

研究機関番号：32665

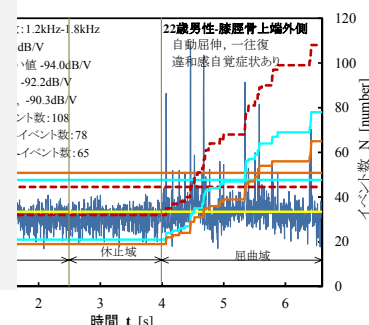
研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350541

研究課題名：変形性膝関節症の早期予防を目指した
診断支援システム用センサおよび計測装置の開発

研究代表者：長尾光雄，日本大学・工学部・機械工学科・准教授



【研究実績の概要】

中高齢者のアクティブエイジングを阻害する初期の要因には、歩行や運動機能に障害（ロコモティブシンドローム）をもたす進行性疾患の一つである変形性膝関節症（膝 OA）が含まれる。若年層でも膝に障害を抱えている事例も増加している。特に自覚症状や痛みを伴わないこのような疾患や障害が発症している場合を定期検診等で発見できれば、予防や遅延治療につながる。

すなわち、早期診断を支援する計測システムの構築を目指した計測センサと解析方法の開発が目的である。研究実績は次のとおりである。

(1) 骨関節音響センサ (BJAS ; Bone joint acoustic sensor) の開発と性能；センサは非侵襲で集団健診を念頭に開発し、粘着テープで容易に取付けられ、皮膚に押し当てたピン型プローブに伝導した信号をデジタル変換した。BJAS の周波数特性は、インパルス加振した入出力の伝達系において、入出力信号の比を表す周波数応答、入出力信号の相関強さを表すコヒーレンスの特性等を調べた。これらより周波数応答感度は 2～7kHz、12.5～14kHz が良好であり、広範囲の周波数測定ができた。豚膝関節表皮を介した信号では、8kHz を超えた辺りからの信号が減衰する特性を示した。

(2) 加速度計との比較：膝 OA を発症して定期的に関節内注射の治療を受けている 80 代男性の左膝脛骨上端に、BJAS と加速度計を付けた荷重屈伸 4 往復したフーリエスペクトルしたタイムトレンド等で解析した。発信の振幅は膝関節可動域角度が内において強く発信しており、加速度計は表皮接着のため休止時でも表皮の振動を計測したが、皮膚にプローブを押し込んだ BJAS では屈伸信号のみを計測していた。

(3) 屈伸信号強度の数值化「しきい値」の検討；屈伸往復の時系列信号を対象とした。屈伸動作の休止時間の信号を除外する「しきい値」を設定したことで、伸展と屈曲時の信号が分離できた。信号の分離には時系列信号を FFT 解析した信号にしきい値を適用した。数值化は、分離された信号の総数で表した。また、しきい値は主観ではなく客観的に与える実験式も提案したが、限定された条件では効果を認めた。

(4) 健常膝、スポーツ膝、および膝 OA 膝からしきい値による特徴的な信号強度の検討；FFT 解析した信号のマッピングからは、これらの形態に応じた特徴的な周波数の信号が存在していた。その違いは、限定した複数の周波数範囲にしきい値を用いることで、信号の総数が異なっていた。

(5) 表面凹凸形態が異なるモデル化した発信の検討；凹凸なしの滑らかな感の軟骨面、軟質なざらざら感の下骨露出面、硬質なざらざら感の緻密骨面、凹凸感がある海綿骨面、および凹凸が明瞭な骨棘凹凸面を人工的に再現し、これらを引っ掻き棒で擦り合わせた信号には、表面の凹凸の大小と形態の差異が表れた。

(6) 大腿骨と脛骨を人工的に切削して擦り合せた信号の検討；(2) と (3) の成果と類似した信号であった。表面凹凸の形態とメカニカルな摺動によって発信した信号には相関があった。被験者からの信号と相関する表面形態や性状が推定できた。

(7) 臨床データ収集の検討と被験者；近隣病院の協力により、臨床データの収集が可能になり、その準備ができた。

(8) 研究協力者；他学部からは膝関節廻りの筋活性度と膝 OA 膝診療との因果相関、およびリハビリとの因果相関に関する研究、海外の大学からは同じ目的で研究参画、および近隣のリハビリテーション

ン病院との臨床研究協力があつた。今後も継続する。

【キーワード】

骨関節, 変形性関節症, バイオメカニクス, 音響, 生体信号, センサ, 計測

【雑誌論文・資料 計7件】

- ①著者名; Mitsuo Nagao, Shin-ichi Konno, Young Ho Kim, Osamu Yokota
論文表題; Frequency Response in Bone Joint Acoustic Sensor Development
雑誌名; International Journal of Technology and Health Care, IOS Press
査読の有無; 有
巻; 23 巻, 6 号, DOI:10.3233/THC-151024
<http://content.iospress.com/articles/technology-and-health-care/thc1024>
発行年; 2015
最初と最後の頁; 715/727
助成金の記載; 有
 - ②著者名; 長尾 光雄, 横田 理
論文表題; 変形性膝関節症の早期予防を目指した診断支援システム用センサの開発, -膝OA計測・
診療支援システムの構想と BIAS による計測事例-
雑誌名; 地域ケアリング
査読の有無; 無
巻; 17 巻, 11 号
発行年; 2015
最初と最後の頁; 50/54
助成金の記載; 有
 - ③著者名; 横田 理, 長尾 光雄, 中村 知博
論文表題; 繰り返し低負荷クリープ試験による柔軟物のくぼみ深さ特性
雑誌名; 圧力技術
査読の有無; 有
巻; 53 巻, 6 号
発行年; 2015
最初と最後の頁 13/20
 - ④著者名; 横田 理, 中村 知博, 長尾 光雄
論文表題; 柔軟物の表面に発生したくぼみの記憶現象の評価について
雑誌名; 日本非破壊検査協会
査読の有無; 有
巻; NDI 資料-30377, 表面 3 部門合同研究集会
発行年; 2014 年 07 月 10 日 (平成 26 年)
最初と最後の頁; pp.27/32
- (資料)
- ⑤著者名; Mitsuo NAGAO
論文表題; Future of humanity: Creating measurement and diagnostic system laboratory, - BIAS development
Knee OA early diagnosis system
雑誌名; 2015 Gangwon Medical Equipment Show
査読の有無; 無
巻; 2015-11th GMES, Guidebook
発行年; 2015 年 9 月 8-9 日 (平成 27 年)
最初と最後の頁; 86 頁
 - ⑥著者名; 長尾 光雄

論文表題；計測・診断技術の創出を目指して
 雑誌名；NU excellence 研究者だより
 査読の有無；無
 巻；日本大学広報特別版，第 34 号
 発行年；2014 年 10 月 01 日（平成 26 年）
 最初と最後の頁；3 頁
 助成金の記載；有

<https://www.nihon-u.ac.jp/uploads/files/20160305090526.pdf>

⑦著者名；Mitsuo NAGAO

論文表題；Future of humanity: Creating measurement and diagnostic system laboratory; - BJAS development
 Knee OA early diagnosis system
 雑誌名；2014 Gangwon Medical Equipment Show
 査読の有無；無
 巻；2014-9th GMES, Guidebook
 発行年；2014 年 10 月 24 日（平成 26 年）
 最初と最後の頁；74 頁

【学会発表 計 10 件】

①発表者名；長尾 光雄, Kim Youngho, 横田 理, 紺野 慎一

発表表題；膝 OA 予防診断を目指した BJAS の開発
 学会等名；第 49 回日本生体医工学会東北支部大会
 発表年月日；2015 年 11 月 21 日（平成 27 年）
 発表場所；日本大学工学部（福島県郡山市）
http://sakatani-lab.org/photo_news/upimg/annual%20meeting.pdf

②発表者名；Mitsuo Nagao, Youngho Kim

発表表題；Prevention of Osteoarthritis in Middle-aged and Elderly People - Design concept of measurement
 support system for prevention and treatment of knee OA and BJAS
 学会等名；2015 Gangwon Medical Equipment Show, 2015 11th GMES
 発表年月日；2015 年 9 月 8-9 日（平成 27 年）
 発表場所；Wonju (Korea) , Medical Industry Techno Valley Hall

③発表者名；長尾 光雄, 横田 理, キム ヨンホ

発表表題；骨関節音響センサの試作開発，-擬似摺動面からの発信角度の推定-
 学会等名；日本設計工学会
 発表年月日；2015 年 5 月 31 日（平成 27 年）
 発表場所；日本大学理工学部（千葉県船橋市）

④発表者名；長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理, キム ヨンホ

発表表題；老人の膝関節機能診断を目指した計測用センサの応答特性
 学会等名；第 57 回日本大学工学部学術研究報告会
 発表年月日；2014 年 12 月 13 日（平成 26 年）
 発表場所；日本大学工学部（郡山）

⑤発表者名；Mitsuo NAGAO

発表表題；Strategies for medical device world market share expansion
 (医療機器世界市場のシェア拡大のための戦略について)
 学会等名；2014 9th Gangwon Medical Equipment Show
 発表年月日；2014 年 10 月 24 日～2014 年 10 月 25 日（平成 26 年）
 発表場所；Wonju Medical Industry Techno Valley Hall (Korea) 原州 (大韓民国)

⑥発表者名；Mitsuo NAGAO

発表表題；Japan-Korea joint medical welfare equipment joint development plan

(日韓共同による医療福祉機器共同開発プラン)

学会等名 ; 2014 9th Gangwon Medical Equipment Show

発表年月日 ; 2014 年 10 月 24 日～2014 年 10 月 25 (平成 26 年)

発表場所 ; Wonju Medical Industry Techno Valley Hall (Korea) 原州 (大韓民国)

⑦発表者名 ; 長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理, Kim Young Ho

発表表題 ; インパクト加振法による骨関節音響センサ(BJAS)の伝達特性試験

学会等名 ; 日本設計工学会, 2014 年度秋季大会研究発表講演会

発表年月日 ; 2014 年 10 月 3 日～2014 年 10 月 4 日 (平成 26 年)

発表場所 ; 山形大学工学部 (米沢)

⑧発表者名 ; 長尾 光雄

発表表題 ; 健康寿命延伸と向上のための膝 OA 計測診断支援システムの開発

学会等名 ; 日本大学, 平成 26 年学部連携ポスターセッション

発表年月日 ; 2014 年 7 月 19 日 (平成 26 年)

発表場所 ; 日本大学会館 (東京)

⑨発表者名 ; 長尾 光雄, 紺野 慎一, 横田 理, キム ヨンホ

発表表題 ; 骨関節音響センサ開発の基礎研究

学会等名 ; 日本機械学会 東北支部 第 50 期総会・講演会

発表年月日 ; 2014 年 03 月 13 日 (平成 26 年)

発表場所 ; 東北大学工学研究科工学部 (仙台)

⑩発表者名 ; 長尾 光雄, 西牧 元彬, 横田 理, 紺野 慎一

発表表題 ; 膝関節可動時に発生する信号計測用センサの開発

学会等名 ; 日本設計工学会, 2013 年度春季大会研究発表講演会

発表年月日 ; 2013 年 5 月 25 日～2013 年 5 月 26 日 (平成 25 年)

発表場所 ; 国士舘大学世田谷キャンパス (東京)

【アウトリーチ活動情報 計 8 件】

①発表者名 ; 長尾 光雄, 横田 理

発表表題 ; 変形性膝関節症 (膝 OA) 診断用音響センサ

学会等名 ; メディカルクリエーションふくしま 2015 (第 11 回医療機器展示会)

発表年月日 ; 2015 年 11 月 11 日～2015 年 11 月 12 日 (平成 27 年)

発表場所 ; 福島県産業交流会館 (福島県郡山市)

②発表者名 ; Mitsuo Nagao

発表表題 ; Knee OA diagnosis support device BJAS sensor development

学会等名 ; 2015 11th Gangwon Medical Equipment Show, 2015 11th GMES

発表年月日 ; 2015 年 9 月 8-9 日 (平成 27 年)

発表場所 ; Wonju (Korea) , Medical Industry Techno Valley Hall, 原州 (大韓民国)

③発表者名 ; 長尾 光雄, 横田 理

発表表題 ; 変形性膝関節症 (膝 OA) 診断用音響センサ

学会等名 ; 発表年月日 ; 2014 年 10 月 29 日～2014 年 10 月 30 日 (平成 26 年)

発表場所 ; 福島県産業交流会館 (福島県郡山市)

④発表者名 ; Mitsuo NAGAO

発表表題 ; Development of the apparatus for surgical and diagnosis support about orthopedics, Knee joint ligament tension measurement instruments

(整形外科における診断支援装置の開発, 膝関節靭帯の張力計測装置)

学会等名 ; 2014 9th Gangwon Medical Equipment Show, 2014 9th GMES

発表年月日 ; 2014 年 10 月 24 日～2014 年 10 月 25 日 (平成 26 年)

発表場所 ; Wonju Medical Industry Techno Valley Hall (Korea), 原州 (大韓民国)

⑤発表者名 ; 長尾 光雄

発表表題；変形性関節症早期診断用 BJAS（骨関節音響用センサ）の試聴体験
 学会等名；郡山商工会議所こおりやま全市元気応援産業フェア 2014～夢商い～
 発表年月日；2014 年 10 月 4 日～2014 年 10 月 5 日（平成 26 年）
 発表場所；福島県産業交流会館（郡山）

⑥発表者名；長尾 光雄，紺野 慎一，横田 理

発表表題；変形性膝関節症（膝 OA）診断用音響センサ
 学会等名；こおりやま全市元気応援産業フェア 2013
 発表年月日；2013 年 11 月 15 日～2013 年 11 月 16 日（平成 25 年）
 発表場所；郡山総合体育館（福島県郡山市）

⑦発表者名；長尾 光雄，紺野 慎一，横田 理

発表表題；変形性膝関節症（膝 OA）診断用音響センサ
 学会等名；メディカルクリエーションふくしま 2013（第 9 回医療機器展示会）
 発表年月日；2013 年 10 月 30 日～2013 年 10 月 31 日（平成 25 年）
 発表場所；福島県産業交流会館（福島県郡山市）

⑧発表者名；Mitsuo NAGAO

発表表題；Development of the apparatus for surgical and diagnosis support about orthopedics, Knee joint ligament tension measurement instruments
 （整形外科における診断支援装置の開発，膝関節靭帯の張力計測装置）
 学会等名；2013 8th Gangwon Medical Equipment Show, 2013 8th GMES
 発表年月日；2013 年 9 月 4 日～2013 年 9 月 7 日（平成 25 年）
 発表場所；Wonju Medical Industry Techno Valley Hall (Korea), 原州（大韓民国）

【ワークショップ活動情報 計 5 件】

①発表者名；Mitsuo Nagao

発表表題；Study of the numerical value of the BJAS measurement signal /BJAS 계측신호의 수치화 검토
 学会等名；Yonsei Univ. Biomedical Engineering Department Kim Lab. Workshop
 発表年月日；2016 年 03 月 10-11 日（平成 28 年）
 発表場所；Wonju (Korea), 原州（大韓民国）

②発表者名；Mitsuo Nagao

発表表題；Study on signal analysis by BJAS ACL reconstructed knee and knee health
 学会等名；Yonsei Univ. Biomedical Engineering Department Kim Lab. Workshop
 発表年月日；2015 年 9 月 7 日（平成 27 年）
 発表場所；Wonju (Korea), 原州（大韓民国）

③発表者名；Mitsuo NAGAO

発表表題；By BJAS walking and standing flexion test results reported
 （BJAS による歩行および立位屈伸の試験結果報告）
 学会等名；Department of biomechanical engineering, Prof. Kim Yong Ho Lab. Workshop
 発表年月日；2014 年 10 月 22 日（平成 26 年）
 発表場所；Yonsei Univ. Wonju (Korea), 延世大学, 原州（大韓民国）

④発表者名；Mitsuo Nagao

発表表題；Introduction to medical and welfare equipment collaborative development research and discussion, and walking when outgoing test
 （医療福祉機器共同開発研究テーマの紹介とディスカッションおよび歩行時の発信試験）
 学会等名；Yonsei Univ. Biomedical Engineering Department Kim Lab. Workshop
 （韓国延世大学原州キャンパス医工学部, 바이오메카닉스·엔지니어링学科, Prof. 김·윤호 Lab.)
 発表年月日；2014 年 2 月 22 日～2014 年 2 月 27 日（平成 26 年）
 発表場所；Yonsei Univ. Wonju(Korea), 延世大学, 原州（大韓民国）

⑤発表者名；Mitsuo NAGAO

発表表題 ; Introduction to medical equipment development related research topics and discussion
(医療機器開発関連研究テーマの紹介とディスカッション)

学会等名 ; Yonsei Univ. Biomedical Engineering Department Kim Lab. Workshop

(韓国延世大学原州キャンパス 医工学部, バイオメカニクス・エンジニアリング学科, Prof. Kim Lab.)

発表年月日 ; 2013 年 9 月 10 日 (平成 25 年)

発表場所 ; Yonsei Univ. Wonju (Korea), 延世大学, 原州 (大韓民国)

【特許 既得 1 件】

①特許番号 ; 特許第 5754689 号,

登録日 ; 2015 年 6 月 5 日 (平成 27 年)

発明の名称 ; 生体用音響センサを用いた診断システム

②国際公開番号 ; WO 2011/096419 A1

国際公開日 ; 2011 年 8 月 11 日 (平成 23 年)

発明の名称 ; Bio-Acoustic Sensor and Diagnostic System Using the Bio-Acoustic Sensor

③参考 ; 生体用音響センサ及び生体用音響センサを用いた診断システム

<http://www.google.com/patents/WO2011096419A1?cl=ja&hl=ja>

④参考 ; 変形性膝関節症の早期・初期計測診断技術の提案

http://www.nubic.jp/08seeds/pdf/nubic09017_201601.pdf

以上