

プラズマアクチュエータによる鉄道車両走行時の燃費向上

KCCT 神戸市立工業高等専門学校 専攻科 電気電子工学専攻2年 ○遠藤 優介 安田 台

1. 概略

既存の鉄道車両は、運行速度や乗車面積など様々な観点から**空気抵抗を最も受けやすい**直方体形状である。そこで、鉄道車両にプラズマアクチュエータ (Plasma Actuator : PA) を導入することで、**低コスト**かつ**コンパクト**に鉄道車両の燃費向上を目指す。

2. プラズマアクチュエータ技術の紹介

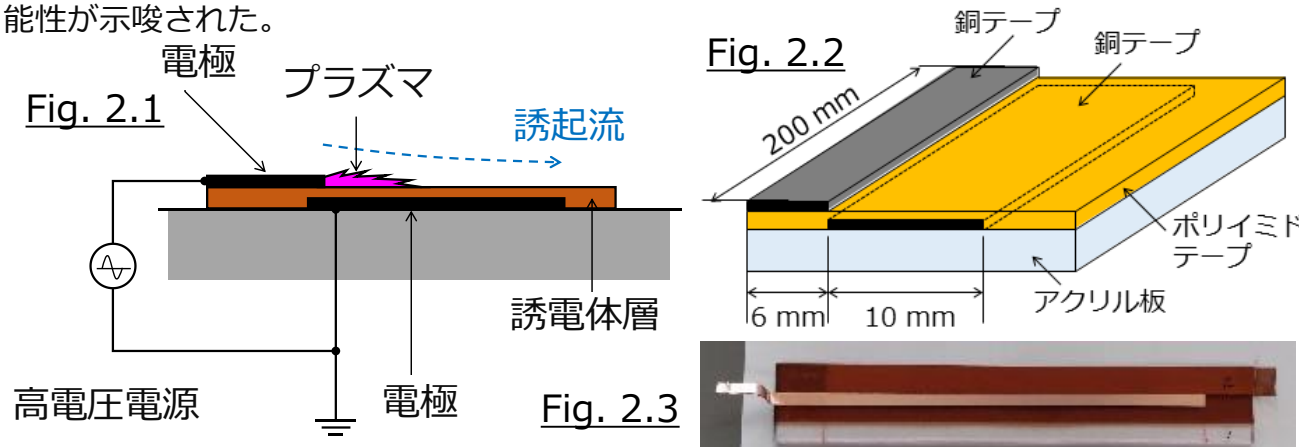
PAとは近年注目されている次世代の気流制御デバイスである。Fig. 2.1に示すPAの概略図を用いて動作原理を説明する。PAは上下の電極間に誘電体が挟まれた構造を持つデバイスで、**非常に薄い** (0.1 mm程度) ことが特徴である。この電極間で放電現象を起こすことで、周囲の気体が急速に加熱される。その際気体内部では、圧力と温度の急勾配が形成され衝撃波が生じる。この衝撃波によって、気流を制御することができる。

Fig. 2.2とFig. 2.3に、それぞれ製作したPAの模式図と本体を示す。このPAにより、走行時に車両から剥離する気流をその形状に沿わせることで、空気抵抗を低減する。その際、運行速度が速くなるにつれて気流制御に要する衝撃波強度も高くなる。強力な衝撃波を発生させるには、駆動回路からPAへ投入されるエネルギー密度の向上が求められる。

3. プラズマアクチュエータの導入に向けての取り組み

PAの鉄道車両への導入には、気流制御に要する電気エネルギーの総量を小さくし、空気抵抗低減によって節約できるエネルギー量が上回る必要がある。また、PAを駆動する回路が大型化してしまうと、それ自身が空気抵抗の元となるため、小型バッテリーなどで強力な衝撃波を生成する必要がある。そのために、①電気工学の知見に基づくPAとその駆動回路の開発と②機械工学の知見に基づいてその気流制御の精密な評価が求められる。我々は鉄道車両への実装に向けて、①の観点から、パルスパワー工学とパワーエレクトロニクスの知識を用いてPAとその駆動回路を開発した。その取り組み内容について述べる。

Fig. 3.1に製作したPA駆動回路を示す。PAは、Fig. 2.3に示すものを用いた。本駆動回路の入力電圧を変化させた時の出力電圧のピーク値に対して、PAへ投入されるエネルギー密度を示したグラフをFig. 3.2に示す。この結果から、①出力電圧のピーク値が高くなることでエネルギー密度が上昇すること、②ポリイミドテープの枚数を少なくし、誘電体の厚さを薄くすることでエネルギー密度が向上することが確認できた。また、実際に気流が制御されているかを確認するため、翼模型を用いて風洞試験を行った。その結果をFig. 3.3に示す。PAがonの時、offの時と比較して翼後方部の白く映る気流の剥離が抑制され、気流を制御できることが確認できた。この結果を受けて、PAによる燃費向上の可能性が示唆された。



4. まとめと実用化への課題

- PAは大きかりな機械部品の導入による車両形状の変化を必要とせず、気流制御が可能
既存の鉄道車両への**実装が容易**
- PAは銅テープとポリイミドテープのみで製作可能
低コスト & **非常に薄い**
- 高電圧発生回路によってPA駆動
- 運行速度に応じた気流制御を行うには衝撃波強度が重要
PAの構造とその駆動回路を最適化することで、PAへの投入エネルギー密度向上
- ◇ 流体力学による精密な評価
鉄道車両におけるPA設置箇所の検討
「PAの駆動回路で消費する電気エネルギー量 < 空気抵抗低減により節約できるエネルギー量」の実現

