

インストルメントパネル表皮へのステッチ自動縫製技術開発

Development of Automated Stitching Technology for Molded Decorative Instrument Panel Skin

長塚 将治*

Masaharu Nagatsuka

斎藤 憲**

Akira Saito

要 旨

加飾としてステッチ（縫製加工による縫い目）を付けたインストルメントパネル（以下、インパネ）の採用が増加している。生産台数が多く、適用車種が多いソフトパッドのインパネに使用されている成型表皮へステッチ加飾を施す技術開発を行った。インパネへのステッチ加飾は乗員の目に付きやすい位置に存在することから、高い寸法精度や見栄えが要求される。本稿では、これらの課題を解決する為にステッチ加飾の自動縫製技術の開発を行ったので、その事例について紹介する。

Abstract

Demand for the instrument panel with stitch decoration is expected to further increase. Considering expanding its adoption to soft pad instrument panel with molded skin, which is produced at high volume, Calsonic Kansei has developed automated stitching technology. In the development of this technology, accurate alignment and attractive appearance are required because stitch decoration is often placed on a noticeable surface part of the instrument panel. This report describes the approaches of the development both in the design aspect and in the manufacturing aspect.

Key Words : Stitch / Instrument Panel / Molded Skin

1. はじめに

欧州車に代表される高級グレード車は、以前よりインパネに本革や合皮を貼りこみ、高級感を演出しているものが多い。本革・合皮をインパネに貼りこむ為には、その形状に合わせ、平面の革を、切り抜き、革同士を縫製し、貼り込まれる工程が一般的である。この工法により施された縫製（ステッチ）は手の込んだクラフトマンシップの象徴として受け入れられている。そのため、昨今では、本革・合皮以外のインパネへのステッチ加飾を施した車種が増加してきている。

このような状況の中、カルソニックカンセイは、中級グレード車の主流となっているソフトパッドのインパネへのステッチ加飾を施す技術開発に取り組んだ。インパネのステッチ加飾は乗員の目に付きやすい位置に存在することから、高い寸法精度や見栄えが要求される。これらの課題を解決する為にステッチ加飾の自動縫製技術の開発を行ったので、その事例について紹介する。

2. ステッチ加飾の構造

ステッチ加飾を施したインパネには、高級グレード車で採用されている本革への縫製から、中級・下級グレード車で採用されている形状を模擬したステッチ加飾等、種々存在する。以下にインストの表皮構造別に一般的に採用されている三つのステッチ加飾について紹介する。

一つ目は、革巻きインパネと呼ばれ、本革・合皮を縫製し繋ぎ合わせ、三次元形状にした表皮を貼り込んだ構造である（Fig. 1）。この構造は、一般的に本革・合皮の裏面にクッション層を貼りつけ、お客様が手を触れた際に触感を良くしたものである。欧州を中心に高級グレード車にこの構造が採用されており、職人がステッチの位置を見ながら、革の皺を伸ばしつつ、一点一点手で貼りつけられることが多い。

* CPM・内装事業本部 CPM・内装技術開発グループ

** CPM・内装事業本部 内装生産技術グループ

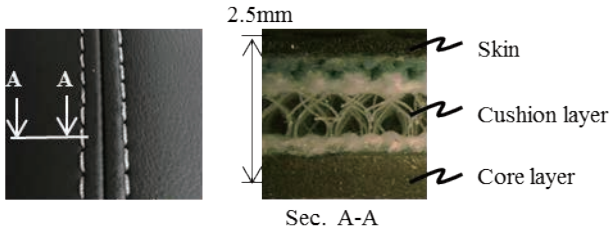


Fig. 1 Cross Section of Leather Wrapped Instrument Panel

二つ目は、ハードインパネと呼ばれ、ソフト層が設定されていないインパネである (Fig. 2)。射出成型による樹脂単体の構造となっている。そのため、ステッチを設定する際も糸を用いて縫製することはせず、糸の形状をインパネ上に転写した構造である。昨今では、金型加工精度の向上もあり、模擬形状とは言え、糸の撚りまで再現した精巧なものも開発されてきている。

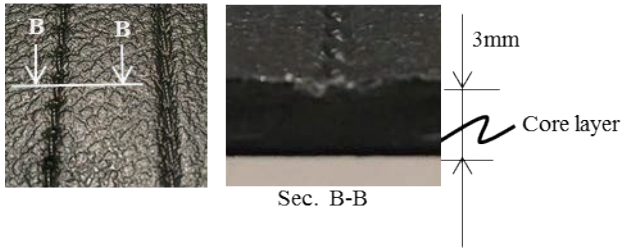


Fig. 2 Cross Section of Hard Instrument Panel

三つ目は、ソフトパッドインパネと呼ばれ、樹脂製の薄い表皮を成形した後に、基材との間に発泡ウレタン等のソフト層を注入して触感を上げたインパネである (Fig. 3)。ステッチ加飾をつける際には、ソフトパッドの外表面にあたる表皮を実際に糸で縫製する構造や、表皮に糸の形状を再現するタイプなどがある。

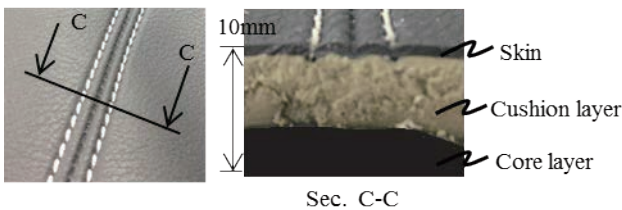


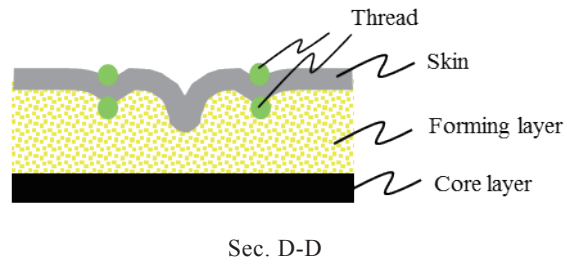
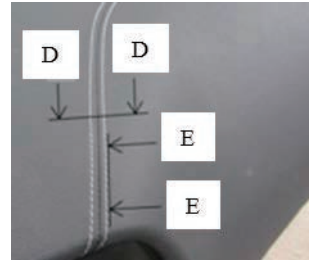
Fig. 3 Cross Section of Soft Instrument Panel

これら三つのインパネタイプがあるが、本稿では、生産台数及び適用可能な車種が多い、ソフトパッドのインパネへのステッチ加飾の技術開発に取り組んだ概要を以下に説明する。

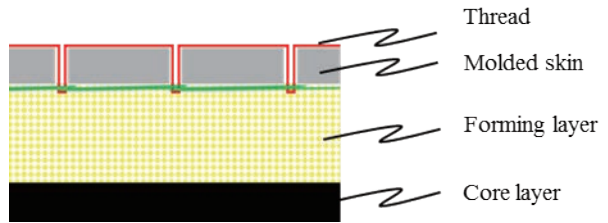
3. 技術開発の取り組み

3.1. ステッチ加飾仕様

ソフトパッドインパネへのステッチ加飾はダブルステッチと呼ばれる糸が二本平行に縫製されたものを採用することとした。そして二本の糸は本物の糸を使って縫製している。中央の縫い合わせ部は金型にて成型し表皮に縫い合わせ形状を再現するハイブリッド構造とした (Fig. 4)。



Sec. D-D



Sec. E-E

Fig. 4 Structure of Instrument Panel with Stitch

3.2. ステッチ縫製工法

本革や合皮の場合は平面の革を縫い合わせて三次元形状に縫製するのに対し、ソフトパッドの成型表皮の場合は、あらかじめ三次元形状を持った表皮に対しステッチ加飾を施すため、熟練者でも難しい縫製作業となる。

従って、作業者の技能に頼ることなく、かつ、グローバルに展開している生産拠点でも安定した品質を提供するべく、三次元形状に対応可能なロボットによる自動縫製設備を採用することにした (Fig. 5)。



Fig. 5 Automated Stitching Machine

3.3. 開発課題

自動縫製であっても従来のミシンで施すステッチと基本的には変わらず、表皮に対して縫製する加工である。本開発ではステッチ加飾の、糸の太さや糸目の長さ、糸の沈み込み感といった上質な見栄えについて設計する必要がある。

また、成型表皮にミシンで針孔を開けて糸を通すことで強度低下を招く等の品質面での課題や、ステッチの蛇行や製品ばらつきを抑制するといった生産課題が挙げられる。ここでは、主な以下の三つの課題を取り上げ、取り組んだ内容を次章で説明する。

- ・加飾として上質なステッチ形状の設計
- ・縫製により針孔を開けたときの表皮強度設計
- ・自動縫製による高精度縫製技術の確立

4. 上質な加飾ステッチ設計

糸の太さや糸目の長さ、ダブルステッチの糸と糸との間隔、糸目の角度や糸の沈み込み具合等によってステッチの見栄えは異なり、与える印象も異なってくる。従って、他社車の本革や合皮のステッチをベンチマークして見栄えについて官能評価を行い、より見栄えの良い形状を選定した。Fig. 6は代表的な8種類の異なる尺度による主観評価結果を示している。

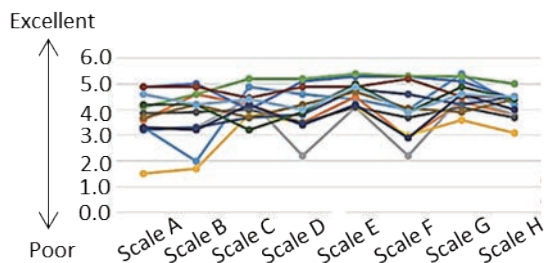


Fig. 6 Subjective Evaluation on Stitch Appearance

また、この官能評価結果から、評点の高い数種類のステッチの断面形状を測定し、形状を組み合わせることで最も良い官能評価が得られる断面形状を特定することができた (Fig. 7)。

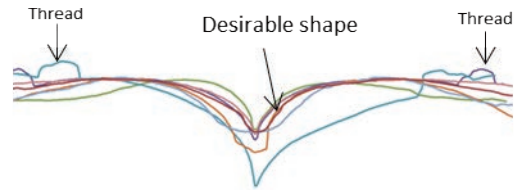


Fig. 7 Cross-Sectional Shape of the Stitched Part

この得られた断面形状をインパネで再現しようと試みた。しかし成形表皮の場合は単層の表皮であるため、単に縫製しても、本革や合皮のようにステッチ (Fig. 8 A) のように糸目が沈み込むことはなく、表皮に直線状に配置されたような見栄えになってしまう (Fig. 8 B) ため、糸の沈み込み感に関わる官能評点が低くなってしまい、見栄えが悪くなるという課題がある。

この課題を解決すべく糸の沈み込み感に影響する因子をさらに検討し、縫製方向に糸がアーチ状の形状になっていることと、糸に張力が掛かって表皮が沈んで凹んでいる形状の二つに分類した。そしてそのどちらが見栄えに大きく影響するかを再び官能評価した結果、後者の官能評点に対する影響が大きいことが明らかになった。従って、このような表皮形状を演出させるために凹形状を付けた表皮を成型する工夫を行った (Fig. 8 C)。

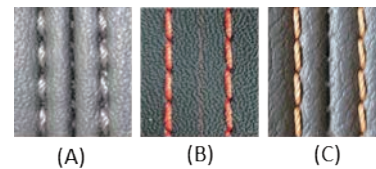


Fig. 8 Stitch Thread Subduction Appearance

5. 縫製表皮の強度設計

5.1. 縫製部の強度要件

一般に、縫製される対象としては布製品が多い。布に縫製する際は、針を突き刺し、糸を通すが、針は織り込まれた布の隙間に入り込むため布の繊維を切らず、押しつけているだけである。しかしながら、成型表皮の場合、繊維ではなく樹脂の単層であり、表皮に孔を開けることになる。これによって、表皮の強度低下を招いてしまう。インパネに求められる性能として、ユーザーが手をつけて立ち上がることや縫製部分を指で強く押し込むことを想定した入力に耐えることが必要であり、ステッチ加飾を施した際にも同様の性能が求められる。

従って、従来の強度要件を満足させるための強度設計を行った。

5.2. 縫製部強度設計

ユーザーが指で強く縫製部分を押し込むような入力を与えた場合、成型表皮は薄く表皮の下には弾力のある発泡ウレタンが存在しており、押した部分が沈み込むように変形する。表皮を押した際に、表皮が伸ばされることによって引張力が作用する為、引張力に着目して検証を行った。

引張りによる破断に対しては、通常は針孔を空けたことにより、引張荷重が加わり孔部分で応力集中が働くので、破断荷重は孔が無い状態に比べ下がる。しかし、今回の対象となる成型表皮材は伸び率が高く、円孔に依存せず材料が薄く伸ばされて破壊に至る延性破壊を起こすのではないかと考えた。この際に応力集中は無視できるほど小さいと想定した。

ここで、引張荷重は次の式で表される。

$$P = \sigma_{max} \times A \tag{1}$$

P: 引張荷重

σ_{max} : 最大応力

A: 断面積

次に、断面積 A は表皮板厚と荷重が加わる幅で決まる。荷重が加わる一定幅の中にはステッチが施してあることから針によって空けられる孔のサイズと孔から孔までの距離、すなわち、ステッチピッチ分を引いた値となる (Fig. 9)。ここでは表皮強度をコントロールするため、縫製によって繰り返し同じ断面積が発生する最小単位域での検証として針孔から針孔までの寸法で検証を行うこととし、次の式で断面積を考慮した。

$$A = t \times (p - \phi) \tag{2}$$

t: 表皮板厚

p: ステッチピッチ

ϕ : 孔径

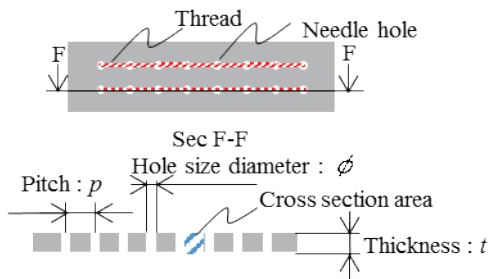


Fig. 9 Stitch Cross Section Area

よって式 (1)、式 (2) から

$$P = \sigma_{max} \times t \times (p - \phi) \tag{3}$$

上記の通りと想定すると、破断応力は材料物性で決まるため、引張破断荷重は断面積のみで決まり、その断面積はステッチの板厚・針孔・ステッチピッチで決まる。

この想定のもので引張試験を行い、実験確認を実施した。針孔なしと針孔有りの条件で実施したが、結果は Fig. 10 に示すように、ばらつきはあるものの、孔の有りに無しに関わらず断面積と破断荷重に線形の相関がみられた。これは応力集中が無視できるほど小さいことを示し、断面積すなわち板厚・針孔・ステッチピッチをコントロールすることで強度コントロールが可能であることを表している。

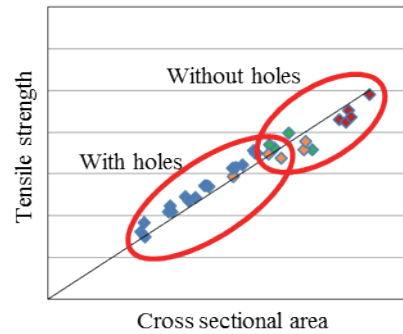


Fig. 10 Relationship Between the Tensile Strength and the Cross-Sectional Area

なお、今回のように応力集中が無視できる程小さいという特性は材料によって異なるものであり、材料毎の確認を行う必要がある。

6. 高精度自動縫製技術の確立

6.1. 工程概要

一般的な真空成形表皮を用いたソフトパッドインパネの生産工程は、

- ・真空成形工程 (表皮層を成形)
- ・発泡成形工程 (クッション層を成形)
- ・射出成形工程 (芯材層を成形)

から成り立つが、今回採用するステッチの加工はこの「真空成形工程」と「発泡成形工程」の間に取り入れた (Fig. 11)。

ステッチ工程は、以下より構成される。

- ① 表皮セット: 成型された表皮を固定治具にセット
- ② 自動縫製: ロボットによるセンシングと縫製
- ③ テープ貼付け: ウレタン洩れ止めテープの貼付け

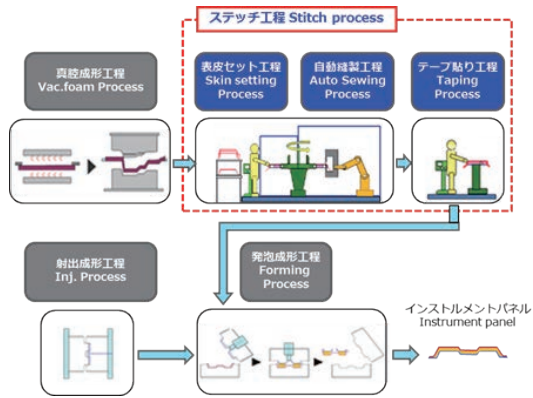


Fig. 11 Process Flow of Soft Instrument Panel with Stitching

6.2. 技術課題と取り組み

(1) 立体形状への縫製 従来からの知見では生地を上下の針板で押さえて縫製するというミシンの特性上、縫製は平面のみに限られていた。しかしながら加工対象表皮の造形は屈曲した立体形状を有しており、そのままではミシンの針板が干渉し縫製出来ない (Fig. 12)。

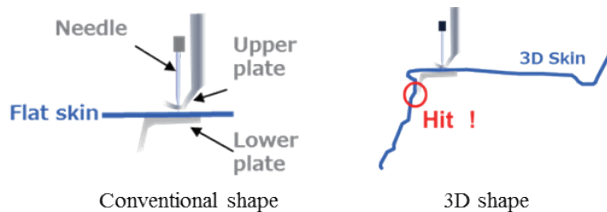


Fig. 12 Needle Plate – Skin Interference

そこで表皮と針板の干渉を回避する為に表皮形状を屈曲面から平面にする事に着目した。様々な試行を行った結果、表皮の意匠面外を部分的にカットし、かつ開口部を引き出す事で屈曲面を平面化し、縫製を可能とした (Fig. 13)。

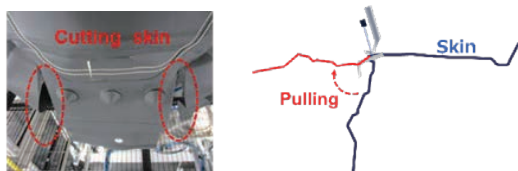


Fig. 13 Cutting and Pulling of Skin

この平面にした表皮を縫製する為には治具による固定が必要であり、本治具にはロケート形状を利用した部分的な表皮の引き出し機能を設け、引き出した状態にて表皮を治具に真空吸着し、平面形状を固定させている (Fig. 14)。

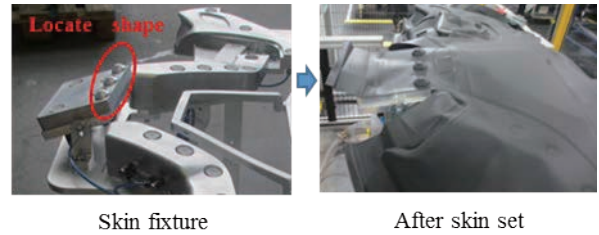


Fig. 14 Locally Flattened Skin Setting

(2) 縫製位置の精度 一般的には自動縫製用治具への表皮のセットは手作業で行われるが、そのまま縫製を行うとセット位置のバラツキの影響を受け、高い縫製位置精度に達できず、ステッチの見栄えが悪くなる。

この課題に対して、セットする度に治具上での表皮位置をレーザーでスキャンを行い、スキャンデータにより縫製位置の補正をロボットに行わせる事により解消した。レーザースキャンでは、表皮に形成された疑似溝の最深部を検知し、予め記録させたマスター位置からの誤差量を演算し、縫製位置の補正を行う (Fig. 15)。

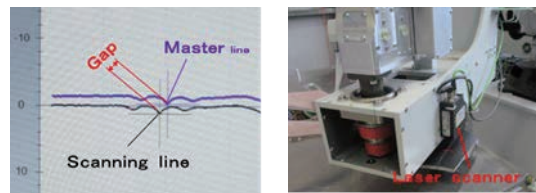


Fig. 15 Scan System for Path Correction

縫製位置の補正において、レーザースキャンポイント全てを個々に行うことで、縫製ラインがジグザグ状となり、見栄えが悪くなる。この為複数のスキャンポイントを数個にグループ化し、グループ毎の補正を行う事により蛇行が無い自然な縫製ライン形成する (Fig. 16)。

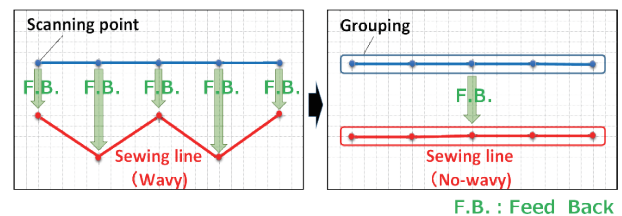


Fig. 16 Feedback Correction Considering Optimal Data Grouping

スキャンポイントの平均値で行うこの補正の方法は、補正値が大きすぎるとグループ内のスキャンポイント部位によっては正確な基準縫製位置から外れてしまう傾向がある。そこで補正を実行させる限界値 (補正リミット) を設定する事により縫製位置の精度を確保した。

つまりスキャンした表皮の位置のズレの量が補正リ

ミット内であれば、そのまま位置の補正をかけて自動縫製を開始し、補正リミット外であれば縫製せずにオペレーターに表皮の再セットを促すという制御システムである。

この補正リミットを下げれば加工位置の精度が上がり位置ズレの不良率が下がるが再セット回数が増加し、逆に補正リミットを上げれば加工位置の精度が下がり不良率が上がるが、再セット回数が減少する。これらの関係を考慮し、適正な補正リミットを設定する事により作業能率が良く、縫製位置精度の高い自動縫製工程を実現した (Fig. 17).

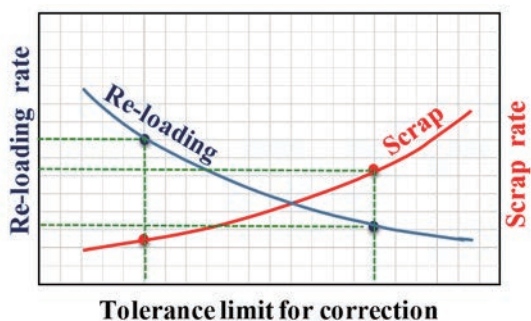


Fig. 17 Revision Limit for Stitch Quality

7. おわりに

本開発で得た成型表皮へのステッチ縫製技術は北米生産の日産自動車 マキシマ・タイタンに採用し、2015年度から量産中である。本開発の縫製技術は、縫製技能に頼らない為、熟練職人がいない拠点でも対応可能であり、今後もグローバル生産拠点での活用に対応できるものと考えている。

最後に本開発に多大なるご協力を頂きました日産自動車各位および、カルソニックカンセイ北米開発拠点、生産拠点関係各位に対し、深く感謝の意を表します。



長塚 将治



斎藤 憲