3次元ボディスキャナから得た計測データの精度検証<1>

- 姿勢と計測点決定に依存する誤差の影響 -

○河内まき子・持丸正明（産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター）

Quality Control of Scan-derived Measurements <1>

-Effects of posture and errors in landmarking-

Makiko Kouchi, Masaaki Mochimaru (Digital Human Research Center, AIST)

1. はじめに

近年非接触式の3次元人体形状計測装置（以下ボディスキャナ）が人体寸法計測にも用いられることが多くなったが、両者の間には系統的な差があることが多い。このためスキャナによる計測値を用いて人体寸法データベースを作る際には、ボディスキャナによる寸法が伝統的な方法による寸法と同等であることを確認するよう定めた国際規格が制定された¹⁾。両者の間に系統的な差が生じる原因は不明であるが、これを明らかにすることは、ボディスキャナの精度の向上にも有用だと思われる。人体寸法計測における誤差に影響を与える要因として、(1)計測者の熟練度、(2)計測姿勢、(3)計測システムの性能、(4)操作者の熟練度、(5)被験者の身体動揺が考えられる。本研究では、このうち(1)計測点の決定の再現性と(2)姿勢の影響を定量的に評価した。

多数の項目を同時に計測する場合は、計測点の位置にマークをつけることが多い。計測点決定の再現性は、計測者がつけたマークを利用するならばボディスキャナによる寸法計測精度にも影響を及ぼす。伝統的な方法における被験者の基本姿勢は正立位（両足をそろえ、上肢は自然に下垂）であるが、ボディスキャナによる計測ではかくれ部位を低減するために上肢と下肢を外転することが多い。姿勢が違えば定義上は異なる項目であるが、これを考慮せずに比較することもある。

2. 方法

1) 計測点位置の再現性

ある被験者の計測点位置を同じ計測者に2回決定させ、2回のマーク間の位置の違いを評価する。2回目のマーク付けのときに1回目のマークが見えないようにするため、1回目のマークはブラックライトの下で発光するインクを使ったマーカペンを使い、ブラックライト下でマークをつけた。2回目は通常光下で、アイライナーでマークをつけた。2回のマークの位置の違いを2点間

の表面距離を巻尺で0.5mmまで読み取った。この平均値と標準偏差で計測点決定の再現性を定量化した。

3名の熟練計測者（2名はSize-JPN 2004-06の計測者）が10名の被験者（男女各5）に対し43の計測点の位置にマークをつけた。なお、点としての位置ではなく床面からの高さだけを問題にする場合は、垂直方向の距離を測った。

2) 上・下肢外転の効果

ある被験者につき、同じマーク位置を使い、正立位および上肢または下肢の外転の程度だけが正立位とは異なる複数の姿勢で人体寸法を測り、正立位での寸法と比較することにより姿勢による寸法の違いを調べた。1名の熟練計測者が40名の被験者（男女各20）について、正立位と上肢の外転程度が異なる3姿勢（20度外転、腸骨稜と腕の距離が20cm、25cm）で17項目、正立位と下肢の外転程度が異なる3姿勢（平行にした足軸間距離が15cm、25cm、35cm）の7姿勢で23項目の寸法を、伝統的な方法で計測した（表1）。左右のある項目は右を計測した。異なる姿勢での寸法が同等とみなせるかどうかをISO 20685に準じて調べた。すなわち、正立位での寸法を真値とし、誤差（＝各姿勢条件下での寸法－正立位での寸法）の95%信頼範囲が±最大許容誤差の範囲にはいるとき、両者は同等と判断した。最大許容誤差は、節長と体幹厚径で5mm、高径、小さな周長、体幹幅径で4mm、大きな周長で9mm、髪をふくまない頭部寸法と手の寸法で1mm、髪をふくむ頭部寸法と足の寸法で2mmである。

3. 結果と考察

1) 計測点位置の再現性（計測者内誤差）

2回のマーク間の距離平均値と標準偏差には高い相関があり（計測者により0.89～0.93）、一意に決定しにくい計測点は平均誤差が大きいことがわかる。図1に距離平均値を示す。計測点位置の平均誤差が最大許容量よりも大きい計測点

もある。計測者のうち2名が40名の被験者について同じ項目を2回ずつ計測したときの、マークつけの誤差もふくめた寸法の計測者内誤差をMAD (Mean absolute difference) として定量化したとき、これらの寸法に関連する計測点の平均誤差と寸法のMADの相関係数は0.523で、あまり高くない。すなわち、寸法項目によっては計測点位置の再現性が悪いほど寸法の再現性は悪くない。これは、たとえば肩峰点が前後にずれても高さや幅には影響が出にくいなど、計測点位置のずれ方向によっては寸法に影響を与えにくいためであろう。

図1. 計測点決定の平均誤差 (mm)

2) 姿勢の影響

上・下肢の各条件下での寸法の平均誤差を図2に示す。◇は誤差の95%信頼範囲が最大許容誤差を超える項目を示す。下肢の外転は足軸間の距離が25cm程度までは腰より上方の高さに大きな影響を与えないが、足軸間距離が15cmでも殿部の幅径や周長には無視できない変化をもたらす。

上肢の外転は3条件のすべてでウエストやアンダーバストレベルでの横径と厚径に変化を及ぼさないが、肩峰点や前後の腋窩点がかかわるすべての寸法に無視できない変化がおきた。下肢の外転の程度と変化量に直線的な関係がないことから、腕を前より上げるか、後ろより上げるかによって寸法変化量が左右されると思われる。

図2. 姿勢による寸法の変化 (mm)。
◇: 誤差が最大許容誤差を超える項目。

5. まとめ

計測点位置決定の再現性は人体寸法の再現性に大きな影響を与える場合があるが、項目の種類によってはその影響は大きくない。一方、計測点を形状モデリングに使うならば、その座標値自体が重要な情報となる。計測点の再現性が低い原因のひとつは定義が3次元的な位置を決定するには不十分であることによる。利用法をふまえた定義の更新が必要と思われる。

上・下肢の外転の影響は無視することができない。下肢では殿部の幅、周長に与える影響が大きく、上肢では肩峰や前後腋窩点がかかわる寸法の変化が大きい。3次元形状にも違いがある。計測点位置、寸法、形状がセットとなったデータベースが蓄積されてゆくことを考えると、姿勢の違いは定義の違いとして区別することが望ましいであろう。

参考文献

- 1) ISO 20685: 2005 3-D scanning methodologies for internationally compatible anthropometric databases.