

# TV-Random Dot Stereo Test による乳幼児の立体視の研究

水上 寧彦, 粟屋 忍, 三宅 三平

名古屋大学医学部眼科学教室

## 要 約

小児の stereoacuity を調べる検査には, Titmus Stereo Tests, Lang Stereotest があり, 日常の診療でよく用いられている. しかしこれらの検査は被験者の年齢的要因がその結果に影響をおよぼし, とくに3歳以下の乳幼児では困難をとまることが多い. 我々は乳幼児でも stereoacuity を調べることができる装置を作り, 眼科的に異常のない3歳未満の乳幼児217例を検査し, stereoacuity を測定できた141例について検討した. stereoacuity は生後3カ月頃より芽生え, 成長とともに発達し, その程度は1歳をすぎると急速にのびる. 本検査法の成功率は生後6カ月未満児で48%, 2歳6カ月以上3歳未満児で88%, 全体として65%であった. TV-Random Dot Stereo Test は他の立体視の検査に比べ3歳未満の低年齢児にも高い信頼度をもって短時間に行うことができ, 乳幼児の stereoacuity の定量的把握に極めて有用な方法である. (日眼会誌 95: 363-368, 1991)

キーワード: 立体視, 乳幼児, 検査法, TV-Random Dot Stereo Test

## The Investigation of the Stereoacuity in Infants Measured by the TV-Random Dot Stereo Test

Yasuhiko Mizukami, Shinobu Awaya and Sampei Miyake

Department of Ophthalmology, Nagoya University School of Medicine

### Abstract

Evaluation of the level of stereoacuity in infants as early as possible is very important to detecting abnormality and preventing further disturbance in visual functions. We developed a new instrument which permits the quantitative measurement of stereoacuity in infants. A total of 217 ophthalmologically normal infants were tested and stereoacuity was detected in 141 infants. Stereopsis is likely to arise at 3~4 months of age and develops as the infant grows. It can develop rapidly after the age of one year. The rate of detection was 48% in infants below 6 months old, and 65% as an overall mean among all age groups under 3 years of age. This new instrument, the TV-Random Dot Stereo Test, is very important to quantitatively measure stereoacuity of infants aged under 3 years, more simply and with greater reliability than other kinds of stereo tests for infants. (Acta Soc Ophthalmol Jpn 95: 363-368, 1991)

Key words: Stereoacuity, Infants, Stereo test, TV-Random Dot Stereo Test

別刷請求先: 491 一宮市文京2-2-22 一宮市立市民病院眼科 水上 寧彦

(平成2年7月27日受付, 平成2年9月10日改訂受理)

Reprint requests to: Yasuhiko Mizukami, M.D. Eye Clinic, Ichinomiya City Hospital.

2-2-22 Bunkyo, Ichinomiya 491, Japan

(Received July 27, 1990 and accepted in revised form September 10, 1990)

## I 緒 言

立体視検査は両眼視機能のなかで、もっとも高度な機能である立体視を検査するものである。その検査法は両眼分離の手段と視標の図形によりいろいろな種類がある。両眼分離をおこなう手段として偏光フィルター、赤緑フィルター、回折格子などがあり、検査視標の図形は solid pattern と random dot の 2 種類がある。

小児の立体視をしらべる検査としては Titmus Stereo Tests や Lang Stereotest が日常の診察でよく用いられている。しかし、これらの検査は自覚的検査によるものであり、被験者である小児の年齢や協力性などの要因がその結果に影響を及ぼし、とくに 3 歳以下の乳幼児の検査にはしばしば困難が伴う。今回我々は、先に粟屋<sup>2)</sup>が報告したコンピューターを用いて他覚的に乳幼児の立体視を定量できる装置を用い、症例の追加をおこない更に検討を加えた。

## II 実験方法

使用したコンピューターは NEC 製 PC-9801F2 と 14 inch の color display を用い、display 上に左右交互にあらわれる円形の立体視図形を追視する眼球の動きにより立体視の有無を調べた。

display 上に表示された約 1.6mm の pixel 4,000 個からなる random dot pattern の背景の中に red green dot で視差量をつけた直径視角約 8 度の円図形が、display 中心から左右にそれぞれ視角約 9 度の点に任意の時間で交互に点滅できるようにプログラムした。赤緑眼鏡を通してこの display を見ると、random dot pattern の中から random dot の円図形がういてみえ、左右交互に display 上に表示し、これを追視することにより生じる眼球運動で被験者の立体視の有無を調べた。

眼球の動きは color display の上に設置された赤外線テレビカメラでモニターテレビに映しだされる。検査者はモニターテレビをみて立体視の有無を判定するか、直接被験者の眼球運動をみて判定する。本検査は普通の照明下で行った。

今回の検査では各画面の表示時間は約 1.2 秒および検査可能な 33 例には 2.4 秒で行った。円図形の左右の切り替わりの際に全画面が消失する 0.1 秒の blank time を設定することにより monocular cue を消失させ false positive があらわれない方法を用いた。

検査距離は 50cm で、立体視図形の視差量は 155sec. of arc から 2,339sec. of arc までの 15 段階とした。各画面の表示時間は任意に入力でき、検査距離を変えたときの視差量はコンピューターで計算される。

生後 2 カ月より 3 歳までの眼位異常がなく、他に異常のないと思われる乳幼児 217 例に検査を行い、その中で本検査法で立体視を検出できた 141 例について月齢 6 カ月毎の群の合格率、平均立体視力と標準偏差を検討した。さらに 20 例の同一症例において発育とともに立体視力の発達状況、および立体視図形の表示時間の違いによる検査値の差について検討を加えた。

## III 結 果

本検査法で 2,339sec. of arc 以上の立体視が検出できた 141 例の結果および月齢 6 カ月毎の検査結果を図 1, 2 に示す。立体視力の検出できた症例数、およびその平均は月齢 6 カ月未満で 16 例 1,715sec. of arc、6 カ月以上 1 歳未満で 30 例 1,429sec. of arc、1 歳以上 1 歳 6 カ月未満で 25 例 1,197sec. of arc、1 歳 6 カ月以上 2 歳未満で 35 例 801sec. of arc、2 歳以上 2 歳 6 カ月未満で 21 例 675sec. of arc、2 歳 6 カ月以上 3 歳未満で 14 例 567sec. of arc であった (図 1, 2)。年齢の増加とともに立体視の発達がみられる。この中で 2 例の 3 カ月児に 1,091sec. of arc と 2,339sec. of arc の立体視が認められた。うち 1 例は月齢 4 カ月のときにも検査をおこない 935sec. of arc の立体視を認めている。

月齢 6 カ月毎の成功率は 6 カ月未満が 48%、6 カ月以上 1 歳未満が 58%、1 歳以上 1 歳 6 カ月未満が 57%、1 歳 6 カ月以上 2 歳未満が 78%、2 歳以上 2 歳 6 カ月未満が 78%、2 歳 6 カ月以上 3 歳未満が 88%、全体の成功率は 65.0% であった (表 1)。

また同一症例について経時的にこの検査を 20 例におこない、その結果を図 3 に示す。生後早期より検査を行った症例では月齢 4, 5 カ月で立体視が認められている (図 3)。

次に検査距離は一定のまま、各画面の表示時間を 1.2 秒から 2.4 秒にかえた場合同一個体で検査結果に違いがでるかどうかが、生後 2 カ月から 2 歳 6 カ月までの 33 例について検査した。図 4 に示すように 1 歳以下の症例において 2.4 秒の表示時間のほうが良好な立体視力を示した。とくに 3, 4 カ月児で 1.2 秒の表示時間では不合格だった 4 例に 2,339sec. of arc、2,027sec. of arc、1,715sec. of arc の立体視を認めた。1 歳より上の幼児では表示時間の違いによる結果の違いはみられ

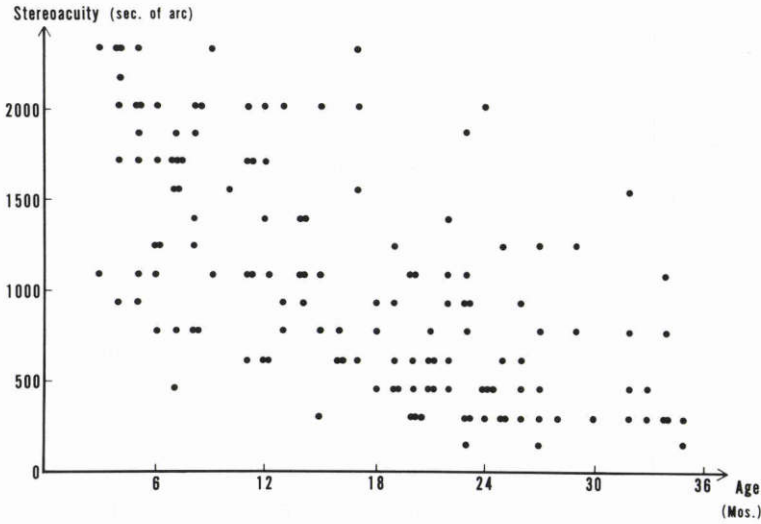


図1 立体視力の認められた141例の分布

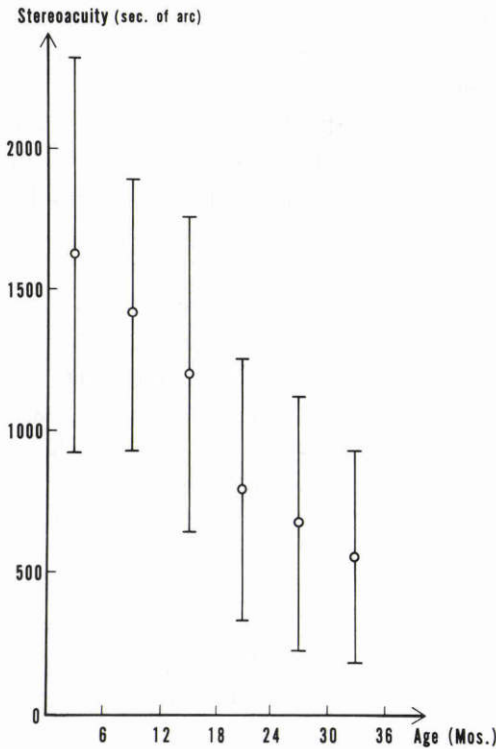


図2 月齢6カ月毎の平均立体視力

表1 TV-random dot stereo test による成功率

Age (Mos.)	Rate of detection
<6	48.4(%) 16/33
6≤ <12	57.7 30/52
12≤ <18	56.8 25/44
18≤ <24	77.8 35/45
24≤ <30	77.8 21/27
30≤ <36	87.5 14/16
	65.0 141/217

者により行われており、いろいろな報告がある。

Worth<sup>3)</sup>は両親視機能を、1) 両中心窩固視、2) 融像、3) 立体視の3段階に分類した。Wheatstone<sup>4)</sup>は物をみた場合、両眼網膜でのわずかなずれ(視差)が立体視を生じさせると述べた。ひとにおける立体視の研究は、主に空間の特有動作でみる方法 (spatially appropriate behaviors) と視差検出法 (disparity detection) の2つの方法を用いておこなわれた。

空間の特有動作でみる方法による研究では、陰影投影法 (shadow casting technique) を用いておこなっており、Bower<sup>5)6)</sup>や Bower, Broughton, Moore<sup>7)</sup>は生後7日の乳幼児に虚像の位置に手をのぼしたり、狼狽する動作がみられたと報告した。一方 Dodwell, Muir, DiFrancos<sup>8)</sup>や Ruff, Hulton<sup>9)</sup>が追試したところ、新生児が手をのぼしたり、狼狽するような動作はみられなかったと報告した。

Gesell, Thompson, Amatruda<sup>10)</sup>や White, Cas-

なかった。

#### IV 考 按

乳幼児の両眼視機能についての研究は、多くの研究

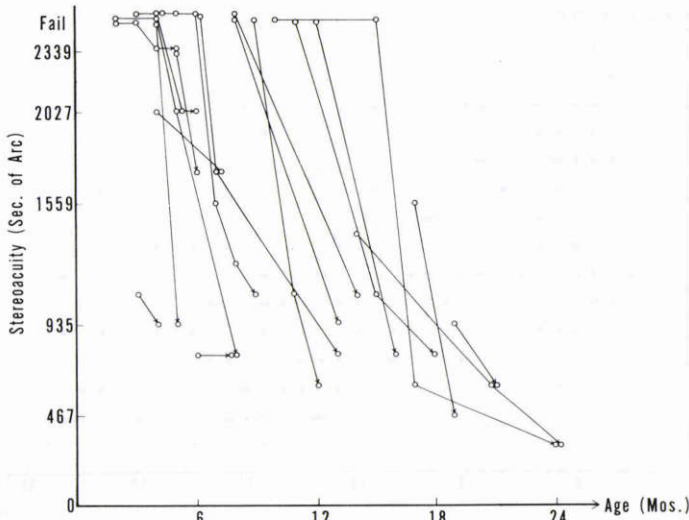


図3 経時的に検査した20例の立体視力

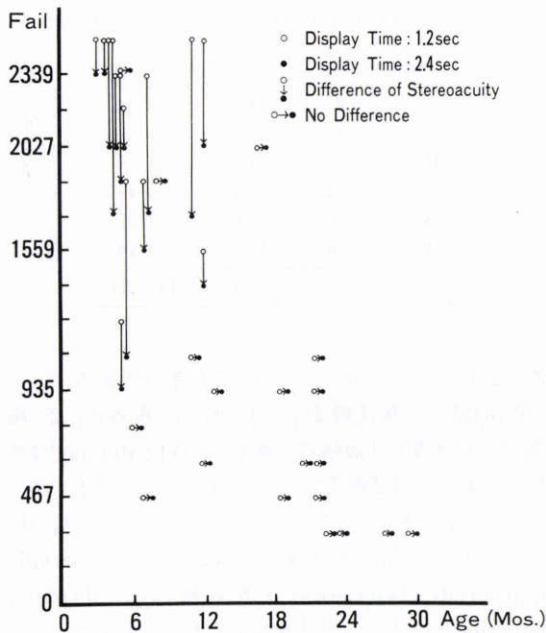


図4 2つの表示時間による同一症例の立体視力

tle, Heldら<sup>11)</sup>は生後4カ月までの乳幼児は虚像に手を伸ばす動作をしないことを, Gordon, Yonasら<sup>12)</sup>は5カ月と6カ月の乳幼児では虚像の位置まで手を伸ばすことができたと報告した. 一方視差検出法を用いる研究では, Appel, Camposら<sup>13)</sup>は生後8週の乳幼児が立体図形を区別できたと報告した. Julesz<sup>14)15)</sup>により考案された random-element stereogram はそれまで

の display に存在していた monocular cue を効果的に消すことができ, それを応用した装置を用いて立体視の研究がおこなわれた.

ひとにおける立体視の芽生えの時期については種々の報告があり, Shea, Foxら<sup>16)</sup>は2カ月半, Held, Birchら<sup>17)</sup>は3カ月, Archer, Helvestonら<sup>18)</sup>は4カ月と述べていて完全な一致をみないがほぼ生後3~4カ月と考えられる<sup>19)~22)</sup>.

Held, Birchら<sup>17)</sup>は stereoaucuity は生後3カ月で芽生え, 5カ月頃にはほぼ60sec. of arc に達すると述べている. また生後3カ月より早期に stereoaucuity を認めた例として Appel, Camposら<sup>13)</sup>の2カ月の報告, Shea, Foxら<sup>16)</sup>の1例の2カ月半の乳幼児の報告がある. Heldら, Sheaらの報告では定量的に細分した段階での検討は少なく, 1,800sec. of arc ほどの大きな立体視図形に対する反応の有無を論じている.

我々の検査結果<sup>23)24)</sup>でも立体視は生後3カ月より2,339sec. of arc の立体視を示した例を認めており, 芽生えの時期については Heldらの報告と一致していると思われる. 立体視のその後の発達については Heldらの結果は我々の結果に比べかなり差もおおきく, 彼らは前述のごとくその後の2カ月間で急峻な発達を示すとしており, 我々の成績ではその後ゆっくり発達していくものと考えられる. 彼らの報告のように生後6カ月ではほぼ60sec. of arc にまで発達するとすれば生後6カ月以後に発症の乳児内斜視や早期後天性内斜視例では斜視手術後に立体視獲得が不良であるという臨床

成績からも一致しない。これは検査方法が単に solid pattern と random dot の違いによるもののみとは考えにくい。

また円図形の表示時間を1.2秒から2.4秒に変更した際、立体視機能の向上がみられたが、これは Archer, Helveston ら<sup>18)</sup>が random dot target を乳幼児に見せて、その target を固視するまでの潜時を調べた実験で、月齢4カ月児では約0.9秒、1歳児で約0.3秒と報告しており、今回の我々の結果からも1歳以下では表示時間を2.4秒に設定したほうがよい立体視が得られていることはよく理解できるところである。

2,339sec. of arc 以上の立体視が検出できた成功率については今回65.0%と前回の報告<sup>23)</sup>の54%に比べ向上している。赤緑眼鏡の幅を広くして、被検児が首を上下に振っても左右の目がそれぞれ赤緑眼鏡をとおしてTV画面を見られるようにしたり、乳幼児が検査に飽きかかったさいに音と光の出る玩具を画面の前に出し、注意を画面に向けさせるように工夫したため向上したと思われる。

本検査法と Titumu Stereo Tests や Lang Stereo test との検査成功率の比較は1歳未満では Titmus Stereo Tests, Lang Stereo test では0%であるのに対し本検査法が54%、1歳以上2歳未満で Titmus Stereo Tests が0%、Lang Stereo test が21%の成功率に対し本検査法は67%、2歳以上3歳未満になり Titmus Stereo Tests が33%、Lang Stereotest は64%合格するようになるが本検査法では81%といずれの年齢においても高い成功率を示している<sup>2)</sup>。

今回検査できた141例の立体視の月齢毎の平均と、月齢とのあいだの相関について検討した。1歳までは発達の程度はゆるやかで、1歳すぎより急峻になっている(図5)。1歳未満において  $y=2635x^{-0.15}$ 、相関係数-0.53、1歳以上では  $y=17996x^{-1.04}$ 、相関係数-0.73であった。

これは森信<sup>25)</sup>の結果と一致している。立体視機能が1歳のおわり頃を境に急峻な発達をしていくものか否か、現在のところあきらかでないが、本検査法は視標を追視する眼球の saccade により立体視の有無を判定する方法であるため、その結果は立体視の発達程度ばかりでなく、乳幼児の眼球運動の発達の影響をうけている可能性もある。このことは本検査法において立体視が検出されなかった症例のなかに、実際は立体視はあるのだが検査では立体視が検出されないという、いわゆる false negative の症例も含まれていると

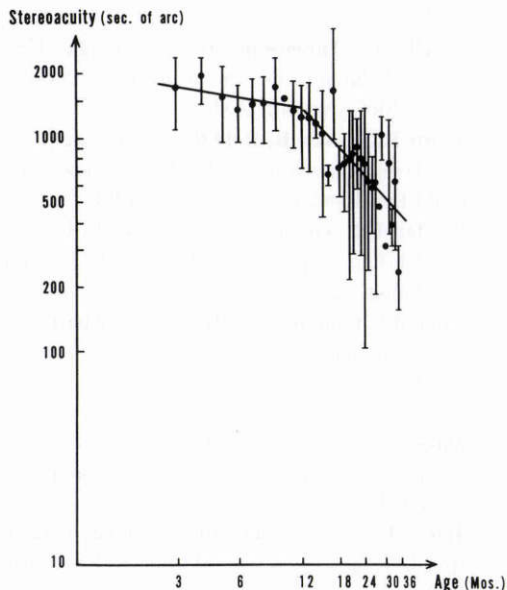


図5 各月齢の立体視力の平均と月齢との相関

思われる。したがって1歳未満において立体視がゆるやかに発達するか否かは1歳未満の症例を増やしてさらに今後検討を重ねたい。

#### 文 献

- 1) 岩田美雪, 粟屋 忍: ステレオテスト. 久保田伸枝編, 眼科 Mook31, 視能矯正, 東京, 金原出版, 93-102, 1987.
- 2) 粟屋 忍: 形態覚遮断弱視. 日眼会誌 91: 519-544, 1987.
- 3) Worth C: Squint: Its Causes, Pathology, and Treatment, Philadelphia, Blakiston, 1915.
- 4) Wheatstone C: On some remarkable, and hitherto unobserved, phenomena of binocular vision. Philosophical Transaction Royal Society London 128: 371-394, 1838.
- 5) Boewr TGR: The object in the world of infants. Scientific Am 225: 30-38, 1971.
- 6) Bower TGR: Object perception in infants. Perception 1: 15-30, 1972.
- 7) Bower TGR, Broughton JM, Moore MK: Infant's responses to approaching objects: An indicator of responses to detail variables, Perception Psychophysics 9: 193-196, 1971.
- 8) Dodwell PC, Muir D, DiFranco D: Responses of infants to visually presented objects. Science 194: 209-211, 1976.
- 9) Ruff HA, Hulton A: Is there directed reaching in the human neonate? Development Psy-

- chology 14: 425—426, 1977.
- 10) **Gesell A, Thompson H, Amatruda CS**: *Infants Behavior: Its Genesis and Growth*, New York: McGraw-Hill, 1934.
  - 11) **White BL, Castle R, Held R**: Observations on the development of visually-directed reaching. *Child Development* 35: 349—365, 1964.
  - 12) **Gordon FR, Yonas A**: Sensitivity to binocular depth perception in infants. *J Exp Child Psychology* 22: 413—422, 1976.
  - 13) **Appl MA, Campos JJ**: Binocular disparity as a discriminable stimulus parameter for young infants. *J Exp Child Psychology* 23: 47—56, 1977.
  - 14) **Julesz B**: Binocular depth perception of computer-generated patterns. *Bell System Technical J* 39: 1125—1162, 1960.
  - 15) **Julesz B**: *Foundations of Cyclopean Perception*, Chicago: University of Chicago Press, 406, 1971.
  - 16) **Shea SL, Fox RN, Aslin RN, et al**: Assessment of stereopsis in human infants. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 19: 1400—1404, 1980.
  - 17) **Held R, Birch E, Gwiazda J**: Stereoacuity in human infants. *Proc Natl Acad Sci* 77: 5572—5574, 1980.
  - 18) **Archer M, Helveston EM, Miller KK, et al**: Stereopsis in normal infants and infants with congenital esotropia. *Am J Ophthalmol* 101: 591—596, 1986.
  - 19) **Birch EE, Gwiazda J, Held R**: Stereoacuity development for crossed and uncrossed disparities in human infants. *Vision Res* 22: 507—513, 1982.
  - 20) **Fox R, Aslin RN, Shea SL, et al**: Stereopsis in human infants. *Science* 207: 323—324, 1979.
  - 21) **Petrig B, Julesz B, Klopff W, et al**: Development of stereopsis and cortical binocularity in human infants: Electrophysiological evidence. *Science* 213: 1402—1405, 1981.
  - 22) **Atkinson J, Braddick O**: Stereoscopic discrimination in infants. *Perception* 5: 29—38, 1976.
  - 23) 水上寧彦, 粟屋 忍, 小泉恵里子, 他: 新しい TV-Random Dot Stereo Test による乳幼児の立体視の研究. *眼紀* 38: 1182—1186, 1987.
  - 24) 水上寧彦, 小泉恵里子, 三宅三平, 他: TV-Random Dot Stereo Test の検査方法の検討. *眼臨* 82: 528—530, 1988.
  - 25) 森信隆吉: TV-Random Dot Stereo Test による乳幼児立体視検査. *眼臨* 82: 479—481, 1988.