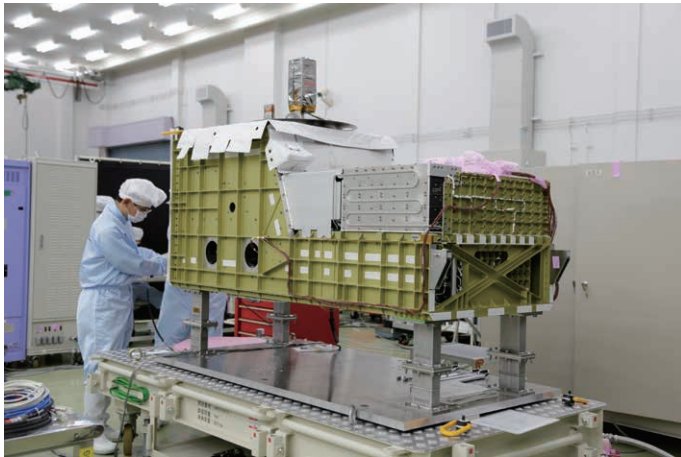


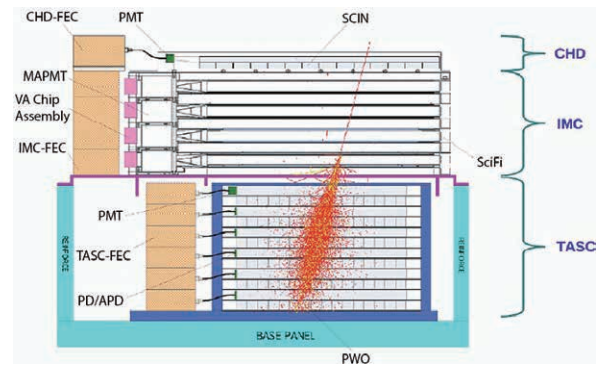
# 宇宙の謎 暗黒物質の起源に迫る

## 高エネルギー宇宙線を観測する 最新鋭の宇宙線観測装置 CALET

株式会社 IHI エアロスペースでは国際宇宙ステーション「きぼう」の船外実験プラットフォームに設置する、世界最高レベルの観測性能を備えた宇宙線（電子，ガンマ線）観測装置（CALET）を開発した。



CALET ©JAXA



カロリメーター模式図

宇宙には我々が光，あるいは電磁波などで観測できる物質の数倍を超える質量を持つ観測にかならない物質「暗黒物質」が存在することが知られている。暗黒物質の正体は現在でも特定されていない宇宙物理学の謎である。

暗黒物質の正体の探求など宇宙の構造や天体現象の総合的理解のためには，従来の可視光，赤外，X線などの電磁波による観測に加えて，宇宙線や高エネルギーガンマ線を直接観測する観測装置が求められている。

株式会社 IHI エアロスペース（IA）では，国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構（JAXA）のもと，研究の中心である早稲田大学のご指導により，宇宙ステーションに搭載する宇宙線観測装置の高エネルギー電子，ガンマ線観測装置（CALorimetric Electron Telescope

：CALET）を開発した。

CALET は個々の高エネルギー宇宙線の到来方向，エネルギー，種類の観測を行うことで，その起源と加速のメカニズムなどを解明することを目的として開発した観測機器であり，国際宇宙ステーション（ISS）の「きぼう」日本実験棟 船外実験プラットフォームに取り付けられる大きさ  $0.8\text{ m} \times 1.0\text{ m} \times 1.85\text{ m}$ ，質量  $613\text{ kg}$  の箱型の装置である。ISS には宇宙ステーション補給機「こうのとり」（HTV）により輸送し，船外実験プラットフォームに設置される。船外実験プラットフォームから電力，通信機能，冷却水などの提供を受け観測を行う。

CALET はカロリメーター，ガンマ線バーストモニター，ミッションデータ処理装置，サポートセンサー，および ISS，HTV とのインターフェース機器



左：全吸収型カロリメーターセンサー（タングステン酸鉛結晶シンチレーター）  
 中：イメージングカロリメーターセンサー（シンチレーションファイバー）  
 右：電荷測定器センサー（プラスチックシンチレーター）

で構成され、観測機器を含めて、IA が開発した。

カロリメーターは CALET のメインミッション機器であり、入射粒子の原子核成分の原子番号を特定する電荷測定器、宇宙線の電荷や到来方向などを検出するイメージングカロリメーター、シャワーという次々と発生する粒子の発達の様子やエネルギーを計測する全吸収型カロリメーターの 3 層により構成されている。従来の観測装置では困難であった高エネルギー宇宙線を精密に観測できるため、これまで解明できていなかった高エネルギー宇宙線の加速、伝播のメカニズムなど世界に先駆けた発見が期待されている。

宇宙線の観測は、通常の光による観測とは異なり、宇宙線の入射により発光する蛍光物質のシンチレーターと、発生した蛍光を電気信号に変換する光電子増倍管やフォトダイオードなどの光検出器を組み合わせたセンサーにより実施する。

カロリメーターのそれぞれの機器は、入射した粒子が検出器との相互作用を繰り返しながら、発達していく姿を可視化できるようにセンサーを敷き詰めた層を、互いに直角方向に交互に配置している。電荷測定器は 32 mm 幅のプラスチックシンチレーターを使用したセンサー 14 本を 2 層、イメージングカロリメーターは、1 mm 角のシンチレーションファイバーを使用したセンサー 448 本を 16 層、全吸収型カロリメーターは 20 mm 角のタングステン酸鉛結晶を使用したセンサー 16 ch を 12 層に配置しており、全体で 7 564 ch のセンサーを有している。それぞれのセンサーの出力は前置回路と呼ばれる装置により処理されミッションデータ処理装置を介して出力し、地上に観測データとして送信される。送信された観測データは

地上で研究者により処理され、粒子の種類やエネルギーの大きさなどが特定される。

宇宙に打ち上げられる装置は、軽量化、小型化が要求される。また、宇宙特有の環境である真空、温度、打ち上げ時の振動環境に耐える必要がある。これに加えて、CALET ではシンチレーターの脆性、真空環境下での高電圧の放電防止、微小信号に対するノイズを課題として開発を行った。

前述したシンチレーターの一部はガラスよりももろい材料である。一般的な金属構造による剛な保持では、打ち上げ時の振動や線膨張係数の違いなどにより割れてしまう。CALET では、通常とは異なり、ゴムにより全体を保持する設計を採用した。構造解析により成立性を確認したうえで、個々の材料や試作品の試験を行い、試験結果を解析にフィードバックして設計を確定した。

観測装置で使用する光検出器は高電圧を使用するが、CALET では約 80 チャンネルもの高電圧を使用している。高電圧を宇宙で使用する場合は、放電に注意する必要がある。真空に近い環境では放電が発生しやすく、放電が発生した場合には機器の損傷につながる。放電防止は、設計、製造の両方に特段の注意を払う必要があり、経験の少ない分野であったが、電子機器を絶縁保護するコーティングや、ケース内に絶縁体を注入するポッティングにより放電経路を遮蔽する設計とし、試作試験によりコーティング材料を決定、製造工程を確立し製品を製造した。

また、光検出器からの信号は、特に微小（ $\sim 10^{-15}$  クーロン）であり、必要な測定精度を確保するためには回路ノイズを極限まで下げる必要がある。これを限られたスペースの中で実現するために回路試作と評価を繰り返し、所定の性能を達成した。

CALET は HTV5 号機に搭載され、2015 年 8 月に宇宙ステーションに設置される。設置後、初期機能確認を実施した後に、観測を開始する予定である。

#### 問い合わせ先

株式会社 IHI エアロスペース  
 宇宙技術部 宇宙利用技術室  
 電話（0274）62-7676  
 URL：www.ihico.jp/ia/