情報処理学会第 47 回全国大会 (1993.10.6-8)　　訂正版　94.9.1

プロダクション規則と局所評価関数にもとづく計算モデル CCM
— その拡張と 0–1 整数計画問題への適用 —*

金田　泰　(新情報処理開発機構 つくば研究センタ)

1. はじめに

報告者は局所的部分的な情報にもとづく自己組織的な計算をめざして，化学的キャスティング・モデル (CCM) という計算モデルを提案している [Kan 92, Kan 93]．CCM は化学反応系とのアナロジーをつかい，プロダクション・システムにもとづく計算モデルである．CCM の特徴は，適用対象データに関する局所的な評価関数によってプロダクション規則の適用が制御される，非決定的あるいは確率的に動作する，手続き的な解法よりはるかに単純なプログラムで問題がとけるなどである．これまでに N クウィーン問題，彩色問題，巡回セールスマン問題などへの CCM の適用を試行したが，ここではそれを拡張して 0–1 整数計画問題に適用した結果を報告する．

2. 0–1 整数計画問題の記述

整数計画問題は線形計画問題における変数値を整数に制限した問題である．整数計画問題は NP 困難な問題であるから，分枝限定法のためのよいヒューリスティックがしられてはいるが，線形計画問題に比較して解決可能な問題の規模がかぎられている [Iba 93]．この報告では変数値を 0 または 1 に制限した 0–1 整数計画問題，しかも係数が正の整数値であるつぎのような問題だけをあつかう:

目的関数 $z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j$ を制約条件 $\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i$ $(i = 1, 2, \ldots, m)$ のもとで最小化する $(x_j \in \{0, 1\}, 0 \le c_j < 10^5, 0 \le a_{ij} < 10^5)$．

CCM については金田 [Kan 92] などを参照されたい．CCM を 0–1 整数計画問題に適用する理由は，これが最適化問題のひとつの典型であり，またおおくの最適化問題が整数計画問題として定式化されるという意味で重要だからである．ただし，かならずしも CCM にもとづく方法をこの問題の実用的な解法とすることをめざしているわけではない．

CCM においては，従来のプログラミング言語におけるプログラムのことをキャスタとよぶ．キャスタは反応規則とよばれるプロダクション規則と，局所秩序度とよばれる評価関数とで構成される．また，キャスタが作用するデータの集合を作業記憶とよぶ．以下では，かんたんのため制約条件数 m が 1 のとき，すなわち Knapsack 問題についてのべる．

Knapsack 問題の解をもとめるとき，作業記憶には 1 個の sum 型のデータ Z と，n 個の var 型のデータ X_j $(j = 1, 2, \ldots, n)$ をおく．Z は要素として目的関数値 *fval*，制約条件式の左辺の値 *cval*，その右辺の値すなわち最大値 *cmax* $(= b_1)$ をもつ．また X_j は変数 x_j に関する情報をもつが，その要素として変数値 *value*，目的関数における係数 c_j をあらわす *fweight*，制約条件における係数 a_{1j} をあらわす *cweight* をもつ．

ここでは，もっとも単純なキャスタをしめす．このキャスタにおいては，いずれの型のデータも 1 個ずつあたえられる．反応規則を図 1 に図示する[注1]．このキャスタでは，局所秩序度は sum 型のデータについてだけ定義される．sum 型のデータ Z に関する局所秩序度 $o(Z)$ はつぎのように定義される．

$$o(Z) = -Z.fval \quad \textbf{if } Z.cval \le Z.cmax$$
$$\infty \quad \textbf{if } Z.cval > Z.cmax$$

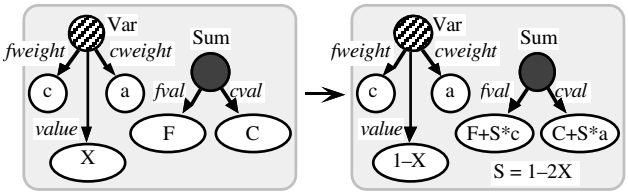

図 1　Knapsack 問題のための反応規則

CCM においては，作業記憶にふくまれるどのデータにも反応規則が適用できなくなるまで，くりかえしそれを適用する．その際には確率的に選択された適用対象データの局所秩序度が評価され，その和 (インスタンス秩序度とよぶ) が適用によって増加するときだけ実際に反応規則を適用する．上記のキャスタでは反応規則は変数値を 0 から 1 に，またはその逆にかきかえる．それによって制約条件をみたす範囲でよりよい解がもとめられるときだけ適用する．すなわちこのキャスタは単純なやまのぼり法 (最急上昇とはかぎらない) を実現していることになる．

$n \ge 1$ の一般の 0–1 整数計画問題のキャスタの記

* Computation model CCM, based on production rules and local evaluation functions — Its extension and application to 0–1 integer programming problems —, by Yasusi Kanada, Real-World Computing Partnership. E-mail: kanada@trc.rwcp.or.jp.

[注1] 実行するためには SOOC-92 というプログラミング言語によって記述する [Kan 93]．後述の実測結果もこれによる．