

服薬監視システムの提案

北園優希[†] 鄭香蘭[†] 中島翔太[†] 楊世淵[†] 芹川聖一[†]九州工業大学[†]

1. はじめに

患者の医薬品使用実態調査に関する研究によると、6割以上の患者が薬を飲み忘れている^[1]。これでは、薬の効果を十分に発揮することはできない^[2]。そのため、患者の服薬状況を監視し、薬を飲み忘れた場合、服薬するように促すことが必要となる。現在、服薬を促す装置として、箱内の薬の有無を判別する薬箱を用いたシステムがある^{[3][4]}。しかし、この薬箱は蓋の開閉から薬の有無を判別するものがほとんどであり、薬の有無を直接判別するものではない^[3]。受光素子を用いて薬の有無を直接判別するものもあるが、大きさや形状に制限がある^[4]。また、薬には食前に飲むものと食後に飲むものがあるため、患者が食事しているかを判別する必要がある。この判別は咀嚼センサを用いることで可能であるが、その多くは肌に直接触れる接触型であり、装着時に不快感がある。赤外光を用いた非接触型もあるが、眼鏡が必要であり、装着時に微調整しなければならない^[5]。また、認識率も 100[%]ではない。

そこで本論文では、新しい薬センサと咀嚼センサを用いた服薬監視システムを提案する。本薬センサは、蓋と底に平行板を設置した箱型センサであり、薬が入っているかどうかを正確に判別することができる。また本咀嚼センサは、耳に装着し、赤外線 LED と受光素子を用いて顎の動きを非接触で検出する。頬の動く範囲は大きいいため、装着時の調整が簡単であり、使用者が咀嚼しているかどうかを正確に判別することができる。これらのセンサを用いることで、本監視システムは服薬と食事の時間を正確に監視でき、さらに、薬の飲み忘れ等を使用者に通知することもできる。

2. 服薬監視システム

本システムの構成を図 1 に示す。本システムを使用する場合、まず各薬センサに薬を入れ、それぞれの服薬時間および服薬が「食前」か「食後」かをマイコンに記憶させる。その後、本システムはそれぞれの薬センサの出力から、その箱内の薬の有無を判別し、薬が取り出されたら「服薬された」と判別する。また、咀嚼センサの出力から咀嚼中かどうかを判別し、咀嚼している場合、「食事中」と判別する。これより、本システムは、服薬の時間と食事の時間を監視できる。また、記憶された服薬の時間までに服薬されていない場合、患者に服薬するように促す。「食前」に服薬する薬の場合、服薬前に食事していたら、先に服薬するように促す。

2.1 薬センサ

提案する薬センサの構成を図 2 に示す。蓋と底の内側にそれぞれスポンジを挟んで金属板を設置し、さらにその内側に絶縁膜を貼り付ける。薬が入っていない場合、2枚の金属板間の距離は、絶縁膜 2枚分の厚さ $2d_I$ になる。絶縁膜の静電容量を C_I とすると、金属板間の容量は $C_I/2$

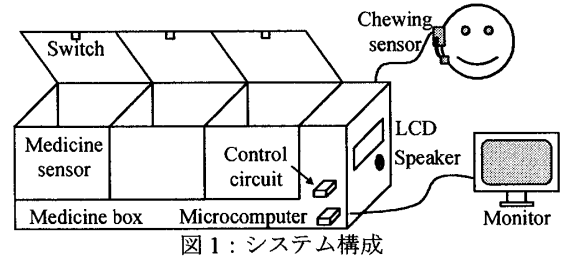


図 1: システム構成

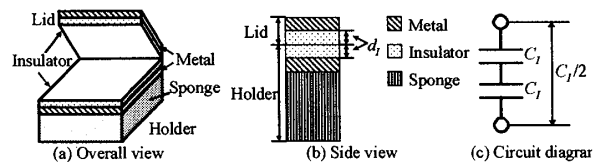


図 2: 薬センサの構成 (薬なし)

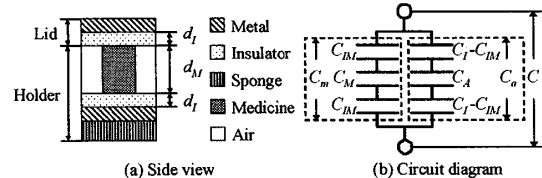


図 3: 薬センサ構成 (薬あり)

となる。図 3 のように薬が入っている場合、金属板間の距離は、絶縁膜 2枚分の厚さ $2d_I$ と薬の厚 d_M の和 $2d_I+d_M$ となる。絶縁膜間の薬と空気の静電容量をそれぞれ C_M , C_A とし、薬に触れている部分の絶縁膜の静電容量を C_{IM} とすると、図 3(c) のそれぞれの合成静電容量 C_a , C_m , C は以下ようになる。

$$C_a = \frac{C_I - C_{IM}}{2 + (C_I - C_{IM})/C_A} < \frac{C_I - C_{IM}}{2} \quad (1)$$

$$C_m = \frac{C_{IM}}{2 + C_{IM}/C_M} < \frac{C_{IM}}{2} \quad (2)$$

$$C = C_a + C_m < \frac{C_I - C_{IM}}{2} + \frac{C_{IM}}{2} = \frac{C_I}{2} \quad (3)$$

このように、薬が入っている場合の静電容量 C は薬が入っていない場合の静電容量 $C_I/2$ より小さくなる。よって、薬箱内の薬の有無を正確に判別することが可能である。また、蓋が開いている時の誤判別を避けるため、蓋の開閉を判別するスイッチを取り付け、蓋が閉まっている場合のみ、薬の有無の判別を行う。

2.2 咀嚼センサ

提案する咀嚼センサは、咀嚼による顎の筋肉の動きを利用する。赤外線を顎に照射し、その反射光から咀嚼を判定する。図 4 に提案する咀嚼センサの概観を示す。本センサは片耳で固定される。センサを装着する際には、赤外線 LED とフォトダイオードは顎に向け、1~3[cm]程度離す。まず、10[kHz]に変調した赤外線を顎に照射し、その反射光をフォトダイオードで受光する。その後、ア

Proposal of Monitoring System of Taking Medicines
Yuhki Kitazono[†], Xianglan Zheng[†], Shota Nakashima[†], Shiyuan Yang[†],
Seiichi Serikawa[†]
[†] Kyushu Institute of Technology

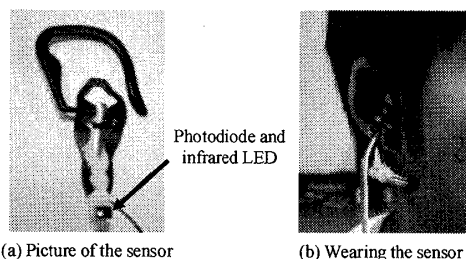


図 4：咀嚼センサの概観

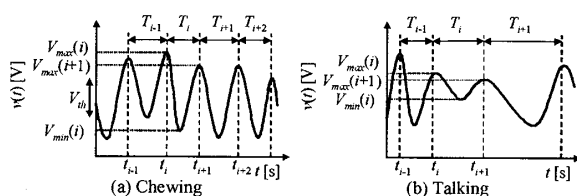


図 5：咀嚼時と会話時の出力波形

ンプ、バンドパスフィルタを経て包絡線検波を行い、その出力をマイコンで取得する。

咀嚼の判別は、センサと顎の距離の変化、すなわち出力の変化を用いて行う。平常時の顔に比べ、咀嚼時は顎の筋肉が盛り上がり、元に戻るといった動作が繰り返される。また、会話をしている場合も顎の筋肉は動くが、動きが不規則である。これより、センサの出力の変化から、咀嚼を推測できる。咀嚼時と会話時の出力波形を図 5 に示す。咀嚼時は、顎が同じような動きを繰り返すため、似た波形が繰り返される。会話時は、規則性のない波形が得られる。この波形の違いから咀嚼を判別する。また一般的に、咀嚼は 1 秒間に 0.5~3 回程度である。よって、(4)~(7)式を全て満たす波を「相関波」と定義する。

$$\frac{V_{max}(i)+V_{max}(i+1)}{2} - V_{min}(i) \geq V_{th} \quad (4)$$

$$|T_{i-1}-T_i| \leq 0.3[s] \quad (5)$$

$$R_i = \frac{\sum_{t=0}^T v(t_{i-1}+t)v(t_i+t)}{\sqrt{\sum_{t=0}^T v^2(t_{i-1}+t)}\sqrt{\sum_{t=0}^T v^2(t_i+t)}} \geq 0.97 \quad (6)$$

$$T = \min(T_{i-1}, T_i)$$

$$0.3[s] \leq T_i \leq 2.0[s] \quad (7)$$

ここで、ある極大値を $V_{max}(i)$ 、次の極小値を $V_{min}(i)$ 、次の極大値を $V_{max}(i+1)$ 、 \dots 、とし、極大値間の時間を T_i 、 T_{i+1} 、 \dots 、とする。時間 T_i と T_{i-1} 間の波の相関を R_i とする。また、 V_{th} は閾値であり、本論文では 100[mV] とした。これらの式を満たす「相関波」が 5 回以上繰り返されている場合、「食事中」と判別する。

3. 実験

3.1 薬センサの実験

ここでは、薬センサの動作実験を行った。薬センサの金属板には面積 36[cm²]の銅版を用い、絶縁膜には厚さ 1.6[mm]のガラスエポキシ (比誘電率：4.5~5.2^[6]) を用いた。10 種類の薬を各 10 回ずつ薬センサに入れ、出力を測定した。また、薬が入っていない場合の出力も測定した。出力の平均と標準偏差を図 6 に示す。結果より、0.57~0.86[V]の範囲の電圧を閾値とすると、閾値以上の場合、「薬が入っている」、閾値未満の場合、「薬が入っていない」と正確に判別することができた。また、3.3 の動作検証では閾値を 0.7[V]とした。

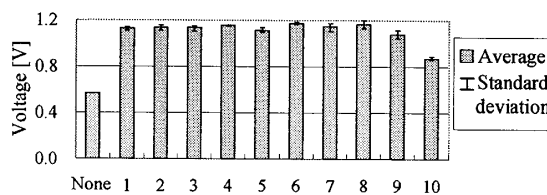


図 6：薬センサの出力

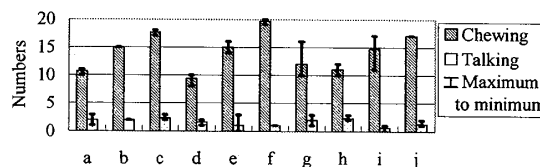


図 7：咀嚼時と会話時の「相関波」の持続回数

3.2 咀嚼センサの実験

ここでは、咀嚼センサの動作検証を行った。10 名 (a-j) に食事と会話を 10 秒間ずつ、各 3 回ずつ行わせた。「相関波」が持続した回数の平均と最大、最小を図 7 に示す。結果より、食事中は「相関波」が 8 回以上持続し、会話中は 3 回以下であった。本論文では、「相関波」が 5 回以上持続した場合を「食事中」と判別するため、認識率は 100[%]であることが確認できる。

3.3 システムの動作検証

ここでは、本システムの動作検証を行った。実験条件を、「(1)使用者が時間通りに服薬する」、「(2)使用者が服薬を忘れる」、「(3)食前に服薬する薬の場合、服薬前に食事をやる」の 3 種類とし、各条件で 10 回ずつ実験を行った。結果として、条件(1)では、本システムは監視者に時間通り服薬されたことを通知した。条件(2)では、監視者に服薬されていないことを通知し、使用者に服薬を促した。条件(3)では、監視者に服薬の時間が間違えられたことを通知し、使用者に食前に服薬するよう促した。

4. まとめ

本論文では、新しい薬センサと咀嚼センサを用いた服薬監視システムを提案し、その動作検証を行った。本薬センサは、薬の有無を正確に判別でき、本咀嚼センサは、使用者が咀嚼しているかどうかを正確に判別できることを示した。また、これらのセンサを用いることで、本監視システムは服薬と食事の時間を正確に監視でき、さらに、薬の飲み忘れ等を使用者に通知することもできる。

参考文献

- [1] 久津間信明, 山浦克典, 中山恵, 並木美穂子, 秋庭啓子, 木村聡一郎, 上田秀雄, 沼尻幸彦, 小林大介, 森本雍憲: 「飲み忘れ薬剤に対する適正使用推進のための再利用の実践」, 薬学雑誌, Vol.124, No.6, pp.355-364 (2004)
- [2] 山中亮: 「なぜ薬を飲み忘れてしまうのか」, 北海学園大学経営論集, Vol.3, No.3-4, pp.127-130 (2006)
- [3] 「服薬管理システム」, 日経ヘルスケア 21, Vol.2006, No.6, pp.97-100 (2006)
- [4] 小林勉: 「薬容器」, 日本特許, P2002-291844A, (2002)
- [5] 小幡賢三, 佐伯高志, 田所嘉昭: 「赤外線センサを用いた無接触型咀嚼回数測定装置」, 計測自動制御学会論文集, Vol.38, No.9, pp.747-752 (2002)
- [6] <http://yamaden-sensor.jp/technology/table.html>