プロダクション規則の合成による記号的ランダム・トンネリング — 計算モデル CCM* による制約充足と最適化 —

金田　泰[†]

新情報処理開発機構 (RWCP)　つくば研究センタ

トンネリング・アルゴリズムという連続系のための最適化法を Levy and Montalvo，Yao，島らが提案しているが，この報告では，くみあわせ問題をとくための，一種のトンネリングをとりいれた方法をしめす．この方法は，問題解決の途中で問題じたいが変化するような動的な問題の自己組織的な解決をめざして著者が提案している CCM* (拡張された化学的キャスティング・モデル) という計算モデルにもとづいている．ここではグラフ彩色問題と 0–1 整数計画問題とを例題として，この方法を説明する．CCM* はプロダクション・システムの一種であるが，この方法をつかえば，あたえられたプロダクション規則をそのまま適用してもぬけだせない局所最大点を，そのプロダクション規則を動的かつランダムに合成することによって，ぬけだすことができる．

1. はじめに

オペレーションズ・リサーチなどであつかう最適化問題や人工知能などであつかう制約充足問題のおおくは計算理論上は NP 困難問題あるいは NP 完全問題に分類され，多項式時間で厳密解をもとめるアルゴリズムはないと信じられている．したがって，それらじたいが解決困難な問題である．しかし，上記の分野であつかう問題は，通常は静的である．すなわち，これらの問題がふくんでいる制約条件や評価関数などの情報が，問題解決の途中で変化することはない．ところが，現実世界における問題は，かならずしもこのような静的な制約条件や評価関数などの情報によってあらわせるとはかぎらない．あらかじめわかっていない情報があとで追加されたり，環境の変化によって情報が動的に変更されたりすることがおこりうる．時間がたつにつれて情報が変化するという点では制御問題にちかいが，量的な変化だけではなく質的な変化があるので，それよりはるかに複雑である．

金田 [Kan 92a, Kan 94] はこのような状況のもとで問題をとくための自己組織的計算をめざして，化学的キャスティング・モデル (Chemical Casting Model, CCM) という計算モデルを提案している．上記のような状況のもとでは問題解決のために必要な情報をあらかじめ完全にあつめることはのぞめない．また，閉じた完全な情報をもとにした従来の制約充足法や最適化法は環境の変化によわいとかんがえられる．そこで，CCM においては局所的・部分的な情報だけによる計算をめざしている．CCM はエキスパート・システムの開発などにつかわれているプロダクション・システムをもとにしているが，従来のそれとはちがって局所秩序度という一種の評価関数をとりいれ，非決定的 (確率的) な制御法をとりいれている．プロダクション規則と局所秩序度とは，いずれも局所的な情報だけにもとづいて適用される．

現在はまだ研究の初期段階にあるため，おもに古典的な制約充足問題や最適化問題への適用をこころみている．制約充足問題に関しては，すでに N クウィーン問題 [Kan 92a, Kan 94] とグラフ彩色問題 [Kan 92b, Kan 93b] について報告した．また，最適化問題に関しては，巡回セールスマン問題についてその初期の結果を報告した [Kan 93a]．

この報告では CCM に一種のトンネリング [Lev 85, Yao 89, Shi 93] の機構をとりいれた拡張版 CCM* による，局所的情報だけをつかうくみあわせ問題の解決法について報告する．この方法によれば，あたえられたプロダクション規則をそのまま適用してもぬけだせない局所最大点を，そのプロダクション規則を動的かつランダムに合成することによって，ぬけだすことができる．第 2 章では，かんたんに拡張前の CCM について説明し，それにもとづく制約充足，くみあわせ最適化とその問題点について説明する．第 3 章では，CCM の 2 つの独立な拡張法であるシミュレーテッド・アニーリングと記号的ランダム・トンネリングについてのべる．第 4 章では，記号的ランダム・トンネリングによる制約充足の実例としてグラフ彩色問題，最適化の実例として 0–1 整数計画問題をとりあげる．第 5 章では結論をのべ，動的な問題への拡張などの課題について言及する．

[†] E-mail: kanada@trc.rwcp.or.jp