

# 幼児の歌唱時の saccade に関する分析

## Analysis of Saccade in Eye Movement When the Children Singing a Song in Early Childhood

佐野 美奈

SANO Mina

### 要旨

この研究では、幼児の音楽的表現時に生じる眼球運動の解析結果について定量的分析を行い、その特徴を捉えようとした。ここでは、静岡県内の2か所の幼稚園 (n=60) で、長調の各3曲と短調・わらべうたの各2曲の歌を歌唱時に、Tobii Pro グラス3によるアイトラッキングを行った。幼稚園要因、曲調要因および年齢要因による対応の無い三元配置分散分析を行った結果、Y幼稚園では、いずれの年齢でも、長調で、saccadeの発生回数や大きさ、最初の1回目に生じたsaccadeの大きさが、短調・わらべうたよりも有意に大きかった。Y幼稚園におけるsaccadeの発生回数は、5歳児が長調で顕著であった。

キーワード：幼児の歌唱，アイトラッキング，眼球運動の解析，長調 / 短調・わらべうた，ANOVA

### I 研究の背景

2016年度より、幼児の音楽的表現に関する活動実践の過程について、筆者は3Dモーションキャプチャー (MVN) による動作解析を行い、その取得データについて定量的分析を行ってきた (Sano, 2018)。その結果、抽出された動作特徴量を用いて機械学習を行い、一定の分類精度を得てきた。それは、2016年度に取得した76人分のモーションキャプチャーデータに基づき、機械学習による分類モデル訓練を行い、2017年度、2018年度および2019年度の取得データの分類予測を行うというものであった。幼児の音楽的表現の発展度を、映像分析により3段階に分類し、機械学習の予測による分類結果と照合し、分類精度を算出した。2019年度の取得データまで分析に加えた結果、分類精度は、決定木のC & RT (Classification & Regression Trees) の分類器により、42.53%まで改善している (Sano, 2020)。

これまでの関連分野における研究報告について、3Dモーションキャプチャーは、伝統的な踊りや動作学習支援といった大人を対象とした教育への援用、音楽分野では大人の音楽の特徴による反応の分析に用いられてきた (安藤ら 2012; 佐藤ら 2010; Burger, 2013)。機械学習の手法については、日常生活時での行動認識や個人認識の手法 (児玉ら 2015; 高田ら 2012)、小学生の逆上がりといった動作学習支

援(松本ら 2014)等が教育分野に援用されてきた。しかしながら、3D モーションキャプチャーの技術と同様に、機械学習の手法も、幼児の音楽的表現に関する調査研究については、検討されてこなかったのである。

筆者は、2019 年度までの研究結果に基づいて、新たな動作特徴量の抽出を試みた。それは、眼球運動の解析によって抽出されるものであり、音楽的表現時の各児の行動に影響を与えられられる。幼児は、周囲の他児達や伴奏する保育者をよく見ながら、自らの音楽的表現を編み出していることは、過去の活動実践過程における質的分析結果から観察されていたが、これまで、そのことを定量的に捉えられずにいた。そのため、筆者は、新たな特徴量の抽出に向けて、幼児の音楽的表現時の眼球運動の定量的分析に着目した。また、関連分野の先行研究においては、主に大人を対象として、文字の認識や読譜に関する視線の動きの分析が行われており、眼球運動は、その多くがディスプレイによる 2 次元で捉えられてきた(樋口 2019; 渡部ら 2019; 楠ら 2017; Mpofu, 2016; Seong-un Kim, 2016; Moreno-Estevaa et al., 2018; Plöchl et al., 2017; Lörch et al., 2017; 扶瀬 2017)。アイトラッキングとモーションキャプチャーの併用による音楽に対する反応の解析を試みた研究(Burger et al., 2017)もあるが、研究の対象は大人であった(Fink et al., 2019)。幼児は、身体的な動きを伴いながら音楽的表現を行う傾向にあるためディスプレイを見る視線の動きでは、幼児の音楽的表現時の眼球運動を捉えることはできない。

そこで、筆者は、グラス型のウェアブルシステムのアイトラッカーを用いて、幼児の音楽的表現時の眼球運動の変化を捉えることを考えた。アイトラッカーの捉える眼球運動は、saccade(急速眼球運動、以下 saccade と記す)と fixation(停留)に大きく二分される。眼球の動きは、移動速度(角速度)および移動距離(角度の大きさ)によって数値化して捉えることができる。そのために、筆者は、音楽的表現時の saccade の定量的分析を行うことを考えた。

本稿では、このような経緯で始めた幼児の歌唱時の眼球運動の定量的分析結果とそこから抽出された特徴について、2021 年度の測定対象となった Y 幼稚園と N 幼稚園の取得データについて示す。

## II 研究の目的と方法

この研究の目的は、幼児の歌唱時の眼球運動について定量的分析を行い、その特徴を抽出することである。そのために、次のような研究の方法を考えた。

### 1. 幼児の歌唱時のアイトラッキングの方法と対象児について

アイトラッカー(Tobii Pro グラス 3)を用いて、歌唱時の幼児の眼球運動に焦点化した。Tobii グラス 3 は、眼鏡タイプのアイトラッカーである。対象児が 1 人ずつ、それを眼鏡と同様に装着して、ストラップで固定した状態でキャリブレーションし、合図とともに歌い出し、歌い終わりまで、アイトラッキングするものである。50Hz で 1/50 秒のタイムフレームであり、同時に音声と動画が録画される。また、アイトラッキングの対象児と調査内容および調査日程について、次の表 1 に示す。

2021 年度は 2020 年度と同様に、測定が困難な社会状況であったため、短期間の調査日程のみとし、表 1 に示したとおりの日程で、静岡県静岡市の 2 か所の幼稚園で各 5 曲の歌を歌唱時のアイトラッキン

グによるデータ取得を実施した。Y 幼稚園では、5月31日、6月7日、6月21日の9:30~11:00、N 幼稚園では、6月8日、6月29日、7月6日の9:30~11:00に行われた。1人当たりの測定解析時間は、長調の歌20秒間、短調の歌・わらべうた20秒間であった。対象人数は、Y 幼稚園とN 幼稚園の3歳児、4歳児、5歳児の各10人ずつであった。両園共に、遊びを中心とする保育形態がとられているが、N 幼稚園では幼児が生活の中で発する言葉を育む教育を重要視するという点で、Y 幼稚園との差異が見られた。

これらの調査については、対象園の責任者、対象児の保護者への説明や同意書の提出による許可、および、所属先の研究倫理委員会の審査による審査と許可を受けている。ここでは、対象2か園の幼児が日常保育の中で経験している歌のうち、各回の測定で、1人ずつが長調と短調・わらべうたの歌を1曲ずつ歌った。曲目は、次の表1に示したとおりである。

表1 2021年の対象児によるアイトラッキングの曲目とデータ取得日

曲目		対象児 (園・人数)	Y 幼稚園 (n=30) 3歳児:10人、 4歳児:10人、 5歳児:10人	N 幼稚園 (n=30) 3歳児:10人 4歳児:10人 5歳児:10人
長調	《かえるのうた》作詞:岡本敏明 作曲:ドイツ民謡		2021年6月21日	2021年7月6日
	《むすんでひらいて》作詞:不詳,作曲:ルソー		2021年5月31日	
	《てをたたきましょう》作詞:小林純一 作曲:スペイン民謡		2021年6月7日	2021年6月29日
	《しあわせならてをたたこう》作詞:訳詞:きむらりひと 作曲:アメリカ民謡			2021年6月8日
短調・わらべうた	《ほたるこい》わらべうた			2021年6月8日
	《てるてるぼうず》作詞:浅原鏡村 作曲:中山晋平			2021年6月29日
	《げんこつやまのたぬき》作詞:香山美子 作曲:小森昭宏		2021年6月21日	
	《だるまさん》わらべうた		2021年6月7日	

表1に示したとおり、Y 幼稚園では、長調の歌《むすんでひらいて》(作詞:不詳,作曲:ルソー)、《てをたたきましょう》(作詞:小林純一、作曲:スペイン民謡)、《かえるのうた》(作詞:岡本敏明、作曲:ドイツ民謡)が歌われ、短調の歌《げんこつやまのたぬき》(作詞:香山美子、作曲:小森昭宏)とわらべうた《だるまさん》が歌われた。N 幼稚園では、長調の歌は《しあわせならてをたたこう》(作詞:訳詞:きむらりひと,作曲:アメリカ民謡)、《てをたたきましょう》(作詞:小林純一、作曲:スペイン民謡)、《かえるのうた》(作詞:岡本敏明、作曲:ドイツ民謡)が歌われ、短調の歌《てるてるぼうず》(作詞:浅原鏡村、作曲:中山晋平)とわらべうた《ほたるこい》が歌われた。

## 2. アイトラッキングによる取得データの定量的分析

眼球運動を捉えるため、停留から停留までの saccade (急速眼球運動) に特化した定量的分析を行った。したがって、測定時間に saccade の発生回数、移動平均速度 (角速度)、移動した大きさ (振幅角度の合計) の平均値、最初の saccade が生じるまでの時間、最初の saccade の移動平均の角速度、最初の

saccade の大きさ（角度）を分析の対象とした。これらのデータに、園別、年齢別、曲調によって、差異が見られるかについて検討した。本稿では、中でも特徴的であった、saccade の発生回数、saccade の大きさ、最初の 1 回目に生じた saccade の大きさについて示す。

定量的分析の方法は、幼稚園要因（2 水準）、曲調要因（2 水準）、年齢要因（3 水準）による三元配置分散分析である。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 視線の動きの可視化

本稿では、算出データのうち、分析ソフト (Tobii Pro アナライザ) で解析した視線移動の個別算出データ、および、算出データの定量的分析を行った結果の一部を示す。

まず、視線移動の個別算出データを、長調 1 曲、短調・わらべうた 1 曲について、年齢別に例示する。

##### 1-1. 《かえるのうた》歌唱時の視線の動きに関する分析結果

##### (1) 3 歳児の《かえるのうた》歌唱時の分析結果

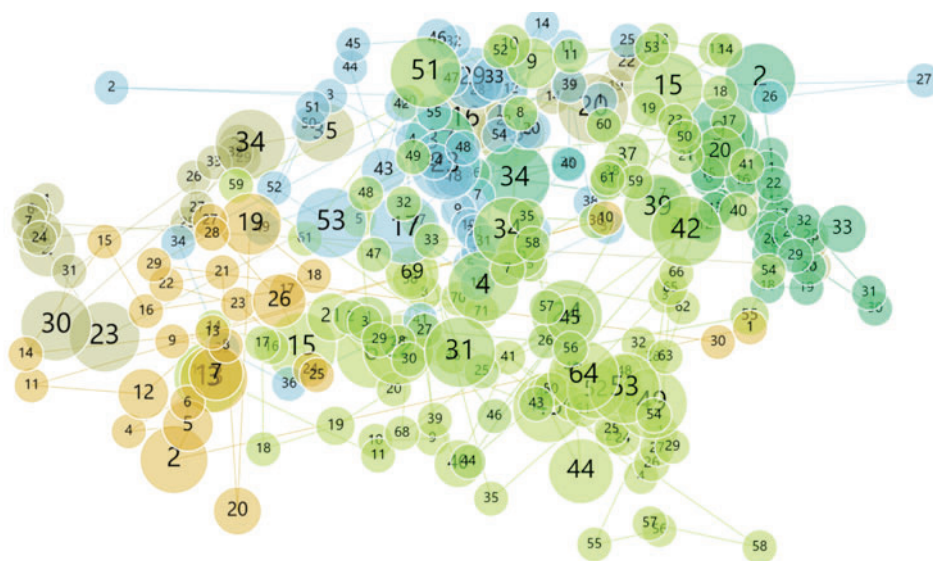


図 1-1-1. 3 歳児《かえるのうた》歌唱時の gaze map

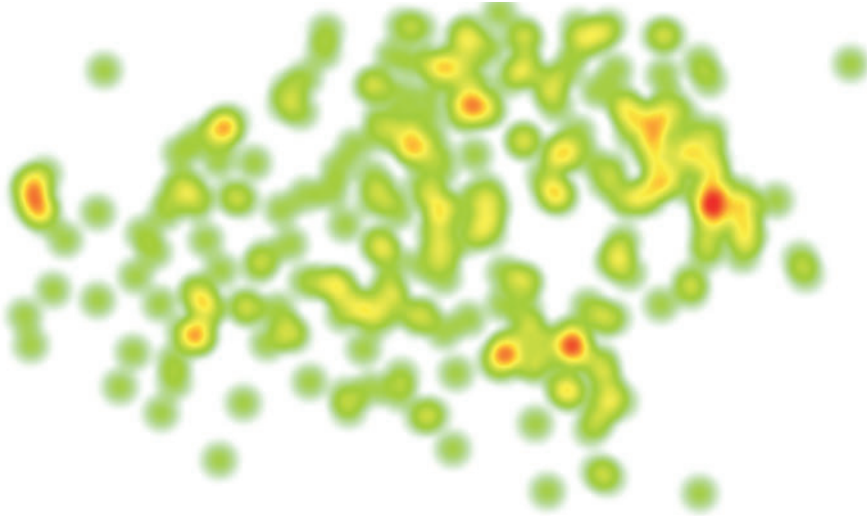


図 1-1-2. 3 歳児《かえるのうた》歌唱時の heat map

(2) 5 歳児の《かえるのうた》歌唱時の分析結果

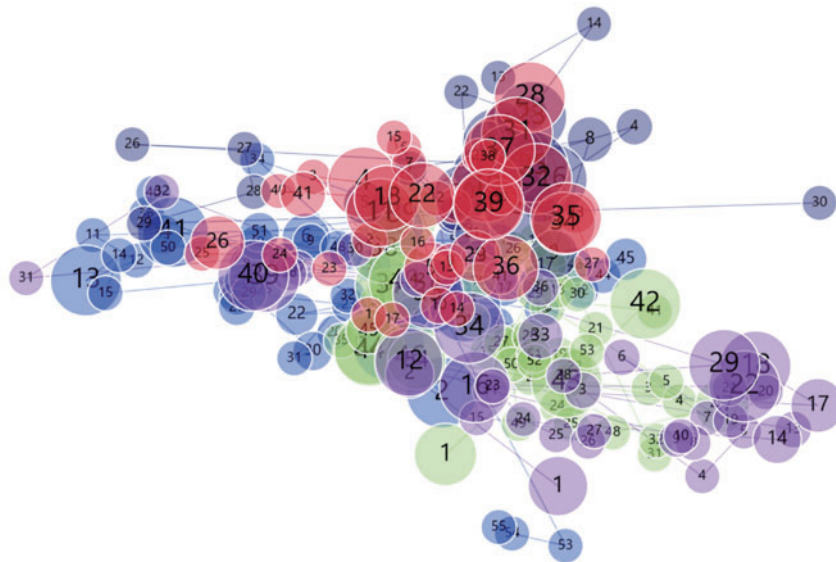


図 1-1-3. 5 歳児《かえるのうた》歌唱時の gaze map

1-2. 《だるまさん》歌唱時の視線の動きに関する分析結果

(1) 3 歳児の《だるまさん》歌唱時の分析結果

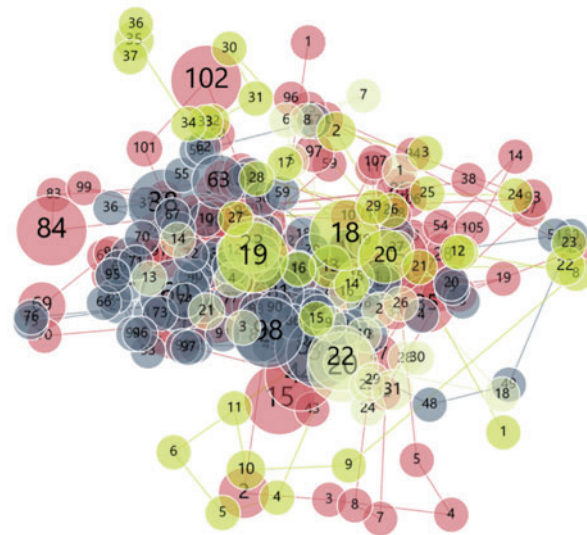


図 1-2-1. 3 歳児《だるまさん》歌唱時の gaze plot

(2) 5 歳児の《だるまさん》歌唱時の分析結果

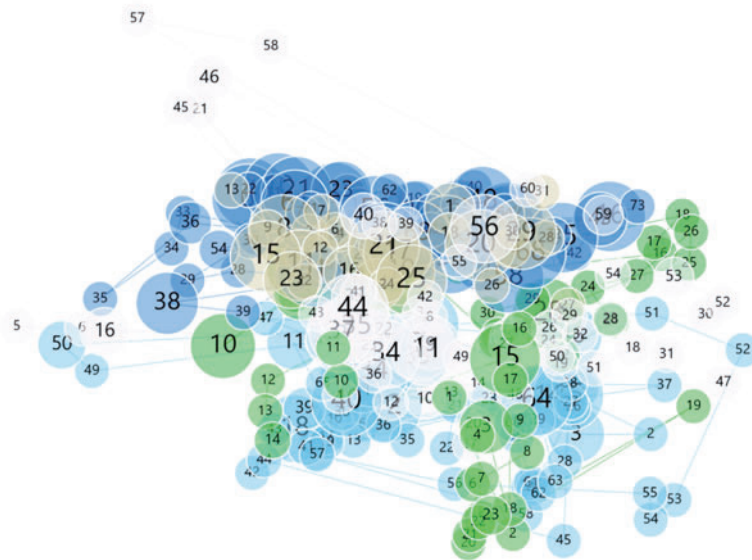


図 1-2-2. 5 歳児《だるまさん》歌唱時の gaze plot

上記の個別事例は、《かえるのうた》と《だるまさん》を歌唱時の視線の動きを可視化したものである。gaze plot は視線の動きの順番を示しており、○の大きさは、視線がそこに停留して、対象児がその部分を注視していた時間の長さが相対的に表されている。Heat map は、赤色、黄色、黄緑色の順に注視していた時間が長かったことを相対的に示している。対象児は、近くにいる他児達や伴奏する保育者を注視しながら、自らの歌唱やそれに伴う動作を行っていた。

次に、これらアイトラッキングの結果から、長調と短調・わらべうたによる saccade の特徴的差異の有無について統計的な有意差が見られるかどうかを明らかにするために、幼稚園要因 (2水準)、曲調要因 (2水準)、年齢要因 (3水準) による三元配置分散分析を行った。

### 3. 長調と短調・わらべうたによる saccade の特徴的差異

アイトラッキング取得データについて、saccade に特化し、三元配置分散分析を行ったところ、次のような結果が得られた。

#### (1) Saccade の発生回数について

次の表 2 は、saccade の発生回数の平均値を、曲調別、園別に示したものである。

表 2 saccade の発生回数の平均値

幼稚園	曲調	年齢	平均値	標準偏差	N
Y 幼稚園	長調	3 歳児	25.6333	14.9216	30
		4 歳児	26.1	18.75311	30
		5 歳児	30.3333	16.75654	30
	短調・わらべうた	3 歳児	10.35	5.7425	20
		4 歳児	11	5.28155	20
		5 歳児	15.35	6.45857	20
N 幼稚園	長調	3 歳児	16.3667	15.1532	30
		4 歳児	18.7	14.72308	30
		5 歳児	14.1667	12.42379	30
	短調・わらべうた	3 歳児	15.85	12.41508	20
		4 歳児	21.5	13.54719	20
		5 歳児	13.3	10.60834	20

表 3 は、被験者間効果の主効果・交互作用の検定の結果を示す。

表 3 被験者間効果の検定の主効果・交互作用

要因	自由度	F 値	有意確率
幼稚園	1	3.896	n.s.
曲調	1	21.103	p<.005
年齢	2	0.68	n.s.
幼稚園 * 曲調	1	23.912	p<.005
幼稚園 * 年齢	2	3.88	n.s.
曲調 * 年齢	2	0.136	n.s.
幼稚園 * 曲調 * 年齢	2	0.134	n.s.

表 3 に示したとおり、被験者間効果の主効果・交互作用の検定の結果、曲調要因、幼稚園 \* 曲調要因

で有意であった。そこで、単純主効果の検定と Bonferroni の方法による多重比較の検定を行った結果、単純主効果は、幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の幼稚園要因について、単純主効果は、長調の 5 歳児 ( $F(1, 288)=21.415, p<.005$ ) で有意であった。多重比較の結果、長調の 3 歳児、4 歳児、5 歳児で、Y 幼稚園が N 幼稚園よりも大きく、短調・わらべうたの 4 歳児で N 幼稚園が Y 幼稚園よりも大きかった。幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の曲調要因について、単純主効果は、Y 幼稚園で、3 歳児 ( $F(1, 288)=15.311, p<.005$ ) , 4 歳児 ( $F(1, 288)=15.946, p<.005$ ) , 5 歳児 ( $F(1, 288)=14.716, p<.005$ ) で有意であった。

表 4 多重比較

曲調	年齢	(I) 幼稚園	(J) 幼稚園	平均値の差 (I-J)	標準誤差	有意確率 b	95% 平均差信頼区間 b	
							下限	上限
長調	3 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	9.267*	3.493	0.008	2.391	16.143
		N 幼稚園	Y 幼稚園	-9.267*	3.493	0.008	-16.143	-2.391
	4 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	7.400*	3.493	0.035	0.524	14.276
		N 幼稚園	Y 幼稚園	-7.400*	3.493	0.035	-14.276	-0.524
	5 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	16.167*	3.493	0	9.291	23.043
		N 幼稚園	Y 幼稚園	-16.167*	3.493	0	-23.043	-9.291
短調 わらべうた	3 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	-5.5	4.279	0.2	-13.921	2.921
		N 幼稚園	Y 幼稚園	5.5	4.279	0.2	-2.921	13.921
	4 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	-10.500*	4.279	0.015	-18.921	-2.079
		N 幼稚園	Y 幼稚園	10.500*	4.279	0.015	2.079	18.921
	5 歳児	Y 幼稚園	N 幼稚園	2.05	4.279	0.632	-6.371	10.471
		N 幼稚園	Y 幼稚園	-2.05	4.279	0.632	-10.471	6.371

表 4 に示したとおり、多重比較によれば、Y 幼稚園の 3 歳児、4 歳児、5 歳児で、長調が短調・わらべうたよりも大きかった。また、長調でいずれの年齢でも Y 幼稚園が N 幼稚園より大きく、短調・わらべうたの 4 歳児で N 幼稚園が Y 幼稚園よりも大きかった。

次の図 2-1 は長調の歌の歌唱時に生じた saccade の発生回数の年齢別変化を、図 2-2 は短調・わらべうたの歌の歌唱時に生じた saccade の発生回数の年齢別変化を示している。

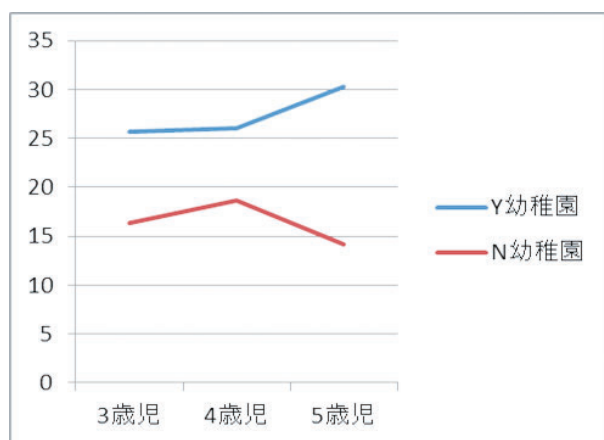


図 2-1. 長調の歌の歌唱時に生じた saccade の発生回数

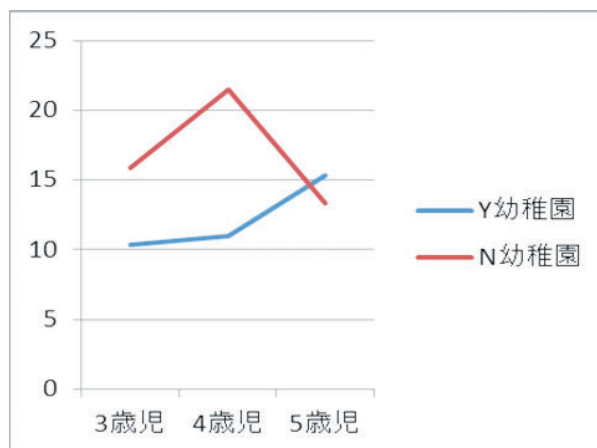


図 2-2. 短調・わらべうたの歌の歌唱時に生じた saccade の発生回数



Y 幼稚園で saccade の発生回数は長調で顕著であり、その傾向は N 幼稚園よりも明確に表れていることがわかる。

(2) Saccade の大きさについて

次の表 5 は、saccade の大きさの平均値を示している。

表 5 saccade の大きさの平均値

幼稚園	曲調	年齢	平均値	標準偏差	N
Y 幼稚園	長調	3 歳児	125.3003	204.8882	30
		4 歳児	138.942	200.3167	30
		5 歳児	152.3823	231.6721	30
	短調・わらべ うた	3 歳児	8.265	2.47615	20
		4 歳児	8.082	2.8312	20
		5 歳児	7.9545	2.70593	20
N 幼稚園	長調	3 歳児	5.9813	1.63069	30
		4 歳児	6.858	2.23568	30
		5 歳児	7.2067	2.83771	30
	短調・わらべ うた	3 歳児	6.5155	2.17405	20
		4 歳児	6.3945	1.92391	20
		5 歳児	6.863	2.36322	20

表 6 に、被験者間効果の主効果・交互作用の検定の結果を示す。

表 6 被験者間効果の検定の主効果・交互作用

要因	自由度	F 値	有意確率
幼稚園	1	23.528	$p < .005$
曲調	1	22.54	$p < .005$
年齢	2	0.088	<i>n.s.</i>
幼稚園 * 曲調	1	22.478	$p < .005$
幼稚園 * 年齢	2	0.07	<i>n.s.</i>
曲調 * 年齢	2	0.088	<i>n.s.</i>
幼稚園 * 曲調 * 年齢	2	0.077	<i>n.s.</i>

表 6 に示したとおり、被験者間効果の検定の結果、主効果・交互作用は、幼稚園要因、曲調要因、幼稚園 \* 曲調要因で有意であった。そこで、単純主効果の検定と Bonferroni の方法による多重比較の検定を行った。幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の幼稚園要因について、単純主効果は、長調で有意であった (3 歳児  $F(1, 288)=15.615, p < .005$ , 4 歳児  $F(1, 288)=19.135, p < .005$ , 5 歳児  $F(1, 288)=23.116, p < .005$ )。多重比較によれば、長調の 3 歳児、4 歳児、5 歳児のいずれも、Y 幼稚園が N 幼稚園よりも大きかった。幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の曲調要因について、単純主効果は、Y 幼稚園の 3 歳児、4 歳児、5 歳児で有意であった (3 歳児 :  $F(1, 288)=12.019, p < .005$ , 4 歳児 :  $F(1, 288)=15.0126, p < .005$ , 5 歳児 :  $F(1, 288)=18.303, p < .005$ )。多重比較によれば、Y 幼稚園の 3 歳児、4 歳児、5 歳児で、長調が短調・わらべうたよりも大きかった。

(3) 最初の 1 回目に生じた saccade の大きさ

表 7 は、最初の 1 回目に生じた saccade の大きさの平均値を示したものである。

表 7 最初の 1 回目に生じた saccade の大きさの平均値

幼稚園	曲調	年齢	平均値	標準偏差	N
Y 幼稚園	長調	3 歳児	74.1527	128.1648	30
		4 歳児	71.2517	105.1489	30
		5 歳児	64.698	93.78386	30
	短調・わらべ うた	3 歳児	8.214	4.47496	20
		4 歳児	7.473	4.08074	20
		5 歳児	8.9725	5.78889	20
N 幼稚園	長調	3 歳児	6.5973	5.60581	30
		4 歳児	7.0097	4.80204	30
		5 歳児	6.6837	4.8434	30
	短調・わらべ うた	3 歳児	6.855	6.49672	20
		4 歳児	6.7825	4.90401	20
		5 歳児	8.723	9.07599	20

表 8 に、被験者間効果の検定の結果の主効果・交互作用を示す。

表 8 被験者間効果の検定の主効果・交互作用

要因	自由度	F 値	有意確率
幼稚園	1	20.084	$p < .005$
曲調	1	18.298	$p < .005$
年齢	2	0.019	<i>n.s.</i>
幼稚園 * 曲調	1	19.134	$p < .005$
幼稚園 * 年齢	2	0.047	<i>n.s.</i>
曲調 * 年齢	2	0.069	<i>n.s.</i>
幼稚園 * 曲調 * 年齢	2	0.03	<i>n.s.</i>

表 8 に示したとおり、被験者間効果の検定の結果、主効果・交互作用は、幼稚園要因、曲調要因、幼稚園 \* 曲調要因で、有意であった。そこで、単純主効果の検定と Bonferroni の方法による多重比較の検定を行った。幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の幼稚園要因について、単純主効果は、長調で有意であった（3 歳児： $F(1, 288)=18.626, p < .005$ , 4 歳児： $F(1, 288)=16.844, p < .005$ , 5 歳児： $F(1, 288)=13.736, p < .005$ ）。多重比較によれば、長調で 3 歳児、4 歳児、5 歳児で、Y 幼稚園が N 幼稚園よりも大きかった。幼稚園 \* 曲調 \* 年齢要因の曲調要因について、単純主効果は、Y 幼稚園で有意であった（3 歳児： $F(1, 288)=14.196, p < .005$ , 4 歳児： $F(1, 288)=13.281, p < .005$ , 5 歳児： $F(1, 288)=10.139, p < .005$ ）。多重比較によれば、Y 幼稚園の 3 歳児、4 歳児、5 歳児で、長調が短調・わらべうたよりも大きかった。

次の図 2-3 は、3 歳児の最初の 1 回目に生じた saccade の大きさを示している。

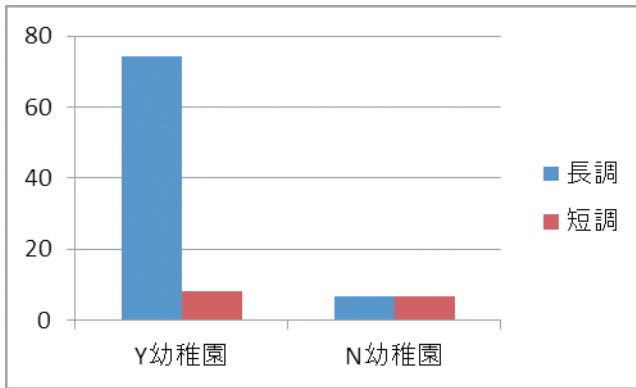


図 2-3. 最初の 1 回目に生じた 3 歳児の saccade の大きさ

年齢が上がっても、同様の傾向が見られ、最初の saccade においては、Y 幼稚園で長調の曲に対して大きさが顕著であったのに対して、N 幼稚園では、曲調による saccade の差異は殆ど見られなかったことがわかった。これは、歌う際に、歌詞の言葉や内容に興味向きがちな N 幼稚園の幼児達の特徴を示しているとも考察される。

#### IV 考察とまとめ

本稿では、2021 年度に取得した 2 か所の幼稚園児 60 人のアイトラッキング・データについて、定量的分析を行い、幼児の歌唱時の眼球運動 saccade に関する特徴を見い出そうとした。ここでは、主に、幼稚園要因、曲調要因および年齢要因による対応の無い三元配置分散分析を行った。それらの結果を園別に見ると、N 幼稚園では、曲調によるデータ平均値に大きな差異が見られなかったのに対して、Y 幼稚園では、いずれの年齢でも、長調で、saccade の発生回数や大きさ、最初の 1 回目に生じた saccade の大きさが、短調・わらべうたよりも大きかった。Y 幼稚園における saccade の発生回数は、5 歳児が長調で顕著であった。N 幼稚園では、短調・わらべうたでも、歌うことに動作が自然に伴う歌については、歌詞の言葉や内容に対象児の注意が向き、身体的な動きを次にどうするかを判断するために、同様の saccade が生じたものと考察された。

具体的な曲目を見てみると、saccade の発生回数や大きさは、曲調が長調（ハ長調）で快活な音楽の有する特徴ばかりでなく、同時に歌詞の内容が、歌うことで身体的な動作を自然に促すような特徴も有していることに依拠するものと考えられた。対象児は、近くにいる他児達や保育者を見ながら歌い、自然に歌やそれに伴う身体的な動きも大きく表現していたのである。また、saccade の大きさは、最初の 1 回目に生じた saccade の大きさと同様に、いずれの年齢でも《むすんでひらいて》について顕著であった。

このように、Y 幼稚園で長調に対する saccade が大きいという特徴が明確であったのに対して、N 幼稚園ではそれほどはっきりしなかったという、対象園による差異は見られたが、データ数の増加と共に、長調で歌詞の内容が身体的な動きを自然に促す手遊び歌であるという曲目の有する特徴は、saccade の生じ方と関係があることが示されたと考察される。

これらの結果から、幼児の歌唱時における眼球運動の saccade は、幼児の音楽的表現の発展度の分類・判別に寄与する新たな特徴量として、継続的に検討が必要であると考えられる。

## 謝辞

研究協力園の先生と子どもたちに感謝申し上げます。

この研究は、科学研究費補助金 基盤研究 (C) 課題番号 21K02369 を受けて行われたものの一部である。

## 参考文献

- 安藤明伸，住川泰希 (2012) 「モーションキャプチャと仮想空間を利用した鋸引き動作観察教材の開発と機能評価」『日本教育工学会論文誌』36(2), pp.103-110.
- Burger, B. (2013a) Move the way you feel: Effects of musical features, perceived emotions, and personality on music-induced movement. Department of Music, University of Jyväskylä.
- Burger, B., Puupponen, A., Tommi, J. (2017) Synchronizing eye tracking and optical motion capture: How to bring them together, *Conference on Music & Eye-Tracking, 2017, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics*, p.11.
- Fink, K., Lange, E., Groner, R. (2019). The application of eye-tracking in music research, *Journal of Eye Movement Research*, 11(2), 1, pp.1-4.
- 扶瀬絵梨奈 (2017) 「保育の表現技術「音楽 I」における専門的技術に関する考察—ピアノ演奏時の視線行動の熟達差を通して—」『名古屋柳城短期大学研究紀要』(39), pp.313-331.
- 樋口大樹，奥村優子，小林哲生 (2019) 「幼児のひらがな文字音知識の発達：アイトラッカーを用いた検討 (ヒューマンコミュニケーション基礎)」『電子情報通信学会技術研究報告』118 (437), pp.83-88.
- 児玉悠，大羽成征，石井信 (2015) 「機械学習を用いた一般生活環境下での行動認識手法の検討 (情報論的学習理論と機械学習)」『電子情報通信学会技術研究報告』114 (502), pp.73-78.
- 楠敬太，小澤亘，金森裕治 (2017) 「外国にルーツを持つ児童の読み困難度に関する基礎的研究—視機能評価及び読み能力の測定を通して—」『日本デジタル教科書学会年次大会発表原稿集』6, pp.7-8.
- Lörch, L., Fehringer, B., Münzer, S.(2017) Reading music. How tonality and notation influence music reading experts' eye movements, pupil dilation and performance in a pattern matching task. *Conference on Music & Eye-Tracking, 2017, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics*, p.17.
- Moreno-Estevaa, E., White, S., Woodc, J., and Blackc, A.(2019). Application of mathematical and machine learning techniques to analyze eye tracking data enabling better understanding of children's visual cognitive behaviours, *Frontline Learning Research*, 6(3) Special issue: pp.72-84. <https://doi.org/10.14786/flr.v6i3.365>
- Mpofu,B.(2016) University Students Use of Computers and Mobile Devices for Learning and their

- Reading Speed on Different Platforms, *Universal Journal of Educational Research*, 4(4), pp.926-932. <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040430>
- Plöchl, M., Obleser, J. (2017) Do auditory rhythms influence eye movement statistics? *Conference on Music & Eye-Tracking, 2017, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics*, p.19.
- Sano, M. (2020). Verification of a classification prediction method for the development of musical expression in early childhood using a machine learning method based on 3D motion capture data, *Advances in Social Sciences Research Journal (International)*, 7(9), pp.338-358.
- 佐藤克美、海賀孝明、渡部信一 (2010) 「舞踊の熟達化を支援するためのモーションキャプチャ活用」『日本教育工学会論文誌』 34, pp.133-136.
- Seong-un Kim, Sung-man Lim, Eun-ae Kim, Il-ho Yang (2016) An Analysis of Eye Movement and Cognitive Load about the Editorial Design in Elementary Science Textbook, *Universal Journal of Educational Research*, 4(3), pp.570-575 , <https://doi.org/10.13189/ujer.2016.040314>
- Plöchl, M., Obleser, J. (2017) Do auditory rhythms influence eye movement statistics? *Conference on Music & Eye-Tracking, 2017, Max Planck Institute for Empirical Aesthetics*, p.19.
- 高田憲一，北須賀輝明，有次正義 (2012) 「マーカーレスモーションキャプチャ装置を用いた歩容による個人識別法の検討」(2012)『研究報告エンタテインメントコンピューティング (EC)』 2012-EC-25(9), pp.1-7.
- 渡部幹久，松村敦，宇陀則彦 (2019) 「絵本の読み聞かせにおける視線運動と表情から子どもの嗜好を抽出する試み」『情報処理学会第 81 回全国大会講演論文集』 2019 (1), pp.563-564.