

事情通データベース Jijo2DB Database Interface System, Jijo2DB

原 功 本 村 陽 一
I.HARA Y.MOTOMURA

We have developed interface software to serve information to the Jijo-2 robot, which we called Jijo2DB. The Jijo2DB implements in JAVA language and has intelligent filtering function for users to access various information resources, e.g. commercial database system or contents in the Internet.

In this paper, we describe the overview of the Jijo2DB and some applications to support not only conversation of the Jijo-2 robot but also our daily work in the office environment.

§ 1 はじめに

我々は、オフィスなどの実環境における作業を支援する知的システムのプロトタイプとして「事情通ロボット」の開発を行っている¹⁻³⁾。ここでは、一般の生活・作業環境において、そこで活動する人間(以下ユーザーと呼ぶ)と協調して柔軟に作業を支援することができるシステムの実現を目指している。事情通ロボットは、「オフィス環境についての獲得した知識をユーザーの要求に応じて提供する」ことでユーザーの作業を支援する知的システムであり、日常的な作業を支援する電子秘書ロボットとしての役割が想定されている。

事情通ロボットで取り扱うべき知識の種類として、

- ・ その環境(場所、組織)の知識(時間変化は緩やか)
- ・ その環境におけるその時点(時間)に依存して成立する知識
- ・ 環境外にあり動的に変化するため、その時点で確認する必要のある知識

が考えられる。また、ユーザーの視点から分類すると、

- ・ 「環境内、周辺の情報(会議室の空き状態、他のメンバに関する情報)
- ・ 「時間に依存した環境内の情報(現在、将来のメンバのスケジュールなどの情報)
- ・ 「環境外に存在する情報(天気予報や外部の人間

に関する情報)

のような知識を取り扱うことが必要である。このような情報は、それぞれ、

- ・ ロボットに搭載されたセンサ
- ・ ORACLEのような汎用データベース
- ・ インターネット上のコンテンツ

から得られる情報であり、さまざまな形で蓄積されている。このように多種多様で情報源の異なる情報を効率的に取り扱い、オフィス内の人間に提供するためには、事情通ロボットから統一的にアクセスするインターフェースを実現することが望ましい。そこで我々は、さまざまな情報源からのデータを統一的に扱える知的フィルタ機能をもつシステム「Jijo2DB」(事情通データベース)の開発を行った。このような、多種多様な情報源に対して統一的な方法でアクセスすることを可能とするミドルウェアはMediator^{14,15)}と呼ばれている。

事情通ロボットが提供することができるサービスが高度になるに伴って、取り扱う情報の種類は著しく増加する。そのため、多様で異なる種類のデータを効率良くかつ容易にメンテナンスできることが重要になる。そこで、事情通データベースでは、

- ・ 拡張性
データベースアクセス機能をモジュール化し、

そのモジュールを実行中にプラグインすることで随時機能拡張が可能。

- ・メンテナンス性
SQL, CGIやGUIを用いた簡易な管理ツールの提供。
- ・さまざまなアプリケーションからの利用性
Netscape ,IEなどのWebブラウザ, 携帯端末, 事情通ロボットなどの自律エージェントからの利用。

を考慮して開発を行った。

本稿では,このデータベースミドルウェアである事情通データベースの概要と事情通ロボットが取り扱うデータを操作するアプリケーションについて述べる。さらに,よりあいまいな条件で適切な情報を提示するための拡張について述べる。

§ 2 事情通データベース Jijo2DB

2.1 Jijo2DBの概要

事情通ロボットがオフィス内の作業を支援するために提供するデータは,ロボット自身が収集・蓄積したもばかりではなく,その多くが別の目的ですすでにオンライン化されたものが多い。このようなデータをアクセスするためには,各データベース内のテーブル構造や,データフォーマットに応じて問い合わせ方法を変更しなければならない。しかしながら,一般にすべてのデータ構造やデータフォーマットを完全に把握しロボットに実装することは,データベースの拡張性やロボット自身のシステム拡張を行う場合,あまり効率的とは言い難い。そこで,ロボットからデータベースへの問い合わせを単一のミドルウェアに集約し,ミドルウェア上で実際の問い合わせに応じた情報源の選択やフォーマット変換を行う。このミドルウェアをJijo2DBと呼ぶ。

2.2 Jijo2DBの実装

前述したデータベースミドルウェアには,

- ・既存データベースシステムとの親和性
- ・複数のアプリケーションへの応答性
- ・拡張性

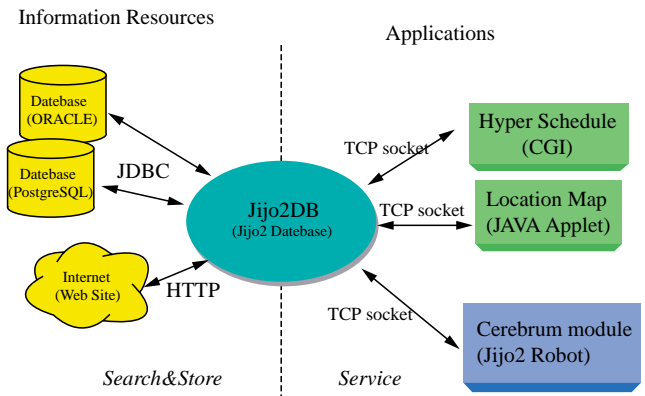


Fig.1 データベースミドルウェア Jijo2DB

のような機能が必要になってくる。そこで, JAVAを用いて実装を行う。JAVAは,マルチスレッド機構, JDBC (Java DataBase Connectivity) を標準で持っているオブジェクト指向型言語である。このJDBCを用いることで,広く一般に利用されているデータベースシステムにアクセスすることができる。また,インターネット上のHTMLで記述されているデータを解析するパーザを実装することで,インターネット上にあるコンテンツの情報を収集することができる。

事情通ロボットが収集したデータの蓄積やスケジュール,所在表といった個人情報の管理のために PostgreSQL というフリーのデータベースシステムを使用している。Jijo2DBは,外部アプリケーションからの要求に応じてSQL文を生成し, PostgreSQL へのリクエストに変換して必要な情報を要求元に送信する。

2.2.1 Jijo2DBの基本機能

Jijo2DBは,外部プログラムからのリクエストを管理し,要求に応じたメソッドを実行する部分 (System オブジェクト)と データベースやインターネット上から情報を検索し, 応答フォームを生成する部分 (Plug-in オブジェクト)の2つの部分から構成されている。System オブジェクトは,リクエスト用のTCPソケットポートを持ち,クライアントからの要求に応じて情報サービスのためのThreadを生成して,各クライアントからの要求を処理する。各クライアントからのリクエストは, System オブジェクトが各 Plug-in オブジェクトのメソッド呼び出しを行うことによって処理される。

2.2.2 外部プログラムとの通信

各アプリケーションとJijo2DBとの通信は、TCPソケットポートを介して行う。外部プログラムからのリクエストフォームは、

(Class Method arg1 arg2) (1)

のようなS式のメッセージプロトコルを用いて行っている。これは、後述する事情通ロボットのDatabaseモジュールおよびコントロールモジュールのほとんどがEusLisp⁶⁾で書かれているためである。(1)におけるClassは、Jijo2DB内でリクエストからSQL文を生成するPlug-inクラス名である。このClassを作成し拡張することで、Jijo2DBは、さまざまなデータテーブルにアクセスすることが可能になっている。

2.2.3 アクティブプラグインオブジェクト

また、Jijo2DBのもうひとつの機能として、実行中にクラスプログラムの追加とインスタンスの生成を行うことができる。Jijo2DBでは、プログラム実行中にリモートサイトからサーバー上またはネットワーク上に分散しているJAVA Classをロードし、内部のクラスの呼び出し、インスタンスの生成が可能になっている。この機能によって後述するロボットコントロールエージェントへの拡張を行うことが可能になっている。

2.2.4 Plug-inオブジェクトの例

現在 Plug-in オブジェクトは、後述する支援アプリケーションに応じて、

- Lmap : 所在管理テーブルアクセス
- Schedule : スケジュール管理テーブルアクセス
- Datebook : PDA同期用スケジュール管理テーブルアクセス(Schedule のサブクラス)
- Member : 個人、グループ情報管理テーブルアクセス
- Weather : インターネット上の天気予報コンテンツアクセス

の5つのオブジェクトクラスが実装済である。Plug-in オブジェクトクラスは、(String, StringBuffer) の2つを引数としてもつメソッドを定義することで、外部プログラムからのメソッド呼び出しが可能になっている。Fig.2にMemberクラスのSystemオブジェクトから呼び出しが可能なメソッドの一部を示す。

```
// Member.java --- Member client
//
import java.util.*;
import java.io.*;
import java.sql.*;

import java.net.*;

public class Member extends DBConnector {
    final static String Table = " group_table ";
    final static String DeleteGroup = DeleteFrom + Table;
    final static String InsertGroup =
        InsertInto+Table+"values";
    final static String SelectGroup = SelectAll+Table;
    final static String UpdateGroup = Update+Table+"set";

    /**** Constructor ****/
    Member() { super(); }

    /**** Access group Table
    public void getGroup(String args, StringBuffer out)
        String[] argv = new String[1];
        if(!parseArg(args, argv, 1, out)){ return; }
        // Get given person's group.
        String SQL = new String( SelectGroup
            +WHERE+match Text("person_name", argv[0]));

        querySQL(SQL, "group_name", out);
    }
    .....
    .....
}
```

Fig.2 Plug-inクラスの例 (Member)

§ 3 Jijo2DBを使った支援アプリケーション

現在、Jijo2DBを使っている主なプログラムとして、以下のようなものがある。

- 事情通ロボット発話のための Database モジュール
- 所在場所インジケータ(Lmap)
- スケジュール管理システム (Schedule)
- 天気予報検索システム(Weather)

3.1 事情通ロボット発話のための Database モジュール

このモジュールは、事情通ロボットの会話制御を行っているCerebrum⁷⁾モジュール群の1つとしてEusLispを用いて実装されている。事情通ロボットにおける

ユーザへの情報提供や新規情報の保存は、このモジュールを介して実行される。Jijo2DBからの応答は、S式で返されるので、モジュールでは、メッセージをreadし評価することで、さまざまなデータを取得することができる。

3.2 所在場所インジケータ(Lmap)⁹⁾

事情通口ボットは訪問者が来訪したときなどに職員の居場所を確認し、部屋にいる場合は部屋に案内し、そうでない場合は所在場所を知らせたりする。このためには、職員は席に戻ったときや外出するときなどに自分の所在場所、行き先などをWebブラウザ上のJAVAアプレットを操作することでわかるようにしておく必要がある。つまりこれは、オフィスや研究室などでよく利用されている行き先表示板のオンラインデータベース版である。居場所情報は、Jijo2DBに

(lmap setLocation Username LocationID)

のようなコマンドを送ることで、SQLデータベースに記憶される。したがって、あらかじめ設置されたWebブラウザでアクセスするばかりではなく、ロボットに話し掛けたり、外出先や自宅などのインターネットに接続されたほとんどの端末からアクセスすることが可能である。変更履歴やLocationIDは、データベースに保持されており、別のアプレットやCGIスクリプトを介してこれらのデータを参照、変更することが可能になっている。

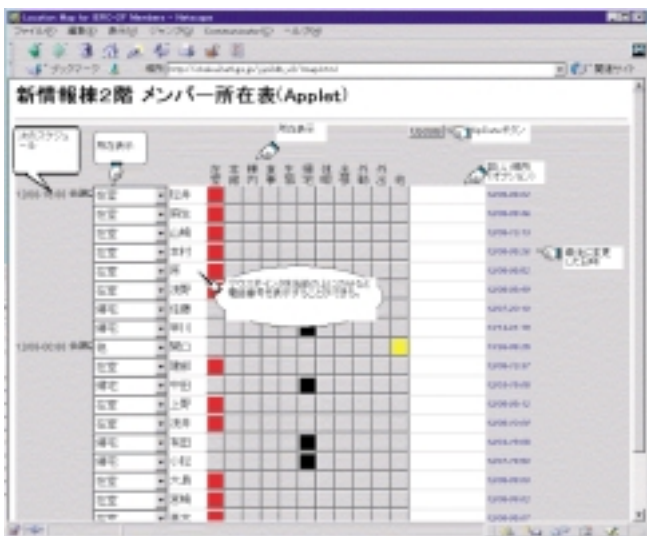


Fig.3 所在場所インジケータアプレット

表1 所在表示用データベース

Field	Type	Length
Person_name	Text	Var
Location_id	Int4	4
Update_time	Datetime	8
Option	Text	Var

表2 Lmapで定義されているメソッド

メソッド	機能
setLocation	現在の場所 ID を登録
getLocation	現在の場所 ID を取得
updateLocationDetail	詳細場所を登録
setLocationDetail	詳細場所を新規に登録
getLocationDetail	詳細場所を取得
getLmapTable	場所の変更履歴を取得

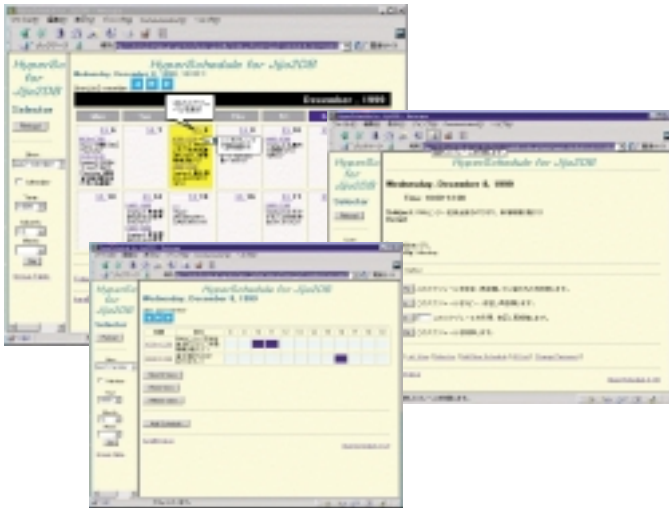
ここで、所在場所データベースで用いているデータテーブルと実行可能メソッドを表1,2に示す。

3.3 スケジュール管理システム (Schedule)

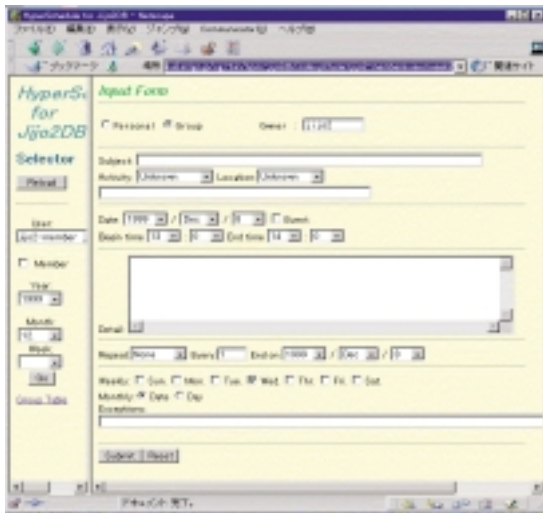
プロジェクトのメンバーのミーティングの日時を調整したり、連絡を取りたい相手の予定を知るために各自のスケジュール情報をJijo2DBを通じて記録、参照することができるJAVAアプレットとCGIスクリプトを開発した。研究グループのメンバーの協力を得て、実験的に各自のメンバーのスケジュールをできる限りここに登録することにしている。また、より簡単に入力を行うために、市販のPDAを介してほかのスケジュールソフトと同期させるためのソフトウェアの開発を行った。これによって、利用するユーザーは、比較的容易にこのシステムを利用できるようになっている。

ここで蓄えられたデータは、前述した所在場所インジケータと連動して表示させることも可能になっている。このスケジュール管理ソフトウェアでは、市販のスケジュールソフトに近いGUIをWeb上で実現している。

Fig.4にCGIを利用したスケジュール管理インターフェース⁹⁾を示す。このスケジュール管理アプリケーションでは、個人・グループのスケジュールの表示を月、週、日といったさまざまでレベルで行うことができ、外部ネットワークからも容易にアクセスすること



(a)スケジュール表示フォーム



(b)スケジュール入力フォーム

Fig.4 スケジュール管理システム(CGI版)

表3 スケジュール管理用データテーブル

Field	Type	Length
Username	Text	Var
Subject_id	Int4	4
Location_name	Text	Var
Begin_time	Datetime	8
Begin_grain	Text	Var
End_time	Datetime	8
End_grain	Text	Var
Remark	Text	Var
Key	Int4	4
Palm_id	Text[]	Var
Event	Int4	4
Private	Int4	4
Alarm	Int4	4
Update_time	Datetime	8
Repeat_dates	Date[]	Var
Repeat_type	Text	Var
Repeat_interval	Int4	4
Repeat_end_time	Datetime	8
Repeat_option	Int4[]	Var
Repeat_exceptions	Date[]	Var

表4 スケジュール管理テーブルアクセスメソッド

メソッド	機能
querySchedule	SQLによりテーブルをアクセス
queryFieldOfSchedule	指定したFieldを取得
getUserName	登録済のユーザー名を取得
setSchedule	スケジュールの登録
getSchedule	スケジュールの取得
delSchedule	スケジュールの削除
setRepeat*	繰り返しスケジュールの登録
getScheduleBy*	条件に合ったスケジュールを取得
delScheduleBy*	条件に合ったスケジュールを削除

ができる。

スケジュール管理アプリケーションでは、よりスムーズなデータ入力を支援するために、JAVAアプレットによるインタラクティブなGUIも開発している¹⁰⁾。

また、所在場所インジケータの場合と同様にデータアクセスには表4に示したメソッドを用いて行ことができ、その他のアプリケーションを自由に設計することができるようになっている。

3.4 天気予報検索システム(Weather)

事情通ロボットにおいてインターネット上のWebコンテンツからの情報収集の例として、天気予報検索システムを実装している。これは、インターネット上に

数多くある天気予報コンテンツをアクセスし、必要な情報を加工・提示することができるようになっている。このために、Jijo2DBでは、HTMLを解析するためのパーサーの実装を行った。また、アクセスするURLを変更することによって、さまざまなタイプの情報(たとえば乗換え案内などの経路検索情報)にアクセスすることが可能となっている。

§ 4 Jijo2DBの拡張

前節まで、事情通ロボットで用いるデータアクセス

のためのミドルウェアとしてのJijo2DBの概要について述べてきた。

現在までのシステムでは、事情通口ロボットで取り扱っている情報サービスは非常に限られており、ロボットからの要求とJijo2DBが取り扱うデータ群には、ほぼ対応をつけることができる。しかしながら、ロボットにさまざまな機能を統合していく過程で、扱う対象が高度、複雑になり、要求と情報源との対応が困難になってくることが考えられる。したがって、実際に問い合わせがあった結果を文脈情報として保持し、文脈に応じた情報源を探索・提示を行わなければならない。

また、場合によっては、より適切な情報源を同定するために、ロボットに行動を行わせ、より文脈に沿った情報検索を行う必要がある。

そのために、Jijo2DBへ推論機構とロボットコントロール機構の付加を行った。推論機構として、非線形性をもつ変数、連続値変数を自然に扱うことができるように拡張したベイジアンネットBAYONET¹⁵⁾を用い、不確実性をともなう場面でも意思決定的に確率推論を可能にしている。さらに、ロボット内部の各モジュールへのコミュニケーション、エージェント管理を行う機能の追加を行っている。

ロボットへのコミュニケーションクラスは、EusLispで実現されている事情通口ロボットの判断モジュールであるCerecomクラス⁸⁾と同様な機能を持っている。これを用いることで非同期通信クラスプログラムを書くことが可能になり、より多くの文脈(状況)判断が可能になっている。

§ 5 関連研究

ここで開発した事情通データベースは、既存の汎用データベースやインターネット全体を一つの大きな知識ベースとして取り扱うためのソフトウェアである。近年、このように分散した情報源を一つの知識ベースとして取り扱う試みが行われている。このような試みとしてWebKB¹¹⁾やIBROW3¹²⁾などがある。WebKBは、インターネット上のコンテンツ(文章やイメージデータなど)を構造化し、コンテンツ間の関連を抽出することで、インターネット上のすべてのコンテンツをマシンリーダブルな(通常Webコンテンツは画像を

多用しマシンリーダブルでないものが多い)知識ベースを実現するものである。IBROW3は、既存の知識ベースを再利用するための標準ライブラリを用意することで、問題解決に必要な仮想的な知識ベースを実現しようとしている。これらのシステムでは、分散した情報を一つの仮想知識ベースとして取り扱うために、ユーザに応じて適切な情報資源の探索を行わない。

ユーザの要求に応じて適切な資源を選択し、その中から必要な情報を選択・融合して提示しようとするシステムとしてInfomaster¹³⁾、Ariadne¹⁴⁾、HERMES¹⁵⁾などがある。Infomasterは、Facilitatorと呼ばれるルールベースの推論エンジンを用いてWebコンテンツを含む分散データベースの情報を融合し、ユーザーが要求する情報の提示を行っている。AriadneやHERMESはMediatorと呼ばれるシステムであり、分散データベースやインターネット上のコンテンツおよび他のMediatorからの情報を選択・融合してユーザの要求に応じたWebコンテンツを提示している。これらのシステムは、情報の融合が主眼であり、自律エージェントであるロボットとの接続は考慮されておらず、われわれのようなロボットを情報媒体とする応用に適用することは困難である。

事情通データベースは、インターネット上のコンテンツや既存のデータベースなどのオンライン化されたデータのみならずロボットのセンサからの情報も統一的に扱うことができるMediatorである。さらに、分散エージェント間通信をサポートするRequestBrokerの機能を付加することでロボット制御エージェントや推論エージェントとの通信を実現し、より状況に応じた情報検索・提示が行えるようになっている。

§ 6 おわりに

本稿では、事情通口ロボットがユーザーの知的作業支援を行うために必要なデータアクセスミドルウェアであるJijo2DBの概要について述べた。このようなミドルウェアを導入することで、ロボットとユーザーの両者が可読できるプロトコルでデータベースのアクセスや、Webコンテンツ上のデータにアクセスできるようになった。また、Jijo2DBはデータ収集クラスを実行中に変更、追加することができ、事情通口ロボットでとり扱うデータテーブルを容易に拡張する

ことができる。これによって、学習型の知的支援システムである事情通ロボットへより柔軟な情報を提供できると考えられる。

参考文献

- 1) T.Matsui, I.Hara, H.Asoh, Y.Motomura, F.Asano and S.Akaho: Dialogue-guided remote navigation of the office conversant mobile robot Jijo-2, Academic Exhibition, IJCAI'97, Nagoya, Japan, 1997
- 2) 松井俊浩:おせっかいロボットとも呼ばれる事情通ロボットの計画, bit, Vol.29, No. 12, pp.4-11, 1997
- 3) T.Matsui, H.Asoh and D.Asano: Map learning of the office conversant mobile robot, Jijo-2, by dialogue guided navigation, Int. Conf. On Field and Service Robots(FSR'97), Canberra, Australia, 1997
- 4) 本村陽一, 松井俊浩, 麻生英樹, 浅野太, 原功, John Fry: "事情通ロボットによるオフィス環境における知的作業支援", 人工知能学会AIシンポジウム'98 Technical report SIG-J-9801-21, 1998
- 5) 本村陽一, 原功: "データベースからの学習機能を持つ確率推論システムBAYONET" 人工知能学会全国大会第12回論文集, 1998.
- 6) 松井俊浩, 原功, 中垣博文: EusLisp Reference Manual, ETL-TR-95-19, 1995
- 7) http://www.etl.go.jp/7440/arch/event_driven.html
- 8) http://choku2.etl.go.jp/jijo2db_v2/lmap.html
- 9) <http://choku2.etl.go.jp/cgi-bin/hpsc-jijo2db/index.pl>
- 10) http://choku2.etl.go.jp/jijo2db_v2/schedule/sviewer.html
- 11) WebKB: <http://www.cs.cmu.edu/WebKB/>
- 12) IBROW3: <http://www.swi.psy.uva.nl/projects/IBROW3/home-ibrow.html>
- 13) Infomaster: <http://infomaster.stanford.edu/infomaster-info.html>
- 14) Ariadne: <http://www.isi.edu/ariadne/>
HERMES: <http://www.cs.umd.edu/projects/hermes/>
- 15) <http://www.etl.go.jp/motomura/BN/>

(Accepted May 19, 2000)

