図法幾何学問題の解法における三次元 CAD のフィーチャー機能の活用可能性

大月 彩香 Ayaka OHTSUKI

大月 美佳 Mika OHTSUKI

概要:これまで、三次元 CAD/CG を用いた図法幾何学の解法について、従来の解法が適用できることを示し、また相互に比較しその特徴について考察してきた。今回は、三次元 CAD 特有の機能であるフィーチャーを利用した場合の解法の抽象化とその発展可能性について考察をおこなう。

キーワード:図学論／三次元 CAD／図法幾何学

1. はじめに

設計に三次元 CAD が使われ急速に普及しつつある。我々はこれまで、三次元 CAD/CG を用いた図法幾何学の解法について、従来の解法が適用できることを示し、また相互に比較しその特徴について考察してきた^[1]。本報告では、ハイエンド三次元 CAD 等に実装されているフィーチャーを利用した場合の解法の抽象化とその発展可能性について考察をおこなう。

2. ハイエンド三次元 CAD アプリケーション

代表的な三次元 CAD アプリケーションの中から、Pro/Engineer を選択した。パラメトリック機能やアソシエティビティそしてリレーション機能を有しフィーチャーベースモデリングが行える。描画ウィンドウはひとつであり軸測投影が使用されている。描画は仮想的に平面を配置し、あるいは構成平面要素上に直接行う事が出来る。作業履歴等はすべて記録され、履歴上での修正が可能であり、修正後はその結果が反映される。

3. 例題と基本解法

3.1. 図法幾何学問題

三次元の CG や CAD においては立体の取り扱いを主に考えられており、点や線を主な対象にする図法幾何学で取り扱うのに必要な命令が不十分である事が多い。そこで、線を対象とした直交する投影面に対し指定された角度をなす線の配置問題を取り上げた。

例題「AB の長さ 500、水平・直立面となす角 45° および 30° を与え、両端が両投影面にあるような線を求めよ」^[2]（コンピュータでの作図用に一部修正している）

三次元アプリケーションでは三角法の場合に作業空間が投影面の裏側になるため見づらくなるので三角法にて解く事にした。図 1 に三次元 CAD の機能のひとつであるスケッチ機能を用いた解を参考として示す。三角定規とコンパスでの作図を思い起こしてほしい。

図 1 三次元 CAD のスケッチによる作図

3.2. 三次元 CAD による解法

複数の正投影図を利用しても解く事が可能だが、ここでは単面の透視投影図を使用する。

仮想空間に水平面と直立面を作成する。そして、直立面上に水平面となす角 45° 、長さ 500 の直線を描く。ただし A 端は水平面上に B 端は立面上にあるものとする(図 2)。

図 2 長さ 500、水平面との角 45° の線を描画

次に、確定した B 点を通り水平面に垂直な回転軸の周りに回転させる事で、水平面と 45° を保ったまま他方の端点を取り得る範囲の軌跡を得る(図 3)。

図3 B点を通り水平面に垂直な軸周りに回転

同様の手順をもう一方の条件に関して行うのだが、B点が確定しているので、B点を通り直立面に垂直な基準平面を作成し、直立面となす角 30° 、長さ500の直線をこの平面上に描く。ここでは簡単のため、B点を通り水平面に平行な面に作図しているが(図4)、直立面に垂直であれば良く、水平面に平行である必要性は特段ない。

図4 B点から直立面となす角 30° の線を描画

B点を通り直立面に垂直な軸を中心に回転させ、直立面となす角 30° を満足する軌跡を描く。図3で描いた軌跡との交点が求めるA点となる。A点とB点を線で接続し解とする(図5)。

図5 B点を通り直立面に垂直な軸周りに回転

4. 解法とフィーチャーとの関係

ここでは、上記例題における解法の各ステップが、Pro/ENGINEERでのフィーチャー機能とどのように対応しているかを示す。

図6は例題の最終状態とそのフィーチャーである。

図6 例題におけるPro/ENGINEERのフィーチャー

図7にフィーチャーのみの拡大図と、解法手順との対応を示す。

図7 フィーチャーと解法の対応

これら一連のフィーチャーは、第3節で示した解法の手順と対応している。三次元CG等では、一般に解法の適用順序とその過程で定義された条件は明示されるこ

とは無く編集が不可能だが、ここで紹介するような三次元 CAD においては適用順序は各フィーチャーの作成順として、あるいはこれらのフィーチャーの集合として記録される。

このような三次元 CAD 独特の機能を利用することで、図法幾何学の解法に新たな手法を適用可能にするのではないかと考える。以下では、フィーチャー作成における条件を利用することを検討する。

5. 条件の利用

Pro/ENGINEER においては、フィーチャー作成におけるプロパティ間の関係・拘束条件を記述することができる。関係・拘束条件の記述法に以下の2種が存在する。

1. constraints: 同 sketch 内の要素間における平行や直交といった拘束条件を定義できる。sketch を跨っては定義できない。ボタン等で簡単に定義可能。
2. relations: 任意の要素間における様々な条件を定義できる。sketch を跨って定義できる。文法知識が必要。

図法幾何学の解法においては、任意のオブジェクト間でそれらの要素に対して拘束条件が存在することも多い。ここでは relations を適用して上記例題において、二つの個別の条件を満足する仮の解に跨る共通の長さを等しいと定義し、問題の条件である角度と長さを変更した例を紹介する。

5. 1. 長さの変更例

例題において、「水平面となす角 45° の直線」と「直立面となす角 30° の直線」長さは等しく500である(図7)。

図7 例題での2直線の長さは500

従来の解法では、この長さの等しさは手作業で維持される。つまり、前者の長さを例えば400と入力して変更した場合、後者の長さも入力して変更しなければならぬ。しかし、フィーチャーの属性間関係を記述することにより、この変更を自動的に伝播させることができる。

図8 2直線のラベルはそれぞれd10とd19

Pro/ENGINEER 内部において、これら二直線にはそれぞれ d10 と d19 というラベルがついている(図8)。このラベルと前述した relations という機能を使うことで、2直線間の関連を記述し、変更を伝播させることができる。

この記述は、図9のようにおこなう。

図9 relationsの記述例

図9では、 $d19=d10$ と記述することで、d10に対する変更が d19 に伝播するように設定している。つまり、d10の値を変更すると、d19の値に代入され更新される。

6. 考察と結論

上述のように、長さや角度をパラメータとして、それらの間の関係・拘束条件を定義することができる。これを使用すると、手書きの作図では作図者に依存していた関係性を明示することができる。

さらに、パラメータに注目してみる。例えば例題「ABの長さ500、水平・直立面となす角 45° および 30° を与え、両端が両投影面にあるような線を求めよ」は、長さパラメータ d10 および角度パラメータ d12, d13 を用いて「ABの長さ d10、水平・直立面となす角 d12 $^{\circ}$ および d34 $^{\circ}$ を与え、両端が両投影面にあるような線を求めよ」のように記述することができる。そして作図された解答はパラメータに何らかの値を持つ具体的な特解ではあるが、そのフィーチャーによる構造とパラメータだけを見たら図法幾何学における一般解と考えることができ

る。

つまり、パラメータを様々に変化させることによって、類似の問題とその解を無限に作り出すことが可能になる。図 10 に長さ(d10)を 500 から 400 へ変化させた例を示す。

図 10 長さ(d10)を 500 から 400 へ変化させた例

また、図 11 に上記の長さの変更に加え角度パラメータ d34 を 30° から 45° へ変化させ、角度パラメータ d12 を 45° から 30° へ変化させた結果を示す。

図 11 長さに加えて角度をそれぞれ変化させた例

なお、この一般解であるフィーチャーにおいてパラメータをそれぞれどこまで変更可能かという検討は今後の課題である。

また、今回はフィーチャーのパラメータとその関係・拘束条件に着目してみたが、今後はフィーチャーの順序と解法の関係性を検討してみたい。具体的には、フィーチャーの順が解法の手順に依存している場合と、独立している場合が存在していると思われる。独立している場合はそれらのフィーチャーを入れ替えることも可能なのである。このような依存性を調べることによって、図法幾何学の解法の解析にもなるのではないかと期待できる。

注

注1 Pro/ENGINEER は米国およびその他の国における Parametric Technology Corporation およびその子会社の登録商標です。

参考文献

- [1] 大月彩香:図法幾何学問題の解法における三次元 CAD と CG アプリケーションとの比較, 第?会図学会全国大会, 2006
- [2] 大久保正夫:「三訂新版第三角法による図学」, 朝倉書店, 2004

著者紹介

大月 彩香 : 九州大学大学院工学研究院知能機械システム部門, 図形・計算情報学, 819-0395, 福岡市西区元岡 744

大月 美佳 : 佐賀大学理工学部知能情報システム学科, 840-8502, 佐賀県佐賀市本庄町 1