



第 1 章 動的解析システムについて

1.1 はじめに

システム SPACE (Space frame Analysis package for Civil Engineers, researchers and students) Ver.3.00 は、幾何学的非線形を考慮した弾塑性解析システムであり、スペースフレームの静的・動的解析を効率よく実行し、また、その結果を処理し、グラフ、表、アニメーション等を用いて効果的に各種の情報を提供する。

このマニュアル「動的解析編」は、SPACE に組み込まれている動的ソルバーやその内部仕様について解説するものであり、これから動的非線形解析を学ぼうとしている学生・技術者・研究者にとっての学習書にもなる。多少冗長となるが、最初からゆっくりと読んで頂きたい。参考になる多くの情報が得られると思う。

マニュアル「動的解析編」は、SPACE Ver.3.00 に基づいて解説されており、今後バージョンがあがるごとに更新する予定である。また、動的解析システムには、簡易型のプレゼンターが付いており、数値解析技術と共にグラフィック技術についても説明する。

なお、このマニュアルを理解するためには、

SPACE システムは、マルチ言語で開発されており、数値計算部分は FORTRAN を、GUI の部分はオブジェクト指向型言語である C++を用いている。

- 1 . 数値解析を理解するためには、FORTRAN に習熟していること
- 2 . グラフィック部分を理解するためには、C++に慣れていること
- 3 . 線形の振動解析と応力解析のプログラムを書くことができること
- 4 . コンピュータ操作に慣れていること

が必要である。上記が十分でない場合は、先にこれらを学習し、知識・技術を習得しておかなければならない。

1.2 この本の目的と概要

このマニュアルは動的解析システムに関する仕様書であると同時に動的解析を学ぶ学生にとっての学習書でもある。また、このマニュアルには、新しい部材モデルや履歴モデルを SPACE に組み込む方法が書かれており、研究者にとって、研究・開発用システムを作成するためのフレームワークにもなる。さらに、このマニュアルには、動的ソルバーに関する入力・出力ファイルの仕様が全て公開されており、自前の解析ソフトの中でこの仕様に合わせてデータ出力を行えば、データ処理に優れたプレゼンター (PREZENTER) を単独で利用することが可能となる。

以上をまとめると、このマニュアルは次の目的のために作成されている。

- 1 . SPACE に関する動的解析システムに関する仕様書
- 2 . 動的解析を学ぶ学生の学習書
- 3 . 新しい部材モデルや履歴モデルを組み込むための解説書

このマニュアルは、大きく 2 つに分かれており、前半は数値解析に関して、後半はグラフィックと動的解析システム全般について書かれている。以下では、各章において説明・解説する項目の概要を示す。

第 2 章では、SPACE で必要となるプログラミング技術について述べる。特に、動的領域の確保と解放に関する手続き、構造体の設定とその使用方法について解説する。SPACE では、数値解析の部分は FORTRAN で、GUI の部分は、C++で書かれており、マルチ言語仕様となっている。ここでは、両言語間における使用上の違いと互いの関数をどのようにリンクするかについて説明する。最後に、SPACE で使用している座標系とスカイライン行列について述べる。

第 3 章では、動的解析における非線形方程式の数値解析手法を解説する。SPACE では、非線形振動方程式を効率良く数値解析するために、多くの工夫がなされているが、そのひとつとしてニューマーク 法を利用した反復解法を用いている。ここでは、その反復解法について説明し、どのように数値解析するかについて詳細に述べる。さらに、特殊な部材モデルである Maxwell モデルに関する理論と数値解析手法について解説する。

第 4 章では、SPACE システムにおける動的解析全体の解析フローを概観し、次に個々の処理について解説する。動的解析ソルバーは大きく 2 つに分かれており、一つは構造物の固有振動数や振動モードを求めるために必要となる固有値問題を解くシステムであり、他は、振動方程式を数値解析するシステムである。ここでは、特に複雑な非線形解析を行うために、処理をどのように構造化し、システム化しているかについて解説する。

第 5 章では、SPACE Ver.3.00 に組み込まれている部材モデルについて解説する。現在の SPACE には多くの部材モデルと履歴モデルが組み込まれており、しかも今後さらに増やしていく予定である。このように多くの部材モデルや履歴モデルを組み込むと、互いに影響し合い、バグが生じる可能性が高くなる。SPACE では、部材モデルを階層化し、構造化

することによって、できうる限りバグの生じないシステムを構築することを目指す。ここでは、まず、部材モデルの階層化とデータ処理法について解説する。次に、システムに組み込まれている各部材モデルについて解説し、具体的にプログラムコードを用いて説明する。

第6章では、部材モデルの最下層にある履歴モデルについて説明する。履歴モデルは、せん断型や通常の部材モデルに適用される履歴モデルと静的縮合部材モデル中のファイバー要素の履歴モデルとがある。システムに組み込まれている各種の履歴モデルについて解説し、それらについて具体的にプログラムコードを用いて説明する。

第7章以降は、前記の後半部分に対応し、数値計算部分以外の項目について解説する。まず、第7章では、動的解析ソルバー内に組み込まれているファイル管理とファイルの仕様について解説する。さらに、ソルバーが必要とする入力データと動的ソルバーが出力する全ファイルの仕様について述べる。

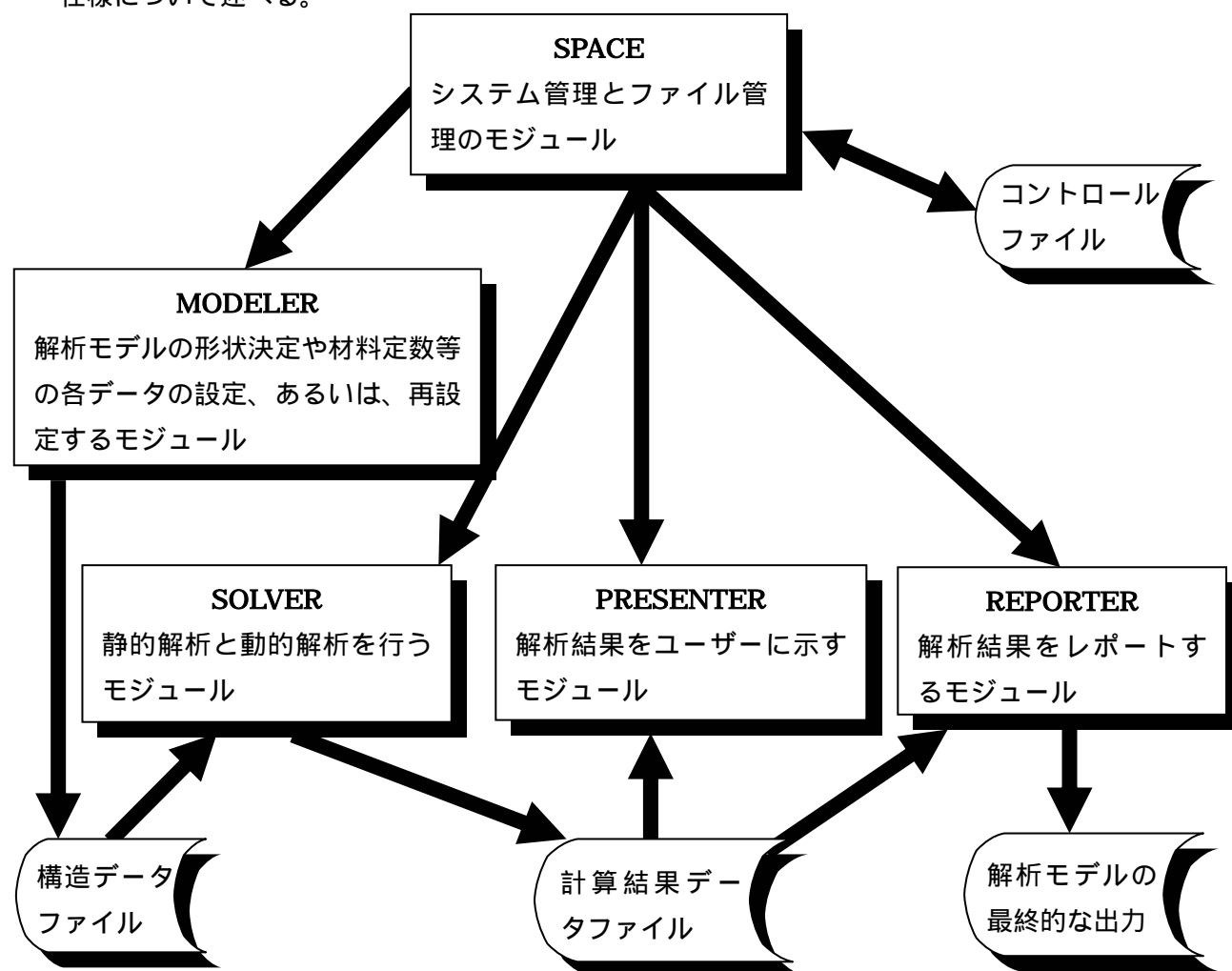


図 1-1 システム構成

第 8 章では、SPACE システムにおける動的ソルバーの役割と動的解析システム内のグラフィック処理と数値計算を管理するシステムについて解説する。SPACE 内の動的ソルバーは、解析結果をリアルタイムにアニメーションとして描画し、また、計算を途中で停止、再開、中止するなどの機能を有する。このような機能が可能となるためには、数値計算以外に多くの処理が必要となる。ここでは、これらの処理を行う仕組みとそれらを実際に実現するためのプログラムコードについて説明する。具体的には、数値解析と GUI との関係(マルチスレッド処理)について、またウインドウ管理について解説する。

第 9 章では、新たに開発した各種モデルを、システムへ組み込むための方法について解説する。新規モデルとしては、履歴モデルと部材モデルがあり、両者の安全で適切な組み込み方法を具体的に説明する。

第 10 章では、動的解析システムに使用されているルールや仕様をまとめている。最後に付録として、構造体の一覧、及び動的解析に関する主プログラムを掲載し、残りのプログラムは CD 内に添付する。

SPACE は、図 1-1 に示すような多くのモジュールによって構成されている。これらのモジュールはそれぞれが独立しており、かつ、それらが有機的に結合して、ひとつのシステムとして動作している。

上記システム構成の中で、数値解析を行うソルバー (SOLVER) は

- | |
|---|
| <ol style="list-style-type: none">1 . 静的解析2 . 動的解析 |
|---|

に分かれ、2 つのモジュールとなっている。このマニュアルは、動的解析を行うモジュール (モジュールネーム : sf3st) について解説するものであり、全ての内部仕様とプログラムの内容について説明する。

動的解析モジュール sf3st は、Windows 上で GUI を管理するグラフィック部分と数値計算を行う部分に分かれている。次に、図 1-2 に示すモジュール構成について、その概略を説明しよう。

動的 SOLVER は、数値解析を行う部分と各種の処理、例えば図形処理、数値計算の管理などを行う部分とで構成されている。したがって、この本では、動的 SOLVER というモジュール全体を、今後動的解析システムと呼び、その中で特に数値解析する部分を動的ソルバーと呼ぶことにする。

1.3 SPACE での動的解析システム

このモジュールは、数値計算を行いながら図形処理を行い、また、マウス操作などを介して送られるユーザーからのメッセージを受け、その対応処理を実行する。例えば、計算を途中で中止したり、新たな図形用ウィンドウを表示させたりする。このような複雑な処理を行うためには、通常の数値計算手法のみでは実現できない。マルチスレッド技術や図形処理など高度な技術や知識を必要とする。第8章で、その手法について説明する。

数値計算部分では、複雑な非線形解析を行うため、処理の構造化が不可欠となる。また、部材モデルも数多く組み込まれているため、部材モデルに対しても、階層化が必要となる。この2つの構造化・階層化について、次章以降で詳細に述べる。

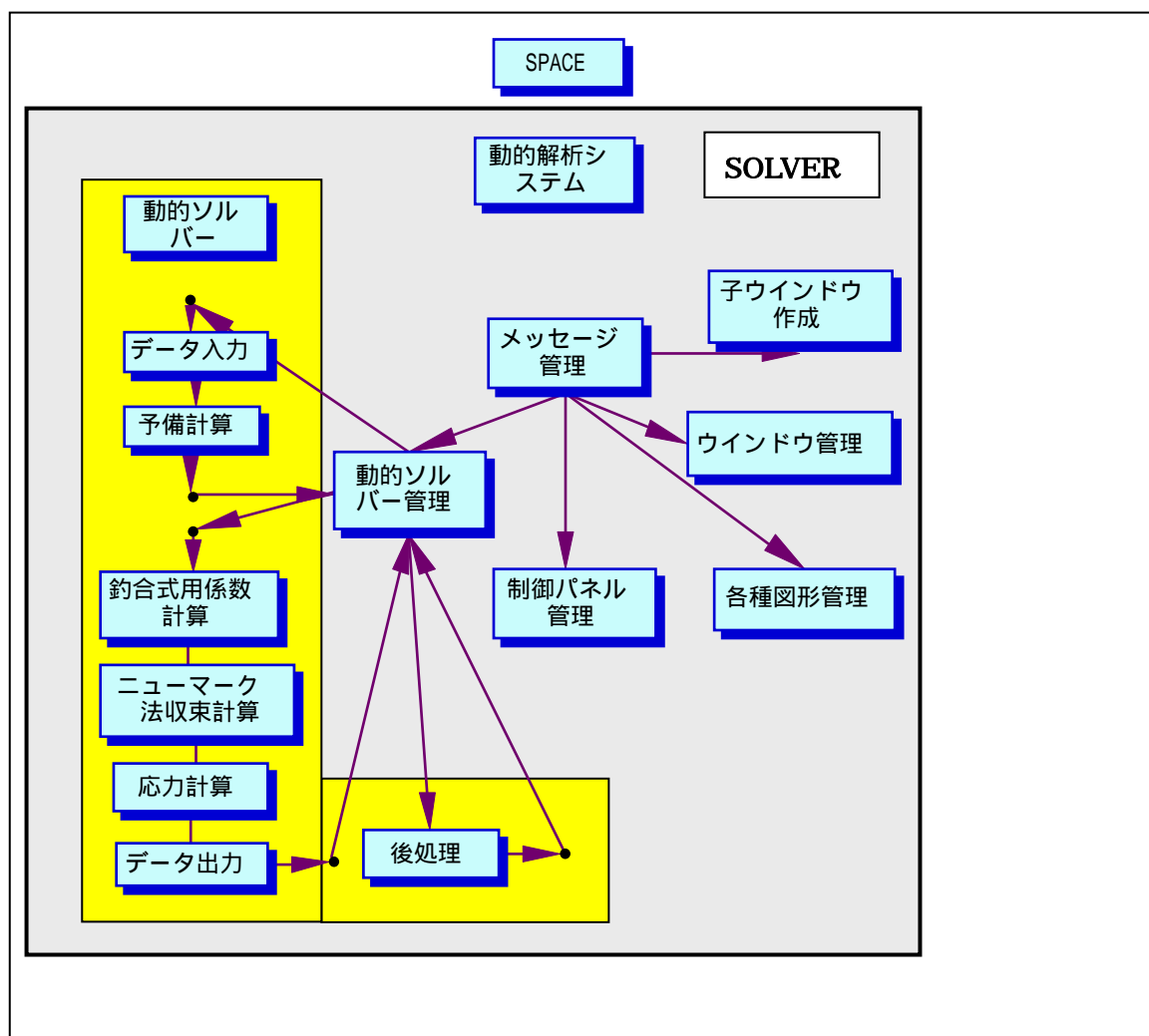


図 1-2 動的解析システムの構成

1.4 SPACE で使用する用語について

このマニュアルでは多くの技術用語が使用されている。その中でも特に、部材に関する用語は似ており、その意味を誤解し易い。そこで、その使用法について定義しておくことにする。

まず、動的解析対象となる構造物を解析モデルと呼ぶ。また、弾塑性解析を行うために各種の履歴モデルを有する部材が設計されており、これらを総称して部材モデルという。

リファレンスマニュアルに見られるように、入力時で要素と部材という用語を使い分けている。この使い分けは、入力時の手間と解析システム内の記憶領域を少しでも効率的にするためである。つまり、解析モデル内の部材全てが異なった断面を使用することはまれであり、そこで、同じ断面を有する部材を集めて、その部材全体に対して断面特性を定義するわけである。この集合の名称を要素として定義し、部材とは異なった使い方をする。例えば、要素数とは解析モデルの中で異なった断面を有する部材の数を表し、一方、部材数とは解析モデルにおける部材総数を表す。

SPACE ではこの要素に関連する情報を保存する構造体を Element と称し、また部材に関連する情報を保存する構造体を Member という。一般に Element は断面特性などのデータを保持し、解析中その内容は変化しない。一方、Member は、解析モデルの中の部材に特有の情報を保持し、また、計算に必要なワーク領域を提供する。そのため、構造体の成分では解析中その内容が変化するものが多い。

システム内で使用する部材モデルとして静的縮合モデルがある。ここでは、部材内部の節点によって部材が分割され、その分割された部材が異なった部材モデル、例えばファイバー断面や塑性論アナロジーモデルなどを持つことができる。これ以降、この静的縮合モデル内部の部材をエレメントと呼ぶ。また、上記した要素と部材を使い分けたように、このエレメントに対しても情報設定や記憶領域の省力化のために、この用語を用いて、要素内エレメントと部材内エレメントという用語を用い、異なった意味を持たせることにする。要素内エレメントとは、先に定義した要素内部に含まれる部材であり、部材内エレメントとは、部材内部に含まれる部材を指す。これらを区別する必要がない場合は、単にエレメントと呼ぶことにする。

このマニュアルでは、情報関連のカタカナ用語を少し用いている。意味があいまいにならないためにも、その言葉の使用法について説明する。まず、「コールする」あるいは「呼ぶ」は、サブルーチンや関数を呼び出し、制御をそちらに移すことを云う。次に、「インクルード」は、へ

ッダーファイルなどをそのプログラム内に取り込み、そこで、そのファイルを展開することを云う。つまり、インクルードする側とされるファイルが同時にコンパイルされることになる。「ユーザー」とは、このSPACE を利用する人たちを指す。「システムハング」、「フリーズ」は、ほとんど同じ意味で使用する。前者は、アプリケーションプログラムの影響で OS そのものも止まってしまうことを指し、再起動しなければシステムが使用出来ない状態となる。後者は、SPACE プログラムが暴走または止まってしまう、応答を全くしない状態を指す。

プログラムの中で使用する「ゼロクリア」は、初期設定で使用する操作で、ある領域全体に 0 を挿入することであり、特に動的領域を確保しただけでは、その領域がどのような状態になっているか不明である。そこで、このようなゼロクリアを実行するわけである。次に、「コメント」は、プログラム内にコードや仕様などを書いておくコードであるが、コンパイル時には無視される。SPACE では、このコメントを多く使用して、プログラムを読み易くしている。FORTRAN と C++ とでは、コメントコードの仕様が異なっているので注意されたい。

「メモリーリーク」とは、プログラム内で動的に領域確保が行われた後、解放を行わないままプログラムが終了すると、OS は、未だ該当するメモリーが使用されているとして、他で利用できる状態に復帰させることができないことを云う。そのため、OS を再起動しない限り、このメモリーは使用できなくなる。「マルチスレッド」とは、ひとつのプログラムの中で 2 つ以上の並行処理が行われることを云うが、ここでは、SPACE の中で数値計算と各種管理と図形処理を同時並行処理を行うことを云う。