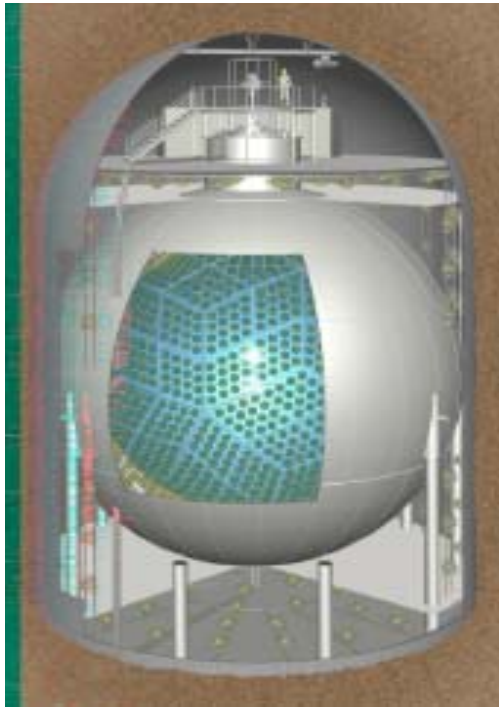


Toward exploring (1-3) sector of the MNS matrix

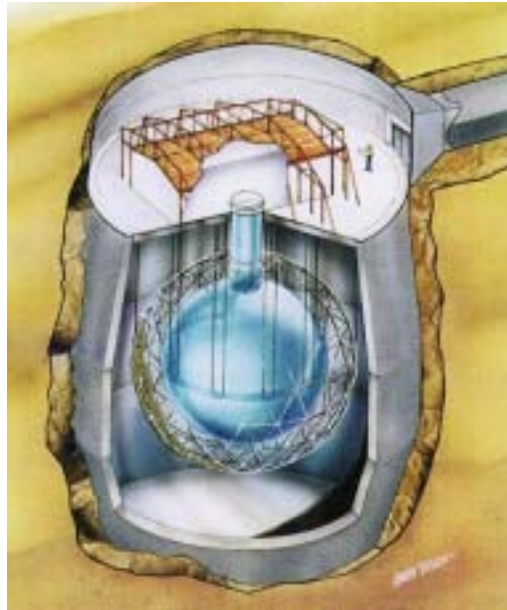
Hisakazu Minakata

Tokyo Metropolitan University

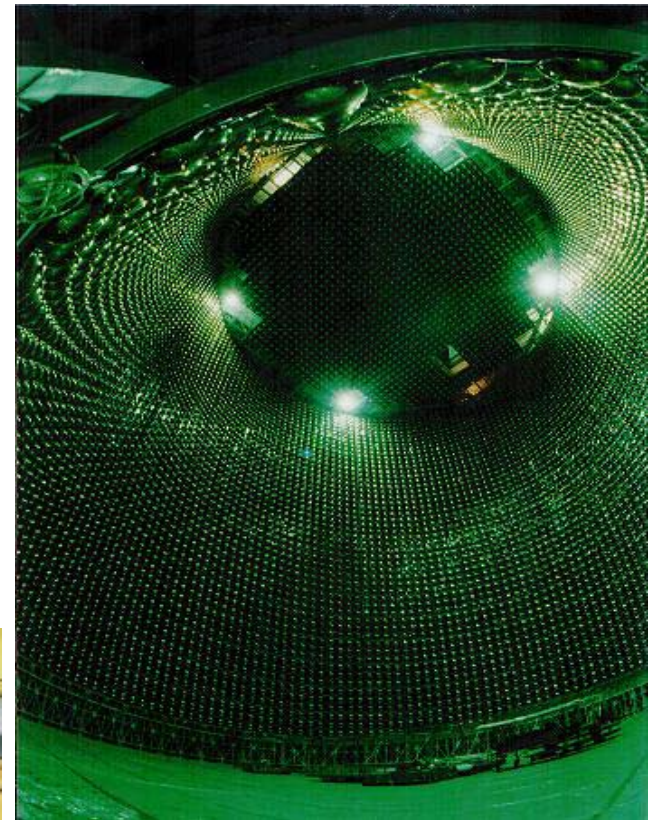
In the last 5 years we
have experienced the
most exciting era in
 ν physics



February 23-25, 2004



Fujiwara seminar: Seesaw 25th
Hisakazu Minakata



ノーベル物理学賞に小柴氏

朝日新聞
 創刊社 朝日新聞社 2002年 4月1日
 〒104-8211 東京都中央区本町2-1-1
 朝日新聞東京本社 電話 03-5540-0131

■小柴昌俊（こしば・まさとし）氏 ■
 1920年 9月10日、愛知県豊橋市生まれ
 51年 東京大学理学部卒
 53年 米ロチェスター大学大学院入学
 55年 同大学院を出て芝シカゴ大へ
 59年 米大原子核研究機関教授
 70年 米大理学部教授
 87年 米大退官、東海大教授（97年まで）
 88年 朝日員（代表）
 86年 ローレンス物理学会特別賞
 97年 文化勲章
 2000年 ウルフ賞（イスラエル）
 02年 米物理学会バノフスキー賞



お祝いの電話を受け嬉々笑む小柴さん。昨日午後6時30分、東京都杉並区の自宅で

日本人、3年連続 「カムイオカンデ」で観測

ニュートリノ天文学築く

物質を形づくる素粒子のひとつで、電子和同じレプトン（軽粒子）の仲間。電子型、ミュー型、タウ型の3種類がある。電気的に中性（ニュートラル）であることから「ニュートロ」ではなく「ニュートリノ」と呼ばれる。宇宙の始まり、ビッグバンで大量に生まれて、人間も毎秒1千兆個以上、浴びているが、体も地球もまわってしまわないで感じない。すべての物質は素粒子からできているとする物理学の「標準理論」では、存在できないものとしてきた。わずかにでも存在があれば、銀河を駆け回っている宇宙ががが双極に転じる可能性がある。

スウェーデン王立科学アカデミーは、今年度のノーベル物理学賞を小柴昌俊（東京大名誉教授）と、米国のレイモンド・デイビス・ジュニア（シカゴ大名誉教授）に授け、小柴氏が「カムイオカンデ」でニュートリノの検出へのパイオニア的貢献、「宇宙から飛んでくる地球を突き抜ける素粒子（ニュートリノ）を探る土佐研究所、ニュートリノ天文学」という新しい分野を開拓した。2・8・29・38・70個に観測結果

日本のノーベル賞受賞者は、1994年、山本武史が物理学賞を受賞したのと同じ賞種、物理学賞を受賞した山本武史・坂田義彦、野依良造（薬学）、和田秀三（化学）、山田孝二（物理学）と、日本人の物理学賞受賞者はいなかった。「カムイオカンデ」が功をなした。小柴氏は、東京大名誉教授は、夜、東京杉並区の自宅で、受賞喜びを次のように述べた。

「カムイオカンデ」が功をなした。小柴氏は、東京大名誉教授は、夜、東京杉並区の自宅で、受賞喜びを次のように述べた。

ダイエ

経営再建中の大手スーパーのダイエーは、今年度（10月1日～）のダイエー直営の業績が、ダイエーグループ全体の業績を押し上げる見込みである。

「後継者いなし」

小柴氏は、東京大名誉教授は、夜、東京杉並区の自宅で、受賞喜びを次のように述べた。

紙面から
 羽拉致、10件15

 ...

Neutrino physics is so popular in Japan that ...

SK-II

Last update November 19, 2003

[「メンバーはこちらへ」](#)

[HOME](#) [最新のトピックス](#) [SHOP情報](#) [商品カタログ](#) [ピテラ@ストーリー](#) [プレゼント](#) [きれいを探る](#) [TVCMのご紹介](#)

今月のトピックス



2003年秋、
SK-IIのめざす美しさは
「年齢を見せない肌」

[スキンケア編](#)

[フェイス メイクアップ編](#)

[商品モニター募集中! 詳しくはこちら>>>](#)

February 23-25, 2004

Fujiwara seminar: Seesaw 25th
Hisakazu Minakata

Seesaw is loved by people

2002: 40th anniversary of Maki-Nakagawa-Sakata theory

No conference

2003: 30th anniversary of Kobayashi-Maskawa theory

No conference

2004: 25th anniversary of Seesaw

Two conferences !

Neutrino physics is so popular in Japan ... continued

See-Saw



言葉がみんな
うたになったらいいな

welcome to "See-Saw".

Vo. Chiaki Ishikawa Key. Yuki Kajiura

sorry, Japanese language only !

See-Sawは、
Vo. 石川知亜紀、Key. 梶浦由記二人のユニットです。
現在は二人個別に音楽活動をする傍ら、
マイペースにぼちぼちやっています。
このサイトは、key 梶浦由記が何となく作成しております。

Toward U_{e3}



February 23-25, 2004

Fujiwara seminar: Seesaw 25th
Hisakazu Minakata

Message No.1

$\sin^2(2\theta_{23}) = 1$ or **NOT**, that
is the question

$$35 \text{ deg} < \theta_{23} < 55 \text{ deg}$$

Maximal θ_{23} implies symmetry near
maximal $\theta_{23} \Leftrightarrow$ small θ_{13}

If maximal, JPARC can determine
 θ_{13} without relying on any other
experiments

Bi-probability plot

A tool for simultaneous representation of 3 effects:

CP violating $\sin\delta$

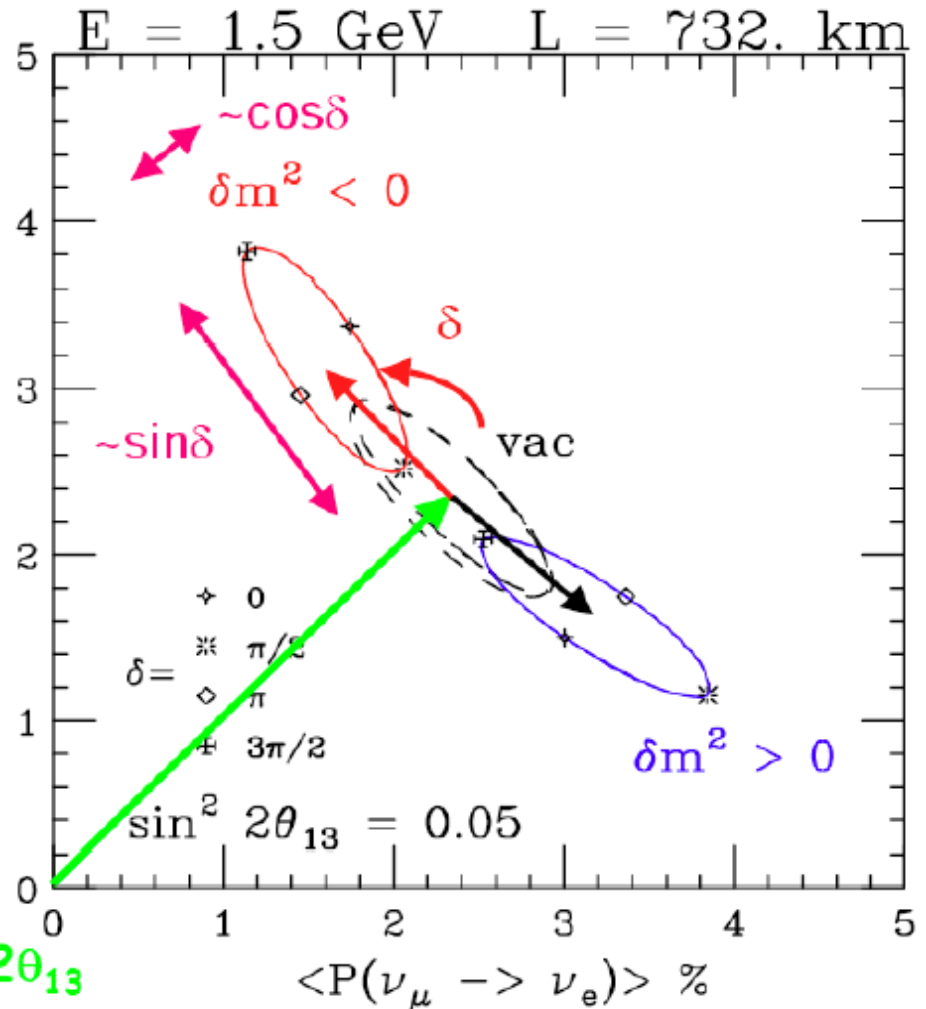
CP conserving $\cos\delta$

Matter effect

H.M. & H. Nunokawa (=MN),
JHEP 10 (2001) 001

Two solutions of $S_{23}^2 \times$

$\sin^2 2\theta_{13}$

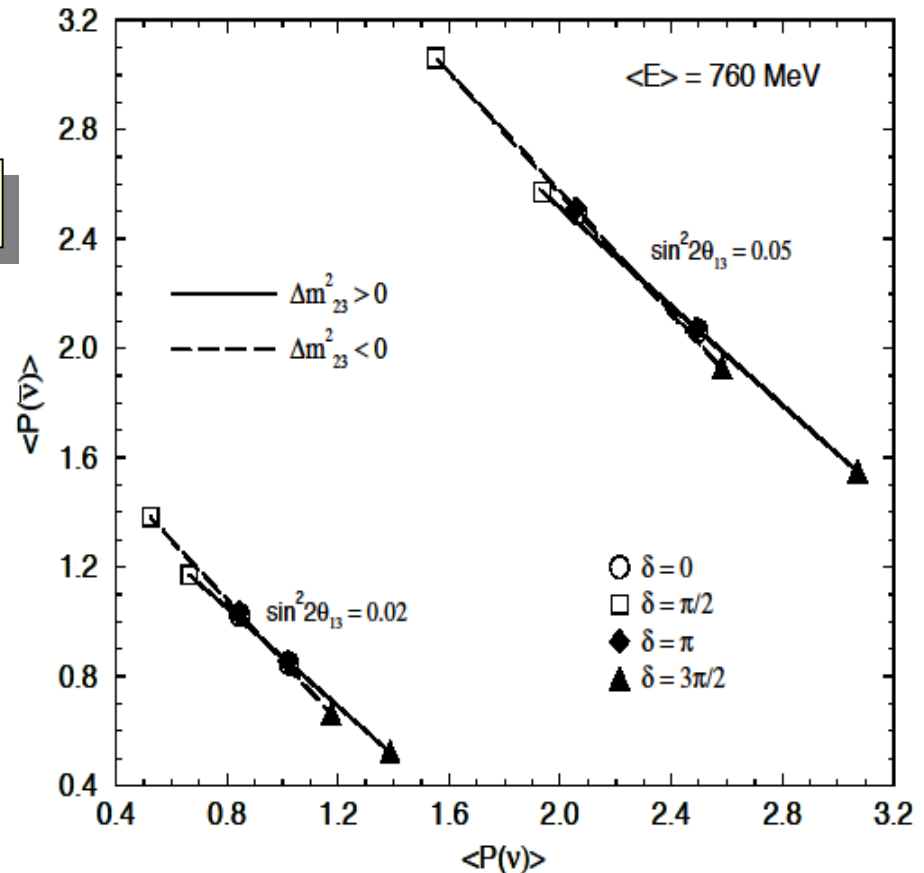


ν - $\text{Anti}\nu$ Run at a Tuned Energy

In the thinnest ellipse limit
(KMN)

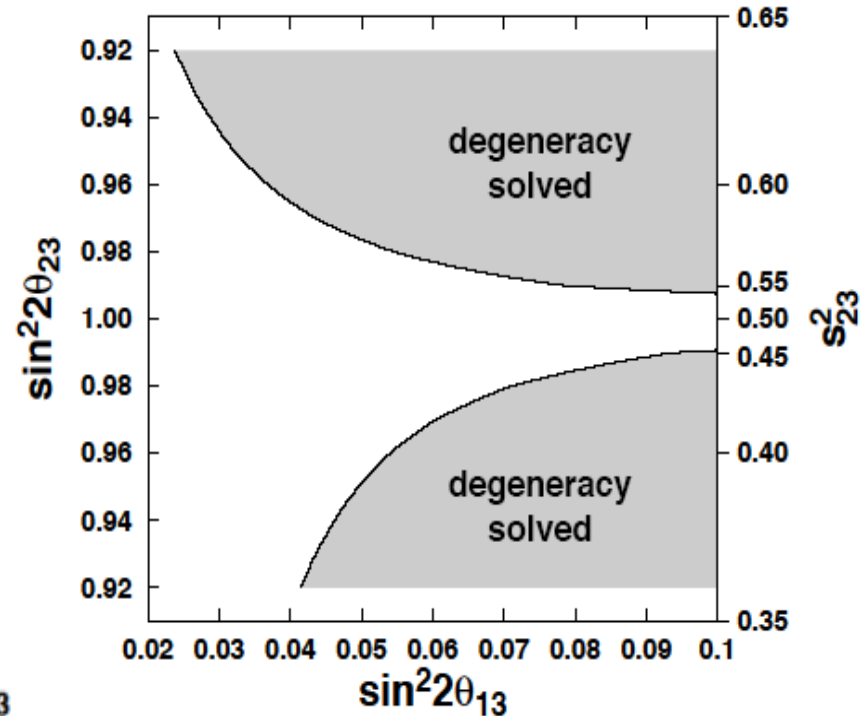
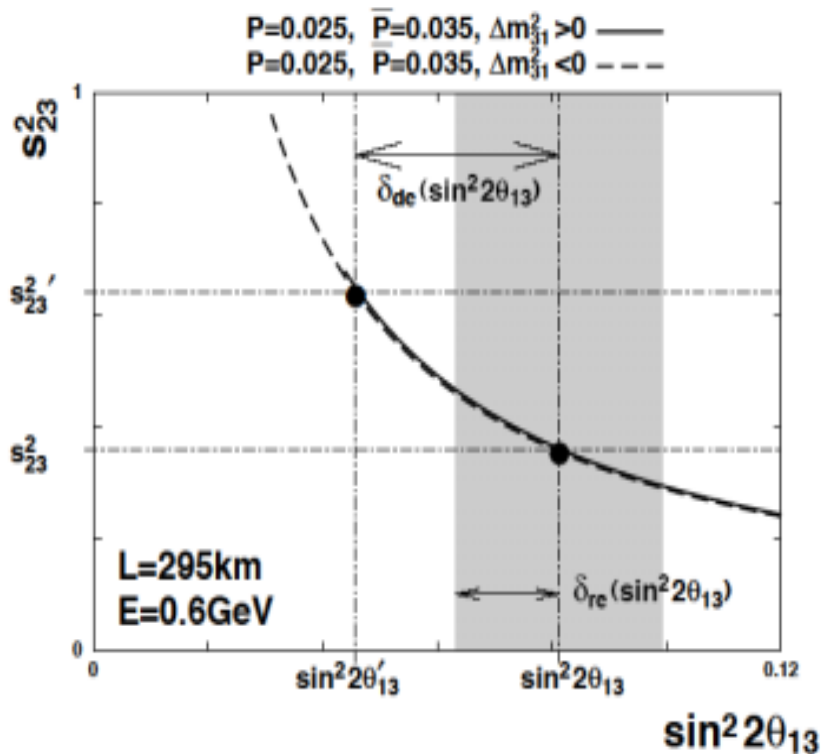
\leq Not quite OM

- There is no degeneracy apart from $\delta \rightarrow \pi - \delta$
- $\sin^2 2\theta_{13} \times s_{23}^2$ is the “distance to the origin”
- Approximately independent of the sign of Δm_2



Kajita-MN, hep-ph/0112345

If not maximal, we may need **reactors**



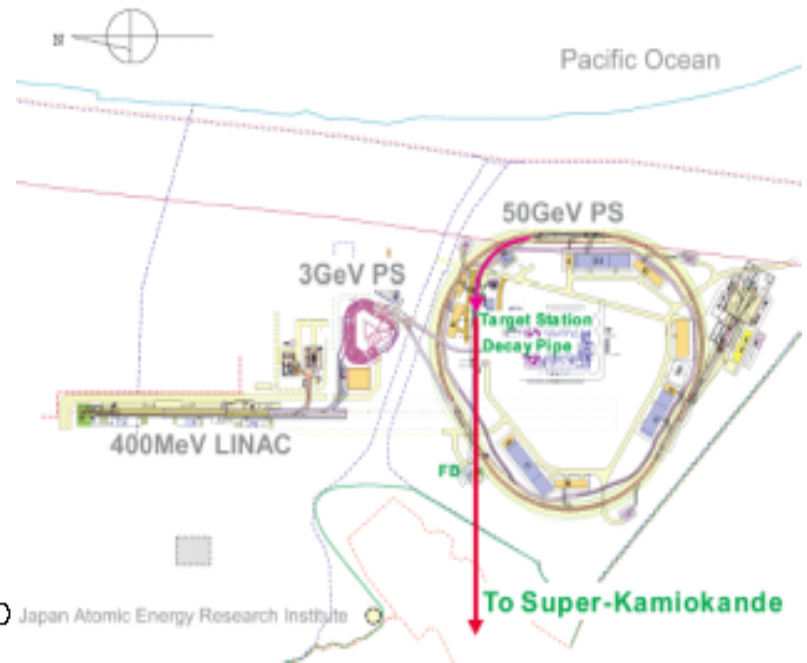
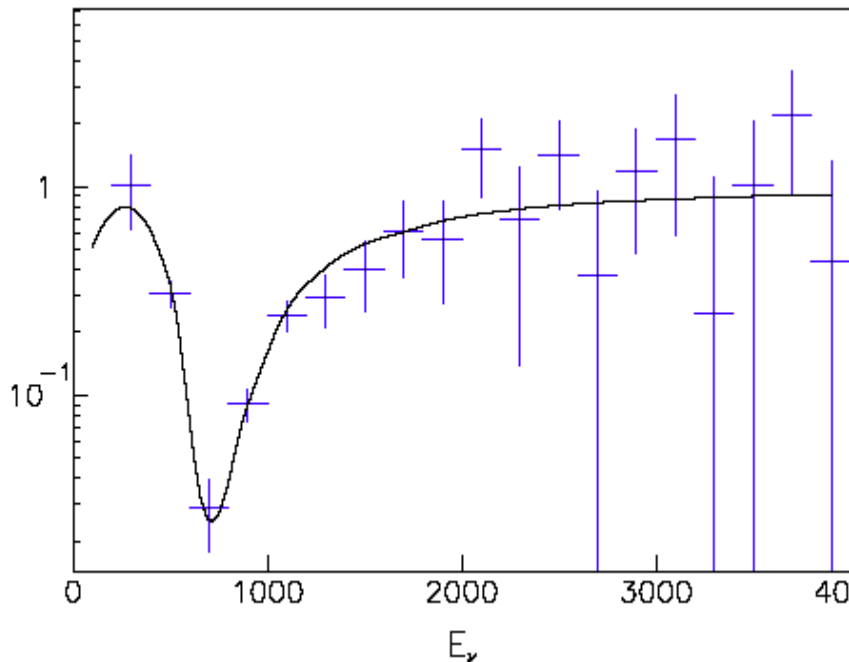
- Pure measurement of θ_{13} by reactors help resolve ($\theta_{23} \rightarrow \pi/2 - \theta_{23}$) degeneracy
- If lucky, one may see CP & mass hierarchy

(H.M. Sugiyama, Yasuda, Inoue, Suekane, hep-ph/0211111)

What is the most accurate way of determining θ_{23} ?

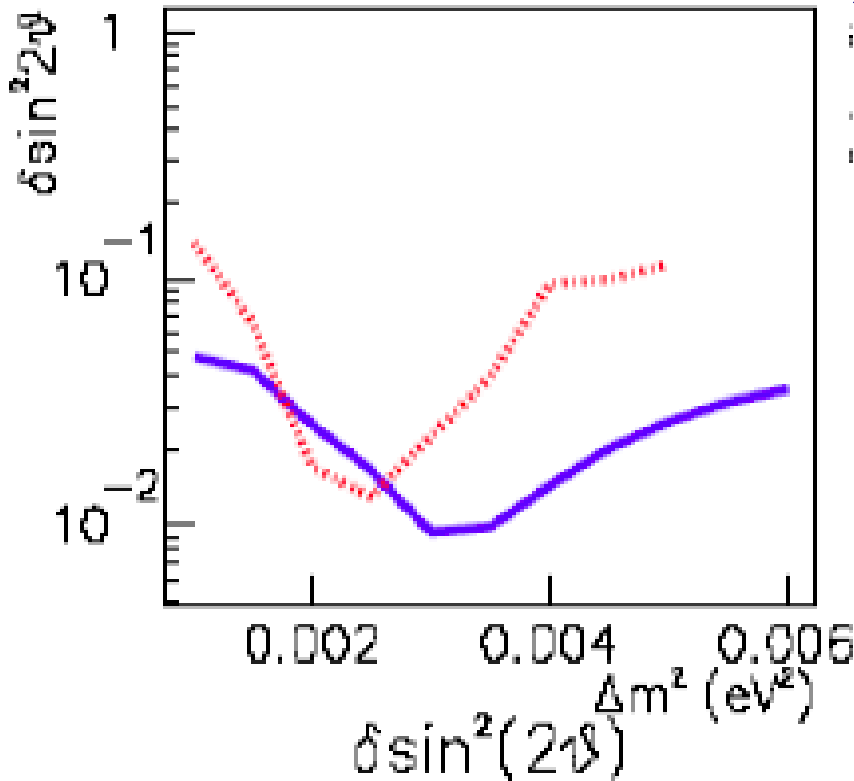
\Rightarrow LBL ν_{μ} disappearance

祝 To2Ka approved!

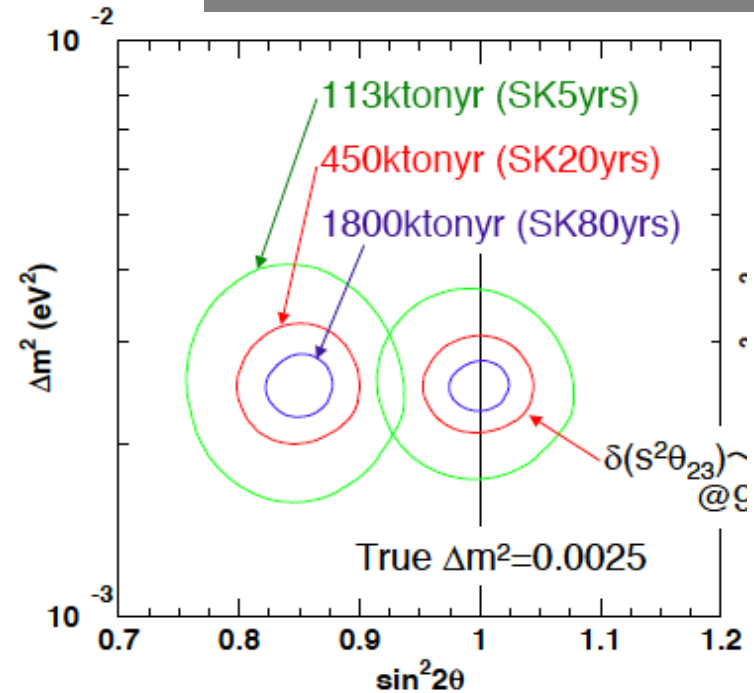


1% level accuracy expected for $\sin^2(2\theta_{23})$

(IPARC-SK, LOI)



Better than SK 80 yrs



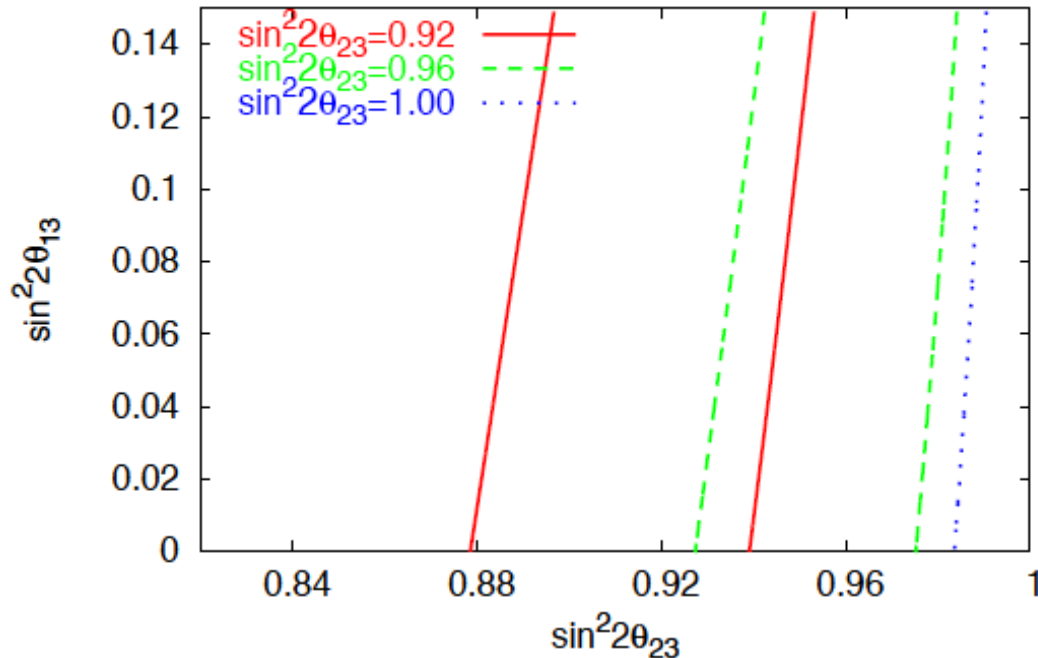
≤ 2 flavor analysis

- position of the dip $\rightarrow \Delta m^2_{13}$
- depth of the dip $\rightarrow \sin^2 2\theta_{23}$

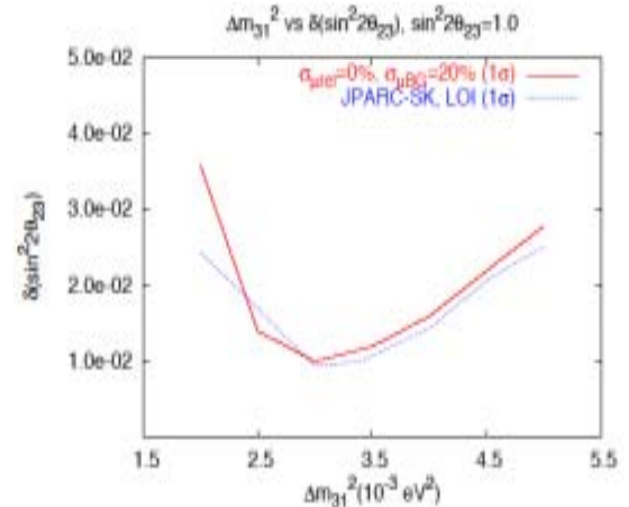
3 Flavor Effects?

$$1 - P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\mu) = \sin^2 2\theta_{23} \sin^2 \left(\frac{\Delta m_{31}^2 L}{4E} \right) + 3 \nu \text{ corrections prop. to } \sqrt{1 - \sin^2(2\theta_{23})} s_{13}^2, \Delta m_{\text{solar}}^2 / \Delta m_{\text{atm}}^2$$

$\Delta m_{31}^2 = 3.0 \times 10^{-3} (\text{eV}^2)$, $\sin^2 2\theta_{13} = 0.1$, $\sigma_{\mu\text{rel}} = 10\%$, $\sigma_{\mu\text{BG}} = 20\%$,



Consistency check



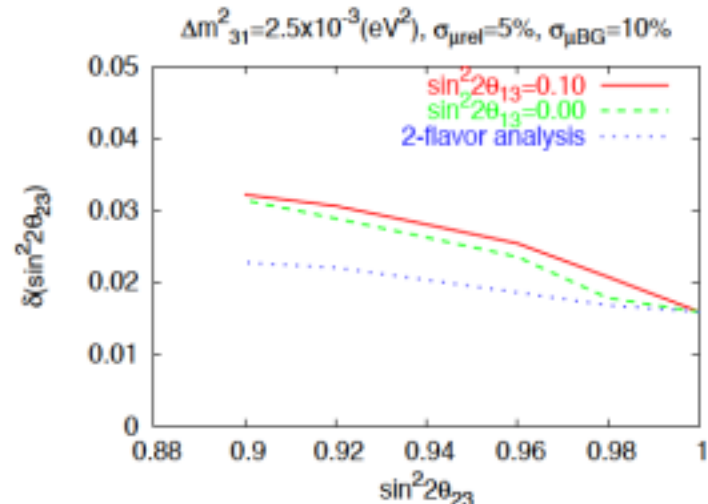
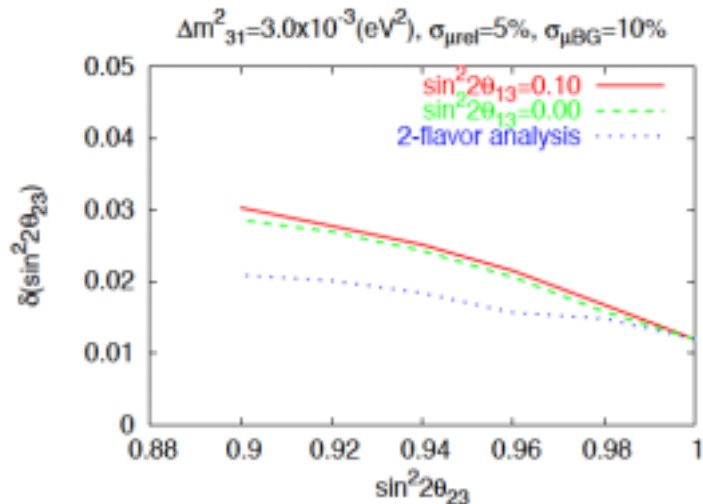
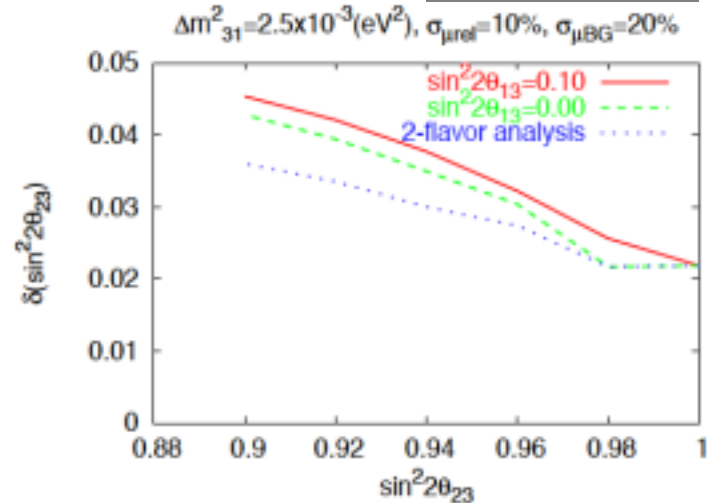
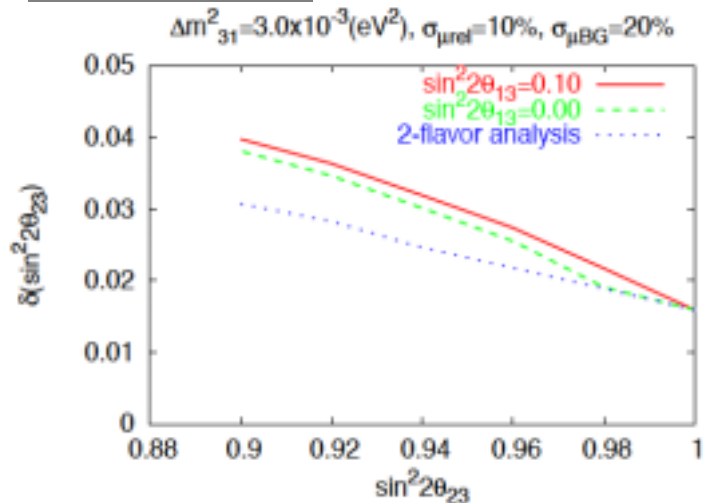
HM, Sonoyama, Sugiyama, to appear

Sensitivity affected by 3ν effects at

High Δm^2

non-maximal θ_{23}

Low Δm^2

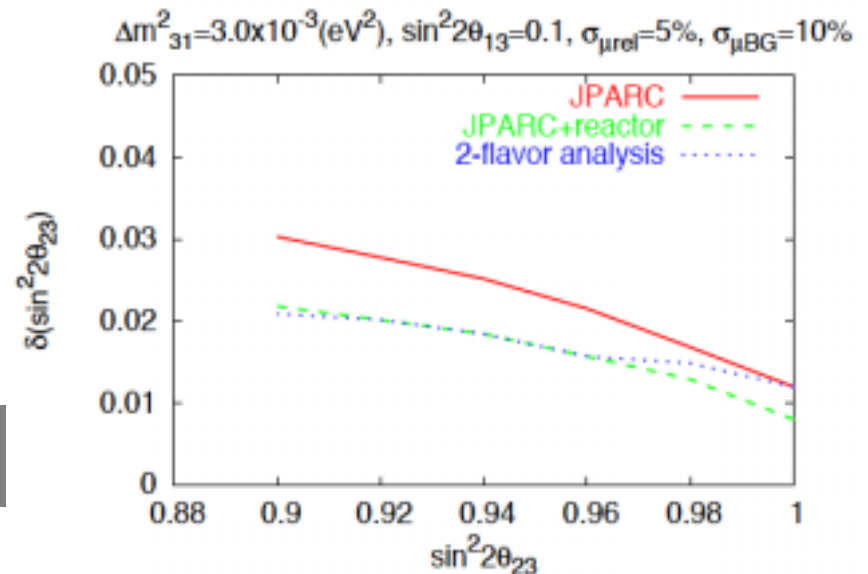


Natural way out

- Combining Disappearance and appearance in LBL

- Combining reactor

=> 2 flavor sensitivity



Message No.2

$\Delta m^2_{13} =$ positive or negative,
that is the question

Inverted mass hierarchy refutes
our naïve expectation

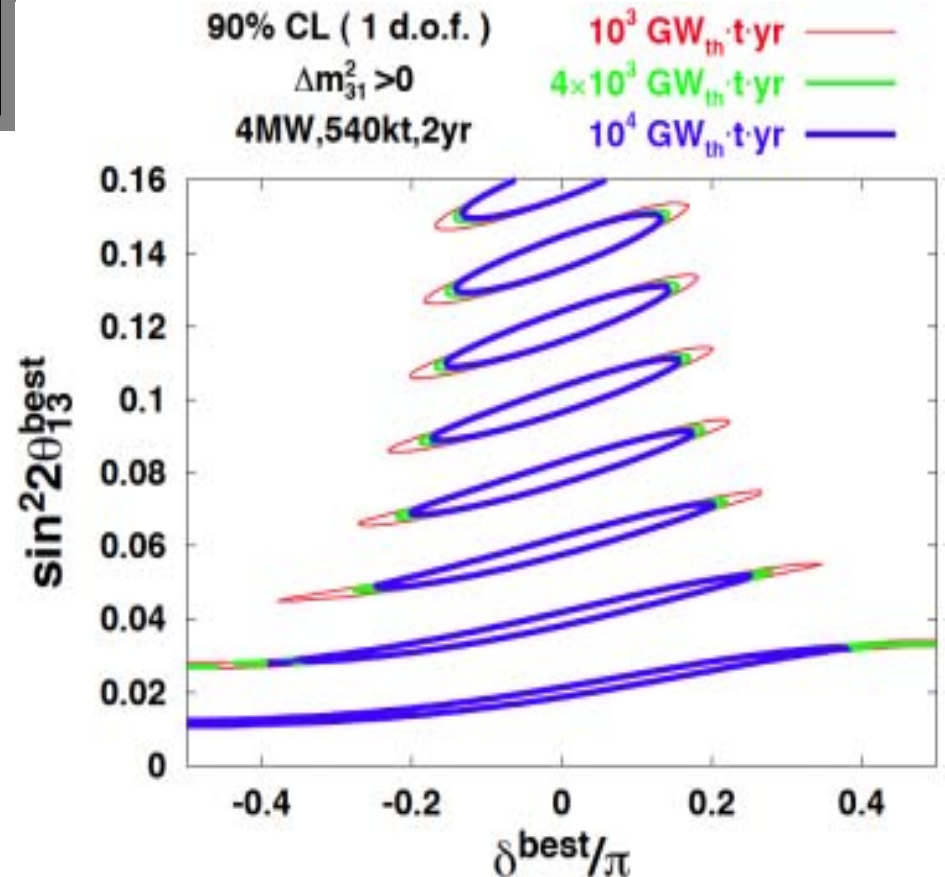
If not determined, JPARC may
have trouble in seeing CPV

Reactor-LBL Method for CPV

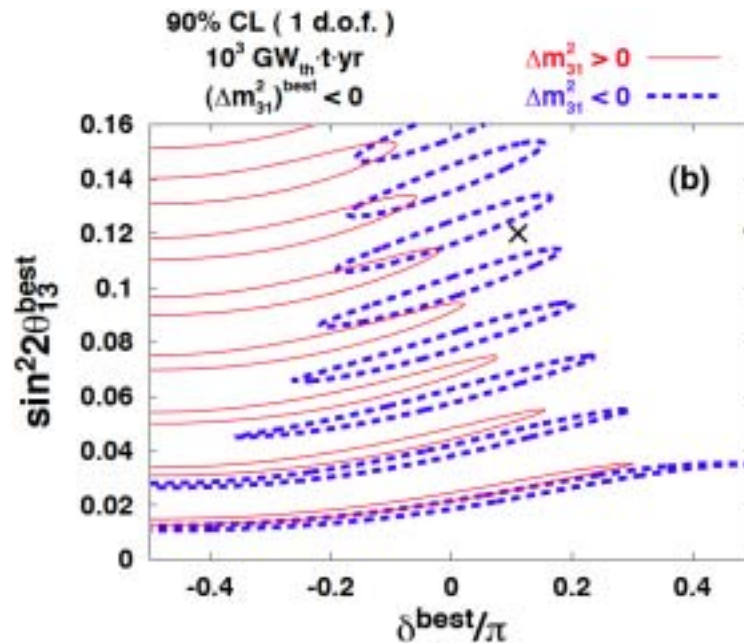
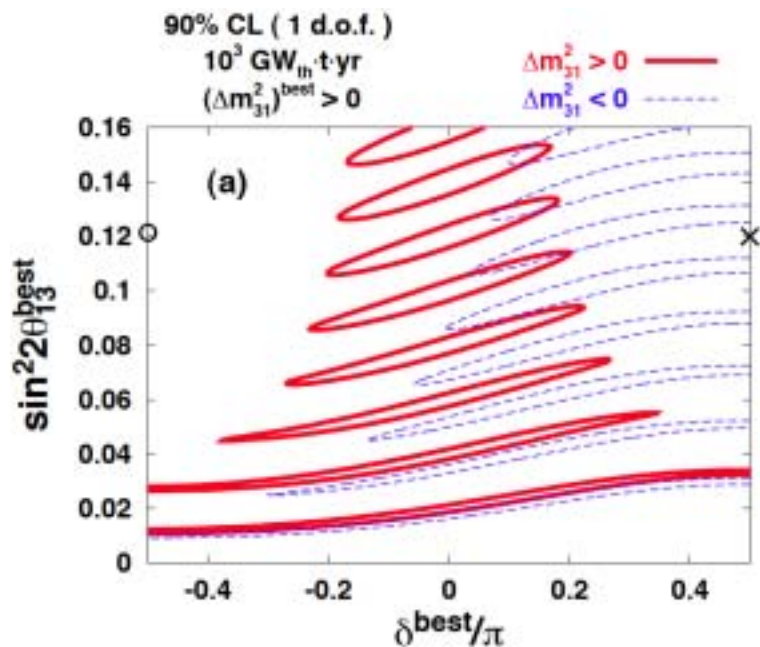
Principle very simple ! => ν_e appearance at OM + reactor θ_{13} measurement gives you δ

- JPARC-HK neutrino mode, 2 years (4 MW & 540 kton, s/bg accounted)
- 50 ton detectors @Kashiwazaki-Kariwa NPP, 1-10 years
- CP violation can be detected by reactor-LBL combination !
(H.M. H.Sugiyama, hep-ph/0309323 v2 -> PLB)

$$\sin \delta = \frac{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) - P_{solar} - X_\pm s_{13}^2}{\mp Y_\pm s_{13}}$$

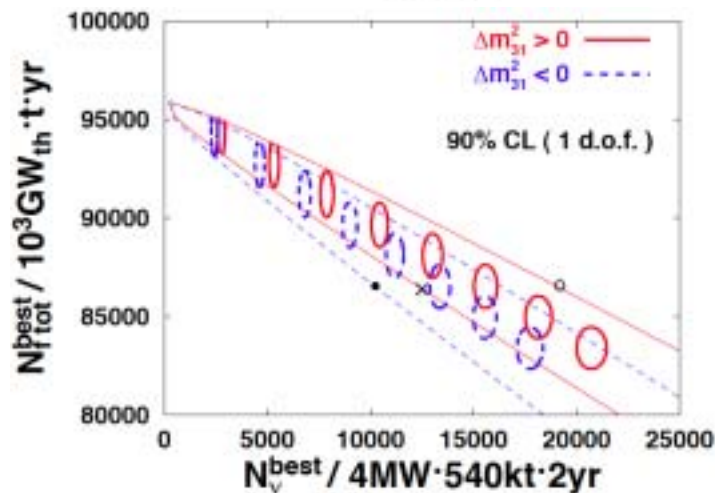


We must know sign of Δm^2 in advance, otherwise ...



This is nothing but
 Parameter Degeneracy due
 to sign (Δm^2)!

MN, JHEP 10 (2001) 001

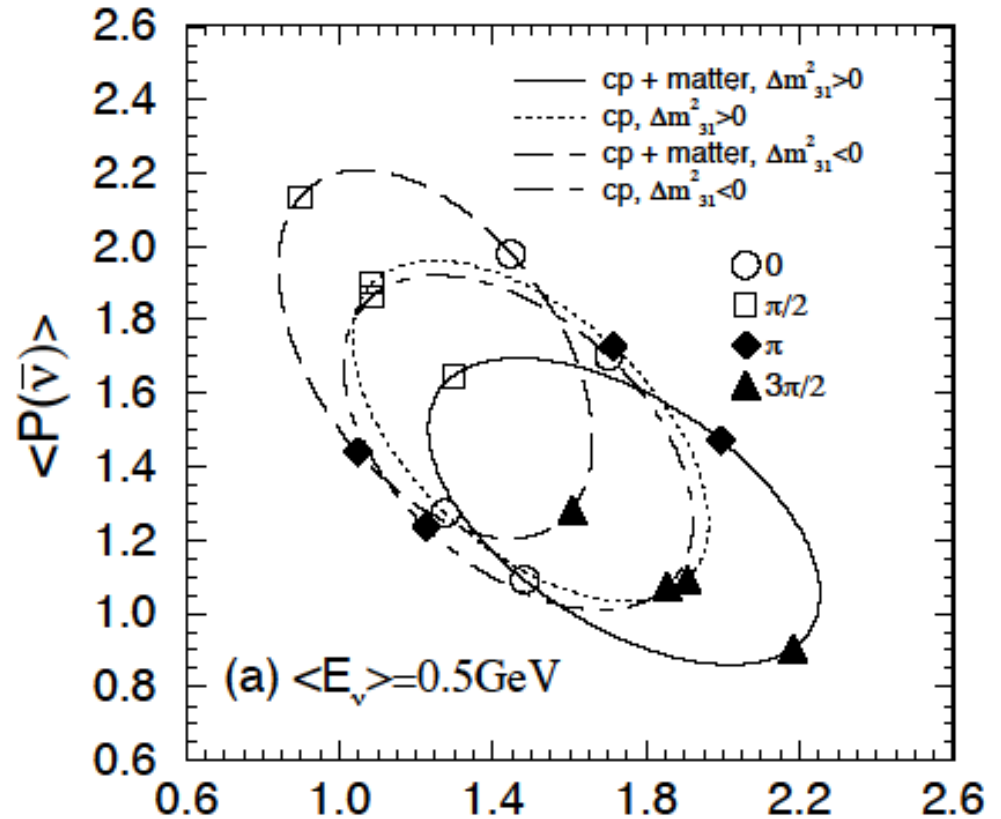


Why so much ambiguity by $\text{sign}(\Delta m^2)$ degeneracy?

The reason is:

- Large $\delta_2 - \delta_1$ ($= \pi/2 \sim \pi$) in overlapping region of different-sign Δm^2
 \implies

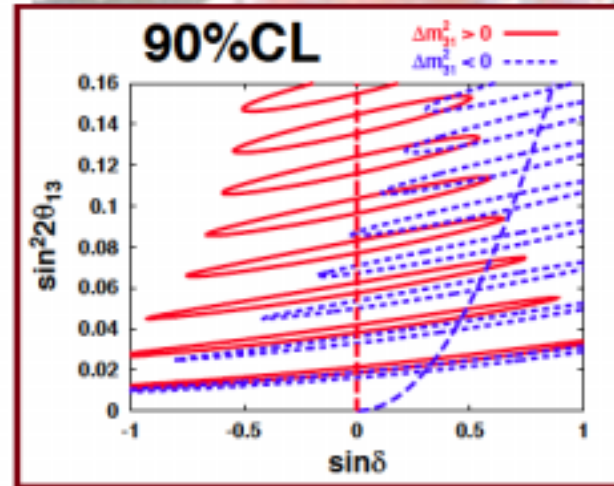
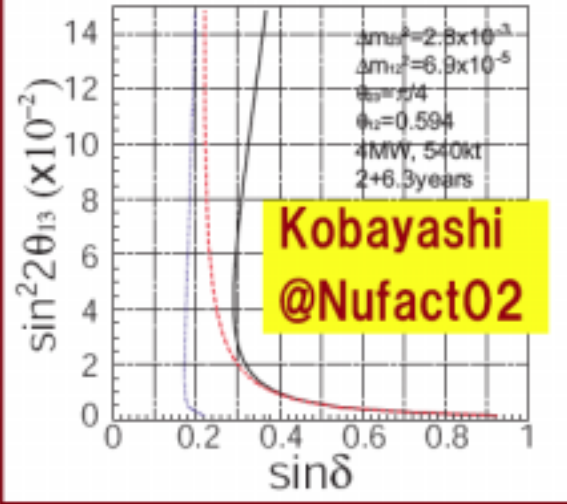
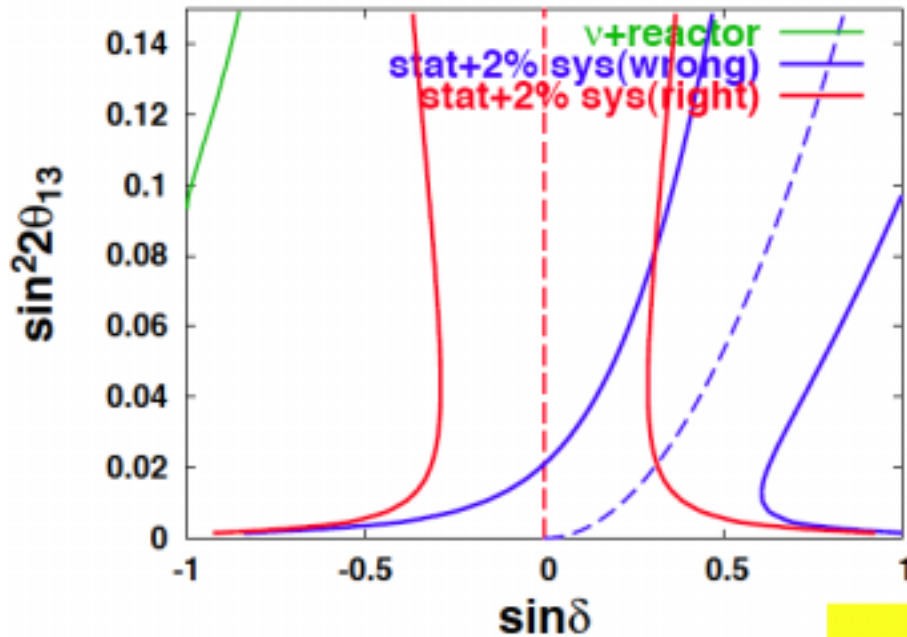
CPC-CPV confusion



3 σ sensitivity to δ

Assuming $\Delta m_{31}^2 > 0$

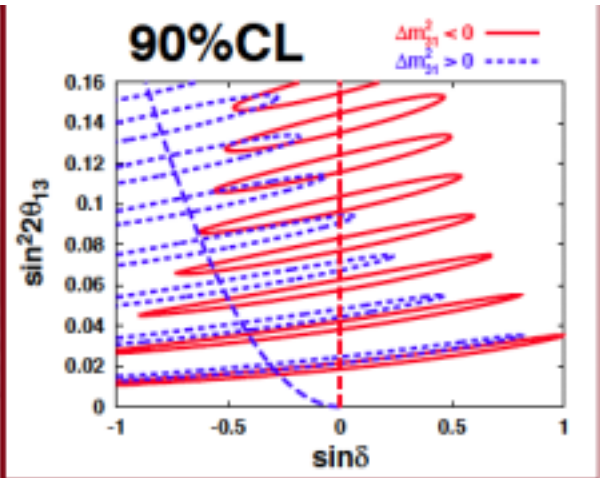
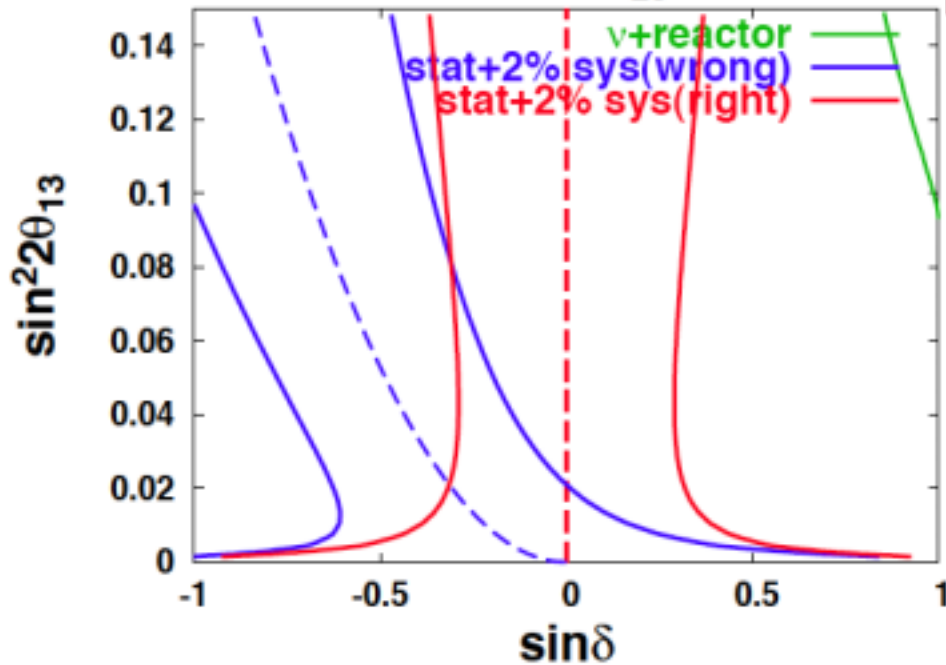
3 σ sensitivity to δ ($s_{23}^2=0.5$)



↑ modified from
Minakata-Sugiyama (PLB580,216)

Assuming $\Delta m_{31}^2 < 0$

3σ sensitivity to δ ($s_{23}^2=0.5$)



↑ modified from
Minakata-Sugiyama
(PLB580,216)

Conclusion: 1st part

- Is θ_{23} maximal or not may make difference in our understanding of flavor mixing => JPARC sensitivity is the key => correlated determination of θ_{23} and θ_{13}
- The $\text{sign}(\Delta m^2)$ degeneracy confuses CPV-CPC => we must solve it before JPARC phase I I

Looking for CPV: Pessimism and Optimism

- Number of Hyper-K

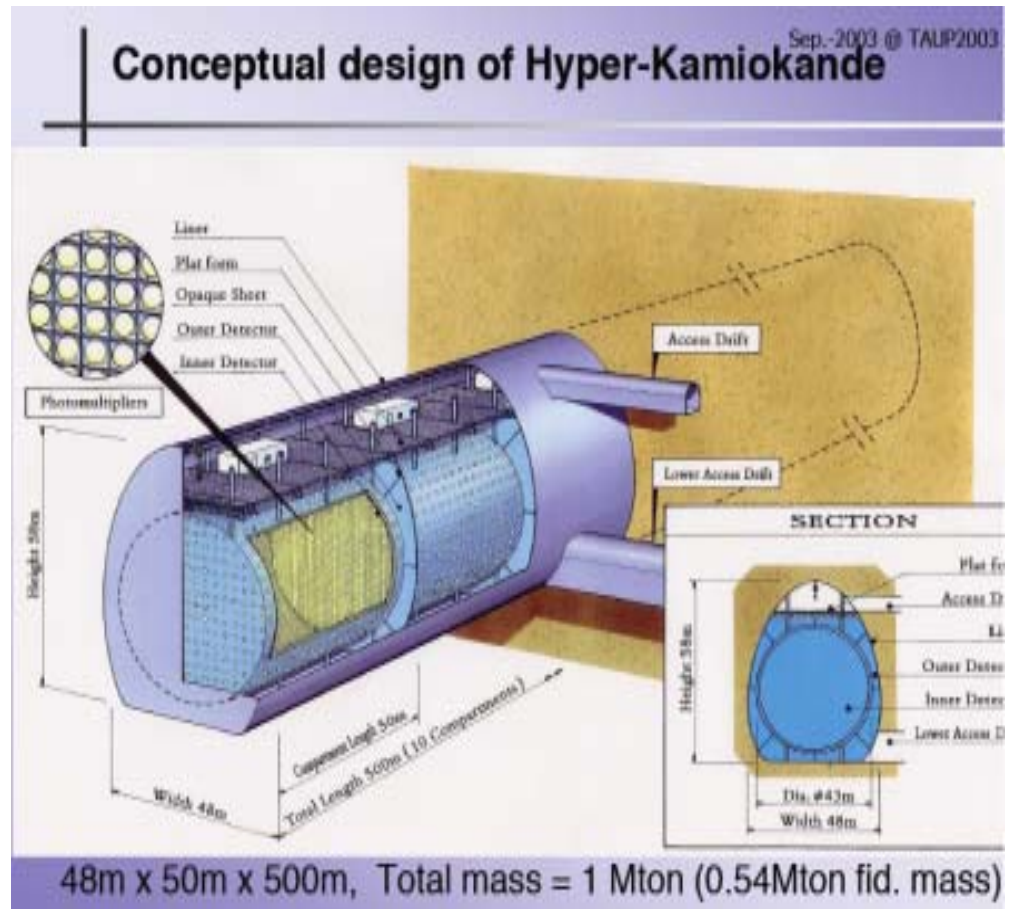
- 0

Can you still see CPV ?

- 1

- 2

Why do we need two ?



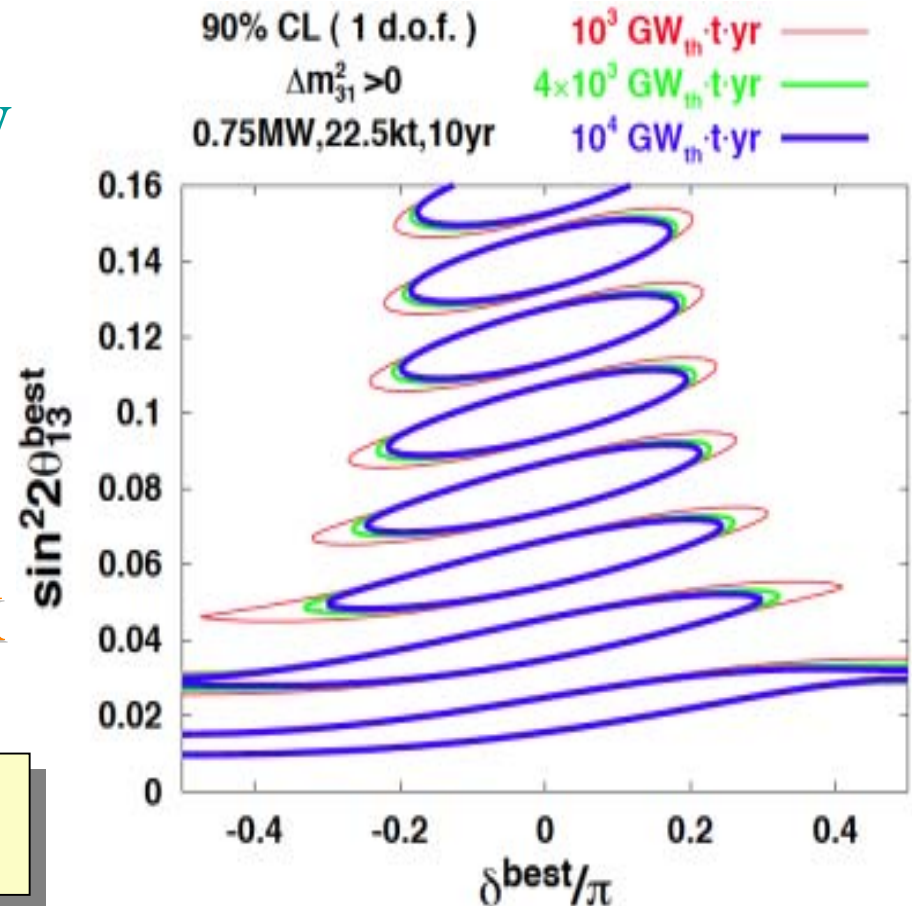
Can Super-K see CPV?

Unexpected “C-evaluation” may come again ...

- JPARC-SK neutrino mode, 10 years (0.75 MW & 22.5 kton, s/bg accounted)
- 50 ton detectors @Kashiwazaki-Kariwa NPP, 1-10 years
- Though less sensitive, SK can do a job !

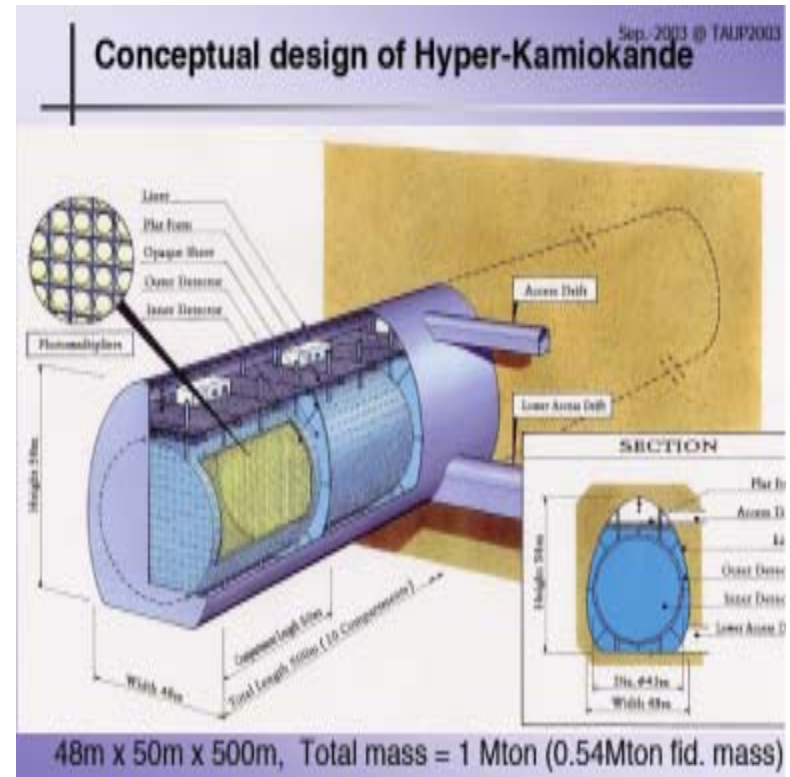
the only way to detect CPV without HK?

$$\sin \delta = \frac{P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) - P_{solar} - X_\pm s_{13}^2}{\mp Y_\pm s_{13}}$$



Low-energy version of multi-oscillation-maximum strategy?

- JPARC accelerator complex funded => **we will have low-energy neutrino superbeam**
- Low-energy beam cannot see 2nd OM because of Fermi motion
- Depend on $\Delta m^2 L/2E \Rightarrow \pi, 3\pi$ means the detectors placed at L and $3L \Rightarrow$
- **300 km: Kamioka**
- **900 km: Seoul, Korea!**



<== Similar to 2-detector strategy:
MN hep-ph/9706281

Shooting Korea

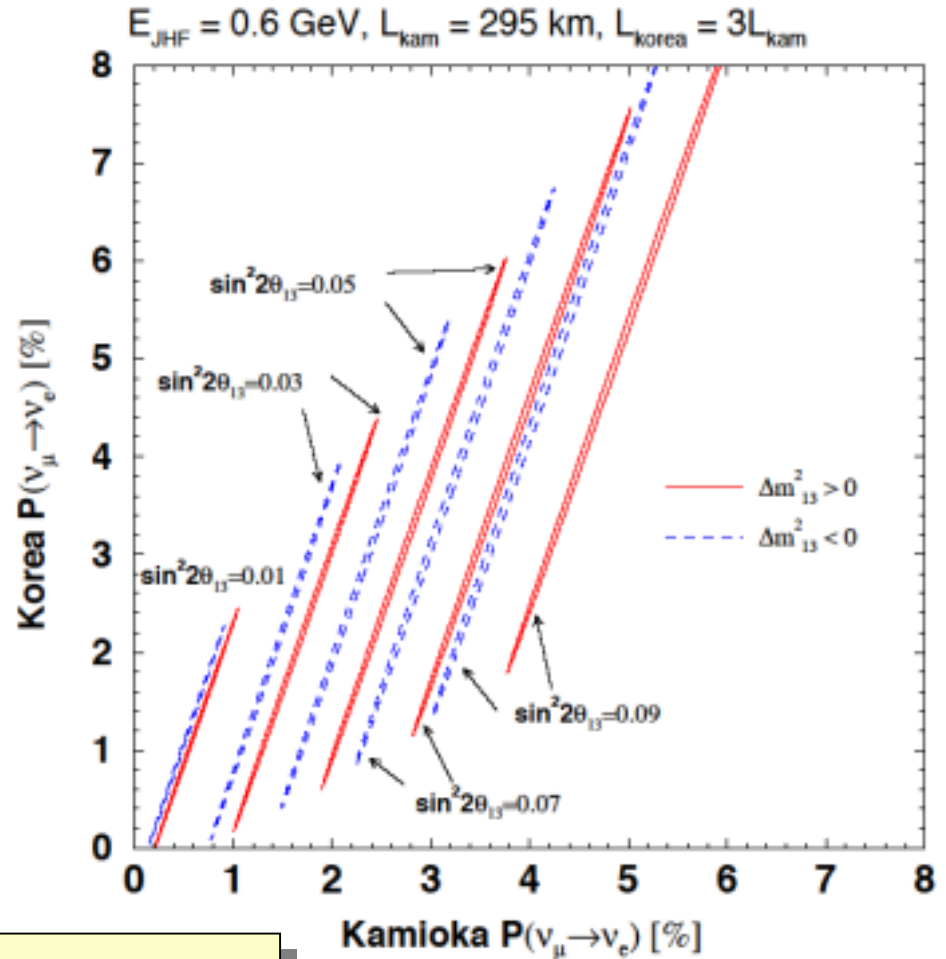


February 23-25, 2004

Fujiwara seminar: Seesaw 25th
Hisakazu Minakata

Bi-probability plot for JPARC-Korea

- Korean detector more important for δ (steeper slope)
- It is hard to determine $\text{sign}(\Delta m^2)$ from neutrino run only
- Very roughly, 2+6 years running with single HK at Kamioka is equivalent to 2 years running with ν -mode Kamioka-Korea 2 HK complex



MN to appear =>

Conclusion: 2nd part

- If θ_{13} is comfortably large, JPARC-HK will be the front runner of searching for CPV (assuming we know the sign)
- But for unexpected cases like (1) smaller θ_{13} or (2) in case of delay of HK, we may need (i) 2 HK setup, or (ii) reactor-LBL method to obtain first indication of CPV (which should help JPARC-HK project !)

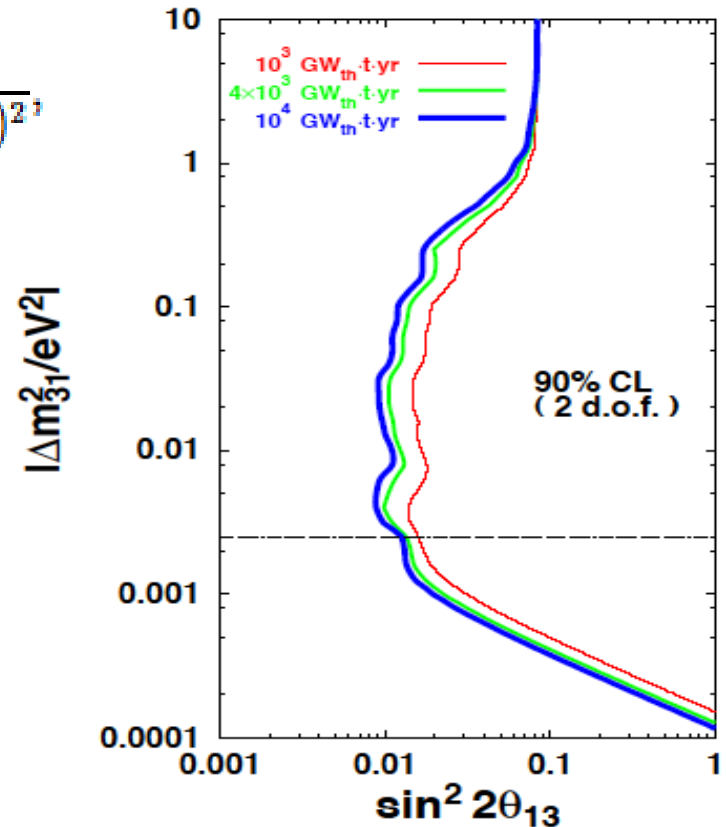
Detecting CPV by reactor-LBL combination; details

$$\Delta\chi_{\text{react}}^2 \equiv \min_{\alpha\text{'s}} \sum_{a=f,n} \left[\sum_{i=1}^{14} \left\{ \frac{(N_{ai} - (1 + \alpha_i + \alpha_a + \alpha)N_{ai}^{\text{best}})^2}{N_{ai}^{\text{best}} + \sigma_{\text{db}}^2 (N_{ai}^{\text{best}})^2} + \frac{\alpha_i^2}{\sigma_{\text{Db}}^2} \right\} + \frac{\alpha_a^2}{\sigma_{\text{dB}}^2} \right] + \frac{\alpha^2}{\sigma_{\text{DB}}^2}$$

$$\Delta\chi_{\text{J-PARC}\nu}^2 \equiv \frac{(N_\nu - N_\nu^{\text{best}})^2}{N_\nu^{\text{best}} + N_{\text{BG}} + \sigma_{\text{S}}^2 (N_\nu^{\text{best}})^2 + \sigma_{\text{BG}}^2 (N_{\text{BG}})^2}$$

		between detectors		single detector
		correlated	uncorrelated	
between bins	correlated	$\sigma_{\text{DB}} = 2.5\%$	$\sigma_{\text{dB}} = 0.5\%$	$\sigma_{\text{B}} \simeq 2.6\%$
	uncorrelated	$\sigma_{\text{Db}} = 2.5\%$	$\sigma_{\text{db}} = 0.5\%$	$\sigma_{\text{b}} \simeq 2.6\%$
total number of events		$\sigma_{\text{D}} \simeq 2.6\%$	$\sigma_{\text{d}} \simeq 0.5\%$	$\sigma_{\text{sys}} \simeq 2.7\%$

Realistic σ_{db} crucial in sensitivity estimate in phase II



My attitude

紅旗征従我が事にあらず

藤原定家

I am happy to help every experiment, as far as it is possible, but have **NO** interest in who wins the race