

人体形状計測における揺動誤差の軽減

香川敏昌*, 三好英円*, 大恵俊一郎**, 足立和俊**

抄 録

光切断法を応用した人体の形状計測では、スリット光のスキュンに時間がかかるため、身体の揺動が計測精度に悪影響を与える。そこで、計測中に上半身を仮固定することによって、揺動を大幅に軽減できることを実証した。また、上下2本の水平スリット光で2カ所の断面形状を同時に計測しながらスキュンすることで、揺動によって生じた水平方向の位置ずれを自動補正した。

1 はじめに

光切断法は、比較的シンプルなシステムで正確に形状を計測することができ、様々な分野で応用されている。しかし、対象物が人体の場合は計測範囲が広く、スリット光源を移動させたり、照射角度を変えながら計測するため、時間がかかる。被験者が計測装置の中で数10秒間静止することは困難であり、身体の揺動が原因で必ず計測誤差が発生する。現在開発中のリンパ浮腫患者用の下肢形状計測システムでは、立った姿勢で60秒間計測するため、かなりの揺動が予想される。そこで、手摺りと背もたれを利用して上半身を仮固定することにより、下肢の揺動を大幅に軽減できることを実験で確認した。また、水平スリット光で計測した全ての断面の位置ずれを自動補正し、揺動の影響を軽減する手法を検討した。上下二段の水平スリット光によって2カ所の断面形状を同時に計測し、これら2つの断面の相対位置が常に一定であることを利用して全断面の相対位置を補正した。

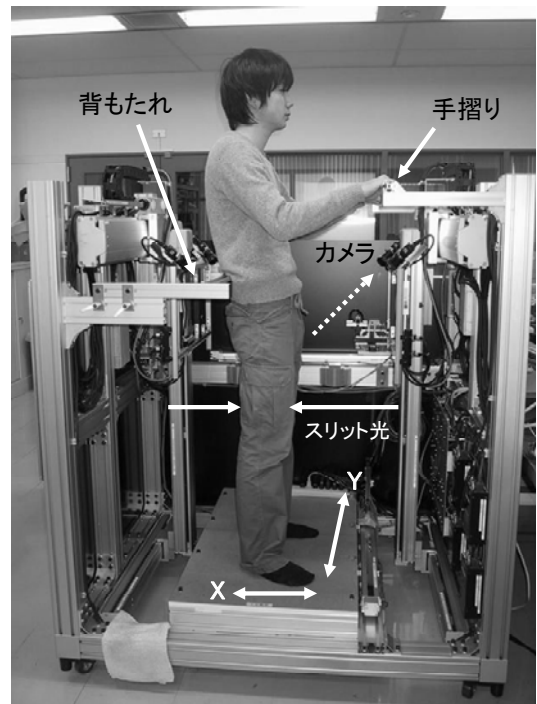


図1 揺動の計測方法

2 実験方法と結果

2・1 上半身の仮固定による揺動の軽減

リンパ浮腫患者用の形状計測装置は、計測範囲が腰から下であるため、上半身を仮固定することができる。そこで、手摺りと背もたれを利用して揺動の軽減効果を調べた。図1に示すように、最も揺動が激しいと思われる膝に対して4方向から水平スリット光を照射し、0.2秒間隔で60秒間断面形状を計測した。計測は「①何も使用しない(直立)」「②手摺りを使用」「③手摺りと背もたれを使用」の3種類の条件で行った。図2に、左膝断面の前後方向(図中

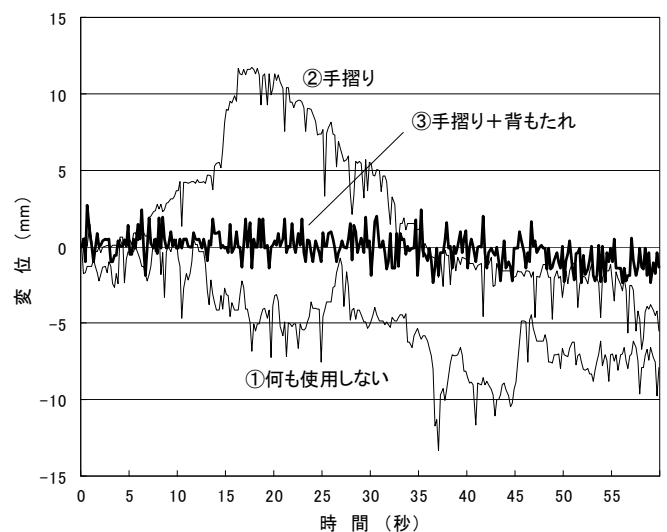


図2 揺動の計測結果 (左膝, 前後方向)

X) の変位を示す。また、図 3 に左膝断面の左右方向 (図中 Y) の変位を示す。横軸は時間(秒)、縦軸は計測開始時の断面位置を基準とした変位(mm)である。手摺りも背もたれも使用しない場合、時間と共に変位が大きくなり、前後・左右いずれも最大で 12mm 程度の変位が発生した。手摺りを使用した場合、左右の変位は 5mm 程度に軽減することができたが、前後の変位に対しては殆ど効果がなかった。手摺りと背もたれを併用すると、いずれの方向も 2.5mm 程度にまで軽減することができた。同じ方法で 4 人を計測したところ、いずれも類似の傾向が見られた。手摺りと背もたれを併用した場合、前後方向の変位については 2 名を 2.5mm、残り 2 名を 5mm 以内に軽減することができた。左右方向の変位については、3 名を 2mm 以内に軽減することができた (残り 1 名は全く効果なし)。

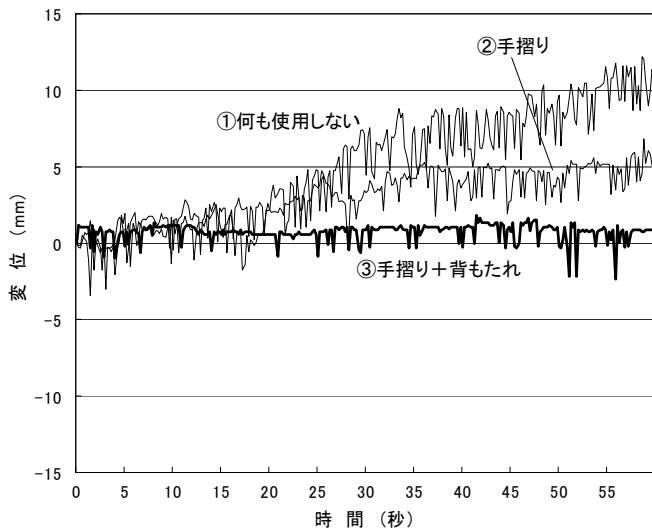


図 3 揺動の計測結果 (左膝, 左右方向)

2・2 二段スリット光による断面位置補正

上下 2 本の水平スリット光を同時に照射して光切断することで、断面の相対位置を自動補正する実験を行った。図 4 に補正の原理を示す。2 本のスリット光源を 50mm 間隔で一体化し、下方向へスキャンしながら計測した。スリット光源 1 が断面 A の位置から下へ 50mm 移動する間に、断面 B が断面 C の位置へ移動したとすると、人間は軟体動物ではないため、断面 A と B の相対位置がずれることはない。そこで、断面 C を断面 B の位置へ水平移動して重ねた。この

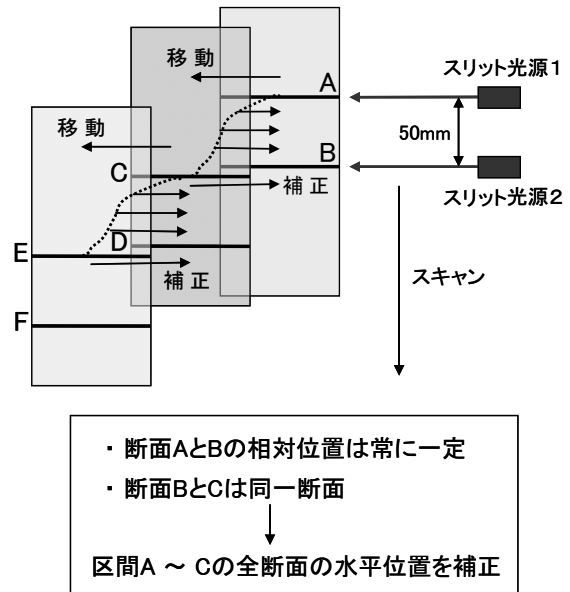


図 4 断面位置補正の原理

時、スリット光源 1 で計測した区間 A~C 内の各断面を、断面 C の補正距離と断面 C からの垂直距離を基に補正した。次に、スリット光源 1 が断面 D に達した時、同じ方法で区間 C~E の全断面を補正した。この処理を全区間に対して行い、最後に各領域が隣の領域と繋がるよう移動させた。

以上の原理に基づいて断面位置の補正実験を行った。但し、補正の効果が容易に確認できるように、人体ではなく塩ビパイプを試料として行った。図 5 に実験の方法を示す。直径 89mm の塩ビパイプを電動

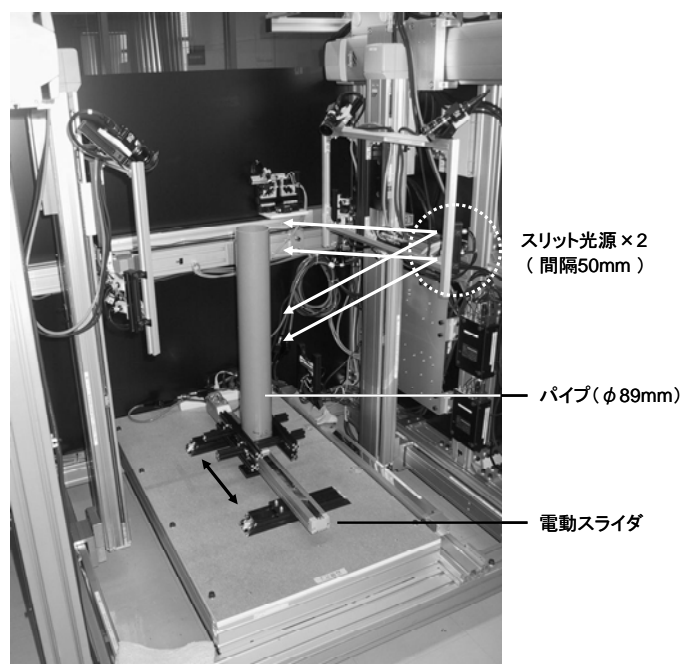


図 5 断面位置補正実験の方法

スライダに固定し、往復運動させながら形状を計測した。まず、試料を動かさない状態で計測し、図 6 に示す計測データ（点群）が得られた。次に、電動スライダで往復運動させながら計測した結果を図 7 に示す。(a)は振幅 20mm、(b)は振幅 40mm で動かしながら計測したデータを真横から見た図である。いずれも左側が従来の方法（水平スリット光 1 本）で計測した結果で、右側が二段スリット光で計測して補正した結果である。(a)と(b)両方とも、往復運動の折り返し付近で若干の乱れが生じたが、揺動による計測誤差が大幅に軽減された。

3 考 察

3・1 上半身の仮固定による揺動の軽減

実験の結果、手摺りだけでは前後の揺れを軽減できないが、背もたれと併用することで前後左右の揺れを大きく軽減できることが分かった。実験に使用した背もたれは、アルミパイプにクッション材を巻き付けた簡単なものである。背中に接触する部分を、椅子の背もたれやヘッドレストのように軽く左右から包み込む形状にすれば、さらに揺れを軽減できると考えられる。また、人によって身長や体型が異なるため、高さや水平位置を調整するための機構が必要である。

3・2 二段スリット光による断面位置補正

実験では試料を規則的に移動させたため、良好な結果を得ることができた。しかし、人体の場合は不規則に動くため、補正精度が悪化する可能性が高い。同一区間内での移動速度と方向が一定と仮定して補正しているため、頻繁に移動速度や方向が変化すると、補正精度が悪化する。この問題を解決するため、上下 2 本のスリット光の間隔をもっと狭くし（10～20mm）、同一区間内での速度と方向の変化を少なくする必要がある。また、平行移動のみで断面位置を補正しているが、立った姿勢では足裏に全体重がかかって床面に固定されるため、足首を軸とした回転運動が加わる。そこで、各断面の形状を基に、回転による補正も加える必要がある。

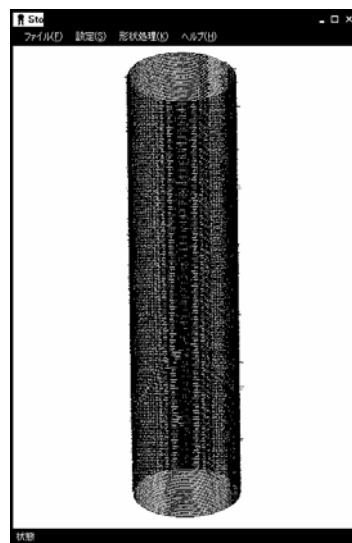
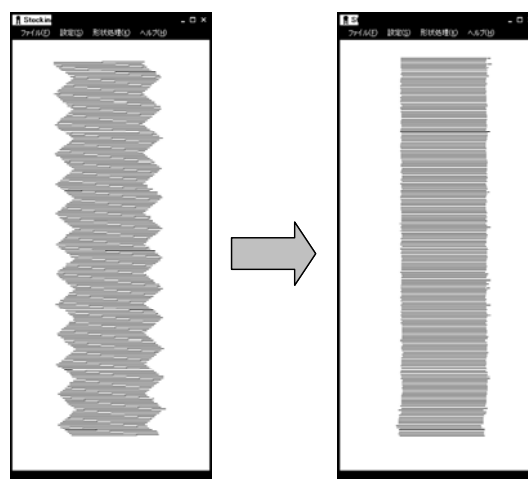
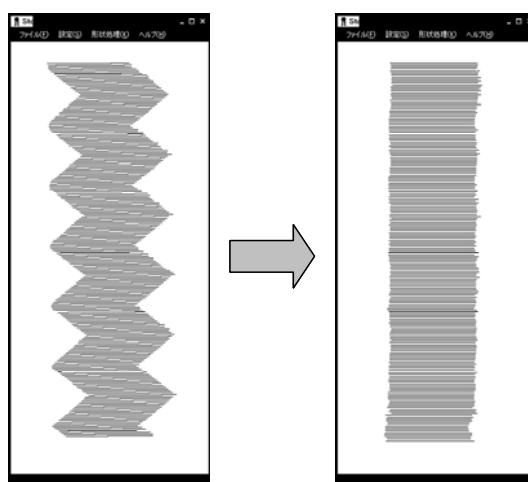


図 6 試料（塩ビパイプ）の形状



(a) 振幅 20mm



(b) 振幅 40mm

図 7 断面位置補正実験の結果