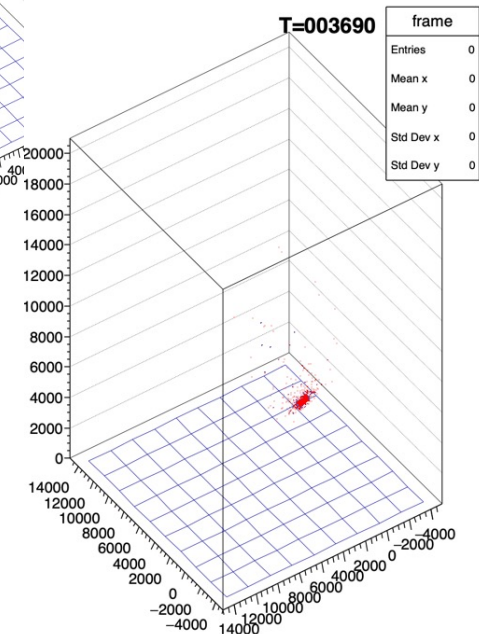
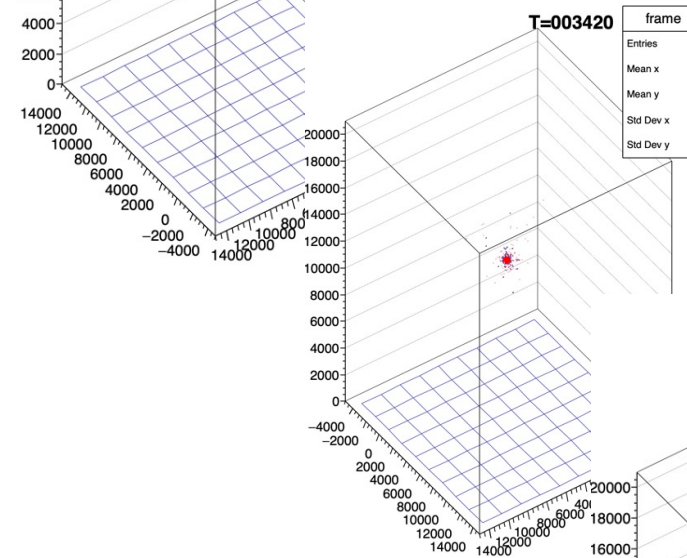
*       iusbf, iusmv,
*       TrackBefMove%%code, TrackBefMove%%subcode,
*       TrackBefMove%%charge,
*       energy,
*       f%r(1), f%r(2), f%r(3),
*       TrackBefMove%t, MovedTrack%t
      endif

```

```

      end

```



Animation:

http://cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp/Misc/proton_10TeV.gif

西村先生テキスト

電磁相互作用の基礎とその応用

—宇宙線現象の解釈のために—

西村 純

2021年7月15日

- 2015年の講義をテキスト化
- 希望者に配布予定（印刷＋電子版）

目次

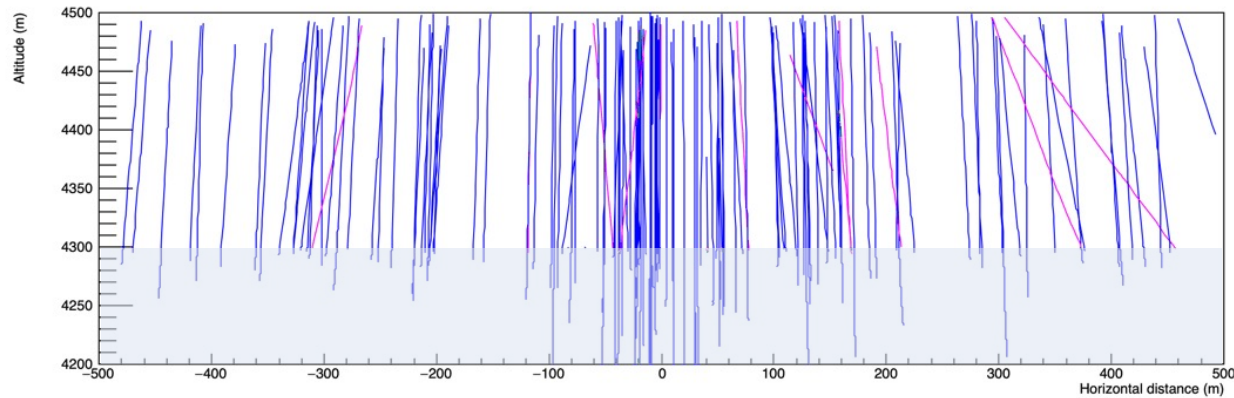
I	基礎的な物理量	3
I-1	長さの単位	3
I-2	相互作用の断面積	3
I-3	Mean Free Path(平均自由行程)	4
I-4	Retarded Potential (Lienald-Wiehelt Potential)	5
I-5	Poynting Vector: Energy Flow/cm ² s	7
II	解析に当たってよく使われる数学的手法	8
II-1	複素積分	8
II-2	解析接続	9
II-3	関数変換	10
II-4	ラプラス変換 (Laplace 変換)	13
II-5	メラン変換 (Mellin 変換)	14
II-6	Convolution (畳み込み積分)	15
II-7	複素積分の数値評価 (直接数値積分と鞍点法)	16
III	電磁基礎過程	18
III-1	Thomson 散乱	18
III-2	Rutherford 散乱	19
III-3	輻射過程	20
III-4	チェレンコフ効果	22

まとめ

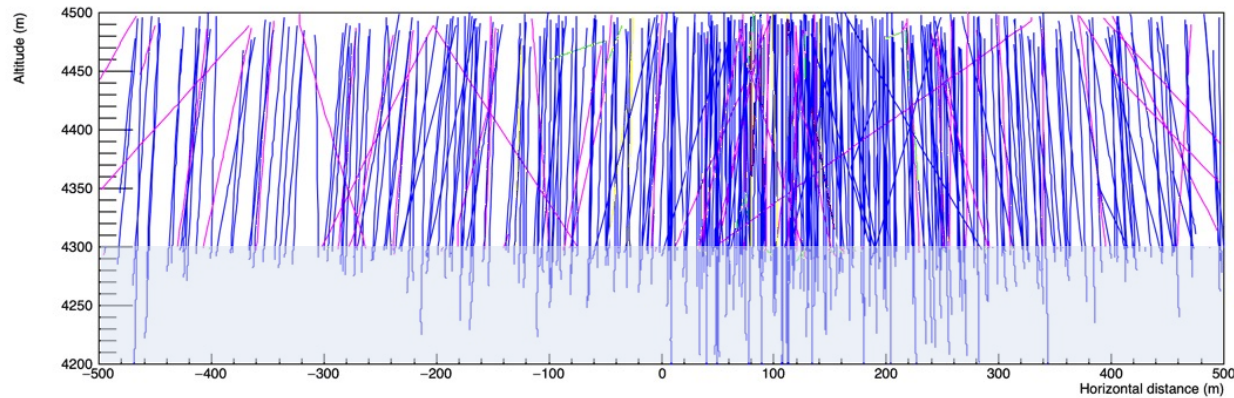
- COSMOS Xの公開
 - 「非」大気、「非」地球への対応
 - <http://cosmos.icrr.u-tokyo.ac.jp/COSMOSweb/>で公開中（マニュアル・サンプル・可視化）
 - 月例会議で実務継続
- COSMOS Xの普及
 - マニュアル・サンプルの更新
 - 若手むけ講習会の予定（3/22を予定）
 - 西村先生の講義録出版予定
- COSMOS Xを使った物理
 - 新しい空気シャワー実験のデザイン（with 土、水、氷）
 - 太陽大気でのガンマ線、ニュートリノ、中性子生成

**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。**

水中のミュー粒子



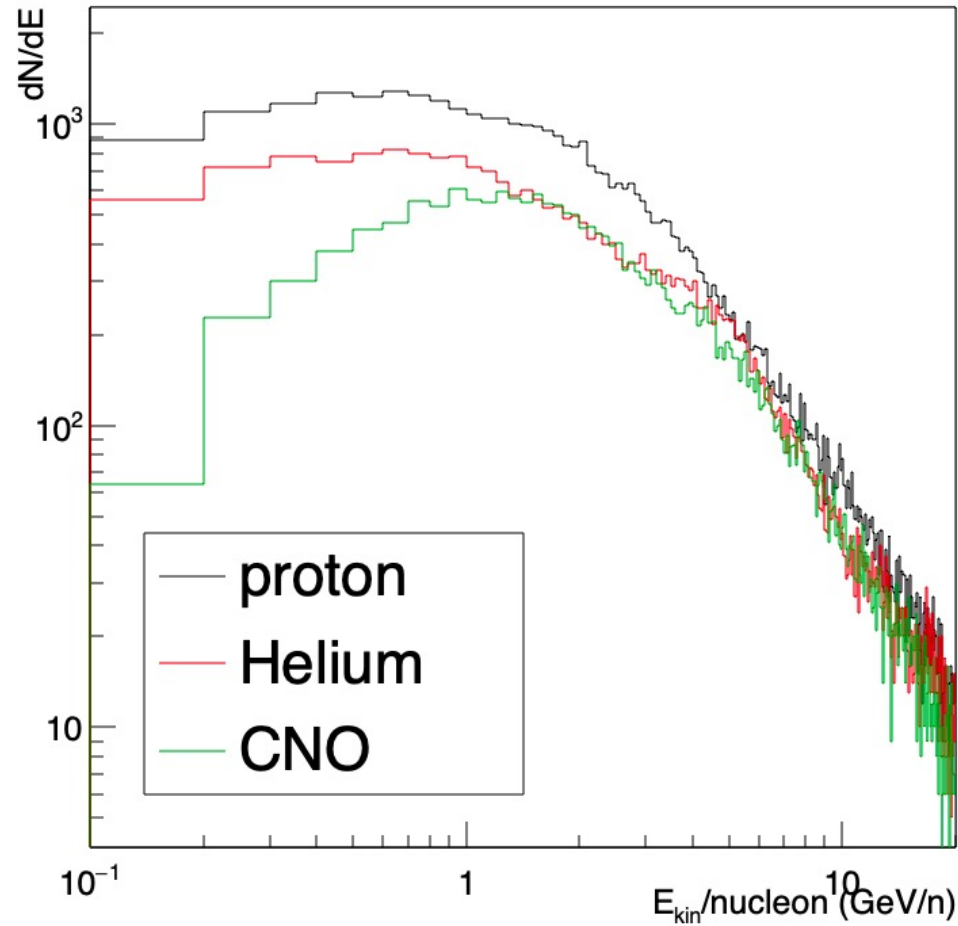
10TeV proton shower



10TeV Fe shower

- 電磁シャワーは計算しない（縦発達だけB近似で代用）オプション
- Muon, hadronのみ計算、表示
- <4300mは水

Primary definition



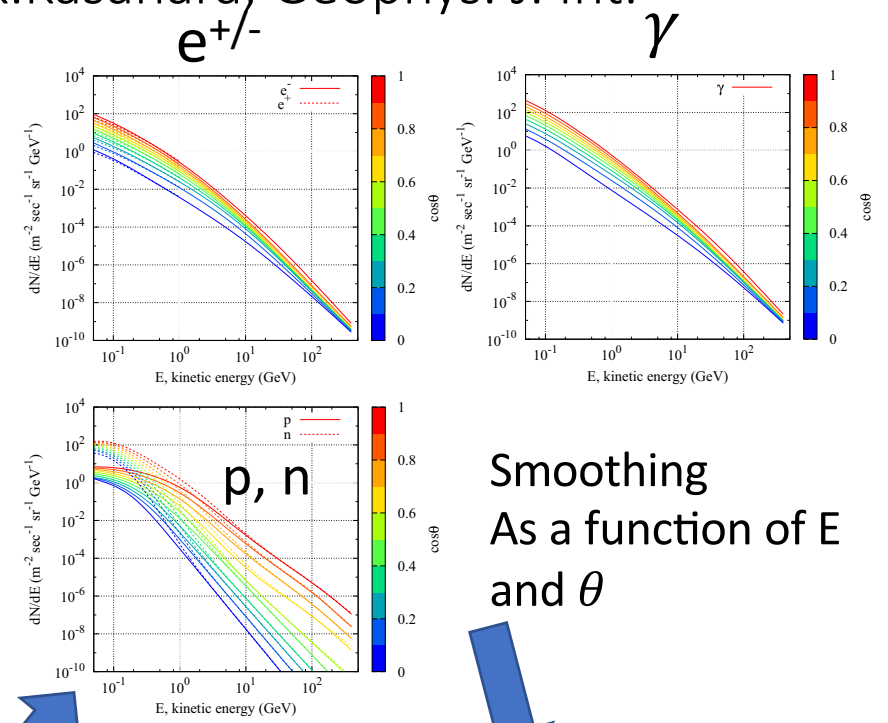
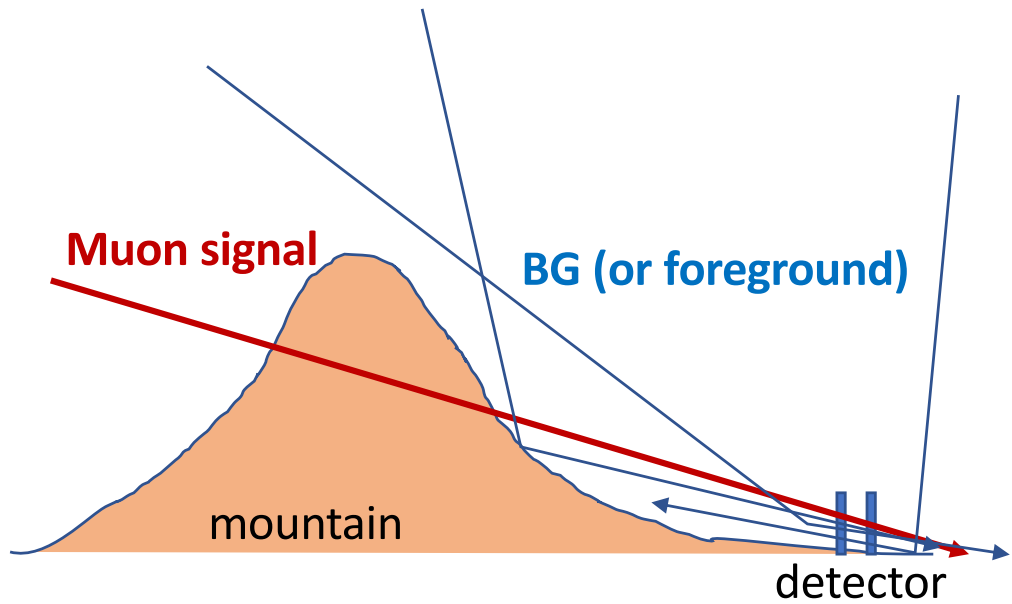
Of course, mono energy, simple power law are simpler

'primary' file

'p'	'GeV'	'KE/n'	'd'	
	0.1	1.2		0 /
	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'	
	.1	.7		0 /
	.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'	
	.1	.013		0 /
	.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		

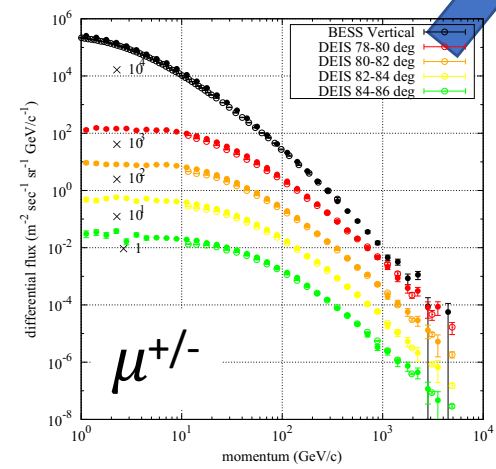
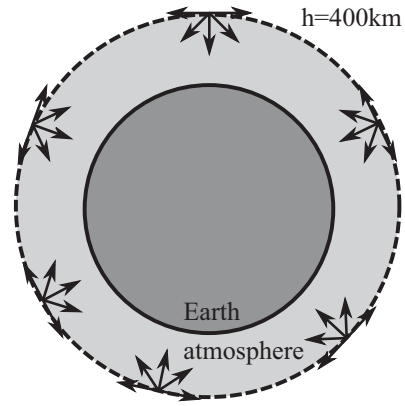
最近の応用例：Muography

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

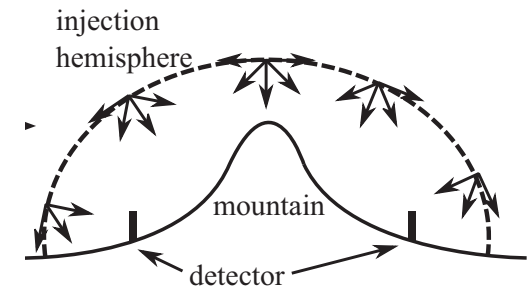


Smoothing
As a function of E
and θ

(a) COSMOS

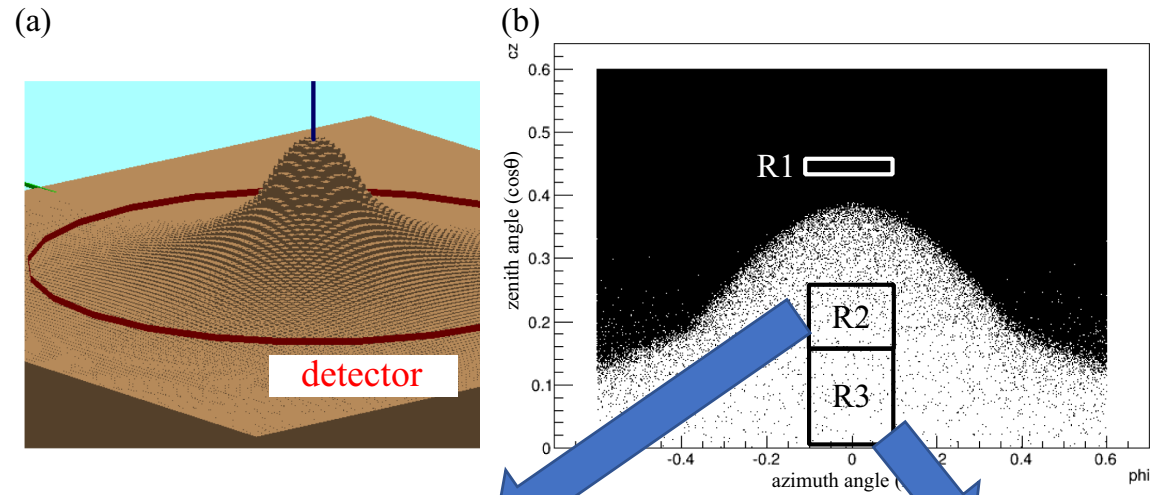


(b) GEANT4

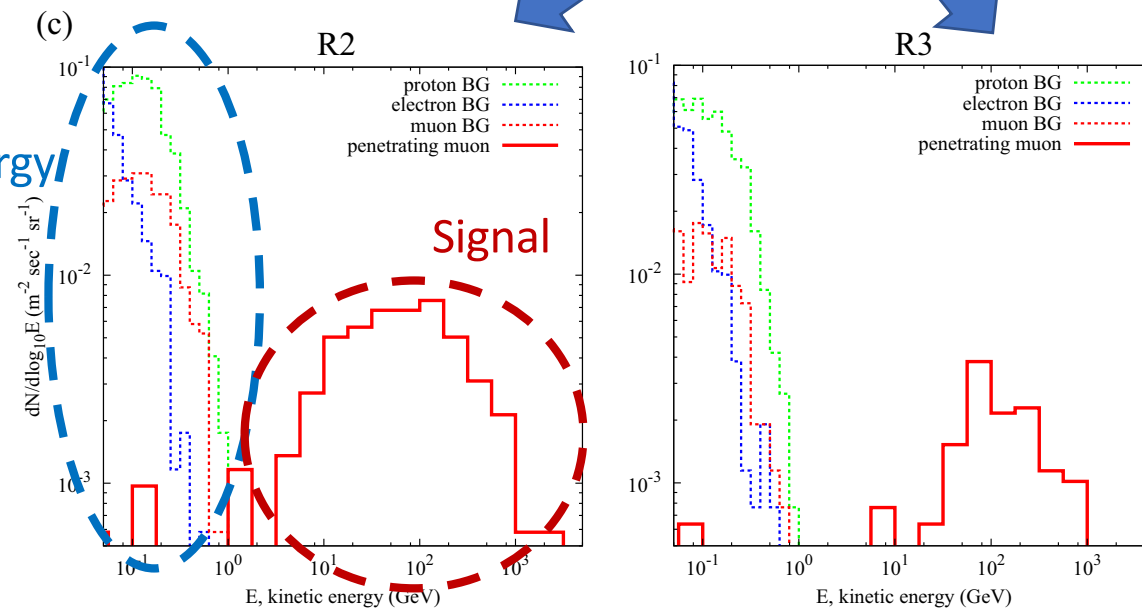


最近の応用例：Muography

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



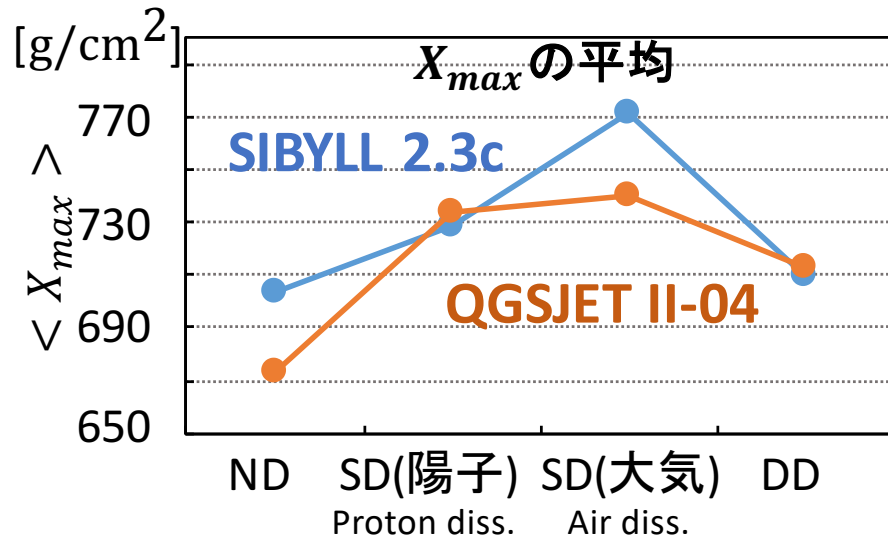
BG dominates in number
But clear difference in energy



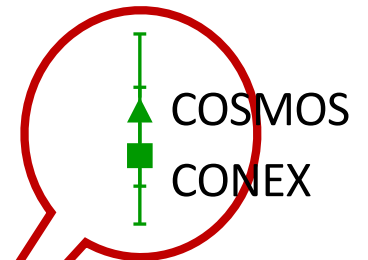
最近の応用例：

by K.Ohashi (LHCf, Nagoya)

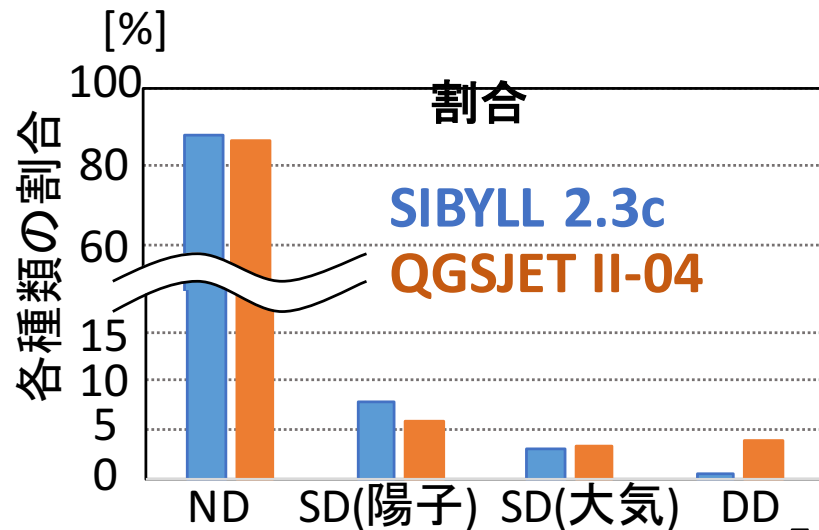
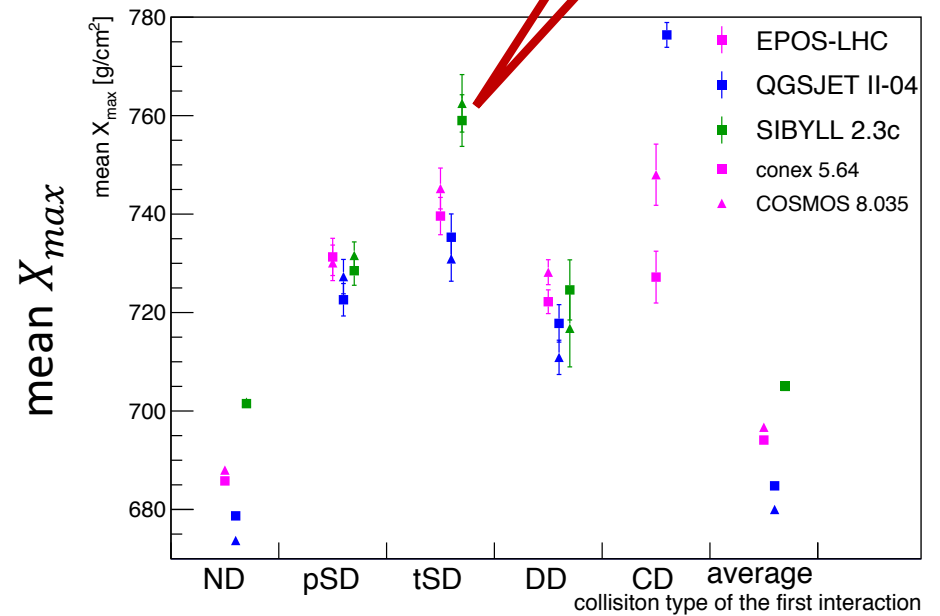
- 1st interaction category and $\langle X_{max} \rangle$



COSMOS 8.035
10¹⁷eV proton

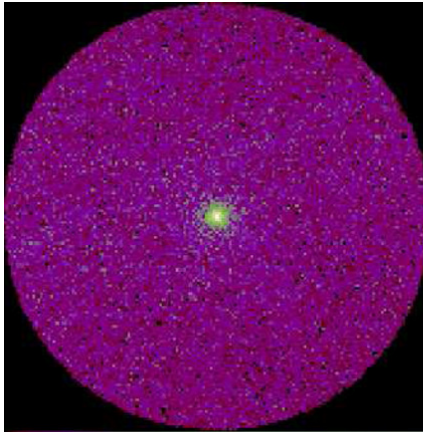


COSMOS vs. CONEX



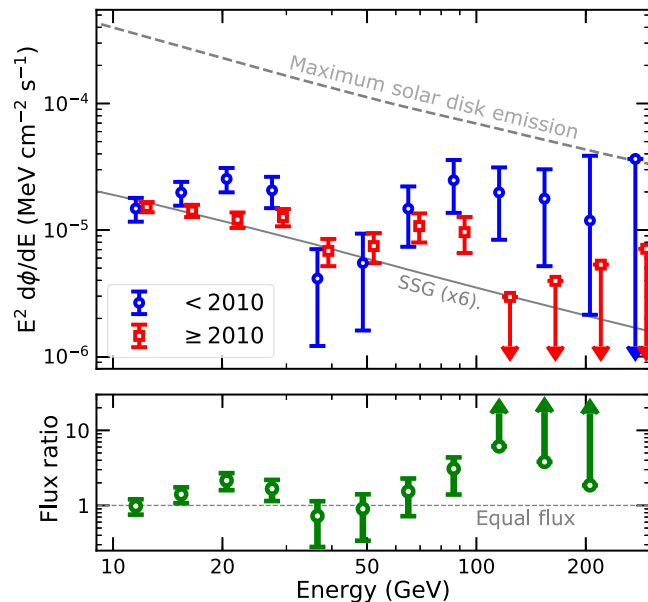
Extra-Terrestrial Air showers !?

-- proposed application --

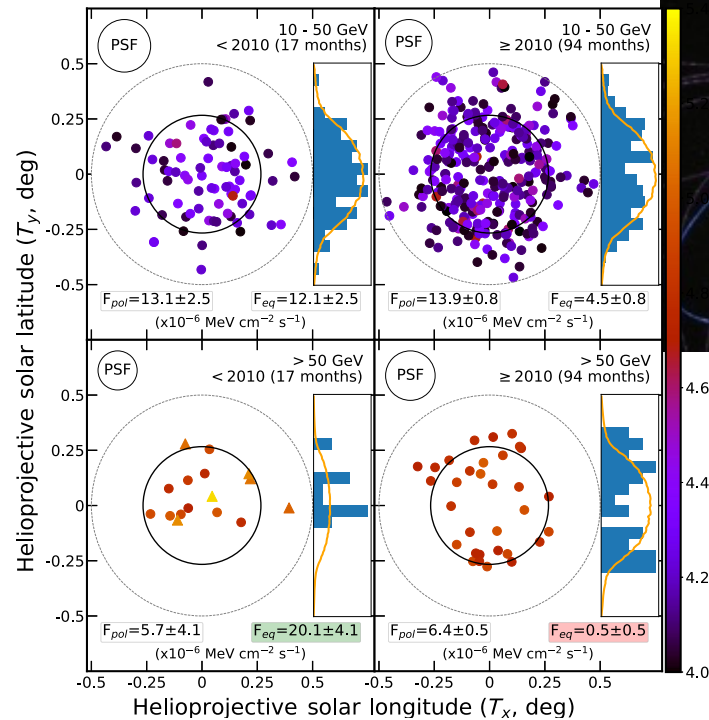


- Fermi/LAT observation
- GCR + solar atmosphere

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

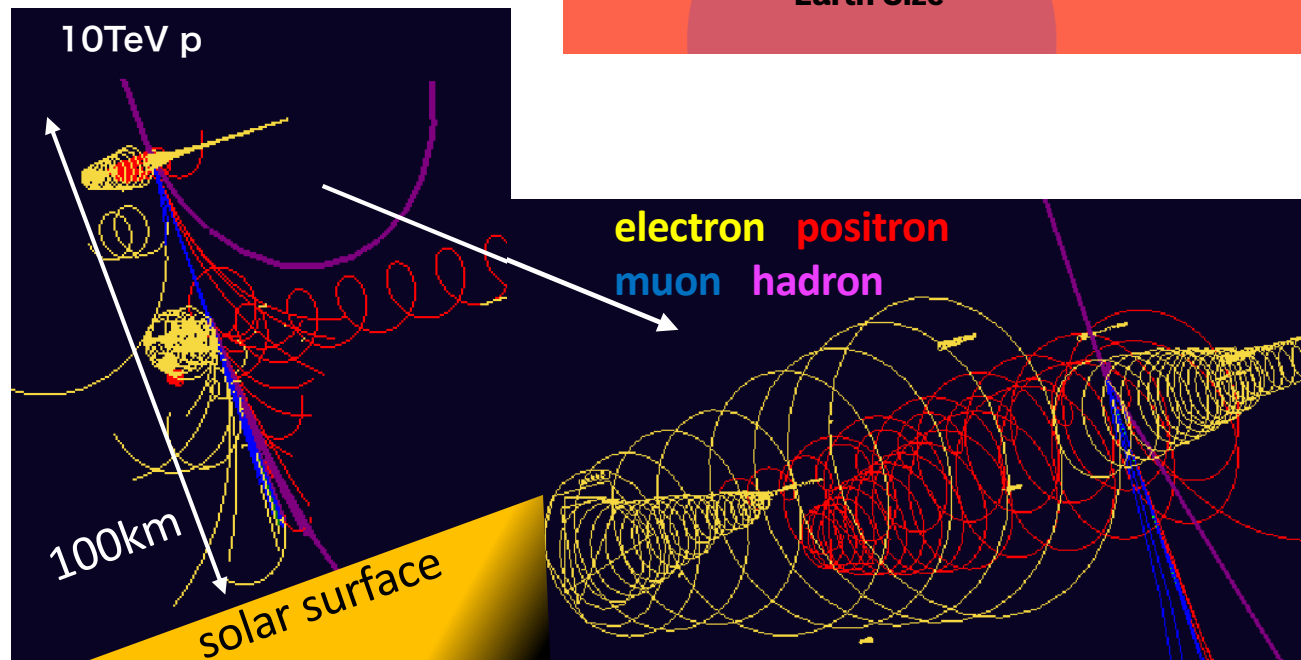
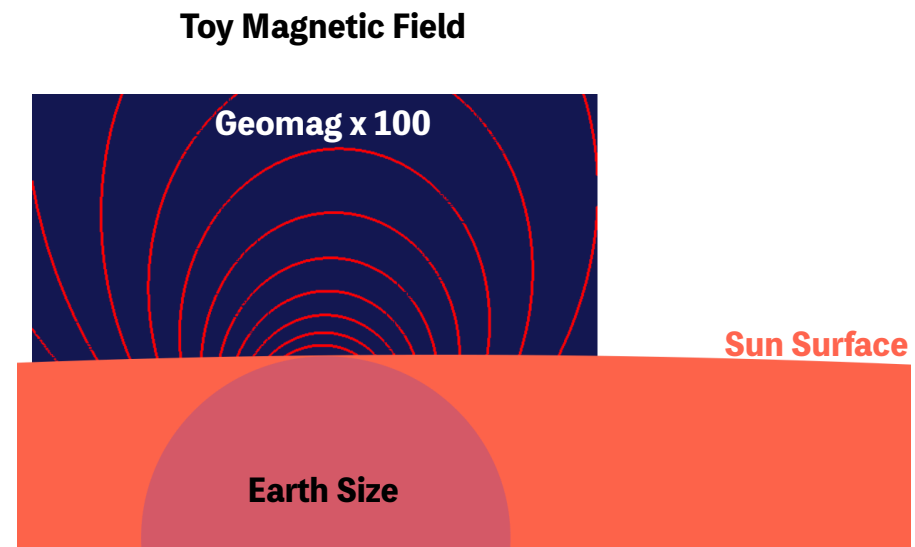
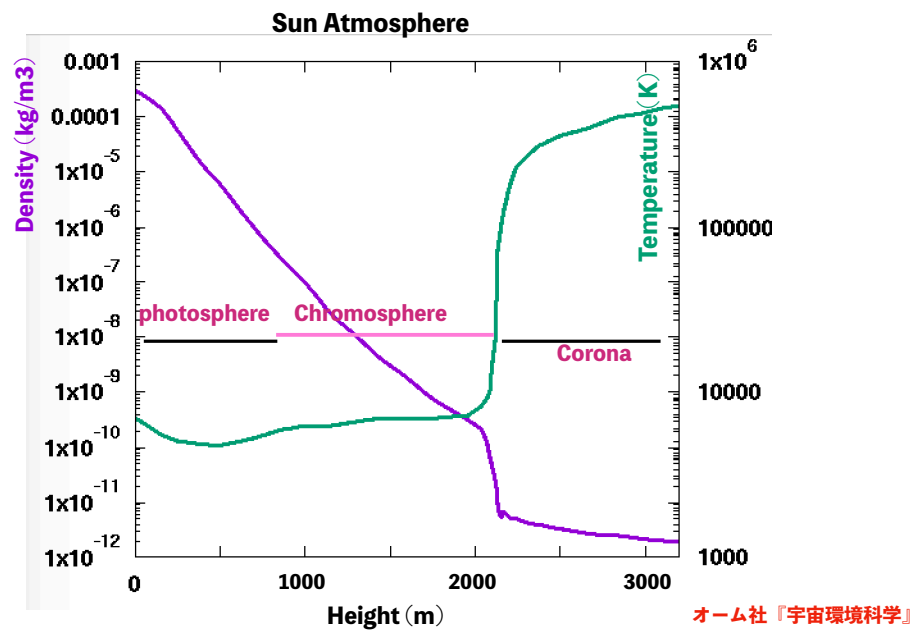


T. Linden et al., PRL 121, 131113 (2018)



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

太陽大気テストト計算



More applications?

Tracking in strong magnetic field

Air showers in other planets