

## 柱体を使ったブーリアン演算「交差」の造形

酒井 和 平

### はじめに

長年、発泡スチロールを素材に、ニクロム線カッターの工夫をしながら、二つの特性を活かした柱体や直方体の二方向カット、三方向カットで生まれる造形を探ってきた。

最近、パソコンレベルの三次元プログラムが容易に入手できるようになり、特にこの数年の間にブーリアン演算概念の造形を可能にしたものが発売された。そこで今回、この研究の出発点である柱体のもつ意味を再考し、この分野の先達である五十嵐威暢、福田繁雄、ニーノ・カルーソ (NINO CARUSO) を取り上げ、筆者の造形の作例と比較し、造形と素材、加工法との関係など柱体の交差によってできる造形について考察する。

### 柱体-立体への架け橋

平面の円が面と直角の方向に一定の高さで伸びた立体を円柱、矩形の場合を角柱というように、これらを一般化して、任意の平面がその面から直角の方向に一定の高さに伸びた立体を柱体と呼ぶ。押し出し形状とか挿引体ともいう。柱体を作る方法は様々あるが、まずここでは簡単な方法の一つであるワイヤー状のもので切り抜いて作る場合を考える。

クルマや家などの立体は二次元の絵に表現するのが難しいが、シルエットなら誰でも簡単に描くことができる。次に、このように紙に描かれたシルエットに厚さを段階的に変え、各段階の特徴や違いを比べてみる。図1

#### 1)紙に描かれたクルマ

周囲の紙がじゃまになり、クルマだけを動かしたり重ねたりすることが出来ない。

#### 2)紙を切り抜いたクルマ

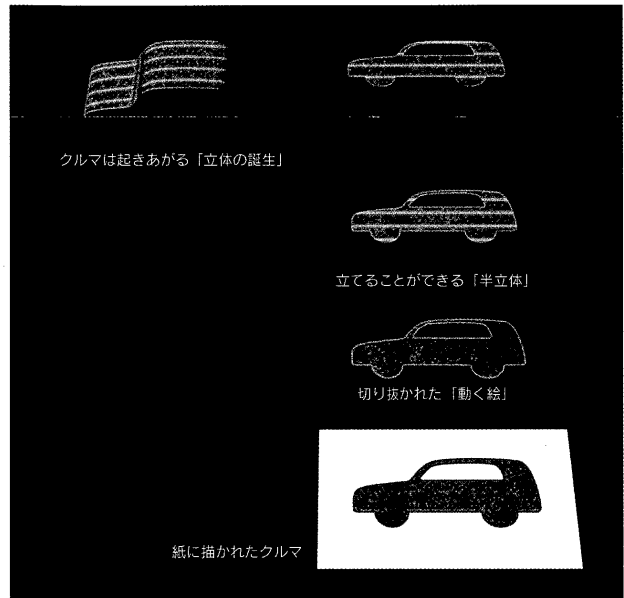


図1 平面から立体への架け橋としての柱体の段階

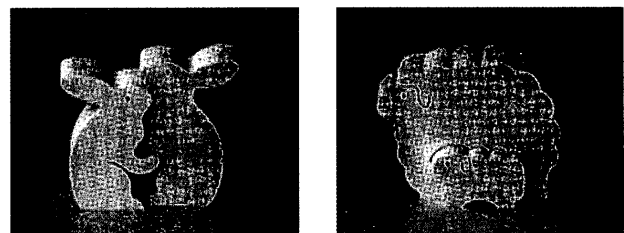


図2 パターンに厚さを与えればおもちゃが誕生する。(市場のおもちゃのカタログから)

クルマだけを動かしたり、重ねたりできる。1)にはできなかったことである。昔の子供の遊びであった着せ替え人形の例がある。紙が薄いのでしなったりして摘むのが難しいが、切り抜きは簡単である。指で押して動かすことができる。「動く絵」である。

#### 3)厚紙を切り抜いたクルマ

おおよそ、ジグソーパズルの厚さである。摘んだりはめ込んだりするのが容易になり、気を使えば切った面を下にして立てることができる。切り抜きは難しく、糸のこなど道具が必要になる。「半立体」で

検索	OR	AND	NOT	
イラストレータ	合体	交差	型抜き	分割
FreeHand	結合	交差	パンチ	
EXTREME 3D		交差部分を作成する	一部を切り取る	
FORM-Z	合体 UNION	重なり部分の 取り出し INTERSECTION	引き算 SUBTRACTION	切り離し SPLIT
3次元コンピュータ アニメーションの 原理	加算(和) ADDITION UNION	交差 INTERSECTION	減算 DIFFERENCE SUBTRACTION	

図3 ブーリアン演算の用語の比較

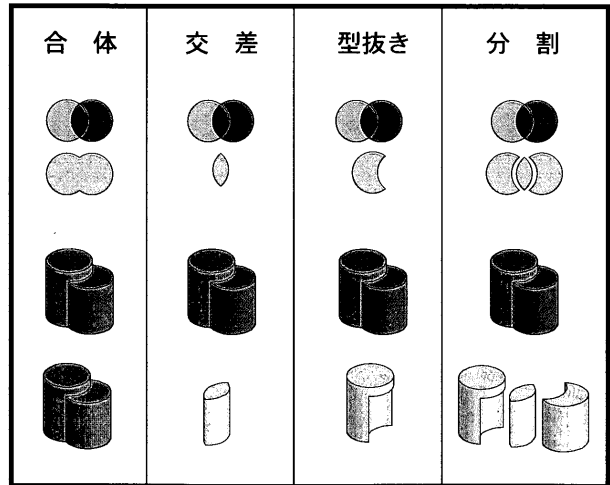


図4 ブーリアン演算用語と造形の概念図

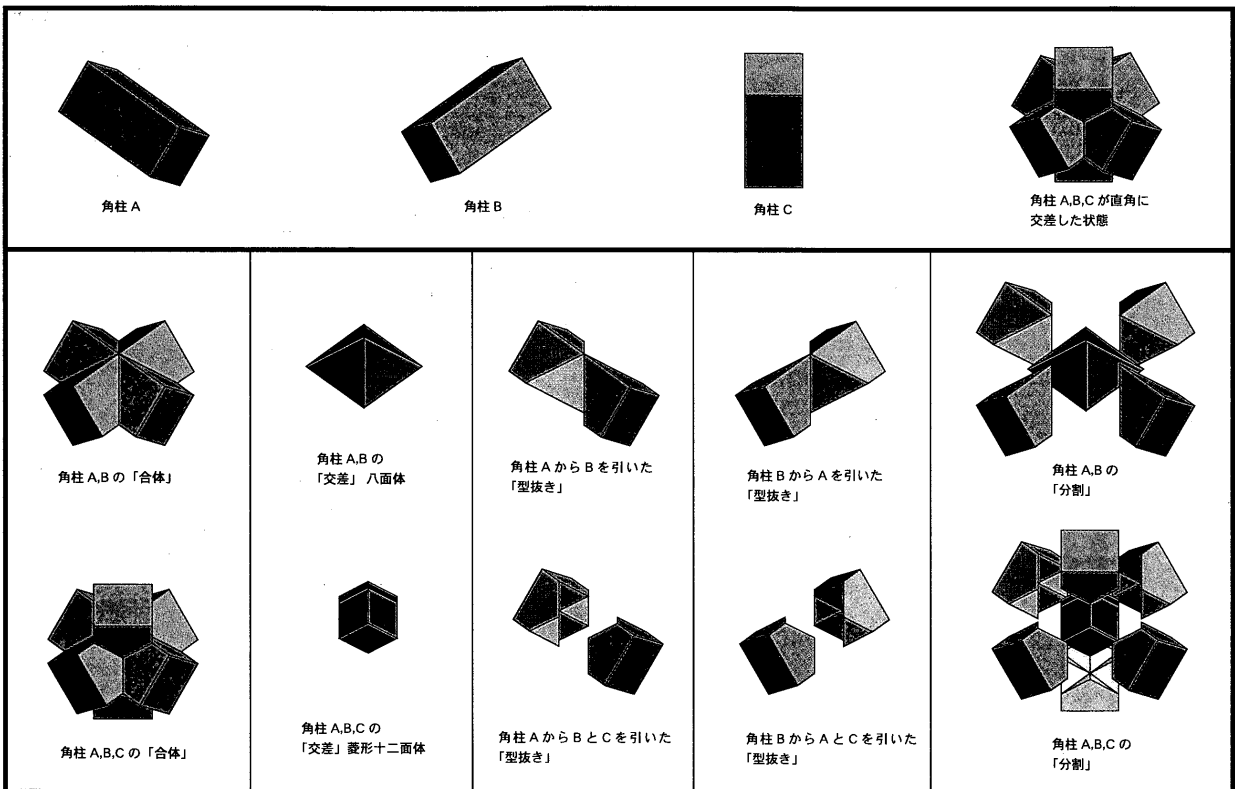


図5 角柱を使ったブーリアン演算用語と造形の概念図(2方向と3方向)

ある。図2

4)分厚いものを切り抜いたクルマ

90°回転してクルマは立ち上がる。クルマのおもちゃ「立体の誕生」である。

これは容易に握ることができるだけでなく、3)までと違って、ものとしての存在感が飛躍的に増す。積み木はこの柱体だけでできたものが多い。切り抜

きは3)よりさらに難しくなり、特別な道具が必要になる。造形思考の段階でこの柱体、中でも4)の長い柱体の重要性を確認しておきたい。

**柱体を作る方法**

柱体をつくる道具は手動の弓形の糸鋸、ミシン鋸、ジグソー、バンドソー、コンターマシン、放電ワイ

ヤーカット、レーザーカット、ウォーター・ジェットカットがある。しかし、90°回転させ二度目がカット出来るという条件に合うものとしてはハンドニクロム線カッター、ジグソー、バンドソー、コンターマシン、放電ワイヤーカットなどが挙げられる。

## ブーリアン演算的造形

パソコンでブーリアン演算という概念をはっきりとした造形のツールとして導入したのは三次元ソフトフォームZ(商標)が恐らく最初ではないかと思われる。あまり聞き慣れない用語だが、画像より先に発達したデータベースプログラムの検索概念は集合論を基にしたOR,AND,NOTという日常的な用語、手法となっていた。ここでいうブーリアン演算は集合論的概念を造形手法にいかしたものとして用いることにする。

平面プログラムとして最もポピュラーなアドビ・イラストレータ(商標V.5以後登場)は直接オブジェクトを作るのではなく、先に作った図から二次的に加工して、表現に広がりをもたらしているものとして位置づけている。また平面のソフトであっても全てを装備しているとは限らないし、同じ概念でありながら少しずつ違う用語を用いている。図3用語を「合体」、「交差」、「型抜き」、「分割」として造形概念を平面と立体に置き換えたのが図4である。次に正方形を45°回転した平面から作られた二つと三つの柱体において、互いに直交し、交差で出来る造形概念をしめす。図5

以後用語を「合体」、「交差」、「型抜き」、「分割」とし、柱体の場合を考える。

### 1)合体

図学でよく登場し、スケッチ用の石膏の立体で見慣れた相関体である。相関体は実材では直接作るの難しく、後述する「分割」した後、あらためて合体したり、一度ネガの雌型を作って、石膏を流し込む場合が多い。

### 2)交差

柱体を直交させ、中にできる形であるが、この形を思い浮べることは容易ではない。実材を使って加工

し、よく観察したり、コンピュータでシミュレーションをして、何とか理解することができる。

三方向カットの場合、概念図の菱形12面体でさえ頭の中で想像するのは難しい。少し複雑になるだけで、想像を超える形に出逢うことになるだろう。

### 3)型抜き

この造形加工の概念の中で最も形の理解と頭の中で想像が容易なものと思われる。簡単な例では直方体にドリルで穴を開けたところを想像してもらえばよい。過程を自ら見ながら加工することが出来るからである。

### 1)分割

お互いに「型抜き」をしあつた造形と共通の部分として中にできた「交差」の形を合わせた全ての造形である。

実材の加工の場合はこのように全て一度「分割」を経由することになる。

以上の四つを立体に展開した概念図を示す。図5

## 柱体とブーリアン演算の出会い

パソコンのブーリアン演算のサンプルに登場するのは平面、立体のいずれの場合も二つの形が重なることが前提になっている。実用の場面では木造建築、木工家具の仕口、現在ではアルミサッシのジョイントに見るように、どちらかという完成してしまえば裏に回ってしまうものが多い。この造形概念を本人が意識したかどうかは別にして表舞台に登場させた三人をとりあげることにする。

## 五十嵐威暢 「型抜き」の造形

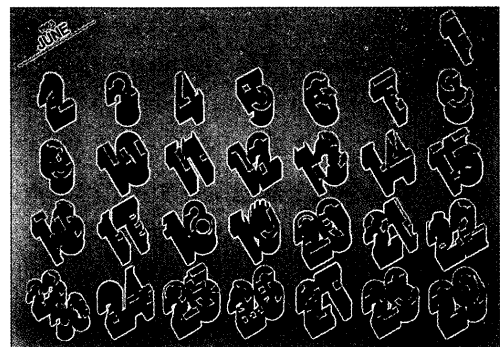


図6 五十嵐威暢 立体文字のカレンダー

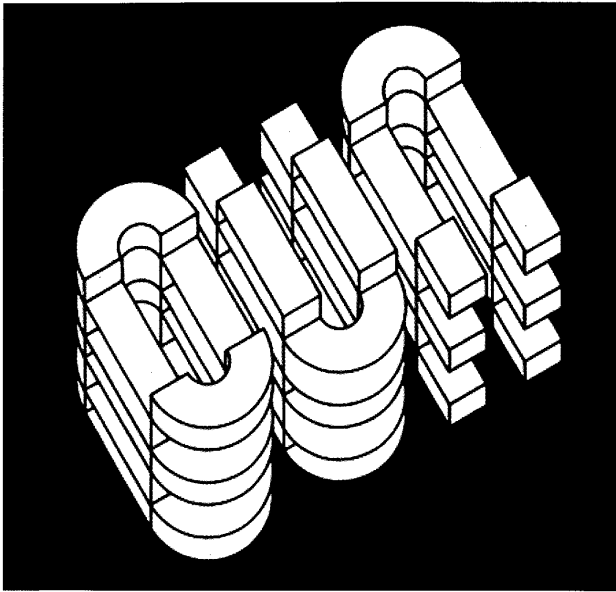


図7 五十嵐威暢 立体文字のロゴタイプ

ニューヨーク近代美術館蔵カレンダー図6は本来平面の文字がジグソーで切り抜かれたような一定の柱体と、部分的に「型抜き」を使った立体文字で成り立っている。コンピュータによって制作したと考えられる。立体が正確なアクソメトリックとして表現されているからである。

しかし、CD-ROM版作品集「TAKENOBU IGARASHI/50 PRODUCTS」での自らの解説によれば、「…まず、数字の平面形は一定であること。5ミリを単位としてXYZ軸によるスペースグリッドを基礎とすること。鉛筆を使い、手で下絵を描き、烏口で墨入れすること。根気の入る仕事である。1987年の二ヶ月の一部について、コンピュータのお世話になった以外は1984年から1990年まで続いた。7年間で終わった。…」とある。正に根気のある仕事であり、それにもまして精緻さには驚嘆する。他の多くのローマ字を立体化する作品と解説を読むと、形の基本がグリッド化された柱体とその「型抜き」で成り立っている。ここでは「合体」ではなくブーリアン演算とは違うグリッドの「積み重ね」とでもいうべき概念で構成されている。この場合、モデルを作りながらの制作ではないためか、展開の中では「交差の」概念はなかったようである。図6、7



図8 福田繁雄「バードツリー」

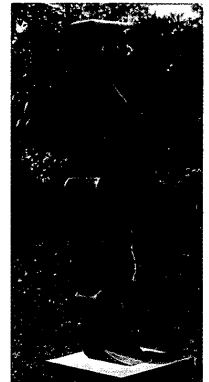


図9 福田繁雄「追想」



図10 福田繁雄「スパゲッティの恋人」

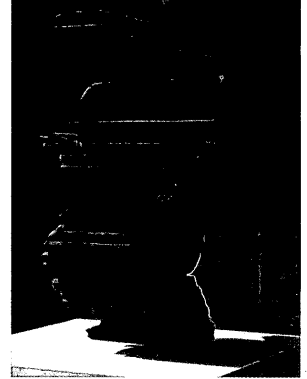


図11 福田繁雄「ミスター・ノノミヤ・キンジョウ」

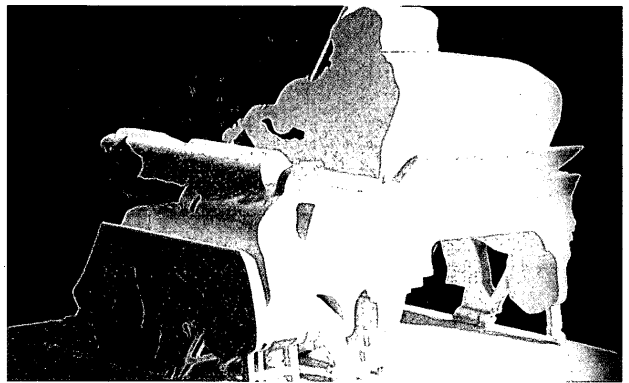


図12 福田繁雄「アンコール」両面が見える場所では何であるか認識が難しい。

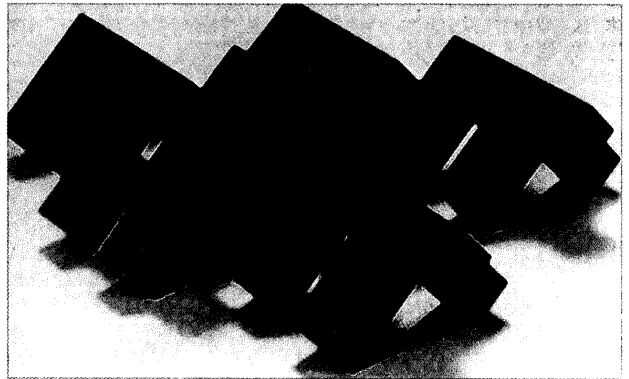


図13 福田繁雄「熊」「三つの交差」と考えることができる。

## 福田繁雄 「交差」

彼の立体造形は改めていうまでもないほど世に知られている。作品を時系列で見ると、「バード・ツリー-BIRD TREE」1965年(図8)や「卵の中の6羽の鳥 EGG & BIRDS」1966年、「ホームHOME」1967など柱体をベースにしたものがある。これらを切り抜いていく過程で、90°回転してもう一度切ったらどうなるかを実行したのが「追想」1973宇部市第5回現代日本彫刻展(図9)、「対話」1973、宇部市第5回現代日本彫刻展、「スパゲッティの恋人」(図10)、「ミスター・ニノミヤキンジロウ」1974(図11)などである。これらの造形の特徴を柱体とそのブリアンの造形に限って取り上げてみる。

- 1)「追想」、「スパゲッティの恋人」などにみられるようにモチーフが具象である。
- 2)A面とB面とのパターンが「ミスター・ニノミヤ・キンジロウ」のように天地逆さまであったり、二つの面のパターンが違う。
- 3)従って偶然以外は共通の位置寸法をもっていない。カットした方向から45°回転するとモチーフが何であるか分かりにくいいためか「アンコール」(図12)以外は面で色を塗り分けている。
- 4)直線が少なく、曲線が多い。
- 5)枝状の突起や深い切り込みがない。

モデルカットの材料が合板であり、加工機械がバンドソーであったため、強度が関係していると思う。例えば「スパゲッティの恋人」の場合フォークの先は確かに細い造形であるが片方は頭部になっていて全く切れ込みがない。強度も十分考えられた造形物となっている。

彼の一連の作品の中で唯一の直線だけの三方向カットに「ベア・ファミリー」1971(図13)がある。抽象化された熊のシルエットを二方向からカットしただけでは熊が出来ないので、ふさがったところを脚の形になるよう直角にカットしている。これ以後、抽象形の造形へ展開しなかったのは具象形への愛着が強かったためであろう。あるいはバンドソーなどではか曲線より直線の方が精度が要求され、かえつ

て難しいという理由によるのだろうか。いずれの造形にしてもコンピュータのブリアン演算的造形が知られる以前の作品である。彼の才能はもちろんであるが、自ら実材を切り抜いての造形思考が大きく影響しているものと思う。平面から立体へ柱体の階段を登っていった人と云えるのではないだろうか。

## ニーノ・カルーソ「分割」、「交差と合体」

造形の過程を探ろうとカタログを参考にインカストロ(はめ込み)-Incastro1976年(図15)がどのように制作されたかをブリアン演算的に推測し、再現を試みた。図14は作品図15からアウトラインをトレースして、シルエットA,B,C,Dの柱体を作ったものである。A,BとC,Dをそれぞれを直交させ「交差」の造形を作る。さらに二つの交差で出来た立体同士を再び直交させ「合体」すると図16がでる。

彼の場合は発泡スチロールとニクロム線カッターを使ったり、土をダイレクトに針金でカットするという素材と技術の特徴を持っている。そのため「分割」や、一度「分割」したものを「合体」することも容

図14 ニーノ・カルーソ「インカストロ」の写真をトレースして推測した断面

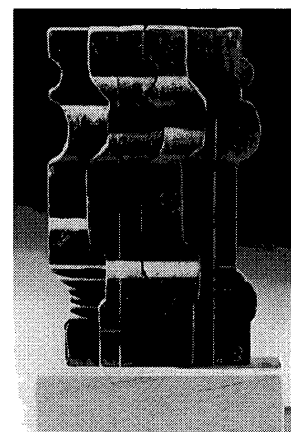
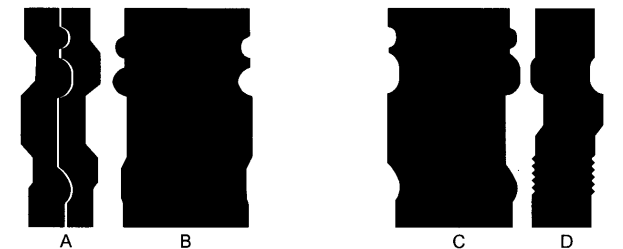


図15 ニーノ・カルーソ「インカストロ(はめ込み)」

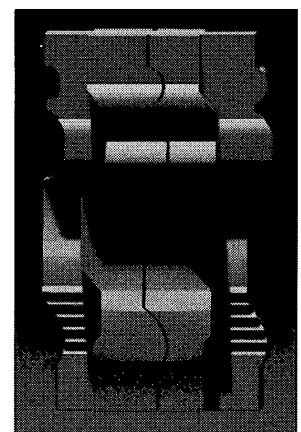


図16 ニーノ・カルーソ「インカストロ」の写真をトレースして断面を推測したもの。

易である。また陶器の場合、型をつくり、陶土を鋳込む手法を使うことが出来る。ここが福田の造形と違うところであり、土の造形が本来持っている自由度と同時に、直線とカーブが交差する几帳面さと僅かな乱れや荒れを示し、知的な表現の中にほっとするような表情を漂わせている。もちろんオブジェクトは「合体」の後、こともなげにプーリアンの概念を離れた自由な手業が活かされている。彼の場合も道具と素材を造形思考の手法にして到達した作品といえるだろう。

### 酒井「交差」発泡スチロールとコンピュータ

発泡スチロールを素材に自らニクロム線カッターを工夫しながら進めてきたので、実験的オブジェクトを簡単に作る事が出来た。切り代が少ないので実材の場合は「分割」後「合体」、「型抜き」を使い再構成することが出来たが、やはり一番興味を引かれたのは「交差」の造形であった。研究の途中1985年ごろ前述の三人の造形概念を知ることになった。形の正確さ、自由な材質の表現のため、マッキントッシュのプログラムで集合論的柱体の交差による造形が可能なものを探していたが、1996年探し当てることが出来た。

蓄積したノウハウを含め先に述べた三人の造形を念頭に酒井の特徴を述べる。

- 1) 抽象形が多い。
- 2) 造形の枝状の部分とその隙間の寸法を級数的に扱った。  
発泡スチロールの時は太く放電カットの場合は細くという自由を持っていた。
- 3) 多くA,B両面同じパターンをカットした。
- 4) 福田と同じく天地の寸法は同じにした。最小寸法が全高を支配するからである。
- 5) 水平面を少なくする。

水平面は床状の造形ができるので意図的でない場合以外は僅かであっても傾斜を設けた。またこうすることで二度切りの時、ずれが目立たなくなる。実際には基本形を作り45°回転してカット用のパターンにした。

- 6) 細い枝状の突起は少な目にする。初期には枝状の造形を多くしたが、枝が四本だとその積の16本になってしまうことが分かったからである。
- 7) 左右パターンをルート二分の一に圧縮してカットした。90°回転して二度目のカットをすると造形は強調され、対角線のルート二倍となるので、この調整をすると最初のイメージに近いからである。
- 8) 左右のパターンの寸法に共通性を持たせる。  
左右のパターンを天地逆にしても複雑になりすぎず造形に節度を保つためである。
- 9) パターンが、厚さの半分以上を越えた切り込みは意識しない穴があく。すかし模様を作ることが出来る。この作業でも、実材での加工では「交差」というより「型抜き」で、いらぬところを引いている意識の方が強い。
- 10) X,Y,Zの三方向からカットした。  
プーリアン演算の例を見ると二つのオブジェクトの交差によって出来ることを前提にしているが、三方向のカットの場合は全く予想を超える造形が誕生するケースが多い。これから、新たな発見が期待できる。

### 「交差」の造形 実材とコンピュータの比較

- 1) 実材の場合  
発泡材をニクロム線で、また金属をワイヤーで切る場合など実材の場合は図17に示すようにひとまわり大きく正確な直方体を用意する。実際には一度のカットで直方体と柱体が離れないように、AのパターンとBのパターンを台部分の寸法を変えたり、切りはじめ、切り終わり等に工夫が必要である。またAをカットした後、もう一度それを直方体に戻して、Bをカットしなければならない場合がある。この場合は「交差」のオブジェクトを取り出すことは容易ではないので、位置決めに必要な部分を除いた外側の複雑な形を適当に切り落としておく。
- 2) コンピュータの場合 図18  
図18に示すように柱体をコピーして回転して、「交差」を指定すればよい。A,Bのパターンにも特別の

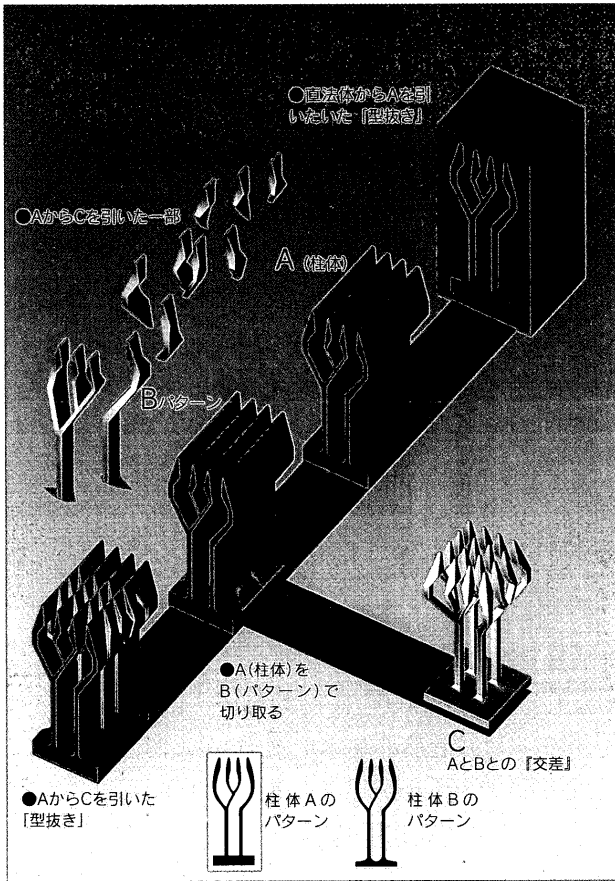


図17 放電ワイヤーカットの概念図  
12個に分割される。

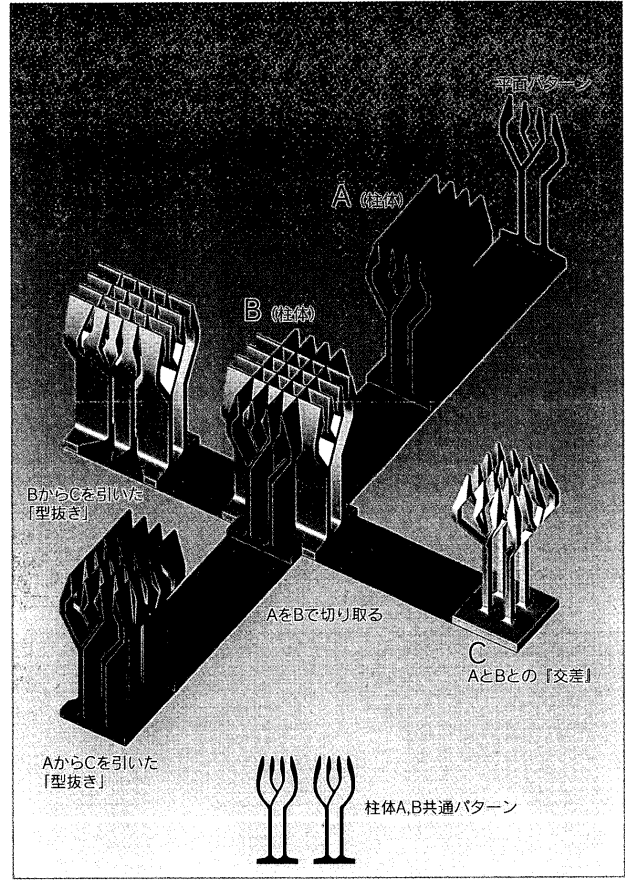


図18 コンピュータカットの概念図  
コンピュータでは同じ場所に二つのオブジェクトが存在できる。  
23個に分割される。

工夫が足りない。カットした全てを残す場合は「分割」で「前後を残す」を指定する方がよい。

### FORM-Zでの制作手順

- 1)パターンをアドビイラストレータで描く。(筆者の場合はフリーハンドで描いたものをイラストレーターに書き出している。)
- 2)FORM-Zのドラフティングへ転送する。モデリングに直接転送すると曲線が切れた線分の連続になって柱体を作ることが出来ない。
- 3)高さを指定して、柱体を作る。
- 4)コピーし、回転して直交させる。共通部分の取り出しをする。レンダリングをする。図18

### 柱体による「交差」の実例

筆者の作例を柱体のパターンを図19に、「交差」によってできるオブジェクトを図20~23にアクソメトリックで示す。

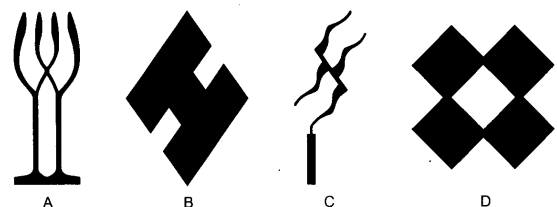


図19 柱体のシルエットとして用意したパターン。カット後の造形効果を考えA,B,Cは、カットの前に70パーセント左右を圧縮した。Dのみ圧縮しないシルエットをZ方向からもう一度カットする。

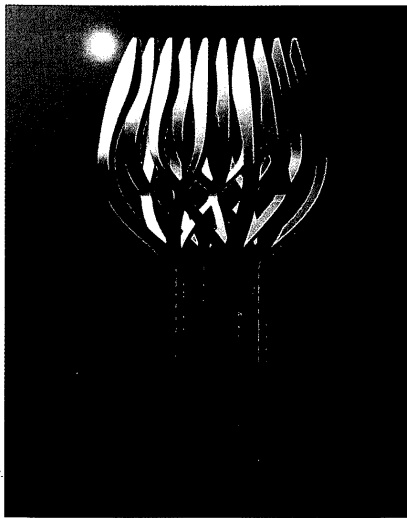


図20 「曲線の樹」  
図-19Aの交差Z軸を中心にカットした面から63.5°回転した。

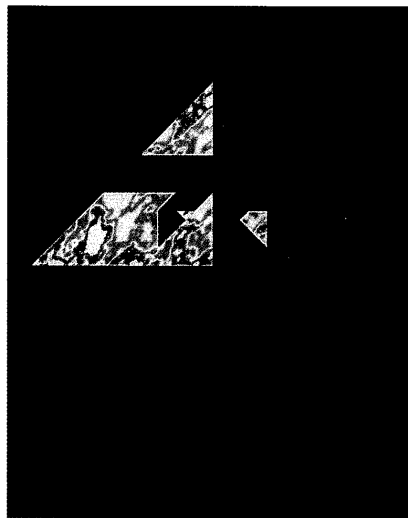


図21 [H-2]  
図-19Bの交差Z軸を中心にカットした面から45°回転した。



図22 「ヒルトン・ヌード」  
図-19Cの交差Z軸を中心にカットした面から45°回転した。

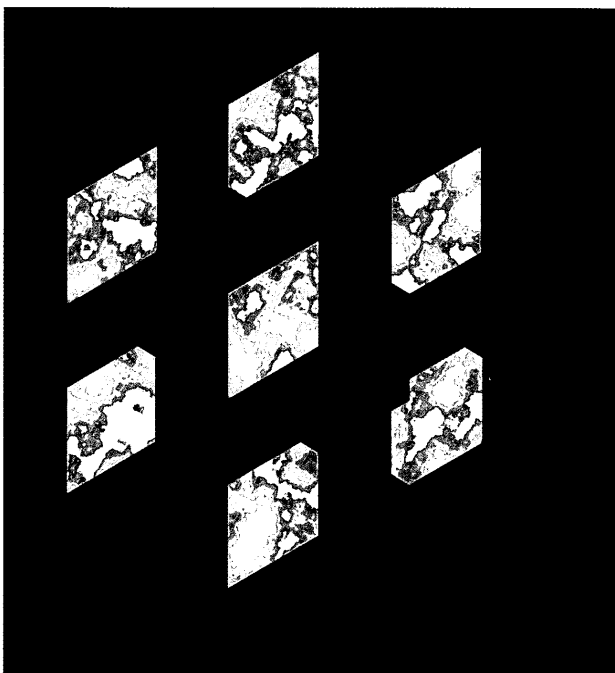


図23 「[4D SNOW CRISTAL]」  
図-19Dの交差カットした面からZ軸を中心に45°、Y軸を中心に54.7°回転した。  
実材で作するにはホールド用の脚が必要になる。

## おわりに

1995年頃まではモデル制作の一つの手段として、「交差」の造形を知ってからは造形そのものへ傾斜しながら研究を続けてきた。1996年ブーリアン演算の概念を知り「フォーム-Z」を得て、まとめを試みた。

今回は柱体が「直交」して出来る「交差」の造形に限定した。最後の一つは三回カットである。既に三方向カットの造形の基本形菱形12面体は本学紀要「ワイヤーカットの造形」で示した。

今後の展開として、これに回転を加え新しい造形を研究中である。最後に筆者の作品を事例として提示したが、これを最終作品としてだけでなく、造形の示唆として、次なる展開の可能性を感じてもらえれば幸いである。

### 【図版出典】

- Kurt Naefカタログ
- 五十嵐威暢50のプロジェクト(CD版) 1995年 発売元;(株)デザイン
- TAKENOBU IGARASI LIVING OBJECT (個展カタログ) 1989年
- 福田繁雄の立体造形 福田繁雄著 株式会社河出書房新社増補新版 1995年
- ニーノ・カルーソ展カタログ 制作;株式会社志野陶石 1982年

### 【参考文献】

- アドビイラストレータVer.6ユーザーガイド
- マクロメディア・フリーハンド Ver.5.0j ユーザーマニュアル
- EXTREME 3D 操作ガイド
- FORM-Z Ver.2.6 ユーザーズマニュアル
- 3次元コンピュータアニメーションの原理  
M・オローク著 袋谷賢吉 大久保篤志共訳 株式会社トッパン 1997年

### 【キーワード】

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 柱体                           | Extrusion   |
| ブーリアン演算の造形<br>(合体、交差、型抜き、分割) | Stereo-form of Boolean Operation<br>(Union, Intersection, Subtraction, Sprit) |
| フォーム・ズイー                     | FORM-Z  |
| 福田繁雄                         | Shigeo Fukuda   |
| ニーノ・カルーソ                     | Nino Caruso   |

(平成9年11月7日受理)