

# ダイヤル操作課題における処理手続き増加と反復遂行が 脳波相関次元に及ぼす影響

橋本圭子\*, 村上肇\*\*, 伊藤建一\*\*\*

(平成13年10月31日 受理)

## Effects of Increased Task Procedures in Dial Manipulation and its Repetition on EEG Correlation Dimension

Keiko HASHIMOTO\*, Hajime MURAKAMI\*\*, Ken-ichi ITOH\*\*\*

This study examined EEG correlation dimension during dial manipulation tasks. In this experiment, a dial functioned as a musical instrument. There were two types of dial different from each other in their manipulation; the one demands more precise manipulation, the other does not. Subjects were repeatedly asked to perform on each dial instrument. EEG signals from seven right-handed males were analyzed and EEG correlation dimensions were obtained. The results were as follows: compared with the time when subjects were taking a rest, dial manipulations yielded high dimensions on occipital EEG; this tendency was remarkable in more precise manipulation task; repetition of dial manipulation decreased the occipital EEG dimensions. It was preliminarily reported that there was a relation between progress of performance and decrease in correlation dimension.

key words : electroencephalogram(EEG), correlation dimension, task performance

### 1. はじめに

脳波は脳の電位変動を時系列として記録したものであるが、相関次元はこの時系列信号の複雑度を表す測度として知られている。これは非線形力学理論から生まれた非整数次元で、その値が大きいことは信号の時系列変動を決定している独立変数が多いことを示している。従って脳波 — これは本質的に測定電極近傍のニューロン群の電気活動の総和に基づいている — の場合、相関次元が高いということはその脳波の発生に寄与している互いに独立した発信源の数が多いということであり、それらの電位活動が合成された結果として得られる脳波はそれだけ複雑な信号だといえるのである。

---

\* 心理学 助教授

\*\* 情報電子工学科 助教授

\*\*\* 情報電子工学科 助手

筆者らは先に、この脳波の相関次元と課題遂行に要する処理手続きの増加の関係について検討し、処理手続きの多い課題の遂行中には少ない課題の場合に比べて後頭部脳波の相関次元が高くなることを示したり、この場合の処理手続きの多い課題とは、一種の並行処理課題であり、各々独立にも実行可能な課題を組み合わせると同時に実行するものであった。本研究はそれとは異なるタイプの課題を用いて、課題遂行中の脳波の相関次元について検討しようとするものである。

我々は教育をはじめ様々な場面で様々な動作や技能を習得する。例えば、書字やスポーツ、楽器の演奏、自動車の運転、さらには職人の高度な技能に至るまでその種類は膨大である。こういった活動は、人が身体各部の動作や反応を状況に応じて調整してある目的を持ったひとまとまりの行為として実行することだと言い換えることができる。この行為を構成している下位活動は互いに関連し合いながら統合されているので、それらを独立に取り出してみることにあまり意味はなく、その点でこれらの下位活動を並行処理課題の場合と同じには扱えない。しかし、このように処理手続き間の独立性が比較的弱い場合でも、やはり多くの処理が求められる課題を遂行している時には脳波の相関次元が高まるのではないか、というのが本研究の仮説の一つである。例えば、より精緻な活動が求められる、或いは関与する身体部分が多くなるなどという場合、それに伴って下位活動間の調整の可能性は飛躍的に増加することになる。遂行者にはその中から適切な組み合わせを選択して実行するという、高度な弁別と調整とが求められることになるだろう。このようなとき情報処理システムとしての脳は一層複雑に機能するはずであり、脳波の相関次元は高くなると予想されるのである。並行処理課題では、例えばボタンを押す作業に暗算が付加されるというように、処理手続きの増加は結果として目標行為自体を変えてしまう。これに対して、本実験のダイヤル式楽器の操作による演奏課題では、どのような下位活動であれ、全てが課題曲の演奏というひとつの活動目的に収斂することになる。

次に、このような動作や技能の習得過程、すなわち課題への習熟の過程について考えてみたい。課題に十分習熟していない初期の不慣れな状況では、エラーをはじめとする不要な活動と本来の活動とが混在しているものと考えられる。すなわち、過剰な処理手続きが実行されてしまうのである。動作や技能に習熟するとは、これらの不要な活動は生じなくなり、個々の動作間の調整がよりスムーズに進行し得るようになることだといえよう。このような遂行の“洗練”は、脳過程でも起こるはずであり、脳波の相関次元の低下となって現れるのではないか、というのが本研究のもう一つの仮説である。

本実験は上記の問題について、被験者が恐らくこれまで扱ったことのないダイヤル式の楽器による音楽演奏課題を用いて検討しようとするものである。楽器操作時に求められる処理手続きの違いによって2種のダイヤル式楽器が製作された。一つは比較的大まかな操作で演奏が可能なもの、もう一つは回転操作により精緻な操作が求められるものであり、後者の操作の方が相対的により多くの処理を要すると予想される。

ところで、音楽と脳機能の関係に関しては、音楽課題の成績は左耳に提示された方が良好であるという Kimura<sup>2)</sup> の報告以来、一般に右半球優位、特に側頭部と関わりが深いというのが通説になっている<sup>3, 4)</sup>。また、音楽の素人では右半球優位であるが、専門家では逆

に左半球優位であるという報告もある<sup>5)</sup>。しかし、これらは音楽の聴取課題に基づいて得られた知見であり、演奏課題と半球機能差の関係はまだよく分かっていない。このことは、脳損傷のために楽器の演奏や歌唱ができなくなるという表出性失音楽症について病巣部を特定することが難しいという事実からも指摘されている<sup>6)</sup>。一方、脳波<sup>7)</sup>やその他の生理的指標を用いた音楽の情動安定効果に関する研究<sup>8)</sup>もあるが、やはり音楽聴取による効果を扱ったものとなっている。音楽演奏課題のまさに音楽性の効果の問題は本論文の範囲を超えるため、ここでは楽器の操作をひとつの知覚運動課題とみなして、以下の実験を行った。

## 2. 実験方法

**被験者** 健常な男子大学生 9 人（右利き 7 人，左利き 2 人，平均 20.7 歳）で，専門的な音楽教育を受けた経験のある者はいなかった。

**課題条件** 音楽課題は 3 種で，条件 1 は模範演奏の聴取のみ，条件 2 と 3 はダイヤル式楽器による演奏である。条件 2 と 3 でダイヤルは同じものを使用するが，音発生に至る信号変換過程の相違により楽器としての特性は次のように異なった。条件 2 では，ダイヤルは予めプログラムされた課題曲と連動しており，ダイヤルの回転方向と課題曲のピッチ変化の方向が一致した時のみプログラムが進行するようになっている（楽器 A）。すなわち，課題曲のある時点の音に対して，次の音が高くなるならば時計回りの，低くなるなら反時計回りのダイヤル操作が曲進行のオン信号となる。従ってこの条件 2 では，被験者はピッチの変化量には関わりなく，その方向に合わせて，適切なタイミングと方向だけでダイヤルを操作すればよい。条件 3 では，ダイヤルの回転角度 45 度毎に八長調全音階の 8 音が対応しており，被験者は課題曲に合わせて適切なタイミングと回転角度でダイヤルを操作しなければならなかった（楽器 B）。

課題曲は全ての被験者になじみのある小曲とし，本実験では“チューリップ”，“海”，“かっこう”の 3 曲を用いた。模範演奏は一曲につき 18 秒から 24 秒であった。この 3 曲を条件 1 から 3 の課題曲として 1 曲ずつ割り当てるが，その組み合わせは被験者ごとに変えた。

**測定装置及び測定方法** 脳波の測定には NEC 製 SYNAFIT EE2110 を，誘導には ELECTRO-CAP INTERNATIONAL, INC. のエレクトロキャップを用いた。記録は校正  $10\mu\text{V/mm}$ ，時定数 0.3sec，高域阻止フィルタ 60Hz，記録紙の送り速度 3cm/sec に設定して行われた。脳波の導出は，同側耳朵を基準電極とした単極誘導によって Fp<sub>1</sub>，Fp<sub>2</sub>，C<sub>3</sub>，C<sub>4</sub>，O<sub>1</sub>，O<sub>2</sub>，T<sub>3</sub>，及び T<sub>4</sub> の 8 チャンネルとした。これらの脳波は，ペン書き記録と同時にサンプリング 200Hz で AD 変換され光磁気ディスクに保存された。また被験者の左右の肩に取り付けた電極から ECG が記録された。

ダイヤル式楽器の操作部分は，つまみ（直径 15 mm の円形部に長さ 30 mm のレバーがついた形状で，円形部の中心が回転の中心になる）を 10 回転ポテンシオメーターに取り付け，これを小箱（縦 100mm×横 650mm×高さ 350mm）に固定したものである。この

ダイヤル部はパーソナルコンピュータ(NEC 製 PC-9821Nb 10)を介して音響呈示装置(嘉穂無線製 JE-7508A)と接続され、ダイヤルの回転角度が楽器の特性に合わせて電子音に変換できるようになっている。被験者の演奏課題の遂行状況はダイヤル角度の時系列として光磁気ディスクに記録され、このデータが遂行成績の評価分析に用いられた。またパーソナルコンピュータからの同期信号が脳波計の1チャンネルを利用して記録紙にも記録された。

実験中室内は薄明で、被験者は銅製の金網で囲われた簡易シールドルームの中の椅子に腰掛けた。楽器のダイヤル部は被験者の右手の手元におかれ、それ以外の実験機器はシールドルームの外に配置された。

**手続き** 実験は閉眼、閉眼安静条件を各2分間、次いで課題条件1, 2, 3をこの順で全て閉眼で行った。課題条件1は模範演奏を4回聴くものであるが、これに先立って課題曲を確認するための試聴を1試行設けた。課題条件2, 課題条件3では、それぞれ最初に楽器について簡単な説明を行い、課題曲とは別に用意した曲を使って楽器操作の練習を行った。次いで課題曲の模範演奏の聴取、被験者による演奏を10試行実施した。課題曲演奏の速度は模範演奏を参考とした上で、被験者のペースに任せた。また第2試行終了後までは被験者の要望に応じて模範演奏の再聴取を認めた。第3試行以降は模範演奏を提示しないこととし、この試行以降の8試行のデータを解析の対象とした。課題と課題の間には約5分間の休憩をおいた。

**データ解析** 脳波の相関次元と $\alpha$ 波(8-13Hz)の相対的パワー値( $\alpha$ 波出現率)算出のための1分析区間は10.24秒とした。相関次元はGrassberger-Procaccia法に基づく手法<sup>9)</sup>に従って、 $\alpha$ 波出現率はFFTで得られたパワースペクトルを基に算出した。分析区間は3つの課題条件の各試行についてアーチファクトのない区間を1つずつ選んだが、本研究の結果の検定には以下のデータを用いた。条件1は最初の2試行の平均値をこの条件の代表値とし、条件2と3は練習試行を除く8試行から最初と最後のそれぞれ2試行の平均値を遂行初期と後期の代表値とした。また、安静条件については2分間の記録のうち、前半と後半の各1分から分析区間を1つずつ選びその平均値を用いた。音楽課題のパフォーマンス指標として、模範演奏と被験者の演奏との一致率を求めた。これは、時間長を規格化した模範演奏の音の推移曲線と被験者の演奏による推移曲線とのパターン一致率に基づいたものであった。結果の検定には分散分析を用いた。

### 3. 結果と考察

ここでは右利きの被験者7人の脳波データについて行った分析をもとに報告する。

#### 3.1 楽器操作課題と脳波相関次元

まず3種の課題遂行が脳波の相関次元に及ぼす影響を明らかにするため、閉眼安静条件を含む4つの条件の次元値を比較した。閉眼安静条件と、課題条件1(以下、模範聴取条件)、及び課題条件2と3(以下それぞれ、楽器A条件、楽器B条件)の遂行初期のデータについてチャンネル毎に分散分析を行った結果、左右の前頭部と後頭部、及び右側頭部に関

して実験条件の主効果が有意となった (Fp1:  $F_{(3,18)}=11.4743$ ,  $p<0.01$ , Fp2:  $F_{(3,18)}=3.6452$ ,  $p<0.05$ , O1:  $F_{(3,18)}=6.6065$ ,  $p<0.01$ , O2:  $F_{(3,18)}=7.1918$ ,  $p<0.01$ , T4:  $F_{(3,18)}=4.3666$ ,  $p<0.05$ ). Figure1 は, 前頭部, 後頭部, 及び側頭部についてこの結果を図示したものである. 下位検定では, 左前頭部では楽器 A を演奏している時の脳波の相関次元が他の 3 つの条件に比べて有意に低く ( $p<0.01$ ), 右前頭部では楽器 A 演奏初期の値が閉眼安静条件の値よりも有意に低くなった ( $p<0.05$ ). なお楽器 A 演奏時の脳波相関次元が閉眼安静中よりも低くなる傾向は, 演奏終期についてもみられた (Fp1, Fp2 共に  $p<0.05$ ). 後頭部では, Figure1 に示されるように, 前頭部とは逆に楽器演奏中の相関次元が高くなった. 下位検定の結果 A, B いずれの楽器条件についても演奏初期の相関次元は閉眼安静条件のそれよりも高く (楽器 A と閉眼の差は O1, O2 共に  $p<0.05$ , 楽器 B と閉眼の差は O1:  $p<0.05$ , O2:  $p<0.01$ ), さらに楽器 B の演奏初期の相関次元は, 模範聴取時の次元よりも有意に高

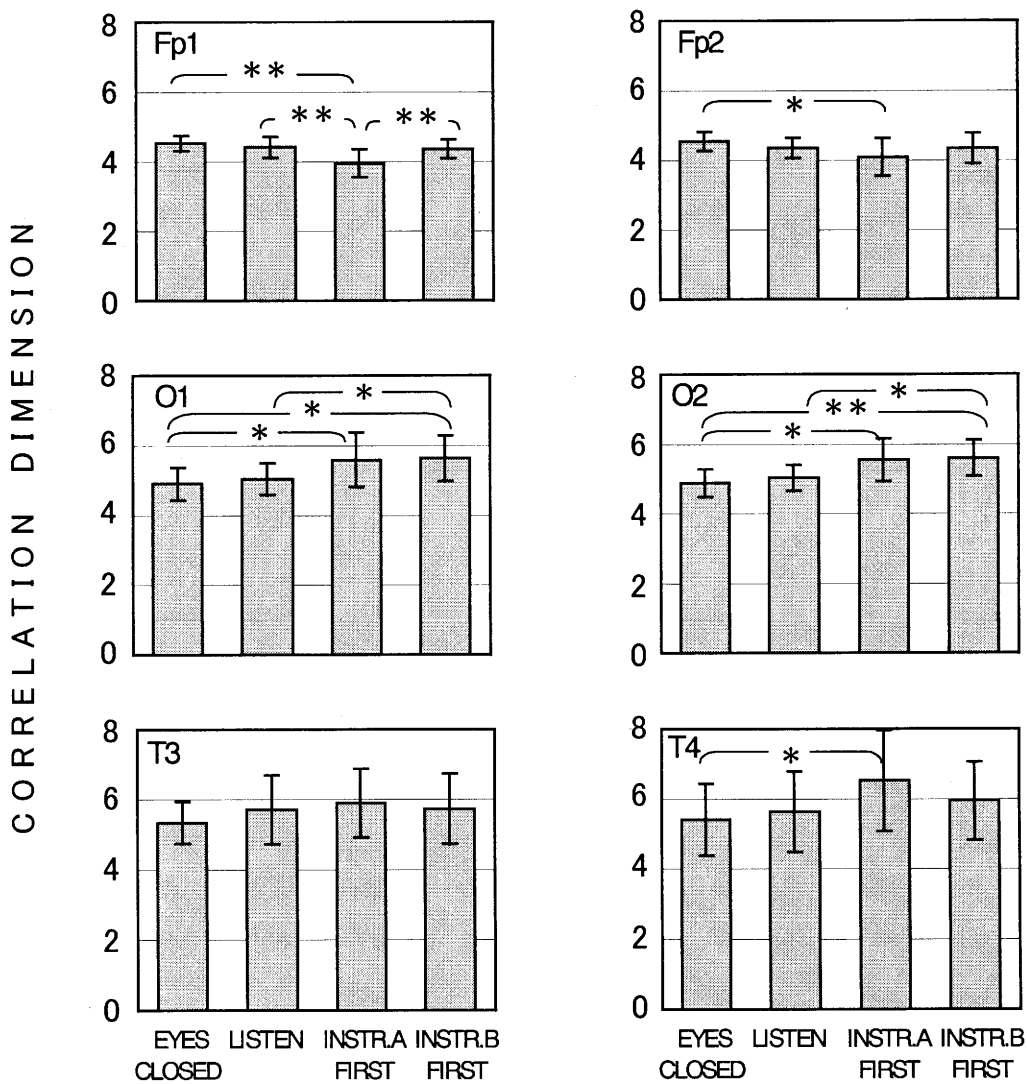


Figure1 Mean values of EEG correlation dimension for each experimental condition. Recording at Fp1, Fp2, O1, O2, T3, and T4. \*\*:  $p<0.01$ , \*:  $p<0.05$

くなった ( $O_1$ ,  $O_2$  共に  $p < 0.05$ ). また右側頭部では楽器 A の演奏初期の相関次元が安静中の次元よりも有意に高くなった ( $p < 0.05$ ). なお演奏終期に関しては, 左後頭部において, 楽器 A, B 演奏中の相関次元が閉眼安静中よりもそれぞれ高くなった (共に  $p < 0.05$ ).

筆者らは既に, 脳波の相関次元は前頭部側と後頭部側とで変動の傾向が異なることについて報告したが<sup>9)</sup>, 本研究の結果は音楽演奏課題においても同様の傾向がみられることを示している. すなわち, 後頭部では演奏課題遂行中の方が閉眼安静中よりも相関次元が高く, 脳の活動が課題遂行によって複雑化することが分かる. 楽器 A, B の 2 つの条件による相関次元の差は直接確認できなかったものの, 楽器 B による演奏中には, 模範演奏聴取中よりも脳波の相関次元が有意に高くなったことから考えると, やはりダイヤル式楽器演奏課題においても, より多くの処理を要する条件では後頭部の活動がより複雑になるといえるであろう.

これに対して, 前頭部では楽器 A による演奏課題遂行中に相関次元が低下した. 過去の報告にもあるように<sup>10)</sup>, これについては特定の課題を遂行することによって脳機能が一種のまとまりをなす効果による可能性が考えられる. 後述するように本実験の演奏課題は比較的困難で, 十分なパフォーマンスを得ることはできなかった. しかし, その中で比較的大まかな操作だけで演奏可能な楽器 A 条件は, 楽器 B に比べると被験者にとって為すべきことが明瞭だったのかもしれない. その課題条件でのみ前頭部脳波の相関次元が低下したことは上記の解釈とも一致するものである.

側頭部に関しては右半球でのみ楽器 A 演奏初期と閉眼安静条件の相関次元の間に有意差が見られた. この結果は音楽課題と右半球の活動の関係を表しているとも考えられる. ただ, 演奏の終期やまた楽器 B による演奏についてこれを裏付けるような結果を得ることはできなかった. また  $\alpha$  波出現率の分析結果も半球機能差を示すものとはならなかった.

一方, 各実験条件の  $\alpha$  波出現率を比較した結果は以下の通りである. 閉眼安静条件と, 模範聴取条件, 及び楽器条件 A と B の演奏初期の  $\alpha$  波出現率について分散分析を用いて検定したところ, 左右の前頭部, 頭頂部, 側頭部の 6 つのチャンネルで主効果が有意となった ( $F_{p1}: F_{(3,18)}=16.6607, p < 0.01, F_{p2}: F_{(3,18)}=21.0140, p < 0.05, C_3: F_{(3,18)}=4.8982, p < 0.05, C_4: F_{(3,18)}=4.6610, p < 0.05, T_3: F_{(3,18)}=5.3499, p < 0.01, T_4: F_{(3,18)}=4.6154, p < 0.05$ ). また, 閉眼安静条件, 模範聴取条件, 及び楽器条件 A と B の演奏終期に関しては, 左右の前頭部と側頭部の 4 チャンネルで主効果が有意となった ( $F_{p1}: F_{(3,18)}=11.8991, p < 0.01, F_{p2}: F_{(3,18)}=10.9121, p < 0.05, T_3: F_{(3,18)}=4.0447, p < 0.05, T_4: F_{(3,18)}=3.8340, p < 0.05$ ). この主効果は概して楽器演奏時には安静条件よりも低くなることによるもので, 特に楽器 A 演奏中の  $\alpha$  波出現率が低くなる傾向が顕著であった. ここで注目したい結果は, 後頭部に関しては上記のような演奏課題遂行に伴う  $\alpha$  波出現率の低下がみられなかったことである. これは, 後頭部脳波の相関次元に実験条件の効果が明瞭に表れたことと対照的である.  $\alpha$  波出現率と相関次元は異なる脳過程を反映する測度であることが分かる.

### 3.2 演奏の反復と脳波相関次元

楽器演奏の時期による相関次元の変化を調べるために, 2 つの演奏条件で得られた相関次元について, 楽器 (A・B) と遂行時期 (初期・終期) の 2 要因による分散分析をチャネ

ル別に行った。その結果、右後頭部でのみ時期の主効果が有意となり ( $F_{(1,6)}=14.1933$ ,  $p<0.01$ ), 演奏初期に比べて終期の相関次元が低くなることが示された。Figure2 はこれを図示したものである。従って、前節の結果もあわせて考えると、楽器操作課題の遂行によって後頭部脳波の相関次元が高まるが、遂行回数を重ねたことにより低下したことが分かる。また左後頭部でも時間による同様の変動傾向はみられたが、わずかに有意水準に至らなかった ( $p<0.06$ )。

演奏回数を重ねると脳活動の複雑度が減少するというこの現象の意味について考えてみたい。

時間経過に伴う脳波の変化については、一般に  $\alpha$  波の増加との関連で皮質の活動レベルの低下、いわゆる慣れの効果が指摘されることがある ( $\alpha$  波の出現と皮質の活動レベルの関係をめぐる問題については例えば橋本の議論<sup>11)</sup>も参照されたい)。しかし、本実験では演奏時期による  $\alpha$  波出現率の有意な変動は左右後頭部とも確認されなかった。従って、遂行の反復に伴う相関次元の低下がいわゆる慣れの現象に対応するものとは考えられない。むしろ本論文のはじめに述べたような、課題遂行に関わる脳過程にある種の洗練が生じたことによるものと考えた方がよい、というのが我々の主張である。そこで、被験者の実際のパフォーマンスがどのように変化したのかということが問題になるのだが、実際には以下に述べるように本実験の演奏課題のパフォーマンスに関して、課題への習熟を裏付ける十分な証拠を得ることはできなかった。

被験者の演奏の模範演奏との一致率に基づくパフォーマンス指標は、楽器 A 条件の演奏初期が平均 0.29 (SD=0.092), 演奏終期が平均 0.28 (SD=0.065), 楽器 B 条件の演奏初期が平均 0.27 (SD=0.060), 演奏終期が平均 0.27 (SD=0.061) であった。このパフォーマンス指標について、楽器の要因と演奏時期の 2 要因の分散分析で検定したが、有意差は検出されなかった。被験者の実験後の報告も併せて考えると、本実験の演奏課題は比較的困難度が高く、10 回の反復演奏だけでパフォーマンスを向上させることは難しかったものと考えられる。パフォーマンス向上の顕現に先行して何らかの脳過程の洗練が起こっている可能性も考えられるが、上記の結果だけで反復遂行に伴う相関次元の低下が課題への習熟過程に結びつくものだと結論することはできそうにない。

ただ、相関次元の低下とパフォーマンスの向上との関係については、結果をさらに詳細に検討してみると大変興味深い現象が認められたので、これについて以下、予備報告として述べておきたい。パフォーマンス指標を個々の被験者についてみると、実際にはこれが上昇している被験者とそうでない被験者がいる。当然のことではあるが、課題の習熟について論ずる際に個人差は無視できない要因であり、今後はこの点を考慮した実験計画が必要であろう。そこで本論文では試みに、演奏の初期と終期のパフォーマンス指標の差をパ

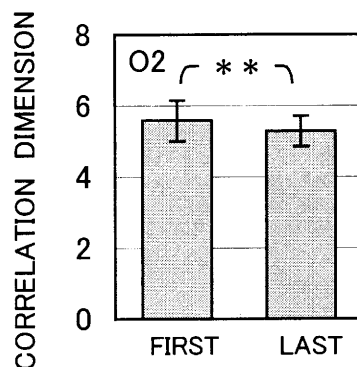


Figure2 Main effect of time for correlation dimension at O1 during music tasks. \*\*:  $p<0.01$

パフォーマンス向上度として本実験の9人の全被験者について求めてみた。そして楽器A条件と楽器B条件のそれぞれについて、最も向上度が大きい2人を向上群、逆に最も小さい2人を非向上群と仮定し、この2群でパフォーマンス指標を比較した。群を個体間要因、演奏時期を個体内要因、被験者を繰り返しとして分散分析で検定したところ、楽器B条件において群の主効果と群と時期の交互作用効果が有意となった（群の主効果： $F_{(1,2)}=21.2546$ ，群と時期の交互作用効果： $F_{(1,2)}=29.6677$ ，共に  $p<0.05$ ）。下位検定の結果、向上群のパフォーマンス指標の平均値は、演奏初期よりも終期の方が有意に高く、また初期には向上群のパフォーマンス指標は非向上群より有意に低いが、終期には両群に有意差がないことが確認された（共に  $p<0.05$ ）。従って、楽器B演奏に関するパフォーマンス向上群の被験者は、演奏初期にはパフォーマンスレベルが低い反復演奏に伴って上昇し、一方非向上群の被験者は初期終期を通じてパフォーマンスレベルに変化がなかったことが分かる。次に、この楽器B演奏のパフォーマンス向上群と非向上群の脳波相関次元を比較した。向上群、非向上群を個体間要因、演奏時期を個体内要因、被験者を繰り返しとして分散分析を行った。その結果、左側頭部において時期の主効果及び群と時期の交互作用効果が有意となった（時期の主効果： $F_{(1,2)}=174.2618$ ， $p<0.01$ ，群と時期の交互作用効果： $F_{(1,2)}=79.0943$ ， $p<0.05$ ）。Figure3はその結果を図示したものである。下位検定の結果、向上群の相関次元は演奏初期よりも終期の方が有意に低く、また終期には非向上群よりも有意に低くなることが分かった（共に  $p<0.05$ ）。この結果については、被験者数も少なく、また測定部位も既述の結果とは一致していないため十分な証拠とはいえないが、パフォーマンスの向上に相関次元の低下が対応する可能性を示唆するものといえるだろう。

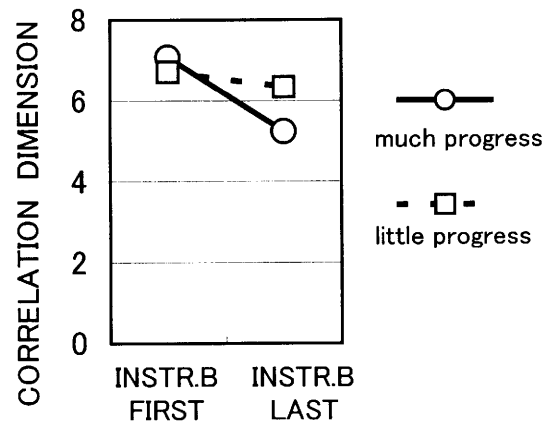


Figure3 Changes of EEG correlation dimension of subjects making much progress and little progress during playing instrument B. Recording at T3.

#### 4. まとめ

ダイヤル式楽器を使って曲を演奏している時の脳波相関次元について検討した。演奏課題で使用された楽器は操作に要する処理手続きの違いによって2種類があり、一方は比較的大まかなダイヤル操作で演奏可能なもの、他方はより精緻なダイヤル操作を要するものであった。右利きの男子大学生7人から記録された脳波を分析した結果、(1) 楽器操作課題遂行中には課題を遂行していない時よりも後頭部脳波の相関次元が高くなる、(2) この傾向はより多くの処理を要する楽器を使用する条件の方が顕著である、(3) 前頭部では演奏課題遂行中にむしろ相関次元が低下する傾向がある、(4) 演奏の反復遂行によって後頭



部では脳波相関次元が低下する，ことが示された．またパフォーマンスの向上と脳波相関次元の低下の関係について予備報告を行った．

#### 引用文献

- 1) 橋本圭子, 村上肇, 伊藤建一 2000 脳波の相関次元における課題の複雑度の効果. 日本心理学会第64回大会発表論文集, 316.
- 2) Kimura, D. 1964 Left-Right differences in the perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 16, 355-358.
- 3) Walker, J. L. 1980 Alpha EEG correlates of performance on a music recognition task. *Physiological Psychology*, 8, 417-420.
- 4) Breitling, D., Guenther, W., & Rondot, P. 1987 Auditory perception of music measured by brain electrical activity mapping. *Neuropsychologia*, 25, 765-774.
- 5) Bever, T. G. & Chiarello, R. J. 1974 Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. *Science*, 185, 537-539.
- 6) マリン O. S. M. 竹内忠雄 (訳) 1987 音楽の知覚と演奏の神経学的側面. ドイツ D. (編) 寺西立年他 (監訳) 音楽の心理学 (下), 西村書店, pp.558-586. (Deutsch, D. 1982 *The psychology of music*. New York : Academic Press.)
- 7) 岩城達也, 緒方茂樹, 林 光緒, 堀 忠雄 1995 音楽が覚醒水準に及ぼす影響. 脳波と筋電図, 23, 10-16.
- 8) Davis, W. B. 1989 The influence of preferred relaxing music on measure of state anxiety, relaxation, and physiological response. *Journal of Music Therapy*, 26, 168-187.
- 9) 村上肇・橋本圭子・伊藤建一 1998 課題遂行中の脳波の解析 — 相関次元の検討. 新潟工科大学研究紀要, 3, 41-48.
- 10) Mölle, M., Marshall, L., Wolf, B., Fehm, H., & Born, J. 1999 EEG Complexity and performance measures of creative thinking. *Psychophysiology*, 36, 95-104.
- 11) 橋本圭子 1996 課題遂行時の脳波活動に関する考察. 新潟工科大学研究紀要, 1, 57-63.