

令和元年6月13日現在

機関番号：15201

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06875

研究課題名(和文) 軍民共用空港周辺での航空機騒音のステップ変化に関する社会調査とノイズマップの作成

研究課題名(英文) Noise mapping and social survey on step-change of aircraft noise around a mixed-use military and civil airport

研究代表者

NGUYEN THULAN (NGUYEN, THULAN)

島根大学・学術研究院環境システム科学系・助教

研究者番号：00801169

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：2009年にノイバイ国際空港周辺において航空機騒音の住民反応を調査した。この時点での運航状態は安定的であったが、新ターミナルビルが竣工したことにより、航空機の運用回数が増加した。竣工の直前後に、騒音レベルの段階的変化による影響を調査した。その結果、段階的変化の直後に過剰な反応が見られた。この過剰な反応は時間経過により減少するのか、あるいはその後も続くのかは不明である。そこで、段階的変化の約3年と4年後にあたる2017年と2018年に追跡調査を実施した。この研究結果では段階的な変化による過剰な応答は時間の経過とともに減少するように見えるが、同じ騒音レベルでは竣工前と比べても反応が高いままである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

発展途上国での航空輸送インフラストラクチャの積極的な開発は、騒音問題を含む空港周辺地域の環境に大きな影響を与えている。この研究では発展途上国であるベトナムのハノイノイバイ国際空港周辺において航空機騒音の住民反応を調査した。その結果、段階的な変化による過剰な応答は時間の経過とともに減少するように見えるが、同じ騒音レベルでは竣工前と比べても反応が高いままである。夜間の飛行便数の増加による夜間騒音レベルの上昇は、睡眠の質および空港近くに住む住民の健康に対する悪影響を及ぼす可能性が示された。夜間運航を制限し、航空機騒音を規制することで空港周辺地域の生活環境を保護することを考慮すべきである。

研究成果の概要(英文)：The number of flights operated and the housing conditions around Noi Bai International Airport has increased significantly in the past nine years. The exposure noise levels (Lden) at surveyed sites ranged between 48 and 61 dB in 2009, but increased to range between 54 and 76 dB in 2017. General health indicators such as Body Mass Index (BMI), blood pressure, etc. were investigated in surveys conducted in November 2017 and August 2018. Exposure-response relationships established in the surveys conducted from 2014 to 2018 were found to be higher than that established in 2009 survey. Comparisons of respondents with high blood pressure and insomnia ratios at different noise exposure level ranges showed that there is no significant association between ratios of hypertension and Lden but a significant exposure-response relationship was found between night-time noise exposure levels and insomnia. The improvement of residence quality and a restriction on nighttime flight should be considered

研究分野：建築環境工学

キーワード：航空機騒音 段階的な変化 過剰な応答 夜間騒音レベル 睡眠の質 健康影響 航空輸送インフラストラクチャ 住民反応

## 1. 研究開始当初の背景

発展途上国での航空輸送インフラストラクチャの積極的な開発は、騒音問題を含む空港周辺地域の環境に大きな影響を与えている。2009年に発展途上国であるベトナムのハノイノイバイ国際空港（HNHIA）周辺において航空機騒音の住民反応を調査した。この時点での運航状態は安定的であったが、その後、2014年12月に新ターミナルビルが竣工したことにより、航空機の運用回数が増加した。竣工の直前に1回、さらに竣工後に2回、騒音レベルの段階的変化（step-change）による影響を調査した。その結果、段階的変化の直後に過剰な反応（excess response）が見られた[1]。この過剰な反応は時間経過により減少するのか、あるいはその後も続くのかは不明である。そこで、段階的変化の約3年及び4年後にあたる2017年と2018年に追跡調査を実施した。

## 2. 研究の目的

本研究は、発展途上国における空港周辺の生活環境を保護し改善するための知見を提供することを目指して、主な2つ目的にしている：(1) Step-change後のexcess responseが長期的にどのように変化するかを明らかにする；(2) 機械学習による機種識別システムを開発し、ノイズマップの高精度化を実現する。

## 3. 研究の方法

### (1) 調査地区

HNHIAには、東西方向に2本の平行滑走路があり（11L-29Rと11R-29L）、滑走路の運用方向は風向の影響を受けるが、東への飛行経路の使用が全飛行の80%近くを占める。図1に示すように、2009年の調査では、空港周辺で9つの調査地区を選定した。主要な着陸経路の直下付近に位置する4地区（Sites1-4）、主要な離陸経路の直下付近に位置する3地区（Sites7-9）、滑走路の南に2地区（Sites5-6）である。2014年から2018年にわたる調査では、2009年の調査の7地区を含む、合計で13地区（A1-A13）を選定した。ここでは、空港の滑走路端に近い地区であるA5、A6、A8と、空港の北東方向に対照的な地区としてA12とA13を追加で選定した。A12、A13は他の地区とほぼ同じ生活環境であるが、航空機騒音の影響をほとんど受けない地区と想定される。

### (2) アンケート調査

一連の調査では、ICBENで推奨されている2つの標準的な質問方法のベトナム語版を作成し、面接法によってHNHIA周辺地区における住民反応を収集した。非常にうるさいと回答した人の割合（%HA）の定義は、11段階の数値尺度（0-10）の8、9または10を選択した反応者の割合とした。2014年の調査からは、International Institute of Sleep[2]による睡眠障害の頻度によって定義されるinsomniaの発生割合（%ISM）を夜間の睡眠障害の判定に使用した。すなわち、睡眠影響の質問に記載されている症状のいずれかを週に3回以上受けている者として定義して%ISMを算出した。%HAや%ISMの他に、高レベルの航空機騒音暴露は心臓血管系疾患やそれ以外の健康にも悪影響を与える可能性がある。その知見は先進諸国で得られているものの、発展途上国での研究はみられない。そこで、2017年の調査ではHNHIA周辺の航空機騒音の健康影響を評価するために、自己申告に基づくbody mass index（BMI）および血圧などの住民の健康状態のデータを収集した。さらに、2018年の調査では血圧計（OMRON HEM-6324T）で血圧測定を行った。また、生活条件や周囲の環境に関する質問の代わりに、BMI、血圧、心拍数など、現在の健康状態に関する質問を行った。

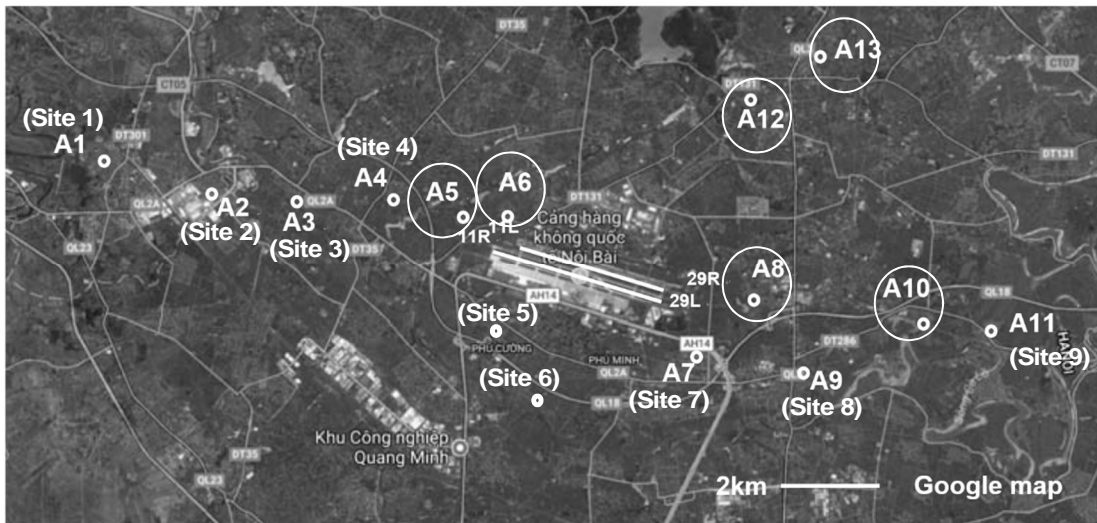


図1. 2014～2018年の調査地区

(Site -) : 2009年調査の時の地区, ○2014年から追加された地区

### (3) 騒音測定及び運行状況

2017年以前の調査では調査地区内で選定した住宅の屋根に測定機器（騒音計 RION NL-42、NL-21、NL-22）を設置し、100 ms ごとの騒音レベル( $L_{A,S}$ )を7日間連続で測定した。また、2018年の調査では、実測の代わりに、予測計算でノイズマップを作成した。ノイズマップの作成に必要な運行状況のデータは、ベトナム民間航空局（CAAV）から提供されたフライトログを用いた。

### (4) ノイズマップの高精度化

ノイバイ空港および空港周辺ので、三角測量法により位置（緯度・経度・高度）を推定した。騒音源 Noise Power Distance (NPD) データは、右の図に示す滑走路の両端付近のいくつかの地点で騒音測定仰角測定を行い、NPDデータを作成した。得られた飛行データを用いて経路の下に騒音測定の結果と合わせて以下のNPDデータを構成し、計算する：

1. 民間機[INM]と軍用機[INM]のNPDデータ
2. 民間機[INM]と軍用機[実測]のNPDデータ
3. 民間機[実測]と軍用機[実測]のNPDデータ

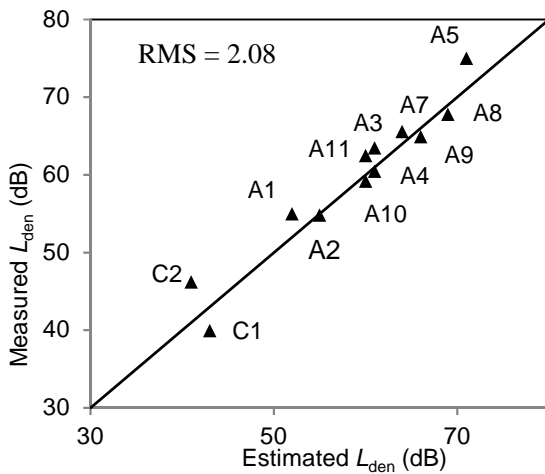
## 4. 研究成果

### (1) 便数及び暴露レベルの変化

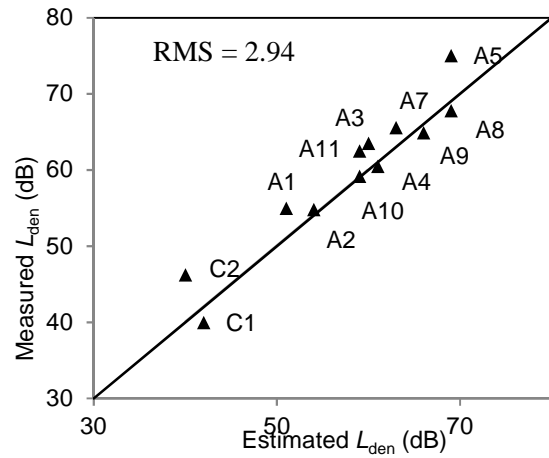
HNBAの運航便数と空港周辺の居住地の人口密度は、過去9年間で大幅に増加した。2009年から調査した地区の昼夕夜平均騒音レベル ( $L_{den}$ )の範囲は2009年には48～61 dB、2018年には54～66 dBで増加した。特に夜間のイベント数が急増しており、地区A3とA4の夜間等価騒音レベル( $L_{night}(22:00-6:00)$ ) 10dB程度に高くなった。

### (2) 軍民共用空港周辺ノイズマップの高精度推計手法の開発

予測に用いたNPDを変えながら予測騒音レベルと実測値とを比較することにより、どの予測結果が測定値と一致するかを調べた。以下の図に予測による推定 $L_{den}$ と2017年11月14日にHNBAで測定された $L_{den}$ の各サイトでの相関を示しています。図2にケース3とケース4の結果を比較すると、INMのNPDを用いた民間航空機騒音の推定値は、実測値と実測値との対応が良くなっていた。軍用機を考慮することで測定値との対応が改善されていることが見られた。現地測定に基づいてNPDを作成することが必要であると確認できた。



Case 3 (Civil, by INM's NPD & military, by measurement-based NPD)



Case 4 (Civil & military, by measurement-based NPD)

図 2 . 計算と測定結果の比較

ノイズマップの結果と測定値を比較して問題を明らかにした。軍用機の NPD データの整備で、計算方法の精度を改善し、誤差を小さくできた。今後の研究で、実測した NPD データに基づいてベトナムにあった予測モデルを開発する。

### (3) 住民反応の変化

表 1 に示す通り、地区 A5 で %ISM の劇的な増加が見られ、2015 年 9 月の 17% から、2017 年 11 月には 43.8% に増加した。この結果は、地区 A5 で測定された夜間騒音レベルの 10 dB の増加と符合している。しかし、%HA で定義されるアノイアンスには、同様の傾向は見られなかった。2015 年から 2017 年までの期間で  $L_{den}$  がわずかに増加したにもかかわらず、%HA は、離陸経路下の 2 地区 (A7 および A9) で減少した。%HA の減少は、地区 A3 を除いて、着陸経路下のすべての地区で見られた。

図 3 に 6 回の調査のデータから得られた曝露 - 反応関係として、(a)  $L_{den}$ -%HA および (b)  $L_{night(22:00-6:00)}$ -%ISM の比較を示す。段階的変化の約 3 年及び 4 年後に該当する 2017 年と 2018 年の追跡調査では、 $L_{den}$  が 60 dB 以上の範囲において、%HA は段階的変化直後の 2015 年の調査のそれらよりも低い、2009 年 2014 年の調査及び EU position paper に示される曝露 - 反応関係よりも高い。言い換えれば、段階的変化による excess response は時間とともに減少するように見えるが、それでも同じ騒音曝露レベルではターミナル竣工前の反応よりも高いままである。2017 年の調査のデータによる %ISM の関係は、以前の調査で得られたものよりも低い、2018 年は以前の調査で得られた関係よりも高い。夜間等価騒音レベルは 2017 よりも 2018 年の方が低く、2017 年以前と 2017 年は値が大きく変わりません。この結果は睡眠に騒音曝露量だけでなく様々な要因が影響すると示された。

最高血圧と最低血圧がそれぞれ 120 と 80 mmHg より高いときを高血圧と定義し、 $L_{den}$  と %高血圧および  $L_{night(22:00-6:00)}$  と %ISM の関連性を検討した結果、高血圧と  $L_{den}$  の間に有意な関連性は見られなかったが、%ISM と  $L_{night}$  の間に有意な関連性が見られた。夜間の飛行便数の増加による  $L_{night}$  の上昇は、睡眠の質および空港近くに住む住民の健康に対する悪影響を及ぼす可能性が示された。この研究結果では段階的な変化による過剰な応答は時間の経過とともに減少するように見えるが、同じ騒音レベルでは依然として 2014 年の竣工前と比べても反応が高いままである。夜間の運行便数の増加は睡眠の質に悪影響を及ぼす。ベトナムにおいて、夜間運航を制限し、航空機騒音を規制すること

で空港周辺地域の生活環境を保護することを考慮すべきである。

表 1 . 各調査地区での%HA 及び%ISM

	%HA						%ISM				
	8/2009	9/2014	3/2015	9/2015	11/2017	8/2018	9/2014	3/2015	9/2015	11/2017	8/2018
A1	6.5	8.2	5.7	2.0	0.0	20.0	1.4	1.1	0.0	0.0	20.0
A2	11.5	9.1	35.8	28.9	14.3	20.0	0.0	6.9	3.1	4.2	20.0
A3	57.0	59.1	71.1	65.3	95.7	60.0	17.0	20.2	21.9	2.2	22.2
A4	68.4	48.2	83.3	92.0	77.8	60.0	17.5	26.5	22.4	19.1	20.0
A5		47.7	73.9	96.0	91.7	90.0	8.9	33.7	17.0	43.8	40.0
A6		70.8	63.8	84.0	83.0	60.0	4.6	7.5	20.0	17.0	10.0
A7	8.3	44.1	12.4	60.6	10.4	20.0	5.4	17.5	9.0	0.0	10.0
A8		58.2	55.1	68.5	33.3	80.0	33.3	1.0	7.4	8.3	10.0
A9	20.0	28.4	37.8	56.0	53.2	10.0	6.7	5.6	24.0	10.6	10.0
A10		10.1	10.3	28.0	34.0	0.0	6.1	5.1	12.1	10.4	10.0
A11	4.7	9.0	5.5	11.2	12.0	40.0	0.0	4.2	5.1	0.0	30.0
A12		0.0	0.0	2.0	0.0	9.1	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
A13		0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	6.3	1.4	1.0	0.0	0.0

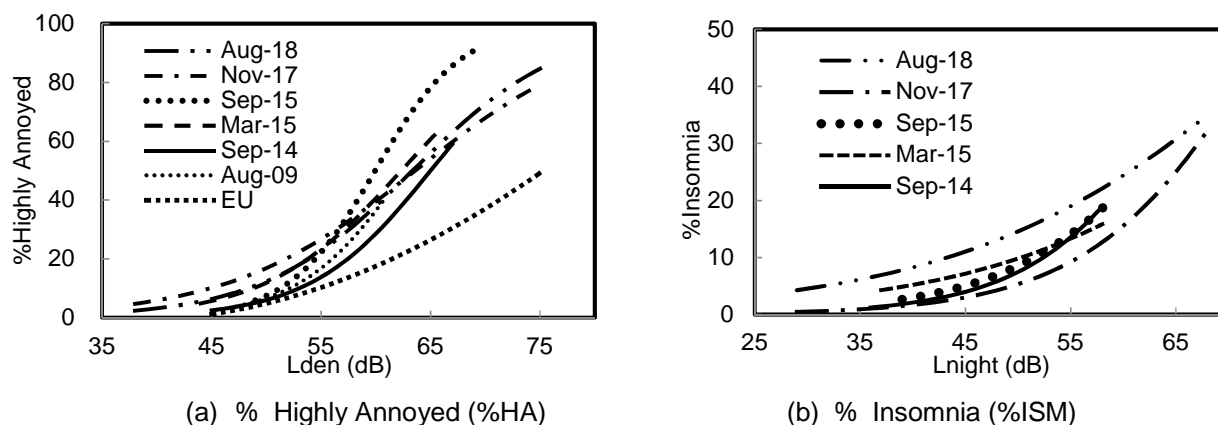


図 3 . 各調査のデータから総合した関係の比較

< 参考文献 >

Nguyen, T.L., Nguyen, T.L., Morinaga M, Yokoshima S., Yano, T., Sato, T., and Yamada, I. (2018).

“Community response to a step change in the aircraft noise exposure around Hanoi Noi Bai International Airport, " J. Acoust. Soc. Am. 143(5), 2901-2912, 2018

Kuwano, S., Yano, T., Kageyama, T., Sueoka, S., and Tachibana, H. (2014). “Social survey on wind turbine noise in Japan, ” Noise Control Engr. J. 62 (6), 503–520

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- 1 . Thu Lan Nguyen, Takashi Morihara, Takashi Yano, and Shigenori Yokoshima, Structural equation models of road traffic and aircraft noise annoyance in Vietnam, Noise Control Engineering Journal, Volume 66 (6), pp. 459-471(13), 2018. DOI: 10.3397/1/376639

2 . Thao Linh Nguyen, Thu Lan Nguyen, Makoto Morinaga, Shigenori Yokoshima, Takashi Yano, Tetsumi Sato, Ichiro Yamada, Community response to a step change in the aircraft noise exposure around Hanoi Noi Bai International Airport, J. Acoust. Soc. Am, 143(5), pp.2901-2912(12), 2018. DOI: 10.1121/1.5037567

[学会論文・発表] (計 11 件)

1. Thulan Nguyen, Bachlien Trieu, Takashi Yano, Takashi Morihara, Yasuhiro Hiraguri, Makoto Morinaga, Effects of changes in operational and residential factors on public health and reactions at the vicinity of Noi Bai International Airport, Proc. of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019), Aachen, September 2019 (Invited paper).
2. Takashi Yano, Makoto Morinaga, Shigenori Yokoshima, Thao Linh Nguyen, Thu Lan Nguyen, Activity disturbances by a step change in aircraft noise exposure around Hanoi Noi Bai International Airport, Proc. of the 23rd International Congress on Acoustics (ICA 2019), Aachen, September 2019 (Invited paper).
3. Thu Lan Nguyen, Takashi Yano, Ichiro Yamada, Masaharu Ohya, Koichi Makino, Vu Thi Thanh, Noise indicators for aircraft noise monitoring in Vietnam, Proc. of 47th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2018), Chicago, USB Memory, August 2018 (Invited paper).
4. Thu Lan Nguyen, Bach Lien Trieu, Thanh Loc Bui, Takashi Yano, Yasuhiro Hiraguri, Makoto Morinaga, Takashi Morihara, and Thao Linh Nguyen, Long term follow-up study of community response to step-change in aircraft noise exposure around Noi Bai International Airport, Proc. of 47th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2018), Chicago, USB Memory, August 2018 (Invited paper).
5. Thu Lan Nguyen, Takashi Yano, Takashi Morihara, Yasuhiro Hiraguri, Makoto Morinaga, Bach Lien Trieu, Thanh Loc Bui, Community response to noise around Noi Bai International Airport from 2009 to 2018, Proc. of 48th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2019), Madrid, June 2019 (Invited paper).
6. Bach Lien Trieu, Thu Lan Nguyen, Takashi Yano, Takashi Morihara, Yasuhiro Hiraguri, Makoto Morinaga, Thanh Loc Bui, Assessment of health effects of aircraft noise on residents living around Noi Bai International Airport, Proc. of 48th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2019), Madrid, June 2019.
7. Thanh Loc Bui, Thu Lan Nguyen, Yasuhiro Hiraguri, Makoto Morinaga, Takashi Morihara, Junichi Mori, Bach Lien Trieu, Comparing noise contours calculated using existing and measurement-based NPD data for two major airports in Vietnam, Proc. of 48th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2019), Madrid, June 2019 (Invited paper).
8. Sohei Nishimura, Yuya Nishimura, Thu Lan Nguyen, Study on Theoretical Calculation of Soundproofing Air Vents, Proc. of 48th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering (internoise 2019), Madrid, June 2019.
9. Bui Thanh Loc, Nguyen Thu Lan, 平栗靖浩, 森長誠, 森淳一, 森原崇, Trieu Bach Lien, ノイバイ国際空港の一般的な NPD データと測定値に基づく NPD データによって計算された騒音の騒音コンターマップの比較に関する研究, 日本音響学会 2019 年春季研究発表会講演論文集 (CD-ROOM), 東京, 2019.3 .
10. Thu Lan Nguyen, 矢野隆, 森原崇, 平栗靖浩, 森長誠, 運航増加によるノイバイ国際空港周辺の騒音に対する住民反応の変化, 日本騒音制御工学会春季研究発表会講演論文集, 東京, 2019.4.
11. ベトナムでの交通騒音による住民反応, 建築学会中国支部の環境工学講演会, 広島, 2018.12