報　　文

裁縫の曲率的解釈と縫合の式

（1995年10月11日受理）

奈良女子大学　今　岡　春　樹
三　重　大　学　増　田　智　恵

An Interpretation of Cutting and Sewing a Cloth with Respect to Curvatures and a Proposal of Sewing Equations

Haruki Imaoka and Tomoe Masuda*

Nara Women's University, Nara
**Mie University, Mie*

Abstract

Clothing is constructed by some plane parts of cloth. And its aim is to cover a complex surface of human body by using simple surfaces of cloth. Developability of a surface is one of the most important concepts with regard to the aim. The developability is defined by using Gaussian curvature. If only Gaussian curvature of arbitrary point on a surface is equal to zero, the surface may be said as a developable one. Sum of two integrated values, Gaussian curvature inside a surface and geodesic curvature on the boundary curve, is equal to the multiplied value of 2π and Euler number. This relation is well known as Gauss-Bonnet theorem in the field of differential geometry.

In this paper, the theorem was discussed in the words of clothing construction. Especially "cutting" and "sewing" techniques were interpreted as an exchange between Gaussian curvature and geodesic curvature. Because the theorem was a kind of angle conservation law like energy conservation law, a new concept, sharing of angle, was introduced. To clarify the concept, a new relationship between the curvatures before sewing and after sewing was introduced and referred to as sewing equations. The concept and equations will be useful in the field of clothing construction.

(Received October 11, 1995)

Key Words : *Gaussian curvature, geodesic curvature, Gauss-Bonnet theorem, sharing of angle, sewing equations.*

(Journal of the Japan Research Association for Textile End-Uses, Vol.37, pp. 422 - 429 , 1996)

—— 要　旨 ——

衣服構成の目的は，布という単純な面で人体という複雑な面を覆うことである．この目的から考えると，ある面が平面に展開できるかどうかが重要で，それはガウスの曲率で定義することができる．もし面の至る所でガウスの曲率がゼロであれば，可展面と呼ばれる．このガウスの曲率に関して，曲面内のガウスの曲率の総和と境界線上の測地的曲率の総和を加えたものは，2π×オイラー標数と等しいというガウス-ボネの定理がある．本論文では，この定理を衣服構成の立場で議論する．特に，裁断と縫合という技術はガウスの曲率と測地的曲率の変化と捉えることが出来る．この定理は一種の角度保存則と考えられるので，角度の配分という考え方を導入することができる．この考え方をより明確にするために，縫合の前後で各曲率がどの様に変化するかを示し，この関係を縫合の式と呼ぶことにする．角度の配分という考え方と縫合の式は衣服構成にとって有益であると考える．

　0037-2072/96/0800-0422 $01.00/0 　

1．緒　言

衣服の設計において，型紙は設計図として重要な役割を果している．また，裁断と縫製は衣服作製における必須の技術である．言うまでもなく，型紙は2次元空間に配置されており，一方，衣服は3次元空間に配置されている．衣服を，複雑な人体表面を覆うための平面状の布から構成された物体であると考えると，衣服設計の一つの基本は曲面の幾何学となる．幾何学は長さや角度などの幾何量を取り扱うが，従来の型紙設計において，興味の中心は“長さ”であった．これは当然であり，対象としている人体を覆うためには必要最低限の“長さ”が存在する．さらに詳細な議論を行うには“角度”や“曲率”が必要となる．衣服設計の中心課題が複雑な曲面を平坦な布で覆うことであると考えると，ある意味では“曲率”が“長さ”より本質的である．人体形状が複雑な曲面であることの意味は，平面に展開できない曲面であるということである．もし人体表面が平面に展開できる，例えば筒状の形態であるならば，衣服設計は極めて容易になる．曲面が平面に展開できるかどうかを表す指標が“ガウスの曲率”である．この意味で，曲率が重要であることを指摘したい．ただし，曲率と長さは深い関係があり，一方だけで十分ということはない．例えば，いたるところで長さを変えない等長変換でガウスの曲率は不変であるという定理が証明されている[1]．

本論文ではあえて曲率に注目する．ガウスの曲率に関する最も重要な定理と考えられるGauss-Bonnetの定理[1]を紹介し，必要な拡張を行う．そして，いかに平坦な布(ガウスの曲率はゼロ)から複雑な衣服(ガウスの曲率がゼロでない)が構成されていくのかを示し，裁縫の曲率的意味を明らかにする．次に，“縫合の式”を導入し，具体的な曲率の計算方法を示す．最後に衣服設計すなわち型紙設計の方針として，マクロな設計とミクロな設計という系統だった設計方針を提案する．Gauss-Bonnetの定理は，曲率の総和(角度と考えてよい)に関する一種の保存則であるので，“角度の配分”という概念が自然に導入できる．“角度の配分”によってマクロな衣服設計が可能となる．このマクロな設計の後で，“角度や曲率の配分”によるミクロな設計が行える．

衣服の分野でガウスの曲率及びGauss-Bonnetの定理に最初に注目したのは，Hindsら[2]である．彼らは平面展開の問題について議論しているが，本論文では衣服構成という逆のプロセスを対象としている．

2．Gauss-Bonnetの定理と裁縫の曲率的意味

Gauss-Bonnetの定理は微分幾何学および位相幾何学の分野で良く知られた定理である．今ある曲面に注目しているとする．曲面全体にはオイラー標数が与えられる．曲面内の全ての点に対してガウスの曲率が定められているとする．曲面の境界が存在すれば，境界線上の全ての点に測地的曲率が定められているとする．Gauss-Bonnetの定理はオイラー標数，ガウスの曲率，測地的曲率の3量間の関係を表したもので，ガウスの曲率の総和(面積分)と測地的曲率の総和(線積分)の和が2πとオイラー標数の積に等しいことを保証するものである．この定理から，例えばオイラー標数と測地的曲率の総和が変化しなければ，ガウスの曲率の総和は変化しないことが言え，一種の保存則であると考えることができる．すなわち，このような場合，ガウスの曲率を自由に設計することはできなくなることを意味している．衣服設計が，あちらを立てればこちらが立たずというような不自由であることの本質はこの定理にあると言える．

2－1　オイラー標数

すべての曲面Dは固有のオイラー標数を持つ．オイラー標数は整数の値を取る．まず，3角形から構成される多面体について考える．Dのオイラー標数$\chi(D)$は(1)式で定義される．

$$\chi(\mathrm{D})=\text{点の数}-\text{線の数}+\text{面の数} \qquad (1)$$

滑らかな曲面については，次の定理から適当な多面体について計算すればよい．

[定理] 2つの曲面SとTの間に同相写像が存在すれば，$\chi(\mathrm{S})=\chi(\mathrm{T})$である．

ちょうど曲面がゴムでできており，伸び縮みが自在であるとする．もとの曲面を伸び縮みさせて変形した曲面は同相である．ただし，この定理の逆は成立しない．ここで図1に幾つかの例を示す．例えばスカートは，図に示した図形

の中央部を上に引き上げて立体にすると出来上がるので，この図と同相でオイラー標数は0となる．これらの例のように平面図形と同相にならないものとして，球面や円環面（トーラス）があり，そのオイラー標数はそれぞれ2と0である．

2－2　ガウスの曲率

ガウスの曲率は，通常滑らかな曲面上の点に対して定義され，正，ゼロ，負の実数値を取る．滑らかでない曲面に対する拡張は後に述べるが，まず滑らかな曲面上の点について考える．

曲面を（2）式で記述すると，曲面の第一基本量，第2基本量は（3），（4）式で表され，ガウスの曲率Kは（5）式で定義される．

$$\mathbf{r} = \mathbf{r}\,(u,v) \tag{2}$$

$$E=(\mathbf{r}_u,\ \mathbf{r}_u),\ F=(\mathbf{r}_u,\ \mathbf{r}_v),\ G=(\mathbf{r}_v,\ \mathbf{r}_v) \tag{3}$$

$$L=(\mathbf{n},\ \mathbf{r}_{uu}),\ M=(\mathbf{n},\ \mathbf{r}_{uv}),\ N=(\mathbf{n},\ \mathbf{r}_{vv}) \tag{4}$$

ただし，$\mathbf{n}$は単位法線ベクトル．

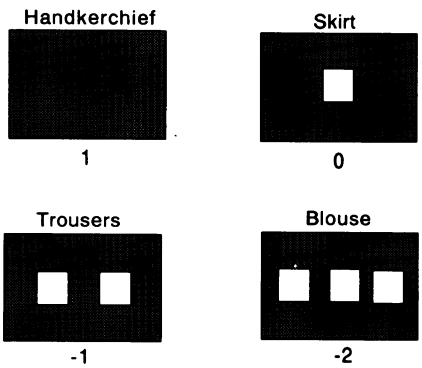

Fig.1 Euler numbers of typical examples.

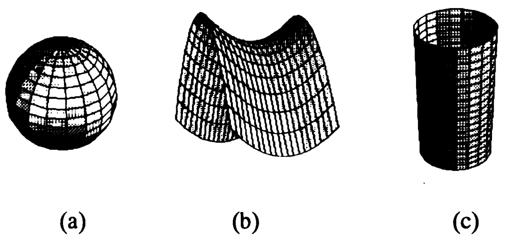

Fig.2 Gaussian curvatures of typical examples.
(a) Positive case. Sphere is typical. (b) Negative case. Saddle is typical. (c) Zero case. Plane is trivial. Cylinder and cone are typical.

$$K=\frac{LN-M^2}{EG-F^2} \tag{5}$$

ここで，図2に代表的な例を示す．ガウスの曲率は球状の曲面上では正であり，鞍状の曲面上では負である．平面上はもちろんであるが，柱状や錐状の曲面上ではゼロである．そして，ガウスの曲率がいたるところでゼロの曲面を可展面と呼ぶ[3]．

次に連続であるが滑らかでない曲面について考える．上記のガウスの曲率は面分布した曲率であり，単位は［$1/m^2$］である．これ以外に，線分布した曲率［$1/m$］と点分布した曲率［non］を考えることが出来る．人体や衣服をコンピュータグラフィックスで表示する場合に用いられる多面体では点分布が必要であり，滑らかな曲線を縫合すると線分布が表れる．点分布に関してはすでに研究されているが[4]，ここでは点分布，線分布，面分布を統一的に扱うために単位を異にする定義をする．図3，4を参照．

点分布の場合：$K_p = 2\pi - \Sigma\theta_i$　　(6)

線分布の場合：$K_l = 1/R \cdot [\cos(\theta_1) + \cos(\theta_2)]$　　(7)

なお，（7）の式の詳細は3章で述べる．

2－3　測地的曲率

測地的曲率も滑らかな曲線と滑らかでない曲線に対する定義が必要である．まず，滑らかな曲線上の点に対して定義する．正，ゼロ，負の実数値を取り，単位は［$1/m$］である．最初に曲面を無視して，単なる空間曲線と見る．単位

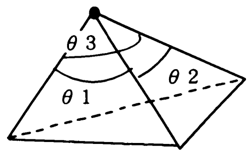

Fig.3 Gaussian curvature distributed on a point.

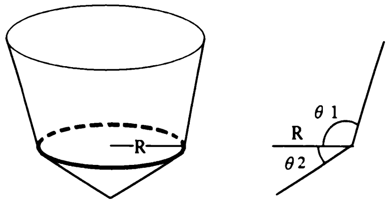

Fig.4 Gaussian curvature distributed on a curve.

接ベクトルを$\mathbf{t}$とし，主法線ベクトルを$\boldsymbol{\omega}$とする．曲線の曲率はκである．ここでこの曲線がその上に存在する曲面を考える．曲面の表方向の単位法ベクトルを$\mathbf{n}$とする．また，単位接ベクトル$\mathbf{t}$の左手方向が内側とし，$\mathbf{t}$に直交する接平面内の左手方向の単位ベクトルを$\mathbf{n}_g$とする（$\mathbf{n}_g=\mathbf{n}\times\mathbf{t}$）．図5を参照．

測地的曲率kは(8)式で定義される．

$$\mathrm{k}\,\mathbf{n}_g=\kappa\boldsymbol{\omega}-(\kappa\boldsymbol{\omega},\ \mathbf{n})\,\mathbf{n} \qquad (8)$$

すなわち，空間曲線と見たときの主法線ベクトルの接平面への射影されたベクトルを考えていることになる．面自体が曲がっている影響を取り除いた曲線の曲がり具合が測地的曲率である．なお，k＝0の曲線を測地線と言う．図6に円錐や円柱の場合の例を示すが，底面上の円の曲率半径rはその曲線の曲率半径であり，測地的曲率半径は円錐では母線の長さℓになる．別の表現で言えば，測地的曲率とは平面展開後の曲率である．型紙は平面上に置かれているので，型紙の曲率は測地的曲率そのものとなる．

次に折れ曲がっている曲線の，折れ曲がっている点に置ける測地的曲率を定義する．上記の曲率が線分布[１／m]であるのに対して，この場合点分布[non]となる．図７参照．

多面体：$\mathrm{k}_p=\pi-\Sigma\theta_i \qquad (9)$

滑らかな面：$\mathrm{k}_p=\theta \qquad (10)$

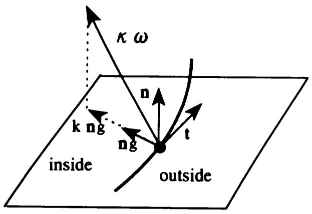

Fig.5 Definition of geodesic curvature.

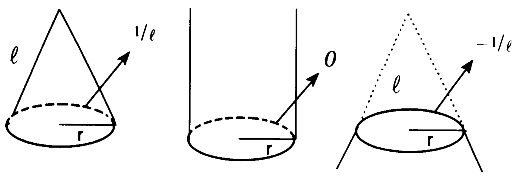

Fig.6 Geodesio curvature of typical examples. Three curves are the same, but each geodesic curvature is different. Geodesic curvature means the curvature of the developed curve i.e. the curvature of boundary curves of a paper pattern.

2－4　Gauss-Bonnetの定理

すでに述べたようにGauss-Bonnetの定理はオイラー標数，ガウスの曲率，測地的曲率の３量間の関係を表したものである．ガウスの曲率には点分布，線分布，面分布の３種類があり，測地的曲率には点分布と線分布の２種類がある．これらの種類によって総和の取り方が異なるのでそれを表１に示す．

曲面をD，境界をδDとし，総和の記号を代表してガウスの曲率では$\iint$を，測地的曲率では$\int$を用いるとGauss-Bonnetの定理は(11)式となる．

$$\iint_D K\,dS+\int_{\delta D}k\,ds=2\pi\cdot\chi(D) \qquad (11)$$

2－5　裁縫の曲率的意味

衣服作製のプロセスは，裁断と縫製が基本である．裁断は反物から型紙を切り出す作業であり，縫製は切り出されたパーツを縫い合わせることで衣服を作製する作業である．この二つの作業を曲率の立場から解釈する．裁断は測地的曲率を設計していることになる．裁断時には各パーツは平面に置かれているので，輪郭線の曲率は測地的曲率と等しい．次に縫合であるが，これは二つのパターンがあり，測地的曲率と測地的曲率から，新たな測地的曲率を生成する場合と新たにガウスの曲率を生成する場合とがある．共に重要であるが，新たにガウスの曲率を

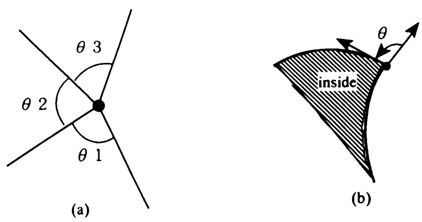

Fig.7 Geódesic curvature distributed on a joint point.
(a) Between two bounday lines. (b) Between two bounday smooth curves. Two arrows are tangent vectors.

Table 1 Types of curvature distribution and types of integration.

	Gaussian curvature			geodesic curvature	
distribution	point	curve	surface	point	curve
dimension	non	1/m	$1/m^2$	non	1/m
integration	Σ	$\int$	$\iint$	Σ	$\int$

生成する場合に初めてゼロでないガウスの曲率が生成され，折り畳めない立体的な形態が発生する．具体的にはアイロンやプレス，布の力学的特性，着用者の身体形状などによって変形するが，ゼロでないガウスの曲率は縫合によってまず生成される．

以上をまとめると，裁断は測地的曲率を創造するプロセスであり，縫合は二つ以上の測地的曲率からガウスの曲率を生成するプロセスである．そして，これらのプロセスは完全に自由であるわけではなく，Gauss-Bonnetの定理に示される制約を受けている．

3．縫合の式

ここでは，測地的曲率と測地的曲率から，新たな測地的曲率を生成する場合と新たにガウスの曲率を生成する場合とについて，縫合の式を導入する．

3－1　測地的曲率が生成される場合

基本として，点分布について考える．図8参照．$k_1=\pi-\theta_1$，$k_2=\pi-\theta_2$，$k=\pi-(\theta_1+\theta_2)$より(12)式となる．

$$k=k_1+k_2-\pi \quad (12)$$

実用的には，縫合によってループができる次の場合を考えておくと便利である．測地的曲率の配分を型紙から求める場合に用いる．そのループ全体の測地的曲率の総和k_sは出来たループの形状によらず，平面上の二つの縫合線のなす角度から計算される縫合前の測地的曲率の総和kによって定まり，(13)式となる．図9を参照．

$$k_s=k-\pi \quad (13)$$

図9に示すように，小ループと大ループの測地的曲率の総和はそれぞれ$-\theta$と$+\theta$になり，その総和はGauss-Bonnetの定理からループの形状に依存しないことが分かる．

3－2　ガウスの曲率が生成される場合

縫合によって二つの測地的曲率からどのようなガウスの曲率が生成されるかを示す．まず，測地的曲率には点分布と線分布の二種類があるので，縫合の種類を表2に示す．いずれの場合も，縫合の式は(14)式で表すことが出来る．

$$K=k_1+k_2 \quad (14)$$

ただし，点分布と線分布の組み合わせでは，$k_2=0$とする．

[証明] 点分布と点分布の組み合わせは簡単である（図10(a)）．$k_1=\pi-\theta_1$，$k_2=\pi-\theta_2$，$K=2\pi-(\theta_1+\theta_2)$より成立する．点分布と線分布ではすべての滑らかな曲線はある点の近傍では直線とみなせるから$k_2=0$として，点分布と点分布の組み合わせに帰着する．線分布と線分布の場合，Gauss-Bonnetの定理を用いる．(7)式に用いた図4のように二つの円錐が半径Rの円で縫合されているとする．筒同士の縫合では点の数と線の数が同じことからオイラー標数は変化しない．$2\pi R\cdot K=2\pi R\cdot k_1+2\pi R\cdot k_2$

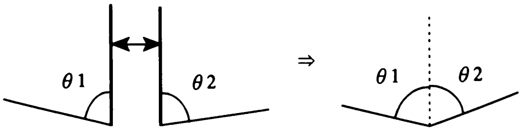

Fig.8 A new geodesic curvature is created by sewing operation.

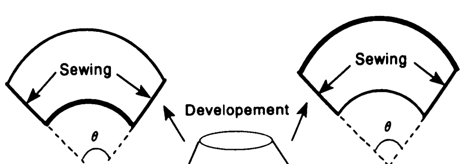

Fig.9 Integrated geodesic curvature along a closed loop. The value $k=\pi-\theta$ for left figure, $k=\pi+\theta$ for right figure means integrated geodesic curvature before sewing. In the left figure, a small loop is discussed. In the right figure, a large loop is discussed. After sewing, it changes to $k-\pi=-\theta$ for left, $+\theta$ for right.

Table 2 Three sewing types caused by the difference of distribution types.

geodesic curvature k1	geodesic curvature k2	Gaussian curvature K
point	point	point
point	curve	point
curve	curve	curve

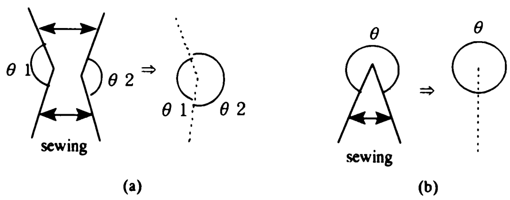

Fig.10 New Gaussion curvatures are created by sewing operation.

より成立する.

なお, (7)式では(15)式を用いている. 図4, 6を参照.

$$k_1=\cos(\theta_1)/R,\quad k_2=\cos(\theta_2)/R \qquad (15)$$

次にダーツのような縫合を考える. この場合, 点分布の測地的曲率が点分布のガウスの曲率に変化する. 図10(b)で, $k=\pi-\theta$. $K=2\pi-\theta$より(16)式となる.

$$K=k+\pi \qquad (16)$$

測地的曲率がπであるとは一本の線であるので, (16)式を(14)式に含めて考えることが出来る.

実用的には, 二つのループの縫合によってできるガウスの曲率の総和を考えておくと便利である. ガウスの曲率の配分を型紙から求める場合に用いる. そのループ全体のガウスの曲率の総和は出来たループの形状によらず, 二つの測地的曲率の総和の和となる. この関係は次に示すいせ込みの場合も成立する.

3－3 いせ込みと縫合

一般の自由曲線の縫合においては, 二つの縫合される線同士の長さが同じである必要はなく, いせ込みや伸ばしが用いられることも多い. ここではいせ込みについて, 縫合の式がどのように変化するかを検討する. 図11にいせ込みの場合の模式図を示す. 左の図は大きさの異なる円を縫合しようとしていることを示している. 中央の図は下の円がいせ込まれたことを示している. 右の図は縫合されたことを示している. いせ込みの操作で測地的曲率が測地的曲率とガウスの曲率に変化する. 縫合の操作によって上下の測地的曲率がガウスの曲率に変化する. Gauss-Bonnetの定理と縫合の式から, 出来上がった二つのガウスの曲率の総和の和は, 元の二つの測地的曲率の総和の和と等しいことが言える. 出来上がった二つのガウスの曲率の総和は布の物性などによって大きく変化するが, その和は一定である.

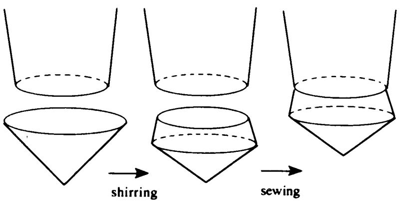

Fig.11 Shirring and sewing operations.

4. マクロな設計とミクロな設計

通常服種によってオイラー標数は決まるので, Gauss-Bonnetの定理から, ガウスの曲率と測地的曲率の総和(角度)は一定である. そこで, 衣服を大まかな部分に分け, 各部分での曲率の総和(角度)を考えることが出来る. これを各部分に対する角度の配分と言うことにする. 各部分をどのように考えるかの一般的な規則はないが, 境界の閉曲線での測地的曲率の総和, 曲面内部でのガウスの曲率の総和(正の総和と負の総和に分けると便利なことがある)などが最も大まかな部分分割であろう. この配分をマクロな設計と考えることが出来る. 各部分への配分が決定したら, 次に各部分内での再配分を考えることが出来る. これをミクロな設計と呼ぶことにする. ミクロな設計では, 点分布なら角度として, 線分布や面分布なら曲率として配分される. 本論文ではマクロな設計について検討する.

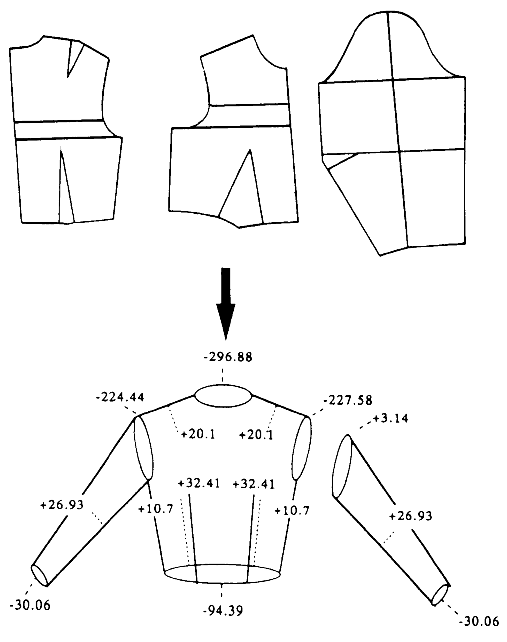

Fig.12 An example of sharing of angle. In this case, the total angle of torso is -720 degrees and the total angle of sleeve is 0 degree.

ここでは，マクロな設計として，具体的な型紙でどのように角度が配分されているかを検討する．図12は身頃と袖について，ある衣服原型[5]の角度の配分を示したものである．用いた衣服原型は，背丈38cm，乳頭位胸囲82cm，胴囲63cmなどのほぼ標準サイズに対応するものである．示した数値は，２直線の角度を計算して求めた結果である．この図のように，型紙に対してマクロな角度の配分図を添付することが重要であると考える．角度の立場から言えば，この様な角度の配分図がその衣服のマクロな特徴であり，個人差はこの配分図の差として捉えることが肝要である．そして，この配分図を読みこなす技術が当然ながら重要になる．例えば，型紙上の前身頃の肩線の角度を変えると，角度の配分図ではネックラインとアームホール間で角度のトレードが行われる．角度の配分が変わると言うことは，詳細にはミクロな配分による検討が必要であるが，図６に示したように，立体では注目している線に対する面の角度が変わることを意味する．

５．結　　言

従来の衣服設計は"長さ"が中心であった．本論文では，あえて"角度"を中心とした考察を行った．裁縫の曲率的な解釈を行うと，裁断は測地的曲率を創造するプロセスであり，縫合は二つ以上の測地的曲率からガウスの曲率を生成するプロセスであるとまとめることができた．角度にはGauss-Bonnetの定理に示されているように，一種の保存則が成立している．このことから"角度の配分"という考え方が自然に導入できた．また，縫合の式によって，縫合の数量的意味を明確にすることが出来た．これらの考え方は，衣服設計にとって有益であると考える．実際には，従来の長さ中心の設計法と相補的な関係にあり，両者をうまく連携させる必要がある．その一例として，衣服原型の角度の配分図を示した．これは型紙から容易に導出できるもので，型紙が長さを中心とした表現であるのに対して，角度を中心とした設計図であると言える．

今後の研究課題として，ミクロな設計問題の検討，角度の配分による型紙の特徴抽出，人体計測値と型紙の比較，曲率の詳細な配分が明確な２次元アパレルCADの開発などが挙げられる．

なお，本研究の一部は，平成７年度文部省科学研究費「一般研究（C）課題番7680016」の助成によるものである．

引用文献

1）丹野修吉：多様体の微分幾何学，実教出版，p168 (1976)

2）B.K.Hind, J.McCartney and G.Woods : *Computer-aided Design*, 23, 583 (1991)

3）G.Farin : Curves and Surfaces for CAGD, ACADEMIC PRESS, INC., London p397 (1992)

4）C.R.Calladine : Proc. Conf., Mathematics of Surfaces, Manchester, UK, 179 (1984)

5）長江貞彦，飯田尚紀，畠山絹江，増田智恵，古川昇：パソコンによるパターンメーキング入門，共立出版，p107 (1994)

付録（本文　式(11)について）

ガウス-ボネの定理は微分幾何学の本に掲載されているので詳しくはそれを参照されたい．ここではその基本的考え方について２点補足しておく．

１．ローカルな量とグローバルな値

今考えている面が三角形からなる多面体であるとする．点の数をｖ，線(辺)の数をｅ，面の数をｆとする．オイラー標数χは［１］式で定義される．

$$\chi = v - e + f \qquad [1]$$

ここで，点を内点と境界点に分け，その数をviとvbとする（ｖ＝vi＋vb)．線も同様に内線と境界線に分け，その数をeiとebとする（ｅ＝ei＋eb)．

境界では点の数と線の数は同じであるから［２］式が成立する．

$$vb = eb \qquad [2]$$

全ての三角形について３辺を一度づつ描くと，内線は２回，境界線は１回描かれるので，［３］式が成立する．

$$3f = 2ei + eb \qquad [3]$$

［１]，［２]，［３］式よりeiとebを消去すると［４］式が求められる．

$$2vi + vb - f = 2\chi \qquad [4]$$

次に角度について考える．三角形の内角の和はπであるので，πsは全ての内角の和となる．これを，内点周りの内角の総和と境界点周りの内角の総和に分けて考える．突然ではあるが，［４］式を利用すると，次の［５］式の関係が成り立つ．

$$\begin{aligned}&\sum_{\text{内点}}(2\pi - \text{その内点周りの内角の和})\\&+\sum_{\text{境界点}}(\pi - \text{その境界点周りの内角の和})\\&= 2\pi vi + \pi vb - \text{全ての内角の和}\\&= \pi(2vi + vb - f)\\&= 2\pi\chi\end{aligned} \qquad [5]$$

これが，多面体でのガウス-ボネの定理である．まず大切なのは，左辺の（２π－その内点周りの内角の和）と（π－その境界点周りの内角の和）はローカルな量（角度）であり，右辺のχはグローバルな値（オイラー標数は細かい形に関係しない）であるという点である．次に大切なのは，滑らかな面に対して，左辺の量に相当する密度を考えることができる点である．このことにつ

いて次に説明する．
2．密度としてのガウスの曲率と測地的曲率．
ここでは，滑らかな面を考える．滑らかな面を，先の三角形をいびつにならないようにどんどん細かくして行った極限として考える．三角形を細かくして行くと，[5]式の左辺の（2π－その内点周りの内角の和）はゼロに近づいて行く（そうならないと滑らかとは言えない）．（π－その境界点周りの内角の和）はゼロに近づく部分とそうでない部分が考えられ，ゼロに近づく部分は境界線が滑らかな部分である．ここで，密度という考え方が必要になる．滑らかな面上のある点を固定して考え，その点の周りに小さな領域を考える．この領域をもっと細かい多数の三角形で近似する．今考えている領域内で（2π－その内点周りの内角の和）の総和を求める．この量は考えている領域を小さくすればどんどん小さくなるが，この量をその領域の面積で割ったもの，すなわち面密度は，考えている点に依存して一定の値に近づくと考えられる．この密度がガウスの曲率である．ガウスの曲率を考える場合，総和の演算は面積分となる．人口の総和を求める場合に，人口密度の面積分を使うのと同じことである．今度は面ではなく，境界線を対象とする．面の時と同様に考えれば，（π－その境界点周りの内角の和）の総和という量を長さで割ったもの，すなわち線密度を定義することができる．この密度が測地的曲率であり，総和の演算は線積分となる．

交さ点

インターネットでアクセク？!

ここ1，2年のいわゆるインターネットブームには目を見張るものがある．マスコミでも年間9,000件にもおよぶ特集記事が掲載されたともいわれており，本紙でも「ミニ講座　パソコンと遊ぶ」なる記事でBBSやインターネットの紹介が行われている．インターネットにおける最大の需要はブラウザを用いたWWWサーバーの利用であり，これはネットサーファーと呼ばれる情報の消費者の数を飛躍的に拡大し，日本でもその利用者は200万人にもおよぶとさえいわれている．

このインターネットの普及は，わずかな経済的負担で，場合によっては無料で，個人レベルでのホームページの開設・発信を可能とし，情報の消費者をきわめて容易に情報の発信者に変貌させるに至っている．インターネットは，互いに情報を提供しあいそれを利用しあう参加型のネットワークであることに大きな意義があるとの観点からは，非常に好ましいことであり，決してこれを否定することはできない．しかし，情報の消費者と情報の発信者との相違は，その責任の重大さからみればきわめて明確であり，必然的に情報発信者のモラルが問われ，一方では，情報の消費者の情報選択能力が問われることになろう．ただ，現状の情報の消費者は，インターネットという環境に何となく飛び込んだり，否応なく放り込まれたといった場合が大多数をしめるのではないだろうか．

今しばらくは，情報の発信者が，インターネットにアクセスした情報の消費者が誤った情報に振り回されてアクセクしないですむように，責任のある情報発信を行うことを心がけなければならないであろう．

（K. M.）

「交さ点」投稿のすすめ

会員の方のご意見などを掲載するための欄として「交さ点」を本文中に設けていますので，随筆その他を積極的にお寄せ下さい．形式は問いません．匿名希望の場合はその旨付記して下さい．

（尚掲載後，薄謝としてテレホンカードを贈呈）