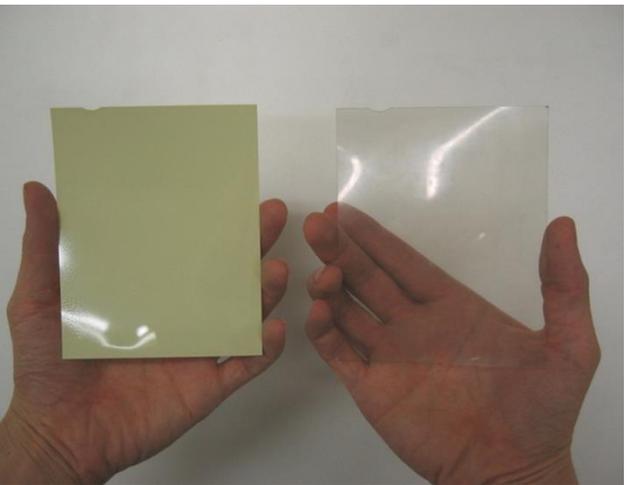


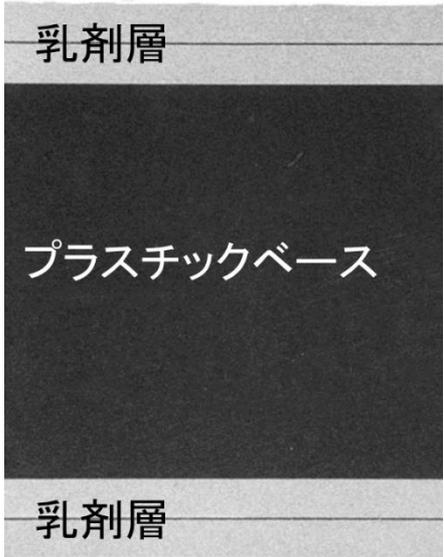
ニュートリノと鍛えあった写真技術は 世界を透視し、知は続き、つながってゆく

名古屋大学
長縄 直崇

写真フィルムで素粒子をとらえる(原子核乾板)



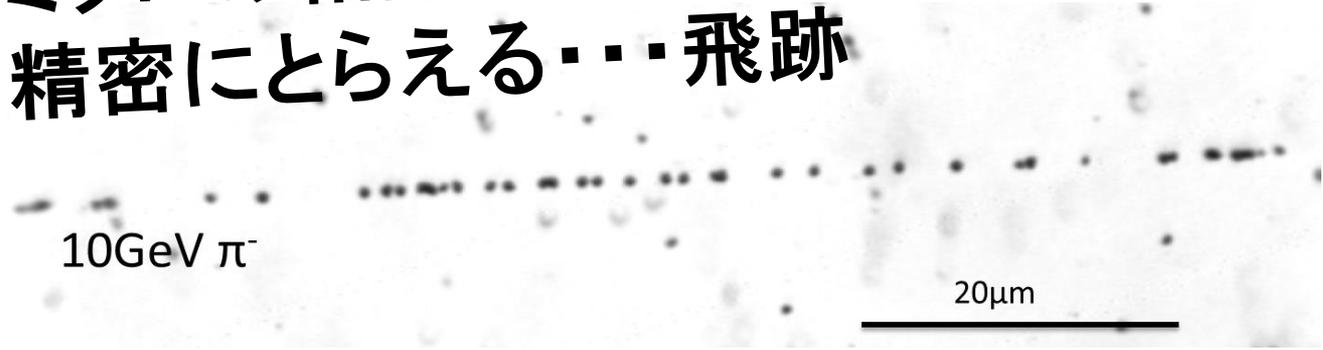
髪の毛の太さ



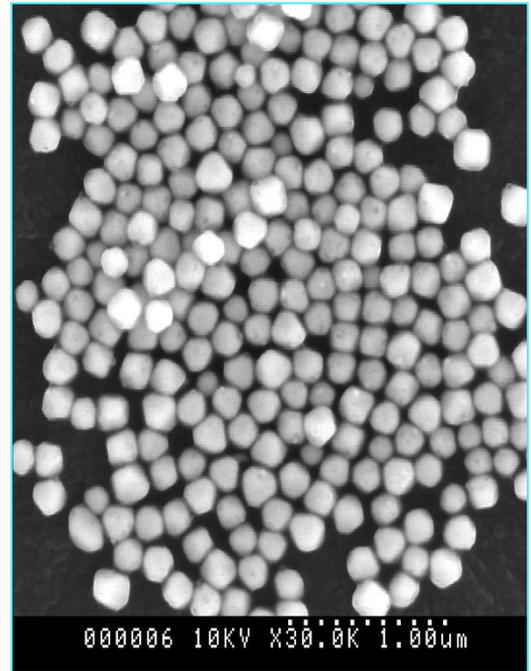
乳剤(ゼラチン中に
臭化銀の結晶を分散)



ミクロの結晶が電気をもらった粒子を
精密にとらえる・・・飛跡



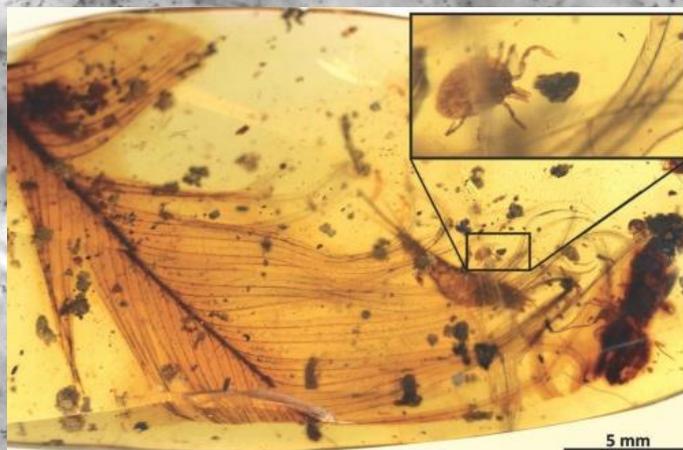
髪の毛の太さ



現象を閉じ込める。

化石、琥珀？

ありのまま？



ゼラチン中で銀の微粒子は500年以上持つ・・・現像されたフィルムは・・・

今から約100年前

1910年

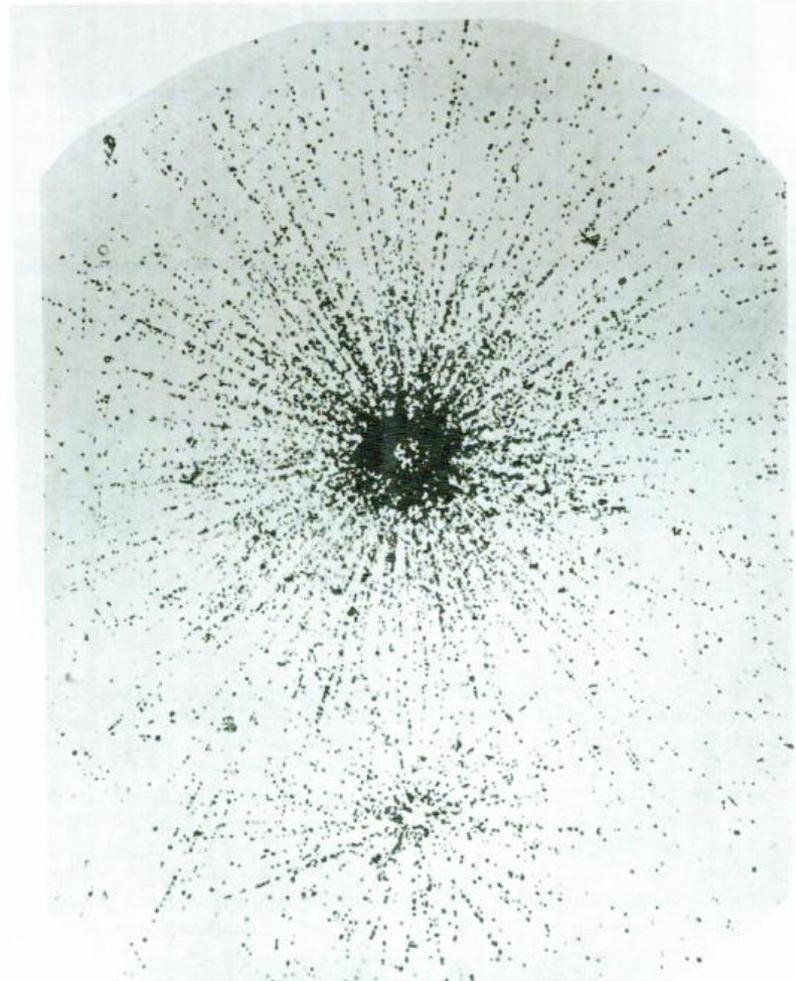
木下末吉 イギリスで研究



写真フィルム内の痕跡
でアルファ粒子をとらえられる
ことを発見

アルファ粒子が作った飛跡の 顕微鏡写真 (1915)

Radioactive contamination of an emulsion



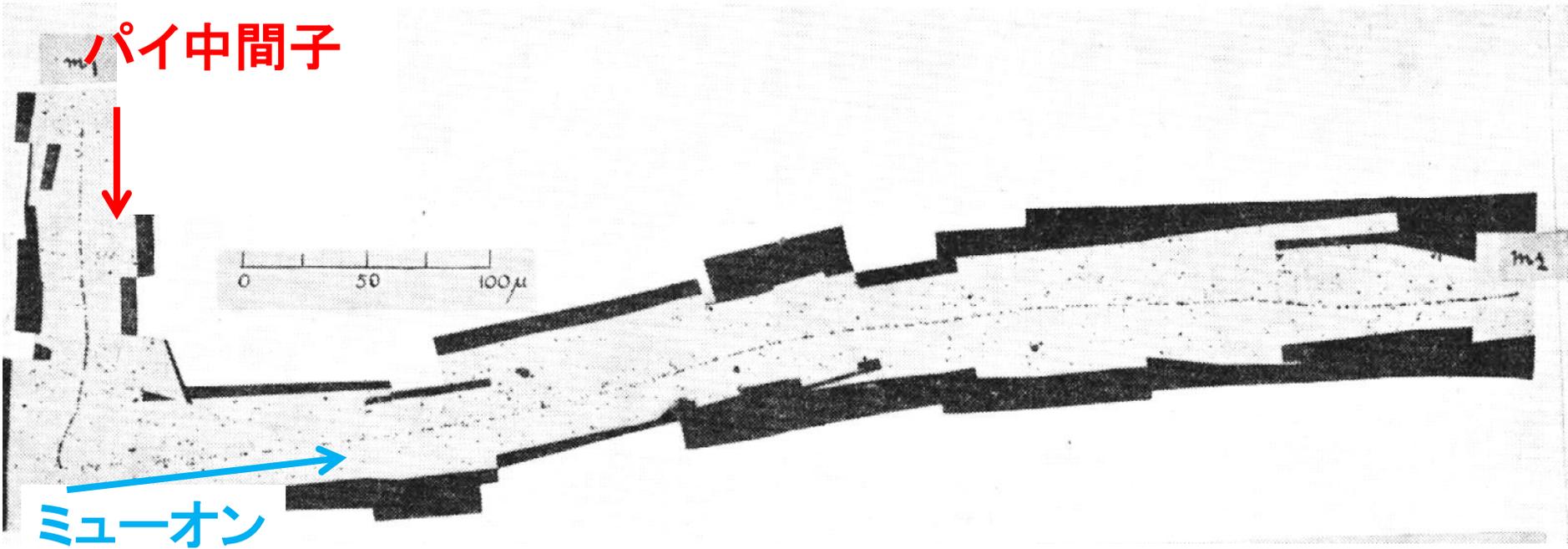
髪の毛の太さ

PLATE 1-5

Written 'Ordinary' Plate.

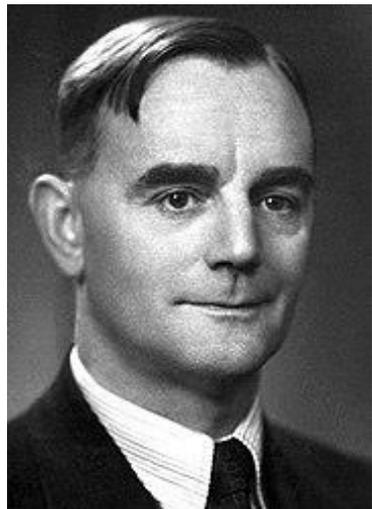
KINOSHITA and IREUTI (1915).

パイ中間子の発見(1947年)



Lattes, Muirhead, Occhialini, Powell, Nature 159 p694 (1947)

パウエル



写真フィルムを改良しつつ宇宙からの粒子を調べていて偶然発見

湯川秀樹

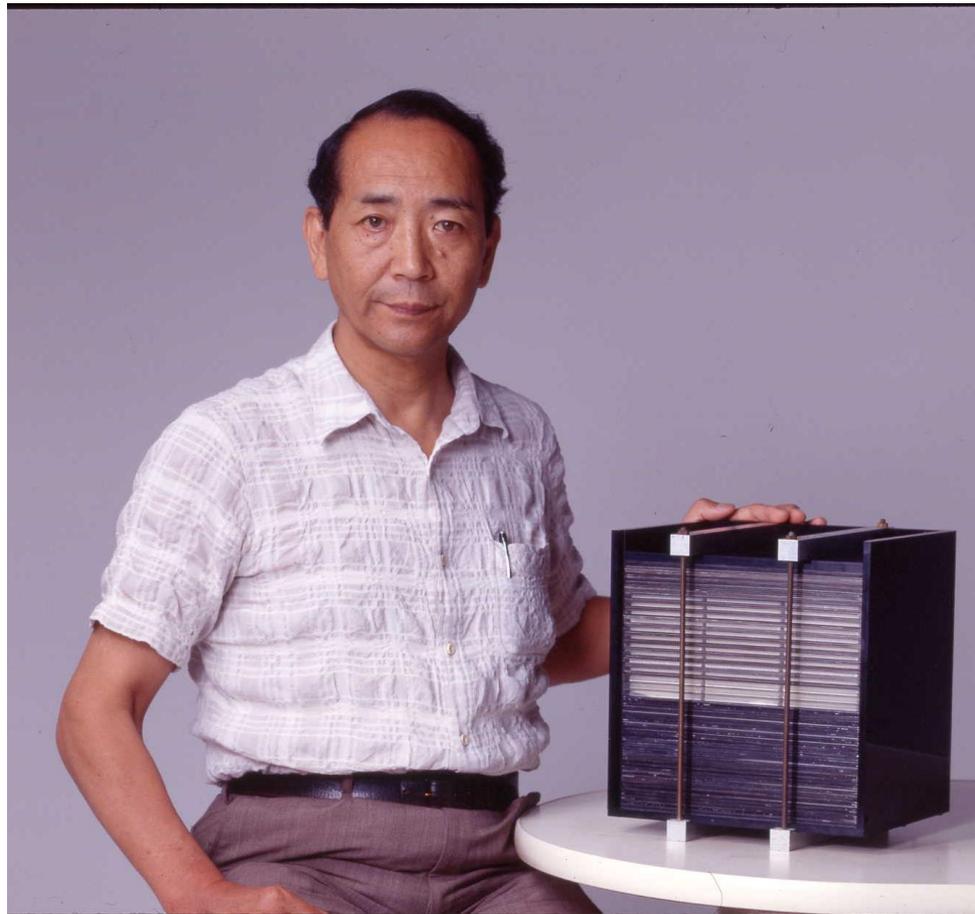


1935年に予言。原子核の中身を結び付ける粒子。

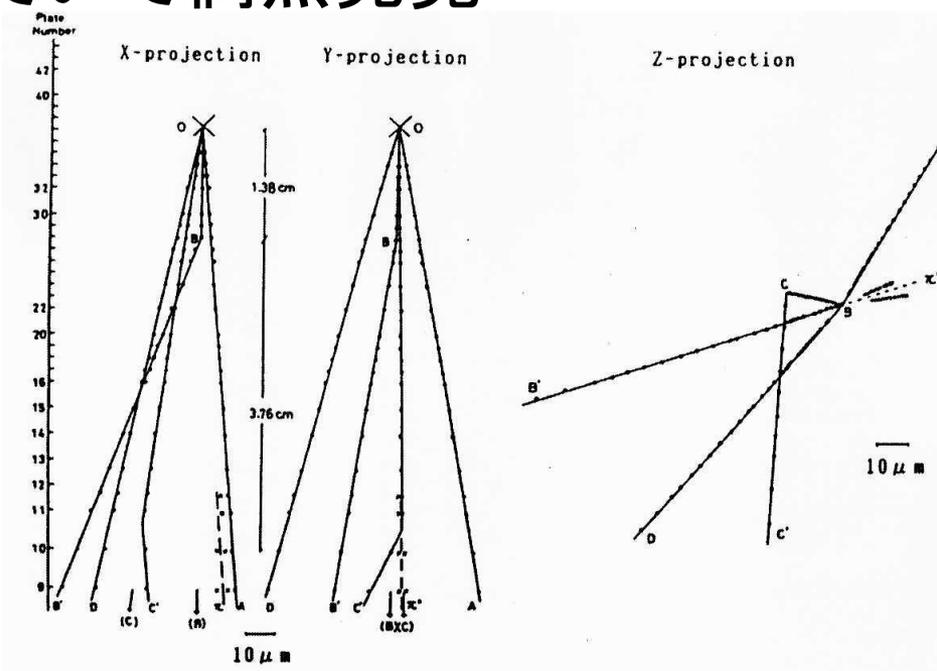
チャーム粒子の発見(1971年)

宇宙からの粒子の反応を調べていて偶然発見

丹生 潔



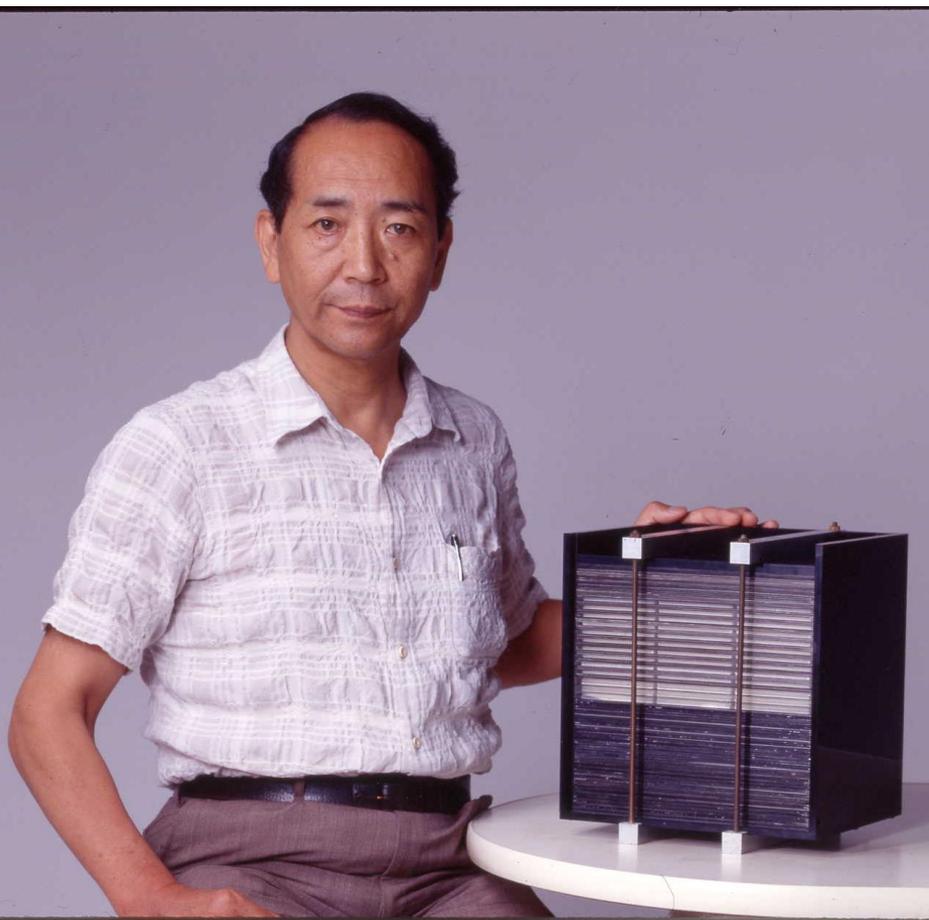
飛行機に乗せた写真フィルム



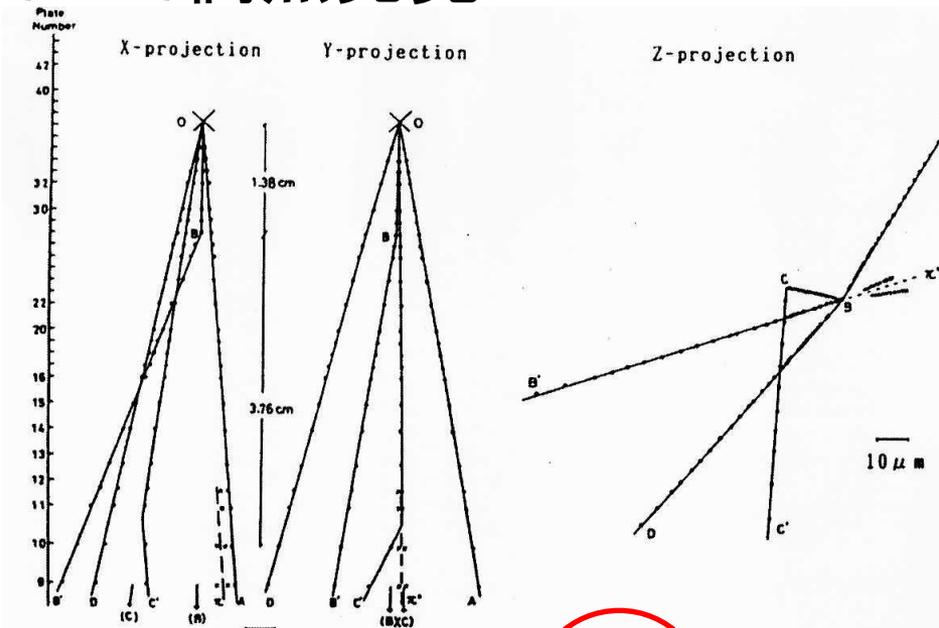
チャーム粒子の発見(1971年)

宇宙からの粒子の反応を調べていて偶然発見

丹生 潔



飛行機に乗せた写真フィルム



物質を作っている
12種類の素粒子

クォーク	 アップクォーク	 チャームクォーク	 トップクォーク
	 ダウルクォーク	 ストレンジクォーク	 ボトムクォーク
	レプトン		
 電子	 ミュー粒子	 タウ粒子	
 電子ニュートリノ	 ミューニュートリノ	 タウニュートリノ	



電子
ニュートリノ



ミュー
ニュートリノ

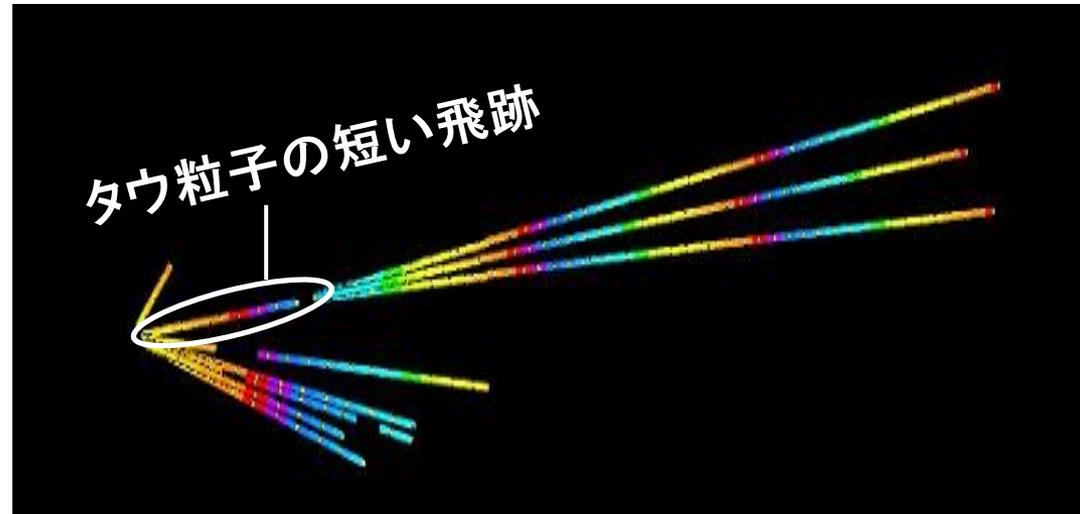


タウ
ニュートリノ

ニュートリノでは・・・

タウニュートリノの発見 (1998年 DONUT実験)

物質を作っている
12種類の素粒子

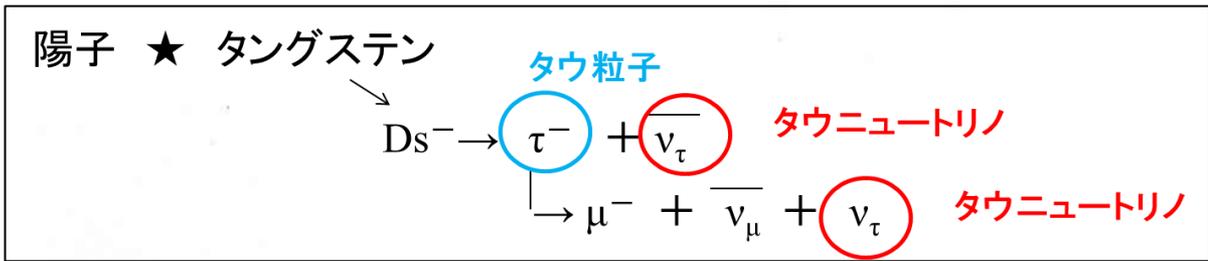
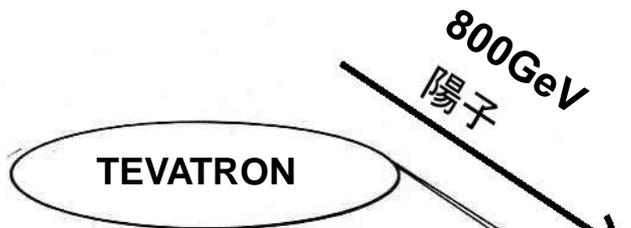


- ・ 寿命の短いタウ粒子を識別できる検出器が必要
- ・ 写真フィルムなら...
- ・ ただし、飛跡の量が膨大！ 高速自動読み取りが必要

実験場所：米国フェルミ加速器研究所

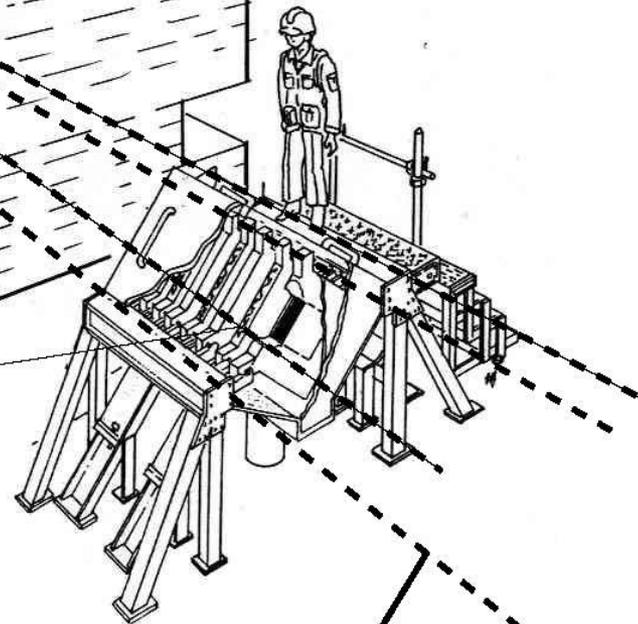
テバトロン 一周6.3 km





ニュートリノを発生させる
タングステンの塊

写真フィルムと
シンチレーション
ファイバートラッカー

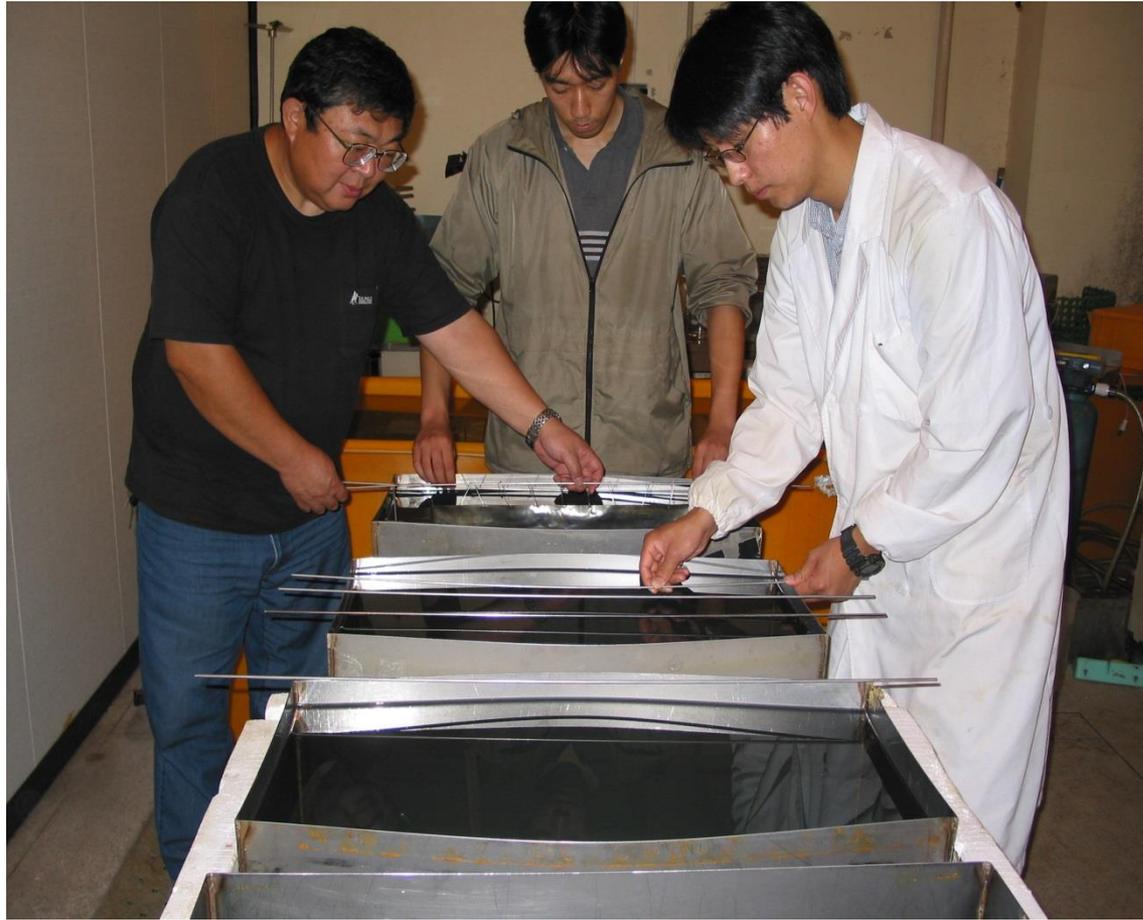


ニュートリノビーム

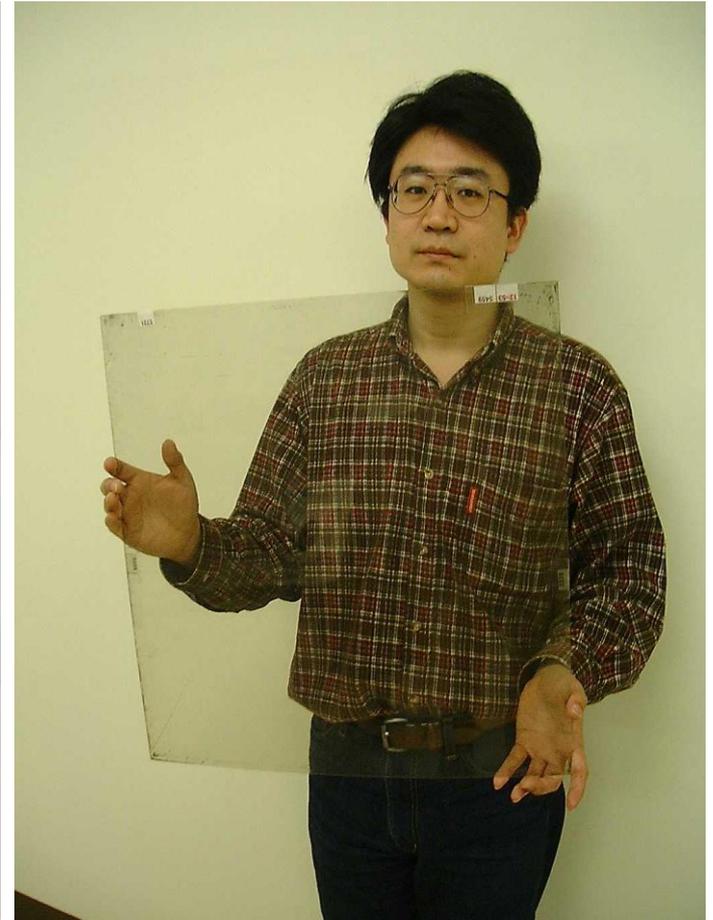
乳剤を塗布して写真フィルムを作る



照射後現像（当時の再現）

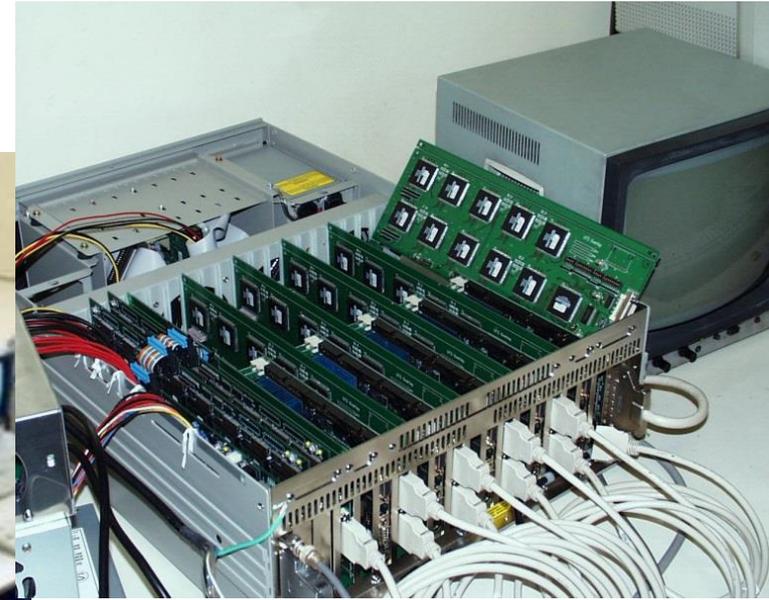


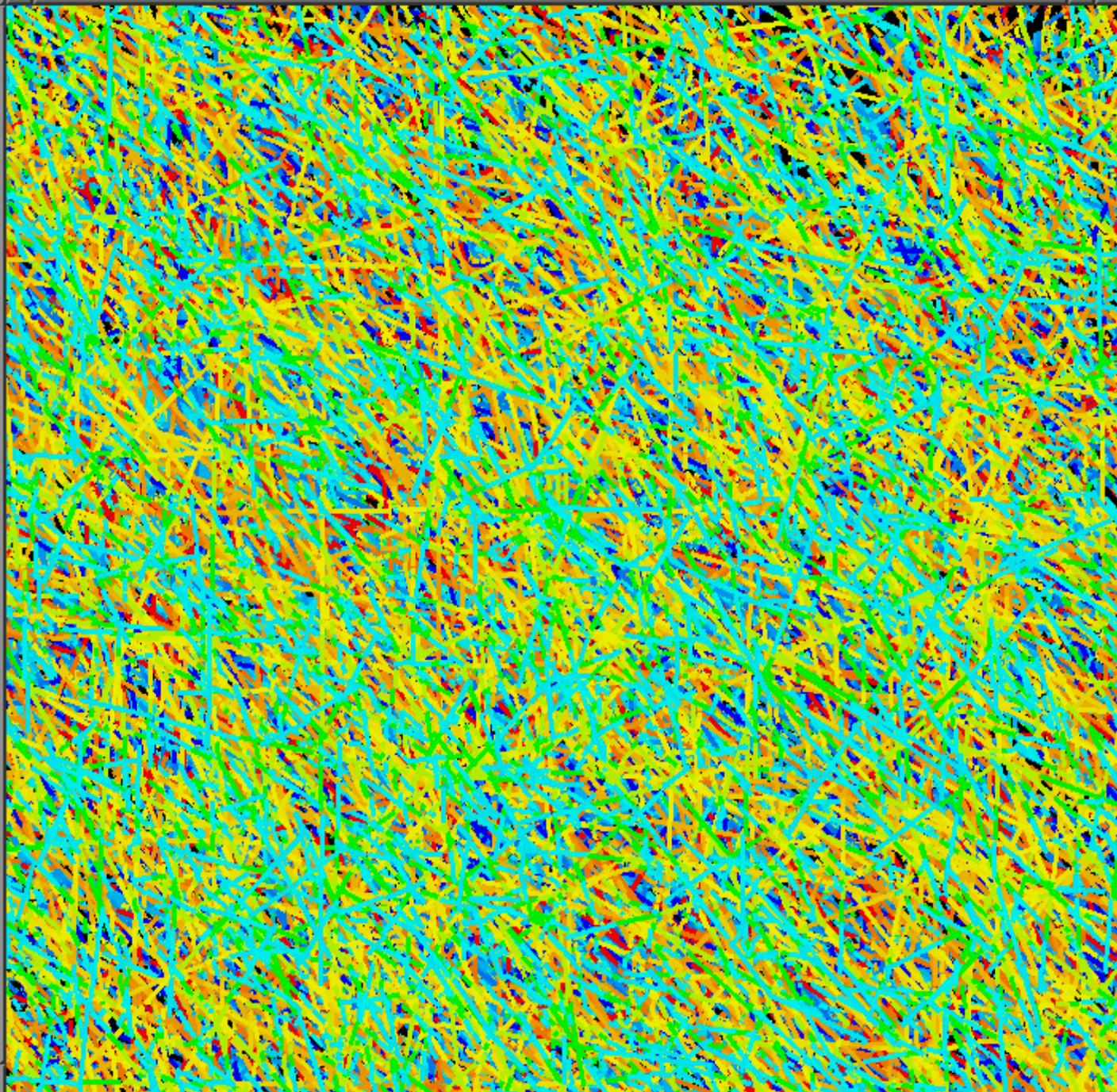
大きな容器で



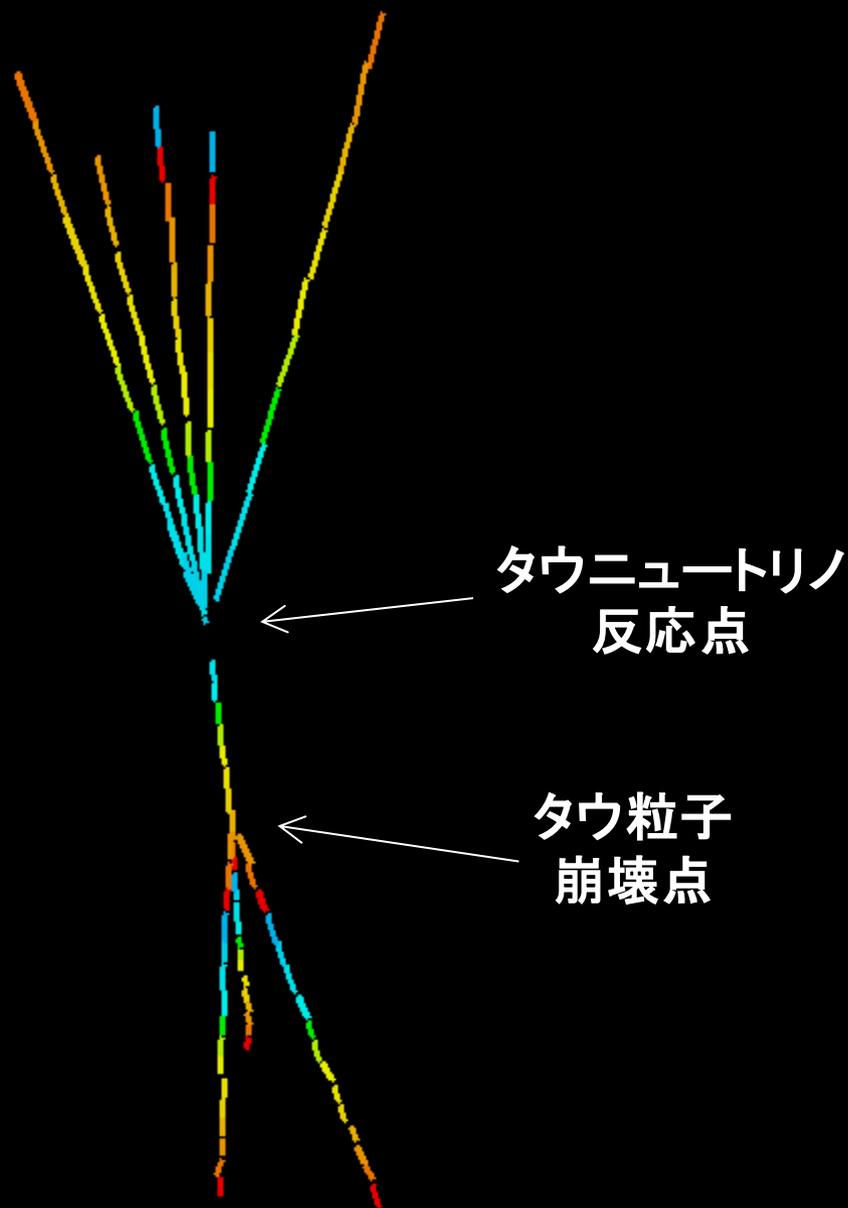
写真フィルム：50cm角
400枚

飛跡の高速自動読み取り装置(自作)





読み出された全
飛跡（飛跡数
4179本）



一点収束する飛跡を抽出し、タウニュートリノの反応とタウ粒子の崩壊検出。

ニュートリノに質量はあるか？

ニュートリノ振動するか？

ミューニュートリノからタウニュートリノへの振動を「直接」見た OPERA実験

スイス
CERN

ミューニュートリノ

17 ギガ電子ボルト

730km

イタリア
グランサッソ
地下研究所

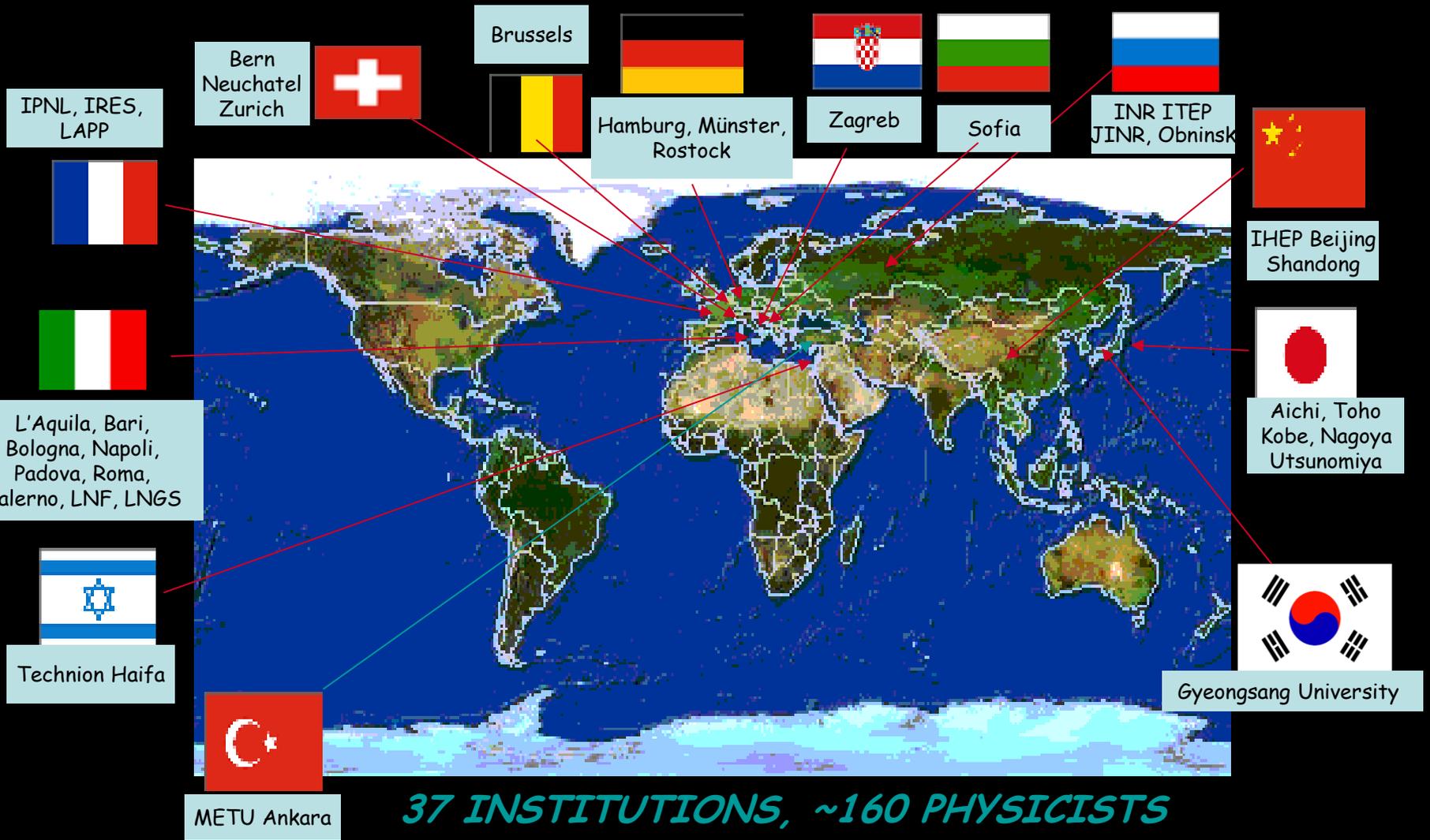
ミューニュートリノ

タウニュートリノ

スーパーカミオカンデの結果がニュートリノ振動ならば、
タウニュートリノがわずかに現れる。



国境を越えて協力



OPERA



CERN(欧州原子核研究機構)
当時世界最強の加速器SPS

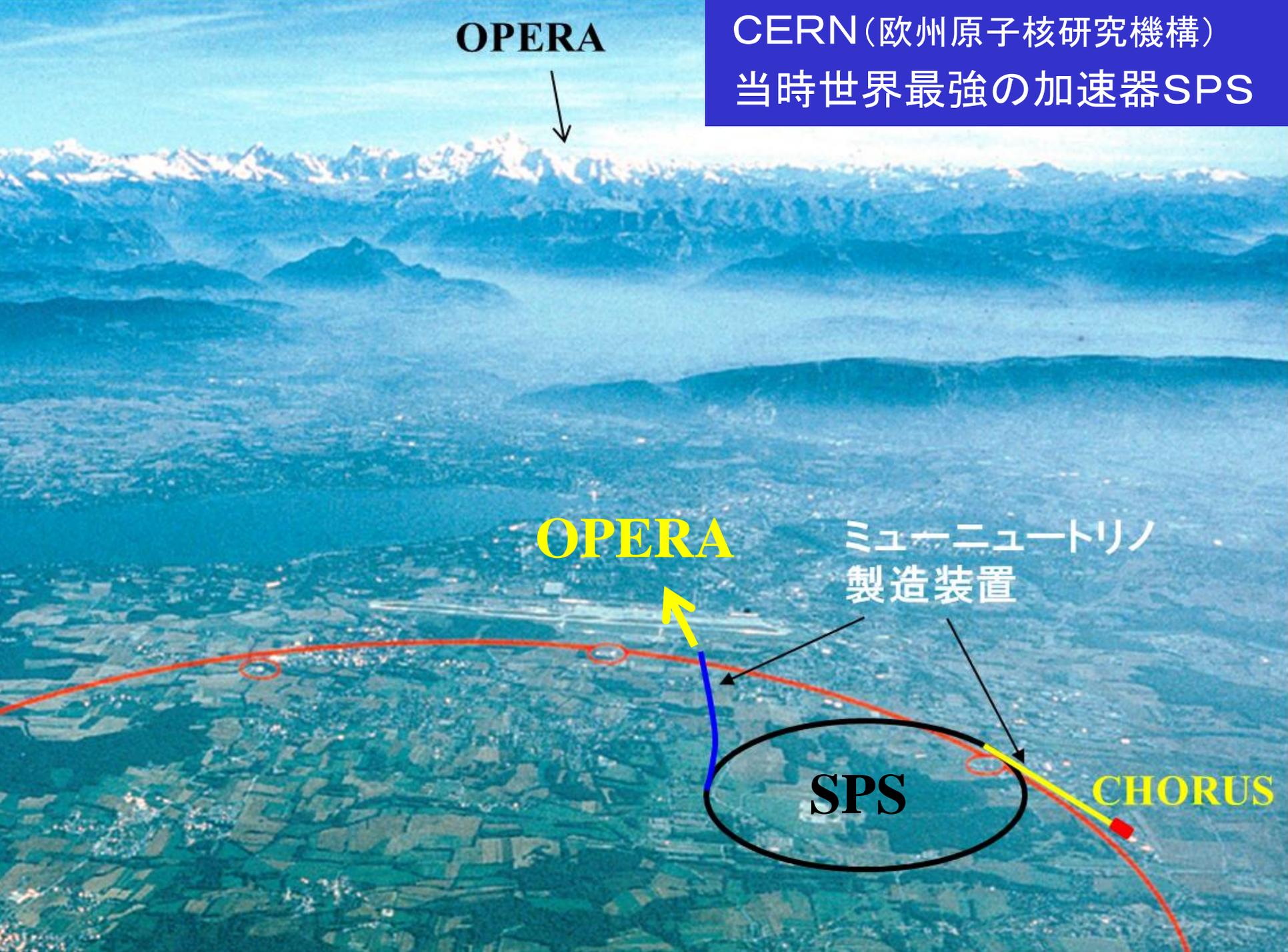
OPERA

ミューニュートリノ
製造装置



SPS

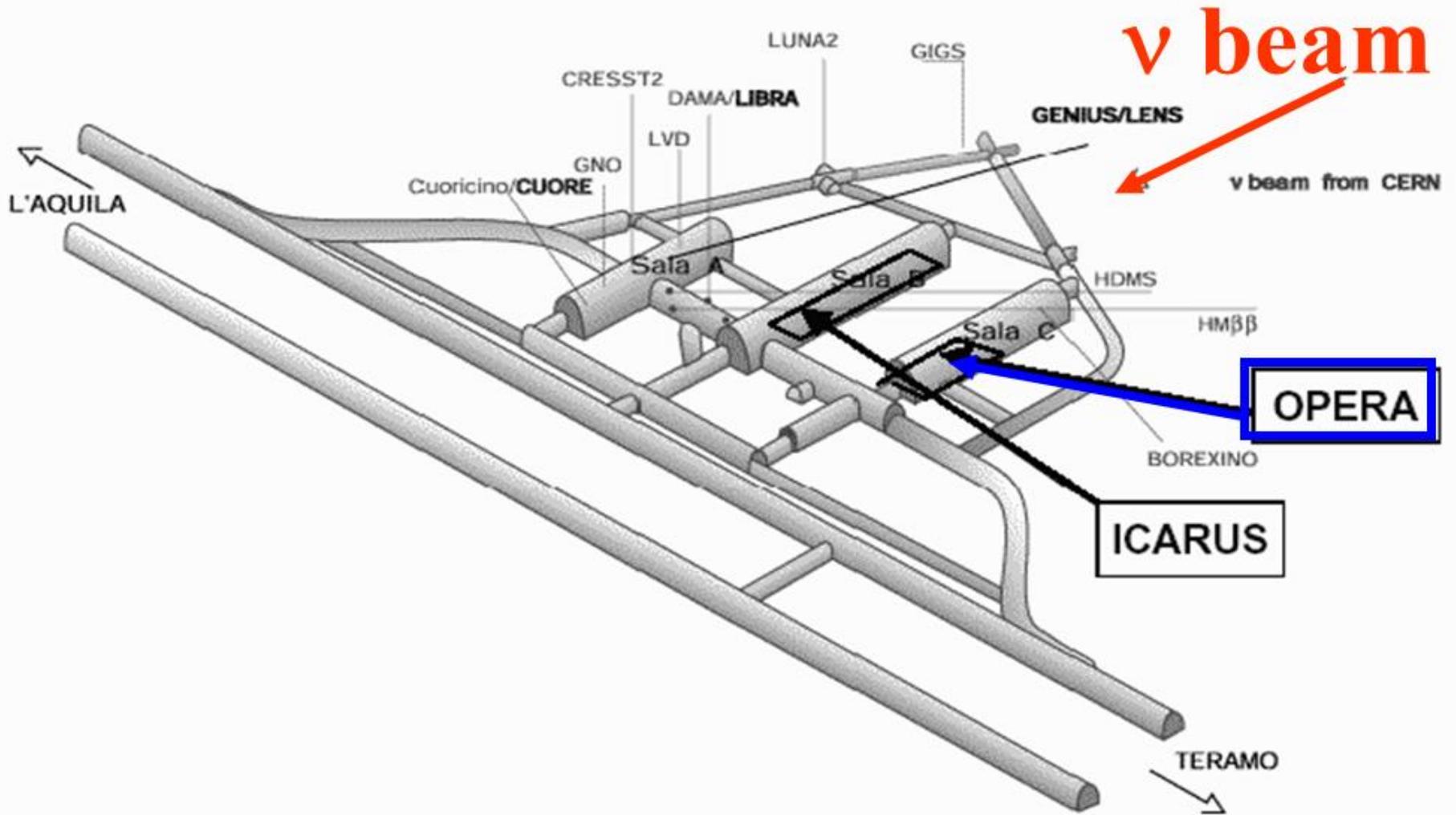
CHORUS



イタリア・グランサツソ研究所(地上)

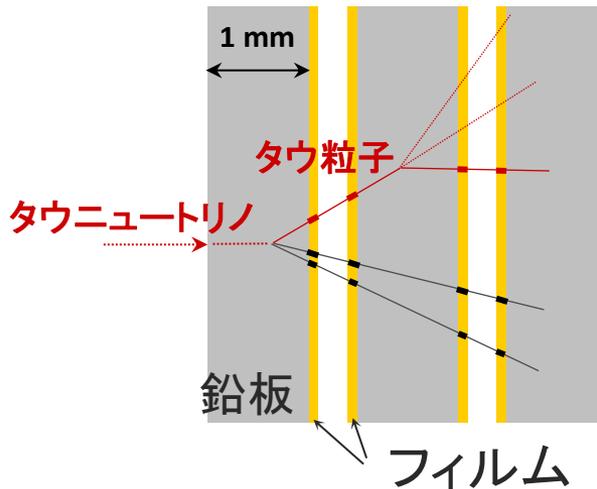
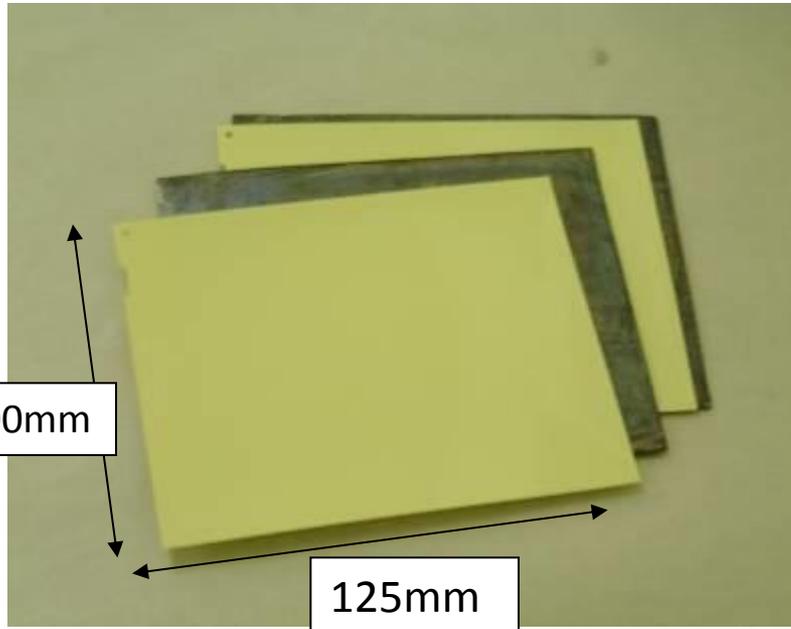


グランサツソ国立研究所(地下)



鉛・写真フィルムのブロック

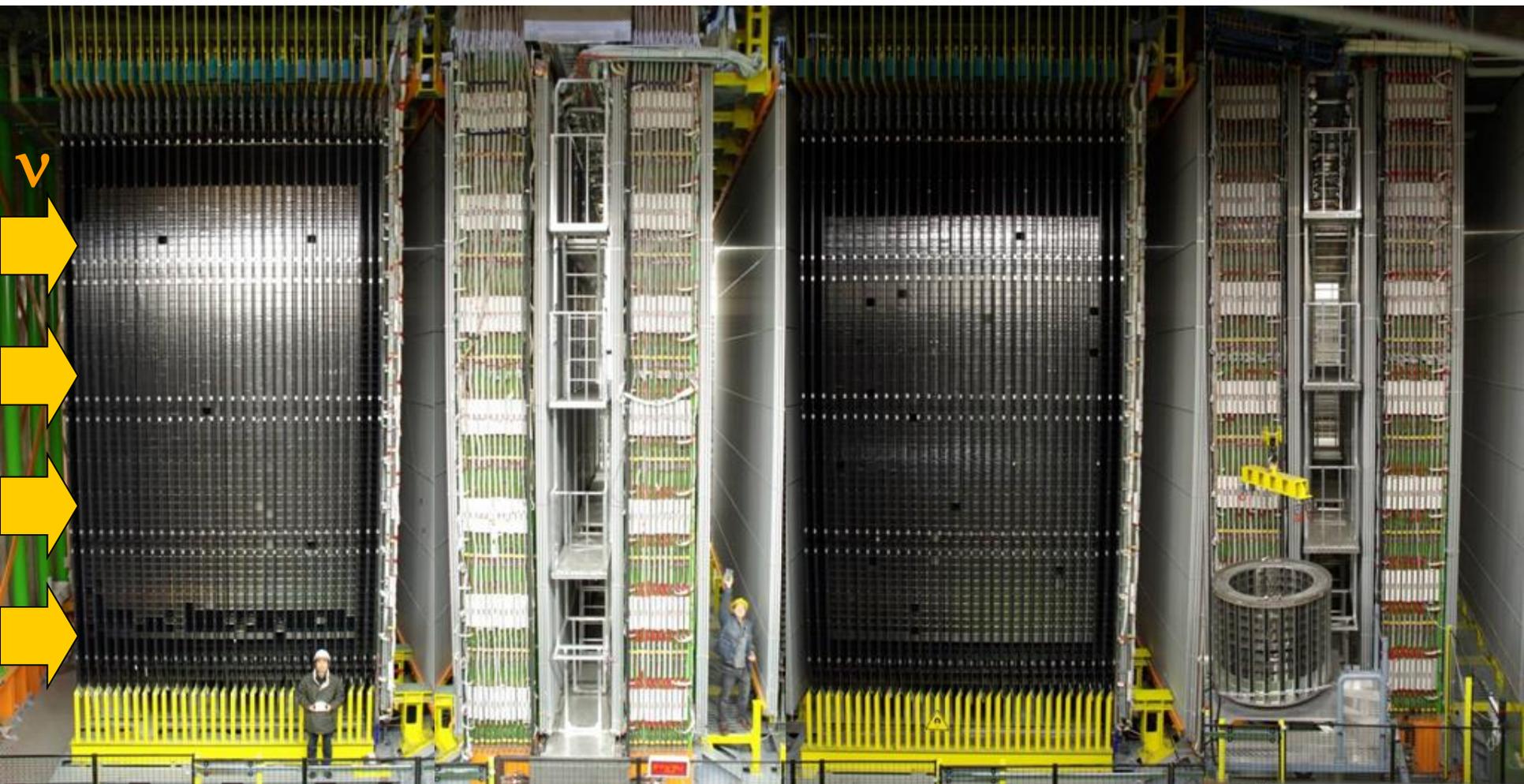
鉛板56枚 + 写真フィルム57枚



1000万枚の写真フィルム（富士フィルム）

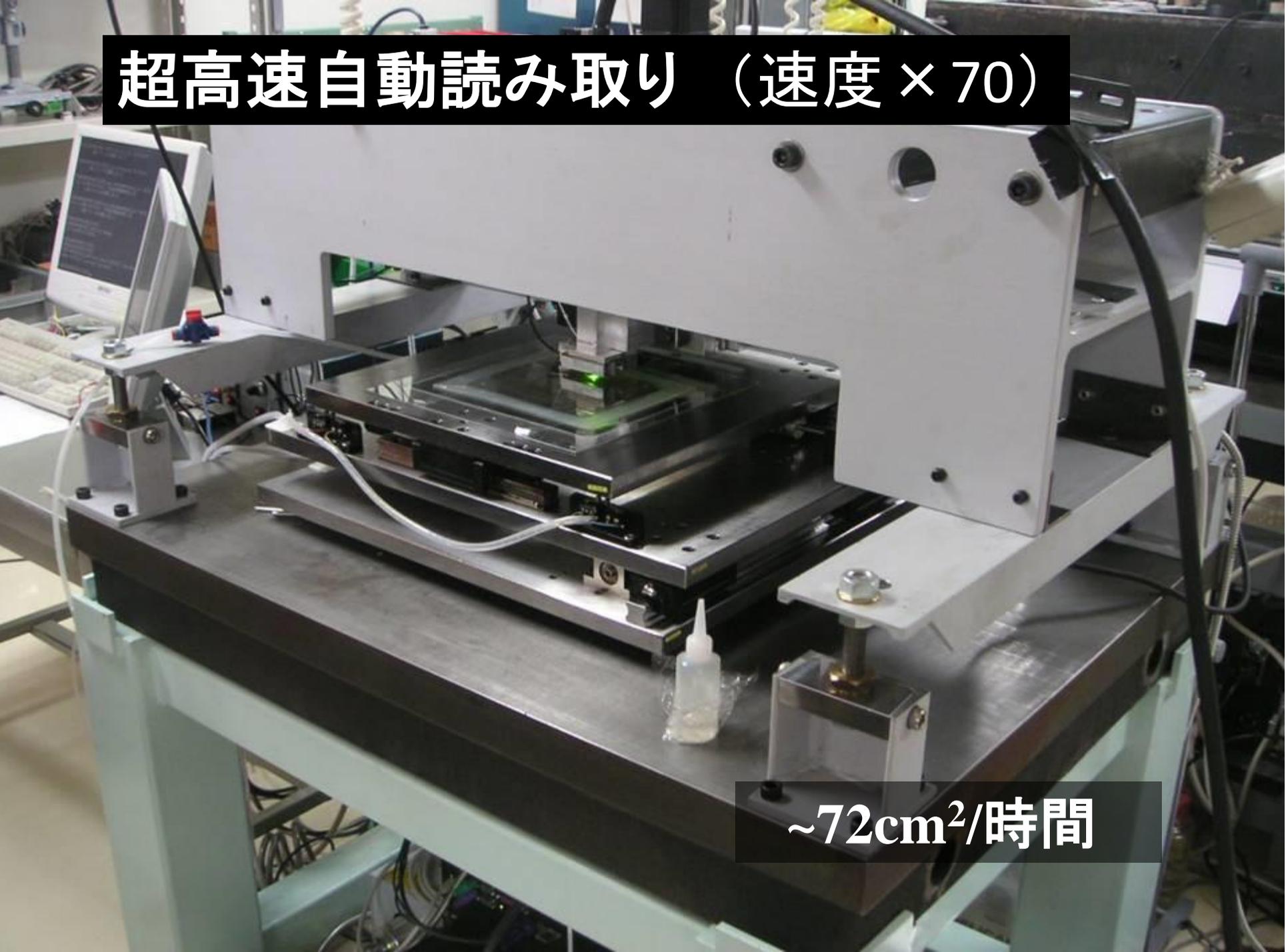
15万個のブロック（自作）

地下1400m でタウニュートリノを待ちうける



積み上げた15万個のブロックと他の装置

超高速自動読み取り (速度×70)

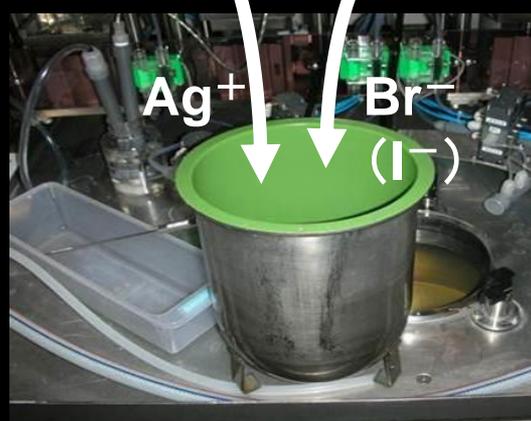
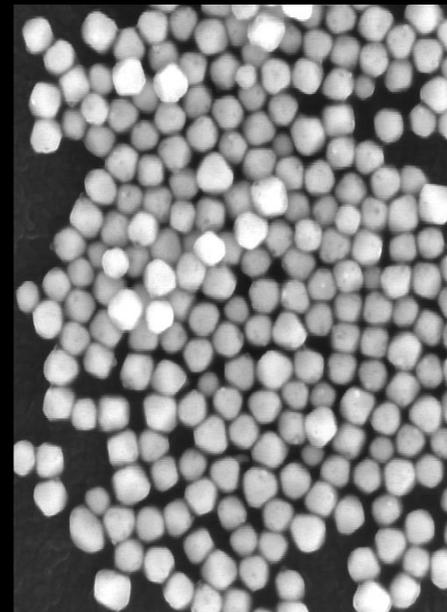
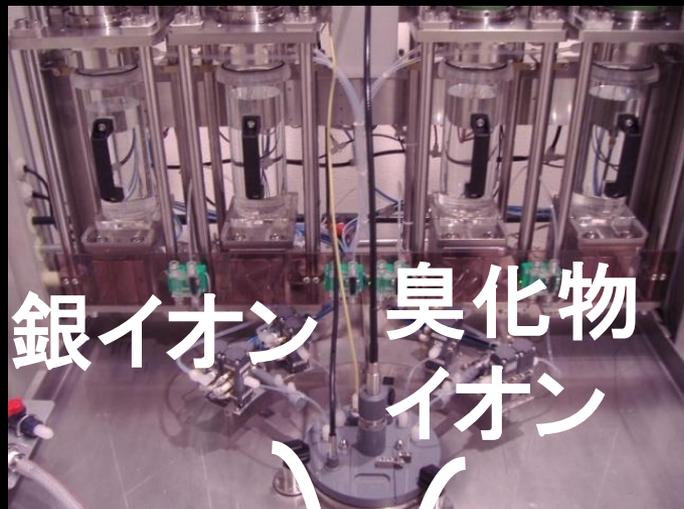
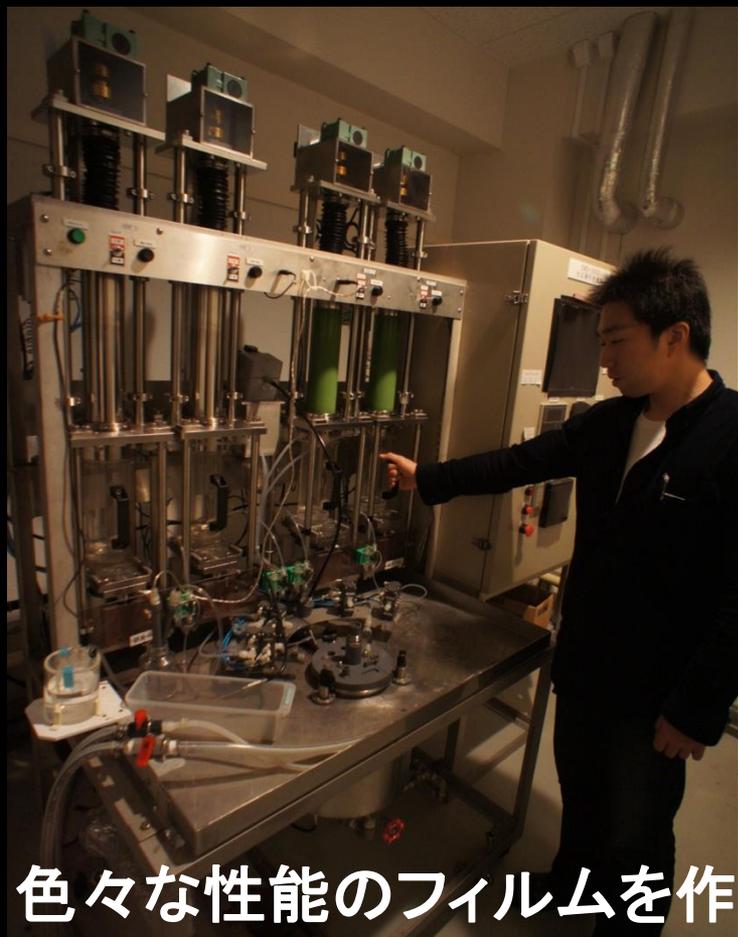


~72cm²/時間

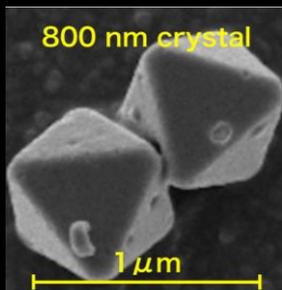
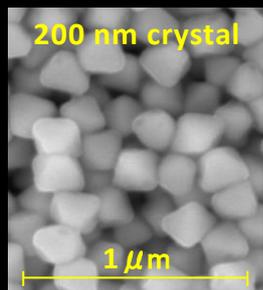
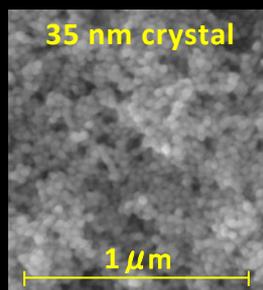
写真技術は
ニュートリノ実験できたえられ、

その後・・・

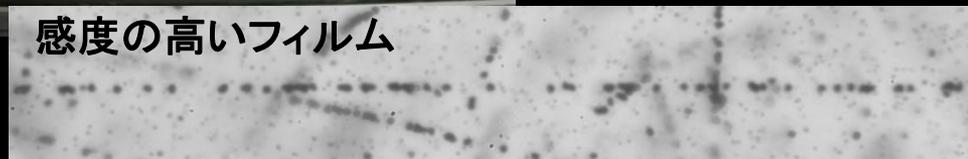
乳剤から自分たちで作る。



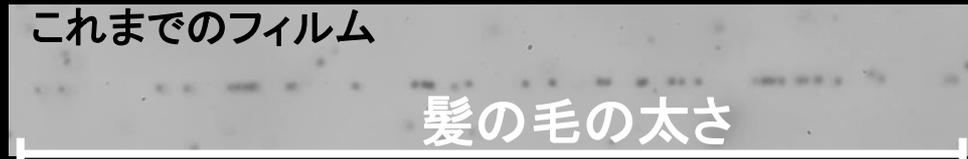
色々な性能のフィルムを作れる



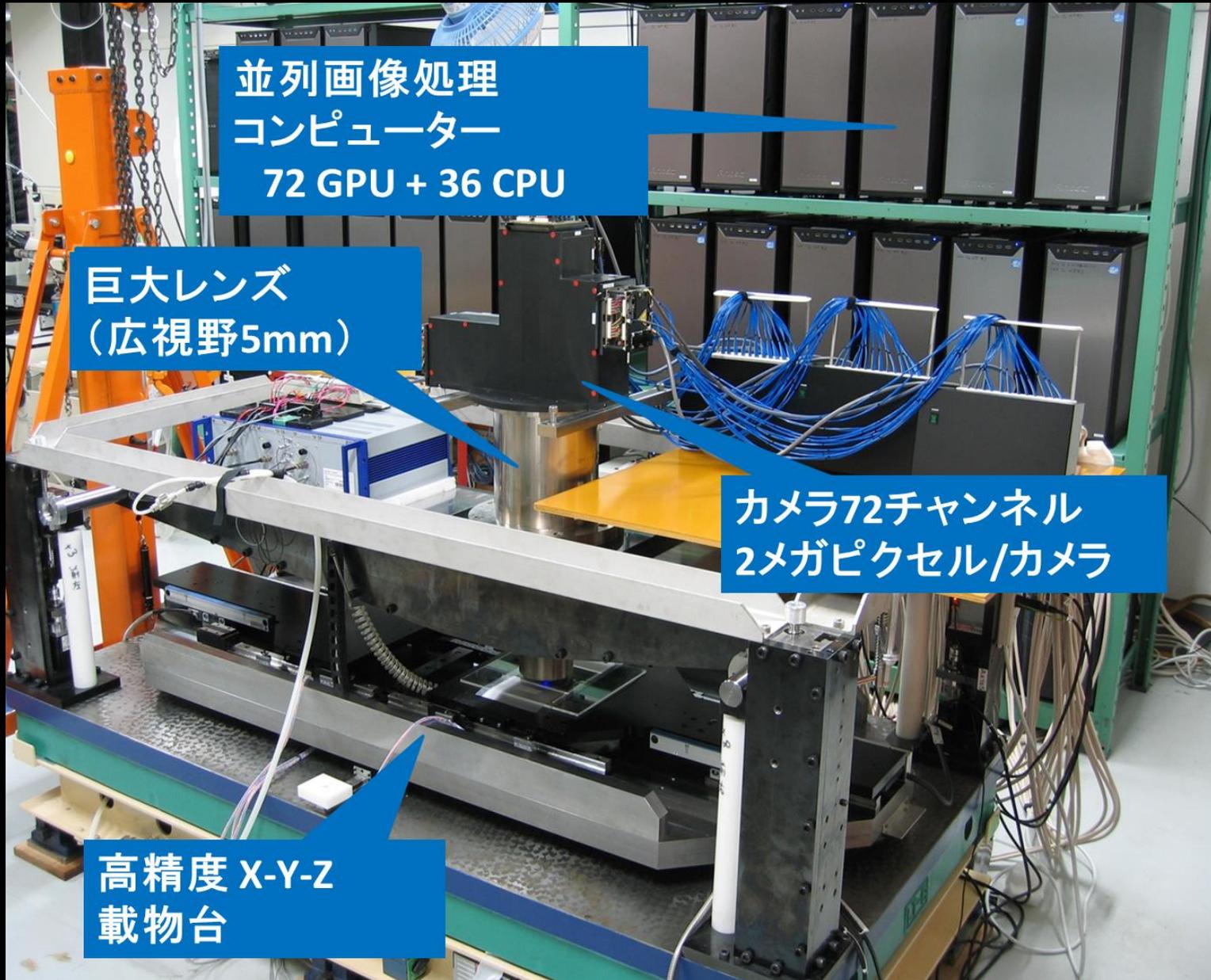
感度の高いフィルム



これまでのフィルム



更に高速化した飛跡読み取り(×100)



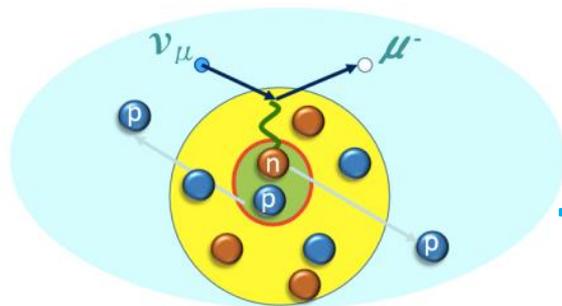
並列画像処理
コンピューター
72 GPU + 36 CPU

巨大レンズ
(広視野5mm)

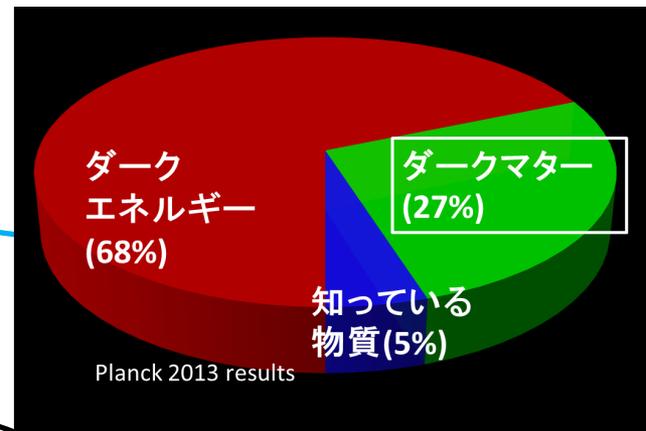
カメラ72チャンネル
2メガピクセル/カメラ

高精度 X-Y-Z
載物台

鍛えられた写真技術によって様々な世界の 見えないモノを「透視」する



ニュートリノ



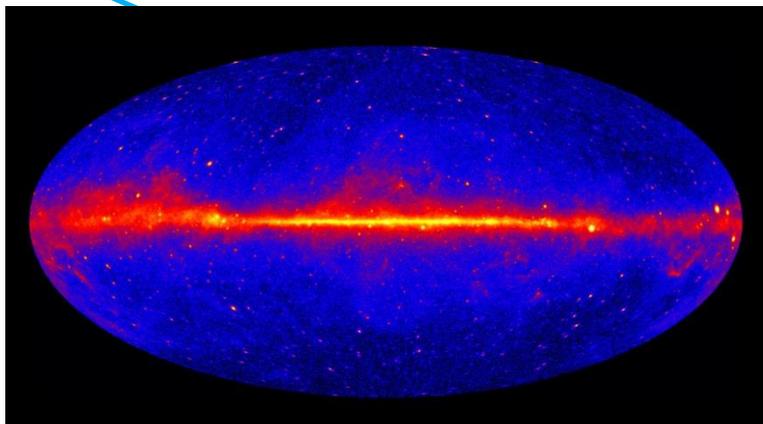
素粒子
乳剤
高速自動読み取り

ダークマター
(未知の質量)

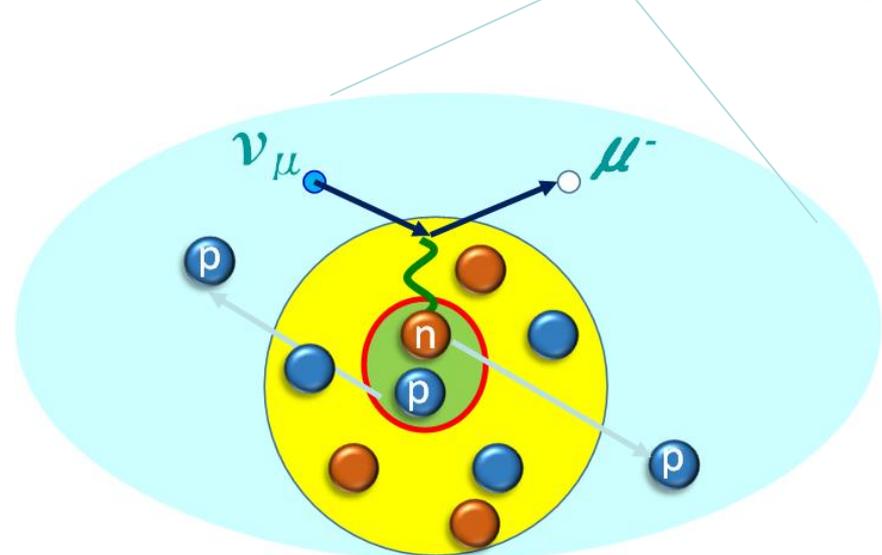
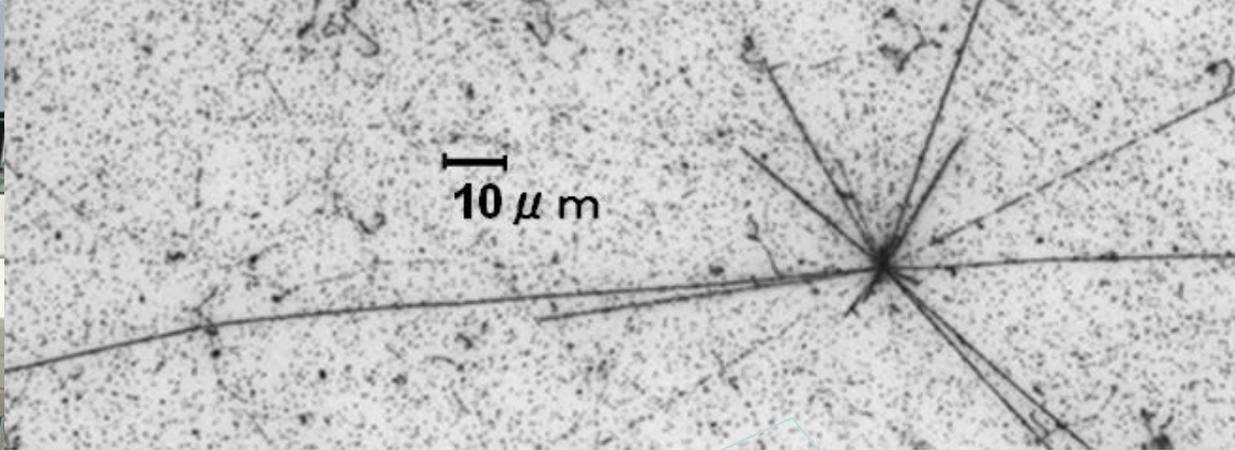
宇宙

(高エネルギーの光)

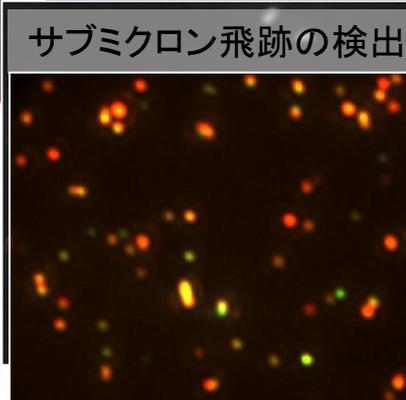
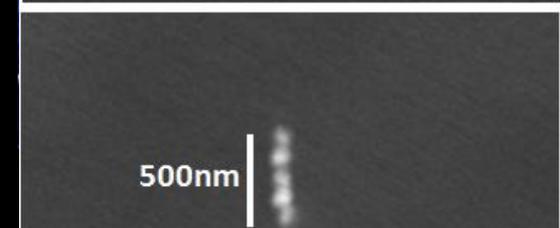
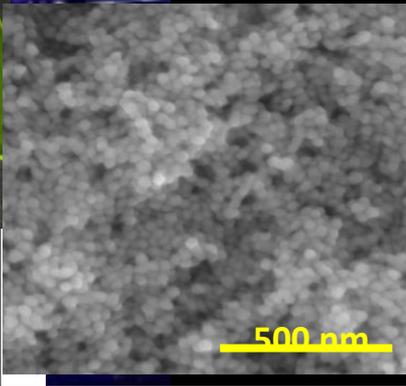
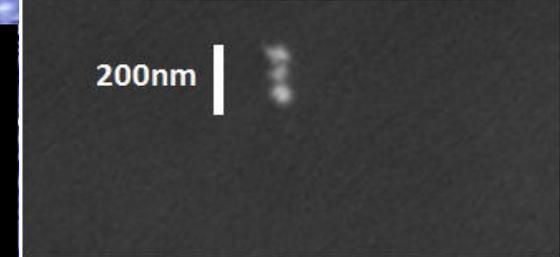
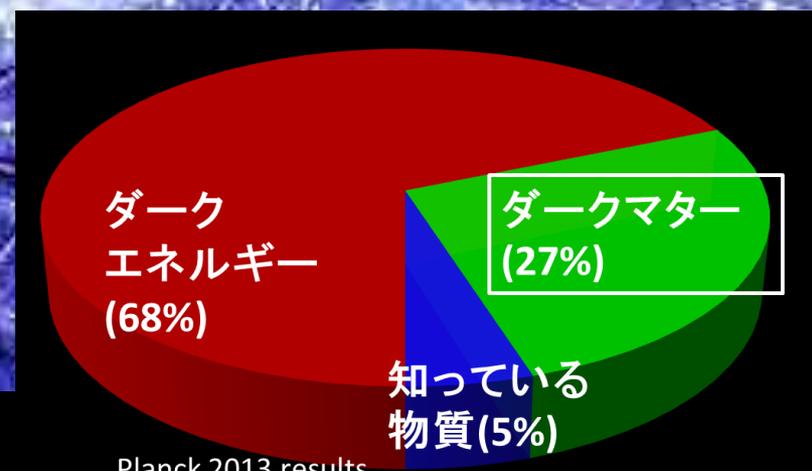
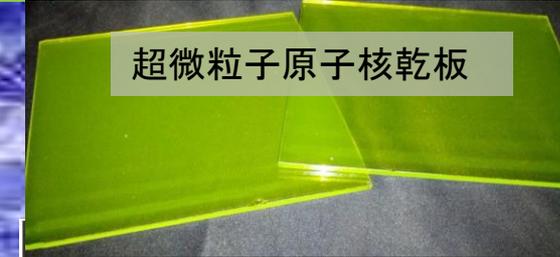
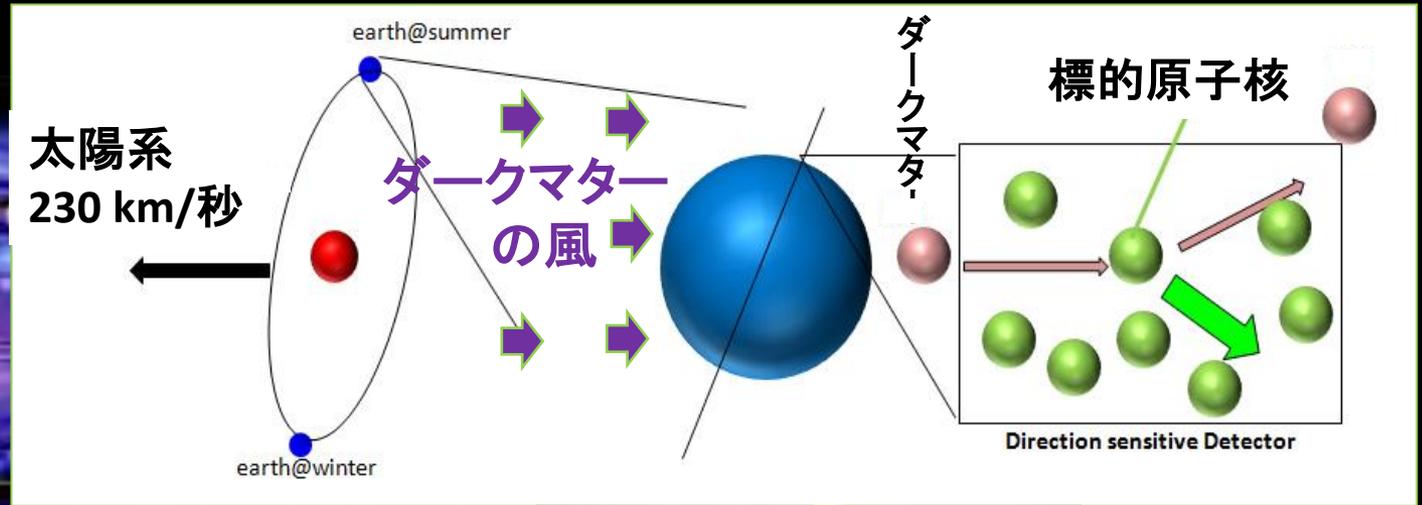
ミュオン
による
透視



ニュートリノと原子核の反応の謎
詳しく調べ、ニュートリノ実験を精密に。

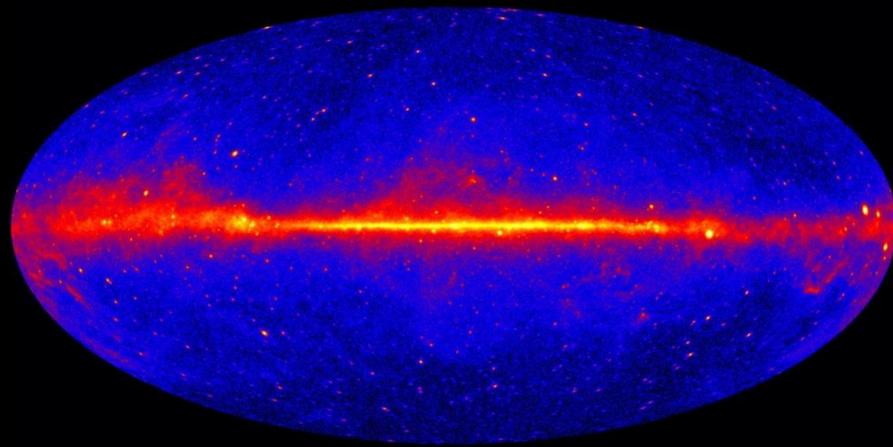
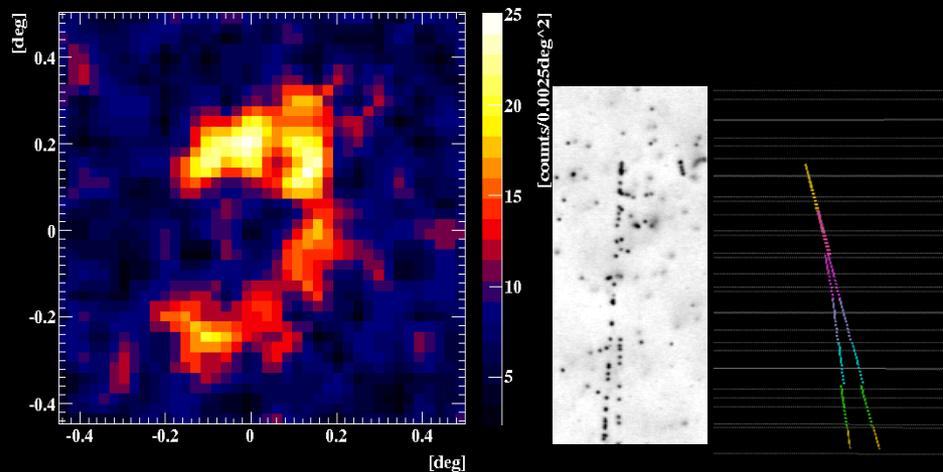


未知の質量、ダークマターをつかまえる NEWSdm



宇宙（高いエネルギーの光の源） 銀河の中心、超新星残骸

GRAINE実験2015年
オーストラリアでのフライト



ミュオンで透視する

古代遺跡透視

大ピラミッド
上層の謎に挑

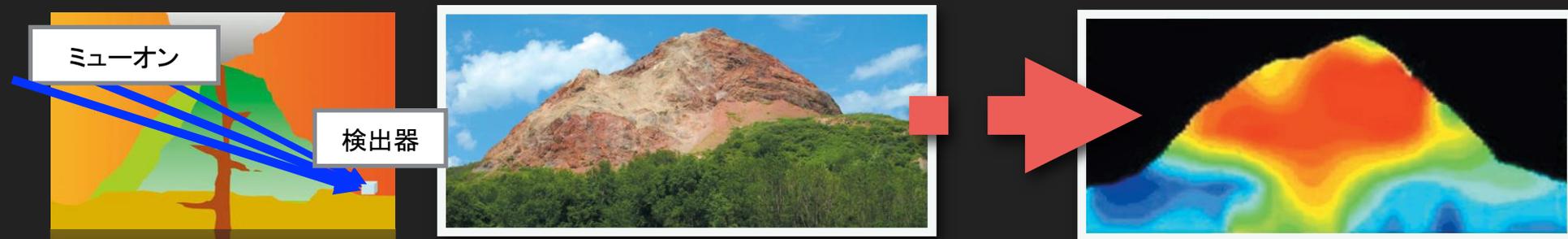
ピラミッドを透視する
不思議な素粒子ミュオン

100MENS

イメージ映像



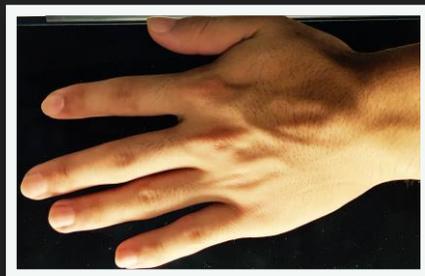
ミュオンでレントゲン写真をとる



ミュオン

大きなもの
の

X線



ScanPyramids

ピラミッド調査の国際研究チーム

運営：エジプト・カイロ大学など

参加国：日本、エジプト、フランス、カナダ

先進的な非破壊検査技術

- ▶ 宇宙線イメージング：名古屋大学, KEK, CEA
- ▶ 赤外線イメージング：ラバール大学
- ▶ ドローンを用いた3次元レーザー測量：Iconem



古代遺跡透視

大ピラミッド
永遠の謎に挑む

はたしてピラミッドを
透視できるか





大ピラミッド
未解の謎に挑む

はたしてピラミッドを
透視できるか



古代遺跡透視

大ピラミッド
永遠の謎に挑む

はたしてピラミッドを
透視できるか



ピラミッド内部の通路



原子核乾板の設置



SCAN
PYRAMIDS



HIP INSTITUTE
HERITAGE
INNOVATION
PRESERVATION



ARAB
REPUBLIC
OF EGYPT
MINISTRY OF
ANTIQUITIES

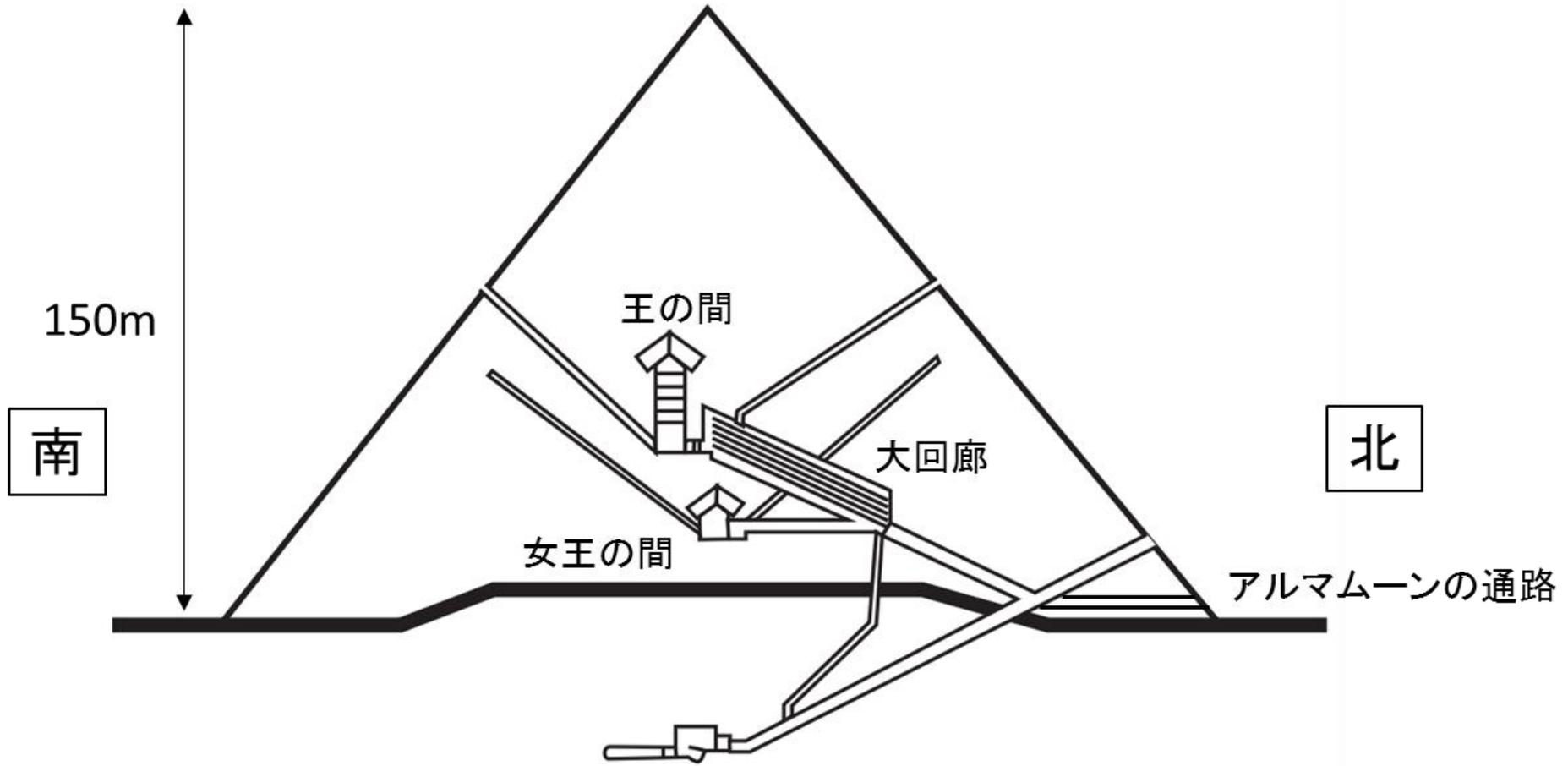


FACULTY OF
ENGINEERING
CAIRO
UNIVERSITY

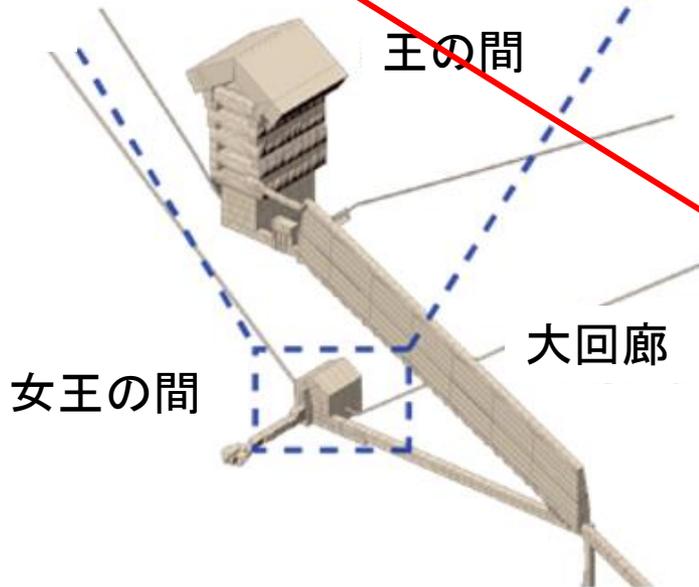
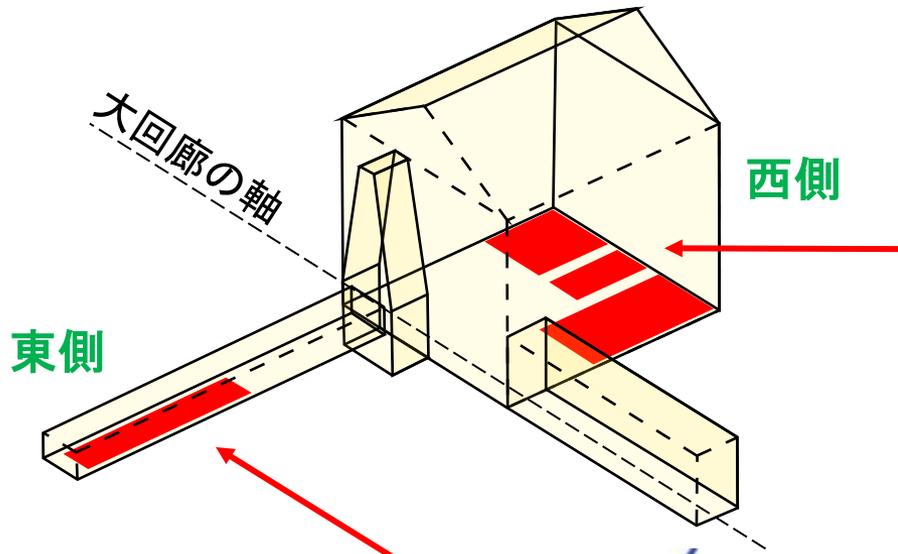
クフ王のピラミッド



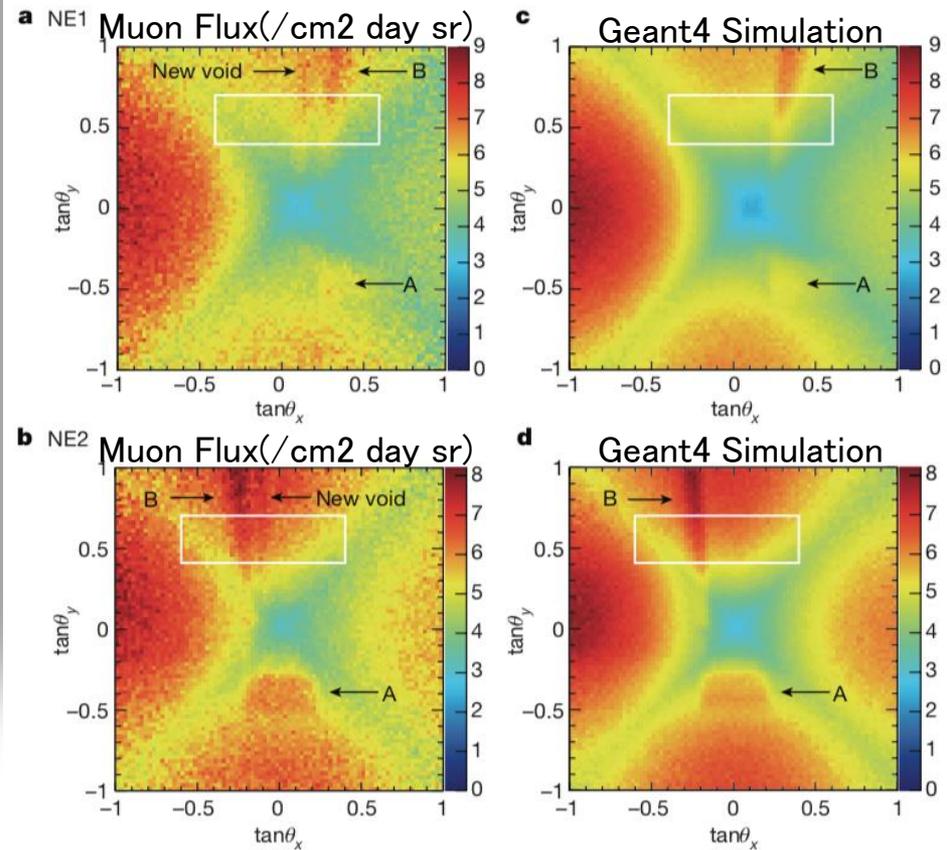
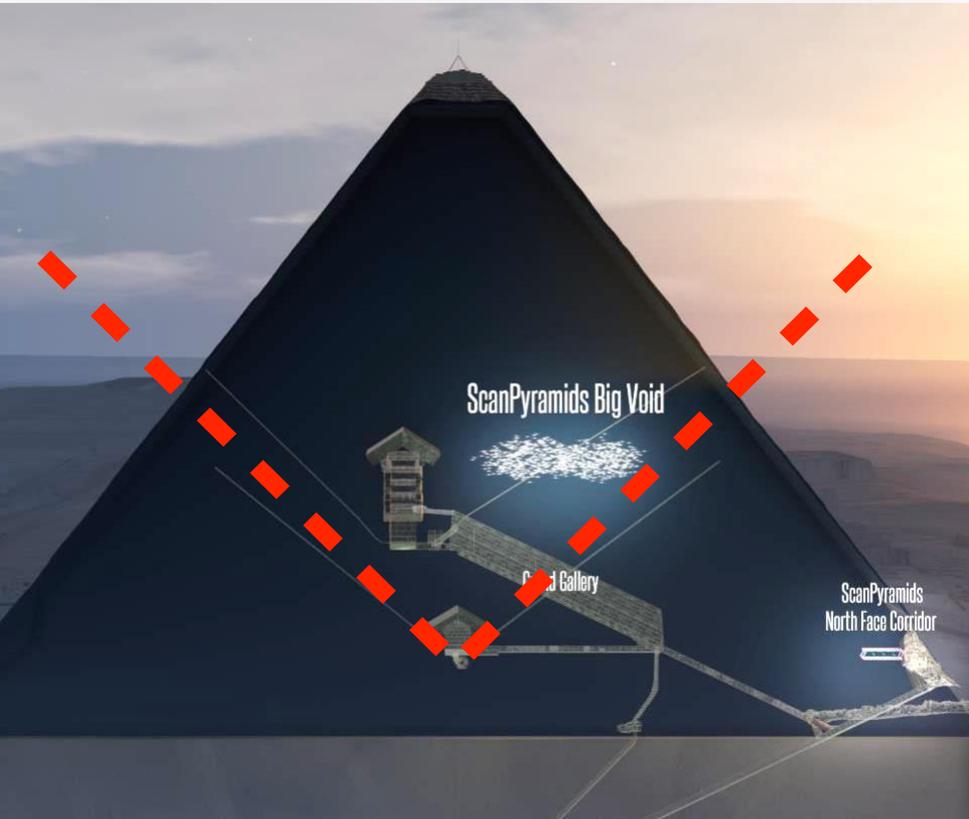
クフ王のピラミッドの内部構造



① 女王の間からの観測



未知の大空間を見つけた



クフ王のピラミッド調査の現状

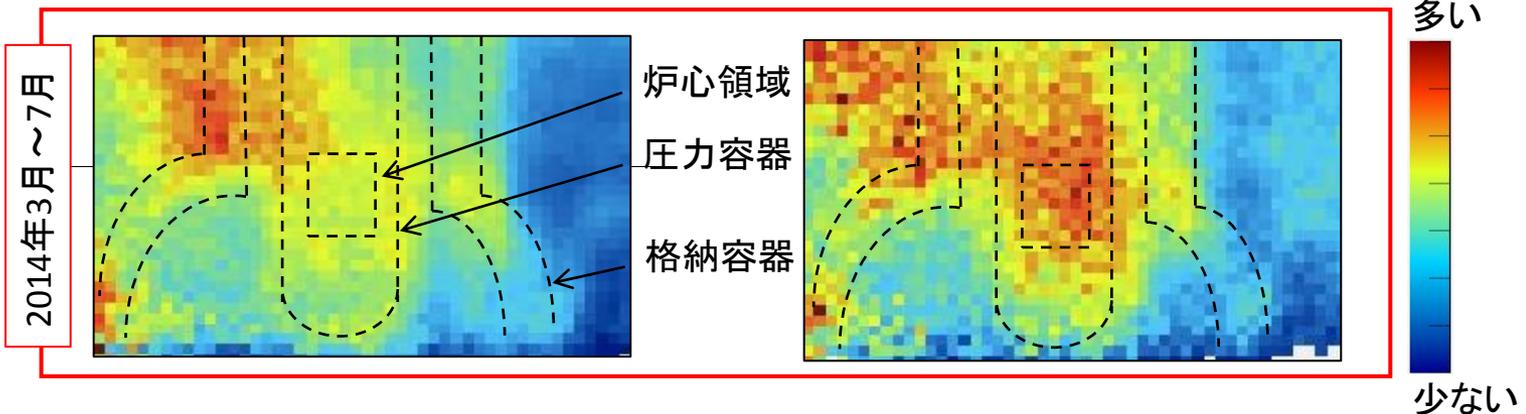
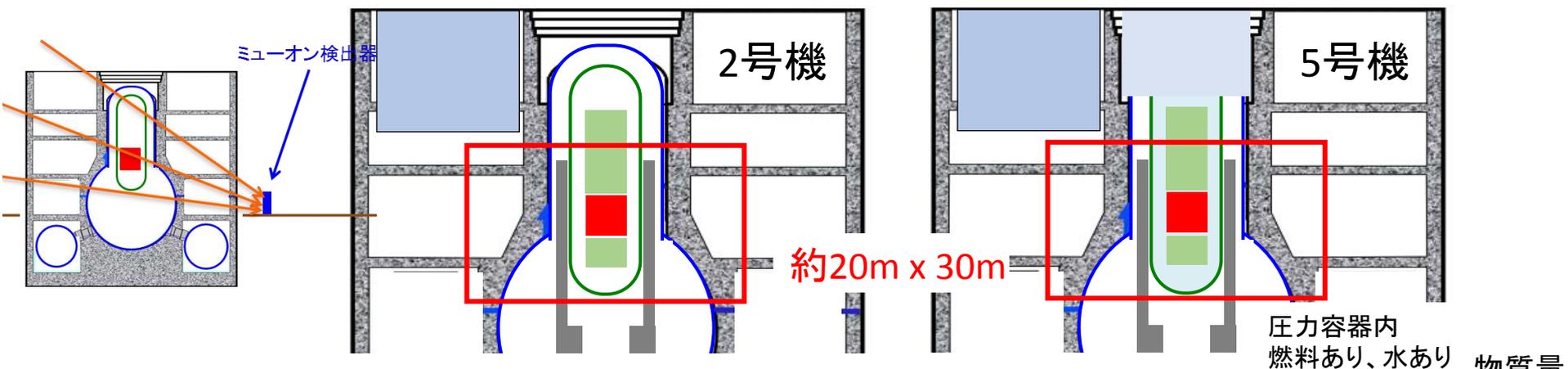
- ・大回廊の上部に巨大な空間を発見！
- ・下降通路の上部に通路状の空間を発見！



福島第一原子力発電所 原子炉

事故炉2号機

正常な5号機



炉心溶融を確認。



ダム



考古遺跡



火山



溶鋳炉



トンネル (地質構造)

1000m



橋梁

10cm



原子炉



氷河

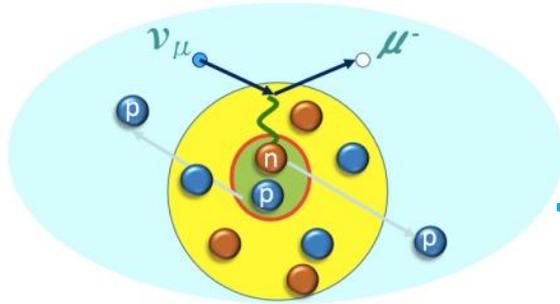


道路

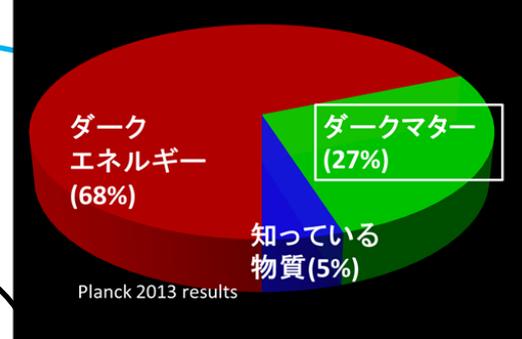


洞窟

ニュートリノと鍛えあった写真技術は 世界を透視し、知は続き、つながってゆく



ニュートリノ



素粒子

乳剤

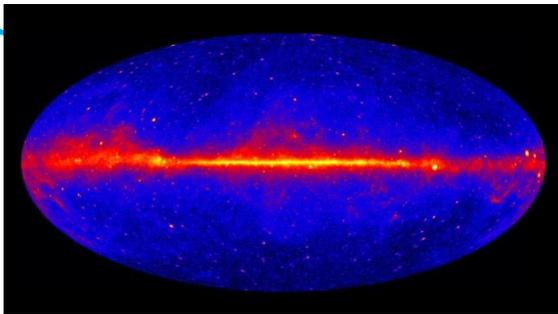
高速自動読み取り

ダークマター
(未知の質量)

宇宙

(高エネルギーの光)

ミュオン
による
透視



原子核乾板は生まれてから100年後に
応用が広がった。