

---

---

# ヒトの形

秋田 浩

(横浜旭中央総合病院 整形外科)  
(昭和大学医学部 第2解剖学教室)

---

## 1. はじめに

ヒトの全身の形は、左右が対称で上下と前後が非対称である。またヒトの形状がらせん性を有しているということは、近代になって「遺伝子の形がらせんである」という事実が判明し、生命とらせん性が現実的な関わり合いを持つ以前より、くり返し主張されてきた。実際手術をしていて、上肢や下肢の神経、血管には中枢から末梢に向かって右が左回り、左が右回りのらせん性があることは我々整形外科医が日常気付いていることである。しかし、基本的にらせんは左右対称ではないので、上で述べたヒトの形の有する2つの特徴、すなわち左右対称性とらせん性とは共存することができない。私は今回、左右対称性とらせん性とを同時に有する極めて特徴的な形状を見出したので、これを報告する。そしてこの形が、ヒトの全身の骨格形状、およびいくつかのヒトの骨形状と類似していることを示したいと思う。

## 2. らせん

自然界で明らかならせん性を有しているのは、貝と遺伝子である。貝のらせんは対数らせんと呼ばれ、これを図1に示す。図1-Cは、中央の3次元対数らせんを上から見たものであり、

これも対数らせん<sup>1)</sup>である。遺伝子のらせんはつる巻き線 (helix) と呼ばれる。これを図2に示すが、一見して明らかなように、貝にも遺伝子にも左右対称性はない。

## 3. 円錐面上の測地線

これに対し、今回私が見出したらせんは円錐面上の測地線と呼ばれている。底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線と、1:3の円錐面上の測地線を図3に示す。この形状は円錐面上に描かれているという点が貝の対数らせんと同じであり、測地線であるという点が遺伝子のつる巻き線と等しい。測地線というのは曲面上の2点間を最短で結ぶ曲線であり<sup>2)</sup>、つる巻き線は円柱面上の測地線である。

今、図4-Aのような円錐面上に点a, a', b, b', c, c'をとる。aとa', bとb', cとc'を最短距離で結び、それらを延長していったものが、曲線l, m, nである(図4-B)。曲線l, m, nは円錐面上の測地線であり、これらは拡大、延長によって重ね合わせることができる(証明は[ヒト前腕骨の形態と機能]<sup>3)</sup>を参照)。つまり、1つの円錐面の上には1種類の測地線しかできない(厳密にはその母線も測地線であるが)。底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線と、1:3の円錐面上の測地線

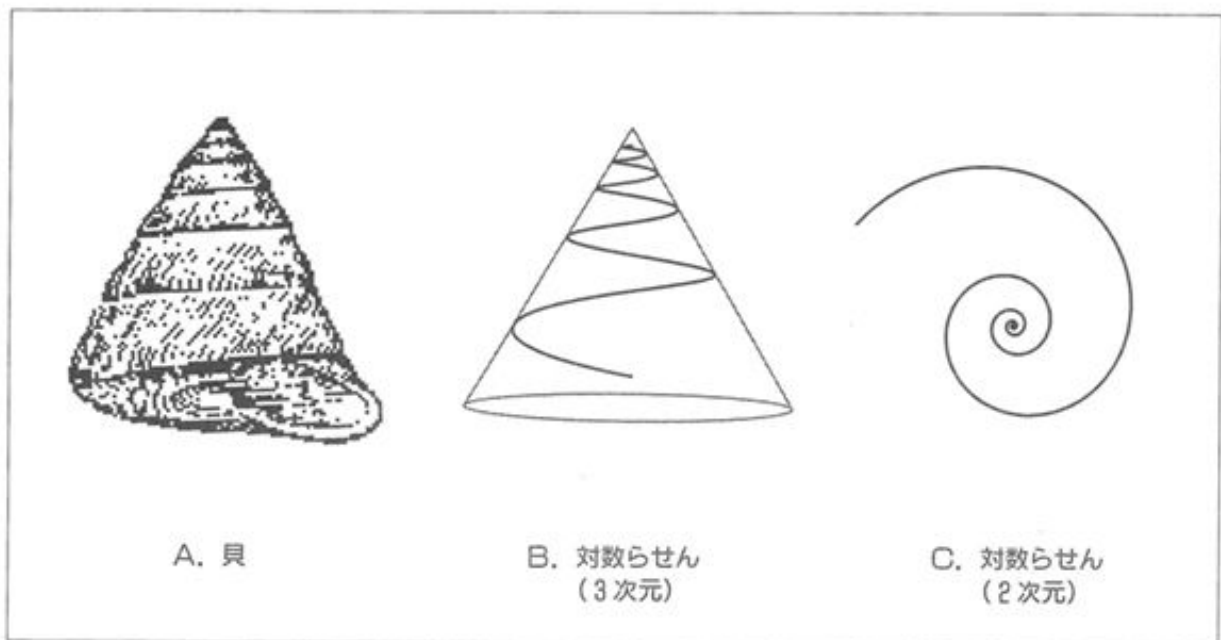


図1 貝→対数らせん

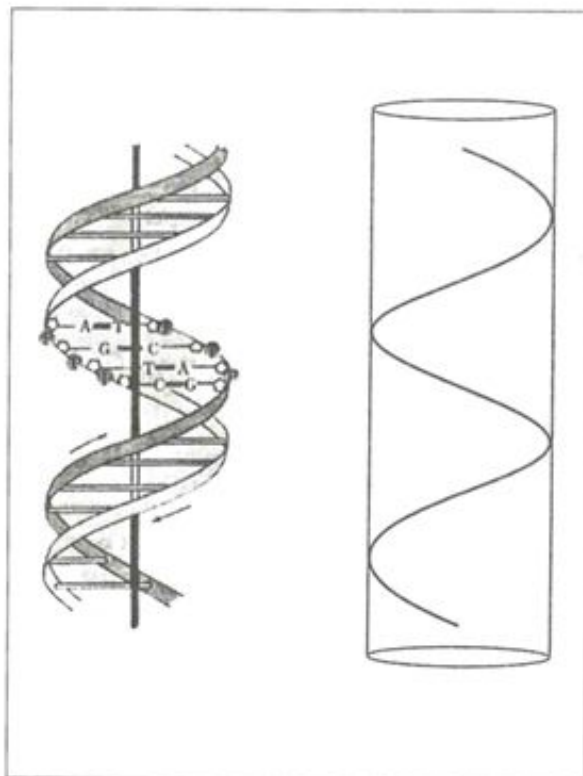
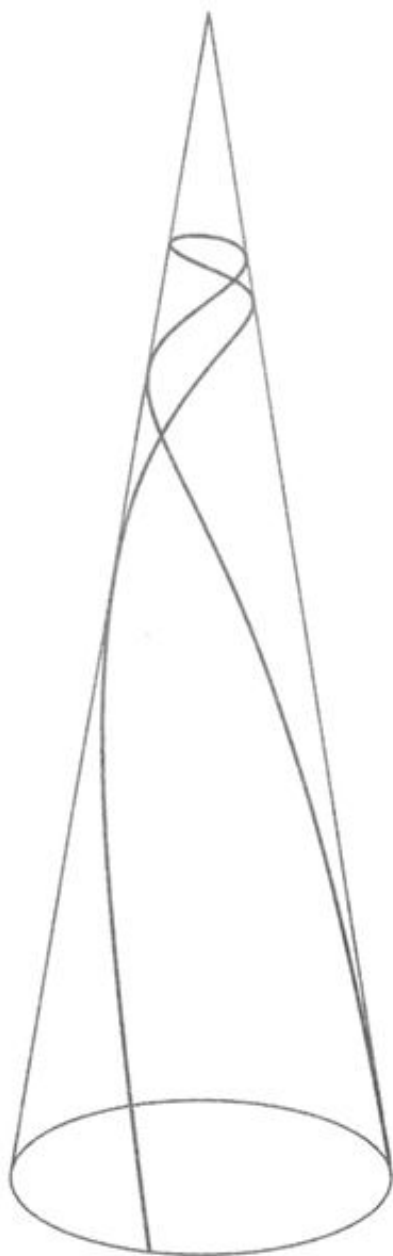


図2 遺伝子→つる巻き線=helix  
=円柱面上の測地線

の前後像、側面像、上下像を図5、図6に示す。上に述べたように、1:5の円錐面上の測地線も1:3の円錐面上の測地線もこの1種類しか存在しない。この形状は極めて特徴的である。前後像は8の字をつなげていった形、側面像はS字をつなげていった形、上下像はNTTのマークをつなげていった形をしている。そして、左右だけが対称、前後と上下は非対称である。

#### 4. ヒトの形

4.1 全身骨格および体の中央に位置する骨  
ヒトの形は、前から見ると左右が対称で頭と胴体があり、その間にくびれた首がある。そしてその下に足が2本ついている。この形は8の字の最後の交差点をさらに8の字をつなげるように延長したものと表現できる。ヒトと同じ動物の中でもアリなどの昆虫はこの特徴がさらに顕著であり、8の下にもうひとつ丸がついてい



A

底面の直径と高さの比が  
1:3の円錐面上の測地線



B

底面の直径と高さの比が  
1:5の円錐面上の測地線

図3 円錐面上の測地線

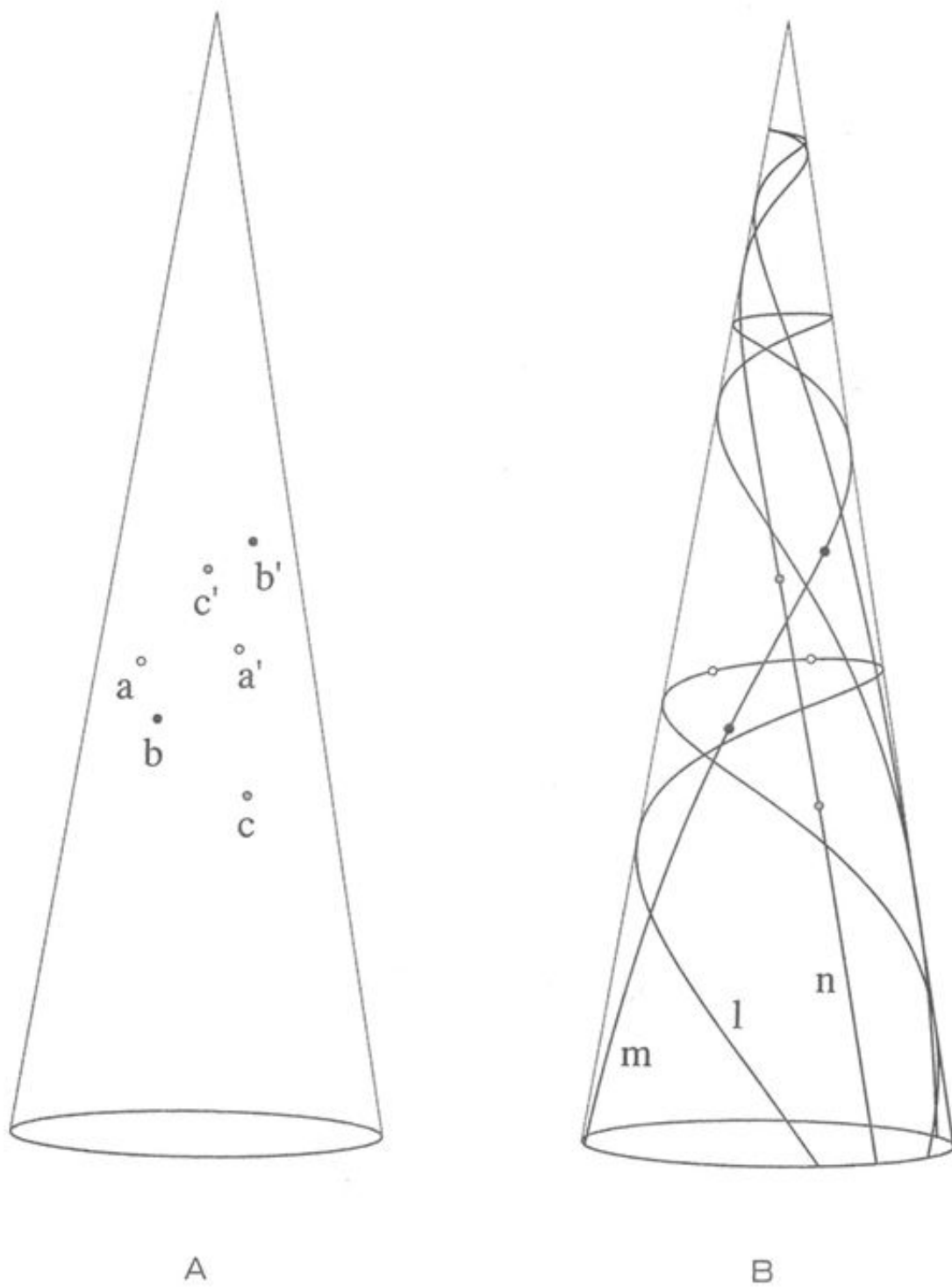


図4 測地線=曲面上の2点間を最短距離で結んだ曲線

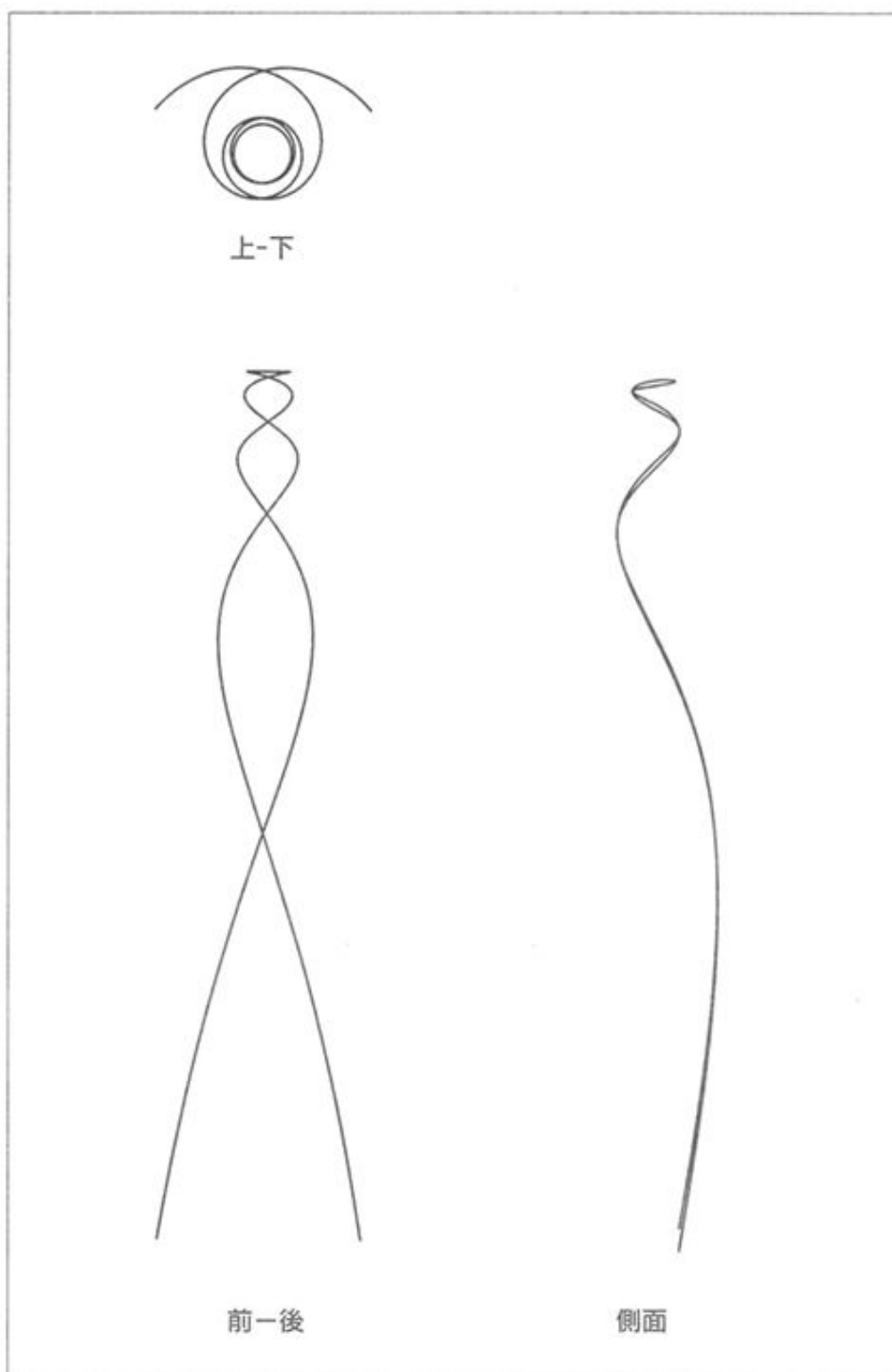


図5 底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線の前後像、側面像、上下像

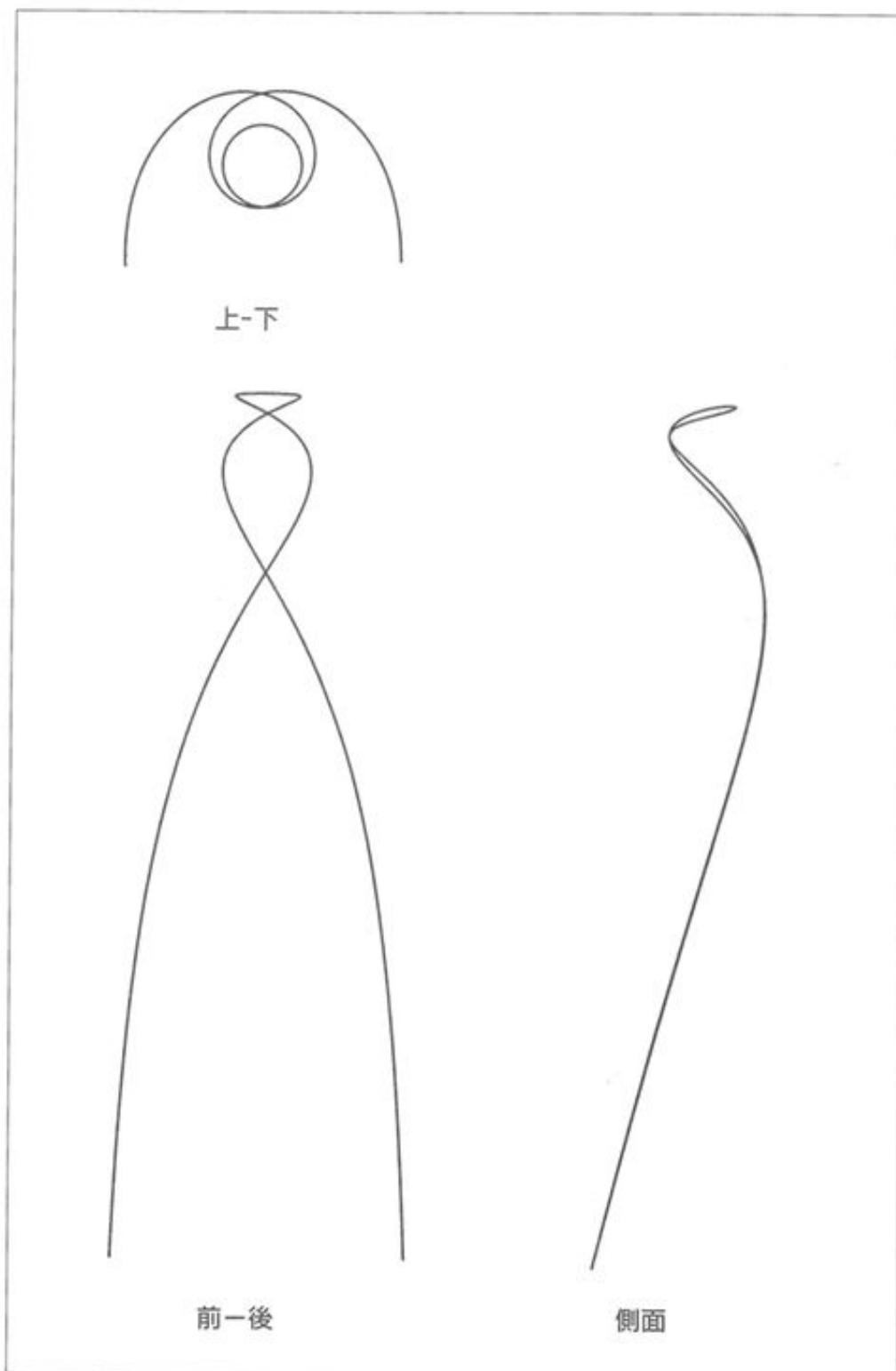


図6 底面の直径と高さの比が1:3の円錐面上の測地線の前後像、側面像、上下像

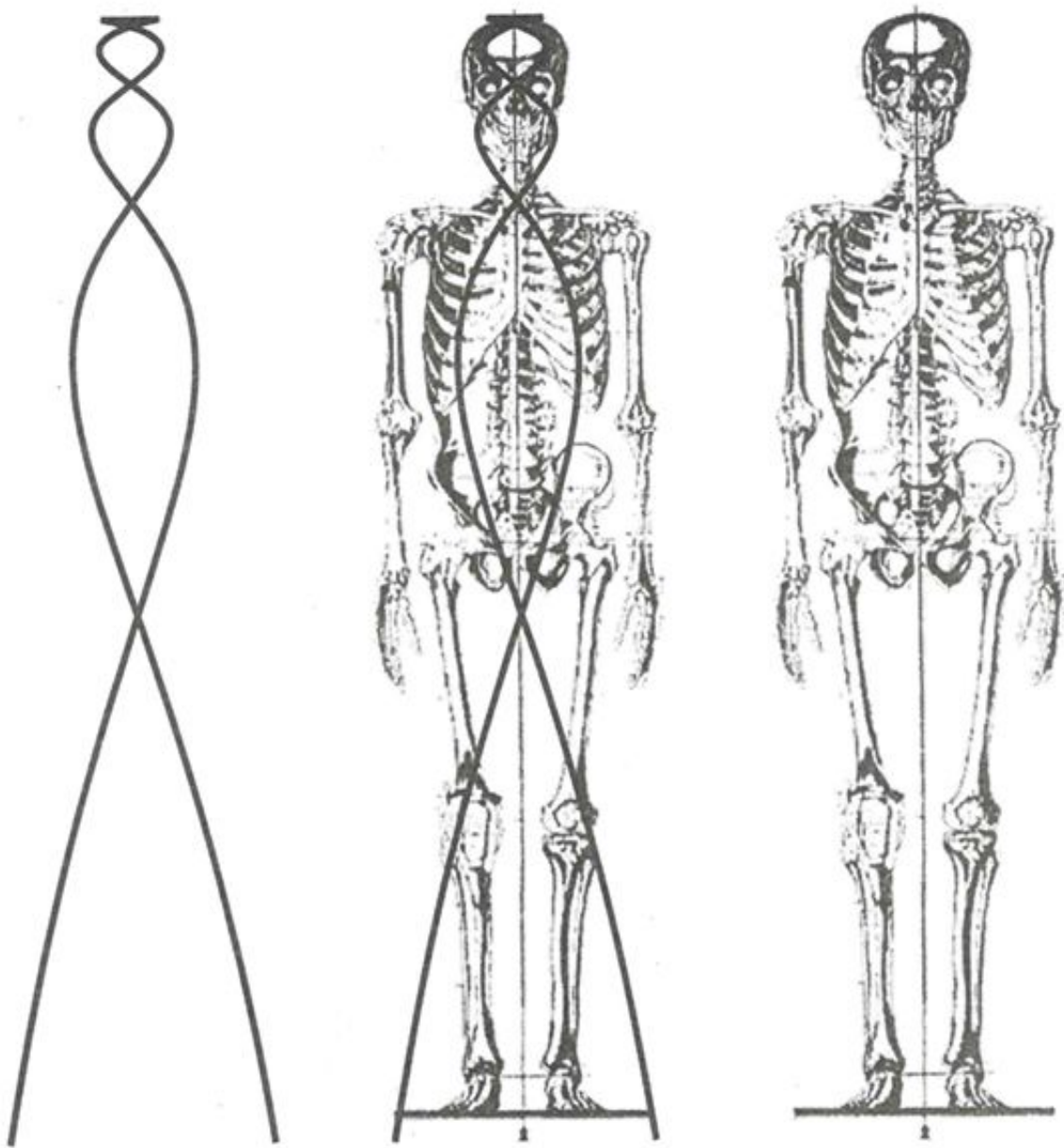


図7 底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線の正面像と  
ヒト全身骨格の正面像の類似

る。またヒトを側面から見たときに最も目立った形である脊柱は明らかなシグモイドカーブを描いている。足まで入れても全体としてヒトの側面はシグモイドカーブを描いている。この形の特徴は、上で述べた円錐面上の測地線とよく

似ている。

図7では、底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線の正面像とヒト全身骨格の正面像が似ていることを、図8、図9において底面の直径と高さの比が1:5および1:3の円錐



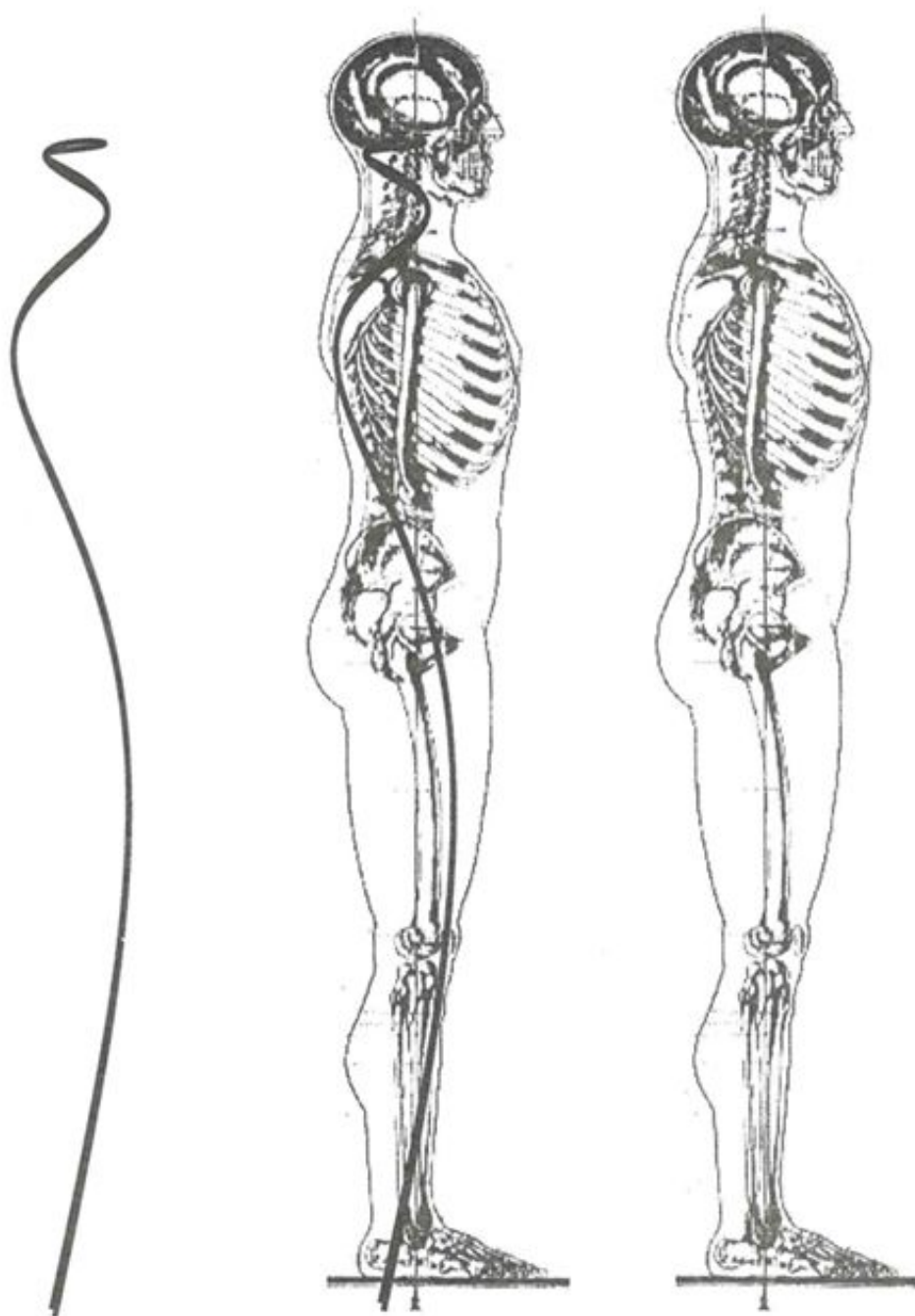


図8 底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線の側面像とヒト全身骨格の側面像の類似

面上の測地線の側面像とヒト全身骨格の側面像が似ていることを表現した。さらに、ヒトの体の中央前面に位置する胸骨は、その形が機能的

に優れた面があるわけでもなく、そのような形をとらなければならない理由もないのにやはり前から見て8の字を描いており、一番下の剣状



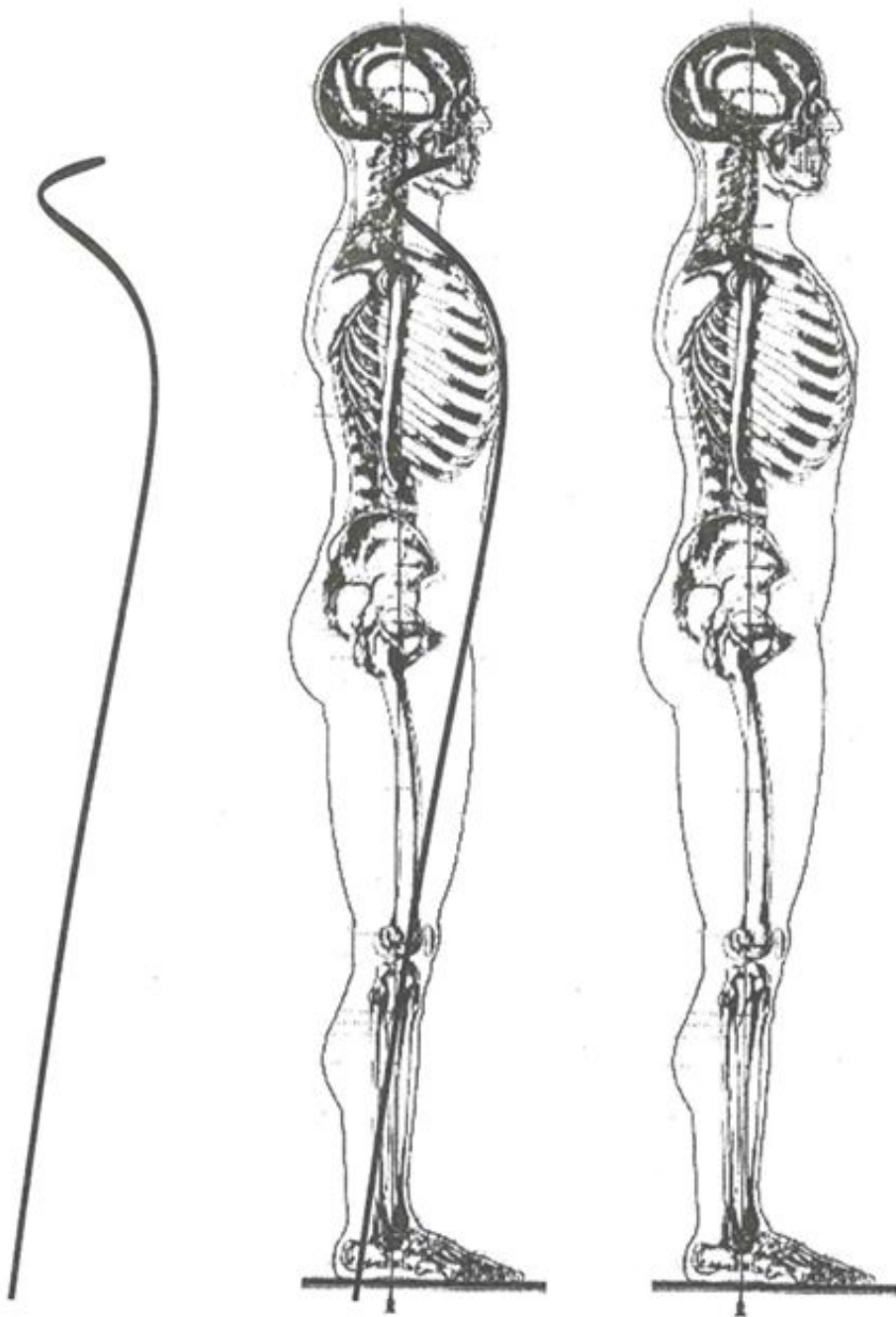


図9 底面の直径と高さの比が1:3の円錐面上の測地線の側面像とヒト全身骨格の側面像の類似

突起も図のように2つに分かれていることが多い。そして胸骨を側面から見ると、やはりゆる

やかなシグモイドカーブを描いているのである(図10)。

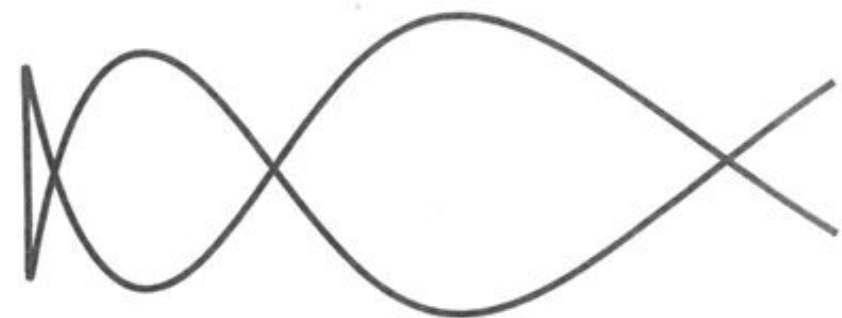
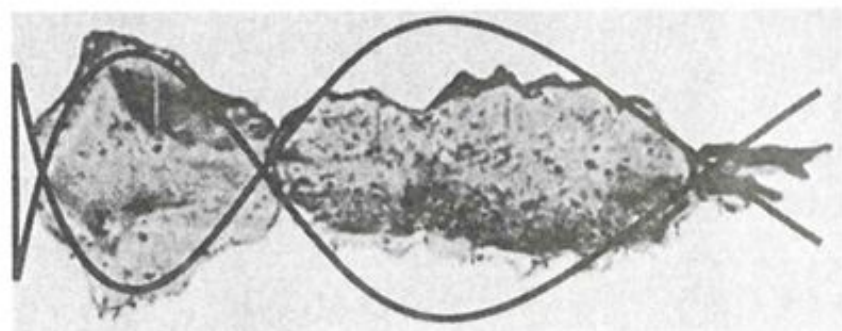
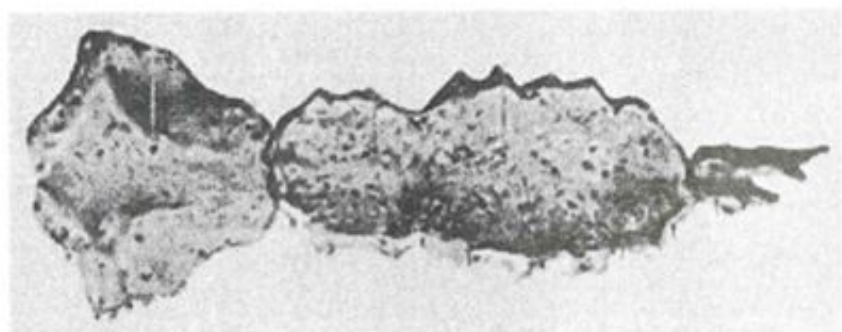
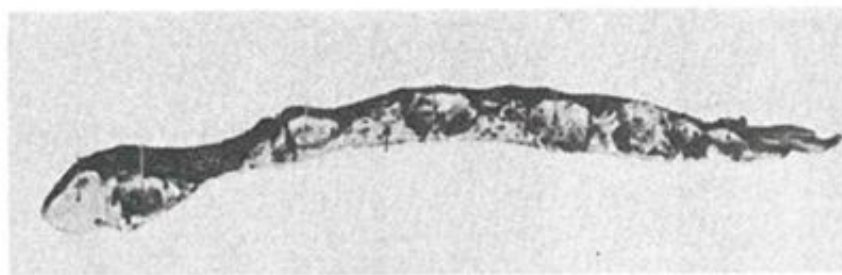
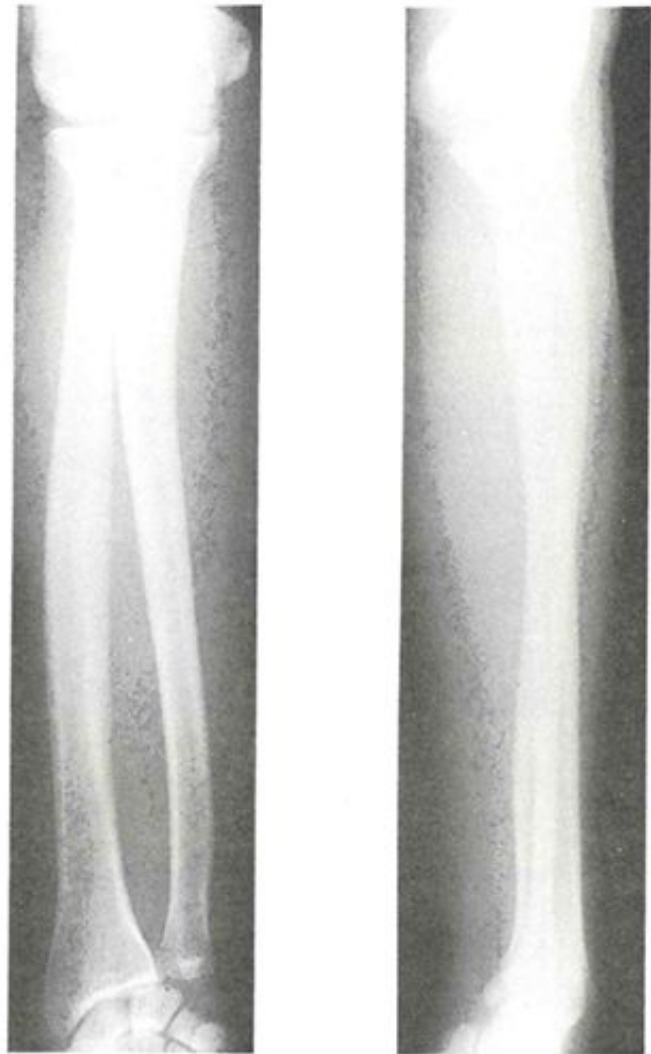


図10 底面の直径と高さの比が1:5の円錐面上の測地線の正面像と胸骨正面像の類似、および胸骨側面のシグモイドカーブ

#### 4.2 左右に位置する長管骨

長管骨として、ヒトの体幹には鎖骨と肋骨、四肢には上腕骨、橈骨、尺骨、大腿骨、脛骨、腓骨、手足の指骨がある。これらのなかで明らかならせん性を持つものは前腕骨である橈骨と尺骨、大腿骨および肋骨である。一見大きな曲がりを持っているように見える鎖骨は、実際にはかなり平面的な骨であり、脛骨は長管骨の中で、その軸が最も直線に近い。上腕骨と腓骨は、骨表面にある血管や神経の切痕がらせんを描いており、軸自体は直線だが、その軸がねじれているように見える。指骨にもらせん性はほとんど見られない（指関節は膝関節に似ており、指骨は近位が脛骨近位で、遠位が大腿骨遠位で出来ているように見える）。大腿骨は明らかにらせん性を持っているが、そのらせん構造はやや複雑であり、この骨に関してはまた別の機会に詳しく述べたい。図11に前腕骨である橈骨と尺骨の回外位正面および側面X線像を示す。この形をできるだけ忠実に再現するように銅の棒を曲げて作った模型の正面および側面X線像が図12である。この模型を後上方、上方より約30度のカメラ位置から見ると橈骨と尺骨が逆回りのらせんであることが分かる（図13）。

ところで、このらせんはどのような種類のらせんであろうか。橈骨も尺骨も左右に分かれて存在するので、各々が左右対称である必要はない。第2項で述べた、「対数らせん」でも「つる巻き線」でもそれらを逆回りさせれば左右の骨が出来上がる。それではこれらは、自然界にあ

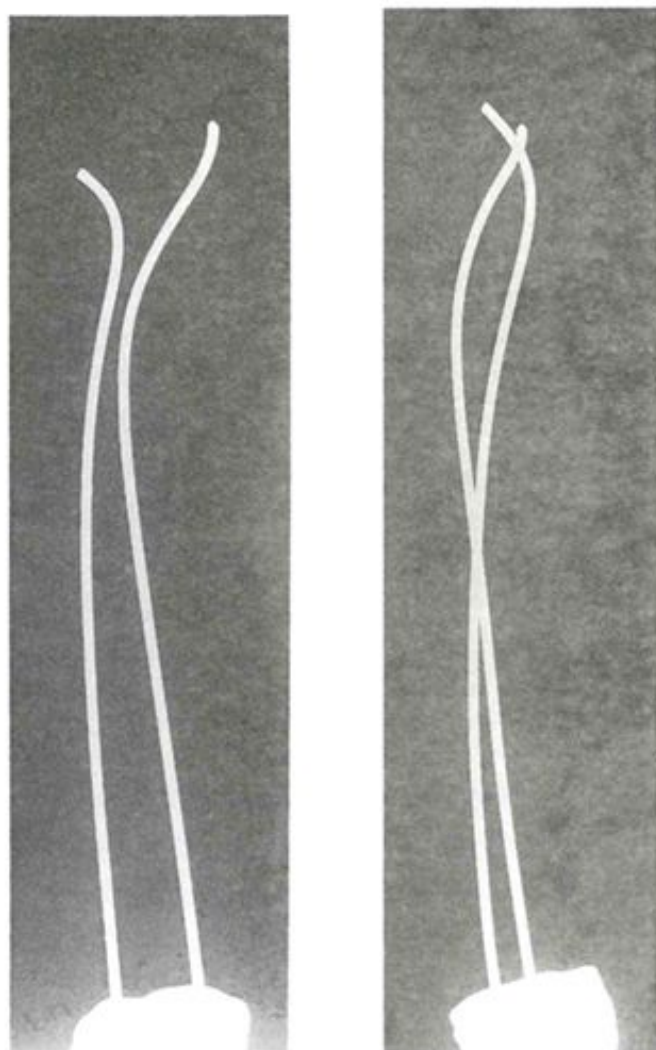


正面像

側面像

図11 回外位の前腕骨X線像

ると従来から指摘されている「対数らせん」や「つる巻き線」を使って表現することができるのだろうか。橈骨も尺骨も、その軸が円錐面上に描かれているように見えるので、「つる巻き線」よりは、「対数らせん」に近いが、これとは何か違うといった印象を受ける。図14にヒト第7肋骨、図15に動物の角を示したが、橈骨、尺骨を含めて、これらにはある種の共通した特徴がある。それはその軸が円錐面上に描かれており、円錐の頂点に近い側で明らかに回り方がき



正面像

側面像

図12 回外位の前腕骨鋼製模型のX線像

つということである。

「対数らせん」も「つる巻き線」も極座標表示したときに、曲線上の回転角度（回転角度/ $2\pi$ の剰余）の等しい点における接線が平行であるため、何回回っても回り方は同じである。それに対し円錐面上の測地線は、円錐の頂点側で回り方がきつく、頂点から遠ざかっていくにしたがってだんだん間延びして回り方がにぶくなっていく。したがって、ヒトの長管骨の中で特にらせん性が強いと思われる橈骨、尺骨、肋

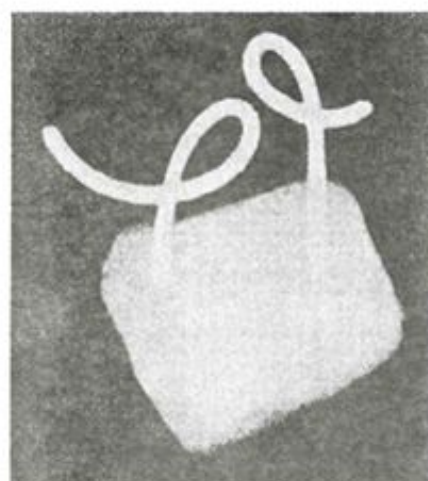


図13 後上方より撮影した鋼製模型X線像

骨は、対数らせんよりも円錐面上の測地線で表現の方が適切であると考えられる。そして橈骨と尺骨に関しては、図12に示した模型以外に、正確に円錐面上の測地線の一部からできたステンレス製の模型を作り、これがさまざまな角度から見て橈骨、尺骨にそっくりであることを確かめている。

## 5. 仮説

円錐面上の測地線は、左右が対称で上下と前



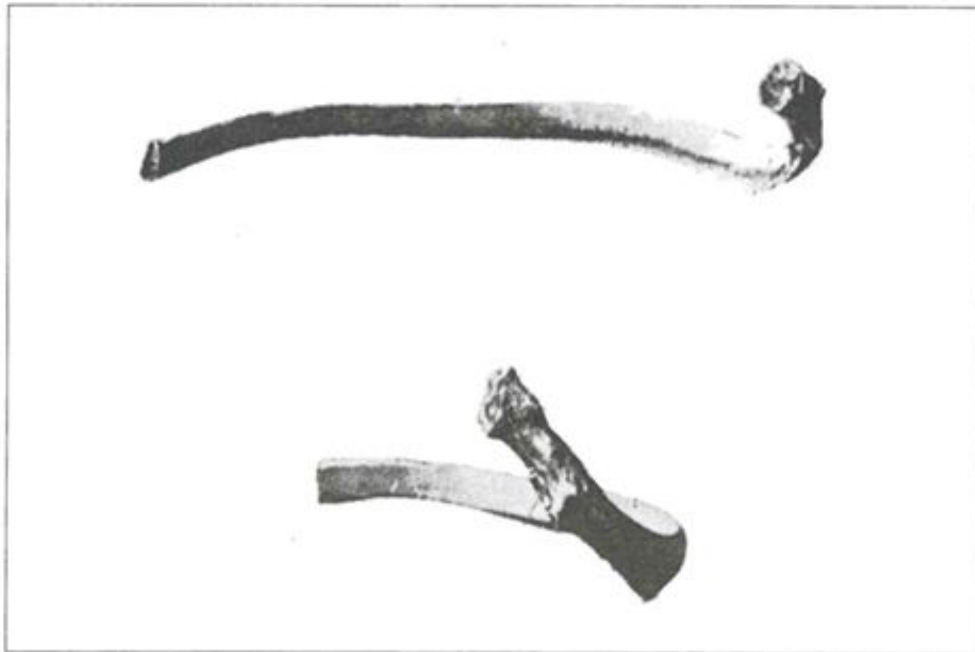


図14 第7肋骨



A. バンテンの角

B. ソマリジュレヌクの角

図15 動物の角

後が非対称であるというヒトの形の持つ基本的な特徴を備えたらせんであり、その前後像、側面像がヒトの全身骨格の前後像、側面像に似ている。また円錐面上の測地線の、ある部分によって橈骨、尺骨、肋骨といったヒトの体の中で明らかならせん性を持つ長管骨の骨軸形状を適切に表現することができる。これらのことから、ヒトの硬組織の原形は、円錐面上の測地線であり、このカーブは、ヒトの部分を表わすと同時に全体も表わすことができるという仮説をたてた。

## 6. 理論の背景と展望

以上述べてきたような、生物の形の基本形状を求めようとする考え方は、ゲーテの「原形とメタモルフォーゼ」という思想に端を発している。1917年に、ダーシー・トムソン<sup>1)</sup>は「成長と形」を著したが、この本の根底を流れるものもまた「原形とメタモルフォーゼ」という思想である。そして、「成長と形」のなかで初めて「原

形」およびそのメタモルフォーゼを数学的に記述しようという試みがなされている。また本論文中に出てくる測地線というのは、極めて今日的な微分幾何の概念である。ガウスの曲面論に始まり、リーマン幾何へ、そしてミンコフスキー幾何を用いてアインシュタインが幾何学で宇宙を説明しようとしたときの、幾何学上の道具が測地線である（→光は重力によって歪められた空間上の測地線を通る）。本論文はゲーテより繋がり、進化論とは一線を画する生命科学上の思想の系譜であり、ダーシー・トムソンが試みたものを、さらに現代的な幾何学的手法を用いて行おうとしている。本論文のように、生物の形を幾何学を用いて表現しようという試みは、拙著『卵のかたちの認識』<sup>3)</sup>において、変分問題を中心としてさらにくわしく展開している。また、円錐面上の測地線は、単に形態としてヒトの硬組織の原形であるだけでなく、前腕骨においては非常に興味深い機能と関連しており、それに関しては[ヒト前腕骨の形態と機能]<sup>4)</sup>を参照していただきたい。

さて、このような実証主義的でない、つまり証明することのできない理論は何のためにあるのか。それは、理論の応用である。上述の円錐面上の測地線がヒトの硬組織の原形であるという仮説が正しければ、逆に、この原形から、自分で新たな硬組織を設計することが可能であると考えられる。このことから導かれたさまざまな形状、理論展開に関してはまた別の機会に報告する予定である。

## 7. おわりに、謝辞

柔整、指圧、按摩、マッサージ、針灸、カイロ、歯科医、整形外科医など、構造医学に関連した職業に就いておられる多くの方々は、常日頃ヒトの骨、歯など硬組織と呼ばれるものに不

思議な強い魅力を感じていることと思います。私もその中のひとりであり、そのことが現在整形外科医をしていることの大きな理由の一つだとも思っております。

構医研付設臨床センター（現：構整会本院）在職中はたくさんのヒトの骨の模型に囲まれ、また同じ志を持った同僚にも恵まれ、ほんとうに楽しく仕事をさせていただきました。毎日構造医学の勉強と臨床を行うとともに、それ以上の時間を「骨の形を認識する」という作業に費やしていたように思います。ヒトの前腕骨が円錐面上を逆回りに回るらせんで出来ており、それが数式で表されるのではないかということも最初に思い付いた瞬間のことは今でもはっきり覚えております。構医研の控え室で、そこには見学に来ていた金井先生と、篠原先生がおり、まわりに武山先生、和久先生、井上先生がいて、院長が「事象角」について話されていました。本論文をはじめとした一連の研究を行う最初のきっかけも、またそれができる環境をも与えてくださいました吉田院長に、心からの敬意と感謝の意を表わしたいと思います。

## 参考文献

- 1) 日本数学会：数学辞典，pp240，岩波書店，1991
- 2) 小林昭七：曲線と曲面の微分幾何，pp103-117，裳華房，1991
- 3) 秋田浩：ヒト前腕骨の形態と機能 単一の幾何学的概念を用いて行った、生物の形態および機能設計、「バイオメカニズム13-ヒトを知りヒトを支える」バイオメカニズム学会（編）pp.205-215，1996，東京大学出版会
- 4) ダーシー・トムソン：生物の形，東京大学出版会，1992
- 5) 秋田浩：卵のかたちの認識1-トーラス（円環面）の断面に関する研究、「バイオメカニズム14-ヒトの機能の評価と支援」，バイオメカニズム学会（編），1998，東京大学出版会