

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：53301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04472

研究課題名(和文) 居住環境に及ぼす鉄道騒音と振動の複合効果に関する研究

研究課題名(英文) Study on combined effect between noise and vibration due to railway on the living environment

研究代表者

森原 崇 (Moriyama, Takashi)

石川工業高等専門学校・建築学科・准教授

研究者番号：10413767

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、鉄道から発生する騒音と振動による生活環境への影響を定量的に検討するで、鉄道沿線の居住環境で生じる影響予測と実施すべき具体的な対策の知見を得ることである。実験結果から、読書妨害に対して音の大きさだけでなく、振動の大きさも影響することが確認できた。また不快感に対しては音刺激が大きい状況では振動による影響は小さく、音刺激が小さい条件において特に振動による影響が大きい傾向も示された。水平振動と鉛直振動の比較では、鉄道通過時の振動に対しては大きさ、不快感、妨害感については差はなく、気になり具合については同じ刺激量でも鉛直振動より水平振動に対して振動が気になるという結果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、北陸新幹線沿線の生活環境調査やこれまでの集積データを使ったメタ分析により得た、騒音と振動の複合効果の可能性を示す知見を元としており、鉄道から発生する騒音と振動が生活環境にどのように影響するのか定量的な関係性を検討することにより、鉄道沿線の居住環境で生じる影響の予測、実施すべき具体的な対策の知見を得ようとする点に学術的、社会的意義を持つ。新幹線鉄道と在来鉄道からの騒音と振動に対する活動妨害反応の比較と直方向の振動曝露と鉛直と水平方向同時曝露による反応比較から、新幹線鉄道騒音に関わる環境基準や住宅の振動を評価する居住性能評価指針の改定時の基礎資料として活用される。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to quantitatively examine the combined effects of noise and vibration due to railways on the living environment, and to obtain knowledge on the effects that will occur in the living environment along railway lines and specific measures to be implemented. From the experimental results, it was confirmed that not only the loudness of the sound but also the loudness of the vibration affects the reading disturbance. It was also shown that the effect of vibration on annoyance was small when the noise stimulus was large, and the effect of vibration was particularly large when the noise stimulus was small. In the comparison between horizontal and vertical vibrations, there was no difference in loudness, annoyance, and disturbance with respect to vibration when passing through a railway, and with regard to the degree of concern, even with the same vibration level, with respect to horizontal vibration rather than vertical vibration.

研究分野：建築環境工学

キーワード：新幹線鉄道 騒音 振動 複合効果

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

請者らは交通騒音に対する社会反応が鉄道と道路交通とで異なるという知見[業績 35]から、発生源から同時に曝露される振動に着目し、それぞれの要因による影響の可能性について検討してきた。欧州でも社会調査を通して騒音の不快感に振動の程度が影響することが報告されてきている。ただ、我が国でも騒音の曝露-反応関係に対する振動の影響を定量的に把握できてはいない。また、新幹線軌道の大半は既存の在来鉄道に平行して建設される場合が多く、新幹線鉄道と在来鉄道の両者に影響を受けている居住者が多いこと、また物理的性質や心理影響を相互に比較することで不快感や妨害感の低減に向けた具体的な対策案が得られると考えている。今年度には社会調査データから新幹線鉄道と在来鉄道とでは、騒音と振動の複合効果の傾向が異なることも示した。

国内外の現状を振り返ると、新幹線鉄道騒音に関する環境基準は約 40 年前に制定されたものであり、振動も複合的に影響することは考慮されていない。また日本建築学会が制定している「建築物の振動に関する居住性能評価指針」は、居住環境としての性能を維持する観点から、建築物内に生じる水平振動及び鉛直振動を評価するものである。これについては、現在見直し作業に着手しているところであるが、振動感覚に対する騒音の影響はもちろん、水平・鉛直方向の振動がともに卓越している場合の振動感覚についても、十分な知見が得られていないことから、今後の研究成果が待たれるところである。申請者らは、騒音と振動(鉛直方向のみ)の同時曝露による生活活動への影響を検討するために屋外の実測データを使って予備実験を行い、騒音と振動の複合効果が特定の条件下で発生すること、作業の種類によって評価も異なることまでを把握している。

2. 研究の目的

本研究の目的は、鉄道から発生する騒音と振動が生活環境にどのように影響するのか定量的な関係性を検討することにより、鉄道沿線の居住環境で生じる影響の予測、実施すべき具体的な対策の知見を得ることである。

3. 研究の方法

研究計画の概要を図 1 に示す。

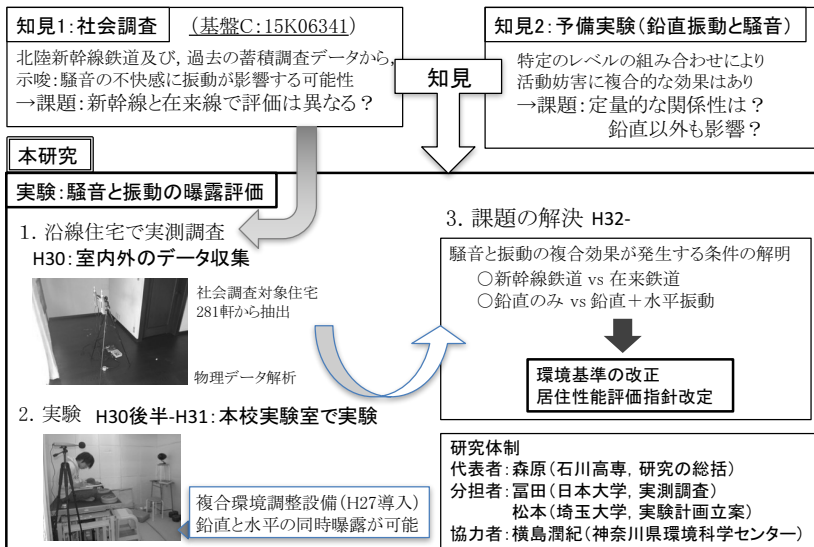


図 1 研究の概要およびスケジュール

3.1 平成 30 年度：騒音・振動データの実測調査

生活環境調査により石川県及び富山県における北陸新幹線鉄道沿線の戸建て住宅居住者 1,025 件の回答(回収率 51.8%)を得た。実測調査は、このうち追加調査が可能と回答した住宅で行う。なお、実測調査の計画立案は富田(分担者)が主体となって行い、調査は申請者ら全員で分担して実行する。

初年度は実測調査を重点的に行い、実験に必要な物理データの収集と解析に努めつつ、次年度の本実験のための予備実験を行う。予備実験では早めにとれた実測データおよび、P. Maigrot から提供されたフランスでの実測調査データを活用する。

3.2 平成 31 年度以降

平成 31 年度は被験者実験の本実験を行う。実験計画立案は松本(分担者)が主体となり、実行と結果の解析を森原(代表者)と横島(協力者)が主体となって行う。予備実験により、読書妨

害は騒音レベル 60dB 以下において、計算作業妨害では騒音 50, 60, 70dB のいずれの状況下でも鉛直振動レベルが高い場合に複合効果が見られており、これを踏まえて詳細な設定条件を決定する。鉛直・水平振動を同時に発生させる実験の例はこれまでにないため、単独振動による知覚実験を通じた知見を元に計画する。

最終年度は実験結果の解析および社会調査結果との比較により考察し、国内外の学会で成果を発表し、国際ジャーナルに成果を投稿予定である。

4. 研究成果

4.1 実測調査の結果

ここでは測定可能であった 6 件の実測調査データの内、特徴的な 1 件について結果を示す。住宅屋内外において新幹線による x(水平)、y(垂直)、z(鉛直)それぞれの振動レベルを得た。下図は縦軸を振動加速度レベル(dB)、横軸を 1/3 オクターブバンド中心周波数(Hz)としている。

(1) A 邸

屋内と屋外の平均値のグラフを見てみると比較的大きな違いは見られなかったが、屋内の振動加速度レベルが屋外に比べて大きいところがあった。これは屋内で振動が増幅したためと思われる。周波数の平均を見ると、Z 方向は内部と外部の差が少なく、グラフが重なっている箇所が多いのに対し、X 方向と Y 方向は外部と内部で約 2dB から約 22dB 程度の差がある。この傾向は他の住宅も同様にみられ、新幹線の線路と平行に水平、垂直方向に振動が大きく増幅して揺れていることが読み取れる(図 2)。

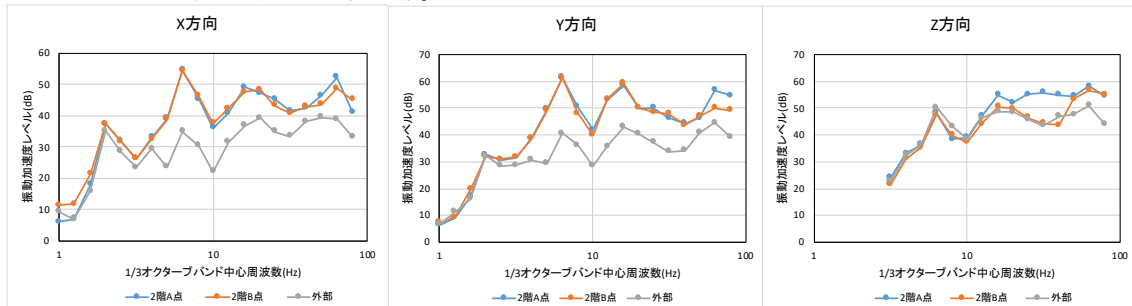


図 2 軸方向ごとの 1/3 オクターブ分析の結果

4.2 騒音と振動の同時曝露による影響評価実験

(1) 実験設備と方法

実験は石川高専の複合環境調整実験設備で実施した。

振動の再現は振動台 SPT2DV-9K-12SL2-2T にソフト SUN-ESU EDM を用いて、実測した鉄道の振動データの信号を送り、上部に座った実験参加者に振動刺激を与える。この振動台は、運転中の騒音がほとんどなく対環境性にも優れており、音を伴う実験も可能である。騒音の再現はノートパソコンから音の再現性に優れたスピーカー ECLIPS TD508MK3 に接続し、実測調査で採取した在来鉄道の音声データを WAVE データとしてソフト Audacity によって再生した。

提示する騒音レベルは、実験台に人が着座した耳の高さでピークレベル (Slow 特性) を調整し、振動レベルはピークレベルとした。実験参加者によって刺激の順番が異なるよう無作為によって刺激の順序を決定した。実験の流れに関しては、まず、実験の趣旨と内容について説明し、参加の同意が得られれば場合には同意書にサインしてもらった。次に振動台の上に座ってもらい、個人情報に関するアンケートに答えてもらった。実験中の作業は読書あるいは計算作業とした。その作業中に刺激と騒音の刺激を合わせて提示した。1つの刺激は約 30 秒間である。最初は練習のために無作為に選ばれた刺激を 1 回提示し、座り方の確認や評価記入の練習をしてもらった。刺激が終わるごとに騒音・振動に関するアンケートを記入してもらい、それを繰り返し、通して計 45 分ほどの実験となった。作業中の刺激による評価項目は、音のうるささ、振動の知覚、作業の妨害感とした。実験は全て、本校の倫理審査委員会に承諾を得た形で行った。

(2) 実験結果

(a) 新幹線鉄道と在来鉄道による音源の違いによる結果

実験参加者は 19 歳あるいは 20 歳の男性 15 名、女性 15 名の計 30 名である。提示する騒音レベルは 50dB, 60dB, 70dB の 3 種類であり、振動レベルはピークレベルを 65dB, 75dB の 2 種類とした。音刺激と振動刺激がそれぞれをなしとした条件も含め、計 12 通りである。

騒音のうるささは、音刺激の違いが評価に有意差をもたらしており、この実験の刺激が有意に影響していることが確認できた(図 3 左, 表 1)。振動の程度による比較結果を例として図 3 右に示すが、有意差ではないことが確認された。一方、「うるささ」に対する「騒音*振動」の交互作用の有意確率は表より $0.036 < 0.05$ であり、有意水準 5% で有意であることがわかった。



図3 騒音のうるささ評価の比較

振動の知覚に関しては、音の違いも評価に影響しており、交互作用も有意であることから、特定の条件で振動の知覚には音が影響してしまう可能性が示唆された。

作業の妨害感の結果の例を図3に示す。騒音の程度による妨害感の違いがみられ、表3にも有意であることが示されている。また、振動の刺激も有意であり、図4の左にあるように音刺激ほどではないが振動が大きくなると妨害感も大きいことが確認できた。さらに「騒音・振動」の交互作用も有意水準 5%で有意であることが確認できた。そこで、多重比較により、どの刺激条件で有意さがみられるのか検証した。騒音と振動のそれぞれの多重比較の結果から刺激間の評価に差があることが確認された。



図4 読書に対する妨害感評価の比較

(b) 二軸振動曝露の結果

本実験は、道路交通および鉄道の通過によって生じる屋内振動を再現し、水平振動と鉛直振動が同時に生じる場合の心理的応答について検討したものである。振動の2軸同時曝露の影響を把握するため、音による刺激は与えないこととした。刺激となる振動は、道路または線路沿いの建物の屋内で実測した振動を水平および鉛直方向のそれぞれ1~8段階の強さに分けて調整し、そのうち2段階、4段階、6段階、8段階と振動なしを抜粋した計24通りである。実験参加者は、本校の学生男女各10名の計20名である。

鉄道通過時および道路通過時の振動実験の評価結果の平均と標準偏差を図5に示す。左側が鉄道通過時、右側が自動車通過時の振動の評価結果を示している。ただし、本結果は提示刺激に大きなばらつきがみられたため、ばらつきが小さい10名の結果であることを記しておく。

全体的に振動レベルの合計に比例して評価の平均値が大きく、標準偏差は評価の値が大きいものほどばらつきがあるという結果が得られた。標準偏差が1.0を超えたものの共通点としては、水平方向または鉛直方向の振動レベルが6段階以上のときであった。鉄道通過時の振動に対しては、大きさ、妨害感は水平振動と鉛直振動との間に評価結果の差はなく、振動に対する気になり具合のみ鉛直振動より水平振動が大きい時の方が振動に対して気になるという結果が得られた。自動車通過時の振動に対しては、全ての項目に共通して、同程度の振動レベルに対して鉛直振動が0の時に、水平振動が0の時に心理的影響が大きく、水平振動は振動レベルの4段階(61.5dB)を境にグラフの傾きが大きくなることから、設計時に屋内の水平振動が61.5dB以下に抑えられているかどうかかどうかを検討する必要があると考えられる。

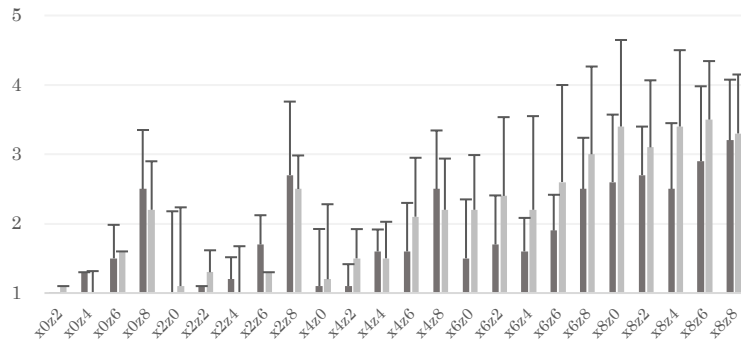


図5 妨害感に関する平均値と標準偏差

4.3. 結論

妨害感評価には騒音と振動のどちらも影響していた。また、妨害感には騒音と振動の相互作用も影響していた。つまり、今回の刺激提示条件では妨害感に騒音と振動の相乗効果があることを示している。しかし、箱ヒゲ図からは振動の程度による評価の違いを読み取ることができず、一様に騒音と振動の相乗効果があると言い切ることはできない。2軸同時曝露実験の結果から、水平振動と鉛直振動の同時曝露による心理的影響は鉄道通過時と自動車通過時の振動で共通して、振動レベルの4~6段階の振動を感じた際に複合効果がみられ、鉄道通過時の振動のみ気になり具合と不快感の項目で振動レベルの8段階でも複合効果がみられた。鉄道通過時の振動に対しては大きさと妨害感については水平振動と鉛直振動で差はなく、気になり具合については同じ刺激量でも鉛直振動より水平振動に対して振動が気になるという結果が得られた。自動車通過時の振動に対しては、大きさ、気になり具合、妨害感については鉛直振動に比べて水平振動が大きくなった時に心理的影響が大きいという結果が得られた。つまり本研究を通して、日常生活で行われる読書は騒音と振動による複合的な影響が発生する可能性があること、振動に関しては特に水平振動が影響する可能性を示すことができた。

本研究で扱った振動装置には水平振動の伝達がうまくいかず20名中10名分だけしか使用できなかった。おもりではなく人かあるいは人に寄せた荷重により伝達関数を得る方法で、水平と鉛直の刺激曝露による評価結果を改めて確認する予定である。また、さらに今後は振動の2軸同時曝露に加えて音加わることでのどのような評価結果となるか検証することが課題である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takashi Morihara, Shigenori Yokoshima, Yasunao Matsumoto	4. 巻 41
2. 論文標題 Experimental study on combined effect of Shinkansen railway noise and vibration on daily activities: A case of reading and calculation tasks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Acoustical Science and Technology	6. 最初と最後の頁 607-613
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1250/ast.41.607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Takashi MORIHARA, Shigenori YOKOSHIMA, Yasunao MATSUMOTO
2. 発表標題 A study on the influence of noise and vibration on the living environment along the Hokuriku Shinkansen railway
3. 学会等名 ICA 2019（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本泰尚, 小枝希, 林健太郎, 森原崇, 横島潤紀
2. 発表標題 鉄道による振動と騒音の同時曝露に対する心理的反応に関する一検討
3. 学会等名 日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	富田 隆太 (Tomita Ryuta) (40339255)	日本大学・理工学部・教授 (32665)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	松本 泰尚 (Yasunao Matsumoto) (90322023)	埼玉大学・理工学研究科・教授 (12401)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 協力者	横島 潤紀 (Yokoshima Shigenori)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関