

センサ化された日常環境型計算機を用いた健康管理支援

西田佳史

電子技術総合研究所 知能システム部

要約 健康管理とは、自分のからだとのコミュニケーションの問題に他ならないが、人相互の場合のような理解可能な言動によるコミュニケーションとは異なり、情報機械によるコミュニケーションのサポートが必要である。本稿では、自分とのコミュニケーションを支援してくれる新しいシステムの概念として、日常生活空間において、生理情報の計測→解釈→分かり易く教えてくれる、という一連のコミュニケーションループの形成を支援するシステムの概念を述べ、現在構築中のシステムとその基本機能について述べる。

1 緒論

健康管理とは、自分のからだとのコミュニケーションの問題に他ならないが、人相互の場合のような理解可能な言動によるコミュニケーションとは異なる。専用の測定機器や得られたデータを解釈できるエキスパートなくしては、計測→解釈→分かり易く教えてくれる、という一連のコミュニケーションのループが成り立たない。何らかの自覚症状がある場合には、それが契機となって、自宅で測定機器を使って計測したり、必要な場合には病院に行くというやり方でこのループがcaろうじて実現されているが、痛み、熱でもない限りほとんど自分の健康には気を使わず、普段はループが切れた状態にある。

このように、この種のコミュニケーションループは、自然には生まれないものなので、人工的に作る必要が生じるが、機械、情報処理装置がこのようなコミュニケーションループを作る上で有効な手段であると考ええる。

本稿では、上述したような新しいコミュニケーションシステムを日常生活空間で実現することを目的に、自分の健康を普段の生活の中で意識し続けられるようにサポートしてくれるシステムの概念を述べ、現在構築中のシステム (SELF; Sensorized Environment for LiFe) について述べる。

2 日常空間を利用した自己コミュニケーション・システムの概念

Fig. 1は、自己コミュニケーションシステムの概念図である。人が日常生活空間に実現された自己情報処理システムとコミュニケーションを図ること、自己を客観的に把握し続けることを支援す

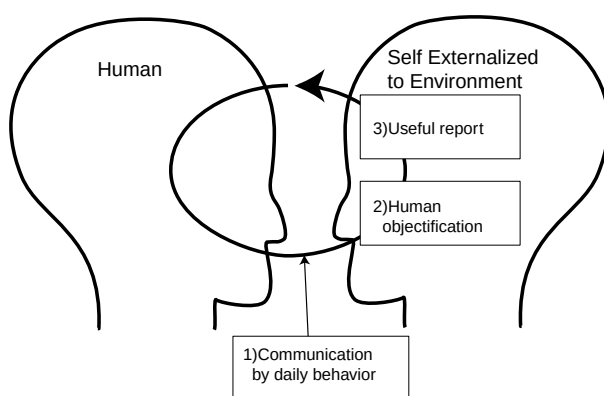


Fig.1: Concept of self-communication support

るシステムである。このシステムは、1) 人間の日常行動によるコミュニケーション、2) 人間客観化、3) 有意義レポート、の3つの部分からなっている。各要素を以下に述べる。

1) 人間の日常行動によるコミュニケーション: 入出力を日常行動に随伴して生じさせるために、日常行動を誘発する家具にセンサ等の情報処理装置を埋め込み、埋め込まれた情報処理装置を使って日常生活を観察したり、情報を伝達するためのシステムのデザインおよび機能。2) 人間客観化: 現象を共通の解釈モデルによって分節化し、表記することで、データの客観性/論理性、解釈可能性を保証する機能。3) 有意義レポート: 作られた客観データから有意義な事実を抽出し、人に伝達する機能。

上述の機能により、人の持つ以下のA)~C)の欠点を補うことが期待できる。A) 制御不可能性: いつ、どこで自己のデータにアクセスし、思い出すのか、また、このような作業を制御したり、習慣化

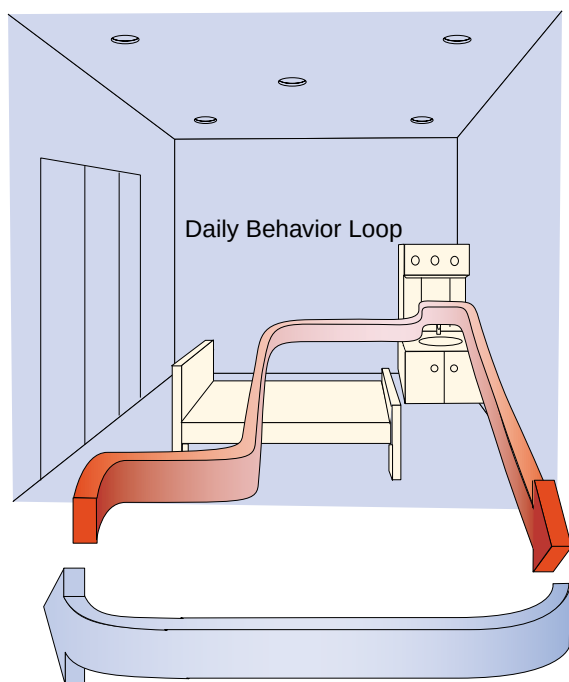


Fig.2: Habituation support with daily behavior loop

することが困難である。B) 主観性: 自分が持っている自己のデータは客観的な根拠に基づいておらず、主観的で不正確になりがちである。C) 知識依存性: 自己のデータはその人が持っている知識によってのみ作られるので、必要な知識がなければある信号が無意味なものとして無視されることがある。

また、提案システムの利点は次のように整理できる。a) データの客観性: 自己を科学的事実のような一定の基準に基づいて客観的表象として抽出し、外在化することで、我々は自己のデータを客観的に参照でき、自己の変化を知覚することができる。b) 解釈能力の強化: 必要な知識を持っていなくとも、システムが人間モデルを使って重要な意味を抽出してくれる。c) システム使用の持続可能性: c-1) データ入出力の確実性: 人間のデータの入出力が、システムの存在に関わらず繰り返し生じる日常行動 (Fig. 2の日常行動ループ参照) を利用してなされるために、確実に人間のデータを入出力することを保証する。c-2) データ更新の自動性: 定期的な人間データの更新が保証されるので、システムが処理するデータ、システムが我々に

伝えるデータは最新の状態に保たれる。

3 SELF の基本機能

3.1 計測機能および伝達機能

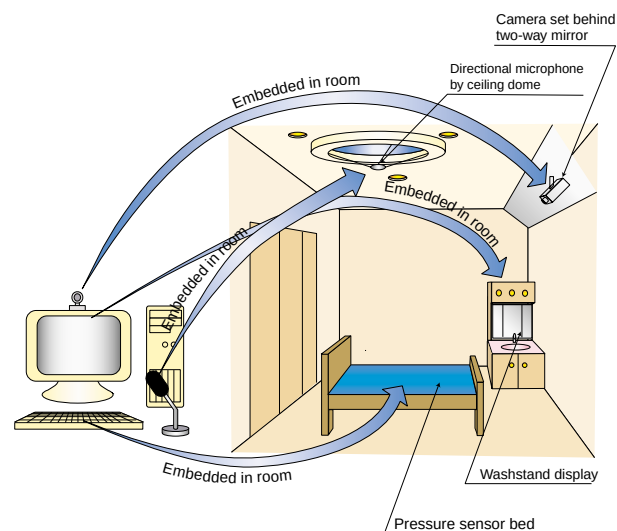


Fig.3: Sensorization



Fig.4: Photograph of sensorized environment

構築中のシステム SELF (Fig. 4参照) では、まず、自己コミュニケーションループの計測機能に関して、Fig. 3 に示すように日常行動を情報処理の対象として扱うことのできる新しい計算機として、日常空間それ自体をセンサにするという観点から、キーボード（接触センサの一種）はベッド型の接触センサ（圧力センサベッド）に、マイクロフォンは照明装置（ドーム天井マイクロフォン）に、計算機モニターはカメラ付きの洗面台（洗面台型ディスプレイ）に変形されている。

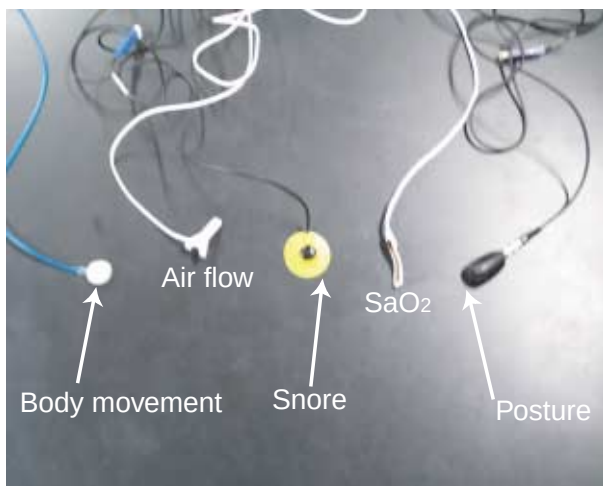


Fig.5: Typical sensors for monitoring breath status



Fig.6: Pressure sensor bed

また、解釈に関しては、Fig. 5に示した呼吸状態計測センサ群に相当する生理量の解析が可能である。Fig. 5に示されているセンサは、左から胸部の体動量を測定する圧力センサ、鼻・口における気流を測定する温度センサ、異常呼吸音を測定するマイクロフォン、血中酸素飽和度測定する赤外線センサ、体位を測定する水銀式センサである。SELFにおいて、体動量測定用圧力センサ、血中酸素飽和度測定用赤外線センサ、体位測定用水銀式センサに相当するのが圧力センサベッドであり、呼吸音測定用

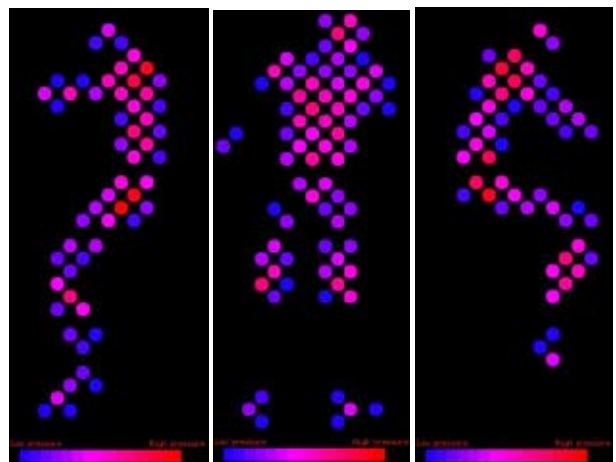


Fig.7: Pressure image

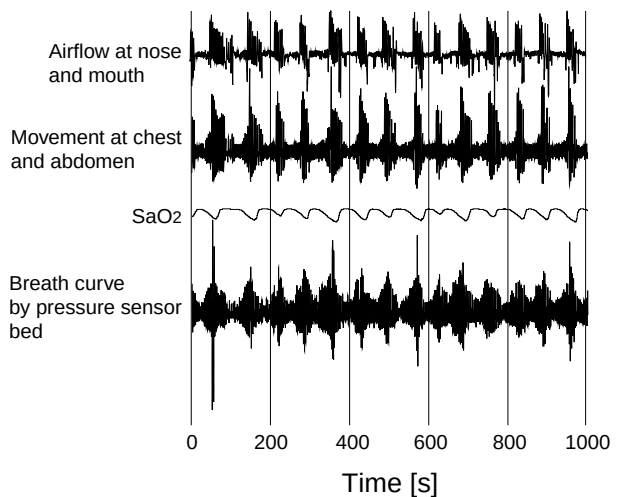


Fig.8: Detection of Cheyne-Stokes-like breath by pressure sensor bed

マイクロフォン、気流測定用温度センサに相当するのが、ドーム天井マイクロフォンである。

出力に関しては、現在、分かりやすく健康管理情報を表示してくれる洗面台型のディスプレイ装置を試作中である。

現在のSELFは、計測／解釈できる生理量が限られているものの、1) 睡眠時にベッドに行き、眠ると圧力センサベッド、ドーム天井マイクロフォンを用いて人の生理量を測定する、2) また、起床して洗顔、化粧のために洗面台に行くと、洗面台型ディスプレイを用いて有意義な情報を人に伝える

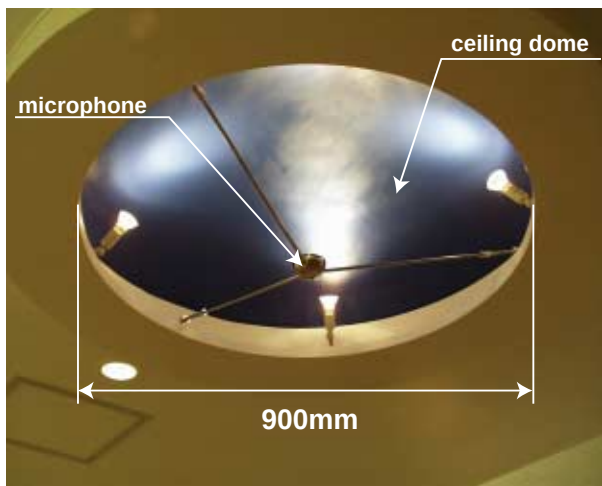


Fig.9: Ceiling dome microphone

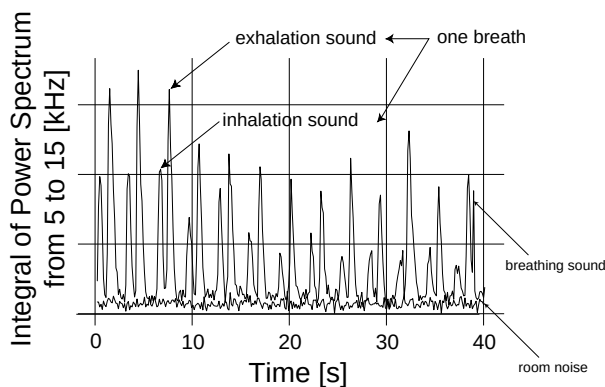


Fig.10: Experimental result of detection of normal breath sounds

という、自己コミュニケーションループが実現されている。

以下に実現された生体無拘束計測機能、健康管理支援機能の詳細を述べる。

1. **圧力センサベッド**: 圧力センサベッドは、筆者らにより開発した圧力センサシートが取り付けられている。圧力センサシートは、空間分解能約 7[cm] で配置された 210 個の圧力センサからなり、Fig. 7に示すような 12[bit] の圧力分布画像を入力することができる。この圧力分布画像を画像処理することで、呼吸曲線、血中酸素飽和度の降下、体位、体動等の生理量を無拘束計測することが可能である [1, 2, 3]。Fig. 8は圧力センサベッドによる、Cheyne-Stokes 類似呼吸と呼ばれる呼吸波形



Fig.11: Prototype of washstand display

の検出例を示している。

2. **ドーム天井マイクロフォン**: 試作したドーム天井マイクロフォン (Fig. 9参照) は、球形のドーム天井、マイクロフォン、照明装置からなり、間接照明としての役割と、收音装置としての機能を実現している。マイクロフォンは、ドーム天井の聴覚焦点位置に上向きに取り付けられている。試作したドーム天井マイクロフォンの写真を Fig. 9に示す。ドーム部は曲率半径が 775[mm] の球面で、開口部の円の半径は、450[mm] であり、ドーム天井による收音効果は、6[kHz] 以上の高周波成分に対して、20[dB] 程度である [4]。Fig. 10 は、ドーム天井マイクロフォンによる正常呼吸音の検出例を示している。
3. **洗面台型ディスプレイ**: 洗面台ディスプレイは、ぷりんとクラブ技術を応用し、カメラ、モニター、ハーフミラーから構成されている。顔を写しながら、その周りに後述する生理モデルによって解釈された生理情報に基

づいた有意義なレポートを表示することができる (Fig. 11参照)。

3.2 解釈機能

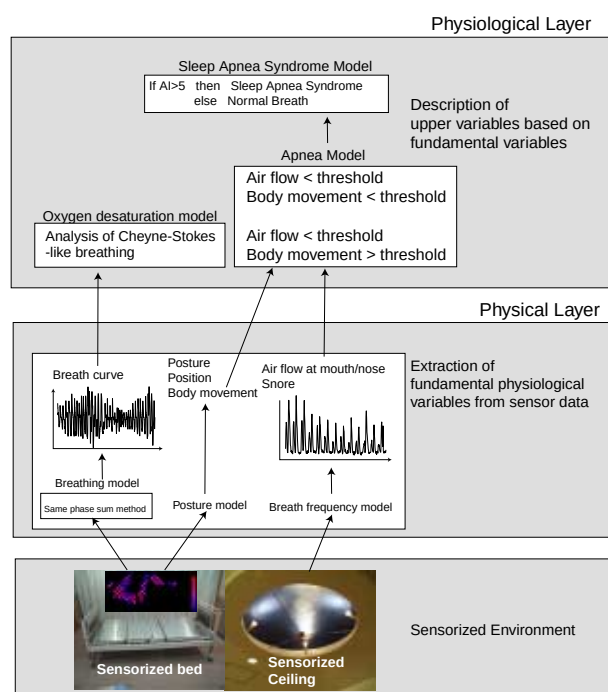


Fig.12: Human model for understanding physiological meaning

人間客観化機能のための生理モデル: 生理モデルは人間の日常行動・体動を生理的な意味空間へと変換し、データの客観性、解釈可能性を保証する。Fig. 12 は作成した人間モデルを示す。モデルは、計測された日常生活データ (就寝中) から呼吸曲線、鼻・口の気流などの基本生理量を推定する。生理的な知識を利用することで、無呼吸、Cheyne-Stokes 類似呼吸、血中酸素飽和度降下などのより上位の生理量を推定することが可能である。すべての生理量は無拘束計測によって測定されている。

4 おわりに

本稿では、自分とのコミュニケーションを支援してくれる新しいシステム概念として、日常生活空間において、生理情報の計測→解釈→分かり易く教えてくれる、という一連のコミュニケーションループの形成を支援してくれるシステムの概念を述べ、

現在構築中のシステムとその基本機能について述べた。

計測に関しては無拘束計測の分野で様々な装置、手法が提案され、知見が蓄積されている点、健康ブームに代表されるように健康への関心が高まっている点などから、自宅での自己コミュニケーションシステムの実現の条件はニーズ、テクノロジーの両面から徐々に整いつつあるといえるが、計測・解釈・提示の中でも解釈や提示部分、すなわち、サービスに関しての研究は立ち後れており、今後、積極的に取り組まれるべき課題だと考えている。

謝辞: 本研究を進めるにあたり、システム構築に協力を頂いた電子技術総合研究所知能システム部の比留川博久氏、脇田優仁氏、堀俊夫氏に感謝致します。圧力センサベッド、および解釈ソフトウェアは、電子技術総合研究所、東京大学、東京女子医科大学、(株)デンソーとの共同研究により開発された。本研究の一部は科学技術庁流動促進研究費 (平成 10-12 年度 環境感覚を用いた人間の生理情報の蓄積とその応用に関する研究) により実施された。

参考文献

- [1] 西田, 武田, 森, 溝口, 佐藤, "圧力センサによる睡眠中の呼吸・体位の無侵襲・無拘束な計測," 日本ロボット学会誌, Vol. 16, No. 5, pp. 705-711, 1998
- [2] 山崎, 高山, 西田, 石井, "圧力センサベッドによる呼吸の測定," 日本口腔・咽頭科学会 口腔・咽頭科 (総会号), Vol. 12, No. 1, pp. 51, 1999
- [3] Y. Nishida, T. Suehiro, S. Hirai, "Estimation of Oxygen Desaturation by Analyzing Breath Curve," *Journal of Robotics and Mechatronics*, Vol. 11, No. 6, pp. 483-489, 1999
- [4] 西田, 堀, 末廣, 平井, "ドーム天井型マイクロフォンを用いた呼吸音の検出," 信学技法 ME とバイオサイバネティクス MBE2000-47, 2000