

読み聞かせにおける児童の頭部の揺動を可視化するシステム

—集中力の維持と頭部揺動—

大場昂人*¹・Park Taewon*¹・熊澤典良*¹・島義弘*²・奈良大作*¹・上谷俊平*¹

Email: kumazawa@mech.kagoshima-u.ac.jp

*1: 鹿児島大学大学院 理工学研究科

*2: 鹿児島大学 教育学部

◎Key Words

頭部揺動, 集中力, AR マーカ

1. はじめに

幼児教育において園児の成長に沿った保育をするために園児個々の特性を把握することは必要であり、その特性の一つとして集中力を育むことは重要である。一般的に運動によって集中力が高まることが知られており⁽¹⁾、多くの現場では運動遊びを取り入れて、その後の朝の会や読み聞かせといった一斉保育に入りやすくしている。

読み聞かせ時に集中力が低下してその維持が難しくなると、児童は周囲を見渡したり、落ち着きなく動き始めることが多い。読み聞かせ時の物語の内容に集中している児童はじっと話者の方に顔を向け、集中していない児童は身体をゆらゆらと揺らしたりする様子から、児童の頭部の動きを計測することによって集中状態を把握することができると予想した。

我々は幼少期における児童の成長過程の可視化を目指しており、その特性の中でも集中力に着目している。本研究は園児の集中の度合いを明らかにすることを目的とし、日常の保育で頻繁にかつ継続的に行われる読み聞かせ時における児童が対象である。本論文では、話者の読み聞かせに集中する子どもの映像から全ての園児の集中を同時かつ個別に測定するために開発したシステムについて述べ、そのシステムから解析結果として出力される集中度について考察する。

2. システムの概要

園児の集中を可視化するために、本研究の解析は一斉保育で行われる読み聞かせ時を対象とする。図1は園で実施する読み聞かせの模式図であり、保育者がクラス全員に向けて紙芝居を読む様子を表している。絵本の中の世界に入って集中している児童の姿勢は保持されるが、気の散りやすい子や興味を失って集中できなくなった子の姿勢は次第に崩れていく。集中できていないと図に示すようにふらふら歩き回ったりキョロキョロしたり落ち着きがなくなるため、揺動する頭部および身体から園児の集中度を把握できるはずである。

読み聞かせにおける園児の集中状態を頭部の動きから測定するために、教室の天井の四隅にカメラを設置した。読み聞かせ時にカメラにより撮影される映像の解像度は、使用した機器の最大解像度 2592×1944 である。図2は本研究において開発したシステムの概略図であり、カメラの映像は有線ネットワーク越しに参照できる。本研究で敷設したネットワークには約 15 台のカメラを含む PC 等のネットワーク機器が接続されているため、全ての機器

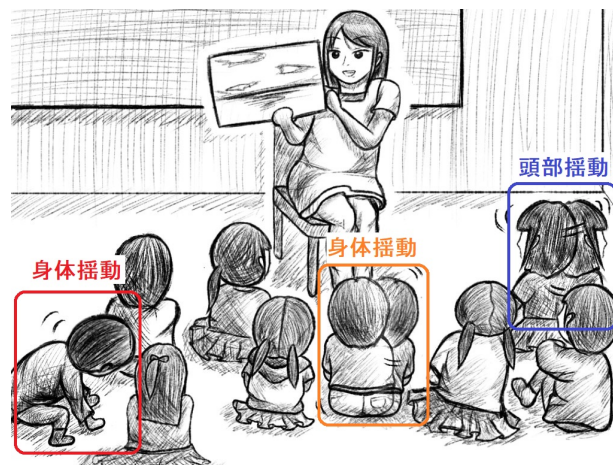


図1 読み聞かせの概略図

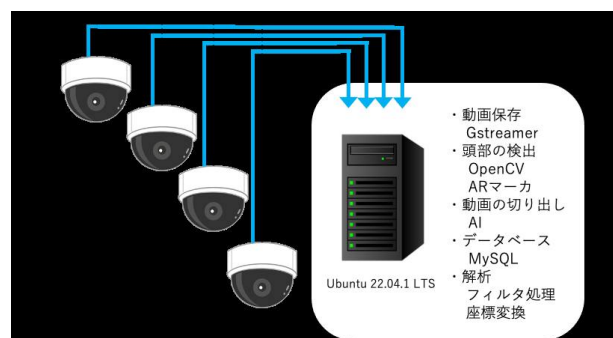


図2 システムの概略図

の通信のための帯域を考慮して、カメラのフレームレートは 5fps とした。カメラの映像を保存するサーバ機には Ubuntu 22.04.1 LTS OS がインストールされ、4 台のカメラから RTSP (Real Time Streaming Protocol) プロトコルで配信される映像はサーバ内のハードディスクに自動で保存される。映像の保存にはオープンソースのマルチメディア・フレームワークの GStreamer⁽²⁾ を使用し、読み聞かせの行われる可能性の高い時間帯の動画を自動で保存している。

2.1 揺動する頭部の計測

園児の読み聞かせ時の集中状態を把握するために、カメラによる動画から園児の頭部の動きを測定する。頭部の動きを計測する方法として、AI を用いて園児の頭部を検出することが考えられるが、正面以外からの児童の識別は難しい。頭部に何らかの印をつけることが出来ると簡



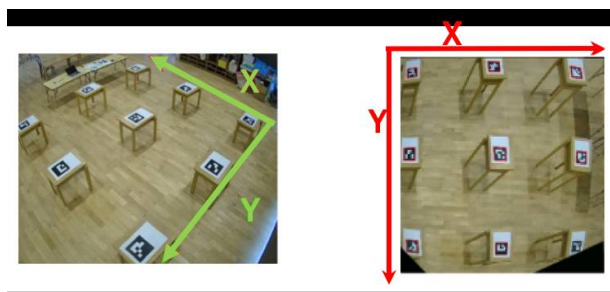
図3 AR マーカを取り付けた帽子

単に頭部の位置は計測できるが、その印で遊び始めるだろうし、その印を外す可能性も否めない。様々な方法を検討した結果、園児たちは保育の中で帽子に慣れていることがわかったので、園児帽を使用することにした。図3は読み聞かせ時に使用する園児用の帽子であり、3つのARマーカが貼付されている。ARマーカを使用することにより、その位置および角度を計測でき、デザインの異なるマーカを使用することでその識別は容易になる。本研究では、カメラの死角に入った頭部のARマーカが検出されないことを避けるため、帽子に3つのARマーカを貼付して子どもの頭部の位置を常に把握できるようにしている。ARマーカの大きさは帽子の大きさを考慮して一辺を80mmの正方形にし、安全面への配慮からARマーカ本体はフェルト生地を用いて製作し、その内部にプラスチックダンボールを挿入して補強した。

カメラの動画から認識される園児毎の頭部の動きを考える。図4は異なるカメラが捉えた読み聞かせの映像の例である。図中の丸で囲まれた園児は同一であり、その円の半径は50cmに対応している。その園児が前後左右に50cm動いたとすると、図4左右のカメラの映像ではその半径はそれぞれ300ピクセルおよび100ピクセルとなる。頭部のARマーカを認識するためにOpenCV[®]内のArucoモジュールを使用するが、検出されるARマーカの中心座標は画像の左上を(0, 0)としたピクセル値で表現されるため、同一園児が同じ動きをしたとしても、カメラによって計測されるピクセル値の変化とその方向は全く異なる。このカメラによって生じるピクセル値の差異を補正するために、座標変換を用いて全ての画像を長さの物理量mmに対応させる。図5はカメラの画像を物理量に対応させるために実施した校正実験画像の例である。図5(a)はカメラによるオリジナル画像であり、教室内の読み聞かせの行われる3m×3mの範囲に9つのARマーカを1.5m間隔で配置している。ARマーカの台は教壇に対して平行に置かれており、その高さは読み聞かせ時の園児の頭の位置とおおよそ同じである。4台のカメラによって異なるスケールを同一にするために、図5(a)の台の位置関係が図5(b)のような等間隔になるように、全てのカメラの画像に対して座標変換を施すことを考えた。変換後の画像は全てあたかも教室の上部から撮影したような形状になり、変換後の画像の1ピクセルあたりの物理量は約2mmとなった。本研究の座標変換を使用することによって、異なるカメラの映像から検出されたARマーカの変化を同じ変化



図4 カメラによって変わるスケール



(a) 変換前

(b) 変換後

図5 校正の予備実験



図6 壇上部の人の検出

量として取得することが可能となり、たとえARマーカの検出漏れがあったとしても、他のカメラの映像から頭部の位置の情報を補うことができる。

2.2 頭部の揺動速度の算出

幼稚園の午前の読み聞かせは10～11時の間に10分程度行われる。読み聞かせ時の園児の頭部の動きを解析するためにはPCに保存した動画から該当する部分を抜き出す必要がある。読み聞かせ部分の動画の切り出しには時間と手間のかかる作業であるし、それが4台分のカメラの映像となると尚更である。人的作業を削減するために、AIを用いてカメラ4台分の映像から読み聞かせの部分を同期させて切り出すことにした。AIによる読み聞かせの判定基準は、壇上に話者がいることと、10人以上の園児がいることである。図6は、判定基準の一つである壇上に話者が検出されている様子を示しており、AIの物体認識⁽⁴⁾によりその判定がなされている。作成した物体認識モデルでは話者と園児の区別が難しかったので、話者の頭の高さを考慮した。もう一つの判定基準の園児の数は検出されるARマーカによって計算されるが、ARマーカ付きの帽子は読み聞かせ時以外には使用されないため、子どもの数による該当部分の切り出しの誤判定は起こっていない。

本研究のシステムはwebブラウザで操作でき、解析したい日を選び、子どもを指定するのみで解析結果が表示される。図7および図8はそれぞれ揺動する頭部の位置および速度のグラフで、AIにより切り出される読み聞

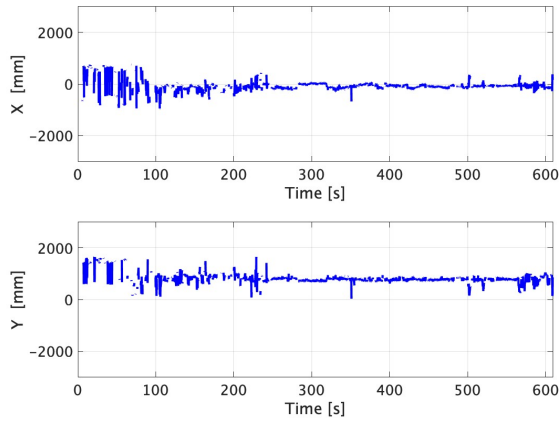


図7 頭部の位置

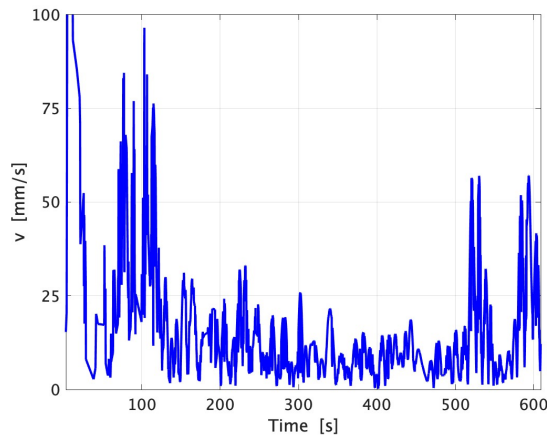


図8 頭部の速度

かせ部の映像から自動的に解析されて作成される。図7の上図はx軸を教壇と平行としたときの頭部の左右方向の位置、下図は頭部の前後方向の位置を示している。横軸は時間であり、縦軸の単位はmmである。図8は揺動する頭部の速度であり、縦軸の単位はmm/sである。図7の位置は座標変換後のデータであり、前処理としてローパスフィルタを用いてノイズを除去し、図8の速度は位置の差分から求めている。本実験に使用している動画のフレームレートは5fpsであるため、頭部の速度は0.2秒間のうちにARマーカの移動した距離に対応する。図9は図7, 8と同時に画面に表示される読み聞かせ動画である。4つのカメラの動画は同期して切り出され、動画には解析対象の園児に出席番号のインデックスが付与される。動画は4画面同時に再生することもできるし、個別に再生することも可能である。図7, 8の頭部揺動を参照しながら図9の動画を再生すると、0～140秒の間の頭部の揺動は読み聞かせの導入として実施する手遊びであり、460～523秒の間は読み聞かせの終了による片付けであった。これらの時間を除くと、解析の対象は140～460秒の間の動画になる。

3. 頭部揺動と集中の関係

読み聞かせ時において園児の揺動する頭部と集中の関係を検討する。揺動する頭部の速度と集中度合いを対応づけるため、アンケート調査を実施した。アンケートは園

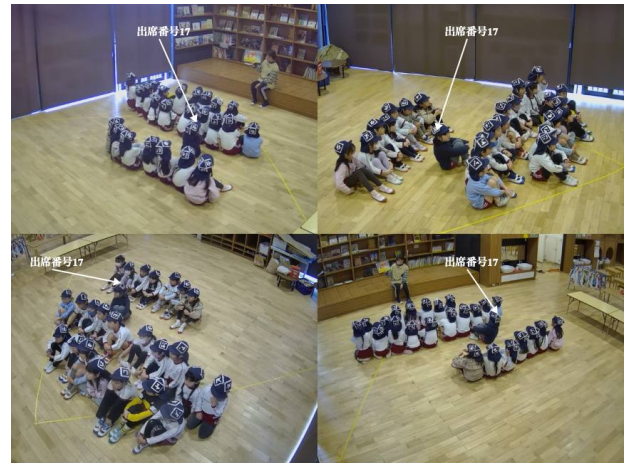


図9 読み聞かせの様子

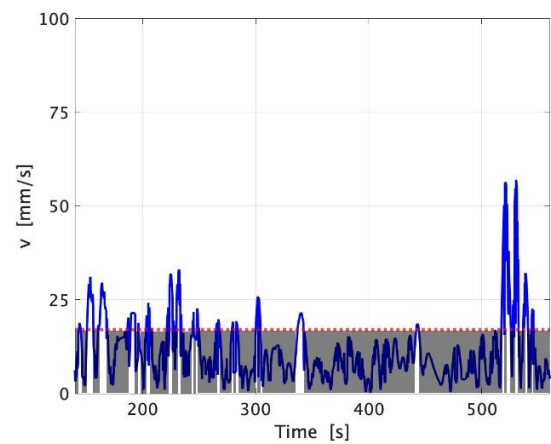


図10 対象園児の頭部の速度

児が集中していたか否かであり、読み聞かせ直後に調査した。アンケートはa～dの4段階であり、園児ごとの集中度合いを保育者に評価してもらった。アンケートにおける評価は、最も集中している場合はa、集中していない場合はdである。本実験の調査対象の園児数は28であり、実施期間は7週間、アンケート有効枚数は14であった。本システムにより得られる揺動する頭部の速度データとアンケート結果を対応づけるために一致率を調べる。解析対象は読み聞かせの始めに行う手遊びおよび終了後の片付けを除く、紙芝居もしくは絵本を使った純粋な読み聞かせの時間のみである。動画を一旦再生し、システムに手遊び等を除く解析開始・終了時刻および揺動速度を入力すると、システムは画面上に結果を表示する。図10は結果の表示例であり、横軸はシステムの操作者が指定した解析対象時間、縦軸は園児の頭部の揺動速度である。図中の破線は揺動速度であり、この場合17mm/sが指定されている。図中の薄く色付けされた部分は、頭部の揺動速度がその17mm/s以下の集中した状態であることを示しており、この割合および時間の合計もシステム上に出力される。

操作者の入力する頭部の揺動速度を v 、読み聞かせ中の園児 k の頭部の動きが v 以下であった割合を $C_k(v)$ と表現すると、園児 k の集中してじっとしていた割合は $C_k(v)$ となる。アンケートと頭部の揺動速度との関係を検討するために新しくパラメータ α を導入し、読み聞かせ中の頭

部揺動の割合 $C_k(v)$ が α 以上か否かによって頭部揺動から導出される集中度 X_k を

$$X_k = \begin{cases} 1 & (C_k(v) \geq \alpha) \\ 0 & (C_k(v) < \alpha) \end{cases} \quad (1)$$

と表現する。読み聞かせ中に α 以上の割合で頭部が揺動していなければ、 X_k は集中を示す数値1となる。

アンケートは4段階評価で実施したが、下位の段階に対する回答が少なかったため2段階として集計し直した。園児に対するアンケートの回答がa, bの場合を1, c, dの場合を0とし、園児のアンケートによる集中度として変数 Y_k で表現する。集中度 Y_k が1の場合、園児 k の読み聞かせ中の評価は「集中している」である。

システムの集中度 X_k とアンケートの Y_k が一致するようにパラメータ v , α を調整する。 i 回目の読み聞かせの X_k および Y_k の一致率 F_i を

$$F_i = \frac{1}{m_i} \sum_{k=1} M_k \quad (2)$$

定義とする。ここで、 m_i は対象となる園児数であり、 M_k は X_k および Y_k の結果が一致するか否かを示す次式のパラメータ、 ω_0 , ω_1 は重みである。

$$M_k = \begin{cases} \omega_0 \times 1 & (X_k = Y_k = 0) \\ \omega_1 \times 1 & (X_k = Y_k = 1) \\ 0 & (X_k \neq Y_k) \end{cases} \quad (3)$$

全てのアンケートに対して(2)式の一致率を最大化する v , α をそれぞれ v^* , α^* とし、

$$\{v^*, \alpha^*\} = \arg \max \frac{1}{n} \sum_{i=1} F_i \quad (4)$$

と定義する。ここで、 n は対象のアンケート総数であり、アンケートの有効枚数の半数を使用するため、 $n=7$ である。アンケートにおいて下位の回答である「集中していない(c もしくは d)」の選択数が少なかったため、 $\omega_0=2$, $\omega_1=1$ として下位の回答に対する重みを上位のその倍に設定して(4)式を満たす v , α を求めると、 $v^*=11$, $\alpha^*=0.41$ となった。このとき、最大化された一致率の平均値は0.94であった。

式(4)から得られた v^* , α^* をシステムに実装して集中を評価するために、(4)式の導出に使用しなかった残りのアンケートを用いて検証する。検証用の残りの7枚のアンケートに対し、下位の回答に対する重みを $\omega_0=1$ として(2)式のアンケート一致率を求めると、その平均は0.96, 最大値は1.00, 最小値は0.87であった。一致率が導出時よりも高くなっているのは、検証用のアンケートに下位の回答が多く含まれていたからである。以上より求めた $v^*=11$, $\alpha^*=0.41$ を我々のシステムに実装して使用することで、保育者の感じる園児の集中度と同等の評価ができるようになり、日々の子どもの集中度の把握が可能になった。

4. おわりに

本研究では、読み聞かせ時間を対象とした園児の集中度合いを解析・評価するシステムを開発した。集中度は教室内のカメラの動画およびAR マーカ付き園児帽によって自動で測定され、その集中度は集中していた時間とその割合で表現される。本システムの示す集中度は、保育者に対して実施したアンケート結果と一致しており、園児の頭部の揺動速度と集中には極めて高い相関があることが示された。

本システムはネットワークカメラおよびサーバ PC を常設して使用しているため、長期に渡る園児一人一人の集中力の成長過程を把握することが可能である。全てのデータはサーバに保存されているので、集中していなかった日もしくは集中できていた日についての検証が可能である。本システムを使用した実証実験では、「前の子との間隔が狭かったため、紙芝居が見えず集中できなかった」「仲のいい子と隣同士にすると、おしゃべりをして集中しなかった」「初めての紙芝居だったので、全員が最後まで集中していた」等の分析が出来るようになり、「子どもたちの座る場所を入れ替える」「紙芝居を読む工夫」などの対策ができるようになっている。

今回、解析を行っていく中で、物語に深く入り込み集中しているが故に、園児が同時に驚嘆して大きく動くケースがあった。園児の同調する動作への対応は今後の課題としたい。

参考文献

- (1) アンダース・ハンセン著、御船由美子翻訳、“一流の頭脳”，サンマーク出版 (2018)。
- (2) “GStreamer: open source multimedia framework”，<https://gstreamer.freedesktop.org/>，2023年5月10日アクセス。
- (3) “OpenCV-Open Computer Vision Library”，https://docs.opencv.org/4.7.0/d5/dae/tutorial_aruco_detection.html，2023年6月1日アクセス。
- (4) 斎藤康毅，“ゼロから作る Deep Learning”，オライリー・ジャパン (2016)。