

セマンティックグループウェア WorkWare++と KnowWho 検索への応用

片山佳則、小櫻文彦、井形伸之、渡部勇、津田宏

E-mail: {katayama.yoshin,kozac,igata,watanabe.isamu, htsuda,}@jp.fujitsu.com

(株) 富士通研究所 ITメディア研究所

我々の開発したグループウェア WorkWare++では、Semantic Web 技術を利用することにより、これまでのアプリケーション依存のグループウェアでは困難であった、異種コンテンツ間の柔軟な関係づけが可能となる。WorkWare++では、既存の情報のメタデータおよび、メタデータ同士の関連情報も RDF により統一的に扱うことで、柔軟な情報統合を実現している。

この WorkWare++では、(1)自然言語処理(情報抽出)技術を用いたメタデータの生成技術、(2)異種メタデータ間の関連付け技術、(3)メタデータからのマイニング技術、(4)メタデータの検索・可視化技術、の4つの技術を組み合わせることにより、人、スケジュール、文書などの情報を様々な観点から統合してアクセスできる。

本稿では、WorkWare++の仕組み、特徴、それらを支えている技術をまとめ、異種アプリケーション間の情報統合により実現できた一例として KnowWho 検索への応用を述べる。

Semantic Groupware WorkWare++ and Application to KnowWho Retrieval

Yoshinori Katayama, Fumihiko Kozakura, Nobuyuki Igata, Isamu Watanabe, and Hiroshi Tsuda

E-mail: {katayama.yoshin,kozac,igata,watanabe.isamu, htsuda,}@jp.fujitsu.com
FUJITSU LABORATORIES LTD. IT Media Labs.

In groupware WorkWare++ that we developed, the Semantic Web technology is used. In WorkWare++, the flexible relation between different kind contents is possible by the use of the Semantic Web technology. In WorkWare++, flexible information integration has been achieved by unitedly treating existing meta data of information and related information on the meta data by RDF. WorkWare++ has the following four functions.

(1)Generation technology of meta data that uses natural language processing (information extraction) technology, (2)Relation technology between different kind meta data, (3)Mining technology from meta data, (4)Retrieval and technology of making to visible of meta data

It is possible to access it by integrating information in the person, the schedule, and the document, etc. from various viewpoints by these functions.

In this material, the mechanism of WorkWare++, the feature, and the technology that supports them are brought together, and the application to the KnowWho retrieval is described as one sample that was able to be achieved by information between the different kind applications integration.

1. はじめに

多くのグループウェアでは、スケジュール管理、掲示板、電子会議室など各種アプリケーションが提供されているが、個々のアプリケーションを中心とした情報管理となっており、情報連携も固定化したアドホックなものが多い。業務スタイルが個人を中心とした流動的なものになりつつある状況においては、このようなアプリケーション依存の情報共有では、新規アプリケーションへの対応など利用場面の变化などに柔軟に対応できない。つまり、アプリではなくコンテンツにより情報連携が行えることが必要である。こうすることで、異なるアプリケーション間でも情報共有を実現することが容易となる。

異種コンテンツの情報統合を目的としているのが、Semantic Web である。これは、Web サービス(XML Web Services)と並んで、次世代 Web における情報統合の基盤として、期待されているものである。

本稿で述べるセマンティックグループウェア WorkWare++は、Semantic Web 技術を、イントラネットにおける KM (Knowledge Management) に適用することで、企業内における人・文書・および様々な情報を連携する。WorkWare++は、様々な文書リソースの時間情報を自動抽出することで情報統合を行なう WorkWare¹⁾を、汎用的なメタデータ形式に発展させたものである。メタデータのモデルとしては、単に属性情報だけでなく、様々な関係情報を記述できることが求められるため、RDF(Resource Description Framework)²⁾を採用した。

以下では、2 節で Semantic Web の課題とその解決を図った WorkWare++の概要、3 節でセマンティックグループウェアとしての基本機能、4 節では、WorkWare++の応用例として、KM における KnowWho 検索への適用結果を事例とともに述べる。

2. セマンティックグループウェア:WorkWare++

本節では、2.1 節で Semantic Web の課題とその解決に向けた WorkWare++の方向付けを整理し、2.2 節以降でセマンティックグループウェア WorkWare++の特徴や仕組みをまとめる。

2.1 Semantic Web の課題と解決

Semantic Web は、Web の発明者として知られる Tim Berners Lee が 1998 年から提唱するビジョンであり、ソフトウェアエージェントが Web リ

ソース(Web ページなど)を解釈し、リソースの組み合わせ処理などの自動化ができる世界を目指している。現在 W3C を中心に Semantic Web を実現する技術が提案されている。Semantic Web は、Web ページ(実際には URI で指せるリソース)にメタデータ、オントロジー、ルールなどの階層状の規格群による情報を付与することで、ソフトウェアがリソースの属性やリソース間の関係を意味的に理解できるようにしている。

Semantic Web は "Web" と同様に、全世界で一つの "The Semantic Web" を指す場合と、それを実現するための RDF, OWL(Ontology Web Language), DAML(DARPA Agent Mark-up Language)といった規格群やそのツールといった Semantic Web 技術を指す場合の二通りがある。全世界規模の The Semantic Web の実現はまだ困難なことも多い。個人情報管理(Haystack)³⁾や、特定サイト内情報管理(TAP-KB Semantic Search)⁴⁾等などのように、特定のアプリケーションやイントラネットにおいて Semantic Web 技術を用いた応用が徐々に提案されてきている。

Semantic Web の実現にあたっては、メタデータ(情報に関するデータ)や、オントロジー(用語とそれらの様々な関係を定義したもの)が必要である。ここで問題となるのが、メタデータやオントロジーを誰が作るのか?である⁵⁾。メタデータやオントロジーは、従来の Web ページと異なり、作成自体にインセンティブを与えたり、フィードバックによる作成意欲を沸かせたりなどの即時的な効果が期待できない。

WorkWare++では、この課題に対して、自然言語処理(情報抽出)技術を利用して、メタデータを半自動で生成させることで解決を図っている。詳細は、3.1 節参照。

2.2 WorkWare++のねらい

WorkWare++では、メタデータを中心とした情報コンテンツの統合を目指している。固定した組織の情報だけでなく、企業における業務スタイルが、個人を中心とした流動的なものになりつつある状況(ユビキタス時代)に対しても、情報連携を可能にし、幅広い情報共有が実現できるようになる。

WorkWare++は、異種情報をグループ内で共有しシームレスに各種アプリケーションが連携できる EAI(Enterprise Application Integration)⁶⁾の一種と見ることもできる。異種データの統合に当たっては Semantic Web の基盤技術である RDF とオントロジー技術を利用している。

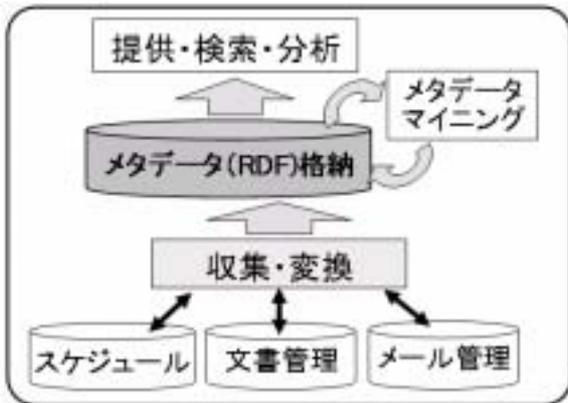


図1 WorkWare++の構成

2.3 WorkWare++の特徴

WorkWare++では、Semantic Web におけるメタデータモデルである RDF を中心データとすることで異種のアプリにおけるコンテンツ連携を行なっている。図1の構成図参照。

この構成において、WorkWare++は、メタデータの作成、メタデータの管理、メタデータの利用のそれぞれに関して次のような特徴を持っている。

[メタデータの作成]

人が通常の業務内で行っている作業から、自然言語処理技術を用いて半自動で RDF によるメタデータを生成する。メタデータ生成を目的とした登録作業などは不要となり、これにより、作成コストを削減する。機能の詳細は 3.1 節参照。

[メタデータの管理]

異種の RDF ノード間に新たな関連づけを行なうことでメタデータ間の連携を行なうことができる。ここは、グループウェアにおける自然なインターフェースから半自動で行う。これにより、メタデータを用いたコンテンツ間での連携を可能にしている。さらに、メタデータからのマイニングを行うことでノード間のダイナミックな関連も導き出している。

[メタデータの利用]

単一アプリケーションの情報だけでなく、異種アプリケーションをまたがる情報も、メタデータを利用する

ことで View として活用できる。このため、様々な視点やレベルで、コンテンツやコンテンツ間の関係に自由にアクセスできる。

これらの特徴に関する個々の技術は 3 節で述べる。

2.4 メタデータ連携による情報統合

メタデータを中心としたコンテンツ統合の例として、人を中心とした様々な情報連携を説明しよう。

元となるコンテンツは、人(従業員)のスケジュール情報、従業員データベース、オフィス文書、メール、ミーティング内容情報、各種報告書などである。WorkWare++は、これらのコンテンツのメタデータを RDF により作成し、RDF のノード間を半自動で関連付ける機能を持っている。図2は、各従業員のスケジュール情報と、それらを統合したミーティング情報とを連携させた状態を示している。人のスケジュール情報から、スケジュールのタイトル、日時、場所等を抽出する。この際、複数のスケジュールから同一のミーティングを検出し、関連付ける。ミーティングノードとスケジュールノード間は、タイトルと日時のマッチング(オントロジーマッチング)を行い、同等の値を持つものを関連付ける。このように、複数のスケジュール情報が一つのミーティング情報として統合される。

図3は、ミーティングと従業員情報、文書情報とを関連付けた例である。ユーザがグループウェア上で、あるミーティングに文書を貼り付けることで、人と文書の Create 関係、人とミーティングの Participate 関係、さらにミーティ

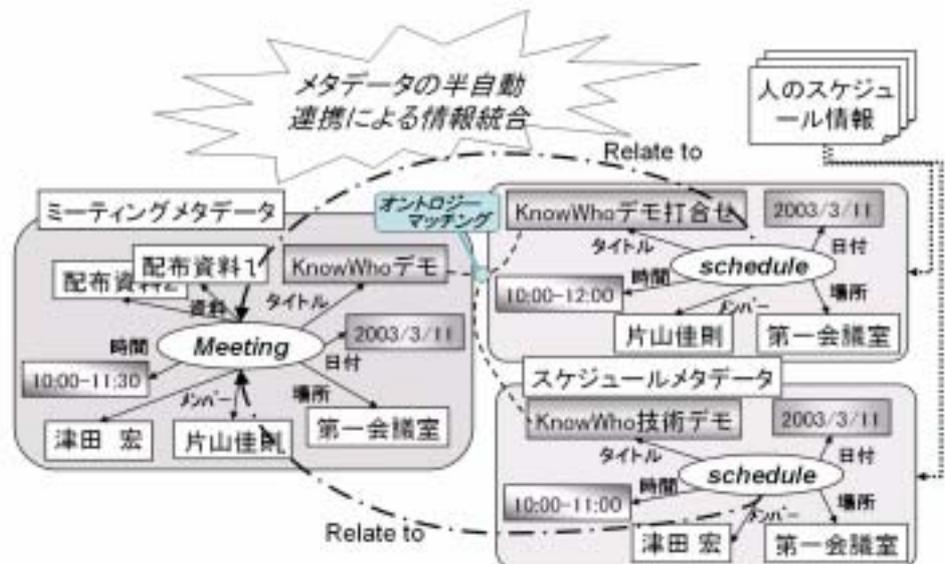


図2 メタデータの半自動連携による情報統合

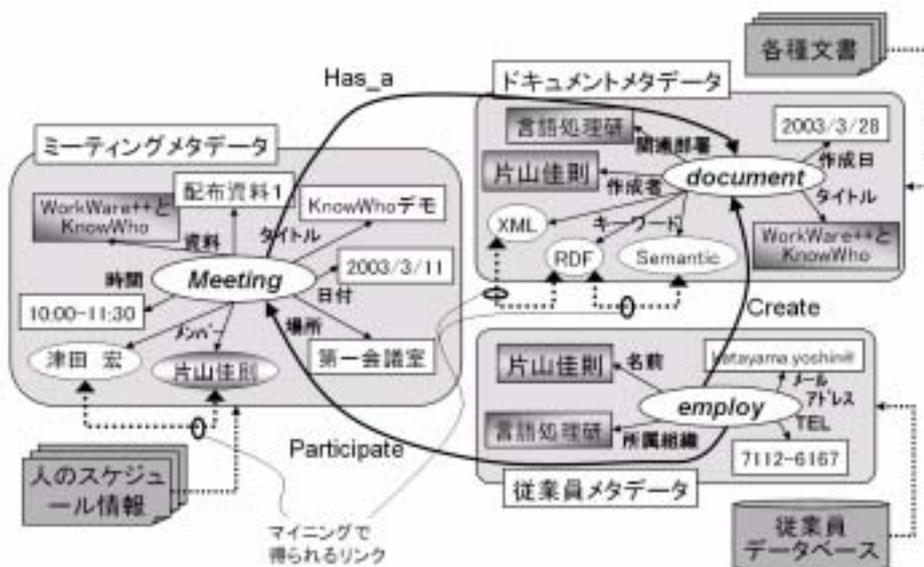


図3 メタデータの連携による情報統合

ングと文書の Has_a 関係が付与される。オフィス文書やメール、各種の技術文書から情報抽出技術によりキーワードが抽出され、関連づけられる。従業員データベースからは、名前や所属組織、メールアドレス、電話番号が抽出される。

このように、すべての情報が、ノード間のリンクで意味的に関連付けられることで、利用時に必要な情報は、すべてこれらの連携を経由してアクセスできる。

3. WorkWare++の基本機能

ここでは、WorkWare++の特徴機能を、メタデータを中心として、(1)生成技術、(2)連携技術、(3)マイニング技術、(4)利用技術の各側面から述べる。

3.1 メタデータの生成技術

Semantic Web では、RDF によるメタデータの作成コストが一つの課題である。大量の RDF があれば、それを活用した有用なアプリを開発できるかもしれない。しかし、一般には、このメタデータを作るコストが大きすぎて、メタデータが十分に蓄えられない。この結果、必要なアプリの構築もできないというデッドロックに陥りがちである。

WorkWare++では、グループウェアシステムと自然言語処理(情報抽出)技術よりメタデータとしての属性情報の自動抽出を行う。

WorkWare++では、日常作業として、スケジュール等のイベントや、イベントに関する文書(配布資料、議事録、メールの送受信)、情報検索ログなどの、個人に関わる情報が管理されて

いる。これらの情報がメタデータの抽出対象となる。個人や文書情報に付随する大量のメタデータの自動抽出は、日時には日付情報抽出、特徴キーワードに関しては形態素解析技術を用いている。また、各種サービスを利用したログからはログ分析技術によって、個人の興味情報を時系列で抽出する。スケジュールの参加者情報からは、同じ打合せに良く出る人との間の情報(人脈情報)が得られる。WorkWare++に

おいては、これらの情報がすべて、RDF によるメタデータとして統合管理される。個々のメタデータの例は、図2や図3の各メタデータを参照。

3.2 メタデータ間の関連づけ技術

自動抽出されたメタデータ間の関連づけは、オントロジーマッチング技術とグループウェアにおけるユーザインターフェースの組み合わせにより行なう。

関連づけ技術の結果得られるメタデータは、2.4節で述べた通りである。関連づけのためのインタラクション技術は、連携可能性の高いものをランキングして利用者を選択させることである。例えば、同じスケジュールの判定には、日付、時間(開始、終了)、タイトルがある。これらの値の共通性に応じて、スケジュールの同一性の判定支援を行い、ランキング表示することで、利用者は、探索作業などすることなく、システムから提供される情報から必要なものを選択するだけで判定できるようになる。

図4に示すように、スケジュールメタデータにある、同じ日付のスケジュールのリンク(図左)から提供される選択候補(中央)を決定することで、複数のスケジュールが一つのミーティング(図右)に関連づけられ、ミーティングメタデータとなる。この連携結果が、図2に示したメタデータ間の情報統合として管理される。これらのインタラクション技術により、特にミーティングタイトルに関する同義語が随時格納される。図5にこのインタラクションで作成されているオントロジー情報例を示す。ここでは、「KnowWho 技術デモ」のミーティングに関し、

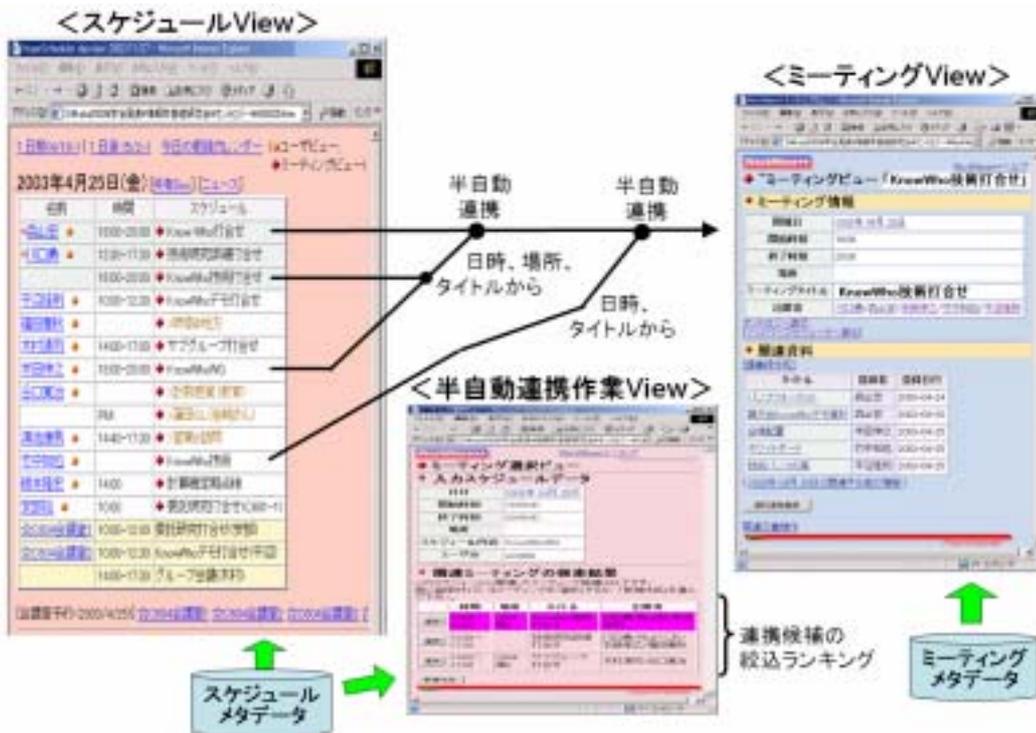


図4 スケジュールとミーティングの連携

ノード間のリンク関係をマイニングする技術を開発した。3.1節や 3.2 節で作成されたメタデータの属性値の頻度を元に、人の関係やキーワードの関係といった二次メタデータを導き出すプロセスをメタデータからのマイニングと呼んでいる。図 3 のドキュメントメタデータでは、ドキュメントにおけるキーワード間に、ミーティングメタデータでは、ミーティングにおけるメンバー間に、点線で示すリンクが追加される。このリンクは、主として共起関係を表し、同一ドキュメントによく出現するキーワード間や、同一ミーティングによく出席する人の間の関係性を表す。これらのマイニングは、最新のメタデータを対象に、必要に応じてダイナミックに行なわれることに注意されたい。

ミーティングの元スケジュール表示

本ミーティングの元スケジュール群は以下の通りです。

ユーザID	日	開始時刻	終了時刻	イベント内容	場所	スケジュールID
kanaguchi	2003-04-25	18:00:00	20:00:00	KnowWho技術打合せ		20030424153831 リンク切れ
moriyama	2003-04-25	18:00:00	20:00:00	Know Who打合せ		20030424153841 リンク切れ
yonada	2003-04-25	18:00:00	20:00:00	KnowWhoWG		20030424153854 リンク切れ
takaraie	2003-04-25	00:00:00	00:00:00	KnowWho技術		20030424153907 リンク切れ
Hiramasa	2003-04-25	10:00:00	12:00:00	KnowWhoデモ打合せ		20030425000400 リンク切れ

ミーティングビューに戻る

図5 ミーティングに関する元スケジュール情報例

3.4 メタデータの検索、可視化技術

各人がイベント内容として異なる表現用いていることがわかる。

予め同義語辞書としてこのような対応表を準備することは不可能で、このように、半自動連携処理を進めることで常に新しい辞書が構築されることが特徴である。このため、辞書の準備やメンテナンス等のコストが掛からない。

3.3 メタデータからのマイニング技術

Semantic Web マイニング⁷⁾には、RDFの構造およびコンテンツからのマイニングと、Semantic Webの利用ログからのマイニングの二種類があると言われている。WorkWare++では、前者に属する、メタデータの属性値の出現頻度を元に、

膨大なメタデータを処理する必要がある。3.1節から3.3節で得られた大量のメタデータを検索処理するために、大規模なXML高速全文検索技術⁸⁾を用い、メタデータであるRDF形式の情報検索の高速化をはかっている。この技術により、メタデータを効率的に検索処理できるようになっている。

利用場面においては、これまでは、検索システムなどがメタデータの単純なリスト表現やリンクなどを用いた二次情報を提供していた。しかし、これだけでは、様々な視点で得られた連携情報を活用することができない。そこで、WorkWare++では、これまでの情報提供方法に加えて、メタデータの連携情報などネットワーク

状になった情報を、様々な視点で二次利用できるように、テキストマイニング技術である ACCENT⁹⁾の可視化技術を活用している。

この可視化技術により、メタデータ間の関連づけ情報をグラフとして可視化し、かつ、グラフの視点も様々な切り替えて表示することを可能にしている。

例えば、メタデータによるマイニングによって、ミーティングのメンバー間に追加されたリンク情報をスケルトンマップで表示したり、ドキュメントのキーワード間に追加されたリンクをアンカーマップで互いの特徴属性をスプリング的に表示させたり、時系列の尺度も含めた関連表示などを提供している。これらのマップ表示の詳細は4節参照。

4. 応用例としての KnowWho 検索

本節では、セマンティックグループウェア WorkWare++の応用例として、企業内における KM の一事例である KnowWho 検索の実現を述べる。

特定のスキルを持った人やグループ情報を検索するのが KnowWho 検索である。しかしながら、これまでに提供されているキーワードを用いた単なる文書検索では、なかなかノウハウを持った適切な人にたどり着けない。KnowWho 検索においては、単に人名を提示するだけでは、回答にはならない。その人の過去の背景情報や現在(最近)の情報などすべてを提供したうえで、その人の適切さを最終判断できようとし、その人への連絡手段を与える必要がある。

このような KnowWho 検索には、第一に、個人に付随するユーザプロファイル取得の困難さがある。第二に、背景情報も含めた検索活用の課題がある。WorkWare++では、2.3 節や 3.1 節で述べたように、人が日常行う作業から、メタデータを自動獲得し、RDF として格納している。これにより、第一の課題の克服を実現している。

第二の課題に関しては、文書から抽出したスキルのメタデータを単に使用しても全文検索で著者を求めるのと同様に平面的になり、人脈などの背景情報も含めた情報を得ることは難しい。このために WorkWare++では、個人の背景情報を得るために、1)検索したい技術(キーワード)を特定する、2) 当該技術の関連するグループを見つける、3)グループ内の人脈とそれぞれの人の過去の関連技術を提供する、といった一連の情報検索を、相互連動させられるようにしている。

WorkWare++では、3.1 節から 3.3 節で示した

技術を用いて、従業員約 1000 名、文書数万件、スケジュール管理されている数百のミーティングを対象として、人に関するメタデータが作成されている。これらのメタデータを高速検索し、様々な視点でグラフ表示することにより、一連の情報検索を実現している。

4.1 技術を探すためのマップ:技術マップ

図6は、検索したい技術(キーワード)を特定するための技術マップの表示例である。

技術キーワード検索の第一歩として、初期キーワード(例えば「XML」)を与えると、そのキーワードを用いて、メタデータを絞り込むことで、求めたいキーワードを見つけるための対象コンテンツが絞り込まれる。このコンテンツの作成者を仲介して、各ノード(キーワードと組織名)が動的に関連付けられる。同時に、キーワード間や、キーワードと組織間のリンクを 3.3 節のメタデータによるマイニングにより追加し、このリンク情報をもとにノードを近くに配置している。この技術マップでは、組織名をアンカーにして表示している。

この技術マップを参照することで、ある技術を中心とした関連技術キーワードが導けるだけでなく、キーワードと組織との関連も判断でき、各組織の特徴的な技術情報も概観できる。これらが組織毎に特徴キーワードを DB 化しているのでなく、各組織の従業員が作成したコンテンツから自動で得られている。従って、コンテンツが増えることによって日々変化し、常に最新状態を反映する。

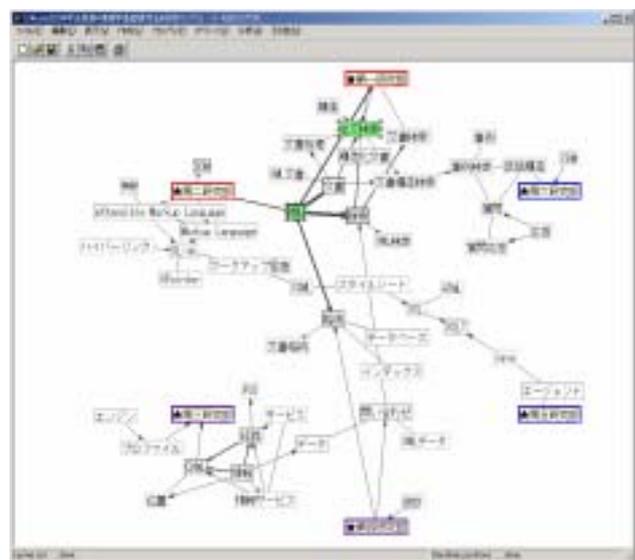


図6 「XML」で絞り込んだ技術マップ

ドキュメントID	ドキュメントタイトル	著者	作成日時
10000000-11-001	XML 全文検索	山本 太郎	2011/11/01
10000000-11-002	XML 全文検索	山本 太郎	2011/11/01
10000000-11-003	XML 全文検索	山本 太郎	2011/11/01
10000000-11-004	XML 全文検索	山本 太郎	2011/11/01
10000000-11-005	XML 全文検索	山本 太郎	2011/11/01

図7 「XML」と「全文検索」での関連グループ検索

4.2 グループを探す:関連グループ検索

技術マップから、必要なキーワードを選ぶことで、関連文書を絞り込むことができ、絞り込まれた関連文書からそのタイトルや作成者を介して関連するミーティングが得られる。これらのミーティングを関連グループと呼ぶ。図6から、「XML」と「全文検索」を選んで、関連グループを検索した結果をランキング表示したものが、図7の関連グループ検索であり、これがRDFのメタデータを検索した結果である。

この結果から、関連ミーティング名、そのミーティングの参加者がわかる。しかし、この参加者リストの参照だけでは、キーワード検索による人名検索とさほど変わらない。WorkWare++では、この関連グループ検索で得られた参加者リストから、さらに、人のダイナミックな関連が得られる。

4.3 人脈を探す:人脈マップ

前節の関連グループのランキングで、ミーティングを絞ることで、技術に関連する参加者(人名)が得られる。これらの人の中から適切な人を選ぶ場合、必要となるのは人同士の関係とその

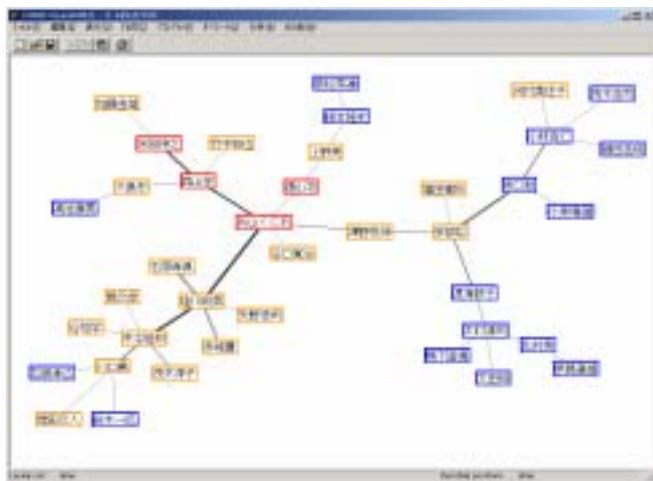


図8 ミーティングに基づく人脈マップ

人のスキル情報である。WorkWare++では、グループウェアの機能により、すべてのミーティングとそのミーティングへの参加者の情報をメタデータとして管理している。このメタデータを基にして、3.3節のメタデータによるマイニングを行うことで、人の関係をダイナミックに得られる。4.2節で得られた特定の技術で絞り込まれた参加者に対して、メタデータによるマイニングにより得られたダイナミックなリンク関係を視覚化した結果が、図8の人脈マップである。マイニングで得られたリンク(人の関係)の強さがグラフのリンクの太さで表現されている。

また、技術との関連の強さは、ノードの枠の色の違いで示している。これらの視覚化が、適切な人の判断をわかりやすく示している。図のように、マイニング結果から、いくつかのサブグループや、サブグループ間を結ぶキーパーソンとしての役割を担っている人も概観できる。

4.4 個人スキルの履歴を探す

4.3節の人脈マップによって、人同士の関係が得られ、適当と判断した人に関しては、次にその人のスキルの参照ができる。その人の従業員メタデータから意味的に関連付けられている文書メタデータにあるキーワード情報を、そのダイナミックなリンク情報とともにグラフ表示することによって、その人のスキルを把握できるようになる。

4.4.1 スキルスケルトンマップ

従業員メタデータとドキュメントメタデータの意味的な関連づけから得られたキーワード集合を、その人のドキュメントにおけるキーワードのリンク情報とともにスケルトン方式でグラフ表示したものが、図9のスキルスケルトンマップである。

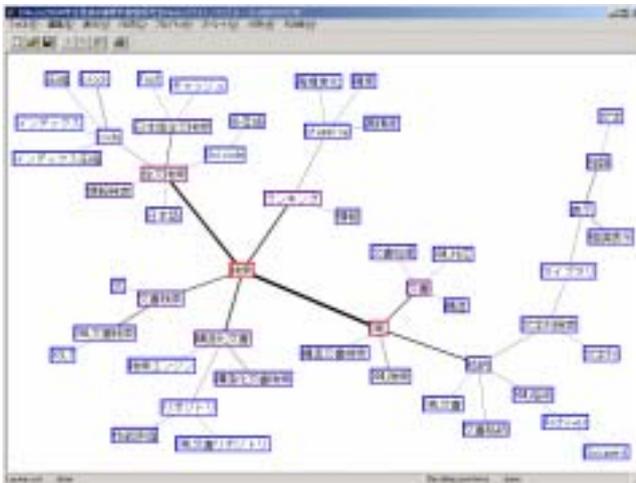


図9 スキルスケルトンマップ

このスキルスケルトンマップにより、その人に関わる技術をキーワードの関係として把握できる。

4.4.2 スキル履歴マップ

図 10 は、得られたキーワード集合を、マイニングによるリンク情報とともに、キーワードが関連する日付を用いて時系列にならべたものである。これをスキル履歴マップと呼ぶ。この図では、左から年度の時系列順に並べている。

このスキル履歴マップによって、その人が過去から現在に至るまでどのような技術を扱ったか、新しいこと(技術)をいつ扱うようになったのが概観できる。

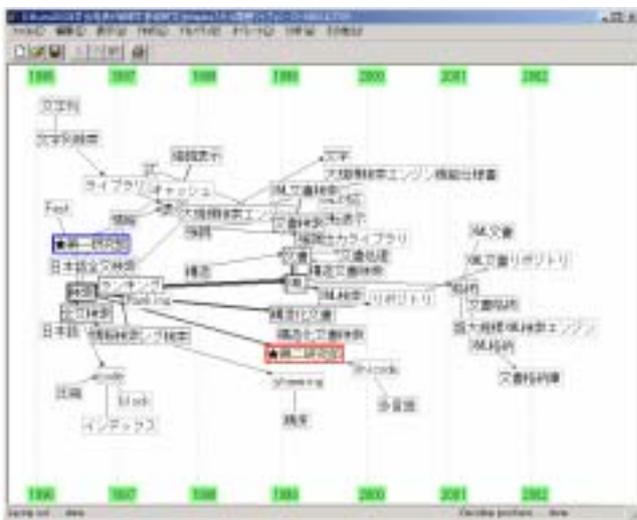


図 10 スキル履歴マップ

4.5 KnowWho 検索の結果

KnowWho 検索に関して、WorkWare++により、半自動で作成、管理されている関連づけ情報も含めたメタデータの、検索と可視化の事例を 4.1 節から 4.4 節までに示した。これらの可視化情報の結果から、単なる人名の検索だけでなく、人に関する背景情報をインタラクティブに確認しながら、適切なスキルを持った人を的確かつ容易に絞り込めるようになる。

5. まとめ

WorkWare++は、メタデータ半自動生成、RDF、全文検索、グラフ視覚化といった技術の組み合わせによる統合型グループウェアである。本報告では、日常の作業から、個人のメタデータの自動取得を行い、RDF として管理し、視覚化も含めた情報検索活用ができることを示した。

また、応用として企業内 KM として適切なノ

ウハウを持った人にたどり着くための KnowWho 検索を試作し、知識の共有、管理、再利用が効率的に行えることを示した。オープンなグラフデータ構造を表現できる RDF により、異種アプリケーションにおける情報を低コストで関連付けし、拡張も容易で、かつ複数のビューによるメタデータ活用が可能となった。

WorkWare++では、RDF により幅広いコンテンツやアプリケーションを、統合・管理・活用できる。さらに、単なるグループ間情報共有だけでなく、流動的な組織における意思決定支援や人材の有効活用への応用も可能である。今後は、アウェアネスやプレゼンスを用いたコミュニケーションと連携させ、ユビキタスな環境でのセキュアな情報共有の方向に発信させる予定である。

参考文献

- 1) Haystack, <http://haystack.lcs.mit.edu/>
- 2) TAP-KB, <http://tap.stanford.edu/>
- 3) 津田:メタデータとその活用,INTAP セマンティック Web コンファレンス 2002, 2002.
- 4) H.Tsuda, K. Uchino, K. Matsui, WorkWare: WWW-based Chronological Document Organizer, APCHI98, pp.380-385, 1998.
- 5) RDF(Resource Description Framework), <http://www.w3.org/RDF/>
- 6) EAI(エンタープライズアプリケーション統合), <http://www.eaisf.net/>
- 7) B.Berendt, A.Hotho,G.Stumme "Towards Semantic Web Mining", ISWC2002, LNCS2342, Springer-Verlag
- 8) 井形他:大規模な構造化文書データベースにおけるインデクシングと検索の手法、情報情報学基礎研究会 2000-FI-57-2, 2000.
- 9) 渡部他: 富士通研究所による特許検索・分析支援システム「ACCENT」、INFOSTA2002、A-1, 2002.
- 10) 片山他:Semantic Web 利用による次世代グループウェア: WorkWare++、情報処理学会シンポジウム インタラクシオン 2003 インタラクティブ発表、2003.
- 11) Igata, Tsuda, Watanabe, Matsui, "Semantic Groupware" An approach to KNOWWHO using RDF", 大阪大学産研国際シンポジウム ポスター (大阪), 2003.
- 12) 小櫻他:Semantic Web 利用による次世代グループウェア: WorkWare++、情報処理学会第 65 回全国大会 SemanticWEB 特別セッション 2003.