

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4章 双方向の同化が生じるメカニズム

二つの時間間隔を隣接させると、それぞれの時間間隔の主観的な長さが近づく同化が生じることが分かった。特に、先行する時間間隔にも系統的な過大評価や過小評価が生じることを統計的にも示すことができたのは、先行研究とは異なる新しい発見である。本章では、このような双方向の同化が生じる知覚メカニズムについて、さらに詳しく考察していくことにする。

まずは、時間縮小錯覚の生じるメカニズムを説明したモデルについて詳しく述べておく。時間縮小錯覚は、時間間隔を隣接させた刺激パターンの知覚に大きく影響する現象であり、時間縮小錯覚と双方向の同化の知覚メカニズムとは、密接に関連しているはずである。

時間縮小錯覚のモデルについての簡単な説明は、第1章でも述べた。このモデルでは、時間間隔の長さを符号化するために要する付加的な処理時間 α というものを想定している。主観的な時間間隔の長さは、その物理的な長さに α を付け加えた長さとなる。もし、隣接する二つの時間間隔を知覚するとき、 t_2 の物理的な長さが、 t_1 の物理的な長さよりも長く、かつ t_1 に α を付け加えた長さよりも短ければ、 t_2 の長さを符号化する途中で t_1 と t_2 とがほぼ等時であると判定され、 t_2 の長さを符号化するのに要する残りの処理時間が短縮される。そのために、 t_1 の物理的な長さと t_2 の物理的な長さとの関係が、 $t_1 < t_2 < t_1 + \alpha$ 、かつ、 $t_1 < 200$ ms の条件を満たす時間条件で、 t_2 が過小評価される。

しかし、多くの実験から得られた定量的なデータを詳細に分析すると、この基本的なモデルによる予測値と実験結果との間に若干の食い違いが見られた (Nakajima et al., 2004)。特に、 t_1 の物理的な長さと t_2 の物理的な長さが全く同じ時間条件において、 t_2 に過小評価が生じる現象が、多くの実験において定常的に現れていた。時間縮小錯覚のモデルでは、この条件で過小評価が生じる現象をうまく説明することが出来ない。そこで、このような、モデルと実測値とのずれを補正するために、Nakajima et al. (2004) は、“絶対弁別閾 DL (absolute difference limen)” を導入することでモデルの修正を試みた。絶対弁別閾とは、二つの時間間隔の違いが分かる閾値のことである。つまり、二つの時間間隔の違いが $\pm DL$ の範囲である場合には、二つの時間間隔の長さが等時であると判断される。彼らは、閾値を測定する多くの実験の結果を参考に、隣接する二つの時間間隔では、時間間隔の物理的な長さが 200 ms 以下のときの DL がだいたい 10 ms から 20 ms の値で一定にな

ると推定し、 DL を 15 ms に設定している。

DL を導入して時間縮小錯覚のモデルを修正することで、 t_2 に生じる過小評価量は、以下のように予測される。なお、式の中で用いている記号は、 α が付加的な処理時間を、 DL が絶対弁別閾を、 TS が t_2 に生じる過小評価量をそれぞれ表している。

<u>時間条件</u>	<u>過小評価量</u>	
$t_2 - t_1 \leq -DL$ [ms]	$TS = 0$	(7)
$-DL < t_2 - t_1 \leq \alpha - DL$ [ms]	$TS = (1 - \omega)(t_2 - t_1 + DL)$ [ms]	(8)
$\alpha - DL \leq t_2 - t_1 \leq \alpha + DL$ [ms]	$TS = (1 - \omega) \alpha$ [ms]	(9)
$t_2 - t_1 > \alpha + DL$ [ms]	$TS = 0$	(10)

このモデルを実験によって得られた定量的なデータに当てはめると、 $\alpha = 80$ [ms]、 $DL = 15$ [ms]、 $\omega = 0.42$ と設定したときに、データとの対応が最も良くなる (図 27)。よって、モデルによって予測される t_2 の過小評価量は、 $-15 < t_2 - t_1 \leq 65$ [ms] の範囲で、 $(1 - 0.42)(t_2 - t_1 + 15) = 0.58(t_2 - t_1) + 9$ の式に従って直線的に増加し、 $t_2 - t_1 = 65$ [ms] で最大となる。その後、 $65 < t_2 - t_1 \leq 95$ [ms] の範囲では、約 46 ms で一定となり、 $t_2 - t_1$ が 95 ms を超えると、急激に過小評価がなくなってしまふ。この予測値は、実験によって得られたデータをよく記述しており、 t_2 に生じる時間縮小錯覚の傾向をおおまかに示すことができる。

一方、本研究で得られた定量的なデータを分析すると、 t_2 が t_1 よりも短い条件 ($t_2 - t_1 \leq -DL$ ms) で、 t_2 に過大評価が生じていた (第 3 章の図 23, 25 を参照)。また、 t_1 にも t_2 を隣接させることによって有意な過大評価や過小評価が生じていた (第 2 章の図 23, 25, 26 を参照)。 t_1 の過大評価量の変化と t_2 の過大評価量の変化との関係を観察すると、それぞれの 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ことが分かった。この現象は、時間縮小錯覚のモデルでは想定されておらず、時間縮小錯覚とは別の知覚現象を新しく発見することができたといえる。この双方向の同化の生じるメカニズムについて考察を進めるために、 t_1 に生じる過大評価量の変化の傾向を詳しく分析することにした。 t_2 には、時間縮小錯覚と双方向の同化とが生じていると考えられ、時間縮小錯覚の生じない t_1 について分析を進めることで、双方向の同化のみを取り出すことができる。

まずは、時間縮小錯覚と双方向の同化とが、異なる処理段階で生じていると仮定した。これは、第 3 章の考察でも述べた考え方である。音列を知覚する際には、まず、即時的な処理段階で時間縮小錯覚によって t_2 に過小評価が生じる。次に、より高次の処理段階で、

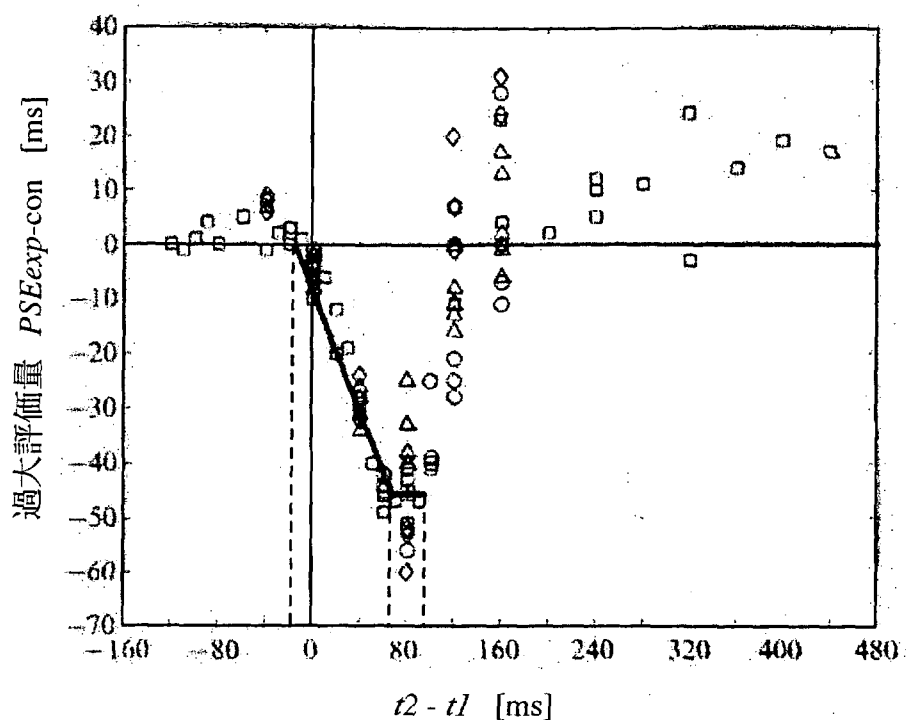


図 27 t_2 における過大評価量の変化 (Nakajima et al., 2004)。様々な時間条件における t_2 の PSE を測定し、得られた結果から計算した過大評価量 ($PSE_{exp-con}$) を、横軸に $t_2 - t_1$ をとって図示している。式 (7) から式 (10) で求められる TS の値を実験結果とともに太い線で示している。

隣接する二つの時間間隔の主観的な長さの比較が行われる。このような高次の処理段階を想定しないと、後から呈示された t_2 によって、すでに知覚されている t_1 の長さに過小評価や過大評価が生じる現象を説明できない。そこで、時間縮小錯覚が生じた後に、より高次の処理段階があると仮定し、双方向の同化はこの高次の処理段階で生じていると考えた。

上で仮定したように高次の処理段階で双方向の同化が生じるとすれば、その時点で、すでに t_2 には時間縮小錯覚が生じており、 t_2 は過小評価されているはずである。よって、双方向の同化は、 t_1 の長さと過小評価された t_2 の長さとの間に生じると考えられる。双方向の同化の生じるメカニズムを知るためには、 t_1 と t_2 と差を変数にして結果を解析するのではなく、 t_1 と過小評価された t_2 との差を変数にして結果の傾向を観察する必要があると考えられる。なお、今後は、過小評価された t_2 の長さを t_2 と表記する。ここでは、 t_2 を、式 (7) から式 (10) に示した時間縮小錯覚のモデルによって予測される過小評価量 (TS) を

用いることで、 $t_2 = t_2 - TS$ の式で求められる値とした。

このような仮説が、実際に得られたデータを説明しうるかどうかを検討するために、実験 5、実験 6、実験 7 で得られた t_1 の過大評価量をまとめてグラフに示した (図 28)。 t_1 の過大評価量の傾向を観察すると、1:1 カテゴリに含まれる時間条件では、 $t_1 - t_2$ が増加するに従って過大評価量が単調に減少している。よって、この範囲の過大評価量の変化は、直線で近似することができると考えられる。そこで、同化が生じている時間条件 ($-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ ms) から得られた t_1 の過大評価量のみを用いて、近似直線を求めた [式 (11)]。また、対比が生じている $t_1 - t_2 > 40$ ms の範囲に含まれる時間条件の結果からも同様にして近似直線を求めた [式 (12)]。

$$PSE_{exp-con} = -0.16(t_1 - t_2) - 5.34 \quad -80 \leq t_1 - t_2 \leq 40 \text{ [ms]} \quad (11)$$

$$PSE_{exp-con} = 0.08(t_1 - t_2) + 4.47 \quad 40 < t_1 - t_2 \text{ [ms]} \quad (12)$$

式 (11) と式 (12) とを比較すると、 $t_1 - t_2 = 40$ [ms] を境にして、実験から得られた結果が明らかに異なる関数で近似されることが分かる。式 (11) では、傾きが負の数となっており、 $t_1 - t_2$ の増加に従って過大評価量が小さくなることを示している。一方、式 (12) では、傾きが正の数となっており、 $t_1 - t_2$ の増加に従って過大評価量が大きくなることを示している。よって、同化の生じている時間条件と対比の生じている時間条件とでは、時間間隔の知覚が異なる関数に支配されていることは明らかである。ただし、実験の結果をみると、対比による過大評価量は、 $t_1 - t_2$ が増加してもほとんど変化していないようにみえる。得られた近似直線が正の傾きを示したのは、おそらくカテゴリ境界周辺での過大評価量の分散が大きいことが影響していると思われる。よって、二つの時間間隔の差がより大きい条件の PSE を測定して過大評価量を求めると、 $t_1 - t_2$ の増加にかかわらず過大評価量は約 20 ms で一定になると考えられる。

式 (11) を見ると、切片が -5.34 となっている。これは、 t_1 の物理的な長さ t_2 の物理的な長さとが全く同じ時間条件で t_1 に過小評価が生じることを示している。もし、 t_1 と t_2 との差を小さくするために同化が生じているとするならば、この条件で過小評価が生じる現象を説明することができない。そこで、先に定義した t_2' を用いて実験結果を再分析した。もし、双方向の同化が t_1 と t_2' との関係に依存して生じるならば、 $t_1 - t_2$ ではなく、 $t_1 - t_2' = t_1 - (t_2 - TS)$ の値を用いて結果を分析する方が、双方向の同化による過大評価量の変化をうまく表すことができるはずである。まずは、時間縮小錯覚のモデル [式 (7) ~

式(10)]を用いて、時間条件ごとの $t_1 - t'_2$ を計算した [式(13)～式(16)]。

<u>時間条件</u>	$t_1 - t'_2$	
$t_1 - t_2 \geq 15$ [ms]	$t_1 - t'_2 = t_1 - t_2$ [ms]	(13)

$-65 \leq t_1 - t_2 < 15$ [ms]	$t_1 - t'_2 = t_1 - \{t_2 - (1 - \omega)(t_2 - t_1 + DL)\}$ $= 0.42(t_1 - t_2) + 8.7$ [ms]	(14)
--------------------------------	---	------

$-95 \leq t_1 - t_2 < -65$ [ms]	$t_1 - t'_2 = t_1 - \{t_2 - (1 - \omega) \alpha\}$ $= t_1 - t_2 + 46.4$ [ms]	(15)
---------------------------------	---	------

$t_1 - t_2 < -95$ [ms]	$t_1 - t'_2 = t_1 - t_2$ [ms]	(16)
------------------------	-------------------------------	------

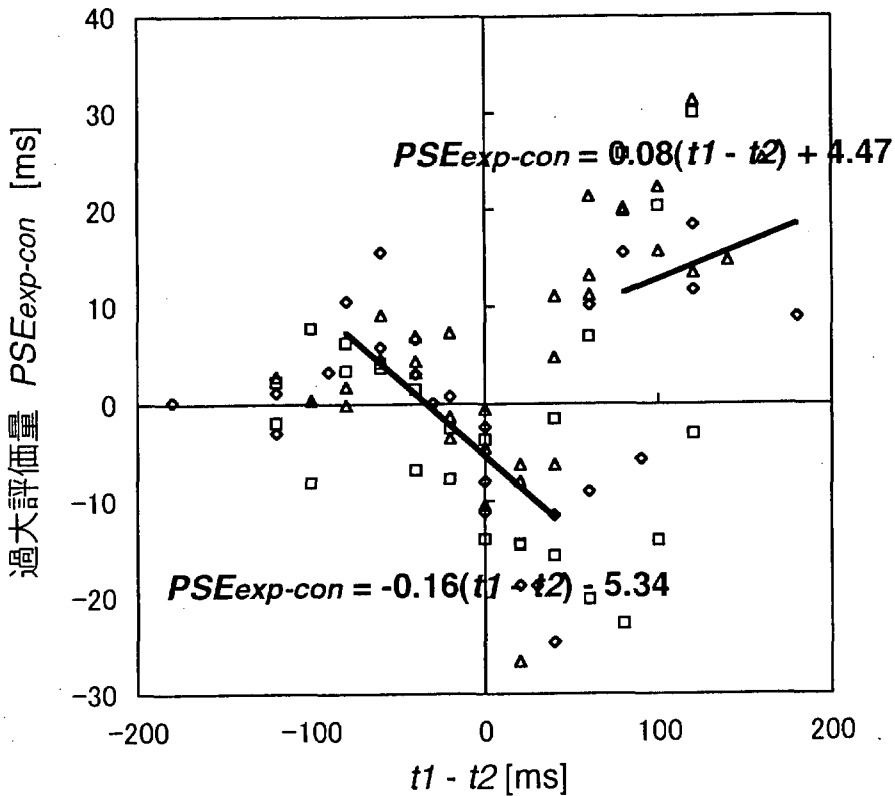


図 28 実験 5、実験 6、実験 7 で得られた t_1 の過大評価量のグラフ。実験 5 の結果を \diamond で、実験 6 の結果を \square で、実験 7 の結果を \triangle でそれぞれ表している。また、同化の生じている $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms] の範囲に含まれる時間条件の結果から求めた回帰直線 [式(11)] と、対比の生じている $t_1 - t_2 > 40$ [ms] の範囲に含まれる時間条件の結果から求めた回帰直線 [式(12)] とをグラフに示した。

次に、時間条件ごとの $t_1 - t_2$ を式 (13) ~ 式 (16) を用いて計算し、その値を横軸に取って、同化の生じる範囲 ($-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms]) に含まれる結果のみを図示した (図 29)。また、得られた値を用いて近似直線を計算し、あわせて図示した [式 (17)]。

$$PSE_{exp-com} = -0.38(t_1 - t_2) - 1.99 \quad -80 \leq t_1 - t_2 \leq 40 \text{ [ms]} \quad (17)$$

図 29 から、 $t_1 - t_2 = 0$ のときに過大評価量が 0 周辺に集まる傾向が見て取れる。 t_1 と t_2 とが同じ長さになるときに、双方向の同化の影響がなくなっているといえる。この条件での $t_1 - t_2$ は、-21 ms である。ten Hoopen et al. (1995) は、標準時間 S の前、もしくは後に比較時間 C を隣接させて呈示し、 C の長さを S と等しく感じられるように調整する実験を行った。その結果、 S の後に C を呈示した場合には、 C が S の物理的な長さよりも長くなり、 S の前に C を呈示した場合には、 C が S の物理的な長さよりも短くなる、つまり、隣接する時間間隔の主観的な長さを等しくするためには、 t_1 よりも t_2 を物理的にわずかに長くする必要のあることを報告している。どれくらい t_2 を長くすれば隣接する時間間隔の長さが等しく感じられるかは、時間間隔の長さによって変化するが、本実験で用いたような 100 ms から 200 ms 程度の短い時間間隔の場合には、約 20 ms であった。これは、先ほど示した $t_1 - t_2 = 0$ となる時間条件における $t_1 - t_2$ の値とほぼ等しくなっている。 t_1 と t_2 とを比較することで、二つの時間間隔の等時性を判断していると考え、ten Hoopen et al. (1995) が報告した結果についてもうまく説明することができる。

横軸を $t_1 - t_2$ に変換することで、 $t_1 - t_2 = 0$ [ms] の条件で t_1 に過小評価が生じた点についてもうまく説明することができる。この時間条件の $t_1 - t_2$ の値は、8.7 ms となる (図 29 の点線で囲んだ結果)。よって、横軸に $t_1 - t_2$ をとって図示すると、正の方向にずれた位置に結果が配置される。つまり、 t_2 よりも t_1 の方が長くなっている。この t_1 と t_2 との差を小さくするために同化が生じるとすれば、 t_1 には過小評価が生じることになり、結果と理論との矛盾は、解消される。

次に、双方向の同化が生じる時間条件の範囲に注目した。 $t_1 - t_2$ を横軸にとって結果を分析すると、双方向の同化は、 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms] の範囲で生じており、 $t_1 > t_2$ に比べて、 $t_1 < t_2$ の方が双方向の同化が起こりやすいといえる。つまり、同化の生じる範囲が時間的に非対称である。しかし、横軸を $t_1 - t_2$ に変換することで、双方向の同化が生じる範囲が $-40 < t_1 - t_2 \leq 40$ [ms] となる。よって、 $t_1 = t_2$ を中心に、ほぼ対象な範囲で同化が生じていることになる。 t_1 と t_2 との差を小さくする方向に双方向の同化が生じると考えれば、双方向の同化は、時間縮小錯覚のように時間的に非対称な同化ではなく、対称的

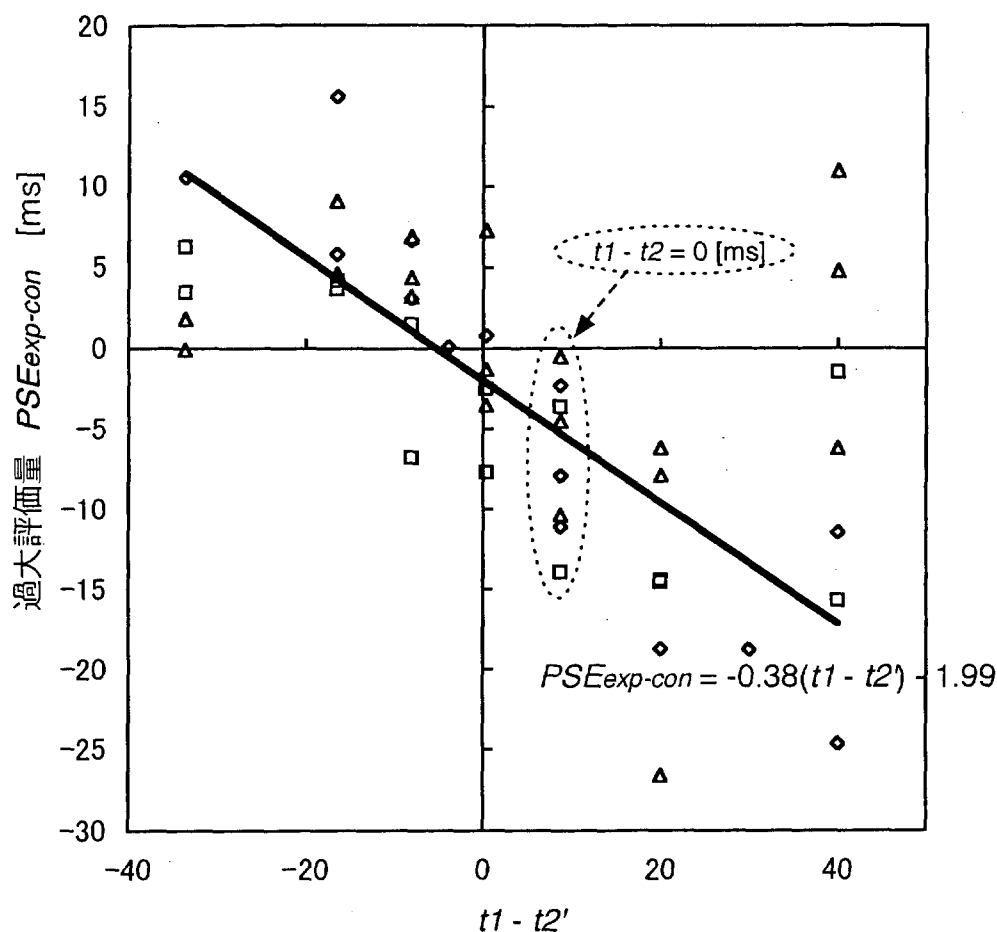


図 29 $-80 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ ms の範囲に含まれる時間条件の過大評価量を、横軸を変換して図示したグラフ。横軸は、式 (13) から式 (16) までを用いて時間条件ごとに計算した $t_1 - t_2'$ の値である。実験 5 の結果を \diamond で、実験 6 の結果を \square で、実験 7 の結果を \triangle でそれぞれ表している。変換した値を用いて求めた近似直線もあわせて図示した [式 (17)]。

な性質を持った一般的な同化と同じ特徴を持つといえる。

$t_1 - t_2'$ をもとに分析した結果から求めた近似直線 [式 (17)] をみると、切片が負の数となっている。しかし、その値は小さく t_1 の過大評価量の変化は、ほぼ原点を通る直線で近似できると考えられる。よって、双方向の同化によって t_1 に生じる過大評価量 β_1 は、 $-a * (t_1 - t_2')$ の式で近似することができる。なお、 a は双方向の同化の効果量を示す定数であり、実験の結果から約 0.4 の時に当てはまりがよい。

このように、 t_1 と t_2 との関係をもとにして、実験から得られた結果を分析すると、 t_1 に生じた過小評価や過大評価の傾向をうまく説明することができた。また、双方向の同化が一般的な同化現象と同様の性質を持っていることも示すことができた。よって、この仮説は、 t_1 の知覚過程をうまく表しているといえる。

次に、 t_2 に生じる同化現象についても、この仮説をもとに考察してみる。 t_2 に生じる同化には、時間縮小錯覚と双方向の同化の両方が影響を与えていると考えられることはすでに述べた(3.1.5節)。この仮定が正しいとすれば、実験によって測定した t_2 のPSEから求めた過小評価量TSには、時間縮小錯覚と双方向の同化の両方が影響を与えていると考えられる。 t_2 に生じる双方向の同化による錯覚量を β_2 とすると、時間縮小錯覚が生じる時間条件での純粋な時間縮小錯覚による錯覚量TS'は、 $TS - \beta_2$ となるはずである。しかし、実験によって測定した t_2 のPSEのみを用いてTSから β_2 の影響を分離することは難しい。この β_2 は、 t_1 と t_2 との関係によって変化する変数である。これは、 t_1 に生じる過大評価量の変化を見ても明らかである。よって、TSから β_2 を分離するためには、 β_2 の変化を関数によって近似する必要がある。このような β_2 による影響を近似するためには、 $15 < t_1 - t_2 \leq 40$ msの条件で生じている t_2 の過大評価を分析するしか手はない。この条件は時間縮小錯覚の生じる範囲から外れており、 β_2 のみが作用していると考えられる。しかし、25 msという非常に短い範囲の結果から有用な関数を得るためには、膨大な定量的データが必要である。

そこで、双方向の同化によって t_1 に生じる過大評価量 β_1 から、 t_2 に生じる過大評価量 β_2 を類推することを試みた。時間縮小錯覚の影響しない/140/100/における t_1 と t_2 の過大評価量は、それぞれ-11.5 msと13.8 msであり、過大評価量の絶対値がほぼ等しい大きさとなっている(実験5)。この結果から、双方向の同化は、 t_1 と t_2 とに同程度の効果を与えていると仮定した。 t_1 における過大評価量は、 $\beta_1 = -a * (t_1 - t_2')$ の式で近似できる。よって、双方向の同化による t_2 の過大評価量の変化は、式(18)で表せる。

$$\beta_2 = -\beta_1 = -\{-a * (t_1 - t_2')\} = a * (t_1 - t_2') = a * (t_1 - t_2 + TS) \quad (18)$$

t_1 に生じる過大評価量の傾向から $a = 0.4$ のときに予測値と結果との当てはまりがよいことが分かっている。そこで、この近似式(18)に $a = 0.4$ を代入した直線から予測される β_2 と、実験で得られた t_2 の過大評価量の対応をみるために、 $TS = 0$ 、かつ、双方向の同化が生じている $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms]での結果を図に示した(図30)。図30をみると、実験結果は予測値よりも全体的に小さくなっており、実験結果と予測値との間にあまりよ

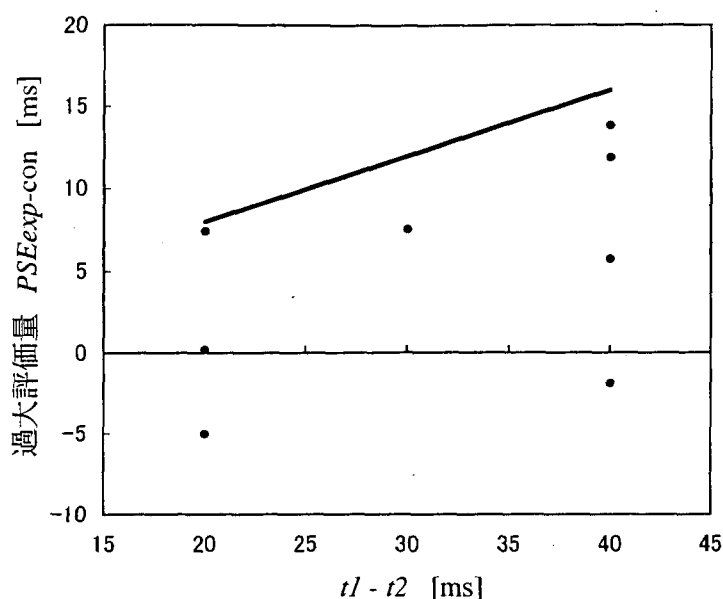


図30 $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms]における t_2 の過大評価量。実験5、実験6、実験7の結果をまとめて図示している。図中の直線は、式(18)によって予測される t_2 の過大評価量の値を示している。

い対応はみられない。 t_1 に生じる双方向の同化の近似式から t_2 に生じる双方向の同化を類推する方法では、 β_2 をうまく求めることができなかった。やはり、 t_2 に生じる時間縮小錯覚と双方向の同化とを分離するためには、 $15 \leq t_1 - t_2 \leq 40$ [ms]でのデータを増やす必要がある。

双方向の同化は、時間縮小錯覚の生じる即時的な処理段階よりも後の処理段階で生じる現象であると仮定し、 t_1 と過小評価された t_2 との差をもとに実験結果を分析した。その結果から、 t_1 に生じる同化の傾向をうまく説明することが出来た。また、 t_1 に生じる同化が一般的な同化現象と同様の特徴を持っていることも示すことができた。この仮説は、 t_1 の知覚過程をうまく表しているといえる。ただし、隣接する二つの時間間隔の物理的な関係から、双方向の同化による効果量を線形的に求めることができるようなモデルを提案するためには、 t_2 に生じる時間縮小錯覚と双方向の同化とを分離する必要がある。本研究で行ったような実験方法で得られたデータから、この問題を解決するためには膨大な定量的データを収集するしかない。しかし、主観的な長さを測定する方法は、実験参加者にかかる負担が著しく高く、このような手法でこの仮説を検討することは現実的ではない。今後

は、用いる刺激パターンや測定方法を変えることで二つの現象を別々に調べることができるような実験を計画する必要があるだろう。