

33

ラオス・ルアンパバーンにおける音環境計画
—電動車両導入による道路交通騒音対策—

Planning of sonic environment in Luang Phabang, Laos

—Electric vehicles lower the traffic noise level—

京都大学 松井利仁, 有本 純, 黒沢陽太郎, 平松幸三

ラオス国立大学 Dexanourath Seneduangdeth, Khammany Sourideth,

Saleumsack Phabouddy, Saychai Syladeth

Kyoto University, T. Matsui, J. Arimoto, Y. Kurosawa, K. Hiramatsu

National University of Laos, D. Seneduangdeth, K. Sourideth, S. Phabouddy, S. Syladeth

1 はじめに

ルアンパバーンはラオス北部に位置する町であり、1975年まで前王朝であるルアンパバーン王国の首都、そして北部の経済の中心として栄えてきた。その後1995年に、伝統的な建造物とフランス植民地時代の建造物とが融合した景観が評価され、ユネスコによって市街地全体が世界文化遺産に登録された。

しかし、近年、観光客の増加と町の発展に伴って、トゥクトゥクと呼ばれる三輪タクシーや、自動二輪車が増加し、それらの騒音が地域の音環境を支配するようになった。世界遺産に登録された地域では、登録理由である建造物や景観だけでなくその地域全体の環境を保全する必要があり、ユネスコは音環境の改善をルアンパバーン市に要求している。しかし、騒音源であるトゥクトゥク及び二輪車は、観光業や住民の日常生活に必要不可欠なものとなっており、それらの台数や使用を制限することは困難であると考えられる。

本研究では、トゥクトゥク及び二輪車による騒音の現況を把握し、これらの車両に対して電動車両を導入することによる道路交通騒音の低減効果を予測することを目的とする。

2 研究方法

2.1 調査対象地域

図1にルアンパバーン市内中心部の地図を、騒音・交通量等の調査を行った地点とともに示す。

半島内北東部を中心に複数の寺院が点在し、ル

アンパバーン国立博物館などの他の観光地の多くは、地図中央のシーサワンウォン通りやサッカリン通り沿いに位置している。これらの通りや北東部のメコン川沿いには、レストランやホテル、商店等も多数存在し、観光の中心となっており、トゥクトゥクが比較的多く走行している。また、キサラート通りやプーシーの丘の南側からナムカーン川沿いの道路も比較的交通量が多い。

太線で示した調査対象道路のうち、地点3, 4, 7, 8, 9に面する道路は反時計回りの一方通行である。また、地点1付近は17時以降に車両は通行禁止となり、ナイトマーケットが開かれ観光資源の一つとなっている。なお、主な調査は2010年10月11～12日に行った。

2.2 車種別音響パワーレベルの計測

二輪車・小型車・大型車については、ルアンパバーンにおいて、公道を定常走行する車両の騒音を、各々10～20台録音するとともに、走行速度をストップウォッチを用いて計測した。

トゥクトゥク及び電動トゥクトゥクについては、実際に使用されているトゥクトゥク及び電動トゥクトゥク製造メーカー所有の市販車、各1台を用いて、バンコク市内において走行騒音および暗騒音の録音を行った。また、走行速度を同時に計測した。

電動二輪車は、京都市内において、市販されている電動二輪車（ヤマハ発動機、EC-03）を用いて、上記と同様な方法で計測を行った。

各車種の走行音について、不要な単発的騒音を

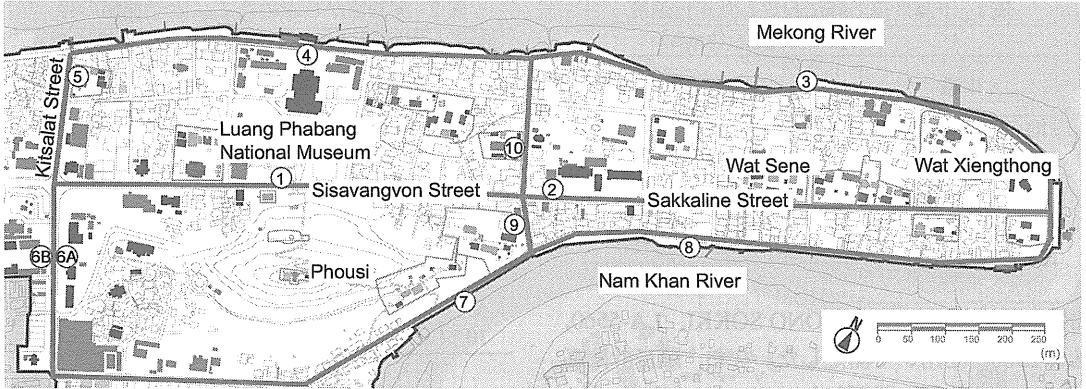


図1 ルアンパバーン市内中心部と騒音・交通量測定点

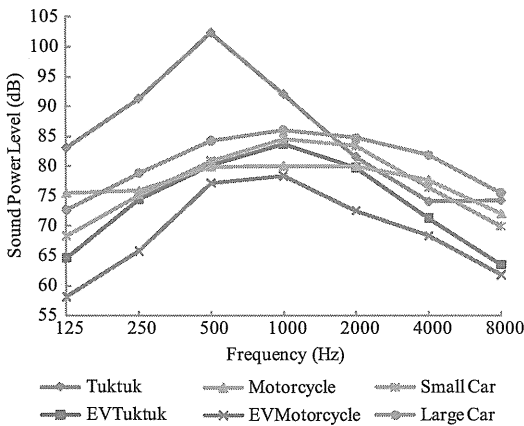


図2 時速 20 km における車種別音響パワーレベルの周波数特性

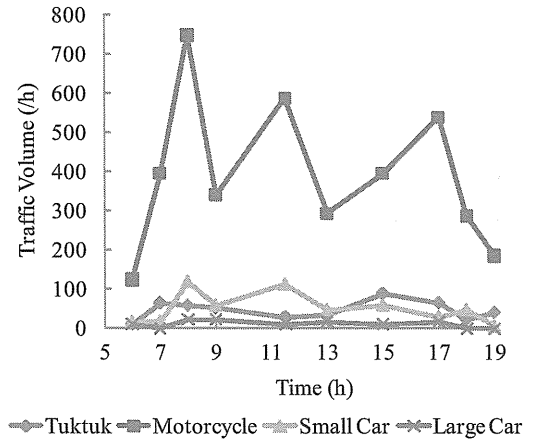


図3 交通量の日内変動の例：地点2

除外した上で、オクターブバンド別に平均的な音響パワーレベルを求めた。図2に、時速20kmにおける各車種の平均的な周波数特性（A特性補正済み）を示す。

2.3 車種別交通量の計測

図1の各測定点において、昼間の時間帯の交通量調査（各10分間）を行った。計測した時刻は、6, 7, 8, 9時, 11時半, 13, 15, 17, 18, 19時の計10回である。

交通量の計測結果の例を図3に示す。ほとんどの地点において二輪車が交通量の大部分を占めていたが、地点1, 2, 3, 10ではトゥクトゥクの割合が、他の測定点よりも高くなっていた。

2.4 車種別走行速度の計測

図1の地点4, 6, および地点3から地点8の河川沿いの道路において、各種車の走行速度を5～20台程度計測した。また、他の地点については、目視によりおおまかな走行速度を推定した。

走行速度には大きなバラツキが見られたが、得られた平均速度に基づいて、各道路での走行速度を表1と仮定した。なお、地点6A, 6Bは、17時以降に交通の流れが悪くなっていたため、全ての車種について時速20kmとした。

2.5 道路交通騒音の計測

図1に示した測定点において、交通量調査と同時に10分間の等価騒音レベル（ L_{Aeq} ）を、騒音

表 1 予測計算の際に設定した走行速度

車種	速度 (km/h)		
	トゥク トゥク	二輪車	小型車 大型車
地点 1～5, 8～10	20	20	20
地点 7	20	30	30
地点 6A, 6B (6～16 時)	20	30	30
(17～19 時)	20	20	20

計（RION, NL-31 及び ONO SOKKI, LA-5560, LA-2560）を用いて測定した。なお、騒音計は高さ 1.2 m の位置に設置した。

2.6 等価騒音レベルのサウンドマップ作成

上述した調査結果に基づき、等価騒音レベル (L_{Aeq}) のサウンドマップを作成し、電動車両の導入による対策効果を予測した。

予測の際の騒音伝搬特性の予測手法には ISO 9613-2¹⁾ を用いた。この予測手法は、音源の周波数構成を考慮することが可能であり、我が国で広く利用されている ASJ Model²⁾ と比較して汎用性が高い。また、建物による反射や回折など、複雑な条件での騒音伝搬計算にも適用可能である。

なお、サウンドマップの作成には SoundPLAN (ONO SOKKI) を用い、予測の際に必要な、道路、建物等の情報が含まれる 3 次元 GIS データは、ルアンパバーン市が作成した保存計画³⁾ 中の地図から作成した。また、下記の仮定を行った。

- 建物等による騒音の反射回数は最大 3 回
- 騒音予測点は地上 1.2 m
- 騒音源は交通量の多い調査対象道路（図 1 の太線）のみ
- 道路中央に高さ 0.3 m の線音源を配置
- 建物の高さは、1 階建て 3 m, 2 階建て 6 m, 3 階建て以上を 9 m
- 樹木は高さ 8 m, 透過損失 0.05 dB/m
- 地表面は、道路上は反射性、その他は吸音性

3 予測結果

3.1 予測精度の検証

各測定点における 6～18 時の L_{day} について、予測計算結果と実測値との比較を行った。結果を表

表 2 実測値から求めた L_{day} と予測値の差

地点	実測値 (dB)	予測値 (dB)	差 (dB)
1	—	65.2	—
2	64.3	64.8	0.5
3	61.5	60.0	-1.5
4	63.2	64.2	1.0
5	65.2	65.1	-0.1
6	67.3	69.4	2.1
7	65.2	65.1	-0.1
8	58.3	60.7	2.4
9	65.4	63.0	-2.4
10	59.9	61.7	1.8

2 に示す。各地点の実測値と予測値の差は、平均で 1.3 dB, 最大でも 2 dB 程度であった。

電動車両の導入による対策効果を予測するという目的においては、十分な精度が得られると考えられる。

3.2 道路交通騒音対策効果の予測

6 時から 18 時までの等価騒音レベル (L_{day}) に関して、全てのトゥクトゥク・二輪車に対し電動車両を導入した場合のサウンドマップの変化を図 4 に示す。

対策前は、道路沿道のほとんどの地域で 60 dB を超過していたが、対策後は、ラオスの騒音環境基準⁴⁾（住居地域で 55 dB）をほぼ下回ることが予測された。この結果は、時間平均騒音レベルである L_{day} を指標としているが、個々の発生騒音の最大値については、さらに騒音レベルが低下することになる。

4 結 論

本研究では、ルアンパバーン市内において、トゥクトゥク及び二輪車に対し電動車両を導入した際に得られる道路交通騒音の低減効果を予測した。

全てのトゥクトゥク・二輪車に対し電動車両を導入することによって、世界遺産地域のほぼ全域で、平均騒音レベルが 3～8 dB 程度低減すると予測された。また、寺院や観光客向けの施設が多く存在する半島東北地域については、トゥクトゥクのみで電動車両を導入したとしても、一定の対策効果が得られることが予測されている。

電動車両の短所である航続距離の短さや最高



図4 L_{day} に関する電動車両導入前（上図）および導入後（下図）のサウンドマップ

速度の遅さは、中心部が3～4km四方のルアンパバーン市内での使用においては大きな問題とされないと考えられる。さらに、ラオスは水力発電により十分な電力を国内で生産しており、電動車両の導入はインフラ面においても有利である。

なお、本研究の一部は、平成21～23年度日本学術振興会科学研究費（基盤研究（B）No. 21401010）の補助により実施した。

参考文献

- 1) ISO 9613-2, "Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2," 1996.
- 2) 音響学会道路交通騒音調査研究委員会, "道路交通

騒音の予測モデル—ASJ RTN-Model 2008—," 音響学会誌 65(4), 179–232, 2009.

- 3) Luang Phabang, "Heritage Preservation and Development Master Plan," 2001.
- 4) Water Resource and Environment Administration, "National Environmental Standards," 2010.

キーワード：世界遺産、道路交通騒音、トゥクトゥク、電動車両、サウンドマップ

Key Words : World heritage, Road traffic noise, Tuktuk, Electric vehicles, Sound map