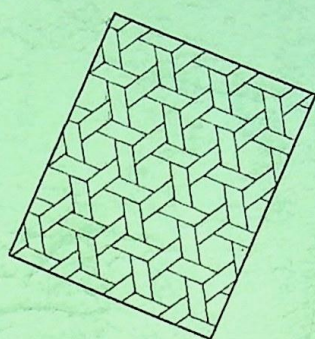
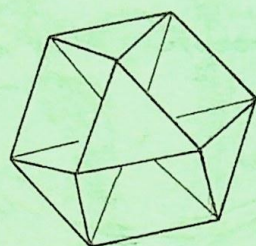
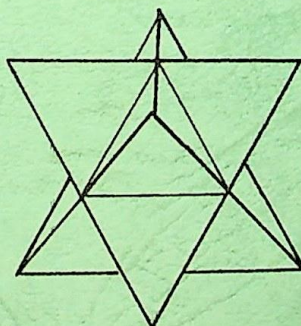
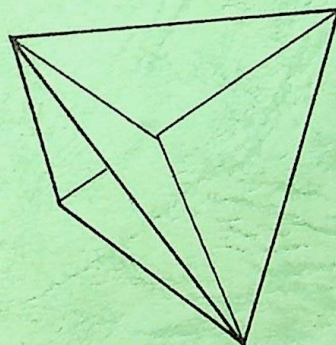
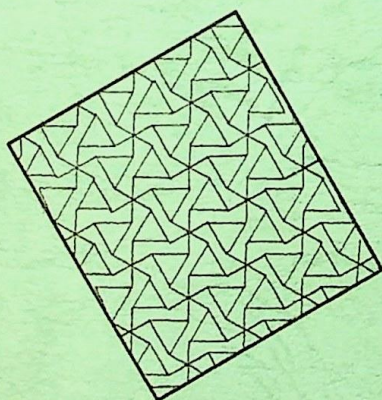


創造性を開発する



立体折り紙



藤本修三 著

創造性を開発する

立体折り紙



正四面体



正十二面体からの発展



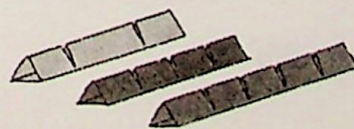
星型の32面体



正二十面体

エッジ・スケルトンは、3角の筒に切り込みを入れたもので、筒の種類は3種類です。

(素材は、以下の3種です)



藤本修三 著

は し が き

初めは「1枚の紙で正三角形を作るにはどうしたらよいか」の問題より出発、最も簡単に折る方法を発見して以来、紙を持てば正三角形を折っていました。やがてそれに飽きて来ると、正五角形の折り方、ついで正20面体や、帽子を折ったりしているうちに立体がどんどん出来ていきました。なんとしても、1枚の紙でこんな立派な立体が出来るとは、全く考えても見なかったことでした。いつでも、どこでも会議の席上で、宴会場でも、汽車の中でも、バスの中でも、夢中になって折りまくりました。気がついて見ると作品は100種を超えて家の中は、紙くずだらけになってしまいました。年齢の割に子供が小さかったので、出来上ったあとからあとから子供が作品をつぶしていきました。1枚の紙で複雑に入り込んだ立体にかぎりなき愛着を感じ、折る時の無私の境地は何事にもまして得がたいものです。正4面体が折れると、それを生徒に折らして立体化学への考え方の一助にしてきました。そして、折り紙としては邪道に当るかも知れないが、立体の特徴を生かして、セロハンテープで連結することにより、理科教材としての結晶構造模型を作りました。充分とはいえないが、大体の模型がいとも簡単に出来るので化学は無論、地学の教材にも利用してもらっています。また、修学旅行の車中の遊びに、“オリガミ六角形や知恵の輪八角”のクイズに人気がありました。また任意に等分する折りすじのつけ方を知っていると、手頃な紙が入手出来れば即席に将棋板が出来ます。レリーフでは色画用紙やカレンダーの裏面を使用して作り室内の飾り物として好評を拍しています。

手近かの材料でもものが作れる。これほど楽しいものはありません。気がむしゃくしゃする時ほど、ぼーっとしている時、ひまをもてあますとき、折り紙で立体を作ってください。折り方は初めの方を少し読めば、あとは同じ折り方ばかりなので、折りすじの図面を見るだけで、容易に出来るようになります。紙とセロハンテープを用意して、どんどん作ってください。また、数学や科学の分野においても必要欠くべからざる存在になると信じ、その発展を期待しています。

この書物の出版に際して新写植出版 K.K. の北川真三社長および編集部の方々に大変お世話になり、下手な写真や荒々しい原稿にもかかわらず、やっと書物が出来上りました。これも皆様方のご支援の賜と厚く感謝致しています。初めてのことで大きな間違いや書き落しもあることと思います。お気づきの点をお教え下さいますれば幸いです。

1976. 7月1日

藤本修三

藤本氏と折り紙

この書物の著者・藤本氏は、アイデアマンとして著名である。かつては、計算器の製作や朝鮮語の研究に没入されていたそうであるが、今は、この書物に結晶した折り紙に精根をかたむけておられる。学校の中でのさまざまな役割りを一手にひきうけておられるなかで、次から次へと作品が生れてくるありさまに、我々はただアレヨアレヨと見ているだけである。我々の見るところ、氏が作品を作っておられるのは、通常の授業中と食事のときだけではないかと思う。

ところで、藤本氏がどのようにして折り紙にとりつかれたのか、私は知らない。私が氏と同じ学校に勤務するようになったときには、すでに学校中に作品がハンランしていたからである。文化祭にイロドリをそえたものや、その他その他であった。我々新入は、氏の折り紙知恵の輪の洗礼をうける。それから4年、その間にも多くの作品が増えた。なお増え続く様相である。

私はこの作品のいくつかを拝借して、授業に持込ませてもらっている。理科教育の中で、原子、分子、結晶モケイなどの占める役割りは、ずい分と大きくなった。小学校も中学も高校もすべてそうである。藤本作品の多くは、原子、分子、結晶モケイを作る目的のために創案されたものであるが、おそらく、折り紙を使つての理科教育というのは、全国に類がないのではないかと思う。適当な紙さえあれば、生徒一人一人の手で、いとも簡単に結晶モケイなどが作りあげられるので、出来あいのモケイなどを見せるよりは、はるかに教育的であると思っている。だいいち、授業が楽しくなることうけあいである。

幸いにして、本書が世に出ることになった。これらの折り紙は、小、中、高を通じて、理科教育のみならず、工作でも、数学教育の中でも、そしてその他の分野でも広く利用できるように思えるのである。教育過程改訂のたびに“創造力”ということが言われて久しい。その割に効果はあがっていないようである。世の多くの方に、本書が使われて、“創造力”が養われることを希望する。

西脇正己

項目別 索引

遊び

○ぐるぐる三角	15
○ぐるぐる菊	17
○折りはしのない6角	18
○8角せんべい	21
○知恵の輪8角	21
○ネ ジ	63
○かくれ箱	64
○おりがみ6角	65

頭の体操

○第1問～第3問	1
○第4問～第6問	9
○第7問～第9問	19

飾り

○のれん	20
	110

結晶

○ダイヤモンド	5
○石英と氷	41
○面心立方格子	56
○六方最密格子	59
○体心立方格子	60
○ホタル石	61
○食 塩	62
○塩化セシウム	62

正多角形

○正5角形	27 53
-------	-------

○正7角形	28
○正9角形	29

星

○3つ星そのⅠ,そのⅡ	30
○3つ星そのⅢ	31
○4つ星	32
○十字架	32
○5つ星	11
○6つ星そのⅠ	3
そのⅡ	33
そのⅢ	34
ペンダント	83
○7つ星	35
○8つ星そのⅠ	20
そのⅡ	36
○9つ星	37
○その他	111
	112

立体

正多面体	
○正4面体 No. 1	4
○正6面体 No. 2	38
○正8面体 No. 3	12
○正12面体 No. 4	39
○正20面体 No. 5	40

スケルトン

○正4面体 No. 6	9
○正6面体 No. 7	42

○正 8 面体 No. 8	19	○星型 No.35	55
○等稜 12 面体 No.37	60	○星型連続 No.36	55
○スケルトン	114	○4 面体連続 No.40	15
等稜多面体		角錐	
○6 面体 No.15	16	○4 角錐 No.29	50
No.16, No.16'	46	No.32	52
No.22	45	No.33	53
○8 面体 No.9	41	No.38	13
○14 面体 No.10	14	○5 角錐 No.34	53
No.11	59		
No.12	43	角柱	
○菱形 12 面体 No.17	47	○4 角柱 No.41	54
○32 面体 No.13	44	○5 角柱 No.42	54
No.14	44	○6 角柱 No.43	54
○面が正 3 角形よりなるも			
No.23	45	レリーフ	
No.24	45	A . 正方形の基本折りすじ	
No.25	17	A 1 単	23
No.31	45	A 2 十字	24
○面が正方形よりなるもの		A 3 家並び	24
No.18	22	A 4 短単	67
No.19	22	A 5 短十字	67
No.20	22	A 6 短家普	67
No.21	22	A 7 なまこ (海ホーズキ)	68
		A 8 いせき (バベルの塔)	68
		A 9 菊花 (つくし)	69
その他		A 10 カナエ	69
○4 面体 No.26	48	A 11 ダブル	70
No.27	48	A 12 網 (工場の屋根)	70
No.39	49	A 13 さざ波	71
○20 面体 No.30	51	A 14 クレーター	71
○8 面体 No.28	50		

A 15	カゴメ	72
応用例	そのⅠ (笑う人)	73
	そのⅡ	74
	そのⅢ	74
A16	づらし単	75
A17	づらし網	75
A18	づらし家並び	76
A19	づらし短家並び	76
A20	づらし短十字	76
A21	づらしかごめ	76
応用例	かっぱ	77

B. 正三角形の基本折りすじよ りなるもの

B 1	サインカーブ	18
B 3	くすだま	18
B 4	家並び	18
B 5	小田原提灯	17
B 6	網	78
応用例	電気スタンド	79
	球と台	79
B 7	月見草	80
B 8	綾ジャバラ	80
応用例	聖火台	81
B 9	ややならび	82
B 10	うろこ (すみ流し)	82
B 11	単星ジャバラ ()	83
B 12	星ジャバラ ()	83
B 13	ヒヨク (五重の塔)	84
B 14	笹変化Ⅰ	84
B 15	笹変化Ⅱ	84
B 16	笹(クリスマスツリー)	85

B 17	猿の口 (とげ)	85
B 18	矢ばね (にの字)	86
B 19	MY (しゅう曲山脈)	86
B 20	だるま ()	87
B 21	変形うろこ	87
B 22	雁 ()	88
B 23	ひげ (インデアン)	88
B 24	友達	89
B 25	ガス灯	89
B 26	MV ()	90
B 27	舟	90
B 28	六角 ()	91
B 29	六角中間折り ()	91
B 30	五角ホール ()	92
B 31	カゴメ	92
B 32	網たん	93
B 33	桃花	93
B 34	笹がえし	94
B 35	香炉 ()	94
B 36	岳陽楼 (みの)	95
B 37	団子	95

C. ねじり折り

C 1	平織	96
C 2	両面平織	97
C 3	あじろ	98
C 4	銀河	99
C 5	亀甲	100
C 6	カゴメ	101

解説

102 ~ 114

「創造性を開発する立体折り紙」

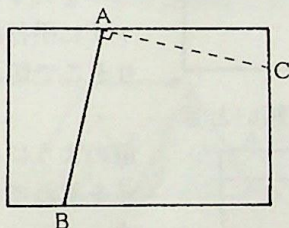
紙を2つに折ると直線が得られます。この事は何と不思議な現象でしょう。また折った直線を重ね合わせると直角が生じます。紙を折るだけで自然に定まった法則みたいなものがあります。これを見付け出し応用するのがこの折り紙のねらいであり、コンパスも定規も不用の一種の幾何でもあります。作品がどんどんとできるところにおもしろさがあり、手先だけでなく創造力を開発する頭の体操でもあります。

理屈をぬきにして、とにかく紙を折ることの喜びを感じ、それを組み立てた立体の美しさを見つけだしましょう。

◎ あたまのたいそう ◎ ※ (巻末の解説参照)

第1問 紙を2つに折ります。その折りすじをABとします。AからABに直角な線ACの折りすじをつけるにはどうすればよいでしょうか。1回で作って下さい。

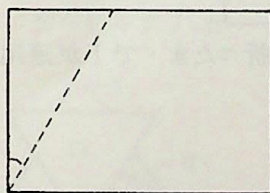
5～10分ぐらいで
考えつくでしょう。



「ヒント」
はじめの文の中にあります。
答は解説にあります。

第2問 図のように紙のはしを折って30°の折りすじをつけるには、どうすればよいでしょう。

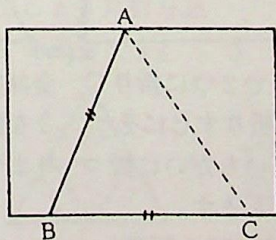
予備知識がなければ10分以上かゝる



「ヒント」
補助の折りすじが一本必要です。

第3問 図のように折りすじABがあります。余分な折りすじをつけないでACをつけ、 $AB = BC$ にするにはどうすればよいか。

5～10分



この初めの3問は本折り紙ではよく使用しています。この他にもこれに類した問題をこなすことにより余分な折りすじをつけないで紙を折って行くことができます。

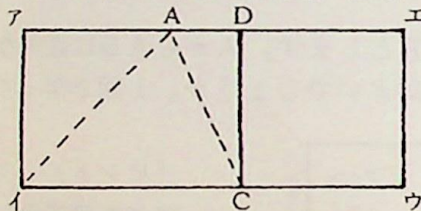
基本となる型

この折り紙に使用する紙の形は正方形でなくて普通に使用されているサイズのもので、

A5判とかB4とか言われているもので、これらは皆、たてとよこの比が $1:\sqrt{2}$ (約1.41)でA判とは面積 1m^2 、B判とは 1.5m^2 の紙を基にして半分、半分とカット0番から1、2、3、と番号が大きくなるにつれて紙の面積は小さくなるが、たてとよこの割合はいつでも一定である。B4は半紙の大きさが $257\times 364\text{mm}$ A4では $210\times 297\text{mm}$ である。以下特にことわらないかぎり、このサイズ(たてとよこの割合が $1:\sqrt{2}$ のもの)を使用するので誤解のないように、この割合が異なると折り方がかわる場合があります。

他の紙型からこのサイズにするには次のようにします。

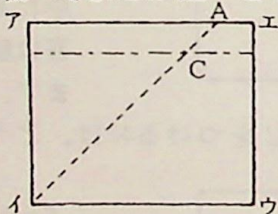
I. たてに較べてよこが長いとき



(第3問の原理を利用)

アイをイウ線に重ねてAIの折りすじをつけ、AエをAIに重ねてACのすじをつけ、Cでアイに平行線DC(ウCをCイに重ねる)を折りそこで切るか、折ったまゝで使用します。

II. たてに較べてよこが短いとき

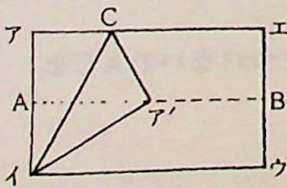


前のようにAIの折りすじをつけAI上にウイを重ねてC点を定めそこを通る線で折ります。

または、2つに折れば、折ったまゝでIが適用できます。

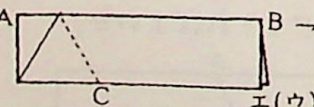
基本となる折りすじ

I. 正三角形の折りすじ



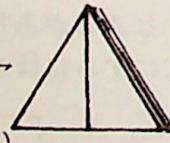
中線ABの折りすじをつけ、アを中線上に合わせてCイの折りすじをつけます。

(第2問の原理)

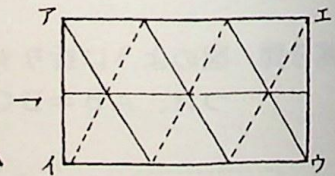


ABで2つに折りCイの折りすじにそって互いちがいに折って行きます。

(第3問の原理)



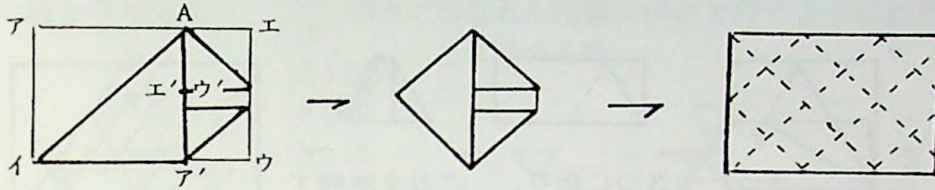
全部折るとこのような蛇腹折りになります。



展開図

実線は山、点線は谷をしめします。

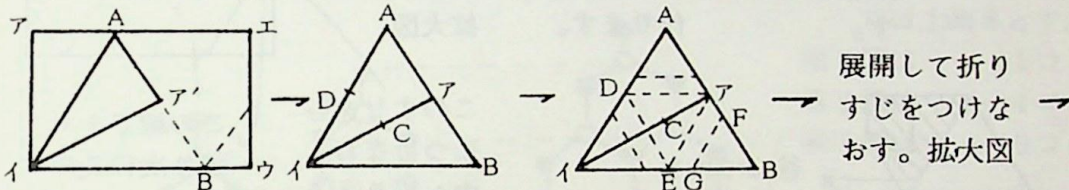
II. 正方形の折りすじ



斜めに折りすじをつくように適当に折って行きます。

正三角形の折りすじを利用して「6つ星」を折ってみましょう。

6つ星 (その1)

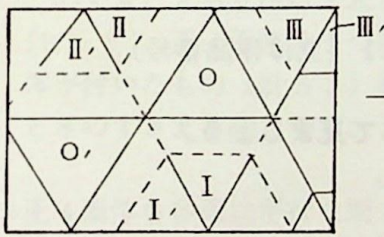


中線にアを合
わして正三角
形を作ります。

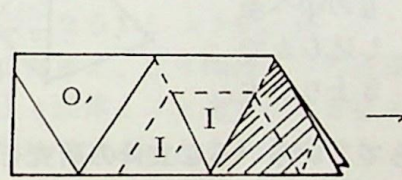
ABをBイに合
わしてアイ
線上にC点とA
上にD点を取
ります。

頂点BをDとC
にそれぞれ合
わすと内側
(アE)と外
側の折りす
じ(FG)が
でき各頂点
とも同じよ
うにします。

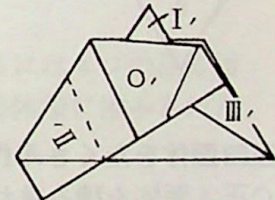
展開して折
りすじをつ
けな
おす。拡大
図



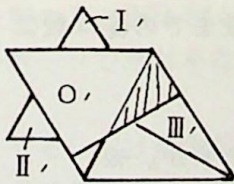
2つに折ります。



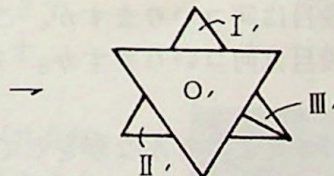
斜線の部分をまづ重ね (I
を上へ出すようにして) 右
はしは折り込みます。



O,の部分で上
に出したI,
をはさ
むように重ねます。



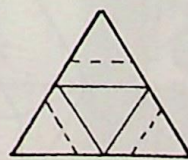
OとO,の間にII,
が出るように折り
込む。ここも折り
込みます。



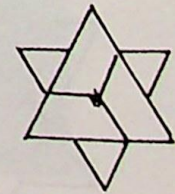
OとO,の間へIII,
が出るように折り込
んで完成します。



もっとも簡単に作る
には正三角形より

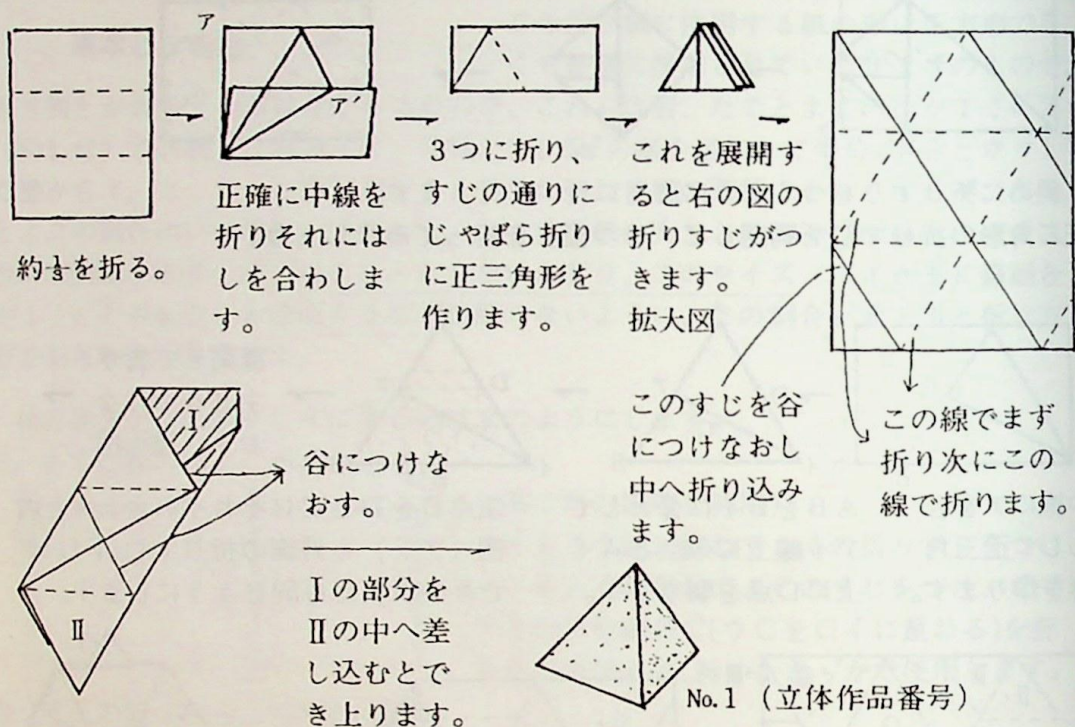


表



拡大した裏面

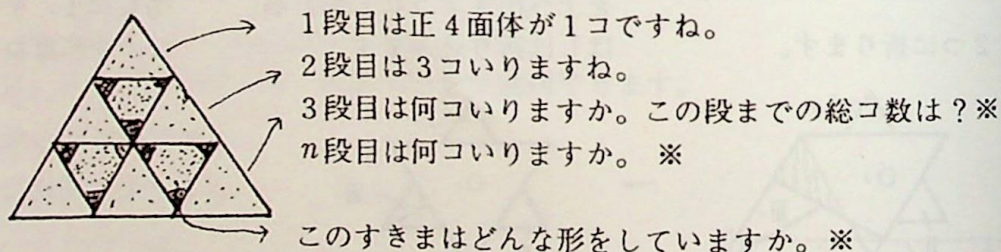
正四面体を作りましょう。



正四面体をたくさん作って、いろいろな立体の研究をして見ましょう。

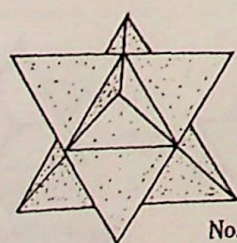
○正四面体を積み重ねて、セロハンテープで結合します。

○正四面体型に積みまます。

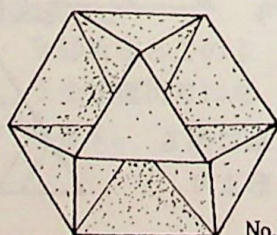


○2段目まで積んで、すきまをふさぐように張りつげるとこんな星型になります。

この星型の頂点を結ぶ線で囲まれた立体はどんなものですか。※



こんな立体を作るにはどのように組み立てればよいでしょうか。※



備考、No.のある立体はいずれも1枚の紙で折れる立体を示しています。

ダイヤモンドの結晶構造を作しましょう。

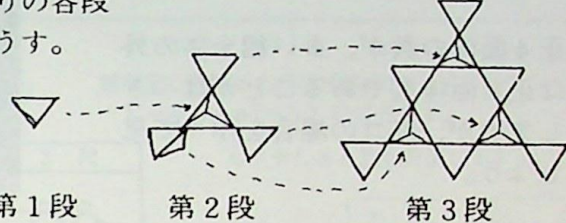
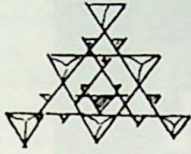
結合の方法は、



頂点でねじれた位置に付けて行くように心掛けます。

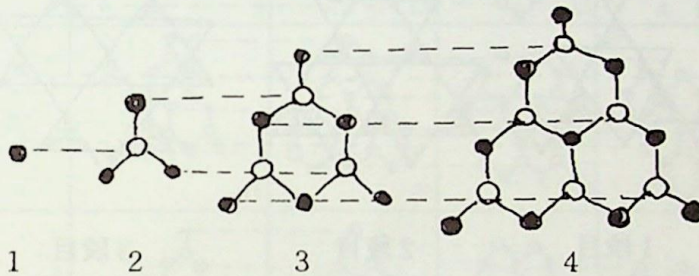
第1段
第2段
第3段

上よりの各段
のようす。



正4面体型結合

これを簡単に次のようにあらわすことにします。



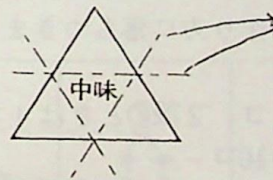
●は頂点が下向き
○は上向きとす。

第1段は-----1コ
第2段は-----4コ
第3段は-----9コ
⋮
第n段は何コになるで
しょう。 総コ数はい
くらでしょうか。※

○このすきに入る立体はどんな形になるでしようか。※

[ヒント] 正4面体を1つの点と考え、正4面体1コの各頂点には4コの正4面体が付いたもの(計5コ)を正4面体1コと考えそれを正4面体型に積みあげたときのすきまと同じです。8面体ですがどんな8面体でしようか。

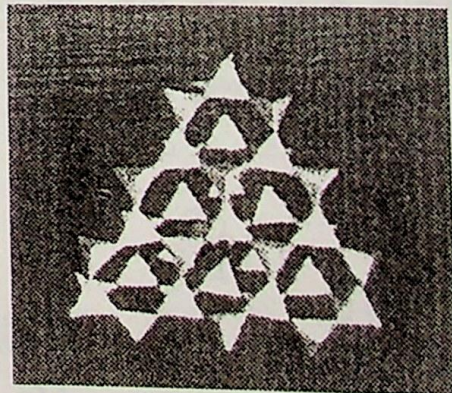
○正4面体を各面に平行な面でその中間の部分で切ると中味は正8面体が残ります。積みあげた正4面体型結合も各面に平行な面でその中間の部分で切った型の正8面体型があります。次のページでそれを作ります。



この線で切
ります。

○ダイヤモンドは炭素原子が共有結合方式でこのように網の目のように強固な結びつきをした非常に硬いものです。

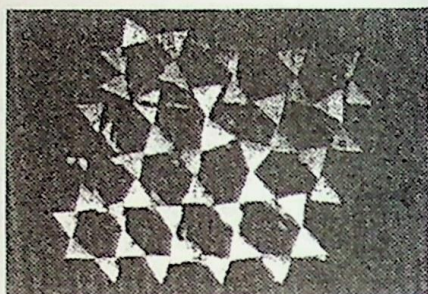
正4面体を炭素原子に見れば結晶構造がよく判ります。



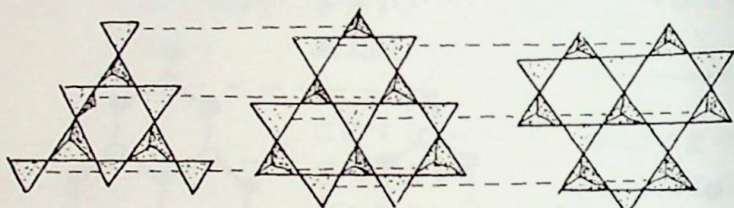
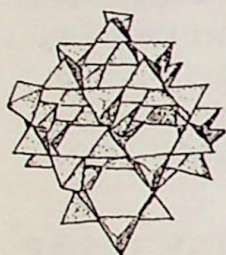
正4面体型

正8面体型の結晶

正4面体の数が、多い程全体の外形は正8面体型であることがはっきりしますが、35コの場合を作ってみましょう。



正8面体型



1 段目

2 段目

3 段目

正4面体35コを
正8面体型に結
合した例

1 段目、2 段目、3 段目のものをまず作ります。
次に1 段目を2 段目の上に重ねて一線の部分で頂点が合うようになっているので、セロハンテープでしっかりと、とめ、次にそれを3 段目に重ねてとめれば出来上ります。

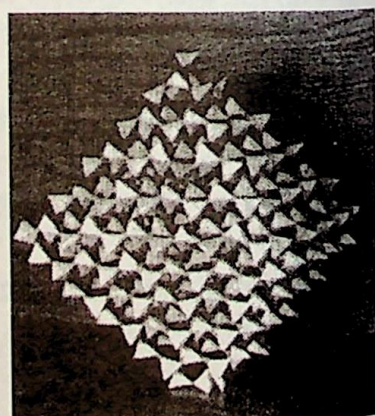
ちょうど、正8面体型になるような正4面体の数はどんな関係にあるでしょうか。初めて作ったときは、とても正8面体型にならなかったが、いろいろとやっているうちに上のような作り方に落ちつきました。そこで、段数とコ数の関係は次のようになりました。

1 段-----1 コ、2 段のときは4 コと6 コで
計10コ

3 段では、9 コ、13 コ、13 コ、計35コ

4 段では、16 コ、22 コ、24 コ、22 コ、計84コ

5 段では、25 コ、33 コ、37 コ、37 コ、33 コ、
計165コ

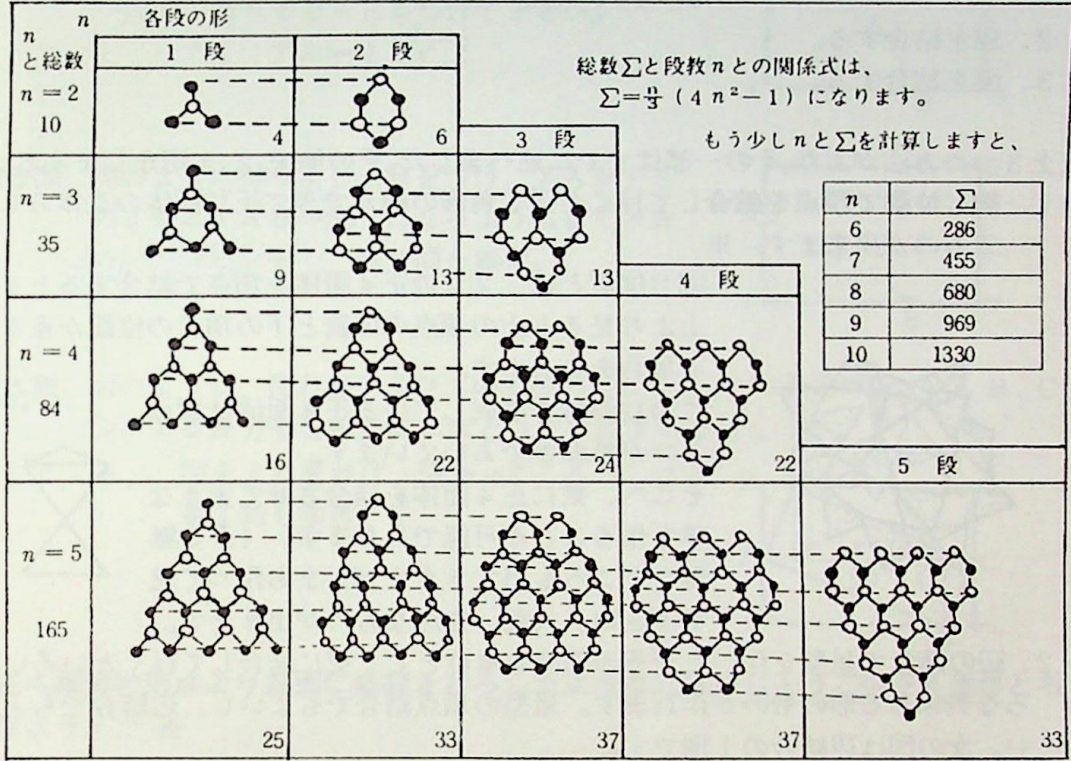




286コを結合した正8面体型



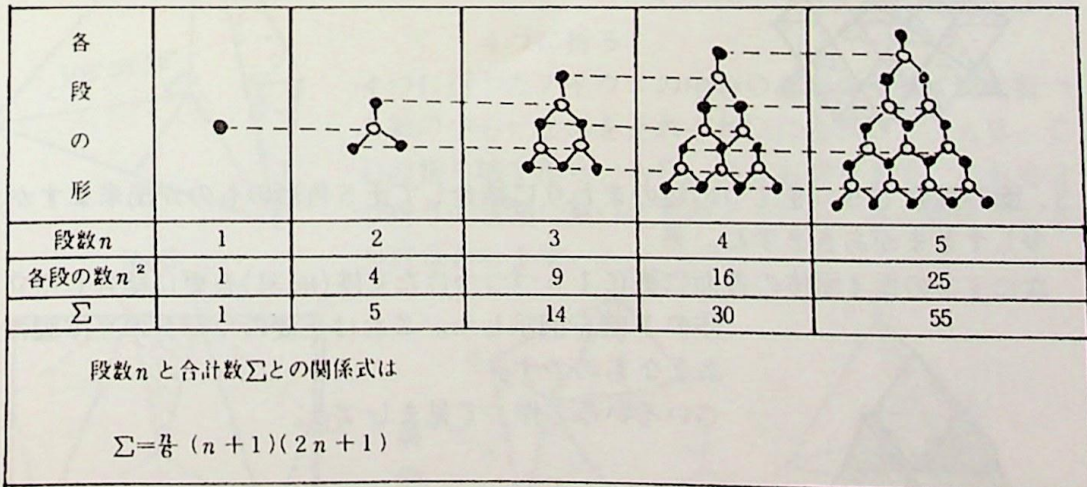
ダイヤモンド結晶の結合

I. 正8面体型



●は頂点が下向き  ○は上向き  を示します。

II. 正4面体型



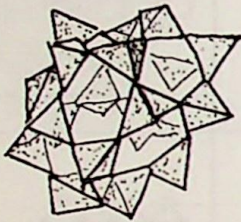
正4面体を結合して立体を作る方法としては

1. 頂点を結合する。
 - a. ねじれの位置でつける (ダイヤモンド型)
 - b. 同じ位置でつける。
2. 辺を結合する。
3. 面を結合する。

以上3つの方法があり、その一部はすでに述べました。その他を、2、3紹介しますと、

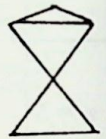
1. 同じ位置で頂点を結合して行くと正五角形の輪ができて正12面体の立体らしきものが出来ます。※

同じ位置とは、2コの正4面体を頂点で結合するとき、上より見ると上の頂点の位置と下の頂点の位置が重なる場合をいいます。

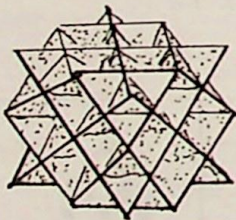


この12面体を構成している正4面体は頂点1コが外向きであっています。

そこへ、更に正4面体を結合させて大きな球を作ることが可能であります。(少し無理なところも出てきますが) まあ作って見て下さい。大変、立派なものが出きます。



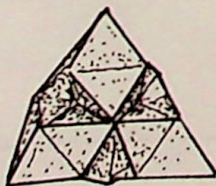
2. 辺の結合で星型を作ったがその星型を単位として更に結合して行くといろいろな興味ある形のものが作れます。星型の頂点結合でもよいし、辺結合でもよい。次の図は辺結合の1例です。



辺結合で相対する二辺を結合して行くと細長く正4面体がつらなつたものが出来ますが、それは細長い紙で折って作る方法があります。(P 15, No.40です)

3. 面の結合で5コを1つの辺のまわりに結合して正五角形のもので出来ますが、少しすきまがあきますね。※

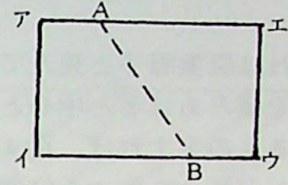
次に1コの正4面体の各面に更に1コづつつけた立体(No.31)を更に結合した立体の1例を図示した。これは三菱のマークの立体編のようなものです。



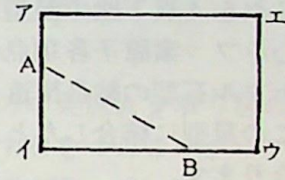
○いろいろと作って見ましょう。

◎ あたまのたいそう ◎ ※

第4問 右の図で、アA、ウBがアエ、イウの1/2です。
一回で、折りすじABをつけて下さい。
「ヒント」 アイ：アエ = 1 : $\sqrt{2}$

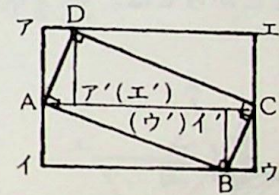


第5問 図のように折りすじABをつけ、アAがアイの1/3で $\angle \text{IAB} = 60^\circ$ になるようにして下さい。
「ヒント」 第3問を参考。

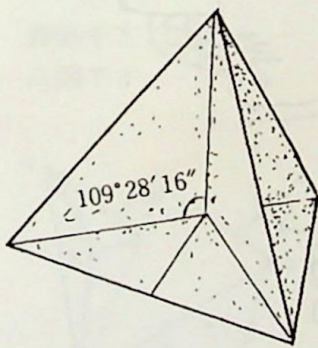


第6問 図のように、長方形アイウエの面積の1/2になり、かつ各辺の上にA、B、C、Dがある長方形を折るのにはどうすればよいでしょうか。

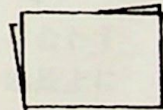
「ヒント」 図をよく見れば、分かってくるでしょう
第1問も参考



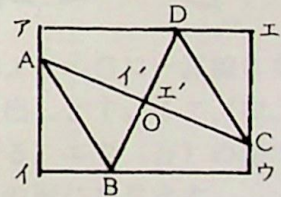
正4面体の頂点より底面に垂線をおろしたような立体をじょうご型正4面体と名づけよう。 ※



折り方



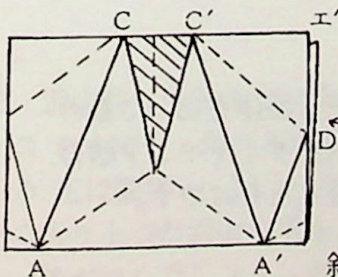
→ 少し拡大した図



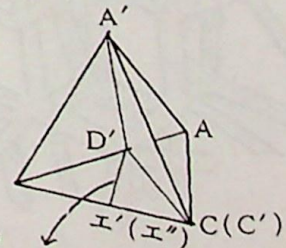
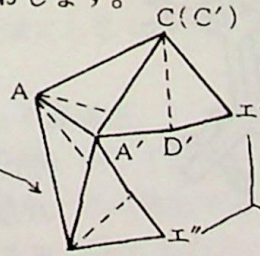
4つに折る

4つに折ったアイウエの中心Oを求めイ（4つに折った紙の中心）とエをそれぞれOに合わせて、AB、CDの折り線を作り、AD、BCも折ります。これを2つ折りの状態に開いて次のように山、谷の折りすじをつけなおします。

No. 6



裏側

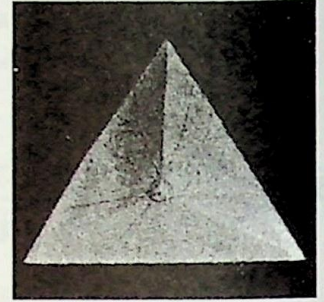


斜線の部分を合わせます。セロハンテープでとめます。

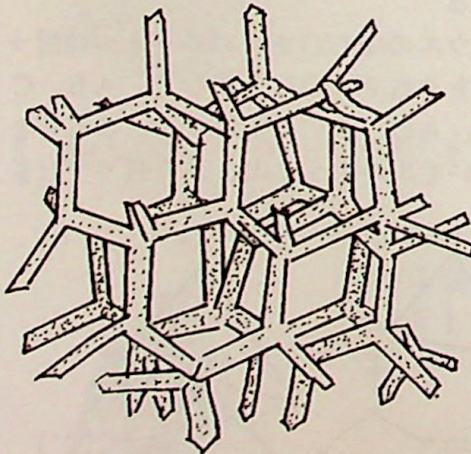
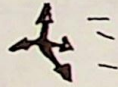
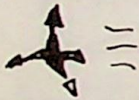
正4面体の利用について、作ってからこゝを読んで下さい。

これは炭素原子と見たることが出来、これを頂点結合で積みあげると中心と結合した接点の位置に原子があるものとすれば、正4面体より正4面体型のダイヤモンド結合を作った位置関係と同じです。

またこれを4頁下段の星型に結合すれば、じょうご型の中心をフッ素原子各頂点の位置にカルシウム原子があるホタル石型の結晶構造を示していることとなります。この星型に結合したとき、内側の立体は菱形12面体になります。



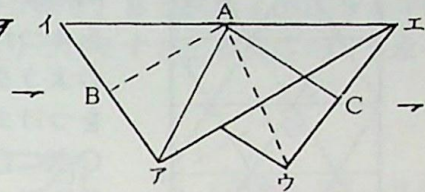
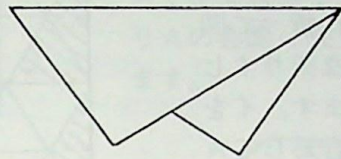
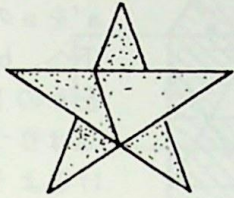
辺を取り去って線だけの形にしますと忍者の「まき菱」になり鉄で、この形にし先をとがらせば、いつでも針が立った形になり、踏むと足にさゝるようになります。



正4面体を切って線のみにしてそれをダイヤモンド結合の方法で結合したものです。

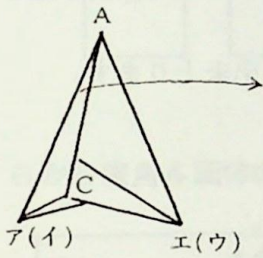
正8面体型

5つ星を作ります。 ※

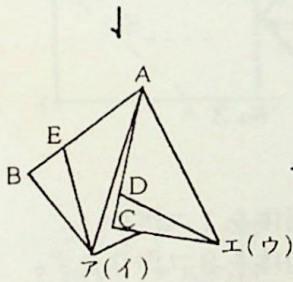


対角線で2つに折ります。

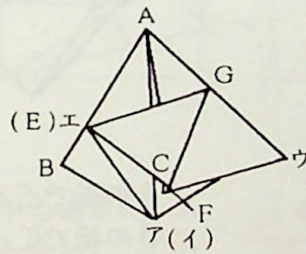
イエの中央点Aを取り図のように折りすじをつけます。イア、ウエの中点がB、Cです。Aアが山、Aウが谷であることが必要で、逆に谷、山とつけると仕上げの時に困ります。



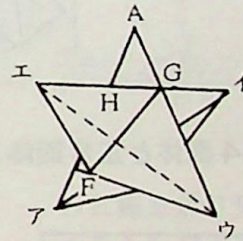
ここが少しあいてもよろしい。理屈通りではすきまがない方がよいがかえって折りにくくなります。



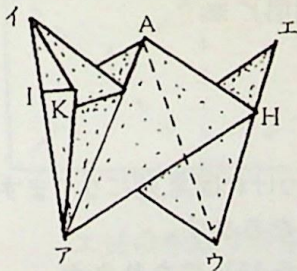
裏側を左に出した図です。



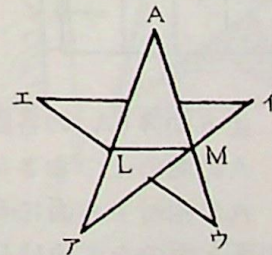
エをEに合わせGFの延長上にアがあります。



イを裏側よりEGに一直線になるように出します。イア、(山、外側に折る) エウ (谷) の線で折ると星の形になります。



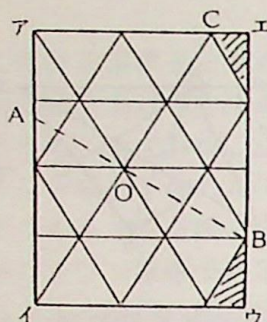
少し展開した図。Aウを山に、Aアを谷に折りなおしKIのところを少しやぶってアHの間にはさむ。裏側も同様にします。



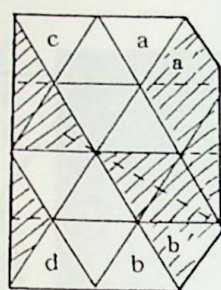
◎ 沢山作って色々つなぎ合わせて遊ぼう。

- むかで … 他の星のAをLMの間に差し行くことができます。
- 正12面体 … 12コの星で3頂点を一点に集めてセロハンテープでとめます。
- 折り上った沢山の星をよく見ると、右前のものと、左前のものとがあることに気がつくでしょう。どこで、このように変わるか、考えて見ましょう。 ※

正8面体を作って立体の関係を知りましょう。

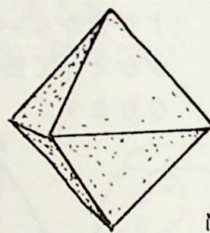
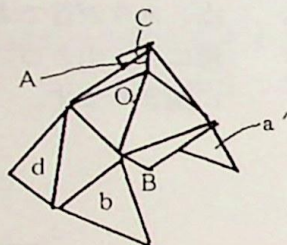


正4面体のときと同じように、たてを4つに折って図のような折りすじをつけます。イをC点に合わせてA、Bの折りすじをつけます。



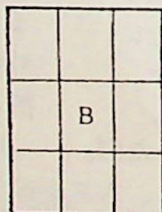
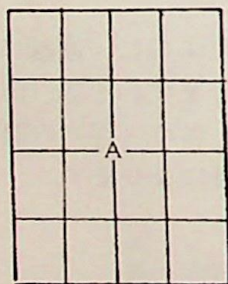
折り込む
a'をaの下へ、b'をbの下へはりつけるように合合わせ。
折り込む

次にaの中へbを差し込む。同様にcをdの中へ差し込むと出来上ります。



No. 3

○ 正4面体と正8面体との関係



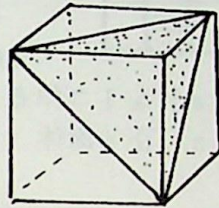
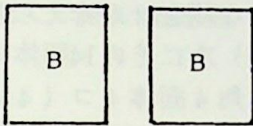
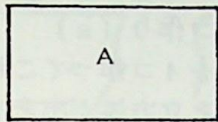
Aの紙で正8面体を1コ作り
Bの紙で正4面体を8コ作ります。
図のすじは大きさを示すためのものです。AからBを作るにはどうしたらよいでしょうか。
(第4問利用) ※

1. 正8面体(A)の各面に正4面体(以下Bという)をはりつければ星型になります。
2. Aの面の1つおきにBを4コはりつけると正4面体になります。
3. Aの相対する面にBを2コはりつければ斜方6面体 (No.15) になります。Aの面と面のなす角は $109^{\circ}28'16''$ です。またBの面と面のなす角は $70^{\circ}31'44''$ です。それでAとBをはると面が 180° になります。

参考 正8面体を炭素原子に見立て、ダイヤモンド結合が出来ます。
方法は、面どうしを糊づけしますが、各面は互に食い違うように合わせ、1つおきに結合面があります。

正4面体と正6面体との関係がわかる立体を作しましょう。

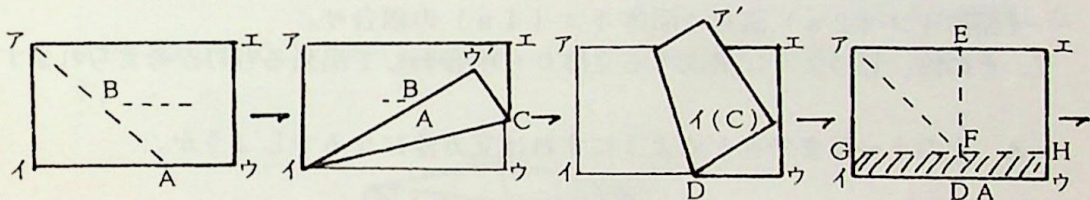
BはAを2等分したものです。(近似的) ※
Aで正4面体1コ作り、Bで直角4面体を4コ作りAの各面に張りつけますと正6面体ができ上ります。



(誤差1.6%。Bの方が短くなります。)

No.38

Bから直角4面体の作り方。



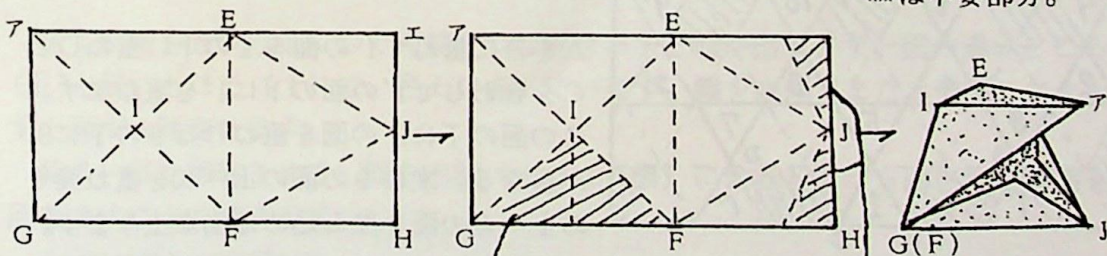
アイをアエに重ねて、アAの折りすじを作り、

中心線Bに、Aを合わせ、C点を取り、

イをCに合わせ、点Dを取り、

DE線を折り交点をFとしFを通る線GHを作る。

////は不要部分。



エHの中点Jを取り図のように折りすじをつける。

重ね合わせる

適当に折り込む

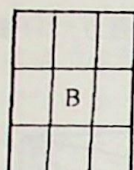
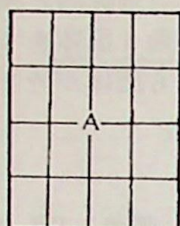
◎ この場合の体積の関係は、 ※

直角4面体：正4面体：正6面体=1：2：6です。

○ 直角4面体を4コつなぐとピラミッド型(4角錐)になり、8コで正8面体が出来ます

No.32

いろいろな立体が立方体にすきまなく入ったものを作って見ましょう。



I) ○Aで正8面体1コ作り (a)

(正3角形の面の一边をaとす)

○Bで正4面体4コ作り (a)

○Bで直角4面体を4コ作ってこれらを
を組み合わせますと立方体出来ます。

(2a)

その他次のような組合せが考えられます。

II. 等稜14面体 (No.10) (a) を1コ作る (次の項参照) 次にその14面体の凹面
に入る正8面体を6コ (a) 正4面体 (2a) 4コ直角4面体4コ (4a) を
組み合わせます。

III. 星型 (No.35) (a) 1コ (作り方 P51) と直角4面体 (a) 16コの組合せ。

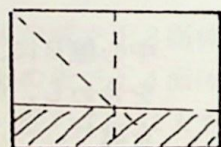
IV. IIのNo.10を構成する正4面体8コ (a) 正8面体6コ (a) 一辺が2倍の正
4面体4コ (2a) 直角4面体4コ (4a) の組合せ。

V. その他、IVのように構成する立体から組合わして出来るものが考えられます。

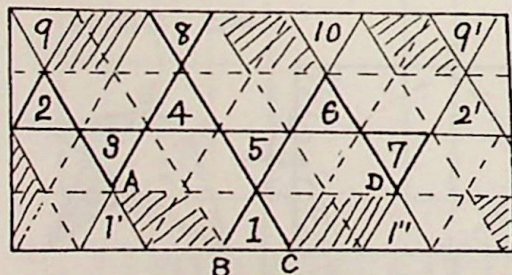
△ 上のI~Vまでをどのようにすれば立方体になるでしょうか。

等稜14面体 (No.10) ※

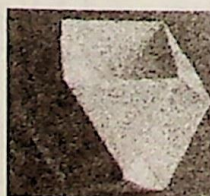
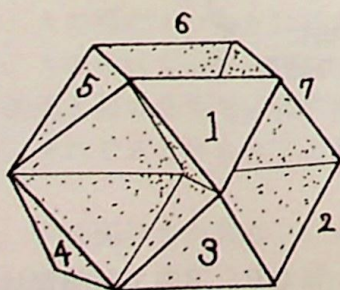
紙型は、
たて：よこ=1：2にする。



2つに折り
← 45°の線の
交点で切り
ます。



AをBに重ねて1'の面を1の下に重ねDと
Cを合わせて1'の面の下に1''を重ねます。
2の面の下に2'の面を重ねれば9の下に9'
が重なる。次に9の面の上へ10を重ね後そ
の上へ8の面を差し込めば出来上ります。



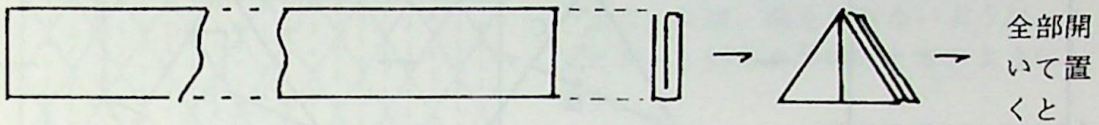
紙質は硬い目の
方が作りやすい。



正4面体型に結合
したもの

正4面体の輪を作ってみましょう。(ぐるぐる三角)

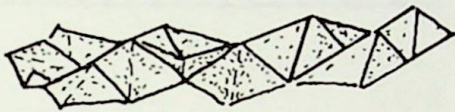
紙型 よこながに3等分したものを用品ます。



よこに長い紙を3つに折ります。

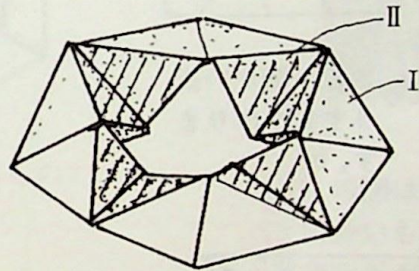
側面

P2. 基本の折りすじ通りに折ります。



自然にねじれてこのようになります。

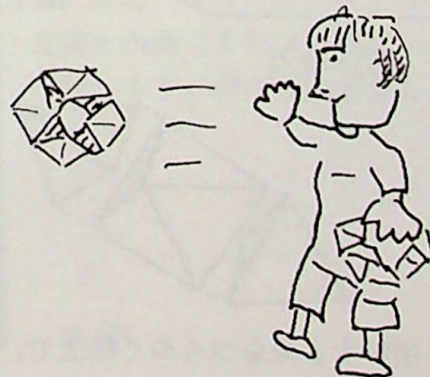
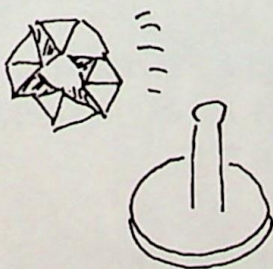
折りすじを1コずつずらして正4面体が出来るように、外側の折り目を同じように合わすと連続した正4面体が出来上ります。



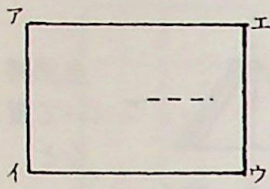
No.40

正4面体を8コ以上にして両端をつなぎ合わすと輪が出来ます。図の濃いところ(II)と淡いところ(I)は、色わけをしています。輪を内側(または外側)にまわすと面が4回変わります。

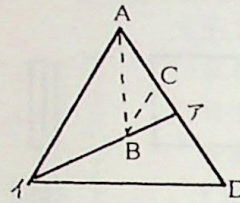
輪の一部を固定させて、輪を内側(または外側)にまわしながら固定した周囲を回転させることもできます。



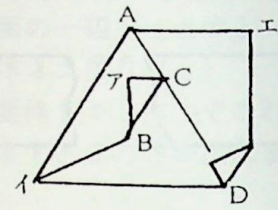
斜方6面体



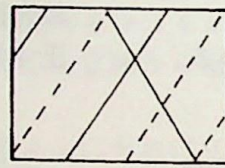
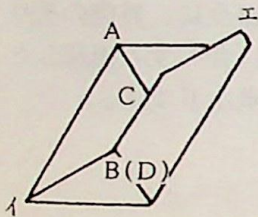
頂点アが行きそうなところへ中心線を少しつくり正三角形を折ります。



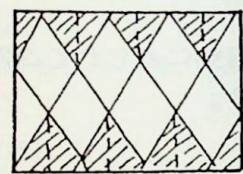
Aアを辺アイに合わせABを作りアBをABに合わせます。



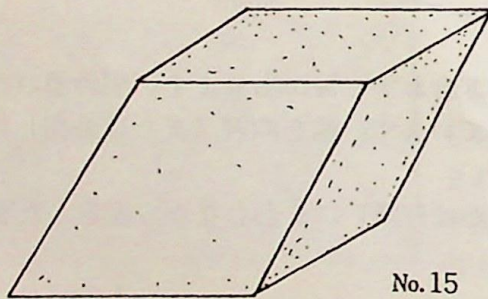
右側を開きDをBに合わせます。



さらに細かい折りすじを作ります。

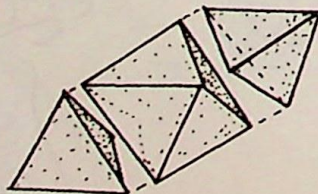


菱形の面に折りすじがつかないのがこの折りの苦心のところでは。



No.15

出来上り

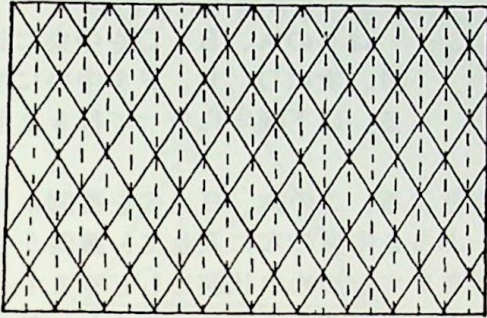


斜方6面体を図のように切ると正8面体1コと、正4面体2コに分かれます。

立方体の相対する角をつらぬく線上で、これは引き伸ばした形です。

小田原提灯を作しましょう。

次のような条件で、基本の折りすじをつけます。

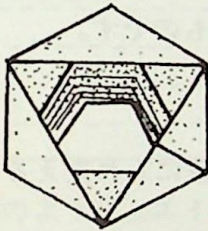


B 5

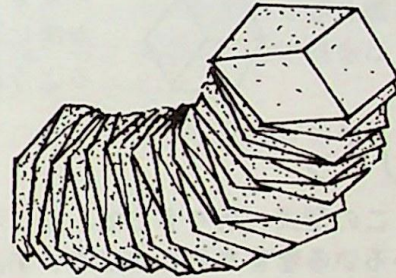
「たて」は菱形を4コならぶように、
「よこ」には、線を入れないように、
「ヒント」斜方6面体のときのようにし
ます。

この図のように山と谷になっているよ
うに折りすじをつけなおすのが一番苦労
です。これさえ出来れば簡単です。

輪にする場合の重ね合わせがずれない
ように。



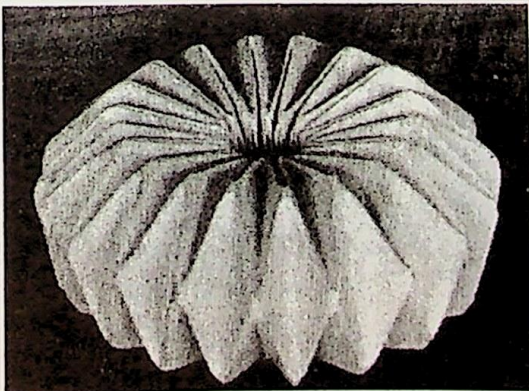
折りたたんだもの



この図は少し誇張してよこに
2倍長いもので折ったものです。
普通ひだが10コぐらいです。

ぐるぐる菊

よこに4倍ぐらい長い紙でこれを折り、両端をくっつけると菊のような感じ
になります。

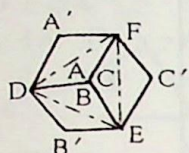
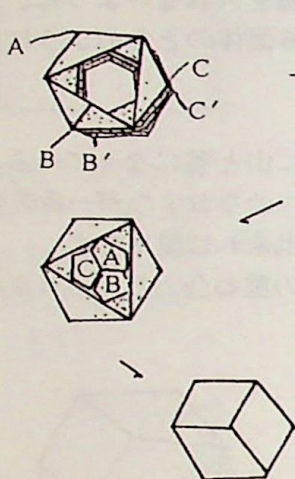


これは「ぐるぐる三角」のように、
全体を内側（または外側）にまわすと
回転します。面が6回変化します。

No.25

応用 折りはしのない6角

よこに $\frac{1}{3}$ ぐらいの紙で6角を折ります。
(ひだの数が少ないもの)

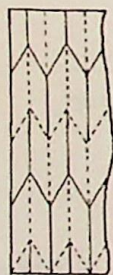


はしのA、B、Cを中央に折り、次にD、E、Fを中央に折る。以下順々に折って行きます。

裏がえして見たところ、このA、B、Cを裏側より引きだす。結局、ふちを中央の穴に入れて、裏側からどんどん出して行きますと初めの状態にもどります。これを半分ぐらい出したところでやめておくと、左の図のようになり、中央から引き出すことに気が付かないかぎり、この6角は、ほどきにくいものになります。友達に渡してやぶらないように、もとの一枚の紙にするようほかすと、面白いものです。

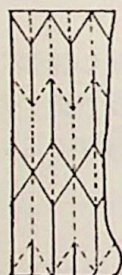
レリーフ

この型式の折りすじで、ところどころ山と谷を交互に入れ変えることによりいろいろなレリーフが出来ます。



B 1

サインカーブ



B 2

くすだま



B 3

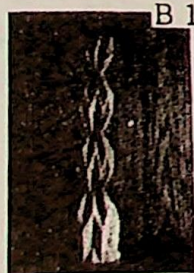
家並び

B 1、B 3…等は作品番号でその下にはそれぞれ名称をつけています。

これでいろいろな形を作りかざりにするのもよい。

ひさごになつたり、球とその台になつたり、楽しいものです。

作品の例



B 1

B 1 サインカーブ



B 3

B 3 くすだま

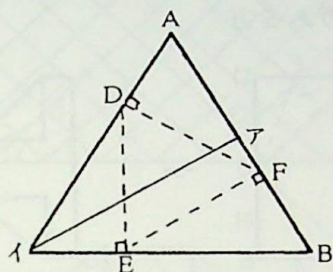


B 4

B 4 家並び
噴水のように見えます

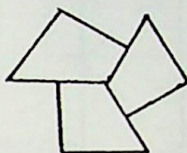
◎ あたまのたいそう ◎ ※

第7問 図のように長方形の紙で正3角形に折り、その辺に直角に内接する正3角形DEFの折りすじをつけて下さい。

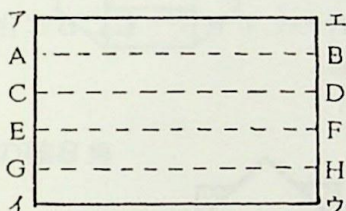


「ヒント」△DIEの辺の比がどのようになっているでしょうか。

この外形は高体連のマークになっています。

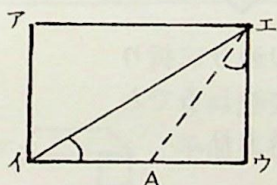


第8問 図のように5等分した折りすじをつけるにはどうしたらよいでしょうか。

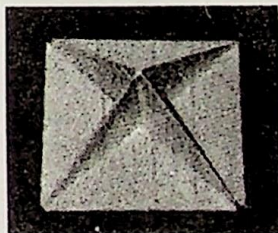


「ヒント」3角形の1つの内角の2等分線は、この角に対する辺を、この角をはさむ2辺の比に内分する。
その他いろいろな方法があります。

第9問 図のように∠エイウに等しく∠ウエAになるような点Aを求めて下さい。



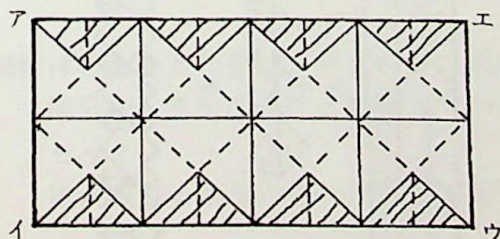
「ヒント」アイ：アエ＝1：√2であれば一番簡単です。



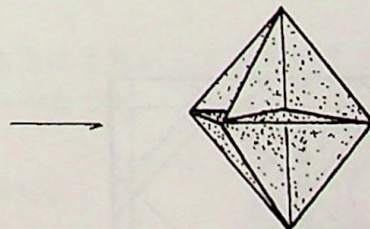
スケルトン
正8面体
(上より見たもの)

スケルトン正8面体を作りましょう。

紙型は、たて：よこ＝1：2を使用します。(P14参照)



図のように折りすじをつけ、斜線部分を重ねると出来上ります。



No. 8

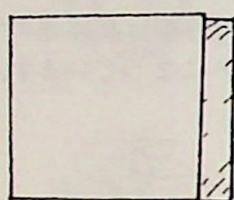
アイとエウを一致させてセロハンテープでとめます。

○ 8つ星 (そのI) を作って見ましょう。

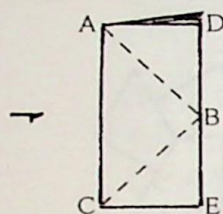
作りやすくするため紙型を次のように定めます。作り方が充分わかってくれば普通のもので作って下さい。

たて：よこ＝1：2.1 (0.1の分はとめしろ)

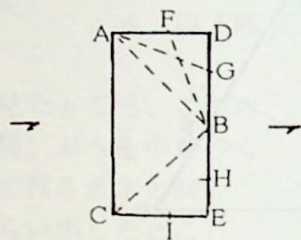
とめしろのある方



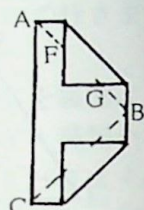
とめしろを取って
2つに折る。



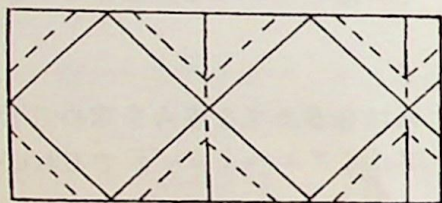
とめしろも折り込
んで更に2つ折り
にしAB、BCの
すじをつける。



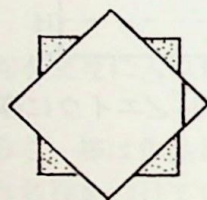
ABにADを合
わしてG、D、
Bを合わせてF
を取る。



FGをABの線
に合わせる。HI
もCBに合わせる。



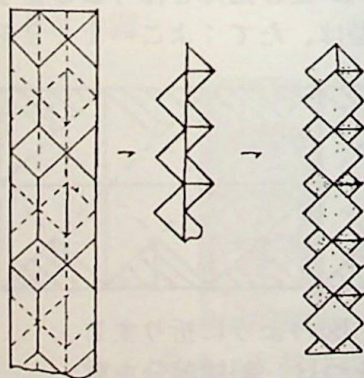
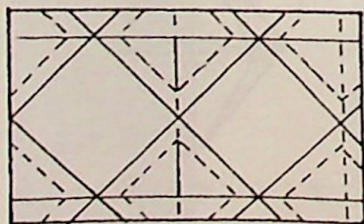
開いてこのように山、
谷の折りすじをつけな
おす。



折りすじの通りに折り
たたんでとめしろでと
めると出来上り。

○ 飾りのれんを作しましょう。

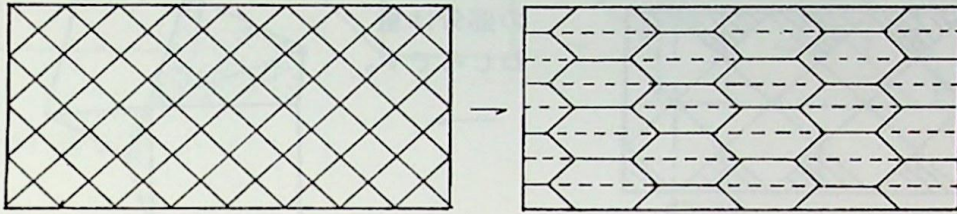
普通サイズのものでは次の
ような折りすじになります。



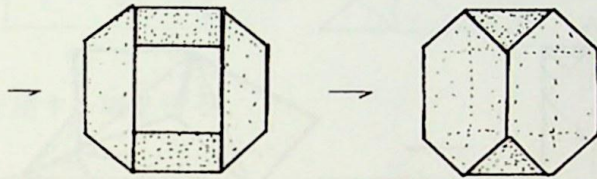
長い紙でこんなものを作しましょう。

8角せんべい

紙型は1:2のものでまず次の折りすじをつけます。

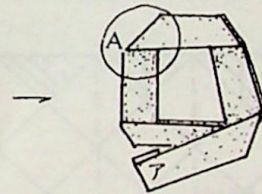
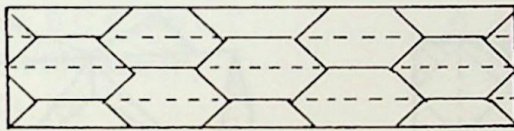


両はしをうまく合わせて輪を作ります。

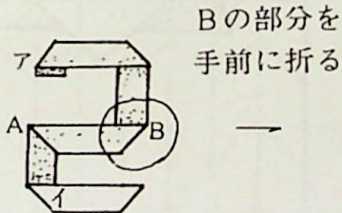


周囲を中へたたんで裏から出すとこのようになる。絵を画いたり色をぬると楽しいものです。

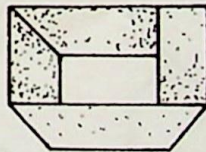
知恵の輪8角



Aの部分を手前に折る。



Bの部分を手前に折る

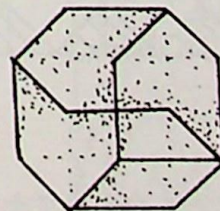


アとイを重ねる(糊づけにするとよい)

糊付けしたところをはずさないで、次のように8角にして下さい!

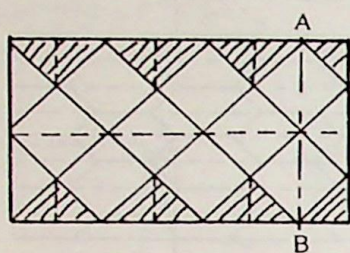
何分か、るかな? 1時間? いやいやもっともっと。

紙が破れるとまた作って挑戦して下さい。

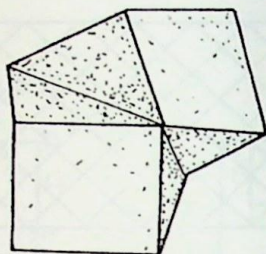


出来上り

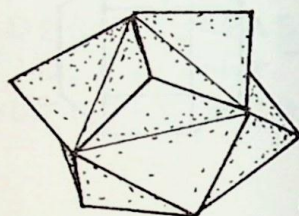
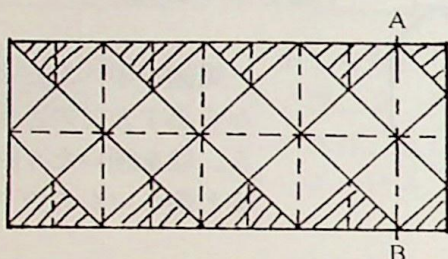
◎正方形または直角二等辺三角形を面とした立体を作ってみよう。



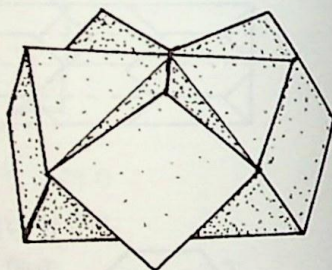
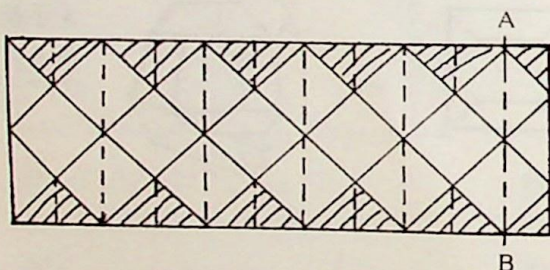
以下、A B
の部分は重
ねしろです。



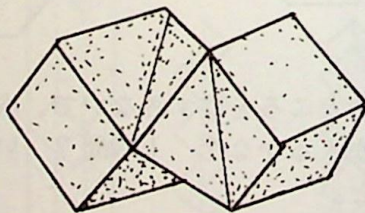
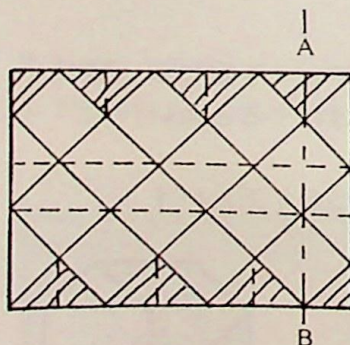
No.18



No.19



No.20

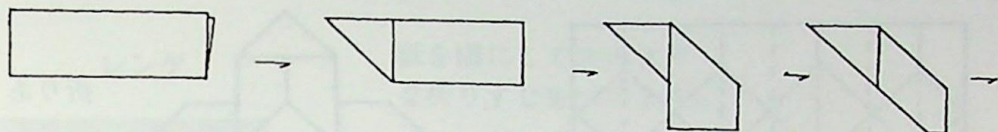


No.21

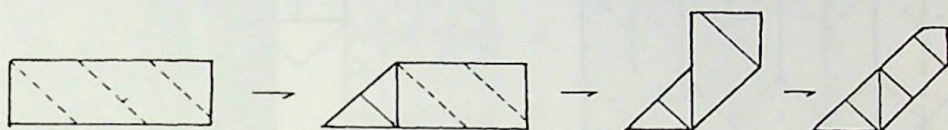
重ねしろを合わせてセロハンテープでとめます。ます目の数とそれによって出来る立体との関係が大よそ分かるでしょう。

◎レリーフを作って見ましょう。

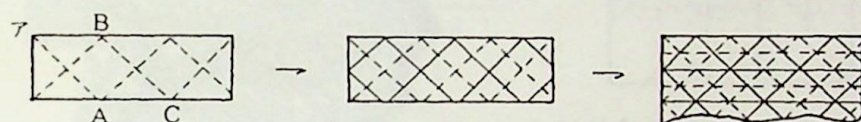
折りすじのつけ方



2つに折る。

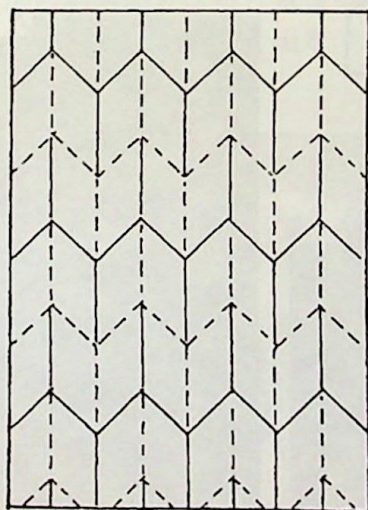


交差する線を折る



更に細かくつける。
アAとBCを合わせて
して中間の線を作
っていく。

開いて横線を山、谷
と交互に折る。

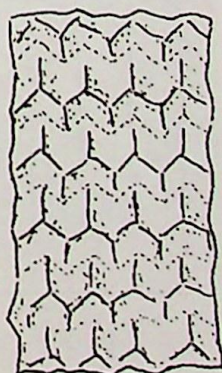


A 1 単



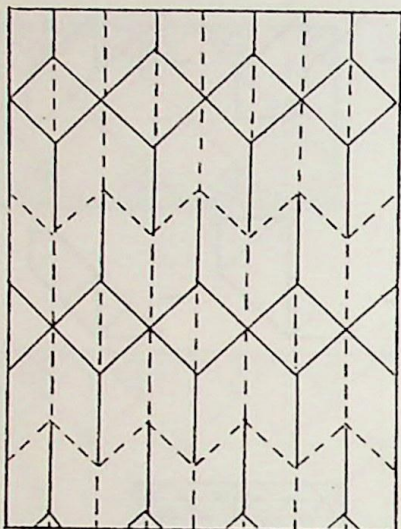
折って横よ
り見た図

左図のような試作が
できれば大きな紙で
更に目をこまかくし
て折り上げるとレリ
ーフになります。

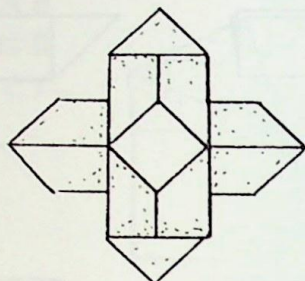


基本的なレリーフの一例

A2 十字



この折りすじをもう半分に細かくつくと右のようになり、長さは山が8つのものになります。



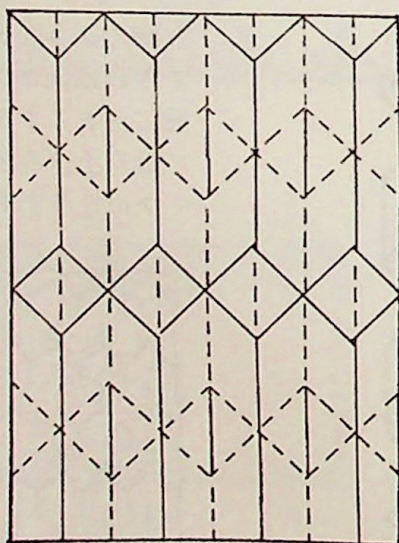
折りあがりの側面図

A 2

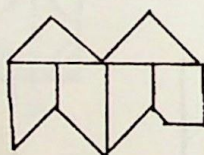


よこに細長い紙で作ったもの

A3 家並び



これらの折りすじは一部分であるので右のように筒にするには一度試作してから折り線の数を考える。

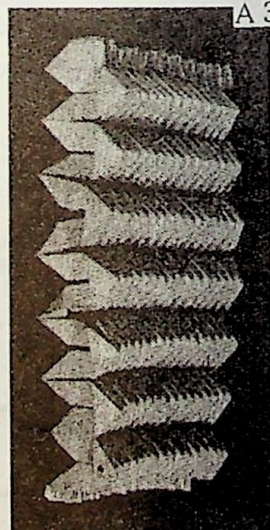


側面図

A 3



A 3



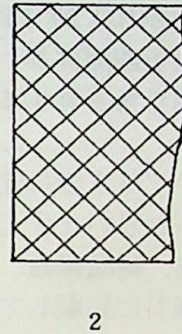
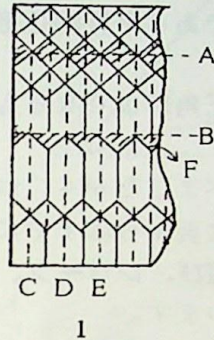
ひだを沢山作って輪にしたもの

今ままで大体の基本的な折り方を取り扱って来ましたので、この辺で作品を一つ作って見ましょう。これもレリーフの応用です。

レンゲ



紙を横にして次のような折りすじをつけます。



↑
た
て
に
8
コ
↓
正方形の数
よこに
← 11~12コ →

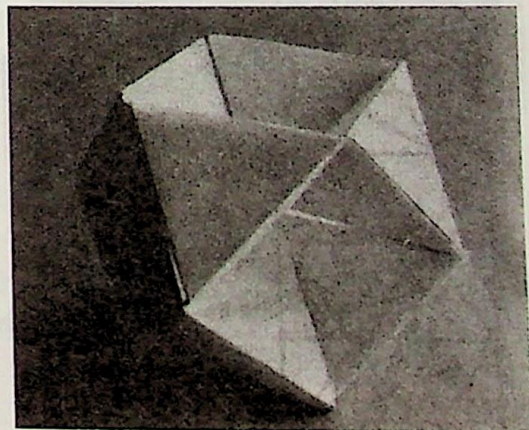
初め2のように正方形をたてに8コならぶように折りすじをつけ、次に1図A、B、の位置に横にすじをつけます。そしてC、D、E…とたてに細かく谷、山、谷というように折りたたみ1図の線の通りに折ります。Bのところでは折りすじの全くないところ（Fの線）ができますがこれは折り方で簡単に作っていけるので予め作っていく必要はありません。作り方は最上段の折りすじを右へ折って行き、次に2段、3段と作って行きます。

図の斜線部分は折り重なる部分を示します。最後は筒にして両端を合わせてセロハンテープでとめると出来上ります。

作品例



B 3 の応用



等稜 14 面体

次からは説明をぬいて折り方や図をまとめて掲載することにします。

今までの折りすじで、大体見当がついたと思いますが折りすじの付け方に、大体4通りあります。

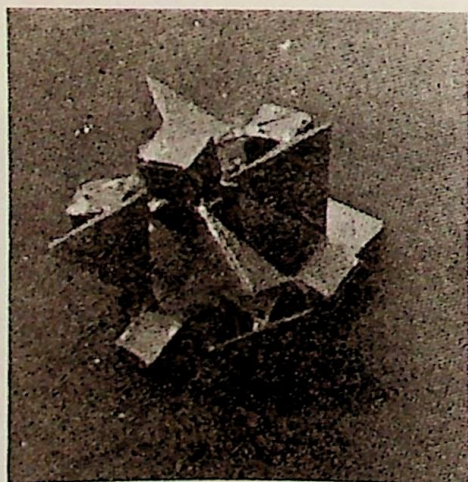
1. 正三角形を主体としたもの
2. 正方形を主体としたもの
3. $1:\sqrt{2}$ の紙型の対角線で出来る三角形を主としたもの
(これは鈍角が $109.28'16''$ である平行四辺形を主としたもの)
(じょうご型正四面体等)
4. その他特別な角を有する三角形よりなるもの。

1. 2. 3. についてはすでに述べましたが4についてはその都度解説の項を参考にされればよいと思います。次頁からはすでに説明した部分ははぶいて大体、正多角形、立体、結晶構造、遊び、レリーフ、解説の順で載せて行きます。各項目のまとめは索引に記載しています。

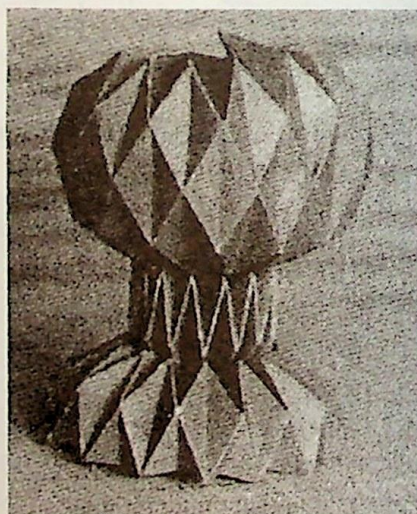
作品は全部創作品ばかりですが、作品がすでに発表されていたものもあるようです。例えば「オリガミ六角形」の名称は本[※]に出ていましたのでその名前をつけました。

※「現代の娯楽数学」M・ガードナー金沢養訳（白揚社）1960

正4面体と正6面体をセロハンテープで結合した作品

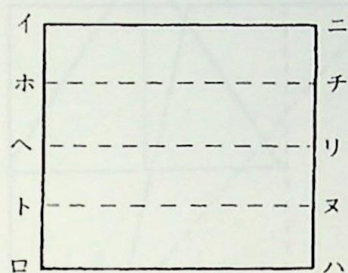


作品例

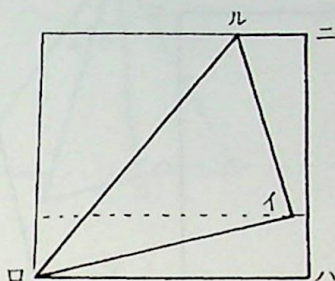


正多角形

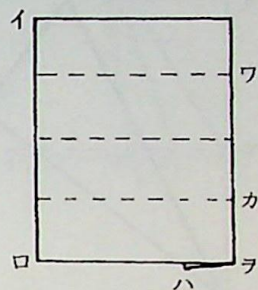
正五角形



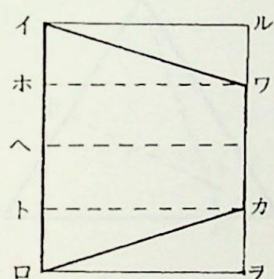
1



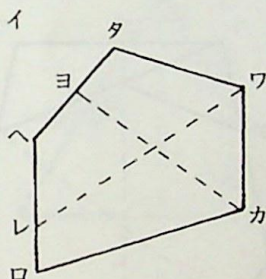
2



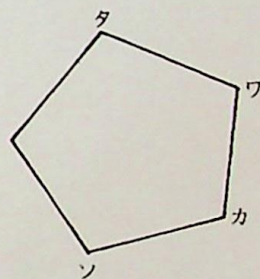
3



4



5



6

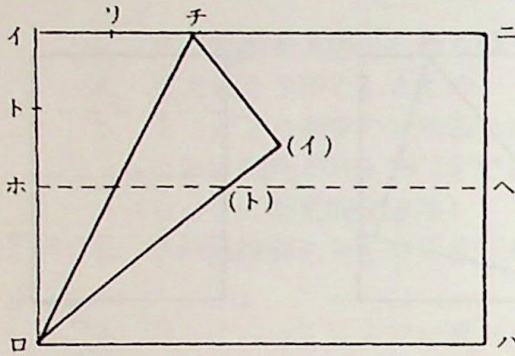
折り順、紙型は正方形です。

1. 4等分線、ホチ、ヘリ、トヌの折りすじをつけます。
2. ロを起点としてイをトヌの線に合わせ点ルを定めます。
3. ルヲを境に余分を折りまげます。
4. イワ、ロカを境にして余分を折り込みます。
5. カワをイワの線に合わせてタへを境に折り込み、同じようにしてワカをカロの線に合わせます。
6. 完成図、全部片側に折り込んだもの。

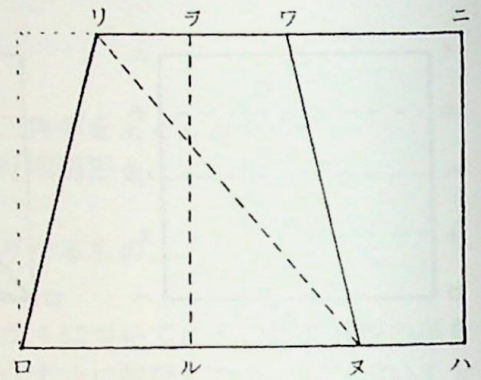
[注] 普通サイズの紙では「たてなが」にして同じく4等分しますが2)のところで「イ」がはみ出すので延長線上で合わすようにすればよいでしょう。あとは上記と同じです。

別法は5角錐のところにありその方が簡単です。

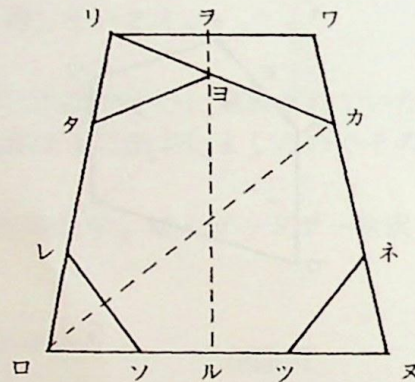
正七角形



1



2

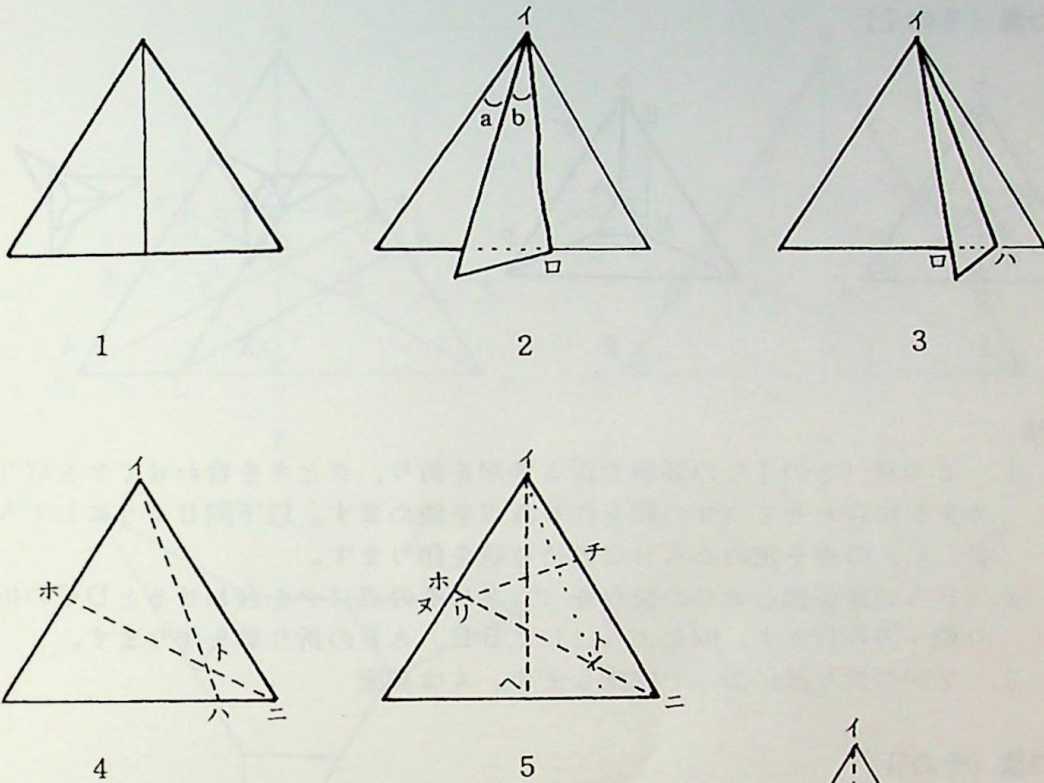


3

折り順

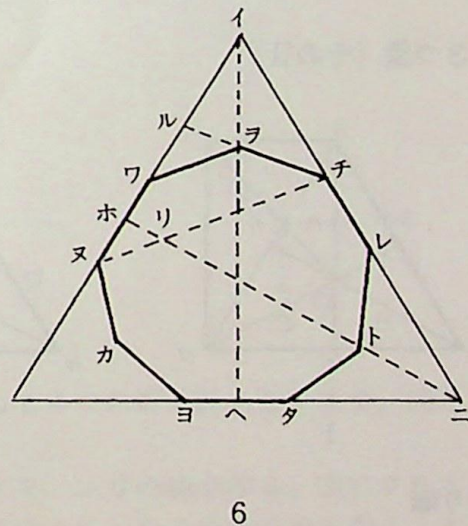
1. イニをロハに合わせてホへの線を作り「イ」を「ホ」に合わせて「ト」の折り点を付けます。ロを基点として「ト」を「ホヘ」線上に合わせて点「チ」を定め、「イ」を「チ」に合わせて点「リ」を作ります。
2. リロで端を折りまげ、リロをリニ線上に合わせてリヌの線を作り「ロ」を「ヌ」に合わせて「ヲル」の中心線とワヌではしを折りまげて台形リロヌワを作ります。
3. リロをロヌ線上に合わせて、はみだした部分△ワカリを折りまげます。次にヲルで折ると、はみだした部分△リタヨを折りまげます。次にカロを折って、はみだした部分△ネツヌを折りまげ、次にヲルを折って△レロソを折りまげると、正七角形「ヨタレソツネカ」が完成します。

正9角形



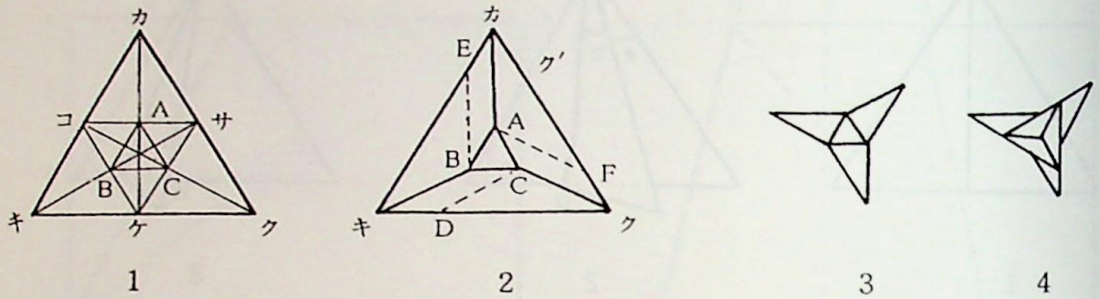
折り順

1. 中心線にはしを合わせて正3角形を作ります。
2. 頂点「イ」を $\angle a = \angle b$ になるように目分量で折りまげ「イロ」の折り線を作ります。
3. 「イロ」にはしの辺を合わせて「イハ」を作ります。
4. 「イ」を「ソ」に合わせて「ニホ」を作ります。
5. 「ト」に「イ」に合わせて「チヌ」を作ります。
6. 「イ」を「リ」に合わせて「チル」を折りまげ、次に「ニホ」の線で折り重ねてはみだした部分「ヨカ」を折りまげ、次に「イへ」で折り重ねて「タト」を折り、このように「ニホ」・「イへ」を交互に折って、はみだし部分を折りまげると正9角形「ヨワヌカヨタトレチ」が完成します。



星

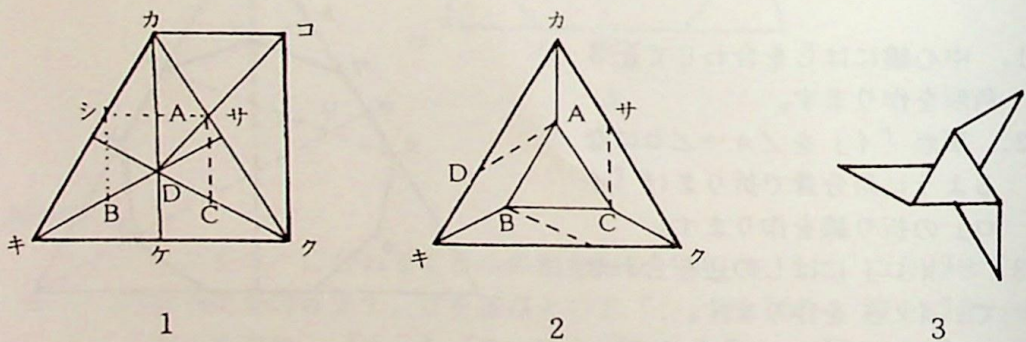
3つ星 (そのI)



折り順

1. 6つ星 (そのI) の要領で正3角形を折り、クとキを合わせてケを取りカをケに合わせてコサの線を作りA点を決めます。以下同じようにしてA、B、C、の点を定め△ABCの折り線を作ります。
2. BAの延長線とカクの交点をグ'としその点にクを合わせるとDCの折り線が得られます。同じようにしてBE、AFの折り線を作ります。
3. 2図の折り線によって完成します。4は裏面

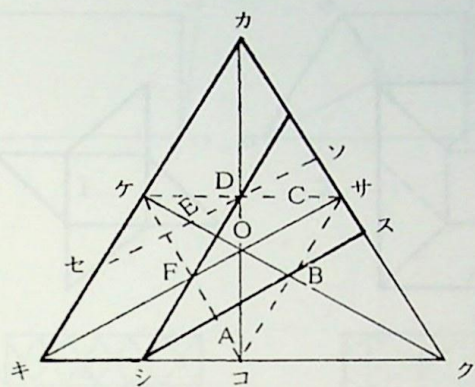
3つ星 (そのII)



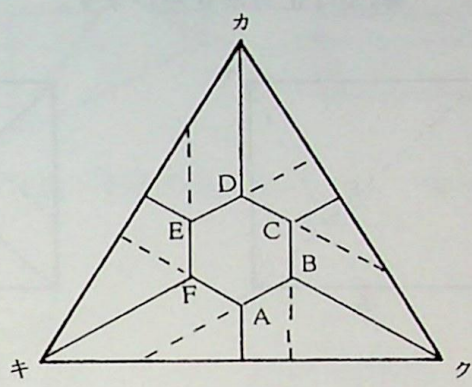
折り順

1. 正三角形カキクを折り次に重心Dとコを結んで点サを取りサよりカケとケケに垂線をおろして点AとCを定めます。カケの線で2つに折りACを折ればA、B、C、点が得られます。
2. サCと同じような線AD、BCを作り図のような線で折ると出来上ります。
3. 完成図、備考、一枚で裏を合わせ両面共表を出したのも折れます。

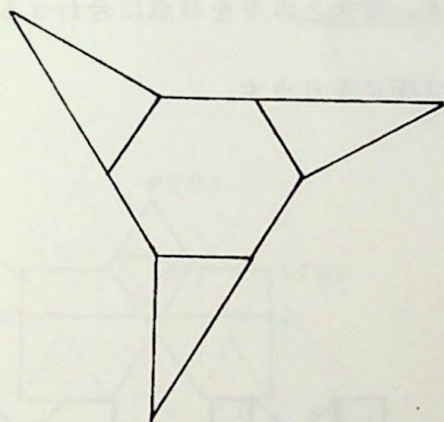
3つ星 (そのⅢ)



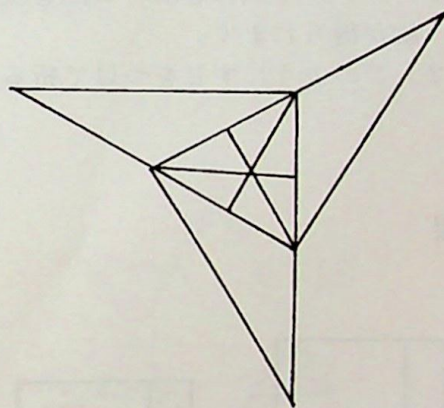
1



2



3



4

折り順

1. 正三角形に折り、カクとカキを重ねてカコの折り線を作ります。同じようにしてキサ、クケの線を作ります。

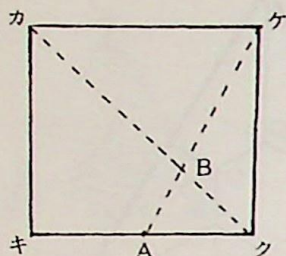
次にカをコに合わせてケサ、同様にケコ、コサの線を作る。次にクをカク線上にあってキクの線上にD点があるように、シスの折り線を作る。またカがカク線上にあってカキ線上にB点があるようにするとセソの線が得られ同様に各頂点があるようにして折り線を作るとABCDEFの正六角形が中央に出来ます。

2. 図のように線を折りたためば3図のようになります。

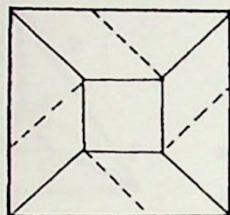
3. 表、 4. 裏面

4つ星

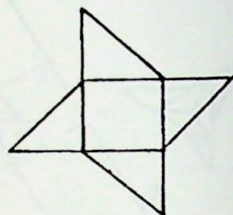
紙型は正方形を用います。



1



2



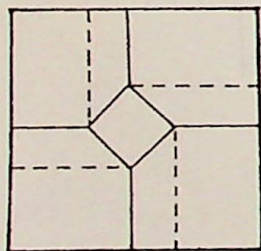
3

折り順

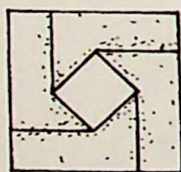
- 1) キクの中点Aを取りB点を決める。カケとカキをB点に合わせると $\frac{1}{3}$ の線が得られます。
- 2) このようにすじをつけて折ると3図になります。

応用

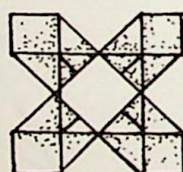
十字架



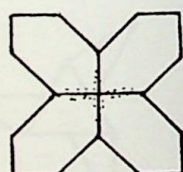
1



2



3

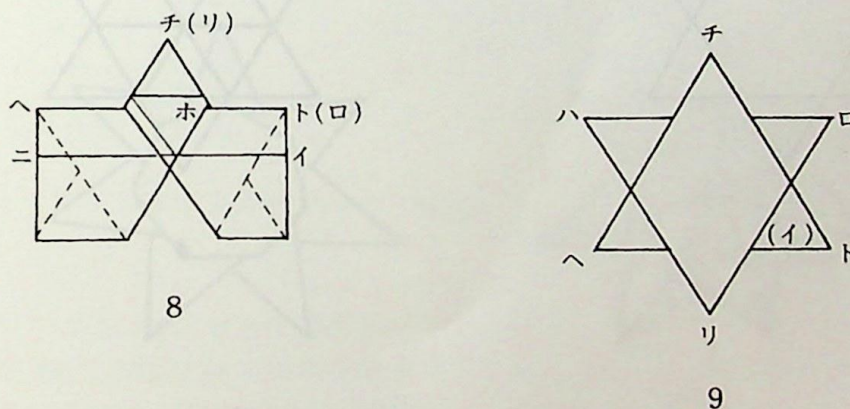
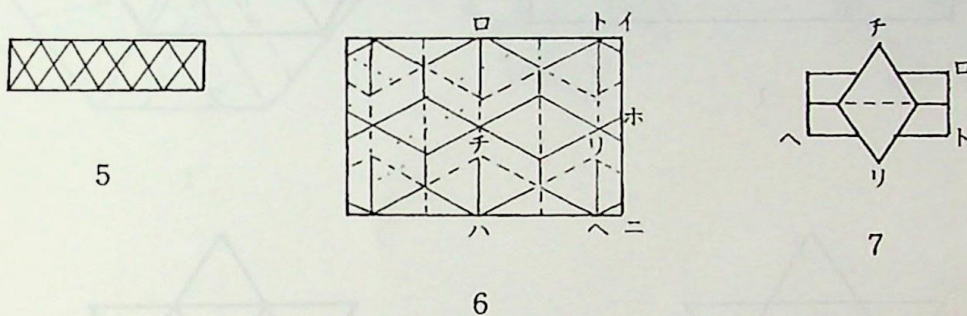
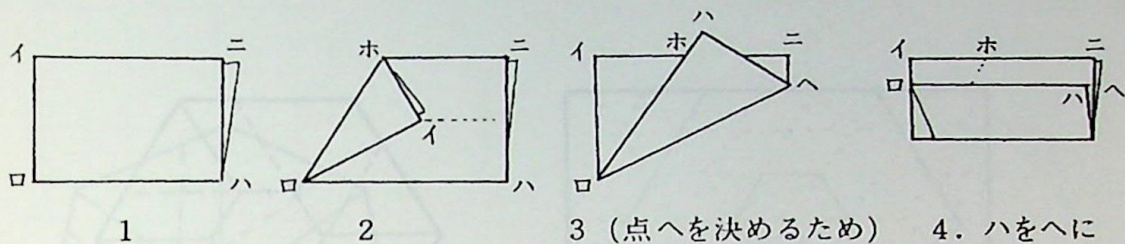


4

折り順

1. 一辺の $\frac{1}{3}$ を対角線に持つ正方形を中央に作ります。(4つ星のときのB点に正方形に4つに折った中心の頂点を合わせます)。
2. 1図の通りに折ると2になり8つ星(そのII)の要領で3が出来ます。
3. は裏面
4. は表面図

6つ星 (そのII)



参考. 3の「ニへ」は仕上りのときの「とめ」に使用します。

折り順 1. 図のように紙を2つに折る。

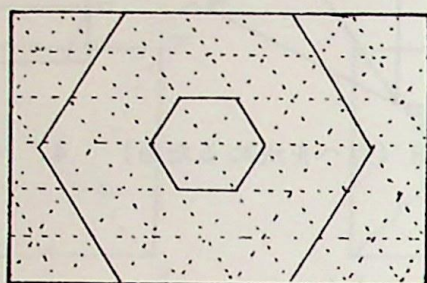
2. ロを基点として「イ」を中心線に合わせて「ホロ」の線を作る。

3. 「ロハ」を「ホロ」に重ねて点「へ」を定める。

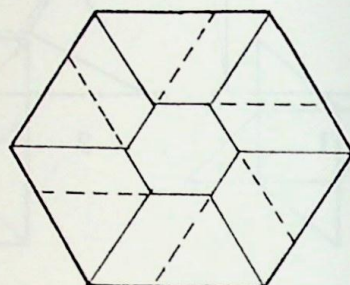
4. 「へ」の点に「ハ」を重ねる。余分のイロへ(ハ)ニは折りまげる。

5.6. 5のように折り線をつけ開いて6のように線の山、谷をつけなおし、
7.8.9.のように折ると出来上ります。

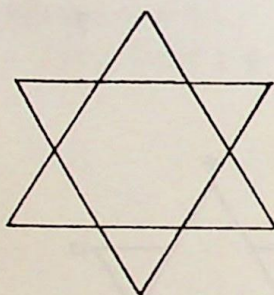
6つ星 (そのⅢ)



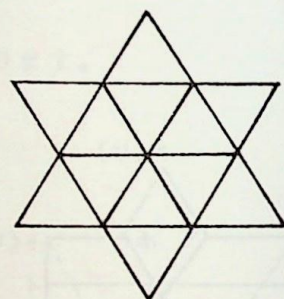
1



2



3

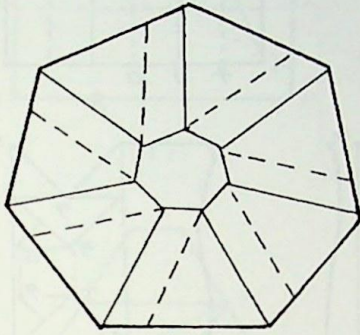


4

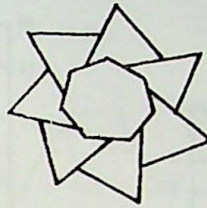
- 折り順
1. P16 斜方六面体の折り方と同じようにして基本線を作ります。(たての6等分線)そして斜線の部分を折り込んで正六角形にします。
 2. 図のように折りすじをつけその通りに折ると3が出来上ります。
 3. 完成図、中心の六角形の下から放射状に頂点がでています。
 4. 3の裏面(拡大図)

参考. 4つ星のときと同じ手順です。この要領で正三角形から任意の多角形まで製作可能です。また同一紙でこのうずまきを沢山作るように折ることができます。レリーフのC

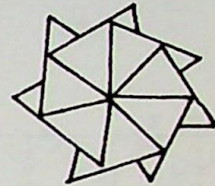
7つ星



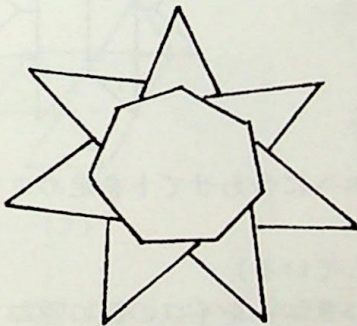
1



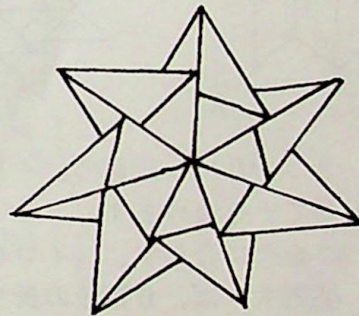
2



3



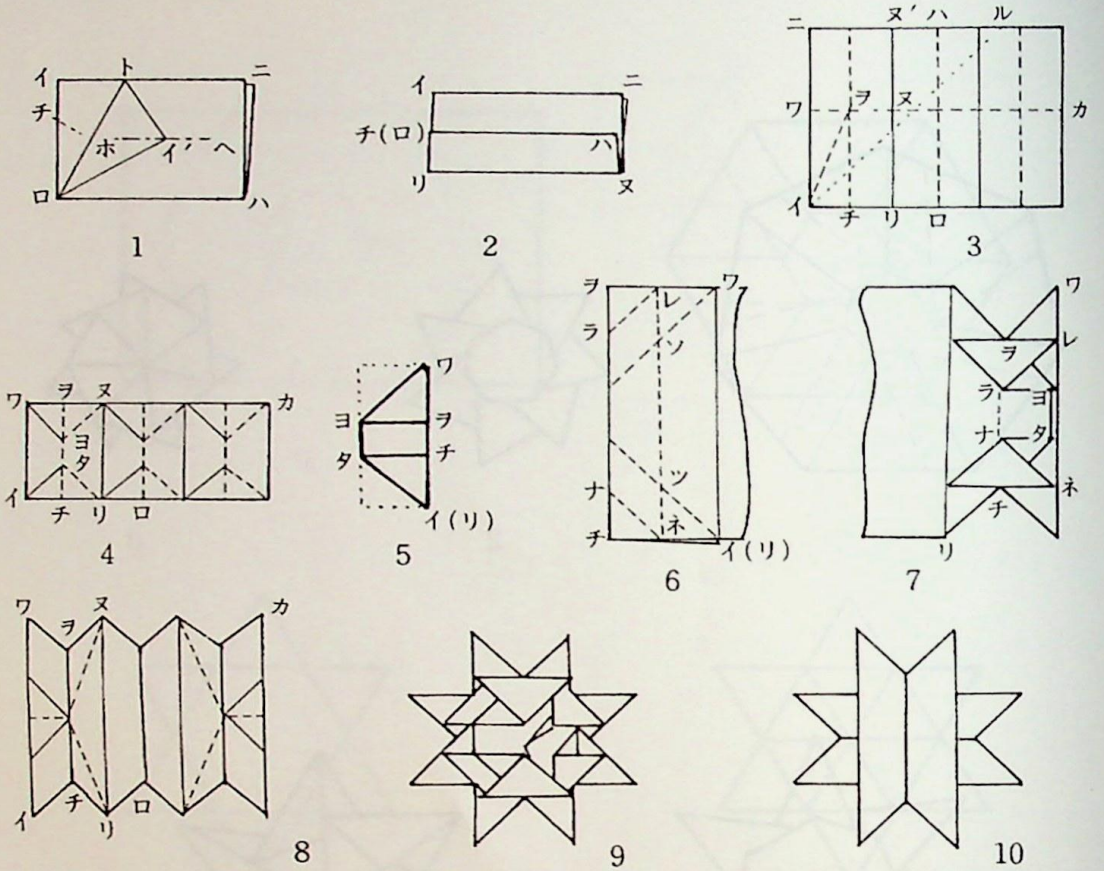
4



5

- 折り順
1. 正七角形の折り方 (P28) で余分なところを折り込み、次の図のように折りすじをつけます。
 2. 折りすじ通りに折ったところ (ねじり折りになっています。) ※
 3. 2の裏面
 4. 5 4は5の表面 (拡大図)
 - 3の頂角を図のように鋭角になるように折り込みます。

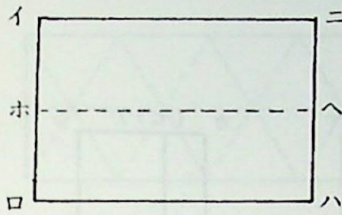
8つ星 (そのII)



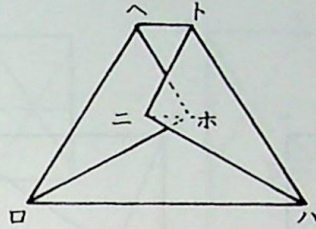
- 折り順
1. 2つ折りにしたものの、イを中心線ホへに合わせてトを定めロをトに合わせてチを決めます。
 2. ロをチに合わせ。(イロを3等分している)
 3. 展開すれば、6等分の折りすじがつきニイをイロの線に重ねてイルを作り、それにイニの線を重ねてイヲを定めワカの線で紙を切ります。
 4. ワイをヌりに重ね第5図のように端を折ればイタリ、ワヨヌのすじを得。
 6. ワイをヌりに重ねた状態で図のように折りすじをつけます。
 7. 図のように折り、
 8. 7図の折りを3コ作って表より見た図、またこのように折りすじをつけます。
 9. ヌりの線からワとイの頂点を出し、反対側も同様にして裏面より見た図。
 10. 表より見た図。

参考. 紙は大きいほど折りやすく、慣れれば切り離さなくてもよいでしょう。

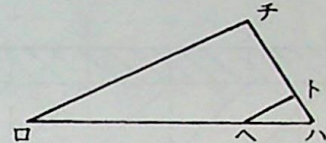
9つ星



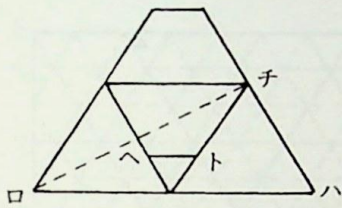
(1)



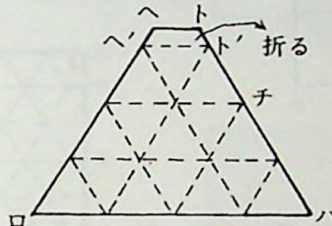
(2)



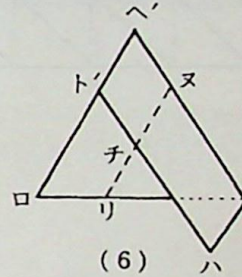
(3)



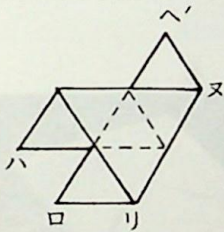
(4)



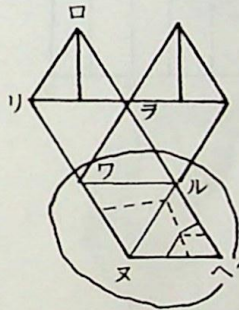
(5)



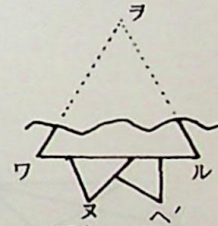
(6)



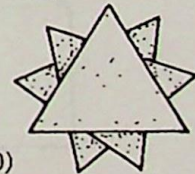
(7)



(8)



(9)

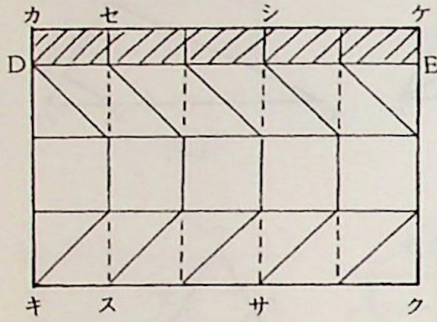


(10)

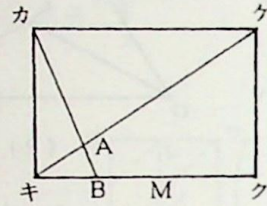
1. イロの midpoint ホ、ニハの midpoint へ。
2. 各頂点 (イ、ニ) を中心線に合わせる。
3. ロへをロハに重ね点チを定める。
4. 頂点ロをチに合わせ、その三角形にそって他の頂点を折り重ねる。
5. 更に中線を作る。(これ以後(2)の△へロホ、△トニハの部分は略している)
6. へ'を頂点としてト'をへ'ロ線上に折る。
7. ヌリの線を境に折る。
8. (8)の部分の頂点ヌとべを(9)図のように△ヲワルの一辺ワルから出す。点線のような折り目がつく。
9. (8)の要領で各辺から頂点を出す。
10. 完成図。まとめの要領は(6つ星)の要領と同じようにします。

正多面体

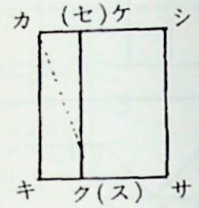
正六面体



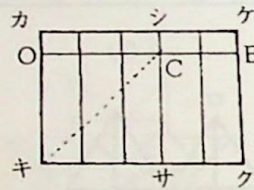
4



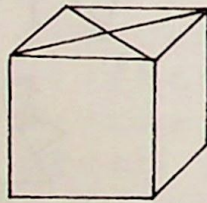
1



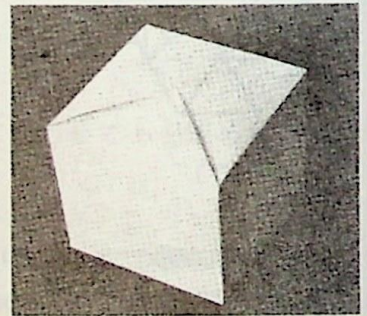
2



3

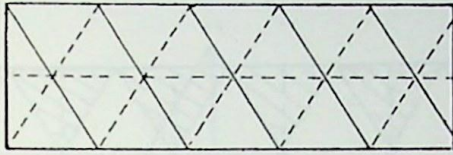


5 No.2

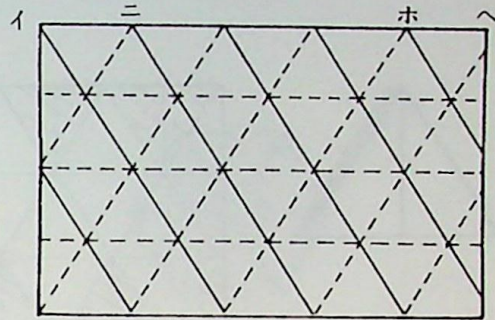


- 折り順
1. キクの中点M、キMの中点Bを取り、カBとケキの交点をAとする。
($1:\sqrt{2}$ の紙型であれば、クをカに合わせればB点が得られます。)
 2. クケ線上にA点があるように折ってサシの線を作りサシとクケを重ねて5等分線を作ります。
 3. カキをキクに重ねてC点を取りDEの線を作ります。
 4. 図のように折りすじをつける。斜線の部分は折り込むか切り落します。
 5. 内側でねじり折りにすれば出来上ります。

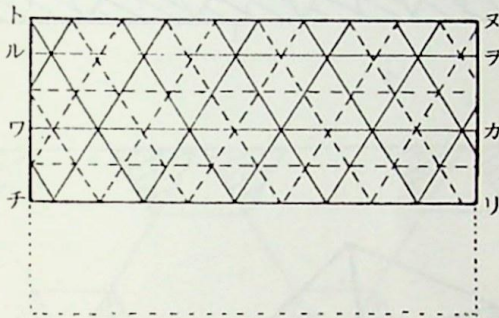
正十二面体 (凹面)



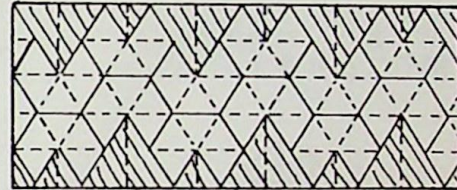
1



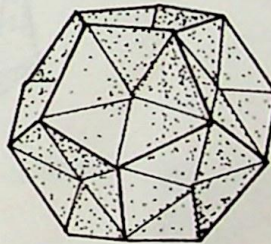
2



3



4

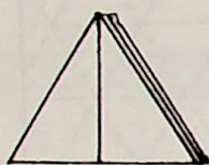


5 No. 4

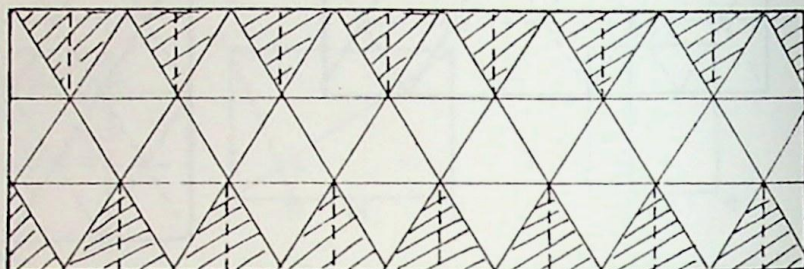
折り順

1. よこながで4つに折り正八面体の場合と同じように折りすじをつけます。2つ折りになっています。
2. 1を開いた図. イロとハニの線を合わせて中間に更に線を作る。ホロへハの線を合わせて同じく線を作ります。このように各々の線の間更に線を作ったものが3です。
3. よこにルラ、ワカ、チリの折りすじを作り、チリの線で下部を切り落とします。
4. 折りすじをこのように、山、谷につけなおし、斜線の部分を重ね合わせてセロハンテープでとめます。
5. 完成図。

正二十面体

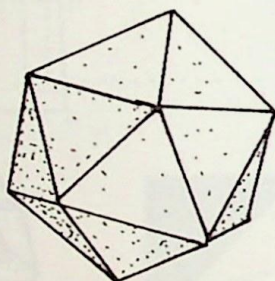


1



2

下の $\frac{1}{3}$ をへこまずと
帽子になります。

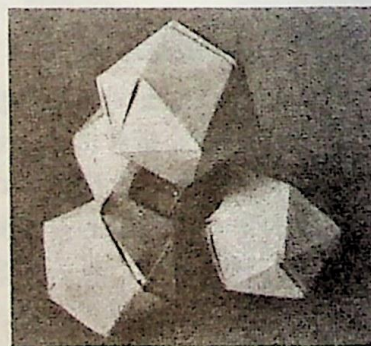


No. 5

3

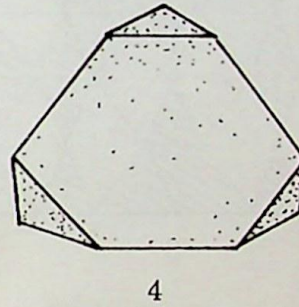
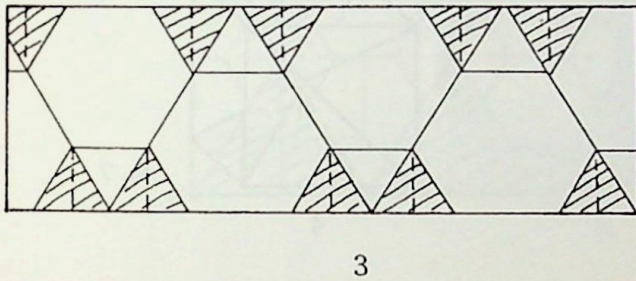
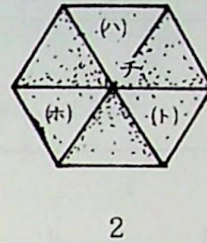
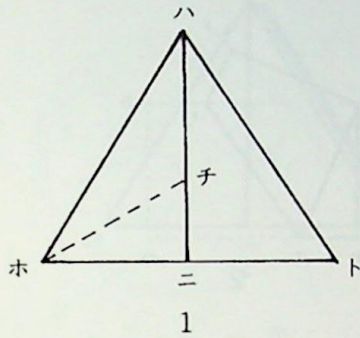
折り順

1. 紙をよこながに2分し、それを3つに折って正三角形を折りたたんだもの。
2. 1を開き、図のように折りすじをつけなおす。斜線の部分を重ね合わせれば正二十面体になる。(重ねしろが多いので適当に切り落としてもよい。)
3. 出来上り。両端はセロテープでとめます。



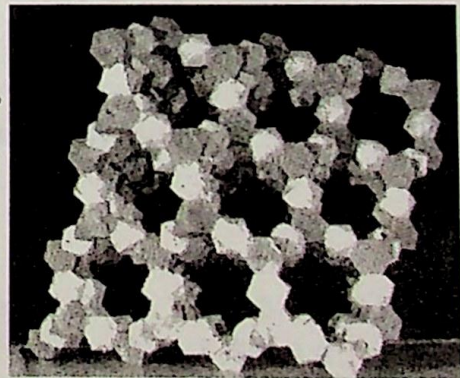
参考 正二十面体の相対する面が互に反対の向きである性質を利用し次の等稜八面体の正三角形の面に正二十面体を張りつけると、メタンの分子模型などが出来ます。この場合の正二十面体は水素原子です。(写真はメタン分子)

等稜八面体 (正六角形と正三角形)



折り順

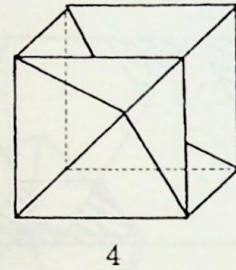
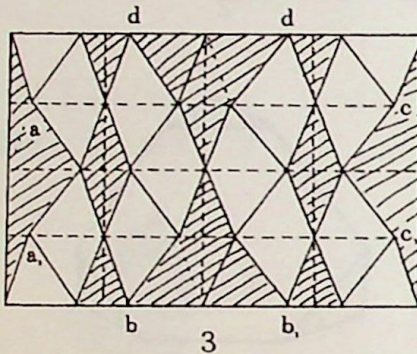
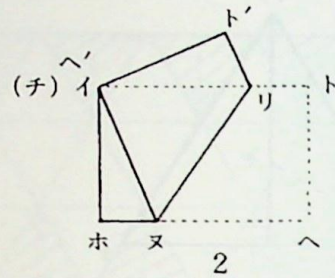
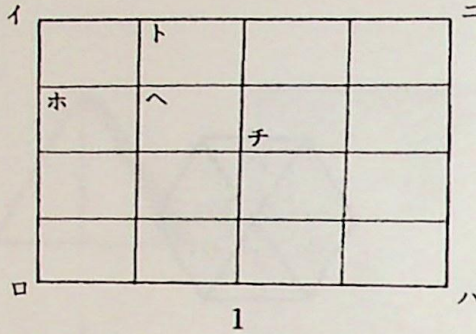
1. よこながの半分を用います。全体を正三角形に折る。
○ホニをホハに合わせて点チを作ります。
2. 点チに各頂点(ホ、ト、ハ)を合わせると正六角形が出来ます。厚手の紙では部分的に折って行きます。
3. 開いて図のように折りすじを付けなおして斜線の部分を重ね合わせセロハンテープでとめます。
4. 完成図



参考 これは正四面体の各辺を底面に平行な面の三等分線で切断したものです。

○ SiO_2 の結晶構造を作るときのSi原子とし、酸素原子を正20面体にして組み立てるとよろしい。また、氷の結晶では酸素がこれで水素が正20面体になります。(写真は SiO_2)

スケルトン

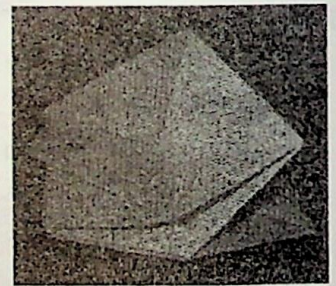


No. 7

折り順

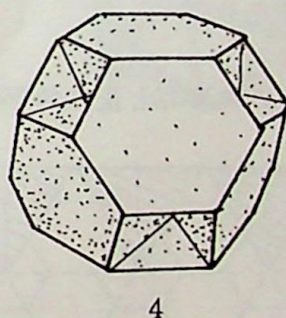
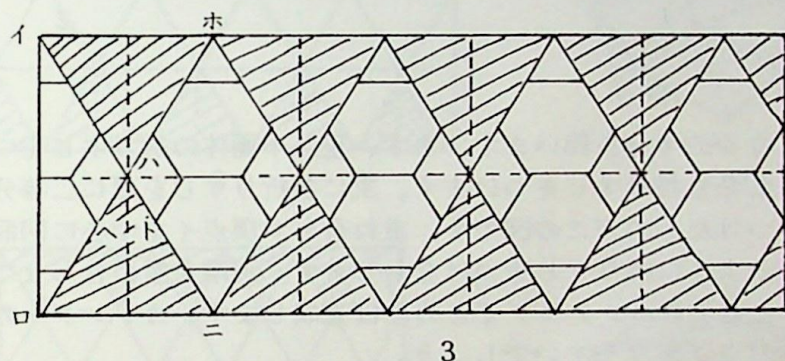
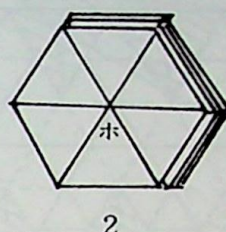
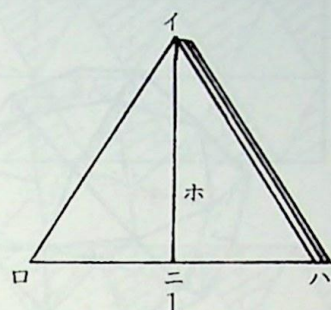
1. イロ：イニ＝1： $\sqrt{2}$ の紙を用いて図のように半分半分と折って、よこに各四等分の折りすじをつけます。
2. 面積にして16分の1にあたる「イホヘト」の拡大図で、この場合は薄い紙を用いて全紙をこのように折りたたんだものが「イホヘト」でこの時全紙の中心「チ」は「イ」の下に重なっています。これを更に「へ」を「イ」に重ねた時の位置が「へ」→「へ'」「ト」→「ト'」になり「イヌ」「イリ」の折りすじをつけます。
3. 2を展開すれば、このように折りすじがついています。これの斜線の部分を重ね合わせて行くと完成します。図の太線で囲まれた面が凹面になります。重ね合わせる部分が内側でかたまり（じゃま）にならぬように折り込む必要があります。とくにaa, bb, cc, dd, の部分をセロハンテープでとめるとうまく出来上ります。
4. 完成

折り畳んだ図



〔備考〕厚手の紙でも3図のように折りすじを部分的につけて行けばよいでしょう。

等稜十四面体 (正六角形(8) 正方形凹(6))



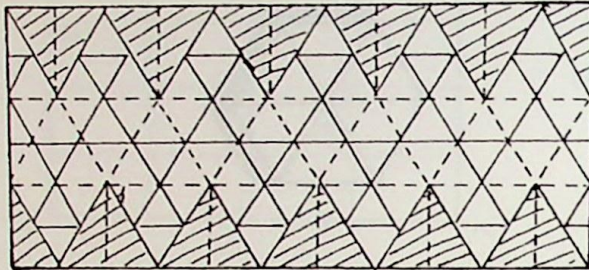
No.12

折り順

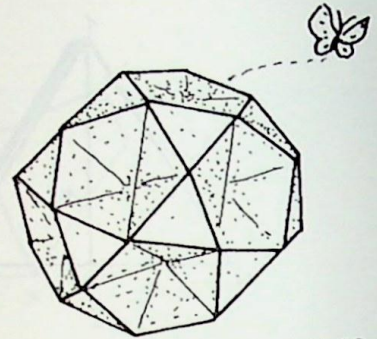
1. よこなが半分を二つに折りそれで三角形に折りイハ、ニハの線を重ねて重心ホを定めます。
2. 前列の各頂点をホに合わせる。重なった後の頂点は前の部分の折りすじに合わせて折って行きます。
3. 展開図、中央の各六角形は点線を中心にして凹にし四角形にします。重ね合わせる部分が多くて最後のまとめが出来にくいので ロヘトニの各部分を切り落とすと作りやすくなります。
4. 出来上り。

三十二面体

(正五角形(12)と正三角形(20))



1



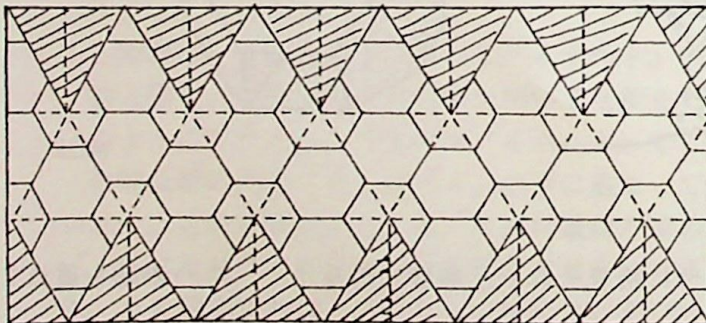
2

No.13

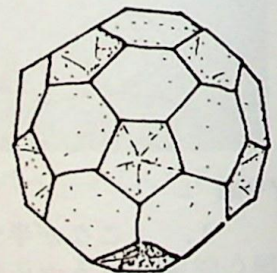
折り順

- よこながの半分を用います。まず、正二十面体の折りすじをつけ重ね合わせる部分も折りすじをつけます。次に各折りすじを更に二等分した折りすじをつけたものがこの図です。重ね合わす頂点を中心に凹面の正五角形になるように折りすじをつけなおします。両端を重ね合わせて、上下を凹面にしてセロハンテープでとめれば完成します。カレンダーのような大きな紙の方が作りやすいでしょう。
- 出来上り。

(正五角形(12)と正六角形(20))



1



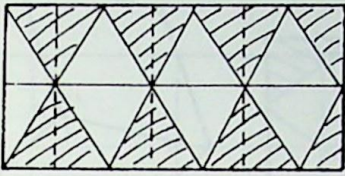
2

No.14

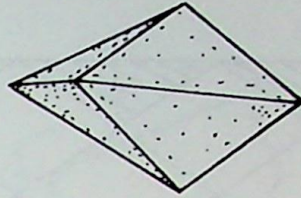
折り順

- 正二十面体の折りすじをさらに3等分した線を作り図のように折りすじをつければ完成します。六角形内の折りすじを消した折りかたは、等稜八面体の折りかたを取り入れれば可能になります。
- 完成図

正三角形よりなる立体

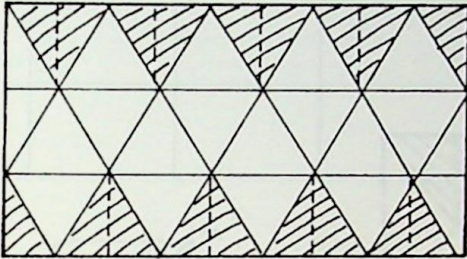


1

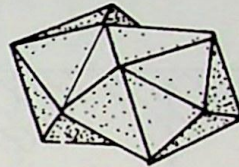


2

No.22

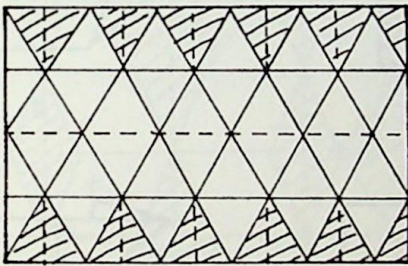


3

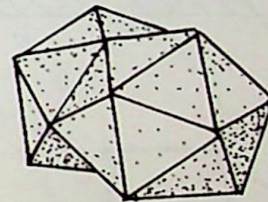


4

No.23

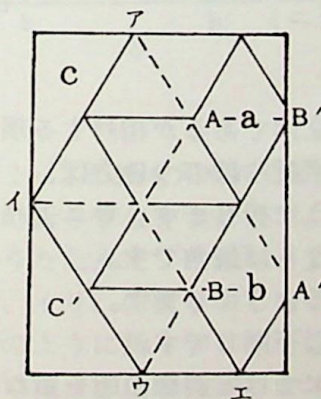


5

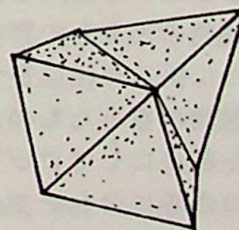


6

No.24



7

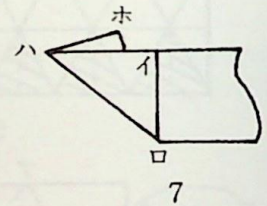
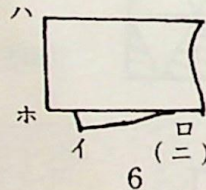
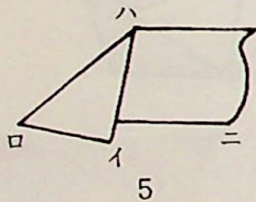
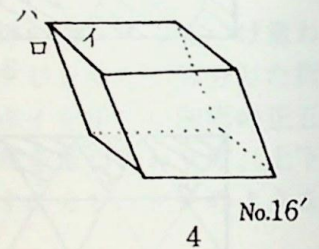
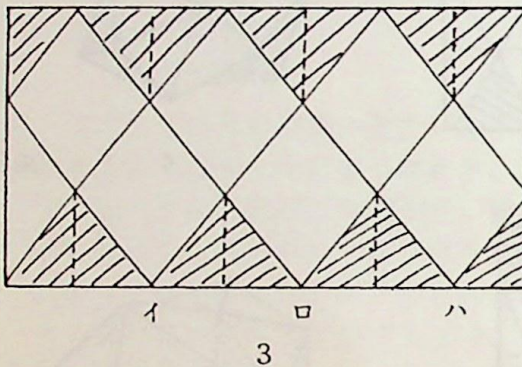
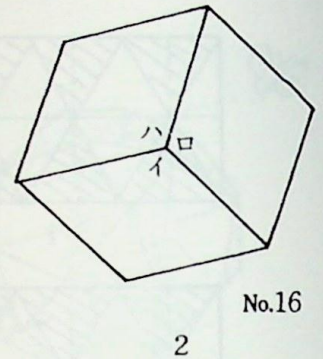
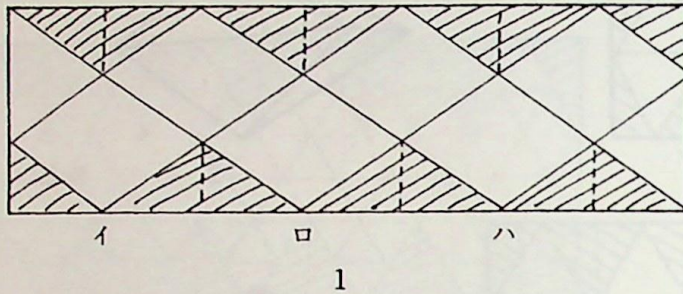


8

No.31

第7図ア、イ、ウを一点に集めてセロハンテープでとめます。C、C'は折り込み aとbは重なる。(AはA' BはB'と) No.31は正四面体の各面に更に正四面体を付けた立体に当ります。

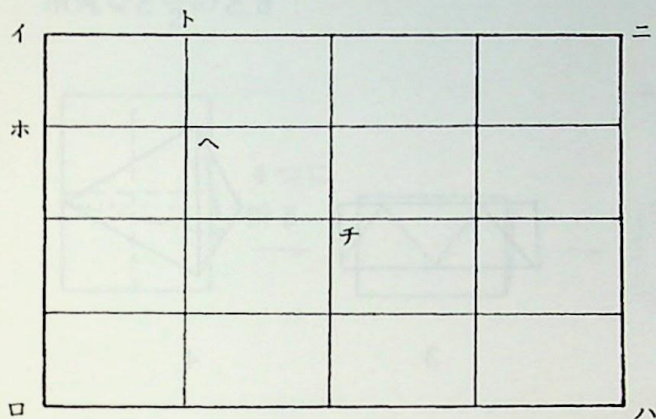
菱形六面体



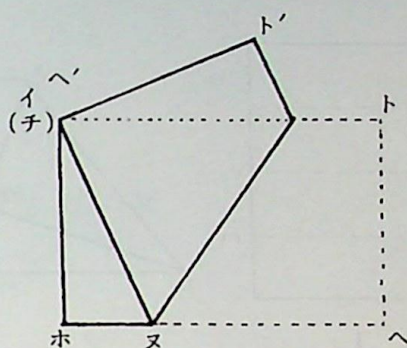
- 折り順 No.16と、No.16'とは同じ菱形を持った立体であるが相対する頂角が鋭角のときと鈍角のときとで異なります。まず折り線のつけ方は、
5. 3つに折った横に長い紙を図のように折ります。ロニより「イ」が外ならば鈍角になったものが出来、内側ならば鋭角です。
 6. ハを起点にしてロがロニ線上に来るようにします。
 7. ハロの線に合わせてハニを折る。以下同じです。
1. 鈍角の組合の折りすじを図のようにつけて斜線の所を重ね合わせると2が完成します。
3. 鋭角の場合であり完成すると4です。

備考 立方体の相対する角をつらぬく線上でおしつぶした形が2、引き伸ばした形が4であり鈍角は 120° 以下であることが必要です。

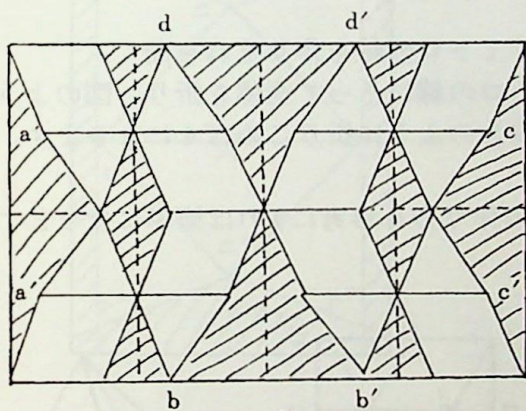
菱形十二面体



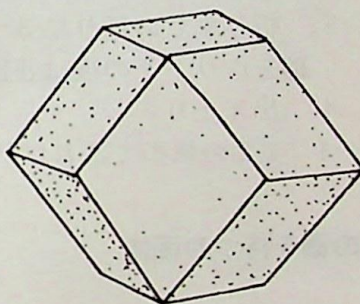
1



2



3



No.17

4

折り順

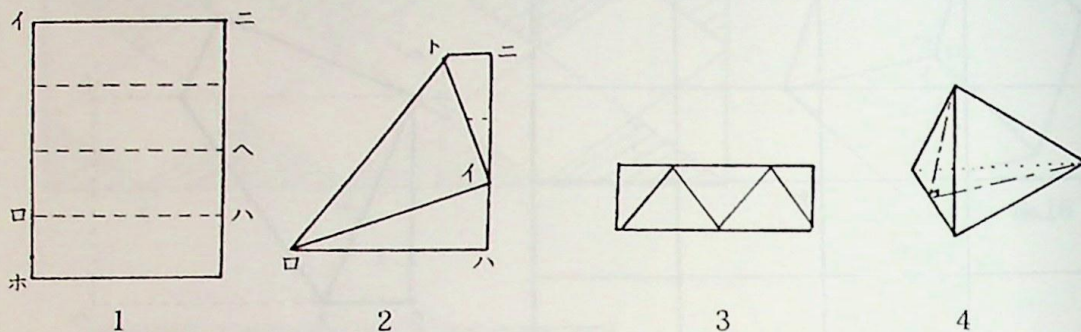
1. $1 : \sqrt{2}$ の紙を用いて図のように半分、半分と折って、たてとよこに各4等分の折りすじをつけます。
2. 折りたたんだ「イホへト」を拡大したもので、へをイに合わせてリヌ、イヌ、イリ、の折りすじをつけます。
3. 図のように折りすじをつけなおし aa, bb, cc, dd をセロハンテープでとめて行けば出来あがります。
4. 完成図

備考 「じょうご型正六面体」の場合と殆んど同じです。それよりこの立体がどんな性質があるか、すぐ判るでしょう。

「別法」が体心立方格子の項にあります。

かわった四面体

常に垂直な面を持つ四面体

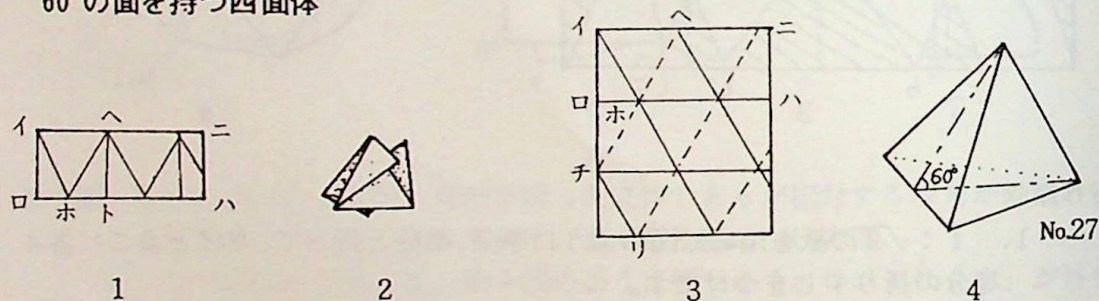


折り順

1. 二等辺三角形の辺の比は(2 : $\sqrt{3}$: $\sqrt{3}$)イホを、4等分してその4分の1の口ハから切り落とします。
2. 図のようにイをへの線に合わせてトロの線を作りそれを開く。
3. 折りすじの通りに3つに折りトロの線にそって全体を折り、図のような線を作り、その後は正四面体の場合のように折りこめば4になります。
4. 出来上り。

備考 1 : $\sqrt{2}$ の紙型であればP 50、No.29の作り方を参考にすれば簡単になります。

60°の面を持つ四面体



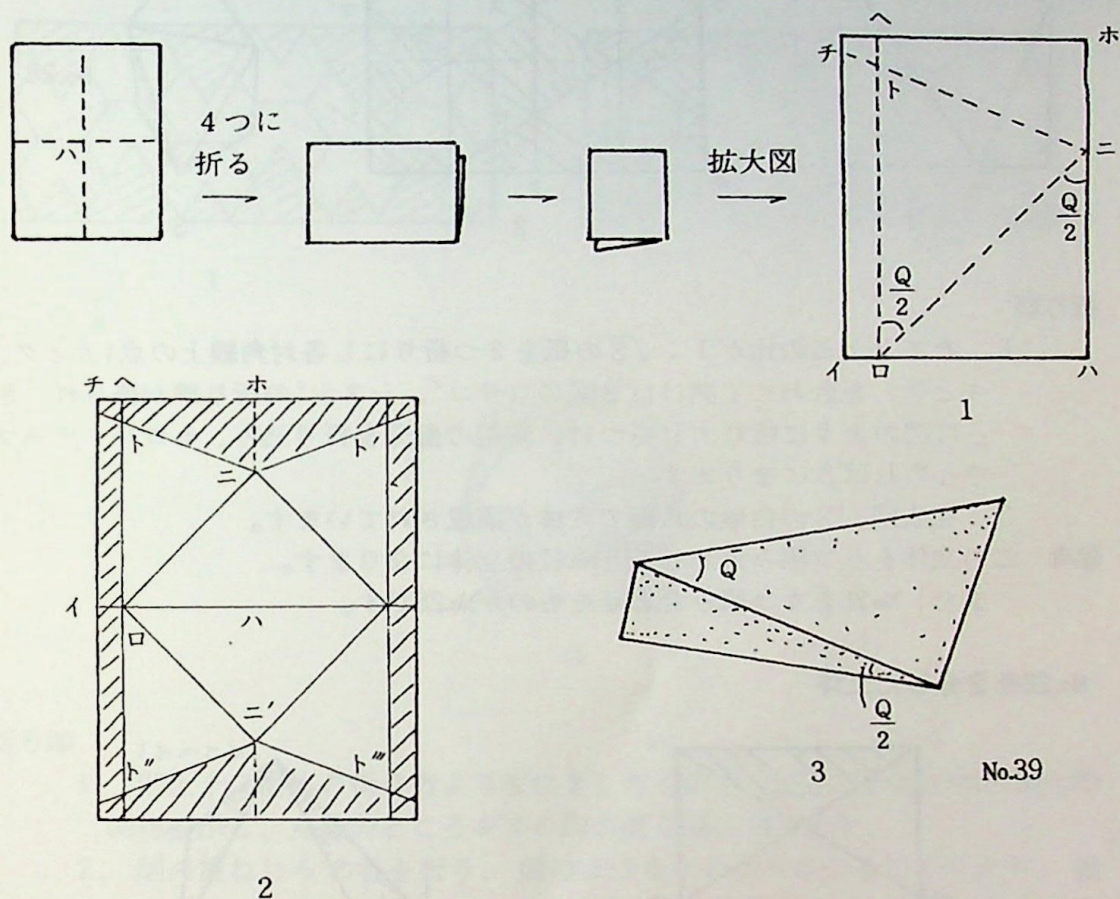
折り順

1. 3つに折りイロ=ロト、ホはロトの中点、を取りイホ、ホへの線で折って行きます。
2. 互い違いに折りすじにそって折ったところ。
3. 展開図、これを正四面体と同じようにまとめます。
4. 出来上り。

備考 原理が判れば、もっと簡単な折りすじがつけられます。

2種類の二等辺三角形よりなる四面体

頂角 Q と $\frac{Q}{2}$ のとき

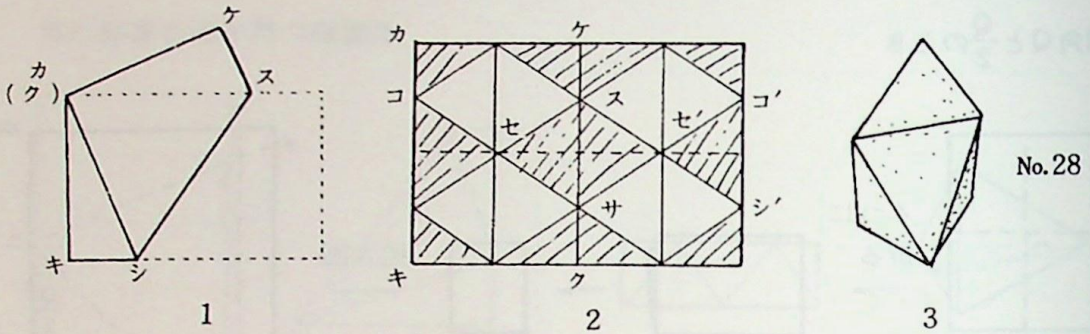


折り順

1. 任意にロニの線を折り（この時、紙の中心はハになってなければならない）ロニの線にホニを重ねてニトの折り線を作ります。ロよりホハの平行線「ロへ」を折りその交点をトとします。
2. 1を展開して、このときの折りすじをこの図のようにつけなおす。次に図の左右の斜線部分を折り込み、次に上下の部分折り「トニ」「ト'ニ」「ト''ニ」「ト'''ニ」の各線が同じ位置（全部「トニ」に重なる）にくるように折りこめばできます。
3. 完成図

備考 これをヒントに、いろいろな四面体の作り方を考えましょう。

底面に対して水平と垂直なる面を持つ八面体

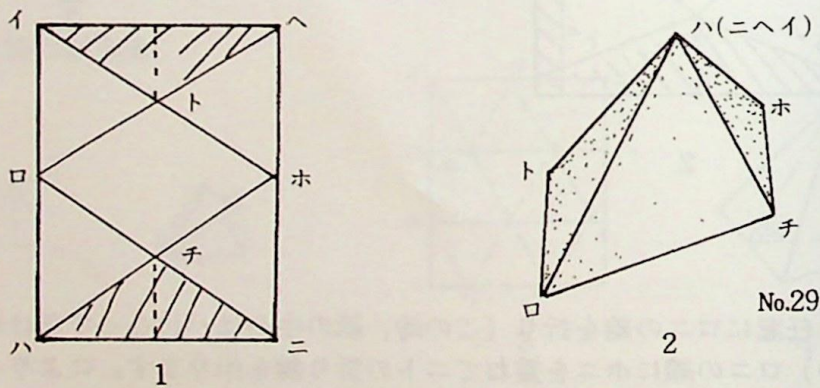


折り順

1. たてとよこの比が $1 : \sqrt{2}$ の紙を2つ折りにし各対角線上の点(カとク、キとケ)を合わせて開けば2図のコサコ'、シスシ'の折り線が得られ、さらに図のように折りすじをつけ、斜線の部分を折り込み、セロハンテープでとめれば3になります。
3. 完成図、2の白地の八面で立体が構成されています。

参考 この立体を6コ組み合わせるとNo.17の立体になります。
また、No.26を4コ組み合わせたものがNo.28です。

No.28を2分した立体



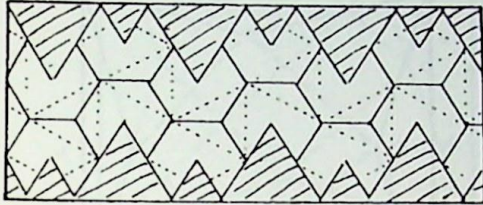
折り順

1. No.28の2図と同じですが、底面トロチホの上に点ハ、ニ、ヘ、イを一点に集めてセロハンテープでとめ余分は折り込みます。
2. 完成図

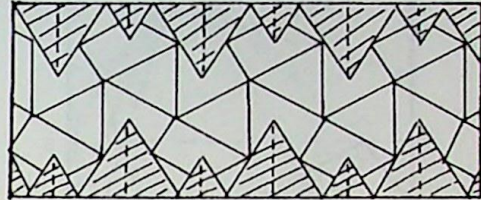
参考 この立体3コで平行六面体が作れます。(No.16)

備考 たてとよこの比が、 $1 : \sqrt{2}$ がイハニヘ、である。簡単には普通の紙を2つに折り、その対角線の折りすじをつければこの線が得られます。

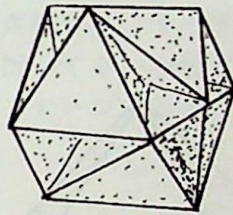
二十面体 (正三角形(8)二等辺三角形(12))



1



2

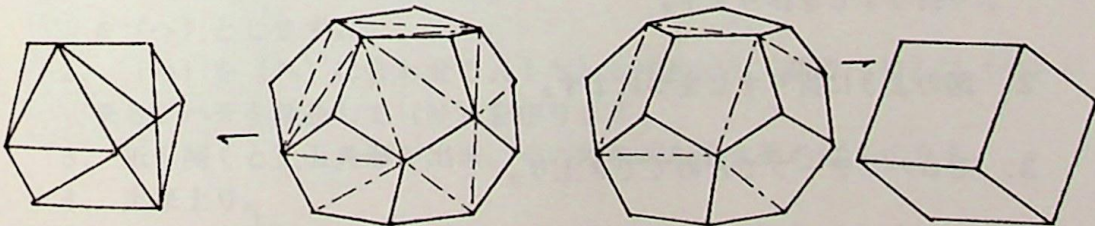


3

No.30

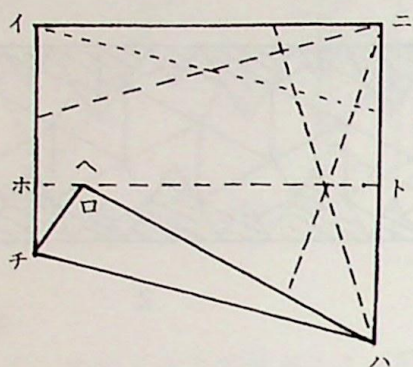
折り順

1. 凹正十二面体の折り方より変化させたもので、正十二面体の折り順との関係を示し、点線のところが次の図の折り線になります。
2. 図の重ねしろの谷を折り、図のような山の折りすじをつくります。重ねしろをつなぎ合わせると、それでまた正三角形をつくるのでセロハンテープでとめます。次に、左右を重ね合わせると3になります。
3. 出来上り (正十二面体の五角形の対角線で各頂点を切って出来る立体の一種、切り方によっては正六面体になる。)

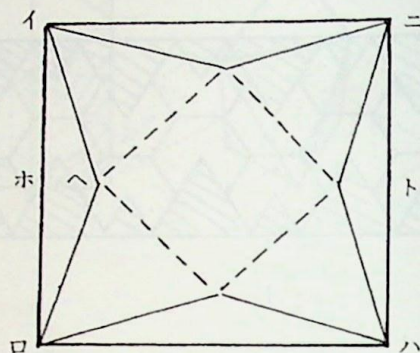


角錐

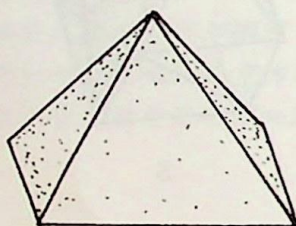
等辺四角錐



1



2

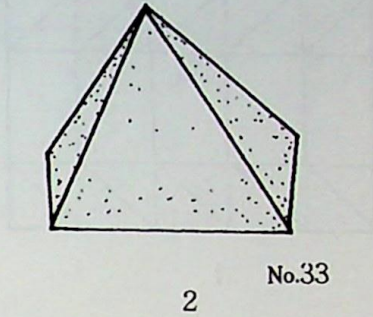
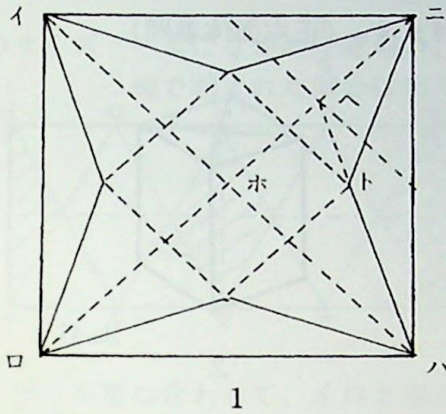


3

折り順

1. 正方形の紙を用い、まず2等分する。(ホト)、ハを起点としてロを(ホト)の線に合わせて(チハ)の折りすじを作る。このようにして他の頂点より折りすじを作ります。
2. 図のように折りすじをつけます。
3. セロハンテープでとめてでき上り。

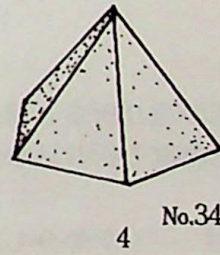
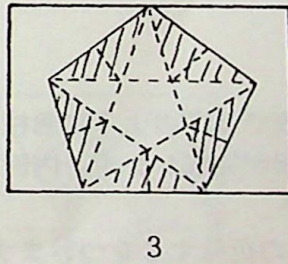
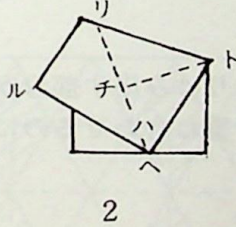
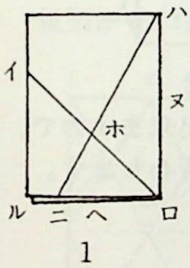
かたちのよい四角錐



折り順

1. 正方形の紙を用いる。対角線ロニ、イハを引き、ニをホに合わせて(へ)を取り、へハを引き4つに折ってトハの折りすじを他にうつして図のように折りすじをつけてセロハンテープでとめます。
2. 出来上り

五角錐

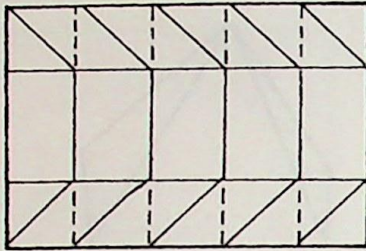


折り順

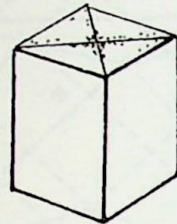
1. 横に2つに折り(ルロ)を(ハロ)に合わせ。(ハロ)の midpoint ヌを取り(ロヌ)=(ロニ)とします。ハニと(イロ)の交点ホより(ロニ)への垂線を(へ)とします。
 2. (ハ)を(へ)に合わせて、(トへ)を中心にして折り(ロ)は(チ)に来る。ハチを延長して(リ)を作ります。
 3. 紙を開くと正五角形が出来、その対角線を引き折れば4になる。
 4. 出来上り。
- (備考) (ハロ)の $\frac{1}{3}$ が(ロへ)です。これは近似的な正五角形の折り方ですが、一番簡単です。

角柱

四角柱 5等分して45°の折りすじをつけます。(正六面体参照)



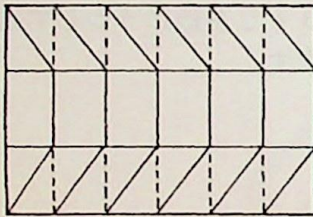
1



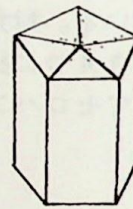
2

No.41

五角柱 6等分します。紙型が標準ならばたては3等分になります。

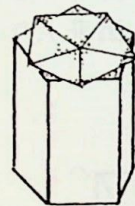


1



No.42

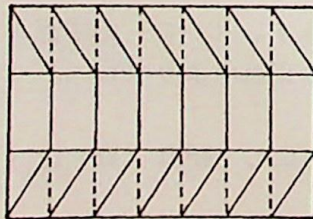
3



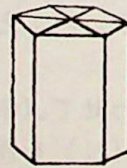
2

1図の通り折ると筒の内側で2図のように角柱よりはみ出す部分が出てきますので、それを内側で折り込むと3図が完成します。内側で重ね合わせるのに苦心します。

六角柱 7等分して60°の折りすじをつけます。



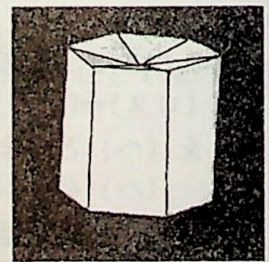
1



2

No.43

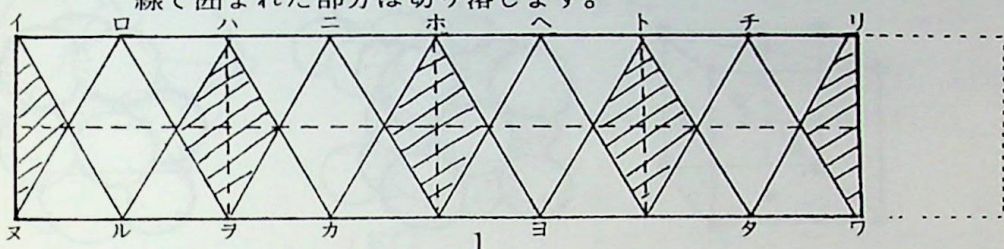
3



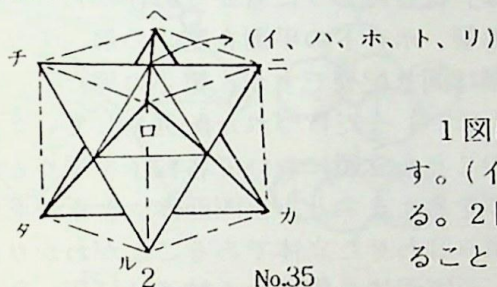
多角形になるほど、内側で重ね合わせにくくなり、この辺ぐらいが限界です。

星型の折り方

紙のサイズ よこながの $\frac{1}{4}$ を用い、下図のように折りすじをつける。右側の点線で囲まれた部分は切り落します。

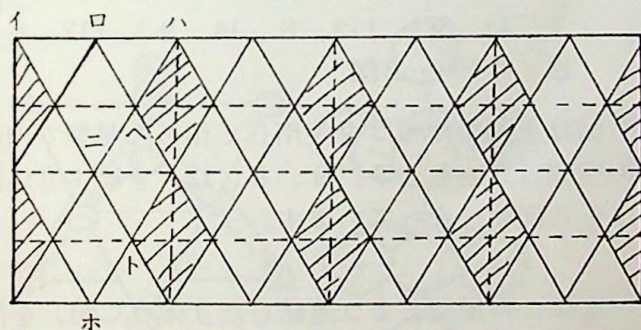


斜線の部分を重ね合わせて、イロとロハ、ハニとニホ、……ヌルとルラ…… 以下同じで、重ねて、セロハンテープで結合すれば出来上ります。



1図に対応した付号を2図に記入しています。(イ、ハ、ホ、ト、リ)の点は一点に集まる。2図で点線を結んだ立体は正六面体になることが容易にわかるでしょう。

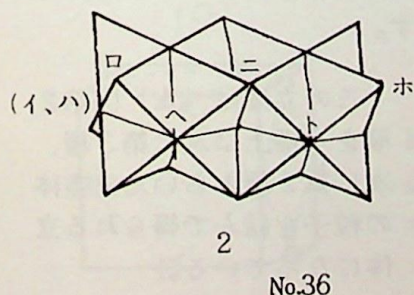
星型が2コ連結した立体



紙のサイズ、よこながの $\frac{1}{2}$ を用い、図のように折りすじをつけて、余分は切り落とします。

結合のしかたは1コの時と同様です。

1図と2図との対応した付号を参考にして下さい。

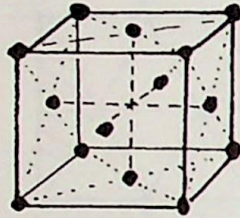


(重ね合わせる部分を「ヘト」の線で行えば等) 稜十四面体を2コ結合した形になります。

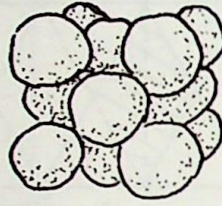
紙のサイズを変えれば長く連結したものが同じ仕方で作れ、点線の位置を単位ひし形の1.5コごとにすれば、平面に結合したものが出来ます。レリーフ、B6.参照

結 晶

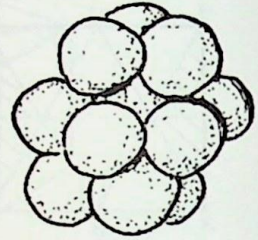
面心立方格子 (立方最密充填構造)



(い)

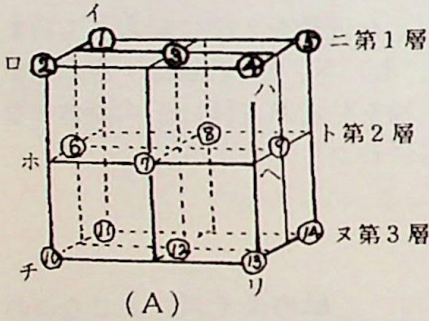


(ろ)



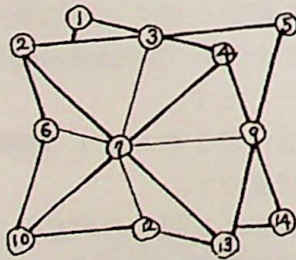
(は)

「い」と「ろ」の関係がわかって「は」はどのようにちがうのかがわかりにくい。そこで下図で、イロハニの平面を第1の層、ホヘトの平面を第2の層、チリヌの平面を第3の層とすれば、第1と第3の層は同じ配列ですが、第2の層が右へ(左でもよい) $\frac{1}{2}$ だけづれた配列をしています。このことを念頭において各粒子を頂点とする立体を考えますと、正四面体、と正八面体との組み合わせた立体であることがわかります。



(A)

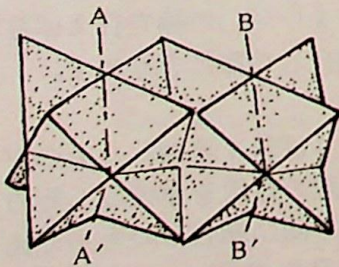
正四面体を構成する粒子は、(3、9、5、8), (3、9、4、7), (3、6、2、7), (3、6、1、8), (12、7、6、10), (12、7、13、9), (12、8、14、9), (12、8、11、6)……B図



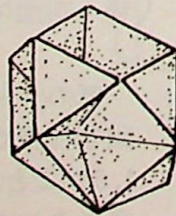
(B)

B図は正四面体8コを使用して作った星型で内部の空洞(3、6、7、9、8、12、を結ぶ立体)は正八面体になっています。

次にこの星型を2コ連結した立体(C図)を作り、図のAA'BB'の線で、切って得られる立体は等稜十四面体の立体です。

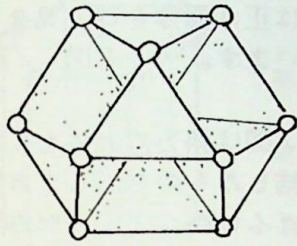


(C)

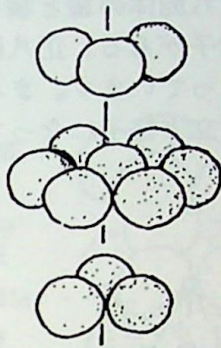


等稜十四面体 (D)

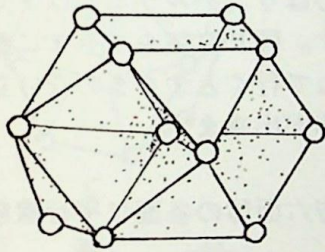
この立体は(A)図第2層を一番上に次に第3層、次に第2層とおいた立方体の粒子を結んで得られる立体になっている。



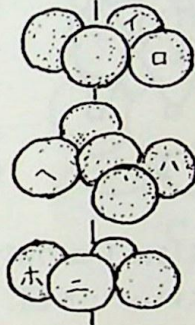
(E)



(E')

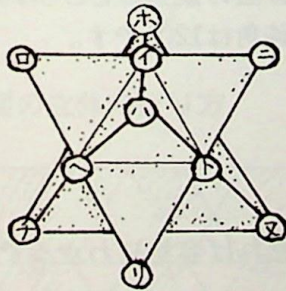


(F)

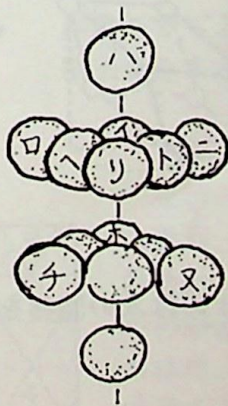


(F')

列がわかり易い。(E)(F)の図から中央の粒子1コに隣接している粒子の数は12コです。



(G)



(G')

D図の立体を、置き方を変えたのがE図であり、その位置を球で示したのがE'で「は」の配列になります。

この立体の置き方を変えたものと球で示したものがF図です。

面心立方格子をポリスチレンボールなどで模型を作る場合はこのF'の配列で作ると容易です。

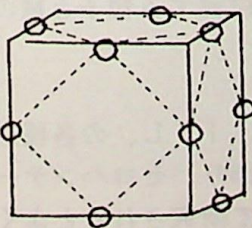
まず最上段の4コを正方形になるように、針金か竹ぐしなどで、2組(最上段と最下段)作り、次に中段も中心に1コ配して正方形に連結したものを重ね合わせればよい。

この際(イ、ロ、ハ)(ニ、ホ、ヘ)(その他)と球を色別けにしておく、置き方を変えた(E)の配

G図はB図と同じである星型をわかりやすくした図です。G'図はG図の上から見たところを横に積み重ねた球の配列の図です。

この場合は、1コの粒子が12コと隣接している関係がわかりにくい。(中央が空洞になるから)。

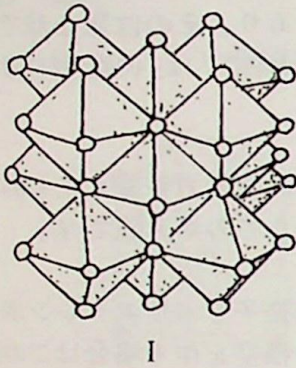
E(F)とGとでは粒子の数が13コと14コになっているが、立方体内に含まれる粒子数は、どちらも4コになります。



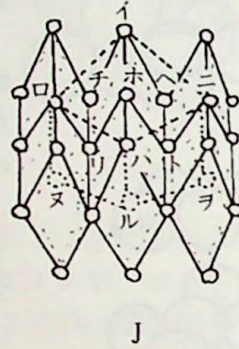
H

H図は立方体を…線の部分で切り落とすとFの立体になることを示します。稜の中央にくる粒子は $\frac{1}{4}$ で計算するので $\frac{1}{4} \times 4 \times 3$ と中心粒子1コで合計4コになる。

G図では頂点にある粒子は $\frac{1}{8}$ 、面では $\frac{1}{2}$ であるから $8 \times \frac{1}{8} + 6 \times \frac{1}{2} = 4$ コである。

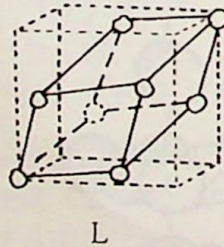
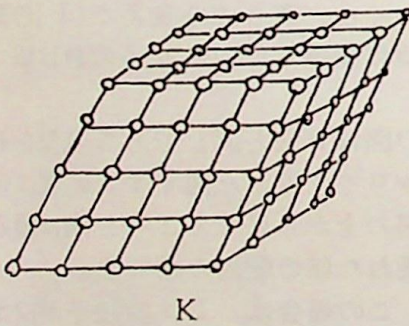


これは正八面体の稜と稜を連結して作った立体で各頂点に粒子がある。正八面体で囲まれた空洞は正四面体になっています。または正八面体を球と見なしても面心立方格子になっています。……I 図



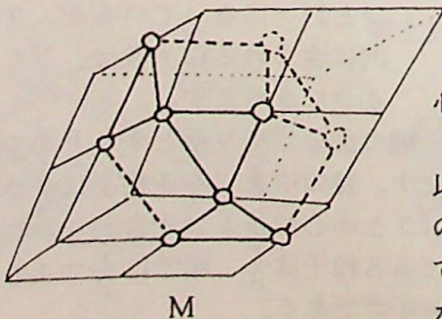
J 図は斜方六面体を 6 コ連結したもので面心立方体は (イロハニの正方形の面をもった(イロヌルヲニハ)の立方体で (イロハニ) の面心はホ、(ロヌルハ) の面心はり、(ハルヲニ) はトです。同じ立体をすきまに重ねて行くとすきまのない立体が出来ます。

いまこのすきまのない立体を簡単に作るには 1 コの斜方六面体の各面に平行線を引きその交点に粒子があるものと思えばよい。……K 図、



L 図は面心立方格子の中に斜方六面体が含まれているのを示しています。各面の鋭角のところは 60° 鈍角は 120° です。

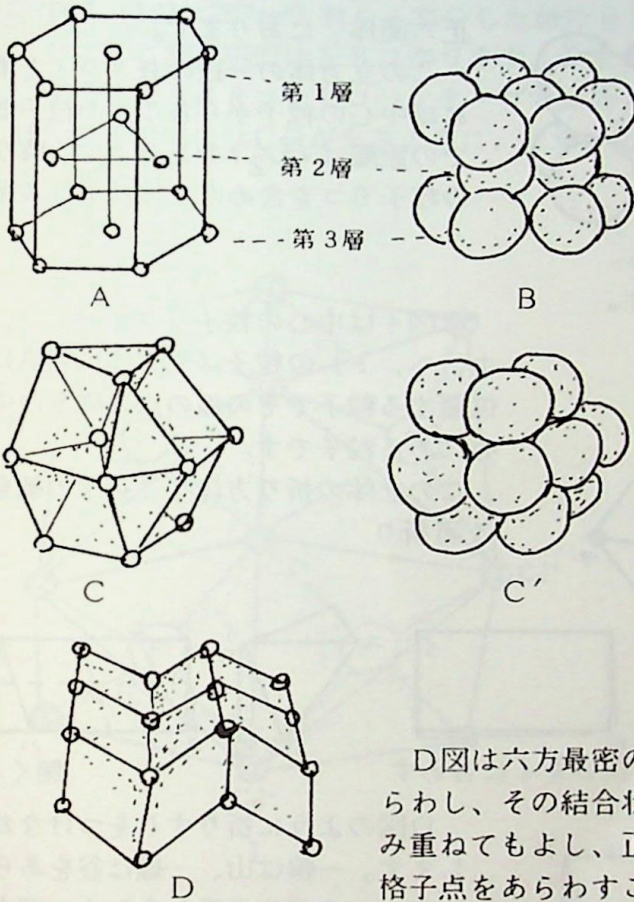
この粒子配列から E 図の立体を取り出すのは次の関係を見れば容易にわかるでしょう。



M 図…各面の中心に位置する粒子と稜の中心にある点をつなぎます。

以上、B、C、E、G、I、L、の各種立体の折り方を参考にして作り、セロハンテープで、いろいろとつなげて研究されるとよくわかります。

六方最密充填



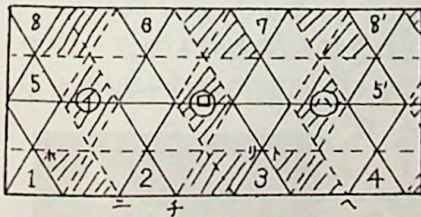
A図は六方最密充填の格子点を表わしたもので球の積み重ねの図がBであり、第1層、第2層、第3層の対応も示しています。これでは立体が作りにくいので、上より配列の順序を、第2層、第3層、第2層のようにすれば、C図、C'図の立体になります。

C図は等稜十四面体である。面心立方の立体とは異なる。図の下半分が60°づれた立体になっている。この立体になると対称性が面心立方より劣るのであまり異なった立体であらわしにくい。

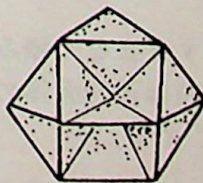
この場合の立体構成は正四面体と正八面体です。

D図は六方最密の格子点を斜方六面体の頂点であらわし、その結合状態を示したものです。C図を積み重ねてもよし、正八面体を積み重ねてもこれらの格子点をあらわすことが可能です。

C図の立体の折り方

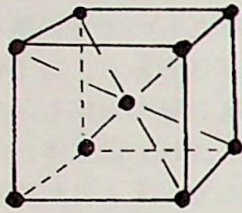


左図のように折りすじをつける。1を2の下に重ね、3を4の下に重ねたものを1の下に重ね合わせる。この時5'の上へ5がくる。イ、ロ、ハの斜線部分は裏面で重ねて一枚のようにする。ニはホ、へはト、チはリの上へ合わせる。(88)'は7の下へ、その上に6がかぶさります。

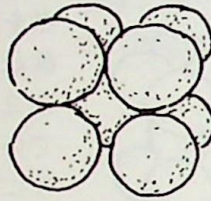


No.11

体心立方格子

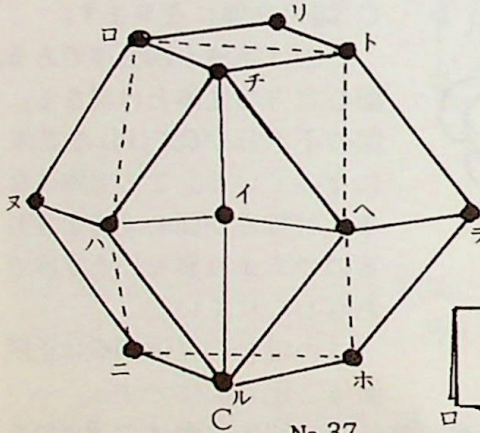


A



B

体の十二面体です。それがC図です。



C

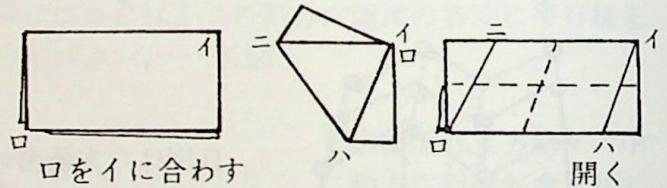
No.37

この立体の折り方は「じょうご型正六面体」にあります。

この立方体の一辺の長さを a とすれば中心の粒子から各頂点の粒子までの距離は $\frac{\sqrt{3}}{2}a$ であり、すぐ隣の粒子6コを含めた立体は平行多面

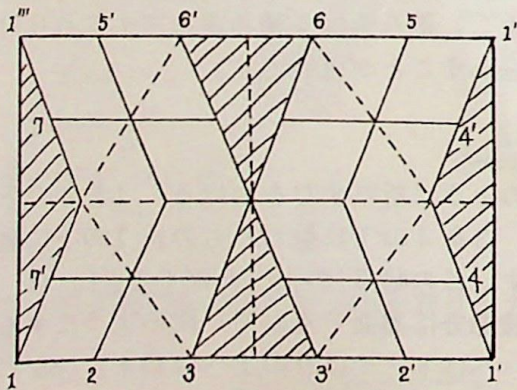
C図イは中心の粒子（ロ、ハ、ニ、ホ、へ、ト）の粒子は立方体の頂点に位置する粒子でその他の点は隣の中心にある粒子です。

この立体の折り方は $1:\sqrt{2}$ の紙を4回折り



ロをイに合わせ

開く



(D)

D図のように折りすじをつけなおします。一線は山、二線は谷をあらわす。////の部分を重ね合わせ。図中の同じ数字は同一点に来ることをあらわす。(例、3と3' 2と2' 1と1'と1''と1''' 以下同じ)

このようにしてセロハンテープでとめてゆくとC図の立体が出来あがります。

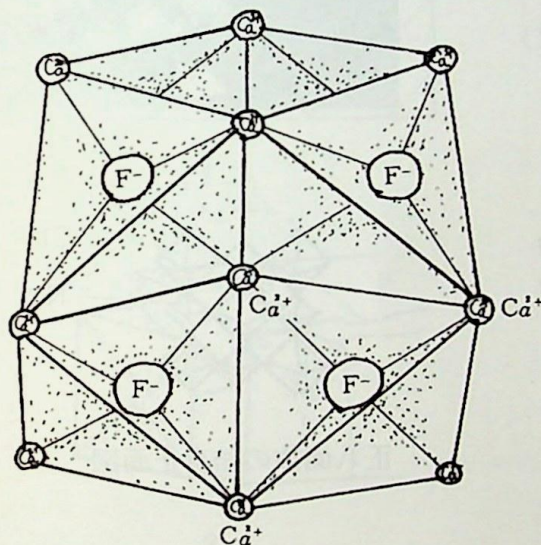
この平行十二面体は立方体のようにすきまなく積みかせることができる。また平行四辺形の鈍角は正四面体の中心と各頂点を結ぶ角と等しく $109^{\circ}28'16''$ です。



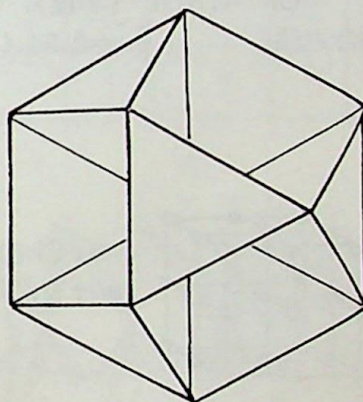
積みかさねの図

ホタル石 (CaF_2) 型構造模型

1. B 5 ($182 \times 257 \text{mm}^2$) 判を4等分した紙片を8枚用意します。
2. じょうご型正四面体を8コ作ります。P 9 作り方参照のこと。
3. 下図のように8コをセロハンテープで結合した立体を作る。正四面体の中心には F^- 、各頂点には Ca^{2+} が来るように、イオンを記入すれば出来上ります。

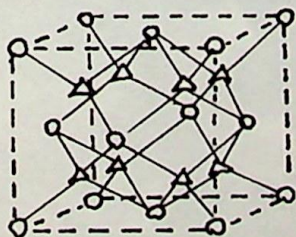


1



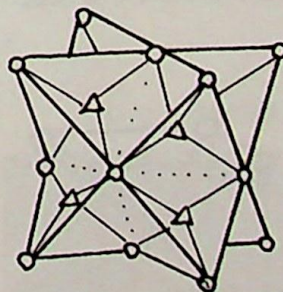
2

外観は等稜十四面体の(面心型) A
と同じ頂点は Ca^{2+} 正四面体の中心
に F^- があります。



3

ホタル石の構造

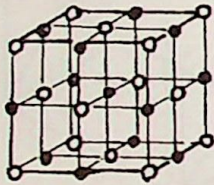
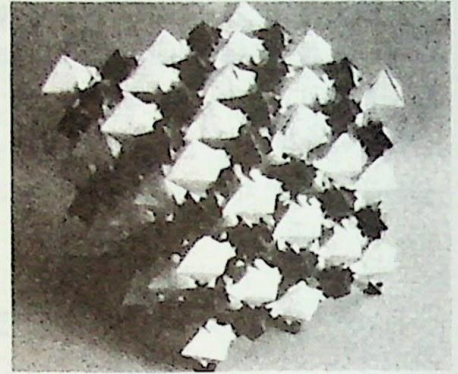


4

左図に対応した立体で1図の立体を
中央で切って星型に付けなおした立
体です。○は Ca^{2+} △は F^- を表わし
ます。

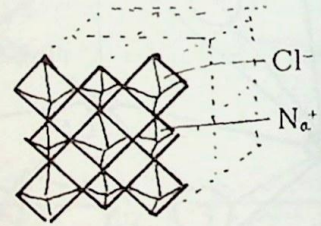
食塩の結晶

1. 紙片 B 7 判 ($91 \times 128 \text{mm}^2$) を Cl、B 9 判 ($45 \times 64 \text{mm}^2$) を Na^+ 用としその紙片で正八面体を作り Cl の各頂点に Na^+ をセロハンテープで結合します。
2. 正八面体の折り方 P 12
 $\text{Na}^+ \dots 0.98 \text{\AA}$ (半径) $\dots r^+$
 $\text{Cl}^- \dots 1.81 \text{\AA}$ (半径) $\dots r^-$
3. 結合方法 $\frac{r^+}{r^-} = 0.54$ (6 配位)



○は Cl^- とし 14 コ
 ●は Na^+ 13 コ

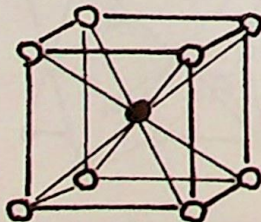
NaCl の結晶構造



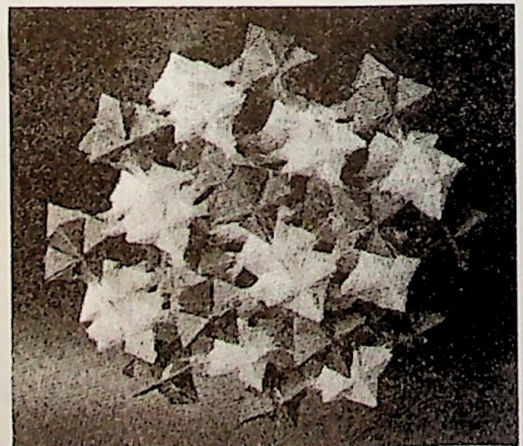
正八面体の結合正面図

塩化セシウムの結晶

1. サイズ B 5 以上の紙で、じょうご型正六面体を折り各頂点に原子を記入します。
2. 折り方 P 42
3. 立体に原子を記入する位置



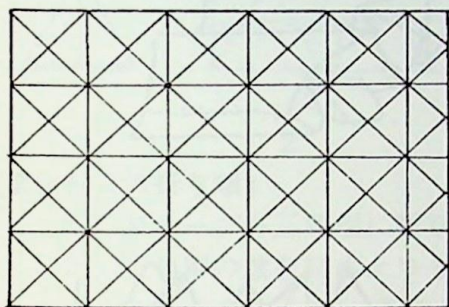
CsCl の結晶構造



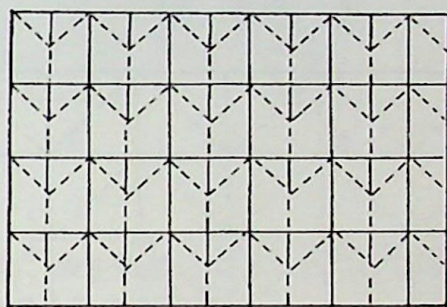
星型立体で結合したもの

遊び

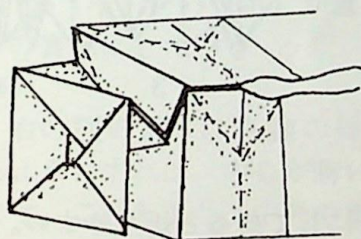
ネジ



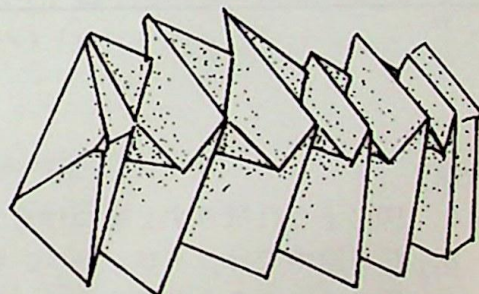
1



2



3



4

[折り順]

1. 紙をよこに4等分してななめの線の折りすじをつけます。
2. 図のように山と谷の折りすじをつけます。
3. 端より折りすじにそって折って行きます。
4. 折り上った図

備考、四角柱の作り方からできます。

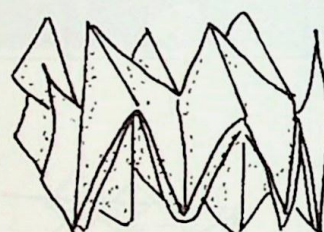
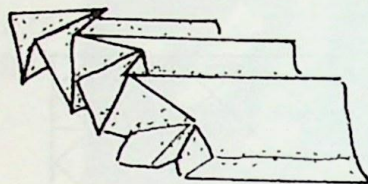
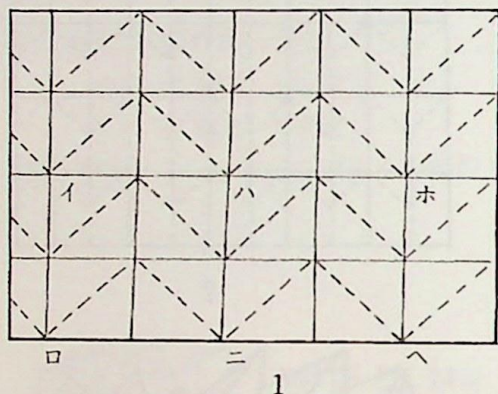
[遊び方]

両端を手で持ち右端を(の)の字の方面にねじって行くと折ったみぞの数だけねじれて行きます。一杯ねじれば、また逆にねじって行けます。横に長いものをつくれば、いくらでもねじれるので面白い。紙質は少しかためのもを用い、じょうぶな紙がよい。各面に色をぬるなどすれば、楽しいものです。

レリーフの作品例



かくれ箱



(折り順)

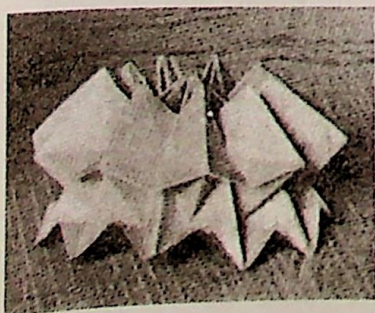
1. 図のように折りすじをつけます。
2. 折る途中では、イロ、ハニ、ホへは谷にして折ると折りやすい。
図はそのようすを示す。
3. 折り上り

(遊び方)

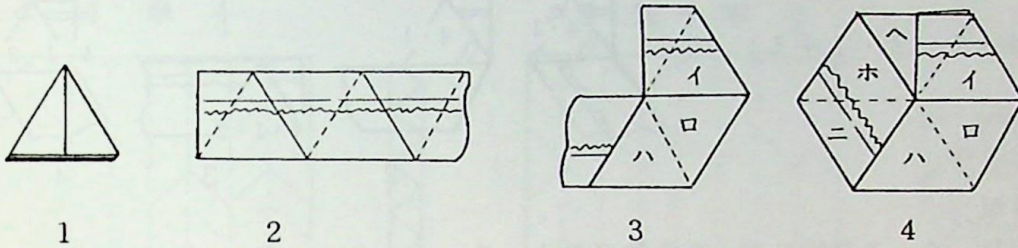
両端を持ち、右か左へねじると正方形の立体が出来、反対側にねじると別の面が出た立方体出来ます。

備考 じょうぶな、かたいめの紙を利用します。

各種レリーフの作品例



オリガミ六角形

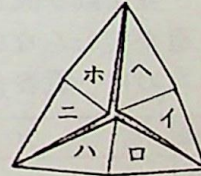


[変化教 3の折り順]

1. 紙テープを三角形に折ります。
2. 三角形の数を初めより9コ取る。裏、表を明確にするために表に横線を入れておく。(ト)は折り始めで4でのりしろに使用。
3. (イ)は裏側で重ね (ハ)は再び裏で重ねる。
4. 3につづいて(ホ)で重ねて(へ)で(ト)をのりづけして出来上り。この場合、(イ) (ハ) (ホ) が重なり、(へ) (ロ) (ニ)は1枚ですので(2+1)の表現にします。

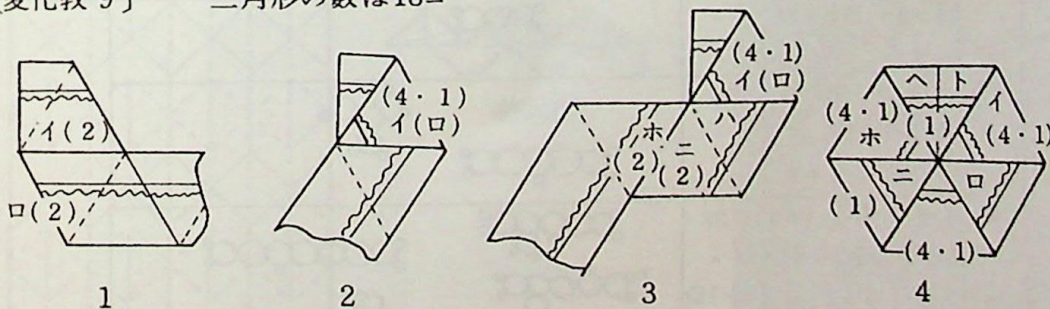
(遊び方)

右の図のように点線の折れが中央で重なるようにすれば、中心が開いて新しい面が出ます。これをまた、中央で重なるようにすれば、次の面が出る。このようにこれは3回変化します。



5

[変化教 9] 三角形の数は18コ

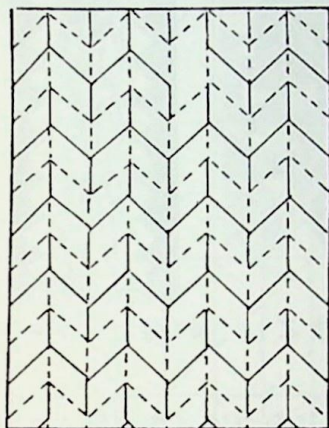


[折り順]

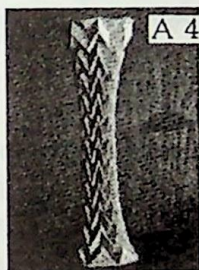
1. (イ)と(ロ)はともに二重になっています。
2. (イ)と(ロ)を重ねて向側から出し、5枚のかさになります。
3. (ニ)、(ホ)はともに二重になり、それをまた合わします。
4. 出来上り、図の(イ)、(ハ)、(ニ)は各々5枚、他は1枚。それを(4.1+1)で表わす。(ト)と(へ)はのりづけにします。9回変化します。
()内の数は重なるの枚数。

レリーフ

A4 短 単 $\frac{1}{4}$

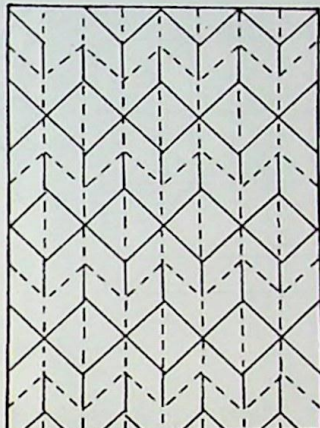


折りすじ

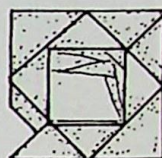


A4

A5 短 十字 $\frac{1}{4}$



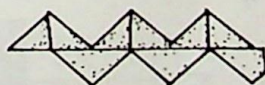
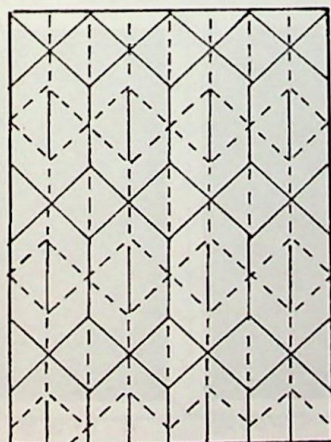
側面図



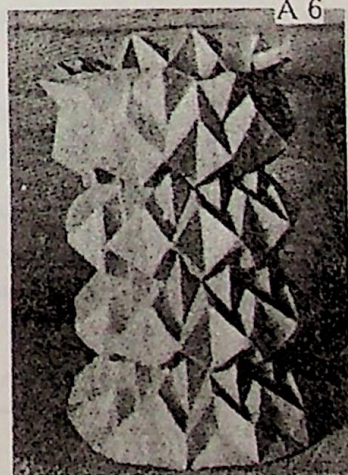
折りたたんだ側面図。

A4、A5共も、折り上げて筒にしますとなかなか趣きがあります。

A6 短家並び $\frac{1}{4}$



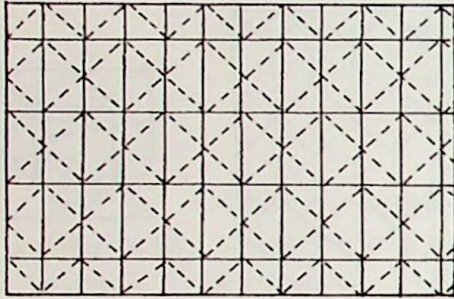
側面図



A6

名称で「短」がついたものは、たてのすじは同じで、ます目をこまかくしたものです。 $\frac{1}{4}$ とは全図の $\frac{1}{4}$ の折りすじです。実際は長さにして、たて、よことも2倍で折りすじももっと多くなります。それで折って筒にすると立体ができます。側面図も $\frac{1}{4}$ の時ではその一部にしかならない場合があります。

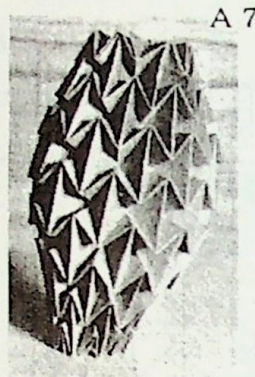
A7 なまこ(海ホーズキ) $\frac{1}{4}$



イロハニホ 1



2



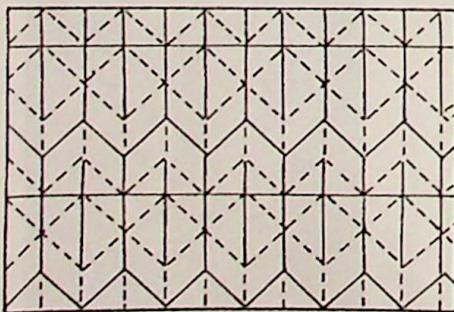
(3)なまこ



4(海ホーズキ)

1. 折りすじ、折り方は正方形ますめをこまかくすじをつけ(ます目4コで図の1コ(例(へ))になっています。次に(ロ)の線を山、(ハ)の線は谷、(ニ)山、(ホ)谷…の順に折りたたんだ後、上部の(トチ)の線を山に折り左はしより(トリ)(リヌ)(ヌル)(ワヨ)(ヲカ)…のように、(トチ)の線の両側を折りたたんでいきます。
2. 折り上り側面図。1図と同じ方向で折るとこのように $\frac{1}{2}$ の長さになります。
3. 折り上りの図。筒にしてあります。
4. 4は「海ホーズキ」

A8 いせき (バベルの塔) $\frac{1}{4}$



1



2



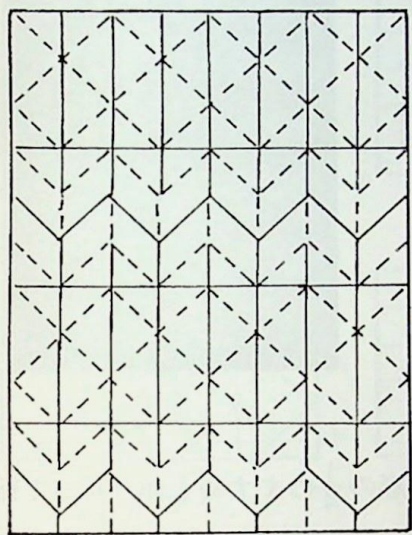
3 バベルの塔



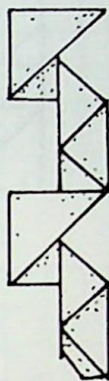
4 いせき

1. 折りすじ、折り方はA7と同じです。
2. 側面図
3. (バベルの塔)、() は裏面を出したもの。
4. いせき

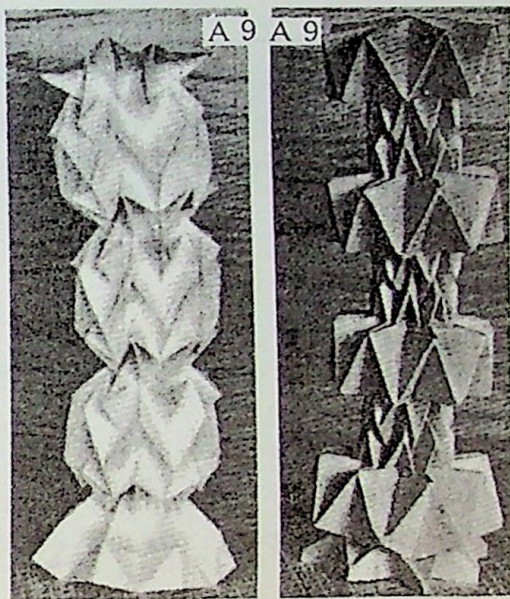
A9 菊花 (つくし) $\frac{1}{4}$



1



2

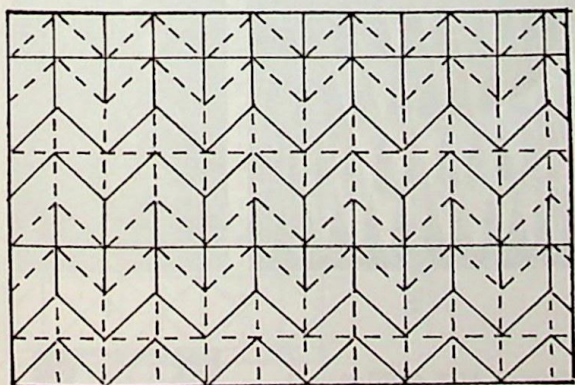


3

4

- 1.
2. 側面図
3. 菊花
4. 裏面 (つくし)

A10 カナエ (同) $\frac{1}{4}$



1



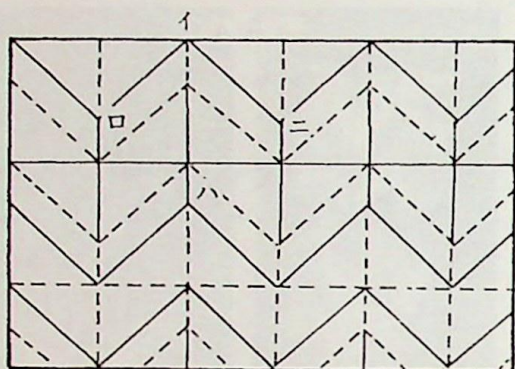
2



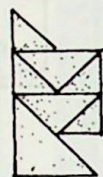
3

(同) は折りあげたレリーフの裏、
表とも同じものをい、ます。

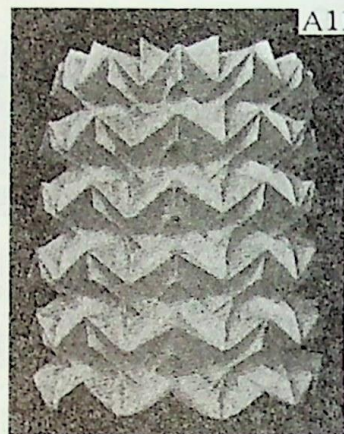
A11 ダブル (同) $\frac{1}{8}$



1



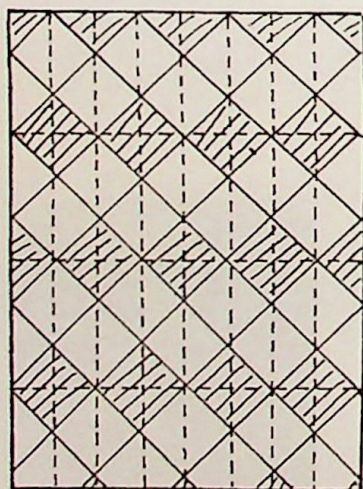
2



3

1. A10カナエの変形です。イロハニの正方形の $\frac{1}{4}$ のますめを作り折って行けば折りやすい。横線は $\frac{3}{4}$ 毎に注意。

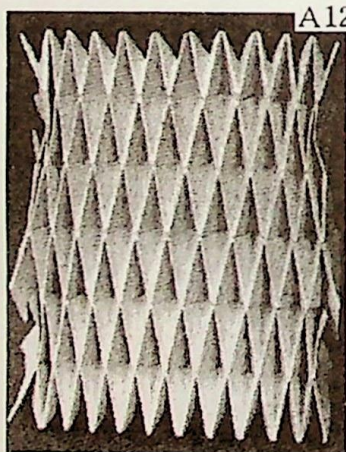
A12 網 (工場の屋根) $\frac{1}{4}$



1



2



3



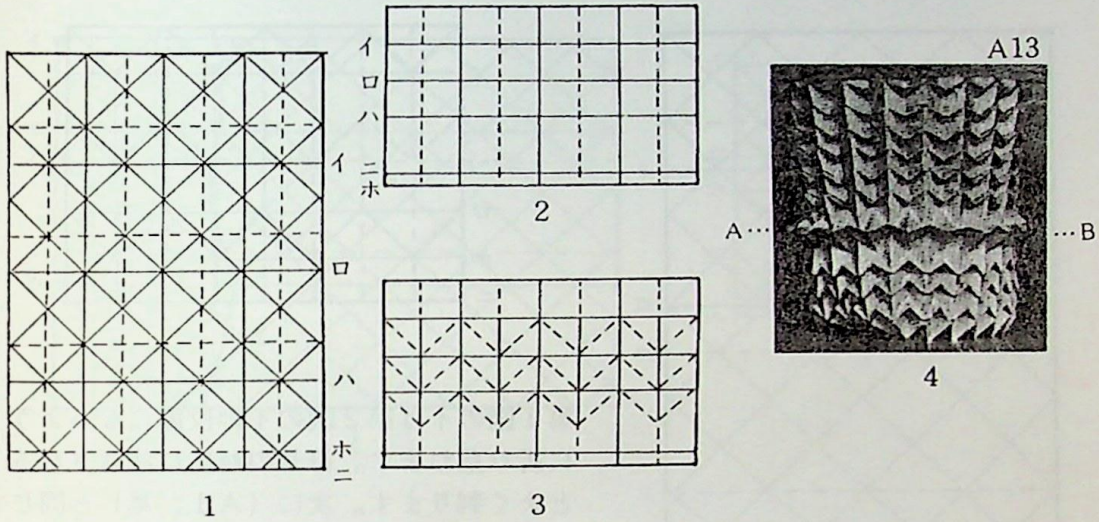
4

1. 折りすじ \parallel は重ねる部分。この部分がこの図では1段半毎にあるが、その位置を2段毎や2段半毎にすれば応用が出来ます。
2. 側面図
3. 折りあがり図。
4. 裏面。(工場の屋根)の筒形。

応用例

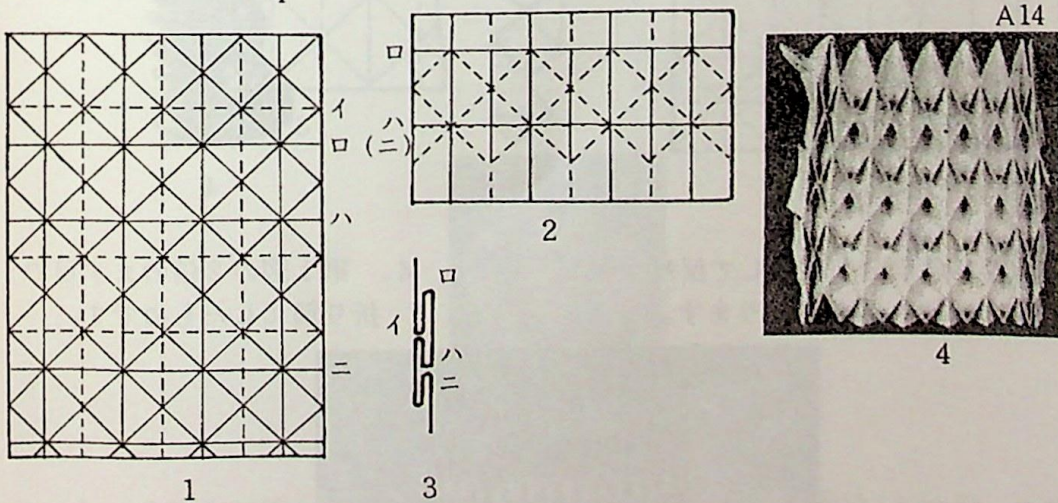


A13 さざ波 $\frac{1}{4}$



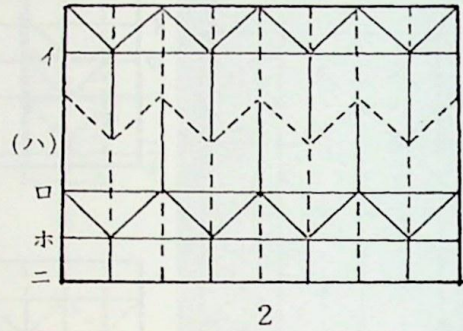
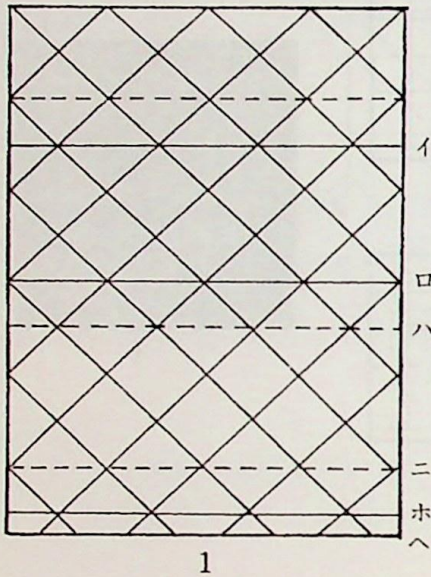
1. 図のように折りすじをつけます。
2. …線を境にして図のように折り重ねる。イは1図のと同
3. 図の…線の部分を開けると完成します。
4. A Bの線でひだを反対側につけています。

A14 クレーター $\frac{1}{4}$

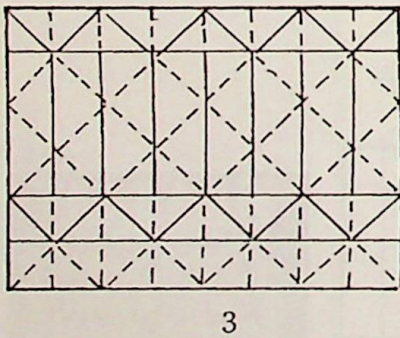


1. 折りすじ
2. 1の点線を境に折り重ねる
3. 側面図
4. 折り上り

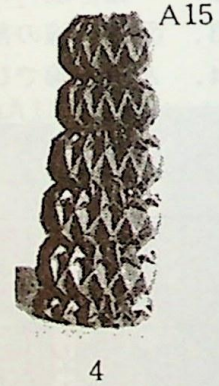
A 15 カゴメ (同) $\frac{1}{8}$



第1図のイは第2図のイの位置になるように折り重ねます。符号の対応に注意されるとよく判ります。次に(A1、単)と同じ折り方をします。要点はロ、ホの間で折り曲げます。

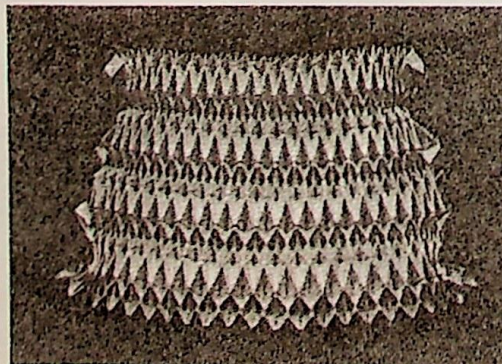


側面図



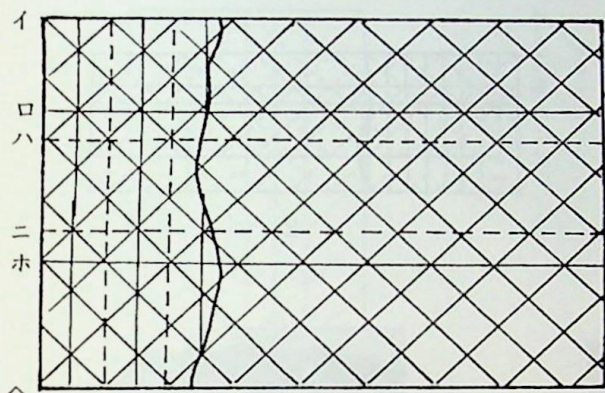
重なる部分を起こして反対側に折り、凹をつくります。

4. 第1図の2倍のます目で折り筒にしたものです。

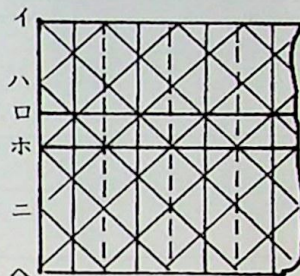


A15

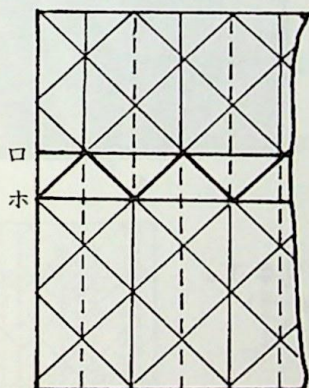
応用例 笑う人



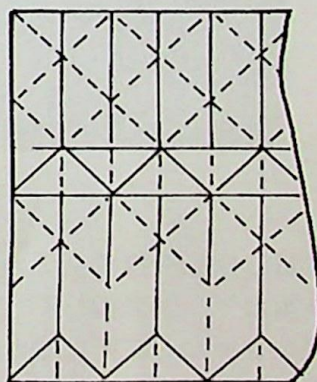
1



2



3

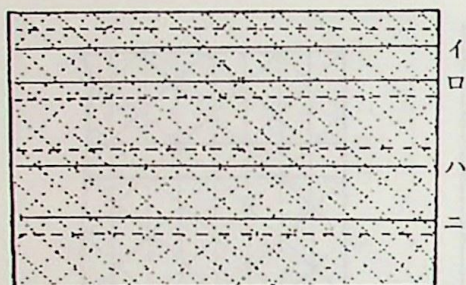


4

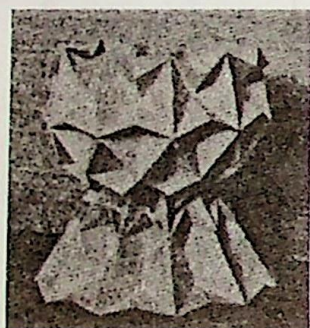


1. 6等分の基本線を図のように作ります。(第5問または、4つ星、の折りすじを参考にして下さい。)
2. 横線の部分を折り重ねた図。
3. (3~4は拡大図)(ロホ)の間を境に下側の線を(山、谷)折りなおす。
4. 次に図のように折りすじ通りたためば出来上ります。

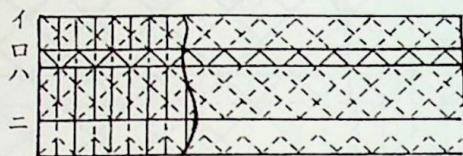
応用例 その2 $\frac{1}{1}$



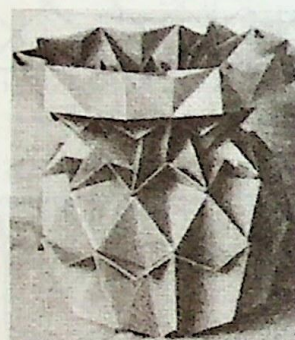
1



3



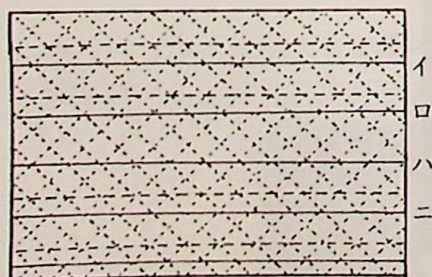
2



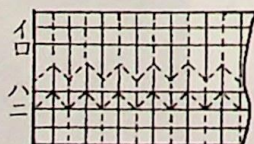
4

1. まず目と横線の位置を図のようにまず作ります。
2. 折り重ねて、図の折りすじの通り折る。
3. 2図を表面にして筒にしたものです。
4. 裏面を筒にしたもの、ネックの所が上になります。3では下になります。

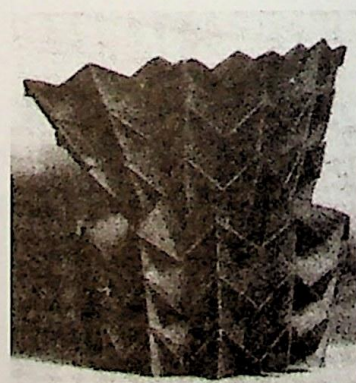
応用例 その3 $\frac{1}{1}$



1



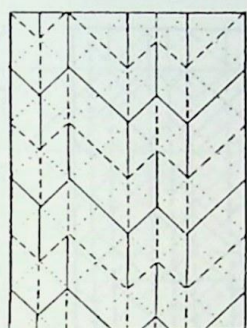
2



3

1. まず目と横線（A13、さざ波の応用）です。
2. 折り重ねた状態、重なるの部分は開いていません。
3. 完成図 筒にしたものです。

A16 ずらし単 $\frac{1}{4}$ (同)



1



2

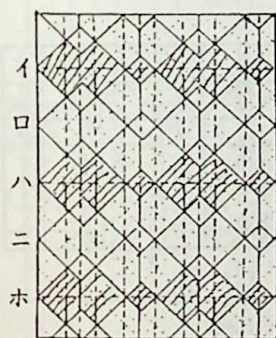


3

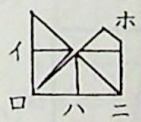
A16

1. 細い実線は正方形のます目で基本の折りすじとしてまず作り次に…線は谷、一線は山として折って行きます。
2. 側面図
3. 折り上がりを筒にしたものです。

A17 ずらし網 $\frac{1}{4}$ (大の目の2段毎)



1



2



4



3

A17

A17

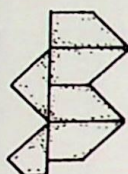
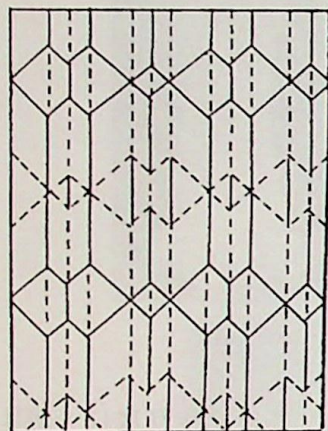


5

1. 細い実線の折りすじをまず折り次に、横の点線を折る。これは最小の正方形4コ分の正方形を大の目とすれば、その目の二段毎に横線を引いています。
2. 折り上がり側面図
3. 折り上がったものを筒にしたものです。図の上より3段目より下が模様的位置が変わっているのはその位置の横線が1回だけ1.5段になったからです。
4. 横線を1.5段ばかりですと「ふくろう」が出来ます。
5. 側面図

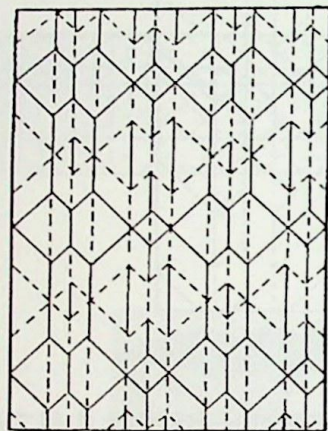
A18 ずらし家並び $\frac{1}{4}$ (同)

A19 ずらし短家並び $\frac{1}{4}$ (同)



2

1



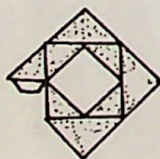
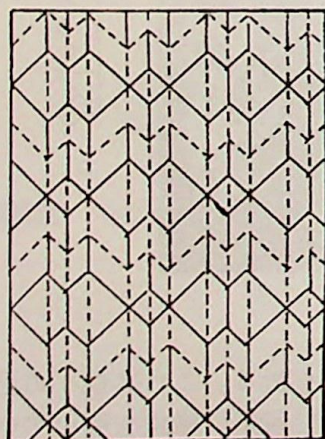
2

1

1. A17と同じようにして折りすじをつけます。A19も同じです。
2. A18、A19、その側面図

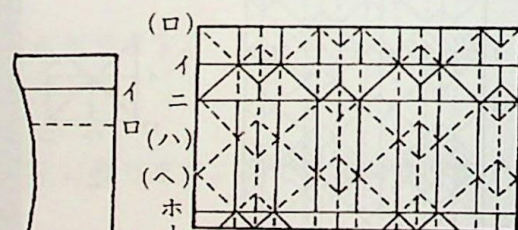
A20 ずらし短十字 $\frac{1}{4}$

A21 ずらしカゴメ $\frac{1}{8}$ (同)

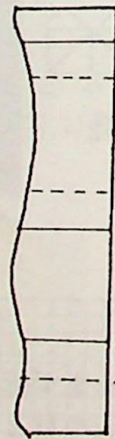


2

1



2



1

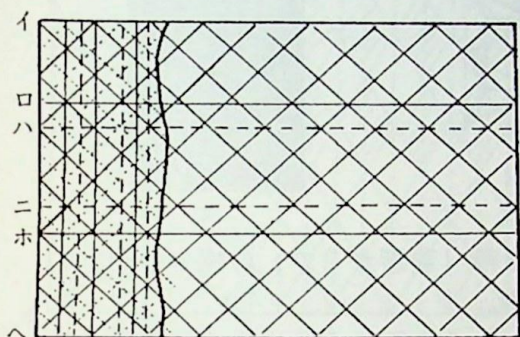


3

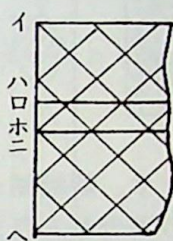
1. A17と同じ
2. 折りたたんだ側面図

1. 図のように横線を引きます。
2. 横線を折り重ね、これを図のように線にそって折る。折り方はA15、カゴメを参考にして下さい。
3. 折りたたんだ側面図

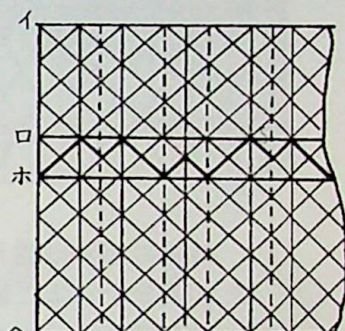
応用例 かつば



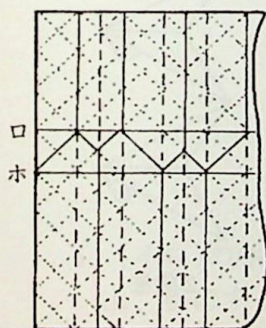
1



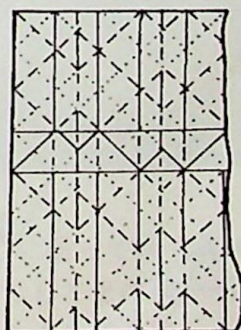
2



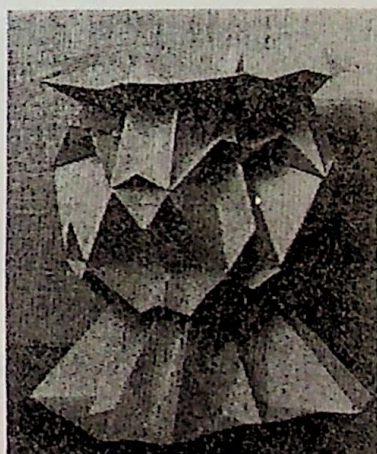
3



4



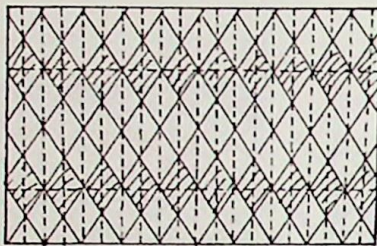
5



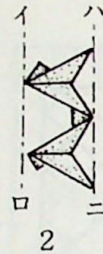
6

1. (イへ)の間隔に正方形を6コ並ぶように基本線を作ります。(「笑う人」と同じ)さらに半分にして12コの基本線にします。
2. 1図のロ、ハ、ニ、ホ、の横線を折り重ねて図のように折ります。見やすいために6コの基本線で表わしています。
3. (3～5までは拡大図)図のように、たて線を作ります。
4. ロホのところから折り始めて下の線の山、谷を折りなおします。
5. 全体を図のように折りたたんでそれを筒にしますと「かつば」が出来上ります。

B6 網 (2段毎)



1



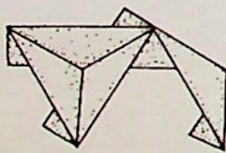
2



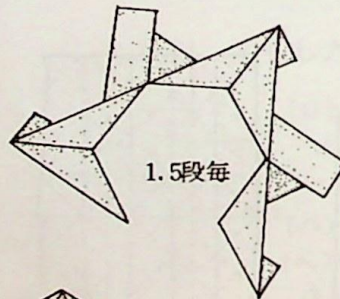
3

1. 斜線の部分は重ねます。斜線間が2段 (菱形が2コ) の場合の例です。たて網とす。よこ網の場合もあります。
2. 側面図です。これを筒にするのにどちらを円の中心にするかで異ったものが出来る。(イロ) を中心にすると球が重った形になり (ハニ) を軸にすると何段にも傘をつないだようになる。
3. (イロ) を 軸にして筒にしたもの。
4. (ハニ) を軸にして筒にしたもの。

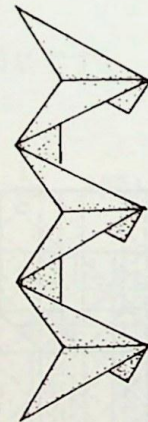
参考 斜線間の段数と側面図との関係



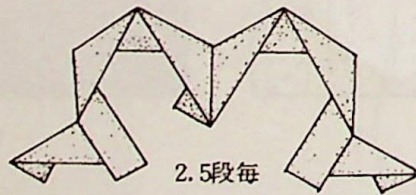
1段毎



1.5段毎



2段毎



2.5段毎

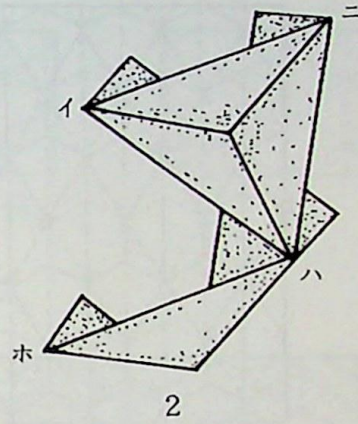
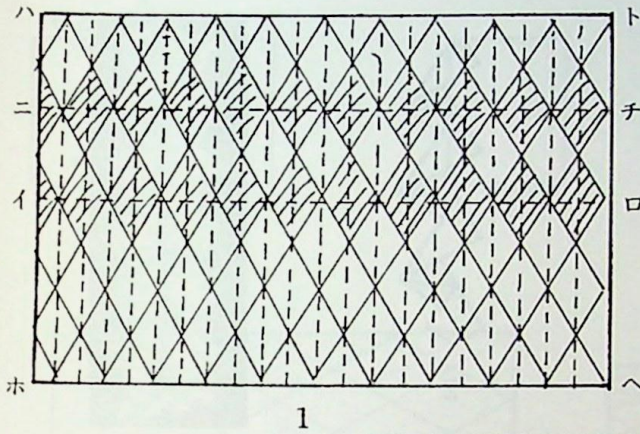


4. (2段毎のうら)



5. (1.5段毎 よこ網)

応用例 電気スタンド



1. (イロ)の中央線で2つに折ってから斜めの基本線を作ります。図のように山、谷にすじをつけなおしてその線で折りあげます。
2. 折り上り側面図。ハを中心にして、ホが外側になるように筒にすればハホは台、イニの部分が笠になります。
3. 完成図。

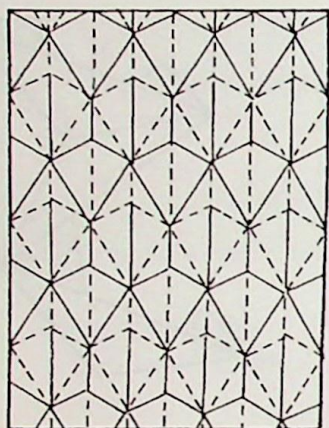
応用例 球と台

電気スタンドの第1図の(ニチ)の横線のないものを利用し、基本線を図のように作りイロで、2つに切断します。上と下の部分で折って行くと電気スタンドの時の側面図(ホハイ)の部分が2コ出来ます。1コを球、1コを台にすれば、球は台のくぼみにはまるように出来上ります。

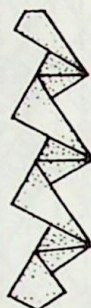


球と台

B7 月見草 $\frac{1}{4}$ (同)



1



2



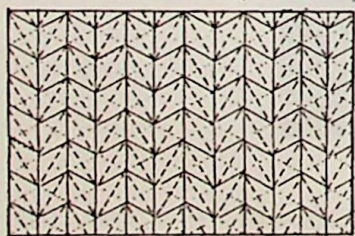
B7

3

1. よこ型基本線に斜線を折り、図の山、谷の通り折りたたみます。或は「たて型基本線」から折ってもよい。

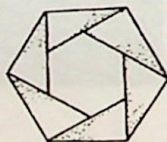
B8 綾ジャバラ

ト ハ ニ イ ホ ヘ チ

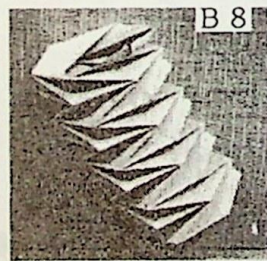


ロ

1



2



B8

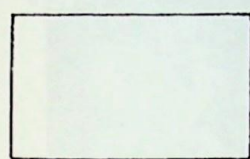
3

1. 基本線の作り方はまず(イロ)で2つに折り、次に(イト)を3等分する線を折ります。(3等分の項参照)次に(トチ)間に菱形が6コ出来るように基本線を作ります。
2. 折り上ると輪になります。

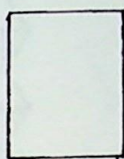


これで「折りはしのない六角」を作ると、むつかしいのができるよ!

応用例 聖火台



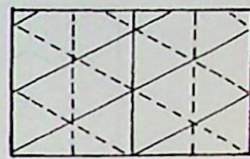
1



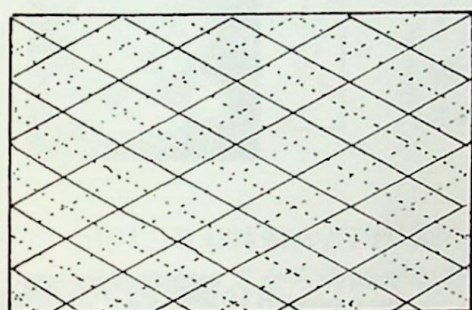
2



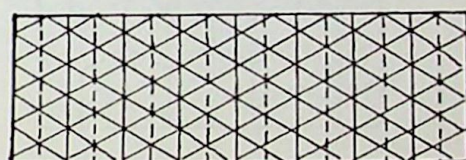
3



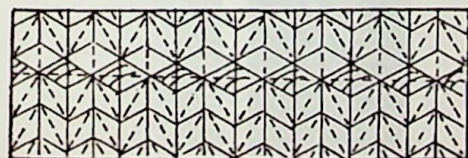
4



5



6



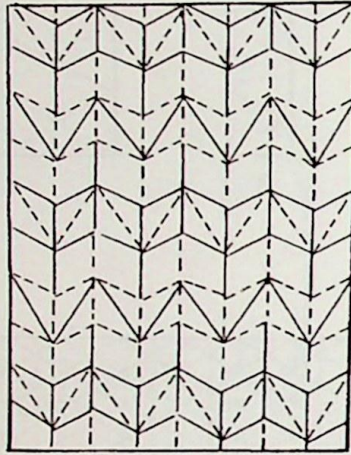
7



B 8

1. 紙を横なかに置く。
2. 2つに折る。
3. 4つに折り正三角形の折り線をつけます。
4. 3を開いたところ。
5. 4をさらに細かく線を入れて中央で2つに切断します。
6. たて線を入れます。
7. 折る時の山、谷の関係を示します。折り上ってから両端を接続すると聖火台になります。

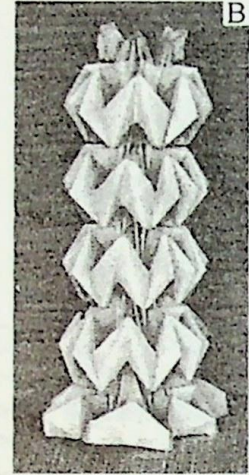
B9 ややならび $\frac{1}{4}$ (同)



1

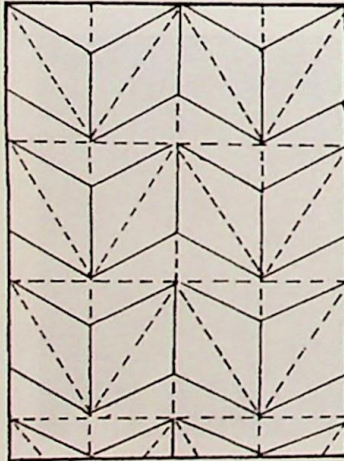


2

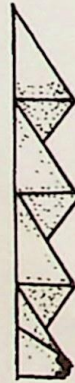


B9

B10 うろこ $\frac{1}{8}$ (すみながし)



1

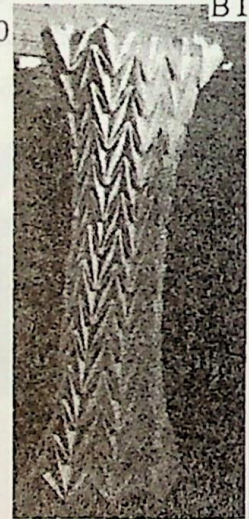


2



B10

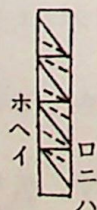
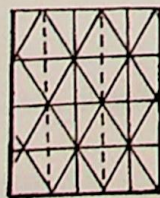
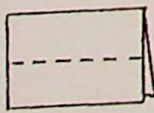
うろこ



B10

すみながし

1. 次のようにして折りすじをつけます。

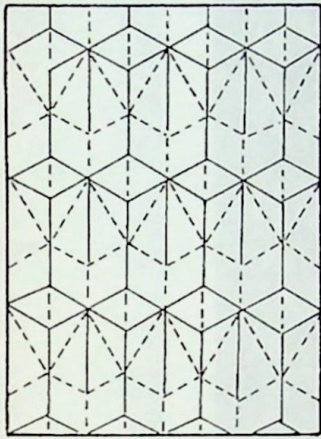


(イロ)(イハ)を合わせて(イニ)を作る
(ホロ)の線を作り同じように(ヘロ)を作ります。

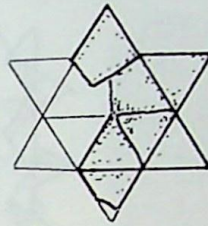


このようにまず中間折りをしてから完成します。

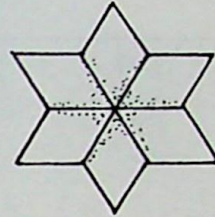
B11 単星ジャバラ $\frac{1}{4}$



1



2

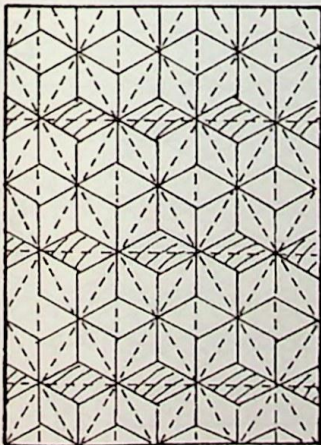


たて2列で（細長い紙）
折ったペンダントの図

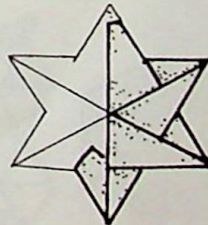
（1はひし形が
横に9コ並ん
だ場合です。）

折り方 B11、B12は殆んど同じ型の側面図になり星型も同じです。然しB11の方が折り上ってから両側がとめられるので都合がよい。また、たてはひし形か横に18コ並べば一まわりの星になり、たて4列で折り上げると「6つ星のペンダント」が出来上りこれで6つ星の折り方がそのⅠ、そのⅡ、そのⅢと共に4種類になり一番充実した星になります。熟練すれば要領のよい折り方が判ってくるでしょう。

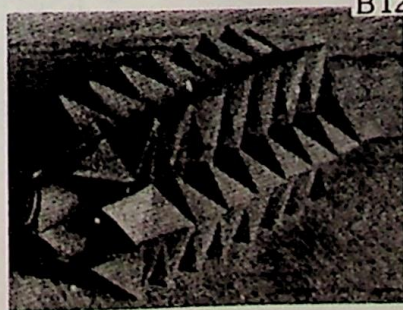
B12 星ジャバラ $\frac{1}{4}$



1



2

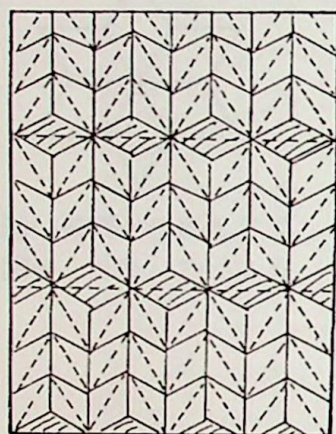


折ったまま筒にしたもの



たてに筒にしたもの

B13 ヒヨク $\frac{1}{4}$ (五重の塔)



1

3.5
3.5
3.5



2



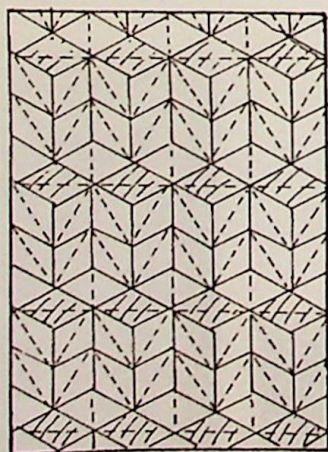
ヒヨク



五重の塔

よこの数字はよこ線を入れるのに上よりの段数を示しています。

B14 笹変化1 $\frac{1}{4}$



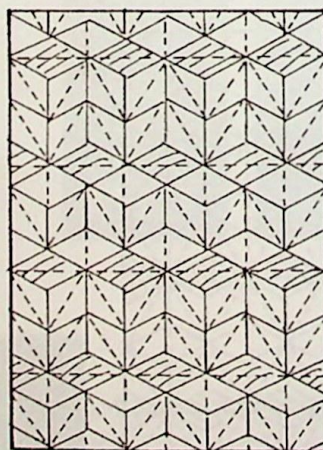
1

3.0
3.0
3.0



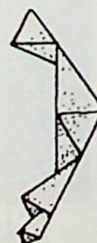
2

B15 笹変化2 $\frac{1}{4}$



1

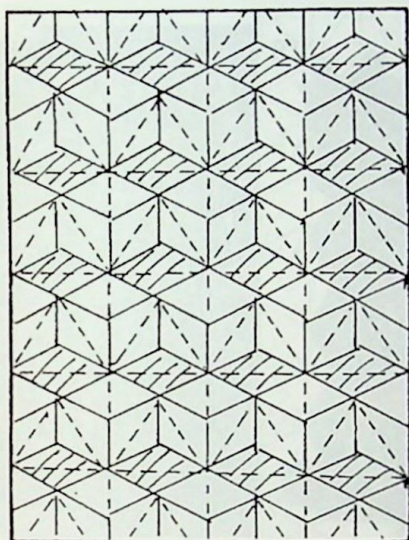
2.5
2.5
2.5



2

数字はよこ線の間隔を示します。

B16 笹 $\frac{1}{4}$ (クリスマスツリー)

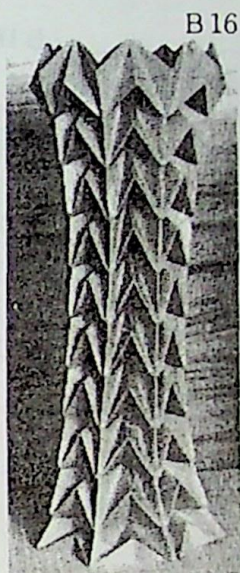


1



2

2.0
2.0
2.0
2.0

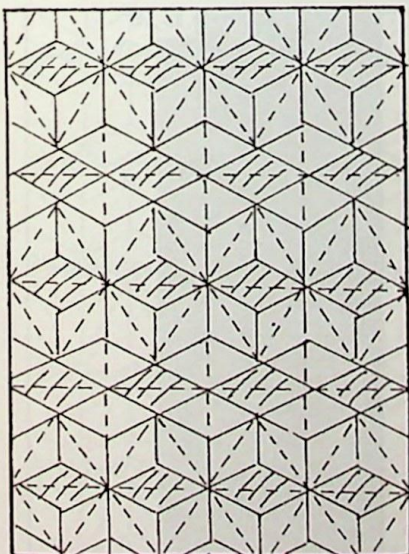


笹

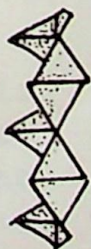


クリスマスツリー

B17 猿の口 $\frac{1}{4}$ (とげ)



1

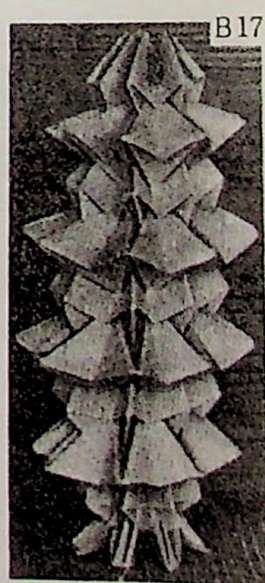


2

2.0
2.0
2.0
2.0

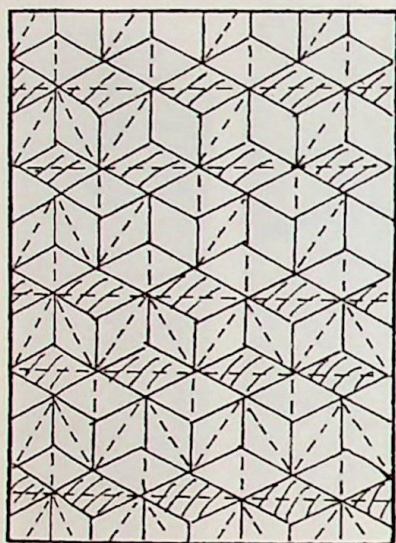


猿の口



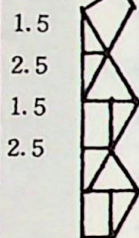
とげ

B18 矢バネ $\frac{1}{4}$ (にの字)



1

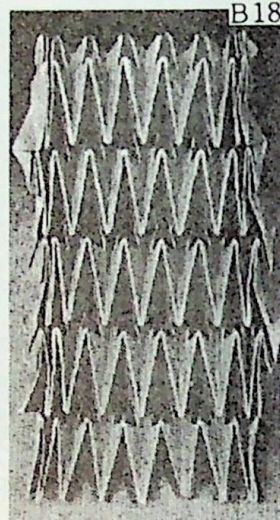
B18



2

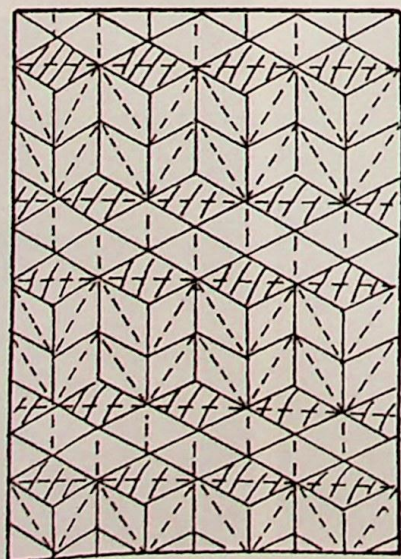


矢バネ



にの字

B19 MY $\frac{1}{4}$ (しゅう曲山脈)



1



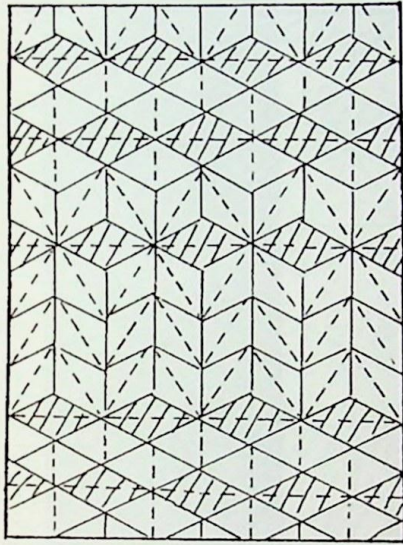
2



MY

ひだの様相がMYの字ににているため。

B20 ダルマ $\frac{1}{4}$ (未)



1

1.5
2.0
3.5
1.5



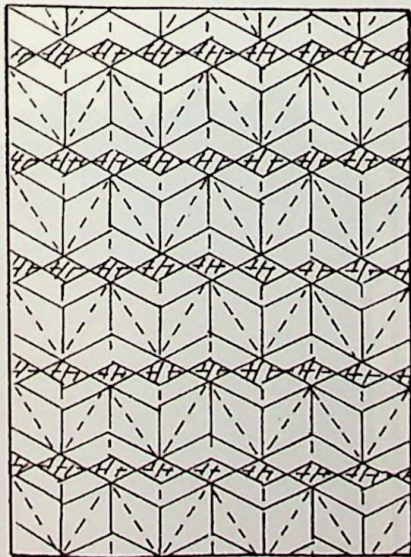
2



B20

(未)は題名未定です。ダルマとはこれを半分の高さのときがそんな感じだったからです。

B21 変形うろこ $\frac{1}{4}$



1

2.0
2.0
2.0
2.0
 $\frac{1}{4}$ ずらし



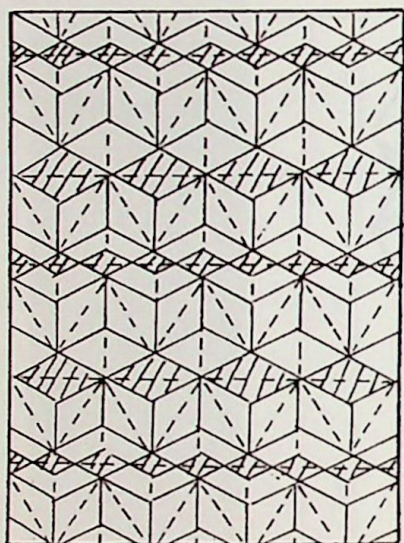
2



B21

折らずじ付けも大変、折って行くにも忍耐のいるものですが正確にすじをつけて、ていねいに折りあげると楽しいものです。
美しい色画用紙で折って飾って置きましょう。

B22 雁 $\frac{1}{4}$ (未)

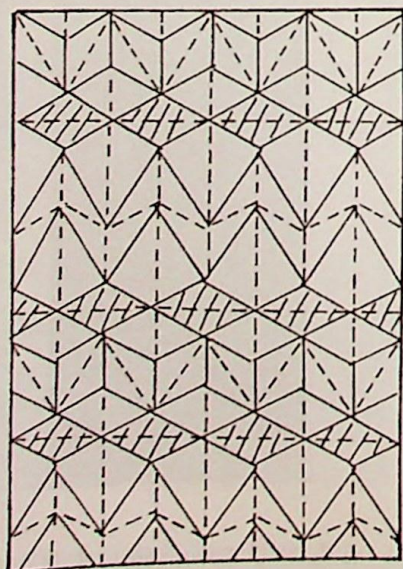


1, $\frac{3}{4}$
2, $\frac{1}{4}$
3, $\frac{3}{4}$
2, $\frac{1}{4}$



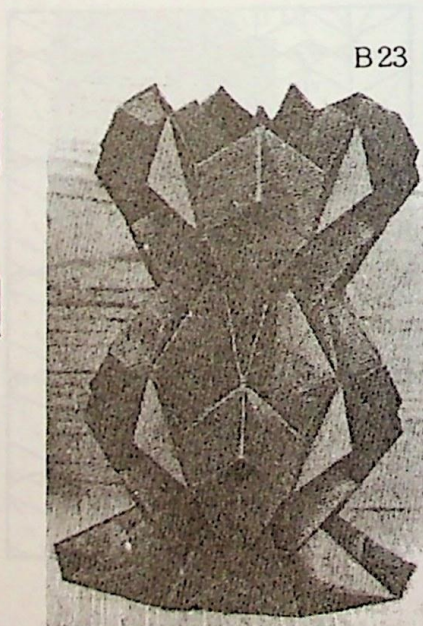
大きなひだと小さいひだとが交互に出て、雁が繋がったように見えるから。

B23 ヒゲ $\frac{1}{4}$ (インデアン)



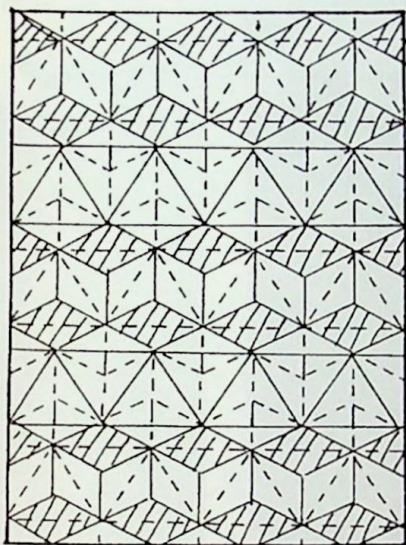
3.5
2.5
3.5
2.5

2

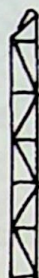


ひげ

B24 友達 $\frac{1}{4}$ (同)



1

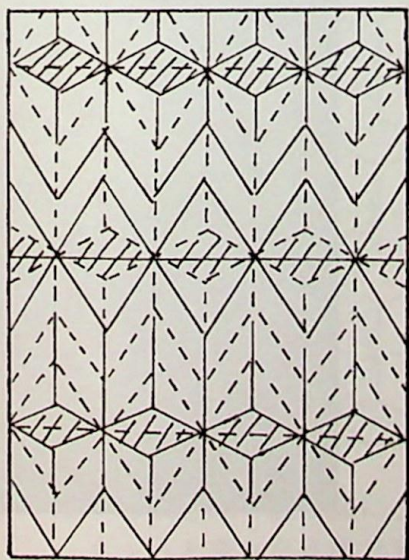


2



1. よこの線をつけて置いて、まず「B 9 ややならび」を折りその後、この図のように折ればよい。子供が手をつないでいるような模様です。

B25 ガス灯 $\frac{1}{4}$ (同)



1



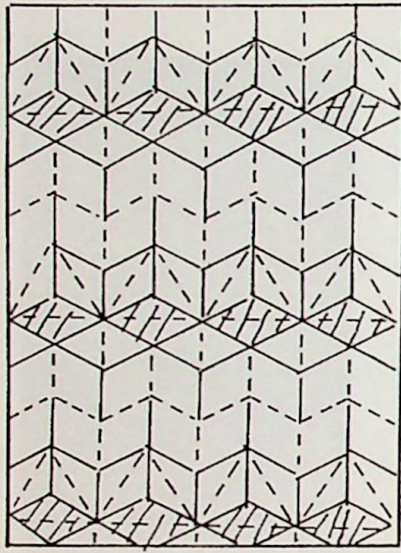
2

3.5

3.5

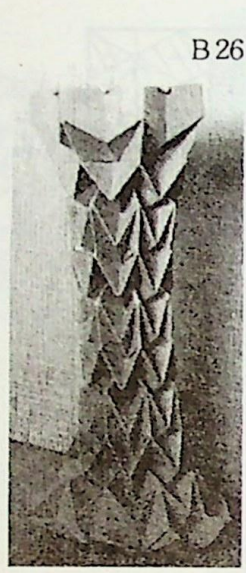


B26 MV $\frac{1}{4}$ (未)

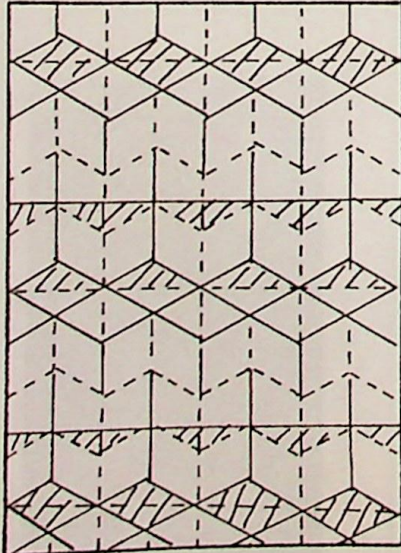


4.0
4.0

1

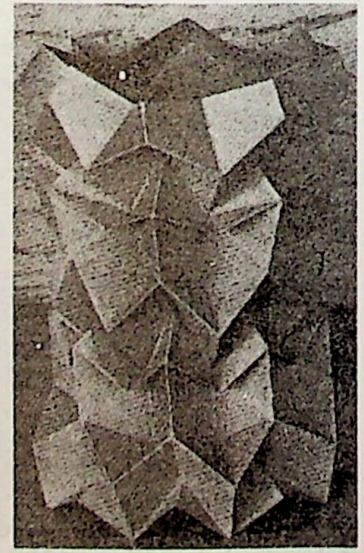


B27 舟 $\frac{1}{4}$ (同)

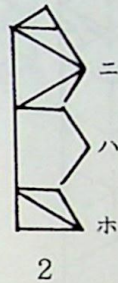
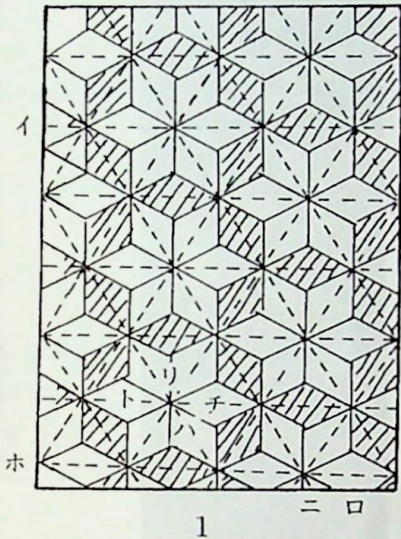


2.5
1.5
2.5
1.5

1

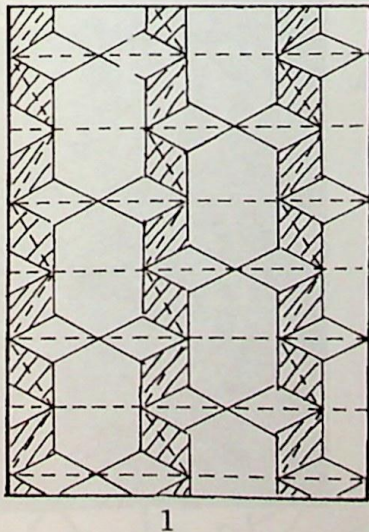


B28 六角 $\frac{1}{4}$ (未)



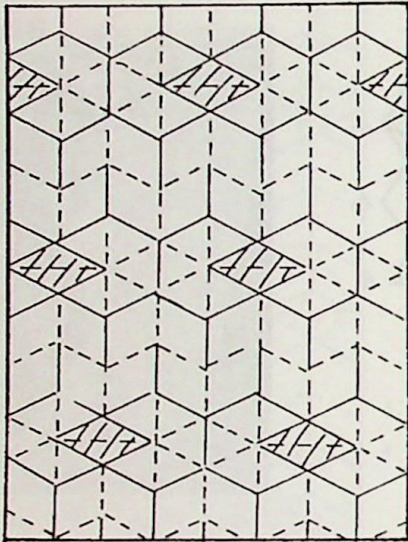
1. 折り方の目やすは、図の(ハ)のような位置が頂点になりト、チのところは折ります。がその直角方向の(ハ)及びその反対の(リ)方向は平面として折りたたむとよい。(B29のように折る意味)
2. この折りたたみの図は1図のホ、ハ、ニの位置の頂点が対応しています。(イロ)方向と(ホへ)方向とが重なったようなたたみ方です。

B29 六角中間折り $\frac{1}{4}$ (未)



1. B28と同じ側面図になります。
 ちょっと変わった立体です。ねじれたような組合せになっていて初めは作りにくいものです。

B30 五角ホール $\frac{1}{4}$



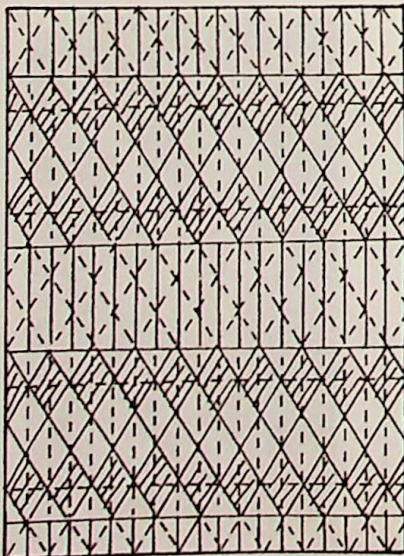
1

1. 斜線の部分を重ねると折りたためなくなるので側面図はなし。(重なる部分) 初めは斜線の部分なしで折り、あとから入れるとよいでしょう。



斜線部分は
あとで糊付
けにします。

B31 カゴメ $\frac{1}{1}$



1

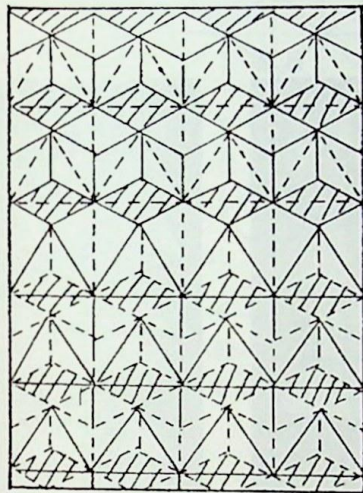


2

1. A15のカゴメと同じように折って行きます。
2. 2倍に拡大した側面図です。



B34 笹がえし (上が笹、下がクリスマスツリー)



1



2

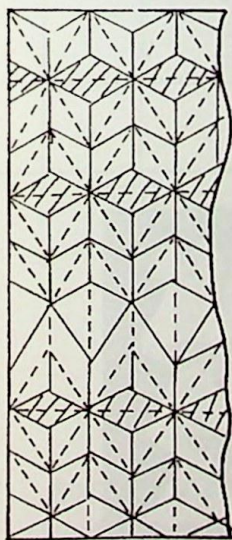


3

B34

3 図はクリスマスツリーで下が笹のものです。

B35 香炉



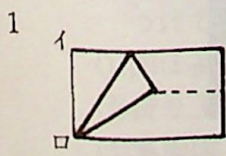
1



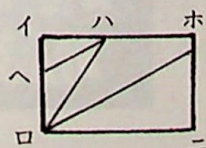
2



B35



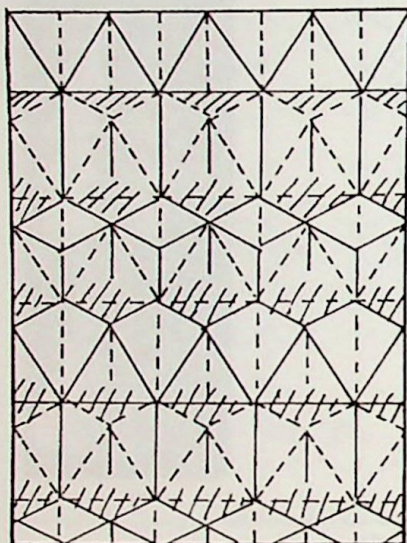
A



B

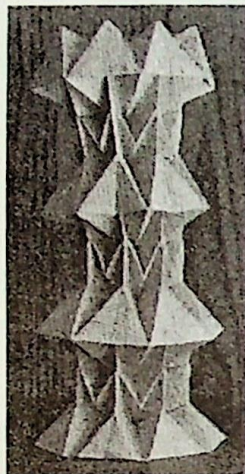
紙をよこ長にして (ハロ) の線を作り、
 (イハ)(ハロ) を合わせて (ハへ)(ハロ)
 (ロニ) を合わせて (ロホ) を作りこの
 ようにして 1 図のように \diamond が 12 段重なる
 ようにします。

B36 岳陽楼 (みの)



1

B36



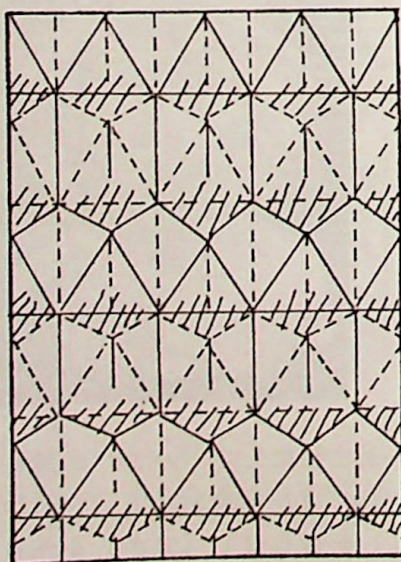
岳陽楼

B36



みの

B37 団子 (同)

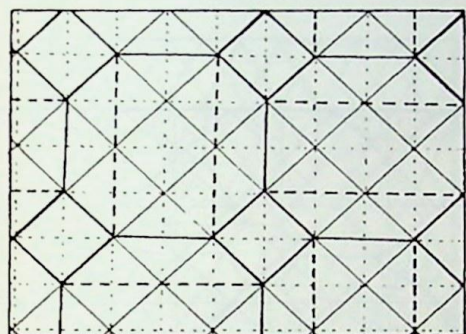


1

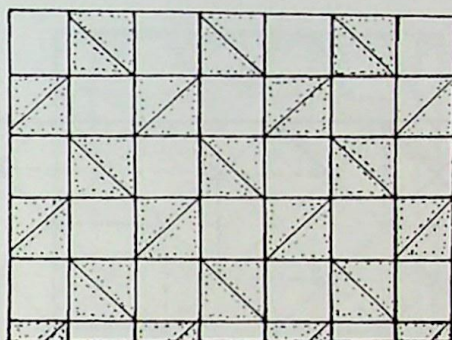
B37



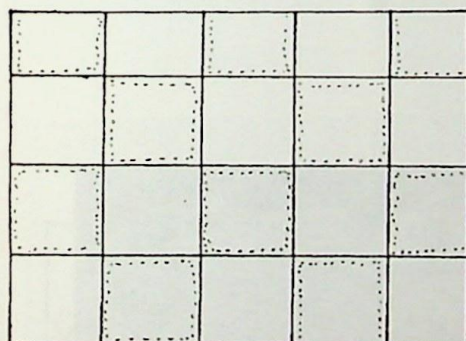
C 1 平織り



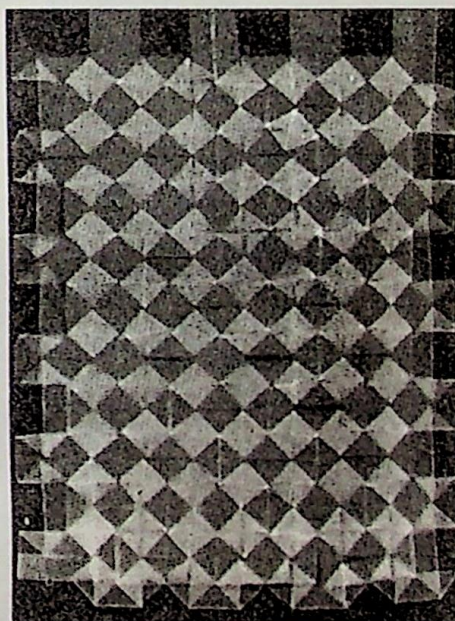
1 基本線と折り
すじとの関係



2 表面



3 裏面



4

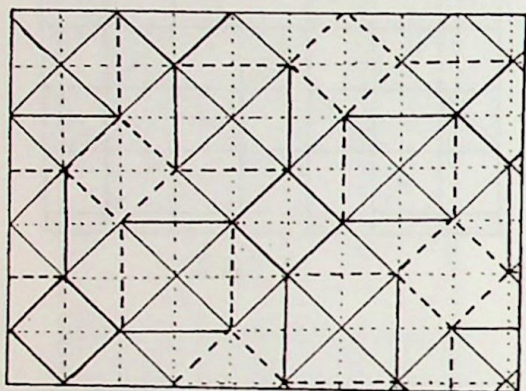
折り方

1. 紙のふちに対して斜めに正方形の基本の折りすじをつけ、その正方形の対角線になる線たて、よこ、斜めの線もつけます。

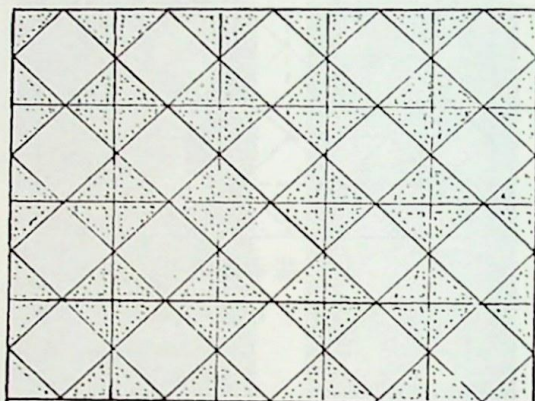
中央で2つに折り、ますめ1つ置きに中央の折り線に対して直角に凹をつけて合わせて折って行きます。

- ①図は基本線と折りすじとの関係
- ②折り上がった表面図
- ③裏面図
- ④透視写真（ネガ）

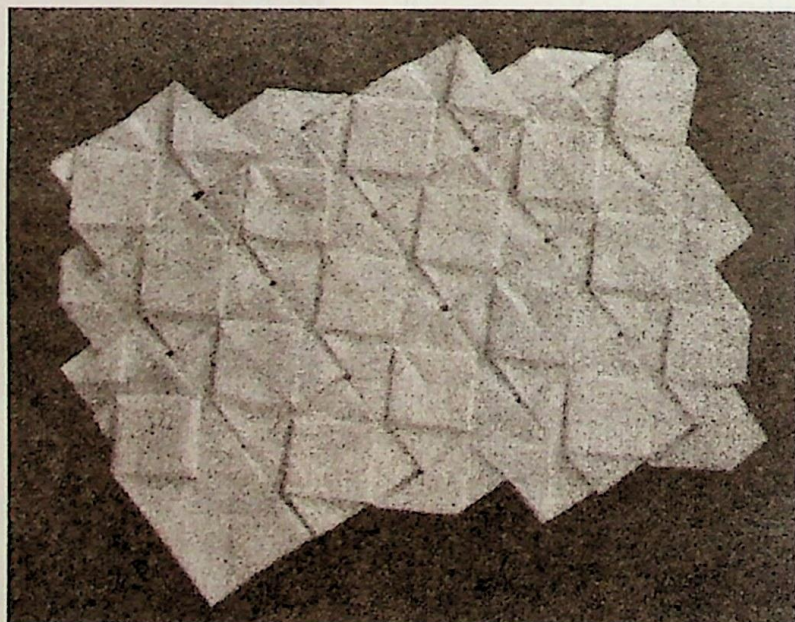
C 2 両面表平織



1 基本線と折りすじ



2 両面織上り図

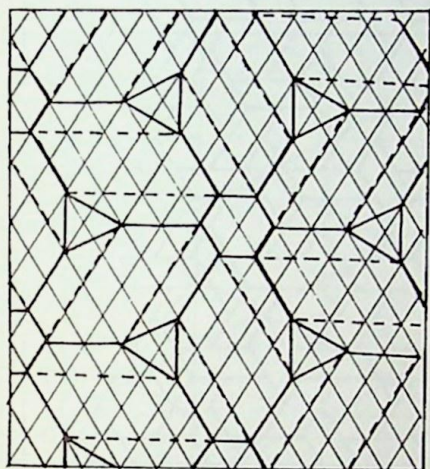


3 織り上り

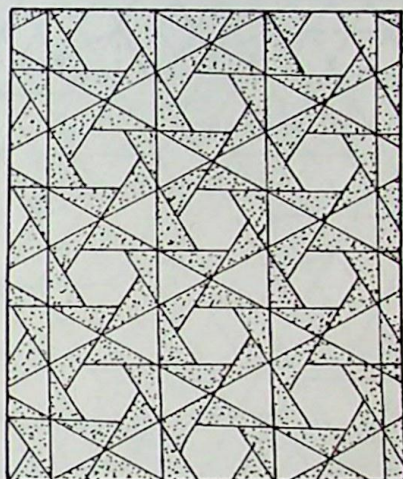
折り方

中央でまず、1つねじり折りをして、それから放射状に出ている線のますめ1つ毎に反対にねじり折りをして行きます。

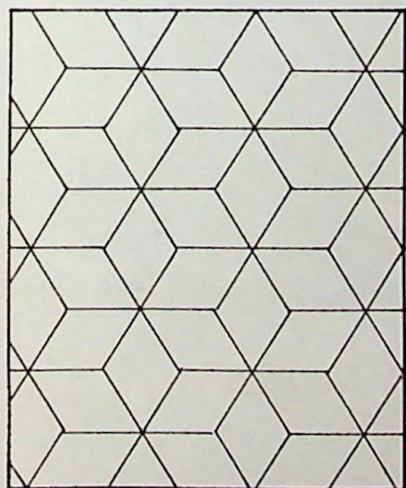
C3 網代



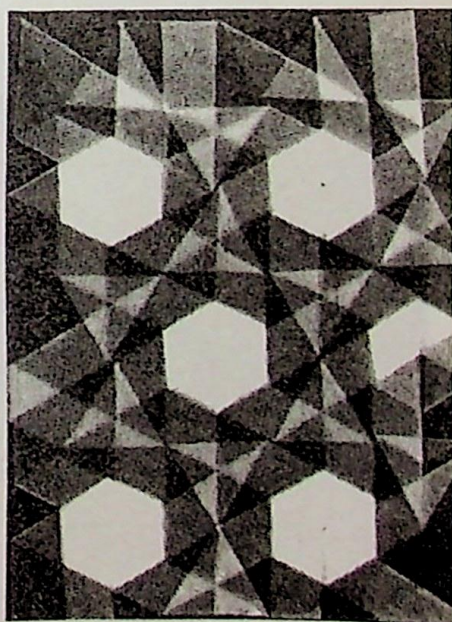
1 基本線と折りすじ



2 表面



3 裏面

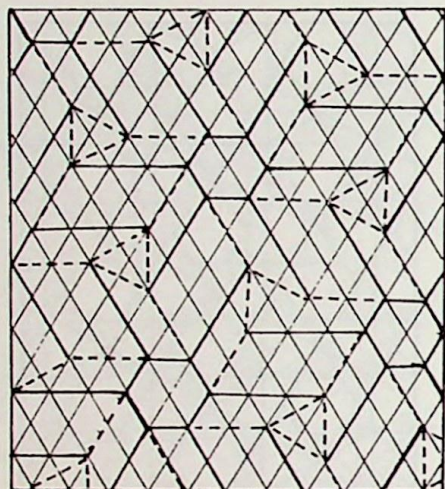


4 透視写真 (ネガ)

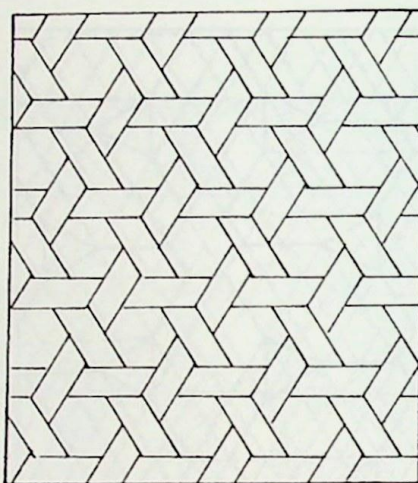
折り方

まず中央で六角を折り、同じ側で三角を折って行きます。

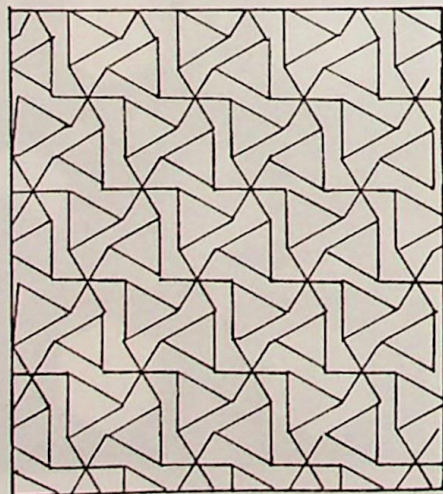
C 4 銀河



1 基本線と折りすじ



2 表面



3 裏面

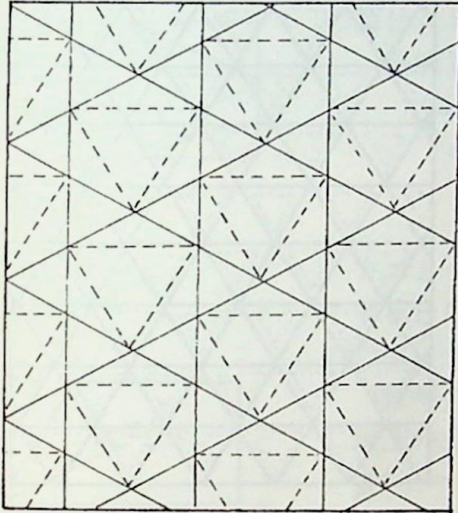


4 透視写真 (ネガ)

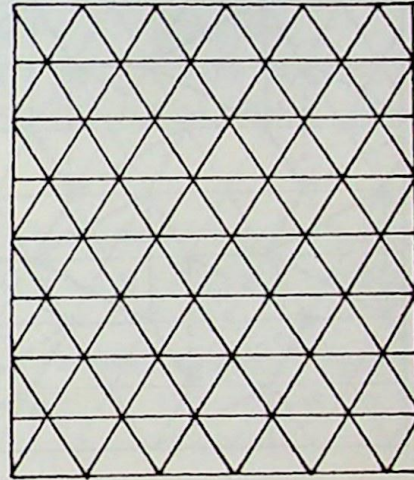
折り方

中央で六角を折り裏側で三角を折って行きます。

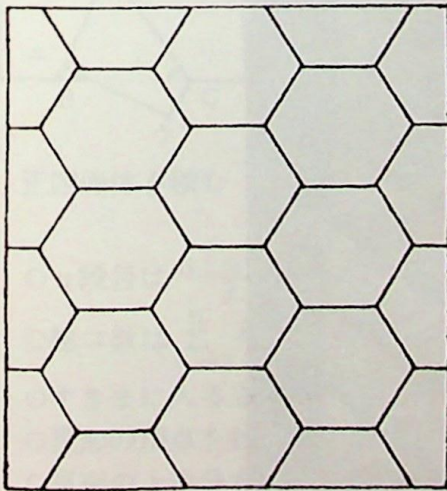
C5 亀甲



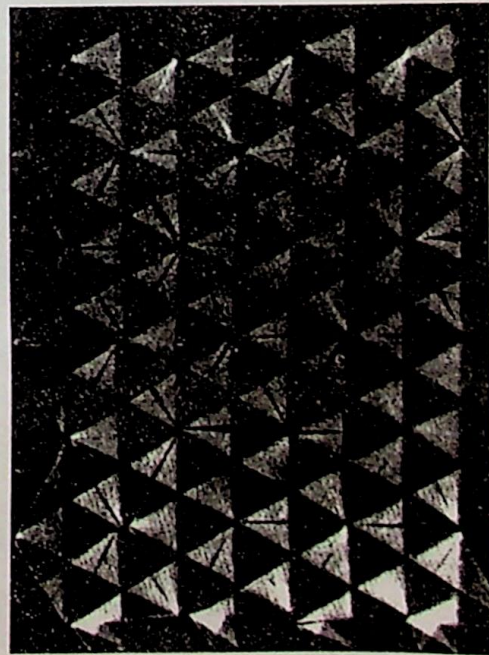
1 折りすじ



2 表面



3 裏面

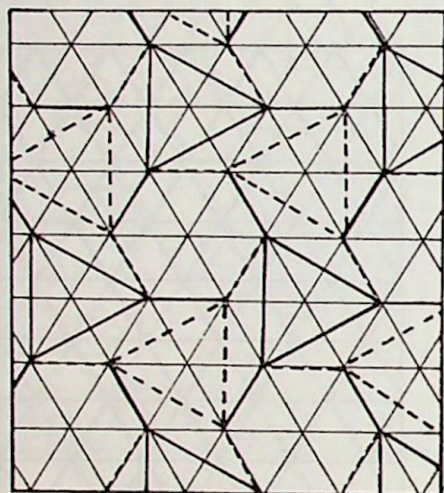


4 透視写真 (ネガ)

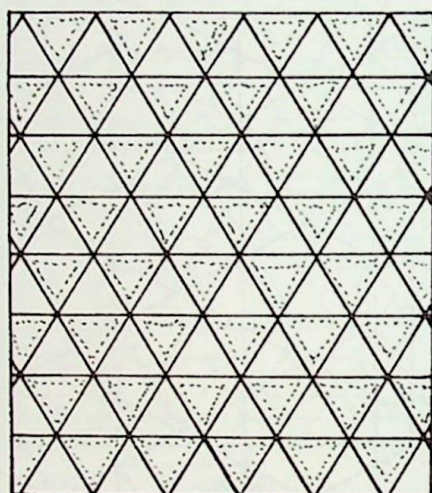
折り方

1 コずつ三角折りを確実に折るのがよいようです。まだ、これがよいという折り方が定まっていません。

C6 カゴメ



1



2 両面



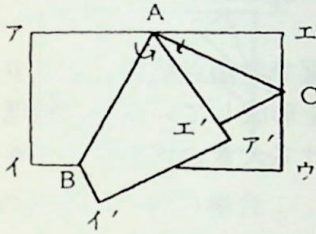
3 カゴメ

折り方

初めに折りすじをつけておきます。
はしから表裏一列ずつ折っていてもよいでしょう。

〔解 説〕

P 1 第1問



ABで折った位置をA→A' イ→イ' とすればAA'の線にAEを合わせばACの折りすじが得られます。

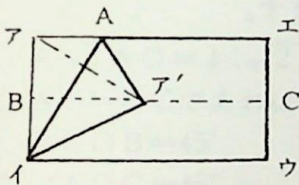
〔証明〕 $\angle A'AA' + \angle A'AE = 180^\circ$

$\angle A'AB = \angle BAA' \quad \angle A'AC = \angle CAE$

$\therefore \angle A'AB + \angle A'AC = \angle BAC = 90^\circ$

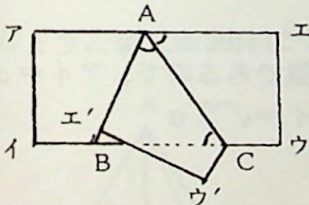
第2問

Aエとイウを重ねて中心線BCを作りイを起点としてAをBC線上に合わせてAIの折りすじが求むるものです。



〔証明〕 BCはAIの垂直二等分線であるのでその線上の点はどこでも点A、Iから等距離にあるので $A'I = AA'$ $A'I$ とAIは同じものであるので $\triangle AIA'$ は正三角形で $\angle AIA' = 60^\circ$ $\angle AIA = \angle AIA' = 30^\circ$ です。

第3問



AエをABに重ねてCを定めます。

〔証明〕 $AE \parallel BU$

$\angle BAC = \angle CAE = \angle ACB$

P 4 正四面体を積む ○3段目は6コあります。

○総コ数は、 $1 + 3 + 6 = 10$ コ

○n段目は $\frac{n(n+1)}{2}$ コ

○総コ数は $\sum_{r=1}^n \frac{r(r+1)}{2} = \frac{n}{6}(n+1)(n+2) \quad \sum_{r=1}^n r = \frac{n(n+1)}{2}$

○すきまに入る立体は正8面体です。

○星形の頂点を結ぶ線で囲まれた立体は正六面体です。

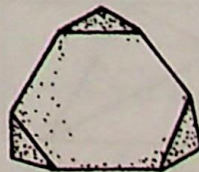
○星形の上半分を下半分につけます。

P 5 ○第n段目は n^2 コです。

総コ数は $\sum_{r=1}^n r^2 = \frac{n}{6}(n+1)(2n+1)$

○すきまに入る立体は等稜八面体です。

○「ヒント」正八面体。



P 8

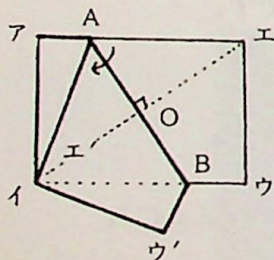
- 1) 正十二面体らしきものと云っているのは、正確には正五角形が 12面と正三角形が 20面とで囲まれた等稜三十二面体の正三角形のところがつきでた立体です。

この場合の正四面体どうしの結合は“同じ位置での頂点結合”より少し開いた位置で結合していますが等稜三十二面体を形成している間は無理がないが、これより更に正四面体を外側にくっつけて大きい球を作るときに影響が出て結合が、いびつになります。

3. 正四面体の二面のなす角は $70^{\circ}31'44''$ であるので5コを、面どうしでくっつけると $70^{\circ}31'44'' \times 5 = 352^{\circ}38'40''$
 $360^{\circ} - 352^{\circ}38'40'' = 7^{\circ}21'20''$ のすきまがあきます。

P 9

第4問



エをイに合わせて折りすじABをつけます。

[証明] 直線エイを重ねて出来たABはエイを垂直二等分している。

$$\angle AOE = \angle R = \angle IAE$$

$\triangle EOA$ と $\triangle EAI$ は相似であるので、 $AI = a$

とすれば、 $AE = \sqrt{2}a$ $EI = \sqrt{3}a$

$$\frac{AE}{EO} = \frac{EI}{AI} = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} \quad EO = \frac{1}{2}EI \quad AE = \frac{3}{2\sqrt{2}} = \frac{3}{4}\sqrt{2}a$$

$$AE - AO = AO = \sqrt{2}a - \frac{3}{4}\sqrt{2}a = \frac{1}{4}\sqrt{2}a = \frac{1}{4}AE$$

第5問

中心線にアを合わせてC点を取り、イをCに重ねればABのすじが出来ます。

[証明] 第1問より $\angle AIC = 30^{\circ}$

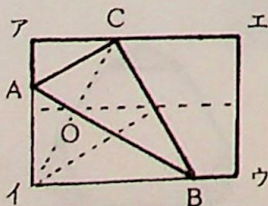
ABはCIの垂直二等分線であるので

$$\angle IAB = 60^{\circ}$$

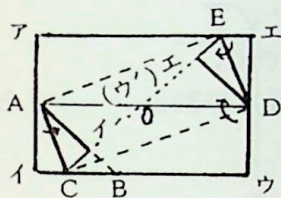
$$AO : AI = 1 : 2$$

$$\triangle AOC \equiv \triangle AOI \equiv \triangle AIC$$

$$\therefore AO : AI = 1 : 2$$



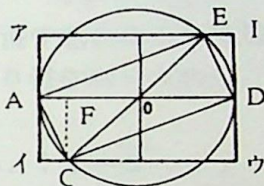
第6問



中心線ADをつけAIをADに合わせてABの折りすじをつけABにAIを合わせて折る。次にCDを境に折り次にOウ'とDEを合わせるように折る。次にAEを境に折ります。

[証明]

右の証明は一般の場合ですが、アイ : アエ = 1 : $\sqrt{2}$ であれば

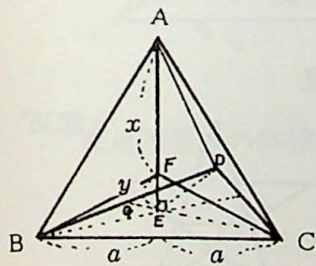


長方形をアイウエの中心をOとしAOを半径とした円周上の点をC、D、E、A、とすれば $\angle ACD = \angle R = \angle C'DE' = \angle D'EA'$ (直径の上に立つ円周角は直角)

ACDEは長方形である。次に面積はCよりADに垂線CFをおろせば $\triangle ACD$ の面積は $\frac{AD \cdot CF}{2}$ で長方形ではAD、CFでありCF = AIですので、 $\frac{1}{2}$ アイウエ = ACDEです。

$$\begin{aligned} AI : AO &= 1 : \sqrt{2} \\ AO = OC \text{ であれば} \\ \angle COB &= 45^\circ \\ \angle AOC &= 45^\circ \\ \frac{180-45}{2} &= \angle OAC \\ \angle IAC &= 90 - \frac{180-45}{2} = \frac{45}{2} \end{aligned}$$

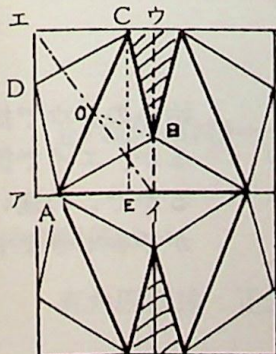
じょうご型正四面体について



正四面体 ABCD の各頂点より底面におろした垂線の交点を F とすれば一辺 $AB = 2a$ とすると $AF = x = FE = y$ として E は $\triangle BCD$ の重心であるから

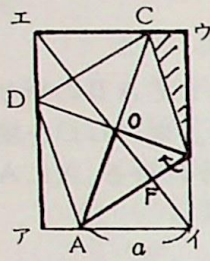
$$\begin{aligned} \frac{CE}{CG} &= \frac{2}{3} \quad CG = \sqrt{3}a \quad CE = \frac{2\sqrt{3}}{3}a = \frac{2}{\sqrt{3}}a \\ AE &= \sqrt{AC^2 - EC^2} = \sqrt{\frac{8}{3}}a \quad AF = FC = BF \\ \begin{cases} x + y = \sqrt{\frac{8}{3}}a \\ x^2 - y^2 = \frac{4}{3}a^2 \end{cases} & \quad \text{これを解いて} \\ x &= \sqrt{\frac{3}{2}}a \quad y = \frac{a}{\sqrt{6}} \end{aligned}$$

次にこの折りりすじの関係は、



4つに折った紙アイウエの中心Oにイとエを合わせて線AB、CDを作ったので第4問の解説により $\frac{3}{4}$ アイ = AI であり、

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{CE^2 + AE^2} \quad AE = AI - EI \\ EI &= \frac{1}{4}AI \rightarrow \frac{3}{4}AI - \frac{1}{4}AI = \frac{1}{2}AI \\ AI : IU &= 1 : \sqrt{2} \quad AI = a \text{ とすれば} \\ \frac{4}{3}a : CE &= 1 : \sqrt{2} \\ CE &= \frac{4\sqrt{2}}{3}a \quad AE = \frac{1}{2}AI = \frac{4}{3}a \times \frac{1}{2} = \frac{2}{3}a \\ AC &= 2a \end{aligned}$$



イをOに合わせたので $OI \perp AB$ であるので $\triangle IEU$ と $\triangle IFB$ と $\triangle IBA$ はそれぞれ相似である。

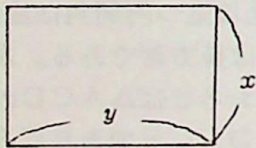
$$AB : AI \equiv EI : IU = \sqrt{3} : \sqrt{2}$$

$$\therefore AB = \frac{\sqrt{3}}{\sqrt{2}} a \quad AB = BC \text{ です。}$$

この方法による折りすじは計算での長さの割合が一致した折り方です。

P11 5つ星の折り方について

たてとよこの比が $1 : \sqrt{2}$ の紙型でこの方法で折ると星の頂角は 39° で 36° とは大分誤差があるようですが、このぐらいで折りやすいものです。



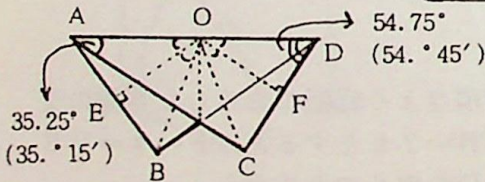
$$x : y = 1 : \sqrt{2} = 1 : 1.414$$

理論的な比は

$$x : y = \sqrt{5 - 2\sqrt{5}} : 1 = 1 : \sqrt{1 + \frac{2}{\sqrt{5}}} \\ = 1 : 1.3764$$

$1 : \sqrt{2}$ の紙型で折る時の角度の変化は

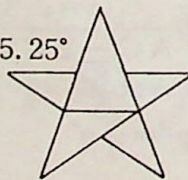
$$\angle CAO = \angle AOE = \angle EOB = \angle COF = \angle FOD$$



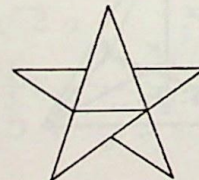
$$35.25^\circ \\ \angle BOC = 39^\circ$$

正しい星

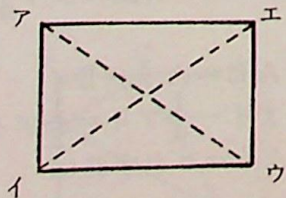
• は 39°
その他 35.25°



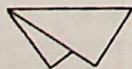
全部 36°



星の右前と左前について



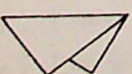
アウ



→



エイ

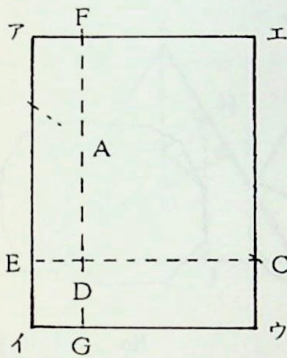


→



始めのアウで折るか、エイで折るかはこの違いができてきます。

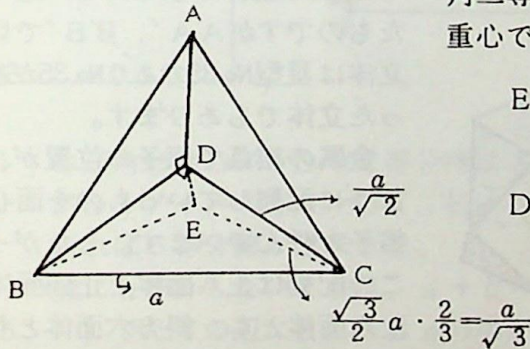
P 12 A から B を作るには



エをイに合わせてC点を作りCEの折り線を作る。
次にエイの折りすじとの交点をDとしFGの線で折れば、FDCエがBの大きさです。

○実際の場合は、この逆の方が裁断の手間がはぶけます。Bの大きさを8枚作りBよりAの大きさのものを1枚作るだけでよいのだから、少し誤差がありますがAの紙を半分にしたものをBとして使用します。

P 13 等しい辺を a とすれば、各立体の体積は、
直角四面体



高さDEは、 $DC = \frac{a}{\sqrt{2}}$ ($\triangle DBC$ は直角二等辺三角形)。Eは正三角形ABCの重心であるので

$$EC = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

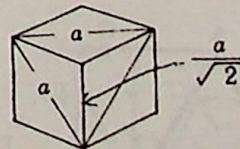
$$DE = \sqrt{\left(\frac{1}{\sqrt{2}}\right)^2 - \left(\frac{1}{\sqrt{3}}\right)^2} \cdot a = \frac{a}{\sqrt{6}}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{2}{3} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

$$\begin{aligned} \text{直角四面体の体積} &= \text{底面積} \times DE \times \frac{1}{3} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{1}{2} \times \frac{a}{\sqrt{6}} \times \frac{1}{3} \\ &= \frac{1}{12\sqrt{2}} a^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{正四面体の体積} &= \text{底面積} \times \text{高さ} \times \frac{1}{3} = a \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} a \cdot \frac{1}{2} \times \sqrt{\frac{2}{3}} a \times \frac{1}{3} \\ &= \frac{1}{6\sqrt{2}} a^3 \end{aligned}$$

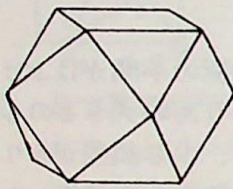
$$\text{正六面体の体積} = \left(\frac{1}{\sqrt{2}} a\right)^3 = \frac{a^3}{2\sqrt{2}}$$



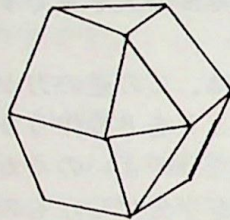
体積関係は

$$\begin{aligned} \text{直角四面体} : \text{正四面体} : \text{正六面体} &= \frac{a^3}{12\sqrt{2}} : \frac{a^3}{6\sqrt{2}} : \frac{a^3}{2\sqrt{2}} = 1 : 2 : 6 \\ &= 1 : 2 : 6 \end{aligned}$$

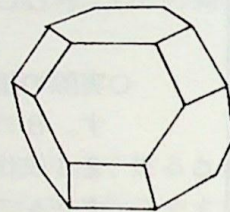
P 14 等稜十四面体は8コの正三角形と6コの正方形をもったものは2種類あり、No.10とNo.11 その他8コの正三角形と6コの正8角形からなるもの、8コの正六角形と6コの正方形からなるもの等があります。



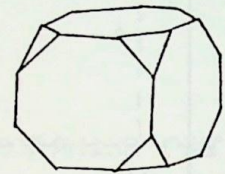
No. 10



No. 11

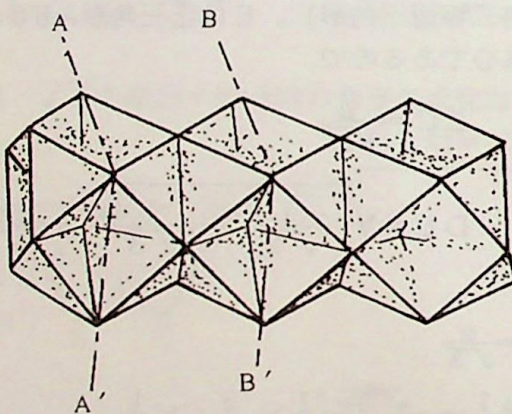


No. 12



No. X

No.10と星型No.35、とは頂点の位置が全く同じであることは次の図を見て貰うとわかります。

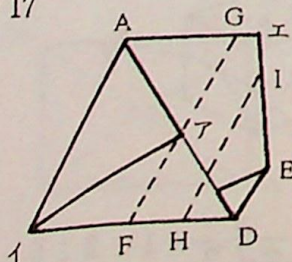


No.10の立体がよこに3コ連らなったものですがAA'、BB'で切った立体は星型No.35でありNo.35が連らなった立体でもあります。

金属の結晶で原子の位置が、このように配列しているものを面心立方格子と呼んでいます。したがって、この配列は正八面体と正四面体とも、正六面体とも、斜方六面体とも関係があることに気付くでしょう。

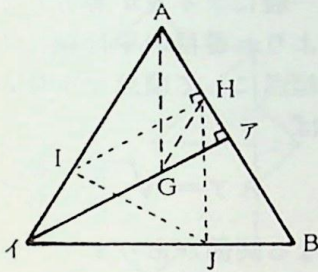
P 16 斜方六面体をすきまなく積み重ねる方法に2種類あります。1つは沢山積んでも同じ型の斜方六面体になるものと、他の1つは波の型に重ねて行く方法です。前者はNo.10と、後者はNo.11の立体構造と関係があります。No.11の立体構造を結晶では、六方最密充填格子といいます。

P 17



菱形を4コたてに並ぶように折るには、正三角形に折った紙の右側を開きDEをAIに重ねてADの2等分線を作りそれにまたDEを重ねて4等分線を作っていきます。

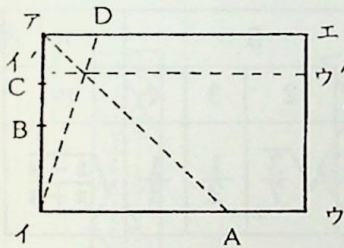
第7問



AイにAアを合わせてAGを作りAGにアGを合
わして、H点を求めればAH : HB = 1 : 2です。
次にAHとHBを合わせてAH ⊥ HIのI点を求め
同じようにしてJ点を求めれば △HIJが求むる
正三角形です。

60°と直角を含む三角形の60°を狭む2辺は1 :
2であるから。

第8問



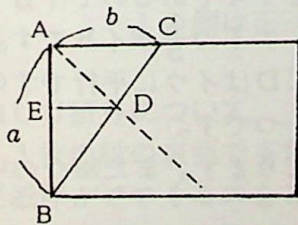
∠アの2等分線アAを折
り、アイの midpoint B、アBの
 midpoint C、Cに等しくDを取
りDイを結ぶ線とアAの交
点をEとしEを通る線に
イウをもってくれば

$$2 \text{アイ}' = \text{イ}'\text{F} \quad \text{アイ}' = \frac{1}{5} \text{アイ}$$

「ヒント」の三角形は△アイDで2等分線はアEであるので

アD : アイ = 1 : 4 = DE : EI = アイ' : イ'イ イ'イを半分、半分と
折れば5等分線が出来ます。

一般にn等分したいときは、 $a + b = n$ 、 a はとりやすい 2^r ($r=1, 2, 3, \dots$)
でたての辺にとり b は a の中から選んでよこの辺に取ります。



a は2、4、8などの数

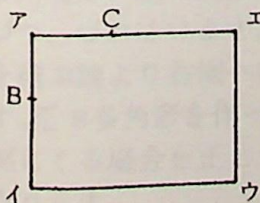
$$AE = \frac{b}{a+b} = \frac{b}{n}$$

この場合は $a=4$ 、 $b=1$ であるので、

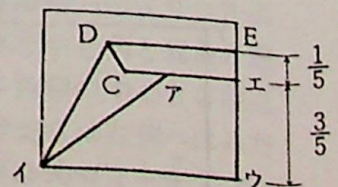
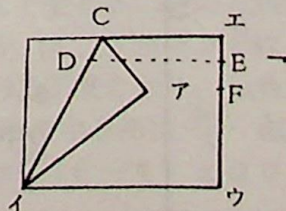
$$AE = \frac{1}{5} \text{である。}$$

○こんな方法もあります。

A)



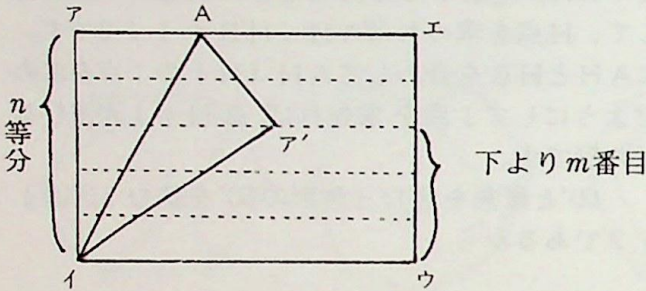
アイの midpoint B
アB = アC



ア上にCEがくる
ように折ります。

$$エE = \frac{1}{5}ウエです$$

この原理は次の方法を逆に利用したものです。



一般にアイを n 等分して下より m 番目の平行線にイを起点にして頂点アを合わせば

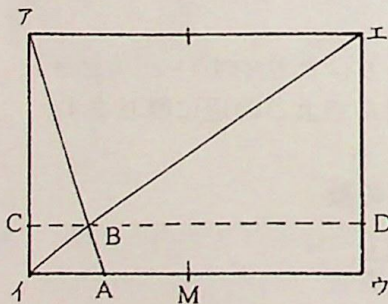
$$Aア = \sqrt{\frac{n-m}{n+m}}アイ$$

なる関係があります。普通 $アイ = 1$ としています。

この関係を表にすれば

n	2		3		4			5				n
m	1	1	2	1	2	3	1	2	3	4	m	
たてを1とすれば Aアは	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{2}}$	$\frac{1}{\sqrt{5}}$	$\sqrt{\frac{3}{5}}$	$\frac{1}{\sqrt{3}}$	$\frac{1}{\sqrt{7}}$	$\sqrt{\frac{2}{3}}$	$\sqrt{\frac{3}{7}}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\sqrt{\frac{n-m}{n+m}}$	

B) 最もよく折り紙に利用している方法。

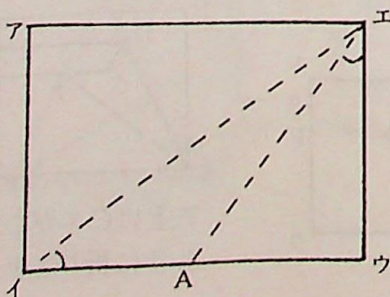


作り方 ウイの $\frac{1}{4}$ の点を A とし イエとの交点 B を作りそこを通る直線 CD がアイを 5 等分しています。

「原理」 $\triangle BIA$ と $\triangle BEA$ とは相似ですので $IA : EA = 1 : 4$ であるので $IB : BE = 1 : 4$. エイの $\frac{1}{5}$ が IB です。B を通る直線 CD はイウに平行ですので 5 等分線の一つです。

「参考」中点 M と エイ との交点を通る時は 3 等分になります。また M ウの中点と エイ との交点では $\frac{3}{7}$ です。

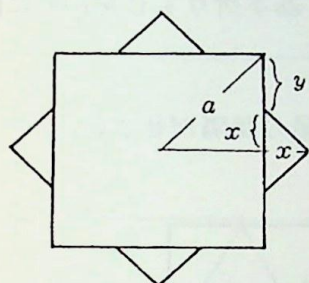
第9問



$1 : \sqrt{2}$ のとき A 点はイウの中点です。

P20 8つ星

長さの割合はどうなっているのでしょうか



$$\begin{cases} x+y = \frac{a}{\sqrt{2}} \\ y = \sqrt{2}x \end{cases}$$

$$x = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{2}}\right)a = 0.293a$$

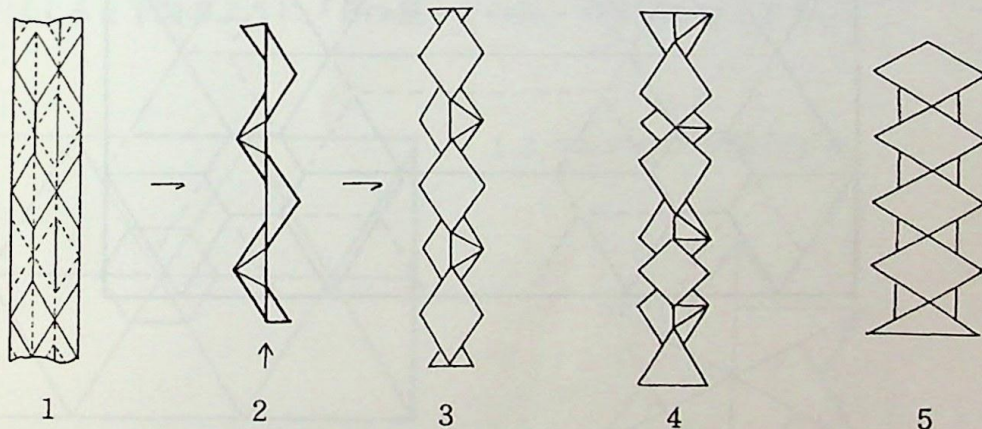
$$y = (\sqrt{2} - 1)a = 0.414a$$

したがって「とめしろ」の分は $\frac{0.293}{4 + 0.293} = 0.07$

以下である。

飾りのれん もっといろいろなものを工夫してみましょう。

例



要点 2の↑のところが一直線になるように折りすじをつけること。

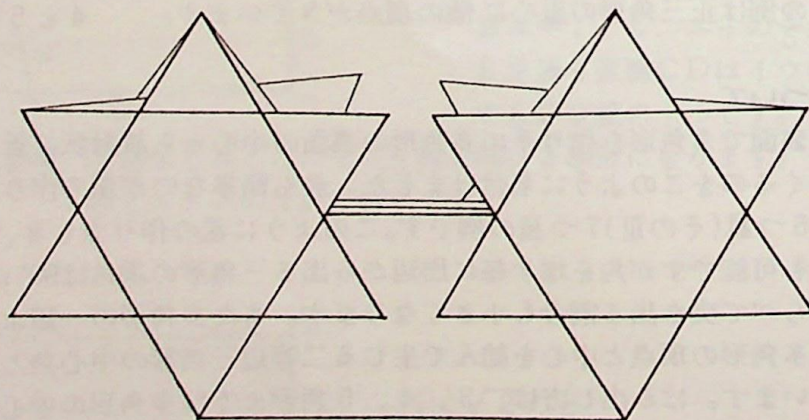
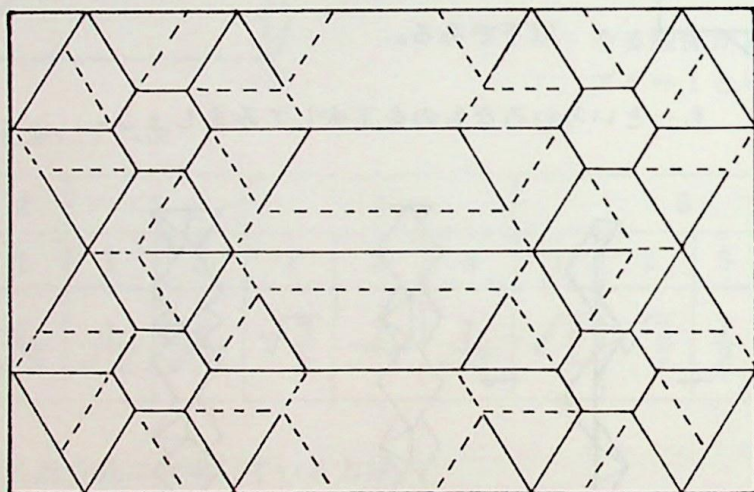
1の例は正三角形の重心に他の頂点がきています。 4と5は他の例

ねじり折りについて

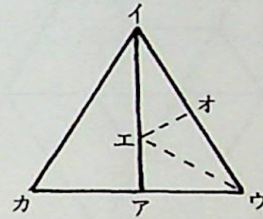
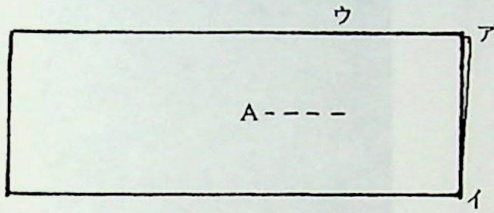
1枚の紙の表面で多角形を作りその多角形の裏面の中心から放射状に折りたたんだ紙片がでてくるのをこのように名付けました。最も簡単なのが星の作り方で、3つ星、4つ星、6つ星(そのⅢ)7つ星の例です。このように星の作り方も8、9、10...等。いくらでも可能ですが角を増す毎に周辺から出る三角形の頂角は90°に近づき、また直径にくらべて突き出る割合も小さくなります。また多角形の一辺よりつき出る角度は、正多角形の頂点と中心を結んで生じる二等辺三角形の中心角と底角の差つつ、づれていきます。はみ出し方は、3、4、5角形までは多角形の中心と各頂点を結ぶ線より右側へはみ出し、正六角形で丁度となり、七角形からは左側へはみだす。正n多角形を作っている二等辺三角形の中心角は $\frac{360}{n}$ 底面は $90(1 - \frac{2}{n})$ で右側にくる場合を正とすれば、角のづれは $\frac{90}{n}(6 - n)$ となり、正五角形では18°となります。

ねじり折りの星の作り方で紙の端を利用して星を作り勲章や「たからぶね」など面白い作品が作れます。また立体に応用したのが、角柱の例です。全紙面で連続したねじり折りの作品がC 1～C 6です。作品の作り方は、基本折りすじを初めに作り、多角形をねじるような感じで折って行きます。

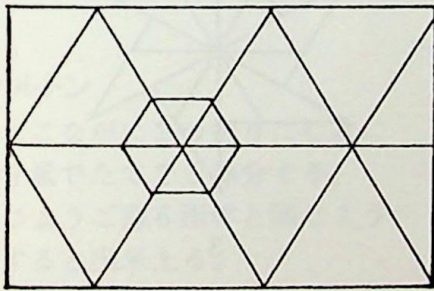
「宝船」 たて、よこの比が1.5位がよい。せまいと星と星の間隔がせまい。



ねじり折りを利用したいろいろな星の折り方

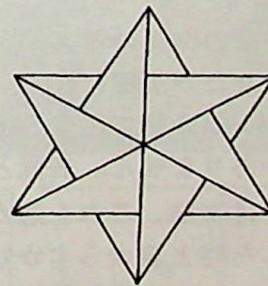


2つ折りにして、アを中心線Aに合わせして正三角形を折り、その頂点カをエに合わせして展開すると下図のように「6つ星 そのⅢ」の基本線ができる。

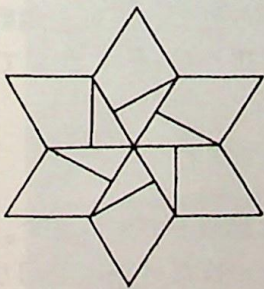


I

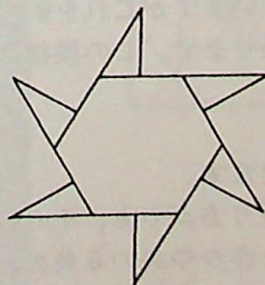
Iより次のものが作れます。



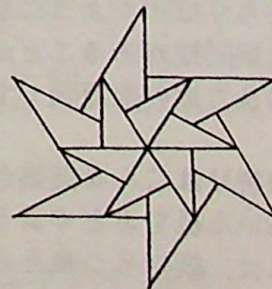
1



4

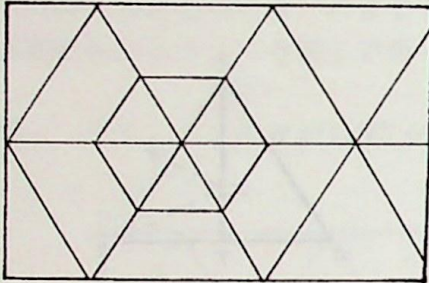


5

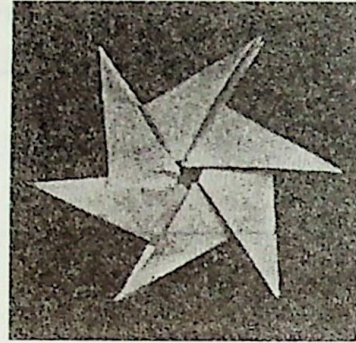


6

頂点カをオに合わせたときの基本線（Ⅱ）からは次のものが作れます。



Ⅱ

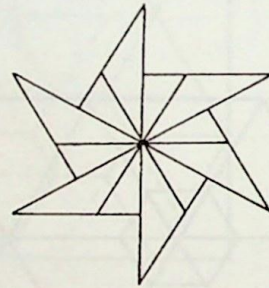


2

作品1, 2, 3, は表裏同じです。5, 6, の裏は2と同じになります。4, は6つ星そのⅢと同じです。

ねじり折りCの作品の写真がよくなかったので図を載せたが実際に作ってご覧になると、これが一枚の紙で出来るのかと驚かれるにちがいません。表面と裏面との

模様のちがいは勿論、これを透かして見るとまた違った模様が変わります。これも表から透した時と裏から透かしたときで変わります。写真は透視のネガ（白と黒が逆）ですがうつくしい幾何模様ができています。



3

表紙の下の模様について

紙片をちりばめたようになっていますがこれを斜め方向から見て、表紙を廻転させると規則性があることがわかります。この模様はねじり折りC₄を透かして見たときの長方形の配置図です。

ねじり折りはこんな芸当ができます。

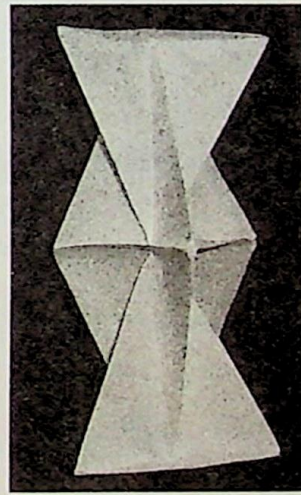
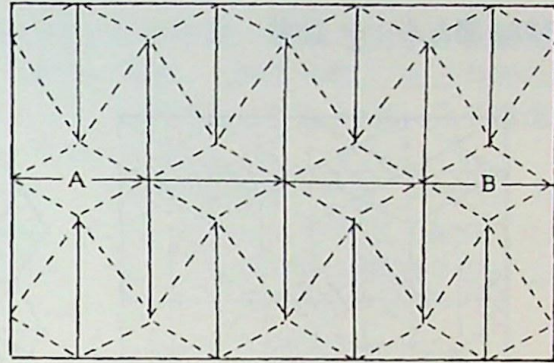
穴のあいた紙をふさぐような折り方ができ、その穴からは裏側がでてきます。ためしに、紙で6つ星そのⅢを作り中央の6角のところを一枚だけ欠みで切り取って開けて下さい。それをまた折ると穴がうまくふさがれるのがわかり裏側がでてきます。穴が規則正しく並んでいるとそれら全部をふさぐ折り方ができます。（穴の面積と全紙面の面積とで制限がありますが）

スケルトン

よこながに2つ折りにし次にたてに折ってから図の折りすじをつける。

図の実線の両側の点線で囲まれた部分を実線を境にして裏側ではり合わすようにし、後、AとBを重ね合わすと出来上る。

図の直角3角形は 30° 、 60° のものです。



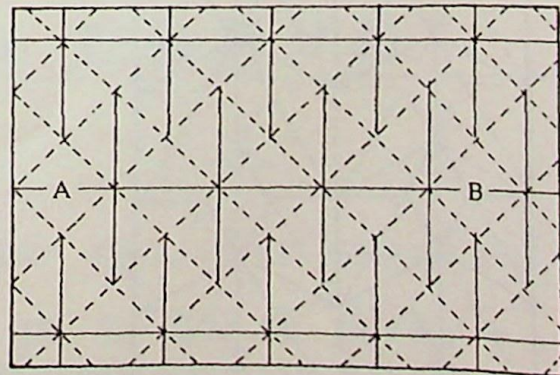
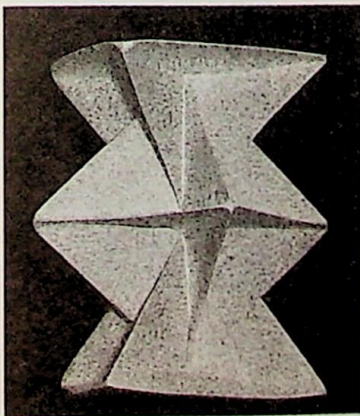
スケルトン

よこながに2つ折りにし次に目分量でたてを5等分する。

じょうご型6面体と同じようにすると出来上る。

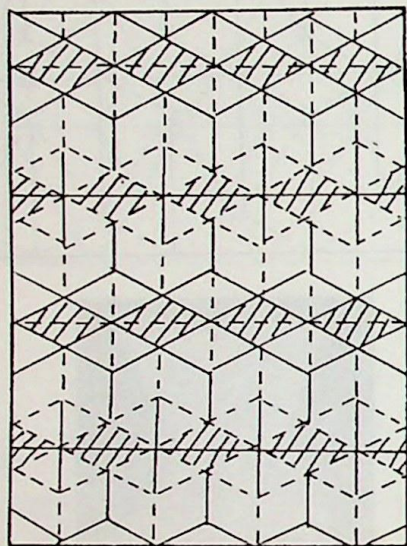
このような立体の連続体も作れます。考えて見ましょう。

その他これと同じような方法でいろいろな立体が考えられるでしょう。



じょうご型8面体で内へ折り込むところを外へ出したものがこれです。

B32 網たん $\frac{1}{4}$ (同)

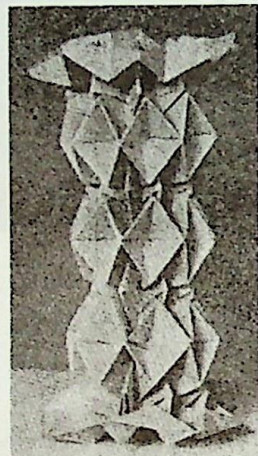


1

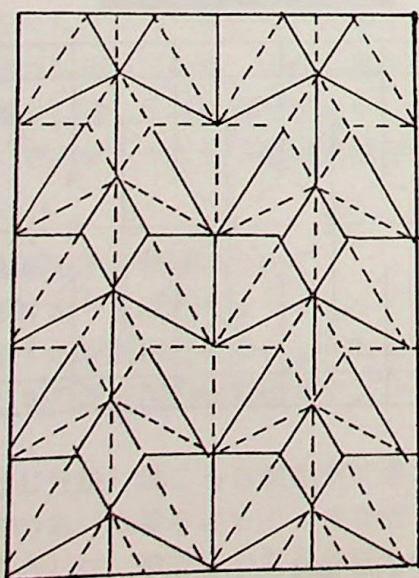


2

B32



B33 桃花 $\frac{1}{8}$ (同)



1



2

B33



この折りすじをよこ長にしてつけた方がいいでしょう。
写真はよこ長で作ったものです。

〔著者略歴〕

藤本修三

1922年生まれ。旧制浜松高等工業応用化学科卒業。軍隊と化学会社勤務を経て1950年から1985年まで中学・高校に勤務。1967年頃、正三角形の簡単な折り方を発見。以来、無数の幾何学折り紙作品を生み出す。分子構造模型を折り紙で作成するなど授業の中にも取り入れた。

特に、フジモトキューブ・フジモトアップルは世界的に有名。中でも、「藤本の漸近等分法」は簡単に「奇数等分」を行う方法として考案、確立した理論です。この理論をはじめ、多面体の作り方など「創造性を開発する」ことを中心に様々な専門誌へ発表、著作を出版。

今も世界各国から折り紙の研究者が、篠山の自宅を訪ねてきている。

元、日本折り紙協会会員・イギリス折り紙協会会員。

兵庫県学校厚生会「親子ふれあい折り紙教室」指導員。

藤村典子

1958年生まれ。京都教育大学特修理学科卒業。篠山鳳鳴高校生徒の時、化学の授業で、折り紙を使って正4面体構造の教えを受け、立体折り紙の魅力にひかれる。

教職に入り、中学校教師時代も理科の授業中に紹介してきた。現在も藤本修三先生に師事し、研鑽を積みつつ、小学校の児童やPTAや地域の人と共に立体折り紙を楽しんでいる。

現在 三田市立武庫小学校教師。

兵庫県学校厚生会「親子ふれあい折り紙教室」指導員。

創造性を開発する 立体折り紙

昭和51年7月20日印刷

昭和51年8月1日 発行

平成15年4月1日複製発行

平成19年8月1日再版複製発行 定価1,500円（送料200円）

著者 藤本修三・協力 藤村典子

発行所 (財)兵庫県学校厚生会 丹波支部

〒669-3309

兵庫県丹波市柏原町柏原1691-1

電話 0795-72-2096

FAX 0795-72-3487

印刷製本 明顕寺同朋の会

〒669-3309 兵庫県丹波市柏原町柏原263

TEL 0795-72-0631 FAX 0795-73-1463