

Viz-SOAPシステムの開発研究

嘉数 侑昇 [北海道大学大学院情報科学研究科/教授]

長尾 光悦 [北海道大学情報基盤センター/助手]

中島 潤 [北海道情報大学情報メディア学部/講師]

石田 崇 [株式会社テクノフェイス/研究員]

岡田 信人 [株式会社テクノフェイス/研究員]

高橋 幸信 [株式会社テクノフェイス/研究員]

背景・目的

近年のネットワークの高速化を背景に、物理的に離れた高速・高性能な計算機リソースをネットワークによって接続し、大規模な情報処理を実現可能とするグリッドコンピューティングや分散コンピューティングの研究が盛んに行われている。これらの研究が進むことによって、低レベルの計算機リソースにおいてもネットワークを通して大規模な演算処理を実施することが可能になる。しかしながら、演算処理が大規模になればなるほど、その演算結果も大規模なものとなり、このような大規模な演算結果を人間が即座に把握・理解することは非常に困難なものとなる。演算結果を直感的に理解可能とする方法としては、可視化が有効な方法であると考えられるが、可視化処理のためには、専用のアプリケーションやソフトウェアが必要とされる。また、可視化処理を実行するためには高い演算能力が必要となるため、十分な性能を持たない計算機リソースでは、長時間の演算時間が必要となり、更には、可視化処理自体を実行することが困難な場合もある。このような可視化をネットワークを通して実現可能とする研究事例も存在している。しかしながら、これら事例においては、ネットワークにおける特別な設定の必要性、OSに対する依存性、特定のソフトウェアの必要性といった問題が存在する。このような背景から、現在、ネットワークを通して簡便かつ効果的に可視化を実現することが可能な遠隔可視化システムが必要とされている。

本研究では、インターネットを通して簡便に利用可能であり且つ効果的な可視化が実現可能な遠隔可視化システム“Viz-SOAPシステム”を提案し、その開発を行う。現在のネットワーク環境では、セキュリティ確保のためにファイアウォールが設置されている場合が多い。このため、特定のポートに基づく通信が必要とされるシステムでは、セキュリティの低下を招くこととなる。したがって、インターネットを通じた遠隔可視化においては、ファイアウォールに対する親和性が必要とされる。また、ネットワーク上には多種多様なプラットフォームが存在しており、特定のOSやプログラミングモデルに依存する場合にも、その有効性が低減するものと考えられる。本研究では、これら課題を解決するため

に、近年のインターネット基盤技術として注目されているSOAP (Simple Object Access Protocol)を基本技術として利用した遠隔可視化システムを実現する。SOAPは、マークアップ言語の一つであるXMLに基づき記述されたデータをHTTP等の下位プロトコルに基づき送受信することによって、インターネットを通じたアプリケーション間の連携を実現するためのプロトコルである。HTTPはWebで使われる通信プロトコルであり、インターネット/イントラネットでも最も広く普及しているものの1つである。このHTTPは、安全性のためにファイアウォールが設置されている場合でも、特定のプロトコルを通すといった特別な措置を行うことなく、常に利用することが可能である。また、SOAPは、HTTPやXMLといった汎用的な技術を用いているためにOSやプログラミングモデルに依存しない、すなわち、クロスプラットフォームでのアプリケーション間連携を実現することが可能である。このようなSOAPの持つ特徴を利用することによって、多種多様な計算機リソースにおいて、インターネットを通じた効果的な遠隔可視化を行うことが可能なシステムを実現することが可能になる。本研究では、開発したシステムの有効性を、実験に基づき検証する。

本研究におけるViz-SOAPシステムを実現することによって、高い演算性能が必要とされる可視化を専用のアプリケーションを持たない低レベルのクライアントにおいても簡便かつ効果的に実行可能となる。このようなインターネットを通じた可視化が実現されることによって、多岐に渡る分野の研究活動促進に多大に寄与することができるものと考ええる。

内容・成果

本研究において提案する遠隔可視化システム“Viz-SOAPシステム”は、Viz-SOAPシステム向けOpenSOAPの開発、OpenSOAPに基づく提案システムの構築、構築システムの検証実験のサブゴールを達成することによって開発された。以下、各項目の詳細を示す。

2.1. Viz-SOAPシステム向けOpenSOAPの開発

これまで、数多くのSOAP実装が開発されている。本研究においては、提案システムを実現するためのSOAP実装として、OpenSOAPを採用するものとした。OpenSOAPは、NEDO地域新生コンソーシアム研究開発事業として北海道大学が中心となり開発したミドルウェアであり、現在、OpenSOAPのWebサイト(<http://www.opensoap.jp>)において無償配布されている[1]。OpenSOAPは、オープンソース、高速なメッセージ処理、複数OS・複数言語・多国語のサポート、PKIに基づくセキュリティ機能、非同期通信機能等の特徴を有しており、これらの特徴は提案システムを実現する上で他のSOAP実装と比較し、有効性が高いものと考えられる。すなわち、OpenSOAPはオープンソース形式で開発されているため、提案システムを開発する上

で必要となる部分を独自に実現し、付加することが可能である。また、OpenSOAPのコア部分はC言語を中心として開発されているためにSOAPメッセージを処理するためのオーバーヘッドが小さい。これは、可視化処理を目的とする提案システムにおいて重要な要素の一つである。更に、セキュリティ機能、非同期通信機能といった特徴はネットワークを通じた情報処理という観点から有効性の高いものである。

SOAPは、基本的に、XMLに基づき記述されたデータをHTTP等の下位プロトコルに基づき送受信することによって、インターネットを通じたアプリケーション間連携を実現するためのプロトコル仕様であり、OpenSOAPもこの仕様に準拠したミドルウェアである[2,3]。しかしながら、本研究の目的である遠隔可視化システムを実現するためには、大規模な演算処理結果をインターネットを通して送信する必要がある。このような大規模な演算結果をテキスト情報として送信した場合、データの破損や処理速度の低下といった問題が生じる可能性が高い。更には、データが大規模なためにデータを圧縮して送信する、複数のデータをまとめて送信するといった場合には、送信されるデータ形式は多種多様なものとなる。このような形式のデータをテキストデータとして送信することは困難である。すなわち、バイナリ形式のデータを標準のSOAPメッセージとして送信することは困難である。このため、提案システムにおいて、WS-Attachmentの仕様に準拠したファイル添付機能を有するViz-SOAPシステム向けOpenSOAPの開発を行った[4]。開発したViz-SOAPシステム向けOpenSOAPでは、DIME形式のファイルをSOAPメッセージに添付することを可能とした。また、添付ファイル機能のためのAPIを実現し、利便性の向上を図った。

2.2. Viz-SOAPシステムの構築

以下に、本研究において提案する、遠隔可視化システム“Viz-SOAPシステム”の詳細について述べる。

2.2.1. システム構成

提案システムは、上述のViz-SOAPシステム向けOpenSOAPに基づき構築される[5,6]。提案システムの構成を図1に示す。図1に示されるように、提案システムは、SOAPメッセージの処理を行うXML-Webサービスサーバ（Linux PC、CPU：Intel Celeron 1.8GHz、Memory：4GB、OS：Redhat Linux 8）及び可視化アプリケーションに基づく可視化処理を実施する可視化サーバ（SGI Onyx300、CPU：64Bits MIPS (R) R14000TM、Memory：16GB、OS：IRIX6.5）の二つの計算機リソースから構成される。このように、SOAPメッセージの処理を行うためのサーバと可視化処理を実施するためのサーバを分離することによって、可視化サーバに対して多大な変更を与えることなく、遠隔可視化システムの一部として採用する

ことが可能である。また、新たな計算機リソースを追加することも容易である。すなわち、スケーラビリティの高いシステムを実現することが可能となる。更に、可視化サーバに対するクラッキング防止といったセキュリティ面での利点も有する。

XML-Webサービスサーバには、SOAPメッセージの送受信を行うためのトランスポートインターフェース、メッセージ転送やサービスアプリケーションの起動を行うためのOpenSOAPサーバ、OpenSOAPサーバが管理するサービスアプリケーションに関する情報が記述されたSSML（SOAP Service Mapping Language）、可視化処理の機能を実現するためのサービスアプリケーションが含まれる。また、提案システムにおける可視化サーバであるSGI Onyx300は32個のCPUを有する並列型超高速可視化サーバであり、数多くの可視化アプリケーションを有している。

XML-Webサービスサーバ及び可視化サーバは、1000Base/SX及び100Base/TXのネットワークによって結合されている。また、提案システムのためにファイアウォールが設置されている。

提案システムに基づき遠隔可視化を実施する場合には、クライアントにおいて、可視化のために必要とされるパラメータを含み、更に、可視化のための入力データがWS-Attachmentの仕様に基づき添付されたSOAPメッセージ（以下、リクエストメッセージ）をXML-Webサービスサーバのトランスポートインターフェースへ送信する。XML-Webサービスサーバのエンドポイントとしては、

`http://hostname/cgi-bin/soapInterface.cgi`

を指定する。トランスポートインターフェースにおいて受信されたリクエストメッセージは、OpenSOAPサーバに転送される。OpenSOAPサーバは、XML-Webサービスサーバ内に存在するサービスアプリケーションの仕様が記述されたXMLドキュメントであるSSMLファイルとリクエストメッセージの比較を行う。SSMLとの比較結果からクライアントから送信されたリクエストメッセージが可視化処理を要求しているものであると判断された場合、可視化を実行するためのサービスアプリケーションが起動される。起動されたサービスアプリケーションは、OpenSOAPサーバからリクエストメッセージを受信し、リクエストメッセージ内の情報及び入力データを抽出する。抽出された情報内のユーザ情報とシステム内のユーザ管理情報との比較に基づき利用者認証が実施される。この後、抽出された他の情報及び入力データに基づき可視化サーバに対してssh及びscpを利用した接続を行い、ファイル転送、可視化アプリケーションの遠隔起動、入力データに基づく可視化処理が行われる。

サービスアプリケーションは、可視化サーバにおける可視化処理結果から、クライアントへ返信するためのSOAPメッセージ(以下、レスポンスメッセージ)を生成する。また、提案システムにおいて、可視化処理が実行不能であった場合には、レスポンスメッセージとしてフォルトメッセージが生成される。このレスポンスメッセージが転送されてきたパスの逆をたどり、再びクライアントへ戻される。クライアントは受信したレスポンスメッセージにおいて情報抽出を行い、可視化結果を受け取ることとなる。

図2に、本提案システムを利用する際のリクエストメッセージ及びレスポンスメッセージの例を示す。図では、SOAPメッセージにおけるBody部のみを示している。図2に示されるようにリクエストメッセージに含まれる情報としては、実施する可視化方法についての情報、ユーザ情報、入力データ情報、可視化のためのパラメータ情報、出力結果の情報が含まれることとなる。提案システムにおける可視化方法としては、多くの分野において標準的に利用されている鳥瞰図、断面、流線の可視化を実行可能としている。図2においては、鳥瞰図の可視化を行うためのメソッド名が含まれている。また、ユーザ情報は、提案システムを利用するために必要とされる情報である。入力データとしては、データの形式及びデータの参照ID情報が記述される。提案システムでは、入力データはWS-Attachmentに基づく添付ファイルとして送信される。このため、データ自体はSOAPメッセージのBody部分には含まれず、参照ID情報のみが記述されることとなる。更に、可視化を実施するために必要とされるパラメータ、及び、可視化結果のためのパラメータがリクエストメッセージにおいて必要とされる。可視化結果のパラメータは、クライアントが受信する可視化結果のデータ形式を指定するものであり、提案システムでは、JPEG、GIF、TIF、PBM(Portable Bit Map)、PostScriptのいずれかのファイル形式を選択可能となっている。また、リクエストメッセージにおいて可視化に必要なパラメータが指定されていない場合には、システムが有するデフォルトパラメータが適用されることとなる。可視化結果は、前述のようなファイル形式において生成されるため、テキスト情報としてSOAPメッセージに包含することは困難である。このため可視化結果もレスポンスメッセージにおける添付ファイルとして返信される。したがって、レスポンスメッセージでは、添付データのための参照ID情報のみが含まれることとなる。

2.2.2. 可視化アプリケーションに基づく可視化処理方法

提案システムにおける可視化は、可視化サーバ内に存在する可視化アプリケーションを利用することによって行われる。本システムにおいては、多くの分野において利用され、多種多様な可視化を実現することが可能なアプリケー

ションの一つとしてAVS/Expressを採用するものとした。但し、AVS/Expressは、代表的な可視化アプリケーションの一つとして採用したものであり、本提案システムでは、他のアプリケーションに基づく可視化を容易に導入することが可能である。

更に、この可視化アプリケーションに基づく可視化処理は、XML-Webサービスサーバ内の可視化サービスアプリケーション(以下、可視化サービス)及び可視化サーバ間の通信に基づき実施される。図3に、可視化サービスと可視化サーバ間の通信に基づく可視化処理方法を示す。図に示されるように、OpenSOAPサーバからリクエストメッセージを受信した可視化サービスは、リクエストメッセージ内に含まれる可視化処理のためのパラメータを抽出し、これら情報に基づきAVS/Expressを制御することが可能なV言語によって記述されたコードファイルを生成する。また、リクエストメッセージに添付されている入力データが抽出される。これらのコード及びデータが、可視化サーバにscpを利用することによって転送される。この後、可視化サービスは、sshによって可視化サーバ内のAVS/Expressを遠隔起動し、転送されたV言語コードファイル及び入力データに基づく可視化処理が実行される。この結果として、V言語コードファイル内に存在する出力データファイル形式において可視化結果ファイルが生成される。この可視化結果ファイルがscpを利用することによって可視化サービスに転送される。可視化サービスは、受信した可視化ファイルを添付したレスポンスメッセージを生成する。このような流れによって、可視化サービスと可視化サーバ間の通信に基づく可視化処理が行われる。

2.3. 検証実験

開発したViz-SOAPシステムの動作検証実験を実施した。実験におけるクライアントとしては、提案システムのために設置されているファイアーウォールの外部に存在するLinux PC(CPU: Intel Celeron 2.0 GHz、Memory 512MB)を利用した。また、クライアント側においてもセキュリティの為のファイアーウォールが設置されている環境において実験を行った。

また、実験においては、以下の遠隔可視化を行った。

- ・ 線図及び断面図：三次元格子データ(3×3×3)を用いた線図及び断面図の生成を行った。格子データは座標及び各座標における値から構成され、各座標における値は0～9の乱数によって生成した。
- ・ 鳥瞰図1：2種類の二次元格子データ(3×3及び100×100)に基づき鳥瞰図の生成を行った。3×3の格子データでは、各座標における値は0～9の間の乱数を用いて生成した。また、100×100の格子データにおいては、

0～100の間の乱数が各座標における値として代入された。

- ・鳥瞰図2：二次元格子データ(500×500)に基づき、鳥瞰図の生成を行った。格子データは下記の式に基づき生成した。また、リクエストメッセージにおいて異なる視点パラメータを用いて可視化を行った。

$$f(x, y) = 100 \sin\left(\frac{x}{100}\right) \cos\left(\frac{y}{100}\right)$$

$$0 \leq x, y < 500 (x, y \in \mathbb{Z} : \text{Integer})$$

実験結果を図4に示す。図4は、可視化結果の出力形式としてJPGファイルを選択した場合の結果である。図から、十分な精度を持つ可視化がインターネットを通して実現可能であることがわかる。これら検証結果から、提案システムを利用することによって、ファイアーウォールに対する特別の設定を行うことなく、インターネットを通した簡便で効果的な遠隔可視化を実現可能であることが確認された。

今後の展望

本研究では、インターネットを通した簡便かつ効果的な大規模演算結果の可視化を実現するために、遠隔可視化システム“Viz-SOAPシステム”を提案した。また、提案システムを、オープンソース型SOAPミドルウェアの一つであるOpenSOAPを利用することによって開発した。更に、検証実験を実施し、提案システムの有効性を確認した。実験結果から、ネットワークに対する特別な設定を行うことなく、低レベルのクライアントにおいて、インターネットを通した効果的な遠隔可視化が実現可能であることが確認された。今後の展開としては、以下の項目が挙げられる。

- ・多様な研究分野への展開：可視化処理の要求は医療、農業、工業、シミュレーションなど多岐に渡る分野において必要とされている技術であるものの、専用のアプリケーション、更に、可視化のための十分な性能を有する計算機リソースが必要とされる。本提案システムを用いることによって、可視化アプリケーションを持たない多種多様なプラットフォームにおいて、インターネットを通して簡便かつ効果的に遠隔可視化が実施可能となる。このため、これらの分野において実際に使用されているデータに基づく可視化を実施し、提案システムの有効性を検証する。
- ・可視化手法の追加：本提案システムでは、多くの分野において頻繁に利用されている、鳥瞰図、線図、断面図の可視化を取り上げ、これらをインターネットを通して実行可能としている。しかしながら、可視化手法としては、まだ数多くの方法が存在している。このため、より多くの可視化方法を利用可能とし、システムの更なる有効性の向上を図る。
- ・可視化アプリケーションの追加：提案システムにおける可視化処理は、可視化サーバ内の可視化アプリケーションを利用

することによって実施される。本研究においては、このような可視化アプリケーションの一つとして、多くの分野において利用されているAVS/Expressを採用し、これに基づく可視化処理を行っている。しかしながら、本研究においては、他の可視化アプリケーションの導入を容易とするためのスケーラビリティを考慮し、提案システムの設計を行っている。したがって、提案システムにおいて、SGI Onyx300が有する他の可視化アプリケーションに基づく可視化を実現可能とする。

- ・大規模情報処理ポータルへの展開：本研究においては、大規模データの可視化に着目し、システムの開発を行っている。しかしながら、大規模な演算自体もインターネットを通して可能とし、この演算結果に基づく可視化を実現可能とすることによって、クライアントに対する負担は更に低減され、多種多様な分野において、より効果的なインターネットを通した総合的な大規模情報処理を実現することが可能であると考えられる。これまで、我々は、インターネットを通した大規模演算を実施するためのXML-Webサービスを提案し、その開発を行ってきた[7]。このような、大規模演算サービスとの連携を可能とし、大規模情報処理ポータルを実現する予定である。また、本提案システムでは、SOAPメッセージの処理を実施するサーバと実際の情報処理を実施するサーバを分離した拡張が容易なシステム構成を採用している。このため、新たな計算機リソースやストレージを追加し、実用的なポータルの実現を目指す。
- ・アプリケーションへの組み込み：本提案システムは、多種多様なクライアントから、SOAPメッセージの送受信に基づき可視化を実現するシステムである。このため、単一のシステムとして利用可能であるだけでなく、他のソフトウェアやアプリケーションに本提案システムを利用するためのクライアントを組み込み、アプリケーションの一部として提案システムを利用することが可能である。このような可視化モジュールを組み込んだアプリケーションを実現し、その有効性を検証する。

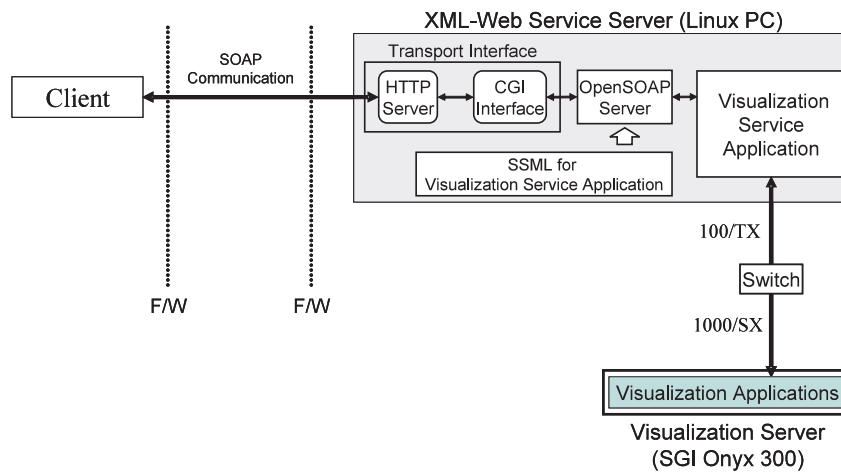


図1 システム構成

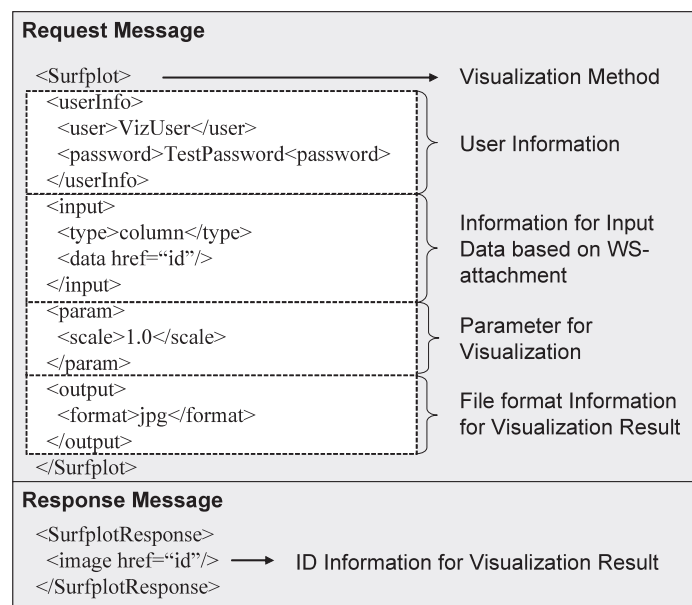


図2 提案システムにおけるSOAPメッセージ例

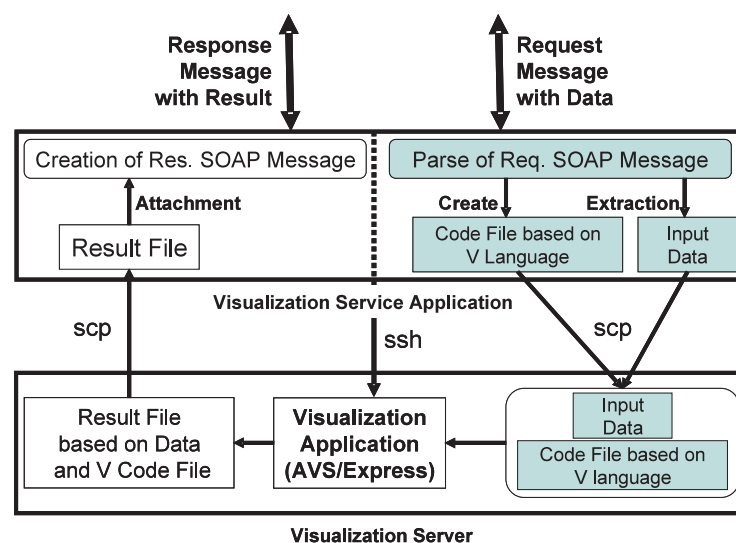


図3 提案システムにおける可視化処理方法

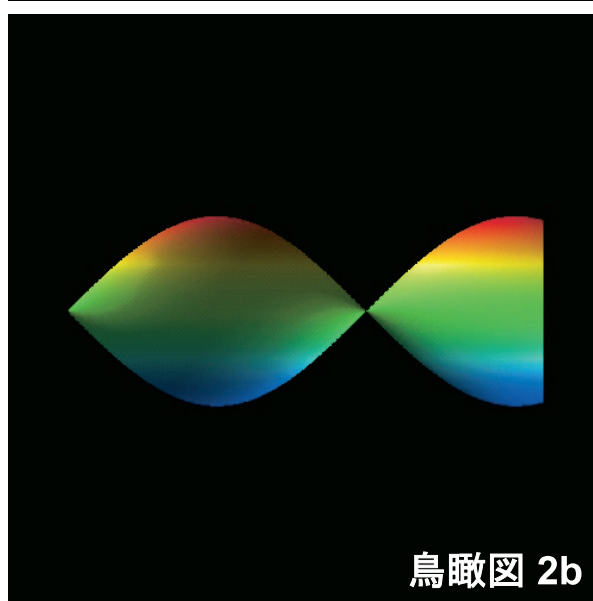
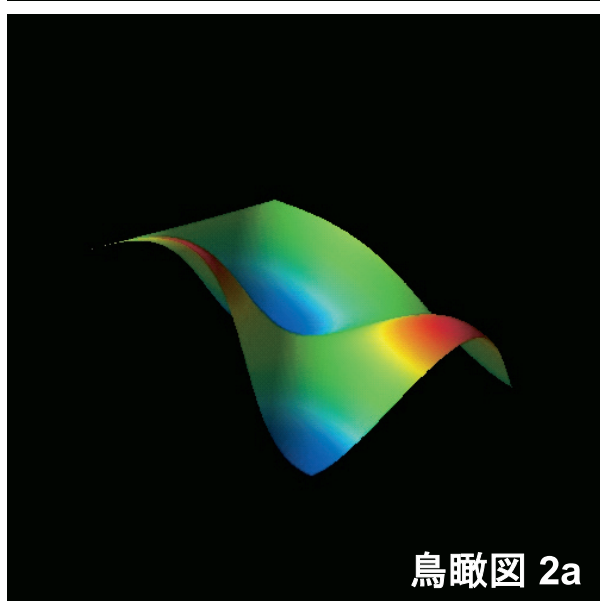
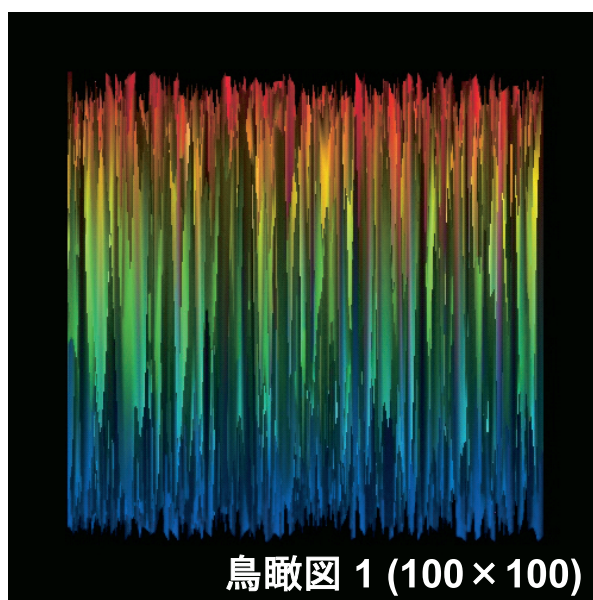
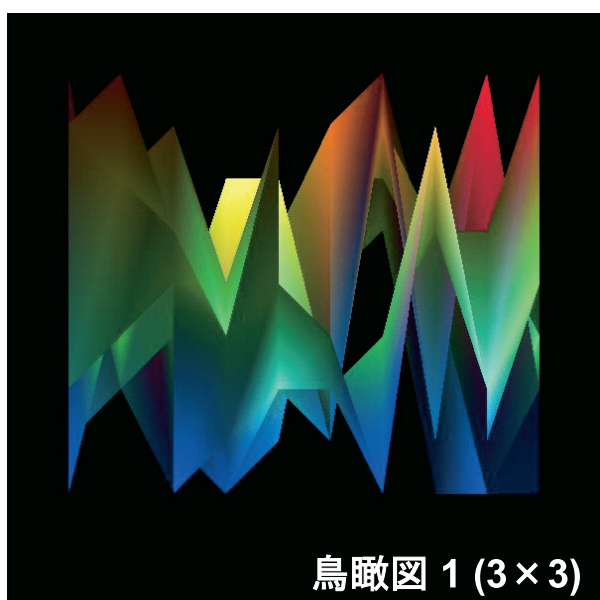
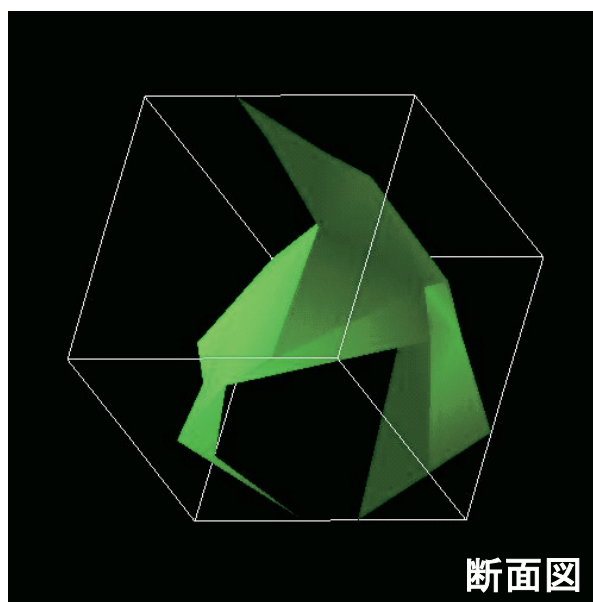
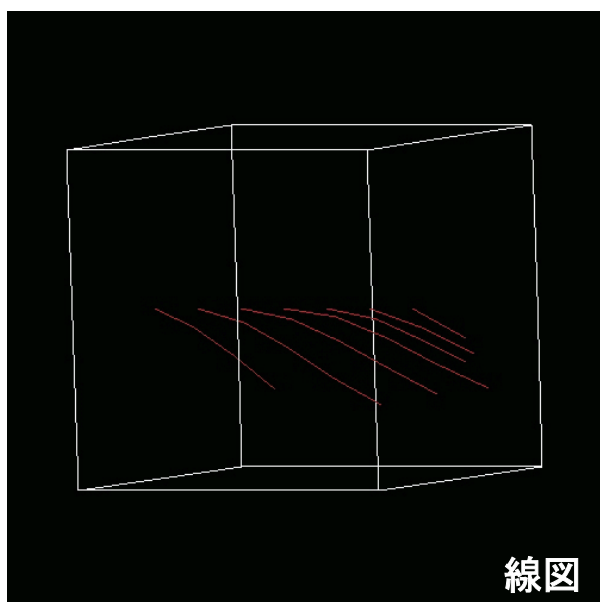


図4 提案システムに基づく可視化結果例