

電子ビームエネルギーの測定精度は主に検出器の校正精度，レーザー発振波長の精度，アライメント，統計誤差によって決まる．系統誤差は近似的に，

$$\frac{\Delta E_e}{E_e} = \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\Delta E_D}{E_\gamma}\right)^2 + \left(\frac{\Delta E_L}{E_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta\phi^2}{4}\right)^2} \quad (2)$$

と表わされる．ここで $\Delta E_D/E_\gamma$ は検出器のエネルギー校正精度， $\Delta E_L/E_L$ はレーザーの発振波長の精度， $\Delta\phi$ は交差角度のズレである．ビームエネルギー 1.4 GeV における測定精度を要因ごとに表 1 にまとめた．現状では検出器の校正精度とレーザー発振波長の寄与が主要である．LCS ガンマ線の最大エネルギーと誤差評価の結果，偏向電磁石の磁場測定データから求めたビームエネルギー 1.4 GeV に対して，LCS ガンマ線の最大エネルギーから決定したビームエネルギーは 1417 ± 4 MeV となった．

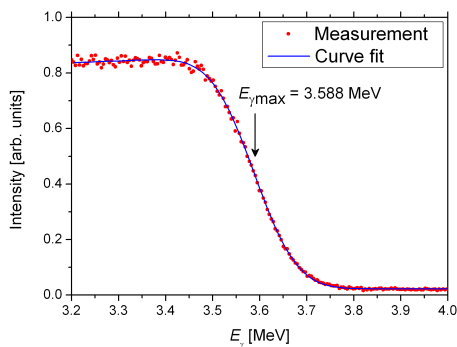


図 4: ビームエネルギー 1.4 GeV における LCS ガンマ線スペクトルの解析．最大エネルギー近傍の曲線フィット．

表 1: LCS による 1.4 GeV 電子ビームのエネルギー測定精度

| 要因 | 相対精度 | ΔE_e [MeV] |
|----------|--|--------------------|
| 検出器校正 | $\Delta E_D/E_\gamma = 4.8 \times 10^{-3}$ | 3.4 |
| レーザー発振波長 | $\Delta E_L/E_L = 2.8 \times 10^{-3}$ | 2.0 |
| アライメント | < 4 mrad | 3×10^{-3} |
| 統計 | $\Delta E_e/E_e = 9.0 \times 10^{-5}$ | 0.13 |
| Total | $\Delta E_e/E_e = 2.8 \times 10^{-3}$ | 4.0 |

ビームエネルギーを 1.4 GeV から 1.32 GeV まで 0.01 GeV ステップで変更しながら，LCS によるビームエネルギー測定を行った．図 5 に設定エネルギー毎の LCS ガンマ線スペクトルを比較する．ビームエネルギー変更に応じて，LCS ガンマ線の最大エネルギーが低エネルギー側にシフトする様子がわかる．図 5 の LCS ガンマ線スペクトルを解析し，ビームエネルギーを評価した結果を図 6 に示す．測定値は設定値に対して 1% 程度高い値であるが，関係性は概ねニアである．また 0.01 GeV 程度のビームエネルギー変化に対して，現状の測定系は十分な精度を有することがわかる．

4. まとめ

SAGA-LS では CO₂ レーザーと 1.4 GeV 電子ビームを用いた LCS 実験の準備を進めてきたが，昨年度後半

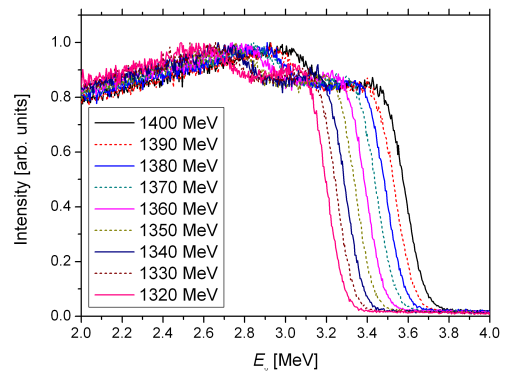


図 5: LCS ガンマ線スペクトルのビームエネルギー依存．

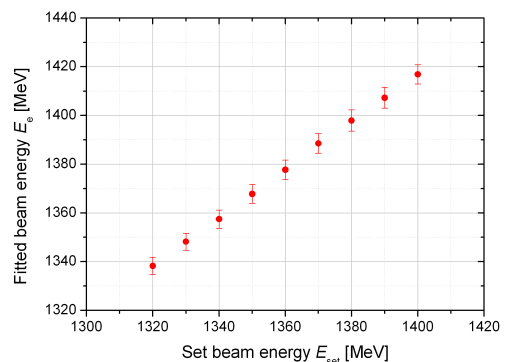


図 6: ビームエネルギー設定値と LCS による測定値の比較．

のビーム試験において LCS ガンマ線の生成を確認した．ビーム試験では LCS ガンマ線強度評価とイメージングプレートによるビームプロファイルの観測，及びビームエネルギー測定を実施した．ビーム試験の結果，ビームエネルギー 1.4 GeV において LCS ガンマ線強度はデザイン値の 20–40% と評価された．また，イメージングプレートで測定したビームサイズは予測値とほぼ一致することがわかった．LCS によるビームエネルギー評価では，小型の BGO シンチレータを用いた現状のセットアップでも 0.3% 程度の精度でビームエネルギーは測定可能であった．今後は 300 mA 蓄積時の LCS の実現や光軸アライメントの精密化を目的として実験セットアップの改良を行いつつ，LCS ガンマ線による透過像撮影等も実施していく予定である．

参考文献

- [1] T. Kaneyasu, et al., “Status of Gamma-ray Generation Experiment by Laser Compton Scattering at SAGA-LS”, Proc. of 6th Particle Acc. Soc. Japan (2009) pp. 237.
- [2] H. Hirayama et al., “The EGS5 Code System”, SLAC-R730 (2005).
- [3] S. Miyamoto et al., Radiation Measurements 41 (2007) S179.
- [4] S. Amano et al., Nucl. Instrum. Meth. A 602 (2009) 337.
- [5] S.H. Park et al., Nucl. Instrum. Meth. A 475 (2001) 425.
- [6] R. Klein et al., Nucl. Instrum. Meth. A 384 (1997) 293.
- [7] R. Klein et al., Phys. Rev. ST Accel. Beams 11 (2008) 110701.