



# Technical Overview

## Paper(紙)モードについて

### CONTENTS

1	はじめに .....	2
2	文字の記録方法とその歴史 .....	3
2.1	石の時代 .....	3
2.2	紙の時代 .....	3
2.3	データの時代 .....	3
3	紙とモニターの違い .....	3
3.1	解像度の違い .....	4
3.2	明るさ(輝度)の違い .....	4
3.3	コントラスト比の違い .....	5
3.4	白色(色温度)の違い .....	6
4	Paper(紙)モードについて .....	6
4.1	解像度について .....	6
4.2	明るさ(輝度)について .....	7
4.3	コントラストについて .....	7
4.4	白色(色温度)について .....	7
5	まとめ .....	7

No.10-004 Revision A

作成：2010年4月

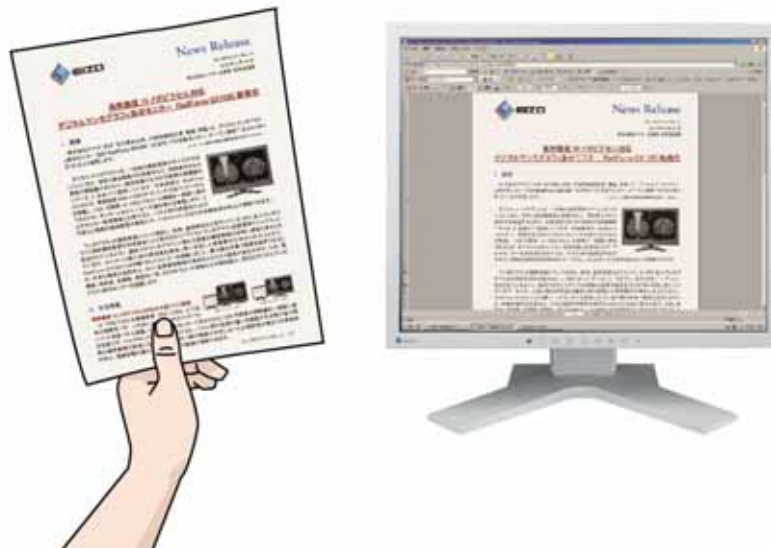
株式会社ナナオ 企画部 商品技術課

# 1 はじめに

日頃の仕事や家庭において、記事や文書をパソコンのモニター上で読むのはもはや当たり前となっている。これは、紙の削減やエコという流れも相まって、ますます当たり前になってきている。特に近年では、更なる IT 技術やデバイスの進歩により、小説や書籍なども携帯電話や携帯端末にダウンロードして読むというサービスが、急激に広がりを見せ始めようとしている。この動きに同調して、各デバイスメーカーや周辺機器メーカーでも専用の端末も開発しているようである。一方、書籍を携帯端末等で読むのと同様に、パソコンのモニターでも書籍などの文書を長時間読むというスタイルが、今後ますます増加してくると思われるのは想像に難くない。

携帯端末やモニター上で書籍を長時間読むことについて何か問題はないのであろうか。当社では、2008年に眼科医やVDTインストラクターの監修のもと、「モニターを使った作業(VDT作業)と疲労度合いについて」という調査をおこない、より疲労につながりにくく、作業効率も向上しやすいモニターの使用方法を提起した。この調査の中では、過度なモニターの明るさが疲労につながり、紙に近い明るさで見ることがより疲労を低減できるのではないかと述べられている。

それでは、書籍をモニター上で読むという作業は、これまでの紙の本で読む場合と比較して、どのような違いがあるのでしょうか。よく聞かれる話としては、モニターで文書を見るよりは、印刷した方が見やすいなどとも言われているようであるが真偽の方は定かではない。この文書では、過去の調査の内容も含めながら、携帯端末やモニターなどと、紙の本とで見え方にどのような違いがあるのか、また、より見やすいと言われている紙の本の見え方に近くなるように当社が開発した Paper(紙)モードについて述べたいと思う。



## 2 文字の記録方法とその歴史

### 2.1 石の時代

人間は、進化の過程において、意思の疎通の手段として言語を発明した。言語は、近隣の仲間同士が意志や知識を共有する手段としては優れていたが、相手がある場には伝達しにくく、時間や世代を超えた情報の共有の手段としては問題があった。そこで発明されたのが、文字である。文字を、木や石などの物に刻みつけることにより、その本人がある場に居らずとも、情報や知識を共有することができた。特に、石に文字を書く石碑の場合は、石が風化しない限りにおいては何世代にもわたって情報の共有が可能であるし、現在でも、石碑を文言解読することで、新たな当時の生活の様子などが解読されているようである。ただ石碑の場合は、石自体が重く可搬性に欠けることや、文字を刻みつけるときの労力、表現する面積の不足による情報量の不足などの問題があったと思われる。

### 2.2 紙の時代

そこで新たに人類が発明したのが紙である。紙は、木からできており石ほどは長期間にわたり保存が利かないが、石と比較して情報の記録がしやすく、軽く可搬性が優れていること、また何枚も使うことで情報量を飛躍的に増やすことができた。また、この紙を束ねて書籍という形態にすることで、人類全体での情報の共有が大幅に向上したのは疑いようのない事実である。現在でも、ペーパーレスという流れがありながらも、紙や書籍での情報の記録というのは重要な方法であることは間違いなく、当面紙や書籍は無くならないと考えられている。

### 2.3 データの時代

近年、技術の進歩により、紙に変わって人類が情報を記録する手段が発明された。それが、電子ディスプレイ(モニター)上のデータによる記録である。これまで、紙でしか記録できなかった情報が、パソコンやモニターを使うことで可能となった。パソコンやモニターを使う利点は、紙を更に超える文字の記録のしやすさであり、キーボードをたたきだけで可能である。文字の容量も全く気にすることなく、どれだけでも保存が可能である。また、最も革命的なのは、紙情報の場合はその物自信が無いと情報の共有ができなかったが、インターネットの普及も相まって、一瞬で世界中に情報の共有が可能となった。このような利点を持ったパソコンやモニターでの情報の共有は、今後ますます増えていくことは明らかである。但し、パソコンやモニターの時代は、まだ紙ほどは年月を経て居らず、いろいろと問題点もあるようである。次項以降で、詳細について述べる。

## 3 紙とモニターの違い

長らく情報の記録や共有手段として No.1 の地位にあった紙と、今後主流になりつつあるモニターでは、どのような違いがあるであろうか。ここでは、特に「文字などを見る」という観点からその違いについて述べていきたい。全段でも記載したが、モニターで文章を読むよりは、プリンターで印刷してから見た方が見やすいという意見もまだまだ多いようである。印刷してから紙で見た方が本当に見やすいのであろうか。以下に印刷物とモニター上の画像の違いについて考察してみる。

### 3.1 解像度の違い

まずは、解像度の違いである。一般的に、印刷物の解像度は「スクリーン線数 (lpi)」で決められている。スクリーン線数とは、1 インチ(2.54cm)あたりに何本の線 (ドットで構成) が引けるかを示している。表 1 は新聞などの主な媒体のスクリーン線数について列記した物である。

一方、モニターの場合は dpi(dot per inch)で表される。スクリーン線数から出力解像度(dpi)への変換は、以下の式より求められる。

$$\text{出力解像度(dpi)} = \text{出力スクリーン線数(lpi)} \times 2$$

(2倍とするのは、モニターの場合、ドット毎に黒と白を交互に書く必要があるため。)

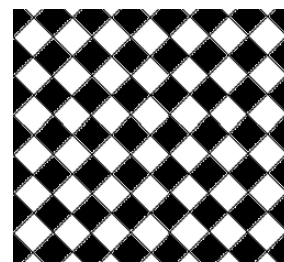


図 1:スクリーン線数(lpi)  
1 インチあたり何本の線  
が描けるか

表 1 には、同様に、モニターの必要解像度を dpi にて記載している。これらより、紙に近いモニターの理想解像度が示されるが、現実のモニターの解像度は、一般的なワイド型モニターで約 94dpi、医療用超高解像度モニターでも約 154dpi というところであり、残念ながら印刷物と比較するとまだまだ解像度が低いことがわかる。

媒体	スクリーン線数(lpi)	モニターの必要解像度(dpi)
新聞	60 ~ 80	120 ~ 160
書籍、雑誌	100 ~ 150	200 ~ 300
カタログ、カレンダー	150 ~ 200	300 ~ 400

表 1: 代表的な媒体のスクリーン線数(lpi)とモニターの dpi の関係

### 3.2 明るさ(輝度)の違い

次は、明るさの違いである。モニターは、その原理上、モニター自らが発光しているため、周りの明るさや色にはほとんど影響を受けない。一方、印刷物(紙や写真)は、周囲の明るさや色合いにそのまま影響を受ける。明るい部屋の紙は明るい、暗い部屋の紙は暗く見えるということである。また、紙はその種類により、同じ環境の明るさであっても、紙自身の見た目の明るさは異なる。これは、紙の種類により「反射率」が異なるからであり、これは経験上からも、新聞紙はややグレーっぽく、コピー用紙はより白っぽく見えることから納得できると思われる。表 2 は、実際の紙の種類による反射率の差である。

表の一番右の列は、一般的なオフィスの環境照度である 500[lx]において、その紙の見た目の明るさ(輝度)に理論的に換算した物である。これより、新聞紙では約 90[cd/m<sup>2</sup>]、コピー用紙では約 88[cd/m<sup>2</sup>] 110[cd/m<sup>2</sup>]であることがわかる。

媒体	反射率(白色度)	500[lx]での相当輝度
新聞	55[%]	88[cd/m <sup>2</sup> ]
コピー用紙(再生紙)	70[%]程度	約 112[cd/m <sup>2</sup> ]
PPC 用紙(100%バージンパルプ)	80[%]程度	約 130[cd/m <sup>2</sup> ]

表 2: 代表的な媒体の反射率と相当輝度

それでは、比較対象のモニターの明るさ(輝度)はどの程度であろうか。実は、モニターの輝度はスペック競争や動画の見栄え向上などのため、近年高くなる一方である。表3は、当社のいくつかのモニターとその輝度を列記した物である。これより、モニターの明るさは、印刷物からすると明るすぎる事がわかる。

モニター名	最大輝度
S2433W (24 インチワイドモニター)	360[cd/m <sup>2</sup> ]
EV2333W (23 インチワイドモニター)	300[cd/m <sup>2</sup> ]
SX2262W (22 インチワイドモニター)	280[cd/m <sup>2</sup> ]

表 3: 最近のモニターの輝度

### 3.3 コントラスト比の違い

次は、コントラスト比である。コントラスト比とは、白い部分と黒い部分(一般的には文字の部分)の比率のことであり、以下の式で表される。

$$\text{コントラスト比} = \text{紙の白い部分の明るさ} \div \text{紙の黒い部分の明るさ}$$

図 4 は、各媒体のコントラスト比を実際に測定器で測定した結果である。これより、新聞はやはりかなり低いコントラスト比を示している。写真用紙などコントラスト比が高いと思われる紙では、それなりに高いコントラスト比を示している。

媒体	コントラスト比
新聞	6.2
コピー用紙(再生紙)	10.7
コピー用紙(A)	31
コピー用紙(B)	37
プリンター写真用紙	49

表 4: 各媒体のコントラスト比

それでは、比較対象のモニターのコントラスト比はどの程度であろうか。実は、コントラスト比も輝度同様、スペック競争や動画の見栄え向上などのため、近年高くなる一方である。表 4 は、当社のいくつかのモニターとそのコントラスト比を列記した物である。これより、モニターのコントラスト比は、印刷物からすると高すぎる事がわかる。

現実には外光が画面に反射して少し黒の輝度が上がるため、実コントラストはもう少し低い。

モニター名	コントラスト比
S2433W (24 インチワイドモニター)	1000:1
EV2333W (23 インチワイドモニター)	3000:1
SX2262W (22 インチワイドモニター)	1000:1

表 5: 最近のモニターのコントラスト比

### 3.4 白色(色温度)の違い

次は、モニターの白の色(色温度)である。モニターの白は、モニターの画素が赤と緑と青からできているため、その3色の割合によって如何様にも変化する。

それではオフィスや一般的な部屋での環境はどのような色であろうか。紙は、環境光の影響により色が変わるというのは述べたとおりであるが、表6はいくつかの紙をある実在のオフィスにて測定したデータである。xとyは色座標と呼ばれ、色温度と呼ばれる指標に計算することができる。一般的に、モニターの色温度は6500K近辺の青っぽい色を示すことが多いが、測定した紙ではおおよそ4000Kという黄色っぽい色を示していることがわかる。これらより、モニターの色は紙に比べると青っぽすぎるのがわかる。

現実には蛍光灯などの種類により色温度は変化する。但し、オフィス等ではまだ4000K近辺の蛍光灯が多いと思われる。



図2: 環境光の影響を受ける印刷物

媒体	色座標	相関色温度
新聞	x=0.397, y=0.366	3477[K]
コピー用紙(再生紙)	x=0.394, y=0.400	3828[K]
コピー用紙(A)	x=0.383, y=0.386	3999[K]
コピー用紙(B)	x=0.386, y=0.388	3936[K]
プリンター写真用紙	x=0.383, y=0.389	4020[K]

表6: 各媒体の、ある環境下での色座標と色温度

## 4 Paper(紙)モードについて

3項で述べたように、モニターと紙の見え方では、いくつかの大きな違いが見られることがわかった。その他にも、実際にはモニターは自発光体で、印刷物は反射物という根本的な違いもあるが、まずは上項で述べた大きな違いを近づけることで、紙の見え方にモニターが近づくのではないかと考えた。当社では、モニターの多様な各調整値を吟味し、それをPaperモードとして新たにモニター内に一機能として搭載した。この項では、このPaperモードについて概略を述べる。

### 4.1 解像度について

まずは一番目に挙げた解像度であるが、これは液晶パネルの基礎的な性能であり、コストの大幅な増加無くして簡単には上げられない項目である。よって、Paperモードとしては、解像度に関しての機能は具体的には盛り込んでいないが、現在のソフトウェアにはアンチエイリアスと呼ばれる文字の輪郭の見え方を滑らかにするソフトウェアが搭載されている。WindowsではClearTypeと呼ばれる仕組みがそうであり、MacintoshではCoolTypeと呼ばれる仕組みがそうである。できればこれらの機能を使っていただくことで、擬似的に解像度見え方を向上させていただきたい。

## 4.2 明るさ(輝度)について

次は、明るさについてである。当社では、元々モニターの明るさ(輝度)を、紙の明るさに近づける Auto EcoView(自動輝度調整機能)という機能が、多くのモデルに搭載されている。Auto EcoView が動作することで、モニターの明るさが紙に近づくとのことである。なお、2008 年の疲労調査では、この明るさを適切に調整することで、個人差はあるが疲労軽減につなげることができ、作業性も向上したという結果となった。

実際の Paper モードでは、50～70%程度の反射率を持った紙を想定して、Auto EcoView の輝度設定をおこなっている。もちろん、環境光が変化すれば自動的にそれに追従する仕組みとなっている。

## 4.3 コントラスト比について

次はコントラスト比である。Paper モードでは、新聞や再生紙も考慮し、モニターのコントラスト比を実力から比べるとかなり低い値となっている。環境光によるモニター表面の反射がどの程度生じるかにもよるが、今回はおおよそ 30:1 程度を目標としている。ちなみに、コントラスト比は 15:1 を超えるとまぶしく感じる場合があるとも言われており、今後さらに適切な値を検討していく必要がある。

ちなみに、電子ペーパーと呼ばれている表示デバイスは、コントラスト比が液晶モニターに比べると低く、それが見やすさ(つまり紙に近い)にも関連しているのではないかと考えている。

## 4.4 白色(色温度)について

最後は色温度であるが、検証で得られた約 4000K をベースとして、モニターの性能やその他の環境光の色も考慮し、モニターの色温度を標準の 6500K から、4000K～5000K 近辺に下げることによって紙の見え方に近づけた。当初は、この色温度黄色っぽく感じるかもしれないが、これが実際の紙に近く見やすい色であることは、しばらく使い続けていただくと実感できるかと考える。

# 5 まとめ

以上、この文書では文字の記録の歴史から始まり、紙とモニターの違いについて説明、最後は当社の新機能である Paper モードの詳細について解説した。

モニターと紙では、解像度、明るさ、コントラスト比、白色など、実は多くの違いがあることが今回判明した。モニターと紙の両方を使う現代人は、その違いを自分自身が吸収しながら文章を読んでいるようである。もちろん、歴史の取捨選択を得た紙の方が見やすいという優位性は変わらないため、モニターをもう少し紙に近づけられないかというのが今回の Paper モードの発想であった。

モニターなどの電子デバイスで文章を読むという作業は、今後多くなることはあれ少なくなることはなく、現代人は多くの時間をモニターの前で過ごすことになると思われる。目の疲労や作業性の向上も叫ばれる中、見やすく疲労が少なくなるようにモニターも適切に選択していただき、Paper モードもその選択肢の一つとして検討いただければと思う。