

携帯電話インターネット機能による遠隔振動モニタリングシステムの開発

Development of the Remote-Vibration Monitoring System with Cellular Phone using Internet Function

岡林隆敏*, 糸永洋次郎**, 木場俊郎**, 奥松俊博***

Takatoshi OKABAYASHI, Youjiro ITONAGA, Toshio KOBA, Toshihiro OKUMATSU

* 工博 長崎大学教授, 工学部社会開発工学科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

** 長崎大学大学院, 生産科学研究科環境システム工学専攻 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

*** 工修 長崎大学助手, 工学部社会開発工学科 (〒852-8521 長崎市文教町 1-14)

Bridge vibration should be monitored customarily to inspect its performance, especially for aging structures. In this study, the authors developed the remote monitoring system of infrastructure with cellular phone. The main target is displaying sufficient and effective information on the cellular phone-display monitor. Therefore, developing the network between cellular phone and site instruments and design of the cellular phone-display monitor, were focused. This paper subscribes the system and result of experimental test conducted to verify the effectiveness of the system.

Key Words: Bridge Vibration, Remote Monitoring, Cellular Phone, Internet

キーワード: 橋梁振動, 遠隔モニタリング, 携帯電話, インターネット

1. はじめに

戦後大量に建設された道路橋が同時期に老朽化を迎え、広域に分散した橋梁の損傷診断のためにモニタリングが必要になっている。また、都市部の道路や橋梁の建設に伴い、交通騒音や振動による障害が増加傾向にあり、これらの対策のために経常的な監視が必要になっている¹⁾。橋梁の施工管理や維持管理において、橋梁の物理量を現場から離れた遠隔地でモニタリング^{2,3)}することにより、業務の効率化を実現することができる。同じく、道路交通環境計測における騒音や振動測定⁴⁾が、遠隔地の管理事務所でモニタリングすることが可能になれば、計測業務の大幅な経費削減につなげることができる。

橋梁の遠隔計測、さらに地すべり地点、災害予想現場の遠隔計測の試みは、継続的に続けられてきた。これらの技術の基本的な要素は、電話回線や無線技術であるが、近年の移動体通信 (PHS, 携帯電話) の飛躍的な進歩により、観測データ通信分野の技術革新がなされた。さらに、パーソナルコンピュータの性能向上と通信技術との融合は、軽量で低価格の通信機能を付加した複合的な計測器の実現を可能にした。著者等^{5,6,7)}はパーソナルコンピュータと移動体通信 (PHS・携帯電話) による遠隔計測システムを開発し、低価格・軽量の可搬型計測システムを実現した。この計測システムを道路橋交通振動、橋梁施工管理³⁾、トンネル掘削に伴う地盤環境振動の遠隔モニタリング⁴⁾に適用し、実用的計測を実施し、これらの計測システムが実用段階に達したことを確認した。

本研究は、従来の著者等の研究をさらに発展させ、携帯電話の画面で観測データを表示させるシステムを実現したものである。従来、橋梁の振動計測業務の目的は、固有振動数や減衰定数など特定の値を把握することにあつたため、限られた時間内に実施された。これに対して維持管理業務における計測業務は、構造物に生じる物理的現象をより詳細に評価することが重要で、そのためには、長時間に渡り計測することが望ましい。これより管理者は、計測値が閾値を越えるなど、あるイベントが発生した場合に計測結果を見ることになる。従来の計測業務に対応した計測器を、常時監視に対応した計測器に移行させることが必要である。そこで、イベントが発生したときに行動を起こすべく意思決定をするための、常時持参できる端末機器が必要になってくる。このような視点から、著者等はこの研究において次の点の解決を試みた。

①携帯電話を振動計測の端末機器とする基本的システム構成

②実験現場と携帯電話に至るネットワーク構成

③携帯電話に計測波形を表示するための表示画面の設計

本論文は、拡大と高密度化の一途をたどる携帯電話画面に着目し、遠隔地で計測した振動データやスペクトル等を携帯電話に表示するシステムを提案し、さらにこのシステムの有効性を確認するための検証実験について示したものである。本論文では、携帯電話のインターネット接続機能を用いた遠隔振動計測の骨格の技術として、NTT DoCoMo 社が提供する携帯電話の i モード機能を用いた。まず、振動加速度計、パーソナルコンピュータ、携帯電話

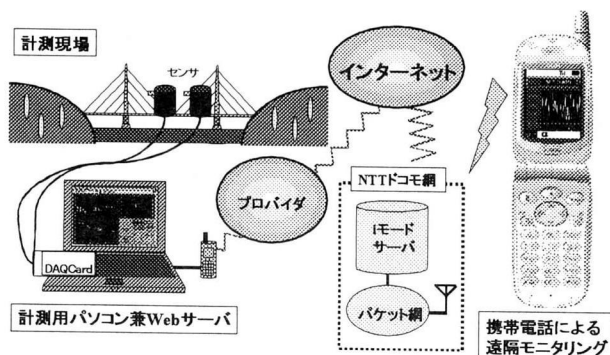


図-1 携帯電話による遠隔振動モニタリングシステム

など使用する機器の構成と仕様について説明した。次に、振動計測現場の検出器から、携帯電話端末に至るネットワークの構成法と、使用するソフトウェアの設定法について述べた。さらに、携帯電話画面の設計、計測データのデータベース構成など、携帯電話内蔵のプログラム機能 JAVA^{8)~11)}によるプログラム事例を示した。また、本システムの有効性を確認するために、実橋の常時微動計測実験を行い、携帯電話によるモニタリングの検証を行った。

2. 携帯電話による振動計測の目的

2.1 移動体通信による遠隔振動計測の実現

橋梁完成時の振動実験や調査のための振動実験は、その時点の構造物の振動性状を評価することが目的であるため、短期間で行われる。他方、損傷が発生している橋梁は比較的剛性が低く、振動を発生しやすい場合があるので、維持管理に関する振動計測は、様々な振動の変状を検出するために長時間計測する必要がある。すなわちイベントの発生を検出する計測は、検証実験のように計測を集中して行うのではなく、日常業務の中で遂行する必要がある。

携帯電話による振動計測を実現する背景として、①維持管理業務における振動計測業務形態の変化と、②携帯電話の機能強化を挙げることができる。維持管理のための計測において、いつでも、自由に振動状況を把握できる端末として、現在の携帯電話は十分に利用可能である。

本論文で提案する携帯電話による遠隔モニタリングシステムを図-1に示した。

2.2 携帯電話による遠隔モニタリング

通話のために開発された携帯電話であるが、その後様々な機能を持つように進化してきた。すなわち、表示画面を持つようになり、インターネット接続機能が付加され、さらにプログラム・メモリ機能を持つようになってきた。携帯電話による遠隔振動モニタリングを実現するために、携帯電話の次のような機能を活用した。

- ①携帯電話画面の広画面化と高密度化
- ②携帯電話のインターネット接続機能
- ③携帯電話のプログラム機能

最近の携帯電話は広画面、高密度な画面により、モニタリングが可能になった。携帯電話がインターネットに接続

されることにより、多様なデータの表現法が可能になり、計測画面の表示が簡単にできるようになった。

2.3 iモード機能による遠隔振動計測の開発目標

著者らは、これまで携帯電話の公衆無線回線の機能を使い、遠隔モニタリングの計測技術の開発^{2)~7)}を行ってきた。携帯電話の表示画面を使った、携帯電話を遠隔振動モニタリングの端末にするためには、次の項目を開発目標とする必要があった。

- ①計測点と携帯電話端末とのネットワーク接続
- ②計測アナログ信号の携帯画面画像データへの変換技術
- ③携帯電話画面操作
- ④計測データのデータベース

すなわち、計測現場のアナログ信号を携帯電話表示画面に表示するための、ネットワーク構成と信号と画像の変換を実現しなければならない。携帯電話の表示画面は 120×120pixel 程度であるため、振動波形画面を見るには小さすぎる。大きな画像を表示画面で上下左右にスクロールさせて画像を見せる工夫を施した。さらに、確認したいその時間の振動記録だけではなく、過去の特定の時刻の振動波形を確認するための計測記録データベース検索機能を付加する必要がある。

3. 携帯電話インターネット機能のための設計仕様とプログラムの構成

3.1 携帯電話機画面の設計

(1) プログラミング言語

携帯電話による遠隔モニタリングを実現するためには、前述の機能を加えるためのプログラミングが必要である。携帯電話のプログラミングには通常 JAVA 言語が用いられている。プログラムを作成するにあたり、J2ME (Java 2 Platform, Micro Edition: 「組み込み機器」に搭載される JAVA の仕様) を使用した。その中でも、ネットワークに接続された環境で、CPU が 16bit 以上、メモリが 160kbyte ~512kbyte 程度で動作するような機器を対象としている CLDC(Connected, Limited Device Configuration)を使用している。これは、携帯電話上での浮動小数点計算の省略や実行時のバイトコード正当性検証を省くなどして、サイズを小さくする工夫がなされている。

(2) 携帯電話の記憶容量

JAVA 対応携帯電話は、ブラウザ操作を通じてアプリケーションを携帯電話にダウンロードする。プログラムのサイズは、全機種 (NTT DoCoMo 社が提供する 503i シリーズ) 共通で、上限が 10,240byte と決められている。またプログラム上で画像を利用する場合は、画像データを含めて 10,240byte 以内に収める必要がある。

(3) 表示画面設計

プログラムの画面設計では、様々な要素が機種に依存する。携帯電話の画面サイズは、Panasonic・富士通・NEC の 3 機種で 120×130pixel 程度、三菱で 132×126pixel、本研究で使用した SONY 社製の機種で 120×120pixel となっ

ており、画面サイズやフォントサイズが統一されていない。このため、携帯電話用のプログラムを作成する際に、必要に応じて、プログラムを書き分けなければならない。

(4) 画像のスクロール機能

携帯電話には、表示した画像をキー操作により上下・左右にスクロールさせるための機能がない。そのために、JAVA プログラムを作成し、携帯電話に新たな機能を追加する。JAVA プログラムでは、OS の各機能呼び出すインターフェイスである API (Application Program Interface) を使用している。これにより、JAVA 対応携帯電話で表示された画像をキー入力により上下・左右にスクロールすることが可能となる。

3.2 携帯電話画面の画像表示法

(1) HTTP ブラウジング画面の表示

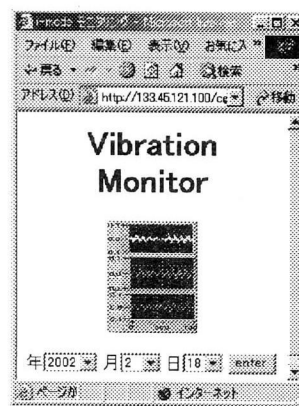
最近の携帯電話は、インターネットに接続されている Web サーバへのアクセスが可能である。HTTP は、携帯電話側から TCP/IP の接続を行いデータを送信することにより、通信を開始する。サーバはリクエストを解釈し、レスポンスを返信する。携帯電話用の Web ページは C-HTML (Compact HTML) で記述する必要がある。この C-HTML は、HTML を単純化したものであり、携帯電話のような表示能力の限られたブラウザでも表示できるように開発されたものである。パーソナルコンピュータにより表示した画面を図-2a)に示した。同じ画像を携帯電話によって表示したものが図-2b)である。

(2) スクロール画面の表示

HTTP ブラウジング画面では、携帯画面の横幅以上の画像は表示できないことから、画面サイズより大きな画像を表示させるためには、JAVA 搭載の携帯電話を使用する必要がある。JAVA プログラムを携帯電話で動作させることにより、キー操作によって上下左右の移動を行うような画像の操作が可能になる。表示画面より大きい画像を携帯電話により取り込み、携帯電話を使って画面表示したものを図-3に示した。

3.3 携帯電話のための JAVA プログラミング

携帯電話のプログラムの開発には JBuilder (Borland 社製) を、携帯電話のシミュレータとして i-JADE (ゼンテック・テクノロジー社製) を使用した。JBuilder は本来、パソコン用の JAVA プログラムをコーディング、コンパイル、パッケージ化するソフトウェアである。そのため、携帯電話用の JAVA プログラムの開発を行う J2ME Wireless SDK for the Doja (NTT DoCoMo 社製) を組み合わせることで、JBuilder 上でのプログラミングが可能となる。i-JADE は Windows 上で携帯電話画面のシミュレートを行うものである。携帯電話において、JAVA プログラムを動作させるためには、①事前検証を行い、コンパイルされたプログラム (jar ファイル)、② jar ファイルに関する情報を記述した ADF (Application Descriptor File) ファイルの2つのファイルが必要である。図-4に JBuilder と i-JADE の画面を示した。



a) パーソナルコンピュータの画像表示



b) 携帯電話による画像表示

図-2 Web サーバの画面表示

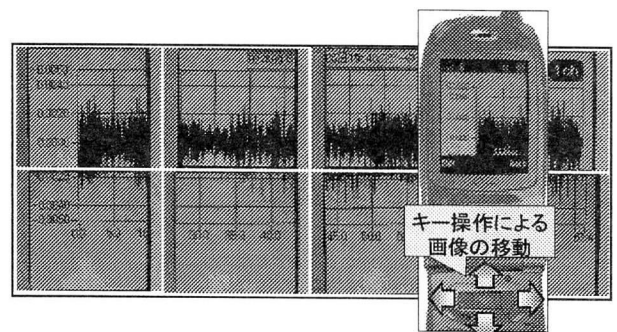


図-3 上下・左右スクロールによる画面表示

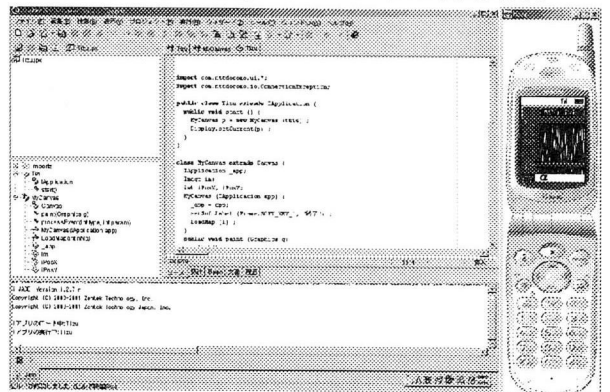


図-4 JBuilder と i-JADE の画面

4. 携帯電話 i モード活用のためのプログラム構成

4.1 JPEG から GIF への画像変換

本研究では、現場計測の管理を行うプログラムの開発に仮想計測器ソフトウェアである LabVIEW (National Instruments 社製) ^{12),13)} を使用している。LabVIEW で使用可能な画像として、JPEG 画像がある。しかし、携帯電話にダウンロードする JAVA プログラムは、GIF 画像のみしか対応しておらず、携帯電話で画像を表示する場合には、JPEG 画像を GIF 画像に変換しなければならない。JPEG (Joint Photographic Experts Group) は、カラー静止画像を 1/10~1/100 に圧縮する技術であり、圧縮率を上げること

きる。一方、GIF (Graphics Interchange Format) は、JPEG に比べて圧縮率が低い、扱える色数が 256 色以下であるため、画像のサイズをより小さくすることが可能である。

本研究では、JPEG 画像から GIF 画像への変換を行うプログラム (C 言語) を作成し、それを LabVIEW に組み込むことで、自動的に画像の変換を行っている。JPEG 画像と GIF 画像変換の概要を図-5 に示した。

4.2 携帯電話による画像の表示

携帯電話による画像の表示を図-6 に示す。携帯電話でモニタリング用の JAVA プログラムを起動することにより、画面には画像の選択画面が表示される。各項目の選択を行い、画面の【GET】を押すことで画面に指定した画像を表示する。この状態で画面の【Back】を押すことで検索画面に戻る。画面の切り替えの制御は、ボタンやテキストボックスなどの画面に表示する部品を組み合わせで作るパネルと、絶対座標を用いたビットマップ描画を行うキャンパスの 2 種類がある。本研究では、起動時の画面にパネルを使用し、キャンパスによって指定した画像の表示を行い、画像の確認を行っている。

4.3 画像スクロールのためのプログラム例

本研究で用いた携帯電話画面上に表示された画像を、キー操作によって上下左右にスクロールさせる JAVA プログラムについて説明する。プログラムを設計する際には、機能の組み込みと呼び出しを実行する命令などを記述したメソッドを使用する。まず押されたキーの判断を行う “processEvent” メソッドを呼び出し、各キーに対応する移動方向の処理を記述する。発生するイベントの種類を入力する “iType” は、キーが離されたときにイベントを発生させる、“Display.KEY_RELEASED_EVENT” と関連付けてある。キーが離されると、キーに応じて、画像の座標を入力している “iParam” の値を書き換え、画像の座標情報を変更し、画像を再描画する “repaint” メソッドによって画像の移動を行っている。JAVA プログラミング例を図-7 に示す。JAVA プログラムの詳細は文献 (11) を参照されたい。

4.4 携帯電話画面構成

本研究で計測に用いた携帯電話は、SO503i (SONY 社製) である。画面サイズは 120×120pixel である。前述した JAVA のプログラムにより、500×200pixel 程度の画像を取り込むことが可能であるが、携帯電話画面のサイズを上回っているため、取り込んだ画像全体を把握するためには、画像を上下・左右にスクロールする必要がある。JAVA プログラムのスクロール機能による計測データの閲覧を図-8 に示す。

4.5 携帯記録データベースの作成

長期間にわたって構造物の振動計測を行うためには、計測データを分類し、保存する必要がある。また、過去の計測データを容易に閲覧可能にするためには、前述したよう

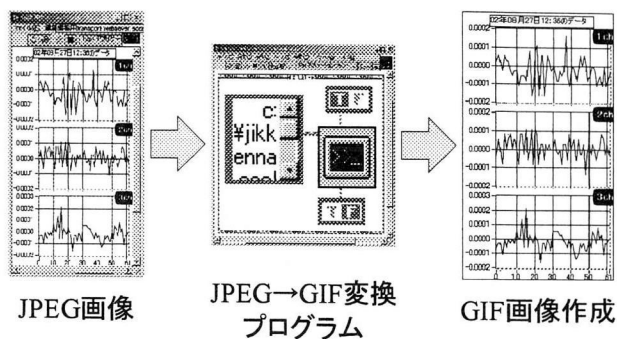


図-5 JPEG 画像と GIF 画像の変換

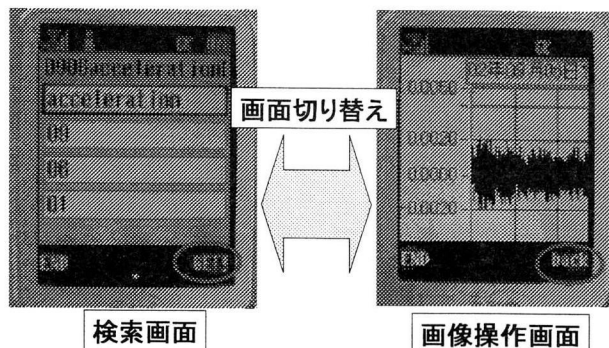


図-6 携帯電話による画像の表示

```
public void processEvent(int iType, int iParam)
{
    if (iType == Display.KEY_RELEASED_EVENT)
    {
        switch (iParam)
        {
            case Display.KEY_SOFT1:
                terminate();
                break;
            case Display.KEY_SOFT2:
                show(1);
                break;
            case Display.KEY_UP:
            case Display.KEY_2:
                y += 20;
                break;
            case Display.KEY_DOWN:
            case Display.KEY_8:
                y -= 20;
                break;
            case Display.KEY_RIGHT:
            case Display.KEY_6:
                x += 20;
                break;
            case Display.KEY_LEFT:
            case Display.KEY_4:
                x -= 20;
                break;
        }
        repaint();
    }
}
```

図-7 JAVA プログラム例 (画像のスクロール)

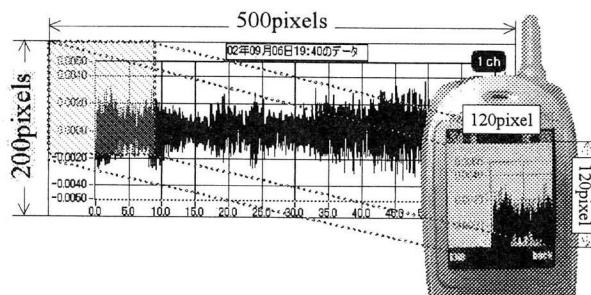


図-8 スクロール機能による計測データの閲覧

な携帯電話に表示できる画像データを Web サーバに保存し、計測記録用データベースを作成する必要がある。

携帯電話で計測画面を表示する手順としては、携帯電話にダウンロードした JAVA プログラムを実行し、データ選択画面を表示させる。必要事項（日付、画像の種類（加速度、スペクトル）、ファイル番号）を指定すると、JAVA プログラムが Web サーバ上にある画像の URL を参照する。それにより i モードサーバを通じて、携帯電話にデータが伝送される。そこで、閲覧したい計測画像を携帯電話の画面上に表示することができる。計測記録用データベースの作成について図-9 に示す。

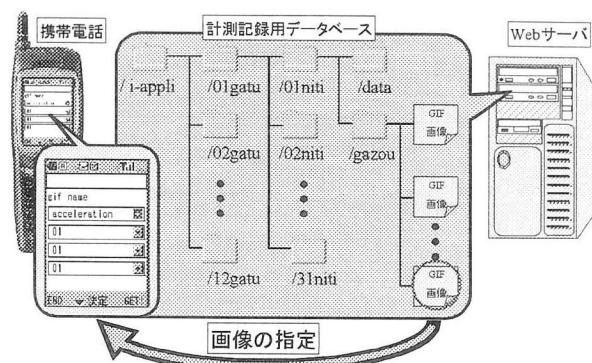


図-9 計測記録用データベースの作成

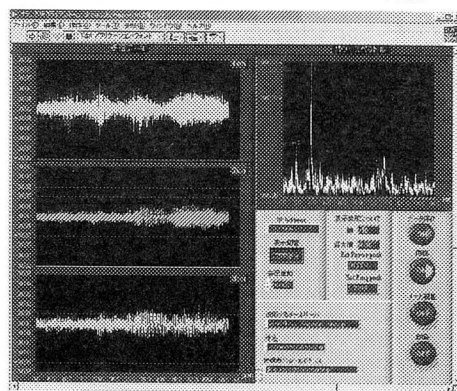


図-10 データ転送クライアント画面

5.1 遠隔計測のための LabVIEW によるネットワーク

本研究では、遠隔モニタリングシステムを構築するために LabVIEW を用いて、サーバ・クライアント型のプログラムを作成した。計測現場と管理事務所との間のネットワーク環境は、計測現場をサーバ、管理事務所をクライアントとしている。クライアントのプログラムは、データの転送を行う部分と、携帯電話用の画像を作成する部分で構成されている。携帯電話画像作成プログラムは画像のデータ容量を少なくするために、モノクロの画面で構成した。データ転送クライアント画面を図-10 に、携帯電話画像作成画面を図-11 に示した。本プログラムの流れを下記に示す。

- ① 計測現場でプログラムを実行すると振動計測を開始し、管理事務所でプログラムを実行すると現場からのダイヤルアップ接続の確認を行う。
- ② 計測現場では、時間間隔を設定し、その時間で最大値のデータを管理事務所へと転送し、保存、スペクトル解析を自動で行う。
- ③ 管理事務所では、受信した計測データから携帯電話で閲覧するための加速度波形とスペクトル波形の GIF 画像を作成し、計測記録用データベースに画像を分類して、保存する。
- ④ データ転送が終了するとダイヤルアップ接続は切断され、計測現場と管理事務所のシステムは①の状態に戻る。

本プログラムは、このような動作を常時、自動的に行うことが可能である。

5.2 Web サーバの設定

管理事務所のパソコンには、Windows2000 の各種のインターネットサービスの設定を行う“インターネットインフォメーションサービス¹⁴⁾”をインストールした。これによって、既定の Web サイトがセットアップされ、指定のフォルダに HTML ファイルを保存することで、インターネットを利用して HTML ファイルを閲覧することが可能になる。JAVA で作成したプログラムにリンクしたファイルを C-HTML によって記述し、このフォルダに設置する

ことで、携帯電話に JAVA プログラムをダウンロードすることが可能になる。また、携帯電話では URL を入力する際に、数値 IP アドレスは指定できないため、IP アドレスとホスト名を階層的に分散管理する DNS (Domain Name System) サーバを設定する必要がある。

5.3 i モードサーバの利用

現在、提供されている多くの携帯電話では、各社のインターネットサービスに接続することが可能である。本研究で使用している携帯電話のメーカーである NTT DoCoMo 社では、ドコモ i モードセンターにおいて、i モードサーバを運用している。

JAVA 対応携帯電話は、パケット通信網 (PDC-P) を通じて i モードサーバと通信を行っている。ドコモの設置す

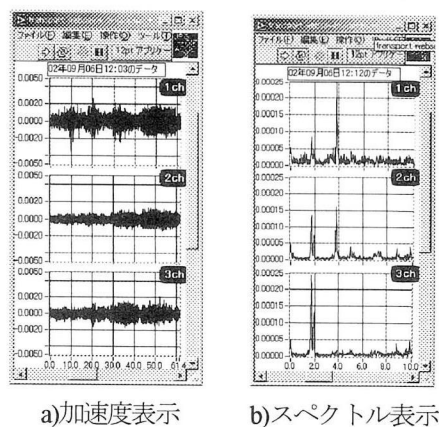


図-11 携帯電話画像作成画面

るiモードサーバは、インターネット接続機能を搭載した携帯電話から発信された「パケット」を、TCP/IP上のHTTPにプロトコル変換し、インターネットに接続するゲートウェイの役割を担っている。本研究で使用しているソフトウェアとネットワーク環境を図-12に示す。

6. 遠隔振動計測のためのハードウェアとネットワーク

6.1 検出器とデータ収録

(1) システムの概要

本システムは、計測現場で得られた計測データを管理事務所（基地局）に転送するための通信手段として、PHSを用いている。計測現場のパソコンには、対象構造物の振動を検出するための検出器が装着されている。また、計測現場および管理事務所のパソコンには、データ送信用のデバイスとしてPHSカードを装着している。さらに、管理事務所のパソコンは、LANケーブルを介してインターネットに接続することが可能な環境にあり、計測データをインターネット上に配信することができる。計測データ閲覧用のデータベースを構築することで、外部からのデータ閲覧環境を実現する。本システムは、計測現場での振動計測、データ転送、計測データのインターネット配信をすべて自動で行うことができる。

(2) データ収録

加速度計によって得られた計測信号をコンピュータに取り込むには、A/Dコンバータによって、アナログ信号をデジタル信号に変換する必要がある。本システムでは、システムの小型化のためにノートパソコンの標準的なインタフェースであるPCMCIA Type IIのPCカード型DAQ-Card 6062E（National Instruments社製）を使用した。検出器とデータ収録を図-13に示す。

(3) パーソナルコンピュータ

遠隔モニタリングシステムの開発を行うためには、検出器からの計測デジタル信号の収録、計測現場から観測場所への計測数値データの転送、Webサーバ機能の付加が必要になる。これらの機能を2台のパーソナルコンピュータで実現し、PHSによるコンピュータ間でのデータ通信を行い、観測所のパーソナルコンピュータでWebサーバを起動し、計測画面の携帯電話による閲覧を可能にするものである。

6.2 遠隔データ通信用PHS

データ通信はPHSによるダイヤルアップ接続で行う。通信には、携帯電話の通信速度9.6kbpsに比べ64kbpsと速いことからPHSを使用した。通信方式は、パケット通信方式による高速なデータ通信サービスも提供されているが、着信側の設備に特殊な設定が必要になるため、本システムではPHS同士の回線交換方式を使用した。データ通信の構成を図-14に示す。計測現場と基地局のパソコンに転送するデータは、計測数値データである。常時計測を行うためには、恒久的な電源を供給できる太陽電池等の導入が必要と考えるが、今回は基本システムの構築のために自動車用バッ

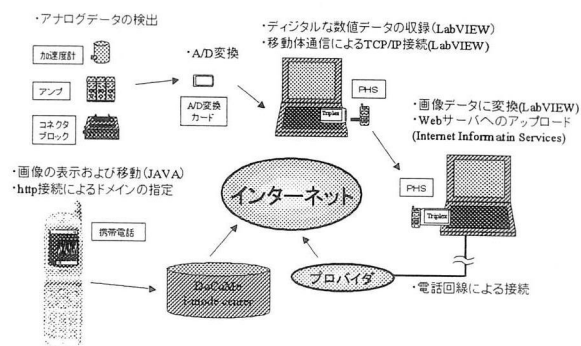


図-12 ソフトウェアとネットワーク環境

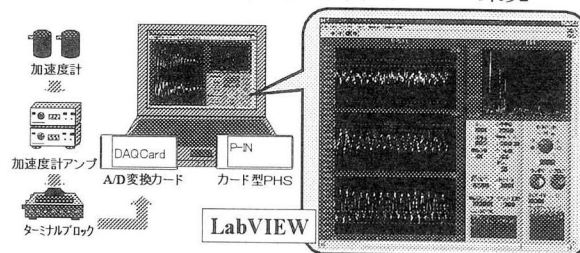


図-13 検出器とデータ収録

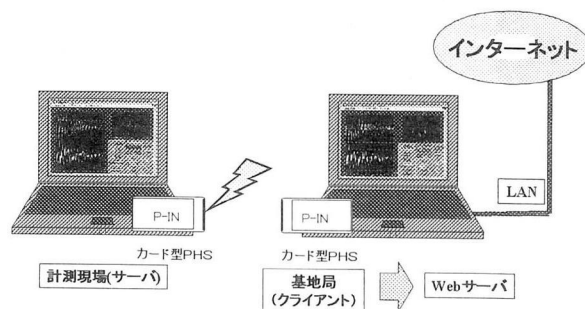


図-14 データ通信の構成

表-1 遠隔モニタリングシステム機器構成

製品名	
サーバ部	加速度計: Model710 (TEAC社製)
	アンプ: SA-710/H (TEAC社製)
	AD/DAコンバータ: DAQ Card-6062E (National Instruments社製)
	ノート型パソコン: A20m (IBM社製)
	PHS: Mobile Card Pin (NTT DoCoMo社製)
	ソフトウェア: LabVIEW (National Instruments社製)
	電源: 自動車用バッテリー (YUASA製)
クライアント部	ノート型パソコン: CF-28 (Panasonic社製)
	PHS: Mobile Card Pin (NTT DoCoMo社製)
	ソフトウェア: LabVIEW (National Instruments社製)

テリを使用した。遠隔モニタリングシステム機器構成を表-1に示す。

本システムで使用している Windows2000 では、RAS (Remote Access Service)¹⁵⁾が標準で装備され、ダイヤルアップ接続要求に対して、自動的に着信することができる。また、通信プロトコルは信頼性の高いデータ転送を行うことが可能な TCP/IP¹⁶⁾¹⁷⁾を使用した。TCP/IP 接続された機器は、IP アドレスによって識別される。計測現場と基地局との間のデータ通信は、インターネットに接続しないピアツーピアの通信を行うことからプライベートアドレスを使用し、モニタリングの自動化を図るために IP アドレス

を下記のように指定した。

サーバ 192.168.0.102
クライアント 192.168.0.101

6.3 携帯電話インターネット機能による遠隔振動計測

遠隔地に点在する計測対象構造物の計測数値データを PHS を用いて計測記録用データベースとした Web サーバに転送する。管理事務所に設置したパソコンでは、受信した計測数値データを LabVIEW の計測画像データとして保存する。また一般電話回線によってプロバイダに加入し、インターネットによる閲覧環境を構築する Web サーバとした。これにより、この各現場の計測画面を、携帯電話を利用して閲覧することが可能になる。一般電話回線を使用したネットワーク構成について図-15 に示した。

本研究では、Web サーバのインターネット環境を構築するため、一般のプロバイダを利用する代わりに、長崎大学の Web サーバを用いている。本システムは、一般電話回線を利用したものと多少異なるシステム構成になるが、同様の機能をもたせることができる。長崎大学学内 LAN を使用したネットワーク構成を図-16 に示した。

7. 遠隔振動計測適用事例

7.1 振動計測の概要

本システムの有効性を確認するために、長崎市に架設されている浦上歩道橋において遠隔モニタリング実験を行った。対象橋梁を図-17 に、測定橋梁の諸元を表-2 に示す。加速度計を橋梁の左径間の 1/2 地点と、右径間の 1/2 地点、1/4 地点に設置し、橋梁の鉛直方向の常時微動計測を行った。サーバ側となる計測現場では、計測したデータを定期的にクライアント側となる長崎大学に転送し、計測現場で携帯電話を用いて、加速度応答波形と、スペクトル波形の閲覧を行った。サンプリング周波数は 100Hz とした。加速度計、計測システム設置位置を図-18 に示した。計測システム設置状況を図-19 に示した。Web サーバ設置状況を図-20 に示す。

7.2 振動計測結果の表示

携帯電話による計測結果のモニタリングについて説明する。長崎大学に設置した Web サーバ上の計測波形表示画面を示したものが図-21 である。図-21a)は加速度波形、図-21b)は対応する加速度のパワースペクトル密度である。加速度波形の横軸は時間で 60 秒を示している。縦軸は加速度 (m/s^2) で示している。スペクトル画面は、横軸を周波数(Hz)で示し、0~10 (Hz) までを表示している。縦軸は、スペクトル(m^2/s^3)である。加速度とパワースペクトル密度の画像は、別々のフォルダに保存されている。

それぞれの波形画像を携帯電話の画面に表示させたものが、図-22 および図-23 である。

図-22a)は、画像の選択画面である。ここで携帯電話画面に表示するために特定の画像情報(月、日等)を入力することで、画像を取得することができる。図-22b)は、選

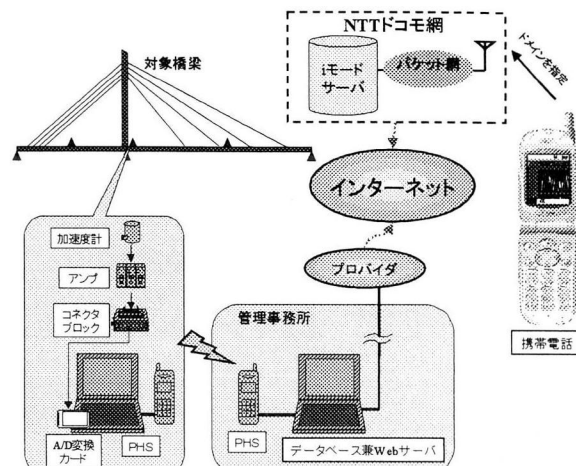


図-15 一般電話回線を使用したネットワーク構成

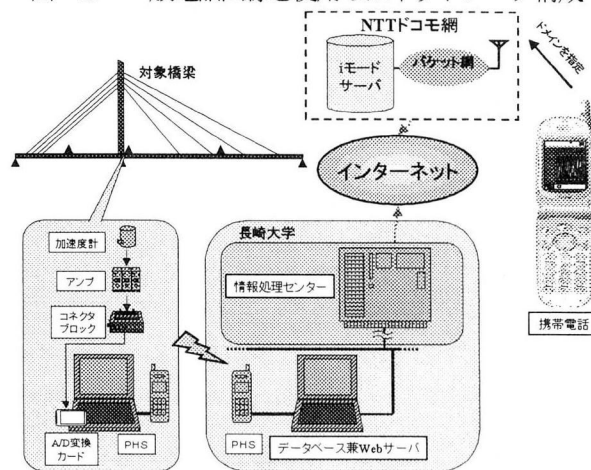


図-16 学内LANを使用したネットワーク構成

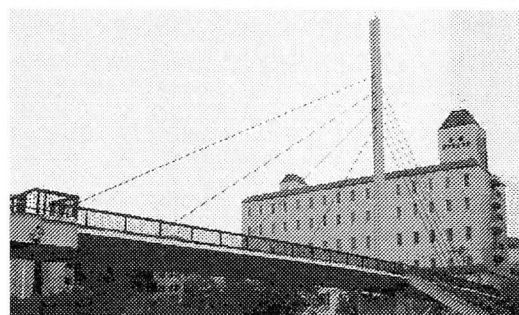


図-17 対象橋梁（浦上歩道橋）

表-2 測定橋梁の諸元

構造形式	2径間連続鋼斜張橋
橋 長	79.45m
支 間 長	28.00m(左側径間) 50.70m(右側径間)
有効幅員	4.600m

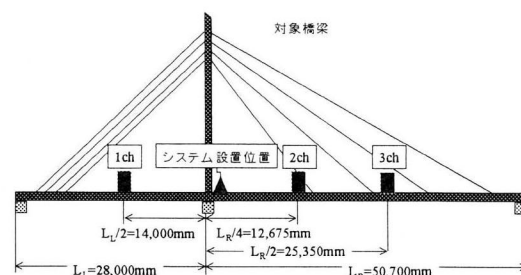


図-18 加速度計、計測システム設置位置



図-19 計測システム設置状況 (計測現場)

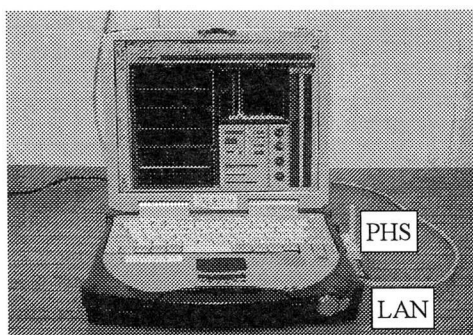


図-20 Web サーバ設置状況 (長崎大学)

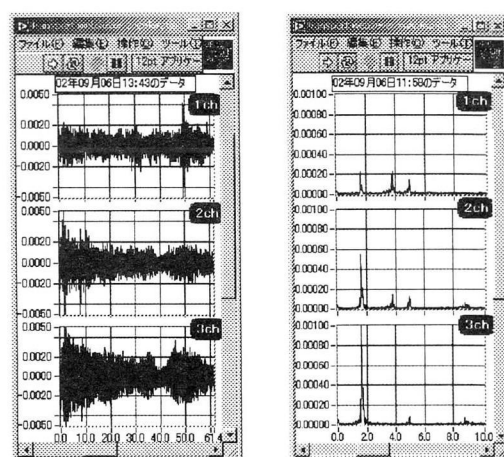
択したデータを携帯電話画面に表示させた状態である。画像の一部が表示されていることがわかる。本システムでは、画像をスクロールする機能を付加することで画像全体を確認することができる。この場合、画面より大きな画像が取り込まれているので、キー操作により画像を上下左右に移動させることができる。図-22c)にキー操作に対応した携帯電話の波形表示画面を示す。本研究では、閲覧用の携帯電話として SO503i (SONY 社製) を使用した。選定理由として、他の 503i シリーズに比べて、プログラムの実行速度が最も高速であり、色数が最も多いことがあげられる。

図-23 は、パワースペクトル密度を示したものである。加速度波形表示の場合と同様に画像を移動することができるので、パワースペクトル密度波形のピーク値をより詳細に読み取ることができる。これより、携帯電話の画面は小さいにもかかわらず、画像を移動できるように工夫した結果、業務に利用でき、高精度のモニターとすることが可能になった。

8. まとめ

本論文は、携帯電話本来の無線機能と携帯電話のインターネット接続機能を活用することにより、現場観測の各種振動波形をモニタリングするシステムを提案したものである。現場計測の振動波形を日常生活の中でモニタリング可能にすることは、維持管理のモニタリングにおいて必須技術であると考えられる。本論文では、現場振動波形を遠隔地から携帯電話でモニタリングする技術を提案した。

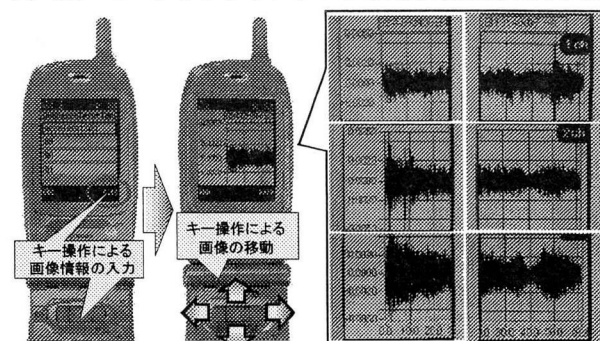
第 1 点は振動検出器から携帯電話に至るネットワーク構成法である。第 2 点は、狭い携帯電話画面を有効に使う



a) 加速度表示

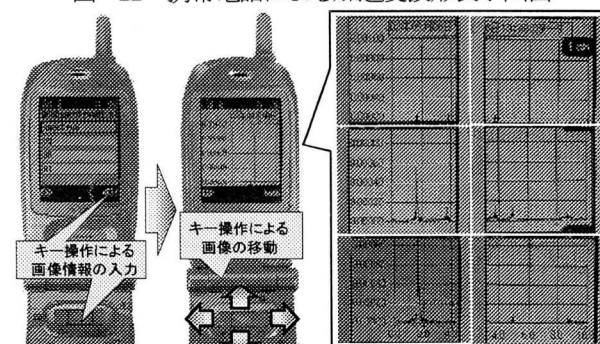
b) スペクトル表示

図-21 モニタリングシステムによる計測波形表示画面



a) 画像選択画面 b) スクロール操作 c) 波形表示画面

図-22 携帯電話による加速度波形表示画面



a) 画像選択画面 b) スクロール操作 c) 波形表示画面

図-23 携帯電話によるスペクトル波形表示画面

ための画面構成法と、計測データを検索するデータベースに関するプログラミング構成法である。研究成果を要約すると次のようになる。

(1) 計測現場の加速度系から携帯電話に至る、LabVIEW のネットワーク環境、Windows2000 の Web サーバ、i モードサーバのネットワークを構成することができた。様々な計測データを容易に携帯電話に転送するネットワーク環境を構成する基礎技術を確立することができた。

(2) 携帯電話の画面は各機種共およそ 120×120 画素程度で、パーソナルコンピュータと比べて小さい。そこで、携帯電話に送られてきた画像を上下左右にスクロールさせることにより、小さな携帯電話で大きな計測画像をモニ

ターする機能を実現した。

(3) 携帯電話によるモニタリングでは、携帯電話のメモリが少ないので、計測したデータを蓄積しているサーバからデータを検索する機能が必要である。そこで、現在の計測データや過去の特定の時間のデータを検索できるデータベース機能を設計した。

(4) 提案した携帯電話による振動計測システムを、歩道橋の常時微動振動計測に適用し、遠隔振動計測の有効性を検証し、本システムの実用的な有効性を確認した。

携帯電話による遠隔振動計測の実現は、振動計測技術と無線通信技術の完全な融合であり、計測技術として多くの可能性を持っている。携帯電話による遠隔振動計測を実現することは、維持管理に関する計測業務を大きく技術革新する可能性がある。従来の現場に固定された振動計測から、モニタリングの地理的環境を取り除くことができ、日常生活の中から振動計測が実現可能になる。さらに、近年各携帯電話会社が考えている国際ローミングが実現すれば、今後、国境を越えた橋梁のモニタリングが可能になる。

参考文献

- 1) 橋梁振動研究会編：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版，1993.10.
- 2) 岡林隆敏：道路橋遠隔モニタリングのためのデータ通信技術，橋梁振動コロキウム'01 論文集，pp.33-42，2001.10.
- 3) 岡林隆敏，木場敏郎，室井智文：移動体通信による振動と映像の遠隔モニタリング技術，橋梁振動コロキウム'01 論文集，pp.205-212，2001.10.
- 4) 岡林隆敏，細川雅史，村里静則，蔣宇静：環境振動制御トンネル掘削施工のための環境振動の遠隔モニタリング，橋梁振動コロキウム'01 論文集，pp.213-218，2001.10.
- 5) 岡林隆敏，山森和博，田丸康広，吉村徹：可搬型振動計測システムによる構造物の振動特性推定，土木学会論文集，No.591/I-43，pp.327-337，1998.4.
- 6) 河村進一，岡林隆敏，高木真一郎：移動体通信による橋梁振動の遠隔計測システムの開発，構造工学論文集，Vol.46A，pp.539-546，2000.3.
- 7) 岡林隆敏，吉村徹，河村進一，細川雅史：無線 LAN およびインターネット技術を活用した橋梁施工管理のための遠隔計測システム，構造工学論文集，Vol.47A，pp.285-292，2001.3.
- 8) 橋本賢一：明解 携帯電話 Java，リックテレコム，2001.7.
- 9) 田口景介：iアプリではじめて学ぶ Java プログラミング，アスキー，2001.10.
- 10) 上原 潤二，外山 純生，鶴保 征城：JAVA プログラマに贈る i モード Java プログラミング入門／503i シリーズ対応，オーム社，2001.4.
- 11) アスキー書籍編集部：i モード Java プログラミング／ネットワーク・アプリケーション編，アスキー，2001.9.
- 12) National Instruments Corporation：LabVIEW データ集録ベーシックマニュアル，1998.7.
- 13) 井上泰典：LabVIEW グラフィカルプログラミング，森北出版，1998.10.
- 14) 藤木 紅葉，多岐沢 悠，桂 ゆうり：Windows2000／インターネットサーバー構築術，オーム社，2000.9.
- 15) Mark Minasi, Todd Phillips：Windows 2000 Professional エキスパートガイド，翔泳社，2000.9.
- 16) 若林宏：TCP/IP ハンドブック，秀和システム，1999.1.
- 17) 井上伸雄：通信の最新常識 しゅくみから最先端技術まで，日本実業出版社，1999.9.

(2002年9月13日受付)