

平成21年6月15日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）
研究期間：2007年度～2008年度
課題番号：19800014
研究課題名（和文）Time-lapse画像を用いた生体情報計測デバイス
研究課題名（英文）A vital sign monitor based on time-lapse images
研究代表者 高野 千尋（TAKANO CHIHIRO）
お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・研究員
研究者番号：60452033

研究成果の概要：日常生活中で簡便に無理なく健康管理を行う為には、計測機器が非接触（non-contact）、非侵襲（non-invasive）、無拘束（ambulatory）という性質を有することが望ましい。本研究においてはこれらを満たす画像計測（動画画像計測）に着目し、計測対象である生体に負担の少ないTime-lapse画像を用いた各種生体情報収集のためのデバイスを開発した。具体的には、PCにて制御される高速度ビデオカメラを利用し、ユーザの顔画像の動画情報を得た。得られた画像情報（Time-lapse画像）の関心領域内の輝度値変化を解析することで、生体のバイタルサイン情報を非接触的に収集することが可能であった。バイタルサイン情報としては、呼吸、心拍、脈波、瞬目などであった。今後、携帯電話等の身近なデバイスに本研究で開発した計測機能を搭載することで、日常的で簡便な健康管理に役立てることが可能と考えられる。一方で、本手法の計測原理に関しては、拍動による皮膚振動と皮膚血流の両者によるものであることが明らかとなり、デバイスの開発に際しては注意する必要があることも明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,270,000	0	1,270,000
2008年度	820,000	246,000	1,066,000
総計	2,090,000	246,000	2,336,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用生体工学・生体材料学

キーワード：動画画像、バイタルサイン、非接触計測、QOL、健康管理

1. 研究開始当初の背景

わが国はこの30年間に急速な高齢化が進行し、高齢者率（全人口に占める65歳以上の高

齢者の比率）は2020年には26.9%となることが予測されている。この超高齢社会においては、介護・医療の需要供給バランスの維持が困難となることが予測されており、各個人

が自ら健康管理を行うことが強く求められている。日常健康管理は言うまでもなく、生活習慣病、持病、疾病進行の予防につながり、それにより健康寿命が延び、また、QOLの維持向上に有用であることから、個々人による健康管理ニーズが高まりつつある。すなわち、日常生活中に健康管理を行う為の様々な計測システム・デバイスの研究開発が盛んに行われている。また、小型化・計算能力・大容量・高速化など、止まることの無いコンピュータ・ネットワークの技術革新、ならびに近年のユビキタスコンピューティング技術の進展もこの研究開発の大きな牽引となっている。

日常生活中で簡便に無理なく健康管理を行う為には、計測機器が非接触 (non-contact)、非侵襲 (non-invasive)、無拘束 (ambulatory) という性質を有することが望ましいと考えられる。よって本研究計画においてはこれらを満たす画像計測 (動画像計測) に着目した。すなわち、①計測対象である生体に負担の少ないTime-lapse画像を用いた各種生体情報収集のためのデバイスを開発するとともに、②本デバイスを利用した日常生活下で簡便に健康管理を行うための遠隔システムを構築し、その性能を評価検証することを目的とした。(Time-lapse画像とは、ある時間間隔で撮影された画像群を指す。本研究では通常の30 frames/secのビデオ画像以外にも、webカメラなど様々な規格の動画像を対象とするため、以下ではTime-lapseという語を用いる。)

2. 研究の目的

研究代表者による現在までの研究を通じ、Time-lapse画像を用いることでreal-timeで平均心拍数ならびに呼吸数の同時計測が可能であることを確認し、また、PCを用いた簡便な計測デバイスを構築した。その計

測方法としては、市販のビデオカメラから画像ボードを介してコンピュータに計測対象者の顔の動画像を取り込むとともに、取得した顔画像の一部領域 (以下、ROI) の画像濃度変化を計測し信号処理を行うものである。例えば、頬上に設定されたROI内の画像濃度の時間変化を30秒間計測し、その時間変化データをARスペクトル解析した結果、2峰性のピーク、すなわち、0.3Hz付近のピーク (呼吸成分)、1.2Hz付近のピーク (心拍成分) が得られることがわかっている。さらに、このデバイスの計測性能の検証を目的に市販のパルスオキシメータ (心拍計測) ならびにサーミスタ (呼気温度計測) を用いて被験者実験を行ったところ、これらの計測結果と画像計測による計測結果の間には高い相関があることを示し、正しく計測が正しく行われることを示した。(以上の成果については、Takano C, Ohta Y. Heart rate measurement based on a time-lapse image. Medical Engineering & Physics, 2007, 29(8) : 853-7.) 本若手研究ではこの非接触無拘束・生体画像計測技術を発展させるとともに、実社会への技術的還元を目指した研究開発を展開した。

3. 研究の方法

撮像デバイスとして画像輝度値の生データが得られることを考慮し、高速度ビデオカメラ (株デジモ、ラインレコーダーLRH1600) を選定した。撮影速度としては、100 - 500 frame / sec 程度とし、また、撮影条件としてはオートアイリス機能無しとした。撮影対象は被験者の顔 (頬) ないし前腕部とし、10秒程度の撮影により得られたtime-lapse画像から、適切に設定したROI内の輝度値の時間変化を計測した。瞬時心拍数 (心拍変動) 計測としては、得られたTime-lapse画像に基づき心拍一拍ごとの時間間隔を輝度値変化から計測することにより、瞬時心拍数の計測を試みた。また、脈波速度

計測に関しては、心電信号を記録することで、心電図R波を起点とした伝播時間差の計測を試みた。なお、伝播時間差を取る際は、伝播に伴い減衰・分散・反射などから脈波波形が変化することを考慮し、これらの影響が最も少ないと考えられる脈波立ち上がりの時点の差をとることとした。さらに脈波速度データの比較検証のため、Time-Lapse画像計測に平行して、市販脈波センサによる脈波速度計測を実施した。すなわち、心拍動に伴う測定部位（指先）の容積変化を透過光の減衰変化として検出した。脈波センサの選定に際しては、計測と画像計測を同時に行う必要があるため、カフ式ではなく光学式トランスデューサを直接皮膚拍動部に接触させて計測する方式とし、日本光電製、校正脈波計MPP-4000を用いた。

以上の生理量計測の実験と平行して、本手法による計測原理の確認のため、以下の実験を行った。Time-Lapse画像による非接触生体信号の計測メカニズムとして、圧脈波伝播による局所皮膚振動が撮影画像内のROI輝度値の時間変化を与えると仮定した計測実験を行った。すなわち、前腕脈拍検知部を対象に、様々な方向より照明光を投影することで検知部を動画撮影し輝度値信号の変化を計測した。また、拍動点の撮影解析と平行して、マイクロレーザセンサ（サンクス、LM10、分解能 $50\mu\text{m}$ ）による同一箇所の変位計測を行った。次にこれとは別に、計測原理を皮膚表面の血流による信号変化をとらえたものと仮定し、以下の実験を行った。頬を中心に被験者の動画をカラー撮影し、得られた動画をRGB分解し、おのおのの画像の平均輝度値変化を解析した。なお、撮影の際の照明についても検討を行った。実際の住環境での利用を想定し、商用交流を利用した光源、すなわち、蛍光灯、白熱電球、ハロゲンライトなどに関し、おのおのの光源がTime-Lapse画像計測に与える影響を検討した。

4. 研究成果

上記の諸実験を通じた検討の結果、研究代表者の従来法よりも高精度に心拍信号（瞬時心拍数）ならびに呼吸信号を検出可能であることを確認した。その上で脈波計測を目的として、複数の被験者を対象に前腕上の脈拍動点を撮影し、心電図R波に基づいて脈波速度を求めた結果、Time-Lapse画像に基づく脈波計測が可能である事が示された。この結果は、光電脈波計による比較実験（心電図R波を起点とした指尖での光電脈波波形計測）を通じて、両者は良く一致し、画像による非接触定量計測の可能性を示した。これら以外にも、瞬目などの生理量の計測が可能であった。

撮影の際の照明についても検討したところ、商用交流を利用した光源、すなわち、蛍光灯、白熱電球、ハロゲンライトなどはすべて、100Hzの振動成分を含むことがわかり、本デバイスの撮影光源としては不適であることがわかった。適切な光源としては、太陽光ないしLED光源であった。以上の計測実験を通じた検討により、Time-Lapse画像によってユーザの様々な生理データの取得が可能であることが示された。今後、計測仕様を適切にダウンスケールすることで、市販の安価な撮像素子を利用した計測デバイスの作成、ないし、実験住宅への導入が可能となると考えられた。ハードウェアの小型化に関する検討に関しては、携帯電話メーカーとの共同研究として実施することが本技術の社会還元・開発期間を考えると得策と判断し、2008年度より共同研究契約の締結を進めている。具体的には、携帯電話メーカーと、現行の携帯電話のシステム構成（32bit RISC型 CPU：ARMコア、アプリケーションプラットフォーム Brew 3.0）上で、実際に携帯内蔵カメラから輝度値信号の取得が可能か検討中である。また、実際の住環境への本計測技術の導入に関

しては、2009年3月にお茶の水女子大学に竣工したユビキタス実験住宅において、その居室内に上記のTime-Lapse画像計測デバイスをインストールし、今後、各種の評価実験を進める予定である。

なお、本手法の計測原理に関する実験に関しては、Time-Lapse画像による非接触生体信号の計測メカニズムとして、2種類の原理を仮定した実験を行った。すなわち、拍動に伴う皮膚の微小振動を仮定した計測として、前腕脈拍検知部を対象に、様々な方向より照明光を投影することで検知部を動画撮影し輝度値信号の変化を計測した。その結果、照明光の投影方向を180度反転させることで、輝度値信号も正負逆転することが判明したことから、皮膚振動が計測メカニズムであることが示唆された。これは実際にマイクロレーザセンサを用いた実験からも皮膚振動が検出され裏付けられている。しかし、同時にこの実験とは別に、計測原理を皮膚表面の血流による信号変化をとらえたものと仮定し、実験を行った。すなわち、頬を中心に被験者の動画をカラー撮影し、得られた動画をRGB分解し、おのおのの画像の平均輝度値変化を解析したところ、Green画像がもっともノイズが少なく心拍信号を検出できることが示されたため、皮膚表面の血流信号もこの計測メカニズムの要因のひとつと考えられた。以上より、本計測はふたつの要因に基づくことが示され、今後のデバイス設計に際し参照すべきであることが分った。

5. 主な発表論文等

① 高野千尋, 近藤早紀, 井野秀一, 山下樹里, 太田裕治. 画像を用いた瞬時心拍数計測: 計測デバイス改良による期待できる展開. 第7回生活支援工学系学会連合大会にて発表予定 (2009年, 高知).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高野 千尋 (TAKANO CHIHIRO)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・研究員, 現 独立行政法人産業技術総合研究所, 人間福祉医工学研究部門, 操作スキル研究グループ 特別研究員)

研究者番号: 60452033

(2) 連携研究者

太田 裕治 (OHTA YUJI)

お茶の水女子大学・大学院人間文化創成科学研究科・准教授

研究者番号: 50203807