

利き眼が視野別反応時間に及ぼす影響

木塚朝博* 浅見高明** 加藤雄一郎***

Influence of dominant eye on reaction time in the different visual fields

Tomohiro KIZUKA, Takaaki ASAMI, Yuichiro KATO

The present study was undertaken to investigate the influence of dominant eye on reaction time (RT) in the different visual fields. We have measured these RTs to light stimuli as conditions of the monocular fixation with right or left eye, and the binocular fixation. Thirteen males with right dominant eye (R-group) and thirteen males with left dominant eye (L-group) participated in this study. Under the conditions of the monocular in both groups, the RT of nasal side in peripheral visual field was the longest, and the RT of nasal side in central visual field was the shortest of all. Under the condition of the binocular, the orders of the short RT in the different visual fields were opposite in R-group and in L-group; the RT in nondominant eye side of central visual field was the shortest, and nondominant eye side of peripheral visual field was the longest of all. These results suggest that the RTs in the different visual fields which were measured as the binocular fixation are influenced by dominant eye.

1. はじめに

ヒトが両眼で何かを見つめているとき、二つの眼を同等に機能させているのではなく、それぞれを使い分けていると言われている。小沼^{7,8,9)}は「両眼の視力がほぼ同じで、両眼視する場合、われわれは一方の眼で漠然と背景を捉えて観望する間に、他方の眼で対象物を着眼定視するのを普通とするので、後者の役割を持つ眼を利き眼と言う」と述べて

いる。すなわち、利き手、利き耳などのように身体には Laterality (片側優位) の特性があり、視覚にも利き眼が存在し、無意識のうちにその機能を活用していると考えられている。そして、浅見³⁾ や小沼^{8,9)} も指摘しているように、歩行、読書、自動車の運転などの日常生活や、弓道、剣道、射撃、ボクシング、各種球技などのスポーツ場面において、利き眼の果たす役割は重要であると思われる。

*筑波大学体育センター Sport and Physical Education Center, University of Tsukuba

〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

**筑波大学体育科学系 Institute of Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

***筑波大学大学院体育科学研究科 Doctoral Program in Health and Sport Sciences, University of Tsukuba

〒305 茨城県つくば市天王台1-1-1 1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

しかし、Rosenbach 法, Mills 法, 小沼法などいくつかの利き眼の検査法 (判定法) と共に, 利き眼における左右の存在率などについての報告はいくつかあるが^{1, 7, 10, 11, 13, 14}), 利き眼のメカニズム, あるいは運動能力に対する利き眼の影響を検討した研究はほとんど見受けられない。もし, 左右の眼に機能の差があるのならば, 左および右視野での光刺激に対する反応時間などに差異があると推察される。したがって, スポーツ場面での利き眼の作用を研究する前に, 実験室的に, 素早い動作開始の指標である反応時間において, 利き眼の影響が見られるか否かを検討することが必要である。

これまで, 中心視及び周辺視の反応特性が報告され, 周辺視野より中心視野の方が反応時間は短い⁴), 同じ周辺視野でも右側より左側の方が反応時間は短い⁵) という報告があるが, 利き眼の関与については触れられていない。さらに, 浅見と木塚は⁶), 両眼注視状態での視野別反応時間を測定し, 右眼利き者は同じ中心視野でも左側 (非利き眼側) の光刺激に対して反応時間が短く, これは利き眼の存在と関係があるのではないかと述べている。しかし, 利き眼および非利き眼単眼での視野別反応時間は測定しておらず, 右眼利きの被験者のみの測定に留まっているので, 反応時間における利き眼の影響については検討されていない。

そこで本研究では, 利き眼の判定法である Rosenbach 法を応用した注視装置を用い, 右眼利き者, 左眼利き者において, 右単眼, 左単眼, 両眼各々の注視状態での視野別反応時間を下肢の踏み換え動作を用いて測定し, 視野別反応時間に及ぼす利き眼の影響を明らかにすることを目的とした。

2 方法

2.1 被験者

被験者は男子大学生, 大学院生であり, 裸

眼での左右の視力差が0.3以内, あるいは矯正視力が左右同等の健康な右眼利き者13名 (右眼利き群), 左眼利き者13名 (左眼利き群) であった。また, 被験者は全員右足が機能足 (利き足) であった。なお, 被験者の年齢, 身長, 視力は Table 1 の通りであった。

2.2 実験の装置

実験の概略を Fig. 1 に示した。下肢の踏み換え動作を日常的な動作において行わせるために, 自動車を模した座席の右下前部に, A

Table 1 Physical characteristics of the subjects.

	Group	
	Right dominant eye	Left dominant eye
Number of subjects	13	13
Sex	male	male
Age (years)	24.2 ± 3.65	22.1 ± 2.99
Height (cm)	170.5 ± 5.11	173.4 ± 4.93
Visual acuity (Right)	1.1 ± 0.36	1.1 ± 0.20
Visual acuity (Left)	1.2 ± 0.35	1.1 ± 0.23

Note) mean ± SD

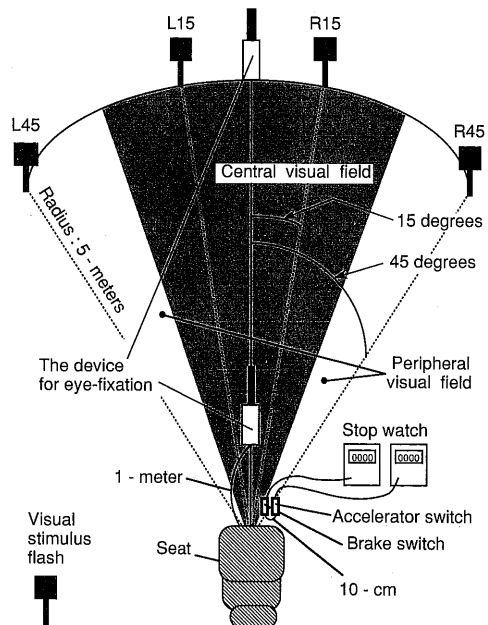


Fig. 1. Schematic drawing for experimental apparatus

クセルペダルとブレーキペダルを想定したフットスイッチ 2 台を 10 cm の間隔で取付けた。注視状態を作り出すため、座席の正面に利き眼検査法 (Rosenbach 法) を応用した自作の注視装置を設置した。この注視装置は、被験者の眼の位置から正面前方 1 m に全長 15 cm の棒状の緑色弱発光体を置き、その発光体の延長線上で眼の位置から 5 m のところに全長 30 cm の棒状の緑色弱発光体を置いたものである。また、この二つの発光体は三脚の上に取付け、被験者の眼の高さに合わせられるようにした。

視野別光刺激装置として、9 個の高輝度赤色 LED (300 cd/m²) を一辺 2 cm の正形状に固定したものを自作し、それを被験者の眼の位置から半径 5 m の円周上で、中心線から左右 15 度と 45 度の位置に合計 4 台設置した。中心線から左右 15 度に設置したのは、眼において固視点から外側 13~18 度は盲点になるので、右単眼で注視している場合右 15 度の光刺激、左単眼では左 15 度の光刺激に全く反応できず、ここを刺激ポイントとすることにより反応時間に対する利き眼の影響を抽出できるのではないかと考えたためである。また、両眼による中心視野は中心固視点から約 30 度以内とされていることから^{12,15)}、周辺視野での反応時間を測定するため 30 度を基準にそのさらに外側 15 度、つまり中心線から左右 45 度に光刺激装置を設置した。これらの視野別光刺激装置もそれぞれ三脚の上に取付け、被験者の眼の高さに合わせられるようにし、向かって左側から L 45, L 15, R 15, R 45 と名称を付けた。それぞれの視野別光刺激装置は検者の手元で遠隔操作できるようにし、発光と同時に電気式ストップウォッチ (DS-1000 B : ヤガミ社製) がスタートするようにした。

2 台のフットスイッチもそれぞれ電気式ストップウォッチに接続し、光刺激から右足で踏んでいるアクセルスイッチを離す瞬間まで (Time to releasing an accelerator : 以下

TRA) とブレーキスイッチを踏む瞬間まで (Time to stepping on a brake : 以下 TSB) を 1000 分の 1 秒単位 (ms) で測定した。

2.3 測定手順

利き眼を判定するため、自己判定法として Rosenbach 法、他者判定法として小沼の注視計検査法の 2 つを併用した。Rosenbach 法は、両眼を開き片手の人差し指を立てて、これをやや遠くの窓枠等の縦棧に重ね合わせて片眼ずつ閉じ、両眼で合わせた時と比べ、指と棧がズレない方の眼を利き眼とするものである。小沼の注視計検査法は、一方の穴が直径 3 cm、もう一方の穴が直径 10 cm、長さ 35 cm のメガフォン状の紙筒を用い、被験者は両手を伸ばしてこの筒を持ち、大きい方の穴から検者の両眼の間を覗くと、約 1 m 離れた位置にいる検者には小さい方の穴から被検者の利き眼だけが見えるという検査法である。

利き眼の判定後、被験者は座席に座り、体型に合わせてリクライニングの調節およびフットスイッチまでの距離の調節をし、右足でのアクセルスイッチとブレーキスイッチの踏み換え操作が行いやすいようにした。

検者用の手元灯のみを点灯させた状態で実験室を暗くし、被験者には、両眼、右単眼、左単眼のそれぞれの条件で、注視装置の二つの発光体を重ね合わせるよう指示し、それを注視状態とした。単眼条件の場合は、マスク法によって片眼を遮眼した。また、非利き眼単眼で注視装置の二つの発光体を重ね合わせる場合、利き眼単眼および両眼で注視した場合と視線がずれるので、顔面を正面に向けたままシートを横方向に移動させて二つの発光体を重ね合わせた。

注視状態を保ちながら、眼視野別光刺激装置がランダムに点灯するのを確認し次第、アクセルスイッチを離しブレーキスイッチを踏み換える操作を行わせた。

反応前に刺激位置を予測するような、眼球

のフライング反応（尚早反応）を除去するために、時定数1.5 s、高周波遮断域300 Hz以上で水平方向の眼電位（EOG）を導出し、光刺激呈示前に注視状態を保っていた眼球が動いた場合、その試行は再試行とした。

試行回数は、両眼、右単眼、左単眼の3条件において1台の視野別光刺激装置に対して10試行ずつ行った。ただし、右単眼の場合は右15度（R15）、左単眼の場合は左15度（L15）の刺激に対して、それぞれ盲点に入っていて反応出来なかった。試行間隔は約10秒であったが、被験者の集中力を保つため、集中力の減退や疲労を感じたときは被験者の報告に従い休息をとった。また、10回の平均値から±3SD（標準偏差）を越えるような値があった場合は再試行とした。

2.4 分析方法

左単眼、右単眼、両眼条件別に、各被験者における各刺激位置での反応時間（TRAおよびTSB）を求め、右眼利き群、左眼利き群別に平均値と標準偏差を算出した。各刺激位置のTRAとTSBにおいて繰り返しありの一要因分散分析（単眼条件；df=2,36、両眼条件；df=3,48）を行い、F値が有意で

あった場合、各刺激位置間の平均値をScheffeの多重比較によって検定した。

また、左右単眼条件と両眼条件での反応時間の差を比較するため、L45とR45では繰り返しありの一要因分散分析（df=2,36）後、Scheffeの多重比較を行った。L15とR15では、単眼条件で左右どちらかの刺激位置が盲点に入り測定値がないため、盲点側でない単眼条件と両側条件においてt検定（df=12）を行った。

3 結果

右単眼注視における視野別反応時間のTRA（アクセルを離すまでの時間）とTSB（ブレーキを踏むまでの時間）は、右眼利き群も左眼利き群も同様の結果を示した（表2, 3）。すなわち、右眼利き群のTRAおよびTSBは、L45の刺激位置において、L15, R45の刺激位置においてより1%水準で有意に長く（Fig. 2上）、左眼利き群のTRAおよびTSBも、やはりL45の刺激位置において、L15, R45の刺激位置においてより1%水準で有意に長かった（Fig. 3上）。なお、右単眼においてR15は盲点の範囲になるため測定できなかった。

Table. 2 The results of TRA; time to releasing an accelerator and TSB; time to stepping on a brake for each visual points in subjects with right dominant eye. Values are mean ± standard deviation (ms).

RT	right dominant eye									
	using a right eye with a left eye closed			using a left eye with a right eye closed			using both eyes			
	L45	L15	R45	L45	R15	R45	L45	L15	R15	R45
TRA	331.8±30.4	294.1±24.6	304.9±25.1	311.4±34.1	311.2±33.0	354.6±44.5	301.2±28.8	281.3±27.1	298.1±31.3	293.2±26.9
TSB	465.2±42.0	423.2±32.3	431.6±32.2	443.7±32.3	443.4±32.8	487.5±47.1	422.4±40.5	404.0±40.1	421.2±35.6	417.1±35.4

Table. 3 The results of TRA; time to releasing an accelerator and TSB; time to stepping on a brake for each visual points in subjects with left dominant eye. Values are mean ± standard deviation (ms).

RT	left dominant eye									
	using a right eye with a left eye closed			using a left eye with a right eye closed			using both eyes			
	L45	L15	R45	L45	R15	R45	L45	L15	R15	R45
TRA	371.5±52.2	315.1±34.6	327.7±38.1	319.2±40.2	320.3±34.3	371.3±43.2	310.8±31.0	313.9±26.9	300.9±25.9	332.6±36.2
TSB	541.2±62.4	480.1±45.3	495.5±53.5	476.7±48.9	473.6±52.5	523.7±53.6	463.4±46.3	465.2±45.8	452.8±46.7	486.9±54.8

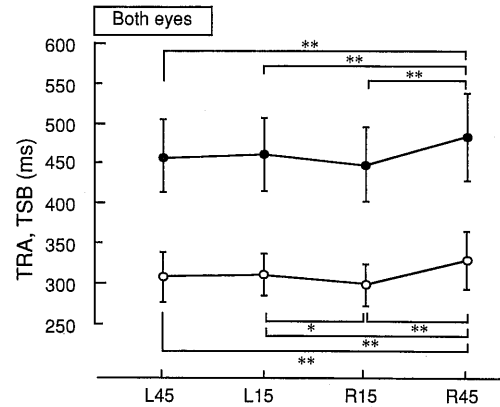
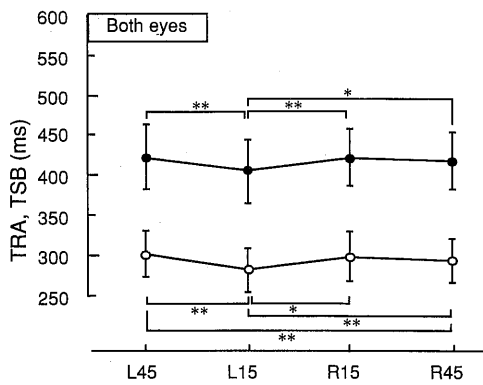
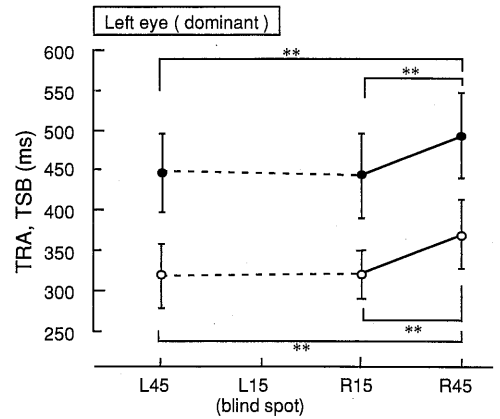
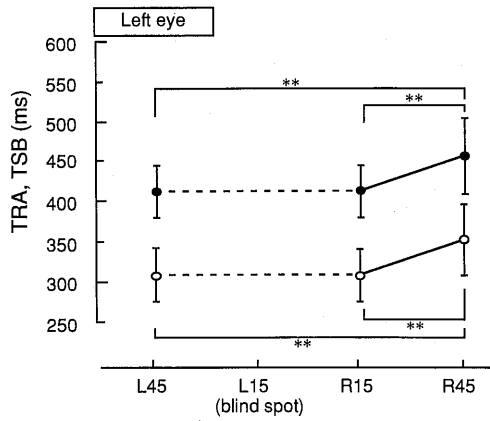
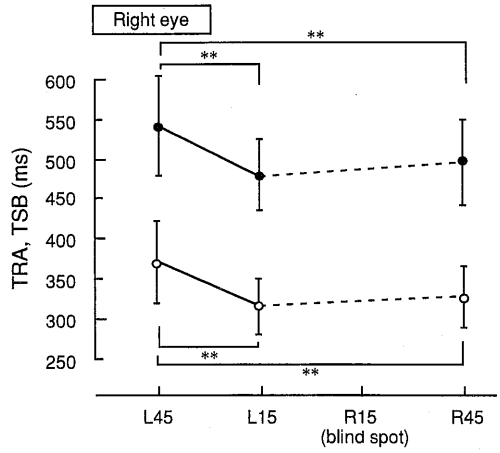
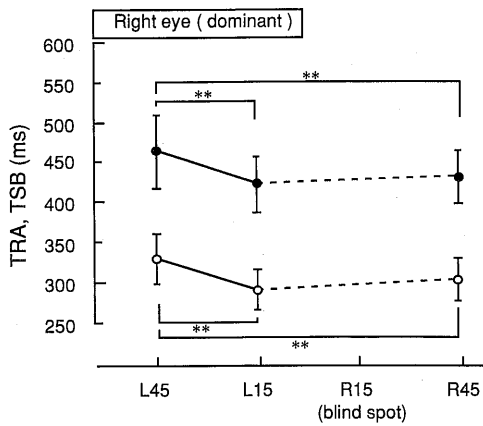


Fig. 2. TRA(\circ) and TSB(\bullet) for four visual points (L45~R45) in subjects with the right dominant eye, as a condition of the monocular or the binocular fixation. TRA; time to releasing an accelerator, TSB; time to stepping on a brake. Values depict mean \pm standard deviation.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

Fig. 3. TRA(\circ) and TSB(\bullet) for four visual points (L45~R45) in subjects with the left dominant eye, as a condition of the monocular or the binocular fixation. TRA; time to releasing an accelerator, TSB; time to stepping on a brake. Values depict mean \pm standard deviation.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

また、左単眼注視における視野別反応時間も、右眼利き、左眼利き両群同様に、右単眼の場合と対称の結果を示した(表2, 3)。すなわち、右眼利き群のTRAおよびTSBも(Fig.2中)、左眼利き群のTRAおよびTSBも(Fig.3中)、R45の刺激位置において、L45, R15の刺激位置においてより1%水準で有意に長かった。なお、左単眼においてL15は盲点の範囲になるため測定できなかった。

一方、両眼注視における視野別反応時間は、右眼利き群と左眼利き群で対称の結果を示した(表2, 3)。右眼利き群のTRAおよびTSBは、左中心視野内のL15での反応時間が他の刺激位置でより有意に短く、左周辺視野内のL45の反応時間が他の刺激位置より長い傾向を示した(Fig.2下)。これに対して、左眼利き群のTRAおよびTSBは、右中心視野内のR15の反応時間が他の刺激位置より短い傾向にあり、右周辺視野内のR45の反応時間が他の刺激位置より有意に長かった(Fig.3下)。

4 考 察

本実験において、単眼条件での反応時間(TRAとTSB)の長短が右眼利き群と左眼利き群で同様であったにもかかわらず、両眼注視状態での反応時間の長短が右眼利き群と左眼利き群で対称的になったのは注目すべき結果である。すなわち、反応時間の短い刺激位置の順に並べると、右眼利き群の場合はL15, R45, R15, L45であり、左眼利き群の場合はR15, L45, L15, R45であった。この長短の順序は、右眼利き群の場合では右単眼での順序と、左眼利き群の場合では左単眼での順序と類似している(Fig.2, 3)。

単眼の視野は理論的には円形であるが、実際には鼻が光を遮るので、鼻側の視野は狭い。単眼での中心からの視野は、鼻側で約60度、耳側で約90度と言われている^{12,15)}。本実験で

設置した周辺視野での光刺激装置は全て視野内(左右45度内)にあったが、単眼における鼻側の刺激位置は相対的に外側、耳側の刺激位置は相対的に中心側になる。このことにより、右単眼ではL45、左単眼ではR45の光刺激に対する反応時間が最も長かったと考えられる。逆に右単眼ではL15、左単眼ではR15の光刺激に対する反応時間が最も短かったと考えられる。

次に、単眼条件と両眼条件での反応時間の結果を比較すると、右眼利き群の場合、右単眼で最も短いL15において両眼条件でも最も短く、右単眼で最も長いL45において両眼条件でも最も長い。逆に左眼利き群の場合、左単眼で最も短いR15において両眼条件でも最も短く、左単眼で最も長いR45において両眼条件でも最も長い。右眼利き者のみで視野別反応時間を測定した研究⁶⁾では、EOGをモニターして尚早反応を除去していないので周辺視野における利き眼の影響が顕著に見られないが、全体の傾向は本研究における右眼利き群の結果と同様である。

これらの結果は、右眼利き者では右眼、左眼利き者では左眼というように、両眼で注視した場合に利き眼からの情報の認識が優位になっている可能性を示唆している。

一方、両眼条件において、同じ中心視野(L15とR15)でも右眼利き群ではR15、左眼利き群ではL15での反応時間が長くなった(ただし左眼利き群でのTSBの差は有意ではない)。この刺激位置は利き眼単眼では盲点の範囲内になり、見えていない刺激位置である。それでも反応できるのは、両眼条件の場合非利き眼からの情報が補っていると考えられる。

また、周辺視野より中心視野での反応時間の方が短い傾向はこれまでの報告^{2,4,5,6)}と同様であるが、中心視野だけでなく周辺視野(L45とR45)においても左右に差異が見られる。すなわち、両眼条件において同じ中

心視野でも利き眼の盲点側の反応時間がかなり長くなること、同じ周辺視野でも利き眼側の反応時間がかなり短いことが観察された (Fig. 2, 3)。これらの背景にも、両眼注視状態では利き眼からの情報が優先されている可能性が存在していると考えられる。

さらに、両眼条件での反応時間は、左右どちらの単眼条件よりも短い。両眼条件で反応時間が短くなる傾向は、中心視野よりも周辺視野で顕著である (Fig. 4)。本研究の実験結果からでは、両眼条件と単眼条件で反応時間が異なることがどういう機序によるものなのかを直接論議できないが、単眼条件より両眼条件の方が情報の入力が増え、上位中枢での情報処理時間に影響を与え、結果として両眼条件での反応時間が短くなったと推察される。

したがって、右眼利きでも左眼利きでも、利き眼単眼の影響が両眼注視状態に反映さ

れ、両眼注視状態にある時、利き眼からの情報は優先的に認識され、非利き眼からの情報は補足的になっていることが示唆される。本研究では日常的な自動車の運転時における下肢の踏み換え動作を用いたが、結果を解釈すれば、前方を見つめている時には非利き眼側の周辺視野だけでなく、中心視野でも利き眼側斜め前方の状況変化に対して応答が遅れる可能性を示している。今後、スポーツ場面などの見る対象が移動するような場合において、パフォーマンスに利き眼の影響がどう関わるのかを研究することも興味深い。

まとめ

①注視状態における左右単眼での反応時間は、右利き眼群、左利き眼群とも同様の傾向を示し、中心視野 (左右15度) の非利き眼側での刺激に対して最も短く、周辺視野 (左右45度) の非利き眼側での刺激に対し

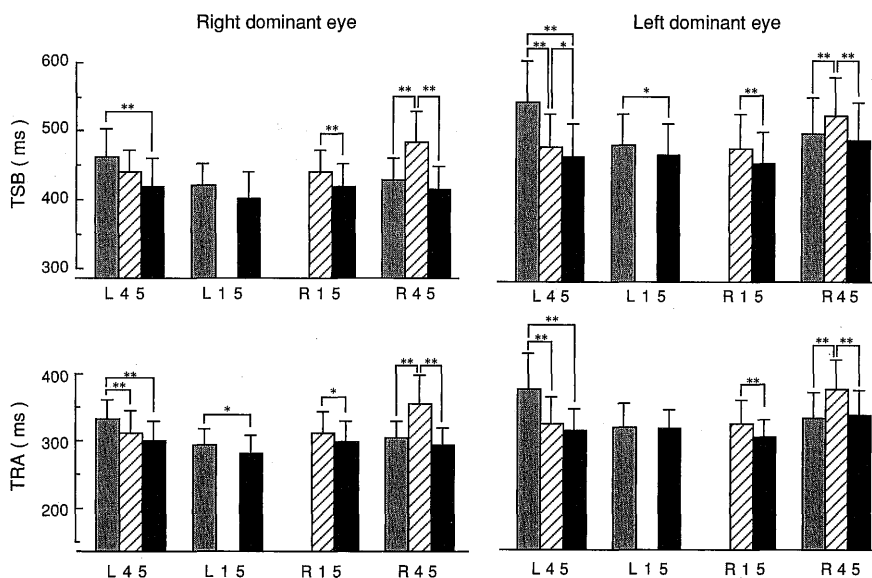


Fig. 4. Comparison of mean reaction time (RT) at four visual points (L45~R45) using a right eye with a left eye closed (stippled), a left eye with a right eye closed (hatched) and both eyes (solid black) in subjects who have right or left dominant eye. TRA; time to releasing an accelerator, TSB; time to stepping on a brake. Values depict mean \pm standard deviation.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

て最も長く、周辺視野の利き眼側では中心視野より若干長くなる程度であった。

②両眼条件での反応時間は、両群とも中心視野の非利き眼側での刺激に対して最も短く、次に周辺視野の利き眼側、次に盲点になる中心視野の利き眼側となり、最も長くなるのは周辺視野の非利き眼側となる傾向を示した。

③両眼条件での反応時間は、左右どちらの単眼条件よりも短い傾向にあり、この傾向は中心視野よりも周辺視野で顕著であった。

これらの結果から、両眼注視状態においては利き眼からの情報は優先的に認識され、非利き眼からの情報は補足的に貢献し、利き眼単眼の影響が視野別反応時間に反映されていると推察された。

引用文献

- 1) 阿久津邦男：利き側 (Lateral Dominance) の体育的意義について、専修大学社会体育研究所月報, 3, 31-42, 1972.
- 2) 浅見高明：反射と反応に関する基礎的研究, 東京教育大学スポーツ研究所報, 9, 31-42, 1971.
- 3) 浅見高明・多田 繁・岡田修一：スポーツ選手の一側優位性 (左右差) の比較検討, 筑波大学体育科学系紀要, 4, 98-109, 1981.
- 4) 浅見高明・大崎多久満・石島 繁：視野反応計を用いた中心視反応と周辺視反応の比較検討, 筑波大学体育科学系紀要, 7, 142-162, 1984.
- 5) 浅見高明：身体運動特性と交通事故—中心視及び周辺視における反応特性について, 土本武司編, 交通安全対策に関する総合的研究, 平成元年度教育研究特別経費研究報告, 21-27, 1990.
- 6) 浅見高明・木塚朝博：注視状態における視野別反応時間について, 筑波大学体育科学系紀要, 16, 89-97, 1993.
- 7) 小沼十寸穂：利き眼本態への序論・第1編, 労働科学, 56 (12), 677-686, 1980.
- 8) 小沼十寸穂：利き眼本態への序論・第2編, 労働科学, 57 (1), 1-9, 1981.
- 9) 小沼十寸穂：利き眼本態への序論・第3編, 労働科学, 57 (2), 47-62, 1981.
- 10) 小沼十寸穂：「利き眼」に関する考察の補遺, 労働科学, 61 (12), 575-588, 1985.
- 11) 森 俊男・関根令夫・川向洋子・森 厚子：高校総体弓道出場校の弓道実施状況についての調査及びその考察, 筑波大学医療技術短期大学部研究報告, 8, 31-38, 1987.
- 12) 清水弘一：眼科診断・検査マニュアル, 57-58, 医学書院, 1977.
- 13) Spero A. Metalis and Andrew J. Niemic: Assessment of eye dominance through response time, Perceptual and Motor Skills, 59, 539-544, 1984.
- 14) 上田佳代子・島村峰雄：きき目・きき手の遺伝調査, 遺伝, 32, 110-111, 1978.
- 15) 渡部 勲・坂田晴夫・長谷川 敬・吉田辰夫・畑田豊彦：視覚の科学, 16-33, 写真工業出版社, 1975.