

機関番号：21501  
 研究種目：若手研究（B）  
 研究期間：2008～2010  
 課題番号：20790392  
 研究課題名（和文） 居宅における家族介護者の音声を用いた身体的疲労評価ツールの開発に関する研究  
 研究課題名（英文） A study on development of the physical fatigue evaluation tool using the human voice of the family caregiver in the home  
 研究代表者  
 千葉 登（CHIBA NOBORU）  
 山形県立保健医療大学・保健医療学部・助教  
 研究者番号：30347926

## 研究成果の概要（和文）：

本研究において、在宅介護者の音声をカオス論的に解析することで客観的に疲労を評価できるツールに関する研究を試みた。介護労働者や在宅での介護者の日常生活レベルにおいて自覚されるような比較的回復の早い身体疲労においてはカオス理論を用いた本手法での疲労評価は単独では困難であった。他のパラメータとの組み合わせ等による身体疲労評価の可能性について、さらなる検討が必要となることが成果として得られた。

## 研究成果の概要（英文）：

In this study, we analyzed the human voice of the family caregiver for a chaos theory and examined the possibility that could evaluate physical fatigue objectively. As for the subjective physical fatigue of the daily life level of a care worker and the caregiver in being at home, the fatigue evaluation using the analysis of the chaos theory was impossible. The technique using chaos theory had a limit, and it was suggested that a study was more necessary.

## 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 20 年度	1,600,000	480,000	2,080,000
平成 21 年度	900,000	270,000	1,170,000
平成 22 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：境界医学・医療社会学

キーワード：介護、福祉、介護疲労

## 1. 研究開始当初の背景

平成 19 年 4 月現在、要介護（要支援）認

定者数は、全国で 450 万人に上る。そのなか  
で 75 歳以上の後期高齢者の重度（要介護 3

～5) 認定者は、全体の3割の130万人に上っている。このように、後期高齢者の重度要認定者の増加に伴い、居宅サービスに伴う家族介護者の負担も大きくなってきている。そして、家族介護者に対する心身機能を維持・安定させることも居宅生活を支える重要なポイントとなっている。特に、日中の時間帯と比較して夜間での介護は、介護者の生活リズムを崩し、介護疲労をもたらす原因ともなっている。しかし、個人の疲労の捕らえ方は一様ではなく、同程度の身体的疲労でも個人により疲労の表現方法は様々である。またそれぞれの尺度で評価される疲労が単独に発生するわけではなく複合した結果として疲労が自覚される。これまで介護疲労に関する疲労の実態について多くの研究が報告されてきている<sup>1)～3)</sup>。しかし、その評価方法は、血液検査、作業効率の低下の面から第三者により行われてきた。また、主観的疲労感をもって個人が主観的に判断している場合には、過剰な疲労感があっても無理をしてしまうなどの問題が生じる。このように、どの評価法においても簡単かつ客観的に疲労を測定できるものではない。そこで、疲労を簡単かつ客観的に評価できるツールの開発の必要性があると思われる。近年、生体から得られる複雑な時系列信号をカオス理論にて解析する手法が行われている。カオス<sup>4)</sup>は、生体の挙動、気象現象などの非線形で複雑なシステム(複雑系)の挙動を分析するための理論である。生体信号である音声も同様にカオス

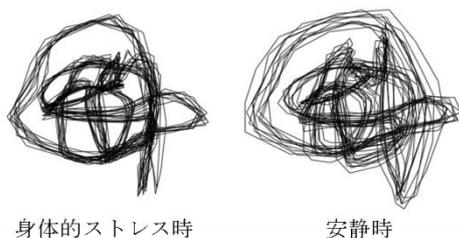


図 発話「あ」のアトラクタ

性を持った信号であることが知られている。

筆者らは、塩見らと共同で、塩見らの手法<sup>5)</sup>を用いて、連続的な発話音声信号から、そのヒトの身体的な疲労度を客観的に評価する手法について研究をしてきている。今までの研究成果として、ヒトの発話から得られる音声波形をカオス理論的に解析した結果、カオス理論で算出されるリアプノフ指数(時系列信号から変換されるアトラクタの図形の広がり具合を示す指数:図参照)は、身体的ストレス時と安静時では、身体的ストレス時に低下する(アトラクタの広がり方が小さい)傾向にあることが明らかにされてきた<sup>6)</sup>。このように音声解析により疲労を簡便にかつ客観的に評価できる可能性が十分にあり、介護者のみならず一般労働者、スポーツ領域など多方面での疲労評価に応用が期待される。

## 2. 研究の目的

今回、発話音声の時系列信号を用いて、非侵襲的で簡便、かつ客観的な疲労程度の評価ツールの再現性・信頼性を再検討し、家族介護者の疲労評価に応用できるか否かをフィールド調査を行い、介護者の疲労予防の一端を担う評価ツールの作成できるか否かを検証することを目的とした。

## 3. 研究の方法

カオス理論を用いた音声解析システムによる疲労評価ツールの妥当性・信頼性を検証し、日内変化を検討しながら夜間労働者(医療施設看護・介護職)、及び在宅介護者の対する疲労評価を段階的に行った。

PCMレコーダに記録した発話音声は、\*.wavファイルとして信号処理用のコンピューターに転送し、塩見らにより開発された信号処理ソフトウェア<sup>5)</sup>により処理した。この信号処理により算出される時間局所的なリアプノフ指数は、厳

密にはリアプノフ指数とは異なるものであるが、その算出過程では、リアプノフ指数の算出を目的とする信号処理アルゴリズムが形式的に繰り返し使用されており、その適用においてはリアプノフ指数算出の場合と同様に、埋込み次元や埋込み遅延・発展時間、等々のパラメータが設定される。

今回の信号処理におけるパラメータは、埋込み次元は4、埋込み遅延時間及び発展遅延時間は共に約1msec(44.1kHz サンプリング・クロックの44倍)、近傍点集合サイズ6、塩見によるアルゴリズムにおいては近傍点の発生時間間隔に制限が設けられており(周期性条件)、その設定は4~12msecである。

なお、塩見らは、時間局所的なリアプノフ指数の算出において、数値計算の高速化等を目的としたスケーリングを行っているため、一般的なリアプノフ指数の計算における場合に比較して、算出される指数値は3桁程度大きなものとなっている。その結果、時間局所的なリアプノフ指数は、通常の発話音声に対して300~1000程度の値を取るものとなっている。本論文においても、1以下の小数値を使用するよりも上記スケーリングによる方が実用的と考え、塩見らの値をそのまま使用した。

#### 4. 研究成果

(1)平成20年度においては、音声評価ツールの再現性と妥当性について検討した。

対象者は男性8名(21.9±2.9)とし、本研究の趣旨に同意し健康上問題なく定期的に内服を行っていないものとした。なお、本研究は山形県立保健医療大学倫理委員会の承認を得て行われた。

方法は、被験者に、2日間(1日目朝昼夕、2日目朝昼夕)にわたり計6回(再テスト法)を行った。再テスト法の疲労評価として、

Visual Analogue Scale(以下、VAS)を測定した。VASは自覚的評価法で、長さ10cmの直線上の左端を「まったく疲れていない」~右端の「すごく疲れている」とした場合の疲労の状態をチェックするものである。唾液アミラーゼ量(以下、Am)は、唾液アミラーゼモニター(ニプロ)と唾液摂取用チップを用いて唾液を採取しアミラーゼ量を測定しストレス評価を行った。フリッカー値(以下、CFF)は、フリッカーテスター(FlickerTester,竹井機器)を用いて、光のちらつき具合を測定し、疲労度を測定した。自律神経評価として、加速度指脈測定システム(Pulse Analyzer Plus TAS9,YKC)を用いて3分間の安静座位にて、指先の脈から副交感指標である高周波成分HF(0.15~0.4Hz)と、交感神経指標であるLF/HF ratioを測定した。また、音声解析に用いる音声録音を行うに当たって、あらかじめ指定した短文の朗読を行わせた。発話(朗読)音声は、椅子座位にてヘッドセット・マイクロフォン(AKG420,AKG,Vienna,Austria)を用い、ソリッドステートPCMレコーダ(PMD670,marantz)により、非圧縮でサンプリング周波数44.1kHz、ダイナミックレンジ16bits/sampleで記録し、測定に不備があったものを除く合計44サンプルから解析を行った。発話音声については音声カオス解析ソフト(Chaos studio,Medicalpalet)を使用し、採取したデータから数値データ(音声指数)に変換した。

その結果、VAS、Am、CFF、音声指数のそれぞれの信頼性係数0.68、0.73、0.77、0.85であり、音声指数の信頼性は高かった。また、日内変動についてはどの項目においても変動はあるものの特徴的な有意な変動は認められなかった。また、音声指数とVAS、Am、CFF、及びHF、LF/HFとの間に、有意な相

関関係は認められなかった。本実験に先立って、疲労を伴うような過度な運動及び睡眠不足等がない範囲内の条件下で日常生活を送るように指示した。そのため音声解析においては再現性は認められたものの、日常的な疲労感を検出できる精度を持ち合わせていない可能性が出てきた。病的に慢性化していない疲労は睡眠や休息において回復することから、短期間に変化し日常生活に支障をきたさないレベルの疲労の検出は何らかの評価との組み合わせが必要であると思われる。

(2)平成 21 年度においては介護職員の疲労実態を調査することであった。

対象者は施設介護男性職員 11 名(29.8±7.6 歳)とした。なお、本研究は山形県立保健医療大学倫理委員会の承認を得て行われた(承認番号 0905-01)

対象者は本研究の趣旨に同意した日勤帯と夜勤帯の両方の業務を行っている方とした。加えて、心疾患、光過敏性てんかん、測定時にない服をしていない方を対象とした。

方法は、対象者に夜勤務前後及び日勤勤務前後において①VAS、②Am、③CFF、④HF、LF/HF ratio、⑤朗読音声録音の測定を行った。朗読音声については音声カオス解析ソフトを使用し、採取したデータから数値データ(音声指数)に変換した。これらを元に音声指数と疲労パラメータとの関連性について検討した。

その結果、VAS においては、夜勤及び日勤前よりも日勤後において有意な差が認められた(paired t-test,  $p < 0.05$ )。しかしながら、Am は日内変動の影響が大きく午前中において低く、午後が高い傾向が見られた。CFF は夜勤後に夜勤前と比較し有意に低下し(paired t-test,  $p < 0.05$ )、夜勤帯の睡眠時間の影響が大きい可能性が考えられた。音声指

数は、一定の傾向が認められなく VAS、Am、CFF、及び HF、LF/HF ratio との間に、有意な相関関係は認められなかった。今回の結果より、自覚的な疲労感を感じているものの生理的指標及び音声指数による疲労状態の測定には至らなかった。

(3)平成 22 年度においては在宅において介護を行っている介護者の疲労実態を調査することであった。なお、本研究は山形県立保健医療大学倫理委員会の承認を得て行われた(承認番号 1011-2)。

対象者は A 県 B 市で在宅にて介護を行っており、本研究に同意の得られた在宅介護者 9 名(男性 2 名、女性 7 名、69.3±9.1 歳、50~82 歳)とした。介護対象者の介護度の内訳は、介護保険法の要介護レベルにおいて要介護 2 が 2 名、要介護 3 が 1 名、要介護 4 が 3 名、要介護 5 が 2 名で、認定外が 1 名であった。介護対象者の内訳は、夫 6 名、妻 2 名、母 1 名であった。介護保険等の在宅サービスを受けている方は 7 名(デイサービス 3 件、デイケア 2 件、ホームヘルパー 2 件、訪問入浴 1 件、複数回答)、サービスを受けていない方は 2 名だった。また、身近に介護を手伝ってくれる方は 5 名、いない方は 4 名であった。

方法は、対象者宅の静かな場所にて行った。測定項目は、①VAS、②CFF、③HF、LF/HF、④蓄積的疲労調査票(以下、CFSI)、⑤読音声録音を調査・測定を行った。CFSI は蓄積的疲労徴候インデックス(労働科学研究所監修)であり、81 項目からなる疲労に関する質問項目を○×にて回答する質問形式のアンケートである。これらを元に音声指数と疲労パラメータとの関連性について検討した。

その結果、VAS においては、CFSI のイライラ感、うつ感と高い相関が得られ、主観的

疲労感は一定の信頼性のある結果であった。しかしながら、音声指数は、一定の傾向が認められなく VAS や疲労のパラメータである CFF、及び HF、LF/HF との間に、有意な相関関係は認められなかった。今回の測定はフィールド研究であったため、測定環境の一定しない状況下により測定が行われこと、また、自覚的には疲労感があった対象者でも運動による生じる疲労感よりも相対的には身体的疲労感は少なく、精神的疲労感のほうが大きい可能性が考えられた。本研究において測定環境の限界（環境設定の問題）と軽微な疲労の測定に限界が生じる可能性が示唆された。

#### (4) 総括

本研究において、在宅介護者の音声をカオス論的に解析することで客観的に疲労を評価できるツールに関する研究を試みた。音声のカオス解析を用いた先行研究において長時間の運動負荷を与え、身体的も疲労状態にあり、かつ自覚的にも疲労を感じている、いわゆる疲労感のある状態での音声解析を行った結果、良好な結果が得られていた。しかしながら、脳が感じる疲労感と身体的な疲労との間のギャップが生じることが言われている。また、疲労感は過度な疲労を起こさないように抑制していることも考えられる。そのため、本研究に対象とした施設での介護労働者の疲労調査による評価では、業務として行っていることから適度な休息(疲労の回復)を適時行っている可能性もある。また、在宅での介護者については、日常的に介護を行っているものの他のサービスと併用していることで適度な状態(疲労の抑制)を保っており、疲労感と身体的疲労とのギャップが生じていることも考えられる。加えて、カオス解析におけるソフトの解析精度の問題および、音

声録音環境の問題もフィールド研究においては今後検討が必要な課題であることが示唆された。

#### (5) 文献

- 1)横山美江：在宅要介護老人の介護者における疲労感の計量研究，看護研究,1993,Vol.26,No.5,31-38.
- 2)鬼頭信子,他：在宅介護老人の介護者の蓄積的疲労度と食生活習慣の関連,名古屋女子大学紀要,2002,48,51-61.
- 3)山田紀代美,他：要介護高齢者の介護者のライフスタイルと疲労感に関する研究—介護時間による分析—,日本看護科学学会誌,1997,Vol.17,No.4,11-19.
- 4)南谷晴之,他：ストレス・疲労に伴う心拍変動—ニューラルネットによる自律神経活動の評価—,信学技報,1993.3,115-122.
- 5)塩見格一：発話音声から考える脳機能モデル. 感性工学研究論文集, 2004,4 (1), 3-12.
- 6)千葉登, 他：発話音声を用いた身体運動時の疲労評価の可能性 —カオス理論から—,体力科学,2004,833.

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

千葉 登 (CHIBA NOBORU)

山形県立保健医療大学・保健医療学部・助教

研究者番号：30347926

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし