

# ソレノイドによる射出装置を用いた高速列車トンネル突入時に発生する微気圧波伝播過程の計測

Measurement of the micro-pressure-wave generation process caused by a high-speed-train-model going in to a tunnel-model with the use of solenoidal system

ME22 森田 大  
指導教員 稲毛達朗

## 1. 緒言

現在、新幹線等の高速鉄道列車は長いトンネルに突入する際、トンネル微気圧波という圧力波を発生させている。トンネル微気圧波はトンネル出口付近で音や振動を発生させるだけでなく、トンネル内において対向する列車を振動させ、対向列車の走行を妨げる<sup>[1]</sup>。このトンネル微気圧波は近年高速化が進む高速鉄道列車の運行開発において重大な問題として挙げられている。本研究では列車の小型モデルを用いて、模擬実験を行っていくことで、微気圧波低減のための実験を繰り返し行える射出機構を開発していく。そして、模擬実験を行うことでトンネル微気圧波の低減を検討していく。

## 2. 研究のアプローチ

トンネル微気圧波の発生過程のモデルを図1に示す。列車が高速でトンネルに突入するとトンネル内の空気が圧縮され、トンネル内を音速で伝播する。出口に到達すると圧力波が瞬間的に開放されるため空気が急激に膨張し、破裂音となって周囲に拡散していく<sup>[2]</sup>。本研究に適用している列車模型とトンネル模型の断面積比は、トンネル微気圧波の被害が数多く報告されている山陽新幹線、高塚山トンネルのトンネル断面積比をモデルとして設計した。また、列車模型を射出する機構にはソレノイドを用い、電磁誘導の原理を利用して磁性体の列車模型を射出する。コンデンサに蓄えられた電荷をソレノイドへ放電することでソレノイドへ電流が流れ、強力な磁界が発生する。発生した磁界によって列車模型はソレノイド内へ引き付けられ、慣性の法則によってソレノイド内を通過しトンネルモデルに射出される。そして、列車模型を高速で射出させるため、ソレノイドによる加速部を複数設けることで列車模型の連続的な加速を試みる。多段式加速機構では、PIN フォトダイオードによる検出部を射出された列車模型が通過した瞬間に2段目のソレノイドへ電流が流れ、移動している列車模型を2段目のソレノイドによって加速させる。微気圧波計測の予備実験として、トンネル模型内に線香の煙を充満させ、煙による空気の流れの可視化する実験を行う。

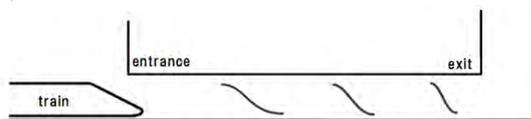


図1. トンネル微気圧波の発生過程

## 3. 結果

現在の最高射出速度は110km/hであり、コンデンサの静電容量を増加させると射出速度が向上することが分かった。また、列車模型の磁性材料を鉄と軟磁性材料の電磁純鉄を用いて比較実験を行った結果、材料による射出速度の大きな変化は見られなかった。図2は線香の煙を充満させたトンネル模型内に列車模型を76km/hで射出したときの空気の流れをハイスピードカメラで撮影した動画の一部である。煙の勾配が徐々に切り立っていく様子が図1に示したトンネル微気圧波形成過程の様子とよく似ていることから、微弱ではあるが模擬実験で圧力波の可視化ができています。また、1段目ソレノイドの射出速度と2段目のソレノイドの射出速度に変化がみられなかったことから、PIN フォトダイオードによる検出部の検出時刻と2段目ソレノイドの放電時刻の同期がなされておらず、列車模型は加速できていない。

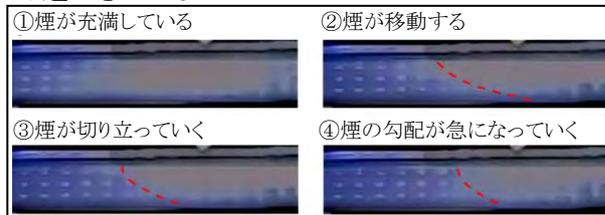


図2. トンネル模型内の空気の流れ

## 4. まとめ

実車と同等のトンネル断面積比の模型装置において気の流れを観測することができた。今後、本装置で微気圧波低減のための実験を行っていくために300km/hでの模擬実験が可能となるようPIN フォトダイオードによる検出部の精度を向上させる。また、多段式射出機構による加速を実現させる。そして、トンネルモデル内での微気圧波を計測し、トンネル模型や列車模型の形状による微気圧波発生過程の変化を捉え、微気圧波低減を検討していく。

## 文献

- [1] 財団法人鉄道総合技術研究所 田中靖幸, 飯田雅宣, 福田 傑: “トンネル圧力波の模型実験方法”, <http://astamuse.com/ja/published/Jp/No/2002082013>, 2005年11月
- [2] 遠藤洋一, 太田匡則, 前野一夫: “在来線特急のトンネル突入による圧力波の圧力勾配に関する小型模型実験”, 衝撃波シンポジウム講演論文集, 1B1-4, pp.61-62, 平成24年度