

1. はじめに

人間の能力は「認知能力」と「非認知能力」と呼ばれるものに分類することができる。認知能力は思考力といった「学力」であり、非認知能力は自己抑制といった「認知能力と異なる力」である [1]。非認知能力は認知能力の向上に大きく影響を与える重要な能力であり [2]、幼少期における集団生活の中で鍛えることがいとされている [3]。両者を満足する教育現場の1つが学校である。現在の教育現場では生徒の自主性を重んじる傾向はあるものの、集団生活の規律については積極的な指導を行っている。そのため、集団内において生徒自身が行動を振り返りながら、自己抑制といった非認知能力を鍛えるプロセスが実施しにくい環境となっている。

そこで、本研究では授業中において生徒自身に自らの行動をフィードバックするシステムの構築を目標とし、その手始めとして RGB 映像から生徒の姿勢評価、姿勢の向き推定を実施し、その結果に基づいて教室雰囲気の評価を目的とする。

2. 生徒の姿勢評価

2.1 骨格座標の検出と特徴ベクトルの決定

雰囲気評価をするにあたり、生徒の姿勢に着目する。本研究の全体像を Fig. 1 に示す。まず、教室を俯瞰するように RGB 画像を取得する (Fig. 1 (a))。つぎに、OpenPose (Fig. 1 (b)) とよばれる生徒の関節点を検出するアルゴリズムを用いて上半身のみの関節点の検出を行う (Fig. 2)。姿勢推定にはテンプレートマッチングを利用するため、まずは特徴ベクトルを定義する。Fig. 3 の右肘 (x_3, y_3) から左肘 (x_4, y_4) 間、右手 (x_5, y_5) から左手 (x_6, y_6) 間と首 (x_0, y_0) を基準とし、首から右肘間、左肘間、首から右手、左手間のユークリッド距離によって特徴

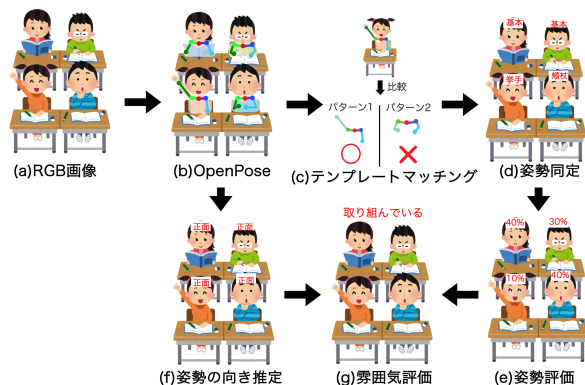


Fig. 1 本研究の全体像

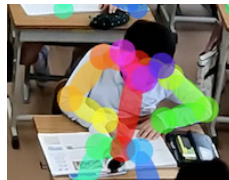


Fig. 2 OpenPose 適用例

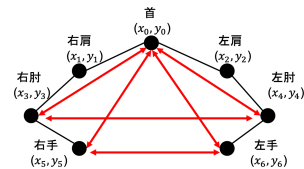


Fig. 3 上半身の関節点



Fig. 4 同定したい姿勢の種類

ベクトル D_i を

$$D_i = \left[\frac{d_1}{d_n} \quad \frac{d_2}{d_n} \quad \frac{d_3}{d_n} \quad \frac{d_4}{d_n} \quad \frac{d_5}{d_n} \quad \frac{d_6}{d_n} \right]^T \quad (1)$$

$$d_1 = \sqrt{(x_4 - x_3)^2 + (y_4 - y_3)^2} \quad (2)$$

$$d_2 = \sqrt{(x_6 - x_5)^2 + (y_6 - y_5)^2} \quad (3)$$

$$d_j = \sqrt{(x_j - x_0)^2 + (y_j - y_0)^2} \quad (4)$$

$$d_n = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (5)$$

として定義する。ただし、 $j (= 3, 4, 5, 6)$ は両肘と両手の関節点の番号、 i はテンプレート姿勢の番号、 d_n は両肩間のユークリッド距離である。前列と後列でカメラの性質上、特徴ベクトルの大きさに差異が生じるため、 d_n で割ることで正規化を行う。

2.2 テンプレートを用いた姿勢同定と雰囲気評価

同定する姿勢を Fig. 4 に示す。これら 7 姿勢の各々を式 (1) によって特徴ベクトル化した 7 種類をテンプレートとして用いる。これらテンプレートに近いものを姿勢として同定する。その際、1つの姿勢に同定するのではなく、各姿勢 (テンプレート) らしさを数値化して確率的な同定を行う (Fig. 1 (c))。各姿勢に対して確率的に同定することで曖昧な姿勢にも対応可能となる。

つぎに、得られた各姿勢らしさを説明変数とし、それらに対する重みを定義することで、姿勢に応じた評価 (例えば授業取り組みの態度) を算出することができる。これを目的変数とする。

以下に姿勢の評価手法を示す。

- 7姿勢に応じたテンプレートを作成するため、類似する画像を各々20枚用意して特徴ベクトルを求め、姿勢ごとの特徴ベクトル各要素の平均 μ_i 、標準偏差 σ_i として算出 ($\mu_{i1} \sim \mu_{i6}$ は特徴ベクトル各要素の平均値、 $\sigma_{i1} \sim \sigma_{i6}$ は標準偏差)

$$\mu_i = [\mu_{i1} \ \mu_{i2} \ \mu_{i3} \ \mu_{i4} \ \mu_{i5} \ \mu_{i6}]^T$$

$$\sigma_i = [\sigma_{i1} \ \sigma_{i2} \ \sigma_{i3} \ \sigma_{i4} \ \sigma_{i5} \ \sigma_{i6}]^T$$

- 未知姿勢の特徴パラメータ D_u に対し、特徴パラメータの各要素ごとにマハラノビス距離を求めたベクトル s_i を各テンプレートごとに算出 ($s_{i1} \sim s_{i6}$ はテンプレート i における特徴パラメータ各要素1~6のマハラノビス距離であり、 B_i は σ_i の各要素の逆数を対角成分とする対角行列である)

$$s_i = [s_{i1} \ s_{i2} \ s_{i3} \ s_{i4} \ s_{i5} \ s_{i6}]^T$$

$$s_i = (D_u - \mu_i)_i^T B_i$$

- s_i の二乗和を式 (6) より求めてテンプレート群との類似度 J_i を算出

$$J_i = s_i^T s_i \quad (6)$$

- 類似度 J_i が小さいほど、テンプレート i に近い。テンプレートの近さを百分率で表現するため、 J_i の逆数 J_i^{-1} を導入し、式 (7) より各姿勢の可能性確率 p_i を算出 (Fig. 1 (d))

$$p_i = \frac{J_i^{-1}}{\sum_{i=1}^7 J_i^{-1}} \quad (7)$$

つぎに、各姿勢の可能性確率を説明変数とし、その重みに相当する7姿勢が持つ潜在的な騒がしさ(態度の悪さ)を定める。今回は鳥取大学附属小学校の現役教員8名を対象に感性評価手法の1つであるVAS (Visual Analogue Scale) を用いたアンケートを実施し、それをもとに各姿勢がもつ重みを決定する。なお、この重みを評価パラメータと称し、 v_i と表記する。 v_i は $0 \leq v_i \leq 1$ であり、騒がしさの要因が強いほど1に近い。最終的には、式 (8) に基づいて姿勢評価 PA を算出する (Fig. 1 (e))。

$$PA = \sum_{i=1}^7 p_i \times v_i \quad (8)$$

3. 教室雰囲気の評価

授業参加者の態度は、体の向きにも依存するため、姿勢の向きについて推定する。両肩間を結ぶ直線に対する法線の傾き a は

$$a = \frac{-x_2 + x_1}{y_2 - y_1} \quad (9)$$

として算出される ($y_1 = y_2$ のときの両肩間の直線を基準とし、 $x_1 = x_2$ は左右どちらかの方向、 $y_1 = y_2$

は正面とする)。つぎに、法線の傾きから式 (10) より角度 θ ($-90^\circ < \theta < 90^\circ$) を算出する。そして、 $\theta \geq 80^\circ$ かつ $-80^\circ \geq \theta$ のときは正面、 $0^\circ < \theta < 80^\circ$ のときは左向き、 $-80^\circ < \theta < 0^\circ$ のときは右向きと推定する (Fig. 1 (f))。

$$\theta = \tan^{-1} a \quad (10)$$

姿勢評価 PA に対し、姿勢の向き θ を用いて補正したものを PA_{mix} として式 (11) で定義する。

$$PA_{mix} = \begin{cases} PA \times 1.0 & (\text{正面}) \\ PA \times 1.5 & (\text{右向き}) \\ PA \times 1.5 & (\text{左向き}) \end{cases} \quad (11)$$

最後に OpenPose が検出した教室内生徒全員に対して PA_{mix} を求め、その平均値を教室内の雰囲気評価 PA_{class} とし、 PA_{class} が高いほど授業に取り組んでいないと評価する (Fig. 1 (g))。

4. 検証

鳥取大学附属小学校5年1組を対象として、4Kカメラを天井に取り付け、授業風景を撮影した。撮影映像から5つの異なるシーンを抜き出して編集し、映像音声を除去したものを用意する。現任教員8名に映像を見ながら教室雰囲気をVAS法によって評価してもらう。VAS法による評価とシステムで得られた評価 PA_{class} との順位相関をTable 1に示す。8名のうち2名は強い相関 (≥ 0.7)、3名は中程度の相関 (≥ 0.4)、3名は相関なし (< 0.2) であった。中程度の相関となった理由は、雰囲気評価では多数の生徒を対象に評価を実施したが、システムに用いた評価パラメータは生徒単体での姿勢評価であったためと考えられる。相関なしの理由として、該当教員は単体の姿勢評価時に頬杖姿勢の評価を高くしていたのに対し、頬杖姿勢が多い動画では低く評価していた。そのため、生徒単体と全体を評価する際に別の評価要因を考慮しているためと考えられる。

Table 1 順位相関係数

教員 No.	1	2	3	4	5	6	7	8
相関係数	0.40	0.10	0.00	0.79	0.41	0.15	0.41	0.82

5. おわりに

本研究では、授業中における姿勢評価と向きから教室雰囲気の評価を試みた。実際の教室で取得した映像に基づき現任教員8名が評価を行った結果、システムとの相関が見られたのは5名であった。生徒単体の姿勢状態のみに着目した評価システムでも現任教員と類似した評価が可能であることを確認した。

参考文献

- 西田, 久保田, 利根川, 遠藤: 非認知能力に関する研究の動向と課題-幼児の非認知能力の育ちを支えるプログラム開発研究のための整理-, 東京大学大学院教育学研究科紀要, **58**, 31/39(2019)
- 伊藤理絵: 「保育内容 人間関係」再考: 非認知能力を育む保育の観点から, 名古屋女子大学紀要, **63**, 285/297(2017)
- 奥村, 池田: 大学生の非認知能力と関連する幼少期の体験の検討, 東京福祉大学・大学院紀要, **10-1**・2, 155/165(2020)