

[巻頭言]

血行状態モニタリング装置「魔法の鏡」のクラウド化

サイバーサイエンスセンター 教授 吉澤 誠

健康状態のチェックを行う目的で、時計型のセンサなどで身体の状態を記録するような装置が市販されています。しかし、特別なセンサを新たに購入して常時身に付けることは、それほど容易ではありません。これに対して、ほとんどの皆さんが持っている普通のスマートフォンだけで、健康状態のチェックができるようになれば理想的でしょう。

これまで、著者と工学研究科技術社会システム専攻の杉田典大准教授らのグループは、ビデオカメラとコンピュータを内蔵した鏡型ディスプレイの前に立つだけで、何のセンサも身に着けず遠隔・非接触的に脈波信号を計測し、これを解析することで、自律神経系に関する指標や血圧関連情報を与えてくれる、いわば「魔法の鏡」のような健康管理装置の開発を進めてきました。

この研究は、文部科学省・(独) 科学技術振興機構 革新的イノベーション創出プログラム(COI)の一環で、「魔法の鏡」プロジェクトと称しています。このプロジェクトでは、「鏡」という形態にとどまらず、パソコンやスマートフォンのカメラでいつでもどこでも健康状態をチェックしたり、自動車内のカメラで運転者の体調を監視することで交通事故防止に役立てるようなことも目指しています。

開発中のシステムは次のような原理に基づいています。

すなわち、血液の中のヘモグロビンが緑色の可視光をよく吸収するという性質を使うと、顔や掌などの映像信号の緑色輝度成分を平均した値の時系列として、脈波信号（映像脈波）が抽出できます。映像脈波からは、平均心拍数が計算できるばかりでなく、拍毎の心拍間隔時系列（心拍数変動）が得られます。心拍数変動からは伝統的な方法で自律神経系指標が求められ、ストレスの評価などができるとされています。また、心臓から近い顔の映像脈波と心臓から遠い掌の映像脈波の位相差、あるいは映像脈波の歪みに関する値から血圧と相関する情報も得ることができます。

一方、可視光ではなく赤外光を皮膚に照射すれば、その反射光から心拍同期成分を抽出することができます。これは、ヘモグロビンの吸収特性ではなく、皮下に侵入した赤外光が心拍に同期した組織の動的な歪みによって散乱し、変調を受けたものを映像信号の強弱として捉えたものと考えられています。この方法によれば、暗い中でも動作し、周辺の可視光の影響も受けにくくなります。

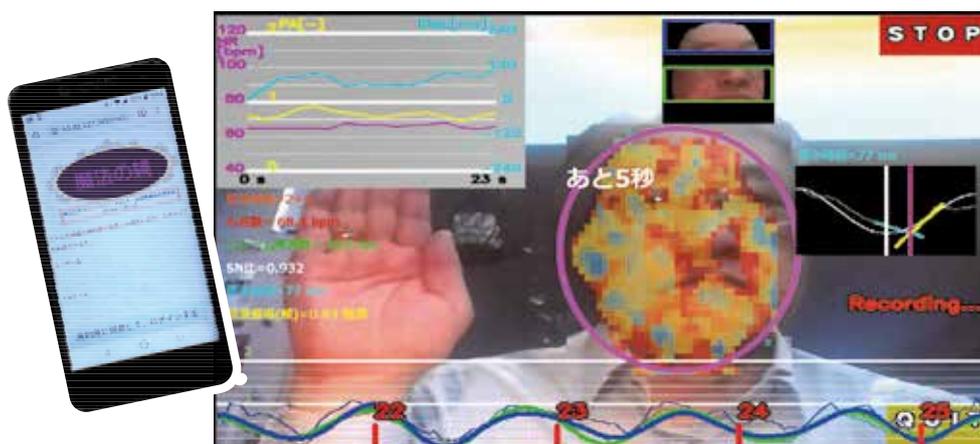


図1 スマートフォン版「魔法の鏡」と、顔の映像脈波（頬：緑線，額：青線）の例

図1は、現在開発中のスマートフォン版「魔法の鏡」のスタート画面と、パソコン内蔵のフロントカメラで著者自身の顔を撮影した動画から映像脈波を抽出した例です。本システムは Visual C++, OpenCV, php などを用いて構築しています。

映像脈波は身体の中でも顔や掌から最もよく抽出できるので、顔検出アルゴリズムなどにより、それらの部分だけを対象領域として自動的に設定しています。また、血圧情報を得る方法の1つとして、1つの映像から顔や掌の2か所を自動分離することもできます。

自律神経指標を算出するには、拍毎の心拍間隔を正確に求める必要があります。これには拡張期から収縮期に移行する境界、すなわち脈波の谷（極小値）の時刻を求めることが必要です。通常のパソコンやスマートフォンのように、カメラのフレーム周波数が30fpsの場合、フレーム周期である33msの時間分解能しかありません。そこで、その時刻が波形の微分値が0となる時刻に等しいことを利用した補間法を採用して、精度を向上させています。

映像脈波解析における最大の問題は、これが体調や照度変化に非常に敏感であるという点です。体調を除去するためには、Lucas-Kanade法などで対象領域の並進運動や歪みを補正することによってある程度補償できます。また、照度変化については、色差信号を利用して同相成分を抑制するか、心拍周波数近傍を通過帯域とする帯域通過フィルタである程度補正できますが、その場合、通過帯域幅を狭くしすぎると、波形が一定の周波数の正弦波に近づくため、心拍間隔を推定するときに重要な位相情報が失われてしまうという難点があります。



図2 スマートフォン版「魔法の鏡」による健康モニタリングのクラウド化

図2は、スマートフォン版「魔法の鏡」による健康モニタリングのクラウド化の概念図です。利用者は、パソコンやスマートフォンのWebブラウザでクラウドサーバーにアクセスします。自分の動画ファイル（圧縮率が低いものに限られます）に加えて、始めのうちは、生活習慣やその日のストレス、あるいは「脳トレ」のようなゲームの成績に関するアンケートをアップロードすると、クラウドサーバーから映像脈波の解析結果が自動的に返されます。世界中の人々がこれを実行していくにつれて、映像脈波の解析結果とアンケートの間の相関関係が推定されるようになり、ゆくゆくは、動画をアップロードするだけで、その時の体調も推定できるようになる可能性があります。これを、世界地図に表示すると、世界中の人々の生理的な循環状態がどうなっているかを知ることができるかもしれません。現在、このシステムの骨格が出来上がりつつあります。

しかし、映像脈波の解析結果を返すだけでは、利用者がこのような作業を継続的に行ってくれるかどうか疑問です。健康指導や健康ポイント還元などの何らかのインセンティブを導入する必要があるでしょう。もしかすると、知らず知らずのうちに動画を取得するような、カメラ付きスマート・スピーカーでの実現の方が早いかもしれません。