

視空間覚の研究

第2報：正常被験者におけるさしこし量の検討

田 所 康 徳

岡山大学医学部眼科学教室

要 約

健康な成年男子5名にゆびさし試験を行い、視標の位置と実際に指でさした位置とのずれ(さしこし量)を計測した。測定は視標の相対的な位置についての手がかりがある条件で行った。視標の位置によって、さしこし量には有意差が認められた。明所と暗所とで、さしこし量に統計的な有意差を認める場合があった。検査機器を装着した直後と、その15分後とについても同様であった。視空間覚ないしは眼と手との協調は、視覚性情報や時間経過によって影響されるものと推測された。(日眼会誌 95:1252-1260, 1991)

キーワード：視空間覚、ゆびさし試験、さしこし量の変化、眼と手との協調、正常被験者

Pointing Response in Normal Subjects

Yasunori Tadokoro

Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School

Abstract

Eye-hand open-loop pointing responses were examined in five normal subjects, with visual cues for relative target localization. Pointing errors differed significantly with the position of the target. In some cases, pointing responses in the dark were significantly different from those in the light. Pointing shifts were also significant between the responses immediately after putting the experimental device on and those 15 minutes after. From these results, it was speculated that visual localization and eye-hand coordination may be influenced by the visual context and the passage of time. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 95: 1252-1260, 1991)

Key words: Visual localization, Open-loop pointing response, Pointing shift, Eye-hand coordination, Normal subjects

I 緒 言

著者は第1報において、共同性斜視の手術症例と、斜視の認められない対照群を対象として、被験者の手指が見えない条件下で視標を指示させる「ゆびさし試

験」を行い、視標の位置と実際に指でさした位置とのずれ(さしこし量)を計測したところ、斜視手術とは無関係に、対照群でも統計的に有意なさしこし量の変化を認める場合があることを報告した¹⁾。このことは、未知の要因により、あるいは日常的に、視空間覚ない

別刷請求先：700 岡山市鹿田町2-5-1 岡山大学医学部眼科学教室 田所 康徳
(平成2年9月14日受付, 平成3年4月13日改訂受理)

Reprint requests to: Yasunori Tadokoro, M.D. Department of Ophthalmology, Okayama University Medical School.

2-5-1 Shikata-cho, Okayama 700, Japan

(Received September 14, 1990 and accepted in revised form April 13, 1991)

しは眼と手との協調に変化が生じうることを示唆するものと思われた。そこで今回は、いかなる要因がさしこし量の変化をもたらすのか検討するため、正常被験者に対し複数の条件下でゆびさし試験を行ったので報告する。

II 実験方法

1. ゆびさし試験用検査機器 (図1)

検査機器には今回新たに製作したものをを用いた。以前報告したもの²⁾との主な違いは、次の3点である。

1) 機器のふたと底を取りはずし可能とした。

手が見えるときと見えないとき、明るいときと暗いときなどを比較可能とするため、底のみを取り付ければ手が見えない条件となり、ふたと底を両方付けて暗室で検査すれば、暗黒下での条件となるようにした。

2) 視標の眼前距離を40cmとした。

第1報では、調節の影響を除くために、近見25cmに合わせたレンズを装用して検査したが、検眼用レンズのプリズム効果のために、日常視とは異なった視空間を生じ、また眼と手との協調も日常生活時とは異なっている可能性があった。このため今回は、近見時に合わせたレンズの付加を行わずに検査することにしたので、その分なるべく調節が少なくてすむように、視標を眼前40cmまで遠ざけた。これ以上遠ざけると、被験者によっては手が届かなくなる可能性があり、また重力による回転モーメントのため機器の装着が困難となるので、これらの諸条件との兼ね合いで、40cmとした。

3) 視標の形状および呈示方法を変更した。

以前の検査機器のような発光ダイオードの視標を用いると、明所では点灯しなくてもすべての視標の位置

が初めから見えてしまうため、暗黒下の条件との比較はできなくなってしまう。ビーズ玉様の均一なテクスチャーのなかに、発光ダイオードを隠して設置するか、あるいは視標を投影する方式にすれば、こうした問題は解決するが、今回は技術的な問題から採用できなかったため、最初からすべての視標の位置が見える(すなわち、相対的な位置の手がかりがある)条件で統一することにした。

視標には、電卓などに用いられるアラビア数字の形をした発光ダイオードを使用し、正中 0° と左右にそれぞれ 5° 、 10° の位置に計5個設置した。視標の大きさは縦8mm×横5mmで、視角にして $1.1^\circ \times 0.7^\circ$ に相当する。これらは常時(マイナス)の形に点灯しており、実験者がスイッチで1個のみを0(ゼロ)の形に点灯させたとき、その視標を指でさすように被験者に指示した。

2. 対象と方法

対象は、近視および近視性乱視と外斜位のほかには、既知の眼科的異常を認めない成人男子5名で、年齢は25~28歳、平均26.0歳であった。きき手は5名とも右手で、優位眼は右眼の者が4名、左眼の者が1名(被験者T.F.)であった。

ゆびさし試験は右眼開放と左眼開放の2通りについて行った。片眼遮断にはアイパッチを使用し、常用する眼鏡またはコンタクトレンズを装用して、坐位にて測定した。あらかじめ作成した乱数表に基づいて、各視標を8回ずつ0(ゼロ)の形に点灯させ、被験者が右手の示指でその位置をさし示すと、指先に取り付けてあるペンにより、記録用紙にマークされた。測定中は頸を動かさないように事前に説明したが、物理的な固定は行っておらず、明らかに頸をまわした場合には、その度ごとに注意を与えた。

測定条件は過去のデータを参考に、以下の5つの場合を設定し、同一日に測定した。

条件1: 検査機器のふたと底をはずしておき、指示動作の終末時に指先が記録用紙の向う側に隠れてしまうまでは、常に右手全体が見えている条件。

条件2: 検査機器に底を取り付け、右手全体を見えなくした直後に測定を開始する条件。

条件3: 条件2による測定終了後、そのまま機器を装着して15分間待機してから測定を開始する条件。

条件4: 検査機器にふたと底を取り付け、頭部に装着した直後に暗室で測定する条件。

条件5: 条件4による測定終了後、そのまま機器を

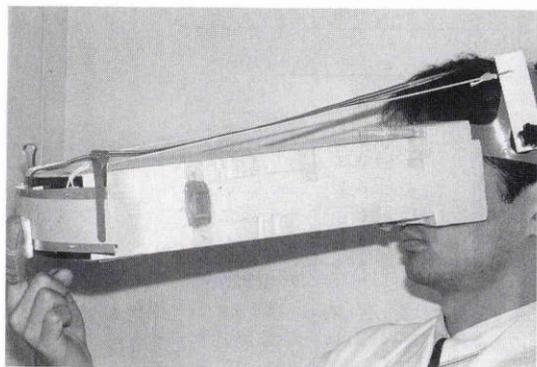


図1 ゆびさし試験用検査機器

装着して暗黒下で15分間待機してから暗室で測定する条件。

3. さしこし量の統計的処理

記録用紙にマークされた位置を角度に換算した。各視標に対して8個ずつ得られる角度の値から、それぞれ平均値と標準偏差を求めて、各指標の位置ごとにさしこし量を算出した。角度の符号は、右向きをプラス、左向きをマイナスとした。関連多群の差の検定にはFriedmanの検定を用い、関連2群の差の検定にはWilcoxonの検定を用いた。

III 結 果

1. 指先に取り付けたペンの精度と再現性 (表1)

日常視に最も近い測定条件1におけるさしこし量を、後日再検したときの結果とともに表1に示す。記録用紙にマークされた位置のバラツキは、標準偏差にして0.5度程度であった。1回めと2回めの測定間でのさしこし量の差について、Wilcoxonの検定を行ったところ、統計的な有意差 ($p < 0.05$) を認める場合は少なく、指先に取り付けたペンでマークされた位置の再現性は良好であった。

表1 測定条件1におけるさしこし量

右眼開放, 条件1, 1回め					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-0.2±0.2	-0.2±0.3	+0.1±0.2	+0.1±0.2	+0.4±0.4
M. S. 25y	-0.3±0.4	-0.7±0.4	-0.2±0.2	-0.3±0.3	-0.2±0.4
T. S. 25y	-0.2±0.2	0.0±0.2	+0.1±0.3	-0.1±0.3	-0.1±0.2
Y. T. 28y	-1.3±0.4	-0.8±0.4	-0.9±0.4	-0.7±0.4	-0.5±0.3
T. F. 27y	-0.6±0.5	-0.4±0.4	-0.1±0.4	-0.1±0.3	0.0±0.3
右眼開放, 条件1, 2回め					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-0.2±0.3	-0.3±0.3	-0.2±0.2	+0.1±0.3	+0.1±0.2
M. S. 25y	-0.4±0.4	-0.6±0.4	-0.4±0.2	0.0±0.3	0.0±0.3
T. S. 25y	-0.4±0.2	-0.4±0.2*	-0.3±0.1**	-0.4±0.2**	-0.3±0.1
Y. T. 28y	-1.2±0.5	-0.5±0.4	-0.4±0.4	-0.7±0.6	-0.6±0.5
T. F. 27y	-0.7±0.5	-0.2±0.4	-0.2±0.3	+0.1±0.3	+0.6±0.3
左眼開放, 条件1, 1回め					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	+0.1±0.3	+0.2±0.3	+0.4±0.4	+0.5±0.3	+0.9±0.2
M. S. 25y	-0.2±0.5	+0.1±0.5	+0.1±0.5	+0.5±0.3	+0.6±0.3
T. S. 25y	+0.2±0.4	-0.1±0.4	+0.2±0.2	+0.4±0.3	+0.3±0.2
Y. T. 28y	-0.6±0.5	-0.4±0.4	-0.2±0.4	-0.2±0.6	-0.2±0.2
T. F. 27y	+1.6±0.6	+1.4±0.5	+1.9±0.4	+2.1±0.7	+2.8±0.6
左眼開放, 条件1, 2回め					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-0.1±0.3	+0.1±0.3	+0.3±0.3	+0.5±0.1	+0.9±0.3
M. S. 25y	0.0±0.3	+0.3±0.2	+0.3±0.3	+0.4±0.3	+0.5±0.4
T. S. 25y	-0.2±0.3*	-0.1±0.2	+0.2±0.3	+0.2±0.1	+0.2±0.2
Y. T. 28y	-0.3±0.3	+0.1±0.8	0.0±0.6	+0.2±0.6	-0.2±0.6
T. F. 27y	+1.6±0.4	+1.7±0.4	+1.8±0.4	+2.0±0.3	+2.0±0.4

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

各視標に対するさしこし量の平均値±標準偏差を示す。単位は度。「1回め」は表2に示す測定条件2から5までの測定と同一日のデータであり、「2回め」は後日再検したときのデータである。1回めと2回めのさしこし量の差について、Wilcoxonの検定を行った結果を、「2回め」のデータの右肩に付記してある。

表2 視標の位置とさしこし量との関係
左眼開放, 条件2

右眼開放, 条件2						左眼開放, 条件2					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-2.1±0.4	-2.5±0.7	-2.2±1.0	-1.0±0.9	+0.7±0.8	M. O. 25y	-3.2±1.4	-3.0±1.6	-3.0±1.5	-1.7±1.4	-0.4±0.8
M. S. 25y	-5.9±1.1	-3.8±1.8	-4.5±1.1	-4.9±1.2	-3.8±0.7	M. S. 25y	-2.6±0.6	-1.8±1.0	-2.6±0.7	-1.8±1.4	-2.2±1.5
T. S. 25y	-0.3±0.9	-1.5±0.7	-1.5±0.5	-2.0±1.4	-1.0±0.6	T. S. 25y	-2.1±1.1	-1.1±0.8	-1.0±0.7	-0.7±0.8	+0.4±1.2
Y. T. 28y	-5.2±2.0	-4.2±1.9	-2.1±1.1	-0.5±1.7	+2.0±1.2	Y. T. 28y	-2.9±1.9	-1.1±1.2	-0.7±2.5	+0.4±0.8	+0.1±2.4
T. F. 27y	-3.3±0.9	-4.1±1.8	-2.6±1.5	-1.3±0.6	-1.6±2.8	T. F. 27y	+2.0±1.7	+1.7±1.2	+2.6±2.1	+3.3±2.3	+3.7±1.7
右眼開放, 条件3						左眼開放, 条件3					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-3.6±1.5	-4.0±1.3	-3.5±1.9	-3.1±1.6	-1.8±1.3	M. O. 25y	-2.0±1.0	-1.9±1.0	-1.2±1.4	-0.1±1.1	+0.2±0.9
M. S. 25y	-3.8±1.4	-3.5±1.1	-3.0±0.7	-2.2±1.2	-1.9±1.8	M. S. 25y	-5.7±0.8	-5.8±0.6	-5.5±0.9	-6.3±1.3	-5.8±1.7
T. S. 25y	-1.6±0.7	-1.8±0.7	-2.4±1.1	-2.2±1.2	-1.8±0.7	T. S. 25y	-0.7±0.6	-0.1±1.4	-0.2±1.6	0.0±1.6	-0.4±1.2
Y. T. 28y	-4.0±1.2	-3.8±1.2	-0.7±0.7	+2.3±1.4	+3.8±1.6	Y. T. 28y	-5.4±2.2	-3.1±2.4	-3.3±1.7	-0.8±1.6	-0.5±1.4
T. F. 27y	-3.8±1.2	-3.1±1.3	-2.9±1.3	-0.4±1.2	+0.8±1.4	T. F. 27y	+4.6±0.5	+4.9±1.3	+5.0±1.8	+6.1±1.8	+6.8±1.2
右眼開放, 条件4						左眼開放, 条件4					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-4.5±1.5	-4.0±1.6	-2.9±1.4	-2.9±1.1	0.0±1.4	M. O. 25y	-3.0±0.6	-2.7±1.0	-2.7±0.8	-0.8±1.5	-0.7±0.9
M. S. 25y	-6.6±1.6	-4.8±1.7	-4.9±1.4	-3.8±2.3	-3.1±1.6	M. S. 25y	-5.0±1.9	-3.3±1.1	-4.0±1.4	-2.5±2.4	-1.8±1.1
T. S. 25y	-2.4±1.4	-2.0±0.9	-1.0±1.0	+0.5±1.5	+1.4±1.5	T. S. 25y	-4.0±1.3	-0.9±1.2	-1.0±1.2	+2.0±1.5	+3.9±1.8
Y. T. 28y	-2.4±2.1	-1.2±1.6	+0.7±2.0	+2.2±2.1	+4.0±1.6	Y. T. 28y	-1.8±1.6	-0.6±1.1	+0.6±0.9	+2.5±1.1	+2.4±1.2
T. F. 27y	-5.8±2.1	-2.7±3.5	0.0±2.6	+4.2±1.5	+5.9±1.1	T. F. 27y	+0.4±3.1	+1.5±3.8	+3.0±2.6	+5.6±3.7	+6.0±2.3
右眼開放, 条件5						左眼開放, 条件5					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-1.7±1.8	-1.2±1.9	-0.3±1.7	+1.6±0.9	+3.7±1.2	M. O. 25y	-1.8±1.2	-2.5±0.8	-2.3±0.6	-1.5±0.8	-1.7±0.9
M. S. 25y	-4.8±1.2	-3.0±0.9	-3.8±1.5	-3.4±1.6	-3.0±1.4	M. S. 25y	-5.0±1.1	-3.1±1.1	-2.6±1.3	-1.4±1.3	+0.9±1.4
T. S. 25y	-3.6±1.2	-2.4±0.8	-2.5±0.9	-0.6±1.1	+0.6±1.8	T. S. 25y	-4.7±1.1	-3.0±1.2	-1.8±1.5	+1.1±1.2	+4.9±1.9
Y. T. 28y	-6.6±2.0	-5.8±2.2	-3.1±1.1	-0.7±0.9	+0.6±1.6	Y. T. 28y	-0.2±2.0	+1.7±1.8	+3.2±2.4	+4.9±1.7	+5.8±2.9
T. F. 27y	-7.3±1.7	-5.5±2.8	-1.0±1.3	+3.3±1.2	+6.6±1.5	T. F. 27y	+2.5±2.3	+2.3±2.4	+2.9±1.4	+4.8±1.9	+6.2±2.5

測定条件2から5までにおける, 各視標に対するさしこし量の平均値±標準偏差を示す。単位は度。

表3 視標の位置とさしこし量との関係のまとめ

測定条件	右眼開放	左眼開放
条件1	P<0.05	P<0.01
条件2	P<0.1	P<0.01
条件3	P<0.05	n.s.
条件4	P<0.01	P<0.01
条件5	P<0.01	P<0.01

n.s.=not significant

表1の「1回目」のデータと、表2のデータとについて、Friedmanの検定を行った結果をまとめて示す。

2. 視標の位置とさしこし量との関係 (表2, 3)

測定条件2から5までにおけるさしこし量を表2に示す。視標が左にあるほど、左向きさしこし量が大きく、視標が右にある場合には、左向きさしこし量は小さくなるか、むしろ右向きさしこし量が増加することが多かった。表1に示した測定条件1の結果と、表2に示したその他の場合の結果について、Friedmanの検定を行ったところ、視標の位置によってさしこし量に統計的な有意差 ($p < 0.05$) を認める場合が多かった (表3)。

3. 測定条件によるさしこし量の違い (表4)

関連する2つの条件間でのさしこし量の差を表4に示す。Wilcoxonの検定を行ったところ、統計的な有意差 ($p < 0.05$) を認める場合が半数程度みられた。

4. さしこし量の経時的変化 (表5)

測定条件2から5までについて、後日再検したときのデータを表5に示す。初回測定時のデータ (表2) と比較すると、統計的な有意差 ($p < 0.05$) を認める場合が半数程度みられた。

IV 考 按

1. 指先に取り付けたペンの精度と再現性

指先に取り付けたペンにより記録用紙にマークするという方法自体の精度は、日常視とは完全には同一ではない測定条件1においても、標準偏差にして0.5度程度と良好であった。一方、再現性については、被験者T.S.において1回めと2回めの測定の間、さしこし量の統計的な有意差を認める場合があったが、その角度自体はわずかであり、ペンの位置がずれたりすることによる測定結果への影響は、実質的には無視できる程度と思われた。

表1に示した測定条件1の結果と、表2に示した測定条件2から5までの結果とを比較すると、後者のほ

うがさしこし量の大きさのみならず、そのバラツキ (標準偏差で示される) も大きくなっていることがわかる。このことはペンの位置がずれたりして生じたものではなく、手指が見えないために視空間や眼と手との協調性に变化が生じたための現象であると思われる。

2. 視標の位置とさしこし量との関係

過去に発表されたゆびさし試験のデータ³⁾によると、正常被験者では視標の位置によるさしこし量の差はほとんどないことになっており、今回得られた結果は、その文献に外転神経麻痺の例として挙げられているものに類似している。ゆびさし試験においては、視空間を指示動作によって表現させ、これを物理的な視標の位置と比較するのであるから、視標の位置によってさしこし量に差があったとしても、特に不合理ではない。なぜならば、物理的空間と、主観的な視空間とは別のものであり、視空間における2点の視方向の違い (角度的な隔たり) は、物理的空間での角度的隔たり (= 視角) によって規定されている⁴⁾ものの、いろいろな錯視現象からも明らかなように、この両者間の利得 (gain) は、必ずしも1であるとは限らないからである。今回記録された結果が、実際に存在する現象なのか、あるいは測定時の人工産物なのかについて、以下に検討を加える。

今回使用した検査機器では、視標のならんだ曲面の12mm外周に、記録用紙が貼ってある。このため、視標の物理的な位置自体を指でさすことは不可能で、視線の延長線上を指でさしたと仮定すると、右眼 (左眼) 開放の場合には、約0.1度だけ左 (右) にずれた位置が記録用紙にマークされる。この効果はどの視標の位置に対してもほぼ同等であり、「視標が左にあるほど、左向きさしこし量が大きい」という結果を説明することはできない。

また、眼は正中矢状面上にはないので、たとえば瞳孔間距離60mmの場合、左10度の視標を右眼 (左眼) 開放時に固視したとき、実際には右眼 (左眼) は左へ13.8度 (5.5度) だけ回転しており、右10度の視標に対しては右へ5.5度 (13.8度) だけ回転している。この実際に眼球が回転した角度と、角度で表示した視標の位置との差は、「視標が左にあるほど、左向きさしこし量は小さい」という関係になっており、今回得られた視標の位置とさしこし量との関係とは逆の関係になっている。

さらに、プリズム効果について考えてみると、今回の被験者5名のうち4名は、近視ないし近視性乱視のため、常用する眼鏡を装着して検査していたが、その

表4 異なる測定条件間でのさしこし量の差

右眼開放, 条件2-条件1						左眼開放, 条件2-条件1					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-1.9±0.6**	-2.3±0.9**	-2.2±1.2**	-1.2±1.0	+0.2±1.0	M. O. 25y	-3.3±1.5**	-3.1±1.7**	-3.4±1.7*	-2.2±1.5*	-1.7±1.3**
M. S. 25y	-5.5±1.2**	-3.1±1.6**	-4.2±1.1**	-4.6±1.1**	-3.7±1.0**	M. S. 25y	-2.4±0.5**	-1.9±1.1*	-2.7±1.1**	-2.3±1.3**	-2.8±1.4**
T. S. 25y	-0.1±1.1	-1.5±0.6**	-1.6±0.5**	-1.9±1.4*	-0.9±0.7*	T. S. 25y	-2.3±1.1**	-1.0±1.0	-1.2±0.8**	-1.1±1.0*	+0.1±1.4
Y. T. 28y	-3.9±1.8**	-3.4±1.9**	-1.2±1.3	+0.1±1.9	+2.5±1.2**	Y. T. 28y	-2.4±2.0*	-0.7±1.1	-0.5±2.4	+0.6±0.5*	+0.3±2.3
T. F. 27y	-2.7±1.0**	-3.7±1.7**	-2.5±1.7*	-1.2±0.5**	-0.5±1.1	T. F. 27y	+0.4±2.1	+0.2±1.3	+0.7±2.0	+1.2±2.8	+0.9±2.2
右眼開放, 条件4-条件2						左眼開放, 条件4-条件2					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-2.4±1.2**	-1.5±1.5*	-0.8±0.8	-1.9±1.5*	-0.6±1.6	M. O. 25y	+0.2±1.0	+0.2±2.0	+0.3±2.0	+0.9±2.7	-1.1±1.2
M. S. 25y	-0.7±2.3	-0.9±2.7	-0.4±1.4	+1.1±2.3	+0.7±2.0	M. S. 25y	-2.4±2.1*	-1.5±1.2**	-1.4±1.0*	-0.7±2.3	+0.4±2.0
T. S. 25y	-2.1±2.0*	-0.5±1.1	+0.5±1.1	+2.5±1.3**	+2.3±1.7**	T. S. 25y	-1.9±1.8*	+0.2±1.7	0.0±1.0	+2.6±1.8*	+3.5±2.7*
Y. T. 28y	+2.8±2.8	+2.9±1.9*	+2.8±2.6*	+2.7±2.8	+2.0±2.3	Y. T. 28y	+1.1±2.4	+0.5±1.4	+1.2±2.6	+2.1±1.4*	+2.2±2.5*
T. F. 27y	-2.4±2.1*	+1.5±2.1	+2.6±3.0	+5.5±1.8**	+6.3±1.2**	T. F. 27y	-1.6±3.4	-0.2±3.2	+0.4±2.1	+2.2±3.1	+2.3±2.2*
右眼開放, 条件5-条件3						左眼開放, 条件5-条件3					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	+1.8±0.7**	+2.8±0.8**	+3.2±0.8**	+4.7±1.6**	+5.4±1.4**	M. O. 25y	+0.2±1.0	-0.6±0.8	-1.0±1.5	-1.4±1.3*	-1.9±1.5*
M. S. 25y	-1.0±2.2	+0.5±1.4	-0.8±1.4	-1.2±1.4	-1.0±2.0	M. S. 25y	+0.7±1.3	+2.8±1.3**	+2.9±1.4*	+4.9±1.9**	+6.7±1.9**
T. S. 25y	-2.0±1.2*	-0.6±0.8	0.0±1.3	+1.6±1.3*	+2.3±2.3*	T. S. 25y	-4.0±1.2**	-2.9±1.6*	-1.6±1.6*	+1.1±1.3	+5.2±1.2**
Y. T. 28y	-2.6±1.9*	-1.9±2.4	-2.4±1.6**	-3.0±2.0*	-3.2±2.2*	Y. T. 28y	+5.2±3.1**	+4.8±2.8**	+6.4±2.5**	+5.7±2.5**	+6.2±2.9**
T. F. 27y	-3.6±1.9**	-2.3±3.0*	+1.9±1.6*	+3.7±1.6**	+5.8±2.1**	T. F. 27y	-2.1±2.0*	-2.6±1.3*	-2.1±1.6**	-1.3±1.7	-0.6±2.6
右眼開放, 条件3-条件2						左眼開放, 条件3-条件2					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-1.5±1.3*	-1.5±1.1*	-1.1±1.2	-2.0±1.8*	-2.4±1.5*	M. O. 25y	+1.2±0.8*	+1.1±1.4	+1.7±1.3*	+1.6±1.2*	+0.5±0.8*
M. S. 25y	+2.1±1.9**	+0.4±2.2	+1.5±1.1*	+2.7±1.6**	+1.9±1.8*	M. S. 25y	-3.1±1.0**	-4.1±1.3**	-2.9±1.1**	-4.4±2.0*	-3.6±2.7*
T. S. 25y	-1.3±1.2*	-0.3±0.6	-0.9±0.9*	-0.2±1.7	-0.8±1.8*	T. S. 25y	+1.4±1.1*	+1.0±1.8	+0.8±1.4	+0.6±1.9	-0.8±2.2
Y. T. 28y	+1.2±1.3	+0.3±1.6	+1.6±1.4*	+2.8±2.2*	+1.8±1.8*	Y. T. 28y	-2.5±3.7	-2.1±3.3	-2.5±3.4	-1.2±1.6	-0.6±2.5
T. F. 27y	-0.5±1.2	+0.9±1.7	-0.3±1.7	+0.9±1.5	+1.2±1.1*	T. F. 27y	+2.5±1.7*	+3.2±1.0**	+2.4±1.8**	+2.8±1.7**	+3.1±1.5**

*P<0.05, **P<0.01

関連する2つの条件間でのさしこし量の差を, 各視標ごとに平均値士標準偏差で示す。単位は度。Wilcoxonの検定を行った結果を右肩に付記してある。

表5 後日再検したときのさしこし量

右眼開放, 条件2, 2回目						左眼開放, 条件2, 2回目					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-0.8±1.0*	-1.3±0.7**	-1.6±1.1	-1.2±0.7	-0.1±0.6	M. O. 25y	-5.9±0.9**	-6.3±0.7**	-5.5±1.1*	-4.5±0.8**	-2.6±0.6*
M. S. 25y	-8.9±0.8**	-8.3±1.4**	-8.4±2.4**	-8.5±1.5**	-7.0±2.4**	M. S. 25y	-3.4±1.5	-2.9±1.3	-3.5±1.2	-3.2±2.1*	-4.8±1.5*
T. S. 25y	-0.8±1.0	-1.1±0.8	-1.0±0.6*	-0.6±0.7**	-0.6±0.8	T. S. 25y	-1.8±1.0	-1.2±0.6	-1.1±0.9	-0.3±0.8	+0.2±0.9
Y. T. 28y	-4.2±1.6	-4.3±1.3	-4.2±2.4**	-1.6±1.9	-0.2±2.2	Y. T. 28y	-5.7±2.4	-3.9±2.1	-3.0±3.1	-2.3±1.7*	-0.6±2.8
T. F. 27y	-6.0±2.4*	-5.4±2.9	-3.1±1.8	-1.9±2.0	+0.6±2.3	T. F. 27y	+2.8±1.4	+2.5±1.4*	+3.8±1.4	+5.6±0.8*	+6.4±1.1*
右眼開放, 条件3, 2回目						左眼開放, 条件3, 2回目					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-0.1±0.9**	-0.8±0.7**	-0.7±0.6*	+0.8±0.8**	+1.6±0.5**	M. O. 25y	-8.0±0.8**	-8.1±1.0**	-8.4±0.7**	-7.2±1.2**	-6.1±0.7**
M. S. 25y	-7.1±0.8**	-7.4±1.1**	-6.2±0.8**	-5.9±0.7**	-5.1±0.8*	M. S. 25y	-3.2±1.0**	-2.8±1.3**	-3.8±1.3*	-4.0±0.6**	-5.4±1.0
T. S. 25y	+1.0±0.8**	+0.1±0.4**	-0.1±0.7**	-0.3±0.5**	-0.5±0.8*	T. S. 25y	-0.9±1.0	-0.8±0.8	-0.9±1.4	-0.7±1.2	-0.4±0.8
Y. T. 28y	-7.7±2.6*	-5.1±1.3*	-4.0±2.8*	-2.7±1.7*	-1.2±1.8*	Y. T. 28y	-4.9±1.8	-3.6±1.0	-1.6±2.2*	+0.6±2.3	+0.9±2.0
T. F. 27y	-5.3±1.9	-4.7±1.9	-2.9±2.5	-1.3±2.2	+0.3±1.7	T. F. 27y	+1.6±0.8**	+0.5±0.8**	+0.7±1.1**	+2.6±1.4**	+2.9±0.9**
右眼開放, 条件4, 2回目						左眼開放, 条件4, 2回目					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-2.9±2.2	-3.3±1.4	-2.4±1.5	-1.8±1.5	+0.1±0.6	M. O. 25y	-7.4±0.8**	-6.9±1.1**	-7.4±1.1**	-6.1±0.7**	-3.8±0.6**
M. S. 25y	-7.4±1.8	-5.5±1.2	-5.4±1.8	-5.2±0.9	-2.8±0.9	M. S. 25y	-6.9±0.7*	-5.2±1.0**	-5.2±1.4	-6.0±1.3**	-6.0±1.0**
T. S. 25y	-1.8±1.5	+1.1±0.9**	+1.2±1.3**	+2.6±1.0*	+4.0±1.0*	T. S. 25y	-3.2±1.2	-1.9±1.0	-0.9±1.4	+0.3±0.8	+1.2±1.1**
Y. T. 28y	-2.8±1.7	-2.6±1.1*	+0.1±1.9	+2.1±1.2	+4.1±2.7	Y. T. 28y	-4.3±1.7**	-1.6±0.9	-1.1±1.1*	+0.7±1.2	+1.6±1.2
T. F. 27y	-8.2±2.1*	-6.2±2.0**	-2.8±2.3*	+0.8±1.6**	+3.7±1.0*	T. F. 27y	+3.4±1.1	+4.2±1.6	+4.9±1.8	+7.1±2.7	+6.5±2.1
右眼開放, 条件5, 2回目						左眼開放, 条件5, 2回目					
視標の位置	-10	-5	0	+5	+10	視標の位置	-10	-5	0	+5	+10
M. O. 25y	-1.2±1.3	-1.4±0.6	-0.3±1.1	+0.7±0.9*	+2.1±0.7*	M. O. 25y	-5.0±1.5**	-5.5±1.7*	-4.6±0.9**	-4.1±1.0**	-2.8±1.6
M. S. 25y	-9.1±1.9**	-6.3±1.8*	-6.4±2.2**	-6.6±2.0**	-4.9±1.9	M. S. 25y	-5.0±1.2	-4.6±1.0	-5.1±1.2*	-5.2±0.7**	-4.7±0.6**
T. S. 25y	-2.3±0.8*	-0.8±0.8**	-0.8±0.8*	-0.1±1.0	0.0±1.8	T. S. 25y	+0.6±2.2**	+1.5±1.7**	+2.5±1.0**	+2.8±1.5	+3.3±1.3
Y. T. 28y	-3.0±2.6*	-3.5±1.3*	-1.8±1.4	+1.0±1.8	+1.2±1.1	Y. T. 28y	-0.5±1.7	-0.6±2.1	+0.2±1.8*	+2.0±2.7*	+3.3±1.0
T. F. 27y	-7.2±1.2	-5.1±1.7	-2.7±1.6	+1.6±1.5	+3.7±1.4*	T. F. 27y	+2.2±1.1	+1.2±1.6	+3.2±2.3	+5.1±1.0	+6.6±1.6

*P<0.05, **P<0.01

測定条件2から5までについて、後日再検したときのさしこし量を、各視標ごとに平均値±標準偏差で示す。単位は度、初回測定時のさしこし量(表2)との差について、Wilcoxonの検定を行った結果を、右肩に付記してある。

プリズム効果により、空間は縮小して見えるので、ある視標を固視する際に必要な眼球の回転角度は、上記の量よりもさらに小さくなる（正中面よりになる）はずである。従って、プリズム効果も、今回得られた結果とは逆の向きに作用することになる。

以上のことから考えて、検査機器自体の構造や、視標と眼との物理的位置関係、あるいは眼鏡のプリズム効果のために、「視標が左にあるほど、左向きのさしこし量が多い」という結果が得られたとは考えにくい、むしろ物理的な視標の位置に対して、視空間が歪んでいる可能性や、手指が見えないために生じた指示動作の精度の低下、あるいは右手でさし示すという動作自体の特性などから、解釈されるべきものと思われる。たとえば、左方よりも右方のほうが過大視される「空間の異方性⁹⁾」という心理学的現象のために、等間隔にならんでいる視標でも、右側の視標は左側の視標にくらべてより右方に見えると思われるので、手指による指示動作が視空間を忠実に表現しうるとすれば、右側の視標に対しては、左向きのさしこし量は小さくなるか、むしろ右向きのさしこし量が増加することになり、今回得られた結果と一致する。残念ながら、ゆびさし試験のみでは、視空間覚の変化と眼と手の協調性の変化とを分離できないので、こうした効果による影響が関与しているかについては、視空間覚のみを取り出せるような精神物理学的手法によって、今後検討する必要がある。

3. 測定条件によるさしこし量の違い

1) 手が見えるときと見えないときの比較

測定条件1では、指示動作の終末時以外には、常に手腕全体が見えており、視覚によるフィードバックがかかる閉ループに近い条件であった。一方、測定条件2では、測定開始時より手腕全体が見えず、視覚によるフィードバックのない開ループ条件であった。このため前者では、物理的な視標の位置をめざして指でさすという色合いが強いのにに対し、後者では各視標についての視空間覚に基づいて指示しているものと思われる。従って、記録用紙にマークされた位置と、物理的な視標の位置との差によって、さしこし量を求めると、物理的空間と視空間とは別のものであるから、必然的に、測定条件1の場合のほうが、測定条件2の場合よりもさしこし量が小さくなりやすい。これに前項で考案した要因が加わると、測定条件1に比較して測定条件2の場合には「左向きのさしこし量が多い」ことになり、そのため統計的な有意差を生じたものと思わ

れた。

2) 明所と暗所の比較

測定条件の2と4、3と5は、明所と暗所の比較をするための条件対である。明所条件では検査機器のふたが開いているために、上方からある程度、周囲の景色が観察可能であり、さらに機器の内面が見えるので、実際には相対的な位置の手がかりが暗所条件のときよりも多くなっている。過去の報告には、方法論は異なるが、視標の性状により視空間覚自体が影響され、手がかりが多いほど安定する⁹⁾というものがあり、こうした要因や、暗黒下での眼位の変化などによるさしこし量の違いが予想された。結果は表4のように、対応のあるさしこし量の対の約半数に、統計的な有意差が認められた。しかしながら、被験者によっては、どの視標の位置に対しても有意差を示さない場合があり、これらの要因による効果に個人差のあることも考えられる。

3) 手が見えない時間の長短の比較

測定条件の2と3、4と5は、測定開始前に手が見えない状態にある時間の長短が、さしこし量に影響するかどうかを調べるための条件対である。日常的には、視覚対象物に触れたりする動作を見ることにより、物理的空間と視空間とのギャップは縮小し、眼と手の協調性の精度も高められてゆく⁹⁾と考えられるので、手が見えない状態の時間が長いと、さしこし量が増加するものと予想された。結果は表4の通りであるが、やはり被験者によっては、どの視標の位置に対しても、有意差を示さない場合があった。これらの被験者が特にゆびさし試験に親しんでいたわけではなく、練習効果によるものとは思われなかった。むしろ指示動作の制御において、視覚情報と手腕の運動覚・位置覚の利用のされかたに、個人差があるためとも考えられる(いわゆる勘の良い人と悪い人の違い)。

4. さしこし量の経時的変化

著者は第1報において、正常被験者でも統計的に有意なさしこし量の経時的変化を認める場合があることを報告したが⁹⁾、今回これを再検討したところ、表5に示したような結果を得た。一見すると、測定条件3では、他の条件のときよりも、統計的に有意な変化が出現しやすいように思えるが、同一被験者内では各視標に対する計測が独立してはいないことや、どの視標の位置に対しても有意差を示さない被験者が存在することなどを考慮すると、今回の結果からは、さしこし量の経時的変化の起こりやすさに関して、測定条件2から5

までの間に実質的な差があるかどうかは明言できない。一方、今回の測定では、第1報で認めたような15度にも及ぶ大角度のさしこし量の変化は見られなかった。今回の測定機器では、視標の位置に関する相対的な手がかりが与えられているために、前回の場合よりも視空間覚は安定していると思われ、視標の条件の差異がこうした違いの一因になっているものと推測される。正常者でも統計的に有意なさしこし量の経時的変化を示す場合があるということは、視空間覚自体、あるいは眼と手との協調性が、日常的にある程度変動していることをうかがわせるが、現行のゆびさし試験の方法では、検査機器がずれて装着されているのではないかという疑いを完全には否定できないので(頭蓋骨にネジをたてない限り不可能である)、他の精神物理学的手法を組み合わせた検討が必要である。

5. 今後の課題

手が見えない時間の長短によってさしこし量が影響を受けるとすると、測定が進行している間でも、順番が後になるに従って、さしこし量が増えるものと考えられる。実際には、ある視標をゆびさす直前に、どの視標をゆびさしていたかが、さしこし量に大きく影響してくるようなので、今回のデータからは明確には述べられないが、確かに一部の被験者では、順番が後になるほど、一定の向きにさしこし量が増加するような印象を受けた。このことはまた、指示動作の速さにも関係してくる。すなわち、あまり慎重に、ゆっくりと指示していると、測定時間が長くなり、視空間覚および眼と手との協調性が変化して、さしこし量が影響されるものと思われる。今回は各被験者のペースに合わせて測定したため、指示動作の速い例(被験者 M.S.)と遅い例(被験者 T.F.)とでは、測定時間に2倍近い開きがあったが、表2をみるとそのためによると思われる違いは明らかではない。これらの点については、同一被験者での条件設定をかえて、検証する必要がある。

ところで表2の左眼開放時のさしこし量の向きに着目すると、被験者 T.F. ではすべて右向き(符号が+)であるのに対し、他の4名ではむしろ左向きのことが多いのに気が付く。被験者 T.F. の優位眼が左眼であったことを考えると、こうした結果は優位眼あるいはき

き手といった要素の関与を想定させるものであり、種々の組み合わせ例での検討によって、今後明らかになるものと思われる。

一方、方法論は異なるが、頭位によって視空間覚が変化するという報告⁷⁾が過去になされており、今回の測定でも、条件を変えたときに肉眼ではわからない程度の頭位変化が起こっていたという可能性は否定できない。また、指示動作が手腕の運動覚や位置覚によって影響されていた可能性もある。しかしながら、こうした効果によって統計的な有意差が生じたのか、あるいは生じるべき差が相殺されて、認められなくなったのかについては、現時点では不明である。いずれにしても、現在まで行われてきたゆびさし試験には、十分に統制されていない条件が数多く含まれており、斜視手術前後でのさしこし量について論じるときには、正常人でもある程度の変動が生じうるということに留意しなければならない。

稿を終えるにあたり、御指導と御校閲を賜りました松尾信彦教授に深謝いたします。また直接御指導いただいた大月洋助教授に感謝いたします。本論文の内容の一部は第94回日本眼科学会総会において発表した。

文 献

- 1) 田所康徳：視空間覚の研究。第1報。ゆびさし試験による斜視手術前後のさしこし量の検討。日眼会誌 94: 829-832, 1990.
- 2) 田所康徳, 長谷部聡, 藤原由延, 他：ゆびさし試験による視空間覚の研究。眼臨 84: 881-886, 1990.
- 3) Ott D, Eckmiller R, Bock O: A head-mounted device for measurement of pointing to visual targets without seeing the pointing arm. Vision Res 27: 307-309, 1987.
- 4) 心理学実験指導研究会：実験とテスト=心理学の基礎, 解説編。東京, 培風館, 1-30, 1985.
- 5) Bridgeman B, Graziano JA: Effect of context and efference copy on visual straight ahead. Vision Res 29: 1729-1736, 1989.
- 6) 笠井 健, 山崎興八州：運動制御と空間知覚。第3回生体・生理工学シンポジウム論文集, 215-218, 1988.
- 7) Shebilske WL: Baseball batters support an ecological efference mediation theory of natural event perception. Acta Psychologica 63: 117-131, 1986.