C19 学習システムによる機械図面での破断線分の自動修正

Automatic Restoration of Broken Lines
in Mechanical Drawings by Using Learning Systems

○ 高木 知尚 (岡山理科大) 正 田中 雅次 (岡山理科大)

Tomonao TAKAGI, Masaji TANAKA, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Okayama 700-0005, Japan

Key Words : 2D Drawing, Solid Model, Learning, Broken Line

1. はじめに

3次元 CAD であるソリッドモデラの普及は、現在でも話題として多く取り上げられているが、自動車設計などに用いられる3次元 CAD は、大変高額であり、また、特に複雑な曲面を描く必要のない機械部品などの設計においては、現在でも2次元 CAD が多く利用されている。将来的には、3次元 CAD が主流になるとしても、2次元と3次元のCADの混在は、当分の間は続くと考えられる。

そこで、2次元 CAD と3次元 CAD を連結させるものとして、2次元図面を自動的に3次元化させる研究は、これまで非常に多く行われているが⁽¹⁾、基本的に2次元図面が幾何学的に正確に描かれていないと3次元化は困難である。ところが、実際の2次元図面では、断面図や省略図などの簡略的表現が多用されているため、殆どの実際の2次元図面は、既存のシステムでは、自動3次元化できない。

著者らは、この2次元図面の自動3次元化の研究を継続的に行っているが⁽²⁾⁽³⁾、本論文では、特に部分省略図などによって破断された線分を、幾何学的に正確な図面になるように、自動的に修復する手法を提案する。本研究では、この自動修復に独自の学習システムを応用する。

2. 線分の自動認識

Fig.1(a)の例題1は、ある板状の部品の二面図である。正面図において、左下の部分は、他の部品からの干渉によって破断されている。また、 $\phi 15$ の寸法値の記入のために、1本の直線分が破断され、しかもその終点は、設計者のミスによって、他の線分まで到達していない。実際の2次元図面では、この例題1でも、製造者に設計意図が十分伝わるため、誤った図面とは断定できないが、幾何学的には、正確な部品の投影図にならない。したがって、幾何学的計算を基礎とした自動3次元化のプログラムでは、解であるソリッドモデルを得ることは非常に困難である。

本手法では、学習を基礎とした手法を提案する。学習の場合は、問題と解答を繰り返しシステムに入力して、その解決過程をシステム内で自動的に一般化させることになる。そこで最初に重要になるのは、個々の線分のコンピュータによる認識と理解であり、本手法では、2本の線分の関係を基本として次のように多様な特性値の集合で表す。

・ 2線分間の関係

(1) 全体的な特性

(1-1) 全点数

(1-2) 2線分の番号(Lx, Ly)(1-3) 各線分の端点の番号 $\{Lx(Pa, Pb), Ly(Pc, Pd)\}$

(2) 2線分間の接触性

(2-1) 接触点(0 or Px)(2-2) T字型の接触点(0 or Px)(2-3) 仮想上の交点(0 or Px)(2-4) 仮想上のT字型接触点(0 or Px)

(3) 2線分の方角性

(3-1) 平行度(pa), $pa < 5$ ならば、値は真となる。(3-2) 直角度(sq), $sq < 5$ ならば、値は真となる。(3-3) 直線度(st), $st < 5$ ならば、値は真となる。

(4) 2線分間の距離

(4-1) 2線分間で最短となる2端点の番号(Px, Py)(4-2) 2線分間で最長となる2端点の番号(Px, Py)

各特性の詳細な説明は、Fig. 2の三つの2線分のパターンより説明する。Fig. 2(a)には、2線分($L1, L2$)が描かれている。 $L1$ の端点は、 $P1, P2$ であり、 $L2$ の端点は、 $P3, P4$ である。これらの2線分の関係は、次のような特性値としてコンピュータ上で捉えられる。(1-1)4 (1-2)2 (1-3) $L1(P1, P2), L2(P3, P4)$ (2-1)0 (2-2)0 (2-3) $P3$ (2-4)0 (3-1)真 (3-2)偽 (3-3)真 (4-1) $P2, P3$ (4-2) $P1, P4$

3. CAD上での孤立した線分の修復操作の学習

CAD上でコンピュータに学習させる操作として、本手法では、(1)1線分の描画 (2)1線分の消去 (3)1線分の変形を用いる。Fig. 3は、Fig. 2(a)を一直線にする操作の一例である。Fig. 3(a)で $L1$ の $P2$ を $P4$ まで伸ばし、Fig. 3(b)で $L2$ を消去する。Fig. 3(b)の状態では、 $P1, P4$ を端点とする線分 $L1$ のみが存在する。この $P1, P4$ は、Fig. 2(a)の状態での(4-2)の値と同じである。したがって、この一連の操作を一般化すると、次のようにまとめられる。

・ 一直線上にある孤立した2線分の自動修正操作(1)

[1]与えられた2線分が、次の特性を満たすこと。

(1-1)4 (1-2)2 (1-3) $La(Pa, Pb), Lb(Pc, Pd)$ (2-1)0 (2-2)0 (2-3)token (2-4)token (3-1)真 (3-2)偽 (3-3)真 (4-1) Pa, Pc (4-2) Pb, Pd [2][1]の(4-2)を端点とするように線分 La (or Lb)を変形する。[3] Lb (or La)を消去する。

Fig. 4は、Fig. 2(a)を一直線にする、もう一つの操作例である。Fig. 4(a)で $P1, P4$ を端点とする線分 $L3$ を描き、Fig. 4(b)で $L1, L2$ を消去する。この一連の操作を一般化すると、次のようにまとめられる。

・ 一直線上にある孤立した2線分の自動修正操作(2)

[1]与えられた2線分が、次の特性を満たすこと。

(1-1)4 (1-2)2 (1-3) $La(Pa, Pb), Lb(Pc, Pd)$ (2-1)0 (2-2)0 (2-3)token (2-4)token (3-1)真 (3-2)偽 (3-3)真 (4-1) Pa, Pc (4-2) Pb, Pd [2][1]の(4-2)を端点とする線分 Lc を描く。[3] La, Lb を消去する。

Fig. 5は、Fig. 2(b)を完全な直角にする操作の一例である。Fig. 5(a)では、仮想上の交点 $P5$ を表示している。 $L1$ と $L2$ の端点 $P1, P4$ を $P5$ まで伸ばすと、Fig. 3(b)となる。この一連の操作を一般化すると、次のようにまとめられる。

・ 直角を成す孤立した2線分の自動修正操作

[1]与えられた2線分が、次の特性を満たすこと。

(1-1)5 (1-2)2 (1-3)La(Pa, Pb), Lb(Pc, Pd) (2-1)0 (2-2)0 (2-3)Pe
 (2-4)0 (3-1)偽 (3-2)真 (3-3)偽 (4-1)Pa, Pc (4-2)Pb, Pd
 [2][1]の特性値を次のように入れ替える。
 (1-1)3 (1-2)2 (1-3)La(Pe, Pb), Lb(Pe, Pd) (2-1)0 (2-2)0 (2-3)Pe
 (2-4)0 (3-1)偽 (3-2)真 (3-3)偽 (4-1)Pe (4-2)Pb, Pd
 [3]La(Pe, Pb), Lb(Pe, Pd)を描く。

Fig. 6は、Fig. 2(c)を完全なT字にする操作の一例である。Fig. 6(a)では、仮想上の交点 P_5 を表示している。 L_2 の端点 P_2 を P_5 まで伸ばすと、Fig. 3(b)となる。この一連の操作を一般化すると、次のようにまとめられる。

・T字を成す孤立した2線分の自動修正操作

[1]与えられた2線分が、次の特性を満たすこと。

(1-1)5 (1-2)2 (1-3)La(Pa, Pb), Lb(Pc, Pd) (2-1)0 (2-2)0 (2-3)0
 (2-4)Pe (3-1)偽 (3-2)真 (3-3)偽 (4-1)Pa, Pc (4-2)Pb, Pd
 [2][1]の特性値を次のように入れ替える。

(1-1)4 (1-2)2 (1-3)La(Pa, Pb), Lb(Pe, Pd) (2-1)0 (2-2)0 (2-3)Pe
 (2-4)0 (3-1)偽 (3-2)真 (3-3)偽 (4-1)Pa, Pe (4-2)Pb, Pd
 [3]La(Pa, Pb), Lb(Pe, Pd)を描く。

この場合、 La と Lb は入れ替え可能である。

これまで述べた一般化された操作を例題に繰り返し適用すると、その正面図は、Fig. 1(b)のように自動修復される。

4. 考察

学習システムの主な利点は、個々の問題を対象としたプログラムを個々に作成する必要のない点であるが、学習に要する労力も、今後の課題となる。また、個々の学習結果は、組み立てられなければ、知識をコンピュータが獲得したとは考えにくいので、今後は、学習結果の組合せ、または合成による知識のコンピュータでの活用手法に関する研究も必要となると考えられる。

5. おわりに

本研究では、学習システムを用いた、破断されて孤立した線分の自動修復法を開発した。本手法の適用例は、三つのパターンより説明した。また、実験用システムでも多様な操作が学習できることを確認している。

参考文献

- (1) Company, et al.: On the Evolution of Geometrical Reconstruction as a Core Technology to Sketch- Based Modeling, Proceedings of the 2004 Eurographics Workshop on Sketch-Based Interfaces and Modeling, pp.97-106 (2004)
- (2) 田中雅次, 金枝敏明, 広岡諄二, 岡部成行: 製品の2次元組立図の自動3次元化 -規格部品の多い2次元組立図への適用-, 精密工学会, Vol.70, No.6, pp.800-806 (2004)
- (3) Tanaka, M., Kaneeda, T., Yamahira, T. and Iwama, K.: A Method to Restore Partial Omissions in 2D Drawings, Computer- Aided Design & Applications, Vol.3, Nos.1-4, pp.341-347 (2006)

Fig. 2 Three patterns of two isolated line segments

Fig. 3 Restoration of Fig. 2(a) by stretching L_1

Fig. 4 Restoration of Fig. 2(a) by drawing L_3

Fig. 5 Restoration of Fig. 2(b)

Fig. 6 Restoration of Fig. 2(c)

Fig. 1 Example 1