

学習能力を持った幾何学問題解答システム

7P-3

稲永健太郎, 志村正道
(東京工業大学工学部)

1. まえがき

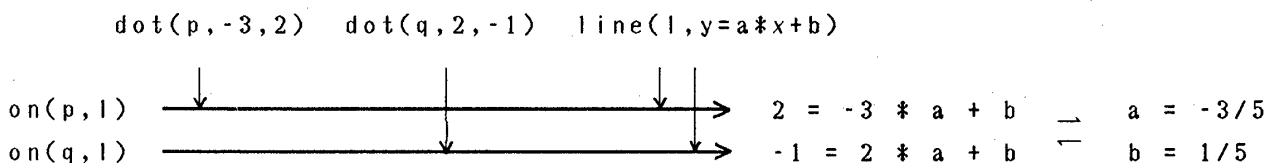
現在 AI の分野で様々な知的システム構築の研究が盛んであるが、これからの知的システム構築において欠かせない課題の一つに、「学習による自らの問題解決能力の向上」が挙げられよう。本論文で述べる幾何学問題解決システムは、平面座標上の幾何の問題を方程式抽出により代数的に解き、その過程で自らの得た定量的情報を基に、定性的知識を学習するものである。

2. 知識学習の概要

本システムの処理の大まかな流れは以下のようになる。

- I. 端末から述語形式により問題を入力。
- II. 内部の知識と照らし合わせて、問題を解くのに必要な方程式を抽出。
- III. 数式処理により、抽出された方程式を解く。
- IV. IIIの結果、もし新たな知識が見つかったら、それを内部に付加。
- V. 得られた解を出力。

一例として、「2点 P(-3, 2)、Q(2, -1)を通る直線 L の式を求めよ」という問題を考えてみる。我々人間は「2点を通る直線は一意に定まる」ということを知っており、この問題の解けることが即座に判るが、本システムは予めそのような知識を持たないので、与えられた入力から方程式を抽出して、それを機械的に解いていく。(下図参照)



ここで、「何故直線 L の式が求まったのか」を追ってみると、点 P 及び点 Q が L 上にあるという事実から方程式が抽出され、それが L の式を決定するのに貢献しているということが分かる。したがって、「2点 P, Q を通ることより L が定まった」という事実から、「一般に、2 定点を通る直線は一意に定まる」という知識が獲得される。獲得された知識はシステム内部にアサートされ、以後システムは直線を求める問題が与えられると、後向き推論により、その直線を通る 2 定点が存在しないかどうかを調べるようになる。

このように本システムは、代数的情報から幾何学的知識を、言い替えれば定量的情報から定性的知識を学習し、以後の問題解決に活用することができる。

3. 知識の修正・洗練

現実には、代数的情報の表層を追うだけでは、誤った知識が学習されることがある。例えば、

①「直線 $L: y=2x+c$ が点 $A(2,3)$ を通る時 c の値を求めよ」

という問題では、見かけ上「 A が L 上にある」という事実のみから L が求まるので、「1点を通る直線は一意に定まる」という知識が得られてしまう。また、

②「3点 $P(1,2)$, $Q(2,3)$, $R(3,4)$ を通る直線 L の式を求めよ」

では、3点が偶然一直線上にあるため、「3点を通る直線は一意に定まる」という知識が生成されてしまう。

このような誤った知識をシステム自身が知識学習時に認識して、学習対象から除外することは一般に困難であるが、知識の適用時に認識することは可能である。即ち、誤った知識を一般の問題に適用すると、得られるはずの解が得られないという不都合が生じるので、その時点で知識の修正を始めることができる。本システムでは、以下のような知識修正アルゴリズムを採っている。

a) 知識適用の結果、解が不定となった場合

- ・知識適用のための条件が一般的すぎるので、条件付加による特殊化を行う。
- ・付加条件は、現在解いている問題中からヒューリスティック的に探し出す。

b) 知識適用の結果、解が不能となった場合

- ・適用条件が特殊すぎるので、条件削除による一般化を行う。

例えば「1点を通る直線は一意に定まる」という知識は、「1点を通る・・・」という適用条件が一般的すぎるので、一般の問題に対し解は不定となる。本システムは、これに付加可能な他の条件(e.g. その直線が別のある点を通る)がその問題中にないかどうか調べる。また「3点を通る直線は一意に定まる」という知識の場合には、適用条件が特殊過ぎて解が不能となるので、条件削除によって「2点を通る・・・」に修正する。

この知識修正アルゴリズムは Version Space[Mitchell 81]の考え方に基づいて行われる。即ち、正しい知識の存在範囲を、一般的すぎる知識と特殊すぎる知識とで両側から限定し、両方の境界が一致したときにその知識が正しいと判断している。この方法を用いると、既存の不完全な知識をベースにしてより良い知識が生成されるので、新たに知識を学習し直すのに比べ、知識獲得の効率は良くなる。

4. あとがき

座標平面上の幾何の問題を解きながら学習を行うシステムを題材に、その知識獲得及び知識修正の方法について述べた。本システムは定量的情報から定性的知識を学習し、その知識を用いて定性的推論を行うことにより、自らの問題解決能力を改善している。幾何学の分野に限らず物理学など、最終的な定量的処理を見通し良く進める上で、知識を用いた定性的推論が有効となる問題領域では、本論文で示した学習アプローチが少なからず役立つのではないかと考えられる。

参考文献

[Mitchell 81] Mitchell, Tom M. : "Generalization as Search"

Readings in Artificial Intelligence, tioga, pp517-542, 1981