H. YAMADA, T. IWAMI and K. TERADA: Studies on
the Timing Control. (The Influence of the
Visual Function to the Timing Action. 3.)

タイミング・コントロールに関する研究

(視機能がタイミング動作に及ぼす影響に関する研究………第3報)

名古屋大学 山 田 久 恒

金城学院大学 岩 見 恒 典

南山大学 寺 川 邦 昭

緒 言

さきに眼調節作用及び動体視力の良否がタイミング動作の正確さの重要な要素となることを報告¹⁾したが、タイミング動作の正確さ向上への手がかりとして、ここでは動体視力の良否を左右する条件となる中枢を含む視機能の明視条件とタイミング動作との関係の究明を試みた。研究の具体的な手がかりとしては中枢機能に関連する網膜機能とタイミング動作との関係を取りあげた。一般に視対象の動きの認知に際しては、網膜桿体機能の優位が動きの知覚の活性化に役立つと報告^{2,3)}されている。このことは網膜周辺部に多く存在する桿体細胞のはたらき、いかえると周辺光覚の良否が動体視標の動きの把握に重要な条件となることを意味する。

ところで、動体視標に対するタイミング動作は、視標に対する動作の時間適合点（以下タイミングポイントという）と動体の移動速度との時間関係にあるので、いずれか一方を中心視すれば他は周辺視することになる。したがって、周辺視の条件となる周辺光覚の良否がタイミング誤差時間に及ぼす影響は大き

いと考えられる。

そこで人工的な薬物刺激（薬物投与）によって桿体機能の昂進をおこさせ、それがタイミング誤差時間にどのような影響を及ぼすかを、次に掲げた諸点からそれぞれコントロールグループたる非刺激グループと比較検討した。

1. 視標速度別タイミング誤差時間の変化について。
2. 視標速度間のタイミング誤差時間の変化について。
3. 視方向別タイミング誤差時間の変化について。

測定方法

網膜桿体機能の機能昂進剤としてはアダプチノール⁴⁾を用い、投与グループに対して9日間連続投与し、薬物内服の直前及び内服後6日々と9日目の計3回の日次にあつてそれぞれ網膜機能、動体視力ならびにタイミングの測定をおこなつた。なお薬物内服の結果、網膜の機能昂進ならびに各種動体視力の向上等、薬物効果は著明であつたが、それについての眼生理学的知見は鈴木等とともにすでに

表 1. 視標速度別タイミング誤差時間

単位: 1/1000 秒

群別 → 視速	別次 → 標度	W M						W。 M					
		I		II		III		I		II		III	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1	m/sec	74	31	49	28	29	19	72	42	72	32	68	24
5	m/sec	54	27	39	21	28	16	43	23	47	22	45	21

図 1.

報告^{5,6)}した。

タイミング測定は前報¹⁾と同様、水平高速運動装置を使用した。なお視標速度は早い場合を 5m/sec., 遅い場合を 1m/sec. とした。視標移動に対する被験者の視方向は正面、45度、直角の 3 種とした。

対象は大学運動部に所属する学生を 20 名えらび、10名を被刺激グループ、10 名をコントロールグループとした。

表 2. WM 群対 W。M 群の視標速度別タイミング誤差時間の分散分析表

変動因	df	1 m/sec		5 m/sec	
		平均平方	F	平均平方	F
薬物条件 (M)	1	5762.39	2.22	390.14	1.41
日次条件 (D)	2	3088.32	20.18**	684.47	8.62**
(M) × (D)	2	2159.46	14.11**	1037.61	12.90**
被 験 者	18	2598.24	16.97**	1387.68	17.13**
誤 差	36	153.07		79.25	
合 計	59				

** P<0.01

結果とその考察

アタプチノールを内服した群 (以下 WM 群という) およびコントロール群 (以下 WoM 群という) の諸測定結果は別表 1~5, 図 1, II に示すごとくである。なお両群の比較については、その比較の条件となる被検者条件、薬物条件、日次条件の 3 要因についてその有意差検定⁷⁾ (分散分析法) をおこなった。

1. 視標速度別タイミング誤差時間の変化について。

はじめに WM, WoM 両群の視標速度別タイミング誤差時間の日次的変化過程について分析してみよう。

3 種の視方向別タイミング誤差時間を総合した平均、すなわち各視方向を込みにした視標速度別結果からは (表 1, 図 1 参照), WM 群において視標速度の早い場合も遅い場合ともにタイミング誤差時間の明確な減少がみら

体 育 学 研 究

れる、とくに視標速度の遅い場合にその減少は著明であった。しかし、これに対し WoM 群では両視標速度ともに日次的なタイミング誤差時間の変動はほとんど認められなかった。

このことはタイミング動作の正確さを得るためには視標を明視する条件が極めて重要なことを裏づけるものであり、その条件はとくに視標速度の遅い場合のタイミング誤差時間の減少の結果を助長することを明らかにした。

また両群の条件差の検定結果は表2に示したごとくで、そこでは薬物投与条件のみによる結果は両視標速度とも両群間に有意な差は認められなかった。しかし、日次条件においては両視標速度とも両群間に有意な差が認められた。このことは日次の経過とともに両群間に差があらわれることを証明するものである。さらに、薬物条件と日次条件との交互作用でも両群間の差は有意であった。

これらの結果はいずれも薬物投与の時間的経過とともにタイミング誤差時間が減少することを認めるものであり、それは網膜樞体機能の昂進がタイミング動作の正確性を助長することを示すものと考えてよいであろう。

なおこの結果についてさらに確かめるべく、Tukey 法²⁾により WM, WoM 両群について各日次間の差の検定をおこなってみたが、そこでも WM 群のみに両視標速度とも有意な減少傾向を示した。したがって、網膜樞体機能の昂進にもとづく動体視力の向上とタイミング誤差時間減少との関連性の高いことが認められる。

2. 視標速度間のタイミング誤差時間の変化について。

WM, WoM 両群別に2種の視標速度の間におけるタイミング誤差時間の差の日次的変化についてみよう。図1にみられるように WM 群は日次的経過とともにその差が減少し、最終測定時には両視標速度のタイミング誤差時間値はほぼ同一の値を示した。これはさきに述べたように、視標速度の遅い場合の誤差時

間の減少が極めて大きいためである。これに対し WoM 群では両視標速度におけるタイミング誤差時間の差の日次的変化は認められなかった。

この測定結果は、今日までのタイミング動作と動体の移動速度に関する研究での考え方に新たな見解を加える必要を認めるものである。すなわち、視標速度の遅い場合でのタイミング動作は、動体明視による時間適合動作であるため、心理的な諸条件の影響をうけてタイミング誤差時間が大きく、視標速度の増加とともに動作が反動的な時間関係を導く動作となるため誤差時間が小さくなると考えられていた。しかるに本測定で得た動体視力向上にもとづくタイミング誤差時間測定の結果は、さきに述べたごとくであり、そこでは次の3点についての特徴がみられる。1) 遅い視標速度の場合にとくに著明な誤差時間の減少がみられること。2) 反動的なタイミング動作としておよそ誤差時間の maximum とみられた早い視標速度での誤差時間がさらに減少すること。3) 両視標速度の誤差時間が最終測定時にはほぼ同一の値を示すこと。したがって、動体を明視する条件、すなわち動体視力の極めて優れていることが視標速度の遅速に関係なくタイミング動作の正確性を導く上での重要な因子となることを示すものと考えてよいであろう。

なお、WM 群の最終測定時に示した両視標速度のほぼ一致したタイミング誤差時間(28/1000秒)は、タイミングポイントに対しては $\pm 14/1000$ 秒にあたる。この時間は人間の刺激に対応する最も単純な形の反応である単純反応時間の一般値のほぼ1/10の値であり、人間の運動の生理的機序からみて動作の時間的適合に対する限界値に近いといえよう。勿論この実験のみから結論することは必ずしも当を得ないが、ほぼ動体視標に対するタイミング誤差時間の閾値と考えてよいのではないだろうか。この点についてさらに実験を追加し研

究を進めたい。

以上の結果を前項同様の 手続きで 検定したのが表3である。表3で明らかなように、WM群のみに日次条件、および視標速度条件と日次条件との交互作用に有意な差が認められた。このことは先の結論を裏づけることになる。

3. 視方向別タイミング誤差時間の変化について。

両群別にそれぞれの視標速度別、視方向別タイミング誤差時間を表4、図Ⅱの1, 2, 3, 4に示した。これらの図にみられるごとく、両群のいずれの視標速度においても正面の場合にタイミング誤差時間が大であり、45度と

直角ではほぼ似た値を示したが正面の場合より小さい。このことは第1群の群間差も同様のかたちを示し前報の結論の正しいことを裏づけている。

すなわち、視標追視の際における動体と眼の位置が、動体の動きにともなう角度変化の修正しやすい状態であることが、動体の時間関係の把握の要因となっていることを示している。

さらにタイミング誤差時間の視方向別にみた日次的変化では、WM群のみ各視方向とも平行的にタイミング誤差時間の減少がみられた。この結果は表5の1, 5の2に示した検定の結果でも明らかなように、各視方向とも薬物条件と日次条件との交互作用の有意にもとづくものである。

このことは、網膜桿体機能昂進の影響が、視方向別にみた場合にも日次の経過とともにタイミング誤差時間減少を導くことを示すものである。なおここで附言しておきたいのは視方向間の差の変化は平行的であつて、視方向別に考えられる先の結論を変更させる結果は何ら見出せなかった。

総 括

スポーツ運動など、動く視対象に対するタイミング動作を支配する主要な条件の1つとして、動体視標を明視する能力である動体視

表 3. 視標速度 1m/sec 対 5m/sec の WM, W.M 群別タイミング誤差時間の分散分析表

変 動 因	df	W M		W. M	
		平均平方	F	平均平方	F
速度条件 (S)	1	1760.41	1.90	9626.66	3.15
日次条件 (D)	2	6540.08	79.49**	27.05	< 1
(S)×(D)	2	436.40	5.38**	56.32	< 1
被 験 者	18	927.85	11.44**	3058.07	20.21**
誤 差	36	81.14		151.28	
合 計	59				

** P<0.01

表 4. 視方向別タイミング誤差時間

単位 1/1000 秒

群 別→ 日 次→ 視 方 向↓		W M						W° M					
		I		II		III		I		II		III	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
1 m/ sec	正 面	110.1	40.1	81.3	46.0	42.8	28.1	99.2	62.6	93.3	41.7	90.6	33.8
	45 度	53.1	27.8	30.5	19.8	22.5	15.1	62.6	37.2	65.5	21.6	61.0	22.6
	直 角	59.6	26.2	35.8	19.0	21.2	14.3	54.0	26.1	55.6	31.1	51.8	16.8
5 m/ sec	正 面	72.1	37.5	54.1	27.4	37.2	20.4	59.8	27.8	58.0	28.8	57.1	21.9
	45 度	42.9	23.9	29.1	17.8	20.0	10.9	36.5	20.1	44.2	21.4	42.3	24.0
	直 角	45.4	19.6	32.5	18.5	25.9	16.0	33.0	20.9	37.6	16.1	36.6	17.4

体 育 学 研 究

図Ⅱの 1

図Ⅱの 2

図Ⅱの 3

図Ⅱの 4

表 5 の 1 WM 群対 W.M 群の視方向別タイミング誤差時間の分散分析表

(1m/sec.)

変 動 因	df	正 面		45 度		直 角	
		平均平方	F	平均平方	F	平均平方	F
薬 物 条 件 (M)	1	220.41	< 1	1647.26	7.26**	19.26	< 1
日 次 条 件 (D)	2	1768.87	7.84**	357.05	1.58	316.22	2.16
(M) × (D)	2	1295.57	5.74**	1139.02	5.03**	726.02	4.96*
被 験 者	18	3309.39	14.66**	276.79	1.38	792.80	5.42**
誤 差	36	225.69		201.19		146.39	
合 計	59						

** P<0.01

* P<0.05

表 5 の 2 WM 群対 W.M 群の視方別タイミング誤差時間の分散分析表

(5m/sec.)

変 動 因	df	正 面		45 度		直 角	
		平均平方	F	平均平方	F	平均平方	F
薬 物 条 件 (M)	1	3985.34	< 1	11481.66	4.13	3345.06	3.50
日 次 条 件 (D)	2	7451.42	18.82**	1393.07	7.04**	2134.33	7.73**
(M) × (D)	2	4143.65	10.47**	1177.51	5.95**	1659.01	6.01**
被 験 者	18	4638.27	11.72**	2779.44	14.05**	957.53	3.47**
誤 差	36	395.85		197.77		275.97	
合 計	59						

** P<0.01

力がある。この動体視力の良否を左右する因子の1つとして中枢に関連する網膜機能があるが、とくに動体の動きの認知に関しては網膜周辺部に多く存在する桿体細胞の機能の優位が条件となる。すなわち、周辺光覚の優位な条件は動作の動きの把握に重要な役割をもつことが報告されている。著者らは薬物を投与して桿体機能を昂進させ、薬物投与の時間的経過とともに動体視標に対するタイミング動作にどのような影響を及ぼすかについて、投与群と非投与群との比較考察をおこない、次のような結果を得た。

1. 視標速度の早い場合 (5m/sec.) と遅い場合 (1m/sec.) のタイミング誤差時間の日次的変化は、薬物投与群のみ両視標速度のタイミング誤差時間が日次的経過にともなつて著明に減少した。

このことは薬剤内服によつて周辺光覚が昂進し、タイミング動作の正確性を助長したものと考えてよいであろう。またこの誤差時間減少傾向は視標速度の遅い場合にとくに著明であり、動体明視の条件は視標速度の遅い場合にタイミング誤差時間減少効果が大きくあらわれることを認めた。

2. 視標速度の早い場合と遅い場合に示したタイミング誤差時間の差の日次的変化は薬物非投与群は平行的で変化がなく、投与群では日次的にその差が減少し、最終測定時にほぼ同一のタイミング誤差時間を示した。このことは動体明視の条件が視標速度の遅速に関係なくタイミング動作の正確性を助長する上で極めて重要な条件となることを認めるものである。なおここで測定したタイミング誤差時間値はほぼタイミング誤差時間の閾値といつ

た性格の値と考えてよいのではないかとみた。

3. 視方向別のタイミング誤差時間は、薬物投与群、非投与群ともに第1報と同様、正面のときタイミング誤差時間が大きく、45度、直角の場合はほぼ同様の値を示したが、正面の場合より誤差時間が小さかった。また目次の経過にともなつては、薬物投与群のみ両視標速度のすべての視方向にタイミング誤差時間の減少が認められた。したがってここでも桿体機能発達にもとづく動体視力の向上は、タイミング誤差時間減少を導いたことを認めた。

(この研究の研究費の一部は昭和39年度文部省科学研究助成費による。なお研究にあたって御教示いただいた名古屋大学松井秀治教授、鈴木昭弘助教授、三輪武次助手及び金城学院大学白岩義夫講師の諸氏に対し深甚の謝意を表します)

文 献

- 1) 山田久恒：視機能がタイミング動作に及ぼす影響に関する研究その1. その2. 体育学研究投稿中。(1965, 1966)
- 2) 鈴木昭弘外1名：Flying object の見え方の

研究，名古屋大学環境医学研究所年報，Vol. 11. (1960)

- 3) 鈴木昭弘：動体視力の研究……特に色光動体視力について，日本眼科学会雑誌，Vol. 67 No.9 (1963)
- 4) V. Studnitz, G.: Weitere Studien an der Zapfensubstanz, Archiv des gesamte Physiologie, Bd. 239. (1937)
- 5) 山田久恒外3名：動体視知覚に対する薬剤の効果，日本臨床眼科学会（眼と道路交通研究会）発表。(1964)
- 6) 鈴木昭弘外2名：動体視力における網膜機能の意義，名古屋大学環境医学研究所年報，Vol. 16 (1964)
- 7) 岩原信九郎：教育と心理のための推計学，日本文化科学社 p. 233, 253 (1965)
- 8) 岩原信九郎：教育と心理のための推計学日本文化科学社 P. 243, 269 (1965)
- 9) 鈴木昭弘外2名：動体視力の研究，名古屋大学環境医学研究所年報 Vol. 12 (1961)
- 10) 鈴木昭弘：動体視力を左右する因子について，名古屋大学環境医学研究所年報，Vol. 13 (1961)

Study of the Timing Control (The Influence of the Visual Function to the Timing Action 3)

H. Yamada, Nagoya University, T. Iwami, Kinjogakuin College,
K. Terada, Nanzan University

It has been clarified that one of the important conditions influencing on the quality of the kinetic visual acuity which is an ability to see the moving object clearly and quickly as seen in the field of sports and so on is the rod function of the retina. The authors have made the experiments to solve the relationship between the rod function of the retina and the timing action under the several experimental conditions in which some kind of medicine to activate the rod function was applied to one group of persons (group of with medicine, WM group) and timing action to the moving object was measured day by day in the period of application of medicine comparing to the data obtained from the other group of persons who was not applied the medicine (Group of without medicine; WoM group).

The results were obtained as follows:

1) Daily change of time of error in timing action decreased remarkably in the WM group only, and more remarkable decrease of time of error was observed when the velocity of the moving object was slow.

2) Daily change of difference of time of error in timing action between the cases of low and high velocities of the moving object was noticeable only in the group of WM, and final period of the experiment almost the same time of error in timing was observed in both velocities.

3) Measuring the timing action when the test object moved in several directions, time of error in timing action prominently decreased day by day in each direction of movement in the group of WM only.

From above results, it was understood that superiority in the rod function of the retina might effect the decrease of time of error in timing action as well as the known fact as seen in the kinetic visual acuity.