

資料

弱視生徒が数学の計算問題を解く際の困難

— 弱視シミュレーションによる検討 —

佐藤 優子*・小林 秀之**

本研究は、弱視生徒が数学の計算問題を解く際の困難を考える前段階として、低視力状態及び視野狭窄状態で計算する際の困難を明らかにすることを目的とした。晴眼の大学生12名を対象に、弱視シミュレーションレンズを用いて計算問題を実施した。実験の結果、レンズ装着状態においては晴眼状態と比較して、解答完了率や解答時間、得点に関して有意差が見られ、低視力状態及び視野狭窄状態では、解答時間や成績に影響があることが示唆された。また、視野狭窄状態では写し間違いや書き間違いが有意に多く見られ、全体把握の困難が計算に影響することが考えられた。以上により、弱視生徒に対する計算学習の指導における観点として、「時間がかかる」、「写し間違い・書き間違い」、「全体把握の難しさ」、「視線の移動の難しさ」の4点が考えられた。

キー・ワード：視覚障害 弱視 計算 シミュレーション実験

I. 問題の所在と目的

大内(2009)は、弱視児童生徒の計算学習上の困難として、書字に時間がかかること、書いた数字の読み取りづらさや桁のずれを指摘している。さらに、弱視生徒は計算過程を全て書くと、内容の確認が困難になり、効率が下がると述べている。鈴木・氏間(2011)は、一度に見られる情報量の制限が、分数の計算に及ぼす影響についての実験を行い、情報量の制限が分数の計算時間に影響を及ぼす可能性を報告している。

弱視児童生徒の学習上の困難に関して、氏間(2008)は、白濁フィルタを用いて、文字構造の複雑さによって弱視児が識別しやすい線幅が異なることを明らかにした。また、大宅・氏間・中野(2018)は白濁膜を用いて弱視者に対する試験提示方法に関する実験を行い、タブレット

端末を用いた問題提示が弱視生徒の見えにくさを補う可能性があることを報告している。さらに谷・石井・進藤・阿部(2015)は、視野狭窄状態での書字パフォーマンスに関して、視野が狭い状態では、誤字や書き飛ばし等の書字エラーが増加すると指摘している。

以上のように、弱視シミュレーションによる弱視児者の困難に関する実験は数多くある。しかし算数・数学に関しては、分数の計算に焦点を当てた研究が見られるものの、より数式の複雑さが増す中学以上の数学に関しては検討されていない。よって本研究では、数学の計算問題を解く際の弱視生徒特有の困難を明らかにする前段階として、情報が鮮明に見えない状態、及び情報を継時的にしか読み取れない状態で、計算を行う際の解答速度や正答率、解答内容への影響を明らかにすることを目的とする。

* 筑波大学附属視覚特別支援学校

** 筑波大学人間系

II. 方法

1. 実験協力者

晴眼の大学生及び大学院生12名とした。なお、実験協力者は、全員右利きであった。以降、実験協力者を「協力者」とする。

2. 手続き

シミュレーションレンズトライアル〈視覚障害模擬実験用〉(株式会社高田巳之助商店)を用いた実験を、一人あたり60分程度実施した。その際、許可を得てビデオカメラ(SONYデジタルHDビデオカメラレコーダーHDR-CX430V)により録画した。

(1) **実験の環境**：机、椅子、部屋の照度等の環境において、全ての協力者に対して同一条件で実験を実施した。

(2) **問題の構成**：問題の構成は、分数を含む連立方程式(以下、「連立」)1問、文字式の展開(以下、「展開1」～「展開3」)3問、整式の整理(以下、「整式」)1問の計5問とした。問

題は、中学校3年で学習する数学から高等学校数学I程度の難易度で、高等学校入試の過去問題や数学Iの教科書を参考に、1ステップでは答えに辿りつかないこと、式全体を見渡し工夫して計算する問題であること、及び、問題式または計算過程で視線の往來が多く必要となること等に重きを置いたオリジナル問題を作成した。同じ構成、同程度の難易度で数値を変えたものを3種類作成し、それぞれ問題1～3とした。問題1をFig. 1に示す。

(3) **問題の書式**：問題の書式は、文部科学省(2010)が定める拡大教科書の標準的な規格を参考に、A4判の用紙に、文字は18ptのゴシック体を採用した。

(4) **解答用紙**：解答は、A4判、15mm幅の罫線の解答用紙に自由記述解答とした。解答用紙は複数枚用意し、何枚でも使用でき、計算用紙としても使用可とした。また、問題用紙への書き込みも可としたが、最終的な答えは解答用紙に記入するように指示した。

(5) **筆記用具**：筆記用具は、稲本・鉄升・中川・鈴木・中川・竹浦・小中・小林・大倉・芦田・五十嵐(1994)による研究を参考に、濃さ2B、太さ0.7mmまたは0.9mmのシャープペンシルと、消しゴムを使用した。

(6) **見え方の条件**：実験時の見え方の条件として、次の3点を設定した。

- ・晴眼状態 シミュレーションレンズを装着しない状態。
- ・白濁レンズ トライアルフレームの片側に0.08の白濁レンズを、もう一方に遮蔽板を設定したものを装着し、低視力で視認する状態。
- ・視野レンズ トライアルフレームの片側に+5Dの屈折異常レンズ及び求心視野狭窄レンズ10度を、もう一方に遮蔽版を設定したものを装着し、必ずピントが合う視距離で視認することで、視野が狭い状態。

(7) **実験手順**：実験の説明後、次の①～③の順に問題を解き、問題終了後は全ての問題用紙、及び解答用紙を回収した。また、白濁レンズ装

問題1

1. 次の連立方程式を解け。

$$\begin{cases} \frac{1}{4}x - \frac{2}{3}y = -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2}x - \frac{1}{6}y = \frac{3}{4} \end{cases}$$

2. 次の式を展開せよ。

(1) $(x-3)(x-2) - (x+7)(3x-4)$

(2) $(3x+2x^2-4)(x^2-5-3x)$

(3) $(x^2+xy+y^2)(x^2-xy+y^2)(x^4-x^2y^2+y^4)$

3. 次の式を[]の中の文字について降べきの順に整理せよ。

$$ax^3 + a^2x - 2x^2 - a^3 - 3ax^3 + 4a^2 [a]$$

Fig. 1 問題1

着時の近距離視力、及び視野レンズ装着時の、ピントが合う視距離を測定した。全ての問題終了後に協力者の内省の聞き取りをした。なお、本研究は見え方を条件として、問題を解く速度に重きを置いた研究であるため、見直しにかかる時間による解答時間への影響がないよう、協力者には、問題を解く際に解答の見直しはしないことを指示した。

- ① 晴眼状態で問題 1 を実施。
- ② 協力者にどちらの目で見えて解くかを確認した後、白濁レンズまたは視野レンズを装着した状態で問題 2 を実施。
- ③ 視野レンズまたは白濁レンズを装着した状態で問題 3 を実施。

(8) 解答時間：解答時間は、協力者への負担を考慮し、1 問につき 2 分を上限とした。

3. 実施期間

2018年7月～8月

4. 分析方法

解答時間、得点、誤答の要因、協力者の内省の4点について条件ごとの結果を比較した。なお、視力値に関しては、小数視力をlogMAR視力に換算した値を用いて分析した。統計分析の際には、js-STAR (version 9.7.0j) を使用し、有意水準は5%及び1%、有意傾向は10%とした。

5. 倫理的配慮

協力者に対して、紙面及び口頭で、研究の趣旨、協力者には拒否する権利があること、調査結果の報告の際には協力者のプライバシーを守り、個人を特定できない内容とする旨の説明を行い、同意書への署名をもって同意を得た。また、本研究は筑波大学人間系研究倫理委員会の承認を得て行った(課題番号 筑30-47)。

Ⅲ. 結果

1. 実験条件について

白濁レンズ装着時の近距離視力と、視野レンズ装着時に紙面の文字にピントを合わせた状態における視距離を Table 1 に示す。白濁レンズ装着時の近距離視力は、0.03～0.6の範囲にあった。また、視野レンズ装着時、紙面の文字にピ

Table 1 レンズ装着時の視力及び視距離

協力者	視力	視距離(cm)
a	0.2	14
b	0.3	9
c	0.3	10.5
d	0.4	9
e	0.2	8.5
f	0.5	13
g	0.4	9.5
h	0.4	7
i	0.09	6
j	0.5	7
k	0.6	9.5
l	0.03	3.5

ントを合わせた状態における視距離は、35～140mmの範囲で、平均は89mm ($SD=28$) であった。

なお、白濁レンズ装着時のデータにおいては、文部科学省(2013)の教育支援資料を参考に、視力が0.5以下であった11人のデータを分析対象とした。また、レンズ装着時において、疲労等を理由に途中で解答を中止した協力者が2名いたため、問題によって分析対象の人数が異なっている。

2. 解答時間

(1) 解答の完了率：各問題、各見え方の条件ごとの、解答完了人数と完了率を Table 2 に示す。全ての問題において、レンズ装着時は、晴眼状態と比較して解答の完了率が下がった。問題ごとにQ検定を行ったところ、「連立」においては見え方の条件により完了率の差に有意傾向が見られ($\chi^2(2)=5.25, p<0.1$)、「展開2」に関しては完了率の差に有意差が見られた($\chi^2(2)=7.71, p<0.05$)。Bonferroni法による多重比較の結果、白濁レンズは「展開2」において、また、視野レンズは「連立」及び「展開2」に関して、それぞれ完了率が晴眼状態と比較して有意に低かった。

さらに、白濁レンズ装着時の視力と完了率、及び視野レンズ装着時の視距離と完了率の関係

Table 2 解答の完了人数及び完了率

問題	晴眼	白濁	視野
連立	7/11	3/11	2/11
	63.6	27	18.2
展開1	10/10	8/10	8/10
	100	80	80
展開2	9/9	6/9	3/9
	100	66.7	33.3
展開3	2/9	0/9	0/9
	22.2	0	0
整式	9/9	8/9	8/9
	100	88.9	88.9

上段：完了人数(人) 下段：完了率(%)

Table 3 解答を完了した協力者の解答時間

問題	晴眼			白濁			視野		
	人数	<i>M</i>	<i>SD</i>	人数	<i>M</i>	<i>SD</i>	人数	<i>M</i>	<i>SD</i>
連立	7/12	105.1	24.0	3/11	115.3	6.6	2/12	96	22.0
展開1	11/11	70.3	12.7	8/10	78.5	18.8	9/11	83.9	23.1
展開2	10/10	84.4	17.8	6/9	97.3	23.3	3/10	87.0	5.0
展開3	2/10	101.0	12.0	0/9	-	-	0/10	-	-
整式	10/10	66.1	15.5	7/9	81.1	24.9	9/10	97.6	21.8

解答時間の単位：秒

を見るために相関係数を算出した。その結果、視距離と完了率の間に弱い正の相関があり ($r=0.59$, $F=4.70$, $p<0.1$)、有意傾向が見られた。

(2) 解答時間：解答を完了した協力者の解答時間を Table 3 に示す。全ての条件において完了率が80%を超えた「展開1」や「整式」を見てみると、レンズ装着時には晴眼状態と比較して解答時間が長いことがわかる。そこで問題ごとに、解答時間を用いてクラスカル・ウォリス検定を行ったところ、「整式」において解答時間に有意差が見られた ($H=7.24$, $df=2$, $p<0.05$)。Steel-Dwass 法による多重比較の結果、視野レンズは晴眼状態よりも有意に制限時間が長かった ($T=2.69$, $p<0.05$)。

さらに、白濁レンズ装着時の視力と解答時間、及び視野レンズ装着時の視距離と解答時間の関係を見るために、「展開1」と「整式」に関し

てそれぞれ相関係数を算出した。その結果、「整式」において視力と解答時間の間に弱い負の相関があり ($r=-0.67$, $F=4.12$, $p<0.1$) 有意傾向が見られた。

3. 得点

各協力者の解答を、各問題20点を満点として採点し、不正解の問題に関しては、問題ごとに定めた採点基準に従った部分点をつけた。各問題、見え方の条件ごとの、得点の平均値、標準偏差、及び分散分析の結果を Table 4 に示す。問題ごとの得点を用いて分散分析を行った結果、「連立」及び「展開2」に関して条件によって得点に有意差が見られ、Bonferroni法による多重比較の結果、「連立」($MSe=37.95$, $p<0.05$)、及び「展開2」($MSe=31.13$, $p<0.05$) に関して、白濁レンズ及び視野レンズにおける得点は晴眼状態と比べ有意に低かった。

Table 4 得点の分散分析結果

問題	晴眼		白濁		視野		分散分析結果	
	M	SD	M	SD	M	SD	自由度	F値
連立	14.1	6.6	5.8	4.7	6.5	6.6	(2, 20)	6.08 **
展開1	16.4	3.8	17.2	4.7	15	7.8	(2, 18)	0.37 n.s.
展開2	18.6	2.2	10.6	4.5	9.2	6.9	(2, 16)	7.37 **
展開3	5.3	7.1	2.3	1.2	1.3	1.2	(2, 16)	1.93 n.s.
整式	19.4	1.6	17.8	4.2	16.1	6.1	(2, 16)	1.04 n.s.

得点：各問題20点満点 自由度：(条件差の自由度, 誤差の自由度)

さらに、白濁レンズ装着時の視力と完了率、及び視野レンズ装着時の視距離と得点の関係を見るために相関係数を算出した。その結果、全ての問題において、視力及び視距離と得点との間に相関関係は見られなかった。

4. 誤答の要因

不正解だった問題の解答から読み取れた、「時間切れ(2分以内に解答を終えられなかったもの)」、「計算ミス」、「写し間違い・書き間違い」、「見落とし」の4つの要因に関して、それぞれの出現度数をカウントした。各見え方の条件における誤答の要因の出現度数を用いてカイ二乗検定を行った結果、有意差が見られた要因に関する調整済みの残差をTable 5に示す。また、出現率を表したグラフをFig 2に示す。

(1) 時間切れ：出現率が高い順に、視野レンズ(86.8%)、白濁レンズ(70.6%)、晴眼状態(51.7%)であり、見え方の条件により出現度数に有意差が見られた($\chi^2(2)=9.92, p<0.01$)。残

Table 5 誤答の要因の残差分析結果

	晴眼	白濁	視野
	(29/60)	(34/48)	(38/60)
時間切れ	15 -2.76**	24 -0.11	33 2.68**
計算ミス	16 1.63	19 1.36	10 -2.83**
写し間違い・書き間違い	3 -1.38	5 -0.94	12 2.17*
見落とし	2 -	5 -	8 -

()内は60問(5問×12名)中、誤答だった問題の合計
上段：出現度数 下段：調整済みの残差
*: p<0.05 **: p<0.01

差分析の結果、晴眼状態においてはミスの数が有意に少なく、視野レンズにおいてはミスの数が有意に多かった。

(2) 計算ミス：出現率が高い順に、晴眼状態(55.2%)、白濁レンズ(51.4%)、視野レンズ

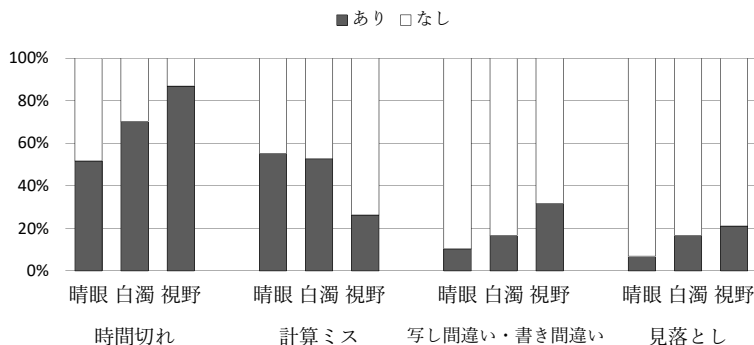


Fig. 2 誤答の要因の出現率

Table 6 協力者の内省

情報が鮮明に見えない状態に関して	<ul style="list-style-type: none"> ・自分が書いた文字が見えづらい。(4) ・一度に見える範囲が晴眼状態と変わらないので、困難を感じなかった。(3) ・常に見えづらいため、解く気力が失せた。(2) ・指数など小さい文字が見えづらい。(2) ・紙と机との境がわからない。(2)
情報を継次的にしか読み取れない状態に関して	<ul style="list-style-type: none"> ・直前の式や全体を確認しながら書くことができなかった。(6) ・長い式の問題は解きづらかった。(5) ・視線を外すと、見ていたものをすぐに忘れてしまった。(4) ・視線を移動して戻った際、思った場所を見られているかわからなかった。(4) ・問題を書き写すことが難しかった。(3) ・視野が狭いので、視線の移動を減らすために工夫して解いた。(3) ・見たいところを見失わないよう、左手の指を置きながら書いた。(2) ・視野が狭く、一度に覚えられる量が少ないので解きづらかった。(2) ・全体が見えないことへのストレスが大きかった。(2) ・問題用紙にメモをするスペースが欲しかった。(2) ・式が長いと暗記ができなかった。(2) ・複数の分数を見比べて分母の公倍数を考えることが、晴眼状態だと瞬時にできていたが、視野が狭いと1つ1つの分数を確認しなければならなくて大変だった。(2)
全体を通して	<ul style="list-style-type: none"> ・書いた文字や、問題式の数値の確認など、晴眼状態では意識しなくてもできたことがシミュレーションレンズ装着時は難しかった。(3) ・ぼんやり見えづらいことより、全体が見えないことが辛かった。(3) ・文字式の展開では、長い式の問題が解きづらかった。(2) ・問題用紙にメモをするスペースが欲しかった。(2) ・式変形の際、一つ前の式を確認することが大変だった。(2) ・レンズ装着時は、時間短縮や解きやすさのための工夫をした。(2)

()の数字は複数人が回答した場合の人数

(25.0%)であり、見え方の条件により出現度数に有意差が見られた ($\chi^2(2)=8.11, p<0.05$)。残差分析の結果、視野レンズにおいてはミス数が有意に少なかった。

(3) 写し間違い・書き間違い：出現率が高い順に、視野レンズ (29.3%)、白濁レンズ (13.9%)、晴眼状態 (10.3%) であり、見え方の条件により出現度数に有意傾向が見られた ($\chi^2(2)=4.86, p<0.1$)。残差分析の結果、視野レンズにおいてはミス数が有意に多かった。

(4) 見落とし：出現率が高い順に、視野レンズ (20.5%)、白濁レンズ (14.7%)、晴眼状態 (6.9%) であり、見え方の条件により出現度数に統計的有意性は見られなかった ($\chi^2(2)=2.46, n.s.$)。

5. 協力者の内省

協力者の内省を、録画データから逐語録化及

び切片化した。(Table 6)

(1) 情報が鮮明に見えない状態：白濁レンズ装着時における困難として、自分で書いた字や、指数などの小さい文字が見えづらいたことが述べられた。また、白濁レンズによりコントラストが低下し、細い線は見えづらくなるものの、晴眼状態と変わらず問題や筆記内容の全体が見えるため、さほど困難は感じないという内省も挙げられた。しかし一方で、コントラストの低下及び羞明によって線が見えず、問題を解く気力が失せた等、心理的な負担に関する意見も見られた。

(2) 情報を継時的にしか読み取れない状態：視野レンズ装着時における困難として、問題を解く上で、直前の式と今書いている式、及び問題やそれまで書き示した式の全体と、今書いている式を見比べられない、長い式の問題は解き

づらい、問題の書き写しが難しい等、全体が見えないことによる困難が多く挙げられた。また、視線の移動が難しいことにより、見ていた場所を見失う、見たい場所を見られているかわからない、書くことに時間がかかる等の困難が挙げられた。

(3) **全体を通して**：晴眼状態では無意識にできていた、問題式や途中式等を確認しながら書く、どこに何が書いてあるか視線の端に捉えて何気なく把握する、問題の全体像を見ながら考える等の作業が、レンズ装着時にはできなかったという意見が見られた。なお、長い式の問題や、視線の往復が多い文字式の展開においては、特にこれらの困難さを強く感じたという内省が挙げられた。

(4) **その他**：『白濁レンズと視野レンズではどちらの方が困難を感じたか』という問いに対して、「白濁レンズ」と答えたのは2名、「視野レンズ」と答えたのは9名、「どちらでもない」と答えたのは1名であった。

IV. 考察

1. 解答時間への影響

白濁レンズ装着時では「展開2」の1問、視野レンズ装着時では「連立」、「展開2」の2問において、解答完了率が晴眼状態と比較して有意に低かった。

「連立」においては、多くの協力者が初めに与式の分母を払う計算を行い、その際には両辺合わせて3つの項を見比べる必要があった。また、「展開2」においては、式の展開の際に用いる分配法則や、途中式に出てくる長い多項式の足し算等、式全体に視線を往復させる必要があった。「書いた文字や、問題式の数値の確認など、晴眼状態では意識しなくてもできたことがシミュレーションレンズ装着時は難しかった。」「視線を移動して戻った際、思った場所を見られているかわからなかった。」と協力者の内省において述べられたことから、式の全体を見渡すこと、及びスムーズな視線移動の困難が、レンズ装着状態での解答時間に影響した

と推測される。

また、「整式」は問題の性質上、解く際の計算量が少なく、全ての条件において、ほとんどの協力者が制限時間内に解答を完了したが、視野レンズ装着時では晴眼状態と比較して解答時間に有意差が見られた。これは、問題式の中に点在する同類項を、何度も視線を動かしながら数えていかなくてはならないため、特に視野が狭い条件下においては時間を要したと考えられる。

2. 得点への影響

文字式の展開の3問のうち、「展開2」のみ条件により得点に有意差が見られ、白濁レンズ、視野レンズ共に、晴眼状態と比較して有意に得点が低かった。「展開1」から「展開3」の問題内容に着目すると、分配法則を用いて計算した場合、項同士の参照回数が少ない順に、「展開1」、「展開2」、「展開3」となる。また、「展開1」は答えが2次式になるのに対して、「展開2」及び「展開3」は答えが3次以上の多項式である点、「展開2」に関しては問題内の多項式が降べきの順に並んでいない点等を踏まえると、「展開1」と比較して、「展開2」や「展開3」は問題や計算過程の途中式が複雑化しており、それに伴い問題の難易度も上がっていると考えられる。したがって、「展開1」程度の難易度ではどの見え方の条件でも問題なく解くことができたが、「展開2」程度の難易度になると、「情報が鮮明に見えない状態」及び「情報が継時的にしか読み取れない状態」では計算問題を解く上で困難が生じたため、得点に影響したと考えられる。なお、「展開3」においては、どの見え方の条件においても時間が足りなかったことが、得点に影響が及ぶ大きな要因の1つであると予想される。

3. 誤答の要因への影響

「時間切れ」に関して、視野レンズ装着時に有意に出現回数が多く、晴眼状態時には有意に少なかった。視野レンズ装着時に関する協力者の内省では、「視線を外すと、見ていたものをすぐに忘れてしまった。」「視野が狭く、一度

に覚えられる量が少ないので解きづらかった。」「式が長いと暗記ができなかった。」等、記憶に関わるものが多かった。また、「直前の式や全体を確認しながら書くことができなかった。」という内省も見られた。晴眼状態では常に問題や式の全体が把握できるため、細かな視線の動きで情報をこまめに確認できるが、一方で視野レンズ装着時には、一度に見える範囲が狭く、視線を移すために思考が分断されることから、これを記憶で補う必要がある。したがって、記憶を活用することに慣れていない協力者は、何度も顔を動かし情報を確認しなければならず、その度に見ることに時間と労力を割かれてしまい、このことが解答に多くの時間を要した原因となったことが推察される。

また、「写し間違い・書き間違い」に関しては、視野レンズ装着時に有意に出現回数が多かった。これは、上述した記憶の活用の不慣れであることに加え、「視線を移動して戻った際、思った場所を見られているかわからなかった。」といった内省から、視野レンズ装着時に起こる、視線の移動の困難が関連していると考えられる。具体的には、問題用紙と解答用紙が別の紙であり、その間の視線移動が必要であったことや、式変形の際に、前に書いた式等を見返す作業が、「写し間違い・書き間違い」につながった可能性がある。

一方、「計算ミス」に関しては、視野レンズ装着時に有意に出現回数が少なかった。また、統計的な有意差はなかったが、晴眼状態において最も出現回数が多かった。これは、実験の手順として、初めに晴眼状態で試行し、その後レンズ装着状態で試行したため、レンズ装着時には練習効果が作用したと推測される。また、視野レンズ装着時は晴眼状態と同等の視力で見るのが可能であり、かつ視野が狭いため、問題や途中式を念入りに確認する等、より丁寧に解いた協力者が多かった可能性も否定できない。なお、丁寧に解いたことや、式を写すこと等に時間がかかり計算する段階までたどり着かなかったことにより、時間切れとなる協力者が多

かったことが、視野レンズ装着時に「計算ミス」が少なかった要因の1つであるとも考えられる。

4. 視力や視距離の程度による影響

視野レンズ装着時の視距離が長い協力者ほど解答の完了率が低い傾向が見られたが、解答時間に関しては、視距離と時間との間に相関は見られなかった。また、白濁レンズ装着時の視力と解答時間に関して、「整式」において視力が高い協力者ほど時間がかかるという結果となった。さらに、白濁レンズ装着時の視力と得点、及び視野レンズ装着時の視距離と得点に関して、それぞれの間に相関関係は見られなかった。

したがって、計算技能を習得した状況において、「情報が鮮明に見えない状態」及び「情報が継時的にしか読み取れない状態」は、問題によって晴眼状態と比較して解答時間や得点に影響が見られるが、視力や視距離自体の程度による影響は少ないことが示唆された。よって、弱視生徒は計算技能を確実に身に付ければ、視機能の程度のみで学力に差が出るとは言い切れないと考えられる。

V. まとめ

本研究の結果から、「情報が鮮明に見えない状態」及び「情報が継時的にしか読み取れない状態」で計算問題を解く際の困難として次の4点が考えられる。

1. 時間がかかる

視野狭窄状態では晴眼状態と比較して、全5問中2問で解答完了率が有意に低く、1問において解答時間が有意に長かった。さらに視野が狭いほど問題の完了率が低かった。よって視野の狭さが、計算の際、問題や途中式の認識時間や思考時間に影響を及ぼすと推察される。

2. 写し間違い・書き間違い

視野狭窄状態において、写し間違いや書き間違いが多く散見された。数学は、1文字の書き間違いによって、その後の解答が全てエラーになってしまう教科であるため、微細な写し間違い・書き間違いにより誤答となってしまうことが、大きな困難の1つとして考えられる。

3. 全体把握の難しさ

文部省（1987）は、弱視生徒は可視範囲が狭いため、長文の読みが苦手であると報告しており、中野・芦田・鈴木・矢野・久保（1984）及び中野・芦田・上野・稲本・小中・矢野・五十嵐（1985）は、弱視生徒の学習上の困難の1つとして、大型視覚教材の認知を挙げている。本研究においては、視野レンズ装着時の視距離と解答の完了率との間に正の相関関係が見られた。よって計算の際には、式の両辺が同時に見られない、途中式の全体像を視界の端にとらえることができない等、微細な全体把握の困難が、学習に影響を及ぼしていると考えられる。

なお、協力者に『白濁レンズと視野レンズではどちらの方が困難を感じたか』という質問をしたところ、12名中9名の協力者が「視野レンズの方が困難を感じた」と回答した。したがって、晴眼状態と同等の解法では、「情報が継時的にしか読み取れない状態」が、より計算問題を解く際の困難につながっている可能性が示唆された。この点に関しては、弱視シミュレーションが要因であるのか、あるいは弱視者の視覚特性が要因であるのか、今後さらなる検討が必要である。

4. 視線の移動の難しさ

「視線の移動の難しさ」は、上述の「全体把握の難しさ」と関わりが深いと考えられる。協力者の内省で、視線を移したときに、思っている場所を見られているかどうか分からないとの意見があった。したがって、視線の移動が多いような、解法、問題のレイアウト、解答用紙の使い方等は、弱視生徒にとって、より問題を複雑化させ困難が増大する要因になることが推察される。

VI. 本研究の限界と今後の課題

本研究は、対象を晴眼の大学生・大学院生とした実験であり、弱視当事者や本研究の目的の対象である中高生を対象としたものではない。また、弱視シミュレーションレンズによって疑似的に弱視の見え方を再現した実験であるた

め、本来ならば新しい見え方への順応が必要であり、複雑な視機能を有する弱視生徒に合致するものであるか否かの判断には限界があった。渡邊・佐島・柿澤（2009）は「読書効率や図形認知の効率においては知的能力や学力・学習経験への依存が高いため、弱視シミュレーションによる実験結果と弱視者の視覚特性との関連性に乖離がおきやすい」と述べており、本研究においても協力者の計算力が結果に影響した可能性は大きいと考えられる。したがって、今後、本研究で得られた知見を元に、同様の実験を、計算力が同等な晴眼者や、弱視当事者を対象として行っていきたい。

引用文献

- 稲本正法・鉄升千穂・中川紀美子・鈴木英隆・中川暮美・竹浦佐英美・小中雅文・小林秀之・大倉滋之・芦田愛五・五十嵐信敬（1994）弱視児に適した教材・教具の工夫。弱視教育, 31(4), 1-8.
- 文部科学省（2010）教科用拡大図書の標準的な規格の策定等。文部科学省, 拡大教科書, 点字教科書, http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/kyoukasho/kakudai.htm（2019年8月20日閲覧）。
- 文部科学省（2013）第3編 障害の状態等に応じた教育的対応 1 視覚障害。文部科学省, 教育支援資料, https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/tokubetu/material/1340250.htm（2019年12月18日閲覧）。
- 文部省（1987）第6章 弱視児に対する読み書きの指導。文部省, 視覚障害児のための言語の理解と表現の指導。慶應通信, 137-158.
- 中野紀美子・芦田愛五・鈴木英隆・矢野敏江・久保まどか（1984）小学校における弱視児の教科指導。弱視教育, 22(3), 62-72.
- 中野紀美子・芦田愛五・上野靖子・稲本正法・小中雅文・矢野敏江・五十嵐信敬（1985）小学校における弱視児の教科指導に関する実践的研究（1）- I - ①実践の前提条件としての現状分析-。弱視教育, 23(4), 91-96.
- 大宅健太郎・氏間和仁・中野泰志（2018）視覚障害者（弱視者）に対する試験提示方法の検討-解答時間・得点率・得点効率の比較について-。弱視教育, 56(2), 8-15.
- 大内進（2009）5章 書く教科等における指導方法の工夫 2 算数・数学。香川邦生・千田耕基（編著）,

- 小・中学校における視力の弱い子どもの学習支援. 教育出版株式会社, 98-105.
- 鈴木麻央・氏間和仁 (2011) 視野の広さが分数の計算に及ぼす影響. 弱視教育, 49(1), 9-12.
- 谷佳子・石井雅子・進藤真紀・阿部春樹 (2015) 視覚障害シミュレーションによる書字パフォーマンス 第1報: 求心性視野狭窄での検討. 日本視能訓練士協会誌, 44巻, 57-63.
- 氏間和仁 (2008) 文字構造の複雑さが視知覚しやすい線幅に及ぼす影響-白濁フィルタを用いたロービジョンシミュレーションによる検討-. 福岡教育大学紀要, 第57号, 第4分冊, 101-107.
- 渡邊正人・佐島毅・柿澤敏文 (2009) 視標のコントラストが視力に及ぼす効果-弱視シミュレーション下における見え方の特性の視点から-. 障害科学研究, 33, 83-91.
- 2019.8.26 受稿、2020.1.29 受理 ——

Difficulties in Solving Mathematical Calculations for Low Vision Students: Consideration of the Use of Low Vision Simulation

Yuko SATO* and Hideyuki KOBAYASHI**

The purpose of this study is to clarify the difficulties in solving mathematical calculations with low vision and concentric contraction, at a stage prior to think about difficulties in learning mathematics for low vision students. Twelve sighted university students cooperated in this experiment, and they solved calculations using a low-vision simulation lens. As a result of this experiment, the condition comparing with the lens (low vision) and the sighted, there were significant differences in the “answer completion rate”, “answer time”, and “score”. It has also suggested that students with low vision and concentric contraction have an effect on “answer time” and “score”. Moreover, in the condition of concentric contraction, there were more significant differences due to mistakes in copying and writing, and it was indicated that difficulty in grasping the whole image could affect calculations. Based on the above results, this study could focus on the following four points, the difficulty in learning mathematics with low vision and concentric contraction; “require time”, “copied and written mistakes”, “difficult to grasp the whole image”, and “difficulty in eye movement”.

Key words: visual impairment, low vision, calculation, simulation experiment

* Special Needs Education School for the Visually Impaired, University of Tsukuba

** Faculty of Human Sciences, University of Tsukuba