



ユビキタス領域周辺の技術 特集

ヒューマンセンシング

Human Sensing

水野 康文 Yasufumi Mizuno

●研究開発センター システム技術研究室

Abstract

The science of ergonomics that seeks to understand in scientific terms the complex living organism that is the human being, is now referred to by many scientists working primarily in the U.S. as "human engineering," as they apply a concept of system engineering that views the human being from the standpoint of larger systems. The purpose of human engineering is to optimize the relationship between humans and mechanical systems. Meanwhile, it has been pointed out that the most serious accidents involving aircraft outfitted with automatic control systems based on today's most advanced technologies, result from the fact that this automation technology has developed in a direction that is too machine-oriented. In other words, the more advanced this type of machine-centered automation becomes, the more removed the human being becomes from the mechanical systems. This has led NASA, for example, to release a set of principles for the development of human-centered automation systems. This is clear evidence that we are beginning to see a shift in the focus of automation technologies away from machine-oriented automation and toward human-oriented automation.

Meanwhile, a new field of research called "kansei engineering" (engineering oriented toward human sensibilities) began in Japan in the 1990s as increasing levels of material affluence led to a growing search for spiritual and emotional enrichment. The reason behind these engineers' efforts to actively introduce into the field of engineering the word kansei (sensitivity, sensibility, perception), which is traditionally a term used in the fields of philosophy and psychology, is that we have entered an era where taking into account individuality and personal values has become a necessity in the field of product creation.

In light of such conditions, it has become important to develop human-oriented automation technologies and technologies that place importance on human feelings and sensibilities. And, this makes it necessary to employ "human sensing" technologies that provide engineers with quantitative understanding of the human being's mental/emotional state. Here we report on our investigations into the potential and applications of human sensing technology.

1 はじめに

人間という複雑な生命体を科学的に理解するための人間工学は、米国ではヒトをシステムの一部として捉えるシステム工学的発想からhuman engineeringと呼ばれる。human engineeringは人間と機械システムとの関係を最適化することを目的としている。その一方で、システム工学を駆使し、現代技術の粋

を集めた自動化装置を搭載した航空機の重大事故の原因は、機械中心の自動化が進み過ぎたためであることが指摘されている。すなわち、自動化が進めば進むほど人間と機械システムに乖離^{かいり}が生じてしまったのである。そのために、航空機分野では、NASA(National Aeronautics & Space Administration:米国国家航空宇宙局)が人間中心の自動化技術の原則を発表するなど、機械中心から人間中心の自動化の方向への思想転換が始まっている。

一方、日本においては、物質的に豊かになり、こころの豊かさを求める時代になった1990年頃から「感性工学」という研究が開始された。哲学や心理学の学術用語としても使われている感性という用語をあえて工学に導入した背景には、個人の個性や価値観などを認めるモノづくりが必要とされる時代に突入したことを示す。

このような状況の中で、人間中心の自動化技術や人間のこころを大切にする様々な技術開発が重要になるが、そのためには人間のこころの状態を定量的に把握するためのヒューマンセンシング技術の活用が必要となる。

2 ヒューマンセンシング技術の現状

「どうしたら快適性や快感を測れるのか?」という質問をよく受ける。しかし、残念ながら積極的に「快」を評価するのは難しい。不快な状態を評価して不快要因を除外することによって、相対的に「快」に近づけるといった問題解決型のアプローチがまだまだ主流である。

不快評価のベースとなっているのはストレスという概念である。一般にストレスというと人間にとって有害なものと考えられているが、生理学的には害悪のある悪いストレス(distress)と成長や発達に必要な良いストレス(eustress)に区別されている。

ストレスは1934年に「生体に有害な刺激が加わる結果として生ずる副腎髄質系の危急反応」に着目したキャノンによって、はじめて医学用語として定義された。元来は医学分野で使われてきたストレスであるが、1967年にフランスの学者メッツが環境生理学と産業衛生に関する論文で、温熱ストレスの生体への影響を議論したことで初めて工学分野に登場した。さらに、精神的作業負荷に関してストレスが定義されたのはメッツの報告から24年後の1991年であり(ISO 10078 精神的負荷作業に関する人間工学的原則)、人間のこころの状態を捉えるための研究の歴史は新しい。

3 ヒューマンセンシングの種類と特徴

ヒューマンセンシング技術、すなわち、人間のこころの状態を計測・評価する方法は、アンケートなどによる主観的評価、行動やパフォーマンス計測する行動評価、生体の反射を計測する生理評価に分類されるが、我々は主観評価と生理評価に重点をおいた研究を展開している。

3.1 主観評価

主観的評価は人間を測定器として使う方法で、官能評価手法を用いるケースが多い。官能評価は、実



施のしやすさや総合評価が容易といった長所がある反面、個人差が大きいことや、個人内でも自己の評価基準を維持することが困難であるといった問題点がある。主観的方法は行動評価や生理評価といった客観的方法に比べて劣っていると思っている人が多いが、決してそのようなことはない。人間を含めた生体は何千年、何万年もの間、改良が加えられた最も精巧な機械なのである。例えば、ドライブフィールの評価はドライバーの感覚に頼るしかない¹⁾。また、醸造業界においても、品質を化学的に評価する方法はあるが、熟成度やブレンドの微妙な効果を確かめるには人間の感覚に頼るしかなく、官能評価は非常に重要な仕事として位置付けられている。

官能評価は、専門家を対象として品質の差異などを検出する分析型(Ⅰ型)と、素人を対象として好みの分析を目的とした嗜好型(Ⅱ型)に分類され、それぞれに適した評価手法と解析手法が提案されている。官能評価を実施する上では、手法の特徴をよく理解した上で、目的に応じて適切な被験者、評価手法、解析手法を選択することが重要である。

3.2 生理評価

生理評価は、脳波や心電図、筋電図など生体の発する電気信号や、血圧や体温、発汗などの物理現象を測定する電気生理学的方法と、血液、尿、唾液の成分を分析する生化学的方法がある。人間を含む生物には2種類の優れた自動制御機構が備わっている。ひとつが神経系の調整機能で、もうひとつが内分泌系の調整機能である。前者を電気生理学的方法で、後者を生化学的方法で測定する。これらの自動制御機構をホメオスタシス(恒常性:homeostasis)という。生体には、このホメオスタシスによって、外界の環境の変化に対して、常に安定した状態に保とうとする仕組みがある。そのため、測定値の平均値に対する変化が非常に小さく、これが生理評価を困難にしている理由のひとつである。電気生理学的方法はリアルタイムで連続的に測定できる可能性が大きく、評価結果をフィードバック制御に活用する場合に有効である。生化学的方法は、充実している臨床検査の技術や豊富なデータベースを活用できる面で有効である。

快適性を含むストレスの評価における計測では、非侵襲計測(noninvasive measurement)が必要である。非侵襲とは、生体に害や痛みを加えないことを示す。「採血する」という予期、不安が被験者の心理・生理状態に影響を与える²⁾ために、必ずしも医学分野の方法がそのままストレス評価に適用できるわけではない。低侵襲・非侵襲生体計測技術は、最近の生体医工学(bio-engineering)の中心的研究テーマのひとつになっている。さらに、究極的には日常生活の行動を妨げず、測られているということを気づかせない無意識計測(unconscious measurement)が望まれる。

計測結果の解釈においては、心理状態の変化に対する測定値の変化が一意でないことに注意する必要がある。例えば、心電図情報から推定される自律神経機能が副交感神経優位になったからといって、必ずしもリラックスしたとはいえない。長距離運転の際に、運転に必要な集中力の維持が困難になっても副交感神経優位になる³⁾。このように、現状では確立されたヒューマンセンシングの方法は無く、複数の手法を組み合わせ、多元的に評価することが必要である。

4

ヒューマンセンシングの応用例

我々が現在進めている唾液を用いてストレスを評価する研究例を紹介する。「いつでもどこでも、その場でこころの状態を知る技術が新たな価値を創造する」というコンセプトで開始したこの研究では、唾液中のアミラーゼ(salivary α -amylase)というデンプンを加水分解する酵素に着目している。

生体は、ストレスに対して2つの内分泌系、すなわちSAM system(Sympathetic nervous-Adrenal Medullary system:交感神経 - 副腎髄質系)とHPA system(Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical system:視床下部 - 下垂体 - 副腎皮質系)を介して、心拍や血糖を亢進させてストレス対応能力を高める(図1)。したがって、SAM system、HPA systemそれぞれの反射を反映するカテコラミンとコルチゾールというホルモンの血中濃度を測定すれば、ある程度のストレスを定量的に捉えられることが知られている。コルチゾールは唾液による測定が可能であることから、ストレスマーカーとしてよく使われるが、唾液中のホルモン濃度はnM(nmol/L)オーダーと非常に低いので、定量計測自体が困難であることから、汎用性のある技術として実用化されていないのが現状である。一方で、唾液アミラーゼの分泌は、SAM systemの制御を受けて直接の交感神経作用によって亢進されるために、ストレス負荷に対する応答性がコルチゾールに比べて格段に優れている^{4~5)}。すなわち、ストレス負荷に対するコルチゾールの濃度変化が20~30分遅れるのに対して、アミラーゼの分泌が亢進するための時間遅れは1分~数分と短い。さらに、唾液アミラーゼは、通常唾液中に40mg/dlという高濃度で存在するため、実用的なストレス評価のためのマーカーと期待できる。

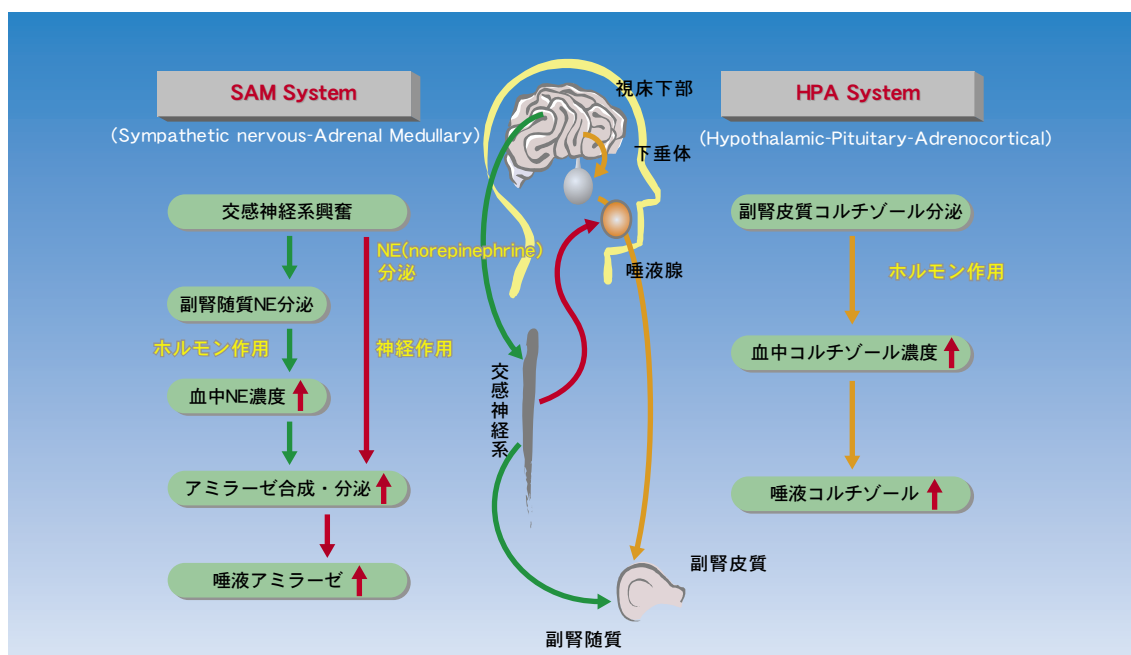


図1 ストレスとその伝達制御系との関係

このような背景から開発されたのが、携帯式のストレスモニターである(図2)。随時性、即時性、簡便性を実現するために、ドライケミストリーによる酵素活性の定量化技術を搭載している。現在はこのモニターを活用して評価の精度を高めるためのデータ収集を展開しているが、最近の研究結果から、唾液アミラーゼはdistressだけでなく、eustressの指標とも成り得ることが分かってきた^{6~7)}。これは、コルチゾールにはない長所といえる。



図2 試作したストレスモニター

5 おわりに

個人の特性や嗜好などにきめ細かく対応するモノやサービスを提供するためには、平均値的な人間の特性に着目するのではなく、時々刻々変化する人間の状態に柔軟に対応するシステムを考案しなければならない。そのためには、

- ① 人間を計測する技術
- ② 計測したデータを評価する技術
- ③ 評価結果を応用する技術

が必要である。この中でも、実用的な非侵襲生体計測技術の確立は研究のブレークスルーのひとつである。もうひとつは応用技術の開発である。周辺技術との融合によるユニークなシステムの開発がキーになる。

■参考文献

- 1) 水野康文：多変量解析事例集 第7章 クルマの「走り感」評価法に関する研究, 日科技連出版社, 1992
- 2) Kirchbaum et al. : Salivary cortisol in psychobiological research, Neuropsychobiology. 1989
- 3) Mizuno et al. : Method to Estimate the Physical and Mental Workloads due to Motorcycle Riding Using R-R Intervals of Electrocardiogram based on Logistic Regression Model, Transaction of the Japanese Society for Medical and Biological Engineering 36-1, 1998
- 4) Chatterton et al. : Salivary α -amylase as a measure of endogenous adrenergic activity, Clinical Physiology 16, 1996
- 5) Skosnik et al. : Modulation of attentional inhibition by norepinephrine and cortisol after psychological stress, International Journal of Psychophysiology 36, 2000

6) 金丸 正史ほか：唾液アミラーゼ活性によるジェットコースターの感性評価, 信学技報, OME2003-24, 2003

7) Takai et al. : Effect of psychological stress on the salivary cortisol and amylase levels in healthy young adults, Archives of Oral Biology 49, 2004

■ 著者



水野 康文