

手書き情報と睡眠データの関係性の調査

Investigation of the Relationship Between Handwriting Information and Sleep Data

伊藤 翼 (Tsubasa Ito)
u320008@st.pu-toyama.ac.jp

富山県立大学 情報システム工学科

December 12, 2025

論文概要

- **論文タイトル:**
手書き情報と睡眠データの関係性の調査
(Investigation of the Relationship Between Handwriting
Information and Sleep Data)

著者:
田中 智彩 他 (大阪府立大学 / 大阪公立大学)

出典・発表:
第 39 回人工知能学会 全国大会 (2025)

研究背景

- 小中学生が日常生活において抱えるいじめや虐待などのトラブルの早期発見は困難.
- トラブル対応のための人員増加が望まれるが、人手不足により困難.
- カメラやウェアラブルデバイスの導入に抵抗感が強い.

着眼点

- 児童・生徒に配布されているタブレットから取得可能な**手書き情報**の活用.

既存の課題

- 手書き情報から推定可能な対象（行動、精神状態など）が不明である.

研究目標

- **トラブル発見の第一ステップとして、手書き情報と睡眠データの関係性を調査する.**
- **睡眠は、子どもの抱えるトラブルに対し、医療的介入の緊急性を見分ける重要な要素の一つである.**

手書きデータ取得

- **デバイス:** Wacom 社製タブレット型デバイス「IoT Paper」
- **規模:** 起床後，昼食後，就寝前の1日3回，以下の5種類の手書き課題に取り組む.

直線 30 本 (長さ 13cm 以上)

フレーズ1 : 意味ない文字列 (あいうえお)

フレーズ2 : ポジティブなフレーズ (アイスを食べた)

フレーズ3 : ネガティブなフレーズ (コーヒーこぼした)

フレーズ4 : 小説の引用 (オバアチャンノタマシイダッシュュツダイセイコウ)

睡眠データ取得

- デバイス: 指輪型ウェアラブルデバイス「**Oura Ring**」
- 取得データ: 総睡眠時間, 深い睡眠, 浅い睡眠, レム睡眠, 睡眠スコア.

手書きデータの分析モデル

- モデル: シグマログノーマルモデル (Sigmalognormal Model)
- 1 ストロークの速度の分布を対数正規分布の和として記述する運動理論モデル.

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \sum_{i=1}^N \vec{v}_i(t; t_0, \mu, \sigma^2) \\ &= \sum_{i=1}^N D_i \begin{bmatrix} \cos(\theta_i(t)) \\ \sin(\theta_i(t)) \end{bmatrix} \Lambda(t; t_0, \mu, \sigma^2); N \geq 2\end{aligned}\tag{1}$$

手書きデータの分析モデル

- モデル: シグマログノーマルモデル (Sigmalognormal Model)
- 速度の分布（黒の線）が対数正規分布（黄色の線）の和として記述できる

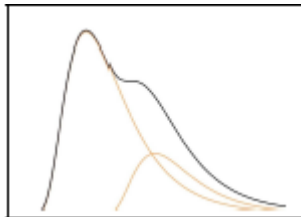


図 1: シグマログノーマルモデルのイメージ

特徴量抽出

- モデルから抽出される 5 つの特徴量：

D: 対数正規分布の振幅

t_0 : 対数正規分布の初期値

nblog: 再構成するために必要な対数正規分布の数

SNR: 元の分布と再構成した分布の信号対雑音比

SNR/nblog: 再構成の制度の基準となる値

- **説明変数:** 上記 5 つの特徴量それぞれの平均と分散の計 10 個を用いる.

線形モデル

- **モデル:** 線形モデル（多重回帰分析）を使用.
- **目的:** 手書きの特徴量から睡眠データを予測・解析する.

変数

- **説明変数（入力）:** **10 個**の手書き特徴量（平均/分散）.
- **目的変数（出力）:** **5 種類**の睡眠データ
（総睡眠時間, 深い睡眠, 浅い睡眠, レム睡眠, 睡眠スコア）

実験結果 1: 適合度 (R^2) の全体評価

11/17

結果概要

- いずれの睡眠データ（目的変数）に対しても、手書き特徴量が線形モデルに選択された。
- 全ての目的変数で、**80%を超える適合度（決定係数 R^2 ）**が確認された。

表 1: 線形モデルの適合度と p 値（総睡眠時間）

	起床後	昼食後	就寝前
直線	0.63 *	0.33 .	0.56 .
フレーズ 1	0.18 .	0.52 .	0.46 *
フレーズ 2	0.62 **	0.47 ***	0.55 *
フレーズ 3	0.64 ***	0.84 ***	0.82 ***
フレーズ 4	0.55 **	0.48 .	0.82 **

(**** $p < 0.001$, *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$, . $p < 1$)

実験結果 1: 適合度 (R^2) の全体評価

12/17

適合度の高い目的変数

- 特に、総睡眠時間と浅い睡眠時間において、適合度が高い結果が多く得られた。

表 2: 総睡眠時間と浅い睡眠時間に対する適合度 (R^2) の比較

(a) 総睡眠時間

	起床後	昼食後	就寝前
直線	0.63 *	0.33 .	0.56 .
フレーズ 1	0.18 .	0.52 .	0.46 *
フレーズ 2	0.62 **	0.47 ***	0.55 *
フレーズ 3	0.64 ***	0.84 ***	0.82 ***
フレーズ 4	0.55 **	0.48 .	0.82 **

(b) 浅い睡眠時間

	起床後	昼食後	就寝前
直線	0.77 **	0.53 .	0.62 **
フレーズ 1	0.54 *	0.57 .	0.57 **
フレーズ 2	0.41 *	0.56 .	0.61 *
フレーズ 3	0.55 **	0.73 **	0.93 ***
フレーズ 4	0.46 **	0.72 **	0.82 **

実験結果 2: 総睡眠時間における最適条件の特定

13/17

最適なタイミング（適合度の比較）

- 最適なタイミング: 就寝前の手書き（平均 $R^2 \approx 0.64$ ）
- 他のタイミング（起床後: ≈ 0.53 、昼食後: ≈ 0.52 ）と比較し、就寝前が最も総睡眠時間と相関が高いことが示唆された。

最適な課題（適合度の比較）

- 最適な課題: フレーズ 3（ネガティブなフレーズ）（平均 $R^2 \approx 0.77$ ）
- 他の課題（直線: ≈ 0.52 、フレーズ 1: ≈ 0.39 など）と比較し、情緒的な負荷が総睡眠時間の予測に最も貢献する可能性が示唆された。

最高適合度モデル

- フレーズ 3 (ネガティブ) の昼食後: 適合度 = 0.84
- フレーズ 3 (ネガティブ) の就寝前: 適合度 = 0.82
- → 手書き情報で総睡眠時間の数十分～数時間の変動を説明可能.

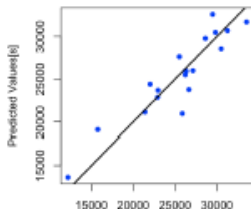


図 2: 実測値と予測値 (昼食後:
 $R^2=0.84$)

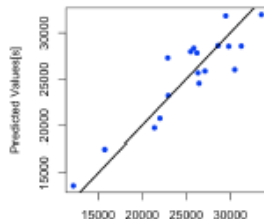


図 3: 実測値と予測値 (就寝前:
 $R^2=0.82$)

線形モデルの妥当性

- 線形モデルの**回帰診断**（正規 Q-Q プロット等）の結果，残差の正規性が確認された。
→ 線形モデルによる回帰分析は妥当であると判断された。

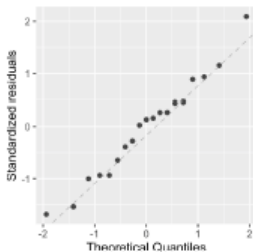


図 4: 残差の正規 Q-Q プロット（昼食後）

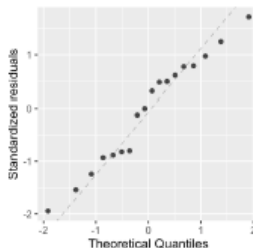


図 5: 残差の正規 Q-Q プロット（就寝前）

研究の意義

- 手書きデータという簡便な情報から、客観的な健康指標である睡眠データを高い精度で予測できる可能性が示された.
- 小中学生のトラブル早期発見システムの基盤情報として活用が期待できる.

まとめ

- 手書き情報と睡眠データ（総睡眠時間等）の間に相関関係を確認した.
- 統計的に有意な線形モデルが多数得られ、80%を超える高い適合度を確認した.

今後の展望

- 特徴量の深掘り: 最大値や中央値など、異なる基本統計量の特徴量として用い、より密接な情報を調査する.
- 指標の改善: 当日以前の睡眠傾向を考慮に入れた新しい総睡眠時間の指標を導入する.
- 規模の拡大: 実験参加者の人数を増やした調査を行う.