

S1-1-2 単線トンネルを高速で走行する列車が受ける圧力変動

—第5報 無線電送を用いた遠隔車両の圧力計測—

○ 林 涼平 (金沢工業大学院) 荒木 憲一 (西日本旅客鉄道) [機] 中島 円 (金沢工業大学)

[機・電] 平間 淳司 (金沢工業大学) [機・電] 永瀬 和彦 (金沢工業大学)

Fluctuation of Atmospheric Pressure in a Train Running in a Long, Single-Track Tunnel at High Speed

Ryohei HAYASHI, (Kanazawa Institute of Technology 7-1 Ohgigaoka, Nonoichi, Ishikawa)

Kenichi ARAKI, (West Japan Railway Co.)

Madoka NAKAJIMA, (Kanazawa Institute of Technology)

Junji HIRAMA, (Kanazawa Institute of Technology)

Kazuhiko NAGASE, (Kanazawa Institute of Technology)

High level atmospheric pressure fluctuation is observed in a JR Ltd. Exp. EMU when the train rushes into a long signal track narrow gauge tunnel. The authors installed an event recorder on the one side head-end car of 9 cars EMU to investigate the above mentioned phenomena. As the result of the investigation, they found higher level atmospheric pressure were presumably originated in the another-side head-end car. To acquire the behavior of the atmospheric pressure in another-side head-end car, an atmospheric pressure sensor and a wireless data transmitter was installed in the car, and the data measured by the sensor were transmitted to the event recorder. The result of the experiment was written in this paper.

キーワード：鉄道、トンネル、圧力変動

Keyword: Railway, Tunnel, Pressure Fluctuation

1. はじめに

前年の J-Rail'04 では当研究の第4報¹⁾で、単線長大トンネル内を 160km/h で高速走行する 9 両編成の在来線特急列車において、編成中の測定車両の連結位置によってトンネル走行中に生じる圧力変動の傾向が異なることを調査報告をした。また、同年の J-Rail で同時に発表した「内部に信号所のある長大単線トンネル内で離合する列車が受ける圧力変動 —第1報 引き合い現象が発生した場合の圧力変動—」²⁾では、トンネル内の信号所で対向列車と交換後に互いに背を向けながら（以下、背向とする）走行する状態では、互いの列車に著大な圧力減少（以下、引き合い現象とする）が生じることを報告した。そして、その状態を維持したままトンネルを進出すると、列車に急激な圧力上昇が生ずることも報告した。

以上の研究成果を元に、従前と同じ線区内を当該列車が走行中により著大な圧力変動を受ける可能性のある箇所を調べた結果、計測対象車両である 9 号車と反対側の 1 号車

において、より大きな圧力変動が生じていることを推定することができた。これに対して当研究では、1 号車側が受けている圧力変動の実態を解明するために、1 号車の圧力値を計測し 9 号車側で取得するシステムを新規に製作し搭載することにした。そこで本報では 1 号車側の圧力値を計測するに至った経緯と、新規に製作した計測システムの開発状況の報告を行う。

2. 既存の計測システムと搭載車両について

図1に被対象列車の進行方向と計測装置搭載車両を示す。2003 年度より同列車の 9 号車の床下に計測システムを搭

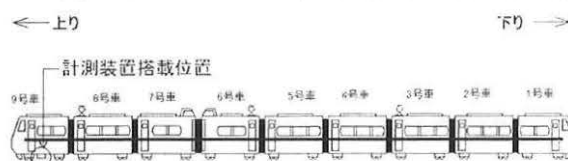


図1 測定装置搭載車両の連結位置

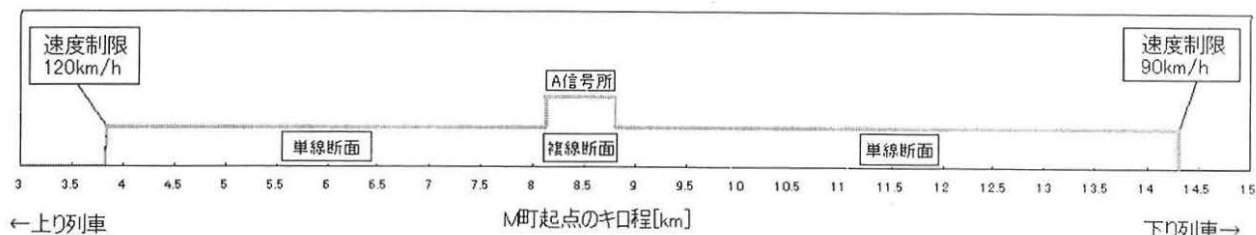


図2 Aトンネルの構造図

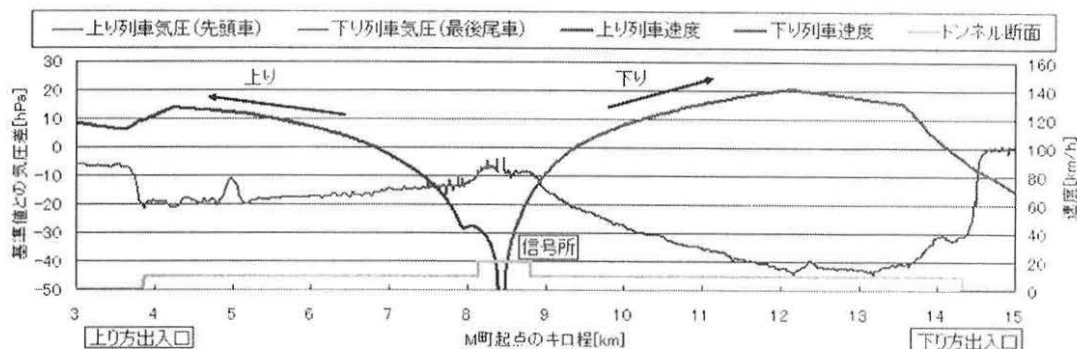


図3 背向する2列車の引き合い現象発生時の圧力変動

載し、列車速度及び9号車側の車外気圧値の計測を開始した。同システムのサンプリング時間は0.5[s]である。

3. 解析対象トンネル及び列車

これまでの研究結果からは、引き合い現象状態を維持したままトンネルを進出すると急激な圧力上昇が生ずることが確認されている。そこで本報では、引き合い現象が生じる可能性のある図2の様な単線長大トンネルと、同トンネルのA信号所で列車交換を行い同時に発車する上り・下りの2列車を解析対象とした。図2は同トンネルをキロ程で示しており、トンネルの中央部には複線断面となる信号所が存在する。また、上り方出口に120km/hと下り方出口に90km/hの速度制限が存在する。

4. 解析結果と既存の計測システムの問題点

既存の計測システムで得られた、解析対象の上り下り2列車のAトンネル内A信号所からトンネル進出までの走行速度と圧力値の変化をM町起点のキロ程で表したものを図3に示す。同図は2列車の計測値を示しているため、上り列車については中央のA信号所から左側に値が推移しており、下り列車については右側に値が推移していることになる。同図の圧力値については測定日による大気圧差を考慮し、各測定日のM町での大気圧を基準としてその差圧を表示している。また、グラフの下部のラインは、トンネルの範囲を示している。

図3に示した上り下り2列車は、同時に信号所を発車しおそらくほぼ同時にトンネルを進出したと考えられ、信号

所発車からそれまでの間、2列車に引き合い現象が生じていたと考えられる。この現象については既にJ-Rail '04の「内部に信号所のある長大単線トンネル内で離合する列車が受ける圧力変動—第1報 引き合い現象が発生した場合の圧力変動—」²⁾にて報告されている。また、同時に背向して走行しているにも関わらず2列車間で圧力変動量が異なる理由は、当研究の第4報¹⁾で示されている通り、測定車両の連結位置が異なるためである。

ここで、下り列車が12kmからトンネル出口まで受けた圧力変動に注目すると、圧力の減少量が少なくなり、13kmを過ぎた辺りから、圧力値が40hPaから30hPaへと徐々に上がっていることが分かる。そして、トンネル進出時の瞬間的な圧力上昇は、30hPa程度である。これは90km/hの速度制限が存在する下り方トンネル出口に向け列車が減速したため、引き合い現象が緩和されたためだと考えられる。もし、このまま減速せずにトンネルを進出した場合、トンネル出口部でより大きな圧力上昇をしたと考えられる。

これに対して、上り列車の速度に注目すると下り列車ほど大きく減速していないことが分かる。これは上り方出口の速度制限が120km/hと比較的高速であるためである。だが、上り列車は計測車両が先頭車となるため、引き合い現象が生じた際の圧力低下量が少なく、下り列車と同条件で最大の圧力減少量を捉えることが出来ない。もし、上り列車の最後尾車となる1号車で計測が行えたのであれば、引き合い現象の圧力減少量と、その状態を維持したままトンネルを進出した際の瞬間的な圧力上昇量の最大値を計測できたと考えられる。

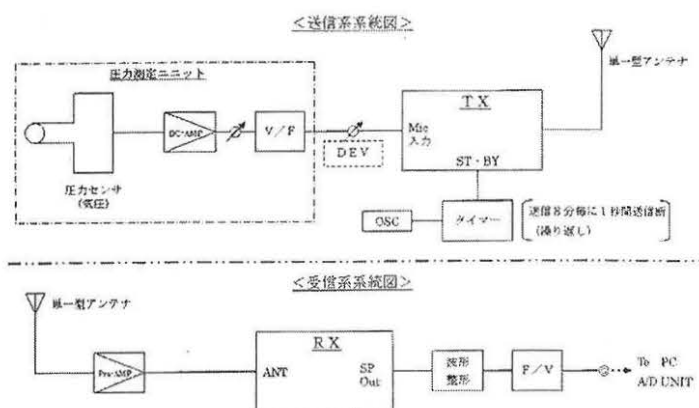


図4 遠隔車両の圧力計測用無線設備の系統図

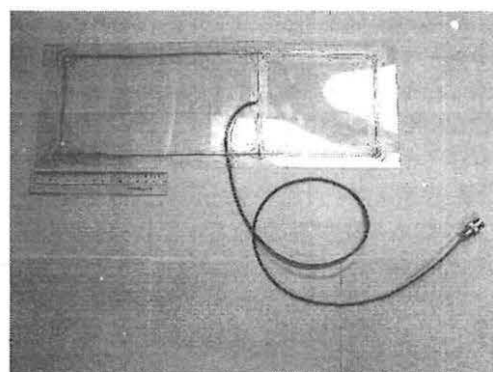


図5 車上に仮設した電送用アンテナ

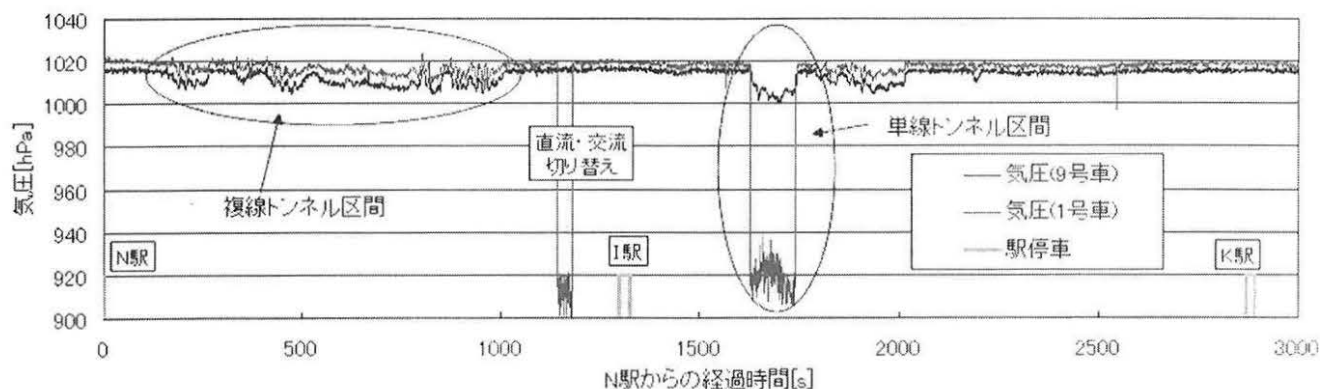


図6 仮設試験で得た結果

以上のことから、引き合い現象が生じトンネルを進入する際に大気圧に戻ることに生じる圧力上昇量の最大値を把握するためには、上り列車側の最後尾車となる1号車側の圧力値を計測する必要があると考えられる。

5. 遠隔車両の圧力計測方法

前節での解析結果を受け、筆者らは既存の計測システムを搭載する9号車とは反対側の1号車の圧力値を計測することとした。だが、当研究の計測対象列車は、1～6両までの6両と7～8両までの3両が分割併合する場合もあるため、1号車側の圧力値を有線で9号車まで電送することは難しい。そこで、1号車に設置した気圧センサで得た信号を9号車まで無線電送することにした。テレメーターシステムの系統図は図4に示すとおりである。

この方法を採用することで、ケーブルを施工する工程が省け、車両側の改造範囲を抑えることができる。また、6両側と3両側が別の列車編成として走行する可能性もあるため、これまではトンネル内で離合する2列車の気圧情報を同時に計測することはできなかったが、条件が合えば同時に2列車の圧力値を計測することも可能となる。

無線電送を行うに当たり当研究では、当該列車が走行する管内の400MHz帯の周波数を、特定実験局として総務省から認可を受け使用することとした。9号車のテレメーターシステムの受信部については、既存の計測システムを搭載している床下機器箱内に設置し、送信部は1号車側の床下機器箱内に新規に設置することにした。また、送受信を行うアンテナについては、当初、両車両床下の走行に支障の受けない箇所に、弾力のある耐衝撃性のアンテナを用いる予定であった。だが、アンテナの設置位置に制約が多く、停止状態で実際に行った試験でノイズが入るなど、伝播状態が極めて悪いことが分かった。そこで、感度と耐久性を両立させるために、図5に示すような自作のフィルムアンテナ（以下、「ヘンテナ」と言う）を用いることとした。このヘンテナを両運転台の側窓に設置し、1号車側から9号車側へ気圧情報を電送する方法を採った。

6. 試験結果

テレメーターシステムを当該列車に最終的な仕様として取り付ける前段階として、同システムを1号車と9号車に仮設し実走行試験を行った。走行試験を行った路線は全線複線であり、当研究の計測対象としている線区ではないが、

特定実験局として免許を取得している範囲である上、複線トンネルと単線トンネルが存在する区間でもあるため、試験に適した条件といえる。更に本報では、複線トンネルが多数存在するN駅からI駅までと、比較的長い単線トンネルが存在するI駅からK駅までを解析対象とした。図6にN駅からK駅までの計測結果を示す。図6は縦軸を気圧値、横軸をN駅からの経過時間としており、9号車側と1号車側の気圧値を時間の推移で表している。また、グラフの下部には各駅の停車を示すラインを表示した。

まず、N駅からI駅までの複線トンネルが多数存在する区間である100~1000sまでは、1号車側の気圧値は9号車側の気圧値に追従するように変化していることがわかる。トンネルの存在しない明かり区間では1号車側の気圧の変動が少ないことが分かる。なお、I駅停車前のセクションで1号車側の気圧値が途切れる区間が存在する。この区間は、直流・交流切り替えのデッドセクションであるため、車内の交流電源を用いている1号車側の送信システムの電源が切れ停波した事による。

続いて、I駅発車後である1600~1700sでは、再びデッドセクション通過と同じように1号車側の気圧値が途切れていることが分かる。これは、電源断による停波が原因ではなく、単線トンネルが2本並列した区間を通過したことが分かった。

以上のことから、複線トンネル区間を走行時は、試作したテレメーターシステムは良好に動作することを確認できたが、単線トンネル断面を走行する際は、1号車から9号車への無線電送が途絶え、テレメーターシステムが機能しなくなることが分かった。これは現時点では、狭い単線トンネル断面の場合、電波が減衰してしまうためだと考えている。よって今後、アンテナの取り付け位置などを改良する必要があることが分かった。

7. 結論

在来線の長大単線トンネル内の信号所で9両編成特急電車が離合後（又は交換後）に生じる圧力変動を調査した結果、以下のような事が分かった。

- 1) 引き合い現象の詳細を解明するために、現在9号車で測定中の気圧変動に加え、他端の1号車における圧力変動を計測する必要があることが分かった。
- 2) 前車両の圧力計測を行うために、当該列車からの気圧変動を無線電送により9号車へ伝送する方法を提案し、この方法による電送試験を行った結果、明かり区間及び複線トンネル区間では電送を行うことが出来たが、単線トンネル区間では期待された結果が得られにくいことがわかった。

今後の研究課題として、単線トンネル内で情報の伝送を確実に行う必要がある。

謝辞

本研究を行うにあたり、本学電気工学科平間淳司教授、本学工学教育センター室長坂野信夫氏、西日本旅客鉄道株式会社本社、本学修士1年西浦崇郎氏、学部4年堀俊行氏、野村要輔氏、村田和弥氏の協力を得た。ここに関係者各位に感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 岸裕、林涼平、廣田幸彦、中島円、平間淳司、永瀬和彦：単線トンネルを高速で走行する列車が受ける圧力変動、J-Rail'04、pp563-566、2004
- 2) 林涼平、廣田幸彦、岸裕、中島円、平間淳司、永瀬和彦：内部に信号所のある単線長大トンネル内で離合する列車が受ける圧力変動、J-Rail'04、pp559-562、2004