

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：33501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350635

研究課題名(和文) 通信情報システムを用いた工学的作業療法からの生活支援アプローチ

研究課題名(英文) Life support approach from the view point of occupational therapy using the electronic network system

研究代表者

船山 朋子 (FUNAYAMA, TOMOKO)

帝京科学大学・医療科学部・准教授

研究者番号：20460389

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：著しいスピードで普及し始めたスマートフォンやタブレットパソコン等の情報通信機器を重度運動機能障害者の意思伝達に活用し、遠隔地通信システムの構築を図ることを目的に、インターネットの活用、Yes/No判定解析、家電製品との不具合、安価な光センサ・ウェアラブル機器の使用可能性、センサ基盤について検討した。社会的な通信環境変化もあり、遠隔地でも意思表示の情報共有は可能であった。また、安価な光センサでもYes/No判定が出来る可能性が見出された。Yes/No判定精度向上に向け脳波・脳血流一体型測定装置の試作を行なったが実用的レベルには至らなかった。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to connect disabilities person with severe functional motility and an acquaintance who are separated from each other. We have examined utilization of the Internet, Yes/No judgment analysis, malfunction of home electric appliances, usability of the cheap optical sensor and the wearable apparatus.

As a results, sharing the expression of intention became easy in the distant place, it's also related to social IT environment having changed. And we was suggested, the possibility of the Yes/No judgment with the cheap optical sensor. We have developed the equipment of measuring the brainwave and blood flow, however the equipment could not reach to adequate level.

研究分野：地域作業療法

キーワード：ヒューマンインターフェース 作業療法 情報通信システム 意思伝達

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初は、一般社会において著しいスピードでスマートフォンやタブレットパソコン(PC)が普及し始めた時であった。スマートフォン世帯普及状況は、研究開始4年前は約1割であったのが、3年前は約3割、研究開始時は約6割と推移していた。そして、Yes/No 判定装置で用いられている近赤外分光法(Near Infrared Spectroscopy, NIRS)は、多くの機関で研究されていた。しかし、この一般社会における情報通信環境の発展が重度運動機能障害者に活用されているとは云えず、NIRS データをインターネットに接続したという報告は確認できなかった。私たちは ALS 患者の残存機能である感覚を用いた意思伝達装置の研究を行ってきた。当時は、重度運動機能障害者が使用する意思伝達装置とスマートフォンやタブレット PC の連動に関する研究も見当たらなかった。

2. 研究の目的

急速に発展しているスマートフォンやタブレット PC をはじめとする情報通信システム、近赤外光・赤色光・緑色光といった脈拍や酸素飽和度測定に使用する一般市場で普及され始めてきた光センサ、私たちが開発してきた NIRS を用いた重度運動機能障害者に対する脳血流測定型 Yes/No 判定技術、これらを連動させ、さらに作業療法の残存能力を評価する技術を活用することで、TLS 患者のインターネットを介した遠隔地とのコミュニケーション手段を確立させ社会参加の一つへ繋げることを目的とした。

3. 研究の方法

安価な光センサモジュールの使用可能性、普及しはじめた光センサタイプの脈拍測定腕時計型ウェアラブル機器および遠隔地通信システム構築への利用可能性、開発センサ基盤、Yes/No 判定解析法、家電製品との不具合を調査した。日進月歩で変化している通信環境と最新の学術的知見および社会での普及状況を鑑みて研究を進めた。

(1) 安価な光センサの生体情報測定・意思伝達装置への利用可能性

光センサは、脈拍センサモジュール「M9008-3P (緑: 565nm)」「BH1790GLC (緑: 575nm)」「NJL5501R (赤 R: 660nm、赤外 IR: 940nm の 2 波長)を調査した。さらに NJL5501R を組み込んだ、ウェアラブルタイプの小型装置、および、脳波と一体になった脳波・脳血流測定装置を業者へ依頼し試作した。さらに、試作した NJL5501R 使用ウェアラブルタイプの小型装置と脳血流測定装置 (Y/N502) を同時に測定し整合性を調査した。Yes/No 判定装置は主に脳波によるものと血流測定によるものが市販されている。このため脳波と脳血流同時測定によるさらなる Yes/No 判定精度向上を考え装置を試作した。

(2) 遠隔地通信システムの調査・構築

インターネット網を経由したリモートデスクトップを利用し、意思伝達装置操作画面を他 PC で確認した。また、近年発売されている光センサによる脈拍測定腕時計型ウェアラブルデバイスの多くはインターネットを介し他の端末でも情報を共有することが可能である。このため、私たちは脈拍測定時計型ウェアラブルデバイスである「Fitbit charge HR」「エプソン PS100」「ポラール M200」を調査した。同時に装着し脈拍データの整合性を検討し、次に他の測定機器との脈拍データ一致度が比較的高かった「ポラール M200」と携帯型心電計「チェックミープロ A」で整合性を調べた。他、3 名が 3 日間「ポラール M200 (緑色光)」で脈拍測定を行い、同時にクラウドサービスを用いて、活動内容および体調について記録しデータを収集した。クラウドサービスを用いることでパソコンだけでなく、スマートフォンからもデータの記録ができることを確認した。活動は、活動日時・活動時間・体調・疲労感・眠気・ストレス・自由記載とし関連性の試験的調査を行った。他、クラウドサービスを利用した光センサ脈拍測定・見守り装置「ほっとウォッチャー」を調査した。

(3) Yes/No 判定解析法

私たちは既に Yes/No 判定精度改善に向け健常者 29 名に対し、Yes/No 判定装置に用いられている脳血流量測定法を、測定時間および聴覚によるフィードバックの有無からフーリエ解析によるスペクトルをもとに分析していた。フーリエ解析の結果、低周波のスペクトル波成分が生体情報に大きな意味を持つことが判明したので、より低周波数部分の特性が強調されるウェーブレット解析を試みた。ウェーブレット解析において様々なウェーブレット関数があるが今回の低周波領域の特徴が判別しやすいメキシカンハットとハールの 2 つの関数を用いて分析した。他、近年急速に発展している技術の一つである機械学習の可能性について、専門家へ意見を伺い試験的調査を依頼した。

(4) 開発した Yes/No 判定装置と家電製品との不具合

電子レンジ・エアコンをつけた場合(on)・つけない場合(off)で脳血流量測定装置 (Y/N502) から得られるデータの相違をフーリエ解析し調査した。

(5) センサ基盤

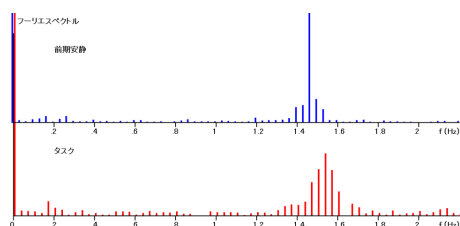
私たちが開発した、金属/ゲルマニウム(Ge)膜/銅(Cu)/チタン(Ti)/ガラス基板の構造のセンサ使用を試みた。

4. 研究成果

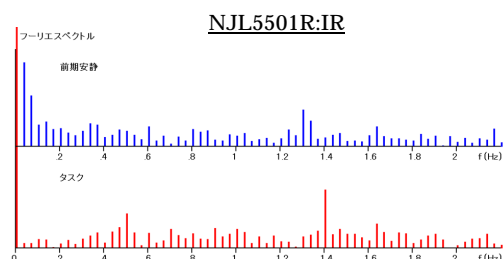
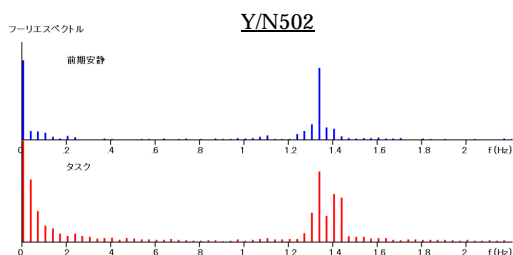
(1) 安価な光センサの生体情報測定・意思伝達装置への利用可能性

M9008-3P、BH1790GLC、NJL5501R 全てで脈

拍測定可能であった。さらに M9008-3P と NJL5501R にて指尖における安静時とタスク時（指尖測定のため脳血流測定のためタスクとした手指の筋収縮を避け、測定部への影響が少ない足部での筋収縮とした）で試験的に3名で調査した。結果、Yes/No 判定精度向上のために分析した脳血流測定装置（Y/N502）で得られたデータと同じように、1-1.6Hz 付近でタスク時に高周波へのスペクトル強度のずれ・移動が見られた。下記図は M9008-3P 緑色光における安静時・タスク時データをフーリエ解析した図の一例である。上の青が安静時、下の赤がタスク時の周波数とスペクトル強度である。



NJL5501R 使用ウェアラブルタイプの試作小型血流測定装置と脳血流測定装置（Y/N502）を同時に測定した。結果は、1-1.6Hz 付近のタスク時に高周波へのスペクトル強度が移動することは両装置で概ね一致したが、NJL5501R 使用の試作小型血流測定装置では取得した一部のデータで低周波部分へ移動するものもあり不一致のものもあった。下記図は同時測定を行った時のフーリエ解析図の一例である。上が脳血流量測定装置（Y/N502）、下が NJL5501R 近赤外光である（青が安静時・赤がタスク時）。NJL5501R 装置より得られたデータの解析時にはノイズ処理が必要であったため、実用化に向けて今後はノイズ処理が必要となることが判明した。



脳波を一つの装置に組み込んだ、試作脳波・脳血流測定装置は脳波測定に課題があり使用困難であった。

(2) 遠隔地との通信システムの調査・構築

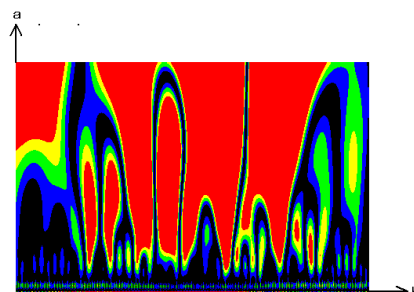
昨今、インターネットを經由して他の PC 端末を手元の PC で操作できるリモートデスクトップシステムが容易に利用できるようになった。私たちは脳血流量測定データ制御画面を、時間遅延が少なく、ほぼリアルタイムで表示可能であることをタブレット PC で確認した。下記画像は遠隔地タブレット PC で脳血流装置 Y/N502 を操作している時のタブレット PC 画面である。



また、市販ウェアラブルの利用可能性を探るため、ポラール M200 による日常生活の長時間生体情報測定を行った。運動量が大きい活動時にはスペクトル強度の変動が大きくなった。また、活動時には Yes/No 判定時に有効と考えられた「全体で最も強いスペクトル」「全体最大振幅」「全体二乗平均」も増加する傾向が見られた。今回は健康者による試験的調査であるが、多くの市販ウェアラブル脈拍計測装置で用いられている緑色光は私たちが行ってきた解析が使用できる可能性がある。市販ウェアラブルデバイスの技術が重度運動障害者の長時間における生体情報測定・意思伝達装置へ利用できる可能性も窺えた。

(3) Yes/No 判定解析

安静時・タスク時のフーリエとウェーブレット解析を行った。ウェーブレットはフーリエ解析に比べ低周波の領域が拡大されるとともに色分けができることから、測定波の特徴が容易に認識できることが分かった。下記図は、データの一つをメキシカンハットウェーブレット関数において伸長パラメータを変えて積分を行い、測定波形のウェーブレット解析としたスカログラムである。



黒、青、緑、黄、赤の順に W の絶対値が大きくなる。一組のパラメータ (a,b) に対して一つの積分値 W が決まる。

ウェーブレット解析では、スカログラムで見ると、実効的な周波数は最大値でおよそ0.05Hz、中央部で0.1Hzであった。フーリエ解析で注目していた0.25-0.42Hzおよび0.1-0.17Hzはウェーブレットではさらに明確な特徴が見られ、安静時とタスク時においてパターンが変化していた。フーリエおよびウェーブレット解析ともに、脈拍による変動の他にゆっくりとした低周波の変動が見られた。

(4) 開発した Yes/No 判定装置と家電製品との不具合

電子レンジ・エアコンをつけた場合(on)・つけない場合(off)で Yes/No 判定装置から得られるデータの相違をフーリエ解析し調査した。電子レンジ・エアコンともに on・off で明らかな違いはなく稼働時の不具合は確認されなかった。

(5) センサ基盤

私たちが開発した、金属/ゲルマニウム(Ge)膜/銅(Cu)/チタン(Ti)/ガラス基板の構造のセンサで使用しようとしたところ、日常生活では出力の取り出し易さや外乱光の影響を除去する必要があり、基盤へ周辺回路を作り込むことが望ましいことが判明した。また、出力感度を上げるには Ge 膜中に固溶限度程度残留する Cu の影響によりセンサを 5mm 角から 10mm 角へと拡大する必要があり樹脂材料でセンサを埋め込んだガラス基板でも破損の危険性があると考えられた。フレキシブル基板である厚さ 0.1mm のポリイミド基板上への製作が必要となった。そこで、Ti をモリブデン(Mo)へ、ガラス基板をフレキシブル基板(ポリイミド基板)へ変更した。また、近年ウェアブル型生体計測光センサが普及しているため、無線化を図る目的でトランジスタの基盤への埋め込みを試みた。Mo をパターンニングすることで、現在単体のトランジスタに対応する広さの多結晶 Ge 膜を成膜することに成功した。

研究期間中も一般社会における情報通信機器の普及状況は年々変化していた。インターネットを介したコミュニケーション装置も開発・市販され、モバイル通信網の高速化及び低価格化もあり遠隔地でも意思表示の情報共有が容易となった。また、生体情報を捉える近赤外光・赤色光・緑色光センサも安価に普及し始めたことから今後装置が利用しやすくなる可能性も考えられた。新たな解析法では Yes/No 判定精度の向上も示唆された。しかし、判定精度の向上が見られても現段階においても十分とは云えない状況であった。精度向上に向け新たな Yes/No 判定装置として研究開始当初計画になかった脳波・脳血流一体型測定装置の試作を行なったが実用的レベルには至らなかった。今後は、スペクトル解析の他、機械学習の活用、脳波

も含めた新たな測定機器等で精度向上を目指すことが課題であると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 3 件)

Yasutaka Uchida, Tomoko Funayama, Yoshiaki Kogure, Wenchang Yeh, Low-temperature Cu-induced poly-crystallization of electrodeposited germanium thin film on flexible substrate, *Physica status solidi C*, 査読有, 2016, Vol.13 No.10-12, pp864-867
DOI:10.1002/pssc.201600140

Y.Uchida, T.Funayama, Y.Kogure, W.Yeh, Metal-induced low-temperature crystallization of electrodeposited Ge thin film, *Japanese Journal of Applied Physics* 55, 査読有, 2016, Vol.15, pp0313031:1-0313031:4,
DOI:doi.org/10.7567/JJAP.55.031303

Y.Uchida, T.Funayama, Y.Kogure, K.Ueno, Properties of electrodeposited Germanium thin films, *Phys.Status.Solidi C11*, 査読有, 2014, Vol.11-12, pp1661-1664,
DOI: 10.1002/pssc201400094

[学会発表](計 12 件)

Yasutaka Uchida, Tomoko Funayama, Nobuo Homma, Kazuo Kobayashi, Yoshiaki Kogure, Applicability of wearable with photo sensors for elderly healthcare applications, The 5th International Conference on Serviceology, 2017 年 7 月 14 日, Wien(Austria)

内田恭敬, 舩山朋子, 木暮嘉明, 葉文昌, フレキシブル基板上のめっき法 Ge 膜の Cu 誘起低温多結晶化, 第 63 回応用物理学会春季学術講演会, 2016 年 3 月 21 日, 21p-P9-4, 東工大大岡山キャンパス(東京都目黒区)

木暮嘉明, 舩山朋子, 内田恭敬, 本間信生, NIRS データ活用による生活支援の可能性, ヒューマンインターフェース学会, 2015 年 12 月 9 日, Vol.17 No12 SIG-ACI-16, pp79-82, 産総研臨海副都心センター(東京都江東区)

内田恭敬, 舩山朋子, 木暮嘉明, Cu 誘起低温結晶化法のめっき Ge 膜への応用, 第 13 回薄膜デバイス研究会, 2015 年 10 月 31 日, 31p-P28, 龍谷大学響都ホール校友会館(京都市)

T. Funayama, Y. Kogure, N. Homma, T. Kondo, Y. Uchida, 15Development of Effective Yes/No Judgment Device, 6th ASIA-PACIFIC OT CONGRESS, 2015 年 9 月 15 日, B46, Rotorua(New Zealand)

内田恭敬、舩山朋子、木暮嘉明、葉文昌、めっき法 Ge 膜の Cu 誘起低温多結晶化 2-成膜条件依存性,第 76 回応用物理学会秋季学術講演会,2015 年 9 月 14 日,14a-PB6-35,名古屋国際会議場(名古屋市)

舩山朋子、内田恭敬、木暮嘉明、生活リハビリテーションにおける生体情報データ解析技術の活用,第 25 回体力・栄養・免疫学会大会,2015 年 8 月 22 日,p23,帝京科学大学(東京都足立区)

内田恭敬、舩山朋子、木暮嘉明、医療科学部における理工学の役割,第 25 回体力・栄養・免疫学会大会,2015 年 8 月 22 日,p23,帝京科学大学(東京都足立区)

木暮嘉明、内田 恭敬、舩山 朋子、本間信生、聴覚フィードバック装置を用いた NIRS による脳機能測定データの解析と利用可能性,ヒューマンインタフェース学会,2014 年 12 月 10 日,Vol.16 SIG-ACI-14/SIG-DE-18,pp1-4,産総研臨海副都心センター(東京都江東区)

内田恭敬、舩山朋子、木暮嘉明、めっき Ge 膜の低温結晶化,第 75 回応用物理学会秋季学術講演会,2014 年 9 月 18 日,18 p-PB-10-2,北海道大学(札幌市)

舩山朋子、木村亮太、本間信生、木暮嘉明、内田 恭敬,Application of the human-machine interface technology to occupational therapy(ヒューマンインターフェイス技術の作業療法への応用),第 16 回世界作業療法士連盟大会/第 48 回日本作業療法学会,2014 年 6 月 19 日,PCI-19-21,パシフィコ横浜(横浜市)

舩山朋子、木村亮太、三浦美紀、木暮嘉明、内田 恭敬,Improvement of yes/no judgment accuracy using a feedback system Using remaining function(聴覚フィードバック装置利用による YES/NO 判定精度の向上～残存機能の活用～),第 16 回世界作業療法士連盟大会/第 48 回日本作業療法学会,2014 年 6 月 19 日,PCI-19-19,パシフィコ横浜(横浜市)

帝京科学大学・名誉教授
研究者番号:20016124

大久保 英一(OHKUBO Eiichi)
帝京短期大学・講師
研究者番号:30529722

6. 研究組織

(1)研究代表者

舩山 朋子(FUNAYAMA Tomoko)
帝京科学大学・医療科学部・准教授
研究者番号:20460389

(2)研究分担者

内田 恭敬(UCHIDA Yasutaka)
帝京科学大学・生命環境学部・教授
研究者番号:80134823

本間 信生(HOMMA Nobuo)
帝京科学大学・医療科学部・教授
研究者番号:20252017

木暮 嘉明(KOGURE Yoshiaki)