

学内グラント 報告書

平成20-21年度 学内グラント終了後報告書

メタボリックシンドローム診断のための腹囲測定法の標準化
—光3D計測装置の開発—

研究代表者 秦 朝子(保健医療学部 看護学科)

研究分担者 林 静子¹⁾, 吉澤 徹²⁾, 若山 俊隆²⁾, 奥村 高広²⁾,
富田 幸江¹⁾, 天野 雅美¹⁾, 辻 美隆¹⁾

1. はじめに

近年, 糖尿病, 脳卒中, 心筋梗塞などに代表される生活習慣病患者は年々増加し, 国民医療費のおよそ30%を占めている. この生活習慣病を起因とする死亡者数は全体の約1/3にのぼる. これらの生活習慣病は内臓に脂肪が蓄積した肥満が原因と考えられている. 内臓脂肪蓄積により, 様々な病気が引き起こされた状態をメタボリックシンドローム(内臓脂肪症候群)と呼び, 注目されている. このような状況を受けて, 国のメタボリックシンドローム対策の柱として企業の健康保険組合や国民健康保険を運営する市区町村などに腹囲測定を採用が義務づけられ, 平成20年4月より特定健康診査を開始した.

現在, メタボリックシンドロームは, 腹囲周が男性85 cm以上, 女性90 cm以上(内臓脂肪面積100 cm²以上に相当)と, 血清脂質異常, 血圧, 血糖値から診断されているが特に腹囲周に関しては大きな議論が行われている. 一般に腹囲周の評価法は巻尺である. より高度な評価法であるX線CTやMRIは医学的には望ましいとされているが, X線CTの場合, 妊婦は胎児への影響が否定できない. また, 放射線被曝による危険性も指摘されている. 一方, MRIの場合, 心臓ペースメーカーを使用していると, ペースメーカーが誤作動を起こす可能性があることも指摘されている. これらの手法は測定時間も長く, 医療費も高額になるのに加え, 機器の有資格者しか扱うことはできない. このような点から多くの病院, 施設で用いられているのが巻尺測定法である.

巻尺は原則的に肌に直接触れて測定しなければならない. 肥満の自覚がある患者は, 肥満に対する羞恥心

や嫌悪感により測定者に『腹部を見られたくない』『触られたくない』などの理由で腹囲の実測を拒否することも多い. さらに, 健康診断などでは数人の看護師が複数の患者の腹囲を測定するため, 巻尺を用いた計測法では人為的誤差が生じてしまうなど解決すべき大きな課題が残っている. このような背景から非侵襲で人体形状測定できる光三次元形状計測が期待されている. 現在までに提案されている人体形状の光測定法は有効な方法であるが, 装置自体が高額であったり, 測定時の身体動揺から誤差を要することが課題とされている. このような課題を克服し, 日々の体形変化をデジタル化すれば, 通院の際に医師へのフィードバックが可能となる. これによって医師の診断と治療をアシストすることが期待できる. このような研究動機から本研究では高速かつ安価に人体形状測定できる測定装置の開発を目的としている.

2. シルエット法による人体形状測定の原理

図1にシルエット法による人体形状測定の光学系を示す. 比較的安価なCCDカメラを複数台配置した光学系である. ここでは計測精度をある程度保つために5台のCCDカメラを適用している. CCDカメラにはLEDが取り付けられており, 腹部を5方向から照明することができる.

測定対象となるヒトの腹部を座標系の中心Oとし, その位置から一定距離 l だけ離れた位置にレンズ, さらに f だけ離れた点にCCDを設置する. 基本的な三角測量の原理から, 中心Oから図2に示した測定したい点A'までの長さ λ_R は

$$r_R = \frac{l}{f} \lambda_R \quad (1)$$

と表すことができる. ここで, l は点Oからレンズまで

1) 保健医療学部 看護学科

2) 保健医療学部 医用生体工学科

の基線長を表し, f はレンズから CCD までの長さを示している. また, λ_R は CCD に結像された位置を示している.

腹部の背景を図 2 に示すように暗くすることによって, CCD カメラではコントラストのはっきりした画像が撮像される. コントラストの微分値が最大のところを画像の中心軸から外側へ検索する画像処理を施すことで, 点 A' を求める. 式 (1) を適用することで実寸 r_R を測定できる. 一方で, y 軸に対称を測定することで, 図 2 に示されるような点 B' の距離 r_L も同時に測定できる. この作業をレンズと CCD を角度 θ だけずらしながら測定し, 上記と同様に計算する. つまり, 角度毎に 2 点の座標を測定できることになる.

角度 $\theta = n\theta$ における腹部断面の半径を $r(n\theta)$ とすると, 座標 (x_n, y_n) は,

$$x_n = r(n\theta) \cos n\theta \quad (2)$$

$$y_n = r(n\theta) \sin n\theta \quad (3)$$

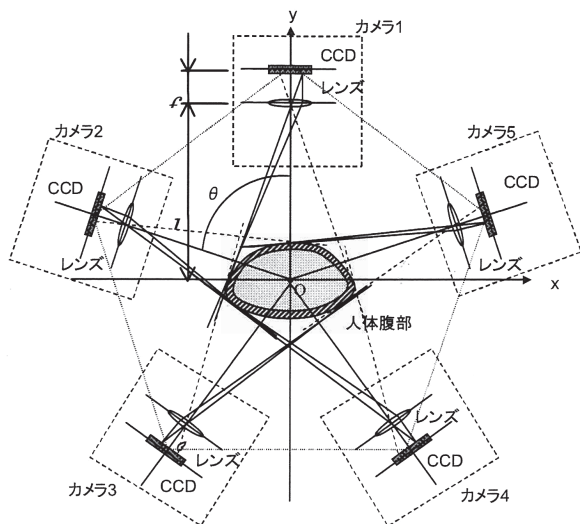


図 1. 人体形状測定の光学系.

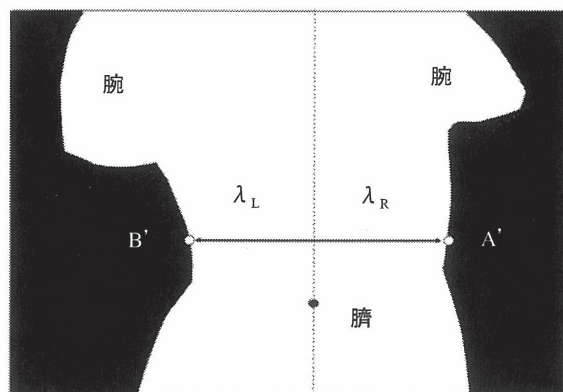


図 2. CCD カメラによって得られるシルエット像.

と表すことができる. 5 台のカメラを用いれば, 腹部の 1 断面で 10 点のデータを得ることができる. これらを積分することで周囲長, 断面積が得られる. y 軸方向にデータを取得すれば, 腹部の容積と形状さえも大まかに求めることができる.

3. 実験結果

基礎実験として, あらかじめ形状の分かっている円筒で本測定装置を評価した. 巻尺で 70.4 cm であったのに対して, 本測定装置では 69.5 cm とよく一致したデータが得られた. このような基礎実験を基に人体の腹囲周測定を行った. 図 3 に 5 台のカメラで撮像されたシルエット像を, 図 4 に腹囲周の時系列測定の結果を示す. ここでは, 被験者には T シャツを着用してもらい撮像している. そのため, 腹囲周は 89.8 cm と巻尺の結果である 83.0 cm よりも大きい値になっている. しかしながら, 図 3 (e) に示すように腹囲の断面形状はほぼ綺麗な楕円となっている. 実際に測定台に上がった瞬間は図 4 に示すように体の動揺から測定値はふら付いているが, 静止することによって測定値は収束している. さらに, 測定台から降りるときは再び体の動揺から測定値は大きく変化している. さらに詳しく見てみると安定しているところでもわずかに数値が変化していることから呼吸に伴う腹囲周の変化も測定できていると考えられる. このような結果から本測定装置の有効性を確認した. 実際に, 着衣を脱いだ状態で 1 日の腹囲周の変化を観察した結果を図 5 に示す.

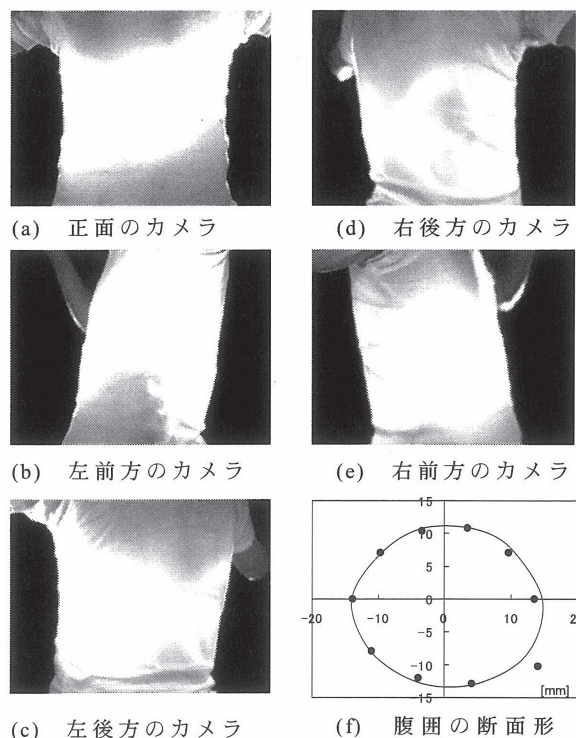


図 3. 5 台のカメラで撮像されたシルエット像.

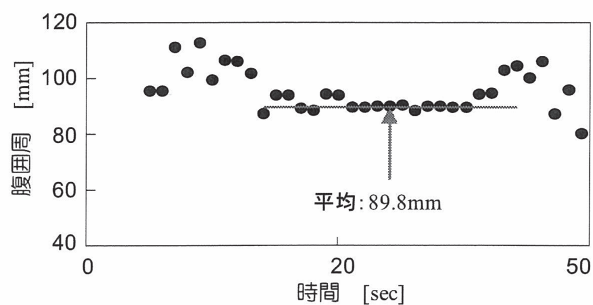


図4. 腹囲周の時系列測定.

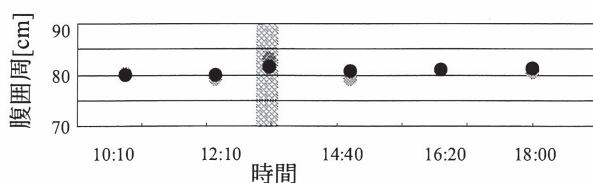


図5. 腹囲周の時系列測定.

淡色のプロットは巻尺の結果であり，黒色のプロットは本測定装置による結果である．わずかに差はあるものの良く一致した結果が得られている．このときの結

果は着衣を着ていない状態であるので，図3, 4の結果とは異なり正しい腹囲周がきちんと得られている．

4. まとめ

シルエット法を用いた人体形状測定装置を開発し，基礎実験から有効な結果が得られた．精度等の問題点を解決できれば，臨床応用も十分期待できると考える．

謝辞

坂本祐希さん（現 埼玉医科大学病院 国際医療センター MEサービス部）には平成22年度・医用生体工学科・卒業研究を通じて，装置開発からデータ取得の全てにおいてご尽力いただきましたので，ここに深く感謝申し上げます．また，ご助言いただきました埼玉医科大学医用生体工学科の石井郁夫先生に感謝申し上げます．

研究成果リスト

坂本祐希，若山俊隆，秦朝子，林静子，吉澤徹．シルエット法による人体形状測定；メディカル・コメディカルにおける人体形状測定の要求とその対策．2011年度精密工学会春季大会学術講演会論文集 2011;1051-2.