

RR 間隔変動による NREM 睡眠領域推定と 睡眠時無呼吸の検出 (1) —5 歳児の場合—

白水 重憲, 片山 宗哲, 正木 健雄

要旨 RR 間隔変動 (RR Interval Variation, RRIV) による睡眠時無呼吸 (Sleep Apnea, SA) の検出と, 微小体動法により睡眠と推定された領域の中から RRIV に基づく呼吸周波数変動幅 (Variation of Respiration Frequency, VRFRE) により NREM 睡眠領域を推定して, 睡眠の深さが異なる NREM 領域とそれ以外の領域 (Not NREM, NN 領域) に分割し, これらの領域間で自律神経活動の指標, 呼吸周波数 (Respiration Frequency, RFRE) や VRFRE 等を比較する事を目的に, 2009 年に測定した 5 歳児の睡眠時のデータを再解析した。

データが使用可能であった 19 名の被験者中, 1 名が "SA が存在する" と推定され, 2 名が "SA が存在する疑いがある" と推定された。

データによっては, NREM 検出率 (NREM 睡眠と推定された領域の割合) が小さくなる事を SA の存在の可能性だけでは説明できず, 他の理由も考える必要がある事が示された。

NREM 検出率が 0.5 以上の場合, 交感神経活動の尺度 (SNS), VRFRE 及び HR では顕著に NN 領域と NREM 領域で相違があり, NN 領域での値が大きかった。更に, RFRE 及び睡眠時姿勢変動回数では NN 領域の値の方が大きい傾向が見られた。NREM 領域と NN 領域への分割により, 睡眠の深さによる分割を行う事ができているものと考えられた。

キーワード: 5 歳児, RR 間隔変動, 自律神経活動, 呼吸周波数, 睡眠時無呼吸

1. はじめに

星山の自然環境を保育に取り込んだ "がらんこ山" の野遊び保育が有名な神奈川県横浜市のナザレ幼稚園にご協力を頂き, 2009 年の 12 月に, 超小型軽量の心電・加速度・温度測定装置 (M-BIT) による幼稚園児の集団の 24 時間の身体活動挙動, 睡眠・覚醒挙動と自律神経活動を測定した¹⁾。同じ幼稚園児の集団に対して, 野遊び保育がある登園日と, 無い登園日の 2 回の測定を行い, 2 回とも 24 時間の測定が可能であったデータのみを選び出して, その相違を報告した¹⁾。

M-BIT の開発以来, 我々はそのデータ解析の改良に

関する研究を続け, 体動による睡眠・覚醒推定法を改良^{2,3)}, 睡眠時の呼吸周波数とその変動が推定できるようになり^{2,3,4)}, それを利用して NREM 睡眠の領域が推定できるようになった⁴⁾。更には, 睡眠時無呼吸の発生の検出ができるようになった⁵⁾。

本論文では, RR 間隔変動 (RRIV) による睡眠時無呼吸 (SA) の検出と, 微小体動法により睡眠と推定された領域の中から RRIV に基づく呼吸周波数変動幅 (VRFRE) により NREM 睡眠領域を推定して, 睡眠の深さが異なる NREM 領域とそれ以外の領域 (NN 領域) に分割し, これらの領域間で自律神経活動の指標, 呼吸周波数 (RFRE) や VRFRE 等を比較する事を目的に, 2009 年に測定した 5 歳児の睡眠時のデータ¹⁾を再解析した。

2. 測定と解析

2-1 M-BIT による測定

M-BIT 及び 5 歳児の測定の詳細に関しては既に報告した¹⁾。心電・加速度・皮膚温度を測定する全ての機能を $40 \times 39 \times 8$ mm の中に詰め込み、重量 14 g とした。各信号のサンプリング周波数は ECG が 128 Hz、温度と加速度は 1 Hz であった¹⁾。M-BIT は超小型軽量である為、2 つの電極を使用して被験者の胸部に貼り付ける形で装着した。

2-2 微小体動法による睡眠・覚醒推定

最初に、加速度測定結果を基に、1 分間毎の体動の有り無しを判定した。各サンプリング毎に得られる 3 つの加速度の成分の変化量のうち最大のものを選択し、さらに 1 分間中のそれらの中の最大のものをその 1 分間を代表する値とした。全解析範囲でのこの値の平均値を基に閾値を定め、これより大きい場合は体動のある 1 分間、これより小さい場合を体動のない 1 分間とした¹⁾。従来は、睡眠時・覚醒時の混在したデータを対象に閾値は平均値の 1/5 としていたが³⁾、本研究では睡眠時周辺に解析範囲を限定し、閾値は平均値の 1/2 とした。

まず、加速度測定結果を基に、1 分間毎に体動のあった 1 分間か体動のない 1 分間かを判定した。次に、この体動のない 1 分間が連続した領域群（非活動領域）を探し、隣り合う非活動領域の間隔が 1 分間或いはその間の活動レベルの平均が先に決めた閾値の 4 倍以下ならば連結して 1 つの非活動領域とした。最終的には、これらの非活動領域を時間順に探索し、睡眠領域を求めた。詳細は前報に記した³⁾。

2-3 自律神経活動、呼吸周波数 (RFRE) とその変動幅 (VRFRE)

一般に幅広く使用されている頑健なリアルタイム QRS ピーク抽出アルゴリズムをベースにした方法で、心電図波形上で R 波の時間位置を求めた¹⁾。RR 間隔抽出の詳細に関しても前報に詳述した¹⁾。

RR 間隔信号を周波数 4 Hz でリサンプリングして等間隔時系列とし、睡眠・覚醒判定と同様に 1 分間を解析時間単位として、1 分間毎に SPWV (Smoothed Pseudo Wigner-Ville) 法を使用して時間周波数解析を行い、時間周波数 MAP を得た¹⁾。

定法に従い、低周波 (LF) 領域を 0.04 Hz~0.15 Hz、高周波領域 (HF) を 0.15 Hz~0.40 Hz とし、得られた 1 分間毎の時間周波数 MAP より、LF、HF をそれぞれ

の領域の絶対値の総和として求め、HF を副交感神経活動の指標 (PSNS)、LF/HF を交感神経活動の指標 (SNS) とした¹⁾。また、0.15 Hz から平均心拍数の半分の周波数までの範囲の瞬時中心周波数 (CFR) を求め、更に、10 秒間毎の平均値を求め呼吸周波数 (RFRE) とした。更に、その 1 分間の変動を呼吸周波数変動幅 (VRFRE) とした。詳細は前報に記した²⁾。

2-4 VRFRE 法による NREM 睡眠領域の推定

まず VRFRE の仮の閾値の 0.061 Hz を使用して、各エポックが NREM 睡眠であるか否かを仮に判定し、NREM 睡眠のエポックが連続する領域群を探した³⁾。この NREM 睡眠領域群のうち、長さが 30 エポック以上の領域群のみに着目して、VRFRE の最大値を求め、これに 0.9 を乗じたものを閾値とした³⁾。

こうして得られた VRFRE に関する閾値を使用して各エポックの判定を行い、NREM 睡眠の領域群を求め、更に、長さが 10 エポック以下の領域群は NREM 睡眠では無いと判定して、NREM 睡眠領域を求めた³⁾。

2-5 睡眠の深さ

微小体動法による入眠時刻、覚醒時刻をベースとし、その間のエポック数を入眠覚醒間エポック数とした。この範囲の中で、微小体動法が睡眠と判定したエポック及び微小体動法は覚醒と判定したが VRFRE 法が NREM 睡眠と判定したエポックを睡眠エポックとし、その総数を睡眠エポック数とした。入眠覚醒間の睡眠エポックでないエポックは覚醒エポックと考え、睡眠エポック数の入眠覚醒間エポック数に対する比を睡眠効率とした。

睡眠エポックの中で VRFRE 法が NREM 睡眠と判定したエポックを NREM エポックとし、NREM エポックの総数の睡眠エポック数に対する比を NREM 率とした。

NREM エポックと睡眠エポックの中で NREM エポックでは無いエポックでの、自律神経活動の指標、呼吸周波数及びその変動幅、心拍数の平均値と標準偏差をそれぞれ求めた。

2-6 睡眠時無呼吸の発生の推定

成人における睡眠時無呼吸 (SA) の引き起こす問題の重要性や、簡便な検出法の必要性は、常識になって久しい⁴⁾。SA の被験者では、上気道筋肉と横隔膜の神経活性にアンバランスがある⁴⁾。従って、吸気中の胸郭内の負圧が有効な空気流ではなく、上気道のつぶれをもたらす⁴⁾。これは酸素の不足と二酸化炭素の上

表1 被験者及び睡眠挙動全般に関するパラメータ

被験者	測定日	性別	入眠時刻	覚醒時刻	睡眠 エポック数	睡眠効率	NREM エポック数	RROK	NREM 検出率	無呼吸 安心指数
A	1	F	21:04	7:43	566	0.886	395	640	0.617	0.972
A	2	F	20:42	7:48	634	0.952	457	666	0.686	0.920
B	1	M	21:12	7:06	563	0.948	367	595	0.617	0.847
C	1	F	21:21	7:21	563	0.938	319	601	0.531	0.903
C	2	F	20:12	5:32	508	0.907	0	535	0.000	0.826
D	1	F	21:24	6:55	526	0.921	300	572	0.524	0.787
D	2	F	20:50	7:07	585	0.948	311	417	0.746	0.655
E	1	F	17:28	3:12	523	0.896	150	572	0.262	0.565
E	2	F	22:29	7:35	517	0.947	42	547	0.077	0.578
F	1	F	20:45	7:32	567	0.876	318	648	0.491	0.620
F	2	F	21:44	7:30	537	0.916	297	587	0.506	0.707
G	1	M	21:10	8:01	591	0.908	457	652	0.701	0.778
G	2	M	21:10	7:53	596	0.927	361	644	0.561	0.697
H	1	M	21:43	6:58	521	0.939	108	556	0.194	0.842
H	2	M	22:28	6:38	481	0.982	289	491	0.589	0.723
I	1	M	21:45	6:33	498	0.943	378	528	0.716	0.947
J	1	F	21:49	7:37	542	0.922	302	497	0.608	0.829
K	1	F	21:40	7:06	508	0.898	239	567	0.422	0.817
L	1	F	20:43	6:04	507	0.904	406	560	0.725	0.950
M	1	M	20:59	6:37	561	0.971	383	579	0.661	0.800
N	2	M	22:37	7:27	518	0.977	397	531	0.748	0.757
O	2	F	22:09	6:36	414	0.817	54	508	0.106	0.878
P	2	M	22:13	6:32	460	0.922	334	491	0.680	0.921
Q	2	M	20:59	6:27	534	0.940	394	569	0.692	0.803
R	2	M	20:43	6:58	506	0.823	0	558	0.000	0.699

異が、中枢神経の活性化であるアロウザルを起こすまで続く⁴⁾。アロウザルが意識的な覚醒に達する事無く、呼吸を再開する為に、被験者に覚醒は自覚されないうが、このアロウザルは数呼吸の間、呼吸のコーディネーションを確立する為に睡眠に落ちるのを妨げる⁴⁾。平均的には無呼吸は40秒程続き、20秒間ほど続く数呼吸がそれに続く⁴⁾。多くの被験者では無呼吸の間心拍数が低下し、無呼吸の終わり近くで心拍数が増加し、無呼吸の後の数呼吸の間にピークを迎える⁴⁾。この心拍数の変動は、サイクリック変動 (Cyclic Variation of Heart Rate, CVHR) と呼ばれ、SAの特徴として認識されている⁴⁾。

このCVHRを利用してのSA検出を行う為に、PhysionetでApnea-ECG Databaseとして公開されている無呼吸アノテーション付のデータ群の中のトレーニング群を使用し、睡眠時のRR間隔からSAの有無を推定するアルゴリズムを構築した。Apnea-ECG Databaseのテスト群を使用した推定精度は75.6%であった⁴⁾。

本研究でも同様に、RR間隔時系列を5Hzでリサンプリングし、DaubechiesのWavelet (特徴づける自然

数 $N=6$)による離散展開を行い、エポック毎の0次から9次までの展開係数の絶対値の総和をこのアルゴリズムに入力し、各エポックが無呼吸か正常かを推定した⁴⁾。

3. 結果と考察

3-1 睡眠挙動全般

表1に被験者名、性別、測定日、入眠覚醒時刻、睡眠エポック数、睡眠効率、NREMエポック、睡眠エポックの中でRR間隔にアーティファクトが混入しておらずパラメータが求められたエポック数であるRROK (RR Intervals are OK) エポック、NREM検出率及び無呼吸安心指数を示した。NREM検出率は、元来、NREMエポック数の睡眠エポック数に対する比であるが、微小体動法で睡眠と判定されたエポックでRR間隔にアーティファクトが存在した場合、そのエポックはVRFRE法関連の解析からは除去されるが、睡眠エポックとしてはカウントされ、NREM検出率の見かけの低下をもたらす可能性がある。この為に、NREM数のRROKエポック数に対する比をNREM検出率とした。同様に、RROKエポックの中の正常(無

呼吸でない)と判定されたエポックの数の割合を無呼吸安心指数(SASAG)とした。

30名の被験者で2回の測定を行った中、解析可能であった睡眠のデータは26個であった。個人内のばらつきを把握しやすいように、表1には、被験者順かつ測定日順に25データの結果をまとめた。(26番目のデータは、ここに示した範疇から少しはみ出る挙動を示した為に、別に議論した。)

入眠時刻は、20時から22時までが19名、22時台が5名であった。覚醒時刻は6時台が10名、7時台が12名、8時台と5時台がそれぞれ1名であった。なお、17時台に入眠し、3時台に覚醒したケースが1名存在した。睡眠効率率は最大が0.982、最小が0.817であり、0.9以上が19名であった。睡眠エポック数は最大が634、最小が414、平均が533であった。

3-2 NREM 睡眠領域の検出

NREM 検出率は、最大が0.748で、0.7以上が5データ、0.6以上が7データ、0.5以上が5データであり、0.5以下が8データも存在し、その中には0.0が2データも含まれた。睡眠ポリグラフ検査による睡眠ステージ図等によれば、NREM 睡眠の領域は、それ以外の睡眠、つまりREM 睡眠領域に比べて時間的に長く、全体の6割から7割を占めるのが妥当と考えられる。NREM 検出率が0.5以下というのは異常と考えるべきであろう。

我々のNREM 領域の推定方法は、呼吸が安定しており、エポック毎の呼吸データの時間周波数MAPでは、時間軸に帯状のピークが走り、呼吸周波数RFREが一定であり、VRFREが小さいという事⁵⁾を基本にしている。我々はRR 間隔変動より推定したRFRE及びVRFREを判断の指標にしている為に、呼吸そのものは安定であってもRR 間隔変動にそれ以外の理由による大きな変動が存在すれば、VRFREが大きくなりNREM 領域と判定されなくなる⁵⁾。そのもっとも顕著なものは、我々がSA自動推定の根拠としているSAによる心拍数のサイクリック変動である。我々はRR 間隔変動の時間周波数MAPを求め、0.15 Hzから心拍数の半分の周波数の領域でMAPの強度と周波数を掛け合わせて積分する事で呼吸周波数を求めている。この為、超低周波あるいは低周波に大きなピークが局在すると、見かけ上、エポック内でのVRFREが大きくなる。

3-3 睡眠時無呼吸の可能性

このような考察に基づき、我々は、“全ての睡眠時のNREM 検出率が小さなデータには、睡眠時無呼吸が発生しているのではないか”という事を予想して、RR 間隔変動からSAを自動推定する方法を開発した⁴⁾。本論文が、NREM エポック数の割合であるNREM 検出率とSAの推定結果を比較した最初のものである。SA自動推定法に関する前報⁴⁾の結果から推察すれば、SASAGが0.9以上であればSAは存在しない、0.8以上であればSAは存在しないか存在するとしてもごく少数、0.7以上であればSAの存在が疑わしい、0.5以上であればSAが存在すると考えられ、SASAGが0.5以下であれば多発すると考えられる。

表1に示されたSASAGの最大値は0.972であり、存在しない或いは存在してもごく少数の0.8以上が14データであった。次のグレード(0.7以上)の存在が疑わしいは5データ及び0.69以上でそれに準ずるものが2データであった。その次のグレード(0.5以上)の“存在している”は1データであった。

幼児における睡眠時無呼吸の発生もこの頃では良く知られ、インターネットでも治療機関のHPを散見する。睡眠時無呼吸は無意識化の途中覚醒をもたらし、睡眠の質を低下する。特に、子どもで発生する場合は、成長ホルモンの分泌等に悪影響を及ぼし、その後の発育・発達に悪影響を及ぼす。いわゆる“切れる子ども”の発生も、もしかしたらこの睡眠時無呼吸が遠因なのかも知れない。

さて、SASAGとNREM 検出率の関係を見てみると、SASAGが最低レベルの2つのデータは確かにNREM 検出率も小さいが、NREM 検出率の最低レベルではない。SASAGが0.655でNREM 検出率が0.746の場合も存在したし、SASAGが0.826でNREM 検出率が0.0の場合も存在した。

SAはNREM 検出率を低下させる要因の一つではあるが、その他の要因、例えば、

- 1) 現在のVRFRE法の閾値が少し低すぎる。
 - 2) 緊張や不安を反映するRR 間隔変動の中の低周波成分(0.04~0.15 Hz)のピークの影響等
- も考える必要がある様である。今後の課題としたい。

目立つ特徴を示した被験者毎の議論に移ると、表1の中でもっとも際立つのは被験者Eである。測定初日の睡眠時間は大きくずれているし、2回の測定ともSASAGはSAが存在しているレベルであるし、NREM

表2 NREM領域とNN領域のRR間隔変動のパラメータと姿勢変動係数

DATA	PSNS				SNS				RFRE			
	NREM		NN		NREM		NN		NREM		NN	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
A1	7933.2	3734.4	6911.8	3010.7	0.292	0.195	0.715	0.886	0.306	0.012	0.320	0.019
A2	6284.6	1669.1	4530.4	2416.8	0.280	0.273	0.647	0.402	0.275	0.011	0.303	0.020
B	751.6	256.0	757.0	285.4	0.549	0.443	1.039	0.734	0.282	0.017	0.300	0.023
C	286.6	98.5	222.9	134.5	1.122	0.873	2.886	1.706	0.299	0.019	0.309	0.026
D1	1450.0	883.8	1520.3	1285.3	0.762	0.551	1.552	0.860	0.310	0.016	0.318	0.021
D2	2339.6	1150.4	1676.3	1242.3	0.572	0.295	1.341	0.798	0.292	0.016	0.315	0.024
F	2055.6	778.0	1464.7	827.8	0.774	0.452	1.538	0.972	0.317	0.014	0.321	0.018
G1	3192.2	1007.0	3661.0	1310.4	0.653	0.473	1.214	0.570	0.297	0.013	0.300	0.015
G2	2462.2	897.2	2735.3	1312.0	0.775	0.552	1.581	1.203	0.299	0.014	0.299	0.020
H	1550.7	738.1	1319.6	668.0	0.684	0.339	1.225	0.760	0.297	0.014	0.316	0.020
I	7709.7	4157.5	9341.1	4574.1	0.266	0.218	0.506	0.273	0.275	0.014	0.268	0.017
J	2072.5	552.7	2347.2	739.2	0.575	0.322	1.014	0.744	0.308	0.015	0.298	0.016
L	5868.3	2988.3	7522.8	4480.3	0.413	0.324	0.764	0.386	0.312	0.017	0.307	0.021
M	1629.5	526.3	1521.7	655.1	0.540	0.900	1.199	1.016	0.315	0.015	0.316	0.021
N	2046.1	947.4	1442.4	1010.9	0.649	0.511	1.538	0.908	0.300	0.020	0.304	0.023
P	5408.6	1583.7	4858.9	1849.5	0.534	0.328	0.945	0.426	0.305	0.021	0.306	0.022
Q	6821.0	1736.4	3587.1	1722.7	0.506	0.386	0.957	0.477	0.276	0.010	0.291	0.015

表2 続き

DATA	VRFRE				HR				No. Post. Chg.	
	NREM		NN		NREM		NN		NREM	NN
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD		
A1	0.025	0.009	0.057	0.022	84.5	6.3	86.4	5.6	12	15
A2	0.021	0.008	0.057	0.020	81.4	3.8	87.1	4.2	16	23
B	0.028	0.010	0.054	0.022	80.1	3.5	84.0	4.4	4	8
C	0.029	0.009	0.056	0.019	86.2	2.7	89.8	3.3	5	23
D1	0.028	0.008	0.056	0.020	83.3	3.6	85.5	4.8	5	24
D2	0.029	0.009	0.060	0.024	81.2	3.6	86.4	4.3	9	36
F	0.030	0.008	0.055	0.020	78.5	3.7	83.6	4.3	6	22
G1	0.026	0.009	0.055	0.018	68.4	3.2	71.6	3.3	9	13
G2	0.027	0.008	0.051	0.019	67.7	2.4	72.6	3.4	11	17
H	0.030	0.009	0.058	0.021	80.2	2.2	82.6	3.1	2	7
I	0.022	0.008	0.046	0.019	73.1	2.7	75.0	3.5	13	5
J	0.028	0.008	0.049	0.016	75.2	2.7	77.5	4.0	11	18
L	0.025	0.009	0.050	0.020	74.7	4.9	75.5	4.8	13	8
M	0.028	0.009	0.055	0.018	70.8	3.7	74.9	4.3	10	18
N	0.029	0.009	0.053	0.020	75.7	4.4	80.7	5.1	7	12
P	0.028	0.009	0.049	0.018	64.6	3.4	66.5	3.8	18	9
Q	0.025	0.009	0.051	0.017	66.5	3.4	76.5	3.3	10	11

検出率も小さい。被験者DとFも、SASAGの一方の値は0.7以上であるが、もう一方は存在しているレベルであり、2つを並べて考えると、SAが発生している可能性が高いとみる必要があるかも知れない。

3-4 睡眠の深さと自律神経活動の尺度

我々がNREM睡眠領域の抽出を試みるのは、これを睡眠の深さ分類の第一段階にし、更に、その上に浅睡眠と深睡眠の分類を考えたいからである。本研究では、自律神経活動の指標、呼吸周波数とその変動、心

拍数及び姿勢変動回数の、NREM睡眠領域とそれ以外の領域(NN領域)の平均値と標準偏差を被験者毎に求めた。表2に結果を示す。

表2の中からNREM領域を検出できていると考えられるNREM検出率が0.5以上である17データを選び出して、PSNS、SNS、RFRE、VRFRE、心拍数及び姿勢変動回数のNREMとNN領域のデータ毎の値を図1から図6に比較した。

PSNS(図1)では、データ間の相違が大きく、286.6

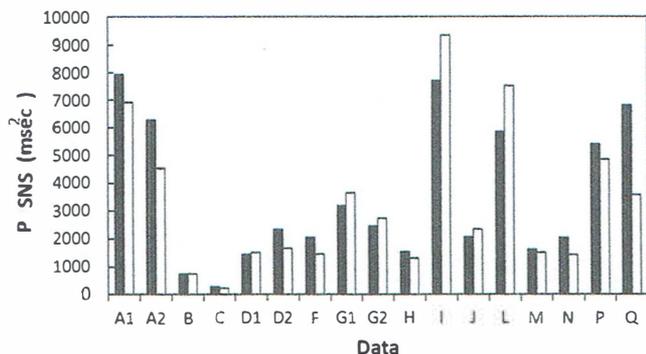


図1 データ毎のNREM領域とNN領域のPSNS(副交感神経活動の指標)の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

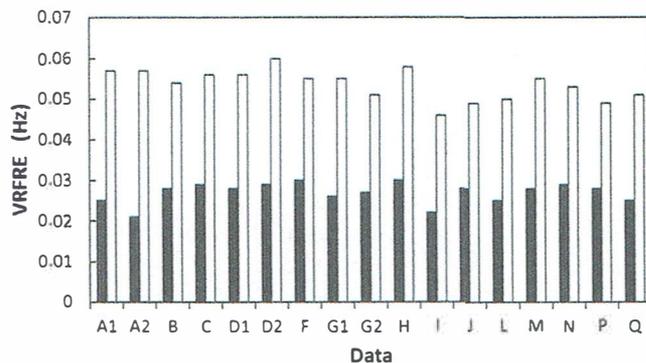


図4 データ毎のNREM領域とNN領域のVRFRE(呼吸周波数変動幅)の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

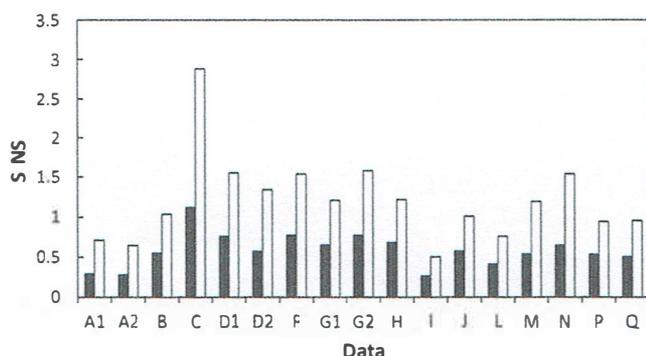


図2 データ毎のNREM領域とNN領域のSNS(交感神経活動の指標)の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

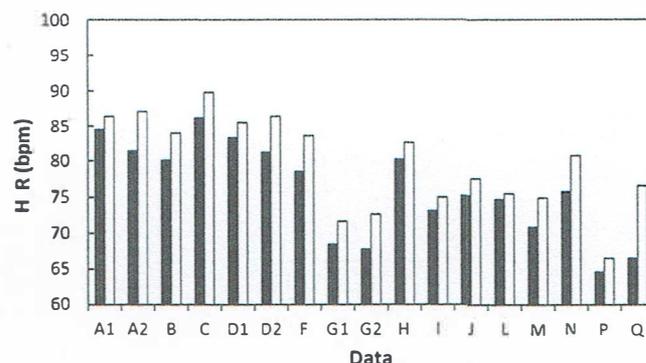


図5 データ毎のNREM領域とNN領域のHR(心拍数)の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

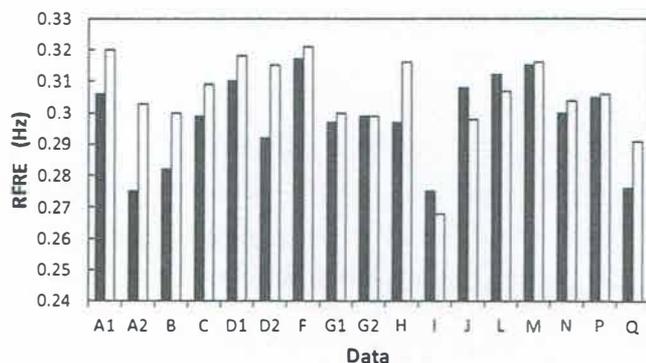


図3 データ毎のNREM領域とNN領域のRFRE(呼吸周波数)の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

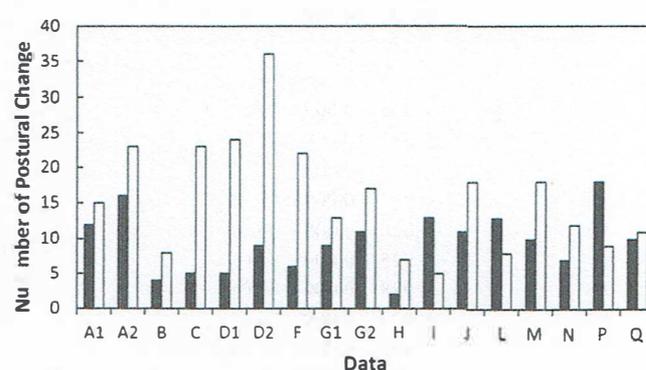


図6 データ毎のNREM領域とNN領域の姿勢変動回数の平均値
(黒:NREM領域, 白:NN領域)

m 秒² から 9341.1 m 秒² まで変化した。6 データで NREM 領域の方が大きく、3 データでは NN 領域の方が大きく、残りはほぼ等しかった。

一方、SNS (図2) では、NREM 領域と NN 領域の値の間に顕著な相違が見られた。NN 領域の値は 0.506 から 2.886 に亘り、NREM 領域の値は 0.266 から 1.122 に亘ったが、全てのデータで、NN 領域での値が NREM 領域の値より大きかった。

RFRE (図3) の NN 領域の値は 0.275 Hz から 0.317 Hz に亘り、NREM 領域の値は 0.268 Hz から 0.321 Hz に亘った。NN 領域の方が小さい値を示したものが 3 データ、値がほぼ等しかったのが 3 データであり、残り 11 データでは NREM の値の方が大きかった。

VRFRE (図4) は、NN 領域 (0.046~0.060 Hz) と NREM 領域 (0.021~0.030 Hz) に明確に分離された。これが、我々が NREM 領域と NN 領域の分離に使用し

たパラメータであった。

HR (図5) はデータ間の差が大きかったが (NN 領域: 66.5~89.8, NREM 領域: 64.6~86.2), 全てのデータで, NN 領域の値が NREM 領域の値より大きかった。

本研究では, 上記5つの RR 間隔変動のパラメータの他に, 体幹に加速度センサーを装着する M-BIT であるから得ることができる睡眠時の姿勢変動回数 (図6) に着目して検討を行った。NN 領域の姿勢変動回数は5から36に亘り分布し, NREM 領域では2から18に亘り分布した。また, 全体では9から45に亘り分布した。3データでは NREM 領域の値の方が大きかったが, 残り14データでは NN 領域の方が大きかった。

要すると, SNS (図2), VRFRE (図4) 及び HR (図5) では明白に NN 領域と NREM 領域で相違があり, NN 領域での値が大きかった。更に, RFRE (図3) 及び姿勢変動回数 (図6) では NN 領域の値の方が大きい傾向が見られた。NREM 領域と NN 領域への分割により, 睡眠の深さによる分割を行う事ができているものと考えられた。

3-5 26 番目のデータ

26 番目のデータの解析結果を図7に示した。このデータの入眠時刻は 20:12, 覚醒時刻は 5:32 であり, 睡眠エポック数は 508, 睡眠効率 は 0.901 であった。睡眠開始時は, RFRE と VRFRE は大きかったが, 心拍数は正常であった。0:24 頃 RFRE は大きく増加を始め, 10:34 頃から HR も増加を始めた。その後は, HR は 120 から 130 で推移し, RFRE も 0.5 Hz 以上で推移した。全体として, NREM 検出率は 0.0 であり, PSNS は 93.8 msec² と小さく, SNS は 2.968 と大きかった。

4. 終わりに

データが使用可能であった19名の被験者中, 1名が“SAが存在する”と推定され, 2名が“SAが存在する疑いがある”と推定された。

データによっては, NREM 検出率 (NREM 睡眠と推定された領域の割合) が小さくなる事を睡眠時無呼吸 (SA) の可能性だけでは説明できなかった。他の理由も考える必要がある事が示された。

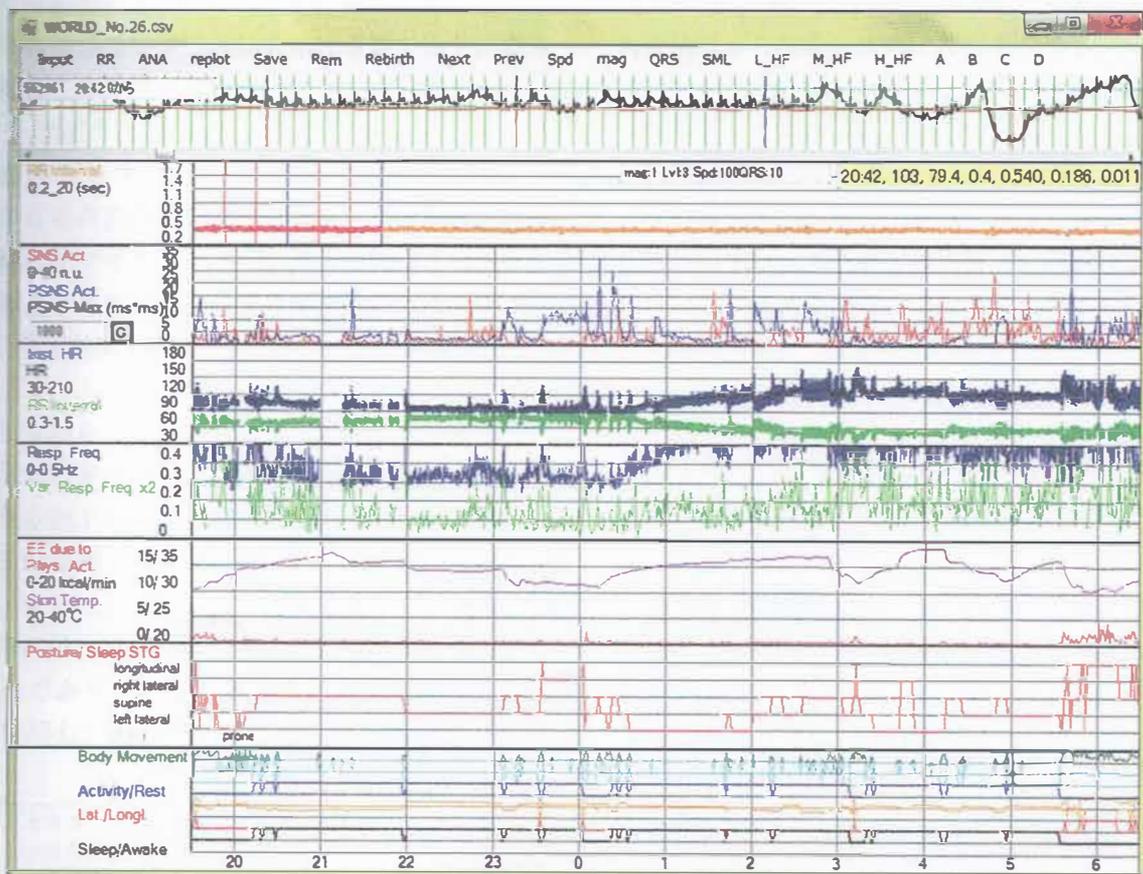


図7 26 番目のデータの解析結果