

## 学童や生徒の視力と学習時の姿勢についての相関分析

丸本 達也<sup>1)</sup>, 外山みどり<sup>2)</sup>, マリア・ビアトリツ・ピラヌエバ<sup>2)</sup>, 城内 博<sup>2)</sup>

山田 宏圖<sup>3)</sup>, 金井 淳<sup>1)</sup>, 斉藤 進<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>順天堂大学医学部眼科学教室, <sup>2)</sup>労働省産業医学総合研究所, <sup>3)</sup>国立横浜病院眼科

### 要 約

学童の裸眼視力の低下と学習時の姿勢との関連性について、定量的に解析した。視力低下群 10 名と正視群 9 名を対象とした。学習時の姿勢を正面と側面から VTR に録画後、TV 画面上から視距離、頭部傾斜角、視線角度、垂直眼位、眼球露出表面積を測定した。その結果、学習時の視距離は正視群で  $30.2 \pm 4.1$  (平均値  $\pm$  標準偏差) cm、視力低下群で  $15.0 \pm 1.9$  cm、調節力は正視群で  $9.2 \pm 1.1$  (平均値  $\pm$  標準偏差) D、視力低下群で  $3.3 \pm 0.9$  D となり、いずれも両群間で有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。また、頭部傾斜角、視線角度、近点、対数視力についても同

様に、両群間で有意差が認められた ( $p < 0.001$ )。19 名の対象全体において、頭部傾斜角、視線角度、調節力、近点、対数視力が 1% 水準で視距離と有意に相関した。以上から、視距離の短いことや頭部の著しい前傾など学習時の姿勢の悪いことが、調節力の減少や裸眼視力の低下と関係していることが示唆された。(日眼会誌 101: 393-399, 1997)

キーワード：視力、調節力、学童・生徒、視距離、姿勢

## Correlation Analysis between Visual Acuity and Sitting Postural Parameters of Young Students

Tatsuya Marumoto<sup>1)</sup>, Midori Sotoyama<sup>2)</sup>, Maria Beatriz G Villanueva<sup>2)</sup>, Hiroshi Jonai<sup>2)</sup>, Hiroto Yamada<sup>3)</sup>, Atsushi Kanai<sup>1)</sup> and Susumu Saito<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Ophthalmology, Juntendo University School of Medicine

<sup>2)</sup>National Institute of Industrial Health

<sup>3)</sup>Department of Ophthalmology, Yokohama National Hospital

### Abstract

The relationship between failing eyesight and the sitting posture of young students while studying was studied quantitatively. Among the 19 students who participated in this study, 9 were classified as emmetropic and 10 were myopic. The mean age was  $13.2 \pm 2.2$  (mean  $\pm$  standard deviation) years. Viewing distance, neck angle, viewing angle, vertical gaze direction, and ocular surface area while studying were measured from the lateral and frontal view images of video recordings of the posture. Viewing distance, accommodative power, neck angle, viewing angle, near point, and log transformed visual acuity showed significant differences between these two groups ( $p < 0.001$ ). Viewing distance of myopes

( $15.0 \pm 1.9$  cm) (mean  $\pm$  standard deviation) is shorter than that of emmetropes ( $30.2 \pm 4.1$  cm). Accommodative power of myopes was lower than that of emmetropes. Correlation analysis revealed that the viewing distance of students significantly correlates to neck angle, viewing angle, accommodative power, near point, and visual acuity ( $p < 0.01$ ). It can be surmised that the failing eyesight of young students results from postural problems such as shortness of viewing distance and increased neck flexion. (J Jpn Ophthalmol Soc 101: 393-399, 1997)

Key words: Visual acuity, Accommodation, Student, Viewing distance, Posture

別刷請求先：245 神奈川県横浜市泉区和泉町 5732-9 丸本眼科 丸本 達也  
(平成8年8月12日受付, 平成8年12月27日改訂受理)

Reprint requests to: Tatsuya Marumoto, M.D. Marumoto Eye Clinic, 5732-9 Izumi-cyo, Izumi-ku, Yokohama-shi, Kanagawa-ken, 245, Japan

(Received August 12, 1996 and accepted in revised form December 27, 1996)

## I 緒 言

学童や生徒の学習時の姿勢と裸眼視力の低下との関連性については、未だ憶測の域をでておらず、はっきりとした因果関係を定量的に明らかにした報告はない。その理由として、学習時の姿勢をバイオメカニクスの観点から定量的に記述し、眼科学的に評価することが困難であったことが考えられる<sup>1)2)</sup>。

そこで、学童を正視群と視力低下群の2つのグループに分け、この両群の学習時の姿勢を定量的に解析し、視距離や頭部傾斜角と裸眼視力や調節力などの視機能とを比較検討し、両群間の違いを明らかにすることを試みた。

## II 実験方法

### 1. 被 験 者

対象は、特に眼疾患の認められない19名の学童や生徒で(表1)、そのうち視力低下群が10名、正視群が9名である。視力低下群は、1995年7月から12月までの間に眼科外来を受診し、半年以内に視力低下があった生徒のうち、協力の得られた10名とした。正視群は、本人および保護者に測定の了解を得た研究協力者である。両群間に年齢と身長において統計上の有意差はなかった。被験者の選択に際しては、本人と保護者を同席させた上で面接を行い、神経耳科的、整形外科的、児童精神学的に問題がないかどうかを問診および視診によって検索して決定した。また、眼位、眼球運動、両眼視機能を含めた眼科的検査も行い、斜視や弱視などの異常がないことを確認した。また、矯正視力が1.0でない被験者、すなわち被験者番号のJ, N, P, Qの症例については、サイプレジン点眼による散瞳検査をして、ピンホール視力で1.0の矯正視力がであることを初診時に確認した。正視群では、サイプレジン点眼後の屈折検査でも軽度遠視は存在しなかった。

### 2. 方 法

課題による影響を受けないように、事前に両眼の視力と調節力を測定した。視力測定は5m字ひとつ視力表を使用し、雲霧法で行った。調節力測定には、両眼開放定屈折近点計(ワック社製)を用いた。まず右眼から、裸眼で遠点と近点を測定し、それより調節力を算出した。左眼も同様に算出した。視標スピードは0.2 D/secを選択し、最初に視標を2~3回往復させてボケの生じる感覚を訓練しておき、その後、まず遠点を測定し、次に近点を測定した。測定は5回行い、その平均値を代表値とした。

課題は、椅子に座って机上で文章を10分間、横書きし

表1 特に眼疾患の認められない対象19名の年齢、性別、身長(平均値と標準偏差)

	人数	年齢(歳)	性別	身長(cm)
正視群	9	13.1±0.6	男2 女7	160.6±6.8
視力低下群	10	13.3±1.4	男2 女8	157.6±8.0

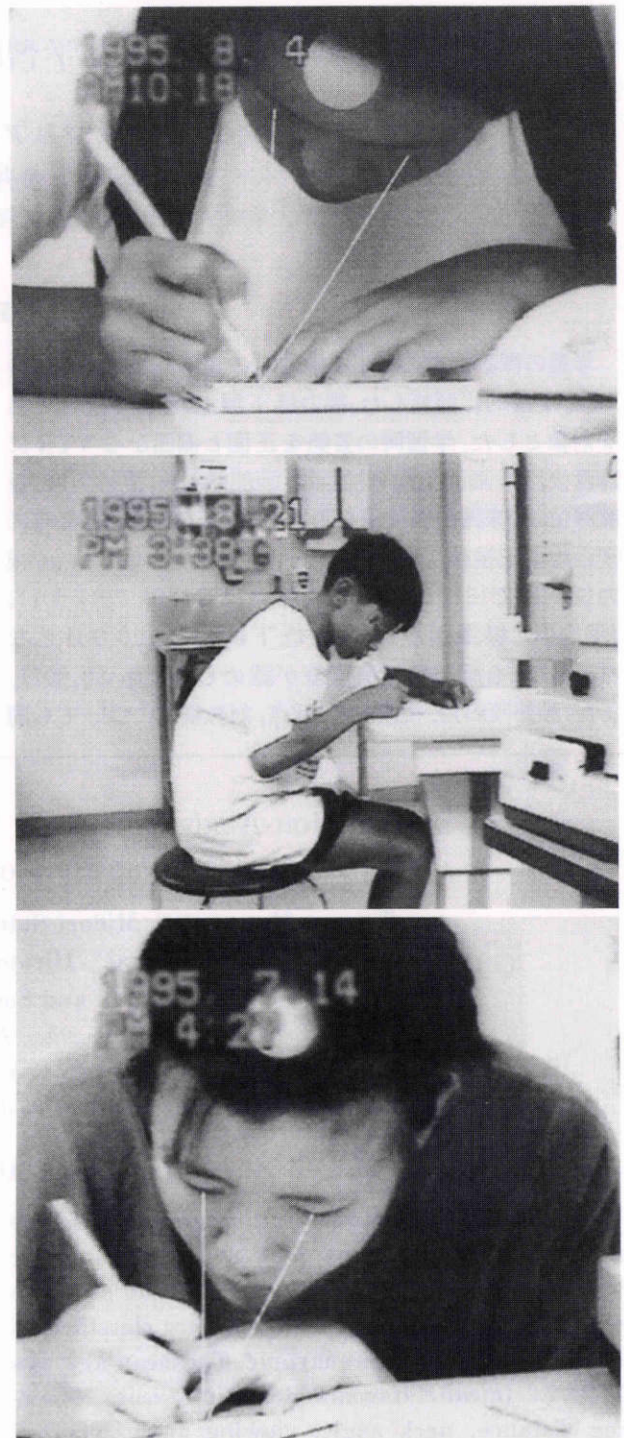


図1 実際のビデオ画像(視力低下群)。

姿勢が前傾して視距離が短くなっている。上段の画像の倍率位で、視距離を測定した。手に持っているボールペンの長さ(14.6 cm)を対照として、比例式によって画面上の実測値から算出した。

てもらおうというものである。普段の学習時に書いている姿勢を再現するように学童に事前に理解させ、さらに、保護者にいつもの姿勢で書いているかどうかを確認してもらった。その様子を小型ビデオカメラで正面と側面から録画した。例を図1に示す。

椅子は高さ44 cmに固定し、机は電動光学台を使用し

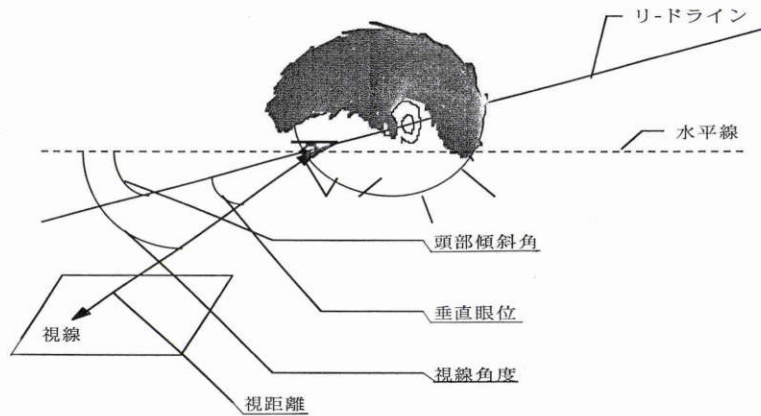


図2 測定項目.

垂直眼位は、リードライン(外眼角と外耳孔の中心を結んだ線)を基準方向と定めた。理論上、リードラインはフランクフルト面よりも5~10度上向いている。頭部傾斜角は、水平線とリードラインとの成す角である。視線角度は、頭部傾斜角+垂直眼位である。

た。机の高さは、学童の身長に応じて適当な高さに調節した(机の高さ=座標/3+下腿長)。これは学校保健法で定めている適合基準である。机上の照度は750 luxであった。

図2に計測項目を示す。画面上から視距離、頭部傾斜角、視線角度、垂直眼位、眼球露出表面積を測定した。視距離は、正面からの画像を用いて眼から字の位置までの距離を計測した。頭部傾斜角は、側面からの画像を用いて眼から字の位置までの距離を計測した。頭部傾斜角は、側面からの画像を用いてリードラインと水平線との角度として測定した。リードラインとは、外眼角と外耳孔の中心を結んだ線であり、フランクフルト面よりも5~10度上向いている。フランクフルト面とは、耳眼面のことで、左右の耳珠点と左の眼窩点(眼窩の下縁のうち、最も下方にある点; JIS Z 8500 より)の3点によって決まる面である。顔の表面の映像からは外眼角の方が正確に決めやすいので、今回の実験ではリードラインを用いた。視線角度は、頭部傾斜角と垂直眼位の和とした。

垂直眼位 Y (degree) および眼球露出表面積 Z (cm<sup>2</sup>) は、非接触の測定法を用いた<sup>3)-5)</sup>。図3のような側面から録画したデータにつき、瞼裂幅を線形近似で精度よく測定できる奥行き成分のない前眼部の画像を用いて上眼瞼と下眼瞼との最大距離を瞼裂幅 A (cm) として計測し、以下の回帰直線の式に代入することで垂直眼位と眼球露出表面積が得られる<sup>4)</sup>。

$$Y = 72.4 \times A - 91.4$$

$$Z = 3.05 \times A - 0.39 \quad (\text{相関係数 } r = 0.97)$$

### III 結果

それぞれの被験者について、視力、屈折度、近点、遠点、調節力に関する正視群の結果を表2に、視力低下群の結果を表3に示す。正視群と視力低下群の両群において、0.1%水準で有意差が認められたのは近点、調節力、対数

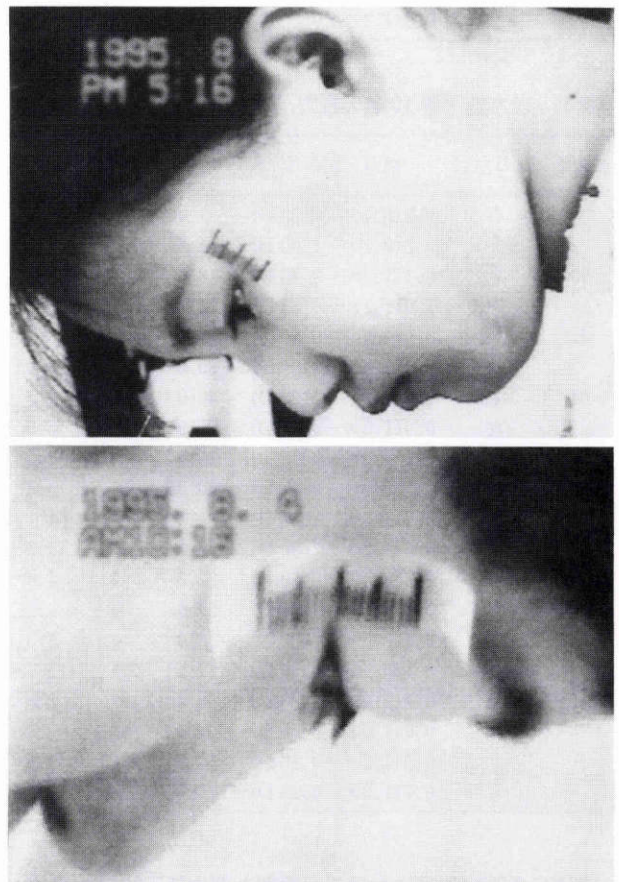


図3 実際のビデオ画像(視力低下群)。

上段：外耳孔がぎりぎりに入る程度の倍率で、角度計を用いて、頭部傾斜角、視線角度を測定した。下段：外眼部に貼った目盛りつきテープを対照として、瞼裂幅を比例式によって画面上の実測値から算出した。

視力、視距離、頭部傾斜角、視線角度の6項目であった(表4)。垂直眼位と眼球露出表面積では有意差はなかった。

視力低下群では正視群と比較して視距離が短く、調節力が低下していた。その調節力の低下を引き起こしてい

表2 正視群9名の視力,屈折度,近点,遠点,調節力

被験者	眼の左右	視力・屈折度	近点 (cm)	遠点 (cm)	調節力 (D)
A	右	1.0(1.2×-0.50 D)	15.0	∞	6.7
	左	0.7(1.2×-0.50 D)	14.0	∞	7.1
B	右	1.0(1.2×-0.50 D)	13.2	∞	7.6
	左	0.9(1.2×-0.25 D)	10.6	∞	9.4
C	右	1.5(矯正不能)	10.0	∞	10.0
	左	1.5(矯正不能)	11.0	∞	9.0
D	右	1.5(矯正不能)	11.0	∞	9.0
	左	1.5(矯正不能)	10.0	∞	10.0
E	右	1.2(矯正不能)	12.5	∞	8.0
	左	1.5(矯正不能)	13.0	∞	7.7
F	右	1.2(矯正不能)	9.0	∞	11.0
	左	1.0(1.2×-0.25 D)	9.0	∞	11.0
G	右	1.5(矯正不能)	8.0	∞	12.5
	左	1.2(矯正不能)	8.5	∞	12.0
H	右	0.9(1.5×-0.50 D)	10.8	∞	9.3
	左	1.05(矯正不能)	10.8	∞	9.3
I	右	1.2(矯正不能)	12.0	∞	8.3
	左	0.9(1.2×-0.50 D)	12.0	∞	8.3

表3 視力低下群10名の視力,屈折度,近点,遠点,調節力

被験者	眼の左右	視力・屈折度	近点 (cm)	遠点 (cm)	調節力 (D)
J	右	0.3(0.4×-0.50 D)	31.0	∞	3.2
	左	0.2(0.7×-1.00 D)	31.5	∞	3.2
K	右	0.1(1.2×-3.25 D)	16.0	38.0	3.6
	左	1.0(1.2×-0.25 D)	18.0	∞	5.5
L	右	0.6(1.0×-0.50 D)	31.0	∞	3.2
	左	0.6(1.0×-1.00 D)	30.0	∞	3.1
M	右	0.4(1.2×-1.25 D)	40.0	∞	2.5
	左	0.5(1.0×-0.25 D)	17.0	∞	6.0
N	右	0.7(1.0×-0.25 D)	25.0	∞	4.0
	左	0.5(0.9×-0.75 D)	30.0	∞	3.3
O	右	0.2(1.2×-2.25 D)	21.3	∞	4.7
	左	0.3(1.2×-2.00 D)	23.3	∞	4.3
P	右	0.5(0.8×-0.50 D)	22.6	∞	4.4
	左	0.4(1.2×-0.50 D)	24.0	∞	4.2
Q	右	0.2(0.6×-0.25 D)	30.0	∞	3.3
	左	0.1(0.9×-0.50 D)	17.5	∞	5.7
R	右	0.7(1.0×-0.25 D)	36.0	∞	2.8
	左	0.6(1.0×-0.50 D)	34.0	∞	3.0
S	右	0.5(1.2×-0.25 D)	18.5	26.3	1.6
	左	0.7(1.0×-0.25 D)	23.0	32.0	1.2

表4 各測定項目における正視群と視力低下群での平均値と標準偏差

	正視群	視力低下群	有意差
近点(cm)	11.3±2.0	26.7±7.8	***
調節力(D)	9.2±1.1	3.3±0.9	***
対数視力	0.04±0.11	-0.45±0.27	***
視距離(cm)	30.2±4.1	15.0±1.9	***
頭部傾斜角(度)	-15.7±7.0	-51.0±11.4	***
視線角度(度)	-47.1±13.4	-74.4±14.5	***
垂直眼位(度)	-31.4±16.2	-23.4±11.4	
眼球露出表面積(cm <sup>2</sup> )	2.1±0.7	2.5±0.5	

\*\*\*: p<0.001

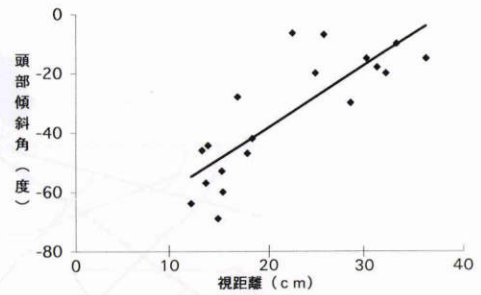


図4 視距離と頭部傾斜角の関係。  
1%水準で相関する,n=19。  
 $y=2.09x-80, r=0.82$

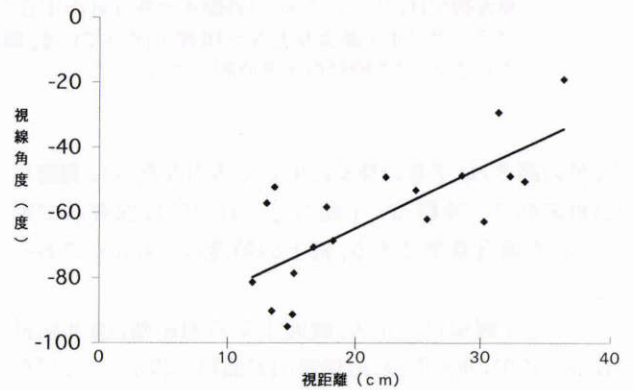


図5 視距離と視線角度の関係。  
1%水準で相関する,n=19。  
 $y=1.87x-102.31, r=0.75$

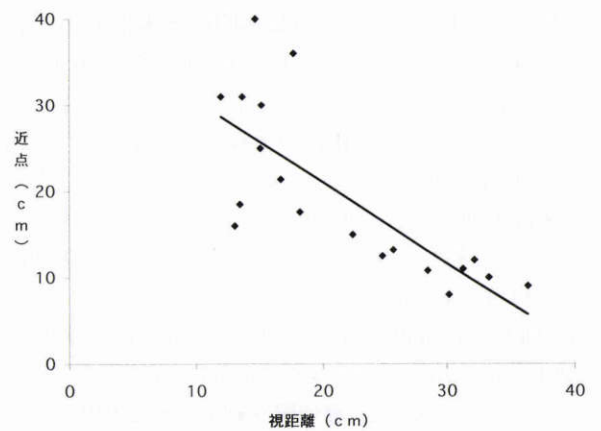


図6 視距離と近点の関係。  
1%水準で相関する,n=19。  
 $y=-0.95x+40, r=0.77$

る原因は,視力低下群10例すべてに近点の延長がみられ,そのうち2例は遠点の減少を伴ったためであった(表3)。今回の被験者の平均年齢は13.2歳なので,年齢的に11~12D程度の調節力はあるはずであるのに,視力低下群では調節力はおよそ3Dであった。

視距離と調節力に着目し,これらと他の測定項目間の19名のデータについて相関分析を行い,統計的に有意な相関関係が認められたものを図4~11に示す。視距離と

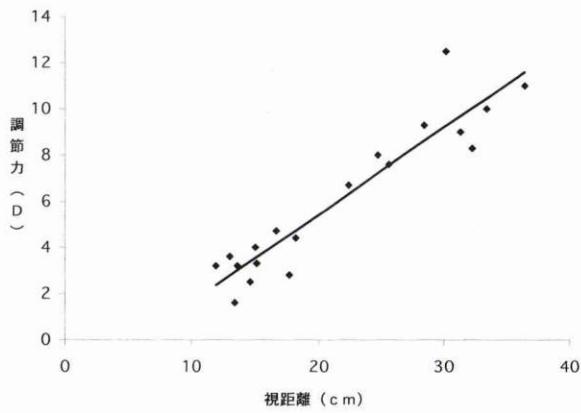


図7 視距離と調節力の関係.  
1%水準で相関する, n=19.  
 $y=0.38x-2.21, r=0.94$

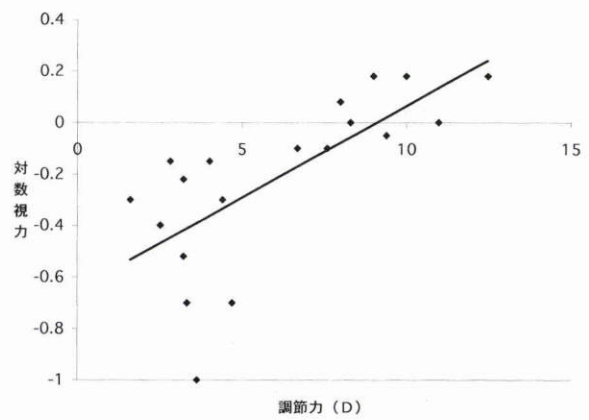


図10 調節力と対数視力の関係.  
1%水準で相関する, n=19.  
 $y=0.07x-0.65, r=0.71$

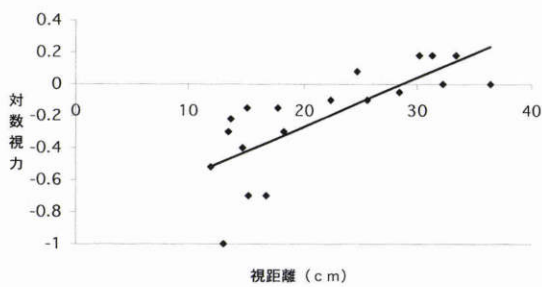


図8 視距離と対数視力の関係.  
1%水準で相関する, n=19.  
 $y=0.03x-0.89, r=0.77$

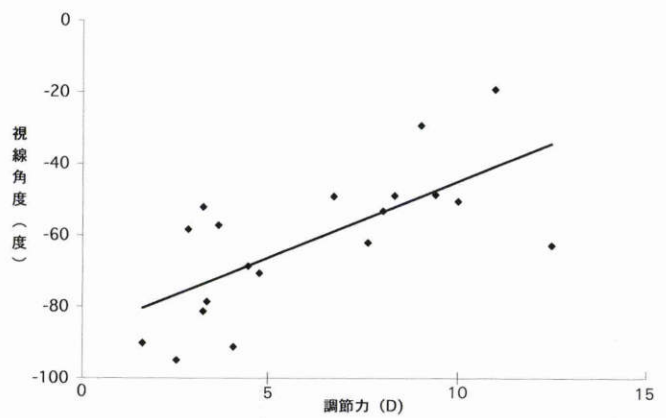


図11 調節力と視線角度の関係.  
1%水準で相関する, n=19.  
 $y=4.22x-87.2, r=0.69$

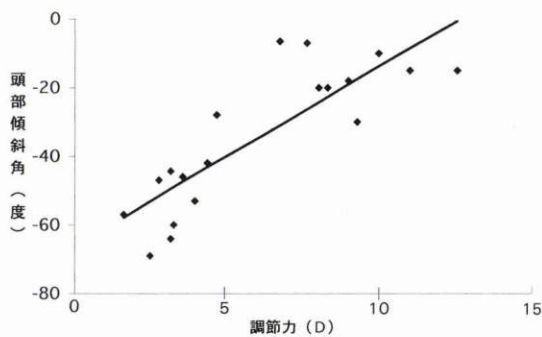


図9 調節力と頭部傾斜角.  
1%水準で相関する, n=19.  
 $y=5.25x-66.28, r=0.84$

1%水準で相関するのは頭部傾斜角, 視線角度, 近点, 調節力, 対数視力(図4~8)であった. 調節力と1%水準で相関するのは視距離, 頭部傾斜角, 対数視力, 視線角度であった(図9~11).

#### IV 考 按

姿勢をバイオメカニクスな観点から定量的に記述し, 簡便に評価することは重要なことではあるが, なかなか困難である. なぜなら, 姿勢を検索するには, 三次元的なアプローチが必要であるからである. つまり, 顔回し(face turn)や頭のかしげ(head tilt)などの三次元的な変

化を考慮する必要がある. 今回は学童や生徒の学習時の視距離に着目して, できるだけパラメーターを簡素化して姿勢の解析を試みた. 学童や生徒を対象とした場合は, 肉体的にも, 時間的にも被験者を拘束しないよう配慮しなければならない. 筋電図やアイマークレコーダーの装着は学童や生徒にとって, 負担は大きいと思われる. その点, 今回のビデオ画面上から姿勢を測定する方法は, 被験者に負担をかけずに自然な状態を記録できるので, 大変有用であると思われる.

視力低下群で, 課題を行う以前にすでに著しく調節力が低下している事実は, あたかも大人の眼精疲労, 取り分けVDT(visual display terminals)作業における慢性的な眼の疲れの状態に類似している<sup>67)</sup>. 視力低下群の調節力の低下は, 主に近点の延長によるものである. この原因の一つとして, 眼疲労による調節衰弱が考えられる. しかし, 学童や生徒は, 成人と比較して, 本来調節系は柔軟で, 成人のVDT作業と同じ機序が成り立つとは限らない面があるので, もう一つの原因として, 調節系の過緊張によりtonic accommodationが近方に移動した結果, 視力検査では近視化し, 調節力検査では有効な幅が減弱化し

たとも考えられる。事実,late onset myopiaではaccommodative adaptationがより強く存在するという報告<sup>8)</sup>がある。視力低下群の学童は,少なくとも1年前の学校健康診断では裸眼視力が1.0以上あったにもかかわらず,その後,裸眼視力の低下を指摘され,眼科外来を受診した者達である。Toates<sup>9)</sup>によれば,調節安静位から近点までの距離にあるものを見る場合は副交感神経の働きが強まり,調節安静位から遠点までの距離にあるものを見る場合は交感神経の働きが強まるという。さらに,計算や学習などの精神的活動は調節をコリン作動的な方向,すなわち近方へ導くという<sup>10)11)</sup>。これらの説が事実なら,学童や生徒が学習時に悪い姿勢で過度な精神的活動を継続することによって,副交感神経の働きは優位性を保ち続け,交感神経とのバランスを持続的に崩す可能性がある。この点が,被験者J,N,P,Qにおいて矯正視力が1.0以上でない原因の一つかも知れない。さらに,従来方式の近点測定の場合は,視標の近づくスピードに追従できなくてボケを生じている可能性がある。その点を考慮して,今回の近点測定には定屈折度近点計を使用した。従来方式の近点計では近点付近での視標スピードが一定せず,再現性が悪かった<sup>12)</sup>。今回使用した定屈折度近点計は,視標が電動で定屈折的に動き,しかも両眼開放状態で測定できるので,より自然視に近い状態での検査が可能である。対照の正視群では近点の延長はみられないので,今回は追従性のボケは考えなくて良いと考えられる。

視力低下群において,近点は約27cmであった(表4)。ところが,視距離は約15cmであるので(表4),この状態では文字を明視できないことになる。この点に関する一つの解釈として,あくまでも近点は文字が読めなくなった位置ではなく,視標がボケ始めた位置であるので<sup>13)</sup>,疲れて見えづらくなると,かえって無理してでも,視距離を近づけることで網膜像を大きくしていると考えられる。また,もう一つの解釈として,調節の動的特性を考えると,調節系の過緊張の状態では屈折系の揺らぎが大きく,検査上,調節近点が遠くなる可能性があるが,日常の読書時には静止した視標を見るので,近くでも見るとも考えられる。一方,近見時の縮瞳によって焦点深度が深くなり,見えやすくなっている可能性もある。また,視力低下群においては,表4に示すように頭部傾斜角が非常に大きい。すなわち,首が前傾する傾向がある。そのことにより,自分の頭の影によって手元がますます暗くなる。これでは,ますます字が見えづらくなり,眼を字に近づけることが予想される。暗くなると瞳孔はやや散瞳するので,近見には不利と思われる。

垂直眼位と眼球露出表面積については,両群間に有意差はなかった。視覚作業時に垂直眼位を低く保ち,眼球露出表面積を小さくすることが生理的に快適であることが報告<sup>3)~5)</sup>されている。また,VDT作業などの近見時には,垂直眼位が低い方が輻湊安静位が近づき,斜位量が小さ

くなるなど,近方視における生理的欲求に近いと報告<sup>5)6)</sup>されている。すなわち,絶対暗室で実験的に求めた両眼視線の交点は垂直眼位の関数となり,下方視ほど輻湊安静位は近方となる<sup>6)</sup>。また,アイカメラで計測された斜位量も下方視ほど小さいことが報告<sup>5)</sup>されている。学童の姿勢についての今回の結果からも,正視群と視力低下群ともに眼位は低く保たれており,両群間の視距離の違いが頭部傾斜角の違いとして表れたと考えることができる。

近視化には遺伝的因子が大きく働いているといわれているが<sup>14)</sup>,受験期の学童や生徒の場合,環境因子の一部である悪い姿勢の関与が想像以上に大きく,本研究で,近視化の初期には調節系への影響があることが報告された意義は大きいと考える。この近視化初期の調節系への影響で近方視時にも見えにくいため,眼を近づけ,網膜像を大きくして見やすくしようとし,結果として悪い姿勢をもたらし,悪い姿勢がさらに近視化を進めるという悪循環が生じる可能性がある。このことから,学童や生徒の学習時の姿勢に関し,頭部を持ち上げ,頭部傾斜角を減少させるように推奨することが考えられる。そうすることで視距離が延長し,調節力の低下や裸眼視力の低下を予防できるかも知れない。本研究により,その可能性が定量的に示唆された意義は大きいと思われる。

稿を終えるに当たり,惜しみないご助言を賜りました永井宏博士(いわき市)に深謝いたします。本論文の要旨は,第100回日本眼科学会総会(平成8年4月,京都)において発表した。

## 文 献

- 1) **Marschall M, Harrington AC, Steele JR:** Effect of workstation design on sitting posture in young children. *Ergonomics* 38: 1932-1940, 1995.
- 2) **矢沢興司:** 学童1万名眼科学校健康診断の経験. *臨眼* 27: 557-569, 1973.
- 3) **Sotoyama M, Saito S, Taptagaporn S, Saito Sh:** Simple and accurate method for estimation of vertical gaze direction from eyelid movements. *Proceedings of the 12th Congress of International Ergonomics Association* 3: 304-405, 1994.
- 4) **Sotoyama M, Villanueva M, Jonai H, Saito S:** Ocular Surface Area as an Informative Index of Visual Ergonomics. *Industrial Health* 33: 43-56, 1995.
- 5) **Saito S, Sotoyama M, Suzuki T, Saito Sh, Taptagaporn S:** Vertical gazing direction and eye movement analysis for a comfortable VDT workstation design. In: Luczak H, et al (Eds): *Work with Display Units 92*. Elsevier Sci Publ, Amsterdam, 110-114, 1993.
- 6) **Taptagaporn S, Saito S:** Visual Comfort in VDT Operation: Physiological Resting States of the Eye. *Industrial Health* 31: 13-28, 1993.
- 7) **Yamada H, Marumoto T, Nagai H:** Asthenopic characteristics induced by VDT work. *Folia Ophthalmol Jpn* 37: 97-104, 1986.

- 8) **Gilmartin B, Bullimore MA**: Adaptation of tonic accommodation to sustained visual tasks in emmetropia and late-onset myopia. *Optm Vis Sci* 68: 22—26, 1991.
- 9) **Toates FM**: Accommodation function of the human eye. *Physiol Rev* 52: 828—863, 1972.
- 10) **岩崎 常人, 秋谷 忍**: 調節安静位と視距離の関係からみた調節の静的特性. *日眼会誌* 99: 607—611, 1995.
- 11) **Bullimore MA, Gilmartin B**: Tonic accommodation, cognitive demand, and ciliary muscle innervation. *Am J Optom Physiol Opt* 64: 45—50, 1987.
- 12) **魚里 博, 中川皓夫, 植村佐知子, 西信元嗣**: 定屈折刺激近点計による両眼と片眼調節力の比較. *日本眼光学学会誌* 10: 213—217, 1989.
- 13) **所 敬**: 屈折異常とその矯正. 金原出版, 東京, 1988.
- 14) **Zadnik K, Satariano WA, Mutti DO, Sholtz RI, Adams AJ**: The effect of parental history of myopia on children's eye size. *JAMA* 271: 1323—1327, 1994.