

自覚できない体調の変化を自律神経に訊く方法とその応用

— 体動波(body motion wave)の活用例 —

Method to entrust detection of small shift on the body condition to autonomic nervous system

and it's application: For an example of the application of BMW (body motion wave)

○ 大川井宏明 賀 静波(岩手大学大学院工学研究科)

Hiroaki OKAWAI, Jingbo He, Graduate School of Engineering, Iwate University

Abstract: In daily life we do not have a good level of awareness of the overall state of our own health. Nor do we necessarily want others to know about it if we know that we are in poor health. While we accept various services, and the suppliers thereof usually want to know to what extent customers were satisfied with the services provided. However, a range of constraints mean that we do not always provide an honest response. The same is true of cases pertaining to health and satisfaction, and problems may be caused by mental activity, i.e., consciousness. The notion of entrusting the response to a service to the autonomic nervous system during sleep has therefore been suggested and demonstrated by a new method of body motion wave (BMW).

Key Words: autonomic nervous system, satisfaction, body motion wave, aroma, unconsciousness

1. 背景

1.1 健康情報と満足度情報の考え方

私たちは人、社会、自然から種々の刺激(サービス)を受けながら健康を維持して生活している。その状態で健康状態を知ることと、サービスに対する満足度を知ることが一体にして考えることはできないものだろうか。ここで問題を整理すると次のように共通であることがわかる。

(a)健康(体調)に関することでは、①尋ねられても他人には知られたくない、②自分でもわからない。

(b)サービスに対する応答については、①尋ねられても気持を素直に表現するとは限らない。②自分でもわからない。

このことは、二つの情報を言語で知ろうとすると限界があることを意味する。

の情報を無意識出力として抽出して解釈することである。

生理学的には睡眠時は意識活動が休んでいるので、意識に惑わされない情報の純度が高まること、工学的には睡眠時の方が場所を固定するので計測項目が格段に少なくなつて、数時間に及ぶ計測が可能になることが特徴として明らかである。

そこで本計測手法の概念は、図1に示すように、覚醒時はしがらみ等の心理活動によって真の情報は隠されるため、心理活動が休みになる睡眠時であれば真の情報が得られること示している。本研究でこの情報とは心と身体の満足度を指す。

2. 計測手法と睡眠中の生理学の提案

2.1 人システムの仮説的考え方

「病は気から」、「健全なる精神は健全なる身体に宿る」という格言に習い、図2のように人をシステムとして考察する。図では①には意図してまたは意図せずして種々の刺激が入ってくる(sの変化)。ここでは刺激はサービスとして扱う。次に②の心理活動、③の身体活動が生じる。そこに、④で示した相互作用がある。その結果、心理活動の出力(応答)は⑥のように言動として出てくるが、正直な応答は⑤に示したようにしがらみ等によって変化を受けて不正確な情報となり得る。

これに対し、身体応答は健康の程度の変化としての体調変化 Δh と、サービスの結果生じる体調の変化、すなわち満足 Δs の和 $\Delta h + \Delta s$ が無意識出力として出てくる。もし、健康上の変化が何にもなければ体調変化 Δc は環境やサービスによる変化 Δs であり、環境やサービスに変化はないが、すなわち $\Delta s = 0$ で、 Δc が生ずればそれは Δh を意味する。

2.2 覚醒時から睡眠時のまでの情報の流れ

人は覚醒時と睡眠時の2種類の状態で生活しており、良くも悪くも日々私たちは覚醒時の情報または状態を睡眠時に蓄積して、一部は修復、消失して、生活を継続しているので、図2で提案したシステムを図3のように覚醒時と睡眠時に大別した。併せて、サービスの受け方が3種類ある

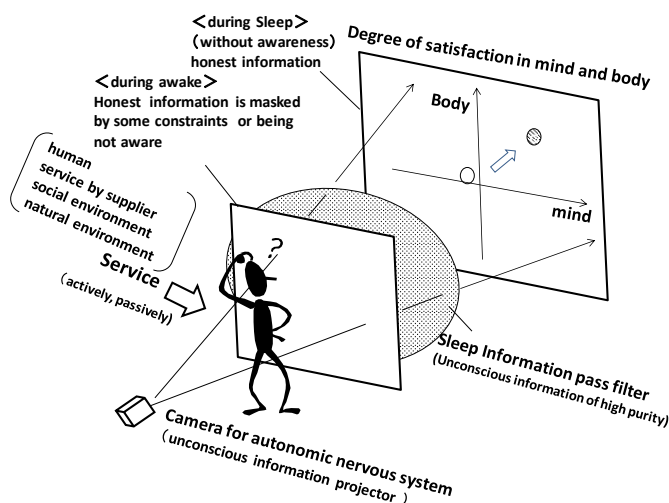


Fig. 1 Diagram to express satisfaction in mental and physical activities

そこで、非言語コミュニケーションに委ねる必要があり、もし工学である程度可能にするならば、二つの方法が考えられる。一つはその場で無意識の言動に絞り込んで抽出し、解釈、解析すること、他の一つは無意識状態である睡眠時

ことを示した。

Type-Iはチャンネル2と3をもつので食等のモノや暖冷房等のエネルギーが該当する。Type-IIはまずは心理系のチャンネルのみ、すなわち情報、美術、音楽等が例である。Type-IIIは最初から心理系チャンネルはない、すなわち睡眠中の環境や覚醒中でも受けていることに気が付いていない例である。

本研究ではこの Type-I、Type-II をもとに覚醒時のサービスが睡眠時に検出しても妥当であることを述べ、併せて、Type-III にあたる睡眠時だけのサービスも受け入れていることを述べる。

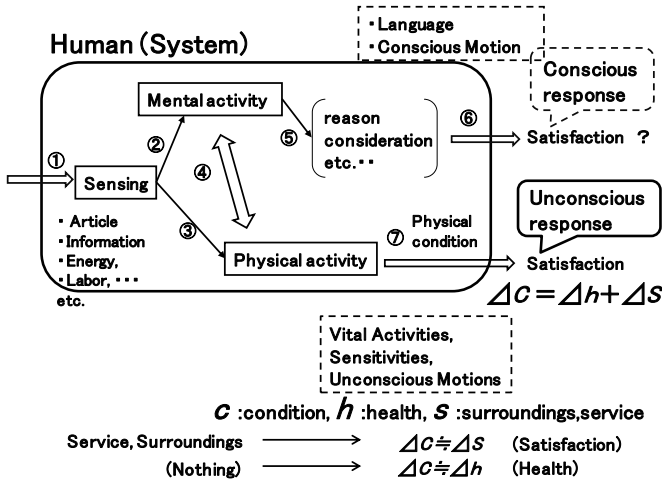


Fig. 2 Hypothetical function model revealing flow of a service for human system from sensing to response.

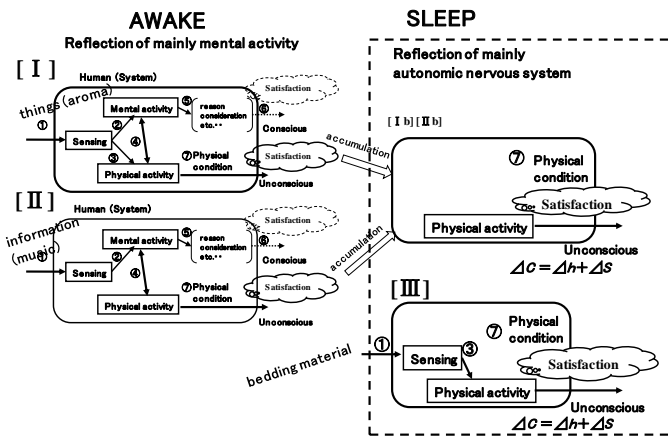


Fig. 3 Hypothetical model revealing three types of service flows, Type-I, Type-II and Type-III.

2.3 BMW 手法の開発

睡眠中のデータを、毎日採取するために自然状態の睡眠環境が必要である。たとえば、薬品の使用、生活サイクルの制限、センサーの装着等による拘束等が一切ない手法が望ましい。このため、空気動圧センサー(M.I.Labo 社)を主とする計測システムを図4に示すように構成した。センサーの一部である空気袋をベッド上に置くと、横臥中に呼吸や脈によって生じる身体の動きや肉眼では見えない振動を相対的な圧力変化として検出することができる。心電計等のように直接電気信号で心拍を検知するのでないため、著者は一括呼称として体動波(body motion wave: BMW)と名付け、手法は BMW 手法として用いてきた。

体動波には、原信号としての体動波をフィルター処理し

て出力させると、呼吸、心臓の拍動に由来して連続して生じている約 4 秒の周期をもつ呼吸体動波(R-BMW: Respiration-origin BMW)、約 1 秒の周期をもつ脈体動波(P-BMW: Pulse-origin BMW)があることがわかる。この設定で計測を行なうと、大きな信号が不定期に現れる。一つは手足等をわずか動かしたことを示す、時間も1～2秒程度の微動体動波(T-BMW: tremble BMW)、他の一つは体位変換レベルの大きな振幅、時間も10秒から30秒、それ以上に及ぶ動作体動波(A-BMW: action BMW)である。微動体動波と動作体動波は呼吸数や脈拍数を計数するには妨げになるが、逆に睡眠中の身体の動きの推移(寝相)を示す情報となる。

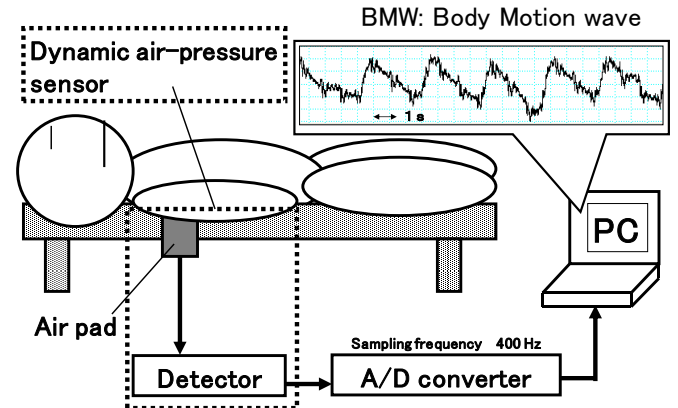


Fig. 4 Measurement system to detect body motion wave (BMW)

3 BMW 手法の精度

3.1 計測法上と生理学上の再現性

睡眠実験は岩手大学健康見守り実験ハウス(Healthcare Experiment House)と名付けた、木造2階建てで通常の日常生活を行ないうる施設で実施した。まず連続二日間の呼吸数と脈拍数を採取した結果を図5に示した。図に示すように、推移に見られる周期的な増減パターンと数値自体が1日目、2日目ともほぼ同じある。併せて、図に示していないが別の日に同一被検者から全く異なる推移パターン、かつ、絶対値の増加という結果が得られた。この理由は計測前の数日間が体調不良だった。このデータは計測手法の面と、生理学的な面で再現性を示したことを示す。被検者数は延べ250人、夜の数では800以上に及ぶ。

3.2 既知の刺激(サービス)による BMW 手法の妥当性の実証

一人の被検者に対し平日連続4日間を1セットとし、1～2日目を刺激のない normal day、すなわち control の日として、再現性をチェックした。3、4日目に刺激を導入し control と比較した。この際、土日、祝日、記念日等は心理的身体的に日常ではなくなるので試験日程には入れなかった。併せて、実験ハウスに泊まること自体が環境変化であるためデータの変化が著しい場合はサービス比較実験から除外した。

刺激としてアロマ、癒し音楽、苔を利用した。前二者は国際的に効果を認めている。苔はすでに8世紀ごろの日本仏教界では無心状態を導く潜在的有効性を認めていた。

1)アロマのサービス

日常アロマを使用していない被検者を選んだ。昼のうちに約20種のアロマオイルから好むものを選んでおき、就寝時刻の1-2時間前に室内に拡散した。就寝後も2時間程度は香りが残った。香りの物質であり、かつ、実験前からアロマを使うことを知っているのが図3の Type-I に該当した。

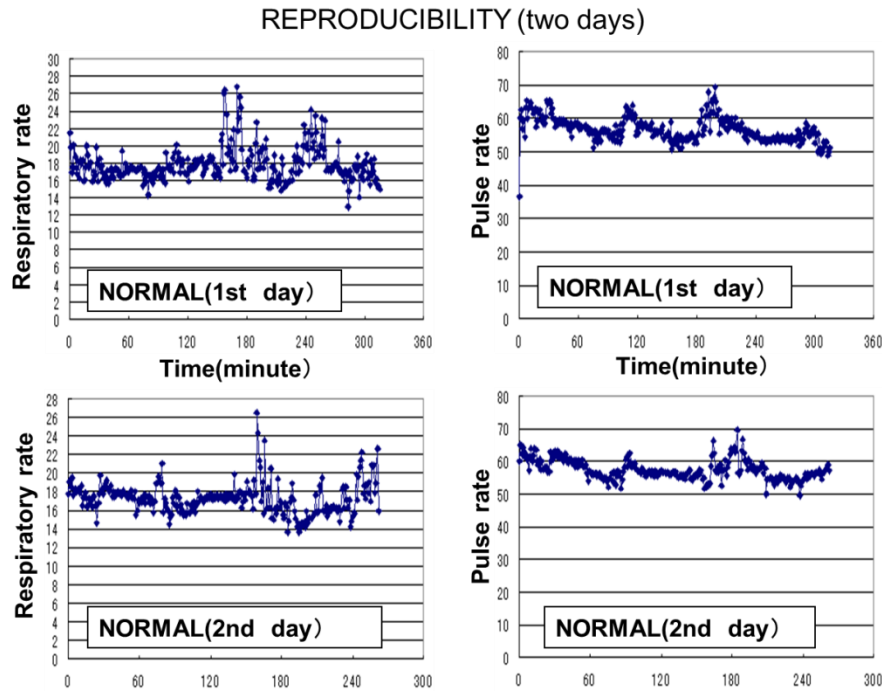


Fig. 5 Example of rate transitions of respiration and pulse for two consecutive nights to demonstrates the reproducibility of both methodology and physiology for a normal subject. “Normal” in the figure means that a subject slept under his/her usual sleep conditions.

2)癒し音楽のサービス

日常癒し音楽は聴かない被検者を選んだ。音楽CD約 30種の中から好むものを選んだ。就寝時刻の 30 分以上前に 30 分-1 時間聴いた。これは物質ではなく、情報の一種であるため図 3 の Type-II に該当した。

3)苔のサービス

苔は 3～4 日目に健康見守り実験ハウスに置いた。被検者は苔の存在は見て知っているが存在理由は知らなかった。アロマと音楽は就寝前の覚醒時にすでに癒しを感じることができたが、この苔については覚醒時に心理で感じたものはなかった。アロマ、音楽の被検者とは異なるので先入観もなかった。したがって、図 3 の心理のチャンネルを介しない Type-III に相当する。苔は香り(鼻)、音(耳)、味(舌)等では確認できないので五感では感じえないものを発しているものと考えられる。

3.3 実験結果

1)アロマ：図 6(a)に示したように、脈拍数が 5 以上減少した。被検者 5 例中 3 例で脈拍数は減少し、呼吸数は 5 例中 1 例ほぼ減少し、4 例はほぼ同じだった。

2)音楽：図 6(b)に示すように約 10 拍減少した。被検者 5 例中 5 例で脈拍数、呼吸数とも減少した。

3)苔：被検者 8 例中 6 例は脈拍数の減少が見られた(図は割愛した)。

以上のように、国際的にリラックス効果が認められているアロマ、癒し音楽の効果について、覚醒中に心または身体的一方または両方で感じた満足を蓄積し睡眠中に無意識出力で生理学的に表現した。一方、苔は覚醒時に満足を感ぜなくても、または知覚レベル以下で身体は満足を感ぜたかもしれないが、睡眠中の無意識出力は満足を示した。このように、アロマ、音楽の効用事実と苔のような科学的データこそないが史実としての継続は、BMW 手法による生理学的検出法と双方が支持するものである。

併せて、脈拍数と呼吸数の応答の違いは両者と自律神経

の関係が同一ではないことも示した。これは別途行った検討で循環器系、呼吸器系に対し自律神経は異なる制御様態を示すことを支持している。

4 意識ではわからないサービスに対する応用

炭素繊維を組み込んだ寝具の評価を試みた。日常使っている寝具と視覚的、触覚的には違いが分からないようにして、被検者には単に別の寝具であることだけ知らせた。その結果 Type-III、すなわち、自律神経が満足、リラックスを感じたことを、意識とは無関係に身体を介して回答した。

5 まとめ

以上のアロマ、音楽、苔、寝具材料の実験により 3 つの Type のサービス(刺激)に対し、①一旦意識が働いた場合も意識やしがらみで隠すことのない無意識出力が得られること、②最初から意識のチャンネルを介しない流れ、すなわちサービスを受けていることに気がつかない場合も無意識出力が得られることを実証した。

(本論文は参考文献 1～4 の一部を抜粋した。)

謝辞

著者はデータ採取、データ整理に貢献してくれた多くの被検者に感謝する。この実験には多くの実験材料を要し、これらを提供してくれた炭素技術研究所、エヌウィック(株)、モスジャパン(株)、(株)M.I.Labo、大武・ルート工業(株)、リアルデザイン(株)に感謝する。研究の一部は社会技術研究開発センター(RISTEX)の NEXER プロジェクトにより実施した。

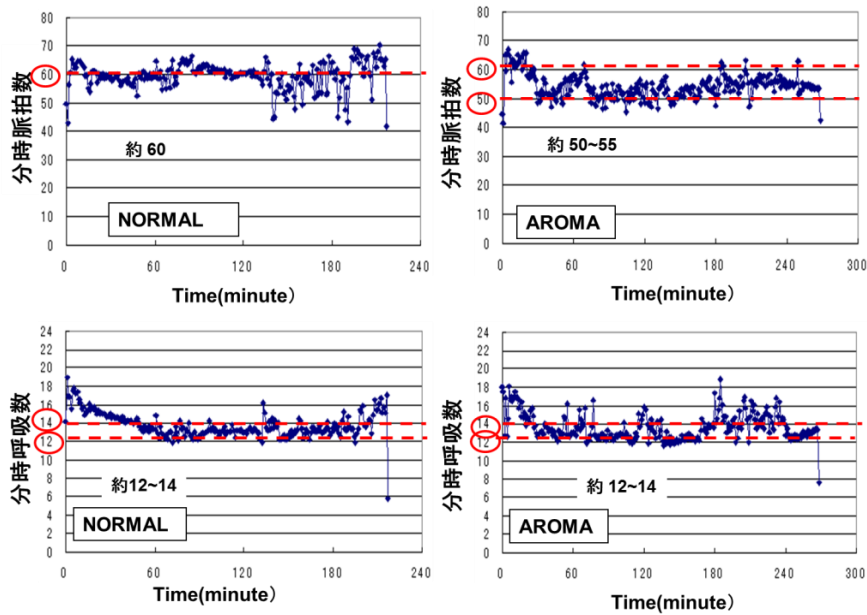


Fig.6(a) Example of rate transitions of pulse and respiration for normal (left) and aroma (right).

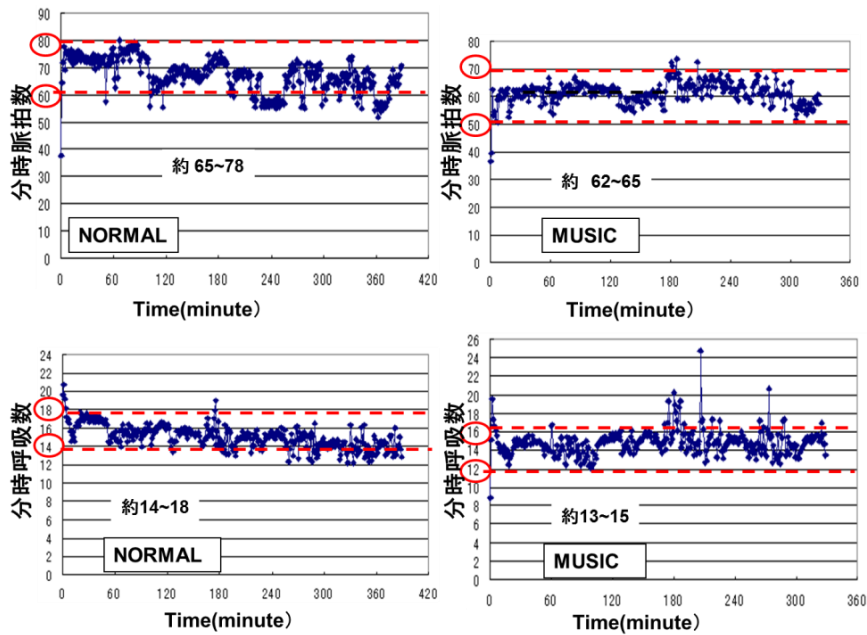


Fig.6(b) Example of rate transitions of pulse and respiration for normal (left) and music (right).

参考文献

(1) Okawai, H., Ichisawa, S. & Numata, K. (2011). Detection of influence of stimuli or services on the physical condition and satisfaction with unconscious response reflecting activities of autonomic nervous system, N. A. Abu Osman et al. (Eds.), BIOMED2011, IFMBE Proceedings, 35, Kuala Lumpur, MALAYSIA, 20-23 June, 420-423.
 (2) Okawai, H., Kato, K. & Baya, D. (2012). Entrusting the reply of satisfaction or physical condition for services to unconscious responses reflecting activities of autonomic nervous system, 4th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics, AHFE2012, San Francisco, 21-25 July, 911-920.

(3) Okawai, H., Yajima, T. & Mitsuru, Takashima. Physiological Detection of Satisfaction for Services by Body Motion Wave Revealing Unconscious Responses Reflecting Activities of Autonomic Nervous Systems. 3rd international conference on Serviceology (ICServ 2015), 7pages, San Jose, CA, USA., July 7 - 9, 2015.
 (4) Hiroaki Okawai. Entrusting Communication of Mental and Physical Satisfaction and State of Health to the Autonomic Nervous System. Autonomic Nervous System (ANS): Clinical Features, Functions and Disorders. Editors: Patrick Bernard Owens. Human Anatomy and Physiology. Nova science publishers, 2nd Quarter, 2016(in press)