

人にやさしいモニタロボットの研究

光井 輝彰 千原 健司 稲葉 昭夫 永田 可彦* 福田 修*

Health Monitoring Robot for Human Living Space

Teruaki MITSUI Kenji CHIHARA Akio INABA Yoshihiko NAGATA* Osamu FUKUDA*

あらまし ペットロボットに代表される民生用ロボットのブーム以降、様々な分野でロボットの活用が期待されている。本研究は福祉分野でのロボットの活用として、日常生活の中で健康管理を意識することなく行うことを目的とした、人の生活空間にやさしく溶け込むことができる、生体情報のモニタリングロボットを提案する。このロボットは日々の生活の中で人に働きかけ、人と触れ合う際にミミックセンシングにより生態情報の計測を行う。本報ではミミックセンシングで安定した生体計測を行うために、基礎的な計測実験を行った。計測する生体情報として、非侵襲かつ比較的容易に計測が可能な脈波を選定し、センサー押し付け荷重と脈波波形との関係を調べ、脈波の可観測性について検討した。

キーワード ロボット, 生体情報, モニタリング, 脈波, ミミックセンシング

1. 緒言

社会の高齢化が進む中、医療費の急増や、看護・介護従事者の不足が現実化しつつある。このような状況を解消し、高齢者が心身ともに健康に豊かな生活を送るためには、高齢者自身が健康な状態を維持することが重要であり、そのためには日常的に健康管理が行われることが望ましい。しかし、在宅での健康管理のための様々な計測機器が開発されてはいるものの、これらを利用した体調測定や健康管理を普段の生活の中で継続して行うことは、本人や介護者にとって大きな負担となりうる。特に、“情報弱者”であることの多い高齢者が、これらの計測機器を使いこなし、計測データを自ら管理したり、あるいは医療機関に持ち込んで利用することは困難である。そこで、日常生活の中で自動的に生体情報を計測^[1]したり、同時に遠隔地で診断を行うシステム^[2]が研究されているが、計測の可観測性や運用性を考慮すると、実用化には課題が残されている。

本研究では日常生活の中で自動的に生体情報を計測する技術として、永田らが提案するミミックセンシングという概念^[3]を利用する。ミミックとは擬態という意味であり、ミミックセンサーとは検出部を生活用品や家具の中、または部屋の壁などに埋め込むことで、目立たなくさせたセンサーである。これを個人の生活パターンを考慮して日常生活で必ず立ち寄る場所や触れる箇所に配置すれば、間欠的ではあるが継続的に生理状態を取得することが可能となる。また、センサーを埋め込んで隠しているため、一般の

計測機器のように計測時に身構えるなどの所作を引き起こすことができなく、日常生活における平時の体調測定を行うことができる。本研究はこのミミックセンシング機能をロボットに持たせることにより、日々の生活での健康管理を意識することなく行う、生体情報のモニタリングロボットを提案する。ミミックセンシングでは一般の生体計測のように安静状態での計測ではなく、センサーとの接触状態が変化しうるなかで計測を行うことが最大の難点である。本年度はミミックセンサーの開発のために、脈派のミミックセンシング技術について、その可観測性を確かめるための基礎的な計測実験を行ったので報告する。

2. モニタロボットイメージ

ミミックセンシングによる生体情報のモニタリングとして本稿では光電容積脈波（以降脈波という）の計測を選定した。脈波は非侵襲に比較的容易に計測を行うことができ、抹消血管循環動態や自律神経機能と関わることから、計測したデータから多くの情報を取り出すことが出来る。単純に心拍数を数えるだけではなく、波形を微分したり周波数解析^[4]することにより、多くの生体情報を得ることができると考えられている。例えば、脈波波形を2回微分した加速度脈波は、動脈系全体の硬化性を反映する指標となるとが示されている^[5]。各種パラメータにより定量的が可能であり、最近では専用の装置で簡単に血管年齢を診断できる計測装置も販売されている。

本研究では脈波を計測するためのセンサーをロボット本体や、ロボットとのインターフェースにミミックセンサーとして組み込み、ロボットとのインタラクションを

*独立行政法人 産業技術総合研究所
人間福祉医工学研究部門 福祉機器グループ

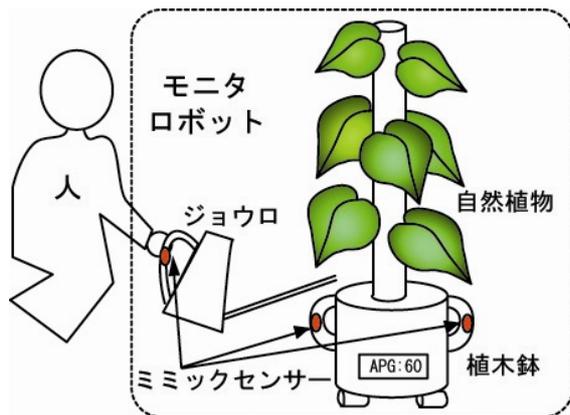


図1 モニタロボットイメージ

通じて、意識することなく生体情報をモニタリングするモニタロボットを提案する。図1に独居老人等を対象としたモニタロボットのイメージを示す。ロボットは観葉植物などの自然植物を構成要素とすることで、人の生活空間に溶け込む。植物と一体となったロボットは湿度や明るさ温度などに反応して、植物の育成環境が整うように人に要求する。また、動物のペットのように、かわいがられると喜び、ほっておかれるといじけるといった喜怒哀楽の感情表現を行う。これらの要求や感情表現は、音や光などのサインで植物らしく単純に行う。このようにしてロボットは日々の生活の中で人に働きかけ、幾つかの要求を行いながら、人が世話をする際に生体情報をモニタリングする。こうして日常生活において、意識することなく継続して生体情報を計測することで健康管理を行うとともに、毎日一定の時刻に人にロボットの世話をさせることにより、その人の生活リズムの維持を助ける。さらに、自然の植物を構成要素とすることで、ロボットの世話が植物の成長につながり、その行為が無気力な状態に陥ることを防ぎ、日々の生活に潤いを与えることが期待できる。また、単純なロボットの人への働きかけや感情表現も、生きた植物をフィルターとすることで人の主観へ効果的に働きかけると考える。

3. 脈波計測実験

光電容積脈派とは指先などの生体組織へ近赤外領域の光を照射し、その反射あるいは透過光を検出するもので、ヘモグロビンの近赤外光の吸光度を利用して血液の脈動を電氣的に計測するものである。本稿ではこのセンサーの部分に、発光波長と受光波長共に940nm付近にピークを持つコーセイ電子株式会社のフォトリフレクタSG-105を使用した。図2はセンサー出力の交流成分を記録したものであるが、同時に計測した心電図と並べると、きれいに脈波が計測されていることが分かる。

3.1 実験方法

生体情報の計測は、ほとんどがベットサイド等の安静

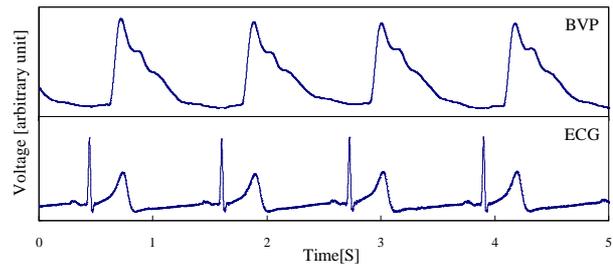


図2 脈波と心電図

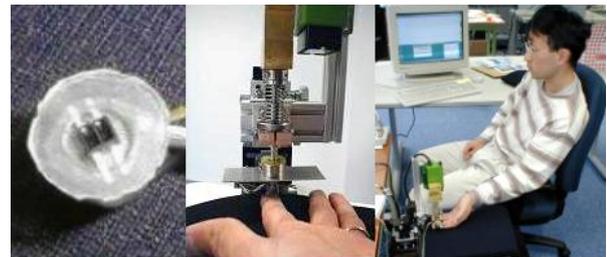


図3 センサー検出部, 実験装置, 実験の様子

状態で計測を行うことを基本とするが、ミミックセンシングによる計測では、様々な状況で単純にセンサーと接触した状態を作り出しただけで計測を行う必要がある。モニタロボットではセンサーを埋め込んだロボットの一部(ミミックセンサー)を握ることにより、脈波の計測を行うことを想定する。この場合、センサーの形体や握り方の違いにより、センサー検出部と生体の接触状態が変化することになる。そこでセンサー検出部を押し付ける力を段階的に変化させて脈波を計測し、センサー押し付け荷重と計測波形との関係調べた。図3にセンサー検出部と実験装置、実験の様子を示す。センサー検出部は直径8mmのプッシャにフォトリフレクタを取り付け、周りを直径約10mmの緩衝材(株式会社ジェルテック:ゲルテープGT-2)で囲んだものを用いた。押し付け荷重はパネ長の変位から求めている。実験は被験者として20代後半から30代前半の男性健康者4名に対し、左手中指の腹部にセンサーを押し付け、安定して脈波が計測できていることを確認した後に行った。25gから400gまで25gきざみで荷重を加え、それぞれの荷重状態で約10拍の計測を順次行い、これを5分程度の間隔を空けて2回行った。計測データは株式会社NF回路設計ブロックのデジタル生体アンプシステム5200により、表1の条件で取り込んだ。

表1 計測条件

サンプリング周波数	100Hz
A/D分解能	12bit
ハイパスフィルタ	0.53Hz 6dB/oct
ハムフィルタ	60Hz 2次対相当
ローパスフィルタ	30Hz 24dB/oct 250Hz 24dB/oct

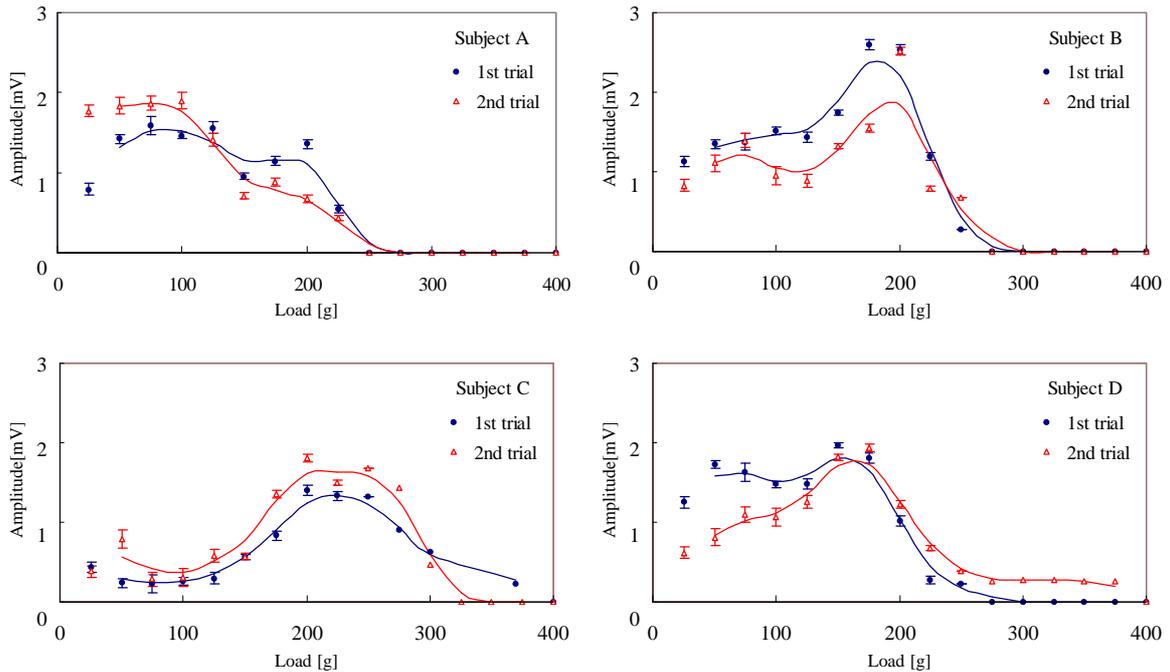


図4 センサー押し付け荷重と脈波振幅

3.2 実験結果

図4に4人の被験者のセンサー押し付け荷重と脈波振幅との関係を示す。グラフ上の点は各荷重での計測波形10拍の振幅の平均値、その点に付いた縦線は標準偏差を示し、曲線は平均値データを平滑化しスプライン補間したものである。4人の計測結果は、荷重の小さい100g付近の振幅にはばらつきがあるものの、全体に共通して荷重200g付近に一つの振幅のピークが認められる。また、ピークを越えて荷重がさらに大きくなると、振幅は極端に減少し300g付近からは波形の認識が出来なくなった。これは荷重が大きくなりすぎると、体組織の変形により血管が潰れてしまい、十分な血流が確保できなくなるためと考えられる。これは、レーザー光のドップラーシフトにより血流量を計測するシステムを使用した、永田らの実験でも確認されている^[6]。

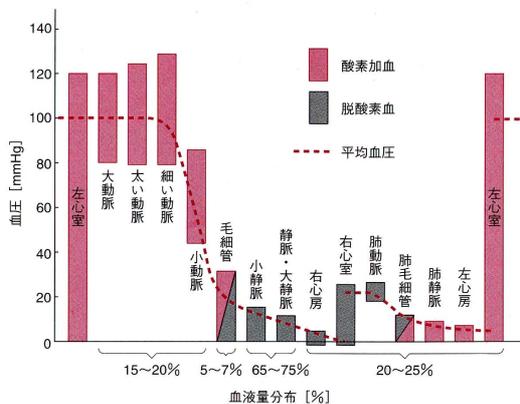


図5 血圧分布^[8]

センサーの押し付け方に関しては、きわめて軽くおくと、表層の毛細血管および静脈の状態が記録され、中等度では小動脈、さらに強いと主として大きい動脈の状態が記録される^[7]ことが確認されている。これは、体組織での血圧分布が図5のようになっており、力学的に脈波の振幅は動脈管が無負荷状態になったところで弾性の最大化ともなって最大振幅を示す^[9]ことから説明できる。また、小動脈の内壁では中膜の筋繊維が特に発達しており、交感神経の支配により内径を能動的に大きく変化させて血流に対する抵抗を変えることができる^[8]ことも確認されている。図4ではセンサー押し付け荷重と振幅の関係に被験者毎の特徴が見られるが、これは以上のことから説明できるのではないだろうか。つまり、各被験者の血圧や手掌の血管の発達具合、計測時の健康状態、心理状態などの要因により、センサー押し付け荷重と振幅の関係は特徴付けられると考えられる。

つぎに波形形状について考察する。波形形状は脈波を解析するには重要な要素であり、多くの情報を含んでいる。図6に示す脈波を2回微分した加速度脈波では、それぞれの波高が生理的変動と関わっており、波形評価のパラメータであるAPGインデックスもこれらの波高から



図6 加速度脈波とAPGインデックス

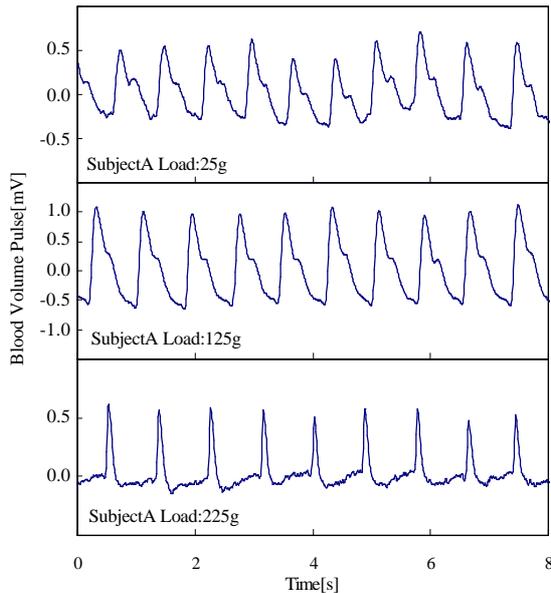


図7 センサー押し付け荷重と脈波波形

計算される．そこで，センサーの押し付け荷重に対する脈波波形の形状変化に着目してみた．図7は一人の被験者のセンサー押し付け荷重が25g, 125g, 225gのときの計測波形である．荷重が小さいときは，25gの計測波形に見られるように基線の動揺が目立つが，荷重が大きくなると安定する．これは荷重が小さいと，センサーとの接触状態が安定しないためと考えられる．しかし，さらに荷重が大きくなると，計測器の時定数を下げていく時の波形変化に似ているが，225gの計測波形に見られるように波形自体が変化し波高値が強調されたものになる．この傾向は4人すべての被験者の計測結果に共通して見られた．225gの計測結果からでも，心拍数ぐらいは読み取れるが，先に紹介した加速度脈波のように脈波波形自体を解析するには適していない．脈波波形を解析し，有用な指標を得ることを考えた場合，図7の3例では基線も波形形状も安定した125gの計測結果が最も望ましい．荷重が小さすぎるのでも大きすぎるのでもなく，波形の基線が安定するまで適当な荷重を加えた状態で計測を行うことが望ましいといえる．

4. まとめ

本研究はミミックセンシングの概念を応用することで，日々の生活での健康管理を意識することなく行う，生体情報のモニタリングロボットを提案する．本報では，生体情報として脈波を選定し，ミミックセンシングにおいて問題となるセンサーと生体の接触状態の変化について検討した．実験では，センサー押し付け荷重と計測される脈波波形について調べた．その結果，荷重200g付近に一つの振幅のピークが認められ，さらに荷重を大きくしていくと極端に振幅が減少することを確認した．また，加

重により計測される脈波の振幅は変化し，その関係は被験者毎に特徴があるものの，波形の基線と形状を共に安定させて計測するには，適当な荷重を加える必要があることを確認した．今後は計測波形の処理と利用方法について検討を進めミミックセンシング技術の向上を目指すとともに，ロボットの機能やデザインについても検討を行い製作を進める予定である．

文 献

- [1] 例えば “在宅健康管理のための生理量自動計測システム”，国立長寿医療研究センター老人支援機器開発部，<http://www.nils.go.jp/organ/ddse/index-j.html>
- [2] 例えば “HETEMIS”， University of New South Wales, Integration of GP Managed Home Telecare with Established Clinical Services for Ambulatory Care FINAL REPORT, 24th December 2001.
- [3] 永田・ほか，“ミミックセンサを用いた身障者・高齢者体調監視システムの提案”，日本機械学会第11回バイオエンジニアリング講演会論文集，pp.136-137, 1999
- [4] 梁熙卿，松浦弘毅，村本健一郎，藤井寿美枝，“指尖血流量変動解析による糖尿病性神経障害者の自律神経機能評価”，医用電子と生体工学，pp.48-55, 2001
- [5] “総説 加速度脈波と血管年齢 高田晴子 岐阜大学医学部” <http://www.asahi-net.or.jp/~vk2h-tkd/rev.html>
- [6] 永田可彦，福田修，本間敬子，甲田壽男，“ミミックセンサーを埋め込んだ受話器の脈波取得性について”，日本機械学会福祉工学シンポジウムCD-ROM論文集，W108, 2001
- [7] 高木健太郎，“岩波講座 現代生物科学10 組織と器官II”，岩波書店，1977
- [8] 藤沢清，柿木昇治，山崎勝男，“新 生理心理学 1巻 生理心理学の基礎”，北大路書房，1998
- [9] 池田研二，嶋津秀昭，“生体物性 / 医用機械工学”，秀潤社，2000