

機関番号：32633

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19390563

研究課題名(和文) 乳幼児の睡眠分析システム情報共有プラットフォームの構築

研究課題名(英文) Developing platform of shared data of infant sleep analyzing system

研究代表者

江藤 宏美(ETO HIROMI)

聖路加看護大学・看護学部・准教授

研究者番号：10213555

研究成果の概要(和文):

生後2週目から3か月の乳児の夜間の母児同室下における睡眠覚醒状態の特徴を明らかにするための録画・分析システムの開発を行い、国際的な睡眠研究者とのネットワークによるプラットフォームを構築することを目的とした。その結果、録画システムは、非侵襲で、夜間の暗い環境状況下で安定した画像収録ができるような赤外線LED照明と超高感度モノクロカメラを実装した機械ができた。分析システムは、画像差分の算出をベースに自動判定アルゴリズムを作成した。情報共有プラットフォームとして、研究者間で情報共有を行うインフラとして、大容量かつ高信頼性のサーバー構築を行った。システムの評価をした結果、自動判定アルゴリズムで乳児の睡眠状態をビデオ画像からロバストに自動判定できる可能性を確認した。

研究成果の概要(英文):

The aim of this study was to develop a home-monitoring system for recording and analyzing infant movement using image processing during nocturnal co-sleep, and to construct platform to network among pediatric sleep researchers.

The equipment for the video monitoring system consisted of: digital camera, Vari-zoom-lenses, near infrared LED, Image Recording Tool (including a computer to record infant's state), and Video Analysis Viewer for automatic analyses.

We examined whether this system was robust for recording and detecting three infant states: quiet sleep, active sleep and awake. The range of interrater agreements of each infant's state was between 0.59-0.77. This newly developed video monitoring system shows good potential as a reliable robust system able to automatically detect infant-sleep wake state.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2008年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2009年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2010年度	2,700,000	810,000	3,510,000
年度			
総計	12,200,000	3,660,000	15,860,000

研究分野：母性看護・助産学

科研費の分科・細目：看護学・臨床看護学

キーワード：乳児，睡眠・覚醒，行動分析，録画分析，Webシステム，添い寝，動画分析，SIDS

1. 研究開始当初の背景

新生児・乳児期の睡眠に関して、生活環境の中での睡眠研究を行っているものは希少である。日本は乳児死亡率が世界最低(出生千対2.8, 2004年)で、SIDSの発症率も低い(出生10万対19.3, 2004年)ため海外の研究者の関心が高い。日本の乳児をとりまく睡眠環境として、特に、添い寝(bed sharing)あるいは同室寝(co-sleep)の状況が注目されている。

乳児の睡眠研究で過去10年を遡ってみると、毎年行われる日本睡眠学会、アメリカ睡眠学会、隔年に行われるヨーロッパ睡眠学会、そして4年毎に開催される世界睡眠学会において、新生児・乳児期の領域は注目され、測定手法の進歩に伴って研究グループの発表は漸増している。新学会として2005年からPediatric Sleep Medicine、2007年からInternational Pediatric Sleep Associationが創設され、乳児の睡眠研究が高まってきている。出生早期の新生児、あるいは乳児の睡眠覚醒については、その睡眠の変化や発達過程、リズムの変化、さらに、胎児からの連続した関わりをもち、最も近い養育者である母親との同調、あるいは疾患との関わりなど、今後、発展的に研究が進められる必要がある領域である。特に、従来行われてきた実験室の環境下ではなく、実生活の中で展開される睡眠覚醒の実態を明らかにすることは、文化的・民族的要因をも包含する重要な研究領域であるといえる。

これまで、我々は睡眠ポリグラフィが適さない子どもの睡眠覚醒を、タイムラプスビデオ(長時間連続撮影ビデオ)を用いて視覚的に連続して観察し、その体動や発声から判定し、母親と同床にある子どもの睡眠覚醒状態をより詳細なレベルで情報を得た。乳児期に関する睡眠研究は、その睡眠発達に着目してより多くの詳細なデータを集積し個体の分析をすること、国際比較を進めていくことが必要であると考えた。

今回の研究では、タイムラプスビデオで録画したデータを、自動的に分析することをめざした。これが可能になれば、多くのデータを判定し、分析のスピードアップにつながり、安定した信頼性の高い分析結果が得られることになる。このソフトの開発と、国際的な手法として確立するための研究者間のデータ共有とシステムの検討について、新たに着手しようと考えた。

2. 研究の目的

生後2週目から3か月の乳児のデジタルデ

ータを収集し、継続的な乳児の観察分析を通して、母児同室下における睡眠覚醒状態の経過を詳細に分析し、その特徴を明らかにすることを目的とする。

以下の3点の目標を到達することである。

(1) 母児同室下における乳児の睡眠覚醒状態のデータを継続して収集するとともに(生後3か月)、夜間の睡眠覚醒を録画するためのハードウェアを調整・完成させる。

(2) これまでの画像録画データをあわせて画像分析の方法を検討し、視察判定に合わせたアルゴリズムの開発を行い、ソフトウェアを完成させる。

(3) 研究者とのネットワークを深め、各研究者間をつなぐプラットフォームを構築し、アルゴリズム作成時の意見を収集するなど利用できるシステムに整備する。

3. 研究の方法

(1) 睡眠分析システムの開発

乳児睡眠ホームモニタリング用ビデオ集録システムは、一般家庭環境下で乳児の寝床を24~48時間程度にわたり連続してビデオに収録し、睡眠状態(静睡眠/動睡眠)覚醒(/不在)をビデオ記録の解析により自動判定しようとするものである。

ハードウェアの開発

家庭環境下でのビデオ収録を行うために、家族の生活状況を乱さない配慮と照明装置の構成方法について調査・検討を行い、試作と試用とを繰り返した。

人は知覚しにくい、モノクロカメラでは感度の得られる光は近赤外線であり、これを照明光として利用した。できるだけ高感度の領域で撮影するため850[nm]のLEDを採用した。適切な広がりを持った光を放つための立体構成とし、ほぼ半球状に均等に光が広がるように試作した(写真)。



ソフトウェアの開発
就床中の乳児を撮影したビデオ画像記録

(音声記録は無使用)により、乳児の睡眠状態(静睡眠/動睡眠/覚醒/不在)を自動的に判定するアルゴリズムの可能性を検討する。本検討におけるアルゴリズムの基本となる量は、フレーム間の画像差分である。画像差分の時刻歴に対して、フィルタ処理や頻度解析を施し、睡眠状態の自動判定を行う。

画像分析に際して、4つの状態のコーディングはビデオの分析と同様に、行動を静睡眠(Quiet sleep: QS)、動睡眠(Active sleep: AS)、覚醒(Awake: AW)、不在(Out of crib: OOC)に分類する。静睡眠/動睡眠の睡眠状態の判定は、Brazeltonの状態1、状態2の定義を用いる。覚醒AWについては、すべての覚醒の状態であり、不在OOCは床から抱き上げられた状態にあるものをいう。

ビデオ画像記録は、640×480[Pixel]、10[fps]のモノクロ画像である。これに間引きなどの操作を行うことなく、すべてのPixelを対象として、0.1秒間隔の画像差分時刻歴を得る。続いて、1次遅れローパスフィルタを通過させ、高周波成分が除去された0.1秒間隔の時刻歴を得る。最終的に、1分間隔の時刻歴を得た。

(2) データ収集方法

対象

生後1か月前後の早期乳児で、神経学的または発達に関連した明らかな合併症を有しない、正期産で分娩した第一子。

測定時期

生後2週目、4週目、7週目、12週目頃の時点で、自宅で子どもの2夜連続のデジタル録画を行う。

データ収集の手順

研究協力の得られる助産所の紹介を経て、研究対象者に研究の目的および協力内容を具体的に説明し、研究協力依頼を行う。研究参加の同意が得られた後、1週から2週間に家庭訪問を行い、新生児や母親の状態の把握や機器の設置場所の確認を行う。2回目の訪問は生後1か月を目安に行い、この時に、夜間の睡眠状態を録画するコンピュータとカメラ一式を持っていく。機械をセットした後、録画の開始と終了の操作を説明し、子どもの就床時点から覚醒時点までを連続録画するように伝える。録画終了時点で3度目の家庭訪問を行い、録画内容を確認してもらい、データとして使用することの許可を再度得る。その後、機械一式を撤去し、データ収集を終了する。

人権の保護及び法令遵守への対応

研究の対象となる乳児の養育者に、研究の目的と内容、研究の参加は自由意思による

こと、研究協力を中断するのはいかなる時点でも可能なこと、得られたデータは研究目的以外では使用しないこと、研究協力のメリット等について文書および口頭で説明し、研究協力への同意が得られたら、同意書へサインしてもらう。また、録画は非侵襲であり、直接的な危害はないと考えるが、対象は乳児とはいえ自宅での夜間の睡眠を録画するという非常にプライバシーに関わるデータを収集するため、倫理的原則(匿名性の遵守、秘密保持、プライバシーの保持、研究への参加を途中で棄権する権利、研究への参加・不参加に関わらない不利益を被らないような配慮、研究成果への公表の了解)に則って行う。

研究の実施に先立ち、研究計画書は聖路加看護大学研究倫理審査委員会の承認を得て行った。

4. 研究成果

(1) 睡眠分析システムの開発

ハードウェアの開発

試作の後、夜間の睡眠を録画するためのカメラの選択、家庭での自然な環境下での録画のための器械を考慮し、赤外線LED照明と超高感度モノクロカメラを改良して、軽量化等を配慮した一式の機械を作成することができた。

装置の概要は下記のとおりである。

カメラは、アナログ出力型の超高感度モノクロカメラを採用し、可視光と近赤外光とを同時に撮影する[Watec WAT-902B, S/N = EIA W82E 22812]; レンズは、広角側がより広く、ズーム倍率もより大きい[Fujinon DV5x33.6R4B-2]; マイクは、ステレオマイクロフォン[オーディオテクニカ社製, AT9902]; 赤外線LED照明は、波長850[nm]の近赤外線を半値角±60°で反射拡散する超大出力LEDであるOSRAM社製SFH4230を使用し作成した[Light Emitting Diode]。(写真)



ソフトウェアの開発
解析システムは収録システムと独立させた。

解析に利用したソフトウェアは、のるプロライト社製の Video Recording / Analysis Viewer System [NoruPro Light Systems, 640×480 Pixel, 10fps, monochrome]である。

収録したビデオ記録を再生パソコンにてフル画面で再生し、ダウンスキャンバーとビデオキャプチャを介して、再エンコードパソコンにて Video Recording で再収録する。続いて、再エンコードした Video 記録を、Analysis Viewer を通して画像差分の時刻歴を得る。その後、画像差分の時刻歴を Excel で信号処理し、自動判定結果を得る。(写真：分析画面)



(2) システムの評価

対象は、正期産、母乳哺育、男児（生後2か月）、2夜連続で撮影した。結果、収録した計1220分の録画内容を分析した。これまで行っていた訓練を受けた観察者の分析と今回得られた自動判定分析結果と比較した。一致率は、平均quiet sleep静睡眠0.75、active sleep動睡眠 0.59、awake覚醒0.71であった。判定精度には、検討の余地があるが、今回作成した自動判定アルゴリズムによって、乳児の睡眠状態をビデオ画像から自動判定の可能性があると確認できた。

Table 1 Inter-rater agreements first night *minutes(%)

	Equipment's auto judgment			Total
	State 1	State 2	State 3	
Researcher's judgment	State 1 160(69.4)	21(14.6)	23(16.0)	80(100.0)
	State 2 38(18.9)	124(61.7)	39(19.4)	130(100.0)
	State 3 0(0.0)	4(8.2)	45(91.8)	46(100.0)
	Other 104(48.1)	87(40.3)	25(11.6)	354(100.0)
	Total 190(31.1)	238(38.7)	132(21.6)	610(100.0)

Note: State 1 = quiet sleep; State 2 = active sleep; State 3 = awake

Table 2 Inter-rater agreements second night *minutes(%)

	Equipment's auto judgment			Total
	State 1	State 2	State 3	
Researcher's judgment	State 1 65(91.3)	12(15.0)	3(3.8)	80(100.0)
	State 2 10(7.7)	71(54.6)	49(37.7)	130(100.0)
	State 3 0(0.0)	23(50.0)	23(50.0)	46(100.0)
	Other 115(32.5)	92(26.0)	147(41.5)	354(100.0)
	Total 190(31.1)	198(32.5)	222(36.4)	610(100.0)

Note: State 1 = quiet sleep; State 2 = active sleep; State 3 = awake

(3) Web システムの整備

研究の促進を図るための新生児や乳幼児の睡眠について研究をしている他の研究者との情報共有のためのサーバーである。長

時間にわたる動画記録を掲載するため膨大な情報量になり、授乳シーンなど第三者の閲覧を厳しく規制する事が必要な画像が含まれる。

ネットワーク構成は、堅牢なセキュリティを実現できるように、https 以外の機能は管理者専用 Client PC または VPN 接続環境からのみ利用できるように構成した。ハードウェア構成は以下の通りである。Firewall [Cisco 製 ASA5505]; Server [CPU, AMD 製 Phenom II X4; RAM, 8GB; Storage, 2TB SATA HDD×6 台]。ソフトウェアは、OS [CentOS 5.5]; CMS [Moodle 1.9]; Storage [Software RAID]を採用した。

以上のように、乳幼児の睡眠状態をビデオ記録により自動判定するシステムについて、可搬型の収録システムと解析システムとを構築し、アルゴリズムの適切なパラメータ調整が行われれば良好な自動判定が行われ得る機器を実装した。また、同様なテーマに関する研究者間で情報共有を行うインフラとして、大容量かつ高信頼性のサーバー構築を行った。

今後の展望については、ビデオ記録と自動判定するシステムについて、再エンコード時間の解消（一般的なビデオ記録との相互変換機能を提供していないため）、画像差分時刻歴取得処理時間の短縮（画像処理で、間引きした画素や間引きしたフレームに対してのみ処理を行うことの検討）、画像差分の直観的評価（画像差分という画像を見る機能による評価の可能性）、機器構成（軽量ノートパソコン+ソフトウェアエンコード型ビデオキャプチャで構成）の検討が必須である。システムの評価のための研究者間のネットワークを深め、さらに安全で、ロバストな乳幼児の睡眠を明らかにするシステム構築によって、文化的、疾患をもつ可能性のある乳幼児の早期の睡眠状態がより明らかにされると考えている。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1 件)

Kyoko Nishihara, Shigeko Horiuchi, Hiromi Eto, Makoto Honda, A long-term monitoring of fetal movement: at home using a newly developed sensor: An introduction of maternal micro-arousals evoked by fetal movement during maternal sleep. Early Human Development, 84,

595-603, 2008. 査読有

〔学会発表〕(計6件)

Hiroimi Eto, Shigeko Horiuchi, Kyoko Nishihara. Infants' sleep development during the first 12 weeks under nocturnal co-sleep conditions, 20th Congress of the European Sleep Research Society (Lisbon, Portugal), 2010.9.14-18.

Kyoko Nishihara, Shigeko Horiuchi, Hiroimi Eto, Makoto Honda. A relationship between mothers' circadian rest-activity rhythm in pre-postpartum period and infants' circadian rest-activity rhythm: A comparison of an infant case with free-running rhythm, 24th Annual Meeting of the Associated Professional Sleep Societies (San Antonio, USA), 2010.6.5-9
江藤宏美, 大木昇. 画像処理を用いた乳幼児の睡眠・覚醒状態自動判定システムの可能性, 第1回 ISMSJ (Integrated Sleep Medicine Society Japan) 学術集会(神戸) 2009.9.5.

江藤宏美, 堀内成子, 生後3か月間の添い寝における母児の夜間睡眠の推移, 第49回日本母性衛生学会学術集会(東京), 2008.11.6-7.

Kyoko Nishihara, Shigeko Horiuchi, Hiroimi Eto, Makoto Honda. Characteristics of micro-arousals in pregnant women's sleep at night: a comparison with non-pregnant women's sleep, 19th Congress of the European Sleep Research Society (Glasgow, UK), 2008.10.9-13.

Hiroimi Eto, Shigeko Horiuchi. Co-Sleeping: Infant Sleep Development in the First 12 Weeks, The 11th World Association for Infant Mental Health (Yokohama), 2008. 8.1-5.

〔図書〕(計1件)

横尾京子編(浅井宏美, 江藤宏美), 助産師基礎教育テキスト 第6巻 産褥期のケア 新生児期・乳幼児期のケア, 第4章 新生児のニーズとケア, 日本看護協会出版会, 総頁数 237 頁(185-204 頁), 2009.

〔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

<http://plaza.umin.ac.jp/artemis/>

<http://slcn.ac.jp>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

江藤 宏美 (ETO HIROMI)

聖路加看護大学・看護学部・准教授

研究者番号: 10213555

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

堀内 成子 (HORIUCHI SHIGEKO)

聖路加看護大学・看護学部・教授

研究者番号: 70157066

中山 和弘 (NAKAYAMA KAZUHIRO)

聖路加看護大学・看護学部・教授

研究者番号: 50222170

西原 京子 (NISHIHARA KYOKO)

東京都医学総合研究所・研究員

研究者番号: 80172683