

## 無拘束センサマットを用いた乳幼児の睡眠状態の推定

## Baby Sleep State Estimation by Non-Restraint Sensor Mat

○佐藤生馬 (はこだて未来大) 藤野雄一 (はこだて未来大)

Ikuma Sato, Future University HAKODATE  
Yuichi FUJINO, Future University HAKODATE

**Abstract:** Recently, a childcare environment is changing because of a growth in nuclear families. As a result, many young mothers would become nervous on childcare. Especially, a baby's night cry often causes mother's stress in early childcare. Furthermore, a baby's night cry is caused by baby's irregular sleep-wake rhythm. Therefore, we focus on a baby's sleep rhythm in order to decrease mother's stress. However, baby's sleep rhythm measurement is difficult to use to restraint type sensors of electroencephalograph etc. by a psychological factor of mother's. We propose estimation method of baby's sleep rhythm and sleep state by non-restraint sensor. In this study, we verify visualization of baby's sleep state by non-restraint sensor mat. The estimation method can visualize sleep states of active and quiet sleep by baby's vibration sound data from the sensor mat. Therefore, we believe that the estimation method is effective for the visualization of baby's sleep rhythm.

**Key Words:** Childcare Support, Sleep Rhythm of Baby's, Night Crying, Awakening, Sleep Sensor.

### 1. 背景

子育てをしている母親の多くが子育てにおける不安やストレスを抱えている。以前は、夫婦の両親が同居していたことや近所付き合いなどにより、子育ての仕方の継承や子どもを預かってくれるなど子育てに協力してくれる人が近くにいた。しかし、今日では核家族化が進み、母親は1人で子育てをせざるを得ない状況となっている。その結果、母親は育児ノイローゼとなる場合があり最悪の場合には子どもを虐待してしまう事例も報告されている。

子育てにおける母親の不安やストレスは様々なものがあり、その中でも夜泣きによる睡眠不足は精神・肉体的に負担となっている<sup>1)</sup>。そして、母親は初めての子育てにおいて、乳幼児の覚醒時間を予測できない。しかし、第2子、第3子になると経験により乳幼児の夜間覚醒時間をある程度予測できるとされている。よって、初めて子育てをする母親にとってあらかじめ乳幼児の睡眠状態を可視化し、夜間に覚醒する時間を知る事で負担軽減になると考えられる。

乳幼児の夜泣きによる睡眠不足によるストレス解消のために、乳幼児の睡眠状態の可視化し、覚醒時間を知りたいという要求がある。夜泣きの主な原因は、大人と違い概日リズムが確定してないため、不規則な周期で覚醒してしまうことにある。そして、概日リズムが確定していない乳幼児の睡眠状態は動睡眠と静睡眠と分類されており<sup>2)</sup>、これらを繰り返す睡眠リズムがある。睡眠リズムの動睡眠は浅い眠りであり、大人のノンレム睡眠にあたり、静睡眠は深い眠りであるレム睡眠にあたる。このため、眠りの浅い動睡眠時に覚醒する確率が高いと考えられる。

乳幼児の睡眠状態である動睡眠と静睡眠の推定や可視化には、目視確認による方法<sup>3-4)</sup>、脳波計により乳幼児の脳波を計測する方法や加速度センサにより検出する方法<sup>5-6)</sup>がある。脳波計とセンサによる方法は、大人の睡眠計測用の機器を応用したもので精度及び信頼性も高い。しかし、乳幼児の睡眠を記録する際に、目視では負担となり、センサを付けると睡眠を阻害する可能性や母親に精神的な負担を与えてしまう可能性がある。このように、従来手法である脳波計等の拘束型センサの使用は難しい。このため、無拘束なセンサによる乳幼児の睡眠状態の可視化や覚醒時間の推定が一般家庭では有効である。

我々は母親の育児支援のために、乳幼児の睡眠を無拘束なセンサにより自動で計測し、睡眠状態の可視化と夜間の覚醒時間を推定する手法を提案してきた<sup>7-8)</sup>。提案手法は、夜間に乳幼児の布団の下に非拘束なセンサマットを敷き、呼吸、心拍や体動等の振動音の計測と解析を行った。そして、解析した呼吸数、心拍数と体動より、夜間の覚醒時間の推定を検討してきた。しかしながら、覚醒時間の推定には至っていない。よって、夜間の覚醒時間推定のために、精確に睡眠状態を推定して睡眠リズムを推定・可視化する必要がある。

本研究では乳幼児の睡眠リズムを推定・可視化するため、無拘束なセンサマットを使い乳幼児の体動の有無を基に動睡眠と静睡眠の睡眠状態推定の検討を行ったので報告する。

### 2. 方法

乳幼児の睡眠リズムを推定・可視化するため、無拘束なセンサマットを用いて乳幼児の体動の有無を基に動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定する。これまでに報告してきた手法と同様に、夜間に乳幼児の布団の下に非拘束なセンサマットを敷き、体動等の振動音の計測を行う。計測した振動音を周波数解析により、呼吸数、心拍数や体動等に分類する。そして、分類した状態より動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定する。また、乳幼児の状態を確認するために、暗視機能を有するビデオカメラを設置して記録する。

センサマットからの測定データを周波数解析し、一定期間内に体動が多い状態を動睡眠、体動が少ない状態を静睡眠と推定して分類する。また、静睡眠の始まりから動睡眠の終わりまでを1つの睡眠周期と定義する。測定データの周波数解析にはFFT解析を用いて、周波数毎の強度を求める(Fig.1)。解析結果より、体動と考えられる範囲の周波数の最大強度を閾値により、体動がある状態と体動がない状態と分類する。そして、一定期間内の体動の頻度より、動睡眠や静睡眠とする。

### 3. 実験

本実験では、センサマットを用いて夜間の乳幼児を測定し、測定データより体動の有無を基に動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定する。実験の様子をFig.2に示す。Fig.2より、データ計測のために、乳幼児の布団の下にセンサマット

## Sensor data

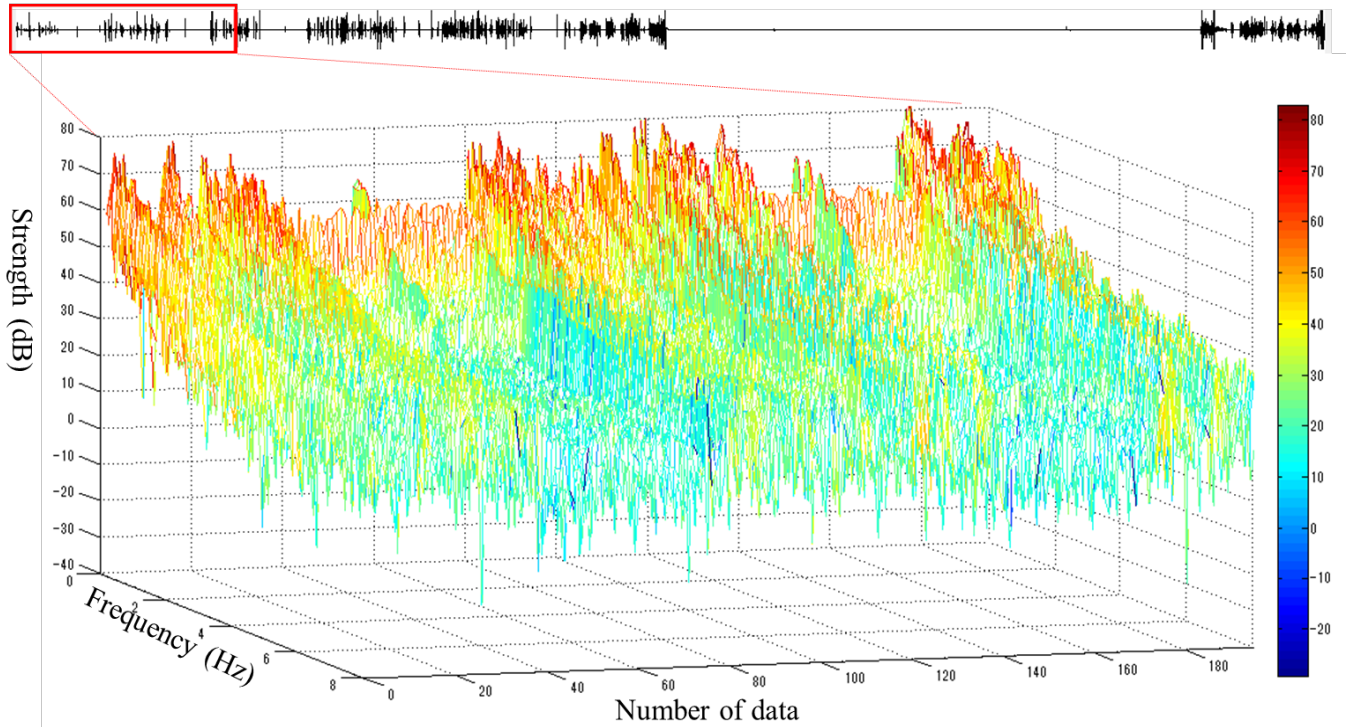


Fig. 1 Overview of data analysis

(スリープスキャン SL-504, TANITA Corp.)を敷いて計測を行った。そして、乳幼児の状態確認のために、顔が確認できる位置にビデオカメラ(HDR-PJ760V, Sony Corp.)を設置して状態を記録した。Table 1 に測定対象の条件を示す。Table 1 より、男の乳幼児の生後3~7ヶ月を対象に、3ヶ月と4ヶ月を1回、7ヶ月を2回の計4回の計測を行った。



Fig. 2 Overview of experimental Setting

Table 1 Experimental condition

Age in month	The age of 3 - 7 months	
Sex	Man	
Weight	5.9kg - 7.6kg	
Experimental date and hour	1.	2013/09/27 22:30~06:46
	2.	2013/11/06 23:28~08:56
	3.	2014/01/22 23:39~07:00
	4.	2014/01/28 23:11~06:50

## 4. 結果

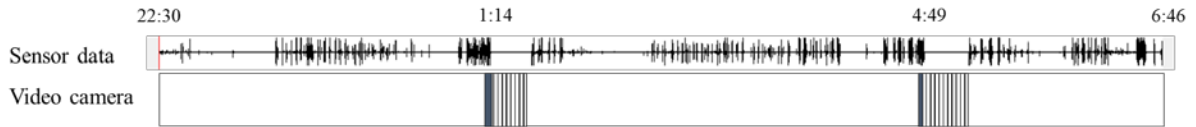
Fig. 3 に計測を行った4回分のセンサマットからのデータとビデオカメラのデータから目視により分類した状態を示す。ビデオカメラのデータから、夜間に泣く状態、泣いたために母親が抱っこした状態や目をあける状態が見られた。これらより、ビデオカメラからの状態を以下の7つに分類した。

1. Sleep state: 目をつぶっている状態を睡眠
2. Awake state: 泣いてはいないが目を開けて周囲を観察しているような状態を覚醒
3. Before cry: 泣く前の声を出しているが完全に泣き始めている状態
4. Cry: 完全に泣いた状態(以下 啼泣)
5. Absence: 母親が抱きかかえてセンサマットの上から乳幼児がいなくなった状態を不在
6. Milk: ミルクを飲んでいる状態
7. Unknown: カメラのデータからは確認出来ない状態

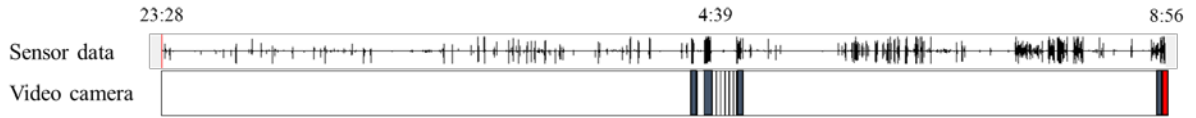
1回目の実験では、乳児は生後3ヶ月弱で、夜間の覚醒が2回あり、その結果母親が乳児を抱きかかえたためにセンサマットの上からいないという状態が2回起こった。乳児が生後4ヶ月の時に行った2回目の実験では、夜間の覚醒が1回起こった。3回目と4回目の実験は、生後7ヶ月弱の時に行った。3回目の実験では、夜間の覚醒が起こらず、4回目の実験では、1回の覚醒があったがその後泣くことがなかったため、母親が抱きかかえるような状態は見られなかった。

Fig.4~7 に1~4回目の計測・解析結果からの体動の有無により分類した動睡眠と静睡眠及び静睡眠から動睡眠までの1周期とした睡眠周期を示す。Fig. 4より、夜間における覚醒が2回起こった。睡眠周期は、全部で7回見られた。静睡眠、動睡眠が覚醒に向けて短くなっている。Fig. 5より、

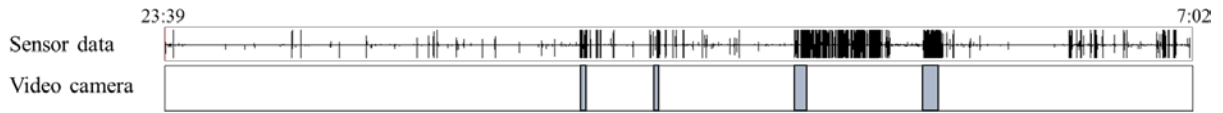
**Experimental date and hour: 1**



**Experimental date and hour: 2**



**Experimental date and hour: 3**



**Experimental date and hour: 4**

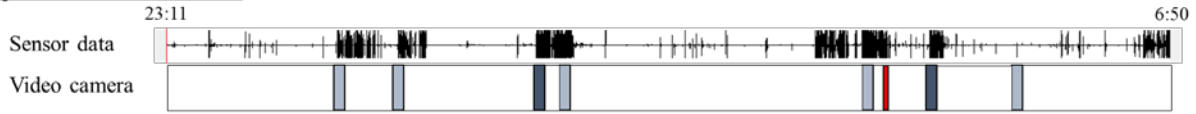


Fig. 3 Experiment results

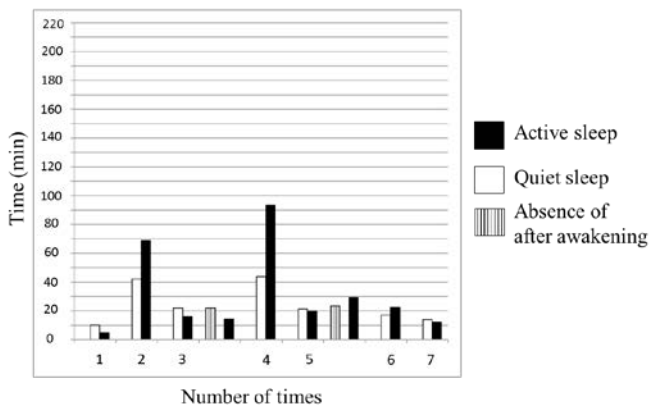


Fig. 4 First experiment result

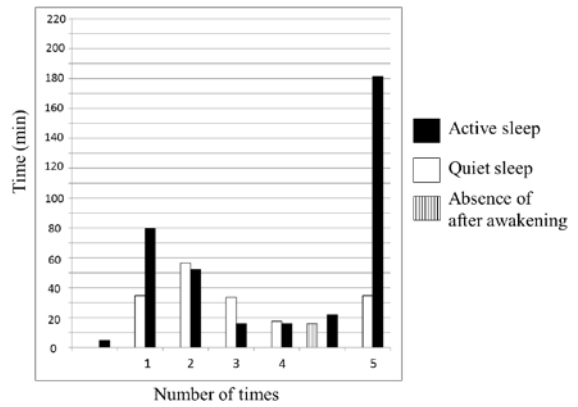


Fig. 5 Second experiment result

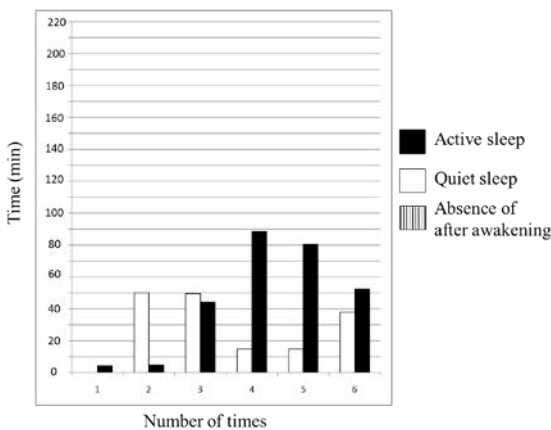


Fig. 6 Third experiment result

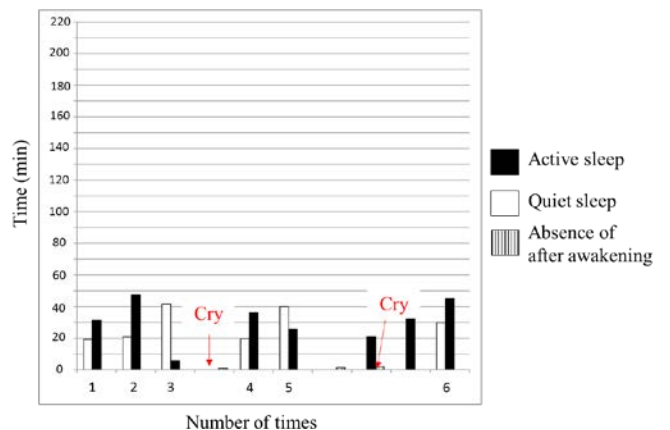


Fig. 7 Fourth experiment result

夜間の覚醒が1回起こった。睡眠周期は、5回見られた。実験1回目と同様、静睡眠、動睡眠が覚醒に向けて短くなっている。Fig. 6より、夜間の覚醒が起こらず、睡眠周期は6回見られた。静睡眠が短くなった際に動睡眠が長くなっている。Fig. 7より、夜間の覚醒が1回、啼泣が2回見

られたが、母親が隣に寝ながらとんとんやおしゃぶりを与えるなどをしたため乳児を抱きかかえるような状態は起こらなかった。睡眠周期は、6回見られた。比較的動睡眠が短く、静睡眠より動睡眠の方が短くなった睡眠周期の後に覚醒や啼泣が起こっている。

## 5. 考察

無拘束なセンサマットを用いて夜間の乳幼児の状態を計測し、体動の有無を基に動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定した。実験結果より、実験1回目と2回目において、静睡眠、動睡眠が徐々に短くなっていき、さらにそれらが20分前後になった睡眠周期のあとに夜間覚醒が起こった。実験3回目は、20分となる静睡眠の時に動睡眠が長くなっていった。実験4回目では、動睡眠より静睡眠が短くなった際に1回目の啼泣と覚醒が起こっている。また、同じ月齢で行った実験3回目と実験4回目では、睡眠と覚醒のリズムが異なっている。そして、動睡眠が静睡眠よりも短くなった睡眠周期の後に覚醒が起こっている。以上より、体動により分類した動睡眠、静睡眠とその睡眠周期から低月齢の乳児において覚醒への傾向の確認と夜間覚醒時間推定が可能であると考えられる。

今後は、被験者数を増やして更なるデータ取得を行い、睡眠状態と睡眠リズム推定方法と夜間覚醒への傾向を明確化する必要がある。その後、自動で睡眠状態と睡眠リズムを推定し、覚醒時間を推定可能とする。また、心拍や呼吸数も睡眠と関係があるため、これらの可視化を可能とする。さらに、夜の睡眠データだけではなく、昼間の活動と睡眠、夜間の睡眠環境なども考慮し、ライフログとして記録を行うことで乳児の睡眠を明確化する。

## 6. 結論

乳児の睡眠リズムを推定するために無拘束なセンサマットを使い乳児の体動の有無を基に動睡眠と静睡眠の睡眠状態推定の検討を行った。そして、1名の乳幼児に対して4回の計測実験データを解析し、動睡眠と静睡眠の睡眠状態推定した。いくつかの短い睡眠周期の後に乳児が覚醒することを確認した。このため、睡眠周期を数えることで覚醒時間を推定可能である。また、乳児が夜間に泣かずに起きたときは、睡眠周期は朝に向けて長くなる事を確認した。今後は、被験者数を増やし更なるデータ取得を行い、自動的に睡眠状態の推定を可能とし、睡眠リズムを可視化する。そして、睡眠状態と睡眠リズムより覚醒時間をあらかじめ推定可能とする。

## 謝辞

本研究はJSPS科研費#26560418の助成を受けたものである。また、実験の際に快く協力していただいた、ご家族に心から感謝の意を表します。

## 参考文献

- (1) 平松真由美, 高橋泉, 大森貴秀, 寺本妙子, 乳児の睡眠リズムと育児ストレスについて, 小児保健研究, vol.65, no.3, pp.415-423,2006.
- (2) 日本睡眠学会, 睡眠学, 朝倉書店, Vol.4, 2011
- (3) 島田三恵子, 瀬川昌也, 日暮眞, 最近の乳児の睡眠時間の月齢変化と睡眠覚醒リズムの発達, 小児保健研究, vol. 58, no. 5, pp. 592-598, 1999.
- (4) Avi Sadeh, Activity-based assessment of sleep-wake patterns during the 1st year of life, *Infant Behavior and Development*, vol. 18, no. 3, pp329-337, 1995.
- (5) 矢野正, 三村寛一, 幼児の睡眠・覚醒リズムと身体活動量, 大阪教育大学紀要, vol. 58, no. 1, pp. 201-211, 2009.

- (6) 新小田春美, 三島みどり, 浅見恵梨子, 松本一弥, 榎木晶子, 授乳期における乳児の睡眠・覚醒リズムの発達, 九州大学医学部保健学科紀要, 第5号, pp.87-100, 2005.
- (7) 金澤莉奈, 佐藤生馬, 藤野雄一, 子育て支援を目的とした無拘束センサによる乳児の夜間覚醒時間の推定に関する検討, 生活生命支援医療福祉工学系学会連合大会2014, ライフサポート学会, 2014.
- (8) Rina KANAZAWA, Ikuma SATO, Yuichi FUJINO, Estimating Babies' Awakening-time at Night Improving Childcare Support, *Proceedings of International Workshop on Informatics (IWIN2014)*, 2014.