

歩行環境要素が歩行者のストレスへ与える影響の分析

北林 宏樹[†] 張 信鹏[†] 浅野 泰仁[†] 吉川 正俊[†]京都大学大学院 情報学研究科 社会情報学専攻[†]

1. はじめに

近年、高齢社会に伴い、健康に対する関心が高まってきている。健康を維持増進するためには運動が有効であり、最も身近で簡単な運動として「歩行」が挙げられる。しかし、高齢者などの歩行弱者は歩行による外出を積極的に行わない人も多い。これらは、健常者に比べて歩行することに対してストレスを感じる要素が多いからだと考えられる。

本稿では、歩行弱者の歩行を促進することを目的にし、ストレスを感じにくい経路を推薦することを目指す。この経路推薦を実現するための初期段階として、ストレスに影響を与える歩行環境要素を特定し、かつこれらの要素がストレスに影響を与える程度を検証する。

また、ストレスを考慮した経路推薦を実現するためには、歩行者が歩行を開始する前に特定の経路を歩いた場合のストレスをあらかじめ把握できなければならない。そこで、ストレスに影響を与える歩行環境要素をパラメータとして用いたニューラルネットワークの学習により、歩行者のストレス予測を実現する。

2. ストレス計測手法

ストレスを計測するために LH/HF[1]を用いる。LH/HF はストレスを定量的に把握する主要な手法であり、LF は血圧変化を信号源、HF は呼吸を信号源とする変動波のことである。LF と HF のバランスを求めることで、人間のストレスを把握することが可能である。LF と HF は人の心臓の鼓動間隔 (R-R interval) から求めることができ、R-R interval については、心拍数から求めることが可能である。

3. 実験

ウェアラブルセンサを用いて歩行者の心拍数を計測し、得られた心拍数から歩行者のストレスを把握する実験を行った。ウェアラブルセンサは、POLAR 社の「RS800CX」を使用した。二つの経路を歩行実験の対象とした。一つ目の経路

である今出川通を1人と2人の場合で歩行し、歩行人数がストレスに影響を与えるかどうか検証した。二つ目の経路である銀閣寺経路を人が少ない閑散時と人が多い混雑時の場合で歩行し、混雑度がストレスに影響を与えるかどうか検証した。今出川通を17名の被験者によって歩行した結果を図1に示す。

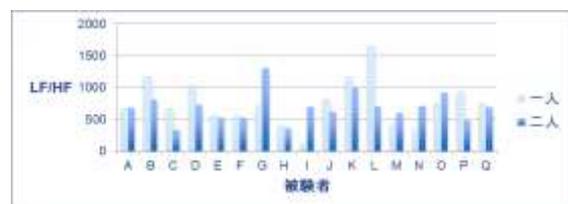


図1 一人及び二人歩行時の被験者のストレス指標

17名中12名が2人の場合ストレスが低くなり、残り5名は逆に2人の場合ストレスが高くなった。銀閣寺経路を8名の被験者が歩行した場合の結果を図2に示す。

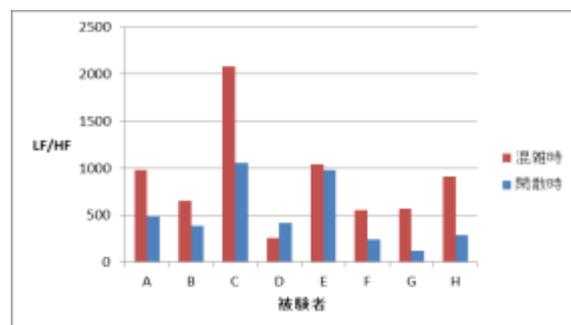


図2 混雑時と閑散時の被験者のストレス指標

8名中7名が混雑時の方が高いストレスを感じるという結果になった。以上より、歩行人数と混雑度は各歩行者のストレスの感じ方に影響することが示唆された。

歩行人数や混雑度といった歩行者のストレスに影響を与える歩行環境要素を考慮した経路推薦を実現するためにニューラルネットワークを用いたストレス予測を行う。ストレスを予測するためのモデルを図3に示す。実心拍数より求めた LF/HF をニューラルネットワークによって学習することにより、予測 LF/HF を求めることを実現する。このニューラルネットワークのモデルは Sumida らの手法[4]を改良したものである。

Analyzing walking environment element which affects the stress of pedestrian

[†]Hiroki Kitabayashi, [†]Xinpeng Zhang, [†]Yasuhiro Asano, [†]Masatoshi Yoshikawa [†]Kyoto University

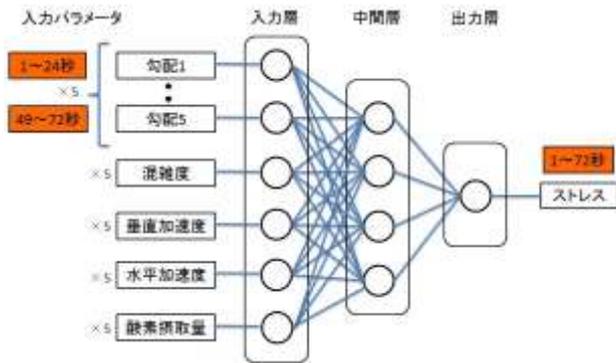


図3 ストレス予測モデル

Sumida らのニューラルネットワークの入力パラメータである勾配・加速度・酸素摂取量に加え、新たに混雑度パラメータを追加し、予測ストレスを出力するモデルを構築した。なお酸素摂取量は、勾配および歩行者の速度を用いて計算するものとする[3]。また、混雑度の値を設定するために LRF（レーザーレンジファインダー）を使用する。LRF は赤外線光を放つことで周辺の障害物を検知することが可能なセンサである。被験者に LRF を取り付けることで、周辺にどれくらいの人が存在するのかを定量的に混雑度として定義する。

ニューラルネットワークにおいて、出力データは 72 秒間分の値を一つ出力する。ストレスを把握するには 1 分以上の時間を設けることが推奨されるからである。入力パラメータについては、72 秒よりも短い時間間隔のデータを用いる。時間が長すぎると、勾配や加速度の情報が失われてしまう可能性があるからである。本稿では入力パラメータの時間間隔を 24 秒とし、12 秒ずつずらした 5 個のデータを入力パラメータとして入力する。これにより、入力パラメータと出力データの時間間隔を揃える。

ニューラルネットワークによる学習および予測を行うために WEKA[4]を使用した。LH/HF を予測する場合、学習には被験者自身のデータのみを用いた。混雑時と閑散時の奇数番のタイムウィンドウを学習データとし、偶数番のタイムウィンドウをテストデータとした。LH/HF を被験者自身のデータの学習によって予測した際の精度を比較し、その結果を表 1 に示す。予測精度を比較する指標として、予測ストレスと実ストレスにおける相関および平均 2 乗誤差を求めた。また、スタート地点からゴール地点までの全体的な予測ストレスが混雑時と閑散時において全体的な実ストレスと一致しているかという正誤率を求めた。

表1 ストレスの予測精度

相関	平均 2 乗誤差	正誤率[%]
0.31	9.76	62.5

LF/HF において相関が高かった 2 人の被験者のタイムウィンドウごとのストレス予測の例を図 4 に示す。赤線が実ストレス、青線が予測ストレスであり、図の 2 つのグラフにおいて、実ストレスと予測ストレスの相関がそれぞれ 0.55, 0.82 であった。被験者によっては 72 秒という短い時間間隔でも高い精度でストレスを予測することができたと言える。

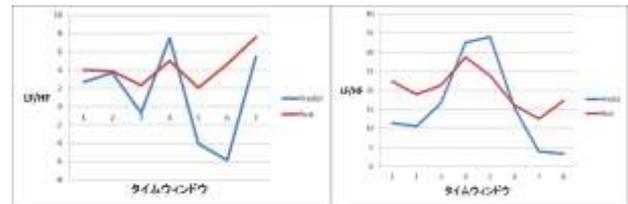


図4 タイムウィンドウごとの予測結果

5. まとめと今後の課題

本稿では、歩行者のストレスに影響を与える歩行環境要素の分析を行った。実験により、共に歩く歩行人数と混雑度が歩行者のストレスに影響を与えることがわかった。また、これらの歩行環境要素を考慮した経路推薦を実現するためにストレス予測を行った。ニューラルネットワークによる学習により、予測 LH/HF を出力した。

今後の課題として、より多数の被験者と多様な経路での実験が挙げられる。ニューラルネットワークの入力パラメータを追加することも挙げられる。入力パラメータの候補として、気温や天候などが考えられる。また、自分自身のデータだけでなく、他人のデータによる学習モデルを用いてストレス予測を実現していきたい。

参考文献

[1] ストレスと自律神経の科学
http://hclab.sakura.ne.jp/stress_novice_LFHF.html
 [2] Mayu Sumida, Teruhiro Mizuno, and Keiichi Yasumoto, Estimating heart rate variation during walking with smartphone, 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing.
 [3] T.J Barstow and P.A Mole. Linear and nonlinear characteristics of oxygen uptake kinetics during heavy exercise. J. of Applied Physiology, Vol. 71, No. 6, pp. 2099-2106, 1991.
 [4] WEKA
<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>