

(研究結果報告書)

2020年12月25日

<研究課題> 「お年寄りの気持ちを理解する」世界で初めての医療・看護・福祉共通プラットフォーム

代表研究者 東北大学加齢医学研究所 山家智之
共同研究者 東北大学加齢医学研究所 白石 泰之
東北大学加齢医学研究所 山田 昭博

【まとめ】

医者には患者さんの本当の気持ちは、わからない。と、よく批判される。そこで東北大学は人体表面で観察可能で情報量の大きい顔面等映像情報から、脈波、心拍情報を抽出し、心臓血管機能を解析し、逆問題で高次脳神経機能推定、心理学的な動きを観測できる新しい方法論を発明した。これまでに世界のどこにもない、世界初の医療基盤技術として「患者さんの気持ちがわかる」医療プラットフォームが実現できる可能性があるものと期待される。

1. 研究の目的

1-1 患者さんの気持ち

「お年寄りの気持ち」が、わからなければ、医療も福祉も介護も成り立たない。

医者には患者さんの本当の気持ちは、わからないと、良く批判される。看護師さんは忙しくて、あまり患者さんのお話を伺う時間がないというクレームも散見される。人は人の心が読めることもある。しかし、医療機器や、機械、人工知能は、人の心が読めない。

そんな時代はもう古くなるかもしれない。

1-2 どうすればいいのか？

東北大学は人体の顔や掌などの映像情報から、脈波、心拍情報を抽出し、心臓血管機能を解析し、更に、そのゆらぎのカオス解析や、非線形力学によるフラクタル次元解析から情報量理論から自律神経機能を定量診断し、逆問題で高次脳神経機能推定、心理学的な動きを観測できる新しい方法論を発明し、特許を取得し、関連特許を申請している。

このシステムでは、医療の現場で、人間と医療を真に調和させるため、顔色を読み、その脈波・心拍変動から、自律神経情報を推定でき交感神経・副交感神経のバランスから心理状態を読むことができるので、世界で初めて心が読め

る究極のインターフェースが完成し、病院の人工知能と患者さんが調和し、患者さんの心に寄り添う病院が、世界で初めて実現することができる。

すなわち、これまでに、世界のどこにもない、世界初の医療+看護+介護共通の基盤技術として「患者さんの気持ちがわかる」医療プラットフォームが実現できる。



図1 「患者さんの気持ちがわかる」医療看護介護プラットフォーム

全体の研究期間では、システム開発から臨床応用、そして大学病院での治験を計画しているが、まず初年度は、本計画によりシステムの研究開発を進めフィージビリティを検討する。

本研究ではその基礎的研究を進めている。

そのために初年度はシステム開発を進め、大学院医学系研究科倫理委員会の審査の上、ボランティアの臨床試験に進めたい。

本大学で開発され、特許申請された方法論を用いれば、例えば外来診療中の、患者さんの顔面映像からリアルタイムで血行動態検出を行い多次元自律神経機能解析や血管トーン診断から「患者さんの気持ちがわかる」デバイスが具現化する。

しかる後には、これに加えて、患者さんのお気持ちを定量化するための構造化アンケート調査を加え、喜怒哀楽の感情表出と、自律神経

機能・血行動態時系列の関連性を検討し、システムの具現化を計り、最終年度までには大学病院の外来患者さんへの展開を進め、医療データとの関連付けを進める。

すなわち、我が国から世界で最初に発信される医療技術が「世界中の患者さんの気持ち」を救う

1. 研究方法と経過

2-1 患者さんの気持ちを理解するために

医工学技術の進歩、健康・医療分野の大規模データの分析結果の活用により、医療の質向上・均てん化・診療支援、及び AI を用いた医療技術の臨床開発は、内外で、ますます推進されつつある。

これらとともに、それらの実現に必要な基盤を整備も進んでいるが、医学の進展に当たって「患者さんの希望に反し、気持ちに寄り添わない」ようなことがあっては、「ヒポクラテスの誓い」に反する。

大事なものは、患者さんの健康であり、患者さんの気持ちである。

本大学で開発され、特許申請された方法論を用いれば、例えば外来診療中の、患者さんの顔面映像からリアルタイムで血行動態検出を行い多次元自律神経機能解析や血管トーン診断から「患者さんの気持ちがわかる」デバイスが具現化する。

2-2 医療現場における映像情報

皮膚下の血液中のヘモグロビンは、波長 495~570 nm の緑色の可視光をよく吸収するため顔や掌などを撮影したカラー映像信号（赤・緑・青）のうちの緑色輝度成分を、肌における十分広い領域で平均した値の時系列から脈波信号が抽出できる方法論を提供できる。

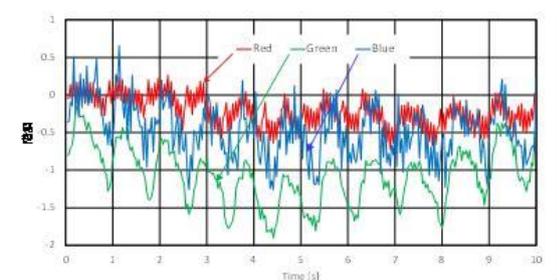


図2 RGB映像脈波

得られた映像脈波からは、1拍ごとの心拍間隔時系列（心拍数変動）が得られるので心拍数変動が得られれば自律神経指標が得られ、ストレスの評価などができる

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や、あるいは映像脈波の歪み時間から血圧と相関のある情報をも得ることができる。

一方、可視光ではなく赤外光を皮膚に照射しても、その反射光から心拍同期成分を抽出することができる。これは、血中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皮下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る。

本システムでは、コンピュータの内蔵カメラや外部接続の Web カメラからオンライン・実時間で映像脈波を抽出するか、あるいは既に記録された低圧縮率の動画ファイル（AVI, MP4, MPEG, WMV など）からオフラインで映像脈波を抽出することができる。

圧縮率が高いと脈波抽出が困難となる。動画ファイルの場合、オフラインで解析するため 30 fps 以上のサンプリングができるが、カメラ入力の場合には、コンピュータの性能によるが、8 ビット(256 階調)で 640×480 の画素数の場合、22~30 fps 程度のフレーム周波数で動作する。領域を自動的に分離する手続きにおいて Viola Jones 法を用いて検出し、境界を設定する。OpenCV の DetectMultiScale を用い RGB 映像を色相映像と色差映像映像に変換、それぞれの変数に関する条件を満足するものを領域だと判定するシステムを応用した。

3. 研究の成果

3-1 プラットフォームにおける映像脈波

心拍数変動や血圧変動は、それらの周波数スペクトルなどから非侵襲的に自律神経系の活動状態を表す指標を得るために利用されてきた。通常、心拍数変動や血圧変動を得るためには、心電計、脈波計、あるいは連続血圧計などの接触式センサが必要である。最近市販されるようになった腕時計型センサのような健康モニタリング用ウェアラブル・センサには、光電脈波計を利用しているものが多い。しかし、特別なセンサを常時身に付けることは煩わしく、毎日意識して装置を操作する必要があるような健康管理法は習慣化しにくい。こ

れに対して、ごく普通のビデオカメラで身体を撮影した映像信号から、遠隔・非接触的に脈波信号が得られることが注目されている。得られる映像脈波は、血液中に含まれるヘモグロビンが緑色光をよく吸収するという性質を利用して、皮膚を撮影したカラー映像信号の緑色成分の平均値の時系列として得られるものであり、その成果が確認された。

映像脈波からは、従来の光電脈波信号から得られる心拍数情報ばかりでなく、映像信号が2次元的情報であるという特徴に基づいて得られる血圧に相関する情報も得られるので、この原理も確認している。

3-2 非侵襲的遠隔医療モニタリング

身体映像信号から脈波情報を得るため、設定した領域をモザイク状の小領域に分割し、各領域の緑色信号のうち心拍周波数近傍の成分が強いものだけを対象として選択し、心拍変動に無相関な運動や周辺光変化による雑音成分をリアルタイムにキャンセルするアルゴリズムを開発して特許を取得し、これらに加えて、映像脈波情報から脈波伝搬時間差、血行状態を推定するために領域間の信号の位相差を抽出するソフトウェア開発に成功したので、本研究では倫理委員会の審査の後ボランティアを対象に研究を進めた。

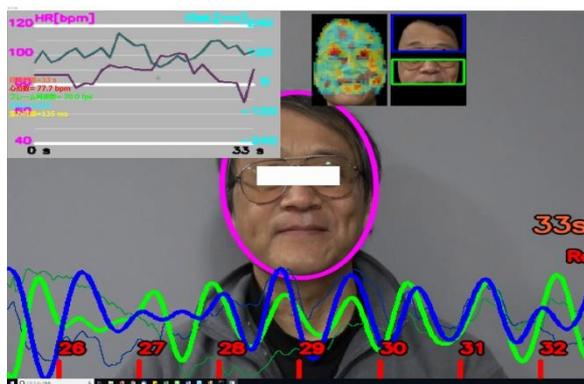


図3 マルチチャンネル脈波計測定量診断

3-3 関心領域遠隔定量診断

従来のシステムでは、映像脈波を得るための身体における関心領域 (ROI; region of interest) を手動で設定していた。しかし、この作業はユーザーにとって負担が大きく、適切な ROI が設定されるかどうか保証されない。また計測中、ROI が固定のままでは、ユーザー

の体の動きがすべて雑音となる。そこで自動検出・自動追尾・安定化によって体動の補償を行うシステム開発に成功した。

すなわち OpenCV に含まれる Viola-Jones 法による顔検出アルゴリズムを使用して位置を一旦自動検出し、その後、周囲部分の画素数を最大にするように downhill simplex 法 (Nelder-Mead 法) によって肌色部分抽出に関する複数パラメータの最適化を実行し、それ以降は Viola-Jones 法を使用せずに色相追尾を行うことができ、実時間で追尾が可能となる。肌色抽出した結果と検出結果を組み合わせ、自動分離した後、楕円フィッティングを行い、ROI を限定するようにした結果、このようにすることにより、ROI の境界の不安定性をできるだけ排除することが可能となった。

精神負荷などにおいて映像脈波の基線が上昇し、呼吸停止後には下降と上昇を繰り返して元のレベルに戻っているのが判別できた

しかしながら実時間外来では、ゆっくりとした周期の体動についてはほぼ補償できると思われるが、これより速い体動がある場合や、顔が3次的に回転する場合には、誤差が大きくなることが予想される。周辺光の照度の変化の影響は、心拍の周波数である 1 Hz 付近だけを通過させる帯域通過フィルタによってある程度除去可能であるが、周辺光の照度変化の周波数が心拍周波数と重なるような場合には、これらの分離が困難であるので、今後とも開発を続けていきたい。

4. 今後の課題

東北大学はこれまで、究極のマン・マシンインターフェースを目指して、パソコンの端末をいじらなくても操作できる入力の方法論、考えただけで方向を決めることができる電動車イス、集団における意思決定の脳科学など、ユーザーフレンドリーシステムを開発してきた。次世代における理想の人間と機械のインターフェースでは、人間が考えただけで、機械はその心を読み、稼働し、課題が遂行されなければならない。

かかる研究の蓄積に基づき本研究では病院と患者さんの気持ちに寄り添う真のインターフェースを目指し開発を大きく進めた。

このシステムは極めて独創的であり、他に追随するものはない

人間と機械のインターフェースはホットなトピックで、様々なアプローチがなされている

東北大学では、脳トレのような新しいアプローチの他、薬剤加療の研究も進み、大学病院では脳科学研究を進めており、産官学共同研究も進んでおり、この研究の発案に至っているため、大学全体の知見にも貢献できたことになる。

将来的には大学病院において気持ちを定量化するための構造化アンケート調査を加え、喜怒哀楽の感情表出と、自律神経機能・血行動態時系列の関連性を検討し、システムの具現化を計り、大学病院の外来患者さんへの展開を進め、医療データとの関連付けを進めていきたい。

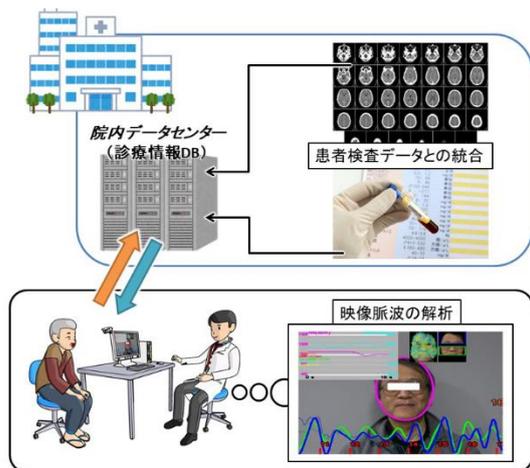


図4 患者さんのお気持ちと医療情報

5. 研究成果の公表

1. 特許 6683367 号「生体情報計測装置、生体情報計測方法及び生体情報計測プログラム」【出願人】国立大学法人東北大学他【発明者】吉澤誠、山家智之他
2. 特許 6692110 号「味覚診断装置」【出願人】国立大学法人東北大学他【発明者】山家智之他
3. 国際出願：PCT/JP2016/059253 発明名称：生体情報計測装置及び生体情報計測方法、発明者：吉澤 誠、山家智之他、
4. 特許 5408751 号「自律神経機能測定装置」【出願人】国立大学法人東北大学他【発明者】山家智之他
5. 特許 4789203 号「血圧反射機能診断装置」【出願人】国立大学法人東北大学【発明者】山家智之他
6. 特許 64933858 号「道路情報データベース構築支援システムおよび該道路情報データベース構築システムにより構築されるデータベースを応用した運転支援システム」【出願人】国立大学法人東北大学他【発明者】山家智之他
7. 特許 5804405 号「情報処理プログラム、情報処理装置、情報処理方法および情報処理システム」【出願人】国立大学法人東北大学他【発明者】山家智之他
8. 特許 5390851 号「車両用自律神経機能診断装置、車両用自律神経機能診断方法」出願人、東北大学他、発明者 山家智之、川島隆太他
9. 特許 4269623 号「血流可視化診断装置」【出願人】東北テクノアーチ【発明者】早瀬俊幸、山家智之他
10. *Diagnosis System for Swallowing and Peristalsis Function for Artificial Tongue and Esophagus Development.* Yambe T, Shiraishi Y, Inoue Y, Yamada A. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020 Jul;2020:5128-5131. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9176039.
11. *Evaluation of the Pulse wave in the face for the patients with rotary blood pump (RP) in the Outpatient clinic.* Yambe T, Yoshizawa M, Shiraishi Y, Inoue Y, Yamada A. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020 Jul;2020:5097-6100. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9175425.
12. *Modeling Approach for An Aortic Dissection with Endovascular Stenting.* Shiraishi Y, Yambe T, Narracott AJ, Yamada A, Morita R, Qian Y, Hanzawa K. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2020 Jul;2020:5008-5011. doi: 10.1109/EMBC44109.2020.9176423.
13. *Development and accuracy evaluation of a degree of occlusion visualization system for roller pumps used in cardiopulmonary bypass.* Fukaya A, Shiraishi Y, Inoue Y, Yamada A, Sahara G, Kudo T, Aizawa Y, Yambe T. *J Artif Organs.* 2020 Sep 15. doi: 10.1007/s10047-020-01211-x.
14. *Pulse rate variability: a new biomarker, not a surrogate for heart rate variability.* Yuda E, Shibata M, Ogata Y, Ueda N, Yambe T, Yoshizawa M, Hayano J. *J Physiol Anthropol.* 2020 Aug 18;39(1):21. doi: 10.1186/s40101-020-00233-x.

以上