

早期産児の睡眠覚醒リズムの形成

Formation of sleep-wake rhythm of preterm infants

中 島 登美子*

Tomiko NAKAJIMA

Abstract

The purpose of this study was to explain the sleep-wake rhythm by focusing on the nighttime sleep of premature infants at 4 months of age. The circadian rhythm is, natural, internal process that regulates the sleep-wake cycle and the basis of lifelong autonomous activity. In this method, the activity amount was measured using an actigraph, the sound pressure was measured using a micromini sound type sensor, and the light was measured using a micromini optical sensor over a period of for 72 hours. As a result, total sleep time tended to be short, but deep sleep accounted for a relatively large amount.

It was found that when the mesor, amplitude, and acrophase, which are indicators of sleep-wake rhythm formation, were synchronized with the 24-hour rhythm and adjusted to the environment, there were large individual differences. Therefore, in order to support longterm development of sleep-wake rhythms, it is necessary to create a family support program that regulates daily life rhythms at home.

キーワード：早期産児・睡眠覚醒・日常生活

I. はじめに

人は乳児早期に環境に同調する概日リズムを築きあげており、生涯の自律的な生活行動を支える源となる¹⁾。概日リズムは生物学的に定められた道標をもとに、環境からの受光と養育者の関わり等が手がかりとなり、生活リズムと同調しながら生後4か月頃迄に形成される²⁾。生体内の概日リズムは可視化できないが、睡眠覚醒から読み解くことができる。睡眠覚醒リズムは、胎児期から形成される生物学的基盤のうえに日常生活行動を支える周囲の関わりが加わることで機能が活性化されるため、出生週数が早いほど睡眠覚醒リズムは環境の影響を受けやすい³⁾。新生児期から乳児期にかけて浅い睡眠の比率は減少し、日中の覚醒時間の増加と夜間にまとまった眠りを得て睡眠覚醒リズムが形づくられる。出生後数か月間において概日リズム形成に果たす環境の役割は大きく、家族の日常生活行動、季節等の周囲環境の規則的なリズムの影響を受けて睡眠覚醒リズムが形づくられる。

乳児は生後2か月頃から周囲の生活リズムや1日の明暗のある環境に同調しはじめ、順調に発達している場合は4か月頃迄に睡眠覚醒リズムが形成されるため、4～5か月頃の子どもの眠りの状態をみることで発達を推測することが可能となる。なお、早期産児は出産予定日をもとにした月齢で成長発達をみるため、本研究の対象の月齢表記は修正月齢とする。

早期産による発達への影響を予防するため新生児集中治療室(NICU)の環境を整えることが推奨されている⁴⁾。それらは、子どもを取り巻くアラーム等の音環境を低減すること、明暗のある日周リズムをもつ光環境への配慮、医療処置に伴い覚醒刺激となり得る子どもに触れること等を予防し、子ども

*関西国際大学 保健医療学部

の眠りとめざめに適したケアを行うことである。その短期的成果は比較的良いが、長期的には軽微な発達障害が高率に認められる等の課題を残している⁵⁾。また、発達上の課題は就学後に表面化することが多く、その発現を予測することは容易ではない。子どもの発達が順調であるかは、睡眠覚醒リズムの形成等から推察されるため、早期から子どもの発達に適した環境を整え、子どもにあった関わりを行うことが重要で家族の参加が必要となる。

概日リズム形成に影響する主な要因として受光があり、夜間の睡眠環境を整え良質な睡眠を得るため室内照度は低く、また、眠りを妨げないよう低音圧(dB)が推奨されている⁴⁾。概日リズムの形成過程において、日常生活の中で睡眠覚醒はどのように変化するか未解明である。そのため、本研究は月齢4か月における早期産児の夜間睡眠に焦点を当て、睡眠覚醒状態を解明することを目的とする。早期産児の夜間睡眠の状態を明らかにすることは、その睡眠と発達を支えるケア環境を整えることにつながる。

II. 研究方法

1. **対象と期間**：早期産で出生しNICU退院後に家庭で生活している月齢4か月の子ども7名を対象とし(表1参照)、2012年2月～2013年2月にデータ収集を行った。

表1 対象の属性

no.	出生時の子どもの状況				母親の属性		
	在胎週数	出生体重(g)	きょうだい	母の年齢	出産経験	出産様式	同居家族
1	27週	972	1	34	経産	帝王切開	4人
2	26週	867	0	29	初産	帝王切開	3人
5	33週	1,482	2	39	経産	帝王切開	5人
3	27週	1,138	1	32	初産	帝王切開	4人
4	27週	920	1	32	初産	帝王切開	4人
6	35週	1,794	2	34	経産	帝王切開	6人
7	34週	1,992	0	29	初産	経産	5人

2. **測定方法**：測定変数は、活動量の測定から睡眠と覚醒を抽出、室内の環境音(dB)および光環境(Lx)を測定した。測定機器は、活動量はアクティグラフ、音環境(dB)はマイクロミニ音型センサー、光環境(Lx)はマイクロミニ光型センサーを用いた。アクティグラフは、3次元軸に組み合わされた圧センサーを内蔵し重力加速度を測定する機器である。マイクロミニ音型センサーは音圧40～80 dBを測定、マイクロミニ光型センサーは照度を測定し、いずれも1分計測値を保存する。
3. **データ収集方法**：子どもの睡眠覚醒リズムを調べるため、アクティグラフを用いて活動量を72時間程測定し、家庭の室内環境音量と照度は、環境測定センサー(マイクロミニ音センサー、マイクロミニ光センサー)を用いた。72時間測定は、Thomas et al⁶⁾の報告をもとに、ごく短い時間スケールでみても、全体的に俯瞰しても同じような変化の特徴を示すという活動量の時系列データにおける自己相似性をもとに決定した。アクティグラフは1分毎の活動量を測定する機器である

ため、身体の中のどの部位に装着しても測定可能であり、日常生活に支障のない腹部に固定するようにした。子どもが嫌がる場合は、機器をとりはずしていいこと、また機器は水に弱いため入浴時には外すこと、多少水分が付着しても支障はないことを留意点として伝えた。音環境測定器と光環境測定器は、子どもの生活する場所に設置するよう依頼した。子どもの発達調査は、デンバーⅡ予備判定票 0～9 か月用、普段の子どもの眠りと育ちは自記式調査票を用いた。自記式調査票の項目は、子どもの就寝時刻、熟睡感、夜間の啼泣、起床時刻、起床のスムーズさ、昼寝、機嫌等の普段の子どもの眠りとめざめについてである。母親から聴取した子どもの眠りと育ちをもとに、測定データが普段の睡眠覚醒状態を表しているか検討した。

4. **分析方法**：睡眠と覚醒の判別は、解析ソフト Action 4 と AW2 によるコサイナー法を用いた。また、1 分毎の体動数値から詳細な解析を加えて判定するため、測定データをエクセルに移行し、24 時間の活動量、日中と夜間の平均活動量、活動幅、変動値、変動周期等をもとに睡眠覚醒状態を解析した。判定基準は先行研究をもとに、深い眠りは活動指数 0～9 が 5 分以上続くこと、覚醒は昼間の活動指数をもとに 100 以上が 5 分以上続くこと、深い眠りと覚醒の間に浅い眠りがあり、これをまどろみとした。まどろみは活動指数 10 以上から 99 以下が 5 分以上続くことをいう。環境音圧と照度の基準値は、アメリカ小児科学会の推奨値をもとに判断した⁴⁾。推奨値は、音環境は 45 dB を超えないこと、光環境は、昼間は 100～200 Lx、夜間は 50 Lx、昼夜の区別をつけることである。また、データ分布のばらつきをみるため、標準偏差を平均で割った変動係数を求めた。変動係数は、値が小さいほど測定の精度が高くばらつきが小さいことを表す。図表は、2 日目のデータを用いた。
5. **倫理的配慮**：対象は大学病院の NICU を退院前に NICU 師長から紹介を受け、研究についての説明は文書と口頭で研究者が母親に行った。対象が修正 4 か月になった頃に家庭訪問し、研究への参加意思を確認し測定を開始した。研究の説明内容は、研究の意義と目的、研究参加依頼理由、参加の任意性、同意の撤回、研究方法、研究期間、個人情報保護、研究結果の公表等の倫理的配慮であり、所属大学および調査施設の臨床研究倫理委員会の承認を得て実施した(臨 B12-04)。

Ⅲ. 結果

1. 睡眠時間

1.1. 総睡眠時間

睡眠時間は AW2 の集計を用いた。4 名は 10～12 時間あったが、3 名は 8～9 時間とやや短い傾向を示した。睡眠と覚醒は、識別可能な明瞭さがあった(表 2, 図 1 参照)。

表 2. 睡眠・覚醒時間

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7
睡眠時間	11 時間 31 分	11 時間 52 分	9 時間 40 分	9 時間 9 分	10 時間 24 分	12 時間 39 分	9 時間 46 分
睡眠覚醒比率	47. 97%	49. 44%	40. 27%	38. 13%	43. 33%	52. 71%	40. 69%
夜間入眠時刻 (±標準偏差)	20 時 39 分 (±6)	21 時 04 分 (±8)	23 時 16 分 (±13)	23 時 38 分 (±4)	21 時 31 分 (±33)	22 時 31 分 (±48)	21 時 39 分 (±28)
起床時刻 (±標準偏差)	5 時 00 分 (±65)	7 時 52 分 (±7)	7 時 37 分 (±97)	7 時 04 分 (±44)	7 時 58 分 (±21)	9 時 19 分 (±42)	6 時 39 分 (±53)

註) 標準偏差の単位は分を表す

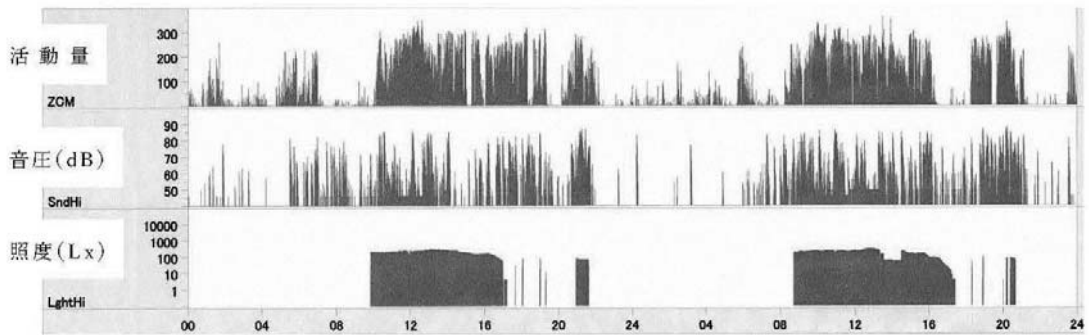


図1, ケース1の活動量, 室内音圧, 室内照度 (Double Plot にて表示)

1.2. 睡眠覚醒状態(比率)

睡眠・覚醒比率は40%~50%程を示していた(表2参照)。夜間睡眠中の活動指数の変動係数は、昼間覚醒中の変動係数よりも高かったが、共に変動は少なく安定していた(表3参照)。

表3. 睡眠・覚醒状態

	ケース1	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース7
屋間活動量 (±SD)	147(±109)	192(±94)	118(±103)	134(±101)	101(±90)	171(±104)	181(±99)
活動 パターン 変動係数	0.74	0.48	0.87	0.75	0.89	0.60	0.54
夜間活動量 (±SD)	15(±30)	39(±77)	38(±62)	6(±18)	11(±30)	19(±37)	56(±69)
変動係数	1.96	1.97	1.63	2.73	2.65	1.93	1.05

2. 夜間の睡眠覚醒

夜間の睡眠覚醒は、入眠時刻と起床時刻、夜間睡眠の眠り、夜間入眠潜時の眠り、起床時の眠り、朝寝の眠りから検討する。睡眠覚醒の状態は、眠りの深さの推移から抽出した。眠りの深さは、深い眠りと覚醒との間に浅い眠りがあり、これをまどろみとした。

2.1. 入眠時刻と起床時刻

入眠時刻は20時~23時と個人差があり、6名は21時以降の入眠、3名は22時以降の入眠であった。起床時刻は、5時から9時であった。入眠時刻が23時過ぎの2ケースは、入眠時刻はほぼ一定しているが起床時刻に変動があった(表2参照)。

2.2. 夜間睡眠の眠りの深さ

夜間睡眠は、深い眠りが36%~79%、まどろみは19%~40%であった。6ケースは深い眠りがまどろみを上回っていたが、ケース7はまどろみが深い眠りより上回っていた(表4参照)。

表 4. 夜間睡眠の眠りの深さ

		ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7
夜間睡眠	深い眠り (%)	338 (64%)	428 (67%)	255 (58%)	270 (79%)	360 (74%)	327 (56%)	184 (36%)
	まどろみ (%)	163 (31%)	125 (20%)	121 (27%)	67 (20%)	112 (23%)	225 (38%)	205 (40%)
	覚醒 (%)	24 (5%)	85 (13%)	66 (15%)	5 (1%)	12 (3%)	33 (6%)	121 (24%)
	小計	525	638	442	342	484	585	510
夜間入眠潜時	深い眠り (%)	13 (33%)	3 (18%)	1(2%)	6 (10%)	3 (10%)	0 (0%)	3 (20%)
	まどろみ (%)	26 (65%)	8 (47%)	20 (44%)	37 (63%)	18 (58%)	5 (38%)	11 (73%)
	覚醒 (%)	1 (2%)	6 (35%)	25 (54%)	16 (27%)	10 (32%)	8 (62%)	1 (7%)
	小計	40	17	46	50	31	13	15
起床時	深い眠り (%)	8 (22%)	13 (52%)	34 (74%)	2 (18%)	52 (64%)	0 (0%)	6 (16%)
	まどろみ (%)	23 (62%)	8 (32%)	12 (26%)	9 (82%)	24 (30%)	6 (100%)	28 (74%)
	覚醒 (%)	6 (16%)	4 (16%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (6%)	0 (0%)	4 (10%)
	小計	37	25	46	11	81	6	38

註) 数値の単位は分を表す

2. 3. 夜間の入眠潜時の眠り

夜間入眠潜時の眠りは、まどろみが約 40～60%を占めていた(表 4 参照)。

2. 4. 起床時の眠り

早朝起床時の眠りは、深い眠りが 50～70%占めたのは 3 ケースあり、まどろみが 60～80%占めたのは 3 ケースあった(表 4 参照)。

2. 5. 朝寝の眠り

朝寝は、早朝覚醒した後に再度入眠することをいう。朝寝のあったケース 1 の夜間睡眠は、20 時過ぎに入眠し、4～5 時間のまとまった睡眠の後に 2～3 時間程覚醒し、その後 2～3 時間程の朝寝が生じていた(図 1 参照)。

これらから、夜間睡眠は深い眠りが多く、入眠潜時はまどろみが多く、起床時は深い眠りとまどろみどちらもあり、朝寝のあるケースもあったことを示していたといえる(表 4 参照)。

3. 概日リズム指標

周期的に変動する測定値のリズムの平均を表すリズム平均(mesor)は 70～134、測定値の時間変動の幅を表す日内変動(amplitude)は 46～101 であり、個別性が大きかった。リズムに最も近似する頂点の位相を表す頂点位相(acrophase)は 14 時～15 時であり、昼間に活動のピークがあることを示していた。24 時間自己相関は、22 時から 24 時の間にあった(表 5 参照)。

これらは、頂点位相と 24 時間自己相関は一定の範囲内にあるが、リズム平均と日内変動はケースにより幅があり個別性が大きいことを示していた。

表 5. 概日リズム指標

	ケース 1	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 7	
指標	リズム平均 (mesor)	79.41	117.31	109.88	107.19	70.90	126.92	134.37
	日内変動 (amplitude)	77.19	80.75	56.66	47.20	46.89	101.61	84.18
	頂点位相 (acrophase)	14 時 11 分	14 時 09 分	14 時 50 分	15 時 04 分	14 時 41 分	15 時 42 分	14 時 07 分
	24hr 自己相関	23.43	23.52	22.35	23.08	24.07	24.18	24.32

4. 家庭内の光環境・音環境

室内光環境は、昼間の室内照度は100～200 Lx、夜間は入眠時から早朝の覚醒まで0 Lxであり、睡眠に適した光環境であった。室内音環境は、昼間は40～80dB、夜間は入眠後から早朝の起床までほぼ40 dB以下、夜間の覚醒中も40 dBが多く、睡眠に適した音環境であった。また、啼泣に関連すると思われる夜間の活動量と連動した40dB以上の音圧は、ほぼ1～2分以内で40dB以下に低減していた(図1参照)。

5. 子どもの発達と眠り

子どもの発達は、発達スクリーニングにより修正月齢相応であった。全ケースの母親は、子どもはよく眠っていると言っていた。昼間の活動量からも昼間に休息している時間は短く、母親が抱きかかえながら眠っていることがあるという。

IV. 考察

測定日数についてThomas, K. A., Burr, R. L.⁶⁾は、適切な測定日数を調べるため、平均日齢58(SD±10)の乳児と母親20組を4日間測定した結果、初日の数値には幅があるが、2日目からの測定値は安定していたため、2日間測定することで適切な測定結果が得られると報告している。そのため、本研究では初日の数値を除外し、2～3日目の数値を分析する予定で、測定期間を3日間とした。得られた測定データからは、分析に適した数値が得られていたといえる。

夜間の睡眠時間は短い、深い睡眠が多いことを示し、変動指数は小さかった。推奨されている睡眠時間は、4か月児は14～15時間⁷⁾であることと比べ、本研究の睡眠時間は短いといえる。但し、この数値は、測定方法の異なりが反映している可能性がある。睡眠の測定には、脳波を含む終夜睡眠ポリグラフ、アクティグラフ等を用いた活動量測定、ビデオ撮影等があり、異なる指標を用いていることもあり数値は測定法により異なる。本研究の対象は乳児であり、昼間は家族が抱いたりしている時間が長い傾向にあることから、全ての眠っている時間が反映されていない可能性がある。また、母親は子どもが夜間よく眠っていると言っていたことから、総時間にプラスして捉える方が現実的と思われる。

入眠潜時はまどろみが40～60%を占めていた。成人は入眠後に深い睡眠に入り、睡眠後半にレム睡眠が多くなるが、乳児の入眠は浅い眠りから入ることを示唆している。また、夜間の睡眠覚醒は昼間の活動量の影響を受けていることが考えられ、今後、昼間の活動量や入眠潜時に至るまでの睡眠覚醒周

期との関連から検討する必要があると考える。

本研究の活動量は、入眠潜時にまどろみが多かったが、夜間睡眠では深い眠りが多かった。睡眠中の体動は、中枢神経系の発達に伴い減少するという⁸⁾。浅い眠りが多いといわれる乳児期の眠りは、夜泣き等の睡眠課題も多く、眠りの深さやぐっすり眠れているか等を体動との関連から検討していく必要もあると考える。

入眠時刻は20～23時を示したが、個人内での変動幅は小さかった。入眠時刻の変動幅が小さいことを睡眠覚醒リズムの規則性があると捉える⁹⁾。このことは、4か月の早期産児に睡眠覚醒リズムの規則性があることを示唆している。また、24時間活動のピークを示す頂点位相は14～16時の間であり、昼夜の明暗に合わせられるリズムがあることを示唆している。日内変動および振幅は比較的大きいケースが多く、これらの変動は乳児の睡眠覚醒リズムが日々調整されていることを反映していると考えられる。朝の起床と夜の入眠時刻が規則的になるには、環境の情報を手がかりに周期24時間に生体時計を合わせることができるようになって可能となる。睡眠覚醒リズムが概日リズムに同調してくるのは生後3か月という報告¹⁰⁾、および生後3か月迄の乳児の活動と体温は、1か月頃から環境に同調し始め、3か月頃に平行した同調があるという¹¹⁾。本研究の対象は月齢4か月であることを考慮すると、日常生活におけるリズムを整える関わりを必要としているといえる。

このように生後3～4か月は、環境に同調し始める頃であり、繊細な時期であるといえる。概日リズムの形成は、睡眠覚醒リズムの同調や体温との同調等を通し、養育環境のもとで生後早期から生涯の基盤となる自律性を育むため²⁾、環境を整えていく必要があるといえる。

7名中3名は22時以降の入眠であり、全体的に入眠時刻はかなり遅い傾向にあった。睡眠覚醒リズムは生活習慣と共に形成されるため、家族の生活リズムの影響を受けていることが示唆される。家庭内の音環境と光環境は、睡眠に適切な環境が整えられていたが、各ケースの睡眠覚醒状態は個性があり、環境の影響を受けやすく変動しやすいといえる。

衛藤らは¹²⁾、2010年度の調査から子どもの入眠時刻は21時が最も多く、活動は夜型化しているという。生活の夜型化は、ホルモンの分泌にも影響し体調不良につながる可能性がある¹³⁾。乳児早期に活動の夜型化がみられることは、後の成長発達に及ぼす影響が懸念されるため検討が必要と考える。

胎生期25週から概日リズムのペースメーカーは機能しているため、概日リズム形成の観点から早期産児の光環境には配慮することが勧められている¹⁴⁾。本研究の対象は、NICUにおいて光環境に配慮した環境のもとでケアを受けており、このことは睡眠覚醒リズムが順調に形成されている背景にあると考えられる。

夜間の覚醒前後の音環境は、啼泣とみられる音圧は1～2分と短い、あるいは活動量と音圧が連動していないケースもあり、夜間の覚醒に啼泣は先立っていないケースもあった。このことは夜間覚醒時においても睡眠が継続されるよう配慮されていることを示唆する。母親が夜間子どもの様子をもとに授乳していることは多く、子どもの覚醒は啼泣以外の誘因が関与する可能性もあると考える。

生体リズムは、目覚めている時間帯にも夜間睡眠と同じような周期がある¹⁵⁾。入眠の時刻依存性が4か月頃に表れているということは、昼間にも周期が存在することを示唆する。朝寝が発生する時間は、入眠後にまとまった眠りを経た後に生じており、朝寝を周期性から検討する必要もあると考える。これらの入眠中の活動量および昼間の活動量から周期を検討することは、夜泣き等の乳幼児期の睡眠課題を解決する糸口につながると考える。

V. 研究の限界と今後の課題

本研究の対象は、数量的に少なく、偏りがあるため限界といえる。今後は対象数を増やし検討すること、睡眠覚醒リズムの形成から長期的な発達を支えるため、家庭における日常生活リズムを整える方法を検討すること等が課題である。

謝辞

ご協力いただきました対象の皆様、ご紹介いただいた施設の看護師長様、看護部長様に深くお礼申し上げます。

本研究は JSPS 科研費基盤 (C)22592516 の助成を受けたものです。本研究は、開示すべき利益相反はありません。

【引用文献】

- 1) 神山潤『睡眠の生理と臨床 健康を育む「ねむり」の科学 改訂第2版』診断と治療社, 9-17頁, 2008
- 2) 瀬川昌也「幼児の眠りの調整」鳥居鎮夫編著『睡眠環境学』朝倉書店, 110-123頁, 1999
- 3) 瀬川昌也「発達過程にみる睡眠・覚醒リズムの異常」『神経進歩』36(6), 1029-1040 頁, 1992
- 4) “Consensus Committee on Recommended Design Standards for Advanced Neonatal Care: Recommended standards for newborn ICU design”, *Pediatrics*, 100(4), 724-727 頁, 2007
- 5) 中村肇, 上谷良行, 芳本誠司, 三科潤, 大野勉, 橋本武夫, 中尾秀人, 小田良彦, 李容桂, 楠田聡, 側島久典, 梶原真人, 後藤彰子, 北島博之, 多田裕「超低出生体重児の6歳時予後に関する全国調査成績」『日本小児科学会雑誌』103 巻 10 号, 998-1006 頁, 1999
- 6) Thomas, K.A., Burr, R.L., “Circadian research in mothers and infants: How many days of Actigraphy data are needed to fit cosinor parameters?”, *Journal of Nursing Measurement*, 16(3), 201-206, 2008.
- 7) 前掲書 1), 14 頁
- 8) 橋本俊顕, 日浦恭一, 鈴江純史, 河野登, 小林羊子「発達に伴った睡眠中の体動の変動について」『脳と発達』11 巻 2 号, 149-155 頁, 1979
- 9) 前掲書 1), 99 頁
- 10) Zornoza-Moreno M. Fuentes-Hernandez S. Sanchez-Solis M. Rol M.A., “Assessment of circadian rhythms of both skin temperature and motor activity in infants during the first 6 months of life”, *Chronobiology International*, 28(4), 330-337, 2011
- 11) Glotzbach S F. Edgar D M. Boeddiker M. Ariagno R., “Biological rhythmicity in normal infants during the first 3 months of life”, *Pediatrics*, 94(4), 482-488, 1994
- 12) 衛藤隆「平成 22 年度厚生労働科学研究費補助金 成育疾患克服等次世代育成基盤研究事業 幼児健康度に関する継続的比較研究 平成 22 年度 総括・分担研究報告書」12 頁, 2011
- 13) 前掲書 1), 106-113 頁
- 14) Revkees S.A., “Developing circadian rhythmicity in infants”, *Pediatrics*, 112(2), 373-381, 2003
- 15) 橋本聡子, 本間研一「生物リズム」鳥居鎮夫編著『睡眠環境学』朝倉書店, 23-36 頁, 1999