

眼調節力の年令変化についての考察

藤 沢 秀 雄

(昭和44年9月30日受理)

Study on the decline in amplitude of visual accommodation with age

Hideo FUJISAWA

Abstract

The decline in amplitude of visual accommodation, one of the aging phenomena in man, is mathematically described by fitting a curve

$$\exp(a_3X^3 + a_2X^2 + a_1X + a_0).$$

Data of Ishihara,⁽¹⁾ Suzuki,⁽³⁾ Shikata,⁽⁶⁾ and Hirose⁽⁹⁾ were used to the fitting of a curve.

I 緒 言

人体の老化現象の1つとして、眼調節力が年をとるにつれて減退していくことは古くから知られ、我国でも多くの人が調査をしている。^{(1)~(10)}

これらの調査資料のうち、石原⁽¹⁾、鈴木⁽³⁾、志方⁽⁶⁾、広瀬⁽⁹⁾氏の資料をもとにして、眼調節力と年令の間に最適な曲線をあてはめることに成功し、眼調節力の年令変化を明確に把握することができた。さらにまた、広瀬⁽⁹⁾氏の資料をもとにして、眼調節力の年令変化を男女別に調べ両者の比較を試みた。

II 眼調節力と年令との間の曲線のあてはめ

先に鈴木⁽³⁾、志方⁽⁶⁾両氏の資料をもとにして、年令Xと眼調節力Yとの間に、曲線

$$(1) \quad Y = \exp(a_2X^2 + a_1X + a_0) \\ = C \exp[-A(X-B)^2]$$

のあてはめを行い、成功であったことを報告した⁽¹¹⁾。これは両氏の資料の年令分布域が狭かったからであり、より広範な年令域において上式をあてはめるには無理がある。そこで今回は、50才未満の全年令において、曲線

$$(2) Y = \exp(a_3 X^3 + a_2 X^2 + a_1 X + a_0)$$

を最小二乗法によってあてはめてみた。

すなわちX才における検査眼数を $N(X)$ ，調節力の和を $T(X)$ ，調節力の二乗和を $S(X)$ とするとき，

$$(3) L = \sum_X [S(X) - 2T(X) \cdot E(X) + N(X) \cdot (E(X))^2]$$

を最小にする a_3, a_2, a_1, a_0 を求めた。ただし

$$(4) E(X) = \exp(a_3 X^3 + a_2 X^2 + a_1 X + a_0)$$

はX才における眼調節力の標準値を表わす。

これら a_3, a_2, a_1, a_0 は連立方程式

$$(5) \begin{cases} \sum_X [T(X) - N(X) \cdot E(X)] \cdot E(X) = 0 \\ \sum_X [T(X) - N(X) \cdot E(X)] \cdot E(X) \cdot X = 0 \\ \sum_X [T(X) - N(X) \cdot E(X)] \cdot E(X) \cdot X^2 = 0 \\ \sum_X [T(X) - N(X) \cdot E(X)] \cdot E(X) \cdot X^3 = 0 \end{cases}$$

の解として得られる。

これらの解は次のように逐次近似によって求めることができる。

(i) 各年令Xにおける眼調節力の平均値 $T(X)/N(X)$ の対数と年令Xとの間に3次式 $a_3 X^3 + a_2 X^2 + a_1 X + a_0$ を最小二乗法によってあてはめることにより， a_3, a_2, a_1, a_0 の第1次近似値を求める。

(ii) a_3, a_2, a_1, a_0 の第 i 次近似値 $a_3^{(i)}, a_2^{(i)}, a_1^{(i)}, a_0^{(i)}$ から，連立方程式

$$(6) \begin{pmatrix} C_0^{(i)} & C_1^{(i)} & C_2^{(i)} & C_3^{(i)} \\ C_1^{(i)} & C_2^{(i)} & C_3^{(i)} & C_4^{(i)} \\ C_2^{(i)} & C_3^{(i)} & C_4^{(i)} & C_5^{(i)} \\ C_3^{(i)} & C_4^{(i)} & C_5^{(i)} & C_6^{(i)} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0^{(i+1)} - a_0^{(i)} \\ a_1^{(i+1)} - a_1^{(i)} \\ a_2^{(i+1)} - a_2^{(i)} \\ a_3^{(i+1)} - a_3^{(i)} \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} b_0^{(i)} \\ b_1^{(i)} \\ b_2^{(i)} \\ b_3^{(i)} \end{pmatrix}$$

を解くことによって第 $i+1$ 次の近似値 $a_3^{(i+1)}, a_2^{(i+1)}, a_1^{(i+1)}, a_0^{(i+1)}$ を求める。ただし

$$(7) \begin{cases} C_n^{(i)} = \sum_X [T(X) - 2N(X) \cdot E(X)] E(X) \cdot X^n & (n=0, \dots, 6) \\ b_n^{(i)} = \sum_X [T(X) - N(X) \cdot E(X)] E(X) \cdot X^n & (n=0, \dots, 3) \\ E(X) = \exp[a_3^{(i)} X^3 + a_2^{(i)} X^2 + a_1^{(i)} X + a_0^{(i)}] \end{cases}$$

表1は，石原⁽¹⁾，鈴木⁽³⁾，志方⁽⁶⁾，広瀬⁽⁹⁾氏等の資料（ただし50才以上は除く）について計算して得た a_3, a_2, a_1, a_0 の値を示す。図1—5はこれらの値をもとにして曲線を描いたものである。これらの図において，点は各年令毎の眼調節力の平均値 $T(X)/N(X)$ を表わす。さらにまた，図2，3では各年令毎に眼調節力の平均値の信頼区間をも示した。これらの曲線について共通にいえることは，曲線が50才までの範囲内で2つの変曲点をもっていることで，あ

り、1つは22—25才付近、他の1つは41—43才付近である。前者では低下率が極めて小さく、後者では極めて大きい。すなわち30才付近では上に凸になっている。表3は、眼調節力の平方和の分析を行ったものである。直線からの偏差の平方和と年齢別平方和の総和との差はあまり大きくない。このことは、年齢巾が狭い区域では、曲線(2)の代りに直線をあてはめても大差ないことを意味している。なお直線をあてはめた場合にはつぎのようになる。

$$\text{石原氏 } Y = -.2348(X-30) + 6.421$$

$$\text{鈴木氏 } Y = -.2429(X-30) + 7.104$$

$$\text{志方氏 } Y = -.2283(X-30) + 7.418$$

広瀬氏

$$\text{長崎 } Y = -.2267(X-30) + 6.394$$

$$\text{広島 } Y = -.2475(X-30) + 6.962$$

表4は上記各調査者の資料にあてはめた曲線について、年齢が5, 10, ..., 55才における調節力の値を読んだものである。また表5は今回資料として用いなかったけれども、参考として掲載した。このように多くの人が眼調節力の年齢変化について調査を行っているが、これらの調査結果を比較してみると、各年齢における眼調節力の値に相違がみられ、その原因がはっきりつかめない。したがってこれらの資料を総合して、日本人の眼調節力の標準値を定めることは未だ無理であると考えられる。

III 節眼調節力の男女差

広瀬⁹⁾氏は1959年長崎・広島両市において沢山の男女について眼調節力の測定を行っている。そこでこの資料にもとづいて、男女別に曲線をあてはめ、図6の結果を得た。

広島市では明白に女子の眼調節力が各年齢において男子に優る結果が得られたが、長崎では男女の差はみられなかった。この調査は、長崎においては広瀬自身が、広島では彼の指導を受けた佐々木看護婦が行っている。しかしこのような食違いが何故生じたのかよくわからない。したがって広瀬氏の資料から、男女差の有無について結論を下すのはさけねばならない。男女差の有無については、今後さらに調査を重ねることが必要であらう。

IV 結 論

眼調節力の年齢的減退は、ほぼ直線的といえるが、げんみつに言えば、20才前後で中だるみをみせ、40才前後に急となることが従来から指摘されていた。数式(2)の型の年齢—眼調節力曲線は、30才前後におけるこのふくらみを適切に表現できるものであり、今後眼調節力の年齢変化に関する問題は、この数式に基づいて議論されることが望ましい。なお男女間の差については確定的な結論を見出せなかった。

第1表 年令一眼調節力曲線のパラメータの数値：調査者別

調 査 者*	exp ($a_3X^3+a_2X^2+a_1X+a_0$) の係数 a_i の値**				
	a_3	a_2	a_1	a_0	
石 原 (1919)	-.00005252	-.0011875	-.029093	1.9015	
鈴 木 (1943)	-.00004077	-.0011800	-.031478	1.9980	
志 方 (1958)	-.00005546	-.0013795	-.029854	2.0436	
広 瀬 (1959)	長 崎 市	-.00008118	-.0016072	-.026038	1.9081
	広 島 市	-.00006826	-.0011827	-.025115	1.9628

* 括弧内の数は調査年度を表わす。

** X=年令-30として a_i の値を算出。

第2表 年令一眼調節力曲線の変曲点とその点における変化率：調査者別

調 査 者*	変曲点(才)と眼調節力の 低下率(D/年)				
	変曲点	低下率	変曲点	低下率	
石 原 (1919)	22.5	.16	41.5	.29	
鈴 木 (1943)	22.0	.18	41.0	.31	
広 瀬 (1959)	長 崎 市	42.0	.12	41.0	.34
	広 島 市	25.0	.15	42.5	.33

* 括弧内の数は調査年度を表わす。

第3表 眼調節力の平方和の分析：調査者別

眼調節力の平方和と眼数*	石 原	鈴 木	志 方	広 瀬 (1959)	
	(1919)	(1943)	(1958)	長 崎 市	広 島 市
眼 数	550	101	558	1240	1217
直線からの偏差の平方和	773.09	10.56	476.54	2397.17	2710.15
曲線(1) " "	-	6.76	-	2267.91	2668.30
" (2) " "	697.63	5.12	448.54	2190.24	2602.81
年令別平方和の総和	544.31	1.96	434.40	2088.85	2473.68

* 50才以上は除く。

第4表 曲線のあてはめによって求めた眼調節力標準値：年令・調査者別

年 令	石 原 (1919)	広 瀬 (1959)		鈴 木 (1943)	志 方 (1958)
		長 崎 市	広 島 市		
5	14.96	-	-	-	-
10	11.33	-	-	-	-
15	9.46	9.13	10.01	10.43	10.68
20	8.38	8.08	8.71	9.35	9.58
25	7.57	7.45	7.90	8.42	8.72
30	6.70	6.74	7.12	7.37	7.72
35	5.59	5.63	6.04	6.09	6.38
40	4.22	4.08	4.60	4.59	4.72
45	2.78	2.42	2.97	3.07	-
50	1.53	1.10	1.55	-	-
55	.68	.36	.62	-	-

第5表 眼調節力の年令別平均値：調査者別

年 令	石 原 (1919)	属 (1950)	広 瀬 (1956)	矢 野 (1643)	江原・田上 (1938)
16—20	8.61	8.97	9.65	9.25	10.76
21—25	7.66	8.42	8.50	8.93	9.70
26—30	6.93	7.53	7.65	7.74	8.31
31—35	6.18	6.41	6.61	7.09	7.50
36—40	5.20	4.97	5.42	5.37	5.74
41—45	3.13	3.21	3.51	4.40	4.12
46—50	1.70	1.87	1.88	2.76	2.77
51—55	1.03	1.20	.95	1.76	1.94
56—60	.65	-	.90	1.52	1.74
61—65	.57	-	-	1.46	1.12

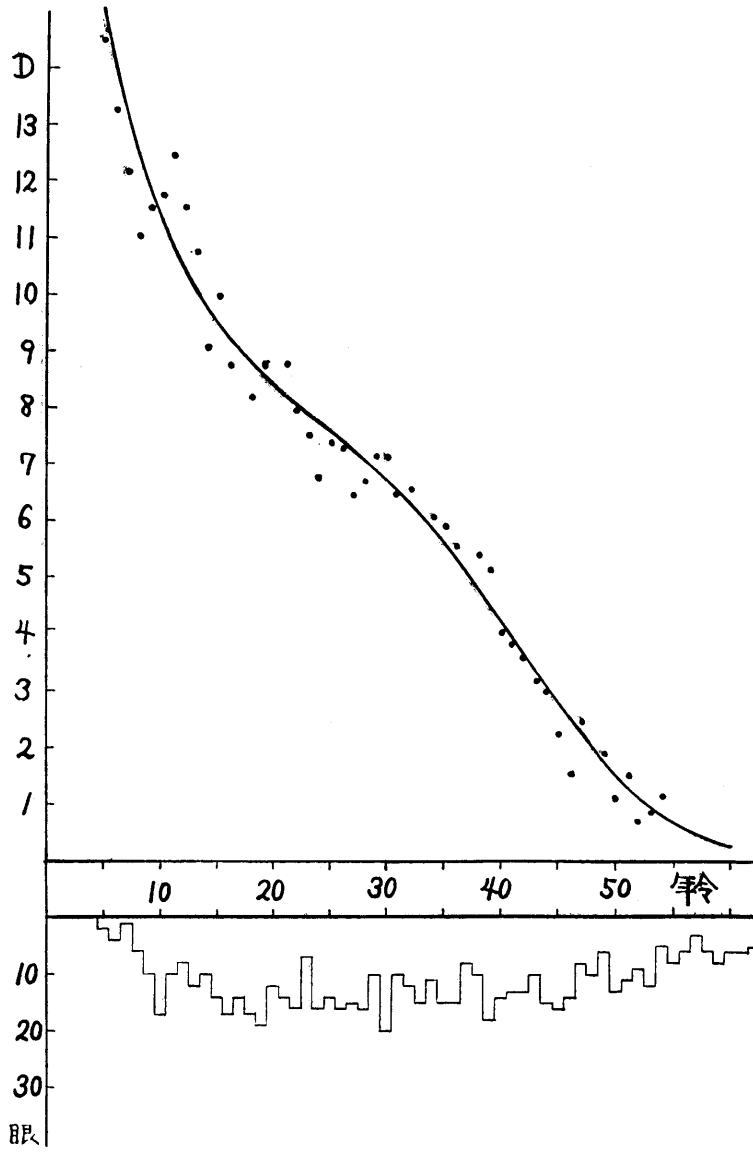
括弧内の数は調査年度を表す。

第6表 年令一眼調節力曲線のパラメータの数値：調査都市・性別*

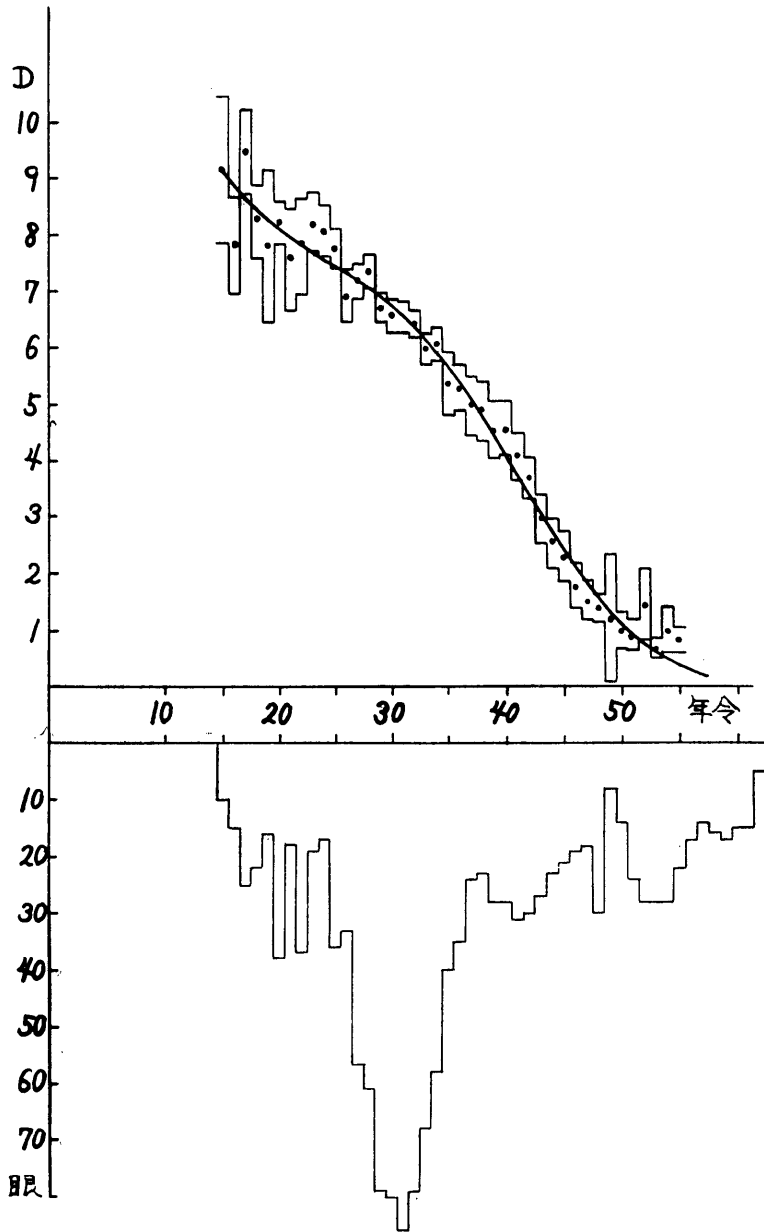
調 査 都 市 お よ び 性		exp [a ₃ X ³ +a ₂ X ² +a ₁ X+a ₀] の係数 ai の値*			
		a ₃	a ₂	a ₁	a ₀
長崎市	男	-.00011454	-.0016395	-.021700	1.9010
	女	-.00005853	-.0015276	-.028714	1.9127
広島市	男	-.00008897	-.0012528	-.022466	1.9179
	女	-.00005852	-.0011617	-.026968	1.9830

* 広瀬氏の資料に基づく

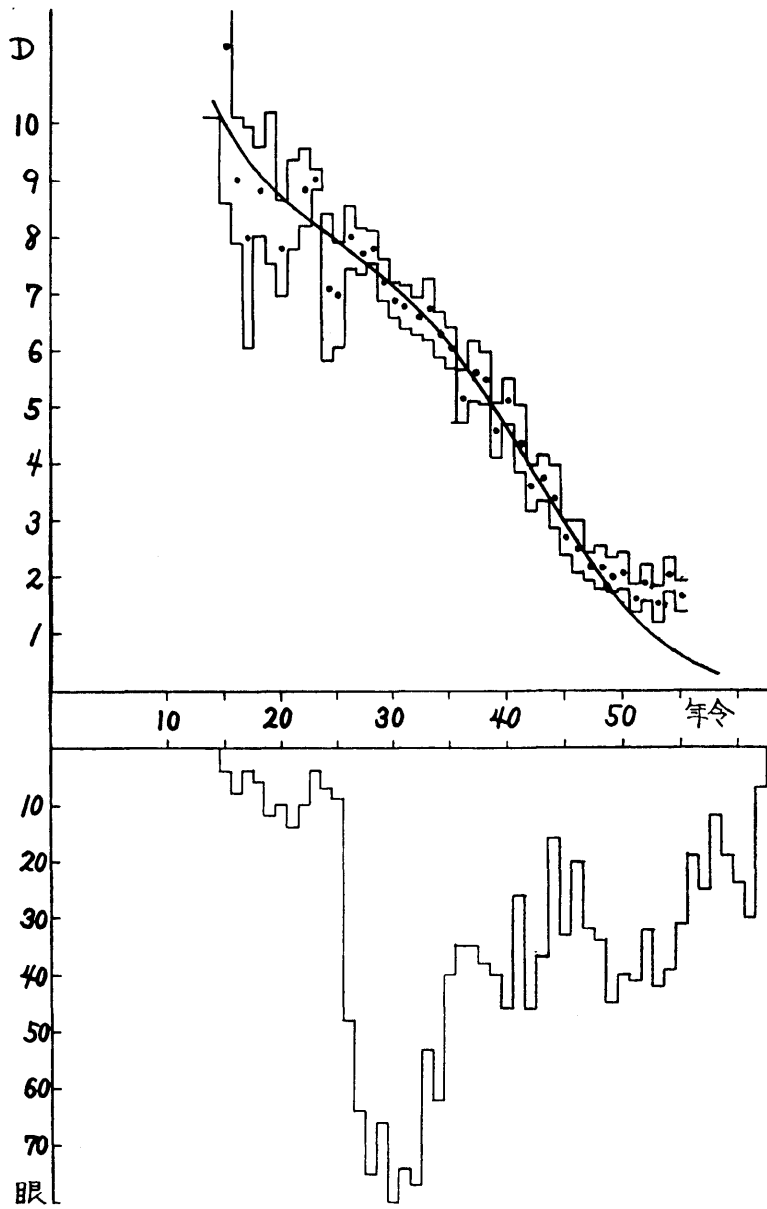
** X=年令-30 として ai の値を算出



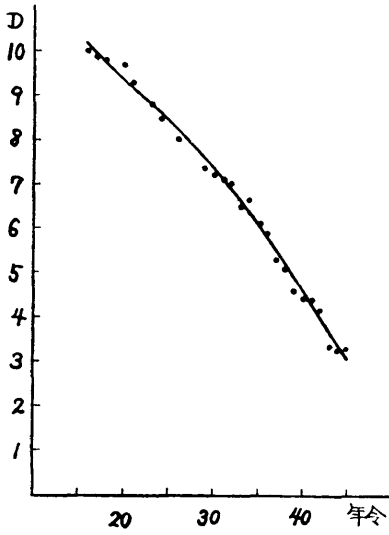
第1図 眼調節力と年齢に関する石原氏報告値



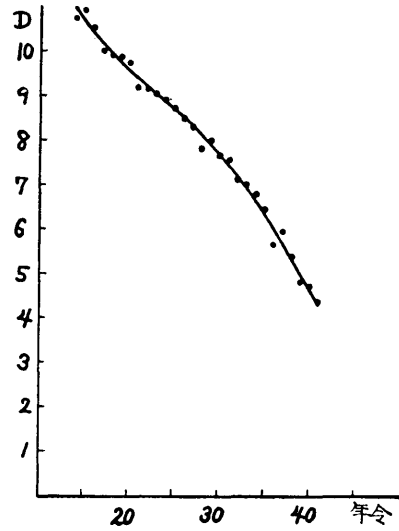
第2図 眼調節力と年齢に関する広瀬氏報告値（長崎市）



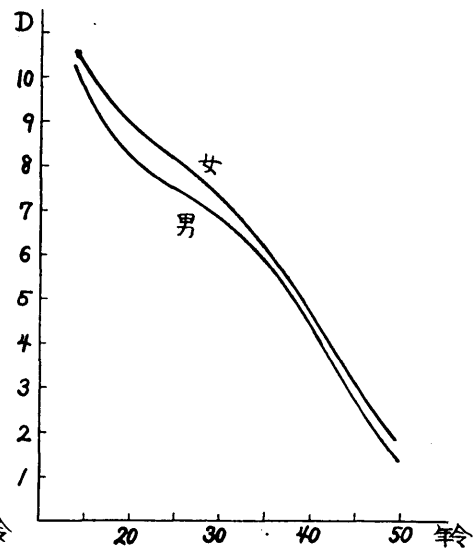
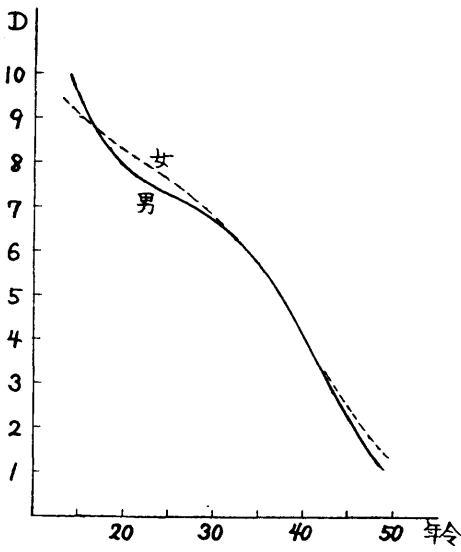
第3図 眼調節力と年齢に関する広瀬氏報告値（広島市）



第4図 眼調節力と年齢に関する鈴木氏報告値



第5図 眼調節力と年齢に関する志方氏報告値



第6図 眼調節力と年齢に関する曲線の男女別比較 (左:長崎市, 右:広島市)

参 考 文 献

- (1) 石原 忍：日本人の眼の調節力について；(附) 新案近点測定器。日本眼科学会雑誌32巻，附録河本教授還暦祝賀論文集：203—210，1919
- (2) 江原勇吉・田上満年：眼屈折状態と調節力。日本眼科学会雑誌 42：604—612，1938
- (3) 鈴木 泰彦：健常眼に対するピンホールの視力並びに近点に及ぼす影響について。千葉医学会雑誌 21：115—150，1943
- (4) 矢野 俊男：眼屈折状態と調節力との関係について。日本眼科学会雑誌 47：778—785，1943
- (5) 属 将夫：眼調節力の年令的減退と作業強度の関係。日本眼科学会雑誌 54：465—473，1950
- (6) 志方 勝之：眼調節力に関する研究。通信医学 10：21—35&103—116，1958
- (7) 広瀬 泉・徳永次彦・溝口 孝・小田隼夫：長崎における被原子爆弾者の眼調節力について。臨床眼科 13：70—78，1959
- (8) 福田雅俊・浜田陽子・丸尾敏夫：本邦人に於ける調節力と年令との関係について。日本眼科学会雑誌 66：181—188，1962
- (9) 広瀬 泉・藤沢秀雄・藤野 貞・岡本 昭：長崎・広島における原爆被災者の眼調節力。日本眼科紀要 18：346—360，1967
- (10) 広瀬 泉・藤沢秀雄・藤野 貞・岡本 昭：原爆被災生存者の眼調節力。ABCC業績報告書 9—67，1967
- (11) 藤沢秀雄：眼調節力と年令の間の曲線のあてはめ。長崎大学教養部紀要自然科学 8：1—4，1968