

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 16 日現在

機関番号：20103

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26560418

研究課題名（和文）乳幼児の無拘束センサを用いた呼吸・脈拍・睡眠リズム計測による子育て支援システム

研究課題名（英文）Child Care Support System for Baby with Breathing, Pulse, and Sleep Rhythm Measurement by Non-Restraint Sensor Mat

研究代表者

佐藤 生馬（SATO, IKUMA）

公立はこだて未来大学・システム情報科学部・助教

研究者番号：00586563

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：核家族の増加により、これまでのように家族から子育ての知識や経験の継承及び支援が難しくなり、母親は強いストレスや不安を感じている。特に、夜泣きによる睡眠に関する問題は精神的にも肉体的にも負担となっている。よって、母親にあらかじめ乳幼児の睡眠状態を可視化し、夜間の覚醒時間を提示する事が負担軽減になると考えられる。しかし、乳幼児の睡眠を可視化する際にセンサを付けると睡眠の阻害や母親に精神的な負担を与えてしまう可能性がある。よって、本研究では無拘束センサマットによって乳幼児の睡眠を計測し、その情報から乳幼児の脈拍や呼吸および体動の状態を推測し、これらより睡眠リズムの可視化を行った。

研究成果の概要（英文）：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 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 propose visualization of baby's sleep state by non-restraint sensor mat. We performed the sleep measurement of the baby using a sensor mat and a video camera, and visualized sleep states of active and quiet sleep by baby's vibration sound data from the sensor mat.

研究分野：生体医工学

キーワード：育児支援 睡眠リズム 無拘束センサ 睡眠計測 静睡眠 動睡眠 見守り

1. 研究開始当初の背景

核家族の増加により、これまでのように母親や祖母から子育ての知識や経験の継承及び支援が難しくなり、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ご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。特に、第一子に関しては知識や経験の不足からこれらの負担が大きい。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るが、中でも夜泣きによる睡眠不足は精神的・肉体的に負担となっている[1]。そして、夜泣きや子育て支援に関する方法や対策として、起きる・泣きそうな時に母親の体内にいた時の音やノイズを聞かせる、ぬくもりを与えるなどがある。しかしながら、起きる・泣くタイミングが分からなければ十分に活用できないという問題がある。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らせ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、乳幼児の睡眠状態を可視化し、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[2]、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[3][4]、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[5][6]がある。これらの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。

本研究の最終目標は無拘束なセンサマットによって簡易に乳幼児の脈拍・呼吸数とその周期及び体動から、睡眠状態・睡眠リズムの推定アルゴリズムを提案する。そして、推定した状態から乳幼児の夜泣きや夜間覚醒などをあらかじめ知らせる子育て支援・見守りシステムを実現する。また、長期間の乳幼児の状態を計測し、日中と夜間の睡眠の差異や静睡眠と動睡眠から覚醒に至るまでの周期と様子や概日・睡眠リズムの確立までの変異及びこれらの個人差などを明らかにする。

2. 研究の目的

本研究で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する。そして、無拘束なセンサマットを用いて、3名の乳幼児に短期的な睡眠計測と1名の乳幼児に長期間の睡眠計測を行った。これらのデータを用いて、乳幼児の夜間の睡眠リズム・覚醒時間を推定・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に基づき、動睡眠と静睡眠の睡眠状態推定及び脈拍と呼吸数の推定手法の検証を行った。

3. 研究方法

(1) 睡眠状態推定方法

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に基づき、動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定する。提案手法は、夜間に乳幼児の布団の下に無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。同時に、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つの睡眠リズムと定義する。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(図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、動睡眠や静睡眠とし、これらの繰り返しを睡眠リズムとする(図2)。

センサマットからの測定データからの脈拍と呼吸数はノイズの除去とFFT処理により推定する。初めに、ノイズ除去のために単純移動平均フィルタにより平滑化を行う。

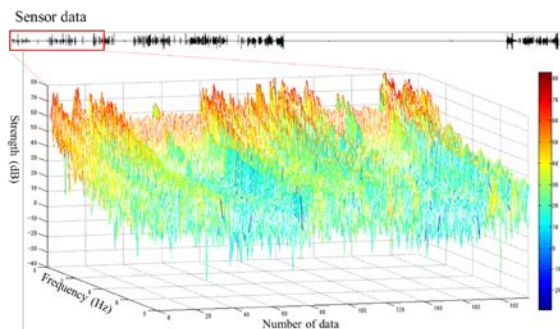


図1 生データと体動解析・可視化

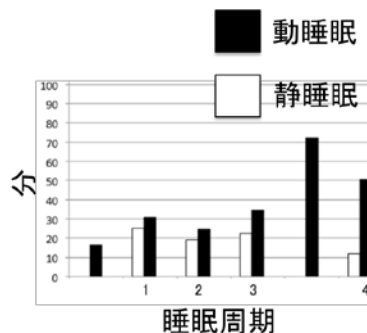


図2 動睡眠と静睡眠による睡眠リズム

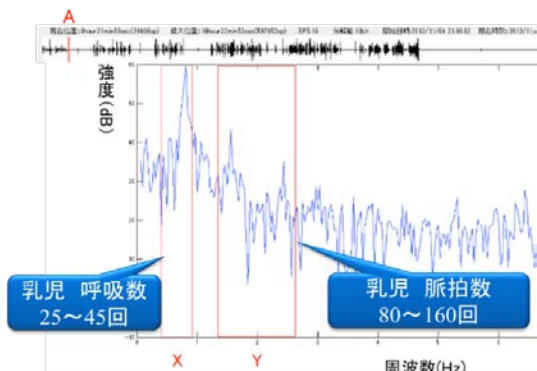


図3 生データと脈拍・呼吸数解析

その後、脈拍数を推定するために1.0~2.7Hzの周波数帯域を取得するバンドパスフィルタをかけ、FFT処理を行う。呼吸数を推定するためには0.3~0.8Hzの周波数帯域を取得するバンドパスフィルタをかけ、FFT処理を行う。FFT処理は、データを32秒毎に分割し、その際の最大のピークを脈拍と呼吸数とする(図3)。

(2) 睡眠計測実験方法

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に基づき、動睡眠と静睡眠の睡眠状態を推定する。実験の様子を図4に示す。図4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(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。生後3~7

ヶ月の男の乳幼児を対象に、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。また、2~3ヶ月の女の乳幼児に2回、5ヶ月の女の乳幼児に1回の計測を行った。そして、生後3~12ヶ月の女の乳幼児を対象に1月に6回程度の定期的な計測し、55日間の計測を行った。

4. 研究成果

(1) 睡眠計測結果と睡眠状態推定結果

全ての計測実験を通して生後数ヶ月は、夜泣きにより布団から出して親があやすなどで、計測できない時間帯が多々あった。また、生後10か月あたりから睡眠時に動き回り、布団の外に出てしまうなど計測が困難な場合があった。

図5に実験解析データの例として計測を行った男の乳幼児4回分のセンサマットからのデータ及び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。

- 睡眠: 目をつぶっている状態
- 覚醒: 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
- 泣く前: 泣く前の声を出しているが完全に泣き始めていない状態
- 啼泣: 完全に泣いた状態
- 不在: 母親が抱きかかえてセンサマット上から乳幼児がいなくなった状態
- ミルク: ミルクを飲んでいる状態
- 不明: 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にはいないという状態が2回起こった。乳児が生後4ヶ月時に行った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。



図4 実験環境外観図

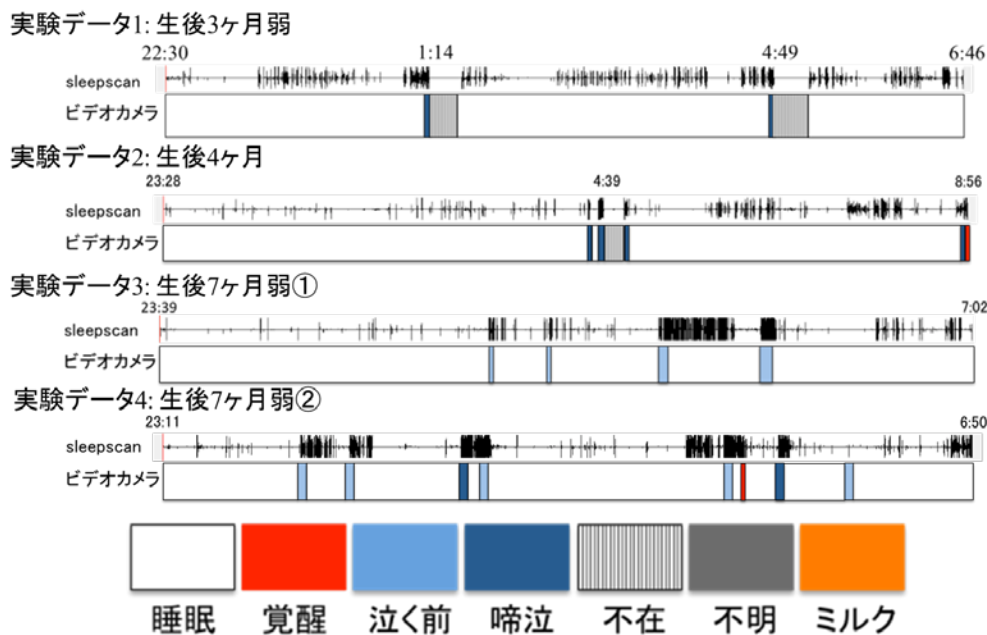


図5 生データとビデオによる分類結果

図6-9に1~4回目の計測・解析結果から取得した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周期とした睡眠リズムを示す。図6より、夜間における覚醒が2回起こった。睡眠リズムは、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。図7より、夜間の覚醒が1回起こった。睡眠リズムは、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。図8より、夜間の覚醒が起こらず、睡眠リズムは6回見られた。静睡眠が短くなった際には動睡眠が長くなっている。図9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。睡眠リズムは、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リズムの後に覚醒や啼泣が起こっている。

図10-13に呼吸数、脈拍数、動睡眠と静睡眠の解析・比較結果を示す。呼吸数である約15~40回となる周波数領域を取得可能であった。同時に脈拍数である約40~150回となる周波数領域を取得可能であった。また、動睡眠時には呼吸数と脈拍数のピークが変動し、静睡眠時には安定したピークが取得可能であった。

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り、さらにそれらが20分前後になった睡眠リズム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リズム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、静睡眠とその睡眠リズム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。

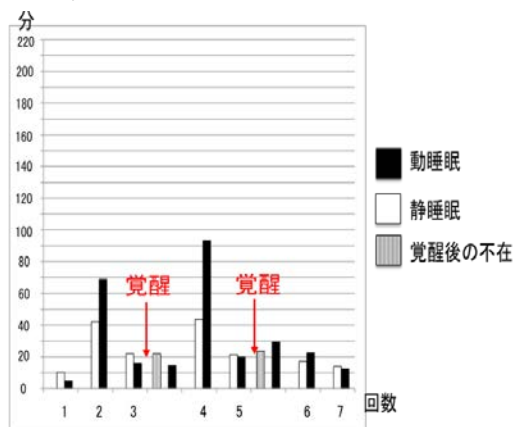


図6 実験1の睡眠リズム解析結果

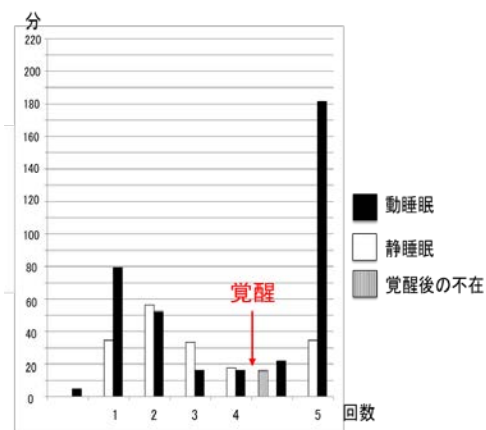


図7 実験2の睡眠リズム解析結果

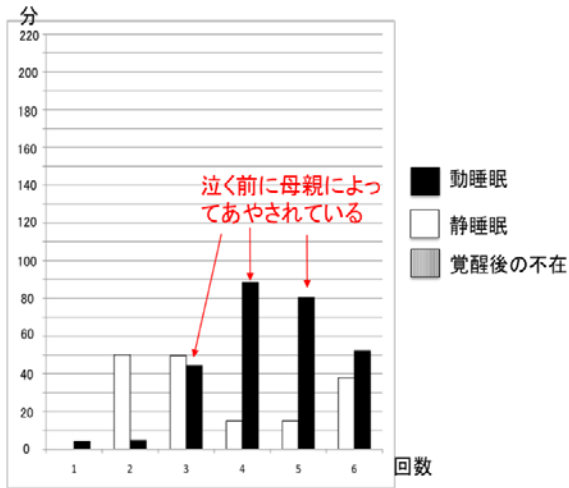


図8 実験3の睡眠リズム解析結果

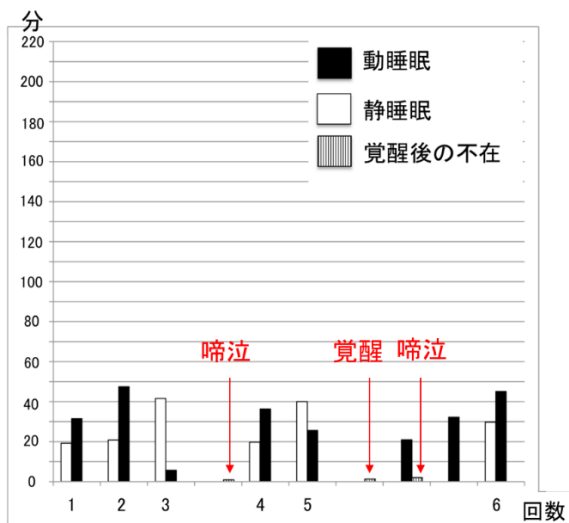


図9 実験4の睡眠リズム解析結果

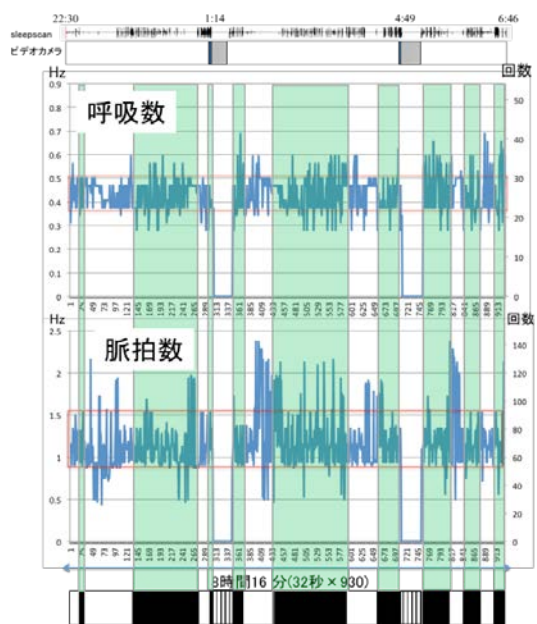


図10 実験1の呼吸数、脈拍数、動睡眠と静睡眠の解析・比較結果

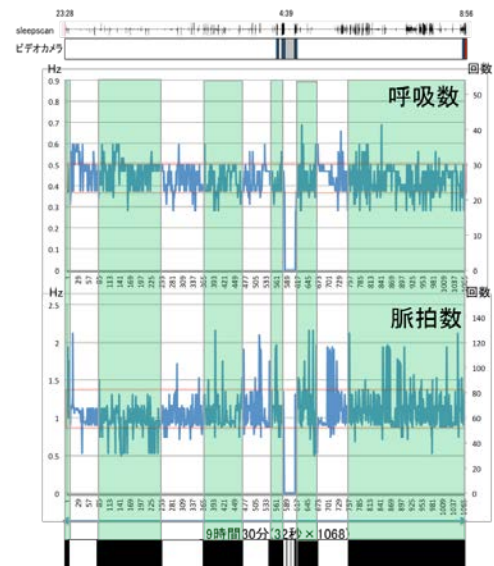


図11 実験2の呼吸数、脈拍数、動睡眠と静睡眠の解析・比較結果

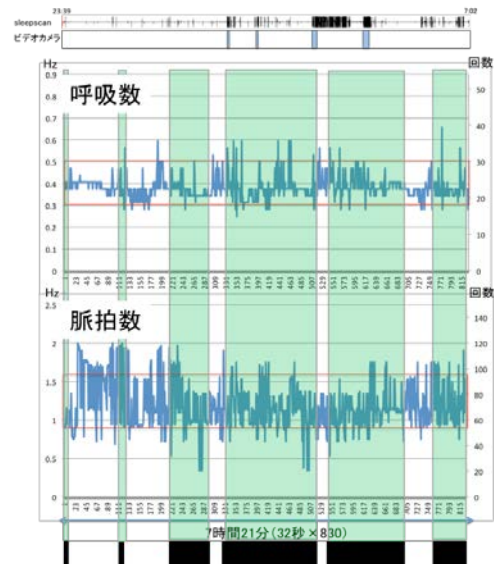


図12 実験3の呼吸数、脈拍数、動睡眠と静睡眠の解析・比較結果

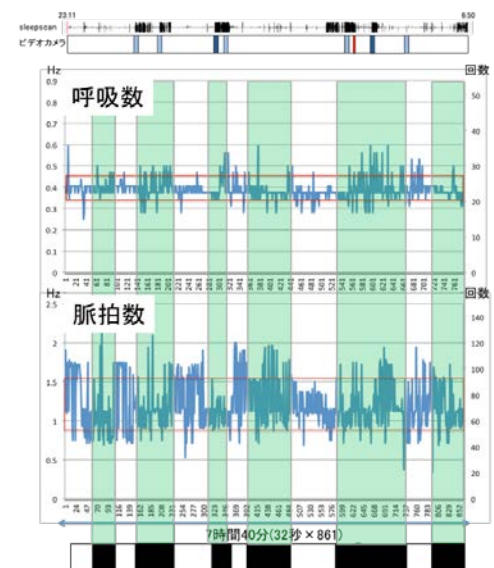


図13 実験4の呼吸数、脈拍数、動睡眠と静睡眠の解析・比較結果

(2) 結論

本研究では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及び脈拍と呼吸数の推定手法の検討を行った。そして、乳幼児に対して計測を行い、その実験データを解析し、動睡眠と静睡眠の睡眠状態及び脈拍と呼吸数の推定を行った。これ等の解析結果から、いくつかの短い睡眠リズムの後に乳児が覚醒することを確認した。このため、睡眠リズム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、睡眠リズムは朝に向けて長くなる事を確認した。脈拍と呼吸数の推定では、動睡眠時には呼吸数と脈拍数のピークが変動し、静睡眠時には安定したピークが取得可能であった。

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、これらの精確な推定及び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。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ことを旨とする。

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, 樗木晶子, 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.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

- ① 佐藤生馬, 藤野雄一, 無拘束センサマットを用いた乳幼児の睡眠状態の推定, 第 31 回ライフサポート学会大会, 2015 年 9 月 7 日 - 9 日, 九州産業大学, 福岡県福岡市.
- ② 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”, 第 30 回ライフサポート学会大会, 2014 年 9 月 24 日 - 26 日, ルスツリゾート, 北海道虻田郡留寿都町.
- ③ Rina KANAZAWA, Ikuma SATO, Yuichi FUJINO, “Estimating Babies’ Awakening - time at Night Improving Childcare Support”, International Workshop on Informatics (IWIN2014), 10 - 12 Sept., 2014, Prague, Czech Republic.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
佐藤 生馬 (SATO, Ikuma)
公立はこだて未来大学・システム情報科学部・助教
研究者番号 : 00586563
- (2) 研究分担者
藤野 雄一 (FUJINO, Yuichi)
公立はこだて未来大学・システム情報科学部・教授
研究者番号 : 60588218
- (3) 連携研究者
なし
- (4) 研究協力者
なし