

トラス構造の造形教育へのアナロジー的応用

Trussed Structure and its Analogical Application to
the Three-Dimensional Design Education.

デザイン学科 スペースデザイン

網本 義弘

Yoshihiro AMIMOTO

Space Design in Dept. of Design
Kyushu Sangyo University

本研究のねらい

スペースデザイン（空間造形）教育の基礎的訓練として、一次元的素材である具体的線材を利用し、一挙に三次元的な立体を構築するため、「トラス」を応用するケースが多い。このあり方は欧米各国でも共通しており、ストローや細い角材を使つてのトラス学習である。

さてこのトラス (truss) とは、「三角形の部材を単位とした構造骨組のこと」であり、トラス構造 (trussed structure) とは「節点がピン状で各部材が三角形を構成する骨組のこと」とされている。この定義からもうかがえるように、トラスというものは一般的には建築や建設工学の分野での基本的原理的構造であり、時には完成形態のことでもある。従つてこれを造形教育に応用する場合は、通常その分野の事例の単なる簡易模倣に終始してしまうことが多い。それでも例えば理想的には、デザイン工学の視点からトラス世界に一大革命をもたらしたバックミンスター・フラー (Buckminster Fuller) の発明によるトラス型ドームや、 Monumental なディスプレイ用立体トラスなど(図1)を手本とした、せめてもの習作行為であろう。

だが、芸術的要素の強いデザイン系におけるトラス利用の空間感覚訓練では、往々にして学生はそれを工学的イメージ、即ち「かたい」「無味乾燥」と受けとり、学習意欲にも欠けるようである。原理的に決定されすぎている、自らの自由な創意

工夫の余地がほとんど無いことが、興味も楽しさも半減させるからであろう。

ところで、残念ながら空間デザインにとって不可欠なこの工学的基礎訓練を、本来造形芸術にこそふさわしいものであった、という逆説的に領域を反転させる教育方法として今回着目したのが、「トラス」と「デッサン」の間の意外なアナロジー

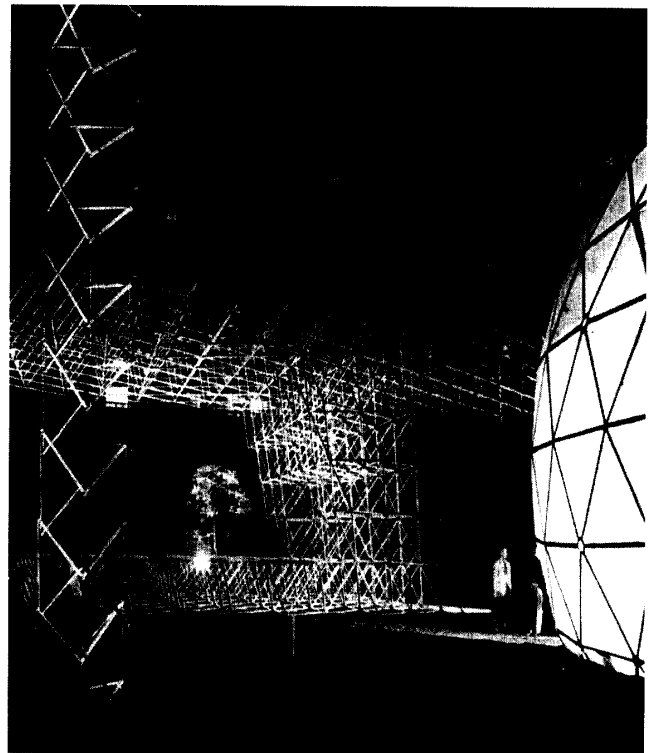


図1 B.フラーの発明による三種類の構造物 (ニューヨーク近代美術館)
“INVENTIONS The Patented Works of R.Buckminster Fuller” 1993より

一（類似性）である。デッサン（dessin）は字義どおりデザインの最大基礎である。そのデッサンがそのままトラスに適用できるならば、トラスをデザインに応用していたこれまでの従属的立場から解放され、トラスは人間の行為の順序からしても工学より先に造形の領域であったという自信のもと、改めて独自のbasic design教育の展望が得られるかも知れないと考えるのである。

デッサンとトラス

ではいったい、デッサンにおけるトラスとのアナロジーとは何であろう。デザイン教育における素描は美術教育のそれとは異なり、しばしばやや硬質の鉛筆やペンを使用することが多い。図2はリンゴを鉛筆で描いたものである。そこでその拡大部分（図3）を子細に見ると、四角形や五角形におとらず三角形（それらの線はいずれも厳密に言うと大部分が曲線）の多いことが判る。つまりこのリンゴのデッサンは、過半数が三角形によって構成されているとも見える。この様相は、対象がより複雑な曲面体や高度な有機体になるほど、縦横の平行曲線に加えて斜めの曲線が多くなるので、必然的に三角形出現の頻度が高くなる。

つまり、構造原理に則った建造物よりも、身の回りのプロダクト製品の外観の方が、さらには自然生物の形態デッサンの方が三角形は多発するのである。

この現象から、(I)「デッサンされる対象は、

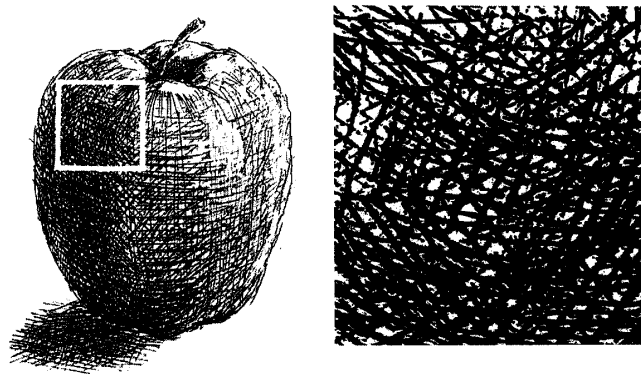


図2 リンゴの鉛筆デッサン 図3 図2の白い枠内の拡大部分

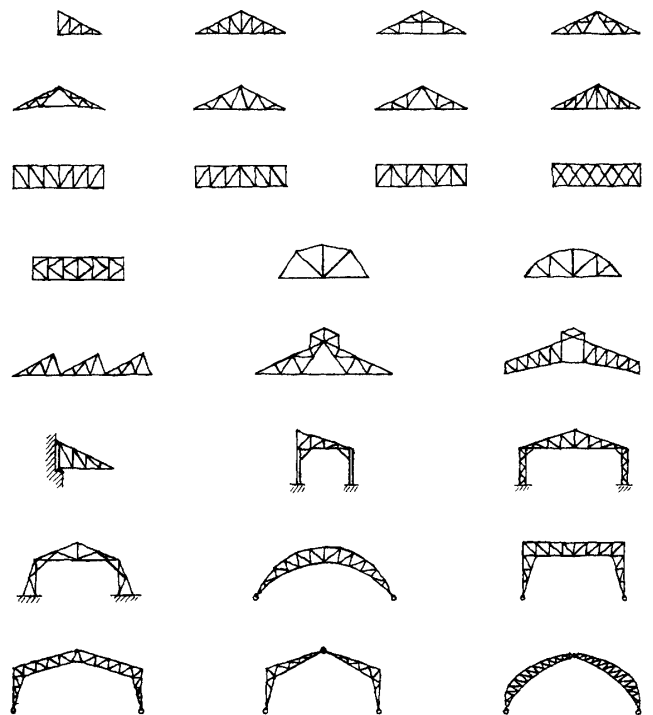


図4 トラスの種類 『建築大辞典』(彰国社)を参照

画面上では三角形で構成される」と言える。そしてこの対象は一般的には三次元の立体を成しているから、(II)「対象はトラスにより構築される」との定義が可能となる。この三角形トラスをもし具体的素材で構成すれば、現実の「平面トラス」および「立体トラス」となる。建築・建設工学で扱うトラスは、大半が立体トラスであるが、それを種別的にファサード化して図示すると図4のようになる。

トラス構造の視覚力学的判断

これらデッサンに内蔵されるトラスを、現実のデザイン教育の中での空間構成に応用していくためには、工学的物理学的実験や計算に代る、造形的手法が必要となってくる。それはあたかも、アリストテレスやバークリの人間定義のように「視覚」を中心として、触覚の体験を動員し、ひたすら「眼力」によって構成・構築の力学を読みとる、即ち「視覚力学」的直観推理による方法である。

要するに建築工学的知識としてのトラスなるものを知らなくとも、われわれは視覚力学によりト

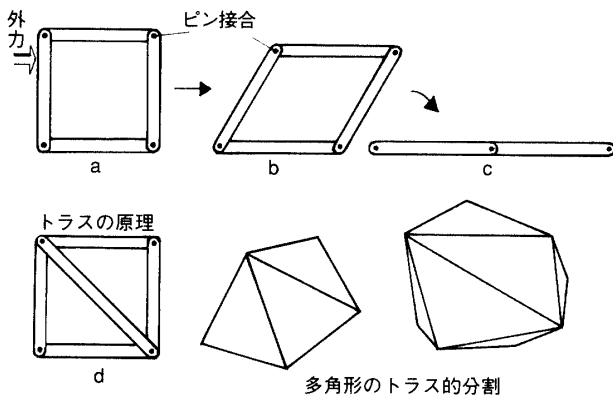


図5 トラスの発見

ラスの原理およびトラスの適切な構造を知り得るからである。

(1) トラスの原理。図5のaは4本の部材で構成された正方形であるが、節点がピンで接合されている（pin joint）ため、水平荷重のように横から外力が加わると、bに変形し、更に力が加わると最後にはcとなり形態は消滅する。このことは、あの阪神大震災での筋違（すじかい）の無い木造小屋の惨状例を思いおこすまでもなく、視覚的本能のみから容易に推測がつく。従ってそれを防止するためには、dのように同じピン接合の対角線を入れるだけで、もとの正方形は完全に維持できる。換言すれば、四角形を二つの三角形に分割することで変形は防止されるのである。五角形以上の多角形も同様である。

(2) トラスの適正構造。ではトラスの最小単位である三角形構成体は、それ以上分解不要かというところではない。同じ大きさのトラスでも図6のAとa₁では、視覚的判断から早座にAは力強くそのままでも充分のようだが、a₁はいかにも弱体であると判断される。そして、もしa₁をAと同じ強度の構成体にしなければならぬとすると、a₁をどんどん分割し、a₂でなくa₃に至ってようやく達成され得るのである。これも誰にも自明な相似形的視覚判断による。

空間造形へのトラス構造の応用

こうしてトラス構造なるものを、「デッサン」

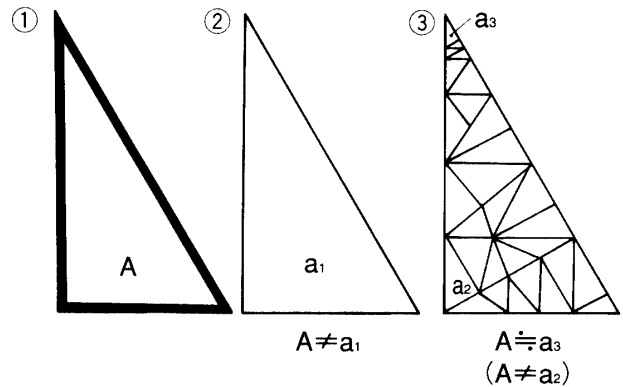


図6 トラスの構造の相似形的判断

と「視覚力学」という完全に造形・デザイン分野の手法へと移管した後、具体的な実践訓練に適用させてみるとどうなるであろうか。以下に本学のスペースデザイン系1年生の科目「基礎造形」の一課題として行なった内容を述べる。

〈テーマ〉『具体的対象または抽象的对象をトラス化して構築』

使用材料は、断面2mm角の細長い角材。接着剤はセメダインC。

具体的には、以下のような補足説明、諸条件、アドバイスを与えながら作業を行なう。

(1) 具象的な対象の抽象化：① 可視的に認識できるあらゆる具体的な人工物や自然物。その際、対象に、「そのまま」または「拡大・縮小」「変形・歪曲・誇張」「省略」「破壊」「意味変換」「機能変換・多機能」などの操作を施す。

② 抽象的な対象を具象化：宇宙、神仏、絶対、本質、真善美など、不可知・不可視の形而上学的概念。その偉大な例として、かつてピュタゴラス教団とプラトン学派は、正多面体という、すべてトラス化し得る（正6面体のみは、側面が正方形だがこれも前述のとうり三角形に分割される）5個それぞれ完璧な抽象体に、火（正4面体）、土（正6面体）、空気（正8面体）、宇宙（正12面体）、水（正20面体）というイメージを付与したのは、それをオカルト的神秘主義と見なすよりも、現代人には欠落した驚嘆すべき豊かな感性が

生みだしたイメージ力と解釈した方がよい。

(2) 「具象」と「抽象」を美学的哲学的定義と考えるのではなく、具象の対象をできる限り少ない三角形で構成すると結果は抽象的形体となり、逆に抽象的对象を多くの三角形で構成してゆくと自然と具象的形体とならざるを得ないと考えてみるのである。換言すると具象と抽象とは、視覚的には線の数の多少に還元されてしまうわけである。

(3) 対象をトラス化するためのデッサンには二つの方法がある。① 全体像を三角形に(into)分割してゆく。② 三角形によって (by) 全体像を構成する。① の場合はじめのうちは線(三角形)が多くなりがちで、すぐ1000本以上書いてしまうので注意すること。実際の制作を想定し、可能な限り線を少なくする方がよい。

(4) トラス化を忠実に履行するあまり、同じ長さの部材のみの使用は単調な表現になりやすいので、図6の③のように自在に減り張りをつけてもよい。

(5) 2mmの角材使用は、小型のカッターで簡単に切断が可能であり、部材どうしの末端接合部分にそれほど厳密な細工を施さなくてもよいという利点がある。接着剤をセメダインCに限定したのは、2mm角材に対して乾燥・接合に数分を要するが、これは制作時における試行錯誤の時間とやや一致するという、偶然とも言える逆説的メリットがあるからである。もし瞬間接着剤を使用するならば、所定位置への唯一回の操作による完全な技術が要求され、一般的でない。

(6) 完全な立体トラス(最強は4つの三角形から成る四面体の集合体)が困難で、平面トラス部分が残ってしまっても、出来上がった結果は外力に対して強く、構造自体が安定した形態であることが望ましい。

(7) 以上のコメントのもと、創作意欲を刺激させながら楽しく制作してゆくためには、対象選択の意外性やユーモアのあふれた作品を期待する。

結果は、写真頁1~12のように多種多様な作品が提出された。それらを対象別に分類しなおすと次のようになる。

- 1) 人工物—金属, プラスチック製など硬いもの
- 2) 人工物—紙, 木, 布製などの柔らかいもの
- 3) 拡大された人工物
- 4) 植物
- 5) 動物
- 6) 人間に関するもの—人体の部分
- 7) 人間に関するもの—⑥以外のもの
- 8, 9) 置き方によって意味が変換するもの
- 10) 意外性と一体化
- 11) 抽象形態, 他
- 12) 作品をコントラストの強い写真にしてみたところ, 一見コンピュータグラフィックスの立体図形作成におけるワイヤーフレーム・モデル(wire-frame model)を錯覚させる効果になるのは愉快である。写真自体が新たな空間イメージへの造形情報を内包させているからであろう。

結論と展望

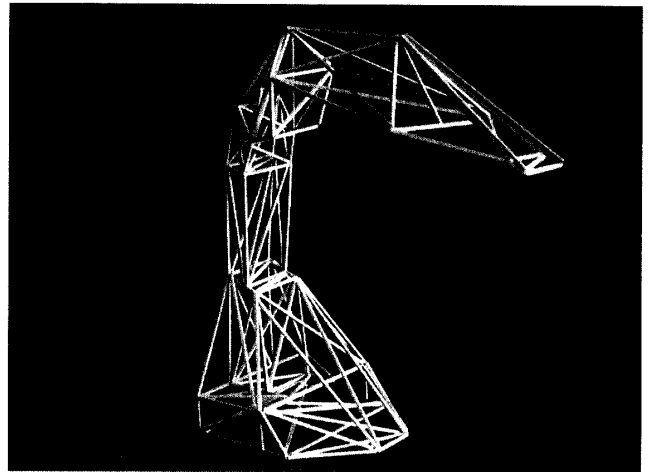
何よりも大きな成果は、楽しく作業できたという学生からの予想どおりの報告と、さらにはもっと大作に挑戦しても良いとの創作意欲の触発が見られたことである。

このささやかな試みの結果から、点と線を結び線とし、線と線を連結することで実在しない面を見、非実在的な面の総合により、古代ギリシャ人が天空の星々に限りない具象イメージを見出したごとく、空間の中に三次元formを自在に形成構築できる能力が多少とも身についたであろうか。そして、CG操作に臨むに当たっても常に最初からクリエイティブなワイヤーフレーミングが可能となるような能力、さらには近ごろ工学からのデザインへのアプローチとして話題の「人工物工学」の原理とされるabduction(直感的仮説形成推論)能力の養成に対する、デザイン側からの一提案になれば、とも思っている。

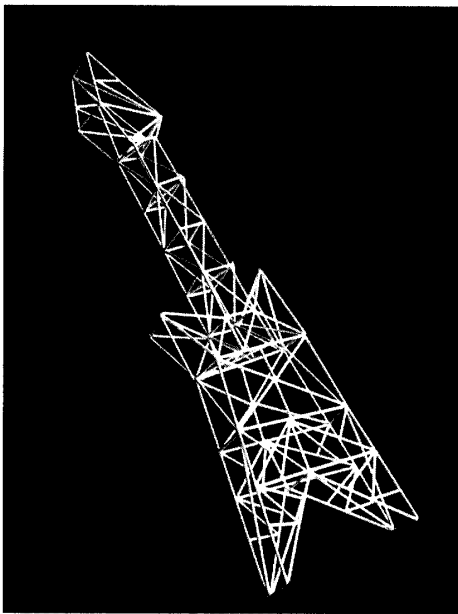
人工物—金属・プラスチック製など 硬いもの

- a 電気スタンド
- b エレキギター
- c ドライヤー
- d プラグ
- e 蛇口

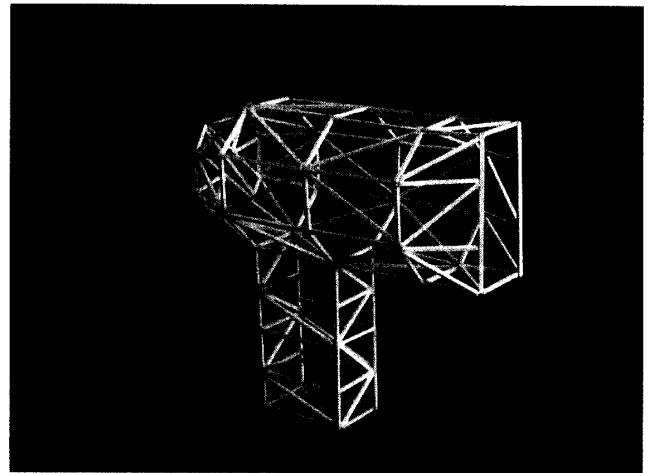
a~e はいずれも素直に表現されているため、しっかりした立体トラスになっている。



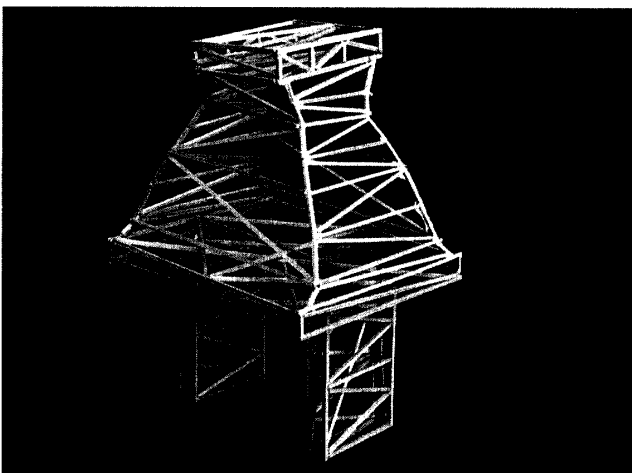
a



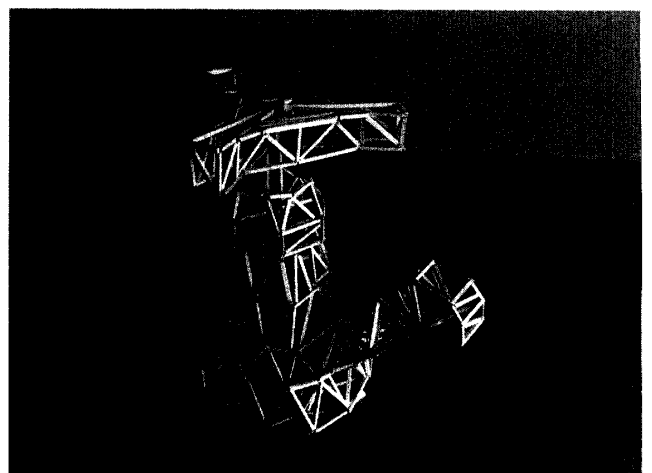
b



c



d



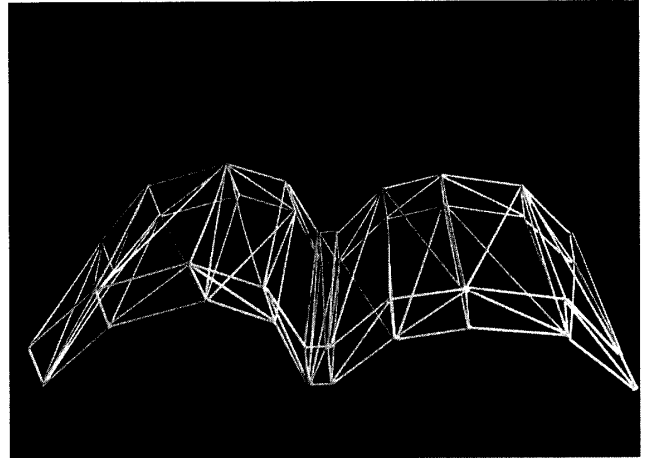
e

人工物—紙・木・布製の柔らかいもの

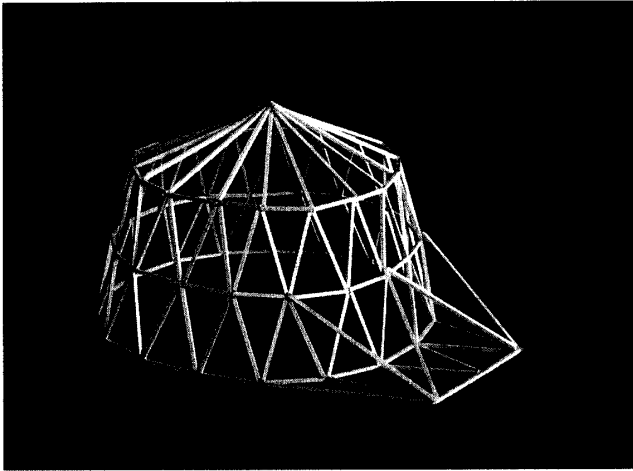
- a 開かれた本
- b 帽子
- c トイレットペーパー
- d ブラジャー
- e 扇子

a~e はいずれも立体トラスになりにくいものに挑戦した努力と発想がうかがえる。

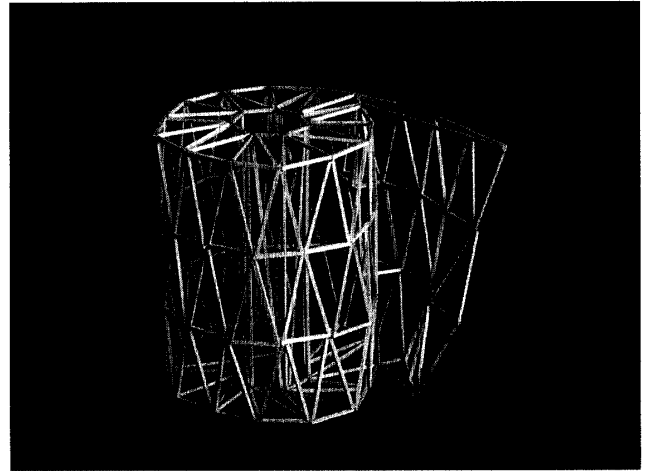
しかし d はその楽しさに反して上部は立体トラスになっていないので弱い。



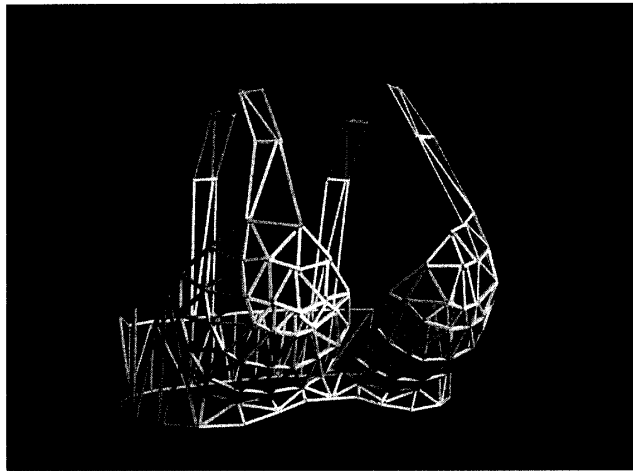
a



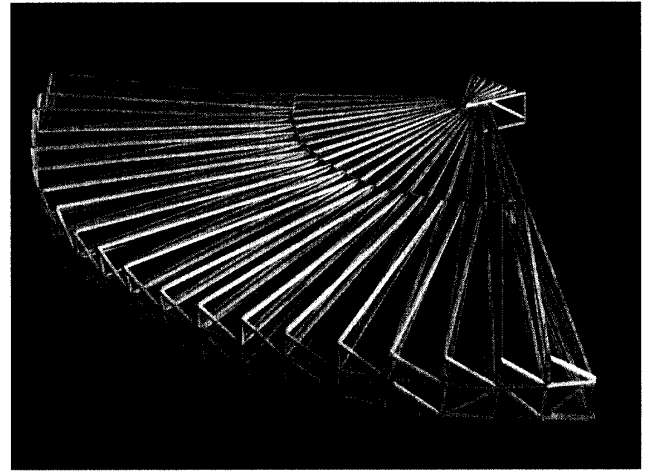
b



c



d

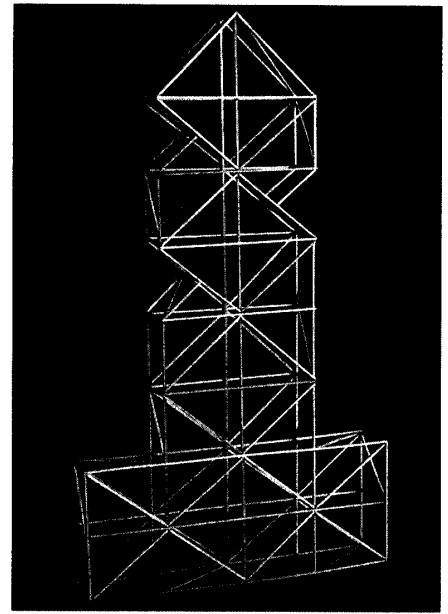


e

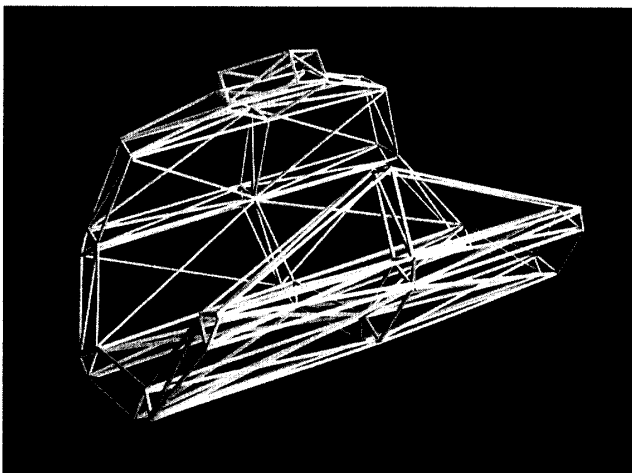
拡大された人工物

- a 鍵
- b カップ麺の蓋
- c 押しピン
- d 缶の栓
- e 洗濯バサミ

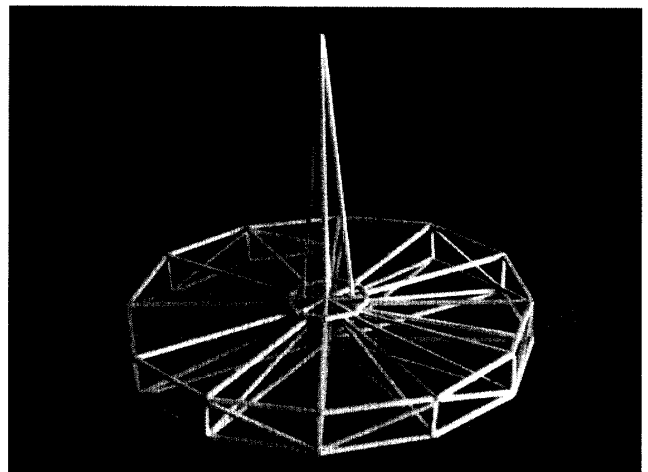
a, bは一瞬何かなと思わせる愉快的な発想。



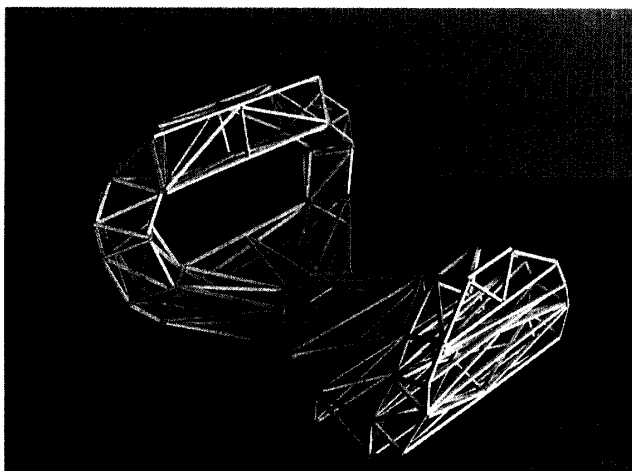
a



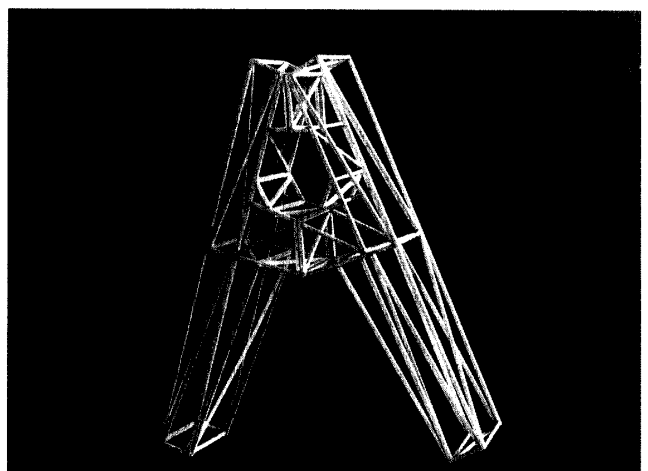
b



c



d



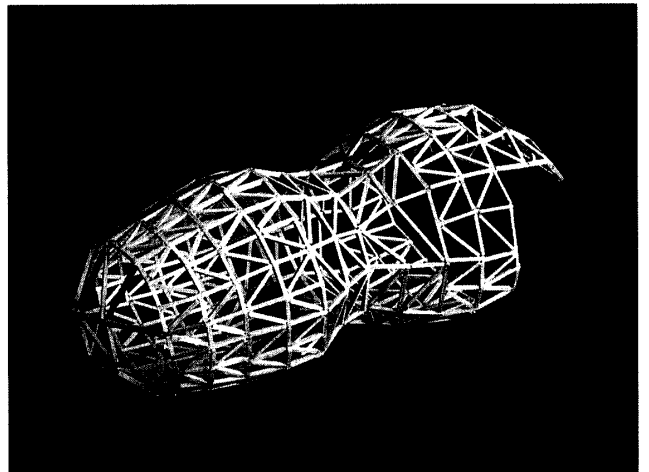
e

植物

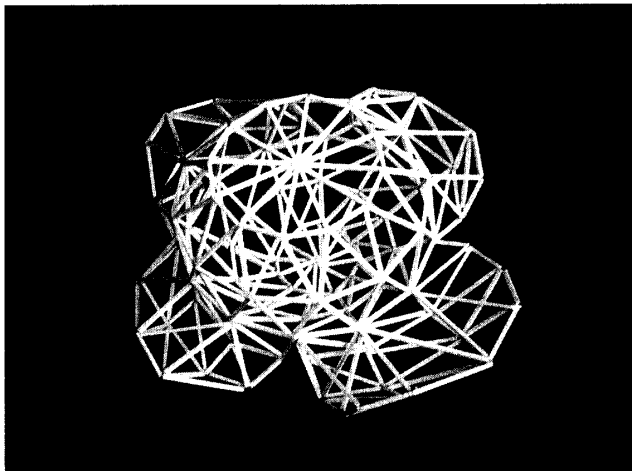
- a 落花生
- b 皮をむいたミカン
- c 貝
- d 松茸
- e メロン

a は提出時に落下し一部破損したためかえってリアルさが増した。

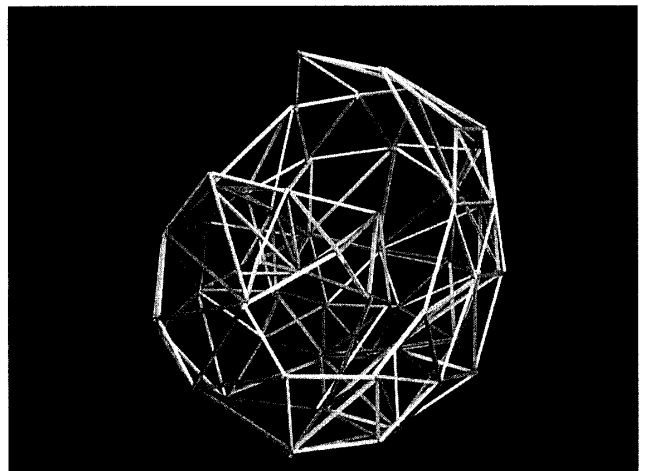
b の皮も立体トラスになっている。



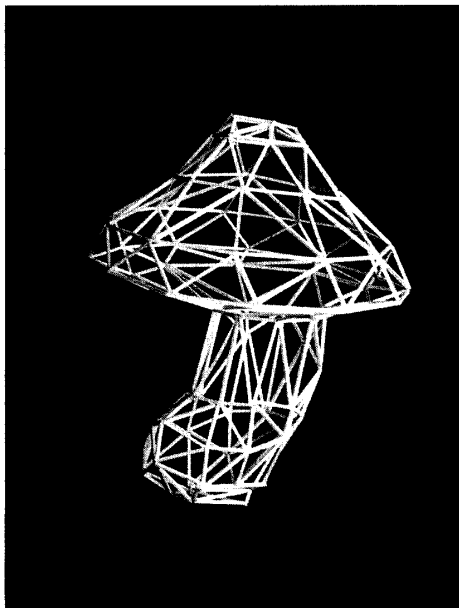
a



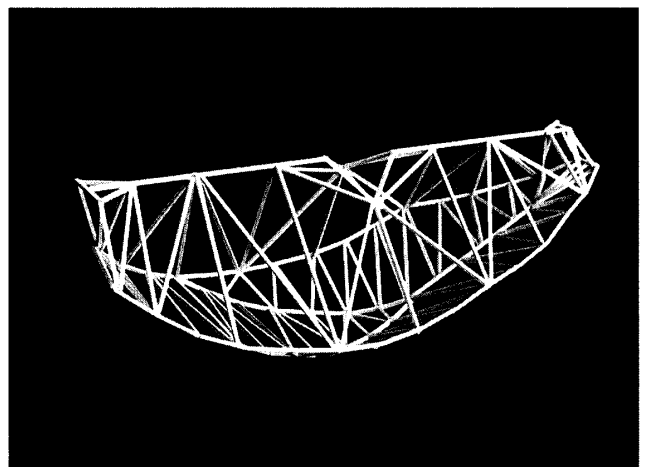
b



c



d

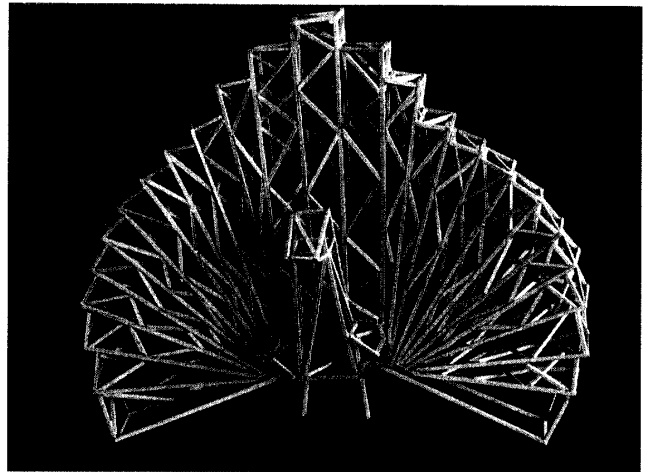


e

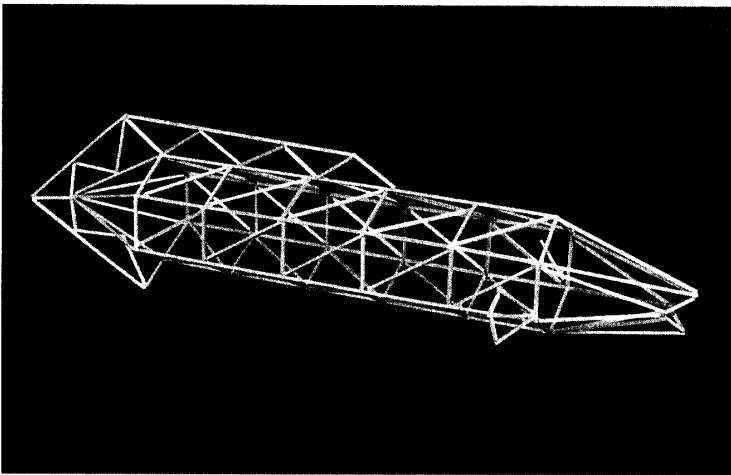
動物

- a 孔雀
- b シーラカンス
- c クジラの尾
- d エビフライ
- e 馬の頭

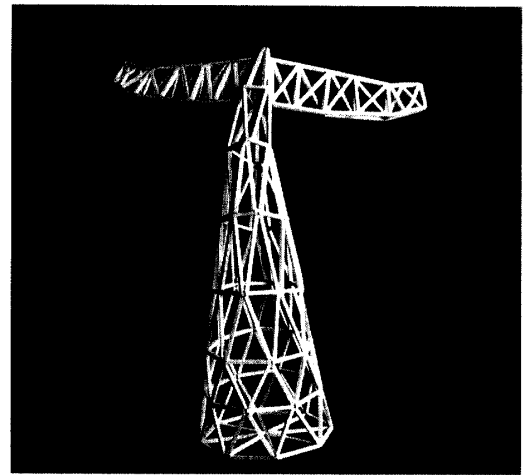
a~e はいずれも対象に適合した立体トラスの工夫が見られる。特に d と b,e は対照的であるが対象の特徴がよく生かされており, d など思わず吹き出してしまふ。



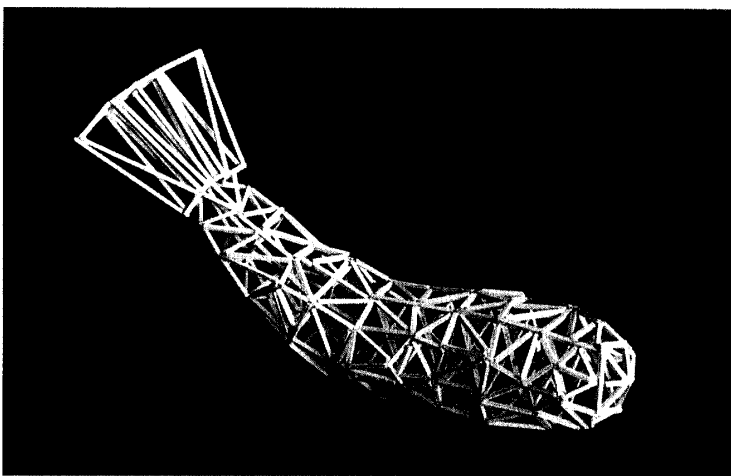
a



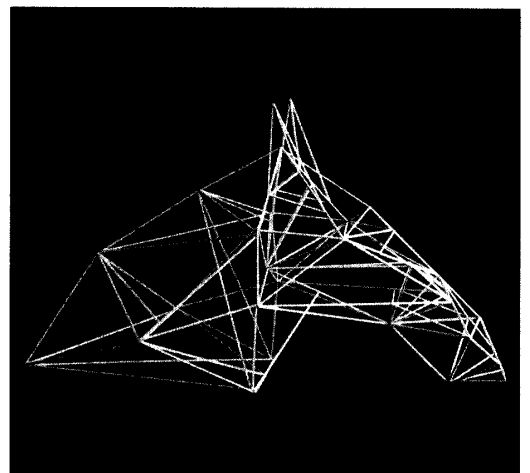
b



c



d



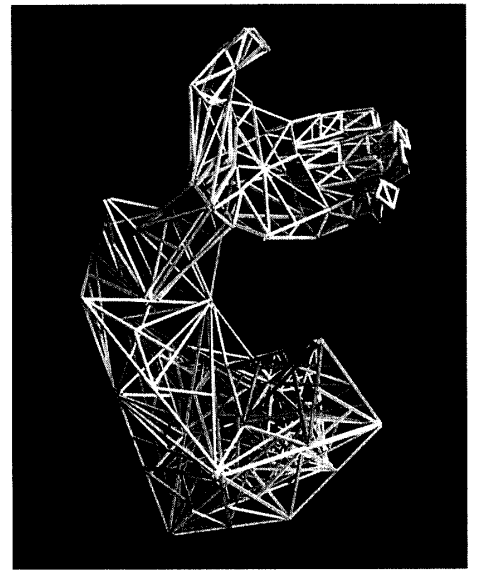
e

人間に関するもの—人体部分

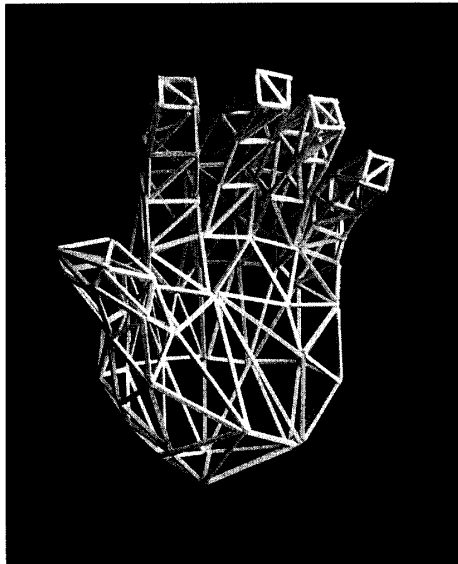
a~d 手

e 手足

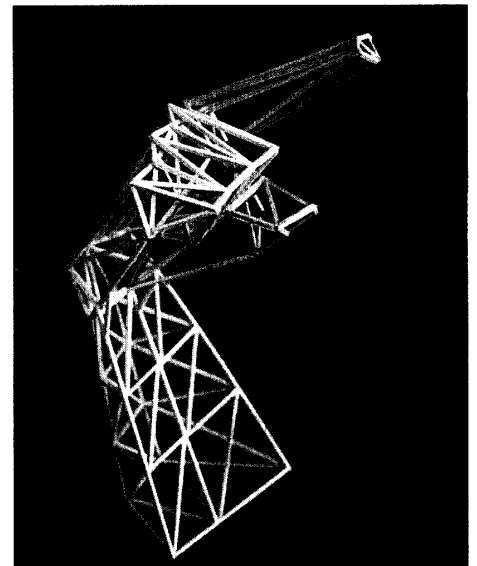
ヴァリエーションが一番豊富な手は、立体トラスの良い対象であるが、aは腕と手の凝縮されたイメージの力作であり、eは手と足が短終直結されたユニークな発想。



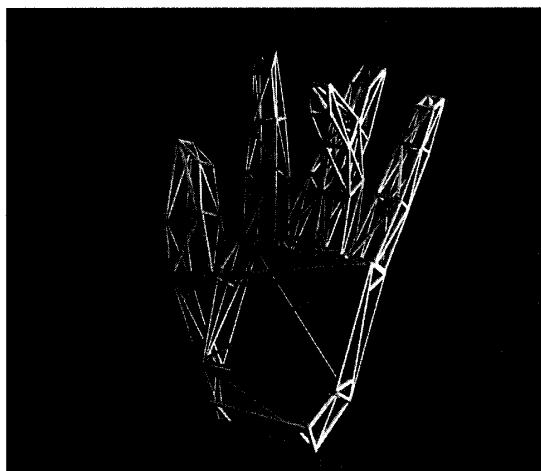
a



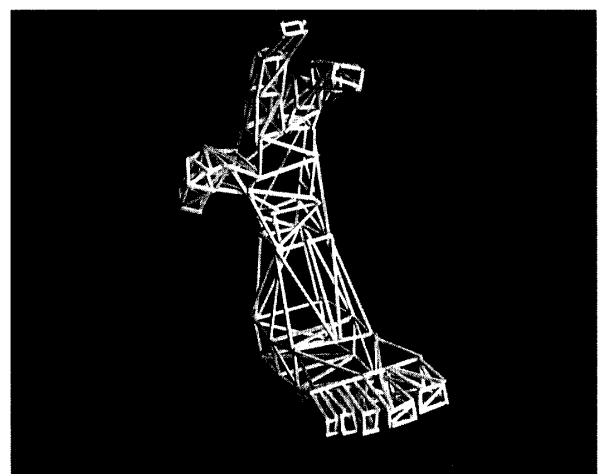
b



c



d



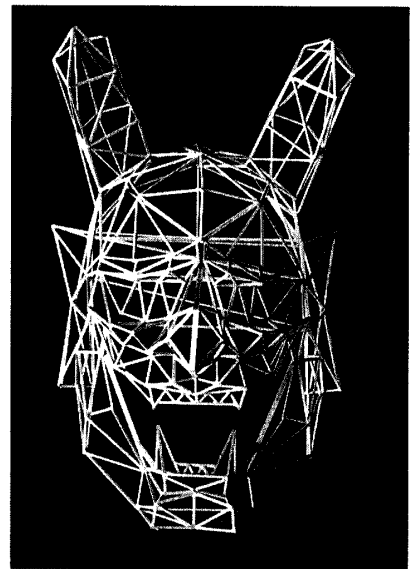
e

人間に関するもの

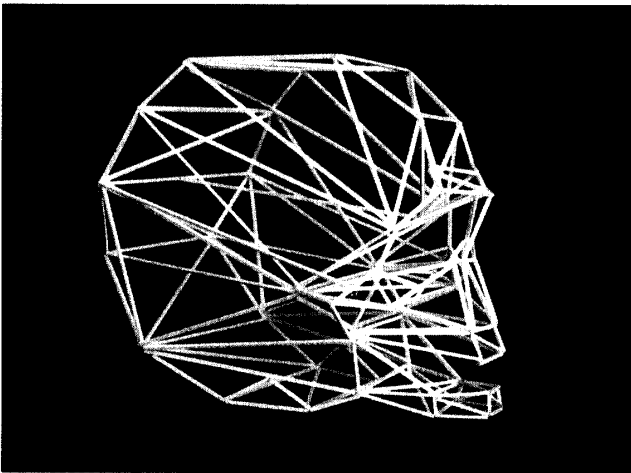
- a 般若面
- b 頭蓋
- c 心臓からのイメージ
- d イースター島の巨人像？
- e 日本舞踊

a はトラス化したことで本物より凄みと迫力が感じられる。

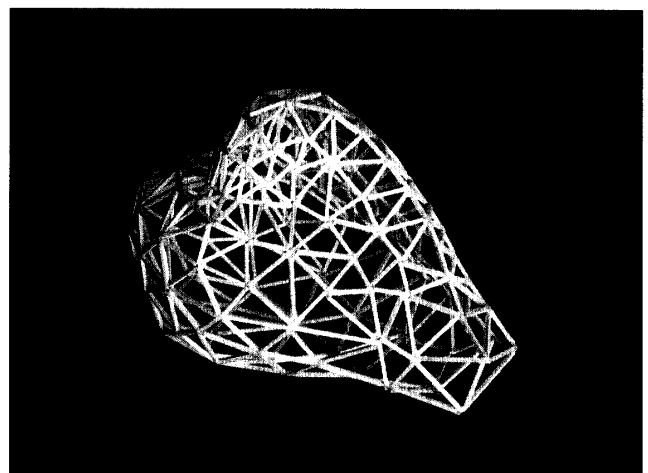
e は顔面を自動車のVOLVO調にしたため、静かな情念の籠る姿となっている。



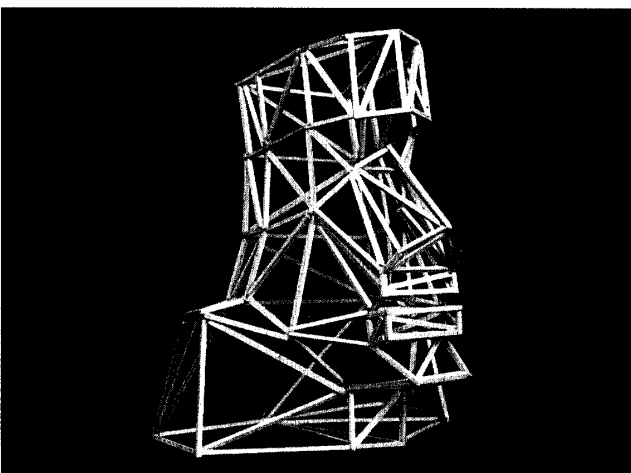
a



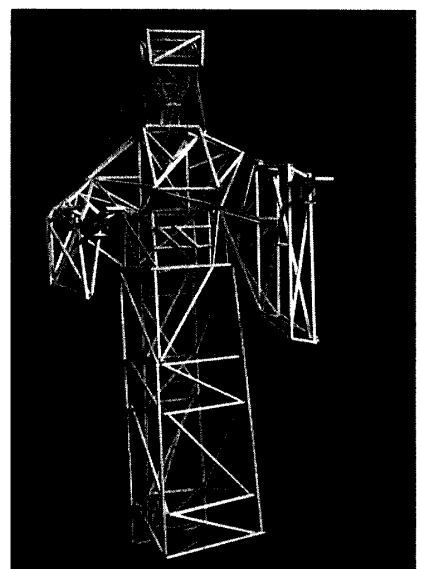
b



c



d



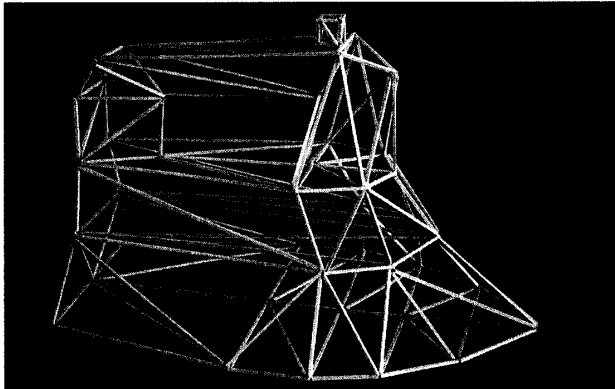
e

置き方による意味変換

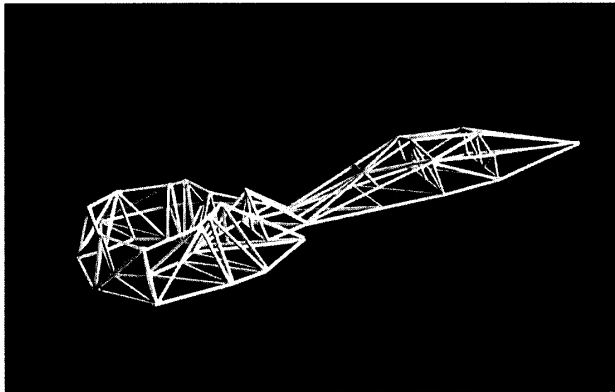
a-b アイロン — 船

c-d カルデラのある島 — ネクタイ

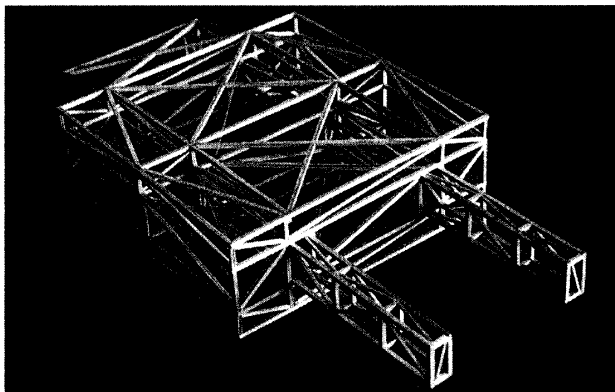
e-f プラゲーロボット



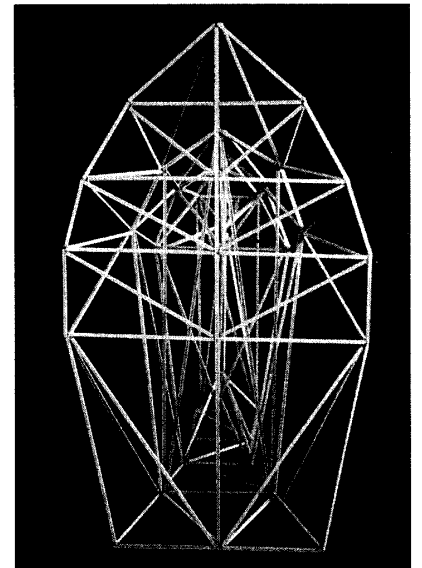
a



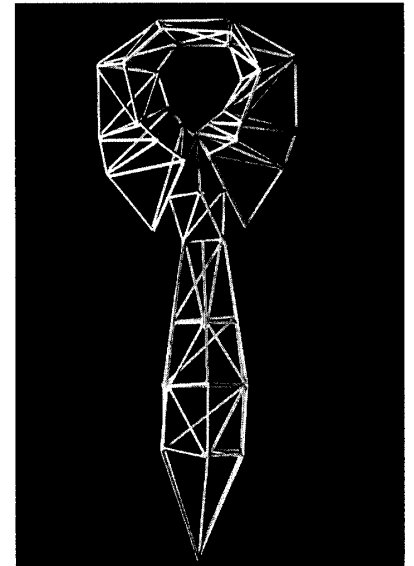
c



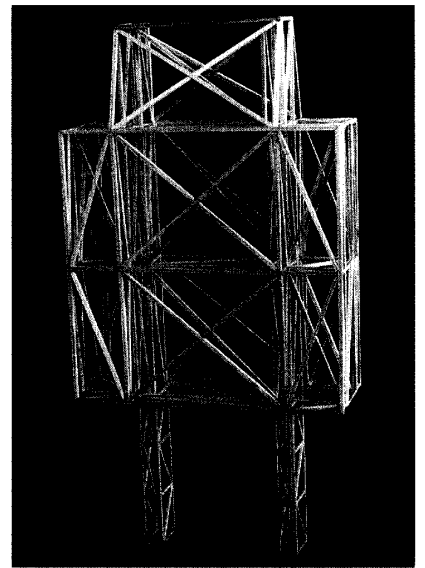
e



b



d



f

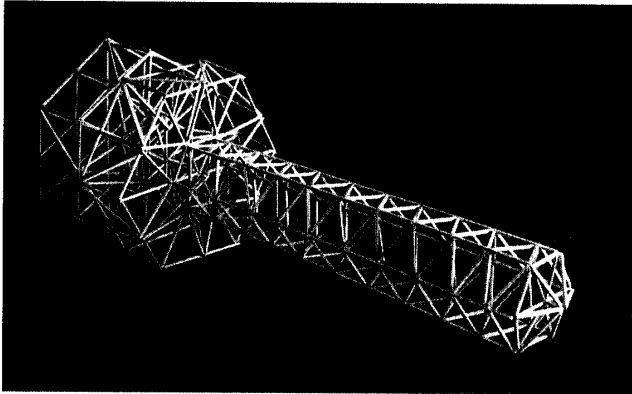
置き方による意味変換

a-b ボルト・ナット — タワー

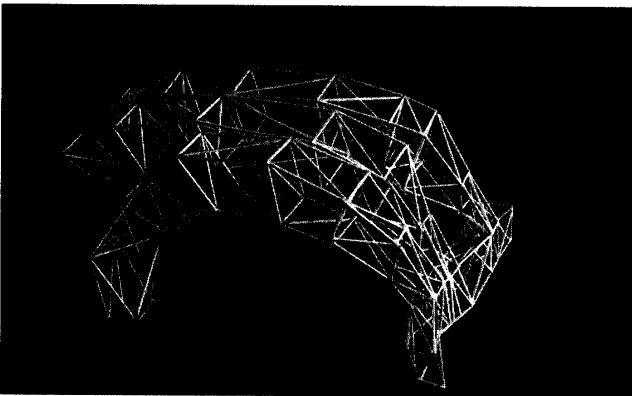
c-d 突進するイノシシ? — 指のイメージ

e-f 慈姑(クワイ) — 歯

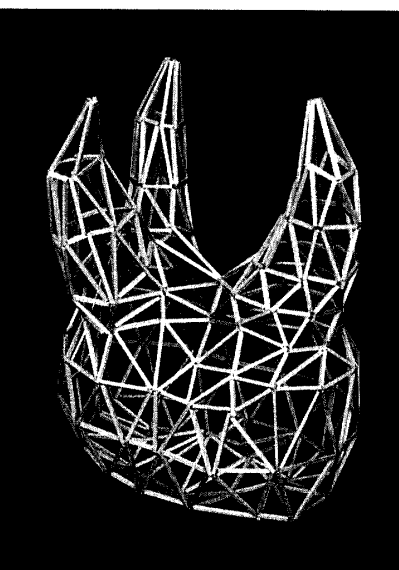
e, f は実際に三本ではないが, それぞれのイメージがぴったりするのは, 立体トラスの威力か?



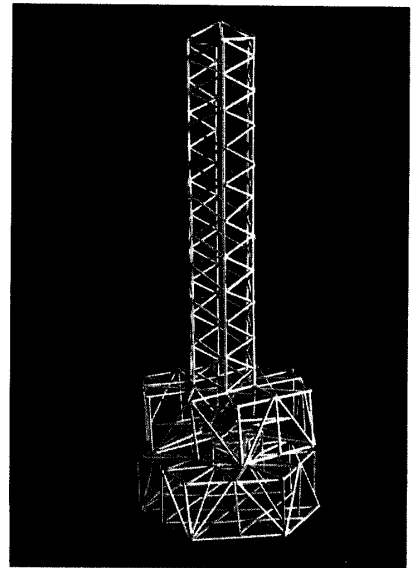
a



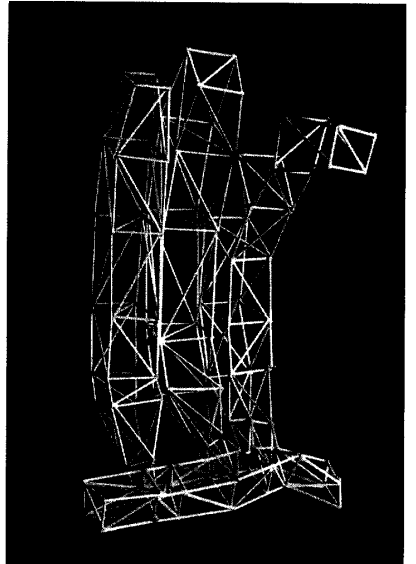
c



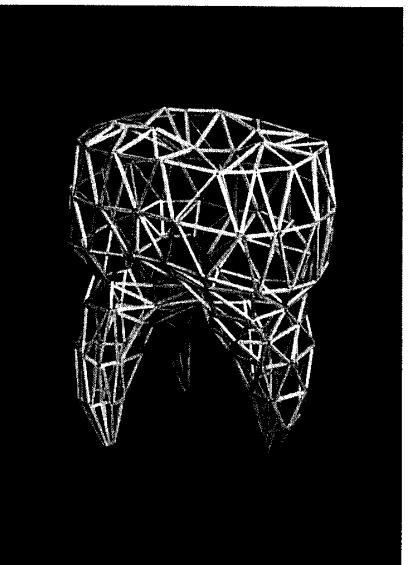
e



b



d



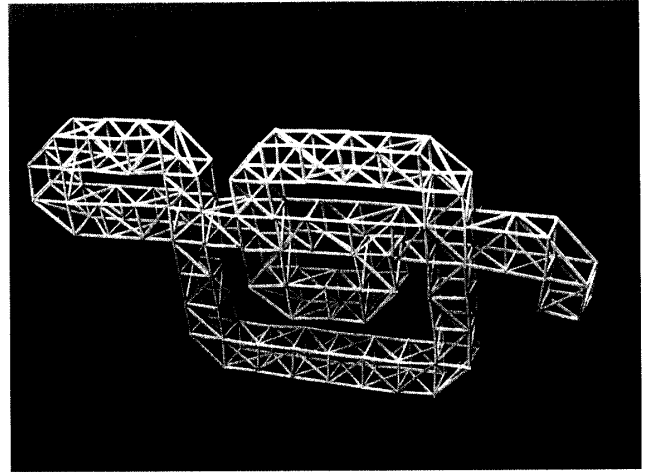
f

意外性

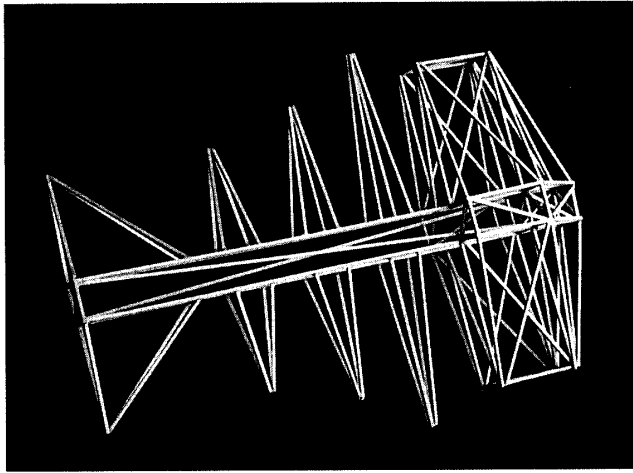
- a ト音記号
- b 身のない魚
- c 本とケース
- d タバコの煙をはく男
- e ねり歯みがきチューブと歯ブラシ

a は記号の立体トラス化, b は身を食われてしまった残骸という, いずれも意外性の面白さ。

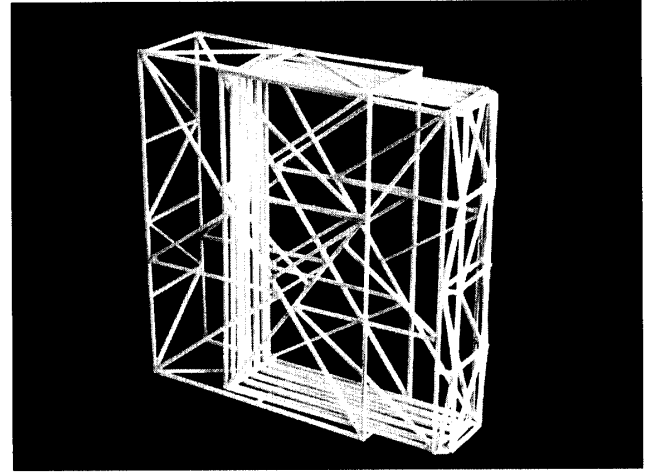
d, e は写真以外の角度ではよく見ないとそれと気付かない一体化という発想。



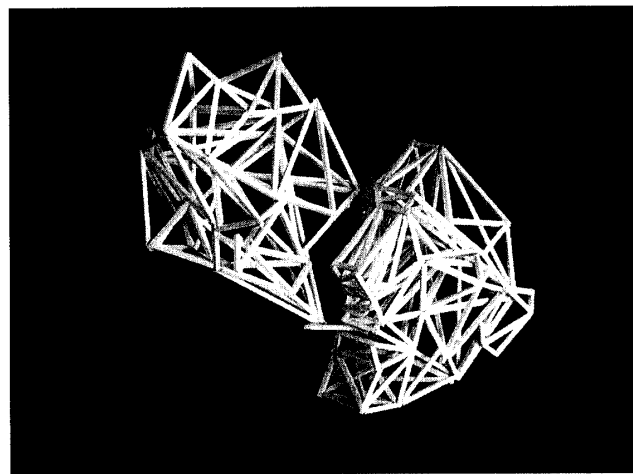
a



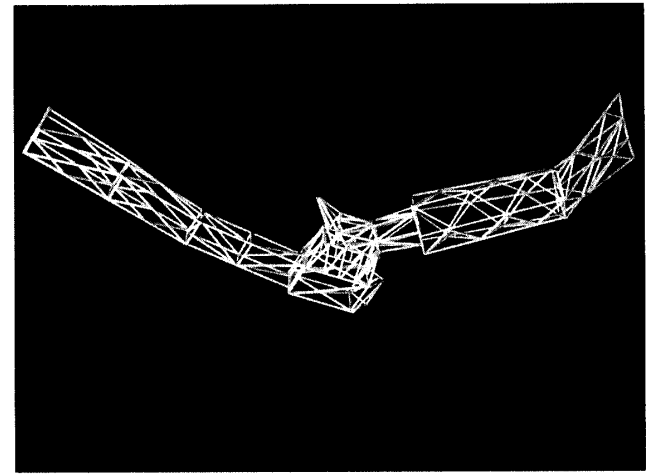
b



c



d



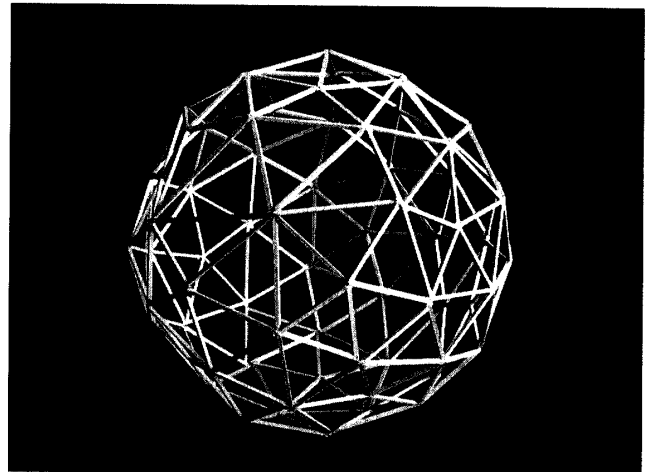
e

抽象形態

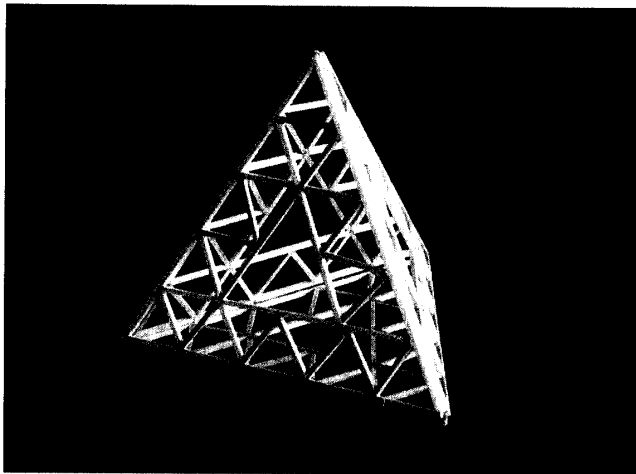
- a 球
- b 正四面体
- c 正方形と立法体
- d 「ひも」のイメージ
- e 無題

解釈のしよによっては、c, d, eのようなものまで抽象形態と見なせる。

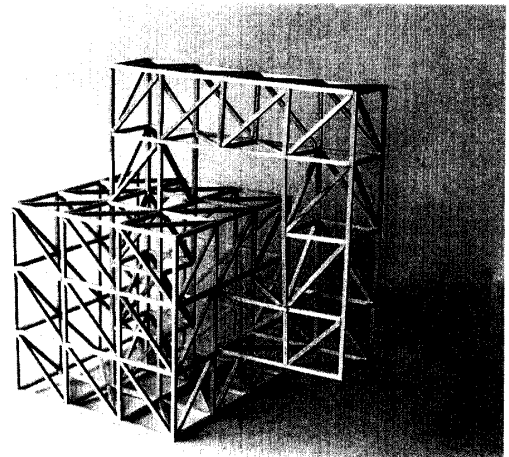
dは一体何本の線で形成されているだろう？



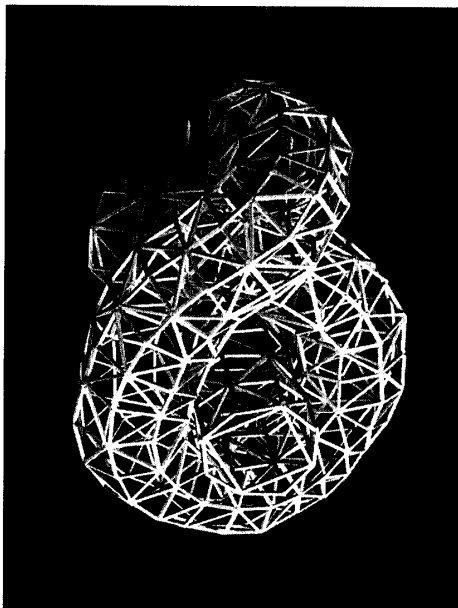
a



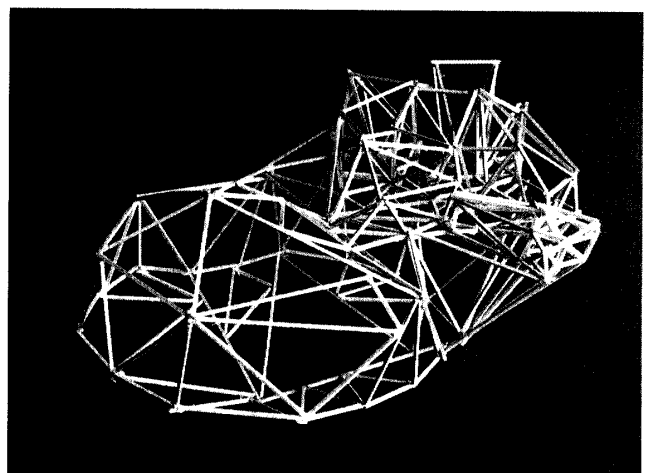
b



c

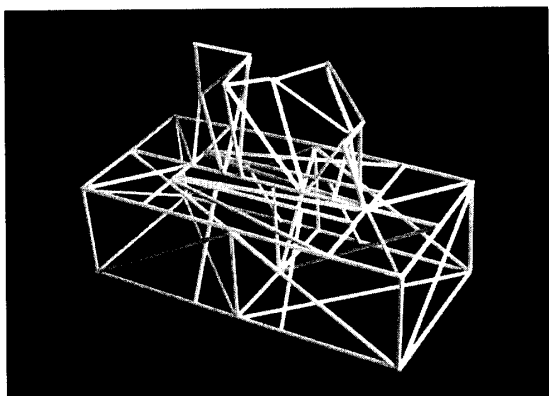


d

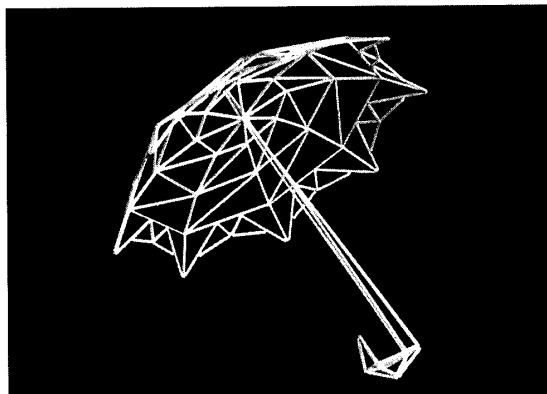


e

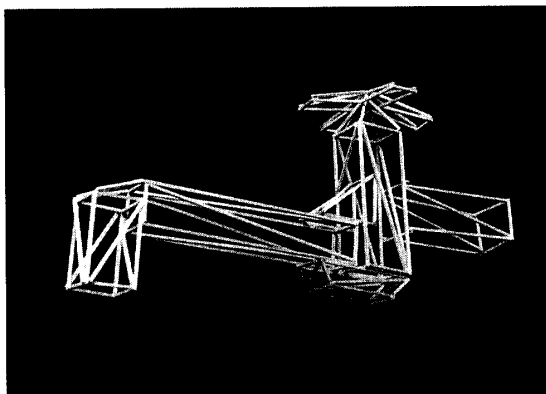
トラス構造のCGワイヤーフレーム的イメージ



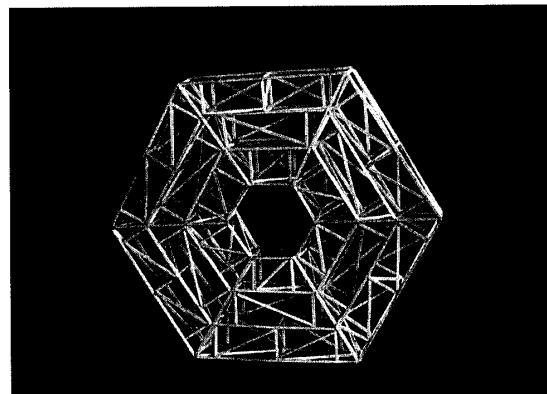
a



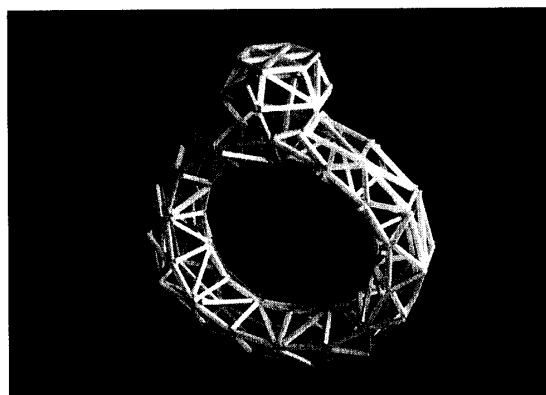
b



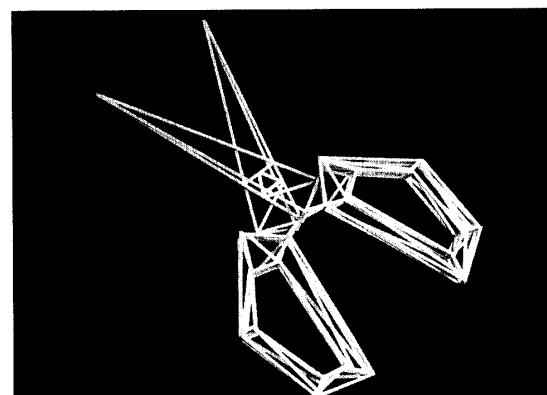
c



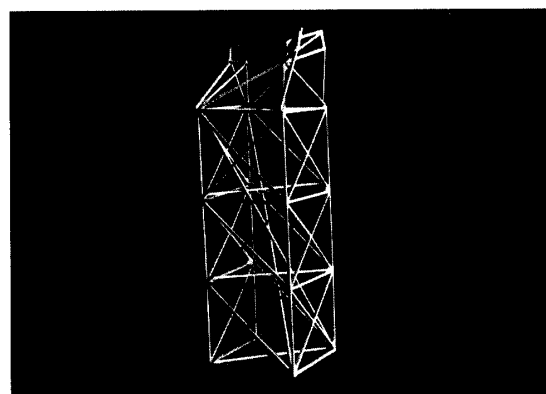
d



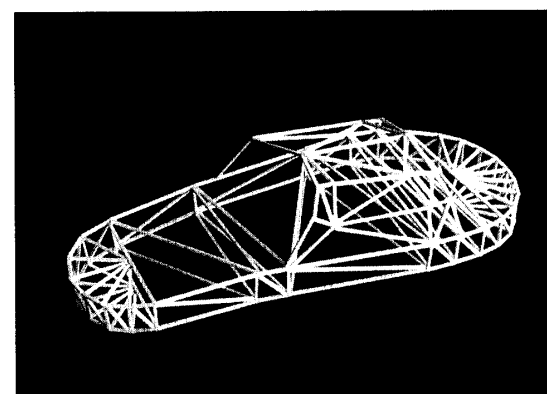
e



f



g



h