

## ユビキタススクール実現への取り組み

## A Research and Development of a Ubiquitous School environment

尾川 正美† 廣田 多加治† 松澤 照男‡  
Masami Ogawa Takaji Hirota Teruo Matsuzawa

## 1. はじめに

ユビキタスコンピューティングの学びの場への適用例として、初等教育の場で RFID を用いて生徒の安全と校務の効率化を目指した事例<sup>1)</sup>、高等教育に PDA を活用した取り組み<sup>2)3)</sup>があるが、中等教育での適用例は無い。

我々は中等教育のユビキタススクール環境は、生徒が学びに集中できる安全・快適な生活を支援する生活支援サービスと、効率的な学園運営を通じて生徒の学習活動を支援する学習支援サービスとで構成すべきと考えた。

生活支援サービスとして、危機管理機能、日常生活支援機能を、学習支援サービスとして、施設管理、授業支援、校務支援などの機能を設計・構築した。

ユビキタスサービスを利用する装置として、用途に応じた2つの装置を利用することにした。即ち、主として生活支援サービスを利用する携帯端末と主として学習支援サービスを利用するノート PC を、生徒・教職員に一人1台配布した。

ユビキタス環境を支えるネットワークは、持ち主の位置検出精度、通信速度や利便性などを重視し、無線 LAN (WLAN) を採用した。この単一のアクセスネットワークで携帯端末とノート PC の双方をサポートする。

携帯端末には、電子生徒手帳の意味を与え、キャッシュレス機能も利用させるため、生体認証機能を実装しセキュリティ強化を図った。

携帯端末は WLAN-IP 携帯電話をベースに開発した。生体認証や危機管理など独自の機能を追加する必要があるため、プログラミング可能なものを母体素材とし、新規に携帯端末 (以降 PAS(Personal Area System)端末と呼ぶ) を設計・開発した。ユビキタス端末の開発例<sup>4)5)</sup>が報告されているがそのまま利用できる素材は無かった。

本ユビキタススクール環境を 2006 年 4 月から、全寮制で中高一貫教育を行う K 学園様(以下敬称略)に適用し、1 年間の運用実績に基づいて評価を行った結果を報告する。

## 2. ユビキタススクール構想

中等教育に対するユビキタススクール支援として、生活支援サービスと学習支援サービスに分け、実現すべき要件を整理した。

## 2.1 生活支援サービス

24 時間安全快適な学園生活を支援する生活支援サービスには次の様な機能が必要であると考えた。

## (1) 危機管理機能

近年の社会情勢などから、生徒が安全な環境で生活できることを重要視した。

- ・学園内で生徒の所在が把握できる事 (所在確認機能)
- ・生徒が何らかの援助が必要な時、学校関係者に緊急連絡できる事 (SOS 通知機能)

## (2) 日常生活支援機能

生徒は通常は 24 時間学園内で生活するので、日常生活について利便性の高い環境を提供する。

- ・保護者と必要に応じて音声若しくは文字で連絡・相談などができる事 (メッセージ通信機能)
- ・売店・自動販売機のキャッシュレス化
- ・朝昼晩 3 回の食事選択・予約・確認

## 2.2 学習支援サービス

学習指導・生活指導は対面で行うことを重視し、学習支援機能は直接的な生徒へのサービスだけでなく、教育の質を高める為に教員や職員に対するサービスに配慮した。

## (1) 学習支援機能

自主性を尊重し、より高度な学習への支援を図る。

- ・予習・復習やより高度な学習のための e-Learning
- ・掲示板、メールなどによる学内の情報交換
- ・図書情報検索機能

## (2) 先生の活動支援機能

対面授業の質の向上、教員の付帯業務負荷軽減を図る。

- ・出欠管理、点呼機能
- ・教務事務支援機能

## (3) 事務局支援機能

学園の運営をできるだけ少人数で効率よく高いサービスを提供できる様に学校運営の機能を整備する。

- ・学園内教育施設の入退室管理の自動化
- ・食堂の運営管理支援機能
- ・法人運営管理機能 他

## 3. 情報基盤の設計・開発と評価

何時でも何処でも様々なサービスが受けられる、ユビキタス環境を提供するための情報基盤は、ネットワーク基盤、一人1台所有する PAS 端末とノート PC で構成する。

## 3.1 ネットワーク基盤

K 学園は 13 万㎡の敷地内に、教室 (通常教室、CALL 教室)、職員室、ハウス (教員、生徒用の寮)、食堂、売店、体育館、グラウンドなどの諸施設がある。

アクセスネットワークは、PAS 端末所有者の位置検出精度が比較的高く、配線工事コストやフレキシビリティの観

†富士通(株)

‡北陸先端科学技術大学院大学, JAIST

点から、ノート PC、PAS 端末を統一的に扱える WLAN で構築することにした。

学園全域で PAS 端末所有者の位置が 10m 以内程度で特定でき、教室では人数分の同時通信が保証できる様に設計した結果、約 300 の AP (Access Point) を設置した。

複数の AP を PoE (Power Over Ethernet) 対応 Hub で接続。フロア毎にフロア SW を設置して Hub を収容し、建屋 SW で複数のフロア SW を収容する様に物理的なレイアウトに合わせた構成とした。建屋ごとに設置された建屋 SW を相互に接続し、各種サーバ系ネットワークを収容するバックボーンは Gigabit-SW を採用した。

Fire-Wall や DNS などの通信関連サーバ、ターミナルサーバ (MetaFrame)、認証サーバ、メールサーバ、Web サーバ、図書館などの各種業務サーバ類は総て学内に設置し、これらを含めてネットワーク基盤を構成した。

### 3.2 PAS 端末

PAS 端末には、電子生徒手帳として個人の認証に利用でき、これを常時携帯させることで所在検出に利用でき、文字と音声での通信が可能なが求められる。

表 1. 初期の PAS 端末諸元

装置	性能諸元
CPU	PXA255 (400 MHz)
画面	1.5 インチ
メモリ	Flash 64 MB, SDRAM 512Mbit
OS	Linux 2.6.10
TCP/IP	IPv4
重量	約 130g
電池	Li-ion 3.7V1100mAh 待受け 10 時間以上 連続動作 2 時間以上

#### (1) PAS 端末の選定

携帯端末については、PDA、PHS 型携帯電話、WLAN-IP 型携帯電話などの選択肢が考えられた。PDA は大きさ、重量の点で常時携帯させるには問題がある。通常の携帯電話、PHS 型携帯電話の場合、位置検出精度が落ちる、ネットワーク設備が二重化するなどの問題があり諦めた。

採用時点では実績が不足していたが、WLAN-IP 型携帯端末を採用することにした。

また、先に述べた要件を実装するためにはプログラミング可能でなければならない。携帯端末には Linux プログラミング環境を有すること、変更対応が可能なることからイーウィズユー社の表 1 に示す PAS 端末を母体となる装置として選定した。

最終的に開発した PAS 端末の概観写真を図 1 に示す。

携帯電話としてのイメージを払拭すべく、テンキーを外し、文字入力はソフトキーボードが利用できる。

#### (2) 生体認証の実装

電子生徒手帳として位置付け、キャッシュレス機能を利用する為、セキュリティを高め、利用者のセキュリティ意識を高める事を意図し生体認証機能を実装した。

携帯端末に実装する為、認証機構のスペースが小さく、端末の CPU で利用できるライブラリなどが整備されている必要がある。指紋認証は方式に依存するが 300~600

バイトの特徴データで認証でき、1 秒以内に判定可能<sup>6)</sup>なことなどから PAS 端末に最適と判断した。

指紋認証には面型とスライド型がある。走査時に本体 CPU がリアルタイム動作するスライド型は、利用者の走査速度により安定性に問題があり<sup>6)</sup>、中高生に不向きと判断した。ライブラリなどのプログラミング環境が整備されている富士通製 MBF200 を採用した。

PAS 端末 (図 1 参照) の中央やや下にある校章付きカバーを開けると指紋センサーが現れる。



図 1. PAS 端末の外観写真

#### (3) IC カードの実装

キャッシュレス機能を実現するために、IC カードを生徒に持たせる必要がある。しかし、複数のものを常時携帯させると紛失や破損その他のトラブルが発生する可能性が増大するので PAS 端末の内部に装着することにした。

### 3.3 ノート PC

生徒および教職員には PAS 端末と同時に電子文房具としてノート PC を配布する。配布対象が生徒であることから比較的故障しにくい機種を選定し、アプリケーション利用は故障した場合でも簡単に交換可能な Thin-Client 方式とした。教職員の情報漏洩の予防にも役立つと考えた。

PC は 30cm 落下試験をクリアしている Let's Note CF-W4 型 (画面: 12.1 インチ、重量: 1199 グラム) を採用した。

WLAN 経由で MetaFrame サーバに接続してアプリケーションを利用する。

認証処理は ID/Password を入力せず、電子生徒手帳として位置付けた PAS 端末で行うこととした。即ち、PAS 端末と PC を USB I/F で接続し、PAS 端末で生体認証を行うと Login 処理を実行するプロセスを PAS 端末内に実装した。これにより、ID/Password の流出、紛失や再発行などの業務負担の軽減を図った。

認証が成功すると SSO 処理を実施し個人ポータルが表示され、利用できるアプリケーションメニューやお知らせなどを表示する仕組みを構築した。

これらは教職員についても全く同様である。

### 3.4 情報基盤の評価

#### (1) ネットワーク基盤の評価

現在、最終的な利用者の6分の1程度しか居ないが、一斉 login 試験を行うと MetaFrame サーバの負荷が上がり現状で数秒程度のレスポンスになる。実際の運用では問題無いが、状況を監視していく必要がある。

また、WLAN の AP の配置に関する実験の結果、電波強度の弱いところが発見され追加などで対応した。物理的な構造物の追加や、利用者が集中する傾向などを継続的に監視していく必要がある。

#### (2) PAS 端末の評価

指紋認証の方式は、実際の運用結果から汚れた手などでの認識不可以外の問題は発生しておらず、採用した方式は妥当と考える。

しかし、生徒の取り扱いの粗雑さから PAS 端末自体の変形や破損が多発 (3月時点で79台発生) している。これは生徒に配布した全数の64%以上であり、今後の対応策を立案すべく原因を分析した。

破損の原因は水没、LCD 割れ、部品取れ等であり、具体的事例としては

- ・ストラップで振り回した。
- ・首からさげていて給食のスープにつかった。
- ・授業中に胸と机の間に挟まってしまった。

など様々であるが、装置の強化や運用ルールの徹底などの改善策を実施すべきと考える。

また、表1に示した10時間程度もつ筈の電池が6時間程度で使えなくなる事が多発した。この原因として、ミスタッチによる無駄、及び定期的な位置通知による電力消費が考えられた。そこで、1分毎に、接続 AP を確認し接続 AP 変更時通知する処理を5分間隔に延長する改善を図った。また、最低でも12時間は動作する様に、電池容量を表1に記載した容量の2倍に増加させて対応した。

将来的には折り畳み式或いはカバーを付けるなどして誤作動を防止する方法や文献<sup>7)</sup>に示される様な細かな電源制御を PAS 端末に組み込むなど、更に改良できる余地も残されている。

#### (3) ノート PC の評価

装置障害は殆ど発生していない。アプリ利用は Web ブラウザ経由で MetaFrame サービスを利用する形態とし、データの持ち出しを難しくしているが、一般的な利用に配慮して Excel や Word などは利用できる。個人情報保護との兼ね合いや運用について更なる議論が必要と考える。

## 4. 生活支援サービスの実装と評価

生活支援サービスは PAS 端末を主なサービス提供ポイントとして実現した。以下に実装方式と評価を説明する。

### 4.1 危機管理機能

SOS 通知機能と所在確認機能及び点呼機能を総称して危機管理機能と呼ぶ。

#### (1) SOS 通知機能

生徒が何らかの援助が必要な時、特定のボタンを長押しすると送信確認画面が表示され、同じボタンで承認すると、決められたメッセージが担任と寮長に送信される機能を PAS 端末に実装した。後に、利用者の誤操作による誤送信

を防止すべく送信確認画面では、キャンセルをデフォルトにする様に改造した。

#### (2) 所在確認機能

生徒の所在確認は PAS 端末の信号を受信している AP 情報から、所在する部屋やエリアを特定することによって行う。この機能はイーウィズユー社が保有するアプリケーションを用いて実現した。

### 4.2 日常生活支援機能

#### (1) メッセージ通信機能

日常生活の支援機能として音声及び文字でのメッセージ通信機能を整備した。

中高生に携帯電話を与える事については教育的見地から反対意見があり、娯楽的な利用は制限し、特に授業中には音声通信は使用禁止とした。特定の時間帯のみ、保護者が登録した番号だけからの着信を許し、発信は禁止した。これは交換機に条件設定することで実現した。

音声通信時、無線通信チップのハングアップ発生への対応策として、手動リセット機能を追加実装した。また、片通話など音声通信の品質改善策としてロードバランス機能があるが、位置検出に利用する接続 AP 情報が不正確になるので採用を見送った。当面 PAS 端末での音声通信は利用せず、寮に固定 IP 電話を設置して保護者との連絡などに対応する事にした。

また、緊急連絡や点呼などの定型文字メッセージ通信機能を実装した。定型メッセージとグループは PAS 端末にダウンロードして利用する。ユーザのグループ化とその管理機能をディレクトリ管理システムに実装した。尚、日常のお知らせや通常のメール機能は PC から Web ポータル経由で利用する。

#### (2) 食事予約・確認機能

生徒の嗜好に合わせて、食事は幾つかの選択が出来る。生徒は3日前までに朝昼晩3食の食事内容を、Web サービスを利用して予約する。当日、PAS 端末に予約確認メッセージが送られ、それに従って食事を摂る。この機能は食券的な役割も果たすので、間違いの防止にも効果を発揮する。本機能は食堂の運営面から高い評価を得ている。

#### (3) キャッシュレス機能

学園内では一切現金を利用させない様にキャッシュレス機能を構築した。クレジット会社と連携し、保護者が契約した IC カードを PAS 端末に実装した。IC カードは、クレジット会社の指定で Felica<sup>8)</sup> タイプとなった。

学園内だけで利用可能な番号体系を採用し、利用結果データに対して変換処理してクレジット会社に渡す連携機能を整備した。

IC カードは入退室管理や図書館管理などにも用いる為、生徒 ID など学園独自の内容も記載する。この為に Felica ライタを使った情報の登録・変更機能を開発した。

### 4.3 生活支援サービスに関する評価

生活支援サービス全般に関し総合的な視点で評価する。

#### (1) 生活支援サービス

今回実現した機能は、当初計画した仕様と運用に必要な Web アプリなど周辺機能の実現に留まった。ユビキタススクールとして、利用者のコンテキストを理解した情報やサービス提供に発展させる余地が有り、今回はそのベースが

できたと考える。今後、利用者の意見や行動を調査・分析し、ユビキタススクールとして更に発展させる余地が残されている。

## (2) PAS 端末

電子生徒手帳としての PAS 端末を生徒達に常時携帯させる為の仕掛け成功し、常に携帯している点は成功だった。その反面、半分以上の機器が破損し、交換しなければならない事態が発生した。教育的な指導の強化、より頑丈で軽く、誤操作を予防できる形状など改善余地が残った。

PAS 端末、WLAN 環境では既に述べた幾つかの問題が発生し、対応を実施した。最大の問題は WLAN-IF の音声品質と電力消費量が多い点である。本装置を採用した時点では音声通信は時期尚早だったが、最新の WLAN-IF や端末を見ると、問題解決の可能性は高い<sup>9)10)</sup>。しかし、設計・開発コストは高価な為、小規模ロットでも適用可能な素材製品の出現が期待される。

## 5. 学習支援サービスの構築と評価

学習支援サービスは、PC を用い Web アプリケーション方式でサービスを利用する。Thin-Client 方式を採用し、情報漏洩の防止に配慮した。

### 5.1 生徒の学習支援機能

生徒の教育は対面授業が中心だが、側面から支援する機能を既存のパッケージ製品を活用して構築した。

- ・**掲示板機能**：参考資料や生徒間及び先生と生徒の質問応答などに利用。
- ・**Web メール機能**：学園内外との情報通信に利用。
- ・**図書館情報検索**：所蔵されている図書、雑誌などの利用に先立って利用。
- ・**e-Learning 機能**：予習・復習、補習や授業科目以外の教養としての教材活用。

### 5.2 先生の活動支援機能

授業の質を高める為に先生の日常業務の効率化などを支援する。学籍管理・成績管理は学校向けパッケージ製品を改良し、ポータルと連動した Web アプリケーションとして構築した。

先生が必要と考えた時にクラスの生徒全員に点呼メッセージを送り、生徒はボタン操作で回答する。その回答状況を整理された形で先生に通知する機能で、出席確認や集合時の状況確認に利用でき、先生の活動の迅速化、効率化を目指している。PAS 端末にメッセージ送信機能を実装、サーバに情報総合化、教務連携機能を準備した。

### 5.3 事務局支援機能

学校運営の効率化・高度化、父兄・生徒に対するサービス向上のための機能である。

- ・**入退室管理システム**：電子錠、Felica カードリーダーと電子ゲートにより入退室の自動化、施錠及び開錠制御、空調・照明などの設備連携などを行う。施設毎に利用時間制御などが行え、警備会社が構築・運用する。
- ・**法人システム**：人事・給与、財務会計など運営に関わる各種機能で、既存パッケージ製品を活用して構築した。
- ・**その他**：キャッシュレス精算システムはクレジット会社とのデータ連携部分を構築。食堂支援システムとして、

Web でのメニュー入力・選択、運営会社へのデータ提供機能などを整備した。

## 5.4 学習支援機能の評価

これらは学園を日常的に運営する為の基盤であり、一般的な機能を構築したに過ぎない。学習支援と先生支援は、教育の高度化・効率化の観点から教員による活用と提案を受けて改善していく性格のものである。だが、未だ第一期生が1年間過ごしたただけなので使い込まれているとはいえない状況にある。

事務局支援は日常的に使われており、学園運営に必要な不可欠な機能として評価されている。

これらの機能も利用者のコンテキストを理解し、より高度な連携をして総ての学園関係者の日常活動に貢献できる様な発展に向けた基盤ができた段階である。

## 6. まとめと今後の課題

我々はユビキタススクール環境として、全寮制学園向けに生活支援機能と学習支援機能を構築した。学園の運営、先生支援と生徒の学習を支援する学習支援機能は学園運営基盤として利用されている。寧ろ更なる活用と情報のより高度な連携にむけた提案と研究を待つ状況である。

一方、生活支援機能の利用者 I/F として開発した PAS 端末と WLAN 環境は何回かの機能強化と運用上の対応によって漸く軌道に乗った状況である。

携帯端末は技術の進歩が目覚ましい領域であり、本学園の PAS 端末も3年サイクルで更新していく計画のため、簡単な修正で活用できる素材製品の出現を期待する。

この様なシステムは教育の場だけでなく、病院や自宅で療養している人などへの支援機能としても有効と考える。

## 参考文献

- 1) 立教小学校での RFID を活用した事例 , <http://www.secu354.co.jp/school/kiji04101001.htm>
- 2) 緒方広明, 矢野米雄: 徳島大学におけるユビキタスラーニング (u-Learning) の取り組み, メディア教育研究, 第2巻, 第2号, pp. 19-27, 2006.
- 3) 緒方広明, 矢野米雄: CLUE : 語学学習を対象としてユビキタスラーニング環境の試作と実験, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.10, pp. 2354-2363, 2004.
- 4) 藤野信次, 原政博, 福田茂紀, 森信一郎, 城ヶ崎寛: ユビキタス環境に適合した無線 IP 携帯端末の設計と実装, Technical Report of IPSJ, 2005-UBI-9(17), 2005 年.
- 5) 山澤昌夫, 西山聡一, 伊藤善之: ユビキタス携帯端末への取り組み, FUJITSU, Vol. 57, 3, pp. 331-340, (2006)
- 6) 森雅博, 新崎卓, 佐々木繁: バイオメトリックス認証技術, FUJITSU, Vol. 54, 4, pp. 272-279 (2003)
- 7) Eugene Shih, Paramvir Bahl, Michael J.Sinclair : Wake on Wireless : An Event Driven Energy Saving Strategy for Battery Operated Devices, MOBICOM'02, pp. 161-170, Sept. 2002
- 8) Felica, SONY(株), <http://www.sony.co.jp/Products/felica/>
- 9) TI : [http://focus.ti.com/pdfs/bcg/tncw1350A\\_prod\\_bulletin.pdf](http://focus.ti.com/pdfs/bcg/tncw1350A_prod_bulletin.pdf)
- 10) NOKIA E70 : <http://www.nokia.com/A4179019>