



スーパーカミオカンデ実験 でわかったこと

ウェンデル・ロジャー
京都大学
2018年8月19日
日本科学未来館

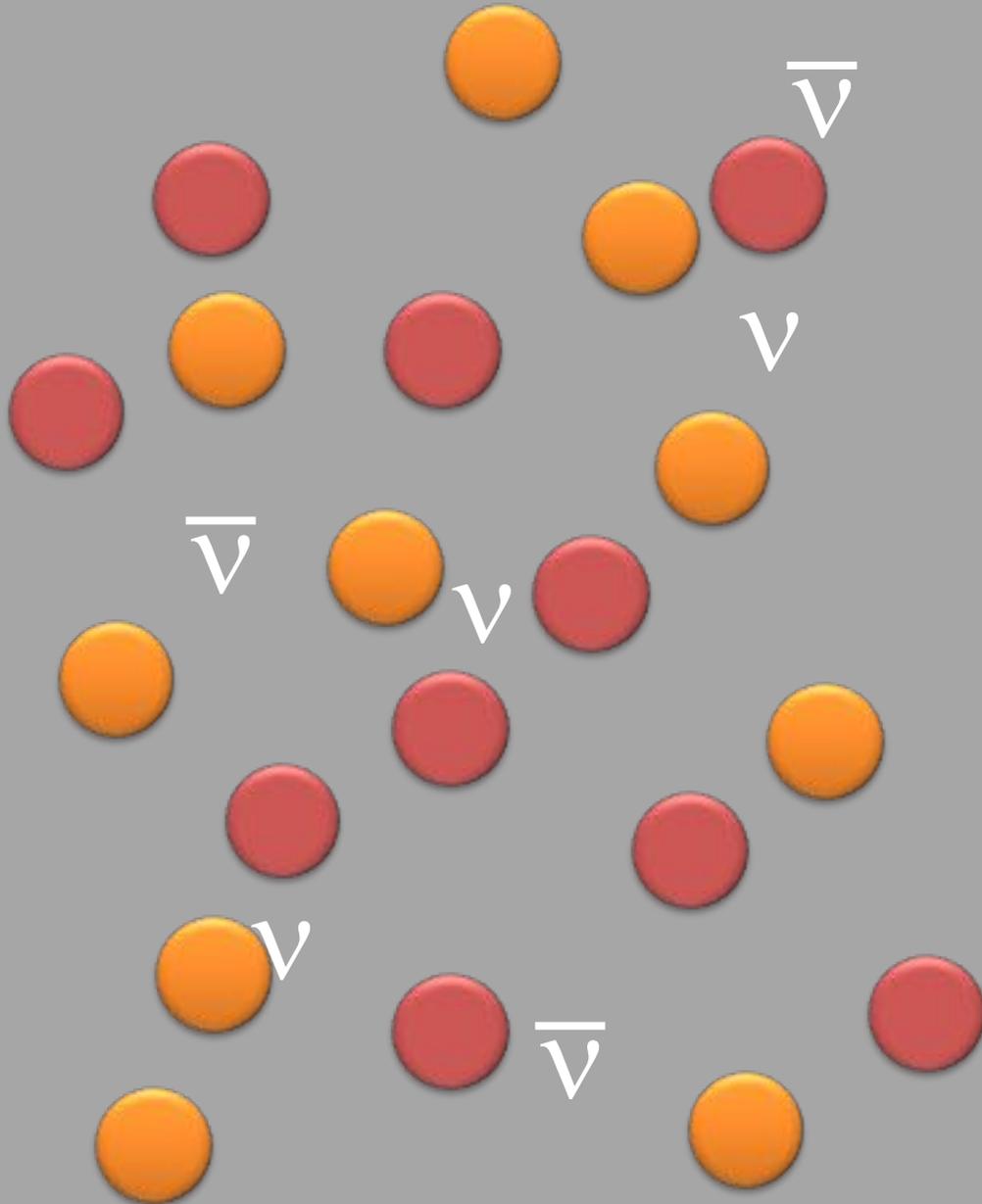
どこみても、地球と同じような物質しかないみたい



宇宙の始まり

宇宙誕生直後は粒子と反粒子は同数に存在

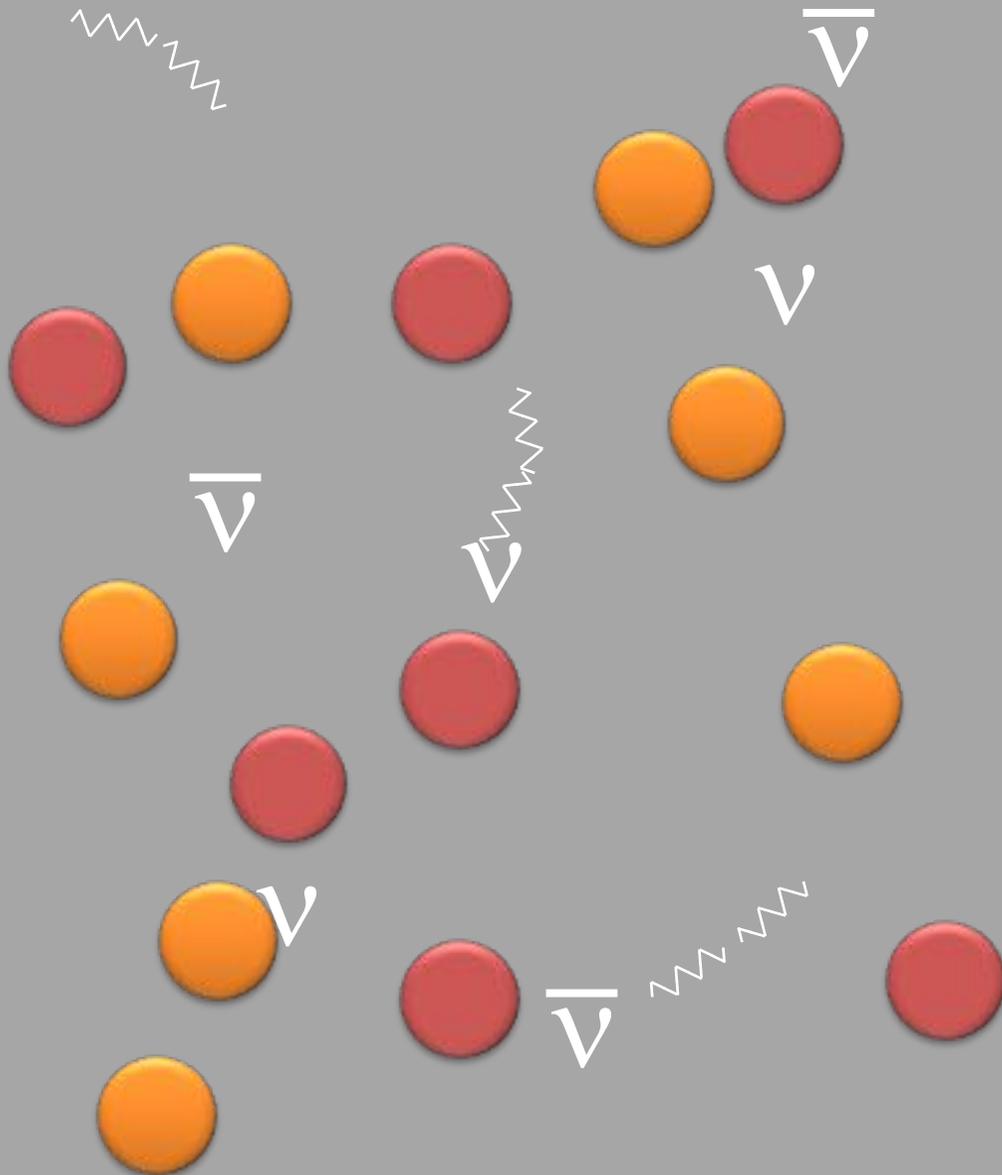
ただし、粒子と反粒子はぶつかりると、エネルギー（光）となる



宇宙の始まり

宇宙誕生直後は粒子と反粒子は同数に存在

ただし、粒子と反粒子はぶつかると、エネルギー（光）となる

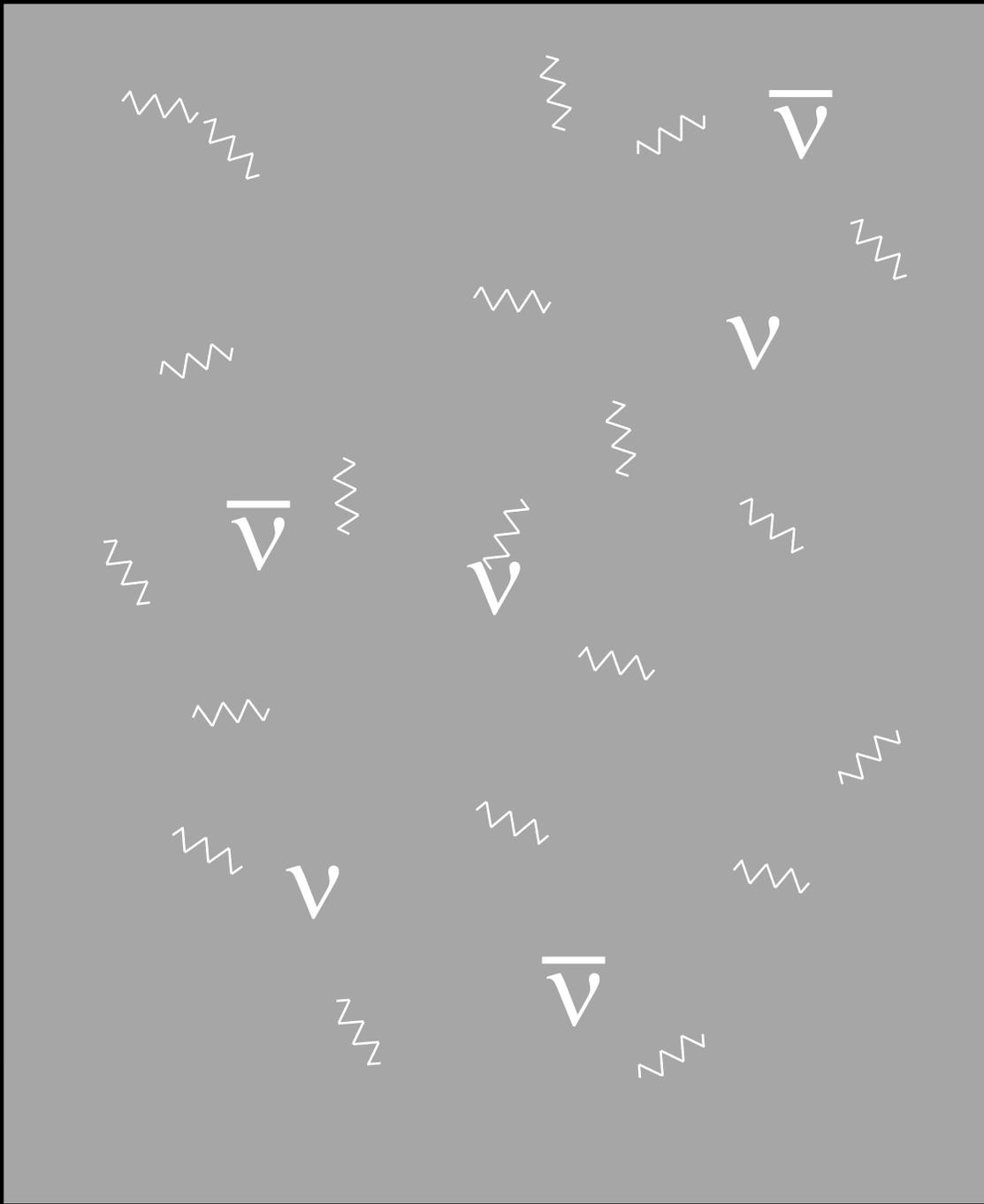


今

物質は存在しない！

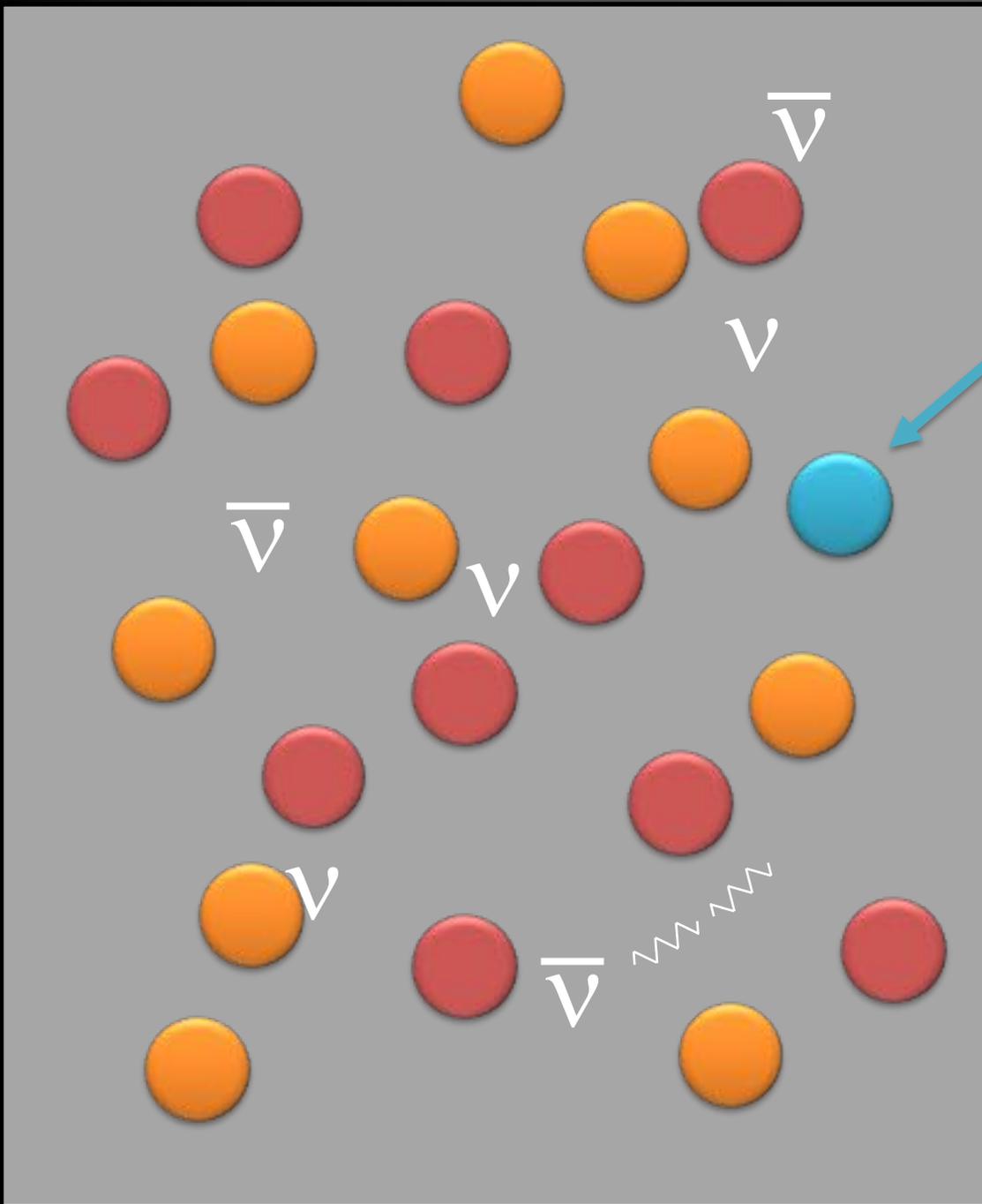
我々は生まれない

光



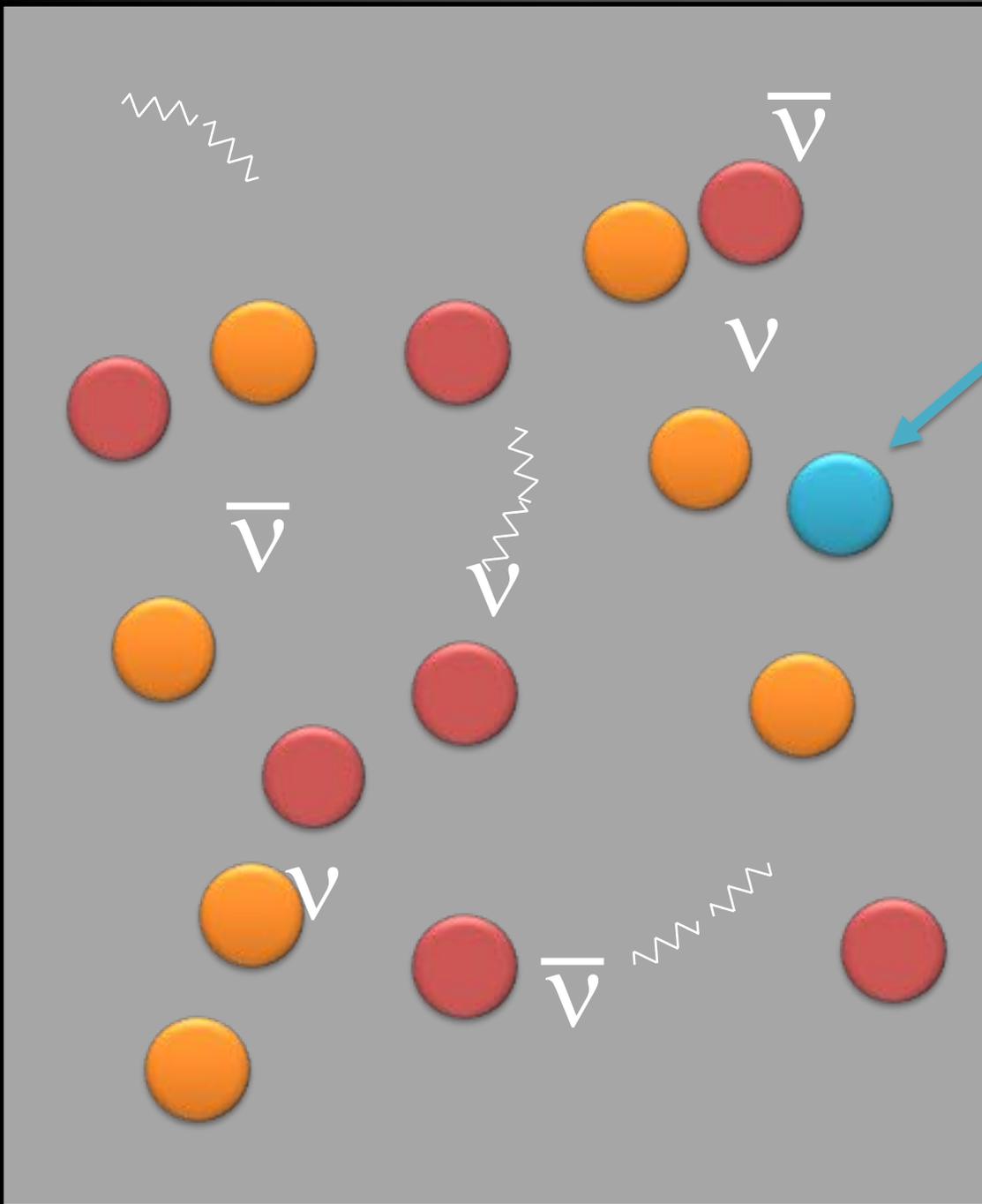
宇宙の始まり

ニュートリノが物質を
わずかに増やしたか
もしれない



宇宙の始まり

ニュートリノが物質を
わずかに増やしたか
もしれない



今

残った物質は現在の
宇宙(星、銀河、人
間)となった

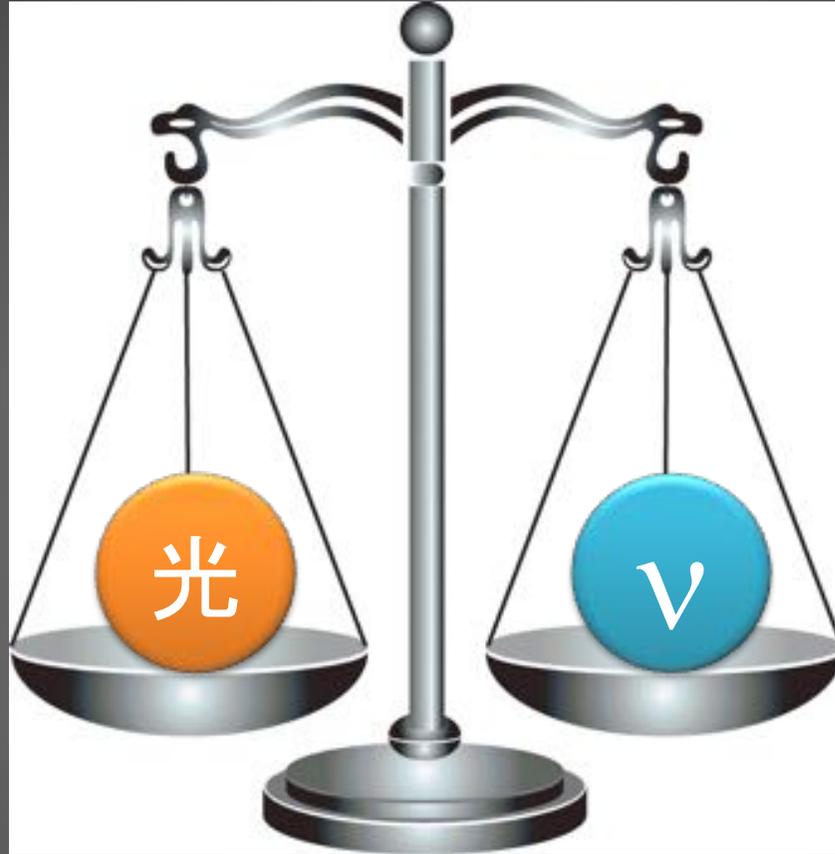


スーパーカミオカンデ実験が始まる前

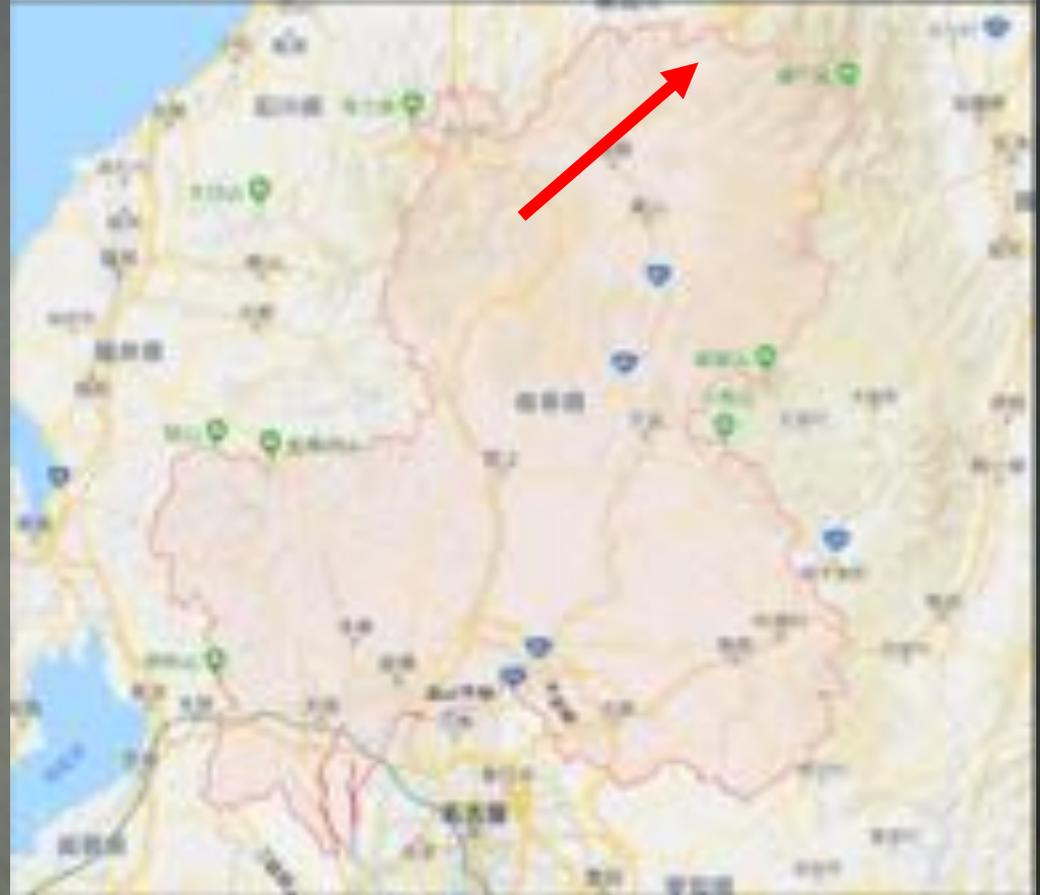


ニュートリノの重さがないと考えられていた

スーパーカミオカンデが始まる前



ニュートリノの重さがないと考えられていた
....光と同じ



https://en.wikipedia.org/wiki/Gifu_Prefecture

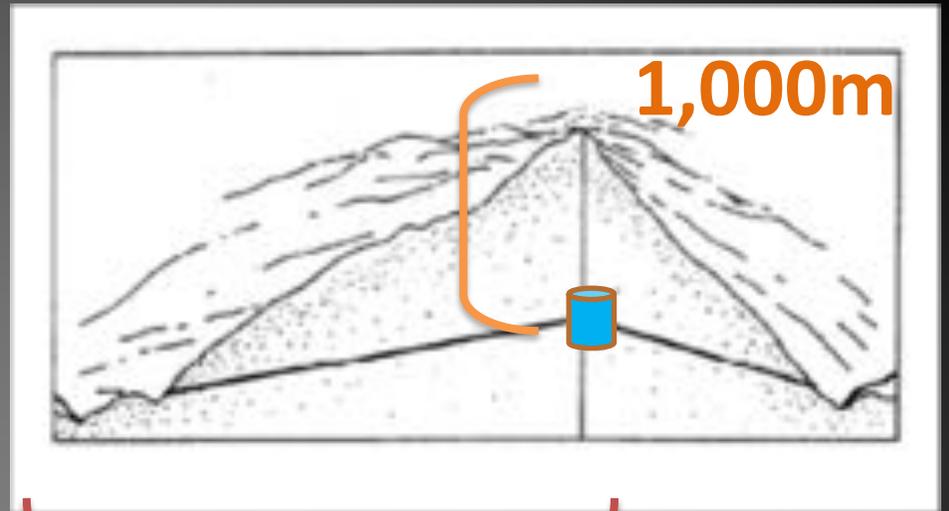
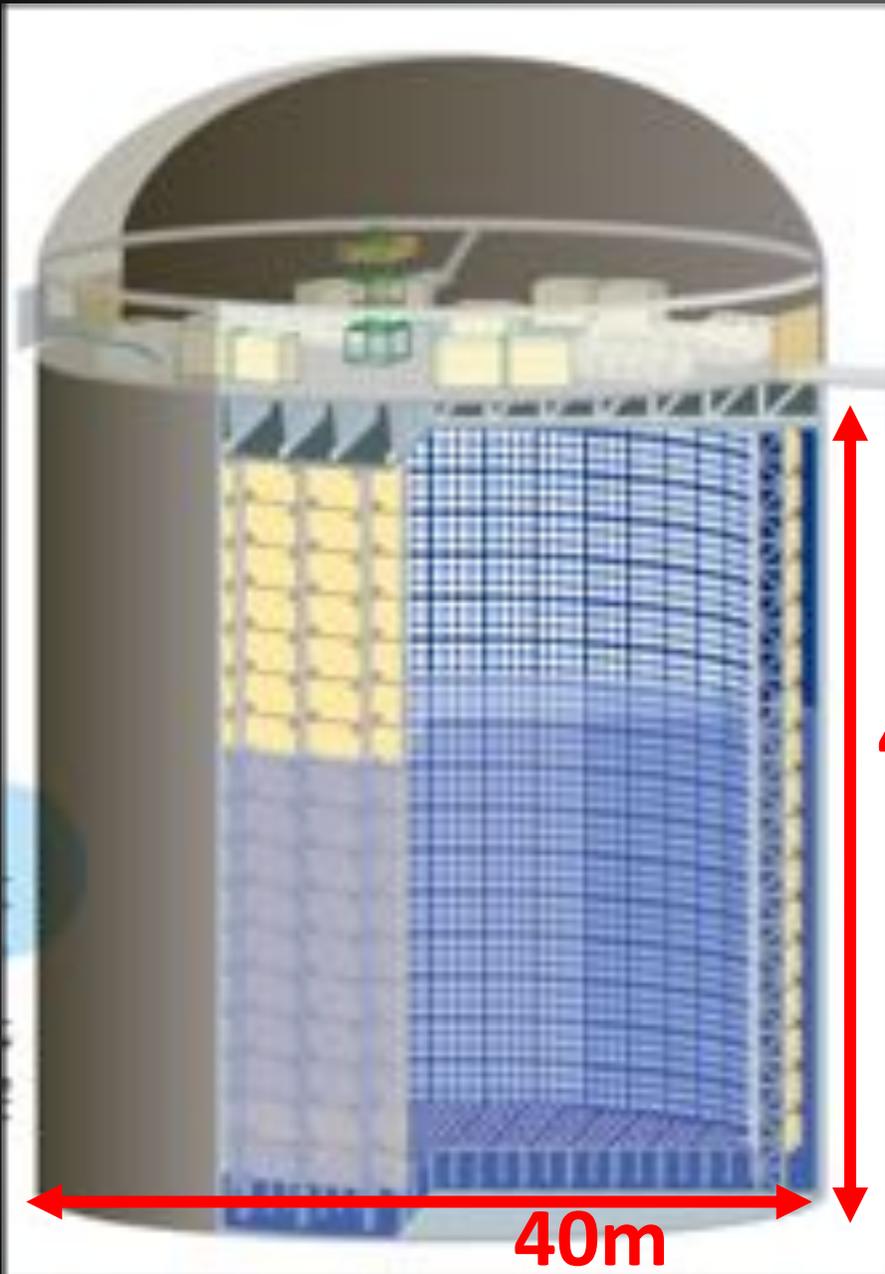
スーパーカミオカンデ実験は岐阜県神岡町にある

池の山

1000m



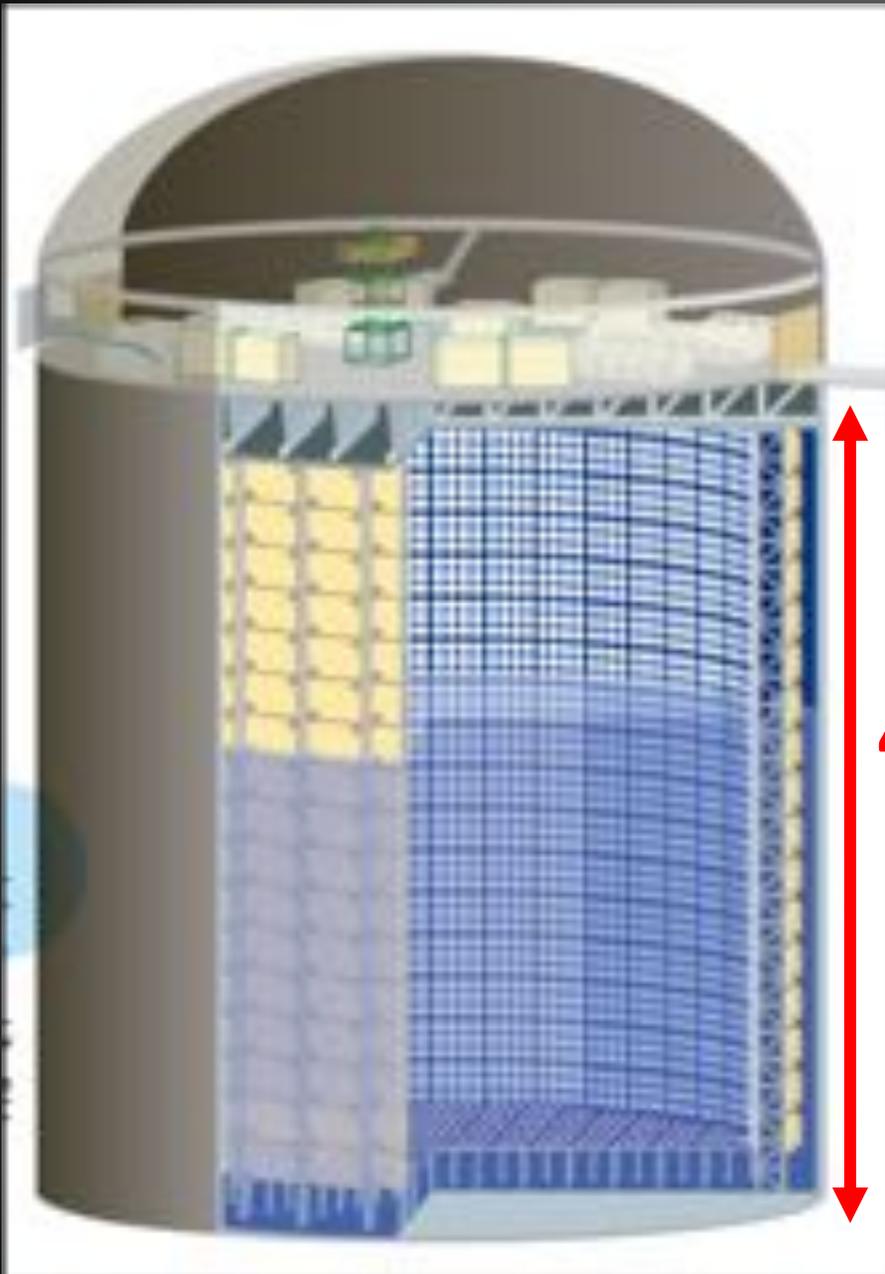
スーパーカミオカンデ実験



40m

2,000 m

1996年に観測開始

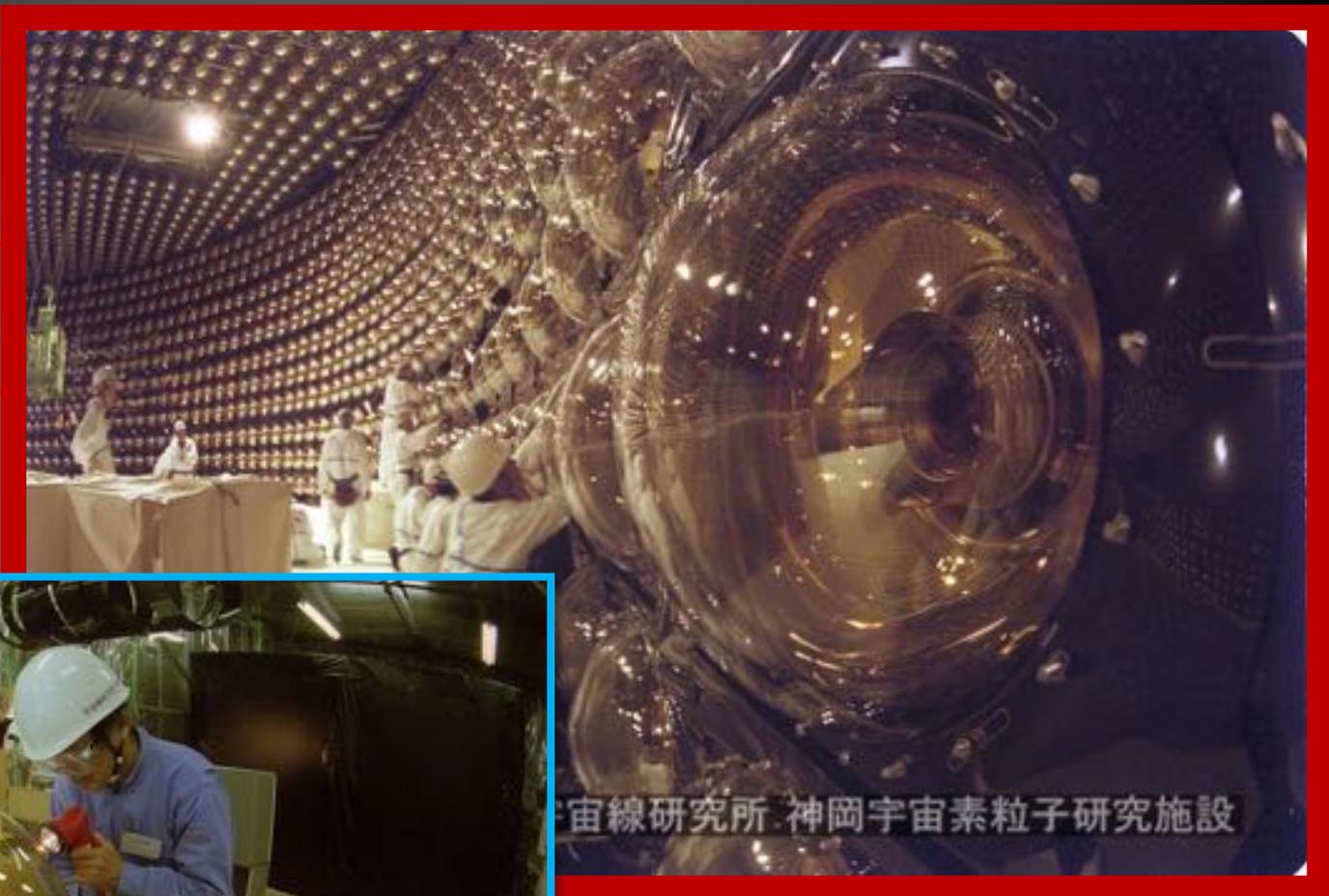


ガンダムより倍くらい高い

40m



19.7 m



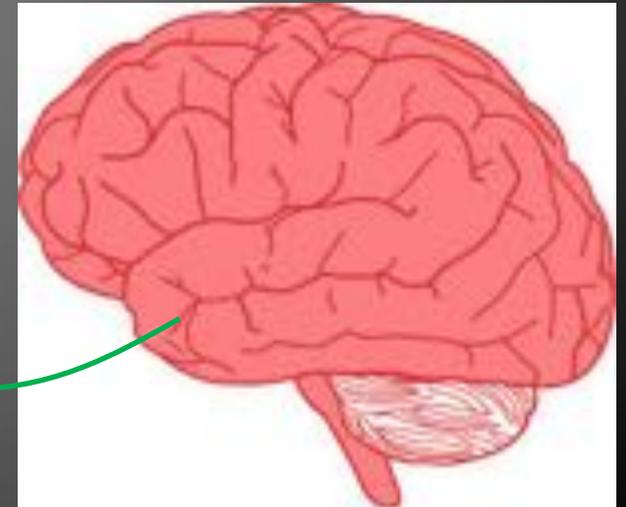
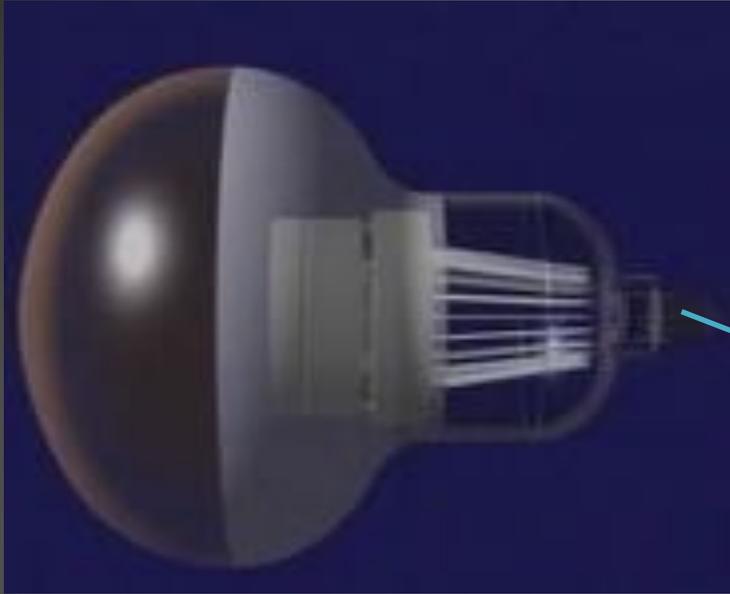
50 cm

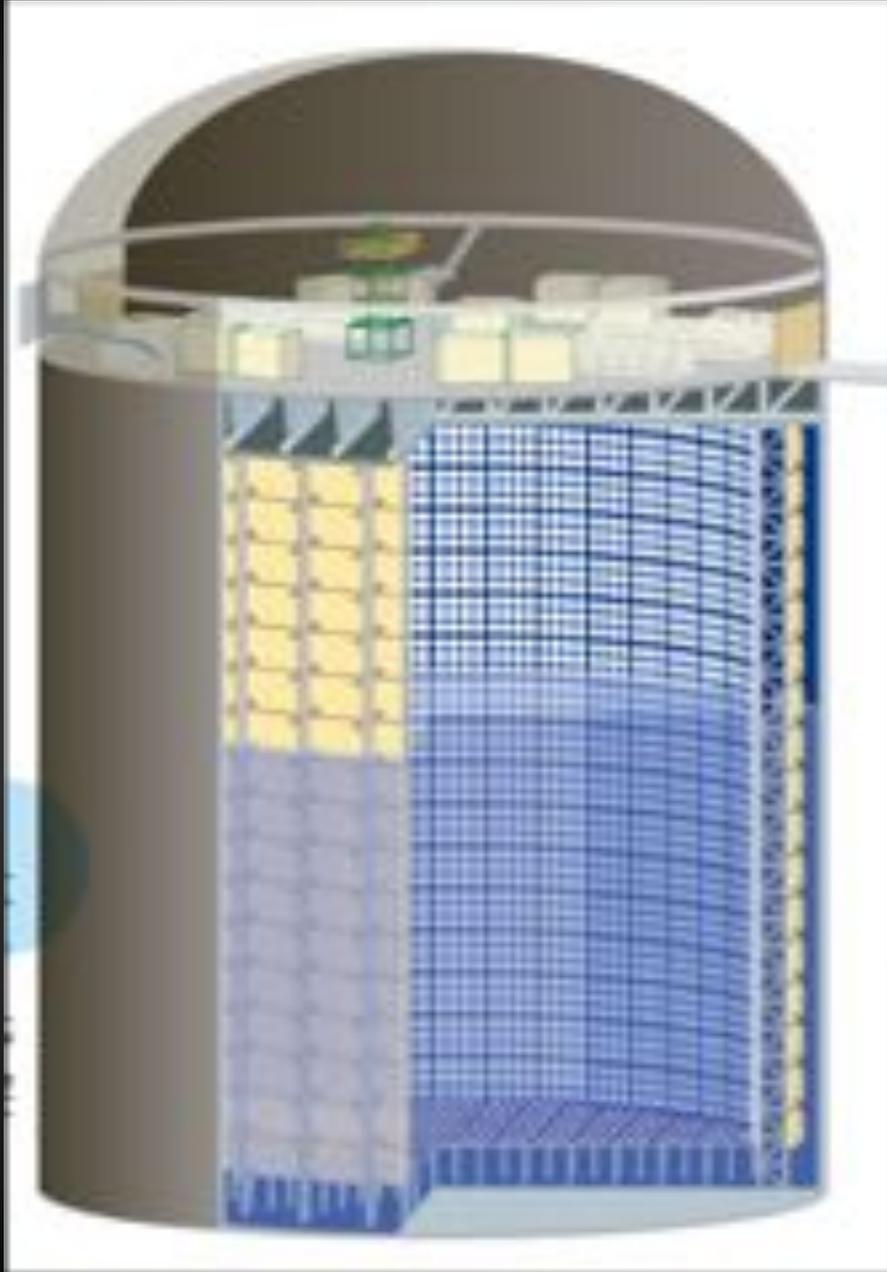


70 cm

光センサー
全部で1万2千本！

光センサーはスーパーカミオカンデの「目」





5万トンの超純水

水泳プール約100個分
(東京23区の区民プールを全部)



水道水より千倍以上純粋な水

スーパーカミオカンデの中

研究者

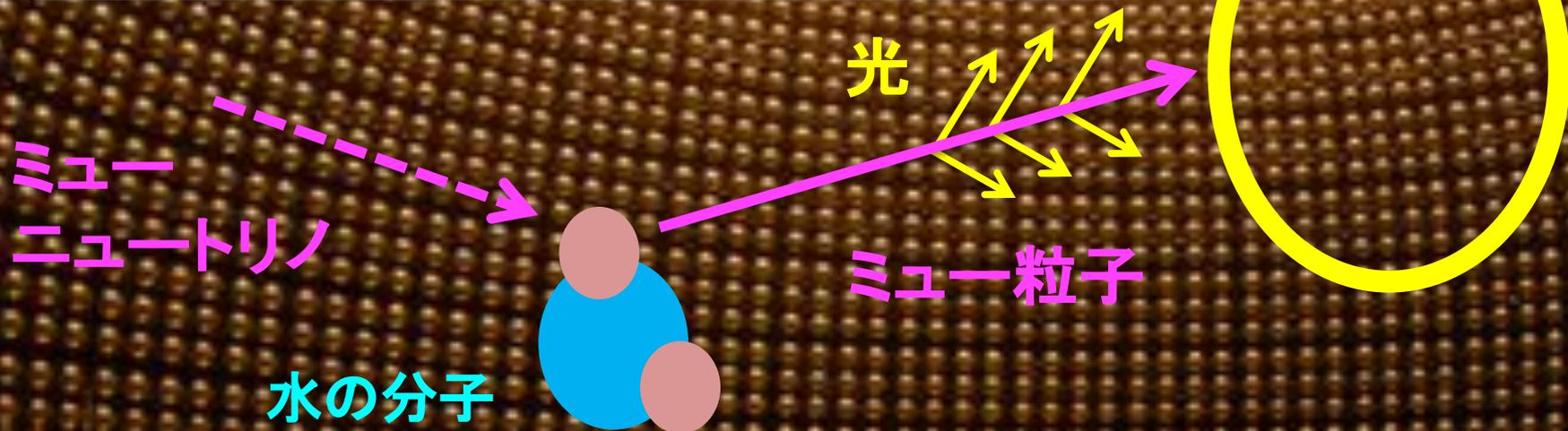
SKタンクに水をひいた様子



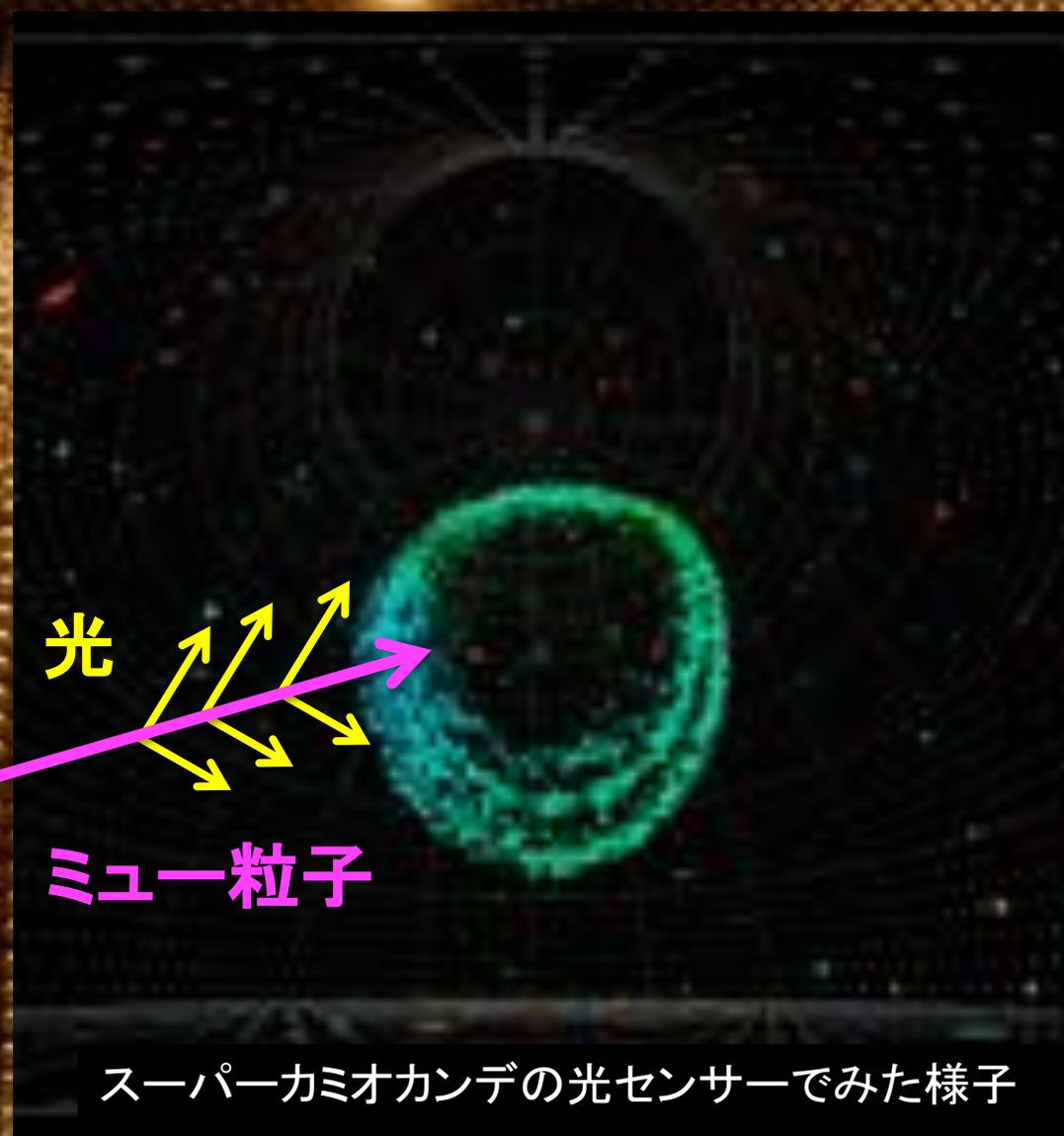
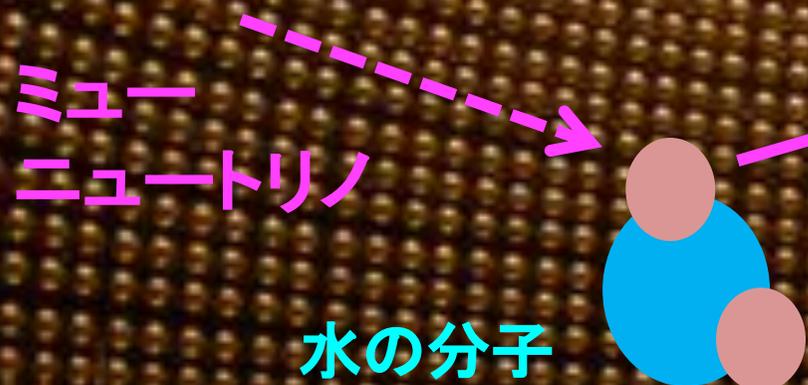
ニュートリノの反応

粒子が作るわずかな光を捉えるにはたくさんの「目」が必要

この光を測ることで、ニュートリノの速度・種類・到来方向がわかる



ニュートリノの反応



スーパーカミオカンデの光センサーでみた様子

ニュートリノ:幽霊粒子

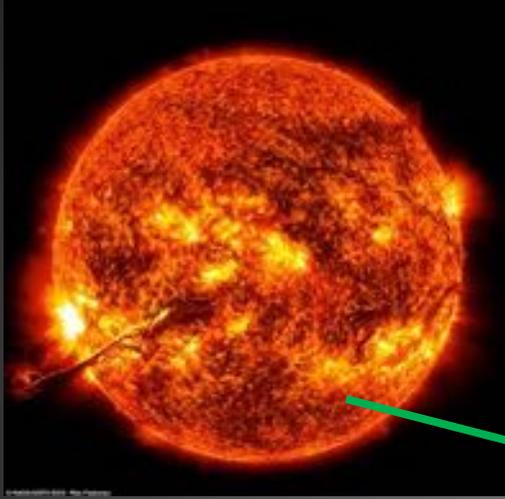
地球を100万個分をすり抜ける



ニュートリノ研究は、
デカイ検出器と
大量のニュートリノが必須

ニュートリノは幽霊粒子

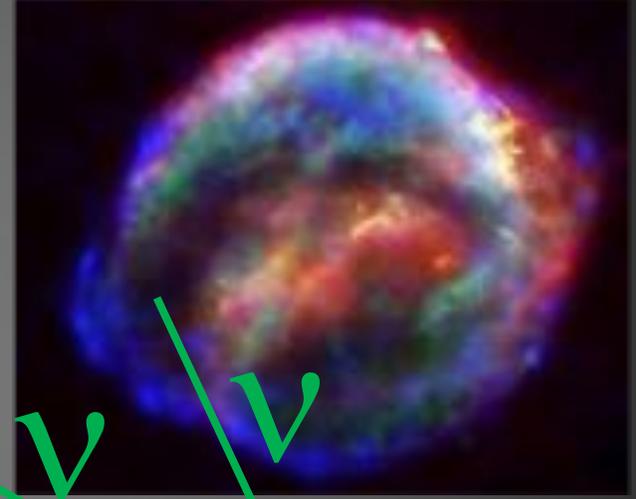
太陽



大気

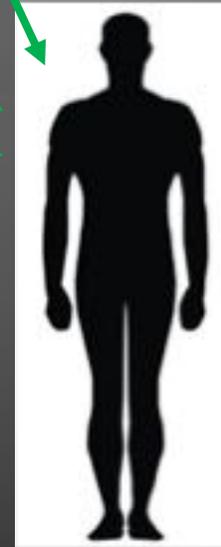


超新星



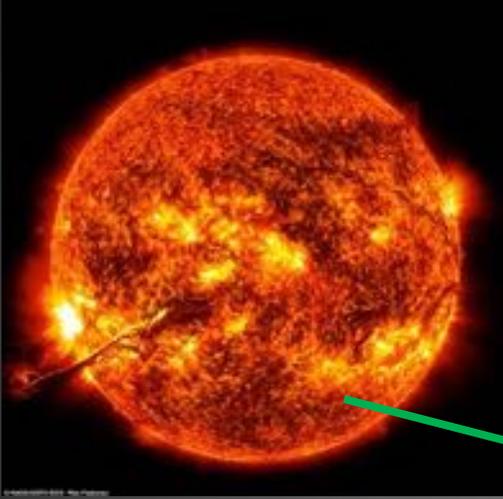
宇宙はニュートリノで満ちている

毎秒： **一兆個**のニュートリノが体を通る



ニュートリノは幽霊粒子

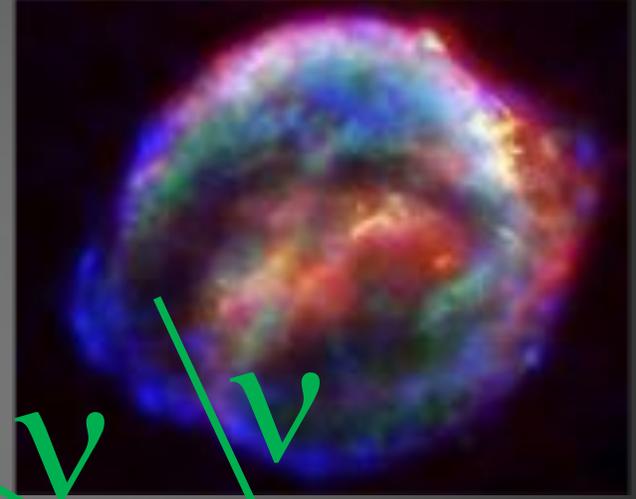
太陽



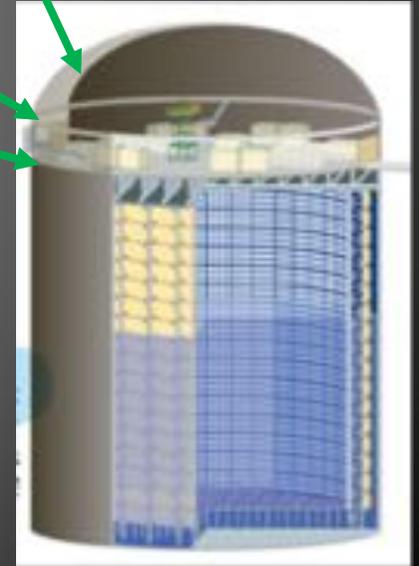
大気



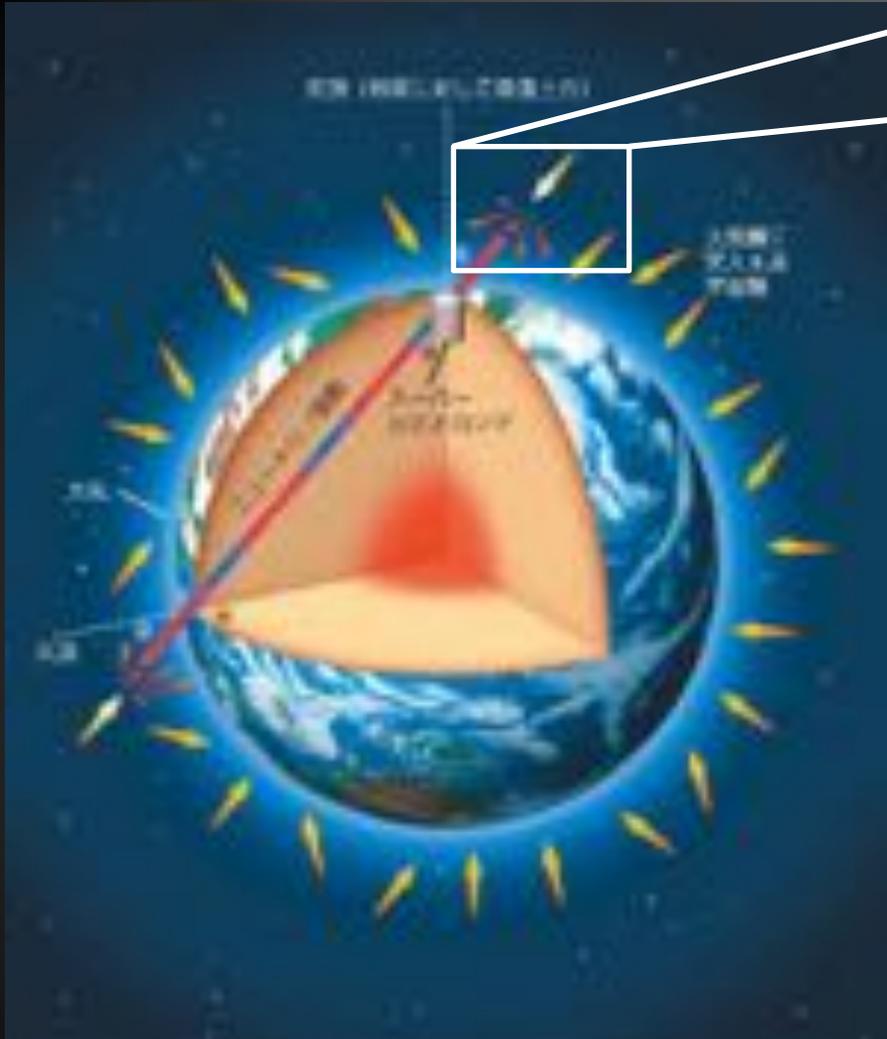
超新星



巨大のスーパーカミオカンデでも
1日におよそ**20個**しか観測しない



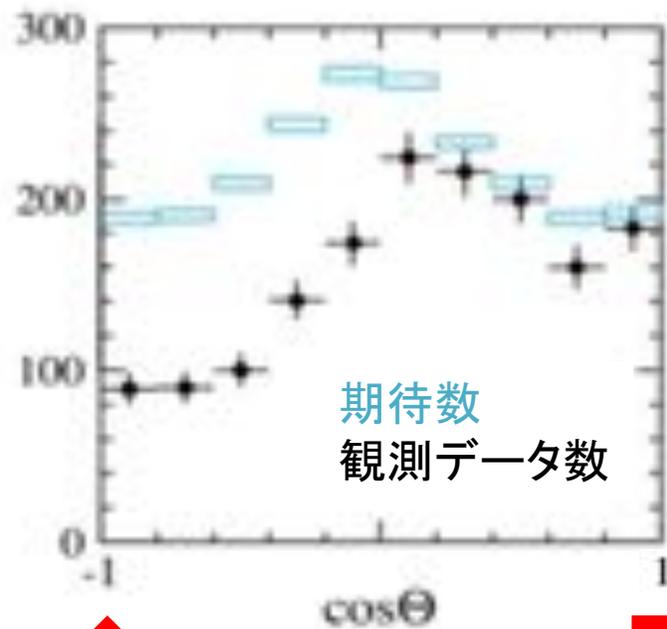
大気ニュートリノ



電子
ニュートリノ

ミュ
ニュートリノ

ミュー型ニュートリノ
の
実データ



地球の裏側
から来たもの



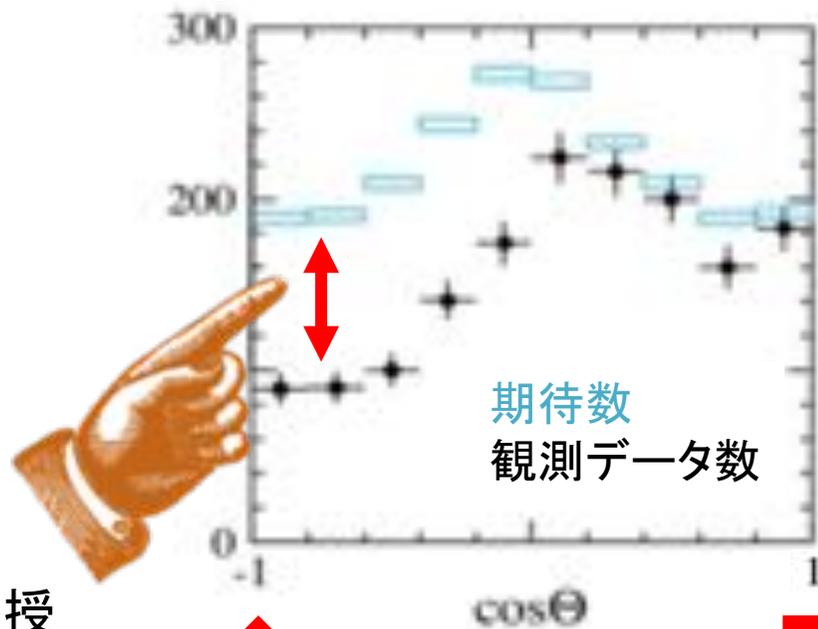
真上から来た
もの

数が足りないぞ。ニュートリノ
が振動しているみたい！



mainichi.co.jp

梶田隆章宇宙線研究所教授



そしたら ニュートリノ振動は。。。



そしたら ニュートリノ振動は。。。



ミュー型 ニュートリノ	●
タウ型 ニュートリノ	●

ニュートリノ振動はニュートリノの種類入れ替え

このボールの色は？



ミュー型

ニュートリノ



タウ型

ニュートリノ



ピンク

青



ミュー型

ニュートリノ



タウ型

ニュートリノ



このボールの色は？



ミュー型

ニュートリノ



タウ型

ニュートリノ



ピンク

青

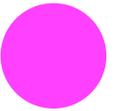


このボールの色は？



ミュー型

ニュートリノ



タウ型

ニュートリノ



ピンク

青



ニュートリノ振動:

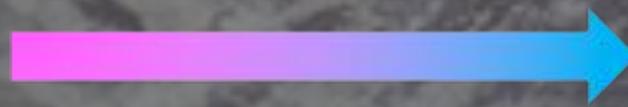


作られた時

飛行中

反応した時

ミュー型
ニュートリノ

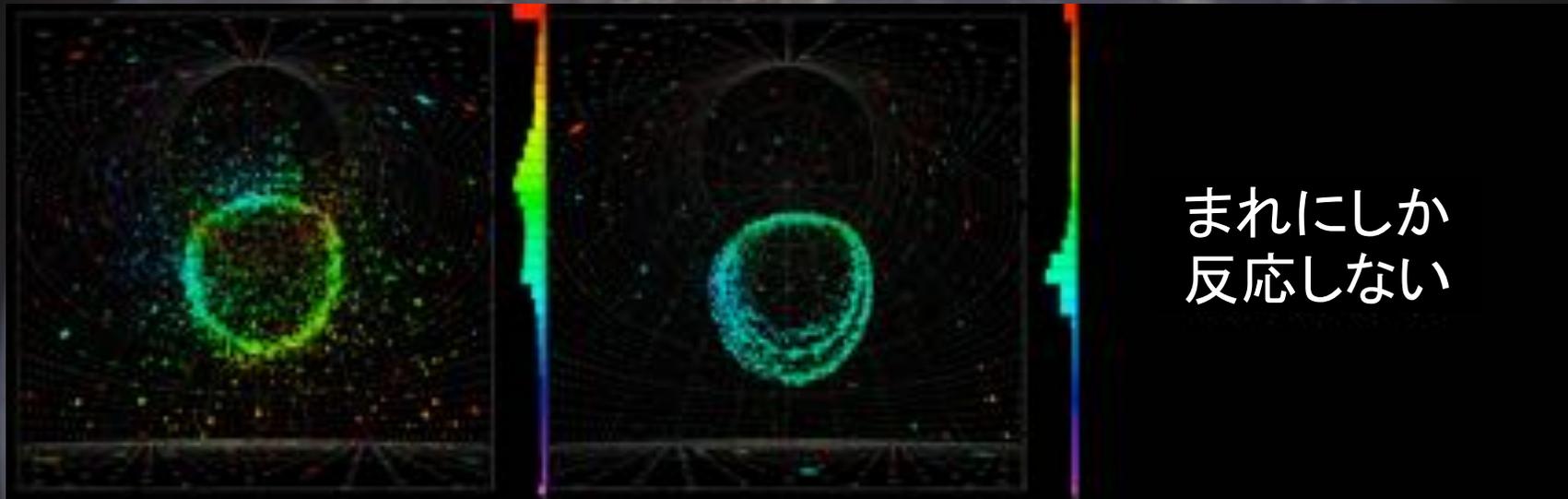


タウ型
ニュートリノ

電子型
ニュートリノ

ミュー型
ニュートリノ

タウ型
ニュートリノ

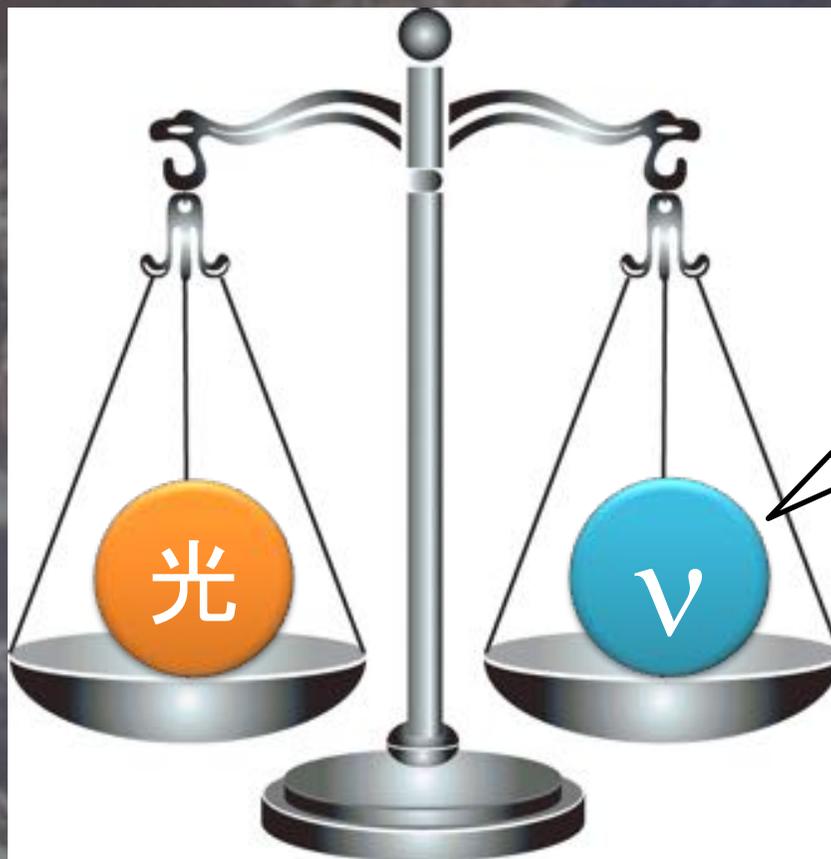


期待数とよく一致

期待数の半分！

ミュー型は、ほとんど反応しないタウ型に
振動してしまったため、数が減って見えた

ただし、ニュートリノは重さがないと振動は不可能

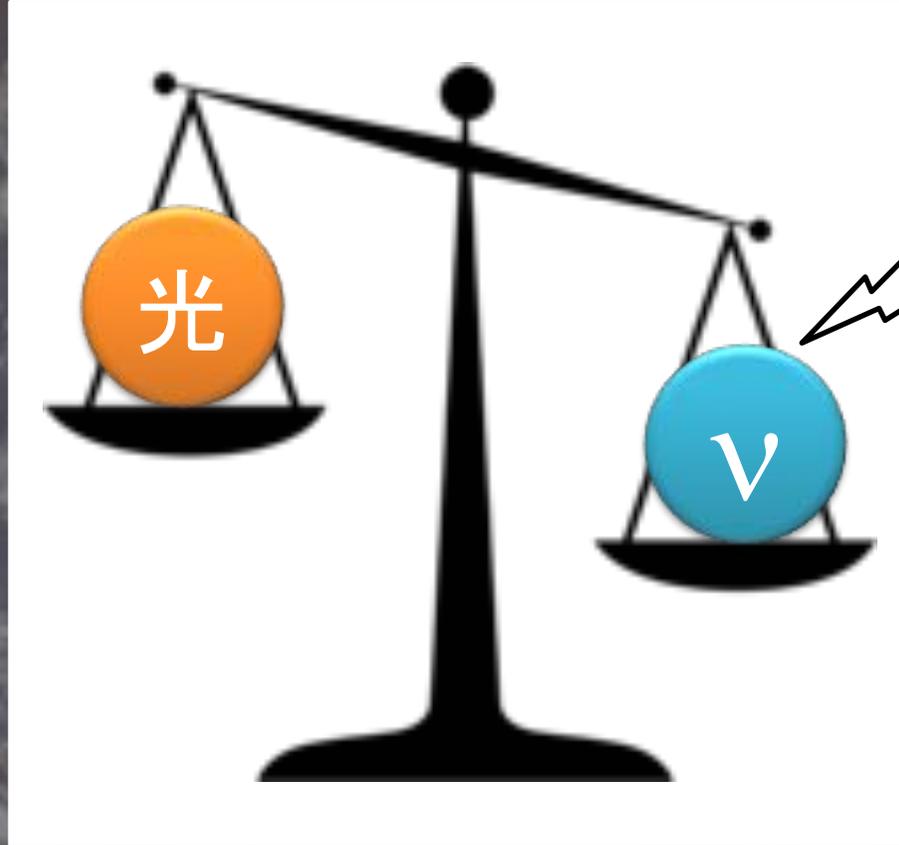


振動できない

ただし、ニュートリノは重さがないと振動は不可能



動できない



振動できる！

つまり、ニュートリノは**重さがある**！

2015年ノーベル物理学賞

梶田隆章宇宙線研究所教授



Copyright © Nobel Media AB 2015



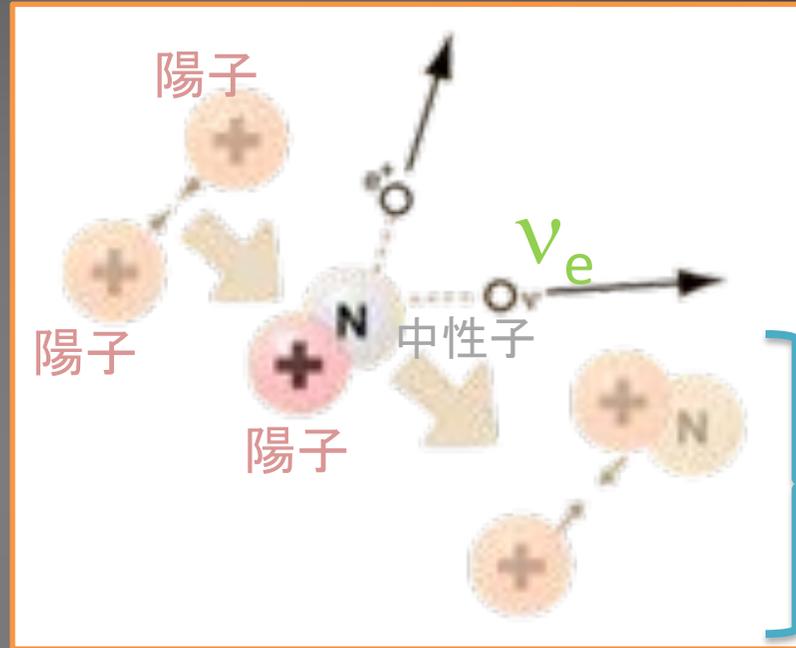
Copyright © Nobel Media AB 2015

受賞理由：「ニュートリノが質量を持つことを示す、
ニュートリノ振動の発見」

太陽のニュートリノ



核融合

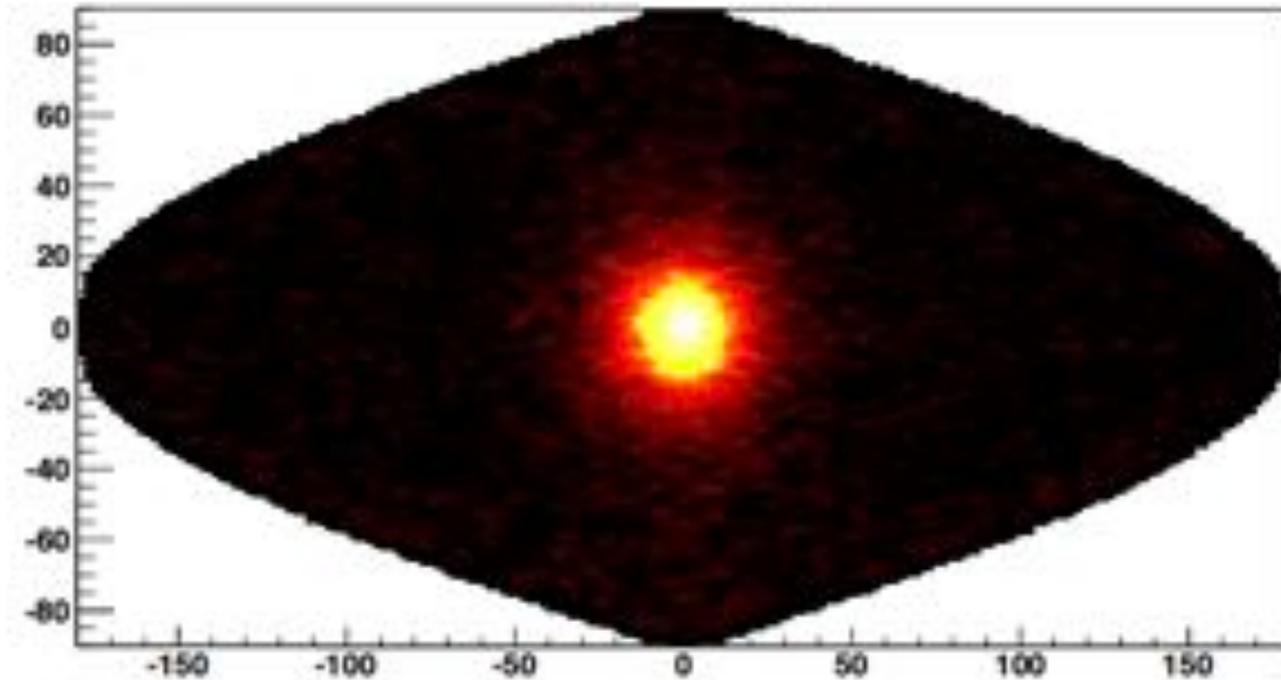


太陽内の核融合により、光もニュートリノも作られる

地球までの飛行距離は 1.5億km

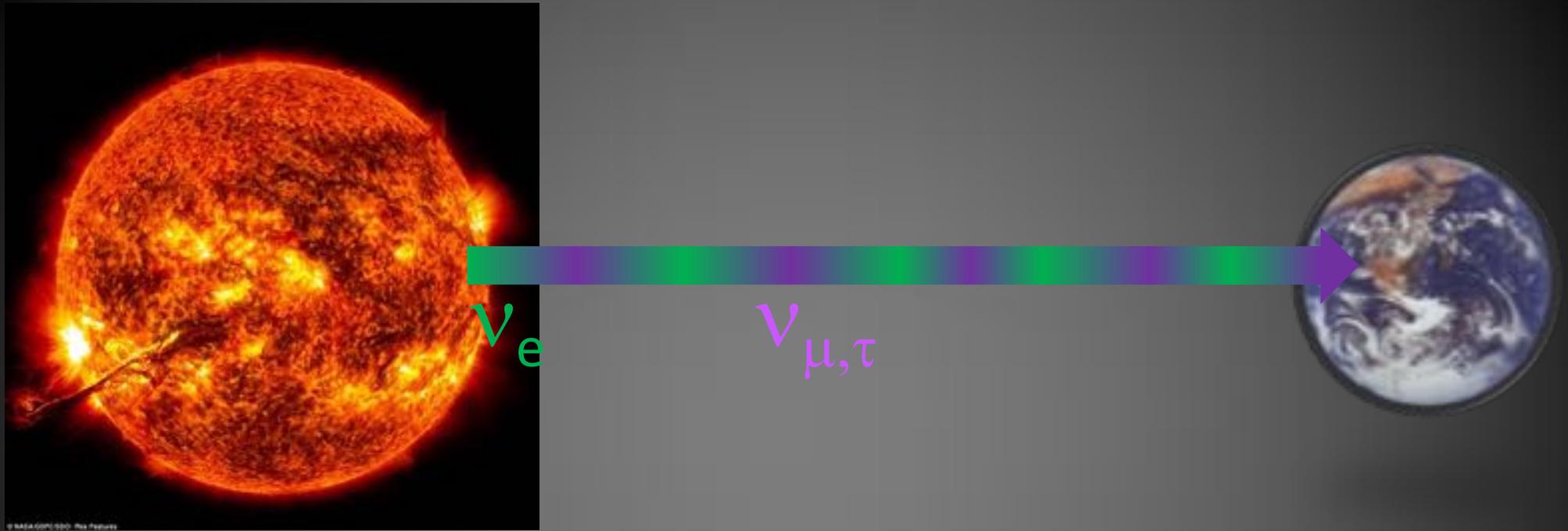
ニュートリノで撮った太陽の「写真」

スーパーカミオカンデの実データ



ただし、観測数は期待数の**1/3**しかない！

太陽ニュートリノも振動！



太陽と地球間を飛んでいるニュートリノが途中でスーパーカミオカンデで見えない種類に振動していることがわかった

T2K 実験



Super-Kamiokande
(ICRR, Univ. Tokyo)



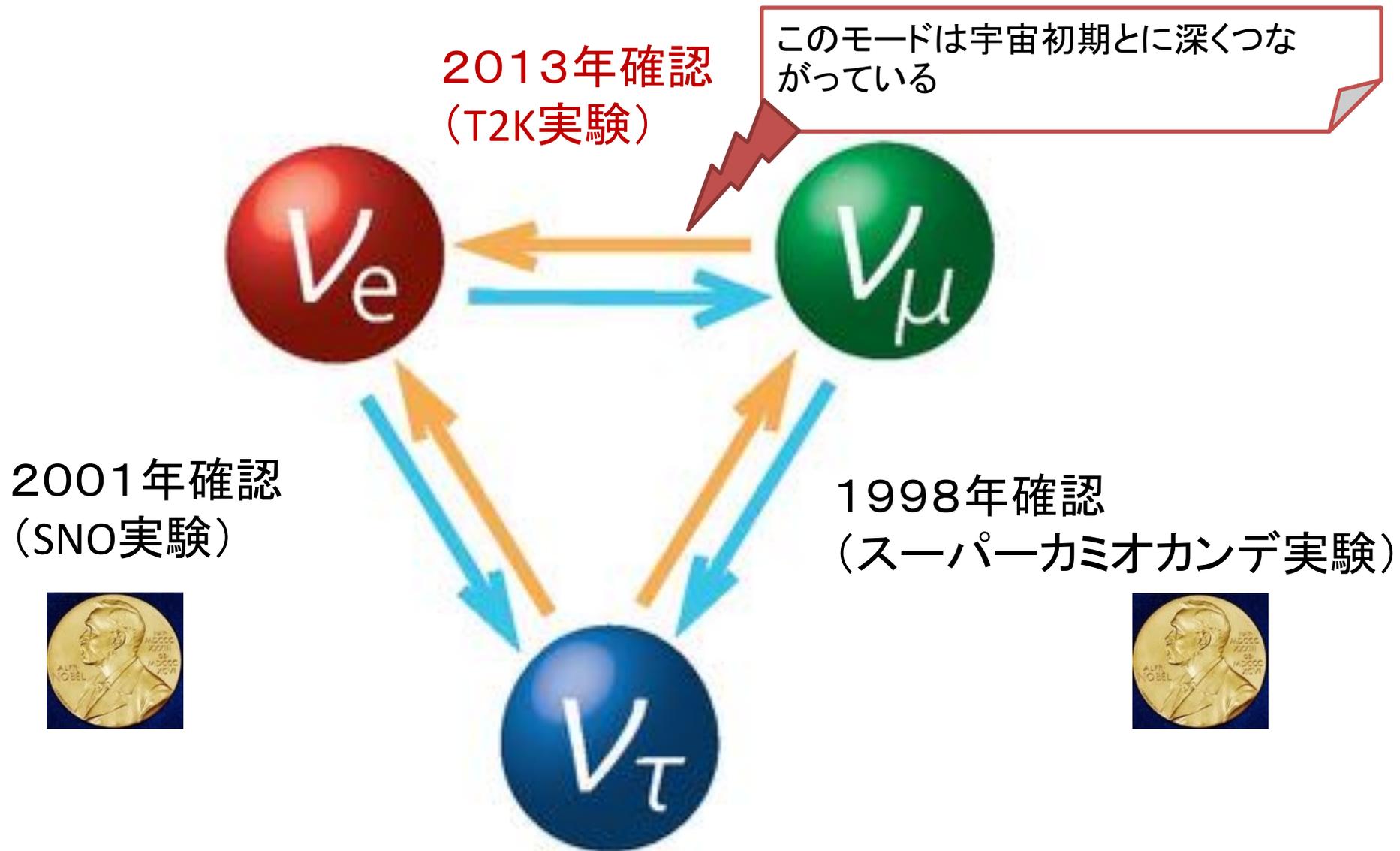
J-295PARC Main Ring
(KEK-JAEA, Tokai)



J-295PARC (東海村)でニュートリノを作る
295km 離れているスーパーカミオカンデへ飛ばす

人工的に作られたニュートリノの振動も確認！

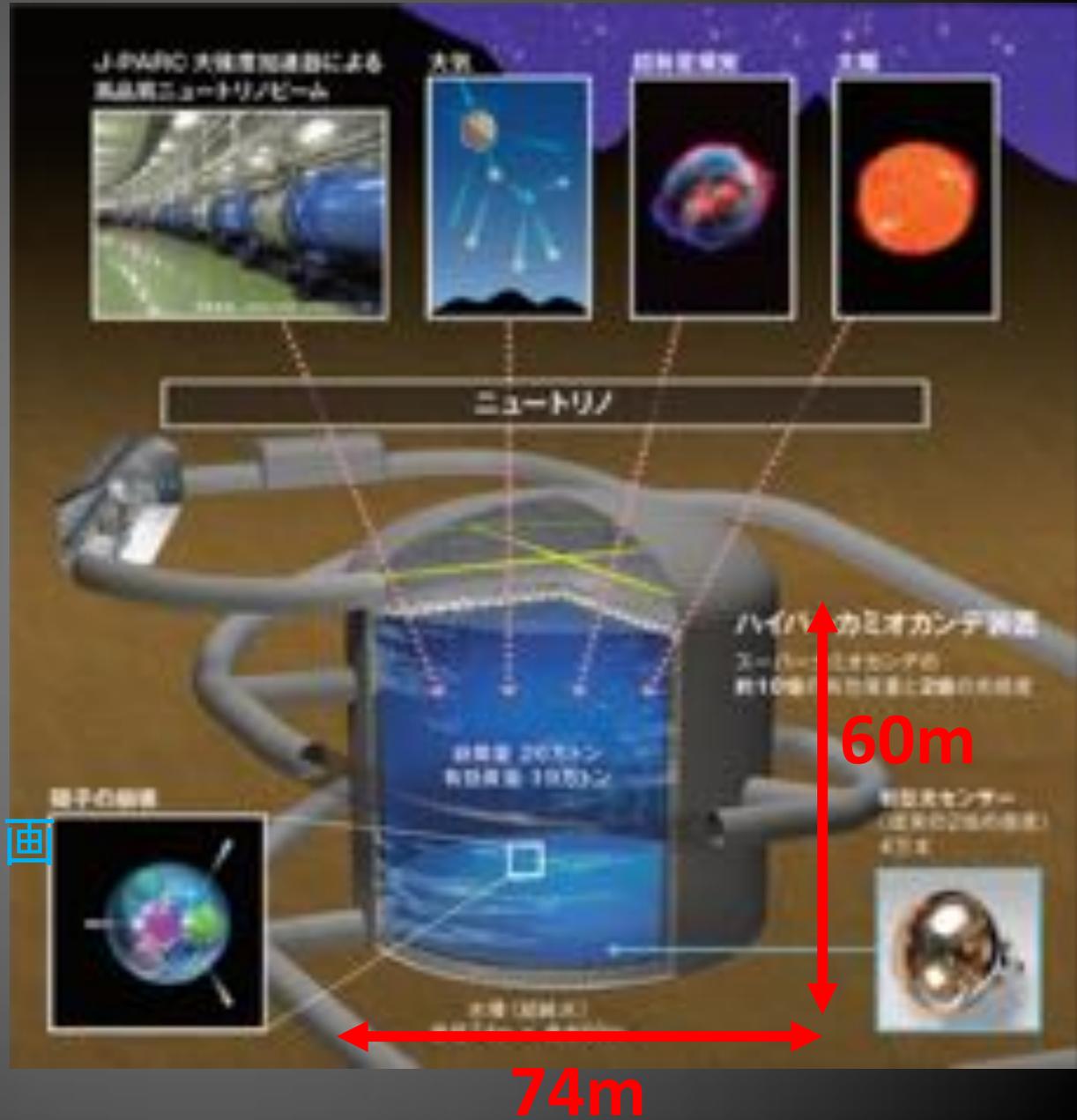
3モードのニュートリノ振動が確認



ニュートリノは初期宇宙を説明する鍵となっているかも

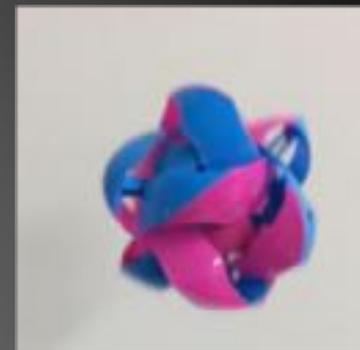
ただし、現在の実験データは足りなくて、スーパーカミオカンデよりデカイ実験が必要

10倍大き：
ハイパーカミオカンデ実験計画を推進中



まとめ: スーパーカミオカンデ実験でわかったこと

ニュートリノは振動する
大気ニュートリノも太陽ニュートリノも



ニュートリノは重さがある
大発見で、2015年のノーベル賞



宇宙の誕生と進化におけるニュートリノの役割を理解するには、よりデカイ実験が必要
ハイパーカミオカンデ

ご静聴ありがとうございます