

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：57403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24700467

研究課題名(和文) マーカーレス新生児運動モニタリングシステムに関する研究

研究課題名(英文) Research on a Markerless Infant Movement Monitoring System

研究代表者

卜 楠 (BU, NAN)

熊本高等専門学校・制御情報システム工学科・准教授

研究者番号：80425743

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では非侵襲で無拘束な状況で新生児運動の定量的評価を目的として、マーカーを用いず新生児運動をモニタリング・計測し、運動特徴を抽出するシステムの開発を行った。その主要な研究成果は以下のようになる。1. 複数台のカメラで新生児運動計測システムを構築した。2. マーカーを使用せず新生児運動画像を解析する運動抽出アルゴリズムの開発を行った。3. 計測実験で得られた実際の新生児運動データで開発したアルゴリズムの検証と確認を行った。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a noninvasive monitoring system that estimates information of infant's movements with no marker attached on infant's body. This system includes both image sequence measurement and quantitative estimation algorithm for movement information extraction. The main results obtained in this study can be summarized as follows. 1. An infant movement acquisition system has been developed using multi-camera devices. 2. A movement extraction method has been developed, which estimate infant's movement information using no marker in the images. 3. Measurement experiments were conducted to obtain real image sequence data of infants in a hospital environment. With the experimental data, the proposed movement estimation algorithm was evaluated.

研究分野：生体医工学

キーワード：新生児運動解析 マーカーレス計測 医療・福祉 生体医工学

1. 研究開始当初の背景

新生児や乳児に発生する運動障害は、場合によっては生後 2、3 年を経過してから明らかになるものもあり、障害の重度化や重複化が問題とされている。病症の早期発見ができれば、障害の初期段階での治療や機能習得・訓練などの対応処置を開始することができ、病症や障害の改善または重症度の軽減につながる可能性がある。従来から新生児の運動異常と障害の関連性が指摘されており、病症や障害を早期に発見するための新生児行動評価と発達診断の手法がいくつか提案されている。

しかしながら、従来手法は長時間にわたって新生児を拘束する必要があるため新生児の負担となることが指摘されている。また、運動の客観的かつ定量的な評価は難しく、医師が長時間にわたって新生児を観察していなければ、痙攣など発生頻度が低い運動異常を発見できない場合もある。

近年、画像処理技術の発展に伴い、新生児運動の定量的評価に関する試みとして、コンピュータを用いた高精度な運動解析に関する研究が進められている。しかしながら、これらの手法では運動の計測に固定具や数多くのマーカーが必要であり、新生児への影響が懸念される。また、場合によっては計測装置が大規模になってしまうため、数の多い新生児を対象とする臨床現場での長時間の計測は困難である。新生児に大きな負担を与えず、マーカーを使用しない運動計測で、新生児運動の簡便かつ定量的な評価が可能となれば、障害の早期発見や医師の負担軽減に大変有用である。医療現場において、非侵襲で低拘束の条件で、長時間・リアルタイムに新生児の運動を計測し解析する技術の確立は、新生児の運動異常や障害を早期に発見するために重要な課題である。

研究代表者がこれまでの研究活動で、大学、病院、企業の研究者らとの共同研究「運動計測・解析による新生児運動障害の早期発見」に参画し、単一カメラを用いた新生児運動のマーカーレスモニタリングシステムを開発してきた。提案したモニタリングシステムは新生児運動の特徴をリアルタイムで算出と評価するために、一台のカメラより計測するビデオ画像にシンプルな解析アルゴリズムを用いて運動特徴データを抽出した。しかしながら、提案した手法は三次元運動計測の代わりに運動の二次元投影を計測する。計測した運動特徴を用いて高度な運動解析を行うことが困難である。また、四肢の運動特徴評価に計測区域を分割する方法では、手、足が中央基準線を越え反対側に入ることや四肢の動きに伴い体の傾き、中央からの左右のずれなど長時間計測で起こりうる状況を対応するため、解析アルゴリズムの煩雑化が予想される。

一方、近年では複数カメラで計測した Silhouette と特定の運動特性、制約条件を利

用して、マーカーレスでモーションキャプチャを行う研究が複数報告された。例えば、高サンプリングで計測した画像から、人体を表す多関節リンクモデルとその幾何構造、運動連続性の制約条件などから人体の姿勢推定が可能とされている。本研究において、新生児が基本的に仰向きの姿勢を取る、胴体の動きが相対的に小さい、四肢の運動が主となるなどの特徴を利用することが可能である。

そこで、本研究では複数の高速カメラから得られたビデオ画像を用いて、非侵襲・無拘束に新生児運動のマーカーレスモニタリングシステムを開発するとともに、ビデオ画像データより運動特徴を抽出する解析アルゴリズムを構築する。

2. 研究の目的

本研究では、非侵襲、無拘束に新生児運動の定量的評価を目的として、マーカーを用いず新生児運動のモニタリングシステムと運動特徴解析システムの開発を目的とする。具体的な達成目標を次に列挙する。

(1) 複数台の高速カメラを用いた運動計測システムの構築を行う。新生児運動計測の特徴に適したカメラ配置と測定条件を確立し計測システムを構築する。

(2) マーカーレスで新生児運動特徴の抽出アルゴリズムを開発する。複数台のカメラから得られたビデオ画像情報を用いて、新生児のスケルトンモデルを推定する手法を活かす。各フレームのスケルトンモデル情報に基づいて、四肢運動特徴の三次元データを算出するアルゴリズムを提案する。

(3) 新生児運動データの計測実験及び提案手法の検証を行う。実際の新生児を対象に計測実験を実施し、マーカーを用いる推定手法と比較して提案手法の有効性を確認する。

3. 研究の方法

(1) モニタリングシステムの構築。

本研究は超高速 USB3.0 規格カメラを利用して、新生児運動の計測用カメラシステムを構築する。5Gbps の転送速度を有する USB3.0 を採用したため、本研究提案時に計画した GigE 規格カメラより通信速度が一段と高くなり、研究目的により適した高速画像計測ができる。一方で、マーカーを使用せずビデオ画像からヒトの運動測定や姿勢推定が画像処理の分野で近年広く研究されている。中には、人体の骨格リンクモデルとフレーム間の動作関連性などを利用した研究がある。精度よく運動を推定するには複数のカメラで高いフレームレートと解像度で計測することが要求される。これらの計測条件により、単位時間において計測・記録システムが処理すべきデータ量が決められ、高速かつ長時間計測を行うシステムにおいては重要な要素である。

本研究で考案する新生児運動モニタリングシステムは図 1 のようなモードで構築する。

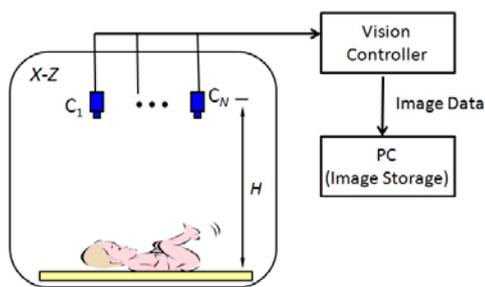


図1 モニタリングシステムの模式図

新生児の身長方向を X 方向に、カメラから新生児の寝る平面までの高さ方向を Z とする。同時に計測するカメラ数を N とし、カメラはビジョンコントローラにより制御され、同期したビデオ画像を計測する。また、ビジョンコントローラおよび画像ストレージのデータ記録・処理能力がシステムの大きなボトルネックと考慮し、データ転送能力に依存して画像記録のフレームレートを選出した。

(2) マーカーレス運動特徴解析アルゴリズムの開発。

マーカー情報を使用しない上、新生児が着衣するか否か、測定環境の状況などより色分布のパターンを利用することが困難だと考える。本研究では、人体の動きが表現できる多関節スケルトンリンクモデル、その幾何構造と運動の連続性による運動特徴の推定が提案手法の基本的な考えとする。特に、エッジ分布とフレーム間差分情報に多関節リンクモデルをフィッティングすることで、姿勢の追跡とリンクモデルのパラメータ推定を行う。高速カメラを利用したため、計測した各フレーム間の動きを小さな変化範囲に抑えることが可能である。これらの動画像データより、計測対象のスケルトンリンクモデルを推定する。

さらに、推定されたスケルトンリンクモデルの(動き)情報に基づいて、新生児の運動レベルを表す四肢末端の位置とその時間変化、及び関節角度の時間変化に着目し、三次元運動データの算出を行う。また、これらの運動データ以外、本研究は新生児の運動評価への利用を目指し、運動レベル、運動の協調性、体左右部分の運動量の比例などの運動指標も検討する。

(3) 新生児運動計測及び検証実験。

医療現場で新生児の運動を計測するのは本研究において非常に重要である。これらのデータによって新生児運動計測のパラメータを検討することは、システム構築の面で重要な情報を提供できる。また、本研究の目標として医療現場で使用可能な長時間・リアルタイム計測可能な実用システムを目指すため、実運動データでのシステム検証も重要である。

本研究は生後1週間以内の満期出産児の

運動ビデオ画像を取得した。そのデータを解析し、フレーム間の運動距離を計算する。複数の被験者(新生児)の運動データから、それぞれのフレーム間運動距離の平均値など統計データを計算し、それを利用して運動計測時のフレームレート決定にも使用できる。

また、新生児の実運動ビデオ画像データで提案手法の検証を行う。本研究では、比較対象の手法として、従来の三次元運動推定アルゴリズムを利用してマーカー情報を用いて運動データを取得した。さらに、従来手法の推定結果を提案手法と比較を行って、有効性を確認した。

4. 研究成果

(1) 構築した新生児運動モニタリングシステムでは、長時間記録可能なシステムを実現するために、USB3.0規格カメラの実証データ転送レート200 MB/sを基準に、計測のフレームレートを決定した。計測画像データの解像度が700×500 pixelの条件で、4台のカメラが60 fpsのフレームレートで計測するようにシステムを構築した。また、実際に計測した新生児の運動データから、手と足の末端のフレーム間移動距離が60 fpsで60 mmの範囲に入ることが確認できた。



図2 ビジョンコントローラ M100

上記の結果をベースに、専用ビジョンコントローラ(M100、Tattile社製、図2参照)を用いて4台のカメラで実際に計測システムを構築した。構築した計測システムでは、60 fpsの画像計測が実証できた。さらに、2 TBのSSD画像ストレージを用いた場合、3.3時間の連続データ記録が確認できた。

(2) マーカーレス運動特徴解析アルゴリズムの開発。新生児の身長が45~52cmの範囲であるため、解析に用いる解像度を700×500 pixelと設定して解析アルゴリズムの開発を行った。新生児の多関節リンクモデルは計測したビデオ画像データから各リンクの長さ寸法を学習・推定するフェーズが必要である。このフェーズでは、新生児の体寸法の統計データを初期値に、計測画像からフィッティングを行い半自動もしくは自動的にリンクモデルの各パラメータを決定する。運動時、リンクモデルのパラメータ変化を画像データの背景差分データ及びフレーム間差分データを利用して推定を行う。さらに、高いフレームレートを利用したため、フレーム間の各リンク部分の移動が前画像の場所非常に小

さい探索範囲で見つけるため、推定の精度を高めることが期待できる。

リンクモデルの動きを持って、画像中の新生児運動を表せることである。多関節リンクモデルの四肢の動き（数値データ）から直接四肢の末端の3次元運動データを計算することができた。今回の提案手法は、計測用カメラは新生児の上に（同一平面上に分布するように）設置した。そのため、推定した運動データの結果がカメラの分布面と並行な $X-Y$ 平面において十分な近似精度が取れたが、高さ方向（ Z 方向）の運動データが X, Y 方向と比べて推定精度が1ケタ以上劣るケースも確認できた。今後の課題として、まず3次元情報を各方向において同等なレベルに推定することにある。

一方、前項の結果より計測と解析に使用する画像の解像度を適宜に下げることによって、可能な計測時間が長くなる。今回の提案手法をベースに、今後は低い解像度での検証なども考慮する。

(3) 新生児運動計測及び検証実験。生後1週間以内の満期出産児（9名）の運動ビデオ画像を取得した。比較手法を使用するために、新生児の四肢にマーカーを付けて計測したが、提案手法の運動推定にはこれらのマーカー情報は使用しなかった。従来の3次元推定手法を用いて、四肢の末端の動きデータを推定して、提案手法と比較を行った。

比較の結果、前項で報告した通り Z 方向の推定精度が従来手法より低いことが分かった。この結果は提案手法の改善すべき点を示した。しかしながら、提案手法はマーカー情報を用いず従来手法と比較可能な3次元推定ができたため、本研究の目標が大筋達成できた。今後は推定手法の改善やカメラ配置の再検討などにさらに工夫を重ねて対応する予定である。

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）

〔学会発表〕（計 1 件）

- (1) ト 楠，新生児運動解析用長時間ビデオ計測・記録システムに関する研究，日本人間工学会第23回システム大会予稿集，2015.3，早稲田大学（東京都）。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

ト 楠 (BU NAN)

熊本高等専門学校・制御情報システム工学
科・准教授

研究者番号：80425743

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：