

下草管理が里山の夜間冷気の移流に与える影響

Influences of Weeds Control on the Effects of Cold Air Spread at Night in Satoyama

王 彦* 村上 暁信**

En OU Akinobu MURAKAMI

Abstract: Satoyama is expected to work as a cooling spot in recent years. On the other hand, in most satoyama, weeds are growing thick by abandonment of satoyama conservation. Compared with the satoyama which has been kept well by weeds control, in satoyama where weeds has not been controlled, it is expected that cold air spread from satoyama is obstructed by lush weeds. Therefore, the purpose of this study was to clarify the influences of weeds control on the effects of air flow at night in satoyama. In this study, air flow was visualized by smoke generator and laser in satoyama, and shot at both areas where weeds have been cut or not. Then the video of air flow was analyzed with 2D fluid analysis, and the speed of air flow in both areas was calculated and compared. As a result, compared with the area where weeds have not been cut, the speed of air flow was faster in the area where weeds have been cut. It showed the possibility that cold air spread was obstructed by lush weeds in satoyama, and it would become faster by weeds control. Currently, the necessity of satoyama conservation has been mainly pointed out from biodiversity conservation. However, the higher motivation of satoyama conservation can be expected by the result of this study which showed the possibility of thermal environment mitigation by satoyama conservation.

Keywords: *satoyama, weeds control, cold air spread, wind speed, mitigation of thermal environment*

キーワード: 里山, 下草管理, 冷気の移流, 風速, 熱環境緩和

1. 背景と目的

近年, 都市部の高温化や熱帯夜の増加といった都市熱環境の悪化が進んでいる。そのような中, 里山に代表される市街地近隣の樹林地はクールスポットとして注目されつつあり, 里山の気候緩和効果に関する研究が多くなされている。永吉らは, 里山を囲む戸建住宅団地において温熱環境調査を行い, 里山が近隣の街区に対して気温低減効果を有することを指摘している¹⁾。また鳴海らは, 傾斜地に位置する樹林地と芝生地を対象に実測調査を行い, 静穏な夜間に安定した冷気のにじみだしが生じることを報告している²⁾。

里山に限らず, 樹林においては夜間の放射冷却によって樹冠表面が冷却され, 樹冠周辺に冷気が形成される。冷気は樹林内の林床付近に下降した後, 傾斜があれば斜面に沿ってさらに下降し, 隣接市街地の気温を低減させる³⁾。また, 平地林においても晴れた静穏な夜間には, 樹林地から周囲に向かって冷気のにじみだし現象が発生することが知られている⁴⁾。ここでいう冷気のにじみだしは, 地形的特徴によって生じる移流や, 一般風による風下市街地への移流とは異なり, 晴天微風夜に重力流的に冷気が全方位に流れ出る現象をさす⁵⁾。このような冷気のにじみだしは, 緑地と周囲市街地との気温差で駆動されるスケールの小さな流れであるが, 隣接市街地に気温低減効果をもたらすことが報告されている⁶⁾。このように市街地に隣接する里山に代表される樹林地は, 夏季の都市熱環境の改善に有効であることが報告されている。

一方で, 多くの里山では管理放棄による下草の繁茂が問題となっている⁷⁾。夜間の放射冷却によって形成された冷気は樹林内を流れて林外に至るが, 一般的に地表面粗度が大きくなると風の流れ(風速)は低下する。従って下草が繁茂した里山では, 地表面の粗度が大きくなることにより, 下草が刈られた林床を持つ里山と比較して風の流れが阻害されている可能性があるといえる。

しかし, 里山の気候緩和効果に関する既往の研究において, 里山の管理と気候緩和効果の関係について分析されたものはない。

そこで本研究では, 里山管理と里山の気候緩和効果の関係を考察するために, 管理放棄された里山に繁茂する下草が風の流れに与える影響を明らかにすることを目的とした。

2. 研究の方法

(1) 対象地の概要

本研究では, 管理放棄により下草が繁茂しており, 林床にタケ類やササ類の植物が侵入している落葉広葉樹林を対象とすることとし, 茨城県筑西市に位置する里山を選定した(図-1)。所有者への聞き取り調査から, 対象地とした里山は, 以前は周辺農家が林内の下草を肥料として使っていたため下草の管理がされていたこと, 現在は下草のかわりに化学肥料が多く使われているため, 1990年頃から管理が放棄されはじめたこと, その後は不定期に下草刈りが行われていること, が確認された。観測時には下草の高さは約55cmになっていた。

(2) 調査の方法

本研究の分析は, 1)実験区の作成, 2)気流の観測調査, 3)観測調査結果に対する2次元流体解析, により構成した。

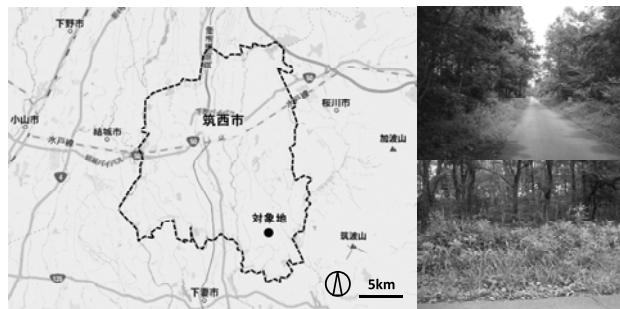


図-1 対象地の概要

(地図はGoogleマップより, 写真は2011年6月15日撮影)

*筑波大学大学院システム情報工学研究科

**筑波大学システム情報系

1) 実験区の作成

下草管理が風速に与える影響を考察するために、下草管理が行われた実験区（以下、下草管理区画）と、管理が放棄されて下草が繁茂した実験区（以下、下草繁茂区画）の2区画において観測を行うこととした。2区画は、いずれも長さ2.0m、幅1.5mの大きさとし、周辺環境の条件を同一にするために隣接する場所に設定した。また、下草管理区画の作成に際しては、林床に繁茂するアズマネザサなどの下草を刈り、土壌面から3cm程度以上に草本が存在しないように草木を取り除いた（図-2）。

2) 風速の観測

観測は、2011年8月～11月と2012年8月に行った。本研究では、里山周辺に吹く風の影響を排除するために、静穏な晴天夜であり、かつ微風となる時間帯を選んで観測を実施することとした。微風の基準は、日本建築学会を参考にして、風速が0.3m/s以下になることとした⁵⁾。実験区近傍に超音波風速計と温度データロガーを設置して風速と気温を確認しつつ、風速が0.3m/s以下になる時間帯を選択して、以下に示す観測を実施した。超音波風速計は実験区に隣接する場所に、地上1.5mの位置に設置し、測定間隔は1秒とした。温度データロガーは高さ1.5mの位置に設置し、測定間隔は10秒に設定した。尚、里山内部と周囲市街地の気温の違いを確認するために、対象とした実験区近傍に加えて、里山から約200m離れ、人工的土地被覆が優占する自動車学校にも温度データロガーを設置した。風速と気温の実測場所を図-3に示す。

2011年8月～11月に実施した観測では、下草管理区画と下草繁茂区画のそれぞれにおいて、煙発生器により煙を放出し、レーザーを用いて気流を可視化した。その上で、可視化した気流をビデオカメラで2区画を交互に撮影した。撮影時間はいずれも60秒とした。一般的に、冷涼な空気は暖かい空気の下に潜り込みながら移動する⁶⁾ことから、レーザー光を地上10cmの位置で水平に照射して気流の観測、撮影を実施した。ビデオカメラは撮影範囲が24cm×18cmとなるように設置し、レーザーによって可視化された煙の流れを真上から撮影した（図-2）。

2012年8月の観測では、2011年8月～11月の項目（下草管理区画については再度下草刈りを実施した）に加えて、下草繁茂区画で下草の根元（レーザーを地上10cmで水平に照射した場合）と下草の上部（レーザーを地上50cmで水平に照射した場合）においても同様の方法で観測・撮影した。

3) 観測結果に対する2次元流体解析

観測時に撮影した映像について、2次元流体解析ソフト(株式会

社ディテクト社製)を用いて2次元流体解析(PIV解析)を行い、移流速度を算出した。

具体的には、まず観測調査で撮影した映像の中から2次元流体解析に利用可能な映像を選定し、2次元流体解析ソフトを用いて選定した映像を33.3ミリ秒間隔で静止画像に分割した。

次に、分割された画像について時間補正と距離補正を行った後、濃淡画像計測を行い、粒子の移動距離を算出した。濃淡画像計測の際にはベクトル算出点の設定を行ったが、本研究では、濃淡画像計測のベクトル算出点をX=10、Y=20として設定し、1枚の画像に200個の座標データを得た。

最後に、粒子の移動距離について算出した結果に対して過誤ベクトルの補正を行い、補正した濃淡画像計測結果に基づいて2次元流体解析を行うことで移流速度を算出した。

3. 結果と考察

(1) 2次元流体解析の解析期間

2011年8月～11月のうち、11月7日22:00～11月8日1:30の期間は超音波風速計により測定した風速の平均が0.13m/sであった。また、2012年8月のうち、8月4日23:00～8月5日2:30の平均風速は0.07m/sであった。そこでこの二つの期間は、平均風速が0.3m/s以下の静穏な晴天夜であったとみなして、これらの期間から2次元流体解析の解析期間を選定することとした。期間中の風速と気温の測定結果を図-4と図-5に示す。

次に二つの期間の中から、風速が0.3m/s以下となる状況が連続した2011年11月8日1:15～1:18と2012年8月5日1:05～1:10を解析期間として抽出した。2011年11月8日1:15～1:18の期間で分析の対象となった静止画像の数は3600枚であり、2012年8月5日1:05～1:10の期間で分析の対象となった静止画像の数は5400枚であった。

(2) 移流速度の比較

2011年11月8日1:15～1:18の期間について、下草管理区画と下草繁茂区画において、それぞれ算出した移流速度を比較した。算出結果を図-6(a)に示す。図-6(a)の左の移流速度ベクトル分布図では、可視化した気流の画像上に矢印が記されているが、ここで矢印の方向は移流の方向、矢印の長さは移流速度の大きさを示している。中央の散布図では、横軸がX方向の移流速度、縦軸がY方向の移流速度、速度ベクトルをXYの合成で示している。従って、原点から離れるほど冷気の移流速度が大きいことを示している。右の3Dサーフェス図では、速度ベクトルの大きさをサーフェスの高さで濃淡で表している。3DサーフェスのZ値が高

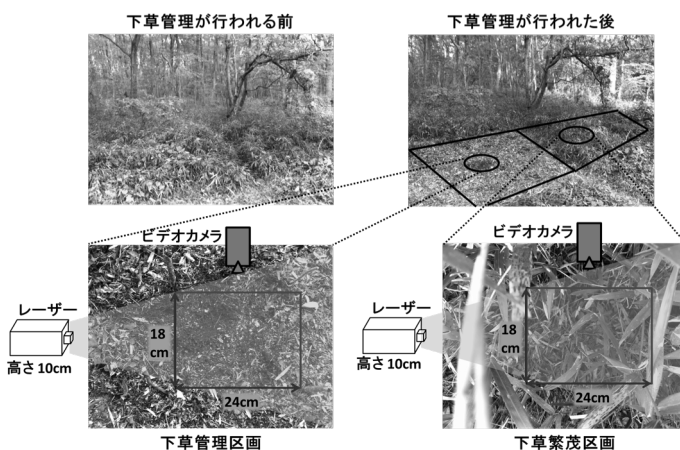


図-2 観測場所と観測方法

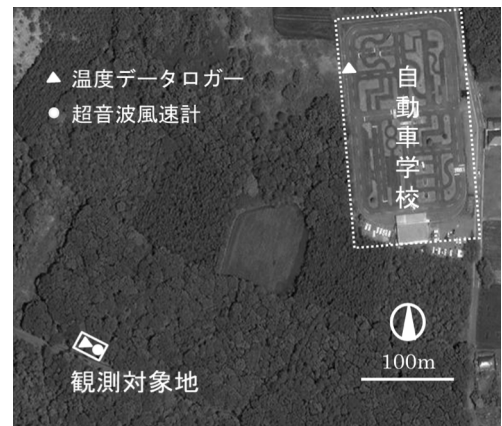


図-3 風速と気温の実測場所 (Google Earth より)

いほど移流速度が大きいことを示している。これらの図から、下草繁茂区画と比較して、下草管理区画では、移流速度が大きくなっていることが確認された。

また、2012年8月5日1:05~1:10の期間での解析結果を図-6(b)に示す。図-6(a)と同様に、下草管理が行われた区画での移流速度が大きいたことが示された。さらに、下草繁茂区画において、下草の根元(レーザーの高さを10cmに設置した場合)と上部(レーザーの高さを50cmに設置した場合)で、移流速度を比較すると、下草の根元と下草の上部において、それぞれの移流速度は同様に小さくなっている。下草上部での移流速度が大きく、空気が下草上部を流れていれば、下草の繁茂により気流が阻害されたことにはならない。しかしこの結果から、下草上部でも気流は大きくなっていないことが示された。

(3) 平均移流速度の比較

2次元流体解析により算出した風速から平均移流速度を算出した。算出の方法は、まず、分析の対象となった静止画像から1秒間隔で画像を抽出した(2011年11月8日1:15~1:18の期間は120枚、2012年8月5日1:05~1:10の期間は180枚)。次に、抽出した画像に対して、1枚の画像に存在する200個の速度ベクトルデータを用いて1枚内の速度の平均値を算出した。最後に、抽出した画像のそれぞれについて算出した平均値から平均移流速度を算出した。

その結果、2011年11月8日1:15~1:18の期間では、下草管理区画の平均速度は0.064m/sであり、下草繁茂区画の平均速度は0.017m/sであった。また、2012年8月5日1:05~1:10の期間には、下草管理区画の平均速度は0.063m/sであり、下草繁茂区画において、下草の根元で観測した気流の平均速度は0.017m/sであった。一方で、下草の上部で観測した気流の平均速度は0.015m/sであった。これらの結果より、下草管理が行われた区画の平均速度は、管理が行われない区画で下草の根元の平均速度の約3.7倍であり、下草の上部の平均速度の4.2倍であった。

(4) 移流速度の頻度分布

2次元流体解析結果により移流速度の頻度分布図を作成した(図-7)。図より、2011年11月8日1:15~1:18の期間に、下

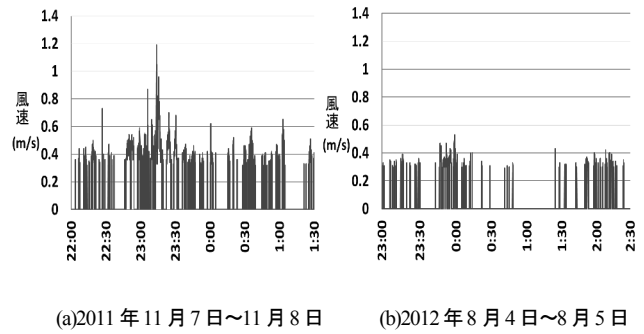


図-4 風速の変化

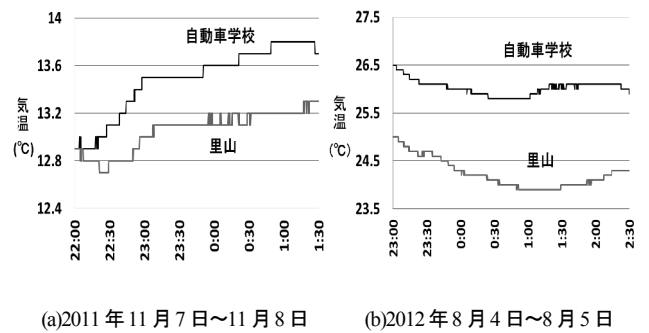
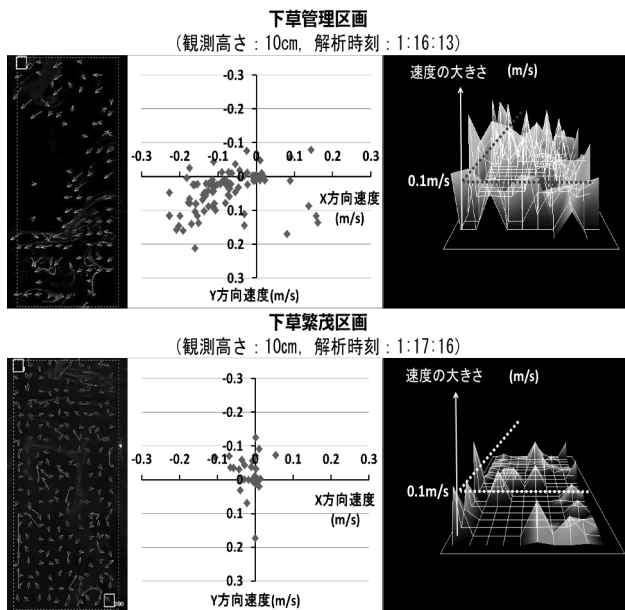
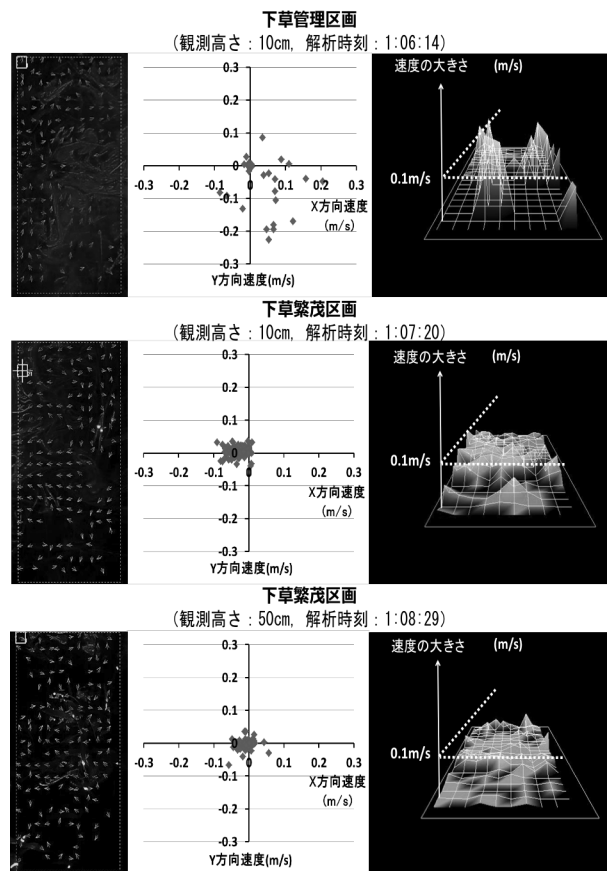


図-5 気温の変化

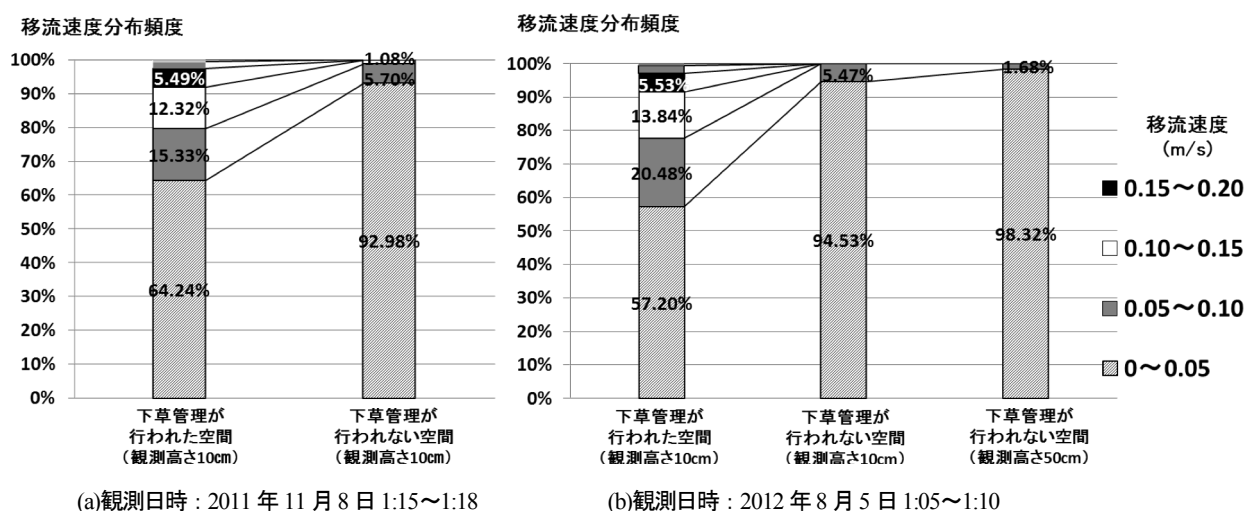


(a)観測日時：2011年11月8日1:15~1:18



(b)観測日時：2012年8月5日1:05~1:10

図-6 移流速度の比較



図一七 移流速度の頻度分布

草繁茂区画では、90%以上の移流速度が0.05m/s以下であり、速度が0.1m/s以上となるのは1%しかないと示された。一方で、下草管理区画では、速度が0.05m/s以下の場合が約60%であり、40%近くの移流速度が0.05m/s以上であった。さらに、移流速度が0.1m/s以上の場合が20%強を占めていることが示された。また、2012年8月5日1:05~1:10の期間の結果と同様の分布が示された。これらの結果より、下草管理区画では、より大きい速度をもつ気流の出現頻度の増加が確認された。

管理が行われずに下草が繁茂した区画と比較して、下草管理が行われた区画の移流速度が大きいことが確認されたことから、管理放棄された里山に繁茂する下草が空気の移流を阻害していることが示唆されたといえる。

また、下草管理区画での移流速度は、下草繁茂区画での速度の約3.7倍となったことから、下草管理を通じて、移流速度を増大させられる可能性があるといえる。移流速度の増大は、里山から隣接市街地へ流れ出る冷気流の量の増大及び気温低減効果を発揮する範囲の増大に繋がると期待できる。

さらに、下草管理が行われた区画でより大きい速度をもつ気流の出現頻度が増加した結果から、下草管理を行うことで、冷気の移流がよりスムーズに進行することができ、周囲市街地に流れ出る冷気流が増すことが期待できる。従って、里山管理による隣接市街地の熱環境改善の可能性があると見え、里山周辺の住民は生活快適性の向上が享受できると考えられる。

4. 結論

本研究では、里山林内規模とのマイクロなスケールで下草管理が移流速度に与える影響を検討し、管理放棄された里山に繁茂する下草が移流を阻害していることが示された。今後はさらにスケールを広げて、里山規模で下草管理の面積を増大させることによる移流速度の変化や、下草の密度や草丈と移流速度の関係について知見を積み重ねていくことで、さらに、地域規模で下草管理による隣接市街地の気温低減効果をより詳細に評価していく必要がある。そのことを通じて、都市住民生活の快適性につながる都市熱環境の改善という里山管理の新たな価値が見出され、都市住民の里山管理へのより積極的な動機付けが期待できる。

補注及び引用文献

1) 永吉美和子・龍有二 (2009) : 里山を囲む戸建住宅団地の熱環境調査 :

日本建築学会研究報告, 環境系(48), 457-460

- 2) 鳴海大典・水野稔・中村安弘・下田吉之・比嘉博 (2001) : 冷気流の発生構造把握のための実測調査研究 : 丘陵地周辺の住宅地域に及ぼす冷気流の影響 その1 : 日本建築学会計画系論文集 (543), 85-91
- 3) 竹林英樹・森山正和・芝池英樹 (2005) : 夏季夜間における山麓冷気流の市街地熱環境緩和効果に関する研究 : 日本建築学会環境系論文集(591), 69-74
- 4) 高野武将・成田健一・三上岳彦・本條毅・菅原広史・木村圭司 (2002) : 新宿御苑におけるクールアイランド現象の実測 (その2) : 芝生地・樹林地の温熱環境比較と市街地熱収支の把握 : 学術講演梗概集, 計画系2002(D-1), 679-680
- 5) 日本建築学会 (2007) : ヒートアイランドと建築・都市——対策ビジョンと課題 : 日本建築学会, 211pp
- 6) 成田健一・三上岳彦・菅原宏史・本條毅・木村圭司・桑田直也 (2004) : 新宿御苑におけるクールアイランドと冷気のにじみ出し現象 : 地理学評論 77 (6), 403-420
- 7) 武内和彦・鷲谷いづみ・恒川篤史 (2007) : 里山の環境学 : 東京大学出版会, 260pp