



人工衛星用コンピュータは、あらゆる種類の監視・制御タスクを処理する必要があります。Thales Alenia Space社では、こうした複雑な搭載コンピュータソフトウェアの開発プロセスに、dSPACEの量産コード生成ツールTargetLinkを統合しました。このアプローチは、既に2つのプロジェクトで有効であることが実証されています。

#### 地球軌道：過酷な環境

何も無い宇宙空間。しかしそれは、電子部品にとって極度に厳しい環境となります。人工衛星の電子機器は、太陽光を受ける側と影の側で約300 °Cという極端な温度差に耐えるだけでなく、太陽風の荷電粒子との衝突やその他の宇宙放射線の照射に絶えずさらされています。また、たくさんの宇宙ごみに衝突する危険性も年々増え続けています。さらに、低軌道の衛星は、高度200 kmでも大気粒子との摩擦の影響を受け、これが衛星を減速させる原因となっています。こうした影響をすべて考慮すると、すべての搭載システムを非常に綿密に監視および制御することが要求されます。姿勢軌道制御システム (attitude orbit control system: AOCS) は、衛星

人工衛星のすべての搭載システムを確実に制御するには、その電子機器が軌道上の過酷な条件に耐える必要があります。中でも真っ先に挙げられるのが、低温、高温、そして放射線です(写真提供:NASA)。

# Project Orbit

TargetLinkによる人工衛星用  
ソフトウェアの自動コード生成

が正しい方向を向いて軌道上にとどまるようにする上で、中心的な役割を果たしています。

## 人工衛星用ソフトウェアに対する厳しい条件

宇宙空間の過酷な環境は、人工衛星用ソフトウェアの信頼性にとって厳しい条件であり、それを開発・保守することは困難な課題となっています。

■ 搭載コンピュータは、現在の他の分野のコンピュータと比べて低性能なものが使用されています。この理由は、ハードウェアに「放射線に強い(radiation-hard)」ことが求められるからです。これは、集積度があまり高くないマイクロ

チップにのみ見られる特性であり、それに応じて、性能も低くなっています。通常は、CPUのクロック周波数が低く(20 MHz)、メモリ容量もわずかしかなりません(4 MB RAM)。

■ 宇宙で、人工衛星に物理的にアクセスすることは不可能であるため、リモートで保守することが必要になります(無線でパッチを送信)。

■ ソフトウェアは、多種多様な搭載インターフェースを管理し、地上局との中継も維持しなければなりません。この複雑なデータフローを実現するには、精巧に調整されたアーキテクチャが必要となります。

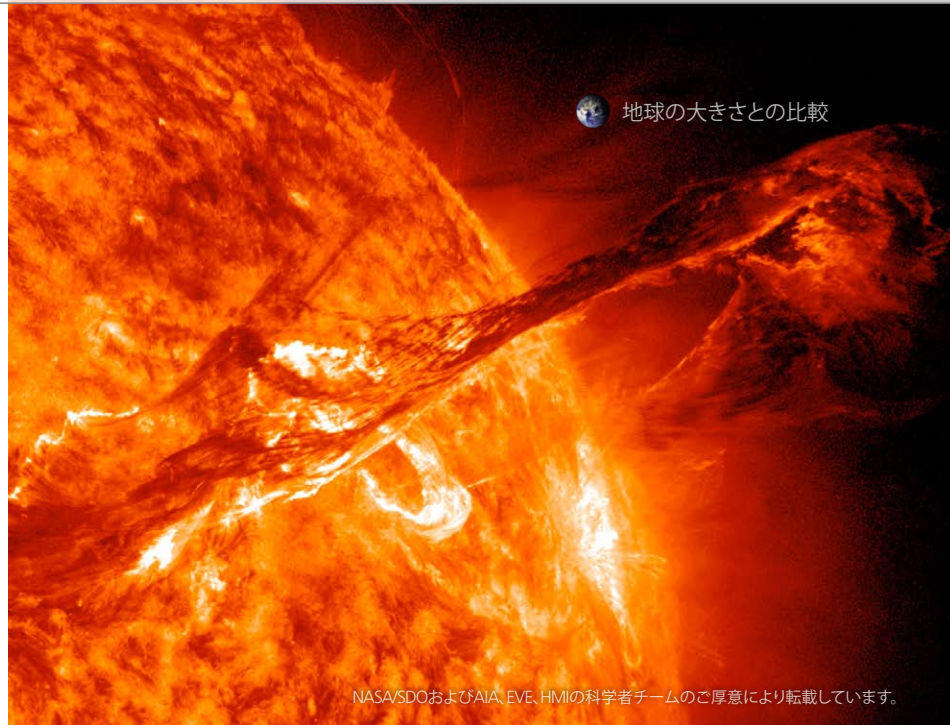
「複数のコード生成ツールを評価した結果、dSPACEのTargetLinkが、私たちの要件に最も適合していることが明らかになりました」

Arnaud Dupuy氏, Thales Alenia Space社

## Thales Alenia Space社について

Thales Alenia Space社は、Thales社とFinmeccanica社のジョイントベンチャーであり、2007年に現在の形で創立されました。同社は、通信、ナビゲーション、および観測用の人工衛星の開発を専門にしています。Thales Alenia Space社では、合計7,500人の従業員が、フランス、イタリア、スペイン、ベルギーおよびドイツで働いています。本社は、フランスのカンヌにあります。

地球の大きさとの比較



NASA/SDOおよびAIA、EVE、HMIの科学者チームのご厚意により転載しています。

図1:人工衛星の電子機器に障害が発生する原因の1つは、地球にまで荷電粒子を放出する太陽フレアです(この写真は、2012年8月31日に発生した大規模なフレアを示しています)。

### 自動コード生成が必要になる大きな理由

2000年代初頭に、人工衛星用ソフトウェアのコードをユーザが記述するという従来の方法の欠点が明らかになってきました(以前のプロジェクトから情報を引き出したり、ソフトウェアの保守を実行することなどが困難になっていました)。これに

対応するために、2004年にThales Alenia Space社では、コードの自動生成用のソフトウェアツールの評価を開始しました。その目標は、異なる開発チーム同士が、明確に定義された形式で情報をやりとりできるプロセスを確立することにあります。それと同時に、機能開発とソフトウ

エア開発の責任を、はっきり分ける必要がありました。これが、Simulink®によるモデルベース開発と自動コード生成ツールを併用するという決断につながったのです。

### TargetLinkがテストで最高の評価を獲得

Thales Alenia Space社では、いくつかのコード生成ツールの適性を調査しました。これらのコード生成ツールは、次のような、複数の基準を満たす必要がありました。コード生成ツールは、ワークフローをサポートしているだけでなく、既存のコード生成シナリオに統合できるように、命名規則、コード構造、および機能インターフェースに関して柔軟である必要がありました。その他の基準として、生成されたコードの可読性と信頼性がありました。複数のコード生成ツールを評価した結果、TargetLinkが、Thales Alenia Space社の評価基準に最も適合していることが明らかになりました。TargetLinkの強力なGUIは、構造体、ポインタ、アクセス機能のサポートなど、直感的かつ強力なオプションを提供します。さらに、シミュレーション用のSimulinkのデータ型とコード生成用の

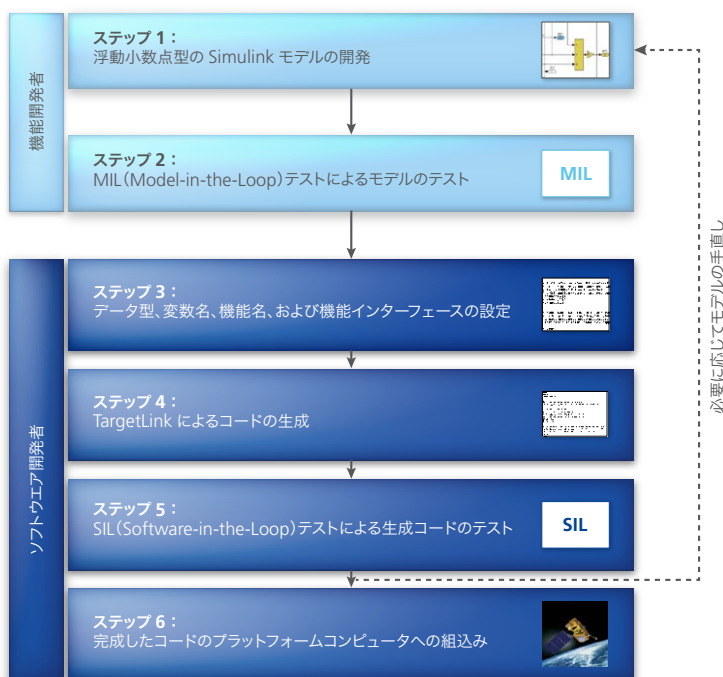


図2:明確に構造化された開発プロセスにより、明瞭な責任の区分、明快な情報のフロー、そしてすべての作業手順の完全なトレーサビリティが確保されます。

TargetLinkのデータ型を分離することにより、異なる開発チーム間のデータのやりとりが可能になります。たとえば、一方が機能開発者のチームで、もう一方がソフトウェア開発者のチームである場合、両方のチームが同じモデル上で作業することができます。


#### 開発プロセスの合理化

このプロセスでは、まず最初に、機能開発者が浮動小数点型のSimulinkモデルを開発し、第2のステップで、MIL (Model-in-the-Loop) テストでそのモデルをテストします(図2)。次に、モデルをソフトウェア開発者に渡し、ソフトウェア開発者が第3のステップ、つまり、データ型、変数名、機能名、および機能インターフェースの設定を実行します。第4のステップで、TargetLinkによるコードの自動生成を行い、続いて第5のステップで、SIL (Software-in-the-Loop) テストを実行します。SILテストの結果、モデルの手直しが必要であることが示された場合には、ソフトウェア開発者はモデルを機能開発者に再度戻します。ここが、この新しいプロセスの最大の強みを発揮するところとなります。つまり、モデルを「最初から作り直す」ことが必要になりますが、やり取りの形式と作業手順が明確に定義されているため、ソフトウェア開発者によって既に行われた作業内容は失われずに残ります。モデルの修正がすべて完了し、SILテストが成功すると、最後の第6のステップで、完成したコードをプラットフォームコンピュータに組込みます。

#### 実世界での成功

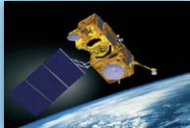
TargetLinkを使用した初めてのプロジェクトは、2基の赤外線地球観測衛星(「SPIRALE」)用のソフトウェアを開発することでした。SPIRALEは、2009年にアリアン5によって打ち上げられました。また、その同じ年にThales Alenia Space社では、「Sentinel 3」と呼ばれる新しいプロジェクトにTargetLinkを使用することも決定されました。Sentinel 3は、欧州宇宙機関(ESA)

### TargetLink を使用した Thales Alenia Space 社プロジェクト



**プロジェクト「SPIRALE」(双子の地球観測衛星)**

- 目的：赤外線領域の波長での地球観測
- 5,000 行のコードを TargetLink により生成
- 衛星の打ち上げ完了(2009年)



**プロジェクト「SENTINEL 3」**

- 目的：海面温度、地表面温度などの測定や、海洋と氷表面のトポロジーの測定
- 12,000 行のコードを TargetLink により生成
- 2013年打ち上げ予定

図3: コード生成ツールTargetLinkは、2つのプロジェクトでその利点を実証されています。

のミッションである、全地球的環境・安全モニタリング(Global Monitoring for Environment and Security: GMES)の一部です。Thales Alenia Space社では、このために既に12,000行のコードを生成しています。Sentinel 3は、今年の後半に打ち上げられる予定です。

#### TargetLinkの利用が定着

それ以来、Thales Alenia Space社では、モデルベース設計とコードの自動生成が定着した慣行となっています。モデルを異なるチーム同士で共有できるので、作業が非常に効率的になります。また、Target-

Linkを使用すると、コードの構造や命名規則を柔軟に設定することが可能です。その結果、Thales Alenia Space社では、既存のフレームワークを変更することなくコードを統合することができました。この新しいプロセスのおかげで、これまでに生産性が大幅に向上しており、過去のモデルを将来のプロジェクトで再利用することで、これからさらに大きな利益がもたらされると期待されています。■

**Arnaud Dupuy,  
Christophe Moreno**  
Thales Alenia Space

#### Arnaud Dupuy氏

同氏は、フランスのカヌヌにあるThales Alenia Space社で、Sentinel 3プラットフォームの搭載SWプロジェクトマネージャを務めています。



#### Christophe Moreno氏

同氏は、フランスのカヌヌにあるThales Alenia Space社で、SWソリューション能力センターの搭載SW主任設計者を務めています。

