

ICRR Spring School 2021
2021年3月2日

若い頃の神岡での研究

東京大学宇宙線研究所
梶田隆章

目次

- 大学3年生の頃
- 大学院生の頃
- カミオカンデ実験開始
- その後
- 大気ニュートリノの異常
- ニュートリノ振動
- 今の研究
- まとめ

大学3年生の頃

- 私は埼玉大学(理学部物理)出身です。
- ただ、多くの時間を弓を引くことに費やしました。
- 3年の秋に、ともかく大学院で物理学研究を試みたいと決断。そのため、(大分遅くなったけど)勉強に励み、大学院を受験することにしました。
- ありがたいことに、東大の小柴研究室に入れてもらえました。なお、理論は考えていませんでした。能力がないし、体を動かしているのが好み。

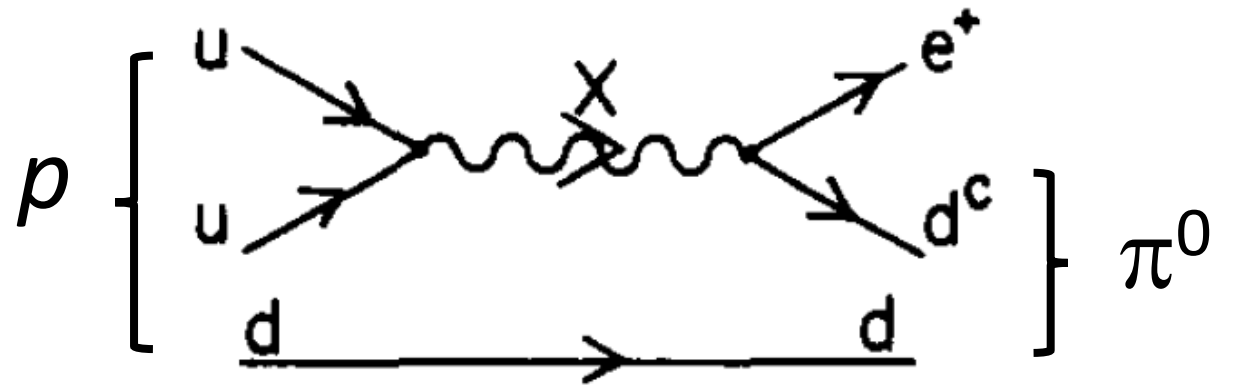
埼玉大学3年の4月、埼玉県大宮市氷川神社の花まつり弓道大会



大学院生の頃

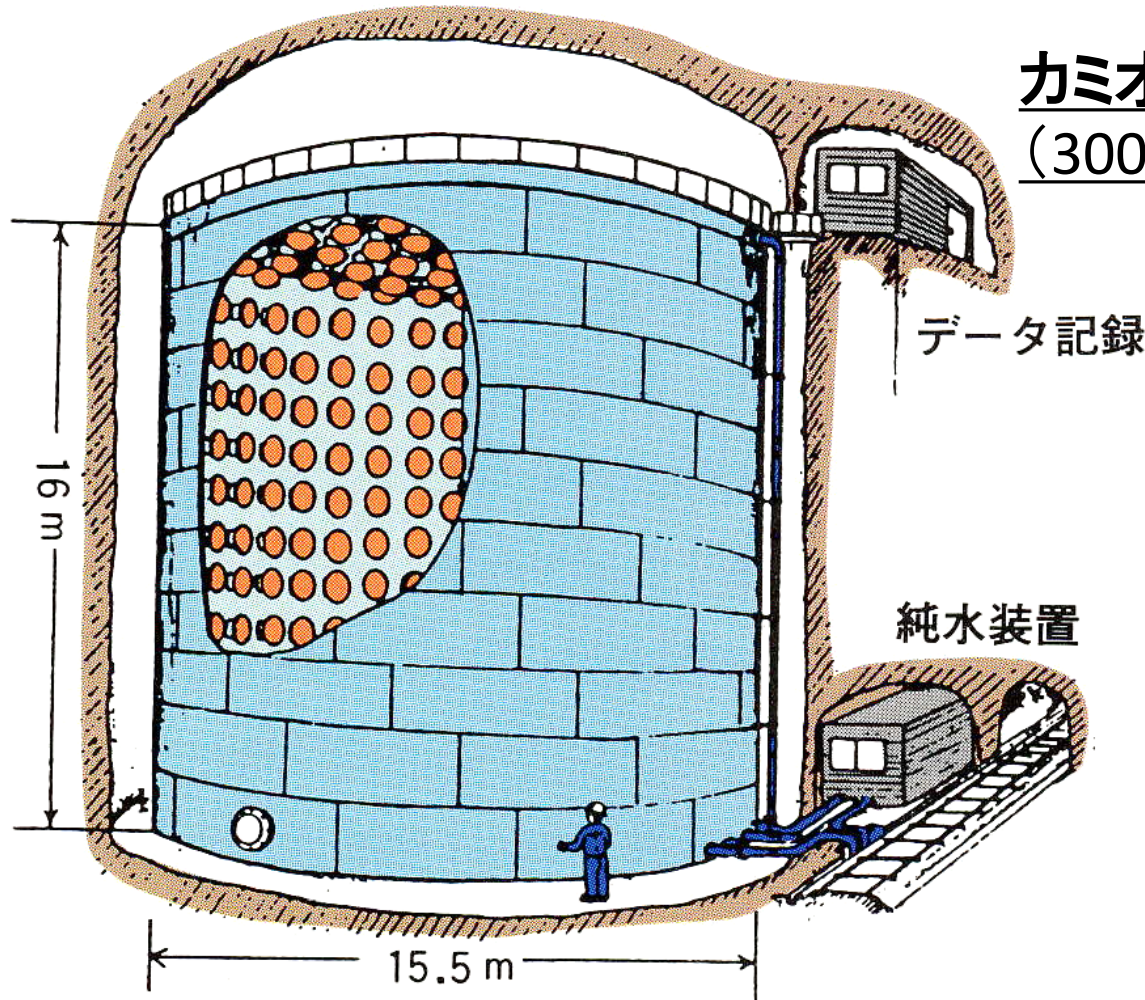
事の始まり

- ✓ 1970年代、素粒子の間に働く3つの力(強い力、電磁力、弱い力)を統一して記述する大統一理論が提唱されました。
- ✓ これらの理論は原子核内にある陽子や中性子がおおよそ 10^{30} 年の寿命で崩壊すると预言しました。

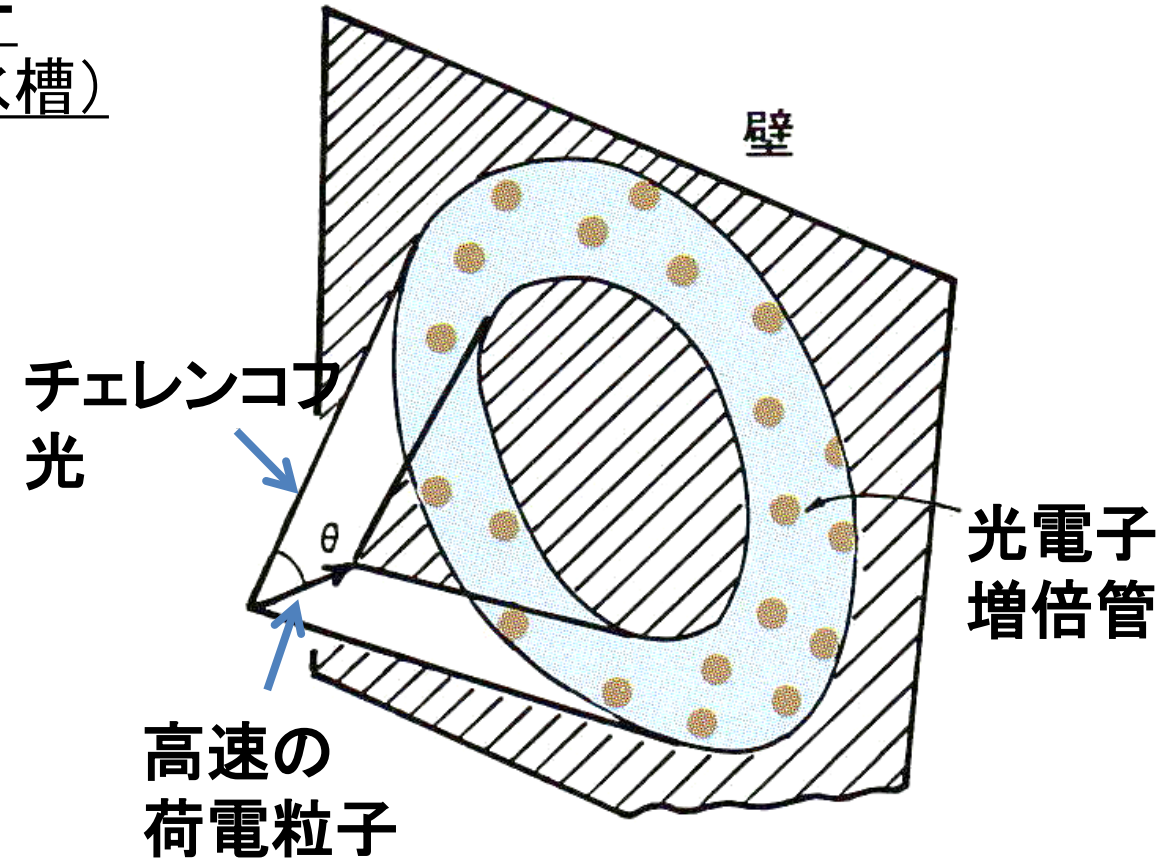


神岡核子崩壊実験(カミオカンデ)

- ✓ この予言を受けて、世界中で陽子の崩壊を検出する実験が開始されました。その一つが日本で行われたKamiokande (Kamioka Nucleon Decay Experiment, カミオカンデ) 実験でした。



カミオカンデ
(3000トン水槽)

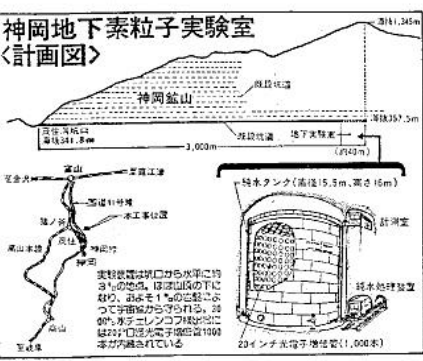


サイエンス **Exciting** ドキュメント

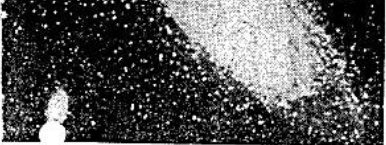


レクチャー：三宅三郎東京大学 宇宙線研究所長 —総予算5億の空前のビッグ・プロジェクト！ 神岡鉱山地底での“陽子消滅実験”がめざす驚異の真実を徹底レポート!!

日本の最高頭脳集団が 宇宙大崩壊の証拠探しに挑戦



人、水、火、空気、宇宙の森羅万象を形成する物質ほとんど不思議なものはない。万物は流転する……これまで物質は分裂、反応はしても消滅することはないと信じられてきた。また物質の最終単位(素粒子)も、原子核を構成する陽子・中性子・中間子レベルで説明されてきた。大学入試ならそれで間に合う。しかし、極小の「粒」はまだ存在していたのだ。「物質の物質」とそれを支配している法則への飽くなき探究は、ついに驚嘆すべき帰結に達した。物質は死ぬ。しかも、この超ミクロにおける発見は、超マクロ宇宙の誕生と滅亡の謎を一挙に解いてくれるのだ!!



宇宙はいかに誕生したか—いかに滅亡するか—それはなぜか。図がいま解かれた

この非情最大の目的は、陽子崩壊……という現象の存在を立証することだ。陽子とは、中性子とともに原子核の材料となる粒子の一種で、もしこの特殊現象が確認できれば、遠い将来、宇宙のすべてが崩壊し、消滅し、光だけになってしまふという驚くべき解明が正視される。

人知の体を成さず石塊から大気、大地や海、太陽、銀河系まで宇宙は物質で満ちあふれている。いや、宇宙は物質なのだ。人間が滅び、太陽が燃え尽きたとしても、新しい生命が、新しい星々が次々に誕生し、物質宇宙そのものは永遠に続いていくように思える。

物質の死を示す直径10cmの光の環が地底に走る。物質の死を示す直径10cmの光の環が地底に走る。物質の死を示す直径10cmの光の環が地底に走る。物質の死を示す直径10cmの光の環が地底に走る。

現代物理学の予言

10年後 物質はすべて消滅する

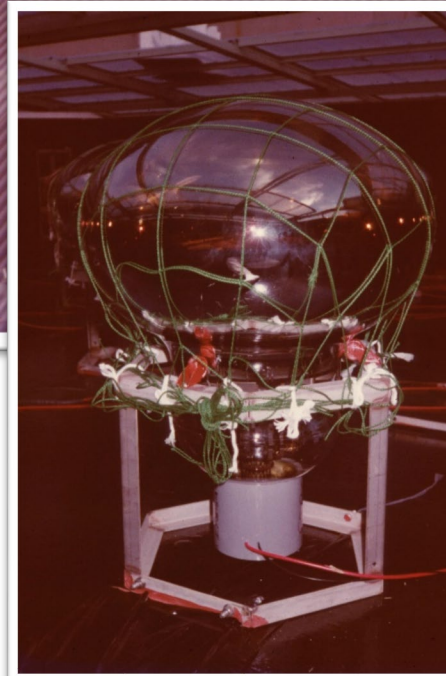
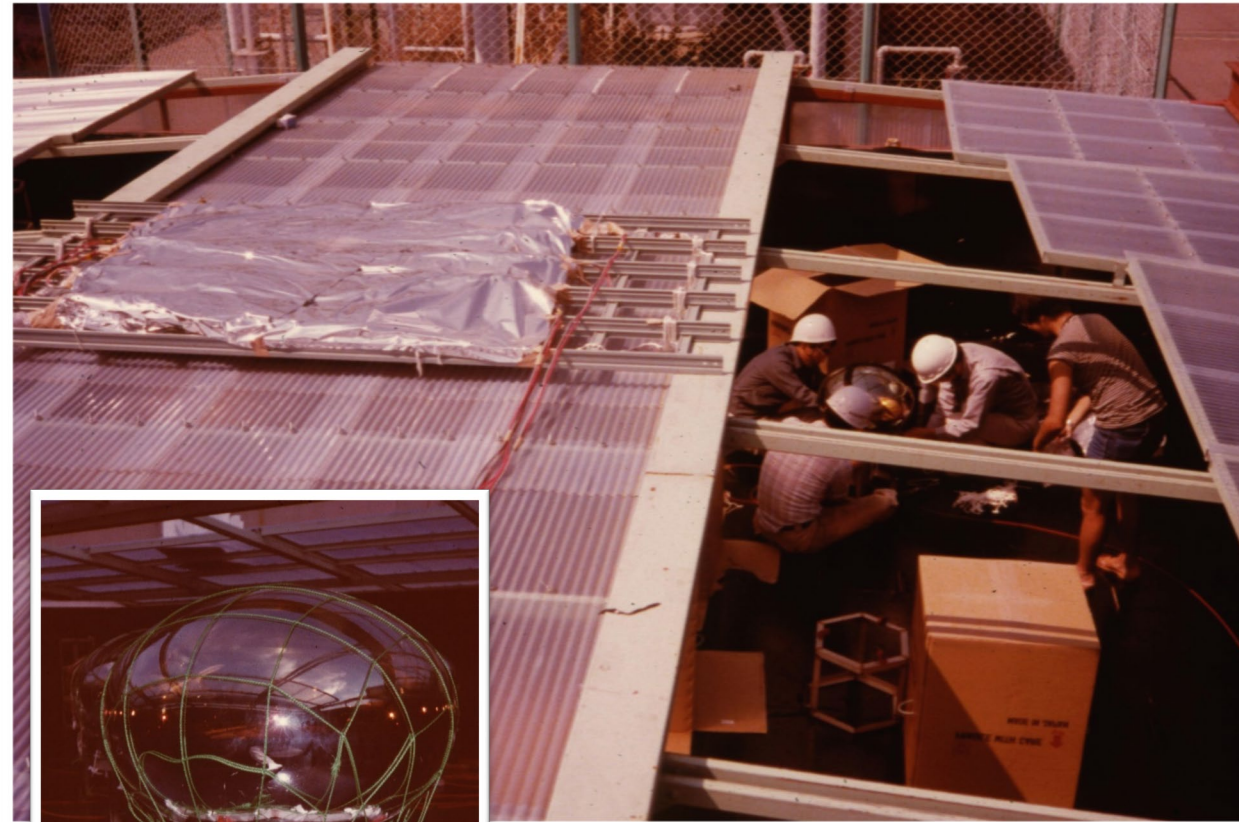
“陽子は不死身”の神話が、今破られようとしている



大学院修士1年の頃



修士1年の春：新たに開発された光電子増倍管の試験（浜松）



KEK(つくば)に水槽を作っているいろいろな試験

研究場所付近(現在の岐阜県飛騨市神岡町)



大学院修士1～2年の頃



修士1年の終りの頃？ 坑内での最初の計測（私はこの後に行きました）

光電子増倍管1000本のキャリブレーション（修士2年の秋、主に中畑君と）

光電子増倍管の坑内への搬入



カミオカンデ建設(1983年春、博士課程1年)



瀧田君 梶田(D1)

中畑君

有坂さん



鈴木先生



須田先生

戸塚洋二先生

小柴昌俊先生
(2002年ノーベル物理学賞)

木舟正先生

カミオカンデへ



カミオカンデ建設 (1983年春)



底面と側面2列の光電子増倍管を取り付け終えた時の写真。

この時、小柴先生と、現地での建設の責任者だった須田先生の間で、すぐに水を入れるか、信号の確認をしてから水を入れるかの大議論。

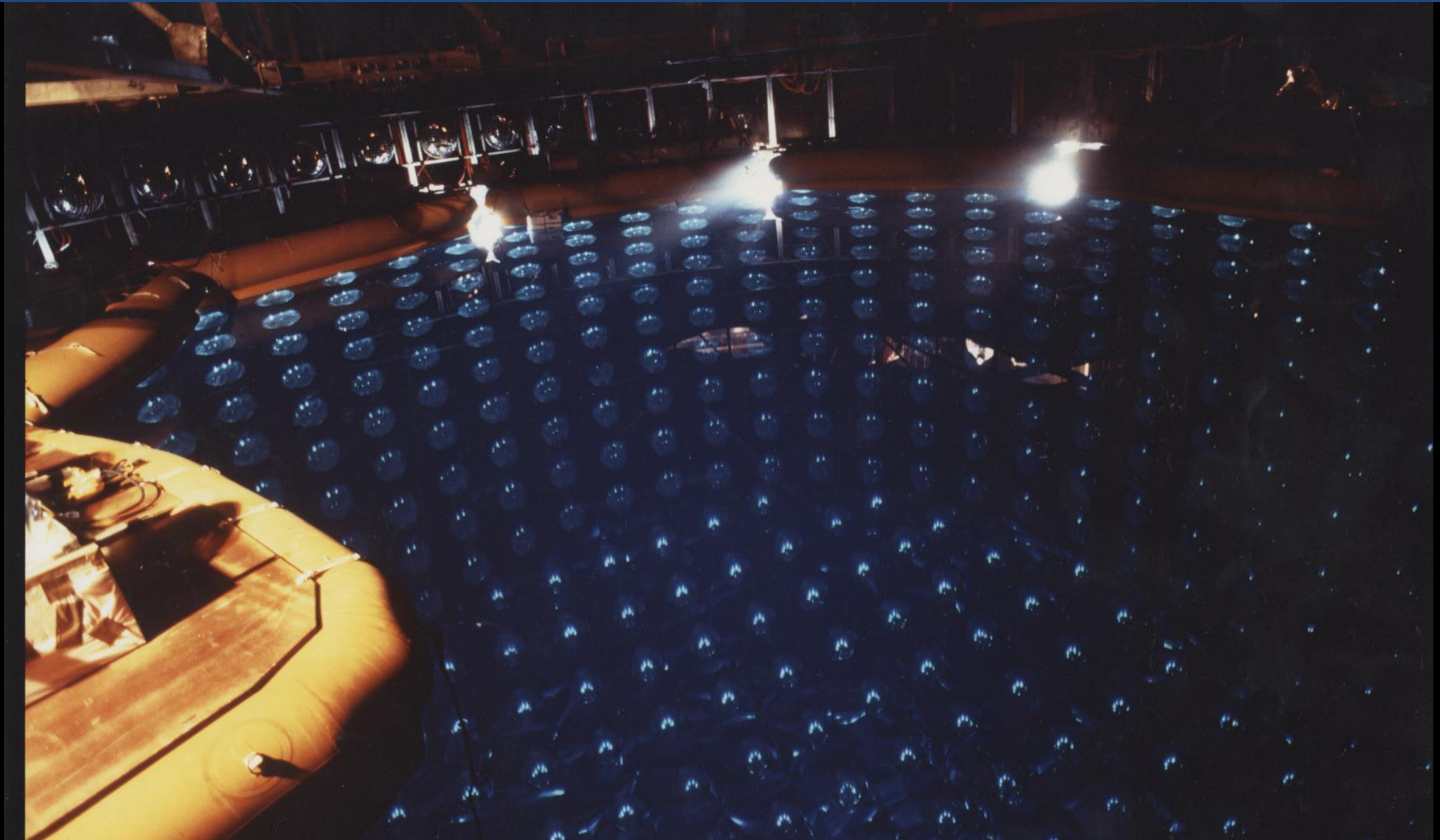
結局、とにかく少数でも確認することにして確認したところ、全ての高電圧がショートしていることがわかり、全部接続をやりなおし。

カミオカンデ建設 (1983年春)



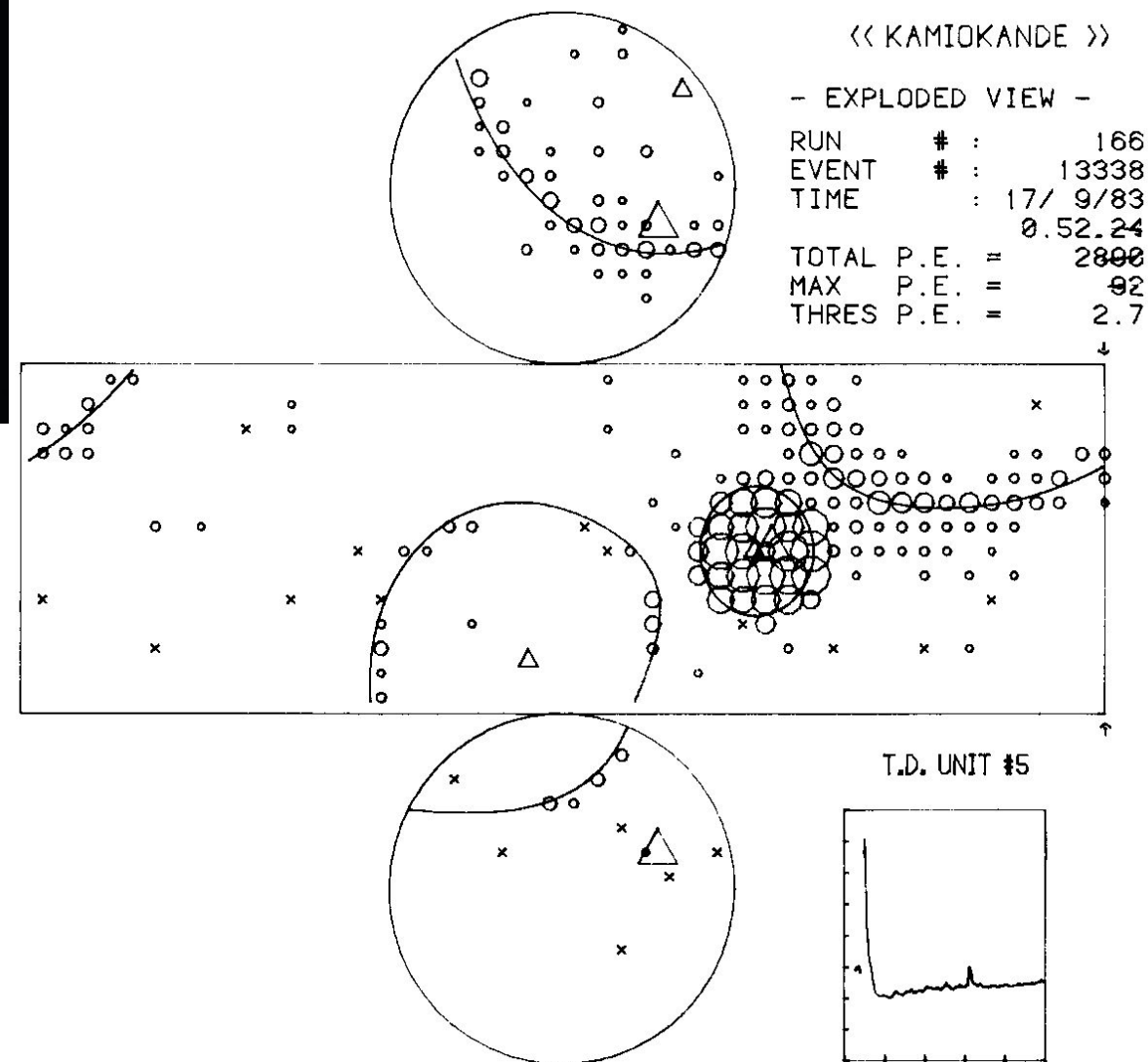
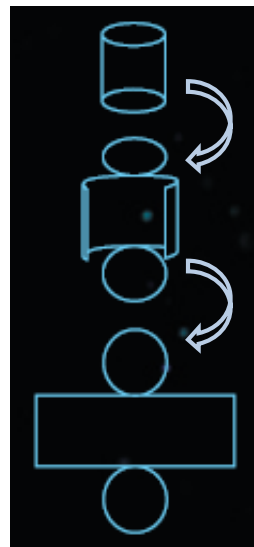
カミオカンデ実験開始

カミオカンデ実験開始 (1983年 7月 6日)

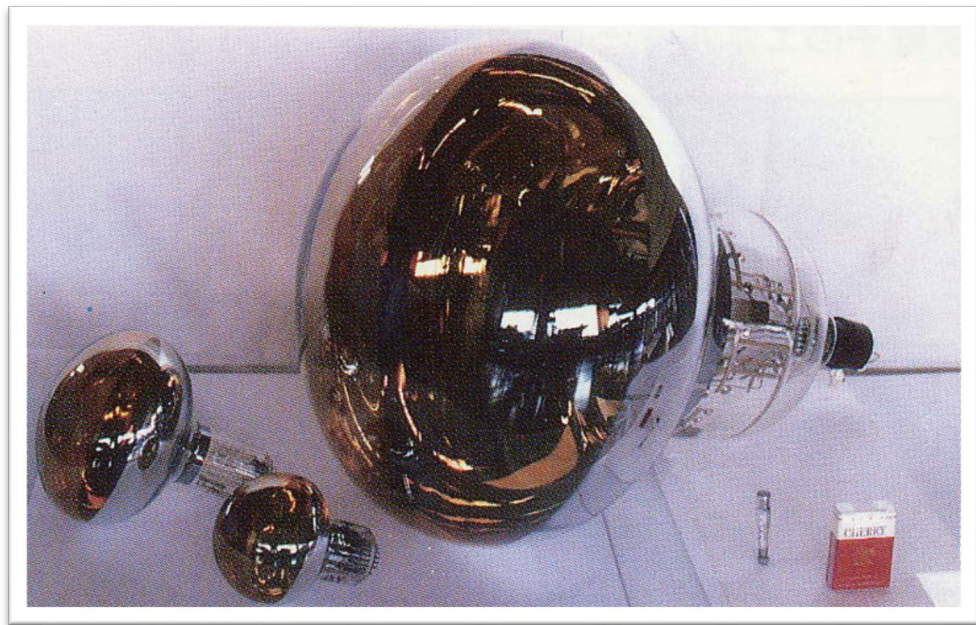


陽子崩壊を探す

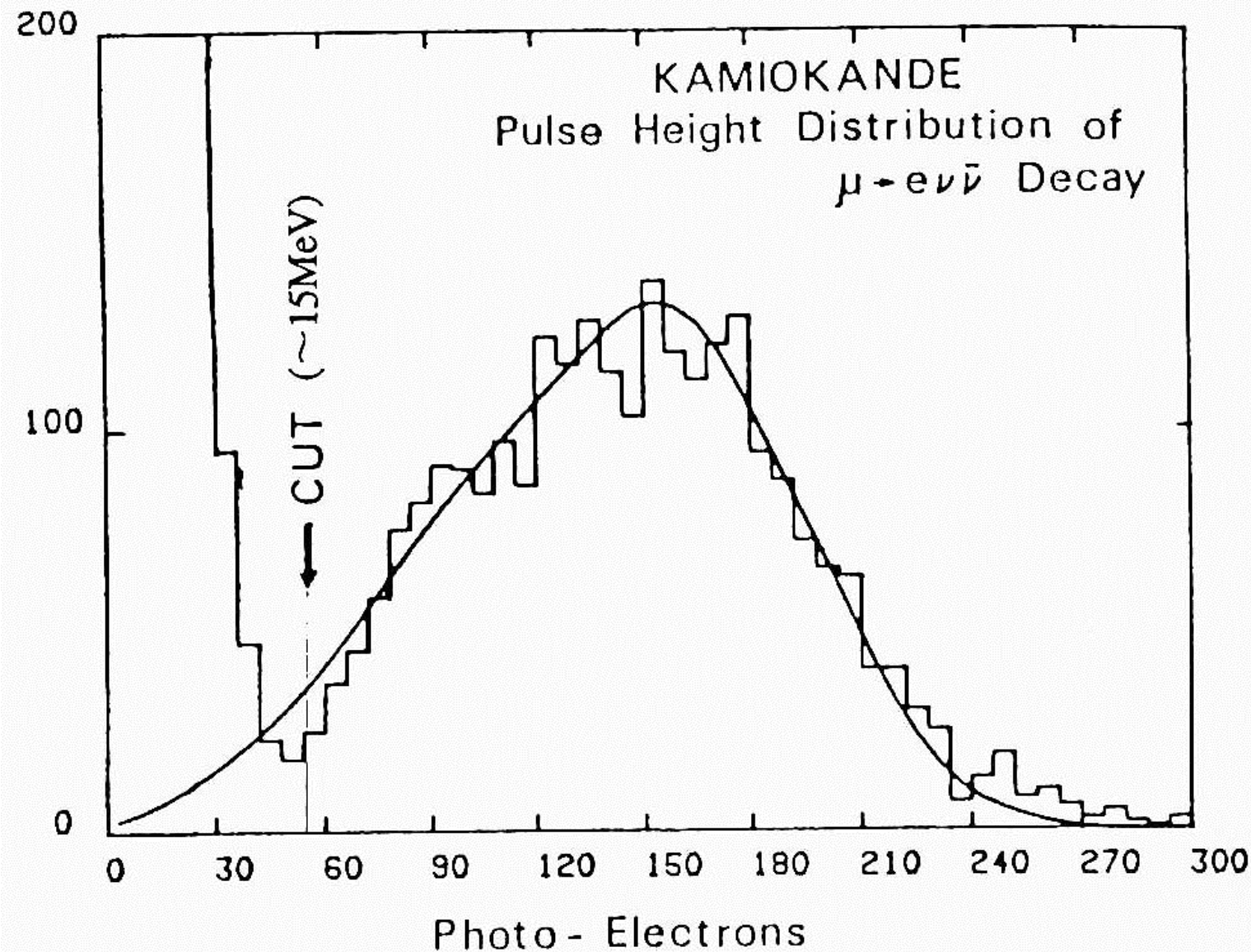
- 実験が始まるとすぐにデータ解析体制。ただし、ソフトウェアの開発は非常に遅れていた
ので、開発しながら解析。
- 陽子崩壊と考えると矛盾ないイ
ベントも観測（右図、
 $p \rightarrow \mu^+ \eta (\rightarrow \gamma\gamma)$ とも考えられた。
（ただし運動量の総和が大き
すぎ。）
- とにかく、明確な陽子崩壊の兆
候は観測できませんでした。



$\mu \rightarrow e$ decay



一方、写真のカミオカンデの光検出器の性能は非常によく、宇宙線ミューオンの崩壊電子のデータ(右図)から、**もう少し**頑張って太陽ニュートリノを観測をしようとの提案(小柴先生、1983年秋)。



太陽ニュートリノの観測に向けた改造(カミオカンデ-II)



3000トンタンクの底での作業

共に1984(博士課程2年)-85年(博士課程3年)頃

3000トンタンクと岩盤との間に外水槽測定器を設置

太陽ニュートリノの観測に向けた改造(カミオカンデ-II)



水槽上面に反射シートを貼って、
外水槽測定器へ(85年頃)

水槽上面の気密化(これは1987年か?)



ともかく、大学院生活を楽しみました

博士論文

こんなことをやりながら、何とか博士3年で博士論文を書きました(1986年3月博士)。

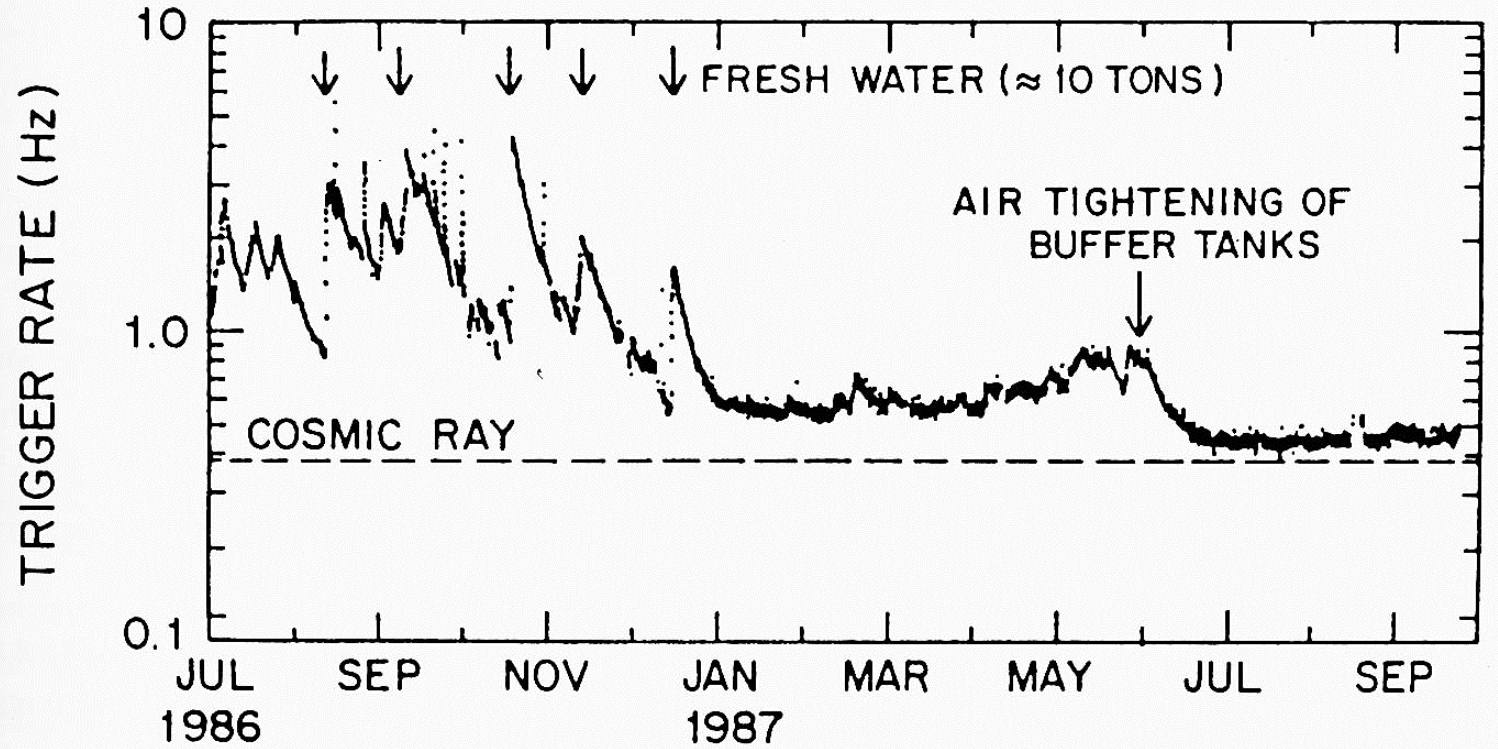
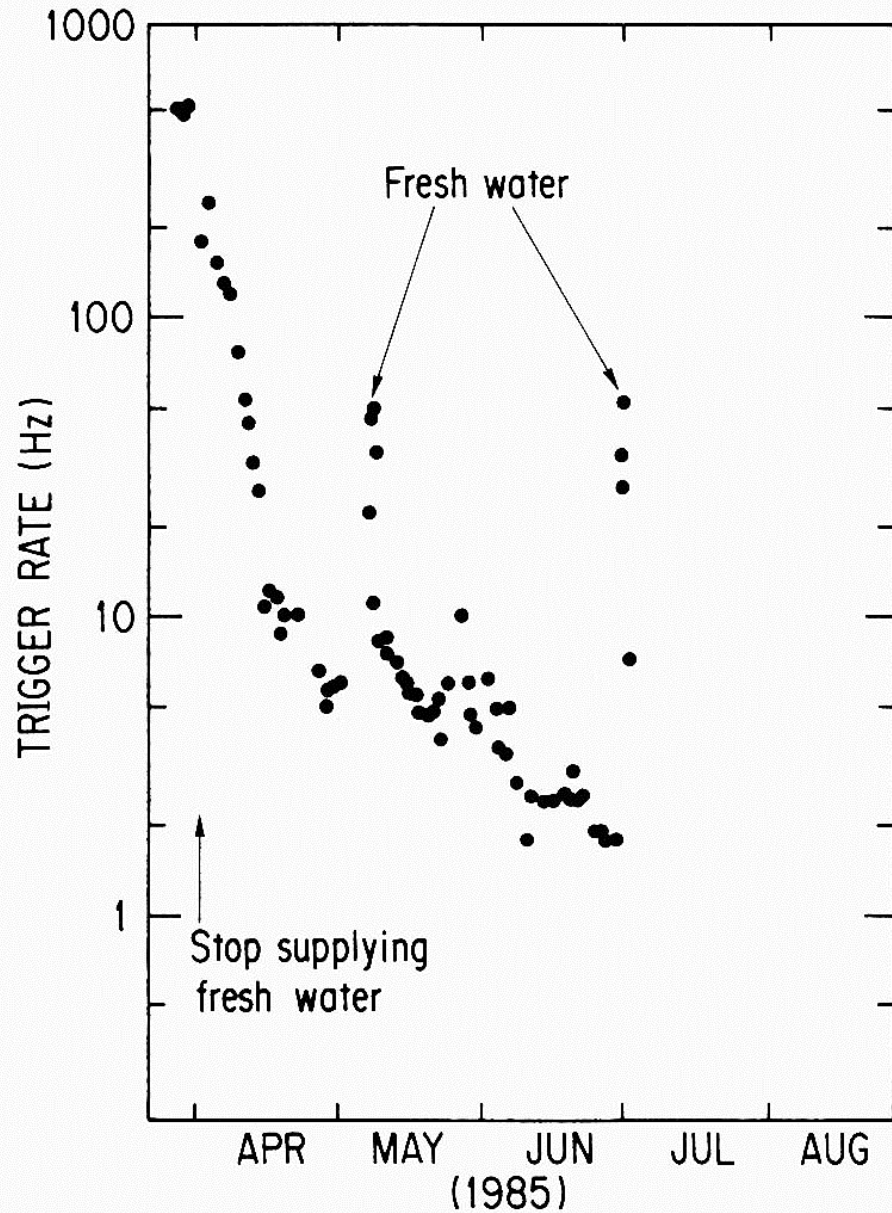
“Search for Nucleon Decays into Anti-neutrino plus Mesons”
(もちろん、陽子の崩壊は見えませんでした。)

日本学術振興会のPDは不採用。ありがたいことに、東大の素粒子センターに助手として1年(最終的に2年)おいてもらえることに。



その後

太陽ニュートリノの観測に向けて(カミオカンデ-II)

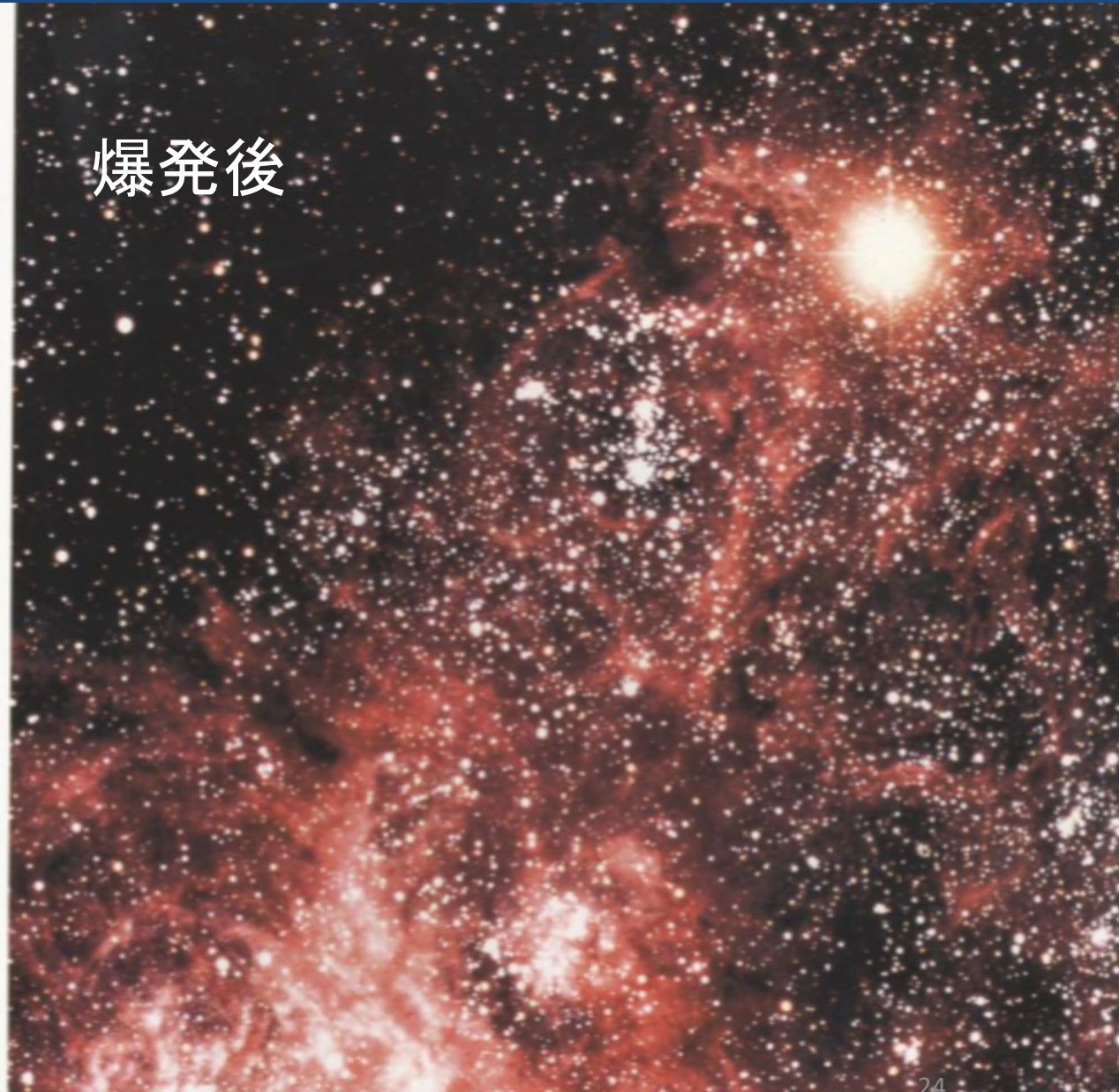


超新星爆発

SN1987A
爆発前

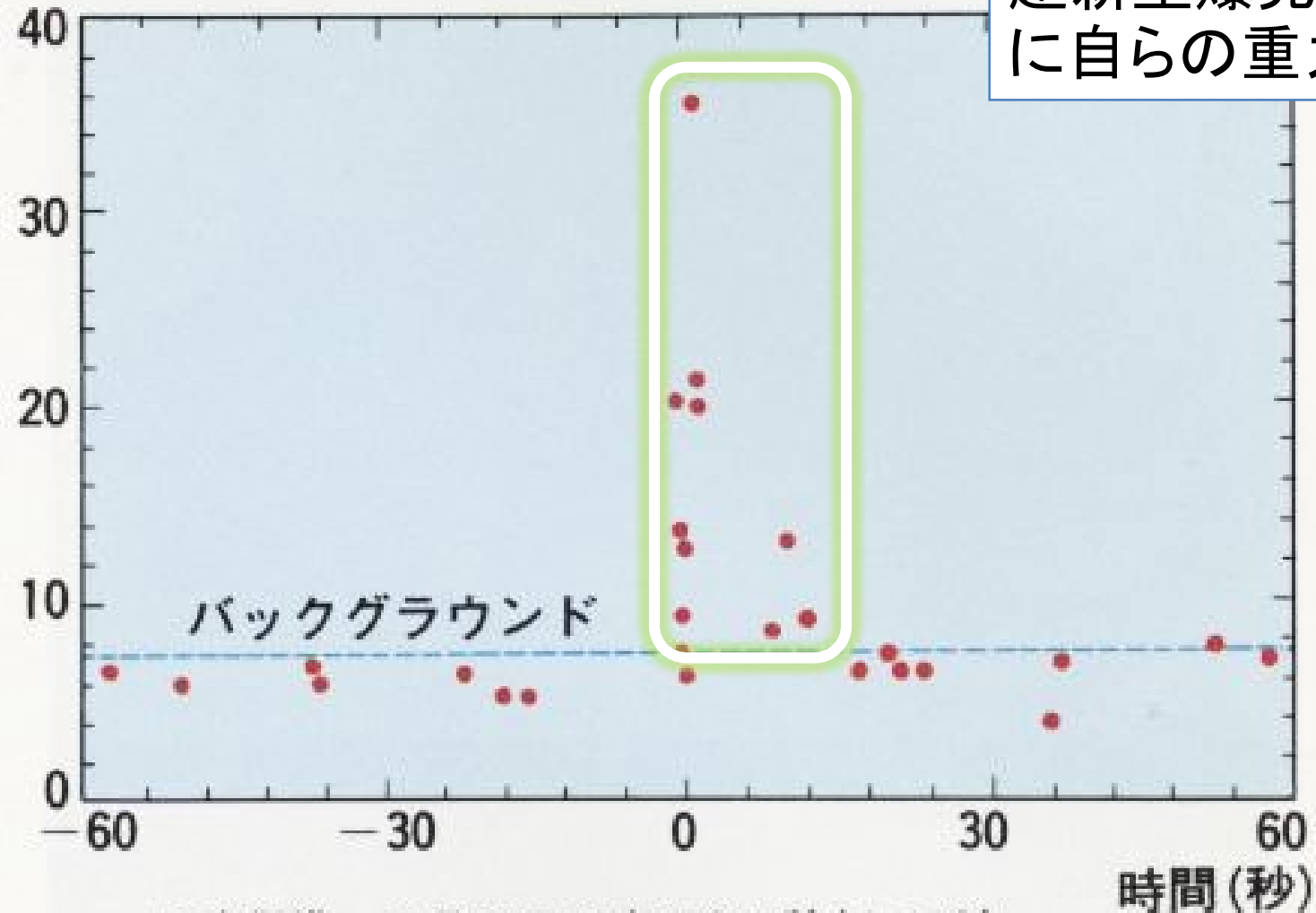


爆発後



超新星SN1987A (1987年 2月 23日)

二次電子のエネルギー (MeV)



日本標準 2月23日16時35分35秒(±1分)

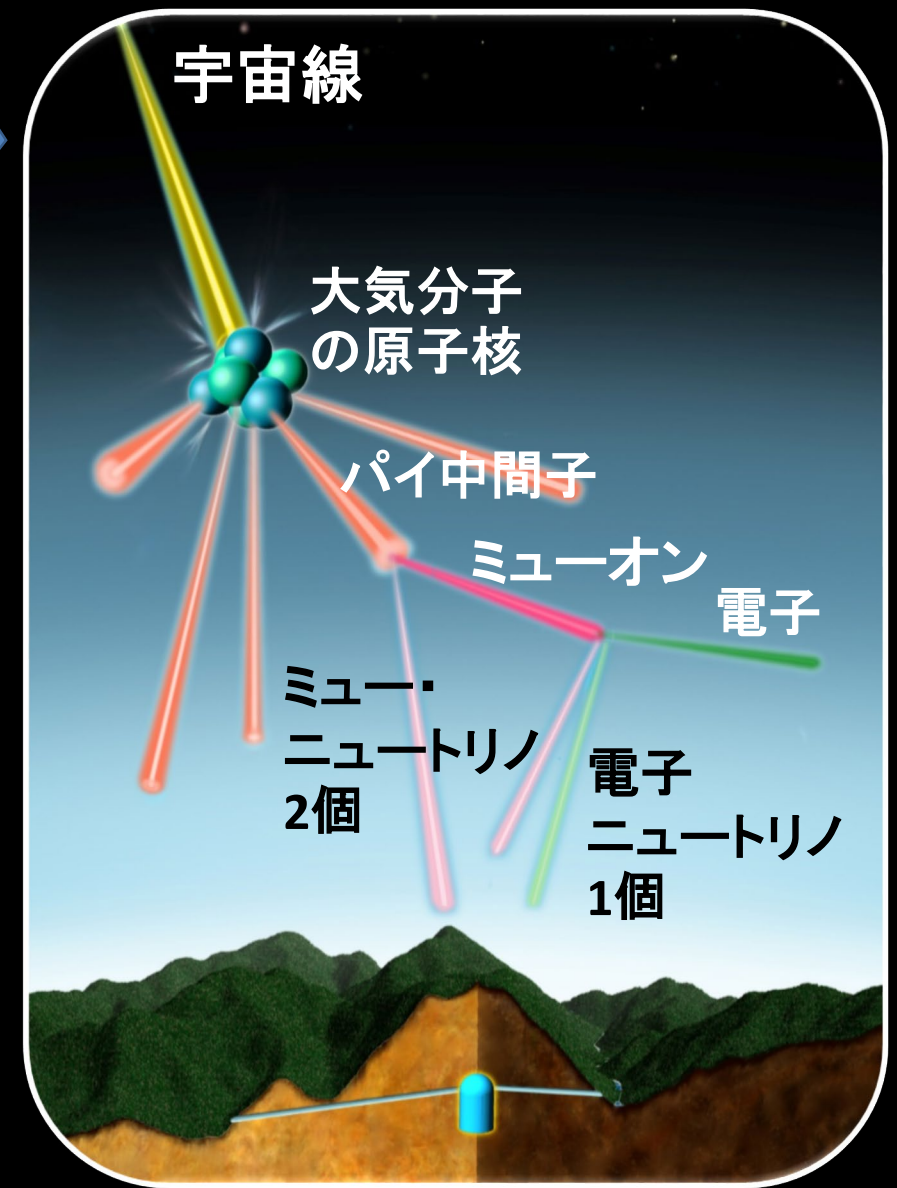
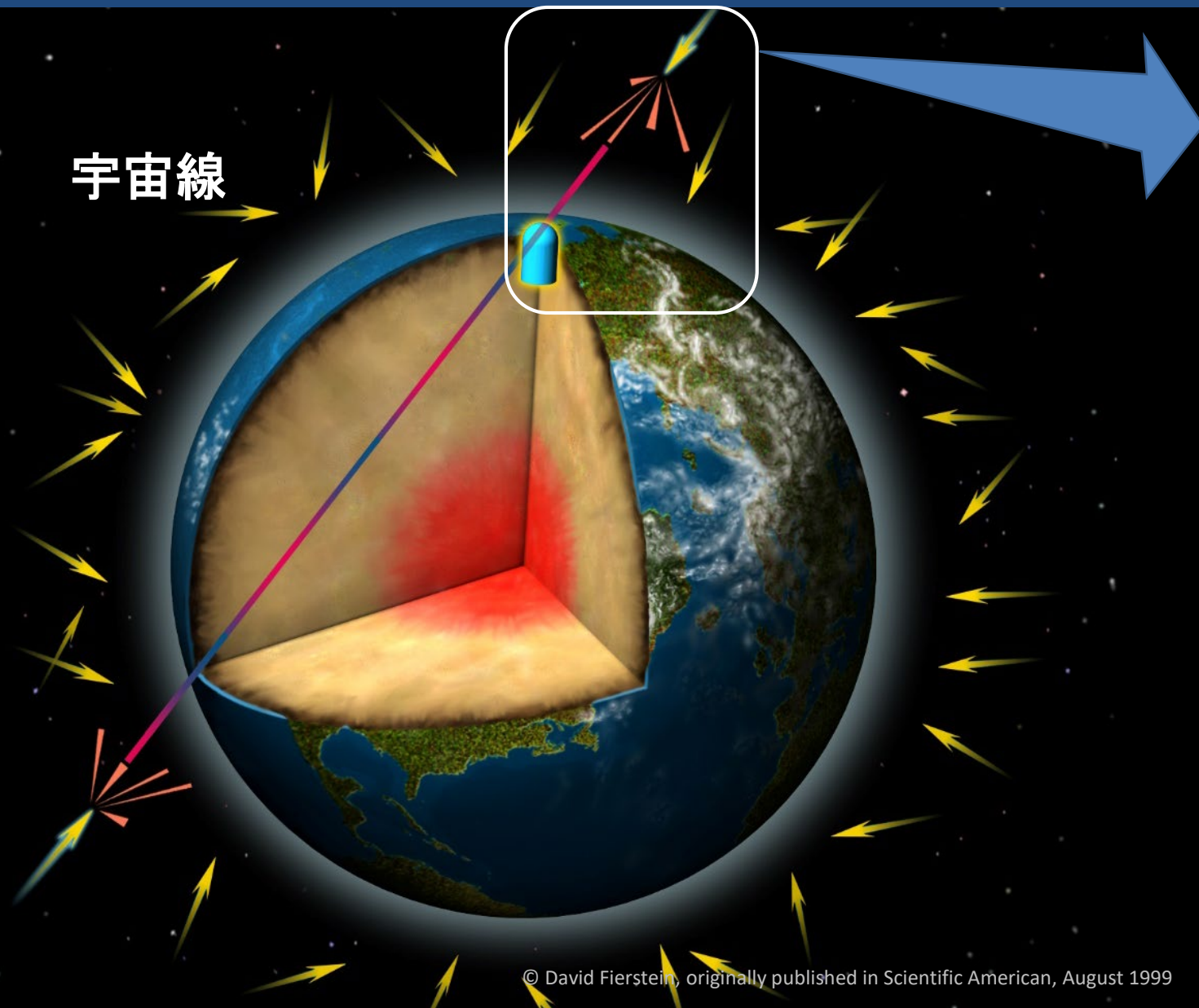
超新星爆発のメカニズム(重い星がその最後に自らの重力でつぶれる現象)の解明



→ ノーベル賞
(小柴先生、2002年)

大気ニュートリノの異常

大気ニュートリノ

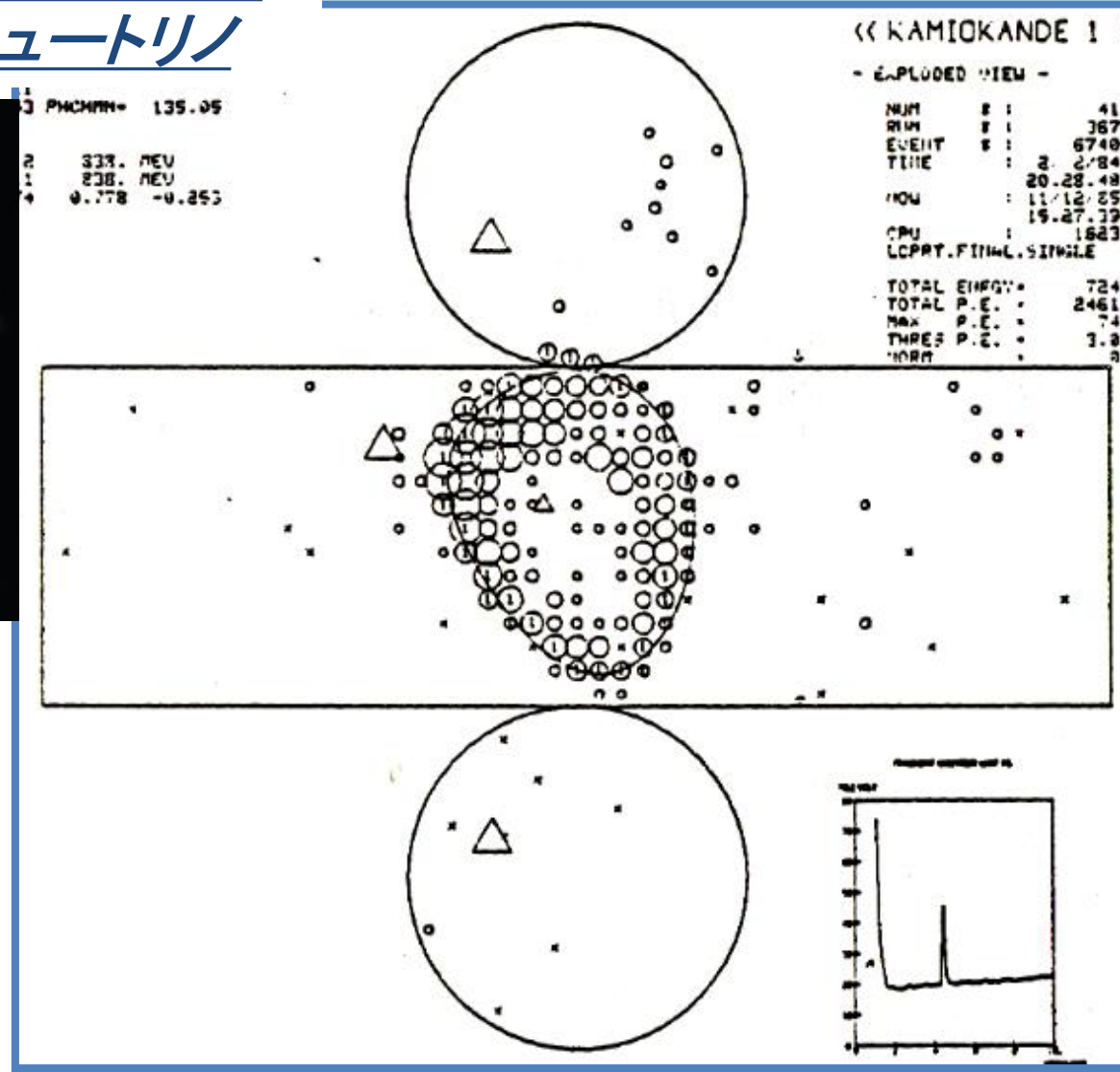
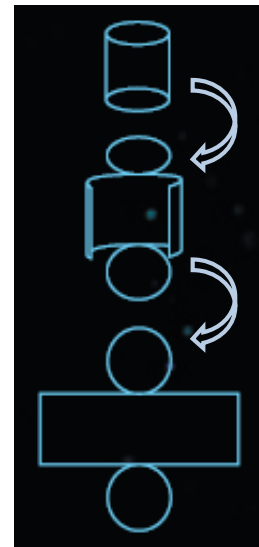


© David Fierstein, originally published in Scientific American, August 1999

1986年頃

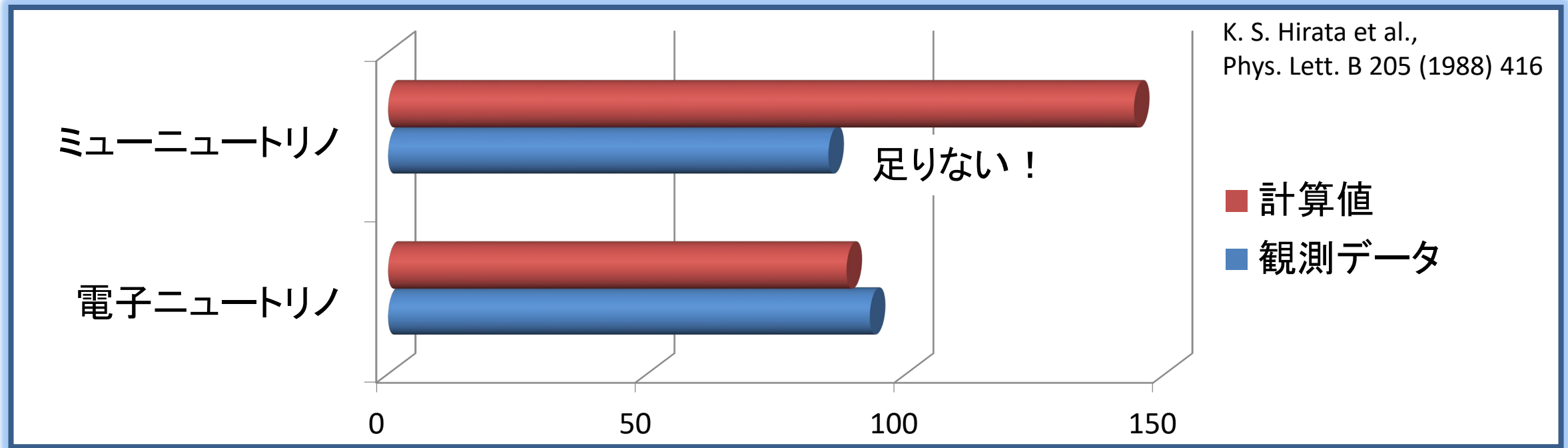
- 博士論文を書きながらデータ解析には改善の余地があると考えていました。そこで、博士論文を提出すると解析ソフトの改良に着手。
- 改良の一つは、観測されたチェレンコフ光のリングについて、それが電子によるものかミューオンによるものかを判別するもの。
- ところが、データに適用したところ、ミュー・ニュートリノ事象の数が予想値よりずっと少ない....。
- どこかで間違えているはず。
- ということで、1986年暮れころから、間違い探しを開始。

カミオカンデで観測されたニュートリノ



大気ニュートリノ(ミューニュートリノ)がたりない (1988年)

一年間調べましたが、特に間違いは発見できませんでした。ということで、何か我々が知らない現象が起こっている可能性もあり、論文としてまとめることにしました。



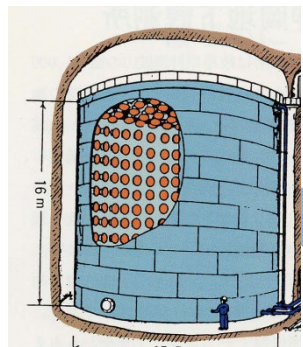
参考: 当時の思い:

世界的にはこのデータは評判が悪かったのですが、このデータをすごく重要に感じて、この謎を解明することに専念することになりました。

研究者としてはこのころが一番楽しかったです。

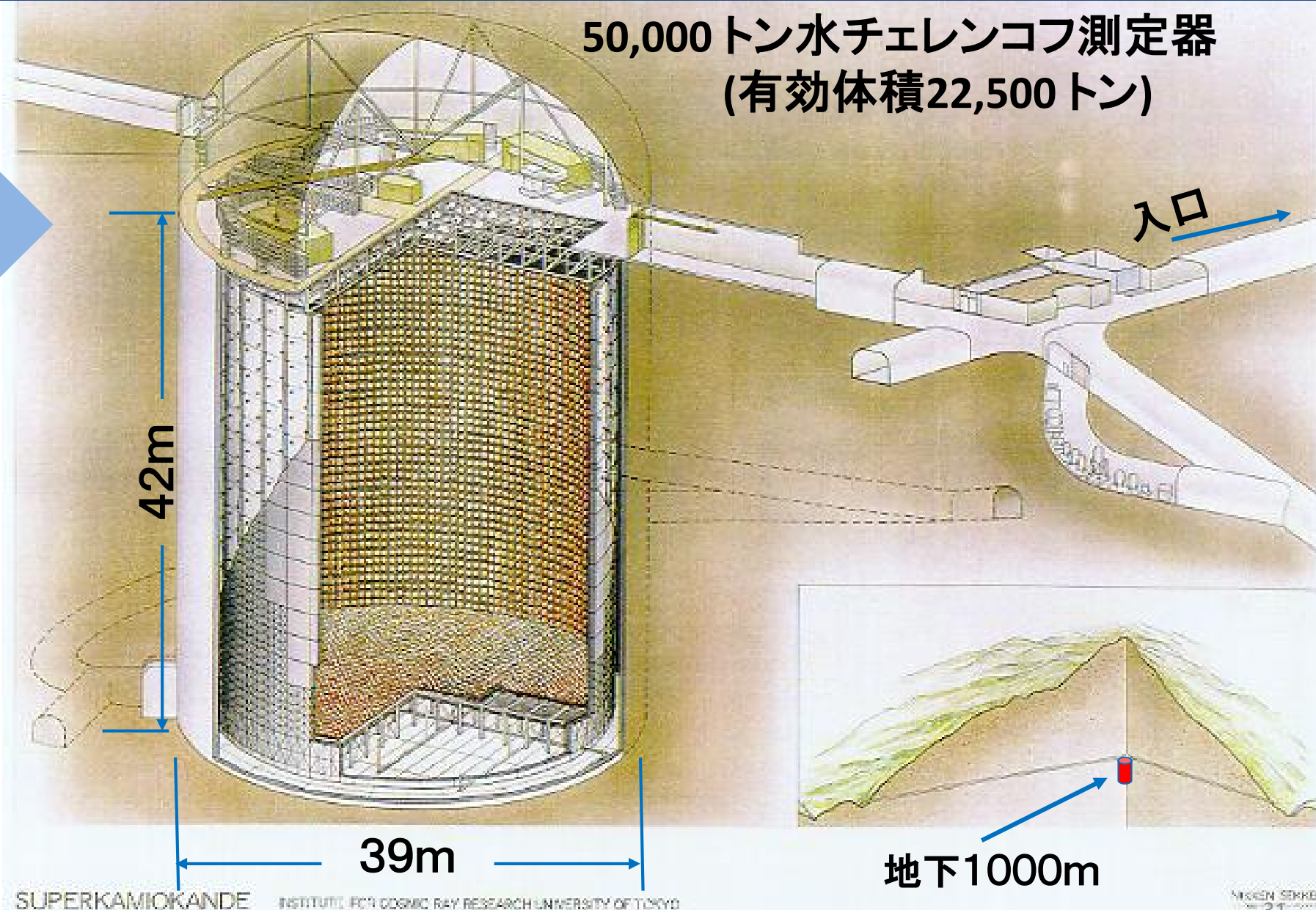
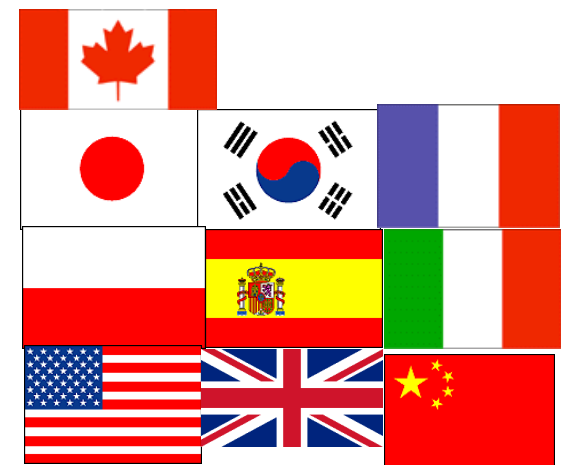
ニュートリノ振動

スーパーカミオカンデ測定器



約20倍の大きさ

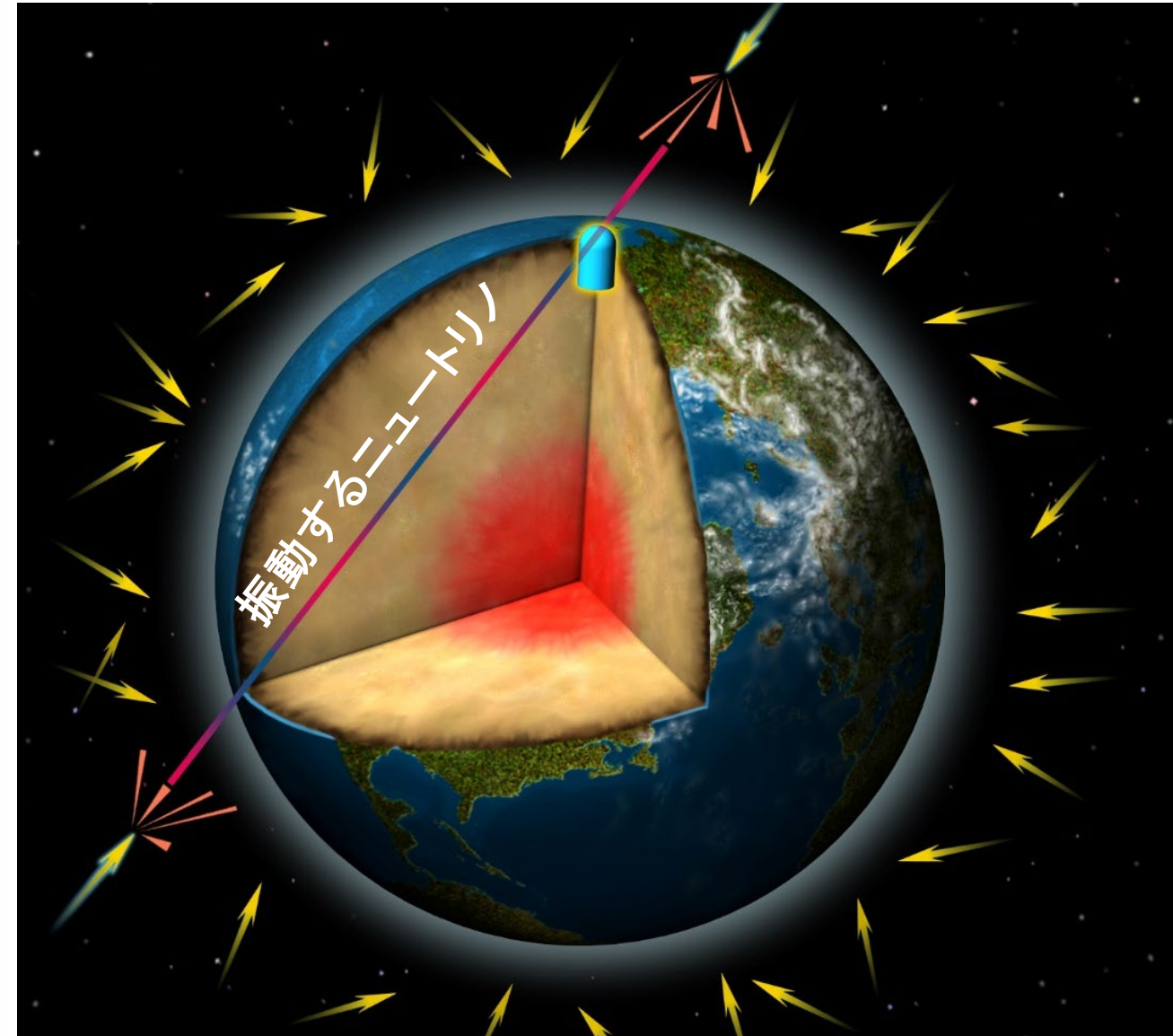
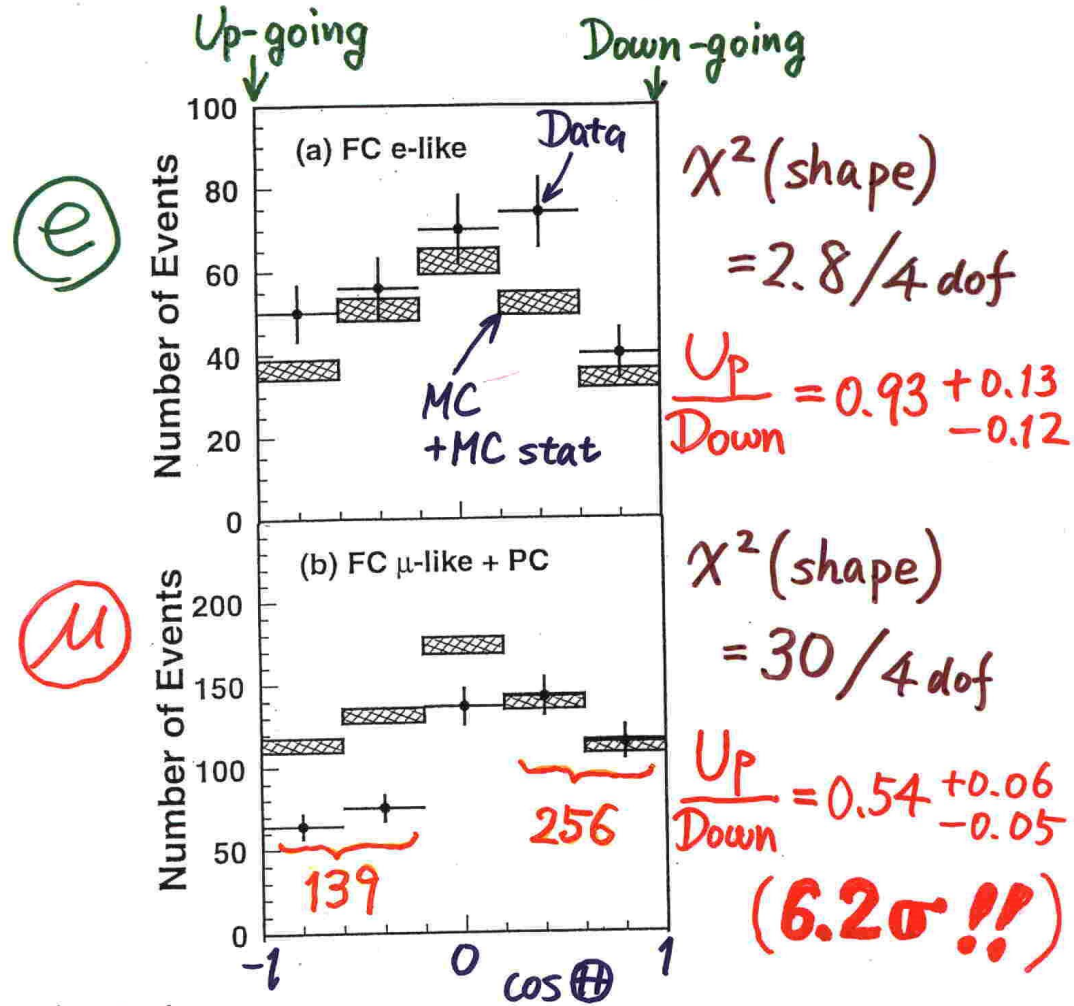
~200人の共同研究



ニュートリノ振動の証拠 (高山でのニュートリノ'98国際会議)

Y. Fukuda et al., PRL 81 (1998) 1562

Zenith angle dependence (Multi-GeV)



今の研究

重力波望遠鏡 KAGRA



- 大学院時代は、研究の入り口。
- 理学系の大学院に行く人は、自分の興味(と能力)に従って、自分のやりたい研究ができる研究室を選ぶのがよいと思います。
- 多くの場合、大学院の時代の研究室がその後の研究者人生を大きく左右します。よい研究室を選んでください。
- スプリング・スクールを楽しんでください。