

福祉支援者支援のための生活環境振動計測と 生活状態推定情報発信システム

熊田 明央¹・森下 武志²

桐蔭横浜大学工学部

(2012 年 3 月 22 日 受理)

1. はじめに

日本の少子化は社会的な問題として頻繁に話題になっている。同時に、高齢化社会が進行し福祉施設や単居世帯も増加している。こういった社会背景の下、福祉事業が増加する中で福祉への従事者は依然として不足し、福祉関連従事者の負担を軽減する施策の見通しが立たない。一方、ロボット分野においては、医療や福祉に関する様々な課題を解決するための研究は盛んに行われ、また社会から期待されている。

表 1 はロボット分野における学術講演会などの発表内容を調査したものである。このように福祉に関わる研究事例は、対象者に対して能動的なものと非能動的なものに分類できる。前者は一般の生活に支障のある方や介護者の身体に関わる支援やトレーニングなどを直接行うもので、パワーアシスト関連技術などが相当する^[1-3]。後者はその方々に触れるか、人体に直接触れずにその方々の行動の様子や状況を把握するなどの技術である^[4,5]。更に、福祉に関わる対象者を整理すると、日常生活に障害を持つ方や高齢者を含む要介護者等と、その支援に従事する方々、従事してい

表 1 福祉関連研究の現在の状況

	能動システム	非能動システム
要介護者等	○	○
福祉関連従事者	×	△
一般の方々	×	×

研究事例：○多数，△少数，×わずか

ない一般の方々に分類できる。

表 1 のように、全体を通して福祉関連従事者や一般の方々等へ働きかける研究が多いとは言いがたい。また、この方々へ動的に能動するシステムは、健康維持、体力増強等が見られるが分野が異なる。また、これを対象とした非能動的なシステムの研究もあまり見られない。

これに対して別の角度から社会を見ると、人は、これまで社会を築き支えてきた高齢者の方々に平穏で充実した余生を送っていただきたいと感じる。我々もそうである。一方、働き盛りで今後の社会を担い、国を支える若年層の人材は少子化社会の中では極めて貴重な存在である。にもかかわらず若人の福祉従事者を支援するための取り組みがほとんど見られないことは、社会にとって大きな損失であると考えられる。我々は、少子化が進み国

¹ Akio Kumada : Graduate School of Engineering, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama, Japan 225-8503

² Takeshi Morishita : Department of Robotics and Bio-mechatronics, Toin University of Yokohama, 1614 Kurogane-cho, Aoba-ku, Yokohama, Japan 225-8503

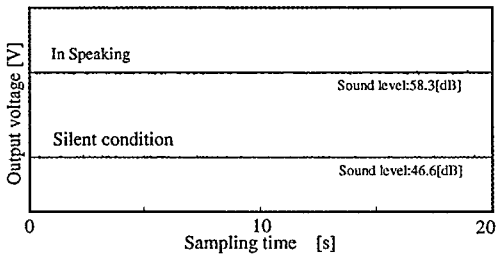


図1 無音状態の振動計測情報

際的な経済の変化に日本が対応しながら国際社会で共存するために、若人の職場をより良い環境にするための取組みが必要であると考えている。これは目に見えない微生物が存在することによって自然のバランスが保たれているように、我々は間接的に働くロボットや動きが無く表面から見えないロボットも各世代のために活躍させ、社会の均衡につなげなければならないという発想に立った研究が必要であると考えている。

そこで本研究では、プライバシーに関わる音声や画像等の情報を扱わないことと、従来から我々の研究で取り組んでいる簡素化システム・低コスト・モジュール化・情報コミュニケーション、簡単操作などの研究思想を取り入れながら、屋内における人の生活行動状態を生活振動計測によりその生活状態を推定し、この推定結果を福祉従事者や親族、関係者へ発信することで、この方々を支援し日常業務の軽減をねらうことを前提としながら、居住空間において一人暮らしで支援を必要とする方々の行動を把握し間接的に保護することを特徴としたセンサシステムを提案する。更にこの種のシステムの社会性について福祉現場で調査したアンケート結果の情報提供と、この結果に基づく福祉社会システム構想の提案を目的とする。

2. 生活振動の計測と検討

本研究では、身近な日常生活で発生する振

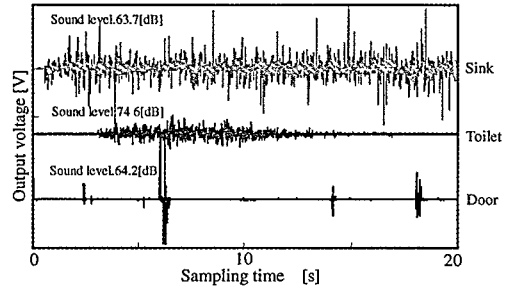


図2 生活活動時の家庭設備に発生する振動計測情報

動を計測し分析した。この計測では、安価で汎用的な振動センサを用い、そのセンサから出力されるアナログデータを増幅した上で、10 [bit] の諧調で A/D 変換したデジタルデータを 10 [ms] 毎に測定装置に取り込んだ。また、音声による振動を除去するために、音声域をカットするハイパスフィルターを計測装置内へ実装した。更に、計測中はその周囲の音量レベルを把握するためにデジタルサウンドレベルメータを用いて、実験中の肉声や生活設備の発生する音量レベルを計測した。

本計測で対象とした日常生活の場面は、キッチンの流し台、片開きドアの開閉、トイレの使用で発生する生活の振動を対象とした。実験したそれぞれの利用場面における条件と状態は、次の3種類である。

- (1) 一般にリビングに近い台所状況として、流し台が未使用でかつ会話等の音声が無い場合、また流し台が未使用でその付近で会話がある場合、流し台を利用している状態。
- (2) ドアの開閉が無く音声等がない状況、ドアの開閉が無くその付近で会話がある状態、ドアを開閉した状況。
- (3) トイレを使用した状態。ここで、トイレ使用時に発声することは無いとは言えないが、発声状態は除外した。

この計測結果を図1、2に示す。図1のように各生活設備の未使用時は会話の有無に関わらず波形に特徴的な変化は見られず、本計測装置の設計では音声に関わる信号も除去で

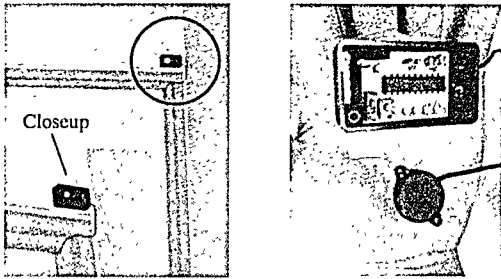


図3 生活振動計測センサモジュールと情報発信利機器

きていることが確認できた。また、図2が示す生活設備の使用時、それぞれの設備が発生源となる振動の波形は、各々特徴を持った波形であることが確認できた。

3. 生活振動計測生活状態推定発信モジュールの設計

そこで本研究では、日常生活の活動で生じる生活振動を振動センサによって検出し、そこから出力される情報をA/D変換して、汎用の小規模なマイクロプロセッサに入力し、この取り込まれた情報を処理することで生活状態を推測する簡素なシステムを設計した。また、設計にあたりデバイスの選定は、前述した計測装置で用いられているシステムと同等な仕様で構成するようにし、前節で述べた計測・収集した実験データとの対応を図った。本モジュールシステムの外観を図3に示す。このモジュールの特徴は、

- (1) 振動センサからの信号入力、情報処理、推論、推論結果の出力、光による外部情報発信までを一つの汎用マイクロプロセッサで処理することにより、小型で低コスト、簡素化したハードウェアを実現した。
- (2) 入出力信号はデバイスの入出力ポートを扱い、出力も推論結果信号のみを出力することで、利用者側のアプリケーションに合わせられる柔軟性を持たせた。
- (3) デバイスのプログラミングポートを開放

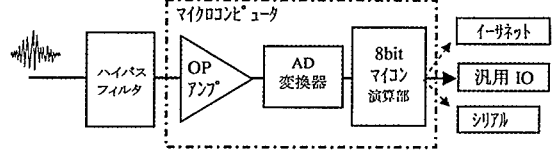


図4 モジュールのブロック線図

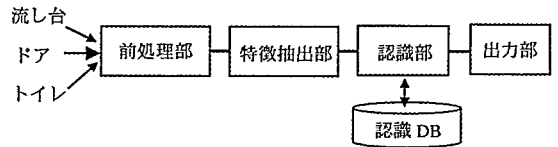


図5 情報処理ブロック図

することで、カスタマイズ時のプログラミングを容易にし、利用者の活用方法に合わせられる機能性を確保した。

次に、本システムの構成を図4に示す。本構成の入力側初段にあるカットオフ周波数1.6KHzのハイパスフィルタによって、声域の低周波帯を除去している。この信号を増幅率100となるオペアンプによって増幅し、10bitのA/D変換器によってデジタル化した信号を入力情報とした。これをマイクロプロセッサによって情報処理し、処理された出力信号を出力ポートへ出力するハードウェアとなっている。また、出力ポートの機能はこのクラスのデバイス仕様による汎用IO、シリアル通信、I²C等が対応し、利用者の目的に合わせた出力やネットワークへの接続が容易に行える設計となっている。

4. アルゴリズムと生活状態推定方法

本研究で検討した振動計測行動推定信号発信モジュールのアルゴリズムを図5に示す。システムの設計方針にはシステムの簡素化があり、これを前提とした設計として日常生活から発生する振動入力情報と前述の振動計測データから生活状態の推測、結果出力までの検討を次のように行った。

前処理部では図6が示すように、2値化処

		時間 t										
流し台	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...
ドア	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	...	
トイレ	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	...	
場所 p												

図6 生活情報特徴量の2次元配置モデル

理と入力される信号を、時間 t と計測場所 p の関数で表される2次元配列の環境情報空間へ変換した。こうすることにより振動計測場所とそこで得られる振動データを2次元平面に展開することができ、データ処理の活用範囲を拡大しながら、扱いやすいデータテーブルへ展開することが可能となる。また、しきい値を tv とすると2値化された電圧信号 $BV(t, p)$ は、式(1)で得られる。

$$BV(t, p) = \begin{cases} 1: V(t, p) \geq tv \\ 0: V(t, p) < tv \end{cases} \quad (1)$$

しきい値 tv の設定は、前述の生活振動計測事前調査（以下、事前調査）の各計測場所の情報を用い、設備未使用状態、かつ会話のある状態で得られた入力電圧情報 $V(t, p)$ の標準偏差 σ を用いて式2より求め、 vt を得た。

$$vt = \bar{V}(t, p) \pm 3\sigma \quad (2)$$

これにより本システムは、ノイズ等による2値化信号数の含有確立を、3/1000程度許容しているが、ここは微調整を要する箇所である。

特徴抽出は、事前調査のデータを用いて検討した。図2で示したデータでは、2値化処理した結果について、事前調査での3つの計測場所に対し、2値信号数の t 軸方向、 p 軸方向のヒストグラムの特徴に違いが見られた。そこで本研究では、任意の測定場所の特徴量 $V_p(t)$ を式3で示すように、 $V(t, p)$ を時間を表す変数 t で積分した値とした。

$$V_p(t) = \sum_{i=0}^n V(t, p) \quad (3)$$

次に、認識部での行動状態の推定方法を式4

示す。まず、事前調査で得られた環境振動情報をファジィ集合によって定量化し、各計測場所をファジィ環境ラベル L_p と定義した。各ラベルの集合を定義する際、定量化したメンバーシップ関数に特徴量 $V_p(t)$ を入力して得られるグレード $E_p(V_p(t))$ を \max 論理演算することにより得られる環境ラベルを最も適当とする推定環境状態 L_p として推論した。

$$L_p = \max_{p=1}^n \sqrt{E_p(V_p(t))} \quad (4)$$

5. 本システムの実験と結果

実験は、事前調査を行った場所について実施した。実験を実施するにあたって、振動センサは、それぞれの生活用設備の使用を妨げないように配慮すると共に、特別な工事等を必要としないで、できる限り目立たない箇所に粘着テープ等で貼り付け、シールドケーブルによって信号線を延長して設置した。センサの設置場所は、流し台のシンク裏側の中央付近、ドアはドアのフレーム周り、トイレは便器後方側面である。

これらの準備をした上で生活状態推定実験は、10回同じ実験を繰り返し、3種類の環境に対応させた3色の光によって、それぞれの生活設備使用の有無を判断したところ、正しい情報発信を適切に行えた。また、出力情報の拡張として無線モジュールやイーサネットケーブルを介した情報発信を確認した。

6. 本研究の社会的位置付け確認調査

本研究の取り組みによって生活状態推定とその信号発信機能を持つ本システムの所望の動作が実験的に確認できた。そこで我々は対象となる施設で直接従事している方々の意識や感覚、本研究の取り組みの妥当性を確認するため、アンケート調査を行った。調査項目は、本研究の社会的な必要性、将来性、倫理

的な側面、ニーズなどとし、調査の対象は関連施設であり近隣で身近な特別老人福祉施設(緑の郷) 14名と、社会福祉法人(くず葉学園) 16名、合計30名の中堅から若手職員に対して、本研究の主旨とシステムを理解していただいた上で協力を得た。

このアンケートを実施するにあたり、事前に次の説明を行った。その説明内容は、本システムが福祉従事者や福祉支援者の支援を主とした研究テーマであること、一方で本システムは間接的に施設利用者や高齢者、単居高齢者の保護につながっていることである。更に、本システムで識別する生活状態信号の発信が発展し、施設利用者や単居者、その保護者、支援者、福祉施設、消防等の行政機関の相互間をつなぐことができれば、若人福祉従事者や支援者、保護者、地域住民が中心となって地域社会のコミュニティーネットワークが図れる展望やその拡張性についても簡単に触れた。必要となしに必要とされる方の支援を可能とする柔軟性を社会に持たせられれば、人材が不足する福祉従事者の勤務計画や巡回計画など、就労における負担の軽減に役立てられることや、加えて、本システムの利用者は、近隣の方々や住宅と適度な距離を保ちながら、社会と孤立せずにつながる社会性が生まれれば心理的な安定感や安心感を得ることができるなど、システムの2次的効果や本システムの長期的な発展性についても触れた。なお、アンケート回答項目は次の8項目で、選択回答で実施した。

- 1) 福祉、介護などの支援者や従事者を支援するための機器やシステムはもっと必要である。
はい いいえ どちらともいえない
- 2) 高齢者、施設利用者、単居者の生活状態信号を発信することは、
良いと思う 問題がある どちらともいえない
- 3) 身近な地域社会で、生活状態の信号を、単居者—単居者、単居者—施設従事者、単居者—行政機関など、相互に生活状態信号を発信し

合うことは、

- 良い取り組みと思う そこまで必要ない
どちらともいえない
- 4) 音声やカメラを用いないシステムでは、利用者のプライバシーが、
保護されている ある程度保護されている
保護されていない
 - 5) このような支援者の支援システムの存在は、社会的に受け入れられると思う。
はい いいえ どちらともいえない
 - 6) このような社会支援システムを導入できる場合、高性能・多機能で高額な物より、自分達に必要な機能があれば単機能で低価格な物を、環境や状況に合わせて揃えられる方が良い。
はい いいえ どちらともいえない
 - 7) 高齢化社会、福祉施設、障害者施設は、地域社会ともしっかりとつながりを深める取り組みが必要である。
そのように思う そう思わない
どちらともいえない
 - 8) 機械的に働くロボットだけでなく、信号や情報などで間接的に社会を支援するロボットやシステムもこれからは必要である。
はい いいえ どちらともいえない

7. アンケート調査結果

アンケート調査結果を図7に示す。結果が大まかに同じ傾向を示すものを次の4項目にまとめた。

- ① 福祉関連従事者への支援、社会との連携、社会的支援に関する調査項目と機能を限定した低価格調査項目の1)、6)、7)、8)で、「はい」と答えた方がいずれも全体の90[%]程度となった。また、各項目の否定的な回答は見られなかった。
- ② 生活状況の発信に直接関わる調査項目2)、3)で、「はい」と答えた方は、調査項目2)が71%、項目3)が68%であり、「どちらともいえない」が双方とも18%、否定的な意見「いいえ」と答えた方は調査項目2)が11%、3)が14%であった。

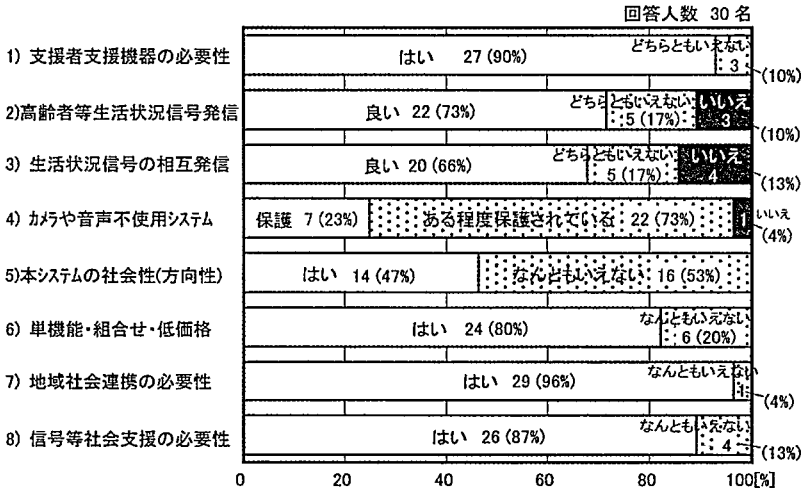


図7 アンケート調査結果

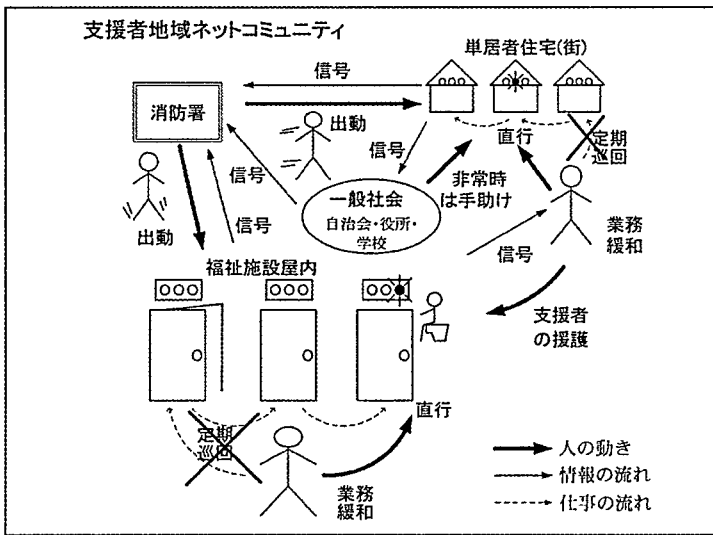


図8 要介護者と福祉支援者支援の地域社会ネットワーク構想図

- ③ プライバシーに関しては、「はい」と答えた人が25%であり、「ある程度保護されている」の回答が71%、「保護されていない」が4%であった。
- ④ システムの社会性、研究の方向性の調査項目で、「はい」と回答した人は46%、「なんともいえない」と答えた人が54%であった。

8. アンケート結果の考察

アンケート調査結果の考察を次に示す。

- ① 福祉支援者や従事者に対して支援や働きかける研究・開発活動については、全く否定的な意見が無く、これらの関係者に共通して受け入れられていることが確認できた。
- ② 支援者等支援を目的とする信号発信につ

いて、少数の否定的な意見が見られ情報発信への慎重な姿勢が伺えた。一方、肯定的な意見はおよそ7割に及び、本研究対象者の関心の高さが現れていた。また中間の回答は2割程度であり、現物のシステムのない説明では比較的低い値と評価できる。

- ③ システムの価格については、現在の世情同様に目的・機能限定の低価格モジュールのニーズの高さが確認できた。
- ④ 調査項目4の回答の背景に、カメラ・音声の扱いに慎重な意識が潜在的に働き、本調査では「ある程度保護されている」が回答数を伸ばした要因ではないかと考えられる。しかし否定的な回答はほとんど見られなかった点から本研究の考え方への期待感が伺えた。
- ⑤ 社会的な受入れに対して、回答がおよそ半数に分かれた。これは調査項目1)で支援者支援システムを肯定している一方で、現場での導入や運用の難しさが回答の意識に働いているのではないかと考えられる。しかし、これについても否定的な意見はなく全体として肯定的である。

全体を通して本研究の方向性は、福祉従事者の意識との相違は少ないことが確認できた。また、今回の調査を機会に関係組織とのつながりを持てたことは大きな財産である。

なおこの調査の際、本研究の主旨についてこの施設の本部長、施設長より大変強い共感をいただいた。これは福祉施設やその従事者に対して社会で報道されているほど、国や地方自治体から支援があるように感じられる支援が十分には行き届いていない現状があるという思いの訴えに似た声として受け止め、謝意を含めて今後の社会のためにここに記す。

9. 調査に基づく地域社会ネットワーク

本調査は標本調査としてその標本を十分に収集し客観性をより高める必要があるものの、実社会の意識や意見に触れた研究の方向性の

確認という点で大変貴重な情報となった。

我々は技術的研究と社会の意識調査に基づき、より良い現代社会の構築に貢献するため、福祉支援者支援を前提とした生活環境振動計測と生活状態推定情報発信システムを活用した、中堅、若人福祉従事者や保護者、一般社会の方々を支援する地域社会ネットワーク構想を提案する。この福祉社会システムのイメージを図8に示す。この図の中心は福祉に関わる従事者や支援者、また健康な一般の方々であることが特徴である。介護や支援を要する方や高齢単居者が一人で部屋や屋内で過ごしている状況下で、同じ施設の従事者や地域で共生する隣人や介護者、親族、保護者等が、安否情報を共有することで日常の定期的な巡回業務が緩和されたイメージが描かれている。つまり、緊急時に対応できる方が対応している様子である。これは適度な距離感を保ちながら要介護者や高齢者を見守り、同じ家屋から近所の方々、学校、消防署などの行政を含めた情報のつながりが図られ、正常でない状況の際は健康で動ける方々がその対応をすることで、中堅・若人職員をサポートし、本システムが地域社会の媒体となるだけでなく、社会全体で支え合うための支援者コミュニティとして機能する地域社会を示している。

10. おわりに

本論文は、日常生活から発生する振動を計測し、その情報を基に要介護者や高齢者を見守りながら福祉従事者や支援者を支援するための生活状況を推定するセンサモジュールを開発し、動作の確認から本モジュールの有用性を示した。また、本研究の社会的方向性やその意義を検証するため福祉関連職員に行ったアンケート調査結果から本研究の妥当性や需要、更に社会における期待など、その有意性が確認できた。加えて、調査結果から今後の課題を浮き彫りにし、地域社会のネットワークとコミュニティに関する構想を提案した。

謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究 C）（21500844）の支援を受けた。

参考文献

- [1] 塩谷健, 山根理, 橋村成路, 矢野賢一, 青木隆明, 西本裕, "到達運動予測に基づく上肢動作支援ロボットによる屈曲動作支援", 第 27 回日本ロボット学会学術講演会, 講演論文集 CD-ROM IC1-01, 2009
- [2] Takanori Shibata, Kazuo Tanie, "Physical and Affective Interaction between Human and Mental Commit Robot", Proceedings of the 2001 IEEE International Conference on Robotics & Automation pp.2572-2577, Seoul, Korea · May 21-26, 2001
- [3] 家永貴史, 千田陽介, 有田大作, 木室義彦, 長谷川勉, 諸岡健一, 剣持一, 田上和夫, 橋爪誠, "病院環境の情報構造化による車いすロボットサービスとその評価", 日本ロボット学会誌, Vol.27 No8, P877-884, 2009
- [4] 佐藤知正, 森武俊, "環境の知能化と安全・安心・快適社会", 日本ロボット学会誌, Vol.25, No.4, pp.486-489, 2007
- [5] 森武俊, "日常部屋生活支援システムの開発: 第四報、第 27 回日本ロボット学会学術講演会, 講演論文集 CD-ROM 2E1-02, 2009