

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 2 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23650352

研究課題名(和文)有床義歯のウェアラブルセンサー化による健康管理システム

研究課題名(英文)Health monitoring system using wearable sensors embedded in dentures

研究代表者

村山 長 (Murayama, Takeshi)

広島大学・医歯薬保健学研究院・教授

研究者番号：60219946

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円、(間接経費) 810,000円

研究成果の概要(和文)：最近，高齢者の一人暮らしが増加し，高齢者の独居死が社会問題になっている．このため，高齢者の健康管理や異状通報を行うシステムの必要性が高まっている．本研究は，センサを有床義歯(入れ歯)に埋め込むことにより，高齢者の生体情報を常時計測し，異状が見つかれば，医療機関や家族に通報するシステムの実現を目指している．本研究では，温度センサと加速度センサのそれぞれを口蓋床(人工歯のない有床義歯)に埋入し，計測実験を行った．その結果，温度センサにより体温だけでなく食事の有無を，また，加速度センサにより咀嚼，歩行，転倒の状態を，判別できることが分かった．

研究成果の概要(英文)：Recently, elderly people living alone have increased and their solitude death has become an object of public concern. To avoid the solitude death, the systems for monitoring their health and for reporting their health trouble have been required. The purpose of this study is to realize a system embedded in a denture, which constantly monitors the biological information of elderly people and reports a health trouble to a doctor or their family if they have the health trouble. In this study, we embedded each of temperature and acceleration sensors in a palatal plate, which is a denture without artificial teeth, and experimented the measurement using each of them. The experiment showed that: by using the temperature sensor we can measure the body temperature and can judge whether the elderly people take a meal or not; and by using the acceleration sensor we can judge the types of movement such as chewing, walking, and tumbling.

研究分野：医工学

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：医療・福祉 生体生命情報学 計測工学 ウェアラブルセンサー 健康管理

1. 研究開始当初の背景

最近、社会の急速な高齢化に伴い、高齢者の一人暮らしが増加し、高齢者の独居死が増えている。このため、高齢者の健康管理や異状通報を行うシステムの必要性が高まっている。これまで、高齢者の自宅などにおいて、高齢者の見守りや健康管理を行うシステムが開発されているが、高齢者の外出時も含めて常時、異状を検出するためには、身に付けられるウェアラブルなシステムが必要である。このウェアラブルなシステムとして、これまで時計型のシステムやスマートフォンの利用が研究されているが、これらのシステムでは高齢者が携帯し忘れる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、高齢者が就寝時以外は常に身に付けている有床義歯（入れ歯）に着目し、これに様々なセンサーを埋め込むことにより（すなわち、有床義歯をウェアラブルなセンサーにすることにより）、高齢者の生体情報を常時計測し、異状が見つければ、医療機関や家族に通報するシステムの実現を目指している（図1）。

本研究期間では、温度センサーと加速度センサーのそれぞれを口蓋床（人工歯のない有床義歯）に埋入したウェアラブルセンサーを製作し、これによる生体情報の取得の可能性を検討した。

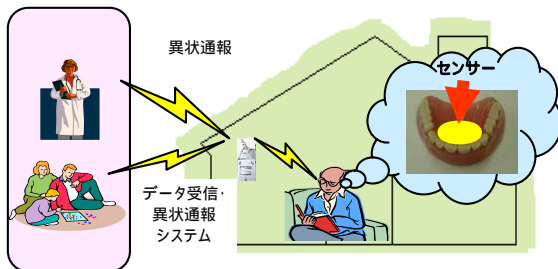


図1 健康管理システムの構想図

3. 研究の方法

本研究では、次の目的で2つのセンサーの利用を検討した。

- 1) 温度センサー：高齢者の体温や、食事を取っているか、などを把握することを目的として用いる。
- 2) 加速度センサー：咀嚼の情報だけでなく、どの程度身体を動かしているか（寝込んだり、倒れたりしていないか）、咳き込んだりしていないか、などを把握することを目的として用いる。

また、計測したデータをコンピュータに送信する方法として、次の2つの方法を検討した。

- A) ロガー方式：メモリの付いたセンサーを有床義歯に埋め込むことにより、1日分のデータをメモリに蓄積し、有床義歯を着用しない時にコンピュータに接続し、蓄積したデータをコンピュータに転送する。
- B) 無線方式：常時、無線により体外へデータ

を送信する。

今回は、1) 温度センサーと A) ロガー方式、2) 加速度センサーと A) ロガー方式、および 2) 加速度センサーと B) 無線方式の組み合わせで、計測・送信の実験を行った。ロガー方式の温度センサーにはハイグロクロン（KNラボラトリーズ）（図2(a)）を、ロガー方式の加速度センサーには AccStick4（ワイマチック株式会社）（図2(b)）、また、無線方式の加速度センサーには VMote（ヴァータスジャパン（株））を用いた（図2(c)）。

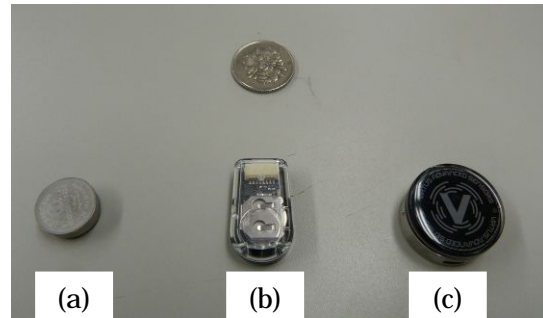


図2 センサー

(1) 温度センサーを用いた基礎実験

口腔内での温度測定に先立って、温度センサーを有床義歯用レジン（以下、レジンと呼ぶ）に埋入する場合と埋入しない場合の温度計測を、以下の方法で比較した。

まず、レジンの板（厚さ約 1mm）で、1辺 15mm の正方形の箱を作成し、それに温度センサーを入れたもの（図3(B)）と温度センサーのみ（図3(A)）をそれぞれ同時に温水に浸け、(A)と(B)で計測した温度を比較した。この時、(A)と(B)の水温の差を最小限にするため、ほぼ同じ高さで、温水の中心に留ませた。

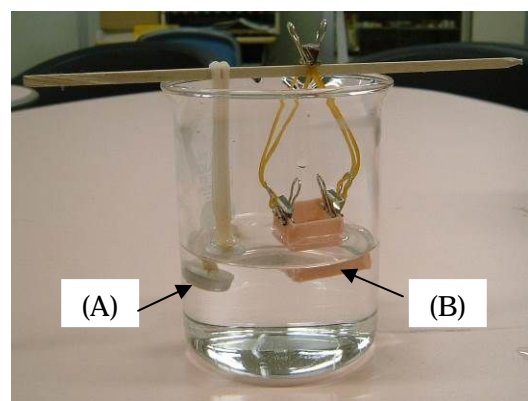


図3 温度センサーの計測実験

(2) 加速度センサーを用いた基礎実験

加速度センサーの場合、動きを計測するため、レジンに埋入しても計測には影響はないと思われた。しかし、無線方式の場合、レジンの影響で計測したデータを無線で送信できない可能性があったため、それを調べる以下の実験を行った。まず、加速度センサーVMote

を約1mmの厚みのレジンで覆った(図4(A)).そして、それとレジンで覆っていない加速度センサー(図4(B))を同じ台に乗せ、受信機から一定の距離を離れた状態で台を動かした、データを受信できるかを調べた。

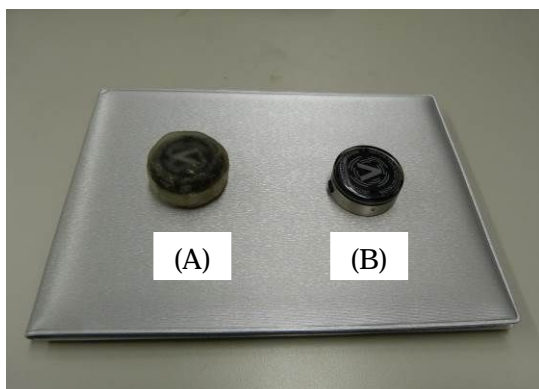


図4 加速度センサーの無線送信実験

(3) 口蓋床の製作

有床義歯にセンサーを埋め込んだと仮定した口蓋床を以下の方法で製作した。

まず、口腔内の印象を採得し、作業模型を製作した。次に作業模型に厚さ1.5mmの口蓋床をレジジンで製作し、口腔内に維持を図るため、左右上顎第一小臼歯、左右上顎第一大臼歯にCクラスプを固定した。センサーを約1mm厚で覆う蓋を作成し、センサーを口蓋床に仮着し、その上から蓋で封鎖した(図5)。



図5 センサーを埋入した口蓋床

(4) 温度センサーの埋入した口蓋床を用いた実験

温度センサーを埋め込んだ口蓋床を口腔内に装着して、生体情報の計測実験を行った。この実験では、口蓋床を装着した状態で45の湯と17の水を口に含んだ場合の温度変化を計測した。計測後は、口蓋床を破壊して、温度センサーを取り出し、計測したデータをパソコンに取り込んだ。

(5) 加速度センサーの埋入した口蓋床を用いた実験

加速度センサーを埋め込んだ口蓋床を装着

した状態で、歩行、転倒、咀嚼を行い、その時の加速度を計測した。

(6) 状態判定プログラムの作成

パソコンに取り込んだ加速度データをもとに、歩行、転倒、咀嚼の状態を判定するプログラムをC言語を用いて開発し、判定実験を行った。

4. 研究成果

(1) 温度センサーを用いた基礎実験

図6に実験結果を示す。この図で、14分のところで、センサーを温水から取り出している。この図のように、レジンを経た場合はレジンなしの場合と比べ、数分程度の時間の遅れが生じるが、温度は問題なく計測できることが分かった。

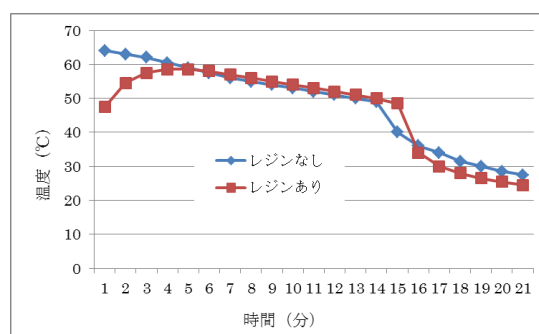


図6 温度センサーからの出力変化

(2) 加速度センサーを用いた基礎実験

レジンで覆う場合と覆わない場合で、無線による送信にはほとんど差は無いことが分かった。しかし、いずれの場合も、受信機が至近距離にないとデータを送信できることや、センサーの向き・姿勢により送信可能な距離が異なることが分かった。

(3) 温度センサーの埋入した口蓋床を用いた実験

温度センサーを埋入した口蓋床により計測した結果を図7に示す。

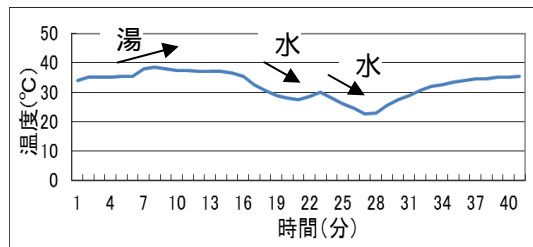


図7 温度センサーからの出力変化

この図より、以下のことが分かる。

湯や水を口腔内に入れることによる温度変化を計測できた。このことより、体温の計測だけでなく、食事を取っているかどうかの判断も可能と考えられる。

湯は口腔内に入れる前は45であったが、

計測された値は最高で 39 であった。これは、口腔内で湯の温度が低下したこと、および、センサーの埋入に用いたレジンは熱伝導率が低く、実際の湯の温度に達する前に、湯を吐き出したことによると思われる。
水を口に含んだ場合も、湯の場合と同様の理由で、実際の水の温度よりも高く計測された。

(4) 加速度センサーの埋入した口蓋床を用いた実験
加速度センサーを埋入した口蓋床により計測した結果を図 8, 9, 10 に示す。

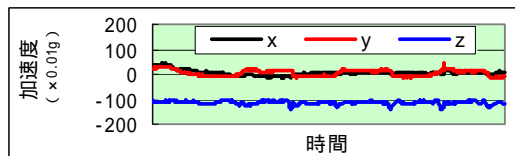


図 8 歩行時の加速度センサーからの出力変化

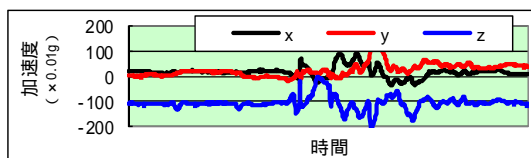


図 9 転倒時の加速度センサーからの出力変化

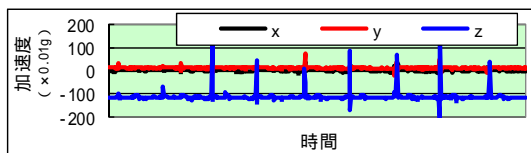


図 10 咀嚼時の加速度センサーからの出力変化

これらの図に示すように、歩行、転倒、咀嚼のそれぞれの動作に対して特徴的な加速度のパターンが計測された。このことから、加速度センサーにより、動作や異状の識別が可能と思われる。

(5) 状態判定プログラムによる判定実験
歩行、転倒、咀嚼はいずれも特徴的な加速度のパターンがあることから、比較的単純なルールで判定できることが分かった。

(6) 問題点・課題
問題点・課題としては、以下のことを挙げられる。

ロガー方式の場合、口蓋床にセンサーを埋入した状態のままではデータ送信が困難であった。このため、コンピュータに計測データを転送するために、口蓋床を

破壊し、センサーを取り出す必要があった。この問題を解決するためには、口蓋床を破壊せずにデータを転送する方法を考える必要がある。また、ロガー方式では、リアルタイムでの異状の検出は不可能という問題もある。

温度センサー、加速度センサーとも超小型ではあったが、装着した状態では違和感が大きく、装着した状態のままでは食事は困難であると思われた。この問題を解決するためには、汎用のセンサーを用いるのではなく、口蓋床の形に合ったセンサーを開発する必要があると思われる。状態判定プログラムは、一定時間のデータを取り込んで判定するものであり、リアルタイムの状態判定はできないという問題があった。また、今回は、被験者 1 名に対する実験であったが、今後は被験者による加速度の相違を考慮に入れる必要があると思われた。また、今回は、加速度パターンの違いが明確な 3 つの状態（歩行、転倒、咀嚼）を識別するものであったが、微妙な状態も識別する場合は、人工ニューラルネットワークなどの利用が必要と思われた。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 1 件)

1. 村山 長, 宝地はるか, 江口 透, 下江宰司, 玉本光弘, 有床義歯のウェアラブルセンサー化による健康管理システムの研究、生体医工学シンポジウム 2012, 2012 年 9 月 7, 8 日、大阪

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村山 長 (MURAYAMA TAKESHI)

広島大学・大学院医歯薬保健学研究院・教授

研究者番号：60219946