

白色文字印刷 その3

村上佳久

筑波技術大学 障害者高等教育研究支援センター 障害者基礎教育研究部（視覚障害系）

要旨：iPad などのタブレット機器による、視覚障害補償が話題となっているが、この種の電子メディアを利用できない視覚障害者も存在する。ここでは、デジタル化に対応できない視覚障害者に対応するための新しい白色文字印刷について試行と研究を重ねて実践したのでその成果について報告する。

キーワード：白色トナー、黒白反転、視覚障害補償、デジタル・ディバイド

1. はじめに

学校現場における ITC 教育の普及は、視覚障害を有する盲学校や視力障害センターなどの視覚障害教育にも大きな変化をもたらしている。特に、iPad やタブレット端末を利用した電子メディアの活用は、視覚障害教育に関して多くの変化をもたらしている。特に弱視学生が簡易に電子データに接することが可能となり、また電子黒板との連携によって、従来は困難であった全盲教員の弱視学生に対する板書教育が、電子黒板によって実現されるようになってきた。しかし、眼疾の問題から自己発光式の iPad やタブレット機器では対応できない視覚障害者も存在する。そのようなデジタル・ディバイドに対応するため黒色用紙に白色文字で印刷する方法について、試行と研究を重ねて実践を続けてきたので最新の現状について報告すると共に、その技術的内容についても解説する。

2. 白色文字印刷

過去、黒白反転教材が必要な学生の中で、拡大読書器のような、自発光型の視覚障害支援機器を利用できないか、羞明などにより長時間の利用に適さない学生を対象として、黒色用紙に白色文字で印刷する手段を模索してきた。

これまでの試行について概略を示す。

2.1 マイクロドライプリンタ

平成9年頃には、ALPS 社の Micro Dry プリンタを利用して、黒色用紙に白色インクリボンで印字し、白色文字印刷を実現していた [1]。

しかし、この手法ではいくつかの問題を抱えていた。

- ①インクリボンのコスト高
- ②黒色用紙の滑面性
- ③白色文字の白色度

①のプリンタリボンのコスト高は、インクジェットプリンタやレーザープリンタの発達と共にプリンタリボン製プリンタは廃れ、熱転写用紙に対する需要のみがのこり、インクリボンは廃番の運命を辿ることとなる。

②の黒色用紙の滑面性は非常に大きな問題であった。インクリボンが黒色用紙にきちんと転写されないという問題を引き起こすからである。当時、黒色用紙を製造する製紙メーカーは事実上1社しかなく、メーカーとも接触したが解決方法は見いだせなかった。

③の白色度の問題は、黒色用紙に固有の問題である。黒色用紙の黒色度が、用紙上の白色インキの白色度を低下させてしまうと言う問題である。これは、白色インキに若干の透過性があるため、下側の色が上側の色に混在することによって、白色が、灰色に見えてしまう現象である。

これらの問題を解決する手法として、②の滑面性対策のため、白色インクリボンの前に「ベースド・ホワイト (Based White)」インクリボンで滑面性対策を行うと、副産物として、背面色の黒色度を低減させることも行うことが出来たために、「ベースド・ホワイト」インクリボンで印刷した後、白色インキ



図1 ALPS 社 MD2300 マイクロドライプリンタ

リボンで印刷すると、②③の問題は解決できた。しかし、インクリボンのコストは、さらに増加し、事実上コスト高の解決策は見いだせなかった。

折しも、プリンタ本体が2010年に製造中止となったため、この手法は現在利用されていない。

図1は、ALPS社MD2300で、インクリボンを4つ装着することが出来る。白色インクリボン2つに「ベースド・ホワイト」インクリボンを2つ装着している。

2.2 白色トナー

熱転写プリンタが厳しいと言うことで、インクジェットプリンタからレーザープリンタで白色文字が印刷出来ないかと言うことで、試みたのが「白色トナー」である[2]。

「白色トナー」とは、一般的なレーザープリンタで利用される「トナー」と呼ばれる黒色粉体の白色版である。

ここで、「トナー」を利用するレーザープリンタについての基本的なメカニズムについて説明する。

PPC (Plane Paper Copier) 電子複写機は、1938年にアメリカで基本特許が成立しており、Xerox社が買い取った。

この特許では、大きく分けて原稿スキャナ・像作成・用紙搬送の三部分から成っているが、ここでは一般的な電子複写機のメカニズムを簡単に説明する。図2は電子複写機の原理の模式図である。

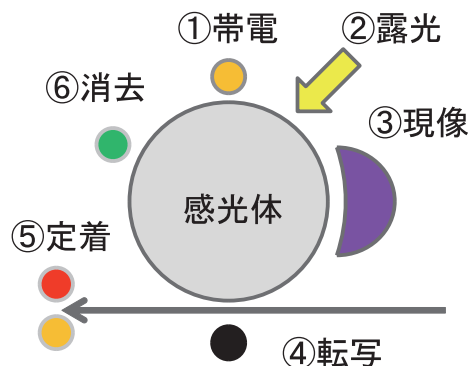


図2 電子複写機の原理の模式図

円柱体の感光体と呼ばれるものに①で帯電させ、②で露光する。すると光が当たった部分の帯電がなくなり、静電潜像が形成される。この部分に③の現像で原稿の鏡像を形成し、この部分に「トナー」と呼ばれる黒色の粉体を付着させる。ここで、ネガ画像が形成される。次に④の転写で感光体に付着した「トナー」を紙に電荷で転写する。⑤の定着で「トナー」を紙に熱で融着する。その後、⑥の消去で感光体表面をきれいにする。

白色文字印刷を行うためには、「トナー」に代わり「白色トナー」を利用するが、それ以外にも、図2の各部分について検討を進める必要がある。したがって、「白色トナー」

を開発するためには、感光体・現像部分・定着部分・消去部分等の複写機の様々な部品を「白色トナー」用に組み合わせて開発する必要がある。このため、「白色トナー」を開発するだけでは白色文字印刷は実現できない。特に「白色トナー」と組み合わせて利用する現像部分も同時に開発する必要がある。

3. 白色度

「白色トナー」の最大の問題は、白色度である。背景色である黒色用紙の黒に影響されないような、白色性を有し、定着性や離形性が良好である必要がある。

一般に「白色トナー」には、白色の粉体を利用するが、この白色粉体として次のようなものが利用される。酸化亜鉛、酸化鉛、酸化チタン、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウムなどである。吸水性などの問題から、酸化鉛や酸化亜鉛、酸化チタンなどが良好であるが、毒性の問題もあるため、現在では酸化亜鉛や酸化チタンなどがよく利用される。この白色粉体と様々な樹脂やバインダーなどを混合して「白色トナー」が作られる。2012年に報告したものは[2]、モノクロプリンタのトナーに代わり、「白色トナー」を利用し、感光体と現像層を一体化したカートリッジとして作られたため、カートリッジを入れ替えるだけで、白色文字印刷と通常の黒色文字印刷が可能であった。図3にそのプリンタを示す。



図3 初期の白色文字プリンタ

この「白色トナー」の試作品で、試行実験を繰り返していた時に、最も問題となったのが、白色度であった。本学学生での評価では、「もう少し白色度がほしい。」と控えめな意見が多かったが、数校の盲学校や視力障害センターでの試行実験では、「白色度が低い」「灰色で見えづらい」などのストレートな意見が多かった。そこで、白色度について向上させる作業を行った。

3.1 二度印刷による白色度向上

白色度向上のため様々な試みを行った。印刷を2回行うことにより、白色度を向上させることを試みた。一度印刷さ

れた用紙を再度印刷することによって、「白色トナー」が二度塗りされ白色度が増すことを期待した。

しかし残念なことにこの手法では、あまり白色度が向上しなかった。やや白色度が増したかなと感じる程度であった。また、二度印刷のための手間と、二度印刷に伴う文字のずれなどが顕著となり、この手法をあきらめた。

3.2 カラー印刷方式

PPC 複写機におけるカラー印刷では、一般に4つの感光体と現像層、各色トナーが利用される。シアン (Cyan)、マゼンタ (Magenta)、イエロー (Yellow)、ブラック (black) の4色である。各色は、CMY の減色混合によって、2種類の組み合わせから合成される。黒は、CMY の3色混合であるが、別にブラケットナーを配して黒色を担当させる。この仕組みを図4に示す。

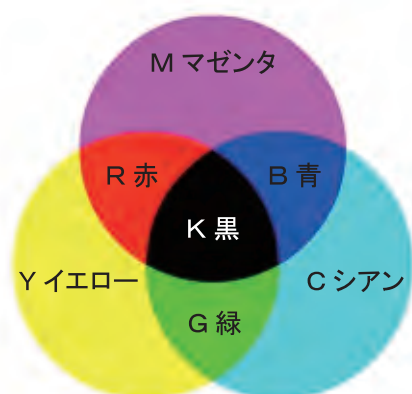


図4 減色混合印刷の仕組み

この特性を利用すると、CMY の全てに「白色トナー」を配して対応すると、CMY の2色から合成される色（例えば赤や緑、青など）が「白色トナー」を二度利用するため、白色度が向上することが期待される。

実際にカラープリンタのCMYKの4色とも「白色トナー」に対応して、文字色を赤や橙にして印刷すると、白色度は若干向上した。3.1の二度印刷よりも白色度は向上し、本学学生の評判も「前回よりも良くなった。」と言う前向きな意見であった。そこで、私の授業などで実際に必要とされる学生などに授業用テキストとして利用を開始した。

しかし、この方式での印字見本を盲学校や視力障害センターに送り評価してもらったが、あまり前向きな発言は見られず、「前回よりまし。」程度の評価であった。

3.3 改良型白色トナー

白色度の評価は、濃度計を利用するが、一般に濃度計は黒色度を測るためのものであり、白色度は反射用を利用するのが一般的であるため、白色度の数値化が難しい。また、学校現場における利用状況から考えて、一般の照明

下で印刷教材を見るという評価となるため、白色度の数値と実際の利用状況とは一致するとは限らない。特に照明の色温度や反射光の色温度などが左右することは既に報告した[3]。

白色度向上のために様々な改良・改善を行ったが、コストの問題もあるため、全行程を見直して、機器構成を含めて改良することとし、新たに登場したのが、図5のプリンタである。

このプリンタは、A4専用の小型カラー機であるが、両面印刷可能など性能的には安価で優れている。そこで、このカラープリンタを利用してCMYKの4色とも「白色トナー」に変更して、再度白色文字印刷に挑戦した。



図5 新型白色文字プリンタ

印字は、通常のワープロ（Microsoft Word や一太郎など）で、文字色を「赤」「青」「緑」「橙」などに変更して印刷する。例えば、「赤」の文字色で印刷すると、マゼンタとイエローの2色で印刷される。したがって、図4の「赤」「青」「緑」では、CMYの2色が利用される。今回の系ではCMYKの全てに「白色トナー」を導入しているので、「赤」「青」「緑」や中間色の「橙」「水色」「黄緑」などは、最低でも2色分の「白色トナー」が重ね塗りの状態で印刷される。

この初期型と改良型の見本が図6である。左側が初期型で右側が改良型である。写真では解りづらいが、白色度は大幅に向上している。

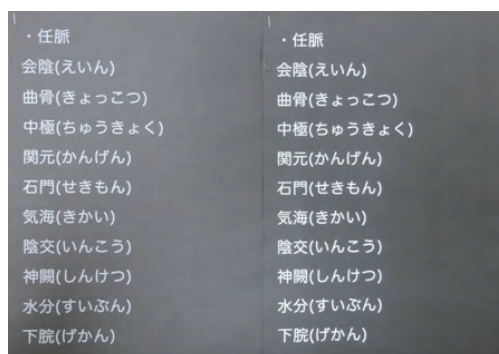


図6 初期型と改良型の印字見本（任脈）

そこで、盲学校や視力障害センター等 10 校に初期型と改良型の印字見本を送付して評価をお願いしたところ、各校とも比較的良好な評価を得た。

現在、本学の学生に対して授業で利用しているが、黒白反転教材を利用する学生には非常に好評となった。

4. 黒色用紙の確保

この白色文字印刷に必要な不可欠なものは、黒色用紙である。基本的に日本で入手可能な黒色用紙は、大手製紙会社が大型ロール紙で製造している。これを紙問屋が購入し、A4 などの所定のサイズに裁断して販売している。

したがって、大型ロール紙1個に対応した、数万枚単位で発注すると1枚当たりの単価は、普通 PPC 用紙の2倍程度に納めることが可能となるが、一般ユーザが数万枚を購入することは困難である。そこで、ある程度の数量を纏めることにより、紙問屋に発注して黒色用紙を確保することとした。この手法により、個人で購入する場合に比べて、黒色用紙の単価を大幅に低減することが可能となる。

5. コストの問題

ここで、印刷単価について検証する。白色文字印刷は、カラー印刷機を利用して、CMYK の4色のトナーと現像部分を全て白色文字印刷用に取り替えてセットするため、初期段階で、白色用に変更するための初期費用がかかる。しかし、ランニングコストである「白色トナー」の単価は安価にすることができたため、一般のカラー印刷よりは安価となる。また、カラー印刷に比べて、トナーの消費が少ないため、前述のように黒色用紙代が、数量で異なるため、1枚当たり 10 円以下の単価で実現することができた。また、このプリンタでは両面印刷も可能なため、実質のコストはもっと低下する。

白色文字印刷のような特殊な印刷は、教育現場に導入可能なものでなければ、利用されないという現実問題から、コストについてはできるだけ考慮したが、数量との兼ね合いでコストが決定されるため、仕方がない面もある。しかし、従来のものに比べて、性能も向上し、視覚障害者の教育に耐えうるレベルに達し、コスト面でも利用可能な範囲に収まったことは、評価したい。

6. おわりに

本研究は、電子黒板や電子教科書の研究を進めている段階で、軌道修正を迫られた結果、従来から行ってきた研究を踏まえて行った。デジタル・ディバイドと呼ばれる電子メディアに対応できない一部の視覚障害者にとって、印刷媒体は必要不可欠なものであり、電子メディアでの教材の提示の仕方にまだまだ問題のあることが露見した次第である。

学校現場における視覚障害者に対する障害補償におい

ては、様々な意見がある。本学の教員でも、「弱視は拡大コピーで十分」「拡大読書器がないと学生が学習できない」と言うのは、現実社会をなめている」「実社会は厳しい」などの視覚障害に配慮しない意見や、このような教材は不要だという意見があるのは残念である。視覚障害者に対する学習方法の改善や視覚障害補償方法の開発などは、本学開学の理念であるはずである。学生個々の眼疾は様々であり、見え方も個人差が大きく、一概な補償方法では、対応しきれなくなってきたことも事実として認識する必要がある。

この白色文字印刷による視覚障害補償方法が、世間一般に広く広がることを切に願う次第である。

7. 備考

本研究は、『科学研究費 基盤研究(C)「生徒と教員の双方向の視覚障害に対応した、電子黒板と電子教科書の活用に関する研究」研究代表者：村上佳久』の研究の一部として実施した。

8. 謝辞

白色文字印刷の研究に関して、三笠産業株式会社の協力を得た。ここに感謝する次第である。

参考文献

- [1] 村上佳久, 前島徹: 視覚障害者の教材作成の改善 白色文字印刷, 筑波技術短期大学テクレポ Vol.12: 41-46, 2005.
- [2] 村上佳久: 電子化図書の読書環境と新しい白色文字印刷, 筑波技術大学テクレポ Vol.20(2): 34-40, 2013.
- [3] 村上佳久: 黒白反転教材を利用・提供するための電子教科書に関する研究, 筑波技術大学テクレポ Vol.20(1): 70-74, 2012.

White Print on Black Paper Part 3

MURAKAMI Yoshihisa

Division of Research on Support for the Hearing and Visually Impaired,
Research and Support Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired,
Tsukuba University of Technology

Abstract: The method of supporting a new visual disturbance with a tablet device such as an iPad has lately become active. However, it is also true that there is a digital divide in relation to digital media. Furthermore, the new feature of white print on black paper has been verified for visually impaired students according to the digital divide.

Keywords: White print on black paper, White toner