

光刺激の半球間情報伝達時間の推定

石 垣 尚 男

The Estimation of Interhemispheric Transmission Time of the Light Stimulus

Hisao Ishigaki

The purpose of this study is to investigate the Interhemispheric Transmission Time (ITT) by the reaction time. Experimental conditions are as follows. Stimulus present locus: 10°, 30°, 50° of the left and the right visual field. Light stimulus: 1°, 16nit, yellow LED (Light Emitting Diode), 100msec flash. Subject: 20 males of 18~22 age of right handedness. Reaction of subject: press of telegraph key by the thumbs of the right and left hands.

The RT of the left hand was more fast than that of the right hand significantly in each position of the left visual field. But in the right visual field, the RT of the right hand was not more fast than the RT of the left hand significantly. ITT of the left hemisphere → right hemisphere and the right hemisphere → left hemisphere were assumed as the same time. ITT was calculated by dividing the RT into six factors. As the result ITT were 50°: 1.5msec, 30°: 2.0msec, 10°: 3.2msec. That the RT of the right hand was not more fast than of the left hand significantly in the right visual field was conjectured by the non-dominant hands superiority in key press movement in the right hand.

1. 目的

光刺激の半球間情報伝達時間 (Interhemispheric Transmission Time 以下 ITT) は、左・右視野の同一部位への光刺激に対する右手と左手の単純反応時間 (以下 RT) の差から推定する方法が用いられている。

この方法により、刺激提示部位¹⁾²⁾³⁾¹¹⁾¹⁷⁾、刺激 modality⁵⁾¹³⁾、利き手⁷⁾⁸⁾¹²⁾、離断脳者¹⁰⁾¹⁶⁾、子供⁹⁾などについて ITT の推定が試みられ、これらから得られた健常者の ITT は 1~25msec に分布している。1981年、Bashore⁴⁾は、これまでの研究者の結果をまとめ、ITT は約 3 msec であろうと推定した。しかし、研究者間で一致した結果が得られていないことは、光刺激情報の反対側半球への伝達という微小時間を筋運動系まで含めた反応時間から求めようとするところから生じる問題点を包含しているためと考えられる。

この研究は、右眼単眼、右利き手者、Key press という実験条件下で得られた結果から ITT を推定する方法を提起するものである。

2. 方法

被験者は頭部を固定し、左眼を遮蔽、右眼で固視点(視角20分に相当する LED, 16nit, Yellow)を固視する。固

視標は視角25分に相当する円筒を通して提示されている。光刺激は視角1°に相当する16nit, Yellow の LED の 100msec の点灯で、固視標と同高、左・右水平視野の各々 10°, 30°, 50°の計 6カ所に提示される。室内は20Lux の明所視下。(Fig 1)

被験者はH・N利き手テスト⁶⁾により右利きと判定された18~22歳の大学男子20名。

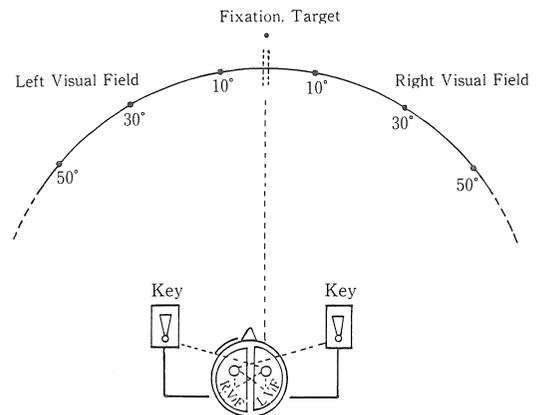


Figure 1 Experimental condition and Interhemispheric Transmission Pathway

1 sec のブザー音ののち、2～4 sec のインターバルで6カ所のうちのいずれかの刺激が提示された。被験者の反応は右手及び左手の母指による Telegraph Key の press 動作。ランダムに提示される6カ所の刺激に対し、右手で6回、次に左手で6回反応する。計12回の反応を1セットとし、これを40セット繰り返した。合計反応回数は、右手・左手(2)×提示部位(6)×40回/1人であった。被験者を右手から反応する10名、左手から反応する10名にわけ、提示部位の順序と反応手の関係をすべてカウンターバランスした。刺激提示のインターバルは約10secであり、1セットは2分で終了した。セット間に1分間の休憩を入れた。各40回の反応時間を95%の信頼限界で棄却検定し平均値を代表値とした。

3. 結果と考察

結果を Table 1 及び Fig 2 に示す。処理(提示部位)×処理(反応手)×被験体の分散分析の結果、提示部位($F=163.64$ $df=5,95$ $P<0.01$)、反応手($F=12.58$ $df=1,95$ $P<0.01$)、被験体($F=162.94$ $df=19,95$ $P<0.01$)でいずれも有意であったが、提示部位×反応手の交互作用($F=2.54$ $df=5,95$ $< \cdot$)は有意とはならなかった。

神経解剖学的には、左視野提示の光刺激は右半球視覚領野に投射されることから、RTは同側半球処理(左手)より、脳梁などを介して情報伝達される反対側半球処理(右手)が遅延し、この逆に右視野提示は同側半球処理(右手)より、反対側半球処理(左手)が遅延することが推定されるため、半球間の情報伝達に要する時間を右手と左手のRT差に求める試みがなされている。

しかし、本実験では左視野提示の右手と左手のRT差は、50°で4.2msec($P<0.05$, 下位検定はTukey法, 以下同じ)、30°で3.9msec($P<0.05$)、10°で5.4msec($P<0.01$)といずれも左手が有意に速かったが、右視野提示では右手が有意に速い結果とはならなかった。

右眼、右利き者、Key press条件を用いたBerlucchiら²⁾³⁾、Jeeves⁷⁾、Jeevesら⁸⁾は左視野提示での右手と左手

のRT差(左手が速い)ほど、右視野提示では右手が速くなる結果を得ていない。なかでも左・右視野の5°、20°、35°に提示したBerlucchiら²⁾の結果は左視野提示では5msec左手が速いのに対し、右視野提示では右手が速いものの、その差は1～2msecと少なく、本実験結果と近似している。このように、右利き者の右視野提示でのRT差に有意差が見い出されなかった理由を、右利き者の右半球優位という大脳半球機能差の存在に求めている⁸⁾が、Bashore⁴⁾の指摘のようにその解釈の当否は今のところ未確定である。

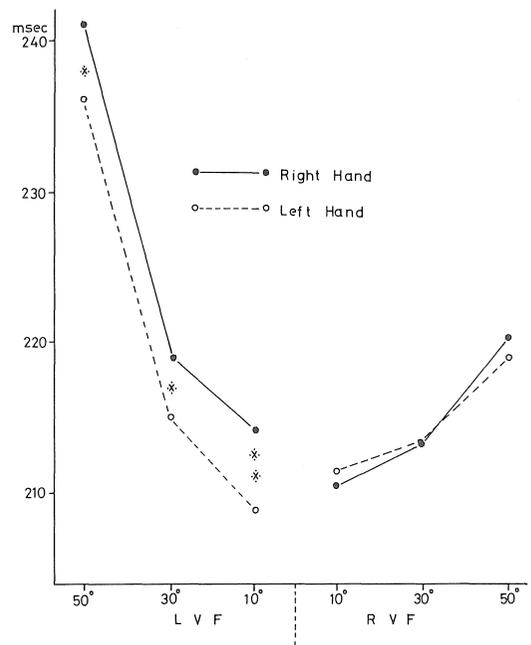


Figure 2 The RT of the left hand was more fast that of the right hand significantly in each position of the left visual field, the RT of the right hand was not more fast than the RT of the left hand significantly. (* $P<0.05$ ** $P<0.01$)

Table 1 Mean and S.D of reaction time

msec

VF	Left Visual Field						Right Visual Field					
	50°		30°		10°		10°		30°		50°	
Hand	L·H	R·H	L·H	R·H	L·H	R·H	L·H	R·H	L·H	R·H	L·H	R·H
RT	236.1	240.3	215.0	218.9	208.8	214.2	211.3	210.3	213.6	213.5	219.2	220.5
S.D	24.1	20.1	18.5	20.4	16.8	17.7	18.8	20.9	19.1	22.9	22.4	19.3
Diff	4.2 *		3.9 *		5.4 **		1.0		0.1		1.3	

* $P<0.05$ ** $P<0.01$

本実験結果から ITT を右手と左手の RT 差に求めると、それぞれ反対側半球への ITT は異なると結論せざるを得なく、加えて、右視野提示50°で左手の RT が右手より1.3msec 速いこと、つまり、左半球→右半球の ITT がゼロ以下となることは結論をより不自然なものにしている。果して、それぞれの反対側半球の ITT は異なるのであろうか。むしろ ITT はそれぞれ等しいと仮定し他に論拠を求めた方がよいのではないだろうか。

ITT を等しいと仮定した場合、本実験方法から考えられる RT 構成要素により、ITT は以下のように推定される。

x : 光刺激→視覚野, 情報受容時間(左視野=右視野と仮定)

y : ITT(右半球→左半球, 左半球→右半球, いずれも等しいと仮定)

T_R : Temporal retina (左視野) 及び右半球における情報処理時間

T_L : Nasal retina (右視野) 及び左半球における情報処理時間

M_R : 右手運動系, 運動野以降 Key on までの所要時間

M_L : 左手運動系, 運動野以降 Key on までの所要時間

本実験の4条件の組み合わせにおける RT 値は次のようになる。

$$\text{左視野} \rightarrow \text{左手} : RT = x + T_R + M_L \dots\dots\dots ①$$

$$\text{右視野} \rightarrow \text{左手} : RT = x + T_L + y + M_L \dots\dots\dots ②$$

$$\text{左視野} \rightarrow \text{右手} : RT = x + T_R + y + M_R \dots\dots\dots ③$$

$$\text{右視野} \rightarrow \text{右手} : RT = x + T_L + M_R \dots\dots\dots ④$$

左手における左視野と右視野の差は①-②

$$① - ② = (T_R - T_L) - y \dots\dots\dots ⑤$$

$$50^\circ : 16.9\text{msec} \quad 30^\circ : 1.4\text{msec} \quad 10^\circ : -2.5\text{msec}$$

右手における左視野と右視野の差は③-④

$$③ - ④ = (T_R - T_L) + y \dots\dots\dots ⑥$$

$$50^\circ : 19.8\text{msec} \quad 30^\circ : 5.4\text{msec} \quad 10^\circ : 3.9\text{msec}$$

従って(⑥-⑤)/2が y を表わす

$$50^\circ : 1.5\text{msec} \quad 30^\circ : 2.0\text{msec} \quad 10^\circ : 3.2\text{msec}$$

(⑤+⑥)/2が T_R-T_Lを表わす

$$50^\circ : 18.3\text{msec} \quad 30^\circ : 3.4\text{msec} \quad 10^\circ : 0.7\text{msec}$$

同様に、左視野における右手と左手の差は③-①

$$③ - ① = (M_R - M_L) + y \dots\dots\dots ⑦$$

$$50^\circ : 4.2\text{msec} \quad 30^\circ : 3.9\text{msec} \quad 10^\circ : 5.4\text{msec}$$

右視野における右手と左手の差は④-②

$$④ - ② = (M_R - M_L) - y \dots\dots\dots ⑧$$

$$50^\circ : 1.3\text{msec} \quad 30^\circ : -0.1\text{msec} \quad 10^\circ : -1.0\text{msec}$$

従って(⑦-⑧)/2が y を表わす。

$$50^\circ : 1.5\text{msec} \quad 30^\circ : 2.0\text{msec} \quad 10^\circ : 3.2\text{msec}$$

(⑦+⑧)/2が M_R-M_Lを表わす。

$$50^\circ : 2.7\text{msec} \quad 30^\circ : 1.9\text{msec} \quad 10^\circ : 2.2\text{msec}$$

以上の結果をまとめると

y : ITT

$$50^\circ : 1.5\text{msec} \quad 30^\circ : 2.0\text{msec} \quad 10^\circ : 3.2\text{msec}$$

T_R-T_L : Temporal retina 及び右半球における情報処理時間と、Nasal retina 及び左半球における情報処理時間の差

$$50^\circ : 18.4\text{msec} \quad 30^\circ : 3.4\text{msec} \quad 10^\circ : 0.7\text{msec}$$

M_R-M_L : 右手運動系と左手運動系の差

$$50^\circ : 2.7\text{msec} \quad 30^\circ : 1.9\text{msec} \quad 10^\circ : 2.2\text{msec}$$

従って、これによれば、右視野提示で RT 差が有意でなかったことは、RT 構成要素の右手運動系と左手運動系の差、いいかえれば、運動野以降 key on までに要する時間に差があること、具体的には M_R-M_Lで左手の方が50°で2.7msec, 30°で1.9msec, 10°で2.2msec 速いためにあると考えた方がよいのではないだろうか。

中村ら¹⁴⁾¹⁵⁾は RT 構成要素を Pre-Motor Time と Motor Time に分けたとき、Pre-Motor Time は手指伸筋群では利き手が非利き手より速く、手指屈筋群では逆に非利き手が利き手より速くなるとしている。本実験での右利き者、key press (母指屈筋群)の条件で、左手の RT が総平均で速い結果、及び右手運動系の所要時間の方が長いという推察は中村らの結果を裏付けるものではないかと考えられる。

左半球→右半球, 右半球→左半球への ITT はそれぞれ等しいと仮定して ITT の推定法について提起した。ITT を RT から推定する場合には、利き手と反応動作の関係が ITT に一致した結果を得られない原因となっていることが推察される。

4. 要約

光刺激に対する半球間情報伝達時間 (ITT) を推定するため、左・右視野の10°, 30°, 50°に刺激を提示し、右眼、右利き者、key press 条件で単純反応時間 (RT) を測定した。その結果、左視野への刺激提示では、各提示部位とも有意に左手の RT が右手より速かったが、右視野提示では、右手の RT は有意に左手より速くならず、50°では左半球→右半球の ITT はゼロ以下になるという矛盾した結果となった。これを解決するため、左半球→右半球, 右半球→左半球の ITT は等しいと仮定し、RT を6つの構成要素にわけ ITT を算出した。その結果、ITT は50° : 1.5msec, 30° : 2.0msec, 10° : 3.2msec となった。右視野提示で右手の RT が有意に速くならなかったことは、右利き者の Key press 動作では非利き手が優位になるためではないかと推察された。

引用文献

- 1) Anzola, G. P, Bertoloni, B, Buchtel, A. H and Rezzalatti, G : Spatical Compatibility and anatomical factors in simple and choice reaction time, *Neurophysologia*, Vol. 15, 295-302, 1977
- 2) Berlucchi, G, Heron, W, Hyman, R, Rizzalatti, G and Umilta, C : Simple reaction time of ipsilateral and contralateral hand to laterallized visual stimuli, *Brain*, Vol. 94, 419-430, 1971
- 3) Berlucchi, G, Crea, F, Stefano, M. D and Tassinari, G : Influence of spatial stimulus—response compatibility on reaction time of ipsilateral and contralateral hand to lateralized light stimuli, *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, Vol. 3, No. 3, 505-517, 1977
- 4) Bashore, T. R : Vocal and manual reaction time estimates of interhemispheric transmission time, *Psychological Bulltin*, Vol. 89, No. 2, 352-368, 1981
- 5) Efron, R : The effect of handedness on the perception of simultaneity and temporal order, *Brain*, Vol. 86, 261-284, 1963
- 6) 八田武志, 中塚善次郎 : きき手テスト作成の試み, 25年の歩み : 大西憲明教授退任記念論集 (大阪市立大学), 224-227, 1975
- 7) Jeeves, M. M : A comparison of interhemispheric transmission times in acallosals and normals, *Psychonomic Science*, Vol. 16, No. 5, 245-246, 1969
- 8) Jeeves, M. A and Dixon, N. F : Hemisphere differences in response rates to visual stimuli, *Psychonomic Science*, Vol. 20, No. 4, 249-250, 1970
- 9) Jeeves, M. A : Hemisphere differences in response rates to visual stimuli in children, *Psychonomic Science*, Vol. 27, No. 4, 201-203, 1972
- 10) Kinsbourne, M and Fisher, M : Latency of uncrossed and crossed reaction in callosal agenesis, *Neuropsychologia*, Vol.9, 471-473, 1971
- 11) Mckeever, W. H and Gill, K. M : Interhemispheric transfer time for visual stimulus information varies as a function of retinal locus of stimulation, *Psychonomic Science*, Vol. 26, No. 6, 308-310, 1972
- 12) Maddess, R. J : Reaction time to hemiretinal stimulation, *Neuropsychologia*, Vol. 13, 213-218, 1975
- 13) Milner, A. D and Lines, G. R : Interhemispheric pathways in simple reaction time to lateralized light flash, *Neuropsychologia*, Vol. 20, No. 2, 171-179, 1982
- 14) 中村隆一, 谷口礼二 : 同時動作の反応時間, *臨床脳波*, Vol.19, No. 4, 1977
- 15) 中村隆一, 谷口礼二 : 筋電図による反応時間の測定, *臨床生理*, Vol. 6, No. 3, 223-229, 1976
- 16) Reynolds, D. M and Jeevs, M. A : Further studies of crossed and uncrossed pathway responding in callosal agenesis—reply to Kinsbourne and Fisher, *Neuropsychologia*, Vol. 12, 287-290, 1974
- 17) Stefano, M. D, Morelli, M, Marzi, C. A and Berlucchi, G : Hemispheric control of unilateral and bilateral movements of proximal and distal parts of the arm as inferred from simple reaction time to lateralized light stimuli in man, *Experimental Brain Research*, Vol. 38, 194-204, 1980

(受理 昭和62年1月25日)