



Title	運動負荷筋電図のMEMスペクトル解析による検討
Author(s)	高橋, 光彦
Citation	北海道大学医療技術短期大学部紀要, 6, 115-121
Issue Date	1993-12
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/37556">http://hdl.handle.net/2115/37556</a>
Type	bulletin (article)
File Information	6_115-122.pdf



[Instructions for use](#)

# 運動負荷筋電図のMEMスペクトル解析による検討

高橋 光彦

## Evaluation of EMG using MEM-Spectrum Analysis

Mitsuhiko Takahashi

### ABSTRACT

It studied Spectrum-Analysis of quadriceps femoris using Maximum Entropy Methods (MEM-Analysis) for step-exercise. The load of ergometer was started from 0.4 kp to 4 kp and increasing in 0.4 kp to 1 minute. The EMG was recorded by Vastus medialis of quadriceps. Increasing load with cycle-ergometer, value of spectrum-power rised up between 0.01 Hz and 200 Hz. It is suggested that MEM analysis is available method to analysis of EMG.

### 要 旨

負荷量変化に対する大腿四頭筋の周波数成分について最大エントロピーを用いた解析方法(MEM解析)を行った。負荷量とともにスペクトルパワー値が大きくなり、特に0.01~100 Hzと100.01~200 Hzでの積分値は増加が見られた。筋電図の周波数解析においてMEM解析は有効な方法である。

### はじめに

筋電図解析の方法として、その周期成分の構造解析として1950年代Walton<sup>1)</sup>をはじめとして多くの報告があるがデータ処理が不完全であったり、S/N比の問題など解析が十分でなかった。近年コンピュータの発達に伴い、コンピュータ及びA-Dボード、ソフトなど周辺機器を利用しての高速フーリエ変換(FFT)が盛んに行われている。筋電図のFFT解析に

ついては、筋線維タイプ分布と筋力について、筋の持久力、筋疲労について、などの報告がある<sup>2)3)4)</sup>。しかしながら、FFTによる方法はまだ確立したとはいいがたい。最近開発された最大エントロピー法(Maximal Entropy Methods)を用いたMEM解析は新たな時系列データ解析方法である。MEM解析はスペクトル分解能にすぐれデータ数が少なくても解析が行え、安定性に優れている。MEM解析を用いた時系列データとして、脳波、血圧、心拍数、感染症発生率などの報告がある<sup>5)</sup>。本研究は最近開発されたMEM解析を用いて筋電図の解析を試みた。

### 対象・方法

被験者は健康成人男性6名、平均年齢28(27.5±6.4)歳を対象とした(表1)。運動負荷は自転車エルゴメーター(モナーク社製Elgomedic-818)を用いて、ボルグの方法を応用した運動負

荷方法を用いた(図1)。毎分50回転でペダリングし、負荷を0.4キロポンド(Kp)から1分毎に0.4Kp増加し4Kpまで行った。

無酸素性作業閾値(VT)は呼吸ガス分析器(Aerobic Processor 391 日本電気三栄製)を使用し被験者に装着した。筋電図はポリグラフ(BIOELECTRIC AMPL 1253A 日本電気三栄製)を用いて、ハイカット3KHz, 時定数0.03sec, ハムフィルターオンの状態で右大腿四頭筋の内側広筋から表面筋電波形を導出し、FM式データレコーダ(RTP-50A 共和製)に記録した。

MEM解析は、Mem-Calc 1000(諏訪トラスト社製)を使用した。パーソナルコンピュータ(PC-386 BOOK-L)で、1秒1000回サンプリングで各運動負荷ステージ開始後20秒後の筋電波形について20秒間のAD変換(ADJ-98 カノープス社製)を行った。各ステージ20秒間のデータのうち、10周期分の筋電波形を解析時間550ms(データ数550個)でMem-Calc 1000に取り込み、原波形より修正時系列データを導いた。最大エントロピーの最適ラグ値を求めるため、CCTの計算に基づき、最適ラグ値は40とした。またMEM解析での周波数帯域ごとの積分値ファイルは0.01~100 Hz, 100.01~200 Hz, 200.01~300 Hz, 300.01~400 Hz, 400.01 Hz~500 Hzまでの5つの各帯域におけるスペクトルパワー値の積分を算出した。同時に0~500 Hzの間におけるピークパワー値を求めた。統計はスペクトルパワー値の1.2Kpと4Kpまでの各負荷量における同一周波数帯の比較をt-検定を用いて検討した。

表1 対象者

No	Age	Height(cm)	Weight(Kg)
A	21	169	55
B	21	170	72
C	40	176	75
D	39	163	63
E	22	160	55
F	22	172	55
MEAN	27.5	168.3	62.5
SD	8.8	5.9	8.4
SE	3.6	2.4	3.4

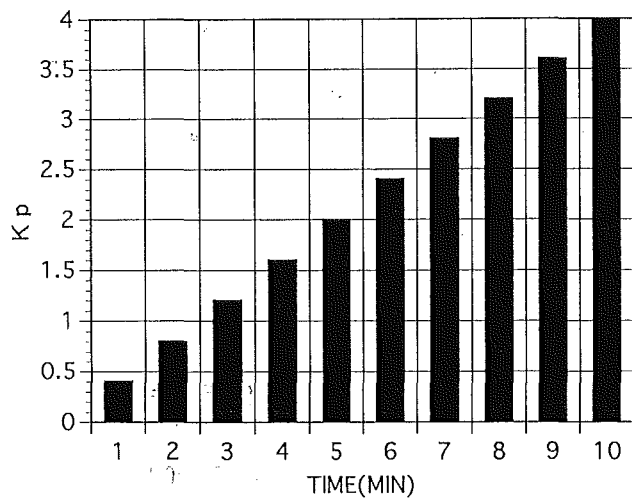


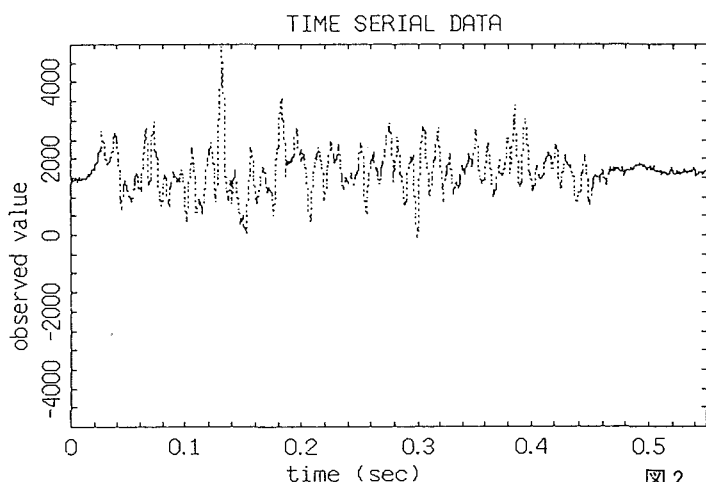
図1 エルゴメーターでの運動負荷

## 結 果

筋電図波形の解析は0.4, 0.8 Kpにおいて負荷開始時に慣性力を生むため筋電波形の群化放電がみられその後は振幅が弱ため、筋電図解析は1.2 Kpから行った。大腿四頭筋内側広筋の2.4 Kpで負荷中の筋電筋電波形の例を図2に示す。MEM解析を行うため修正時系列データを算出した(図3)。この時の自己相関関数曲線は約0.1秒で平定化している(図4)。このMEM解析の例では、約80 Hz以降は多くのピーク値をとりながら減衰していている(図5)。

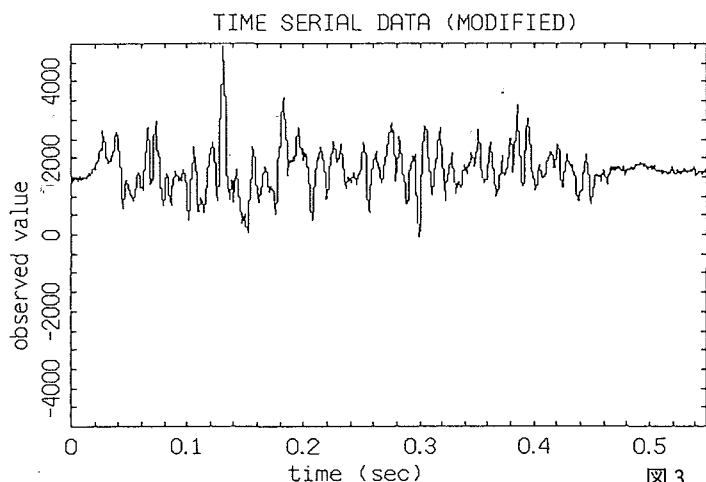
1つのスペクトルパワー値の全積分値に対する各周波数帯の比率を求め、各負荷における同

運動負荷筋電図のMEMスペクトル解析による検討



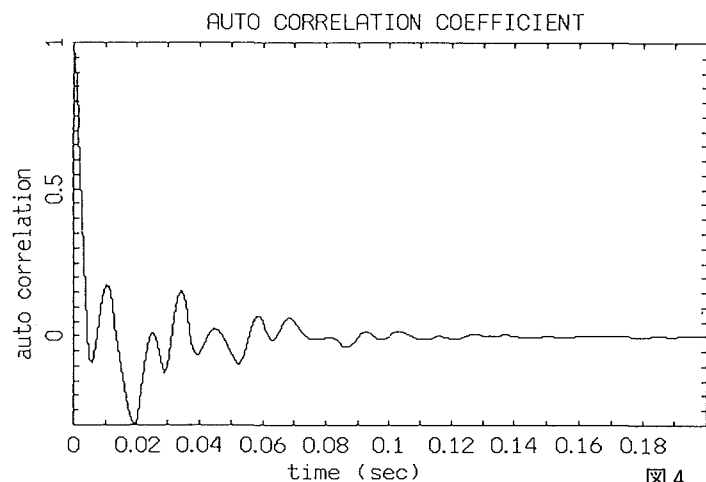
データ名	24F05A.MEM
データ点数	550
測定時間(期間)	0.00100 .. 0.55000
平均測定間隔	0.00100
測定値	
Maximum	4936.0
Minimum	-80.0
Mean	1681.4

図2 筋電波形の例 (負荷量2.4Kp)



データ名	24F05A.ST
データ点数	550
修正測定時間(期間)	0.00100 .. 0.55000
修正測定間隔	0.00100
修正測定値	
Maximum	4936.0
Minimum	-80.0
Mean	1681.4
外れ値処理	なし
圧縮処理	なし
対数処理	なし
移動平均処理	なし

図3 修正時系列データ例 (負荷量2.4Kp)



データ名	24F05A.SA	
データ点数	701	
計算時間(期間)	0.00000 .. 0.70000	
計算間隔	0.0010	
計算値		
Maximum	1.0000	
Minimum	-0.2980	
Mean	0.0019	
修正時系列データ対象領域		
始点	1	0.00100
終点	550	0.55000
タイムラグ	40	

図4 自己相関 (負荷量2.4Kp)

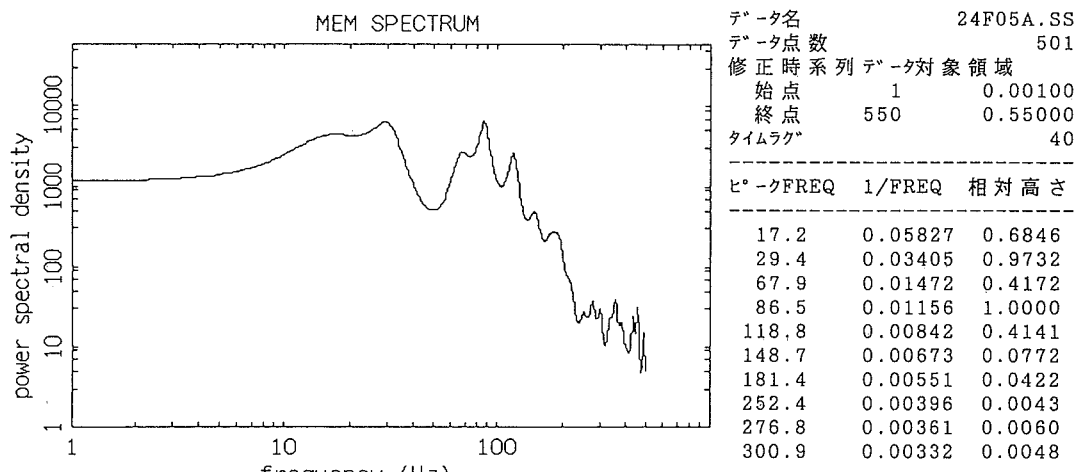


図5 MEM解析例（負荷量2.4Kp）

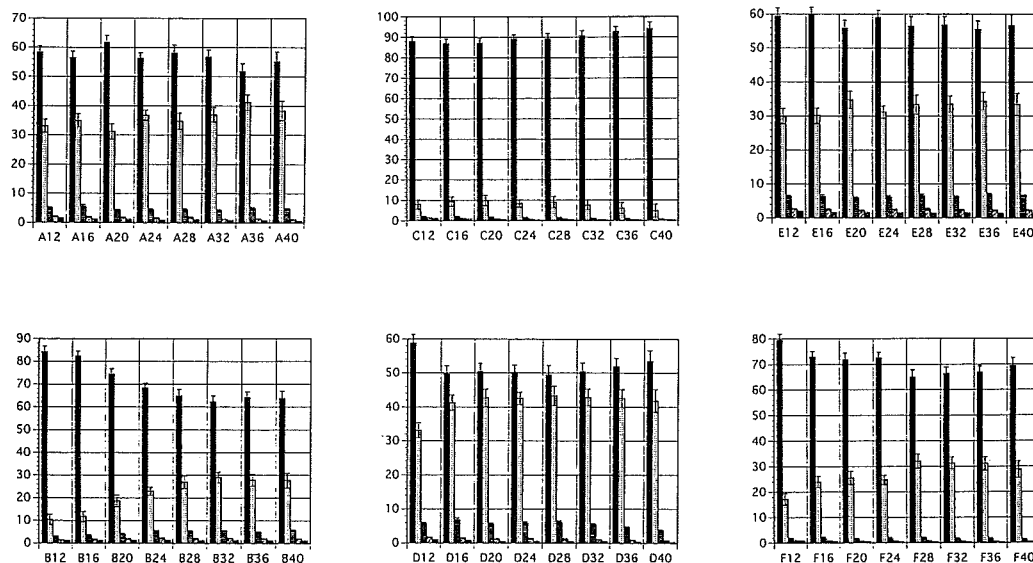
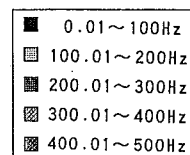


図6 運動負荷における各周波数帯の比率



一周波数帯の比率の10回分の総和を算出し1.2 Kpと1.6~4.0 Kpとの比較においては3.6 Kpと4 Kpの0-100 Hzの場合のみ5%の有意差が認められた(図6)。各運動負荷でのピーク値周波数の散布図は50 Hz前後のピーク値がなく、80 Hz以上のピーク値が減衰している(図7)。100 Hzまでの周波数の積分値を3つ帯域に分け0.01~100 Hzを0.01~20, 20.01~40~40.01~100 Hzとして平均パワー値を

算出した。1.2 Kpから4.0 Kpまで運動負荷の増加に伴い、各周波数帯域の積分値は増加し、特に20.01~40 Hz, 40.01~100 Hz, 100.01~200 Hzにおいては増加が認められたが、200.01~300 Hz, 300.01~400 Hz, 400.01 Hz~500 Hzは微増であった。統計的には運動負荷段階ごとの比較においては2.0 Kpと2.4 Kp

運動負荷筋電図のMEMスペクトル解析による検討

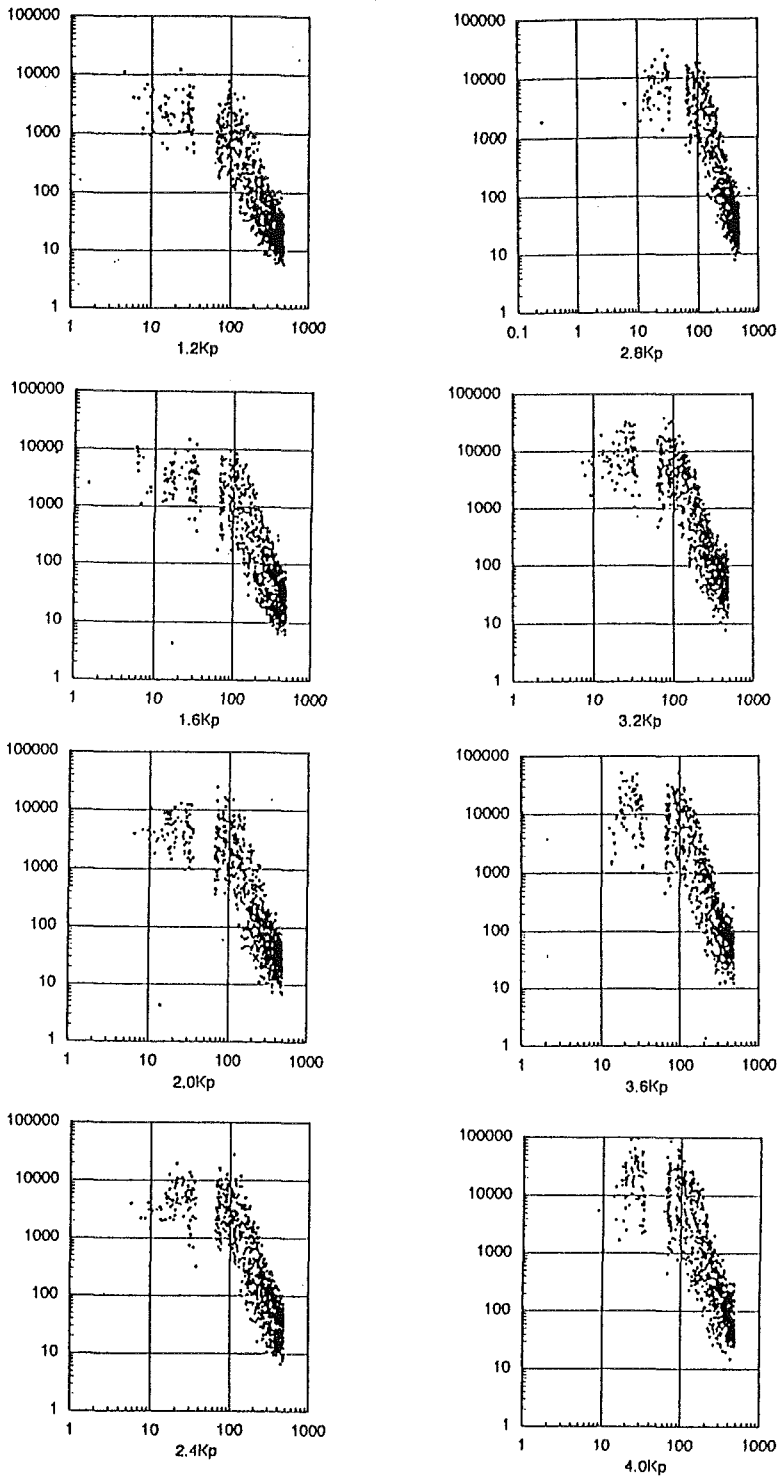


図7 ピーク値散布図

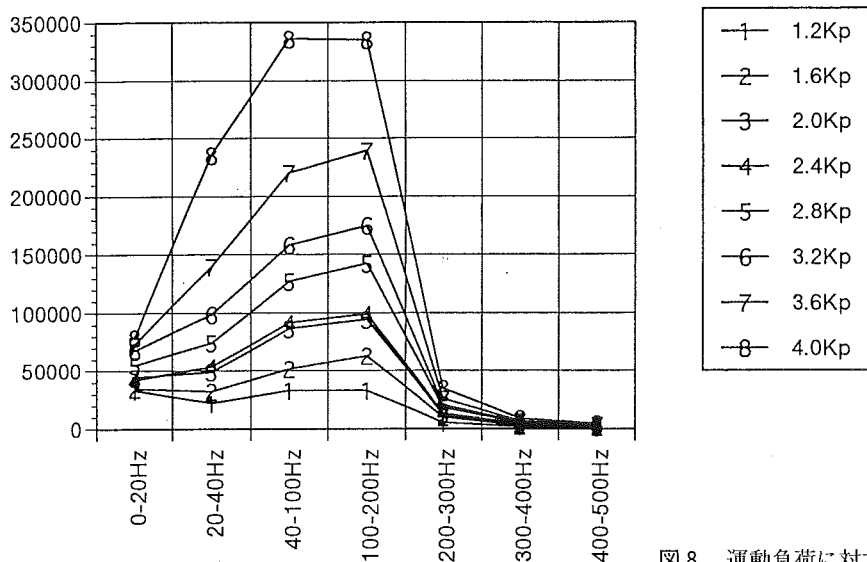


図8 運動負荷に対する平均パワー値

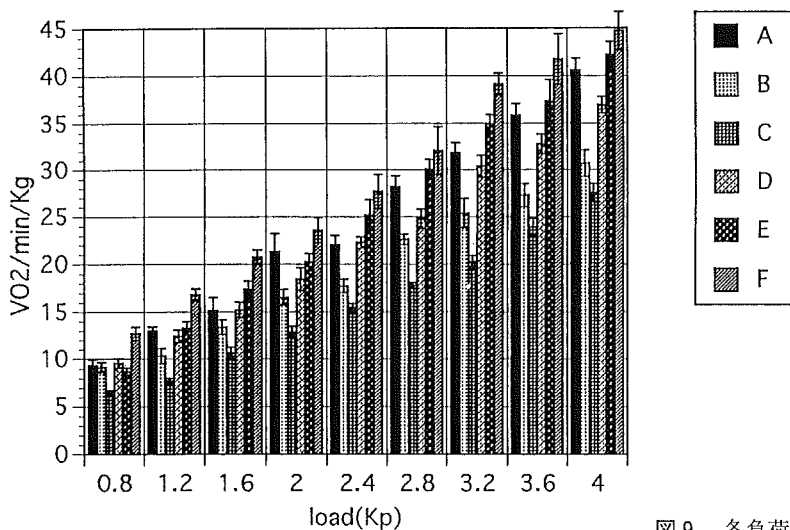


図9 各負荷における酸素摂取量

表2 VTと負荷量

No	METS	ROAD(Kp)
A	8.9	2.8
B	3.7	2.4
C	4.3	2.4
D	5.1	2.0
E	5.0	2.0
F	7.0	2.4
MEAN	5.7	2.3
SD	1.9	0.3
SE	0.8	0.1

においては有意差はなかった (図8)。

呼吸ガス分析によるVTは平均5.7 METSであり、この時の運動負荷値は2 Kpから2.8 Kpであった (図9) (表2)。

考 察

今回の実験では筋電アンプの設定においてハムフィルターオン状態で測定を行ったため、周波数帯域で50 Hzの成分にフィルターの影

響が表れ、50 Hz 前後の周波数帯域ピーク値が減少し、ピーク値散布図(図7)においてこの帯域のスペクトルパワー値が欠如していると思われる。80 Hz 以上の周波数でのパワー値の減少は $1/f$  3乗あるいは4乗を示し、脳波などで見られる $1/f$ の1乗、2乗の減衰<sup>5)</sup>とは異なったパターンを示した。

従来の筋電成分における永田らのFFT解析では<sup>2)</sup>ピーク値の20 Hz 付近の帯域を低周波成分、80~100 Hz の帯域を高周波成分として上腕筋二頭筋の等尺性収縮において低周波成分より高周波成分のパワー値が増加傾向であったと報告している。今回の実験条件は大腿四頭筋であったが、80.01~100 Hz と0.01~20 Hz の比においては負荷量とともに増加した。VTと周波数解析についてはVTの平均値における負荷量が2.3 Kpであり、図8との比較において、パワースペクトラムの平均値が2.0 Kpと2.4 Kpにおいて接近している点を考えると周波数の成分に変化があったと思われる。

今回のMEM解析は修正時系列データの時間軸上の周期構造解析処理LSM解析にいて当てはめ曲線を用いての修正時系列データからの残差による最適フィッティング曲線より得られる最適MEM解析時間の設定は今回行わず、ペダリング周期の筋電放電部分全体を解析したため、1つのサイクルにおける、たとえば初期、中期、後期などの相における周期成分の構造の変化については今後研究していかなければならない。

#### 参考文献

- 1) Walton, j.n. : The electromyogram in myopathy, Analysis with the audio-frequency spectrometer., J. Neurosurg. Psychiat., 15, 219, 1952
- 2) 永田 晟：筋と筋力の科学, 不昧堂, 初版, 1984
- 3) 高橋光彦 他：肘屈筋群の等尺性収縮時の周波数分析について, 北海道大学医療技術短期大学部紀要2号：61-65, 1989
- 4) 高橋光彦 他：周波数分析とTMSによる肘屈筋に対する訓練方法について, 北海道大学医療技術短期大学部紀要3号：77-80, 1990
- 5) 三宅浩次・高橋延昭・神山昭男：生体リズムの構造, 富士書院, 1992