

## 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31日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22560255

研究課題名（和文） 筋硬度計測方法および計測装置の開発

研究課題名（英文） Development of measurement procedure of muscular hardness and measurement device

研究代表者

長尾 光雄 (NAGAO MITSUO)

日本大学・工学部・講師

研究者番号：90139064

研究成果の概要（和文）：験者の操作性による信頼性・再現性の改善について実施した。触診と筋硬度の相関、およびその代用モデルの開発を行った。診療前後の筋硬度を観察した。触診した肩こりの度合いを標準化する目的でサンプルモデルを試作し、施術者と被験者による実証試験から、ある程度のトレースは可能であった。触診と被験者の感覚には、ある程度の相関があった。アンケート調査やアウトリーチ活動も実施した結果、新たな課題も提示された。

研究成果の概要（英文）：Improvement of reproducibility and reliability of operation of the experimenter was conducted. We developed a correlation between palpation and muscle stiffness and the substitute model. Observe the treatment before and after muscle stiffness. Prototype a sample model to standardize the degree of stiffness palpated in and extent trace was test subjects and practitioner-possible. The feeling of palpation and subjects were somewhat correlated. Results of conducted surveys and outreach activities, new challenges were presented.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
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：工学

科研費の分科・細目：機械工学、知能機械学・機械システム

キーワード：バイオメカニクス、触診、筋硬度、肩こり、粘弾性、自覚症状、柔らかさ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 医療関係、競技スポーツ関係、一般家庭における心身のQOL (Quality of Life) の実現と持続性に貢献する筋硬度計とその数値化による客観化が望まれている。

(2) 医療分野では科学的な根拠 EBM に基づく医療行為の実現が求められ、高騰する医療費の抑制、個人の経済的な負担の軽減、予防医療の実践などの切実な課題があり、筋硬度

計の開発はこれらを解決する提案の一つである。

(3) 文献や市販されている筋硬度計の検出方法には皮膚表面の生体力学を含め次の6種類に分けられる。触診形では、①デュロメータ方式、②押込反力方式、③前者の変位と反力の関係線図の傾き角度方式、④変位反力からの粘弾性線図の傾き角度方式、これらに対して機械的な刺激を与える⑤機械的インピ

ーダンス方式、打診形の⑥衝撃負荷方式がある。このように評価が個々に異なるため標準化が必要であり、携帯性、操作性、信頼性・再現性、費用対効果など験者側から改善が求められている。

(4) 被験者には①体質体格的な特徴、②部位による特徴、③臨床的な側面などによる個体差があり、適用範囲の制限は設けられない。また、肩こりや腰痛は慢性化や他疾患との関連性が深く、単に筋肉疲労とは異なる場合があり、遠因である疾患の治療との継続性、臨床も含めた治療効果の評価に筋硬度を用いることはEBM実現への第一歩となる。

(5) 肩こりや腰痛、筋疲労、および筋肉の機能低下やこれらの診療による回復度合いに対する客観的な評価方法や計測装置は散見するが、いずれの場合も信頼性や再現性などに優劣あり臨床現場には向かないこともあり、ニーズに適った計測評価方法が待たれている。

## 2. 研究の目的

(1) 次の項目に挙げた筋硬度計測方法の提案とその計測装置の開発が目的である。

(2) 触診を模倣した押し込み荷重と押し込み変位の関係から、筋硬度の変化を角度の変化として捉える装置の開発を行う。

(3) 験者（治療家）が被験者（患者）の筋硬度を触診や経験に頼るのではなく定量化することによって、診療前後およびその後の経過観察が客観化できるなど改善効果の良し悪しが数値化できるため双方にとって有益である。

## 3. 研究の方法

(1) 筋硬度の定義・計測対象とする筋肉層の部位に向かって、生体表面から力学的な作用により押し込んで変形させようとするときに呈する抵抗の大小を示す尺度とする。すなわち、粘弾性、しなやかさ、弾力、張り、凝りもこれに含まれる。機械工学の分野で扱う金属の硬さを試験する硬度計とは異なる。

(2) 験（測定）者の操作性による信頼性・再現性の改善・図1に示す基本となる筋硬度計（1号機）は開発している。さらに、

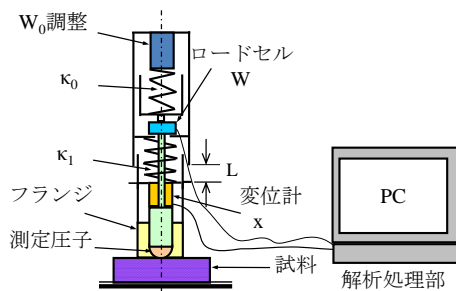


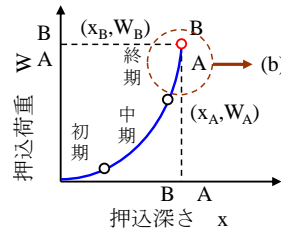
図1 筋硬度計の構成概要

人体部位での計測の操作性や個体差があり、これらを解決した新たな筋硬度計、2号機および3号機を提案する。

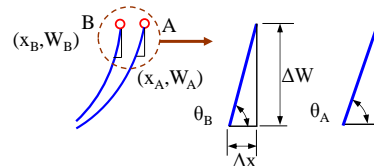
(3) 筋硬度の硬軟を数値化する方法・図2

(a) より、初期は皮膚層、中期は脂肪層、終期はこれらを含んだ筋肉層であり、層の区別による硬さが推定できる。筋肉の硬さは  $x_{max}$ 、 $W_{max}$ 、弾性定数  $\kappa = W/x$  により数値化ができ、この大小が筋硬度の大きさを表す。小さな変化は (b) に示すように終期のわずかな  $\Delta W$  内で検出されるため、図の終端部の A と B となり、 $\Delta W/\Delta x$  の傾きを角度  $\theta$  で数値化することで、 $\theta_A < \theta_B$  のように表せる。

図3は、2号機による右肩僧帽筋の硬軟度合いを計測している事例である。表層の厚薄やしこりの硬軟には個体差があり、これに応じた押し込み設定荷重や押し込み方法について検討している。



(a) 圧子の押し込みによる x-W 線図



(b) 小さな硬軟を数値化する  $\tan \theta$

図2 硬軟を数値化する方法

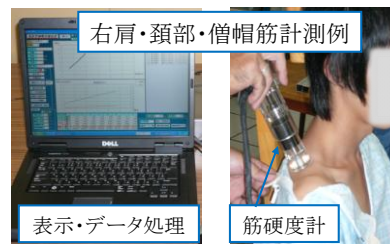


図3 2号機による生体計測事例

(4) 触診との相関や触診の標準化および触診代用の開発・触診した人体部位の硬軟を表現する方法とその評価方法の研究開発である。治療前後の変化、治療の効果、経過時間による変化や効果について主観や経験ではなくこれを数値化する。図4には触診による硬軟診断部位①～④であり、これは筋硬度との整合性を検討した部位でもある。硬軟の触診グレードモデルの試行では、図5のような7段階にて試行し、数値化との相関や整合性の度合いを検討している。

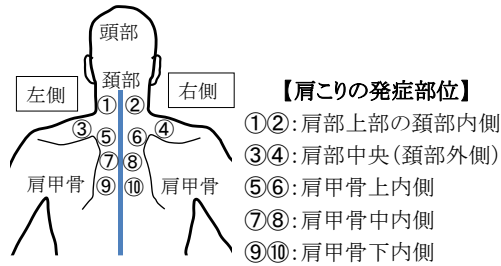


図4 肩こり発症部位と①~④の計測部位

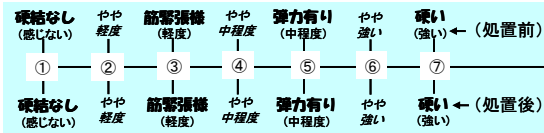


図5 触診の硬軟グレードモデル

#### 4. 研究成果

(1) 表層の厚さと押し込み荷重・・図6の表層試料B、下層試料AからEの硬軟序列からなる5種類を用いて、設定荷重4Nにおける下層の硬軟は、図7のようになる。硬さ $\theta$ の評価は有意差 $p < 0.05$ とした分散分析から上層の影響はなく、これに対して押し込み反力Wの評価ではその影響がある。硬さ $\theta$ の評価は下層の硬軟に対して敏感である。また、上層が5、7および10mmの場合には、押し込み設定荷重を触診で探索するように適正に与えれば下層の硬軟は $p < 0.001$ で判別が可能であった。

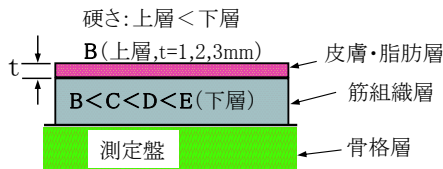


図6 筋硬度試料のモデル

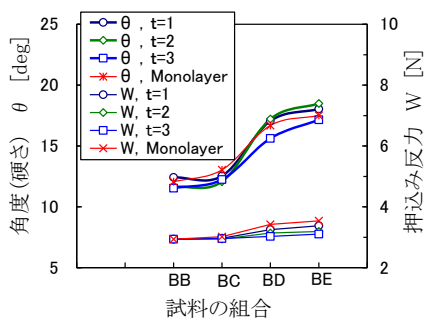


図7 上層の厚さ変化と試料の組合

(2) 僧帽筋の硬軟判別試験・・被験者6名、上肢の位置を変化させ筋硬度の変化を評価した結果が図8である。いずれの被験者においても個体差はあるが収縮による筋硬度が上昇していることが分かる。押し込み設定荷重が大きいとその変化量も大きくなり、先の図7と同じように適正な押し込み設定荷重が存在

しており、表層の厚薄や個体差に応じた押し込み条件がある。

(3) 肩こりアンケート調査結果・・図9には、70名のボランティアからのこり感(5段階)および自己触診ランク(5段階)を年代別に整理した結果を示す。30代と50代および70代は平均値より高く、20代は低いこり感と自己触診のランクである。50代から70代にはこり感が高いが自己触診は低いランクの被験者、これとは反対にこり感が高いが自己触診は高いランクの被験者も数例見られた。図10は、肩こり要因を複数選択した回答数146の結果である。1から4の本能性は64%、直接的な要因と関わりが深いため近因と言われており、この要因を改善すること

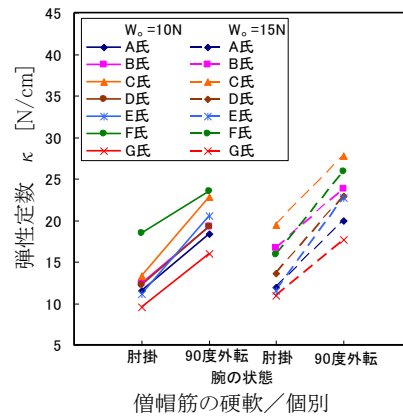


図8 僧帽筋の収縮硬軟試験

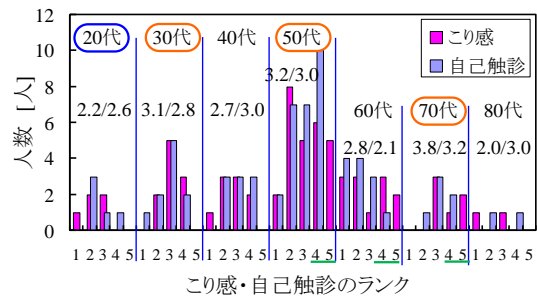


図9 こり感と自己触診のランクアンケート

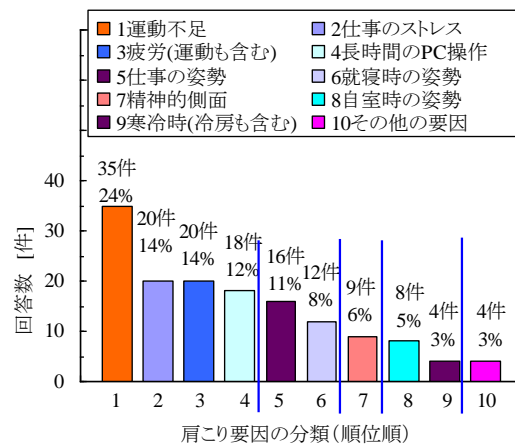


図10 肩こりの要因とその3分類

で肩こり感は解消する。5、6と8、9の症候性は27%、間接的な要因と関わりが深いため遠因と言われており、整形外科的疾患を始とする他の疾患やこれらが複合された疾患であり、この要因を特定し改善することで肩こり感が解消する場合である。7の心因性が6%、心因または遠因と関わるとされており、心身症によるものとも言われ心身の健全化により肩こり感が解消する場合である。

図11から、20代から40代および70代の女性では、男性に比べて筋硬度が相対的に高い値を示している。これは、厚生労働省の平成22年国民生活基礎調査より、性別にみた有訴者率の上位5症状(複数回答)の中で、女性は肩こりが第1位の結果とも相関しており、女性は日ごろから肩こりに悩んでいることを確認した。

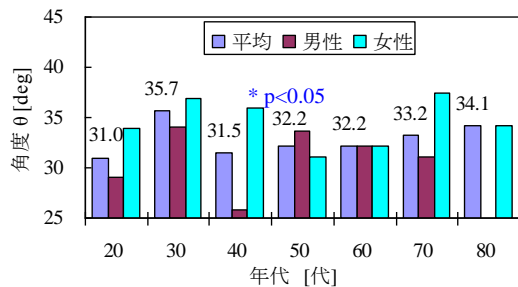


図11 肩こりの角度評価と年代の関係

(4) 肩こりの有無とその処置前後の評価・・・図12には、肩こり有無(自己申告)とその処置前後の触診(図5)により評価した一例を示す。同じく図13には、自覚症状も含めた処置前後の相関も示す。分かったことは、1) 触診の判別には、提案した試験方法と筋硬度計により数値化できる可能性を確認した。2) 筋硬度の数値化には、弾性定数 $\kappa$ に角度 $\theta$ を加えることで信頼性が高くなる。3) 触診と自覚症状の判別にも、強い相関が認められた。

触診と筋硬度の信頼性を改善するには、1) 触診 $\eta$ を7段階の感覚量から、等価と置く標準試料が望まれる。2) 標準試料は、自覚症状の判別と共有する。3) 被験者の体格的特徴(個人差)を考慮し、体格指数に応じた

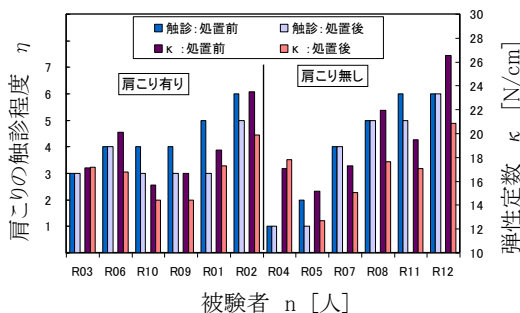


図12 肩こりの有無と処置前後の触診

押込みとする。4) 押込み位置や方向は、触診の動作に一致させる。

触診した肩こりの度合いを標準化する目的でサンプルモデルを試作し、施術者と被験者による実証試験からは、ある程度のトレースは可能であった。しかし、触診と被験者の感覚には、約半分に満たない整合性であった。その要因は、双方に判断の迷いや不確かさが見られたためである。

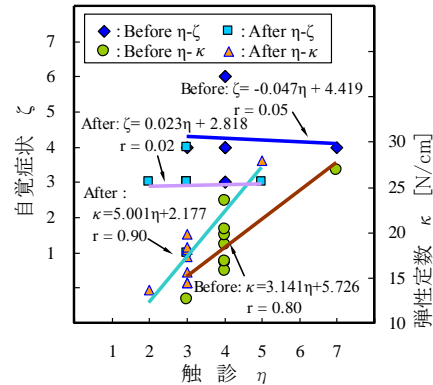


図13 触診と自覚症状および弾性定数との関係性

(5) こり感とストレス感・被験者が自覚する肩こり感を5段階、同じく感じているストレス感を5段階、自己触診で5段階、これらを回答した後に筋硬度を弾性定数と角度で表し、これらの関係性を表した例が図14である。被験者は、こり感とストレス感は同列の感覚量と捉えており、自己触診もこれに相応している。弾性定数と角度は、こり感全体の度合いとは近似しているように見える。しかし、過敏性やストレス感には個々に差がある。

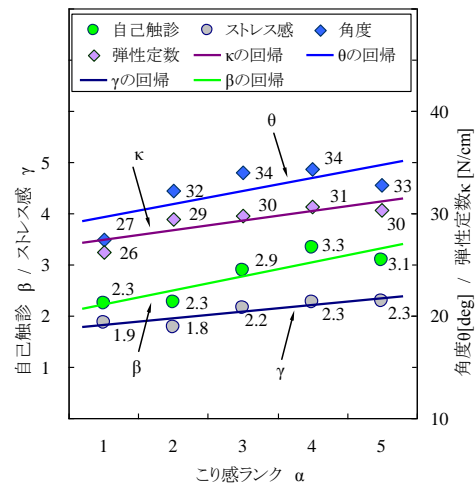


図14 こり感ランクに対応する各因子との相関

(6) 3号機の仕様・・・図1に示す1号機は押込み設定荷重が簡単に設定できないため、図3に示す2号機にはこれを解消する機能を持

たせた。そのため2号機の上部は大きくなり、軽くするため樹脂製のスケルトンとした。変位計、荷重計の電源や信号処理部など外部処理装置をまとめた大型の処理ボックスが付属する。これがPCと筋硬度計本体の中間に配置される。製品化を検討するために、この中間となる処理ボックスを本体に集積小型化した3号機を試作した。3号機にはUSBを付属させ、ノートPCにプラグインで接続できるようになり、付属のソフトをインストールすれば、直ぐに計測が可能になる。

(7) 成果の展開 (その1)・・・提案する計測装置に関わる評価の用途には、1) 日ごろの肩こりに代表されるように、しこりの度合いや施術前後の改善度合いなどの心身の健康に関連する家庭や医療福祉関連分野、2) スポーツ選手のトレーニングプログラムや筋肉の状態など診断する体育スポーツ関連分野、3) 生鮮食料品の鮮度、果実の熟した度合いなど、農産物の分野、4) 加工食品などの品質管理などの食品加工分野、5) 柔軟な工業製品を試験する従来の硬度計に代わる活用も期待できる工業分野、6) 林業、土木、建築などの分野が考えられる。

(8) 成果の展開 (その2)・・・一般の方々の肩こりに対する意識調査のため、肩こり度合いがチェックできるとのPRにより、積極的なアウトリーチ活動を実施した。関心は高く身近でありながら、その対処法が十分ではないため、心身のストレスや肩こりを愁訴する方の来場者が多く見受けられた。今後は、得られた成果を発展的に展開、または、探究を進め、国民の肩こりなど心身の診断や健康などに貢献する筋硬度計測方法および計測装置の開発を進める。

## 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6件)

- ① Mitsuo NAGAO, Shin-ichi KONNO, Tokuo ENDO, Kotaro YATABE, Osamu YOKOTA : Development of a Finger-Shaped Muscle Hardness Tester and Its Measurement Cases, *Journal of Mechanics Engineering and Automation*, 査読有, 2013, 掲載予定.
- ② 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理, 紺野 慎一 : 人工の擬似しこりを用いた筋硬度計の硬軟探索に関する研究, *設計工学*, 日本設計工学会, 優秀発表賞受賞, 査読有, Vol. 48-No. 8, 2013, 掲載予定.
- ③ 長尾 光雄, 望月 康廣, 西本 哲也, 横田 理 : 空気噴流による柔軟物の粘弾性特性, *機論 A 編*, 査読有, Vol. 79-No. 802, 2013, 掲載予定.
- ④ Osamu YOKOTA, Kotaro YATABE, Mitsuo

NAGAO, Akitoshi TAKEUCHI : Study on Surface Quality Measurement of Flexible Materials by Air Jet, 5th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, 5th PACME 2012, 査読有, pp. 95-102.

- ⑤ Mitsuo NAGAO, Shin-ichi KONNO, Tokuo ENDO, Kotaro YATABE, Osamu YOKOTA : Development of a Muscle Hardness Tester and Its Measurement Cases, 5th Pacific-Asia Conference on Mechanical Engineering, 5th PACME 2012, 査読有, pp. 111-118.
- ⑥ 長尾 光雄, 横田 理, 依田満夫 : 柔らかさおよび粘弾性を計測できる機能性試験機の開発, *機論 C 編*, 査読有, Vol. 76-No. 770, 2010, pp. 2598-2603.

[学会発表] (計5件)

- ① 兼子 享平, 佐藤 名月, 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理 : 筋硬度計を用いたBMIに応じた筋硬度の測定, (公社)日本設計工学会東北支部, 平成24年度研究発表講演会講演論文集, pp. 21-22, 2012. 11. 3, 八戸工業大学.
- ② 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理, 紺野 慎一 : 人工の擬似しこりを用いた筋硬度計の硬軟探索に関する研究, (公社)日本設計工学会, 2012年度秋季研究発表講演会講演論文集, pp. 75-79, 2012. 9. 28, 富山国際会議場.
- ③ 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理 : 肩こりのアンケート調査と筋硬度との相関, 計測自動制御学会東北支部 第268回研究集会, No. 268-6, 2011. 11. 26, 日本大学工学部.
- ④ 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理 : 僧帽筋の柔らかさ計測における触診と筋硬度計との相関, (一社)日本機械学会 2011年度年次大会, DVD-J022053, 2011. 9. 11, 東京工業大学大岡山キャンパス.
- ⑤ 長尾 光雄, 横田 理 : 筋硬度計測装置の開発に関する研究, (公社)日本設計工学会, 2010年度秋季研究発表講演会, 講演論文集 pp. 219-222, 2010. 10. 23, 高知工科大学システム工学群.

[その他]

(1) アウトリーチ活動 (計10件)

- ① 長尾 光雄, 紺野 慎一, 遠藤 徳雄, 横田 理 : 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), *メディカルクリエーションふくしま2012 (第8回医療機器展示会)*, 2012. 11. 28-29, 福島県産業交流会館 (ビックパレットふくしま).
- ② 長尾 光雄, 遠藤 徳雄, 横田 理, 紺野 慎一 : 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), *こおりやまユニバーサルデザインものづくりフェア2012*, 2012. 11. 22-23, 福島県産業交流会館 (ビックパレットふくしま).

- ③長尾 光雄, 紺野 慎一, 遠藤 徳雄, 横田 理: 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), メディカルクリエーションふくしま 2011 (第7回医療機器展示会), 2012. 2. 21-22, 日本大学工学部 70 号館, 福島県.
- ④長尾 光雄, 横田 理, 紺野 慎一: 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), こおりやまユニバーサルデザインものづくりフェア 2011, 2011. 11. 5-6, ハーモニーステーション郡山, 福島県.
- ⑤長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理: 肩こり度合いのチェック体験 (開発中の筋硬度計実演), 日本大学工学部オープンキャンパス, 2011. 9. 11, 日本大学工学部 70 号館.
- ⑥長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理: 肩こり度合いのチェック体験 (開発中の筋硬度計実演), 日本大学工学部オープンキャンパス, 2011. 7. 24, 日本大学工学部 70 号館.
- ⑦長尾 光雄, 横田 理, 紺野 慎一: 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), メディカルクリエーションふくしま 2010 (第6回医療機器展示会), 2010. 11. 25-26, 福島県産業交流会館 (ビックパレットふくしま).
- ⑧長尾 光雄, 横田 理: 肩こり・触診治療効果計測装置の開発 (肩こり度チェック度の体験), 第5回ビジネスフェア in こおりやま 夢商い, 2010. 9. 18-19, 福島県産業交流会館 (ビックパレットふくしま).
- ⑨長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理: 肩こり度合いのチェック体験 (開発中の筋硬度計実演), 日本大学工学部オープンキャンパス, 2010. 9. 5, 日本大学工学部 70 号館.
- ⑩長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理: 肩こり度合いのチェック体験 (開発中の筋硬度計実演), 日本大学工学部オープンキャンパス, 2010. 7. 25, 日本大学工学部 70 号館.
- (2) ホームページ  
<http://www.mech.ce.nihon-u.ac.jp/~nagao/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長尾 光雄 (NAGAO MITSUO)  
日本大学・工学部・准教授  
研究者番号: 90139064

### (2) 連携研究者

紺野 慎一 (KONNO SHIN-ICHI)  
福島県立医科大学・医学部・教授  
研究者番号: 70254018  
横田 理 (YOKOTA OSAMU)  
日本大学・工学部・教授  
研究者番号: 70120582