

20010296

厚生科学研究費補助金書

長寿科学総合研究事業

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

平成13年度 総括・分担研究報告書

主任研究者 石田 明允

平成14(2002)年4月10日

## 目 次

I. 総括研究報告	
脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発 石田 明允	----- 1
II. 分担研究報告	
1. 脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発 宮崎 信次	----- 2
2. 脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発 野城 真理	----- 3
3. 脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発 高橋 誠	----- 4
4. 脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発 山本 澄子	----- 5
III. 研究成果の刊行に関する一覧表	----- 6
IV. 研究成果の刊行物・別刷	----- 7

厚生科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業)

総括研究報告書

主任研究者 石田 明允 東京医科歯科大学教授

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

**研究要旨** 高齢者が自宅で心発作や脳卒中などの不測の事態を起こした場合、それをどのようにして外部に伝えるかは重要な課題である。現在、こうした目的の緊急通報システムとして押しボタン式システムがもっとも広く使われているが、緊急時にボタンを押すだけの余裕がなく実際には通報が送出されないケースが少なくない。本研究ではこうした問題を解決するため、小型のマイクロホンを手首に取り付け、これにより心臓の鼓動に対応する脈波を検出し、脈波の欠落から心停止を、体動由来のアーチファクトの欠落から意識不明を検出して、緊急事態を自動的に通報するシステムの開発を目指し、第1次試作器の設計・試作を行った。

**分担研究者**

宮崎信次 東京医科歯科大学・助手  
野城真理 北里大学・教授  
高橋 誠 北海道大学・助教授  
山本澄子 国際医療福祉大学

**A. 研究目的**

高齢者の心停止と意識不明状態を脈波を用いて自動検出し、無線にて宅内の制御パネルに信号を送信し、そこで2次処理した後外部に緊急通報を送出するシステムを開発する。

**B. 研究方法**

エレクトレット・コンデンサマイクロホンを用いて手首撓骨動脈遠位部で心拍に対応する脈波を電気信号としてピックアップする。脈波信号を外部超低周波雑音とS/Nよく区別して検出するため、アンプとフィルタの設計を行った。心停止を判断するための脈波信号の閾値と欠落待ち時間を決定し、また意識不明状態を判断するため体動に伴って脈波信号に重畳するアーチファクトを利用するのに用いる閾値とアーチファクト欠落待ち時間を決定した。回路のモックモデルを用い、複数の高齢者を対象として1ヶ月の連続装用実験を行い、感染・組織破壊に対す

る安全性の基礎的検討を行った。これらの結果に基づき、第1次試作回路をSOP-ICにて作製した。(倫理面への配慮)装用実験では、被験者にリスクを説明し、変調があるときはいつでも装用を停止すること、また特にハイリスクの被験者に関しては週2回医師によりチェックを行った。

**C. 研究結果**

20階建て以下の建物においては心停止、意識不明を的確に検出することができた。長期装用においても特記すべき変化はなかった。試作回路は直視距離15m範囲内で正確に信号を送信した。

**D. 考察**

高層建物でも使用可能なようにさらにS/Nよく脈波を検出する方法の探索が望まれる。長期装用実験は冬期に行われたので、夏期にも行う必要がある。

**E. 結論**

第1次試作は初期の目標をおおむねクリアした。その設計資料は最終試作に有効な情報を与える。

**F. 健康機器情報** なし

**G. 研究発表** なし

**H. 知的財産権の出願・登録状況**  
なし

厚生科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業)

分担研究報告書

分担研究者 宮崎 信次 東京医科歯科大学助手

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

**研究要旨** 脈波を背景超低周波雑音からS/Nよく検出するための、センサの選定及びアンプ・フィルタの設計を行った。また、センサとして小型では消費電力の少ないエレクトレット・コンデンサマイクロホンを採用した。これを手首橈骨動脈遠位部に伸縮性織物バンドで固定する。マイクロホン位置およびバンドの固定圧により脈波信号がどのように変化するか調べた。分担研究者野城の行った実験により決定された心停止判断のための閾値と待ち時間、意識不明判断のための閾値と待ち時間を実現するためのアナログ・デジタル回路を設計し、DIP-ICによりベンチマーク回路を試作した。

**A. 研究目的**

脈波を背景超低周波雑音からS/Nよく検出するための、センサの選定及びアンプ・フィルタの設計を行う。マイクロホン位置およびバンドの固定圧による脈波信号の変化を調べる。心停止判断のための閾値と待ち時間、意識不明判断のための閾値と待ち時間を実現するためのアナログ・デジタル回路を設計する。DIP-ICによりベンチマーク回路を試作する。

**B. 研究方法**

センサとしては小型軽量のエレクトレット・コンデンサマイクロホンを採用し、伸縮性織物バンドにて手首に固定する方法を採用した。脈波信号と背景雑音の周波数スペクトル分析を行い、最適フィルタの設計資料とした。健常者4名を対象にマイクロホンの位置およびバンドの締め付け圧を変え、脈波信号のレベルがどのように変わるか調べた。これらの実験結果及び分担研究者野城の実験結果を参考に低消費電力化に留意しつつアナログ回路・デジタル回路の設計を行い、DIP-ICによるベンチマーク回路を製作した。

**C. 研究結果**

電源電圧をボタン型リチウム電池の3Vとしたとき、最適なマイクロホンアンプの利得は60dBであり、フィルタとしては遮断周波数1.5Hzの1次ハイパスフィルタ+同6Hzの1次ローパスフ

ィルタ+中心周波数3.0Hz, Q=1.0のバンドパスフィルタがS/Nよく脈波信号と外部超低周波雑音を分離した。

マイクロホン位置については最適位置から遠位・近位方向に±7mm、外側・内側方向に±5mmの範囲では実用に足る脈波信号レベルが得られた。バンドの締め付けは緩くもなくきつくもない普通の締め付け圧で適切な信号が得られることが分かった。

**D. 考察**

心停止と意識不明を自動検出するための回路の基礎設計ができた。

**E. 結論**

SOP-ICによる最終試作に十分な情報が得られたと考えられる。

**F. 健康危険情報 なし**

**G. 研究発表**

1. 論文発表

宮崎信次：脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発—基礎的検討—、バイオメカニズム学会誌、26, 32-39, (2002).

2. 学会発表

宮崎信次：脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発—第1報—、第17回バイオメカニズム・シンポジウム前刷、439-448, (2001).

**H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし**

厚生科学研究費補助金(長寿科学総合研究事業)  
分担研究報告書

分担研究者 野城 真理 北里大学教授

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

**研究要旨** 脈波を利用して心停止及び意識不明状態を誤警報の確率を可能な限り小さく自動検出するため、心停止と判断するための待ち時間、意識不明と判断するための待ち時間を実験データより決定した。これらの信号を高周波で宅内パネルに伝送し、これを復調する際の伝送アルゴリズムを開発した。

**A. 研究目的** 脈波を利用して心停止及び意識不明状態を誤警報の確率を可能な限り小さく自動検出するため、心停止と判断するための待ち時間、意識不明と判断するための待ち時間を決定する。また、これらの信号を高周波で宅内パネルに伝送し、これ復調する際の伝送アルゴリズムを作製する。

**B. 研究方法** 分担研究者宮崎信次が作成した単三電池2本駆動のベンチマーク回路とホルター心電計を4名の被験者(うち2名は不整脈をもつと診断されている)につけ、各人24時間連続記録を3回づつ行った。これらの記録より、ベンチマーク回路で脈があると判断されたデータとホルター心電計で脈があると判定されたデータとの突合せを行った。また、日常生活時間の経過とともに体動に伴う脈波の大きなアーチファクト(電圧にして250mVの閾値を越えるもの)がどのような頻度で発生するかヒストグラムを作成した。

心停止、意識不明に対応する信号の伝送アルゴリズムについては標準CMOSデジタルICで送信側を、PIC(Programmable Integrated Circuit)で復号側を作製し検討した。

**C. 結果** ベンチマーク回路による脈の有無の判定とホルター心電図による脈の有無の判定は(体動により脈波がマスクされている場合を除き)一致した(体動による脈波のマスクは、体動があるときは心臓が動いているはずなので実用上問題とならない)。不整脈による脈波(=心拍)の欠落は4s以上続くことがなかった。そこで

ここでは誤警報に対する余裕を1秒おき、5sの間に1度も脈波が検出されない場合心停止とみなすこととした。一方、体動は昼間は12min以上続けて欠落することはなかった。そこで、誤警報に対する余裕を3minとつて、15minの間に1度も脈波が検出されないとき体動がない(=意識不明)とみなすこととした。ただし、このままだと、夜間就眠中の不動(15min以上続くことが人により数回から10数回ある)も意識不明とされてしまうので、受信側で予め就寝時間帯を記憶しておきこの間の不動信号は無視することとした(この結果、夜間の病的意識不明は検出不能となる。ただし、心停止は検出できる)。

2つの信号の区別は高周波を送出する持続時間で区別することとし、心停止を350ms、意識不明を250msとした。また、受信側でこれらの信号を復号した場合、コールバックをかけ使用者が5秒以内にキャンセルボタンを押さないときのみ外部に緊急通報を送出することにより誤警報の確率を低減することにした。

**D. 考察およびE. 結論**

脈波の欠落と体動の欠落に関し適切な待ち時間を設定することにより心停止と、(昼間の)意識不明を検出でき、されに宅内受信パネル側からのコールバックにより、外部に対する誤警報の送定の確率を低減でき、信頼性のあるシステムを組む基礎が固まった。

**F. 健康危険情報** なし

**G. 研究発表** なし

**H. 知的財産権の出願・登録状況**  
なし

分担研究報告書

分担研究者 高橋 誠 北海道大学助教授

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

**研究要旨** エレクトレット・コンデンサマイクロホンで脈波信号を連続的に採取する際、固定に用いる伸縮性織物バンドによる皮膚接触圧を正確に計測した。その結果末梢血流の阻血により組織破壊を起こすとされている臨界圧力の2分の1以下の圧力で十分な脈波信号が得られることが分かった。モックモデルを用いて長期使用において組織破壊や感染が生じないことを複数の健常高齢者で確認した。

**A. 研究目的** コンデンサマイクロホンで脈波信号を連続的に採取する際、固定に用いる伸縮性織物バンドによる皮膚接触圧を正確に計測し、末梢血流の阻血による組織破壊に対する安全性を確認する。複数の健常高齢者でのモックモデルの連続装用により、長期使用での安全性の確認をする。

**B. 研究方法** 分担研究者宮崎信次より提供された、コンデンサマイクを伸縮性織物バンドに取り付けたベンチマークモデルを用い、健常高齢者5名についてバンドの締め付け具合を変えつつコンデンサマイクロホンと皮膚間の接触圧を測定した。この測定に当たっては、塩化ビニールフィルムにより $8 \times 10 \times 0.3$  mmの薄位パウチを作製し、これに水を充満してチューブでダイヤフラム式圧トランスデューサに結合し、高感度・高精度での計測を実現した。また、同様に宮崎信次から提供された

(最終回路に匹敵する20 gの質量を付加した)モックモデルを健常高齢者6名に(入浴中を除き)3週間連続装着してもらい、組織破壊や感染が起きないか調べた。

**C. 研究結果** バンドの締め付け圧を変えて、マイクロホンと皮膚間の接触圧を測った結果、緩くもなくきつくもない通常の締め付け方(本人の自覚による)で1.8 -

2.4 kPaの範囲に収まり、これは末梢血流の阻血により組織破壊が起きるとされる臨界圧力4.3 kPaの約半分である。バンドをきつく締めた場合でも最大3.0 kPaであった。

普通の締め方の状態で脈波信号のレベルを測定した結果そのピーク値は30 - 45 mVであり、脈の有無の判定のために設定された閾値より大きかった。

3週間の連続装用実験では、実験の開始後2 - 3日間むずがゆい・煩わしいなどの違和感を訴えたものが2名いたがその後この違和感は解消し、全員特段の支障なく実験を完了した。

**D. 考察 および E. 結論**

伸縮性織物バンドは十分な脈波信号を得るのに適切な押圧をあたえ、かつ健常高齢者においては長期装用をしても特段の問題を生ずることがなかった。今回は、期間も限られ、被験者の数も少ないので季節を変え、被験者・期間を多くしてさらに安全性の確認をする必要がある。

**F. 健康危険情報** なし

**G. 研究発表** なし

**H. 知的財産権の出願・登録状況**  
なし

分担研究報告書

分担研究者 山本 澄子 国際医療福祉大学教授

脈波を利用した独居高齢者用緊急通報システムの開発

研究要旨 エレクトレット・コンデンサマイクロホンで脈波信号を連続的に採取する際、固定に用いる伸縮性織物バンドによるマイクロホンの押圧により、組織破壊や感染が起きないかをモックモデルを用いて複数の糖尿病患者を対象に検討した。その結果、今回の実験の範囲では特段問題となることは発現しなかった。

A. 研究目的 エレクトレット・コンデンサマイクロホンで脈波信号を連続的に採取する際、固定に用いる伸縮性織物バンドでマイクロホンを手首の橈骨動脈遠位端に押し付ける必要があるが、このような押圧を長期間連続に与えた場合でも、組織破壊や感染が起きないかどうかをハイリスク患者で確認することを目的とした。

B. 研究方法 大田原市のN総合病院に入院中の70-81歳の糖尿病患者(男性1名、女性3名)を対象とし、分担研究者宮崎信次より提供された伸縮性織物バンドにコンデンサマイクロホンと擬似回路がついたモックモデルを装着してもらい、1月下旬から4週間にわたり、皮膚組織変化の状態を経過観察した。実験を開始する前、分担研究者高橋誠より提供された薄型圧力センサを用いてマイクロホンと皮膚の間の圧力を測定し、各被験者にバンドの締め付け具合と圧力の関係を実感してもらった。実験のはじめ1週間はやや緩め(押圧で1.5-1.8kPa程度)にバンドを締めてもらい、(皮膚組織の変化がないことを確認した上で)その後の3週間は普通の締め付け具合(押圧で1.8-2.4kPa程度)で実験を行った。

被験者は毎日入浴時を除き、モックモデルを非利き手の手首に連続的に装用した。被験者にボケなどの知的障害はなかった。毎週2回、医師が目視により皮膚の状態を観察し、組織破壊・感染の兆候をチェックした。同時に、上述の圧力センサで各被験者のベルトの締め付け具合をチェックし、押圧が適切な範囲に収まっていることを確認した。

C. 研究結果 週2回のチェックの結果、被験者はおおむね指示された強さでバンドを締めていた。医師の目視によるチェックでは特段問題となるような皮膚組織の破壊・感染の兆候は見られなかった。

D. 考察 および E. 結論

今回は、被験者の数も限られており、また原疾患としても糖尿病のみを扱っているが、その範囲では長期使用で特段の問題は生じなかった。今後は、高温多湿な夏季においても同様な実験を行うとともに、被験者数を増やし、原疾患の範囲を広めて安全性の確認をすることが必要と思われる。

F. 健康危険情報 なし

G. 研究発表 なし

H. 知的財産権の出願・登録状況  
なし

III 研究成果の刊行に関する一覧表

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
宮崎信次	脈波を利用した独居高齢者用 緊急通報システムの開発 - 第1報-	第17回バイオメカ ニズム・シンポジ ウム前刷	17	439-448	2001
宮崎信次	脈波を利用した独居高齢者用 緊急通報システムの開発 - 基礎的検討-	バイオメカニズム 学会誌	26-1	32-39	2002



20010296

以降のページは雑誌/図書等に掲載された論文となりますので  
「研究成果の刊行に関する一覧表」をご参照ください。