

Quantitative Analysis concerning the Movement Elements of Musical Expression in Early Childhood Utilizing Motion Capture

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2016-01-31 キーワード (Ja): キーワード (En): body movement analysis, 3D motion capture, quantitative analysis, musical expression in early childhood 作成者: SANO, Mina メールアドレス: 所属:
URL	https://osaka-shoin.repo.nii.ac.jp/records/4034

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 International License.



モーショントラッキングを用いた幼児期の音楽的表現における動きの要素に関する定量的分析

児童学部 児童学科 佐野 美奈

要旨：この研究の目的は、3D モーションキャプチャー (MTw システム、および MVN システム) を用いた動作解析によって、幼児期の音楽的表現の特徴を見出すことである。4歳児と5歳児の音楽的表現に関する動作解析が2か所の保育園で行われた。その結果、5歳児が、移動平均速度および移動平均加速度における周期的変動に安定性を示した。リズムの認識に関して、5歳児の方が4歳児よりも深化していると考えられた。さらに、短調の曲よりも長調の曲に対しての方が、活発な動きの表現が生じており、移動平均速度および移動平均加速度の値が高かった。歌うことに誘発された動きの表現に生じた加速度の分析からは、周期的な変動が見い出された。また、移動平均加速度に関する MTw システムの動作解析から、日常の園生活における音楽的表現における動きの要素の変化も見い出された。

キーワード：動作解析、3D モーションキャプチャー、定量的分析、幼児期の音楽的表現

I はじめに

筆者は、かつて、幼児の音楽的表現を音楽の要素、表象化の要素、動きの要素といった視点から捉える理論的根拠を明らかにした上で、音楽的表現育成プログラムを考案した。その実践過程の質的分析を主に行い、その教育的効果として、音楽的諸要素の認識に関する幼児の成長を見出した。さらに、音楽素質診断テストを参照して、音楽的諸要素の認識度を定量的に捉えるための音楽テストを考案した。その音楽テストの実施結果を、音楽的表現育成プログラムの有無および実践前後で比較分析して、定量的にもその実践プログラムの効果を明らかにしてきた。

そこで新たな課題となったのは、幼児の音楽的諸要素の認識と前述の動きの要素との関係性を明らかにすることである。もちろん、これまでも、幼児の音楽経験における動きの重要性は、ダルクローズやダルクローズの研究を参照した考え方によっても指摘されてきている。しかしながら、その関係性について可視的に捉え分析するための具体的な方法は、十分に検討されているとは言えない。

本稿では、これまで十分に考えられてこなかった幼児の音楽的諸要素の認識と動きの関係性について、より明確に示す方法について考察したいと考える。そのために、まず、幼児の音楽的諸要素の認識と動きの関係性にかかわる先行研究を概観し、次に筆者の考案し

た方法とその実施結果について述べる。

II 幼児の音楽的諸要素の認識と動きの関係性にかかわる先行研究の検討

幼児の音楽的諸要素の認識と動きの関係性にかかわる研究には、事例分析のような質的研究も見られるが、主に実験的研究による定量的分析が見られる。

質的研究に分類されるものとして、幼児の音楽経験の発達に関する考察において動きを音楽のリズムに合わせる能力についての記述 (Moog, H., 1976)、幼児期の実践にかかわる音楽プログラムとして、音楽的諸要素の認識を活動の過程において深めることを提示した研究 (Kemple, K., Batey, J., Hartle, L., 2004) や、クリティカルシンキングや問題解決力を高めるクリエイティブ・ムーブメントの重要性を指摘した研究が見られる (Marigliano, M., & Russo, M., 2011)。さらに、そうした多面性を持つ音楽経験の乳幼児期における重要性、特に象徴遊びとの関係性についての指摘 (Prikiian, R., 2010) や、幼児の音楽経験に関する事例のコード化による分析も見られる (Custodero, L., 1999, 25p.)。乳幼児の長期的な観察によってリズムミカルでステレオタイプの行動が動きとして見られたことを示す研究もある (Thelen, E., 1979)。その一方で、一定の拍、リズム、メロディ、テンポ等のような音楽的諸要素は、数学的思考に関する乳幼児期の基礎

を培うといった観点からの研究もある (Geist, K., Geist, E., & Kuznik, K., 2012)。その点については、コダーイのテクニックに基づいた音楽プログラムに毎週1時間参加した3、4歳児の数学的思考がテストによって、その音楽経験をしていない子ども達よりも有意に高いことが定量的分析で示されている (Geoghegan, N., & Mitchelmore, M., 1996)。

乳幼児の音、拍、リズムパターン等に対する認知方略を解明しようと試みられてきたのは、主に実験的研究であった。それには、生後7か月児がリズムやメロディを認知すること (Hannon, E., & Johnson, S., 2005)、3D モーションキャプチャーによる、5~24か月児が会話よりも音楽に合わせたリズム運動や規則性のある音の方に反応することの分析的研究が挙げられる (Zentner, M., & Eerola, T., 2010)。動きと聴覚との関係性の視点から音楽に適用される運動コントロールシステムと認知についての考察 (Zatore, R., Chen, J., & Penhune, V., 2007)、眠っている新生児のドラムのリズムに対する脳のERP反応を測定し、新生児が聞えてくる音楽の拍を感知することを示した実験もある (Winkler, I., Haden, G., Landing, O., Sziller, I., & Honig, H., 2009)。また、母親の声に音楽的諸要素を聴く乳幼児の能力の発達に母親の共感的な反応としての規則性が重要であることの指摘 (Trevvarthen, C., 1999) や、運動/聴覚の相互作用に関する証拠を実験的研究によって示されたものがある (Tood, 2007; Phillips-Silver & Trainor, 2005, 2007)。最近まで、音楽の拍と身体運動との間の直接的なつながりに関する実験的証拠はほとんどなかったが、乳児期に異なるスピードによるメロディやリズムパターンを認識することが実験的研究によって示された (Phillips-Silver & Trainor, 2005, 2007; Trainor, L., 2007)。さらに、感覚運動の同期、認知や行動のリズムの協応に関してタッピング課題を中心とした研究の考察 (Repp, B., 2005)、7か月児の身体運動の経験がリズム認知に重要な役割を果たすことを示した実験的研究が挙げられる (Phillips-Silver, J., & Trainor, L., 2005)。人の様々な音楽に合わせるタッピング課題の実験や (Mcauley, J., Jones, M., Holub, S., Johnston, H., & Miller, N., 2006; Noorden, L., & Moelants, D., 1999; Drake, C., Jones, M., & Baruch, C., 2000)、音楽の拍とテンポを予測するアルゴリズムの分析もある (McKinney, M., Moelants, D., Davies, M., & Klapuri, A., 2007)。人が音楽の演奏を聴いて拍を予測する傾向にあるという実験結果の分析 (Rankin, S., & Large, E., 2009) に

よって、4歳児には、自発的な動きのテンポとリズムが同期する傾向があることが明らかにされた (Provasi, J., & Begue, A., 2003)。そして、幼児は社会的文脈において共にドラムをたたくことで自発的な動きのテンポの範囲外にある拍にテンポを合わせるという実験結果 (Kirschner, S., & Tomasello, M., 2009) が示されている。

このように、幼児の音楽的諸要素の認識に関する研究の多くは、実験的な状況で行われてきたのである。

それに対して筆者は、幼児の音楽的諸要素認識に伴う動きの要素の重要性を前提として、音楽活動をしている幼児の動きを3D モーションキャプチャーによって定量的に捉えることで、実験的な状況ではない自然な状況での分析を行いたいと考えた。そのために、3D モーショントラッカーを同時に複数の幼児の身体にボディストラップで固定し、その幼児達の動きが音楽活動の中でどのように変容していくかの過程について定量的分析を行うことを考えた。3D モーションキャプチャーの技術の使用は、前述の乳児の音に対する反応の実験 (Zentner, M., & Eerola, T., 2010) には見られたが、これまで、幼児の実際の動きを筆者の視点で捉えることには用いられてこなかった。さらに、近年では、モーションセンサーを用いた幼児の集団行動の判別 (河合・金田・芳賀・新谷 2004) があるが、音楽的諸要素の認識とは異なる視点からの行動分析の研究である。また、バトンに音楽に合わせて振る幼児の動きをLEDのマーカートラッキングで捉える実験装置による音楽教育支援システムの開発 (Shintani, K., Yasutaniya, T., Haga, H., & Kaneda, S., 2007; 清水・豊田・森本・新谷・芳賀・金田 2004) があるが、それらは個々の幼児が音楽に合わせてバトンを振る限られた動きについて実験的な状況で分析された研究である。

一方、幼児に関する研究以外では、舞踊教育や運動、動作の熟達など、教育へのモーションキャプチャーの応用について検討した研究が見られる。舞踊教育への適用に関しては、佐藤・海賀・渡部 (2010)、佐藤・沼倉・海賀・渡部 (2010) の舞踊教育におけるモーションキャプチャーによる計測がなされている。また、アニメーション作製における簡易式モーションキャプチャーの舞踊教育への活用 (佐藤・安住・海賀・渡部 2008)、モーションキャプチャーのデータから舞踊動作を生成する手法を提案した研究 (中澤・白鳥・池内 2005) 等が挙げられる。動作の特徴的フレームの抽出に関しては、八村 (2007) や神里・山田 (2006) らの研究が

挙げられる。さらに、辻・西方(2002)による打楽器演奏時の手首の位置情報における打楽器経験者と未経験者との差異に関する研究、安藤・住川(2012)による3Di教材の開発、北原・平田(2011)によるブランコ運動における角速度の重要性が示されている。直近では、モーションキャプチャーを用いて、音楽と動きの関係性について測定し、動きの特徴を抽出しようと試みた研究も見られる。但し、それらは海外の研究者によるものであり、また幼児を対象としたものではない(Burger, B., Thompson, M., Saarikallio, S., Luck, G., & Toiviainen, P., 2010, 2013; Burger, B., 2013)。

上記の関連する研究の検討から、いずれの研究も特殊なスタジオを用いたり複数のカメラを使用したりする実験的な状況で行われていたことがわかる。しかも、近年のモーションキャプチャーを用いた研究は、身体サイズの小さい幼児の音楽的表現の要素としての動きに関するものは実施されていないことがわかる。

そこで、筆者は、まず、普段の園生活における朝の会の中で行われる音楽的表現に焦点化して、その活動過程における幼児の動きの変容を継続的に測定し、定量的分析を行うこととした。

Ⅲ 研究の目的と方法

この研究の目的は、幼児の音楽的表現における動きの要素について、新たに3Dモーションキャプチャーを用いた動作解析による定量的分析を行うことを通して、幼児の音楽的表現の発達的特徴を明らかにすることである。そのために、筆者は、幼児の音楽的諸要素の認識度の変容と同時に、動作解析による定量的分析によって、筆者が考案した音楽的表現育成プログラムの教育的効果について検証することを考えた。

その1年目としての2013年度においては、次のような研究の方法をとった。

まず、保育形態の対照的なU保育園(遊び中心の保育)の3歳児19名、4歳児18名、5歳児21名と、K保育園(音楽経験以外の活動がモンテッソーリ・メソッドの保育)の3歳児19名、4歳児21名、5歳児19名を対象とし、朝の会の音楽活動について、毎月の初旬と下旬の2回ずつ、継続的に3Dモーションキャプチャーによる動作解析を行った。この場合の3Dモーションキャプチャーとは、写真1に示したとおり、MTwによるワイヤレスの小型軽量の3Dモーショントラッカーを1個ずつ各幼児に装着して、同時に複数の幼児に対して行うものである。それは、方位、

加速度、角速度等の3次元データを測定し、自然な活動状態で、保育室内での幼児達による個々の動きと位置関係を緻密に捉えるものである。その測定値の分析対象は、加速度であった。MTwのタイムフレームは1/60秒であり、20タイムフレームの移動平均を用いた。

測定時間は、U保育園の3歳児が9:30~9:40、4歳児が9:40~9:50、5歳児が9:50~10:00であり、K保育園の3歳児が9:50~10:00、4歳児が10:00~10:10、5歳児が10:10~10:20という、それぞれ毎朝行っている朝の会の時間帯であった。各年齢の幼児について、毎回の測定時にランダムに選ばれた5名が測定され、U保育園13回分、K保育園14回分のデータが得られた。さらに、2013年度後半には、移動軌跡や移動距離をより詳細に知るために、写真2に示したMVNのシステムも併用した。MVNのタイムフレームは1/120秒であり、20タイムフレームの移動平均を用いた。MVNについては、体格の良い幼児でなければ



写真1 MTw モーショントラッカー装着時の K 保育園 3 歳児



写真2 MVN 装着時の K 保育園 4 歳児男児

装着できず、装着時間を要することに耐え得る幼児は限られていたため、各園2名ずつの5歳児を交替で測定対象とした。

ここでは、上記の日常保育の音楽的表現として、歌うことの誘発する動きの表現に関する動作解析の結果の一部を示す。

IV. 結果と考察

1. MVN システムによる 3D motion capture を用いた

歌に伴う幼児の動作解析—4歳児と5歳児の結果—
短調の歌《うれしいひなまつり》(22秒記録)に関して、moderato の速度の伴奏に合わせて歌い、それに誘発される動きの要素を捉えた。

図1と図2は、2014年2月6日にK保育園児が《うれしいひなまつり》を歌ったときに生じた動きの移動軌跡である。図3に示した4歳児の総移動距離は0.364mであり、図4に示した5歳児の総移動距離は0.467mであった。

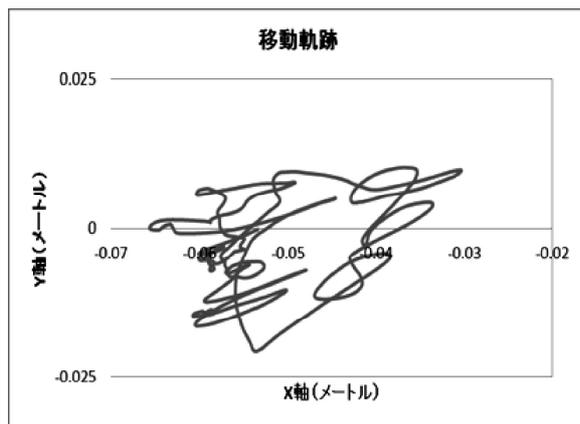


図1 4歳児の《うれしいひなまつり》の歌に対する動きの移動軌跡

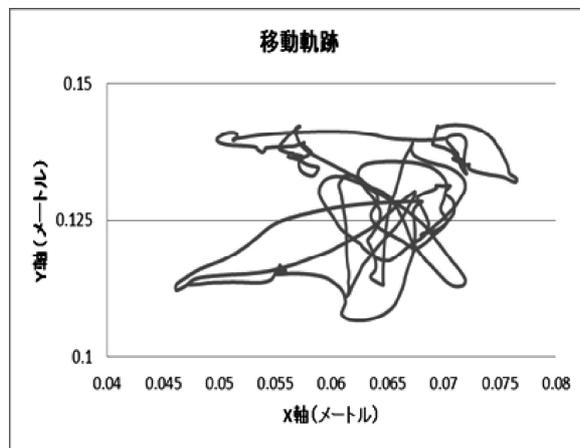


図2 5歳児の《うれしいひなまつり》の歌に対する動きの移動軌跡

移動平均(タイムフレーム 1/6秒)速度については、図3と図4に示したとおり、4歳児0.0851m/s、5歳児0.223m/sで、5歳児の最大平均速度が速かった。



図3 4歳児の移動平均速度(最大値0.0851m/s)

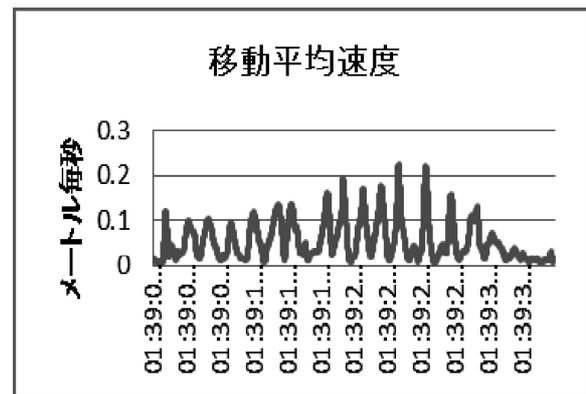


図4 5歳児の移動平均速度(最大値0.223m/s)

移動平均(タイムフレーム 1/6秒)加速度については、4歳児1.5694m/s²、5歳児1.58m/s²で、わずかに5歳児の方が大きい数値となっていた(図5、図6)。

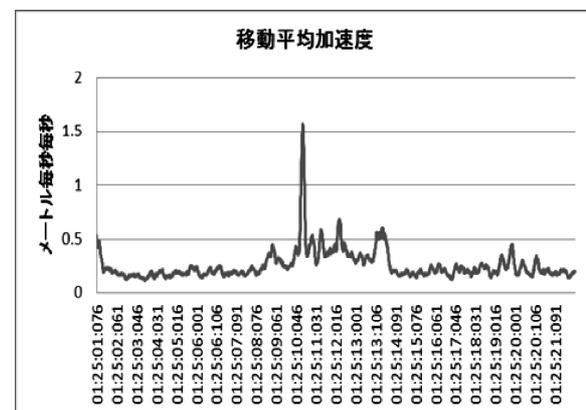


図5 4歳児の移動平均加速度(最大値1.5694m/s²)

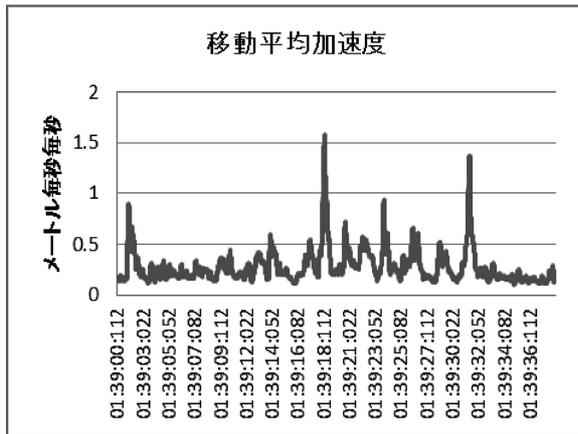


図6 5歳児の移動平均加速度 (最大値 1.58m/s²)

図3、図4の移動平均速度のグラフから、4歳児の移動平均速度が一律に低いのに対して、5歳児については安定した周期的変動が見られた。

また、図5と図6に示したとおり、移動平均加速度グラフからは、4歳児に1か所ピークが見られたが、5歳児には音楽に対して安定して周期的な動きと最大-最小平均加速度の振幅が見られた。移動平均加速度に関しては、同様の条件下、U保育園とK保育園のそれぞれ4歳児と5歳児の各5名のMTwシステムによる測定結果から算出した60秒間の平均値についてt検定を行った。その結果、5%水準で、U保育園では(t(8)=4.927, p=.001)、K保育園では(t(8)=2.705, p=.027)で有意差が見られ、4歳児よりも5歳児の移動平均加速度の平均値の方が高いことがわかった。こうした結果から、4歳児よりも5歳児の動きが、リズムに対する認識の深まりを示していることが読み取れた。それは、リズムや拍のような音楽的諸要素の認識を、幼児は次第に明確に自発的な身体の動きによって表現するようになるので、音楽的表現における動きの要素の変化は、移動平均加速度の変化として表れるためである。K保育園とU保育園の5歳児を比較すると、動きのパターンに類似した傾向が見られた。

2. MVNシステムの動作解析による長調と短調の歌での動きの表現の差異

短調の歌《うれしいひなまつり》(山野三郎作詞、河村直則作曲)(32秒記録)と長調の歌《もちつきべったん》(多志賀明作詞作曲)(31秒記録)との5歳児の測定結果から、総移動距離については、短調0.467m、長調1.818mであり、移動平均速度の最大値については、短調0.223m/s、長調0.2090m/s、移動平均加速度の最大値については、短調1.58m/s²、長調3.8140m/s²

であった。図7に、長調の歌《もちつきべったん》の歌に伴って生じたU保育園5歳児の移動軌跡を示し、図8に移動平均速度、図9に移動平均加速度について示す。

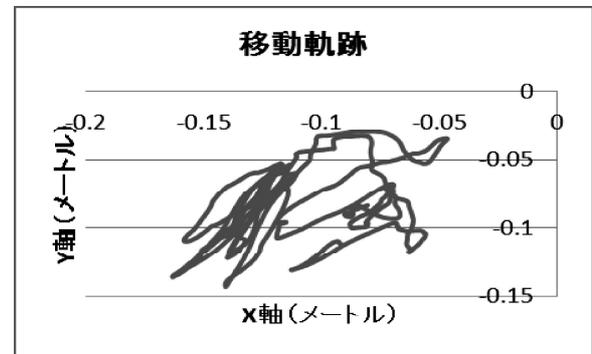


図7 長調「もちつきべったん」に対する動き (総移動距離 1.818m)

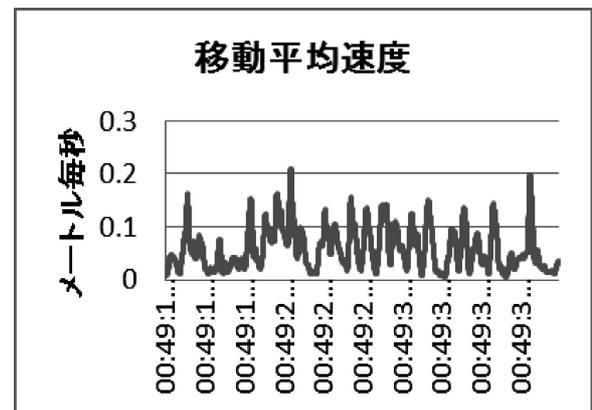


図8 移動平均速度 (最大値 0.2090m/s)

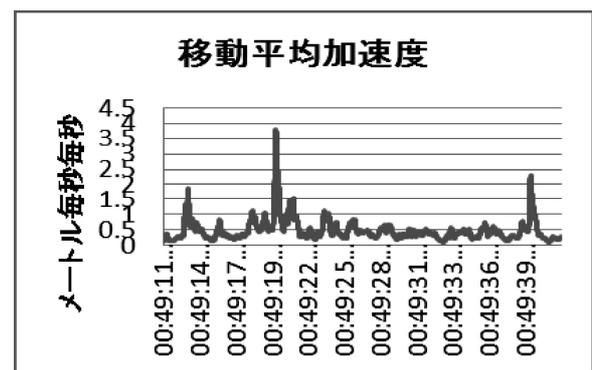


図9 移動平均加速度 (最大値 3.8140m/s²)

表1は、5歳児の調性の異なる歌に対する動きの差異について、要約したものである。

表1に示したとおり、長調に対する方が活発に動きの表現が生じていることがわかった。移動平均加速度に関して、長調の歌に対する平均値の方が、短調の歌に対してよりも大きいことがわかった。

表 1 5 歳児の長調・短調の歌に伴う動きの差異について

	記録時間(秒)	総移動距離(m)	移動平均速度(m/s) 最大值	移動平均加速度(m/s ²) 最大值	活発な動き
短調の歌	32 秒	0.467m	0.223m/s	1.58m/s ²	小
長調の歌	31 秒	1.818m	0.209m/s	3.8140m/s ²	大

* 短調の歌《うれしいひなまつり》
長調の歌《もちつきべったん》

3. 歌うことに伴う動きの表現に生じた加速度の分析

MTw による測定結果において、加速度データに着目した。ここでは、K 保育園 5 歳児による《カレンダーマーチ》(井出隆夫作詞・福田和禾子作曲)を歌ったときに生じた動きに焦点化して述べる。

(1) MTw の測定で得られた加速度データの変化

K 保育園 5 歳児による《カレンダーマーチ》(演奏速度 moderato) に対して記録された加速度は、最大値 2.296m/s²、最小値-1.362m/s²、平均値 0.0417m/s²であった。MTw による複数の 5 歳児の動きに関するデータにおいて、平均的な加速度データは、図 10 のとおりである。得られた加速度データの変化について、

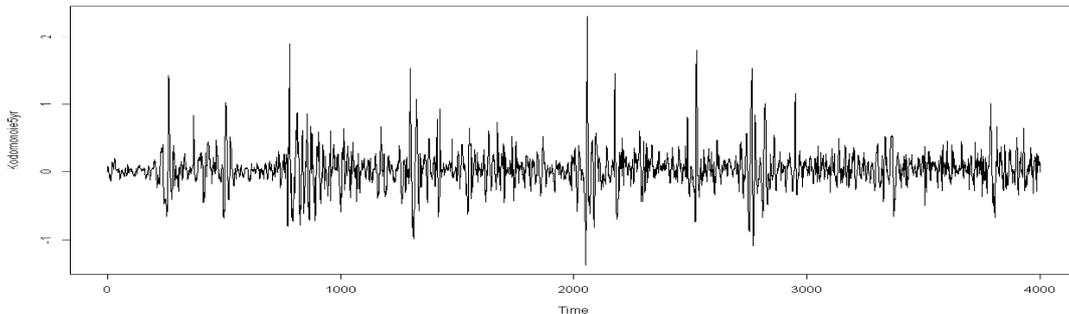


図 10 K 保育園 5 歳児による《カレンダーマーチ》(井出隆夫作詞・福田和禾子作曲) に対する動きの加速度データ

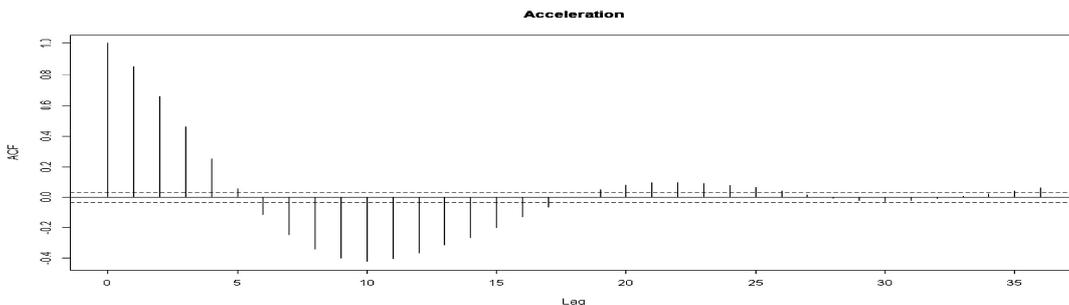


図 11 K 保育園 5 歳児による《カレンダーマーチ》(井出隆夫作詞・福田和禾子作曲) に対する動きの加速度の自己相関分析結果

全般的に活発な動きが生じており、いくつかのタイムフレームで活発な動き、あるいはほぼ静止が見られた。また、U 保育園 4 歳児と 5 歳児の各 5 名、K 保育園 4 歳児と 5 歳児の各 4 名について、MTw による測定値 30 秒間の平均値について、t 検定を行った。その結果、5 %水準で、U 保育園では $t(8)=3.065$, $p=.015$ 、K 保育園では $t(6)=2.816$, $p=.03$ で有意差が見られ、4 歳児よりも 5 歳児の平均値の方が有意に高いことがわかった。さらに、その加速度データを分析するために、次に自己相関分析を行った。

(2) 加速度の自己相関分析

図 11 に示したその加速度の自己相関分析結果より、上下に振動し減衰する波形が見られ、強い周期性を持っていることが読み取れた。タイムフレーム 10 の周辺で自己相関が大きくなっており、データは約 0.17 秒 (60Hz) 単位の周期性が顕著であることがわかった。

自己相関関数は、次のとおりとした。

$$\hat{R}(k) = \frac{1}{(n-k)\sigma^2} \sum_{t=1}^{n-k} [f(t)-\mu][f(t+k)] - \mu$$

(3) 移動平均加速度の偏相関について

さらに偏相関分析を行った。結果は図 12 のとおりであり、偏相関は認められなかった。

(4) スペクトル分析

加速度の変化に含まれるトレンド、周期、ノイズ等の特徴的な成分を抽出するため、図 13 に示したとお

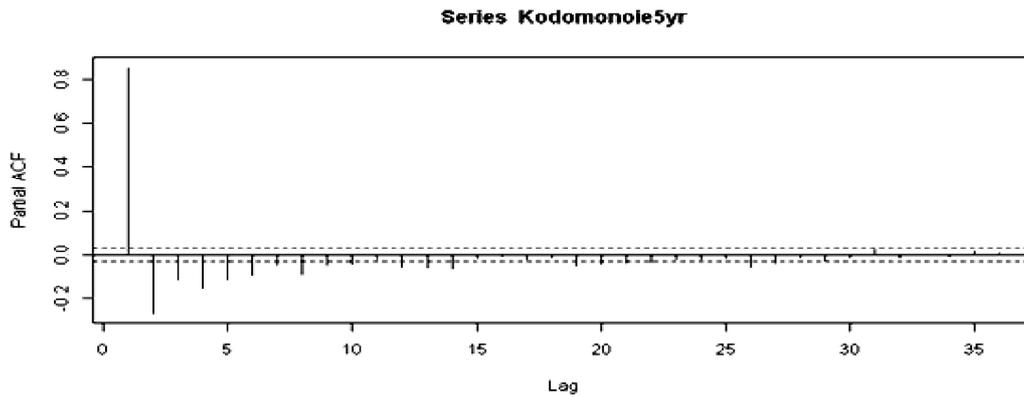


図 12 K 保育園 5 歳児による《カレンダーマーチ》（井出隆夫作詞・福田和禾子作曲）に対する動きの加速度の偏相関分析結果

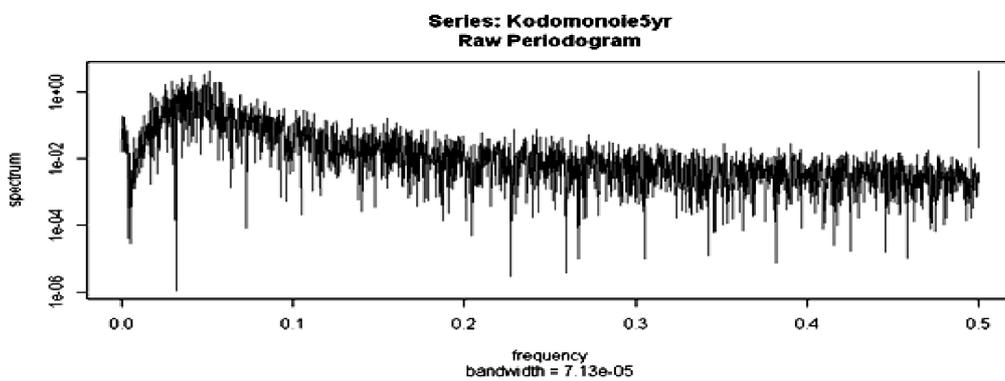


図 13 5 歳児《カレンダーマーチ》（井出隆夫作詞・福田和禾子作曲）に対する動きの加速度のスペクトル分析結果のピリオドグラム

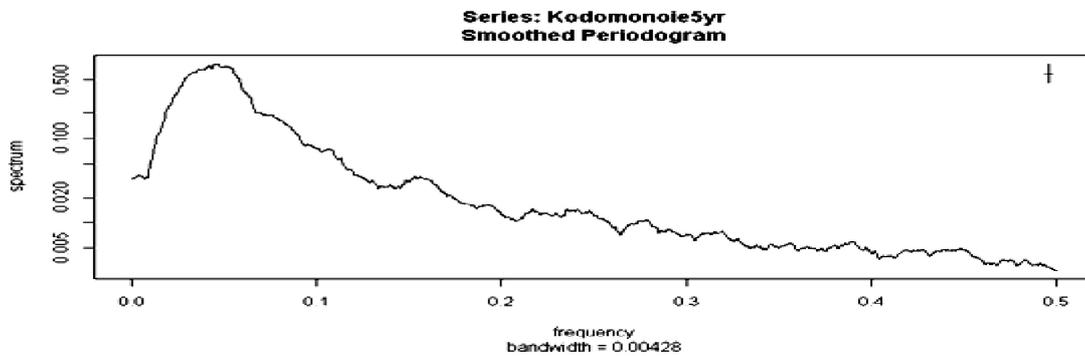


図 14 平滑化したピリオドグラム

り、高速フーリエ変換によるスペクトル分析を行った。

さらに、スペクトル分析におけるスペクトル密度関数を検定するため、図 14 に示したとおり、ピリオドグラムから修正 Daniell 平滑化を行った。周期性分析により、トレンド、周期、ノイズ等の特徴的な成分を抽出した。

4. MTw システムによる 2013 年度の日常の園生活における音楽的表現の動作解析について

2013 年度の日常の園生活における音楽的表現の動

作解析について、前述、遊び中心の保育が行われている U 保育園と日常生活の感覚訓練のみについてモンテッソーリ・メソッドが行われている K 保育園の結果分析を比較した。ここでは、その移動平均加速度の変化に関する一部についてのみ示す。図 15、図 16、図 17 は、2013 年度の 3 歳児、4 歳児、5 歳児の音楽的表現の動作解析に関する移動平均加速度の変化を示したものである。

図 15 の 3 歳児では、U 保育園の方が、概して移動平均加速度が高くなっていく傾向にあり、K 保育園

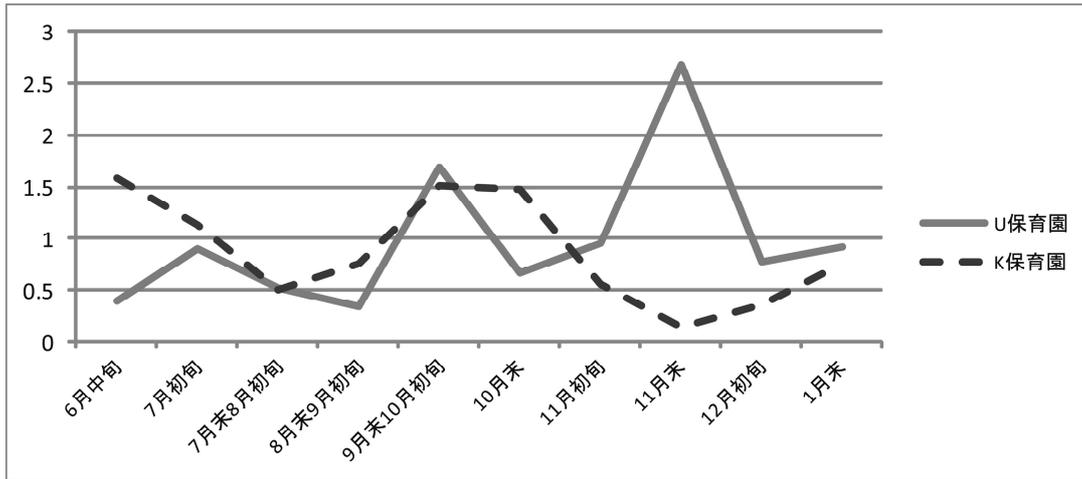


図 15 2013 年度の日常の園生活における音楽的表現の MTw 動作解析による移動平均加速度の U 保育園と K 保育園の比較：3 歳児

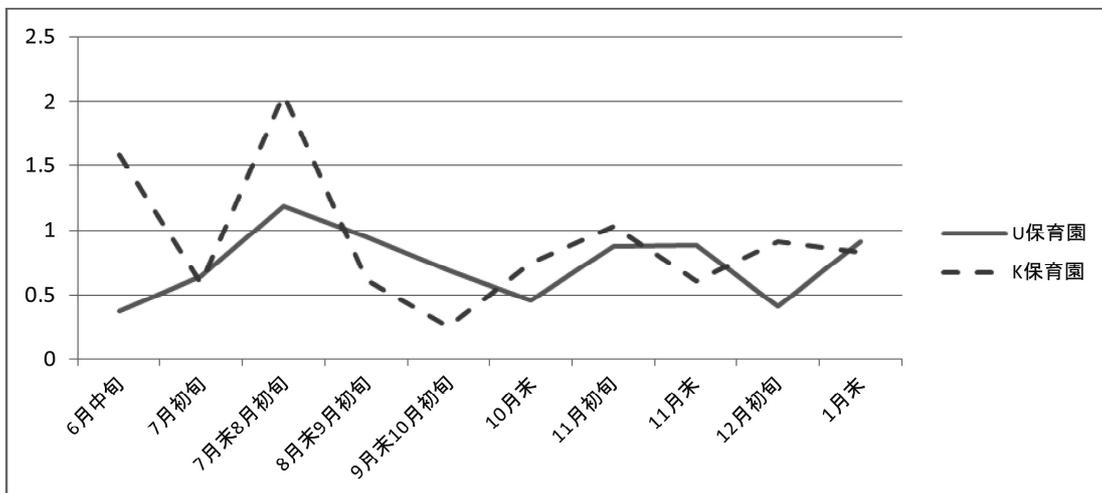


図 16 2013 年度の日常の園生活における音楽的表現の MTw 動作解析による移動平均加速度の U 保育園と K 保育園の比較：4 歳児

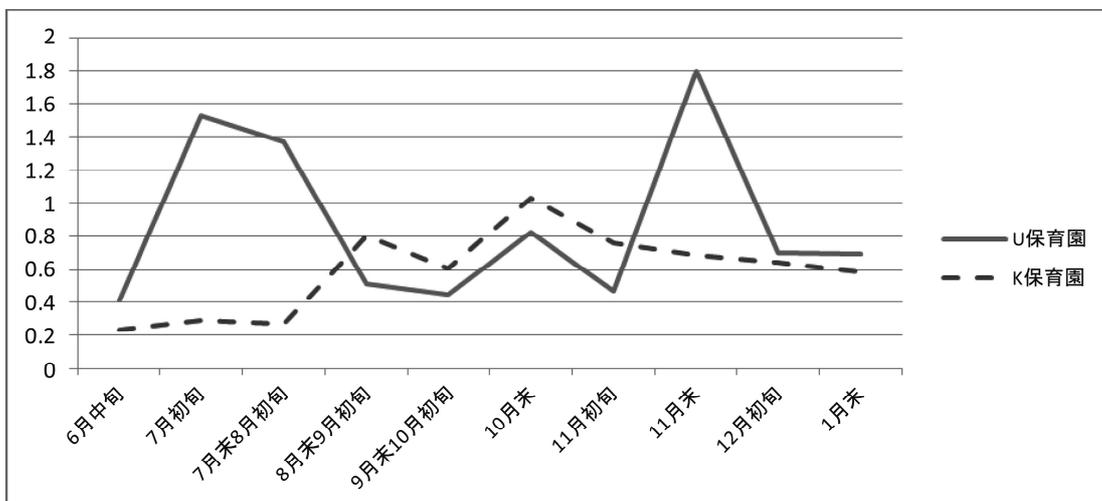


図 17 2013 年度の日常の園生活における音楽的表現の MTw 動作解析による移動平均加速度の U 保育園と K 保育園の比較：5 歳児

3歳児よりも、音楽的表現に関する動きの要素が活発化していると捉えられた。図16の4歳児では、7月末8月初旬の測定時に、移動平均加速度が最も高かったが、それ以降、U保育園児、K保育園児共に低迷していた。図17の5歳児では、U保育園児に関して7月初旬と11月末にピークがあり、移動平均加速度の最大値はU保育園児の方が高いが、8月末9月初旬から11月初旬にかけては、K保育園児よりもU保育園児の方が低迷する傾向にあった。

このように、2013年度の日常の園生活における音楽的表現の動きの要素は、不安定な変化を辿り、規則性が見られなかった。但し、3歳児においては、遊び中心の保育をとっているU保育園児の方が、概して移動平均加速度が高く、上昇する傾向にあった。これは、音楽的諸要素の感受と動きの要素との関係性を、U保育園児の方が明確に表現していたということを意味するものと考えられた。

V. 考察のまとめ

幼児の発達の差異、曲想の差異による動きの変化等の結果は、概ね直観に沿うものであった。

まず、IV-1に示したとおり、総移動距離、移動平均速度、移動平均加速度のデータから、4歳児よりも5歳児の方が、リズム等の音楽的諸要素の認識が動きの表現により明確に表れていたことがわかった。次に、IV-2に示したとおり、長調と短調の歌では、長調の歌の方が、移動平均加速度が大きく、動きが活発であることがわかった。また、IV-3に示したとおり、自己相関分析結果から、歌うことに誘発された動きの表現に生じた加速度の変化には、強い周期性が見られることが明らかとなったのは5歳児であった。さらに、IV-4に示したとおり、2013年度の日常の園生活における音楽的表現の動作解析について、異なる保育形態をとるU保育園児とK保育園児とを比較した。その結果、3歳児に関しては、U保育園児の方が、音楽的諸要素の感受と動きの要素との関係性を明確に表現していることが読み取れた。これは、U保育園児が、遊びの中で日常的にふりや劇化の行動を頻りに経験しており、音楽的表現にも、動きが生じやすかったためと捉えられた。

今後は、筆者による音楽的表現育成プログラムの実践の効果を検証するために、様々に条件を変えた活動の段階別の測定と、異なる保育形態での調査研究が必要であると考えられる。

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., Thompson, M., Saarikallio, S., Luck, G., & Toiviainen, P. (2010) "Influence of musical features on Characteristics of music-induced movements," *Proceedings of the 11th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC 11)*. Seattle, Washington, USA. pp. 425-428.
- Burger, B., (2013) *Move the Way You Feel Effects of Musical Features, Perceived Emotions, and Personality on Music-Induced Movement*, UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ, JYVÄSKYLÄ.
- Burger, B., Thompson, M., Saarikallio, S., Luck, G., & Toiviainen, P. (2013) "Influences of rhythm- and timbre-related musical features on characteristics of music-induced movement," *Frontiers in Psychology*, Vol. 4, Article 183, pp. 1-9.
- Custodero, L., "Construction of musical understandings: The cognitive-flow interface," "Cognitive processes of children England in musical activity" Conference, 1999, 25p.
- Drake, C., Jones, M., & Baruch, C. (2000) "The development of rhythmic attending in auditory sequences: attunement, referent period, focal attending," *Cognition*, 77, pp. 251-288.
- Geist, K., Geist, E., & Kuznik, K. (2012) "The patterns of music: Young children learning mathematics through beat, rhythm, and melody," *Young Children*, Vol. 67, No. 1, pp. 74-79.
- Geoghegan, N., & Mitchelmore, M., "Possible effects of early childhood music on mathematical achievement," *Australian Research in Early Childhood Education*, Vol. 1, 1996, pp. 65-64.
- Hannon, E., & Johnson, S., (2005) "Infants use meter to categorize rhythms and melodies: Implications for musical structure learning," *Cognitive Psychology*, 50, pp. 354-377.
- 神里志穂子、山田孝治 (2006) 「印象差のある舞踊上肢運動の多変量時系列解析による特徴抽出」沖縄大学マルチメディア教育研究センター紀要(6) pp. 13-20。

- 河合純、金田重郎、芳賀博英、新谷公朗 (2004) 「モーションセンサーを用いた集団中の幼児行動の自動記録・分析方法」情報処理学会・第66回全国大会 4H-6。
- Kirschner, S., & Tomasello, M., (2009) "Joint drumming: Social context facilitates synchronization in preschool children," *Journal of Experimental Child Psychology*, 102, pp. 299-314.
- 北原俊一、平田智秋 (2011) 「ブランコ運動の解析—ブランコに上手に乗るには—」日本教育情報学会第27回大会 pp. 260-261。
- Moog, H. (1976) "The development of musical experience in children of pre-school age," *Psychology*, 4, pp. 38-46.
- Kemple, K., Batey., Hartle, L. (2004) "Inventing music play centers," *Young Children*, Vol. 59, pp. 1-6.
- Marigliano, M., & Russo, M. (2011) "Moving bodies, building minds: Foster preschooler's critical thinking and problem solving through movement," *Young Children*, Vol. 66, No. 5, pp. 44-49.
- Mcauley, J., Jones, M., Holub, S., Johnston, H., & Miller, N. (2006) "The time of our lives: Life span development of timing and event tracking," *Journal of Experimental Psychology: General*, Vol. 135, No. 3, pp. 348-367.
- McKinney, M., Moelants, D., Davies, M., & Klapuri, A., (2007) "Evaluation of audio beat tracking and music tempo extraction algorithms," *Journal of New Music Research*, Vol. 36, No. 1, pp. 1-6.
- 中澤篤志、白鳥貴亮、池内克史 (2005) 「観察に基づく音楽およびモーションキャプチャデータからの舞踊動作生成手法」画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005) 15p.
- Noorden, L., & Moelants, D. (1999) "Resonance in the perception of musical pulse," *Journal of New Music Research*, Vol. 28, No. 1, pp. 43-66.
- Phillips-Silver, J., & Trainor, L., (2005) "Feeling the beat: Movement influences infant rhythm perception," *Science*, Vol. 308, p. 1430.
- Prikian, R. (2010) "Beyond Twinkle, Twinkle: Using music with infants and toddlers," *Young Children*, Vol. 65, pp. 14-19.
- Provasi, J., & Bogue, A. (2003) "Spontaneous motor tempo and rhythmical synchronization in 2_{1/2}- and 4-year-old," *International Journal of Behavioral Development*, 27(3), pp. 220-231.
- Rankin, S., & Large, E., (2009) "Fractal tempo fluctuation and pulse prediction," *Music Perception*, Vol. 26, pp. 401-403.
- Repp, B. (2005) "Sensorimotor synchronization: A review of the tapping literature", *Psychonomic Bulletin & Review*, 12(6) pp. 969-992.
- 佐藤克美、安住陽子、海賀孝明、渡部信一 (2008) 「舞踊教育における簡易式モーションキャプチャの有用性」情報処理学会研究報告 pp. 9-13。
- 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。
- 佐藤克美、沼倉弘幸、海賀孝明、渡部信一 (2010) 「舞踊教育におけるモーションキャプチャ活用に関する研究」『教育情報研究』第9号 pp. 1-9。
- 清水宏章、豊田実香、森本訓貴、新谷公朗、芳賀博英、金田重郎「センサー・画像・音声のデータ分析による幼児音楽指導支援システム」情報処理学会研究報告 2004-IS-88, pp. 13-18.
- Shintani, K., Yasutaniya, T., Haga, H., & Kaneda, S. (2007) "Children's Music Education Support System using Sensor Data, Video Images, and Sound Data," *Asia-Pacific Journal of Research in Early Childhood Education*, Vol. 1, No. 2, pp. 113-128.
- Thelen, E., (1979) "Rhythmical stereotypes in normal human infants," *Anim. Behav.*, 27, pp. 699-715.
- Trainor, L., (2007) "Do preferred beat rate and entrainment to the beat have a common origin in movement?", *Empirical Musicology Review*, Vol. 2, No. 1, pp. 17-20.
- Trevarthen, C., (1999) "Musicality and the intrinsic motive pulse: Evidence from human psychology and infant communication," *Music Science*, Special Issue, pp. 155-215.
- 辻靖彦、西方敦博 (2002) 「統計処理を用いた打楽器のフォーム分析」『音楽情報科学』47-3, pp. 13-18。
- Winkler, I., Haden, G., Landing, O., Sziller, I., & Honig, H., (2009) "Newborn infants detect the

beat in music,” *The National Academy of Sciences of the USA*, pp. 1-4.

八村広三郎 (2007) 「モーションキャプチャによる舞踊のデジタルアーカイブ」情報処理学会研究報告 2007-CVIM-157(1) pp. 1-8。

Zatore, R., Chen, J., & Penhune, V., (2007) “When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production,” *Nature Reviews/Neuroscience*, Vol. 9, pp. 547-558.

Zentner, M., & Eerola, T., (2010) “Rhythmic engagement with music in infancy,” *PNA*, vol. 107, no. 3, pp. 5768-5773.

謝辞

調査研究にご協力賜りました保育園の諸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：25381102）によるものの一部である。

Quantitative Analysis concerning the Movement Elements of Musical Expression in Early Childhood Utilizing Motion Capture

Faculty of Child Sciences, Department of Child Sciences
Mina SANO

Abstract

The purpose of this study is to find out the characteristics of musical expression in early childhood through the body movement analysis utilizing 3D motion capture such as MTw system and MVN system. The body movement analysis of musical expression of four years olds children and five years old children was carried out in two nursery schools. As a result, five years old children showed stability for the fluctuation in the moving average of the velocity and the moving average of the acceleration. Concerning the recognition of the rhythm, it was thought that a five years old child deepened it than a four years old child. Furthermore, expression of active movement occurred, and it was clarified for the music of the major key than the music of the minor key that the moving average of the velocity and the moving average of the acceleration were large. It was found that a periodic change was observed in the movement expression caused by singing through analysis of the moving average of the acceleration. Furthermore, three years old children in U nursery school tended to show larger score of the moving average of the acceleration than K nursery schoolers concerning four years old children and five years old children. However, the regularity was not seen in a change about the moving average of the acceleration of the children in the U nursery school and K nursery school.

Keywords: body movement analysis, 3D motion capture, quantitative analysis, musical expression in early childhood