



日常生活における自律神経機能の計測と評価に関する研究

駒澤, 真人

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2016-09-25

(Date of Publication)

2017-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6751号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006751>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



論文内容の要旨

氏 名 駒澤 真人

専 攻 システム情報学研究科 計算科学専攻

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること.)

日常生活における自律神経機能の計測と評価に関する研究

指導教員 羅 志偉 教授

(注) 2, 000 字～4, 000 字でまとめること.

日本は超高齢化社会に向けて、日常生活における科学的な健康管理が非常に重要となってきた。その際、家庭や街や職場など異なる生活空間、各種の気象条件、性別、加齢、健康状態等のことを考慮に入れる必要がある。しかし現状では、病院などの非日常的な環境の下、専用の測定機器を使用して自分の健康を管理するのが一般的である。また、現代はストレス社会と言われて久しいが、過度のストレスを長期間にわたって受け続けると、自律神経系や副腎皮質ホルモンなどの内分泌系にも変調を来すことが明らかになっている。この自律神経系は、緊張・興奮を司る交感神経活動と、リラックスを司る副交感神経活動がバランスよく機能することで身体をコントロールしていると言われている。そのため、自律神経の状態を日常的に日々把握することは自己管理をする上でも非常に重要であるといえる。そこで本研究では、ストレスに着目し、人々が自主的に自律神経活動を計測する利便性の高い計測技術を確立し、人々が日常生活の中で簡易に自分の健康を管理できるシステムの開発を試みた。

自律神経機能を測定する手法として非侵襲的には、専用の小型心拍センサや指先脈波センサを使用して RR 間隔 (心拍間隔) や脈波波形のピーク間隔から RR 間隔に相当する値を測定し、心拍変動解析から交感神経活動及び副交感神経活動の指標を算出するのが一般的である。しかしながら、どの製品も RR 間隔や脈波のピーク間隔を測定するために専用のセンサ及びシステムを使用する必要があり、また非常に高価な為、一般の人が利用するには敷居が高いのが現状である。そのため、今までは病院などの専用の施設でしか自律神経の状態を測定することが出来なかった。一方、本研究では、専用の端末機器を使用せず、一般に市販されているスマートフォンのカメラを用いて、指先に端末のカメラを約 30 秒程度当てて、血流の輝度変化から脈波波形のピーク間隔を検出し、心拍変動解析から自律神経活動を精度良く簡便に測定できるシステムを開発した。従来は、専用のセンサや装置を使用して、病院や実験室などで自律神経を測定する方法が主流であったため、研究対象として測定できる被験者は多くて数百人程度が限度であった。また、特定の環境下での測定のため、日常生活における自律神経機能を的確に表しているとは言い難い。そこで、本研究では、一般のスマートフォンのカメラを利用して、自律神経活動を日常的に簡便に測定できるシステムを開発し、未だかつてない大量の自律神経のビックデータが蓄積されるプラットフォームを構築した。また、本システムで測定された大量の自律神経のビックデータから、日本人の日常生活における自律神経機能を評価した。

本論文は全 5 章で構成されている。第 1 章は、本研究の背景と目的、既往の研究及び本研究の構成について説明している。

第 2 章では、スマートフォンのカメラを用いた自律神経測定システムの開発に関して、測定の原理や精度、システム内容について述べている。現在、本システムは、Apple Inc. の iPhone アプリ及び、Google Inc. の Android アプリとして、実用的に約 100 万人以上 (2016

年 6 月現在) のユーザーにダウンロードされ、日々利用されている。本システムを利用することで、日常生活の中で、いつでも、どこでも、何をした後でも、簡単に自律神経活動を把握することができ、大量の自律神経のビックデータから、日常生活における自律神経機能を評価することが可能となった。

自律神経機能と身体的要因との関係に関しては、専用の加速度脈波センサや小型心拍センサを使用し、加齢になるほど自律神経の活動量であるトータルパワーが低下するといった報告や、BMI (肥満度指数) が高いほどトータルパワーが低下するといった報告がある。しかしながら、どの研究も被験者は多くて数百人程度である。また、BMI とトータルパワーを検証した先行研究では、更年期障害を患った女性のみを対象としており、本研究のように、一般の被験者を対象に、大量の測定データで分析した例はない。さらに、自律神経機能と行動、時間及び場所との関係を研究した報告はほとんどされていない。

一方、自律神経機能と気象条件などの外部要因に関しては、気温と生体の関連についての研究はいくつかあるが、気圧や降雨量の変動が生体に及ぼす影響に関する研究は数少ない。また、どれも対象の被験者が少なく、数十万件のビックデータを用いて、自律神経機能と気象との関係について研究した論文は今までにないのが現状である。

そこで本研究の第 3 章、第 4 章では、開発した自律神経測定システムを用いて、数十万件にも及ぶ大量の自律神経データに基づき、日本人の日常生活における自律神経機能の評価を検討した。

第 3 章では自律神経機能と身体的要因、行動、時間および場所との関係について検証し、以下のような傾向が確認できた。

- I. 自律神経機能と年齢との関係では、加齢になるほどトータルパワーが下がり、30 代～50 代かけて交感神経機能が上昇する傾向がみられた。
- II. 自律神経機能と BMI との関係では、BMI が高くなるほど、トータルパワーが下がり、また交感神経機能が上昇する傾向がみられた。
- III. 自律神経機能と行動との関係では、起床後にトータルパワー及び交感神経機能が高くなる傾向がみられ、余暇時には、トータルパワーが高く、交感神経機能が抑制される傾向がみられた。
- IV. 自律神経機能と日内変動との関係では、明け方にトータルパワー及び、交感神経機能が上昇する傾向がみられた。また、夜にかけて、交感神経機能が抑制される傾向がみられた。これは、自律神経機能の日内変動と一致する傾向であった。
- V. 自律神経機能と曜日変動との関係では、週の半ばから後半の水曜日、木曜日、金曜

日でトータルパワーが下がる傾向がみられ、土曜日にトータルパワーが上昇する傾向がみられた。また、交感神経機能は土曜日に抑制される傾向がみられた。

- VI. 自律神経機能と地域性との関係では、関東地域がその他の地域より、トータルパワーが低下している傾向がみられた。

次に第 4 章では、自律神経機能と気象条件などの外的要因との関係を検証し、以下のような傾向が確認できた。

- I. 自律神経機能と気温との関係では、気温が高いほど自律神経の交感神経機能が低下する傾向がみられた。
- II. 自律神経機能と気圧との関係では、気圧が高いほど、自律神経の交感神経機能が上昇する傾向がみられた。
- III. 自律神経機能と降雨量との関係では、雨が降っている日ほど、自律神経の交感神経機能が低下する傾向がみられた。

以上より、本研究結果は専用のセンサを用いた先行研究及び人間の生理現象とも一致する傾向がみられ、数十万件にも及ぶ自律神経の測定データから、日本人の日常生活における自律神経機能を統計的に裏付けることができた。本システムで得られる大量の自律神経のビックデータは日々刻々と蓄積されており、本データは日本人の健康管理の一助となる参考値として、社会的に意義のあるデータとなるのではないかと考えられる。

最後に、本研究では、ストレスに着目し、人々が自主的に自律神経活動を計測する利便性の高い計測技術を確立し、人々が日常生活の中で簡単に自分の健康を管理できるシステムを開発した。また、健康に関するビックデータの採取、蓄積と処理の技術を確立し、大量の自律神経のビックデータから日常生活における自律神経機能を評価した。また、公衆衛生の観点から、異なる属性や時空間における人々の健康分布の比較分析をすることは非常に重要といえる。そのため、本システムで得られた日常生活における健康に関するビックデータを社会全体として活用し、日本人の健康管理に役立ててもらいたいと考えている。

氏名	駒澤 真人		
論文題目	日常生活における自律神経機能の計測と評価に関する研究		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	羅 志偉
	副査	教授	太田 能
	副査	教授	上原 邦昭
	副査	准教授	全 昌勳

印

要 旨

今日、日常生活においてストレスを感じる人の割合は50%を超えるようになってきている。過度のストレスを長期間にわたって受け続けると、自律神経系や副腎皮質ホルモンなどの内分泌系にも変調を来すことが明らかになっている。自律神経系は、緊張・興奮を司る交感神経活動と、リラックスを司る副交感神経活動がバランスよく機能することで身体をコントロールしている。そのため、日常生活において自律神経の状態を安易に把握できることは自分の健康管理を営む上で非常に重要となる。

自律神経機能を測定する手法として、非侵襲的には、専用の小型心拍センサや指先脈波センサを使用してRR間隔(心拍間隔)や脈波波形のピーク間隔からRR間隔に相当する値を測定し、心拍変動解析を実施することで、交感神経活動及び副交感神経活動の指標を算出するのが一般的である。これらのシステムは1~5分間のRR間隔データから高速フーリエ変換を用いて、自律神経指標を算出している。しかしながら、どの製品もRR間隔や脈波のピーク間隔を測定するために専用のセンサ及びシステムを使用する必要があり、かつ非常に高価な為、日常生活における計測の利便性が問題となっている。また、自律神経機能に関する先行研究では、専用のセンサや装置を使用して、病院や実験室などで自律神経を測定する方法が主流であったため、被験者は多くて数百人程度が限度であった。また、特定の環境下での測定のため、公衆衛生の観点から日常生活における大衆の自律神経機能を的確に表しているとは言い難い。

そこで、本研究では、今日広く利用されているスマートフォンに着目して、スマートフォンのカメラを利用して、自律神経の傾向を日常的に簡便に測定できるシステムを開発し、大量の自律神経のビッグデータが蓄積されるプラットフォームを構築した。また、本システムで測定された大量の自律神経活動データから、日本人の日常生活における自律神経機能を評価した。

本論文は全5章で構成されている。第1章は、本研究の背景と目的、既往の研究及び本研究の構成について説明している。

第2章では、専用の端末機器を使用せず、一般に市販されているスマートフォンのカメラを用いて、指先に端末のカメラを約30秒強という短時間乗せることで、血流の輝度変化から脈波波形のピーク間隔を検出し、心拍変動解析から自律神経の詳細な状態である自律神経のバランス及び自律神経の活動量(トータルパワー)の傾向を、簡便に測定できるシステムを開発した。現在、本システムは、Apple Inc. の iPhone アプリ及び、Google Inc. の Android アプリとして、実用的に約100万人以上(2016年6月現在)のユーザーにダウンロードされている。本システムを利用することで、日常生活の中で、いつでも、どこでも、何をした後でも、簡便に自律神経状態の傾向を把握することができ、大量の自律神経のビッグデータから、日常生活における自律神経機能を評価することが可能となった。本研究の成果は査読付き国際医学論文誌「Health」にて掲載されている。

自律神経機能と内的要因との関係に関しては、専用の加速度脈波センサや小型心拍センサを使用し、加齢になるほど自律神経の活動量であるトータルパワーが低下するといった報告や、BMI(肥満度指数)が高いほどトータルパワーが低下するといった報告がある。しかしながら、どの研究も被験者は多くて数百人程度である。また、BMIとトータルパワーを検証した先行研究では、更年期障害を患った女性のみを対象としており、本研究のように、一般の被験者を対象に、大量の測定データで分析した例はない。さらに、日常生活における行動毎、曜日毎及び地域毎での自律神経機能の傾向を分析した報告はほとんどされていない。

一方、自律神経機能と気象条件などの外的要因に関しては、気温と生体の関連についての研究はいくつかあるが、気圧や降雨量の変動が生体に及ぼす影響に関する研究は数少ない。また、どれも対象の被験者が少なく、数十万件のビッグデータを用いて、自律神経機能と気象との関係について調査した論文は今までにないのが現状である。

そこで本研究の第3章、第4章では、開発した自律神経測定システムを用いて、数十万件にも及ぶ大量の自律神経データに基づき、日本人の日常生活における自律神経機能の評価を検討した。

第3章では自律神経機能と加齢、肥満、生活行動及び生活の時空間との関係について検証し、以下のよう

氏名	駒澤 真人
<p>な傾向が確認できた。</p> <p>I. 自律神経機能と年齢との関係では、加齢になるほどトータルパワーが下がり、30代~50代かけて交感神経機能が上昇する傾向がみられた。</p> <p>II. 自律神経機能とBMIとの関係では、BMIが高くなるほど、トータルパワーが下がり、また交感神経機能が上昇する傾向がみられた。</p> <p>III. 自律神経機能と行動との関係では、起床後にトータルパワー及び交感神経機能が高くなる傾向がみられ、余暇時には、トータルパワーが高く、交感神経機能が抑制される傾向がみられた。</p> <p>IV. 自律神経機能と日内変動との関係では、明け方にトータルパワー及び、交感神経機能が上昇する傾向がみられた。また、夜にかけて、交感神経機能が抑制される傾向がみられた。これは、自律神経機能の日内変動と一致する傾向であった。</p> <p>V. 自律神経機能と曜日変動との関係では、週の半ばから後半の水曜日、木曜日、金曜日でトータルパワーが下がる傾向がみられ、土曜日にトータルパワーが上昇する傾向がみられた。また、交感神経機能は土曜日に抑制される傾向がみられた。</p> <p>VI. 自律神経機能と地域性との関係では、関東地域がその他の地域より、トータルパワーが低下している傾向がみられた。</p> <p>第3章の研究結果は、査読付き国際医学論文誌「Health」にて掲載され、また、第22回人間情報学会でポスター発表の「最優秀賞」を授賞された。</p> <p>次に第4章では、自律神経機能と生活空間の気象条件の外的要因との関係を検証し、以下のような傾向が確認できた。</p> <p>I. 自律神経機能と気温との関係では、気温が高いほど自律神経の交感神経機能が低下する傾向がみられた。</p> <p>II. 自律神経機能と気圧との関係では、気圧が高いほど、自律神経の交感神経機能が上昇する傾向がみられた。</p> <p>III. 自律神経機能と降雨量との関係では、雨が降っている日ほど、自律神経の交感神経機能が低下する傾向がみられた。</p> <p>第4章の研究結果は、査読付き国際医学論文誌「Health」に掲載された。</p> <p>最後に第5章は、本論文のまとめと今後の課題について述べている。</p> <p>以上より、本研究結果の一部は専用のセンサを用いた先行研究及び人間の生理現象とも一致する傾向がみられ、公衆衛生の観点で数十万件にも及ぶ自律神経の測定データから、日本人の日常生活における自律神経機能を初めて統計的に解析することができた。</p> <p>以上で、本論文は一般のスマートフォンを用い、端末のカメラに指先を当てることで、皮膚の色変化から心拍のゆらぎを検出し、自律神経の傾向を日常的に簡便に測定できるシステムを開発して、大量の自律神経のビッグデータが蓄積されるプラットフォームを構築した。また、本システムで測定された未だかつてない数十万件の自律神経のビッグデータに基づき、日常生活における日本人の自律神経機能を、内的要因、外的要因及び時空間との観点について検証し、数多くの有益な知見を得ることができた。本システムで得られる大量の自律神経のビッグデータの分析と活用研究は、健康社会を構築する上で数多くの有益な知見を得たものとして価値ある集積である。よって、提出された論文はシステム情報学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の駒澤真人は、博士(工学)の学位を得る資格はであると認める。</p>	