

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 24 年 6 月 14 日現在

機関番号：82645

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010 ～ 2011

課題番号：22700482

研究課題名（和文） ヘテロコア光ファイバセンサによる無拘束・無意識生体情報センシングの研究

研究課題名（英文） Unconstraint and Unconscious biometric monitoring based on hetero-core fiber optic sensors

研究代表者

西山 道子 (NISHIYAMA MICHIKO)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・研究開発本部・宇宙航空プロジェクト研究員

研究者番号：60509769

研究成果の概要（和文）：本研究では、呼吸や脈拍といった微弱な生体信号から、人の筋の伸縮による大きな動きまでを、ヘテロコア光ファイバセンサを用いて、無拘束・無意識生体情報モニタリングシステムを構築することを目指している。その結果、睡眠時の呼吸状態のモニタリング、微弱な脈圧をリアルタイムで検出する光ファイバセンサを考案、開発し、複数の被験者における実験からその有効性を確認した。また、カメラなど環境に依存しない人体のモーションキャプチャのために光ファイバ伸縮センサを開発し、関節の屈曲だけでなくねじりといった複雑な動きをキャプチャできるセンサシステムを実証した。

研究成果の概要（英文）：We aimed a unconstrained and unconscious biometric monitoring system using hetero-core fiber optic sensors. As a result, unconstrained respiration monitoring during sleep and pulse pressure sensor in real-time using fiber optics have been proposed and developed. These techniques were also tested by means that multiple subjects tried to be measured, and we confirmed that they were useful for practical daily health monitoring. On the other hands, human motion capturing techniques without vision tools have also developed using fiber optic stretching sensors, which can detect complex motion such as not only bending the human joints but also twisting the body parts.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,800,000	540,000	2,340,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学／医用生体工学・生体材料学

キーワード：無拘束、生体情報計測、光ファイバセンサ、睡眠、脈拍

1. 研究開始当初の背景

<社会的背景>

人体の呼吸状態や脈拍といった生体計測は、臨床分野における評価にのみならず、バーチャリアリティ、高齢者の生活の質向上のための福祉といった様々な分野で開発が期待されている。この生体計測装置は、評価者が

簡単に利用でき、また人体に対して拘束性が低く不快感を与えないものが求められる。人体に直接センサを取り付け、計測機器を携帯する装着型計測は、被験者がその計測機器の近くに赴く必要も無く、時間的・空間的制約が低減され無拘束計測を実現する。日常生活を営む自宅といった環境側にセンサを配置

する環境配置型計測は、その環境内で被験者は無意識に生体情報を集録され、健康管理などに役立てられる。

＜本研究に関連する研究動向＞

・従来の装着型計測：導電性ファイバによるコイルで作られた変位センサを衣服に織り込むことによる、ウェアラブル呼吸計測とモーションキャプチャが研究開発されている。導電性ファイバによるコイルは衣類の製造工程の中で統合されるが、複数配置されるコイルは電磁誘導の影響を受けるため、絶縁ファイバを間に織り込むなどの補償が必要となる。

・従来の環境配置型計測：ファイバグレーティング (FG) 視覚センサ技術による、CCDカメラとFG素子を使って入浴者の呼吸状態と洗い場での転倒リアルタイムで計測する手法が提案されている。呼吸のわずかな身体の上下動をリアルタイムで計測が可能であるが、浴室内の湯気によるカメラレンズのくもりや石鹸の泡、入浴剤による液体の非透明度の上昇といった画像を捉えきれない欠点がある。またカメラ監視に対する心理的抵抗感も挙げられる。

・光ファイバによる計測：軽量、柔軟性、防爆性、耐電磁誘導性、耐腐食性といった光ファイバの利点を活かし、LPFG(Long Period Fiber Grating)センサを用いたウェアラブル呼吸計測の研究が行われている。しかし、LPFGセンサは、歪み計測において温度変動に対する補償用のセンサとその計測器を要し、更に計測量は波長シフト量となるため、波長ベースのスペクトル計測装置が必要となる。一方、プラスチック光ファイバセンサによる光強度ベースの呼吸計測の研究も行われているが、マルチモード光ファイバで構成されるため、ファイバ伝送路上でセンサ部以外の外乱の影響を受けやすいという欠点がある。

本研究で用いるヘテロコア光ファイバセンサは、コア径が適度に調節されたヘテロコア部を設けることで、比較的緩やかな光ファイバの曲げに対して感度があり、安定したシングルモードファイバで構成されるため伝送路長を自由に確保でき、センサ部以外の変形などの外乱の影響を受けにくい。また、環境中の温度変動に依存しない利点もある。そのため、衣類に埋め込まれる装着型、また環境配置型センサとして有用性がある。これらの利点を踏まえ、今までの研究で、人間の姿勢や動きをリアルタイムで捉える、ウェアラブル光神経モーションキャプチャを試作し、ウェアラブル無拘束計測にヘテロコアファイバ光神経網の有用性を示してきた。

また、ヘテロコア光神経センサは、微弱な曲げ変化を高感度で検知しながら、ダイナミックレンジを自由に調整できるため、身体全

体の動きといった大きな変化から、脈拍・呼吸といった身体の微弱な変動まで捉えることが可能である。

2. 研究の目的

本研究で目指す目的は、呼吸や脈拍といった微弱な生体信号から、人の筋の伸縮による大きな動きまでを、ヘテロコア光ファイバセンサを用いて、装着型計測、環境配置型計測システムとして無拘束・無意識生体情報計測モニタリングの構築を構築することである。装着型計測としては、普段身に着ける衣類とヘテロコア光ファイバ網を一体化させ、従来の装着型計測に対して低コストで使用者の負担を低減したウェアラブル型のシステムとして確立させていく。また、環境配置型計測においては、浴室の高湿度などの外乱のある環境で、その呼吸状態を被験者がセンサを意識せずに、また不快感を受けないモニタリングシステムを構築していく。

3. 研究の方法

・外乱の影響を受けにくい脈拍・呼吸を効率的に捉える装着型ウェアラブル光神経の構築

・筋の動きに着目した光ファイバ伸縮センサを考案、より詳細な動きを捉え、人の動きを拘束しないモーションキャプチャシステムの構築

・浴室や寝室など家庭内における光ファイバ環境配置型モニタリングシステムの構築

・センサ点数の増加に伴う、伝送路本数の増加に対応した、数十本以上のファイバ伝送路を撮像素子によって一括で計測する、リアルタイム多点一括計測手法の検討

・実運用実験：複数の被験者による装着実験、運動時、睡眠時、入浴時など日常シーンを想定。

4. 研究成果

(1)無拘束脈拍・脈圧モニタリング

微弱な脈圧の変化をヘテロコア光ファイバ曲げセンサでとらえるため、図1に示すような加圧変化をファイバの曲げに変換するセンサユニットを人体皮膚への影響が少なく、柔軟で経時変化の少ないシリコンゴムを用いて開発した。このセンサユニットを、カフ圧を加えることで脈圧変化が発生する

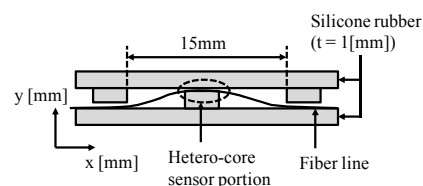


図1 光ファイバ脈圧センサユニット

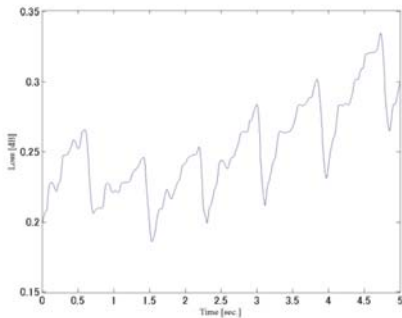


図2 脈圧センサリアルタイム計測結果

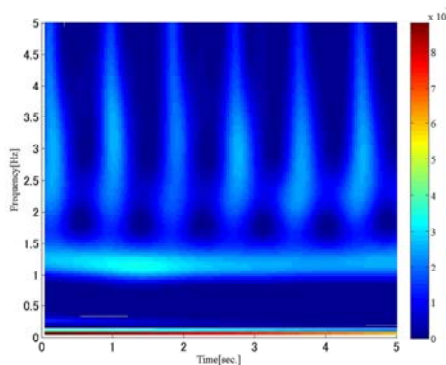


図3 脈圧センサリアルタイム計測波形のウェーブレット解析結果

手首に配置することで、図2に示すように光ファイバセンサの損失変化として脈拍信号を捉えていることが分かる。この信号を、ウェーブレット変換によって解析した結果、図3に示す通り、1~1.5Hzに信号強度のピークが見られており、人の心拍数に相当する周波数を検出している。複数の被験者による実験でも脈拍を検出できることも確認した。

(2)無意識・睡眠時呼吸センシング

睡眠時の呼吸状態をモニタリングするために、睡眠を妨げずに寝具に横たわるだけでその呼吸状態を検出できるように、環境設置型として、呼吸時の体動を検出できる光ファイバ圧力センサを寝具内に設置し、光ファイバセンサが組み込まれた寝具を開発した。これも脈拍センサと同様に、圧力に対して鋭敏に光ファイバセンサに曲げが加わる機構とし、それを寝具内に8ヵ所設置し、図4に示すように光ファイバ睡眠モニタリングシステムを構築した。睡眠時の呼吸による体動を提案するシステムで計測した結果を図5に示す。睡眠時の呼吸を光ファイバの損失の周期的な変化から読み取れる。また、寝返りなどの大きな動きが発生したあとも、呼吸の動きを引き続き検出できていることも分かる。これはセンサを分散的に配置したことと、寝具に面する体の向きが変化しても、呼吸時による圧力変化が減少しても、センサの感度が十

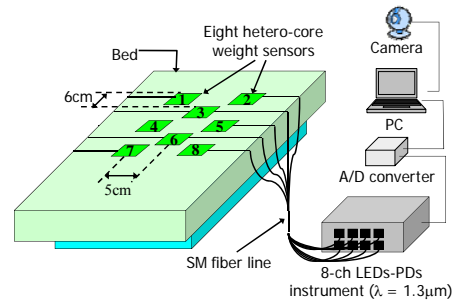


図4 光ファイバセンサ睡眠モニタリングシステム構成図

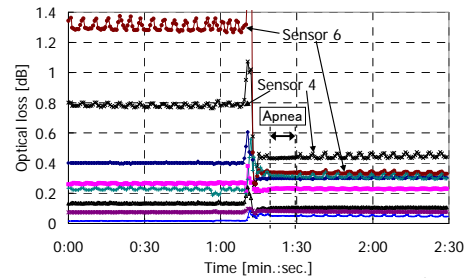


図5 光ファイバセンサ睡眠モニタリング実験結果

分であるためにその動きを検出できていることを示している。被験者7名に対して、いずれも睡眠時の呼吸を検出でき、その実用性を検証した。

(3)光ファイバ伸縮センサによるモーションキャプチャリング

カメラなどの環境に依存しないモーションキャプチャリング技術として、光ファイバ伸縮センサを開発し、人体の関節の屈曲だけでなく、ねじりなどの複雑な動きを捉えるモーションキャプチャを開発した。身体を腰のひねり、腕の振じりを捉え、スポーツ動作、リハビリテーションに応用できるような実用的なモーションキャプチャリングツールの有効性を確認した。

(4)光ファイバ湿度センサを応用した発汗モニタリング

発汗量は、運動量の指標になるのみならず、精神的ストレスの状態、病状の判断など臨床分野においての評価の指標となる。それを日常生活の中でモニタリングすることで健康管理に役立てることができる。光ファイバ表面プラズモン (SPR:Surface Plasmon Resonance)センサは、エバネッセント光を伴う光ファイバ表面に金属薄膜を形成することで、その周囲の屈折率の変化を鋭敏に検出でき、これまでに研究がなされている。そのSPRセンサを湿度変化を捉えるセンサへ応用し、発汗モニタリングシステムを構築した。

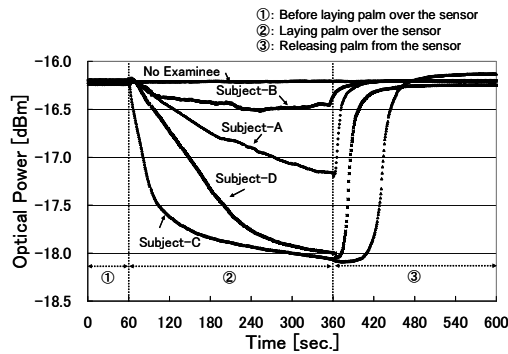


図6 光ファイバ湿度センサによる被験者4名の発汗状態計測結果

センサ部が埋め込まれている部分に 1cm^2 の穴が空いた容積 10mL の容器を設置し、容器に手のひら被せない状態と手のひらを被せた状態の光強度変化を計測した。測定開始から1分後に手のひらを容器上部に被せ5分間計測し、その後手のひらを放して5分間伝搬光強度を取得した。4人の成人男性(被験者A-D)について計測を行った。

発汗計測の実験結果を図6に示す。図6から分かる通り、手のひらを被せない状態では、どの被験者に対しても光強度に変化が見られず安定し、手のひらを被せた状態では、手のひらを被せた瞬間から徐々に光強度が減衰していく傾向が見られ、手のひらの発汗による湿度の変化を本センサで捉えられることを確認した。また、被験者毎に光強度の減衰傾向に差異が見られ、被験者A, B, C, Dそれぞれに対して、5分間の計測中での最も大きい光損失量として0.991, 0.315, 1.882, 1.834dBを示し、発汗具合を鋭敏に検知できていることが分かる。また、手のひらを離すと、光強度は手のひらを被せない状態に戻り、センサが即時応答性を有していることも確認した。

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2件)

- ① Yuya Koyama, Michiko Nishiyama and Kazuhiro Watanabe, "A motion monitor using hetero-core optical fiber sensors sewed in sportswear to trace trunk motion", IEEE Transaction on Instrumentation and Measurement, 査読有, 採択決定(印刷中).
- ② Michiko Nishiyama, Mitsuo Miyamoto and Kazuhiro Watanabe, "Respiration and body movement analysis during sleep in bed using hetero-core fiber optic pressure sensors without constraint to human activity", Journal of Biomedical Optics, 査読有, Vol.16, 2011, 017002-1-7.

[学会発表] (計11件)

- ① Michiko Nishiyama and Kazuhiro Watanabe, Unconstrained pulse pressure sensing for health management based on a hetero-core fiber optic sensor IEEE Sensors 2011(oral), Proc. of IEEE Sensors 2011, pp.1925-1928, 2011.10.31, Ireland, Limerick.
- ② 小山 勇也, 西山 道子, 渡辺 一弘, ヘテロコア光ファイバウェアラブルセンサによる体幹動作の無拘束計測システム, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2011年_通信(2), 348, 2011-08-30, 北海道大学
- ③ 森 信敬, 西山 道子, 渡辺 一弘, 多点光ファイバセンサ出力の光強度分布画像による状態計測手法, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 2011年_通信(2), 349, 2011-08-30, 北海道大学
- ④ 白石 正彦, 高木 圭樹, 西山 道子, 渡辺 一弘, ヘテロコア構造光ファイバ SPR センサによる発汗のリアルタイムモニタリング, レーザ学会 第410回研究会, 2011年2月24日, グランドヒル市ヶ谷
- ⑤ Masako Sonobe, Michiko Nishiyama, Kazuhiro Watanabe, Unconstrained pulse monitoring using a hetero-core optic fiber sensor, IASTED International Conference Biomedical Engineering(Biomed2011), 2011年2月16日, Innsbruck, Austria
- ⑥ Masahiko Shiraiishi, Michiko Nishiyama, Kazuhiro Watanabe, Real time perspiration measurement using a hetero-core structured fibre optic SPR sensor, IASTED International Conference Biomedical Engineering(Biomed2011), 2011年2月16日, Innsbruck, Austria
- ⑦ 小山 勇也, 西山 道子, 渡辺 一弘, ウェアラブルヘテロコア光ファイバ伸縮センサを用いた体幹動作の無拘束計測, 2010年電子情報通信学会ソサイエティ大会, 2010年9月15日, 大阪府立大学
- ⑧ 白石 正彦, 高木 圭樹, 西山 道子, 渡辺 一弘, ヘテロコア光ファイバ SPR センサを用いた発汗状態の実時間計測, 生体医工学シンポジウム 2010, 2010年9月10日, 北海道大学
- ⑨ 園部 雅子, 西山 道子, 渡辺 一弘 無拘束計測のためのヘテロコア光ファイバ脈拍センサ, 生体医工学シンポジウム 2010, 2010年9月10日, 北海道大学
- ⑩ 西山 道子, 宮本 光夫, 渡辺 一弘, ヘテロコア光ファイバセンサを組み込んだ寝具を用いた無拘束睡眠時呼吸モニタリング, 光応用計測の最前線, 2010年7月22日, 東京工業大学・大岡山キャンパス
- ⑪ 白石 正彦, 高木 圭樹, 西山 道子, 渡辺 一弘, ヘテロコア光ファイバ SPR センサを用い

た波長 850nm における光強度ベース相対湿度測定, 光応用計測の最前線 2010年
7月22日, 東京工業大学・大岡山キャンパス

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

西山 道子 (NISHIYAMA MICHIKO)

独立行政法人宇宙航空研究開発機構・研究開発本部・宇宙航空プロジェクト研究員
研究者番号: 60509769

(2)研究分担者

無 ()

研究者番号:

(3)連携研究者

無 ()

研究者番号: