

令和 4 年 6 月 7 日現在

機関番号：12501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K12750

研究課題名(和文) カメラによる非接触バイタル・情動センシングとその医工学応用

研究課題名(英文) Non-contact Vital and Emotional Sensing by Camera and Its Medical Application

研究代表者

津村 徳道 (Tsumura, Norimichi)

千葉大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：00272344

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：近年ではカメラを用いて血圧推定を試みた研究が存在するが改善の余地が多く残存する。決定的な課題として、顔と手掌の2箇所を撮影する必要があること、個人差に対する普遍性が担保されていないことが挙げられる。そこで、本研究では、脈波の空間情報の導入、深層学習の導入、窓処理の必要性の解消をおこなった。これらの実現のために、顔面脈波の空間的な記述とAttentionを導入したResidual-CNNベースの深層学習アーキテクチャの構築を行い、実際に計測した血圧の時間変化のデータから提案手法の有効性が示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顔の動画画像から心拍数をはじめとした血圧などのバイタル・情動情報を抽出する非接触型バイタル・情動センシング技術の発展が目覚ましい。我々は、高額な機器を必要とする従来型の技術に代わり、安価なRGBカメラでの非接触型バイタル・情動センシング技術を開発した。今後は、この技術的基盤を更に発展・高度化させ、小児医療応用に最適化された、安価な非接触型バイタル・情動センシングの実現などを行う。小児医療応用以外にも様々な医療分野において適用可能であり、特に社会的意義は高い。

研究成果の概要(英文)： In recent years, there have been studies that have attempted to estimate blood pressure using a camera, but there remains much room for improvement. The critical issues are the need to capture images of the face and palms at two locations and the lack of universality for individual differences. In this study, we introduced spatial pulse wave information, deep learning, and eliminated the need for window processing. To achieve these goals, we constructed a Residual-CNN-based deep learning architecture that introduces the spatial description of facial pulse wave and Attention, and demonstrated the effectiveness of the proposed method based on actual experiments.

研究分野：情報工学

キーワード：バイタル 非接触 血圧 連続計測

### 1. 研究開始当初の背景

顔の動画像から心拍数をはじめとした生理学的情報を抽出する非接触型バイタルセンシング技術の発展が目覚ましい。近年では、その精度も向上し、心拍数等のバイタル情報だけでなく、心拍のわずかな揺らぎ(心拍変動)から、情動を反映する神経活動(緊張・リラックスに関連する自律神経活動)を計測することが可能になってきている(McDuff et al., 2014)。非接触型バイタル・情動センシングの従来型技術は、高額なマルチバンドカメラを必要とするため、様々な現場(医療現場等)への導入・普及は困難だった。これに対し、研究代表者は、通常のスマートフォン等に搭載された安価なRGBカメラ情報から、ヘモグロビン・メラニン・陰影情報を分離し、分離されたヘモグロビン情報から心拍変動を計測する手法を発明している研究代表者らの技術を用いれば、安価なRGBカメラ(スマホカメラ、見守りカメラ)を用いて、対象の心拍数・呼吸数、血圧、等バイタル情報、及び、情動情報をモニタリングすることが出来る。下記では特に血圧の推定方法に関する研究成果であるAttentive Residual Networkを用いた顔面脈波の空間的記述に基づく連続血圧推定に関して記述する。

### 2. 研究の目的

現在、日本は世界随一の超高齢社会にある。付随的に健康寿命延伸の重要性が増大している。本研究では健康寿命延伸という社会課題に対して、簡便な血圧監視手法の構築という貢献を提供する。日常的な血圧監視は健康寿命延伸に効果的である。健康寿命に接近すると予備能力が低下した状態に陥るが、この状態下では起立性低血圧等の血圧異常が多く発露するためである。しかし現状では血圧測定には煩雑な装置が必要であり日常的な監視に適していない。簡便性、皮膚への負担、感染リスク等の観点からリモート式監視が望ましいと考えられる。近年ではカメラを用いて血圧推定を試みた研究が存在するが改善の余地が多く残存する[1][2]。決定的な課題として、顔と手掌の2箇所を撮影する必要があること、個人差に対する普遍性が担保されていないことが挙げられる。近年、井内らにより提案された血圧推定手法はこれらの課題の解消を提供した。ただ依然として主に3つの課題が残存する。第一に、単一箇所の脈波に基づいている。これは、脈波の空間情報が血圧を反映する事実と反する。第二に、単層学習に基づいている。これは、血圧と脈波の関係の複雑性を十分に説明しない可能性がある。第三に、推定に一定の時間幅が必要である。これは、血圧と脈波の瞬時的特徴の損失を意味する。これら課題に対して本研究では3つの貢献を提供する。脈波の空間情報の導入、深層学習の導入、時間幅の必要性の解消である。これら貢献の実現のために、これらの貢献の実現のために、非接触に抽出した顔面脈波に対する空間的な記述と、顔面脈波の空間情報と血圧の関係性を学習する深層学習モデルの構築を行う。

### 3. 研究の方法

<顔面脈波の空間的記述>ここでは顔面脈波の空間的記述について記述する。大別して3つのプロセスで構成される。第1に、空間脈波の構築である(図1)。Fukunishiらの手法[3]に基づきRGB動画をヘモグロビン(Hem)動画に変換する。次に関心領域を網羅的に設定し、各関心領域で脈波抽出[3]を実施する。次に原動画の座標を保存するように空間再構成を施す。第2に、空間脈動-記述子の構築である(図2)。まず空間脈波の各座標に対して脈動-記述子を抽出する。次に元の座標を保存するように空間再構成を施す。ここで脈動-記述子は脈波の各拍動の形状情報を保有する特徴ベクトルであり、2つのプロセスで取得する。まず脈波の単位脈動を抽出し、脈動の周期性を位相軸に分離する。これにより周期的な時間幅を持つ脈動の単一時点での記述を実現する。次に各位相の時間軸に沿って補間する。これにより任意時点の脈動の記述を擬似的に実現する。第3に、空間脈拍-記述子の構築である(図3)。まず空間脈波の各座標に対して脈拍-記述子を抽出する。次に元の座標を保存するように空間再構成を施す。ここで脈拍-記述子は脈波の拍動間の関係性情報を保有する特徴ベクトルであり、脈拍間隔、脈拍流量、脈拍時間差で構成される。

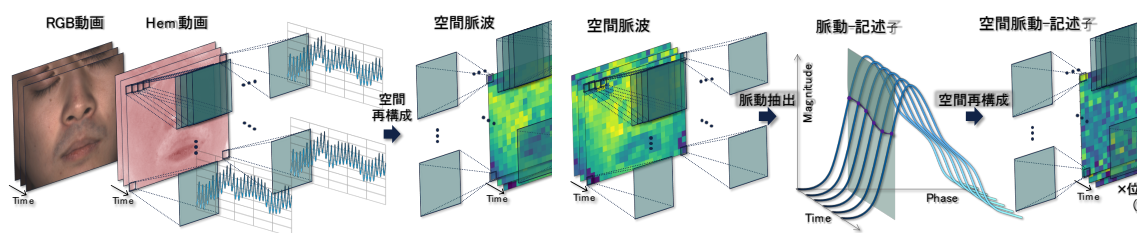


図1 空間脈波の構築

図2 空間脈動-記述子の構築

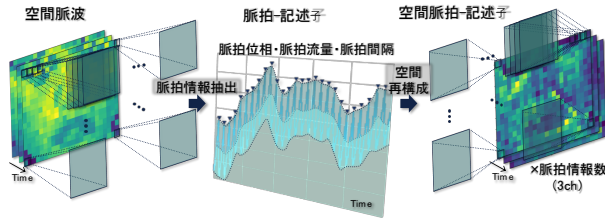


図3 空間脈拍-記述子の構築

＜深層学習に基づく連続血圧推定＞ ここでは、深層学習に基づく連続血圧推定について記述する。深層学習アーキテクチャを図4に示す。前述の空間脈動-記述子と空間脈拍-記述子を入力し、収縮期血圧(SBP)、平均血圧(MBP)、拡張期血圧(DBP)を推定する。当該アーキテクチャに組み込まれる Attentive Residual Block の構造を図5に示す。Attentive Residual Block に組み込まれる Attention module を図6に示す。これらは ResNet, CBAM に基づく。

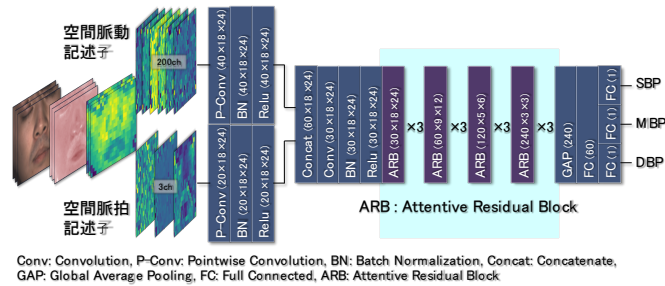


図4 深層学習アーキテクチャ

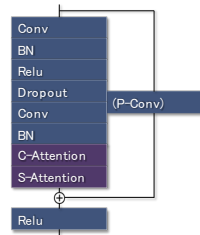


図5 Attentive Residual Block



(a) Spatial Attention (b) Channel Attention  
図6 Attention Module

#### 4. 研究成果

提案手法の有効性検証について記述する。有効性検証のためのデータセットを構築するために図7に示す被験者実験を実施した。また、構築したデータセットに基づき精度検証を実施した。比較対象とするベンチマークの設定を図8に示す。検証設定として、データセットの80%を学習に、20%をテストに用いる。学習において、エポック数は50、バッチサイズは256、損失関数はMSE、最適化はAdamと設定する。検証結果として、相関係数を図9に、波形を図10に示す。これらの結果から、提案手法がベンチマークより精度が高

いことが確認される。

<p>・実験設定</p> <p>□ 被験者</p> <p>人数: 10人</p> <p>□ プロトコル</p> <p>安静30秒&gt;息止め最大60秒&gt;安静60秒 1人につき3±0.47回   合計30回</p> <p>・実験機材</p> <p>□ 連続血圧計</p> <p>測定範囲: 10~300 [mmHg] 精度: 1% of F.S.</p>	<p>・実験環境</p>  <p>□ RGBカメラ</p> <p>サンプルレート: 160 [Hz] 解像度: 960×740 [px]</p>
--	---

図7 被験者実験の詳細情報

□ 脈波波形-特徴量群

- 脈波波形幅
- 収縮期・拡張期面積, 全体面積
- 収縮期・拡張期面積の比
- 脈波起立時間

□ 脈波2次導関数-特徴量群

- abcde波のピーク時間
- abcde波のピーク強度
- abcde波のピーク強度の比

□ 脈拍-特徴量群

- 脈拍間隔
- 脈波ACDC比

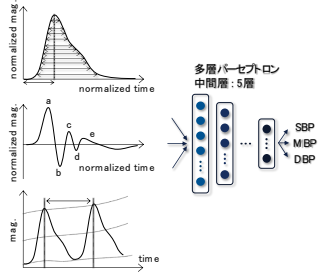


図8 ベンチマーク設定

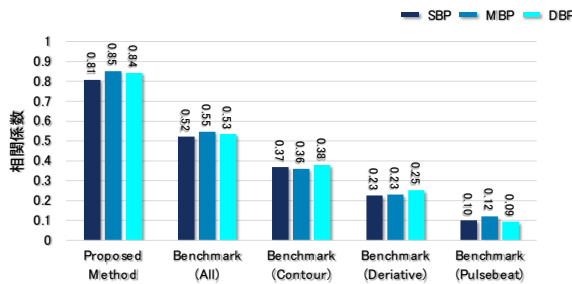
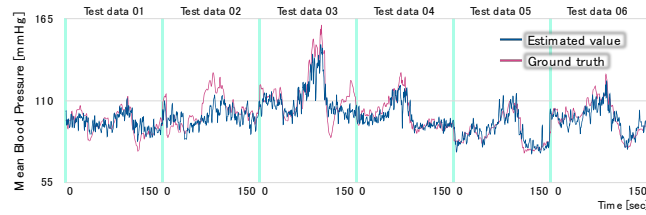
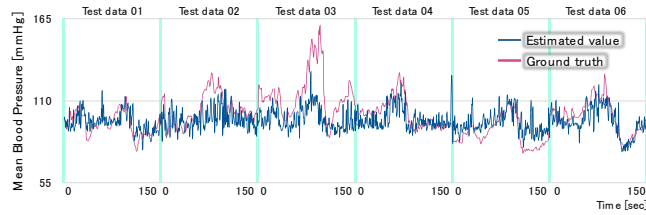


図9 提案手法とベンチマークとの精度比較結果



(a) 提案手法



(b) ベンチマーク

図10 提案手法とベンチマークによる推定値と正解値の波形: 平均血圧

<提案手法の有効性検証:深層学習の推論根拠の解釈> ここでは, 深層学習の推論根拠の解釈について記述する. Grad-CAM[4]による空間方向注目度の可視化結果を図11に示す. この結果より, 注目度の空間分布は一定のパターンが存在することが確認される. これを説明する仮説として, 注目度パターンは血圧値に依存すると推論した. この仮説の検証のために, 顔の上部・中部・下部の注目度比率と血圧値との間の相関分析を行った. 結果, 上部は無相関(0.24), 中部は正の相関(0.50), 下部は負の相関(-0.70)であり, 仮説が支持された. Gradient Explanation[5]によるチャンネル方向注目度の可視化結果を図12に示す. この結果より, Percussion ピークと Dicrotic ピーク付近に高い重要度が位置することがわかる. これは当該ピークと血圧との間に関係性が存在するという知見と整合する.

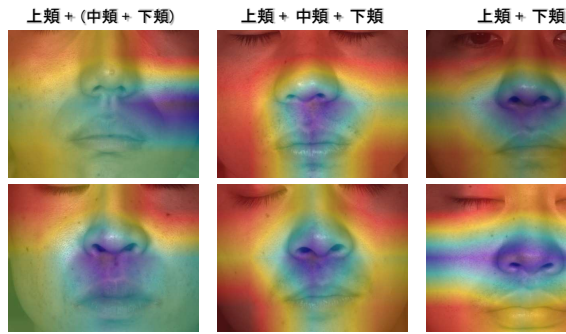
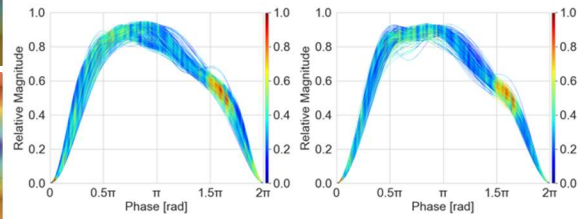


図11 空間方向注目度の可視化結果



Test data 1

Test data 2

図 12 チャンネル方向注目度の可視化結果

## 参考文献

- [1] I. C. Jeong and J. Finkelstein, "Introducing Contactless Blood Pressure Assessment Using a High Speed Video Camera," *Journal of medical systems*, vol.40, no.4, pp.1-10, 2016.
- [2] N. Sugita, M. Yoshizawa, M. Abe, A. Tanaka, N. Homma, and T. Yambe, "Contactless Technique for Measuring Blood-Pressure Variability from One Region in Video Plethysmography," *Journal of Medical and Biological Engineering*, vol.39, no.1, pp.76-85, 2019.
- [3] M. Fukunishi and *et al.*, "Non-contact video-based estimation of heart rate variability spectrogram from hemoglobin composition", *Journal of Artificial Life and Robotics*, Vol.22, (2017)
- [4] R. R. Selvaraju, M. Cogswell, A. Das, R. Vedantam, D. Parikh, and D. Batra, "Grad-CAM: Visual Explanations From Deep Networks via Gradient-Based Localization", *Proceedings of the IEEE ICCV*, 2017
- [5] K. Simonyan, A. Vedaldi, and A. Zisserman, "Deep inside convolutional networks: Visualising image classification models and saliency maps", In *Workshop at ICLR*, 2014

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 16.Hirokazu Doi, Chieko Kanai, Norimichi Tsumura, Kazuyuki Shinohara, Nobumasa Kato	4. 巻 99
2. 論文標題 Lack of Implicit Visual Perspective Taking in Adult Males with Autism Spectrum Disorders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Research in Developmental Disabilities	6. 最初と最後の頁 103593
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.ridd.2020.103593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 21.Kenta Masui, Genki Okada, Norimichi Tsumura	4. 巻 8
2. 論文標題 Measurement of advertisement effect based on multimodal emotional responses considering personality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 49-59
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3169/mta.8.49	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ryo Takahashi, Keiko Ogawa-Ochiai, Norimichi Tsumura	4. 巻 25
2. 論文標題 Non-contact method of blood pressure estimation using only facial video	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 343-350
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-020-00622-6	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 .Kaito Iuchi, Ryota Mitsuhashi, Takashi Goto, Akira Matsubara, Takahiro Hirayama, Hideki Hashizume, and Norimichi Tsumura	4. 巻 25
2. 論文標題 Stress levels estimation from facial video based on non-contact measurement of pulse wave	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 335-342
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10015-020-00624-4	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -



1. 著者名 Masato Takahashi, Ryo Takahashi, Yasuhiro Morihara, Isseki Kin, Keiko Ogawa-Ochiai, Norimichi Tsumura	4. 巻 25
2. 論文標題 Development of a camera-based remote diagnostic system focused on color reproduction using color charts	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Artif Life Robotics	6. 最初と最後の頁 370-376
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10015-020-00627-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hirokazu Doi, Chieko Kanai, Norimichi Tsumura, Kazuyuki Shinohara, Nobumasa Kato	4. 巻 99
2. 論文標題 Lack of Implicit Visual Perspective Taking in Adult Males with Autism Spectrum Disorders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Research in Developmental Disabilities	6. 最初と最後の頁 103592
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ridd.2020.103593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kenta Masui, Genki Okada, Norimichi Tsumura	4. 巻 8
2. 論文標題 Measurement of advertisement effect based on multimodal emotional responses considering personality	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ITE Transactions on Media Technology and Applications	6. 最初と最後の頁 49-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

#### 6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金井 智恵子  (Kanai Chieko)  (00611089)	和洋女子大学・人文学部・准教授    (32507)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	小川 恵子  (Ogawa-Ochiai Keiko)  (30514575)	金沢大学・附属病院・特任准教授    (13301)	
研究分担者	土居 裕和  (Doi Hirokazu)  (40437827)	国士舘大学・理工学部・准教授    (32616)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関