

<報文>

山陽新幹線N700系列車内の音色及び列車内の低周波音*

木崎 利**・近藤 博文***

キーワード ①音色の目安 ②山陽新幹線 ③鉄道車内騒音 ④周波数分析 ⑤低周波音

要 旨

全国環境研協議会騒音小委員会の「音色の目安」作成調査で使われた評価方法を利用して、山陽新幹線で運行されているN700系車両の列車の客室内の音色（車内騒音の周波数構成）を新大阪駅と広島駅間で調査した。以前に調査した東海道新幹線のN700系車両の列車の客室内の音色との比較も交えて検討したところ、岡山駅より東側の新大阪駅－岡山駅間での音色は東海道新幹線と似ていたが、西側の岡山駅－広島駅間での音色は低周波側が全般的に5～10dB高くなる音色であった。その理由として山陽新幹線は東海道新幹線より高速で運転できるよう設計されるとともに、岡山駅以西はスラブ軌道が多用されており、速度差及びスラブ軌道による影響が示唆されたが特定には至らなかった。パンタグラフ直下付近における音色は、同じ車両の他の位置の座席や、パンタグラフのない車両より40Hzから63Hzの音圧レベルが高くなる音色であり、山陽新幹線においても東海道新幹線と同様の傾向であった。また今回の調査結果や以前の在来線や東海道新幹線の調査結果を用いて低周波音の評価を行ったところ、新幹線・在来線とも環境省の定める「低周波音の心身に係る苦情に関する参照値」を上回っていた。

1. はじめに

2021年7月、新型コロナウイルスの影響を受けて、1年遅れて東京で2回目の夏季オリンピックが開催された。前回東京オリンピック開会式の10日前、1964年10月1日に東海道新幹線は開業している。山陽新幹線は東海道新幹線を西に延伸する形で1972年に岡山駅まで、次いで1975年に博多駅まで開業し、現在まで東海道新幹線と一体となって運行されている。

山陽新幹線は東海道新幹線と異なり、将来の高速化に備えて曲線区間の半径が大きくとられている他、岡山駅以西の高架橋とトンネル区間では、従来のバラスト軌道に代えてスラブ軌道が採用されている^{1), 2)}。

全国環境研協議会騒音小委員会（以下「騒音小委員会」と記す。）が2009年に作成した「騒音の目安」は、騒音レベルに関する情報をわかりやすくまとめており、環境省等の行政機関をはじめとして幅広く活用されている。さらに2020年に環境騒音の周波数特性に着目した「音色の目安」が騒音小委員会によりとりまとめられ、今後より高度な騒音苦情対応に活用されることが期待されている³⁾。この調査に当所も参画し、その結果を活用して東海道新幹線のN700系車両の列車内の音色について

解析を行い報告したところである⁴⁾。

本報は、東海道新幹線と同様の調査を山陽新幹線の大阪駅－広島駅で行い、東海道新幹線との比較も交えて解析を行ったものである。また、在来線列車も含めて、列車内の音色の低周波音について考察したので、あわせて報告する。

2. 調査方法

2.1 測定装置

データ収集は、リオン株式会社製普通騒音計NL-22に同社製周波数分析カードRX-22を装填して行った。測定項目は1/3オクターブバンドごとのZ特性等価音圧レベル及び各バンドの等価音圧レベル合成値（以下「AP」と記す）並びにA特性等価騒音レベル（以下「AP (A)」と記す）とした。

2.2 測定方法等

2.2.1 収集方法

データの収集方法は、以前の在来線や東海道新幹線の調査と同様で^{4), 5)}、以下のとおりである。収集は10分間の連続測定とし窓側の座席に着席して収集した。騒音計

*Tone Color of Sanyo Shinkansen N700 Series cars and low-frequency sounds in the trains

**Toru KIZAKI (京都府保健環境研究所 (現京都府南丹保健所)) Kyoto Prefectural Institute of Public Health and Environment (currently Kyoto Prefectural Nantan Public Health Center)

***Hirofumi KONDO (京都府保健環境研究所 (現京都府山城南保健所)) Kyoto Prefectural Institute of Public Health and Environment (currently Kyoto Prefectural Yamashiro Minami Public Health Center)

のマイクロホンには防風スクリーンを装着し、マイクロホン高さが床から1m前後となるよう先端が三脚状になった一脚に騒音計を固定した。騒音計は、電源投入直後と電源を切る直前に騒音計の校正機能で校正を行った。また概ね1ヶ月毎に音響校正器を用いて指示値を点検した。

収集にあたっては、複数回の収集でも同じ区間で収集できるように、駅の発車又は通過をもって収集を開始するようにした。

2.2.2 収集期間等

表1に本調査や本報で検討する調査で収集した区間を示す。山陽新幹線（W1～W5）は2021年11月から2022年1月の間に収集し、東海道新幹線等（C1, S1, S2及びT）は2017年7月から2020年12月の間に収集した。各区間の

表1 収集区間一覧

区間名	線区名	列車の走行区間	トンネル走行時間	スラブ軌道の有無
W1	山陽新幹線	新大阪－新神戸	約4分	無
W2		西明石－相生	約30秒	無
W3		相生－岡山	約5分	無
W4		岡山－福山	約4分	有
W5		福山－東広島 または新倉敷－広島	約6分	有
C1	東海道新幹線	小田原－新富士	約6分	無
S1	山陰本線	二条－亀岡	約4分	有
S2		亀岡－園部	なし	無
T	嵯峨野観光線	トロッコ嵐山 －トロッコ保津峡 またはトロッコ保津峡 －トロッコ嵐山	約3分	無

所要時間は10分以上であり、収集開始は発車または通過であるが、収集終了は区間により到着または通過の区間もあれば数分後に到着又は通過する区間もあった。

2.2.3 収集対象、区分等

新幹線に関しては東京駅－博多駅間で運行されているN700系車両16両編成の列車を対象とし、新大阪駅以西で運行される8両編成の列車や2020年7月から運行開始したN700S車両の列車は対象外とした。N700系車両は一部設計変更されたN700Aと呼ばれる後期型と、それ以前の初期型があるが、新幹線鉄道騒音測定・評価マニュアル（環境省、平成27年10月）では両者を区別していないので本報でも区別しなかった。

特記しない限り新幹線、在来線とも全て走行動力（モーター）のある車両に乗り、パンタグラフの有無、座

席位置（客室中央部または客室出入口ドアから2～3列目の席）を区分して収集した。

トンネル区間やスラブ軌道区間は音色に影響を与える可能性が考えられたため、トンネル区間の走行時間を計測した。スラブ軌道は車窓から目視で確認したが、目視確認できないトンネル区間が含まれる場合は、収集中に走行する複数のトンネルでない区間でスラブ軌道と判別できた区間について「スラブ軌道あり」として扱った。

周波数を横軸にとり、1/3オクターブバンド中心周波数ごとの音圧レベルを算術平均した値をプロットしたグラフを「音色」として解析・評価を行った。

3. 結果と考察

3.1 収集結果

各区分の収集件数を表2に示した。例えば新大阪から広島まで乗車し5区間で収集した場合は5件としている。なお収集中の降雨の有無で音色を比較したところ差は見られなかったため、降雨による区別はしなかった。

博多方面行き（以下「西行」という。）列車と東京方面行き（以下「東行」という。）列車で収集した。表1のW1～W5の5区間について表2のA～Cの位置それぞれで西行列車と東行列車の音色を比較したところ大差なかったため、西行列車と東行列車は区別しないこととした。

表2 山陽新幹線区間の収集件数一覧

位置名	パンタグラフ	車両内の座席位置	件数
A	無 (2号車など)	中央部	22
B		端部(博多側)	11
C		端部(東京側)	14
D	有 (5号車)	中央部	9
E		端部(博多側)	14
F		端部(東京側)	14

N700系車両の16編成の列車では5号車と12号車にパンタグラフが設置されている。5号車をパンタグラフのある車両に、2, 3及び13号車をパンタグラフのない車両に選択した。

3.2 走行区間による比較

図1に山陽新幹線の5区間の音色と東海道新幹線でトンネル区間走行時間が長かった小田原駅－新富士駅間で収集した音色を示した。6区間とも、基本的には周波数が1オクターブ高くなるごとに音圧レベルが6dB下がる右下がりの直線状で、50Hzから250Hzと500Hzから4kHz付近で数dB高くなる音色であった。新大阪駅から相生駅までの2区間（W1とW2）の音色は東海道新幹線の音色と類似していたが、岡山駅以西の2区間（W4とW5）の音色はW1及びW2区間の音色に比べ10kHzより低周波側が全般的に5～

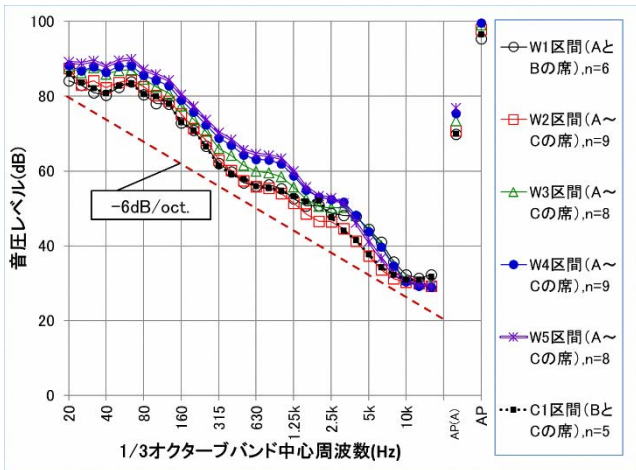


図1 区間毎の音色の比較

10dB高くなる音色であった。またW3区間はその中間的な音色であり、走行区間が異なっても音色がほとんど変化しない東海道新幹線と若干異なる傾向が見られた。

鉄道車両の車内騒音の騒音源は車輪がレールの上を転がる際に生じる「転動音」や台車の振動が車体に伝わり床板や内装から室内に放射される「固体伝搬音」と、車外に放出された車輪の転がりやモーターやギアから生じる音、あるいはパンタグラフや車両連結部の隙間が風を切ることで生じる音が車体や窓を含む内装を透過して車内に侵入する「空気伝搬音」に大別される⁶⁾。

東北・上越新幹線の開業にあたって開発された200系車両の車内での測定では、バラストによる吸音効果の無いスラブ軌道では騒音レベルがバラスト軌道より4~5dB高く、トンネル区間ではさらに高かったことが報告されている⁷⁾。一方、近年の新幹線車両では床からの固体伝搬音の寄与が大きいとされている⁶⁾。これは東海道新幹線での調査でトンネル区間の多寡で音色の変化が小さかったことと一致する。

表3 東海道・山陽新幹線のスラブ軌道の割合等

区間	東海道新幹線	山陽新幹線	
		岡山駅 以東	岡山駅 以西
延長 (km)	516	164	398
スラブ軌道 (%)	0	5	69
所要時間 (分)	153	45	102
停車駅数	4	1	3
表定速度 (km/h)	202 (233)	219 (246)	234 (274)

転動音は列車速度の2~3乗で増加するとされている⁸⁾。表3に東海道・山陽新幹線のスラブ軌道の割合の他、文献⁹⁾に示されていた区間延長や市販の時刻表から読み取った所要時間、区間延長を所要時間で除して求めた表

定速度等を示す。表定速度のカッコ書きは、途中停車駅を全て通過したと仮定して求めた無停車運転の推計値である。無停車運転の推計は次のとおりとした。新神戸駅ー岡山駅間や岡山駅ー広島駅間の列車の途中停車駅の有無と所要時間の比較から、1駅停車で所要時間が5分増えると考えられた。そこで実際の所要時間から停車駅数に5を乗じた時間(単位:分)を減じた時間で表定速度を求めて無停車推計値とした。なお、所要時間の読み取りは、東海道新幹線は2020年3月改正の時刻表、山陽新幹線は2021年3月改正の時刻表で行った。

表定速度は、実際の値、無停車推計値とも東海道新幹線が最も遅く、山陽新幹線(岡山駅以東)、山陽新幹線(岡山駅以西)の順で早く、岡山駅以西の山陽新幹線は東海道新幹線の約1.2倍であった。

以上のことから、東海道新幹線と山陽新幹線における相違の原因として、速度差とスラブ軌道とバラスト軌道との違い等が相乗的に音色に影響した可能性が考えられた。しかし10dB前後の差がある周波数帯もあり、他の要因の影響も考えられた。

3.3 客室内の座席位置とパンタグラフの影響

車両中央部と東京側及び博多側それぞれの端部の座席

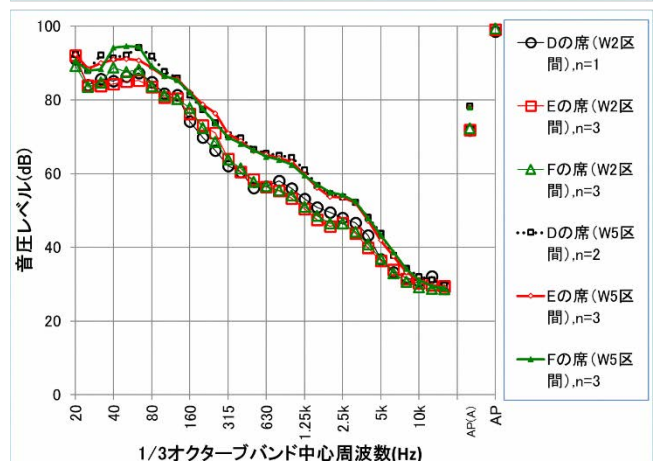
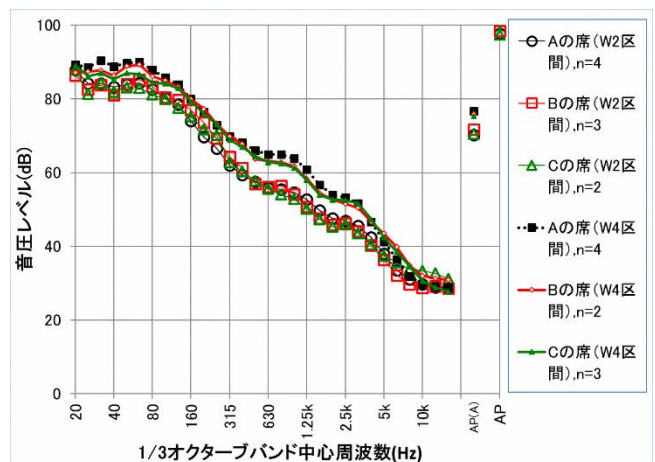


図2 座席位置による音色の比較

における音色を比較した結果を図2に示す。5号車のパンタグラフは車両の東京側の15～18番の座席付近の屋根上にあるので東京側端部席（Fの席）がパンタグラフ直下席となる。

パンタグラフのない車両では、岡山駅以东・以西とも座席位置による音色の変化は小さかった。パンタグラフのある車両では、パンタグラフと逆側の端部席（Dの席）の音色はパンタグラフのない車両の音色とほぼ同じであった。パンタグラフ下の端部席（Fの席）では、東海道新幹線と同様にDの席の音色と比較して40Hzから63Hzの音圧レベルが10dB近く高くなる音色であった。車両中央部（Eの席）はDとFの中間的な音色であった。車内の音色は車両床下に設置されている走行動力のモーターやインバーター等から生じる音が複雑に影響していると考えられるが、パンタグラフ下の座席ではパンタグラフの影響を受けている可能性が示唆された。

3.4 低周波音の状況

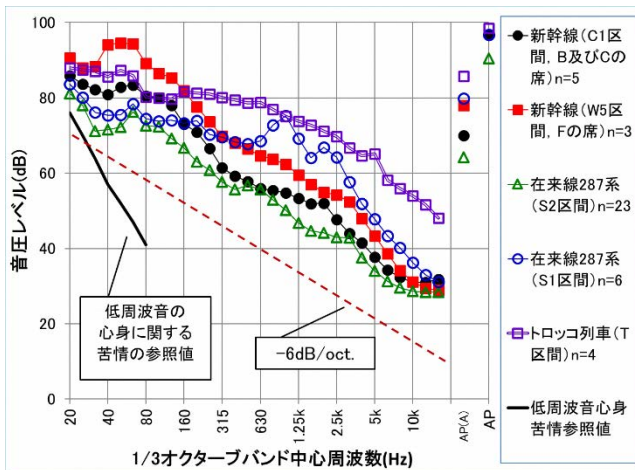


図3 列車内の音色と低周波音の参照値の比較

環境省発行のパンフレット「よくわかる低周波音」（2019年3月，環境省）でも低周波音の発生している場所の例としてバス車内，列車内，航空機の室内，船室内があげられている。

図3に以前に調査した音色も含め数種類の列車内の音色を，「低周波音による心身に係る苦情に関する参照値」とともに示した。

いずれの音色も参照値を大きく上回っていた。列車利用にあたっては低周波音の影響に留意する必要があるものと考えられた。

4. 引用文献

- 1) 佐藤嘉晃：山陽新幹線における軌道，コンクリート・ジャーナル，**8**，（10），60-65，1970
- 2) 渡邊偕年：東北・上越新幹線におけるスラブ軌道の適用に伴う問題点とその解決．土木学会論文集，**385**，126-133，1987
- 3) 小山佑介，城裕樹，町田哲，石橋雅之，佐々木裕也，菊地英男：「音色の目安」作成調査結果について．全国環境研会誌，**45**，27-32，2020
- 4) 木崎利：東海道新幹線N700系車内の音色．全国環境研会誌，**46**，18-21，2021
- 5) 木崎利，藤江康弘：京都府における一般環境及び鉄道車両内の音の周波数分析調査について．京都府保健環境研究所年報，**65**，21-26，2021
- 6) 山本克也：鉄道車両の車内騒音の低減方法．騒音制御，**31**，（5），368-373，2007
- 7) 森藤良夫：新幹線車上騒音．騒音制御，**7**，（5），9-14，1983
- 8) 長倉清：新幹線鉄道の騒音問題．日本音響学会誌，**60**，（5），284-289，2004
- 9) 渡邊偕年：新幹線の技術的發展と展望．日本機械学会誌，**88**，（804），46-52，1985