

## 隣接する二つの時間間隔の知覚に関する研究

宮内, 良太

<https://doi.org/10.15017/458891>

---

出版情報 : Kyushu University, 2004, 博士 (芸術工学), 課程博士  
バージョン :  
権利関係 :

## 第 2 章 分割時間の知覚

### 2.1 目的

本章では、隣接する二つの時間間隔で構成された刺激パターン全体がどのように知覚されているのかを確かめるために、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を測定する実験と、時間条件間の非類似度を測定する実験を行った。

先行研究から、隣接する二つの時間間隔の物理的な比率が 1:1 ではないにもかかわらず、主観的な比率が 1:1 に感じられるような時間条件が存在することが分かっている。まずは、この 1:1 カテゴリに含まれる時間条件を明確に示すために、数比と線分間の距離という異なる評定尺度を用いて主観的な比率を測定する実験を行った。また、刺激パターンの区切り音に強勢によるアクセントを付けると体制化された音列パターンの様相が変化することが知られている (Desain & Honing, 2003; Fraisse, 1982)。そこで、区切り音に強勢によるアクセントを付けたような特殊な条件においても 1:1 カテゴリが形成されるかどうかも確かめた。

### 2.2 実験 1: 数詞を用いた比率判断

#### 2.2.1 目的

まずは、隣接する二つの時間間隔が、どのように知覚されているのかを確かめるために、二つの時間間隔の主観的な比率を、二つの数字 ( $m:n$ ) で実験参加者に回答してもらう実験を行い、物理的な比率と主観的な比率との間に違いが生じるかどうかを調べた。また、音圧レベルの異なる区切り音を組み合わせることで、刺激パターンに強勢によるアクセントを付け、この強勢の位置によって二つの時間間隔の主観的な比率が変化するかどうかも検討した。

#### 2.2.2 実験方法

■実験参加者 九州芸術工科大学に所属する 24 歳から 26 歳までの男子学生 4 名を実験参加者とした。全員が、正常な聴力を有していることを聴力測定によって確認した。3 名は、聴能形成の授業によりある程度の聴覚訓練を受けていた。

新版音響用語辞典 (コロナ社, 2003) によると、聴能形成とは、音響に関連する部門の技

術者を養成することを目的とした聴覚能力の訓練体系のことであり、異なる音を聞き分け、どのような物理特性の違いが、聞こえの違いとして現れたかを推定するような訓練が中心となる (Iwamiya, Nakajima, Ueda, Kawahara, & Takada, 2003)。このような特別な訓練を受けた実験参加者は、本実験で用いるような単純な音刺激パターンに接する機会が多く、刺激から感じる聞こえの変化と物理特性の変化とをある程度結び付けることが出来る。また、音に対する注意や弁別、特徴検出、記憶などの能力も向上していると考えられる。このような特殊な実験参加者を用いて実験を行うと、一般的な聴覚システムについて調べているのではなく、聴能形成の訓練成果を調べているだけなのではないかとの指摘を受けるかもしれない。しかし、全く音に対して興味を持たない実験参加者が、聴覚刺激から受ける印象を正確に表現することは、非常に困難である。例えば、周波数が連続的に変化するようなグライド音を聞いたときに、音が時間に従って変化していることは、誰でも知覚することが出来るであろう。しかし、グライド音の高さが上昇しているのか、もしくは、下降しているのかといった変化の性質を表現するのは難しい。実験参加者によっては、高さの変化を音色の変化として聞いているかもしれないし、大きさの変化として聞いているかもしれない。このような実験参加者に、音の高さがどのように変化しているかと教示しても、目的とする主観量を抽出することが出来ない。ある程度は、音の聞こえの変化と主観量の変化とを結び付けることの出来る実験参加者を用いる必要がある。また、聴能形成では、主に周波数領域における音の変化についての訓練が多く、特に時間分解能を鍛えるような訓練は受けていない。よって、聴能形成を受けた実験参加者を時間知覚の研究に用いることは、大きな問題ではないと考えた。ただし、音を聞く能力が実験結果に影響する可能性も大きいいため、本論文中では、実験参加者の特性の一つとして、聴能形成の受講歴を実験参加者の項に記述した。

■刺激パターン 継時的に呈示される3つの区切り音から作られた、隣接する二つの時間間隔を刺激パターンとして用いた (図8)。区切り音には、500 Hz のパルス列を3.5 kHz のローパスフィルタに通した音を用いた。音の持続時間は、20 ms とした。実験で用いる刺激パターンの時間条件は、全体の時間間隔 ( $t_1 + t_2$ ) を360 ms に固定し、 $t_1$  の物理的な長さを30 ms から330 ms まで30 ms の幅で段階的に増加させた。 $t_2$  の物理的な長さは、 $t_1$  の変化に従って、330 ms から30 ms まで、30 ms の幅で段階的に下降することになる。よって、全時間条件は、11種類であった。さらに、3つの区切り音の音圧レベルの組み合わせを変えて、5種類の音圧条件を用意した。音圧レベルの差は、30 dB とした。これは、

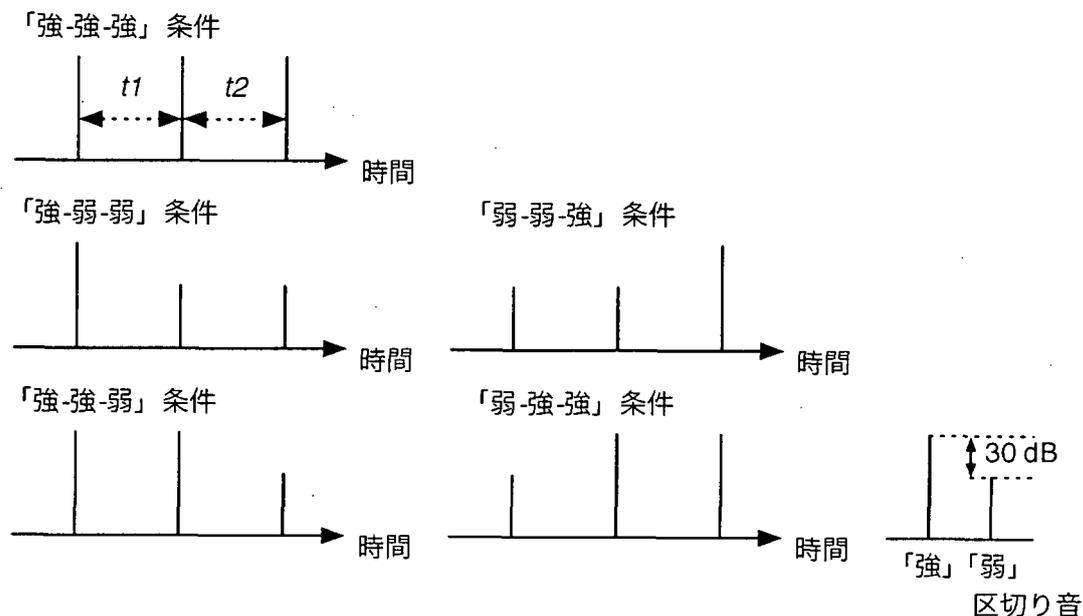


図8 実験1, 実験3 で用いた刺激パターンの模式図。"強" の区切り音と "弱" の区切り音の音圧レベル差は、30 dB とした。実験1 では、5つの音圧条件すべてを、実験3 では、"強-強-強"、"強-弱-弱" の2条件を用いた。 $t_1$  と  $t_2$  の物理的な時間条件は実験によって異なるため、実験ごとに刺激パターンの項で詳しく説明する。

実際の音楽の中で用いられている音の強弱によるアクセントが、ピアノなどにおいては、10～20 dB 程度、打楽器においては、20～30 dB 程度であるという報告をもとに設定した (Gabrielsson, 1973)。区切り音の音圧レベルに 63 dBA (強) と 32 dBA (弱) の2種類を用意し、"強-強-強"、"強-弱-弱"、"強-強-弱"、"弱-弱-強"、"弱-強-強" の組み合わせを用いた (図8)。よって、全実験条件は 55 条件となった [1 (時間条件) × 5 (音圧条件)]。

■方法 全 55 条件を 1 ブロックとし、一人の実験参加者につき、5 ブロック分の測定を行った。なお、最初の 1 ブロックは、練習試行とし、得られたデータは分析に用いない。実験参加者には、ブロック内の 55 条件の刺激パターンをランダム順で呈示し、 $t_1$  と  $t_2$  とがどのような比率に感じられるかを二つの数字を用いて回答用紙に記入することを求めた。用いる数字は、正の数であれば、整数・分数・小数などどのように記述してもよいとした (例えば、1:3、2.2:4.7、1:1/2 など)。実験は、コンピュータのディスプレイとマウスを使って行った。刺激パターンは、コンピュータ画面上の呈示ボタンを押すことで、呈示された。このボタンを押すたびに刺激パターンが一回ずつ呈示されるようにし、何度でも

同じ刺激を繰り返し聞くことができるようにした。ただし、連続的に刺激パターンを呈示することで、前後の刺激パターンがお互いに影響を及ぼしあうことを防ぐために、一度刺激パターンを呈示したら、その後 3000 ms は続けて音が呈示されないようにした。実験参加者は、刺激パターンの主観的な比率を解答用紙に記入し、画面上の終了ボタンを押すことで、次の試行に移った。

■実験環境 実験は、防音処理を施した暗騒音が 27 dBA 以下の実験ブース内で行った。刺激パターンは、パーソナルコンピュータ (Commodore Amiga 600) で合成し、コンピュータのアナログ端子より出力した。出力信号は、3.5 kHz のローパスフィルタ (NF DV-04) とアンプ (ONKYO AG-5) を通し、ヘッドホン (AKG K141) より実験参加者の左耳に呈示した。刺激の音圧レベルは、実験で用いた "強" の区切り音と同じ振幅を持つ定常音の音圧レベルが、人工耳 (Brüel & Kjær Type 4153)、マイクロホン (Brüel & Kjær Type 4134)、騒音計 (Brüel & Kjær Type 1613) を用いて、63 dBA となるように校正した。

### 2.2.3 結果と考察

実験で得られたデータは、二つの正の数 ( $m:n$ ) で表記されており、このままでは複数のデータをまとめて分析するのは難しい。そこで、データ処理に際しては、この評価値から、全体の長さを 1 としたときの  $m$  の比率を求め、その値を主観的な  $t_1$  の比率 ( $R_s$ ) とした [式 (1)]。

$$R_s = \frac{m}{m+n} \quad (1)$$

また、呈示された刺激パターンの物理的な  $t_1$  の長さを全体の時間間隔の長さで割ることで物理的な  $t_1$  の比率 ( $R_o$ ) も求めた [式 (2)]。

$$R_o = \frac{t_1}{t_1+t_2} \quad (2)$$

実験では、一つの実験条件に対して、各実験参加者から 4 つずつのデータが得られた。実験参加者ごと、および、すべてのデータの平均値を表 1 に示す。

実験参加者ごとの  $R_s$  の平均値を見ると、sb1 の結果が、他の実験参加者の結果と大きく異なっている。例えば、"強-強-強" パターンの結果をみると、 $R_o$  が 0.25 となる時点で  $R_s$  が 0.5 を超えている。つまり、 $t_1$  の物理的な長さ  $t_2$  の物理的な長さが、90 ms と 270 ms となる刺激パターンで、すでに、 $t_1$  と  $t_2$  とが同じ長さ、もしくは、 $t_1$  の方が  $t_2$  よりも長いと判断していることになる。 $t_1$  が  $t_2$  よりも明らかに短い条件で、 $R_s$  が 0.5 を

表1 実験1で得られた $R_s$ の平均値。左から、音圧条件、 $R_o$ 、4人の実験参加者 (sb1からsb4)ごとの $R_s$ の平均値、すべてのデータから求めた $R_s$ の平均値を記述している。また、sb1の結果をはずれ値として除外し、3人分のデータから求めた平均値も記述した。

音圧条件	$R_o$	$R_s$ の平均値					
		sb1	sb2	sb3	sb4	All	(sb1を除く)
強-強-強	0.083	0.342	0.239	0.299	0.317	0.299	0.285
	0.167	0.279	0.293	0.339	0.254	0.291	0.295
	0.250	0.542	0.356	0.342	0.339	0.395	0.346
	0.333	0.433	0.391	0.465	0.401	0.422	0.419
	0.417	0.500	0.466	0.482	0.477	0.481	0.475
	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.500
	0.583	0.650	0.574	0.573	0.548	0.586	0.565
	0.667	0.688	0.615	0.664	0.661	0.657	0.647
	0.750	0.708	0.644	0.678	0.716	0.687	0.679
	0.833	0.754	0.682	0.675	0.804	0.729	0.720
0.917	0.781	0.774	0.697	0.865	0.779	0.778	
強-弱-弱	0.083	0.141	0.236	0.290	0.312	0.245	0.279
	0.167	0.557	0.291	0.329	0.214	0.347	0.278
	0.250	0.650	0.316	0.337	0.355	0.415	0.336
	0.333	0.729	0.345	0.372	0.357	0.451	0.358
	0.417	0.688	0.494	0.488	0.479	0.537	0.487
	0.500	0.688	0.500	0.500	0.507	0.549	0.502
	0.583	0.721	0.590	0.613	0.550	0.619	0.585
	0.667	0.742	0.667	0.655	0.700	0.691	0.674
	0.750	0.802	0.675	0.676	0.719	0.718	0.690
	0.833	0.837	0.759	0.701	0.809	0.777	0.756
0.917	0.880	0.774	0.720	0.888	0.816	0.794	
強-強-弱	0.083	0.223	0.240	0.304	0.139	0.227	0.228
	0.167	0.244	0.269	0.339	0.264	0.279	0.291
	0.250	0.396	0.339	0.503	0.366	0.401	0.403
	0.333	0.658	0.489	0.411	0.414	0.493	0.438
	0.417	0.542	0.475	0.494	0.494	0.501	0.488
	0.500	0.563	0.506	0.500	0.506	0.519	0.504
	0.583	0.721	0.582	0.611	0.573	0.622	0.588
	0.667	0.729	0.644	0.666	0.724	0.691	0.678
	0.750	0.742	0.678	0.675	0.703	0.699	0.685
	0.833	0.795	0.741	0.710	0.788	0.759	0.746
0.917	0.838	0.788	0.722	0.864	0.803	0.791	
弱-弱-強	0.083	0.146	0.215	0.283	0.109	0.188	0.202
	0.167	0.211	0.235	0.318	0.196	0.240	0.249
	0.250	0.258	0.327	0.321	0.301	0.302	0.316
	0.333	0.404	0.357	0.400	0.355	0.379	0.371
	0.417	0.604	0.494	0.501	0.471	0.518	0.489
	0.500	0.500	0.489	0.507	0.500	0.499	0.498
	0.583	0.729	0.613	0.603	0.591	0.634	0.602
	0.667	0.729	0.667	0.657	0.667	0.680	0.664
	0.750	0.625	0.679	0.680	0.762	0.687	0.707
	0.833	0.598	0.721	0.699	0.788	0.702	0.736
0.917	0.638	0.776	0.720	0.860	0.748	0.785	
弱-強-強	0.083	0.223	0.237	0.292	0.151	0.226	0.227
	0.167	0.375	0.283	0.329	0.285	0.318	0.299
	0.250	0.500	0.338	0.346	0.333	0.379	0.339
	0.333	0.492	0.359	0.377	0.387	0.404	0.374
	0.417	0.542	0.445	0.458	0.490	0.484	0.464
	0.500	0.563	0.500	0.493	0.493	0.512	0.496
	0.583	0.688	0.547	0.550	0.542	0.582	0.546
	0.667	0.729	0.648	0.645	0.667	0.672	0.653
	0.750	0.756	0.684	0.661	0.714	0.704	0.686
	0.833	0.788	0.717	0.684	0.784	0.743	0.728
0.917	0.824	0.783	0.684	0.865	0.789	0.777	

超えるような傾向は、他の音圧条件の結果でも同様に現れている。このように、 $t_1$  の物理的な長さが、 $t_2$  の物理的な長さよりも小さい時間条件では、 $t_2$  が過小評価されることが知られている (1.9 節参照)。しかし、この時間縮小錯覚は、 $t_1 < t_2 < t_1 + 80$  [ms] を満たすような時間条件で生じることが定量的なデータを分析することで分かっており、今回の sb1 のように、 $t_2$  が  $t_1$  よりも 180 ms も長い条件で生じるとはほとんど考えられない。sb1 は、このような条件でも  $t_1$  と  $t_2$  とが、ほぼ同じ長さであると判断していることになる。これは、他の 3 人の実験参加者と明らかに異なる結果である。

得られた実験参加者ごとの平均値を用いて、繰り返しのある 3 要因の分散分析 [4 (実験参加者)  $\times$  11 (時間条件)  $\times$  5 (音圧条件)] を行った結果、実験参加者の要因に有意差がみられた [ $F(3, 12) = 71.969, p < .01$ ]。さらに、実験参加者の要因について多重比較 (Tukey HSD) を行ったところ、sb1 と他の三人の実験参加者それぞれとの間にのみ有意差がみられた ( $p < .01$ )。よって、sb1 の結果と他の実験参加者の結果とは、統計的にも異なる傾向を示していることが示された。

このような実験参加者による違いが生じた原因として、実験で行うべき課題を十分に教示で伝えることが出来なかった可能性と、実験参加者が短い時間間隔の長さの違いを聞き分けることが出来なかった可能性が考えられる。sb1 は、聴能形成による訓練を受けておらず、刺激パターンの聞こえの違いをうまく表現することが出来なかったのかもしれない。ただし、実験 1 で用いた刺激パターンと時間条件や区切り音の条件が似ている先行研究 (例えば、Nakajima et al., 1988; 平野・中島・Ihle・Gert, 1997) においては、実験参加者の能力 (音楽経験・聴能形成の受講の有無・年齢など) にかかわらず、このような傾向を示す実験参加者は報告されていない。また、本論文で報告する他の実験でも、このように実験参加者による大きな違いは見られなかった。実験 1 のデータのみで、この実験参加者による結果の違いをこれ以上詳しく考察することは困難である。また、このような実験参加者による影響について詳しく調べることは、本論文の目的ではない。よって、以後の分析では、他の実験参加者の結果と有意に異なる sb1 の結果をはずれ値として除外し、3 人分の結果を用いて分析した。

sb1 を除く三人の実験参加者から得られた  $R_s$  の平均値を縦軸に、 $R_o$  を横軸にとって図示した (図 9)。隣接する二つの時間間隔の物理的な比率と主観的な比率との関係を表すモデルとして、“つけくわえ仮説” が提唱されている (中島, 1979)。そこで、つけくわえ仮説による予測値と今回の実験結果とを比較するために、つけくわえ仮説によって予測される主観的な比率と物理的な比率との関係を示す式 (3) を、式 (1) に代入し、 $R_o$  から求めた  $R_s$

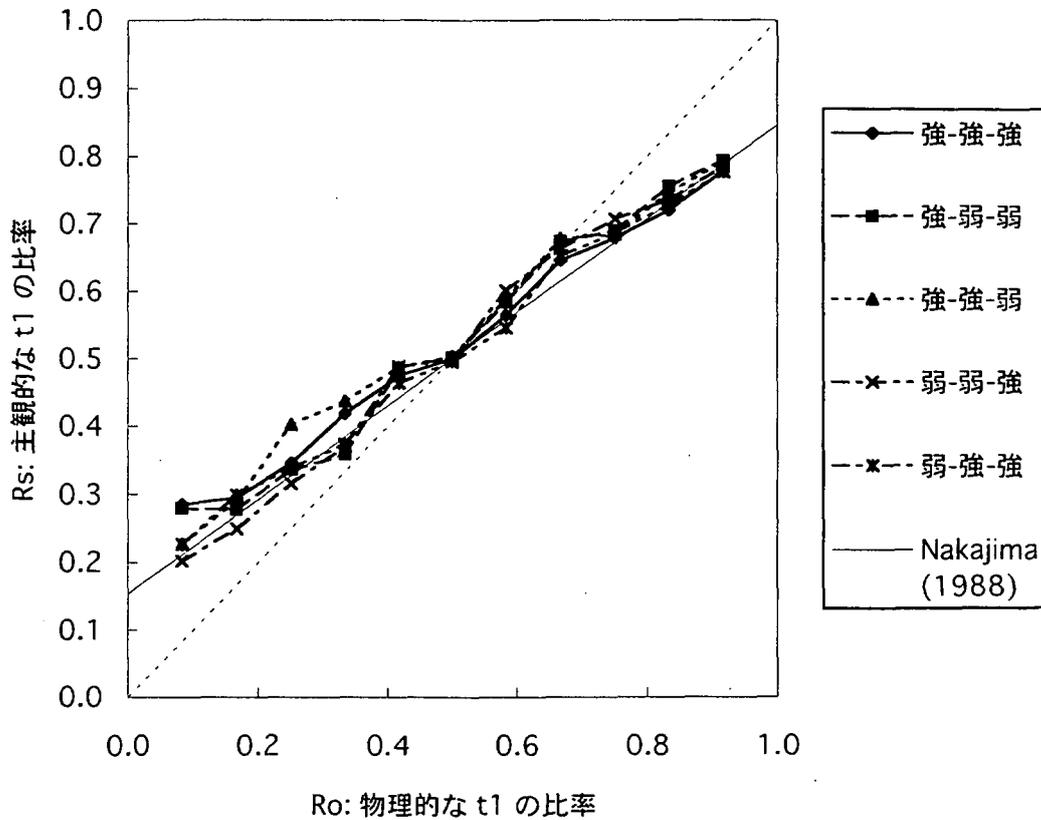


図9 実験1で得られた $R_s$ の平均値を縦軸に、 $R_o$ を横軸にとって、図示したグラフ。四つの音圧条件の結果を、それぞれ、異なる線分で示した(詳しくは、図中の凡例を参照)。図中の薄い点線は、 $R_s = R_o$ の点を結んだ直線である。また、薄い実線は、Nakajima (1988)が提唱した“つけくわえ仮説”で予想される $R_s$ の値を結んだ直線である。

の予測値も、薄い実線でグラフに示した[式(4)]。さらに、 $R_o = R_s$ となる点を結んだ薄い点線もグラフに示した。

$$m : n = (t_1 + \alpha) : (t_2 + \alpha) \quad (\alpha \approx 80) \quad (3)$$

$$R_s = \frac{9}{13}R_o + \frac{2}{13} \quad (4)$$

まず、 $t_1$ が $t_2$ よりも短い条件( $R_o < 0.5$ )について考察する。 $R_o = 0.417$ の条件では、 $R_s$ が音圧条件にかかわらず0.5に近づく傾向があった。この刺激パターンの物理的な $t_1$ の

長さ $t_2$ の長さは、150 ms と 210 ms であり、 $t_2 - t_1 = 60$  [ms] となる。この条件は、時間縮小錯覚が生じる時間条件と合致しており、 $t_2$  に過小評価が生じていると考えられる。そのために、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率が 1:1 に近づいていると解釈すれば、この現象をうまく説明することが出来る。この刺激パターンで主観的な比率が 1:1 に近づく現象は、音圧条件が異なる条件でも同様に生じており、区切り音の物理的な性質に影響を受けない安定した現象であるといえる。 $R_0$  が 0.333 よりも小さくなると  $t_1$  と  $t_2$  との差が 120 ms よりも大きくなっており、時間縮小錯覚の生じる時間条件を満たしていない。このような条件の  $R_s$  は、つげくわえ仮説による予測値に近づいている。

一方、 $t_1$  が  $t_2$  よりも長い条件 ( $R_0 > 0.5$ ) では、 $R_0 = 0.583, 0.667$  の 2 条件で  $R_s$  が  $R_0$  に近づく傾向が見られた。このような傾向は時間縮小錯覚やつげくわえ仮説のモデルでは説明することが出来ない。これは、 $t_1$  が  $t_2$  よりもわずかに長い条件において、先行研究では示されていない知覚現象が生じている可能性を示している。このような時間縮小錯覚の生じる範囲から外れた条件で生じる知覚現象について詳しく調べることで、時間間隔を隣接させた条件での知覚をさらに詳しく説明することが出来ると考えられる。

次に、音圧条件による  $R_s$  の変化について注目する。まず、 $R_s$  が、音圧条件によって変化しているかどうかを確かめるために、sb1 を除く三人分の  $R_s$  の平均値から、繰り返しのある 3 要因の分散分析 [3 (実験参加者) x 11 (時間条件) x 5 (音圧条件)] を行った。その結果、音圧条件の要因と時間条件の要因とに有意差が生じた [音圧条件,  $F(4, 36) = 2.99, p < .05$ ; 時間条件,  $F(10, 90) = 782.91, p < .01$ ]。音圧条件の要因が有意になったということは、音圧条件によって得られた  $R_s$  が変化していることを示している。ただし、音圧条件の要因と時間条件の要因との交互作用には有意差がみられなかった。よって、音圧条件の違いによる  $R_s$  の変化は、時間条件に依存したものではないといえる。なお、時間条件の要因については、 $R_0$  が増加すれば  $R_s$  も大きくなるはずであり、有意となるのは当然のことである。

音圧条件によって、得られた  $R_s$  の値が変化している原因として、強勢を付けることでその音に続く時間間隔の主観的な長さが変化している可能性がある。Fraisse (1982) の述べているように、もし、強勢によって強勢の後に続く時間間隔が過小評価されるとすれば、強勢を付けないパターンに比べて、強-弱-弱パターンでは、 $t_1$  の長さが短く知覚されるはずである。よって、第一音に強勢を付けた刺激パターンから得られた  $R_s$  と、強勢を付けていない刺激パターンから得られた  $R_s$  とに系統的なずれが生じるはずである。具体的には、 $t_1 < t_2$  を満たす場合には  $R_s$  が極端な比率に ( $R_s$  が 0.5 から離れる)、 $t_2 < t_1$  を満たす場合には  $R_s$  が近い比率になる ( $R_s$  が 0.5 に近づく) はずである。一方、第三音に強

勢を付けた刺激パターンでは、 $t_1$  と  $t_2$  の主観的な長さに強勢による影響はないはずである。よって、第三音に強勢を付けても  $R_s$  の値は変化しないと考えられる。

そこで、各  $R_0$  において、音圧条件による  $R_s$  の変化を詳しく分析すると、音圧差による強勢を付けることで、 $R_s$  の値が、 $R_0$  に近づく傾向がみられた。例えば、 $R_0$  が 0.333 となる時間条件においては、強-強-強パターンでの  $R_s$  の平均値が、0.419 となる。同じ時間条件で、区切り音に音圧差を付けた場合の  $R_s$  の平均値は、0.358 (強-弱-弱)、0.438 (強-強-弱)、0.371 (弱-弱-強)、0.374 (弱-強-強) となった。強-強-弱パターンを除いて、 $R_s$  の平均値は、 $R_0$  に近づいている。このような傾向は、 $R_0$  が、0.167、0.333、0.583、0.833 となる時間条件においてみられた。これは、先に述べた仮説と矛盾しており、強勢の後に続く時間間隔が過小評価されたために  $R_s$  が変化したとは考えられない。

音圧条件によって  $R_s$  が変化している時間条件には、強-強-強パターンで得られた  $R_s$  が単純な整数比になっていないという共通点がある。逆に、音圧条件によって  $R_s$  に変化が生じない時間条件では、強勢を付けた場合も付けなかった場合も、 $R_s$  が 1:3 や 2:1 といった単純な整数比に近い値となる傾向があった。よって、強勢によるアクセントの影響は、単純な整数比へのカテゴリ化を促す作用があるのかもしれない。つまり、強勢を付けることで刺激パターン全体の捉え方が変化していると考えられる。ただし、このような影響は、評価尺度に数比を用いたことによって生じた現象である可能性が高い。

実験参加者には、正の数であれば小数や分数を用いて数比を表記してもよいと教示しており、評価尺度が連続的なものになるよう考慮した。しかし、実験から得られた結果や、実験参加者の内観報告を分析すると、評価尺度自体に問題があったように思われる。

数比を指標にすると、実験参加者の判断に異なる関数に支配された二つの段階が含まれている可能性がある。まず、第一段階で、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さに対応する主観的な長さを知覚する。これが、求めようとしている刺激の物理量と主観量の対応関係である。第二段階で、実験参加者は、第一段階で得られた隣接する二つの時間間隔の主観的な長さを比較し、数比を当てはめる。このときに、実験参加者の答えた数比が主観量に対する直接的な指標であるといえるのは、主観量と数比との対応が線形であるときのみである。もし、実験参加者が、主観量を数比に変換する際に異なる関数に支配された変換を行っていたとすれば、得られた結果は、時間間隔の比率に対する直接的な指標であるとはいえない。

実験参加者の内観報告を分析すると、すべての実験参加者が、まず、二つの時間間隔の主観的な比率に最も近い単純な整数比を当てはめ、その後、数比と主観的な比率とのずれ

を小数点以下の数字で補正しているという聞き方をしていた。よって評価尺度には、このような数値への変換といった処理を伴わず、主観的な比率を直接的に表現できるようなものを用いる必要がある。そこで、次の実験では、主観的な比率を表す評価尺度に三つの線分で作られる二つの距離の比率を用いて調整法による実験を行った。このような評価尺度を用いることで、主観的な比率を直感的に表現できると考えられる。

## 2.3 実験 2: 評価尺度に線分を用いる妥当性の検証

### 2.3.1 目的

音列パターンの主観的な比率を表す評価尺度として線分間の距離の比率を用いる実験を行う前に、線分間の距離の比率と数比との対応関係について調べる実験を行った。もし、このような空間上の隣接する二つの距離が、互いに影響を及ぼし合うのであれば、評価尺度として用いることができない。そこで、二つの数字で表された比率を実験参加者に呈示して、隣接する二つの距離の比率が、数比と同じ比率に感じられるように調整してもらう実験を行い、数比と距離の比率との対応関係を調べた。これらの対応関係が線形であるならば、線分間の距離が刺激パターンの主観的な比率を表現するための指標として適切であるといえる。

### 2.3.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、20歳から24歳までの、男性10名と女性2名の計12名で、全員が九州芸術工科大学の学生であった。実験を始める前に視力検査を行い、視力が0.5以上あることを確認した(矯正視力を含む)。

■方法 実験ブースの中にコンピュータのフラットディスプレイを設置した。実験参加者は、その前に設置したあご乗せ台(ペットボトルを加工して作成)にあごを乗せ、顔が動かないよう固定した状態で実験を行った。衣服がディスプレイへ映り込むのを防ぐために、体に黒い布をかけた。また実験室内の照明の映り込みを防ぐために、照明器具には黒い紙をかぶせた。そのため実験室内の明るさが、外に比べて薄暗くなっている。そこで、実験室内の明るさへの順応を考慮にいれ、実験室へ入室後7分間を待ってから実験を開始した。

実験中は、ディスプレイ上に、図10のような画面を表示した。実験参加者には、画面左下に11種類の数比(1:11, 1:5, 1:3, 1:2, 5:7, 1:1, 7:5, 2:1, 3:1, 5:1, 11:1)のうち一つをラ

ランダムに呈示し、表示された数比 ( $m:n$ ) と画面上に表示された 3 つの線分で区切られた 2 つの間隔の比率 ( $d_1:d_2$ ) とが等しく感じられるように、画面上の線分の配置を調整してもらった。3 本の線分は両端が固定されており、キーボードのテンキーを押すことで、真ん中の線分の位置を左右に自由に動かすことができた。テンキーの "1" または "4" のボタンを押すと、線分を左に、"2" または "5" のボタンを押すと、線分を右に移動することができるようにした。"4" と "5" のボタンの方が、より大きく線分を移動させることができるようにした。調整を繰り返し、 $d_1:d_2$  が、 $m:n$  と同じであると感じられたら、Enter ボタンを押して次の試行に移ってもらった。このときの  $d_1$  の長さ と  $d_2$  の長さを記録し、分析に用いた。

11 種類の数比それぞれについて、真ん中の線分の初期位置が、左端から始まる試行と右端から始まる試行とを行った。よって、全試行は、22 試行であった [11 (数比)  $\times$  2 (初期位置)]。これを 1 ブロックとし、一日に一ブロックずつ三日間かけて実験を行った。ただし、最初の一日は、練習試行とし、結果を分析には用いない。

■実験環境 実験は、九州芸術工科大学 (現九州大学大橋キャンパス) 1 号館の心理実験室内にある実験ブースで行った。ディスプレイ (ナナオ Flexscan T761-19) は、実験参加者の眼前 1.1 m の位置に固定した。両眼の中心と画面の中心とを結ぶ線が、画面に対して垂直になるように調整した。ディスプレイ上の輝度を、輝度計 (Minolta LS-110) で測定したところ、白い線分の部分で  $103.4 \text{ cd/m}^2$ 、黒い背景の部分で  $0.41 \text{ cd/m}^2$  であった。左右の線分のディスプレイ上での距離は、平均で 191.5 mm であり、試行ごとに  $\pm 9.3 \text{ mm}$  の範囲でランダムに設定した。真ん中の線分の初期位置は、狭い方の幅が、平均 2.9 mm であり、試行ごとに  $\pm 1.7 \text{ mm}$  の範囲でランダムに設定した。三本の線分のディスプレイ上の位置は、垂直方向には、87 mm、水平方向には、33 mm の範囲でランダムに設定した。三本の線分全体の垂直視角は 1.8 度、水平視角は平均 11 度であった。

### 2.3.3 結果と考察

実験では、全体の長さが判断材料となるのを避けるために、全体の長さを試行ごとにランダムに設定した。よって、得られた  $d_1$  の長さ と  $d_2$  の長さそのものを用いてデータを分析することは難しい。そこで、実験で得られた、 $d_1$  の長さ と  $d_2$  の長さから、 $d_1$  の全体の長さに対する比率を計算し、その値を主観的な比率 ( $R_s$ ) として分析に用いた [式 (5)]。また、呈示した数比 ( $m:n$ ) から、 $m$  の全体に対する比率も計算し、その値を物理的な比率

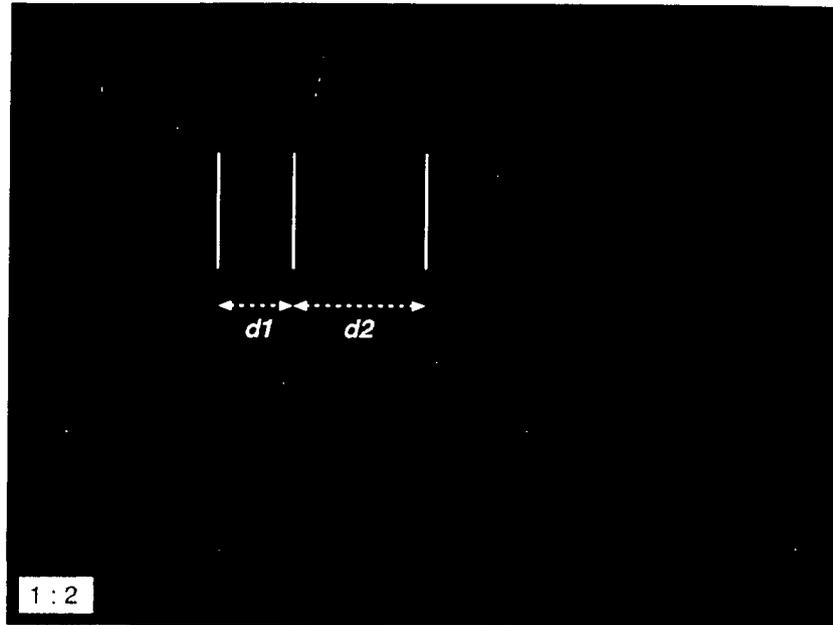


図 10 実験 2 と実験 3 で用いたコンピュータ画面。図中の矢印と  $d_1$  および  $d_2$  の文字は、実験中は表示していない。また、実験 3 では、左下の数比の部分には表示しなかった。左右の白線間の距離は固定されており、一つの試行中は変化しないようにした。実験参加者は、真ん中の白線を左右に動かすことで、 $d_1$  と  $d_2$  の比率を変化させることができる。実験 2 では、画面左下に表示された数比  $m:n$  と画面上の線分によって作られる  $d_1:d_2$  とが同じ比率に感じられるまで真ん中の線分の位置を調整してもらった。実験 3 では、呈示された音刺激パターンの  $t_1:t_2$  と  $d_1:d_2$  とが同じ比率に感じられるように調整してもらった。線分の表示される場所は、試行ごとに画面上でランダムに変化させた。また、左右の白線間の距離 ( $d_1 + d_2$ ) も、試行ごとにランダムに変化させた。

( $R_o$ ) とした [式 (5)]。

$$R_o = \frac{m}{m+n}, \quad R_s = \frac{d_1}{d_1+d_2} \quad (5)$$

一つの数比に対して、それぞれの実験参加者から 4 つずつ、全部で 48 個のデータが得られた。実験参加者ごとに計算した  $R_s$  の平均値と、全データから計算した  $R_s$  の平均値を表 2 に示す。

実験参加者ごとの  $R_s$  の平均値を見ると、どの条件でも、ほとんどが、 $R_o$  の周辺に集まっていることが分かる。しかし、sub 11 の 1:5 の条件と、sub 9、および、sub 12 の 11:1

表2 実験2で得られた実験参加者ごとに求めた  $R_s$  の平均値とすべてのデータから求めた  $R_s$  の平均値。  $R_0$  は、表示した数比の比率を、  $R_s$  は、実験参加者の調整した二つの距離の比率を、それぞれ表している [式 (5)]。実験参加者ごとの平均値は、その条件で得られる4つのデータの平均値である。全体の平均値は、検定によってはずれ値と判断した値を除いて計算した。

Stimulus	1:11	1:05	1:03	1:02	5:07	1:01	7:05	2:01	3:01	5:01	11:01	
physical ratio	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75	0.83	0.92	
$R_s$	sub1	0.06	0.18	0.26	0.35	0.43	0.50	0.57	0.66	0.75	0.78	0.93
	sub2	0.06	0.19	0.28	0.36	0.48	0.53	0.55	0.65	0.75	0.85	0.95
	sub3	0.09	0.19	0.25	0.33	0.38	0.50	0.63	0.70	0.76	0.84	0.92
	sub4	0.08	0.20	0.27	0.35	0.44	0.51	0.61	0.69	0.75	0.84	0.93
	sub5	0.12	0.20	0.26	0.32	0.44	0.51	0.57	0.69	0.75	0.82	0.88
	sub6	0.06	0.17	0.25	0.32	0.42	0.51	0.58	0.67	0.75	0.83	0.94
	sub7	0.10	0.20	0.26	0.34	0.39	0.50	0.61	0.65	0.74	0.82	0.90
	sub8	0.10	0.24	0.29	0.37	0.41	0.51	0.60	0.64	0.73	0.76	0.89
	sub9	0.10	0.22	0.28	0.35	0.45	0.52	0.61	0.69	0.76	0.82	0.91
	sub10	0.04	0.20	0.24	0.33	0.44	0.50	0.57	0.69	0.76	0.83	0.95
	sub11	0.10	0.20	0.28	0.34	0.44	0.52	0.59	0.68	0.75	0.83	0.91
	sub12	0.13	0.20	0.27	0.33	0.45	0.49	0.56	0.69	0.75	0.81	0.88
all	0.09	0.20	0.27	0.34	0.43	0.51	0.59	0.68	0.75	0.82	0.92	

の条件においては、 $R_s$  の平均値が、 $R_0$  の値から大きく外れる結果が得られた。これらの実験参加者から得られたデータを詳しく見ると、どの参加者もその条件で得られた4つのデータのうちの 하나가、 $R_0$  から大きく逸脱していた。例えば、sub 12 の 11:1 の条件では、0.92, 0.92, 0.11, 0.81 という  $R_s$  が得られている。この条件での  $R_0$  は、0.92 であるので、0.11 という値が大きく外れていることが分かる。他の二人の実験参加者においても、該当する条件で4つのデータのうちの 하나가、他のデータから大きく外れていた。これらの値は、 $d_1$  と  $d_2$  とを入れ替えると、他のデータと同じような値となることから、実験参加者が、 $d_1:d_2$  ではなく、 $d_2:d_1$  を数比に合わせてしまった可能性が考えられる。実験参加者には、

画面上に表示された三本の線分によって作られる二つの間隔（水平方向）の比が、表示された数比と等しく感じるように三本の線分の配置を調整してください。

と教示しており、はっきりと、 $d_1:d_2$  と、 $m:n$  とを合わせるようにとの指示をしていなかった。この理由として、教示の中に  $d_1$  や  $d_2$  といった用語を入れたくなかったことや、画面

上に  $d_1$  や  $d_2$  といった余計な図形を表示したくなかったことがあげられる。このような教示の仕方が、結果に影響を与えた可能性もある。しかし、このような結果は、全 528 個のデータのうちの 3 つのみであり、実験参加者の不注意である可能性が大きい。このようなはずれ値を含んだまま分析をすると、結果に大きく影響する。そこで、Grubbs' Test を行い、これらのデータがはずれ値でないと言えるかどうかを、有意水準 1% で検定した。その結果、3 つのデータすべてにおいて、帰無仮説が有意に棄却された [ $G = 6.57 > 3.60$  (sub 11, 1:5),  $G = 4.70 > 3.60$  (sub 9, 11:1),  $G = 6.51 > 3.59$  (sub 12, 11:1)]。よって、これらのデータをはずれ値と判断し、全体の  $R_s$  の平均値は、はずれ値を除いて計算した。

$R_s$  の平均値と  $R_o$  とを比較すると、その差は、最大でも 0.03 であった。これは、距離に換算すると約 5.7 mm であり、 $R_o$  と  $R_s$  とが非常に良く対応しているといえる。よって、このような画面上に示された距離の比率を判断する場合には、刺激の物理的な比率と主観的な比率との間に大きな差は生じないことが確認できた。線分間の距離は、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を表す物理指標として適切であるといえる。実験 3 では、この線分間の距離を評価尺度として、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を調整法を用いて測定する実験を行った。

## 2.4 実験 3: 線分を用いた比率判断

### 2.4.1 目的

実験 1 では、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を二つの数字を使って測定した。実験参加者からの内観報告を整理すると、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を数比に置き換える作業が難しいという報告があった。また、教示では、小数や分数を用いて答えてもよいとしたものの、まずは、主観的な比率に最も近いと思われる整数比を当てはめ、その後に、小数点以下の数字で誤差を修正するといった手順で判断していたようである。これは、知覚されている比率を評価する尺度自体が、連続的ではなく、単純な整数比で表されるカテゴリ的な要素を含んでいた可能性を示唆している。このような要素を排除するためには、実験参加者の主観的な比率を表す評価尺度に、連続的でカテゴリ的な要素を含まないものを用いる必要がある。そこで、実験 3 では、主観的な比率を表す評価尺度として、ディスプレイ上に表示された三つの線分によって作られる二つの間隔の比率を用いて、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を調整法を用いて測定する実験を行った。このような尺度を用いることで、主観的な比率をより直感的に表現できると考えられる。

## 2.4.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、正常な聴力を持つ、21～23歳の男性3名、女性1名の計4名で、全員が聴能形成の授業を受講しており、ある程度の聴覚訓練を受けていた。実験の前に行った視力検査の結果、全実験参加者の両眼での視力は0.8以上であった(矯正視力を含む)。

■刺激パターン 刺激パターンの区切り音には、実験1と同じ音を用いた。実験3では、 $t_1+t_2$ を、180、360、540 msの3条件に設定した。 $t_1+t_2$ が、180 msの場合には、 $t_1$ の物理的な長さを30 msから150 msまで15 msの幅で段階的に増加させた。 $t_1+t_2$ が、360 msの場合は、 $t_1$ の物理的な長さを60 msから300 msまで30 msの幅で段階的に増加させた。 $t_1+t_2$ が、540 msの場合は、 $t_1$ の物理的な長さを90 msから450 msまで45 msの幅で段階的に増加させた。なお、全体の長さ( $t_1+t_2$ )をそれぞれの条件で固定しているために、 $t_2$ の長さは、 $t_1$ の長さに従って同じ幅で段階的に減少する。また、音圧条件は、“強-強-強”と“強-弱-弱”の2条件とした(図8)。よって、全実験条件は、54条件となった[3( $t_1+t_2$ ) $\times$ 9(各全体の長さにおける時間条件) $\times$ 2(音圧条件)]。

■方法 実験環境は、実験2と全く同じ状態で行った。実験中は、ディスプレイ上に図10のような画面を表示した。ただし、図10の左下に表示されている数比は呈示しない。刺激パターンは、ヘッドホンより呈示した。実験参加者には、二つの時間間隔の比率( $t_1:t_2$ )と画面上に表示された3つの線分で区切られた2つの間隔の比率( $d_1:d_2$ )とが等しく感じられるように、画面上の線分の配置を調整してもらった。3本の線分は両端が固定されており、キーボードのテンキーを押すことで、真ん中の線分の位置を左右に自由に動かすことができた。線分の調整方法は実験2と同じである。実験3では、“0”のボタンを押すことで刺激パターンを1回呈示することが出来るようにした。刺激パターンは何度でも繰り返し聞くことが出来た。音の呈示に合わせて視線を横に動かすことで、線分の表示位置と音の呈示されるタイミングとの同期をとることが出来ないように、呈示ボタンが押されたときには画面上の線分を消し、すべての音が呈示された後で再表示されるようにした。また、再表示される場所は、前回の表示と同じ場所ではなく、ランダムに変化するよう設定した。変化範囲は、垂直方向に87 mm、水平方向に33 mmの範囲である。調整を繰り返し、 $d_1:d_2$ が、呈示された刺激パターンの比率と同じであると感じられたら、Enterボタンを押して次の試行に移ってもらった。このときの $d_1$ の長さと $d_2$ の長さを記録し、分析

に用いた。

全 54 条件に対して、真ん中の線分の初期位置が、左端から始まる試行と右端から始まる試行とを行なった。よって、全試行は、108 試行であった [54 (全実験条件) × 2 (初期位置)]。この 108 試行を 1 ブロックとし、一人の実験参加者につき、3 ブロックの測定を行なった。ただし、最初の 1 ブロックは、練習試行とし、分析には用いない。

■実験環境 実験は、実験 2 と同じ環境で行った。実験ブース内の暗騒音は 33.5 dBA 以下であった。音刺激パターンは、パーソナルコンピュータ (Dell Dimension C566C) で合成および再生を行なった。コンピュータのアナログ端子からの出力を、3.5 kHz のローパスフィルタ (NF DV-04) を通した後、アンプ (Sansui AU- $\alpha$  607 XR) で増幅し、密閉型のヘッドホン (Sennheiser HDA200) より実験参加者の片耳に呈示した。呈示耳は、実験参加者の半分が左耳、残りの半分が右耳とした。呈示する耳による結果への影響は観察されなかったため、以降の考察では呈示耳の要因については特に話題としない。区切り音の音圧レベルは、“強” の区切り音が、63 dBA、“弱” の区切り音が、33 dBA とした。音圧レベルは、実験に用いた “強” の音の振幅と同じ振幅を持つ定常音を呈示し、人工耳 (Brüel & Kjær Type 4153) と騒音計 (長野計器 2072) を用いて校正した。実験ブース内の防音処理が十分でないために、実験室内の暗騒音と “弱” の区切り音との音圧レベル差が十分に取れているとはいえない。そこで、SN 比を向上させるために密閉型のヘッドホンを使用した。

### 2.4.3 結果と考察

実験では、実験 2 の場合と同様に左右の線分間の距離 ( $d_1 + d_2$ ) が判断材料となるのを避けるために、 $d_1 + d_2$  を試行ごとにランダムに設定した。よって、得られた  $d_1$  の長さ  $d_2$  の長さそのものを用いて、結果を分析することができない。そこで、実験で得られた  $d_1$ 、および  $d_2$  の長さから、 $d_1$  の  $d_1 + d_2$  に対する比率を計算し、その値を  $t_1$  の主観的な比率 ( $R_s$ ) として分析に用いた [式 (6)]。また、実験 1 のときと同様に、 $t_1$  と  $t_2$  の物理的な長さから、 $t_1$  の全体に対する比率も計算し、その値を  $t_1$  の物理的な比率 ( $R_o$ ) とした [式 (2)]。

$$R_s = \frac{d_1}{d_1 + d_2} \quad (6)$$

各実験参加者から一つの刺激パターンごとに、4 個ずつのデータが得られた。よって、一つの刺激パターンについて得られたデータは、全部で 16 個となった。実験参加者ごとの平均値と全実験参加者の平均値とを計算し、表 3 に示した。また、 $R_o$  による  $R_s$  の変化

表3 実験3で得られた $R_s$ の平均値。実験参加者ごとの平均値と全データの平均値を合わせて示した。各全体の長さごとに、強-強-強パターンと強-弱-弱パターンとの間で対応のある $t$ 検定を行い、その結果を、 $R_s$ の平均値の右肩にアスタリスクを用いて示した。\*は、有意水準5%で、\*\*は、有意水準1%で有意差のあった条件を、それぞれ示している。

$t_1 + t_2$	音圧条件	実験参加者ごとの $R_s$ の平均値					$R_s$ の平均値
		$R_0$	sb1	sb2	sb3	sb4	
180 ms	強-強-強	0.167	0.496	0.160	0.373	0.339	0.342
		0.250	0.531	0.412	0.437	0.334	0.428
		0.333	0.523	0.497	0.498	0.506	0.506
		0.417	0.522	0.514	0.503	0.506	0.511
		0.500	0.522	0.518	0.512	0.505	0.514
		0.583	0.524	0.511	0.563	0.535	0.533
		0.667	0.541	0.606	0.665	0.686	0.624
		0.750	0.701	0.782	0.730	0.682	0.724
		0.833	0.844	0.895	0.824	0.679	0.811
	強-弱-弱	0.167	0.465	0.094	0.380	0.506	0.361
		0.250	0.535	0.494	0.500	0.506	0.509**
		0.333	0.520	0.513	0.503	0.504	0.510
		0.417	0.519	0.512	0.514	0.508	0.513
		0.500	0.514	0.518	0.509	0.506	0.512
		0.583	0.524	0.507	0.588	0.506	0.531
		0.667	0.579	0.673	0.631	0.598	0.620
		0.750	0.796	0.793	0.754	0.686	0.757
		0.833	0.886	0.912	0.857	0.686	0.835**
360 ms	強-強-強	0.167	0.330	0.268	0.235	0.256	0.272
		0.250	0.369	0.355	0.359	0.331	0.353
		0.333	0.439	0.437	0.371	0.326	0.393
		0.417	0.530	0.518	0.508	0.508	0.516
		0.500	0.520	0.514	0.515	0.509	0.514
		0.583	0.524	0.621	0.609	0.684	0.610
		0.667	0.675	0.687	0.700	0.686	0.687
		0.750	0.717	0.771	0.741	0.701	0.732
		0.833	0.784	0.795	0.847	0.785	0.803
	強-弱-弱	0.167	0.267	0.177	0.285	0.280	0.252
		0.250	0.377	0.348	0.321	0.334	0.345
		0.333	0.349	0.365	0.364	0.343	0.355*
		0.417	0.542	0.511	0.503	0.508	0.516
		0.500	0.552	0.517	0.505	0.507	0.520
		0.583	0.539	0.688	0.635	0.678	0.635
		0.667	0.704	0.762	0.714	0.675	0.714
		0.750	0.742	0.795	0.833	0.717	0.772*
		0.833	0.822	0.847	0.866	0.781	0.829*
540 ms	強-強-強	0.167	0.293	0.220	0.229	0.257	0.250
		0.250	0.388	0.303	0.311	0.251	0.313
		0.333	0.371	0.359	0.317	0.331	0.345
		0.417	0.468	0.449	0.398	0.453	0.442
		0.500	0.522	0.516	0.507	0.505	0.512
		0.583	0.571	0.588	0.672	0.676	0.627
		0.667	0.690	0.705	0.683	0.680	0.689
		0.750	0.758	0.724	0.811	0.736	0.757
		0.833	0.767	0.810	0.836	0.799	0.803
	強-弱-弱	0.167	0.295	0.166	0.160	0.251	0.218
		0.250	0.375	0.311	0.291	0.257	0.308
		0.333	0.355	0.342	0.335	0.331	0.341
		0.417	0.454	0.497	0.405	0.426	0.446
		0.500	0.558	0.513	0.513	0.505	0.522
		0.583	0.581	0.600	0.746	0.695	0.655
		0.667	0.674	0.699	0.720	0.687	0.695
		0.750	0.683	0.780	0.729	0.749	0.735
		0.833	0.792	0.846	0.836	0.780	0.813

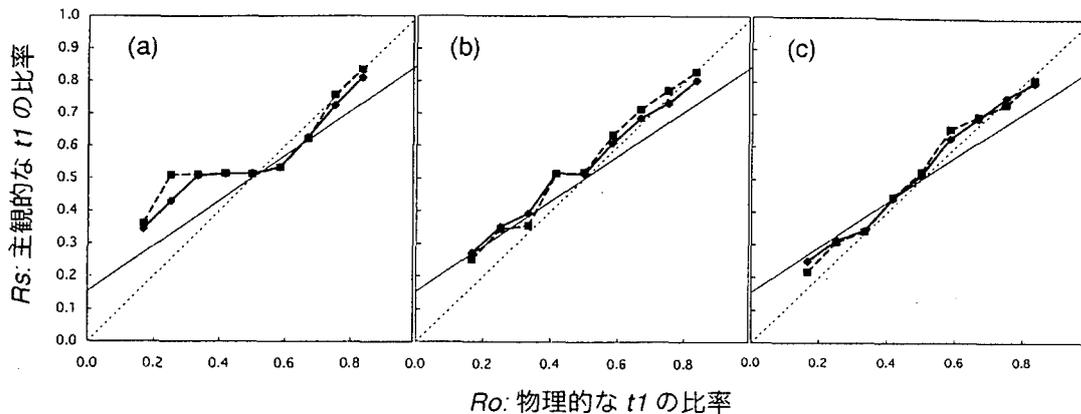


図 11 実験 3 で得られた主観的な  $t_1$  の比率 ( $R_s$ ) を、横軸に物理的な  $t_1$  の比率 ( $R_o$ ) をとって図示したグラフ。実線は、強-強-強パターンの結果を、点線は、強-弱-弱パターンの結果をそれぞれ示している。(a) は、 $t_1 + t_2 = 180$  [ms] の結果を、(b) は、 $t_1 + t_2 = 360$  [ms] の結果を、(c) は、 $t_1 + t_2 = 540$  [ms] の結果をそれぞれ示している。また、つけくわえ仮説によって予測される  $R_s$  の値を薄い実線で、 $R_s = R_o$  となる値を、薄い点線でそれぞれ示した。

をみるために、 $R_o$  を横軸にとって、 $R_s$  の値を図示した (図 11)。

まず、音圧条件による  $R_s$  への影響について考察する。図 11 を見ると、どの全体の長さにおいても強勢を付けた条件と強勢を付けない条件とで大きな  $R_s$  の差は観察されない。どの条件で  $R_s$  に差が生じているのかを確かめるために、刺激条件ごとに、音圧差をつけていない条件と付けた条件との間で、対応のある  $t$  検定を行った (表 3)。その結果、5 つの条件でのみ有意差が見られた ( $p < .05$ )。  $t$  検定によって有意差が生じた条件での傾向をみると、全体の長さが 180 ms、 $R_o$  が 0.25 となる時間条件では、強勢を付けることによって  $R_s$  が鈍くなる方向にシフトしている。しかし、他の条件では  $R_s$  が極端になる方向にシフトしており、一貫した傾向はみられなかった。実験参加者の評価尺度に、カテゴリ的な要素を含まない連続的な性質を持つ刺激を用いた場合には、強勢によるアクセントが刺激パターンの比率の知覚にほとんど影響しないといえる。

図 11 をみると、音圧条件による影響よりも、全体の時間間隔を変化させた場合の  $R_s$  の変化の方が重要な意味を持つことが分かる。本実験では、全体の長さを変化させても  $R_o$  が同じとなるように刺激パターンの時間条件を制御した。リズム知覚に関する研究によって、一拍を分割する時間間隔が階層化されたリズム構造の最も下位の階層を構成してお

り、その分割比は単純な整数比になることが報告されている。そのため、二つの時間間隔の物理的な比率、つまり全体の長さに対する時間間隔の相対的な長さが、知覚に大きく影響すると考えた。よって、全体の長さを固定しそれを単純な整数比で二つの時間間隔に分割した時間条件を、実験に用いる刺激パターンとした。しかし結果をみると、このような単純な刺激パターンを知覚する際には、 $t_1$  と  $t_2$  との物理的な比率ではなく、 $t_1$  の物理的な長さ と  $t_2$  の物理的な長さとの絶対的な差に依存して 1:1 カテゴリが形成されていると考えられる。全体の長さが 180 ms の条件では、 $R_o$  が 0.333 から 0.583 までの範囲に含まれる時間条件で、 $R_s$  が 0.5 に近づく傾向がみられた [図 11 (a)]。  $t_1$  と  $t_2$  との差 ( $t_1 - t_2$ ) が -90 から 30 ms の範囲に含まれる刺激パターンがほぼ 1:1 に感じられているといえる。全体の長さが 360 ms の条件では、 $R_o$  が 0.417 と 0.5 の場合にのみ、 $R_s$  が、0.5 に近づいており、全体の長さが、180 ms のときよりも、1:1 に感じられる時間条件の範囲が狭くなっているように見える [図 11 (b)]。しかし、 $R_o$  が 0.333 のときの  $t_1$  と  $t_2$  との差は -120 ms であり、全体の長さが 180 ms のときにほぼ 1:1 に感じられていた  $t_1 - t_2$  の範囲を超えてしまっている。全体の長さが、540 ms になると、 $t_1$  の物理的な長さ と  $t_2$  の物理的な長さとの差が、90 ms の幅で段階的に変化しており、 $R_o$  が 0.5 から一つ変化するだけで、180 ms のときにほぼ 1:1 に感じられていた  $t_1 - t_2$  の範囲を超えてしまう。よって、全体の長さが 540 ms の場合には、 $R_s$  が 0.5 に近づくような時間条件がなかったと考えられる [図 11 (c)]。つまり、単純な刺激パターンを知覚する際には、二つの時間間隔の物理的な比率という時間間隔間の相対的な関係ではなく、 $t_1$  の物理的な長さ と  $t_2$  の物理的な長さとの差が知覚に大きく影響を与えているといえる。

このように、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さの差が主観的な比率の知覚に大きく影響することは、時間縮小錯覚のモデルから大まかに説明することが出来る。隣接する二つの時間間隔の差が、 $0 < t_2 - t_1 < 80$  [ms] の範囲に含まれるときには、 $t_2$  に過小評価が生じる。 $t_1$  と  $t_2$  とがほぼ 1:1 に感じられる時間条件は、この時間縮小錯覚の生じる条件を含んでおり、1:1 カテゴリの知覚には、時間縮小錯覚が大きく関与していると考えられる。ただし、全体の長さが 180 ms の条件では、 $t_2 - t_1$  が -30 ms の時間条件でも主観的な比率が 1:1 に近づいており、時間縮小錯覚のモデルのみでは、1:1 カテゴリ内の時間条件に生じる知覚現象のすべてを説明することは出来ない。このような条件で生じる知覚現象を明らかにすることが、本研究の最も重要な点である。

実験 1 と実験 3 から、物理的には 1:1 ではないにもかかわらず、主観的にはほぼ 1:1 に感じられている時間条件があることが分かった。全体の時間間隔の長さにかかわらず

$-90 \leq t_1 - t_2 \leq 30$  [ms] の条件を満たす時間条件で  $R_s$  が 0.5 に近づいており、1:1 カテゴリは、刺激パターンの全体的な構造ではなく、 $t_1$  の物理的な長さ  $t_2$  の物理的な長さとの差に依存して形成されていると考えられる。また、この 1:1 カテゴリの範囲は、音圧条件を変えてもほとんど変化しないことから、区切り音の物理的な性質によって影響を受けにくい安定したものであるといえる。ただし、このカテゴリ境界は、実験結果のグラフから目視によって知覚の変換点を大まかに推察したものであり、客観的な事実裏打ちされたものではない。また、これまでの実験では実験参加者に刺激パターンの主観的な比率に注目するような教示を与えており、そのことが主観的な比率のカテゴリ化に影響したとも考えられる。そこで、次の実験 4 では、客観的な統計手法を用いた場合にも 1:1 カテゴリの存在を示すことが出来るかどうかを確かめた。

## 2.5 実験 4: 刺激パターンの非類似度の測定

### 2.5.1 目的

実験 4 では、隣接する二つの時間間隔の差を体系的に変化させた刺激パターン間の非類似度を測定することで、物理的には時間間隔が一様に変化している刺激パターン間の距離が、心理的にはどのように変化しているのかを調べた。

実験 1 と実験 3 から、二つの時間間隔がほぼ 1:1 に感じられる知覚的なカテゴリが存在することが示された。隣接する二つの時間間隔の物理的な長さの差が、 $-90 \leq t_1 - t_2 \leq 30$  [ms] の範囲に含まれる時間条件が、このような 1:1 カテゴリを形成していると考えられる。しかし、このカテゴリの境界は、実験結果の知覚的な転換点を実験者の主観によって区切ったものであり、客観的な方法で導いたものではない。

そこで本実験では、時間条件間の非類似度を測定し、その結果をクラスタ分析によって分析することを試みた。クラスタ分析は、対象間の心理的な距離をもとに対象をクラスタに分類する統計的な手法である。これによって形成されたクラスタには、実験者の実験結果に対する主観的な判断は含まれておらず統計的な事実裏打ちされたカテゴリ境界を示すことができる。

このような時間条件間の非類似度を測定する方法は、比率判断の実験にはない利点も備えている。実験 1 や実験 3 で用いたような主観量を別の評定値で表す方法は、分析しやすい定量的なデータを得ることができるといふ大きな利点を持っている。しかし、実験 1 や実験 3 で得られた値は、主観的な比率を数比や線分間の距離の比率に置き換えるという知

覚過程を加味したものであることに注意しなければならない。このような余分な知覚過程を通過する際に、知覚された主観的な刺激パターンの構造に変化が生じている可能性を排除できない。一方、時間条件間の非類似度を測定する方法では、刺激パターンを聞く際に実験参加者が何に注目して非類似度を判断すべきかを限定しない。よって、刺激パターンから得られた知覚に余分な処理を加えることなく課題が行われると考えられる。このような方法で得られた結果を多次元尺度構成法で分析することで、聴取者がどのような次元に重きをおいて刺激パターンを知覚しているのかを示すことが出来る。

## 2.5.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、20歳から28歳までの九州芸術工科大学および九州大学音響設計学科の男子学生5名と、女子学生1名の計6名であった。5名は、聴能形成の授業を受講しており、ある程度の聴覚訓練を受けていた。

■刺激パターン 区切り音には、周波数が1 kHz、持続時間が10 msの正弦波を用いた。持続時間には、cosカーブで振幅が変化する3 msの立ち上がり時間と立ち下がり時間とが含まれる。全体の時間間隔( $t_1 + t_2$ )を180 msに固定し、 $t_1$ の長さを30 msから150 msまで、5 msの幅で段階的に変化させた25種類の時間条件を用意した。なお、全体の時間間隔を固定しているために、 $t_2$ の長さは、150 msから30 msまで、5 msの幅で段階的に短くなる。

■方法 実験では、25種類の時間条件から2種類の時間条件をランダムに選択し、順番にヘッドホンより呈示した。すべての可能な組み合わせについて実験を行ったため、全部で625試行(25 x 25)となった。二つの時間条件は、4000 msの無音時間を挟んで呈示した。また、最初の時間条件が呈示される4500 ms前に、刺激パターンが呈示されることを示す誘導音を呈示した(図12)。誘導音には、周波数が、3 kHzで持続時間20 msの正弦波(5 msの立ち上がり、立ち下がり時間を含む)を用いた。実験参加者には、刺激パターンをすべて聞いた後に、呈示された二つの時間条件がどれくらい似ているかを0(全く同じ)から9(大きく異なっている)までの10段階の評価尺度で判断してもらった。

実験は、防音ブースの中でコンピュータ画面とマウスを使って行った。実験中は、コンピュータの画面上に図13を表示した。実験参加者が、「Presentation」ボタンを押すと、図12に示した刺激パターンが一回呈示された。すべての刺激パターンを聞き終わった後に、呈示された二つの時間条件がどれくらい似ているかを0(全く同じ)から9(大きく異なっ

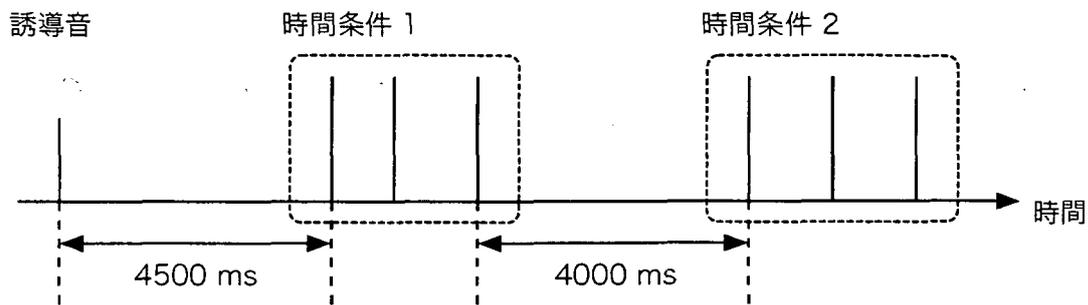


図 12 実験 4 で用いた刺激パターンの模式図。実験では、まず、誘導音が呈示され、4500 ms のちに時間条件 1 が呈示された。さらに、4000 ms の無音区間を挟んで時間条件 2 が呈示された。実験参加者には、時間条件 1 と時間条件 2 とが、どれくらい似ているのかを、10 段階の評価尺度で判断してもらった。

ている)までの 10 段階の評価尺度で判断してもらい、該当する数字のチェックボックスにチェックをしてもらった。その後、“Go to Next Trial” を押すと、次の試行に移ることができた。刺激パターンは、原則として一回のみ聞くことができるようにした。ただし、やむを得ず聞き逃してしまった場合には、もう一度だけ “Presentation” ボタンを押すことで呈示することができるようにした。刺激パターンが 2 回呈示された試行は、全 3750 試行中 [625 条件 (全実験条件) × 6 人 (実験参加者)]、103 試行であった。これは、全試行の 3% 以下である。また、特定の刺激パターンや特定の実験参加者の場合に 2 回呈示されることが多いといった傾向も見られなかった。よって、実験参加者は、ほぼすべての試行で一度聞いた刺激パターンについて判断を下したと考え、実験結果を分析する際に、呈示回数的重要因素については考慮しない。

一人の実験参加者に対し、三日間かけて実験を行った。全 625 試行を 8 つのセッションに分割し、一日に 4 セッションを行ってもらった。セッションの間には十分な休憩時間を設けた。また、各セッションの始めに 2 試行のウォーミングアップ試行を追加した。一日目は練習試行とし、結果を分析に用いない。一日の実験時間は、休憩時間も含めて約 2 時間であり、一人の実験参加者から全データを得るのに約 6 時間かかった。

■使用機器 実験は、防音処理を施した暗騒音が 27 dBA 以下の実験ブース内で行った。刺激は、あらかじめコンピュータ (Dell Dimension L800R) 上で Visual Basic 6.0 を用いて合成し、PCM 形式のサウンドファイルとして保存しておいた。実験では、このサウンド

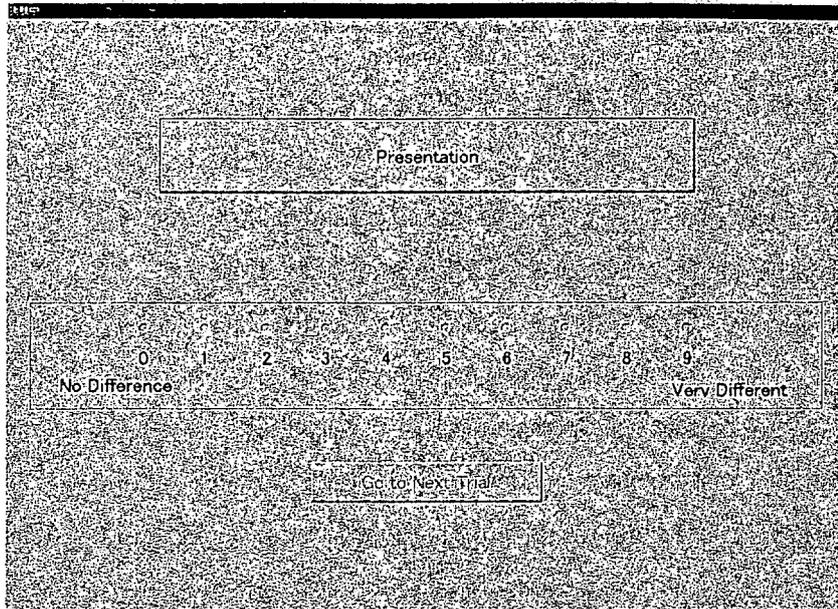


図 13 実験 4 で用いたコンピュータ画面。“Presentation” ボタンを押すと、図 12 に示した刺激パターンが、一通りヘッドホンより呈示される。実験参加者には、すべての刺激が鳴り終わった後に、“0 (No Difference)” から “9 (Very Different)” までの 10 段階の評価尺度で二つの時間条件の非類似度を判定し、該当する番号のチェックボックスにチェックをしてもらった。実験参加者がチェックボックスにチェックを入れると、“Go to Next Trial” ボタンがアクティブになるようにした。このボタンを押すことで、次の試行へ移るようにした。

ファイルをコンピュータ (Dell Dimension L800R) で再生し、サウンドカードのデジタル出力から出力した (サンプリング周波数 44.1 kHz)。出力されたデジタル信号を、DAT デッキの D/A コンバータ (TEAC DA30MK-II) でアナログ変換し、アクティブフィルタ (NF DV-04, カットオフ周波数 12 kHz) を通した後、アンプ (SANSUI AV- $\alpha$  607NRA) につないだヘッドホン (SENHEISER HDA200) から実験参加者の両耳に同じ刺激パターンを呈示した。刺激の音圧レベルは、実験で用いた区切り音と等しい振幅を持つ定常音の音圧が、左右それぞれ 88 dBA となるように、騒音計 (Brüel & Kjær Type 2209), 人工耳 (Brüel & Kjær Type 4152), マイクロホン (Brüel & Kjær Type 4231) を用いて校正した。左右のヘッドホンからの音が、きちんと同期しているかどうかは、オシロスコープ (KENWOOD CO-1305) とパルス (Brüel & Kjær Pulse システム一式) を用いて測定し、同期がとれていることを確認した。

### 2.5.3 結果と考察

それぞれの実験参加者から得られた6つの非類似度行列を用いてクラスタ分析を行った (SPSS for Windows 11.0.1J を使用)。クラスタ分析の結果をデンドログラムとして図 14 に示す。分析方法としては、平均連結法 [図 14 (a)] と Ward 法 [図 14 (b)] とを用いた (Everitt, 1993)。それぞれ、三つのクラスタに収束した時点でクラスタ生成過程を切って、クラスタを定義した (図 14.i, ii, iii)。複数の分析方法を用いたのは、分析方法によって、生成されるクラスタが大きく異なっていないことを確かめるためである。二つの分析方法の結果を比較すると、クラスタ (i) とクラスタ (ii) の境界は、どちらの分析方法でも同じで /45/135/ と /50/130/ との間であった。クラスタ (i) とクラスタ (iii) の境界は、平均連結法では /110/70/ と /115/65/ との間に、Ward 法では /120/60/ と /125/55/ との間であった。分析方法が異なっても、得られたクラスタに大きな違いはないといえる。以後は、クラスタの生成過程が単純である Ward 法の結果 [図 14 (b)] を用いて考察を行う。

各クラスタに含まれる時間条件をみると、クラスタ (i) は、 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 60$  [ms] の条件を満たす時間条件で構成されている。これは、実験 3 において主観的な比率が 1:1 に感じられている時間条件 ( $-90 \leq t_1 - t_2 \leq 30$  ms) とほぼ同じ範囲である。つまり、クラスタ (i) が 1:1 カテゴリに対応しているといえる。客観的な統計手法を用いた場合にも 1:1 カテゴリの境界を示すことが出来た。なお、クラスタ (ii) は  $t_1 - t_2 < -90$  [ms] の条件を、クラスタ (iii) は  $t_1 - t_2 > 60$  [ms] の条件をそれぞれ満たす時間条件で構成されている。

実験参加者によって、生成されるクラスタが変化するかどうかを確かめるために、それぞれの実験参加者ごとに行ったクラスタ分析 (Ward 法) の結果を図 15 に示した。実験参加者ごとのクラスタ分析結果をみると、sub 2 を除く 5 名では、6 人分のデータを用いたクラスタ分析の結果と対応のある 3 つのクラスタが形成されていた。ただし、クラスタ境界の位置は、実験参加者によって異なっており、クラスタ (i) とクラスタ (ii) との境界は、/35/145/ から /60/120/ の間に存在し、クラスタ (i) とクラスタ (iii) との境界は、/100/80/ から /145/35/ の間に存在していた。

sub 2 の結果は、他の実験参加者の結果と、明らかに異なる傾向を示しており、クラスタが三つに収束した時点での、各クラスタに含まれる時間条件が、物理的な時間条件の連続性とうまく対応がとれていない。例えば、他のすべての実験参加者では、異なるクラスタに属している /95/85/ と /30/150/ とが同じクラスタに含まれていたり、同じクラスタに属している /95/85/ と /90/90/ とが、異なるクラスタに属していたりする結果が得られた。

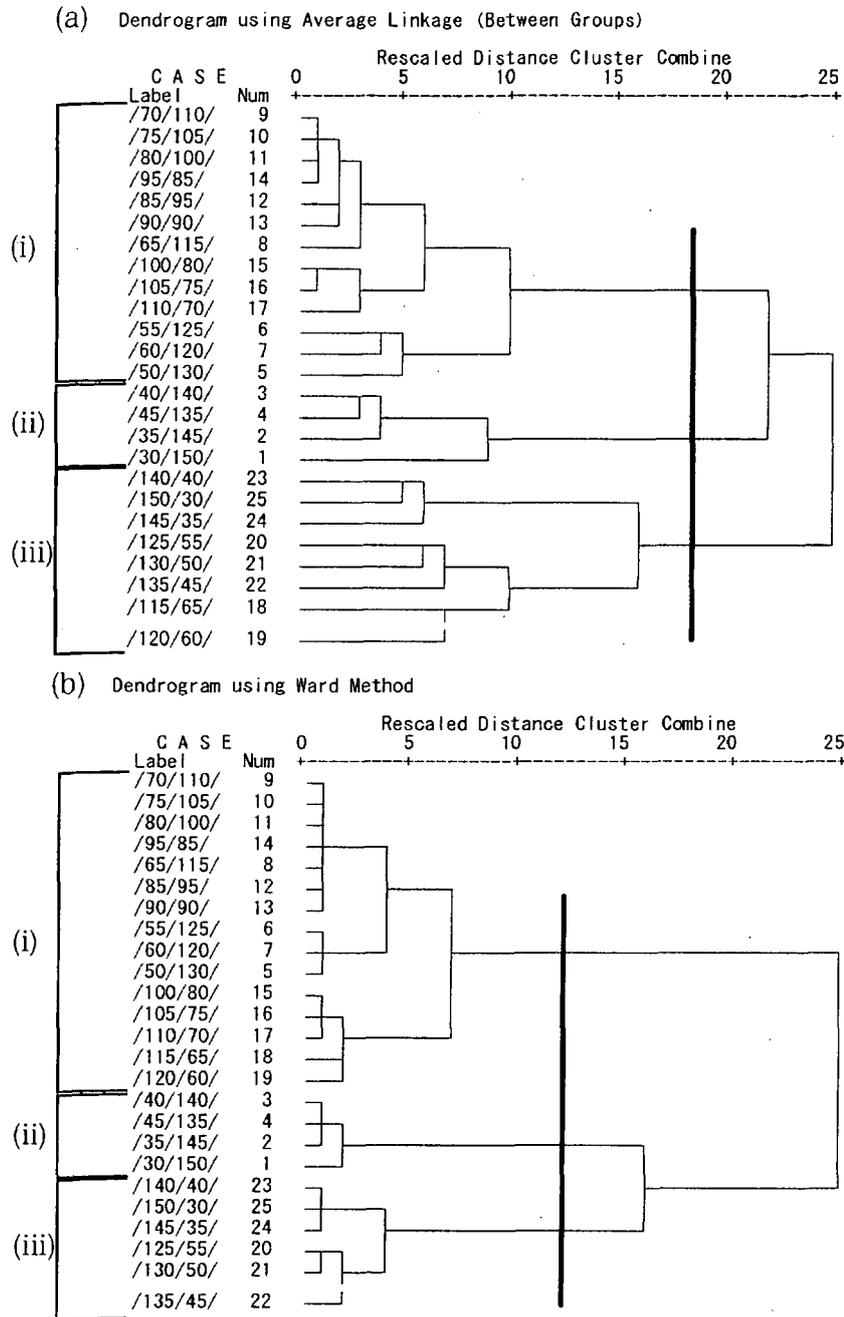


図 14 実験 4 で得られた 6 人分の非類似度データをクラスタ分析した結果のデンドログラム。分析は、平均連結法 (a) と Ward 法 (b) とを用いて行った。それぞれ、図中に示した太い縦線の部分でクラスタ生成過程を切って、3 つのクラスタ (i, ii, iii) を定義した。

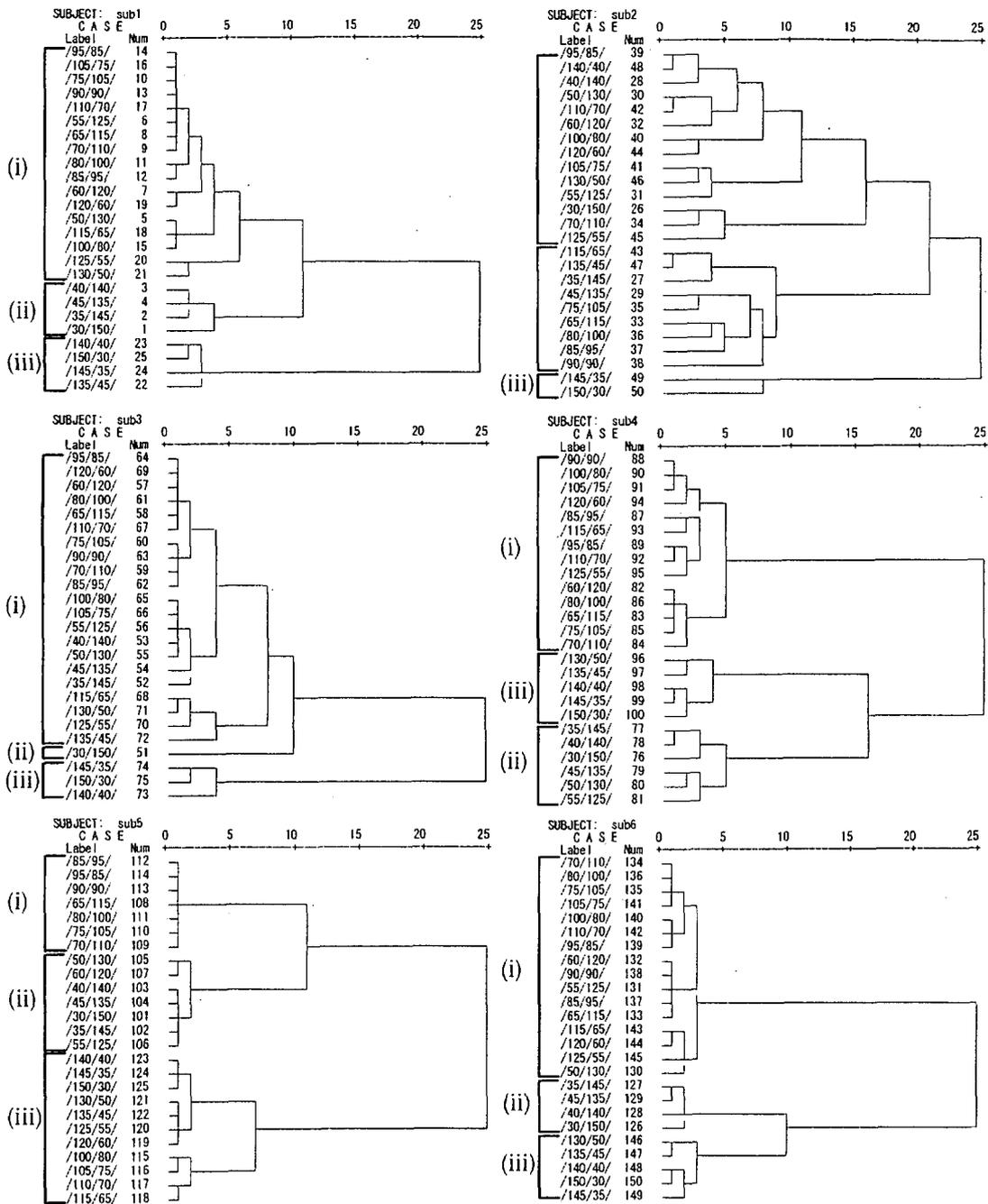


図 15 実験参加者ごとに行ったクラスタ分析の結果。分析は、Ward 法で行った。時間条件の左に示したクラスタの番号は、6 人分の非類似度行列で行ったクラスタ分析の結果から定義した 3 つのクラスタ (i, ii, iii) と対応するクラスタを表している。

このような結果が得られた原因として、sb2 が、他の実験参加者とは異なる次元に重みをおいて時間条件間の非類似度を判断していた可能性がある。しかし、クラスタ分析の結果のみでは、この点についてこれ以上詳しく考察することができない。実験参加者間の違いについては、後で多次元尺度構成法による分析結果とあわせて考察する。

次に、それぞれの時間条件間の心理的な距離の関係を一望するために、多次元尺度構成法を用いて結果を分析し、2次元空間に時間条件を付置させた。実験参加者から得られたデータは、25 x 25 の非類似度近接行列で表すことが出来る。時間条件の呈示順序を入れ替えた刺激パターンについても測定を行っているため、得られた近接行列は、対角線を挟んで非対称である。そこで、まずは、それぞれの実験参加者の非類似度行列ごとに、対応する上三角行列の値 (j, k) と下三角行列の値 (k, j) とを算術平均し、近接行列の対称化を行った。このようにして実験参加者ごとに得られた6個の近接行列を、INDSCAL モデルによって分析した (SPSS for Windows, version 11.0.1 J の ALSCAL アルゴリズムを使用した)。

多次元尺度構成法の結果について議論する前に、刺激の呈示順序による効果について分析する。上三角行列と下三角行列とは、時間条件の組み合わせは同じで、時間条件の呈示順序のみが異なる場合の非類似度である。そこで、上三角行列と下三角行列とを別々に2次元の多次元尺度構成法で分析した (SPSS for Windows, version 11.0.1 J の ALSCAL アルゴリズムを使用)。その結果、それぞれの行列から得られた2つの次元の間には、高い負の相関が観察された。各次元ごとの相関係数は、次元1が、-0.98、次元2が、-0.981であった。INDSCAL モデルによる多次元尺度構成法では、実験参加者の個人空間に重み付けをすることで、共通空間を導きだしているために、得られた対象の付置を任意の角度で回転させることは出来ない。しかし、軸の平行移動、反転あるいは互換は、解を解釈する際に、統計的にも実質的にも無関係である (Arabie, Carroll, & DeSarbo, 1987)。上三角行列の分析結果と下三角行列の分析結果との間に高い負の相関が観測されたということは、一方の行列から得られた時間条件の付置を、それぞれの軸に対して反転させると (つまり、すべての値に -1 をかけると)、高い正の相関が観測されることを示している。また、各実験参加者のそれぞれの次元に対する重み付けにも、高い相関が観察された。各次元に対する重み付けの相関係数は、次元1が、0.912、次元2が0.939であった。これらの結果から、時間条件の呈示順序は、刺激間の心理的な距離に影響しないといえる。よって、データの分析には、6人の実験参加者ごとに、対応する上三角行列の値と下三角行列の値とを算術平均し、得られた6つの下三角行列を用いて、個人差ユークリッド距離をもとにした

2次元の3元多次元尺度構成法を行った。

分析に使用した次元は、次元を1から5まで変化させた場合の Stress 値 (Kruskal's stress formula 1) の変化と、Yong の S-stress 値の変化とをもとにして決定した (表 4)。Stress 値は、次元が1から2へ変化したときに大きく減少し、その後は緩やかな減少傾向を示している [表 4(a)]。よって、本実験のデータは、2次元空間で分析するのが適当であると考えられる。ただし、2次元の多次元尺度構成法による Stress 値は、0.27 と大きく、当てはまりがよいとは言えない (Stress = 0.27, RSQ = 0.72)。また、次元数を増加させても、Stress 値の減少は小さく、当てはまりがあまり改善されない。一般的に、Stress 値は、同じ値のデータがある場合や、対角行列の値が異なる場合には、大きくなる (Kruskal & Wish, 1978)。本実験のデータは、このような条件に当てはまっており、そのために、Stress 値が大きくなったと考えられる。

分析では、実験参加者による違いも考慮するために、実験参加者の要因も含んだ3元多次元尺度構成法を用いた。3元多次元尺度構成法では、Stress 値だけでなく Young の S-Stress 値の変化も次元数を決定する際に考慮すべきである。S-stress 値は、次元が1から2へ変わるときに大きく減少しており、その後は、緩やかな減少傾向を示している [表 4(b)]。このことから、2次元の多次元尺度構成法を用いることが妥当だと考えられる。

多次元尺度構成法によって得られた各次元への重み付けをもとに、時間条件を2次元空間に付置させると、典型的な馬蹄型の配置を示した (図 16)。次元1に注目すると、 $t_1$  が

表 4 (a) 次元を1から5まで変化させた場合の Stress 値 (Kruskal's stress formula 1) と RSQ 値。(b) 次元を1から5まで変化させた場合の Young の S-stress 値と S-Stress の減少量。

(a)			(b)		
次元	Stress	RSQ	次元	S-stress	S-Stress の減少量
			0	.36122	
1	0.45	0.50	1	.36472	
2	0.27	0.72	2	.34879	.01593
3	0.21	0.74	3	.34384	.00495
4	0.18	0.76	4	.34173	.00211
5	0.15	0.78	5	.34064	.00109

$t_2$ よりも長い条件が負の方向に、 $t_1$ が $t_2$ よりも短い条件が正の方向に集まっている。この次元は、 $t_1$ の長さ $t_2$ の長さのどちらが長いかを表す次元であると解釈できる。次元2では、 $t_1$ と $t_2$ との物理的な長さの差が小さい条件が正の方向に、大きい条件が負の方向に集まっている。この次元は、 $t_1$ の長さ $t_2$ の長さとの差を表す次元であると解釈できる。つまり、実験参加者は、 $t_1$ の長さ $t_2$ の長さとの間にどれくらい差があるのかと、どちらの時間間隔が長いのかをもとに、隣接する二つの時間間隔で構成された2つの時間条件間の類似性を判断していると解釈できる。

ただし、対象の付置が馬蹄型を示した場合は、対象が湾曲した一つの次元上に付置されているという解釈も出来る。このような場合は、2次元空間上の付置だけでなく、馬蹄に沿った1次元上での距離も解釈する必要がある(Kruskal & Wish, 1978)。図16をみると、馬蹄型の次元に沿って、物理的に隣接する時間条件が、/150/30/から/30/150/まで、ほぼ順番に付置している。物理的には、隣り合う時間条件間の距離がすべて等しくなっており、時間条件間の心理的な距離が、物理的な距離に対応するならば、馬蹄型に付置している隣り合う時間条件間の心理的な距離は、すべて等しくなるはずである。しかし、隣接する二つの時間間隔の差が小さい条件では、心理的な距離が小さくなる傾向がみられた。特に/110/70/から/70/110/までの時間条件は、付置が重なり合っており、心理的にはほとんど差がないと解釈できる。一方、隣接する二つの時間間隔の差が大きくなるにつれて、隣り合う時間条件間の心理的な距離が大きくなる傾向がみられた。ただし、隣接する二つの時間間隔の差が一定の値を超えると、隣り合う時間条件が、ほぼ等間隔に並んでいる。

多次元尺度構成法で観察された時間条件の心理的な分布と、クラスタ分析によって示された3つのクラスタの対応関係を観察するために、同じクラスタに分類された時間条件を、図16上で点線で囲んだ。刺激間の心理的な距離が離れている、/45/135/と/50/130/との間と/120/60/と/125/55/との間にクラスタの境界が存在しており、多次元尺度構成法によって得られた時間条件間の心理的な距離とクラスタ分析によって得られた三つのクラスタとの間に、よい対応がみられた。

実験参加者ごとにクラスタ分析を行うと、一名の実験参加者が、他の実験参加者と異なる傾向を示していた。そこで、実験参加者によって、刺激の類似性を判断する指標が異なっているかどうかを確かめるために、各実験参加者の二つの次元に対する重み付けの値を図17に示した。図17を見ると、sb5は、次元1に対する重みが大きいことが分かる。つまり、 $t_1$ と $t_2$ のどちらが長いかという判断基準に重みをおいて二つの時間条件間の非類似度を判定している。あとの5名の実験参加者は、次元1と次元2にほぼ同等の重み

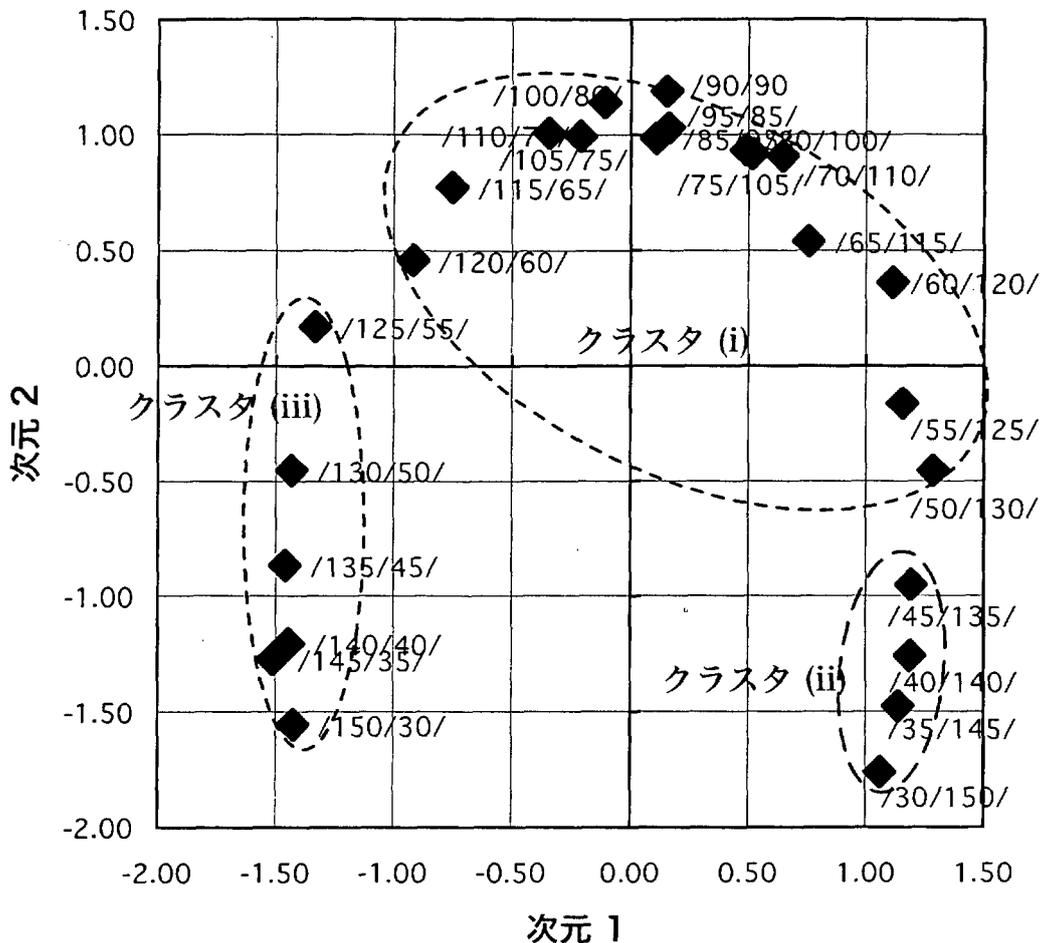


図 16 実験 4 の結果を多次元尺度法で分析して得られた時間条件の 2 次元付置。点線で囲んだ時間条件群は、Ward 法を用いてクラスタ分析した結果、同一クラスタに分類された時間条件を表す。クラスタに付加した英数字は、図 14 で示した 3 つのクラスタの英数字に対応している。

をにおいて非類似度を判定しており、同じような判断基準で非類似度を判定していると考えられる。このように、多次元尺度構成法の結果からは、sb 2 の判断基準が他の実験参加者と異なる傾向を示すような証拠は得られなかった。また、sb 2 から得られた非類似度行列のみを使って 5 次元までの多次元尺度構成法を行ってみたが、特に特徴的な次元は見つからなかった。実験参加者ごとに 2 元多次元尺度構成法を行い、各実験参加者の 2 次元付置

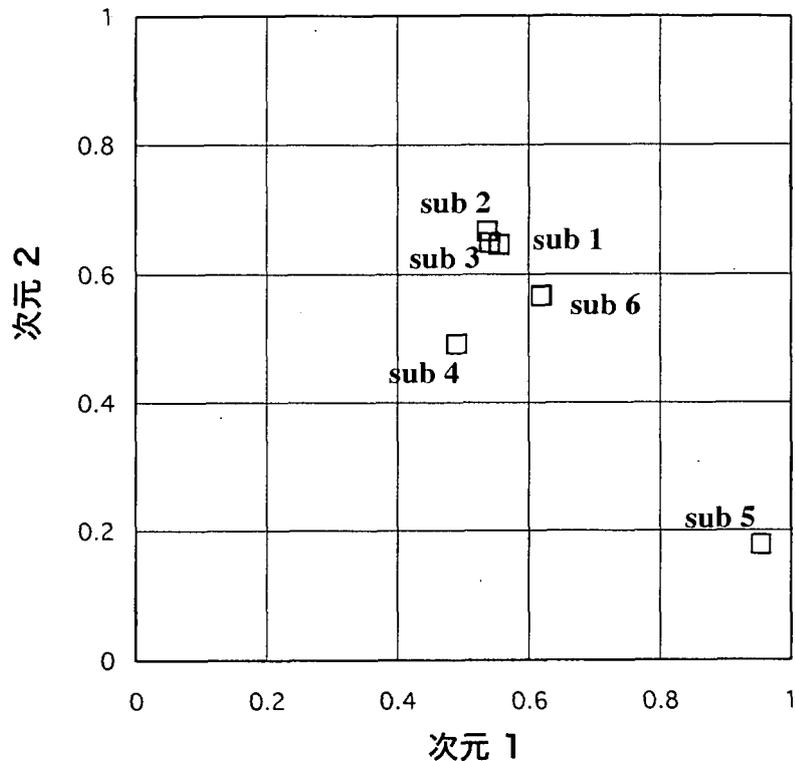


図 17 多次元尺度構成法によって得られた実験参加者の各次元に対する重み付け。

を図 18 に示した。sb 2 の結果を見ると、他の実験参加者と同様に時間条件が馬蹄型の配置を示している。馬蹄に沿った次元に沿って配置された時間条件を見ると、/105/75/ のようにいくつか物理的な時間条件の連続性とうまく対応のとれていない時間条件があるものの、ほぼ他の実験参加者と同様の傾向を示していると考えられる。よって、すべての実験参加者が同じ二つの次元を用いて二つの時間条件の非類似度を判断しているといえる。

それぞれのクラスタに、含まれる時間条件の心理的な分布を観察すると、クラスタ (i) に含まれる時間条件間の心理的な距離の傾向と、クラスタ (ii), (iii) に含まれる時間条件間の心理的な距離の傾向とが、異なっている。クラスタ (i) では、 $t_1$  と  $t_2$  との差が小さい時間条件で、隣り合う時間条件間の心理的な距離も小さくなっており、 $t_1$  と  $t_2$  との差が大きくなるに従って、隣り合う時間条件間の心理的な距離もだんだんと大きくなる傾向がある。一方、クラスタ (ii) とクラスタ (iii) では、心理的な距離がほぼ等間隔となるように隣り合う時間条件が配置されている。よって、時間条件を知覚する際には、クラスタ (i) に

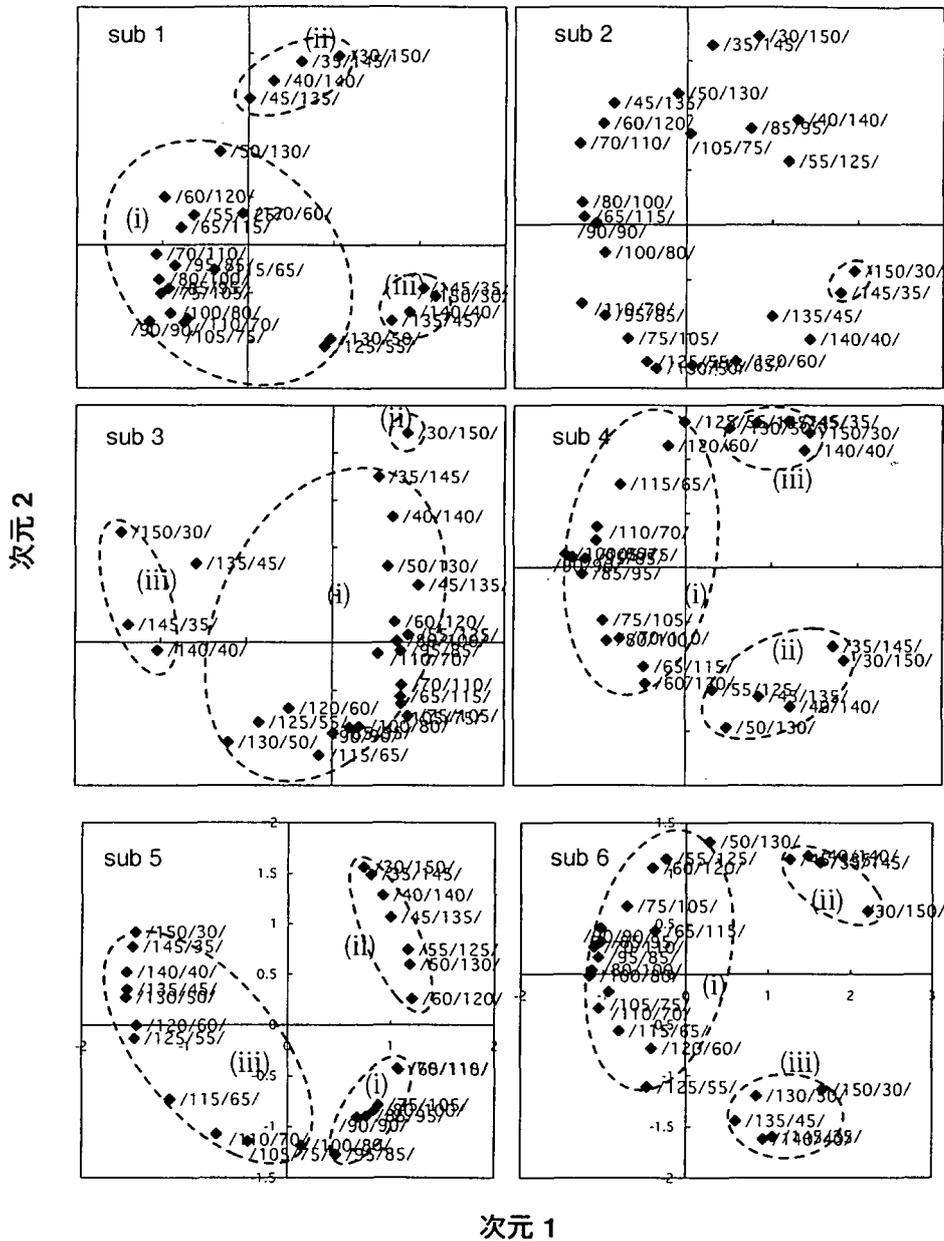


図 18 実験参加者ごとに行った多次元尺度構成法によって得られた時間条件の 2 次元付置。点線で囲んだ時間条件群は、実験参加者ごとに、Ward 法を用いてクラスタ分析した結果、同一クラスタに分類された時間条件を表す。クラスタに付加した英数字は、図 15 で示した 3 つのクラスタの英数字に対応している。sub 2 については、クラスタに含まれる時間条件が複雑であり、図に示すことが出来ないため、クラスタ分析の結果によるクラスタを表記していない。

含まれるかどうか、言い換えれば、1:1 カテゴリに含まれるかどうかで、刺激パターンの捉え方が変化していると考えられる。

実験4では、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さを体系的に変化させた時間条件を用いて、実験参加者に時間条件間の非類似度を判定してもらう実験を行った。その結果をもとにしてクラスタ分析を行うことで、時間条件が三つのクラスタに分類されることが分かった。三つのクラスタは、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さの差が小さいクラスタ (i) と、 $t_1$  が  $t_2$  よりも短いクラスタ (ii) と、 $t_1$  が  $t_2$  よりも長いクラスタ (iii) である。クラスタ (i) とクラスタ (ii) の境界は、/50/130/ と /45/135/ との間にあり、クラスタ (i) とクラスタ (iii) の境界は、/120/60/ と /125/55/ との間にあった。よって、 $t_1$  の物理的な長さ  $t_2$  の物理的な長さとの差 ( $t_1 - t_2$ ) が、-80 ms から 60 ms の範囲に含まれる時間条件が、クラスタ (i) に属しており、その範囲を外れると、異なるクラスタに分類されることが統計的にも示された。このクラスタ境界は、多次元尺度構成法によって得られた2次元空間上で、心理的な距離が離れている時間条件間に存在しており、時間条件に対する知覚内容が変化する転換点が確かに存在していることを示すことができた。

## 2.6 第2章のまとめ

第2章では、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率を測定する実験の結果と時間条件間の非類似度を測定する実験の結果を報告した。ここでは、この章で報告した実験の結果から分かったことをまとめるとともに、第3章で報告する実験を行った動機を明確に示す。

### 2.6.1 強勢が主観的な比率に与える影響について

リズム知覚について考えるうえで、アクセントは非常に重要な要素となる。アクセントによって、音列パターンの群化の様相が変化することは多くの研究で明らかになっており、アクセントは音列パターンを知覚的に体制化するための手がかりの一つである。

Fraisse (1982) は、ある音の大きさを他の音に比して大きくする、つまりある音に強勢によるアクセントを付けることで、強勢の後に続く時間間隔の長さが伸長して再生される傾向があることを報告している。このように音の物理的な性質を変化させることで主観的な長さが増えることは、音の周波数や長さなどを変化させた研究でも報告されている (Shigeno, 1986; Grondin, Ivry, Franz, Perreault, & Mettheé, 1996; 小森・中島, 1998;

Yamashita & Nakajima, 1998, 1999)。もし、強勢の後に続く時間間隔の主観的な長さに系統的な変化が生じるとすれば、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率にも強勢による系統的な影響が現れるはずである。しかし、実験1と実験3の結果を見ると、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率には、強勢がほとんど影響しないということが分かった。

一方、先行研究によって、強勢が時間間隔の主観的な長さに系統的な影響を与えるという結果も示されている。異なる音圧レベルを持つ二つの区切り音で区切られた時間間隔の主観的な長さが、音圧レベルの組み合わせによってどのように変化するのかを確かめる実験を行うと、先に呈示される区切り音の音圧レベルが後から呈示される区切り音の音圧レベルよりも大きい場合には、時間間隔が過小評価されることが分かった(宮内・中島, 1999)。この実験については、本研究の本筋から外れるために詳しくは報告しないが、Fraisse (1982) の考えを支持する定量的なデータである。

このように強勢によって主観的な長さが増減するにもかかわらず、実験結果からは系統的な主観的な比率の変化が観察されなかった。これは、個々の時間間隔の知覚的な長さを単純に足し合わせたものが全体の知覚となるわけではないことを示している。このような部分の知覚と全体の知覚との間に食い違いが生じる例として、分割時間の過大評価と時間縮小錯覚との関係があげられる。分割時間の過大評価とは、二つの音で区切られた空虚な時間間隔の間に、もう一つ音を付け加えることで全体の長さが過大評価される現象である(例えば、Hall & Jastrow, 1886; 中島, 1979)。一方、分割された隣接する個々の時間間隔の主観的な長さに注目すると、時間条件によっては $t_2$ に時間縮小錯覚が生じる場合がある。もし、個々の時間間隔の知覚内容を足し合わせたものが全体の知覚となるならば、時間縮小錯覚が生じる時間条件では、全体の長さが過小評価されるはずである。これは、分割時間が過大評価される現象と矛盾しており、単純に個々の部分から得られた知覚を足し合わせたものが全体の知覚になるわけではない証拠の一つである。

しかし、個々の知覚を考えることなしに、パターンの体制化について論ずることもできない。分割時間の過大評価と時間縮小錯覚との間に食い違いが生じることを先に述べたが、分割時間の比率判断で生じる1:1カテゴリについては、時間縮小錯覚が生じることを考慮することで、隣接する二つの時間間隔の比率がほぼ1:1に感じられる現象をおおまかに説明することが出来る。音列パターンを構成するそれぞれの時間間隔の主観的な長さについて調べることは、音列パターン全体の知覚的体制化を解明する上で、一つの知見となりうる。

強勢による時間間隔の過小評価が比率判断に影響を与えなかった理由として、強勢が影

響を与える対象が異なっている可能性がある。宮内・中島 (1999) の実験では一つの時間間隔を単独で呈示して、時間間隔の主観的等価値を測定している。一方、比率判断の実験では、強勢の後に二つの時間間隔を隣接させて呈示している。このような条件では、 $t_1$  のみでなく  $t_2$  も強勢によって影響を受ける可能性がある。つまり、強勢は、強勢の直後の時間間隔のみでなく、後に続く音列パターン全体に影響を与えているのではないだろうか。

本研究では、強勢によって 1:1 カテゴリの知覚に変化が生じるかどうかを調べることを目的としており、1:1 カテゴリに含まれる時間条件が強勢によって変化しないことを確かめることができた。強勢によって時間間隔が過小評価される現象と強勢が主観的な比率に与える影響との食い違いについて詳しく調べることは、本研究の趣旨と異なっているため、これ以上詳しく考察しないが、今後の研究でさらに詳細に分析することで新しい現象を見つけることができるかもしれない。

## 2.6.2 1:1 カテゴリについて

実験 3 の結果を見ると、強勢よりも全体の時間間隔の長さが主観的な比率の知覚に大きな影響を与えていることが分かった。隣接する二つの時間間隔の物理的な比率は、全体の時間間隔が変化しても一定である。しかし、主観的な比率がほぼ 1:1 に感じられている範囲は、全体の時間間隔の長さが短い条件で広がる傾向があった。つまり、1:1 カテゴリに含まれる時間条件は、隣接する二つの時間間隔の物理的な比率、言い換えれば、隣接する二つの時間間隔の相対的な関係によって規定されるわけではないといえる。

そこで、1:1 カテゴリに含まれる時間条件を隣接する二つの時間間隔の絶対的な関係によって分析すると、 $t_1 - t_2$  が、-90 ms から 30 ms となる時間条件が 1:1 カテゴリを形成していることが分かった。また、時間条件間の非類似度をもとにして行ったクラスタ分析の結果から、 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 60$  [ms] を満たす時間条件が一つのクラスタに分類されることが統計的にも示された。隣接する二つの時間間隔の物理的な差によって、1:1 カテゴリが形成されていると考えられる。

一方、1:1 カテゴリから外れた時間条件での主観的な比率の変化を観察すると、 $R_0$  が増加するに従って得られる  $R_5$  の値も増加している。これは、単純な隣接する二つの時間間隔を知覚する際には、1:1 カテゴリ以外のカテゴリは形成されないことを示しており、リズム知覚研究で示された 1:2 や 1:3 といった単純な整数比で表されるカテゴリと 1:1 カテゴリとが異なる知覚の処理段階で生じている可能性を示している。そこで、1:1 カテゴリがどのようにして形成されているのかを考察するために、隣接する二つの時間間隔に生じ

る時間縮小錯覚と 1:1 カテゴリの関係について考えてみる。

1:1 カテゴリに含まれる時間条件と時間縮小錯覚の生じる範囲とを照らし合わせると多くの部分で重複しており、この二つには密接な関係があることが分かる。 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 0$  を満たす条件では、時間縮小錯覚によって、 $t_2$  が過小評価される。この過小評価によって、 $t_2$  の主観的な長さ  $t_1$  の長さとの差は小さくなる、つまり、二つの時間間隔の比率は 1:1 に近づくことになる。よって、1:1 カテゴリに含まれている時間条件の中で時間縮小錯覚の生じる時間条件については、その成立過程をおおまかに説明することが出来る。しかし、本研究で行った実験の結果をみると、1:1 カテゴリには時間縮小錯覚の生じていない条件 ( $0 < t_1 - t_2 \leq 60$  [ms]) も含まれている。このような条件で主観的な比率がほぼ 1:1 に感じられる現象が、どのような知覚メカニズムによって生じるのかについては、定量的なデータを用いた分析からはつきりと示されていない。

そこで、次の第 3 章では、隣接する二つの時間間隔の主観的な比率がほぼ 1:1 に感じられている時間条件で、 $t_1$  と  $t_2$  それぞれの主観的な長さがどのように知覚されているのかを調べた実験について報告する。特に、時間縮小錯覚のみでは 1:1 カテゴリの生成過程を説明できないような条件に注目し、隣接する二つの時間間隔に時間縮小錯覚以外の知覚現象が生じていることを明らかにする。