



2023年度助成研究終了報告書

※ゴシック文字で記入下さい。

研究テーマ	極超音速機周囲プラズマによる通信障害の流体・電波連成解析による設計指針の獲得
研究の結果	<p>本研究では CFD による極超音速機周囲プラズマ流の流体解析と、FDTD 法による電波伝播解析の連成手法を開発し、スペースプレーンを想定した先端ノーズ半径 R_n が小さい空力特性に優れるシャープ形状と、スペースシャトルに代表される従来の R_n が大きい鈍頭形状とを比較し、プラズマと電波の干渉に伴い生じる通信障害への影響を評価した。流体解析には圧縮性流計算に大気化学反応を加えたモデルを作成し、FDTD 法についてもプラズマの分散性に加え、本研究に適した CFD データの取り込み手法、計算手法、機体モデリングを実装した。</p> <p>本解析手法により、極超音速機の R_n を変化させ、電波減衰を算出した。結果を図 1 に示す。R_n の小さいシャープ形状ほど先端部前方の離脱衝撃波背後のボリュームが小さくなり、プラズマ生成量は減少する。その後、移流に伴い生成されるプラズマ量は小さいため、シース中のプラズマ密度は減少し、R_n が小さいほど電波の減衰が抑制されること(図 1 で高い dB 値を示すこと)が確認された。</p> <p>図 2 に電界強度の分布を示す。右の鈍頭形状では電波減衰が顕著だが、左のシャープ形状では従来ブラックアウトが発生しているとされるフライト条件においても、通信が確保されることが確認された。スペースプレーンの実現に重要である空気抵抗もシャープ形状により改善が確認された一方で、熱流束は経験式から増加することが分かっており、機体設計の上ではこれらの最適点を見出すことが重要との結果が本研究により明確化された。</p> <p>上記に加えて、高高度における通信障害が発生するタイミングの予測手法についても焦点を当て、CFD における連続流の仮定が破綻する高高度での希薄プラズマ流解析手法の検討を実施した。従来、希薄流解析に使用される DSMC(Direct simulation Monte Carlo)法では電離度の低いプラズマ密度の分布を適切に解像できないことが明らかとなり、流線上のパラメータ及び保存則に基づいた化学反応のポスト処理を DSMC 計算後に実施することにより、低計算負荷にて希薄プラズマ流の分布取得に成功した。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="316 1355 686 1668"> </div> <div data-bbox="742 1355 1444 1668"> </div> </div> <p>図 1 ノーズ半径 R_n に対する電波減衰</p> <p>図 2 電界強度の分布: 左のシャープ形状では強い電界強度が得られ、一方で右の鈍頭形状では減衰が大きい</p>
研究発表 (実績)	<p>[1] 森本貴大, 杵淵紀世志 「極超音速飛行体の通信ブラックアウトにおける機体形状の影響」 宇宙航行の力学シンポジウム, 相模原, 2022 年 12 月.</p> <p>[2] 森本貴大, Charton Virgile, 杵淵紀世志 「DSMC 法と流線抽出に基づく化学反応再計算による高高度極超音速飛行解析」 宇宙航行の力学シンポジウム, 相模原, 2023 年 12 月.</p> <p>[3] 森本貴大, Charton Virgile, 杵淵紀世志 「DSMC 法による高高度極超音速飛行体周囲の電子数分布解析」 航空宇宙流体科学サマースクール, 鳥取, 2023 年 9 月.</p>

提出期限：研究期間終了後、すみやかに助成金の「必要経費使途明細書」「領収書」と合わせて提出下さい。
年度をまたぐ場合は毎年3月末日までに、途中経過をご記入の上、報告願います。