

テニスのボレー動作におけるタイミングエラーと スペーシングエラーの分析

Analysis of timing and spacing error on volley in tennis

山本 裕二*

Yuji YAMAMOTO *

Two experiments were conducted to analyze timing and spacing error on simulated forehand and backhand volley movement in tennis. Subjects were fifteen female university tennis players on both experiments. In experiment 1, the simple reaction time (SRT) and choice reaction time (CRT) were measured on simulated volley conditions in order to determine the probe conditions in experiment 2. The SRT and CRT were 198.9 msec. and 250.4 msec., respectively, and movement time (MT) was about 600 msec. on both conditions. Experiment 2 was investigated the effect of the probe presentation times to choose the response on coincident timing task. The probes were presented at 870, 780, 690, 600, and 510 msec. before coincident timing point on the computer display. The spacing error showed no significant difference between probe conditions, the timing error revealed significant delay responses correspond to probe presentation times. Although MTs showed no difference, the probe reaction times decreased significantly in qualitative analysis on timing error. These results were discussed from information processing approach and ecological psychology, and the model of choice coincident timing task was proposed.

はじめに

スポーツ場面での巧みな運動というものは、時間的・空間的・力量的要素がうまくかみあった時になされた動作のことを指すものと考えられる。しかし、運動場面でのエラーを観察すると、時間的要素は正確であっても、力量的要素が誤っていたために起こったと考えられるエラーもあるし、時間的要素は正確であったが、空間的要素に若干のエラーが生じたと考えられる場合などが考えられる。即ち、ある時点に最適な力量の発揮をある空間的正確性をもって実行することが要求されるのがスポーツにおける技術の特徴と言えよう。したがって、運動学習として扱うべき動作にはこうした要素が含まれていることが望ましい。しかしながら、従来の運動学習に関する研究では、これらの要素のう

ち一つの要素だけを抽出して検討を加えたものがほとんどである。

このなかで時間的要素を抽出したのものとして、ターゲットにタイミングを合わせて行う動作としての一致タイミング動作があげられる。従来から一致タイミング動作に関する実験は数多くなされてきた。それらは、ターゲットの速度や方向とタイミング誤差との関係をタイミング一致点の予測との関係で見たもの^{6),9),14),15)}や、運動学習の立場から動作の種類とタイミング誤差との関係を見たもの^{11),12),21)}などがほとんどである。これらの研究では、装置や動作の種類は異なるがターゲットが移動する前にあらかじめ実験者によって動作が決められており、被験者には知らされているという点ではほぼ同じ方法である。したがって、動作遂行のための運動プログラムはターゲット移動開始前に

* 名古屋大学総合保健体育科学センター

* Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University

作成され、今だと思う時刻にそのプログラムの実行開始ボタンを押す（運動指令を出し）、その押す時期を問題にしていると考えられる。つまり、時間的要素の予測動作、あるいは時間認知を扱ったものであり、そのためにターゲットの移動速度や方向が条件として組込まれている。言い換えれば、視覚情報処理といった視覚刺激の入力から処理までの過程に注目したものと見えて、反応の質に関してはほとんど考慮していない。

こうした中で、一致タイミング課題と呼べる課題を用いて反応のエラーを質的に分類して検討を加えようとする試みは卓球のストロークやボールキャッチの研究を中心にいくつかなされている^{3), 4), 5)}。Puplin ら¹⁷⁾は、ボールキャッチについて反応動作の指標として、エラーを掴むエラー（時間的な要素と考えられる）と位置のエラー（空間的な要素と考えられる）に分類している。その中で、ボールの飛来中にボールキャッチ後投げ返す方向を示す視覚刺激を呈示し、どちらの要素がより影響を受けるかを検討している。その結果、初心者のエラーは空間的なエラーが多いとしている。ただこれらの研究の多くは、Gibson の生態学的視覚理論⁷⁾の影響を受けているものが多く、刺激と反応の連鎖を強調するのが目的とされているようである。

小山ら（1990）¹⁰⁾は一致タイミング課題における時間的要素と力量的要素について、二重課題法を用いて反応動作への影響を検討した。その結果、力量発揮の選択刺激の提示が遅れた場合には、小さな力の発揮、あるいは調整が困難になることを示し、情報処理心理学的観点から時間的要素と力量的要素の処理特性について考察を加えた。

そこで本研究では、二種類の空間的動作を選択的に反応する一致タイミング課題を二重課題法を援用して、そのパフォーマンスを空間的要素と時間的要素から分析することにより、その処理特性を検討することを目的とした。つまり、従来のタイミング課題は反応様式が一定であり、移動指標が動き出す前に反応すべき動作が被験者には知らされていたが、本研究では、移

動指標が動き出した後に、反応すべき二種類の動作のうちどちらを用いるかという情報（選択反応の手がかり刺激）を提示し、一致タイミング課題を行うというものである。その際の時間的な誤差（タイミングエラー）と空間的な誤差（スペーシングエラー）から、その処理過程に検討を加えようとするものである。

また本研究では、二重課題法を援用した選択的一致タイミング課題を用いたため、Fig.1 に示すような二段階の手続きを踏んだ。すなわち、実験1では、本研究で対象としたテニスのボレー動作をシミュレートした実験室課題における動作時間および反応時間を測定し、実験2ではその結果に基づいて決められた実験条件によって選択的一致タイミング課題を行ったものである。

実 験 1

目的

実験1ではテニスにおけるボレー動作について一致タイミング反応を要求しない、単純反応時間と選択反応時間を求め、これらの動作時間と反応時間から実験2での probe 条件（選択反応の手がかり刺激の提示時期）を設定することが目的であった。

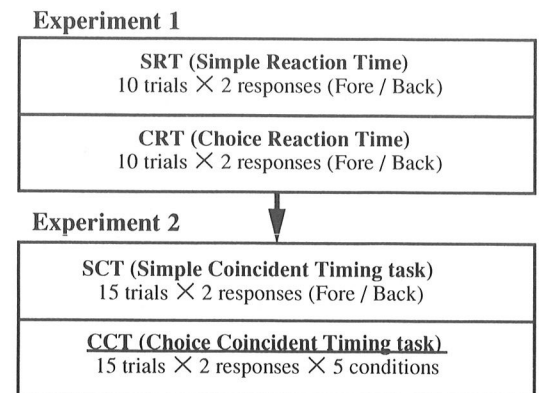


Fig.1 Flow chart in this study

方法

被験者：テニス競技歴1年以上の女子大学テニス部員15名を対象とした。

実験課題および装置：Fig.2は、本実験で用いた実験装置とその配置を示したものである。ディスプレイ上の左右に提示された刺激に対して、右に提示された刺激に対しては被験者右側に吊してあるスポンジボールをフォアハンドボレーで、また左に提示された刺激に対しては、左側に吊してあるスポンジボールをバックハンドボレーでできるだけ早くボレーすることが要求された。と同時にラケットのスイートスポットで正確にボレーすることも要求された。反応時間の測定は、ラケットに取り付けられた加速度計によって、サンプリングタイム1KHzで行なった。刺激の提示や反応時間の測定等は2台のコンピュータにより制御された。

手続き：まずフォアハンドとバックハンドのボレー動作について10回づつ練習試行が行わ

れ、その後単純反応時間の測定がフォアハンド・バックハンド10回づつ行われた。続いて選択反応時間の測定がフォアハンド・バックハンドあわせて20回、ランダムな順序で行われた。練習試行と単純反応時間の測定順序は被験者間でカウンターバランスをとった。また、単純反応時間も選択反応時間についても実際の刺激提示の前に予備刺激が提示されたが、この刺激間隔は200-600msec.の5種類をランダムに操作した。

従属変数：ここでは時間的要素だけを問題にしたため、刺激提示からラケットの振り出しまでを reaction time (RT) とし、また振り出しからインパクトまでを movement time (MT) とした。これらは加速度計の記録から分析された。

結果と考察

RT と MT のそれぞれについて選択刺激数とフォアハンドかバックハンドかという反応動作

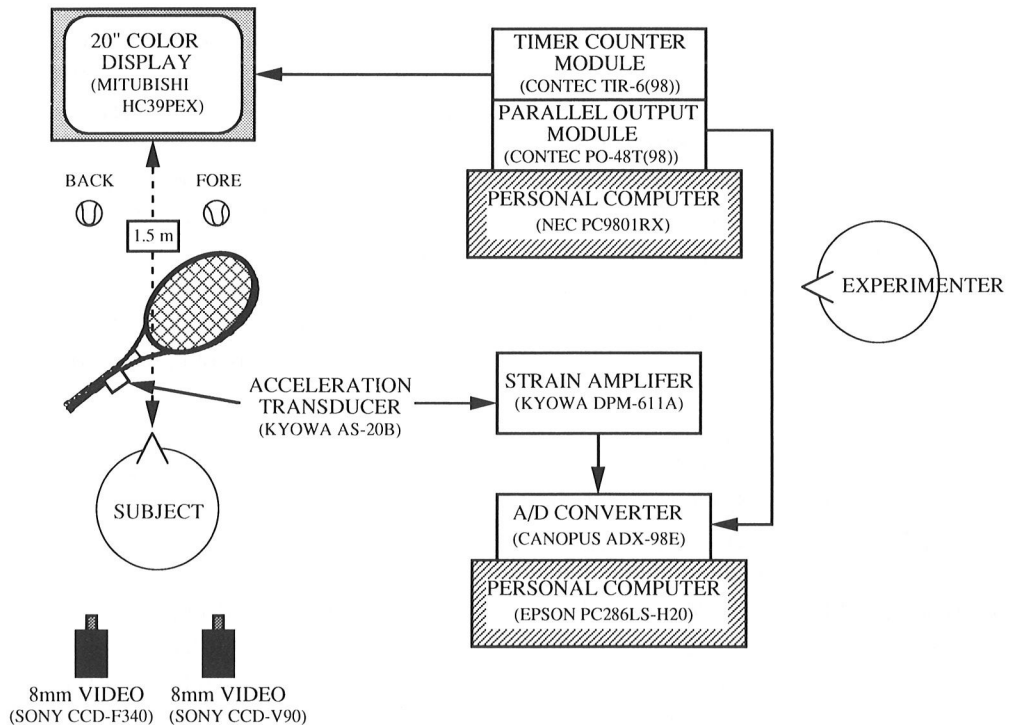


Fig.2 Placement of apparatus in experiment 1 and 2.

Table 1 Means and standard deviations of RT and MT on each conditions in experiment 1.

Dependent variables	Forehand		Backhand		
	Mean	S.D.	Mean	S.D.	
RT	SRT	210.2	56.41	187.6	38.91
	CRT	256.2	62.24	244.5	67.16
MT	SRT	596.3	96.59	597.1	92.80
	CRT	611.2	64.99	621.3	93.89

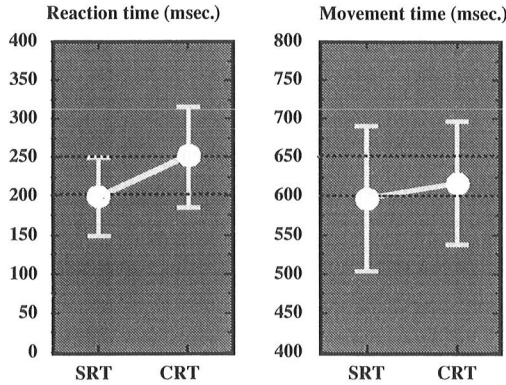


Fig.3 Means and standard deviations of RT and MT in experiment 1

ついて両方とも繰り返しのある 2 要因分散分析を行なった結果、RT において単純反応であったか選択反応であったかという選択刺激数の主効果が 0.1% 水準で認められた ($F = 19.059$, $P < .001$, $df = 1, 14$)。それぞれの平均と標準偏差を示したものが Table 1 で、図に示したものが Fig.3 である。

これはフォアハンドとバックハンドの平均 RT が単純反応時 (選択刺激数が 1) に 198.9msec. で、選択反応時 (選択刺激数が 2) に 250.4msec. と約 50msec. 選択反応時の方が長い RT を示した。これは、従来の単純反応と選択反応における選択枝の数と反応時間の遅れに関する研究とほぼ同じような結果であった¹³⁾。

また、RT においてはフォアハンドかバックハンドかという反応動作についても 5% 水準で主効果が認められた ($F = 5.208$, $P < .05$, $df = 1, 14$)。これは、フォアハンドの平均 RT が

Table 2 AVOVA table for RT in Exp.1

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
Subject (A)	14	124067.719	8861.980	
Simple/Choice (B)	1	39721.974	39721.974	19.056***
(A) * (B)	14	29182.156	2084.440	
Fore/Back (C)	1	4389.571	4389.571	5.208*
(A) * (C)	14	11799.669	842.834	
(B) * (C)	1	446.083	446.083	.345
(A) * (B) * (C)	14	18093.467	1292.391	

Table 3 AVOVA table for MT in Exp.1

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
Subject (A)	14	323401.770	23100.126	
Simple/Choice (B)	1	5766.713	5766.713	1.201
(A) * (B)	14	67239.237	4802.803	
Fore/Back (C)	1	448.704	448.704	.248
(A) * (C)	14	25337.715	1809.837	
(B) * (C)	1	328.911	328.911	.259
(A) * (B) * (C)	14	17751.985	1267.999	

233.2msec. で、バックハンドの平均 RT が 216.1msec. とバックハンドの方が短い値を示した。これはテニスの熟練者がどちらかというバックハンドを主体に待球姿勢をとっているためであると考えられた。

MT については、いずれの主効果も交互作用も認められなかった。つまり、選択刺激数や反応動作にかかわらずその動作時間が一定であったことを示すものであった。

以上実験 1 から、選択刺激数が 2 の場合のテニスのボレー動作の RT、MT はそれぞれ約 250msec. と約 600msec. であることが明らかになった。そこで、実験 2 における選択反応の手がかり刺激 (probe) の提示時期を、一致タイミング点の前 870, 780, 690, 600, 510msec. の 5 条件とすることにした。

実験 2

目的

選択的動作を伴う一致タイミング課題に対して、その選択刺激の提示時期を操作することによって、時間的要素と空間的要素のどちらの要素にどういった影響を及ぼすかを検討することを目的とした。

方法

被験者：実験1と同一の被験者15名。

実験課題：実験1とほぼ同じであるが、左右へ提示される刺激がディスプレイの上から下へ移動し、その移動中に左右どちらかに曲るようになっており、一番下に来たときにタイミングを合わせてそのどちらかのサイドのボレー動作を行うことが要求された。一致タイミング点は刺激が動き始めてから870msec.のところになるよう設定された。左右どちらに刺激が提示されるかは以下のprobe条件とともにランダムにされた。また、練習試行ではあらかじめどちらの反応動作を行なうかは被験者に告げられており、刺激が移動し始めるとすぐにどちらかのサイドに曲るように設定されていた。

手続き：まず練習試行がフォアハンド・バックハンドのボレー動作について15回づつ行われた。これは通常の一致タイミング課題に相当するもので、本研究ではSCT (Simple Coincident Timing task) とよんだ。その後実験1で得られた結果を基に設定された5種類のprobe条件(タイミング点前870, 780, 690, 600, 510msec.)をランダムに3試行づつ、フォアハンドとバックハンドの両方において行われた。したがってテスト試行は合計30試行であった。このテスト試行をCCT (Choice Coincident Timing task) とよんだ。練習試行におけるフォアハンドとバックハンドの試行順序は被験者間でカウンターバランスをとった。

従属変数：時間的要素に関しては設定された一致タイミング点と加速時計の波形から求めたインパクトのずれから誤差を求めた。これからタイミングにおけるCE, AE, VEを算出した。また、実験1と同様にRTとMTも求めた。ただしここでのRTはprobeが現われてからのRTとし、probe RTとした^{注)}。空間的要素に関してはVTRにより試行を後方から撮影し、ラケット中心部からのずれをX軸、Y軸から求め、距離として算出し、AE, VEをもとめ従属変数とした。

結果と考察

1) SCTにおけるタイミングエラーとスペーシングエラー

SCTにおけるタイミングエラーとスペーシングエラーについて、それぞれCE, AE, VEとAE, VEについて5試行ごとに分析した結果、タイミングエラーについてのみ学習効果が認められた。そこで、Table 4に最後の5試行の平均値と標準偏差について示した。この値は、次のCCTにおけるタイミングエラーとスペーシングエラーの基準となると考えられるものである。

2) CCTにおけるスペーシングエラー

スペーシングのエラーに関するAE, VEについて、probe条件(5)×反応動作(2)の両方とも繰り返しにある2要因の分散分析を行ったところ、いずれの指標においても有意な主効果や交互作用は認められなかった。これは、probe提示が反応の空間的正確性に影響を及ぼさなかったことを示すものであった。これは、運動プログラムの観点からいえば、いずれのprobe条件においても同じ運動プログラムが実行されたことを表わすものであると考えられる。つまり、ある目標となる空間的位置に対するフォアハンドボレーとバックハンドボレーという2つの運動プログラムをあらかじめ用意しておき、そのいずれか片方を選択的に実行したものと見える。したがって、少なくともこうした2つの運動プログラムがあるメモリバッファ内にあらかじめセットされるという前処理をとまなう処理様式であったことが伺える。

3) CCTにおけるタイミングエラー

タイミングのエラーに関してCE, AE, VEに

Table 4 Means and standard deviations on timing error and spacing error in SCT.

Dependent variables	Forehand		Backhand	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Timing CE*	46.9	34.97	33.5	24.66
Timing AE*	60.3	22.79	54.6	13.13
Timing VE*	42.1	12.23	49.8	14.17
Spacing AE**	4.55	1.30	5.20	2.01
Spacing VE**	1.82	0.66	1.64	0.72

* msec., **strings

Table 5 Means and standard deviations of AE and VE on spacing error on each conditions in experiment 2.

Experimental conditions	AE		VE		
	Mean	S.D	Mean	S.D.	
870msec.	Forehand	4.77	1.78	0.99	0.38
	Backhand	5.49	2.44	1.15	0.64
780msec.	Forehand	5.05	1.44	1.50	0.74
	Backhand	5.19	1.93	1.16	0.70
690msec.	Forehand	4.91	1.59	1.48	0.92
	Backhand	5.38	2.43	1.36	0.83
600msec.	Forehand	4.97	1.92	1.31	0.80
	Backhand	5.76	1.80	1.23	0.70
510msec.	Forehand	4.85	1.64	1.22	0.98
	Backhand	5.56	1.77	1.14	0.39

ついて probe 条件(5)×反応動作(2)の両方とも繰り返しにある2要因の分散分析を行ったところ、CEとAEについてprobe条件の主効果のみ認められた(CE ; $F = 49.829$, $df = 4/56$, $P < .001$ AE ; $F = 29.191$, $df = 4/56$, $P < .001$)。これは、probe提示が一致タイミング点に近くなるほど遅延反応が顕著になることを示していた。つまり、どちらの側のボレーを行うかという情報提示が遅くなるにつれて、タイミングエラーは大きくなることを示している。

これは、probe提示条件を単純・選択反応時における動作時間以下にまで設定したため、当然の結果ともいえる。そこで、各probe条件のタイミングエラーの質について次に検討してみる。

4) CCTにおけるタイミングエラーの質的検討

タイミングエラーの質を検討するために、各反応動作についてprobeが提示されてからの反応時間(probe RT)と動作時間(MT)について、probe条件(5)×反応動作(2)の両方とも繰り返しにある2要因の分散分析を行ったところ、probe RTにおいて、probe条件の主効果のみ

Table 6 ANOVA table for CE on timing error in experiment 2.

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
Subject (A)	14	621010.055	44357.861	
Fore/Back (B)	1	5334.202	5334.202	1.145
(A) * (B)	14	65238.715	4659.908	
Conditions (C)	4	279111.209	69777.802	49.829***
(A) * (C)	56	78419.559	1400.349	
(B) * (C)	4	2183.991	545.998	.501
(A) * (B) * (C)	56	61009.837	1089.461	

Table 7 ANOVA table for AE on timing error in experiment 2.

Source	df	Sum of Squares	Mean Square	F-Value
Subject (A)	14	396148.982	28296.356	
Fore/Back (B)	1	456.928	456.928	.148
(A) * (B)	14	43088.710	3077.765	
Conditions (C)	4	182688.798	45672.199	29.191***
(A) * (C)	56	87616.128	1564.574	
(B) * (C)	4	2359.758	589.939	.915
(A) * (B) * (C)	56	36089.864	644.462	

が認められた($F = 48.542$, $df = 4/56$, $P < .001$)。これは、Fig.5に示す通り、probe提示時期が遅くなるにつれて、probe提示から反応開始までの時間が短くなっていることを示している。

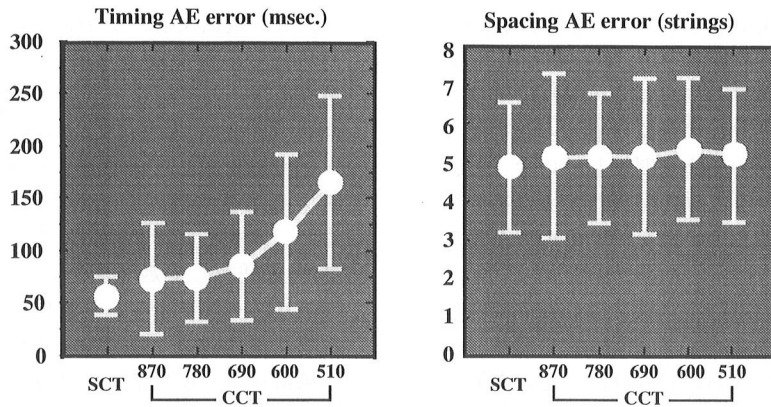


Fig.4 Results of absolute errors on timing and spacing error on each condition in experiment 2.

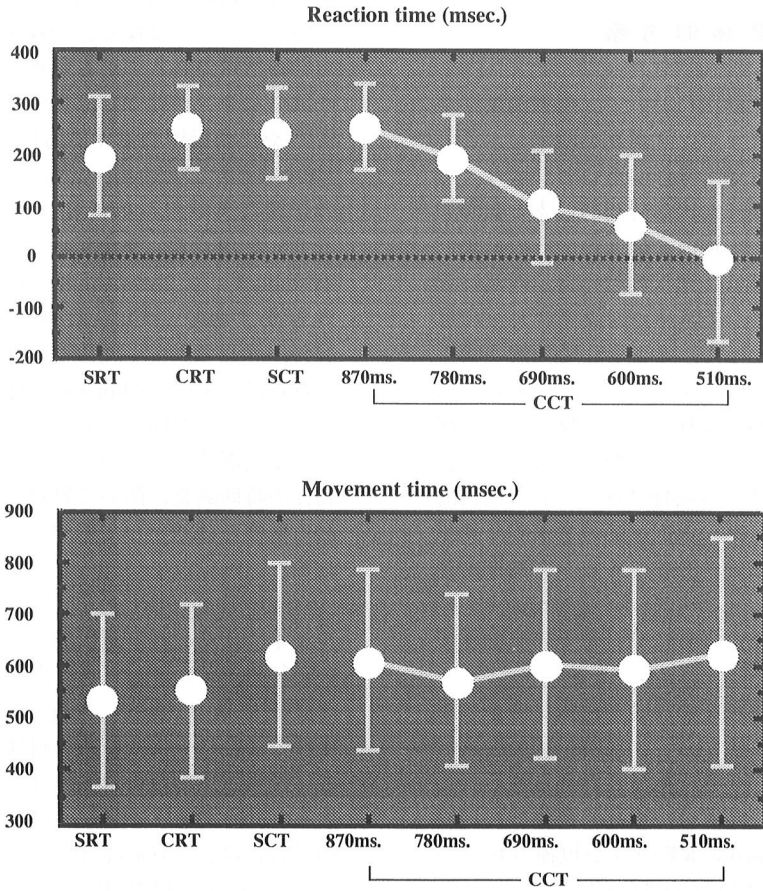


Fig.5 Reaction times and movement times on each experimental conditions

特徴的なことは、probe 条件がタイミング一致点前 690, 600, 510msec. の 3 条件においては 100msec. 以下の値を示していることである。これは、聴覚刺激に対する単純反応時間よりも短いものであり、実際には probe が提示される以前に何らかの動作を開始していたこと、もう少し明確にいうと動作を実行するための何らかの処理を開始していたを示すものであると考えられる。

これに対して、MT の分析では probe 条件による違いは認められず、Fig.5 に示す通り、いずれの probe 条件においてもほぼ一定の MT を示した。これは、スペーシングエラーの分析のところで述べたように、同じ運動プログラムが実行された結果とも考えられる。

全体的考察

テニスのボレー動作において、選択的反応が要求される一致タイミング課題を設定し、この選択刺激の提示時期を操作することにより、一致タイミング課題における時間的要素と空間的要素の処理について検討を加えた。その結果、空間的要素の処理には選択刺激の提示時期は影響を与えず結果としてスペーシングエラーには差が認められなかった。しかし、時間的要素には影響を及ぼし、タイミングエラーにおいて選択刺激の提示時期の遅れが、遅延反応を引き起こした。これらのことから一般的に考えると、事前に用意した 2 つの運動プログラムを選択的に実行した結果、その選択反応の手がかり刺激の提示が遅延した分、一致タイミング動作が遅延したといえる。しかしながら、probe RT の結果と考えあわせた場合には、若干の不合理が生じる。

すなわち、本実験での課題が選択反応を要求する課題であることから、一般的には反応選択にかかわる時間が必要であると考えられる。しかしながら、動作時間はいずれの条件でも違いが認められず、probe RT のみが短縮されていたのである。情報処理心理学的な考え¹⁸⁾に沿うと、刺激同定・反応選択といった処理が

probe 提示後に被験者には要求されたはずであり、もし選択反応にかかわる処理が独立して行われているとするならば、probe RT の短縮はありえないことになる。にもかかわらず、690, 600, 510msec. 条件では probe RT が 100msec. 以下の値を示していた。したがって、probe に対する処理は独立して行われていたのではなく、一致タイミング動作（この場合ではボレー動作）と並行して処理されていたと考えられる。つまり、一致タイミング動作の遂行中の処理、つまり移動指標の速度の認知や自分の動作時間の見積りと一致タイミング点までの残り時間の比較等の処理と probe に対する選択反応の処理が並行処理されていたと考えられる。

ただ、一致タイミング課題の場合には、すべての移動指標の動きが動作遂行に必要であるかということではなく、一致タイミング点直前の移動指標の動きよりも移動の前半部の動きが一致タイミング動作には重要であるといった報告¹⁶⁾や移動指標の見える時間 (viewing time) は 100msec. と 150msec. の間にパフォーマンスへの影響の違いがみられるといった結果¹⁹⁾もある。したがって、完全に並行・分散処理 (parallel distributed processing) されていたと考えるべきか、あるいは時系列処理 (time-sharing processing) されていたのかは明らかではない。

さらに、すべての probe 条件においてスペーシングエラーが同じであったことを考えると、この空間調整にかかわる処理も一致タイミング動作の時間調整に関わる処理や選択反応にかかわる処理とは独立して処理されていたと考えられる。

以上のことをまとめると Fig.6 のようなモデルが本研究における選択的一致タイミング課題の遂行のモデルとして考えられよう。一致タイミング点前 870msec. 条件の場合も 510msec. 条件の場合にもボレー動作自体の運動プログラムは作業記憶あるいはメモリーバッファ内に入れられたと考えられる。そして 870msec. 条件の場合には、250msec. 程度の probe RT の間に probe に対する刺激同定・反応選択を行い、時間調整を行いながら運動プログラムを実行させ

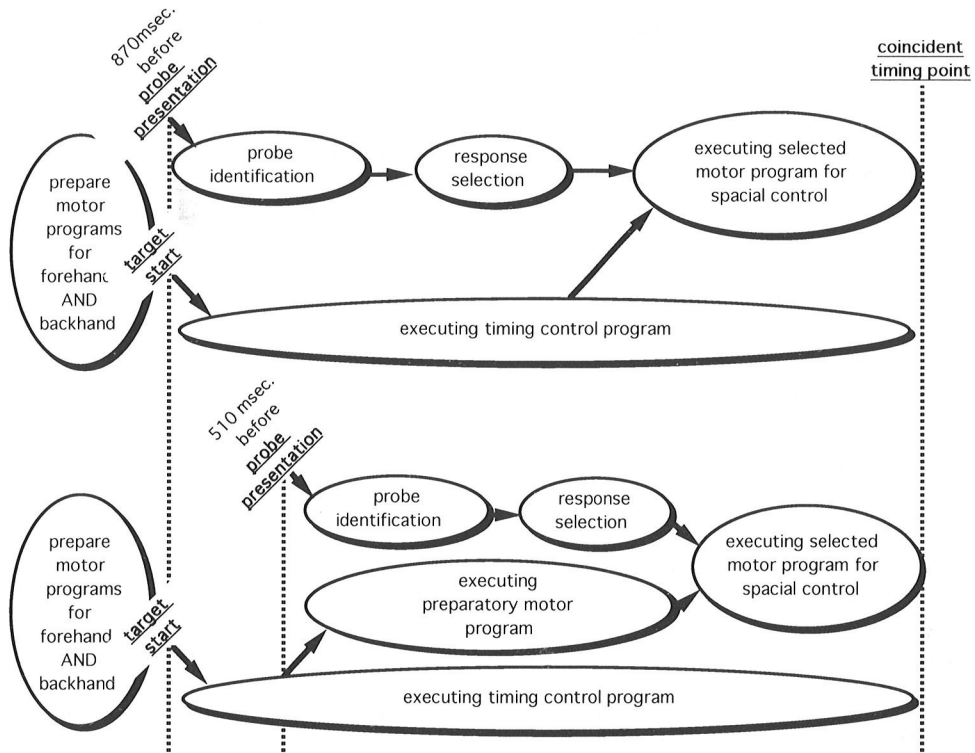


Fig.6 Two different processing models for choice coincident timing task. Upper half shows 870 msec. condition and lower half does 510 msec. condition.

たと考えられる。これに対し 510msec. 条件の場合では、probe RT がほとんど 0msec. に近いことから、時間調整を行いながら運動プログラムを走らせつつ、probe の刺激同定・反応選択を行っていると考えられる。また、この刺激同定・反応選択が終わるまではどちらの運動プログラムを用いるかはわからないため、どちらの運動プログラムにも対応できる準備的な運動プログラム（ボレー動作の予備動作）を実行していると考えられる。しかしながら、今回の実験ではこうしたボレー動作を分析することは不可能であったため、この並行処理されている段階の行動レベルでの特徴は検出できなかった。

またモデルとしては、一つの運動プログラムを仮定するのではなく、空間的な調整を行うモジュール、タイミング点に動作を一致させようとする時間調整にかかわるモジュール、そして視覚刺激を検出し、判断していくような選択刺激処理にかかわるモジュールなど、複数のモジュールを仮定したほうが説明しやすいと考えられるが、それらを情報処理心理学的に解釈していくのか、生態学的にそれぞれのモジュールが協調的に働いていると解釈していく²⁾、²⁰⁾のかは今後の課題である。

注) 通常 probe RT は、二重課題における

らも従属変数としたため、この時間を probe RT と呼ぶこととした。通常の意味における probe RT に関しては Heuer & Wing (1984)⁸⁾ や Abernethy (1988)¹⁾などを参照。

文 献

- 1) Abernethy, B., "Dual-task methodology and motor skills research: Some applications and methodological constraints", *Journal of Human Movement Studies*, 14:101-132, 1988.
- 2) Arbib, M.A., *The Metaphorical Brain 2: Neural Networks and Beyond*, Jon Wiley & Sons, 1989. (金子隆芳訳『ニューラルネットと脳理論』サイエンス社, 1992)
- 3) Bootsma, R.J. and Van Wieringen, P.C.W., "Timing an attacking forehand drive in table tennis," *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 16:21-29, 1990.
- 4) Diggle, V.A., Grabiner, M.D., and Garhammer, J., "Skill level and efficacy of effector visual feedback in ball catching," *Perceptual and Motor Skills*, 64:987-993, 1987.
- 5) Fischman, M.G. and Schneider, T., "Skill level, vision, and proprioception in simple one-hand catching," *Journal of Motor Behavior*, 17:219-229, 1985.
- 6) Fleury, M., Bard, C. and Carrier, L., "Effects of physical or perceptual work loads on coincident/anticipation task," *Perceptual and Motor Skills*, 53:843-850, 1981.
- 7) Gibson, J.J., *The ecological approach to visual perception*, Houghton Mufflin, 1979. (古崎敬ほか訳『生態学的視覚論』サイエンス社, 1985.)
- 8) Heuer, H. and Wing, A.M., "Doing two things at once: Process limitations and interactions", In 'The Psychology of Human Movement', Smyth, M.M. and Wing, A.M. (Eds.), Academic Press, 1984.
- 9) Isaacs, L.D., "Effects of angle of approach on coincidence-anticipation timing within a two target display", *Journal of Human Movement Studies*, 19:171-179, 1990.
- 10) 小山哲・伊藤友記・吉井泉・山本裕二「力量調整を伴うタイミング動作の分析」*中京大学体育学論叢*, 32:1-9, 1990.
- 11) 工藤孝幾「タイミングの遅延反応に関する分析」*体育学研究*, 29:195-205, 1984.
- 12) 工藤孝幾「バッティング動作におけるタイミングの分析」*体育学研究*, 31, 285-292, 1987.
- 13) Leonard, J.A., "Tactical choice reaction: I", *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 11:76-83, 1959.
- 14) Payne, V.G., "Effects of angle of stimulus approach on coincidence-anticipation timing performance", *Journal of Human Movement Studies*, 13:383-390, 1987.
- 15) Payne, V.G., "Effects of direction of stimulus approach, eye dominance, and gender on coincidence-anticipation timing performance", *Journal of Human Movement Studies*, 15:17-25, 1988.
- 16) Payne, V.G. and Michael, D., "Effects of location of stimulus occlusion, stimulus velocity, and gender on coincidence-anticipation timing performance", *Journal of Human Movement Studies*, 18:243-250, 1990.
- 17) Populin, L., Rose, D.J., and Heath, K., "The role of attention in one-handed catching," *Journal of Motor Behavior*, 22:149-158, 1990.
- 18) Schmidt, R.A., *Motor control and learning 2nd Edition*, Human Kinetics Publishers: Champaign, Illinois, 1988.
- 19) Whiting, H.T.A., Gill, E.B., and Stephenson, J.M., "Critical time intervals for taking flight information in ball-catching task", *Ergonomics*, 13:265-272, 1970.
- 20) Whiting, H.T.A., Vogt, S. and Vereijken, B., "Human skill and motor control: Some aspects of the motor control-motor learning relation", In *Approaches to the Study of Motor Control and Learning*, Summers, J.J. (Ed.), Elsevier Science Publishers, 1992. pp.81-111.
- 21) Wrisberg, C.A. and M.R., "Further tests of Schmidt's schema theory: Development of a schema role for a coincident timing task," *Journal of Motor Behavior*, 11:159-166, 1979.

(1993年12月17日受付)