

地球温暖化に対応した超省電力の視覚障害学習支援システムの開発

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)

村上佳久

要旨: 地球温暖化に対応するため、いままでにない超省電力で、視覚障害者の学習支援を行うためのシステムを構築し、その性能を検証した。

従来のシステムに比べて、単体の電力消費量では、端末で80%削減、サーバで83%削減という数字を実現した。また、性能低下も見られたが、十分に実用に耐えうるものと判断された。

キーワード: 地球温暖化、超省電力、学習支援システム

1. はじめに

日本政府は2009年9月22日の国連気候変動首脳会合において、「温室効果ガス25%削減」を表明した。したがって、今後、温室効果ガス削減のため省電力のシステムが求められることになる。

そこで本研究は、省エネと視覚障害者の学習支援システムを高度に両立させ、旧電子図書閲覧室(2009年8月6日閉鎖)の『視覚障害学生のための自学自習学習支援システム』の電力消費量の半分以下になるようなシステム構築を目指し、その機能が視覚障害学生の利用に耐えられるかどうかを検証することを目的とした。そして、サーバと端末についてシステムを構築を試みたので報告する。

2. 超省電力 CPU

2006年度にシステムを一新して、筆者がシステム構築した旧電子図書閲覧室(以下旧電図)では、視覚障害学習支援端末に導入されたパソコンに、当時としては高性能のデュアルコアCPUを搭載したパソコンを導入した。このCPUは、Intel Pentium D940であり、3.2GHzのコアを2個搭載し、CPUの熱設計電力(TDP)は130Wにも達したため、パソコン単体で電力消費量は280Wとなった。これに2台のディスプレイ、無停電電源装置、点字ディスプレイなどの周辺機器を追加すると端末システム1台当たり最大約500Wも消費するようになり、サーバも含めてシステム全体で非常に大量の電力を消費するようになった。そのため電力容量の確保できない場所では、このようなシステムは運用できない。

近年、ノートパソコンよりも小型の『ネットブック』が大きな話題となっている。これは、マイクロソフトやインテルなどが推進する、Ultra Mobile PC (UMPC) という分類のパソコンである。

この『ネットブック』には、従来のノートパソコンとは一線を画す、Intel Atomのような超省電力CPU (CULV)

が利用され、従来のノートパソコンよりも長時間利用できるのが1つのウリとなっている。また、Intel Atomよりは消費電力の若干大きく性能も高い超省電力CPUを利用する、従来のノートパソコンと『ネットブック』の中間的な機種、『CULV ノート』も登場した。ここでは、現在入手可能な、様々な省電力CPUについて検証する。

2.1 Intel Atom

Atom プロセッサは、2008年3月に発表されたIntelの超省電力CPUである。約4,700万個のトランジスタからなり、Intelで最小のx86プロセッサである。熱設計電力(TDP)は8W以下と抑制された。動作周波数は、1.6GHzである。

主として、ネットブックと呼ばれる、10インチ以下のノート型パソコンに搭載され、利用されている。

ネットブック用には、N270, N280やZ500~Z540等の製品群が利用されている。これらは組み込み型CPUであり、単独でCPUを交換することは出来ない。超小型デスクトップ用や超小型サーバ向けには、230や330と言った機種も出ているが、ユーザが単独でCPUを購入することは出来ず、マザーボードと一体で購入する。

2.2 Intel Celeron, Core2Duo, Pentium

CULV (Consumer Ultra Low Voltage) の範疇に入る製品。熱設計電力(TDP)は10W以下でAtomよりも大きいのが、機能的にはAtomより高性能で、低電力の威力を発揮できる。モバイル向けで、省電力ノートパソコンなどに利用されている。以下に例を示す。

Celeron 573 (10W), 523 (5W), 743 (10W), 723 (10W)

2.3 VIA Eden and VIA Nano

台湾のVIA Technologiesが、販売する超省電力CPUで単体販売されず組み込み製品として販売される。

ほとんどの製品が、熱設計電力（TDP）が10W以下で、マザーボードとして秋葉原などで入手可能である。

また、Edenの後継であるNanoも登場し、現在『ネットブック』などに搭載されており、秋葉原などでもマザーボードが入手可能である。

3. チップセット

超省電力CPUと共にシステムを構成するのが、グラフィックチップを統合したチップセット（Chipset）である。

このチップセットによってグラフィック性能が決定されるので、注意が必要である。このチップセットも省電力仕様となっている。以下の2つが利用されることが多い。

3.1 Intel 945GC

多くの『ネットブック』に、Intel Atomと共に利用されるIntel 945GCとICH7チップセットを組み合わせたグラフィック統合型チップセットである。Direct X 9.0までしか対応しないためグラフィック機能は非常に低速ではば、三世代前のグラフィック機能である。したがって、Windows Vista以降のOSの利用は非常に厳しい。

3.2 NVIDIA ION

ION（イオン）とは、NVIDIAがIntel Atomなどを採用した『ネットブック』などに利用するグラフィック統合型チップセットのことで、正式名称は、NVIDIA GeForce 9400M G.Direct X 10.0に対応しており、Windows VistaやWindows 7にも対応し、さらに地上デジタル放送対応やBlu-ray Diskの再生も可能である。欠点としてIntel 945GCよりも若干消費電力が大きいことが挙げられる。

4. 視覚障害補償の問題点

視覚障害者に対する学習支援を行うためのシステムを構築するには、一般のオフィスなどに見られるシステム設計とは異なった技術的要件の視点が必要である。[1][2]

- 1) 視覚障害補償の技術的要件
- 2) OSとの相性問題
- 3) アプリケーションソフトウェアとの相性問題
- 4) ハードウェアとの相性問題
- 5) セキュリティ問題

4.1 視覚障害補償の技術的要件

視覚障害を補償する様々なソフトウェアやハードウェアの技術的要件としては、指定されたOSやハードディスクの容量、メモリ使用量などである。さらに、ハードウェア

のキーボードやマウスなどにも技術的な要件を満たす必要がある場合がある。例えば、全盲がキー入力を行うときに、キーボードの全てのキーを利用して入力する方法ではなく、キーボードの6つのキーを利用して、点字タイプライタと同じ方法で入力する方法（六点入力と呼ばれる）を利用する場合には、キーボードが、同時に6つの入力を認識するキーボードでないと対応できない。

4.2 OSとの相性問題

視覚障害を保障するソフトウェアやハードウェアは、利用するOSが指定されているが、場合によっては対象となるOSが利用できない場合もある。その場合、他のOSで代用するが、場合によっては動作せず、特定の機能で利用できない場合もある。例えば、Windows Xp用のソフトウェアをWindows Vistaで動作させた場合やWindows 7のXp互換モードで動作させた場合などである。いずれの場合も様々な問題が生じる事があるので、一概に対応できる策というのではない。

4.3 アプリケーションソフトウェアとの相性問題

視覚障害補償用のハードウェアやソフトウェアと他のアプリケーションソフトウェアとの相性問題は非常に複雑である。パソコン等に予めインストールされているソフトウェアや接続されているハードウェアがあると、視覚障害補償用の対応するソフトウェアやハードウェアには問題はなくとも、システムにエラーを起こし、最悪の場合パソコンが起動できない場合がある。これは、避けがたい相性問題で、インストールの順番などで回避できる場合もあるが、一般には対応できない。この場合には視覚障害補償用のシステムを別途組んだ方が望ましい。

4.4 ハードウェアとの相性問題

ハードウェアとの相性問題は主としてグラフィックや音声を司るサウンド関連で発生する。これらは、事実上対応不能であるからハードウェアを交換するほか仕方がない。交換しても同一のデバイスやチップセットを利用する限りは発生する問題であるから、パソコンを選択する場合にははじめに留意しなければならない事項である。

4.5 セキュリティ問題

セキュリティ問題は、現在のコンピュータでは必須となった事項である。OS単体ではセキュリティに対応できないのが現状であり、OS用のウイルス対策ソフトやメール用のウイルス対策ソフトなどは、必要不可欠である。しかし、

視覚障害補償を行っている場合には、これらの機能が妨げになる場合がある。例えば、画面読み合成音声ソフトウェアはある種のウイルス対策ソフトと相性が悪く、ウイルスと誤認識する。これは、画面読み合成音声ソフトウェアがシステムに常駐して動作することによって引き起こされる一例であるが、この種の現象は多々見受けられる。

5. 視覚障害補償学習支援システム端末

前章での技術的な要件を満たしてかつ、超省電力なシステムを構築するには更なる問題が発生する。

ここでは、省電力システムに伴う問題点について整理する。

5.1 省電力と視覚障害補償

超省電力システムを構築するためには、省電力 CPU やチップセットを決定する前に、視覚障害補償の要点を先に決めておく必要がある。つまり、システムに利用する視覚障害補償ソフトウェアやハードウェアを先に決定しておいてから、その性能に見合った省電力システムを構築しないと視覚障害補償機能が十分に発揮できないからである。

はじめに視覚障害補償ソフトウェアから決定する。

5.2 画面読み合成音声ソフトウェア

現在、視覚障害の利用者の間で最もよく利用されているのは、PC-Talker Xp ver3.0やPC-Talker Vista などである。これらは、Pentax の Voice Text と呼ばれる合成音声エンジンを採用しており、その機能も優れていると市場から評価されている。この合成音声エンジンを採用すると、画面読み合成音声ソフトウェアの使用条件が決定される。

この合成音声エンジンは、英語と日本語の2つの合成音声エンジンを有しているためメモリ使用量やCPUに対する負荷が大きいことが知られている。そこで、はじめにOSを検討する。

Windows Xp は、比較的少ないメモリで動作するため、合成音声エンジンである Voice Text は512MB 程度のメモリでも動作するが、他のアプリケーションソフトウェアとの関連から1GB程度のメモリが必要となる。

同様に Windows Vista では、2GB 以上となる。また、Windows 7でも2GB以上が望ましい。一方、Voice Text は2つの合成音声エンジンがあるため、CPUはデュアルコアCPUでないと動作が苦しい。また、負荷分散を考慮すると Windows Xp よりも複数のCPUコアに対応した Windows Vista や Windows 7の方が望ましいといえる。Windows 7は、OSの対となる Office が未発表なため、ここでは、Windows Vista を選択する。

次にCPUを選択する。超省電力CPUとしては様々なものがあるが、ここでは、最も流通量の多い Intel Atom を選択する。次に機種であるが、デュアルコアが望ましいので Atom 330を選択する。Atom 330は、物理コアが2個で、論理コアである Hyper-Threading も搭載されているため、見かけ上論理コアが4個のような動作をする。このため、負荷の大きな Voice Text のような合成音声エンジンも十分なメモリがあれば、比較的安定に動作する。

最後に必要なメモリを検討すると、Windows Vista は2GB以上であるため、出来るだけメモリを多く搭載した方が有利である。しかし、32bitOSでは、実質的に3.3GB程度しか利用できないため、今回は4GBのメモリを搭載する。

5.3 画面拡大ソフトウェア

画面拡大ソフトウェアは、Ai Squared の Zoom Text Magnifier が事実上の標準であるが、Windows に標準で搭載されている拡大鏡も多くのユーザが利用している。最新のOSである Windows 7では、この拡大鏡の機能が非常に拡張され、ほとんど Zoom Text Magnifier を必要としない程度の機能がある。また、多くのアプリケーションソフトウェアで適切な設定を行えば、高価な画面拡大ソフトウェアは不要かもしれない。特にグラフィック機能に多くの負荷を必要とするため、超省電力システムでは、Atom プロセッサと組むチップセットの問題が発生する。ほとんどの場合、Intel 945GC 程度の機能では、画面拡大ソフトウェアを有効に利用できない。

もしも、Zoom Text Magnifier のような画面拡大ソフトウェアを利用せず、OSに付属した拡大鏡を利用する場合でも Intel 945GC よりも NVIDIA ION を利用する方が画面表示はスムーズである。

5.4 端末の仕様

視覚障害補償ソフトウェアの関連から、CPUに Intel Atom、チップセットに NVIDIA ION を採用したパソコンを端末としてシステムを構築する。メインメモリは4GBで、最後に決定する事項はハードディスクの容量である。

ハードディスクは、OSの関連から20GB以上の容量があれば、インストールは可能であるが、他のアプリケーションソフトウェアとの関係から32GB以上の容量が望ましい。ハードディスクの容量に最も影響するのは、ユーザ管理のためのプロファイル用の一時ファイル収納場所である。これは、比較的大きく、余裕を見ても60GB程度は必要である。もしも、Blu-ray ディスク再生や地上デジタル放送などのマルチメディア機能が必要ないのであれば、

100GB 程度のハードディスク容量で事足りることが判明する。したがって、ここでは、160GB 程度の安価なハードディスクを選択する。

次の問題として、ハードディスクか SSD (Solid State Drive) を利用するかである。SSD はハードディスクのような機械的な可動部分がないため、ディスクアクセスが非常に高速である。Intel Atom のような比較的低速な CPU でも OS を見かけ上高速に動作させることが可能である。しかし、ハードディスクに比べて高価であり、今回のような場合には、対費用効果も重要であるため、採用を見送るが、超省電力 CPU の能力不足を補うならば、SSD は必要不可欠であろうと思われる。

最後に光学ドライブとして、Blu-ray ディスクは高価なため採用を見送り、汎用性の高い DVD マルチドライブを採用する事とする。

以上で、基本的な仕様は決定した。

CPU : Intel Atom 330

Chipset : NVIDIA ION

RAM : 4GB

HDD : 160GB

Optical Disk : DVD +-RW

OS : Windows Vista Business 32bit

6. サーバの仕様

サーバの場合は条件が異なる。まず利用するディスク容量が端末とは異なり大容量が必要である。また、利用するユーザ数とユーザ管理方法、サーバ上に共有するデータ量等によりサーバの仕様が決まる。また、端末の OS に合致したサーバ用の OS が必要となる。今回は端末が Windows Vista であるため、対応するサーバ用 OS は、Windows Server 2008 や Windows Home Server、Windows Small business Server 2008 等となる。

サーバの仕様で重要な問題は、次の 3 つである。

- 1) 端末の台数とユーザ数
- 2) サーバ上でユーザ管理を行うかどうか
- 3) 共有するデータ量の想定

また、サーバの種類による制限は次の通りとなる。

サーバ種類 : ユーザ数

Windows Home Server : 10名以下、ユーザ管理なし

Windows Server 2008 Foundation : 15名以下

Windows Small Business Server : 75名以下

Windows Server 2008 : 制限なし

(ユーザ数ごとにライセンス必要)

ここで、今回のサーバの要件を先に指定する。

- 1) ユーザ管理を行う
- 2) ユーザ数を30名程度
- 3) ユーザ管理用に50GB 程度、データ共有用に250GB 程度のディスク容量
- 4) 安全性確保のため RAID 1 (ミラーリング)

以上から、サーバ OS としては、Windows Server 2008 Standard が最適と思われる。

また、ハードウェアの要件から、端末同様のシステムを考慮すると、次のような仕様となる。

CPU : Intel Atom 330

Chipset : NVIDIA ION または、Intel 945GC

RAM : 4GB

HDD : 320GB + 320GB (RAID 1)

Optical Disk : DVD

OS : Windows Server 2008 Standard 64bit

ハードディスクは RAID 構成のため 2 台以上必要となる。

7. 従来のシステムとの比較

端末 (Photo 1) とサーバ (Photo 2) の写真を示す。



Photo 1 端末



Photo 2 サーバ

電力消費量を比較したものが下記の表である。端末系とサーバ系に分けてあるが、いずれも消費電力がずば抜けて低くなっているのが分かる。また、超消費電力端末とサー

パで、サーバの電力消費量が大きいのは、ハードディスクを4台搭載しているためである。

端末系

今回の端末	超消費電力端末	Intel Atom	30W
旧電図	DELL Optiplex GX620	Pentium D940	280W
新規購入	DELL Vostro 220s	Core2Duo E7500	240W

サーバ系

今回のサーバ	超消費電力サーバ	Intel Atom	45W
旧電図	DELL PowerEdge 1950	Xeon 5140	670W

この電源消費量は、端末では8倍で、サーバでは、17倍にもなる。また、システム全体で考慮して周辺機器も出来るだけ省電力のものを採用、ディスプレイも1台に限定する。無停電電源装置も185W（325VA）の安価な製品で十分となり、端末全体で50W以下の総消費電力となり、さらにコストダウンも図れた。

一見良いことづくめであるが、実際の運用における性能はどうであろうか。はじめにサーバ系の機能を説明し、その比較検証を試みた。

7.1 ファイルサーバ・プリンタサーバ機能

ファイルサーバ機能は、共有ファイルにアクセスしたりするための機能であり、プリンタサーバ機能は、ユーザ端末からのプリントアウト情報をプリンタに送るために、一時的に貯めておくための機能である。基本的にはインターフェイスとネットワークの速度に依存する事が多いため、HDD用のインターフェイスの規格と機能でファイルサーバやプリンタサーバの性能がほぼ決定される。実際の速度は、普及型のサーバ専用の機器とほとんど変わら無いことを確認し、問題ないことが示された。

7.2 ユーザ管理機能

ここで言うユーザ管理機能とは、どの端末で使用したとしても、自分のパソコン利用環境を実現するためのディレクトリ・サービス機能 [3] のことを指す。この機能があれば、全盲であろうと強度弱視であろうと、どの端末に座っても自分の利用環境が直ちに再現して利用できるというものである。例えば、全盲では画面読み合成音声ソフトや全盲専用の点字エディタなどである。また、強度弱視においては、画面拡大ソフト等が利用できるなどである。つまり自分個人の様々なパソコン利用環境が、どの端末でも利用できることを指す。

この機能は、2種類あって、マイクロソフトのOSに搭載されているディレクトリ・サービス機能（Active Directory）では、OSやWordやExcelなどのマイクロソフト製品については対応できるが、他社のソフトウェアの場合、対応できない事が多い。特に視覚障害者が利用するフリー・ソフトの多くは対応しない。これに対応するためには、NovellのeDirectryを利用して全てのソフトウェアをディレクトリ・サービスに対応させる必要があり、高度な知識と非常な時間を要する。この対応を、フル・ディレクトリ・サービス機能という。旧電図では、視覚障害者に対するサービスを充実させるため、このフル・ディレクトリ・サービス機能で対応していた。[4]しかし、このフル・ディレクトリ・サービスには3台のサーバが必要となり、技術的にも高度な知識が要求されるため、一般的ではない。

今回は、マイクロソフトのディレクトリ・サービス機能のみを利用してユーザ管理を行う。このディレクトリ・サービス機能は、ユーザ管理の情報をサーバ上のデータベースで保存する。そのため、管理用データベースを高速で動作させる必要があり、アプリケーションサーバとしての機能を要求される。

実際の速度を検証すると、CPUの性能を直接比較する結果となり、サーバ専用機に比べてIntel Atomを利用した超省電力サーバでは、CPUの性能が一般のCPUに比べて低い分、かなりの時間がかかることが判明した。特に、検索やデータベースエンジンなどのCPUに非常に負荷をかけるプロセスでは、仕方のない事象である。今回の同時に5人以上のユーザが端末でサーバに「ログイン」しようとすると、その処理に非常に時間がかかり、場合によっては処理不能となることがあった。同時に「ログイン」できるのは、2人までが限界で、多人数で利用する場合には、時間差で「ログイン」する必要がある。

7.3 実際の運用

「ログイン」時には、CPUの能力の問題から同時利用を注意する必要があるが、それ以外では、サーバの機能には問題がないことが判明した。したがって、授業などで、同時に多人数が「ログイン」さえしなければ、超省電力の恩恵が得られることが判明した。

7.4 端末での比較

端末での比較は、上記表の3つの機種で比較した。

今回の端末	Atom + ION
旧電子図書閲覧室	Pentium D940
2009.11.20購入	Core2Duo E7500

OSをWindows Vista Business 32bitとし、実際の使用条件に近いように、画面読み合成音声ソフトウェアVDMW500(PC-Talker Vista)とウィルス対策ソフトAVG9.0を導入した。

このような環境下で、メモ帳やWord2007での文字入力を行い実際の反応を確かめた。

1分間に50~100文字程度の比較的遅い入力速度では、三者共に同様の反応を示すが、1分間に150文字以上になると超省電力端末は画面読み合成音声の速度が文字入力に遅れるようになる。さらに1分間に200文字以上の入力になると画面読み合成音声の反応が明らかに遅れるようになる。また、1分間に300文字以上の高速な入力を行うのであれば、合成音声はほとんど反応しなくなる。この状態でも他の機種は、合成音声が遅れることは、ほとんど無い。また、CPUの性能が直接反映される多数のプロセス処理(例えば、インターネットとワープロと表計算と点字編集などを同時に動作させる)を行うなら、端末そのものの反応も極めて遅くなり、それに画面読み合成音声ソフトウェアが十分に動作しない場合もあるので、注意が必要である。さらに、CPUに対して最も負荷をかけるデータベースや検索処理などではCPUの能力不足を露呈する結果となった。これは、サーバの検証の時に既に判明していた事項である。

このCPUの能力不足を補うためにHDDをSSDに交換すると、反応速度の遅延が劇的に緩和された。多数のプロセス処理の場合は若干の遅延も認められるが、ほとんどの処理に関して動作の高速化が実感できる状況であった。理由は、HDDに比べてSSDのアクセス速度が5~10倍程度高速なためである。しかし、SSDはHDDに比べて価格が5~10倍程度高価であるため、このような安価な端末システムでは採用できない。

また、負荷の重いプログラムは、画面読み合成音声ソフトとウィルス対策ソフトである。特にウィルス対策ソフトのAVG Anti Virus 9.0は、常駐部分も比較的重く、ウィルススキャンの最中は超省電力CPUにとって非常に大きな負荷となり、他のプログラムに対してかなりの遅延を発生させる原因となる。しかし、現在のインターネット環境では、ウィルス対策ソフトなしに利用することは極めて危険である。したがって、ウィルス対策ソフトも通常はウィルススキャンを行わないような設定を行う必要がある。

以前に、Intel Atomと945CGチップセットを利用したシステムが実用に耐えないと報告したが[5]、チップセットがIONである本システムでは、グラフィック速度は十分であり、CPUの能力が全体の性能に反映する。したがって、高速なキー入力を行わないとか多数のソフトを起動し

ない、データベースエンジンや検索はあまり行わない等の条件であれば、この超省電力システムは、視覚障害者向けの端末として利用できる可能性を示したと考えられる。

8. おわりに

超省電力CPUを利用した、視覚障害者向けの学習支援システムについてその性能を検証した。CPUの性能から非常に高速なキー入力には耐えることが出来ないが、実際の使用上の操作範囲では、問題は少ないと思われる。特に、十分なメモリ(4GB)が搭載されていれば、チップセット(ION)の優秀さと相まって、低速なCPUを補って動作することが可能である。

2009年9月の政権交代後に地球温暖化対策のため二酸化炭素を25%削減するという総理大臣の発言を真剣に受け止めるならば、今回のように、画面読み合成音声ソフトウェアなどが必要ない事務組織や聴覚障害を有する産業科学部などで、超省電力システムを情報システムとして利用すると大幅な電力消費量削減が期待できる。

本当に必要な部分に必要な機器を導入し、あまり性能を要求しない部分には、中古品や再生品を利用しようという試みが全国でも広がっている。例えば、大阪府箕面市では、中古のパソコンを小中学校の教職員用の端末として活用しているが[6]、そのシステム維持にボランティアを募集するという秀逸なアイデアを実行しており、すばらしいことと思われる。本学でも箕面市のような取り組みがなされ、「MOTTAINAI」精神[7]が大学全体に広がって、地球温暖化に少しでも貢献できるような省電力に勤めることを切に願っている。

参考文献

- [1] 村上佳久, 新しいOSに対する視覚障害補償, 筑波技術短期大学テクノレポート, Vol.9 (1), p7-11, 2002
- [2] 村上佳久, 新しいOSに対する視覚障害補償 その2, 筑波技術大学テクノレポート, Vol.15, p43-47, 2008
- [3] 村上佳久, ディレクトリ・サービス, 筑波技術短期大学テクノレポート, Vol.7, p95-100, 2000
- [4] 村上佳久, 学習支援システムにおけるコストダウンの試み, 筑波技術大学テクノレポート, Vol.14, p269-274, 2007
- [5] 村上佳久, 次世代のCPUとOSに対する視覚障害補償, 筑波技術大学テクノレポート, Vol.16, p140-148, 2009
- [6] 箕面市役所 Edubuntu 日記, http://blog.goo.ne.jp/minoh_edubuntu/
- [7] ワンガリマータイ (Wangari Maathai 著, 福岡伸一訳), 「モッタイナイで地球は緑になる」, 木楽舎, 2005

Development of a substantial-power-saving learning support system for the visually impaired

MURAKAMI Yoshihisa

Research and Support Center on Higher Education for the Hearing and Visually Impaired
General Education Practice Section for the Visually Impaired

Abstract: In order to reduce global warming, many energy-saving systems have been introduced in Japan in recent years. In this study, we developed a power-saving learning support system for visually impaired and measured its performance. In comparison with the conventional system, the developed system achieves an energy saving of about 80%. Although there was a decrease in the system performance, it was confirmed that this would not have any effect on its actual use.

Key words: Global warming, Substantial-power-saving, Learning support system