

動体視力の研究

— 幼児・児童の動体視力の発達 —

Studies on Kinetic Visual Acuity. A Development of Kinetic Visual Acuity in Young Children.

渡辺 義行^{*1} 山田 久恒^{*2} 石垣 尚男^{*3}

Yoshiyuki WATANABE^{*1}, Hisatsune YAMADA^{*2}, and Hisao ISHIGAKI^{*3}

The purpose of this report is to clarify the developmental processes on the kinetic visual acuity (KVA) in young children. The KVA was measured by use of improved kinetic vision tester (Kowa; AS-4A). By the results of improvement, it was possible to stop and disappear the moving object (Landlt's ring) at the voluntary visual distance. Simultaneously, the static visual acuity (SVA) was measured by use of kinetic vision tester. The developmental processes of KVA were discussed from compared with SVA and KVA as a function of age. The number of young children (aged from 5 to 11 years old) were 432 (204 in boys and 199 in girls). However, the following children were excluded from this number: over SVA 1.70, a far-sightedness by red-green visual object, putting glasses and under SVA 1.00. The results were summarized as follows:

- 1) The SVA was developed gradually during aged from 5 to 11 years old. The mean SVA at the each ages was 1.25 in 5, 1.30 in 6, 1.30 in 7, 1.32 in 8, 1.32 in 9, 1.38 in 10 and 1.36 in 11 years old. There was no difference of SVA between sex.
- 2) The mean KVA at the each ages was 0.94 in 5, 1.05 in 6, 1.08 in 7, 1.12 in 8, 1.16 in 9, 1.19 in 10 and 1.18 in 11 years old. No significant difference was observed in KVA between sex.
- 3) The difference between SVA and KVA at the each ages was 0.31 in 5, 0.25 in 6, 0.22 in 7, 0.20 in 8, 0.19 in 9, 0.19 in 10 and 0.18 in 11 years old. The % decrease of KVA to SVA at the each ages was 75.4 in 5, 80.3 in 6, 82.3 in 7, 84.3 in 8, 87.3 in 9, 86.4 in 10 and 87.1 in 11 years old.
- 4) As shown in 2) and 3), the development of KVA was found from 5 to 11 years old. Especially, the developmental change from 5 to 7 years was remarkable. This tendency showed that the development of KVA was more lagged as compared with SVA's. This finding suggested that the visual physiological mechanism on KVA was different from SVA's.
- 5) The correlation coefficient between SVA and KVA was small in lower ages (aged from 5 to 8 years old). This result show that the lower age children who have fine SVA have not always fine KVA. From these findings, it was proposed that the measurement of KVA was important to coach of physical education and to lead of daily life in young children.

情報の大半を視覚器官から入手している人間にとって、人間のもつ視覚の種々の法則性を見出すことは興味あることである。この視覚のもつ

とも基本的な把握の方法として視力という概念がある。1909年国際眼科学会において、視力の解釈および測定の一がはかられ、2点または2線を

*1 大同工業大学 *2 名古屋大学総合保健体育科学センター *3 愛知工業大学

*1 Daido Institute of Technology *2 Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University *3 Aichi Institute of Technology

分離して見わけの閾値、すなわち、最小分離閾 (Minimum separable) でもって視力をあらわし、最小視覚 (分) の逆数となる小数であらわすこととなった⁸⁾。ふつう一般に視力といえは、静止した視力標 (ランドルト氏環) で測定される視力、すなわち静止視力 (Static visual acuity) のことである。一方、この静止した視標を動かしてみようという試みは、40数年前から多くの人によっておこなわれ、視標の動く方向、動く速度、視標面の明るさなどといった種々の異った条件下で視力測定がなされてきた^{2, 20, 21, 22, 25)}。

とくに、Ludvigh は1947年以後動く視標にたいする見方に関する系統的な研究を重ね^{22, 23, 24)}、1953年動く視標にたいする視力を “Dynamic visual acuity” “DVA” と呼称した²⁶⁾。

わが国において、動く視標の見え方に関する研究は植 (1936年)²⁵⁾、小原 (1950年)³⁶⁾ について萩野および鈴木^{7, 45, 46)} らによって研究がすすめられ、1971年動く指標にたいする視力を動体視力と呼び、“Kinetic visual acuity” “KVA” と命名し、直線的に遠方より眼前に近接する物体を明視できる能力を定義した⁴⁸⁾。Ludvigh²⁶⁾ らのDVAは、視標移動方向が主に左右への水平方向に移動させた時の視力であるから、鈴木⁴⁸⁾ らのKVAは次の点が視覚生理機能的に異ろう。すなわち、DVAの測定は固視距離が一定、眼球運動ならびに視野の役割が加わる。KVA測定の場合は、固視距離が変ることから、眼調節機能が加わるけれども、眼球運動、視野の役割は加味されない。しかしながら、DVAもKVAも動きにたいする感覚能力を取り出しているという点においては共通しているものと考えられる⁴⁸⁾。本報は、これら静止視力と動体視力(KVA)を測定したものである。

ところで、静止視力と年令との関係に関する測定結果の報告は多く、古くは、わが国においては1911年青木¹⁾、1928年大谷³⁸⁾ の報告がある。最近では1973年大江³⁵⁾ が豊富な資料 (男女合計 76,705名) から3~85才の裸眼視力についてまとめている。それにたいして、動く視標にたいする視力と年令との関係に関する測定成績はきわめて少い。

1961年 Burg and Hulbert³⁾ は年令16才から67才

の男女総計236名を対象に、ならびに1966年Burg⁴⁾ は年令16から92才の男女総計17,500名を対象に静止視力とDVAを測定している。その結果、視力は年令がすすむにつれて低下し、この低下は高年令で著しい。また、年令による視力低下の度合は、静止視力よりもDVAの方が著明であり、高年令でより著しかったとしている。

1968年鈴木⁴⁷⁾ らは、10~15才の6名から61才以上の4名を含めた総計540名の男女を対象に静止視力と動体視力を測定した。各年令層の対象人員の差において多少の問題はあるとしながらも、静止視力、動体視力とも10才からしだいに上昇し、26~30才で最も良好となる。しかし、それ以後の年令において静止視力、動体視力とも低下の傾向をみせ、そして、静止視力と動体視力の視力差は増大していく。とくに、46~50才から56~60才にかけて静止視力、動体視力とも低下が著しくなり、その視力差が著明となってくると報告している。これら両者に共通する視力の年令の推移の傾向としては、とくに中年から高年にかけての動的視覚能力の著しい低下という点であろう。このことは、中高年者のスポーツ活動、あるいは日常生活 (とくに自動車運転など) において配慮すべき事柄と考える。しかしながら、上記のように、動く視標にたいする視力と年令に関する測定成績は、最低年令においてBurg^{3, 4)} は16~19才、鈴木⁴⁷⁾ らは10~15才であった。彼らより低年令者を対象に動体視力を測定した報告はきわめて少い。

1974年藤田⁵⁾ らは、幼稚園児ならびに小学校児童の動体視力と静止視力を測定し、年令がすすむにつれて動体視力と静止視力の差が減少する傾向があり、とくに4才児から7~8才にかけてそれが顕著であったと報告している。藤田⁵⁾ らの動体視力測定方法は、子供達の移動視標を明視し得た時の言語による合図で、検者が動体視力計の視標移動の停止キーを押すという方法であった。しかしながら、幼稚園児ならびに小学校児童という年少の子供達に移動してくる視標の明視判断をまかせた点、ならびに、子供の視標明視一言語発生一検者の鍵押動作間の反応時間的ズレといった点などに問題が残ろう。このようなことを考慮し、よ

り真に近い子供達の動体視力を得るため、このたび動体視力計に改良を加えて、幼稚園児ならびに小学校児童の動体視力の測定を行った。本報は幼児・児童の動体視力の測定結果を報告するものであるとともに、同時に測定した静止視力の結果も合せて報告し、さらに、静止視力と動体視力の年令的推移を比較することによって幼児・児童の動く物に対する認知特性について検討するものである。

実験方法

1. 動体視力計の改良

動体視力計(興和,AS-4A型)の視標移動の停止は、フートスイッチでおこなうようになっている。このフートスイッチをマイクロスイッチに取り換え、検者の任意の視距離に視標が移動した時にマイクロスイッチがオンするように改良した。視標は停止と同時に消失する。

2. 動体視力測定条件

動体視力測定のための動体視力計の設定条件は、次のとおりである。

- (1) 視標：白地に黒のラ氏環
- (2) 視標の大きさ：視距離30mで視力1.0に相当
- (3) ラ氏環の切れ目の方向：上下左右の4方向
- (4) 視標移動方向：遠方より眼前方向
- (5) 視標移動速度：時速30km
- (6) 視標の背面の明るさ：100 Nit
- (7) 視方法：椅座位姿勢で両眼視

3. 動体視力値の決定

検者によって任意に設定された視距離で移動してきた視標が停止し、消失した後、被検者はラ氏環の切れ目の方向を口頭または手技あるいは直径40cmのベニヤ板をくりぬいたラ氏環をもち、それで応答した。測定前の練習によって、幼児でも口頭または手技あるいは直径40cmのベニヤ製ラ氏環で切れ目の方向を正確に応答させることができた。動体視力値の決定は、視距離1mごとに視標を判読させる方法を取り、それぞれの視距離を5回測定し(同一視距離を連続して5回測定することは避けた。)、そのうち3正答した上限の視距離を換算して動体視力値とした。

4. 静止視力の測定

静止視力の測定は、動体視力計の視標を停止させた状態でラ氏環の切れ目の方向を応答させた。被検者の応答の仕方は上記動体視力測定時と同様に、口頭、手技またはベニヤ製ラ氏環で提示させた。

5. 測定日時および場所

視力測定を行った日時は、幼稚園は昭和53年11・12月と昭和54年2・3月、小学校は昭和54年7・9月の午前9時から午後3時までの時間であった。視力測定場所は各幼稚園、小学校の静かな一室(日除けカーテン有り)であった。

6. 検者の配慮

測定対象が幼児・児童という子供達であったので、子供達に緊張感を与えないよう、また注意集中が維持できるよう例えば次のような検者の配慮に心掛けた^{17,49)}。

- 背広、ネクタイ、白衣などの服装はしない。トレパンなどのラフな服装で臨む。
- 遊び、テレビ、友達、家庭などの日常生活の話しかけをする。
- あきっぽい子供には測定の途中に肩車、相撲ごっこなど子供と一緒に遊び、子供の気分転換をはかる。
- できるだけスキンシップにつとめ、頭をなでてやるとか、手を握ってやるなどする。

7. 測定対象ならびに人数、および集計対象人数

測定対象は、2幼稚園児ならびに1小学校児童であった。本研究の測定に参加した幼児・児童の人数を年令(満年代)別、性別、そしてさらに裸眼静止視力が1.00以上を有した者と1.00以下であった者に分けて表1に示す。

表1に示すように、動体視力ならびに静止視力の測定に参加した人数は男子合計287名、女子合計294名、総計581名であるが、この581名には、赤緑視標で遠視傾向と認められた数名の人数は除外されている。なお、この581名のうち静止視力が1.00以上を有する者は男子218名、女子214名、計432名あったが、この中には静止視力1.70以上を有する男子14名、女子15名、計29名の人数が含まれている。本実験で使用した動体視力計での静

Table 1. Number of participated children in this experiment.

| Age | Boys | | | Girls | | | Both | | |
|-------|---------------|----------------|-------|---------------|----------------|-------|---------------|----------------|-------|
| | Over SVA 1.00 | Under SVA 1.00 | Total | Over SVA 1.00 | Under SVA 1.00 | Total | Over SVA 1.00 | Under SVA 1.00 | Total |
| 5 | 28 | 10 | 38 | 38 | 13 | 51 | 66 | 23 | 89 |
| 6 | 47 | 16 | 63 | 48 | 15 | 63 | 95 | 31 | 126 |
| 7 | 33 | 9 | 42 | 22 | 10 | 32 | 55 | 19 | 74 |
| 8 | 23 | 14 | 37 | 29 | 13 | 42 | 52 | 27 | 79 |
| 9 | 26 | 5 | 31 | 20 | 9 | 29 | 46 | 14 | 60 |
| 10 | 31 | 3 | 34 | 27 | 7 | 34 | 58 | 10 | 68 |
| 11 | 30 | 12 | 42 | 30 | 13 | 43 | 60 | 25 | 85 |
| Total | 218 | 69 | 287 | 214 | 80 | 294 | 432 | 149 | 581 |

The number of children who have a far-sight tendency is excluded from this value.

止視力測定可能の上限は1.70 までであるので、それ以上の視力を有する者の測定はできない。このことから、静止視力の測定結果の集計にあたり、この29名分のデータについては削除した。なおまた、静止視力1.00 以下であった者の人数は各年令層において10名から31名と少人数であったことから、本報においてはこれも一応除去して集計することとした。したがって、本研究での測定結果の集計対象は、大江³⁵⁾の言う「健常視力」を有する者について集計したこととなる。その人数は表2に示すように男子204名、女子199名、計432名であった。

Table 2. Number of subjects in normal visual acuity (over SVA 1.00).

| Age | Boys | Girls | Both |
|---------|------|-------|------|
| 5 Yrs. | 28 | 38 | 66 |
| 6 Yrs. | 47 | 48 | 95 |
| 7 Yrs. | 33 | 22 | 55 |
| 8 Yrs. | 22 | 27 | 52 |
| 9 Yrs. | 21 | 16 | 46 |
| 10 Yrs. | 28 | 24 | 58 |
| 11 Yrs. | 25 | 24 | 60 |
| Total | 204 | 199 | 432 |

結 果

1. 静止視力測定結果

静止視力測定結果を平均静止視力と標準偏差で表わし、年令別、性別に表3に示す。表4は表3の内訳けに相当する各静止視力の度数分布である。

2. 動体視力測定結果

表3および表4の静止視力を有した子供達の動体視力測定結果を、表5に平均動体視力とその標準偏差、表6に各動体視力の度数分布としてそれぞれ年令別、性別に示した。

3. 静止視力の年令推移

幼児・児童の静止視力の年令推移をみるために表3を図で表したのが図1である。

図1に示すように、静止視力は5才から11才にわたり男女とも上昇し続けている。この傾向を分散分析法で統計的に検定したのが表7である。表7の分散分析表より静止視力は年令間に有意な差が認められたが、男女間には差は認められず、また、交互作用はなかった。静止視力に性差が認められなかったことから、以後両性合わせた数値について検討をすすめることとする。

図2は、両性合わせた静止視力の各年令間の差について、統計的に検定したものであり、図中の*印はその有意度を示す。5才と8才、9才、10才、11才間に、6才と10才、11才間に、7才と10才間に有意な視力差が認められた。

4. 動体視力の年齢推移

幼児・児童の動体視力の年齢推移をみるために

表5を図で表したのが図3である。

図3に示すように、動体視力は男女とも5才か

Table 3. Mean SVA and standard deviation.

| Age | Boys | | Girls | | Both | |
|---------|------|------|-------|------|------|------|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| 5 Yrs. | 1.25 | 0.19 | 1.26 | 0.19 | 1.25 | 0.19 |
| 6 Yrs. | 1.30 | 0.20 | 1.30 | 0.17 | 1.30 | 0.19 |
| 7 Yrs. | 1.28 | 0.17 | 1.33 | 0.18 | 1.30 | 0.17 |
| 8 Yrs. | 1.34 | 0.20 | 1.30 | 0.18 | 1.32 | 0.19 |
| 9 Yrs. | 1.32 | 0.18 | 1.32 | 0.19 | 1.32 | 0.18 |
| 10 Yrs. | 1.37 | 0.20 | 1.39 | 0.20 | 1.38 | 0.20 |
| 11 Yrs. | 1.40 | 0.16 | 1.32 | 0.18 | 1.36 | 0.17 |

Table 4. Frequency distribution of SVA.

| SVA | 5 Years | | | 6 Years | | | 7 Years | | | 8 Years | | | 9 Years | | | 10 Years | | | 11 Years | | |
|-----------|---------|----|----|---------|----|----|---------|---|----|---------|----|----|---------|---|----|----------|---|----|----------|---|----|
| | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt |
| 1.00—1.09 | 6 | 9 | 15 | 12 | 8 | 20 | 7 | 1 | 8 | 3 | 3 | 6 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | 4 |
| 1.10—1.19 | 7 | 5 | 12 | 1 | 7 | 8 | 1 | 5 | 6 | 4 | 5 | 9 | 5 | 4 | 9 | 4 | 3 | 7 | 2 | 5 | 7 |
| 1.20—1.29 | 6 | 10 | 16 | 4 | 5 | 9 | 8 | 3 | 11 | 1 | 2 | 3 | 6 | 3 | 9 | 3 | 3 | 6 | 4 | 1 | 5 |
| 1.30—1.39 | 2 | 3 | 5 | 11 | 14 | 25 | 10 | 4 | 14 | 0 | 11 | 11 | 1 | 2 | 3 | 5 | 2 | 7 | 4 | 6 | 10 |
| 1.40—1.49 | 2 | 5 | 7 | 9 | 6 | 15 | 3 | 3 | 6 | 8 | 0 | 8 | 3 | 2 | 5 | 5 | 5 | 10 | 5 | 4 | 9 |
| 1.50—1.59 | 3 | 3 | 6 | 8 | 6 | 14 | 1 | 5 | 6 | 5 | 3 | 8 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 | 7 | 6 | 4 | 10 |
| 1.60—1.69 | 2 | 3 | 5 | 2 | 2 | 4 | 3 | 1 | 4 | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | 4 | 6 | 5 | 11 | 3 | 1 | 4 |

B : Boys, G : Girls, Bt : Both

Table 5. Mean KVA and standard deviation.

| Age | Boys | | Girls | | Both | |
|-----|------|------|-------|------|------|------|
| | Mean | SD | Mean | SD | Mean | SD |
| 5 | 0.94 | 0.16 | 0.95 | 0.20 | 0.94 | 0.18 |
| 6 | 1.04 | 0.28 | 1.06 | 0.22 | 1.05 | 0.25 |
| 7 | 1.06 | 0.20 | 1.11 | 0.26 | 1.08 | 0.22 |
| 8 | 1.14 | 0.20 | 1.10 | 0.20 | 1.12 | 0.20 |
| 9 | 1.16 | 0.17 | 1.16 | 0.20 | 1.16 | 0.18 |
| 10 | 1.20 | 0.22 | 1.19 | 0.18 | 1.19 | 0.20 |
| 11 | 1.21 | 0.14 | 1.15 | 0.19 | 1.18 | 0.17 |

Table 6. Frequency distribution of KVA.

| KVA | 5 Years | | | 6 Years | | | 7 Years | | | 8 Years | | | 9 Years | | | 10 Years | | | 11 Years | | |
|-----------|---------|----|----|---------|---|----|---------|---|----|---------|---|----|---------|---|----|----------|---|----|----------|---|----|
| | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt | B | G | Bt |
| 0.10—0.19 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.20—0.29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.30—0.39 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.40—0.49 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.50—0.59 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.60—0.69 | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0.70—0.79 | 5 | 5 | 10 | 5 | 2 | 7 | 4 | 1 | 5 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 0.80—0.89 | 3 | 10 | 13 | 3 | 5 | 8 | 5 | 2 | 7 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 3 |
| 0.90—0.99 | 7 | 5 | 12 | 6 | 8 | 14 | 2 | 3 | 5 | 4 | 5 | 9 | 2 | 1 | 3 | 5 | 2 | 7 | 2 | 3 | 5 |
| 1.00—1.09 | 6 | 6 | 12 | 6 | 7 | 13 | 3 | 3 | 6 | 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 8 | 3 | 3 | 6 | 3 | 3 | 6 |
| 1.10—1.19 | 5 | 5 | 10 | 6 | 7 | 13 | 10 | 2 | 12 | 4 | 5 | 9 | 4 | 3 | 7 | 2 | 6 | 8 | 5 | 3 | 8 |
| 1.20—1.29 | 0 | 4 | 4 | 11 | 9 | 20 | 5 | 4 | 9 | 7 | 7 | 14 | 4 | 1 | 5 | 2 | 3 | 5 | 8 | 5 | 13 |
| 1.30—1.39 | 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 8 | 3 | 4 | 7 | 1 | 2 | 3 | 2 | 2 | 4 | 8 | 7 | 15 | 3 | 5 | 8 |
| 1.40—1.49 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 4 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 4 | 7 | 5 | 2 | 7 | 4 | 1 | 5 |
| 1.50—1.59 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1.60—1.69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

B : Boys, G : Girls, Bt : Both

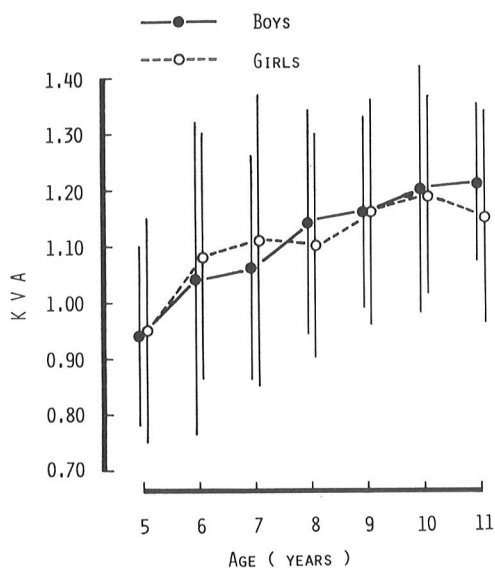


Figure 1. Changes in SVA as a function of age. The open circles, closed circles and bars represents mean SVA of boys, mean SVA of girls and one standard deviation, respectively.

ら11才にわたり上昇し続けている。この傾向を統計的に検定したのが表8である。

動体視力の男女性差は認められなかったが、年齢間の動体視力に有意な差が認められた。動体視力の男女差は各年齢において認められなかったことから、両性合わせた動体視力の平均値で以後検討することとする。図4は各年齢間の動体視力の差とその差の有意度を示している。5才の動体視力は、各年齢の動体視力と比べ有意に低い値であった。

6才の動体視力は8才、9才、10才、11才間に有意差が認められ、7才の動体視力は10才と11才

Table 7. Analysis of variance of SVA in age and sex.

| | S | f | M | F |
|-------------|--------|-----|-------|--------|
| Sex | 0.003 | 1 | 0.003 | 0.088 |
| Age | 0.529 | 6 | 0.088 | 2.588* |
| Interaction | 0.142 | 6 | 0.024 | 0.706 |
| e | 13.345 | 389 | 0.034 | |
| T | 14.019 | 402 | | |

(* P < 0.05)

| | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 5 Yrs. | 5 Yrs. | | | | | |
| 6 Yrs. | 0.05 | 6 Yrs. | | | | |
| 7 Yrs. | 0.05 | 0.00 | 7 Yrs. | | | |
| 8 Yrs. | 0.07 * | 0.02 | 0.02 | 8 Yrs. | | |
| 9 Yrs. | 0.07 * | 0.02 | 0.02 | 0.00 | 9 Yrs. | |
| 10 Yrs. | 0.13** | 0.08* | 0.08* | 0.06 | 0.06 | 10 Yrs. |
| 11 Yrs. | 0.11** | 0.06* | 0.06 | 0.04 | 0.04 | 0.02 |

(* P < 0.05; ** P < 0.01)

Figure 2. Difference and significant difference of SVA between each ages.

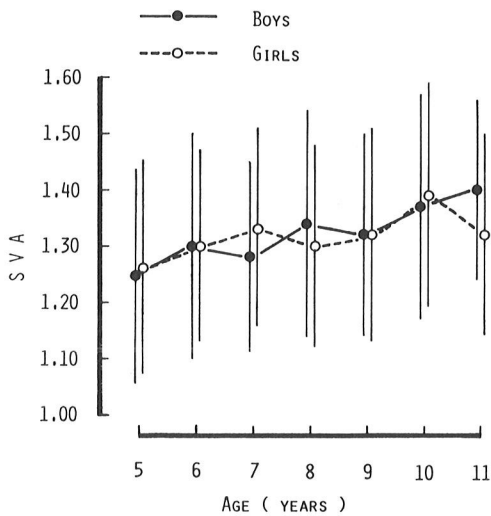


Figure 3. Changes in KVA as a function of age. The open circles, closed circles and bars represents mean KVA of boys, mean KVA of girls and one standard deviation, respectively.

Table 8. Analysis of variance of KVA in age and sex.

| | S | f | M | F |
|-------------|--------|-----|-------|---------|
| Sex | 0.002 | 1 | 0.002 | 0.045 |
| Age | 2.423 | 6 | 0.404 | 9.182** |
| Interaction | 0.108 | 6 | 0.018 | 0.409 |
| e | 17.163 | 389 | 0.044 | |
| T | 19.696 | 402 | | |

(** P < 0.01)

間に有意差が認められた。8才から11才間の動体視力には有意差はなかった。

このように、動体視力の年齢推移は5才で最も低い値を示し、その後6才、7才と急速に動体視力が発達し、8才から11才にかけてはその発達速度をゆるめてゆっくり発達していく傾向であった。

| | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 5 Yrs. | 5 Yrs. | | | | | |
| 6 Yrs. | 0.11** | 6 Yrs. | | | | |
| 7 Yrs. | 0.14** | 0.03 | 7 Yrs. | | | |
| 8 Yrs. | 0.18** | 0.07 * | 0.04 | 8 Yrs. | | |
| 9 Yrs. | 0.22** | 0.11** | 0.08 | 0.04 | 9 Yrs. | |
| 10 Yrs. | 0.25** | 0.14** | 0.11** | 0.07 | 0.03 | 10 Yrs. |
| 11 Yrs. | 0.24** | 0.13** | 0.10 * | 0.06 | 0.02 | 0.01 |

(* P < 0.05; ** P < 0.01)

Figure 4. Difference and significant difference of KVA between each ages.

考 察

1. 幼児・児童の静止視力の発達

幼児の静止視力の測定報告^{14, 15, 16, 18, 30, 31, 32, 33, 35, 40, 50})はかなりある。

1973年大江³⁵)は3才児, 4才児, 5才児の平均視力とその各年令の視力1.0以上の出現率を渡辺⁵⁰)小辻¹⁴), 湖崎¹⁸)の各成績と比較している。

その結果, 3才児の平均視力は渡辺⁵⁰)0.89, 小辻¹⁴)0.6, 湖崎¹⁸)0.56, 大江³⁵)0.60であったのが, 4才児では渡辺⁵⁰)1.10, 湖崎¹⁸)1.0~1.2, 大江³⁵)0.89と視力が上昇し, 5才児では渡辺⁵⁰)1.20, 小辻¹⁴)1.0, 湖崎¹⁸)1.2~1.5, 大江³⁵)1.06に上昇した。そして各年令の視力1.0以上の出現率から, 3~4才の間に視力の急速な発達がみられたと報告している³⁵)。本報においては幼児期と静止視力は満5才の測定結果しかないため, 幼児期の静止視力の発達推移についての傾向は把めない。大江³⁵)は5才児の視力1.0以上の健常視力の平均は1.19と報告している。表3に示した満5才代の平均静止視力は1.25であったことから, 大江³⁵)に比べ0.16上回る静止視力となる。5才児の視力分布については大江^{31, 35})はそのピークは1.2で, 次いで1.0, 1.5の順を報告している。本測定の結果は表4に示すように1.20~1.09に16名, 百分率で表わすと24.2%, 次いで1.00~1.29の15名, 22.7%, 1.10~1.19の12名, 18.2%, 1.40~1.49の7名, 10.6%の順になっており, 大江^{31, 35})の報告とほぼ同様な視力度数分布を示した。大江^{31, 35})の視力測定方法は, スネレン鉤視標で視標の大きさの間隔1.0, 1.2, 1.5, 2.0の4段階であったことなどが視力平均値に違いを生じさせているのであろう。

小学児童の静止視力の測定報告は非常に多い^{6, 9, 10, 11, 12, 13, 27, 28, 29, 31, 35, 37, 38, 39, 41, 43, 44, 49, 51})。しかしながら, 静止視力1.0以上の者について資料集計を試みているのは大江^{31, 35})の成績のみであるから, それと比較してみよう。小学児童の各年令の静止視力の平均値は表3ならびに図1に示すごとくである。大江^{31, 35})は6才の平均静止視力は1.21, 7才は1.23, 8才は1.32, 9才は1.34, 10才は1.37, 11才は1.35と報告している。これを表3の結果と比較すれば8才, 9才, 10才, 11才は非常に一致

した平均値を示す。それに対して, 6才と7才は本測定結果の方がそれぞれ0.09, 0.07良い視力値を示している。図1に示すように, 5才から11才に至る視力発達曲線として把えた時, 大江^{31, 35})の成績はとくに5才, 6才, 7才と視力の発達が著しく, 8才以後その発達の速度が遅くなり, 本測定成績と一致した発達曲線として描くことができる。本視力測定方法と大江^{31, 35})の視力測定方法の違いの影響が, とくに5才, 6才, 7才の低年令において強く現われ, 小学中学年以後の年令では測定法の違いによる影響はなくなってくるものと解される。このことは, 本視力測定の方が低年令者のより真に近い視力値を引き出すことができるといえるかも知れない。

静止視力の発達状態を視力分布からみると, 表4に示すように, 分布の山が高視力の方へ年令推移にともなって移動していることがわかる。この傾向は, 大江^{31, 35})についても報告しているところでもある。このことは, 小学児童の年令期はまだ静止視力が発達しつつある期間であることを物語っている。

静止視力の性差については, 表7の分散分析表に示されたように認められなかった。小児の視力性差は, 男子の方が女子よりも良いという報告が多い^{27, 32, 35, 38})。しかしながら, 小島¹³)の報告のように視力に男女差は認められなかったという測定成績もあり, 今後の問題であらう。

緒言で述べたように, 視力とは最小分離閾を測定するものであるが, とくに小児の場合は視経験, 知能の影響が大きく関与することが予測される^{16, 17, 18, 30, 32, 33})。したがって, 図形視標や文字視標による視力検査法よりも, ラ氏環視標で視力検査する事の方が視経験, 知能の影響を少しでも避けるのに有効であらう^{16, 17})。しかしながら, ラ氏環視標だから完全に視経験, 知能の影響が除去できたかと言えば, その証明はできない。したがって少なくとも小児の視力とは, 視力 = (最小分離閾 + 視知覚) と解する方が小児の視的生活を理解するのに有効であらう。このように考えると視力と知能とは密接な関係にあることが推測^{17, 32, 33})される。大江^{30, 31})は大脳の発育にともなうその質的变化と視力の

年令的推移の過程とを比較しながら、その対応関係を推測している。幼児・児童の静止視力の発達過程は、おそらく大江^{30,31)}が言うように、大脳皮質におけるネウロンの髄鞘化とシナプス接合の完成という精神機能の発達に帰因するものであろう。

2. 幼児・児童の動体視力の発達

満5才から11才にわたる動体視力の測定結果、ならびにその年令推移については、表5、表6、図3ならびに表8、図4に示すように、5才から7才まで急速に動体視力が発達し、その後8才から11才にかけてその発達速度は低下しつつもゆるやかに発達し続ける傾向であった。このような動体視力の発達過程は、静止視力の発達過程と対比して検討するとその発達特性が著明となる。

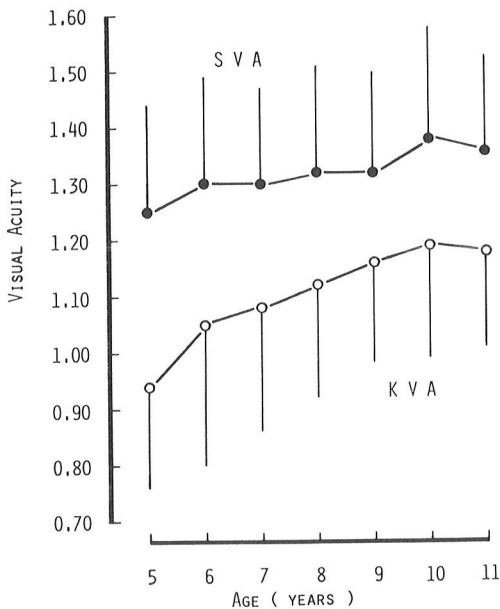


Figure 5. Comparative changes between SVA and KVA as a function of age. The open circles, closed circles and bars represents mean SVA, mean KVA and one standard deviation, respectively.

図5は図1と図3を同一グラフ上に描いたもので、●印は静止視力を、○印は動体視力の発達過程を示す。図5で示すように、静止視力と動体視力の各年令別の視力差は低年令において大きくなっ

ていることがわかる。

図6は静止視力と動体視力の各年令の視力差をプロットしたものであり、表9および図7はその視力差についての分散分析表、ならびに各年令間の差の有意度を示したものである。

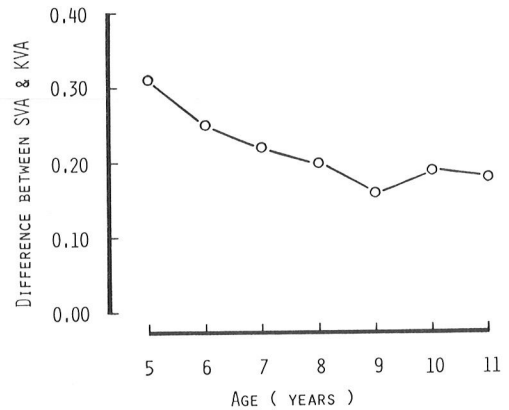


Figure 6. Changes in difference between SVA and KVA as a function of age.

Table 9. Analysis of variance of difference between SVA and KVA in age.

| | S | f | M | F |
|-----|-------|-----|-------|----------|
| Age | 0.946 | 6 | 0.158 | 10.533** |
| e | 5.961 | 396 | 0.015 | |
| T | 6.907 | 402 | | |

(** P < 0.01)

表9に示すように、年令により静止視力と動体視力の差は有意に異なり、図7に示すように、5才は全年令間に、6才は7才を除く全年令間に、7才は9才間に有意な視力差が認められた。8才から11才間には有意な差は認められなかった。つまり5才、6才、7才頃の低年令児においては、静止視力と動体視力の視力発達速度が異なり、動体視力の発達速度は静止視力の発達より相当遅れていることを示している。静止視力と動体視力の視力差は図6に示すように、5才0.31、6才0.25、7才0.22、8才0.20、9才0.16、10才0.19、11才0.18

| | | | | | | |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| 5 Yrs. | 5 Yrs. | | | | | |
| 6 Yrs. | 0.06** | 6 Yrs. | | | | |
| 7 Yrs. | 0.09** | 0.03 | 7 Yrs. | | | |
| 8 Yrs. | 0.11** | 0.05 * | 0.02 | 8 Yrs. | | |
| 9 Yrs. | 0.15** | 0.09** | 0.06* | 0.04 | 9 Yrs. | |
| 10 Yrs. | 0.12** | 0.06** | 0.03 | 0.01 | 0.03 | 10 Yrs. |
| 11 Yrs. | 0.13** | 0.07** | 0.04 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |

(* P < 0.05; ** P < 0.01)

Figure 7. Difference between SVA and KVA, and significant difference between each ages.

であり、その視力差を静止視力に対する比率(%) (低下率)で表わすと図8のごとくである。すなわち、5才での動体視力は静止視力に比し75.4%に相当し、6才で80.3%、7才で82.3%、8才で84.3%、9才で87.8%、10才で86.4%、11才で87.1%に相当する。以上のごとく静止視力と動体視力の視力差、ならびに静止視力に対する動体視力の低下率という定量さで動体視力の年令的発達過程を示す成績が得られた。藤田⁵⁾らは4才から7ないし8才に至って静止視力と動体視力の視力差が顕著に減少する傾向を把えているが、本測定成績に

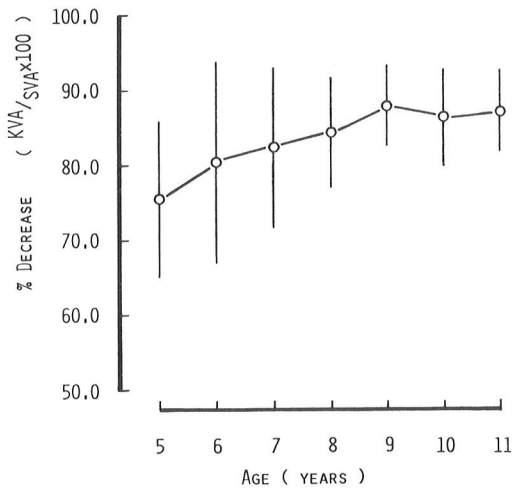


Figure 8. Changes in % decrease of KVA to SVA as a function of age. The vertical bars represents one standard deviation.

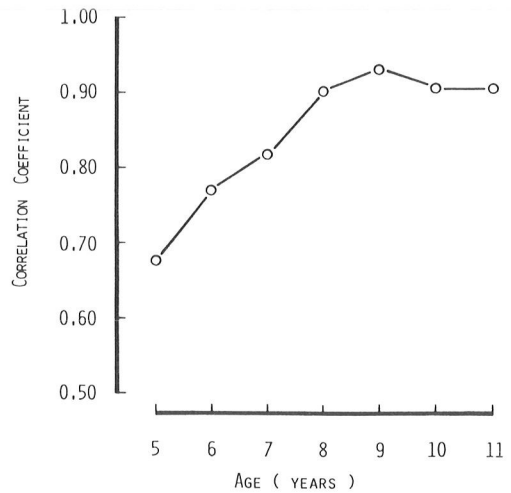


Figure 9. Correlation coefficient between SVA and KVA with age.

においてもほぼこれと一致する動体視力の発達過程の傾向であった。

次に静止視力と動体視力の相関係数を各年令別に計算し、それを図で表したのが図9である。この相関係数は次のことを意味していよう。すなわち、相関係数が大きいということは静止視力に対して動体視力がある一定の差で存在することを意味し、相関係数が小さいということは静止視力に対し動体視力の差がまちまちであることを意味する。つまり、相関係数が大きいということは、その年令内での個人差が大きいことを表わしている。このような関点から図9を見ると、5才から8才

まで相関係数がほぼ直線的に高くなって行き、8才から11才まで $r=0.9$ 前後で一定の相関係数となっている。このことは8才より低年齢では良い静止視力を有する者でも、動体視力は必ずしも良いとは言えず、低い動体視力を示す場合があることを示し、逆に低い静止視力を有する者でも、動体視力は必ずしも低くない場合があることを示している。しかしながら、図5、6、7で示したように、低年齢ほど静止視力に対する動体視力の低下が著しいことから、したがって、良い静止視力を有する者で動体視力は必ずしも良くない場合が多いことを物語っているものと考えられる。このことは5才から7、8才までの年少者の体育ならびに生活指導上留意しておかねばならないことであろう。一般に幼稚園ならびに小学校の視力検査においては静止視力のみがおこなわれており、動体視力の測定はおこなわれていない現状である。今回の測定結果で得られたように、静止視力は正常であっても、動く物に対する認知能力が劣る(未発達)場合が低年齢で多いことが明らかになったことから、とくに7ないし8才以下の児童・幼児に対しては動体視力の検査をおこなうことを提唱し、指導の一助とすべきであろうと考える。

図10は5才、7才、9才、11才の静止視力に対する動体視力の低下率のパーセンタイル(累積百分率)を示したものである。図10に示すように5才(●印)のパーセンタイル曲線は最も左側に位置し、7才(○印)は中間に、9・11才(▲, △印)はほとんど重って最も右側に位置している。つまり、年齢がすすむにつれてパーセンタイル曲線は左から右方へシフトしていくことがわかる。そして、パーセンタイル曲線の傾斜は低年齢では少く、年齢がすすむにつれて傾斜は垂直に近づくようにシフトしていく。これは静止視力に対する動体視力の低下率の高いものが、年齢の推移につれて動体視力の発達速度を増して発達していくという発達過程を示している。すなわち、低年齢では静止視力に比べ動体視力は未発達である者が多く、その者が年齢がすすむにつれて急速度で発達していき、7才を過ぎた頃動体視力の発達速度は静止視力の発達速度に追いつくという発達過程を示す

ものと考えられる。このように、とくに7~8才以前の低年齢において、動く物の認知能力は、静止した物の認知能力と異なる発達過程を示すことが明らかとなった。鈴木^{45, 46, 48)}は静止視力と動体視力

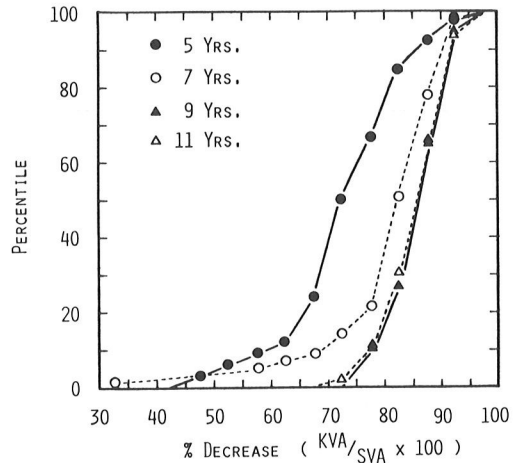


Figure 10. Percentile curve of % decrease of KVA to SVA.

The closed circles, open circles, closed triangles and open triangles represents 5, 7, 9 and 11 years old, respectively.

とはその視覚成立機序が異なることを報告しているが、本測定結果からも、鈴木^{45, 46, 48)}のそれを裏付ける資料が得られたものと考えられる。以上、静止視力と対比しながら動体視力の発達特性を抽出してきたが、その視覚生理的解釈については現状では資料不足である。おそらく静止に比べ、動く物の認知はより高次な大脳中枢の関与が推測され、その年齢的発達過程と、さらに、眼調節速度ならびに調節の円滑性といった眼調節機能の年齢的発達過程とが複雑にからみ合った結果によるものと思われる。

要 約

幼児・児童の動体視力の発達特性を知るために動体視力計(興和, AS-4A型)に改良を加えて動

体視力ならびに静止視力を測定した。動体視力計の改良とは、検者の任意の視距離に移動視標を停止させ、同時にその指標を消失させるようにしたわけである。測定を集計の対象とした幼児・児童の人数は男子204名、女子199名、計432名であった。この計432名の人数には次の事項に該当する者は除外してある。

- (1) 静止視力が1.70以上を有する者
- (2) 赤緑視標で遠視傾向が認められた者
- (3) 眼鏡使用者
- (4) 静止視力が1.00以下であった者

結果を要約すれば次のごとくである。

- 1) 男女両性合せた平均静止視力は5才1.25, 6才1.30, 7才1.30, 8才1.32, 9才1.32, 10才1.38, 11才1.36であった。
- 2) 静止視力は5才から11才にわたり上昇する発達を示した。
- 3) 5才から11才の各年令の静止視力に性差は認められなかった。
- 4) 男女両性合せた平均動体視力は5才0.94, 6才1.05, 7才1.08, 8才1.12, 9才1.16, 10才1.19, 11才1.18であった。
- 5) 5才から11才の各年令の動体視力に性差は認められなかった。
- 6) 動体視力の年令推移は5才から7才まで急速に発達し、その後8才から11才にかけて、その発達速度は低下しつつもゆるやかに発達し続ける傾向であった。
- 7) 静止視力と動体視力の視力差は5才0.31, 6才0.25, 7才0.22, 8才0.20, 9才0.16, 10才0.19, 11才0.18であり、それを静止視力に対する動体視力の比率で表わすと5才75.4%, 6才80.3%, 7才82.3%, 8才84.3%, 9才87.3%, 10才86.4%, 11才87.1%であった。
- 8) 静止視力に比べ動体視力は低年令ほど未発達の者が多く、7才を過ぎた頃に動体視力の発達は静止視力の発達速度に追いつく。このことは、動体視知覚成立機序が静止視力のそれと異なることを意味しよう。
- 9) 静止視力と動体視力の相関係数は低年令ほど小さい値を示した。その理由は静止視力が良い

者でも必ずしも動体視力は良くない者が低年令児で多いことにもとづく。

したがって、7ないし8才以下の幼児・児童の適切な体育ならびに生活指導のためには動体視力の検査をおこなうことを提唱したい。

稿を終えるにあたり、本研究に絶大なる御援助賜った名古屋市立神の倉小学校長山梨 登氏に厚く感謝いたしますと共に、御協力賜った名古屋市立保育短期大学附属幼稚園、名古屋市立植田幼稚園、ならびに名古屋市立神の倉小学校の関係各位に謝意を表します。

なお本研究の結果は日本体育学会第31回大会において発表した。

文 献

- 1) 青木市次郎. 輪形視標に係る壮年者の視力に就いて, 眼臨, 6: 11—12, 1911.
- 2) Blackburn, R. H.: Perception of movement. *Am. J. Optom.* 14: 365—371, 1937.
- 3) Burg, A. and S. Hulbert.: Dynamic visual acuity as related to age, sex and static acuity. *J. Appl. Psychol.* 45 (2): 111—116, 1961.
- 4) Burg, A.: Visual acuity as measured by dynamic and static tests. A comparative evaluation. *J. Appl. Psychol.* 50 (6): 460—466, 1966.
- 5) 藤田 厚, 吉本俊明, 加藤史夫, 深見和男, 村松一, 佐藤文宏, 笠井達哉, 知覚・運動系の機能の発達の变化に関する研究, 体育科学, 2: 278—289, 1974.
- 6) 萩野御太郎, 鈴木勇雄. 遠距離視力に関する研究, 日眼, 52 (7—9): 101—104, 1948.
- 7) 萩野御太郎. 動いている物の見え方の研究, 日眼, 59 (7): 743—755, 1955.
- 8) 萩原 明. 眼の生理学, P47—50, 医学書院, 1966.
- 9) 泰野英三郎. 日本人ノ視力ニ就テ, 日眼, 6: 557—572, 1901.
- 10) 井上達二. 小児の視力及認識力に就て, 眼臨, 9: 270—271, 1914; 眼臨, 10: 190, 1915.
- 11) 北 義彦. 学童の視力異常の区別及統計表記載上の注意に就て, 眼臨, 34 (10): 1027, 1939.
- 12) 洪 長庚. 視標の比較及学童の視力に就て, 眼臨, 19: 634—635, 1924.
- 13) 小島 克. 馬嶋昭生, 栗屋 忍, 新美勝彦, 渡辺郁緒, 桐淵惟義, 吉田則明. 学童による小児視力表の検査成績, 臨眼, 15 (4): 445—457, 1961.
- 14) 小辻一男. 満3才児眼検診, 特に満4, 5才児との比較, 山口医大産研年報, 12: 18—20, 1964.

- 15) 湖崎 克, 吉原正道. 小児の視力の特性, 眼紀, **15** (3) : 117—124, 1964.
- 16) 湖崎 克, 小山賢二, 柴田裕子, 三上千鶴. 幼稚園児の視力について, 臨眼, **20** (5) : 661—666, 1966.
- 17) 湖崎 克. 小児の視力検査法, 眼科, **10** (2) : 108—113, 1968.
- 18) 湖崎 克. 小児の視力と屈折, 臨眼, **24** (11) : 1319—1326, 1970.
- 19) 湖崎 克. 学校保健と眼科, 視力・屈折・両眼視, 眼科, **19** (8) : 679—688, 1977.
- 20) Langmuir, I.: The speed of the deer fly. *Science*, **87** (2254) : 233—234, 1938.
- 21) Low, F.: The peripheral motion acuity of 50 subjects. *Am. J. Physiol.* **148** (1) : 124—133, 1947.
- 22) Ludvigh, E.: Visibility of the deer fly in flight. *Science*, **105** : 176—177, 1947.
- 23) Ludvigh, E.: The visibility of moving objects. *Science*, **108** : 63—64, 1948.
- 24) Ludvigh, E.: Visual acuity while one is viewing a moving object. *Arch. Ophthalm.* **42** (1) : 14—22, 1949.
- 25) 植 哲夫. 動体視機トノ関係ニ就テ, 第一編, 左右振動体視機トノ関係ニ就テ, 日眼, **40** : 2070—2096, 1936.
- 26) Miller, J. W. and Ludvigh E.: The effect of relative motion on visual acuity. *Surv. Ophthalmol.* **7** : 83—116, 1962.
- 27) 西信元嗣. 新らしい小児視力の統計解析, 眼科, **14** (1) : 74—78, 1972.
- 28) 大場 広, 大野恭信, 松田至郎, 勝瀬敏臣. 学童の屈折状態について, 日本の眼科, **116** : 13—17, 1971.
- 29) 大江謙一. 日本人の視力, 照明誌, **47** (4) : 139—147, 1963.
- 30) 大江謙一. 3才児の双眼視力, 臨眼, **19** (3) : 327—329, 1965.
- 31) 大江謙一. 3才～17才の視力, 日眼, **69** (8) : 885—888, 1965.
- 32) 大江謙一. 幼児の視力について, 眼科, **6** (7) : 545—549, 1964.
- 33) 大江謙一. 視力の発達加速現象, 眼科, **10** (6) : 380—384, 1968.
- 34) 大江謙一. 視力の推移 (6才～14才), 印刷医報, **16** (1) : 63—64, 1970.
- 35) 大江謙一. 3～85才の裸眼視力, 眼科, **15** (9) : 691—703, 1973.
- 36) 小原博享. 移動視力に就て, 日眼, **54** (9) : 320—340, 1950.
- 37) 大橋政雄. 日本人の視力, 綜眼, **37** : 326, 1942.
- 38) 大谷昇二. 小学児童ノ視力屈折状態及ビ視力ノ障碍ノ原因並ニ検査規定ニ対スル希望, 日眼, **32** : 1172—1180, 1928.
- 39) 大山信郎. 年令と視力 (第一報), 眼臨, **43** (12) : 424—425, 1949.
- 40) 大山信郎. 乳幼児の視力, 日眼, **54**(附) : 104—107, 1950.
- 41) 大山信郎. 視力に関する研究, 第1報視標の大きさと露出時間との関係, 臨眼, **5** (2) : 103—104, 1951.
- 42) 大山信郎. 視力に関する研究(2), 日眼, **55** (10) : 689—692, 1951.
- 43) 佐々木富雄. 小学校児童ノ視力検査ニ関スル疑義, 綜眼, **36** : 785, 1941.
- 44) 佐藤達弥. 近視眼特に其視力に就ての統計的観察, 中眼, **17** : 492—503, 1925.
- 45) 鈴村昭弘. 動体視力の研究, 環研年報, **13** : 54—74, 1961.
- 46) 鈴村昭弘. 動体視力の研究, 環研年報, **14** : 79—108, 1962.
- 47) 鈴村昭弘, 谷口正子. 動体視知覚の年令的变化とその本態, 環研年報, **20** : 24—30, 1968.
- 48) 鈴村昭弘. 空間における動体視知覚の動揺と視覚適性の開発, 日眼, **75** (9) : 1974—2006, 1971.
- 49) 筒井 純. 小児視力の発達と検査法, 眼科, **9** (12) : 963—967, 1967.
- 50) 渡辺政信. 幼児視力と智能, 日眼, **59** (9) : 287—295, 1955.
- 51) 山地良一, 遠藤美恵子, 中尾主一, 松坂利彦, 高丸 清. 低学年学童に於る視力の分布に就て, 臨眼, **43** (2) : 83—86, 1952.
- 52) 山地良一, 向 紀子, 平野敏行. 和歌山市某小学校児童の視力および屈折検査成績について, 臨眼, **26** (3) : 418, 1972.

(1980年12月12日受付)

