

可視化手法「左京と右京」を用いた論文誌情報の可視化 ～ 芸術科学会論文誌の傾向と分析 ～

白鳥佳奈 伊藤貴之

お茶の水女子大学 大学院人間文化創成科学研究科

{kana, itot} @ itolab.is.ocha.ac.jp

アブストラクト

近年、公開文書の電子化などに伴い、世の中には数多くの文献データが存在する。しかし、その探索や分析は、すべての人に対して必ずしも容易ではない。我々は文献データの例として論文誌に着目し、これらを論文・著者・キーワードという3つの面から探索を行うための可視化手法について研究を進めている。ここで論文誌探索の要求として、特定の著者やキーワードに関して局所的に探索したいという要求のほか、論文誌全体を大局的に概観したいという要求も想定される。そこで本報告では、論文誌の局所的探索と大局的概観を実現するために、大規模表形式データ可視化手法「左京と右京」を用いた可視化手法を提案する。本手法では文献データから2種類の表形式データを作成し、論文と著者の分布を「左京と右京」で可視化し、キーワードをボタンで配置する。この3つを相互に操作することで、論文誌の局所的探索と大局的概観を実現する。本報告では芸術科学会論文誌を題材として、論文誌に投稿された論文と著者・キーワードに関する傾向を分析した適用事例を報告する。

1. はじめに

文書情報のデジタル化に伴って近年、膨大な量の文献がオンライン化された。しかし、検索エンジン技術などの発達をもってしても、文献の検索や分析は必ずしも容易ではない。本報告では文献データの例として論文誌に着目する。多くの研究機関における研究活動の初期段階にて、関連論文の検索という作業は重要である。しかし、単純な検索操作だけでは、必ずしも本当にほしい関連論文が見つかるとは限らない。例えば関連文献を探索する際、検索対象とするキーワードが普遍的であればあるほど、多種多様な内容の文献が同時に提示されてしまい、効率の良い探索は難しくなる。また多くの研究者は、単純に自分の研究に直接関係ある論文を検索するだけでなく、論文誌の全体的傾向にも興味をもつであろう。このように論文誌探索の要求として、特定の著者やキーワードに関して局所的に探索したいという要求のほか、論文誌全体を大局的に概観したいという要求も想定される。これらの要求を満たす手段として、論文誌に掲載された論文やその著者、また論文誌に多く含まれるキーワードの分布を可視化することがあげられる。これによって、目的とする論文群の分布を直観的に把握でき、関連論文の探索をスムーズに行うことが可能となると考えられる。また、可視化結果全体を眺めることにより、その論文誌の大局的な動向把握にも役立つと考えられる。

本研究では、大規模表形式データ可視化手法「左京と右京」[1]を用いて、論文誌に掲載された論文およびその著者、さらに

論文誌中に頻出するキーワード、の3者の分布と関連性を可視化する手法を提案する。本手法は、ユーザが指定したキーワードに該当する論文群の分布の理解、また論文誌全体の動向把握などに貢献できる手法であると考えられる。本報告では芸術科学会論文誌を題材として、論文誌に投稿された論文と著者・キーワードに関する傾向を分析した適用事例を報告する。

2. 関連研究

2.1 平安京ビュー：階層型データ可視化手法

本研究で用いる「左京と右京」は、階層型データ可視化手法である「平安京ビュー」[2]の拡張手法の一つである。平安京ビューは階層型データの葉ノードをアイコンで、枝ノードを長方形の枠で表す入れ子型構造で表示する。この時、すべての葉ノードは同じ大きさで表示し、それぞれの葉ノードや枝ノードが画面上で重ならないように、かつデータ全体の画面専有面積ができるだけ小さくなるように配置する。以上の仕組みにより、大規模階層型データの全体像を一画面上に表示できる。

2.2 左京と右京：大規模表形式データ可視化手法

「左京と右京」は、2.1節で述べた「平安京ビュー」を図1のように一画面上に左右に二つ並べて表示することで、大規模表形式データを可視化する手法である。

「左京と右京」ではまず、表形式データに対して行を構成するデータ要素、列を構成するデータ要素の各々についてクラス

タリングを適用することで、2つの階層型データを生成する。続いて、この2つの階層型データに対して、それぞれ「平安京ビュー」を適用して可視化する。そして、ユーザが対話的に表形式データを探索できるよう、この2つの可視化結果を相互に操作可能にするユーザインタフェースを提供する。たとえば、ユーザが左側の可視化結果の角柱をクリックすると、右側の可視化結果の対応する角柱が色や形などを変えて表示される。同様に、右側の可視化結果の角柱をクリックすると、左側の可視化結果の対応する角柱が色や形などを変えて表示される。このような対話的操作機能により、ユーザが表形式データを容易に探索することが可能となる。

なお「左京と右京」では、北を上にして描かれた平安京の地図に喩えて、当時東を「左京」、西を「右京」と呼んだことから、図1の右側を「左京」、左側を「右京」と呼ぶ。

また文献[1]では、「左京と右京」を新聞記事コーパスの可視化に適用し、キーワードと新聞記事に潜む興味深い関係を発見した事例を報告している。

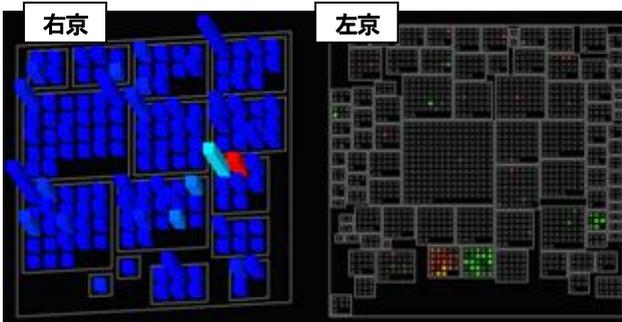


図1: 「左京と右京」による可視化例

2.3 文書情報・学術活動情報の可視化

文書情報は、情報可視化で扱う典型的な情報のひとつである。既に提案されているテキスト文書可視化手法のいくつかは、時系列変化のパターン発見やテキスト文書の動向情報など、テキスト文書の内容上の時間的変化を表現すること目標としている。

著者らによる先行論文[1]の2.4節では、文書情報の可視化手法のいくつかを紹介している。この文献にて要約されている通り、文書情報の可視化手法の多くは、文書群の内容上の時系列変化を表現する手法と、文書群の内容上の類似性を分布図として表現する手法に分類される。著者らの取り組みは後者に属する。特にDualNAVI[3]は、著者らの手法に最も類似している文書情報可視化手法の1つである。この手法は画面を2つに分割し、左側にテキスト文書の一覧、右側にキーワード間の関連性を表現するためのグラフを表示する。そして、左側と右側が相互に画面上で連動操作できるようになっている。しかし、スクロールなどの操作を使わずに、何百ものキーワードを一画面に見せることは困難である、という問題がある。「左京と右京」は、その問題点を解消した手法であるといえる。

また、論文誌に代表される学術活動に関する分析や可視化の事例として、論文の類似度や著者の共著関係を表すネットワークの構築と可視化に関する手法がいくつか発表されている。一例としてAnchored Map[4]というグラフ描画手法は、共著関係

ネットワークの可視化に適用されている。

3. 提案手法

本手法を用いた可視化結果の例を図2に示す。

本手法ではまず、各々の文献データから著者・文献・キーワードを抽出する。そして著者と文献を「左京と右京」を用いて可視化し、画面の一番左にボタンの集合として「キーワードパネル」を表示する。

本手法では、著者・文献・キーワードを、相互操作可能な形で表示する。例えば「右京」にて著者のアイコンをクリックすると、それに関連する論文およびキーワードに、その重要度に応じて青以外の色がつけられる。同様に、「左京」にて論文のアイコンをクリックすると、それに関連する著者およびキーワードに色がつけられる。キーワードをクリックすると、それに関連する著者および論文に色がつけられる。

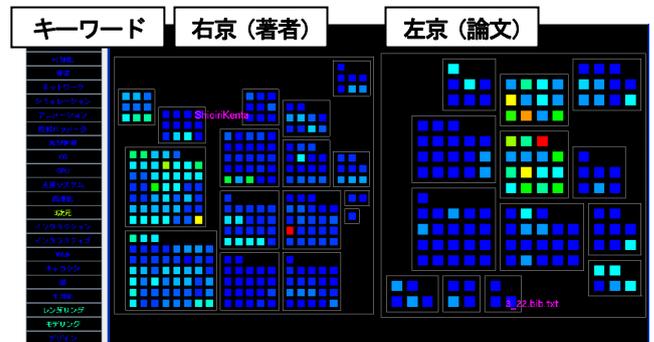


図2: 可視化結果例

3.1 「左京と右京」の拡張

先行研究である文献[1]では新聞記事コーパスの可視化を行っており、新聞記事とキーワードという2軸で1つの表形式データを可視化していた。

それに対し本手法では、文献データを可視化するにあたり、その2軸にさらに著者情報を付加することで内部データ構造を3次元に拡張し(図3参照)、このデータ構造をもとにして2つの表形式データを可視化する。これによって、著者と文献・キーワードの相関性を表現する。

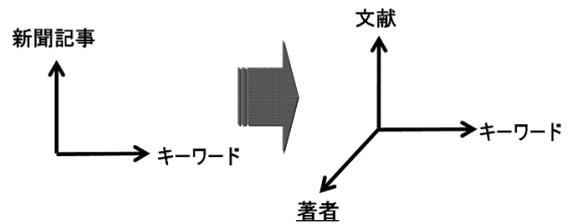


図3: 「左京と右京」の拡張

3.2 文献データ可視化のためのカスタマイズ

本報告では以下、各論文を $r_1 \sim r_n$ (n は論文数)、各著者を $s_1 \sim s_k$ (k は著者数) とし、各キーワードを $c_1 \sim c_m$ (m はキーワード数) と記述する。まず提案手法では、文献とキーワードから構成される表

T₁, および著者とキーワードから構成される表 T₂ を生成する。ここで T₁ の各欄に, i 番目の論文の j 番目のキーワードの重要度 a_{ij} の値を代入する, 同様に T₂ の各欄に, k 番目の著者の j 番目のキーワードの重要度 b_{kj} の値を代入する。

続いて提案手法では, 論文と著者に対してクラスタリングを実行する。論文のクラスタリングは T₁ 中の a_{ij} の類似度に基づくものであり, 著者のクラスタリングは T₂ 中の b_{kj} の類似度に基づくものである。処理の詳細については文献[1]を参照いただきたい。

続いて提案手法では, 「右京」にクラスタリングされた著者を表示し, 「左京」にクラスタリングされた論文を表示する。また, 画面左端にボタンとしてキーワードを表示する。各アイコンの色は重要度によって算出されており, 赤色に近いほど重要度が高く, 青色に近いほど重要度が低いことを示す。

3.3 二つの「平安京ビュー」およびキーワードパネル間の操作

提案手法では, ユーザが対話的に二つの表形式データを探索できるよう, 「キーワードパネル」・「左京」・「右京」に相互に操作可能な機能をもたせる。例えば, ユーザがキーワードのボタンをクリックすると, このキーワードの表データ要素に対応する「左京」及び「右京」の角柱が色や形などを変えて表示される。同様に, 「左京」や「右京」の角柱をクリックすると, この角柱が表データ要素に対応するキーワードのボタンや「右京」または「左京」の角柱が色や形などを変えて表示される。

3.3.1 キーワードパネルクリック時の左京・右京の更新

ここで, ユーザがキーワードボタン c_j をクリックすると仮定する。このとき提案手法は, 表 T₁ において a_{ij} から a_{nj} の値を探索し, 値 a_{ij} を用いて「左京」のデータ要素 r_i の重要度を算出し, 「左京」を構成する棒グラフの色, 高さ, 形などを更新する。その一方, 表 T₂ においても同様に b_{kj} から b_{mj} までの値を探索し, 値 b_{kj} を用いて「右京」のデータ要素 s_k の重要度を算出し, 「右京」を構成する棒グラフの色, 高さ, 形などを更新する。以上の処理の流れを図4に示す。

3.3.2 左京クリック時のキーワードパネルの更新

次に, ユーザが「左京」の角柱 r_i をクリックすると仮定する。このとき提案手法は, 表 T₁ において a_{i1} から a_{im} の値を探索し, 値 a_{ij} を用いてキーワードのデータ要素 c_j の重要度を算出し, キーワードパネルを構成する文字の色などを更新する。

3.3.3 左京クリック時の右京の更新

二つの表形式データは列データが共通である。ここで, ユーザが「左京」の角柱 r_i をクリックすると仮定する。このとき提案手法は, 表 T₁ において a_{i1} から a_{im} の値を探索し, $\sum_{j=1}^m a_{ij} b_{kj}$ より「右京」のデータ要素 s_k の重要度を算出し, 「右京」を構成する棒グラフの色, 高さ, 形などを更新する。以上の処理の流れを図5に示す。

また, 右京クリック時のキーワードパネル及び左京の更新もこれと同様に行われるものとする。

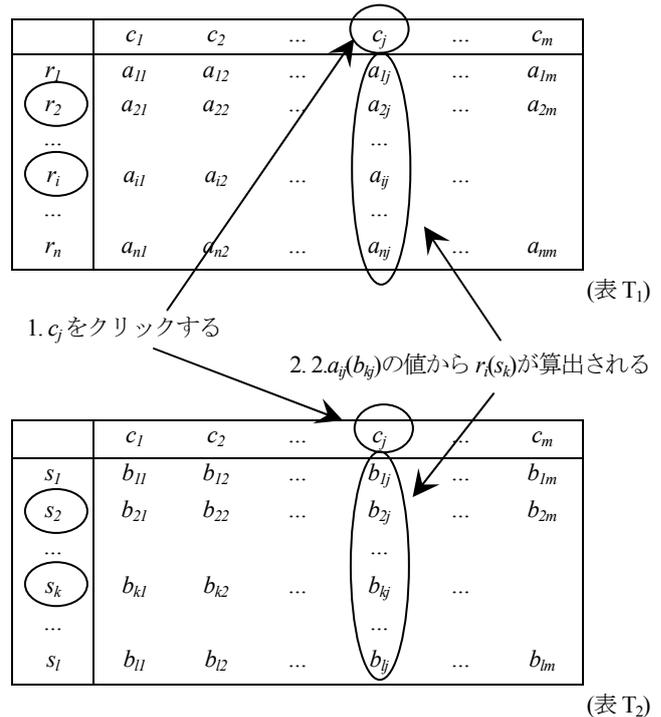


図4: キーワードパネルのクリックにより左京・右京の表示を更新する内部処理手順

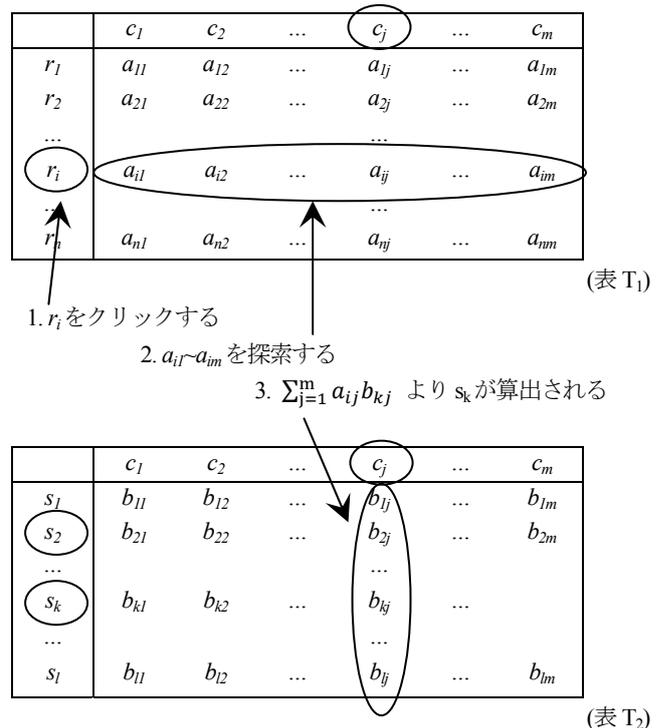


図5: 左京のクリックによりキーワードパネル・右京の表示を更新する内部処理手順

4. 適用事例: 芸術科学会論文誌の傾向と分析

我々は適用事例として, 芸術科学会論文誌[5]に掲載された論文, およびその著者とキーワードに関する可視化を試みた。この論文誌では全ての論文を, キーワードや概要をまとめたカバ

シートと、論文本体となる PDF ファイル、の2ファイルとしてオンライン公開している。それとは別に芸術科学会論文誌では、J-STAGE というオンライン論文誌サービスに掲載するための内部データを構築している。本適用事例では、J-STAGE 系採用の内部データを用いて、論文誌可視化のためのデータを構築した。

本適用事例で実施した表形式データの生成手順を図6に示す。我々はまず、論文データ中の各論文から論文番号・概要・著者情報を抽出した。続いて、抽出した概要群に対し、文章の形態素解析、および重要度計算を適用し、概要を構成する単語ごとにそれぞれの論文に対する重要度を求めた。我々の実装では文書の形態素解析に「茶筌」[4]を用い、単語の重要度計算に「termex」[5]を用いた。重要度の合計値が上位である単語の中から、各論文のキーワードとして意味をもつ単語を我々の主観に基づいて選択し、本適用事例におけるキーワードとした。ただし、重要度の合計値が上位である単語の中に同義語がある場合、例えば、コンピュータグラフィックス、コンピュータグラフィックス、(半角文字の) CG、(全角文字の) CG、などのような同義語がある場合には、あらかじめ単一の単語に統合した上で重要度の集計を行った。続いて我々は、論文とキーワード、著者とキーワードをそれぞれ行と列として構成される二つの表形式データを作成し、その各欄に各キーワードにおける重要度を埋めた。なお本実験を実施した時点にて、当論文誌の著者数は283、論文数は134であった。また我々が主観的に選択したキーワードは、画像、動画、可視化、音楽、ネットワーク、シミュレーション、アニメーション、反射パラメータ、仮想世界、CG、GPU、支援システム、高速化、3次元、インタラクション、インタラクティブ、Web、キャラクタ、顔、平滑化、レンダリング、モデリング、デザイン、の計23個であった。

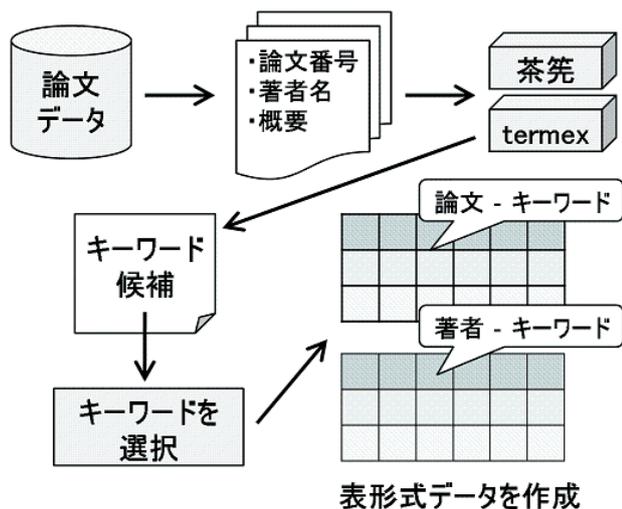


図6：論文から表形式データを作成する処理手順

以下、芸術科学会論文誌に関する可視化結果をいくつか示す。
キーワード「CG」に関する可視化結果

図7はキーワードとして「CG」を選択した際の可視化結果である。著者分布を表す「右京」の中心付近(図7中の白丸参照)に、最も重要度の高い赤とオレンジの2個のアイコンが見

られる。このアイコンはそれぞれ「千葉則茂」と「藤本忠博」であった。この結果より、上の2人の人物が当論文誌において「CG」というキーワードに最も深く関係していることがわかる。この2人は単一の研究室を共有する教員であり、実際にCGに関する非常に多くの論文を当論文誌に掲載している。

また、論文分布を表す「左京」のハイライト分布を見ると、特に右上の2つのクラスタ(図7中のピンクの長方形参照)に重要度の高いアイコンが集中していることが見てとれる。このそれぞれのクラスタに属するアイコンをクリックし、キーワードパネルのハイライトを見ていくと、上のクラスタに含まれる論文は「CG」「3次元」「モデリング」「画像」といったキーワードを含み、一方、下のクラスタでは「CG」「レンダリング」「支援システム」「デザイン」といったキーワードを含むことがわかった。よって、「CG」という共通のキーワードを含む論文でも、CGのアルゴリズムについての論文群と、CGを用いた応用システムについての論文群に分類されることが一目でわかる。この結果より、ユーザは自分の興味のある方のクラスタを重点的に探索することができ、効率の良い論文探索につながると考えられる。

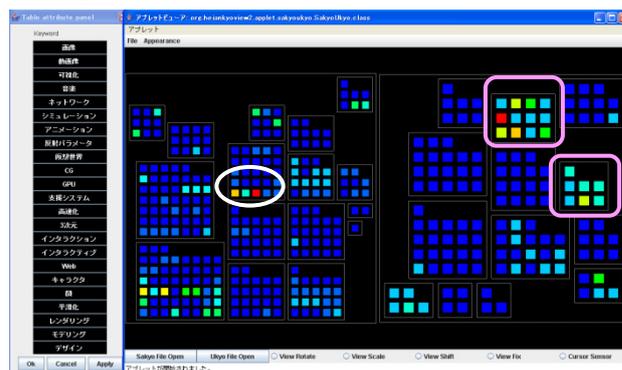


図7：キーワード「CG」に関する可視化結果

キーワード「3次元」に関する可視化結果

図8はキーワードとして「3次元」を選択した際の可視化結果である。「右京」の左側(図7中の白い長方形参照)に、「3次元」に関係ある論文を書いた著者のクラスタが2か所見られる。このことから「3次元」というキーワードは、当論文誌においてかなり多くの著者にとって重要なキーワードであることがわかると同時に、この著者群が2つのクラスタに集中していることから、「3次元」に関する論文の多くは互いに関連する内容であることが示唆される。

また、「左京」の中心近くにある2個のクラスタ(図8中のピンクの長方形参照)に、重要度の高いアイコンが集中していることがわかる。ここで興味深い点として、その2個のクラスタのうち1個は、図7における「CG」のキーワードに関連の深いクラスタと同一であるのに対して、他方の1個は「CG」のキーワードがあまり積極的に用いられていない論文のクラスタであると考えられる。後者のクラスタには、3次元操作デバイス、3次元形状処理、立体映像技術などの論文が含まれていた。これらの論文が別のクラスタを構成した理由として、これらの論文の内容はCGにも関連しているものの、CG以外にも用途が

あるなどの理由により、論文中にCGという単語が積極的に用いられていなかったのではないかと推察される。

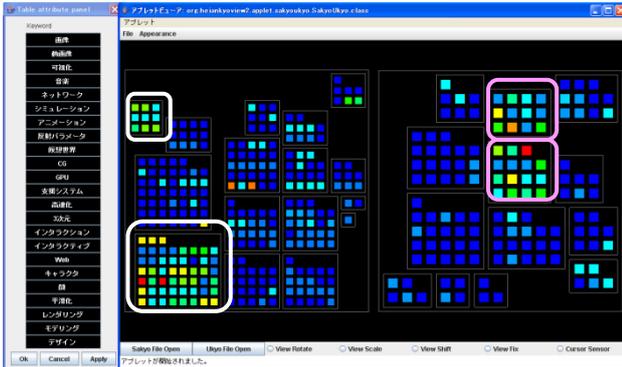


図 8：キーワード「3次元」に関する可視化結果

キーワード「シミュレーション」に関する可視化結果

図 9 はキーワードとして「シミュレーション」を選択した際の可視化結果である。「左京」の中心近くのクラスタ (図 9 中の白い長方形参照) に、重要度の高いアイコンが集中していることがわかる。シミュレーションという単語は本来ならば非常に用途の広い単語であるが、この可視化結果からはそれとは逆に、関連の深い 1 クラスタでのみ多用されている単語であるように見える。このクラスタに含まれる論文を調べたところ、その大半は、自然現象や特定物体を模倣して画像を生成するビジュアルシミュレーション技術、およびその一環としての物理現象の計算機シミュレーション技術に関する論文であった。よって当論文誌では、シミュレーションといえはこれらの画像生成目的の論文が大半を占めていることがわかる。ただし、これらの論文の大半は CG に関係ある手法を提案している論文である、という点に注意していただきたい。つまりこの結果は、CG に関係ある論文を検索する際に、CG という単語だけに頼っていると発見できない論文があるかもしれない、ということを示唆している。

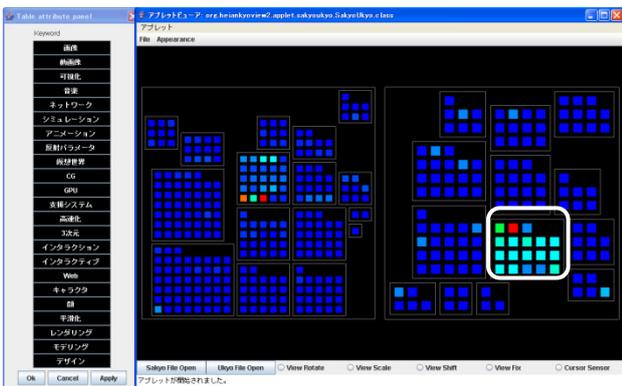


図 9：キーワード「シミュレーション」に関する可視化結果

キーワード「アニメーション」に関する可視化結果

図 10 はキーワードとして「アニメーション」を選択した際の可視化結果である。「右京」を見ても「左京」を見ても、重要度の高いアイコンは多数のクラスタに散在していることがわかる。その理由として、アニメーションという単語を多用する論文の

内容が多岐にわたっていることが考えられる。「左京」で重要度が高いとされた論文の内容を確認したところ、3次元キャラクターアニメーション、自然現象のビジュアルシミュレーションの一環としてのアニメーション、手描き風アニメーション、人体運動測定結果の可視化など、広い分野にわたっていた。この結果は、当論文誌上での論文検索において、アニメーションという単語はあまり使いやすい単語でないことを示唆している。



図 10：キーワード「アニメーション」に関する可視化結果

キーワード「インタラクティブ」に関する可視化結果

図 11 はキーワードとして「インタラクティブ」を選択した際の可視化結果である。「右京」の右下のクラスタ (図 11 中の白い長方形参照) に、「インタラクティブ」という単語と関連の深い著者が集中しているのがわかる。この結果を見ることで、インタラクティブという単語に関連の深い著者群を容易に発見することが可能である。また「左京」の左下の 2 個のクラスタ (図 11 中のピンク色の長方形参照) に、「インタラクティブ」という単語と関連の深い論文が集中しているのがわかる。この 2 個のクラスタに属する論文の中には、メディアアートに関係ある論文と、対話的操作が可能な CG 手法に関する論文が混在していた。残念ながら、これらの論文をきれいに別々のクラスタに分離させることはできなかった。原因として、我々自身によるキーワードの主観選択の過程において、これらの論文に関係ある他のキーワードをうまく選べなかったことが考えられる。

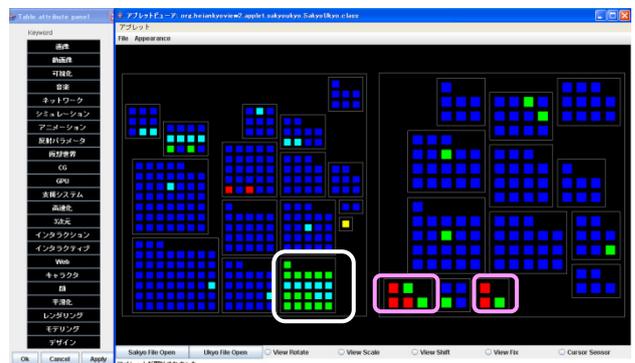


図 11：キーワード「インタラクティブ」に関する可視化結果

キーワード「音楽」に関する可視化結果

図 12 はキーワードとして「音楽」を選択した際の可視化結果である。「右京」を見ても「左京」を見ても (図 12 中のピンク色の長方形参照)、音楽というキーワードに対して重要度の高

い大半の著者および論文は、単一のクラスタを構成しており、互いに関連性が高いことが示されている。しかし、重要度の高い2人の著者および1本の論文(図12中の白丸参照)がクラスタの外に存在していることがわかる。この著者は「伊藤貴之」と「大山喜冴」であり、論文は2人の共著による「画像と音楽の関連性」に関する論文であった。このように本適用事例から、例えば「画像」「音楽」という2つの分野にまたがるような論文および著者の発見にも、本手法が貢献可能であることがわかる。



図12：キーワード「音楽」に関する可視化結果

著者に関する可視化結果

提案手法では、キーワードをクリックした際の論文および著者の重要度を表示するだけでなく、「左京」で論文をクリックして関連性の高い著者やキーワードに色をつける、あるいは「右京」で著者をクリックして関連性の高い論文やキーワードに色をつける、といった操作も可能である。本章では最後に、「右京」で著者のアイコンをクリックしたときの、論文のアイコンおよびキーワードの色変化に関する事例を紹介する。

図13は、「右京」にて著者「宮崎慎也」および「宮田一乗」をクリックした際の、「左京」における論文群の可視化結果を示したものである。両著者とも、多くのクラスタにわたって重要度の高い論文が点在していることから、幅広くいろいろな分野で活躍していることが示唆される。また、以上の操作においてキーワードにつけられた色から、著者「宮崎慎也」には「画像」「3次元」「インタラクション」「Web」といったキーワードが関連深く、著者「宮田一乗」には「画像」「GPU」「シミュレーション」「高速化」「インタラクション」といったキーワードが関連深い、ということもわかった。これらの多彩なキーワードからも、両著者の活躍の幅広さが示唆される。

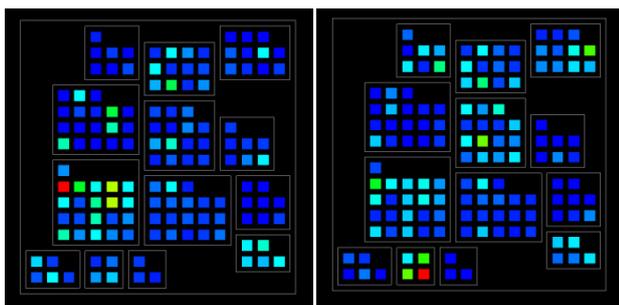


図13：(左) 著者「宮崎慎也」に関する「左京」の可視化結果
(右) 著者「宮田一乗」に関する「左京」の可視化結果

5. まとめ

本報告では、大規模表形式データ可視化手法「左京と右京」を適用した、論文誌における論文・著者・キーワードの分布と関連性に関する可視化手法を提案した。また芸術科学会論文誌を題材とした適用事例により、提案手法の有用性を示すとともに、芸術科学会論文誌に潜む興味深い傾向を紹介した。

今後の課題として、以下の点があげられる。

巨大な論文誌の可視化：芸術科学会論文誌は、論文数も著者数も数百程度の小規模な論文誌である。それに対して、巨大な論文誌は数千～数万単位の論文数と著者数を有する。このような大規模な論文誌を対話的に可視化する一案として、平安京ビュー[2]の拡張機能として著者自身が発表している詳細度制御機能を「左京と右京」に搭載することが考えられる。またキーワードを数百個単位で選ばなければならない場合に備えて、キーワードの効果的な順序付け、およびスクロール操作機能についても検討する必要がある。

論文誌に特化した「左京と右京」の機能拡張：例として以下の機能拡張があげられる。まず、論文誌において重要な位置を示す著者を目立つように表示する、という機能があげられる。例えば掲載論文数に基づいて著者のアイコンに高さをつける(または大きさを可変にする)といったことが考えられる。これによって、多くの論文を発表している活発な著者を一目で発見し、その著者を出発点にして効果的に論文を探索する、といったことが可能になる。それに加えて、共著関係のある著者間をリンク表示[4]する機能や、論文のアイコンをクリックすると当該論文の概要をテキスト表示する、などの追加表示機能なども非常に重要であり、早急に取り組むべきと考えられる。

クラスタリング結果の改善：図11で例示したとおり、現時点での我々の実装では必ずしも満足できるクラスタリング結果が得られているとは限らない。これを改善する方法として、キーワード選択の改善と、クラスタリングアルゴリズムの再考が考えられる。我々の現時点での実装では、論文概要から重要な単語を抽出しているが、本来なら論文本文を対象として単語を抽出すべきである。また我々の現時点での実装では、画面表示とクラスタリングに同じ表形式データを用いているが、必ずしもこの2処理に同じ表形式データを用いる必要はない。クラスタリングにはもっと多くの単語を採用して大きな表を用いることも原理的には可能であるので、検討したい。ただし、このようにしてデータを拡大することで、却ってクラスタリングの制度が下がる場合もある。単純に単語を増やすだけでなく、効果的な次元削減手法を併用することも重要と考えられる。また提案手法の論文と著者のように、互いに関連性のある2種類の情報を同時にクラスタリングする際には、双クラスタリング法などの効果的な手法があるので、その適用も検討したい。

ユーザ自身による任意のキーワード選択：提案手法をビジュアルな論文検索ツールとして位置づけるとしたら、あらかじめ開発者が主観選択したキーワードだけでなく、ユーザ自身が任意のキーワードを入力できることが強く望まれる。しかしその場

合には、キーワードの重要度計算、表形式データ作成およびそのクラスタリング、なども対話的処理に反応してその都度実行できないといけない。そのため、この課題を解決するには大きなシステム設計変更を伴うと考えられる。さらには、このクラスタリング結果の更新にもなうアイコン配置結果の大きな変動が、提案手法の使い勝手を悪くする可能性もある。これらの点については、慎重な検討が必要である。

ユーザテスト:「左京と右京」の基本機能については、すでに文献[1]にてユーザテスト結果がまとめられている。しかし、論文誌の探索に特化した意味での使いやすさを検証するためには、再度の被験者実験による検証が必要であると考えられる。

なお、本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助金の助成に関するものである。

参考文献

- [1] 橋, 伊藤, “左京と右京: 大規模表形式データの可視化の一手法”, 芸術科学会論文誌, Vol. 7, No. 2, pp. 22-33, 2006.
- [2] 伊藤, 山口, 小山田, 長方形の入れ子構造による階層型データ視覚化手法の計算時間および画面占有面積の改善, 可視化情報学会論文集, Vol. 26, No. 6, pp. 51-61, 2006 .
- [3] A. Takano, et al., Associative Information Access Using DualNAVI, Kyoto International Conference on Digital Libraries (ICDL'00), pp.285-289, 2000.
- [4] K. Misue, Anchored Map: Graph Drawing Technique to Support Network Mining, IEICE Transactions on Information and Systems, Vol. E91-D, No. 11, pp. 2599-2606, 2008.
- [5] 芸術科学会論文誌
<http://www.art-science.org/journal/index.html>
- [6] 奈良先端科学技術大学院松本研究室, 形態素解析システム「茶筌」,
<http://chasen.naist.jp/hiki/Chasen/>
- [7] 東京大学情報基盤センター中川研究室, 横浜国立大学環境情報研究院森研究室共同開発, 専門用語抽出自動システム「termex」,
<http://gensen.dl.itc.u-tokyo.ac.jp/>