

MEG実験2009、2010年データを用いた  
軽いスカラー粒子を媒介とする $\mu \rightarrow e\phi$ ,  
 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊事象の探索

日本物理学会第67回年次大会  
@関西学院大学西宮上ヶ原キャンパス

24 / Mar. /2012

名取寛顕 他MEGコラボレーション



# Contents

- $\mu \rightarrow e\phi$ 、 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$ 崩壊 Introduction
- 2つのガンマ線 reconstruction update
- 軽い粒子 $\phi$ を媒介とした $\mu \rightarrow e\phi$ 、 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$ の解析  
(Preliminary)
- まとめと今後の展望

$\mu \rightarrow e\phi, \phi \rightarrow \gamma\gamma$  崩壊

## Introduction

## 過去の類似実験例

- $\mu \rightarrow e \gamma X^0 < 1.1 \times 10^{-9}$  (※  $m_{X^0} < 2 m_e$ , 1988 Crystalbox)
- $\mu \rightarrow e X^0 < 3 \times 10^{-4}$  (※  $m_{X^0} = 0-93.4, 98.1-103.5$  MeV, Phys. Rev. Lett. 57, 2787(1986))
- $\mu \rightarrow e X^0 < 2.6 \times 10^{-9}$  (※  $X^0$ : neutral massless Goldstone boson, Phys Rev. D34, 1967(1986))
- $\mu \rightarrow e X^0, X^0 \rightarrow ee < 1 \times 10^{-10}$  (※  $\tau_{X^0} < 3 \times 10^{-10}$ s, 1986 SINDRUM)

$\mu \rightarrow e \phi, \phi \rightarrow \gamma \gamma$ については、実験例なし

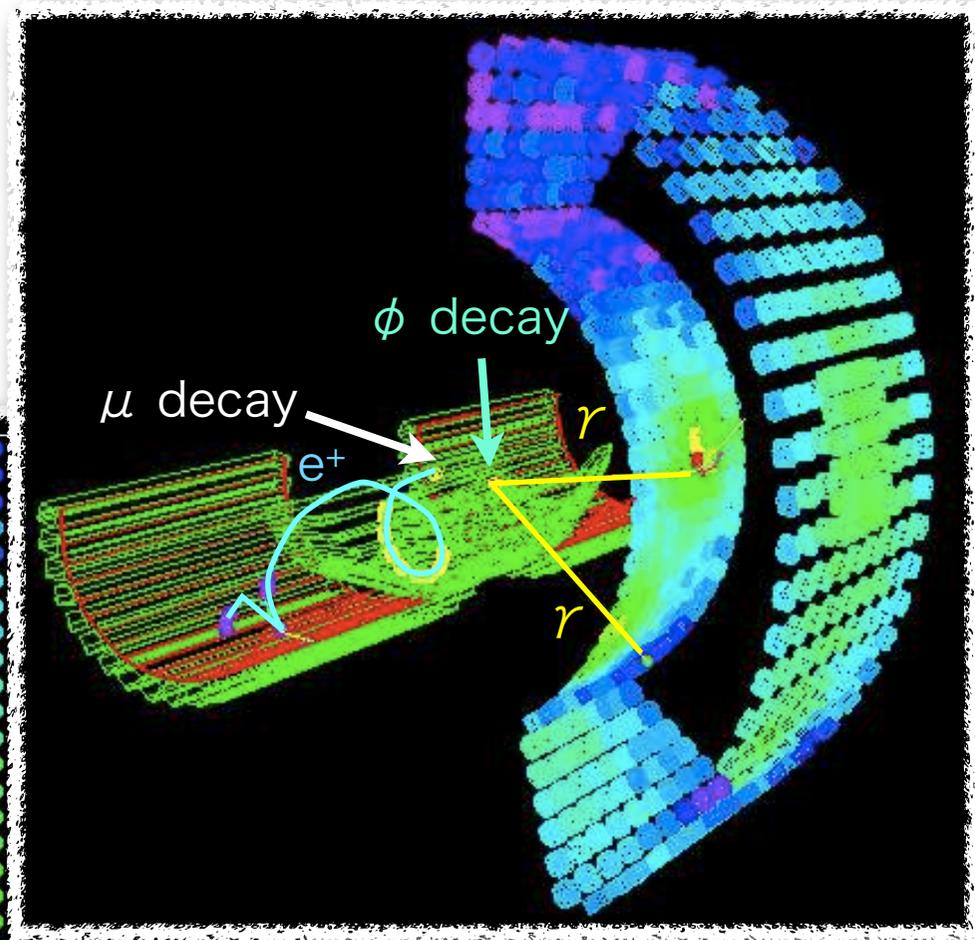
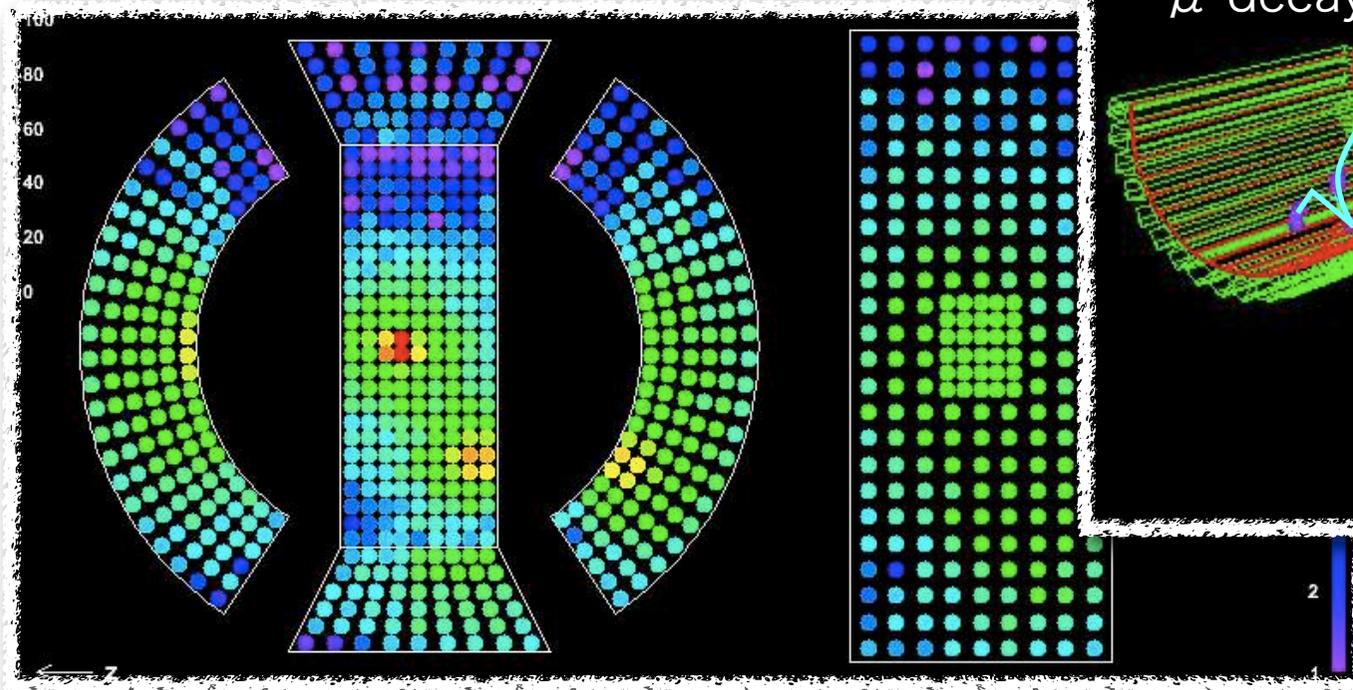
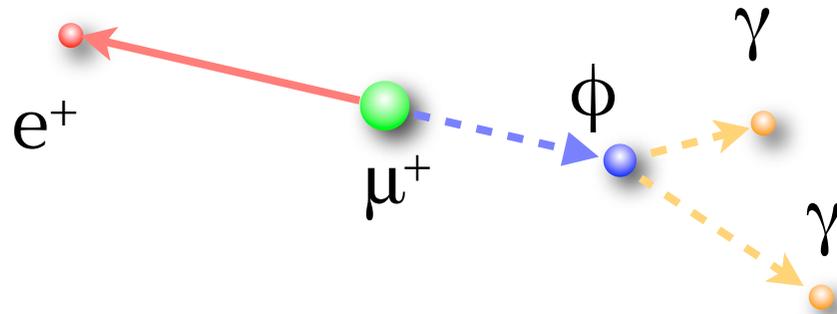
物質との相互作用が非常に小さいのであれば、数十MeV程度の軽い粒子でも未発見のまま取り残されている可能性もある。

また、同一世代のレプトン間の結合定数が小さい場合(leptophobic)であれば、 $\phi \rightarrow ee$ は起こらず、 $\gamma \gamma$ のみに崩壊する可能性もあるので、 $\gamma \gamma$ の事象を探索する意味がある。

# Implication of a very light pseudoscalar boson on lepton flavor violation (Phys. Rev. D 72, 117701 (2005))

- 微小質量粒子: Global対称性がexactでなく Approximateな場合、自発的対称性の破れにより生成するNambu Goldston bosonがmasslessでなく微小質量を持つ (実例:  $\pi$  粒子 (Hadronとしては軽い。わずかに破れたSU(2)L×SU(2)Rカイラル対称性の破れに伴うpseudo NG bosonと理解される))
- 候補: two-Higgs doublet modelで $\lambda_5 \rightarrow 0$ の極限で exact な global U(1)×U(1) symmetryを持つ $m_A = -\lambda_5 v^2$ の擬スカラー粒子A, Axion, Majoron, FAMILON, etc.
- 新しいHiggs bosonによるcLFV: 標準理論ではHiggs bosonのカップリングは決まっているが、新たなスカラー粒子の導入によりFree parameterが増殖。tree levelでのlepton flavorを保存しないneutral currentが現れる

MEG実験、 $\mu \rightarrow e\gamma$  探索データから、  
 $\mu \rightarrow e\phi$ 、 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$  事象を探索する



MC event例 ( $M_\phi = 20$  MeV)

# 2つのガンマ線 reconstruction update

# Event selection と再構成の流れ

1.  $\mu \rightarrow e \gamma$  探索トリガ
  - $E_\gamma > \sim 40 \text{ MeV}$
  - $\Delta T_{e\gamma} < \sim 40 \text{ ns}$
  - Inner最高光量のPMTとTiming counterのHit位置のマッチング
2.  $\mu \rightarrow e \gamma$  Preselection
  - $-6.875 \text{ ns} < t_\gamma - t_{\text{TICHIT}} < 4.375 \text{ ns}$
  - $|t_{\text{DCtrack}} - t_{\text{TICHIT}}| < 50 \text{ ns}$
3. MEG解析のポジトロンと $\gamma$ 線の再構成

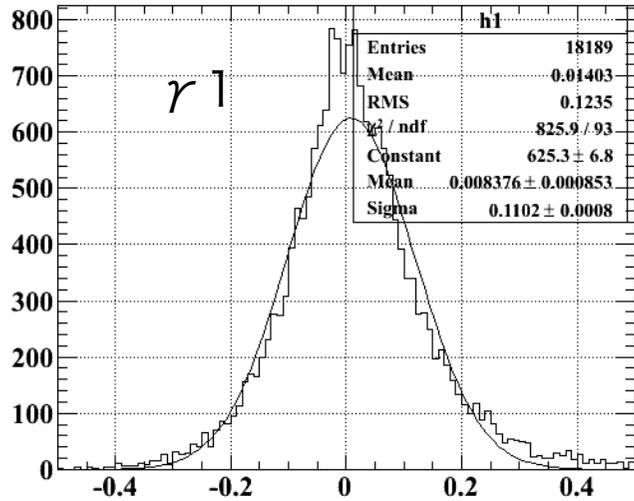
上述MEG用preselected data を使用

4.  $\mu \rightarrow e \phi$ ,  $\phi \rightarrow \gamma \gamma$  event selection
  - 2gamma event (ROOT TSpectrum2)
  - positron track selection
  - $E_p + E_{\text{EXEC}} = M_\mu \pm 10\%$
5.  $2\gamma$ の再構成
6.  $\phi$  decay vertexの再構成、 $2\gamma$ +ポジトロンの相対時間、運動量の再構成

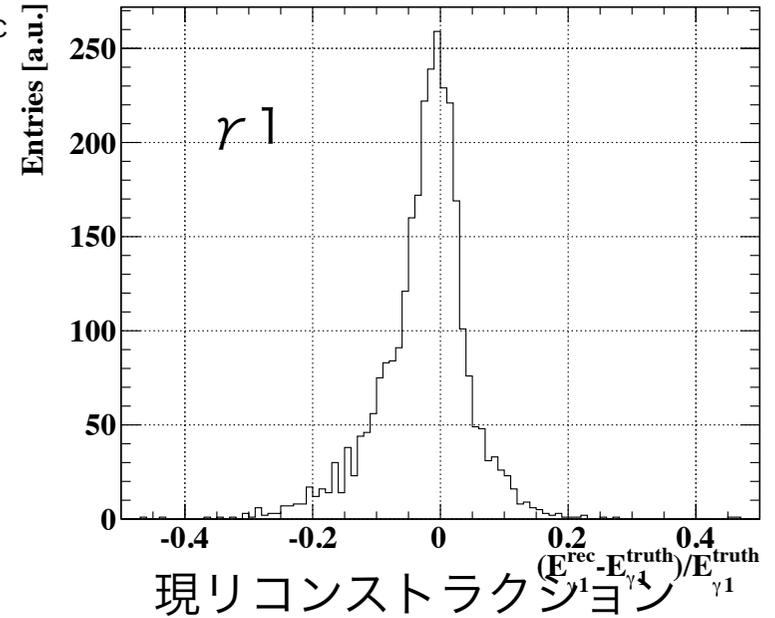
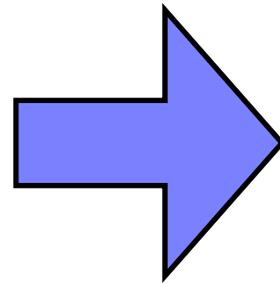
# Energy reconstruction update

$$(E_{\gamma}^{\text{rec}} - E_{\gamma}^{\text{truth}}) / E_{\gamma}^{\text{truth}}$$

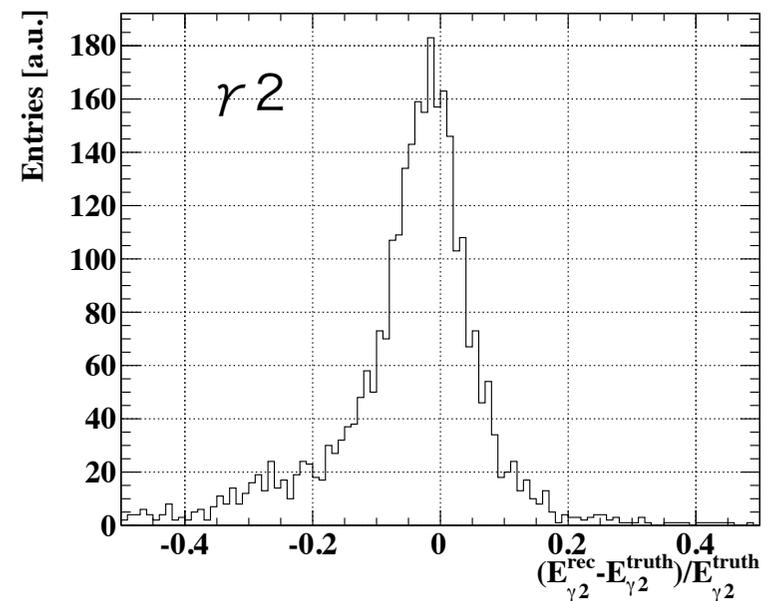
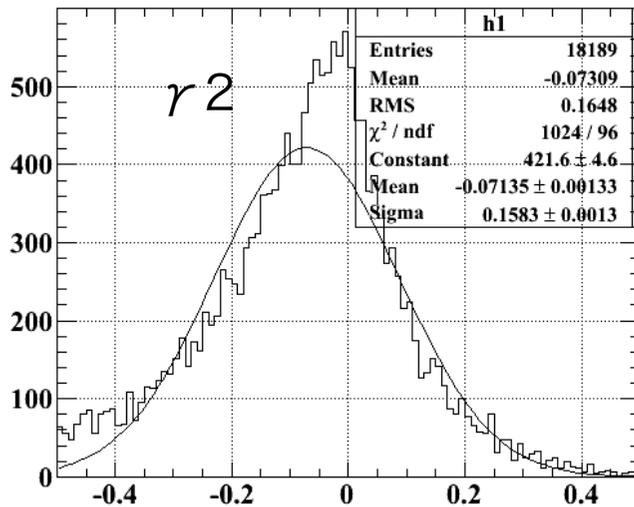
※  $E_{\gamma 1}^{\text{rec}} > E_{\gamma 2}^{\text{rec}}$



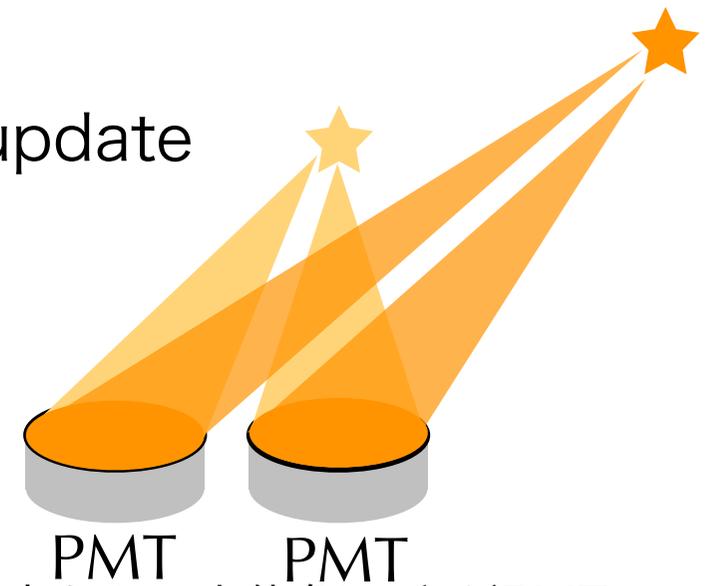
旧リコストラクシヨ



現リコストラクシヨ



## Energy reconstruction update



1. (それぞれの $\gamma$ 線のシンチ光の総発光量) $\times$ ( $\gamma$ 反応地点からの立体角)の和がPMTの出力と合うよう発光量、反応地点のフィット
  - 以前は上記フィットのそれぞれの光量の比を総エネルギーにかけ、エネルギーを推定。 $\sigma \sim 10 - 15\%$
2.  $2\gamma$ の再構成位置からの立体角とそれぞれのおよそのエネルギーデポジットを使って、1つ1つのPMTの受けた光量を2つの $\gamma$ 線のそれぞれの寄与に分解
3. 分離した光量を全PMTで足しあわせ、個々の $\gamma$ 線のエネルギーを再構成
4. 上記2. 3.をIterate
  - エネルギー精度  $10 - 15\% \rightarrow 5 - 7\%$

軽い粒子 $\phi$ を媒介とした $\mu \rightarrow e\phi$ 、 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$   
の解析 (Preliminary)

# 解析方法 (cut analysis)

1. MCで、 $\mu \rightarrow e \nu \nu$ と $\mu \rightarrow e \phi, \phi \rightarrow \gamma \gamma$ のMEG検出器でのEfficiencyの比を導出、および系統的不確実性から系統誤差の見積もり (to be done)
2. Dataの $\mu \rightarrow e \nu \nu$ トリガーのポジトロンの数を測定し、1.の値と掛け合わせ、S.E.S.導出
3. Data、 $\mu \rightarrow e \gamma$ 探索用データで $\mu \rightarrow e \phi, \phi \rightarrow \gamma \gamma$ についてのTime sidebandで見積もったBG数とシグナル範囲の観測数からFeldmanCousins 90% C.I. 導出
4. 2.のS.E.S., 3.のC.I.から分岐比の導出

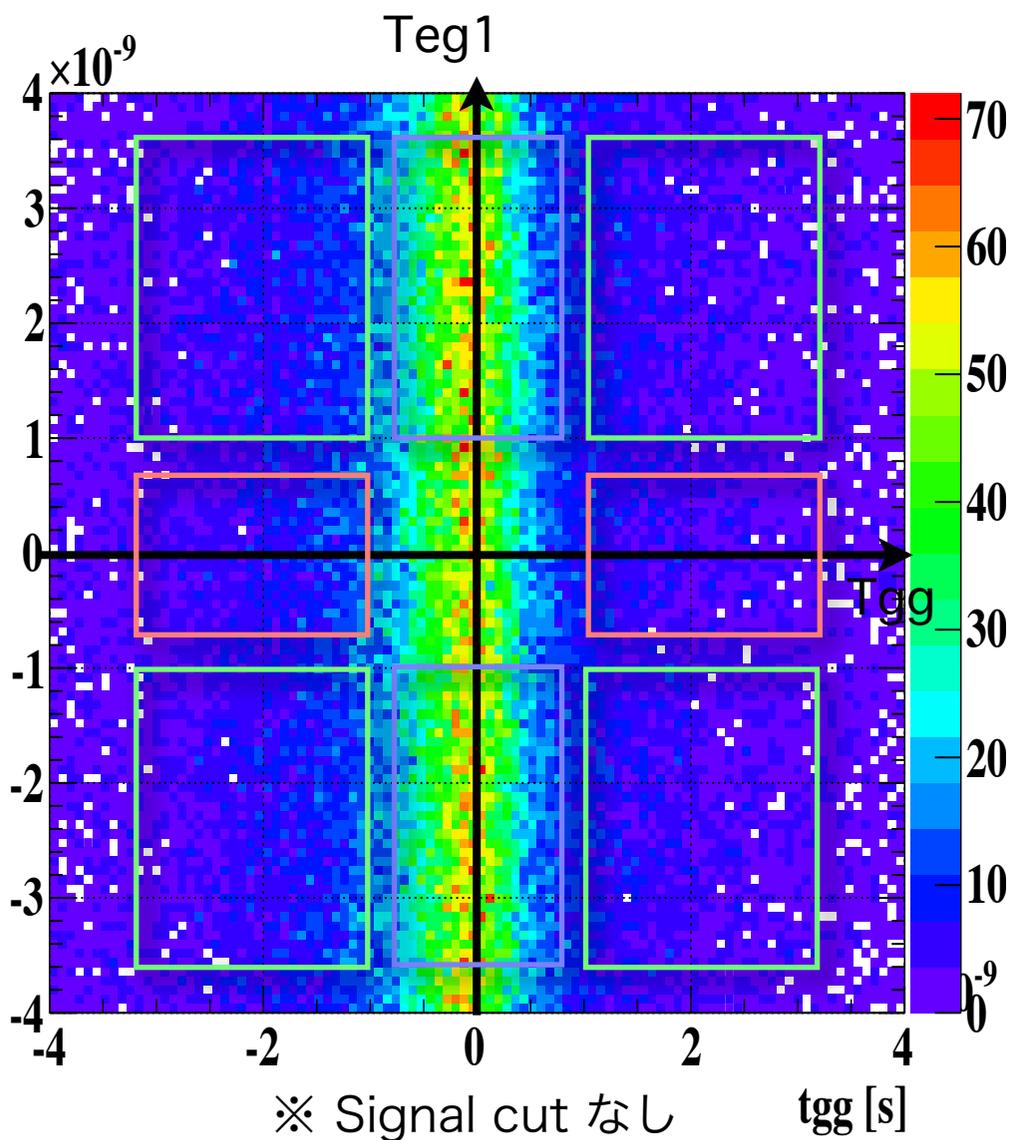
MCのResolutionは現在Dataとの差は~10%以内で合致

(残っている差異のSmearingは現在進行中)

MCに依存しているS.E.SとSignal cutの決定に影響

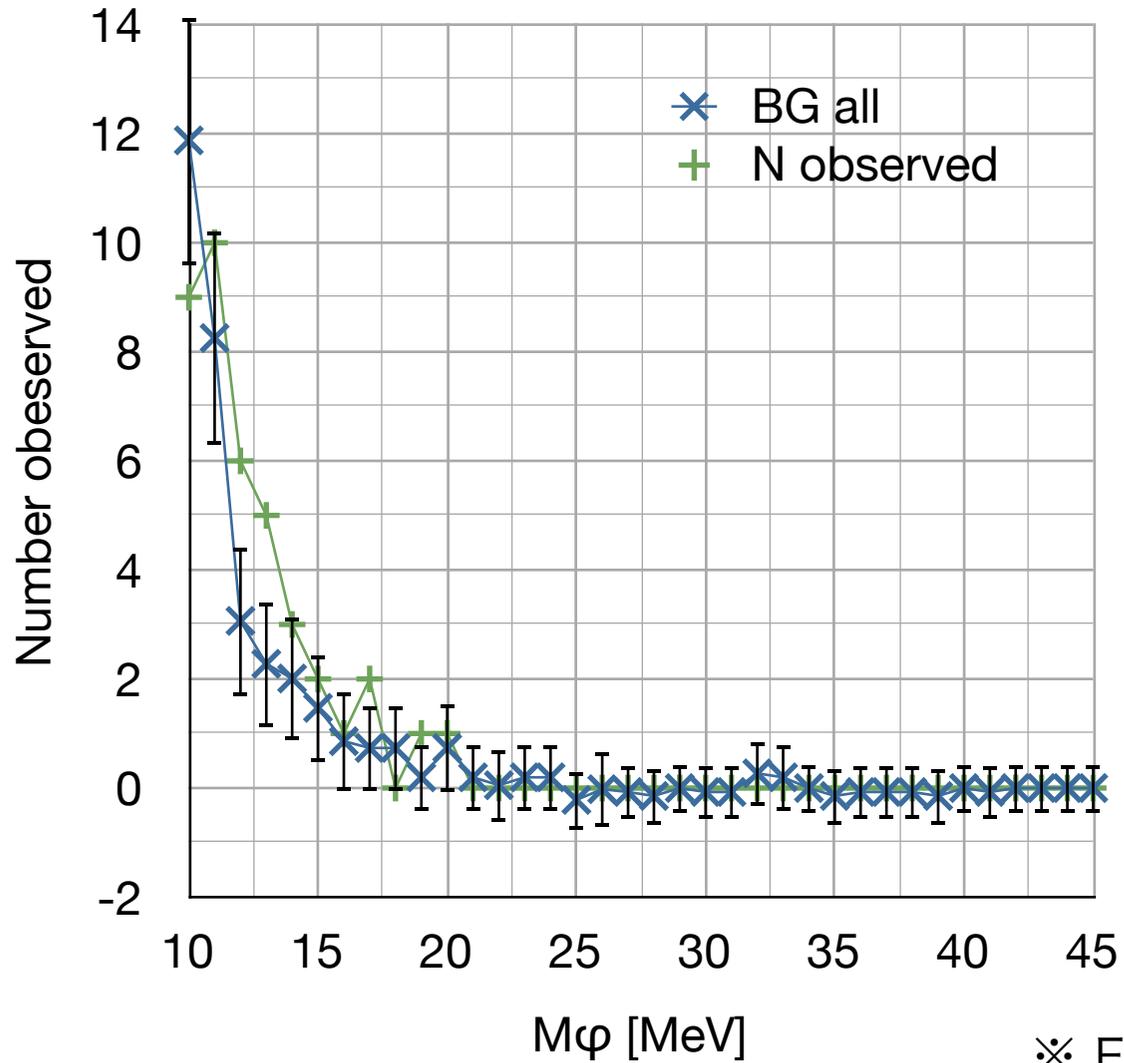
Signal cutはポジトロン、 $\gamma$ 線についてのエネルギー、位置、方向、時間、運動量のMCでのおよそ $3\sigma$ で定義したPreliminary cutでの結果です。

## Sidebandとバックグラウンド候補

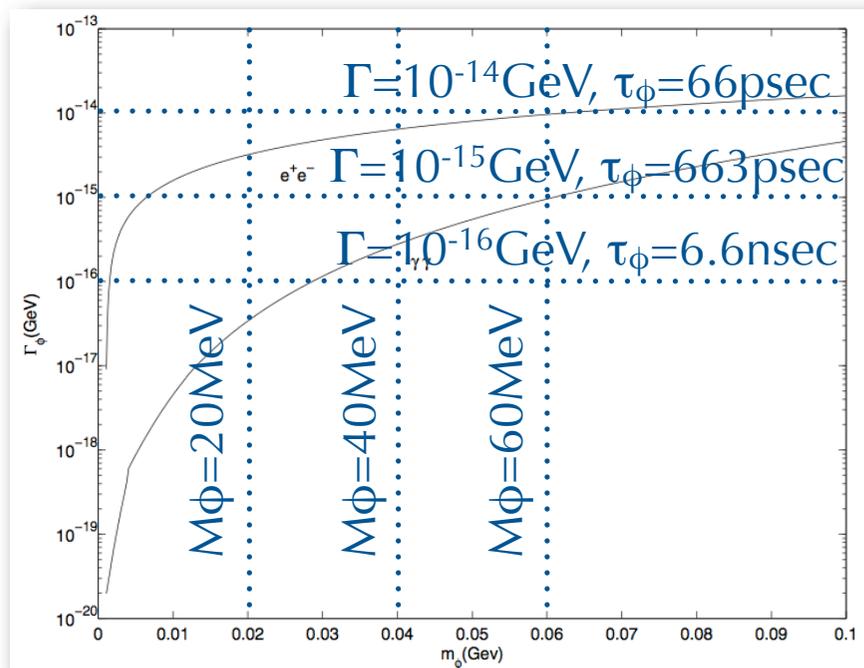


- $2\gamma$ が同時 (AIF  $2\gamma$ 等 +  $e^+$ )
  - $|tgg| < 700\text{psec}$
  - $teg1: \pm 1\text{nsec} \sim \pm 3.6\text{nsec}$
- $e^+$ と一方の $\gamma$ 線が同時 (RMD +  $1\gamma$ 等)
  - $tgg: \pm 1\text{nsec} \sim \pm 3.6\text{nsec}$
  - $|teg1| < 700\text{psec}$
- 3粒子とも同時ではない
  - $tgg: \pm 1\text{nsec} \sim \pm 3.6\text{nsec}$
  - $teg1: \pm 1\text{nsec} \sim \pm 3.6\text{nsec}$

# Backgroundと Signal数 Preliminary

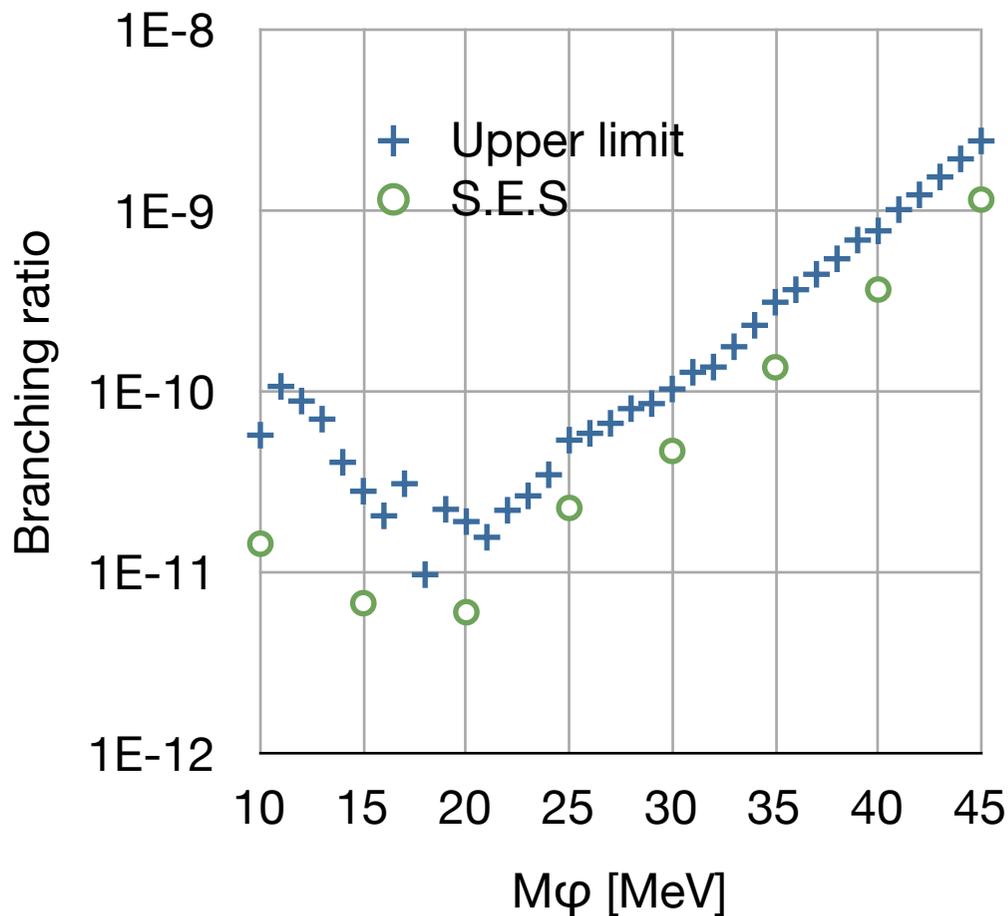


# 1つのモデルでの $\phi$ の寿命を仮定した時の解析結果 (Preliminary)



Decay width of  $\phi \rightarrow ee$  (Upper) and  $\phi \rightarrow \gamma\gamma$  (Lower) by Phys. Rev. D 72, 117701 (2005)

左図で求められる $\phi$ の寿命を仮定した時の測定精度と実験上限値、下限値



※ 系統誤差はまだ考慮されていません

## まとめと今後の展望

- $2\gamma$  の解析において、エネルギー再構成を改善
- Preliminaryに設定したcutを用い、2009、2010データでの90% C.I.を見積もった
- より一般的な結果とするため、 $\tau_\phi=10, 100$  ps, 1, 10 ns、 $M_\phi=10, 15, \dots 40, 45$  MeVのMCを用い、それぞれの場合のSingle event sensitivityを見積もり、Systematic errorの見積もり、 $\mu \rightarrow e\phi$ 、 $\phi \rightarrow \gamma\gamma$  の分岐比を測定
- MCとその時のreconstructionを調整し、DataとMCを合わせる (進行中)