

# 安静時心拍数の変動とその影響要因

谷下 雅義<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 東京都文京区春日一丁目13番地27号)  
E-mail:mtanishita.45e@g.chuo-u.ac.jp

異なる空間・環境における心拍変動を比較する際の基準となる安静時心拍数 (Resting Heart Rate: RHR) は日々変動する。本研究はRHRがどの程度変動するのか、またそれに影響を及ぼす要因は何なのか、そしてRHRの基準値設定について検討した。男子大学生1名のみの約250日間のデータで操作変数法を用いて分析した結果、変動係数が約0.03でラグの偏自己相関があること、入眠時の体内アルコール残量がRHRの変動に有意に影響を及ぼしていること、そして7日間飲酒・運動を控えて計測することでRHRの基準値設定する方法を提案した。

**Key Words :** Resting Heart Rate, Alcohol, Exercise, Time series regression

## 1. はじめに

人はストレスを受けると心拍数が増加し、リラックスすると心拍数が低下する。近年、低価格かつほぼ装着ストレスのない機器が普及したこともあり、心拍データを用いて空間や環境の質や価値を計測する研究が増えてきた<sup>1)</sup>。異なる空間・環境における心拍変動を比較する際の基準となるのが、安静時心拍数 (Resting Heart Rate以下RHRと記載する) である。

しかし、RHRも日々変動する (図-1)。RHRはどの程度変動するのか、またRHRに影響を及ぼす要因は何なのか、これが本研究の問題意識である。

先行研究<sup>2)</sup>では、アルコールを摂取することによる心拍数の変化、運動後の睡眠の状態の分析などが行われているが、RHRの変動については議論されていない。

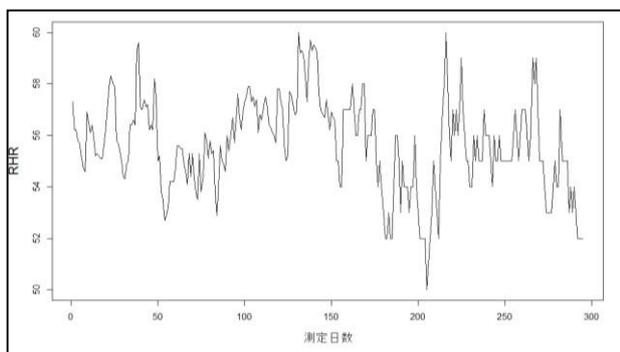


図-1 RHRの変動

平均±標準偏差(最低～最大):56.6±1.8(50.0～60.0)

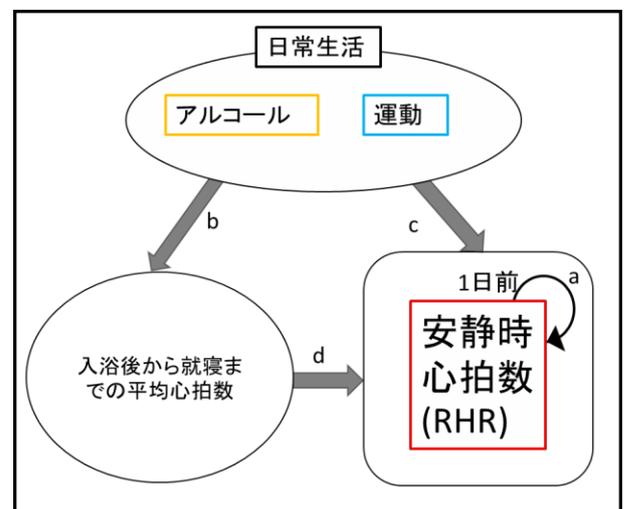


図-2 研究の枠組み

そこで本研究では、先行研究で指摘されたアルコールや運動がRHRに及ぼす影響を明らかにするとともに、それを踏まえて、RHRの基準値設定や計測日数について検討を行うことを目的とする。

## 2 方法

図-2 に本研究の枠組みを示す。RHR を被説明変数、自身で算出した心拍数に影響を与えていると考えられる要因を説明変数として回帰分析を行う。自己回帰項に加え、先行研究で指摘されているアルコールや運動、入浴後から就寝までの平均心拍数 (以下入浴後平均心拍数) を用いて、RHRにどのような影響を与えているかについて検討する。ここで、入浴後平均

心拍数は、アルコールや運動の影響を受けるため、これらを使ってそのまま回帰分析を行うと内生性バイアス<sup>10)</sup>の問題が生じる。そこで、操作変数法による2段階推定を用いてRRの回帰分析を行う。そしてその推定結果をもとに、RRの基準値は、RRが一定の値となる、いわゆる長期均衡値として求めることができる。またその基準値からのずれが何日で標準偏差内に戻るかという情報から何日間計測すればよいかについて検討を行う。

### 3 データ

#### (1) 被験者

被験者は著者1名(年齢:22, 身長170cm, 体重58kg, 男性)である。本研究を実施する上で睡眠時間の違いが心拍数に与える影響を最低限にするため、睡眠時間を午前0時から午前8時までの8時間にした。

#### (2) Fitbitデータ

本研究ではFitbitという装置を用いて記録する。Fitbit社のCharge HRでは心拍数、RRが記録される。心拍数は5分ごとと得られ、RRは朝起きたときに記録される。推定方法は企業秘密とされているが、睡眠時また起きる直前の心拍数をもとに計算されているものと思われる。

#### (3) アルコールおよび運動

アルコールについては、睡眠前にアルコールを摂取し、その後の睡眠にどのような影響を与えるのかを見る。対象日として連続してアルコールを摂取していない日を対象とする。自身で酒類と量、時間を記録する。アルコール量(g)は以下の式を用いた。

$$\text{アルコール量(g)} = \text{酒量(ml)} \times \text{アルコール濃度(\%)} \times 0.79$$

入眠時アルコール推定残量以下の変数を組み込んだ。

入眠時アルコール推定残量(g) = アルコール摂取量 × (1 - 摂取開始から就寝までの時間<sup>6)</sup>)

ここで、6はアルコールの分解速度(g/h)を表す。この分解速度は105mg/kg/hでアルコールが分解されるという報告<sup>11)</sup>に基づき、自身の体重から6.0(g/h)を算出した。なお、残量が負となる場合、ゼロとする。

一方、運動については、運動の種類、強度、時間を記録する。対象日は前後の日に運動を実施していないこととアルコールを摂取していない日を対象とする。運動の種類はランニングとウォーキング、強度は60~70%、80~90%で行う。運動を実施する時間は就寝前1~3時間前の3パターンである。運動時

表-1 運動の条件

運動時間	40分	強度(種目)	
		80%~90% (ランニング)	60~70% (ウォーキング)
終了時間	就寝1時間前	①(3)	④(3)
	就寝2時間前	②(3)	⑤(2)
	就寝3時間前	③(3)	⑥(3)

表-2 基本統計量

	最小値	中央値	平均	最大値	標準偏差
安静時心拍数	50.0	55.8	55.6	60.0	1.8
log(安静時心拍数)	3.9	4.0	4.0	4.1	0.03
log(1日前の安静時心拍数)	3.9	4.0	4.0	4.1	0.03
入浴後平均心拍数	59.0	73.0	74.0	99.0	7.5
log(入浴後平均心拍数)	4.1	4.3	4.3	4.6	0.1

間はウォーミングアップ5分、ウォーキングまたはランニング30分、クールダウン5分の計40分である。運動強度を設定する際に用いられる指標の中でも、心拍数予備能(Hat Rate Reserve:HRR)は他の運動強度定量法と比較して身体活動時のエネルギー消費量をより正確に反映されるとされている。ゆえに、本研究ではカルボーネン法を用いてHRRを算出し、運動時の目標心拍数を求めた<sup>9)</sup>。以下はカルボーネンの式である。

$$\text{目標心拍数} = (\text{20年齢安静時心拍数}) \times \text{運動強度} + \text{安静時心拍数}$$

ランダムでパターンごとに各3回ずつ運動を実施した。全部で6パターンのデータをダミー変数として回帰分析に組み込み分析を行う。以上の運動強度とパターン分けを表-1に示す。

#### (4) 基本統計量

以上のデータは2017年4月1日から2018年2月6日までの312日間分収集した。基本統計量を表-2にまとめた。

## 4. 結果

#### (1) RRの自己相関(a)

RRについてのコレログラムを作成したところ(図は省略)、1日前のRRのみが影響しているという結果を得た。

#### (2) アルコールの影響

##### 1) 入浴後平均心拍数(b)

図-3に入眠時アルコール残量と入浴後平均心拍数の関係を図示した。アルコール残量が高いほど、入浴後平均心拍数は高くなると推定された。

##### 2) RR(c)

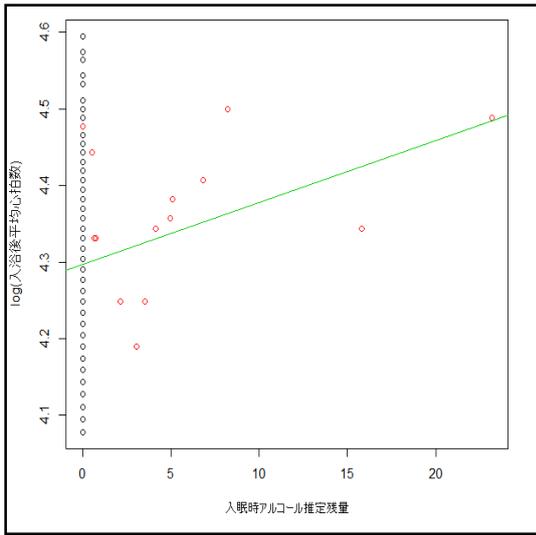


図3 アルコールと入浴後平均心拍数

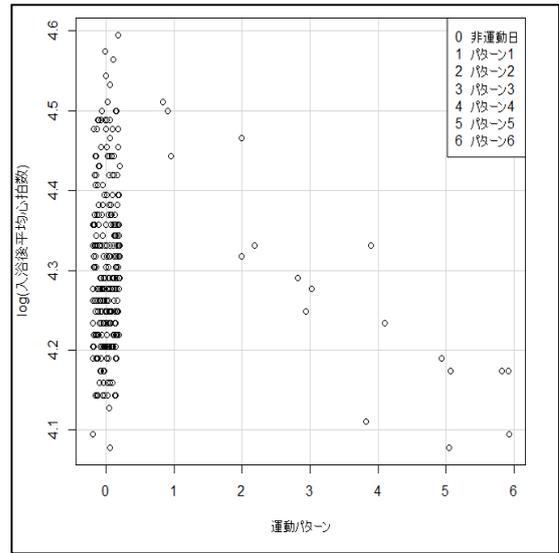


図5 運動と入浴後平均心拍数

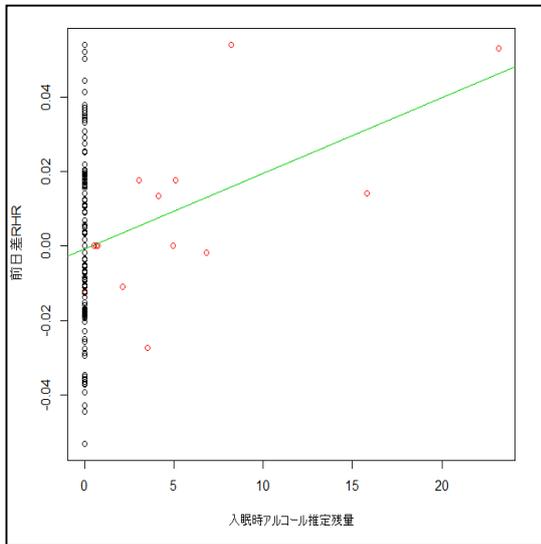


図4 アルコールとRR

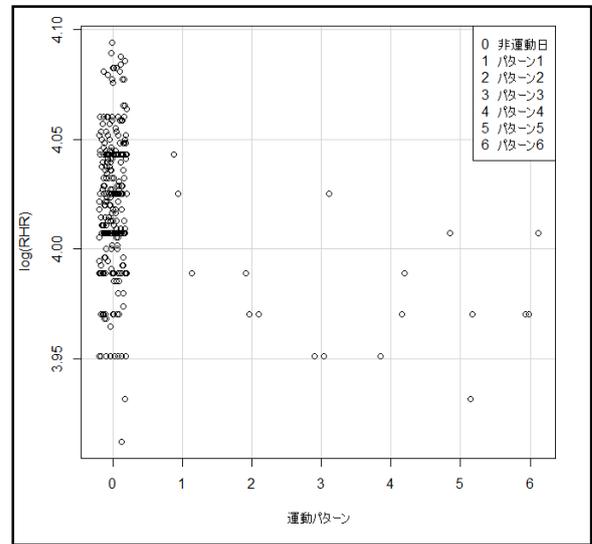


図6 運動とRHR

入眠時アルコール残量とアルコールRHRの差分（前日との差）を示した散布図を図-4に示す。入浴後平均心拍数との関係と同様にアルコール残量が多いほど、RHRは高くなるといえる。

### (3) 運動の影響

#### 1)入浴後平均心拍数(b)

図-5は入浴後平均心拍数の対数と運動パターンとの関係を表す散布図である。強度が弱いほど、また睡眠までの時間が短い方が、値が高いことがわかる。なお、林らの報告<sup>2)</sup>で、低強度の運動後の心拍数は運動前と比べて減少するとされており、今回もそれと同じ傾向がみられたが、対象とする時間（林らは、運動直後、本研究は1～3時間前に運動を行っている）が異なっているため、単純に比較できない。今後の課題である。

#### 2)RHR(c)

y軸にRHRの対数をとった散布図を図-6に示す。非運動日と比べて低い値が測定された。パターン1以外すべてで有意となったが、見せかけの相関の可能性もある。

#### (4) 入浴後平均心拍数とRHR(d)

図-7はRHR、入浴後平均心拍数それぞれに対数を取った散布図である。正の相関関係にあることはわかるが、通常日と比較してアルコールと運動に極端な差が見られた。

#### (5) 回帰分析

以上の結果を踏まえ、操作変数法を用いて自然対数を取ったRHRを被説明変数とする重回帰分析を行った(表-3)。まず内生変数である入浴後平均心拍数には、1日前のRHR、アルコール残量そして運動が影響することがわかった。

その推定値を用いて、RHRを推定すると、1日前のRHR、入浴後心拍数として

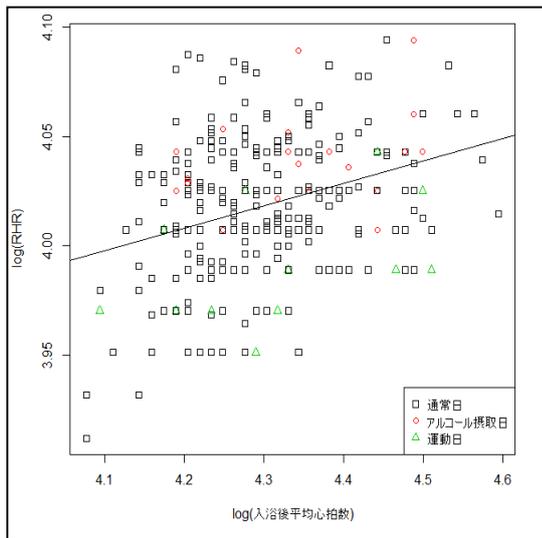
図-7 RHRと入浴後平均心拍数 ( $\rho=0.30$ )

表-3 重回帰分析 結果

被説明変数	結果1		結果2	
	log(入浴後平均心拍数)		log(RHR)	
変数	係数	t値	係数	t値
log(1日前の安静時心拍数)	0.53	3.00**	0.80	22.00***
log(入浴後平均心拍数)			0.11	3.21***
入眠時アルコール推定残量	0.008	2.53*	0.001	2.30*
運動パターン1	0.21	3.81***		
運動パターン2	0.10	1.78		
運動パターン3	-0.002	-0.04		
運動パターン4	-0.05	-0.90		
運動パターン5	-0.13	-2.34*		
運動パターン6	-0.13	-2.46*		
切片	2.17	3.04**	0.38	2.62**
決定係数	0.14		0.73	
ダービンワトソン比	1.67		1.98	
サンプル数	296			

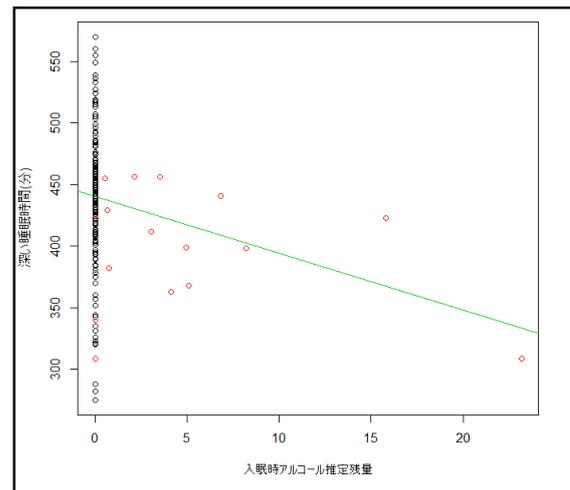
アルコール残量が影響を与えていることがわかった。運動は入浴後平均心拍数に影響を与えるが、RHRに影響を与えているとはいえないとの結果となった。

#### (6) RHRの基準値

表3の推定結果をもとに、飲酒や運動をしないときにRHRの基準値(長期均衡値)を求めたところ、553と推定された。また飲酒や運動などにより、基準値±標準偏差の範囲からRHRが外れたとき、範囲内に収まるまで何日間を要するかについてヒストグラムを作成したところ、おおそ7日間と推定された。したがって、飲酒や運動を控え、約7日間RHRを測定し、その平均を用いれば自身のRHR基準値を推定できると考えられる。

## 4 おわりに

以上、本研究ではRHRの変動要因について検討を行った。その結果、飲酒がRHRの変動に有意に影響を及ぼしていることがわか



付図-1 アルコール残量と深い睡眠時間の関係

った。またRHRの基準値設定について検討し、7日間飲酒・運動を控えて計測するという方法を提案した。

本研究の課題として、被験者数および運動のサンプル数の増加が必要である。また機器の精度、食事やカフェインなどの影響も考慮すべきである。こうして個人内の変動の理解を深めるとともに、個人間の変動、すなわち同じストレスを加えたとしても個人によって反応は異なる可能性があることについて検討を進め、基準化を行って、空間・環境の評価に結び付けたいと考えている。

#### 付録 アルコール・運動と睡眠の質

良質な睡眠がRHRの低減をもたらす可能性もある。Fitbitでは「深い睡眠時間」の計測も可能であるため、「深い睡眠時間」に影響を与える要因(付図-1)、また「深い睡眠時間」とRHRの関係(図は省略)について検討を行った。その結果、アルコール残量は深い睡眠を阻害するが、1日前のRHRや運動は影響を与えていないことがわかった。また深い睡眠時間とRHRにも負の相関がみられ、深い睡眠がとれるとRHRの低減に寄与する可能性がある。しかし、睡眠の質は、アルコールのみならず、精神的なストレスや気温や湿度といった睡眠環境にも影響すると考えられるため、さらに研究をすすめる必要がある。

謝辞 本稿の作成に当たり、柳本賢祐氏(株)大京にデータ整理・分析の協力を得た。記して謝意を表します。

#### 参考文献・URL(アクセス:2018年6月25日)

- 1)黒子典彦・藤井英二郎(2002)脳波・心拍反応及び主観評価からみた緑地の騒音ストレス回復効果に関する実験的研究ランドスケープ研究Vd.65 No.5 697-700
- 2)本田薫・若井正一(2006)心拍変動を用いた自転車利用者の幹

- 線道路評価に関する研究, 日本建築学会計画系論文集, 71, 603, 57-64.
- 3) 小崎智照, 石橋圭太, 堀之内和彦, 野口朱里, 橋富加奈, 安河内朗(2007) 森林浴が生理反応へ与える影響 日本生気象学会雑誌, 44(4), 105-110
- 4) 中島豪太, 金利昭, 鹿島茂(2009)心拍間隔指標を用いたストレス計測による自転車走行環境評価に関する基礎的研究, 土木計画学講演集, 40, CD-ROM
- 5) 鈴木弘司, 今井克寿, 藤田素弘(2013)RR間隔を用いた生活道路内走行時のドライバーのストレス反応に関する研究, 土木学会論文集, 69(5), 1857-1867.
- 6) 浅田拓, 谷下雅義(2015)個人内・個人間変動を考慮した都市内緑環境における心拍特性分析, 土木計画学講演集, 51(4), CD-ROM
- 7) 橋本成仁, 海野遥香(2016) 地下外歩行時の心拍変動を指標とした生体負担の測定に関する実験的検討, 都市計画論文集, 51(3), 1226-1233.
- 8) Sagawa Y., Kondo H., Matsubuchi N., Takamura T., Karayama H., Kaneko Y., Karbayashi T., Kishimoto Y. and Shimizu T. (2011) Alcohol Has a Dose-Related Effect on Parasympathetic Nerve Activity, ALCOHOLISM: Clinical and Experimental Research, 35 (11), 2093-2100.
- 9) 白川和希, 小田史郎(2007) 就床前運動が夜間睡眠に及ぼす影響, 浅井学園大学生涯学習システム学部研究紀要, 7, 221-232
- 10) 谷口公二, 上村浩信, 小成英寿(1991) 各種運動と睡眠時心拍変動について, 室蘭工業大学研究報告, 41, 151-159.
- 11) 北條雅一(2011) 学力の決定要因—経済学の視点から ; 日本労働研究雑誌 53(9), 16-27.
- 12) 正保哲, 洲崎俊男, 出口清喜, 廣瀬昇, 奥壽郎, 立野勝彦 (2011) Karvonen法による運動負荷強度における生体反応, 理学療法科学, 2, 633-39.
- 13) Mizui Y., Hishida S., Ijiri I., Maruyama J., Asakura S., Kijima T., Okada T., Adachi J. (1980) Individual differences in blood and breath acetdehyde levels and urinary excretion of catecholamines after alcohol intake, Alcohol Clin Exp Res., 4(4), 354-360.
- 14) 林直亨, 中村好男, 村岡功(1995) 一過性の運動中および運動後の自律神経系活動に及ぼす運動強度の影響, 体力科学 44巻, 279-286.

## FACTORS AFFECTING THE VARIATION OF RESTING HEART RATE

Masayoshi TANISHITA

Recently, Resting Heart Rate (RHR) has been used for the evaluation of various spaces and/or activities. However, RHR differs among people and even individual RHR also varies day by day. In this paper, I analyzed the variation of RHR and factors affecting the RHR and proposed the baseline setting of RHR. Though number of sample is only one male university student, making use of about 250 observations and applying Instrumental Variable method, I showed that 1) Coefficient of variation was about 0.03 and a partial autocorrelation at lag 1 was detected; 2) Remaining alcohol quantity at falling asleep affected the RHR; 3) 6-7 days measurements without alcohol and hard exercise, we could obtain the baseline of the personal RHR.