歩行行動における身体および環境条件の計測と応用

○上野 弘義¹, 三澤 哲夫²

¹千葉工業大学大学院工学研究科, ²千葉工業大学工学部

Measurements and applications of physiological and environmental condition in walking behavior

Hiroyoshi Ueno¹, Tetsuo Misawa²

¹Graduate school of Engineering, Chiba Institute of Technology, ²Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology

1. はじめに

建物内において、人は環境条件の異なる空間を当然のこととして移動しているが、労働環境によっては気温の大幅に異なる空間移動を頻回に行う職場も少なくない。気温による身体への影響について寒冷状態に暴露され冷却を繰り返すことにより痛みや温度感覚への影響を指摘した報告例もある。しかしながら既往の文献では、建物内での温熱環境や視環境の違いによる歩行への影響について言及するものはみられず、移動や歩行行動からみた建物内の総合的な環境条件と生体への影響に関する検証は急務である。

そこで本稿は、歩行環境整備の一助となる基礎的な知見を得ることを目的として、気温と照度の異なる歩行条件の人間の側面への影響を実験により明らかにし、その結果を報告するものである。

2. 実験方法

被験者は健康な成人男性13名、平均年齢22.8歳(標準偏差1.8歳)を対象に実施した。実験前に被験者の安静時心拍を測定し、被験者の身長および体重から基礎代謝を算定して分析指標とした。移動方法は通常の歩行と、健常者における一時的な肢体不自由を想定した車いす走行の2種類の移動方法について分析を行った。実験室は、床面積約83 m²に区画し同じレイアウトとした2部屋を使用した。実験室内は、歩行時間がいずれも1分以上となるようローパーティションで区切った経路(経路長約65m)を設定し、被験者の移動量と生理指標を計測した。被験者には室温と照度の異なる計6パターンの空間を移動してもらい、歩行後に各空間の歩行感に関する感覚評価を実施した(表1)。

分析指標は、被験者の移動量と生理指標および被験者の知覚・心理量で、実験室の環境情報として歩行時の室温を計測した。各部屋の照度は、実験前にあらかじめ

測定を行った。測定指標の選定は、長期にわたり時系列推移が計測可能な移動量である①歩行速度②加速度、生理指標として③心拍④体表面温度の4指標を用いた。

移動量と移動経路は、位置検知システム(日立WIVC製)を、加速度は携帯型三次元加速度ロガー(マイクロストーン社製)により計測を行った。これらを用いて、被験者の移動量である歩行速度と加速度の推移を算出した。加速度および歩行位置検知装置の発信・記録装置は、計測に先立ち被験者の身体の重心付近の腰部に固定した。また被験者の生理指標は、心拍数と体表面温度について、いずれも時系列による推移を計測した。被験者の身体、頸部側面の体表面にボタン型温度計(KNラボラトリ製サーモクロン)を固定し、心拍は携帯型心拍計(Poral製)を用いて計測を行った。

被験者の知覚・心理量は、8項目の評価語対①明るさ②温冷感③圧迫感④歩行しやすさ⑤好み⑥落ち着き感⑦安らぎ感⑧快適性を用いて実施した。各項目は7段階による評価とし、評価は歩行終了直後に毎回実施した。

測定値は、それぞれの設定条件における平均値の差の検定と相関分析を行った。実験条件の違いによる知覚・心理量は、独立性の検定と対応分析により関係性を調べ、歩行空間の照度と室温の高低による評価値の関係性を、ロジスティック回帰分析により調べた。

3. 実験結果

実験条件の違いによる移動量と生理指標の結果から、移動方法の違いによって、歩行速度($p<0.01$)および加速度積分値($p<0.05$)に有意差が認められた。また、気温の違いによる体表面温度について有意差($p<0.01$)が認められた。一方で統計上の有意差は認められなかったものの、気温による最大心拍数について、気温が高いと最大心拍数が増大する傾向がみられた。しかし照度の違いによる移動量および生理反応について、今回の実験で

表1. 実験条件

移動方法
①通常歩行 ②車いす走行
室温
①低温室(10℃前後) ②高温室(26℃前後)
照度
①低照度(300-400 lx)②中照度(300-400 lx)③高照度(600-700 lx)

図1. 実験風景(左:通常歩行、右:車いす走行)

はいずれも統計的な有意差は認められなかった。

通常歩行の移動量の相関分析の結果、通常歩行と車いす走行いずれも移動量に相関があり、被験者安静時心拍と基礎代謝は、いずれも加速度積分値に対する相関が認められた(表2)。

知覚・心理量は、照度の違いによって歩行空間の明るさと圧迫感、落ち着きと好み、歩行のしやすさと快適性の間に、有意な関係性が示され($p<0.01$)、対応分析から歩行空間について照度が低いと圧迫感を感じる傾向があり、照度が高いと落ち着き好ましいと感じる傾向がみられた。歩行空間は、照度が高いと歩行しやすく、快適であると感じる傾向がみられた。一方室温の違いによって、温冷感($p<0.01$)と快適性($p<0.05$)の間に有意な関係性が認められ、気温が低いと不快と感じる傾向がみられた。このことから照度は視覚的評価や歩きやすさだけでなく、心理的側面に対する影響も示された。また、室温は温冷感に関係し、快適性への影響が示された(図2)。

ロジスティック回帰分析の結果、設定照度の段階的な変化によって感覚評価もそれに伴い変化した指標は、明るさ感($p<0.01$)と圧迫感($p<0.05$)、歩きやすさ($p<0.01$)と好み($p<0.01$)、落ち着き($p<0.01$)と快適性($p<0.01$)との間に認められた。室温によって変化がみられた指標は、温冷感($p<0.01$)と好み($p<0.05$)、落ち着き($p<0.05$)と快適性($p<0.01$)であった。また、その他の測定指標では、体表面温度によって温冷感($p<0.05$)と好み($p<0.01$)、落ち着き($p<0.01$)と安らぎ($p<0.01$)と快適性($p<0.01$)の間に段階

表2. 相関分析結果

通常歩行		車いす走行	
移動量		移動量	
歩行速度		歩行速度	
被験者付近の気温(腰部)	($r=-0.52, p<0.01$)	最大心拍数	($r=0.62, p<0.01$)
加速度積分値	($r=0.89, p<0.01$)	最大心拍増加率	($r=0.62, p<0.01$)
生理指標		生理指標	
平均心拍数		平均心拍数	($r=0.77, p<0.01$)
安静時心拍数	($r=0.64, p<0.01$)	平均心拍数	($r=-0.49, p<0.01$)
被験者付近の温度(腰部)	($r=-0.58, p<0.01$)	体表面温度	($r=-0.42, p<0.01$)
心拍増加率	($r=0.74, p<0.01$)	最大心拍数	($r=0.72, p<0.01$)
最大心拍数	($r=0.86, p<0.01$)	環境条件	
体表面温度		気温	
最大心拍数	($r=-0.41, p<0.01$)	体表面温度	($r=0.27, p<0.05$)
環境条件		被験者の身体的特徴	
体表面温度	($r=0.29, p<0.01$)	安静時心拍	($r=0.69, p<0.01$)
被験者の身体的特徴		平均心拍数	($r=0.44, p<0.01$)
安静時心拍	($r=0.64, p<0.01$)	最大心拍数	($r=0.43, p<0.01$)
平均心拍数	($r=0.48, p<0.01$)	加速度積分値	($r=-0.43, p<0.01$)
最大心拍数	($r=-0.37, p<0.01$)	平均心拍増加率	($r=-0.55, p<0.01$)
歩行速度	($r=-0.30, p<0.01$)	最大心拍増加率	
加速度積分値	($r=-0.30, p<0.01$)	基礎代謝	
基礎代謝		加速度積分値	($r=0.47, p<0.01$)
体表面温度	($r=-0.34, p<0.01$)	平均心拍増加率	($r=-0.44, p<0.01$)
歩行速度	($r=-0.27, p<0.05$)	最大心拍数	($r=-0.62, p<0.01$)
加速度積分値	($r=-0.26, p<0.05$)	最大心拍増加率	($r=-0.62, p<0.01$)

図2. 知覚・感覚量の分析結果(左図:室温による温冷感評価、右図:室温による快適性評価)

的に有意な影響が示された。一方で、統計的な有意差がみられなかったものの、平均歩行速度が下がると快適であると評価する傾向がみられ($p<0.10$)、加速度積分値が小さいと好みの評価が上がる傾向($p<0.06$)がみられた。

4. 結論

移動量を示す指標として歩行速度と加速度の実験結果をみると、環境条件の違いにより一定の傾向がみられたものの、有意な差は認められなかった。しかし、移動方法の違いにより、速度と加速度について有意差が認められ、このことは長期計測における歩行形態の判別に有効と考えられる。

生理反応の結果をみると、室温の違いによる皮膚表面温度に有意差が認められたが、その他の指標について一定の傾向がみられたものの、有意な差は認められなかった。しかし、皮膚表面温度の計測は、長期の測定において被験者が滞在する特定の時刻における室温あるいは外気温の推測が可能であることが示唆され、フィールド調査を行う際など有効な測定指標となる。

実験条件と測定した指標の相関分析では、被験者の身体的特徴は、歩行時の移動量や生体情報に対して有意な相関が認められた。このことは、実際の建物利用者を対象とした調査時などにおいて、事前に計測者の身体特性を把握しておくことが、測定結果の理解の手がかりになると考えられ、事前計測の重要性が示された。

被験者の知覚・心理量と環境条件の測定結果の分析では、照度の違いは歩きやすさや知覚的側面への影響があるだけでなく、歩行空間の快適性や落ち着き、さらには圧迫感への影響が認められ、歩行空間における適切な照度計画の重要性が示された。同様に、室温の違いによって温冷感だけでなく、安らぎや落ち着き、快適性などの心理的側面への影響も認められ、居室だけでなく歩行空間の温熱環境の重要性も示された。

これまで労働環境の整備において作業場や執務空間の快適性向上がみられたものの、通路や廊下等歩行空間について言及される余地がなかった。しかし今回の実験から、視環境あるいは温熱環境は歩行空間においても歩行者の心理的側面に顕著な影響を与えることが明らかになった。今後は実際の建物内の長期間計測により、新たな知見を得られるのではないかと考えられる。