

尿意予測システムのための水分代謝系数理モデルの提案

大木 康頌[†] 鎗木 崇史[†] 栗原 陽介[†]

青山学院大学 理工学部 経営システム工学科[†]

1. はじめに

近年、高齢者の尿失禁が社会問題となっている。介護施設では尿失禁によってシーツなどの清掃コスト、介護士の労働量の増加がしている[1]。また尿失禁によって衛生環境が悪化し皮膚の炎症の原因となることがあり尿失禁した当事者の身体に直接影響も与えることもある。そして尿失禁における最も大きな影響は尿失禁した当事者の精神的影響である。排泄の援助を受けることは、日常生活の中で最も羞恥心を持ちやすく、自尊心が傷つけられやすいものであり自己嫌悪に陥ることがある。さらに排泄行為での失態は社会的尊厳や威厳の失墜に繋がる可能性があり尿失禁によって与えられる精神的ストレスは大きくうつ病などの精神の病気に繋がるだけでなく当事者の立場に影響を与えることがある。超高齢社会である日本にとって尿失禁問題は社会問題であり今後、さらに増加していく高齢者への対策を考えていかなければならない。

尿失禁対策における排尿管理方法は様々ある[2]~[3]。表1は排尿管理方法をまとめた表である。

表1 排尿管理方法

	拘束性	対処時期
おむつ	あり	事後対処
留置カテーテル	あり	事後対処
多機能センサ	あり	事後対処
小型 RFID	あり	事後対処
超音波尿意センサ	あり	事前対処

排尿管理方法はおむつなどの簡易的な方法からセンサなどの新技術を用いた方法がある。しかしすべての管理方法には拘束性があるという問題点が存在する。また排尿後の対処している管理方法が多くあり皮膚の炎症などの尿失禁に対する問題点が残っている。本研究では従来の排尿管理方法において事前検知できていない点や拘束性のある点を解消するため尿意予測システムのための水分代謝系数理モデルを作成する。

2. 水分代謝系数理モデル

本研究では $V_{in}^{(i)}$ を i 番目に摂取した水分量と仮定して $V_{in}^{(0)}$ を1日の代謝水とする。代謝水とは脂肪燃焼などの生体活動をする中で生み出される水分のことであり、代謝水も同様に尿となることから考慮する必要がある。また $V_{out}^{(j)}$ を j 番目の排尿量とし γ を飲用や食事などの水分摂取量の尿変化割合とする。そして時間を加えることによって総尿量 $V_{in}^{(total)}(t)$ を表すことができる。

$$V_{in}^{(total)}(t) := \gamma t V_{in}^{(0)} + \sum_i \gamma V_{in}^{(i)} \left(1 - \exp \left(-\frac{t - T_{in}^{(i)}}{\tau} \right) \right) \times u \left(t - T_{in}^{(i)} \right) \quad (1)$$

$T_{in}^{(i)}$ は飲用、食事などの水分摂取における時間を示しており $u(\cdot)$ は単位ステップ関数である。また τ は時定数である。一方、総排尿量は以下の式で表すことができる。

$$V_{out}^{(total)}(t) := \sum_j V_{out}^{(j)} \cdot u \left(t - T_{out}^{(j)} \right) \quad (2)$$

$T_{out}^{(j)}$ は排尿時刻を示しており(1)式と(2)式より以下の膀胱内水位を式として表すことができる。

$$V_b(t) = V_{in}^{(total)}(t) - V_{out}^{(total)}(t) \quad (3)$$

3. 実験

水分代謝数理モデルにおける時定数 τ を求めるために被験者 8 名に対して実験を行った。実験は起床後に排尿をしてもらい、その後水 400ml の飲用してもらった。飲用後次回の排尿時刻と排尿量を測定してもらい測定したデータは最小二乗法を用いて時定数 τ を求めた。

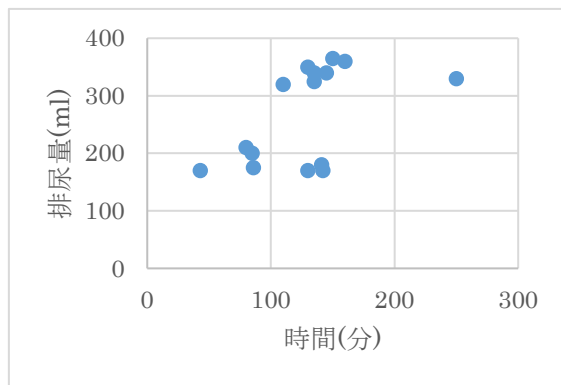


図 1 排尿量と時間

実験の結果、時定数 τ は 190 なり、図 1 は実際の排尿量と時間のデータである。

さらにモデルの有用性を検証するために被験者 3 名に飲用量、飲用時間、食事、排尿時刻、排尿量を 5 日の記録をしてもらった。

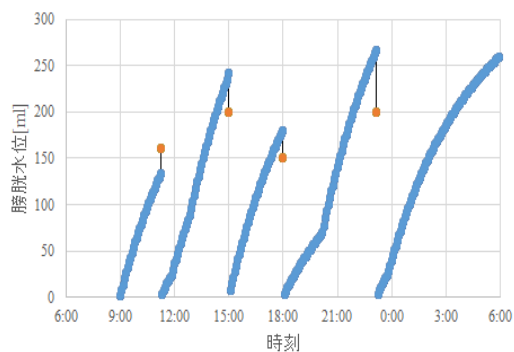


図 2. 膀胱内部の尿量予測

図 2 はある被験者 1 名の 1 日の膀胱内の推移と実際の排尿量である。プロットされている点が実際の排尿量である。今回の実験では代謝水は 300ml で食事は 1 回 200ml の水分摂取として結果

を算出した。図 3 は 3 名 5 日間の全データに対して膀胱内推定量と実際に計測した排尿量をプロットした図である。各被験者は色で分けてプロットを行った。図 3 における相関係数を算出した結果、全データにおける相関係数は 0.4185 となり個人で最も相関係数が高かったのは 0.7284 である。

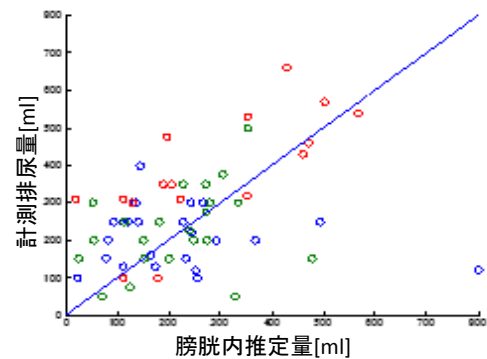


図 3 膀胱内推定量と計測排尿量

4. 考察

今回の提案では中度の相関があった。しかし時定数や食事による水分摂取と排便、代謝水による水分排出など個人単位によって大きく差が生まれるものを一般的な数値に設定したことが誤差を大きくした要因だと考える。食事の量や排便量などの設定を細かく設けることで推定精度を上げることができると思う。

参考文献

- [1] 「多機能センサを用いた夜尿症モニタリング研究」『人間計測』 pp.261-pp.267 産業技術総合研究所、人間福祉医工学研究部門 朝倉書店
- [2] 児玉廣之 ロノ町康夫 1999 「コードレス超音波尿意センサの開発」『人間工学』 Vol.35 No.2 Supplement pp318~319 一般社団法人日本人間工学会

A Mathematical Model of Water Metabolism System to Prevent Urinary Incontinence

†Kosho Oki, †Takashi Kaburagi, †Yosuke Kurihara・Aoyama Gakuin University, Dpt. Of Industrial and System Engineering