

木解析による特徴記号列集合からの  
オートマトン合成

6C-5

柳沢隆夫 榎本 肇

芝浦工業大学 工学部 工業経営学科

1. はじめに  
順序機械のミラー形表現は、入出力を対にして考えると、決定性有限状態オートマトンの形式に変換出来る。そのような考えの上に立って、決定性有限状態オートマトンの動作を、入力記号列受理特性により代表して表現する、特徴記号列集合の作成方法を既に与えたが、それから元のオートマトンを復元する方法の確立には未だ至っていない。

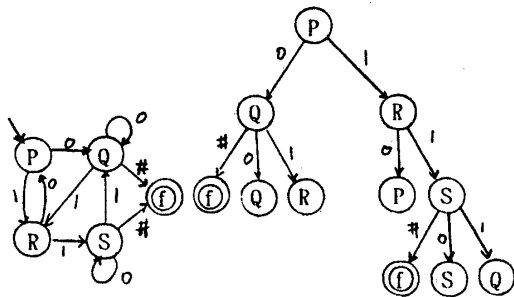
本研究は、この問題を取り上げ、次の2つの性質を用い、特徴記号列から導出される特徴分類木の各状態間の推移性、

ロ、特徴分類木に含まれる性質としての、各状態間の最終状態、あるいは受理されない状態への推移列集合の共有関係、即ち、推移の部分整合性を、特徴分類木を逆方向決定性オートマトンに2度変換することにより得られる、特徴分類木と等価なオートマトンの、各状態に付加される状態記号集合の共通状態記号(コンジャンクションを含む)、並びに、その共通記号間の部分整合性を考慮して、そのオートマトン簡約化し、最小状態の元のオートマトンを合成する方法を提案する

2. 状態分類木

初期状態から初めて、入力記号(0, 1, #)を辞書式順に入力した推移先を調べ、一度推移が調べられたら、その状態は除くことと、初期状態からの推移系列の辞書式順という条件で、推移系列に従って、そのオートマトンの総ての規則が網羅されるまで、推移先の各状態へ入力記号を順次入力し続けることにより構成される。これにより形成される木を状態分類木と名づける。状態分類木の葉の内、最終状態を除いては、最終状態までの推移を欠落している。このため状態分類木は元のオートマトンを完全には表現していない。

この手続きを説明する具体例として、図・1のオートマトンを考える。初期状態Aから始めて、推移先を調べた結果の木に、未だ推移が調べられていない葉Q, Rの木の根からの推移列の辞書式順を(0 > 1)調べて、この葉にその推移を追加する。最後に、Dの推移が追加される。(図・2)



図・1 例題オートマトン 図・2 状態分類木

3. 特徴分類木と特徴記号列集合

オートマトンの各状態を識別する受理特性は、試される状態集合に(最初はそのオートマトンに含まれる総ての状態)の各状態へ入力記号列を辞書式に入力を試み、受理されるものと、受理されないものを見いだしたら、

Synthesis from characteristic string set to the original finite state automaton by the tree analysis

Takao yanagisawa, Hajime enomoto

Shibaura institute of technology

その状態集合間をその記号列で受理特性の異なるものとして識別する。結果として識別された各状態集合にたいして、未だ経験していない入力記号列を同様に入力し、識別を進め、総ての状態集合が単一の元となったところで終了する。識別された各状態の入力記号列は木を形成する。この木を状態推移識別分類木と名付ける。

この手続きを説明する具体例として、図・1のオートマトンの状態識別は、最初、状態集合{P, Q, R, S}に推移識別が#で行われ、{P, R}、{Q, S}に受理特性の異なるものとして識別される。次に、{P, R}は0#で、{Q, S}は1#でそれぞれ識別される。(P: #, 0#, Q: #, 1#, R: #, 0#, S: #, 1#)

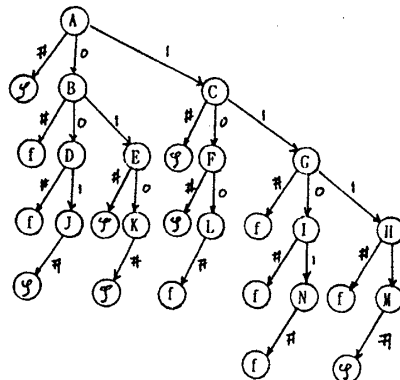
状態分類木の葉の状態の各々に、対応する状態識別分類木を連結することにより得られる木を特徴分類木と名付ける。この特徴分類木より導出される記号列集合を特徴記号列集合と名づける。特徴記号列集合は、元のオートマトンを表現している。

具体例として、図・1のオートマトンから導出される特徴記号列集合は、#, 0#, 00#, 001#, 01#, 010#, 1#, 10#, 100#, 11#, 110#, 1101#, 110#, 111#, 1111#

4. 特徴分類木に於ける部分整合性

特徴記号列集合が与えられたとき、これより特徴分類木を導出得ることは自明である。この特徴分類木に、任意の複数の状態を取り出したとき、各状態のあらゆる受理可能な、あるいは受理不可能な推移列の集合が総てある共有の記号列集合を含んでいるとき、これら複数の状態は、この共有集合に於いて部分整合すると定義する。特徴分類木を根よりたどり、ある状態の推移列集合が総て他方のある状態の推移列集合に含まれることが見いだされた時、この状態は状態分類木の根と対応しているため、元のオートマトンに於いて、同一の状態を示していると考えて良い。

これらの性質を説明する具体例として、図・3の特徴分類木において、2つの状態A, Cを取り出したとき、これらは00#と11#を部分マッチングしている。D, E, F, H, Iの推移列集合は、それぞれ、D, HはBに、EはC, FはA, IはGに総て含まれる



図・3 特徴記号列集合から求めた特徴分類木

5. 部分整合性より見た特徴分類木の表現

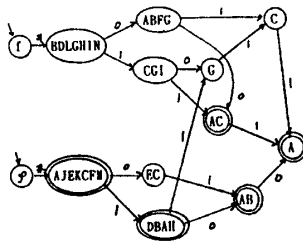
特徴分類木の受理状態と不受理状態から始めて、同じ記号列で受理、あるいは不受理となる状態集合を順次求めると、特徴分類木の総ての状態の整合性を調べることが可能となる。これを系統的に行う方法として、逆方向

決定性オートマトン・アルゴリズムが採用し得る。

特徴分類木の逆方向オートマトン・アルゴリズム  
受理状態と不受理状態を初期状態として、特徴分類木の  
推移を逆にたどり、逆の推移先の状態からなる状態集合  
を求め、これを単一の状態と設定する。(推移方向は逆  
向きにする)次に、求められた状態集合に含まれる状態  
の各々から逆方向の推移がある場合は、その推移記号に  
従って別々に先と同様に状態集合を求める。これを  
続け、総ての推移が尽くされたところで終了する。

このアルゴリズムの結果、決定性オートマトンの各  
状態に付加される特徴分類木の各状態集合の部分整合は、  
その状態集合を付加しているオートマトンの状態を、受  
理と不受理の初期状態へ逆方向に推移列を調べること  
により導出される。

具体例として、図・3の特徴分類木に、逆方向オート  
マトン・アルゴリズムを適用した結果が、図・4である。  
A, Cの部分整合は受理状態へ推移を逆方向に求めること  
により、00#と11#であることが求められ、D,  
Hが含まれる状態には必ずBが含まれていることから、  
D, Hの総ての推移列はBに含まれることが判明する。

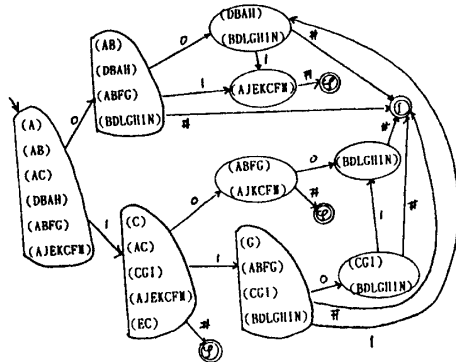


図・4 部分整合性の表現

6. 逆方向決定性オートマトンによる部分整合性の性質

部分整合性表現をさらに逆方向オートマトン・アルゴ  
リズムを用いて逆方向決定性オートマトンに変換し、こ  
こでの部分整合性の性質を調べると、逆方向オートマト  
ンの各状態に付加される各状態集合の共通集合は、その  
各状態集合が部分整合する記号列集合の和集合を、特徴  
分類木における部分整合をする(この共通集合のみ)こ  
とを示している。

具体例として、図・4の部分整合性表現を逆方向に変  
換したのが、図・5である。状態{(DBAH), (BDLGHIN)}  
の共通記号集合は、#、1#で部分整合する。



図・5 逆オートマトン

7. 部分整合性の簡約と逆方向決定性オートマトンによる再処理

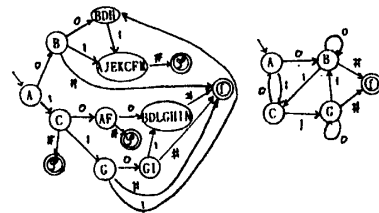
特徴分類木の部分整合性表現に含まれる各状態間の推移  
は、その導出の手順により、推移先の状態に付加される  
各状態記号から、推移元の状態に含まれるいずれか一つ  
の状態記号へ、逆方向の推移で、特徴分類木の推移が存  
在することを示す。又、この部分整合表現をさらに逆方  
向に変換したとき、そのオートマトンの状態間の推移は、  
その導出の手順により、推移元の状態に付加される各状  
態集合は、そこに含まれる各状態記号から、推移に従っ  
て、推移先の状態に付加されるいずれか一つの対応状態

集合の、そこに含まれるいずれか一つの状態記号へ、特  
徴分類木の推移を行う。推移先の状態に付加される各状  
態集合は、推移元からのこの対応をもっている。又、こ  
の逆方向オートマトンは元の特徴分類木と等価な動作を  
行う。

これらの結果、逆方向オートマトン各状態に於いて、  
推移元の状態に付加される各状態の共通集合の中に、特  
徴分類木の推移がそれに対応する状態記号(コンジャン  
クション)を含んでいる。

この節での議論と、6節の部分整合性の性質を用いて、  
具体例として、図・5の逆方向オートマトンから、共通  
部分集合を求めた図・6に、特徴分類木に含まれる状態  
間の推移関係、並びに、部分整合性の性質を用いて、図・  
7の元のオートマトンを合成する。状態(BDH)は、特徴  
分類木よりBからDへ推移し、部分整合でBとD、H、  
の性質をもつので、元のオートマトンでBからBへ推移  
することを示す。同様に、状態(AJEKCFW)は、BからE、  
CとEより、BからCへ推移する。(AF)は、CからF、  
AとFより、CからAへ推移する。状態(GI)は、Gから  
I、GとIより、GからGへ推移する。

この結果、元のオートマトンに於ける各状態間の推移  
とその状態の識別が確立したので、元のオートマトンが  
合成完了した。



図・6 逆オートマトンの簡約

図・7 元のオートマトン

8. まとめ

特徴記号列から求めた特徴分類木の木解析により、元の  
オートマトンを合成する手続きを確立した。この手続き  
の概略をまとめると、次のような手順となる。

- a. 特徴記号列集合から特徴分類木を構成し、これを逆  
方向オートマトンに変換して、部分整合性を表現する。
- b. この部分整合性表現をさらに逆方向オートマトンに  
変換し、各状態に付加される各状態記号集合の共通集合  
を求め、共通状態記号の部分整合性を求める。
- c. 逆方向オートマトンの初期状態から初めて、特徴分  
類木に含まれる状態間の推移性を基に、共通記号の中  
から特徴分類木の経由状態記号(コンジャンクション)を  
求める。
- d. 経由状態記号と部分整合する状態記号を共通記号を  
調べ、見いだされたら、経由記号をそれと置き換え、逆  
方向オートマトンを簡約化する。ステップ・cへ行く。  
状態分類木を元のオートマトンの推移を一度含めれば良  
いという条件のみで作成すると、そこから求められる記  
号列集合は特徴記号列集合とはならない。上記の手続き  
は、このような記号列集合に対しても元のオートマトン  
を合成する。

9. 参考文献

- (1). 柳沢隆夫, 榎本 肇, 他3名, システムの特徴記号列表現とその分類  
木, 情報処理学会第40回全国大会, 5X-5.
- (2). 柳沢隆夫, 榎本 肇, システムの特徴記号列表現とその複雑性, 情報  
処理学会第42回全国大会, 3B-5.
- (3). 柳沢隆夫, 榎本 肇, 平行システムのサンプルとしての特徴記号列表  
現, 情報処理学会第44回全国大会, 1F-6.
- (4). 榎本 肇, 富田悦次, 相互作用有限オートマトンのテキスト表現, 昭  
和49年度電子通信学会全国大会, 1492.
- (5). 谷口 薫, 単純句構造文法の簡単化, 信学論誌, Vol. 52 C, No. 12, 1969  
-12.
- (6). T. Kawada P. Weiner, On the states Minimization of Nondeterminist  
ic Finite Automaton, Trans IEEE on Computers, Vol. C-19, No. 7, July, 1970.