

神奈川工科大学

スマートロボティクス研究開発センター

研究報告

第 4 卷

2021 年度

目次

- ・健康管理および見守りロボット・システムの開発

ロボット・メカトロニクス学科 河原崎徳之，兵頭和人，吉留忠史

健康管理および見守りロボット・システムの開発

研究者名：ロボット・メカトロニクス学科 河原崎 徳之, 兵頭 和人, 吉留 忠史

1. 研究の目的

高齢者の健康増進および介護予防において継続的に健康状態を把握し、適度な運動を行うことは有効である。しかし、自発的に健康状態の把握・運動を継続することは難しい。また、核家族化の影響により育児に関する知識が不足する状況が生じ、育児への不安が増加している。

本研究では日常生活の中で手軽に高齢者や乳幼児の健康状態の把握を行い、健康を維持するために楽しく身体を動かせるように働きかけるために①会話やふれあいを通じて健康状態を把握する機能、②日常生活におけるリスクを把握する機能、③運動やコミュニケーションを促す機能、④情報ハブ機能、⑤自己診断機能を有する見守りロボット・システムの開発を行うことを目的とする。

上記5点についての解決策を以下に示す。

①会話やふれあいを通じて健康状態を把握する機能

見守りシステムの問題（監視されている嫌悪感）を軽減し、継続的なバイタルデータの計測を行うために、触れ合いを通じて血圧、脈拍、体温などのデータを計測する機能を有するロボットを開発する。特に、血圧はカフを用いる煩わしさを排除するために脈波伝搬時間を用いた推定システムを開発する。

②日常生活におけるリスク・危険状態を把握する機能

高齢者の日常生活における転倒・転落リスクを把握するためには不安定な歩行状態や転倒状態を把握する必要がある。また、万一動けなくなった時に救急の連絡を行うためには、日常生活での静止状態と区別する必要がある。本研究では、マーカ―や計測デバイスを装着することなく、歩容推定や病気や怪我で倒れた状態を検出するために、複数の深度センサとドップラーセンサを用いた動作解析システムを開発する。

③運動やコミュニケーションを促す機能

適度な運動を継続して行うために、一定時間(約3時間)以上静止していた場合には、運動(体操)を促す機能を実装し、深度センサによって計測したスケルトン情報から動作のアドバイスを行うシステムの開発を行う。

また、音楽による心身の健康を改善するために、利用者が歌い聞かせた情報を解析し手拍子を打つシステムの開発を行う。

④情報ハブ機能

HEMS と連携し利用者の行動、健康状態、興味などの特徴を抽出するシステムを開発し、利用者に適したサービスの提供を可能にする。また、外出時に装着するヘルスケア製品(スマートウォッチ)と連携しバイタルデータを計測する時間帯を延長する。

⑤自己診断機能

角度センサ(各関節に設置)、慣性計測センサ(各リンクに設置)によって計測される関節角度・リンク姿勢情報及び電流などのデータを強化学習により判断し、ロボットの誤動作の原因を特定する自己診断システムの開発を行う。

2. 研究の必要性及び従来の研究

高齢者にとって継続的に血圧、脈拍数、体温などのバイタルサインを計測することは健康を管理する上で重要であり、適度な運動を行うことは健康を維持する上で重要である。しかし、自発的に健康状態の把握・運動を継続することは難しいため、バイタルサインの計測や適度な運動を促すための働きかけを行うシステムが必要である。高齢者の健康管理と同様に乳幼児の健康管理も重要である。しかし、核家族化の影響で育児への不安が増加している。そのため、乳幼児のバイタルサインを計測し医師や保育士のアドバイスを受ける仕組みが必要である。

学術的独自性と創造性として以下のことが挙げられる。

- 1) 積極的に働きかけることによりバイタルデータを計測し適度な運動を促すシステムを実装する点。
- 2) 高齢者のみでなく乳幼児のバイタルデータ計測を行うシステムを実装する点。
- 3) マーカーや装着型デバイスを用いることなく、歩容を推定するシステムを実装する点。
- 4) HEMS と連携することによりロボットが能動的に働き掛ける家電機器を生活空間内に取り込む点。
- 5) これまでロボットにおいて取り組まれることのなかった自己診断機能を AI(強化学習)により実装する点。

3. 期待される効果

高齢人口が増加する社会において、健康増進および介護予防のためのシステムの実現が期待されている。高齢者向けの健康維持管理用のシステムの開発は盛んに行われている。しかし、乳幼児を対象とした計測・アドバイスシステムの例はほとんどない。そのため、本研究の健康管理および見守りロボット・システムは有用である。

4. 研究の経過及び結果

2021 年度においては、以下の成果を得た。

○ドップラーセンサを用いた人の動作解析システム

ドップラーセンサにより人の状態を認識するシステムを構築した。本システムは制御用 PC、ドップラーセンサ、外部の PC やロボットからなる。また、制御用 PC と外部機器はネットワーク通信でつながっている。ドップラーセンサにより人の状態を認識し、その結果をネットワーク通信により外部に知らせるとともに、ロボットを動作させる。図 1 にシステム構成を示す。



図1 ドップラーセンサによる人の動作解析システム

使用するドップラーセンサは 24GHz のマイクロ波を使用しており、非接触で脈・呼吸のバイタル値を取得できる。呼吸は 0.3Hz 前後の周期性をもつ胸腹部の振動現象であり、脈拍は 1Hz 前後の周期性をもつ微細振動現象である。波長の短い 24GHz 帯を用いると、これらの微細な変動を受信信号の位相変化として捉えることができる[2]。図 2 にドップラーセンサの波形を示す。

本システムは、ドップラーセンサに制御コマンドを送り、常時その結果から人の状態を判断するものである。プログラムの実行画面を図 3 に示す。離床・着床フラグでは、離床時は“0”でテキストボックスには“離れました”と表示されるようにした。着床時は“1”でテキストボックスには“座っているか寝ています”と表示されるようにした。心拍帯域のフラグでは、データ範囲外なら“0”、範囲内なら“1”の値になる。呼吸帯域のフラグでは、データ範囲外なら“0”、範囲内なら“1”の値になる。どちらも範囲外の時、テキストボックスに“異常があります”と表示し、警告音を鳴らすようにした。

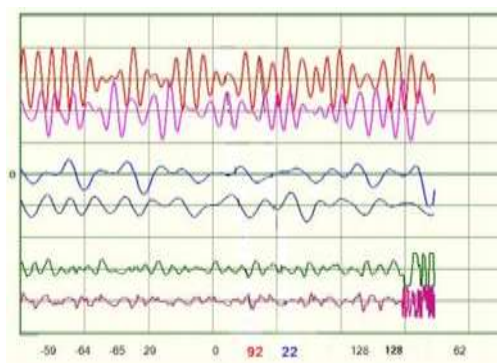


図2 ドップラーセンサの波形



図3 人の状態解析システム

心拍や呼吸が通常の範囲外であったときにその状態を検出できるかどうか実験より確認した。異常状態を検出できるかどうかの確認のため、事前に心拍帯域と呼吸帯域を通常の値とは違う範囲に設定した。被験者は、20代男性1人で、実験は30回行った。心拍帯域、呼吸帯域が範囲外になった時に文字で“異常があります”と表示し、警告音が鳴れば正しく異常を検出したとする。実験の結果、30回すべて心拍数、呼吸数が設定範囲外だったことを確認した。

○無伴奏歌唱中の音高変化に対する周波数解析によるテンポ推定

本研究は、人とロボットとのコミュニケーションとして、無伴奏で人が歌うのに合わせてリアルタイムに手拍子を打つことを目指している。無伴奏で歌う歌声の音高変化を手掛かりにリアルタイムにテンポを推定する手法を提案する。

テンポの推定は、まず音高強度ベクトルを求め、前後のベクトルの類似度から音高の変化を捉える。そして、時系列に並んだ類似度をフーリエ変換することでテンポを推定する。図4はテンポ推定手順を図示化したものである。

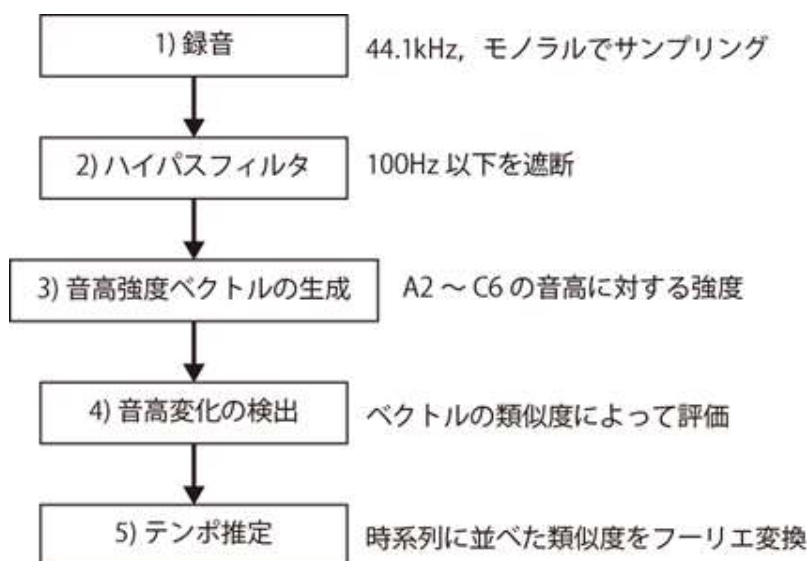


図4 テンポの推定手順

合成音声によって作成した童謡「ドレミの歌」に対してテンポ推定する実験を行った。テンポは80、100、120、140bpmの4種類を用意し、これをスピーカーから出力し、マイクで録音しながらテンポ推定を行った。以下に歌のテンポが120bpmのときの実験結果を示す。

図5はコサイン類似度を使用したテンポ推定の結果である。横軸はテンポ、奥行きは時間を表す。図5より、録音開始から10秒後に120bpmの1/2である60bpm付近に最大ピークが出現する様子が分かる。実験の結果、コサイン類似度を使用し、かつ歌のテンポが速い（推定に音の数を多く使用する）ときに目標のテンポが推定できた。

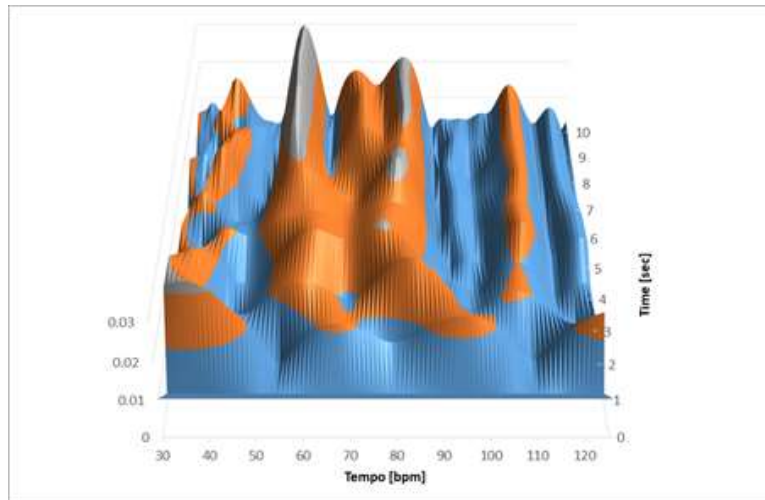


図5 コサイン類似度によるテンポ推定

5. 今後の計画

今後は、以下の項目についても研究を行う予定である。

① 会話やふれあいを通じて健康状態を把握する機能

触れ合いを通じて血圧、脈拍、体温などのデータを計測する機能を有するロボットを開発する。

② 情報ハブ機能

HEMS と連携し利用者の行動、健康状態、興味などの特徴を抽出するシステムを開発する。

③ 自己診断機能

ロボットの誤動作の原因を特定する自己診断システムを開発する。

6. 研究成果の発表

1) 吉留忠史、後藤淳、河原崎徳之：“無伴奏歌唱中の音高変化に対する周波数解析によるテンポ推定”、2P3-D07、日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2021