

あることが伺える。ただ、ごみの分別や省エネなどISO活動に関してはほとんど意見がなく、学生のうちからはあまり関心がないようである。

「(1) 電子技術科実習場」の意見の多くは電子技術科独自の意見が多かった。これらは、今回、1・2年混合グループで実施したことで、特に在学期間の長い2年生からの意見が多かった。

この取り組みによってすぐに結果が表面的に出ることはないが、1・2年混合のグループで行ったことで、1年生にとっても実習場における危険な状況を先輩から事前に教えてもらうこととなり、今後の実習中の安全への意識が高まったのではないかと考えられる。

また、安全への関心がより一層高まるように、意見集約後に全学生に考えさせた安全標語を拡大して掲示した。図3に実際に掲示した安全標語を示す。

平成19年度 電子技術科1年 安全標語	平成19年度 電子技術科2年 安全標語
自分が 危しきいっけい 危険いっけい!!	行動前に考えよう 人から見た自分の姿
やる前に考えよう 理由から	防ごう危険 守らうルール
その場が あんなのさ うぶつかり 一瞬だけでも あんなにめて	自分だけで 危険な、とに思っていないで 自分と他人でも Don't say
実習場ではマナーを守ろう。	作業中、作業後も考えよう 安全第一
行動する前に目を確認しよう	行動時に確認 静る時に確認
身の周りには常に安全にしよう!	安全確認があなたの命を守る!!
危険行動ゼロ宣言ー明るい人生のためにー	マナーを守れば、事故起きるべからず
たまには考えようよ、危険の事!!	確認する前に考えよう 安全第一
考えろ、この空間自分だけのものじゃない。	100%の 安全はない どこにでも
改善どうして危険を減らさ	行動前に考えよう、行動後では遅いから、
後のことまで考えて行動にうつそう。	見直そう 確認と身の回り。
改善安全は人生をかえる。	
気がつけば危険	
意識していると怖い日に 日常生活	
身の安全は心の準備から	
誰か他の心遣いを見逃れず!	
マナーを守って安全に	
常に準備を整えて作業を行おう。	
常に安全に気を配ろう!	

図3 掲示した安全標語

7. おわりに

このたびの企業派遣研修では、研修という名目であるが一社員として扱っていただいたおかげで、実際に民間企業の厳しさを体験でき大変勉強になった。電子技術科指導員として技術力の向上に至ることはなかったが、今まで学生に指導してきた多くの技術が実際に現場でも適応されていることを知り、あらためて学生に指導している内容の重要性を感じることができた。

また、突発的な作業が入ってくることも多く、民間企業ならではの体験もでき、特に仕事と並行して行うISO活動、TPM活動、安全活動の厳しさを体験でき、民間企業の組織体制、仕事の流れ

を理解することができた。

5節で述べた、(1) 電気・電子要素、(2) 環境活動への取り組み、(3) 安全活動への取り組み、(4) 就職指導のうち、(3) の安全活動は、実際に当校で実施できた。他の実施できていない内容は、これから少しずつ取り組んで行くことで、環境へ配慮したより良い学校(職場)づくりおよび学生の理解力の向上に役立てていきたい。

謝辞

この研修を実施するにあたり受け入れていただいた東レエンジニアリング株式会社の方々、また、研修中、授業調整をしていただいた電子技術科の方々へ心から感謝とお礼を申し上げます。

画像処理技術教育の取り組み

Approach to Education of Image Processing Technology

情報技術科 後藤 聡文

Information Technology Department Satofumi GOTOH

要約 近年急速に発達した情報技術は、製造、金融、経済、医療、物流等様々な分野に劇的な変化をもたらした。このような社会情勢の中で、当校の情報技術科では、ものづくり分野において技術革新に対応できる情報技術者の育成に力を入れており、ネットワーク、データベース、デジタル音声・画像処理、計測・制御の各分野を構築するカリキュラムを編成している。

本稿では、著者が担当している画像処理技術の教育法について取り上げる。まず、著者が考える画像処理技術の教育法を3つに分類し、それぞれの長所、短所を比較する。次に、この教育法に基づき編成した画像処理技術のカリキュラムを紹介する。最後に、総合制作実習（卒業制作）で学生が作成した作品について紹介する。

1 はじめに

近年急速に発達した情報技術は、情報通信機器やインターネットの普及に伴い製造、金融、経済、医療、物流等様々な分野に劇的な変化をもたらした。中でも「ものづくり」現場では、生産管理、在庫管理、物流管理、販売管理、購買管理、財務会計、人事管理等の企業資源全体が統合され、リアルタイムに情報伝達が可能となった。

このような社会情勢の中で、京都能開短大の情報技術科では、技術革新に対応できる情報技術者の育成に力をいれてきた。当科の教育訓練目標は、『情報処理・通信・制御等の基本技術を活用して、「ものづくり」現場での加工・組立・検査等のシステム、及び生産管理システム並びにこれらのインフラとなる通信ネットワーク等の設計及び運用管理にかかる作業ができる実践技術者の育成』⁽¹⁾である。この目標に対し、工業数学やプログラミングを土台とし、ネットワーク、データベース、デジタル音声・画像処理、計測・制御の各分野を構築するカリキュラムを設定している。

本稿では、当科のカリキュラムの一つである画像処理技術について取り上げる。画像処理技術は、製造、写真・印刷、自動車、医療、放送等様々な分野で利用されている。専門学校や大学等では、それぞれの分野で活躍する人材を育成するため、

デザイナー向けの教育やソフトウェアやハードウェアを開発するための技術者教育等が実施されている。当科では、幅広い画像処理技術の分野の中から、「ものづくり」現場で必要な画像処理技術に絞って教育を実施している。この画像処理教育に対する著者の考え方及びカリキュラム、総合制作実習で学生が取り組んだ作品について報告する。

2 画像処理技術の教育方法

著者が担当している生産画像工学は、座学2単位、実習4単位から構成されており、「生産現場等での画像計測に必要な基礎的な画像処理の理論を学習する」⁽¹⁾ことを目標としている。

この目標に対し有効な教育方法を考えるため、画像処理技術の教育方法を下記の3点に分類し、それぞれの長所、短所を比較した。

- ① 製品を使う
- ② 要素の製品を組み合わせて製品を作る
- ③ 一から設計・開発し製品を作る

2-1 製品を使う

まず、「製品を使う」では、生産ラインで使用されている印字検査装置（誤印字等の検査）や表面欠陥検査装置（汚れや傷の検査）等が挙げられ

る。これらの装置は、特定用途向けに設計されており、パラメータの入力だけしかできず、カスタマイズができないことが多い。授業に取り入れたとしても、装置の使用方法を解説するだけで授業が終わってしまう可能性があり、応用力が身につかない。当科は、装置のオペレータを養成することが目的ではないため、今年度まで授業で使っていない。しかし、最終的な製品を学生に提示することで、目標を明確にできると考えている。次年度以降は、工場見学等で実物を見せることも検討したい。

2-2 要素の製品を組み合わせて製品を作る

次に、「要素の製品を組み合わせて製品を作る」では、画像入力ボードやカメラ、ライブラリ等を組み合わせてシステムを構築する。前述の「製品を使う」と比べると汎用的なシステムであり、目的に応じてカスタマイズできる。

PCベースの具体的なライブラリの例として、株式会社リンクス⁽²⁾のHALCONや株式会社ファースト⁽³⁾のFVX、FVL、WIL、Intel社のインテルIPP⁽⁴⁾、OpenCV⁽⁵⁾等がある。

これらのライブラリでは、カメラからの画像の取り込みや各種画像処理、画面出力等の機能が提供されている。この機能を組み合わせてアルゴリズムを構築することで、顧客の要求仕様に合ったアプリケーションプログラムを作成することが可能である。さらに、ライブラリを自作する場合と比較すると、画像処理システムの開発時間を大幅に短縮することができ、コストの削減と短納期を実現できる。

その反面、ライブラリの内部が公開されずブラックボックスとなっていることが多く、使い方だけわかって、動作原理がわからないこともある。さらに、ライブラリにない機能は、自作しなければならない。

当科の上位課程である近畿職業能力開発大学校の応用課程 生産情報システム技術科では、画像処理システムの開発に主眼を置いているためこの教育方法を取り入れている。一方、当科では画像処理の理論を理解させることに主眼を置くため、この方法は採用していない。

2-3 一から設計・開発し製品を作る

最後に、「一から設計・開発し製品を作る」では、既存のライブラリをできるだけ使用しないで、ライブラリを自作することである。

ライブラリを完成させるには、高い技術力と開発時間が必要で初期コストが上がる可能性がある。しかし、一からライブラリを自作することで、社内にノウハウを蓄積することができ、かつ顧客の要求仕様にあわせて細かなカスタマイズをすることができる。

当科では、他者が開発した既存のライブラリを使いこなす能力ではなく、自分でライブラリを設計・開発ができることに主眼を置くため、この教育方法を採用しカリキュラムを編成している。

3 カリキュラム

前述のように、画像処理の理論を理解し、かつライブラリを自作できるよう工業数学やプログラミングに重点を置いたカリキュラムを編成している。

この科目を履修するにあたり前提となる科目を表1に、生産画像工学の授業内容を表2に示す。画像処理で必須となる数学と論理的思考能力を養うためのプログラミングの基礎科目は、主に1年次に実施している。

プログラミング言語は、画像処理に限らず、図形処理、音声処理、ゲーム等リアルタイム処理が必要な場合、C言語・C++言語が採用されることが多い。そのため当科では、ほとんどの科目でC言語・C++言語を使うことで、一貫したプログラミング教育を実施している。

生産ラインでの画像処理を想定すると、1秒間に数十枚の画像を処理するリアルタイム画像処理が必要になる。しかし、リアルタイム画像処理は高スペックなPCが必要であり、かつ生産画像工学の授業の時間的な制約から、全学生を対象とした集合教育ではリアルタイム画像処理は行わず、静止画の画像処理のみを実施している。リアルタイム画像処理の集合教育については応用課程に任せることにし、リアルタイム画像処理に興味のある一部の学生には総合制作実習で対応することにした。総合制作実習では、集合教育用PCではなく、高スペックのPC及びカメラ等を別途用意し、リアルタイム画像処理の開発に取り組んでいる。

表 1 生産画像工学および生産画像工学の前提となる科目

No	科目名	単位数	学年・期	概要
1	数学	2	1年前期	実用数学、三角関数、指数、対数、微分、積分
2	線形代数	2	1年前期	ベクトル、行列、連立一次方程式、行列式
3	応用数学	2	1年後期	フーリエ級数、フーリエ変換
4	ソフトウェア制作実習Ⅰ	4	1年前期	C言語 (CUI環境、言語仕様、プログラミング、デバッグ)
	ソフトウェア制作実習Ⅱ	4	1年後期	C言語 (GUI環境、コントロール、イベント、メッセージ等)
5	データ構造・アルゴリズム	4	1年前期	C言語による信頼性と効率を求めるプログラミング
	データ構造・アルゴリズム実習	4	1年後期	(データ構造、探索、整列、再帰、文字列、ファイル処理等)
6	ソフトウェア生産工学	4	1年後期	ソフトウェアの効果的な設計・開発手法
7	数値解析	2	1年後期	プログラミング
	数値計算実習	4	1年後期	(誤差、代数方程式、連立一次方程式、関数近似等)
8	デジタル信号処理	2	2年前期	C言語によるデジタル信号処理プログラミング
	デジタル信号処理実習	2	2年前期	(画像・音声の符号化、デジタル信号処理等)
9	生産画像工学	2	2年前期	C言語による画像処理プログラミング
	生産画像工学実習	4	2年前期	(画像の入力と出力、座標変換、空間フィルタ、濃度変換、2値画像、カラー画像等)

表 2 生産画像工学の授業内容

No	授業内容	
1	概要	生産現場における画像処理の活用、デジタル画像、標本化、量子化、画像処理の流れ
2	物体抽出	ヒストグラム、閾値処理、2値画像
3	輪郭抽出	輪郭、輪郭の性質、微分フィルタ、テンプレート・マッチング、2値の輪郭画像、細線化
4	雑音除去	画像の雑音、平滑化、メディアン・フィルタ、2値画像の雑音除去、膨張、収縮
5	見やすい画像	コントラスト強調、コントラスト強調の自動化、濃度ヒストグラム平坦化
6	特徴抽出	画像の特徴、特徴パラメータ、ラベリング
7	色の変更	カラー画像、カラー・バー、色差信号、輝度、彩度、色相
8	色で物体抽出	色の分布、2次元ヒストグラム、クロマキーによる画像合成、ソフト・キー、ハード・キー
9	幾何学変換	幾何学変換 (大きさ、位置、回転)、アフィン変換
10	周波数処理	周波数領域への変換、離散的フーリエ変換 (DFT)、画像の2次元フーリエ変換、フィルタ処理
11	画像データの圧縮	画像圧縮、可逆符号化、非可逆符号化、ランレングス符号化

4 総合制作実習の作品

総合制作実習では、学生の希望によりテーマの選定を行っている。テーマは、Web-DBやCG、画像処理等多岐に渡るが、今回は著者が担当した学生の中から、画像処理関連の作品に絞って紹介する。テーマ一覧を表3に示す。

表 3 総合制作実習 画像処理関連テーマ一覧

No	年度	テーマ名
1	15	画像処理アプリケーション開発
2	17	画像処理アプリケーション開発
3	18	絵画風描画フィルタの開発
4	19	リアルタイム画像処理開発

平成15年度と平成17年度は、アドビシステムズ社のPhotoshop⁶⁾をモデルとした画像処理アプリケーションを開発した。実行結果を図1に示す。静止画の読み書き、描画処理、フィルタ機能、レイヤー機能等を実装した。



図1 画像処理アプリケーション

平成18年度は、絵画風画像描画システム Jimmy⁷⁾をモデルとし、写真等の原画像をさまざまなタッチの絵画風に変換するアプリケーションを開発した。実行結果を図2に示す。

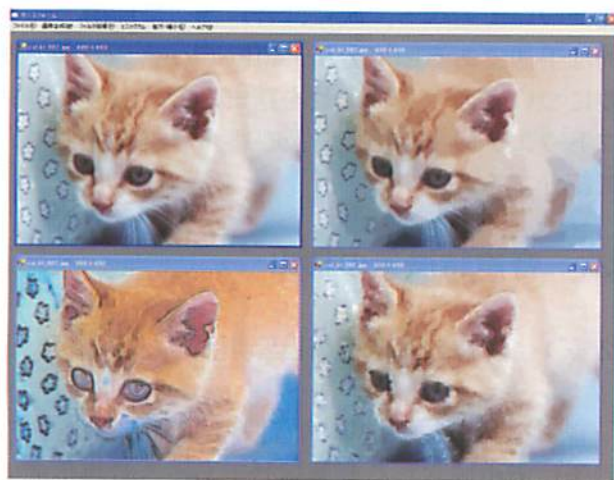


図2 絵画風描画

平成19年度は、PCにUSBカメラを接続し、1秒間に数十枚の画像を取り込み画像処理するリアルタイム画像処理開発に取り組んでいる。具体的には、クロマキーまたは背景差分法による背景除去及び画像合成、特定領域に対して光彩を付加する光彩フィルタの開発である。クロマキーで青色背景を別画像に置き換えた例を図3に示す。

平成18年度までは、静止画に対して画像処理を実行する開発だったため、画像1枚あたりの実

行時間が多少かかって問題も少なかった。しかし、平成19年度は、1秒間に数十枚の画像を処理するリアルタイム画像処理であるため、実行時間に対する要求が厳しくなる。学生は、アルゴリズムの見直しを何度も行い、すこしでも実行速度を上げる努力を積み重ねた結果、プログラミング能力の向上につながった。

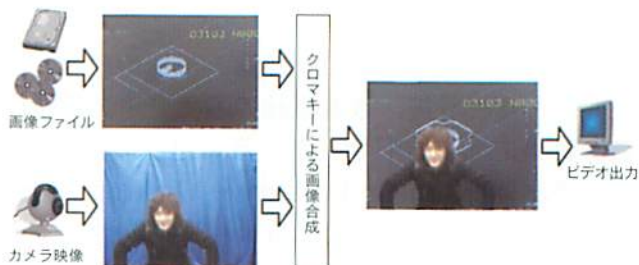


図3 リアルタイム画像処理

5 おわりに

画像処理技術は、製造現場だけでなく、印刷、自動車、医療等様々な分野へ普及している。しかし、画像処理の利用分野が異なっても基本技術は同じである。今後も画像処理技術の理論とプログラミングに重点を置き、今後ますます需要が高まらるであろう画像処理技術者の育成に努めていきたい。

【参考文献】

- (1) 雇用・能力開発機構、専門課程 標準カリキュラム集 (第1分冊)、雇用・能力開発機構、P.325、P.358
- (2) <http://www.linx.jp/>
- (3) <http://www.fast-corp.co.jp/>
- (4) <http://www.xlsoft.com/jp/products/intel/perflib/ipp/index.html>
- (5) <http://www.intel.com/technology/computing/opencv/>
- (6) <http://www.adobe.com/jp/products/photoshop/>
- (7) <http://www.teu.ac.jp/clab/kondo/research/jimmy/>

音声特徴量のリアルタイム表示ソフトの開発

— デジタル音声処理の教材作成 —

Development of the software which displays the voice feature on real time

情報技術科 殿村 正延

Department of Information Technology Masanobu TONOMURA

音声認識機能を搭載した組込み機器やPC上で動作するソフトウェアが近年多くなり、その性能も向上している。今後、教育訓練の場で音声認識技術の理解やその習得などのニーズも増加すると思われる。これに対応できるデジタル音声処理の教材を試作した。具体的には、離散発声母音の識別に有用な線形予測分析(Linear Predictive Coding, 以下、LPC)によるフォルマント特徴量と、連続発声の音声認識において近年主流であるメル周波数ケプストラム係数(Mel-Frequency Cepstrum Coefficient, 以下、MFCC)による特徴量の抽出が行える。この新旧両方法による特徴量をリアルタイムに表示、比較できるように工夫した。

1. はじめに

近年、音声認識機能を搭載したゲーム機やカーナビなどの組込み機器やPC上で動作するディクテーション(書き取り)ソフトウェアが多くなり性能も向上している。以前、市販の連続音声認識エンジンの性能評価を行ったことがあり(1)、その中で自由発声にはまだ対応できていないが、特定音響環境という制約条件の下では、読み上げ音声レベルでかなり実用的であることを確認した。今後、音声認識技術の理解やその習得などのニーズも増加すると思われるため、教育訓練の場面でその習得をサポートできるデジタル音声処理の教材を試作した。本件ではその報告を行う。

音声には、言語情報だけでなく、話者、意図、感情、周囲状況などさまざまな情報が含まれている。本件で扱う範囲は、言語情報に対応する物理的な特徴量で、かつ、一連の音声認識過程における音響処理に限定する。具体的には、離散発声母音の識別に有用なLPC分析を用いたフォルマントによる音声特徴量の抽出を行う基本的な方法と、連続発声の音声認識において近年主流であるMFCCパラメータの抽出による方法を扱う。本件で用いる音声処理方法には特に目新しいものは含まれていないが、教材としての特徴は、上記の新旧両手法による解析結果をリアルタイムに比較できるようにその特徴量を視覚的に捉えられるこ

と、すべて手作りであるため必要に応じてソースコードを提供できることである。

組み込んだ処理の理解を助けるために、まず、音声の生成機構モデルとデジタル音声処理の概要について述べる。次に、音声特徴量抽出の代表的な手法であるLPC分析、MFCCパラメータの概要について述べる。それを踏まえて、最後に本ソフトウェアの主な機能、及び得られる結果について紹介する。

2. 音声特徴量の抽出

2-1 音声の生成機構と音素

音声信号は、人間の調音器官(舌、顎、口蓋、唇等)で生成される音響信号である。音声生成の基本的な構造は、音源で生成された音が調音器官で形成される音響的なフィルタを通過することでさまざまに変化し、口または鼻から放射されることで説明できる。音源としては、声帯の振動、声道の狭めに伴う乱流、声道の閉鎖と急激な解放に伴う破裂の3種類がある。音声の最小単位は音素で、音源の種類と調音フィルタの形状に規定される。日本語の音素数は、「ア」「イ」「ウ」「エ」「オ」の5つの母音と撥音「ン」に加え23個の子音に分類される。

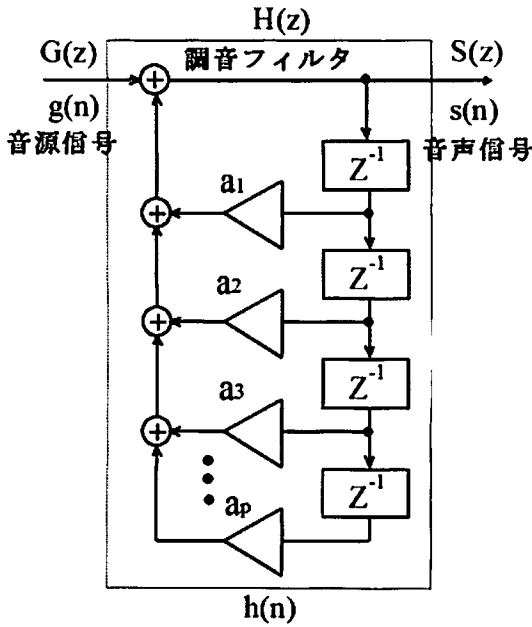


図1 調音フィルタ

音声信号の生成過程は、図1のような自己回帰 (Auto-Regressive, 以下AR) 過程としてモデル化できる。音源信号 $g(n)$ としては、上記の声帯振動、乱流、破裂のそれぞれの音源に対応するパルス系列、白色雑音、インパルスを使用する。通常、調音フィルタの性質は共振特性にのみで説明でき、伝達関数は

$$H(z) = \frac{b_0}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2} - \dots - a_p z^{-p}} \quad (1)$$

の全極形のシステムとすることが音声認識の分野では広く受け入れられている⁽²⁾。音素には固有の調音方法が対応しているため、音声認識を行うためには調音フィルタの振幅特性 $|H(z)|$ を抽出し、音素の標準的な特徴と比較照合することで行われる。

2-2 音声信号のスペクトル分析

音声認識のための信号分析の目的は、調音フィルタの性質を推定することであり、信号の周波数領域における表現がその基礎を与える。スペクトル解析の手法として最も一般的に利用されている方法には、短時間フーリエスペクトル分析と、LPC分析がある。いずれの分析方法も、音声から連続する数十ms程度の時間長の信号区間を切り出し、切り出された信号が定常確率過程に従うと仮定して、スペクトルの分析を行う。音声信号

$s(n)$ に長さ N の分析窓を掛けることで式(2)のように信号系列 $s_w(m;l)$ を取り出す。

$$s_w(m;l) = \sum_{m=0}^{N-1} w(m) s(l+m) \quad (l=0, T, 2T, \dots) \quad (2)$$

添え字 l は信号の切り出し位置に対応し、 l を一定間隔 T で増加させることで、定常とみなされる長さ N の信号系列 $s_w(n)$ ($n=0, \dots, N-1$) が間隔 T で得られる。この処理はフレーム化処理と呼ばれ、 N をフレーム長、 T をフレーム間隔と呼ぶ。本件では、フレーム化処理を行う窓関数 $w(n)$ として一般的な式(3)のハミング窓を用いる。

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2n\pi}{N-1}\right) \quad (n=0, \dots, N-1) \quad (3)$$

2-2-1 短時間フーリエスペクトル分析

フレーム化処理によって得られた音声信号系列の短時間フーリエスペクトルは、実際の信号処理過程では、離散フーリエ変換の高速算法である高速フーリエ変換 (Fast Fourier Transform, 以下、FFT) を用いて実行し、当該音声区間のスペクトル表現とすることが一般的である。すなわち

$$S'(k) = S\left(e^{j\frac{2\pi}{N}k}\right) = \sum_{n=0}^{N-1} s_w(n) e^{-j\frac{2\pi}{N}kn} \quad (k=0, \dots, N-1) \quad (4)$$

となる複素系列 $S'(k)$ が音声のスペクトル表現として最も一般的に用いられる。音声信号の音素的な特徴は主として調音フィルタの振幅特性に含まれる。したがって、音声認識においては音声信号の振幅スペクトル、または、その2乗値であるパワースペクトルが通常用いられる。離散パワースペクトルは

$$|S'(k)|^2 = \text{Re}\{S'(k)\}^2 + \text{Im}\{S'(k)\}^2 \quad (5)$$

と計算される。

2-2-2 LPC分析によるフォルマント抽出

LPC分析は、音声信号が式(1)のような全極形の伝達関数を持つ調音フィルタの出力であることを前提として、線形予測係数 a_i ($i=1, \dots, p$) を求めることで、効率的に音声信号のスペクトルの概形を決定する方法である⁽³⁾。ここで、 p は伝達関数 $H(z)$ の分母多項式の次数を表し、LPC分析の分析次数ともいう。

全極形の伝達関数を仮定することは、調音フィ

ルタを図1に示すようなIIR形のネットワークで表現することと等価で、このフィルタの出力信号 $s_w(n)$ は、過去の p 個のサンプルに重みを掛けてフィードバックした信号の和

$$s_w(n) = \sum_{i=1}^p a_i s_w(n-i) + g(n) \quad (6)$$

と表現される。フレーム化処理によって得られた長さ N の信号 $s_w(n), s_w(n-1), \dots, s_w(n-N+1)$ が与えられたとする。このとき式(6)に基づき、 $s_w(n-1), \dots, s_w(n-p)$ なる p 個のサンプルから計算された $s_w(n)$ の推定値

$$\hat{s}_w(n) = \sum_{i=1}^p a_i s_w(n-i) \quad (7)$$

と実際に観測された $s_w(n)$ との差 $\{s_w(n) - \hat{s}_w(n)\}^2$ を誤差信号 $e(n)$ と呼ぶ。誤差信号のパワーの期待値

$D = E\left[\sum_{n=0}^{N-1} e^2(n)\right]$ を最小化する以下の手順で求めることができる。

$$D = E\{e^2(n)\} = \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p \alpha_i \alpha_j E\{s_w(n-i)s_w(n-j)\} \quad (8)$$

$$= \sum_{i=0}^p \sum_{j=0}^p \alpha_i \alpha_j R_{ss}(|i-j|)$$

ただし、 $R_{ss}(l)$ は $s_w(n)$ の自己相関関数、 $\alpha_0 = 1, \alpha_i = -a_i$ とする。いま、式(8)を最小化するために、 $k = 1, \dots, p$ に対して

$$\frac{\partial D}{\partial \alpha_k} = 2 \sum_{i=0}^p \alpha_i R_{ss}(|i-k|) = 0 \quad (9)$$

を解くと

$$\sum_{i=1}^p \alpha_i R_{ss}(|i-k|) = -R_{ss}(|-k|) \quad (k=1, \dots, p) \quad (10)$$

となる。 p 個の方程式を連立させると

$$\begin{bmatrix} R_{ss}(0) & R_{ss}(1) & \dots & R_{ss}(p-1) \\ R_{ss}(1) & R_{ss}(0) & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & R_{ss}(1) \\ R_{ss}(p-1) & \dots & R_{ss}(1) & R_{ss}(0) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \vdots \\ \alpha_p \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} R_{ss}(1) \\ R_{ss}(2) \\ \vdots \\ R_{ss}(p) \end{bmatrix} \quad (11)$$

を得る。LPC分析では、自己相関関数を介して信号のスペクトルが代数方程式により与えられることがわかる。ARパラメータを推定する手法は、Levinson-Durbin法、Burg法、共分散法、FBLP法や逐次型最小2乗法、最尤度関数法など多数提案されている(4)。式(11)の係数行列は対称テプリッツ行列と呼ばれる特殊な形をしており、逆行列を用いない高速な解法がある。本件では効率的な解法として知られるLevinson-Durbin法を使用して計算する。伝達特性は、パラメータ a_i を用いて

$$|H(e^{j\omega})|^2 = \frac{1}{\left|1 - \sum_{i=1}^p a_i e^{-j\omega i}\right|^2} \quad (12)$$

として求められる。一般に、式(1)は $0 \leq \omega \leq \pi$ に $p/2$ のピークを持つ。通常、分析次数は分析対象の音声のサンプリング周波数を考慮し、その帯域に含まれるフォルマント(共振周波数)の個数から決定される。フォルマントは、口腔のなかでの音波の共鳴であり、放射された音声のパワースペクトルが大きな箇所(極大値)として求めることができる。LPC分析では、音声の標本値から口腔における音の伝達特性を求めることができ、スペクトル包絡と呼ぶ。その極大箇所(極周波数)を数学的に求めるとフォルマントに対応する。スペクトル包絡の極 $z_i (i=1, 2, \dots, p)$ は、 $1 + \sum_{i=1}^p \alpha_i z^{-i} = 0$ の根として求まり、複素根は2次の共振に対応し、その共振周波数と帯域幅は次式で与えられる。

$$F_i = \frac{\arg z_i}{2\pi\Delta T} \quad (13)$$

$$B_i = \frac{\log|z_i|}{\pi\Delta T} \quad (14)$$

ここで、 ΔT は標本化周期である。これらの極のうち、比帯域幅 B_i/F_i の小さいものを選ぶことで、フォルマントに近いものが自動抽出できる。

2-2-3 MFCCの算出方法

フレーム分析により得られるスペクトル特徴は、数十ms程度の音声区間を、定常とみなした上で得られる静的な特徴である。しかし、音素の音響的な特徴は、周辺の音素に影響を受けて変化する(いわゆる調音結合)ことが知られており、特に音素から音素への渡りの部分では、スペクトル特徴が時間とともに連続的に変化する。また、半母音は、スペクトルの動きそのものに、音素の音響的な特徴が表現されている。これらのことから、フレーム分析により得られた静的な特徴に加え、時間とともに変化する動的な特徴を特徴量に加えて音声認識を行うことで、認識の精度が大きく向上することが知られている。

最も広く用いられる動的な特徴は、ケプストラム係数の時間軸に沿った変化の回帰係数をフレームごとに求めるケプストラム係数である。この簡

易版として、フレーム間ケプストラムの差分としてケプストラムを求める方法も広く用いられるので、本件ではこの方法を使用する。

ケプストラム係数には多様な計算方法があるが、本件では現在主流であるMFCCを使用する。MFCCの計算は、図2に示すように周波数軸上に個の三角窓を配置し、フィルタバンク分析により行う。すなわち、窓の幅に対応する周波数帯域の信号のパワーを、単一スペクトルチャネルの振幅スペクトル $|S'(k)|$ 重みづけ和で求める。

$$m(l) = \sum_{k=k_{lo}}^{k_{hi}} W(k;l) |S'(k)| \quad (l=1, \dots, L) \quad (15)$$

$$W(k;l) = \begin{cases} \frac{k - k_{lo}(l)}{k_c(l) - k_{lo}(l)} & \left\{ k_{lo}(l) \leq k \leq k_c(l) \right\} \\ \frac{k_{hi}(l) - k}{k_{hi}(l) - k_c(l)} & \left\{ k_c(l) \leq k \leq k_{hi}(l) \right\} \end{cases} \quad (16)$$

ただし、 $k_{lo}(l), k_c(l), k_{hi}(l)$ は、それぞれ l 番目のフィルタの下限、中心、上限のスペクトルチャネル番号であり、隣り合うフィルタ間で

$k_c(l) = k_{hi}(l-1) = k_{lo}(l+1)$ なる関係がある。さらに、 $k_c(l)$ はメル周波数軸上で等間隔に配置される。

メル周波数は

$$Mel(f) = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (17)$$

により計算される。ただし f の単位はHzにとる。

最終的に、フィルタバンク分析により得られた個の帯域におけるパワーの対数を離散コサイン L 変換することで、MFCCが求められる。

$$c_{mfcc}(i) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{l=1}^L \log m(l) \cos \left\{ \left(l - \frac{1}{2} \right) \frac{i\pi}{L} \right\} \quad (18)$$

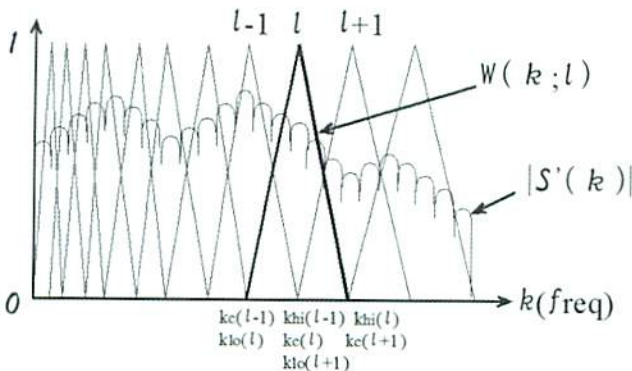


図2 MFCC用のフィルタバンク

3. 音声分析ソフトの概要

3-1 分析ソフトの画面構成

今回作成した音声分析ソフトの画面を図3に示す。分析方法としては、3通り選択できる。一つは、マイクから取り込んだ音声をリアルタイムに分析しながら録音する。次は、既に録音されている音声データをリアルタイムに分析・表示し音声としてスピーカから再生する。もう一つは、マイクから取り込んだ音声をリアルタイムに分析するが録音はしない(モニタリング)。本件では、サンプリング周波数16kHz、量子化ビット数を16、モノラルの信号を対象とする。2-2で述べたフレーム長を32ms、フレーム間隔を32msとする。

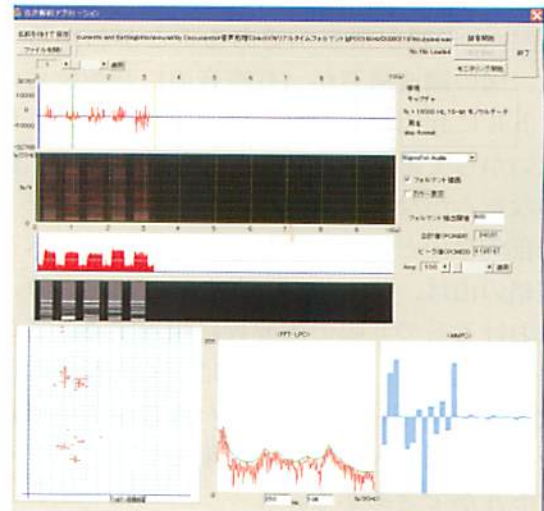


図3 音声分析ソフトの全体画面

3-2 機能・結果の紹介

3-2-1 音声波形

音声波形は図4のように表示される。分析単位となる32ms(512サンプル分)ごとに間引いて表示している。リアルタイム分析の先頭位置に黄棒が表示される。一画面で約27.5s分表示でき、それを超えると左端から上書き描画される。分析を停止した後、一画面分のデータは保存されているため、波形上をクリックすることでその位置(緑棒)の分析内容を再描画できる。図4は著者の離散発声データ(ア→イ→ウ→エ→オ)の例である。

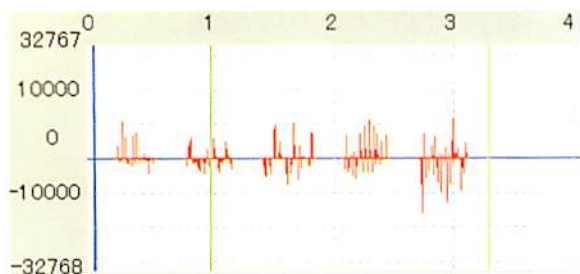


図4 音声波形

3-2-2 FFTとLPCの分析結果

図4の緑棒の点(離散発声母音:イ)におけるFFT、LPCの結果を図5に表示する。2-2で述べたとおり、FFTは式(5)で、LPCは式(12)で算出される。FFTにより計算した短時間フーリエスペクトル(赤色)に比べ、LPCスペクトル(緑色)の形状が滑らかであることがわかる。これは、図の調波構造が(有声音の)音源信号のスペクトルに起因しており、伝達関数には含まれていないからである。スペクトル包絡は5~7個程度のなだらかな山を形成し、その山はスペクトルの局所的な山とほぼ一致している。このスペクトル包絡の山は、フォルマントと呼ばれており、口腔における音の共鳴の周波数に相当する。このスペクトル包絡は、声門から唇に至る音響系の伝達関数に相当するもので、声門パルスがこの伝達特性を有する系に入力され、結果として、パワースペクトルができあがる。

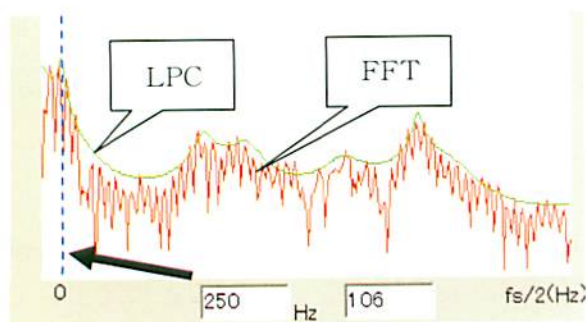


図5 FFT・LPCの分析結果

図5の横軸は周波数で、0~8kHzの範囲を示している。本件における周波数分解能は、

$$(16\text{kHz} \div 2) \div 256 = 31.25\text{Hz}$$

となる。グラフ上にマウスポインタを合わせることで各周波数におけるパワーを表示できる。本件では、極の数 $p=14$ であるので、最大で7個の山

が現れる。

3-2-3 サウンドスペクトログラム

横軸に時間、縦軸に周波数を取り、測定対象の音声のある時間ある周波数のパワーを、その位置に濃度で表示したものである。白っぽい部分がエネルギーの大きい成分を示し、縦縞の繰り返しは基本周期に対応する。声紋分析にも使用される。

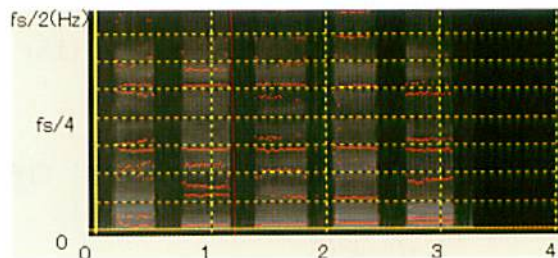


図6 サウンドスペクトログラムとフォルマント

図6には、式(13)で算出した日本語5母音のフォルマント周波数を赤点でプロットしている。母音の種類により、抽出結果の安定性は若干異なるが、各母音に対して水平方向に5~7本の棒が表示されている。下から第1フォルマント(F_1)、第2フォルマント(F_2)、第3フォルマント(F_3)...と呼ぶ。例えば、「イ」の音(図4の2番目の分布)は、 F_1 が250Hz、 F_2 が2300Hz、 F_3 が3200Hz、 F_4 は4700Hz、 F_5 は5700Hzに現れており、図5のLPCの山と一致していることが確認できる。

サウンドスペクトログラムでは、音声エネルギーが集中している周波数帯をおおよそ知ることができるが、フォルマント周波数の正確な値はわからない。これに対して、LPC分析に基づくフォルマント周波数の推定では、音声エネルギーの集中の程度はわからないが、スペクトル包絡の極大箇所として、フォルマント周波数を正確に求めることができる。図のようにサウンドスペクトログラムの分析結果上にフォルマント周波数を重ねて表示すると、音声エネルギーの集中箇所および極大周波数が同時に観測でき、理解しやすくなる。

3-2-4 離散発声母音 F_1-F_2 の分布

有声音には通常3個程度の特徴的なフォルマントがあるが、音韻性の点から特に重要なのは、第1と第2フォルマントである。

図7は、第1フォルマント(F_1)を横軸に第2フォルマント(F_2)を縦軸にとった F_1 - F_2 平面上に、離散発声5母音の分布を示したものである。音声母音ごとに分布がかたまるため、識別できることが確認できる。(ただし、複数人が発声した単独5母音の分布をグラフ化した場合、「ア」と「オ」の分布の一部が重なることが知られている。)

連続音声の中の母音は、調音結合のために大きな広がりを持つので、この図よりも母音間の分布の重なりが大きくなり、フォルマントだけでは識別ができなくなる。

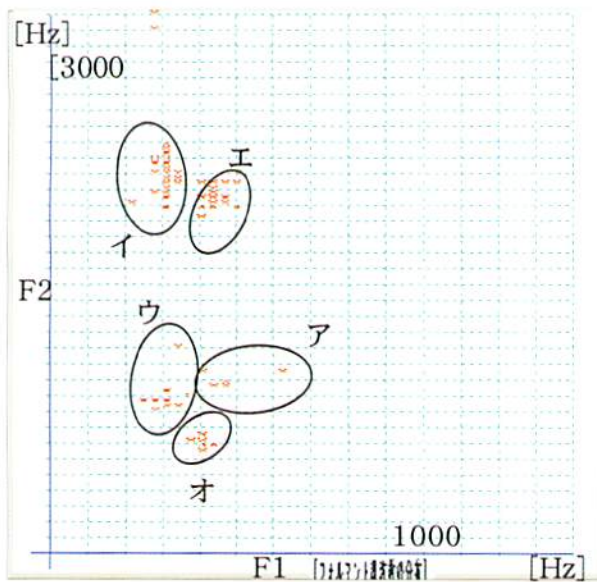


図7 離散発声5母音の分布

3-2-5 音声パワーとその時間的变化

音声パワーの時間的变化(パワー包絡)を図8に示す。音声パワーの算出は、区間内の各標本値の瞬時振幅を自乗加算して、RMS(root mean square)振幅を求め、RMS値10,000を0 dBVとして、デシベル表示する。

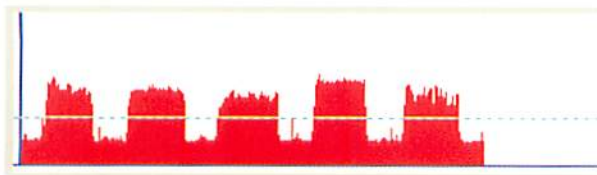


図8 パワースペクトル

図の水色の点線は、「振幅しきい値」である。無音区間に対して分析・表示をやめ、音声区間についての分析結果を見やすくするためのものであ

る。通常、振幅やSN比に応じて設定する。本件では、RMS値=600以上を分析の対象とする。

3-2-6 MFCCの視覚化

3-2-4で述べたとおり、離散発声された日本語5母音は、第1フォルマント周波数と第2フォルマント周波数によりほぼ区別できる。しかし、連続発声中の母音は、フォルマントが前後の音韻の影響を受け、フォルマント周波数だけでは区別できなくなる。さらに、子音は波形の周期性の有無(有声/無声)やスペクトルの他、継続時間長、スペクトルと波形の時間変化などに音素の特徴がある。定常的な区間を持たないことが多く、母音との調音結合の影響を受けて、特性が大きく変化するため、同様に区別できない。このような場合でも音素の特徴を抽出するのに有用なのがMFCCである。本件では、式(15)のLを12とし、12次元のMFCCを計算する。その1次差分(Δ MFCC)とパワー(LogPow)とパワーの1次差分(Δ LogPow)も計算する。その結果、各フレームの特徴量ベクトルは26次元となる。図9にその一例を示す。

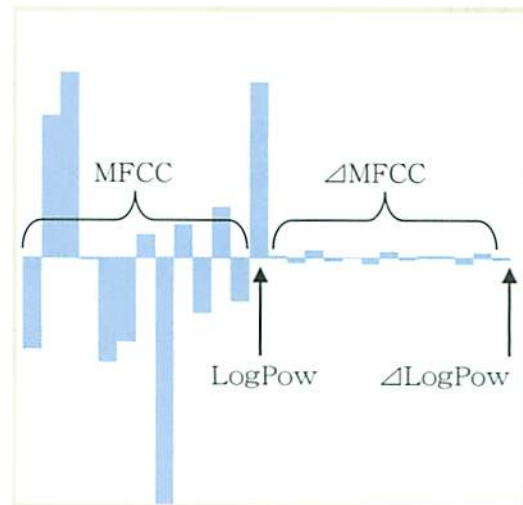


図9 「イ」発声のMFCC

MFCCの時系列推移を濃淡画像にして表示したものを図10に示す。ただし、声の大きさの変化の影響を受けにくくするためにLogPowで割り、他のデータを正規化している。これは離散発声母音の例であるが、各母音によって濃淡にパターンがあることが確認できる。



図10 MFCCの時系列推移

4. まとめ

教育訓練の場面で、音声認識技術の理解やその習得などをサポートできるデジタル音声処理の教材を試作しその報告を行った。本件はLPC分析によるフォルマントの抽出による方法と、近年、連続発声の音声認識において主流であるMFCCパラメータの抽出による方法に対応しており、新旧手法をリアルタイムに比較しながらその特徴量を視覚的に捉えられるようにしたものである。

このソフトウェアは、手作りであるので簡単に機能拡張を行うことができる。また、必要に応じてソースコードの提供も可能である。今後、PC上で動作確認を終えた機能を組み込みシステムに移植し活用することを検討したい。

【参考文献】

- 1) 殿村正延、不特定話者に対する音声認識システムの認識率評価、職業能力開発報文誌、Vol.17,No.1(33),2005,pp.45-49
- 2) 鹿野清宏、他 音声認識システム、オーム社、2001,pp.1-4
- 3) 古井貞熙 音声情報処理、森北出版、1998,pp26-29
- 4) 秋月影雄、他 C言語デジタル信号処理、培風館、1989,pp.137-189

LAN環境におけるパッチ管理ソフトの導入

Effective Maintenance of LAN environment using patch management software

情報技術科 廣澤 幸清

Information Technology Department Kousei HIROSAWA

インターネットを利用する際、新たに発見されたセキュリティ・ホールを解消するための更新プログラムが次々と公開されており、その更新プログラムの管理はコンピュータ・セキュリティの第一歩である。更新プログラムを入手・適用させる機能としてはWindows Updateによるクライアント端末側での作業を行う機能が挙げられる。しかし、クライアント端末すべてに対して、更新プログラムが正しく適用されたかどうかを一括管理する機能はなく、現状では端末ごとにチェックを行う必要がある。

本稿は、上記のような更新プログラムの管理作業を軽減するために、実習場内に企業向けパッチ管理ソフトを導入し、LAN環境の効率的な運用管理を行うことを目的とする。

1. はじめに

セキュリティホールはシステムの欠陥であり、攻撃によってウイルスやワームに感染したり、システム破壊や情報漏えいなどのトラブルにつながったりする危険がある。情報セキュリティへの関心の高まりから、暗号化や署名技術など高度なセキュリティ技術が次々と開発されている。それらはいずれも、土台となるコンピュータが正常かつ安全に稼動することを前提としている。従って、システムのセキュリティ・ホールを解消するパッチ管理は、コンピュータセキュリティ管理の第一歩である。

今回、企業向けパッチ管理ソフトウェアであるWindows Server Update Services (以下WSUS)を実習場内に導入し、LAN内におけるクライアント端末のパッチ管理を行ったので報告する。

2. 適用システム

WSUSのような更新プログラム管理ツールが存在しないLAN環境でパッチを適用する場合、それぞれのクライアントはMicrosoft Updateサイトにアクセスしたり、自動更新機能による適用を行ったりすることが一般的である。これらの方法を使用して実習場内のコンピュータ管理を行った

場合、以下の課題点が挙げられる。

- ① 各クライアントの適用する更新プログラムを管理できない。
- ② 各クライアントがそれぞれMicrosoft Updateサイトにアクセスするため、大量のインターネット接続トラフィックが発生する。

このようなLAN環境特有の課題を解消するための方策としてWSUSの導入が考えられる。WSUSは実習場内にMicrosoft Updateサイトと通信するための専用サーバ (WSUSサーバ) を配置する仕組みをとる。このサーバによりクライアントが適用すべき更新プログラムを明示的に指定して、LAN経由で配布を行い、適用結果をサーバにレポート表示する。図1にWSUSの基本構成を示す。

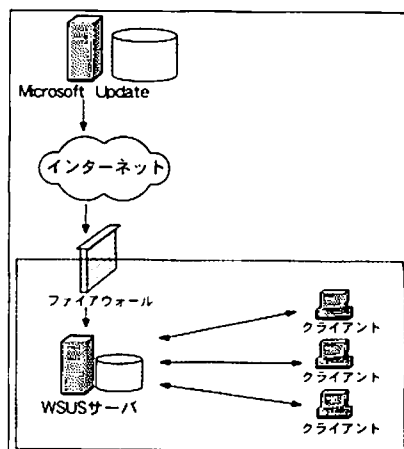


図1 WSUS構成

WSUSを利用するには、WSUSプログラムを管理サーバにインストールし、管理される側のWSUSクライアントには自動更新コンポーネントをインストールする必要がある。ActiveDirectory環境である場合は各クライアントの設定はグループポリシーが利用できるため、一括管理が可能である。

WSUSを現実習場に導入し、管理を行う効果を以下に示す。

- ① 更新プログラムを明示的に指定できるため、対象クライアントの更新プログラム管理ができ、更新プログラムに依存した互換性問題を大幅に減らすことができる。
- ② 更新プログラムをローカルに保存できるため、各クライアントからインターネット接続を行う必要がなく、発生するトラフィックを軽減できる。

上記のようにWSUS導入によって、実習場内LAN環境における更新プログラムの集中管理という目的を満たすことが可能である。今回、適用したシステムを表1に示す。

表1 システム構成

コンポーネント	OS・ツール
WSUSサーバ	Windows Server2003 SP2 IIS6.0 Windows Installer3.1 Microsoft.NETFrameWork2.0 Microsoft 管理コンソール3.0 Microsoft Report Viewer2005
データベースサーバ	Windows Internal Database
WSUSクライアント	WindowsXP Professional SP2

3. 導入実践

3-1 設置運用に関わるステップ

今回、導入設置を行った運用ステップを図2に示す。実習場内にWSUSサーバを設置し、その実習場内のWindowsクライアントを更新プログラムの配布対象端末とした。WSUSサーバの各種設定やクライアントからのレポートを保存するためのデータベースサーバについてはWSUSサーバと同筐体上で稼働させて管理を行った。

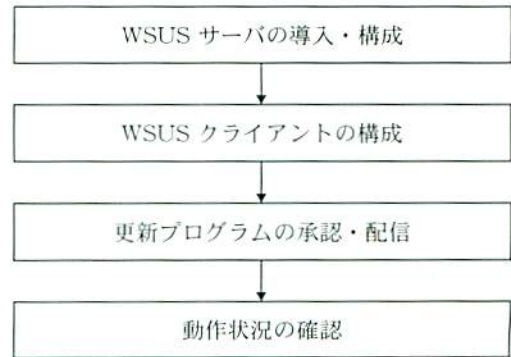


図2 設置運用に関わるステップ

3-2 サーバ管理作業

今回行った主要管理作業を以下に示す。

(1) 導入後のサーバ設定

WSUSサーバ構成を行うにあたり、主に設定したものを以下に示す。

- ① 使用環境に合わせたプロキシサーバの指定
- ② 更新プログラムの言語指定
- ③ WSUSで管理・配信する製品の指定
- ④ 更新クラスの指定
- ⑤ 同期スケジュールの指定

実習場の使用環境に適用するために、更新するMicrosoft製品の指定にはWindowsXP、Microsoft Office2003を選択した。今後、Vistaへの対応も考慮していく必要があるが、今回は上記製品のみを対象とした。また、更新クラスの種類は、図3のとおり、「セキュリティ問題の修正プログラム」、「重要な更新」、「定義更新プログラム」、「WSUS更新プログラム」を指定し、同期を行った。

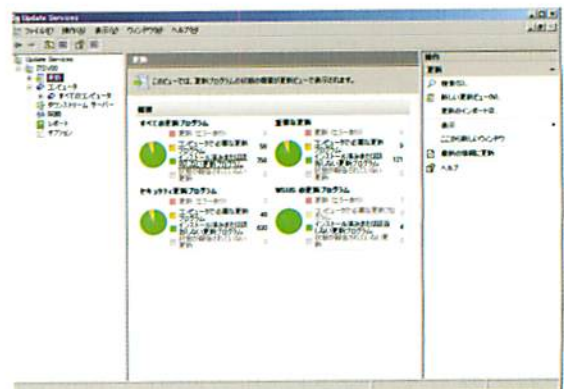


図3 取得した更新クラス

同期のタイミングは、学内のネットワークトラ

フィックの影響を少なくするために、夜間の時間帯にスケジュールリングを行い実施した(図4)。

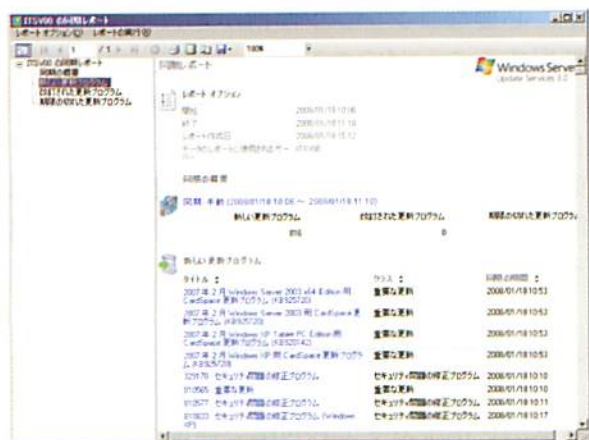


図4 同期レポート

(2) WSUSクライアントの構成

WSUSでは、クライアントPCをグループとして取り扱い、グループごとにインストールの承認を分けることができる。更に、動作確認用のテストグループ、実習機のコンピュータグループを分離することが可能である。今回は「johosys」コンピュータグループを作成し、対象クライアントをグループに所属させ展開した。

(3) 更新プログラムの承認・配信

同期によるコンテンツのダウンロードが終了すると、WSUSの管理ツールを利用して、どのコンテンツをどのコンピュータグループに配布するかをリストから選択して許可することが可能になる。管理者はコンテンツの配布を制御できるため、検証および評価結果をもとにした適切なコンテンツを適切なルールに基づいてクライアントPCに配布できる。

3-3 クライアント作業

WSUSでは、各クライアントPCがWSUSサーバからコンテンツを取得するため、クライアント側でもWSUSサーバを利用するための設定が必要になる。自動更新クライアントがWSUSサーバからコンテンツを取得する際は、ダウンロードとインストールおよび再起動のプロセスがあるため、インストールする方法やスケジュールについては授業に支障がない日時を検討する必要がある。

WSUSクライアントの設定作業にはグループ

ポリシーまたはレジストリを使用する方法があるが、今回はこれらの設定をグループポリシーを使用し、ActiveDirectory環境で実施した。クライアントの設定作業を以下に示す。

(1) 自動更新の設定

図5に示すように自動更新の構成ポリシーでは、クライアントPCの自動更新機能を有効にするかどうかを指定する。自動更新を構成すると、ログオン中のユーザに対して、ダウンロードおよびインストールの前に通知を行うのか、もしくはインストールの前だけに通知を行うのか、あるいは、スケジュールリングによるインストールを行うのかを設定できる。

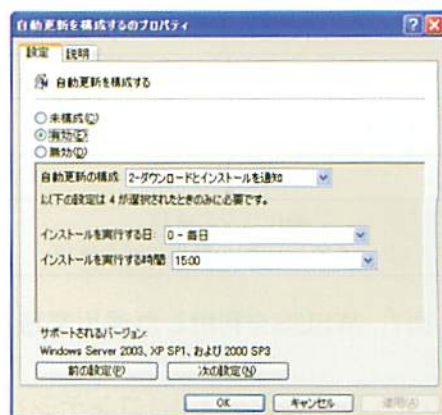


図5 自動更新の設定

(2) 実行サーバの指定

イントラネット内のWSUS実行サーバと統計サーバを指定する(図6)。



図6 WSUSサーバの指定

WSUSクライアントプログラムは、WSUS実行サーバのアドレス値から組織内にWSUSサーバが存在していることを検出し、そこからコンテ

ンツをダウンロードする。統計サーバはWSUSクライアントの動作ログを残すためのサーバであり、IISサービスがこの統計動作を行っている。IISのアクセス・ログを解析することによってクライアントの動作が把握できる。

3-4 動作状況の確認

WSUSを導入した環境で、日常の運用業務で行われるステップを図7に示す。

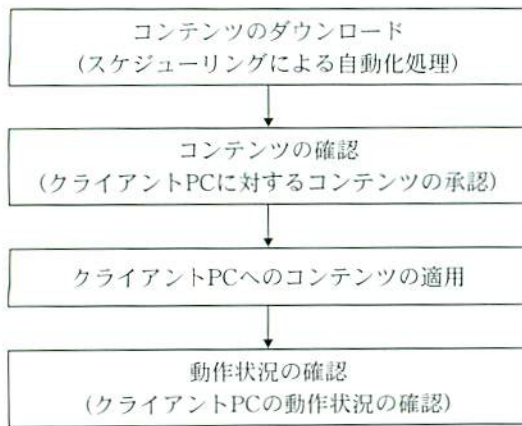


図7 WSUSを利用した運用業務

上記のステップにおいて、「コンテンツのダウンロード」および「クライアントPCへのコンテンツの適用」については、ポリシーに則した設定が行われるため、自動処理あるいは定型業務となる。したがって、日常の運用業務は基本的には新規コンテンツがダウンロードされるたびに検証を行い、クライアントPCへの適用を許可するかどうかを判断して設定することと、サーバ状態の監視や緊急時の対応になる。

WSUS実行サーバに対する自動更新クライアントの状態を把握するには図8に示すコンピュー

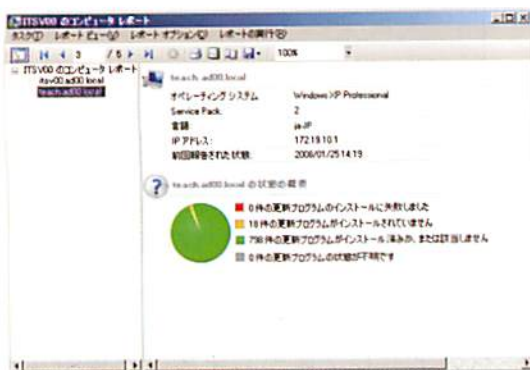


図8 適用状況のコンピュータレポート

タの状態レポートを利用する。これにより、管理者は各クライアントへの適用されたコンテンツが何か、必要なコンテンツが何かといった配布状況を把握することができる。

クライアントPCからWSUS実行サーバへの接続自体が行われていないといったトラブルなど、自動更新クライアント自体の動作に問題が発生した時は、PC自体のシステムイベントログを確認する。

4. 運用結果の評価・検討

従来のWindows Updateで適用できるパッチは、WindowsOSやInternet Explorerなど一部のソフトウェアに限定されていた。例えばOffice製品はサポートされていないので、Officeセキュリティ更新が公開されたときは、Windows Updateとは別に用意されたOffice UpdateにアクセスしてOffice向けパッチを適用する必要があった。

SQL ServerやExchange Serverなどのサーバ製品群も対象外であり、これらのパッチを適用するには、手作業でダウンロードサイトにアクセスし、各ソフトウェアのパッチを入手して適用を行う必要があった。今回、WSUSを導入し、実習場内の更新プログラム管理を行ったことにより、各クライアント環境の一律性の保持および各クライアントの適用状況を確認できる点において評価できる。

また、WSUSの導入により、OfficeやSQL Serverなど主要なソフトウェアのサポートやデバイス・ドライバの更新が行えるようになり、更新プログラム管理の拡充が行えた。

今後の展開として、増加するウイルスに対する実習場のLAN環境の整備を行うにあたり、ハードウェア・ソフトウェア構成、コンピュータの用途別など、クライアントグループ毎に適用ルールを決め、効率的なセキュリティ更新プログラムの管理を試みたい。

【参考文献】

- 1) Windows Server2003システム構築ガイド 向山隆行／上村浩二、技術評論社
- 2) Active Directory導入と運用の基本 井上孝司、毎日コミュニケーションズ

情報技術科におけるマイコン技術教育を拡張する取り組み

Extensional Approach to Education of Microprocessor Technologies in Information Technology Department

— 実践報告 —

情報技術科 山本 昌和

Information Technology Department Masakazu YAMAMOTO

前報¹⁾では、過去4年間に実施した総合制作実習（以下、実習）での作品例を紹介した。その続報としての本稿では、著者の専門分野である計測工学と情報工学の一端を結びつける作品づくりを同じく実習の中で取り組んだので、その概要を報告する。

具体的には、マイクロコンピュータ（以下、マイコン）を使用して取得した「計測データ」をマイコンの外部へ「伝送する」ということに主眼を置いた実習テーマを4件設定した。

「伝送する」手段としては、パーソナルコンピュータ（以下、PC）と周辺機器の標準インタフェースであるUSB（Universal Serial Bus）など様々な形態のものを試みた。使用したマイコンは高度なデータ伝送に適した仕様ではないが、内蔵のシリアル通信ポートに安価な赤外線リモコン用の送受信部を組み合わせるなどの独自の方法を取り入れた。「伝送する」手段の獲得で、非力なマイコンが強力なシステムを構築できる可能性を実証した。

なお、「計測データ」は、IC温度センサ、加速度センサ、マイクロフォンなどのセンサ類の出力をマイコン内蔵のA/D変換器でデジタル化することで取得した。加速度センサは近年のMEMS（Micro Electro Mechanical Systems）技術の進歩によって、小型化と低価格化が実現し、身近なものだけでも携帯電話、デジタルカメラ、ゲーム機のリモコンなど、応用例の枚挙に暇がない人気振りである。

本センサは極めて応用範囲が広く、教材としても興味深いため、2件の実習テーマで取り上げた。

1. はじめに

今日、情報家電でなくとも、身の回りのあらゆるものにマイコンが使用されている状況である。また、当専門課程で育成する情報技術者は、ソフトウェア産業ばかりでなく製造業やその製品のサポート業に就職するものも多く、これらいずれにおいても、「組込系」と呼ばれる電子機器に係わる機会が少なくない。このような組込用マイコンを搭載した製品を扱う業務に携わる可能性がある情報系の学生に、ハードウェアの知識やマイコン関連技術を習得させることは、産業界、特に製造業の要請に応えることになる¹⁾。

しかしながら、真に“Ubiquitous Computing”の時代に相応しい情報技術者に育成するには、“Hardware-conscious（著者の造語）”、つまり、

「ハードウェアを意識」させるだけでは不十分であることも認識している。それは、今後の電子機器等は何らかの通信手段を備えない限り、“Ubiquitous Computing”の一端を担う存在にはなれないと考えるからである。

そこで、「データを送る」、「データを受ける」ことまでに拡張して、マイコン関連技術を習得させることに取り組み始めたので以下に報告する。さらに近年、その応用製品が多数生まれている加速度センサにも注目し、その教材としての面白さ、応用の多様性にも言及した。

表1. H8/3048グループ、H8/3048F-ZTATTM16ビットシングルチップマイクロコンピュータ2)

	システム本体および周辺の機能構成	内 容
1	H8/300H CPU	16ビット、内部32ビット構成、CISC
2	汎用レジスタ	16ビット×16本
3	クロック発振器	最大18MHz (使用ボードでは、16MHz)
4	内蔵ROM	PROM 128kB (フラッシュメモリ)
5	内蔵RAM	4kB
6	割り込みコントローラ	外部割り込み端子7本、内部30要因
7	インテグレートッドタイマユニット (ITU)	16ビットタイマ5チャンネル、内部/外部クロック、最大10端子パルス出力、最大8種類パルス入力処理、同期動作、PWMモード、位相計数モードなど設定可能
8	プログラマブルタイミングパターンコントローラ (TPC)	最大16ビットのパルス出力 (ITUがタイムベース)
9	シリアルコミュニケーションインタフェース (SCI)	2チャンネル、調歩同期/クロック同期式モード選択
10	A/D変換器	分解能10ビット、8チャンネル (スキャンモードあり)
11	I/Oポート	入出力端子70本、入力端子8本 (最大時)

2. マイコンおよび伝送手段の概要

教材には引き続き、通称H8マイコン (④ルネサステクノロジ、16ビットマイクロコンピュータ、H8/3048シリーズをいう) を使用している。表1には同マイコンの仕様の一部を示す。以下に使用した伝送手段を示す。2-1はマイコン内蔵、その他は外部に設けたものである。

2-1 シリアルコミュニケーションインタフェース

一般的なパーソナルコンピュータ (以下、PC) との通信には、表1第9項のシリアルコミュニケーションインタフェース (SCI) を使用した。

SCIはPCの誕生以前から、コンピュータが電話回線を媒介して行う通信には不可欠であったEIA-232(旧称RS-232C)インタフェースである。手軽に利用できるためマイコンには多く装備される。ただし、1対1の通信にしか対応できないため、PCでは“Legacy Port”の名のとおり、USB (Universal Serial Bus) などの高速かつバス接続可能なシリアルインタフェースにその座を奪われて久しく、ノート型PCには殆ど装備されない。

2-2. シリアル/USB変換モジュール

当初、マイコンから直接にUSB制御用の専用LSIを制御することを目標としていた。しかし、専門課程の学生の学習レベルでは、やはりハードルの高いテーマであったため、安直ではあるが市

販のシリアル/USB変換モジュールを利用することとした。USBの高速性は損なわれる。

2-3 光伝送のための各種モジュール

身近な光伝送 (空間伝播) は、テレビ等の赤外線リモコンで使用されている。送信側は赤外LEDを単体に近い形で使用する。受信側は専用の受信モジュールが市販されており、送受信合わせても200円程度の部品コストで済む。

伝送方式は、家庭の室内で使用することに配慮し、蛍光灯などのノイズから影響を受けないよう、原信号を38kHz前後のバースト波形 (ON/OFF変調) にした形で送信するものとなっている。

もうひとつの光伝送は、プラスチック光ファイバを使用するデジタルオーディオ用のものである。仕様を表2に示す。外来ノイズに強く、ベースバンド (原信号のままで光をON/OFF) で送信するため、6Mbit/秒までの高速信号が送信できる。

表2. デジタルオーディオ用光モジュール

項目	仕様、型名 (メーカー) など
名称	トスリンク [®] (TOSLINK [®])、(東芝)
型名 (送信/受信)	TOTX173/TORX173
伝送速度	DC~6 Mb/s

3. 総合制作実習作品とデータ伝送

今年度の実習では、マイコンで取得した「計測データ」をマイコンの外部へ「伝送する」をキー

ワードとしたテーマで各作品を製作した(表3)。マイコンの特徴である下記3機能1)を基本学習要素として、様々な形態の「伝送」を織り込んだ。

- (1) 高速な実時間処理機能
- (2) 多彩な実時間処理機能
- (3) A/D変換器を利用したアナログ入力機能

表3. 総合制作実習 マイコン関連テーマ一覧表

No.	平成19年度 テーマ名	学生数
1	ワンチップマイコン(H18/3048)を使用した地震データ収集システムの製作	1
2	" 音声データ光伝送システムの製作	1
3	" 回転表示灯への光データ伝送装置の製作	1
4	" 加速度センサ運動計測システムの製作	1

3-1 シリアル/USB変換による伝送

テーマ1の「地震データ収集システム」は、図1に示すとおり、後述の3軸加速度センサとマイコンを組み合わせた端末複数台をホストPCに接続する形態をとる。端末台数はUSB規格の制限(127台)を受けるが、実用的に問題はない。

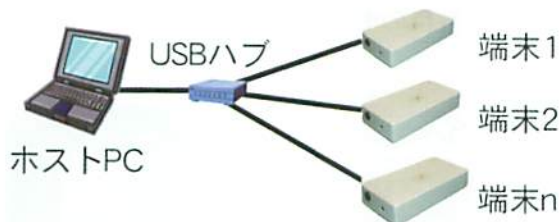


図1. 地震データ収集システムの構成図



図2. 地震データ収集システムの端末とセンサ

地震等による揺れを常時監視し、規定値を超える振幅をトリガに、毎秒100回のサンプリングを所定時間実施する。蓄積した振動データはホストPCからのポーリングへの応答として返信される。ひとつの建物内に必要数端末を配置し、同期の取れた振動データを採取することで、何らかの地震対策に貢献することを狙ったものである。

3-2 赤外線リモコン受信モジュールによる伝送

テーマ3の「回転表示灯への光データ伝送装置」の表示部は、扇風機の羽の代わりに16個のLEDを半径上に並べたものを、制御部であるマイコンや電池共々に回転させ、文字等を表示する装置である。昨年度は固定のパターンを表示する構成であったが、新たに可変データ(今回は、送信側で取得する温度データ)を表示する機能を加えた。受信部が回転体であるため、光や電波などの空間伝播による伝送手段しか利用できない。本装置では、図3および表4に示すとおり、マイコンのSCIからの出力信号を、38kHzのバースト波にして赤外LEDをON/OFF(強度変調)することで、市販の赤外線リモコンと同様の送信光を発射させている。受信側の回転表示灯では、リモコン受信モジュールで復調後、元の信号と同じ電圧レベルに戻し、マイコンのSCIに入力している。

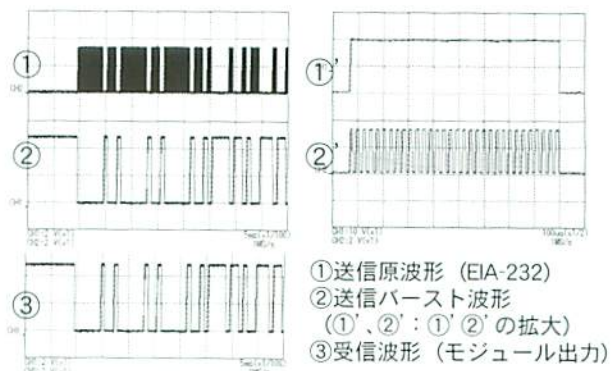


図3. 回転表示灯への温度データ送信波形

表4. 回転表示灯へのデータ伝送の仕様

項目	仕様、型名(メーカー)など
送信ポート	SCI0 (EIA-232レベル)
信号速度	1,200bps (bit/秒)
バースト周波数	38kHz (一般の赤外線リモコンと同じ)
送信用赤外LED	波長940nm, HIRL5040 (RODAN)
リモコン受信モジュール	SPS-450-1 (SANYO)

なお、テーマ4の「加速度センサ運動計測システム」では、PCへの計測データの送信において、通常のケーブルによるものと併設で、テーマ3と同仕様の赤外線LED送信部を持たせている。

3-3 デジタルオーディオ用光モジュールによる伝送 (PWMを使ったアナログ信号伝送)

テーマ2の「音声データ光伝送システム」の特徴は、H8マイコンのITUに備わっているPWM (Pulse Width Modulation) モード出力を利用して、アナログ信号を伝送していることである。すなわち、入力信号 (マイク入力) 電圧の瞬間値に比例したON率でパルスを送出する (表5)。

表5. 音声データ光伝送システムの仕様

項目	仕様
サンプリング周波数	15.625kHz (周期: 64 μ s)
PWM周期	64 μ s (一定)
PWMのON率分解能	1,024 (10bit)、約0.1%刻み
受信部LPFカットオフ周波数	2.5 kHz (-3dB)

受信側では、PWM信号を低域通過フィルタ (LPF: Low Pass Filter) を通すだけで元のアナログ信号に復元している。光ファイバを使用することで、このPWM信号を低歪みで伝送できる。実際の波形を図4と図5に示す。

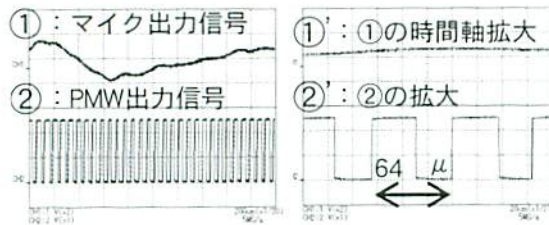


図4. 送信側音声信号とPWM波形

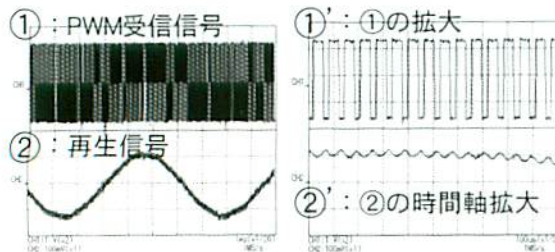


図5. 受信側PWM波形と再生信号 (サイン波)

本システムでは、電子回路で直接アナログ信号に復元する方式としたが、PWM変調と逆の変換、すなわち、パルス幅を計測してデジタル値に戻す方式も可能である。

4. 加速度センサの応用

加速度センサは、ゲーム機のリモコンに搭載され、特にテニスやゴルフといったスポーツのシミュレーションゲームが好評を博している。

人や物の動きが捉えられるという機能のため、実に多彩な用途が提案されている3)。

表6に今回検討した加速度センサを比較する。テーマ1の地震データ収集には感度が最高の4番目のセンサを使用した。兵庫県南部地震 (1995) など、殆どの地震は本センサの測定範囲内にある。

表6. 加速度センサの仕様比較

No.	モジュール 型名 (センサ型名)	最大 電源 電圧	軸数	感度 mV/g*	測定 範囲 g*	センサ メーカ
1	ADXL311JE	6V	2軸	175	±2	Analog Devices
2	ACB302	5.5V	3軸	100	±2	スター精密
3	ACA302	5.5V	3軸	500	±2	スター精密
4	KXM52 (KXM52-1050)	5.5V	3軸	1000	±2	Kionix

テーマ4は垂直跳びのジャンプ高さを測定する装置で、3番目のセンサを使った (図6参照)。

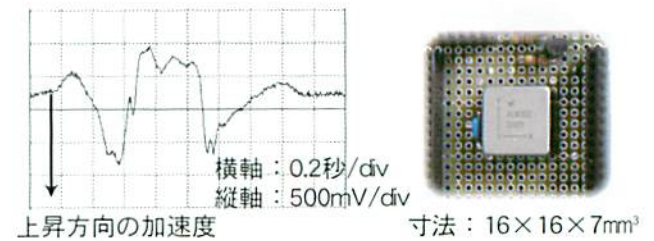


図6. 「ジャンプ計」加速度センサと出力信号

物理法則に従い、加速度を時間に関して2回積分する過程で、最大値を求めるという原理である。ベルトで腰に装着して測定する (図7)。

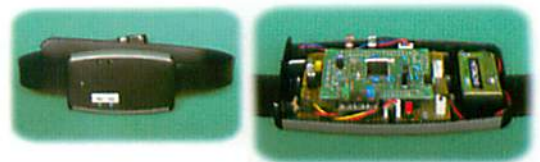


図7. 「ジャンプ計」の外観と内部