



# MEG実験アップグレードに向けた 背景事象起源の陽電子同定に用いる SiPM読み出しシンチレーション検出器開発

藤井祐樹, 他MEGコラボレーション 東京大学 日本物理学会 2013年秋季大会 @ 高知大学







- MEG実験紹介
- MEG実験アップグレード
- RDC紹介
- プロトタイプRDCの目的
- ビーム試験
  - セットアップ
  - 解析
- まとめ









- 荷電レプトンフレーバー破れの探索は新物理に感度あり
  - 標準模型では禁止されている
  - SUSY-GUTなどでは10<sup>-12</sup>-10<sup>-14</sup>の崩壊分岐比が予想される
- μ→eγ崩壊は未発見、理論で予想される領域を棄却し始めている
  - MEG実験の最新結果によって5.7×10<sup>-13</sup> (90% C.L.)の上限値
- 10<sup>-14</sup>台での探索によって発見可能?
  - 見つかれば新物理発見
  - 見つからなくても新物理のヒント
- 現状MEGは今年夏DAQ取得終了(背景事象による感度改善具合の鈍化)
  - 予想到達感度は5×10<sup>-13</sup>
  - 既に新物理に迫っているかもしれない…

● *MEG*実験アップグレード!! 22pSE-5 岩本







20pSL-4 金子



RMD

- 10<sup>-14</sup>感度の μ→eγ 探索に向けて...
- MEG実験の各検出器を大幅改良
  - (比較的)低コスト、短い準備期間で最大限感度向上を目指す
  - そのため
    - 液体キセノン:γ線入射面のPMTを小型のSiPMに変更
    - 陽電子飛跡検出器:一体型のステレオワイヤーチェンバー
    - 陽電子時間測定:細分化カウンター+SiPM読み出し 20pSL-1,2 内山,西村
- ミューオンレートはこれまでの2倍以上 (3×10<sup>7</sup> → ~7×10<sup>7</sup> µ/s
  - 飛跡検出器レート耐性の改善により現ビームラインで達成可能
- ●背景事象γ線の低減
  - 陽電子のAnnihilation-In-Flight(AIF)起源: 30% in upgrade
    - 飛跡検出器の物質量、薄いターゲットによって低減 (+α?)
  - ミューオン輻射崩壊(RMD)起源: 70% in upgrade optional
    - <u>積極的なタグが可能!</u> → Radiative muon Decay Counter (RDC)



AIF









- RDCコンセプト
  - 48 MeV以上のγ線背景事象+低エネルギー(typically 数MeV)陽電子同時測定による背景事象低減
    - 陽電子のエネルギーを測定する事で数十MeVの陽電子による偶発的ヒットと弁別可能
  - 高ヒットレート(~1MHz)が予想されるため、速い時間応答が必要









- RDCコンセプト
  - 48 MeV以上のγ線背景事象+低エネルギー(typically 数MeV)陽電子同時測定による背景事象低減
    - 陽電子のエネルギーを測定する事で数十MeVの陽電子による偶発的ヒットと弁別可能
  - 高ヒットレート(~1MHz)が予想されるため、速い時間応答が必要
  - ビーム上流に設置する場合は薄い検出器が必要









- プロトタイプ作製の目的
  - 下流側RDCに用いる予定のプラシン+GSO結晶検出器の作製
    - シンチレーション光はMPPCで読み出す (小型+磁場耐性)
    - ノウハウの確立
  - 小型プロトタイプ(実機の約1/10サイズ)による性能の実証と実機の最適化
    - 実際のビームを用いたミューオン輻射崩壊の実測,実機を設置する位置の最適化









- 目的
  - 実際のビーム、COBRA磁場中でRMDが同定可能である事を実証する
  - RDCにヒットする偶発的背景事象の理解を深める
    - RMDと偶発的同時事象のエネルギーを用いた弁別
      - 偶発的背景事象が多いと $\mu \rightarrow e\gamma$ 事象に対するinefficiencyになる (各設定でのS/Nのチェック)
    - RMD設置位置の最適化 (S/Nと検出効率絶対値) → 142, 120, 90, 60cmでデータ取得 (Low rate)
    - レート依存性 → Low rate(~1x10<sup>7</sup> µ<sup>+</sup>/s), Present rate(3x10<sup>7</sup> µ<sup>+</sup>/s), High rate(8x10<sup>7</sup> µ<sup>+</sup>/s)
- 準備
  - 夏の間に検出器と検出器本体を動かすためのアームを準備
  - ラボにてプラシンとGSO結晶の各種性能及びMPPCのパラメータ最適化を行った
    - プラシン時間分解能 → ~100ps (for >100 keV energy deposit)
    - GSOエネルギー分解能 → ~10% @ 1.83MeV Y-88 peak
    - GSOに用いるMPPCのover voltage → 1.0-1.5 V (1-50MeV程度のダイナミックレンジ相当)







- ビーム試験
  - MEG実験のビームタイム最後に行った(8月末の5日間)
  - 検出器は最終実機と同様に磁場中に挿入
    - ターゲットから60, 90, 120, 142cmの位置でデータ取得を行う
    - 主なトリガーはRDC-LXe coincidenceとLXe single





セットアップ



- ビーム試験
  - MEG実験のビームタイム最後に行った(8月末の5日間)
  - 検出器は最終実機と同様に磁場中に挿入
    - ターゲットから60, 90, 120, 142cmの位置でデータ取得を行う
    - 主なトリガーはRDC-LXe coincidenceとLXe single



























- プラシン
  - データとシミュレーションから見積もる
  - 場所による温度変化の影響等もデータ自身で較正可能
- GSOエネルギー再構成
  - Y-88(1.83MeVガンマ)線源を用いてビームオフ時にエネルギー較正用データを取得
  - ゲイン × PDE (Photo Detection Efficiency)の相対的な違い、エネルギースケールを較正









- キセノンとRDCの時間差(T<sub>RDC</sub>-T<sub>γ</sub>)分布
  - 全てのデータセットでRMDのピークが見えた(絶対時間のオフセットは未補正)









- キセノンとRDCの時間差(T<sub>RDC</sub>-T<sub>γ</sub>)分布
  - 全てのデータセットでRMDのピークが見えた(絶対時間のオフセットは未補正)









#### ● RMDピークと背景事象領域でエネルギーの分布を比較



→ 原因として、高いCurrent(>15uA)が流れた事による電圧降下の影響が考えられる







#### ● RMDピークと背景事象領域でエネルギーの分布を比較



→ 原因として、高いCurrent(>15uA)が流れた事による電圧降下の影響が考えられる















- Present rate, High rateの結果
  - High RateでもRDCでのエネルギー損失によるカットをかけるとS/Nが約3倍改善









- γ線BGがどれだけ減らせるか
  - Eγが48-58 MeVの範囲でRDCでRMD時間peak内の事象をcutする









- γ線BGがどれだけ減るらせるか
  - エネルギーによるカット無し
  - ターゲットに近いほどReduction powerは大きくなる
  - 142cmで約10%のReduction power



## S/Nを考慮したBG低減







- まとめ
  - MEG実験アップグレードでは積極的な背景事象の低減により、更なる感度向上を目指している
    - RMD起源のγ線背景事象をタグするための検出器, RDCを開発中
  - PSIにてMEG実験ビームタイム終わりに1/10プロトタイプのビーム試験を行った
    - RMDの実測に成功した → 10% の背景事象低減 @ 142cm (MCの予想と良く合っている)
      → Upgradeで14%相当の背景事象低減
  - 問題点
    → 最終的な実機に焼き直すと10-15%の感度向上
    - ビームオンのデータでエネルギーのスケールが合っていない
      - 高いカレントによる電圧降下の影響とほぼコンシステント
    - 検出器側の温度計故障により温度モニタができなかった
      - 同じ位置では ±1℃程度の変化、位置が異なると温度が大きく変化する(プラシン側で見られた影響をGSOに外挿)
- 今後
  - 解析の改善(パイルアップ除去, エネルギースケールの改善等)、実機のデザイン改良
  - ビームオンでのエネルギー較正手法確立
  - 上流用検出器の選定及び試験
    - シンチレーションファイバ or シンチレーションフィルム







## ● エネルギーのスケールを調査中... うまくいったらエネルギーカットによるS/N変化



13年9月20日金曜日

25







- **Energy calibration for plastic scintillator** 
  - can be done by data itself (using peak of penetrated events)
- **Energy calibration for GSO crystal** 
  - Extrapolate the decay time and transit point from the fitting for PS
  - Will be prepared soon...









- 場所毎にキセノン側ガンマ線背景事象のレートを調べた
  - 60cmでは有意に背景事象の増加が見られた~10%
  - それ以外の場所では影響は無視出来る
  - パイルアップ事象の増減









## • High rate eventではパイルアップが多い



