

視覚障害者の教材作成の改善 白色文字印刷

障害者高等教育センター 障害者基礎教育部門¹⁾ 理学療法学科²⁾

村上佳久¹⁾ 前島 徹²⁾

要旨：視覚部では、弱視に対しての教材は、一般的には文字の大きさで対応してきた。しかし、進行性の眼疾を有する学生の場合、その学生の眼疾に対応した教材作成が必須であるといえる。本学での一般的な教材は、白色用紙に黒文字であるが、黒色用紙に白文字の教材が必要な学生もいる。従来対応してこなかった白色文字印刷が必要な学生に対する、教材作成の様々な技術上の問題点と教材作製方法について検討し、新しいシステムを開発したので報告する。

キーワード：白色文字印刷、弱視用教材

1. はじめに

平成2年に視覚部の当時の教育方法開発センターでの教材作成が破綻し、各学科で教材作成が行われるようになった。その時に問題となったのは、点字教材よりも学生の大多数を占める弱視に対する教材作成であった。平成2年当時、『弱視向けの教材は拡大コピー』と言うのが教官の意識であり、A4の教材をB4やA3に拡大コピーすることにより対応してきた。平成3年に視覚部は学生を受け入れたが、弱視向けの教材として拡大コピーには多くの不満が学生から寄せられる事となった。一般に弱視は、与えられた教材（教科書や資料・参考書）を様々な手段で自分の目に合わせて利用する。

・光学的拡大機器

ルーペ、拡大鏡、ルーペ付き眼鏡など

・専用拡大機器

拡大読書機など

などが一般的である。

しかし、鍼灸・理学療法学科のように授業数が多く、また学習内容が非常に多岐にわたり、勉強量が多くなる場合、目に対する負担も大きいため、自分の眼疾に合致した資料を求める声が多くなってきた。ここでは、学生の要望に対応した、新しい弱視向けの教材作成システムの作成を検討する。

2. 学生の様々な要望

前述のように学生は様々な機器を利用して学習環境を整えているが、パソコンなどのコンピュータ機器を利用して学習する場合もある。

電子図書閲覧室は、学生の自学自習環境を提供する場所として、視覚部全学共通の設備であるが、近年、ディスプレイに対する要望が多くなってきた。

電子図書閲覧室は、21inchと17inchのCRTディスプレイが各10台、19inchが3台の計23台の大きさの異なる

CRTディスプレイを用意し、学生は自分の目に合わせた最適なディスプレイを選択していた。しかし、近年は17inchよりも小さなディスプレイを希望する声も多く、また、液晶ディスプレイを望む声も多数あったので、15inchのCRTディスプレイと15inch液晶ディスプレイ、17inch液晶ディスプレイを計5台導入し、従来の17inchCRTディスプレイと変更した。

一般的なブラウン管を利用するCRTディスプレイと液晶(LC)ディスプレイのどちらが見えやすいかと言う質問にはCRT、LC、どちらでもよい、など千差万別の返答が多かった。さらに、画面を考慮してもらえらるなら、教材も考慮してほしいという要望も多数寄せられた。

視覚部では、学科毎に弱視向けの拡大文字教材を作成しているが、基本的に文字の大きさなどは、次の通りである。

文字の大きさ：10P, 12P, 14P, 18P, 24P, 36P

フォントの種類：ゴシック体、丸ゴシック体

文字色：白色用紙に黒文字

しかし、学生からは、フォントの種類の増加、(明朝体、教科書体、極太ゴシック体など)と黒色用紙に白文字の印刷などの要望が多く出されていた。

教育方法開発センター(現在の障害者高等教育センター 障害者支援部門)に要望を出しても対応してくれないと多くの学生が訴えてきた。電子図書閲覧室系の教材作成では、文字の大きさとフォントの種類など、外字を含めて対応できる。しかし、文字色は技術的な問題もあり対応していなかった。そこで、黒色用紙に白文字で印刷する教材作成について検討を行うこととした。

3. 白色文字印刷教材

視覚障害教育機関で白色文字印刷を行っているところがある。弱視学級と呼ばれる、一般校に設けられた教室

である。また、一般校に指導を行う通級指導教室もある。

小学校弱視学級 144校

小学校弱視通級指導教室 16校

盲学校弱視通級指導教室 5校

中学校弱視学級 44校

中学校弱視通級指導教室 3校

(独立行政法人 特殊教育研究所 平成15年度調べ)

これらの教室では、弱視に対して様々な工夫を行っているがその中に白色文字印刷があり、主として3種類の方法で対応している。

手書き（黒色用紙に白色ペンで手書き）

謄写版（黒色用紙に謄写版で白色インキ印刷）

反転コピー（ワープロで画面反転、印刷）

はじめの2つは、手作業での教材作成で複製が極めて難しい。最後の反転コピーは、プリンタの性能によっては黒い部分にスジと呼ばれる色むら（白黒）筋が多数入る場合があり、また、大量にトナー（黒色印刷用の黒い粉）を消費するため経済性がよくなく利用されることは少ない。

3.1 謄写版印刷

現在、謄写版は入手不可能である。わずかに、販売店での在庫処分品が存在するだけである。そこで、ある弱視学校での作業を見学させていただいた。

- 1) 原紙（ロウ塗りの用紙）に、鉄筆で直接書く。
- 2) 原紙の文字部分が薄くなり透けて見える。
- 3) 謄写版で、白色インクを転写ローラー移す。
- 4) 黒色用紙をセットし、原紙の上から転写ローラーで白色インクを原紙に乗せる。
- 5) 黒色用紙に白色文字印刷完成。

インクの粘度が高いほど、白色インクがはっきりとして見えやすく視認性がよい。

しかし、謄写版の原紙は手書きである。デジタル謄写版と呼ばれる、コピーと同等の機能で原紙を作成できる機種もあるが、これらは、デジタル印刷機に移行していったため、現在では入手不可能である。また、謄写版そのものも入手が極めて困難なため、残念であるが、謄写版は断念した。

3.2 デジタル印刷機

謄写版に代わり学校現場で利用されているデジタル印刷機（謄写版と同じ原理のマスターを利用して印刷する孔版印刷機）を検討すべく、4社に白色インキを利用し

た印字見本をお願いした。デジタル印刷機で白色インキの利用をお願いしたのは、リコー、理想科学工業、コニカミノルタ、デュプロの4社である。ところで、内2社が白色インキがサプライ品として無かった。残り2社の内1社は「剥離性の問題から現在の最新の機種では勧めない」との回答を頂いた。1社だけから印字見本を頂いたが、白色インクの粘度が低く、また白色の色合いが薄いため、背景の黒色用紙の黒色が現れて、文字が灰色のように識別できた。学生の評価も低く、デジタル印刷機による白色印刷を断念した。

3.3 プリントゴッコ

「プリントゴッコ」と呼ばれる年賀状印刷などでよく利用されている機器について検討した。年賀状作成に威力を発揮するこの機器は、白色インキがあり、比較的粘度が強く、透過性の悪い（白色が強く出せる）性能で、白色印刷には向いている。

最大印刷サイズB5が可能な「プリントゴッコ・アーツ」は、十分な性能を発揮したが、ランニングコスト（版下であるマスターの価格と白色インクの価格の合計）が、極めて高く、1枚ごとにマスターが必要である。また、使用したマスターの長期保存が出来ないため2日程度しか利用できない。同じものを何枚も印刷するには大変便利であるが、多種類の原稿を1枚しか印刷しない場合は非常にコスト高となる。さらに、A4サイズの印刷が出来ないために利用を断念した。

3.4 マイクロドライプリンタ

次に、過去に弱視学級でも利用されており、盲学校でも利用されていた熱転写プリンタを利用した方法について検証を行うこととした。

ALPS社から販売されていたMicroDry（MD）プリンタは、高性能な発色で人気を博したが、インクジェットプリンタの高速性に押されて、現在は1機種だけがインターネットで販売されている。また、白色用のインクリボンもあり、現在も標準品である。[1]

弱視学級や盲学校などでは印刷時の白黒反転作業など手間が多く、現在では1～2校程度しか利用されていない。このようにこのプリンタでの問題は、通常の印刷では白色印刷出来ないことである。一般には、ワープロなどの編集画面で、編集画面を黒くし、文字を白くしても印刷すると文字は黒色である。白色で印刷するためには、文字色を白にしないと印刷できない。しかし、文字を白色にすると背景色を黒にしないと確認できない。したがって、弱視学級や盲学校でも余り利用されなかったの

は、印刷時の文字色設定の不便さと、インクリボン（インクカートリッジ）のランニングコストの高さである。しかし、手書きに戻るわけにはいかないため、自動化処理を行うためにはある程度のランニングコストは妥協して、印刷時の簡便さを求めることとした。

3. 5 黒色用紙の選択

白色文字を行うためには、黒色用紙が必要である。そこで、様々な種類の黒色用紙を取り寄せチェックを行った。

用紙の厚さ：45kg、55kg、70kg（四六版キロ連量）（エコノミー・通常・厚手に相当）

光沢：光沢あり、無光沢

表面処理：粗目、細目

最も、ALPS社のインクリボンと相性がよかったのが、45kg・無光沢・細目仕上げの黒色用紙であった。製品単価は、一般PPC用紙の約3～4倍であるが、インクリボンに比べて問題はない。

この黒色用紙にALPS社のMicroDryプリンタで印刷させたが、白色インクリボンに対応しているのは、現在ではMD-5500だけである。このMD-5500には、7つのインクリボン（インクカートリッジ）が格納できる。18Pでの拡大印刷では、約15枚の白色印刷が可能であった。各ポイントごとに文字の大きさを変えて印刷させたところ、12Pでは約20枚で24Pでは10枚程度である。また、図などを印刷すると印刷できる枚数が減る。平均すると約15枚というのが実状であった。

3. 6 実際の白色文字印刷

白色印刷する時の最も大きな問題は、文字色の白色への変更作業である。この作業が複雑なため白色印刷を断念している盲学校もある。様々な検討を行った結果、通常の印刷で白色印刷が出来れば最も問題が無い。そのために必要な改良事項を整理すると、プリンタドライバの変更が比較的容易である事が判明した。そこで、プリンタ本体とプリンタドライバに改良を加える事とした。ALPS社からプリンタドライバの資料提供が受けられなかったため、標準的なMicrosoft社のプリンタドライバ出力のサンプルプログラムを参考にして、プリンタに入れられた様々な色のインクカートリッジに対してその色を無視するように改良した。（この改良は実験的なものである）

すると、一般のワープロ画面の通り編集した文書を黒色用紙に白色インクリボンで白色印刷することが可能となった。

そこで、電子図書閲覧室にALPS社の古いMicroDryプリンタであるMD-2300に白色インクリボンを入れて印刷したところこれも問題なく白色印刷が可能となったため、学生に公開した。

4. ランニングコスト

弱視用教材作成のコストについて検証した。

4. 1 レーザプリンタによる反転印刷

標準原稿とは、一般にA4版700～800字程度で、黒色率5～7%程度の原稿を言い、複写機のトナーで10000枚印字可能とは、標準原稿での値である。

10.5Pを元に、A4 1枚に入る文字数とフォントの面積比と消費トナー量を求める。ここでは、平成明朝体W3 10.5Pを1とした比で計算する。（表1）

表1 文字サイズと消費トナーの比

Font Size	面積比	A4文字数	消費トナー量
10.5P	1	1	1
12P	1.3	1	1
14P	1.8	0.86	1.52
18P	2.9	0.56	1.66
24P	5.2	0.36	1.88
36P	11.8	0.18	2.14

ゴシック体や丸ゴシック体の場合は、平成明朝体との比で計算する。ゴシック体は1.8倍、丸ゴシック体は1.6倍とする。（表2）

表2 各書体の消費トナー比

Font Size	明朝体	ゴシック体	丸ゴシック体
10.5P	1.0	1.8	1.6
12P	1.3	2.3	2.1
14P	1.5	2.7	2.4
18P	1.7	3.1	2.7
24P	1.9	3.4	3.0
36P	2.1	3.8	3.4

この数字が、拡大印刷を行ったときのトナー消費量の比である。36Pのゴシック体では、標準原稿に比べて3.8倍ものトナーを余分に消費する。そのため、トナー1台あたり、その逆数分だけしか印刷できない。

黒白反転コピー時には表3のように別の計算式となる。A4用紙の一番外側はボイドとして5mmほど印刷されないため、その分を差し引いて計算する。明朝体W3と比較して、消費トナー量を計算し、その倍率を示した。

反転印刷では、丸ゴシック体の12Pで実に約16倍も

表3 反転印刷時の消費トナー比

Font Size	明朝体	ゴシック体	丸ゴシック体
10.5P	17.5	16.7	16.9
12P	17.2	15.6	15.9
14P	17.0	14.9	15.0
18P	16.9	13.9	14.2
24P	16.7	12.5	13.2
36P	16.4	10.8	11.7

のトナーを消費する。

2004年11月現在、レーザープリンタ用のトナーカートリッジは、A4標準原稿10000枚印刷可能で、40000円程度である。1枚あたりの単価は4円となる。用紙代がA4のPPC用紙で0.8円程度なので、1枚あたりの単価は4.8円となる。

これが、24P拡大印刷なら、14.4円となり反転印刷の24Pゴシック体では、50.8円となる。しかし、実際の印刷では、10000枚印刷可能のはずが、8000枚程度でトナーが無くなる。したがって、8掛けと想定する方がよい。そうするとそれぞれ18円と64円程度となる。また、実際に24Pでゴシック体の反転印刷を行ったところ、8掛けどころか6掛け程度でトナーが無くなってしまった。そのため、実際のランニングコストは、約80円となる。

また、反転印刷するためには、ワープロ編集段階で反転印刷する設定を行わなければならない。この作業が比較的煩雑で、複写機による反転印刷の方が簡易である。しかし、複写機での反転印刷は、コピーチャージも含めてより高価となる。

4.2 MicroDry プリンタによる白色印刷

白色インクカートリッジ（リボン）を利用するこのプリンタでは、文字の大きさに比例してカートリッジを消費する。ALPS社の告知では、黒色インクカートリッジを利用したランニングコストは、5.2円程度である。（エコカートリッジを利用すると1.3円程度）しかし、実際に印刷してみると、文字だけの場合と図を含む場合で異なるが、カセット1個あたりの枚数は、20枚程度である。ランニングコストは1枚あたり約40円となる。

また、この枚数はあまり文字の大きさに依存しない。10～20Pでは同じコストとなる。24Pでは50円、36Pでは62円程度となる。

また、図を含む場合は、文字の大きさにかかわらず、カセット1個あたりの枚数は15枚程度である。そのため、ランニングコストは53円程度となる。

4.3 黒色用紙のランニングコスト

45kg・無光沢・細目仕上げの黒色用紙は、2500枚あたりの価格で4.8円程度である。したがって、MicroDryプリンタを利用した白色印刷はランニングコストが1枚あたり約45円程度となる。

5. 様々な学生の目の状況

鍼灸や理学療法と言った医療系の学科では、解剖学や生理学と言った基礎医学は重要な教科である。特に解剖の様々な図は、極めて重要で、教材として必要不可欠なものである。これらの図の反転印刷を求める声が数例あり、出来れば教科書一冊を全て反転印刷してほしいとの要望があった。

学生の目の状況を元に聞き取り調査してみると、反射光と透過光の違いにより見え方がかなり異なる眼疾の学生が数名いる。そのためパソコンでは白色背景色に黒文字の通常画面の方が見えやすいが印刷物では逆となり、黒色背景色に白色文字の逆転印刷の方が見えやすいのである。

また、逆にパソコンでは黒色背景色に白色文字だが、印刷物は、通常でよい学生も数名いた。実際にこのような学生についてもっと詳しい調査が必要であると思われるが、調査をすること自体が学生の目に負担を与えるため、慎重に行う必要がある。そこで、様々なものを用意しておいて、学生に選ばせることにしたが、数名の学生がやはり反転印刷を希望した。また、文字の大きさやフォントの種類も異なるため、多品種少量印刷が必要である。

6. 教材作成の方法

教科書などの全頁反転印刷などを行うためには、コスト以外の問題として、どの様に印刷するかという問題が先決となる。

一般に視覚部では学生向けの教材を作成する場合は、教科書を全て文字テキスト化する。そして、点字へ変換するか拡大文字教材を作成する。しかし、この方法では、拡大教材に図表・写真が必要なため、図などを別途取り込む必要がある。

スキャナで文字と図表を別々に取り込み保存する方法と、ページ毎にPDF化し、その後OCRによる文字データ化作業を行う2つの方法があるが、能率は同じ程度である。

問題は、学生の目の状況に合わせた教材作成であり、少量多品種の教材が必要となる。ここでは、教員が教材を用意するのではなく、必要な教材の素材と作成機材を用意し、学生が自分の眼疾に合致した教材を作成するシ

システム構築を検証する。

用意するファイルは前述の3つのファイルである。

- 1) 教科書等の文字データを文字ファイル化
- 2) 図や表などのデータを画像ファイル化
- 3) 教科書のページ毎のPDFデータをファイル化

3つのファイルの内、3)のPDFデータはスキャナのADF（自動原稿読み取り装置）を活用すれば、両面で自動化が可能である。したがって、省力化でファイルが作成できる。1)や2)は文字や画像を選択的に抽出する作業を人力に依存するため自動化できない。しかし、3)のPDFでは、文字フォントの変更が出来ない難点がある。

これら1)～3)のファイルを学生が自由に利用できれば、自分自身の眼疾にあわせた教材が作成できる。

電子図書閲覧室では、多くの教材作作用のフォントが利用可能である。明朝体・角ゴシック体・丸ゴシック体・教科書体・楷書体・草書体・隷書体・ポップ体・極太ゴシック体など様々なフォントが、外字を含めて印刷できる。印刷方法は、レーザープリンタと白色文字印刷用プリンタの2種類を用意し、さらにワープロなどで文字拡大等の方法を教育することとした。

また、電子図書閲覧室では、全ての端末にスキャナが装備され、OCRソフトが導入されている。新しいOCRソフトを導入し、PDF化ファイルを作成可能なようにした。

これらの手法により、学生が独力で、自分の目に合わせた教材を作成することがシステム上、可能となったが、現実にはどうであろうか。

数名の白色文字印刷が必要な学生に自由に使わせたところでは、ほぼ問題なく利用している。

また、電子図書閲覧室は、学生の様々な自学自習用の教科書・参考書類のファイルや国家試験問題ファイルなどが教材の素材として収録されている電子図書館機能があるが、その利用率も年々増加している。そのため、レーザープリンタの年間印刷数は年々増加しており、平成3年が1年間で3万枚であったものが、平成15年には1年間で8万枚以上にも達している。これは、初期の頃がMS-DOSによるシステムで、文字が自由に拡大できないドットフォントであったものが、最近ではWindowsによるシステムで、文字が自分の目の状況に合わせて自由に大きさを変更できるベクトルフォントであることも影響しているものと思われる。

今回の開発した白色印刷システムでは、

- 1) ランニングコストが従来の約3～5倍程度
 - 2) 比較的容易に教材作成可能
 - 3) 教材を作成する主体は学生
 - 4) 教員は教材の素材のみを提供
- などの特徴があり、学生自身の眼疾に合致させることが可能となったと思われる。

7. おわりに

視覚部に入学する学生の最も心配事項は、視力低下である。特に進行性眼疾の学生ではかなり深刻で、学年進行に従って教材の文字の大きさが大きくなる学生もいるため、学生の眼疾に合わせた教材作成は極めて重要な問題と思われる。

このような教材作成が各学科で行わなければならないことは、教材作成部門を持つ視覚部としては極めて残念なことであることを付け加えておきたい。

備考

この研究は、平成16年度の競争的教育研究プロジェクト事業「弱視者に対する教材作製方法の検討と教材提示方法に関する研究」代表者：前島徹によるものである。

参考文献

- [1] 日経BP編集部：日経エレクトロニクス 開発ストーリー マイクロ・ドライプリンタの開発、日経BP, 1997/10/06-1997/12/01

The Improvement of Teaching-Materials Creation for the Visually Impaired White Printing on Black Paper

MURAKAMI Yoshihisa¹⁾ MAESHIMA Tohru²⁾

¹⁾ General Education Department, Research Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired,
Tsukuba College of Technology

²⁾ Physical Therapy Department, Tsukuba College of Technology

Abstract : The size changes of characters in textbook for those with Low Vision, change with the diseases of a student's eyes. And, it is necessary to change the size of a character in a student's textbook according to eyesight. The teaching material in the division for the visually impaired is printed on a white paper by a black character, and there is a student for whom the teaching material printed on a black paper by a white character is necessary, too. We report that the problem in various technologies of the teaching material making is verified to the student for whom the print of a white character is necessary, and the system of the teaching material making was developed.

Key Words : White Printing, Low Vision