

属性グラフ文法に基づく研究情報の蓄積・共有支援手法

村上千明^{†1} 穴田浩一^{†2} 夜久竹夫^{†3}
森本康彦^{†1} 中村勝一^{†4} 神長裕明^{†4} 宮寺庸造^{†1}

大学研究室での研究支援における情報共有では、文書だけでなくそれぞれの文書が発生した研究活動の経緯や文書間の関係を表す文脈情報も重要であり、これらをシステム上で視覚的に共有管理することが有効である。ワークフローではルール化することで文脈情報も含めた情報蓄積を行っているため利用者の負担軽減が実現できているが、研究活動は分野や研究者により多様なため、従来のワークフローでは適切な情報蓄積ができないという問題点がある。一方共有面では、一般に制約のもとでのグラフ描画は計算量が大きくなることがあるため、研究情報の視覚化に対するシステム要件は、ストレスなく現実的な時間で情報を描画できることである。以上の問題点を解決するために本研究では属性グラフ文法を導入した研究情報蓄積・共有手法を開発する。具体的には、研究情報関係グラフ(*RIRG*)を新たに導入し、この *RIRG* を属性グラフ文法のプロダクションにより生成することで、多様な研究活動に対応しつつ、蓄積作業の負担軽減が期待でき、蓄積面の問題点を解決する。また、属性グラフ文法の意味規則を用いることで、*RIRG* の効率的な描画が期待でき、共有面の問題点を解決する。

Support Methods for Collecting and Sharing Research Information Based on Attribute Graph Grammar

CHIAKI MURAKAMI^{†1} KOICHI ANADA^{†2} TAKEO YAKU^{†3}
YASUHIKO MORIMOTO^{†1} SHOICHI NAKAMURA^{†4}
HIROAKI KAMINAGA^{†4} YOUZOU MIYADERA^{†1}

In order to efficiently share research information on research supports, in a university laboratory, not only the research documents but also context information is important. The context information shows details of research activities where each document is generated and the relation between documents. Therefore, to visually share and to visually manage this information on a system is effective. In the case of workflow, because research information including context information has been collected by making rules, the user's burden will be reduced. However, because research activities are various according to the field and the researchers, there is a problem that the relevant information cannot be collected by the existing workflow. On the other hand, research information sharing, in general, is difficult because of the time complexity of graph drawing on constraints is large. Therefore, the system requirement for visualizing research information is to draw it in time without stress. To solve these problems, this study has developed the research information collecting and sharing methods based on the attribute graph grammar. Concretely, at first, the research information related graph (*RIRG*) has been newly introduced. By generating the *RIRG* with the production of the attribute graph grammar, the burden reduction of the collection work, corresponding to various research activities, can be expected. Then, the problem on the collecting side is solved. Moreover, an efficient drawing of *RIRG* can be expected by using the semantic rule of the attribute graph grammar. Then, the problem on the sharing side is solved.

1. はじめに

大学研究室における情報共有では、メンバー間の状況や既に卒業した先輩の研究過程などの、活動の過程を表す文脈情報の共有が重要である。このため、文書だけでなく、それぞれの文書が発生した研究活動の経緯や文書間の関係を表す文脈情報も、システム上で視覚的に共有管理することが有効であると考えられる。本研究では研究文書とその文脈情報（本研究ではこれらを研究情報と呼ぶ）を含むグラフによる視覚的な蓄積・共有支援を目指す。

情報共有に関する先行研究では、文献[1]-[5]などが挙げ

られるが、蓄積面においてこれらのシステムは、研究初心者には負担が大きく必要な情報の蓄積を損ねてしまう可能性がある。また、ワークフローシステム[6]のような作業の手順や関係情報の蓄積をルール化することで、文脈情報の蓄積を容易にする研究もあるが、知的作業を伴う研究活動は分野や研究者により多様なため、従来のワークフローでは適切な情報蓄積が難しいという問題点がある。一方グラフによる視覚的提示では、一般に制約のもとでのグラフ描画は計算量が大きくなることがあるため、研究情報の視覚化に対するシステム要件は、ストレスなく現実的な時間で情報を描画できることである。上記の問題点を解決するために本研究では、属性グラフ文法を導入した研究情報蓄積・共有支援手法を開発する。

具体的には、まず研究文書とそれらの関係と文脈情報を表す研究情報関係グラフ(*RIRG* : Research Information Relation Graph) (以下 *RIRG*)を導入する。蓄積面の問題に対しては、*RIRG* に対するグラフ文法のプロダクション(生成

^{†1} 東京学芸大学
Tokyo Gakugei University

^{†2} 早稲田大学高等学院
Waseda University Senior High School

^{†3} 日本大学
Nihon University

^{†4} 福島大学
Fukushima University

規則)を研究活動ごとに定め、これを用いて *RIRG* を導出することで研究情報を蓄積する。また、共有面では、属性値の計算を行う意味規則により、*RIRG* に対して効率的な描画を行うための属性に対する数式を与える。以上の手法により、蓄積面ではプロダクションによる柔軟な規則化により多様な研究活動や分野に対応しながら蓄積を容易にすることができ、共有面では、意味規則により *RIRG* の効率的な描画が期待でき、上記の問題点を同時に解決する。

本稿では、研究情報蓄積・共有支援システムの設計を目的とした、上記手法の開発とそのモデル化を行う。このシステムを大学研究室に導入することで、研究情報の容易な蓄積と共有が実現できると考えられる。

2. 研究背景

2.1 現状

多くの大学では卒業要件として卒業研究を課しており、学生は大学研究室に属して研究を行う。このような学生の多くが研究初心者でありながら、短期間で成果を求められる。このためこのような学生に対して何らかの支援が必要とされる。また、大学研究室の研究支援においては情報共有が有効であり、論文や資料等の研究文書だけでなく、それらの関係や、活動の過程などを表す文脈情報の共有が重要である。しかし、このような文脈情報を含む研究情報は、研究を続けるに従い膨大化するため管理や共有が困難になり、システムによる研究情報の蓄積や管理、共有の支援が求められる。

2.2 関連研究

研究支援における研究情報の蓄積・共有に関する研究は多くなされてきた。文献[1]では、研究文書をノードとしそれらの関係をコネクタで接続した *RITG* を、ノードの自由配置による個人の観点での管理と、共通の観点で再描画することによる共有を提案している。文献[2]では、文書間の文脈情報を知識メモ形式で付加することで蓄積し文書の共有促進を行っている。また、知識メモによって作成された文書間の関係を描画することで探索の促進も行っている。文献[3]ではゼミコンテンツを蓄積しこれらの活用管理を行うシステムの開発をしている。研究過程であるゼミコンテンツの引用関係をグラフとして表示し管理することで情報へのアクセスを容易にしている。その他の文献[4][5]でも文書間の関係を視覚的に提示することによる共有や管理の支援を行っており、このような視覚的な提示による共有や情報の管理は有効であると考えられる。

しかし、これらを含む多くの研究は、文脈や関係情報をひとつひとつ手で蓄積するため利用者に大きな負担を強いている(問題点①)。特に、本研究で対象とする研究初心者にとっては、そもそも何を蓄積すべきかわからず、研究情報の蓄積自体を損ねてしまうという問題をも引き起こしている。一方で、ワークフローシステム[6]のような活動を

ルール化することによりシステムの裏側で文脈情報を自動的に蓄積することに成功しているが、研究のように知的な活動は研究者や分野によって活動内容が多様であるためワークフローのような固定的なルールでの対応は難しい。

また先に述べた通り、グラフによる視覚化の効果が確認されていることから、本研究においても文献[1]のようなグラフを導入した視覚的提示を目指す。しかしながら、文献[1]のグラフでは、研究活動を表す文脈情報が十分でないため、何らかの拡張を必要とする。一般にある制約下でのグラフの描画では計算量が大きくなることが知られており、システムとして運用するためには、ストレスのない時間内でのグラフ描写が求められる。本研究では、ノード間の位置関係が重要な役割を果たすため、ノードの座標値の決定が必要とされる。これは、グラフ描画問題に帰着されるため、描画の際の計算量を考慮する必要がある。しかしながらそこまで考慮することを明示した研究情報共有支援システムは見当たらない(問題点②)。

そこで本研究では、これらの問題点①②を同時に解決する、研究情報の蓄積・共有支援手法を開発する。

3. アプローチ

本研究では、研究活動の過程を表す文脈情報と研究文書及びそれらの関係を表現する *RIRG* を新たに提案し、本手法を用いた研究情報の蓄積管理・共有支援システムを開発する。このため、まず *RIRG* について述べた上で、問題点①②に対するアプローチについて述べる。

3.1 研究情報関係グラフ

研究情報関係グラフ(*RIRG*)は、研究文書と研究情報の関係、加えて研究活動の過程を表す文脈情報を図1のように表現する。具体的には、研究文書を丸ノード、研究活動を四角ノードとし、それらの関係をエッジで繋ぎ、各ノードがどの研究活動で発生した研究文書かを矩形で囲い、研究活動の過程が俯瞰できるように表現する。

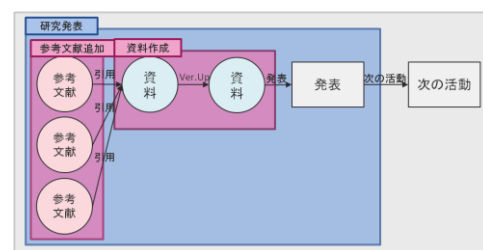


図 1 研究情報関係グラフのイメージ

図1では、「研究発表」とラベリングされた研究活動の様子を視覚化した例である。「研究発表」活動は、「参考文献追加」と「資料作成」、および「発表」の活動から構成される。このように研究活動は、矩形の枠で囲んだ、研究活動の範囲を階層的に表現している。「参考文献追加」の活動では、収集した[参考文献]を研究文書として蓄積する。「資料

作成」の活動では、収集した[参考文献]を引用して[資料]を作成・蓄積し、バージョンアップを経て、<発表>へ進める。<発表>の四角いノードは展開可能な研究活動であり、展開された後に研究活動範囲として矩形の外枠で表現される。研究文書の丸いノードは色分けされており、研究文書が蓄積されている場合は文書の種類によって色つき、まだ蓄積されていない場合は灰色が割り当てられている。本研究ではこのような *RIRG* を扱う。

3.2 研究方針

本節では、問題点①②を解決するため、*RIRG* の蓄積・共有支援手法のアプローチについて述べる。

問題点①に対して、利用者が上述の *RIRG* を容易に構築できる必要がある。しかし、ワークフローのような活動の定型化では、多様な研究活動には対応することができない。そこで、グラフに対する形式文法であるグラフ文法[7]を導入する。研究活動ごとに対応する *RIRG* を生成するプロダクション(生成規則)を定義し、これを適用することで *RIRG* を容易に構築し、研究情報を蓄積することができる。具体的には、様々な研究活動ごとに、発生する研究文書とその関係を表すグラフをプロダクションとして定義する。これにより利用者は、次に行う研究活動を決定するだけで、対応するプロダクションによりグラフが展開し、一定のルールのもとに必要な研究文書やそれらの関係が生成・蓄積される。よって、利用者に強いていた蓄積作業の負担軽減が可能となり、問題点①の解決が図れる。加えて、*RIRG* のグラフ文法を形式的に定義しプロダクションを差し換えることで、研究文書や関係・活動の種類を適用先に合わせて変更することができるため、様々な研究活動や分野に特化した研究情報の蓄積管理支援システムの開発が容易になる。

次に、問題点②に対して、グラフの描画を効率的に行う仕組みが必要である。そこで上述したグラフ文法を拡張した属性グラフ文法[8]を導入する。属性グラフ文法では、各プロダクションに属性値の計算を行う意味規則を付加することで、グラフに対し展開に応じた属性値を与えることができる。このため、本研究では *RIRG* の各ノードや活動範囲の枠に対しても配置の位置関係を意味規則によって属性値として付加することで、グラフ描画のための座標計算の効率化が期待でき、問題点②の解決が図れると考える。

3.3 *RIRG* 蓄積・共有支援システムの概要

本研究で想定する支援システムでは、研究室のメンバー一人一人が *RIRG* を持ち、これを研究の遂行に従い構築することで、研究情報の蓄積・共有支援を行う。システムでは主に蓄積支援機能と共有支援機能を持つ。以下、これらについて述べる。

(1) 蓄積支援機能

蓄積支援機能では、利用者自身の *RIRG* を構築する。丸ノードは研究文書を表し、四角ノードは研究活動を表す。図2のように、利用者は四角いノード<発表>をクリックす

ると、次に実行可能な研究活動の一覧が表示される。その中から一つの研究活動を選択すると対応したプロダクションが適用され *RIRG* が展開される。図2-aの例では<発表>をクリックするとそこで実行可能な研究活動の候補として、<ゼミ発表>と<学会発表>が提示される。ここでは<ゼミ発表>を選択したため、図2-bは対応したプロダクションにより展開された結果の *RIRG* である。

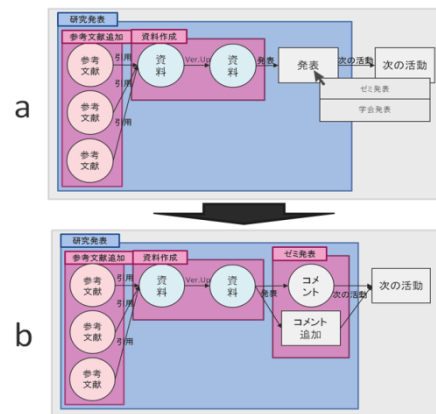


図2 蓄積画面のイメージ

研究文書を表すノードには、色つきと灰色の二種類存在する。色つきは、そのノードに対応した研究文書が対応付け済みであることを示し、灰色はノードに示した種類の研究文書の蓄積を促している。このように、利用者が自身の活動を決定するだけで、*RIRG* として研究活動と研究文書、それらの関係を自動的に構築することができる。本研究で対象としている研究初心者にとっては、次にどんな活動をすべきか、その活動中にどんな研究文書を蓄積すべきか等の示唆になるため、適切なタイミングで妥当な研究情報の蓄積促進が期待される。

この *RIRG* の構築をグラフ文法に基づいて行うことで、利用者個々の活動に適応することができ、柔軟性を持った定型化が実現できる。また、研究室や分野に合わせて文法を定義し、その文法を解釈実行する支援システムの開発により、システムに対する柔軟性が担保される。

(2) 共有支援機能

共有支援機能では、参照したい利用者を指定するとその利用者の *RIRG* を表示する。既に研究文書のファイルがリンク付けされている色つきの丸ノードをクリックすると、対応付けされた研究文書をダウンロードし閲覧できる。利用者は共有支援機能により、他者の研究文書だけでなく、それらの関係や活動の過程を把握し共有することができるようになる。

3.4 研究手順

前節で述べたシステムを実現するためには、*RIRG* とそのグラフ文法を計算機上で扱えるようにモデル化する必要がある。このため、まずは *RIRG* とそのグラフ文法(以下 *RIRGG* : Research Information Relation Graph Grammar)の定

義を行う。更に、*RIRG* は活動に合わせて構築していくため、展開途中の *RIRG* を扱うことができる蓄積管理手法が必要である。そのため、*RIRG* の管理手法と生成アルゴリズム、加えて *RIRG* を描画するための属性値を用いた *RIRG* 座標決定アルゴリズムについて述べる。

4. *RIRG* と *RIRGG* の定義

RIRG を生成する属性グラフ文法 *RIRGG* を計算機上で扱うためこれらの形式的定義を行う必要がある。本研究では属性 edNCE グラフ文法[7][8]をもとに定義を行う。属性 edNCE グラフ文法では、エッジの方向やノードのラベルを扱うことができる。このため、ノードやエッジの名前、時間的推移に意味を持つ *RIRG* に対して有効であると考え、これを採用した。定義は以下の通りである。

[定義 1] 研究情報関係グラフ(*RIRG*) G は、 $G=(V_1, \Sigma_1, V_2, \Sigma_2, E, \Gamma, A, \Lambda, \phi, \Phi)$ である。 V_1 と V_2 は研究情報ノードの有限集合である。ノード $v_1(\in V_1)$ は研究文書、ノード $v_2(\in V_2)$ は研究活動を意味し、それぞれラベルとして $\sigma_1(\in \Sigma_1)$, $\sigma_2(\in \Sigma_2)$ を持つ。 Σ_1 は研究文書ラベル、 Σ_2 は研究活動ラベルの有限集合である。 $E \subseteq \{(v_\alpha, \gamma, v_\beta) \mid v_\alpha, v_\beta \in V_1 \cup V_2, v_\alpha \neq v_\beta, \gamma \in \Gamma\}$ はエッジの有限集合である。エッジ $e(\in E)$ は研究情報間関係を意味し、そのラベルとして $\gamma(\in \Gamma)$ を持つ。 Γ は研究情報間関係のラベル有限集合である。 A は研究活動範囲の有限集合である。 $a(\in A)$ は研究活動範囲を意味し矩形で表現する。そのラベルとして $\lambda(\in \Lambda)$ を持つ。 $\phi: V_1 \rightarrow \Sigma_1, V_2 \rightarrow \Sigma_2$ は研究情報ノードのラベリング関数である。 $\Phi: V_1 \cup V_2 \rightarrow \Lambda$ は研究活動範囲のラベリング関数である。 □

定義 1 は *RIRG* の定義である。図 1 の丸ノード(研究文書)の集合を V_1 , 四角いノード(研究活動)の集合を V_2 として定義し、さらに、各研究文書や活動がどの研究活動によって発生するかの範囲を枠で表現するため、矩形の有限集合 A を定義した。また、文書のラベルや活動を表すラベル付けをする関数として ϕ を、各文書がどの活動によって発生したかを関連付けるための研究活動範囲を得る関数を定義した。

[定義 2] 研究情報関係グラフ文法 *RIRGG* は次を満たす 5 項の組 $RIRGG = (G, P, S, Att, F)$ である。 G は *RIRG* である。 P はプロダクションの有限集合である。ただし、 P の要素は $X \rightarrow (G_x, C)$ であらわし、 $X(\in \Sigma_2)$ は書き換え対象の非終端ノードラベル、 G_x は X を書き換えた *RIRG* のサブグラフ、 $C \subseteq (\Sigma_1 \cup \Sigma_2) \times \Gamma \times \Gamma \times V_{G_x} \times \{in, out\}$ は接続関係である。 V_{G_x} はグラフ G_x のノード集合である。 S はひとつのノードからなる開始グラフである。 Att は属性の有限集合である。 F は意味規則の有限集合である。 □

定義 2 は定義 1 で述べた *RIRG* を生成するグラフ文法(以下、*RIRGG*) の定義である。プロダクションでは edNCE グラフ文法をもとに、*RIRG* のエッジの向きやラベルの書き

換えに対応することができるようにした。また、プロダクションに加えて、属性集合と意味規則を持たせることで、グラフの展開に合わせた属性値の書き換えを可能とする式を付加することができるようになる。

これらの定義では、研究活動 V_2 の結果発生した研究文書 V_1 は、*RIRG* の終端ノードとなる。 V_1 のラベル Σ_1 の要素には、論文、発表資料、メモ、コメントなどの研究に関わる文書の種類を想定している。非終端ノードにあたる研究活動 V_2 のラベル Σ_2 の要素には、資料作成、システム開発、参考文献追加などの研究活動を想定している。また、これら研究情報間関係 Γ の要素には、引用、バージョンアップ、コメントなどの関係を想定している。図 3 に想定するプロダクションの例を示す。

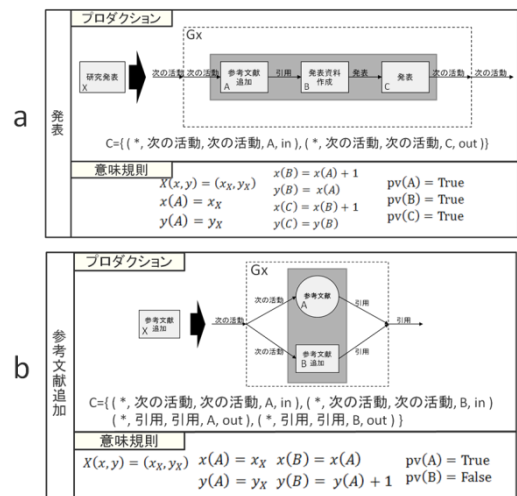


図 3 想定するプロダクションと意味規則

図 3-a のプロダクションは、<研究発表>ノードを右側の点線内のグラフ(以下書き換えグラフ G_x)に書き換える。ここでは、<研究発表>の中で更に具体的にどのような活動を行うかを示し、<参考文献追加>、<発表資料作成>、<発表>の 3 つの活動に展開される。接続関係 C は、 $(\sigma, \gamma_1, \gamma_2, V_{G_x}, \{in, out\})$ の形式で表現し、 $\sigma(\in (\Sigma_1 \cup \Sigma_2))$ から X に接続しているエッジのラベル $\gamma_1(\in \Gamma)$ を $\gamma_2(\in \Gamma)$ にし、接続先を X から $V_{G_x}(\in G_x)$ に張り替えることを意味する。図 3-a では、 $(*, \text{次の活動, 次の活動, A, in}), (*, \text{次の活動, 次の活動, C, out})$ と表記され、図 3-a の点線の枠の外にある「次の活動」エッジは、書き換え前のノード<研究発表>に接続していた「次の活動」エッジのように変更することを示している。プロダクション下の数式は、書き換えグラフのノードの位置関係を、属性値 (x, y) で与える意味規則 F の要素の例である。具体的には<研究発表>ノード X が持つ位置関係 (x_x, y_x) を用いて、書き換えグラフ G_x のノード A の位置関係 (x, y) を $x(A) = x_x, y(A) = y_x$ という意味規則によって与える。また、ノード B に対し、 $x(B) = x(A) + 1, y(B) = y(A)$ によって与えられ、ノード A の x 軸方向に 1 つ離れた位置にあることを示す。

また、 $PV(A) = True$ は、ノード A が展開された時に、活動範囲を表示することを示す。同様に、図 3-b のプロダクションでは、<参考文献追加>を行った結果、研究文書として [参考文献] が発生し、更に研究活動<参考文献追加>を行う関係をグラフに埋め込み、同様にエッジの貼り替えと属性値の付加を行う。このように、プロダクションと意味規則では、研究活動ごとに発生する研究文書や更に行うべき活動の関係を RIRG に埋め込むことを想定している。

RIRGG は、適用先の研究分野や研究活動の習慣などを考慮し、各要素を定めなければならない。この定義に従い研究文書やそれらの関係等の要素を差し替えることで、本研究で想定するシステムを適用先に合わせて利用可能になる。

5. RIRG 管理手法

本章では 3 章で述べた提案システムにおける RIRG の内部構造と生成・座標決定アルゴリズムについて述べる。

5.1 プロダクション木

システム上で提示する RIRG は、利用者がそれぞれの研究活動に合わせて操作し構築していくため、非終端ノードを持つ RIRG を保存し構築を再開できる必要がある。このため、図 4 のようなプロダクション木を導入する。

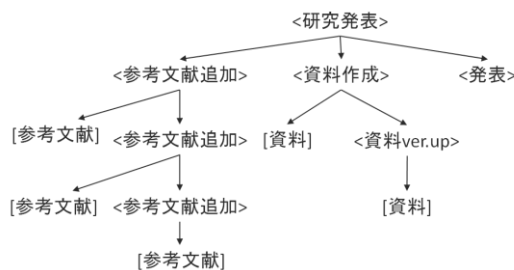


図 4 プロダクション木のイメージ

図 4 のプロダクション木では、RIRG の研究文書を表す終端ノードを [] の括弧で、研究活動を表す非終端ノードを < > の括弧書きで表し、どの非終端ノードがどのノードに書き換えられたかを木構造の親子として表した。これを用いることで、RIRG の展開の構造を表現しながら展開途中の非終端ノードが残っている RIRG を管理する。次に各ノードが持つ要素について述べる。

本研究では RIRG の視覚的な蓄積・共有支援のための描画に対して次の 5 つの制約を設けた。

- 1 時間的推移は左から右へ描画
- 2 同じ作業の繰り返しは上から下へ描画
- 3 活動範囲を表す矩形の枠やノードが互いに重ならない
- 4 同じ活動が繰り返し行われ、矩形が入れ子構造になる時、内部の矩形を表示しない
- 5 最初のノードは左上から描画

制約 1~3 を満たすには、矩形やノードの位置関係の情報が必要である。研究活動範囲を表現する矩形の大きさ等の情報は、書き換える前の親ノードが持つことで矩形とノ

ードの階層関係を保持する。しかし、ノードや矩形の上下左右の位置関係を表現できないため、これらの位置関係を属性 $Node_Position(x,y)$ (以下 $np(x,y)$) とし、これを意味規則によって RIRG の各ノードに持たせる。また、制約 4 に対しては、表示する矩形を示す属性 $Production_View$ (以下 pv) を True or False として持たせることにする。これらを用いて絶対座標を決定する。絶対座標値の属性として、矩形に対しては左上の座標点を $upper-left(x,y)$ (以下 $ul(x,y)$)、右下の座標点を $lower-right(x,y)$ (以下 $lr(x,y)$)、研究文書を表す終端ノードと研究活動を表す非終端ノードの中心座標を $Node-Coordinate(x,y)$ (以下 $nc(x,y)$) とし、これらをプロダクション木の各ノードの持つ情報とする。

次に、プロダクション木を用いた RIRG の生成アルゴリズムと絶対座標決定アルゴリズムについて述べる。

5.2 生成アルゴリズム

生成アルゴリズムは、システム上で RIRG を展開操作した際に、内部で RIRG に対応するプロダクション木を操作し、属性値を付加するアルゴリズムである。生成アルゴリズムは以下の通りである。

Derivation ($T_G, X, Production$)

Input : $T_G, X, Production$

Output : T_G

$T_G.X.child = New\ Node;$

$T_G.X.child = copy(Production.v_G.label);$

$T_G.X.child.attitude = v_G.Semantic_rule(X.attitude);$

return $T_G;$

End

生成アルゴリズムでは、RIRG に対応するプロダクション木 T_G 、適用対象となる非終端ノード X 、適用するプロダクションを入力する。G の非終端ノード X に対して RIRGG のプロダクションと対応する意味規則 $Semantic_rule$ を適用し、G を生成しそれに対応するプロダクション木 T_G を出力する。図 3-a のプロダクションでは、書き換え対象の<研究発表>ノードに、新たな書き換えグラフのノードの数だけ子ノードとして追加し各ラベル<参考文献追加><発表資料作成><発表>を追加した子ノードにコピーする。次に、各ノードに対して、位置関係を表す属性値と研究活動範囲の表示非表示を決定する属性値を付加する意味規則の計算を行う。最後に、新たに展開したグラフに対応するプロダクション木を出力する。以上のように、RIRG をプロダクション木 T_G として生成することができる。

5.3 座標決定アルゴリズム

次に、生成したプロダクション木を用いた RIRG のノードと矩形の座標決定アルゴリズムについて述べる。座標決定アルゴリズムでは、5.1 節で述べたノードや矩形の相対的な位置関係を xy 座標で表す属性値 $np(x,y)$ 、矩形の表示非表示に対して属性値 pv を用いて各ノードと矩形の絶対座標を決定する。決定する絶対座標は、すでに展開されている非終端ノードに対しては $ul(x,y)$ と $lr(x,y)$ を、終端ノードと、未展開の非終端ノードに対しては $nc(x,y)$ を、以下の

座標決定アルゴリズムで与える.

Make_coordinates_value(T_G , v_G , **start point**(x,y))

Input : T_G , v_G , **start point**(x,y)

Output: T_G

```

st.x = x ; st.y = y ; //子ノードの描画起点を保持する変数
max.x = x ; max.y = y ; //子ノードの描画領域を保持する変数
v_G.ul(x,y)=start point(x,y);
if (v_Gが子ノードを持たない){
    v_G.ul(x,y) = (x,y);
    v_G.lr(x,y) = (v_G.ul(x)+ $\alpha$ , v_G.ul(y)+ $\alpha$ );
    v_G.nc(x,y) = (v_G.ul(x)+ $\alpha/2$ , v_G.ul(y)+ $\alpha/2$ ); }
else if (v_Gが子ノードを持つ){
    st.x = st.x+d_x; st.y = st.y+d_y;
    while (v_Gに未参照の子ノードがある ){
        T_G=Make_coordinates_value( T_G, v_G.child(npが一番左上
        の未参照の子ノード), st.x, st.y );
        st.x = v_G.child.lr(x);
        if (max.x < st.x) max.x = st.x;
        if (max.y < st.y) max.y = v_G.child.lr(y);
        //次の子ノードを参照し起点 st(x,y)を決定する
        if(v_G.child.np(x)<v_G.next_child.np(x))
            st.x=v_G.child.lr(x)+d_x;
        if (v_G.child.np(y) < v_G.next_child.np(y) ){
            st.y = max.y+d_y;
            if(v_G.next_child.np(x) == v_G.np(x)) st.y = st.y+d_y;
            else st.x = v_G.next_child.np(y)-1 のnp(y)を持つ子ノ
            ードのrl(x)+d_x; }
        }
        v_G.nc(x,y)=none;
        v_G.lr(x,y)=( max.x+d_x,max.y+d_y );
    }
    return T_G;
End
    
```

End

座標決定アルゴリズムでは、入力として、プロダクション木 T_G 、 T_G のノード v_G 、絶対座標の起点 **start point**(x,y) を与える。出力は v_G が絶対座標値を得た T_G である。プロダクション木のルートノードを入力すると、子ノードをもつノードに対しては、そのノードの矩形の左上 **ul**(x,y) を起点 **start point**(x,y) に定める。次にその矩形の内部のノードや矩形に対応する子ノードを、属性値 **np**(x,y) を用いて一番左上の子ノードから参照し、次に参照する子ノードの起点 **st**(x,y) を決定してから **Make_coordinates_value** を用いて再帰的に呼び出す。この間、各子ノードの絶対座標値の中から最大値 **max.x**, **max.y** を保持する。最後にその最大値を用いて入力したノードの右下 **lr**(x,y) の座標を決定する。また、子ノードをもたないノードの場合は、中心座標 **nc**(x,y) を決定し、便宜的にノードの直径と同じ幅の矩形で囲まれているとして **ul**(x,y) と **rl**(x,y) を決定する。ただし、アルゴリズム中の d_x と d_y はノードと矩形の枠もしくは、矩形同士、ノード同士の距離である。また、 α はノード自体の直径である。

以上のアルゴリズムにより、プロダクション木の全てのノードを一回ずつ参照して決定することができるため、計算量は $O(n)$ であると予想される。ここで、 n は研究情報のノードの数である。

6. 考察

本手法を用いたシステムでは、属性グラフ文法のプロダ

クションに基づき文書とそれらの関係を表す *RIRG* を蓄積することができる。プロダクションにより、一定のルールに基づきながらも利用者の活動に合わせた *RIRG* の構築が実現できた。利用者側の負担は、どの活動をしたかを選択することと、生成されたグラフのノードに実際の研究文書を蓄積・対応付けするのみである。文献[1]-[5]では、活動を表す文脈情報と文書等の関連付けを手動で行っていたが、本手法ではより少ない負担でそれらを蓄積できるようになる。よって、問題点①が解決できた。更に、属性グラフ文法の各要素を適用先に合わせて書き換えることでシステムに柔軟性を持たせた開発が可能となり、文献[6]のようなワークフローシステムでは対応できなかった多様な研究分野や活動に対応することができるようになる。

また、研究情報を表現するグラフを視覚的に提示することにより、蓄積操作や共有を促進することができる。本研究で導入した *RIRG* では、共有促進のためグラフ描画に制約を設けている。この際に、各ノードに対し属性値を持たせることで、効率的な座標値の決定を行うことができるようになる。この属性値の評価を属性グラフ文法のプロダクションに付随した意味規則を用いることで、グラフの展開に応じた座標の計算の効率化が図れ、問題点②が解決された。グラフ構築の際に属性評価を行わない場合は、研究活動範囲の座標決定と各ノードの座標決定が深さ優先で確定するため、 $O(n^2)$ の計算量が予想されるのに対し、提案手法では $O(n)$ となり描画の効率化が図れたと思われる。

7. おわりに

本稿では、情報の視覚的な提示による支援のための属性グラフ文法に基づく蓄積共有手法の開発を行った。これにより、研究情報の蓄積の負担軽減と情報の共有化が共存できるようになった。今後の課題として、本手法を導入した *RIRG* の蓄積・共有支援システムを構築し、実際の利用から本提案手法の有効性について検証する。

参考文献

- [1] 宮寺庸造,他. 研究情報推移グラフによる情報の個人管理共有手法, 信学論, Vol.J91-D, No.3, PP.639-653, 2008.
- [2] 梅田恭子,他. 知識メモを活用した研究情報共有方式の提案, 情処論, Vol.42, No.11, PP.2562-2571, 2001.
- [3] 土田貴裕,他. ゼミコンテンツの再利用に基づく研究活動支援, 情処論 Vol. 51, No.6, PP.1357-1370,2010.
- [4] 堀田大輔,他. ストーリーテリングと分類・体系の連携に基づく研究情報整理手法,信学技法,Vol.AI PP.2006-67,2007.
- [5] 安齊洋行,他. 推敲過程の蓄積・理解支援を重視した研究資源管理支援 電子情報通信学会技術研究報告. ET, 教育工学 Vol.112, No.300, PP.55-60, 2012.
- [6] 敷田幹文,他.フローに連携した組織内インフォーマル情報共有手法の提案, 情処論 Vol.41, No.10, PP.2731-2741, 2000.
- [7] Ehrig, Hartmut. Handbook of graph grammars and computing by graph transformation. Ed. Grzegorz Rozenberg. Vol. 1. London: World Scientific, 1999.
- [8] 西野哲朗, 属性グラフ文法とその Hichart 型プログラム図式に対するエディタへの応用. コンピュータソフトウェア Vol.5, No.2, PP.189-200, 1988.