

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	都市熱環境からみたオープンスペースにおける樹木配置最適化に関する研究
Title(English)	
著者(和文)	藤原邦彦
Author(English)	kunihiko fujiwara
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第11649号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:浅輪 貢史,中村 芳樹,室町 泰徳,大風 翼,湯浅 和博,小林 秀樹
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11649号, Conferred date:2020/9/25, Degree Type:Course doctor, 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： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	藤原邦彦		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	浅輪貴史	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は「都市熱環境からみたオープンスペースにおける樹木配置最適化に関する研究」と題し、以下の全6章により構成した。

第1章「序論」では、夏季における都市の熱環境改善策として期待できる樹木緑化に着目し、樹木配置計画により熱環境改善効果が大幅に異なる可能性について言及したうえで、ランドスケープの設計実務の観点から、改善効果が最大となる樹木配置を計画の初期段階から提示できる手法の重要性について論じた。また近年の熱環境シミュレーションや数理最適化手法の進展を踏まえ、それらの都市環境計画への応用可能性について指摘したうえで、熱環境シミュレーションと数理最適化を組み合わせ、熱環境改善に適した樹木配置を効果的に探索する最適化手法を提示することを本研究の目的として述べた。

第2章「実測による単木の樹冠における熱収支の評価」では、樹木の熱収支の効果を計算モデルに組み込んだ熱環境シミュレーションを実施するために必要となる、単木の熱収支のデータを屋外実測により取得し、樹冠の顕熱・潜熱輸送量を定量的に評価した。蒸散速度の異なる2本の樹木の熱収支を連立させる手法を用い、単木の熱収支において重要なパラメータである樹冠の対流熱伝達率を、葉の三次元分布や揺らぎといった樹木の特性を考慮したうえで算出した。その対流熱伝達率を用いて算出した顕熱輸送量と、それとは独立して計測した潜熱輸送量の総和を異なる条件間で比較した結果より、日射環境が同等で蒸散速度の異なる2日間において、その差が6%以内に収まっていることから、求めた対流熱伝達率によって樹冠の熱収支が適切に評価可能なことを明らかにした。

第3章「熱環境シミュレーションのための樹木の熱収支モデルの構築」では、樹木配置による熱環境改善効果を定量的に評価するうえで必要となる単木の熱収支の計算モデルを、前章の実測結果に基づき構築した。実測に用いた樹木の葉の三次元分布を地上からのレーザー計測により取得したうえで三次元の放射伝達解析を適用し、樹冠の放射環境を再現した。また、既往研究により得られた葉の気孔コンダクタンスモデルを樹冠全体に適用し、そのモデルパラメータを前章の単木を対象とした実測結果から同定した。さらに、前章の対流熱伝達率を樹冠に適用し、放射伝達解析と潜熱輸送解析、顕熱輸送解析を連成させることで潜熱と顕熱輸送量を算出した結果、それら熱収支が実測結果を7%以内の誤差で再現できたことから、本計算モデルにより樹木の熱環境改善効果が評価可能であることを明らかにした。

第4章「最適化手法を用いた樹木配置が熱環境改善効果に及ぼす影響の評価」では、前章で構築した樹木モデルを熱環境シミュレーションに組み込み、さらに数理最適化手法を適用することで、夏季の熱環境改善効果の観点から、周囲に建物等が存在しないオープンスペースにおける最

適な樹木配置の特徴を示した。最適化の目的関数には、暑熱適応の評価指標として平均放射温度 (MRT) を、またヒートアイランド緩和の評価指標として蒸散速度を選定したうえで、樹木の量を評価する指標である緑被率との間のパレート解を抽出することで、最小の樹木量で最大の熱環境改善効果を得る樹木配置の特徴を示した。東西に離隔を取り分散的な配置とすることが、同程度の緑被率でも MRT 低減と蒸散速度の増加に寄与するという結果がパレート解より得られており、原理に鑑みても妥当であることから、本最適化手法が、熱環境改善に適した樹木配置を効果的に探索できることを明らかにした。

第5章「都市のオープンスペースにおける樹木配置最適化」では、前章で提示した最適化手法を建物に囲まれた実際の都市オープンスペースにおける樹木配置最適化に適用した。中高層の建物に囲まれたオープンスペースを対象とし、目的関数に、暑熱適応の指標として選定した MRT に加えて、景観評価の指標として、視野に占める天空と樹冠の割合を取り上げ、多目的最適化を実施した。最適化の結果得られた目的関数のパレート解を類似した特徴を有する複数のクラスターに分け、それぞれのクラスターの特徴を詳しく分析することで、樹木配置の特徴と各目的関数の関係を論じた。そのうえで、オープンスペースにおける各目的関数の要求水準を設定し解を絞り込むことで、要求水準をすべて満たす樹木配置の特徴を明らかにした。その結果に基づき、本手法が、オープンスペースの設計実務において、複数の目的関数を対象とした樹木配置計画の意思決定に役立てられる可能性を示した。

第6章「結論」では、各章で得られた知見を総括して結論を示すとともに、今後の課題を示した。

以上要するに、本論文は樹木の対流熱伝達の特徴を考慮した熱収支モデルを構築し、それを用いた樹木配置の最適化手法を実施することで、都市の熱環境改善効果に及ぼす樹木配置の影響を定量的に示すとともに、樹木配置最適化の緑地計画への応用の可能性を示した。

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).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	建築学 都市・環境学	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	(工学)
学生氏名： Student's Name	藤原邦彦		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)	浅輪貴史	
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

### 要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

The title of this paper is "Research on optimization of tree arrangement in open space from the viewpoint of the urban thermal environment" and I organized it into the following six chapters.

In Chapter 1, I showed that the purpose of this study was the proposal of a method of optimizing tree arrangement in open spaces of cities for improving the thermal environment by thermal environment simulation and mathematical optimization methods.

In Chapter 2, I conducted the measurement of the heat balance and the surrounding microclimate for zelkovas under the outdoor environment, to calculate the convective heat transfer coefficient considering tree characteristics such as the three-dimensional distribution of leaf and fluctuation and evaluate the sensible heat flux from tree to surrounding atmosphere.

In Chapter 3, I established the heat balance model of trees using the convective heat transfer coefficient obtained in Chapter 2, for the purpose of conducting a thermal environment simulation considering the characteristics of trees described above.

In Chapter 4, I conducted the optimization of tree arrangement using the heat balance model established in Chapter 3, in order to show the impact of tree arrangement on the thermal environment improvement effect, and the characteristics of the tree arrangement that contributes to the thermal environment improvement effect. The results showed that tree arrangement could have a non-negligible effect on the thermal environment and the dispersive arrangement is effective in reducing MRT and increasing transpiration.

In Chapter 5, I conducted the optimization of tree arrangements for the open space with buildings around it, setting indicators about landscape as the objective functions, for the purpose of demonstrating the possibility of utilizing the optimization of tree arrangements in green area planning.

In Chapter 6 "Conclusions", I summarized the findings obtained in each chapter and showed the conclusions, as well as future issues.

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 1 copy 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).