

研究課題

No.	募集区分	課題件名	該当頁
01	課題解決型	CFRP 大型極低温推進薬タンク製造技術の研究	3-5
02	課題解決型	金属 AM による大型極低温推進薬タンク／一般構造の製造技術研究	6-8
03	チャレンジ型／ アイデア型	CFRP 3D 積層による 2 次構造の低コスト・軽量化技術の研究	9-10
04	アイデア型	軽量/低コストなタンクライナの研究	11-12
05	アイデア型	CFRP ラティス構造の低コスト・高信頼性製造技術の研究	13-14
06	アイデア型	WAAM 造形シミュレーションによる積層プロセス最適化技術の研究	15-16
07	アイデア型	より軽量・高比強度の新規合金線材の AM 適用技術研究	17-18
08	アイデア型	メタマテリアルによる音響低減/制振技術の研究	19-20
09	アイデア型	低コスト極低温対応バルブの研究	21-22
10	アイデア型	地上用極低温用フレキシブル配管のロケット適用化研究	23
11	アイデア型	マルチプラットフォームに対するソフトウェア構築技術の宇宙輸送適用研究	24-26

【共通する留意事項】

- ・ 1つの研究課題において複数の構成要素が示されている場合、特に記載されている場合を除き、そのうちいずれかの要素を満たす提案でも構いません。
- ・ 1つの研究課題に対して複数の研究提案を採択することがあります。また、採択がないこともあります。
- ・ 研究提案の内容に応じて、研究費額を調整することがあります。
- ・ 採択内定後、JAXA と研究体制を構築していただきます。このとき、JAXA より体制を提案することがあります。
- ・ 採択された研究提案については、研究期間中における各年度末及び研究期間終了後に研究進捗の評価を行います。研究継続の可否を決定します。また、年度評価や最終評価における評価結果によっては、当初の研究実施計画・研究期間にかかわらず、JAXA が研究実施計画の見直しや中止、延長等を判断することがあります。
- ・ 研究に際し、必要に応じて JAXA の研究設備を利用することができます。
- ・ 課題解決に向けて部分的にも対応できる研究テーマがある場合は、ご提案頂くことも可能です。ただし、全体的に対応できるテーマをご提案頂いた方が評価上は有利になります。

■ 課題概要

ロケットの再使用のためには従来の使い切りロケット以上の軽量化が機体構造には要求され、機体構造質量の大部分を占める推進薬タンクのCFRP化が望まれる。しかし、これまでのCFRP圧力容器は、気密性を確保するために、金属性または樹脂製のライナが用いられてきたが、大型ロケット直径数mを超えるサイズのライナの製造には、タンクの製造とほぼ同等の費用がかかり、軽量化の観点からもライナレスタンクを実現する必要があると考えられ、以下の技術課題を解決する必要がある。

- ライナレスとした時にも、漏洩の発生しないCFRP材料の開発（内圧による引張応力+極低温の推進薬温度までの温度変化による熱応力でマトリクスクラック等を通じた漏洩のない材料）
- 将来に前頁の大きさのタンク製造まで大きな技術ギャップなく適用可能で、かつ、工程の自動化/簡素化や成形型の低コスト化・簡素化により低コスト化が見込める製造技術の確立

■ 研究目標

直径5m規模の大型CFRP極低温複合材料タンクが設計/製造可能な技術の確立を目指す（研究終了時の目標TRLは4）。詳細な目標を以下に示す。

- 別紙に詳細を規定する直径5m、シリンダ部長さ5m、内圧0.5MPaのリファレンスタンを製造した場合に質量がアルミ合金での設計値の70%以下、製造コスト5000万円程度、単一設備での製造期間が2カ月程度とできる見込みが得られること。
- 直径5m製造時に必要な設備投資を100体の製品に割がけた場合に、製品価格が製造コストの2倍以下に抑えられる見込みが得られること
- 液体水素温度、もしくは液体窒素温度での使用が可能であること
- 隣接構造との結合構造が接合可能なこと
- タンク内デバイス等の艤装のため内部に作業が入ることが可能な直径1m程度のマンホールをドーム頂部に有し、マンホール部にはマンホールカバーを装着が可能なボス有すること
- 研究1年目に適用材料/製造技術の適用性の評価・確認を要素レベルの供試体により確認する。
- 研究2年目に小型供試体による耐圧試験を行い、材料系/製造技術の適用可能性を実証する。
- 研究終了までに直径1.5~2m規模のサブスケール供試体の試作と耐圧試験により、実機への適用可能性を確認する。

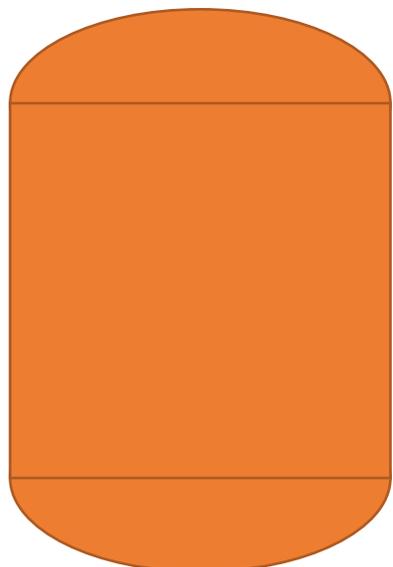
■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ サブスケール供試体の耐圧試験はJAXA側での実施を想定し、試験実施の費用は提案から除外してもよい。
- ・ 研究1年目末に中間評価を実施し、次年度への継続可否を判断するとしたい。（要素レベルでの適用性確認が不十分な場合、研究中断もありうる。）このため、研究費用は年度ごとの費用の積算値を提示すること。
- ・ 研究終了後に直径5mクラスのタンクの製造に必要な設備投資額の概算値を提案に含めること。また、研究終了時にはその額を明確化することが可能な提案とすること。
- ・ 研究終了後に実機タンクを提案者側で製造するか、研究成果を打上事業者に移管するかについて、提案時点での想定を明らかにすること。なお、提案者でタンクを製造する場合は、安全性・責任所掌（高圧ガス機器としての製品販売）などの観点から、提案者所掌の範囲として耐圧試験の実施を想定すること。

■ 本研究テーマを実施するにあたり歓迎する技術

- ・ 実機適用に向けた補修や検査方法（インプロセス検査を含む）に関する技術
- ・ 追加のコーティング施工等で漏洩を防止する技術
- ・ マトリクスクラックの発生等を予測しつつ板厚を最適化する等の材料の詳細な破壊モードを考慮可能な設計・評価技術

<検討のためのリファレンスタnk構造>



【形状】

直径 5m

シリンダ部長さ 5m

ドーム部 長径(a)2.5m、短径(b)1.25mの回転楕円体

【設計条件】

①最大圧力 0.5MPa

②軸圧縮荷重 5000kN（内圧負荷無しで耐荷すること）

③使用温度は液体水素温度、もしくは液体窒素温度（いずれかを指定下さい）

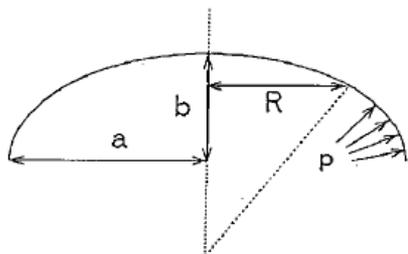
ただし、座屈に対して安全係数2.0、内圧による破壊に対して安全係数1.5を適用

上記のタンクを提案の材料/製造法を適用して設計/製造した場合に見込まれる質量と製造コストの概算値を算出し、目標を満足する見込みのあること提示ください。

尚、質量の比較対象のアルミ合金製タンク質量としては、

- ・降伏に対する安全率1.0
- ・材料の降伏強度300MPa

として、0.5MPaの内圧まで降伏しないという条件で、同一形状のタンクを設計して算出ください。



■ 課題概要

液体ロケットの大型構造体は金属組立構造を基本としており、部品点数が多く加工・組立工数が嵩むため、ロケット構造の高コスト要因となっている。その中でも極低温推進薬タンクは、ドーム部の曲面成形や隣接構造接手部の複雑形状に起因して材料・加工コストが大きく、コストドライバーとなっている。

よって革新的将来輸送システムがロケット構造の抜本的な低コスト化を実現するには、部品数や加工・組立工数の圧倒的削減により、大型構造（特に推進薬タンク）製造費を大幅低減することが課題である。

それを踏まえ、ロケット大型構造/推進薬タンクの製造に3次元金属積層造形（Additive Manufacturing、以下AM）を適用し、材料費・加工/組立費を大幅に低減することを本研究の目的とする。

本課題設定としては、大型ロケット構造として特徴的な、アルミ合金製・薄肉構造・大型・オーバーハング/分岐等の形状特性を有する構造へのAM適用に向けた以下の技術課題を焦点とする。

- 大型ロケット構造で想定するAL合金・薄肉構造に対し、実用に供しうる造形速度と造形品質でタンク形状を造形可能であり、最終目標である大型タンクサイズへの拡張性を有するAM造形プロセス確立
- さらなる低コスト・品質向上を両立するためのインプロセスNDI手法やモニタ/フィードバック制御の上記AMプロセスへの実装に関する成立性評価

■ 研究目標

上記技術課題の解決のために、本研究では技術要素毎に以下の目標を設定する。

【大型AM造形プロセスの確立】：TRL4を本研究の目標とする。

- 直径5m、シリンダ部長さ5m、内圧0.5MPaのタンク（課題No.01の別紙参照）を製造した場合に製造コスト5000万円程度、単一設備での製造期間が2ヵ月程度とできる見込みが得られること。
- 直径5m程度の構造体の製造時に必要な設備投資を100体のタンクに割がけた場合に、製品コストが目標コストの2倍以下に抑えられる見込みが得られること。
- タンクは液体水素温度、もしくは液体窒素温度での使用が可能であること。
- 最小板厚2～3mm程度でオーバーハングやドーム/スカート分岐形状を含むAL合金タンクを積層可能であることを、要素試作およびサブスケールタンク試作にて実証すること。

■ 研究目標（つづき）

【大型AM造形プロセスの確立（つづき）】

- 本研究の要素試作やサブスケール試作に用いる材料は、入手可能な既存のAL合金ワイヤとするが、造形品の引張強度 F_{tu} 300MPa以上および F_{ty} 240MPa以上（造形後は時効処理を考慮しても良い）が得られることを実証すること。
- 試作の際の造形速度は1.0kg/hr以上を目標とし、造形品質を確保できる範囲で極力造形速度を向上すること（将来的には2.0kg/hr以上への高速化を目指す、造形品質とのバランスの良い造形速度設定を可能とすること）。

【インプロセス品質保証システム実装の成立性評価】：TRL2~3を本研究の目標とする。

- 前記で取り組む大型AM造形プロセスに組み込み可能なインプロセスNDI手法およびモニタリング/フィードバック制御プロセスを検討し、前述の大型構造AM造形プロセスに実装する際の装置構想とコスト見通しを得ること。
- このインプロセス品質保証システムの有効性は、キーコンポーネントにてシステム構築し、T/PLレベルでAMプロセスの異常検知/フィードバック制御による造形品質確保の成立性を実証すること。

【研究途中の成果目標】：以下のステップで研究1年目終了後/2年目開始前に継続可否のゲートを設定。

- 研究1年目（可能であれば令和4年度末）に小型部分要素試作等により、最小板厚、造形速度、造形品質、造形品の機械的特性の目標に対する評価・実証をし、造形プロセスの基本仕様を設定すること。
- この成果について輸送事業者やJAXA内外有識者等のレビューを受け、2年目移行可否を決定。
- 研究2年目にサブスケール供試体のサイズ・形状を造形可能な装置導入や制御プログラム整備を行い、大型化に向けたプロセス開発/検証を行うこと。
- 研究3年目までにサブスケールタンク供試体等の試作を行い、実タンクへの本製造技術の適用可能性を実証するとともに、試作タンクを水耐圧試験および極低温耐圧試験に供し、タンクとしての耐圧・気密性能を確認すること。

（2025~2026年度に実施を予定しているサブスケール試験機への適用を目指す）

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ サブスケール供試体の耐圧試験はJAXA側での実施を想定し、試験実施の費用は提案から除外してもよい。
- ・ 研究1年目末に中間評価を実施し、次年度への継続可否を判断するとしたい。（要素レベルでの適用性確認が不十分な場合、研究中断もありうる。）このため、研究費用は年度ごとの費用の積算値を提示すること。
- ・ 研究終了後に直径5mクラスのタンクの製造に必要な設備投資額の概算値を提案に含めること。また、研究終了時にはその額を明確化することが可能な提案とすること。
- ・ 研究終了後に実機タンクを提案者側で製造するか、研究成果を打上事業者に移管するかについて、提案時点での想定を明らかにすること。なお、提案者でタンクを製造する場合は、安全性・責任所掌（高圧ガス機器としての製品販売）などの観点から、提案者所掌の範囲として耐圧試験の実施を想定すること。

■ 課題概要

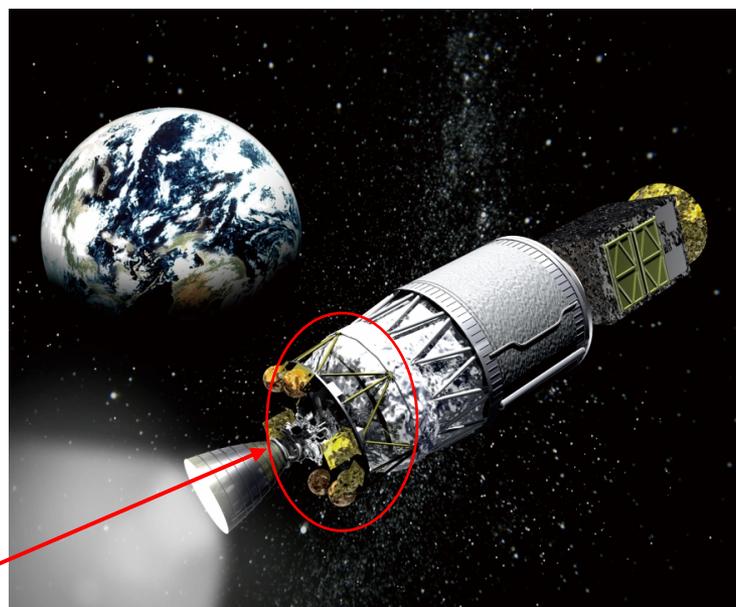
ロケットの再使用のためには、着陸装置等の追加の装備が必要で質量の増加が見込まれることから、従来の使い切りロケット以上の軽量化が機体構造には要求され、現在のアルミ合金より軽量・高強度の樹脂系複合材料（CFRP）の適用領域の拡大が必須である。しかし、CFRPの製造には治具が必要であることや、強度上取付穴等を自由に設定することが出来ない等、構造の変更が実施しにくいという課題がある。そこで、製造治具が不要で、要求に合わせた再設計も容易な3D積層等の技術の適用が可能であれば、機体の発展性・運用性を向上することが可能と考えられ、まずは荷重等の要求の小さい2次構造への適用性を検討したい。

■ 研究目標

本テーマは、2次構造部材へのCFRP3D積層技術の実機への適用に向けて、候補となる材料系/積層技術に関して要素試作・試験により下記を評価・確認する。

- 3D積層技術により、代表長0.5~1 m程度の搭載構造（上面に機器搭載可能な平面を有するトラス構造やラティス構造）が製造できる見込みがあること
- 機器搭載部に20kg程度の機器を搭載し、 98m/s^2 の加速度環境が負荷された場合にも、構造として耐荷するため十分な強度を有すること（材料特性取得により評価すること）
- アルミ合金構造と比較し25%以上軽量、かつ、通常のCFRP構造と比較し製品コストが50%程度となる見込みがあること

搭載構造の例



チャレンジ型/アイデア型：総額300~500万円以下/6~12か月以内

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ 研究終了後の実機適用時に提案者側で製品を製造するか、研究成果を打上事業者に移管するかについて、提案時点での想定を明らかにすること。

■ 本研究テーマを実施するにあたり歓迎する技術

- ・ 3D積層装置以外の大がかりな新規製造設備が不要であること
- ・ 3D積層独特の積層設計により、負荷荷重に耐荷する（強度／剛性要求への対応）だけでなく、他の機能を付与するアイデアがあれば歓迎する。

■ 課題概要

ロケットの再使用のためには従来の使い切りロケット以上の軽量化が機体構造には要求され、機体構造質量の大部分を占める推進薬タンクのCFRP化が望まれる。しかし、これまでのCFRP圧力容器は、気密性を確保するために、金属性または樹脂製のライナが用いられてきたが、大型ロケット直径数mを超えるサイズのライナの製造には、タンクの製造とほぼ同等の費用がかかるとともに質量も大きなものとなることが容易に予想される。一方、ライナレスタンクとした場合には、マイクロクラックを通じたリークが懸念される。

このため、低コストで軽量な大型ライナの製造技術が確立できれば、CFRPタンクの実現に向けたハードルを下げることが可能となる。

■ 研究目標

材料・製造方法の検討と要素試験により以下を確認し、軽量・低コストな大型タンクライナの製造可能性を評価・確認する。

- 選定した材料が常温～液体水素温度において水素を透過しないこと
- 直径5mサイズのライナを製造した場合にも、面密度（板厚×密度）が5kg/m²程度以下となる見込みが得られること。
- 直径5m、円筒部長さ5m程度のタンクライナを製造した場合のコストが1000万円程度以下になる見込みが得られること

また、上記の結果を踏まえ、2023年度募集の課題解決型研究提案に向けて、大型タンク構造（代表長5m以上）への適用に向けた技術課題の抽出を行う。

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ 本研究の成果を用いて製造したライナについては、自社での圧力容器製造に用いるだけでなく、推進薬タンク製造メーカーへ提供することが可能であること。

■ 本研究テーマを実施するにあたり歓迎する技術

- ・ 液体酸素への適用が可能な材料であると望ましい（必須ではない）。

■ 課題概要

ロケットの再使用のためには、着陸装置等の追加の装備が必要で質量の増加が見込まれることから、従来の使い切りロケット以上の軽量化が機体構造には要求される。このため、現在のアルミ合金より軽量・高強度の樹脂系複合材料（CFRP）の適用領域の拡大が必須であり、CFRPの異方性を有効に使うことが可能なラティス構造は軽量化の面で非常に適した構造様式と考えられる。

ただし、これまでのCFRPラティス構造の製造にはフィラメントワインディング法等を用いた低コスト化が図られているが、部材の交差部には一般部の2倍のプリプレグ等の材料が配置されるため、交差部近傍での製品の品質確保が難しく、強度／剛性を十分に引き出すことができていない。

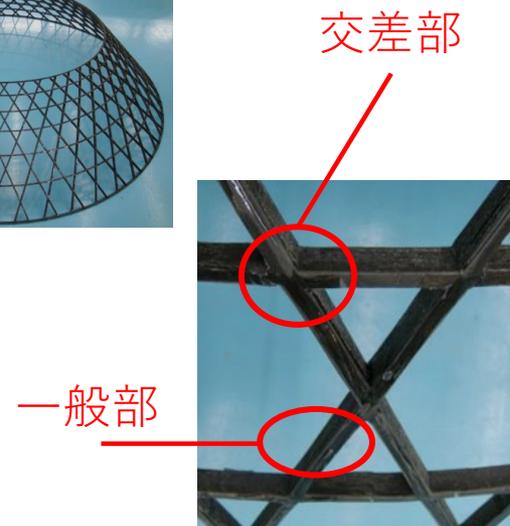
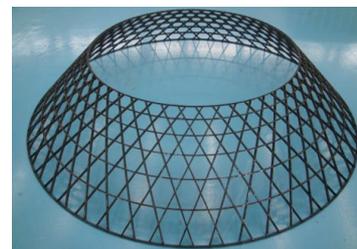
この課題に対し、現在研究・開発されているAFP法等の自動化された製造技術を適用し製造コストを低く抑えつつ、交差部近傍での品質を安定させることが実現できれば、機体構造の低コスト化・軽量化を実現する事が可能となる。

■ 研究目標

本テーマは、CFRPラティス構造の高信頼かつ低コストな製造方法の実現性確認に向けて、候補となる材料系／自動化技術に関して要素試験により下記を評価・確認する。

- 交差部の板厚／部材幅の局所的な増加を抑えることが可能であること
- 交差部近傍の一般部の製品品質が低下しないこと

また、上記の結果を踏まえ、2023年度募集の課題解決型研究提案に向けて、大型構造（代表長5m以上）への適用に向けた技術課題の抽出を行う。



■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ 研究終了後の実機適用時に提案者側で製品を製造するか、研究成果を打上事業者に移管するかについて、提案時点での想定を明らかにすること。

■ 本研究テーマを実施するにあたり歓迎する技術

- ・ ラティス構造の部材寸法／構成の変更に対して、対応が容易な治具が適用可能であること
- ・ 自動化製造設備以外に大がかりな新規製造設備が不要であること

■ 課題概要

大型構造体をAdditive Manufacturing（以下AM）で製造するプロセスを開発する際、熱源や積層条件の方針を設定するにあたり、実験的なアプローチだけでは多大な時間や費用がかかること、また、溶融池形成にかかわる物理現象（金属内の熱輸送や溶融池内の流動など）のメカニズムを理解した上で、定量性をもってパラメータ設定の方向性を見出すことが、開発期間の短縮・開発効率化に向けた課題となる。

それを踏まえ、本課題設定としては、大型ロケット構造として特徴的な、アルミ合金製・薄肉構造・大型・オーバーハング/分岐等の形状特性を有する構造へのAMプロセス開発に資する造形シミュレーションの検証、およびプロセス最適化に向けた評価手法の確立を焦点とする。

■ 研究目標

上記技術課題の解決のために、以下を目標としてアイデア型の研究を行う。

【WAAM造形シミュレーションの検証】

- 大型ロケット構造として特徴的な、アルミ合金製・薄肉構造・大型・オーバーハング/分岐等の形状特性を有する構造への適用を目指すAM材料およびプロセスに対し、造形シミュレーションの実行に必要な熱源パラメータや積層条件の設定方針・方法を検討し、シミュレーション結果と実際の積層結果との比較評価やチューニングを行い、造形シミュレーション手法の妥当性・適用性を検証すること。

【プロセス最適化に向けたケーススタディ】

- 上記の造形シミュレーションにおいて、熱源パラメータや積層条件を数値的に振ったケーススタディ並びに分析を行うことで、より効率的なAMプロセスに資する以下のような方向性を示すこと。
 - ✓ 熱源の優位性（CMT方式、レーザー方式、ハイブリッド方式など）
 - ✓ 積層部の事前冷却/加熱などの
 - ✓ 要求される板厚（薄板）を満足するために必要な要素

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ 実際にシミュレーションの対象とするAMの材料・プロセスについては、JAXAが実施する大型構造AM製造技術の研究と連携して柔軟に実施可能であること
- ・ シミュレーションの詳細なモデル化やインプット・アウトプットは、大型構造AMを研究開発する企業に開示し、それに基づいた協議に対応可能であること。

■ 課題概要

大型構造体をAdditive Manufacturing（以下AM）で製造する場合、大型構造への適用性に優れ、かつ造形速度が比較的速いことからワイヤーDED方式の適用が必須である。

一方で、一般に入手可能な低コストなAL合金ワイヤーは限られており、溶接用金属ワイヤーを適用した際に造形後に得られる機械的特性には限界がある。海外に目を向けると、例えばRelativity Space社はAl-Sc合金の調査を独自に開発したことで、造形後の熱処理不要でありながら良好な機械的特性を得ているようである。

そのような状況を踏まえ、本課題設定としては、現在ワイヤー製品化され入手可能なAL合金を凌駕する見込みのある、より軽量高比強度な細線ワイヤー材料のAMプロセス適用性を評価し、将来的な大型AMによる構造への適用に向けた見通しを得ることに取り組む。

■ 研究目標

上記技術課題の解決のために、以下を目標としてアイデア型の研究を行う。

1. 研究対象とする新規合金ワイヤー材の提案

（注）AM用合金ワイヤー材としての最適成分組成等の基礎研究から実施する必要がある、将来のAM大型構造の革新に貢献しうる合金ワイヤー（AL合金に限定しない）を対象とする。

2. 当該合金の目標強度の策定、組成検討、ワイヤー試作

3. 当該合金ワイヤーを用いたAMによる薄肉造形（2～3mm目標）の実証と強度特性取得

4. 大型サイズ造形に適用するためのワイヤー量産方策やAMプロセス研究への反映フロー検討

5. 当該合金ワイヤー材の量産化検討を踏まえた材料コストの見込みと既存材料と比較したベンチマーキングを示すこと（AMによるコストダウン効果を低減させないために、低コスト化の見込みがあることが望ましい）。

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。
- ・ 本研究で試作したAM用合金ワイヤーは、要すればJAXAが実施する大型構造AM製造技術の研究への提供が可能であること

■ 課題概要

大型ロケットに搭載する衛星やロケット自身の搭載機器等は、打上時のエンジン排気流に起因する音響や、それに伴う構造体のランダム加振に曝され、過酷な設計条件への耐荷を要求されることから、民生部品の適用の足枷となったり、高剛性設計を要するために重量化・高コスト化の一因となっている。

一方で、従来の技術では、フェアリングに吸音材を貼付することで内部の衛星周囲音響レベルを低減したり、搭載機器の振動はバネやゴムなどの部材を付加することで振動を抑制している。これは構造や機器として必要な基本機能に付加する形であり、様々な設計制約を与えることから、より構造や機器の筐体/基板等自体に機能付与することで防音・防振を実現することが望ましい。

特に革新将来輸送システムとして再使用化を指向するうえでは、構造や機器に累積するダメージを極力緩和することを目指し、本研究では、メタマテリアルをベースとした防音・防振設計技術の活用とロケット適用方法/効果に関する研究に取り組む。

■ 研究目標

上記技術課題の解決のために、以下を目標としてアイデア型の研究を行う。

下記①および②の両方の目標に取り組むことが望ましいが、いずれかの目標のみを対象とする提案でも可。

- ① ロケット搭載機器の基板等・基板上の部品等に対する防振設計のフィジビリティスタディ
 - リファレンスとするロケット搭載機器（仮定する筐体や基板サイズ/形状等はJAXAが設定する）の構造制約、材料、加振レベル/周波数等に対応し、防振したい箇所の目標応答低減レベルを満たすためのメタマテリアル構造の検討と解析による効果の可視化、パラメータ感度の把握。
 - そのメタマテリアル構造の成立性を3Dプリンタ等による試作評価により実証。
- ② 全機/サブシステムレベルの振動制御・防音のフィジビリティスタディ
 - ロケットフェアリングやアビオニクス機器搭載構造の内部の防音や、結合部の防振のための主構造へのメタマテリアル適用検討と解析による効果の可視化、パラメータ感度の把握。
 - ロケット主構造にメタマテリアルを適用した際の強度・質量等の構造特性の推定。（強度は主構造適用材料（アルミ合金等）の強度レベルを達成し、質量インパクトなく主構造に適用することを目標とする。）
 - それらのメタマテリアル構造の成立性を3Dプリンタ等による試作評価により実証。

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- ・ JAXAとともに、宇宙輸送機製造メーカーと適宜ヒアリングを行うことを想定。

■ 課題概要

低コスト極低温対応バルブ

液体ロケットは、タンク・配管・エンジンなどの内部の圧力や温度の制御を目的に、多数の8A（1/4インチ）や15A（1/2インチ）程度の極低温用のバルブが設置されている。ロケットに用いられているバルブは、可能な限り軽量化した上で、応答速度や信頼性を確保する必要があるため、今まで汎用品を使用する事が難しく、機体製造費を高くする要因となっている。

極低温（-160℃（LNG）～-250℃（LH2））で使用可能な低コスト高性能ソレノイドバルブが実現出来れば、低コスト化や軽量化に繋がるだけでなく、エンジンシステムの多様化も可能になる。しかし、ソレノイドバルブは開閉の衝撃が大きく破損のリスクや液体酸素中における発火のリスクが存在する。よってこのリスクを低減する為に低温脆性素材の物性データ取得、衝撃緩和検討、液体酸素適合性が必要となる。また、製品費を抑える為には、摺動部に適用する潤滑被膜の検討と製造工程管理の簡素化検討や、ソレノイドの小型軽量化を目指した設計と巻き線種の選定が必要となる。

本募集テーマは、水素社会の流れなど今後の極低温バルブの市場性を見ながらの規格と製品費削減策を検討し、液体ロケットに適用可能な低コスト極低温バルブの事業性のフィージビリティ検討を実施する。また、新たなロケット打ち上げ事業者への市場開拓も合わせて検討を実施する。

■ 研究目標

液体ロケットに適用も可能な低コストなソレノイドバルブの事業性も意識したフィージビリティ検討として下記を実施する。

- 水素社会の流れなど今後の市場性を見ながらの極低温用小型ソレノイドバルブの規格検討
- コイル設計、巻き線種の選定、製造工程管理の簡素化などの低コスト化手段の検討
- 材料の適合性（酸素適合製、水素脆化）の評価
- ソレノイドバルブは開閉の衝撃が大きく破損のリスク低減の検討

上記の検討にて、実現性を得た場合は、5～10年後の価格見積り及び事業化計画、課題解決型への研究開発計画を策定する。

想定スペック

配管サイズ：① 8A(1/4インチ)～15A(1/2インチ)：(低温用)
② 25A(1インチ)：(常温用)

使用圧力：最大20MPa程度(パージ用だと0.4MPa程度)

使用温度：① -250～+100℃(LOX/LH2)(8A～15A)
-196～+100℃(LOX/LNG)(8A～15A)
② -10℃～(常温) (25A)

参考目標耐久回数(①、②)：10000回以上

参考目標コスト(①、②)：1～5万円程度

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- 極低温環境での評価試験設備の使用
- アクチュエータに使用する材料の特性に関するデータベースの提供

■ 課題概要

革新的将来宇宙輸送システムの搭載推薬量あたりの打上げ能力を高くする為に、構造に複合材を適用し軽量化を図っている。この複合材の適用を検討しているロケットの構造には、極低温の流体を導く配管も含まれており、漏洩防止や低コスト化製造の技術研究を進めている。一方で、複合材は極低温に冷やした際の線膨張は金属と比べて大きく、CFRPに使用する樹脂素材によって規模は異なるが1mあたり5~10mm縮む。その為、複合材配管を一段ロケットのフィードライン等に適用した際は、熱歪みへの対応や寸法要求の緩和の為に、ベローズやフレキシブルホースを配管系統内に設ける必要がある。

本研究は極低温(-196℃以下)に対応するベローズ又はフレキシブルホースに関して、地上産業利用と共通利用に向けた課題に関して技術研究に取り組み、ロケットでの適用(機械環境・再使用性)の課題に関して技術実証を最終的に取り組む事を目標とする。

■ 研究目標

革新将来宇宙輸送システムではCFRP配管の熱歪みの対策として、ベローズ又はフレキシブルホースを多数設置する事は総質量の増加が生じる事は好ましくない。その為、アイデア型研究では「変位の対応性が高い極低温対応のベローズ又はフレキシブルホース」が「再使用型の宇宙輸送システムに適用可能である事」をフィージビリティ確認する。また、極低温環境での検証など、課題解決型研究での技術実証を目指した技術課題の整理に取り組む。

- 軽量性：-196℃環境に対し、質量を軽く・全長を短く
- 4 Gレベルの振動に対する耐久性
- 圧力損失を小さくする

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

当募集で求めるフレキシブル配管の口径は8A(1/4インチ)から25A(1インチ)を考えております。技術評価に関しては下記の提供を予定しており、それ以外を希望される場合は提案書に記載をお願いします。

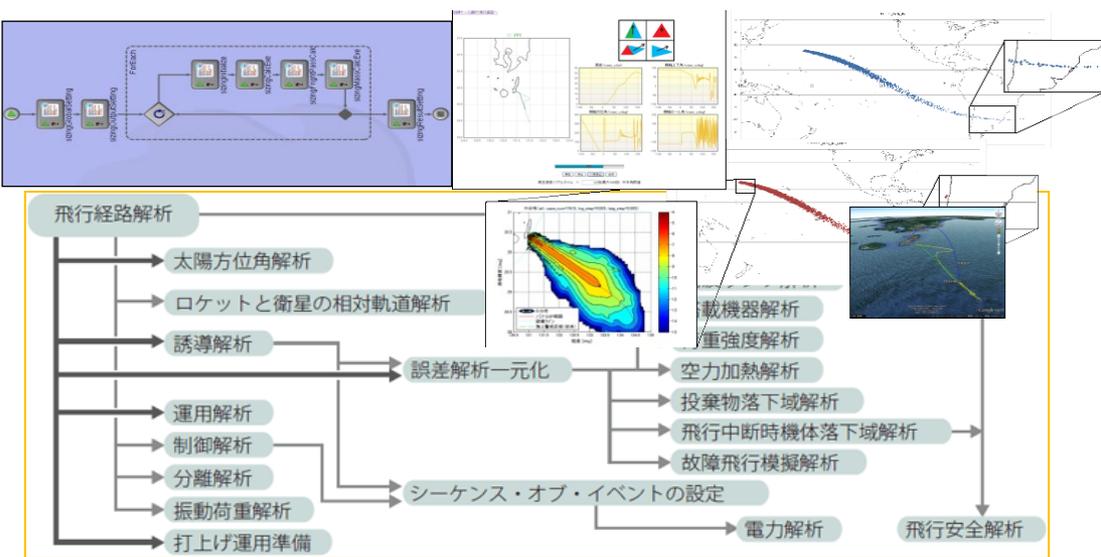
- 極低温環境での評価試験設備の使用
- 振動試験等の機械環境設備の使用

■ 課題概要

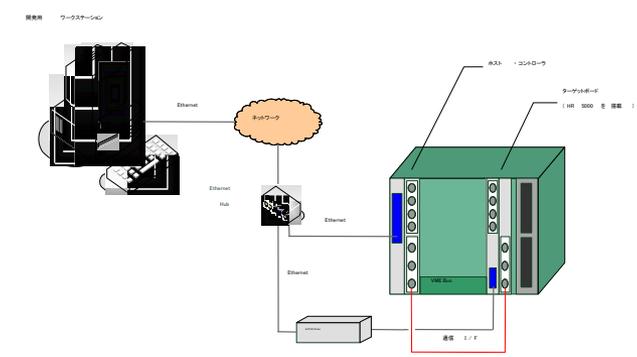
複数回のフライトを実現する革新宇宙輸送においては、再整備期間・コストが非常に重要で、機体を対象とした再整備については航空機の技術の適用などについて技術構築を行っている。一方で、搭載ソフトの製作・検証の工程については、毎回新規ミッション製作を行う作業が必要な状況である。よって、再整備期間・コストともミッション対応の設定（ミッション定数など）を搭載ソフト上に実装し検証する作業が、期間・コストの両面で、大きな課題となり得る。

搭載ソフトウェア製作効率化に向けて、毎号機のミッション設計～検証プロセスに新たな技術を導入し、短期・低コストな対応を実現することが必要となる。また、今後宇宙輸送の競争力を向上してゆくためには、運用の中でソフトウェアを改良し続けられることが重要になり、搭載計算機上への実装ハードルを下げた環境を準備することが望ましい。

事前解析により飛行計画を確定



搭載計算機にのせ、検証する作業は個別に必要

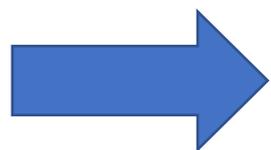
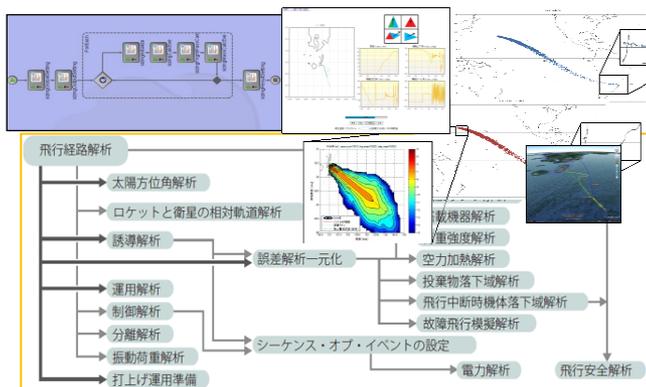


アイデア型：総額500万円以下/最長12か月以内

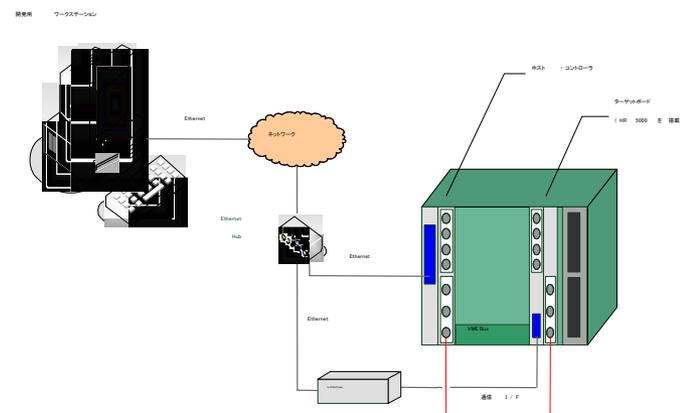
■ 課題解決へのアプローチ

地上産業では、エッジコンピューティング開発などで多種の端末（計算機）のリアルタイムOS上で同種のソフトを搭載することを可能にしているマイクロサービスアーキテクチャ・コンテナの技術が活用されており、本技術を活用することでロケットの課題に対応していくことが期待される。

上記技術を活用し、事前の解析などで作成したミッション設計の内容（ライブラリと定数）をそのまま搭載計算機のリアルタイムOS上に展開することを可能としたい。これにより、従来実施してきた搭載計算機上のソフトウェア設計・製作・検証にかかる工程を大幅に省力化する。初年度はPoCとして、クラウド上で実行しているJAXAのシミュレーション・ロジックをエッジコンピュータ上で実行し、同等のシミュレーション結果が得られることの確認を行う。



飛行計画で作成した
ロジック、定数が
そのまま転送可能になる



- Real time video streaming
- Decode data to OPC-UA
- Select picture by time
- Data insert to DB
- Object detection

Docker Kubernetes

ワークステーション

NVIDIA Jetson Xavier 等のマイエンド エッジコンピューティングデバイス

LATONA AION™ on Nvidia Jetson Xavier

リソース
転送

エッジ
NVIDIA
等のマイ
エンド
エッジコ
マイク

コンテナ化

- Real time video streaming
- Decode data to OPC-UA
- Select picture by time
- Data insert to DB
- Object detection

Docker Kubernetes

エッジ

NVIDIA Jetson Xavier 等のマイエンド エッジコンピューティングデバイス

LATONA NVIDIA ARM

エッジでデプロイする可能性があるマイクロサービスをワークステーションに持たせておくことで、ワークステーションとつながったエッジ端末に自由にリソース展開することが可能。

リソース展開されたマイクロサービスはエッジ

■ 研究目標

- ✓ ロケットの地上シミュレーション用搭載ソフトウェアを、マイクロサービスアーキテクチャ・コンテナ技術でコンテナ化したリアルタイムOS上で動作させ、評価を行う。
 - JAXA飛行計画で作成する誘導・制御プログラムのマイクロサービスアーキテクチャ・コンテナ技術との適合性確認
 - コンテナ化したロジックのエッジコンピュータなどリアルタイムOS上への転送可否評価
 - リアルタイムOSでの演算と従来解析結果との比較評価

期間： 5ヶ月程度 (T.B.D)、 費用：500万

■ 本研究課題を実施するにあたっての留意事項

- エッジコンピュータなどリアルタイムOS動作環境の指定・提供は共同研究相手先が担当することを想定
- 必要なロジックの提供および関連ロジックのマイクロサービスアーキテクチャ化については、機構と関連研究業者へのヒアリングを行う
- 発展構想や計算機・ソフトウェアアーキテクチャについて、衛星側で同様の研究を実施している機構技術者などへのヒアリングも想定

■ 本研究テーマを実施するにあたり歓迎する技術

- 実機適用に向けた処理能力向上技術
- 時刻同期性獲得に向けた技術
- 信頼性獲得に向けた技術