

手指の運動を伴う遊びにおける  
脳波・自律神経機能指標および心理的覚醒度・快感度の変化

野田さとみ<sup>1)</sup> 佐久間春夫<sup>2)</sup>

Change of EEG, HRV and psychological arousal level and hedonic tone  
in finger movement

Satomi NODA<sup>1)</sup> Haruo SAKUMA<sup>2)</sup>

Abstract

The purpose of this study was to examine the psychophysiological response during a finger movement, that performed "the string figures". 8 healthy females were played two tasks, one was easy task and the other was difficult task, and repeated for five minutes. EEG, ECG, the mood scale for measuring psychological arousal level and hedonic tone, the self-assessment (skillfulness, concentration, enjoyment) were measured about each performance. Alpha wave peak frequency was analyzed by the data of EEG. Heart rate variability (HRV) was analyzed by the data of ECG. These data were compared in 2 tasks.

The results were as follows.

- (1) In frontal area, alpha peak frequency in easy task were decreased in comparison with difficult task.
- (2) In HRV data, LF/HF that is the index of sympathetic system showed increase in easy task. HF/TL(total) that is the index of parasympathetic system showed decrease in both tasks.
- (3) In the mood scale for measuring psychological arousal level and hedonic tone, the "low arousal and pleasurable" score in a difficult task showed decrease in comparison with easy task. In self-assessment, the point of "skillfulness" in easy task was higher score than difficult task, and "concentration" in difficult task was higher score than easy task.

These results suggested that the easy string figure task has meaning as the exercise of finger movement; the difficult string figure task has meaning as mental activity.

(Research Journal of Sports Science in Nara Women's University, 11:21-27, 2009)

Key word: string figures, alpha peak frequency, HRV, psychological arousal level and hedonic tone

キーワード: あやとり,  $\alpha$ 波ピーク周波数, 心拍 R-R 間隔変動, 心理的覚醒度・快感度

---

1) 奈良女子大学大学院人間文化研究科博士後期課程

〒630-8560 奈良市北魚屋西町

Graduated School of Human Culture (Doctoral Course), Nara Women's University,  
Kitauoyanisi-machi, Nara, 630-8506

2) 奈良女子大学文学部人間行動科学科スポーツ科学講座

〒630-8560 奈良市北魚屋西町

Nara Women's University, Faculty of Letters, Human Behavioral Sciences,  
Chair of Sport Sciences, Kitauoyanisi-machi, Nara, 630-8506

## 1. 緒言

子どもの「遊び」の中には手指の運動を伴うものが数多くみられる<sup>9)</sup>。その中でも「あやとり」は輪にしたひもを指や手首にかけて様々な形を作る運動性の高い遊びである<sup>2)</sup>。

この遊びは、「いと・ひも」というどこにでも手に入る道具を使用することから、特定の発祥地は認められていない<sup>20)</sup>。たとえば「歌うこと」「踊ること」は体や声を使うことは共通しているが、伝承されている内容は文化によって特徴を有している。この手軽に出来る手指の運動遊びである「あやとり」についても同様のことが考えられる。そして、世界各地で娯楽として、文字の代わりの伝達手段として、またコミュニケーションツールとして様々に伝承されてきた<sup>9,18)</sup>。

手指の神経は脳の広範囲の働きに直結しているため<sup>4)</sup>、全身の運動と同様に指の運動も健康増進や老化防止としての効果が期待される。また、手指を動かすことは気分・情動にも関わりが深く、集中度や覚醒度を高めるため、気持を落ち着けるために手指を動かすことも多いといわれている<sup>6)</sup>。手指の運動を伴う「あやとり」遊びについても同様の効果が期待され、そのために生理心理的变化についての検証が必要であろう。

生理心理的指標として用いられる脳波は周波数帯域の変化が検討されてきているが、活動内容により帯域内での周波数にも変化が見られることが知られている<sup>2)</sup>。これまでは、計算などの精神作業時に $\alpha$ 波ピーク周波数が高くなること<sup>11)</sup>、作業の熟練度によって $\alpha$ 波ピーク周波数の変化に違いが見られることなどが報告されている<sup>15)</sup>。また、心拍数の変動や心拍 R-R 間隔の変動がストレスや精神的負荷の影響を受けることも知られている<sup>7)</sup>。自律神経機能の指標として用いられる心拍 R-R 間隔変動では、課題の困難さや記憶負荷によって低い周波数帯域の振幅が減少することなどが報告されている<sup>8)</sup>。

これまで、「あやとり」遊びについては、「あやとり」と類似する手指を使った活動について脳波および心理的覚醒度・快感度を指標に比較検討さ

れ、「あやとり」は精神作業性よりも運動性の高い活動であることが報告された<sup>10)</sup>。しかし、脳波ピーク周波数や自律神経系の指標である心拍 R-R 間隔変動による検討はまだされていない。「あやとり」の手指の運動や課題に集中することによる影響を深く知るために、検討が必要であると考え、そこで本研究では、脳波および自律神経機能の指標、またそれらの生理指標を心理指標とあわせて測定することにより、「あやとり」遊びの難しさによる違いについて検討する。

## 2. 目的

本研究では、手指の運動を伴う遊びである「あやとり」の内容に注目し、難易度の異なる「あやとり」を実施している際の生理心理的变化により、その質的な違いを検討することを目的とした。

## 3. 方法

### 3.1 被験者

被験者は、健康な成人女性 8 名 (平均年齢 33.71 ± 12.67 歳) とした。

### 3.2 課題

手指の運動を伴う遊びである「あやとり」について難易度の異なる 2 つの課題を設定した。

#### 〈課題 1〉

簡単なあやとり課題として「ほうき」を設定した<sup>16)</sup>。選択した理由としては、予備調査で約 8 割が「行なった経験がある」と回答したこと、両手の親指と小指に糸をかけた「構え」の形から、完成までの手順が 3 段階と少ないことがあげられる。被験者は、5 分間連続して「構え」から「完成」までを繰り返した。

#### 〈課題 2〉

難しいあやとり課題として「一人あやとり」を設定した。これは二人あやとりの「かわ」「あみ」「うまのめ」「つづみ」「ふね」の 5 つの形を一人で連続して作っていく遊びである<sup>1)</sup>。二人あやとりについても予備調査で約半数が「行なった経験

がある」と回答しており、被験者にとって形に見覚えがあるものであると考えた。そして一巡の手順が30段階以上と多く、糸の操作も複雑であることから課題として選択した。難しい課題については、まず手順を覚えた後「構え」から5分間連続して課題を繰り返した。

### 3.3. 測定項目及び結果の処理

#### 3.3.1. 生理指標

##### 1) 脳波 (EEG)

脳波の測定は、国際式10-20電極法に従い、F3、F4、Fz、C3、C4、Cz、P3、P4、Pzの頭皮上9部位にAg/AgCl電極を装着し、基準電極を左右の両耳朶を連結した単極導出とした。これらは多用途脳波計(日本光電EEG-4514)を用いて記録した。また、眼球運動(EOG)による脳波へのアーチファクト混入の状態を確認するために、左眼球の上下方向の記録を行なった。

脳波は、安静については3分間のうちアーチファクトの混入が少なく安定している1分間、あやとり課題については開始から終了までの5分間を分析対象とした。脳波はサンプリングタイム5ms、1024ポイントでA/D変換した後、高速フーリエ解析(FFT)を行ない、4つの周波数帯域( $\delta$ :1-4Hz、 $\theta$ :4-8Hz、 $\alpha$ :8-13Hz、 $\beta$ :13-30Hz)に分類してパワースペクトルを計算し、1分ごとに $\alpha$ 波のピーク周波数を求めた。その後、それぞれの課題前の安静からの変化量を算出し、統計処理として課題×時間の2要因の分散分析を行ない、交互作用、主効果が認められた場合にはBonferroni検定を用いて下位検定を行なった。

##### 2) 心電図 (ECG)

心電図は右鎖骨下と左胸部に電極を装着して導出した。心拍は、安静は3分間、あやとり課題は5分間を分析対象とし、脳波と同様AD変換したのちR波を検出し1分間あたりの心拍数(HR)を算出した。また、R波の間隔(R-R間隔)より心拍変動(HRV)を算出した。次に心拍変動の周波数成分を分析するために、高速フーリエ解析(FFT)によるパワースペクトル分析を行なった。分析された周波数成分のうち、0.04~0.15Hzの帯域にピーク

を持つものを低周波数成分(LF: Low frequency power component)、0.15~0.4Hzの帯域にピークを持つものを高周波数成分(HF: High frequency power component)とし、LF/HF比を交感神経系、HF/TL(LFとHFの合計)を副交感神経系の指標とした。それぞれの指標について課題前安静からの変化量を算出し、課題間で1要因の分散分析を行なった。

#### 3.3.2. 心理指標

##### 1) 心理的覚醒度・快感度を測定する二次元気分尺度

課題における心理的变化の特徴を知るために、坂入らによる心理的覚醒度・快感度を測定する二次元気分尺度<sup>10)</sup>を課題前安静、および課題後に測定した。質問項目は「活動的な」「気分がのっている」(高覚醒快)、「リラックスした」「落ち着いた」(低覚醒快)、「イライラした」「ピリピリした」(高覚醒不快)、「気が重い」「無気力な」(低覚醒不快)の8項目で、それぞれについて「全く違う(0) — 非常にあてはまる(5)」の6段階で回答を求めた。結果の処理については「高覚醒快」「高覚醒不快」「低覚醒快」「低覚醒不快」の尺度別に得点を集計し、課題前の得点から変化量を算出したのち、2課題について1要因の分散分析を行なった。

##### 2) 遂行に関する自己評定

被験者は、各課題終了後「上手くできた」「集中できた」「楽しかった」の3項目について「全く違う(0) — 非常に当てはまる(5)」の6段階で遂行に関する自己評定を行なった(以下自己評定という)。結果の処理については、それぞれの課題について3項目の得点を集計し、2課題について1要因の分散分析を行なった。

### 3.4 実験手順

実験手順は以下の通りである。

- ①実験手順と課題内容の説明後、電極を装着
- ②心理指標1記入
- ③安静1測定(3分)
- ④あやとり課題1(5分)
- ⑤心理指標2記入

(あやとり課題2の練習)

⑥安静2測定 (3分)

⑦あやとり課題2 (5分)

⑧心理指標3記入

⑨安静3測定 (3分)

## 4. 結果

### 4.1 生理指標

#### 1) 脳波 (ピーク周波数)

脳波の2つの課題における各部位 $\alpha$ 波ピーク周波数の変化量平均1分間毎の推移をFig. 1に示す。

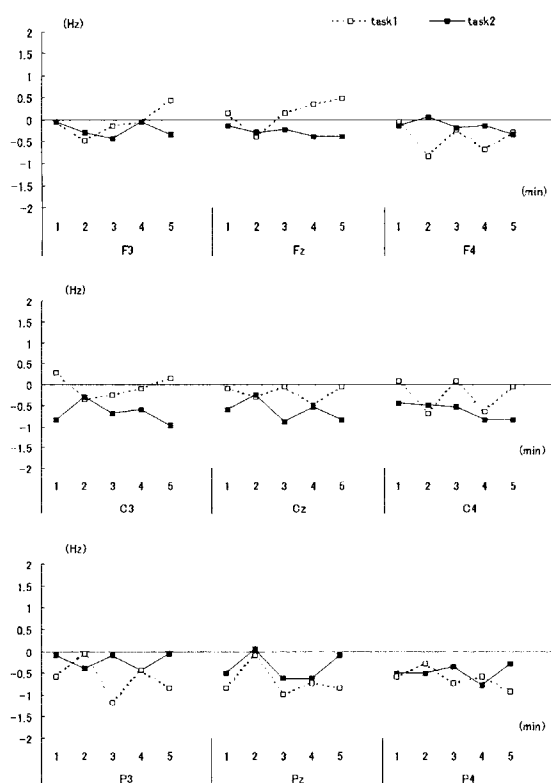


Fig. 1 各課題の各部位 $\alpha$ 波ピーク周波数における変化量平均 (1分毎の推移)  $n=8$

簡単な課題, 難しい課題それぞれ時系列による変化が大きく, 課題・時間それぞれ特徴は一見しては捉えられなかった。分散分析の結果, F4において課題による主効果に傾向が認められた ( $F(1,$

$7)=4.09, p<0.1$ )。また, Pzにおいて時間による主効果に有意な差が認められ ( $F(4, 28)=3.53, p<0.05$ )。下位検定の結果, 課題にかかわらず2分と3分に有意な差が認められた (2分>3分,  $p<0.05$ )。これらの結果から, 右前頭部において簡単なあやとり課題ではピーク周波数が低くなるのに対し, 難しい課題では変化が少ないことが示された。また, 頭頂部中心では, ピーク周波数が減少するが課題による差は示されなかった。

#### 2) 心拍数および心拍 R-R 間隔変動

心拍数については, 課題前安静に比較して課題中は有意に増加していることが示された ( $p<0.05$ )。しかし, 課題による差は認められなかった。

LF/HF および HF/TL について各課題の安静からの変化量の平均及び標準偏差を Fig. 2 に示す。簡単なあやとり課題では課題前安静に比較して増加, 難しいあやとり課題ではやや減少がみられた。分散分析の結果, LF/HF において課題に差の傾向が認められた ( $F(1, 7)=3.62, p<0.1$ )。HF/TL では有意な差は認められなかった。これらの結果から, 簡単なあやとり課題では難しい課題に比べ交感神経系が亢進されることが示された。

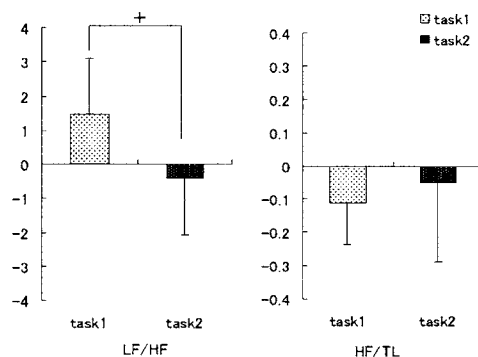


Fig. 2 各課題における LF/HF および HF/TL の変化量平均および標準偏差  $n=8$  +:  $p<0.1$

### 4.2 心理指標

#### 1) 心理的覚醒度・快感度を測定する二次元気分尺度

「高覚醒快」「高覚醒不快」「低覚醒快」「低覚醒不快」の尺度別得点における課題前から変化量の平均および標準偏差を Fig. 3 に示す。どちらの課題も「高覚醒快」「高覚醒不快」の得点は増加、「低覚醒快」の得点は減少、「低覚醒不快」の得点は変化がなかった。分散分析の結果、「低覚醒不快」で課題による差の傾向が認められた ( $F(1, 7) = 3.62, p < 0.1$ )。その他の尺度については有意な差は認められなかった。これらの結果から、簡単なあやとり課題に比較して難しい課題で「リラックスした」「落ち着いた」といった覚醒が低い快感情が低下していることが示された。

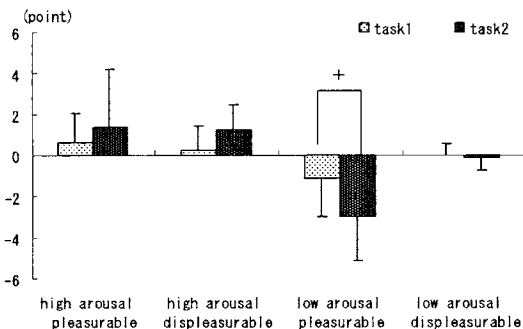


Fig. 3 各課題における心理的覚醒度・快感度各項目の得点変化量平均および標準偏差  $n=8$   $+: p < 0.1$

## 2) 遂行に関する自己評定

遂行に関する自己評定における各項目の得点平均および標準偏差を Fig. 4 に示す。課題間の比較では「上手にできた」の項目では簡単な課題の平均得点が、「集中できた」の項目では難しい課題の平均得点が高かった。分散分析の結果、「上手にできた」「集中できた」の項目において課題における差の傾向が認められた ( $F(1, 7) = 4.67, p < 0.1$ )

( $F(1, 7) = 3.94, p < 0.1$ )。「楽しかった」の項目では課題間で有意な差は認められなかった。以上の結果から、被験者は難しいあやとり課題より簡単なあやとり課題のほうがうまくできたという満足感を持っているが、逆に難しいあやとり課題のほうが集中していたと感じていたことが示された。

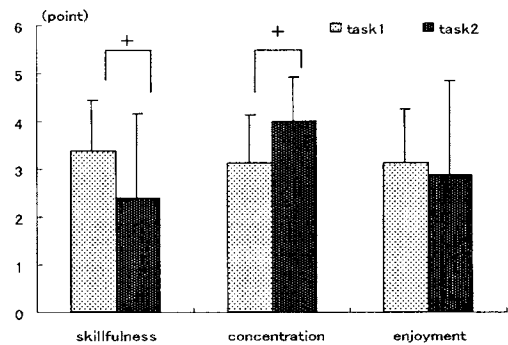


Fig. 4 各課題における自己評定の各項目の得点平均および標準偏差  $n=8$   $+: p < 0.1$

## 5. 考察

本研究では、手指の運動を伴う遊びである「あやとり」の内容に注目し、難易度の異なる「あやとり」を実施している際の生理心理的变化について、脳波  $\alpha$  波のピーク周波数、心拍 R-R 間隔変動等の生理指標、心理的覚醒度・快感度を測定する二次元気分尺度、および遂行に関する自己評定得点により検討することであった。以下に得られた結果をもとに考察を試みる。

まず、脳波  $\alpha$  波ピーク周波数では右前頭部において課題による差の傾向が認められ、難しいあやとり課題は安静からの変化が少ないのに対し、難しいあやとり課題では減少した。ピーク周波数は知的課題遂行中に上昇し<sup>11)</sup>、適切な音量で BGM を聞いている場合など集中を要しない場合には安静時よりも一層低くなることが示されている<sup>12)</sup>。遂行に関する自己評定においては簡単なあやとり課題に比べて難しいあやとり課題の方が集中していたことが示されており、ピーク周波数の結果はこの自己評定の結果と一致している。つまり、難しいあやとりは手順を思い出しながら行なわなければならないため、知的課題と類似した傾向を持ち、逆に簡単なあやとり課題は単純な運動を繰り返すことでゆったりとした心地よさを感じる活動に類似していた。また、課題による差が右前頭部であったことについて、先行研究では複雑な計算課題で

は左前頭部の周波数変動が大きく、空間課題では右前頭部のピーク周波数の変動が大きいことが示されている<sup>13,14)</sup>。本実験での難しいあやとり課題は集中を要する中でも空間的な要素との関連が考えられた。

心拍 R-R 間隔変動の周波数分析によって得られた LF 波および HF 波の結果においては、簡単なあやとり課題で難しいあやとり課題より交感神経系指標である LF/HF 比が上昇し交感神経活動の亢進が見られた。運針における指貫の使用に関する先行研究では、熟練者・未熟練者ともに指貫を使用することで副交感神経系の指標が減少し、熟練者のみで交感神経系の指標の上昇が示されている<sup>19)</sup>。本実験では簡単なあやとりで交感神経系の指標が上昇しており、「上手く出来た」被験者が自己評定していることから熟練者と同じく活動性が高くなったと考えられる。副交感神経系の指標である HF/TL 比はどちらの課題も値が減少した。HF 値は困難度や記憶の負荷によって減少するとされている<sup>9)</sup>。心理指標の「低覚醒快」つまり「リラックスした」「落ち着いた」気分が簡単なあやとり課題に比較して難しいあやとり課題で減少していたことをあわせて考察すると、難しいあやとり課題では心理的な負荷がかかっていたのではないかと考えられた。

ただし本実験では、難しいあやとり課題を覚える時間をとるため、課題の順序はどの被験者も簡単な課題→難しい課題の順に行なった。そのため、難しいあやとり課題において「集中できた」の得点が増し「低覚醒快」の得点が減少したことについて、時間の経過による要因などの順序効果を完全に取り除くことが出来ていない。しかし、その他の指標の結果を総合的に考察し、大まかな傾向を示すことは出来たと考える。今後、時間経過等については再度検討を行なうことが必要である。

## 6. まとめ

手指の運動を伴う遊びである「あやとり」について、難易度の異なる 2 つの課題を行ない、試行中

の生理心理的变化について検討を行なった。脳波および心理指標の結果から、難しいあやとり課題では課題に集中していたが心的には負担も感じていたことが伺われた。また、活動の質としては知的課題の中でも空間的な要素を持つ活動と類似していることが示唆された。簡単なあやとり課題では、手指の運動を効率よく繰り返すために活動性が高く、その心地よさを感じていたのではないかと考えられた。

内容の異なる「あやとり」を検討した結果、簡単な手指の動きを繰り返す内容のものは運動としての効果が大きく、操作の手順が複雑な内容のものは知的活動としての効果を持つことが示唆された。

## 引用および参考文献

- 1) 童話館出版編集部編 (2001) 伝承あやとり。童話館出版, pp.40-44.
- 2) 半澤敏郎 (1980) 童遊文化史第 5 巻。東京書籍, pp.274-279.
- 3) 堀忠雄 (2008) 生理心理学。培風館, pp.97-104, pp.178-184.
- 4) 久保田競 (1982) 手と脳。紀伊国屋書店, pp.10-11.
- 5) 久保田競 (1983) 能力を手で伸ばす 大人も子供も脳のパワー・アップ。紀伊国屋書店, pp.55-61.
- 6) 栗田昌裕 (2004) 指回し体操。からだの科学, 236 : 60-64.
- 7) 宮田洋監修 (1998) 新生理心理学 1 巻。北大路書房, pp.158-169.
- 8) Mulder, G. Mulder, L. J. M. (1981) Information Processing and Cardiovascular Control, Psychophysiology, 18(4) : 392-402.
- 9) 夏堀謹二郎 (1986) 日本の綾取。有紀書房, pp.41-43.
- 10) 野田さとみ (2008) 手指の運動を伴うあそびにおける生理心理的变化について。奈良女子大学大学院人間文化研究科年報, 23 : 165-174.
- 11) 荻阪満里子 (1979) 精神作業時の脳波のスペクトル分析。心理学研究, 50 : 45-48.
- 12) 荻阪満里子, 梅本克夫 (1980) BGM の  $\alpha$  波におよぼす効果。脳波と筋電図, 8 : 44.

- 13) 荻阪満里子 (1982) 脳波パワースペクトルの $\alpha$ 波ピーク周波数の変位と心的負荷の関係—心的負荷量の効果及び半球優位性について—. 京都大学教育学部紀要, 28 : 114-123.
- 14) Osaka, M. (1984) Peak Alpha Frequency of EEG during a Mental Task: Task Difficulty and Hemispheric Differences. *Psychophysiology*, 21 (1) : 101-105.
- 15) 荻阪満里子 (1988) 将棋課題処理とアルファ波ピーク周波数の変化. 大阪外国語大学学報, 76(3) : 17-31.
- 16) さいとうたま (1982), あやとりいととり 1. 福音館書店, p.6.
- 17) 坂入洋右・徳田英次・川原正人・谷本龍男・征矢英昭 (2003) 心理的覚醒度・快感度を測定する二次元気分尺度の開発. 筑波体育科学系紀要, 26 : 27-36.
- 18) シシドユキオ, 野口廣, マーク・A・シャーマン (2006) 世界あやとり紀行—精霊の遊戯—. I N A X 出版.
- 19) 鈴木明子・迫秀樹・佐藤希代子 (2000) 運針熟練・未熟練者の指貫使用に伴う作業効率および生理反応の比較—心臓血管・呼吸活動および脳波活動を指標にして—. 日本生理人類学会誌, 5(3) : 123-130.
- 20) 多田道太郎 (1974) 遊びと日本人. 筑摩書房, pp.176-185.