

短報 (Short Report)

自動車交通騒音による思考妨害への影響

横島 潤紀, 森長 誠*, 山内 勝也**, 山崎 徹***
(調査研究部, *大同大学, **九州大学, ***神奈川大学)

Influences of motor vehicle traffic noise on disturbance in thinking task

Shigenori YOKOSHIMA, Makoto MORINAGA*, Katsuya YAMAUCHI**, Toru YAMAZAKI***
(Research Division, *Daido University, ** Kyushu University, *** Kanagawa University)

キーワード：実験室実験，思考妨害，ノイジネス，ストレス指標，構造方程式モデリング

1 はじめに

現在、騒音の評価指標として等価騒音レベル (L_{Aeq}) が広く使われており¹⁾、我が国においても、一般地域及び道路に面する地域における環境基準の評価指標として採用されている。 L_{Aeq} を用いる利点としては、(1) すべての騒音に適用できること、(2) 比較的シンプルな物理モデルに基づく予測計算に適していること、(3) 環境騒音による長時間にわたるアノイアンスと高い正の相関が認められること、などが挙げられる。しかしながら、 L_{Aeq} は決して万能な指標ではない。例えば、突出した騒音イベントが発生する自動車交通騒音を評価する上では、騒音イベントの最大騒音レベル (L_{Amax}) や突出度、発生回数、時間間隔などの要因を考慮する必要がある。

近年、騒音の時間変動特性、とりわけ騒音イベントの発生回数に着目した研究がいくつか報告されている。例えば、Morinaga *et al.* は、航空機騒音を対象とし、騒音イベントの発生回数や頻度を統制して実験を行った²⁾。その結果、 L_{Aeq} が等しい場合には、騒音イベントの発生回数が多いほど、騒音に対するノイジネスが増加することを示している。江副らは、単体車両の通過音が背景騒音から突出している自動車騒音を対象として、その車両通過音の突出程度または頻度が、騒音全体の印象に及ぼす影響を検討した³⁾。その結果、 L_{Aeq} が小さい場合には、道路交通騒音全体の印象評価は、車両通過音の最大値や音質によって異なり、 L_{Aeq} だけでは決まらないことを示している。

一方、近年の在宅勤務の増加から、在宅環境に

おける音環境の快適性は、今まで以上に重視されている。すなわち、騒音により引き起こされる思考や作業などへの妨害感を対象とした研究の必要性が増している。これらの既往研究を振り返ると、矢野らは、異なる騒音源（自動車騒音、鉄道騒音、航空機騒音など）の L_{Aeq} を統制した実験を行い、 L_{Aeq} が等しい場合には、 L_{Amax} が大きいほど読書への妨害感が強くなることを報告している⁴⁾。佐伯らは、数字の短期記憶課題の実験を行い、聴覚提示の場合にのみ、騒音レベルの上昇に伴い成績が低下することを報告している⁵⁾。梅村らは、2種類の課題（計算作業と該当する文字の抹消作業）について実験を行い、騒音レベルの上昇に伴う作業量の低下と心拍数の上昇を確認している⁶⁾。藤井らは、騒音環境下における加算演算作業の課題について、 L_{Aeq} が等しい場合に、有意騒音は無意味騒音より作業量を低下させることを示している⁷⁾。

在宅環境下における騒音による思考や作業の妨害への影響を明らかにするにあたり、筆者らは、多くの人々が曝露されている自動車交通騒音を対象にして、研究に取り組むこととした。とりわけ、幹線道路沿道のように自動車が連続して通過する環境だけではなく、間欠的に自動車が通過するものの、突出した騒音レベルが発生している環境にも目を向けることが重要である。しかしながら、既往研究を振り返っても、自動車交通騒音の間欠的な騒音イベントが発生している環境下において、騒音の曝露が思考や作業に及ぼす影響は明らかにはされていない。

そこで本研究では、①騒音による思考妨害として計算課題の達成度（回答数及び正答率）を取り上げ、突出した車両通過音の大きさと発生回数及びばす影響を明らかにする。②併せて、このような騒音環境下における影響を多角的かつ階層的に捉えるため、騒音の心理的影響及び生理的影響の観点から、それぞれノイジネス、副交感神経活動の指標（LF/HF）に着目する。すなわち、心理的影響や生理的影響を介して、騒音の曝露による思考妨害へ影響を及ぼす因果構造モデルを作成するとともに、このモデルに構造方程式モデリングを適用する。その結果から、騒音レベルの大きさと騒音の発生頻度が、ノイジネスや生理指標を介して計算課題の達成度に及ぼす影響を把握することとした。

2 方法

2.1 実験室実験

実験は、2021年11月から2022年1月の期間に、神奈川大学建築学部の無響室で行った。

2.2 実験刺激

実験では、2tトラックの通過音を編集して刺激を作成した。この車両通過音の L_{Amax} が約60~80dBの3パターン、発生頻度が2~8回の4パターンを組み合わせた12パターンの刺激に、背景騒音のみの刺激（ L_{Amax} は50dB、発生頻度は0）を加えた計13パターンを実験の刺激とした。刺激の長さはすべて5分とした。表1には刺激の概要を示す。背景騒音のみの音源（base）以外では、 $L_{Aeq,5min}$ の範囲は46.7~65.0dBであった。刺激の提示順序については、baseの刺激を最初に、その後No.1~12の刺激をランダムな順で提示した。

2.3 実験参加者

実験参加者は、実験前に聴覚検査を行った神奈川大学の学生18名（18~23歳、男性17名・女性1名）とした。

2.4 実験手順

実験手順としては、事前準備の終了後、実験における注意事項と計算課題及びノイジネスの全体評価の回答方法について教示と練習を行った。

計算課題の達成度については、ノートPCを用いて、Excelのユーザーフォーム上で回答を行う方式とした。具体的には、実験参加者には、刺激に曝露された状態で、計算課題（2桁×1桁+1桁、

例えば、 $81 \times 4 + 3$ 。）に取り組み、一問ごとにテンキーを用いた回答の入力を求めた。実験中は、電卓（スマホのアプリも含む）の使用は禁止とした。評価値には、回答数と正答率（0~1で基準化）を用いた。なお、計算課題の問題については、あらかじめ50問を1セットとして13セット作成し、刺激と紐づけることなくランダムに割り当てた。

ノイジネスについては、5分間の音刺激の提示終了後に、刺激全体の印象の判断を求めた。本研究においては、「やかましいーやかましくない」を評価尺度とし、実験参加者にはマウス操作で線分の印を左右に調整するよう求めた。評価の線分は、被験者の前方2.7mの位置に設置された42型ディスプレイに提示され、被験者はマウスで線分の長さを調整した。ノイジネスの評価値は、線分長を0から1で基準化した値として得られた。

副交感神経活動の指標（LF/HF）は、心拍変動の周波数解析により得られる、高周波成分（HF）と低周波成分（LF）の比である。LF/HFが高くなるほど緊張状態、低くなるほどリラックスしていることを示す⁸⁾。実験開始前に機材を装着してもらい、一連の実験が完了した後外してもらった。後日、記録されたデータを実験開始時間と対応付けることによって、それぞれの刺激を曝露されている時間におけるLF/HFの平均値を算出した。

なお実験参加者の疲労等を考慮し、4回目、7回目、10回目の刺激終了後に、5分程度の休憩を設けた。また、騒音感受性を把握するために、実験終了後にWNS-6B⁹⁾の評価を得た。

表1 刺激の概要

刺激 (No.)	発生頻度 (回)	L_{Amax} (dB)	L_{Aeq} (dB)
base	0	49.9	45.8
1	2	60.2	46.7
2	2	70.0	50.6
3	2	80.0	59.1
4	4	60.3	47.4
5	4	70.0	52.9
6	4	80.0	62.0
7	6	60.3	48.0
8	6	70.0	54.3
9	6	80.0	63.7
10	8	60.4	48.5
11	8	70.0	55.4
12	8	80.0	65.0

3 分析

本実験により得られたデータのうち、システムの不具合によりノイジネスの評価値を計測できなかった No.4 のデータと、LF/HF を正確に計測できなかった No.12 のデータを除外した計 16 名のデータを用いて分析を行った。

3.1 順序効果

本実験を行うにあたり、課題達成度の指標である回答数や正答率に関して、問題を何度も取り組むにしたがい、計算課題に慣れることによる成績の上昇、逆に、疲労等による成績の低下が生じることも予想された。これを確認するために、背景騒音以外の刺激に対する評価値（回答数、正答率、ノイジネス、及び LF/HF）それぞれについて、提示順序別の平均値を算出した。その結果、ノイジネス及び LF/HF に関しては、提示順による増加または低減傾向は確認できなかった。しかし、回答数及び正答率に関しては、提示順が後半になるほど、いずれの平均値も増加する傾向が認められた。このことから、回答数及び正答率には、順序効果による上昇傾向の影響が生じたと判断した。

3.2 評価値の個人差

続いて、実験参加者間での評価値のばらつきを確認するために、背景騒音以外の刺激に対する評

価値（回答数、正答率、ノイジネス、及び LF/HF）それぞれについて、実験参加者別に算出した平均値と標準偏差（括弧内に記載）を表 2 に示す。

回答数の平均値は約 10~34 問となっており、実験参加者により回答数に大きな差が生じていたことがわかる。同様に、ノイジネスや LF/HF の評価値についても、個人差が大きい傾向にある。特に、LF/HF の変動は大きく、LF/HF の平均値が 1 以下となった実験参加者は 2 名、また 4 以上の実験参加者も 2 名おり、他の評価値に比べて個人差が大きい結果が得られたことがうかがえる。その一方で、正答率は 1 名の実験参加者を除くと 0.9 以上となっており、他の評価値に比べると変動性は小さかった。

次に、背景騒音のみの刺激を除き、評価値別に、同一刺激に対する実験参加者間の評価値の相関係数を全ての組み合わせについて算出し、実験参加者別に平均値を求めた。その結果、回答数の平均値は-0.21~+0.11、正答率の平均値は-0.16~+0.10、ノイジネスの平均値は-0.07~+0.59、LF/HF の平均値は-0.16~+0.12 に分布していた。ノイジネスに関しては、正の相関を示す組み合わせが多かったことから、刺激とノイジネスとの関係性に個人差が及ぼす影響は小さいと判断できるものの、その他の指標と刺激との関係性は、個人により大きく異なることが示唆される。

表 2 実験参加者別の評価値：平均値（標準偏差）

実験参加者	回答数	正答率	ノイジネス	LF/HF
1	27.8 (2.68)	0.91 (0.05)	0.25 (0.16)	1.11 (0.23)
2	36.3 (4.13)	0.96 (0.04)	0.60 (0.12)	4.84 (1.74)
3	24.1 (4.33)	0.81 (0.06)	0.19 (0.15)	2.62 (1.06)
5	33.1 (3.82)	0.94 (0.04)	0.76 (0.20)	0.78 (0.26)
6	23.0 (2.74)	0.91 (0.06)	0.43 (0.12)	1.49 (0.44)
7	10.1 (1.26)	0.91 (0.06)	0.58 (0.14)	2.92 (1.09)
8	17.6 (2.63)	0.97 (0.03)	0.57 (0.20)	5.78 (2.28)
9	32.3 (2.98)	0.93 (0.04)	0.56 (0.17)	1.48 (0.57)
10	26.3 (2.62)	0.98 (0.04)	0.70 (0.13)	2.83 (1.36)
11	15.9 (1.55)	0.91 (0.07)	0.27 (0.20)	1.09 (0.70)
13	25.0 (4.34)	0.96 (0.03)	0.68 (0.13)	2.13 (0.59)
14	25.4 (2.78)	0.93 (0.06)	0.46 (0.24)	2.98 (1.12)
15	20.8 (1.95)	0.97 (0.03)	0.24 (0.15)	2.73 (0.82)
16	26.5 (2.43)	0.92 (0.05)	0.33 (0.21)	0.87 (0.24)
17	21.3 (2.01)	0.97 (0.04)	0.51 (0.13)	2.93 (1.22)
18	33.8 (4.40)	0.91 (0.05)	0.62 (0.15)	1.42 (0.52)

4 構造方程式モデリングの適用

構造方程式モデリング SEM (Structural Equation Modeling) は、変数間の因果関係を同定する手法である。因果関係の強さを示すパス係数の推定は、実際のデータの分散と共分散に、構造方程式と測定方程式から算出した分散と共分散が最も合致するようにして決定されている。この手法では、直接的な因果関係はもちろん、間接的な因果関係の効果の強さを推定できる。また、社会調査、心理学などの分野で主に利用されているが、騒音の曝露反応関係の要因分析にも用いられる^{10, 11)}。

4. 1 因果構造モデルの作成

本稿での分析結果や既往の知見を踏まえ、構造方程式モデリングに適用するための因果構造初期モデルを作成した(図1)。図中の矢印は、影響を与える変数(原因)から受ける変数(結果)に因果が働くことを示す。すなわち、 L_{Amax} 、発生頻度、騒音感受性、及び提示順序が、LF/HF比、ノイジネス比及び達成度に直接的に影響を及ぼすとともに、LF/HF比とノイジネス比を介して達成度に間接的に影響を及ぼすモデルである。

作成したモデルに組み込んだ変数の設定を説明する。モデルの中では、他の変数から影響を受けない外生変数のうち、 L_{Amax} と発生頻度については、いずれも実験における刺激条件の数値を用いた。騒音感受性についてはダミー変数(0:低感受性群, 1:高感受性群)、提示順序については実際の実験順序(2~13)を用いた。

続いて、4種類の評価値については、個人差を考慮するために、評価値を実験参加者内で基準化した。例えば、回答数に関しては、実験参加者別に、背景騒音のみの刺激に対する評価値を基準として各刺激に対する評価値の比を算出し、これを回答数比とした。その他の評価値についても、同様の手続きにより得たものを分析に用いた。

最後に、思考妨害への影響を総合的に把握するために、本実験で得られている回答数比と正答率比から規定される「計算課題の達成度」(以後、単に「達成度」と記す。)を潜在変数として導入した。

なお、図中のe1~e4は、それぞれ正答率比、回答数比、ノイジネス比、及びLF/HF比の誤差変数、d1は達成度の誤算変数である。また、外生変数間は無相関とした。

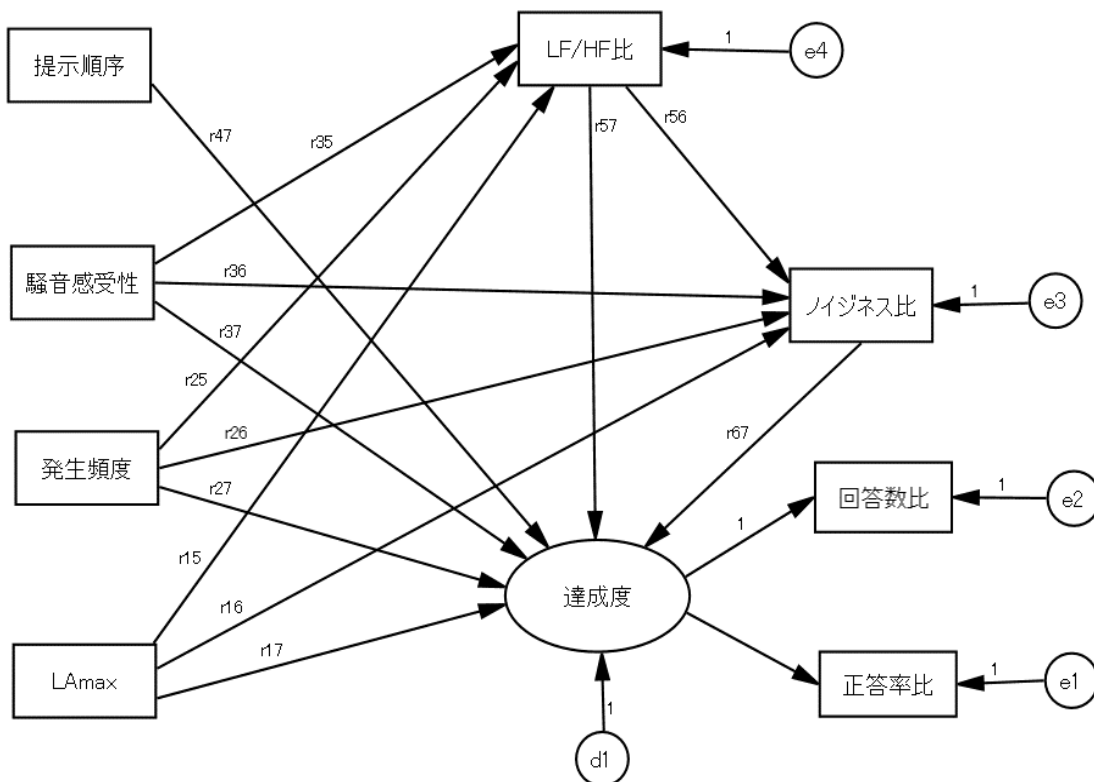


図1 因果構造初期モデル

4. 2 構造方程式モデリングによる分析結果

分析では、因果構造を明確にするために、以下の手順を経た。①図1に示す初期モデルに構造方程式モデリングを適用した。②得られたパス係数の有意確率を比較して、有意確率が最も高いパスを削除した。③修正したモデルに構造方程式モデリングを再び適用した。④手順の②と③を繰り返す、モデルの適合度を示す RMSEA（平均二乗誤差平方根）、AGFI（修正適合度指標）及び AIC（赤池情報基準量）の変化を踏まえて、修正因果構造モデルを構築した。

得られた修正因果構造モデル（誤差変数は非表示）を図2に示す。モデルの適合度については、RMSEA=0.000, AGFI=0.970, AIC=43.475 であり、

良好なモデルであると判断できる。

修正因果モデルのパスのうち、騒音感受性から達成度へのパスに関しては、その係数の有意確率は 0.104 であったが、その他のパスは全て 1%水準で有意であった。ここで騒音曝露から騒音評価への影響過程を確認する。L_{Amax} は、ノイジネス比に有意な正の影響を及ぼすと同時に、ノイジネス比を介して、達成度に有意な負の影響を及ぼしていた。しかし、その他の LF/HF 比や達成度への直接的な影響は有意ではなかった。一方、発生頻度は、いずれの騒音評価に対しても有意な影響を及ぼしていなかった。また、以上のことを整理すると、LF/HF 比は、L_{Amax}、発生頻度のいずれからの影響も有意ではなかった。

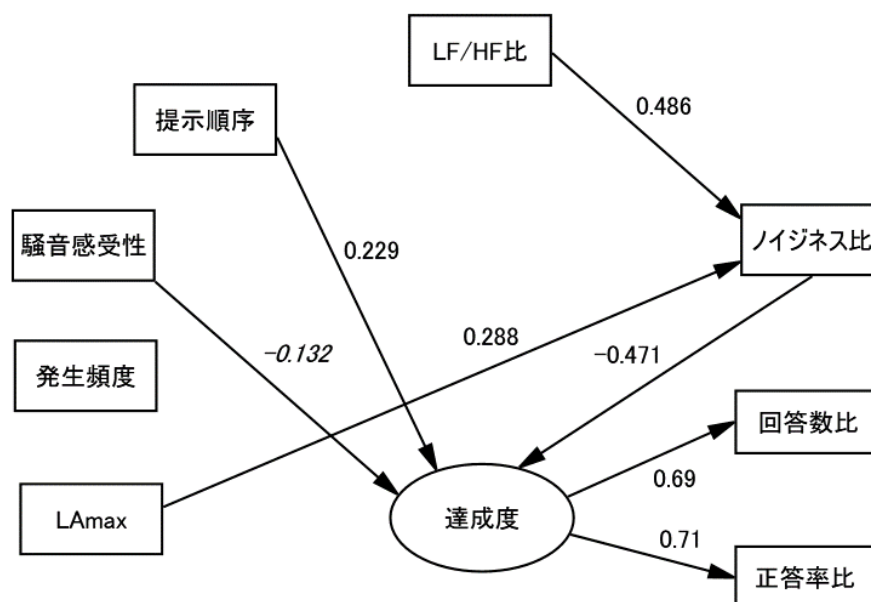


図2 修正因果構造モデル

5 考察

間欠的に発生する車両の騒音レベルの大きさが、計算課題の達成度に及ぼす影響については、騒音レベルの増加とともにノイジネスが強くなり、そのことにより計算課題の達成度も低下することが確認された。一方、騒音の発生頻度からは、ノイジネスはもちろん、計算課題の達成度への影響を確認できなかった。既往の研究²³⁾では、騒音の発生頻度とその心理的反応に影響を及ぼすことが報告されている。しかし、本実験は計算課題に集中している状況下におけるノイジネス評価が求められていたことを踏まえると、発生頻度の効果が弱くなっていたことは十分にあり得ると考える。

以上、限られた条件下ではあるが、騒音曝露による思考妨害への影響過程が明らかにできた。このように刺激の音に対して集中するか否かにより騒音に対する反応が異なる知見を蓄積することは、例えば、実験室実験と社会調査で得られる結果との違いを解釈することとも通ずるものである。騒音による人への影響に対する理解を深める上で、有用な知見が得られることが期待できる。

また、本研究で生理的影響の観点から計測した LF/HF については、騒音レベルと騒音の発生頻度いずれからの因果を確認できなかった。修正モデルの結果からは、この LF/HF は騒音感受性と同様に外生変数と位置付けられと解釈できる。しかし、因果関係の方向の再検討やその他の生理指標の

採用も含めて、多角的な検討を行うことが必要であろう。

6 おわりに

本稿では、騒音による思考妨害として計算課題の達成度（回答数及び正答率）を取り上げ、突出した車両通過音が発生する環境下において、騒音の大きさと発生回数による思考妨害への影響を検討した。作成した因果構造モデルに、構造方程式モデリングを適用した結果、騒音レベルの大きさはノイジネスを経由して思考妨害に正の効果と及ぼすものの、騒音の発生頻度は思考妨害に効果を及ぼしていないことを確認した。

実際に、道路に面する地域における環境基準を達成している地域でも、大型車や不正改造車などの走行音が目立つ場合には、騒音イベントの大きさや発生頻度が住民の騒音に対する心理的反応に強く寄与することは十分に考えられる。このことを踏まえ、より実環境に近い状況を想定した実験室実験、例えば、聴取妨害¹²⁾や休息妨害などの生活妨害が生じる状況において、騒音による人への影響を検討することが重要であると考えられる。

謝辞

本稿は、神奈川大学工学部機械学科 2021 年度卒業生 吉澤幸司氏の卒業研究をベースにまとめたものである。ここに深甚なる謝意を記す。

参考文献

- 1) 橘 秀樹：環境騒音の評価指標，騒音制御，31(6)，421-425 (2007)
- 2) M. Morinaga, H. Tsukioka, J. Kaku, S. Kuwano, and S. Namba：A laboratory investigation into the effect of quiet time-interval between aircraft noise events on overall noisiness, The Journal of the Acoustical Society of America 144(1):11, (2018)
- 3) 江副泰亮，山内勝也：背景騒音レベルから突出した車両通過音が道路交通騒音の印象評価に及ぼす影響，日本騒音制御工学会秋季研究発表会講演論文集. 421-425, (2020)
- 4) 矢野 隆，小林朝人：異種騒音による読書妨害：非定常騒音の評価に関する研究 III，日本建築学会計画系論文報告集，368, 1-9. (1986)
- 5) 佐伯徹郎，藤井健生，山口静馬，加藤裕一：短期記憶作業時における騒音の影響：うるささの心理的印象と作業成績，日本音響学会誌，59(4)，209-

214, (2003)

- 6) 梅村 守，本多 薫：騒音が精神作業の performance および workload に及ぼす影響，人間工学，26 特別号，340-341 (1990)
- 7) 藤井健生，山口静馬，佐伯徹郎：有意味・無意味外来雑音が単純精神作業者に及ぼす影響，人間工学，38(1). 63-68 (2002)
- 8) 中 奈央子：心理的負荷における筋弾性と自律神経機能への影響，口腔病学会雑誌，72(3)，209-216 (2005)
- 9) 岸川洋紀：騒音感受性を考慮した騒音影響の評価方法に関する研究. 京都大学博士論文 (2007)
- 10) 森原 崇，佐藤哲身，矢野 隆：構造方程式モデルによる鉄道騒音と道路交通騒音に対する社会反応構造の比較，本建築学会環境系論文集，585, 1-6 (2004)
- 11) 横島潤紀，田村明弘：新幹線鉄道の騒音と振動による複合被害感，日本音響学会誌，62(9)，645-653 (2006)
- 12) 太田篤史，横島潤紀，田村明弘：道路交通騒音と鉄道騒音の音源間の反応差：複合騒音の評価指標に関する研究，日本音響学会誌，66(11)，531-540 (2010)