

F23: 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）
 - 月例実務者会議（ハイブリッド）
 - ICRR Report 「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—」出版
- 大型計算機利用
- 共同研究者（所属は申請時）

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)
- Gfortran化、cmake compileの実現
- 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
- **2021年に非気体媒質・非地球大気での計算可能なCOSMOS Xを公開**
- CORSIKA WSでの講演
- 「空気シャワー観測による宇宙線の起源探索研究会」 (シニア+学生セッション) を毎年開催
- 今年度 (後述)
 - ニュートリノシャワー計算・NEUTとの連携議論
 - ICRR Report発行
 - COSMOS講習会開催 (昨年度末)、今年度も3月に実施予定
 - 月例会議で Debug, etc...

COSMOS X公開

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

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

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

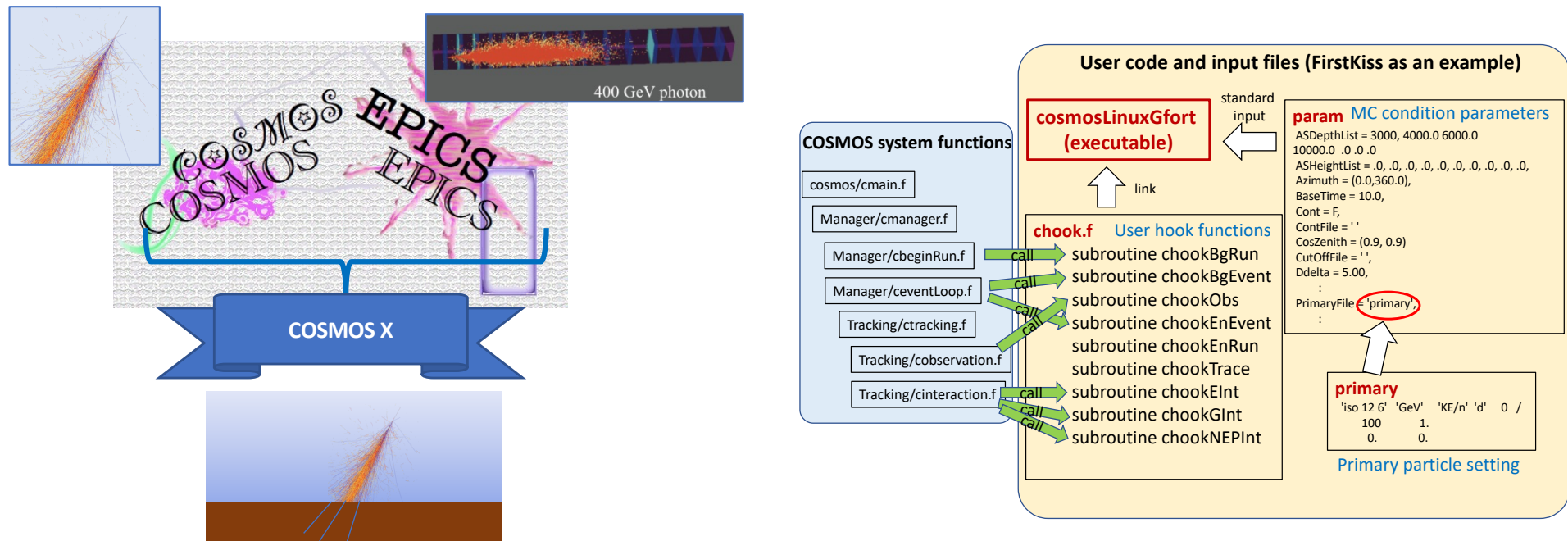
COSMOS Xの特徴

Proceedings paper : PoS(ICRC2021)431

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

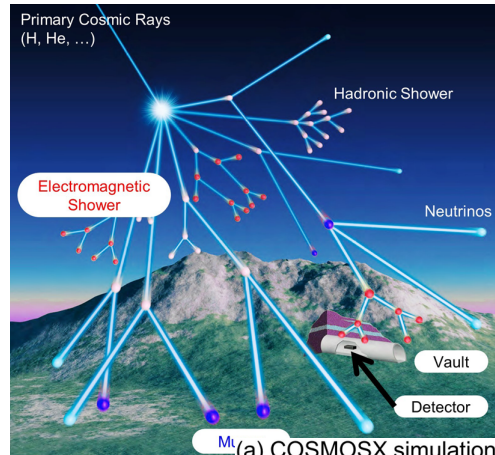
^aInstitute for Cosmic Ray Research, the University of Tokyo, ^bHakubi Center for Advanced Research, Kyoto University, ^cGraduate School of Science, Kyoto University, ^dFaculty of Systems Engineering and Science, Shibaura Institute of Technology, ^eInstitute for Space-Earth Environmental Research, Nagoya 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



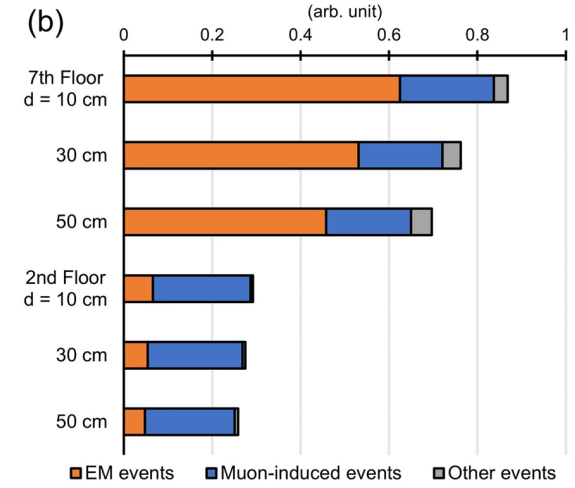
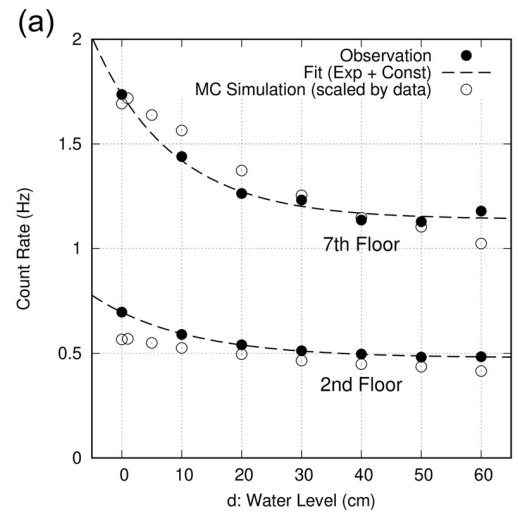
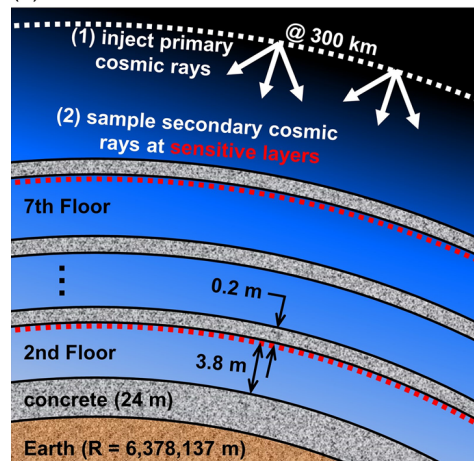
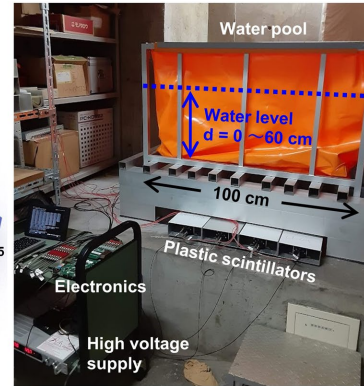
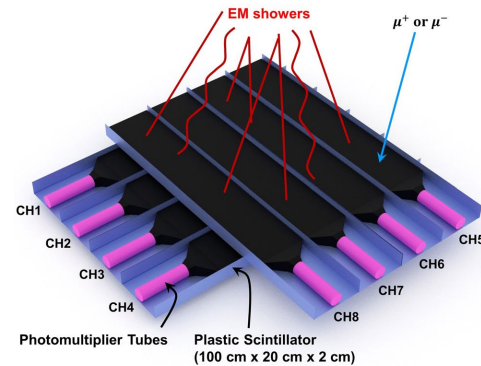
- 笠原が開発した空気シャワーシミュレーションツールCOSMOSと検出器シミュレーションツールEPICSを一体化したシミュレーションツール
- 地球大気だけでなく、土、水、コンクリートなどの物質、地球以外の星での計算が可能。物質分布は**同心球殻**であること。
- プロセスごとにユーザー定義関数が呼ばれることで、反応過程にアクセス可能 (GEANT4のイメージ)。

COSMOS Xの応用

“Radiography using cosmic-ray electromagnetic showers and its application in hydrology,” A. Taketa, R. Nishiyama, K. Yamamoto & M. Iguchi, Scientific reports (2022) 12:20395



(a) COSMOSX simulation

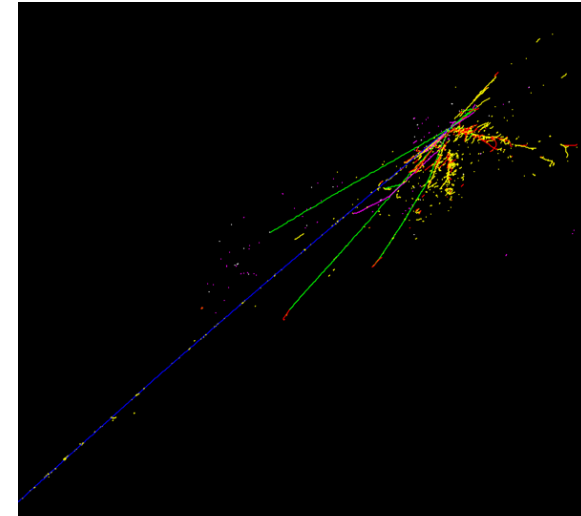


- 二次宇宙線「電磁成分」の吸収で土中水分量を測定する cosmic electromagnetic particle (CEMP) radiography を提唱
- COSMOS X + GEANT4で実験室での測定を再現

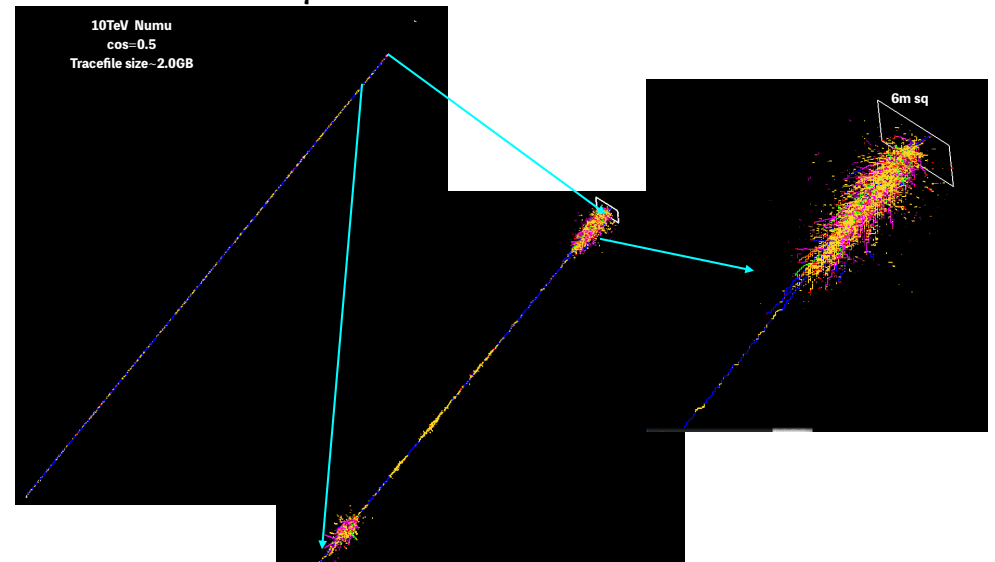
ニュートリノ反応の導入

$$\nu_{\mu}(30\text{GeV}) + O \rightarrow \mu(10\text{GeV}) + X$$

- COSMOS Xは neutrino interaction modelは実装していない
- 一般的なgenerator (GENIE, NuWRO, NEUT, Herwig...) の導入を検討
=> NEUTと将来の検討開始
- Step1 : NEUTで計算した生成粒子群をCOSMOS Xで任意のvertexに入射
右図 : NEUTで計算したinteraction (CCDIS) をCOSMOS Xで氷中で追跡
- Step2 (将来) : NEUTとCOSMOS Xを連携



$$\nu_{\mu}(10\text{TeV}) + O \rightarrow \mu + X$$



西村先生テキスト

- 2015年の講義をテキスト化
- ICRR Reportとして出版・配布
- 宇宙線研HP「年次資料・報告書」からPDF DL可
- 印刷版も余裕があります。希望者はこちらご連絡ください。
- 水本好彦先生、笠原克昌先生、中村健蔵先生、宇宙線研広報室には企画、編集、出版にわたってご協力いただきました。ありがとうございます。

ICRR-REPORT-703-2022-2

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—

(付録: 第一回京都会議 (1961) の頃のこと)

西村 純

東京大学名誉教授

宇宙科学研究所名誉教授

東京大学宇宙線研究所 2022年11月

COSMOS講習会と 第五回空気シャワー観測による 宇宙線の起源探索研究会

- **2022年**3月22-23日 ハイブリッド開催
- <https://indico.cern.ch/event/1118785/>

第五回 空気シャワー観測による宇宙線の起源探索勉強会

📅 22 Mar 2022, 10:00 → 23 Mar 2022, 19:05 Asia/Tokyo

📍 TBD

Description

本勉強会は宇宙線研共同利用「Knee領域および最高エネルギー領域での宇宙線反応の実験的研究」と「新しい宇宙線空気シャワーシミュレーションコード開発」の一環として毎年実施しています。コロナの状況は不明確ではありますが、集まれる人は集まるという方針でハイブリット形式で開催を予定しています。また今年度からは参加者を共同利用研究関係者に限定せずオープンで開催したいと思います。本年度は前年度と同じスタイルで2日間（1日目：若手セッション、2日目：全体セッション）で開催予定です。若手セッションの午前中に空気シャワーシミュレーションコードCOSMOSの講習会を人数限定で開催することを予定しています。

今回の勉強会のトピックスは「銀河系内外のトランジション領域」としてこれにフォーカスした内容の講演があります。

ZOOM接続：

(1日目) <https://u-tokyo-ac-jp.zoom.us/j/83030694514?pwd=SWFVWUJBL0sxRkdmRS9kOHFuWXdz09>
(2日目) <https://us02web.zoom.us/j/86112086502?pwd=ZEVNd2V3RUx3Qk5icnpMUjVqcnJYUT09>

過去の勉強会のリンク

2017年 第1回
2018年 第2回
2019年 第3回
2021年 第4回

会場：ハイブリット（宇宙線研究所+ZOOM）
（詳細情報の展開のため、参加登録をお願いします。）

Registration

🔗 Participants

📝 Register

Participants

A	Akimichi Taketa	D	Daisuke Ikeda	E	Eiji Kido	F	Fugo Yoshida	H	Hashiyama Kazuaki	H	Heungsu Shin
H	Hideaki Katagiri	H	Hidetoshi Otono	H	Hiroaki Menjo	H	Hiroyuki Sagawa	H	Hyuga Abe		
K	Kaoru Takahashi	K	Katsuaki Asano	K	katsuaki kasahara	K	Kazuho Kayama	K	Kazumasa Kawata		
U	Kazuoki Munakata	K	Keitaro Fujita	K	Ken Ohashi	K	Kenta Terauchi	K	Koji Noda	K	Kozo Fujisue
M	Masahiro TAKEDA	M	Masaki Fukushima	M	Michiko Ohishi	M	Moe Kondo	N	Naoto Sakaki	N	Nishio Eiji
N	Nobuhiro Shimizu	O	Ohira Yutaka	R	Reiko Orito	R	Ryo Higuchi	R	Ryuji Takeishi	S	Saito Ryosuke
S	satoko osone	S	shigeharu UDO	S	Shingo Ogio	S	Shoichi Shibata	S	Shunsuke Sakurai	T	Takashi Sako
T	Takayuki Saito	T	Tatsumi Koi	T	Tatsuo Yoshida	T	Teruyoshi Kawashima	T	Tomohiko Oka		
T	Tomohiro Inada	T	Toshihiro Fujii	T	Toshiyuki Nonaka	Y	Yoshiki Ohtani	Y	Yoshitaka Itow		
Y	Yuichiro Tameda	Y	Yuki Nakamura	Y	Yukiho Kobayashi	佳	佳奈子 椎名	加	加藤 勢	T	崇志 佐古
聖	聖真 佐藤	芳	芳基 常定								

Contact menjo@see.nagoya-u.ac.jp



10:00 → 12:00	COSMOS講習会 Convener: Takashi Sako (University of Tokyo (JP)) cosmos_guidance...	5m
13:30 → 18:35	若手セッション: 初日午後	ONLINE
13:30	趣旨説明 Speaker: Hiroaki Menjo (Nagoya University (JP)) 20220322_airshow...	5m
13:35	加速器実験の系統誤差のXmax予測への影響 Speaker: Ken Ohasi (ISEE, Nagoya Univ.) AirShowerWorksho...	5m
13:55	Search for UHECR sources considering the deflection by the galactic magnetic field Speaker: Ryo Higuchi (ICRR) 202203AirShower...	20m
14:15	超新星残骸HB9における最大加速エネルギーの時間発展の測定 Speaker: Tomohiko Oka (Kyoto Univ.) AS5th_2022_HB9S...	20m
14:35	ALPACA実験用光電子増倍管のダイナミックレンジの拡張 Speaker: Teruyoshi Kawashima (ICRR) AirShowerWorksho...	20m
14:55	Break	15m
15:10	チベット空気シャワーアレイを用いた超高エネルギーガンマ線観測の解析結果報告 Speaker: 勢 加藤 (ICRR) slides_katosei.pdf	20m
15:30	超高エネルギー宇宙線の質量組成異方性探索に必要な統計量の見積もり Speaker: Ryosuke Saito (Shinshu Univ.) 220322Airshower...	20m
15:50	ティコの超新星残骸における宇宙線の起源探索 Speaker: Masamune Matsuda (Kyoto University) matsuda_2022032...	20m
16:10	IACTによるガンマ線バーストの観測研究 Speaker: Kenta Terauchi (Kyoto University) airshower2022_ter...	20m
16:30	Break	15m
16:45	超高エネルギー宇宙線と多波長突発天体との 時間・方向一致事象の探索 Speaker: Kaoru Takahashi (ICRR) AS5th_20220322_t...	20m
17:05	陽子ビームを用いたLHCf-ATLAS ZDC共同測定性能評価 Speaker: Moe Kondo (ISEE, Nagoya Univ.) AirShower2022_Ko...	20m
17:25	次世代型大気蛍光望遠鏡のための波形フィットによる宇宙線空気シャワー再構成手法の開発 Speaker: Eiji Nishio (Osaka EC Univ.) AirShowerStudyGr...	20m
17:45	FDのための深層学習を用いた宇宙線空気シャワー解析手法の開発 Speaker: 聖真 佐藤 AirshowerWorksho...	20m
18:05	議論	30m

COSMOS講習会

初日午後、 若手セッション

二日目 一般セッション

09:30 → 12:00	シニアセッション: 2日目午前	ONLINE
09:30	趣旨説明 Speaker: Hiroaki Menjo (Nagoya University (JP))	5m
09:35	銀河系内宇宙線と銀河系外宇宙線の遷移 Speaker: Yutaka Ohira (University of Tokyo) AS2022_OhiraYuta...	40m
10:15	TA + TALE で考える系内系外トランジション Speaker: Keitaro Fujita (大阪市大) 220323AirShowerT...	30m
10:45	チベット実験による sub-PeV 領域でのガンマ線観測 Speaker: 崇志 佐古 (ICRR) Tibet_SAKO.pdf	30m
11:15	ALPACA実験と将来計画 Speaker: Kazumasa Kawata (ICRR) MegaALPACA_Proj...	30m
12:00 → 13:00	ランチ	1h
13:00 → 19:05	シニアセッション: 2日目午後	
13:00	IceCube実験 Speaker: Nobuhiro Shimizu (千葉大) Airshower_worksh...	30m
13:30	IACTによるガンマ線観測と宇宙線加速 Speaker: Takayuki Saito (ICRR) IACT-Saito.pdf	30m
14:00	日印共同宇宙線実験GRAPES-3について Speaker: Tatsumi Kol (Chubu University) KOI20220323.pdf	30m
14:30	X線観測を用いたマイクロエーサーSS433における粒子加速の研究 Speaker: Kazuho Kayama (Kyoto University) AirshowerWorksho...	30m
15:00	Break	20m
15:20	Status of sFLASH - Measurement of air fluorescence yield from EM shower Speaker: Masaki Fukushima (ICRR)	30m
15:50	LHCf/RHICfによるトランジションエネルギー領域の相互作用研究 Speaker: Hiroaki Menjo (ISEE, Nagoya Univ.) 20220323_AirSho...	30m
16:20	FASERnuとLHCでのニュートリノ測定の将来展望 Speaker: Tomohiro Inada (Tsinghua University (CN), CERN, ICRR) 2022AirShower_in...	30m
16:50	Discussion	30m

COSMOS講習会と 第六回空気シャワー観測による 宇宙線の起源探索研究会

- **2023年**3月27-29日（29日が講習会）
- @名古屋大学+ハイブリッド
（ICRC2023会場リハーサル）
- <https://indico.cern.ch/event/1244851/>
- 講習会は笠原による空気シャワーシミュレーション講義とCOSMOS Xの実践演習

第六回 空気シャワー観測による宇宙線の起源探索研究会

📅 27 Mar 2023, 13:00 → 29 Mar 2023, 16:00 Asia/Tokyo
📍 TBD

Description

本研究会は宇宙線研共同利用「Knee領域および最高エネルギー領域での宇宙線反応の実験的研究」と「新しい宇宙線空気シャワーシミュレーションコード開発」の一環として毎年実施しています。今年は会場を名古屋大学に移しハイブリッド形式で3月27日と28日の2日間、開催をします。各日で会場が異なるので注意してください。

本年度は、若手とシニアセッションで分けずに広く議論できるようにします。特に学生や若手研究者からの多くの講演、活発な議論を期待しています。

また空気シャワーシミュレーションコードCOSMOSの講習会を3月29日に人数限定で開催します。この講習会では、COSMOSの初心者を対象として、サンプルコードの実行ができるようになり、自分の希望する計算ができるようになるとっかかりを支援します。

過去の勉強会のリンク
2017年 第1回
2018年 第2回
2019年 第3回
2021年 第4回
2022年 第5回

会場：ハイブリッド（名古屋大学+ZOOM）

- 1日目（27日）：ES館6階 E635室
- 2日目（28日）：豊田講堂メインホール
- 3日目（29日、COSMOS講習会）：研究所共同館2号館、3階レクチャーホール（参加人数に応じて変更の可能性あり。）

（詳細情報の展開のため、参加登録をお願いします。）

Registration

🔗 COSMOS講習会参加登録 [Register](#)

🔗 研究会参加登録 [Register](#)

Participants

E Eiji Kido H Hiroaki Menjo H Hitoshi Oshima H Hotta naoki K Kaoru Takahashi K katsuki kasahara
K Kazumasa Kawata keitaro fujita K Koji Noda K Kozo Fujisue M Masahiro Takeda M Michiko Ohishi

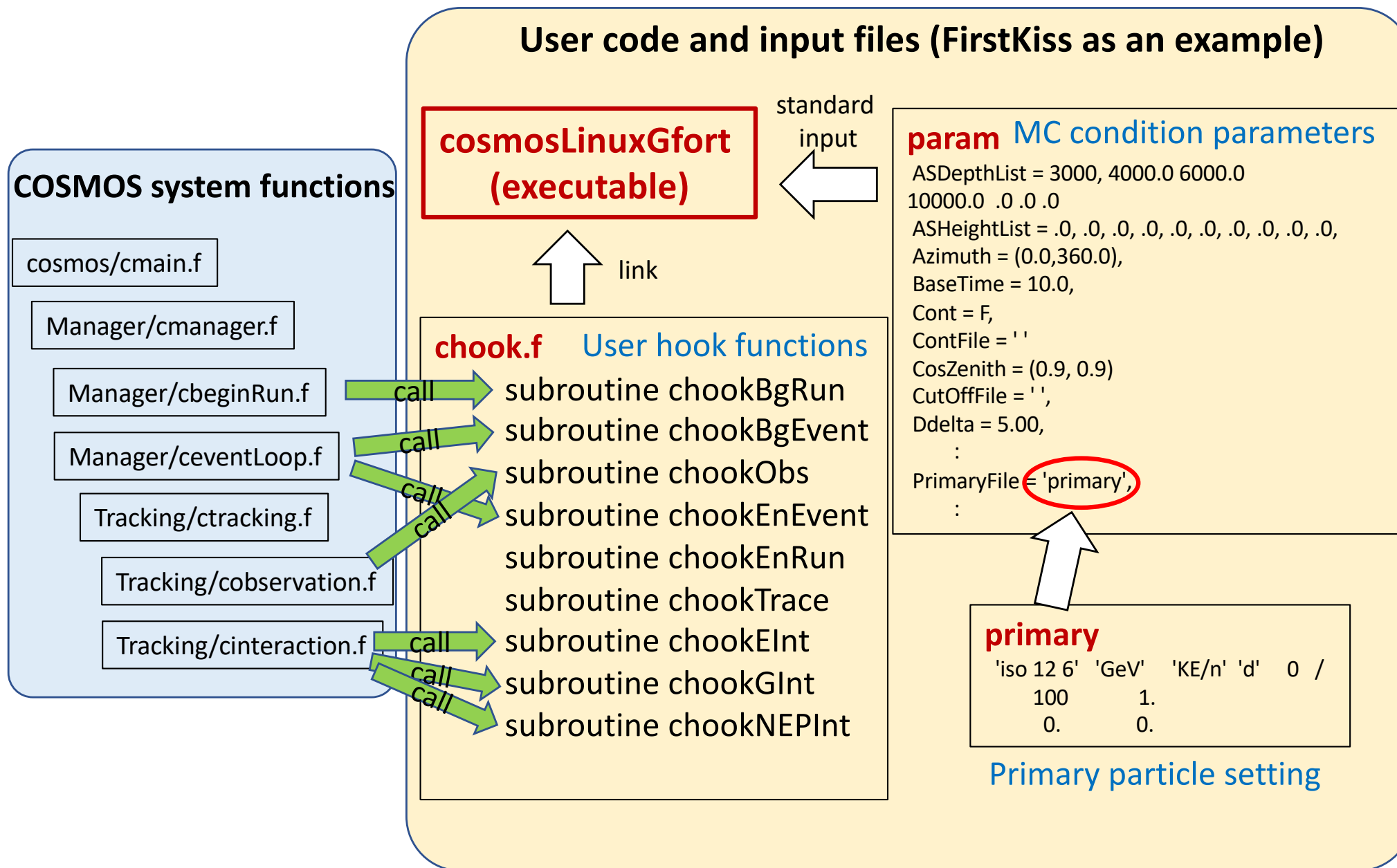
Contact ✉ menjo@isee.nagoya-u.ac.jp

まとめ

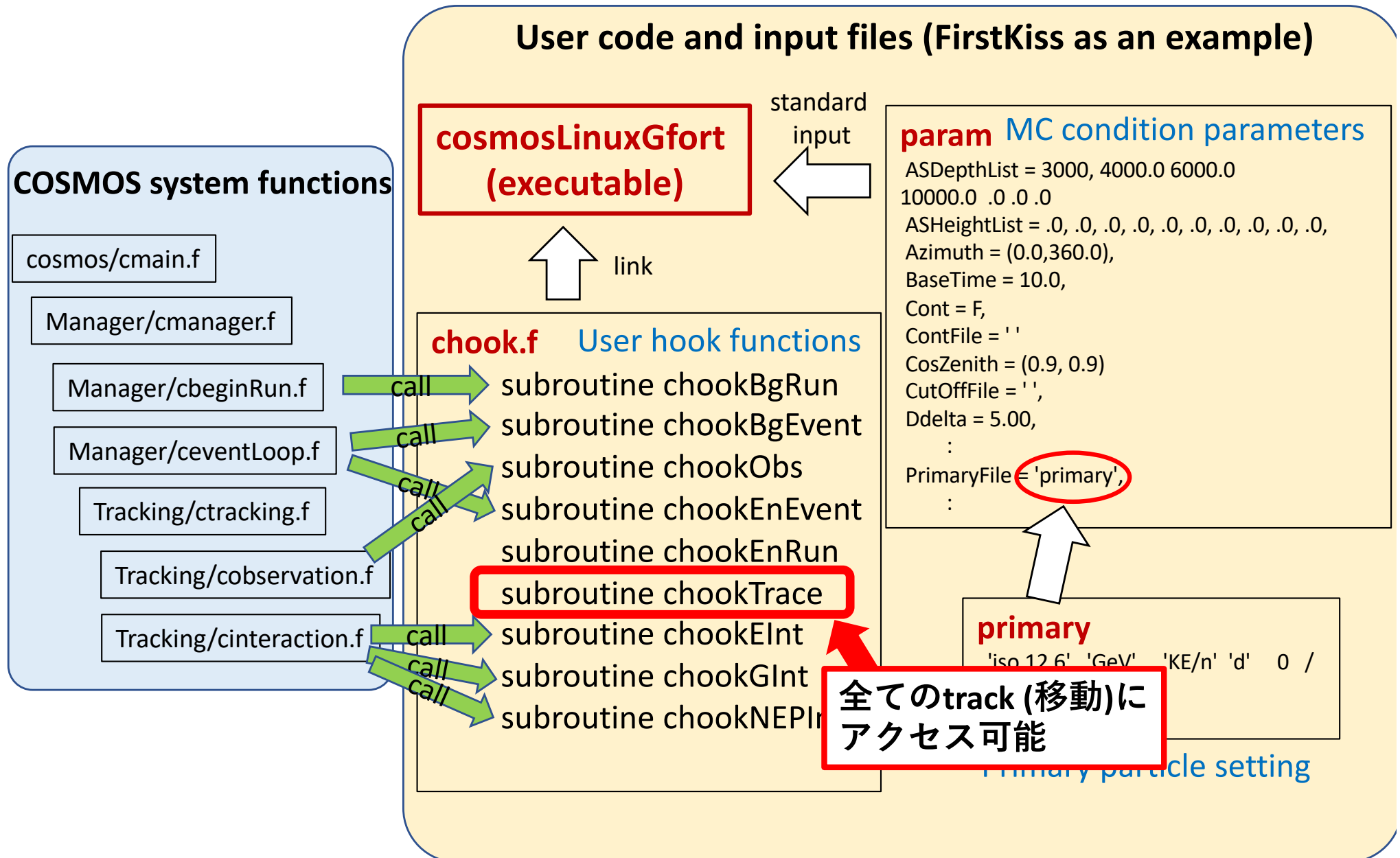
- COSMOS Xの開発を通じた空気シャワーシミュレーションの研究を継続
- 地球物理への応用研究
- ニュートリノ反応の導入
- 西村先生によるテキストをICRR reportとして発行
- COSMOS講習会、空気シャワー研究会を通じた若手、グループ間交流を推進

**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。**

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%p%fm%p(4)

```

```

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

```

```

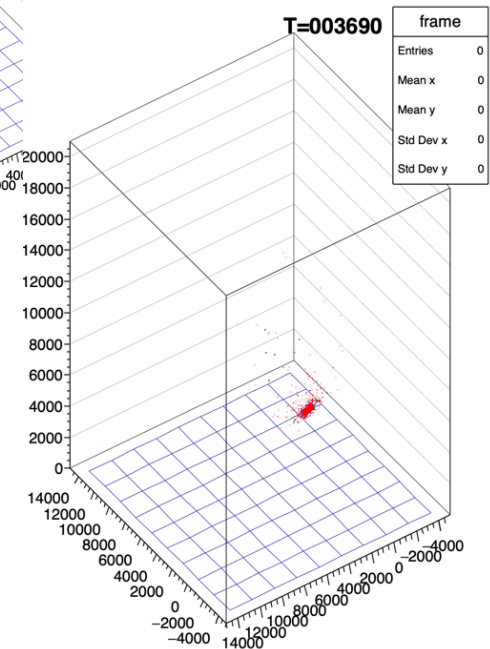
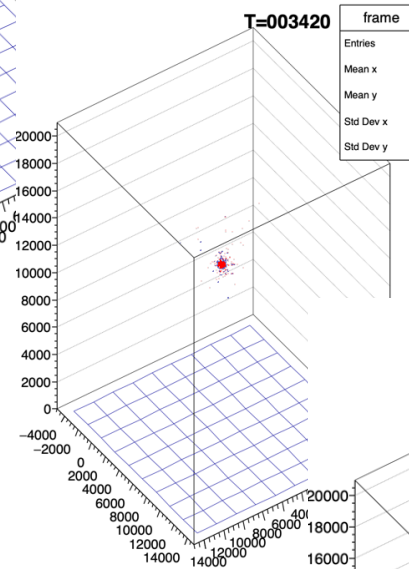
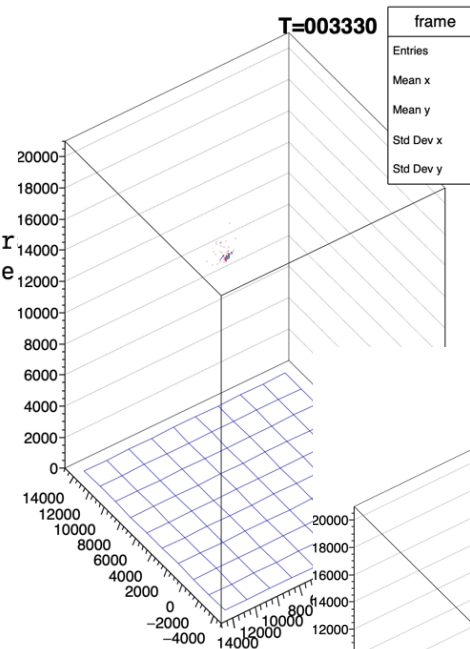
*   iusbf, iusmv,
*   TrackBefMove%p%code, TrackBefMove%p%subcode,
*   TrackBefMove%p%charge,
*   energy,
*   f%r(1), f%r(2), f%r(3),
*   TrackBefMove%t, MovedTrack%t
endif

```

```

end

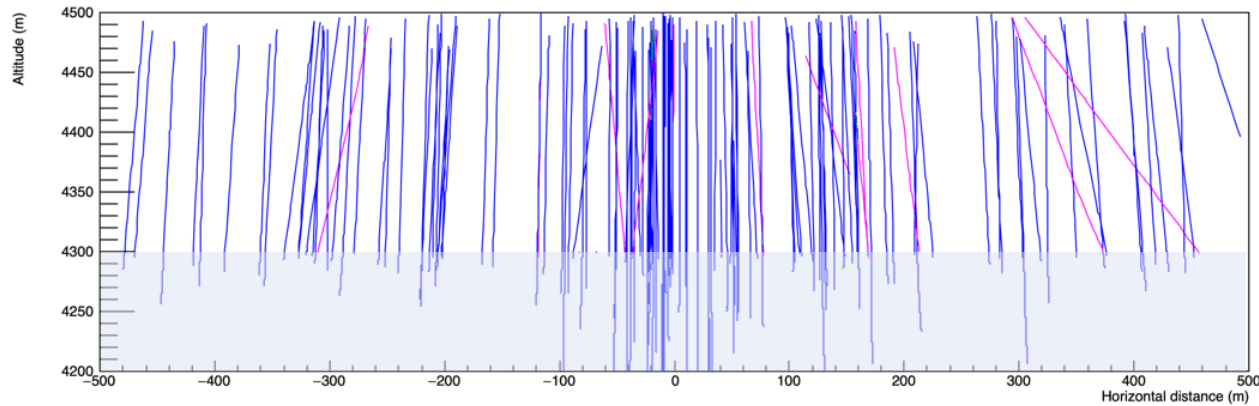
```



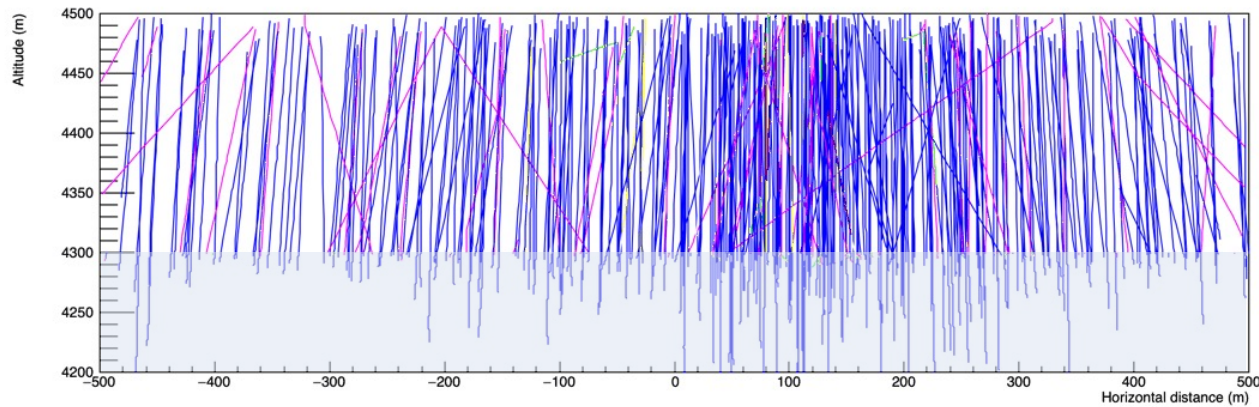
Animation:

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

水中のミュー粒子



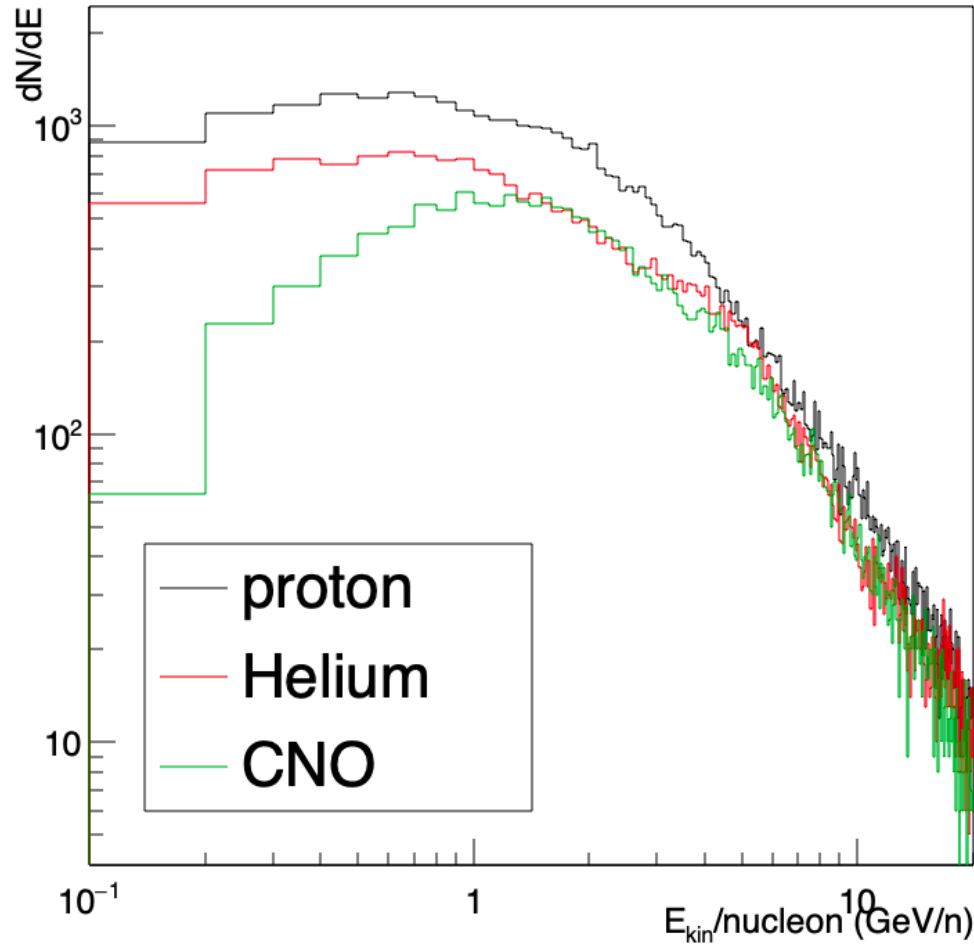
10TeV proton shower



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



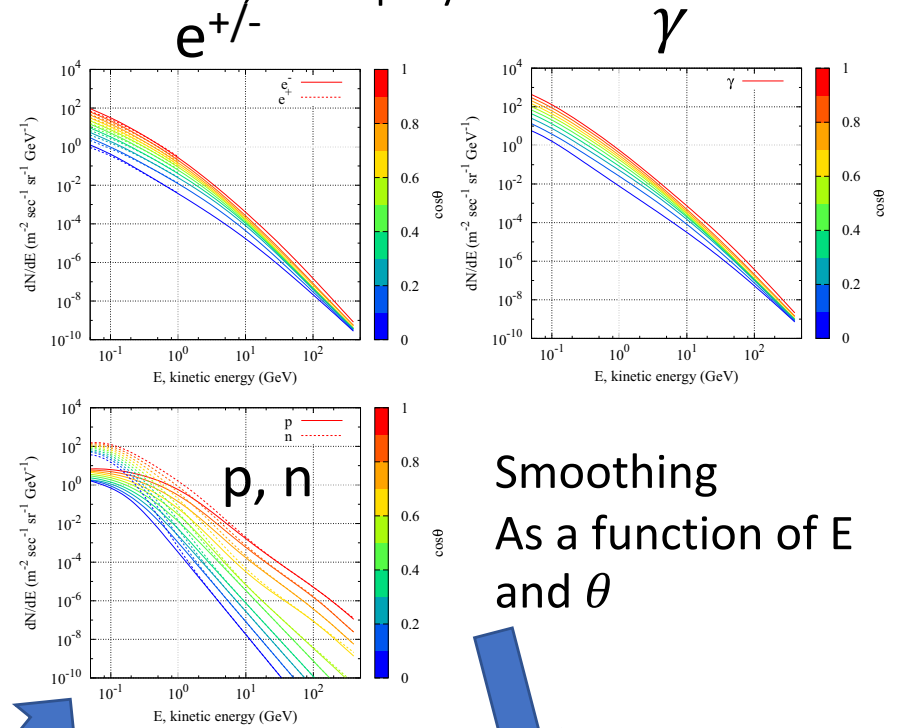
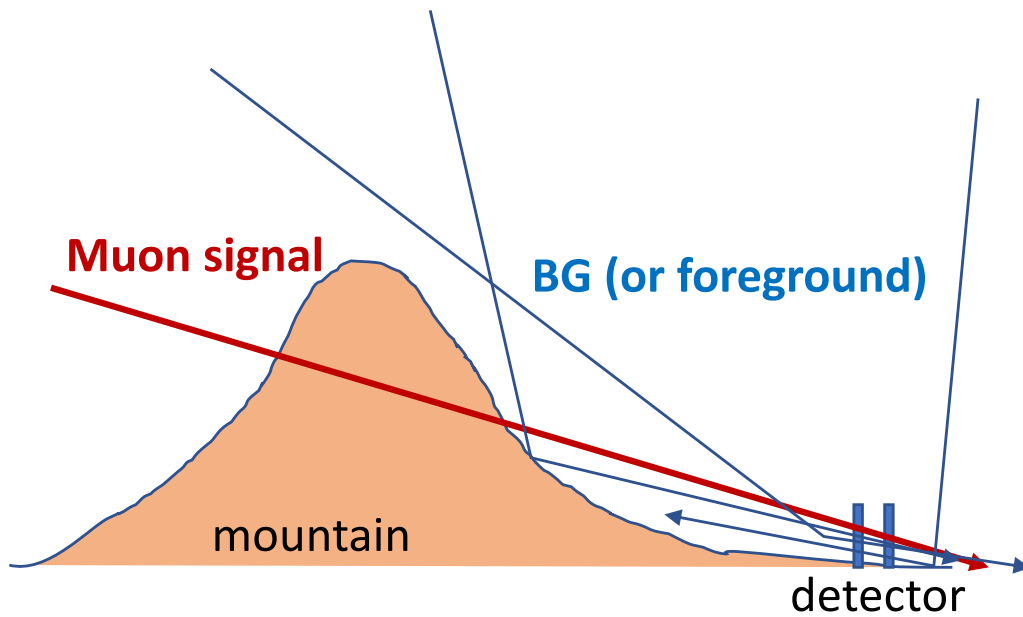
Of course, mono energy, simple power law are simpler

'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'	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		

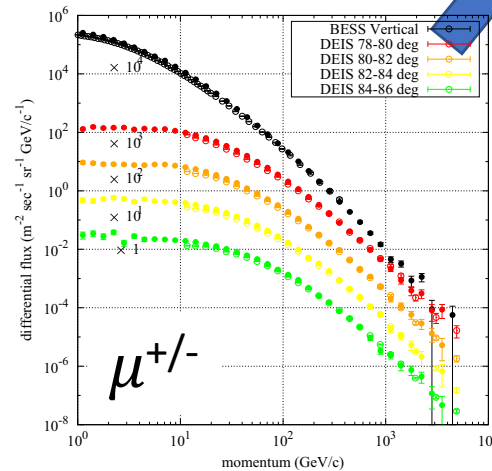
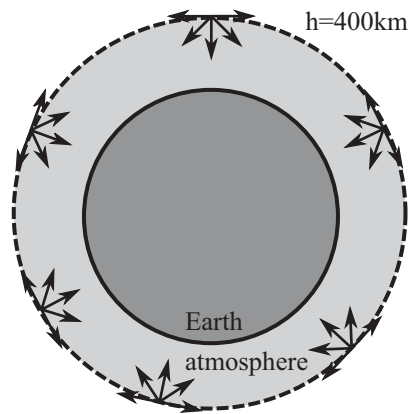
最近の応用例：Muography

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

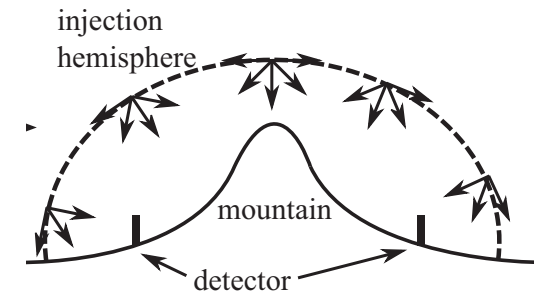


Smoothing
As a function of E
and θ

(a) COSMOS

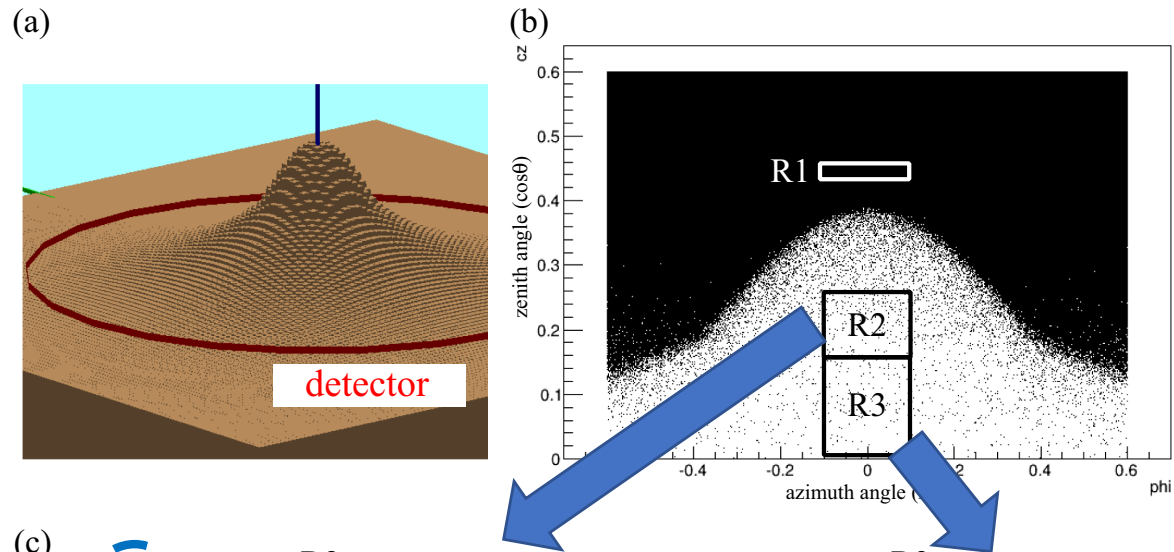


(b) GEANT4

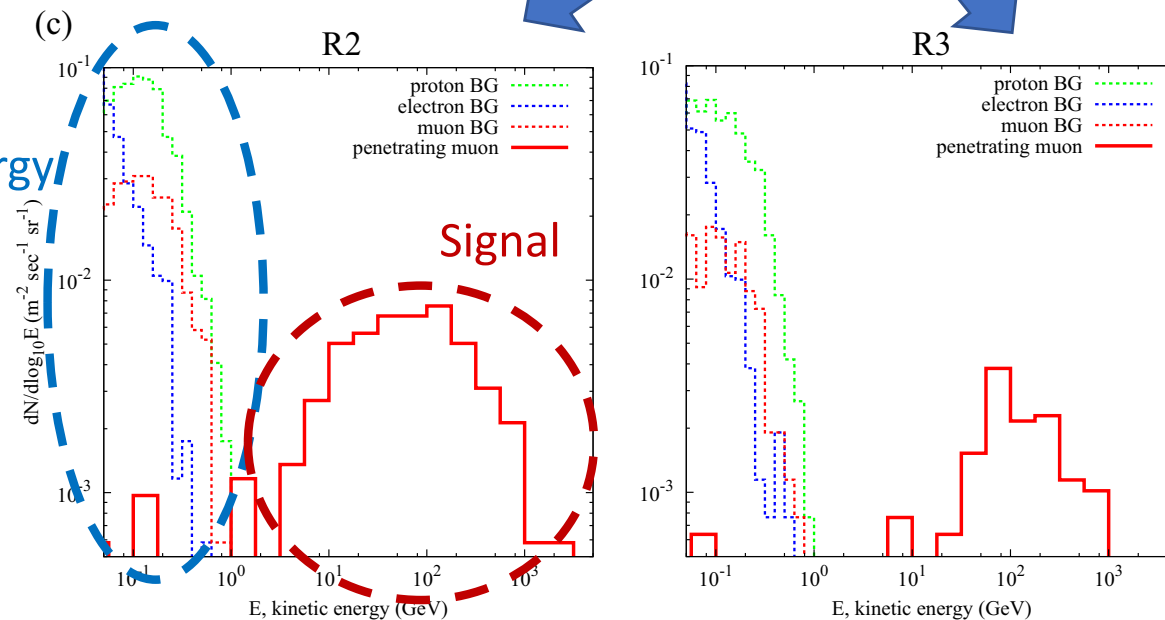


最近の応用例：Muography

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



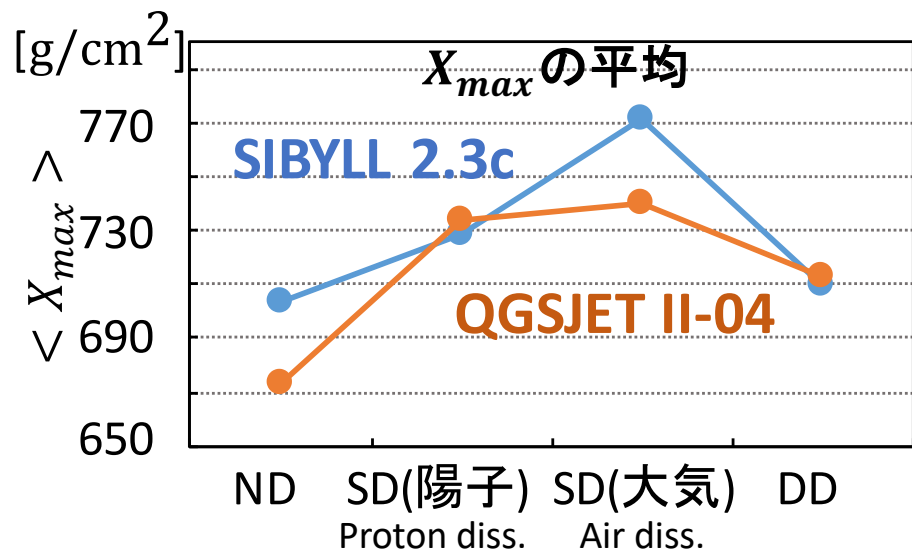
BG dominates in number
But clear difference in energy!



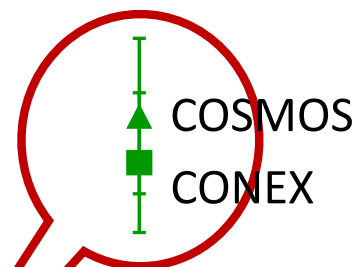
最近の応用例：

by K.Ohashi (LHCf, Nagoya)

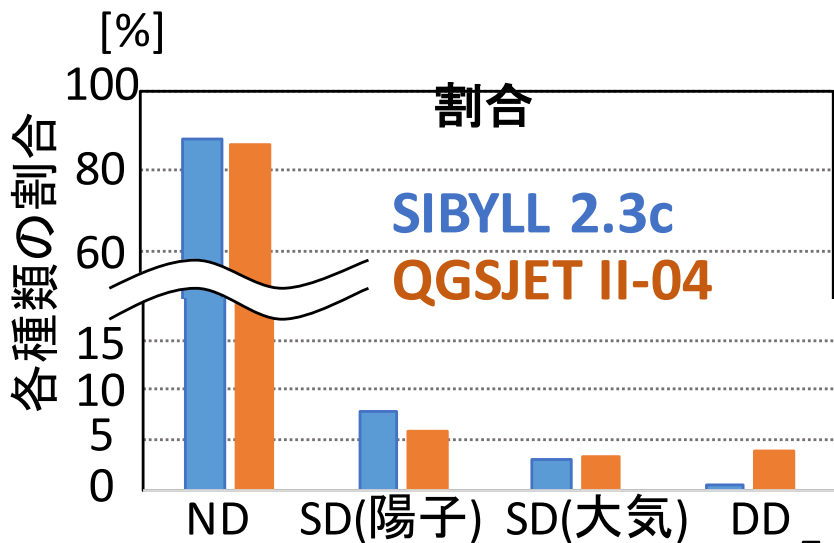
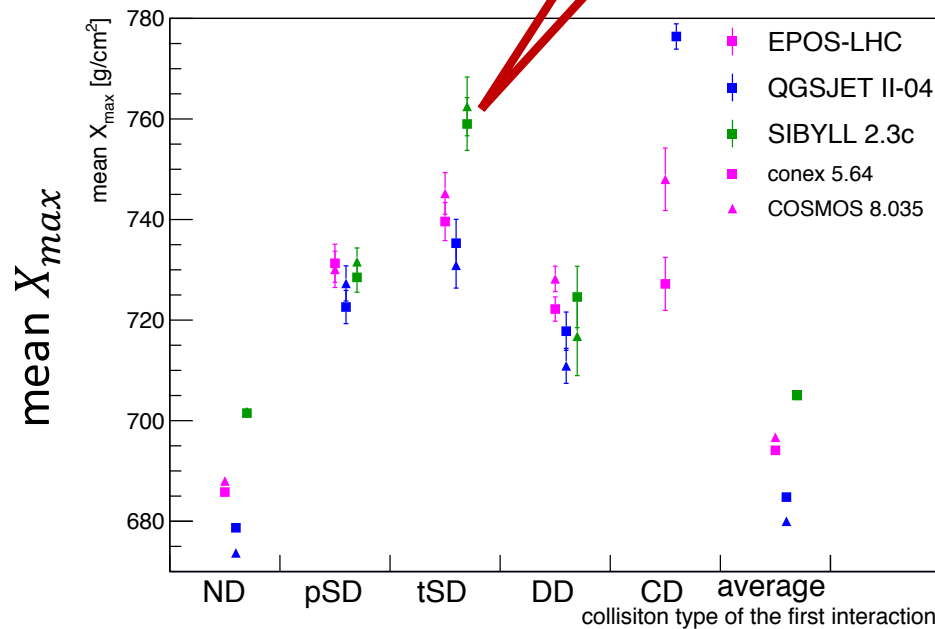
- 1st interaction category and $\langle X_{max} \rangle$



COSMOS 8.035
10¹⁷eV proton

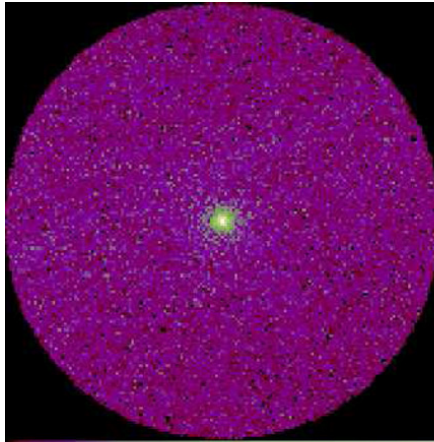


COSMOS vs. CONEX



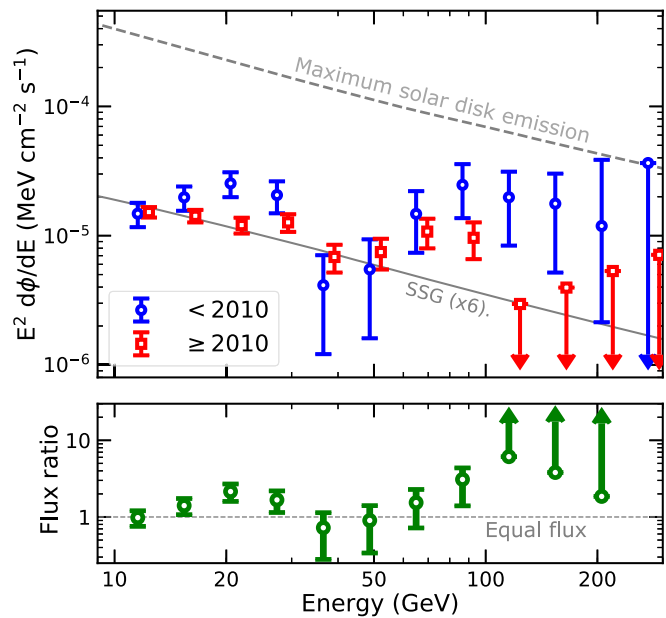
Extra-Terrestrial Air showers !?

-- proposed application --

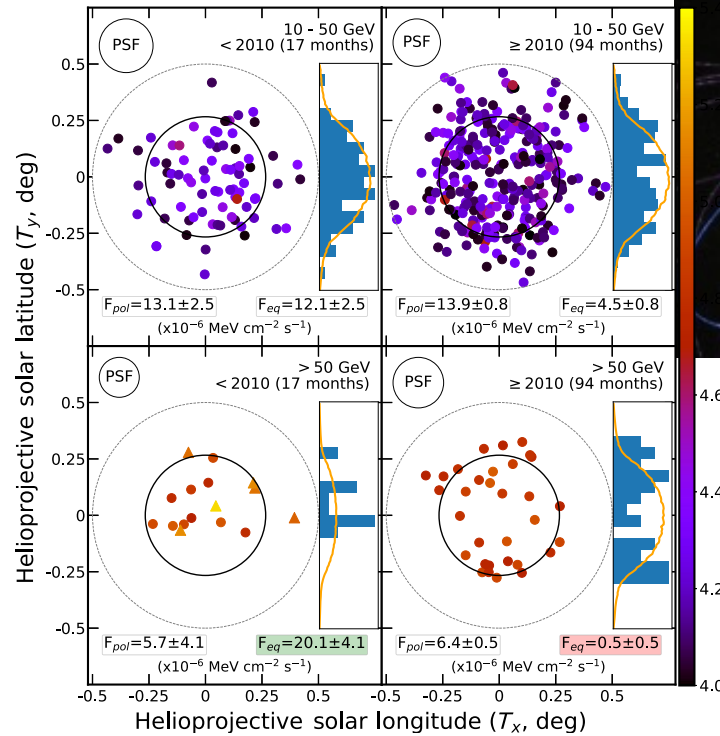


- Fermi/LAT observation
- GCR + solar atmosphere

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?

太陽大気テスト計算

