

平成22年 3月31日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20700415

研究課題名（和文） EMGを用いたガン骨転移患者の寝返り支援機器の開発

研究課題名（英文） EMG Based Rollover Support System for Bone Cancer Metastasis Patient

研究代表者

岡本 淳（OKAMOTO, Jun）

早稲田大学・理工学術院・講師

研究者番号：10409683

研究成果の概要（和文）：

がんの末期に骨転移が起これると、患者の骨は極めて脆弱になり、寝返り動作に伴う体幹の回旋動作などによって激しい疼痛や骨折が発生する。本研究では生体計測とメカトロニクスの知見を活かし、ターミナル・ケアにおけるペインマネジメントを実現するために、生体信号である筋電位や動作を支援用の空気圧ゴム人工筋を用いたがん骨転移患者の寝返り支援機器の開発を行った。

研究成果の概要（英文）：

We have been developing an EMG controlled intelligent trunk corset to support rollover movement, since it is one of the most important activities of daily living (ADL). Especially, the rollover movement of bone cancer metastasis patients is focused as the target movement. The bone cancer metastasis patient feel sever pain when they conduct the rollover movement including the trunk rotational movement. The core of the intelligent trunk corset system is a pneumatic rubber muscle that is operated by the EMG signals from the trunk muscle.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：知能機械，看護学，寝返り，がん骨転移，装具

1. 研究開始当初の背景

転移性骨腫瘍は主に肺ガン・乳ガンの末期に発生し、患者は世界に500万人いると言われている。骨転移の疼痛はがん患者を苦しめ

る最もつらい症状の一つであり、近年ホスピスを中心に、「ペインマネジメント」としてその対策の必要性が議論されている。骨転移により脆弱になった骨を治療する方法とし

て、手術療法や放射線治療が発展してきているが、特に余命が数ヶ月と限られている場合には患者のQOLを最優先するため「硬性コルセット」を装着するだけで、積極的な治療を行わないことも多い。しかし、硬性コルセットは体幹を常に強く拘束し続けるため、身動きが取れなくなり、逆説的に患者のQOLを著しく低下させるという問題がある。疼痛・骨折そのものの予防を行う「装具」の発達は遅れており、旧来の軟性・硬性コルセットがそのまま使用されているのが現状である。本研究は緩和ケアに力を入れる静岡がんセンターと早稲田大学の連携の枠組みの中で昨年度から発足し、強力な医看工連携体制の元、「人生の最期まで、尊厳のある自立した生活を送りたい」というホスピス患者の願いを叶えるテクノロジーの開発を目的としている。その具体例として、骨転移患者の寝返り支援を重点化し、「最期まで自分で寝返りを」をコンセプトとした機器の開発を行っている。

2. 研究の目的

本研究ではADLの1つであり、体幹回旋動作を含む寝返り動作を対象とし、寝返り動作時の疼痛を防ぎ、必要なときのみ動作を拘束するインテリジェントな体幹装具の開発を目的とする。インテリジェントコルセットは、

(1) 体幹のEMGによる寝返り動作の検出、
 (2) 独自のNeural Networkによる寝返り動作の認識、(3) 空気圧ゴム人工筋による体幹回旋可動域の制限、という3つのステップにより体幹回旋動作を抑制する(図1)。これにより骨転移患者は、安静時は圧迫や拘束がなく、また寝返り時は体幹回旋を拘束した状態で自らの筋力を使いながら、寝返り動作を行うことが可能となる。

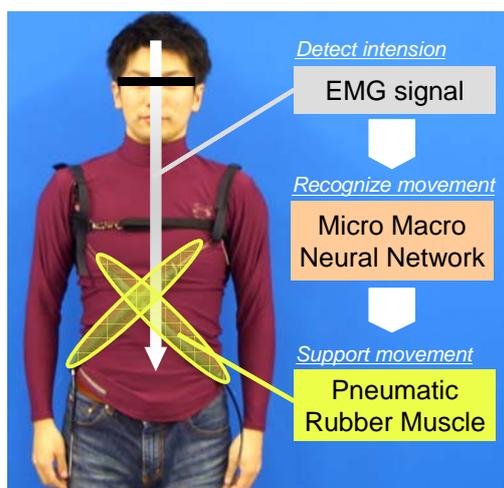


図1 寝返り支援機器

3. 研究の方法

(1) 体幹のEMGによる寝返り動作の解析
 寝返り支援機器の入力信号となる筋電位に関して、寝返り動作時の体幹筋群の筋電位発生順序の解明を行い、筋電位そのものの若年者と高齢者の違いや、連続使用による影響などを実用化に至る際に重要となる部分について基礎的な検討する。

(2) 独自のNeural Networkによる寝返り動作の認識アルゴリズムの開発

「計算量の増大を押さえながら、長時間の時系列データから早期、正確に動作を認識する」というコンセプトのもと、寝返り動作などの緩慢な動作の認識に特化したニューラルネットワークを独自に提案・開発する。

また、開発したニューラルネットワークの構造を最適化する手法も併せて構築する。

最後に、新たに開発したニューラルネットワークと従来のニューラルネットワーク(時間遅れニューラルネットワーク)の寝返り認識性能を応答時間、誤認識回数などの観点から比較することで有効性を検証する。

(3) 空気圧ゴム人工筋による体幹回旋可動域の制限機構の開発

寝返り支援システムの機構に関する開発要件としては、以下の4点が挙げられる。

- ①寝返り時のみ体幹回旋運動を制限する機構
- ②胸側のみの機構(患者はベッドで仰臥位であるため)
- ③製作が容易な機構(余命が短いため)
- ④調整しやすい機構(がん進行に伴い急激に体型が変化するため)

以上を踏まえて、空気圧ゴム人工筋を用いた機構を開発することとした。

まず、体幹回旋可動域を制限する機構を開発するために、体幹回旋運動の運動学的解析を行った。

その後、回旋動作時の運動学的特徴をもとにして、空気圧ゴム人工筋の配置方法を決定し、プロトタイプの開発を行った。

そして、開発したプロトタイプに関して、体幹回旋可動域の抑制性能を評価する実験を行った。

4. 研究成果

(1) 体幹のEMGによる寝返り動作の解析
 寝返り動作初期で活動する筋を調べるために、体幹の回旋動作に関係がある外腹斜筋、内腹斜筋、腹直筋、脊柱起立筋の寝返り動作時の筋電位を計測した(図2)。結果として、内腹斜筋が寝返り動作の初期から活発に活動することが確認できたので、内腹斜筋の筋電位信号を寝返り支援システムの入力信号とすることとした。

また、若年者と高齢者で筋電位の特徴を比

較したところ、筋電位自体は高齢者は若年者の3分の1程度と弱いことがわかったが、信号の特徴には違いがないことがわかった。

さらに、12時間以上連続的に電極を貼付した状態であっても、安定して筋電位信号が取得できることが確認できた。

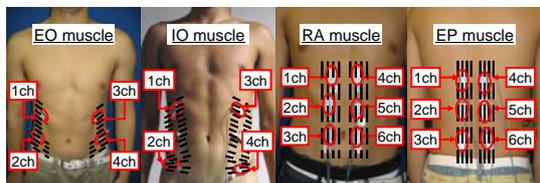


図2 解析した体幹筋群

(2) 独自の Neural Network による寝返り動作の認識アルゴリズムの開発

計測時刻直前の筋電データは認識結果への影響力が大きいので、生データとして NN の入力信号とし、ある程度過去の情報は圧縮して NN の入力信号とする、Micro Macro Neural Network (MMNN) を提案した (図3)。MMNN は生データを入力とするマイクロパートと圧縮データを入力とするマクロパートから構成される。つまり、従来の TDNN は MMNN のマクロパートとして定義されている。マイクロパートでは筋電位信号の急激な変化を検出し、マクロパートでは筋電位の変化の傾向を捕らえることができるので、劇的に反応時間と正確性を向上させることができる。

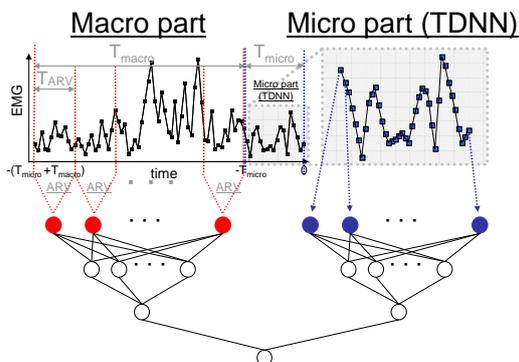


図3 ミクロ・マクロ・ニューラルネットワーク

マイクロパートとマクロパートの時間やマクロパートの圧縮率など NN の構造に関するパラメータは、NN の重みから過去の時系列データが現在の認識結果に与える影響を調べることで、最適化を行った。

また、寝返り動作の認識性能に関して評価を行ったところ、MMNN は従来手法である Time Delay Neural Network (TDNN) よりも約 40[msec] 早く寝返り動作を認識し、また、

誤認識を約 3 分の 1 に低減した安定した動作認識を行うことができた。これにより従来の TDNN を用いた研究で問題となっていた認識遅延、誤認識という問題を解決することができた。

(3) 空気圧ゴム人工筋による体幹回旋可動域の制限機構の開発

光学式マーカを用いた回旋動作の運動学的解析により、右回旋時には右肩峰と左上前腸骨棘の距離が長くなり、左回旋時には短くなることわかった。よって、図4のように、肩峰と上前腸骨棘の距離がある一定の距離以下になるようにすると、体幹回旋動作の進行を止めることができる。つまり、通常時は非常に軟らかいインターフェース (空気圧ゴム人工筋: 非収縮) が、体幹回旋が開始される時に肩峰と上前腸骨棘の距離を制限し、さらに硬いインターフェース (空気圧ゴム人工筋: 収縮) となることで回旋可動域を制限できるのである。

開発要件と回旋動作の特徴より、肩峰と上前腸骨棘の胸側を結ぶ体表線上に空気圧ゴム人工筋を配置することで、回旋可動域を制限する機構とした。

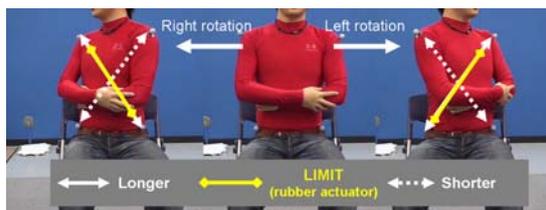


図4 機構コンセプト

最後に、硬性コルセットを装着して膝立て型の寝返り動作を行ったとき、寝返り支援システムを装着して上肢先行型、下肢先行型、膝立て型の寝返りを行ったときの最大回旋角度を評価した。結果を図5に示す。まず、許容値となる硬性コルセット装着時の膝立て型寝返りにおける最大角度は 24.5 (S.D. 6.2) [deg] であった。寝返り支援システムを装着して、上肢先行型、下肢先行型を行ったときの最大角度は、それぞれ 14.5 (S.D. 4.6) [deg] と 15.1 (S.D. 3.5) [deg] であり、許容値に対して有意差 ($p < 0.01$) を示した。つまり、寝返り支援システムは上肢先行型と下肢先行型においては硬性コルセットよりも高い体幹回旋可動域抑制性能があることがわかった。一方、寝返り支援システムを装着して、膝立て型を行ったときは 26.2 (S.D. 3.6) [deg] であり、許容値に対して有意差は示さなかった。従って、硬性コルセットと同程度の回旋動作拘束性能があることがわかった。以上より、寝返り支援システムの回旋動作抑制に関して有効性を示すことができた。

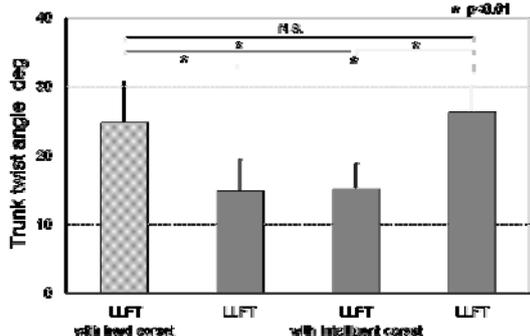


図5 回旋可動域抑制性能評価

今後は微弱な信号からでも正確性、安定性の高い認識を行えるようなアルゴリズムを開発する。また、本研究では意図的な寝返りのみを対象としたが、対象範囲を睡眠時などの潜在意識下での寝返り動作を広げ、より汎用性があるものにする。さらに継続的に被験者数を増加させながら、静岡県立静岡がんセンターにて臨床試験を行い、寝返り支援システムの有効性を確認する。

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3件)

- ① Takeshi Ando, Jun Okamoto, Masakatsu G. Fujie, Micro Macro Neural Network to Recognize Rollover Movement, Advanced Robotics, 2010, (Accept)
- ② Takeshi Ando, Jun Okamoto, Mitsuru Takahashi, Masakatsu G. Fujie, Intelligent Trunk Corset to Support Rollover of Cancer Bone Metastasis Patients, IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, 2010.4 (Accepted)
- ③ 安藤健, 岡本淳, 藤江正克, EMG を用いたガン骨転移患者のための寝返り支援機器の開発(第一報)入力信号としての寝返り時の EMG 信号解析, 生体医工学, 46(3), pp.383-389, 2008

[学会発表] (計7件)

- ① Ando Takeshi, Okamoto Jun, Fujie Masakatsu G., Optimal Design of a Micro Macro Neural Network to Recognize Rollover Movement, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2009, 1615-1620, USA.
- ② Takeshi ANDO, Jun Okamoto, Masakatsu G. Fujie, "Intelligent corset to support rollover of cancer bone metastasis patients", The 2008

IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2008, pp.723-728, France.

- ③ Takeshi Ando, Jun Okamoto, Masakatsu G. Fujie, "Development of a Micro-Macro Neural Network to Recognize Rollover Movement", 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2008, pp. 5228-5233, Canada.

[図書] (計1件)

- ① Takeshi Ando, Jun Okamoto, Masakatsu G. Fujie, Development a Micro-Macro Neural Network to Recognize Slow Movement: Accurate and Quick Recognition of Rollover Movement using EMG signal, Recent Advances in Biomedical Engineering", IN-Tech, ISBN 978-953-7619-X-X, pp. 1-15, 2009

[その他]

ホームページ等

<http://www.fujie.mech.waseda.ac.jp/index.php?Research%2F%A4%AC%A4%F3%B9%FC%CE%BE%B0%DC%B4%B5%BC%D4%A4%CE%BF%B2%CA%D6%A4%EA%BB%D9%B1%E7%B5%A1%B4%EF%A4%CE%B3%AB%C8%AF>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本淳 (Okamoto Jun)

早稲田大学・理工学術院・講師

研究者番号：10409683