

環境と健康(第54報)¹⁾： 日常勤務における心拍数の“ゆらぎ”の予備的調査

佐藤英助、岡田洋二、²⁾丘島晴雄²⁾

1. はじめに：心拍数のゆらぎ

すでに20年くらい前のことであるが、武者利光先生(東京工業大学名誉教授、脳機能研究所代表取締役)の新聞記事『未来序曲2 感性が科学になる -- 音と命に宿る不思議なゆらぎ』には、「胎児の心拍の周波数も1/f ゆらぎをしていることが分かった。正常な胎児の心臓のビートは微妙にゆらいであり、逆に母体が妊娠中毒症にかかっている場合の胎児の周波数は全くゆるがず規則正しいという。」とあり、³⁾ さらに、『ゆらぎの科学3』などには、「四国の香川県の病院の産婦人科の川田医師が何気なくおっしゃったのは、音波のエコーで胎児の心拍周期をはかると、母親が妊娠中毒症になるとほとんどゆらがなくなるが、治療して妊娠中毒症から母親が回復するとまた胎児の心拍はゆらぎ始めるというのを聞いて非常に衝撃的な思いをした。」と記述されている。⁴⁻⁵⁾ 大変不思議な話だと思っていた。

一方、最近になり、簡易型で心拍変動解析も可能な心電計が開発され、市販されるようになった。そこで、予備的な調査として、先ず、筆者の一人(ES)を被験者として、心拍数の“ゆらぎ”を検証することにした。さらに、授業、会議やパソコン作業などの日常の勤務における自律神経活動も調べたので、それらの結果も報告する。

2. 心電図および心拍変動

心電図(Electrocardiogram)とは心筋の興奮に伴って生じる電位の時間変化を体表において測定したものであり、図1に示すような特徴的な波がみられる。そして、心電図で見られる波には図1に記したように、P波からT波の名称で表現されていて、これらの波形から臨床上、心臓・血管系疾患の重要な情報が得られる。⁶⁻¹⁰⁾ また、記録用紙の横軸に時間(sec)、縦軸に電圧(mV)で表したもので、5mm毎に太線になっている。横軸の最小のマス目は0.04secで、5mmでは0.2secである。記録紙の流れる速度は、1sec間に25mmである。縦軸の最小のマス目は0.1mVである。

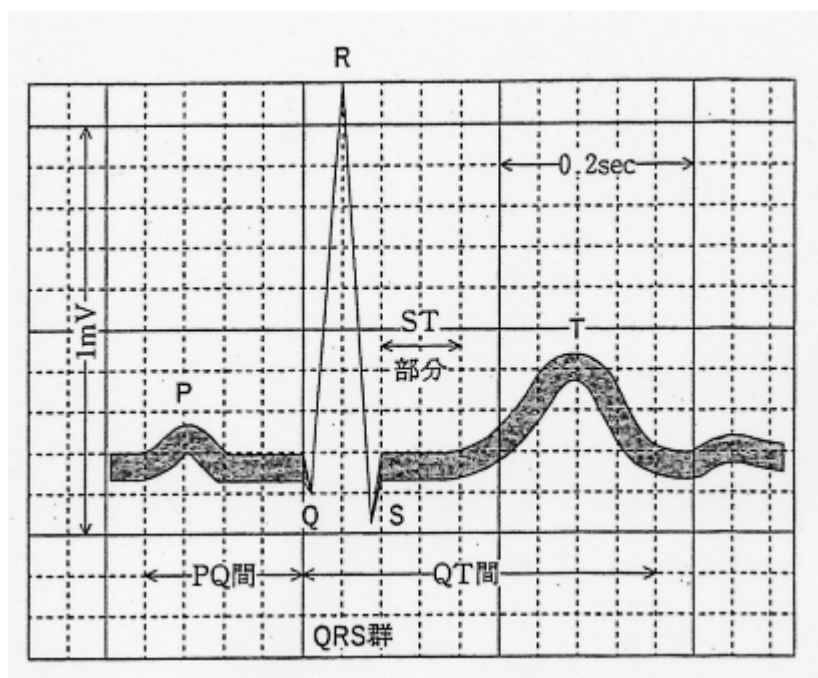


図1. 心電図の波形(出典:引用文献11)

心電図のR波ピーク毎の間隔(R-R間隔)を計測し、心拍変動(Heart Rate Variability)スペクトルを解析することにより自律神経活動の情報を得ることができ、¹²⁻¹³⁾ 心拍変動のパワースペクトル密度関数は、一般的に低周波成分(LF、0.04-0.15 Hz)と高周波成分(HF、0.15-0.4 Hz)の2つのピークを示すとされる。そして、パワースペクトルのLF成分(交感神経の活動の目安)、HF成分(副交感神経の活動の目安)、Total(LF成分とHF成分の和:自律神経全体の活動の目安となる)の各スペクトル積分値と心拍数の時間変化を解析し、LF/HFを交感神経活動指標、HF/Totalを副交感神経活動指標としている。¹⁴⁻¹⁶⁾

また、吉岡らの報告においても、「自律神経の活動は、物事に集中している時には規則的な早い心拍動になり、リラックスしている時には不規則で遅い心拍動になる」とされる。¹⁷⁾

3. 測定機器および測定方法など

心電計: 携帯型心電計チェック・マイハート(Handheld HRV) Model:CMH3.0(写真1)

選任製造販売業者: 株式会社トライテック

製造業者: デイリーケアバイオメディカル(台湾)

管理医療機器承認番号: 21900BZI00001000

製品仕様; サンプル周波数: 250 samples/sec

測定時間: 300 seconds

使用環境; 保管温度: -20 ~ 50

操作中温度: 10 ~ 40

湿度: 25% ~ 95%

測定範囲;平均心拍数:45~180 bpm

ST部分:-3~+3 mm

LCD画面表示:HR(Heart Rate)、ST(図1)、SDNN(標準偏差)、IHB(Irregular Heart Beat Indicator)

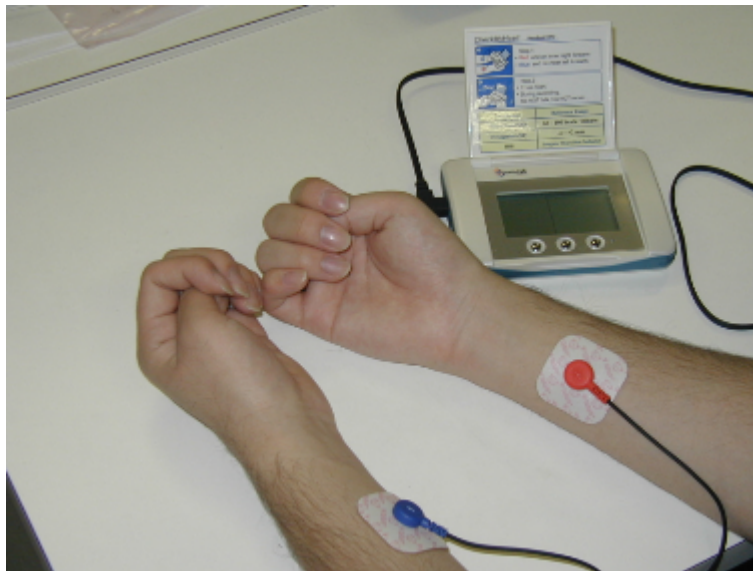


写真1.携帯型心電計チェック・マイハート

計測方法:被験者は椅子に腰を掛け、右腕に赤い電極、左腕に青い電極となるように両腕の内側中央に心電図電極パッドを貼り付け(写真1)、10秒位で呼吸を整えてから計測。

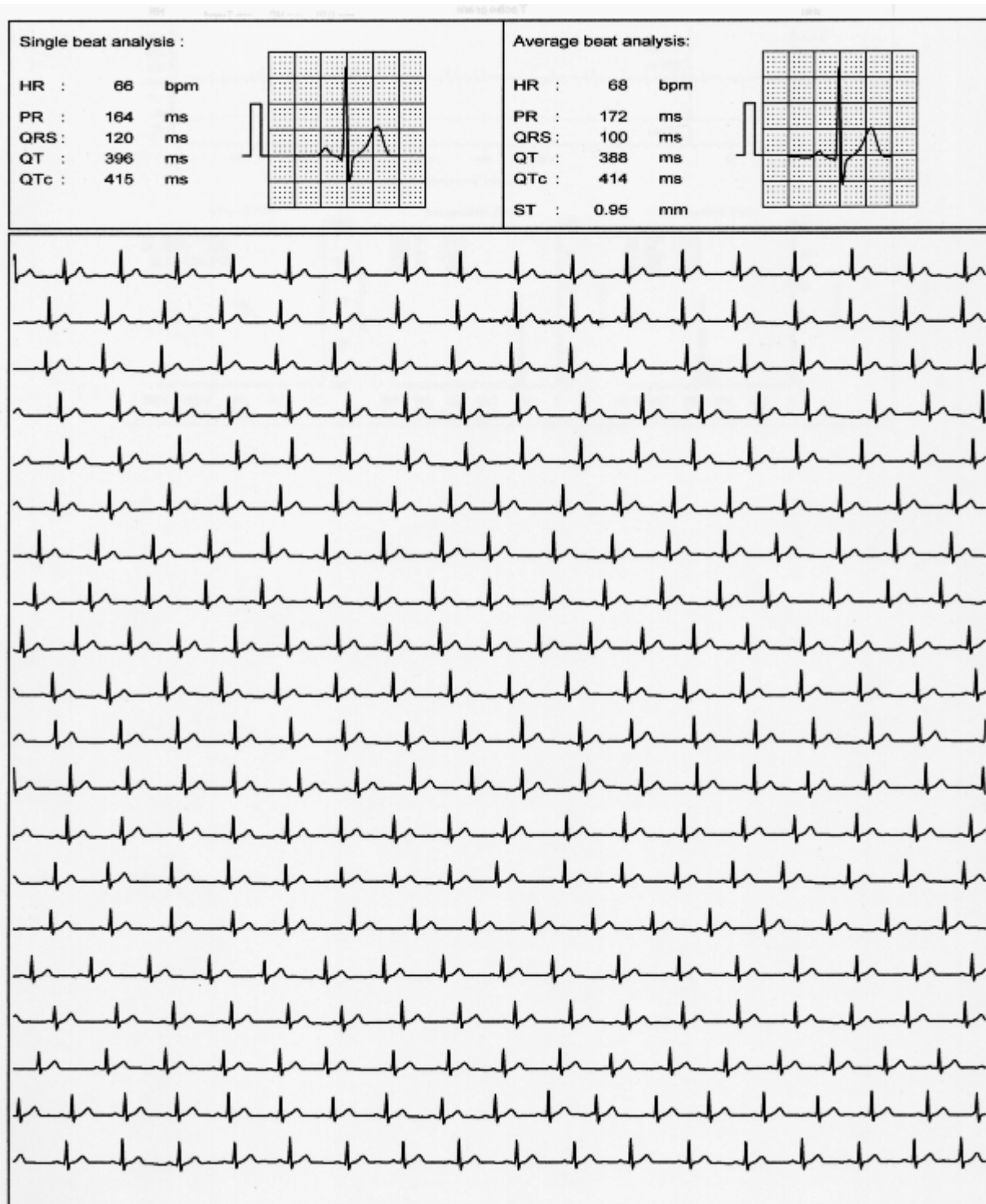
計測時刻:表2の時刻欄に記した。

被験者:男性60代(筆者、ES)

測定場所:青森大学5号館5209室

4. 測定結果

測定結果の1例の5分間の心電図を図2に示す。RR間隔の実測値は省略。



HR : 心拍数、PR・QRS・QT・ST : 図1波形記号参照、
 QTc(修正QT時間) : 実測QT(秒)/ \sqrt{RR} (秒)¹⁸⁾

図2. 5分間の心電図(測定番号12、2010年1月13日)

心拍変動の解析にはふたつの方法があり、ひとつはRR間隔の変化をそのまま評価する時間領域解析(time domain法)で、もうひとつはRR間隔の変化を周波数軸に変換して各周波数ごとの

成分を評価する周波数領域解析 (frequency domain法) である。表1に測定番号12の心拍変動解析結果を示す。

表1. 心拍変動解析結果(測定番号12, 2010年1月13日)

HRV Analysis Results							
Time-Domain Measurements				Frequency-Domain Measurements			
Variable	Non-detrend Value		Detrend Value	Variable	Non-detrend		Units
	FFT	AR	FFT		AR		
Mean (RRI)	874.92	ms	---	VLF power	272	299	ms ²
SDNN	36.21	ms	35.85	ms	171	177	ms ²
RMSSD	32.46	ms	32.42	ms	116	117	ms ²
NN50	24.00		24.00	Total power	559	594	ms ²
pNN50	9.56	%	9.56	%	59.55	60.15	nu
SD1	22.94	ms	22.91	ms	40.45	39.85	nu
SD2	45.78	ms	45.22	ms	1.47	1.51	
SD1/ SD2	0.50		0.51				

Detrend method : Second Order polynomial

VLF : 0.00 ~ 0.04 Hz
 LF : 0.04 ~ 0.15 Hz
 HF : 0.15 ~ 0.40 Hz

The order of AR model : 16

時間領域解析画面 (Time-Domain Measurements)

Mean: RR間隔の平均

SDNN: 全てのRR間隔 (NN) の標準偏差

RMSSD: 連続したRR間隔の差の2乗の平均値の平方根

NN50: 連続したRR間隔の差が50msを超える総数

pNN50(%): 連続したRR間隔の差が50msを超える心拍の割合

SD1: プロット散布図の縦軸方向の標準偏差

SD2: プロット散布図の横軸方向の標準偏差

Detrend method: Second Order polynomial¹⁹⁾

周波数領域解析画面 (Frequency-Domain Measurements)

FFT: 高速フーリエ変換 (FFT) 法

AR: 自己回帰 (AR) 法^{20 - 23)}

LF norm: $LF / (Total Power - VLF) \times 100$

HF norm: $HF / (Total Power - VLF) \times 100$

nu: normalized unit

VLF: Very low frequency

LF: Low frequency

HF: High frequency

AR Model: Order range (1-99)

次に、2010年1月13日 (測定番号12) の測定結果のタコグラム (Tachogram)、RRI ヒストグラムおよびARスペクトラム (detrend) を図3に示す。タコグラムのy軸800 ~ 1,000 ms付近のスペクトルはRRインターバル (RRI)、直線はトレンド (Trend) で、300 ~ 400 ms付近のスペクトルは心拍数 (HR) である。これらのグラフや図3左下のRRIヒストグラムからも、心臓の拍動は一定ではなく、ゆら

いでいることが納得できる。図3右下のARスペクトルには二つのピークが見られ、0.08 Hz付近の低周波成分 (LF) と0.34 Hz付近の高周波成分 (HF) である。

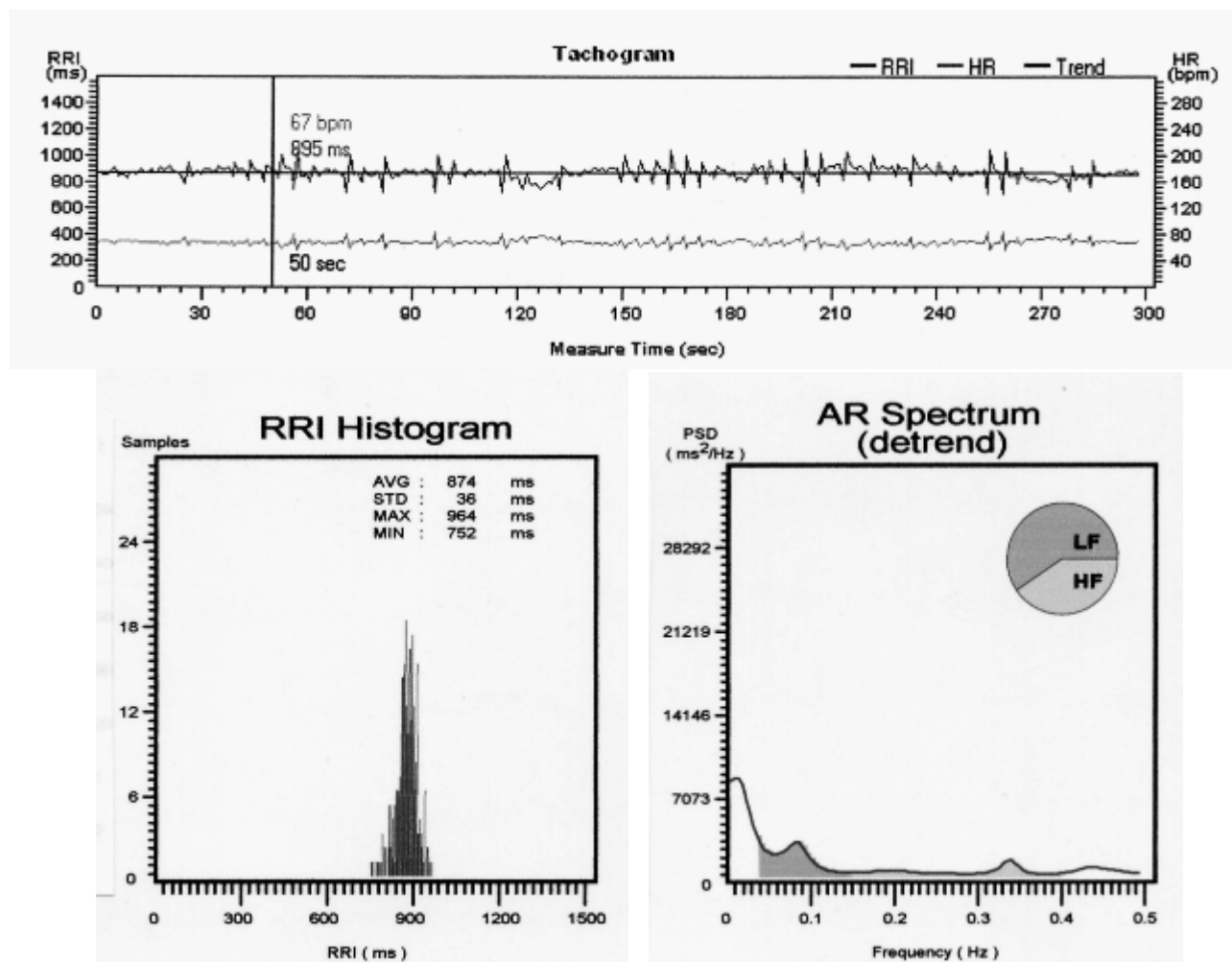


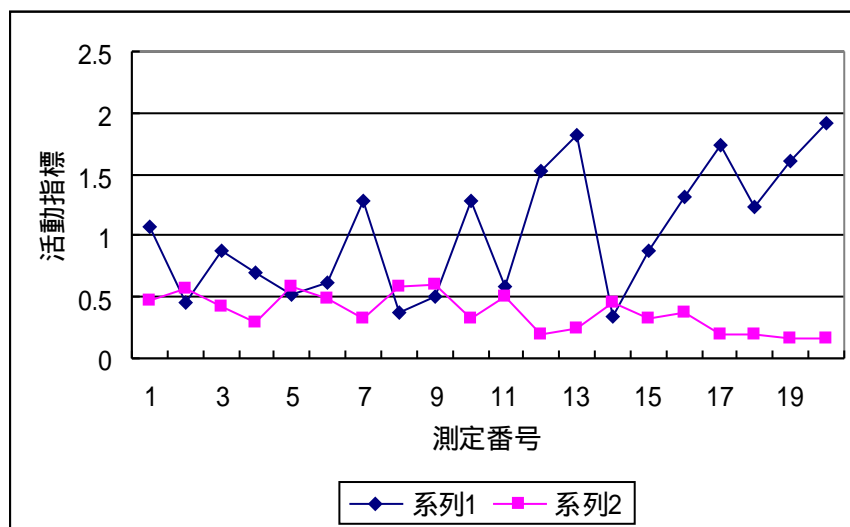
図3. 心拍変動解析結果の図 (測定番号12, 2010年1月13日)

今回の測定のまとめには、収集データ数に関係なく高い周波数分解能が得られることが知られていることから、²⁴⁾ 自己回帰 (AR) 法による結果で考察することにした。これらの測定結果のまとめを表2に、自律神経の活動指標 (LF/HF, HF/Total) をグラフ1に示す。

表2. 心拍変動解析結果

測定番号	年月日(曜日)	時刻	平均心拍数 bpm	標準偏差 ms	LF/HF	HF/Total	備考
1	2009.12.01(火)	21:04	63	20	1.07	0.47	お茶飲用
2	2009.12.02(水)	20:58	64	40	0.45	0.57	会議、PC作業2時間
3	2009.12.04(金)	21:04	68	46	0.88	0.43	講義、PC作業3時間
4	2009.12.06(日)	16:39	84	27	0.69	0.29	薬学共用試験終了後

5	2009.12.21(月)	21:13	66	29	0.52	0.59	
6	2009.12.22(火)	16:39	60	47	0.61	0.49	模擬試験監督
7	2009.12.24(木)	21:12	71	43	1.28	0.33	お茶飲用後
8	2009.12.26(土)	15:44	63	43	0.37	0.58	PC作業3時間
9	2009.12.28(月)	11:41	66	45	0.50	0.60	ほうじ茶飲用
10	2010. 1. 7(木)	16:37	66	47	1.28	0.32	御用初め
11	2010. 1. 8(金)	20:55	67	33	0.58	0.50	PC作業3時間
12	2010. 1.13(水)	19:44	69	38	1.52	0.20	会議、ほうじ茶飲用
13	2010. 1.15(金)	15:51	64	46	1.82	0.24	測定やり直し
14	2010. 1.16(土)	15:27	65	44	0.34	0.46	
15	2010. 1.17(日)	17:35	70	46	0.87	0.33	
16	2010. 1.19(火)	19:51	68	33	1.31	0.37	PC作業4時間
17	2010. 1.20(水)	20:43	68	27	1.74	0.19	測定やり直し
18	2010. 1.22(金)	16:06	60	29	1.24	0.19	講義、PC作業4時間
19	2010. 1.23(土)	20:10	64	32	1.60	0.16	薬学共用試験監督
20	2010. 1.25(月)	19:18	71	26	1.92	0.16	会議、ほうじ茶飲用



系列1: LF/HF 交感神経活動指標
 系列2: HF/Total 副交感神経活動指標

グラフ1. 自律神経の活動指標

5. 考察

以上の計測結果をまとめてみると、今回の被験者には、不整脈 (arrhythmia) の表示はされなかった。図2の心電図においてST部分は基線から始まり上昇や下降は見られないが平坦さが少ない。図2および図3から心拍数の変動がみられ確かに揺らいでいることが検証された。さらに、以前

の報告において(引用文献1)、眼窩上動脈における血流速度を計測した結果では、パソコン作業が続いた時に血流速度の低下がみられたが、表2から今回の心拍変動解析では2~3時間のパソコン作業では大きな影響があるとは言えないが、講義と4時間のパソコン作業が重なったときには自律神経の活動指標に影響が見られる(測定番号18)。講義や会議でも心拍変動への明らかな効果みられなかった。しかし、お茶を飲んだ時に交感神経の活動指標(LF/HF)が高くなる傾向がみられ(測定番号1・7・12・20)、カフェインの可能性が考えられる。また、学部内での模擬試験の監督(測定番号6)に比べ、全国規模の薬学関連のパソコンによる試験の監督では高く(測定番号19)、心電図測定に不具合があり繰り返して試みた場合にも高く(測定番号13・17)、どちらもストレスに起因するものと思われる。そして、病的な場合には自律神経の二つの活動指標は互いに独立に変化するとされるが、²⁵⁾ グラフ1から測定番号14を除くと、交感神経の活動指標(LF/HL)と副交感神経の活動指標(HF/Total)はやや鏡像的な変化に近いとみなせる。さらに、グラフ1から活動指標の経日変化にはトレンド(trend:引用文献20-21)が見られ、副交感神経の活動指標はやや減少しているようであるが、交感神経の活動指標は12月より1月の2週目の仕事が始まってから上昇していて、回帰直線の勾配は、経日の横軸を1~20として、グラフ1の系列1(交感神経の活動指標)では正の値(0.045)で系列2(副交感神経の活動指標)では負(-0.017)であった。年度末に近づきあわただしさによるものと考えている。

また、今回の心電計は小型軽量(写真1)で持ち運びが可能で、何時でも何処でも手軽に心拍変動を計測できることから個人での日々の健康管理には非常に有用なものである。

6. 今後の課題

- (1) 今回の予備調査において、お茶には交感神経の活動指標(LF/HF)を高めている傾向が見られたので、お茶の飲用の直前と直後における計測値を比較し有意検定により明確な結果が得られると考えている。
- (2) さらに、飲酒や喫煙による心拍変動への効果にも興味がある。
- (3) また、リラックス効果があるとされる音楽や香りなどによる心拍変動による検証にも関心がある。

謝辞

本研究を進めるにあたり、研究費の一部は私立大学教育研究高度化推進特別補助「共同研究経費」(代表者:杏林大学岡田洋二准教授)および青森大学雪国環境研究所(関 幸子所長)の研究助成により援助されたものであり、関係各位に記して感謝の意を表します。

また、心拍変動解析における統計数理についてご教示いただきました岡本頼幸氏(株式会社トライテック)にお礼申し上げます。

引用文献および注

- 1) 第53報:佐藤英助、研究紀要(青森大学・青森短期大学学術研究会)第32巻 第2号 95-

- 107頁 (2009).
- 2) 杏林大学保健学部分析化学講座
 - 3) 武者利光、毎日新聞、昭和64年1月3日(火)23面(1989).
 - 4) 武者利光編・著、ゆらぎの科学3(森北出版) 176-177頁(1993).
 - 5) 武者利光、ゆらぎの発想 ~ 1/fゆらぎの謎にせまる ~ (NHK出版) 106-107頁(1994).
 - 6) 谷村仲一、心電図モニター(へるす出版) 10-69頁(2002).
 - 7) 徳野慎一監修、心電図波形見きわめ完全ガイド(照林社) 14-107頁(2004).
 - 8) 一色高明・杉村洋一、心電図・心エコー図の読み方(医学教育出版社) 12-69頁(1997).
 - 9) 栗田康生、心電図Nursing Note(メディカ出版) 27-71頁(2006).
 - 10) 日本医薬アカデミー編集、薬剤師国家試験対策 医療薬学 (日本医薬アカデミー) 534 - 543頁(2007).
 - 11) 日本医薬アカデミー編集、薬剤師国家試験対策 基礎薬学 (日本医薬アカデミー) 441 頁(2007).
 - 12) 吉武康栄、大分看護科学研究 Vol.4, No.1, pp.27-32 (2003).
<http://www.sasappa.co.jp/online/abstract/jsasem/1/044/1110450102.html>
(accessed 2009/12/04).
 - 13) 貴志浩久、“生体信号解析プログラムの作成”、
http://www.ehdo.go.jp/shizuoka/hamamatsu/.../kiyou_16_2_07.pdf (accessed 2009/12/26).
 - 14) 河合房夫、“アロマセラピーにおけるコーヒーの香りの有効性に関する研究”、
www.asahibeer.co.jp/csr/philanthropy/ab.../image/.../sci_07.pdf (accessed 2009/12/04).
 - 15) 中塚逸央、慶応医学 80(2) T101~ T109 (2003).
 - 16) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 32-33頁(1999).
 - 17) 八木俊衣、田島幸信、廣濱秀次、肥田不二夫、小林郁夫、川嶋賢一、新里昭保、吉岡利忠、宇宙環境航空医学 Vol.45, No.1, pp.11-16 (2008).
<http://www.sasappa.co.jp/online/abstract/jsasem/1/044/1110450102.html>
(accessed 2009/12/04).
 - 18) 徳野慎一監修、心電図波形見きわめ完全ガイド(照林社) 72頁(2004).
 - 19) 上田太一郎、データマイニング事例集(共立出版) 93-97頁(1999).
 - 20) 田中英之、統計の見方・使い方が面白いほどわかる本(中経出版) 128-131頁(2008).
 - 21) 石村貞夫、スティーファニー・リチャルト、Excelでやさしく学ぶ時系列(東京図書) 122-133頁(2001).
 - 22) 赤池弘次監修、尾崎 統、北川源四郎編集、時系列解析の方法(朝倉書店) 61-63頁(2000).

- 23) 和田孝雄著、赤池弘次監修、生体のゆらぎとリズム - コンピュータ解析入門(講談社サイエンスティフィク) 116-119頁(1997).
- 24) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 30-31頁(1999).
- 25) 谷 明博、山崎義光、堀 正二、心拍変動の意義と測定・解析法(林 博史編、心拍変動の臨床応用 -- 生理的意義,病態評価,予後予防)(医学書院) 32頁(1999).