

## エージェント技術の開発

Development of applications based on Agent Technology for consumer electronics products

我山 真一, 堀内 直明, 梶 雅代

Shinichi Gayama, Naoaki Horiuchi, Masayo Kaji

**要旨** エージェント技術の民生製品への応用例として、二つのアプリケーションを開発した。

その一つは、エージェントが携帯電話、家庭内オーディオシステムとカーナビゲーションシステムをインターネット経由で連携したネットワークエージェントシステムである。本システムを用いることで、利用者はエージェントを介してどこにいても自由にカーナビゲーションシステムなどを活用できる。

次に、デジタルTV受信機において、利用者の嗜好に合ったTV番組を推薦する、TV番組エージェントシステムとそのアルゴリズムを開発した。

**Summary** The authors developed two different types of agent-based applications that would be applied to real consumer electronics products.

One is the "Network Agent System" where users are able to interact with agents to fully enjoy a digital cellular phone, a home audio system and a car navigation system being integrated over the Internet, no matter where they are.

The other is the "TV Program Agent System" where the agent is able to recommend some TV programs to users that they would like on the Digital STB.

In this article the authors will unveil each of them in order. In addition the authors will refer to how the agent will derive what users would like from a huge amount of TV Programs.

**キーワード** : エージェント, Java, XML, 人工知能, インターフェース, 知性, ネットワーク, シームレス, パーソナライズ, インターネット, サーバー, ホームゲートウェイ, IEEE1394, 音声認識, 音声合成, セキュリティ, ペイジアンネットワーク, テキストマイニング

---

Javaは米国およびその他の国における米国 Sun Microsystems, Inc. の商標または登録商標です。

iモード, およびiアプリは, 株式会社NTTドコモの商標または登録商標です。

J2SE (Java 2 Standard Edition), J2ME-CLDC (Java 2 Micro Edition Connected Limited Device Configuration)

は, 米国およびその他の国における米国 Sun Microsystems, Inc. の商標または登録商標です。

## 1. まえがき

現在エージェント技術<sup>(1)(2)(3)</sup>は、コンピュータとネットワークインフラを柔軟に融合する技術として、主にビジネス分野への応用研究を中心に実用化が進められている。この場合、エージェントの恩恵を受けるのは、ビジネスを展開する企業とその企業の顧客である。エージェントは、企業が提供するサービスの構築と運用の両面に対して作用し、サービスの保守、連携ならびにシステムの動的な変動に対処する存在として、今後さらなる応用が期待されている。

一方、民生分野への応用についても、これまで様々なアプローチで利用者にエージェントを提供しようとする動きが見られた。アニメーションや音声を利用したガイダンス機能に始まり、擬人化されたインターフェース、検索ロボット、ペット型ロボット等々、幅広い応用例が存在する。しかしながらコンピュータアプリケーションを除くと、それらの多くは実験的あるいは付加機能的なものであり、一大市場を作り上げてエージェントの恩恵を訴えるまでには至っていない。第一の理由は、民生品の大半が特定用途向けの製品であり、比較的处理能力の低い組み込み機器であるということである。多くの場合、ハードウェア資源の制限によって、実装できるエージェントは小規模なものに限られていた。また、コンピュータのように標準的なネットワーク環境が保証されていることが少なく、動的要素が持ち味であるエージェントそのものが静的なものにならざるを得なかった。第二の理由は、対象となる利用者のエージェントに対する認識、製品に求められるニーズが非常に多岐にわたっており、市場投入コストに占めるエージェント価値の見極めが難しいことである。

民生分野では、2000年から2001年にかけて大きな転機を迎えている。ネットワークインフラとしてのCATV、ADSLの出現、IMT2000サービス開始予定といった通信のプロードバンド化が急速に進む。さらにデジタル放送の開始、音楽映像のネットワーク配信、Java搭載による携帯端末アプリケーションの多様化が現実のものとなり、利用

者にとってエンターテインメントの幅が確実に広がりにつつある。ところが、洪水のごとく迫り来る情報を活用し、大量のメディアを十分に楽しむことは、残念ながら利用者の能力を超えてしまっているのが現状である。また、膨大な情報コンテンツをパーソナライズすることは人間のなせる技ではない。つまり民生分野においては、今こそ様々な代理作業を行うことのできるエージェントの出番であり、エージェントを身近なものにする絶好の機会であると考えられる。

そこで筆者らは、エージェントの組み込み機器への応用例として、二つのアプリケーションを開発した。一つは、ネットワークを行き来するエージェントが、携帯電話、家庭内オーディオシステム、カーナビゲーションをインターネット経由で連携し、いつでもどこでも活用できる手段を与える「ネットワークエージェントシステム」である。他方は、デジタルTV受信機において、利用者が普段視聴している番組の傾向を学習し、以降に放映予定の電子番組表から利用者の嗜好傾向に合致する番組を推定し、推薦する「TV番組エージェントシステム」である。

本稿では、まず筆者らが前提としているエージェントの概念と実体について説明する。次に、筆者らが開発を行った各々のエージェントシステムについての詳細を記述する。

## 2. エージェントの概念と実体

エージェントとは、その言葉の意味の通り、利用者の「代理人」として様々な仕事をこなすコンピュータプログラムである。しかしながらその定義は極めて抽象的であり、応用分野によって具体的な定義と存在価値は異なってくる。筆者らは、民生製品への応用を念頭においているため、結果として少なくとも利用者に楽しさを提供できるものであるべきと考えている。

本節では、最初にエージェントが持つ能力を、三つの側面から述べる。次に、エージェントに求められる役割を実際の利用シーンを例にあげて説明する。

## 2.1 エージェントの側面

筆者らは、エージェントの能力を、インターフェース、知性およびネットワークという三つの側面で捉えている(図1)。実際のエージェントは、少なくとも一つ以上の側面を持ち合わせることで、有機的な機能として成立する。

第一の側面である「インターフェース」は、機器の使いやすさを決定するユーザインターフェースの部分において、音声認識合成を用いた対話形式の操作性や、従来のキーボード、リモートコントローラと音声対話を、状況に合わせて複合的に提供する(マルチモーダル)能力である。また、複合操作が必要となるような難度の高い機器制御に関してはその操作を代行し、利用者に意識させないことによって、馴染みやすく自由度の高い操作性と、インタラクティブに対応できる楽しさを提供する。

第二の側面である「知性」は、利用者の個性や嗜好を学習する能力と、常識ならびに専門的知識に

基づいた自律性を提供する。たとえば、情報検索などにおいては、従来のように明示的に与えられたキーワードに関連する情報を得るだけでなく、あいまいな条件に対応した検索や、個々の利用者の意向に見合った情報を抽出することができる。また、利用者からの要求を実現する上で、異なる複数の処理が必要である場合、各々を担当する複数のエージェントが互いに協力し、一つの要求に応えるといった協調動作を行う能力も、エージェントの特徴である。

第三の側面である「ネットワーク」は、機器間をつなぐネットワークを管理し、各機器のインターフェースが異なる場合にはそれを吸収する能力と、多くの通信プロトコルを理解し、インターネットや他のネットワークを移動しながら利用者の要求を実現する能力である。また、通信機能を持つ機器の連携を行う際には、インターネット上のサーバに介在し、情報の仲介を行うといった機能を提供することができる。

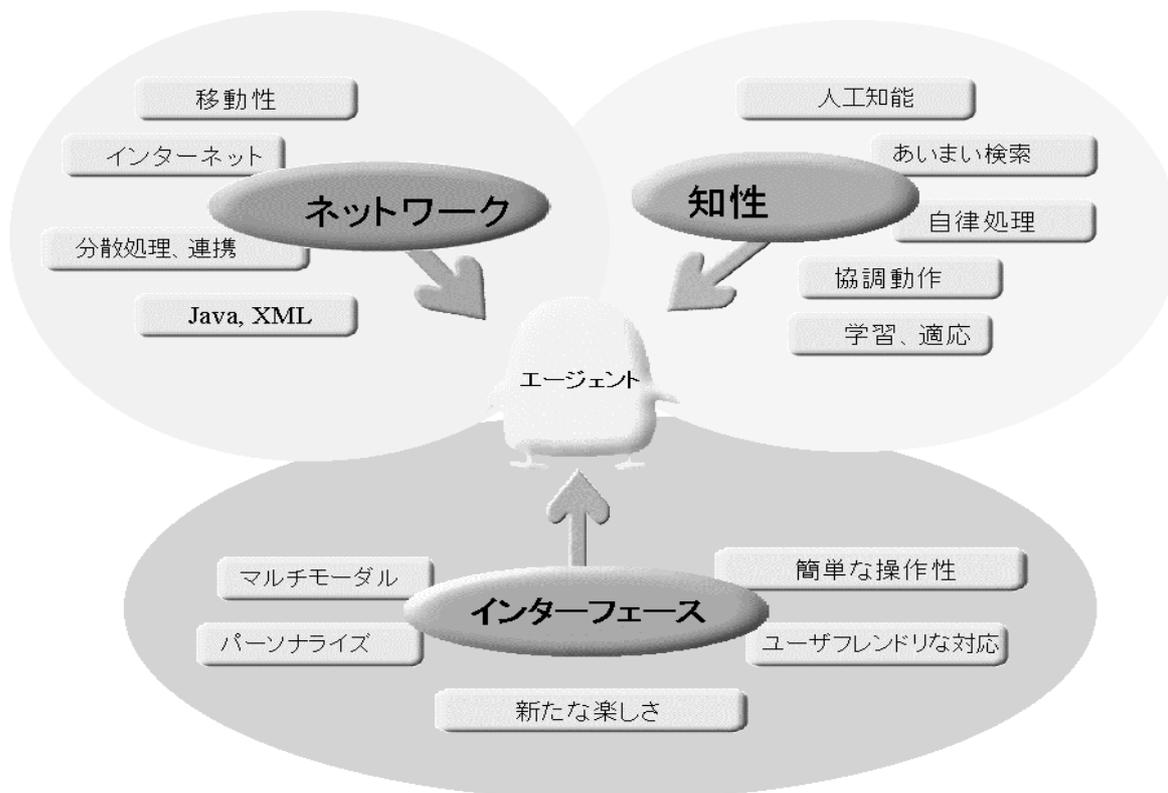


図1 エージェントの三つの側面

## 2.2 エージェントに求められる役割

### 2.2.1 高機能化による複雑さから利用者を解放

これまで多くの製品メーカーは、自社製品にいくに多くの機能を搭載するかに注力してきた。事実、多彩な機能が製品の価値と評価を決定していた。ところが基本性能に加えて、差別化に向けた付加価値を追及するにつれて、製品は膨大な機能を抱えるようになった。さらに最近では、機能の集約化や階層化によって直感的な操作は困難を極めており、利用者が簡単に利用できるのはごく表面的な機能のみである。取扱説明書は辞書のごとく厚くなる一方で、説明方法と使用する用語はあくまで製品メーカー主体のものであるため、利用者にとって決して理解しやすいとは考えられない。この事実は、製品メーカーに対しても残念な結果をもたらす。多大な技術と労力をつぎ込んだ性能を、十分に活用してもらえなくなるからである。

エージェントは、利用者と製品メーカーの両者にとって有用である。第一に利用者の“代理人”として難しい操作や面倒な設定を行い、第二に製品の楽しみ方を分かりやすく提供し、第三に利用者が戸惑った場合は迅速かつ的確に補助動作を行う。エージェントはこれらの能力を持つことによって、無機質な機械であった製品を、知的で楽しめるものにするのである。

### 2.2.2 大量コンテンツの有効活用

近頃、DVD、ハードディスクなどに代表される大容量蓄積装置の普及によって、インターネットやデジタル放送から得られる大容量コンテンツを容易に蓄積できるようになった。これまでもビデオテープにいくつもの番組を録画した末に、改めて楽しもうとすると番組の検索に苦労してしまう、といった経験は誰も持つものであるが、今後はコンテンツの取り扱い次第で、それとは比較にならないほど深刻な状況を生み出す可能性がある。幸いにも映像の分野においては、MPEG7<sup>(4)</sup>によるコンテンツ記述の標準化が進められており、蓄積し続けたコンテンツを管理ならびに検索を行うことは可能になりそうである。しかしながら利用者

にとって問題となるのは、コンテンツを取得、蓄積し、後にそれを楽しむまでの一連の作業において、少なからず面倒な操作を強いられることである。また蓄積可能なコンテンツ数が人間の記憶能力をはるかに超えている上に、人間の興味は移り変わるものであることを考えると、蓄積したコンテンツの有効活用は難しいと言わざるを得ない。

エージェントには、複数の異なる情報源からコンテンツを選択する操作、それを蓄積する操作、そして後に蓄積されたコンテンツの中から探し出すといった一連の作業を、利用者の意思を受けて確実にこなす役割を期待されている。また、過去に蓄積されたコンテンツとその時の利用者の意思を記憶しておくことによって、時を隔てて利用者にそれを思い出させるべく、視聴の提案などを行うこともできる。

### 2.2.3 シームレス環境のサポート

従来、民生機器は家庭内を中心として楽しむものであったが、近年携帯電話の性能が飛躍的に向上したことによって、どこにいてもインターネットを利用して様々な情報を取得することが可能となった。また、2001年1月末にNTTドコモから発売されたJava対応端末を皮切りに、Java環境が順次携帯電話に搭載され、さらに2001年中には近距離無線プロトコルであるBluetooth<sup>(5)</sup>の装備が見込まれている。家電機器などそれ以外の民生機器においても機器間接続ならびにインターネット接続への対応が進んでおり、家庭内外を問わない一つのネットワークが構築されつつある。その結果、「外出先から録画予約がしたい」、「好みの音楽コンテンツを好きな時にダウンロードして家庭内、外出先を問わず楽しみたい」といった様々な欲求が利用者の中から出てきている。

これらを現実のものにするためには、端末や利用環境の違いを的確に判別し、異種ネットワークの相互接続を保証する技術が必須である。また、利用者の意思にかなった操作性、エンターテインメントを提供するなど、まさにエージェント技術の役割が重要になってくる。

## 2.2.4 個人志向型（パーソナライズ）サービスの創造

あらゆる情報を誰でも容易に取得できる環境が整備される中で、利用者の興味はどれだけ多くの情報が得られるかよりも、いかに自らの望む情報が得られるかに移行している。そのような個人志向型サービスが求められる一方で、ネットワークを通じた個人情報の公開に対する抵抗も強く、提供されるサービスの信頼性と安心感が重要な要素となってくる。

エージェントには、個人の“代理人”という概念から、利用者の嗜好に基づいたカスタマイズ、パーソナライズを行う能力を求められている。利用者は、個人情報を自らネットワークに送信するのではなく、信頼できるエージェントに託すことで、利用者情報を可能な限り保護しつつ、かつそれらを活用した信頼性の高い結果を持って帰ることを期待しているのである。

## 3. ネットワークエージェントシステム

ネットワークエージェントシステムを開発するにあたり、筆者らはインターネットと携帯電話を利用するという目標を掲げた。その背景には、携帯電話の能力が飛躍的に高くなったことと、iモード端末を始めとするインターネットにアクセス可能な端末が一般に広く普及してきたことがあげられる。そして、異なる製品群の連携手段としてそれらを利用し、エージェントによって各々の製品の特徴を組み合わせ、新しい利用シーンを創造することのできるエージェントアプリケーションとして開発を進めた。

### 3.1 システム構成

システム全体の構成を図2に示す。利用する機器を以下に記述する。

#### a. 携帯電話（NTTドコモ 503i）

iモード、iアプリ（携帯用Javaアプリケーションの一種）対応端末。

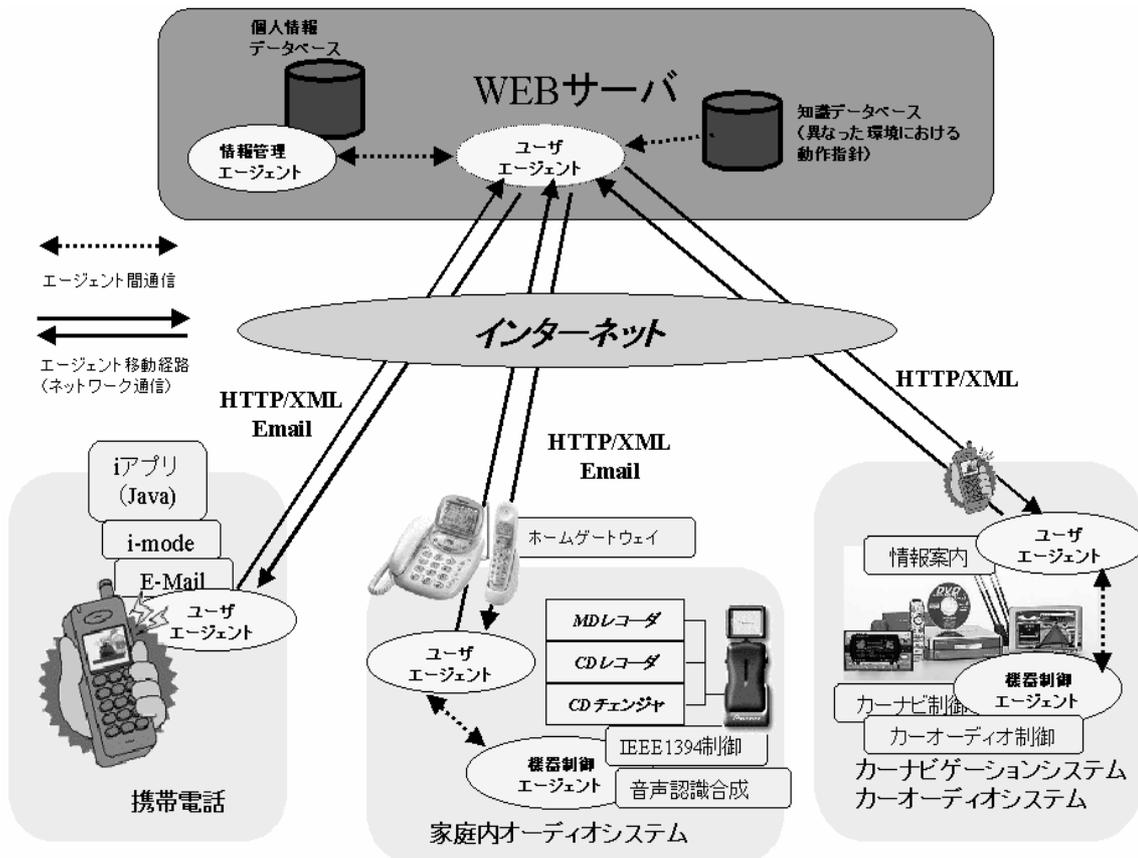


図2 システム構成

b. ホーム AV サーバ K3 + オーディオ機器群  
(以下, K3システム)

すべて IEEE1394 接続。家庭内での利用を想定。家庭用電話によってインターネット接続を行う。ホーム AV サーバ K3 は, 大容量のハードディスクを内蔵し, IEEE1394 経由で機器制御を行ったり, 蓄積した音声と映像を再生する家庭用蓄積装置を想定したプロトタイプである。1999 ~ 2000 年に米国で開催された COMDEX ならびに CES において展示およびデモンストレーションを行った。実体は Windows98 ベースの AT 互換機である。

c. カーナビゲーションシステム + カーオーディオシステム (以下, カーナビシステム)

車内での利用を想定。携帯電話を用いてインターネット接続を行う。既に発売されている製品を利用したため, エージェントによる制御は外部の PC (Windows98) 経由で行った。

各機器はインターネットに接続する手段を持っている。したがって, エージェントは利用者の要求を受けてインターネットにアクセスしたり, 図 2 の WEB サーバに移動することができる。また, 利用者は WEB サーバのエージェントを明示的に呼び出すことができる。

一方で, エージェントが各機器へ自動的に移動する場合は, WEB サーバから各機器へ直接接続することができないため, エージェントは E メール の形で各機器に送信される。家庭内オーディオシステムは, 家庭用電話が外部とのインターフェイスを受け持つホームゲートウェイとしての役割があるので, E メールを受信できる(ただし, E メールを受信できるサービスに契約している場合, 本システムでは日本テレコムが提供する「でんわ de メール」サービスを利用した)。もちろん携帯電話は E メールを受信できる。つまり, エージェントは家庭内外に移動可能である。本システムには, カーナビシステムに対して自動的にエージェントが移動する場面はないが, 技術的には可能である。

WEB サーバ内には, 利用者の要求などの情報を

保持するデータベースと, エージェントが携帯電話, K3システムおよびカーナビシステムにおいて処理を行うための知識を蓄積したデータベースが存在する。これらのデータベースは ISP (インターネットサービスプロバイダ) 内の WEB サーバ内で常時起動されているため, 常に最新の情報が保持されている。したがって利用者は, 任意の時間に任意の機器で WEB サーバからエージェントを呼び出し, 適切な動作をさせることができる。

次に, 本システムに介在する三つのエージェントについて説明する。

a. ユーザエージェント

通常は WEB サーバ内に存在し, 利用者の要求に応じて各機器に移動する。その際に, 利用者のこれまでの要求情報, および呼び出し元の機器における動作指針をデータベースから取得する。各機器における所定の動作を終了した後, WEB サーバに戻り, 利用者の更新された要求情報をデータベースに保存する。

b. 機器制御エージェント

システム固有の情報にしたがって機器の制御を行う。利用者あるいはユーザエージェントからの指示があった場合にのみ動作する。K3システムにおいては, 音声応答ならびに IEEE1394 プロトコルによるオーディオ機器制御を行う。一方カーナビシステムにおいては, リモートコントローラと同等の制御を行う能力を持つ。

c. 情報管理エージェント

WEB サーバ内の個人情報データベースを管理し, 不正なアクセスから個人情報を守る役割を持つ。本システムでは利用者名のみを判別しているが, 実際に運用する場合にはデータの暗号化, 認証情報の処理など, セキュリティを確保するための能力を備える必要がある。

これらの中で, 常に利用者との対話を受け持つエージェントがユーザエージェントであり, 各機器のユーザインターフェイスの一部として画面に現れる。本システムは, WEB サーバを介して利用者からの要求情報, 処理経過および結果の一貫性

が保持されており、機器に何らかの支障が発生した場合にも、ユーザエージェントは再試行によって障害から復旧する。

またユーザエージェントは、利用者からの要求情報にしたがって機器制御エージェントへの動作指示の発行や、機器制御エージェントからの結果報告の取得を行い、利用者に報告する。それらは、エージェント間の通信によって達成される。

### 3.2 エージェントの実装手段

エージェントプログラムの実装にはJava言語を用いた。各機器におけるソフトウェア構成を、K3システムとカーナビシステムは図3、携帯電話は図4に示す。図3、4中のJ2SE、J2ME-CLDCは、実装する機器の能力のレベルに応じて策定されたJava言語仕様である。

各機器上(図3、4中のJavaバーチャルマシン上)

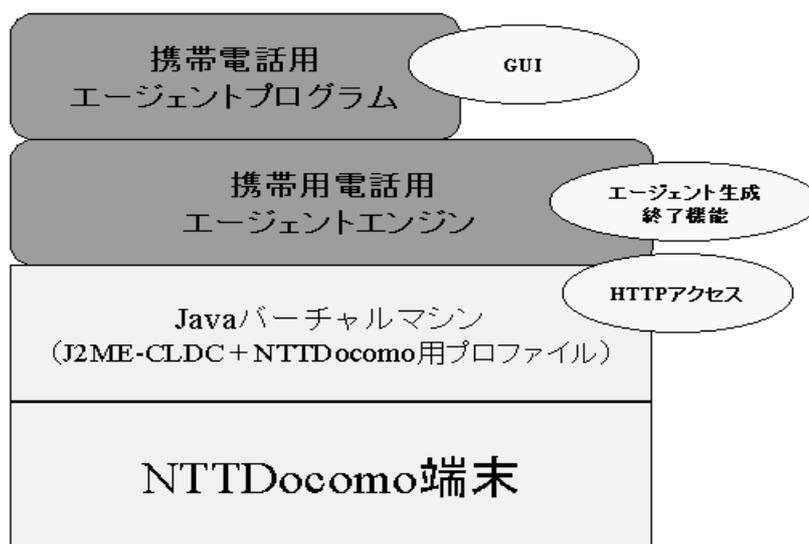


図3 ソフトウェアの構成(携帯電話)

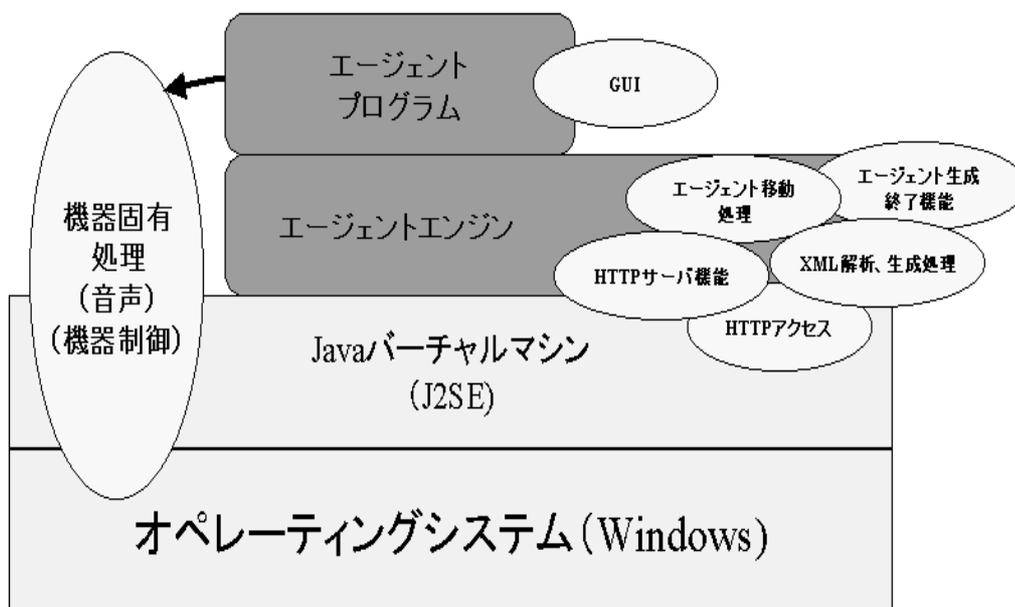


図4 ソフトウェアの構成(携帯電話以外)

には、各図に示す機能を持つエージェントエンジンが起動しており、エージェントの実体はエージェントエンジンによって管理される。エージェントエンジンはHTTP、SMTP/POP3、FTPといった標準的なネットワークプロトコルのクライアント/サーバ機能(ただし、携帯電話用エージェントエンジンはHTTPクライアント機能のみである)と、XML(eXtensible Markup Language)の解析生成機能を保持している。

図5にエージェントの起動、移動および終了の過程を示す。図中のエージェントプログラムはJavaで記述された実行プログラムであり、エージェントプロファイルはエージェントの状態、機器における動作を決定する情報ならびに利用者情報が記述されている。記述フォーマットとしてはXMLを用いているため、各機器の環境には依存しない。

エージェントプログラムは、エージェントエンジンによって起動された後、エージェントプロファイルに記述された内容にしたがって初期化され、動作する。つまり、この作業によってエージェントが生成される。エージェントの生成には、ローカル(機器内)で独自に生成される場合と、WEBサーバから移動してきて生成される場合の二通りがある。

エージェントが移動または終了する際には、

エージェントエンジンがエージェントの実行状態と実行内容についてエージェントプロファイルを更新した後、エージェントプログラムを停止する。そして、終了の場合はエージェントプロファイルをローカルデータベースに保存、移動の場合にはWEBサーバに送信する。

次に、エージェント間通信の手法について説明する。すべてのエージェントは、共通のエージェント通信言語によって記述されたメッセージを用いて通信を行う(図6)。二つのエージェントが同一のエージェントエンジン上に起動している場合、それらは内部的な関数呼び出し、あるいはタスク間通信によって通信を行う(図7)。ユーザエージェントと機器制御エージェント間の通信がこれにあたる。

一方、二つのエージェントが異なるエージェントエンジン上に起動している場合、それらはHTTPプロトコルを利用して互いにアクセスする(図8)。異なる機器に介在するエージェント間通信がこれにあたる。後者については、本システムでは必要としなかったが、インターネット上の異なるサーバ間で様々なエージェントを動作させる場合には必須となる。

図9にエージェント間通信メッセージの仕様を示す。メッセージの内容は、エージェントプロファイルと同様XMLによって記述されており、

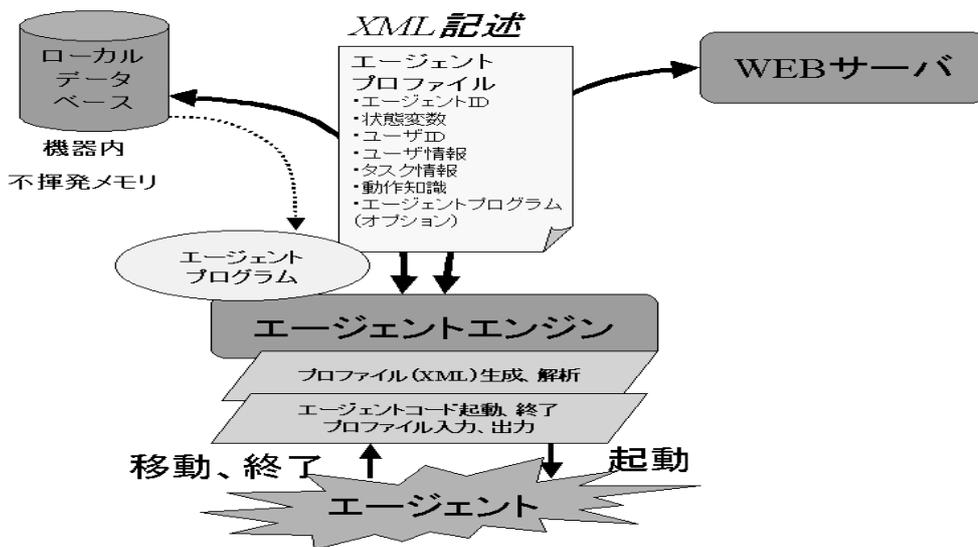


図5 エージェント起動および終了過程



図6 エージェント間通信

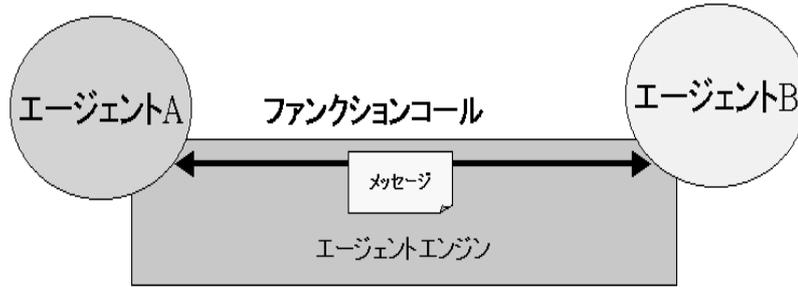


図7 エージェント間通信の方法（同一エンジンの場合）

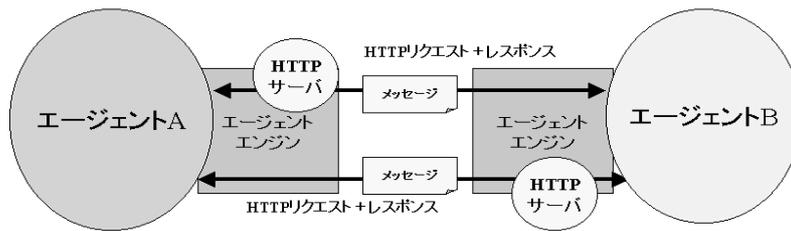


図8 エージェント間通信の方法（異なるエンジンの場合）

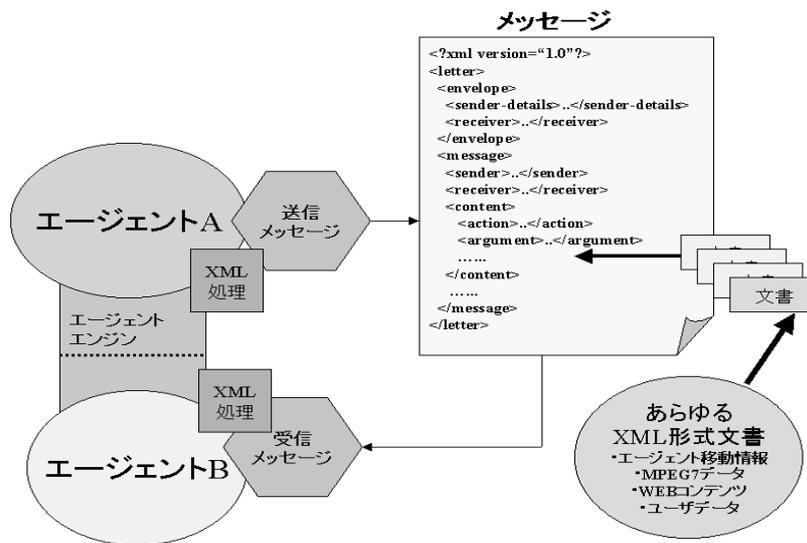


図9 通信メッセージの仕様

MPEG7などのXMLに親和性の高い情報を容易に構造化できる仕様となっている。

### 3.3 システムの効果

図 10 に利用シーンのイメージを示す。以下に具体的なシナリオを記述する。

#### 外出先でのシーン

利用者：ある日，携帯電話を持って外出中にひとつアイデアを思いつく。“明日，家族とディズニーランドに行こう”

利用者：携帯電話にWEBサーバからユーザエージェントを呼び出し，ドライブプランを指定する。

- 行き先：ディズニーランド
- 高速道路は利用したくない

利用者：加えて，ドライブ中に楽しむ音楽をCDに編集するようユーザエージェントに要求する。

- お気に入りのジャンルを指定

利用者：さらに，家にいる家族にメッセージを伝えるようユーザエージェントに指示する。

- メッセージを打ち込む。

利用者：ユーザエージェントをWEBサーバに送信する

ユーザエージェント：

音楽の編集と家族にメッセージを伝えるために，K3システムに移動する。そして，(IEEE1394)機器制御エージェントに依頼して，K3システム内に存在する音楽の中から，利用者が指定したジャンルの曲を選択し，CDに書きこむ作業を開始する。同時に，メッセージを音声で再生する。音楽の編集が終了すると，利用者の携帯電話に対して，ドライブ用のCDが完成したことを伝える。

#### 家庭内のシーン

利用者：家に帰ってくると，ドライブ用のCDが完成していた。ところで，家族と話した結果，ディズニーランドに行く前に葛西臨海公園に立ち寄ることになったため，今度はK3システムを通じてユーザエージェントを呼び出す。そして音声で要求を追加する。

“葛西臨海公園にも寄りたいでよろしく！”

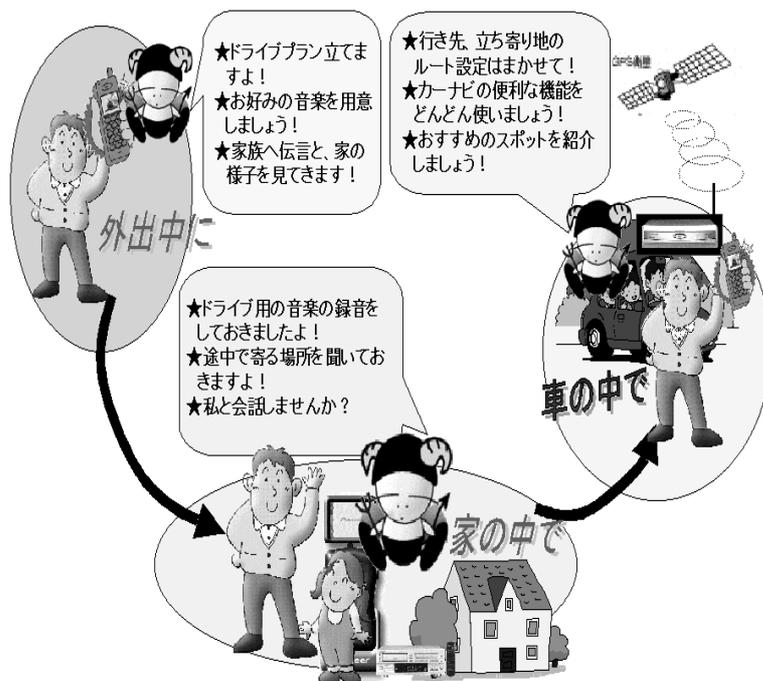


図 10 利用シーン

ユーザエージェント:

追加要求を確認し, WEB サーバに戻る。  
“ 経路地として葛西臨海公園を設定しま  
すね ”

車の中のシーン

利用者: 次の日, 出来上がったCDを持って  
車に乗り込む。リモートコントローラ  
ではなく, 携帯電話のボタンを一押す。

ユーザエージェント:

WEB サーバからカーナビシステムに移動  
し, これまで利用者が設定した情報にも  
とづいて, (カーナビシステム制御) 機器  
制御エージェントに指示を出し, ルート  
設定, 経路地設定, 高速回避設定, ルート  
検索ならびに周辺情報案内をすべて自動で  
実行する。設定終了と同時に, CDプレーヤ  
を自動でスタートさせる。

本システムにおいて得られる個別の利点を挙げる。

- a. 手間のかかる音楽の検索, 編集作業をエー  
ジェントが行う。外出中でも携帯電話を用い  
て指定すると, 家庭内に移動した上で同様の  
操作を実行する。

- b. カーナビシステムにおいて, 数十回に及ぶリ  
モートコントローラの操作から利用者を開放  
できる。

- c. 従来は, 窮屈な車室内のものであったカーナ  
ビシステムの操作を, 外出中あるいは家庭に  
いても行うことができる。たとえば, リビン  
グルームで家族とゆっくりドライブプランを  
立てることもできる。

このように, エージェントは, 機器の操作に関  
する利用者の負担を軽減するとともに, 異なった  
特徴を持つ機器で利用者が楽しむシーンを創り出  
すことができるのである。

#### 4. TV 番組エージェントシステム

2001 年になって BS デジタル放送も開始され,  
多チャンネルの時代がきている。数多い番組の中  
から利用者の嗜好に合った番組を探す代理人とし  
て, 筆者らは TV 番組エージェントシステムを作  
成した。図 11 にシステム構成を示す。このとき,  
エージェントがどのような学習・推薦アルゴリズ  
ムを用いるかで, 利用者に対する推薦結果が異  
なってくる。そこで本章では, このエージェント

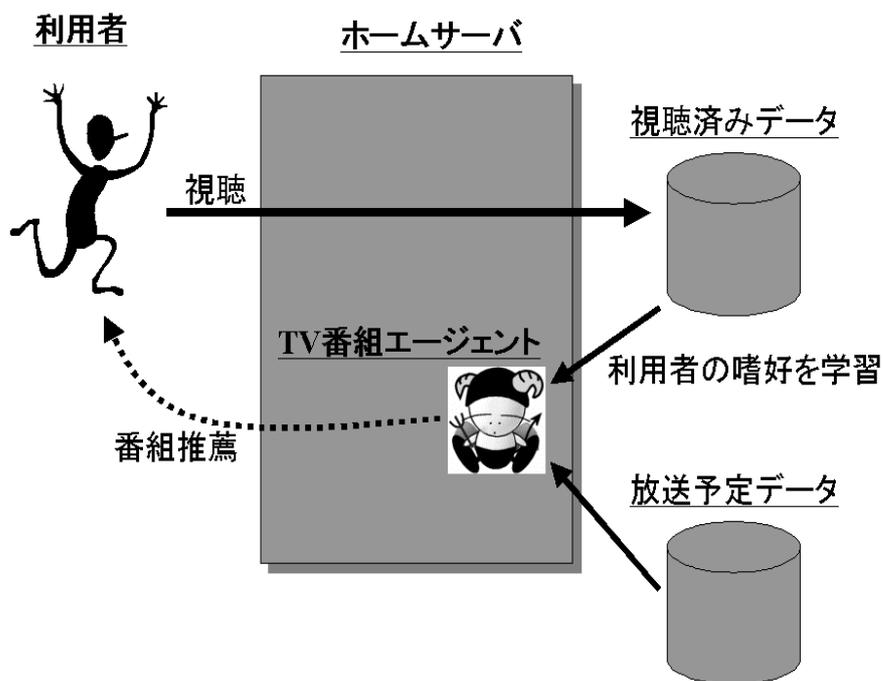


図 11 TV 番組エージェントシステムの構成

が番組推薦に用いたアルゴリズム ,および番組推薦の過程を説明する。

#### 4.1 ベイジアンネットワーク

ベイジアンネットワーク<sup>(6)</sup>はベイズの規則を用いたデータ構造を持ち ,次の性質を有するグラフである :

a. 確率変数の集合がネットワークのノードを形成する。

これにより ,十分な情報がないときでもエージェントが合理的な意思決定を行える。...視聴済みデータと放送予定番組の間に類似性があまりなくても ,推薦できる。

b. リンクまたは矢印の集合がノード対を結ぶ。あるノードXから別のノードYへの矢印の直感的な意味は ,XがYに直接的影響を及ぼすということである。

これにより ,事象の因果関係を記述できる。...曜日や時間帯によって ,見るジャンルが左右される ,ということ記述できる。

c. 各ノードは親ノードがそのノードへ及ぼす影響を定量化した条件付確率表を持つ。ノードの親とは ,そのノードを矢印によって指すすべてのノードである。

これは ,最初にあげた例と同じくエージェントが合理的な意思決定を行うのに役立つ。

d. ネットワークは矢印の方向にサイクルを持たない。

これは ,意思決定過程が必ず終了することを保証する。

図 12 にベイジアンネットワークの例を示す。このネットワークを使った場合 ,たとえば ,火曜の夜にドラマ番組を見る確率は ,

$$0.23 \times 0.31 \times 0.15 = 0.010695$$

である。ここで ,火曜の夜に野球(巨人×阪神)をみる確率が0.01であるとすると ,野球番組の出現確率はドラマ番組のものより低い。確率だけを見れば ,ドラマ番組を推薦する方が妥当である。しかしながら ,野球番組の方がより具体的で

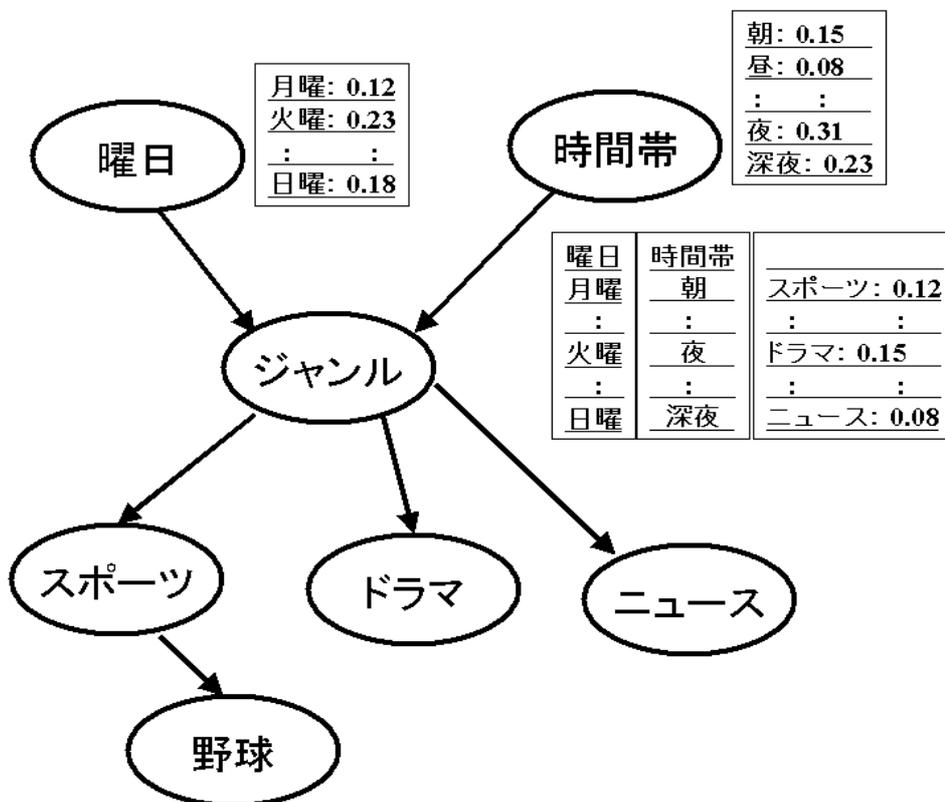


図 12 ベイジアンネットワークの例

あるため(つまり,より番組内容に踏み込んだ確率である。ネットワークでは下位のノードで計算された確率,という形で現れる),野球番組の確率をその大小にかかわらずドラマ番組の確率より高いものとして取り扱っている。したがって,実際の推薦においては野球番組が推薦される。

以上,ベイジアンネットワークの利点,および番組推薦時の利用法を述べた。しかしながら,実際に番組推薦に利用するにあたっては,次のような欠点がある。

- a. 推論モデル(グラフ構造)をあらかじめ決定しておく必要がある。

ある程度自動的にグラフ構造を決定する手法も存在するが,基本的には手作業でグラフ構造を決定しておかねばならない。

- b. 推薦対象データの構造が既知である必要がある。

今回の場合であれば,番組データ構造をエージェントがあらかじめ知っておく,もしくはエージェントの指定する属性を番組データが持っている必要がある。したがって,将来のデータ構造の変化に対して対応が難しくなる傾向がある。

#### 4.2 テキストマイニング

テキストマイニングとは,文章や文字などのいわゆるテキストデータの中から有用な情報を抜き出す技術の総称である。テキストマイニングはその処理対象データがテキストであれば良い(明確に構造化されたデータでなくとも良い)ために,ベイジアンネットワークの持つようなデータ構造に関する制約から自由である。筆者らは4.1章であげたベイジアンネットワークの欠点を解消するためにテキストマイニングを用いた番組エージェントシステムを開発した。

本システムではテキストの持つ単語を1単位として有用な情報の取り扱いをしている。番組推薦の場合には,重要な単語を多く含むデータが重要なデータであるとしている。したがって,ベイジアンネットワークのようにあらかじめグラフ構造を決定しておく必要はなく,後でそのグラフ構造を変更する必要もない。本システムでは,次のような手法を用いてテキストの中から重要単語(有

用な情報であり,利用者の嗜好を表すであろう単語)を抜き出している。

- a. テキストに複数回現れる共通文字列を仮想の単語とする。
- b. 発見した架空の単語に対して,テキストにおける出現率,およびその仮想単語を含むテキストの出現率を計算する。
- c. それぞれの架空単語に対して,(b.)の計算結果を元に  $TF \cdot IDF$  (= Term Frequency · Inverse Document Frequency)を計算する。

$TF \cdot IDF$ を重要度として,高い $TF \cdot IDF$ 値を持つものほど重要な単語と位置付ける。つまり,本システムではより利用者の嗜好を表すであろう単語と考える。ある単語の重要度を表す $TF \cdot IDF$ は具体的には次式で計算される。

$$W(d, t) = TF(d, t)W \times IDF(t)$$

$$IDF(t) = \log[DB(db)/f(t, db)]$$

ここで,

$W(d, t)$ :単語  $t$  に対するテキスト  $d$  の重要度

$TF(d, t)$ :あるテキスト  $d$  における単語  $t$  の出現頻度

$IDF(t)$ :データベース  $db$  内における単語  $t$  の特徴度

$DB(db)$ :データベース  $db$  内に格納されている全テキスト数

$f(t, db)$ :データベース  $db$  で単語  $t$  が出現するテキスト数

である。したがって仮想単語は,「あるテキストに集中して出現すればするほど」,「その単語を含むテキストが少なければ少ないほど」重要度が高くなる。それぞれの数値と単語の評価の関係を表1に示す。

これらのランク付けをされた単語を用いて番組推薦を行う。その過程を図13に示す。( )でユーザが視聴したデータ(TV番組データに限らない)から仮想単語を抜き出す。続いて( )で $TF \cdot IDF$ に基づき仮想単語の重要度を決定する。最後に,( )で推薦対象のデータ群の中から,( )において高い重要度を与えられた仮想単語を多く持つデータを選択し,そのデータを推薦データとする。

このように、エージェントは膨大な情報からの適切な選択・絞込みで利用者の情報閲覧にかかる労力を軽減させ、本来の目的(この場合例えば番組そのものを視聴すること)により集中する環境を提供することもできる。

### 5. まとめ

本稿では、エージェントの概念について説明

し、その実施例として二つのシステムについて述べた。最初のネットワークエージェントシステムは、機器間を自由に移動するエージェントが家庭内オーディオシステム、カーナビゲーションシステム、携帯電話をつないでいる。このシステムを用いることで複数の機器を操作するという利用者の負担が軽くなり、単体の機器では想像できない楽しみを提案できた。

表1 単語の評価とTF・IDFの関係

単語の評価	TF(d, t)	IDF(t)	W(d, t)
特徴的な単語がこのテキストの多く現れる	高	高	大
特徴的な単語であるが、あまりこのテキストには現れていない	高	低	中
特徴的ではない単語が、このテキストに多く現れる	低	高	中
単語は特徴的ではないし、特にこのテキストに多く現れるわけではない	低	低	小

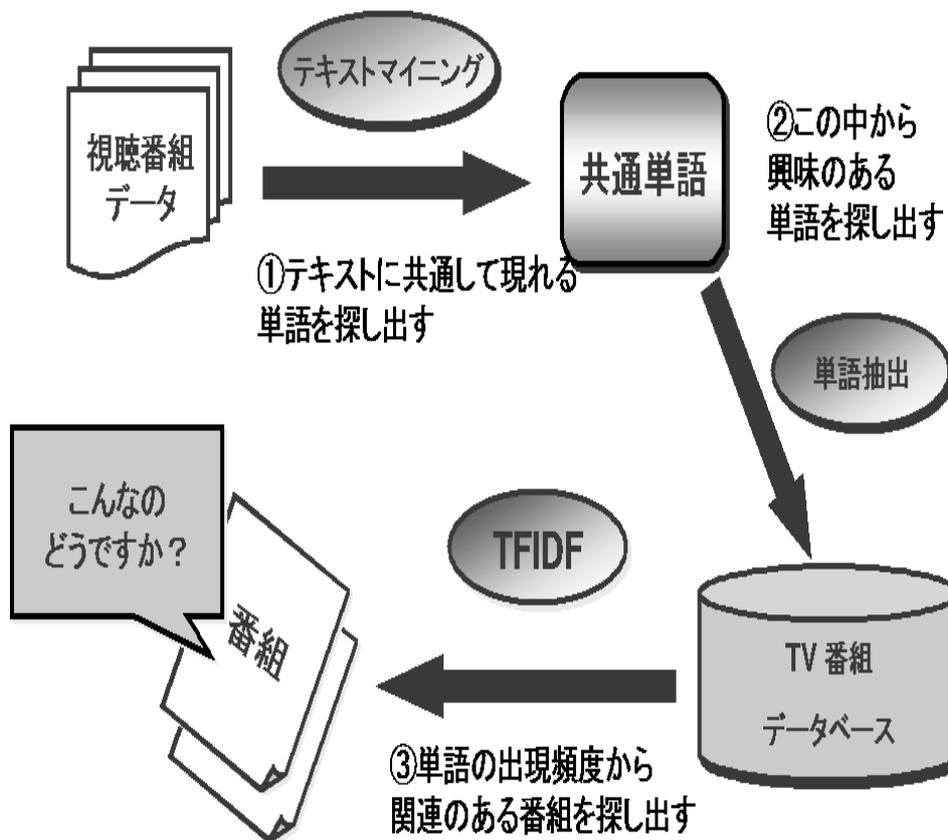


図13 テキストマイニングによる番組推薦

次のTV番組エージェントシステムは、利用者の嗜好をエージェントが理解・学習し、利用者の嗜好に沿った番組を推薦する。このシステムを利用すれば、利用者は膨大な番組情報を自身でチェックしなくても、自分好みの番組を容易に視聴できる。

エージェント技術は以上に述べたように、応用範囲の広い技術である。製品の機能は今後も増大の一途をたどると考えられるので、エージェントの利用範囲はさらに広がっていくであろう。

## 6. 謝辞

機器の試作に協力頂いたパイオニアコミュニケーションズ(株)、パイオニアHEC開発部、MEC技術部の関係各位に感謝します。

## 参考文献

- (1) 莪山：“エージェント技術の紹介”，PIONEER R&D Vol8, No.1, p.17～26 (1996)
- (2) 莪山：“民生用エージェントアプリケーション”，「ネットワークエージェント技術に関わるワークショップ」予稿集，財団法人 日本情報処理開発協会(2001)
- (3) 莪山：“エージェントを身近に～民生機器応用への期待と課題～”，ネットワークエージェント技術委員会報告書，財団法人 日本情報処理開発協会(2001)
- (4) <http://www.cselt.it/mpeg/>
- (5) <http://www.bluetooth.com/> official Bluetooth SIG

webpage

- (6) Stuart Russell, Peter Norvig 著，古川 康一  
監訳：「エージェントアプローチ 人工知能」

筆者

莪山 真一(がやま しんいち)

- a. 研究開発本部総合研究所 研究統括部 システムイズ研究グループ
- b. 1991年4月
- c. ANC(アクティブノイズコントロール)技術の開発、無線LANシステム開発におけるデジタル変復調技術の開発を経て、現在エージェント技術の研究開発に従事する。
- d. ネットワーク応用開発と、人間の感性についての研究に興味を持つ。

堀内 直明(ほりうち なおあき)

- a. 研究開発本部総合研究所 研究統括部 システムイズ研究グループ
- b. 1998年4月
- c. エージェント技術の研究開発に従事し、現在にいたる。
- d. 人工知能関連の研究に興味を持つ。

梶 雅代(かじ まさよ)

- a. 研究開発本部総合研究所 研究統括部 システムイズ研究グループ
- b. 2000年4月
- c. エージェント技術の研究開発に従事し、現在にいたる。
- d. 制約充足問題やマルチメディア関連への人工知能応用に興味を持つ。