

申請者	学科名	スポーツシステム工	職名	助教	氏名	島崎 康弘 印
調査研究課題	植物キャノピーを活用した屋外アメニティー空間設計指針					
交付決定額	410千円					
調査研究組織	氏名	所属・職		専門分野	役割分担	
	代表	島崎康弘	スポーツシステム工学科・助教	環境熱工学	総括（実験実施含む）	
	分担者	吉田篤正	大阪府立大学大学院・教授	熱工学	環境測定実験	
調査研究実績の概要	<p>温暖化やヒートアイランド等を背景にして、夏季暑熱障害の報告は年々上昇傾向にあり、健康上の重要な問題として広く認識されている。その一方、根本的な屋外環境改善が行われているとは言い難い。屋外空間における人体の熱ストレス要因は日射などふく射伝熱が支配的であり、その対策として植物キャノピー（樹木や芝生などの緑）の活用が考えられる。植物キャノピーは木陰の形成により地表面が受ける直射日射を減少させ、都市の快適空間の形成に役立つほか、植物キャノピーは細分化された伝熱面の役割を果たし、受け取った日射エネルギーを高効率に顕熱エネルギーとして大気に放出するとされる。更には、緑の持つ癒しのアメニティー空間創出効果も期待される。他方、人体温熱状態は気温や日射など気象条件のみに依存するわけではなく、受熱・放熱の熱バランスである人体熱収支によって決定され、加えて、体調、性別、年齢、生活履歴等が温熱生理反応に深くかかわってくる。そこで、単に環境測定に頼ることなく、人体温熱生理を反映させた温熱環境評価手法が必要となる。従って、まず植物キャノピーの熱収支計測を行い、更に人体快適感向上を目指した植物キャノピーを活用した屋外空間設計指針を示すことを目的とした。</p> <p>屋外空間でのふく射伝熱は、直接的に天空から放射されるもののほか、生活空間を構成する様々な素材を介して行われるため、人体のふく射熱収支解析モデルの構築は容易でない。そのなかで申請者らはこれまでに、単木周辺における温熱環境の把握法を確立している。また、都市域での環境評価として大気や建物への熱負荷低減以外に重要な項目が人体に対する熱的な快適性の向上であると考えた屋外の温冷感指標“全身の人体熱収支（人体熱負荷量）”を提案し、熱的な非一様性が弱い条件での適応に良好な結果を得ている。本研究ではこれらを基に以下の通りの検討を行った。</p>					

調査研究実績
の概要

人体熱収支

ふく射を考慮した人体熱収支式を以下に示す。

$$F_{load} = M - W + R_{net} - E - C$$

ここで、 M は代謝量、 W は機械的仕事量、 R_{net} は正味ふく射量、 E は潜熱損失量、 C は顕熱損失量であり、単位は全て $[W/m^2]$ である。本研究で検討したふく射モデル形状は、成人被験者における人体表面積を計測した結果をもとに、人体を直方体形状 (L 0.2 m×W 0.4 m×H 1.2m, 体表面積1.6 m^2) で表すものとした。正味ふく射量 R_{net} に関する各々の成分は以下の式で表すことにより樹木環境を評価できる。

$$R_{net} = (1-\alpha_h) R_{sh} + \varepsilon_h (R_{in} - \sigma T_{skin}^4)$$

$$R_{sh} = (A_{top} S_{\downarrow} + A_{bt} S_{\uparrow} + A_f (S_f \cos z + 0.5 (S_{\uparrow} + S_b) + 0.5 (S_{\uparrow} + S_b) (A_l + A_r + A_{bk})) / A$$

$$R_{in} = (A_{top} L_{\downarrow} + A_{bt} L_{\uparrow} + 0.5 (A_f + A_{bk} + A_l + A_r) (L_{\downarrow} + L_{\uparrow})) / A$$

ここで、 α_h は人体の日射反射率 (アルベド) [N. D.] (= 0.3), ε_h は人体の赤外放射率 [N. D.] (= 0.98), R_{sh} は日射量 $[W/m^2]$, R_{in} は赤外放射量 $[W/m^2]$, σ はStefan-Boltzmann定数 $[W/(m^2 \cdot K^4)]$, T_{skin} は平均皮膚温 $[K]$, A は人体直方体モデルの総表面積 $[m^2]$ を表し、各面については添え字bkは背面, btは底面, fは正面, lは左面, rは右面, topは上面, さらに S_f は直達日射量 $[W/m^2]$, S_b 散乱日射量 $[W/m^2]$, L_{\downarrow} は大気からの赤外放射量 $[W/m^2]$, L_{\uparrow} は地表面からの赤外放射量 $[W/m^2]$, S_{\downarrow} は全天日射量 $[W/m^2]$, S_{\uparrow} は地表面からの反射日射量 $[W/m^2]$, z は太陽高度 $[deg]$ である。なお、人体から周囲環境への形態係数は周囲に建物などがない条件を想定し0.5とした。

樹木周囲の環境解析

樹木周囲におけるふく射環境の違いが人体に及ぼす影響を把握するために、高木 (単木) および低木を用いた実験および数値解析を実施した。高木下では、日射透過率が7.4%となり、また大幅な日射量低減が確認された。最終的には、人体熱収支において日射暴露の有無で正味ふく射量が150 W/m^2 低減された (図1)。一方で顕熱損失量等に大きな違いは見られなかった。また、低木周囲における温度分布詳細は図2のように求められた。反射率が周囲路面よりも高く反射による人体への影響も考えられる。

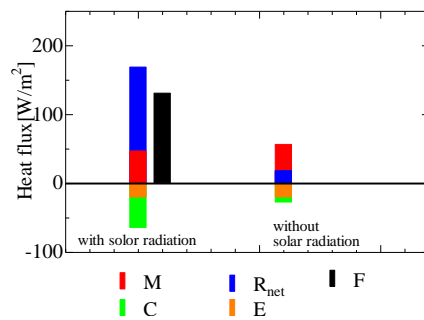


図1 人体熱負荷詳細

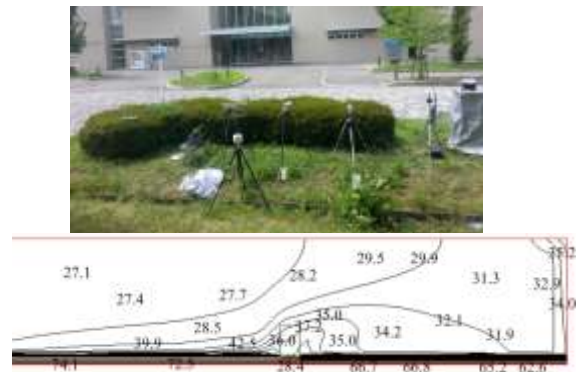


図2 低木周囲での温度プロファイル

以上、植物を用いたその周囲環境評価手法を確立し、今後の都市設計への応用が可能となった。

成果資料目録

- ・ Yasuhiro SHIMAZAKI, Atsumasa YOSHIDA, Yayoi SATSUMOTO, and Shohei TAKETANI, Effect of properties of sports surface and clothing materials on human thermal load under hot environment, Procedia Engineering, Vol. 72, pp. 502-507, 2014.
- ・ Yasuhiro SHIMAZAKI, Atsumasa YOSHIDA, and Shohei TAKETANI, Experimental analysis of human thermal condition during outdoor exercise under summer conditions, Journal of Heat Island Institute International, Vol. 9, No. 2, pp. 33-38, 2014.