

## 森林環境における物理指標の日変化

高山範理・大平辰朗・松井直之・香川隆英（森総研）・小山泰弘（長野県林総セ）  
・喜多明（筑波大）・藤澤翠・政木志帆（信州大）

**要旨：**近年の急速な技術の発展によって、オンラインでの実験が可能になった結果、特に生理的・心理的な側面から森林－人間系に関する情報が徐々に蓄積されつつある。本論では、そのような状況を踏まえ、快適な森林浴等の保健休養的な森林空間の利用・整備に資することを目標に、森林内を散策する際に五感を通じて主体に作用することが想定される森林環境の物理指標を調査した。具体的には味覚以外の四感に着目して、皮膚感覚（触覚）＝「気温」、「相対湿度」、「風速」、「輻射熱」、視覚＝「照度」、嗅覚＝「マイナスイオン」、聴覚＝「音圧」、その他に「気圧」を各感覚に関する指標として選出した。さらに理想的な森林浴環境として、夏季の晴天時の長野県のアカマツ林を選定し、各物理指標の日変化を測定し、各指標の日変化の特徴についての整理・考察をおこなった結果、林内活動が可能な時間帯ではマイナスイオンは朝方に多いこと、音圧はあまり変化がなく、一定であることなどが確認された。

**キーワード：**物理指標、森林環境、森林浴、五感、快適性

### I はじめに

1982年に森林浴という用語が提唱されて以来、25年が経とうとしているが、こここの所の急速な技術の発展によって、生理的・心理的な側面からオンラインでの森林－人間系の関係性が徐々に明らかにされつつある(1,4)。

本論では、そのような研究動向を踏まえて、将来的に森林浴などの快適性を希求し、癒しに供する場としての森林内環境の利用に資することを目標に、森林内環境を形成し、森林内を散策する際に五感を通じて主体に作用することが想定され、測定可能で比較的重要だと思われた物理指標の日変化を測定し、各指標の動向や特徴について検討することを研究の目的とした。

### II 研究の方法

**1. 対象とした森林の概況** 調査対象とした森林は、長野県塩尻市片丘の長野県林業総合センター内のアカマツ林である。調査日時は、2006年の7月4日の主に6:00～18:00である。林内の概況は、表-1の通りである。相対照度の平均は30.5%，林分を5m間隔で測定した絶対照度（晴天時12:00～12:10に測定）の平均値は16,934luxであり、比較的に明るい林内であったといえる。

**2. 対象とした物理指標** 本論では、味覚以外の四感に着目し、皮膚感覚（触覚）に関する指標として「気温」、「相対湿度」、「風速」、「輻射熱」を、視覚に関する指標として「照度」を、嗅覚に関する指標として「マイナス

イオン」、聴覚に関する指標として「音圧」、その他の指標として「気圧」を選択し、それぞれの指標の日変化を調べた。

**3. 調査器具** 気温、相対湿度、風速、輻射熱の測定については、(株)京都電子工業製のAM-101を、照度は、Delta-OHM社製のDO9721を、マイナスイオンはアンデス電気株式会社製のITC-201Aを、音圧は、Center Technology社製のCenter322を、気圧はNielsen-Kellerman社製のKestrel4000を使用した。

**4. 測定頻度と測定位置** 気温、相対照度、風速、輻射熱については、AM-101の機体中央部が1.3mの高さになるように三脚を固定し、10分ごとで自動測定をおこなった。照度については、DO9721を1.2mの高さに上向きになるように三脚に固定し、毎秒ごとに測定をおこなった。マイナスイオンについては、ITC-201Aを3台用いてそれぞれ、0.3m、1.3m、3mの高さで、三脚および脚立上に固定し、1時間ごとに、10分間の毎秒測定を3台同時におこなった。音圧については、Center322を1.3mの高さに三脚に固定し、毎秒ごとの測定をおこなった。気圧については、Kestrel4000をAM-101の設置した三脚の中ほど（80cm）に固定し、30分ごとに自動測定をおこなった。

測定位置は、図-1のようなアカマツ林の林相の特徴が最も顕著な場所を選定し、互いの測定に影響しない程度に距離をおいて調査器具を設置した。

Norimasa TAKAYAMA, Tatsuaki OHIRA, Naoyuki MATSUI, Takahide KAGAWA (For. Forest Prod. Res. Inst.) and Yasuhiro KOYAMA(Nagano Pref. For. Res. Ctr.), Akira KITA(Grad. Sch. of Art., Univ. of Tsukuba, Ibaraki), Midori FUJISAWA, Shiho MASAKI (Fac. of Agric., Shinshu Univ., Minamiminowa, Nagano) Research on Change on Day of Physical Indexes in Forest Environment

### III 調査の結果

1. 気温、相対湿度、輻射熱、風速の日変化 図-2～5に気温、相対湿度、輻射熱、風速の7:00～17:00までの日変化と平均値、標準偏差を示す。

気温（図-2）は早朝に最も低く、12:00～14:00にかけて最も高くなっている。また、夕刻にかけ低下傾向にある。

相対湿度（図-3）は7:00～8:30が最も高く、90%を超えており、それ以後、気温の上昇に反比例するように徐々に低下し、12:00～14:00にかけて50%近くで最も低くなり、夕刻にかけて徐々に上昇している。

輻射熱（図-4）は気温より比較的高い値で推移しているが、基本的には気温と同じような日変化をする傾向にある。極端に上昇しているのは、日陰においてた輻射計に一時的に直射日光が照射されたのが原因である。

風速（図-5）は他の温熱指標に比べ、かなり動きが大きいが、調査日に関していえば、早朝、夕刻が割と穏やかであったのに対し、11:00～13:30の間では、気温の上昇、湿度の低下とともに風速が強くなっている。

2. 照度の日変化 照度の日変化を図-6に示す。測定時間は10:34～17:28までである。基本的には、日中が高く、夕刻になるにつれ測定値が低下していくことが確認できる。また、調査地の1点に固定して測定をおこなったため、太陽の高度の変化とアカマツの樹冠が綾をなした結果、測定地点に樹影が生じ、最大で100000lux程度、最低が938luxの非常に震幅の大きい日変化が確認された。一方で、調査時はほぼ全日を通して快晴であったため雲の影響は少ないとと思われた。

3. マイナスイオンの日変化 森林内の空気中に含まれるマイナスイオンの日変化を図-7に示す。7:00と8:00の回は林内の湿度が90%を上回り、器材の測定限界を超えていたため測定が不可能であったが、基本的に6:00～18:00の間の測定では、設置高度に関わらず、早朝に多く発生し、正午近辺に減少するが夕刻に再度多く発生する。その後、18:00近くに再度減少するという日変化が確認された。

また、高度による差異を確認したところ、1.3mの平均が830個/ccと最も多く、0.3mが820個/cc、3mが620個/ccと最も少ない結果であった。さらに、t検定を試みたところ、3m-1.3m、3m-0.3mの間にそれぞれ有意水準5%と1%で有意差が確認された（図-8）。

4. 音圧の日変化 音圧（図-9）については、8:24～16:28まで測定した結果、平均が33.85db、標準偏差が2.34dbであった。また、瞬間値で55db以上になっているところが見られるが、他の指標と比較して、日変化の震幅はあまり大きくなことが確認された。

5. 気圧の日変化 気圧（図-10）については、9:30～18:00まで測定した結果、平均値が905.6hPa、標準

偏差が0.586hPaと極めて小さい。また、その日変化は朝方が比較的高く、日中に低下するが夕刻に近づくと再び上昇するという軌跡を描くことが確認された。

### IV 考察

分析の結果、調査地とした夏季の快晴時のアカマツ林では、物理指標によっては、日中の林内活動が可能な時間帯に大きく変動していることが確認された。

よくいわれるよう、森林内の環境は天候・季節・時間などの変動要因が複数存在するため、常に不定形であると同時に、多数の物理指標から形成されるために複雑系であるという側面を併せもつ。すなわち、一概にどの季節、時間のどの森林がよいとはい切ることができない。しかし、このような場合でも、森林内の空間を利活用するのに理想的な季節・天候下で、森林環境を構成する重要なと思われる物理指標の日変化を調査し、その特徴を検討しておくことで、他の変動要因下における森林内空間の日変化の状態を推察することが可能になる。

下記に各指標の分析結果をさらに検討し得られた知見を記載する。

温熱環境（気温・湿度・輻射熱・風速）については、この季節の調査地のアカマツ林は、日中を通して比較的気温が一定であるが、森林内での活動をおこなうのであれば、湿度は高いが、気温や、特に輻射熱が低い午前中が最も望ましいことが考えられる。これは、PMVやPPDを用いて夏季の森林の温熱環境の快適性の日変化について調べた先行研究からも裏付けられる（2）。

照度については、固定した照度計の値が大きく変化するのは、太陽高度が上昇するにつれて、樹冠を透過し、林内へ直接射し込む光が発生するためである。これは、樹冠の隙間から射し込む光=いわゆる木漏れ日の成因であると思われる。また、今回分析に用いることができたのは10時台前半以降のデータのみであるため、考察には限界があるが、少なくとも、今回の対象地では木漏れ日は正午近辺の時間帯に多く確認できる。

マイナスイオンについては、比較的早朝、あるいは夕刻に多く、正午近辺では減少しているため、今回の調査地ではマイナスイオンは早朝、夕刻により多く存在していたといえる。この結果は、夏季の森林においてマイナスイオンの日変化を調査した研究成果と一致している（3）。また、3段階に測定器具の高さを固定して同時に測定をおこなった結果、少なくとも今回の実験からは、森林で我々が呼吸するときの高さに当たる1.3m近辺のマイナスイオンの平均値が最も高いことが確認された。しかし、この結果については、さらに追試をおこなうなど普遍性の確認が必要である。

音圧については、測定時間内における顕著な日変化は確認できないが、平均的には33.9db程度の静かな公園、

夜間の郊外くらいの音圧であり、比較的静かな音圧レベルであるといえる。時折、55dbを超える値が記録されるなど、日常的な騒音レベルの音圧が測定されるのは、調査が7月におこなわれたことから、センサーの近辺で野鳥などの鳴く音が記録されたものと思われる。

気圧については、正午近辺から15時の間に最も低下し、早朝および夕刻に比較的上昇しているといえる。しかし、バラつきの程度を示す標準偏差の値が $0.586\text{hPa}$ と小さく、ほとんど日内を通して一定であると考えができる。

## V おわりに

本論では、森林内の五感に働きかける環境要因を調べるために、複数の物理指標を選択し、その日変化を調査した後、各指標の動向や特徴について検討し、いくつかの新たな知見を導いた。今後のこの種の研究の課題を述べると、まず、森林内には五感に影響を与える環境要因は無数にあり、森林内の活動に大きく寄与する要因を物理指標として注意深く検討し、選択しておく必要がある。

また、さらに各指標の有する特徴や普遍性についてさらに調べつつ、最終的には人間の生理的な応答や心理的な評価との関係について明らかにされなければならない。

そのような研究が進んだ結果として、快適な森林空間の利用に資する計画や意匠に対する指針や資料が整備されることになる。

## 謝辞

本研究は、「平成18年度先端技術を活用した農林水産研究高度化事業－森林系環境要素がもたらす人の生理的効果の解明－」の成果である。

## 引用文献

- (1) 総谷珠美ら (2005) 里山林での森林浴における心理的効果について－POMS・SD法を用いて－. 第56回日本森林学会関東支部大会発表論文集：27-28.
- (2) 高山範理ら (2005) 中等度温冷感指標(PMV)を用いた夏季森林内外の温熱環境の測定と比較. 第56

表-1 調査地の森林の概要

調査地の概況	測定値	単位	備考
調査面積	0.06	ha	20m×30m
推定立木密度	883.3	本/ha	
平均樹高	18.5	m	毎木調査による
平均胸高直径	26.8	cm	
推定林齢	60	年	周辺伐採木より 推定
調査地内平均照度	(標準偏差) 16,934	Lux	5m毎35点を測定
相対照度平均	(標準偏差) 30.45	%	5m毎35点の全天 球写真より算出

回日本森林学会関東支部大会発表論文集：21-24.

- (3) 高山範理ら (2006) 森林浴におけるイオン環境の快適性に関する研究. 第57回日本森林学会関東支部大会発表論文集：印刷中.
- (4) 朴範鎮ら (2005) 生理指標を用いた森林浴の評価[5]. 日本森林学会大会発表データベースVol. 116 : 111.



図-1 測定器具を設置した近辺の風景（アカマツ林）

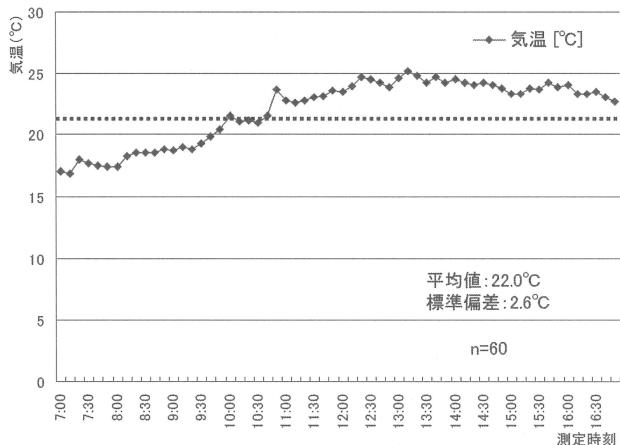


図-2 森林内の気温の日変化

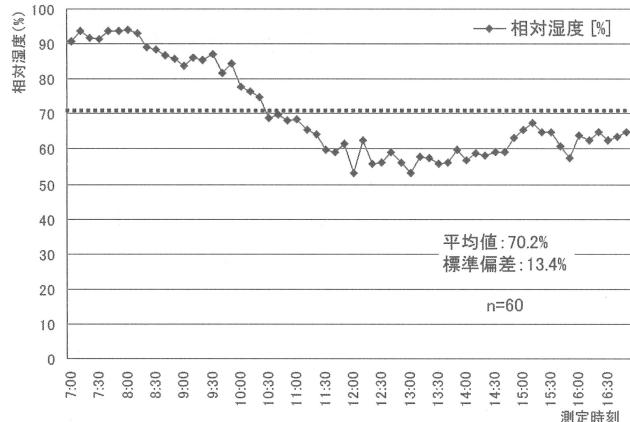


図-3 森林内の相対湿度の日変化

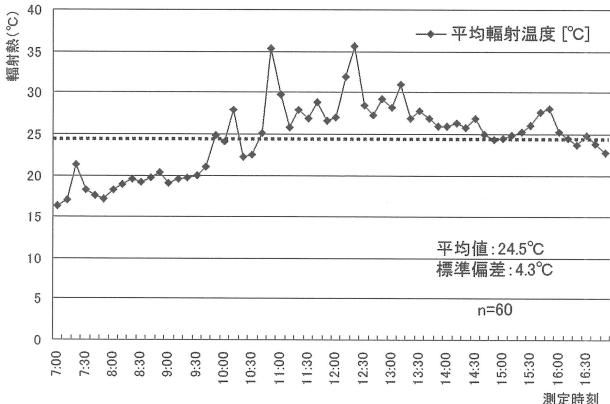


図-4 森林内の輻射熱の日変化

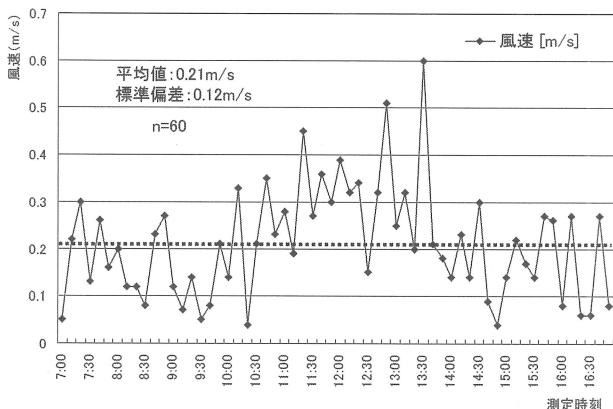


図-5 森林内の風速の日変化

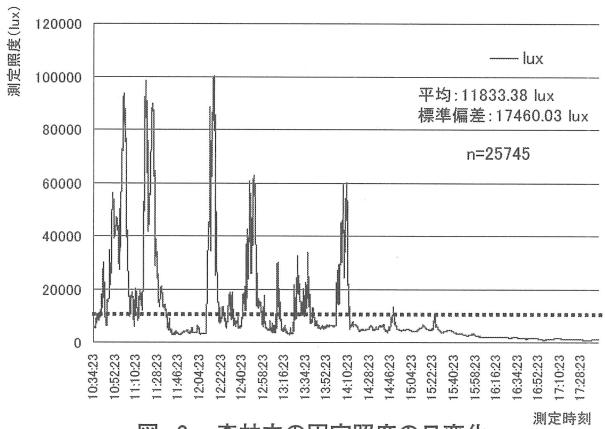


図-6 森林内の固定照度の日変化

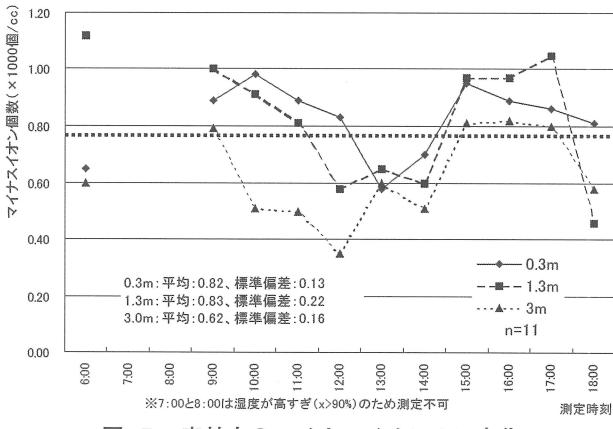


図-7 森林内のマイナスイオンの日変化

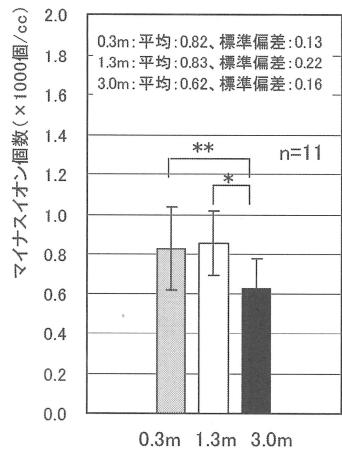


図-8 t検定の結果

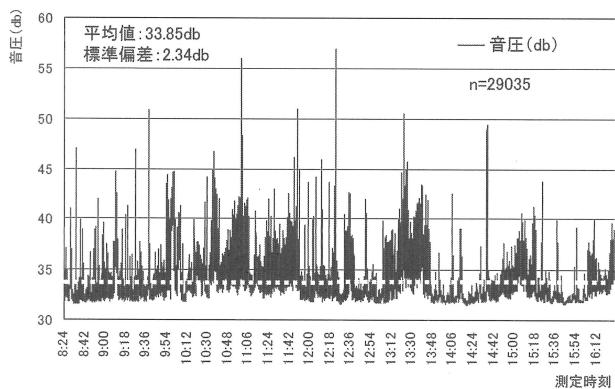


図-9 森林内の音圧の日変化

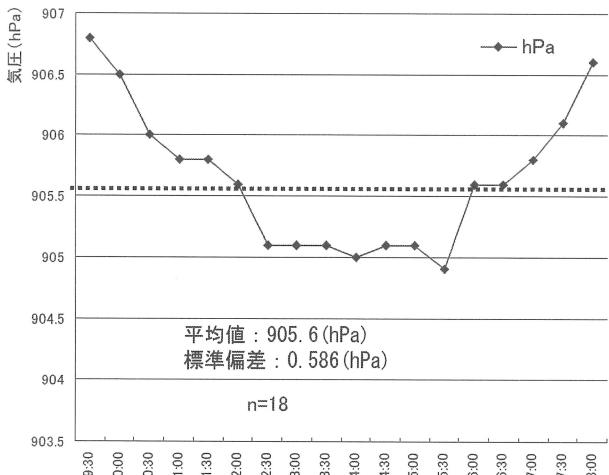


図-10 森林内の気圧の日変化