

原 著

## 勤労者における血流カオスの継続測定

—不健康は複雑系科学で検知できる—

馬庭 芳朗

倉敷リバーサイド病院 健康管理センター

小池 弘人

東京女子医科大学 自然医療クリニック

五百旗頭 正

複雑系応用技術研究所

浦瀬 新也, 徳高 平蔵

鳥取大学 電気電子工学科

---

血流のカオスから勤労者の健康状態の評価を試みた。世界でも例をみない初めての試みである。透過型光センサを用いて指尖の容積脈波を検知し、PC内のソフトウェアにより加速度脈波の演算とカオス解析を行うシステムを用いた。家電メーカー勤務の44歳男性に対し2年間、42歳看護師に対し7か月間、脈波とカオスを継続測定し、自己健康度評価や更年期障害指数との相関を検証した。結果、脈波カオスは就業疲労や疾病の罹患状態、更年期障害とも極めて強い相関を示した。指尖脈波は簡易に非侵襲的に、しかも短時間で測定できる。生体を複雑系としてとらえ、その血流ダイナミクスをカオス解析することで、これまで客観的に評価し得なかった健康と不健康の状態を解明し、日々の健康管理に応用できることを示した。

キーワード：カオス, 健康, 脈波, 加速度脈波

---

## Continuation Measurement of the Blood-Flow Chaos in Workers

—Non-Health Can Be Detected by Complexity System Science—

Yoshio MANIWA

Health Administration Center, Kurashiki Riverside Hospital

Hiroto KOIKE

Tokyo Women's Medical College Attachment Aoyama Woman Natural Laboratory

Tadashi IOKIBE

Research Institute of Application Technologies for Chaos and Complex Systems  
Co., Ltd.

Shinya URASE and Heizo TOKUTAKA

Department of Electrical and Electronic Engineering, Tottori University

---

Evaluation of a worker's health condition was tried from the chaos of a pulse wave. It is the first trial in the world. To detect plethysmogram, the acceleration pulse wave and chaos analysis with the use of a penetrated type light sensor in PC software were

performed. 44-year-old man is consumer electronics worker to whom for two years, 42-year-old nurse for seven months, the continuous measurement of plethysmogram and chaos were underwent. Moreover, fitness evaluation and the correlation on characteristics of menopausal disorder were validated. Accordingly, chaos of acceleration of plethysmogram indicated the strong correlation between employment fatigue, status of disease and menopausal disorder. We herein report the classification assessment of health status so far by applying nonlinear chaotic analysis to acceleration plethysmogram as time series data.

Key words : chaos, health, pulse wave, acceleration plethysmography

## I. はじめに

現代医療は疾病の有無の診断は可能であるが、不健康を客観的に評価することはできない。また、近未来の課題として、生活習慣病に起因した血流異常をどう定量化するかが問題であるが、現在の健康診断では動脈硬化の危険因子を抽出しているにすぎない。

一見、高度先進医療はどのような体の異常をも検知し治療できると誤解されがちである。近代科学や現代（西洋）医学は要素還元論、すなわち、生体を要素・要素に分解した診断学に基づいており、疾病ではないが不健康感に悩む多くの人達のニーズまではいまだ満たされていないのである。この問題は予防医学の発展にも大きく関与する。これらを解決する手段として、narrative based medicine (NBM) などの理論や生体情報を全体の動的ダイナミズムの中で解析する新しい手法が期待されている<sup>1)~3)</sup>。

ヒトの健康感あるいは生活習慣病に関連する生体情報としては血流情報が妥当と考える。我々は、カオスやself-organizing map (SOM) など複雑系の科学を用いた臨床診断学を提唱してきた。本稿では勤労者2名の協力を得て脈波の経時的変化から個人に即した健康評価の可能性を検討した。

## II. 方 法

### 1. 加速度脈波測定とカオス解析

指尖からの脈波測定は市販化された技術があり、これを2次微分した加速度脈波 (accelera-

tion plethysmogram : 以下APG) はわが国独自の技術として確立されている。我々は、APGのカオスから得られる生体情報をどのような医療現場でも簡易に利用できるために、光学式センサ、波形増幅インターフェイス、A/D変換用PCカード、PCソフトウェアからなる健康度診断システムを考案・製品化した。システム機器構成を図1に示す。

指先をセンサに挿入し、PC内で指尖容積脈波から加速度脈波の波形を生成し、血管年齢算出をはじめとして、APGファイルのカオス解析により波形の複雑性を判断する。このカオス統計量としては、軌道平行測度 (trajectory parallel measure method : 以下TPM) とリカレンスプロット法 (recurrence plot draw white rate : 以下Rp-Dw) を採用した。TPMはAPGから得られたカオスアトラクタの近接軌道の平行度を示し、時系列変化波形 (本研究の場合脈波波形) における決定論的カオス (本研究の場合



図1 機器構成

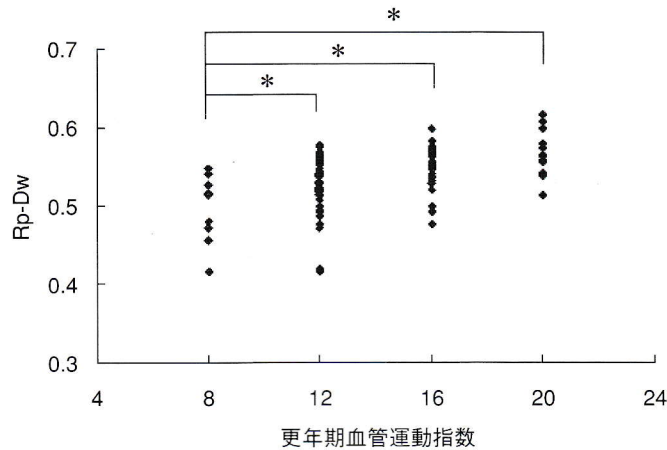


図6 クーパーマン更年期血管運動障害指数とRp-Dw  
n=88, \*p<0.01, Mann-Whitney検定

はこの影響が優位となって脈波の生成法則は単純化し、したがって、そのカオスを示すTPM値も低下する。この会社員はなかなか軽快しないまま、長期間勤務を継続していた。

次に症例2のクーパーマン更年期障害指数中の血管運動症状と脈波の非定常性を示すRp-Dw値の変化を示す(図6)。重症度とRp-Dwも相関を示した。

#### IV. 考察・結論

カオスとは、一般的には乱雑な混沌状態として認知されている。しかし、自然科学の分野ではこれとは異なるとらえ方をする。一見複雑そうにみえる現象も一定の法則(決定論)に制御されている場合、この決定論的カオスを評価することで複雑な現象の根本を解明しようという科学である。例えば脈波も心機能や血管抵抗、自律神経系の制御など複雑な条件で生成される生体情報である。全く確率的に脈波が生成される訳ではなく、複雑ではあるが測定時の生体の状態に規定されている。この脈波が生成される身体全体の法則(健康状態)を客観的に評価するためカオス理論を応用した。

このカオスの統計量としてTPMとRp-Dwがある。TPMは血流カオスの局所的な複雑性を示す。医学的な情報に相関させると、脈波生成法則の微細なゆらぎ(複雑性)を表すと解釈す

る。血流レオロジーの観点からは微細な乱流状態があればTPMも上昇すると考察できる。逆に薬剤投与や炎症疾患など血流が人工的に、あるいは交感神経優位で単純化するとTPMは異常低値を示すことが観察されている<sup>6) 7)</sup>。

今回の2症例での長期間の観察でも、疲労・不健康感とともにTPMが上昇することは頻繁に観察され、就業疲労を表す出勤時と退社時との比較でも統計学的に有意差を認めた。この状態のストレス分類では疲弊型ストレス(血流が自律神経制御を少し逸脱した乱雑状態)であると考察する。逆にTPMの異常低値(血流の異常な単純化)は外的・内的要因におけるストレス反応状態といえ、2004年1月以降の感冒時に観察された。

他方、Rp-Dwは脈波カオスの非定常性を示す。即ち、Rp-Dwが高値であるほど臨床医学上は脈波の巨視的な乱雑性の増加と解釈している。女性の更年期障害はまだまだ客観的な医学情報は存在しないが、中医学的に表現すればオ血の場合が多い。いわゆる血の停滞状態であり、あるいは気滞や気虚も並存する。この場合も血流生成法則は複雑化するので、健康度の低下とRp-Dwの上昇が相関したと考える。またTPMも同様にクーパーマン指数と相関を示した。

このように、勤労者は日々健康度の変化の中で生活している。疾病の有無を判定する近代西

洋医学ではこの健康感や不健康度を客観的に記述できなかった。しかし、血流異常が起こっていることも事実である。したがって、血流からみた健康評価は未病の分類と予防医学に多いに貢献するであろう。また、NBMの考え方に代表されるように、疾病の重症度とは別の、患者本人が感じる健康感を評価することも可能と考える。

## 文 献

- 1) 仁田新一, 山家智之: 医用生体工学. 日本医事新報 4010: 45~49, 2001.
- 2) 鈴木三夫: 最近の科学認知方法による臨床医学研究. 医療 50: 473~479, 1996.
- 3) Malterud K, Hollnagel H: Positive self-assessed general health in patients with medical problems. A qualitative study from general practice. Scand J Prim Health Care 22: 11~15, 2004.
- 4) 馬庭芳朗, 天田実志, 内田一郎ほか: 医療におけるカオスと複雑系. 日本知能情報ファジイ学会誌 15: 635~642, 2003.
- 5) 馬庭芳朗, 五百旗頭 正, 山本 基ほか: 加速度脈波カオス自動解析システムの開発. 医学のあゆみ 200: 913~914, 2002.
- 6) Iokibe T, Kurihara M, Maniwa Y, et al: Chaos-based quantitative health evaluation and disease state estimation by acceleration plethysmogram. 日本知能情報ファジイ学会誌 15: 565~576, 2003.
- 7) Maniwa Y, Tokutaka H, Fujimura K, et al: Use of chaos and self-organizing maps for acceleration plethysmogram information. 日本知能情報ファジイ学会誌 16: 253~261, 2004.