

緑が歩行中，歩行後の心拍変動に及ぼす影響*

Impact Analysis of Greenery on Heartbeat Variability during and after Walking*

駒宮隆男**・谷下雅義***

By Takao KOMAMIYA**・Masayoshi TANISHITA***

1. はじめに

緑化はヒートアイランド現象の緩和や景観の向上などに加えて、ストレスの軽減効果も期待できる。緑によるストレスの変化の研究として、中橋・岩崎 (2007)¹⁾や高柳 (2008)²⁾など多くの先行研究があるが、それらの多くはアンケートや脳波計測による調査を通じて、緑によるリラクゼーション効果があることを検証している。歩行に注目した心拍変動の研究として鈴木 (2008)³⁾がある。この研究は、森林環境と都市環境において男性6名が歩行し、歩行後の心拍過程を解析している。結果として、森林環境の方が都市環境に比べ、早く心拍数が下がり(心拍が元に戻り)、リラックスした時に増えるとされるHF(副交感神経活動の指標)が早く増加し始めることを明らかにしている。

しかし、この結果が得られた実験条件にはあいまいな箇所が少なからず存在する。例えば、被験者の歩く速度は任意となっているが、その速度によって歩行後の心拍変動に与える影響は異なる、また都市環境においては人や自転車とのすれ違いにより、生じたストレスも考えられるが、これらについては考察がなされていない。

そこで本研究では、歩行速度や歩行時間を制御して、緑の有無による歩行中、歩行後の心拍変動の違いを分析することを目的とする。具体的には、以下の仮説について検証する。

<仮説>空間に緑がある場合、ない場合と比較して

①歩行中のRRI(心電図に現れるR波とR波の間隔)中央値は歩行前と比較して有意に小さい。

*キーワード: 公園・緑地、景観、心拍変動

**学生員、中央大学大学院理工学研究科土木工学専攻

(東京都文京区春日1-13-27

TEL03-3817-1810)

***正員、博(工)、中央大学理工学部都市環境学科

②歩行終了後RRIの回復時間および速度が早い。

③歩行中および回復期におけるHF、LF/HF(RRIの時系列データをスペクトル解析により得られる指標であり、(副)交感神経すなわちストレスの代理指標になる^{注2)})が有意に異なる。

2. 計測方法

心拍変動は年齢、性別などにより異なり、その日の体温、外的なものとしては、気温や天気の影響も受け、騒音などの音による影響で異なること、また歩行の際、歩く速度や、地面の傾斜、路面の形状、歩行者や自転車の有無等もストレスとなり⁴⁾、心拍変動が生じることが先行研究で検証されている。さらに横になる→座る→立つ→歩く→速く歩く、それぞれの段階で心拍変動は異なり⁵⁾、また計測する時間帯によっても異なることがわかっている^{6)、7)}。

本研究では、歩く速度と緑の有無に着目し、一定の速度で歩行前の安静から歩行後の安静まで測定を行なった。

(1) 測定条件

表-1に示す条件で実験を行う。

(2) 測定方法と測定装置

本研究では前述した条件での実験を、①歩行中の緑の有

表-1 先行研究と本研究の違い

	先行研究	本研究
心拍変動指標	心拍数、HF	RRI、HF、LF/HF
測定場所	森林環境	牧野ヶ池公園
	都市環境	国道沿い
測定期間	12月から1月	1月から2月
測定時間	森林環境	午後1時から2時
	都市環境	午後2時から3時
気温	9.6°C~13.6°C	3.4°C~10.8°C
歩行速度	森林環境	約3.4km/h
	都市環境	約4.4km/h
		約3.9km/h

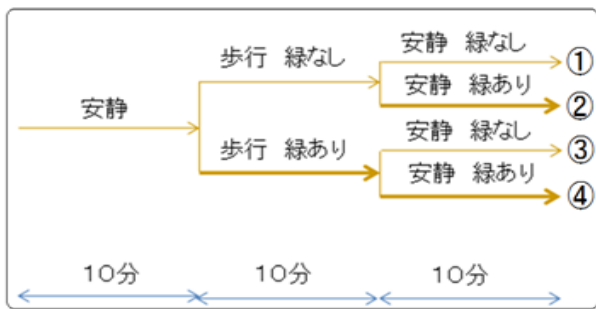


図-1 測定パターン

無と②歩行後の緑の有無にわけて、心拍計をつけて、10分間安静→10分間歩行(緑あり or なし)→10分間安静(緑あり or なし)の計4パターン行った(図-2)。開始10分間の安静の際、アイマスク等を使って余計なストレスを生まない状況にし、最後の10分間の安静は緑を見る、もしくは歩行前と同じように安静にする。歩行は、緑の有無をそれぞれ分けて各10回測定を行った(図-1)。

測定の前後には、温度と湿度、体温と血圧を測定する。なお歩行中は、騒音や他者との擦れ違いなどはできるだけない時間帯を選んで行った。

3. 分析方法

本研究は、歩行前、歩行中、回復期、回復後のRRIデータを用いて、その中央値およびHF、LF指標を用いる。回復過程に注目し、歩行後のRRIの回復の早さを比較するため、変動するRRIデータからどこまでを回復過程とすることが問題となる。

そこで、中央値検定により回復時刻を決定する。具体的には、歩行前の安静時のRRIを1群とし、歩行後の安静時のRRIを2群とする。ほぼ歩行終了後5分後には回復していることから、それ以前のRRIを徐々に2群のサンプルを加えていき、P値がはじめて0.05以下となる時刻および、それ以降のデータが0.05以下となる時刻を求める。0.05以下となる時刻のみが得られた場合は、その時刻を回復終了時刻とし、はじめて0.05以下となる時刻も得られた場合は、両方の時刻の間を回復終了時刻とする(図-2)。

歩行前、歩行中、回復期、回復後のそれぞれのRRI中央値およびHF、LF指標を算出し、仮説を検証する。

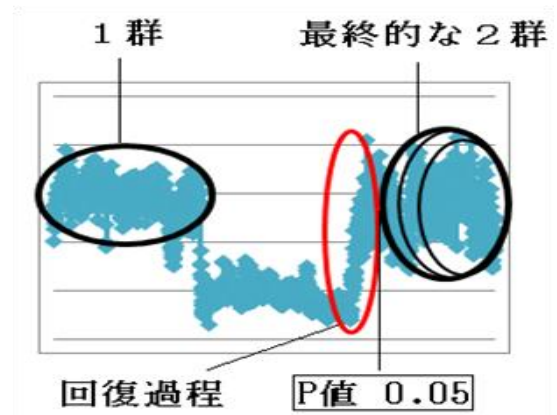


図-2 RRI 回復過程

4. 結果

(1) 血圧や気温などの影響

歩行中、歩行後は、当然歩行前の安静時の影響をうけるため、はじめに歩行前の安静時における指標について示す。RRI中央値については、血圧とは負の相関があるが、気温や湿度の影響は小さいことがわかった(図-3, 4)。

(2) 歩行中のRRI中央値

図-5より東京ドームシティを歩いた測定パターン①と

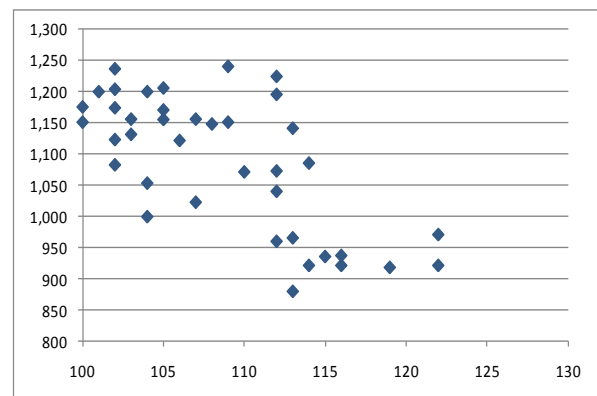


図-3 血圧とRRI中央値との関係(相関係数: -0.68)

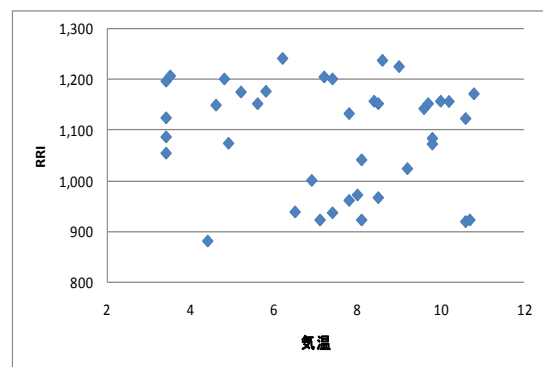


図-4 気温とRRI中央値との関係(相関係数: -0.12)

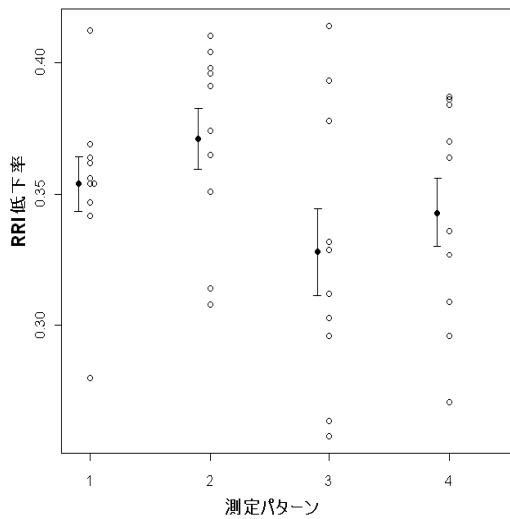


図 - 5 各測定パターンにおける歩行前を基準とした歩行中 RRI 低下率

②のほうが、六義園を歩いた③と④に比べて、低下率が大きく、有意水準3%で統計的に有意な差がみられた。よって歩行中の緑や歩行後の緑はRRIの低下を抑制する、すなわちストレス緩和に寄与している可能性が示された。

(3) 回復時間および回復速度

中央値検定により求めたそれぞれのパターンにおける歩行直後から回復終了までの時間、回復速度を表 - 2, 3 に示す。②緑なし歩行+歩行終了後緑ありが、回復時間が最も短く、回復速度が最も高いという結果になった。これらを4パターンで分散分析を行なったが、有意な差はなかった。回復速度は、①より②、③より④のほうが少し大きく、歩行後の安静時に緑を見ているほうがいずれも大きくなった。同様に行なった分散分析では、有意な差はなかった。また、①と②、③と④という組み合わせでt検定を行なったが、有意な差はなかった。

図 - 6 に回復時間の長短でわけた RRI 低下率と回復速度の関係を示す。RRI の低下が大きいほど、回復速度は小さく、回復時間が短いほど回復速度は速いことがわかる。

(4) HF, LF/HF

先行研究では、森林環境を歩行したほうが、HF の回復が早いことが示されていたが、本研究でも同じになるかを検証した。

まず、本研究で行った4パターンの測定方法で分散分析を行なったが、有意な差はなかった。次に、先行研究と比

表 - 2 回復時間

回復時間	測定パターン				
	①	②	③	④	
測定回数	1	157	168	135	173
	2	133	113	133	182
	3	161	174	180	159
	4	122	111	138	171
	5	123	145	168	180
	6	176	118	112	113
	7	180	108	179	184
	8	167	132	150	107
	9	180	118	167	176
	10	130	135	132	165
平均	152.9	132.2	149.4	161	
標準偏差	23.7	23.6	23.0	28.0	

(単位は秒)

表 - 3 RRI の回復速度

回復速度	測定パターン				
	①	②	③	④	
測定回数	1	3.00	2.28	3.08	2.21
	2	3.10	3.49	3.65	2.45
	3	2.22	2.59	1.53	1.91
	4	2.07	2.52	1.88	1.61
	5	3.07	2.81	2.48	1.63
	6	2.31	3.74	2.63	2.13
	7	2.07	3.51	2.27	2.26
	8	2.33	2.43	1.63	4.31
	9	2.26	2.83	1.41	2.03
	10	3.09	3.45	2.45	2.61
平均	2.55	2.96	2.30	2.32	
標準偏差	0.4	0.5	0.7	0.8	

(単位はmsec/秒)

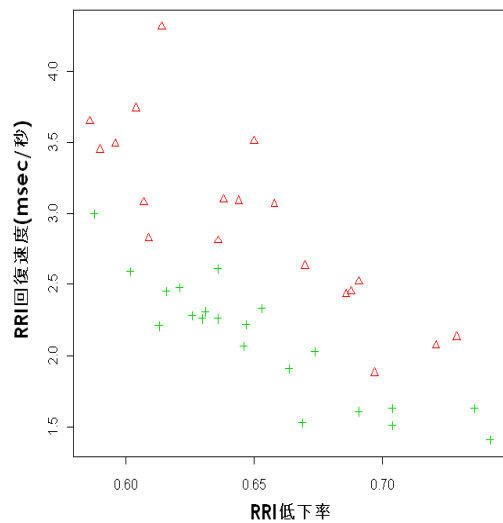


図 - 6 RRI 低下率と回復速度の散布図

(回復時間：相対的に長い+／短い△)

較を行なうために、①と③、②と④でt検定を行なった。先行研究と異なり、本研究では歩行後に緑ないところで安静にする①と③、緑あるところで安静にする②と④で分けて検定を行なったが、有意な差はなかった。同様に、LF/HFも検証した。こちらも分散分析を行なったが、有意な差はなかった。

5. おわりに

結果として、緑の中を歩いたほうがRRIの低下を抑制し、ストレス緩和に寄与している可能性が示された。しかし、歩行後における緑の有無については有意な差はみられなかった。

今後の課題は多い。まず、サンプル数が少なく、1名の学生の結果のみしか示していない。また歩行速度や歩行時間が異なる場合でも同じ結果が得られるかを明らかにする必要がある。天候、他者や車両とのすれ違い、騒音、性差、年齢などを考慮して、身体的な負荷と精神的な負荷を分離して、心拍変動データを用いて街路空間の評価が可能かどうかについて検討したいと考えている。そのための指標開発、計測装置の精度など議論する論点は少なくない。今後とも検討を続ける予定である。

謝辞：本研究における実験は、菱田祐太（仙台市役所）氏の協力を得た。ここに感謝の意を表する。

注1)RRI中央値を用いるのは、RRIデータにしばしば前後のデータと大きく乖離することがみられるためである。この原因として、計測機器の問題（心拍以外の変動、たとえば別の筋肉の動きをRRIとして計測する、機器が一定間隔以下のデータを勝手に消去する）や期外収縮と呼ばれる不整脈（歩行等により心臓に負荷をかけたとき消える場合は病気ではないと考えられている）などが考えられる。平均値ではこうしたデータの影響を受けやすくなるため、より頑健な中央値を用いる。

注2)心拍変動の分析において motion artifact（体動アーチファクト：体の動きによる本物でない人工産物）の制御が重要であると指摘されている⁸⁾。

注3)歩行終了後、歩行前のRRIの中央値はほぼ歩行前の値に戻っていたが、HFやLF/HFについてはある程度の相関はあるものの歩行前に戻るわけではない（図-7）。

参考文献

1) 中橋洋平・岩崎寛：立面緑化の見え方の違いが心理に与える影響について—歩行時の見え方による印象評価実研—,日本緑化工科学会誌, 33(1), pp.311-314, 2007.

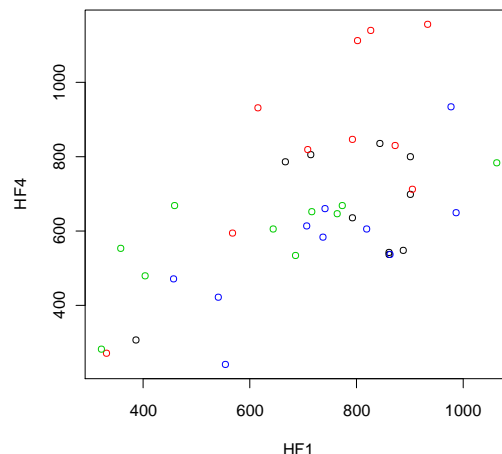


図-7 歩行前(横軸)と回復後(縦軸)のHFの比較

- 2) 高柳和江：都市空間における緑陰の効果—生理的,心理的,心理的分析—,日本補完代替医療学会誌, 5(2), pp.145-152, 2008.
- 3) 鈴木茂廣：森林環境下における歩行運動後の心拍変動,名城大学人文紀要, 44(2), pp.1-9, 2008.
- 4) 斎藤健治・清田勝：自動車、自転車における歩行者のストレスに関する心拍変動による評価, Reports of the Faculty of Science and Engineering, Vol.34, No.2, 2005
- 5) 大森佳・小泉佳代：3次元加速度と心拍数による日常生活の時のエネルギー消費量の推定, 日本家政学会誌, 59, (4), pp221-229, 2008.
- 6) 長坂猛・田中美智子：音刺激が心拍変動に及ぼす影響, 宮崎県立看護大学研究紀要, 1(2), pp.61-65, 2000.
- 7) 佐藤佑・石河利寛：運動に対する心拍数, 血圧, 呼吸数の反応の年齢別, 性別特性に関する研究, 体力科学, 26(4), pp.165-176, 1977.
- 8) 早野順一郎：心拍変動による自律神経機能解析, 井上博（編）「循環器疾患と自律神経機能」, 医学書院, pp. 58-88, 1996, 市丸雄平ほか：自律神経障害患者における心拍のリズムとゆらぎ, BME, 8(10), pp.36-48, 1994, Lu, Guohua and Fang Yang: Limitation of Oximetry to Measure Heart Rate Variability, Cardiovascular Engineering, 9, 119-125, 2009

緑が歩行中，歩行後の心拍変動に及ぼす影響*

駒宮隆男**・谷下雅義***

都市の緑化はヒートアイランド現象の緩和や景観の向上などに加えて，ストレスの軽減効果も期待できるとされている．緑によるストレスの変化の研究はこれまでに数多く存在するが，それらはアンケートによる選好調査や，脳波計測による静止行動状態のもので，実際に緑の中を「歩行」し検証した研究は少ない．そこで，本研究では実際に緑の中を歩行し，その時の RRI (R 波と R 波の間隔：心拍数の逆数) を測定し心拍変動，ストレスへの影響を分析した．その結果，緑の中を歩行した方がそうでない時よりもストレス緩和に寄与している可能性があることが示された．

Impact Analysis of Greenery on Heartbeat Variability during and after Walking*

By Takao KOMAMIYA**・Masayoshi TANISHITA***

Greening the city is expected to be enabled for the mitigating effect of the stress, in addition to easing the heat island phenomenon and the improvement of the spectacle. There are many studies about transition in stress by the verdant. But many of them are a preference investigation or a resting state study, like questionnaire investigation or brain wave measurement. In this paper, we tried to examine the relationship between relaxing effect and green, about walking in the place. The result showed there was a possibility that walking in green had contributed to the stress relaxation since time not so.
