

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 5 月 27 日現在

機関番号：13201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26671008

研究課題名(和文)トイレ便座で排泄有無と排泄量を検出するセンサ開発への挑戦

研究課題名(英文) A challenge to a sensor development for detecting the presence or absence of excretion and the amount of it in a toilet seat

研究代表者

中島 一樹 (NAKAJIMA, Kazuki)

富山大学・大学院理工学研究部(工学)・教授

研究者番号：50207776

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では設置した非接触マトリックス温度センサでトイレでの排尿量を測定する手法を提案する。マトリックス温度センサは便座下に設置した。落下中の尿からの放射熱から排泄量を評価する手法を開発した。37 °Cの水を落下させ、その放射熱を測定した。水量100, 200および300 ml を流速5, 10, 20, 30および40 ml/sで変化させて落下させた。推定した水量は流速の影響を受けなかった。

研究成果の概要(英文)：This study proposes a method to measure urine volume estimate by a non-contact matrix temperature sensor in a toilet. The matrix temperature sensor was installed under a toilet seat. An analysis method was developed to estimate volume from radiant heat of dropping urine. The radiant heat from dropping water of 37 °C was measured. Water volumes of 100, 200 and 300 ml were dropped vertically at flow rates of 5, 10, 20, 30 and 40 ml/s. Estimated water volume from the radiant heat was unaffected at various flow volumes.

研究分野：高齢者工学

キーワード：排尿量 便座 非接触測定 温度

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は H23 年度に富山県内の 154 老人介護福祉施設に勤務する 1,151 名のケアスタッフに対して介護技術提供に関する困難感調査を行い、「食事介助」に続いて「排泄介助」にも強い心理的負担感を有していることを明らかにした。要介護高齢者は便秘傾向が強いため、必要に応じて下剤を服用させる必要がある。

日常生活において排泄は摂食と共に極めて大切な項目である。摂食に関する栄養や摂食の研究は数多くあるが、排泄に関しては衛生面、羞恥心、簡便な評価装置が無いことなどから、研究が後回しになっている。排泄はヒトとしての尊厳を保つ意味でも、安易におむつ対応を行うべきでなくトイレ誘導が極めて重要である。認知症高齢者が単独でトイレで用便する場合、本人からの聞き取りだけでは排泄の有無及び排泄量を把握することは困難である。認知症高齢者の介護者は健康管理の観点から、排泄の有無及び排泄量を知りたいがっている。

この要求に対して、排泄物をセンサに接触させることで排泄の有無及び排泄量などを測定する機器が研究開発され、一部が製品として販売されている。これらはセンサが排泄物で汚れるので交換の手間や消耗品費が必要となる。これらに対して、トイレ便器を高精度体重計とする研究や、便器内の水位変化から排泄量を検出する機器も販売されている。しかし、これらはトイレの大規模工事が必要で、設置費用が高額（3 百万円程度）であり、高齢者介護施設や家庭に設置するのは容易でない。

2. 研究の目的

研究代表者は、排泄研究の視点から排泄を自動計測する簡便な機器の開発を目指している。具体的には排泄物に非接触なセンサを便座下に取り付け、排泄の有無を検出するだけでなく排泄量を計測する排泄管理システムを構築するため、本研究では便座に取り付けるセンサで排泄の有無と排泄量を検出するセンサの技術開発を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 原理

ヒトは恒温動物であるため、生体から放出される排泄物は中枢温（37℃）であると考えられる。この熱量を測定することで、排泄量を推定する。以下の基礎実験により原理を示す。

室温 27℃ において、体温程度の 37℃ の水を恒温水槽からビーカーで 200 mL 汲み、健康成人の排尿速度である流速 25 mL/s で空のポリバケツに落下させた。これをサーモカメラ（Advanced Thermo TVS-500EX, NEC/Avio）で撮影した。水の落下中の画像を図 1 に示す。熱画像（図 1 右）からは、落下している水の

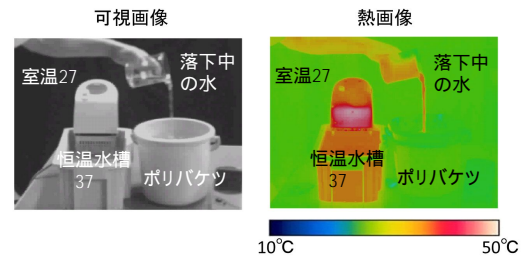


図 1 室温（27℃）で水（37℃）が落下中の可視画像と熱画像（同時撮影）

温度が室温よりも高温であることが確認できる。これより便器内の空間において温度分布を測定すれば、体内から中枢温で排泄された排泄物が便器の水溜りに落下するまでに、温度変化として検出できることが原理的に示された。

ただし、熱画像であってもビデオカメラを便器に設置することはプライバシーの観点から許されない。そこで便器内を複数の温度センサで計測し、空間の温度分布を取得する。そして温度分布及び温度分布の時間変化を計測し、排泄の有無及び排泄量を推定するセンサシステムを開発する。

(2) 測定システム

本研究では非接触マトリクス温度センサ（D6T-44L, オムロン）を用いた。このセンサは、4 行×4 列の計 16 のマトリクスを有し、視野角が x 方向に 44.2°、y 方向に 45.7° である。対象物温度検出範囲は 5～50℃ で、16 点の温度データを 250 ms 毎に送信している。

測定システムは、便座（TCF116 #NW1, TOTO）、マトリクス温度センサ、PC および独自開発の温度測定プログラムから構成される。マトリクス温度センサを便座底部に両面テープ（CMR3-60, 住友スリーエム）で取り付けた。

落下する水の流量および流速を変化させた場合の測定方法を示す。まず、水を安定して落下させるためのルートからは、内径 8 mm のシリコンチューブが伸びており、ピンチ（PV-4, AS ONE）でチューブを絞ることで流速を設定した。便座部に高さ 16.5 mm のゴム足を取りつけて生じた空間にマトリクス温度センサを取り付けた。マトリクス温度センサの正面に対して、距離 60 mm 高さ 30 mm となるようにルートを取り付けた。室温を 25 ± 1℃ に設定した。

データの取得はマトリクス温度センサから Bluetooth を介して PC へと送受信した。PC では processing 言語で独自に開発したプログラムを用いてデータを記録した。

4. 研究成果

流量 200 mL で一定として流速を変化させた場合、各流速ともセンサ前を通過する水により、一時的に温度上昇することが各チャン

ネルで確認された。また、最上段の4チャンネルよりも最下段の4チャンネルにかけて、鉛直方向に温度のピーク値が低下する傾向が得られた。流速が早くなるとピーク温度が上昇した。一方、流速を20 mL/sで一定として流量を変化させた場合、こちらも同様に各流量ともセンサ前を通過する水により、一時的に温度上昇することが各チャンネルで確認された。また同様に、最上段の4チャンネルよりも最下段の4チャンネルにかけて、鉛直方向に温度のピーク値が低下する傾向が得られた。流量が増加するとピーク温度はほぼ一定であった。

主に水が通過したチャンネル以外のチャンネルにもわずかに温度変化が見られた。そこで温度変化の総量を把握するため(1)式を用いてある時刻 t での温度変化の総和 $S(t)$ を求めた。

$$S(t) = (\text{Temp_ch}(t) - \text{Temp_ch}(0)) \quad (1)$$

$S(t)$ はある時刻 t での温度に対し水落下前の温度を基準とし、16チャンネルの総和を求めた値を示す。

流速10 mL/sに対し20、30 mL/sで得られた $S(t)$ は、水がセンサ前を通過することにより一時的に温度が上昇している時間が約20 sに対して約10 sと約7 sであり、それぞれ時間が1/2、1/3となった。また、温度のピーク値は20 mL/sと30 mL/sでほぼ等しいが、10 mL/sは低値であった。一方、水量100 mLに対し200、300 mL/sで得られた $S(t)$ は、水がセンサ前を通過することにより一時的に温度が上昇している時間が約5 sに対し約10 sと約14 sであり、それぞれ時間が約2倍、約3倍となっていた。また、 $S(t)$ のピーク値は流量によらずほぼ等しい結果が得られた。

得られた $S(t)$ の時間変化は、熱量の変化を表す。そこで $S(t)$ の時間積分値 U を求めた。ここで得られた U は、落下する水の表面の熱量を測定している。最終的に求めたい量は水の体積である。そこで U の平方根から長さの次元を得、これを3乗することで体積の次元へと(2)式で変換した。

$$P = U^{3/2} \quad (2)$$

流量を変化させた時の温度差と特性 $S(t)$ は、流量に依存することなくピーク値は同じ結果が得られ、また P から比例関係を得ることができた。

本研究では、マトリクス温度センサを便座底部に取り付けるだけで排尿有無の検知が可能であることを明らかにした。さらに、流速が変化しても流量を測定できることが実験的に証明された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1件)

トイレ立ち上がり時の転倒防止を目指したセンサシステム開発に関する研究、飯國高弘、池田一生、金 主賢、中島一樹、信学技法、印刷中

〔学会発表〕(計 11件)

【国際会議】(計 3件)

Urine Volume Evaluation by Four Non-Contact Temperature Sensors under a Toilet Seat, Koya Fujita, Juhyon Kim, and Kazuki Nakajima, IEEE EMBC 2015, 2015/08/25-08/30, Milano, Italy

Preliminary study on Toilet Urination Volume Estimation from Time-space Temperature Distribution, K. Nakajima, K. Fujita, J. Kim, International Biomedical Engineering Conference 2014, Gwangju, Korea, 2014/11/20-11/22

Urine Volume Estimation Using Noncontact Temperature Sensors in a Real Toilet Bowl, Koya Fujita, Juhyon Kim, and Kazuki Nakajima, u-Healthcare 2015, 大阪, 2015/11/30-12/02

【国内会議】(計 8件)

トイレ立ち上がり時の転倒防止を目指したセンサシステム開発に関する研究、飯國高弘、池田一生、金 主賢、中島一樹、MEとバイオサイバネティクス研究会、2016/5/21、富山

非接触マトリクス温度センサを用いるトイレ排尿量評価に関する基礎的研究 - 便器からの輻射熱の影響 -、藤田紘也、金 主賢、中島一樹、第55回日本生体医工学会大会、2016/04/26-04/28、富山

認知症高齢者のための支援機器(招待講演)、中島一樹、近畿大学認知症 Core 研究 (DoIK) 第1回シンポジウム、2016/04/02、大阪

非接触温度センサを用いた排尿量評価に関する排尿落下角度の影響、藤田紘也、金 主賢、中島一樹、生体医工学シンポジウム 2015、2015/09/25-09/26、岡山

非接触温度測定による排尿量評価に関する基礎的研究、藤田紘也、金 主賢、中島一樹、第54回日本生体医工学会大会、2015/05/07-05/09、愛知

口から食べてトイレで排泄(招待講演)、中島一樹、第76回バイオメックフォーラム 21、2015/04/18、大阪

便座での排尿量評価のための非接触温度

測定と解析、藤田紘也、金 主賢、中島一樹、
ライフエンジニアリング部門シンポジウム
2014、2014/9/17-9/19、石川

トイレ排尿量評価のための温度センサ
に関する研究、藤田紘也、金 主賢、中島一
樹、ME とバイオサイバネティクス研究会、
2014/5/24、富山

〔産業財産権〕
出願状況（計 1 件）

名称：排泄管理システムおよび便器
発明者：中島一樹，藤田紘也
権利者：国立大学法人富山大学
種類：特許
番号：2015-32691
出願年月日：2015 年 02 月 23 日
国内外の別： 国内出願

〔その他〕

トイレ排出物の非接触定量評価法、藤田紘也、
中島一樹、HOSPEX JAPAN 2014、東京ビッグ
サイト、20141112 20141114

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

中島 一樹 (NAKAJIMA, Kazuki)

富山大学大学院理工学研究部 (工学)・教
授

研究者番号：50207776

(2) 研究協力者

藤田 紘也 (FUJITA, Koya)

池田 一生 (IKEDA, Kazuki)

飯國 高弘 (IIKUNI, Takahiro)