

# 多部位アクチグラフによる日中の活動および 夜間睡眠時の粗体動の評価に関する基礎研究

広重 佳治<sup>(1)</sup>

本研究は身体左側の非利き手手首、胸部、腰部、足首の活動を同時記録する多部位アクチグラフの基礎資料の提供を目的とした。記録は高齢者男性1名を対象に正常な日常生活の下で連続7日間実施した。アクチグラフの時系列データの分析により、活動水準に有意な部位差を認めたが、部位に共通して約24時間周期のサーカディアンリズム、日中の行動内容の差異および睡眠状態を特徴づける活動傾向が明らかになった。測定部位の一致率と相関および総活動量の分布に基づいて、粗体動の信号を検出するために活性部位数と活動水準の臨界点を設定した。粗体動の信号は入出眠の難易と中途覚醒の頻発を含む睡眠日誌に対応する出現傾向を示した。多部位アクチグラフによる覚醒と睡眠へのアプローチの有用性について考察した。

キーワード：アクチグラフ、睡眠・覚醒、サーカディアンリズム、行動内容、粗体動

## 序

夜間の人間の睡眠事象の1つである中途覚醒(wake after sleep onset)は粗体動や細体動を伴う。粗体動は寝返りや輻転反側など床上での体位の変化を伴う活動であり、細体動は四肢の痙攣などである。体動とりわけ粗体動は、通常、睡眠の中断あるいは不眠のパラメータであるが、他方で睡眠段階の移行あるいは覚醒への移行を司る何らかのチェック機構あるいはトリガーとしての役割を果たすとする考え[1]、あるいはそのトリガー機能は各睡眠段階に応じて異なるとする知見[2]がある。体動の機能について基礎的研究を深める必要がある。さらに、体動が長時間の圧迫による血液循環の停滞の防止、体温や寝床内温度の調節に寄与する点から、寝返りがしやすい室内・寝床内条件に関する研究は実践的な意義をもつと考えられる。

睡眠時体動の計測法は睡眠ポリグラフ(polysomnography:PSG)が代表的である。PSG法はオトガイ筋筋電図の電位の増強あるいは記録全般への筋電位の混入(アーチファクト)を体動の指標とするが、身体部位を特定する情報は十分に提供されない。寝返りが

肩甲骨、骨盤、上肢に由来する運動パターンであることから身体8部位(左右の僧帽筋、腹直筋、広背筋、大腿直筋)の筋電図記録が試みられている[3]。しかし、PSG法あるいは筋電図法は電極等の身体装着により睡眠者の身体を拘束し、乳幼児や障害児者あるいは高齢者には負担が大きい。

PSG法に代わる、あるいはそれを補完する体動測定法として、身体拘束の小さい間接法あるいは非接触法が国内で種々試みられている。たとえば、赤外線カメラやモーションセンサーによる動画像の解析[4-6]、身体荷重圧の検出[7]あるいは寝床内の静電容量や温度変化の検出[1,7-9]などがある。本研究は、特に身体運動の加速度を検出するアクチグラフに焦点化し、その多部位測定の可能性を探ることを主要な目的として行われた。

アクチグラフは腕時計型の高感度加速度センサー・ロガーで、24時間を通した行動的な睡眠・覚醒の活動状態を長期にわたり無拘束で測定することを可能にし、一定水準の判定精度を維持した標準基準として認められている[10,11]。アクチグラフが提供する活動

<sup>(1)</sup>福山市立大学名誉教授、非常勤講師 e-mail: [hiroshige@hb.tp1.jp](mailto:hiroshige@hb.tp1.jp)

量は時系列数値データであるので睡眠時および覚醒時における活動量の時計時刻での平均水準やサーカディアンリズムに関する情報を容易に得ることができる[12]。アクチグラフの装着部位は成人では非利き手手首が標準とされるが、乳幼児を対象とした睡眠研究では足首や腰部が代用されている[13-17]。手首以外の部位の記録にどの程度の信頼性があるのか、標準部位とどの程度の相関があるのかを知るには複数部位から活動量を同時記録する多部位アクチグラフによる検証が必要であろう。著者の知る限り、そうした研究例は極めて少なく、近年、左右両側の手首、足首、腰部のアクチグラフから睡眠時における体動の発生時機(タイミング)を評価した研究が報告されている[6]。

本研究は手首、胸部、腰部、足首の4部位の活動量を同時記録する多部位アクチグラフを日常生活の条件下で連続7日間実施し、活動の部位差、同時性、相関、睡眠・覚醒リズムおよび睡眠時粗体動の信号検出に関する基礎資料の提供を目的とした。

## 方法

**対象:** 参加者は高齢男性1名(61才)、夜型傾向の睡眠習慣をもつ大学教員で、本研究の目的と方法、個人情報保護および就床前3時間のアルコールとカフェインを含む飲料水の摂取を控えること等について説明を受けた後、同意書に署名し提出した。

**記録:** 通常の日常生活(職場、外出・移動、在宅など)の下でアクチグラフの記録と睡眠日誌による行動記録を連続7日間実施した(記録開始: 20xx年4月15日18時、終了: 同年4月22日20時)。

アクチグラフはAMI社製腕時計式のマイクロミニ・RC型Actigraphを4台使用した。測定は睡眠・覚醒を判定するモードとして推奨されているzerocross法を採用した。加速度センサーは3方向性で2~3Hzのバンド帯域で0.01G/Rad/sec以上の動きを検出し、0.01G以上の加速が発生したときに100msec間隔で発生するパルス電圧が0ボルトを交叉する回数を1分(区画)単位で合計したカウント数(活動量)を出力する。覚醒と睡眠の状態判定は下記のCole法の式(1)を適用した[18]。本法は現区画の活動量 $a_n$ 、それ以前の4区画( $a_{n1}\sim a_{n4}$ )と以後の2区画( $a_{n1}\sim a_{n2}$ )の活動量に重みを乗じて合算して現区画の睡眠スコアSを求め、その値を2値法で表示した( $S \geq 1$ の覚醒

に0,  $S < 1$ の睡眠に1を出力)。

$$S = 0.0033(1.06a_n + 4.54a_{n3} + 5.58a_{n2} + 7.6a_{n1} + 2.3a_0 + 7.4a_1 + 6.7a_2) \quad (1)$$

アクチグラフの装着部位は、身体8部位の筋電図による体動記録[3]、睡眠時体動の行動的アプローチにおける腰部と下肢部の計測の必要性[7]を考慮し、非利き手の左手首とともに胸部、腰部、足首を採用した。左手手首には標準装備のバンドで装置を装着した。その他の部位装着は標準的方法がないため経験的に実施した。胸部は左大胸筋上部に対応する下着の場所に両面テープで装置を貼り付けガムテープで圧着した。腰部は左大臀筋上部に対応する下着の場所に両面テープで装置を貼り付け、コルセットサポーターで固定した。足首は延長バンドで装置を装着しサポーターで固定した。入浴時はセンサーを取り外した。

**分析:** 多部位アクチグラフの有用性を調べるために次の4点からデータを分析した。第1に、睡眠と覚醒の周期的交代、特に休息・活動のサーカディアンリズムを調べた。サーカディアンリズムの定量的評価法として有効性が知られている自己相関分析[14, 19]を4部位のアクチグラフ・データに適用した(分析長10080分, time lag: 1920分)。第2に、4部位の活動の同時性を調べた。それには、異なる測定部位における体動の時系列的差異の評価を目的として加藤ら[6]が導入した一致率の算出法に準じて下記の式(2)と(3)を用いた。ここでは区画(1分)毎に4部位のそれぞれの活動量が最小値2以上となる場合を活動ありの一致、4部位すべてが活動量0の場合を活動なしの一致とした。式(2)の活動ありの全区画数は少なくとも1部位の活動量が2以上となる区画の総数、式(3)の活動なしの全区画数は少なくとも1部位の活動量が0となる区画の総数である。

$$\text{活動ありの一致度} = (\text{4部位ともに活動ありの区画総数}) \div (\text{活動ありの全区画数}) \quad (2)$$

$$\text{活動なしの一致度} = (\text{4部位ともに活動なしの区画総数}) \div (\text{活動なしの全区画数}) \quad (3)$$

第3に、睡眠日誌に記録された就床と起床の時刻に基づいて終日の活動を覚醒時間帯と夜間の睡眠時間帯に大別し、さらに前者を8種類の行動カテゴリーに細分した(車の運転、授業、デスクワーク、歩行移動、食事、家事・買物、TV・ラジオ視聴、仮眠)。これらの

活動量の統計量（平均，変動係数，ピアソンの積率相関係数）を算出して部位差を検討した。第4に，4部位の活動量を合算した総活動量を用いて粗体動の検出を夜間の睡眠時間帯で試みた。統計的検定は対応のある場合の中央値テストとWilcoxon符合テストで行い，有意水準は5%と1%を採用した。

## 結果

**アクチグラフの活動量の日内変動** 図1は多部位アクチグラフの第1日目の記録である。図の上部より手首，胸部，腰部，足首別に，1区画（1分）毎に量子化された活動量を1日の時間経過に沿って描画した。睡眠と仮眠の表示は手首の時系列データにCole法によって算出した睡眠スコアの出力値を用いた。午前1時半過ぎに就床し，午前8時過ぎに起床した。終日の活動量の水準は，部位差があるものの，日中の午前中に増え，夕方より漸減して午前4～5時に最低（日中の約2%）に達するとともに粗体動を示唆する高水準の活動量が散発した。こうした日内変動は4部位に共通してみられた。

**サーカディアンリズム** 前述した活動量の日内変動が7日間をとおして周期的に経過する周期性を示すかどうかを調べるために各測定部位の時系列データを自己相関分析した。その結果は，図2に示すように，約24時間前後の周期を示す休息・活動のサーカディアンリズムが各部位に認められた。周期には部位差があり，手首で23.3時間，胸部で23.8時間，腰部で23.6時間および足首で24.7時間となり，手首と足首で1時間余りの時間差があった（全平均23.8時間）。センサーを取り外した入浴時のデータ（183区画）は値-1のダミーを使用した。

**覚醒時間帯と睡眠時間帯の活動量** 床上時間は1日平均 $399.3 \pm 62.61$ 分，手首の活動量よりCole法で算出した睡眠時間（睡眠スコア）は平均 $354.6 \pm 29.39$ 分であった。やや低い睡眠効率（ $89.9 \pm 9\%$ ）になったのは，第3夜と4夜での睡眠の悪化（77%）が影響した。仮眠は3日間で177分であった。

表1に，終日の活動，覚醒時間帯（仮眠を除く）および夜間の睡眠時間帯における活動量の平均と標準偏差（1区画あたりに換算）を示した。いずれの

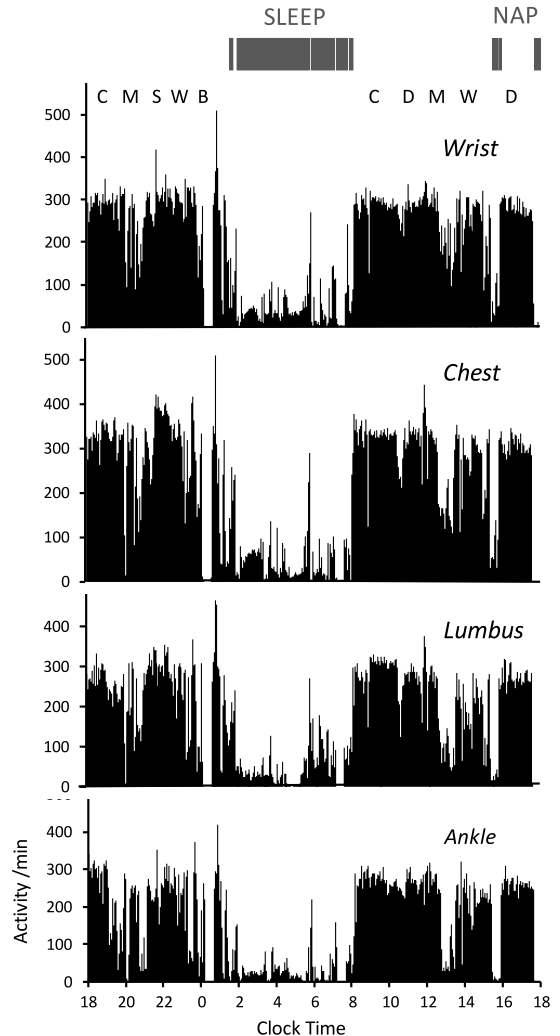


図1 測定第1日目の4部位のアクチグラフ

4部位の活動量とCole法で推定した睡眠状態を1区画（1分）毎に縦線で描いた。覚醒時間帯の行動をC(授業)，M(食事)，S(買物・家事)，B(入浴)，D(車で移動)，W(デスクワーク)の記号で指示した。

Fig.1 Actigraph of the four different sites on the first day.

Activity counts of the four sites and sleep state estimated by Cole Formula were plotted in vertical lines every minute across clock time. Behaviors in time zone of wakefulness were designated by symbols of C (class), M (meal), S (shopping/chores), B (bathing), D (driving) and W (deskwork).

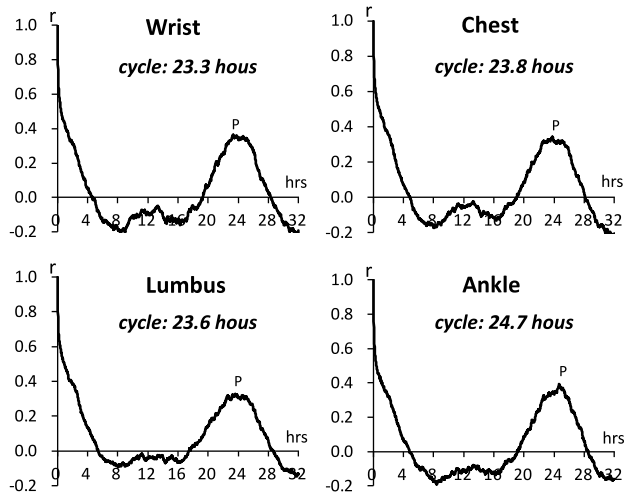


図2 連続7日間の多部位アクチグラフの自己相関とサーカディアンリズム

横軸：タイムラグ，縦軸：自己相関係数，周期：時刻0から時刻Pまでの時間長。

Fig.2 Autocorrelations and circadian rhythm of multi-actigraph across 7 consecutive days.

Cycle: length of time lag 0 through time P.

表1 多部位アクチグラフ測定による覚醒時間帯と睡眠時間帯の平均活動量(イタリックは標準偏差)  
 Table 1 Averages of multi-actigraphic activity in time zones of wakefulness and sleep (SDs given in italics)

測定部位 measurement sites	手首 Wrist	胸部 Chest	腹部 Lumbus	足首 ankle	$\chi^2(3)$	$p$	記録 days	記録 hrs
終日 All day	149.9 <i>114.51</i>	144.6 <i>123.92</i>	117.6 <i>108.16</i>	123.4 <i>109.29</i>	17.23	<.01	7	165.1
覚醒時間帯 Wakefulness	204.6 <i>90.69</i>	201.7 <i>107.43</i>	163.2 <i>100.15</i>	173.5 <i>95.31</i>	17.57	<.01	7	115.6
睡眠時間帯 Sleep	31.8 <i>54.46</i>	21.0 <i>32.16</i>	18.8 <i>28.77</i>	14.0 <i>23.70</i>	10.07	<.05	7	46.6

Data of naps were not included.

活動量も統計的に有意な部位差が認められ、手首と胸部が他の部位より多くなった。また、覚醒と睡眠の時間帯での活動量の差は胸部で顕著であった ( $\chi^2(3)=14.486$ ,  $p<0.01$ )。睡眠時間帯の活動量は変動係数が覚醒時間帯の3倍にまで増大し(手首171.5%, 胸部148.6%, 腰部153.0%, 足首169.5%), 覚醒時とは質的に異なる活動状態(粗体動等による不安定さ)を反映する可能性が予想された。

覚醒時間帯における行動カテゴリーの活動量 表2に

8種類の行動カテゴリーの活動量の平均と標準偏差(1区画あたりに換算)を部位別に要約した。仮眠と授業を除く6カテゴリーの活動量には胸部≒手首>腹部≒足首という有意な大小関係がみられた。また、各測定部位には車の運転≒授業>歩行移動≒買い物・家事>食事>デスクワーク>TV・ラジオ視聴の順に活動量が減少する順序性があった ( $p<0.01$ )。仮眠時は活動量が最小で部位差もないが、その変動係数は夜間の睡眠時間帯と同様に増大した(手首150.9%, 胸部168.5%, 腰部136.3%, 足首194.9%)。覚醒時間帯

における行動内容の差異は、標準部位の手首のみならず他部位のアクチグラフにも量的に表出した。多部位アクチグラフによる活動測定の有用性を示唆する結果であった。

表2 多部位アクチグラフ測定による覚醒時間帯での行動カテゴリーの活動量  
Table 2 Mmulti-actigraphic activity of behavioral categories in time zone of wakefulness (SDs given in italics)

測定部位 行動カテゴリー	手首 Wrist	胸部 Chest	腹部 Lumbus	足首 ankle	$\chi^2$ (3)	p	標本数	消費 時間 (分)
1) 車の運転	266.6 <i>52.28</i>	280.9 <i>51.08</i>	253.9 <i>54.33</i>	243.1 <i>48.36</i>	11.67	<.001	9	94.6 <i>85.0</i>
2) 授業・講義	258.1 <i>54.29</i>	289.6 <i>57.94</i>	253.0 <i>52.89</i>	235.2 <i>69.25</i>	5.40	ns	5	98.4 <i>9.07</i>
3) 歩行移動 (通勤・散歩)	251.2 <i>62.26</i>	251.7 <i>71.01</i>	223.9 <i>71.84</i>	206.3 <i>78.26</i>	15.86	<.001	7	34.4 <i>9.68</i>
4) 買い物・家事	241.0 <i>80.90</i>	239.9 <i>104.22</i>	193.1 <i>102.22</i>	204.0 <i>81.31</i>	10.71	<.005	7	77.4 <i>48.92</i>
5) 食事	228.3 <i>79.19</i>	244.1 <i>95.91</i>	183.0 <i>91.45</i>	186.8 <i>91.33</i>	25.59	<.001	17	27.9 <i>8.62</i>
6) デスクワー ク会議	192.1 <i>88.36</i>	189.9 <i>97.96</i>	158.7 <i>87.69</i>	167.4 <i>96.77</i>	17.73	<.001	11	172.7 <i>72.59</i>
7) TV・ラジオの 視聴	138.0 <i>95.79</i>	119.9 <i>98.76</i>	90.5 <i>81.98</i>	111.8 <i>92.91</i>	8.00	<.005	6	179.3 <i>86.98</i>
8) 仮眠	22.6 <i>34.03</i>	16.0 <i>26.92</i>	16.5 <i>22.48</i>	11.5 <i>22.37</i>	0.00	ns	4	44.3 <i>15.39</i>

Behavioral categories: 1) driving, 2) class, 3) walking, 4) shopping /chores, 5) meal, 6) deskwork, 7) TV watching / radio listeniong, and 8) nappig.

**測定部位の一致率と相関** 4部位の活動の同時性の程度を示す一致率の結果を表3に要約した。終日の活動では4部位の一致率は活動ありが活動なしの4.4倍以上に達する高い値を示した。覚醒時間帯およびの7つの行動カテゴリーでは活動ありの一致率がさらに高く上昇した(全平均0.968)。興味深いのは、仮眠を除き、活動なしの一致率が零であった。一方、仮眠と夜間の睡眠時間帯活動では4部位の一致率は活動ありが覚醒時の半分以下に低下し、活動なしの一致率がやや上昇した。

覚醒時間帯と睡眠時間帯における活動量の測定部位間の相関関係を図3に示した。覚醒時間帯では手首-胸部, 手首-腰部, 胸部-腰部の相関係数が7日間の記録をとおして有意に高く維持された( $\chi^2(5)=29.286, p<.01$ )。これらの相関は夜間の睡眠時間帯では記録日によって不安定に変化して低下し、その一方で胸部-腰部, 胸部-足首, 腰部-足首の相関が比

表3 4部位のアクチグラフ活動の一致率

Table 3 Cocordance rate of actigraphic activity of the four measurement sites of the body

活動状態の分類	活動あり (+)	活動なし (-)
a) 終日	0.819	0.185
b) 覚醒時間帯	0.961	0.022
(1) 車の運転	1.000	0.000
(2) 授業・講義	0.996	0.000
(3) 歩行・移動	0.979	0.000
(4) 買い物・家事	0.972	0.000
(5) 食事	0.962	0.000
(6) デスクワーク・会議	0.977	0.000
(7) TV・ラジオ視聴	0.887	0.055
(8) 仮眠	0.350	0.164
c) 睡眠時間帯	0.448	0.222

Classification of actibity states of daily life: a) all day, b)wakefulness consisting of driving (1), class (2), walking (3), shopping / chores (4), meal (5), desk work (6), TV watching/ radio listeniong (7), nappig (8), and c) sleep.

較的高く維持された ( $\chi^2(5)=10.24, p<0.05$ )。測定部位の間には胸部-腰部の相関を軸として覚醒時間帯では手首、睡眠時間帯では足首がそれに関与する構造があった。

**夜間の睡眠時間帯における粗体動の検出** 睡眠時間帯のアクチグラフの活動量にみられた変動係数の増大、胸部-腰部-足首の相関構造は粗体動を全身的な活動としてとらえる必要性を指摘する結果と考えられた。そこで、4部位の活動量を1区画(1分)毎に合算した総活動量の分布を調べた。図4(A)に示すように、総活動量の分布は睡眠時間帯(85.5±109.8)と覚醒時間帯(747.5±350.0)で明らかに異なり、睡眠時間帯の総活動量はその8割が140以下であった。また、睡眠時間帯の総活動量は活性部位(当該部位の平均を上回る活動量をもつ部位)の個数と強い正相関を示した( $r=0.773$ )。睡眠時間帯のデータから4部位が同時に活性部位となる区画のみを抽出したところ、その総活動量は覚醒時の分布に含まれる形で散布した(図4B,  $n=284$ , 範囲96~1060)。この総活動量の分布は粗体動の発生に関わる情報を提供していると予想され、粗体動の信号検出の臨界点として(1)

1区画の活動性部位の個数4、(2)平均活動量140以上を設定した。

図5は第1夜の就床から起床までの床上時間において粗体動の信号検出を行った結果である。臨界点を超える粗体動の信号は41個検出され、睡眠経過の前半で15個、後半で26個であった(図の中央、検出信号をパルス表示)。その56%はCole法で判定した覚醒状態(46区画)をヒットした。言い換えると、覚醒状態と一致しない粗体動信号が少なくなく、たとえば、就眠直後の1時間半は覚醒状態の判定はまったくされていないが、7個の粗体動信号が検出された。表4に、粗体動の信号検出の7夜の結果を要約した。検出総数は265(平均37.9±6.94)であった。その出現様態には次のような傾向があった( $p>0.05$ )。第1に、検出された粗体動信号は1時間当たりの密度を基準に比較すると就床後1時間で少なく、起床前1時間で多く

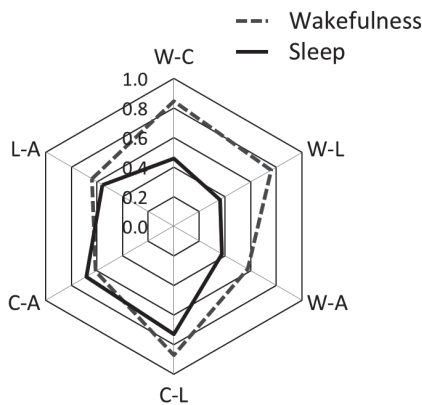


図3 覚醒時間帯と睡眠時間帯における多部位アクチグラフの活動量の相関

ピアソンの積率相関を手首-胸部(W-C)、手首-腰部(W-L)、手首-足首(W-A)、胸部-腰部(C-L)、胸部-足首(C-A)、腰部-足首(L-A)間で算出した。

Fig.3 Correlations of multi-actigraph in time zones of wakefulness and sleep.

Pearson's product moment correlation coefficients were calculated between sites of Wrist/ Chest, Wrist/Lumbus, Wrist/Ankle, Chest/Lumbus, Chest/Ankle, and Lumbus/Ankle.

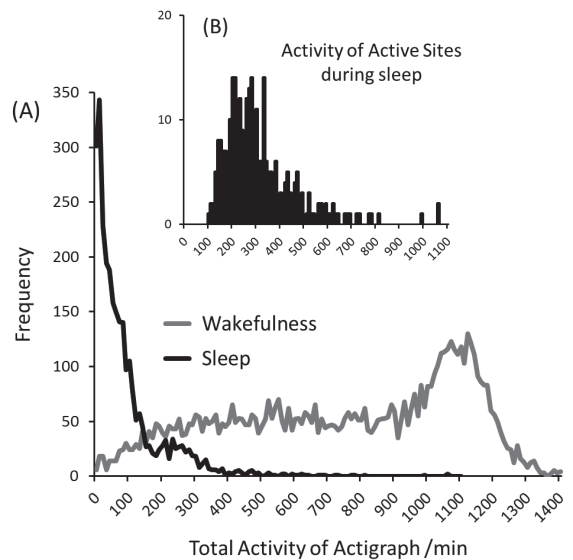


図4 覚醒時間帯と睡眠時間帯における総活動量の分布

総活動量は4部位の活動量を区画(1分)単位で合算して求めた。(A)は覚醒時間帯と睡眠時間帯の総活動量の比較、(B)は睡眠時間帯のデータから抽出した活性部位(4部位の活動量が同時に平均を上回る区画)の総活動量のヒストグラム。

Fig.4 Distribution of total activity of actigraph in time zones of wakefulness and sleep.

Total activity was produced by summing activity counts of the four sites for each 1min-epoch. (A) comparison of total activity in wakefulness and sleep, (B) distribution of active sites during sleep, defined as epochs in which activity levels of the four sites simultaneously exceeded averages.

なった。第2に、粗体動の65%は就床後と起床前の各1時間を除いた睡眠経過の途中で検出され、睡眠前半よりも睡眠後半で増える傾向があった。これらは比

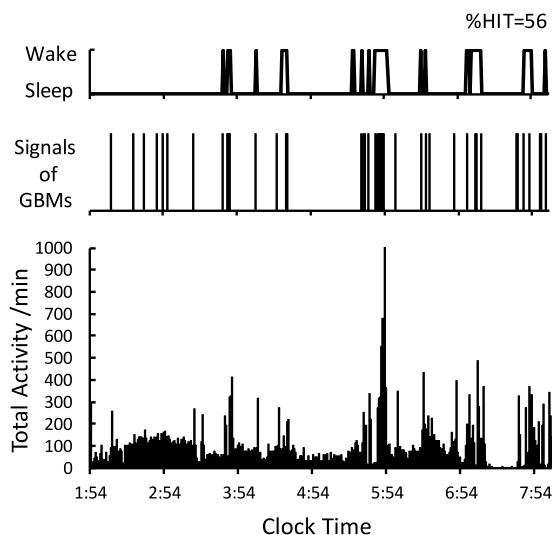


図5 睡眠時間帯において検出された粗体動の信号  
図の上段より、Cole法による覚醒・睡眠状態、粗体動の検出信号、図1の4部位の活動量を合算した総活動量。

Fig.5 Detection of signals of gross body movements (GBMs) in time zone of sleep.

From the top down, wake and sleep states estimated by Cole Formula, detected signals of GBMs, and total activity obtained by summing up activity counts of four sites in Fig.1.

表4 7夜の睡眠時間帯で検出された粗体動数とヒット率  
Table 4 The number of detected signals of gross body movements (GBMs) and percent hit of wake state in timezone of sleep across 7 nights

	Average	SD
a) 平均検出数		
(1) 床上時間	37.9	6.94
(2) 就床後1時間	5.7	3.86
(3) 起床前1時間	7.4	4.04
(4) 中途経過	24.7	8.61
(5) 睡眠前半	17.3	3.99
(6) 睡眠後半	20.6	4.93
b) 密度 (n/hr)	5.8	1.28
c) ヒット率 (%)	53.1	10.70

a)GBMs measured during time in bed (399.3±62.61min) (1),the first 1hr after going to bed(2), the last 1hr beforewaking up(3),the progress of sleep(4), the first half ofsleep episode(5) and the second half of sleep episode, b)density of GBMs per 1hr, and c)percent hit of wake state estimated by Cole Formula.

較的寝つきが良く、中途覚醒が多いとする睡眠日誌と概ね符合した。Cole法で判定された覚醒状態を粗体動信号が的中した平均ヒット率は50%台にとどまった。これは非利き手手首の活動量だけでは把握できない全身的な体動様式が存在を示す結果であった。

### 考察

本研究は多部位アクチグラフを標準部位の非利き手首、胸部、腰部および足首の4部位から連続7日間記録し、サーカディアンリズム、睡眠・覚醒状態および日中の行動内容の点から活動量を統計的に分析した。その結果、アクチグラフの活動量は手首と胸部で多く、腰部と足首で少ないという部位差があり、その差は睡眠・覚醒の状態および日中の異なる行動カテゴリ（授業を除く）でほぼ一貫した。また、いずれの部位も日中の行動カテゴリの種類の違いを反映した活動量を示した。標準部位の手首と同様の情報が他の3部位のアクチグラフから得られることが明らかになった。

本研究は約24時間周期の休息・活動のサーカディアンリズムの出現を標準部位の手首とともに胸部、腰部、足首において確認した最初の報告であろう。従来、手首での測定が容易でない乳幼児の足首あるいは腰部のアクチグラフ測定においてもサーカディアンリズムあるいはウルトラディアンリズムの発生が確認されている[14-16]。本研究結果はそうした先行知見を支持するものと考えられた。サーカディアンリズムにはリズムの位相後退を示す部位差があったが（手首と比較して胸部で28分、腰部で16分、足首で82分ほど延長）、それがなぜ発生したのかは現在のところ不明である。今後、心身の発達状態や病態に応じて手首以外の部位での活動量の測定が積極的行われ、多部位アクチグラフの有用性と可能性をさらに検証することが望まれる。

測定部位の一致率は4部位の活動ありで44.8%であったが、活動なしは22.2%と意外に低率であった。これは一般に中途覚醒が多いとされる高齢者を対象としたためかもしれない。加藤ら[6]によると、四肢（両側の手首と足首）と体幹（左右腰部）の一致率は体動ありで47.8%と56.9%であり、体動なしで72.6%と80.0%と高い。四肢と体幹を合わせた一致率が報告されていないので本研究と直接対応づけはできない

が、体動ありの成績は本研究に近いようである。これは睡眠時に複数の身体部位が連動して活動する可能性を示唆する。体動なしの結果の不一致は、加藤らの研究が青年を対象に睡眠ラボでPSG電極を身体に装着した拘束状態で実施されたのに対し、本研究は高齢者を対象に在宅睡眠という無拘束に近い状態で行われたという測定条件の差異がその一因かもしれない。

測定部位間の相関構造は活動量の変化の方向と強さに関する情報を提供するが、覚醒時間帯と睡眠時間帯の間にみられた相関構造の差異は当初は予想されなかった。つまり、覚醒時の手首、胸部、腰部を軸とした相関関係は睡眠時に失われ、代わって胸部、腰部、足首を軸とする相関関係が相対的に強まった。測定部位の相関構造の睡眠時間帯における変化は睡眠関連の体動（恐らく粗体動）を反映する可能性を示唆し、全身的活動として粗体動をとらえるという考え方（4部位の活動を区画単位で合算した総活動量）を導いた。

粗体動の検出は活性部位数と総活動量の臨界点を設定して試みた。その結果、粗体動は入出眠の難易、中途覚醒の頻発を内容とした睡眠日誌と対応する傾向を示した。また、標準的測定部位の非利き手手首の活動量から推定される覚醒状態（中途覚醒）のヒット率の低さは（表4）、手首のみの測定では睡眠時体動を高い精度で評価できないことを示した。これらは多部位アクチグラフによる睡眠時粗体動のアプローチの有用性と可能性を示唆する結果と考えられた。

## 文 献

- [1] 白川修一郎(1989) 睡眠中の体動の動態とその役割. 脳波と筋電図, 17:221-234.
- [2] 萬代幸・岩崎菜里奈・渡邊麻結(2019) 睡眠時体動発現と睡眠段階との関連性の検討. 第29回日本睡眠環境学会学術大会抄録集:86.
- [3] 古田士賢一・井川正治(2017) 寝返りについての筋電図学的考察. 第26回日本睡眠環境学会学術大会抄録集:48.
- [4] 岡田志麻・大野ゆう子・検見崎兼治他(2009) 動画像による睡眠時の体動検出. 日本感性工学会論文誌, 8(3):709-715.
- [5] 神林優太・荻原啓(2012) 体動の出現頻度を用いた睡眠周期推定の試み. 生体医工学, 50(1):99-104
- [6] 加藤雅也・荻原啓(2014) 計測部位の違いによる睡眠時体動の特徴抽出. 生体医工学, 52(4):175-180.
- [7] 広重佳治・橋本康代(2007) PSG artifact法による睡眠時体動は行動的体動をとらえているか? 生理心理学と精神生理学, 25(2):165.
- [8] Tamura,T,Zhou,J,Mizukami,H et al.(1993) A system for monitoring temperature distribution in bed and its application to assessment of body movement. *Physiological Measurement*, 14: 33-41. doi: 10.1088/0967-3334/14/1/005.
- [9] Watanabe K,Watanabe T,Watanabe H et al.(2005) Noninvasive measurement of heartbeat, respiration, snoring and body movements of a subject in bed via a pneumatic method. *IEEE Trans. Bio-Medical Engineering*, 52(12): 2100-2107. doi: 10.1109/TBME.2005.857637
- [10] 白川修一郎(2008) 長時間行動・体温モニタリング. 生体医工学, 46(2): 160-168.
- [11] Mogenthaler T, Alessi C, Friedman L et al.(2007) Practice parameters for the use of actigraphy in the assessment of sleep disorders : An update for 2007 *Sleep*, 30(4):519-529. doi: 10.1093/sleep/30.4.519.
- [12] 碓氷 章(2009) 行動ロガーの測定と解析 睡眠医療 3: 238-244.
- [13] 江藤宏美・堀内成(1999) 生後6週間の正常児の睡眠・覚醒の判定—actigraphとstateの比較. 聖路加看護学会誌, 3(1):19-23.
- [14] Nishihara K,Horiuchi F,Eto H, et al.(2002) The development of infants' circadian rest-activity rhythm and mothers' rhythm. *Physiology and Behavior*, 77:91-98. doi: 10.1016/s0031-9384(02)00846-6.
- [15] 新小田春美, 木下義晶, 光武玲子他(2015) NICU環境(照度・音刺激)における 早産児の睡眠と身体活動生理学的反応への影響— 日内変動と昼夜別比較から —. 三重看護学誌, 17(1):35-44.
- [16] Asaka Y & Takada S (2016) Longitudinal Evaluation Nocturnal Sleep Behaviors of Healthy and Well Developed Children Born Prematurely. *Open Journal of Pediatrics*, 6: 48-52. doi: 10.4236/ojped.2016.61009
- [17] 矢野正(2018) 1歳児における身体活動量と睡眠・覚醒に関する研究—伝い歩き期と自力歩行期の比較—. 大阪体育学研究, 48:147-155.
- [18] Cole R J, Kripke DF, Gruen W et al. (1992) Automatic sleep/wake identification from wrist activity. *Sleep*, 15(5): 461-9. doi: 10.1093/sleep/15.5.461.
- [19] 広重佳治(2011) 小児期から青年期までの睡眠問題を



考える：大学生の睡眠改善の試み．睡眠医療, 5(4):442-448.

(2021年10月19日受稿, 2021年11月24日受理)

## A Pilot Study on the Multi-Actigraphic Assessment of Daytime Behaviors and Gross Body Movements in Nocturnal Sleep

HIROSHIGE Yoshiharu <sup>(1)</sup>

This pilot study aimed at providing the basic data of multi-actigraph which simultaneously measured the activity of the four left sites of the body: non-dominant wrist, chest, lumbus and ankle. Recordings were made for 7 consecutive days in one healthy elderly male under normal daily life. Analyses of time series data revealed the common trends of activity to the four sites, indicating circadian rhythm of around 24h cycle, differences in daytime behavioral contents and sleep state, although their levels of activity significantly differed. On the basis of concordance rate, correlation of activity between sites, and distribution of total activity, the critical points for both the activity counts and active sites were set to detect the signals of gross body movements (GBMs). Appearances of GBMs during sleep showed a tendency to correspond to the sleep log which contained difficulty in falling asleep and frequent awakenings after sleep onset. The helpfulness of multi-actigraphic approach to wakefulness and sleep was discussed.

Keywords : actigraph, sleep/wake, circadian rhythm, behavioral contents, gross body movements

---

<sup>(1)</sup>Fukuyama City University, Professor Emeritus, Part-time Lecturer