

排尿時吸光スペクトルにおける波長領域選択手法を用いた無拘束排尿間隔予測

村田 亮介[†], 広田 卓[†], 浜田 百合[†], 鏑木 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[†]
国際基督教大学 教養学部 アーツ・サイエンス学科[‡]

1 はじめに

高齢になるにつれて発症しやすい病気や症状は様々あるがその中でも尿失禁という症状は高齢者に多く見られる症状の一つである。

現在, 尿失禁によって現在様々な問題が引き起こされており, 精神的影響はその内の1つである, 尿失禁によって与えられる精神的ストレスは大きく, 平成 15 年度, 仙台市で行われた高齢者総合機能評価「寝たきり予防検診」の調査結果を用いた研究では, 健常群と比べて鬱状態群では, 有意に尿失禁の症状がある者が多いことが報告されている[1].

現在尿失禁にはおむつ, カテーテル, 超音波尿意センサなど様々な対策がされている. しかしこれらはどれも拘束性があり, 排尿対策が事後であるなど各対処方法に問題点が存在していると考えられる.

尿の外観は一般的に淡黄～黄褐色を呈し, 赤血球を構成する物質の分解代謝物であるビリルビンが酸化することで産生されるウロクロム色素がその色の原因である. また, ウロクロム色素の産出量と排泄量はほぼ一定であるため, 尿の色に濃淡が生まれるのは単に尿量・水分量によるものである[2]. ウロクロム色素の排泄量が一定であるため, 尿が溜まる速度が早ければ(=排尿を行ってから次の排尿までの間隔(以下, 排尿間隔)が短ければ)その分尿の色は薄くなり, 尿が溜まる速度が遅ければ(=排尿間隔が長ければ)その分尿の色は濃くなると考えられる.

よって, 本研究では尿の色に注目し, 老化により尿意を感じることができない患者に焦点を当て, 排尿の成分スペクトルを用いて無拘束で排尿間隔を予測することを目的とする.

2 提案手法

本研究では GAWLS (Genetic Algorithm-based WaveLength Selection) 法[3]を用いて選択された波長 92-95 (520.42-524.43nm) における吸光度(以下, f_1, f_2, f_3, f_4)と以下で説明する 3 つの特徴量を遺伝的アルゴリズム(以下, Genetic Algorithm (GA))によって特徴量選択を行い, 排尿間隔を予測するモデルを構築する. なお, 回帰手法は PLS (Partial Least Squares) 回帰とし, その際に用いる主成分数も GA によって選択する. 排尿

の成分スペクトルは $S(\lambda)$ と定義し, $S(\lambda)$ は排尿の吸光スペクトルを $S_u(\lambda)$, 水の吸光スペクトルを $S_w(\lambda)$ とすると, ランベルト・ベールの法則に準拠し, (1) 式で求める.

$$S(\lambda) = \log_{10} \left(\frac{S_w(\lambda)}{S_u(\lambda)} \right) \quad (1)$$

ウロクロム色素は淡黄～黄褐色を呈するため, その補色である紫～青緑色 (380-530nm) あたりの吸光度が排尿間隔予測に有効であると考え, この波長の吸光度を用いた特徴量を以下で提案する.

2.1 波長固定ピーク値 $S(\lambda_{Fixed})$

特徴量の 1 つ目は低波長域 λ_{low} におけるピーク値の波長の平均値 λ_{Fixed} における吸光度を表す波長固定ピーク値 $S(\lambda_{Fixed})$ である. 排尿の成分スペクトルにはスペクトルの山がウロクロム色素が呈する色の補色の波長域 (380-530nm) に観察されたため, 波長固定ピーク値を求める低波長域 λ_{low} は 1-98 (398.67-529.78nm) と定義した. 排尿の成分スペクトル $S(\lambda)$ のデータ数を n とすると λ_{Fixed} は

$$\lambda_{Fixed} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \operatorname{argmax}(S_k(\lambda_{low})) \quad (2)$$

と計算した. ここで argmax は引数の最大値を取るときの波長 λ を返す関数とする.

2.2 スペクトルの高さ H_S

2 つ目は高さ H_S である. 高さ H_S とはスペクトルの各データの $S(\lambda_{Fixed})$ から低波長域 λ_{low} における最小値を減算したものである. よって H_S は

$$H_S = S(\lambda_{Fixed}) - \operatorname{argmin}(S(\lambda_{low})) \quad (3)$$

と計算した. ここで argmin は引数の最小値を返す関数とする.

2.3 傾き T

3 つ目は傾き T である. 傾き T とは低波長域においてみられるスペクトルの山の右側における傾きの平均である. ここで傾きの平均を取る範囲は固定ピーク波長 λ_{Fixed} からデータのほとんどの傾きが初めて 0 になる波長 $\lambda_f = 138$ (583.30nm) とすると傾き T は

$$T = \frac{1}{\lambda_f - \lambda_{Fixed} + 1} \sum_{k=\lambda_{Fixed}}^{\lambda_f} \frac{S(k) - S(k-1)}{k - (k-1)} \quad (4)$$

のように計算した。

2.4 GAにおける遺伝子の構造

個体の遺伝子は $S(\lambda_{Fixed}), H_S, T, f_1, f_2, f_3, f_4$ の使用の有無を1,0で示したバイナリー型の配列に加え、配列の末尾に主成分数 M を加えた1行8列の配列とした。ここで、主成分数 M は1から7の整数とする。初期集団の場合、これらは乱数によって生成する。また、GA内の回帰手法はPLS回帰とし、個体の適合度にはモデルの予測値と観測値によるRMSEを用いる。

2.5 実験条件

GAにおける個体数は50、世代数100、個体の選択方法はルーレット選択、交叉方法は二点交叉とし、世代数100、個体数50、交叉率70%、選択率20%、そして特徴量が少ないため、初期収束の対策として突然変異率は10%と高めに設定した。

被験者は20代男性3名、データ数は50である。

3 評価手法

最終的に選択された個体の評価はPLS回帰モデルによるRMSE, MAEを用いる。RMSE, MAEを算出する際にはいずれも49データを学習データ、1データをテストデータとしたleave-one-outクロスバリデーションを用いた。

4 実験結果

全50データ分の排尿の成分スペクトル $S(\lambda)$ をFig. 1に示す。

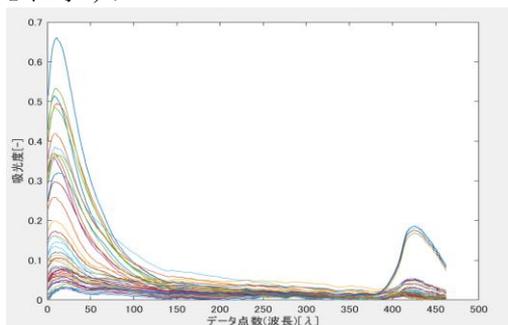


Fig. 1 排尿の成分スペクトル $S(\lambda)$

また、本研究では計算の結果 λ_{Fixed} の値は11(413.39nm)となった。

最終世代の最も適合度の良い個体は特徴量 $S(\lambda_{Fixed}), H_S, f_1, f_3$ の計4つを選択しており、選択主成分数 M は4、適合度(RMSE)は15.56、MAEは11.49であった。Fig. 2に提案モデルにおける排尿間隔の予測値と観測値を示す。このグラフから粗方予測できているようにも思えるが、所々予測が大きくずれてしまっていることが分かった。

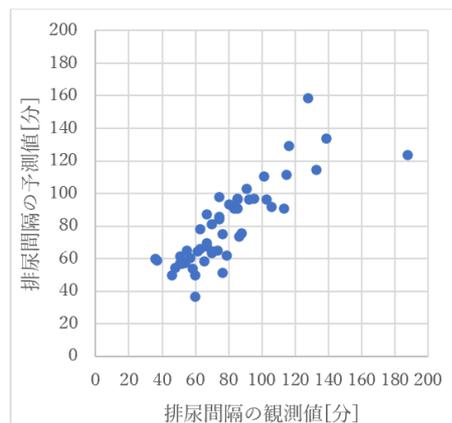


Fig. 2 提案モデルの予測値と観測値

5 考察・展望

GAによって選択された特徴量の $S(\lambda_{Fixed})$ は黄色の補色である紫(413.39nm)における吸光度を示しており、 H_S はその紫に対する吸光度と最も反射している色の吸光度の差を示している。本実験ではこれらの特徴量を使った時が最も結果が良くなったことから、成分スペクトルを用いた場合には、排尿においてウロクロム色素が呈する黄色の濃淡が排尿間隔の予測に有効であると考えられる。また、 f_1, f_3 は波長92, 94(520.42, 523.09nm)の黄緑色に対しての吸光度であり、赤紫色の物質が排尿間隔に関係しているのではないかと考えられる。その原因となっている物質に関しては研究が必要であるが、その可能性の1つとして尿内カリウムが挙げられる。一般的に、カリウムには利尿作用があるとされているため、尿内カリウム及びその化合物が排尿間隔に関係がある可能性が考えられる。

また、Fig. 2を見ると、観測値が120分以上または40分以下のデータはサンプルデータ数の少なく、予測精度が低くなっていたため、データ数を増やすことが予測精度の向上につながると考えられる。

参考文献

- [1] 大森芳, 寶澤篤, 曾根稔雅, 他. うつ状態と介護保険要支援・要介護認定リスクとの関連. 日本公衆衛生雑誌. 2010, vol. 57, no. 7, pp. 538-549.
- [2] 鈴木祐介. “尿検査総論”. 尿検査のみかた, 考え方. 中外医学社, 2018, pp. 1-5.
- [3] 河村智史, 荒川正幹, 船津公人. 遺伝的アルゴリズムを用いた波長領域選択手法の開発. *Journal of Computer Aided Chemistry*. 公益社団法人 日本化学会・情報化学部会, 2006, vol. 7, pp. 10-17.