

基礎デザインとしての紙による造形の研究——1

—— folding について ——

大 蔵 善 雄

指導 東京芸術大学美術学部 小山 清 男

目 次

I 序 言	1 up と down
II 紙に変形を与える基本的方法	2 展開図と折り目の角度について
1 塑性変形と弾性変形について	3 折ったときの角度と立体化したときの角度
2 construction について	4 立体化に伴う曲面の問題 —— bending との関係
3 folding (折る) ……scoring	5 伝統的折紙について
4 bending (曲げる)	VI folding の実験的作例
5 curling (巻く)	V 結 語
6 cutting (切る)	基礎デザインとしての folding
7 複 合	
III folding の基本とその form	

- 参 考 文 献 図工教育、形と比例—西田正秋
PAPER SCULPTURE — ARTHUR SADLER
技術のあけぼの — ズヴォルイキンシュハルジン
CREATIVE PAPER CRAFT — ERNST ROTTGER
CREATING with PAPER — PAULINE JOHNSON
MODEL MAKING — GEORGE ASPDEN

I 序 言

紙の造形は俗に Paper Sculpture とよばれている。これは文字どおり紙の彫刻というべきものであり、紙を折ったり、曲げたり、切ったりすることによって形を造ることである。

Paper Sculpture (以下P.Sと略す)の基本的技法はきわめて単純である。また制作に使用する道具は、どここの家庭においてもよいに見出しうるといふ点に特色がある。(鉄筆又は骨筆、コンパス、定規、はさみ、セメダイン、ホッチキス等)である。

必要な点を特に強調するとすれば、それは繰返される細かい技巧に屈しない忍耐力である。絵画、彫刻などの特殊な技術を身につけていなくても、造形的に変化のある形状を創りだしていくことが可能であり、趣味として誰でも手がけることが出来る。また簡単な工作の組合せからきわめて多くのヴァリエーションを生み出すこともできる。

P.Sでは紙質の特性に従って、独自の形態が生れる、その形態から生じる面白さは、時にはベニヤ板その他の

材質におきかえられ、建築物の一部分を構成したり、デパートの売場、各種の会場などの装飾にも使用されている。またP.Sは、それ自体としてひとつの造形作品に用いられることもあり、特にテレビの構成には有望な前途が期待され、欧米ではすでにP.Sの一分野として研究されはじめている。

なお Living 的な面を考えれば、ルームアクセサリなど、装飾としてこれを用いることも出来る、また材質によっては、(例えば Card board や metal など) 半永久的な作品とすることも可能である。

P.Sを広義の紙の造形と解すればその起源はかなり古く、古代中国で紙が発明されると同時にその歴史は、はじまっているようである。

(paper sculpture by Arthur Sadler による)

紙が発明された時と場所は正確にはわかっていない。中国の年代記は紙がおよそAD 2世紀に蔡倫(チャイルン)によって発明されたと伝えている。紙の生産は中国に広く普及し、次いで中央アジア、朝鮮、日本、インドおよびその他の東洋諸国へ波及した。8世紀に紙に書か

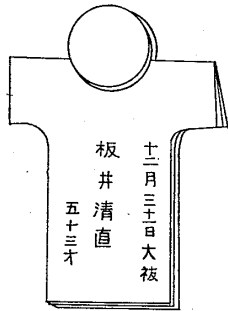
れた文章がタジキスタンで発見された。

10世紀に紙はアルメニアに伝わり、11、12世紀になってヨーロッパに現われ、そしてまもなく、それ以前書物や文章が書かれていた羊皮紙に完全に取って代わった。
(ズヴォル、キンシュハルジンの技術のあけぼの)

従って当時中国人が紙という新しい材料を知って直ちにそれに興味を持ち、造形をこゝろざしたということになる。

前掲書によれば古代中国ではちょうど日本における「埴輪」のように、紙製の人形とか貨幣などを死者とともに棺に入れて葬ったり、あるいはこれらの造形物を燃やすことによって生じる煙で霊界と地上を結ぶ絆とする風習があったという。

日本の神社でも大祓（おおばらい）の儀式のときに紙の「人がた」が用いられている。



この「人がた」は Fig. 1 のようなものであり、これに息をかけて軀をなで、川に流すとそれによって罪がきよめられたとされている。

13世紀にはマルコポーロが馬や、らくだ、「人がた」等の P.S を東洋で発見したとかいている。（前掲書）一方紙の発見がおくれた西洋では、紙の原料が高価であったことも原因して、P.S の発展がおくれている。

フランス革命までは主にヨーロッパ大陸の田舎で折紙細工、切紙細工として発達した。その後ポーランドや英国で具象的な P.S が発達したが、その造形技巧の複雑精巧さは相当高度のようである。幾何形態の P.S はバウハウスで研究が続けられた、現在北欧のクラフトにみられるランプセードなどはその系統によるものが多いようである。

教育家のルソーは頭脳の発達と手わざには高い相関があると主張し、児童教育に P.S を使用することをすすめている。

日本では折鶴、奴、かぶとなど日本独自の P.S が発達してきていることは周知のとおりである。

筆者は P.S を主として基礎デザインの一方法としての立場から、実験的にその試作を試みて来たが、本稿ではそれらの試作を通じて生じた 2、3 の問題点を検討してみたいと思う。

II 紙に変形を与える基本的方法

1) 塑性変形と弾性変形について

物質には、ある一定の外力による歪に対しては、その外力が取り去られた場合に再びもとの形にかい復すると

いう根本性質がある。即ちこれが弾性変形と呼ばれるものである。更に外力が一定範囲をこえるとついは、その外力が取り去られても歪はもとの形にもどらなくなるこの段階を塑性変形という。これらの現象は紙の場合にも当てはまる。この紙における塑性変形を P.S と呼ぶことにする。

この塑性変形は次の a,b,c,d,e. 等の手続きによって構成され、この塑性変形を通じて平面から立体 (form) へと approach されるのである。

P.S を分類すれば以下の通りである。

- Paper Sculpture (塑性変形)
- a. folding (折る)
 - b. bending (曲げる)
 - c. curling (巻く)
 - d. cutting (切る)
 - e. a,b,c,d の組合せ、または集積
 - f. scoring (補助的技法)

2) P.S の construction について

一枚の紙も鉄材も同じく平面的に置いた場合は垂直方向の力が弱く、変形されやすいが、逆に縦にした場合は垂直方向の力に強く、変形もし難い。

Fig. 2

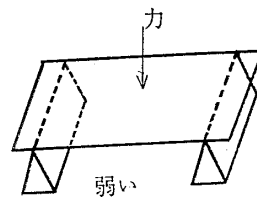
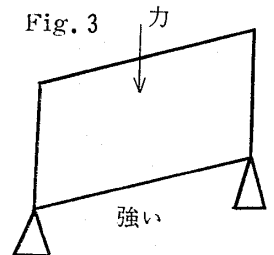


Fig. 3



これをいまま少し力学的に説明すると下図のようになる。

Fig. 4

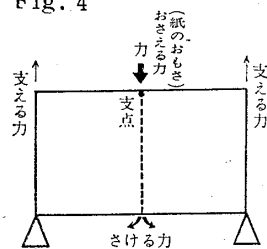
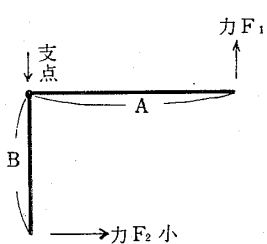


Fig. 4 を図解すると、Fig. 5 Fig. 6 のようになる。

Fig. 5

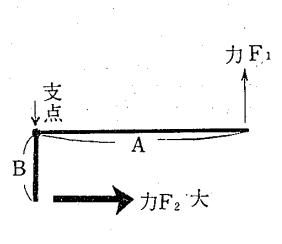
(紙を縦にした場合
あるいは厚い紙の場合)



$$F_2 \times B = F_1 \times A$$

Fig. 6

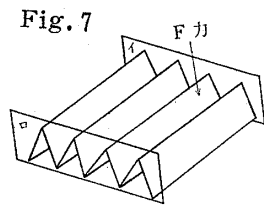
(紙を横にした場合
あるいは薄い紙の場合)



$$F_2' \times B' = F_1 \times A$$

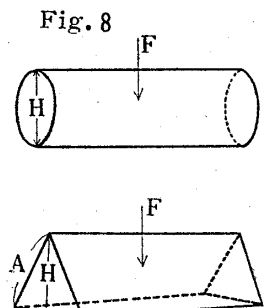
$B > B'$ 故に
 $F_2 < F'_2$

即ちFig 5の場合は、真中から裂けようとする力は、小さいが、Fig 6の場合はその力が大きいことが理解される。



従って Fig. 7に示される如き図形に於ては、紙の縦になる Fig. 5のファクターが多くなるから前述の理論により上からの力に対して強くなるのは当然である。

場合によっては Fig. 7の イ、ロ、のように横の部分を固定して縦の Fig. 5のファクターが横になるのをふせぐならば Fig. 5のファクターは一層強調されよう。



同様に、上からの力に対して円筒よりも三角柱の方が歪みにくい。その理由は原理的には三角柱の方が円筒よりも縦のファクターが多いからである。

即ち高さをHとすれば円筒の円周は、

$\pi H (= 3.14 \times H)$ であるのに対し三角柱においては

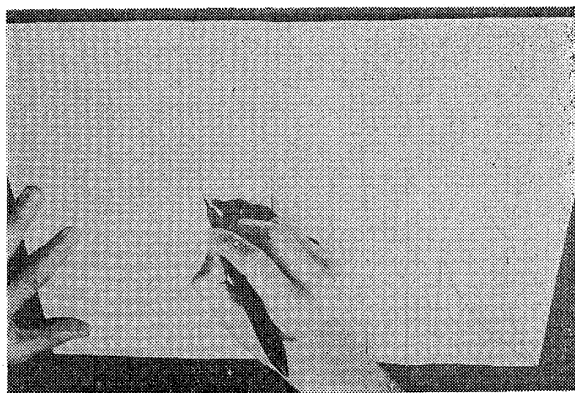
$$2A = H \times \frac{4}{\sqrt{3}} = 2.3 \times H \text{ である}$$

即ち $2.3 H < 3.14 H$

故に 三角柱の方が円筒より、上からの圧力に対して強いことになる。

3) folding (折る)

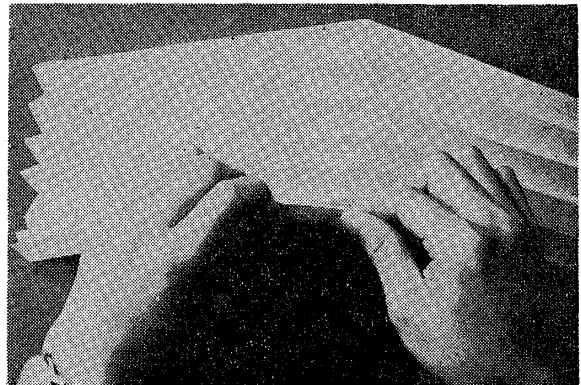
folding とは「紙を折ること」である。それは紙に形を与えるもっとも基礎的な手法である。



Scoring ↑

日本の折紙のほとんどは folding であるといえる。うすい紙は手で簡単に折ることが出来るが多少とも厚い紙はこれをきれいに折るためには、いくらかの補助的な手法を必要とする場合がある。

たとえばケント紙を折る場合、それに先だって scoring しておかないと美しく折ることは困難である。



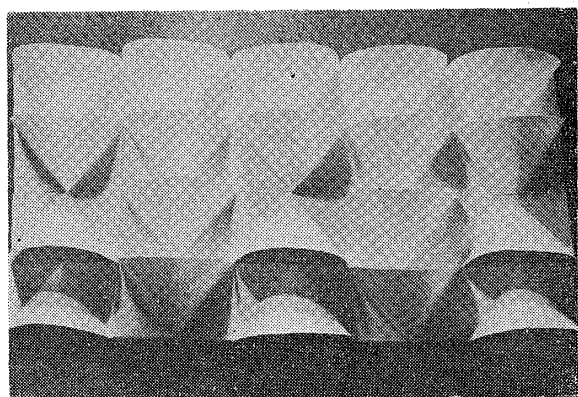
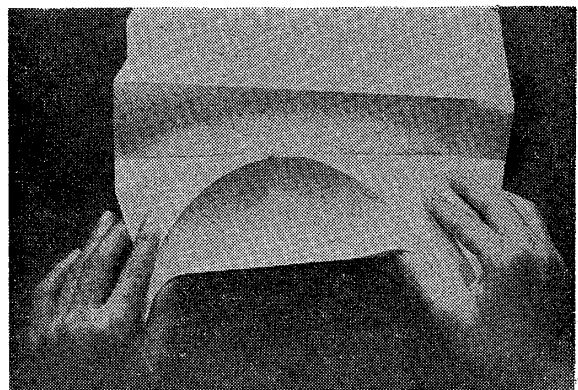
folding ↑

scoring とは「紙にすじをつけることで」普通は鉄筆とか骨筆で紙の厚みの $\frac{1}{2}$ 程度を切り込む。こうしておくとき折る場合に破れないでしかも正確に折る事が出来る。

うすい紙の場合もかるく scoring しておく方がよい。又厚いボール紙等の場合は cutter knife で切りこみをいれるとよい。被服構成におけるへらつけと同じである folding においては scoring の如何によって出来あがりやがりが大きく左右される。

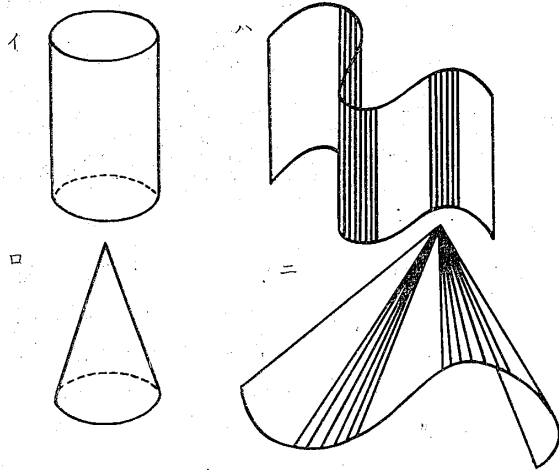
4) bending (曲げる)

bending とは紙を「曲げること」であり、紙を曲面化する一つの手法である。したがって bending すれば必ず三次元的な形態となる。



もっとも単純な bending は円柱と円錐で代表され、柱面と錐面とを有している。更にこの単純な曲面はケント紙にいくつかの曲線を scoring することによっていろいろの複雑な曲面的な形状へと移行することも可能であり、その中には一見ねじれ面や複曲面のように見えるものさえ生じる。

Fig. 9.

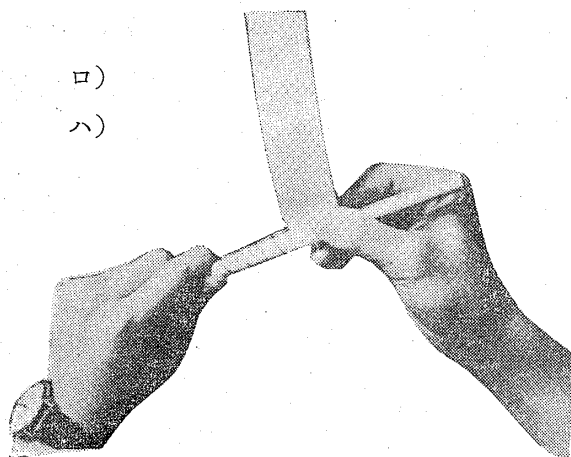


たとえば一枚の長方形の紙を波状に bending しようとするれば補助的な工作をほどこさない限り、弾性変形に基づき、形態は固定せず、もとの形にもどろうとする。この場合、補助的工作として、例えばFig. 9のハ、ニ)のように波状の山と谷になる部分にこまかい平行線を scoring すればある程度形態を固定化することが出来る。一方曲線状に scoring したケント紙を曲げれば一定の曲面的形状を作ることが出来る。

5) curling (巻く)

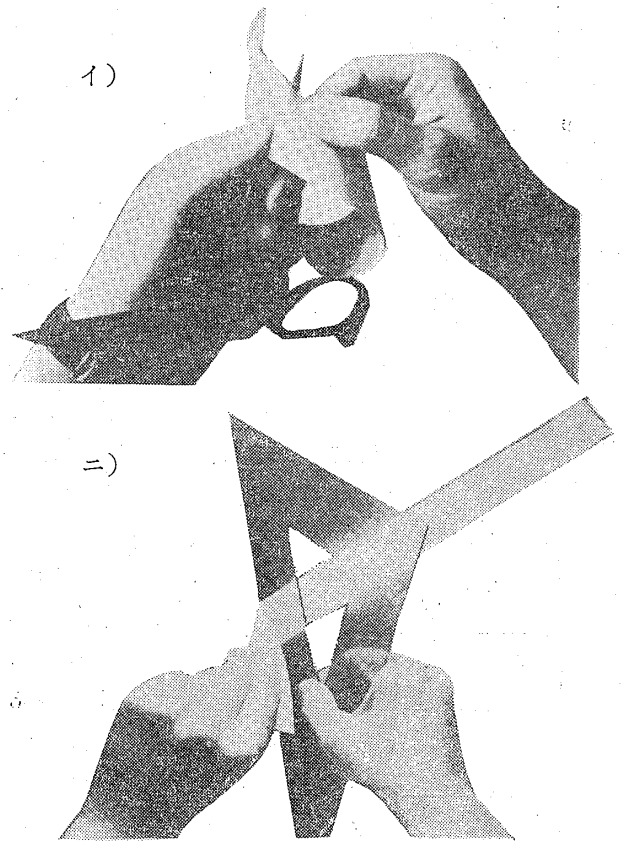
curling とは「紙を spirale 状に、あるいはら線状に曲げること」であって、広義にはbending に含まれる。curling は次のようにして作られる。

(Fig.10の写真のように定規、鉛筆、鋏、机の角等を使う。)



ロ)

ハ)



イ)

ニ)

イ) ルーズな curl を作るには人さし指にテープ状の紙をら線状に巻きつける。又鋏のエッジで、テープの片側をのばしながら curl していく場合もある。

ロ) 斜めのcurlを作る場合は鉛筆など円柱状のものにラ線状にまきつける。

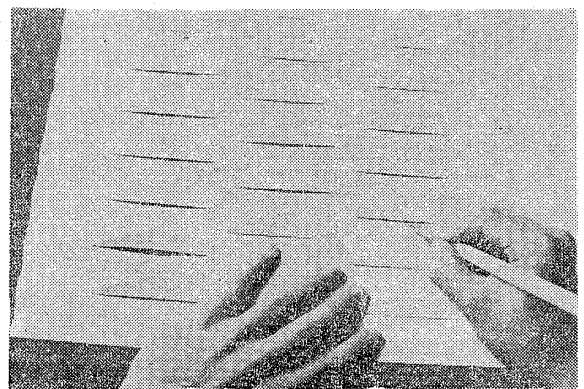
ハ) スパイラルな曲線を作るには円柱状のものに同じところに重ね巻きすればよい。

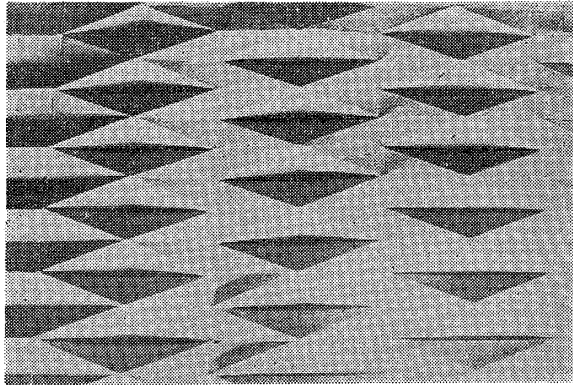
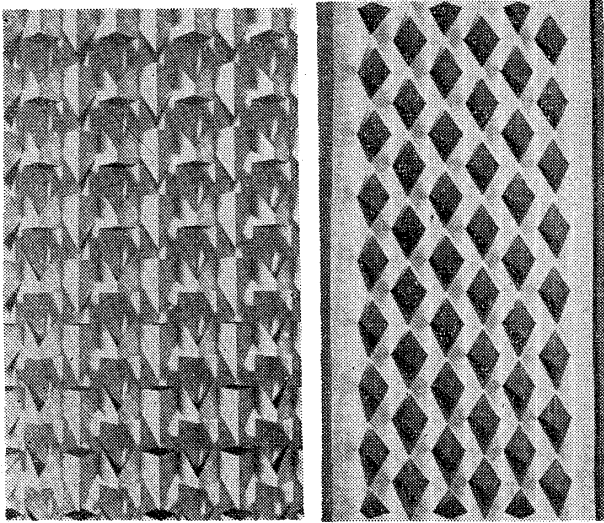
ニ) striping な curl を作るときは定規の edge で紙をおさえ定規にそわせて紙を引くと自然で美しい curl が出来る。

6) cutting

cutting とは「紙を切ること」である。

紙にたゞ切れ目をいれただけでは、その形状を変えたことにはならないが、閉曲線状に cut すれば紙に穴があ





き、位相的な改変を加えたことになる。しかし P、S に cutting を加える場合には、位相改変も含めて folding や bending との併用によりさまざまな形態を構成することが可能となる。

ケント紙を cut するには、一般に直線の場合は鋭利な刃物を定規にそって切ればよい。

円状に切る場合には、コンパスに cutter knife の刃をつけて切る。その他の曲線についてはフリーハンドでめんみつに切る以外に特によい方法はない。

7. 複合とは「ある単位形がくりかえして折られること」である。複合にはいろんな場合があるが、大別して折りたゝんだ時、平面になる場合と、平面にならない場合とがある。例えば accordion pleats は数10本から数100本のテープの複合である。もちろん accordion pleats の複合は平面になる。

平面に折りたゝむことが出来る場合と出来ない場合については後掲(Ⅲの folding の基本とその form)でべる。

以上の諸方法のくりかえし、あるいは複合によって、さまざまな形状の variation をうる事が出来る。

以下本稿では folding についていくらかの考察を試みてみたい。

Ⅲ folding の基本とその form

1. up と down について

Fig.10

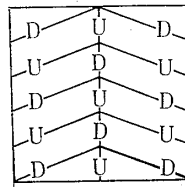


Fig.13

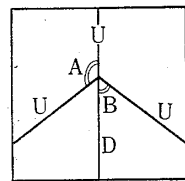


Fig.14

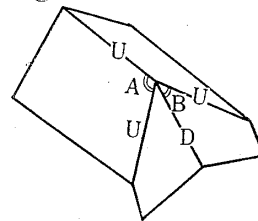


Fig.11

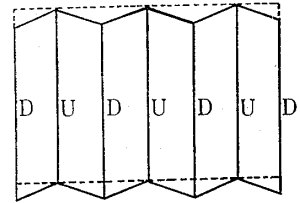


Fig.12

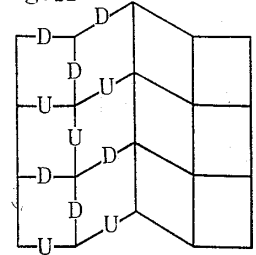


Fig.15

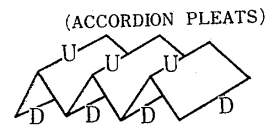


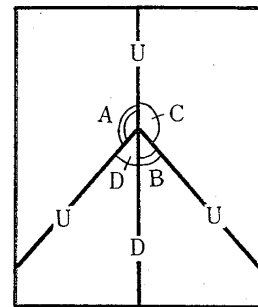
Fig.10、11、13は複合平面であるが、Fig.12は複合平面にならない。

Fig.11、Fig.15のように一枚の紙を pleats 状に折った場合に出来る山の部分を up 谷の部分を down とよぶことにする。(以下 up をU、down をDと略す) もちろん、これらのUとDは紙の裏面からいけば逆になる folding による紙の立体化とは、このUとDをさまざまに組み合わせることである。

この folding には折ったものが平面状にぴったりと折りたゝめる場合とそうでない場合とがある。前者の折りたゝんだ状態を複合平面とよぶ。

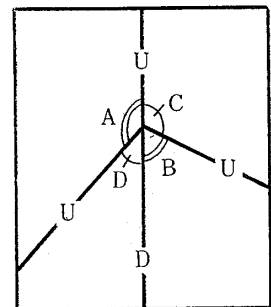
2. 展開図と折り目の角度について

Fig.16 (Fig.13と同じ)



(複合平面になる)

Fig.17



(複合平面にならない)

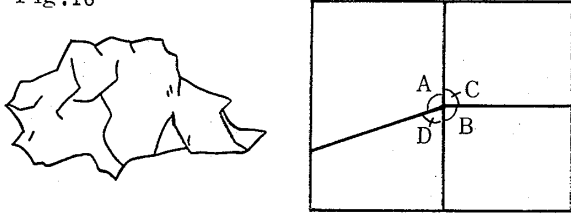
Fig.13のように平面状に折りたゝめる場合、すなわち複合平面となりうる場合を展開してみると、図のような線が出来るが、それらの角度はつねに

$A + B = C + D = 180^\circ$ となっている。

折り目の角度がこのようになっている場合には平面状に折りたむことが出来るが、Fig.17の場合のように

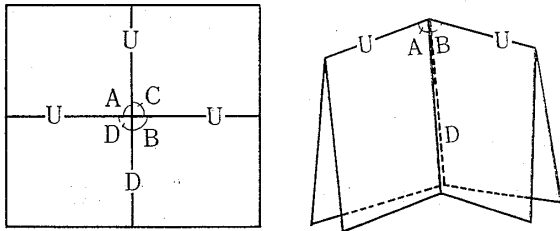
$A + B$ 又は $C + D$ が 180° に等しくない場合には、これを平面状に完全に折りたむことは不可能である。

Fig.18



例えば Fig.18 のようにでたらめに折り目をつけた紙は、一つの立体的 form を形成するが、これをよく調べてみると、折り目の細部には、上記の $A + B$ 又は $C + D$ が 180° に等しくない部分が存在し、従って全体を、完全に平面状にたむことは不可能となる。

Fig.19



なお Fig.19 のように

$$A + B = C + D = 180^\circ \text{ で}$$

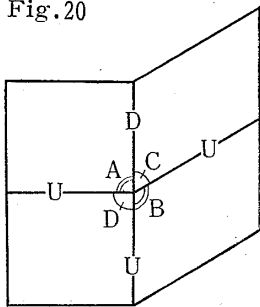
$$A = B = C = D \text{ すなわち}$$

すべての角が 90° の場合にはもちろん完全に複合平面になり得るが、これでは立体的 form を形成することはできないことになる。

以上のように $A + B$ 、 $C + D$ を 180° になるように A 、 B 、 C 、 D の角度を種々に変え、その角度に基づいて U と D をてきぎに折ってくりかえしてゆくと、さまざまな形態が構成される。

Fig.12が折った時複合平面にならないのは、上述の

Fig.20

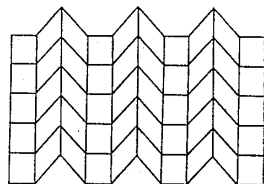


うな形、すなわち Fig.10 と Fig.11 を加え合せたような形が出来る。

ように $A + B$ 又は $C + D$ が 180° に等しくないためである。

Fig.20のユニットがrepeatされると、もちろん複合はされないが Fig.21のよ

Fig.21



3. 折った時の角度と立体化した時の角度

Fig.22

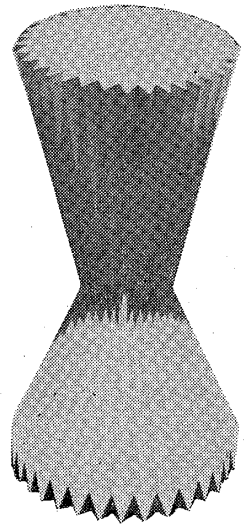


Fig.23

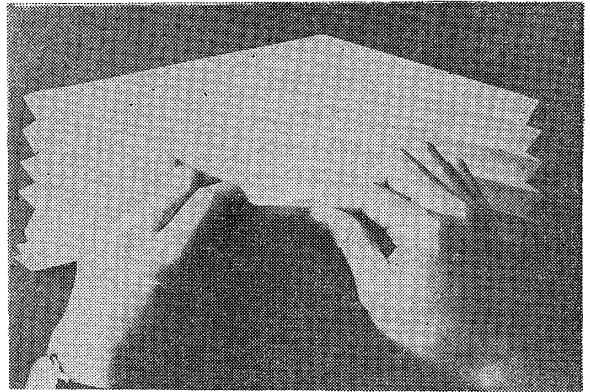


Fig.24

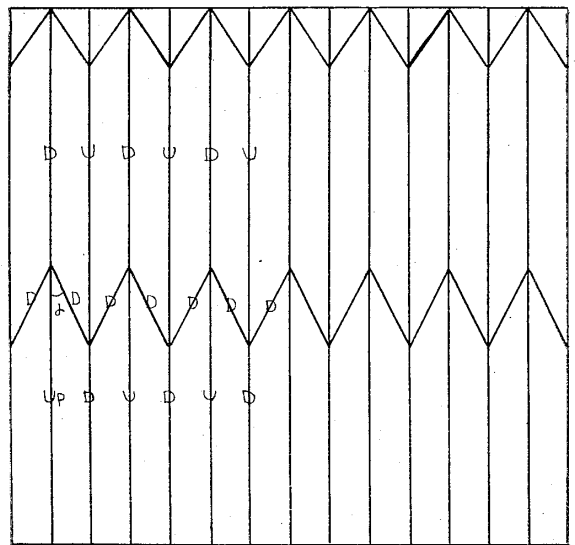


Fig.25

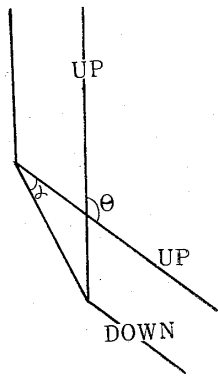


Fig.26

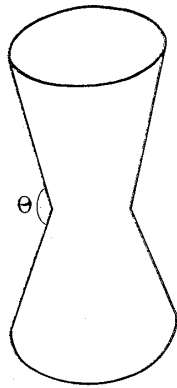
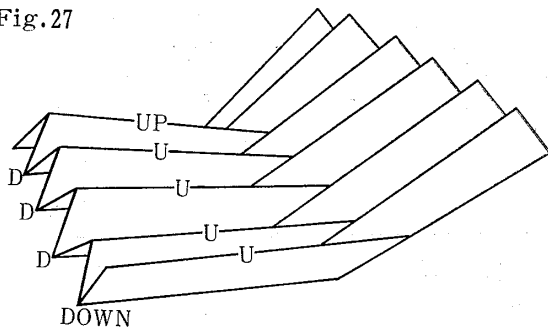


Fig.27



たとえばFig.24図の展開図を線にしたがってfoldingしていきとFig.27のような場合になる。Fig.25はこれが完全に折りたまれた状態すなわち複合平面である。

折ったときの角度と展開図の関係、更に折ったものを立体化したときの関係は次の通りである。

まず、折りたんだときの角度を θ とし展開図の角を α とすると次のようになる。

$$\pi - 2\alpha = \theta$$

$$\alpha = \frac{\pi - \theta}{2}$$

α と θ のリミットは

$$\pi = 180^\circ$$

$$180^\circ > \theta > 0$$

$$90 > \alpha > 0 \quad \text{である。}$$

この場合 θ はあくまでも折りたんだときの角であって平面状にのばしてゆくと次第に変わっていく。又Fig.22の曲線状たとえば筒状にしても θ の値は変わって大きくなる。この場合 pleats の数を多くすればする程 θ の値に近づいていく。ところが逆に pleats の数が少くなるにしたがって筒状にした場合、垂直方向から見ると、 α の見かけ上の値は、実際値より次第に小さくなる。したがって、 θ は次第に π に近づくと、即ちくびれが次第に消失して、円筒型に近づいてゆく。

4. 立体化に伴う曲面の問題

— bending との関係

Fig.28

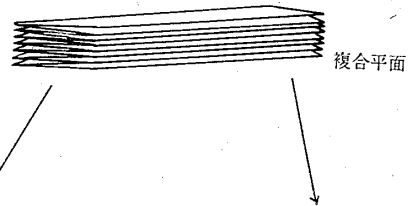


Fig.29

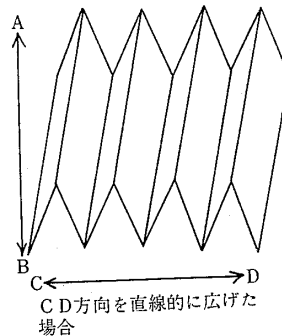
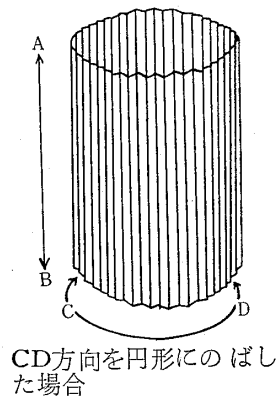


Fig.30



折りたんで複合平面 Fig.28 の状態にあるうちは二次元的であるが、Fig.29はこれをC \leftrightarrow D方向を直線的に広げた場合の位相改変である。又 Fig.30は C \leftrightarrow D方向を円形にのばした場合の位相改変である。

この場合Fig.30は foldingをくりかえしたものを曲面状に立体化すると、稜線と稜線の間各面はそれぞれ微妙に曲面を形成することになる。すなわちこのような場合には厳密に言えば、folding と bending の複合されたものと考えることが出来る。

尚 bending については次の機会に詳細に考察したい。

5. 伝統的折紙について

日本の伝統的折紙は主に folding である。

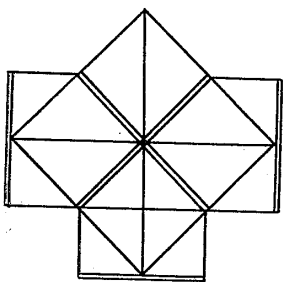
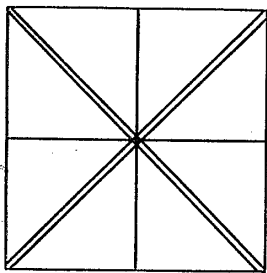
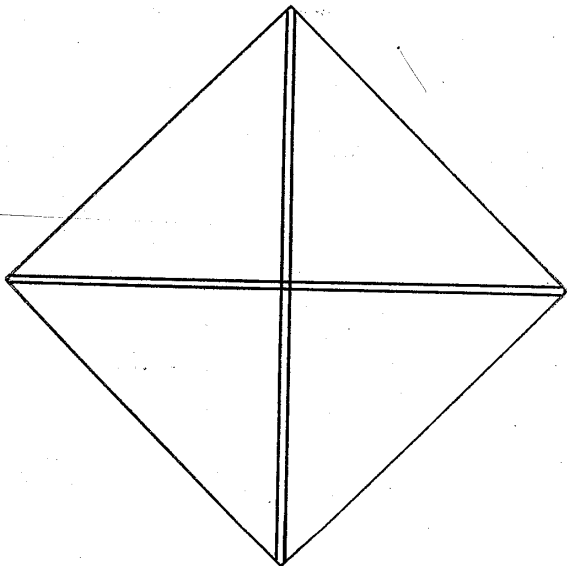
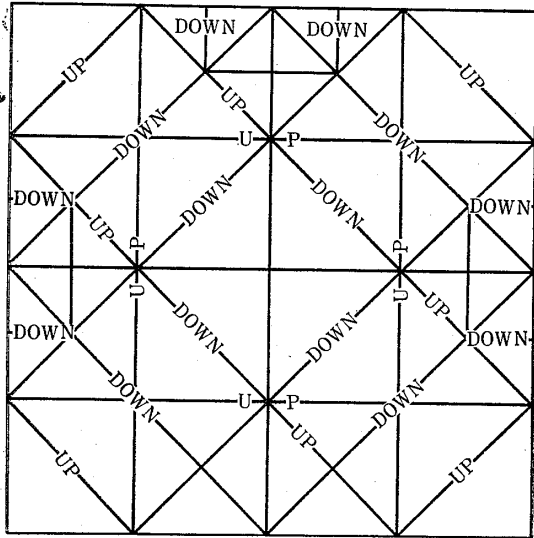
奴、折りづる、かぶと、風車、等にみられるようにそのほとんどが重ね折りである。又展開図でわかるように対称的に折られている。

folding することによって、そこに違った意味の面の重なりが出来る、そのことによって強度は増すが、mass は少くなる。

又、対称的な折り方をしているため、simple な感じは強いが、あまり rhythmic な面白さはない。

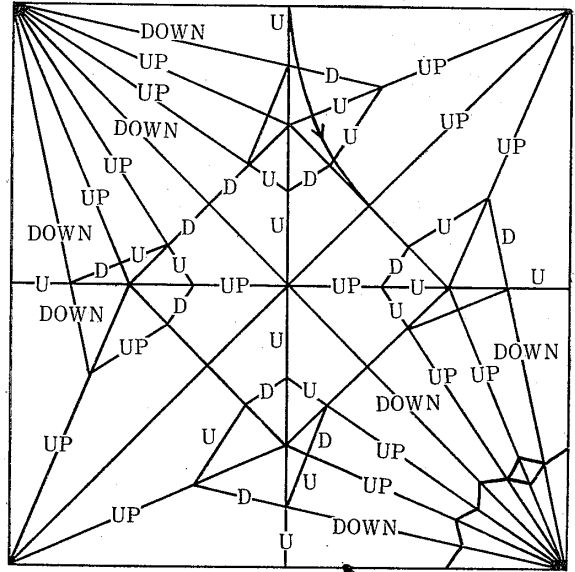
奴

Fig.31



折鶴の展開図

Fig.32



かぶと

Fig.33

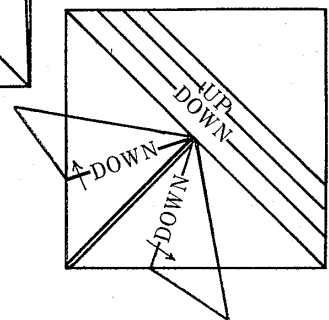
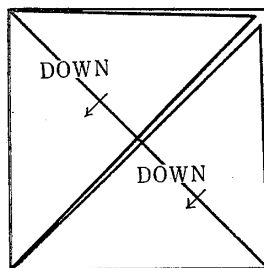
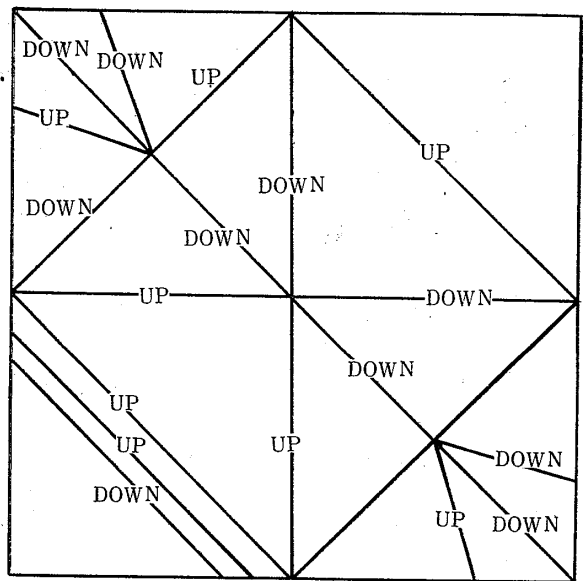
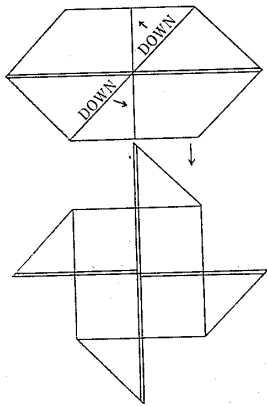
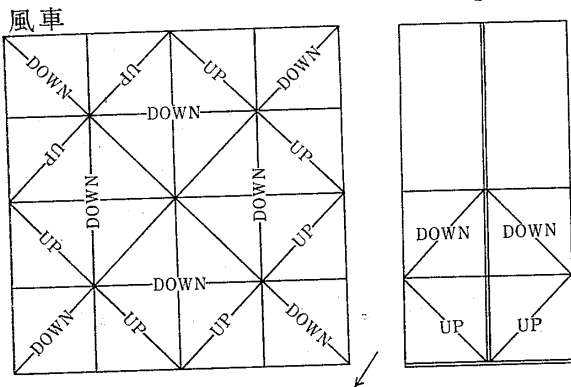


Fig.34



日本の折紙を見ると、出来あがりはみな紙の表が出ていて、どこにも裏の出ていることがわかる。こゝにとりあげた作例は、折ったものをだんだんほぐして、折る前の正方形に開いたものである。

その正方形のどの部分が表面になっているか、又どういう具合にして折られているか大体予想が出来るかと思われる。

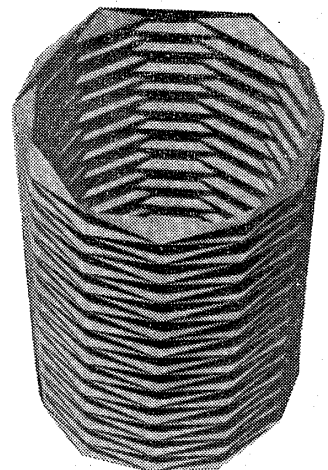
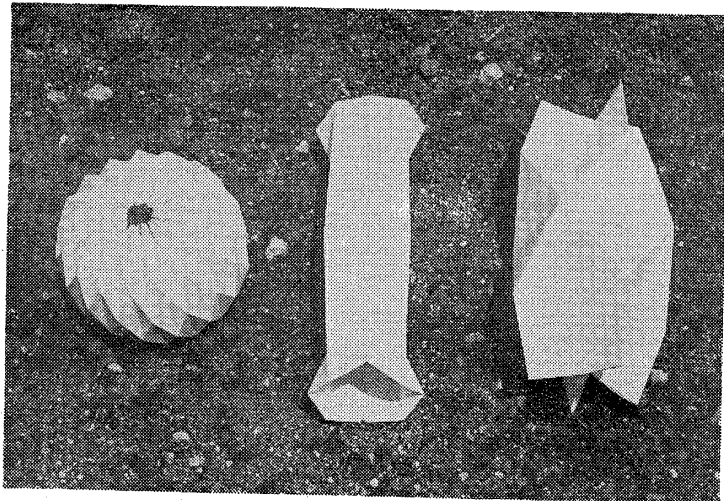
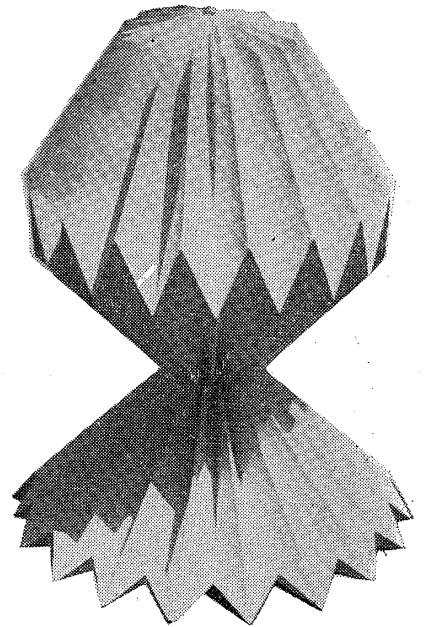
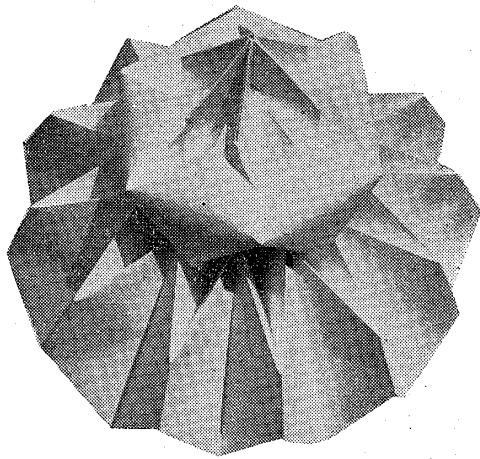
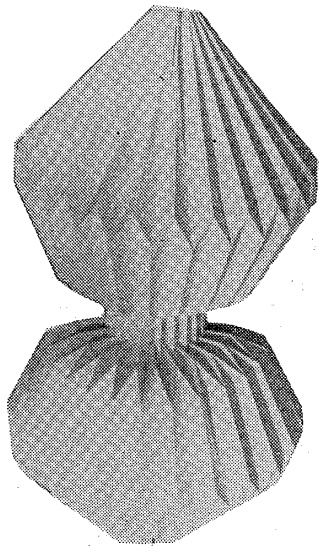
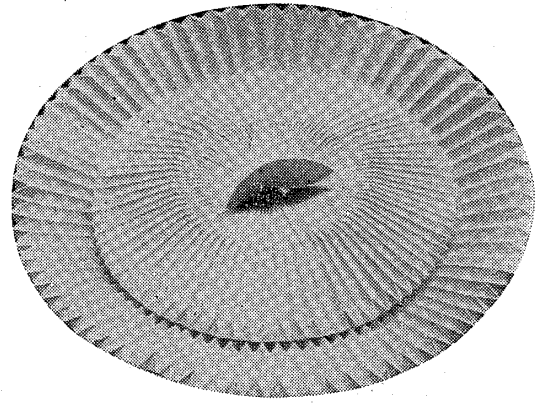
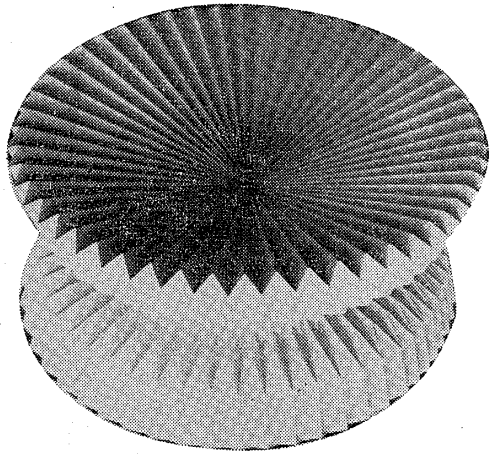
折鶴の場合、対角線をもとにして、くちばし、尾、翼が出来ている。折鶴は最初の正方形の $\frac{1}{2}$ の面積が表面になっている。

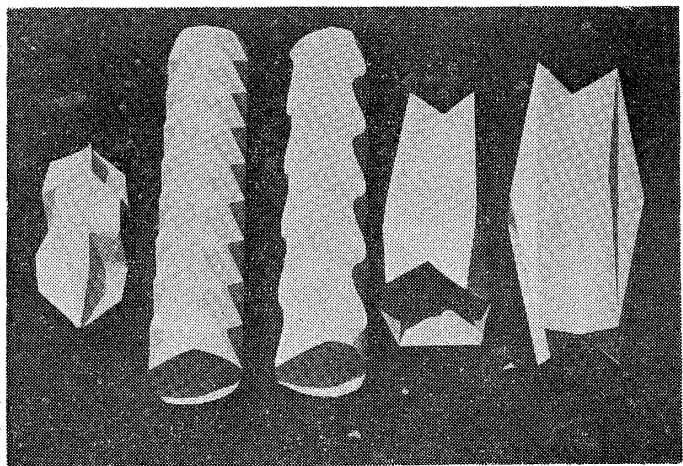
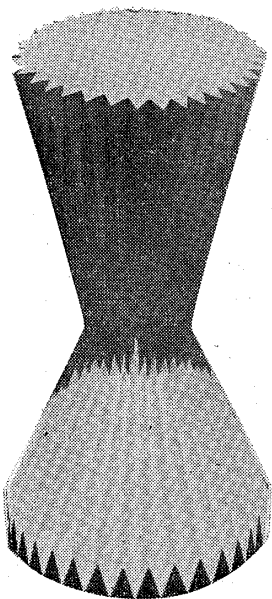
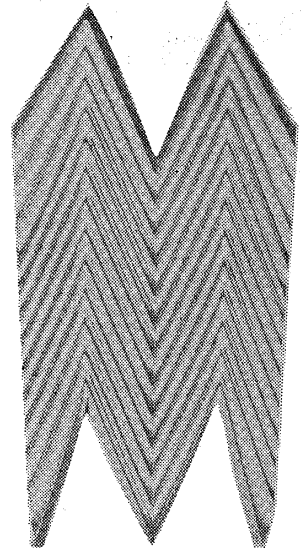
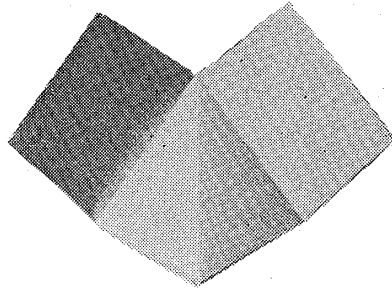
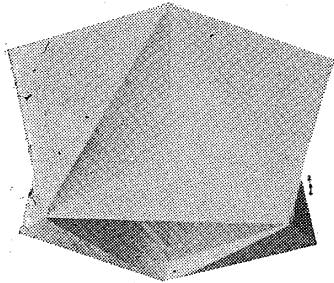
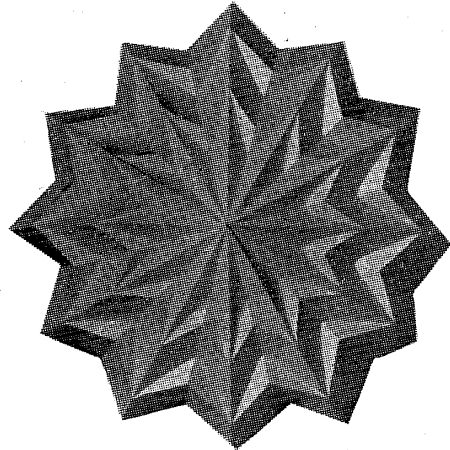
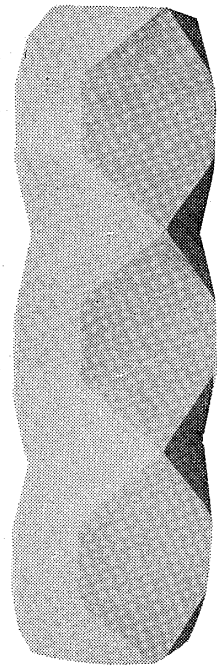
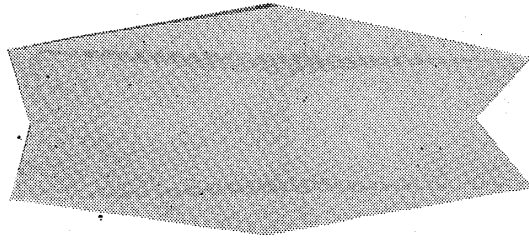
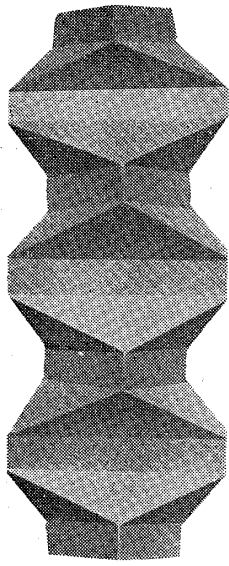
奴は正方形の表ばかりを使って $\frac{1}{6}$ 余りの面積で出来上っている。奴の身長はもとの正方形の1辺の $\frac{1}{2}$ の長さだということがわかる。

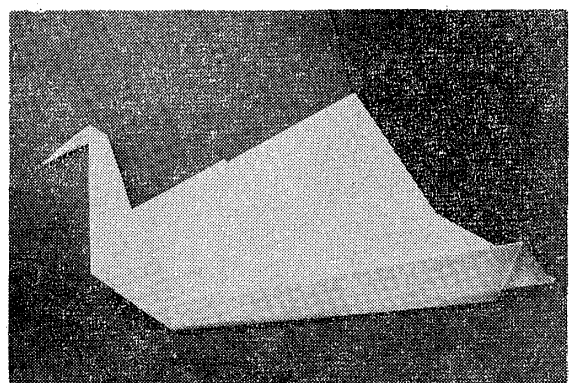
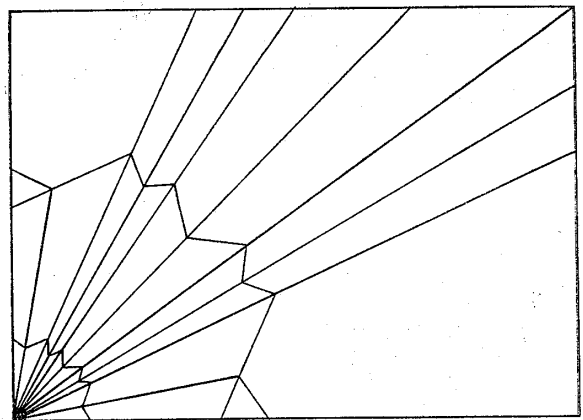
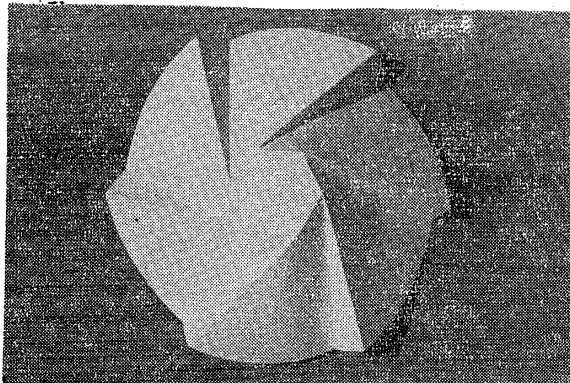
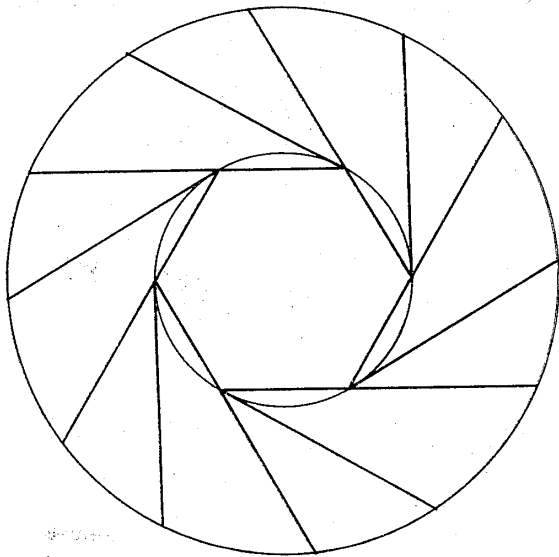
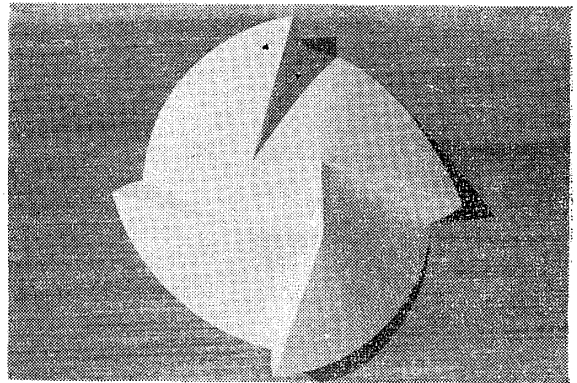
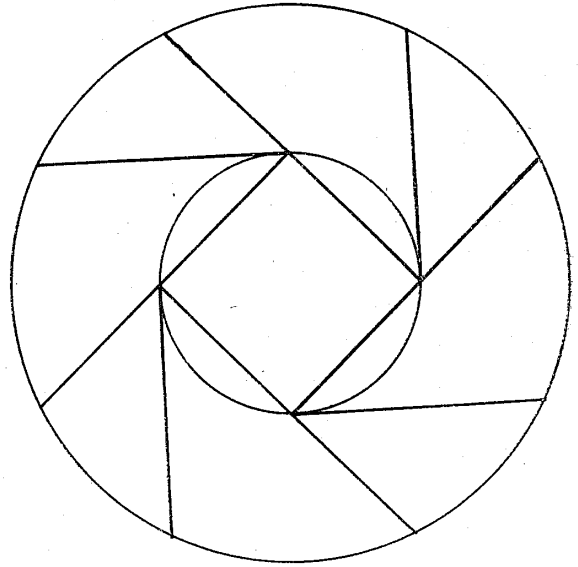
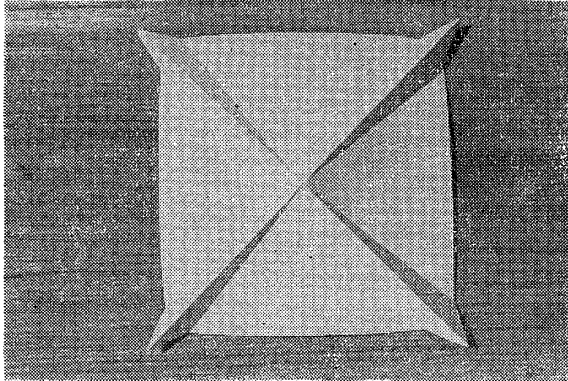
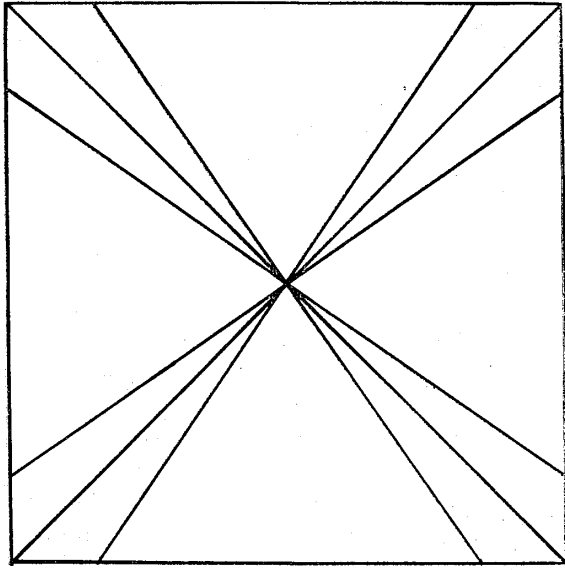
又奴は折鶴の様に立体的でなく、平面的であり、ざぶとんの様に厚くてしっかりしている。典型的な重ね折りと云える。

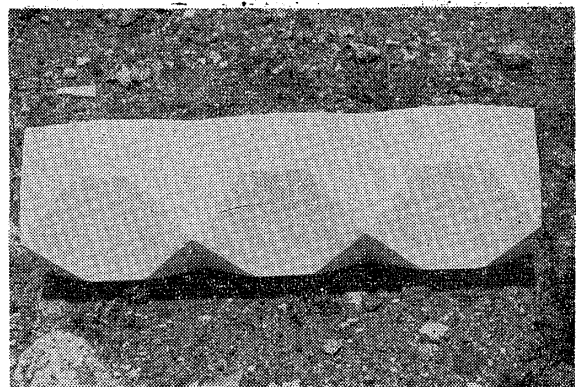
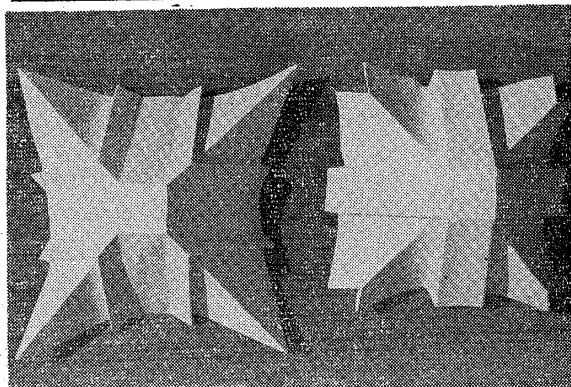
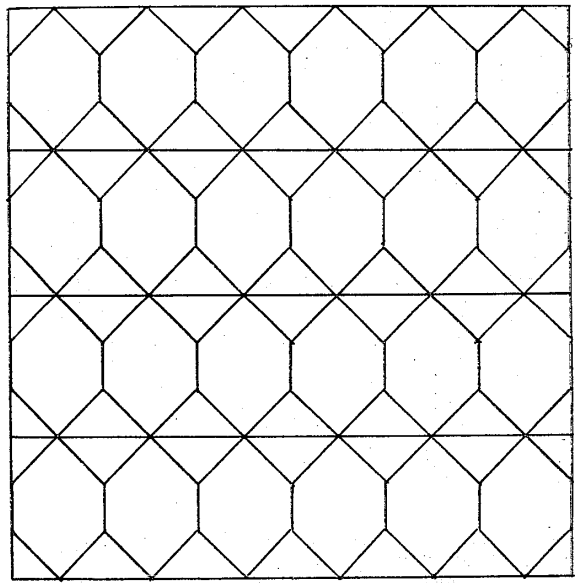
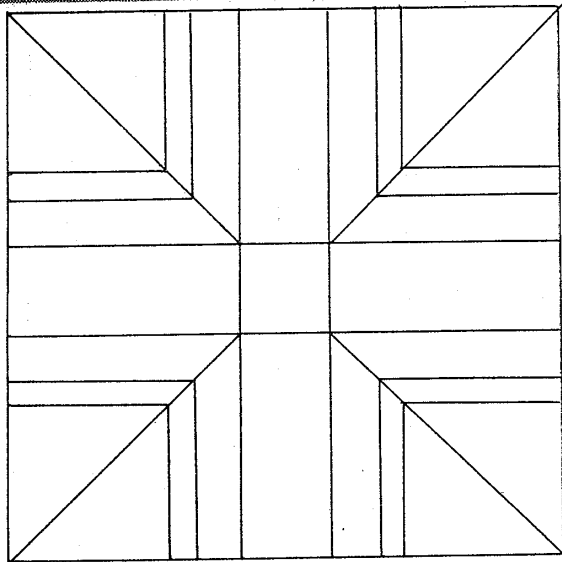
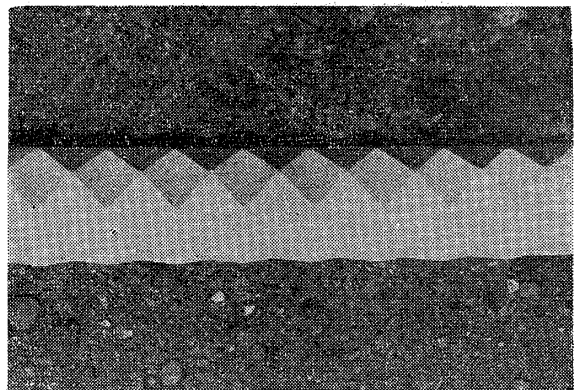
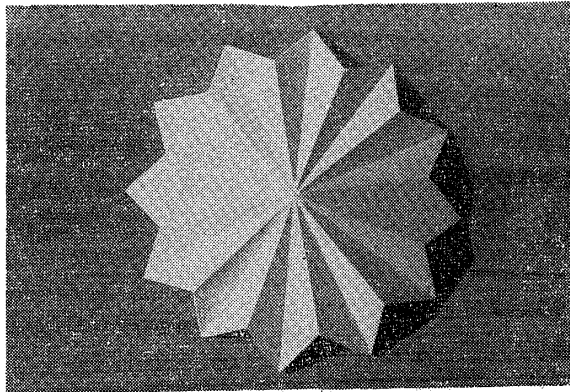
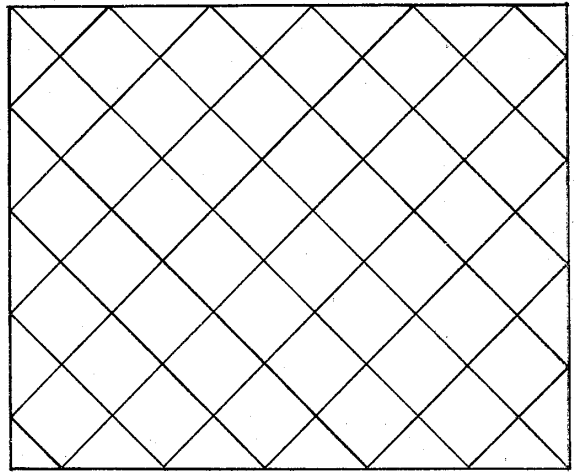
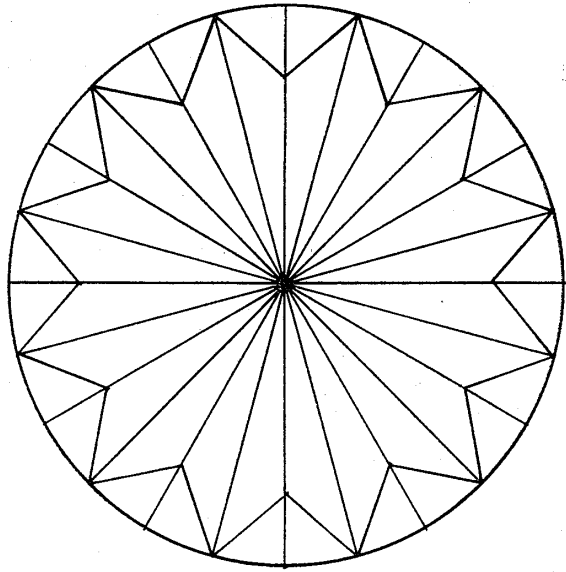
かぶとはもとの正方形の $\frac{1}{4}$ 、風車はもとの正方形の $\frac{3}{8}$ が夫々表として折られている。

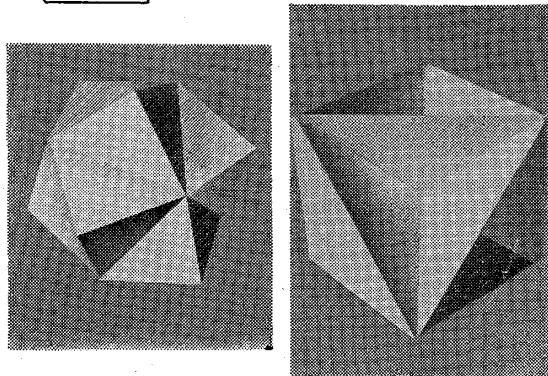
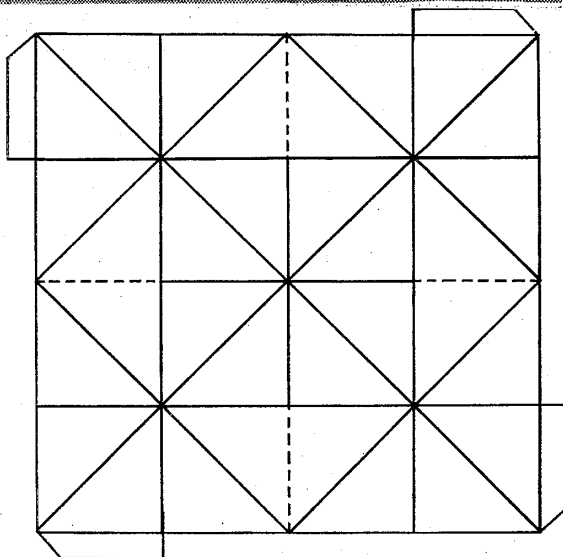
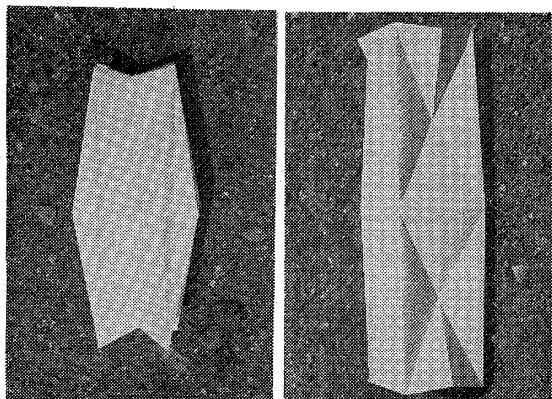
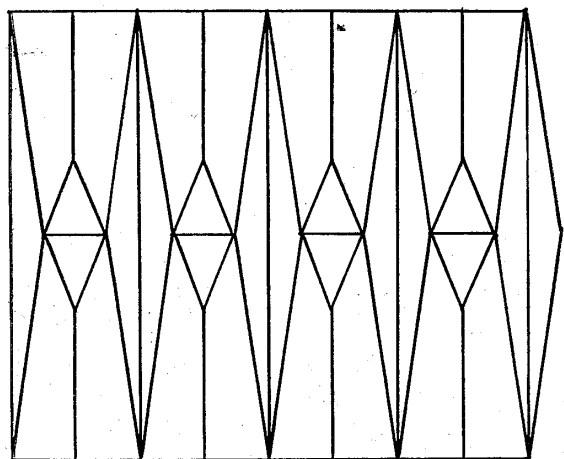
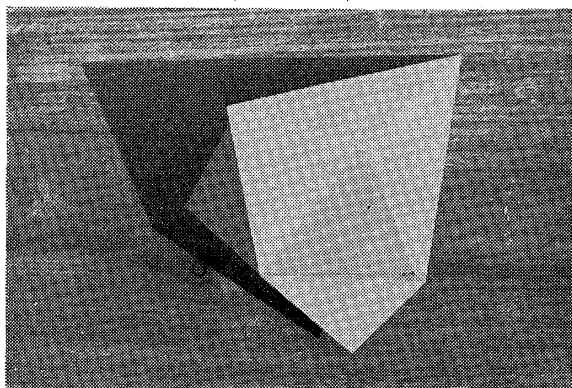
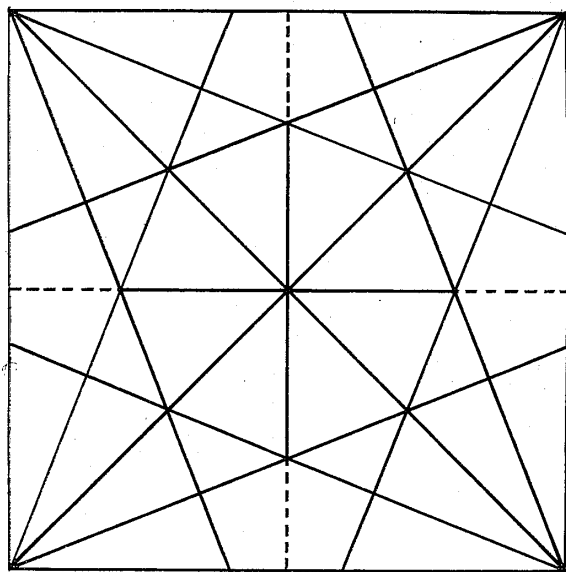
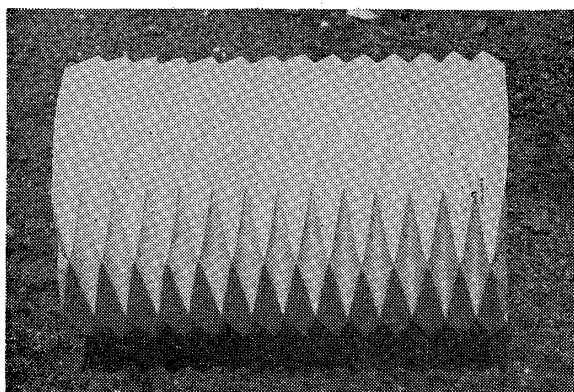
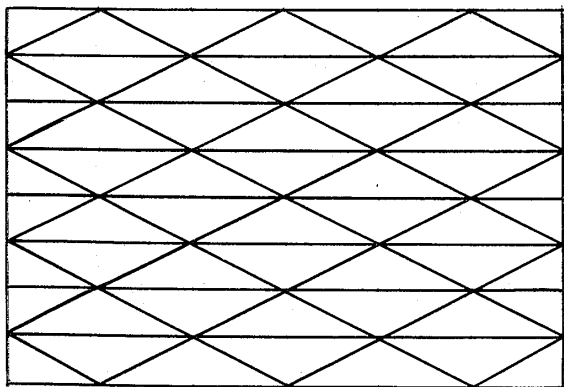
IV folding の実験的作例

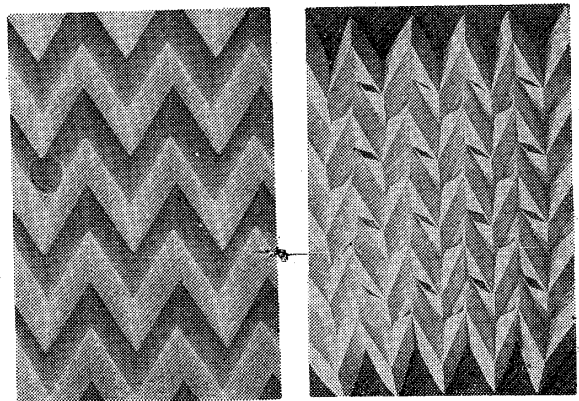
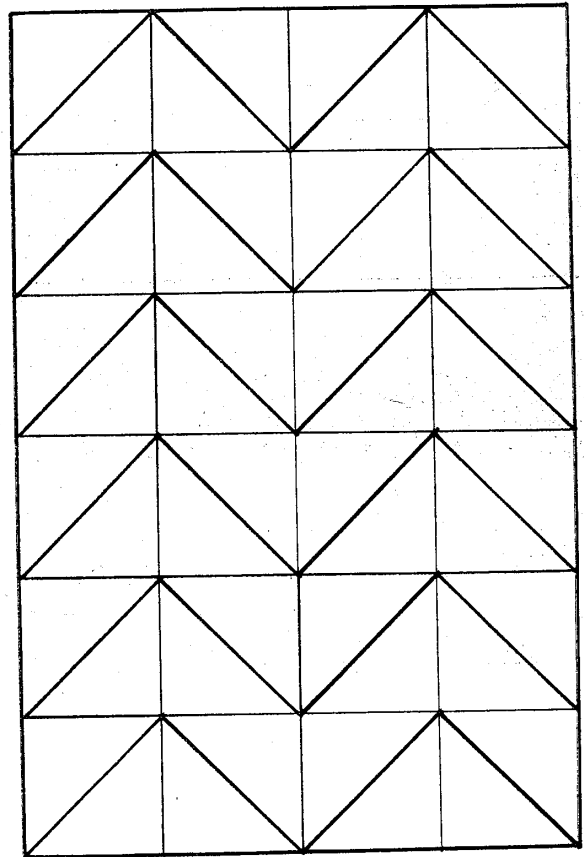
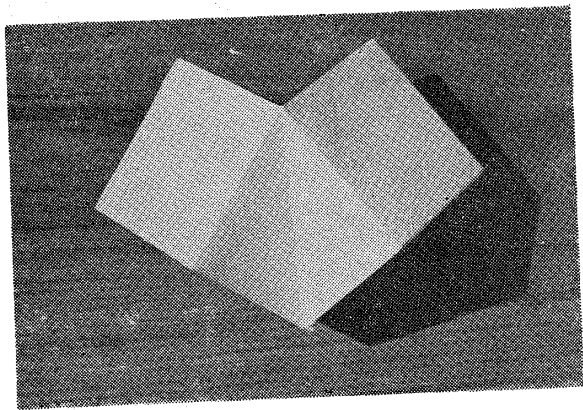
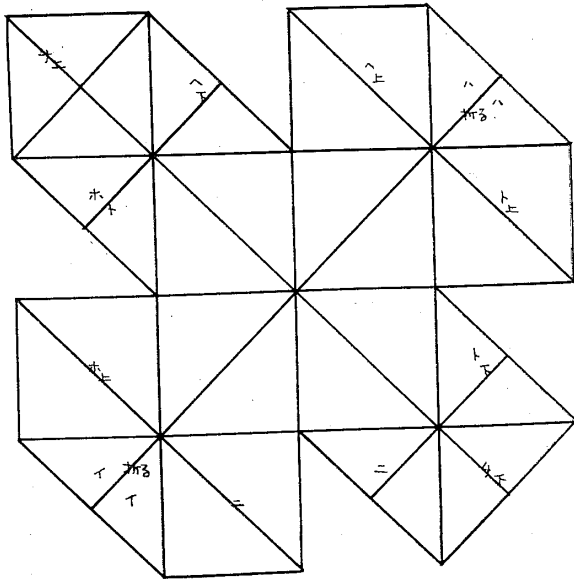


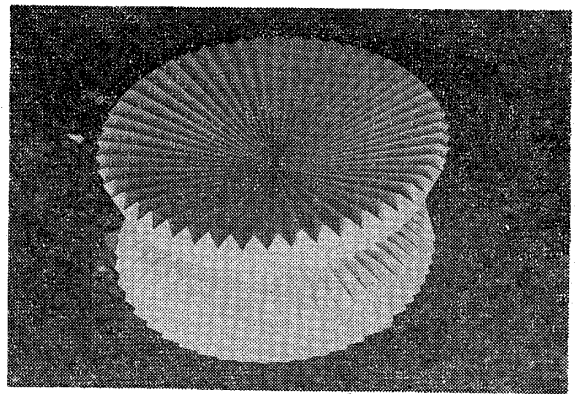
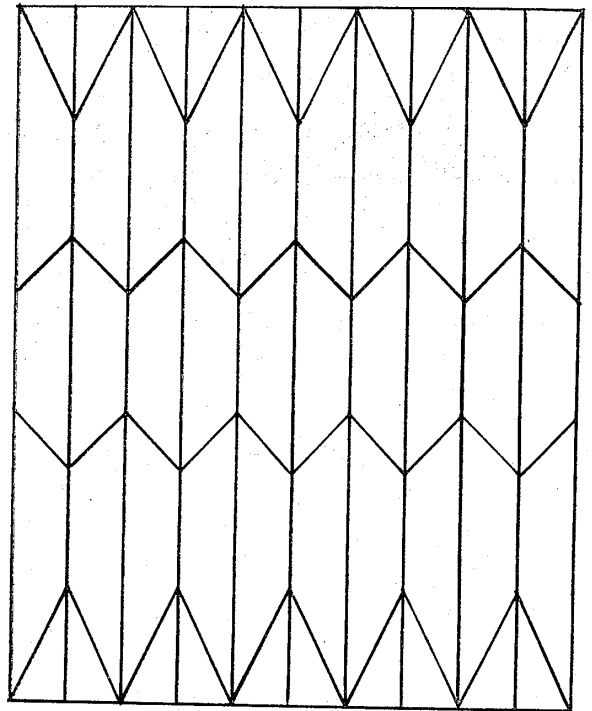
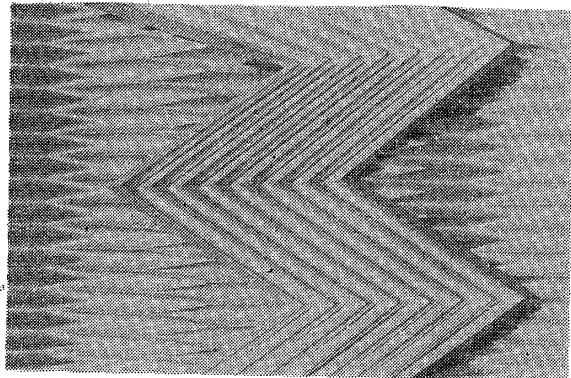
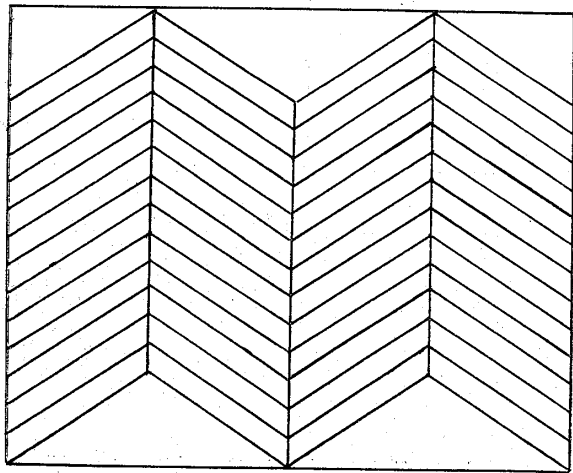
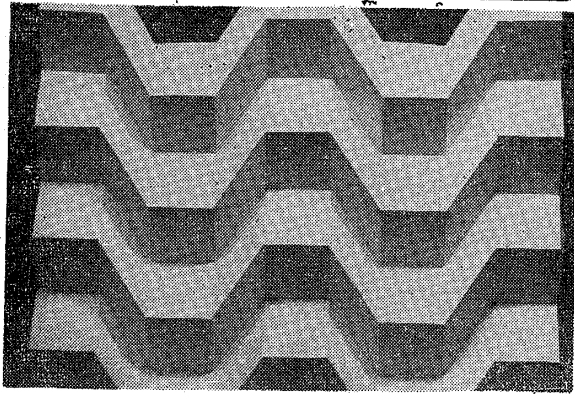
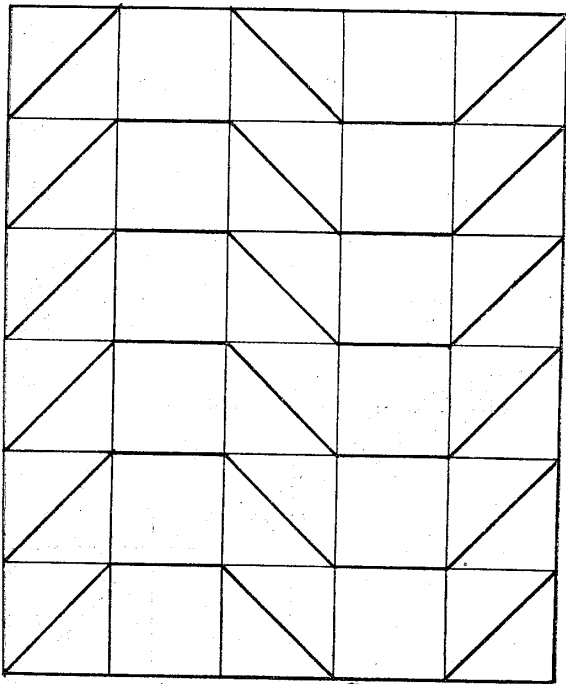












V 結語

基礎デザインとしてのfolding

基礎デザインの教育において、立体的訓練をする方法には困難が多いが、このような P.S によれば比較的容易に立体観念を養成することが出来る。

又思わぬ形態が生まれて来ることがあるから未知への期待を持つことも出来るし form に対する image を豊かにすることにもなる。

更に応用面では P.S を如何にして product と結びつけければよいかという大きな問題が今後に残されている。