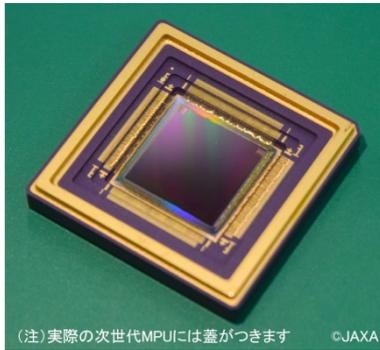


次世代宇宙用マイクロプロセッサの開発

Development of the Next-generation Space-Grade Microprocessor



防衛・宇宙セグメント
宇宙事業部

マイクロプロセッサとは、演算や制御等の機能を1つの半導体チップに実装したものを指し、近年は CPU やメモリ、通信機能等を1チップに搭載したものがスマートフォンや自動車、電化製品等で広く使用されている。宇宙機においてもマイクロプロセッサは必要不可欠な部品であり、競争力を担う戦略部品である。国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 (JAXA) は、宇宙用マイクロプロセッサを宇宙産業の基幹的部品と位置付け開発を進めてきた。本報で紹介する“次世代宇宙用マイクロプロセッサ(次世代 MPU)”は、JAXA が開発した現行マイクロプロセッサの後継機に位置付けられており、当社が開発した宇宙用マイクロプロセッサ (SOI-SOC2) の実績と耐放射線強化に関する技術・特許を保有することが評価され、当社が JAXA から次世代 MPU の開発取りまとめメーカーとして選定を受け開発を進めるものである(図1)。2021 年度時点、試作品の開発を完了し、フライトモデルの設計・製造を進めている状況である。

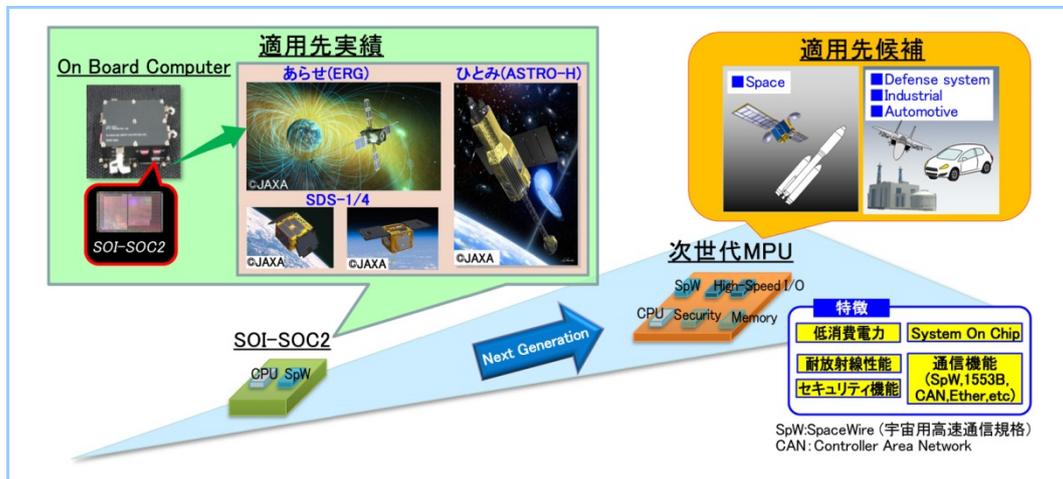


図1 当社の宇宙用マイクロプロセッサ ロードマップ

1. 特徴

次世代 MPU の特徴を以下に示す。

1.1 低消費電力と高エネルギー効率

民生の先端 SOI (Silicon on Insulator) 技術を利用し、単位消費電力あたりの処理性能で世界トップレベルを実現する(参考値:次世代 MPU:0.93 CoreMark[®](注1)/mW, 海外の競合他社製品:0.56 CoreMark[®]/mW)。

1.2 多彩な通信機能と SoC(System on a Chip)

多彩な通信機能を内蔵し、適用先は宇宙分野だけでなく、デュアルユースも検討する(図1)。また、通信機能を含めた複数の機能やメモリ等を1つのチップに搭載する SoC 設計技術により、システム全体の部品点数削減によるコストダウンや電子基板設計の簡略化に寄与する。

通信機能、内部メモリ容量等の開発仕様に関して、従来の部品開発以上にユーザーニーズとの整合を重視し、開発初期から次世代 MPU の将来ユーザを想定したユーザ会を JAXA とともに設置し、意見収集、及び、仕様策定を実施した。

1.3 セキュリティ機能

衛星コンステレーションによる通信ビジネス等で、今後より重要になると考えられる宇宙機システム等に対するセキュリティ機能への要求に対応すべく、以下の機能を実装する。

(1) 暗号処理

各種暗号アルゴリズムを活用し、データの難読化、データ(プログラム含む)の出自証明を実現する。

(2) アクセス管理

価値の高いデータや秘密情報等の保護すべき情報への意図しないアクセス(不正アクセスを含む)を、ハードウェア的に禁止する機能を実装する。

1.4 耐放射線性能

これまでの宇宙用マイクロプロセッサ(SOI-SOC2 他)開発で当社が習得した耐放射線設計技術を元に、宇宙用マイクロプロセッサとして必要な耐放射線性能(Total Ionizing Dose, Single Event Error)を実現する。

1.5 Operating system(OS)

ITRON^(注2)仕様のリアルタイム OS をハードウェアと並行して開発し、ソフトウェア開発を容易にする。

1.6 開発環境

お客様の初期導入を支援するため、評価基板(図2)を用意する。また、統合開発環境として、ルネサスエレクトロニクス社製の e² studio を利用可能とする。これにより、すぐに使えて、評価できる開発環境を提供する。

(注1) CoreMark®: EEMBC(組み込みシステムの標準ベンチマーク策定を目的に設立された非営利業界団体)が開発した CPU の処理性能を測定するベンチマーク。

(注2) ITRON: “Industrial TRON”の略称であり、組み込みシステムのリアルタイム OS 仕様の名称。



図2 評価基板(次世代 MPU 搭載状態)

2. 仕様

次世代 MPU の仕様概要を表1, 機能ブロック図を図3に示す。

表1 次世代 MPU 仕様概要

項目	説明
CPU	<ul style="list-style-type: none"> •Renesas RXv3 •コア数: Dual-core •FPU: 倍精度対応, IEEE 754 準拠
通信機能	<ul style="list-style-type: none"> •SpaceWire, 1553B, •Ethernet*1 •CAN*2, SCI*2, SPI*2, I2C*2, GPIO*2, PWM*2
内部メモリ	<ul style="list-style-type: none"> •EDAC 機能付き SRAM •容量: コード用 RAM: 4M バイト*3, 共有メモリ: 2M バイト*3
外部バス拡張	<ul style="list-style-type: none"> •汎用外部バスコントローラ •リードソロン EDAC 付き SDRAM コントローラ (容量: 512M バイト*3, スループット: 100Mbps 以上)
セキュリティ機能	<ul style="list-style-type: none"> •暗号処理: 共通鍵暗号によるデータ暗号化, 公開鍵暗号によるデータ暗号化, ハッシュ値計算, 物理乱数発生 •アクセス管理: 起動シーケンスを標的とした改変対策, 重要データへのアクセス制限, 暗号処理ハードウェアを標的とした不正アクセス対策等
パッケージ	•572 ピン Ceramic BGA (サイズ: 26mm x 26mm)
電源電圧	•I/O: 3.3V*4, Core: 1.2V*4
消費電力	•1W 以下*5
動作接合部温度	•-40°C ~ +125°C
放射線耐性	<ul style="list-style-type: none"> •TID: 100krad 以上 •SEL: LET 閾値 75MeV/(mg/cm2) 以上 •SEU: LET 閾値 40MeV/(mg/cm2) 以上 *6

【略語/略称の説明】
 FPU Floating Point Unit
 CAN Controller Area Network
 SCI Serial Communication Interface
 SPI Serial Peripheral Interface
 PWM Pulse Width Modulation
 EDAC Error Detection And Correction
 BGA Ball Grid Array
 TID Total Ionizing Dose
 SEL Single Event Latchup
 SEU Single Event Upset
 LET Linear Energy Transfer

- *1 ルネサスエレクトロニクス社製 IP (RZ A1H 搭載品相当) を使用
- *2 ルネサスエレクトロニクス社製 IP (RX64M/71M 搭載品相当) を使用
- *3 EDAC で使用する領域を含まない容量
- *4 Typical 条件
- *5 電源電圧 I/O: 3.3V, Core: 1.2V, 動作温度: +25°C
- *6 参考値として、軌道上での内部メモリ(コード用 RAM と共有メモリ)のエラーレートを示す。
 GEO(solar min): 7.27×10^{-7} errors/device/day, LEO(solar min): 3.30×10^{-8} errors/device/day.

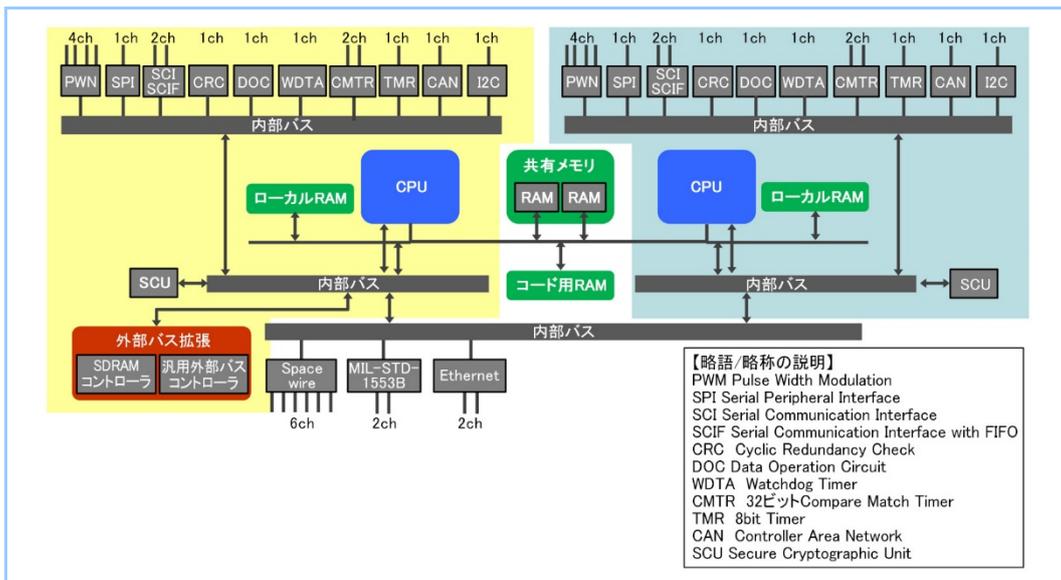


図3 次世代 MPU 機能ブロック図

3. 今後の展開

当社は、これまでに試作品(エンジニアリングモデル)を開発し、電氣的機能・性能評価、及び、耐放射線性能評価、信頼性評価を実施した。今後、2022年度打ち上げ予定の革新的衛星技術実証3号機で、エンジニアリングモデルを使用した軌道上実証を予定している(図4)。また、フライトモデルの設計にも着手しており、製品化に向けて確実に開発を進めていく。製品の供給時期について、エンジニアリングモデル・開発環境(評価基板を含む)は2021年10月時点で供給可能、フライトモデル・OSは2022年度末頃を予定している。

フライトモデルの開発が完了したのち、JAXA衛星等の政府系宇宙機を中心に搭載されることを見込んでいるが、将来的には民間宇宙やデュアルユースへの展開も視野に入れている。展開策の1つとして、廉価版パッケージの要素技術の基礎検証を実施している。また、マイクロプロセッサ単体の販売だけでなく、製品を使用した衛星搭載用電子機器等の開発も検討を進めている。

冒頭にも記載したが、宇宙用マイクロプロセッサは、我が国の宇宙機の競争力を担う基幹的部品である。当社は、次世代MPUを安定供給することで、日本の宇宙科学・宇宙産業の発展に貢献していく。

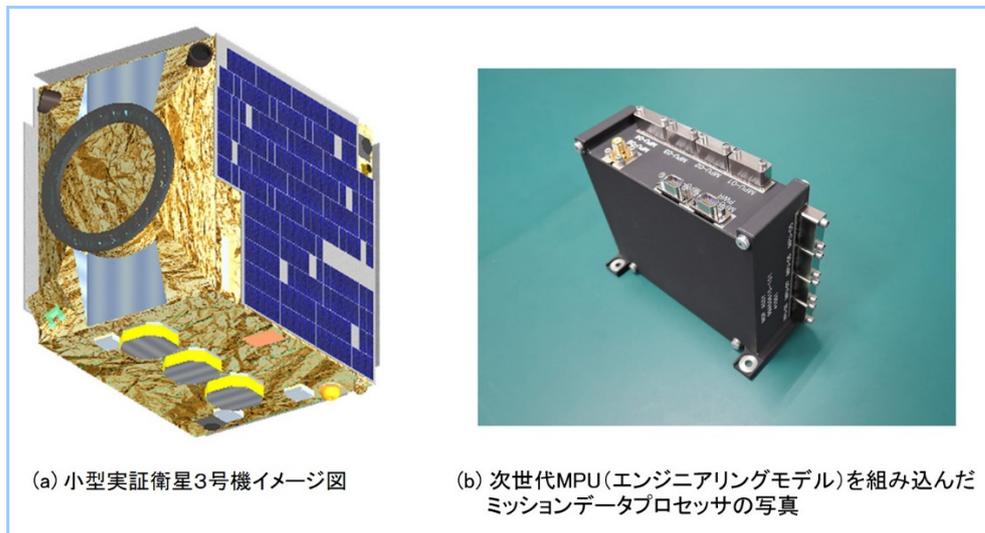


図4 革新的衛星技術実証3号機の小型実証衛星3号機イメージ図と次世代MPUを組み込んだミッションデータプロセッサの写真

参考文献

- (1) <https://www.kenkai.jaxa.jp/research/soisoc/soisoc.html>