

## 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3章 隣接する二つの時間間隔に生じる同化と対比

### 3.1 目的

本章では、どのような知覚メカニズムによって 1:1 カテゴリが形成されるのかを確かめるために、隣接する二つの時間間隔それぞれの主観的等価値 (*PSE*) を測定する実験を行った。

先行研究によって、隣接する二つの時間間隔が呈示された場合には、時間縮小錯覚が生じることが報告されている (ten Hoopen et al., 1993; Nakajima et al., 1991)。時間縮小錯覚の生じる時間条件では、 $t_2$  が著しく過小評価されることで  $t_1$  の長さに近づいており、時間縮小錯覚は同化の一種であると解釈できる。ただし、時間縮小錯覚は、典型的な同化とは異なる性質を持っている。一般的に、二つの事象間の性質に同化が生じる場合は、その効果が双方の事象に生じることが多い。つまり、典型的な同化は、双方向に生じるといえる。時間縮小錯覚では、 $t_2$  にのみ同化が生じており、この同化は、一般的な双方向の同化とは異なる性質を持っているといえる。これは、時間の知覚というものが、時間方向に沿って一方通行の性質を持っていることから妥当なことのようと思われる (時間の異方性)。 $t_2$  が知覚されたときには、すでに  $t_1$  の長さは知覚されており、 $t_1$  を再度知覚し直すことは不可能である。よって、すでに主観的に成立している長さがこれから呈示される時間間隔の長さに影響を及ぼすことは容易に予測できるが、すでに主観的に成立している長さがそのあとに呈示される長さから直接影響を受けることは、考えにくい。しかし、先行研究の結果を詳細に分析すると、 $t_2$  を隣接させることで  $t_1$  にも過大評価や過小評価が生じることを示す結果が現れている。

Sasaki et al. (1998) は、時間縮小錯覚の生じるメカニズムを解明するために、隣接する二つの時間間隔それぞれの *PSE* を測定する実験を行った。その結果、 $t_1$  と  $t_2$  の物理的な長さが、105 ms と 75 ms になる条件で、 $t_1$  に有意な過小評価が、 $t_2$  に有意な過大評価が生じることが分かった。この結果は、時間縮小錯覚の生じる範囲を超えた時間条件で、双方向の同化が生じる可能性を示している。もし、このように  $t_1$  が  $t_2$  よりも長い条件で双方向の同化が生じるならば、第2章で報告した 1:1 カテゴリに含まれるすべての時間条件で同化が生じていることを示すことができる。

そこで第3章では、隣接する二つの時間間隔を用いて、 $t_2$  のみでなく  $t_1$  の *PSE* も系統

的に測定し、それぞれの時間間隔に双方向の同化が生じるかどうかを調べた。実験5では、Sasaki et al. (1998)の研究によって、双方向の同化の傾向は現れているが、体系的に有意な結果が得られなかった  $t_1 + t_2 = 180, 360$  [ms] の条件を含む時間条件を用いて、実験参加者を増やした大規模な実験を行い、統計的にも二つの時間間隔に双方向の同化が生じていること確かめた。実験6では、実験5で用いた時間条件をさらに細かく分割し、同化が生じる範囲が  $t_1$  と  $t_2$  との差によって規定されることを確かめた。このように、時間縮小錯覚の生じる時間条件に限定せず、隣接する二つの時間間隔の差が短い条件における *PSE* を網羅的に調べることで、隣接する二つの時間間隔に双方向の同化が生じることを明らかにすることが、本章の目的である。

さらに、実験5と実験6の結果から、隣接する二つの時間間隔には、同化だけでなく対比も生じる可能性が示された。Nakajima et al. (2004) は、 $t_1$  を一定の長さに固定し、 $t_2$  の長さを体系的に変化させて、 $t_2$  の *PSE* を測定する実験を行った。その結果、 $t_2$  が  $t_1$  よりも、160 ms 以上長くなると、 $t_2$  に対比が生じることを報告している。しかし、 $t_1$  に関しては定量的なデータが少なく、対比が確かに生じていることを示すに至っていない。そこで実験7では、 $t_1$  の物理的な長さを広い範囲で体系的に変化させ、二つの時間間隔の物理的な長さの差が大きくなると、 $t_1$  に生じる同化が対比へと変化することを確かめた。

## 3.2 実験5: $t_1$ と $t_2$ の主観的等価値の測定

### 3.2.1 目的

実験5では、全体の長さを固定し、 $t_1$  の物理的な長さと  $t_2$  の物理的な長さの比率を系統的に変化させた時間条件を用いてそれぞれの時間間隔の主観的等価値 (*PSE*) を測定し、二つの時間間隔を隣接させることで、 $t_1$  の *PSE* と  $t_2$  の *PSE* とが、時間間隔を単独で呈示したときの *PSE* と比べてそれぞれどのように変化するかを確かめた。

### 3.2.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、21歳から29歳までの、正常な聴力を持つ九州芸術工科大学の学生16名であった。13名が男性で、3名が女性であった。すべての実験参加者が、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。

■刺激パターン 刺激パターンを構成する区切り音は、周波数が1 kHz、持続時間が10 msの正弦波とした。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ている。実験条件として、三つの区切り音から成る隣接する二つの時間間隔を用意した(図 19)。全体の時間間隔( $t_1 + t_2$ )を、120, 180, 240, 360 ms の 4 種類に固定し、 $t_1:t_2$  が、1:3, 1:2, 5:7, 1:1, 7:5, 2:1, 3:1 となるように  $t_1$  と  $t_2$  の物理的な時間間隔を設定した。ただし、120 ms の条件では、1:3 もしくは 3:1 の比率で分割すると短い方の時間間隔が短くなりすぎるために、これらの比率は用いなかった。よって、 $t_1 + t_2 = 120$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、40 ms から 80 ms まで 10 ms の幅で段階的に変化させた 5 種類の時間条件を、 $t_1 + t_2 = 180$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、45 ms から 135 ms まで 15 ms の幅で段階的に変化させた 7 種類の時間条件を、 $t_1 + t_2 = 240$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、60 ms から 180 ms まで 20 ms の幅で段階的に変化させた 7 種類の時間条件を、 $t_1 + t_2 = 360$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、90 ms から 270 ms まで 30 ms の幅で段階的に変化させた 7 種類の時間条件を、それぞれ用意した。よって、すべての実験条件は 26 種類となる。なお、全体の時間間隔をそれぞれ固定しているため、 $t_2$  の長さは、 $t_1$  の長さに応じて変化する。さらに、実験条件の結果と比較するために、一つの時間間隔のみで構成された刺激パターンを対照条件として用意した。対照条件では、実験条件の  $t_1$  および  $t_2$  で用いられているすべての時間間隔と同じ長さの時間間隔を用いた。よって、すべての対照条件は、19 種類となった。

■方法 実験は、調整法を用いて行った。実験参加者には、まず、実験条件および対照条件のいずれかを呈示し、その 3000 ms から 3500 ms 後に、二つの区切り音から成る比較時間  $C$  を呈示した(図 19)。実験参加者は、実験条件および対照条件の標準時間  $S$  の長さと比較時間  $C$  の長さとは等しく感じられるように、 $C$  の長さを自由に調整した。調整は、コンピュータ画面上のボタンをマウスで押すことにより行った(図 20)。実験参加者は、“Presentation” ボタンを押すことで、何度でも刺激パターンを聞くことが出来た。“Shorten” ボタンもしくは “Lengthen” ボタンを押すと、 $C$  の長さを短くしたり長くしたりすることが出来た。ボタンを押している時間に応じて、 $C$  の変化量が増減するようにした。“Shorten (roughly)” ボタン、および “Lengthen (roughly)” ボタンでは、より大きな幅で  $C$  の長さを動かすことが出来た。調整を繰り返し、 $S$  と  $C$  とが、同じ長さであると十分納得できたら、“Finish” ボタンを押し、次の刺激の調整に移ってもらった。調整を終了したときの  $C$  の長さを、 $S$  の  $PSE$  として記録した。

実験に用いた刺激パターンは、45 条件であった(実験条件 26 種類 + 対照条件 19 種類)。さらに、 $C$  の初期値が、 $S$  よりも十分に長い時間間隔から調整が始まる下降系列と、 $S$  よ

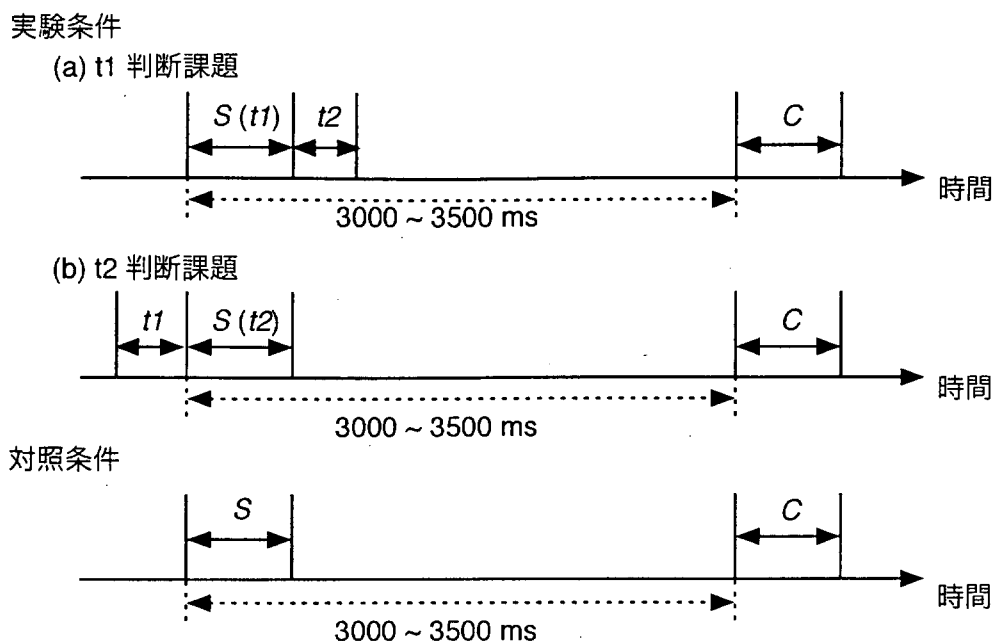


図 19 実験 5, 実験 6, 実験 7 で用いた刺激パターンの模式図。実験参加者は、標準時間  $S$  の長さと比較時間  $C$  の長さとは等しく感じられるように、 $C$  の長さを調整した。実験 5 と実験 6 では、実験条件として、 $t_1$  を  $S$  とする t1 判断課題 (a) と、 $t_2$  を  $S$  とする t2 判断課題 (b) の両方を行った。実験 7 は、t1 判断課題のみを実験条件として行った。対照条件は、すべての実験に含めた。

りも十分に短い時間間隔から調整が始まる上昇系列をすべての条件で行った。よって、全部で 90 試行を 1 ブロックとした。この 1 ブロックを 8 つのセッションにわけ、実験参加者には、1 日に 4 セッション分の実験を行ってもらった。最初の 1 日は、実験に慣れるための練習試行とし、データを分析に用いない。よって、1 ブロックのデータをとるのに三日を要した。セッションの間には、十分な休憩を設けた。また、セッションの最初に 2 試行のウォーミングアップ試行を行った。実験参加者 16 名の内、半数の 8 名は、まず、実験条件の  $t_1$  を標準時間  $S$  として、実験を 1 ブロック分 (三日間) 行った (t1 判断課題, t1 matching task)。その後に、実験条件の  $t_2$  を標準時間  $S$  として、実験を 1 ブロック分 (三日間) 行った (t2 判断課題, t2 matching task)。残りの 8 名は、逆に、まず t2 判断課題を行い、その後に t1 判断課題を行った。1 セッションに要する時間は、約 30 分であった。よって、実験に要した時間は、セッション間の休憩時間も含めると、一人の実験参加者につき 15 時間前後であった。

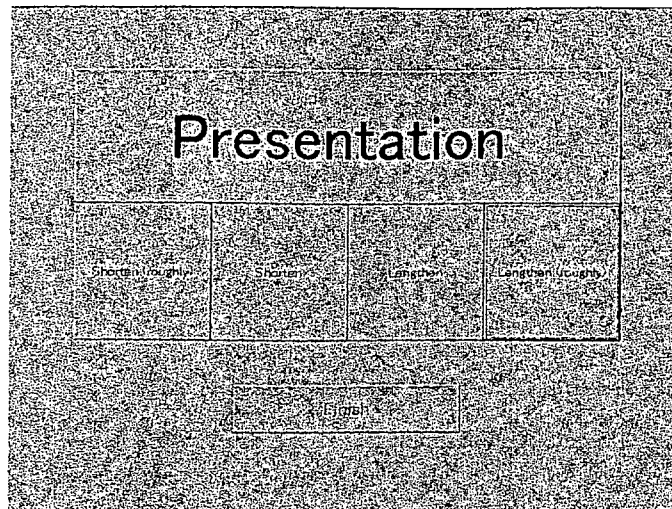


図 20 実験 5, 実験 6, 実験 7 で使用したコンピュータ画面。"Presentation" ボタンを押すたびに刺激パターンが一回呈示される。"Shorten" ボタンを押すと、比較時間  $C$  の物理的な長さが短くなる。"Shorten (roughly)" ボタンでより大きく時間間隔を変化させることができる。逆に、"Lengthen" ボタンを押すと、 $C$  の物理的な長さが長くなる。短くする場合と同様に、"Lengthen (roughly)" ボタンでより大きく変化させることができる。それぞれのボタンを、押している時間が長いほど、時間間隔が大きく変化する。十分に調整し、 $S$  と  $C$  とが同じ長さを感じられると納得したら、"Finish" ボタンを押すことで次の試行に移ることができる。

■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。刺激は、コンピュータ (DEC VENTURIS FX-2) で合成し、サウンドカードのデジタル出力から出力された (サンプリング周波数 44.1 kHz)。出力された信号は、D/A コンバータ (TEAC DA30MK-II) でアナログ変換され、アクティブフィルタ (NF DV-04; カットオフ周波数 20 kHz) を通した後に、ヘッドホンアンプ (STAX SRM-Xh) につないだヘッドホン (STAX LAMBDA NOVA) から実験参加者の左耳に呈示した。刺激の音圧レベルは、実験で用いた区切り音と等しい振幅を持つ定常音の音圧が、89 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。

### 3.2.3 結果と考察

実験から、各条件ごとに 32 個の  $PSE$  が得られた。この 32 個の  $PSE$  の平均値をそれぞれの時間条件について計算し、その値を各条件の代表値とした。以後、対照条件から得られた  $PSE$  を  $PSE_{con}$  と、実験条件から得られた  $PSE$  を  $PSE_{exp}$  と呼ぶ。各条件で得られた  $PSE$  の平均値を、表 5 に示す。また、過大評価量として、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差

表 5 実験 5 で得られた  $PSE$  の平均値。一番左の列は、刺激パターンの時間条件を表す。次に、t1 判断課題の結果と、t2 判断課題の結果とを続けて示した。左から、標準時間の物理的な長さ ( $S$ )、対照条件から得られた  $PSE$  の平均値 ( $PSE_{con}$ )、実験条件から得られた  $PSE$  の平均値 ( $PSE_{exp}$ )、過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) を示している。 $PSE_{exp-con}$  が、正の数場合は、 $S$  が過大評価されていることを示しており、逆に、 $PSE_{exp-con}$  が、負の数場合は、 $S$  が過小評価されていることを示している。 $PSE_{exp-con}$  の右に示したアスタリスクは、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との間で行った、対応のある  $t$  検定の結果を表している (\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ )。

時間条件 /t1/t2/	t1 判断課題			t2 判断課題				
	$S$	$PSE_{con}$	$PSE_{exp}$	$PSE_{exp-con}$	$S$	$PSE_{con}$	$PSE_{exp}$	$PSE_{exp-con}$
/40/80/	40	41.1	44.2	3.1*	80	80.8	46.1	-34.6**
/50/70/	50	49.5	50.3	0.8	70	69.5	50.5	-18.9**
/60/60/	60	60.0	52.1	-7.9**	60	60.5	53.3	-7.2**
/70/50/	70	71.6	52.8	-18.8**	50	51.1	51.3	0.2
/80/40/	80	79.1	54.5	-24.7**	40	39.8	45.5	5.7**
/45/135/	45	45.4	48.7	3.3	135	145.8	80.3	-65.6**
/60/120/	60	60.0	65.8	5.8*	120	130.2	71.9	-58.3**
/75/105/	75	76.4	76.5	0.1	105	107.8	78.5	-29.3**
/90/90/	90	92.4	81.3	-11.1**	90	96.3	82.8	-13.5**
/105/75/	105	110.2	91.4	-18.8**	75	76.6	84.1	7.5**
/120/60/	120	123.2	114.2	-9.0	60	60.5	66.3	5.8*
/135/45/	135	146.9	141.3	-5.7	45	44.1	45.7	1.7
/60/180/	60	60.0	61.1	1.2	180	190.2	171.9	-18.3
/80/160/	80	79.1	89.7	10.5**	160	171.2	120.6	-50.7**
/100/140/	100	100.9	107.5	6.7	140	151.8	117.0	-34.8**
/120/120/	120	123.2	115.3	-7.9**	120	130.2	120.8	-9.4**
/140/100/	140	150.4	138.9	-11.5*	100	99.9	113.8	13.8**
/160/80/	160	168.9	184.3	15.5	80	80.8	85.9	5.2
/180/60/	180	189.7	201.3	11.7	60	60.5	60.0	-0.5
/90/270/	90	92.4	92.6	0.2	270	277.0	293.5	16.5*
/120/240/	120	123.2	120.3	-2.9	240	256.5	241.4	-15.1
/150/210/	150	157.3	172.9	15.6**	210	216.3	184.9	-31.4**
/180/180/	180	189.7	187.4	-2.3	180	190.2	191.7	1.6
/210/150/	210	219.6	229.7	10.1	150	162.0	158.4	-3.6
/240/120/	240	248.2	266.6	18.4**	120	130.2	113.9	-16.3*
/270/90/	270	280.0	288.9	8.9	90	96.3	94.7	-1.6

単位は、ms。

( $PSE_{exp-con}$ ) を計算し、表 5 に示した。過大評価量が、負の値になると、過小評価が生じたことを表している。それぞれの時間条件において、16 名の実験参加者ごとに  $PSE$  を平均し、その 16 個の平均値を用いて対応のある分散分析を行った。4 種類の全体の長さごとに、2 種類の課題を行ったため、全部で 8 つの分散分析を行った。まずは、全体の長さごとに結果を分析する。

全体の長さが 120 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 5 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、どちらの課題においても有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(1, 15) = 68.612, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(1, 15) = 47.611, p < .001$ ]。また、" $S$  の長さ" の主効果も、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(4, 60) = 92.384, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(4, 60) = 83.603, p < .001$ ]。  $S$  の長さが長くなると得られる  $PSE$  も長くなるため、" $S$  の長さ" の主効果が有意になるのは当然のことである。よって、今後の考察では、" $S$  の長さ" の主効果についての結果は省略する。"実験条件 vs. 対照条件" と " $S$  の長さ" との交互作用は、どちらの課題においても有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(4, 60) = 37.299, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(4, 60) = 54.04, p < .001$ ]。これは、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が、 $S$  の長さに依存して変化することを示している。この交互作用は、 $t_2$  判断課題のみでなく、 $t_1$  判断課題においてもはっきりと現れており、時間間隔を隣接させることで  $t_1$  の  $PSE_{exp}$  にも  $PSE_{con}$  からの系統的な変化が生じたといえる。 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  とが、 $S$  の長さに依存してどのように変化しているのかを示すために、全体の長さごとに得られた  $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  とを、横軸に時間条件をとってグラフに示した (図 21、図 22)。図 21 (a) をみると、 $t_2$  判断課題においては、/40/80/, /50/70/, /60/60/ で  $PSE_{exp}$  が  $PSE_{con}$  よりも短くなっており、過小評価が生じている。逆に、/80/40/ では、 $PSE_{exp}$  が  $PSE_{con}$  よりも長くなっており、過大評価が生じている。一方、 $t_1$  判断課題の結果を見ると、/40/80/ で  $PSE_{exp}$  が  $PSE_{con}$  よりも長くなっており、過大評価が生じている。逆に、/60/60/, /70/50/, /80/40/ では、 $PSE_{exp}$  が  $PSE_{con}$  よりも短くなっており、過小評価が生じている。

全体の長さが 180 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 7 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、どちらの課題においても有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(1, 15) = 4.950, p < .042$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(1, 15) = 362.554, p < .001$ ]。また、"実験条件 vs. 対照条件" と " $S$  の長さ" との交互作用も、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(6, 90) = 3.881, p < .002$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(6, 90) = 64.154, p < .001$ ]。これは、両方



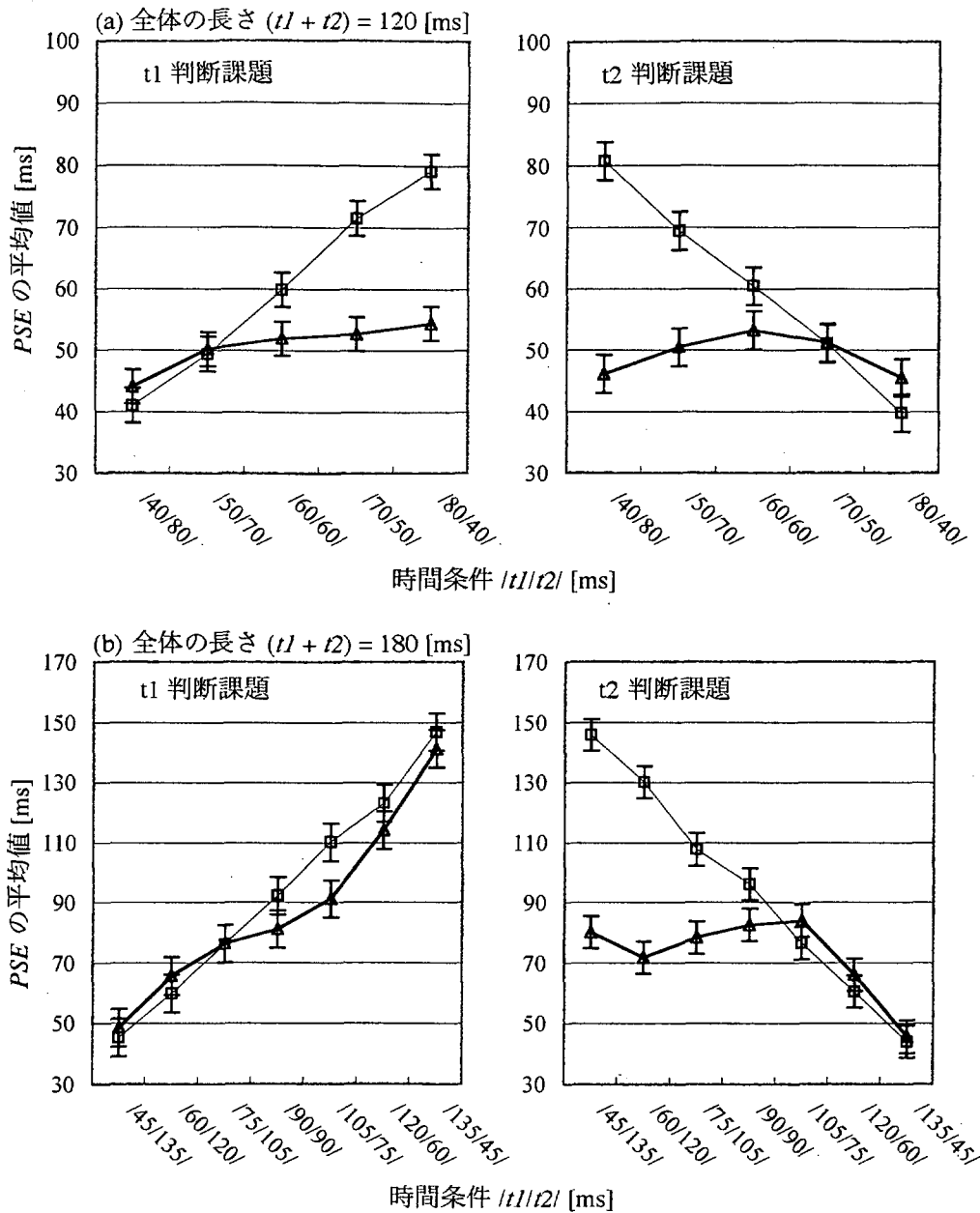


図 21 実験 5 で得られた  $PSE_{con}$  と  $PSE_{exp}$  の平均値。横軸が刺激パターンの時間条件を、縦軸が  $PSE$  の平均値をそれぞれ表している。左側のグラフに t1 判断課題の結果を、右側のグラフに t2 判断課題の結果をそれぞれ表している。(a) は、全体の長さが 120 ms での結果を、(b) は、全体の長さが 180 ms での結果を表している。 $PSE_{con}$  を四角形で、 $PSE_{exp}$  を三角形でそれぞれ表記した。分散分析の結果から得られた交互作用における誤差の平方平均をもとにして有意確率 5% の信頼区間を算出し、エラーバーとして付加した (Loftus & Masson, 1994)。

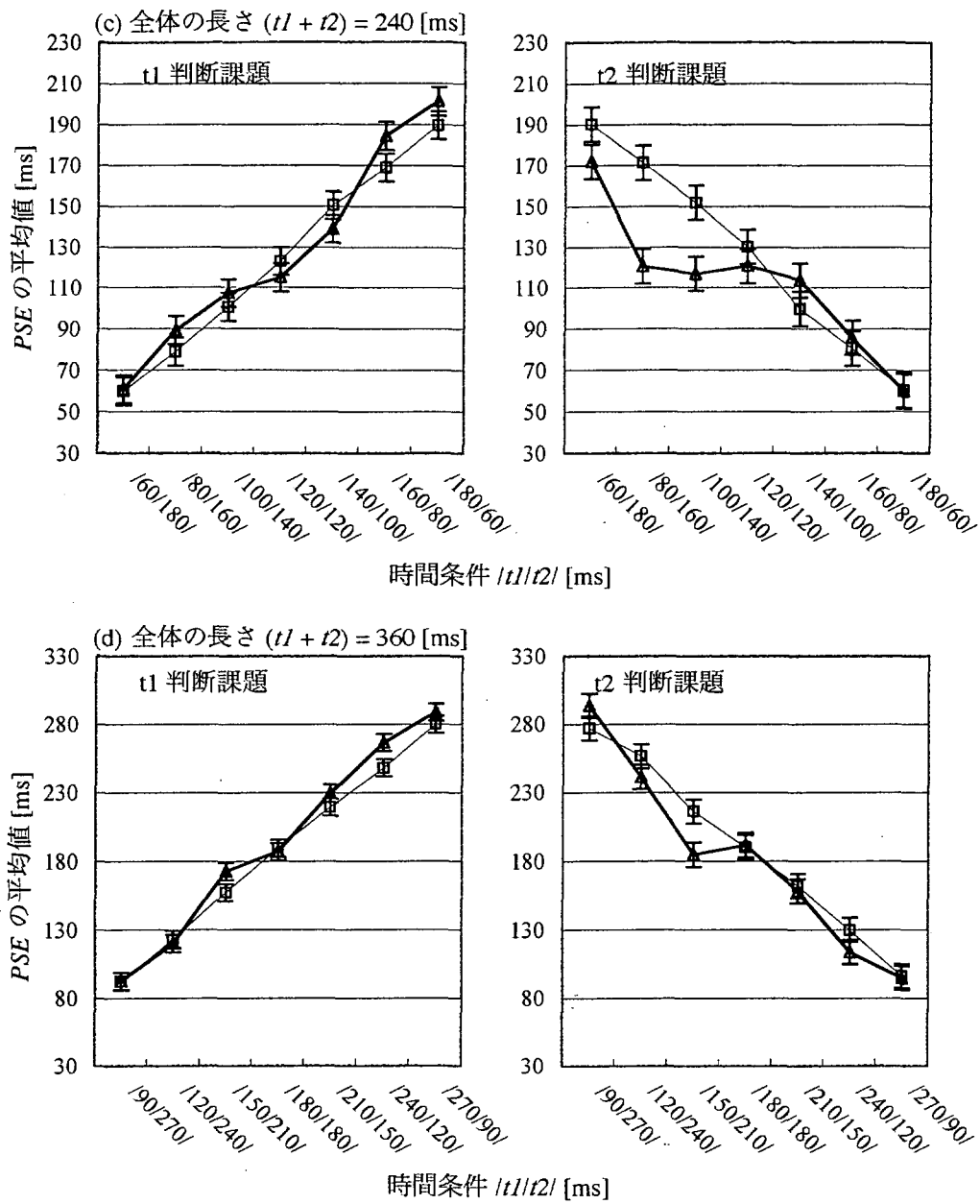


図 22 図 21 の続き。(c) は、全体の長さが 240 ms での結果を、(d) は、全体の長さが 360 ms での結果を表している。

の課題で、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が、 $S$  の長さに依存して変化していることを示している。図 21 (b) を見ると、 $t_2$  だけでなく  $t_1$  にも、過大評価や過小評価が生じていることが分かる。 $t_2$  は、/45/135/ から /90/90/ までの範囲で過小評価されており、/105/75/ と /120/60/ で過大評価されている。この過大評価は、/135/45/ でなくなっている。 $t_1$  は、/45/135/ と /60/120/ で過大評価されている。この過大評価は、/75/105/ でなくなり、/90/90/ から /120/60/ までの範囲では過小評価に転じている。この過小評価は、/135/45/ でなくなっている。

全体の長さが 240 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 7 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、 $t_2$  判断課題でのみ有意であった [ $F(1, 15) = 25.307, p < .001$ ]。"実験条件 vs. 対照条件" と " $S$  の長さ" との交互作用は、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(6, 90) = 4.509, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(6, 90) = 14.522, p < .001$ ]。分散分析の結果は、両方の課題で、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が  $S$  の長さに依存して変化していることを示している。図 22 (c) から、全体の長さが 180 ms の条件と同じような傾向を観察することができる。 $t_2$  は、/60/180/ から /120/120/ までの範囲で過小評価されており、/140/100/ で過大評価されている。この過大評価は、/180/60/ でなくなっている。 $t_1$  は、/80/160/ と /100/140/ で過大評価されている。この過大評価は、/120/120/ を超えると、過小評価に転じている。この過小評価は、/140/100/ を超えるとなくなり、/160/80/ と /180/60/ では、また過大評価が生じている。

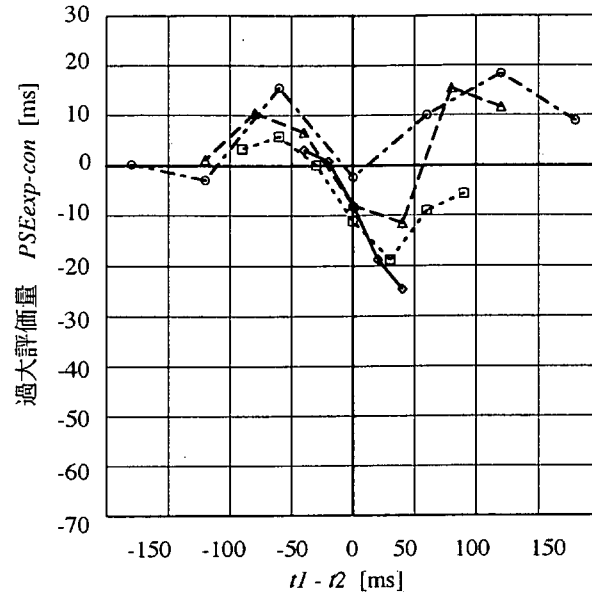
全体の長さが 360 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 7 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、どちらの課題においても有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(1, 15) = 6.502, p < .022$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(1, 15) = 8.702, p < .010$ ]。また、"実験条件 vs. 対照条件" と " $S$  の長さ" との交互作用も、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(6, 90) = 3.755, p < .002$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(6, 90) = 5.945, p < .001$ ]。分散分析の結果は、両方の課題で、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が  $S$  の長さに依存して変化していることを示している。しかし、変化の傾向は、全体の長さが短い条件で観察された傾向と若干異なっている [図 22 (d)]。/150/210/ では、 $t_1$  に過大評価が、 $t_2$  には過小評価がそれぞれ生じている。しかし、 $t_1$  が  $t_2$  よりもわずかに長い条件では、特徴的な  $t_1$  の過小評価や  $t_2$  の過大評価は生じていなかった。また、 $t_1$  と  $t_2$  との差が大きくなると、/240/120/ と /270/90/ で  $t_1$  に過大評価が、/240/120/ で  $t_2$  に過小評価が生じている。

実験の結果を全体の長さごとに分析すると、 $t_2$ だけでなく $t_1$ にも過大評価や過小評価が生じていることが分かった。次に、 $t_1$ や $t_2$ に生じた過大評価や過小評価に、全体の長さ間で共通した傾向があるのかを確かめるために、横軸に $t_1 - t_2$ をとって $PSE_{exp-con}$ をグラフに示した(図 23)。図 23 を見ると、全体の長さにかかわらず、 $t_1$ が $t_2$ よりもわずかに短い場合には、 $t_1$ に過大評価が、 $t_2$ に過小評価が、それぞれ生じている。逆に、 $t_1$ が $t_2$ よりもわずかに長い場合には、全体の長さが 360 ms の条件を除いて、 $t_1$ に過小評価が、 $t_2$ に過大評価が、それぞれ生じている。つまり、 $t_1$ と $t_2$ との差が小さい場合には、 $PSE$ がお互いに近づく方向に変化しており、“双方向の同化”が生じている。また、 $t_1 - t_2$ が -80 ms から 40 ms の範囲を超えると、全体の長さにかかわらず、双方向の同化の影響がなくなっている。よって、双方向の同化は、 $t_1 - t_2$ に依存して生じると考えられる。

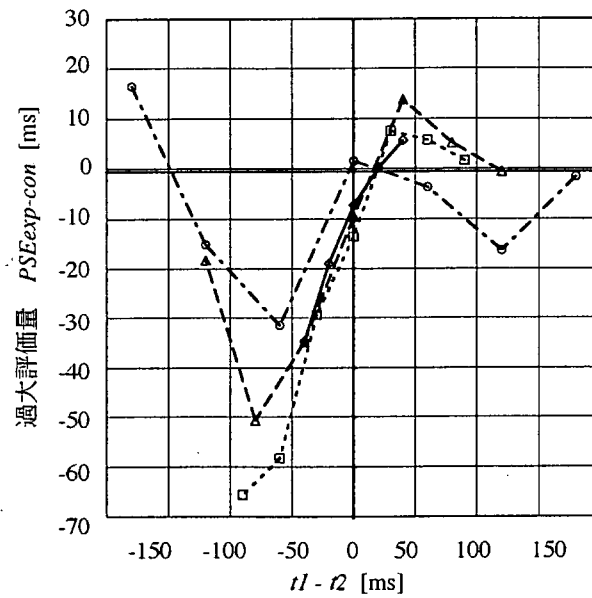
分散分析の結果は、すべての条件で“実験条件 vs. 対照条件”と“ $S$ の長さ”との交互作用が有意となっており、 $PSE_{exp}$ と $PSE_{con}$ との差が、 $S$ の長さに依存して変化していることを示していた。しかし、分散分析の結果のみでは、どの時間条件で有意な過大評価や過小評価が生じているのかを示すことは難しい。このような場合、下位検定を行うことで、有意差の生じる条件を絞り込むのが一般的であるが、本実験の結果では交互作用が有意となっているために下位検定を行うことは出来ない。そこで、時間条件ごとに各実験参加者の $PSE_{exp}$ の平均値と $PSE_{con}$ の平均値とを計算し、その 16 個のペアを用いて対応のある  $t$  検定を便宜的に行った。 $t$  検定を用いて $PSE_{exp}$ と $PSE_{con}$ との差を検定する方法は、同じような刺激パターンを用いた先行研究で多く用いられており、それらの結果と比較するためにも有用である。 $t$  検定の結果は、表 5 にアスタリスク(\*)を用いて示した。 $t$  検定の結果からも、 $t_2$ だけでなく、 $t_1$ にも有意な過大評価や過小評価が生じていることが分かった。/40/80/, /60/120/, /80/160/, /150/210/ では、 $t_1$ に有意な過大評価が、 $t_2$ に有意な過小評価が生じていた。また、/80/40/, /105/75/, /140/100/ では、 $t_1$ に有意な過小評価が、 $t_2$ に有意な過大評価が生じていた。これらの条件では、双方向の同化が有意に生じているといえる。よって、先行研究と同様の検定方法を用いた場合でも、双方向の同化が生じることを示すことが出来た。

本実験から、二つの時間間隔を隣接させることで、お互いの時間間隔の長さに同化が生じることが分かった。さらに、実験の結果は、この他にも検討すべきいくつかの現象も示している。まず、全体の長さが 360 ms の条件では、 $t_1$ が $t_2$ よりも長い場合に、有意な双方向の同化が生じていない。本実験では、 $t_1$ の物理的な長さ $t_2$ の物理的な長さを制御する際に、全体の長さを固定し、それをいくつかの整数比で分割した。これは、第 2

(a)  $t_1$  判断課題



(b)  $t_2$  判断課題



—◇—  $t_1 + t_2 = 120$  [ms]    ···□···  $t_1 + t_2 = 240$  [ms]  
—△—  $t_1 + t_2 = 180$  [ms]    —○—  $t_1 + t_2 = 360$  [ms]

図 23 実験 5 で得られた過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) のグラフ。横軸に  $t_1 - t_2$  を、縦軸に  $PSE_{exp-con}$  をとって、図示した。(a) は、 $t_1$  判断課題の結果を、(b) は、 $t_2$  判断課題の結果をそれぞれ表している。また、菱形が 120 ms の結果を、四角が 180 ms の結果を、三角が 240 ms の結果を、ばつが 360 ms の結果をそれぞれ表している。

章で行った比率判断の実験で用いた時間条件と同じ条件を用いることで、比率判断の実験結果と本実験の結果とを直接比較することができるよう考慮したためである。しかし、このような時間条件を用いたために、全体の長さによって隣接する二つの時間間隔の差が異なる幅で変化している。360 ms の条件では、隣接する二つの時間間隔の差が 60 ms の幅で段階的に変化しており、 $t_1$  が  $t_2$  よりも長い条件において、同化が生じている範囲 ( $t_1 - t_2 \leq 40$  ms) を満たすような時間条件が含まれていない。同化が、隣接する二つの時間間隔の差にのみ依存して生じることを示すためには、全体の長さが長い条件でも、同化の生じる範囲内の時間条件であれば、双方向の同化が生じることを確かめる必要がある。そこで、次の実験 6 では、全体の長さにかかわらず、隣接する二つの時間間隔の差の変化幅を 20 ms に固定し、本実験と同様の方法で、 $t_1$  の *PSE* と  $t_2$  の *PSE* とを測定した。

次に、/240/120/ で、 $t_1$  に有意な過大評価が、 $t_2$  に有意な過小評価が、それぞれ生じている点に注目したい。この条件では、 $t_1$  の *PSE* と  $t_2$  の *PSE* とが、互いに遠ざかる方向に変化しており、双方向の対比が生じていると考えられる。また、/90/270/ では、 $t_2$  においてのみであるが、有意な過大評価が生じている。これも、 $t_2$  に対比が生じることを示している。本実験では、二つの時間間隔に同化が生じるであろう時間条件に注目していたため、 $t_1$  の物理的な長さ と  $t_2$  の物理的な長さとの差が、大きく異なる時間条件を用いていない。結果をみると、隣接する二つの時間間隔の差がより大きい条件で対比が生じる可能性が示された。そこで、隣接する二つの時間間隔に対比が生じるかどうかについては、 $t_1$  と  $t_2$  との差をより広範囲に設定した時間条件を用いて実験 7 で確かめた。

もう一つ、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さが等しい時間条件で興味深い結果が得られた。このような条件では、二つの時間間隔の物理的な長さは全く同じであり、二つの時間間隔に同化や対比が生じるとは考えられない。しかし、実験の結果をみると、 $t_1$  と  $t_2$  とが、どちらも過小評価されていた。 $t$  検定の結果も、/60/60/, /90/90/, /120/120/ で、両方の時間間隔に有意な過小評価が生じたことを示している。この結果は、同化の生じるメカニズムを考えるための、重要な手がかりの一つである。この点については、他の実験の結果と合わせて後で詳しく考察する。

### 3.3 実験 6: 双方向の同化が生じる範囲について

#### 3.3.1 目的

実験 5 の結果から、隣接する二つの時間間隔に双方向の同化が生じていることが統計的にも示された。双方向の同化は、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さの差が  $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の範囲で生じると考えられる。しかし、全体の長さが 360 ms の条件では、 $t_1$  が  $t_2$  よりも長い条件において同化が生じていなかった。もし、双方向の同化の生じる時間条件が、二つの時間間隔の差によってのみ規定されるならば、全体の長さが長い条件でも  $t_1$  と  $t_2$  との関係が  $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] を満たす時間条件で同化が生じるはずである。そこで、本実験では、全体の長さが長い条件でも短い条件と同様に双方向の同化が生じるかどうかを確かめるために、全体の長さにかかわらず、隣接する二つの時間間隔の差の変化幅を 20 ms に固定した時間条件を用いて、 $t_1$  の PSE と  $t_2$  の PSE とを測定した。

#### 3.3.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、正常な聴力を持つ 22 歳から 27 歳までの九州芸術工科大学の男子学生 9 名であった。8 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 区切り音および刺激パターンは、実験 5 と同じである (図 19)。全体の時間間隔 ( $t_1 + t_2$ ) には、180, 360 ms の 2 種類を用意した。 $t_1 + t_2 = 180$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、30 ms から 150 ms まで 10 ms の幅で段階的に変化させ、13 種類の時間条件を、 $t_1 + t_2 = 360$  [ms] の条件では、 $t_1$  を、120 ms から 240 ms まで 10 ms の幅で段階的に変化させ、13 種類の時間条件を用意した。どちらの条件でも、 $t_1$  と  $t_2$  との差は、20 ms の幅で変化することになる。よって、すべての時間条件は、26 条件となった。この刺激パターンを、実験条件と呼ぶ。さらに、22 種類の対照条件を用意した。対照条件の時間条件は、実験条件の  $t_1$  および  $t_2$  で用いるすべての時間間隔と同じ長さを用意した。よって、全部で、48 種類 (実験条件 26 + 対照条件 22) の刺激パターンを用いた。

■方法 実験参加者には、呈示された刺激パターンの標準時間  $S$  の長さ、比較時間  $C$  の長さ、同じ長さを感じられるように  $C$  の長さを調整するよう教示した。調整方法

は、実験 5 と同様である。

すべての条件で上昇系列と下降系列を測定したため、全試行数は 96 試行であった。これを 1 ブロックとする。この 1 ブロックを 8 つのセッションにわけ、実験参加者は、1 日に 4 セッション分の試行を行った。セッションの間には、十分な休憩を設けた。また、各セッションの最初に 2 試行のウォーミングアップ試行を行った。最初の一日は、実験に慣れるための練習試行とし、得られたデータは分析に用いない。そのため、1 ブロック分のデータを測定するのに 3 日を要した。実験参加者 9 名の内の 5 名は、まず  $t_1$  判断課題を行い、その後に  $t_2$  判断課題を行った。残りの 4 名は、逆に、まず  $t_2$  判断課題を行い、その後に  $t_1$  判断課題を行った。よって、実験参加者には、合わせて 6 日間の実験に参加してもらったことになる。なお、実験時間は、セッション間の休憩時間も合わせると、実験参加者一人につき全部で 15 時間程度かかった。

■実験環境 実験は、実験 5 と同じ実験ブース内で行った。刺激は、コンピュータ (Dell Dimension L800R) で合成し、サウンドカードのデジタル出力から出力された (サンプリング周波数 44.1 kHz)。出力された信号は、D/A コンバータ (TEAC DA30MK-II) でアナログ変換され、アクティブフィルタ (NF DV-04, カットオフ周波数 8.3 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) から実験参加者の片耳に呈示した。実験参加者のうち 5 名は、 $t_1$  を測定する場合には、右耳に、 $t_2$  を測定する場合は、左耳に、刺激を呈示した。残りの 4 名は、呈示する耳を入れ替えた。呈示耳による結果への影響は観察されなかったために、考察では、呈示耳の要因については話題としない。刺激の音圧レベルは、実験 5 と同じになるように校正した。

### 3.3.3 結果と考察

実験から、各時間条件ごとに 18 個ずつの  $PSE$  が得られた。この 18 個の  $PSE$  の平均値を時間条件ごとに計算し、その値を各条件における代表値とした (表 6)。実験 5 と同様に、実験条件から得られた  $PSE$  を、 $PSE_{exp}$ 、対照条件から得られた  $PSE$  を、 $PSE_{con}$  と呼ぶ。また、過大評価量として、 $PSE_{exp}$  の平均値と  $PSE_{con}$  の平均値との差 ( $PSE_{exp-con}$ ) も計算した。過大評価量が負の値になると、過小評価が生じたことを表している。また、それぞれの時間条件において 9 名の実験参加者ごとの  $PSE$  を平均し、その 9 つの平均値を用いて対応のある分散分析を行った。まずは、全体の長さごとに結果を分析する。

全体の長さが 180 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対



表6 実験6で得られたPSEの平均値。一番左の列は、刺激パターンの時間条件を表す。次の4列で、t1判断課題の結果を示し、続けて同様の形式でt2判断課題の結果を示している。左から、標準時間の物理的な長さ(S)、対照条件から得られたPSEの平均値( $PSE_{con}$ )、実験条件から得られたPSEの平均値( $PSE_{exp}$ )、過大評価量( $PSE_{exp-con}$ )を示している。 $PSE_{exp-con}$ が正の数の場合は、Sが過大評価されていることを示しており、逆に、 $PSE_{exp-con}$ が負の数の場合は、Sが過小評価されていることを示している。 $PSE_{exp-con}$ の右肩に示したアスタリスクは、 $PSE_{exp}$ と $PSE_{con}$ との間で、対応のあるt検定を行った結果、有意差があった条件を示している。\*は、有意水準5%で有意差があったことを、\*\*は、有意水準1%で有意差があったことを示している。

時間条件 /t1/t2/	t1 判断課題				t2 判断課題			
	S	$PSE_{con}$	$PSE_{exp}$	$PSE_{exp-con}$	S	$PSE_{con}$	$PSE_{exp}$	$PSE_{exp-con}$
/30/150/	30	33.2	34.8	2.25	150	162.7	135.5	-12.81
/40/140/	40	38.6	51.3	7.75**	140	152.8	120.2	-33.06*
/50/130/	50	55.9	60	3.44	130	138.9	89.3	-44.13**
/60/120/	60	62.3	67.7	3.69	120	122.8	87.7	-36.69**
/70/110/	70	70.7	72.8	1.5	110	112.1	79.8	-30.81**
/80/100/	80	88.2	79.9	-7.69	100	105.9	85.6	-25.38**
/90/90/	90	95.5	83.8	-13.94*	90	98.1	82.9	-13.88**
/100/80/	100	99.9	87.6	-14.44**	80	85.6	80.7	-5
/110/70/	110	123.7	101.1	-15.69	70	77.1	73.6	-1.88
/120/60/	120	129.2	103.2	-20.19*	60	61.9	70.6	9.75*
/130/50/	130	138.1	115.7	-22.75*	50	53.1	56.7	3.44
/140/40/	140	150.2	135.1	-14.06	40	40.5	40.5	-0.38
/150/30/	150	160.2	158.6	-3.06	30	30.4	29.6	-0.81
/120/240/	120	129.2	120.6	-1.88	240	252.1	281.8	19.5
/130/230/	130	138.1	126.6	-8.06	230	242.2	239.9	-9.88
/140/220/	140	150.2	155.6	6.25	220	236.2	226.1	-8
/150/210/	150	160.2	162.9	4.19	210	227.9	180.8	-41.94**
/160/200/	160	169.7	162.8	-6.75	200	217.3	184.1	-34.06**
/170/190/	170	182.8	184.8	-2.5	190	205.3	194.7	-15.25*
/180/180/	180	186.5	183.6	-3.63	180	188.9	186.7	-2.13
/190/170/	190	209.8	193.4	-14.56*	170	179.7	190.2	7.44
/200/160/	200	211.4	212.3	-1.5	160	173	181.1	11.88
/210/150/	210	220.5	228	6.88	150	162.7	165	-5.25
/220/140/	220	234.5	255.5	25.75**	140	152.8	165.7	-5.81
/230/130/	230	250.7	271.1	20.31	130	138.9	123.2	-16.56*
/240/120/	240	254	283.3	30*	120	122.8	115.5	-8.88

単位は、[ms]。

照条件) x 13 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、 $t_2$  判断課題においてのみ有意であった [ $F(1, 8) = 15.780, p < .004$ ]。"S の長さ" の主効果は、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(12, 96) = 140.847, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(12, 96) = 71.310, p < .001$ ]。S の長さが長くなると得られる  $PSE$  も長くなるため、"S の長さ" の主効果が有意になるのは当然のことである。よって、今後の考察では、"S の長さ" の主効果についての結果は省略する。"実験条件 vs. 対照条件" と "S の長さ" との交互作用は、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(12, 96) = 3.074, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(12, 96) = 5.304, p < .001$ ]。これは、両方の課題で、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が、 $S$  の長さに依存して変化していることを示している。 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  とが、 $S$  の長さに依存してどのように変化しているのかを示すために、全体の長さごとに、横軸に時間条件をとって  $PSE$  をグラフに示した (図 24)。図 24 (a) を見ると、実験 5 の全体の長さが等しい条件での結果 [図 21 (b)] とほぼ同じ傾向が見て取れる。 $t_1$  は、/40/140/ から /60/120/ までの範囲で、過大評価されている。この過大評価は、/70/110/ を超えると、過小評価に転じ、/150/30/ でこの過小評価はなくなっている。一方、 $t_2$  は、/30/150/ から /90/90/ までの範囲で過小評価されており、/120/60/ と /130/50/ で過大評価に転じている。この過大評価は、/140/40/ を超えるとなくなっている。

全体の長さが 360 ms の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 13 ( $S$  の長さ)] を  $t_1$  判断課題と  $t_2$  判断課題とで行った。"実験条件 vs. 対照条件" の主効果は、どちらの課題でも有意ではなかった。"実験条件 vs. 対照条件" と "S の長さ" との交互作用は、両方の課題において有意であった [ $t_1$  判断課題,  $F(12, 96) = 3.500, p < .001$ ;  $t_2$  判断課題,  $F(12, 96) = 4.012, p < .001$ ]。これは、両方の課題で、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差が、 $S$  の長さに依存して変化していることを示している。図 24 (b) を見ると、 $t_1$  は、/120/240/、/130/230/、/170/190/、/190/170/ で過小評価されている。また、/210/150/ を超えると過大評価が生じている。 $t_2$  は、/120/240/ で過大評価され、/130/230/ を超えると過小評価されている。この過小評価は、/180/180/ を超えたところで過大評価に転じ、/230/130/ と /240/120/ では、再び過小評価が生じている。

実験の結果を全体の長さごとに分析した結果、実験 5 と同じように、 $t_2$  だけでなく  $t_1$  にも過大評価や過小評価が系統的に生じていることが分かった。これらの過大評価や過小評価によって生じた過大評価量と刺激パターンの時間条件の変化との関係を確認するために、横軸に  $t_1 - t_2$  をとって、過大評価量を図示した (図 25)。

全体の長さが 180 ms の結果を見ると [図 25 (a)]、 $t_1$  の過大評価量は、 $t_1 - t_2 = -100$

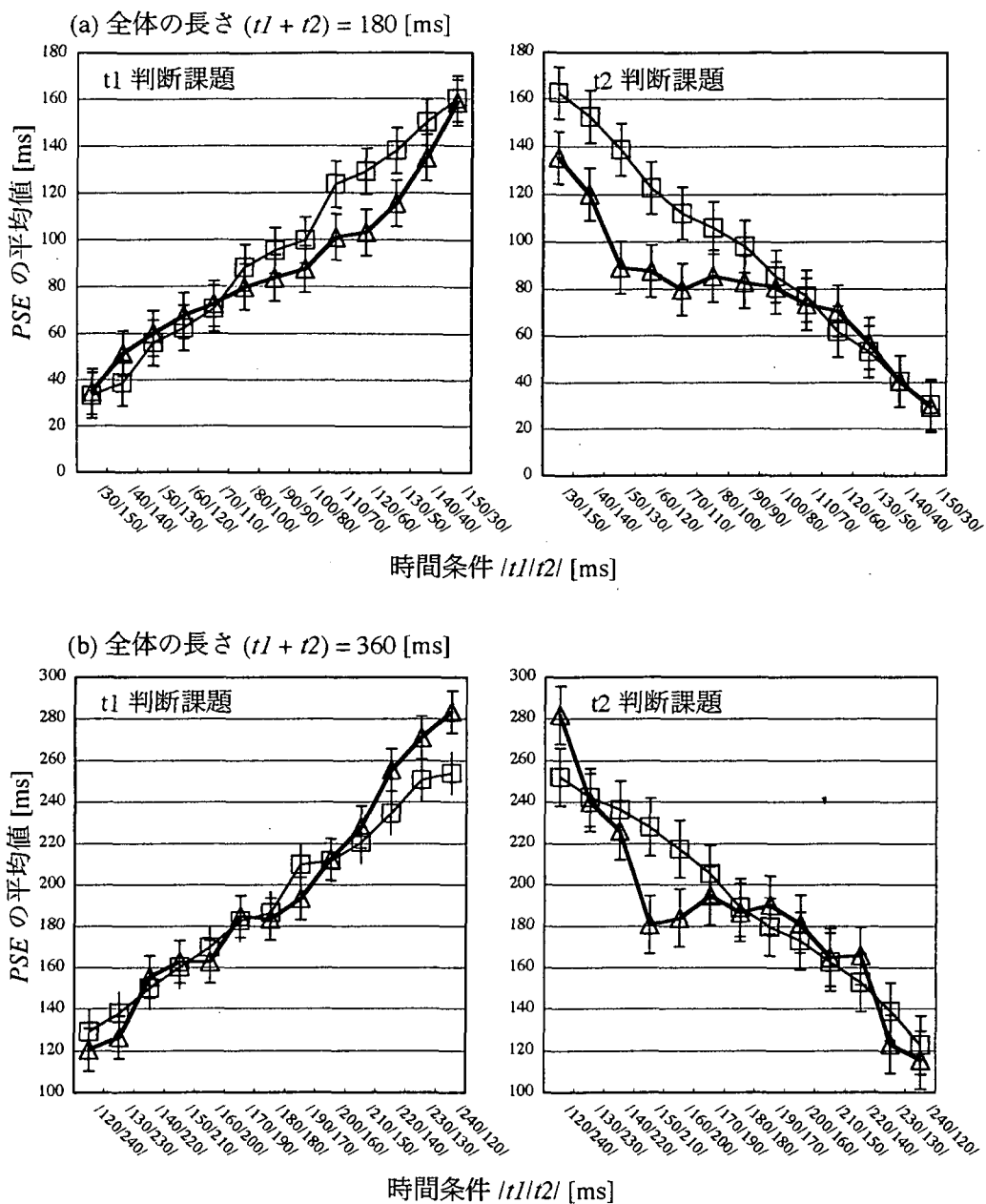


図 24 実験 6 で得られた  $PSE_{con}$  (四角形) と  $PSE_{exp}$  (三角形) の平均値。横軸が時間条件を、縦軸が PSE の平均値をそれぞれ表している。左側のグラフに t1 判断課題の結果を、右側のグラフに t2 判断課題の結果をそれぞれ示している。(a) は、全体の長さが 180 ms での結果を、(b) は、全体の長さが 360 ms での結果を表している。分散分析の結果から得られた交互作用における誤差の平方平均をもとにして有意確率 5% の信頼区間を算出し、エラーバーとして付加した (Loftus & Masson, 1994)。

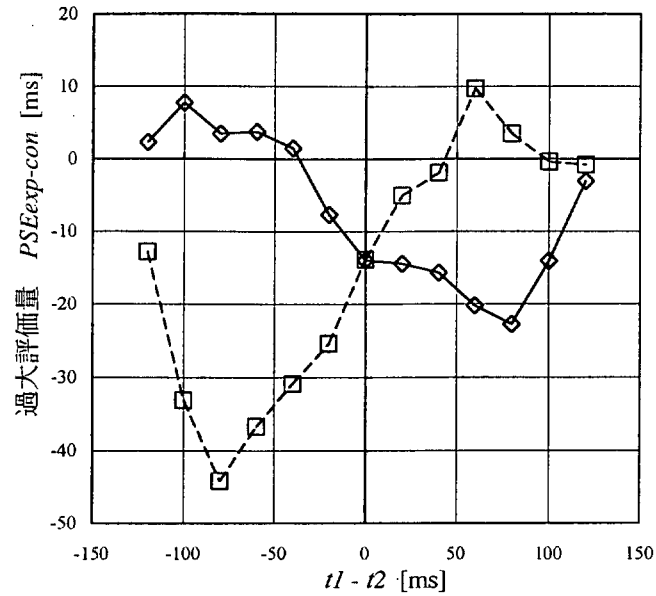
[ms] で最大となり、 $t_1 - t_2 = 80$  [ms] まで、 $t_1 - t_2$  が増加するに従って単調に減少している。途中、 $t_1 - t_2 = -40$  [ms] を超えると、過大評価量が負の値になっており、過大評価から過小評価に転じている。 $t_1 - t_2 = 100$  [ms] を超えると、急激に過小評価が減じている。 $t_2$  の過大評価量は、 $t_1 - t_2 = -80$  [ms] で最小となり、 $t_1 - t_2 = 60$  [ms] まで、 $t_2$  の物理的な長さが減少するに従って、単調に増加している。途中、 $t_1 - t_2 = 40$  [ms] を超えたところで、過大評価量が正の値になっており、過小評価から過大評価に転じている。 $t_1 - t_2 = 60$  [ms] を超えると、急激に過大評価量が 0 に近づいている。

全体の長さが 360 ms の結果を見ると [図 25 (b)]、 $t_1$  の過大評価量のピークが、 $t_1 - t_2 = -80$  [ms] に見られる。 $t_1 - t_2$  が増加するに従って、過大評価量は  $t_1 - t_2 = 20$  [ms] までほぼ単調に減少し、 $t_1 - t_2 = 20$  [ms] を超えると、急激に増加している。 $t_1 - t_2 = 40$  [ms] を超えたところで、過大評価量が負の数から正の数になっており、再び過大評価が生じている。 $t_2$  の過大評価量は、 $t_1 - t_2 = -60$  [ms] で最小となっている。 $t_1 - t_2 = -60$  [ms] から  $t_1 - t_2 = 40$  [ms] までは、過大評価量が単調に増加しており、 $t_1 - t_2 = 40$  [ms] を超えると、急激に減少し、過小評価に転じている。

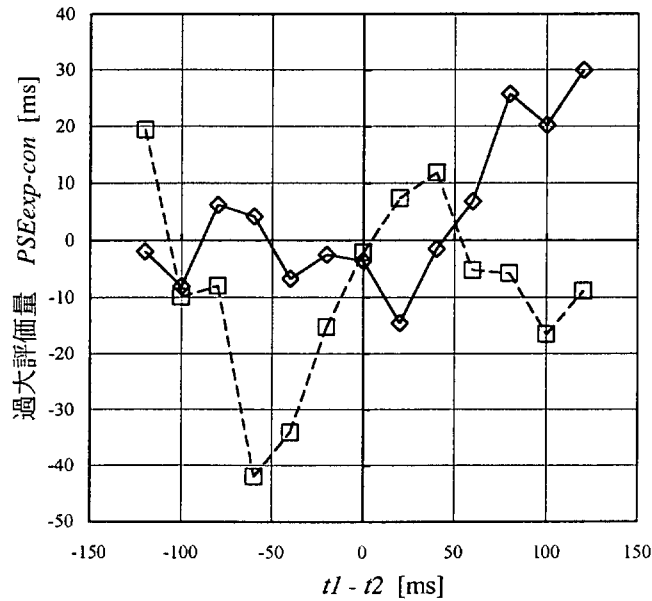
実験 6 でも、すべての全体の長さで "実験条件 vs. 対照条件" と "S の長さ" との交互作用が有意となっていた。そのため、どの時間条件で  $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との間に有意な差があるのかを下位検定で検定することが難しい。そこで、実験 5 のときと同様に、9 名の実験参加者それぞれから得られた 9 つの平均値を用いて、時間条件ごとに  $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との間で対応のある  $t$  検定を行った。 $t$  検定の結果を見ると (表 6)、全体の長さが 180 ms の条件では、 $t_1$  に、/40/140/ で有意な過大評価が生じており、/90/90/, /100/80/, /120/60/, /130/50/ で有意な過小評価が生じていた。また  $t_2$  には、/40/140/, /50/130/, /60/120/, /70/110/, /80/100/, /90/90/ で有意な過小評価が、/120/60/ で有意な過大評価が生じていた。全体の長さが 360 ms の条件では、 $t_1$  に、/190/170/ で有意な過小評価が、/220/140/, /240/120/ で有意な過大評価が生じていた。また  $t_2$  には、/150/210/, /160/200/, /170/190/, /230/130/ で有意な過小評価が生じているが、有意な過大評価は生じていなかった。

$t$  検定の結果から、/40/140/ と /120/60/ で、 $t_1$  の  $PSE$  と  $t_2$  の  $PSE$  とが、近づく方向に有意な過小評価や過大評価が生じており、双方向の同化が生じていた。実験 5 に比べると統計的に有意な双方向の同化が生じる時間条件が少ない。これは、実験 5 と比べて、実験 6 で測定したデータの数が多かったためであると考えられる。双方向の同化による錯覚量は、最大でも 26 ms 程度と小さく、統計的な有意差が現れにくい現象である。このことが、先行研究において、双方向の同化が生じる傾向は見られたが、その存在を明確に示す

(a)  $t_1 + t_2 = 180$  [ms]



(b)  $t_1 + t_2 = 360$  [ms]



◇ t1 判断課題      □ t2 判断課題

図 25 実験 6 で得られた過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) のグラフ。横軸に  $t_1 - t_2$  を、縦軸に  $PSE_{exp-con}$  をとって結果を図示した。図中の実線で結んだ結果は、t1 判断課題で得られた値を、点線で結んだ結果は、t2 判断課題で得られた値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] の結果をそれぞれ示している。

ことが出来なかった理由であると考えられる。本研究では、実験5において、双方向の同化が確かに生じることを統計的にも示すために多くの実験参加者からデータを集める大規模な実験を行った。その結果、双方向の同化が生じるのが統計的にも明らかとなっている。よって、 $t$ 検定による有意差こそあまり現れていないが、データの傾向や分散分析の結果をもとに、実験6でも双方向の同化が生じたといえよう。

$t_1 + t_2 = 360$  [ms] かつ  $t_1 > t_2$  を満たす条件では、/200/160/ で双方向の同化が生じる傾向は見取れるが [図 25 (b)]、 $t_1$  の過小評価と  $t_2$  の過大評価は有意でなかった。実験5では、このような条件で双方向の同化が生じなかった原因を、同化の生じる時間条件が含まれていなかったためであると考察した。つまり、全体の時間間隔が長くなっても、双方向の同化の生じ方は変化しないと考えた。しかし、実験6の結果を見ると、全体の時間間隔を長くすることによって、双方向の同化による効果量に変化が生じる可能性がある。これは、個々の時間間隔の長さによって、二つの時間間隔の差を検知しうる弁別閾が変化することに関係しているのかもしれない。

時間間隔の弁別閾は、対象となる時間間隔によって変化することが分かっている。時間間隔の Weber 比は、時間間隔の増加とともに 200 ms 前後までは急激に減少し、その後はほぼ一定の値となる。時間間隔が 2000 ms 前後を超えると、今度は、Weber 比が増加する傾向がある (例えば、Woodrow, 1930; Getty, 1975; 寺西, 1984)。つまり、200 ms と 2000 ms とを境にして時間間隔の長さに対する内的過程が変化していると考えられている。今回の実験で双方向の同化が生じた条件での時間間隔は、ほとんどが 200 ms 以下の短い長さで構成されている。一方、全体の長さが 360 ms の場合には、双方向の同化が生じると思われる条件での時間間隔が、180 ms 前後であり、内的過程の転換点付近の時間間隔で構成されている。よって、全体の長さが 360 ms の条件では、時間間隔の長さを弁別する内的過程が、それよりも短い条件と異なっているために、双方向の同化の効果が小さく、もしくは、なくなっているのではないかと考えられる。隣接する二つの時間間隔に生じる同化の一種である時間縮小錯覚でも、 $t_1 > 200$  [ms] となる条件では、その影響が小さくなることが分かっており、時間間隔の物理的な長さが 200 ms 付近に知覚の転換点が存在する可能性は高い。これは、時間間隔の長さを研究する上で重要な研究課題の一つである。しかし、本研究の目的は、双方向の同化が生じる時間条件について詳しく調べることである。このような時間間隔の物理的な長さによる内的過程の変化については、後の研究課題とし、ここでは、 $t_1$ 、もしくは  $t_2$  の物理的な長さが長くなると、双方向の同化の影響が小さくなることを示すに留める。

もう一つの注目すべき結果は、実験5の結果と同様に、 $t_1$ と $t_2$ との差が大きくなったときに、お互いのPSEの差が物理的な時間間隔の差よりも大きな方向に変化する対比の効果が現れている点である。実験5よりも実験参加者の少ない実験6においても、対比の効果がはっきりと現れたことは、対比が安定して生じる知覚現象であることを示している。

Nakajima et al. (2004) は、 $t_1$ を一定の長さに固定し、 $t_2$ の長さを体系的に変化させて、 $t_2$ のPSEを測定する実験を行った。その結果、 $t_1$ と $t_2$ との物理的な長さの差が、0 ms から 100 ms の範囲にあるときは、 $t_2$ に過小評価が生じているが、 $t_2$ が $t_1$ よりも160 ms以上長くなると、 $t_2$ が有意に過大評価されることを報告した。これは、 $t_1 - t_2 < -160$  [ms]を満たす時間条件では、 $t_2$ に対比が生じていることを示している。本研究では、さらに、 $t_2$ だけでなく、 $t_1$ にも対比が生じる可能性を示すことが出来た。しかし、 $t_1$ についての定量的なデータは、 $t_2$ に比べ非常に少ない。特に、隣接する二つの時間間隔の差が大きい場合に $t_1$ のPSEを測定した実験はほとんど行われていない。そこで、実験7では、 $t_1$ の長さを広範囲にわたって体系的に変化させた時間条件を用いて $t_1$ のPSEを測定し、 $t_1$ にも対比が生じることを確かめた。

### 3.4 実験7: $t_1$ に生じる対比について

#### 3.4.1 目的

実験5と実験6の結果から、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さが、大きく異なっている条件で対比が生じる可能性が示された。しかし、実験5や実験6では、 $t_1$ と $t_2$ との差が、最大でも180 msと小さく、同化から対比へと知覚が転換する時間条件をはっきりと示すことができなかった。Nakajima et al. (2004) は、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さを体系的に幅広く変化させた時間条件を用いて $t_2$ のPSEを定量的に測定する実験を行い、 $t_2$ が $t_1$ よりも、160 ms以上長くなると $t_2$ に対比が生じることを示している。しかし、彼らの研究では、 $t_2$ に著しい過小評価が生じるメカニズムを大まかにモデルとして示すことを目的としており、 $t_2$ の時間間隔についてのみ詳しく調べている。そこで、実験7では、蓄積された定量的なデータが乏しい $t_1$ の時間間隔に注目した。そして、実験5や実験6で用いた時間条件よりも広い範囲で時間間隔を系統的に変化させた時間条件を用いて $t_1$ のPSEを測定する実験を行い、 $t_1$ にも対比が生じることを確かめた。

### 3.4.2 実験方法

■実験参加者 実験参加者は、正常な聴力を持つ 22 歳から 23 歳までの九州芸術工科大学の男子学生 4 名であった。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。

■刺激パターン 刺激パターンと区切り音は、実験 5 および実験 6 と同じものを用いた (図 19)。実験 7 では、 $t_2$  を 80, 120, 160 ms の 3 種類に固定し、それぞれについて  $t_1$  を 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 240, 280 ms の 11 種類に変化させた時間条件を用意した。よって、すべての実験条件は、33 条件となった。さらに、 $t_1$  のみで構成される 11 種類の対照条件を用意した。

■方法 実験で行った試行は、実験条件が 33 条件、対照条件が 11 条件、さらに、すべての条件で上昇系列と下降系列とを測定したので、全部で 88 試行である [44 (実験条件 + 対照条件) × 2 (上昇・下降系列)]。これを 1 ブロックとし、実験参加者には、2 ブロック分の実験を行ってもらった。実験では、それぞれのブロックを、8 つのセッションに分け、一日に 4 セッションずつ実験を行った。各セッションの始めには、2 試行のウォーミングアップ試行を行った。実験参加者には、5 日間かけて実験に参加してもらった。一日目は、練習試行とし、データを分析に用いない。1 セッションを行うのに要した時間は、約 30 分であった。よって、実験参加者一人につき、全部で 14 時間前後かけて実験を行った。

実験 7 では、すべての試行で、 $t_1$  を標準時間  $S$  とした。つまり、 $t_1$  判断課題のみを行った。実験参加者には、 $S$  の長さ  $C$  の長さ  $C$  が、同じ長さ  $C$  に感じられるように  $C$  の長さを調整することを求めた。調整方法は、実験 5 および実験 6 と同様とした。また、実験環境は、実験 6 と全く同じ状況で行った。

### 3.4.3 結果と考察

実験から、時間条件ごとに 16 個ずつのデータが得られた。この 16 個のデータから平均値を計算し、その値を各時間条件における  $PSE$  の代表値として分析に用いた (表 7)。また、実験条件の  $PSE_{exp}$  と対照条件の  $PSE_{con}$  との差をみるために、過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) を求めた。4 名の実験参加者ごとに各時間条件での  $PSE$  の平均値を求め、その値をもとにして  $t_2$  の長さごとに分散分析を行った。まずは、 $t_2$  の長さごとに結果を分析する。

$t_2 = 80$  [ms] の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対



表7 実験7で得られた  $PSE_{con}$ 、 $PSE_{exp}$  および  $PSE_{exp-con}$  の平均値。 $PSE_{exp-con}$  の右肩に示したアスタリスクは、 $PSE_{con}$  と  $PSE_{exp}$  との間で、対応のある  $t$  検定を行った結果を示している。\*は、有意水準5%で有意差のあったことを、\*\*は、有意水準1%で有意差があったことをそれぞれ表している。

$t_1$	$t_2 = 80$			$t_2 = 120$		$t_2 = 160$	
	$PSE_{con}$	$PSE_{exp}$	$PSE_{exp-con}$	$PSF_{exp}$	$PSF_{exp-con}$	$PSF_{exp}$	$PSF_{exp-con}$
40	38.1	41.3	3.2	39.8	1.8	40.8	2.8
60	58.6	55.1	-3.5	63.2	4.6	58.9	0.4
80	80.8	70.3	-10.4**	85.2	4.4	80.6	-0.1
100	103.9	77.3	-26.6**	102.6	-1.3	112.9	9.1
120	124.6	118.4	-6.2	120.1	-4.5	131.5	6.9*
140	143.9	157.1	13.1	137.8	-6.2	151.2	7.3
160	165.3	185.0	19.8*	170.0	4.8	164.8	-0.5
180	191.4	213.7	22.3*	212.6	21.3*	183.4	-7.9
200	206.2	219.6	13.4	226.1	19.9**	217.2	11.0
240	254.9	269.6	14.7	270.5	15.6	266.0	11.1
280	288.7	314.0	25.3*	319.9	31.3*	308.8	20.1**

単位は、[ms]。

照条件) x 11 ( $S$  の長さ)] を行った。その結果、“ $S$  の長さ” の主効果が有意であった [ $F(10, 30) = 581.42, p < .001$ ]。  $S$  の長さが長くなると、当然、得られる  $PSE$  も長くなる。よって、“ $S$  の長さ” の主効果については、今後の考察では話題としない。“実験条件 vs. 対照条件” の主効果は有意ではなかった。しかし、“実験条件 vs. 対照条件” と “ $S$  の長さ” の交互作用は有意であった [ $F(10, 30) = 4.35, p < .001$ ]。これは、 $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との差 ( $PSE_{exp-con}$ ) が、 $S$  の長さに依存して変化していることを示している。そこで、 $S$  の長さによる過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) の変化の様子を観察するために、横軸に  $t_1 - t_2$  をとって  $PSE_{exp-con}$  をグラフに示した (図 26)。図 26 (a) を見ると、 $t_1$  の過大評価量が、 $t_1 - t_2$  に依存して変化していることが分かる。 $t_1 - t_2$  が -40 ms から 20 ms まで増加するに従って、過大評価量は単調減少している。これは、この範囲で  $t_1$  に同化が生じていることを表している。しかし、 $t_1 - t_2$  が 20 ms を超えると、過大評価量が急激に増加している。 $t_1 - t_2$  が 60 ms 以上になると過大評価量は正の数になっており、 $t_1$  に過大評価が生じている。つまり、 $t_1 - t_2 \geq 60$  [ms] の条件で  $t_1$  に対比が生じたといえる。このときの過大評価量は約 20 ms であり、これ以上  $t_1 - t_2$  が増加してもほとんど変化していない。

$t_2 = 120$  [ms] の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 11 ( $S$  の長さ)] を行った。“実験条件 vs. 対照条件” の主効果は有意ではなかつ

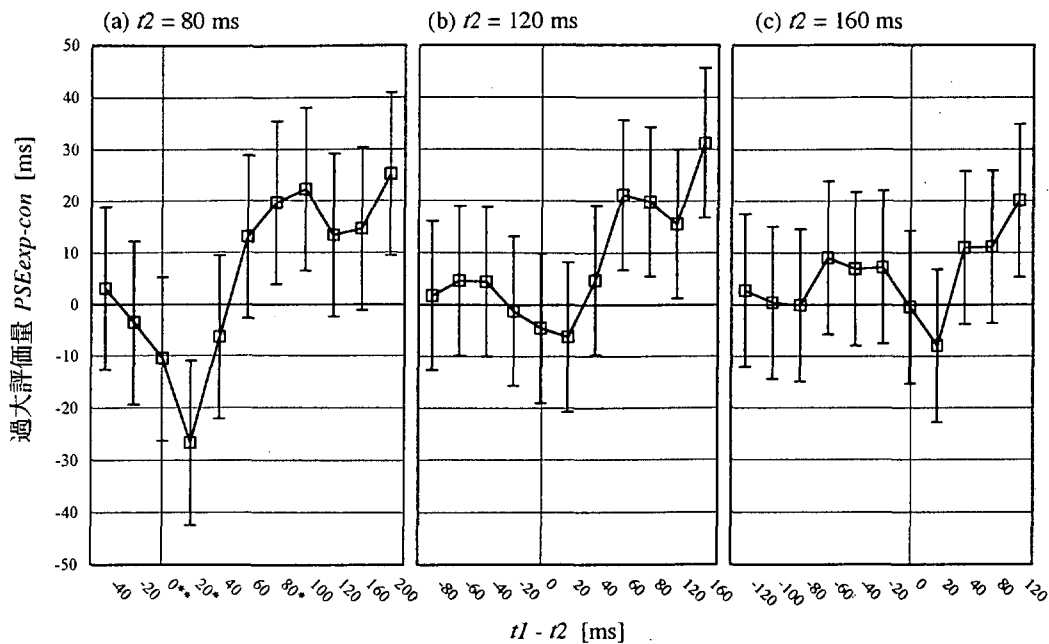


図 26 実験 7 で得られた過大評価量 ( $PSE_{exp-con}$ ) の平均値。横軸は、 $t_1$  と  $t_2$  の物理的な長さの差 ( $t_1 - t_2$ ) を表している。左のグラフから、 $t_2$  の長さが (a) 80 ms、(b) 120 ms、(c) 160 ms の結果をそれぞれ表している。また、それぞれの  $t_2$  の長さごとに、 $PSE_{exp-con}$  の値をもとにした一次元の分散分析を行い、その結果の平方誤差から 5% の信頼区間を求めてエラーバーとして示した (Loftus & Masson, 1994)。

た。しかし、“実験条件 vs. 対照条件” と “S の長さ” との間の交互作用は有意であった [ $F(10, 30) = 2.86, p < .012$ ]。これは、 $t_2 = 120$  [ms] の条件においても  $PSE_{exp-con}$  が S の長さに依存して変化していることを表している。図 26 (b) を見ると、 $t_2 = 80$  [ms] の条件と同じような特徴がみられる。 $-60 \leq t_1 - t_2 \leq 20$  [ms] の範囲では、過大評価量が単調に減少している。 $t_1 - t_2$  が 20 ms を超えると過大評価量が急激に増加し、 $t_1 - t_2 \geq 60$  [ms] で、20 ms 程度の過大評価が生じている。よって、この条件でも  $t_1$  に対比が生じているといえる。

$t_2 = 160$  [ms] の条件では、繰り返しのある 2 要因の分散分析 [2 (実験条件 vs. 対照条件) x 11 (S の長さ)] を行った。“実験条件 vs. 対照条件” の主効果は有意ではなかった。また、この条件では、“実験条件 vs. 対照条件” と “S の長さ” との間の交互作用も有意ではなかった。しかし、図 26 (c) を見ると、 $t_1 - t_2 = 80, 120$  [ms] の条件と同じような傾向がみられる。 $t_1 - t_2 \geq 40$  [ms] の条件を満たす場合にわずかだが過大評価が生じており、対

比が生じている可能性がある。ただし、統計的な検定では、対比の効果を示すにはいたらなかった。対比の影響は、対象となる時間間隔が長くなるに従って減じる可能性が示された。

実験7でも、交互作用が有意となっているために下位検定を行うことが出来ない。そこで、 $t_1$  に生じる過大評価や過小評価がどの時間条件で有意に生じているのかを便宜的に観察するために  $PSE_{exp}$  と  $PSE_{con}$  との間で対応のある  $t$  検定を行った(表7)。その結果、/160/80/, /180/80/, /280/80/, /180/120/, /200/120/, /280/120/, /280/160/ で  $t_1$  に有意な過大評価が生じていた ( $p < .05$ )。  $t_1 - t_2 \geq 60$  [ms] を満たす場合に対比が生じることを  $t$  検定の結果も支持している。

$t_1 - t_2$  が 60 ms を超えると、 $t_1$  に 20 ms 程度の有意な過大評価が生じており、 $t_1 - t_2 \geq 60$  [ms] を満たす時間条件で  $t_1$  に対比が確かに生じることを示すことができた。また、 $t_2$  が長くなるとこの効果は小さくなる傾向があった。対比が生じるかどうかは、 $t_1 - t_2$  のみでなく、隣接する時間間隔の物理的な長さにも影響を受けると考えられる。

## 3.5 第3章のまとめ

### 3.5.1 時間間隔の同化

隣接する二つの時間間隔それぞれの  $PSE$  を体系的に測定することで、 $t_1$  の  $PSE$  と  $t_2$  の  $PSE$  とがお互いに近づく双方向の同化が生じることが分かった。この双方向の同化は、 $t_1$  の物理的な長さ  $t_2$  の物理的な長さとの差が、 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の範囲にあるときに生じており、二つの時間間隔の物理的な長さの差に依存した現象であると考えられる。また、時間間隔が長くなると同化の影響は小さくなる。

本研究で対象とした隣接する二つの時間間隔を知覚する際には、時間縮小錯覚が生じることが分かっている。時間縮小錯覚の生じる時間条件では、 $t_2$  が、過小評価されることで  $t_1$  の長さに近づいており、この現象も時間間隔に生じる同化の一種であると解釈することが出来る。そのため、時間縮小錯覚と本研究で明らかになった双方向の同化とが混同されるかもしれない。しかし、双方向の同化と時間縮小錯覚とは異なる知覚的な処理によって生じる現象であるといえる。

この2つの現象の最も大きな相違点は、双方向の同化では、 $t_1$  にも同化が生じていることである。先行研究では、隣接する二つの時間間隔の知覚過程をおおまかにモデル化するために、著しい過小評価が生じた  $t_2$  に注目して研究が行われており、錯覚量の小さい

$t_1$  の知覚については、詳しく追求されていない。そのため、時間縮小錯覚のモデルのみでは、 $t_1$  に生じる過小評価や過大評価を説明することが出来ない。

また、時間縮小錯覚が生じる時間条件から外れた  $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の条件で、 $t_2$  にわずかではあるが過大評価が生じている。このような条件で  $t_2$  に過大評価が生じる傾向は、これまでの研究でも現れているが、その錯覚量は小さく、まずは  $-95 \leq t_1 - t_2 < 15$  [ms] の範囲で生じる著しい過小評価の傾向をモデル化することに力点が置かれていた。本研究では、 $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の時間条件において、 $t_1$  の  $PSE$  と  $t_2$  の  $PSE$  とを同様に測定し、 $t_1$  にも  $t_2$  に生じた過大評価と同程度の効果量を持つ過小評価が生じていることが分かった。この結果は、 $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の条件で、 $t_1$  と  $t_2$  とに同程度の影響を与える双方向の同化が生じることを示している。

しかし、双方向の同化と時間縮小錯覚とが、全く関連なく別々に生じているとは考えられない。双方向の同化が生じている時間条件と時間縮小錯覚の生じている時間条件とは、多くの部分で重なっている。また、時間縮小錯覚と同様に、隣接させる時間間隔の長さを長くすることによって、錯覚量が小さくなる傾向が見られる。

### 3.5.2 同化の生じる知覚メカニズム

双方向の同化と時間縮小錯覚との関連性を考察するために、隣接する二つの時間間隔の物理的な長さが等しい時間条件の結果に注目した。物理的な長さが等しい二つの時間間隔の間で同化や対比が生じるとは考えにくい。しかし、実験の結果では、 $t_1$  と  $t_2$  とがどちらも過小評価されていた。この現象はすべての実験で安定して現れており、定常的な現象であるといえる。この時間条件での結果を足掛りにして、隣接する二つの時間間隔の知覚メカニズムについて考察していく。

実験 5 における /90/90/ の結果を例にとって、刺激パターンに含まれる時間間隔の知覚過程について考えてみる。この条件で得られた  $t_1$  の  $PSE_{exp}$  と  $t_2$  の  $PSE_{exp}$  は、81.3 ms と 82.8 ms であった。90 ms の対照条件から得られた  $PSE_{con}$  は、92.4 ms であったので、どちらの時間間隔も過小評価されている。この時間条件の知覚過程を時系列に沿って考えると、まず、二つの音事象が呈示された時点で  $t_1$  の長さが知覚される。この時点では、 $t_1$  が単独で呈示された対照条件と全く同じ条件であり、 $t_1$  の  $PSE_{exp}$  は、 $PSE_{con}$  と大きく変わらないはずである。三つ目の音事象が呈示されると、 $t_2$  の長さが知覚される。このときに、 $t_2$  に過小評価が生じる。この  $t_2$  の過小評価については、Nakajima et al. (2004) によって、時間縮小錯覚のモデルを拡張することで説明できることが示されている (詳しくは、

第4章を参照)。また、 $t_2$ が知覚される際には、すでに $t_1$ の長さは知覚されており、 $t_1$ の長さが $t_2$ の知覚に影響を与えると考えerことは自然である。その後、 $t_1$ の長さ $t_2$ の長さを一つの時間パターンとして体制化し記憶に格納する。このときに、 $t_1$ の長さ $t_2$ の時間縮小錯覚によって過小評価された $t_2$ の長さとの差をもとにして、二つの時間間隔の大まかな等時性についての判定が行われる。もしこれらの長さの差が小さいならば、二つの長さがほぼ等時であると判断され、 $t_1$ の長さ $t_2$ の時間縮小錯覚によって過小評価された $t_2$ の長さとの間に同化が生じる。このような知覚過程を考えることで、 $t_1$ と $t_2$ の両方が過小評価される現象を説明できる。

これは、時間の異方性からも妥当なことのようと思われる。音というものは、時間軸に沿って一方通行な性質を持っている。つまり、前に呈示された音列パターンによって、その後続く音列パターンの知覚的な枠組みは影響を受けるが、時間をさかのぼって音列パターンの枠組みを知覚することは難しい。音楽や音声におけるリズムを知覚する際に、音列の初頭付近の時間間隔から時間の格子を形成し、その後の音列に時間の格子を当てはめて音列を体制化しているという考え方も、この時間の異方性を反映したものである。このような時間の性質を考えると、先に呈示された $t_1$ の知覚的な長さが、後から呈示された $t_2$ によって即時的に影響されることはありえない。しかし、実験からは、 $t_2$ を付け加えることで、 $t_1$ に過大評価や過小評価が生じていた。よって、 $t_1$ に生じた過大評価や過小評価は、音列の即時的な処理の段階で生じるのではなく、その後のより高次の処理段階で生じたと考えられる。

### 3.5.3 双方向の同化や対比と 1:1 カテゴリとの関係

同化が生じることによって、 $t_1$ と $t_2$ との差が物理的な差よりも小さく知覚される。一方、物理的な差が大きくなると、対比が生じることによって、 $t_1$ と $t_2$ とが異なっていることがより明確となる。このように、時間の長さの差が、物理的には一様に変化しているにもかかわらず、同化や対比によって、知覚的な印象が明確に変化する境界が強調される現象は、そこに、なんらかの知覚的なカテゴリの境界が存在していることを示唆している。つまり、物理的には等間隔の幅で段階的に変化している時間条件をカテゴリに当てはめて記憶に格納することで、時間条件に含まれる情報量を削減し、処理にかかる負荷を節約していると考えられる。これは、知覚の体制化における節約の原則が、音列パターンを構成する時間間隔の知覚的体制化に適用されていると解釈できる。

本章で報告した実験から、双方向の同化は、 $t_1$ と $t_2$ との差が $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms]

の範囲内にあるときに生じていることが分かった。また、この範囲から外れた時間条件では、対比が生じることも分かった。この同化と対比によって、 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$  [ms] の時間条件が一つの知覚カテゴリを形成していると考えられる。一方、第2章で報告した実験から、 $t_1$  と  $t_2$  との差が  $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 60$  [ms] の条件を満たす時間条件が 1:1 カテゴリを形成していることが分かっている。この二つの時間範囲を比較すると、ほぼ重なっている。よって、1:1 カテゴリの形成には、時間縮小錯覚だけでなく、双方向の同化や対比も関係しているといえる。双方向の同化が生じる範囲には、時間縮小錯覚のモデルのみでは説明のできなかつた 1:1 カテゴリ内の時間条件をも含んでおり、双方向の同化という新しい知覚現象を発見したことで、1:1 カテゴリに含まれる時間条件のすべてで、隣接する二つの時間間隔の主観的な長さがお互いに近づいていることを示すことができた。第4章では、この双方向の同化が生じるメカニズムについて、さらに詳しく検討する。