

グリッドミドルウェア活用による 超音速機概念設計ツール CAPAS の分散計算環境

倉石英明（富士通株式会社），牧野好和，岩宮敏幸（宇宙航空研究開発機構）
鈴木孝一郎，ブルギゼフランソワ，中川裕香（富士通株式会社）

Distributed computational environment with grid middleware for CAPAS, conceptual design tool for supersonic aircrafts.

by

Hideaki Kuraishi (Fujitsu Limited), Yoshikazu Makino, Toshiyuki Iwamiya (Japan Aerospace Exploration Agency)
Koichiro Suzuki, Francois Burgisser, Yuka Nakagawa (Fujitsu Limited)

ABSTRACT

This article describes an application example of grid middleware “SynfiniWay” coupled with “CAPAS”, a conceptual design tool for supersonic aircrafts, and the benefit that comes from encapsulation of distributed computational environment, so called, grid computing. Adopting grid computing makes it possible for users to join the analysis easily with little awareness of the distributed environment and cut chores not directly related to core research work, such as file transfer and IT methodology. At the end of the article, analysis environment with optimization tool and future plan to adopt grid environment are introduced.

1. 背景

宇宙航空研究開発機構 SST チームでは、超音速機概念設計ツール「CAPAS」を用いて、超音速輸送機概念設計や静粛超音速研究機の空力設計業務を行っている。

「CAPAS」は GUI 画面から形状要素定義、プレ処理、各種ソルバー実行、ポスト処理、結果可視化といった連続した解析を行うツールであり、ソルバーには CAD ソフトウェアを用いた機体形状定義作業も含まれる。

図 1 に示すように、これまでは 1 台の計算サーバ上で必要な連成計算を行うことが多かったが、近年 Linux、Windows を初めとしたコモディティレベルの計算サーバが導入されるようになり、既存の「CAPAS」利用形態を変更することなく、複数の計算サーバに跨って、連成計算を実施できる計算環境の構築が必要となった。

複数の計算サーバが点在する分散計算環境で、パラメトリックスタディに代表されるような大量計算を要する場面では、ファイル転送や利用可能なサーバの状況把握などは煩雑な作業となってしまふ。また、それぞれのサーバの利用方法を習得しなくてはならない。

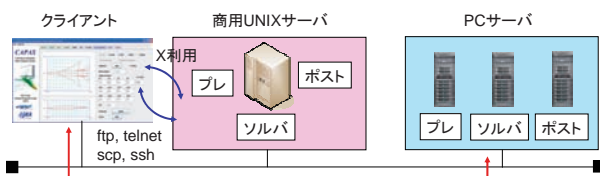


図 1 複数の計算サーバを利用する解析環境

このような背景から、本プロジェクトでは、富士通製グリッドミドルウェア「SynfiniWay」（以下「SynfiniWay」と記述）を用いて、解析に必要なサーバを自動選定し、必要な入出力の転送処理を自動的に実行するコマンドライン API を整備した後、それらを「CAPAS」に適用し、図 2 の様に、エンドユーザは、計算サーバの場所を意識することなく、あたかも自身の PC 上で全ての解析処理を実施しているような GUI を提供している。つまり、エンドユーザはクライアント PC 上から、背後に存在する分散環境を意識することなく解析業務を行うことができ、主業務以外に要する処

理の軽減、計算資源の稼働率向上を実現することを目的として、従来の「CAPAS」の利用形態を変えることなく、複数の計算サーバに跨って、連成計算を実行可能な環境を提供し、設計プロセスの自動化を促進することが可能になる。

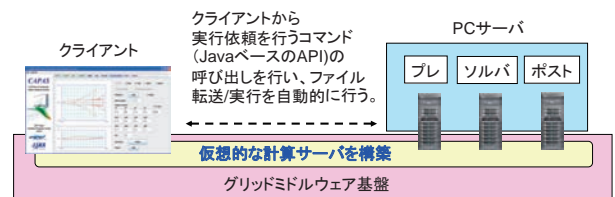


図 2 分散環境を隠蔽した仮想研究環境

本論文では、「CAPAS」に適用した分散環境対応の仕組み、その API を組み込んだ「CAPAS」の利用例、および今後の拡張計画について述べる。

2. グリッドミドルウェア「SynfiniWay」について

仮想研究環境の基盤となる「SynfiniWay」は、分散した複数の計算サーバから仮想研究環境を構築し、物理的な計算サーバの位置を意識させないで、ジョブ実行を可能にする解析支援環境の提供（以下、ジョブ実行サービスと記述）や、計算パワーやディスクなどの利用可能なリソースを必要に応じて提供するツールである。計算機を利用するエンドユーザは、計算機の操作方法に精通していなくとも「SynfiniWay」のクライアント GUI もしくはクライアント API を組み込んだアプリケーションを利用して、背後の分散環境を意識することなく、定型化された処理の実行が可能になる。

「SynfiniWay」は主に 3 種類のコンポーネントを計算機にインストールすることで、仮想研究環境を構成する計算要素となり、そのコンポーネントの種類としては、仮想研究環境へのログイン機能を提供する「Director」、ジョブ実行サービスを提供するため計算サーバ上に導入する「Service Manager」、構成された仮想研究環境間を接続するための「Acquaintance Manager」で構成される。

図3は、グリッドミドルウェア「SynfiniWay」により構成された仮想研究環境の例を示しており、この例では、仮想研究環境を2つ構成している。

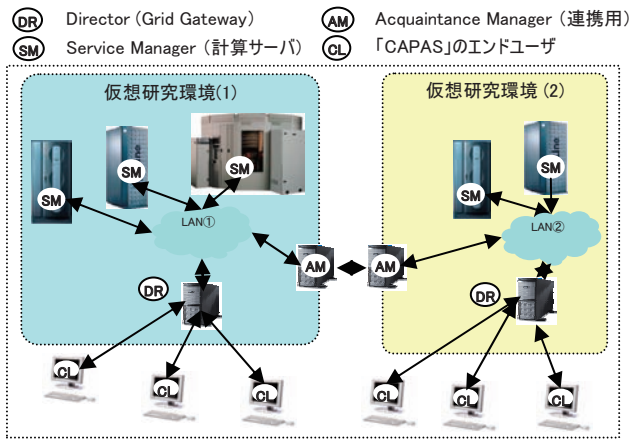


図3 「SynfiniWay」による仮想研究環境の構築例

仮想研究環境内でジョブを実行したいエンドユーザは、クライアント端末から、「Director」にアクセスを行い、認証を行う。認証後、エンドユーザ向けに公開されたジョブ実行サービスを選択することにより、「Service Manager」と呼ばれる実行可能な計算サーバを「Director」側で決定され、入力ファイルの自動転送、ジョブ実行、出力ファイルの自動転送が行われる。また、別拠点で構成された仮想研究環境との連携を行う際は「Acquaintance Manager」を用いることで、相互の計算サービス、リソースを共有することが可能になる。

グリッドミドルウェア「SynfiniWay」では、主な機能として、図4が示す用に3つのコア機能が備えられている。

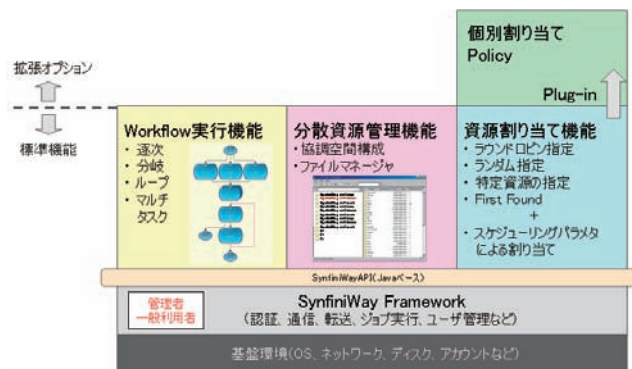


図4 「SynfiniWay」が備える3種のコア機能

①「ワークフロー」実行機能

「ワークフロー」実行機能では、1つの解析作業を「タスク」という形で定義され、ユーザに公開される。管理者は、この「タスク」を組み合わせた「ワークフロー」を作成、公開し、エンドユーザは公開された「ワークフロー」を実行することで、連成解析を容易に実行できる環境を提供している。

図5の例では、エンドユーザが解析を行う際、クライアントPCから、定義された「ワークフロー」を呼び出す。ここで定義された「ワークフロー」では、「タスク1」の処理は計算サーバ1で、「タスク2」の処理は計算サーバ2で実行するが、エンドユーザは「ワークフロー」を実行

することで、計算機1、計算機2上で直接処理を行う必要がなく、すべてPC上で閉じた操作のみで連成計算が実施できる。一般的に計算サーバを跨る連成計算では、必要なデータを転送し、計算を実行、その後、結果を取得、といった処理が必要になるが、パラメトリックサーベイなど大量の計算処理を行う場合、煩雑な作業になる。一方、「SynfiniWay」では、背後に広がる分散環境を隠蔽し、必要なファイルは計算機間で自動転送される。このため、エンドユーザは登録された「ワークフロー」を実行するだけで、すべての処理をPC上で実行しているようなGUIを提供することができる。

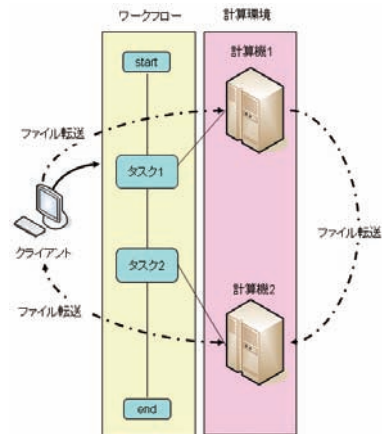


図5 「SynfiniWay」のワークフロー実行

②リソースマネージャ

仮想研究環境内では、各計算サーバ上で公開された「ワークフロー」、「タスク」及び「計算サーバのディスクスペース」において、エンドユーザ毎に利用可能なものを制限させることができる。リソースマネージャでは、自身が利用可能なリソース群を、一元的に管理可能することができるリソースマネージャを備えている。リソースマネージャを1つ起動すると、仮想研究環境内に点在した公開リソースを1つの画面から操作することが可能である。

③資源割り当て機能

資源割り当て機能では、利用可能な実行ジョブサービスが、仮想研究環境内の複数の計算サーバに存在する場合、自動的に利用可能な計算サーバを選択してジョブ実行依頼を行う機能である。「SynfiniWay」の資源割り当て機能が、ある計算サーバ上でジョブを実行可能と判断する条件として

- ・実行するオペレーションシステムの制限
- ・必要なCPU速度の指定
- ・必要なメモリサイズの指定

を指定することが可能であり、ジョブの割り振り方式として

- ・ラウンドロビン
対象の計算サーバが複数ある場合、交互にジョブを投入する方式
- ・ファーストファウンド
“Director”からネットワークを介して一番先にDirectorと通信できたService Managerが選択される方式
- ・キーププリファード

予め実行する計算サーバを1つに決めてしまう方式

を指定することができる。さらに割り当て方式を拡張したい場合は、公開されている「SynfiniWay」のAPIを用いて個別の割り当て方式を作成し、プラグインとして「Director」に組み込むことが可能である。

3. 分散環境に対応した設計支援ツール「CAPAS」

「CAPAS」を動作させる仮想研究環境を図6に示す。「Director」と呼ばれるログインサーバが1台、「Service Manager」と呼ばれる計算サーバが4台、Web上で情報公開を行うための「Service Manager」1台で構成されている。

仮想研究環境を構成するサーバのOSは、WindowsXP、Linux (CentOS と FedoraCore) および IRIX64 と異機種混在環境であり、OS毎で操作性が異なる。そこで「CAPAS」から複数の計算サーバにインストールされたソルバーを、エンドユーザに意識させないよう実行させるため、コマンドラインから「SynfiniWay」を利用するためのJavaベースのAPIを整備した。このAPIを「CAPAS」から呼び出すことで、2章で説明した「SynfiniWay」の①～③の機能の提供を実現している。この改良により、エンドユーザは背後に広がる分散環境を意識することなく、あたかもPC上で全ての処理を実施しているが如く「CAPAS」による連成解析を行うことができる。

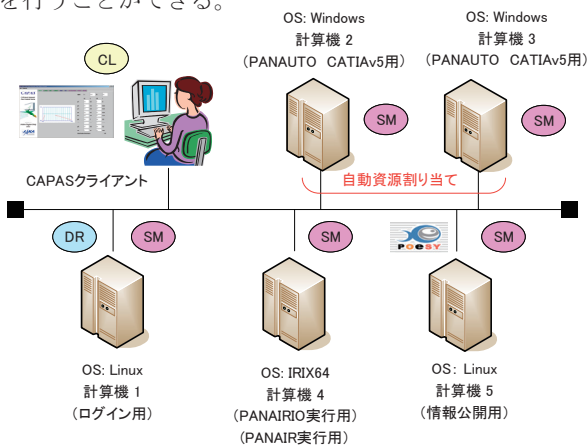


図6 「CAPAS」実行の仮想研究環境

まず「CAPAS」を利用するエンドユーザは、仮想研究環境内で「Director」を有する計算機1にログインする。認証に成功したエンドユーザは、「CAPAS」画面をPC上に立ち上げることができる。一方、認証に失敗したユーザは「CAPAS」を起動することができないようになっている。ソルバー実行段階では、「PANAUTO」、「PANAIRIO」および「PANAIR」の順に計算が実行される。

「CAPAS」では、「capas.conf」という定義ファイルに基づいて、各ソルバーを実行する場所がローカルPCであるか、背後に広がる分散環境であるかを定義 (location 属性) し、また分散環境で計算を実行する場合は、転送に必要なファイル (inputs、outputs 属性) を指定することができる。図7が示すように、「PANAUTO」及び「PANAIR」は分散環境で、「PANAIRIO」をローカルPCで実施するよう指定されており、エンドユーザは「PANAUTO」および「PANAIR」実行用の「ワークフロー」を呼び出すことで、分散環境を意識する事なく、ファイル転送を含め

「CAPAS」の画面から連続計算を実施できる。このように、エンドユーザ毎に、指定した実行方法および自動転送する入出力ファイルを解析環境に併せて設定する。

また、「PANAUTO」を実行可能な計算機が2台あるが、「SynfiniWay」が備える資源割り当て機能により、管理者により指定されたジョブ割り当てポリシーに基づいて、ジョブの割り当てが行われる。

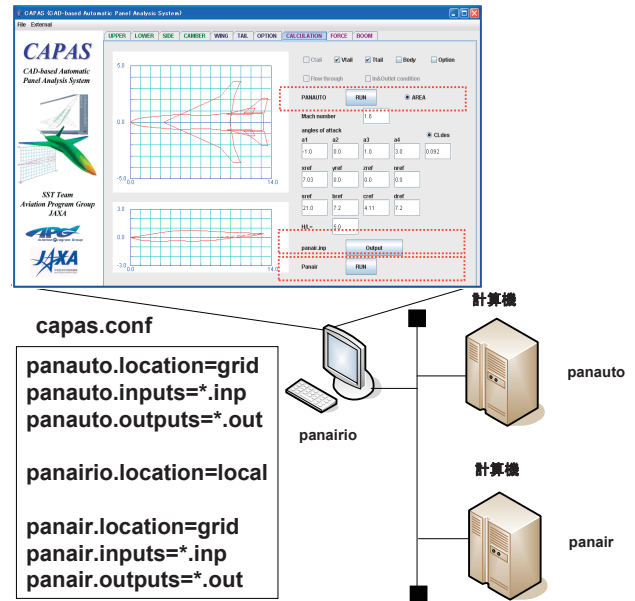


図7 capas.conf による「CAPAS」の設定

「CAPAS」では、「PANAUTO」という「CATIA」ライブラリと連携したソルバーを呼び出しているが、「CATIA v4」の場合はUNIX環境、「CATIA v5」の場合はWindows環境と、バージョンにより使用する計算サーバが異なっている。また、「CATIA」ライセンスが必要なため1ユーザが占有してしまうと、他ユーザはライセンスを有する他のマシンを利用してはならないが、今回の分散環境に対応した「CAPAS」を利用することで、エンドユーザはどのマシンが「PANAUTO」を実行しているかは意識する必要がなくなった。

この分散環境に対応した「CAPAS」の導入により、エンドユーザは特化したUNIX知識の習得およびファイル転送処理を実施する必要はなく、作業効率の向上を期待できる。

4. 情報公開サーバの利用

図8が示すように、計算結果を他エンドユーザ間で共有するために、情報公開用サーバが設置されており、公開したい計算結果については、ソルバー実行後に計算結果を情報公開用サーバに結果を転送することができる。

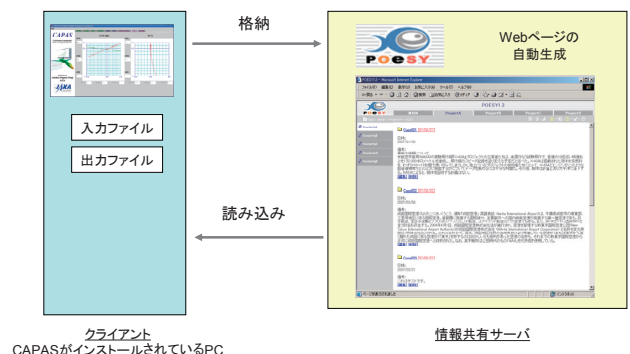


図8 「CAPAS」とポータルツール「POESY」の連携

転送された計算結果は、解析内容の説明文、結果の自動可視化処理を行っており、「CAPAS」から計算結果を自動転送すると、情報公開サーバにて Web ページが自動生成され、ポータルツール「POESY」上で結果の表示が行われる。「POESY」への自動転送後は、HTML 形式により自動で画面作成を行い、利用者はブラウザから過去の解析結果の編集/参照を行うことになる。図 9 に「POESY」上に格納された解析結果の表示例を示す。

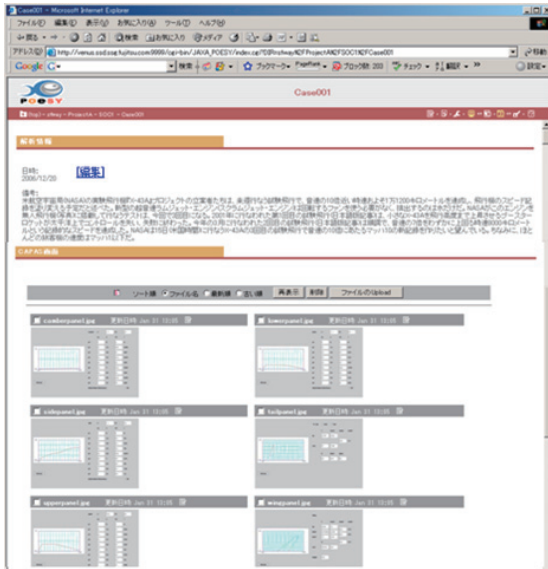


図 9 「POESY」上に整備された解析結果の例

ポータルツール「POESY」では、利用者は HTML を意識せず、また、Web ページ編集ソフトや HTML エディタを使用しなくても、メニュー構造を持つ Web ページを容易に作成することができるため、計算結果をグルーピングして整理しやすいというメリットがある。メニューの追加、修正、Web ページの作成、ポータルへのファイルの Upload は、普通の Web ブラウザを使って操作することができ、Web ページの作成では、簡易な記述ルールにより誰でも容易に Web ページを記述することも可能で、情報共有という点でも効果が大きい。

また、「POESY」のキャビネットの機能では、ポータルを Web ページとして参照するのではなく、利用者がファイルを Upload/Download することのできる共有フォルダとして利用することができる。これらの操作は全て、アクセスが許可されたクライアントから自由に行うことができるため、従来のように Web 管理者が情報の更新と管理を行うのではなく、情報を共有するグループのメンバ全員で情報を更新、蓄積していくことが可能である。

「CAPAS」から転送された結果は、図 9 のように情報公開される。解析した内容に関するコメント、および「CAPAS」で実行した実行画面のスナップショット画像および計算結果を可視化したグラフ図をサムネイル形式で表示している。

エンドユーザ自身も含め、グループ内の他エンドユーザはこの結果を参照して、自身に必要なものであれば、「CAPAS」の画面から、入力データの読み込みを行うことができる。これにより過去の結果の再利用を行うことができる。

4. 今後の展開

分散環境版「CAPAS」の導入により整備した「SynfiniWay」の API を、SST チームで開発した最適化ツールから呼び出し、「CAPAS」同様に分散環境対応にする計画がある。(図 10) 現在、Web のインターフェースによる環境を提供しており、将来は「CAPAS」のように定義ファイルで振る舞いを決められる最適化パッケージとして整備し、容易に PC から分散環境へ参加できるよう改良する計画がある。

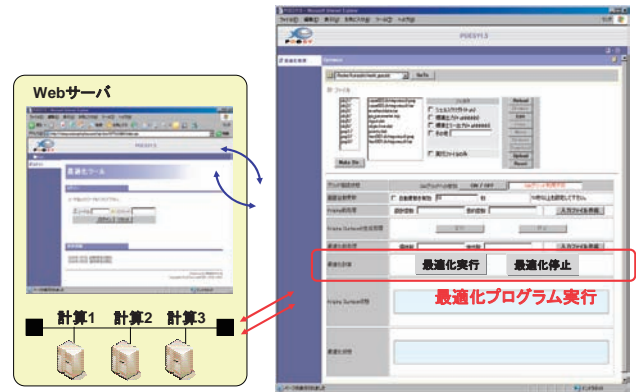


図 10 最適化パッケージへの適用例

また、既存オイラー法を用いた「CAPAS」を拡張してパネル法による連成計算を可能にした改良を行う計画がある。ここでは、同時に複数個数のジョブ投入を行い、新規に作成する状態監視画面で、ジョブの実行状態を監視するものである。この環境では、分散環境を意識せずジョブ実行を行える点に加えて、同時に複数ジョブ投入を実施、管理できるという利点があり、期待できる効果は大きい。

4. 結論

複数の計算サーバを用いて連成計算を必要とする解析環境において、分散環境を隠蔽した仮想研究環境上で解析を行うことで以下の効果が得られている。

- 計算サーバ固有の特別な操作手順、コマンド群、スクリプト処理などの流動的 IT 知識から開放されることにより、主業務以外に要する処理の軽減、作業効率化を促進できる。
- ライセンスによる計算実行環境 (UNIX、Windows 混在) の差異を吸収するため、ライセンスの有効活用および計算資源の稼働率向上を期待できる。
- 必要な入出力 (解析に必要な入出力ファイル、プログラムに与える入力パラメータや実行後に出力される結果の値など) を処理間で自動受け渡しし、その後、空いている計算サーバを自動的に選択し、解析を実行できるため、設計プロセスの自動化を促進する。

参考文献

- 1) Y.Makino, Low sonic-boom design of a Silent SuperSonic Technology Demonstrator -Development of CAPAS and its Application, 4th SST-CFD-WS, 2006.