

# リハビリテーションによる回復度評価データの 標準化の為にデータベース構築と分析 (第1報: 評価指標の抽出)

滝沢茂男<sup>1</sup>・武藤佳恭<sup>2</sup>・家本晃<sup>3</sup>・高田一<sup>4</sup>・松岡幸次郎<sup>5</sup>・牛沢賢二<sup>6</sup>

<sup>1</sup>慶應義塾大学SFC研究所研究員(訪問), <sup>2</sup>慶應義塾大学,

<sup>3</sup>バイオフィリア研究所有限会社, <sup>4</sup>横浜国立大学, <sup>5</sup>淑徳大学, <sup>6</sup>産能大学

我々は座位で器具を用いる創動運動を中心としたタキザワ式リハビリテーションの機序解明研究を行っている。効果を上げているこの手法を評価する指標を抽出するため、下肢前後運動の運動範囲、運動回数及び運動速度を検知しデータ化する機器を開発し、さらにサーモグラフィを用い、下肢創動運動の実施による身体的影響評価を行った。実験では経時的な追跡を行い、その間のリハ効果の計測を試みた。開発した下肢運動機能測定装置改良後に収集した画像の対比及び3回の下肢運動評価の結果、下肢前後運動の運動範囲は拡大し、運動速度は向上し、またサーモ画像の対比によれば運動前後には体温に差異が見られ、効果を明らかにでき、評価指標の抽出に成功した。

**キーワード:** タキザワ式, 創動運動, 身体的影響評価, サーモグラフィ, 下肢運動評価機器開発

## 1. はじめに

本論は、寝たきり高齢者に実施したところ、対象者の30%が何らかの歩行を獲得した創動運動を中心としたタキザワ式リハ<sup>1), 2), 3), 4)</sup>による効果の解明手法を確立する目的を持つ。また、今日までタキザワ式は特定の理学療法士により実施されてきたが、今後、手法を一般化するにあたっては、標準化した評価を行う必要があり、標準化の指標を抽出する必要があり、その抽出を目的としている。

その目的の実現のため、我々は文部科学省科学研究費を得て、運動範囲、運動時間、運動速度を測定可能な下肢機能訓練器兼測定器<sup>5)</sup>を開発した。この開発機器に関し、利用による座位による下肢運動域テストを運動範囲、運動時間、運動速度の評価、さらに心電計及び筋電計を用いた心電・筋電の測定が出来ることを明らかにしている<sup>6), 7), 8)</sup>。

評価の標準化のための評価指標を抽出するため、1年間にタキザワ式実施による下肢運動域の変化の評価を3回を行い、運動範囲、運動時間、運動速度の収集結果を分析した。さらに変化を明らかにし、訓練効果を評価する他の手法として、赤外サーモグラフィを用い、被験者の当該機器の運動前と運動後の体温変化を撮影した。タキザワ式の利用者に与える効果を明らかにするため、また評価標準化の指標を提案するため、赤外サーモグラフィ画像による体温変化と、開発機器による下肢の運動域変化の関連評価を行った。

## 2. 目的

寝たきり高齢者に実施したところ、対象者の30%が何らかの歩行を獲得した創動運動を中心としたタキザワ式リハがある。今日までタキザワ式は特定の理学療法士により実施されてきたので、評価の標準化を必要としていなかったが、今後、手法を一般化するにあたっては、標準化した評価を行う必要があり、そのために標準化の指標を抽出する必要があり、その抽出を目的としている。

### 2.1 創動運動を中心としたタキザワ式リハ

この手法は、以下①から⑧の実施を特徴としている。利用器具の実際と利用時期は表1に示す。

- ① 器具を用い、健側の筋力を利用し患側の運動を行う。(創動運動)
- ② 1名の療法士が多数の患者・利用者に対して、個別的リハが実施できる。
- ③ 訓練室において、訓練器具や歩行器を積極的に利用し、マットを用いることなく、車椅子座位、椅子座

- 位又は立位で訓練を行う。
- ④ 座位姿勢がとれない人には、クッションを利用して座位姿勢をとらせ、実施する。
  - ⑤ 歩行の獲得を最終目標におき、患者・利用者に無理な訓練を行わず、訓練時の体調や能力に合わせて行う。
  - ⑥ 表1に示す訓練の初期から、上肢訓練では上肢訓練機（プーリー）を用い、同時に下肢訓練では足の前後運動のための下肢訓練機（コロ）と足首の揺動運動のための下肢訓練機（パタ）を用い訓練を行なう。また、おもりのベルトを足首に取り付け、脚振り運動の訓練も行なう。
  - ⑦ 中期になると、立位可能となるように、車椅子上で座位バランスおよび体幹訓練を行う。
  - ⑧ 後期には、表1に示す全ての運動を行なう。
  - ⑨ 図1に示す指示書の通りのマニュアル化により、介護者が実施を補助できる。

表1 タキザワプログラムの利用機器と利用時期

	病期	急性期	回復期			維持期
			初期	中期	後期	
	体位	臥位・座位	座位	立位	歩行	在宅
開発機器	クッション	○	○	○	○	○
	下肢訓練機		○	○	○	○
	軟式下肢装具			○	○	○
	ソリ付き歩行器				○	○
共用	上肢訓練器		○	○	○	○
市販品	おもり		○	○	○	○
	平行棒				○	○

運動の種類	運動量
パタ・コロ	20回
ベルト	0.5 kg × 20回 1.0 kg × 20回
プーリー	20回
ホットバック	肩右 肘左 膝右 腿左
平行棒	前 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 後 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 横 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
階段	低 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> 高 <sup>1</sup> / <sub>2</sub>
肋木体操	腹筋

図1 指示書

### 3 方法

#### 3.1 対象

評価対象者 YA 氏は 1934 年 1 月生まれの現在 72 歳の女性で介護老人保健施設湘南の丘へ 2002 年 2 月 21 日入所した。

入所時評価で、痴呆は無く、1983 年リウマチを発症し、1994 年以来、歩行不能である。入所時に医師は、「関節に癒着があり、歩けるようにならないし、関節可動域の拡大も期待できない。」と診断した。入所以前には他の 4 老人福祉施設の入所・滞在を経ている。

入所時、座位の際で左右の手は大腿部に位置し、ほとんど動かせなかった。3 月 19 日の実験の際、右手は介助により、額の位置まで上げる事が可能になっていた。左手は入所時と同様動かない状態であった。この評価対象者は入所以来、体調に異常のない日は、週 4 日下肢訓練（パタおよびコロ）を各 20 回、上肢訓練（プーリー）を 20 回、脚振り運動（ベルト）を 20 回、腹筋運動のために座位の姿勢のまま、お辞儀をする運動（こんにちは運動）を 5 回実施した。

#### 3.2 開発機器

前節で述べた利用者の訓練結果の評価をするために以下のような機器を開発した。この機器は足載板（220mm × 270mm）に全方位移動可能なキャスターを 4 個取り付け、ロータリーエンコーダ（オムロン製）で前後左右の移動量を経過時間とともに測定できるものである。この測定器（1 号機）で第 1 回目の測定を行なったが、その後改良を行い、第 2 号機を製作した。その構造を図 2 及び図 3 に示す。改良点は、足載板の大きさ（250mm × 270mm）とロータリーエンコーダを円滑に回転させるために誘導棒（700mm）を取り付けた点である。サンプリングタイムは 0.1 秒である。測定時には、足載板上に両足を乗せ、自力あるいは他力により往復運動を一定

回数繰り返す。取り付けられたロータリーエンコーダよりの信号を Microsoft Visual Basic/C++ で記述したソ

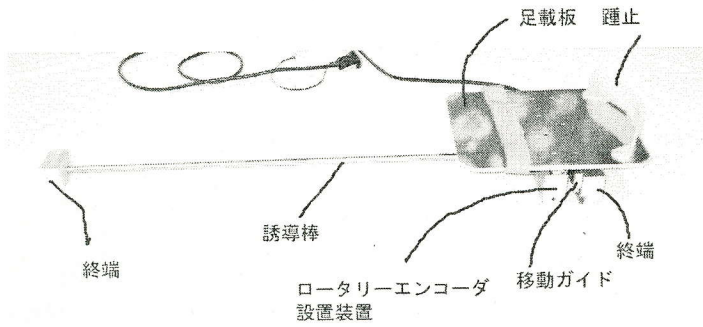


図2 2号測定装置 (2号機)

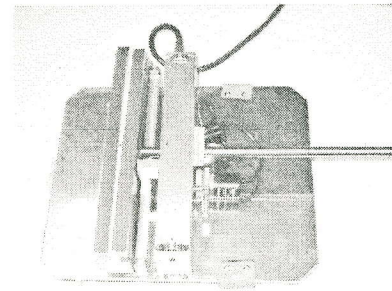


図3 ロータリーエンコーダ設置装置終端

フトで分析可能にした。取り込んだデータから、下肢の速度、加速度などを計算した。

この評価時に上記移動量とともに、サーモ (ニコン社製, THERMAL VISION LAIRD 3A) を用い、利用者の運動前、運動後の下肢の体温変化を測定した。ただし、衣類の着用した状態での測定である。これには、コンピュータにボード (カノーブス製, power move pci) を利用した。図4に取り込み時の画面の様子を示す。

計画当初、心拍の測定を含めたが、東京電機大学の共同研究として、心電計及び筋電計を用いた心電・筋電の測定実施に伴い心拍の測定を研究計画から除外した。

### 3.3 視認による上肢機能の変化

上肢の運動障害の変化に対する評価は、可動域を視認により確認することとした。

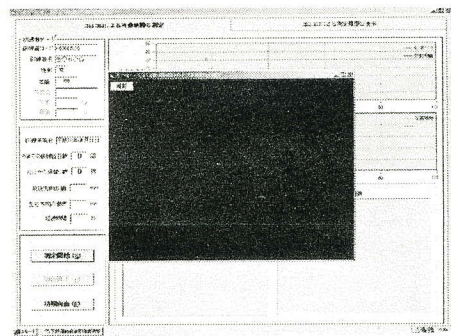


図4 サーモ画像の訓練開始時収集画面

## 4. 運動評価結果

測定実験は第1回2002年3月19日、第2回2003年2月25日、第3回2003年4月1日に行った。図5は第2回の測定実験を示している。

### 4.1 実験

#### ① 1回目

3-1 対象に述べた被験者の協力を得て、健側を患側で動かす創動運動を往復の前後運動として、25回声を上げてカウントしながら行った。この運動の開始から終了まで88.8秒を要した。膝を90度に曲げ、コロに両足を載せた位置を0とした。

一回の運動において、図6に示すように最大の移動量は、後方向は-111mm (点A) から前方向の30mm (点B)、の141mmであった。最小の移動量は-101mm (点C) から前方-10mm (点D) へ移動した91mmであった。

各前方向あるいは後方向における移動量の平均値は112.1mmであった。

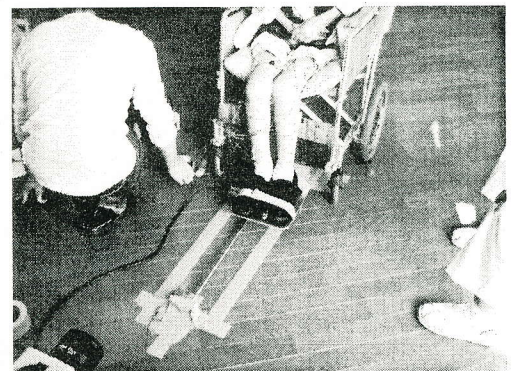


図5 実験準備状況

## ② 2回目

第1回目の同様の波形であるので、図は省略するが、移動量は以下ようになった。

運動の開始から終了まで33.3秒(開始までの7.3秒を含めた)を要した。膝を90度に曲げ、コロに両足を載せた位置を0とした。

一回の運動において、最大の移動量は、前方に34mm後方に最小-144mmで、178mmであった。

最小の移動量は前方14mmから後方-128mmへ移動した142mmであった。

各前方向あるいは後方向における移動量の平均値は161.7mmであった。

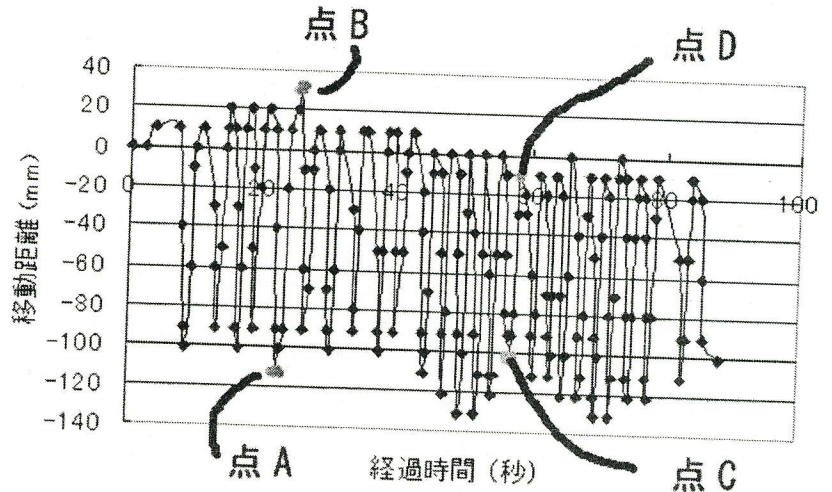


図6 一回目の実験結果

## ③ 3回目

図は省略するが、移動量は以下ようになった。

運動の開始から終了まで27.2秒を要した。膝を90度に曲げ、コロに両足を載せた位置を0とした。

1回の運動において、最大の移動量は、前方に最大67mm後方に最小-133mmで、200mmであった。

最小の移動量は前方41mmから後方に最小-126mmへ移動した167mmであった。各前方向あるいは後方向における移動量の平均値は179.7mmであった。

## 4.2 結果

以上の3回の測定結果を表2に示す。これを見ると回を経るに従い、1往復に要する時間が短くなっていることが分かる。また一往復の移動量が増えていることが分かる。このことから、歩行不能から歩行獲得の判断が、特定の術者の経験のみでなく、データを集積し、分析することで客観的な評価が可能になる事が明らかになった。

表2 測定実験結果

内容 \ 実験日	2002/3/19	03/2/25	03/4/1
最長距離 (mm)	141	178	200
最短距離 (mm)	91	142	167
平均距離 (mm)	112.1	161.7	179.7
回数	26	22	20
全体の運動時間 (秒)	88.1	29.4	24.7
20往復までの経過時間 (秒)	62.1	28.2	24.7
20往復までの移動距離合計 (mm)	2290	3293	3594
20往復までの速度 (mm/秒)	36.9	116.8	145.5

## 4.3 横方向移動とその結果

以上の3回では横移動も検知されており、第1回目の前後方向の移動に伴う左右の振れ右方向に9mm、左方向に1mmで移動量として10mmの移動が見られ、第3回目の前後方向の移動に伴う左右の振れ右方向に3mm、左方向に5mmで移動量として8mmの移動が見られた。

この例のみでは何らの評価をすることが出来ないが、目的行動をする際に、患側下肢移動の困難性を表す指標として期待できる。第1回目の結果を図7に示す。

### 5. 下肢の体温変化の測定と結果

赤外サーモグラフィーは対象の温度変化を赤外線量の変化として可視化する機器で、この特徴を利用し、医療では体表面の皮膚温度分布を測定し、それを色分布などで画像化して乳癌、手足などの血流の低下などの診断に用いている。

赤外サーモグラフィー画像の評価利用に関し、医療面の利用と同様の考え方とすることとし、下肢創動運動前後のサーモ画像の対比を行う研究を計画した。この測定では、体表面の皮膚温度抽出が望ましいが、利用者の要望と、評価実施時の今後のデータ抽出の可能性も考慮し、衣類を着用したままで測定した。測定前と後に下肢の発する熱量の差を確認するのが目的であるので、この方法での確かな評価が可能と判断し、測定した。

これまで、下肢創動運動に関し、実施前実施後のサーモ撮影による評価が実施されたことは知られていない。

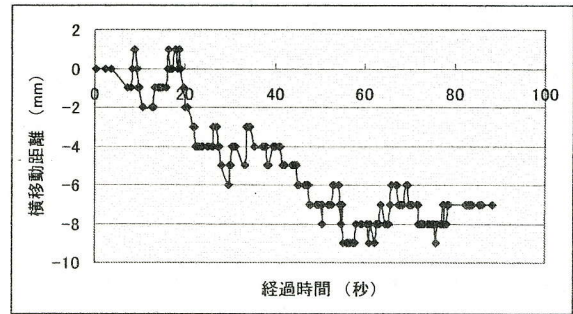


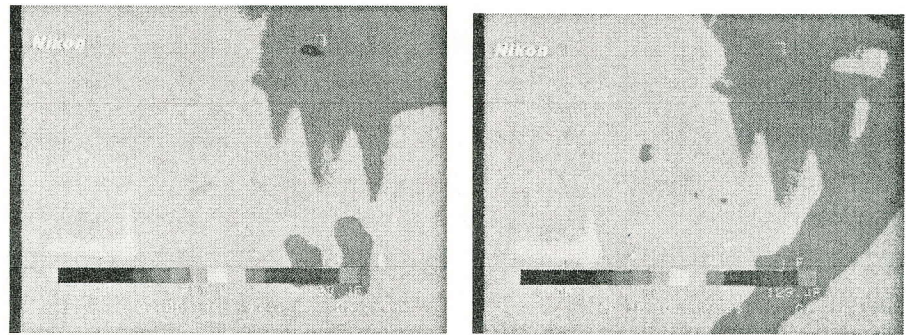
図7 一回目の横移動実験結果

#### 5.1 測定

第1回目の結果を実施前後の図として、図8に示す。

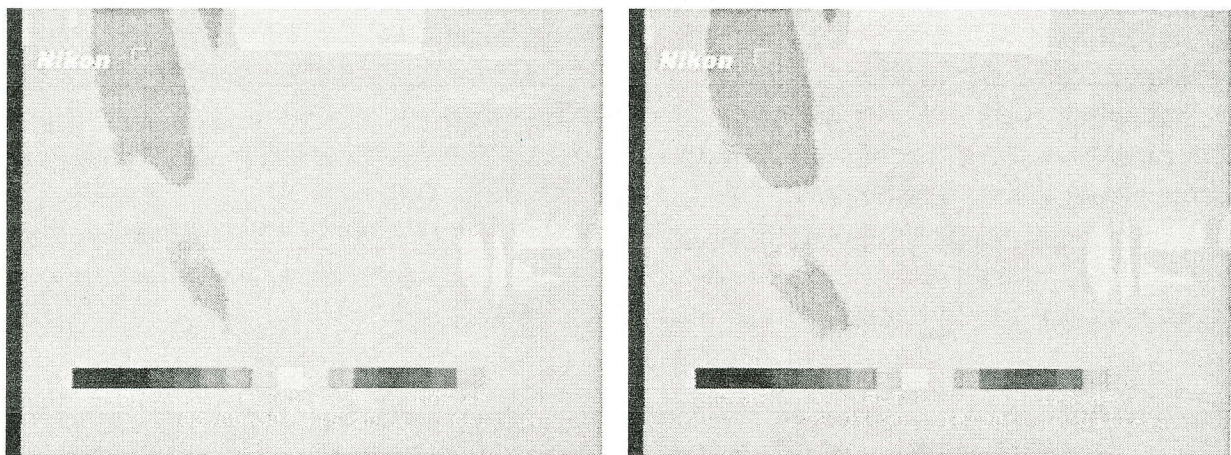
この撮影はカメラを利用者の斜め前方に位置させ、両下肢を撮影した。左大腿の一部、両膝、両下腿を撮影した。

図9に、第3回目の測定結果を実施前後の図として示す。撮影は下肢を横から行った。



事前画像 (YA09012120020319Mae) 事後画像 (YA09012120020319Mae)

図8 第1回実験結果 YA 氏前後サーモ画像



写真番号 YA090121200304011431Mae

写真番号 YA090121200304011431Ato

図9 第3回実験結果 YA 氏前後サーモ画像

## 5.2 結果

図8では、実施後の撮影時に、実験実施者の腕がじゃまになって、高熱部の増加が、明瞭に読み取れない。しかし、図9における実施前後の対照では、実施後に右下肢の臍と足首部に実施前より赤色の高熱部が増えていることが確認できる。

この前後の間隔は表1に示す通り、24.7秒間であり、移動量は3594mmであった。

図9の対照で、実施後に実施前より赤色の高熱部が予期される領域の広さで拡大しており、機器を用いて健側の動きにより患側を前後に動かす運動の訓練効果測定尺度としての可能性が示唆されている。

本実験は1例に対し行っており、又、撮影角度についても、斜め前方と横からと同位置から撮影していない。

## 6. 上肢機能

リハ開始までに他の4施設に於いて、長期間リハを受けている本症例は、上肢機能に関してもほとんど動かさず手指のROMのみ可能であったものが、右手は自発で額に届くまで改善し、動かなかった左手は上から2個目のボタンの位置まで動くようになった。

## 7. 結論

機器を開発して、実際に下肢運動域評価を行った、この3回の実験において、20往復までの運動速度は(mm/秒)は1回目36.9、2回目116.8、3回目145.5の通り向上したことが分かった。また1回の運動の平均移動距離(mm)は1回目112.1、2回目161.7、3回目179.7の通り向上したことが分かった。

またサーモを用いた評価テストから、運動前後の体温変化が明らかになった。血液循環が促進されたことが分かった。

さらに、利用者の下肢運動範囲の変化(運動範囲、運動時間、運動速度)と赤外サーモグラフィ画像の評価利用の対照からこの手法によるリハの効果が明確に確認できた。

赤外サーモグラフィ画像は単体でも、機器を用いて健側の動きにより患側を前後に動かす運動の訓練効果測定指標として、利用可能であると確認できた。

## 謝辞

この研究は平成13・14年の文部科学省科学研究費基盤研究(C)寝たきり高齢者削減に向けたリハビリテーション手法普及に関する研究(13680538)及び平成14・15年同・高齢者及び軽度痴呆高齢者の消費者教育の実践と将来像調査研究(14580493)の付属研究として行なわれたものである。

また、本研究の実験にあたり、老健施設湘南の丘の理学療法士滝沢恭子氏の協力を得て、施設利用者の内から、対象者の同意を得て、実験に至った。

実験にあたっては、筋電図収集を研究事項として、東京電機大学大学院工学研究科野本洋平氏及び山下和彦氏が研究に参加した。実験実施に当たり協力を得たことを明記し、さらに慶應義塾大学武藤研究室を介し、ニッタン株式会社様からサーモを借用した。心からこれらの方に感謝申し上る。

## 参考文献

- 1) Takizawa, Shigeo, Tetsuhiko Kimura, Hideo Kijima, Yuzou Okamoto, Kentaro Nagaoka, Kyoko Takizawa, The development of devices for the MOTIVATIVE exercise of impaired extremities, CSUN's sixteenth Annual International Conference, Los Angeles, 2003.5.24, 2000  
<http://www.csun.edu/cod/conf/2000/proceedings/csun00.htm>
- 2) Takizawa, S, Keeping the Elderly in Motion, Reha. Management international, Los Angeles, Medical World Communications, 48, 2000
- 3) Kenji Ushizawa・Shigeo Takizawa・Hiroshi Nagasawa Mitsuyo Makita・Tetsuhiko Kimura・Kyoko Takizawa,

Statistical Evaluation of Rehabilitation to the Disabled Elderly based Takizawa-Program, Biophilia Rehabilitation Journal, 2-1, p.71-80, 2004

- 4) 木村哲彦編, (2001). 高齢下肢骨折患者のADL向上と自立のための調査研究:平成12年度テクノエイド協会助成調査研究事業報告書, シビル出版. 藤沢
- 5) 家本晃, 滝沢茂男. 下肢機能訓練器具による運動機能の回復度を定量的に評価できる機器の運用実施について, 21世紀リハビリテーション研究会講演集. 14-18 (2001.08). シビル出版. 藤沢
- 6) Takizawa, Shigeo, Akira Iemoto, Youhei Nomoto, Kazuhiko Yamashita, Kyoko Takizawa, Takuji Shirasawa, Yoshiyasu Takefuji, Kenji Ushizawa, 2003, Examination and case report by the range of motion determination device for the motivative exercise of the lower extremities, paper presented, Proceedings of the 2nd International biophilia Rehabilitation Conference, (2) 28,
- 7) 野本洋平, 山下和彦, 滝沢茂男, 家本晃, 斎藤正男. (2002) 下肢創動運動における訓練効果測定器の開発と信頼性評価. バイオフィリアリハビリテーション研究. 19-22
- 8) 野本洋平, 山下和彦, 家本晃, 滝沢恭子, 滝沢茂男, 小山裕徳, 川澄正史, 斎藤正男. (2004) 下肢創動運動における筋電図及び可動範囲の解析. バイオフィリアリハビリテーション研究. 45-50