

## 地球温暖化に対応した超省電力の学習支援システムの開発 その2

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：**地球温暖化や省エネルギーに対応するため、学校現場における省電力の学習支援システムを構築し、その性能を検証した。導入されたシステムにおいて、従来のシステムに比べて、60%の電力消費量削減が可能となった。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, 省資源, 学習支援システム

### 1. はじめに

デフレが続く社会において、日本政府の巨額な財政赤字は、学校現場などにも予算削減を求めており、地球温暖化の影響による「温室効果ガス 25%削減」のみならず、省エネルギーとコスト削減が大きな課題となっている。学校現場における学習支援の情報機器類は台数も多く、大きな電力消費量をもたらすため、このシステムの省電力化は急務となっている。また、情報機器の導入や維持管理にかかる費用も膨大で、自治体にとって大きな負担となっている。

そこで本研究では、更なる省エネルギー化を目指して、学校全体での省電力化に対して、システム全体として何が必要かを提案し、学校現場での省電力化の効果を検証することを目的とした。そして、システム化についていくつかの例を示し実証実験を行うと共にシステム構築を試みたので報告する。

### 2. 学校現場での省エネルギー

学校現場における、エネルギー消費量は膨大である。空調なども含めた光熱費や電気代、水道使用量などは一般家庭と桁違いの大きさとなっている。

学習支援システムとして学校に導入された、パソコンなどの情報機器や教職員が校務の近代化のために利用する情報機器など、コンピュータ関連の予算も大きくなり、また、導入に伴う電気代やパソコン利用教室の空調などの光熱費、情報機器の維持管理費用など様々な費用が掛かる。

しかし、日本政府の巨大な財政赤字による文教予算の削減と地方自治体の財政赤字のダブルパンチによる予算削減は、学校現場にも深刻な影響を与えており、管理職の多くが、予算削減に頭を痛めているのが昨今の現状である。

この情報機器の省電力化を目指すには次の2つの項目が重要となる。すなわち、

1) 情報機器の電力使用量低減

2) 発熱量低下による空調光熱費の低減

1) の効果が大きいほど、2) にも影響を与え、学校全体として大幅なコスト削減が可能となる。

前回の報告では [1]、端末とサーバについて検証を行ったが、今回の報告では実際の学校現場への導入を踏まえ、その性能についても詳しく精査する必要がある。情報教育が必要とする情報機器の能力と省エネルギーを両立させるには、実際面での検証が欠かせないものである。

また、情報機器単体での省電力化と、情報システム全体での省電力化の両面で検証を行う必要があり、例えば情報機器単体での省電力化が優れないものであっても、システム全体で省電力化になれば、TOC (Total Cost Ownership:総所有コスト) が低減され、大きな省エネルギーとなる。

### 3. 情報機器の省電力化

情報機器の省電力化を行う際に最も重要なのが、発熱量が大きく、電力消費量に大きな割合を占めるCPUとグラフィックチップ (GPU) の選択である。この2つの選択によって、情報機器の省電力化と性能が8割程度決定されるので注意が必要となる。

#### 3.1 超省電力 CPU

超省電力 CPU は、ノートパソコンよりも小型な「ネットブック」や家庭用の「静音パソコン」などに多く利用されている。Intel 社の Atom や VIA 社の Nano などがあげられる。主として利用されるのは、Intel 社の Atom プロセッサであり、最新のものの CPU の消費電力は、グラフィックチップ (GPU) を含んで総じて 15W 以下であり、驚異的な省電力となっている。これらの特性を生かして、安価な NAS

(Network Attached Storage: ネットワーク接続のストレージ)などに活用されている。

しかし、超省電力 CPU は、一般のビジネス向けのデスクトップ機器の CPU に比べて、CPU 単体の能力の点で劣るため、グラフィックチップ (GPU) やチップセットなども含めて検証しないと、その性能について評価を誤りやすいので注意が必要である。特にグラフィックチップ (GPU) は、ソフトウェアの動作環境に大きな影響を与えるため留意する必要がある。

### 3.2 省電力 CPU

省電力 CPU とは、前述の Atom プロセッサよりもやや高性能な CPU で、CULV (Consumer Ultra-Low Voltage) プロセッサとも呼ばれる。これは、通常利用される CPU のアーキテクチャを元に超省電力用に設計したもので、CPU の電力消費量は、おおよそ 30W 前後となる。

主としてノートパソコンなどに導入されており、グラフィックチップ (GPU) やチップセットも含めて、省電力のものが幅広く流通している。

### 3.3 サーバ用省電力 CPU

一方、サーバ用などは、マルチプロセッサ化が進み、1 CPU 当たり4コア以上で構成された機器が当然ようになってきたため、消費電力は大きくなってきているが、消費電力の少ないタイプも発表されるようになり、パフォーマンスと省電力技術を両立させるようになってきた。例えば、サーバ用の CPU である Intel 社の Xeon プロセッサには、L シリーズがあり低電力仕様となっている。しかし、サーバ用に設計されているため、ターボブースト機能 (TB) によって、一時的にクロック周波数を上昇させることにより、瞬間的にパフォーマンスを向上させることが可能となっており、省電力と高機能を両立させている。常時、フルパワーで動作させることがないならば、このようなサーバ用省電力 CPU は、極めて魅力的な CPU である。

### 3.4 グラフィックチップ (GPU)

グラフィックチップ (GPU) についても省電力 GPU が多く出回るようになってきた。これには、近年の OS が非常に重たい GUI (グラフィック・ユーザ・インターフェイス) を有しているため、OS に対応した GPU の高性能化が急務であった。そこで、ノートパソコンのような電力消費量の小さなパソコンについても対応が迫られることとなり、GPU の省電力化も急速に行われるようになってきた。

上記の超省電力 CPU や省電力 CPU に対応した、超省電力 GPU や省電力 GPU が、nVIDIA 社や AMD 社などから出荷されている。超省電力 CPU の Intel Atom

プロセッサは、GPU を内蔵するが、パフォーマンスが極めて低いため、サーバ用途などにしか対応できない。この GPU 内蔵の Atom プロセッサに対応する超省電力 GPU としては ION2 があるが、この ION2 では、高性能なグラフィック能力が求められるときだけ働き、その他の場合は、Atom 内蔵の GPU が動作するという、ハイブリッドタイプも登場している。

一般的には、グラフィック性能が高くなると電力消費量が大きくなるため、デスクトップパソコンに比べてノートパソコンの GPU 能力は劣る。そこで、ノートパソコン用の省電力 CPU と省電力 GPU の組み合わせでは、そのノートパソコンの求められる性能に対して最適化された組み合わせが各社から販売されており、ノートパソコンの価格と性能の幅が非常に多彩なものとなってきている。

これらの省電力技術によりデスクトップパソコンでもノートパソコンかネットブック並みの電力消費量に押さえることが技術的に可能となってきた。しかし、実際に利用する場合の検証が必要である。

前回の報告では、視覚障害者の利用を考慮して、視覚障害補償用のソフトウェアが安定に動作する環境を重要視した。今回もこの条件を踏襲するが、前回問題となったサーバは [1]、実際の導入を考慮して性能を重要視した。

## 4. システムの性能の検証

今回の検証では、超省電力 CPU である Atom を利用したシステムと省電力 CPU である CULV を利用したシステムを比較した。

### 4.1 CULV の性能

省電力 CPU である CULV の CPU の比較を実際の機器で検証を行ってみた。ベアボーンと呼ばれる、CPU とメモリとハードディスク (HDD) を組み込むとパソコンとして利用できる。Core 2 シリーズと Core i シリーズについて、Table 1 に 35W 前後の CPU を示す。

	Model	CPU	GPU	消費電力	CPU価格
1	XC Mini MP-57D	Core i7-720QM	CPU 内蔵	45W	35000
2	XC Mini MP-57D	Core i5-520M	CPU 内蔵	35W	25000
3	XC Mini MP-57D	Core i3-330M	CPU 内蔵	35W	14000
4	XC Mini GP7A-HD	Core 2 Duo P8700	ION	25W	23000
5	XC Mini GP7A-HD	Pentium Dual T3400	ION	30W	8000
6	XC Mini GP7A-HD	Celeron 560	ION	30W	4000

Table 1. CULV 対応の CPU の比較

実際の動作は、OS が Windows Vista、メモリ 2GB、HDD 160GB で性能の比較を行った。実際の性能と価格

を比較すると消費電力は、ほぼ同一なので性能と価格は比例する。

#### 4.2 超省電力 CPU と省電力 CPU の比較

超省電力 CPU である Atom CPU と省電力 CPU である CULV との性能の比較を行った (Table 2)。面読み合成音声ソフトウェアのキー入力スピードに対する反応で性能を精査する。

・ハードウェア

OS : Windows Vista Business 32bit

RAM : 4GB, HDD : 160GB

・ソフトウェア

VDMW500 (PC-Talker Vista), AVG 9.1

最も価格の安い CULV 対応の CPU でも Atom よりも高速であり、デスクトップ用 CPU と遜色がなく、安価な CPU 製品でも十分な性能や機能があることが確認できた。

	Model	CPU	GPU	消費電力	CPU価格
1	Dell Optiplex GX620	PentiumD 940	Intel 945	140W	45000
2	Dell Vostro 220s	Core2Duo E7500	Intel G45	65W	20000
3	XC Mini GP7A-HD	Pentium Dual T3400	ION	30W	8000
4	秋葉原自作	Atom 330	ION	8W	10000

Table 2. CPU と消費電力の比較

#### 4.3 省電力型 Xeon サーバ用システム

前回のテスト [1] から、ユーザ管理を行うディレクトリ・サービス用のサーバについては、Atom のような超省電力 CPU ではその性能に十分でないことが確認されたが、ここでは、サーバ用の CPU である、Intel Xeon L3400 シリーズを検証し、Atom との比較を行った (Table 3)。

	Model	Core/Thread	動作周波数	TB	消費電力
1	Xeon L3406	2/4	2.26GHz	2.53GHz	30W
2	Xeon L3426	4/8	1.86GHz	3.20GHz	45W
3	Xeon L5640	6/12	2.26GHz	2.66GHz	60W

Table 3. 省電力対応の Xeon CPU の比較

消費電力は大きくなるが、ディレクトリ・サービス用やデータベース用のサーバに利用しても可能かどうかを検証を行った。

実際の運用を考慮すると、授業が始まる時に、児童・生徒が一斉に電源を入れ、ログイン作業を行う。この時、サーバに十分な能力がないとログイン作業を処理できない。また、データベースなどを運用するときも、データベースエンジンが非常に重いプログラムのため、サーバの CPU には多大な負荷が掛かる。そこで、このデータベースエンジン

を動かす能力も検証する必要がある。しかし、学校現場において、データベースエンジンをフル回転させることは、まずないと言ってよく、400 名以上の成績処理や統計処理などはほとんど行われたいと言ってよい。そこで、同時ログイン機能のみをチェックすることとした。

実験条件は、Windows Vista や Xp、Windows 7 などの 10 台の端末から、一斉にログイン作業を同時に行った。

結果は、Xeon L3426 では、10 台が同時にログインしても対応可能であった。Xeon L3406 では、8 台が同時にログインしても対応可能であった。Atom が 2 台程度であったことを考慮すると、サーバ用に設計された CPU の性能は消費電力に比例している。

サーバ用の OS は、基本的に 64bit なので、メモリは多数搭載している方が有利である。そこで、サーバ用の仕様は、最終的に次のように設定された。

OS : Windows Server 2008 R2

RAM : 8GB, HDD : 500GB RAID5

なお、ファイルサーバやプリンタサーバはサーバ用 CPU でなくとも、Atom で十分な機能が果たせることから検証を行わなかった。

### 5. 実際のシステムの構築

前章で検討されたシステムを実際の学校現場に導入してその性能を検証した。

#### 5.1 Atom 端末の例

A 市では、小・中学校 11 校を有しているが、そのうち 2 校で機器更新を迎えた。そこで、『出来るだけ省エネルギーで、価格も安く』と言う要望があったため、基本的な学校での運用状況を調査した。(2校の平均、1校あたり)

児童数 : 240 名 (1~6年生)

端末数 : 20 台

利用時間 : 3時間 (1日当たり)、12 時間 (週当たり)

利用ソフト : ワープロ・お絵かき・インターネット

プレゼンテーション

その他 : 大型ディスプレイ (50 インチ 2 台)、

B0 対応大型プリンタ 1 台、プリンタ 1 台

ここで、プリンタは十分に利用できると判断して更新しなかった。基本的な利用方法として、一般的にコンピュータに対して負荷が大きいビデオ編集など不要であったので、Atom + ION の組み合わせで端末を提案した。

OS : Windows Vista Sp2

RAM : 4GB, HDD : 160GB

CPU : ATOM 330, GPU : nVidia ION

DVD+-RW, 21inch Display

また、先生方の研修の一環として、部材で購入して、組み立てを先生方に行うこととした。このため、一般の市販品よりも若干安く購入可能となった。日曜日に組み立て作業を行うこととしたが、学校長とPTAの判断から、児童と保護者も交えての組み立て作業を行い、学校行事として実施された。最終的に全ての動作を確認し、OSをインストールした。Windows 7にして欲しいという要望もかなり多かったが、OSはライセンスで購入したため、Windows VistaとWindows 7の交換が自由である。しかし、安定性はWindows Vistaの方が優れているので、Windows Vistaを採用した。端末は前回の発表したものと同じである。[1]

利用ソフトウェア

OS : Windows Vista

Office : Justsystem ジャストスマイル4

ディスプレイを含めた消費電力は、48Wであり、電源投入時に瞬間的に70Wまで上昇する。20台の端末総量では、960Wで電源投入時に1400Wまで必要となるが、電源コンセントは、100V、15Aの1回路で十分である。

一方、サーバの構成は次のようなものである。

OS : Windows Home Server

RAM : 2GB, HDD:1TB

CPU : Pentium E5200 (2.5GHz)

これは、Windows Home ServerのSOHO用業務向けと位置づけるHP製の機種とした。

Windows Home Serverは、ユーザが10人までなので、HUBで端末を10台ずつに分け、端末10台に対してサーバ1台を割り振った。CPUの性能は、Atomとは異なり、CULVのPentium E5200でデュアルコアであるため処理能力も高い。しかし、サーバ1台あたりの消費電力は65Wとなり、2台で130Wである。但し、起動時には瞬間的に1台あたり120Wまで上昇するため、余裕をみて2台で250Wと設計した。

小学校において、ディレクトリ・サービスのような個人別のユーザ管理方法を導入するのは、学校の先生方の能力からきわめて厳しいものがあるので、一般的な利用設定に固定して利用させることとした。データを保存しておく場所としては、容量も大きいので、十分と思われる。

最終的にシステムとして、プリンタや大型プリンタ、大型ディスプレイを含めて別に100V、15Aの1回路、サーバ用に1回路の合計3回路で運用可能となった。なお、HUBなどは超小型のものを利用しているためほとんど消費電力は考慮しなくても問題ない。最終的に学校の職員室や事務室などで利用されているシステムよりも遙かに省エネルギーに徹底したのとなり、パソコンからの発熱も少なくなり、空調代も節約できた。

なお、今回の例では、メーカ品ではないため機器の保証面で不安があるので、1台余分に購入して対応することとした。このようなシステムを組めたのは、教育委員会と学校長とPTAの協力のたまものである。このA市では、「学校サポーター」制度を導入しており、情報機器などの整備や保守に登録された地域の「学校サポーター」が対応するという仕組みが非常に有効に機能している。前述のパソコン機器の組み立てもこのような「学校サポーター」の協力を得て実現したものである。したがって、機器に不調がみられた段階で、「学校サポーター」が対応するため、教員の負担は非常に少なくなっている。

## 5.2 CULV 端末の例

B市では、14校の小・中学校があり、中学校は5校である。この内3校で、パソコンを機器更新することとなった。B市では、太陽光発電装置や風力発電装置が学校に設置されており、省エネルギーに熱心である。そこで、学校現場の省エネルギーを推進したいということであった。

中学校では、教科:「技術・家庭」において情報教育が展開されるが、それ以外にも、教員が様々な場面でパソコンを利用することを求めている。

現状を調査したところ、次のようなものであった。

(3校の平均、1校あたり)

生徒数 : 360名 (1~3年生)

端末数 : 40台

利用時間 : 4時間 (1日当たり)、16時間 (週当たり)

利用ソフト : ワープロ・表計算・インターネット

メール・プレゼンテーション

その他 : 液晶プロジェクタ+100インチスクリーン、

B0対応大型プリンタ1台、プリンタ2台

ここで、大型プリンタは十分に利用できると判断して更新しなかったが、プリンタは高速インクジェットプリンタとした。基本的な利用方法として、コンピュータリテラシーや一般的なビジネスソフトの利用、また、コンピュータに対して負荷が大きいビデオ編集なども行うとのことであったので、Atom + IONの組み合わせを断念して、CULV端末で提案した。

OS : Windows Vista Sp2

RAM : 4GB, HDD:320GB

Pentium T3400, nVidia ION

DVD+-RW, 21inch Display

CULV端末では、CPUの性能は価格に比例するため、必要最低限の機能を実現するためのCPUの性能とした。OSはWindows 7を希望されたが、ビデオ編集ソフトの問題からWindows Vistaとした。端末写真をPhoto 1に示す。



Photo 1. CULV 端末の例

利用されるソフトウェアは、次の通りである。

利用ソフトウェア

OS : Windows Vista

Office : Microsoft Office 2007

Video 編集 : PowerDirector EXPERT 2

ディスプレイを含めた消費電力は、65W であり、電源投入時に瞬間的に 85W まで上昇する。40 台の端末総量では、2600W で、電源投入時に 3400W まで必要となるが、電源コンセントは、100V, 15A の 2 回路で間に合わせる事が出来た。これは Atom に比べて約 1.5 倍となった。

サーバは、ユーザ管理を行いたいが、教員の現状から無理とのことだったので、Windows Home Server を 4 台導入し、専用のサーバ導入は廃した。ここでも前述のサーバを導入したが、今回の例ではビデオ編集が多くなるために、ハードディスク容量を多くした。

OS : Windows Home Server

RAM : 2GB, HDD : 2TB

CPU : Pentium E5200 (2.5GHz)

サーバ 1 台あたりの消費電力は 70W であり、4 台で 280W となる。但し、起動時には 4 台で瞬間的に 500W まで上昇する。本来、サーバには UPS と呼ばれる無停電電源装置を導入すべきであるが、簡易型のサーバを利用してそのため今回は導入しなかった。

### 5.3 サーバの比較

今回の実践導入では、専用サーバを導入することを前提としていたが、学校側の事情により、端末の設定を同一とし、ユーザ管理の行わない簡易型サーバを導入したため、サーバの比較検証が出来ない。そこで、今回設計した省電力 Xeon サーバを導入して利用した場合の実験を行った。

Model	CPU	Core/Thread	GHz	CPU W
Supermicro X7SPA-H	Atom D510	2/4	1.66GHz	13W
HP StorageWorks X510 Data Vault	Pentium E5200	2/2	2.50GHz	65W
Intel DG57JH	Xeon L3426	4/8	1.86GHz	45W

Table 4. 省電力対応の Server の比較

簡易型サーバの CPU である、Pentium E5200 は、CPU 消費電力は大きいですが、安価でコスト重視の機器によく利用される CPU である。Windows Server 2008 R2 をインストールして比較すると、性能に関しては、Pentium E5200 は、同時ログインが 9 ~ 10 台をカバーできる。基本的には搭載メモリが十分にあれば、同時ログインは 10 台をカバーできる。消費電力に関しては、GPU が各サーバで異なるため比較は出来ないため、省略する。簡易型サーバは必要最小限の GPU を搭載しているため、システムとして消費電力は少なくなっている (Table 4)。

### 5.4 視覚障害者向けシステム

盲学校や視力障害センターなどの視覚障害者を対象とした教育・福祉機関でも省エネルギー化は求められており、前回のシステムにいくつかの注目が寄せられた。特に要望が強かったのは、Windows 7 での対応であり、Windows Xp や Windows Vista との比較も注目された。[2][3]

そこで、超省電力端末で Windows 7 のシステム検証を行うこととした。

OS : Windows 7 Business 32bit/64bit

Office : Office 2010 32bit/64bit

CPU : Atom330, nVidia ION

RAM : 4GB, HDD : 160GB

合成音声ソフトウェア : VDMW700

ハードディスクを交換し、OS, Office 32bit, OS, Office 64bit, OS 64bit, Office 32bit の 3 つの例で検証を行った。

結論から言えば、OS の 64bit は高性能であるが、合成音声ソフトウェアが 32bit である限り OS は 32bit の方が安定で高速である。

実際に動作させると、OS が 64bit の場合、合成音声ソフトウェアが 32bit であるため、動作に 10ms ~ 50ms の遅延が発生する。そのため、OS が 32bit の場合に比べて、少し詰まったような印象を受ける。

念のために、CPU を Core i5 750 のような高速のシステムで検証しても、若干の遅延が発生したため、この現象は、64bit で動作する OS で 32bit のアプリケーションを動作させるための遅延と推察される。したがって、64bit 版の合成音声ソフトウェアが登場しない限りこの現象は解消されない。

一方、OS と Office の関係では、OS が 64bit の場合、Office が 32bit でも 64bit でも動作に余り関係はない。また、OS が 32bit の場合、最大利用メモリが 3.4GB 程度なので、1 つのアプリケーションが利用できるメモリも制限があるため、Word 2010 や PowerPoint 2010 などで大きなファイルが編集できない場合がある。

したがって、現時点では、64bit 版の Windows 7 を利

用するよりも、画面読み合成音声ソフトウェアの 64bit 対応版が出荷されるまでは、32bit 版の Windows 7 を利用する方がよいと思われる。

一方よく質問される、Windows Vista と Windows 7 の比較では、Windows Vista の方に軍配を上げざるを得ない。Windows 7 は、Windows 2000 互換のクラシックモードが廃止され、全盲などの重度視覚障害者の場合にはスタート・メニューなどの操作が行いにくい欠点がある。現在ではパソコンの画面表示機能を司る GPU が高性能化しているため、Windows Vista のように負荷の大きな OS でも問題なく動作するため、現時点では Windows Vista の方が、視覚障害者が利用しやすいと思われる。[4][5]

## 6. 導入後の結果

導入されたシステムは、その後、安定的に稼働している。導入前後で電源消費量の比較を示す。

### 5.1 の例：

導入前：常時使用電力 4500W、最大使用電力 6000W  
導入後：常時使用電力 1800W、最大使用電力 2600W  
常時使用電力：60%削減、最大使用電力 57%削減

### 5.2 の例：

導入前：常時使用電力 9400W、最大使用電力 12500W  
導入後：常時使用電力 3800W、最大使用電力 4900W  
常時使用電力：60%削減、最大使用電力 61%削減

常時利用で 60% の電力消費量の削減を達成し、一応の成果を収めたと思われる。また、両システムとも、ハードウェアやソフトウェアを含めて性能的に不満はなく安定的に動作している。注意しなければならないのは、プリンタや大型プリンタ、大型ディスプレイなどは、そのまま利用しているので、電力消費量の削減に貢献していない。また、両システムとも、ユーザ管理を行うようになったとしても、サーバを省電力 Xeon サーバに交換しても電力消費量は増加しないので問題はない。その意味で、省エネルギー効果は端末の選択に依存していることがわかる。

## 7. メーカーの対応

このような省電力システムを大手メーカーが検討していないとは思えないので、いくつかのメーカーについて、展示会などを通じて情報収集をおこなった。注意として、これらはメーカーの正式回答ではないことを予め明言しておく。

多くのメーカーで、省電力システムは力を入れているが、学校向けやビジネス向けの機器では、最優先させるのが価格である。したがって、価格が優先される市場では、たとえ消費電力が大きくとも安価な部品で構成された機器を出荷するのがメーカーの常である。したがって、一般にビジ

ネス向けでは、ディスプレイも含めた最大構成時の消費電力として、250 ～ 350W 程度のものが最もコストが安く、システムが販売の中心である。また、省エネルギー化のシステムも推進しているがコスト面でビジネス的に成功していない。しかしこれらは、サーバの構成によって大きく左右される。サーバが仮想化技術などで高性能化され、端末が非常に小さなものでよい場合は、サーバと端末の総合で消費電力を削減することが可能となる。しかし、サーバも端末も規模に合わせた機種とするとシステム全体の総合的な消費電力は大きくなり、特にコスト面を重要視すると、消費電力は省エネルギータイプを導入できないジレンマが存在するようである。

このような現実を考えると、「産業界エコポイント」のような、学校現場に導入されるパソコン機器類が、省エネルギーを達成した場合には、エコポイントが発生するような「家電エコポイント」のような仕組みは考えられないものであろうか。

今回のシステムでは、あくまでも、組み立てなどの役務を学校現場側で行ったため、何とか予算削減にも貢献できたが、一般的には対応できない話であり、メーカー側も省エネルギー機器を積極的に導入してコストダウンを図るシステム化と検証を進めて頂きたいものである。

## 8. おわりに

超省電力 CPU の Atom 端末や省電力 CPU の CULV 端末を利用した学習支援システムについて、その性能を検証し実際に学校現場に導入して、省エネルギーの成果を検証した。特に学習に影響のない範囲で、コンピュータの性能を押さえ、省エネルギーに徹したシステムは、学校現場に導入された実用のシステムとして、60% 程度の電力消費量の削減を達成し、その効果が確かめられた。

今後の問題としては、省電力 CPU の CULV 端末の価格が、一般のビジネス向け機器に比べてやや高価であることがあげられる。これは、量産効果によりビジネス向けの端末の方が、価格が安いために起こる現象である。しかし、昨今の省エネルギーの取り組みにより、CULV 端末も注目され、結果として量産効果により安価になるものと期待される。実際にノートパソコンにおいて CULV 端末の占める割合は年々大きくなってきている。

今後は、このような省エネルギーの取り組みだけでなく、IT の 3R (Reduce リデュース：減らす、Reuse リユース：再使用、Recycle リサイクル：再資源化) についても注目される必要があると思われる。

#### 参考文献

- [1] 村上佳久：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, 筑波技術大学テクレポート Vol.17 (2) : 72-78, 2010.
- [2] 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レポート Vol.9 (1) : 7-11, 2002.
- [3] 村上佳久：新しい OS に対する視覚障害補償 その 2, 筑波技術大学テクレポート Vol.15 : 43-47, 2008.
- [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, 筑波技術大学テクレポート Vol.14 : 269-274, 2007.
- [5] 村上佳久：次世代の CPU と OS に対する視覚障害補償, 筑波技術大学テクレポート Vol.16 : 140-148, 2009.

## Development of a substantial-power-saving learning support system for the visually impaired part 2.

MURAKAMI Yoshihisa

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

Abstract: In this study, we developed an energy-efficient learning support system for students and measured its performance. In comparison, to the conventional system, the developed system achieves an energy saving of approximately 60%. Although there was a decrease in the system performance, it was confirmed that this decrease would not have any effect on the actual use of the system.

Keywords: Global warming, Substantial-power-saving, Learning support system