

気温の日変化に現れる季節性と森林被覆率との関係

— 流山市新市街地を中心に —

森 島 濟*

要 約

流山市において展開されている「流山グリーンチェーン戦略」に併せて行われている市内気温モニタリングデータを用いて、季節毎の平均日変化傾向の特徴を明らかにした。平均日変化データに対して行ったクラスター分析の結果は、土地被覆に応じて相対的な高低温域の季節性が生じていることを示している。夏季に相対的な低温域を形成する緑地の全てが、他の季節において同様の役割を果たすわけではなく、開放区を広く持つ緑地では冬季においても相対的な低温域を形成するのに対し、樹林に広く覆われた緑地では相対的な高温域を形成する。この違いが樹林の広がりや量に依存したものなのか、その質によるものなのかを含め調査を行うことが、夏季だけでなく冬季における森林の熱環境に対する有効性を示すためにも重要と考えられる。

キーワード：都市気候，土地利用変化，気温，日変化，森林被覆率

1 研究の背景と目的

現在、流山市ではつくばエクスプレス開通に伴い、宅地開発を中心とする開発が急速に進んでおり、緑地や農地などに覆われる土地被覆が急速に失われようとしている。市では、「都心から一番近い森の街」の創造などを目的として、平成18年度から「流山グリーンチェーン戦略」（以下、GC戦略と略記）を本格的に展開している。GC戦略は、開発事業により一旦は減少する緑を、量的にも質的にも回復させ、街全体としての環境価値を高めることを目指しており、これはヒートアイランド現象を抑制する街づくりとしても位置づけられている。

規模の大小を問わず、建築物の増加や道路の舗装、人口廃熱の増加を伴う都市化は、その地域の

熱収支を変化させ、結果としてヒートアイランド現象を引き起こすことが知られている（榊原・北原2003）。ヒートアイランド現象は冬季において顕著に現れる現象として知られてきたが、近年大都市を中心として夏季においてもヒートアイランド現象が顕著となり、これによる人体への影響などが顕在化してきた。この為、東京や大阪をはじめ、各自治体単位でヒートアイランド現象の実態を調査し、改善に向けた検討を行ってきている（安藤ほか2003）。

ヒートアイランドを抑制する方法の1つとして注目されているのが、都市内緑地であり、他の土地利用に比較して気温が低いことからヒートアイランドに対する言葉としてクールアイランドと呼ばれている。クールアイランドの形成過程と周辺地域に対する冷却効果に関する検討も、観測研究、数値実験研究から様々な角度で行われており、その全てにおいてヒートアイランド現象を緩和する効果があることが示されている（福井1956、神田・日野1990、境田・鈴木1994、浜田・三上1994、成

2008年11月28日受付

* 江戸川大学 ライフデザイン学科非常勤講師 日本大学文理学部地理学科 自然地理学

田ほか 2004)。

流山市では、GC 戦略による環境改善効果の評価を目的として、2006 年から市内の新市街地を中心として気温観測を行っている（恵・森島 2007, 2008）。この調査が、行政で行われてきた他都市の調査と異なりユニークな点は、熱環境の実態を把握することに加え、モニタリングを継続することにより、施策自体の評価を将来にわたって行おうとしていることにある。こうした背景からも環境省「地域の熱環境改善構想」（環境省 2005）の適用第 1 号として観測は開始されている。さらにヒートアイランド研究における観測としても特徴的なのは、上述した研究のほとんどが既に都市化した地域を対象としているのに対し、流山市の観測では、開発段階や GC 戦略による変化等を含む土地被覆変化に応じた経年的熱環境変化をモニタリングするものとなっている点にある。

GC 戦略による環境改善効果が、緑の成長と共に徐々に現れる効果であり、評価には 5 年から 10 年の時間を要すると考えられることから、こうした中長期的な視点と目的を明確にするためにも、最近の土地利用変化を踏まえた熱環境の現状把握を行い、共通認識を持つことは重要と考えられる。そこで、本論では現在開発段階にある流山市における熱環境の実態を明らかにすることで、今後の土地利用変化とこれに対応した熱環境モニタリングの改善点等の検討を行い、課題を示すことを目的としている。

2 観測概要と解析方法

2.1 観測概要

2006 年 7 月から市内の 64 ヶ所に温度ロガー（日置 3670）を順次設置し、定時気温観測をおこなっている。測器は高度 1.5~2 m の樹冠下で、止むを得ない場合を除き木陰に設置されており、センサーは浜田（2000）を参考にして自作した自然通風式シェルター内に取り付けられている。観測間隔は 10 分であり、およそ 3 ヶ月に 1 回の割合でデータ回収が行われている。

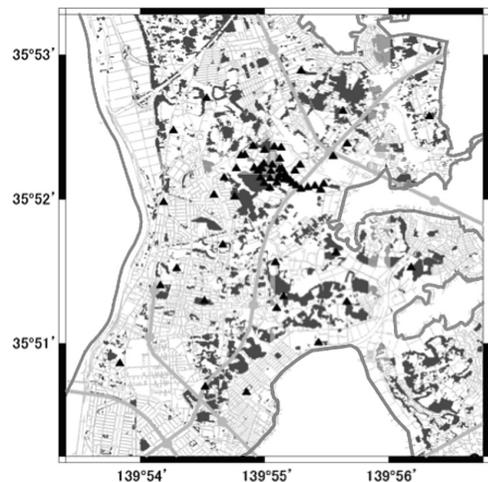
観測地点は、図 1 に示すとおりであり、流山市

の中・南部地域の新市街地を中心として設置されている。市野谷の森及びその周辺地域では、大規模緑地からの冷気流出調査のために空間的に密な観測が行われている。

2.2 解析方法

森林面積の経年変化を明らかにするために、1974 年、1979 年、1984 年、1989 年、1994 年の国土地理院細密数値情報（10 m メッシュ土地利用）データ及び流山市撮影の空中写真（2005 年）から阿部（2007）において作成されたデータを使用した。細密数値情報データに対する森林面積の算出は、山林として土地利用区分が行われているメッシュをカウントし、メッシュの面積（100 m²）を掛けあわせることで行った。一方、阿部（2007）によるデータは、GIS 上で長径が 10 m 以上の林地として抽出されており、結果として約 17 m² 以上の林地が抽出されている。このデータは街路樹も含め連続した林地を抽出しているので、森林面積と気温分布との関係を直接的に比較する意味では、今後も重要なデータとなるであろう。

データソースの異なる森林面積データを直接比較することは出来ないが、今後の比較としての情報価値から両データによる森林面積を算出し、経年変化を比較した。



図中陰影部は森林緑地（阿部 2007）を示す

図 1 定点観測点（▲印）の分布

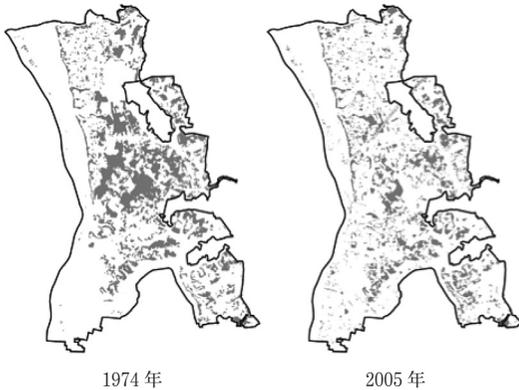


図2 最近30年での森林分布変化

気温データに関しては、2006年12月から2007年11月までのデータを用い、冬季（12月、1月、2月）、春季（3月、4月、5月）、夏季（6月、7月、8月）、秋季（9月、10月、11月）のそれぞれの季節における時刻別平均気温を算出した。季節毎の日変化傾向と相対的な寒暖の特徴を明らかにするために、これら季節別平均日変化データに対し季節毎に非標準化のWard法によるクラスター分析を行い、クラスター間の比較を行った。使用した観測点は、市街地の25カ所及び市野谷の森内部の1カ所、計26カ所である。

3 結果と考察

3.1 近年の森林面積変化

図2、図3にそれぞれ1974年と2005年における流山市の森林分布と1974年以降の森林面積変化を示す。流山市の中部を中心に広域的な森林の減少が確認され、その減少は常磐道の南北及びつくばエクスプレス沿線部において著しいことが分かる。一方、流山市南部においては、減少が認められるもののその規模は小さい。1974年に700ha以上あったと考えられる森林は、1994年には500ha程度に減少し、これは流山市全体に20%程度存在していた森林が、15%程度にまで減少したことを意味している。上述したように2005年の統計は、それ以前の見積りに比較して過大評価される傾向があると考えられるが、それを考慮

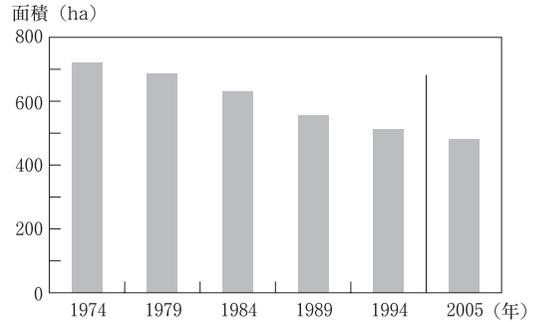


図3 1974年以降の森林面積変化

すると1994年以前の森林面積は更に広がったものと推察される。空中写真などを利用して過去の森林分布面積を阿部（2007）と同様の方法で明らかにすることは、これまでに失われた森林面積を正確に把握する上で重要な作業と言える。

3.2 季節ごとの日変化の特徴と地域性

図4から図7に春季から冬季それぞれにおけるWard法により分類されたクラスターに属する地点の平均日変化図を示した。それぞれの季節における全般的な日変化の地域性を見るため、細かなクラスターに分けるのではなく、最もクラスター間の距離が大きくなったクラスター数(3)を元に分類した。どの季節においても、クラスターは相対的な気温差により分類されていることが特徴となっており、それぞれの季節における高温地域、低温地域、中庸地域として考えることが可能である。

高温地域、低温地域の日変化の特徴を季節毎に比較すると、夏季においては最高気温の差が大きく、 2°C 以上の差になっているのに対し、最低気温差は 1°C 以下と小さい。一方、冬季における最高気温差は、 2°C 程度となっているが、最低気温差は 3°C と大きい。春季と秋季の最高気温、最低気温の気温差は、夏季と冬季の気温差双方の特徴を有しているが、最低気温差においては冬季に近い状況を示し、最高気温差に関しては、春季は冬季、秋季は夏季に近い気温差を持っている。

表1にまとめたように、それぞれの季節において、高温地域、低温地域、中庸地域に属する地点

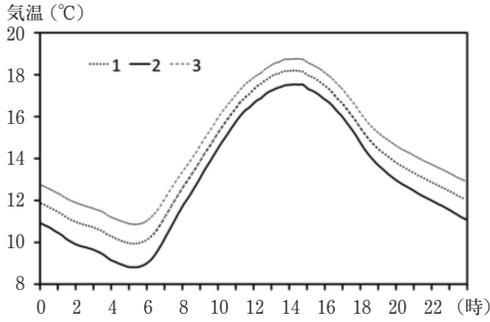


図4 春季におけるクラスター毎の平均日気温変化

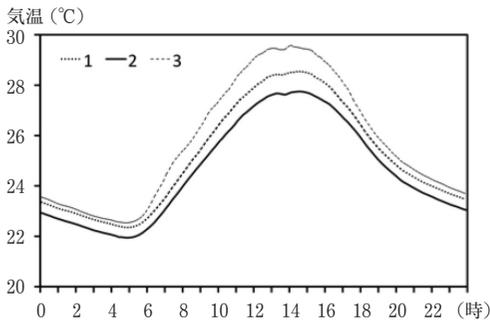


図5 夏季におけるクラスター毎の平均日気温変化

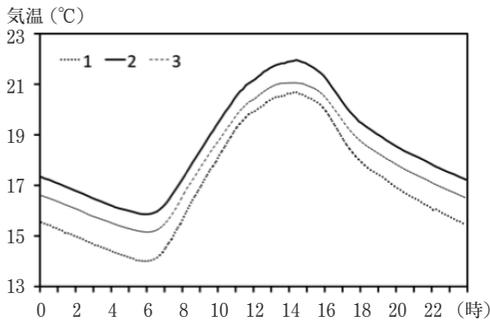


図6 秋季におけるクラスター毎の平均日気温変化

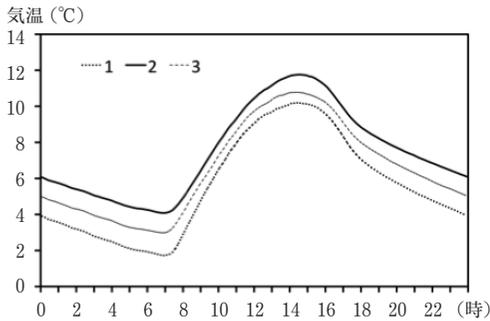


図7 冬季におけるクラスター毎の平均日気温変化

表1 相対的な高・低温域の季節変化

地点番号	地点名	春	夏	秋	冬
1	小山小学校	中	中	—	低
2	流山北小学校	低	中	低	低
3	長崎小学校	低	低	低	—
4	八木南小学校	低	低	低	低
5	流山市役所	高	中	高	高
6	石井宅	中	中	低	中
7	南口都市広場	高	—	高	高
8	フットライト	中	中	中	中
9	コミュニティプラザ福祉センター	低	低	低	低
10	流山生涯学習センター	高	中	高	高
11	宮園1号公園	—	中	低	低
12	ふくろうの森	中	低	中	中
13	常盤松小学校	中	低	中	高
14	駅前公園	中	—	中	中
15	平和台1号公園	中	中	中	高
16	江戸川大学	高	中	高	高
17	総合運動公園南	中	中	中	高
18	鱈ヶ崎施工地区	中	低	中	高
19	八木南第一コミュニティホーム	高	中	—	高
20	南部中学校	高	中	高	高
21	赤木福祉会館	高	高	高	高
22	諏訪神社	中	低	中	中
23	総合運動公園北	低	低	低	低
24	流山消防署	中	高	中	中
25	八木中学校	低	低	低	低
26	市野谷の森内部	中	低	中	高

地点名は流山市報告書（恵・森島，2006）に準ずる —：欠測

は同じではなく、季節毎に変化する。「赤城福祉会館」は、季節を通じて高温域に属しており、この他にも「流山市役所」、「南口都市公園」など周囲が人工物に囲まれる地域では、少なくとも季節を通じて低温域に属することはない。夏季に相対的な低温域を形成する地域に注目すると、その他の季節においても相対的な低温域を形成している「総合運動公園北」や「八木中学校」が存在する

一方、冬季においては相対的な高温域を形成する「鱈ヶ崎施工地区」や「市野谷の森内部」などが存在している。これらの違いは、周囲が開放区を広く持つか否かによる差異と考えられる。

3.3 日変化の特徴と森林被覆率

前節において指摘したように、夏季において低温域を形成する地域が、冬季において高温地域、中庸地域、低温地域に属する場合が存在し、これは周囲の森林量に関連して生じることが観測点周囲の観察から推察される。そこで、夏季に低温地域に属する観測点周辺の森林量を上述の阿部(2007)によるデータを用い、地理情報システム上で計測した。観測地点を中心として、5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 100 m のバッファを発生させ、その内部に存在する森林量を算出し、バッファ内面積で除することで森林被覆率をバッファ距離毎に算出した。これらのデータを、冬季において、高温域、中庸域、低温域に属する地点毎に平均し、森林被覆率の比較を行った。図8にこの結果を示す。図中の凡例において、夏季低温地区、冬季低温地区、冬季高温地区は、それぞれ冬季において、中庸、低温、高温地域に属する地点平均を示している。

この図から分かるとおり、夏季に低温域を形成し、冬季に高温域を形成する地点の周囲では、5 m バッファ距離で100%の森林被覆率であり、10 m バッファ距離においても90%近い森林被覆率を有している。一方、冬季低温地区の森林被覆率は、5 m バッファ距離において70%を下回っており、森林密度が明らかに低い状況を示している。夏季低温地区はこれらの中間にあり、この森林被覆率を境界として、冬季での高温地域、低温地域が分かれることを示している。

4 まとめ

恵・森島(2006, 2007)において示しているとおり、現在開発が進行している地域においては、夏季日中の最高気温が、既に市街地の最高気温と同等となっているが、夜間はむしろ緑地内の気温

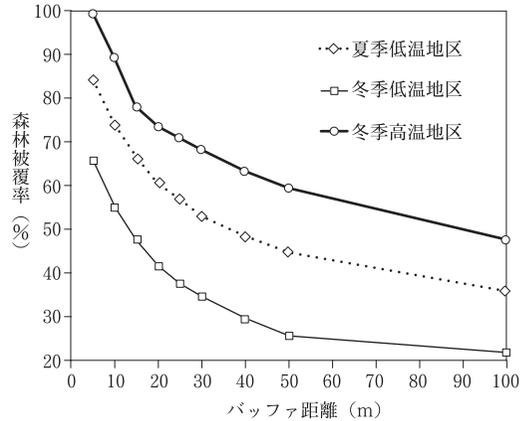


図8 1974年以降の森林面積変化

に近い状態にある。このことは、開発地域の建物密度が未だ大きくなく、夜間の放射冷却による効果が大きいと考えられる。開発の進展と共に、このような状況は急速に失われ、夜間においてもヒートアイランド化の進行が危惧されている。GC戦略による林地の増加は、ヒートアイランドの抑制に有効であり、夏季における気温低減効果が期待されるが、これは緑陰の形成と蒸発散量の増加によりもたらされる効果である。冬季において、この効果はマイナスに働き、緑化に対して肯定的な意見創出には繋がらない。しかしながら本研究において示した解析結果は、森林量が一定以上確保されれば、夏季だけでなく冬季においても森林による効用が得られることを示唆している。即ち、一定以上の森林量確保は、夏涼しく、冬暖かい環境形成に寄与するということである。冬季におけるこの効果は、森林による放射冷却抑制により得られるものと考えられるが、推測の域を出てはいない。また、今回の解析では常緑、落葉の区別を行わず森林被覆率のみを算出しているため、落葉樹林内における日だまり効果が重要である可能性も否定できない。こうした観点も踏まえ、冬季の観測を充実させていくことがこれからのモニタリングにおいて重要と考えられる。

本論文は、平成18年度及び19年度の流山市「グリーンチェーン戦略推進方策に関する調査業

務」において得られたデータと結果に対し、加筆修正を行いまとめたものである。

参考文献

- 阿部隆一 2007. 里山資源をまちづくりに生かす循環と維持管理に関する研究——千葉県流山市の竹を中心として——。江戸川大学環境デザイン学科卒業研究 p. 21
- 安藤晴夫・塩田勉・森島済・小島茂喜・石井康一郎・泉岳樹・三上岳彦 2003. 2002年夏期における都区部の気温分布の特徴について。東京都環境科学研究所年報 81-87.
- 環境省 2005. 都市緑地を活用した地域の熱環境改善構想の検討調査報告書, 環境省ホームページ http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/reports.html.
- 神田学・日野幹雄 1990. 大気-植生-土壌系モデル (NEO SPAM) による数値シミュレーション (2) 植生の気候緩和効果の数値実験. 水文・水資源学会誌 3-3: 47-55.
- 境田清隆・鈴木雅之 1994. 密生した街路樹をもつ路上空間における晴天日の気温分布. 地理学評論 67A: 506-517.
- 榊原保志・北原祐一 2003. 日本の諸都市における人口とヒートアイランド強度の関係. 天気 50: 625-633.
- 菅原広史・池 東旭・遠峰菊朗 2005. ヒートアイランド強度算定のための都市気温分布の検討——ソウル(韓国)の例——. 天気 52: 119-128.
- 成田健一・三上岳彦・菅原広史・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: 403-420.
- 浜田崇・三上岳彦 1994. 都市内緑地のクールアイランド現象——明治神宮・代々木公園を事例として——. 地理学評論 67A: 518-529.
- 浜田崇 2000. 気温. 牛山素行編「身近な気象・気候調査の基礎」, 古今書院, 2-27.
- 福井英一郎 1956. 都市における気温分布と緑地. 都市問題 47(7): 11-17.
- 本條毅・水谷敦司・高倉直 1998. 都市緑地が周囲に及ぼす影響の微気象観測. 農業気象 54: 323-328.
- 丸田頼一 1972. 公園緑地の都市自然環境におよぼす影響. 都市計画 69(70): 49-77.
- 恵小百合・森島済 2007. グリーンチェーン戦略推進方策に関する調査業務報告書, 平成18年度流山市調査委託業務, p. 31
- 恵小百合・森島済 2008. グリーンチェーン戦略推進方策に関する調査業務報告書, 平成19年度流山市調査委託業務, p. 31