寄　　書

フォートランによる論理関数の簡単化についての一考察*

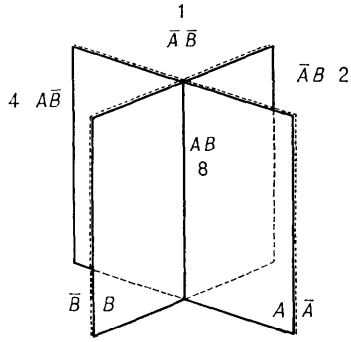
宮　腰　秀　勝**

1. は じ め に

先般，本学会誌 70 年 12 月号に掲載の「二値論理関数の図式表示における一考察」と題する寄書において，従来から行なわれている Venn 図表および Karnaugh 図表による論理関数の基本公式の証明，および簡単化の方法にかえて，立体的な図式表示を行なうことによって，より直観的に簡単に表示ができ，簡単化を行ないうることを発表させていただいたが，今回，この考え方を基礎として，最小半空間に数値を与える手法を用いて，電子計算機によって簡単化の操作を行なわせる方法を考えてみた．ここにその考え方と，フォートランによるプログラミングを行なって，実際に計算機で簡単化の操作を行なった例について述べさせていただきたいと思う．なお，この手法において基盤となる立体表示法については，本学会誌に既載のものを参照していただきたい．

2. 数値化と計算法について

まず，二変数 A，B の場合について述べる．**第1図**[1] は既載の二変数の場合の立体表示図である．図において $\bar{A}\bar{B}$，$\bar{A}B$，$A\bar{B}$，AB の 4 個の最小項の半空間を得るが，この 4 個の最小項に 1，2，4，8 の数値を与える．第 1 図の各最小項に記入された数字がこれであって，これらの数値は値のみをあらわすものであって，各数値間においてなんらの数学的な関係は意味しない．これによって図より，たとえば，A 平面は $4+8=12$ なる値をとり，$\bar{B}$ 平面は $1+4=5$ なる値をとり，$\bar{A}+\bar{A}B$ の値は $A+A=A$ であることを考慮して，$1+2+2=1+2=3$ なる値をとることがわかる．このように二変数による簡単化のすべての場合を数値で表わしてみると，最小項 $\bar{A}\bar{B}$ のみの場合の 1 の場合から全空間を表わす $1+2+4+8=15$ なる値をとる 15 とおりの場合があり，これに空間が存在しないゼロの場合を含めて $2^4=16$ とおりの場合があり，これらすべての場合を一覧にして作ったのが**第 1 表**である．この表を簡単に説明すると，左側の数値の欄は，半空間の和の数値化した値をゼロより 15 まで順序に示し，中央の欄にはこの数値が構成される最小項の数値の和を $\Sigma(\ \ )$ なる表現で示した．右側の欄にはこの数値を



第 1 図　二変数による立体表示
Fig. 1 Three-dimensional expression by two variable numbers.

第 1 表
Table 1

数　値	最 小 項 の 和	論理演算記号表現
0	空間が存在しない	
1	$\Sigma(1)$	$\bar{A}\bar{B}$
2	$\Sigma(2)$	$\bar{A}B$
3	$\Sigma(1, 2)$	$\bar{A}$
4	$\Sigma(4)$	$A\bar{B}$
5	$\Sigma(1, 4)$	B
6	$\Sigma(2, 4)$	$A\bar{B}+\bar{A}B$
7	$\Sigma(1, 2, 4)$	$\bar{A}+\bar{B}$
8	$\Sigma(8)$	AB
9	$\Sigma(1, 8)$	$\bar{A}\bar{B}+AB$
10	$\Sigma(2, 8)$	B
11	$\Sigma(1, 2, 8)$	$\bar{A}+B$
12	$\Sigma(4, 8)$	A
13	$\Sigma(1, 4, 8)$	$A+\bar{B}$
14	$\Sigma(2, 4, 8)$	$A+B$
15	$\Sigma(1, 2, 4, 8)$	全空間(1)

* One Method of The Simplification of Logical Function by Fortran, by Hidekatsu Miyakoshi (Section of Electrical Engineering, Kushiro Tehnical College)

** 釧路工業高等専門学校電気工学科

構成する半空間の和を従来の論理演算記号で示してある．なお，この表は $A+\bar{A}=1$ の関係を使えば半分の7までの表で間に合い，右側の論理演算記号表現も8以上はド・モルガンの定理から簡単に出てくる．たとえば 7 と 8，3 と 12 の如きものである．

次に簡単化の演算については，図によって数値を与え，一覧表を用いることによりきわめて機械的に処理しうる．たとえば，$f=\bar{A}\bar{B}+AB+\bar{B}$ を簡単化するには図より $\bar{A}\bar{B}=\Sigma(1)$，$AB=\Sigma(8)$，$\bar{B}=\Sigma(1, 4)$ であるから $f=\Sigma(1, 8, 1, 4)=\Sigma(1, 8, 4)=13$ を得て，表より13なる値は $A+\bar{B}$ であることがわかる．すなわち，主和標準形の簡単化は図より数値に換算し，相異なる数値のみを求めて和を作れば簡単化された式を得る．

主乗法標準形については数値に換算後，各最大項中に共通に含まれる数値をとり出して和を求めるとよい．たとえば $f=A(A+B)$ を簡単化するには図より $A=\Sigma(4, 8)$，$A+B=\Sigma(2, 4, 8)$ であるから共通の数値の4と8を求めて12を得て表より $f=A$ を得る．

否定はその空間以外の空間ということであるから全空間の値より，その半空間の値を差し引くとよい．たとえば，ド．モルガンの定理 $\overline{A+B}=\bar{A}\bar{B}$ においては，図より $A+B=\Sigma(2, 8, 4)=14$ であるから，$15-14=1$ ですなわち $\bar{A}\bar{B}$ を得る．

このように数値化して簡単化を行なうときは，きわめて定形化した3種類の単純な演算を，くりかえし行なうとよいことになるので，電子計算機にこの操作を行なわせることによって迅速，確実に簡単化が行ないうる可能性が出てくる．

これまでは二変数について述べたが，この原理は三変数，四変数になっても全く同様であり，ただ，要素が増加するのみで，演算法については全く変わらず，3種類の演算のくりかえしであることはいうまでもない．三変数 A，B，C の場合は 1，2，4……128 の8個の最小項の値を与え，結果としては一覧表の掲載は省略するが $2^8=256$ とおりの簡単化の場合が出てく

第 2 表
Table 2

* SOURCE STATEMENT *

```
C       EXAMPLE  MIYAKOSHI
C       F=A+AB+(B)  O KANTAN NI SEYO
C       (B)=NB TO O KU
C       MAIN PROGRAM
        INTEGER  F,A,AB
        DIMENSION  A(2),NB(2)
        DATA  AB/8/,(A(I),I=1,2)/4,8/,(NB(I),I=1,2)/1,4/
        F=AB
        CALL  OR22 (A,AB,2,F)
        CALL  OP23 (A,NB,AB,2,F)
        WRITE(6,10) F
     10 FORMAT(1H0,10X,30HRESULT VALUE OF SIMPLIFICATION /,25X,I5)
        STOP
        END

        SUBROUTINE OR22(X,Y,N,F)
        INTEGER  F,X,Y
        DIMENSION  X(N)
        DO 10 I=1,N
        IF(X(I).EQ.Y)  GO TO 10
        F=F+X(I)
     10 CONTINUF
        RETURN
        END

        SUBROUTINE OR23(X,Y,Z,N,F)
        INTEGER  F,X,Y,Z
        DIMENSION X(2),Y(2)
        DO 10  J=1,N
        DO 20  I=1,N
        IF(Y(J).EQ.Z.OR.Y(J).EQ.X(I)) GO TO 10
     20 CONTINUE
        F=F+Y(J)
     10 CONTINUF
        RETURN
        END
```

結算結果　RESULT VALUE OF SIMPLIFICATION
13

第1表より $A+\bar{B}$

る．このうち，ある特定の数値では論理演算記号で表現すると二とおりの場合の出てくるのはKarnaugh図の場合におけるのと同様である．四変数 A, B, C, D の場合は 1, 2, 4……32768 の 16 とおりの最小項の数値と $2^{16}=65536$ とおりの結果の表となる．いずれの場合でも二変数の場合と同じく半分の 128 とおり，32768 とおりの表でも間に合うし，また，表の左側の数値の欄と，中央の最小項の和の欄は計算機で表を作成させうる．

第 3 表
Table 3

* SOURCE STATEMENT *

```
C      EXAMPLE  MIYAKOSHI
C      F=NOT((NOT(A*NOT(AB)))(NOT(B*NOT(AB))))  O KANTAN NI SEYO
C      ZENKUKAN O ALL(N) TO OKU
C      MAIN PROGRAM
       INTEGER  F,S,AB,ALL(4),A(2),B(2),X(4),XX(4),XXX(4),Y(4),YY(4),YYY
      1(4)
       DATA  AB/8/,A(1),A(2)/4,8/,B(1),B(2)/2,8/,(ALL(I),I=1,4)/1,2,4,8/
       DO 10  I=1,4
       X(I)=XX(I)=XXX(I)=Y(I)=YY(I)=YYY(I)=0
    10 CONTINUE
       CALL NOT21(ALL,AB,4,1,X)
       CALL AND21(X,A,4,2,XX)
       CALL AND21(X,B,4,2,XXX)
       CALL NOT21(ALL,XX,4,4,Y)
       CALL NOT21(ALL,XXX,4,4,YY)
       CALL AND22(Y,YY,4,4,S)
       F=15-S
       WRITE(6,20) F
    20 FORMAT(1H0,20X,30HRESULT VALUE OF SIMPLIFICATION //,35X,I5)
       STOP
       END

C      SUBROUTINE  PROGRAM
       SUBROUTINE  NOT21(X,Y,N,M,P)
       INTEGER  X(N),Y(M),P(N)
       DO 10  I=1,N
       DO 20  J=1,M
       IF(X(I).EQ.Y(J))  GO TO 10
    20 CONTINUE
       P(I)=X(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END

C      SUBROUTINE PROGRAM
       SUBROUTINE  AND21(X,Y,N,M,R)
       INTEGER  R(N),X(N),Y(M)
       DO 10   I=1,N
       DO 20   J=1,M
       IF(X(I).EQ.Y(J))  GO TO 30
    20 CONTINUE
       GO TO 10
    30 R(I)=X(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END

C      SUBROUTINE PROGRAM
       SUBROUTINE  AND22(X,Y,N,M,Z)
       INTEGER  R(4),X(N),Y(M),Z
       Z=0
       DO 10   I=1,N
       DO 20   J=1,M
       IF(X(I).EQ.Y(J))  GO TO 30
    20 CONTINUE
       GO TO 10
    30 R(I)=X(I)
       Z=Z+R(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END
```

計算結果　RESULT VALUE OF SIMPLIFICATION

6

第1表より $A\bar{B}+\bar{A}B$

3. フォートランによる簡単化の演算について

以上述べたことをもとにして，実際の簡単化の演算を電子計算機に実行させ所期の結果を得たので，その数例をここにあげ簡単に説明したい．プログラミングの手法としては最も一般的なフォートランを用いた．

計算の内容としては，主和標準形では各項の数値が相異なるかどうかを調べ抜き出し，主乗法標準形では各最大項中に共通に含まれる数値を取り出し，否定は全空間の数値から該当項の数値を差し引くというきわめて単純な定形化された3種の操作をくり返すのでこれら3種の演算サブルーチンを作りくり返して使うことにしている．以下に例をあげ注によって簡単に説明

第 4 表
Table 4

```
* SOURCE STATEMENT *

C      FXAMPLE   MIYAKOSHI
C      F=(AB+C)((B)+(C)) O KANTAN NI SEYO
C      (B)=NB,(C)=NC  TO OKU
       INTEGER   AB,C,CC,P,Q,F
       DIMENSION  AB(2),C(4),NB(4),NC(4),CC(4),NCC(4),P(4),Q(4)
       DATA  (AB(I),I=1,2)/64,128/,(C(I),I=1,4)/2,8,32,128/,(NB(I),I=1,4)
      1/1,2,16,32/,(NC(I),I=1,4)/1,4,16,64/
       F=0
       DO 10  I=1,4
       CC(I)=NCC(I)=P(I)=Q(I)=0
    10 CONTINUF
       CALL   OR32(C,AB,4,2,CC)
       CALL   OR32(NC,NB,4,4,NCC)
       CALL   AND33(AB,NB,NCC,2,4,4,P)
       CALL   AND33(CC,NB,NCC,4,4,4,Q)
       CALL   PLUS3(F,P,4)
       CALL   PLUS3(F,Q,4)
       WRITE(6,20)  F
    20 FORMAT(1H1,20X,24HRESULT OF SIMPLIFICATION /,30X,I3)
       STOP
       END


C      SUBROUTINE  PROGRAM
       SUBROUTINE  OR32(X,Y,N,M,Z)
       INTEGER   X(N),Y(M),Z(N)
       DO 10  I=1,N
       DO 20  J=1,M
       IF(X(I).EQ.Y(J))  GO TO 10
    20 CONTINUE
       Z(I)=X(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END


C      SUBROUTINE  PROGRAM
       SUBROUTINE  AND33(X,Y,Z,N,M,L,P)
       INTEGER  X(N),Y(M),Z(L),P(N)
       DO 10  I=1,N
       DO 20  J=1,M
       DO 20  K=1,L
       IF(X(I).EQ.Y(J).OR.X(I).EQ.Z(K))  GO TO 30
    20 CONTINUE
       GO TO 10
    30 P(I)=X(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END


C      SUBROUTINE  PROGRAM
       SUBROUTINE  PLUS3(F,X,N)
       INTEGER  F,X(N)
       DO 10  I=1,N
       F=F+X(I)
    10 CONTINUE
       RETURN
       END
```

計算結果 RESULT OF SIMPLIFICATION
98

別表より $BC+AB$

をつける．フローチャートはスペースの都合上省略した．また，計算機は北大大型計算センターのものを利用した．なお，入力のデータなどのために既載[1)]の各変数に応じた図を示しておく．また，三変数の場合の一覧表はスペースの都合上省略するが使用している．$\bar{B}$ の如きバー記号はフォートランでは許されないので $NOT(B)$ または (B) のごとく表現している．主和形のサブルーチンはサブルーチン OR（以下 $S\cdot OR$ と略記する）と標記し，主乗法形はサブルーチン AND（以下 $S\cdot AND$）と標記し，否定形はサブルーチン NDT(以下 $S\cdot NOT$）と標記する．また，たとえば $S\cdot OR$ 23 の如く数字の項目は最初の数が何変数かということを，次の数はこのサブルーチンで取り扱っている項の数を示す．以上の３種のサブルーチンを使用しているが各内容においては個々の問題の内容に応じて若干の変更を加えながら使用しているが基本的な考え方は変わっていない．

(例)　$F=AB+A+\bar{B}$ を簡単化せよ

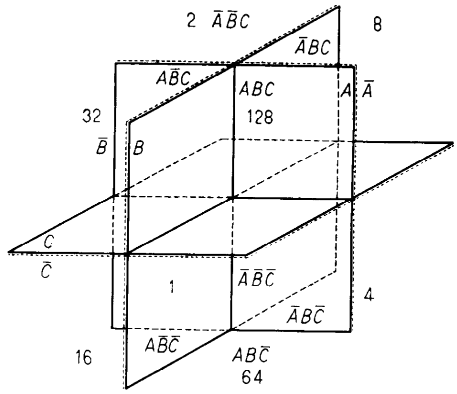
(プログラムの注)（第２表参照）

第１図より AB に８を，また，$A(1)$, $A(2)$ に４と８，$\bar{B}(1)$, $\bar{B}(2)$ に 1，4 の各配列をとり入力した．また，$\bar{B}=(B)=NB$ とおいてある．左側のシーケンシァル・ナンバーにより概略を説明すると（1〜3）までは入力部である．（４）はまず F に AB の８の値を与えた．（５）は $S\cdot OR$ 22 を用いて A と AB の値を比較し異なった A の値のみを F に加算している．（６）は $S\cdot OR$ 23 を用いて NB を AB と A の値とで比較し，異なる NB の値のみを F にさらに加算している．最後に F の値を出力させ 13 なる値を得たので第１表より $A+\bar{B}$ の答を得ている．

(例)　$F=\overline{A\cdot\overline{AB}\cdot B\cdot\overline{AB}}$ を簡単にせよ．

(プログラムの注)（第３表参照)

全空間を ALL と名付け，1，2，4，8 なる値の４個の配列をとり，A は４と８の値の２個の配列，B は２と８の値の２個の配列をとり，AB には８なる値を入力している．(1〜2) は入力部である．(3〜5) は途中のデータをストアする X, XX, XXX, Y, YY, YYYを，あらかじめクリアしている．(6) は $S\cdot NOT$ 21 を用いて $\overline{AB}$ を作って X にストアし（７）は $S\cdot AND$ 21を用いて X と A との積を求め XX にストアし(８)は同様に X と B との積を求め XXX にストアし(９)(10)は $S\cdot NOT$ 21で $\overline{A\cdot\overline{AB}}$ と $\overline{B\cdot\overline{AB}}$ とを求め Y と YY にストアし(11)で $S\cdot AND$ 22より Y と YY の積を求め共通な Y の値を S に入れ



第２図　三変数による立体表示
Fig. 2　Three-dimentional expression by three variable numpers

(12) で $\bar{S}$ を作って F を得て出力させたところ６なる値を得たので，第１表より $A\bar{B}+\bar{A}B$ の答を得た．

(例)　$F=(AB+C)(\bar{B}+\bar{C})$ を簡単にせよ

(プログラムの注)（第４表参照)

データとして第２図より　$AB=\Sigma(64, 128)$,　$C=\Sigma(2, 8, 32, 128)$,　$\bar{B}=\Sigma(1, 2, 16, 32)$,　$\bar{C}=\Sigma(1, 4, 16, 64)$ であるから AB には２個，C, $\bar{B}$, $\bar{C}$ には各４個の配列をとった．また，$\bar{B}=(B)=NB$, $\bar{C}=(C)=NC$ としている．また，途中の計算値をストアするために必要な CC, NCC, P, Q の各配列をとり(5〜7)でクリアしてある．

(1〜3) はデータの入力部である．（４）で Fをクリアしてある．(８)(９)で $S\cdot OR$ 32により C と AB　NC と NB をそれぞれを比較し異なる値の C と NC をCC, NCC にストアしている．(10)(11)で $S\cdot AND$ 33により AB を NB と NCC に比較し共通の値のみを P に入れ同様に CC を NB と NCC に比較して Q に入れ(12)(13)でこの P, Q を F に加算し F の値を出力させてた．この場合，当然 P, Q の値には最初のクリアのときのゼロの値も加算されるがFには影響はい．結果は 98 なる値を得たので表を使い $\bar{B}C+AB\bar{C}$ なる結果を得た．

4.　おわりに

これまでに述べた電子計算機による簡単化の方法は，四変数まではここに説明した方法で充分可能であり，かつまた，サブルーチン化することによって，プログラミングが相当に簡単整理化されたものとなり定形化されたものになると思う．多変数の場合において

は，これまでのいろいろな基礎的な手法を利用拡張するか，また，全く別個な発想からの方法が必要となるか今後の研究開発にまつべきであろう．これらについては大方のご批判とご助言を仰ぎたい．終わりにこの研究に対し当初よりご指導をいただいている北大名誉教授小串孝治先生に感謝の意を表するものである．

参考文献

1) 宮腰秀勝：二値論理関数の図式表示における一考察，情報処理，Vol. 11，No. 12 (1970)，pp. 745～748.
2) 佐藤達男：電子計算機，p. 17～96（オーム社）.
3) 宇田川銈久：論理数学とデジタル回路，p. 140～170（朝倉書店）.

ニュース

国産初の手書き OCR

日本電気はこのほど N 240 H-1 手書き文字読取装置を発表した．この装置は手書きの数字，記号やラインプリンタの活字などを読み取るもので，原始データの入力，ターンアラウンドシステムの入力装置として従来のパンチャード入力，紙テープ入力に代わり今後のコンピュータの入力システムに大きな進歩をもたらすものと期待されている．

装置の特徴には次のようなものがある．

1.　種々の帳票設計に適用

手書き文字のほかにも OCR-A フォント，404 フォントを読み取ることができ，さらに複数行の記入文字や縦横どの方向に記入された文字でも，紙の厚さが異なったものでも読み取るので，融通性のある帳票設計が可能である．

2.　読み取りの高信頼性

わく内のガイドラインによる文字記入方式の採用と，マトリックス・マッチング方式とストロークの検出を取り入れた新しい認識方式の開発により，読取不能率は著しく低くなっている．

3.　低価格

前記の新方式の採用や IC の使用により従来の類似機種に比較して 40～50% の低価格になっている．なお同社はこれと共に，同じ読み取り方式で数種の活字体の数字・記号を読み取る光学式文字読取装置 N 240 D-3 も発表した．

手書き OCR のおもな仕様は，次のとおりである．

読取速度：約 200～600 枚/分，**認識速度**：手書き文字 1.6 ms/文字，活字 0.7 ms/文字，**読取可能文字**：手書き文字　数字と記号 6 種，407 フォント　数字と記号 5 種，OCR-A フォント　数字と記号 4 種，**用紙の規格**：たて：76～182 mm，横：89～257 mm，厚さ：0.1～0.165 mm.

システム制御シンポジウム

プログラミングシンポジウム委員会による恒例の夏のシンポジウムとして，〝システム制御シンポジウム〟が 46 年 8 月 16 日（月）～8 月 18 日（水）の 3 日間，熱海市湯河原の厚生年金会館会議室で開催された．近年，システム制御の分野は，工業ばかりでなく，環境・通信・経済システムなど，社会のあらゆる面に広まりつつあり，多くのシステムは大規模化・複雑化の方向に進み，新しい制御工学・システム工学の面が発達している．このような情勢に対処するため，本シンポジウムが開催され主として巨大システム，複合システムにおけるシステム制御の問題をとり上げ，この分野の将来方向について討論を行なった．このように，テーマが非常に広い範囲にわたるものであったため，参加者も情報処理分野，計測制御分野，経済分野の理論家・実務家など非常にバラエティに富んだ顔ぶれとなり，延べ 32 名が出席した．

シンポジウムは理論，コンピュータ・サイエンス，応用実例の 3 セッションとし，出席者全員が 20 分ずつの講演を行ない，その後，10 分間を討論にあてた．

各テーマとも非常に広い範囲の問題をとり上げ，洞察を加えているものが多く，発表時間をしばしば超過し，また討論も熱がこもり，持時間をオーバし延々と続けられるという場面が続出し，時間の関係で打ち切らざるを得なかったのは残念であった．しかし，システム制御という莫然とした，また，各科学・工学分野へ広く進んでいくと思われる問題に対して，全く違った専門の人達がお互いのアプローチの仕方，認識の仕方を知って，その根底に横たわる共通意識，共通技術を確認し合う上で，本シンポジウムは，いろいろと役に立ったのではないかと思う．なお，発表内容は 47 年 1 月，報告集として出版される．