

多様な計測対象と計測機器に対応した データ管理サーバに関する研究

Study of a Data Management Server for Various Measurement Domains and Measuring Tools

村山 諄^{1*} 寺内 大晴² 舘 伸幸² 永井 孝³
山下 泰樹⁴ 召田 優子⁵ 池田 京子⁶ 小畑 朱実⁷
山口 道子⁷ 谷 友博⁷ 香山 瑞恵²

Jun MURAYAMA¹ Taisei TERAUCHI² Nobuyuki TACHI² Takashi NAGAI³
Yasuki YAMASHITA⁴ Yuko MESUDA⁵ Kyoko IKEDA⁶ Akemi OBATA⁷
Michiko YAMAGUCHI⁷ Tomohiro TANI⁷ Mizue KAYAMA²

¹ 信州大学大学院総合理工学研究科

¹ Graduate School of Science & Technology, Shinshu University

² 信州大学工学部

² Faculty of Engineering, Shinshu University

³ ものづくり大学技能工芸学部

³ Faculty of Technologists Institute of Technologists

⁴ 長野県工科短期大学校

⁴ Nagano Prefectural Institute of Technology

⁵ 国立高専機構長野高専

⁵ National Institute of Technology Nagano College

⁶ 椋山女学園大学

⁶ Sugiyama Jogakuen University

⁷ 武蔵野音楽大学

⁷ Musashino Academia Musicae

Abstract: The purpose of this study is the proposal of a data management server which is compatible with different measurement domains and tools. We discussed metadata related to measurement, designed a server to reflect the proposed metadata, and implemented it using a contents management system. The proposed data management server demonstrated its ability to comprehensively manage the data handled by the previous data management servers. Furthermore, by applying it to the field of singing research, we tested the feasibility of extending it to new research areas and the effectiveness of the no-code data visualization feature. Future work will include the application of the system to other research areas and the extension of its functionality.

1 はじめに

これまで、様々な研究対象のセンサデータを管理するためのデータベースや、データ管理サーバに関する研究が行われてきた [1, 2, 3, 4, 5, 6]. 例えば、井上ら [1] によるスラックラインのデータ管理サーバ、Luo ら [2]

や伊藤ら [3] による歩行のデータに関連するデータ管理サーバ、山下ら [5] による歌唱のデータベース、小山ら [4] や Jeong ら [6] による橋梁のモニタリングを目的としたデータベースなどの構築が報告されている。

これらの先行研究では、センサデータと対象のメタデータを管理するデータベースや、それらのデータの登録や検索、可視化等の機能を持つデータ管理サーバを構築している。本稿では、データベースとデータ管理サー

*連絡先：信州大学大学院総合理工学研究科
〒 380-0928 長野県長野市若里 4-17-1
E-mail: 22w2106a@shinshu-u.ac.jp

サーバをデータ管理サーバ等と称す。

データの管理方法やサーバの機能は類似しているが、それぞれで特定の計測対象とそれに対応した計測機器で計測したデータを対象としている。加えて、先行研究の計測対象と計測機器はデータ管理サーバ等の設計時に定めたもののみを対象としている。そのため、データ管理サーバ等の構築以降の計測対象や計測機器の追加には対応していない研究が多い。それに対して、前述の伊藤らの研究では、対応する計測機器の拡張を目指し、データ管理サーバ等構築後の計測機器の追加に関する機能を実装している。

しかし、伊藤らのデータ管理サーバ等で新たな計測機器を追加するためには、データ管理サーバ等のフレームワークに関するプログラミングが求められる。データ管理サーバ等に関するフレームワークやプログラミングについて、サーバを維持管理する研究者（サーバの開発者以外）が理解しているとは限らない。そのため、サーバを維持管理する研究者によるサーバの拡張が実質的に困難であるという課題が存在する。

特定の計測対象とそれに対応した計測機器に依らない汎用的なデータ管理サーバ等に関する研究は少ない。ゆえに、汎用的なデータ管理サーバの設計や実装を活用し、新規分野への適用を検討した研究も少ない。

2 研究目的

本研究の目的は、多様な計測対象と計測機器に対応した汎用的なデータ管理サーバの実現である。

具体的には、次の3点、1) 多様な計測対象に適用する提案サーバの設計、2) 特定の計測対象に対応する計測機器を追加可能な提案サーバの設計、3) 計測対象と計測機器をノーコードで登録でき、計測データを検索可能なインタフェースの実装、を実現する。

本研究におけるリサーチクエスチョン (RQ) を以下に示す。実現する3点については、RQ①、RQ②、RQ③とし、提案データ管理サーバ（以下、提案サーバ）の適用可能性についてはRQ④とする。

RQ① 多様な計測対象に適用可能なデータ管理サーバはどのように設計されるか

RQ② 多様な計測機器に追加が可能なデータ管理サーバはどのように設計されるか

RQ③ 多様な計測対象と計測機器に対応した、ノーコードでデータ登録・検索するためのインタフェースはどのように設計・実装されるか

RQ④ 提案サーバの新規分野への適用可能性はあるか

3 提案サーバの設計

本章では、提案サーバの設計について述べる。3.1節でメタデータを整理し、3.2節で内部設計の成果を示し、3.3節で外部設計の成果を示す。

3.1 メタデータの整理

提案サーバでは、計測の対象と、計測に利用する機器、計測されたデータと、目的に応じて計測結果を処理した解析データを管理する。本節では計測対象と計測機器、計測・解析データのメタデータを整理する。

3.1.1 計測対象データ群

計測対象とは、計測の対象となるドメインを指す。計測対象データは、ドメインに関連するメタデータのことである。例えば、被験者や構造物などのメタデータが計測対象データに相当する。被験者のメタデータは、被験者名や年齢、性別等である。構造物のメタデータは、建物名や築年数、住所等である。

3.1.2 計測機器データ群

計測機器とは、計測に使用されるデバイスやセンサのことである。計測機器データ群には、計測機器データとセンサデータが含まれる。計測機器データは、計測機器に関連するメタデータである。計測機器のメタデータは、名称や型番等である。センサデータは、センサに関連するメタデータである。センサのメタデータは、型番や測定可能なパラメータ等である。測定可能なパラメータとは、例えば、速度や温度が相当する。

3.1.3 計測・解析データ群

計測・解析データ群には、計測データと解析データと評価が含まれる。計測データとは、計測機器から出力されるデータであり、数値や画像、音声、動画等が相当する。計測データのメタデータは、計測日時、計測場所等である。解析データとは、計測データを計測対象に応じた処理を施したデータである。解析データのメタデータは、解析者、計測データを加工した結果やそれらを集約した結果である。評価のメタデータは、評価者や解析データを評価した結果等である。

3.2 内部設計

3.1節のメタデータをもとに、提案サーバの内部設計の成果を示す。

3.2.1 設計方針

RQ①,RQ②に対し,多様な計測対象と計測機器に対応し,先行研究と同程度の機能を提供できるように内部設計した.提案サーバのクラス図を図1に示す.図1の緑線枠が計測対象データ群,青線枠が計測機器データ群,赤線枠が計測・解析データ群を示す.

ここでは,個々の計測対象や計測機器に共通する属性のみを有するクラスを設計した.利用者がこのクラスを用いてオブジェクトを生成する際に,共通する属性以外の属性は,利用者が追加できるようにした.また,計測データに共通したメタデータを抽出し,新しいクラスを設計した.

3.2.2 計測対象データ群に関連するクラス

計測対象データ群は,計測対象クラスで構成される.計測対象クラスは,多様な計測対象に対応することを目的に設計した.この計測対象クラスは,名称のみを属性とし,それ以外の属性は利用者が追加できる.これにより,多様な計測対象に適用する設計を実現する.

3.2.3 計測機器データ群に関連するクラス

計測機器データ群は,計測機器クラスとセンサクラスで構成される.計測機器クラスは,多様な計測機器に対応することを目的に設計した.計測機器クラスは,名称と型番を共通の属性とし,それ以外の属性は利用者が追加できる.センサクラスは,名称と型番を属性とし,それ以外の属性は利用者が追加できる.計測機器クラスとセンサクラスの関連により,計測機器に搭載されているセンサが不明な場合や存在しない場合,複数の場合にも対応できる.また,センサは1つ以上の計測機器に搭載される.これにより,特定の計測対象に対応する計測機器を追加可能な設計を実現する.

3.2.4 計測・解析データ群に関連するクラス

計測・解析データ群は,計測イベントクラスと計測データクラス,解析データクラス,評価クラスで構成される.計測イベントクラスは,複数の計測データとメタデータをまとめたクラスで,ここでの計測イベントとは,データを取得するための計測行為を指す.このクラスは,複数の計測データを集約しており,イベント名や計測日時,計測場所を属性とした.計測データクラスは,データ名と計測機器,計測データを属性とした.解析データクラスは,解析者,解析データ,解析日時を属性とした.評価クラスは,評価者,評価実施日を属性とした.

計測データは,1つの計測イベントに含まれる.計測イベントは,1つ以上の計測データで構成される.計測

イベントは0以上の解析データを有することができ,解析データは解析先として1つの計測イベントを有する.解析データは0以上の評価を有することができ,評価は評価先として1つの解析データを有する.

計測イベントクラスと計測対象クラスの関連により,複数の計測対象が存在する計測イベントと,対応する計測イベントのない計測対象のみの登録に対応できる.計測データクラスと計測機器クラスの関連により,複数の計測機器が存在する計測データと,対応する計測データのない計測機器のみの登録に対応できる.

3.3 外部設計

3.3.1 設計方針

3.2節での内部設計に対応し,RQ③を満たすように外部設計した.設計対象は,提案サーバの利用者による計測対象と計測機器の追加と,それに関連する計測データの検索のためのインタフェースである.データ登録のインタフェースでは,共通の属性とそれ以外の任意の属性をノーコードで登録可能である.また,データ検索のインタフェースでは,クラスの属性やクラス間の関連に基づく検索をノーコードで可能である.

3.3.2 データ登録のインタフェース

データ登録のインタフェースでは,各種データを登録する.このインタフェースによって,利用者はノーコードでデータを登録できる.登録するデータは内部設計で提示したクラスのデータであり,それぞれの固有の属性と任意の属性を登録する.計測対象や計測機器,データによって固有の属性は異なるが,固有の属性と任意の属性という組合せは共通しており,提供するインタフェースの構造としては登録するデータに依らず同一である.そのため,固有の属性と任意の属性という組合せをテンプレートとし,計測対象,計測機器,センサ等の種類に応じて適宜インタフェースを拡張する.固有の属性はデータの種類によって変化し,任意の属性を追加する機能をテンプレートが持つ.

テンプレートは入力フォームを有する.入力フォームでは,名称などの文字列の属性であれば文字の入力,日時に関する属性であればカレンダーから日時を選択する.関連するオブジェクトを選択する場合は,関連クラスから生成されたオブジェクトの一覧から対象のオブジェクトを選択する.例えば,計測機器データの登録時には,センサクラスから生成されたセンサオブジェクトの一覧から,その計測機器に搭載されているセンサを選択する.任意の属性を追加する場合は,属性の追加をするフォームから属性名とその値を入力する.

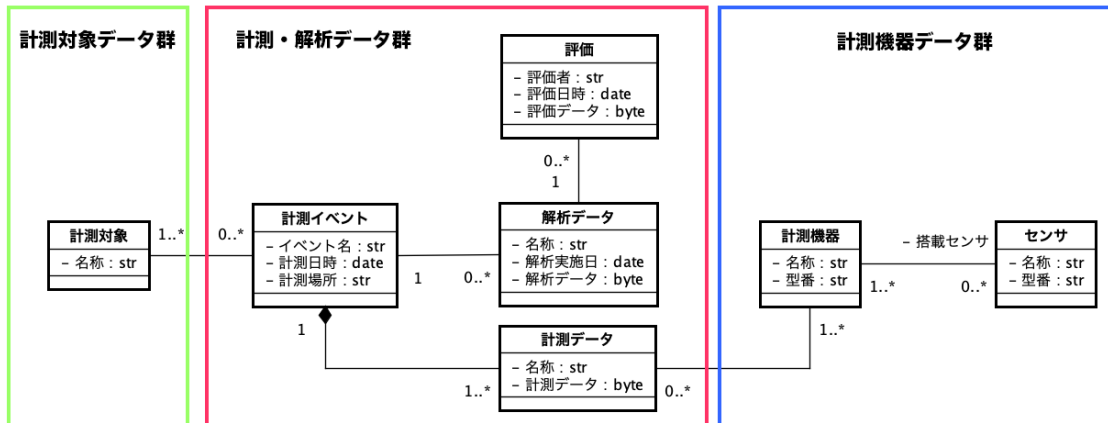


図 1: 提案サーバのクラス図

このインターフェースを使用することで、固有の属性と任意の属性をもつ計測対象, 計測機器, センサなどのデータをノーコードで登録できる。

3.3.3 データ検索のインターフェース

データ検索のインターフェースでは、計測データを検索する。このインターフェースによって、利用者はノーコードでデータを検索できる。

3.2.4 項にて、計測イベントクラスは計測日時、計測場所、計測データ等の計測に関するデータを有し、計測対象との関連を持つ設計とした。検索インターフェースでは、計測日時、計測対象、計測機器のパラメータから計測データを検索できる。計測日時、計測対象、計測機器は全て計測イベントクラスの属性もしくは関連で参照することのできるデータである。この計測イベントクラスの設計を利用してデータを検索する。

データ検索インターフェースは検索フォームを有する。検索フォームでは、計測日時をカレンダーから選択する。また、計測対象と計測機器は名称等の固有の属性に加え、追加した任意の属性と値を入力する。任意の属性で検索する場合、任意の属性を持つか否か、または任意の属性と一致する値で検索することができる。

これにより、計測日時、計測対象、計測機器とそれらの属性から計測データをノーコードで検索できる。

4 提案サーバの実装

3章の成果をもとに、各クラスとインターフェースをコンテンツマネジメントシステム（以下、CMS）である Plone[8] を使用して実装する。

図 2: 計測機器の登録ページ

4.1 データ登録機能

計測対象、計測機器、センサの登録時に任意の属性を追加できる機能を実装した。データ登録ページにはこの機能が適用される。計測機器の追加に適用した登録ページを図2に示す。

Ploneには、デフォルト機能としてデータ登録機能が備わっている。しかし、デフォルト機能ではデータの登録の際に任意の属性を追加することができない。また、クラスに該当するコンテンツタイプに属性を追加する機能は存在するが、データ登録時にコンテンツタイプを変更できず、任意の属性も追加はできない。

これに対して、計測対象クラス、計測機器クラス、センサクラスからオブジェクトを生成する際に、固有の属性に加えて任意の属性を追加できるようにした。また、4.2節のデータ検索機能のために、属性をインデックスに追加するようにした。

4.2 データ検索機能

計測データを、計測日時や計測場所、計測対象の属性、計測機器の属性の組合せで検索できる機能を実装した。データ検索機能を適用した検索ページを図3に示す。

データ検索機能は、Ploneのデフォルトの検索機能を、計測データの検索用に拡張した機能である。Ploneの



図 3: 計測データの検索ページ

検索結果			
	計測データ名	計測イベント名	計測対象
<input type="checkbox"/>	計測データ1	計測イベント1	計測対象1
<input type="checkbox"/>	計測データ2	計測イベント2	計測対象2
<input type="checkbox"/>	計測データ3	計測イベント3	計測対象3
<input checked="" type="checkbox"/>	計測データ4	計測イベント4	計測対象4
<input checked="" type="checkbox"/>	計測データ5	計測イベント5	計測対象5
<input checked="" type="checkbox"/>	計測データ6	計測イベント6	計測対象6
<input type="checkbox"/>	計測データ7	計測イベント7	計測対象7
<input type="checkbox"/>	計測データ8	計測イベント8	計測対象8
<input checked="" type="checkbox"/>	計測データ9	計測イベント9	計測対象9
<input type="checkbox"/>	計測データ10	計測イベント10	計測対象10
<input checked="" type="checkbox"/>	計測データ11	計測イベント11	計測対象2, 計測機器2, 計測機器3

検索ページダウンロード

図 4: 検索ページの検索結果

デフォルトの検索機能では、オブジェクトの持つ属性での検索ができない。オブジェクトを属性から検索するためには、その属性をインデックスに追加する必要がある。この検索機能では、4.1 節で実装した、インデックスに属性を追加する機能を利用し、属性で検索する。計測データは計測日時、計測場所、計測対象の各属性、計測機器の各属性の 4 つの検索条件から検索できる。

これらの検索条件による検索結果はテーブル形式で図 4 のように表示される。テーブルには計測データの名称のほか、計測データが含まれている計測イベントの情報や使用されている計測機器等の情報が表示される。

4.3 新規分野への適用

提案サーバの設計と実装を使用し、新規分野へ適用し、RQ④について調査する。本研究では、新規分野として歌唱研究を対象とした。本稿では歌唱研究向けのデータ管理サーバを歌唱サーバと呼称する。歌唱サーバの利用者は、歌唱研究の研究者及び、歌唱の指導者である。

4.3.1 歌唱サーバの内部設計

提案サーバの内部設計を歌唱研究に適用する。歌唱研究では、歌唱者による歌唱時の音声データを主に使用する。歌唱研究の音声データは、複数の被験者が、各人 6 つの楽曲を各 2 回ずつ歌唱したものであり、録音日時・場所が異なる。

録音日時、録音場所が計測イベントクラスの属性値となる。また、計測データクラスは各人の 1 回ずつの録音データが該当し、それを計測イベントが集約する。解析データクラスは、音声データの解析データとして解析対象区間と歌声の評価指標の音響特徴量を有する。計測対象クラスは、歌唱者の名前や声種、学生である場合は学年を有する。計測機器クラスは、IC レコーダやウェアラブルデバイスが該当する。

4.3.2 歌唱サーバの外部設計

歌唱研究向けのインタフェース等を設計する。具体的には、3.3.2 項で示した登録ページの拡張と、データの可視化と比較を目的とした比較ページを設計する。

4.3.3 登録ページの拡張

3.3.2 項で示した登録ページでは任意の属性を追加できるようなインタフェースとした。歌唱研究向けの拡張として、データの複数登録を効率化するためのインタフェースに拡張する。拡張した登録ページ（以下、歌唱登録ページ）を図 5 に示す。

デフォルト機能で音声データの登録するためには 1 回分の登録に 8 回の操作が必要である。1 人分のデータ登録にはこの操作を 12 回繰り返す必要がある。すなわち、96 回の操作となる。

指導者が定めた收音方針により、登録の際には、録音日と被験者を選択し、指定された楽曲向けのテンプレートに音声ファイルをアップロードする。これにより、以下の操作で 1 人分の歌唱データが登録可能となる。すなわち、16 回の操作となる。

1. 複数データ登録をクリック
2. 録音日を入力
3. 歌唱者を選択
4. 6 曲分以下の操作をする
 - (a) 1 回目の 1 つの音声ファイルをアップロード
 - (b) 2 回目の 1 つの音声ファイルをアップロード
5. 登録をクリック

4.3.4 比較ページ的设计

比較ページでは、2 つの歌唱を比較可能にする。歌唱サーバでの計測データは 1 歌唱分の音声データである。解析データは、音声データを特定の解析アルゴリズムで処理した結果であり、その音声データの音響特徴量等となる。比較ページでは、この特徴量と評価のための閾値を共に可視化する。

比較ページの例を図 6 に示す。図上部には音声データの音圧の時系列グラフとして可視化され、図下部には

図 5: 歌唱登録ページ



図 6: 比較ページ

解析データの音響特徴量が箱ひげ図として可視化されている。

5 評価結果と考察

本章では RQ①, ②, ③, ④ についてそれぞれ評価方法およびその結果と考察について述べる。

5.1 RQ①と RQ②

3.2.2 項にて、計測対象データ群に関連するクラス設計をした。クラス設計では、計測対象のメタデータを有する計測対象クラスを設計した。この計測対象クラスは、計測対象に共通する属性として名称のみを有し、そ

れ以外の計測対象に依る属性は利用者が登録する設計とした。これにより多様な計測対象に対応した。

3.2.3 項にて、計測機器データ群に関連するクラス設計をした。クラス設計では、計測機器のメタデータを有する計測機器クラスと、センサのメタデータを有するセンサクラスを設計した。計測機器クラスとセンサクラスは共に、共通する属性として名称と型番を有し、それ以外の計測機器やセンサの属性は利用者が登録する設計とした。これにより多様な計測対象に対応した。

よって、内部設計を RQ①と RQ②への回答とする。

5.2 RQ③

3.3.2 項で、データの登録のインタフェースを設計をした。データ登録のインタフェースは、固有の属性と任意の属性を組合せたテンプレートによって表現した。このテンプレートは入力フォームを有し、フォームを使用することによりノーコードでデータを登録できる。

3.3.3 項でデータの検索のインタフェースを設計した。データ検索のインタフェースは、各クラスの属性へのアクセスが可能であり、検索フォームを有する。このフォームの使用により、計測日時、計測対象、計測機器等の条件からノーコードでデータを検索できる。

よって、外部設計を RQ③への回答とする。

5.3 RQ④

提案サーバの新規分野への適用として、オープンデータと歌唱分野を対象とした。オープンデータでは、内部設計と外部設計の適用について述べる。歌唱分野では、内部設計と拡張した外部設計の適用について述べる。

5.3.1 オープンデータへの適用

本項では、オープンデータに対する提案サーバの内部設計と、外部設計の機能の適用可能性を評価する。提案サーバで管理対象とするデータとして、オープンデータを使用した。多様な計測対象と計測機器への適用を検証するため、気象庁 [9] の気象等のデータと PhysioNet[10] の生体信号のデータを選択した。気象庁のデータは、計測対象、計測機器、センサが多様である上に、計測データも時系列データや格子点データなどのデータが存在する。PhysioNet のデータは、1つの測定可能なパラメータを異なる計測機器で計測したデータが存在する。計測データと計測対象、計測機器、データ数を表 1 に示す。

これらの計測機器の中で、搭載されているセンサを確認できたのは地上気象観測装置のみである。地上気象観測装置は、観測装置とそれに搭載されているセンサに関する情報を評価対象とした。また、電気伝導度水温水深

表 1: 使用する計測データの計測対象, 計測機器とそのデータ

計測対象	計測機器	計測データ	データ数
気象	地上気象観測装置	日別平年値	10
海洋	電気伝導度水温水深計	海域平均海面水温データ	10
海洋	二酸化炭素観測装置	海面の二酸化炭素・pHの分布	10
地震	地震観測装置	観測点の加速度	10
人間	心電計	直接心電	10

表 2: 使用する計測データの計測対象と計測機器

計測対象	計測機器	計測データ
人間	ICレコーダー	音声データ
人間	ウェアラブル呼吸センサ	呼吸データ
人間	ビデオカメラ	映像データ

計と心電計では使用された計測機器を確認することができなかった。電気伝導度水温水深計は、計測機器の製造元は明記されていたため、製造元で取り扱っている同様の計測機器の情報を利用した。心電計は、PhysioNet内で Recording information として提示された計測機器の情報を利用した。

これらのデータを提案サーバに登録し、登録した計測データを検索する。データの登録には、4種の計測対象、5種の計測機器、各計測機器につき10の計測データがある。それぞれ提示されているメタデータと共に登録可能かを評価した。データの検索では、登録した50の計測データについて、計測対象、もしくは計測機器で検索し、正しい結果が得られるかを評価した。

評価の結果、データの登録では4つの検索対象、5つの計測機器、50の計測データがすべて登録できることを確認した。また、データの検索では登録した50のデータに対して、それぞれの計測対象と計測機器で検索し、すべて検索できることを確認した。これらの結果からデータの登録と検索では、計測対象や計測機器に関わらず全てのデータを管理できることを確認した。

5.3.2 歌唱研究への適用

本項では、歌唱研究に対する提案サーバの内部設計および、拡張した外部設計の機能の適用可能性を評価する。

提案サーバの内部設計が、歌唱研究で使用されるデータやメタデータに対応できるかを検証する。歌唱研究における計測対象、計測機器、使用するデータを表2に示す。計測対象と計測機器の属性例を表3に示す。

また、拡張した登録ページとデフォルトの登録機能とを比較・検証する。拡張した登録ページの比較・検証にあたり、歌唱サーバを利用しており Plone のデフォルトの登録機能でのデータ登録の経験がある指導者1名を対象として実験した。登録に使用したのは4名分の歌唱データである。歌唱者1人あたり6曲を各2回歌唱している。歌唱者4名はそれぞれA,B,C,Dと呼称する。

音声データは各回ごとにファイルが分割されており、1名分で12データ、4名分で48データである。この4名分のデータから、AとBの2名分をデフォルト機能で、残りのCとDの2名分を拡張した登録ページによって登録する。検索ページから各々の登録ページにアクセスし、必要なデータを登録できるか、また登録までにかかる時間を計測する。

歌唱サーバでは、比較ページにて、音声データの音響特徴量を可視化する機能を実装した。歌唱研究では、音響特徴量の可視化にはプログラミングもしくは専用のツールが必要であった。そのため、指導者自ら音響特徴量を可視化することができず、解析者が可視化した音響特徴量を指導者が確認するという手順を取っていた。可視化の機能によって、指導者自身によるノーコードでの音響特徴量の可視化を可能にした。

指導者1名に対して、比較ページ内でデータの可視化ができるか実験した。可視化には各歌唱者のCaro mio benを歌唱した、指導前の音声データ1つと指導後の音声データ1つを使用した。また、比較ページにアクセスしてから、指導前後の音声データを可視化するまでにかかった時間を計測する。

歌唱研究でのデータとメタデータを整理した結果、歌唱音声データ群、歌唱者群、解析群に分類された。歌唱音声データ群は計測イベントクラスと、計測データクラスが対応し、歌唱者群は計測対象クラス、解析群は解析データクラスが対応した。この内部設計を使用して構築した歌唱サーバでは、現在15名の歌唱者と1223の音声データとそのメタデータが蓄積されている。

歌唱登録ページによるデータ登録の実験結果を表4に示す。正常登録とは、最終的に登録したデータにミスがない状態を指す。一度ミスがあった場合でもミスを修正した場合は正常登録として扱う。デフォルトの機能を使用したA,Bのデータでは、曲名の選択間違いや歌唱回数の選択漏れなどの登録時のミスがあった。被験者自身はこのミスに気づくことができず、最終的にミスのあるデータが登録された。

一方で、拡張した登録ページを使用したC,Dのデータでは2つの音声ファイルの登録を忘れるミスがあった。しかし、被験者自身がこのミスに気づき、不足分のデータを追加で登録した。結果として、最終的なデータに不足や間違いは無かった。

データの可視化の可否と可視化に要した時間を表5

表 3: 計測対象, 計測機器のもつ属性例

計測対象：人間	計測機器：IC レコーダー	計測機器：ウェアラブル呼吸センサ
名前	名称	名称
声種	型番	サンプリングレート
所属	量子化ビット数	計測箇所
入学年月	サンプリングレート	計測方法
指導者		

表 4: 正しく登録できたデータの数とその所要時間

使用した機能	歌唱者	正常登録	所要時間
デフォルト機能	A	4/6	26:28
デフォルト機能	B	5/6	19:31
登録ページ	C	6/6	04:17
登録ページ	D	6/6	03:23

表 5: データの可視化と所要時間

歌唱者	可視化	所要時間
A	2/2	04:03
B	2/2	02:26
C	2/2	02:29
D	2/2	03:04

に示す。実験結果から、今回使用した全データにおいて可視化が可能であることを確認することができた。

RQ④に関して考察する。オープンデータへの提案サーバの適用では、使用したデータ全てを登録、検索できた。歌唱研究への適用では、全てのデータを登録できた。また、外部設計では登録ページの拡張と比較ページでの解析データの可視化を実現した。拡張した登録ページでは、デフォルト機能と比較してデータ登録時間が短縮されることが示唆された。比較ページでは、ノーコードで登録された計測データの可視化が可能であることが示唆された。以上から、提案サーバの新規分野での適用可能性は高いと言える。これを本研究の RQ④への回答とする。

6 おわりに

本研究の目的は、多様な計測対象と計測機器に対応したデータ管理サーバの実現である。本稿では、データ計測時に関連するメタデータを整理し、それを反映した提案サーバを設計した。設計した成果をもとに、CMS を使用してサーバの実装をした。多様な計測対象と計測機器に対応するため、それぞれで共通した属性のみを整理し、固定の属性と任意の属性の組合せにより提案サーバを設計した。また、ノーコードでの登録と検索を可能にするため、インタフェースを設計した。2つの新規分野（オープンデータと歌唱研究）の場合、提案サーバの適用可能性は高いことが示唆された。

今回の提案サーバの検証では、計測対象ごとにサーバインスタンスを作成していた。しかし、設計上は1つのインスタンス内で複数の計測対象を扱うことができ

る。複数の計測対象を扱うことで、データの一元管理ができ、サーバ構築の負担軽減につながる可能性がある。

今後は、その他の研究分野への適用と汎用的な可視化機能の実現を進める。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K00237 の助成を受けた。

参考文献

- [1] 井上雄大, 香山瑞恵, 永井孝: スラックラインを対象としたスキルサーバの設計・構築, 教育システム情報学会研究報告, Vol. 34, No. 6, pp. 185-193 (2020)
- [2] Yue Luo, Sarah M. Coppola, Philippe C. Dixon et al.: A database of human gait performance on irregular and uneven surfaces collected by wearable sensors, *Scientific Data*, Vol. 7, pp. 219 (2020)
- [3] 伊藤嘉浩, 香山瑞恵, 永井孝: 多様な計測機器とポリメトリクスに対応した歩行データ管理サーバの設計・構築, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 121, No. 341, pp. 43-50 (2022)
- [4] 小山誠稀, 矢吹信喜, 福田知弘: 橋梁とセンサの連携データモデルに基づくデータベースの構築と検証, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol. 77, No. 2, pp. 97-113 (2021)
- [5] 山下泰樹, 村山諄, 香山瑞恵: 歌唱指導支援の検討に向けたデータベース環境の構築と解析提示方法, 情報処理学会音楽情報科学研究報告, Vol. 136, No. 22 (2023)
- [6] Seongwoon Jeong, Yilan Zhang, Sean M. O'Connor et al.: A NoSQL data management infrastructure for bridge monitoring, *Smart Structures and Systems* Vol. 17. pp. 669-690 (2016)
- [7] Open Geospatial Consortium, Sensor Model Language (SensorML), <https://www.ogc.org/standard/sensorml/> (参照 2024-03-15)
- [8] Plone Foundation, What is Plone?, <https://plone.org/why-plone/what-is-plone> (参照 2024-03-15)
- [9] 気象庁, 各種データ・資料, <https://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> (参照 2024-03-15)
- [10] PhysioNet, Databases, <https://physionet.org/about/database/> (参照 2024-03-15)