

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22610014

研究課題名（和文） 保育器による医学的管理を要する新生児等のマーカーレス運動画像解析システムの構築

研究課題名（英文） A Motion-based System to Evaluate Infant Movements Using Real-time Video Analysis

研究代表者

大塚 彰 (OTUKA AKIRA)

県立広島大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：50280194

研究成果の概要（和文）：

本研究は、評価される対象児に負担をかけず、乳児の自発運動を定量的に評価するシステムを実現することである。計測にはデジタルビデオカメラ 1 台をインファントウォーマーに設置し、背臥位となっている新生児の前方から前額面を 10～15 分間撮影した。撮影画像を背景差分画像とフレーム間差分画像に変換し、2 値化した各画像を 4 領域に分割し、各領域における画素数をカウントすることで、体位分布と運動分布を求め、体位や運動の時間変化をマーカーレスで評価した。運動解析は、画像から抽出した体位分布、運動分布を用いて新生児の運動を評価した。評価指標として運動分布から新生児の活動量、運動量、肢体の協調性を、体位分布から重心の移動量、重心の変動を抽出した。また、肢体の協調性は運動分布を 2 次のローパス型バターワースフィルタにて平滑化し、部位間の相関係数を求めた値とした。重心の移動量は体位分布から求めた重心の移動距離を表し、変動は重心の時系列データから高速フーリエ変換によりパワースペクトル密度を導出し $f_x \sim f_y$ [Hz] における積分値とした。低出生体重児は健常児とは異なった特徴量を表し、特に上肢と下肢に運動量の差や上下肢の運動量の左右差を示した。これらのことから、本システムによる画像解析によって何らかの異常を早期に発見できる可能性が示唆された。

研究成果の概要（英文）：

This study proposed a system to measure and evaluates infant movements quantitatively. The system calculates eight evaluation indices from feature quantities of motion extracted from binarized images of infants without markers using a single video camera. This enables doctors to understand changes in the movement conditions of infants through real-time monitoring of video images, feature quantities and evaluation indices. We conclude that the proposed method enables the extraction of similar information on infant movements through three-dimensional analysis. Moreover, 39 indices of movement for 11 LBWIs and 16 FTIs were calculated, and the number of indices greater than $\pm 2SD$ from the mean values for the FTIs was counted for use in motor function evaluation. The results differed significantly at the 5% level between the FTIs and LBWIs. Furthermore, in this paper, we outlined how all infants can be classified into three groups based on the calculated indices. In particular, the index values for the ratio of activity in left

and right body motion (I_b) and the ratio of the amount of motion in upper and lower body motion (I_s) for the four LBWIs were higher than the mean value for the FTIs. This result leads us to the conclusion that movement strength and activity time on the left side of the body were larger than those on the right side of the body for these experimental LBWIs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：子ども学

科研費の分科・細目：子ども環境学

キーワード：新生児，自発運動，画像解析システム

1. 研究開始当初の背景

胎児期から生後 5~6 ヶ月の間にかけて、四肢自発運動は質的・量的に多様な変化を示す。新生児期や乳児期には外的刺激に関係なく自発運動 (General Movements: 以下, GMs) が観察され、その変化は Writhing movements (ジタバタする運動) から Fidgety movements (円を描く運動で振幅は小さく、速度は中等度で様々に加速する運動) へと経時的変化を示す。

GMs は、「全身を含む粗大運動で、その特徴は上肢・下肢・頭部および体幹の運動が変化しながら連続する。運動の強さ、振幅、速度は漸増・漸減し、運動は徐々に始まり徐々に終わる。運動は流暢で優美なものとなり、複雑で変化に富んだ印象を作り出す」と定義されている。GMs は周期的で規則的な運動が皮質下の中枢神経回路網である Central Pattern Generator (以下, CPG) と皮質の相互作用によって生成されている。この CPG のような比較的単純な運動を自発的に生成する神経回路網は、大脳皮質の発達によって自発運動パターンを変化させることが示唆さ

れている。このように、GMs は神経回路網の発達を反映しており、胎児や早期産児 (低出生体重児) の神経系機能の評価法、脳障害の診断法、運動障害を早期発見するための評価法として有用であることが報告されている。したがって、GMs を評価することによって脳性麻痺児等の運動麻痺の経過から月齢や障害に応じた評価・治療を実施するうえで重要であると考えられる。

GMs の特徴を観察することにより、新生児や早期産児の神経学的評価が行われ、習熟した観察者が行う評価の信頼性と妥当性の検討もなされている。しかし、GMs の評価を習熟するためには十分な研修が必要であることから、その評価に習熟した検査者はそれほど多くないのが現状である。また、GMs は四肢・体幹の自発運動の評価であるため、運動の量的・質的な左右差や上下肢差など、各肢についての詳細な分析ができないことから、理学療法の対象である脳性麻痺児やダウン症候群などの先天性障害のある新生児・乳児にとっての理学療法評価としては十分とは

言えない。さらに GMs の観察評価には、評価者の時間的制約もあり、長時間の評価は実質的に難しい。

研究代表者らは、脳性麻痺児の運動麻痺の経時的変化を検証することを目的に、月に 1 回の頻度で 3 ヶ月間、四肢の自発運動の臨床的観察評価およびビデオカメラによる運動解析を行った。その結果、脳性麻痺児の右上肢の活動量は低下し、活動時にも運動範囲が小さいことから運動麻痺が増大していることが示唆され、臨床的観察評価と一致した。一方、健常児の場合、上下肢の活動量が低くなっている時期が認められた。しかし、活動量が減少しているからといって運動量も減少しているとは限らず、左右差も見られなかったことから脳性麻痺児とは異なる結果を示した。この結果は、健常児の発達過程の時期を考えると自発運動が一度単純になったのちに再び複雑になるという質的变化と捉えることができる。

自発運動は運動障害の早期発見あるいは運動麻痺の経時的変化を評価する方法として有用であることが報告されている。そのため、ビデオ解析等による GMs の客観的評価は、脳性麻痺児等の運動麻痺の経過から月齢や障害に応じた評価・治療を実施するうえで重要であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究では、新生児等の自発運動の定量的評価を目的として、保育器環境内の新生児等の運動計測・解析システムを提案する。保育環境で医学的管理の必要な新生児や乳児の四肢・体幹の自発運動の経時的変化を量・質的に評価することにより、自発運動量やその質的变化をより客観的に評価することができる。さらに、生体信号による医学的管理のみではなく、動画像を同時にモニタリ

ングすることにより、新生児等の状態の時間的変動をより詳細に把握することが可能となり、医学的管理の一助となると考える。

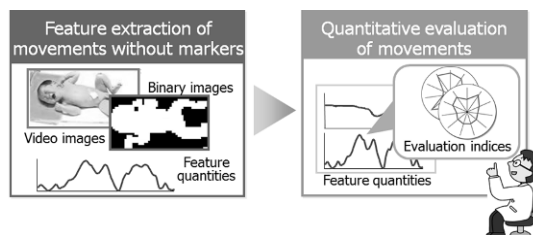


Fig 1 Purpose

3. 研究の方法

評価される対象児に負担を与えず、四肢・体幹の自発運動を定量的に評価可能なシステムを実現するためには、①新生児の自然な状態を計測・評価可能であること、②リアルタイムで画像処理を行うことにより、長時間にわたる連続計測が可能であること、③自発運動の特徴を表現する評価指標を自動的に計算可能であること、④評価される対象児の状態に異常が認められた動画像をデータベースから検索、表示でき、評価される対象児の特徴を視覚的に確認が可能であること、が必要となる。その評価方法として、①自発運動の計測、②自発運動の特徴抽出、③特徴量を用いた運動解析と評価、④計測した動画像や評価結果などの表示とデータベースへの保存処理から構成する。

計測システムは 1 台のデジタルビデオカメラを用いて新生児を撮影する画像計測部、新生児の運動の特徴抽出・解析を行うコンピュータから構成され、撮影画像はコンピュータ内の動画像データベースに保存される。まず、撮影画像を背景差分画像とフレーム間差分画像に変換し、2 値化した各画像を 4 領域に分割する。そして、各領域における画素数をカウントすることで、体位分布と運動分布を求める。これにより、体位や運動の時間変化をマーカーレスで計測できる。運動解析・評

価値指標として、画像から抽出した体位分布、運動分布を用いて新生児の運動を評価する。評価指標として運動分布から新生児の活動量、運動量、肢体の協調性を、体位分布から重心の移動量、重心の変動を抽出する。ここで、活動量は全フレーム数に対する運動分布が閾値 MTh 以上となるフレーム数の割合を表し、運動量は活動中の単位時間あたりに動いた画素数を表す。また、肢体の協調性は運動分布を2次のローパス型バターワースフィルタ（カットオフ周波数： f_y [Hz]）にて平滑化し、部位間の相関係数を求めた値とする。重心の移動量は体位分布から求めた重心の移動距離を表し、変動は重心の時系列データから高速フーリエ変換によりパワースペクトル密度を導出し $f_x \sim f_y$ [Hz] における積分値とする。

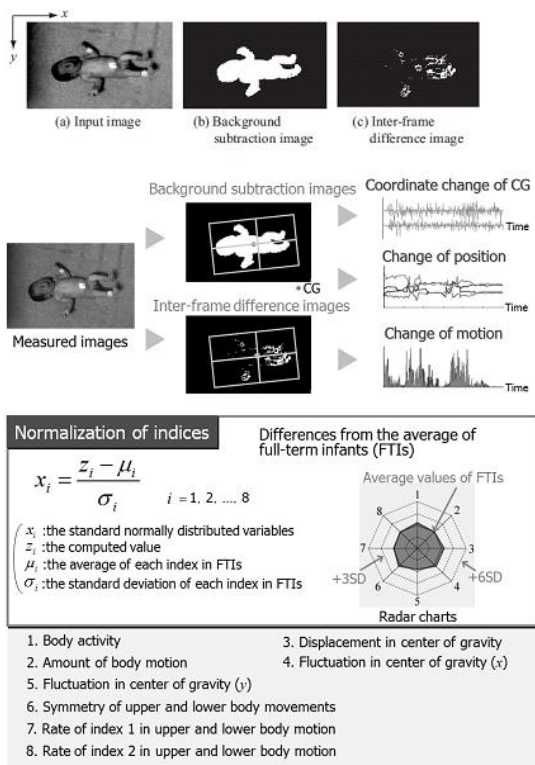


Fig 2 Feature extraction and Evaluation

4. 研究成果

低出生体重児は健常児と比較して、異なる

特徴量を表し、特に運動量について、上肢と下肢の間に差を認め、また、右上下肢と左上下肢の間に差を認めた。これらのことから、本システムによる画像解析によって何らかの異常を早期に発見できる可能性が示唆された。今後の課題としては、抽出された特徴量の差を継時的に検証し、評価指標として検証することが必要である。

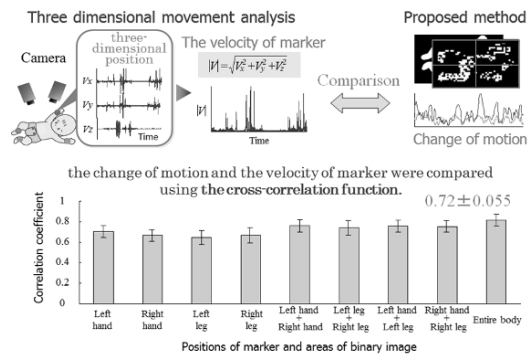


Fig 3 Comparison with 3D analysis

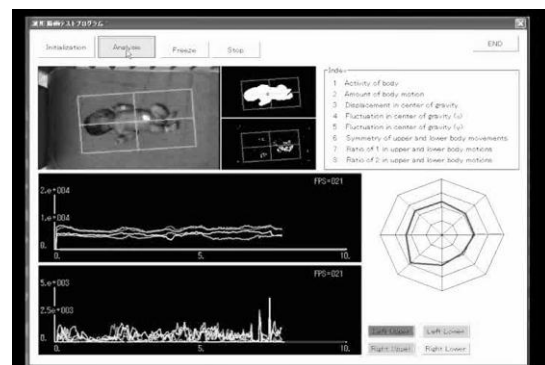


Fig 4 MIMAS: Marker-less Infant Motion Analysis System

Analysis System

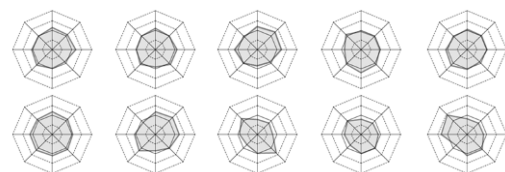


Fig 5 FTI (over 2500g)

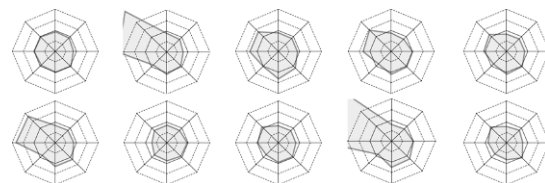


Fig 6 LBWI (under 2500g)

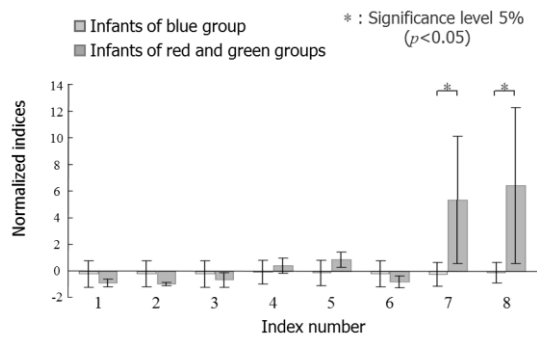


Fig 7 Comparison FTI to LBWI

5. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚彰 (OTUKA AKIRA)

県立広島大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：50280194

(2) 研究分担者

島谷康司 (SHIMATANI KOJI)

県立広島大学・保健福祉学部・准教授

研究者番号：00433384