

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            | 居久根が有する防風効果のLESに基づく定量的評価                                                                                                                                                                        |
| Title(English)    |                                                                                                                                                                                                 |
| 著者(和文)            | 南健斗                                                                                                                                                                                             |
| Author(English)   | Kento Minami                                                                                                                                                                                    |
| 出典(和文)            | 学位:博士(工学),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12784号,<br>授与年月日:2024年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:大風 翼,安田 幸一,鍵 直樹,湯淺 和博,淺輪 貴史                                                                           |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Engineering),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12784号,<br>Conferred date:2024/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                            |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                                 |
| 種別(和文)            | 論文要旨                                                                                                                                                                                            |
| Type(English)     | Summary                                                                                                                                                                                         |

# 論文要旨

## THESIS SUMMARY

|                                            |               |          |                                          |                 |      |
|--------------------------------------------|---------------|----------|------------------------------------------|-----------------|------|
| 系・コース：<br>Department of, Graduate major in | 建築学<br>都市・環境学 | 系<br>コース | 申請学位（専攻分野）：<br>Academic Degree Requested | 博士<br>Doctor of | (工学) |
| 学生氏名：<br>Student's Name                    | 南 健斗          |          | 審査員主査：<br>Chief Examiner                 | 大風 翼            |      |

### 要旨（和文 2000 字程度）

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本研究は、宮城県北西部に位置する大崎耕土を対象に、伝統的な屋敷林である居久根（いぐね）の保全を目的とし、再現解析に基づき居久根による防風効果の定量化を行った。さらに、居久根が有する防風効果の定量的評価を研究の目標とし、居久根が効果的に活用されるために必要な条件について検討を行った。

2 章では植生における流体力学的抵抗の再現性に関する検討として、風速変動を考慮できる Large-eddy simulation (LES)を用いて、植生のある流れ場の歩行者空間における感度解析を実施した。検討ケースは、樹冠内部での $k_{SGS}$ の増加を考慮した 1 方程式モデルと、抗力項のみを考慮した Smagorinsky 型の 0 方程式モデルである。その結果、歩行者空間における風環境予測では、 $k_{SGS}$ の増加量が小さかったため、樹木後方の平均風速や風速の確率密度分布に与える影響は小さいことが分かった。

3 章では居久根周辺の観測として、散村で大部分の居久根が残る A 宅と、散村で西側の居久根が伐採された B 宅、さらに、部分的に居久根が伐採された集村の集落において冬季の卓越風向を対象に風環境の観測を行った。A 宅の観測により、居久根の風下では、平均風速が 1/3 程度、瞬間風速が 1/2.5 程度に低減されることが明らかになった。B 宅における居久根の後方では、居久根が残る A 宅と比較して平均風速が 2 倍以上大きくなっていった。また、集落全体で風速がおおむね 1/2 以下となっており、集落の風下で居久根が植樹されているエリアの風速は 1/3 程度に低減されることが明らかとなった。

4 章では、A 宅、B 宅、集落を再現した LES を行い、居久根による防風効果の定量化を行った。その結果、A 宅の解析により、居久根による弱風域は樹木高さの 10 倍程度風下まで広がっており、敷地内の平均風速は居久根により 1/3 程度に減少した。瞬間風速においても、1/3 程度に低減し、風速の変動が抑えられた風環境が形成される事が分かった。B 宅では、一部残っている居久根と居久根の隙間から風が吹き込み、居久根の防風効果は A 宅と比較して 1/2-1/3 程度となっていた。集落の解析では、居住空間において基準化風速はおおむね 0.3 程度となっており、集落の防風効果により風速が 1/3 程度に低減されることが明らかとなった。集落では、風上側の居久根の影響により、風下側の居久根までの空間で風速が小さくなっており、風上側の居久根の上端ではく離れた風は、風下側の居久根を通過することで弱風となっており、これらが連なることで広域な弱風域が形成されていた。本章における解析の精度について 3 章の観測結果から評価を行ったところ、超音波風速計を用いた A 宅の定点観測と再現解析は、瞬間風速のような短い時間スケールにおいてもよく一致していた。また、熱式風速計を用いた移動観測と再現解析では、 $FAC2=0.80$  となり、本解析の再現性は十分に高かった。

5 章では、居久根が有する防風効果の定量的評価として、居久根が効果的に活用されるために必要な条件の検討を行った。高木の役割に関する検討では、居久根の低木と高木を個々に再現した解析を実施した。その結果、低木のみでは、弱風域の長さは低木と高木を組み合わせたケースの 1/2 程度となり、中庭の中央で逆流域が形成されていた。高木のみでは縮流により敷地内が高風速となっていた。低木と高木を組み合わせたケースでは、樹木後方と樹木上方での速度差が小さいため逆流が抑制されており、居久根は低木と高木の構成により逆流が抑制された風環境が形成されていることが明らかとなった。

居久根の構成による防風効果の定量的評価として、低木と高木により構成される居久根の 2 次元樹林モデルを用いた解析を行った。低木の葉面積密度が現状よりも小さい場合の防風効果の検討では、現状を再現した葉面積密度の  $6.0\text{ m}^2/\text{m}^3$  から、葉面積密度が 2/3 となる  $4.0\text{ m}^2/\text{m}^3$  程度までは、平均風速・乱流エネルギーともに増加率が小さく、現状の風環境を維持できる可能性が示唆された。

B 宅のケーススタディとして行った居久根の伐採前後の風速の増加量の検討では、居久根の隙間を通る気流の影響で、最も風速の増加率に変化のあった地点を比較すると、平均風速は伐採の前後で 3.5 倍程度、極まれに発生する強風では 4 倍程度の増加量となり、平均風速・瞬間風速ともに増加量が大きかった。

集落における居久根同士の間隔の検討では、歩行者高さの防風効果に着目すると、居久根同士の間隔が居久根高さの 10 倍の場合は、大部分で風速が 1/2 以下に低減されており防風効果があった。一方で、居久根同士の間隔が居久根高さの 15 倍の場合は、2 列目より後方の居久根において、弱風域の範囲が短くなった影響で防風効果が小さくなっていた。従って、集落における居久根同士の間隔は、居久根高さの 10 倍を超えないように管理していくことが望ましいと考えられる。また、研究対象とした集落における居久根同士の間隔は、おおむね居久根の高さの 10 倍（120 m）以内となっており、居久根が適切な間隔で植樹されていることが分かった。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ (T2R2) にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

## 論文要旨

### THESIS SUMMARY

|                                            |               |          |                                          |                 |      |
|--------------------------------------------|---------------|----------|------------------------------------------|-----------------|------|
| 系・コース：<br>Department of, Graduate major in | 建築学<br>都市・環境学 | 系<br>コース | 申請学位（専攻分野）：<br>Academic Degree Requested | 博士<br>Doctor of | (工学) |
| 学生氏名：<br>Student's Name                    | 南 健斗          |          | 審査員主査：<br>Chief Examiner                 | 大風 翼            |      |

### 要旨（英文 300 語程度）

Thesis Summary (approx.300 English Words )

Homestead trees are a group of trees surrounding houses that have been maintained for various functions. This study aimed to conserve Igune, a traditional homestead tree in Osaki Koudo, Miyagi Prefecture, Japan, and to quantitatively evaluate windbreak effects of Igune based on computational fluid dynamics.

In Chapter 2, a sensitivity study was examined to discuss the applicability of a plant canopy model in large-eddy simulation (LES) to the pedestrian wind environment. It was confirmed that the difference between the 1-equation model and the 0-equation model was negligible under calculation setups for pedestrian wind environments.

In Chapter 3, field observations of the wind environment were conducted for the prevailing wind direction in winter. The study sites included House A, where most of the Igune remained intact, House B, where the windward side Igune had been partially removed, and the clustered settlement area, where numerous Igune were present. The mean wind velocity was reduced by one-third in House A and by one-half in the entire settlement due to Igune.

In Chapter 4, LESs were conducted to quantify the windbreak effect of Igune by reproducing House A, House B, and the settlement. The wind speed behind Igune showed good agreement between the simulation and field observations. In addition, it indicates that length of the low wind speed region behind Igune becomes approximately 10 times the Igune height.

In Chapter 5, a systematic parametric study for the windbreak effect of Igune was conducted based on simplified flow fields. When Igune consisted of shrubs and tall trees with the leaf area density of the shrubs ranged from approximately  $4.0 \text{ m}^2/\text{m}^3$  to  $6.0 \text{ m}^2/\text{m}^3$ , mean wind velocity and instantaneous wind velocity behind Igune reduced by approximately one-third of the wind at the windward region. Additionally, a study was conducted on the relationship between the streamwise spacing of Igunes and their windbreak effect within the settlement. The windbreak effect was observed when the distance between Igunes was within 10 times the Igune height.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).