

木星氷衛星探査ミッション (JUICE) 搭載ガニメデレーザ高度計 (GALA): 性能モデルシミュレーション

The Ganymede Laser Altimeter (GALA) for the Jupiter Icy Moons Explorer (JUICE): Performance Model Simulation

*荒木 博志¹、石橋 高²、並木 則行¹、野田 寛大¹、小林 正規²、塩谷 圭吾³、尾崎 正伸¹、水野 貴秀³、齋藤 義文³、東原 和行³、押上 祥子³、鹿島 伸悟¹、木村 淳⁴、Steinbrugge Gregor⁵、Stark Alexander⁵、Althaus Christian⁵、Del Togno Simone⁵、Lingenauber Kay⁵、Hussmann Hauke⁵
*Hiroshi Araki¹, Ishibashi Ko², Noriyuki Namiki¹, Hiroto Noda¹, Masanori Kobayashi², Keigo Enya³, Masanobu Ozaki¹, Mizuno Takahide³, Yoshihumi Saito³, Kazuyuki Touhara³, Shoko Oshigami³, Shingo Kashima¹, Jun Kimura⁴, Gregor Steinbrugge⁵, Alexander Stark⁵, Christian Althaus⁵, Simone Del Togno⁵, Kay Lingenauber⁵, Hauke Hussmann⁵

1. 国立天文台、2. 千葉工業大学 惑星探査研究センター、3. 宇宙科学研究所、4. 大阪大学、5. ドイツ航空宇宙センター
1. National Astronomical Observatory of Japan, 2. Chiba Institute of Technology Planetary Exploration Research Center, 3. Institute of Space and Astronautical Science, 4. Osaka University, 5. German Aerospace Center

木星衛星ガニメデ、エウロパ、カリストの探査を目指しヨーロッパ宇宙機構(ESA)が主導するJUICE計画 (JUper ICy moons Explorer, 2022年打上げ予定)で搭載されるレーザ高度計(GALA)の開発が、ドイツ、日本、スイス、スペインの国際協力で行われている。我々はGALA性能モデルを用い、GALAの科学要求を満たす誤測距確率(PFD)と測距精度の条件を検討した[1]。

GALAの科学要求は、[A] 高度1300km以下のエウロパフライバイでPFD<0.2, [B]高度500kmのガニメデ周回軌道上(GCO500)、最悪観測条件で測距精度<10m, PFD<0.2, [C]同じく平均的観測条件で測距精度<2m, PFD<0.1, [D]最良観測条件で測距精度<1m, PFD<0.1, となる。これらの要求を満たすGALA受信パルス波形のSNR(R_SNR)を決めるため、適合フィルターから出力される反射レーザ光の受信波形をシミュレーションによって再現し、[A]~[D]それぞれの要求を満たす最小のSNRをR_SNRとして求めた(表1)。ここで[A]の測距精度要求は10mとした。このR_SNRの実現可能性を調べるには、GALAの機器性能や観測条件から現実的なSNR(C_SNR)を計算し、R_SNR<C_SNRである事を確かめれば良い。

ただし木星周囲の過酷な放射線環境によってGALAの反射光検出器(APD)の性能劣化が予想されるため、その影響を考慮してC_SNRを予測しなければならない。我々は木星周囲の環境を模擬した2MeV電子線及び50MeVの陽子線をAPDに照射し、従来文献データからの推定に頼っていたAPD放射線劣化(量子効率、過剰ノイズ指数、表層暗電流、バルク暗電流など)を再評価した。この結果をGALA性能評価モデルに組み込み、現実的な性能評価を行ったところ、アナログエレクトロニクスモジュール(AEM)のノイズの影響評価を除き、GALAの科学要求が満たされることを確かめることができた(R_SNR < C_SNR, Table 1)。

キーワード : JUICE、GALA、レーザ高度計、APD、適合フィルター、放射線
Keywords: JUICE, GALA, laser altimeter, APD, matched filter, radiation

Table 1. Comparison of C_SNR and R_SNR

Criterion	[A] Europa fly-by	[B] worst GCO500	[C] nominal GCO500	[D] best GCO500
C_SNR	23.2	28.8	202	357
R_SNR	22	22	43	122