

開 発

動態観測システムの改良

木場 和義* 幽谷 栄二郎**

動態観測やモニタリングで使用する動態観測システムは、データを集録する「観測機能」、集録したデータを演算して解析する「解析機能」、観測状況や結果を遠隔地で確認する「モニタリング(通信)機能」に分けることができる。これまで動態観測システムの整備は、観測、解析、モニタリングの各機能を一連のプログラムとして整備してきたが、観測業務の内容は多様化してきており、求められる観測システムの内容も個々に異なっている。このような課題に対応できるように、各機能が独立したプログラムで構成されたシステムとすることを目標として改良を行ったので、その内容を紹介する。

キーワード：動態観測，モニタリング，長期観測，データ解析

まえがき

当社の動態観測システムは、主に橋梁の耐風性検査業務で使用することを想定して開発し¹⁾、業務に適用してきた。その後、各種実験、観測業務での異なる要求内容と、その時の開発環境に応じて最良のシステムとしながら使用してきた。これまでに、常吉大橋²⁾や鶴飼い大橋³⁾、かりこぼう大橋⁴⁾を対象として、現地条件と要求内容に応じた開発(機能の追加・修正)を行ってきており、観測およびモニタリングの技術的な蓄積がある。

最近では、橋の耐風性の分野だけでなく、風力発電に関連した風況観測⁵⁾や、構造物の維持管理業務の分野でも動態観測システムを適用する機会が増えている。構造物の維持管理は、今後ますます重要度が高まるものと考えられ、動態観測システムを使用する機会も増えるものと考えられる。今回、現有の動態観測システムの構成を見直し、今後のシステム環境に合わせるべく改良を行った。

橋梁の動態観測やモニタリングで使用する動態観測システムは、データを集録する「観測機能」、集録したデータを演算して解析する「解析機能」、観測状況や結果を遠隔地で確認する「モニタリング(通信)機能」に分けることができる。図-1 に動

態観測システムの一例を示す。

「観測機能」と「モニタリング機能」は、観測で使用する機器と現場の通信環境に負うところが大きく、汎用的なシステムとするのは難しい。

一方、観測データを分析・評価する解析機能は、

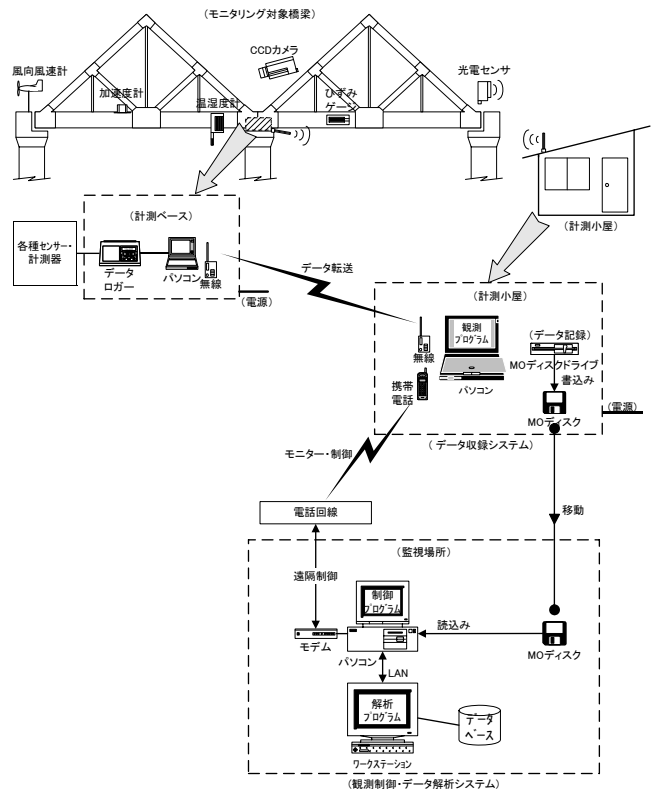


図-1 動態観測システムの例

* 技術研究室課長 ** 技術研究室

観測目的に応じて様々な演算を実施することになるが、一般的な内容は平均値や標準偏差を算出する統計分析とスペクトルピークを求める周波数分析に絞り込むことができる。表-1に各機能における状況を整理して示す。

表-1 動態観測システムの各機能

機能	取り巻く状況
観測	観測目的および使用機器の性能に合わせた機能が必要。半導体技術の進歩に伴う、機器の性能向上が早い。社会情勢の変化から、観測対象や目的も変化する。
解析	観測目的に応じて各種分析を組合わせて解析・評価する。一般的には、統計分析と周波数分析に絞り込むことができる。
モニタリング	通信環境として、光ケーブル等のブロードバンドから一般電話回線まで多彩であり、通信性能に応じた機能が必要。環境が整っていないと、市販ソフトの利用も可能。

これまで動態観測システムの整備は、観測、解析、モニタリングの各機能を一体のプログラムとして整備してきたが、上述のように観測業務の内容によって求められる観測システムの内容が個々に異なっている。そこで、現有の技術的蓄積を有効に活用しながら、今後の環境変化に対応できる汎用システムとすることを目的として、各機能が独立したプログラムで構成されたシステムとすることを目標として改良を行った。改良のイメージを図-2に示す。

ここで、観測およびモニタリングプログラムには既往のシステムまたは市販ソフトの応用が可能である。今回は、解析プログラムとして、独立して観測データを処理する自動実行型のプログラムを開発した。

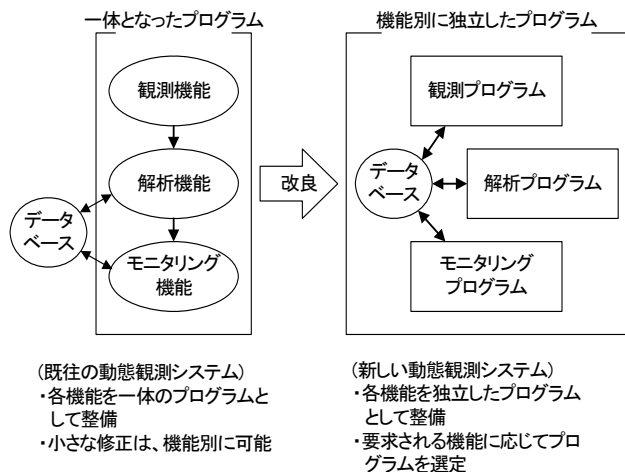


図-2 動態観測システム改良のイメージ

1. 動態観測システム開発の経緯

これまで、橋梁工事における観測業務実施の要請に対して、その観測条件に応じた観測システムを開発して実施してきた。動態観測システムの開発経緯の概要を表-2に示す。

表-2 動態観測システムの開発経緯

名称	内容	使用実績
風観測システム ^①	超音波式風向風速計とプロベラス式風向風速計に対応した風観測プログラムと風の統計解析プログラム。 ・観測データ：社内実験データフォーマット	中島新橋：設計風速評価
動態観測システム ^①	風観測プログラムに、加速度、温度等を観測する汎用的観測機能と電話回線による通信（モニタリング）機能を追加。 ・観測データ：社内実験データフォーマット ・モニタリング機能：一般電話回線 プログラムの稼動状況を監視	常吉大橋 ^② ： 動態観測、載荷実験
動態観測システム ^②	ノートパソコンに対応した観測部の修正と、携帯電話に対応したモニタリング部の機能を追加。 ・観測データ：社内実験データフォーマット ・モニタリング機能：携帯電話 プログラムの稼動状況と風データを監視	鶴飼い大橋 ^③ ： 風観測・評価 中ノ沢橋：施工確認実験 風況調査 ^④ ：風環境の調査
動態観測システム ^③	無線式データ集録システムに対応した観測プログラムを開発。 ・観測データ：汎用型（エクセル対応） ・モニタリング機能：一般電話回線 プログラムの稼動状況を監視	かりこぼうず大橋 ^④ ： 維持管理のための 長期観測

表に示したように、動態観測システムは、これまで観測業務におけるそれぞれの要望に応じて機能を追加、改良しながら開発してきた経緯がある。最近では、橋梁の耐風設計の分野だけでなく、風力発電事業に関連した風の調査や、構造物の維持管理業務に関連した長期観測にも適用している。観測システムの改良に当たっては、これまでが開発した各種観測条件に合わせたシステムを、有効に活用することに留意して行った。

2. 既往の動態観測システムの内容と課題

観測業務で求められる観測内容および精度、実施条件に応じて、動態観測システムを開発してきた。現在の観測システムに求められる内容は、橋梁工事の多様化や客先からの要望の変化に伴って、高度化していく傾向がある。これに応えるためには、求められる内容の変化に対応して、観測システムを更新していく必要がある。また、今後も架設時の精度管理、既設橋梁の健全性評価、構造物の維持管理に関連して、動態観測およびモニタリング技術の需要は高いと予測している。積極的な技術提案を行っていくためにも、必要な整備の実施が必要と考えている。以下に現状の課題を示す。

- ・データ集録：観測目的に応じた観測機器と記録

方法を組み合わせる必要がある。観測内容は、社会環境や対象とする構造で変化する。使用する機器やソフトもまた、電子技術の発達に伴って急速に変化している。多様な変化に対応するためには、これまでの蓄積を有効に活用しながら新しい技術を活用することが必要である。

- データフォーマット：開発初期は、限られたパソコン性能で膨大なデータを扱うために、社内用の実験データフォーマットとしていた。パソコン性能の向上から、各種解析ツールやエクセル等の汎用ソフトの使用ができるように、汎用型のデータフォーマットが必要である。
- 解析プログラム：対話型のプログラムで処理しているが、長期観測で大量の観測データを分析する場合は、自動処理ができるプログラムの整備が必要である。一般的な解析内容として、統計分析と周波数分析に絞ることが出来る。
- モニタリング：観測データを直接転送する場合は、データのサイズが大きいためブロードバンドなどの高度な通信環境が必要になる。転送するデータを最小限に抑え、しかもプログラムの稼動状況だけでなく、データの分析結果を同時にモニタリングしたい場合が多い。転送するデータ量を少なくしてモニタリングを行うには、観測とデータ処理が同時に実行できることが必要になる。
- 開発環境：観測や通信に関する技術の変化・発展は著しく、また従来の良く知られた技術（加速度計・電話回線）から最新技術（画像計測・ブロードバンド通信）まで技術の幅が広く、一

つのシステムで汎用的に対応するのは難しい。

以上から、観測機能（データ集録）とモニタリング機能は、要求される条件や使用する機器の変化に対応する必要があるため、将来的な変化まで予測した汎用的な整備は難しい。一方、データ解析部分については機能を絞ることで汎用的な整備が可能と考えられた。また、今後さらに多様化することが予測される観測業務に対して、有効な観測システムとして維持するためには、観測機能およびモニタリング機能の部分とデータ解析機能の部分に分けて整備することが有効と考えた。

3. 新しい動態観測システムの内容

新しい動態観測システムの構成を図-3に、システムを構成する観測、解析、モニタリングの各プログラムの内容を表-3に示す。

表-3 各プログラムの内容

プログラム名称	プログラムの機能
観測プログラム	設定した条件で、観測項目、観測機器に応じて、自動的にデータ集録を実施。 データのフォーマットは、汎用型のアスキー形式とメモリ節約型のバイナリ形式の両形式に対応。既往システムの観測部分の利用も可能。
解析プログラム	観測データに対して、統計分析（平均値、標準偏差等）と周波数分析（スペクトルピーク算出）を実施。 解析結果はアスキー形式でファイルに保存。
モニタリング（通信）プログラム	パソコンの稼動状態、データ保存容量と解析結果の一部を、管理場所からの要求に対して応答。 通信環境は、一般電話回線に対応。 (ブロードバンドの対応は、市販ソフトで可能。)

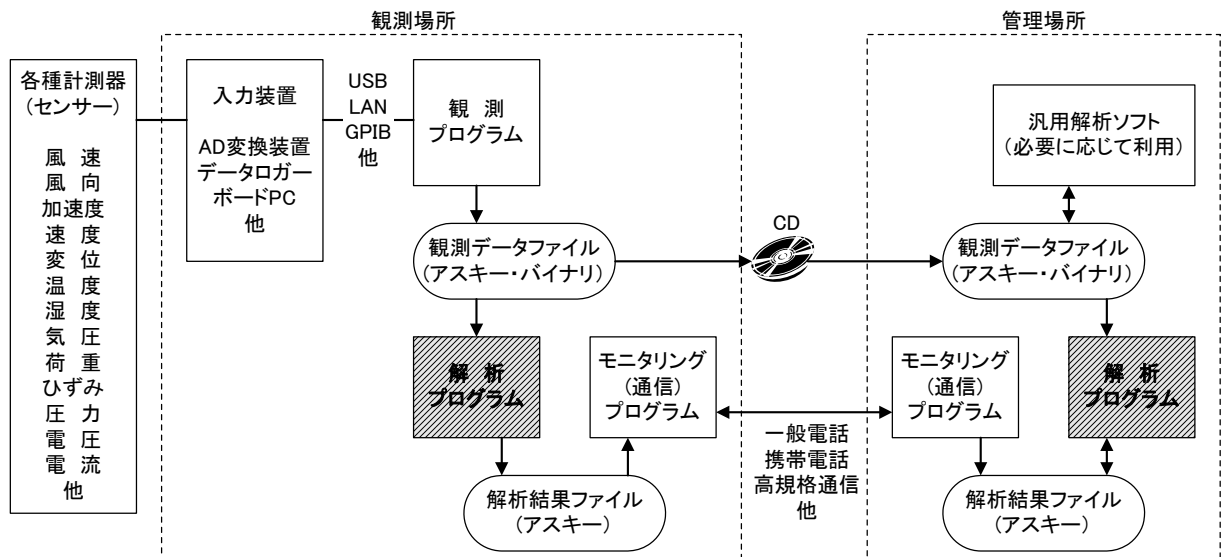


図-3 動態観測システムの構成

今回のシステム改良は、各プログラムを独立して機能させることを開発方針としていることから、今回開発した「解析プログラム」は自動実行型のプログラムとした。また開発に使用するツールは、実験計測などで広く使用されている「LabVIEW」とした。

「LabVIEW」は、これまでも風洞実験データの処理等で使用しているが、これまでは種々の処理に対応するために、対話型でプログラムを作成して実行することが多かった。動態観測として使用する場合は、大量の観測データを自動実行で処理する必要があるため、自動実行型のプログラムを作成する機能を追加して使用した。

今回開発した解析プログラムのフロー図を図-4に示す。また、その特徴を以下に列記する。

- ・解析項目：一般的な統計処理と周波数変換・評価を実施。特殊な解析には、市販の解析ツールを使用する。
- ・独立した機能：観測部分およびモニタリング部分に変更になっても、汎用的に使用できる。
- ・作成ツールを使用：プログラムの作成には、これまで Basic や C などのプログラム言語を使用していたが、今回は実験計測用システム作成ツールである「LabVIEW」を使用している。これによって、将来的な機能拡張・追加が容易にできると考えている。

- ・自動実行型：観測プログラムと解析プログラムを、同時に実行可能。データ処理結果が観測完了とほぼ同時に出力でき、リアルタイムなモニタリングを可能にしている。

あとがき

動態観測システムは、当初、橋梁の耐風性関連の業務用に開発したシステムであった。その後、現場での各種実験や観測に使用しながら、維持管理の分野にも適用する機会があった。そこでこの問題点を検討して、今回システムの改良を行った。

構造物の維持管理において観測モニタリング業務は、対象とする構造物の状態を把握・評価するために必要であり、維持管理業務の中で重要な役割を担っている。今後、公共構造物に対する維持管理の業務が増えると予測される。それに伴って、観測モニタリング業務も同様に増えていくと予測している。このような需要に対して、今回開発・改良したシステムを活用して、維持管理分野にも積極的に取り組みたいと考えている。

参考文献

- 1) 細見雅生：風観測・データ処理システムの紹介，駒井技報，Vol.15，pp.83-85，1996.4.
- 2) 木場和義・小川路加：常吉連絡橋(仮称)における TMD の設置と動態観測，駒井技報，Vol.18，pp.26-31，1999.4.
- 3) 木場和義・幽谷栄二郎：鵜飼い大橋における現地風観測，駒井技報，Vol.22，pp.72-77，2003.3.
- 4) 有村英樹・中山晋一・木村正・林久智・木場和義・細田直久：世界最大級の支間を有する車道木橋(かりこぼうず大橋)の施工，駒井技報，Vol.23，pp.31-56，2004.3.
- 5) 早田大希・木場和義：富津工場における風況精査の紹介，駒井技報，Vol.22，pp.87-88，2003.3.

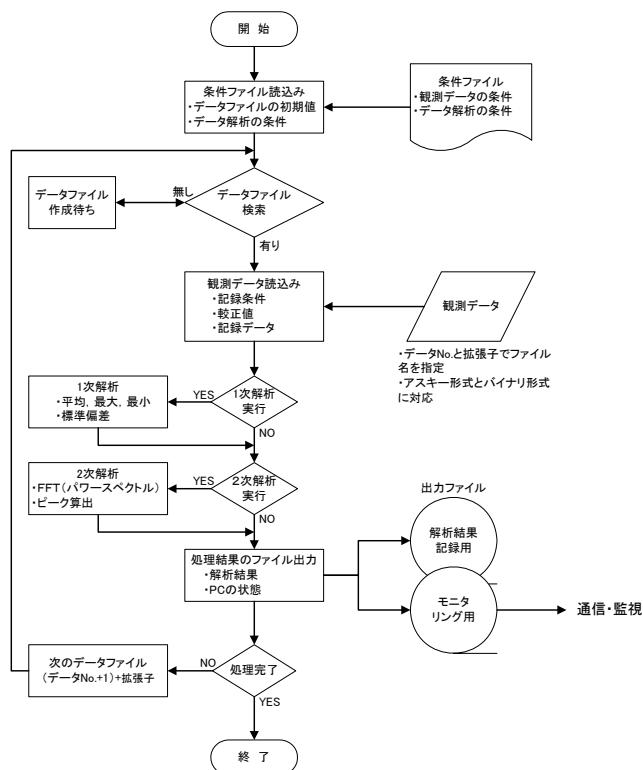


図-4 解析プログラムのフロー図