

平成 28 年 5 月 19 日現在

機関番号：35416

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350570

研究課題名(和文) マーカーレス運動画像解析を用いた極低出生体重児の障害予後予測システムの構築

研究課題名(英文) A clinical diagnosis support system to assess spontaneous movements in low birth infants

研究代表者

大塚 彰(Otsuka, Akira)

広島都市学園大学・健康科学部・教授

研究者番号：50280194

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々が構築したMarkerless Infant Motion Analysis System(MIMAS)を用い、児の成長に伴う運動の変化を評価を行った。解析結果から、各時期におけるGMsの運動の特徴を捉えることが可能となった。また、例えば身体重心の発達的变化にフォーカスすると、左右方向への重心変化は週齢毎に有意に減少し、一方で頭尾方向の重心動揺変化は9から10週目を境にいったん減少した重心動揺が2次関数的に増大したことから、これはGMsの移行期と一致しており、MIMASを用いることによって観察評価では難しい新たな発達指標も明らかにすることができた。

研究成果の概要(英文)： One of the techniques used as a diagnostic tool for the early detection of neuromotor disorders in infants is Prechtl's method for the qualitative assessments of spontaneous general movements (GMs). We built a system to measure infant movements over an extended period with a single video camera without markers to examine the changes in GMs that occur over time (MIMAS). In addition, relationship between GMs and the development of the infants' center of body mass (COM) involving the whole body were evaluated. The results suggest that the change over time of the COM sway in the CCD accorded with the shift in GMs. Also the observations of the physical therapist suggested that these results were almost in agreement with the timing of when WMs switch to FMs. These results revealed that the propose system can evaluate infant movements similarly to a licensed evaluator and can classify GMs with a certain accuracy.

研究分野：理学療法

キーワード：新生児 マーカーレス 運動解析 運動タイプ

1. 研究開始当初の背景

新生児・幼児(以下、単に児と呼ぶ)に発生する病状・障害の改善や重症度の軽減には運動機能を獲得させる運動指導をできるだけ早期に実施することが有効であることから、障害の早期発見が必要であることは言及に及ばない。従来、児の運動異常と障害の関連性が指摘されており、運動の特徴から病症・障害を早期発見する手法がさまざま提案されている。これらの評価手法の多くは児の拘束や刺激といった負担を伴っており、また多くの検査項目のため医師による長時間の観察が必要であるなど、医師や児の負担となる。これに対して我々は、画像処理によりマーカーレスで被験児の運動を計測し、運動を定量的に評価して被験児の状態を効率的に把握できるシステムを提案した(図1)。この研究によって児を非拘束状態で長期間観察することが可能となるため、医師や児の負担を軽減できる可能性がある。しかしながら、これらの研究ではマーカーレスで運動自体の正常・異常を判定するまでには至っていない。

児の運動の正常・異常を判定する手法には、Prechtlらが確立したGeneral Movements(以下、GMs)の評価がある。乳幼児までの自発運動(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予後予測が可能な評価法として有用であることが報告されている[Ferrari F et al. 2002]。GMsにはWrithing movements(もがくような動き)からFidgety movements(振幅は小さく、速度は中程度の、円を描くような運動)に変化するなど、月齢によって出現する特徴的な運動が存在し、その特徴的な動きの量的・質的評価によって判定される。この観察評価の信頼性と予測妥当性は検証済みであり、脳性麻痺ガイドラインのEvidence levelはIbを含む高いものである[日本リハビリテーション医学会診療ガイドライン委員会 2009]。

GMsは胎児・新生児・乳児が行う自発運動の中で最も頻繁に見られる代表的な全身運動であり、特徴に基づいて正常2種類・異常5種類に分類されている。GMsの評価には訓練による熟練が必要であり、また評価者が観察のみによって評価を行うため、定量的かつ客観的な評価は非常に困難な場合がある。そのため、児の長時間の運動観察とGMsに基づく定量的な評価、またGMsの自動識別が可能となれば非常に有効である。

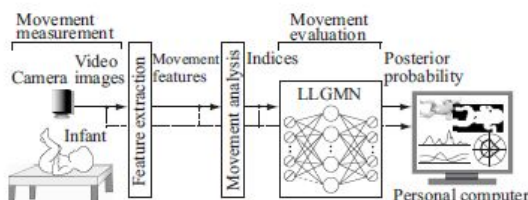


図1 提案した児の運動評価システム

2. 研究の目的

脳性麻痺児等の先天性障害を認める新生児・乳児の四肢・体幹の自発運動を、ビデオなどの動作解析機器を用いて質的・量的に評価したものは少なく、しかも、四肢・体幹の自発運動に左右差のある脳性麻痺児等に関する経時的变化を示した研究は少ない[Shimatani, Otsuka et al.(2008, 2010)]。

我々は、市販のビデオカメラ1台を使用し、新生児に負担のないマーカーレスで四肢や体幹の自発運動を解析するシステムを開発した。これにより、新生児集中治療室において保育器内で医学的管理がなされている児の自発運動を経時的に解析することができるようになった。開発した画像解析システムにより、新生児自発運動の量的・質的な左右差や上下肢差などの客観的評価は可能となった。しかし、新生児の自発運動は脳性麻痺発症を高確率に予測することができる評価法であるが、現段階の動画解析では障害を予測することはできないため、新たにシステムの開発が必要となる。したがって、第2ステップとして、新生児の障害タイプ別の自発運動モデルを構築し、開発したシステムを新たに障害予測システムとして発展的に検証することが課題となる。

そこで我々は、非拘束にマーカーレスで計測した動画から児の運動をGMsに基づいて評価・自動分類するシステムを提案する。提案システムは、カメラを用いて撮影した動画からマーカーレスで運動に関する特徴を抽出し、児の運動を様々な角度から定量的に解析する。そして解析結果を各GMsの基準と比較することでGMsの自動識別を可能とする(図2)。

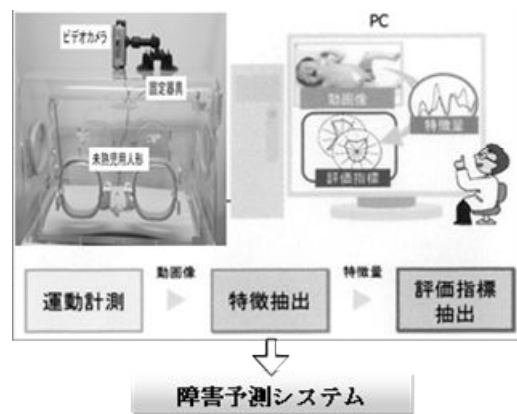


図2 研究の概要

3. 研究の方法

本研究システムは、(1)被験児の運動計測、(2)運動の特徴抽出、(3)特徴からの運動解析、(4)GMsに基づく運動分類、そして(5)動画・解析結果の表示とデータベースへの保存処理の5つから構成される。

運動計測は1台のビデオカメラを用いて児の運動を計測する。まずベッドに単色の布を敷き、ベッドの真上にビデオカメラを下向きに設置する。また、児はベッドの中心に背臥

位とし、児が運動した際に画角から外れないようにビデオカメラの高さを調節する。そして、撮影面が児と並行になるようにして運動を計測する。このようにして計測した動画を PC 内のデータベースに取り込む。計測した画像を明度成分画像に変換し、閾値 T で被験児の体位部分を画素値 1 (白)、背景を画素値 0 (黒) とする背景差分画像に変換する。また、同時に隣接するフレーム間の画像の差分から被験児が動いた部分を画素値 1 (白) とするフレーム間差分画像を抽出して被験児の運動の特徴量を算出する (図 3)。

次に解析では、特徴抽出によって得られた運動の特徴量から医学的な知見などをもとに運動を定量的に評価するための評価指標を算出する。(1) 運動強度、(2) 運動バランス、(3) 運動リズム、(4) 重心変化の 4 つの観点から計 25 種類の評価指標を定義することで新生児運動を多角的に評価する。そして、算出した評価指標から、各評価指標の評価の基準となる被験者群の運動の各指標の平均値と標準偏差を用いて標準正規分布に変換し、各被験者の GMs に基づく運動分類を行った。

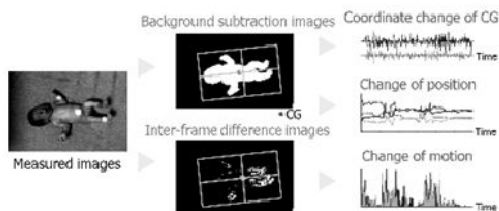


図 3-1 動画の抽出方法

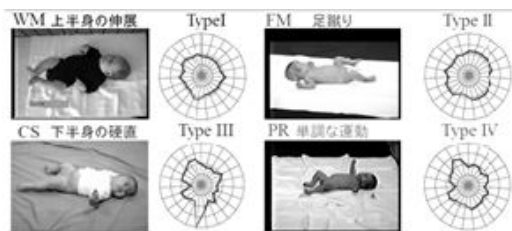


図 3-2 解析結果の表示方法

4. 研究成果

本研究では、計測した動画から児の GMs を自動分類することを目的とした評価システムを提案した (図 4)。図 4 (a) は、計測画像および画像処理により得られた背景差分画像とフレーム間差分画像、図 4 (b) は、特徴量である運動変化、重心速度および重心変化の時間推移、図 4 (c) は、計測画像の解析結果をレーダーチャートで表示、図 4 (d) は、GMs に基づく運動の識別結果の表示、図 4 (e) は、2 値化閾値 T と被験児の頭の向き (動画の撮影状態に合わせた解析・評価) が可能である。

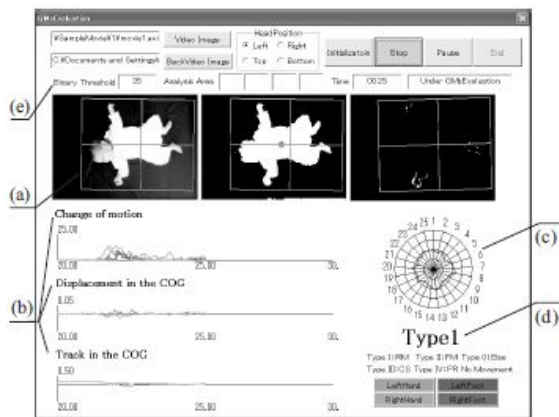


図 4 評価システムの表示と解析結果

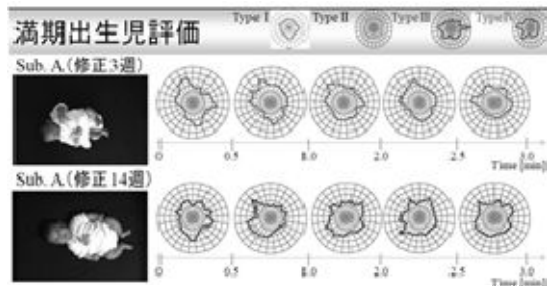


図 5 GMs タイプの解析結果

図 4 の提案システムでは被験児の動画を交換した 2 値画像を利用してマーカーレスで特徴抽出と運動評価を行っている。さらに各特徴量を GMs に基づいて作成した基準データと比較することで GMs を基準とした運動の分類が可能となった。実験では、まず Precht I の計測した GMs の動画に対して提案システムを用いて解析することで GMs の特徴を抽出し、正常・異常な運動状態を表す 4 種類の GMs を 100% の精度で識別可能なことを示した。また、乳児の GMs 識別を行い、修正年齢 2 ~ 15 週において各運動タイプの出現頻度を評価した (図 5)。

評価結果は、観察評価 (熟練者) による GMs 評価結果と類似する傾向が得られ、解析結果の推移が児の発達に見られる医学的な知見と類似していたことから、提案システムを用いて修正週齢に伴う児の運動の変化を捉えられる可能性を明らかにした。

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)

〔学会発表〕(計 1 件)

Koji Shimatani, Taro Shibanoki, Keisuke Shima, Yuichi Kurita, Akira Otsuka, Toshio Tsuji; Change over time of infants' movements based on motion analysis:

Comparison with changes in General Movements and the body sway. World Confederation for Physical Therapy Congress 2015. Singapore.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大塚 彰 (OTSUKA Akira)
広島都市学園大学・健康科学部・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