

# 統計的手法を用いたインターネット利用 損傷判定システム

## 工学部機械宇宙学科 轟 章

---

構造物（航空機，自動車，船舶，橋梁，トンネル，ダム，  
プラント，ビルなど）

経年劣化 → き裂，損傷発生検知  
地震，事故 → 損害モニタリング

損傷モニタリングシステム

## 従来手法

### (1) 目視検査

コスト高, 長期検査期間, 検査ミス

### (2) 光ファイバーセンサー利用

設置が面倒, 高価, 一箇所の破断で使用不能  
リアクション不可能

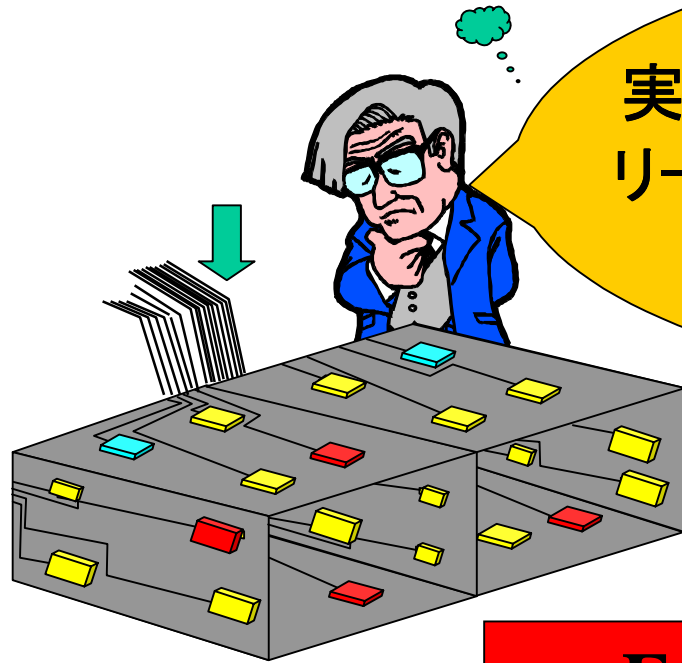
### (3) アナログセンサー設置

大量のアナログリード線の配線が必要

### 共通問題点:

目視あるいはセンサーデータの管理, 判断が困難  
大量の学習用データが必要

## 構造ヘルスマモニタリングの問題点



実際には多種類のセンサーが必要だが  
リード線の束が邪魔で実用化できない  
こまったな.....

Ethernet利用のネットワーク化

## 統計的手法を用いたインターネット利用 損傷判定システム

(1)超小型知的端末利用で従来型センサーをEthernetに接続

*i-Station* :CPU+A/D+D/A+Memory+Ethernet+ROM

Ethernet: インターネットに利用されている

### 利点

- (1)ノイズに強い(10BaseFなら光ファイバーと同じ)
- (2)多数の従来センサーを1本のケーブルに接続可能
- (3)ネットワーク変更も簡単
- (4)多種類のセンサーを取り付け可能
- (5)センサー故障はネットワークに影響しない
- (6)敷設後のセンサー追加・削除・変更が容易
- (7)複数ネットを利用して故障時自動ルーティング可能
- (8)Ethernetカメラによる目視確認が可能(マルチメディア)
- (9)既に確立された技術であり機器が安価
- (10)遠隔操作によるリアクションが可能(D/A利用)
- (11)遠隔地からのモニタリングが可能

### 問題点

リアルタイム

## (2)統計的判定利用による自動差異判定

従来:

多数の解析や実験による損傷－センサー情報間関係の学習データ取得 (コスト高)

統計的方法:

センサー情報をセンサー取り付け後から自動学習し、センサー情報の差異を統計的に判定する (学習データ不要)

*Mother-Station*(PC/AT互換ボード:Linux + Webサーバー)

利点:

低コスト, 複雑構造でも利用可能, 既存構造に適用可能

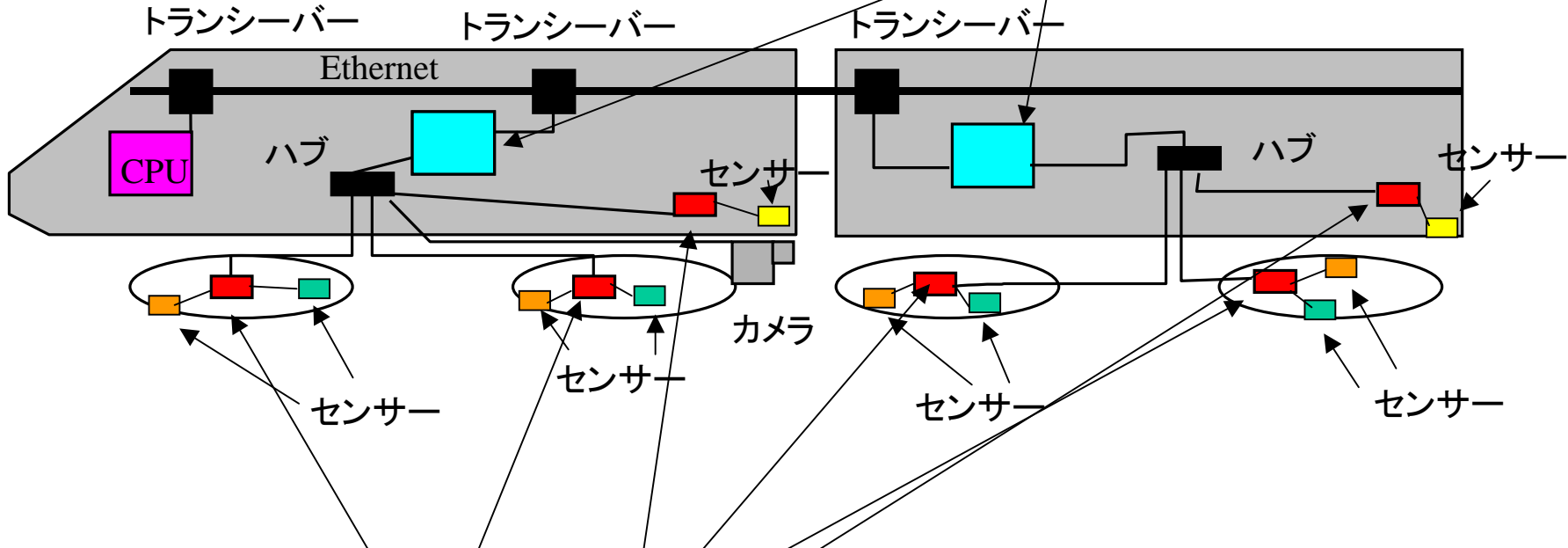
欠点:

差異しか判定できないため画像などのほかの確認装置と併用が必要 (Ethernet利用に適している)

# システム概念図

**Mother-Station**

- ・データ収集命令
- ・学習
- ・診断結果表示



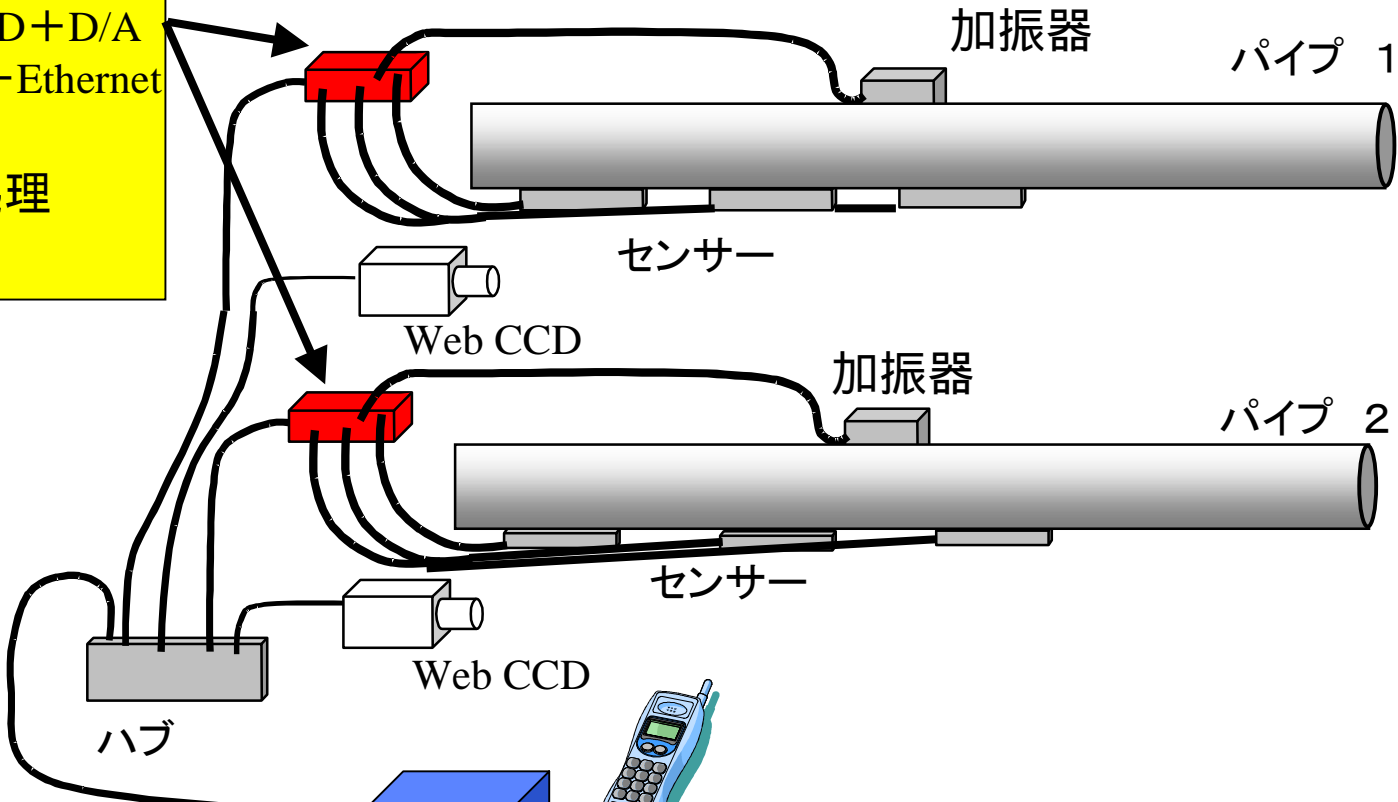
**i-Station**

- ・データ収集
- ・データ解析
- ・診断

イントラネット利用システム例

# システム概念図

***i-Station***  
CPU + A/D + D/A  
Memory + Ethernet  
測定  
データ処理  
診断



***Mother Station***  
PC/AT互換 + Linux  
学習, スケジュール命令  
判定結果表示  
(Webサーバー)

無線通信または電子メール送信  
インターネット接続 (WWW) など

Microsoft Internet Explorer - Microsoft インターネット エクスプローラ  
 ファイル(F) 編集(E) 表示(V) 移動(G) お気に入り(A) ヘルプ(H)

戻る 進む 中止 更新 ホーム 検索 お気に入り 印刷 フォント メール 編集

アドレス C:\WINDOWS\SYSTEM\BLANK.HTM

## JAL757便 LAX行 機体ヘルスマニタリング



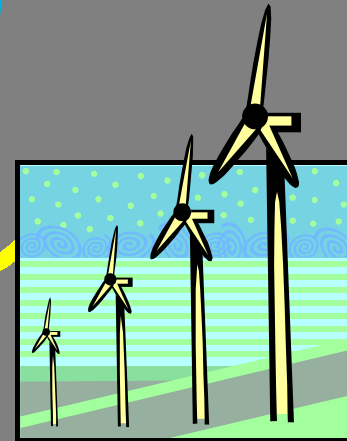
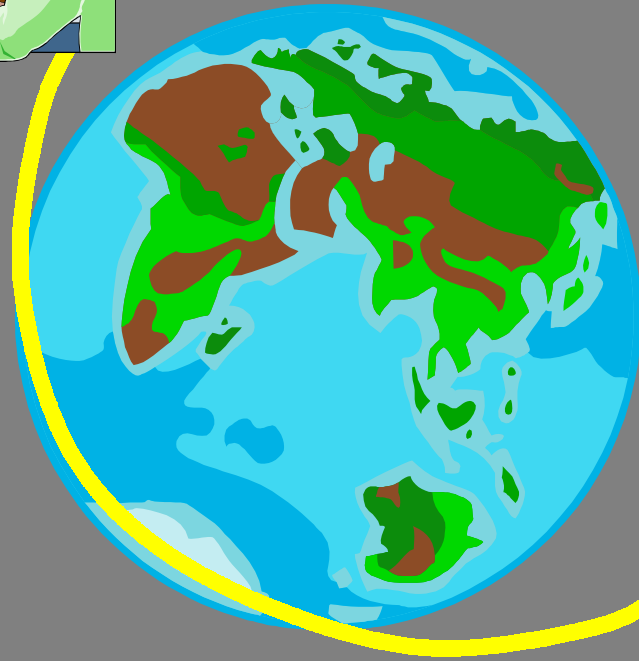

機首		異常なし
前胴		異常なし
主翼		左エンジン
中胴		異常なし
後胴		異常なし
尾翼		異常なし

19:45 JST 東経\*\* 北緯\*\*

ページが表示されました。



遠隔地の構造モニタリング，制御  
セキュリティサービスが可能



Smart Link

従来の知的端末候補

NetEye

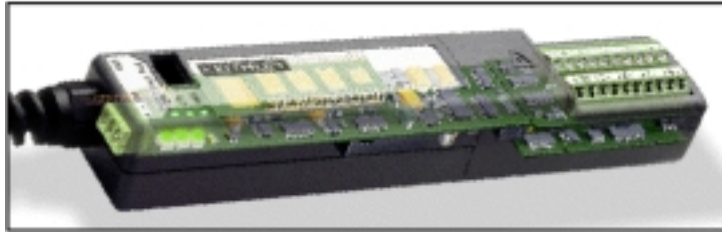


Fig.1 SmartLink by Keithley

ひずみゲージ直接接続可能  
電圧測定  
熱電対直接接続可能

UDP/IPプロトコル  
D/Aなし  
判断機能なし



Fig.2 NetEye by Axis

静止画像の撮影と転送  
TCP/IPプロトコル

## 新規開発 *i-Station*

[Internet, Intranet, Intelligent – Station]



CPU + A/D + D/A

メモリ + ROM

Ethernet

ひずみアンプ

ひずみ計測

FFT

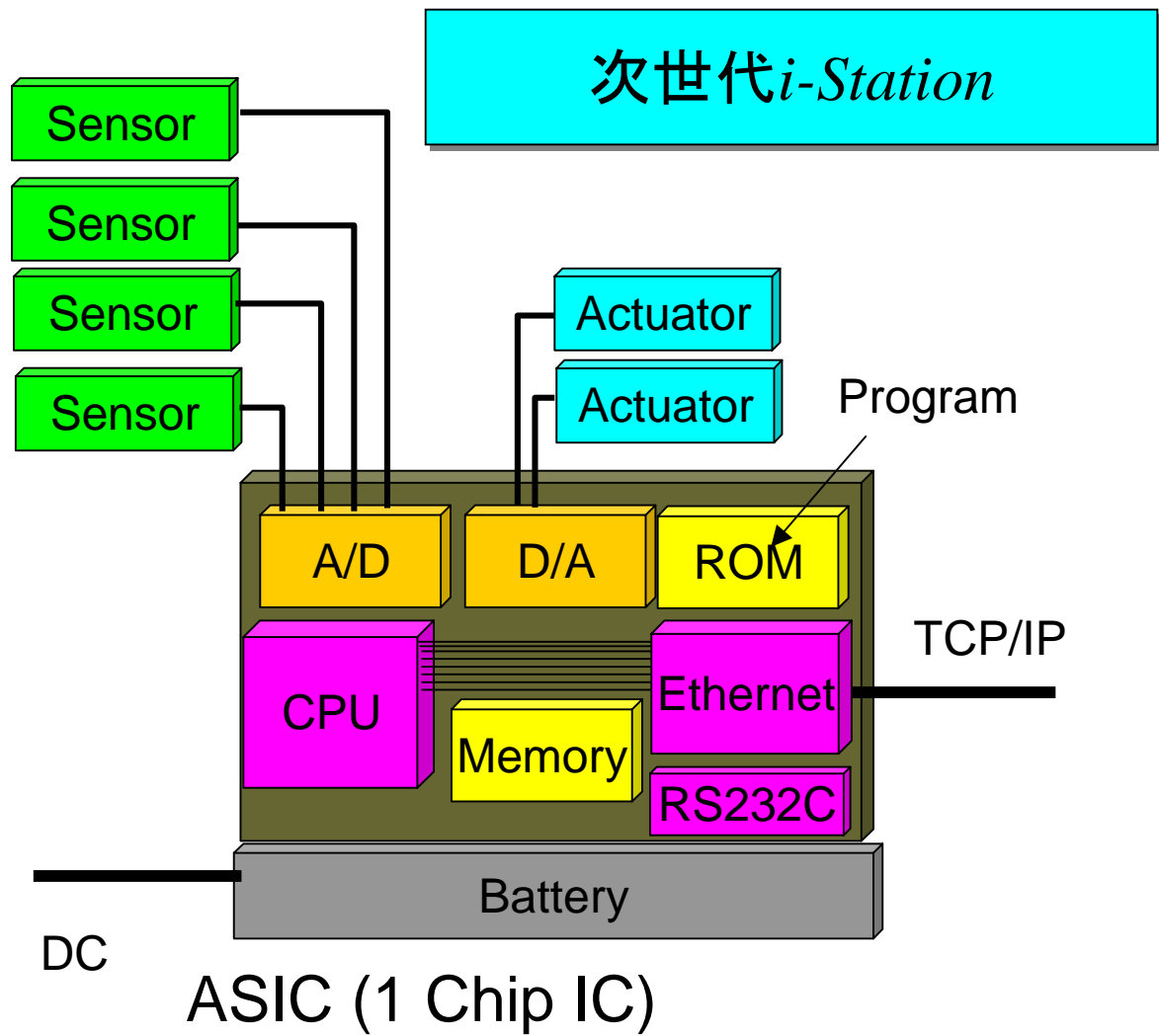
固有振動数測定

## 新規開発*Mother-Station*



PC/AT互換機  
機械稼動部分なし

Linux  
学習 + 連絡  
(電子メール,  
WWW)

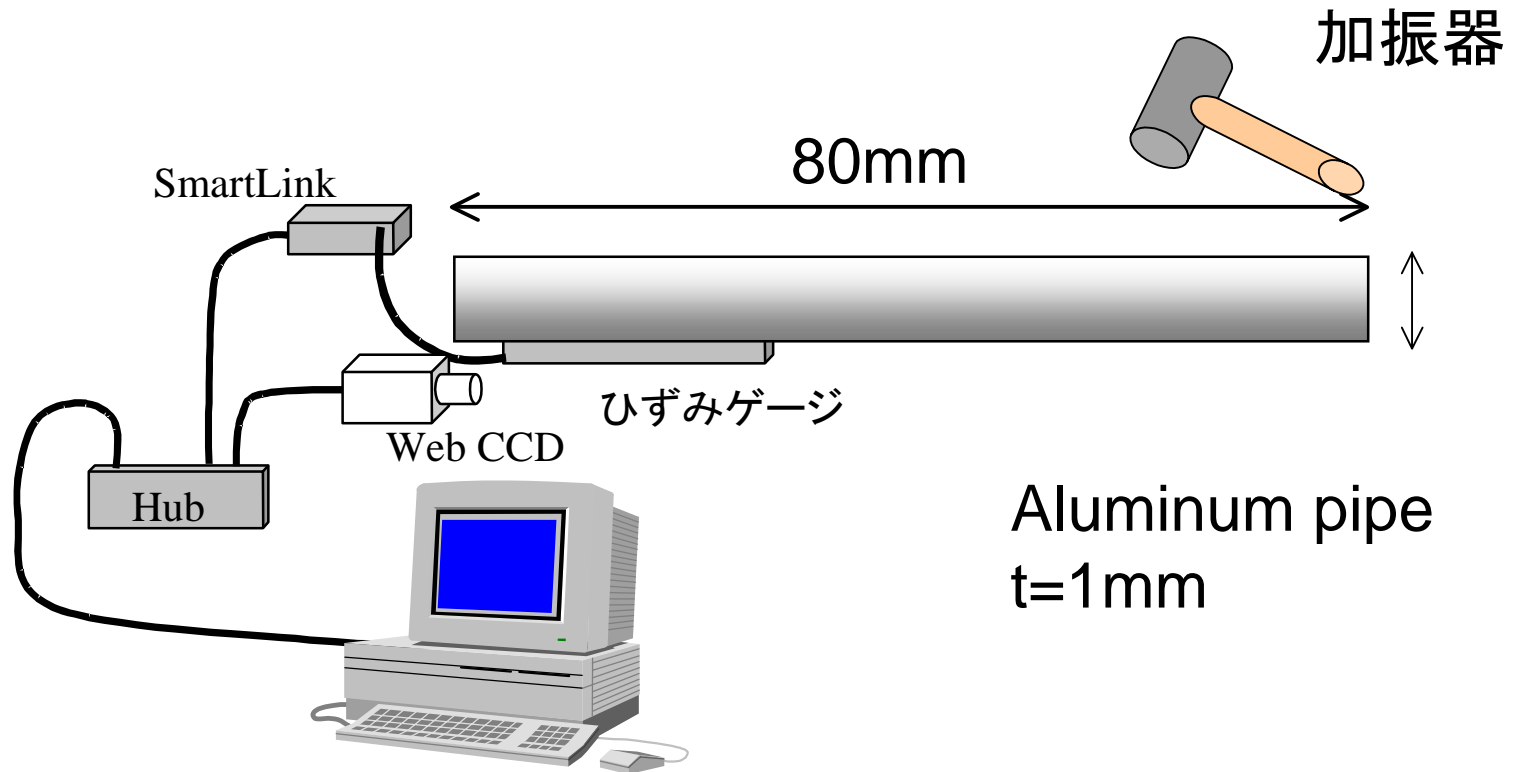


共同研究募集中

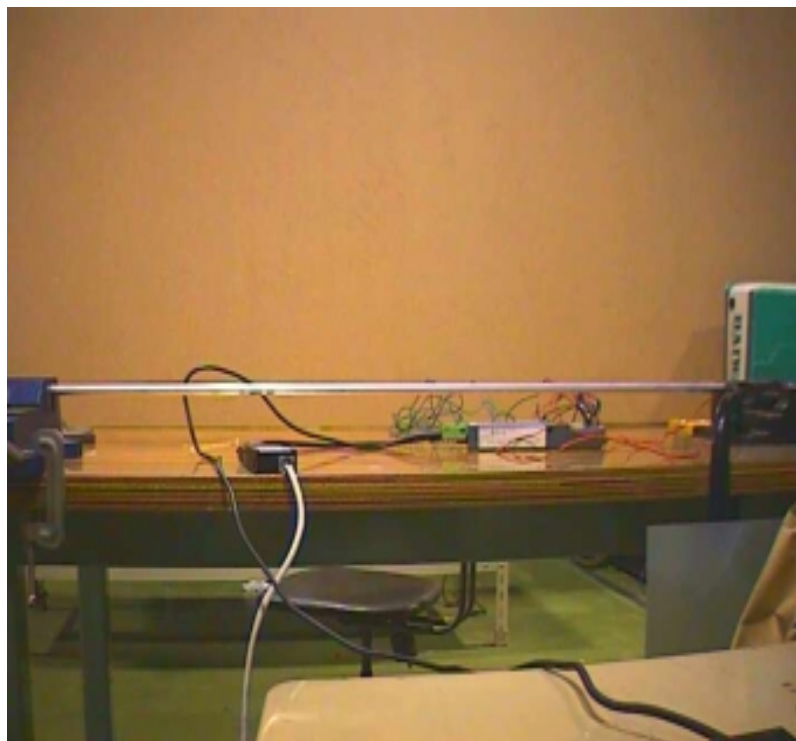
超小型*i-Station*の開発

# Plug&Monitor システム

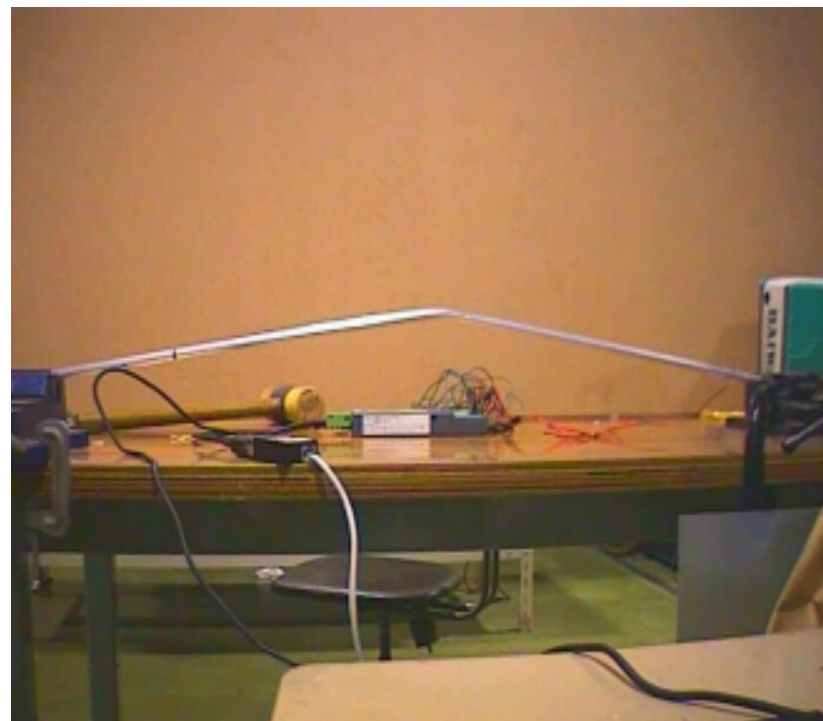
## パイプ変形モニタリング 振動数変化



## WEB カメラ画像



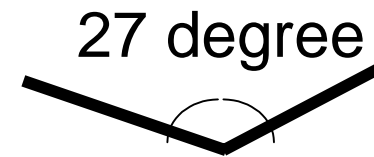
損傷前



損傷後

# 統計的損傷判定の結果

	試験前	試験後
試験回数 :	10	10
$R_{ad}^2$ of RSM	0.45	0.44



F-値 :  $W=9.49$  >  $F_0=3.34$  5%

統計的判定により曲げ損傷判定可能

*i-Station* 試作品 1号完成, MotherCPU 試作中



## 結 論

統計的判定を用いたインターネット利用の損傷判定システムの概要を述べた.

知的端末 (*i-Station*)によって従来センサーやアクチュエータがネットワーク化可能であり, 遠隔地からモニタリングが可能となる.

統計的判定によって, 学習データ不要の損傷判定が可能である

*i-Station*および*Mother-Station*の開発