

3. 大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術WG 調査研究報告書

大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術
に関する研究

大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術 WG メンバー

WG 長	宮森 保紀	北見工業大学
部会員	飯田 哲也	瀧上工業（株）
〃	石原 彰子	宮地エンジニアリング（株）
〃	大迫 章平	JIP テクノサイエンス（株）
〃	戸田 勝哉	（株）IHI インフラシステム
〃	豊田 純教	川田テクノシステム（株）

大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術 WG 目次

§ 1. はじめに	3-1
§ 2. 大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術に関する文献・事例調査	3-2
2-1. 大規模データ貯蔵・処理技術の基礎知識	3-3
2-1.1. データベースについての基礎知識	3-3
2-1.2. ビッグデータについての基礎知識	3-5
2-1.3. データウェア・アプライアンス (DWH アプライアンス)	3-10
2-2. 大規模データ貯蔵・処理技術と事例の整理	3-14
2-2.1. リレーショナルデータベースによる測定データ管理の事例	3-14
2-2.2. 山岳トンネルにおける CIM の開発	3-16
2-3. 可視化技術の基礎知識	3-17
2-3.1. データ可視化に関する基礎知識	3-17
2-3.2. AR (拡張現実) の基礎知識	3-21
2-3.3. 基本的な可視化の事例	3-24
2-4. 可視化技術と事例の整理	3-27
2-4.1. 道路維持管理における点検・診断・モニタリングの現状と展望	3-27
2-4.2. 赤外線サーモグラフィによるスクリーニング	3-28
2-4.3. ひずみ測定による鋼構造物の余寿命診断	3-29
2-4.4. ちば市民協働レポート	3-30
2-4.5. InfraDoctor	3-31
2-4.6. 耐候性鋼材のさび判定	3-32
2-4.7. CIM モデリングシステム	3-34
§ 3. 大規模データ貯蔵・処理のための加速度計測データ処理プログラム	3-35
3-1. 大規模データ貯蔵・処理システムの意義	3-35
3-2. 加速度計測データ処理プログラムの機能と使用方法	3-36
3-3. 加速度計測データ処理プログラムの適用例	3-49
§ 4. 大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術における課題と今後の展望	3-53

§ 1. はじめに

近年、各種のセンサー開発やデータ処理技術を含むセンシング技術の発展により、鋼橋を含むインフラの製作、架設や維持管理においても、生成されるデータ量は飛躍的に増えている。

これらの大量のデータに対して、従来のようにデータファイルごとに閲覧し、分析することは膨大な作業量となり、取り扱いそのものが難しくデータが死蔵される恐れもある。しかしながら、生成される多種・多量のデータに対して、目的に応じて自動的に分析することができれば、これまでに得られなかったような有意義なデータを得ることが可能になる。例えば、構造物の劣化や変状を発見する構造健全度診断や、構造物への荷重作用を推定する Weigh in Motion、地震が発生した際のデータから構造物の状態を一斉に点検することなどは有効な適用例と考えられる。むしろ、大規模なデータの取得と貯蔵、処理や可視化に関する技術は、センシング技術を用いて構造評価を行うために不可欠な技術であるともいえる。

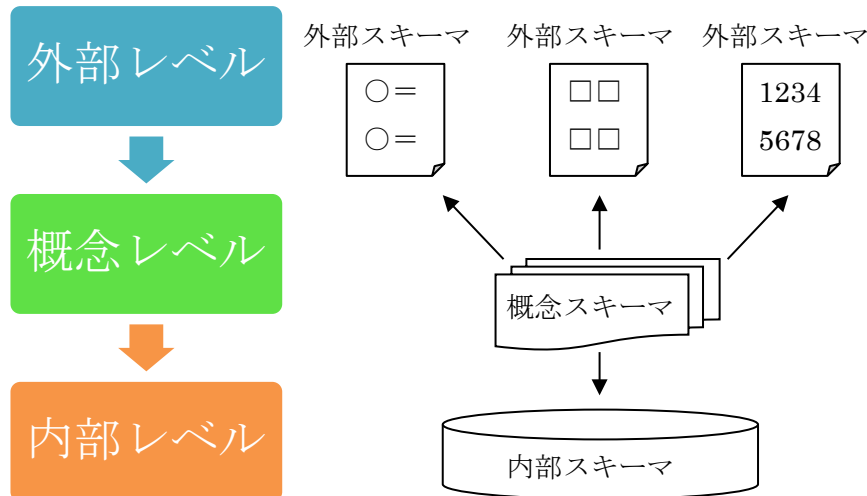
そこで、WG3 では、このような大量のデータを効率的に取り扱うためには、データを貯蔵・管理するデータ貯蔵システムと大量のデータを効果的に取り扱う可視化技術が必要であるとの立場から、以下の活動目標を設定した。

- ・ データ貯蔵システムと可視化技術に関する調査により、橋梁センシングに必要な機能や課題を明らかにする。
- ・ データ貯蔵システムと可視化技術のそれぞれについて、橋梁センシングに適用可能なシステムを試作し提案する。

この目標に対して、まずデータ貯蔵システムと可視化技術に関して、橋梁技術者として共有すべき基本的知識を整理し、他分野などでの先行事例の収集と整理を分担して調査した。さらに、実データに対する大規模データの処理、可視化を行う例として、加速度計測データ処理プログラムを開発し、本部会で実施した実橋梁の計測結果に適用して、その有効性を検証した。さらに、これらの調査、検討結果に基づき、これらの技術にける課題と今後の展望について整理した。

§ 2. 大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術に関する文献・事例調査

本節では、「大規模データ貯蔵・処理技術の基礎知識」「大規模データ貯蔵・処理技術と事例の整理」「可視化技術の基礎知識」「可視化技術と事例の整理」について、メンバーで分担して事例調査を行った。その結果を次頁以降にフォーマットに沿ってまとめた。

分類 (選択して 他を削除)	① データ貯蔵システムに関する知識
技術／知識 の名称	データベースについての基礎知識
概要	大量のデータをコンピュータで保存し、活用するためには、データについてその種別や組織化方法および操作方法について体系的に定めたデータモデルに従って整理、貯蔵することが必要である。さらに、適切なデータベース管理システムによって、それらのデータを操作する必要がある。本項では、現状でもっとも普及しているリレーショナルデータベース（関係データベース）に関する基礎知識をまとめる。 この項の参考文献は末尾にまとめる。
詳細	1. 3層スキーマ データを組織化して管理するためにデータの種類や形式、構造を具体的に定義したものをスキーマ(schema)と呼ぶ。1978年に米国規格協会(ANSI)は図1のような3層からなるスキーマを提案し、現在では広く使われている。 3層の中層となる概念レベルには、データベース化される実世界のデータの関係を論理的に定めた概念スキーマがある。このデータ間の関係を定めることをデータモデリングというが、データベースに対する多様な利用目的に応えるような汎用性と、現実世界のデータ関係を忠実かつわかりやすく表現することが求められる。リレーショナルデータベースでは、この概念スキーマを1つまたは複数の表の集まりで表現する。 上層になる外部レベルでは、それぞれのユーザーやアプリケーションの利用目的に応じたデータベースの見え方（ビュー）を外部スキーマとして定義する。概念スキーマはデータ全体を定義するが、外部スキーマではその用途に応じて、必要なデータのみを構造化する方が、効率性やセキュリティの面で都合が良い。 下層の内部レベルでは、データはハードディスクなどの物理的なストレージに格納されるが、このハードウェア上でデータの取り扱いを規定する内部スキーマが定義される。  図1 ANSIの3層スキーマ

	2. 関係モデルとリレーショナルデータベース 例えば橋梁の測定を行う場合のデータ管理を考えると、橋梁ごとにその名称や橋長、所在地などの情報を整理した表を作るがまず考えられる。また、使用したセンサーについて、種類や型番、シリアルナンバーを整理した表も作られるだろう。このような表をテーブルと呼ぶが、テーブルを構成する橋梁名や橋長、所在地などの各項目が列（カラム または アトリビュート）となり、それぞれの橋梁の情報が行（レコード または タブル）となる。それぞれの表にはその表に 1 回しか現れないデータ項目があり、これを主キーと呼ぶ。橋梁の表では橋梁名が主キーとなり得るが、同じ名前を持つ橋はしばしば存在するので、橋梁 ID などの番号を割り振って管理することが多い。いずれにせよ、このような表形式で定義されたデータ構造を関係モデルと呼び、これらの表によって構成されるデータベースをリレーショナルデータベースと呼ぶ。 リレーショナルデータベースは、複数の表から構成することができる。例えば上述の例では、橋梁 ID を主キーに持つ橋梁テーブルと、センサーID を主キーに持つセンサーテーブルがあり、さらにこれらの表に対して、測定した事実とそのデータの情報を持つ「測定テーブル」が考えられる。測定テーブルは、「測定 ID」を主キーとして、測定日時や測定データをカラムとして持つほかに、測定を実施した橋梁と用いたセンサーの情報も持つことが望ましい。このような場合、測定テーブルのレコードには橋梁 ID とセンサーID を「外部キー」として設定する。このようにリレーショナルデータベースでは、実世界に基づいて情報構造を表で表すが、このデータ構造を適切に作成する方法として E-R 図を用いる方法がある。また、データの一貫性を保つために正規化という操作が行われる。
参考文献	1) 矢吹信喜、蒔苗耕司、三浦憲二郎：工業情報学の基礎、理工図書、2011. 2) 白鳥則郎監修、三石大、吉廣卓哉編著：未来へつなぐデジタルシリーズ 26 データベースービッグデータ時代の基礎ー、共立出版、2014. 3) 増永良文：データベース入門、サイエンス社、2006.
備考	

分類	①データ貯蔵システムに関する知識										
技術／知識 の名称	ビッグデータについての基礎知識										
概要	一般的に語られる「ビッグデータ」の概念について確認し、鋼橋への適用事例について調査した。次に、ビッグデータを収集する際に用いられる手法、ならびに、収集したデータの貯蔵方法についての調査内容を示した。最後に、貯蔵したデータの分析を行う際の観点と、データ活用方法の例を示した。										
詳細	1. ビッグデータの概念について ビッグデータとは、一般には「インターネットを通じて流通する、多種多様な大量のデータ」を指すことが多い。 また、近年のセンサー技術の向上やあらゆるモノがインターネットにつながることにより、リアルタイムに大量に生成される多様な情報を収集し、様々なデータを組み合わせて分析を行い、事業に付加価値をもたらす取り組みを、ビッグデータの利活用として捉えることができる。⁰⁾ <pre> graph LR A[①データの収集] --> B[②データ分析] B --> C[③事業への活用] </pre> 図1 ビッグデータの利活用の流れ 鋼橋への適用事例として、東京ゲートブリッジでのセンシングデータを活用した構造物モニタリングシステムがある。このモニタリングシステムでは、下表で示すように、センサー等で収集したデータを用いて、橋梁管理や健全度の把握等に役立てている。¹⁾ 表1 収集データと事業活用への事例 <table border="1"> <thead> <tr> <th>収集データ</th><th>事業への活用</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>風向風速、雨量、震度等</td><td>通行規制の判断（交通管理情報）</td></tr> <tr> <td>桁温度、支承変位</td><td>常時の橋梁健全度の把握</td></tr> <tr> <td>地震前後の支承部の変位</td><td>異常時の橋梁健全度の把握</td></tr> <tr> <td>通過車両台数と車両重量の計測</td><td>鋼床板への負荷検知を行う等、予防保全に向けての情報収集</td></tr> </tbody> </table> 2. 大量に生成される多様なデータの収集 大量に生成される多様なデータとして、橋梁センシングを例にとると、	収集データ	事業への活用	風向風速、雨量、震度等	通行規制の判断（交通管理情報）	桁温度、支承変位	常時の橋梁健全度の把握	地震前後の支承部の変位	異常時の橋梁健全度の把握	通過車両台数と車両重量の計測	鋼床板への負荷検知を行う等、予防保全に向けての情報収集
収集データ	事業への活用										
風向風速、雨量、震度等	通行規制の判断（交通管理情報）										
桁温度、支承変位	常時の橋梁健全度の把握										
地震前後の支承部の変位	異常時の橋梁健全度の把握										
通過車両台数と車両重量の計測	鋼床板への負荷検知を行う等、予防保全に向けての情報収集										

加速度、ひずみ、変位、通行車両重量、応力、外気温等のデータが挙げられる。このような計測データは、計測機器の種類やシステムのバージョンの違い等により、ほとんどの場合データ毎に仕様（フォーマット）やデータソース（データ保持の方法）が異なる。そのため、データ収集を行う際、各々のデータに応じたツールをそれぞれ用意しなければならず、また、データ生成の頻度や利用シーンによって収集手法の使い分けが必要なことから、運用面で困難が生じていた。

このような課題を解決する方法として、異なるデータソース・仕様に対して統一した運用を行える仕組みを持ち、さらに、データ収集にリアルタイム性が求められる場合はストリーミング処理を行い、定期的にまとまった大容量データを処理する場合はバッチ処理を行うツールが登場した。

ストリーミング処理を行うツールとして「**fluentd**」、バッチ処理を行うツールとして「**Embulk**」が挙げられる。両ツールとも、異なるデータソースに対してプラグイン（機能追加プログラム）を適用したデータ処理が行えるため、異なるデータソース・仕様への対応が簡単に行える。また、ツールのコミュニティによりプラグインが共有されることから、再利用性が高いことも特徴として挙げられる²⁾。

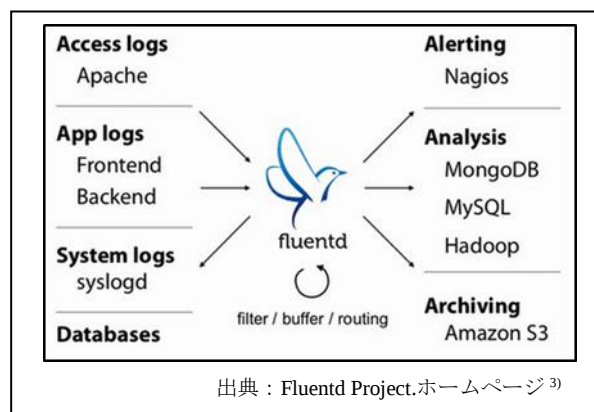


図 2 Fluentd のデータ処理イメージ

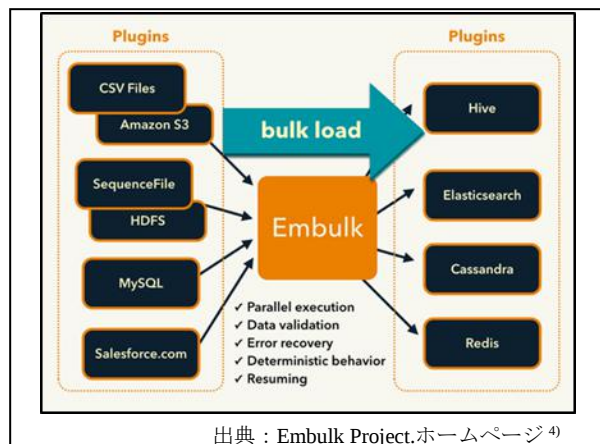


図 3 Embulk のデータ処理イメージ

表 2 fluentd と Embulk の使い方の比較

	Fluentd	Embulk
データ収集、転送の方法	・ストリーミング処理	・バッチ処理
処理対象	・”今”発生しているデータ（数秒間隔で発生し送信されるデータ）	・”過去に”発生したデータ（ファイルやデータベースに蓄積されたデータ）
データ量	・更新頻度＝高い ・データ数＝大量 ・転送容量＝少ない	・更新頻度＝低い ・データ数＝少ない ・転送容量＝大量
鋼橋での利用シーン	・地震による振動や支承変位等の急激な変化の把握 ・車両重量の閾値オーバーによる、重量超過車両の通過の把握	・長期間にわたる振動計測データの並列解析 ・応力、変位、気温、車重等の長期間データの集約による類似性抽出
その他	・メモリ内に受信データをバッファリングするため、障害発生時にデータ消失の可能性あり。	・収集元と転送先のデータの一元性を保つための仕組みは、別途考慮が必要。
	【共通事項】 ・解析処理や類似性抽出は、後工程で行うため、別の仕組みが必要である。	

	これらの仕組みを利用することで、多様なセンサー機器が出力するデータを統一した仕組みで処理し、解析処理に適した形でデータ出力を行うことができる。さらに、プラグインの共有により、生産性を向上させることができる。 3. 多様な形式のデータの貯蔵 ここで、前述の形で収集されたデータをデータベースに貯蔵する場合、後工程のデータ分析等で利用しやすい構造で格納することが期待される。つまり、利用シーンに応じたデータ構造で格納できる仕組みが必要となる。 現在、一般的に使われているリレーショナル型データベースは、あらかじめデータ構造を決めておく必要があるため、柔軟な対応は困難なことが多い。そこで、多様な構造のデータ貯蓄を行い得るよう、リレーショナル型データベースと併せて、非構造化データベースが用いられることになる。 非構造化データベースには、キーと値の単純な組合せでデータを格納するキー・バリュー型データベース、行毎に任意のカラムを格納するカラム指向データベース、XML や JSON といったツリー構造等の柔軟な構造でデータを格納するドキュメント指向データベース等がある。 4. データ分析の手法 多様なセンシングデータを用いた研究として、矢吹らによる、建物のエネルギー消費の改善のためのデータマイニング手法と知識システムを組み合わせた研究⁵⁾がある。この中では、センサデータを用いたデータマイニング（膨大なデータから優位な知識を発掘するためのプロセス）を行う際に必要とされる事項として、次のように述べている。 センサデータを用いたデータマイニングにおいては、センサデータ単体からのデータマイニングでは有用な知識の発見は難しく、センサの周辺情報などのコンテキスト情報を加味したデータマイニング手法が有効である。⁵⁾ 橋梁の振動データをセンサデータとした場合、コンテキスト情報としては、以下に示す情報等が挙げられる。 ・ 橋梁諸元、構造、築年数 ・ 外部からの荷重 ・ 外気温の影響 ・ 通行車両の振動、重量
--	---

	・計測センサの特性（センサ種類、分解能、周波数範囲、出力感度） これらのセンサデータを複合的に分析するには、比較的多くの時間を要するが、複数台の処理装置を用いた並列分散処理を行ったり、より高速なデータアクセスを可能とするインメモリデータベースを用いたりすることで、処理時間の短縮が見込める。その結果、より多くのパターン分析や遊び心をもった調査を行うことができ、新しいアイデアを引き出すことにつながる。 5. データの活用方法 データ分析から得られた結果の活用方法の一例を示す。 <table border="1"> <thead> <tr> <th>データ分析の結果</th><th>活用方法の一例</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>閾値判定 変化点の抽出</td><td>異常状態の検知</td></tr> <tr> <td>外れ値判定</td><td>異常状態の検知 計測データからのノイズ除去</td></tr> <tr> <td>モード解析の結果 分析結果の自動分類</td><td>データが持つ傾向の把握 関連性の発見</td></tr> </tbody> </table> なお、収集した多様なセンシングデータや分析したデータについて、これまで培ってきた技術に適用できるよう、個別アプリケーションや表計算ソフト向けに整形した形で提供することも有効な活用手段である。	データ分析の結果	活用方法の一例	閾値判定 変化点の抽出	異常状態の検知	外れ値判定	異常状態の検知 計測データからのノイズ除去	モード解析の結果 分析結果の自動分類	データが持つ傾向の把握 関連性の発見
データ分析の結果	活用方法の一例								
閾値判定 変化点の抽出	異常状態の検知								
外れ値判定	異常状態の検知 計測データからのノイズ除去								
モード解析の結果 分析結果の自動分類	データが持つ傾向の把握 関連性の発見								
参考文献	0) 総務省：平成 27 年版情報通信白書 1) 横田 昭人：東京ゲートブリッジの維持管理計画について,関東地方整備局ホームページ,http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000080088.pdf 2) トレジャーデータブログ, (http://blog-jp.treasuredata.com/entry/2014/12/26/090000) 3) Fluentd Project.,(http://www.fluentd.org/) 4) Embulk Project.(http://www.embulk.org/docs/) 5) 矢吹 信喜, 塚本 祥太, 中山 一希, 福田 知弘, 道川 隆士: 建物のエネルギー消費の改善のためのデータマイニング手法と知識システム, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 70 (2014) No. 2 p. I_26-I_33								
備考									

分類	① データ貯蔵システムに関する知識
技術／知識 の名称	データウェア・アプライアンス (DWH アプライアンス)
概要	爆発的に増え続けるデータからタイムリーに価値ある情報を抽出するために、ビッグデータをアドホックに分析したいというニーズが高まっている。近年、経営・会計・マーケティングなどのビジネスインテリジェンス (BI) に活用されている高速分析プラットフォームの「DWH アプライアンス」の概要と注目されている理由について紹介する。
詳細	1. はじめに 「DWH アプライアンス」は、Netezza 社が作った言葉であり、“複雑で手間のかかるデータウェアハウス”をアプライアンスのように“簡単”に使えるようにする、というコンセプトが言葉の由来である。 DWH (Data Warehouse) という言葉をそのまま日本語に訳すと、「データの倉庫」となる。文字通り、企業が情報システムを通じて集めたさまざまなトランザクションデータ（主に取引情報）を保管しておく、巨大な倉庫のようなデータベースを指す（図 1）。 アプライアンス (Appliance) という英語は日本語で「家電」と訳される。一般的に、家電は「冷蔵庫」、「洗濯機」といった「冷やす」、「洗濯物を洗う」といった機能に特化している機械で、その専門の技術者ではなく、誰でも簡単に利用できるといった専用機と定義付けられる。 DWH アプライアンスは、機能を特化することで誰でも簡単に利用できるというコンセプトをビッグデータの収集・蓄積・分析に活用し、複雑なデータウェアハウスをこのアプライアンスという誰でも簡単に利用できる専用マシンで構成されたシステムである。 <pre> graph LR subgraph Input_Systems [] direction TB K[基幹系システム] C[CRM] S[SFA] O[その他情報システム] end C -- "データ抽出" --> DWH[(データウェアハウス DWH)] S -- "データ抽出" --> DWH O -- "データ抽出" --> DWH K -- "データ抽出" --> DWH DWH -- "分析" --> Output[分析結果] subgraph Output_Terminals [] direction TB P1[パソコン] P2[パソコン] Srv[サーバー] end </pre> 図 1：DWH の概念図 2. ビッグデータとアドホック分析 大量で多種多様な蓄積情報であるビッグデータから価値ある情報を取り

出すためには、定型化された分析アプローチではなく、さまざまな角度からデータを眺める目的を特定化したアドホックな分析アプローチが必要となる。つまり、ビッグデータに対する分析アプローチは、あらかじめ想定されていない分析パターンを試行錯誤しながら行う「アドホック分析」が中心になる。

「大量、多様、高頻度」という特性を持ったビッグデータをアドホック分析する際に求められる要件は次の3つである。

- ①高速性：大量データを高速処理できること
- ②簡易性：多種多様なデータを簡単に取り込み、組み合わせて分析できること
- ③迅速性：高頻度で発生するデータをタイムリーに分析できること

この3つの要件の中で特に考慮すべき要件は「簡易性」である。現在、方法論が確立されておらず手探りで進めなければならないビッグデータの分析では、どのデータ種と、どのデータ種を組み合わせで分析すればよいが事前に想定することは難しいため、あらゆるデータ種を分析対象として分析することになる。

このように、ビッグデータの分析においては数多くのデータ種を取り扱う必要があるため、多種多様なデータを簡単に取り込み、組み合わせて分析できるという「簡易性」が重要になる。

3. DWH アプライアンスシステムの特長

(1)システム構成

DWH アプライアンスは、サーバとストレージに、高度なデータ検索/分析を行うアーキテクチャとソフトウェアを組み合わせで最適化したものである（図2）。

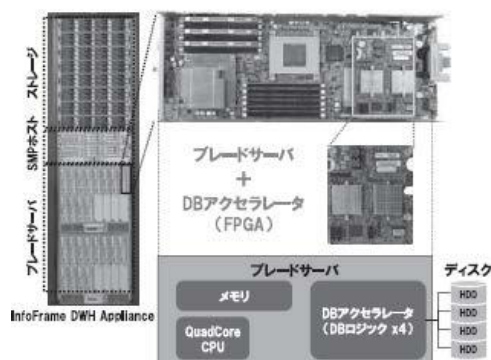


図2：DWH アプライアンスシステム構成(NEC 社製[1])の例

(2)データ処理の高速性

ビッグデータのような大量データを処理する場合、「できるだけデータ

を動かさない」ことが重要である。

大量データの不要な移動は、I/O ボトルネックの発生や、CPU 及びメモリにおける過剰処理につながり、結果としてシステム・パフォーマンスに大きな悪影響をもたらす。

DWH アプライアンスでは、「FPGA (Field Programmable Gate Array)」(設計者やユーザーが構成を設定できる集積回路) という汎用デバイスを利用して、データ・ストリーミングのできるだけ早い段階でデータのフィルタリング処理(データがディスクから取り出されるのと同時に不要なデータを取り除くなど)を実施する。このようにデータの存在するディスクの近くでデータ処理し、不必要な大量データの移動を避ける(図 3)。

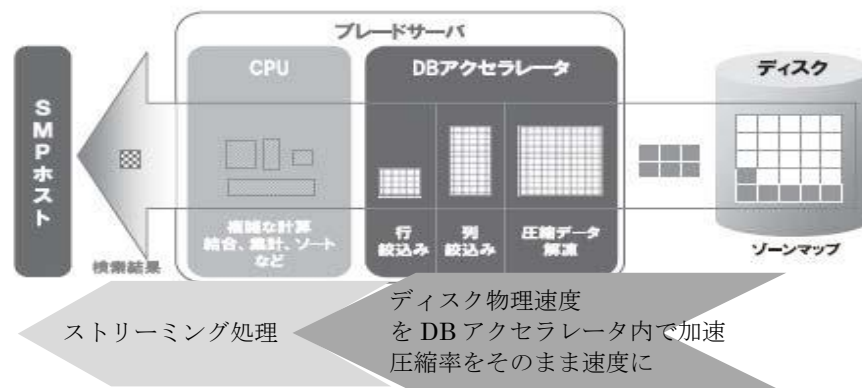


図 3 : FPGA によるデータ・ストリーミング処理(NEC 社製[1])の例

また、「超並列処理アーキテクチャ (Massively Parallel Processing: MPP)」を活用して、大量のデータベース (DB) の検索や分析処理性能を高める(図 4)。

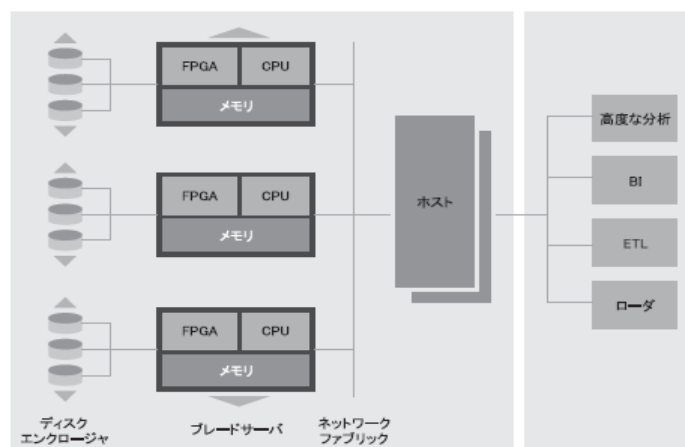


図 4 : DWH アプライアンスの MPP アーキテクチャ(NEC 社製[1])の例

(3)システム利用における簡易性

	DWH アプライアンスのシステムは、「簡易性」を重視した設計となっている。本システムにロードされたデータは、データベース管理者が関与しなくても、自動的にデータ分散が行われて格納される。また、システムに投げられた非定型クエリ（アプリケーションがデータベース内のどのレコードのどの項目を参照するか、あらかじめ決まっていない状態でデータの問い合わせ）は、超並列グリッド内で自動的に高速処理される。そのための事前準備として、一般的な DB 技術では必要とされるデータベース・チューニング作業（インデックス作成やパーティショニングなど）を行う必要はほとんどない。 このような DWH アプライアンスの持つ「簡易性」は、ビッグデータのアドホック分析において大きな効果を発揮する。数百種類のデータ種を組み合わせで分析することになるビッグデータの分析において、新たなデータ種が追加されるたびに、データベース・チューニング作業を実施することは現実的ではない。新たなデータ種を追加しても特にチューニングを必要とせず、ロードすればすぐ分析に使えるという「簡易性」が、ビッグデータのアドホック分析では重要になる。 4. 今後の展望 2000 年代前半からのハードウェアの価格下落により、DWH 自体の大幅な導入コスト削減が図られている。また、自律的にチューニングする機能も備えている DWH アプライアンスの導入・運用に掛かる工数の多くを占めるチューニング作業が不要になれば、大幅なコスト削減が見込める。 こうしたメリットが知られるようになった結果、現在 DWH アプライアンスはユーザーとベンダ双方から注目を集めている。近年 DWH アプライアンスをめぐるベンダの動きが活発化しており、レポートツールなどの DWH の周辺ソフトウェアが整備されてきたことや Google, Amazon がクラウドサービスを展開していることも相乗効果で脚光を浴びている。 特に今後は、DWH の導入ハードルが大幅に下がった現在、BI 以外の広い範囲での活用が広がっていくと予想される。 BI 用途以外の工学分野での DWH の活用例として、IoT により蓄積された大量で多様なセンシングデータをアドホックに分析すること。更にこのデータを技術知識情報として共有するための共通データ基盤としてナレッジ用途に発展させて DWH を利用することが期待できる。
参考文献	[1] 孝忠 大輔・三国 晋,超高速データ分析プラットフォーム「InfoFrame DWH Appliance」,2012.9, http://jpn.nec.com/techrep/journal/g12/n02/pdf/120203.pdf?fromPDF_J6502
備考	

に蓄えられ、E-Defense で定められたデータフォーマットに変換され、データチェック後に EDgrid のセントラルリポジトリに永久的に保存される。EDgrid とは、研究者に対して実験データの一般公開を行っているプロジェクトである。EDgrid では、E-Defense の希少性と構築や実験に関わる費用が莫大なことから、実験によって得られた実験データをインターネットによるリモートアクセスを実現させ、安全で効率的なデータ保存、データ運用を行うサイバーインフラストラクチャの構築を行っている。しかしながら、このデータモデルは実際には EDgrid では採用されなかったとされ⁴⁾、大規模データを低コストでかつ使いやすく取り扱えるシステムの実現は容易なことではないことがわかる。

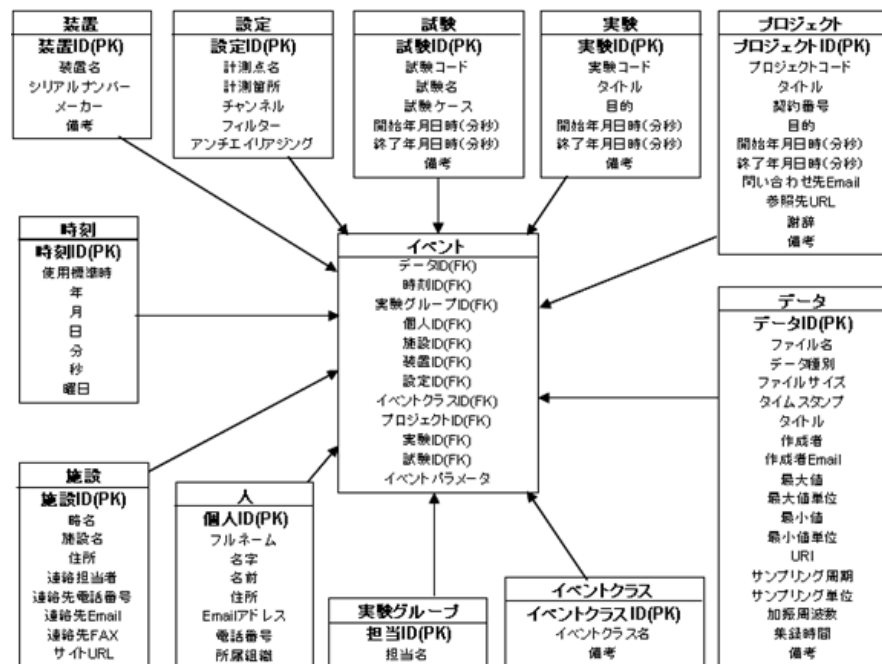
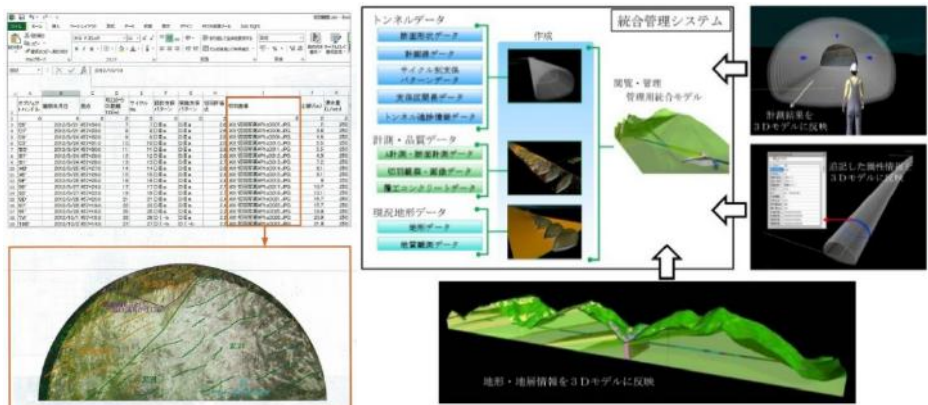


図2 EDgrid のデータモデル²⁾

参考文献

- 1) NEES: <http://www.nees.org/>
- 2) 矢吹信喜、吉田善博：EDgrid（E-Defense Grid）のデータモデルの開発、土木情報利用技術論文集、vol.15, pp.111-118, 2006.
- 3) E-Defense: <http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.html>
- 4) http://www.building-smart.jp/download/files/20150527_01.pdf

備考

分類	② データ貯蔵システムの事例
技術／知識 の名称	山岳トンネルにおける CIM の開発（大林組）
概要	山岳トンネル施工管理、維持管理での CIM の活用
詳細	近畿自動車道紀勢線見草トンネル施工管理で使用した。トンネルの 3D モデルを構築し、各部の材料検査結果などが属性情報として埋め込まれている。3D モデルはオートデスクの「Navisworks」の形式とし、無料のビューワー「NaviWorks Freedom2014」で見られる。データの合計容量は約 4.1GB で、1 枚の DVD に収められている。 パシフィックコンサルタンツが保有するトンネル点検車両(MIMM-R)でトンネル内面の 3D 計測や覆工の写真撮影を行い、3D モデルにリンクさせている。点群データについては、データ量が膨大なため DVD には入れていない。 3D モデルの属性情報や PDF 書類や写真などは、エクセルのシート上で整理し、リンクを張っている。  Fig. 6 山岳トンネル CIM のプロトタイプ The Mountain Tunnel CIM (Draft Edition)
参考文献	1) 日経コンストラクション(2015 年 10 月 12 日号, P56～61) 2) 畑浩二, 杉浦伸哉, 後藤直美: 山岳トンネルにおける CIM の開発, 大林組技術研究所報 No.78 2014
備考	「Navis+(ナビスプラス)」は、伊藤忠テクノソリューションズ(株)が開発した、AutoDesk 社製プロジェクトレビューソフトウェア Naviworks 上で動作するアドオンソフト。Naviworks が対応している CAD データモデルの IFC (Industry Foundation Classes) フォーマットを始めとして、50 種類以上のファイルフォーマットに対応している。スタンドアロンライセンスが 50 万円、ネットワークライセンスが 60 万円。

分類	③可視化に関する知識																
技術／知識 の名称	データ可視化に関する基礎知識																
概要	データ可視化に関する一般的な概念について以下の項目に分け説明する。 (1)データ可視化の要点、(2)可視化の役割、(3)可視化に対する注意点、(4)効果的な可視化について、(5)データ可視化作業の流れ、(6)代表的可視化方法の紹介、(7)近年における可視化の開発技術の紹介																
詳細	(1)データ可視化の要点 可視化は探索（発見を含めて）と分析（解釈や利用を含めて）のプロセスに分けられるが、両プロセスにおいてユーザーに起因する曖昧性が含まれる。[1] 一番のポイントは、「データが視覚変数※をコントロールする」ことで、データから視覚要素へのマッピングを設定してアルゴリズム的に生成することを主眼としている。 ※視覚変数 Jacques Bertin が提示した概念で、以下の要素に分類される（図 1）、データを変換する先の視覚的要素の集合のこと。 ①位置、②大きさ、③形、④明るさ、⑤色、⑥向き、⑦テクスチャ 上記 7 種を「視覚変数」と呼ぶ。[2] 全てのデータ可視化は、データをこれらの要素にマッピングする作業。 <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Bertin's Original Visual Variables</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Position changes in the x, y location</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Size change in length, area or repetition</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Shape infinite number of shapes</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Value changes from light to dark</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Colour changes in hue at a given value</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Orientation changes in alignment</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Texture variation in 'grain'</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> 図 1：Bertin により提示された視覚変数[3] (2)可視化の役割 検索結果の閲覧、絞り込み、概要把握、判断・理解の容易化と即時化、想起の支援など[4] (3)可視化に対する注意点 ①インフォグラフィック（図 2）（例：標識、地図、地下鉄路線図など）とデータ可視化は異なる。（可視化は、グラフィカルと等価ではない。） ②デザイン・見栄えの良さが、良い可視化ではない。 データ可視化技術は、文書化可能な技術であり才能に依存しない。（芸術性ではなく、実用性で評価する。） ③情報の見せ方を恣意的に扱うことで、可視化が悪い効果となる。	Bertin's Original Visual Variables		Position changes in the x, y location		Size change in length, area or repetition		Shape infinite number of shapes		Value changes from light to dark		Colour changes in hue at a given value		Orientation changes in alignment		Texture variation in 'grain'	
Bertin's Original Visual Variables																	
Position changes in the x, y location																	
Size change in length, area or repetition																	
Shape infinite number of shapes																	
Value changes from light to dark																	
Colour changes in hue at a given value																	
Orientation changes in alignment																	
Texture variation in 'grain'																	

図3のようなデフォルメのような可視化操作により、生データが視覚情報に変換される際にユーザーに起因する曖昧性から、可視化結果を読み解く際に誤判断を誘発する。[1]

- ④数値データや数理モデルなどに対応付ける部分に本質があり、敢えて可視化を強調する必要がないものもある。[1]

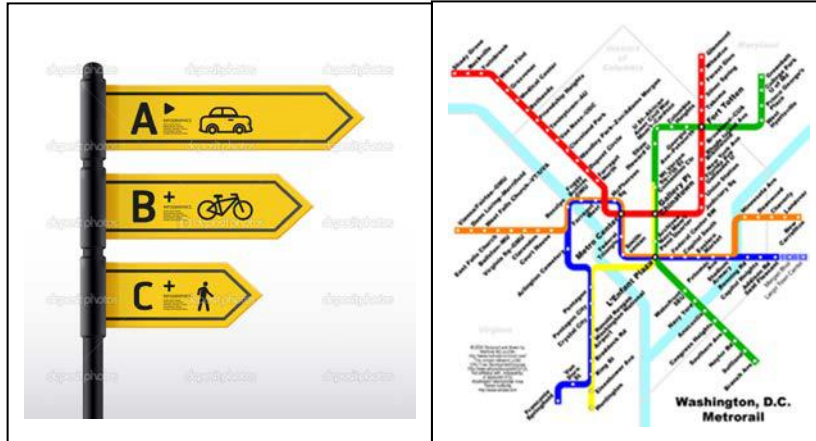


図 2：インフォグラフィックの例：標識（左）と地下鉄路線図（右）

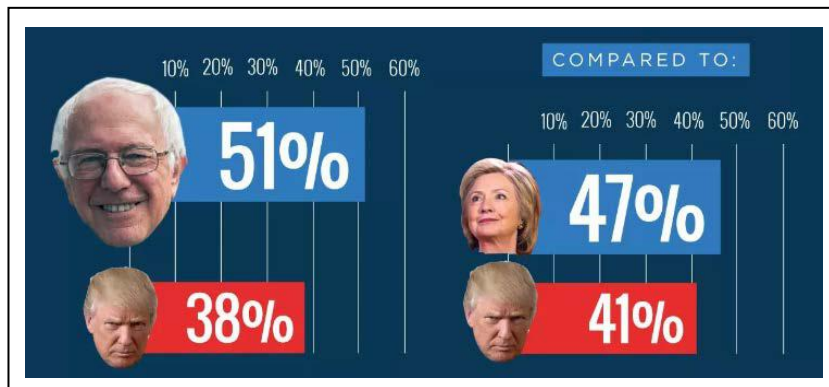


図 3：恣意的にデフォルメした悪い視覚化の例

(4)効果的な可視化について

データから伝えたいテーマを設定し、それを実現するためにデータから視覚変数への必要最小限のマッピングを設定すること。

上述を分解した内容を以下に示す。

- ①データの大まかな傾向と特性を把握する。
- ②目的を語るためのストーリーを考える。
- ③ゴールへ到達するための可視化を行う。
- ④ゴールへ到達するのに不必要な視覚情報を盛り込まない。
- ⑤各視覚変数の特性を理解し、マッピングを効果的に利用する。
- ⑥技術を目的のために使う。技術のために目的を設定しない。

(5)可視化作業の流れ

- ①テーマの設定（最重要項目）
- ②データの大まかな傾向・特徴の把握
- ③手法の選択
- ④データの準備（加工）
- ⑤データの読み込みと統合
- ⑥実際の可視化

	・マッピングの作成 ・レイアウト (6)代表的可視化方法の紹介 ①統計グラフ データ群の比較、変化、推移、傾向を可視化 例) 棒／線／帯グラフ、レーダーチャート、散布図など ②ベン図 データ集合の相関を可視化 ③階層構造図 データ大規模化に伴う探索と分析作業の負荷軽減のため、興味領域 (ROI : Region(s) Of Interest(s)) と詳細度 (LOD: Level(s) Of Detail(s)) にもとづく探索を可視化[1] 特徴量に基づき ROI を定め (あるいは示唆し)、細部を調べる. クラスタリングなどを利用して情報に階層的な構造を持たせる. 例) Node-Link diagram, Cote tree, Reconfigurable Disk Tree, Tree Map ④平行座標 ⑤バネモデル (7)近年における 可視化の開発技術の紹介 1) ビジネスインテリジェンス (BI) 大規模データを探索や分析し可視化する技術. 主要要素技術として、データディスカバリ、データビジュアライゼーション、マッピングを組み合わせた複合的技術. 例 1) Google CLOUD DATALAB データ共有、レポート作成を素早く行うことが可能 オープンソース Jupyter notebooks(旧 IPython)使用 関連 : Google Chart API、Google Maps API 例 2) Amazon QuickSight 現在、ビジネス分野向けデータ分析・可視化ツールとして利用。 今後、ビッグデータ/IoT 向けへ利用拡張予定 例 3) その他の代表的ツール Flot、Raphael、D3、Visual.ly、Crossfilter、Tangle、CartoDB、OpenLayers Processing、NodeBox など 2)AR (拡張現実) 現実の世界に情報を付加させる技術(図 3) 図 3 : AR 技術を活用したアプリケーションの例 3) VR (仮想現実) コンピュータなどによって作り出されたサイバースペースをあたかも
--	---

	現実のように体験する技術（図 4）  図 4 : VR 技術を活用したアプリケーションの例
参考文献	[1]白山 晋, 可視化から何がわかるか?, システム創成学 第二回 学術講演会, 2009 [2] Jacques Bertin, <i>Semiologie Graphique</i>, 1967 [3] Carpendale, M. S. T.: <i>Considering Visual Variables as a Basis for Information Visualisation</i>, University of Calgary, Department of Computer Science, 2001-693-16, 2003 [4]高間 康史, 第 2 回情報編纂研究会, 2010
備考	

分類	③可視化に関する知識
技術／知識 の名称	AR（拡張現実）の基礎知識
概要	データ可視化に関する技術の中から、AR（拡張現実）の種類や使われ方等の基礎知識について調査した。
詳細	1. AR（拡張現実）とは 現実の環境には存在していないが、そこに付加的な情報を与え、映像や音声等で表現することにより、人間の五感（視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚）に作用する技術である。 ■視覚に訴える事例：T-WAVE Co.,Ltd.「山カメラ。」¹⁾ スマートフォンのカメラを通して映る映像に、山の名称や標高等の情報を表示する。アウトドア愛好者向けのアプリ。 ■聴覚に訴える事例：サイバネット「聞こ AR（きこえーる）」²⁾ レストランメニューにスマートフォンをかざすと、メニュー案内や本日のお勧めを音声で読み上げる。視覚障害者の生活を支援するアプリ。 ■触覚に訴える事例：NEC「ARmKeypad（アームキーパッド）」³⁾ グラスカメラとウェアラブルウォッチを装着した操作者の腕に仮想キーボードが表示され、タッチ入力によりキーボード操作が行える。業務のハンズフリーを実現する機器。 2. 視覚に訴える AR の種類 現在主流な AR 技術は、視覚に訴える AR である。主にスマートフォン等のカメラやウェアラブルカメラで表示される現実の映像に、情報の重畳表示を行う。 視覚的な AR は、位置情報を利用した「ロケーションベース AR」と、図形情報を利用した「ビジョンベース AR」に分けることができる。さらに、「ビジョンベース AR」は、AR コードというマーカーにより情報認識する「マーカー型」と、ランドマークや物体の形状により情報認識する「マーカーレス型」に分類できる。⁴⁾ (1) ロケーションベース AR ロケーションベース AR は、GPS 等から得た位置情報を元に、スマートフォン等のカメラで移した現実の映像における位置を特定し、現実の映像と情報の重畳表示を行うものである。

	スマートフォン等の通信機器を用いることで、GPS による位置情報が容易に取得できるため、事前準備が少なくすむことがメリットである。また、同機器が保有する地磁気センサと加速度センサの計測情報を用いることで、端末の向きや傾きを考慮した精度の高い表現を行うこともできる。 しかし、都市部の建物の間やトンネルの中、また、橋梁の床板下面等の天空が見渡せない場所では、GPS 衛星の電波が届きにくく、正確な位置情報が得られないことがある。また、カーナビやスマートフォンのような従来の受信機で位置を求める場合、位置精度は数 m から数十 m となり、1m 以内の精度を求められるような情報の扱いは難しい。なお、現在、複数種類の衛星電波を用いた測位方法として、「マルチ GNSS による高精度測位」の技術開発及び標準化が進められている。⁵⁾ さらに、スマートフォンの加速度センサの計測値には、重力の影響や手ぶれの影響といったノイズが含まれるため、実際に発生した加速度を取得するため、計測データ利用時には、ノイズを取り除く処理を考慮する必要がある。 このような影響を踏まえ、利用対象とするものが、計測対象の環境や範囲に合致しているか、検討が必要である。 (2) ビジョンベース AR- マーカー型 ビジョンベース AR のうちマーカー型は、特定パターンの図形 (AR マーカー) に付加情報を与えておき、スマートフォン等のカメラで AR マーカーを認識し、現実の映像と情報の重畳表示を行うものである。 例えば、家具の大きさ・色・形等の情報が付加された AR マーカーを複数の紙に印刷しておき、空の部屋の床に AR マーカーを配置する。その後、スマートフォン等のカメラで部屋をかざすと、まるで家具が部屋に設置されているかのように見える、といった用途がある。⁶⁾ この例では、映像内の奥行きや、マーカーの大きさをどのように認識するか、付与情報をどのように表現するかがポイントとなる。 しかし、マーカー型は、マーカー実体の準備が必要であったり、情報付与する場所にマーカーを設置しておかねばならなかったりするため、手間がかかる。また、情報付与する場所 (現実世界) にマーカーを見えるように示さねばならないため、公共の構造物への設置は難しいことが多いようである。 (3) ビジョンベース AR- マーカーレス型 ビジョンベース AR のうちマーカーレス型は、特定パターンの図形 (AR
--	---

	マーカー)は使わず、代わりに物体を特定するための複数の特徴点を用意し、付加情報を与えておく。そして、スマートフォン等のカメラで現実の映像から物体を認識し、映像と情報の重畳表示を行うものである。 例えば、果物(リンゴ、バナナ、みかん等)の特徴を認識するための特徴点を用意した上で、果物毎に産地、生産者、価格等の情報を定義しておく。そして、実際に果物が並べられた場所をスマートフォン等のカメラでかざすと、実際の個々の果物の映像に、産地、生産者、価格等の情報が重畳されて表示される、といった用途が考えられる。 ここで、物体の認識を行うには、大量の特徴点を元に画像解析を行う画像マッチング技術を利用するため、従来、高性能なPC等の機器が必要だった。近年になり、高機能な処理ライブラリ(オープンソースの“ARToolKit”⁶⁾や、ソニーが開発した統合型拡張現実感技術“SmartAR”を使った“SmartAR SDK”⁷⁾等)が登場し、また、スマートフォン等端末の高機能化が進んだことで、より身近な技術になっている。 なお、屋外の構造物を対象とする場合、構造物の特徴点の三次元データの作成、特徴点のデータ量の肥大化、映像での奥行き認識、環境光の影響等が課題となる旨の講演記事があった。⁸⁾
参考文献	1) T-WAVE: ホームページ「日本初の山座同定(さんざどうてい)アプリ!」, http://twave-ltd.jimdo.com/%E5%B1%B1%E3%82%AB%E3%83%A1%E3%83%A9/ 2) CYBERNET: プレスリリース(2014年10月29日)「聴覚ARシステム「聞こAR(きこえる)」を開発」, http://www.cybernet.jp/news/press/2014/20141029.html 3) NEC: プレスリリース(2015年11月5日)「腕を仮想キーボード化するユーザインタフェースを開発」, http://jpn.nec.com/press/201511/20151105_04.html 4) atmarkIT: 「いまさら聞けないAR(拡張現実)の基礎知識」, http://www.atmarkit.co.jp/ait/articles/1109/26/news136.html 5) 国土地理院: 第1回 マルチGNSSによる高精度測位技術の開発に関する委員会【資料2-1】, http://www.gsi.go.jp/common/000066392.pdf 6) 株式会社エム・ソフト: ARToolKit ホームページ, http://www.msoft.co.jp/ar/ 7) サイバネットシステム: AR作成支援ポータルサイト「cybARnet」, http://www.cybernet.co.jp/ar-vr/products/smartar/ 8) 池内克史: AR(拡張現実)と先端測量技術～大規模屋外構造物のモデル化とその応用～, 先端測量技術 No.106 2014年10月, http://archive.sokugikyo.or.jp/pdf/apa106_2014_10/106-03.pdf
備考	

分類	③ 可視化に関する知識
技術／知識の名称	基本的な可視化の事例
概要	グラフ表示などデータを可視化する基本的な事例をまとめる
詳細	1. 2次元グラフによる表示 センサにより測定した結果や、計算した結果のデータを表現するには2次元グラフがこれまで最も多く用いられてきた。 2次元グラフでは、独立変数を横軸(x軸)に取り、それに対する従属変数を縦軸(y軸)に取って表示する。例えば、図-1のように時間(x軸)に対する振動加速度(y軸)を表示する場合である。時間軸のようにx軸の数値が単調に増加する場合は線グラフを用いるが、増減する場合は図-2のように散布図を用いることも多い。複数のデータを1枚に表示するため縦軸を2つ設定する場合(L軸、R軸)もある。軸の数値目盛りは、等間隔に設定する線形表示以外に、軸を対数で表示する場合もあり、値の変化が大きいときに用いられる。 2次元グラフでは、軸の交点で数値を明確に読み取れる利点があり、また紙やスクリーンなどの2次元媒体への表示と親和性が高い。変数が3以上になる場合、プロットの色や大きさを変えて表現することもあるが、表示が複雑になり理解しづらくなることに注意する必要がある。 図1 振動データの時刻歴波形 (線グラフ・線形表示) 図2 温度に対する振動数の関係 (散布図・線形表示) 2. 3次元での表示

3次元グラフは3軸(x,y,z 軸)を用いて物理量の変化を表示する場合に使われる。例えば、図-3のように横軸(x 軸)に振動数、縦軸(z 軸)に大きさを表示するスペクトルにおいて、第2の横軸(y 軸)を用いて場所や時間による変化を表示することができる。3次元グラフは2次元グラフでは表せない複雑なデータを可視化して傾向の変化を把握できるが、z 軸のピークの高さなどの値を正確に読み取ることは難しい。

測定値や計算値の表示以外に形状や位置を表示するための3次元表示は最近よく用いられる。図-4のようにx,y,zの空間座標に橋梁の形状を表示して視点を変化させることで、今までの2次元図面とは異なる直感的な形状の理解が容易になった。また、図-5の振動モード形状のように座標値に計算値を重ね合わせた表示も可能である。これらの3次元表示でも、各点の正確な値を読み取ることは2次元表示よりも難しいため、使用に際してはどのような表現が適した表示となるかよく検討することが必要である。

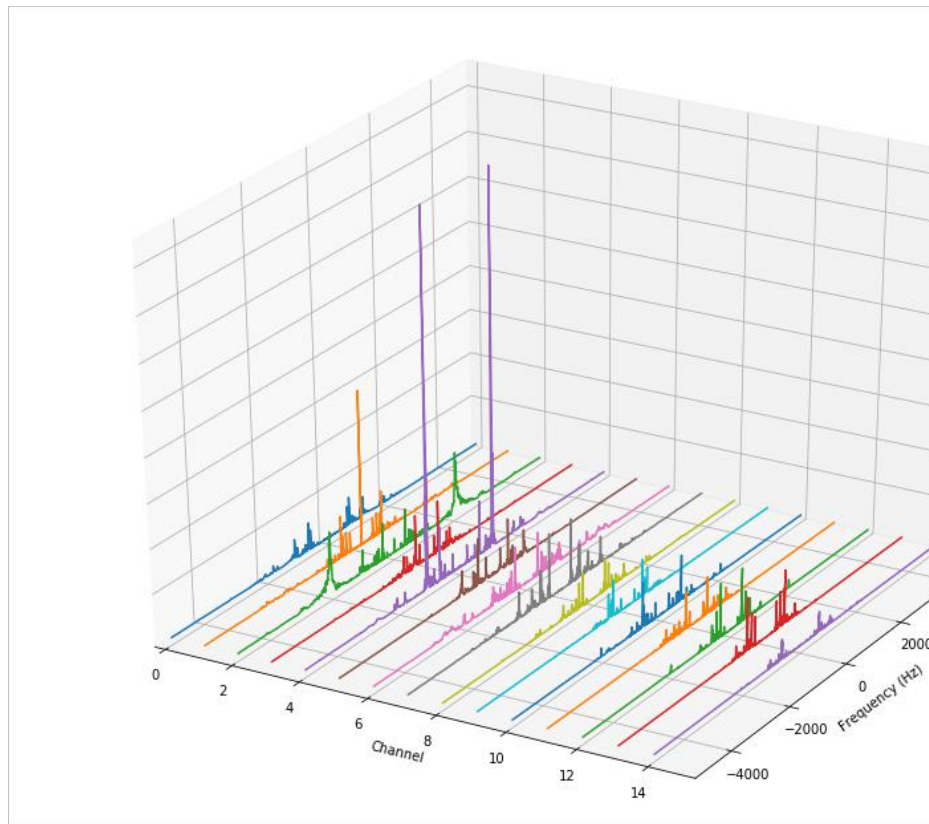


図3 測点によるスペクトルの違い

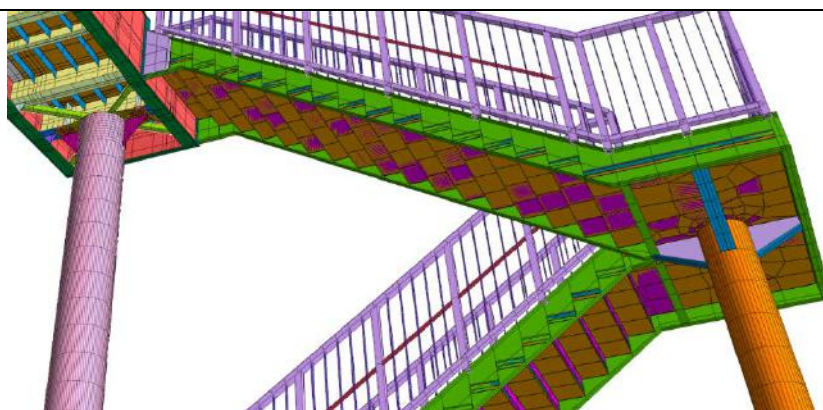


図-4 歩道橋の3次元モデル

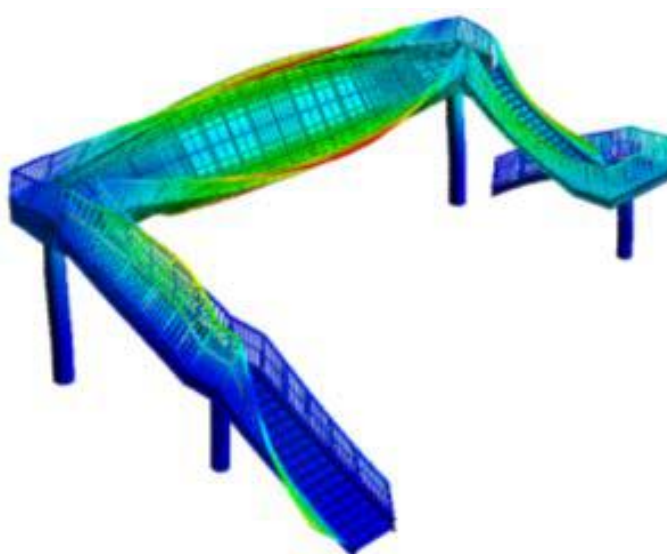
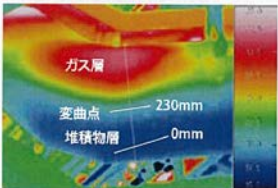
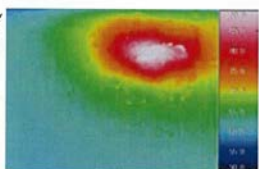
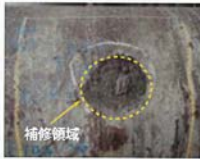
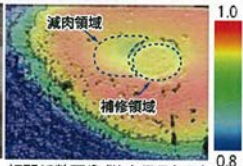


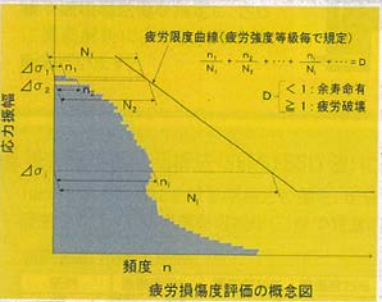
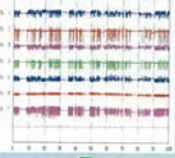
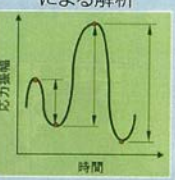
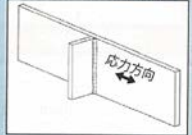
図-5 3次元 FEM による振動モード形状

参考文献

備考

分類	④ 可視化の事例
技術／知識 の名称	道路維持管理における点検・診断・モニタリングの現状と展望
概要	2 道路維持管理のスマート化に向けた I C T 技術の活用について
詳細	・振動センサ活用技術 ・光学振動解析技術 ・無人機搭載用リモートサーモカメラ ・インバリアント分析技術 ・異種混合学習技術 内容詳細：別紙資料参照 2015年（一財）首都高速道路技術センター技術講演会 道路維持管理における 点検・診断・モニタリングの現状と展望 平成27年 6月3日 一般財団法人 首都高速道路技術センター 後 援 首都高速道路株式会社 首都高技術株式会社
参考文献	2015 年（1 財）首都高速道路技術センター技術講習会
備考	日本電気株式会社 中央研究所 情報・メディアプロセッシング研究所 主任研究員 三上伸弘

分類	④ 可視化の事例
技術／知識 の名称	赤外線サーモグラフィによるスクリーニング
概要	広い範囲を遠隔で検査し、精密試験が必要な場所を素早く特定できる。
詳細	【特徴】 ・ 広い領域を短時間に試験、スクリーニングができる。 ・ 足場が不要 ・ 材質への影響を受けない ・ 独自開発の信号処理技術により試験精度が向上  <スラッジレベル測定> 管内の水位を足場無しで測定します。  日陰の配管は アクティブ法 で対応可。 可視画像  ガス層 変曲点 230mm 堆積物層 0mm 赤外線画像 <減肉分布測定> 著しい減肉部分を見やすく表示します。  ハロゲン ランプ 赤外線 カメラ  赤外線画像  可視画像  減肉領域 補修領域 相関係数画像(独自信号処理) 1.0 0.8 その他の試験対象：防食塗装の劣化、鋼床版の滞水 U リブ、繊維補強材の剥離、亀裂、配管の詰まり、
参考文献	1) 神鋼検査サービス株式会社
備考	神鋼検査サービス株式会社

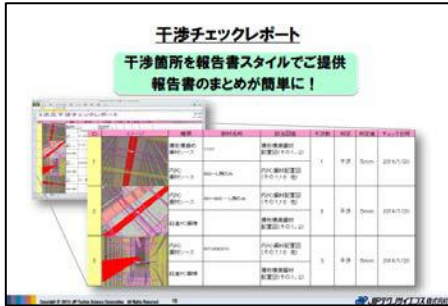
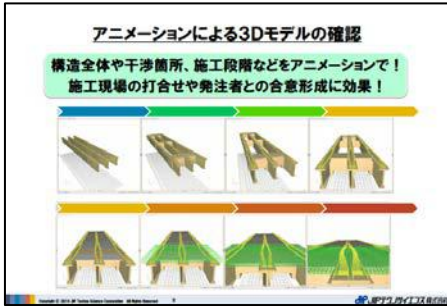
分類	④ 可視化の事例
技術／知識 の名称	ひずみ測定による鋼構造物の余寿命診断
概要	現在の鋼構造物の供用状況から余寿命年数を算出
詳細	【特徴】 事後保全や供用年数から推測する手法に比べ、適切な保全計画の立案が可能となる。 調査対象の鋼構造物の中で高い応力がかかる部位、または疲労強度等級の低い溶接継手にひずみゲージを貼付し、載荷試験、長期データ収集を実施します。   ひずみ測定結果から応力解析を行い、疲労強度等級に対応する疲労損傷度評価によって余寿命予測を行います。  溶接継手① 溶接継手② ひずみゲージ <ひずみ測定> ひずみ測定結果 (応力波形)  ↓ レインフロー法 による解析  <等級分類> 溶接継手に対して、 疲労強度等級を 分類します 溶接継手① → E等級  溶接継手② → D等級  鋼構造物の劣化状況や疲労亀裂の発生する可能性を、稼働時の応力測定により算出します。 疲労余寿命評価は、日本鋼構造協会の「鋼構造物の疲労設計指針・同解説」に基づいて実施します。
参考文献	1) 神鋼検査サービス株式会社
備考	神鋼検査サービス株式会社

分類	④ 可視化の事例
技術／知識の名称	ちば市民協働レポート（千葉市）
概要	スマートフォンアプリを使った市民参加型のインフラ管理
詳細	地域インフラの不具合についての情報（地域の課題）を、発見した市民が千葉レポに投稿する。その際、スマートフォンのGPS機能によって位置情報が添付されるので、市の担当者はどこでその不具合が発生しているかを地図上で迅速に知ることが出来る。市民の投稿に対しては、市の担当者が修繕や撤去などの対応を行う他、場合によっては市民が自ら対応して解決を図る場合もある。投稿された地域の課題は「ちばレポ」で公開され、投稿者やほかの市民は不具合の事実とそれへの対応状況（受付済、対応中、対応済）を知ることが出来る。 【ちばレポの仕組み】  【スマートフォンアプリの操作イメージ】  実証実験を2013年7月から11月まで実施し、2014年9月から正式にスタートした。2015年4月末までに市民からの通報は1,095件投稿され、そのうち道路に関する投稿が約71%あった。参加登録者数は2015年4月末までに、2,887名である。
参考文献	1)総務省 情報通信白書H27年度版： http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h27/html/nc233220.html 2)千葉市 ちば市民協働レポート： http://chibarepo.force.com/
備考	・対応するOSは、Android OS 2.3以上、iOS7以上を推奨している。 ・写真のデータ容量は1枚につき5MBまで、データ形式は、JPEG、GIF、PNG、BMPをサポートしている。 ・ちばレポアプリのカメラ機能で撮影した動画（10秒まで）も投稿可能。

分類	④ 可視化の事例
技術／知識 の名称	InfraDoctor（首都高技術、エリジオン、朝日航洋の３社共同開発）
概要	３次元点群データを活用した道路・構造物の管理システム
詳細	下記、三つの基本機能がある。 1)「GIS プラットフォーム機能」 MMS（移動計測車両による測量システム）で取得される３次元コンテンツと橋梁などの図面、点検記録データを、位置情報をキーに統合管理し、各種データの総合窓口として点検業務の効率化を図ることが出来る。 2)「点検結果台帳機能」 日々実施される道路・構造物の点検・補修の最新情報を簡単に検索し入手できる。橋脚番号や距離票をキーに関連する構造物の情報を一括検索できるほか、劣化に起因する事故が発生した場合などにおいて同種構造物の検索を可能とし、緊急点検業務のリードタイム短縮を実現する。 3)「３次元点群データ活用機能」 オフィスにいながらにして３次元での位置関係を含めた任意の寸法を計測することや、GIS から取得した現場の地理情報、レーザースキャナーで計測した点群データにより作成された空間、重機の CAD データを画面上で融合し、重機と構造物の干渉のシミュレーションが可能となる。加えて、３次元点群データを活用し、建築時期が古く図面が残されていない道路や構造物の CAD データ化を支援する機能、取り込んだ地理情報と点群データを活用し規制図を作成する機能も備えている。
参考文献	1)首都高技術(株) 首都高技術、エリジオン、朝日航洋が業務提携： http://www.shutoko-eng.jp/updir/shutoko20141120174228_1.pdf
備考	・株式会社エリジオンの会社概要 独自の３次元形状処理とデータ交換技術をベースとしたパッケージソフトウェア開発を行っており、国内では、トヨタ自動車・日産自動車・キャノンなど各分野のリーディングカンパニーの開発プロセスに導入されている。 ・朝日航洋株式会社 航空機を利用した旅客・物輸などを行う航空事業と、航空機による空からの計測、車両を用いた陸からの計測、船舶を利用した河川・海洋の計測といった測量を基盤とした空間情報事業の二つの事業を展開している

分類	④ 可視化の事例
技術／知識 の名称	耐候性鋼材のさび判定
概要	耐候性鋼材の RST（Rust Stability Tester、イオン透過抵抗測定装置）によるさび安定度定量評価
詳細	- 耐候性鋼材は、安定さびの評価を適切に評価しないと、危険である。 - 耐候性鋼材の保護性さびの評価については、下図のように今まで色やサビの大きさで識別していた。 外観評点5: さびの量は少なく、比較的明るい色調を呈する。 [今後の処置の目安: 不要] (約 200μm未満) 外観評点4: さびの大きさは 1mm 程度以下で細かく均一である。 [今後の処置の目安: 不要] (約 400μm未満) 外観評点3: さびの大きさは 1 ～ 5mm 程度で粗い。 [今後の処置の目安: 不要] (約 400μm未満) 外観評点2: さびの大きさは 5 ～ 25mm 程度のうろこ状である。 [今後の処置の目安: 経過観察要] (約 800μm未満) 外観評点1: さびは層状の剥離がある。 [今後の処置の目安: 板厚測定] (約 800μm超) * () 内数値は外観評価の補助手段として測定したさび厚さの目安を示す。 図-1 さびの外観評点¹⁾ - RST は安定さびの局所的な計測機器で、電極間の抵抗（交流インピーダンス）を計測する。腐食の抵抗率を計測するので、さびの状態が緻密であると抵抗率が高く、逆に緻密でない場合（異常腐食）は抵抗率が低下する²⁾。 - 機器の改良により無塗装耐候性鋼のみならずさび安定化処理や塗装に対しても適用できる。イオン透過抵抗値が 20GΩ と高いため計測精度が高く、今まで 1 点あたり 60 分程度の時間が必要であったが、この機械は 1 ～ 2 分程度で計測可能³⁾。 - 今までの外観評価は診断者の経験年数によりバラツキがあったが RST を使うことで、それを解消できる。 - 桁の計測する位置によって抵抗値は変化し、融雪剤の影響を受けやすい下フランジと桁端部を重点的に計測することが重要である。

	図-2 装置の概念図²⁾ 図-3 装置の適用例⁴⁾
参考文献	1) 日本鉄鋼連盟、日本橋梁建設協会：耐候性鋼の橋梁への適用、2010. 2) 紀平寛：耐候性鋼上の安定さび形成状況評価と診断、材料と環境、Vol. 48, No.11, pp.697-700, 1999. 3) 今井篤実、立花仁、松本洋明、紀平寛：鋼構造物の腐食診断にむけたイオン透過抵抗法の適用、防錆管理、Vol.51, No.5, pp.216-221, 2007. 4) 日本道路協会：鋼道路橋塗装・防食便覧資料集、2010.
備考	

分類	④可視化の事例
技術／知識 の名称	CIM モデリングシステム
概要	土木、建設業向けの設計、製作、施工、維持管理と連携した CIM ソリューションの紹介
詳細	・生産性向上を目指し、設計、製作、施工、維持管理と連携した CIM モデルを活用した取り組みやサービスが提供されている。 ・景観検討や関係機関との協議の際、従来の 2 次元図面でなく CIM の 3 次元モデルを用いることで、立体的なイメージ図やアニメーションといった具体的な可視化により品質が向上し、作業効率化が図られている¹⁾。 ・製作、施工段階における、3 次元モデルによる本体主構造や付属物などの干渉チェックや施工プロセスの可視化を行うことができる²⁾。   ・橋梁予備設計段階での景観検討等への CIM モデル活用のため、CAD での詳細な入力を行わずに、橋梁予備設計の設計データを元に CIM モデルを作成するツールが提供されている²⁾。 ・CIM のデータモデルは、道路プロダクトモデル LandXML や、CAD データモデル IFC 等を用いた標準化が図られている。
参考文献	1) CIM 試行事業（橋梁編）への取り組み～モデル作成とその利活用～（オープン CAD フォーマット評議会、http://www.ocf.or.jp/cim/seminar2015/S2_bridge.pdf） 2) 「CIM/3D モデリング 鋼橋サービス概要」（JIP テクノサイエンス㈱、http://www.jip-ts.co.jp/product_service/service/cim3d_steel.html） 3) 鋼橋 CIM モデリングシステム「BeCIM/MB」（JIP テクノサイエンス㈱、http://www.jip-ts.co.jp/product_service/product/becim_mb/index.html）
備考	

§ 3. 大規模データ貯蔵・処理のための加速度計測データ処理プログラム

3-1. 大規模データ貯蔵・処理システムの意義

前節で調査したように、橋梁の性能評価に際しては多種、多量のデータを統合的に取り扱う必要がある。これらのデータの中で、振動加速度はこれまでも計測事例が多くあり、今後もさらにデータ量の増加が見込まれる。このため、これらのデータを効率的に処理するシステムを構築することが今後のビックデータ対応の試金石となる。そこで、本 WG では、大量の加速度計測データを高速で処理してグラフ表示するシステムを開発した。

このシステムは、図 3-1 に示すようなセンシング技術を用いた構造評価の枠組みにおいて、データの貯蔵と貯蔵したデータから必要な部分を可視化する機能を具体化したものであり、構造評価を行うための基盤的技術と位置付けられる。具体的には、「加速度データの検索・抽出ツール」と抽出結果を表示する「データビューワー」から構成され、最近の振動測定データの解析におけるニーズに応えることが期待される。

【WG3】データ貯蔵と可視化技術WG - 実装イメージ(JTS大迫(案)) 2016/5/18 全体部会向け資料 -

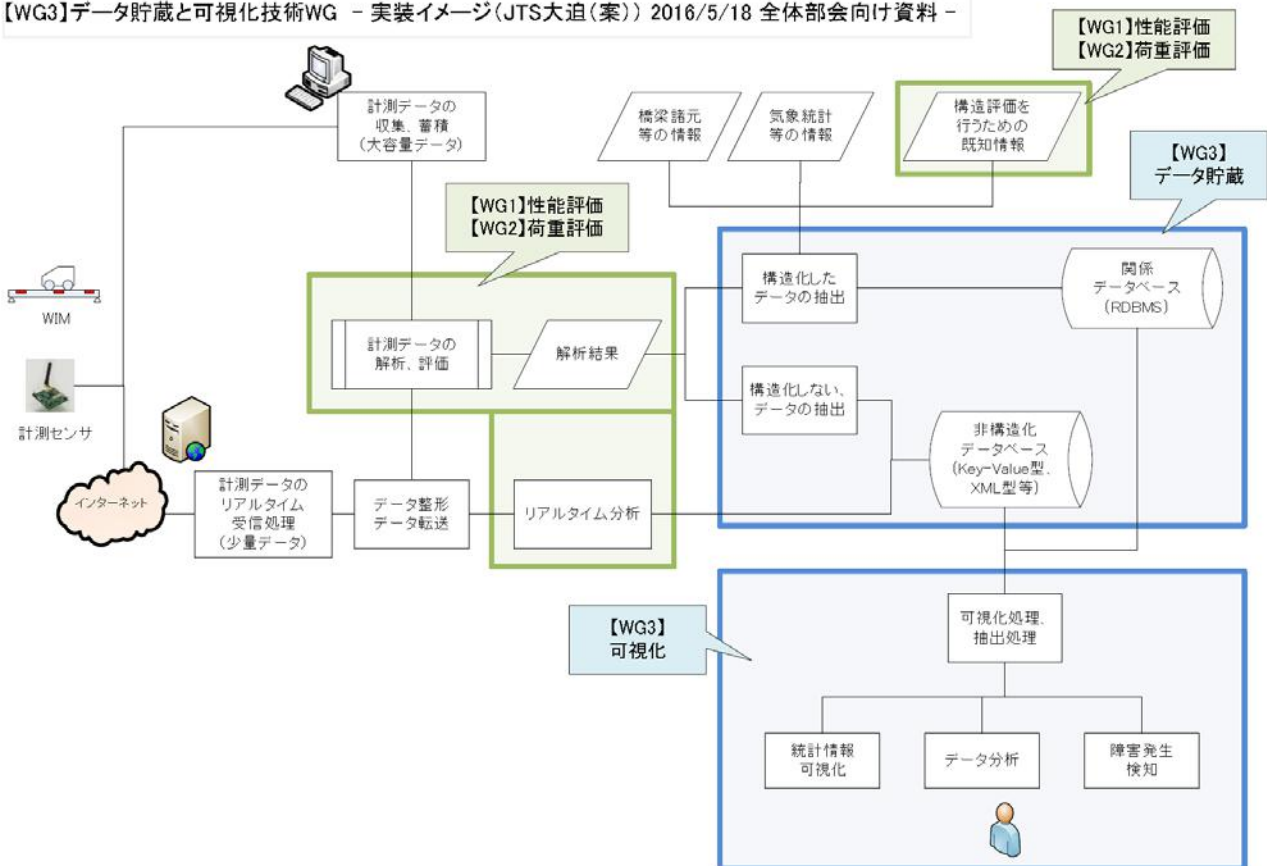


図 3-1 橋梁振動計測におけるデータ貯蔵・可視化技術実装イメージ

3-2. 加速度計測データ処理プログラムの機能と使用方法

3-2.1 機能概要

加速度計測データ処理プログラムは、「加速度データの検索・抽出ツール」と「加速度グラフ描画ツール」で構成される。

「加速度データの検索・抽出ツール」は、長時間にわたり計測した加速度計測ファイルから、特徴的な領域を検索したり、指定時間帯のデータを抽出したりすることで、大容量データの効率的な貯蔵を補助するツールである。

また、「加速度グラフ描画ツール」は、「加速度データの検索・抽出ツール」で抽出した加速度データを対象に、同一時間帯のノード毎の加速度グラフを描画し、データ可視化を実現するツールである。

3-2.1.1 特徴のある領域の検索機能

時系列に蓄積された加速度データから、一定値以上の振幅が計測された領域（特徴領域と呼ぶ）を検索することで、ギガバイトを超える大容量データファイルから、散発して発生する振動箇所を簡単に把握することができる。

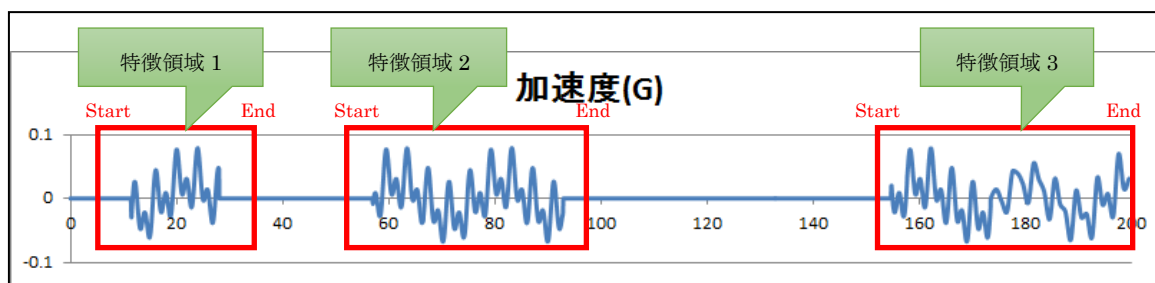


図 3-2 特徴領域の検索イメージ

なお、特徴のある領域の検索機能の仕様は、以下の通りである。

(1) 対象とする加速度データ

以下のフォーマットで記録された加速度データを対象とする。

- ◆ ノード番号，計測開始からの秒数，x 軸，y 軸，z 軸加速度（G），その他文字列
- ◆ 区切り文字が“半角スペース”（※設定により変更可能）

(2) 機能要件

機能要件は、以下の通りである。

- ◆ 検索対象軸は、3 軸（X 軸、Y 軸、Z 軸）とする
- ◆ 特徴領域の開始は、検索対象軸のピークピーク値が境界値を超えた時とする
- ◆ 特徴領域の終了は、計測値のばらつきが一定値以下になった時とする
- ◆ 特徴領域の検索にあたり、検出時間の下限値と上限値を設ける
- ◆ 特徴領域の開始時刻、抽出時間を 3 軸（X 軸、Y 軸、Z 軸）毎に出力する

(3) 検索処理

検索対象のファイル毎、検索対象の軸毎に、並列処理を行う。

(4) 検索結果

検索対象のファイル毎、検索対象の軸毎に、特徴領域の開始日時、期間を出力する。

3-2.1.2 指定時間帯のデータ抽出機能

時刻同期した複数ノードの計測ファイルから指定時間帯のデータを抜き出すことで、荷重車通過時や地震発生時に着目したノード間のデータ比較等を迅速に行うことができる。

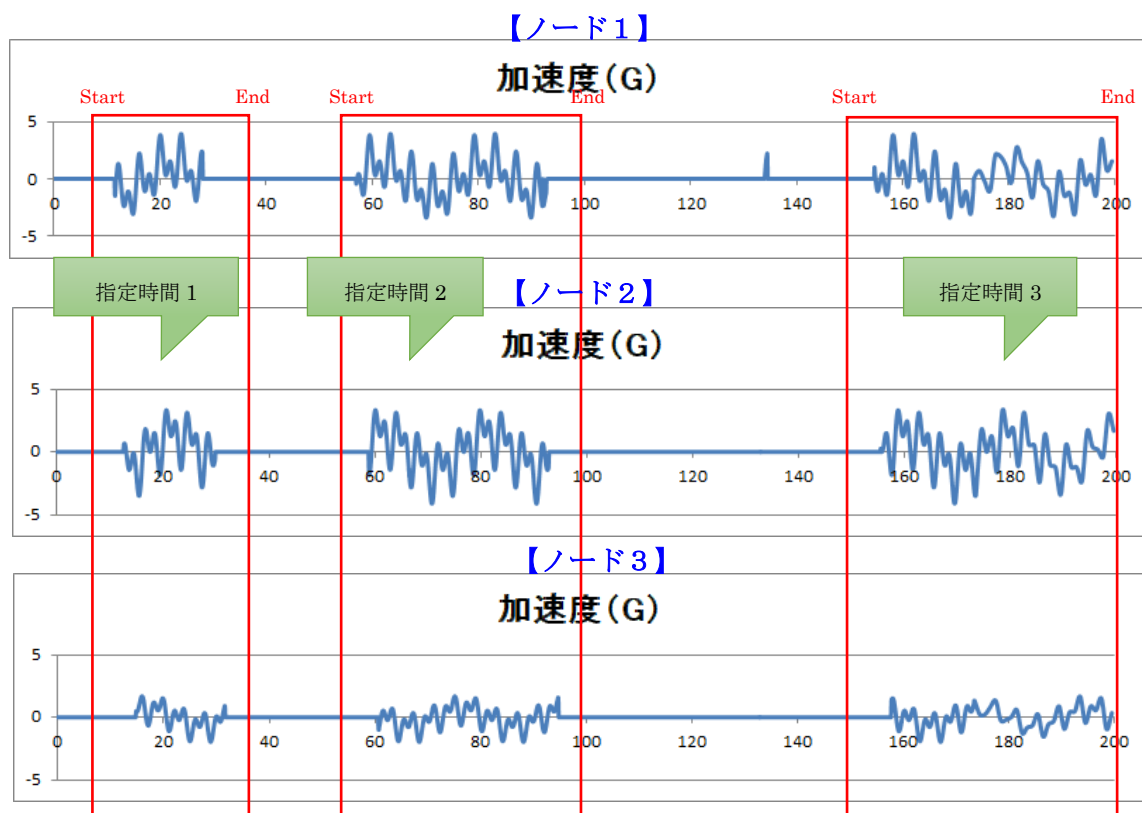


図 3-3 指定時間帯のデータ抽出イメージ

なお、指定時間帯のデータ抽出機能の仕様は、以下の通りである。

(1) 対象とする加速度データ

前述の特徴領域の検索機能で用いた加速度データを対象とする。

(2) 機能要件

機能要件は、以下の通りである。

- ◆ 単一ノード、または、時刻同期した複数ノードの計測ファイルを対象とする
- ◆ 抽出開始時刻と抽出期間で指定した時間帯のデータを抽出する
- ◆ 複数の時間帯を指定可能とする
- ◆ 抽出時間帯の前後に、一定の余裕時間（バッファ）を指定可能とする
- ◆ 「計測値」または「計測値の平均値をゼロと見立てた補正值」の出力を指定可能とする

(3) 抽出処理

- ◆ 抽出対象のファイル毎、指定時間帯毎に並列した抽出処理を行う

(4) 抽出結果

- ◆ 抽出対象の指定時間帯毎にフォルダを作成し、抽出部分のデータを出力する
- ◆ 抽出元と同じ出力様式（ファイルフォーマット）で出力する
- ◆ 抽出データの情報（メタデータ）をテキスト形式で出力する

3-2.1.3 加速度グラフ描画機能

「加速度データの検索・抽出ツール」で抽出した加速度データを対象に、同一時間帯のノード毎の加速度グラフを列挙して描画することで、抽出データの可視化を容易に実現する。

なお、加速度グラフ描画機能の仕様は、以下の通りである。

(1) 対象とする加速度データ

- ◆ 前述の指定時間帯の抽出機能で抽出した加速度データを対象とする。

(2) 加速度グラフの描画機能

- ◆ 加速度グラフの描画は、1フォルダに格納された、複数の計測ファイルを対象とする
- ◆ フォルダ内の全計測ファイルについて、着目軸を指定し描画する方法と、全ての軸を描画する方法を設ける
- ◆ 加速度の描画範囲は、全てのグラフで同一範囲とする方法と、各グラフの最小値・最大値を自動反映する方法を設ける

3-2.1.4 加速度計測ファイルの処理時間と処理方法の検討

本ツールで扱う加速度計測ファイルには、サンプリング周波数 100Hz で計測された X-Y-Z 軸の 3 軸の加速度、ならびに、計測ノード及び計測開始からの経過時間の情報が記録されている。

1 秒間に記録される計測データは 100 行であり、記録に必要な容量は、概ね 4KB～5KB である。これより、計測データの記録容量を 4.5KB/秒と想定した場合の 1 ファイルあたりの記録行数及び記録容量容量の概算値は、表 3-1 に示すとおりとなる。

表 3-1 加速度データの 1 ファイルあたりの記録容量の概算

計測期間	記録行数(万行)	記録容量の概算値(MB)
1 時間	36	16.2
1 日間	864	388.0
7 日間	6048	2720.0
14 日間	12096	5440.0

ツール構築にあたり、現地計測データから特徴のある領域を抽出するために必要な処理時間を計測することとした。A 橋及び B 橋の計測データの記憶容量を表 3-2 に示す。また、処理時間の計測に用いた PC スペックを表 3-3 に示す。

表 3-2 A 橋及び B 橋の計測データの記憶容量

計測橋梁	ノード数	計測期間(時間)	総記憶容量(MB)
A 橋	13	336	68500
B 橋	23	9	2960

表 3-3 本検討に用いた PC スペック

項目	スペック
OS	Windows 7 Professional 64bit
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-3612QM CPU @ 2.10GHz、4 コア-8 スレッド
メモリ	8GB
ストレージ	HDD 200GB

(1) 特徴領域の検索処理時間の計測

A 橋及び B 橋の任意の 5 ノードに対して、3 軸それぞれの特徴領域の検索に要する時間を計測した。検索処理は、ノード毎の各軸を逐次処理する方法と、ノード毎及び軸毎に並列処理する方法の異なる 2 つの方法で計測した。

なお、表 3-4 に、計測対象ノードの計測ファイルの情報を示す。

表 3-4 計測対象ノードの計測ファイルの情報

	ノード	データ名	ファイル行数	容量(MB)
A 橋	37	037-0014.csv	127129905	5642
	38	038-0014.csv	127129905	5587
	39	039-0016.csv	127129905	5714
	40	040-0007.csv	127129905	5587
	41	041-0028.csv	127129905	5586
	平均		127129905	5623.0
B 橋	8	008-0025.csv	3204905	136
	9	009-0015.csv	3204905	136
	10	010-0015.csv	3204905	136
	13	013-0025.csv	3204905	136
	14	014-0015.csv	3204905	141
	平均		3204905	137.1

表 3-5 A 橋の特徴領域の検索処理時間

A 橋	1 回目(秒)	2 回目(秒)	平均(秒)
逐次処理	9556	9448	9502.0
並列処理	3099	3055	3077.0

表 3-6 B 橋の特徴領域の検索処理時間

B 橋	1 回目(秒)	2 回目(秒)	3 回目(秒)	平均(秒)
逐次処理	271	271	270	207.7
並列処理	104	105	103	104.0

A 橋の計測結果は、表 3-5 に示す通り、逐次処理が平均 9502.0 秒、並列処理が平均 3077.0 秒であった。1MB あたりの処理時間は、逐次処理が 1.69 秒/MB、並列処理が 0.547 秒/MB となることから、並列処理の方が逐次処理よりも 3 倍程高速である。

また、B 橋の計測結果は、表 3-6 に示す通り、逐次処理が平均 207.7 秒、並列処理が平均 104.0 秒であった。1MB あたりの処理時間は、逐次処理が 1.52 秒/MB、並列処理が 0.759 秒/MB となることから、並列処理の方が逐次処理よりも 2 倍程高速である。

これより、ファイル行数及びファイル容量によらず、逐次処理と並列処理の検索処理は、並列に処理することの方が高速である結果が得られた。

(2) 指定時間帯のデータ抽出処理時間の計測

A 橋及び B 橋の表 3-4 に示すノードに対して、指定時間帯の Z 軸方向のデータ抽出に要する時間を計測した。検索処理時間は、ノード毎に逐次処理する方法と、ノード毎に並列処理する方法の異なる 2 つの方法で計測した。

なお、表 3-7 に、計測対象ノードの抽出データ数と検索対象期間を示す。

表 3-7 計測対象ノードの抽出データ数と検索対象期間

	抽出データ数	検索対象期間(時間)
A 橋	117	336
B 橋	214	9

表 3-8 A 橋の指定時間帯のデータ抽出処理時間

A 橋	1 回目(秒)	2 回目(秒)	平均(秒)
逐次処理	8975	9179	9077.0
並列処理	3023	3145	3084.0

表 3-9 B 橋の指定時間帯のデータ抽出処理時間

B 橋	1 回目(秒)	2 回目(秒)	3 回目(秒)	平均(秒)
逐次処理	612	632	616	620.0
並列処理	176	175	175	175.3

A 橋の計測結果は、表 3-8 に示す通り、逐次処理が平均 9077.0 秒、並列処理が平均 3084.0 秒であった。抽出データ 1 件あたりの処理時間は、逐次処理が 77 秒/件、並列処理が 26 秒/件となることから、並列処理の方が逐次処理よりも 3 倍程高速である。

また、B 橋の計測結果は、表 3-9 に示す通り、逐次処理が平均 620.0 秒、並列処理が平均 175.3 秒であった。抽出データ 1 件あたりの処理時間は、逐次処理が 2.90 秒/件、並列処理が 0.82 秒/件となることから、並列処理の方が逐次処理よりも 3.5 倍程高速である。

これより、抽出データ数及び検索対象期間によらず、逐次処理と並列処理の検索処理時間は、同様の傾向を示す結果が得られた。

(3) 計測結果に対する考察

特徴領域の検索処理について、逐次処理の処理時間と並列処理の処理時間を比較すると、逐次処理に比べて並列処理の方が 2 倍から 3 倍程度高速に処理できていることから、特徴領域の検索処理では並列処理が有効に動作しているといえる。

また、指定時間帯のデータ抽出処理について、逐次処理の処理時間と並列処理の処理時間を比較すると、逐次処理に比べて並列処理の方が 3 倍から 3.5 倍程度高速に処理できていることから、指定時間帯のデータ抽出処理においても並列処理が有効に動作しているといえる。

これより、ツールの基本機能として、並列処理による検索及び抽出機能を採用することとした。

3-2.2 ツールの使用方法

3-2.2.1 ツールとデータの配置

(1) 動作環境

ツールの動作環境として、下記環境での動作を保証する。

- ◆ OS : Windows7 (64bit 版)
- ◆ RAM : 16GB
- ◆ Java : Java Version 8 Update 161 (64 ビット版)

(2) Java のインストール

加速度計測データ処理プログラムの動作には、Java が必要である。利用環境に Java がインストールされていない場合、ダウンロードサイト (<https://www.java.com/ja/download/manual.jsp>) からセットアップを入手し、インストールを行う。

(3) 実行ファイルの配置

GitHub の URL : <https://github.com/jipts-oosako/accelerationfileanalyzer/releases> から ZIP ファイル (AFATool_v*.zip (* : バージョン番号)) をダウンロードし、任意のフォルダに展開する。

なお、ZIP ファイルは、以下のフォルダ及び起動用バッチファイルを含んでいる。

- ◆ fileanalyzer
「加速度データの検索・抽出ツール」の部品が格納されているフォルダである。
- ◆ visualizer
「波形グラフ描画ツール」の部品が格納されているフォルダである。
- ◆ data
“計測ファイル” 及び “ツールで用いる設定ファイル” を格納するフォルダである。
- ◆ start_fileanalyzer.bat
「加速度データの検索・抽出ツール」の起動用バッチファイルである。
- ◆ start_visualizer.bat
「波形グラフ描画ツール」の起動用バッチファイルである。

(4) 加速度データ及び設定ファイルの準備

展開した「data」フォルダに、加速度計測ファイル (CSV ファイル) 、及び、ツールで用いる設定データを格納する。

(5) 加速度データの検索・抽出ツールの起動

start_fileanalyzer.bat ファイルのダブルクリックにより、「加速度データの検索・抽出ツール」の画面が表示される。ツールの操作方法は、「2-2.2.3 加速度データの検索・抽出ツールの操作方法」に示す。

なお、実行結果は、data フォルダ以下に出力される。異なる条件で繰り返し実行する場合、過去の結果が上書きされるため、予め結果ファイルを退避しておく。

(6) 加速度グラフ描画ツールの起動

start_visualizer.bat ファイルのダブルクリックにより、「加速度グラフ描画ツール」の画面が表示される。ツールの操作方法は、「2-2.2.5 加速度グラフ描画ツールの操作方法」に示す。

なお、予め「加速度データの検索・抽出ツール」によりデータ抽出が行われていない場合、加速度グラフは描画されない。

3-2.2.2 注意事項

アプリケーションは、通常、画面右上の閉じる (×) ボタンで終了する。

ただし、アプリケーションのフリーズやエラーにより正常終了できない場合、Windows タスクマネージャを用いて、プロセス「javaw.exe」を終了することで、アプリケーションを強制終了させる。

3-2.2.3 加速度データの検索・抽出ツールの操作方法

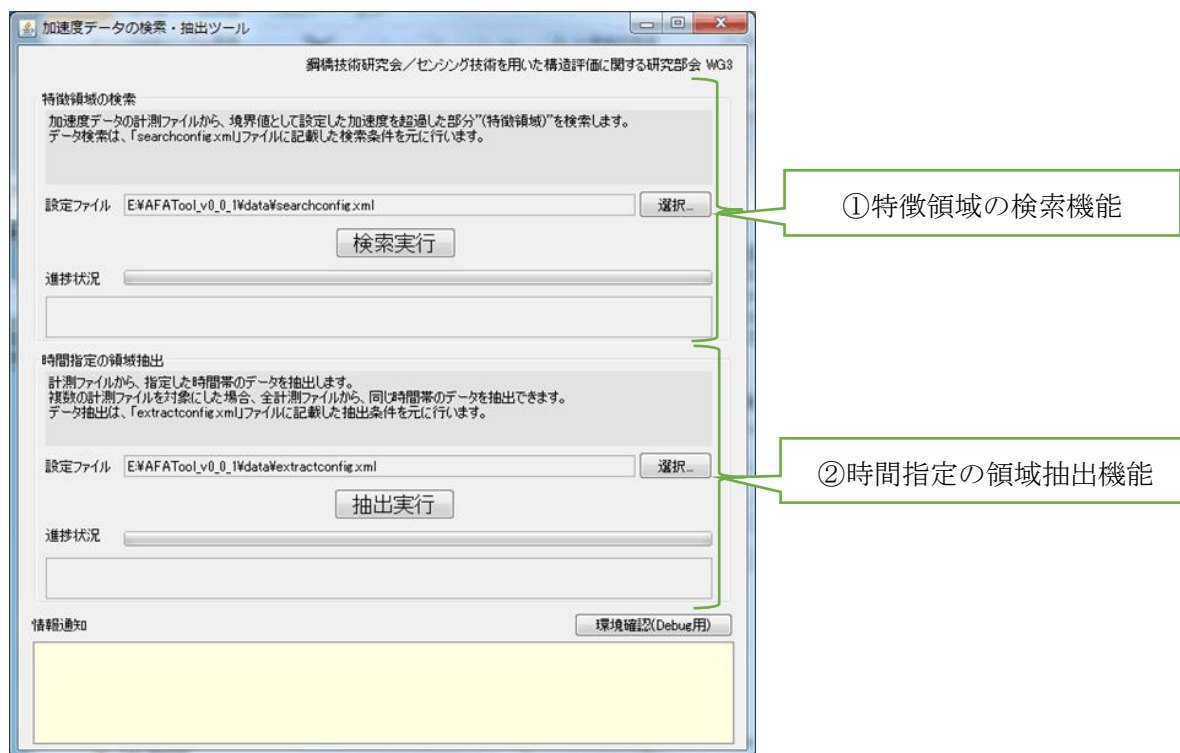


図 3-4 ツール起動画面

■ ①特徴領域の検索機能の操作手順

- (1) 設定ファイル [選択] ボタンを押し “searchconfig.xml” を選択
- (2) [検索実行] ボタンを押し、検索処理を開始
- (3) 検索処理終了後、結果フォルダを開き、出力内容を確認
- (4) 検索結果を基に、領域抽出したい領域の情報を “extractconfig.xml” に記載

■ ②時間指定の領域抽出機能

- (1) 設定ファイル [選択] ボタンを押し、“extractconfig.xml” を選択
- (2) [抽出実行] ボタンを押し、抽出処理を開始
- (3) 抽出処理終了後、結果フォルダを開き、出力内容を確認

3-2.2.4 設定ファイルの内容

(1) 特徴領域の検索機能の設定ファイル：searchconfig.xml

特徴領域の検索機能の設定ファイルについて、主な設定項目を説明する。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<configuration>
  <!-- 計測ファイルの条件 -->
  <measurement>
    <!-- 計測データの格納ディレクトリ（空白の場合、このファイルが置かれているディレクトリ） -->
    <datadir></datadir>
    <!-- 対象とする計測ファイル名称 -->
    <filepattern>(010-0015|031-0015)%.csv</filepattern> ①
    <!-- 計測開始日時 "yyyy/MM/dd hh:mm:ss SSS" -->
    <starttime>2016/09/06 11:12:00 000</starttime> ②
    <!-- 計測周波数(Hz) -->
    <frequency>100</frequency>
  </measurement>
  <!-- 特徴領域の検出条件 -->
  <detection>
    <!-- 常時微動と判定する際の境界値(G)(=標準偏差) -->
    <nearzero>0.0003</nearzero> ③
    <!-- 常時微動の判定時間(s) -->
    <endduration>5.0</endduration> ④
    <!-- 検出時間の下限値(s)(※ 常時微動の判定時間以上とする)-->
    <minduration>5.0</minduration> ⑤
    <!-- 検出時間の上限値(s) -->
    <maxduration>180.0</maxduration> ⑥
    <!-- 検出直前に割り込ませる余裕時間(s) -->
    <prebuffer>1.0</prebuffer> ⑦
    <!-- 各軸の検出境界値(G)(=最大値と最小値との差、ピークピーク値) -->
    <boundary axis_x="0.050000" axis_y="0.050000" axis_z="0.050000"></boundary>
  </detection> ⑧
  <output>
    <!-- 特徴領域の検出結果の出力ディレクトリ(計測データの格納ディレクトリに生成) -->
    <dirname>特徴領域情報</dirname>
  </output>
</configuration>
```

図 3-5 設定ファイルのサンプル（特徴領域の検索機能）

■ 項目説明

◇ ① : measurement/filepattern

特徴領域の検索対象の計測ファイル名称、または、そのパターンを指定する。

※サンプルで示した“(010-0015|031-0015)¥.csv”の場合、データフォルダ内の 010-0015.csv と 031-0015.csv の CSV ファイルを対象とする。

※パターンの指定方法は、Java の Pattern 表現を参照。

Java の Pattern 表現 : <https://docs.oracle.com/javase/jp/8/docs/api/java/util/regex/Pattern.html>

◇ ② : measurement/starttime

計測ファイルの計測開始日時を、"yyyy/MM/dd hh:mm:ss SSS"の様式で指定する。

◇ ③ : detection/nearzero

常時微動の判断に用いる加速度の境界値(G)を指定する。常時微動の判断には、④の指定時間に計測された加速度を標本とした標準偏差を用いることとし、指定された境界値未満の場合に常時微動と判断する。

◇ ④ : detection/endeduration

特徴領域の終端を検出するため、常時微動の判断に用いる標準偏差を算出する際、標本の対象とする時間を秒単位で指定する。

◇ ⑤ : detection/minduration

微小時間の特徴領域の検出を回避するため、検出時間の下限値を秒単位で指定する。

◇ ⑥ : detection/maxduration

特徴領域の検出が終了しない状態を回避するため、検出時間の上限値を秒単位で指定する。

◇ ⑦ : detection/prebuffer

特徴領域の検出直前に割り込ませる余裕時間を、秒単位で指定する。

◇ ⑧ : detection/boundary

特徴領域の検出を行う際の境界値(G)を指定する。特徴領域は、計測データの 0.5 秒間の加速度から最大値と最小値の差（ピークピーク値）を取得し、その値が指定された境界値を超えた場合に、特徴領域として検出する。

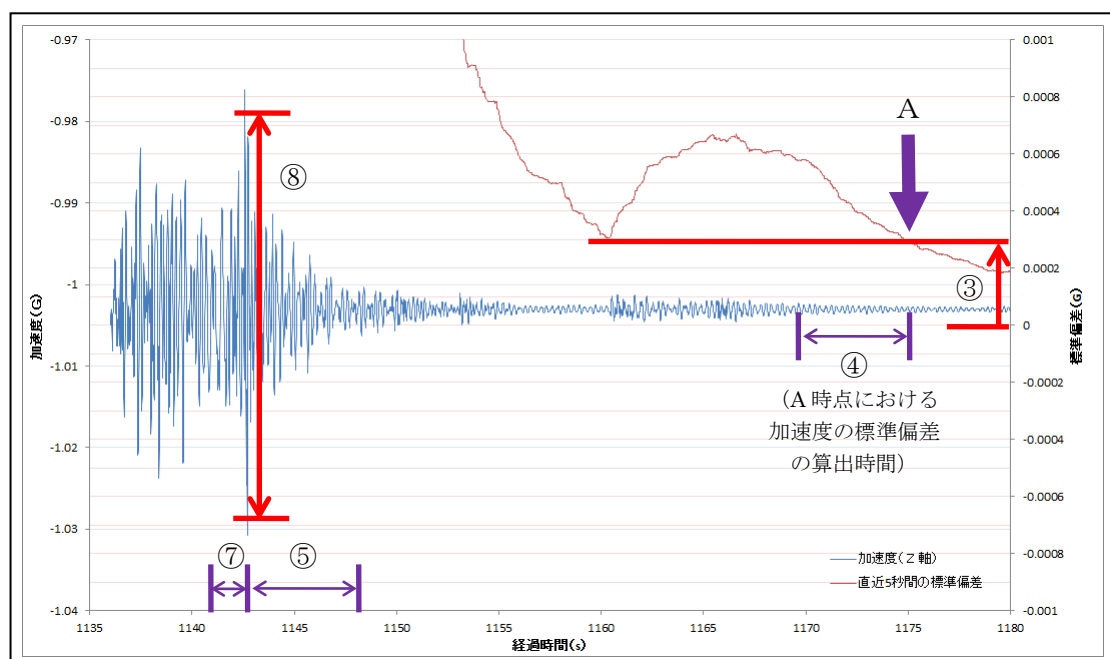


図 3-6 計測データと検出パラメータの使い方

(2) 時間指定の領域抽出機能の設定ファイル：extractconfig.xml

時間指定の領域抽出機能の設定ファイルについて、主な設定項目を説明する。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<configuration>
  <!-- 計測ファイルの条件 -->
  <measurement>
    <!-- 計測データの格納ディレクトリ (空白の場合、このファイルが置かれているディレクトリ) -->
    <datadir></datadir>
    <!-- 対象とする計測ファイルのファイルパターン -->
    <filepattern>.*%.csv</filepattern>
    <!-- 計測開始時刻 "yyyy/MM/dd hh:mm:ss SSS" -->
    <starttime>2016/09/06 11:12:00 000</starttime>
    <!-- 計測周波数(Hz) -->
    <frequency>100</frequency>
  </measurement>

  <!-- 時間指定の抽出条件 -->
  <extraction>
    <!-- 抽出基準(=開始)日時、period=抽出期間(s)、margin=抽出前後の余裕時間(s) -->
    <!-- extractbasetime は、複数指定可能 -->
    <extractbasetime period="181" margin="1">2016/09/06 11:12:04</extractbasetime>
    <extractbasetime period="84" margin="1">2016/09/06 11:15:14</extractbasetime>
    <extractbasetime period="60" margin="1">2016/09/06 11:16:39</extractbasetime>
    <extractbasetime period="28" margin="1">2016/09/06 11:18:00</extractbasetime>
    . . .
    <extractbasetime period="130" margin="1">2016/09/06 20:03:58</extractbasetime>
  </extraction>

  <output>
    <!-- 抽出結果の出力ディレクトリ(計測データの格納ディレクトリに生成し、結果を出力する) -->
    <dirname>抽出結果</dirname>
    <!-- ゼロ点からのズレの補正(true=ズレを補正して出力する、false=元データのまま出力する) -->
    <zerohosei>true</zerohosei>
  </output>
</configuration>
```

①

②

③

④

図 3-7 設定ファイルのサンプル（時間指定の領域抽出機能）

■ 項目説明

◇ ① : measurement/filepattern

時間指定の領域抽出の対象とする計測ファイル名称、または、そのパターンを指定する。

※サンプルで示した “.*¥.csv” の場合、データフォルダ内の全ての CSV ファイルを対象とする。一方 “031-0015¥.csv” のように設定した場合、データフォルダ内の “031-0015.csv” ファイルのみを対象とすることができる。

※パターンの指定方法は、Java の Pattern 表現を参照。

Java の Pattern 表現 : <https://docs.oracle.com/javase/jp/8/docs/api/java/util/regex/Pattern.html>

◇ ② : measurement/starttime

計測ファイルの計測開始日時を、“yyyy/MM/dd hh:mm:ss SSS”の様式で指定する。

◇ ③ : 時間指定の領域抽出条件

◆ ③-1 : extraction/extractbasetime

抽出開始の日時を、“yyyy/MM/dd hh:mm:ss”の様式で指定する。

◆ ③-2 : extraction/extractbasetime[@period]

抽出期間を、秒単位を指定する。

◆ ③-3 : extraction/extractbasetime[@margin]

ノード間で生じる振動の時間差を補うためのパラメータである。抽出期間の前後の余裕時間を、秒単位で指定する。

◇ ④ : output/zerohosei

出力計測値について、計測値の平均値をゼロと見立てた補正值（計測値から平均値を減じた値）を出力することができる。

◆ 補正值を出力する場合 : true

◆ 元の計測値を出力する場合 : false

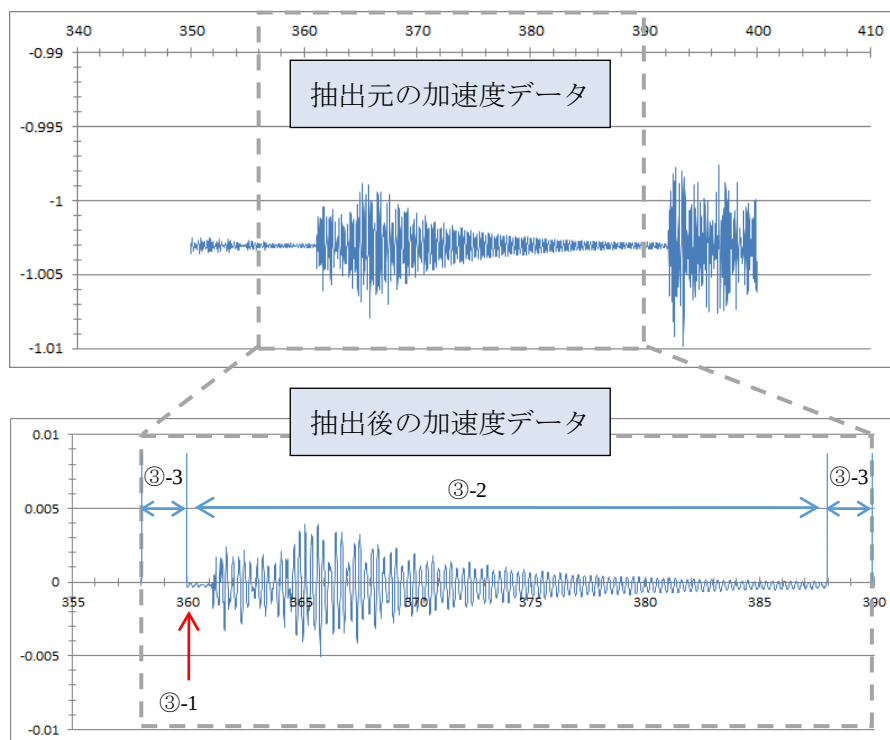


図 3-8 計測データと検出データの例

3-2.2.5 加速度グラフ描画ツールの操作方法

(1) メニューの操作

加速度グラフ描画ツールのメニュー操作方法を説明する。

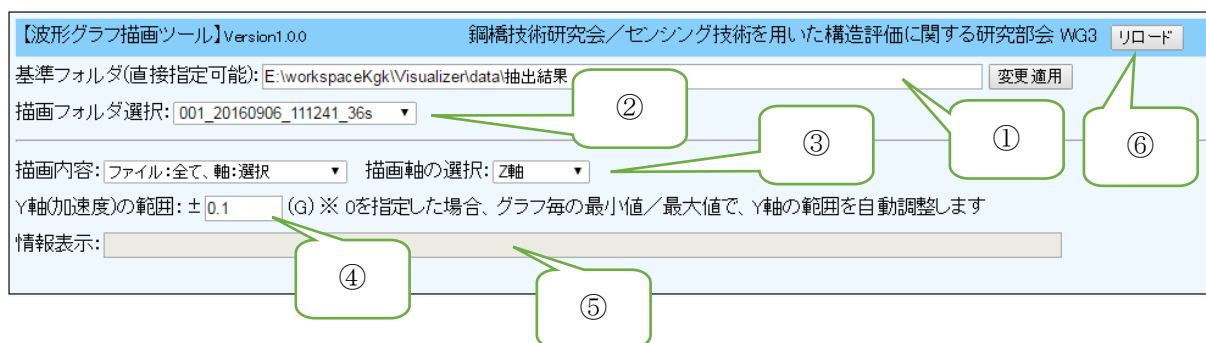


図 3-9 加速度グラフ描画ツールのメニュー

■ 項目説明

◇ ①：基準フォルダ

加速度グラフの描画対象フォルダを指定する。フォルダパスを変更した場合、[変更適用] ボタンを押し、変更内容を適用する。

◇ ②：描画フォルダ選択

加速度グラフの描画対象とするフォルダを、ダウリストから選択する。

◇ ③：描画内容

描画内容を「ファイル：全て、軸：選択」または「ファイル：選択、軸：全て」から選択する。

◆ 「ファイル：全て、軸：選択」選択時

描画内容: ファイル:全て、軸:選択 描画軸の選択: Z軸

描画対象の軸を、「X 軸」、「Y 軸」、「Z 軸」から選択する。グラフ描画部には、描画フォルダ内の全計測ファイルについて、選択した軸の加速度グラフが描画される。

◆ 「ファイル：選択、軸：全て」選択時

描画内容: ファイル:選択、軸:全て 描画ファイルの選択: 008-0025.csv

描画対象の計測ファイルを選択する。グラフ描画部には、選択した計測ファイルの X 軸、Y 軸、Z 軸の加速度グラフが描画される。

◇ ④：Y 軸(加速度)の範囲(G)

加速度グラフの Y 軸(加速度)の範囲を指定する。例えば、0.1(G)を指定した場合、全てのグラフが、-0.1(G)から+0.1(G)の範囲で描画される。

なお、0(G)を指定した場合、グラフ毎の最小値／最大値で、Y 軸の範囲を自動調整する。

◇ ⑤：情報表示欄

エラー発生時にメッセージが表示される。

◇ ⑥：リロード

計測ファイルを更新した場合、[リロード] ボタンを押して、データを再読み込みする。

(2) グラフ描画部の操作

加速度グラフ描画ツールのグラフ描画部の操作方法を説明する。

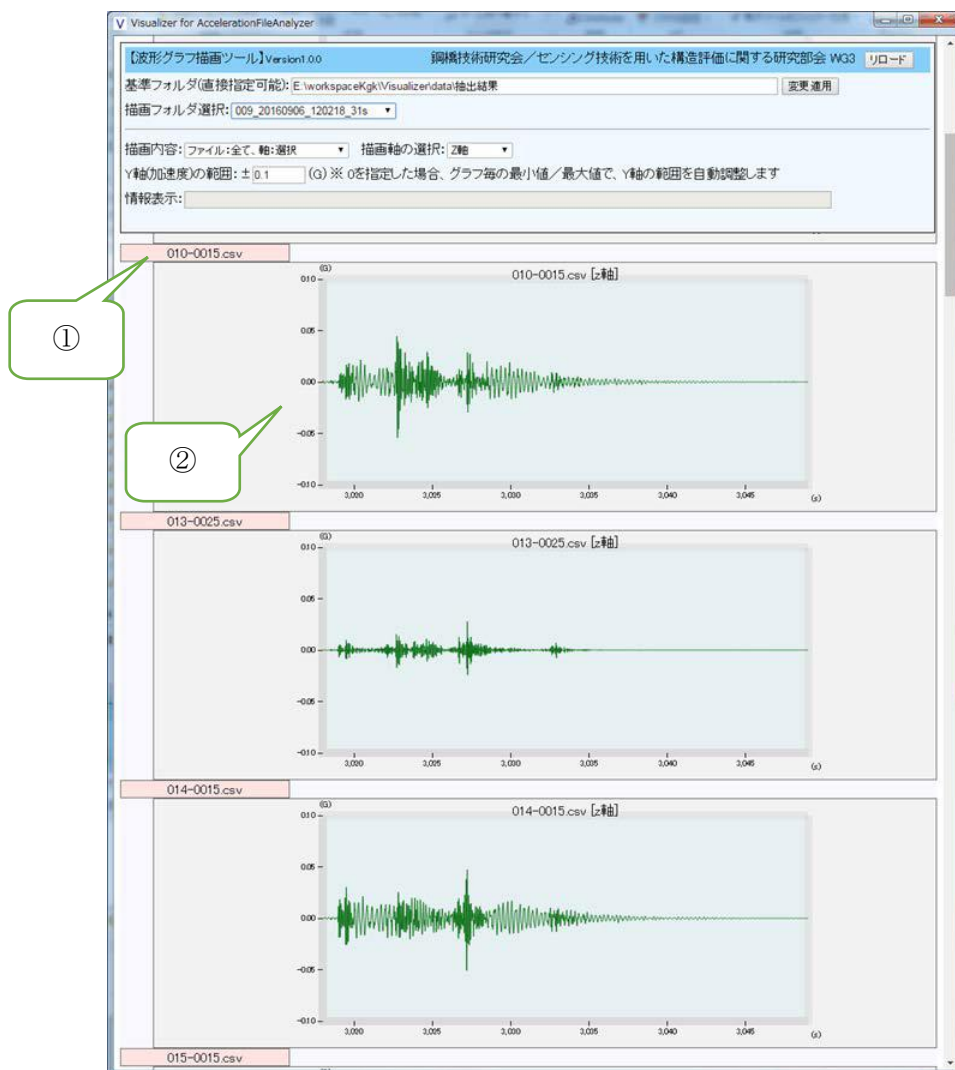


図 3-10 加速度グラフ描画ツールの描画部

■ 項目説明

◇ ① : グラフラベル

描画グラフのファイル名を示す。ラベルをクリックすることで、加速度グラフの表示／非表示を一時的に切り換えることができる。

◇ ② : 加速度グラフ

横軸は経過時間（秒）、縦軸は加速度（G）とする加速度グラフを描画する。
なお、グラフに表示する加速度データは、最大 10 分（600 秒）までに制限される。

3-3. 加速度計測データ処理プログラムの適用例

3-3. 1. B 橋における測定例

3-3. 1. 1 測定データの概要

以下のような測定データを対象に解析を行う。

対象データ：	2016 年 9 月 6 日に B 橋で測定された振動加速度
センサーとチャンネル：	加速度計 23 基×3ch=69ch
サンプリング周波数：	100Hz
計測時間：	11 時頃から 20 時ごろまで約 9 時間
ファイル容量：	合計 2.96GB
ファイル形式：	CSV

3-3. 1. 2 パラメータの設定

パラメータの設定は図 3-11 のそれぞれに対して以下のように設定した。

- ③ 0.005(G)
- ④ 5.0(s)
- ⑤ 5.0～180.0(s)
- ⑦ 1.0(s)
- ⑧ X, Y, Z とも 0.05(G)

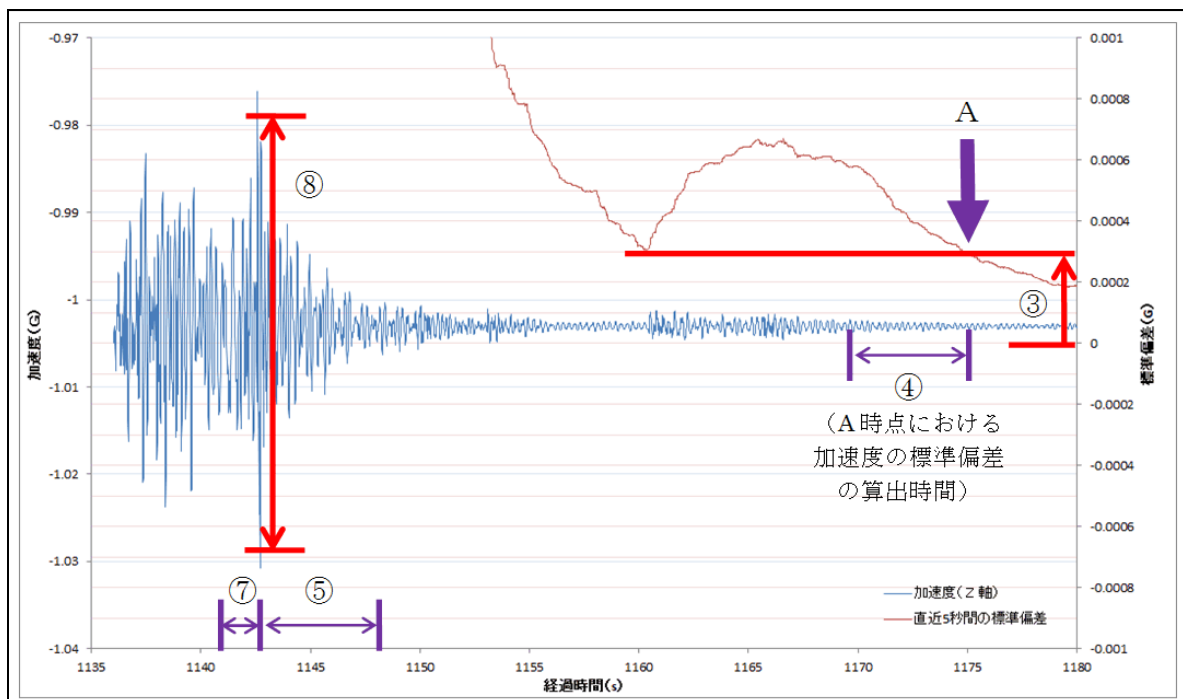


図 3-11 B 橋の計測におけるパラメータの設定

3-3.1.3 抽出結果

上記のような設定でデータを抽出した結果、全データから 3031 サンプル抽出され、時間帯の重複を除いたユニークなものは 1535 サンプルであった。チャンネルごとの抽出結果を図 3-12 に示す。

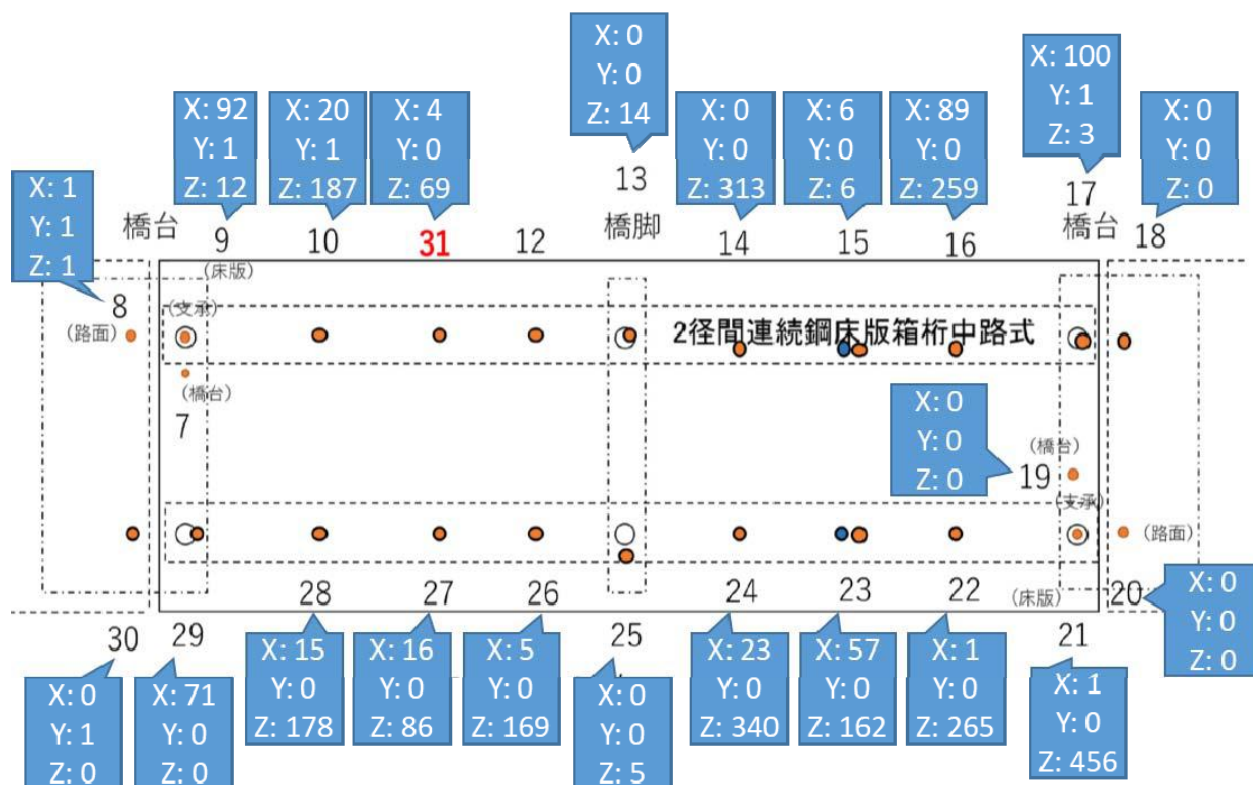


図 3-12 B 橋におけるデータ抽出結果

ある時点での抽出結果をすべての測点で表示させた例を図 3-13 に示す。これは 11 時 12 分 42 秒に測定された全測点の z 方向の振動加速度であり、測点ごとの振幅の大きさや、その増減の時間変化が確認できる。図 3-13 では、橋台や橋脚に設置した加速度計では鉛直方向の振動加速度がほとんど発生しない一方、支間部では大きな振動が発生していることが分かる。

また、同じ支間部で測点による振幅の違いを検討した例を図 3-14 に示す。これは 18 時 35 分 56 秒に測定された、測点 14 と測点 24 の z 方向の振動加速度である。測点 24 の振幅が大きいため、車両の走行位置を推測できる。さらに、図 3-15 は、異なる支間での測定例である。17 時 40 分 11 秒に記録されたこの波形では、測点 24 では最初に比較的振幅が大きく記録された一方、測点 28 では、後半の振幅が大きくなっており、車両が測点 24 から測点 28 の方向に進行したことが推定できる。

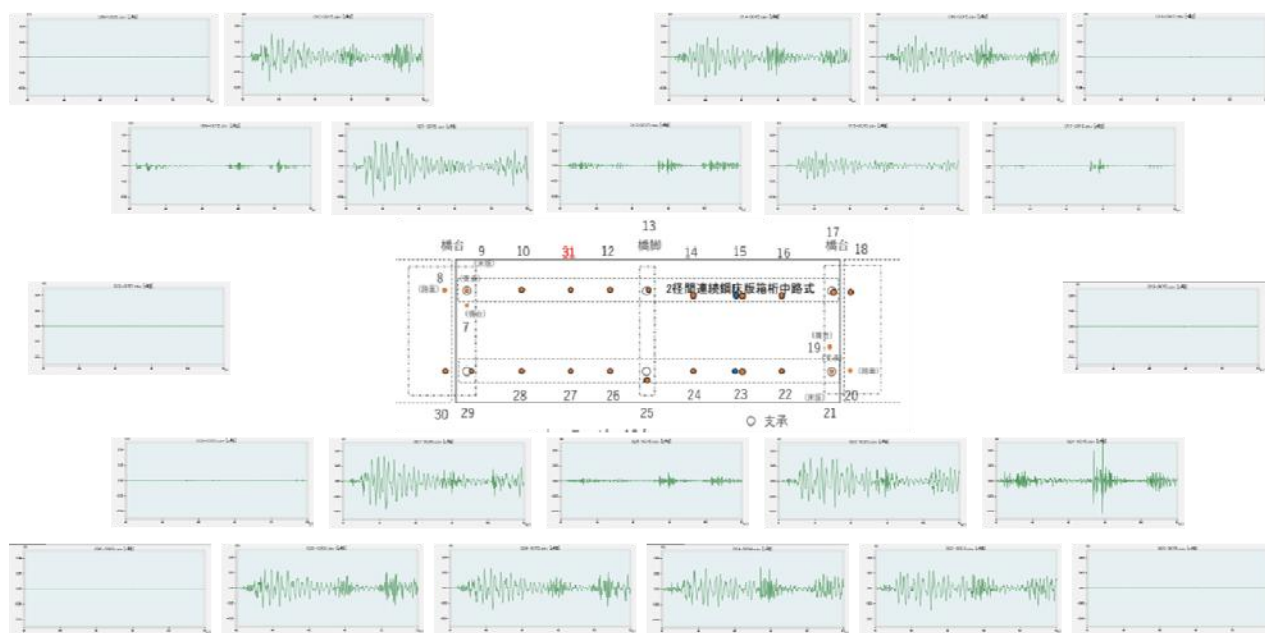


図 3-13 11 時 12 分 42 秒の振動加速度（Z 方向）

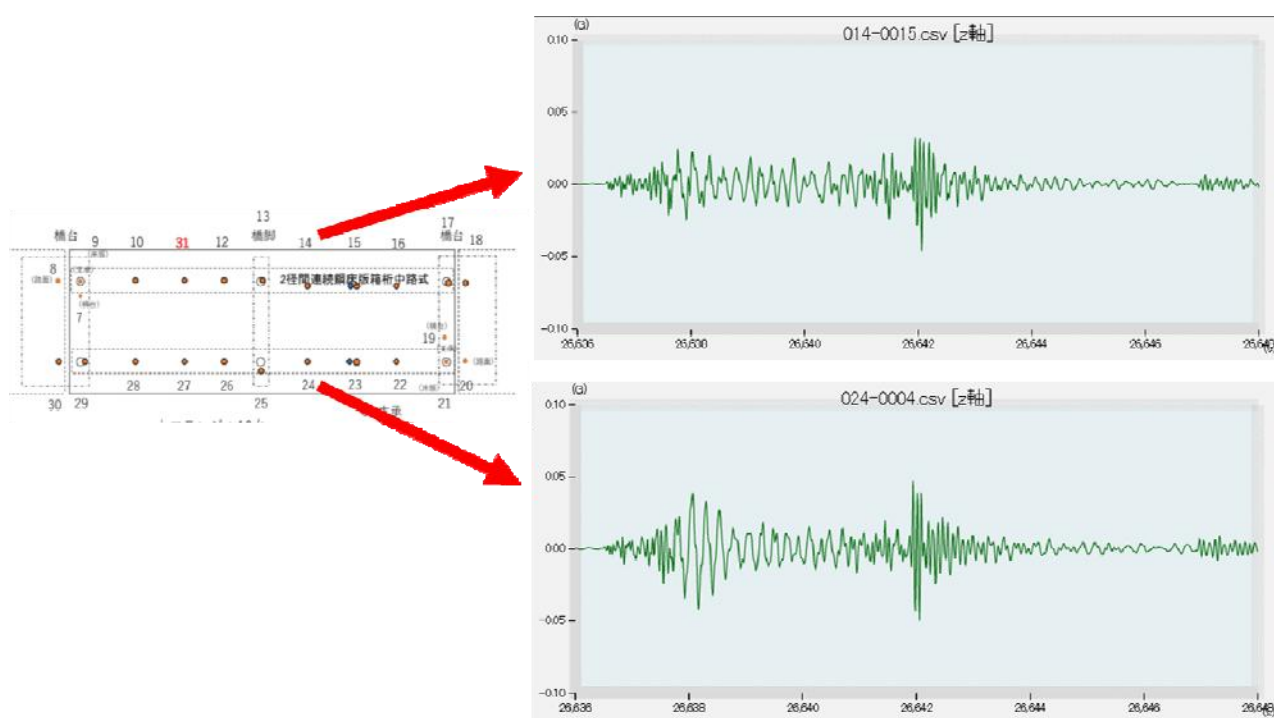


図 3-14 18 時 35 分 56 秒の振動加速度（測点 14・測点 24 の Z 方向）

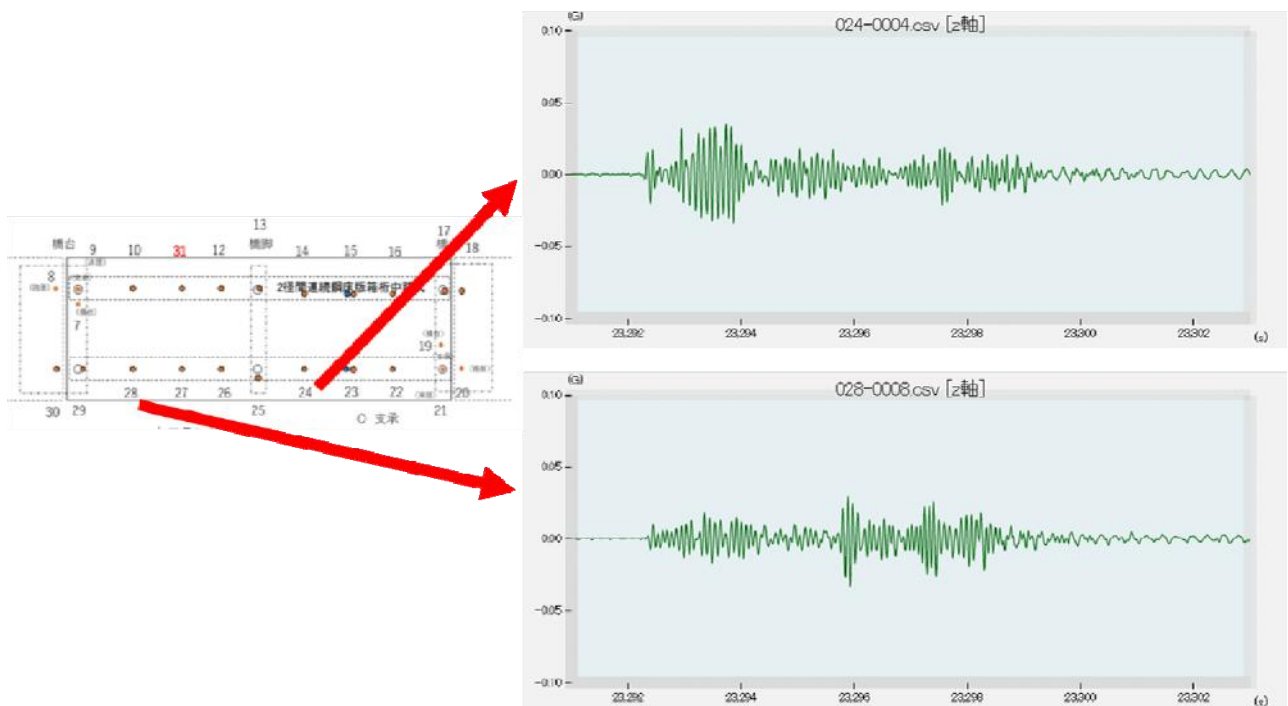


図 3-15 17 時 40 分 11 秒の振動加速度（測点 24・測点 28 の Z 方向）

2-3.1.4 B 橋の測定における成果と今後の課題

今回開発したツールによって振幅が大きい時間帯のみを抽出することが高速にできるようになった。また、データ描画ツールにより時刻歴波形の確認が容易になった。今後の課題としては、10GB を超える大量のデータ処理と、データの内容を表すデータ（メタデータ）の作成とデータベースへの登録が必要である。

§ 4. 大規模データ貯蔵・処理技術と可視化技術における課題と今後の展望

WG3 における検討を通して、大量のデータを適切に処理して構造評価に用いるためには、対象とする構造物や部材、どのような評価を行うかを明確にした上で、目的に応じて測定時間や測定項目を定め、データ処理を行う必要があることが明らかになった。また、現状ではそれぞれに課題もある。そこで、モニタリングの期間ごとに、ニーズやシーズと課題、想定される解決策を表 4-1 のように整理した。

表 4-1 からは、10 秒から 1 日程度の測定は、現状でも比較的行われることもあり、センシングの実施自体の課題は少ないが、構造評価の観点から必要な精度を得るためには、交通量や天候などの環境条件の把握、測定対象の選定などが課題となる。一方、1 年程度の長期計測の場合は、機器の信頼性確保やメンテナンスが必要となり、さらに大量のデータ処理が必要となるため、センシング技術自体の課題が顕在化してくる。したがって、センシングによる構造評価を常時モニタリングによって行う場合には、センシング技術と構造評価の両面に課題があることになる。また、点検の一環としてモニタリングを行う場合には、点検期間や点検（測定）間隔に応じて適した点検方法を選択する必要があることもわかる。例えば、期間 10sec の No.1 や No.3 のような計測では、数十秒間で必要なデータは取得できるので、長期間の計測を行う必要はない。一方、期間 1 年間の No.1 のように季節変動を把握するためにはそれに応じた長期間の計測が必要になる。

表 4-1 で挙げたような課題は、情報処理技術の今後の進展によって解決が期待できる項目もあるが、構造物の挙動をどのように測定しどのように評価するかという橋梁分野自体の課題も残されており、今後は新しいセンシング技術を活用しながら構造評価に関する研究をいっそう進展させることが求められる。

表 4-1 モニタリング期間ごとのニーズ・シーズと課題、解決策

期間	No.	何ができる or 何がしたい	課題および問題点	解決策
10 秒	1	大型車を一時的に通過させる等の、瞬間的な挙動や応力測定を行うことができる。	予め数値的根拠が分かっている実験なら良いが正確性に劣る。	実験であると割り切って計測する。
	2	スマホやタブレットを使って誰もが瞬時に計測できるアプリを作りたい。	誰でも簡単に使えるソフトを作るのが困難では？	一般人のモニターを選定し、素人でも使えるソフト開発を行う。
	3	対象橋梁の固有振動数を知りたい。イニシャルの固有振動数、定期点検ごとの固有振動数を見る。	橋梁全体の健全性を見ることはできるが、詳細は分かるだろうか。	定期点検ごとに測定する事で、経年的な変化は分かる。
	4	ノードの最大変位より支承や伸縮装置、内在する疲労亀裂を知りたい。疲労損傷や桁のたわみを知ることができないか。	局所的な範囲でのモニタリングであり、そこから離れると困難である。	複数のノードの動きを連動させることで異常値を検出できないか。測定箇所を絞れるか（支点ソールプレート、桁端の切欠き部、横構面外ガセット、垂直補剛材天端部）
	5	ノードの傾斜角、橋軸直角方向のたわみを見て、変化の予兆を知りたい。	車軸からのズレにより、数値が変わる可能性がある。	最も影響を与える輪荷重の位置を割り出し、その点を抽出して傾斜角、たわみを想定する。

1 時間	1	事前情報を基に、ピークの時間帯を選択肢することで、集中的に計測できる。	事前の交通量調査等が必要になる。	センサス等を参考にする。
	2	5年に1回の定期点検時に点検者が作業の間に行うことができる時間である。	定期点検時に計測を行うの組み作りをしなければならない。	実現可能な状態にしてから仕組み作りを行う。
	3	時間当たりの大型車両の数が分かる。過積載車を抽出したい。	大型車両通過時の荷重の影響が分かる。大型車両通過の抽出が必要。	今回の抽出ソフトが使える。大型車両通過時の影響を見る。
	4	実交通荷重による応力変動状況を知りたい。	時間当たりの対象橋梁の応力変動。	全ての交通車両を対象として、橋梁の時間当たりの応力変動を抽出できる。
1 日	1	日射の影響による1日単位での桁の挙動を把握することができる。	その日の天候（快晴、曇り、雨、雪）の影響を受けるため、評価が難しい。	天候を選択する。
	2	朝、有のラッシュ時間や日中における大型車輛の混入等を計測することが可能となる。	曜日によって交通量の変化が大きい場所では判断が難しい。	曜日を選択する。
	3	大型車両の多く通過する時間帯を知りたい。その時間帯に特化してモニタリングを実施する。	大型車の定義。	車軸からのずれでも正しく計測されるのか。
	4	日射の影響を知りたい。陽向部分と日陰部分では桁の伸び縮みが多少異なる。	局所過ぎて分からない可能性がある。	地域の天候の記録から推定できないか。
1 週間	1	曜日ごとの交通量の変化による桁の挙動を測定することができる。（ノーカーデイの影響等）	人が常駐して管理できる限界である。	無人化（リモート）を視野に入れる。
	2	損傷が発生している部分の進展度合いを計測することができる最短時間。	診断評価する人材を1週間以上配置すると、スケジュール調整やコストが大きくなる。	診断できる人材を増やす。
	3	大型車両が多く通過する曜日を知りたい。その曜日に特化してモニタリングを実施する。	曜日毎の加速度の差を抽出。	2週間程度モニタリングすることで、曜日毎の特性を見る。
四半期	1	3ヶ月間計測することで、ある程度の交通量の影響を把握することができる。	1年分のデータを保存または処理が大変である。 商用電源が必要	処理速度の速い方法を見つける。 太陽光発電等を利用する。
	2	1ヶ月以上計測すれば交通車輛に関するデータ信頼性はかなり向上する。	繁忙期や閑散期の交通事情を考慮できない。	計測の季節を選択する。
	3	季節変動の影響を知りたい。夏場は桁が伸びやすく、冬場は収縮する傾向。	対象橋梁は、日射の影響を受けやすい等を見出す。	季節毎に、2週間程度モニタリングを実施。
	4	寒冷地では冬季には凍結防止剤の影響を知りたい。伸縮装置等の腐食が発生しや	凍結防止剤が腐食をどれだけ進行させるか。	冬季にモニタリング実施。

		すい。		
1 年間	1	季節毎の気温の影響による桁の挙動の違いを調べることができる。(舗装の弾性係数の違い等)	1 年分のデータを保存または処理が大変である。 太陽光または商用電源が必要	処理速度の速い方法を見つける。 太陽光発電等を利用する。
	2	詳細点検や補修工事のタイミングを見つけることができる。(基礎資料となる。)	計測器装置を屋外に長期保管するため、装置自体の保守・点検が発生する。	耐急性の高い計測装置を開発する。
	3	1 年分のデータを利用することで橋梁全体の挙動について解析を行い、計画的な評価・劣化予測および寿命予測を行う。	ビックデータを処理できるコンピューターが必要	京を使う？
	4	5 年に 1 回の定期点検時に、モニタリングの項目を入れる。	どこの場所をモニタリングするのか。	モニタリングの対象部材を決め、経年劣化を見る。
	5	劣化現象を抽出したい。経年的な影響を見るために、劣化が見られ始めた橋梁に対して 1 年ごとの検査を実施。	劣化現象毎のモニタリングの実施ができるのか。	促進試験等実施。室内試験レベルでも劣化事例ごとの特性を捉えられるのでは。