

# シート型圧力センサを用いた体重測定手法の改良

森川 匡<sup>1</sup> 平井 重行<sup>2</sup>

**概要：**概要：洗面台における歯磨きや洗顔などの日常生活行動について、床面でその動きを計測して人物や行動の識別を行う研究を行っている。その中で、利用しているシート型圧力センサでは足裏の圧力分布が計測でき、その情報から体重を測定する手法についても研究を行っている。手洗いや洗顔をしている中で体重も測定できる点が、健康管理やライフログのための技術として有効活用が見込まれる。ただ、個人毎の体重の計測、計算手法として確立はできておらず、精度の面でも課題があった。本稿ではそれらの課題を踏まえ、人に依存せずに精度よく体重の計算が行える手法について試みた内容を報告する。

## 1. はじめに

歯磨きや洗顔、手洗いなど、洗面台における日常生活行動はルーチンワークとして行われることが多い。我々は、それら行動に含まれる手腕の往復運動の力が床面に伝わることに着目し、床面での足裏の圧力変動を解析して、人物と生活行動の同時認識する技術の研究を行ってきた [1]-[5]。そこで利用しているセンサは圧力分布が計測でき、その合算値が体重に相当することから、歯磨きや洗顔などを行っている様子を行動認識するだけでなく、健康管理情報としても利用できる体重も同時に測定することを試みた [6]。その試みでは足裏の圧力の合算値に対して、あらかじめ求めておいた個人毎の補正係数を用いた場合に、体重の真値のおよそ  $\pm 1\text{kg}$  以内で計測できることが確認できた。ただ、個人毎の補正処理が体重の計算過程で入ることは、体重測定技術としては汎用性が低く、実用には難があると言える。また、これまではセンサの各計測点の誤差についての対処を行っていなかったため計測精度上の課題もあった。本稿では、これらを踏まえ、センサの計測誤差を配慮しつつ、人に依存しない形で体重の計算が行えるよう、足裏の圧力分布からの体重計算手法について改良を試みた内容について述べる。

## 2. シート型圧力センサについて

シート型圧力センサについて 本研究は、京都産業大学内に建設された実験住宅 Home (くすいーほーむ) [7] 内の洗面脱衣室にて行った。使用したセンサはシロク社製の 480mm 四方のシート型圧力センサを用いた。センサ素子

は 10mm 間隔で 2次元に配置されており、センサ 1 枚あたり 2304 点で圧力を計測可能である。各センサ素子は 50Hz サンプルングされる。本研究では、洗面台前での自然の環境を想定して、バスマットを模したサイズとしてのこのセンサを 2 枚横に並べて実験を行った (図 1 参照)。これにより 2 枚のセンサ面積は 480mm  $\times$  960mm、圧力計測点は計 4608 点の 1 枚の圧力センサとして測定を行っている。この 2 枚のセンサで計測した足裏の圧力分布の計測例を図 2 に示す。この図 2 のように、圧力分布が画像としてデータ取得できることから、このシート型圧力センサは圧力画像を 50fps で取得できるセンサと言える。以降、本稿においては、各計測点のことを画素 (ピクセル) として記述する。



図 1 シート型圧力センサを 2 枚並べた様子

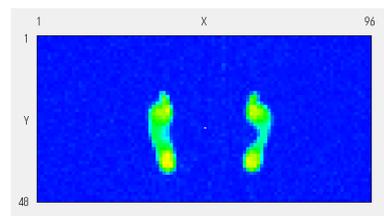


図 2 足裏の圧力分布計測例

<sup>1</sup> 京都産業大学 コンピュータ理工学部

<sup>2</sup> 京都産業大学 情報理工学部

### 3. 圧力分布の体重推定手法とその改良

#### 3.1 体重推定処理の概要

用いたシート型圧力センサには、各計測点（画素）の値を圧力値（kPa）へ変換するための換算テーブルが用意されている。この換算テーブルの値を用いて圧力値へ変換する。実際のデータには、足が乗った場所以外（図2での青い部分）にも何らかの微小な計測誤差が含まれていることが確認できている。そのため、あらかじめ各画素の誤差成分を分析し、それに基づいた誤差除去を前処理として行う。その前処理によって、より正確に圧力値の計測を行い合算値を求める。ここでの合算値は、あくまでも各画素値の合計であり、足裏の荷重が全面素にかかった結果である保証はない。そのため、ここではあらかじめ計測しておいた体重の真値と合算値との間で補正処理のための係数を求めておき、それによって補正を行う。その補正後の結果を本研究の体重計算手法での推定体重とする。これらの処理の流れを図3に示す。

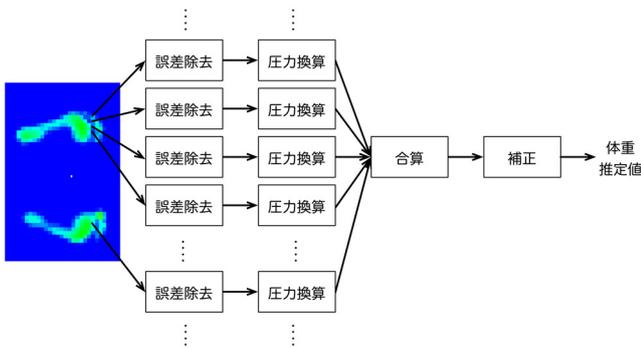


図3 センサ測定値からの体重推定処理フロー

#### 3.2 センサの計測誤差に対する前処理

本研究で利用しているセンサの各画素には、計測時に誤差成分が含まれることが確認できた。センサに何も乗っていない状態で一分間計測したデータ（各画素3000サンプル）について、その平均値と標準偏差を色画像として示したものを図4に示す。この図は計測誤差の平均値および標準偏差を表しており、画素によってまばらに誤差が含まれることがわかる。バスマット上のどの位置に乗るかで計測誤差が大きく変化することにもなり、換算、合算、補正処理後の体重推定値にも大きく影響を与えかねない。そのため、この図4左側の誤差平均値を各画素のバイアス成分を表す画像とみなし、50Hz サンプリングされる圧力画像から、このバイアス成分の画像で差分を取る。ただし、これは各画素における微小変動誤差は残留する。これについては、誤差の高周波成分として、各画素の移動平均処理（LowPassFilter 処理）として除去した。とある画素の

値の時系列変化と移動平均後（LPF 後）の様子を図5に示す。これらを合わせて圧力画像に対する誤差を除去する前処理とする。

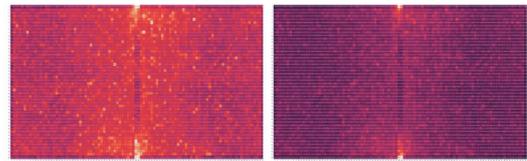


図4 左:ノイズの平均値 右:ノイズの標準偏差

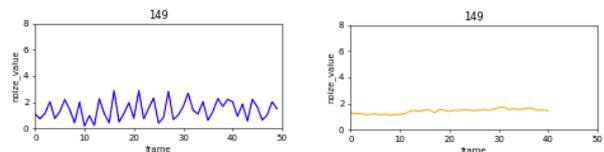


図5 センサの値と LPF 後の信号

#### 3.3 圧力値と重さへの換算と値の合算

使用したセンサには、各画素の値を圧力値（kPa）へ変換するための換算テーブルの値が用意されている。その換算テーブルを用い、今回は与えられている値の間の値を線形補間で補間した値として圧力値に換算した。センサの一面素の実面積は1平方センチメートルであり、その換算された圧力値から、重さ（kg）への換算も行った。その上で、重さの値で合算することで、足圧としてかかった画素から計算された全体の重さとなる。

#### 3.4 補正処理

センサには、計測点が10mm 間隔で2次元状に配置されているが、上に乗る足の圧力すべてが荷重として計測点で計測されるとは限らない。また、誤差除去の都合で必要以上に値が低くなり、換算後の値としても変化が出る可能性もある。そこで、それらを補正するために、先の節で求めた重さの合算値に対し、補正係数をかけて体重の真値に近い値へと補正する処理を行う。ここでは、補正処理に使う係数を、あらかじめ求めておく。ここでは、体重真値を測定した人の体重と、前節までの手法で求めた重さの合算値との間で最小二乗法を用いて回帰直線を求める。その回帰直線を元に補正処理を行うこととした。なお、次章で示す結果については、今回は20代男性8名を対象にこの補正処理の回帰直線を求めて処理した。

### 4. 体重推定手法の検証

前章で述べた、シート型圧力センサの計測値（圧力画像）から誤差除去、数値換算・合算、補正による体重推定手法について、具体的にのべ8人の体重で検証を行った。ここ

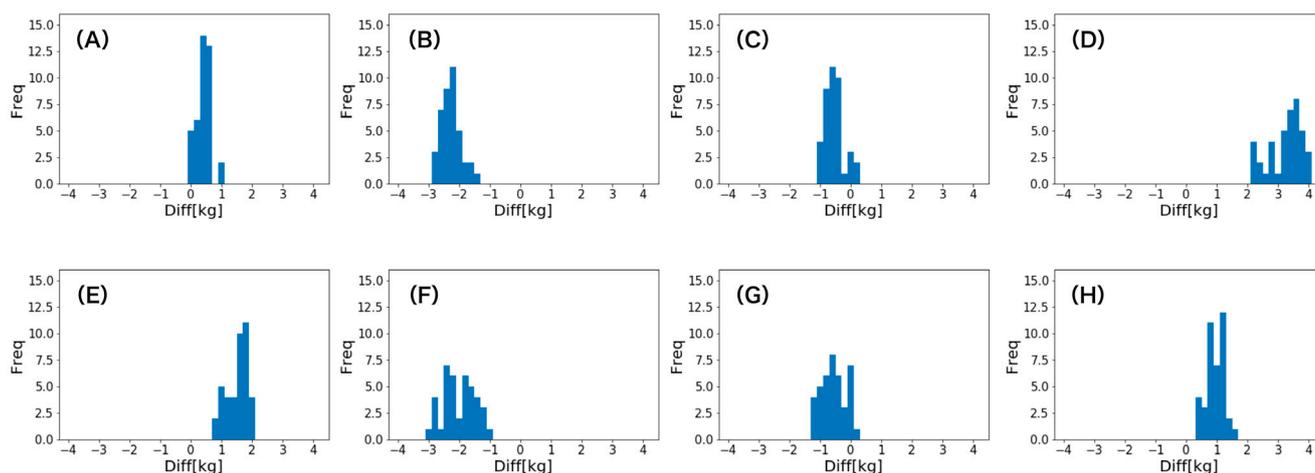


図 6 体重の推定結果と真値との差異のヒストグラム

での補正処理は、8人がそれぞれシート型圧力センサで計測した圧力画像の中から、1秒分（50フレーム）ずつ抜き出し、それぞれの画像から誤差除去、換算・合算したものと、それぞれの体重真値との間で回帰直線を求め、それで補正処理を行った。8人それぞれについて、体重真値と各人の圧力画像50枚での体重推定値との差分をヒストグラムとしてまとめたものを図6に示す。この図からは、真値から1kg以内の誤差で収まっている例もあれば、+2から+4kg程度の差が出ている人もいることがわかる。これについては、補正処理が複数の人の値による単純な回帰直線によっていることが原因の一つと考えられるほか、1秒分ずつのデータしか使っていないことも理由として考えられる。また、補正処理以前の換算時においても、換算テーブルを使った換算が線形補間を用いているため、スプライン補間で行うことなども精度向上の手段として考えられる。他にも画像全体の微小残留誤差や、足圧の境界部分の画素の影響なども考えられる。今後は、それらの改良も含めて検証を行い、より正確な推定値が得られるようにする必要がある。

## 5. おわりに

本研究は、洗顔や歯磨きなどの日常生活行動時に洗面台前に設置されてあるバスマットで圧力分布を計測し、その圧力分布から体重推定を行うことで、健康管理やライフログなどに活用することを目指している。本稿では、センサの計測値から体重の値を推定する計算手法について述べ、その検証結果についても述べた。計測誤差の除去や補正処理など個別の処理の検証までは行っていないが、先行研究で行っていた個人毎の補正処理にはよらない計算手法となった。今後は補正処理などの見直しや、微小残留誤差の除去、足圧のかかっている境界周辺への圧力値の影響の考慮など、処理手法としての改良を行って体重の推定値の精度向上を目指す。また、スリッパ利用時の計測や、シートセンサ上に実際にバスマットを置いた場合の計測などにつ

いても検証を行っていききたい。

## 参考文献

- [1] 小山貴之, 平井重行, スマート洗面化粧台へ向けた床面振動計測と行動認識の検討, 情報処理学会研究報告, 2016-HCI-166, 7, 1, 5, 2016
- [2] 小山貴之, 平井重行, 洗面台での日常生活行動の床面振動計測とその振動モニターシステム, 情報処理学会インタラクシオン2016, 162B, 36, 624, 628, 2016
- [3] 園田謙人, 小山貴之, 平井重行: 床面振動解析による洗面台前生活行動推定の試み, ヒューマンインタフェースシンポジウム2018論文集, 6C1-3 (2018)
- [4] 園田謙人, 平井重行: シート型圧力センサを用いた洗面台前生活行動識別の試み, 情報処理学会研究報告2018-HCI-180-17/2018-UBI-60-17 (2018)
- [5] 園田謙人, 平井重行, シート型圧力センサを用いた洗面台前生活行動識別の試み, 第180回ヒューマンコンピュータインタラクシオン研究会, 2018
- [6] 園田謙人, 平井重行: シート型圧力センサを用いた体重測定を試み, UbiquitousWearableWorkshop2018プロシーディングス (2018)
- [7] 平井重行, 上田博唯, 実験住宅Home (くすいーほーむ)でのユーザエクスペリエンス研究へ向けて, SI2011講演論文集30, 6, 623-634, 2011