

# ソレノイドを用いた列車模型射出装置による トンネル微気圧波計測

Measurement of micro pressure wave by the train model accelerator using a solenoid

ME39 安田悠人  
指導教員 稲毛達朗

## 1. 緒言

日本では近年、新幹線の高速化が進んでいる。しかし、高速化とともに多くの騒音問題が深刻化し、高速運転への妨げとなっている。この騒音問題は空気力学的問題に由来するものであり、主として山岳地帯の多い日本の新幹線において、長大なトンネルが多く存在することに起因する。トンネルに起因する騒音問題の代表に、「トンネルドン」とも呼ばれるトンネル微気圧波がある。これは、列車が高速でトンネルに突入した際、車両がピストンのような働きをおこないトンネル内の空気が圧縮され、列車の前方に圧縮波を形成する。それが音速に近い速度でトンネル内を伝播し、トンネル出口でパルス状の圧力波となって放射され発生する騒音問題であると議論されている<sup>[1]</sup>。このトンネル微気圧波を小型列車模型射出装置によって模擬発生させ、発生メカニズムを計測し、トンネル微気圧波の低減を行うことを目的とする。

## 2. 研究のアプローチ

図1は、本研究で使用したソレノイドを用いた模型射出装置とトンネル微気圧波発生用のトンネル模型である。模型射出装置は、 $\phi 2.0\text{mm}$  のポリエステル銅線を巻いて製作したソレノイドを $\phi 22\text{mm}$  のアクリルパイプに取付け、そのソレノイドへコンデンサに蓄えた電荷を放電することで磁界を発生させ、磁力によって列車模型を射出するしくみである。トンネル微気圧波の計測は、トンネル模型の入口と出口に圧力計測用のピエゾ素子と、列車模型の通過時刻を確認するための光センサを取付け、トリガ同期させた二台のオシロスコープによってそれぞれの信号を検出し計測をおこなう方法とした。なお、ここではトンネル微気圧波の発生を確認するために行った、ピエゾ素子を用いた計測実験を取り上げる。この実験で射出した列車模型の速度は時速約 $150\text{km/h}$ 、トンネル模型の全長 $1\text{m}$ である。

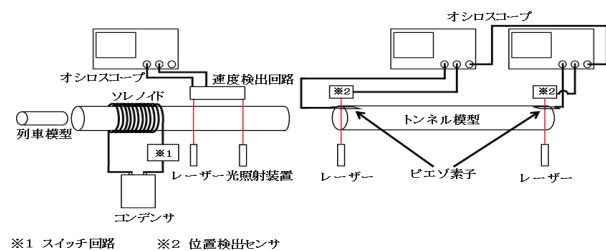


図1 ソレノイドを用いた列車模型発射装置

## 3. 結果

図3より、トンネル出口に置いたピエゾ素子と光セ

ンサの反応時間の比較を行うと、列車模型が通過する $19.2\text{ms}$ 前にピエゾ素子の信号が発生しており、列車模型通過時に発生する圧力より先にトンネル出口で圧縮波が通過したことが分かった。

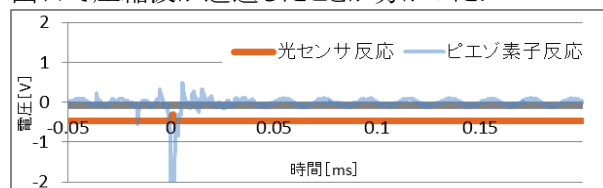


図2 トンネル入口部のセンサ反応

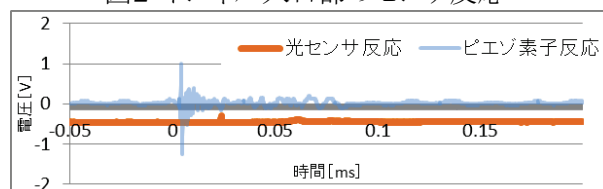


図3 トンネル出口部のセンサ反応

## 4. 結論

結果より、トンネル入口で発生した圧縮波は $4.3\text{ms}$ 経過後トンネル出口において計測できた。この結果より秒速 $233\text{m/s}$ で伝播したことがわかった。また、トンネル出口へ伝播する圧縮波の到達時間を算出し、実測値との比較を行った。圧縮波の伝播速度は乾燥空气中に伝播する音速と等しいため、圧縮波の速度を $340\text{m/s}$ とし伝播速度を算出すると、約 $2.9\text{ms}$ で到達する。本実験では実測値と算出値の間に約 $1.4\text{ms}$ の誤差が発生しているが、トリガ同期を用いて二台のオシロスコープで計測を行った点や、ピエゾ素子や光センサの計測誤差によって発生した誤差であると推測される。その点を踏まえ、本実験で得た実測値と圧縮波の伝播速度を音速とし導いた算出値が近似しているためトンネル微気圧波が発生したと考えられる。

## 5. 今後の発展

ソレノイドを用いた列車模型射出装置とトンネル模型によってトンネル微気圧波を模擬発生させることが可能であるとわかった。今後は、ピエゾ素子の信号からトンネル微気圧波の圧力を測定し、数値データによる議論を可能としていく。また、形状を変化させたトンネル模型を用い、トンネル微気圧波の圧力比較を行い低減方法の具体案を完成させることを目標とする。

## 文献

[1] 宮地 徳蔵: “トンネル微気圧波に関する理論的および実験的研究”, 大阪府立大学, 2011