縮小探索行列法による不完全指定順序回路の最大両立性クラスＭＣＣの生成

3M－3

後藤公雄

神奈川工科大学

1．はじめに

不完全指定順序回路の最小化に当たって必要となる最大両立性クラスの生成法については古くから検討され，特に非両立性対ＩＣＰに依存した方法が知られている．ここでは，両立性対ＣＰに依存した生成法[1]として，内部状態の全組合せを部分的にしか探索しない縮小探索行列法を開発したので報告する．

2．縮小探索行列法のための定義と定理

ＣＣ行列による縮小探索行列法の定義と定理を述べる．

［定義１］ＣＣ行列の行線上の列要素の集合をその行の要素集合と呼び，いくつかの行の要素集合の積集合を行線積と呼ぶ．またこの行線積の生起源となる各行自体の集合を起原集合と呼ぶ．

［定義２］ある行線積とその起原集合の要素よりも高順位の行の要素集合との積集合を昇順高次行線積と呼ぶ．

［定義３］ＣＣ行列上で同一の行と列の全交点に１が存在する行列を全１行列と呼び，他の全１行列に包含されない最大の全１行列をＭＣＣ行列と呼ぶ．

［定理１］ＣＣ行列で行と列が共にχ_1，χ_2，…，χ_kより作られる全１行列がｋ行ｋ列のＭＣＣ行列となるためには，行線積ｒ（χ_1，χ_2，…，χ_k）はその起原集合｛χ_1，χ_2，…，χ_k｝そのものでなければならない．

［定理２］ＣＣ行列で，ある行線積の起原集合がその行線積に含まれない要素を持てば，この行線積およびその高次行線積にたいする起原集合の要素で全１行列を作ることはできない．

［定理３］ＣＣ行列で，ある行にたいする行線積がその起原集合に含まれない要素を持つとき，これらの要素の中に起原集合の最高位の要素χ_kよりも高位のものが少なくとも１個あれば，この行線積を成長させて作られる昇順高次行線積の起原集合の要素で全１行列を作り得る．また，このように要素χ_kよりも高位のものがなければ，元の行線積を成長させて得られる昇順高次行線積の起原集合から全１行列を作ることはできない．

3．縮小探索行列法のアルゴリズム

前述した定義と定理にしたがって，本法のアルゴリズムの概要を述べる．

［ステップ１］ＣＰを入力しＣＣ行列を生成する．

［ステップ２］内部状態ｉの設定，行線積 mcp(1) 起原集合 mcs(1) の初期設定およびアルゴリズムＳＥＬＣＨＲによる連接文字ｃｈｒｘの決定を行う．

［ステップ３］行線積 mcp(no)と行ｃｈｒｘの要素集合の積集合 mcp(no+1)を生成し，起原集合 mcs(no)と文字ｃｈｒｘを連接し mcs(no+1)を生成する．

［ステップ４］行線積更新繰返し回数ｎｏを更新し，mcs(no) とmcp(no) の比較判定を行う．

(1) 両者が等しければＭＣＣを生成記憶して新たな探索に移り，等しくなければ(2) に移る（定理１）．

(2) mcs(no) にはあるが mcp(no)にはない文字があるか否か判定し，もしあれば元へ戻り，新探索に入り，もしなければ(3) に移る（定理２）．

(3) mcs(no) にはないが mcp(no)にはある文字で mcs(no) の右端文字よりも上位のものがあるか否か判定し，もしなければ元へ戻って新探索に入り，もしあればさらに高次行線積 mcp(no+1)を成長させる．

［ステップ５］ｎｏの値を判定し，ステップ２またはステップ３のどちらかへ移る．

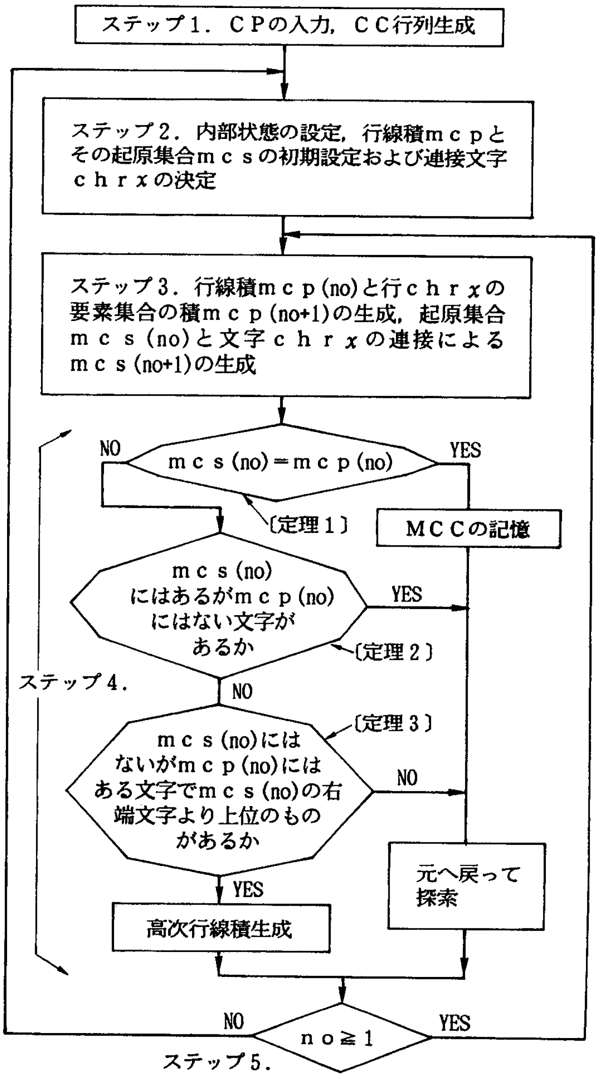

図5　フローチャート

Generation of Maximum Compatible Classes,MCC, of Incompletly Specified Sequential Machine by Reduced Search Matrix Method

Kimio GOTO
KANAGAWA Institute of Technology

4．ＭＣＣ生成プログラムの演算時間の比較

本報告の縮小探索行列法と内部状態の組合せ全部を探索する全探索行列法の各種の場合（すなわち文字列法，文字列全演算法，文字列部分演算の３つ）についてＢＡＳＩＣ言語プログラムを作成し，ＰＣ９８０１ＶＸ２上で実行した演算時間を表１に示す．なおこの表では従来知られているＩＣＰ依存の各手法の中で２分木高速生成法[2]についても比較している．比較に用いた問題は古くから知られている７つの不完全指定順序回路[3]にたいするＭＣＣの生成問題である．この結果，ＣＰ依存法はＩＣＰ依存法の演算時間よりも短くなし得ることが確認されたが，ＣＰの個数が多いときは演算時間が大となることも判明した．またＣＰ依存法では，本手法（縮小探索行列法）の演算時間が全探索行列法より著しく改善されるとは言えないことも判明した．そこで内部状態数が７以上で，ＣＰの発生濃度が５０％の場合についてこれら３つの手法の演算時間を比較した．この結果を図２に示す．この結果より，内部状態数10以上では，本手法は文字列部分演算(SPO) 法よりも1/2 に，また文字列全演算法(STO) 法の1/4 に演算時間を短くできることが判明した．このように表１ではこれら３つの手法の間に著しい差異がなかったのに図２のような著しい差異が発生したのは縮小探索行列法の探索範囲の縮小効果が後者の方で著しかったものと想像される．ここで図３は内部状態４個のＣＣ行列の一例で，図４は図３上に記入されたCPからＭＣＣを本手法によって生成するときの内部状態の組合せ探索経路を太線で示している．この図３は縮小探索行列法で探索する範囲は全探索行列法で探索する範囲よりも少ないことを意味している．しかも内部状態数が増えＣＰの数も増えて，ＭＣＣが生成される機会が増える程，縮小探索行列法が必要とする探索範囲と全探索行列法のそれとの比は増大すると考えられる．

5．おわりに

以上の説明より，(1) ＣＰ依存法によるＭＣＣ生成の所要時間はＣＰ依存法のそれに十分匹敵し得るものである，(2) ＣＰ依存法の演算時間はそのＣＰの個数に比例する，(3) 内部状態数とＣＰの数が多いときは縮小探索行列法は全探索行列法に比し，演算時間が1/2以上に短縮されることが判明した．

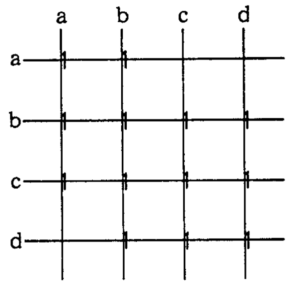

図３　ＣＣ行列野一例

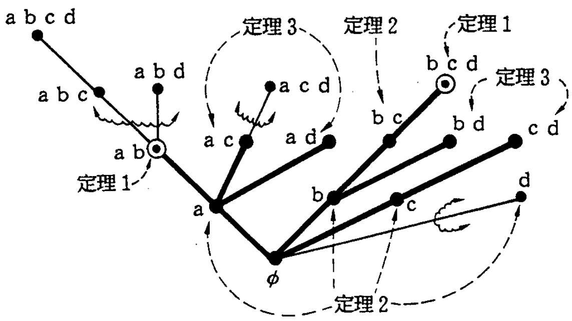

図４　図３にたいする全探索と縮小探索

なお，今後，図２と同様な測定をさらに高濃度および低濃度について確認する必要があり，他の種類の計算機および他の言語による検討も必要である．また，ＣＰの濃度によるＩＣＰ依存法とＣＰ依存法の切替え適用などの問題の検討が残されている．

表１　ＭＣＣ生成手法と演算時間（単位秒）

			1	2	3	4	5	6	7
問題番号			1	2	3	4	5	6	7
内部状態数			8	6	6	6	8	6	9
ＩＣＰ依存法	アルゴリズム名称	ＩＣＰ数	14	12	6	5	10	6	8
		ＣＰ数	14	9	9	10	15	9	28
	２分木高速生成法		3	2	1	1	3	1	4
ＣＰ依存法	本手法	文字列法（Ｓ法）	2	1	1	1	3	1	11
	全探索行列法	文字列全演算(STO) 法	3	1	1	1	5	1	15
		文字列部分演算(SPO) 法	2	1	1	1	4	1	11

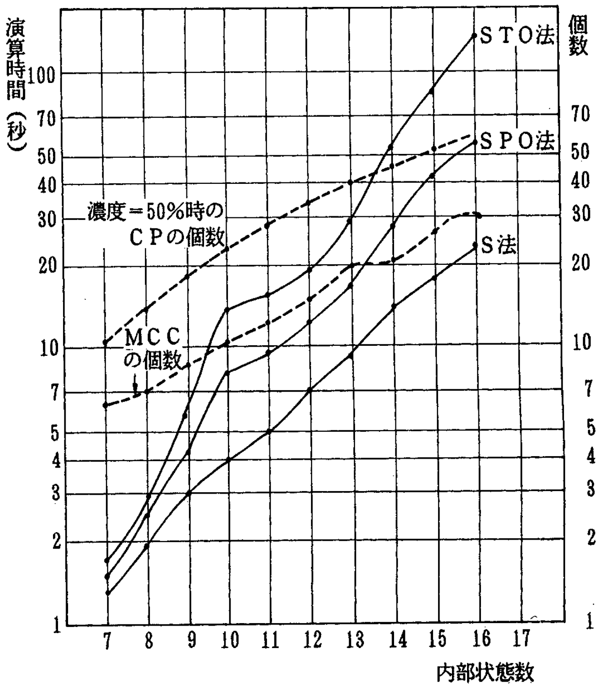

図２　ＭＣＣ生成演算時間

［参考文献］

[1] Stoffers,K.E.:Sequential algorithm for the determination of maximum compatibles,IEEE Trans. Comput.,Vol.C-23,pp.95-98(1974).

[2] Das,S.R.:On a new approach for finding all the modified cut-sets in an incompatibility graph, IEEE Trans.Comput.,Vol.C-22,pp.187-193(1973).

[3] 後藤：主閉包集合の上限値設定による不完全指定順序回路の複数最小解の生成法，情報処理学会論文誌，Vol.29,No.9,pp.873-887(1988).