

里山におけるインフラサウンドと気象の観測

山崎 将滉¹ 山本 大誠²

赤塚 慎^{3*} 山本 真行³

(受領日：2021年5月31日)

¹ 高知工科大学大学院工学研究科社会システム工学コース
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

² 高知工科大学大学院工学研究科エネルギー工学コース
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

³ 高知工科大学大学システム工学群
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

* E-mail: akatsuka.shin@kochi-tech.ac.jp

要約：本研究では高知県香美市にある里山において林地内外のインフラサウンド（可聴下の超低周波音）と気象環境の実測調査を行った。今年度の調査では、林内温湿度計を新たに追加し、周辺環境の異なる林地内の気象環境を測定した。また、インフラサウンドセンサを設置し、インフラサウンドの測定も行った。林地内外の気象観測データを比較し、インフラサウンドとの比較をすることで異なる周辺環境での気象環境の傾向やインフラサウンドとの関連性について分析した。

林地内外の気象観測データを比較したところ、伐採前後で林地内の気象環境が変化していることがわかった。また、数10mの標高の違いであれば標高よりも日当たり等の周辺環境の影響が大きくなることが示唆された。

気象観測データとインフラサウンドとの比較では、風速とインフラサウンドの間で0.4程度の弱い正の相関がみられた。雨量との比較では有意な相関は見ることが出来なかった。またLow Frequency (LF) 帯インフラサウンド（0.1 Hz以下）から寒冷前線の通過の影響とみられる特徴的な増大波形を検出することが出来た。

1. はじめに

高知工科大学では、心豊かな社会の実現のために里山基盤科学技術の社会実装モデルプロジェクトに取り組んでいる。このプロジェクトでは、科学的な手法を用いて、里山における安全で安心な暮らしを提案することを目標としている¹⁾。対象地域である里山で生活をする上で、熱中症のリスク、建築部材の劣化、農作物の病害、自然災害など様々な問題が起りえる。これらの問題の対策として、気象観測やインフラサウンド観測により里山の気象環境とインフラサウンドとの関連性を把握する必要があ

ると考えられる。

そこで本研究では、里山の林地内外の気象環境とインフラサウンドとの関連性を把握するために実測調査を行った。今回の調査では、以前から行われている調査²⁾で使用している気象観測装置に加えて、林内温湿度計を複数箇所追加し周辺環境の異なる場所での気象環境を測定した。また、新たにインフラサウンドセンサを用いてインフラサウンドを測定し、気象データとインフラサウンドの関連性について分析した。



図1. 気象観測装置設置場所

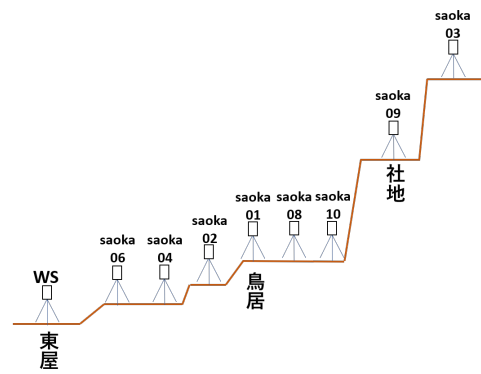


図2. 気象観測装置設置レベル

2. 気象観測について

2.1 目的

林地内の気象環境を把握するためには、様々な条件下での測定が望ましいと考えた。しかし、以前から使用している気象観測装置の設置場所では標高しか考慮できていないことがわかっている。そのため、複数箇所追加することで周辺環境を考慮した測定を試みた。追加した温湿度計にはT&D社製のRTR-507Sを用いた。

2.2 環境設定

(1) 調査概要

里山の林地内外を対象として、2020年8月24日から気象観測を行った。観測データを過去2年間のデータと比較し、林地内の伐採前後の気象環境の変化を把握した。また、周辺環境を変えることで気象環境がどのように変化するかを把握した。

(2) 調査地点

気象ステーションと林内温湿度計の設置場所との位置関係をそれぞれ図1、図2に示す。林地外の気象データとしては、以前から使用されている気象ステーション（仮社殿、東屋）を使用した。林内温湿度計は以前から使用されている3箇所（02、04、06）に加えて新たに6箇所設置した（01、03、05、08、09、10）。新たに設置する場所としては、同じレベルで日当りの違う条件にした。この9箇所で作られたデータを林内の気象データとした。

(3) 調査項目

林地外のデータとして使用する2箇所に設置された気象ステーションでは、気温・相対湿度・風速・風向・降水量を取得した。林地内のデータとして使用

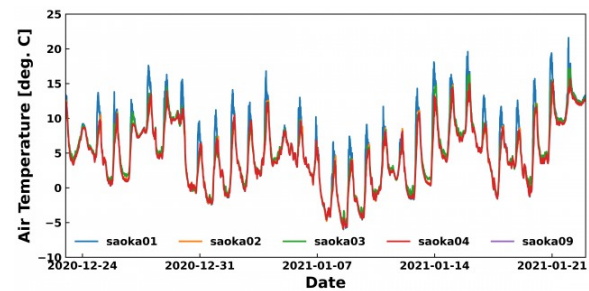


図3. 林地内での気温変化
(2020/12/23~2021/01/23)

する3箇所に設置された林内温湿度計と新たに追加した6箇所の林内温湿度計では、気温と相対湿度を取得した。設置した林内温湿度計の内、saoka07は設置の時に故障し、saoka05については台風の影響で故障したため本研究では使用しなかった。また、林地外の気象ステーションも記録ができていない期間があったため、記録できている期間のみを比較に用いた。

2.3 気象観測データ

(1) 気温と標高の関係

林地内5箇所の気温の時系列変化を図3に示す。以前行われた研究結果では、標高が高いほど、日中の気温は低く、夜間の気温は高い傾向があった。しかし、今回の結果ではsaoka01はsaoka03、saoka09よりも標高が低いにも関わらず気温が最も高いことがわかる。このことから、数10mの標高差であれば、標高よりも日当たり等の周辺環境の影響が大きくなることが示唆された。

(2) 伐採前後での林地内外の気象環境の比較

林地内外のそれぞれ1箇所における気温と相対湿度の時系列変化を図4、図5、図6、図7に示す。

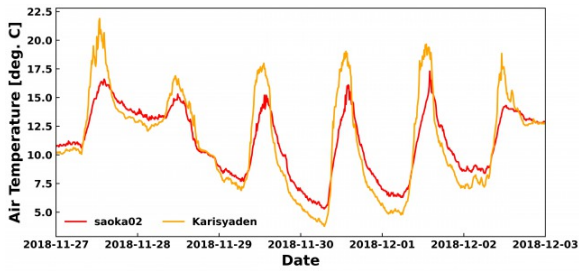


図 4. 伐採前の林地内外での気温変化
(2018/11/27~2018/12/03)

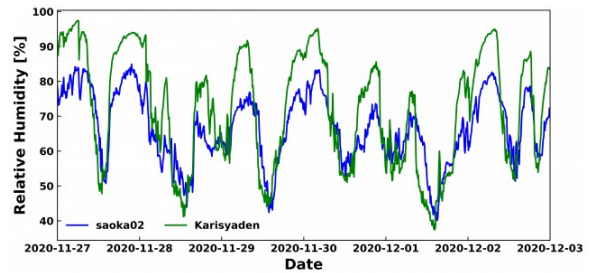


図 7. 伐採後の林地内外での湿度変化
(2020/11/27~2020/12/03)

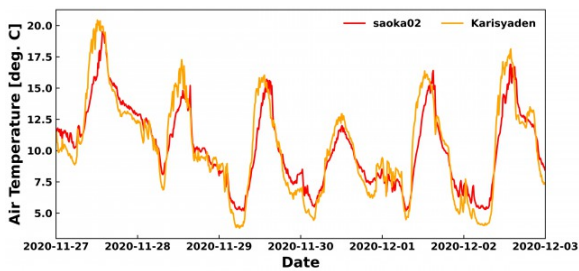


図 5. 伐採後の林地内外での気温変化
(2020/11/27~2020/12/03)

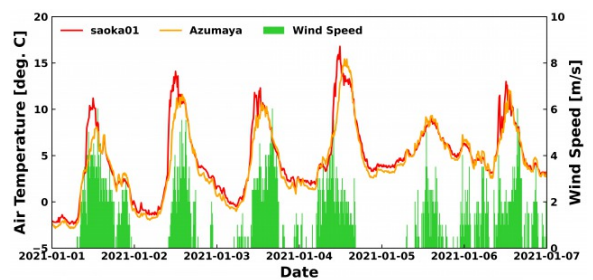


図 8. 林地内外での風速の影響
(2021/01/01~01/07)

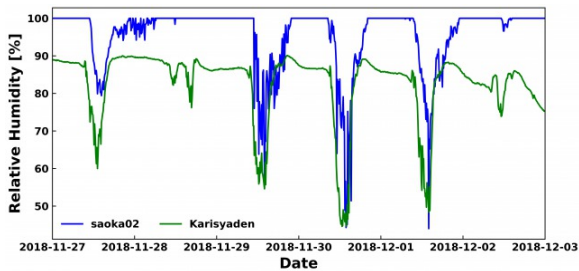


図 6. 伐採前の林地内外での湿度変化
(2018/11/27~2018/12/03)

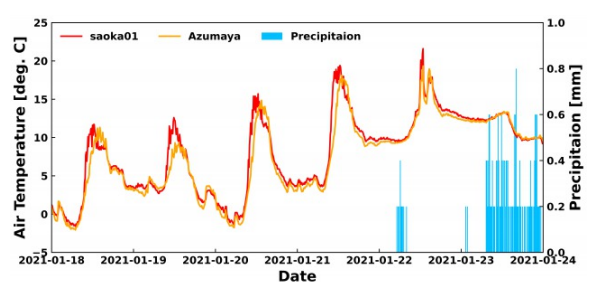


図 9. 林地内外での降雨の影響
(2021/01/18~2021/01/24)

2018年から2020年の間に2回の伐採が行われている。その結果、気温については大きな変化が見られなかったが、相対湿度については変化が見られた。伐採前、林地内は林地外よりも湿度が高いが伐採後、林地内は林地外よりも湿度が低くなっている。これは伐採により通気性が上がったことによるものだと考えられる。

(3) 気温と風速の関係

林地内外の気温と、そのときに林地外で観測された瞬間風速との関係を図8に示す。瞬間風速が大きいほど、それに伴って林地内外どちらも気温が急激に変化することがわかった。

(4) 気温と降雨の関係

林地内外の気温と、そのときに林地外で観測された雨量との関係を図9に示す。降雨が観測されている時間帯には、日照が少なくなるため林地内外どちらも気温の変化が小さくなる傾向があることがわかった。

3. インフラサウンド観測について

3.1 目的

里山におけるインフラサウンド観測を行い、気象状態の変化がインフラサウンドセンサに与える影響を明らかにすることを目的とした。

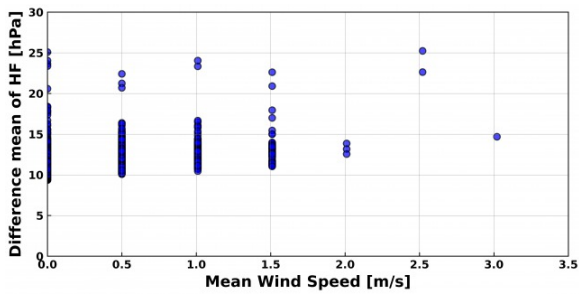


図 10. 平均風速-HF 差分平均

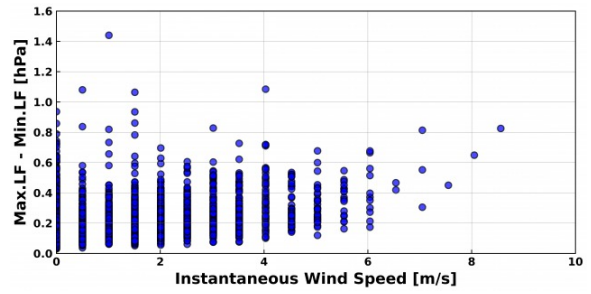


図 13. 平均風速-LF 差分平均

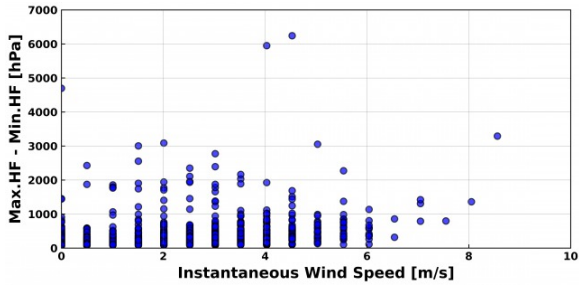


図 11. 瞬間風速-HF 最大最小

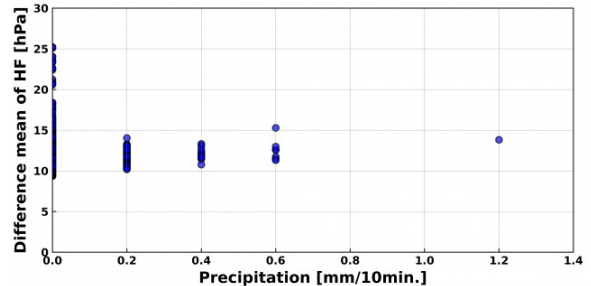


図 14. 雨量-HF 差分平均

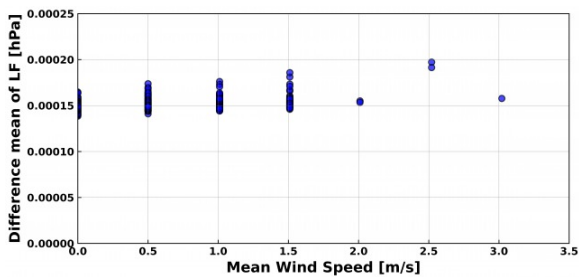


図 12. 平均風速-LF 差分平均

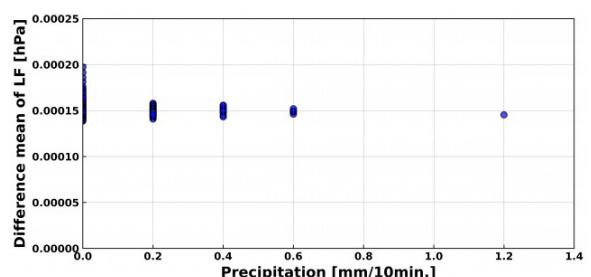


図 15. 雨量-LF 差分平均

3.2 環境設定

(1) 調査概要

里山におけるインフラサウンドの観測として、2020年7月22日より観測を行った。観測機器としてSAYA製インフラサウンドセンサADX-INF04LE（これ以降INF04とする）を使用した。INF04はLow Frequency（0.1 Hz以下、これ以降LFとする）とHigh Frequency（0.1～50 Hz、これ以降HFとする）の2種類の周波数帯の観測を行っている。インフラサウンドセンサは風によるノイズの影響を受けるため、風の影響の少ない建物内にセンサを1台設置した。気象データは東屋に設置されたものを使用した。

3.3 インフラサウンドデータ

(1) 風速とインフラサウンドの関係

図 10、11、12、13に、2020年12月17日から2021

年1月15日の風速とインフラサウンド計測データの関係を示す。平均風速-HF 差分平均は0.403、瞬間風速-HF 最大最小は0.411、平均風速-LF 差分平均は0.412の弱い相関が見られた。平均風速-LF 差分平均は0.339と他の風速と比べ相関は低くなった。

(2) 雨量とインフラサウンドの関係

図 14、15に10分間雨量とHF、LFの差分平均の関係を示す。相関係数はHFが0.076、LFが0.015となり、ほぼ相関は見られなかった。ただし、比較できた期間の10分間の最大雨量は1.25 mmであった。

(3) 天気図との比較

図 16に12月からの1ヶ月半のLFの差分平均とLFの最大値を示す。LFの差分、LFの最大値共に特定期間（矢印範囲）のみの波形が大きく変化してい

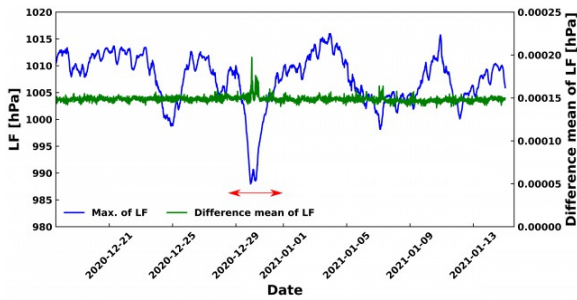


図 16. LF 最大値-LF 差分平均

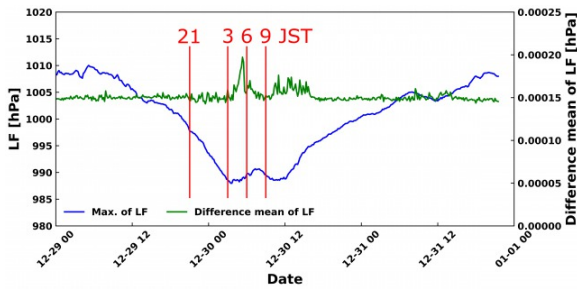


図 17. LF 最大値-LF 差分平均 (拡大)

ることがわかる。図 17 は図 16 の特定期間 (2020 年 12 月 29 日 00 時 ~ 2021 年 1 月 1 日 00 時) を拡大したものであり、図中の数値は図 18 の天気図の時刻を示している。図 18 の天気図より、該当期間に寒冷前線の通過があったことがわかる。東屋に設置の風速計データと比べると、図 19 に示すように寒冷前線の通過後に風が強くなり、LF 差分平均が大きくなっていることがわかる。

4. まとめ

4.1 達成事項

(1) 林地内部における気象観測

林地内部の気象観測を行い、林地内外の比較、伐採前後の気象環境の変化、気温と標高、降雨、風速との関連性を考察することができた。林地内外の気象観測により、次のような傾向があることが確認できた。

- 林地内では、標高よりも周辺環境に大きく影響を受ける
- 伐採前、林地内は林地外よりも湿度が高いが伐採後、林地内は林地外よりも湿度が低い
- 瞬間風速が大きいくほど、それに伴って林地内外どちらも気温が急激に変化する
- 降雨が観測されている時間帯には、林地内外どちらも気温の変化が小さくなる

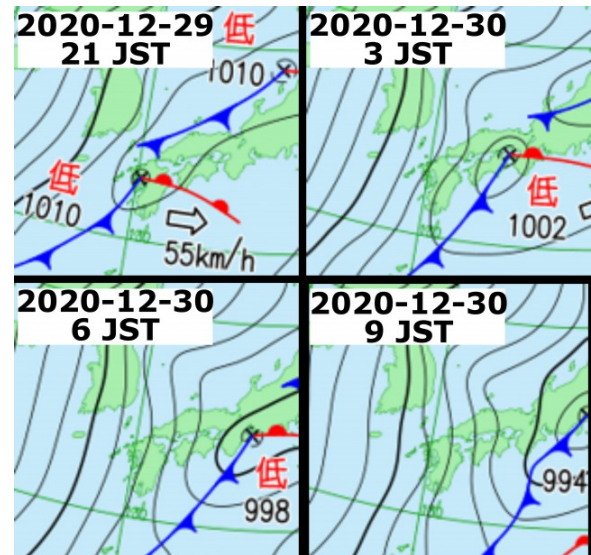


図 18. 天気図³⁾

(2020 年 12 月 29 日 - 2020 年 12 月 30 日)

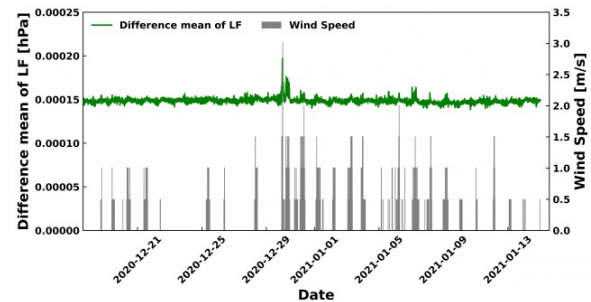


図 19. LF 差分平均-風速

(2) インフラサウンド観測

里山におけるインフラサウンド観測を行い、気象状態がインフラサウンドセンサに与える影響を調べた。インフラサウンドと風速との関係性では、LF (0.1 Hz 以下) 帯、HF (0.1~50 Hz) 帯共に 0.4 程度の弱い正の相関が得られた。1.5 mm/10 min 未満の小雨程度の雨量との関係性には、有意な相関は得られなかった。

また LF (0.1 Hz 以下) 帯のインフラサウンド計測データから、寒冷前線の通過と思われる特徴的な波形を観測することができた。

4.2 今後の課題

(1) 林地内の植生

周辺環境を考慮するために本研究では日当たりや設置レベルを考慮しながら気象環境の考察をした。そこで、その地点の気象環境によって周辺の植生も変化していると考えられるため、今後の調査で

は植生と気象環境の関連性も調査する必要がある。

(2) 林地内の気象環境

本研究では林地内の気象データは気温、相対湿度のみ測定している。しかし、林地外の気象データと比較するためには風速、風向、降雨の測定も可能にしたほうが良いため林地内にも気象ステーションを設置する必要がある。

(3) 気象とインフラサウンドの関係性

気象状態とインフラサウンドの比較を行ったが、風速等を測ることのできる気象ステーションの観測期間が1か月程度と短く、10分間雨量も最大で1.25 mmと少なかった。今後、集中豪雨などインフラサウンドセンサに影響を及ぼす程度の気象状態との比較が必要である。

文献

- 1) 岡田諒, 狭間弘菜, 細川壮司, 高木方隆, “佐岡中後入地区における水文環境”, 高知工科大学紀要, Vol.15, No.1, pp. 41–46, 2018.
- 2) 中野慎吾, 前田康佑, 赤塚慎, “里山における森林内外の気象観測”, 高知工科大学紀要, Vol.16, No.1, pp.111–117, 2019.
- 3) 気象庁. 「日々の天気図」<https://www.data.jma.go.jp/fcd/yoho/hibiten/index.html> (2021年5月28日閲覧)

Infrasound and Meteorological Observation in “Satoyama” Area

Nobuhiro Yamasaki¹ Taisei Yamamoto²

Shin Akatsuka^{3*} Masa-yuki Yamamoto³

(Received: May 31st, 2021)

¹Department of Infrastructure Systems Engineering, Graduate School of Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

²Energy Engineering Course, Graduate School of Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

³School of Systems Engineering, Kochi University of Technology
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

* E-mail: akatsuka.shin@kochi-tech.ac.jp

Abstract: In this study, we conducted a survey of the infrasound (ultra-low frequency inaudible sound) and meteorological environment inside and outside the forest in the “Satoyama” area of Kami City, Kochi Prefecture. In this year’s survey, we added new meteorological observation points inside the forest, and measured the meteorological environment in forest areas with different surrounding environments. In addition, an infrasound sensor was installed and measurements were taken. Then, by comparing the meteorological observation data inside and outside the forest area and further comparing it with the infrasound, the tendency of the meteorological environment in different surrounding environments and the relationship with the infrasound were analyzed.

In comparing the meteorological observation data inside and outside the forest area, it was found that the meteorological environment inside the forest area changed before and after logging. It was also suggested that if the altitude difference of observation points is within several tens of meters, the influence of the surrounding environment on temperature and relative humidity is greater than that of the altitude.

A comparison between meteorological observation data and infrasound showed a weak positive correlation of about 0.4 between wind speed and infrasound. No significant correlation could be seen in comparison with rainfall although there was no severe precipitation during the observation period. Also, from the LF-band infrasound (lower than 0.1 Hz), we could see a characteristic increasing of waveform, which seems to be affected by the passage of a cold front.