

〈연구논문(학술)〉

고감성 인조피혁개발을 위한 제품중심 공정설계 시스템

김주용[†] · 박백성 · 이채정

송실대학교 유기신소재·파이버공학과

A Product-Focused Process Design System(PFPDS) for High Comforts Artificial Leather Fabrics

Jooyong Kim[†], Baeksoung Park and Chaejung Lee

Department of Organic Materials and Fiber Engineering, Soongsil University, Seoul 156-743, Korea

(Received: February 12, 2008/Revised: March 13, 2008/Accepted: October 16, 2008)

Abstract— In this paper, a comfort evaluation system based on a product-focused process design (PFPD) has been proposed for high comforts interior seat covers. Correlations between comforts properties and physical/thermal properties of interior seat covers were examined by combining traditional regression analysis and data mining techniques. A skin sensorial comfort of leather samples was evaluated by only human tactile sensation. The adjectives of leather car seat covers are ‘Soft’, ‘Sticky’ and ‘Elastic’. Thermo-physiological comfort properties of leather samples were evaluated by only human tactile sensation. The adjectives of leather car seat covers are ‘Coolness to the touch’ and ‘Thermal and humid’. Skin sensorial comforts of cloth samples were evaluated by only human tactile sensation. The adjectives of cloth car seat covers are ‘Soft’, ‘Smooth’, ‘Voluminous’ and ‘Elastic’. Thermo-physiological comforts of cloth samples were evaluated by only human tactile sensation. The adjectives of cloth car seat covers are ‘Coolness to the touch’ and ‘Thermal and humid’.

Keywords: *comfort evaluation system, skin sensorial comfort, thermo-physiological comfort, MLP artificial neural network, interior seat covers, product-focused process design system(PFPDS)*

1. 서 론

제품에 대한 고객들의 주문에 따라 제품 구성 부품들의 설계가 이루어지고 이를 바탕으로 제품을 생산하게 된다. 이러한 제품 생산과정에서 설계와 생산사이의 교량역할을 공정설계가 수행하고 있다. 공정설계란(Process Design), 설계된 제품의 사양을 구현하기 위한 가공 및 조립 방법과 순서 그리고 그에 따른 여러 제약들을 고안하여, 최적의 계획을 수립하는 제조 단계로 정의할 수 있다. 특히 제조업에서는 제품마다의 특성에 따른 공정의 설계는 그 자체로 공정 생산성에 영향을 미칠 뿐만 아니라 제조 시스템 설계의 기초 자료가 되기 때문에 매우 중요하다. 하지만 기존의 생산 효율성에 초점이 맞추어진 공정중심(process-focused)의 개발 시스템으로는 소비자의 민감한 감성의 평가를 받아야하는 인테리어 시트 직물의 고감성화를 이룰 수

없다. 따라서 본 연구에서는 고객의 요구에 따라 제품의 감성품질을 제어 할 수 있는 제품중심(product-focused) 공정 설계 시스템을 구축하였다.

현대인의 생활에 필수요소가 된 인테리어 시트는 내구 성능 측면에서 비약적인 발전을 거듭해 왔다. 이러한 성능의 발전은 소비자에게 쾌적성이라는 감각적 욕구를 갖게 했다. 특히 시트는 착좌 중 쾌적성을 결정하는 매우 중요한 요소로 인식되고 있으며, 착좌 중에는 인체와 시트 직물이 오랜 시간 접촉해 있기 때문에 촉감에 의해 좌우되는 직물의 역학적 및 열, 생리적 쾌적성은 중요하다. 그동안 착좌시 인체와 접촉하는 시트의 압력분포에 따른 쾌적성 평가^{1,2)}, 인공지능을 이용한 쾌적성의 평가³⁾, 착좌시 쾌적성과 역학적 특성간의 관계를 밝히는 연구⁴⁾ 등, 시트의 쾌적 성능에 관한 많은 인간공학적 접근에 의한 연구들이 진행되어왔다.

[†]Corresponding author. Tel.: +82-2-820-0621; Fax.: +82-2-817-3346; e-mail: jkim@ssu.ac.kr

이외에도 시트의 쾌적성을 평가하기 위한 감성 평가법에 관한 연구들이 진행되어 왔지만^{5,6)}, 모두들 시트 자체와 인체와의 관계를 전제로 한 연구이다. 시트 직물을 중심으로 한 쾌적성평가^{7,8)}에 관한 연구도 있으나 직물의 종류별 특성에 대한 고려 없이 즉, 직물과 피혁의 구분 없이 이루어졌으며, 촉감에 의한 역학적 쾌적성을 위주로 진행되었다. 하지만 시트 직물의 경우 착좌 중 장시간 동안 착좌상태를 유지하기 때문에 시트 직물과 인체의 열, 생리적 쾌적성^{9,10)}이 다른 소재에 비해 중요하다고 할 수 있다. 착좌시 쾌적성의 향상을 위해서는 무엇보다 각 소재별 특성을 고려하여 쾌적성에 영향을 미치는 관련인자를 검출하여 제어해야 한다. 따라서 본 연구에서는 선행연구를 통해 개발된 착좌 중 직물과의 접촉을 통한 쾌적성을 평가할 수 있는 쾌적성 평가시스템을 이용하여 고감성 인테리어 시트 직물의 제조를 위한 제품중심(product-focused) 공정 설계 시스템을 구축하였다.

2. 스토캐스틱 데이터 마이닝 기법을 이용한 쾌적성 평가 시스템 설계

선행연구를 통해 개발된 인테리어 시트직물의 쾌적성을 평가하는 시스템은 인테리어 시트 직물을 피혁과 직물로 구분하는 수단, 시트직물의 역학적 및 열·생리적 특성인자들을 입력하는 수단, 입력된 특성인자들로부터 통계적 회귀모델을 이용하여 피혁의 경우 Sticky,

Soft, Elastic, Coolness to the touch, Thermal and humid의 5가지의 쾌적성, 직물의 경우 Soft, Elastic, Voluminous, Smooth, Coolness to the touch, Thermal and humid의 6가지의 쾌적성을 정량적으로 평가하는 수단, 평가된 쾌적성수치로부터 인공신경망 모델을 거쳐 Sporty, High-class의 쾌적성을 정량적인 수치로 평가하는 수단, 평가된 쾌적성 수치를 등급화 하는 수단, 쾌적성의 평가 결과를 그래프로 표현하는 수단으로 구성되어 있다. 본 인테리어 내장 직물 쾌적성 평가 시스템(ISC-CES)은 시트직물의 역학적 및 열·생리적 특성인자들로부터 통계적 회귀모델을 이용하여 피혁의 경우 ‘Sticky(밀림에 대한 저항감)’, ‘Soft(유연한)’, ‘Elastic(탱글탱글한)’, ‘Coolness to the touch(서늘한)’, ‘Thermal and humid(온습한)’의 쾌적성, 직물의 경우 ‘Soft(유연한)’, ‘Elastic(탱글탱글한)’, ‘Voluminous(풍성한)’, ‘Smooth(매끄러운)’, ‘Coolness to the touch(서늘한)’, ‘Thermal and humid(온습한)’의 쾌적성을 정량적으로 평가하고, 인공신경망 모델을 거쳐 최종적으로 Sporty, High-class의 쾌적성을 정량적으로 평가하는 시스템이다.

쾌적성의 평가 모델의 개발을 위해 역전파(back-propagation) 알고리즘을 이용한 MLP신경망(multi layer perceptron neural network)기법을 이용하였다. 역전파 알고리즘은 신경망의 계수추정을 위해 개발된 기술기 하강(gradient descent)알고리즘으로 가중치 및 임계값들에 관한 해를 반복적으로 구하는 방법이다. Fig. 1은 인테리어 시트 직물의 쾌적성 평가시스템의 구성을 나타낸 것이다.

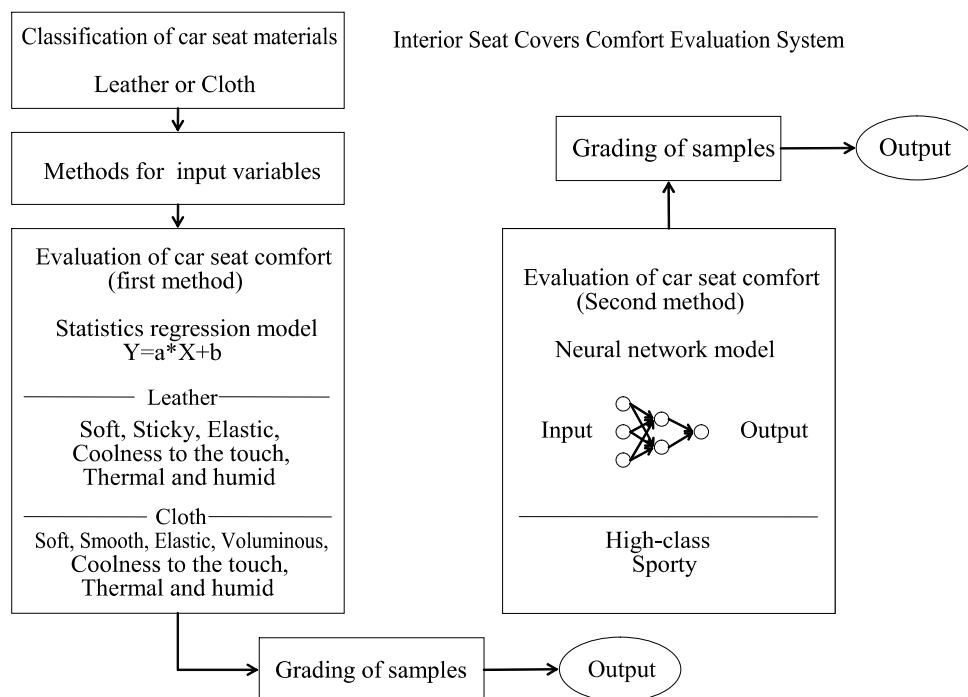


Fig. 1. Construction of interior seat covers comfort evaluation system(ISC-CES).

3. 고감성 인테리어 시트 직물의 제조를 위한 제품 중심 공정 설계 시스템 (PFPS)의 설계

고감성 인테리어 시트직물의 제조를 위한 제품중심 (product-focused) 공정 설계 시스템의 개발을 위해 본 연구에서는 데이터 마이닝(data-mining) 기법을 도입하였다. Fig. 2는 본 연구의 데이터 마이닝 모델의 개념도이다. 데이터 마이닝 기법을 이용한 인테리어 내장 직물 쾌적성 평가 시스템(ISC-CES)에 의해 인테리어 시트 직물의 쾌적성이 평가 되어 각각의 공정 정보와 함께 데이터베이스화되며, 사례 적응형 지식(case adaptation knowledge)을 구성한다. 이러한 정보와 새로운 패턴, 소비자의 요구 등이 다시 공정설계에 반영된다.

Fig. 3은 기존의 단순 통계학적 접근에 의한 모델을 나타낸 것이며, Fig. 4는 기존 모델의 문제점을 보완한 본 연구의 데이터 마이닝 모델을 나타낸 것이다. 데이터 마이닝 모형을 구축하기 위해서는 정확하고 적절한 입력변수의 결정이 매우 중요하다. 본 연구에서는 선행연구를 통해 검출된 인테리어 시트 직물의 쾌적성에 영향을 미치는 특성인자를 입력변수로 사용하였다.

Fig. 5는 본 연구에서 개발된 제품중심 공정설계 시스템(PFPDS)의 구성을 나타낸 것이다.

3.1 제품 중심 공정 설계 시스템(PFPDS)의 적용

본 연구를 통해 개발된 제품중심 공정설계 시스템을 이용하여 인테리어 시트 직물 중 인조피혁을 대상으로 천연피혁과 유사한 역학적 쾌적성을 나타내는 인조피혁을 개발하기 위한 공정설계를 수행하였다.

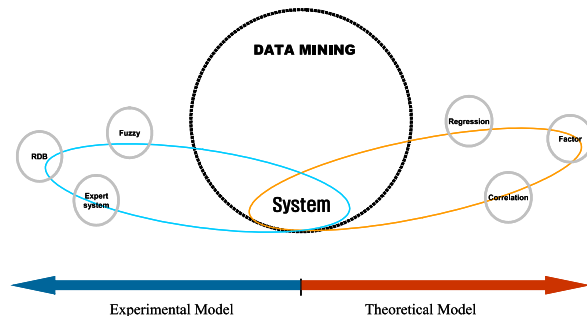


Fig. 2. Macro model approach(data mining).

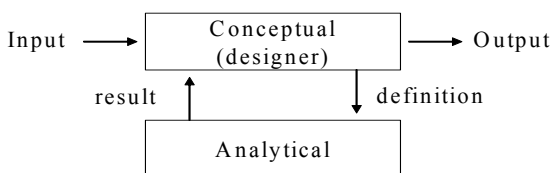


Fig. 3. Non-knowledge-guided approach.

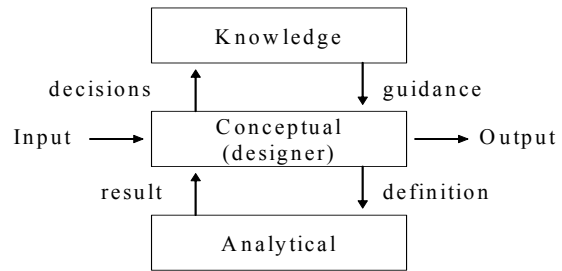


Fig. 4. Knowledge-guided approach.

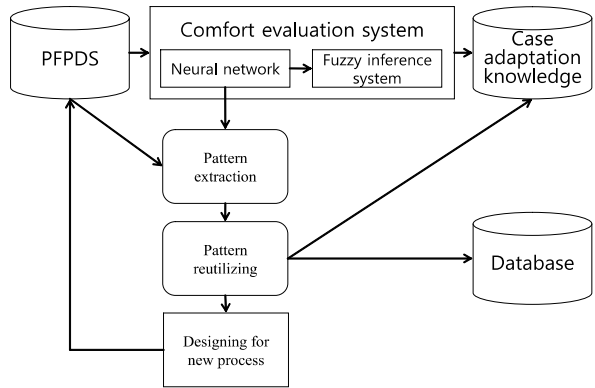


Fig. 5. The architecture of PFPDS.

3.1.1 천연피혁과 인조피혁의 쾌적성의 유사도 평가

인조피혁(1~4)과 천연피혁(5~8)의 쾌적성에 대한 유사성 평가를 실시하였다. Table 1과 2는 각각 천연피혁과의 유사성 평가에 사용된 인조피혁의 역학적 및 열·생리적 특성과 Soft (L_S), Sticky (L_K), Elastic (L_E), Coolness to the touch (L_C), Thermal and humid (L_H)의 쾌적성 수치 및 등급을 나타낸 것이다. 피험자는 전문가를 대상으로 하였으며 눈을 가리고 촉감만으로 평가하게 하였다. 8종의 인조피혁을 랜덤하게 만지게 하고 천연피혁과 쾌적성이 가장 유사한 순서대로 순위를 평가하게 하였다.

Fig. 6은 천연피혁과의 역학적 쾌적성과의 유사도 평가 결과를 나타낸 것으로 유사도 순위에 대한 각 시료의 쾌적성 등급을 플롯한 것이다. 쾌적성의 등급은 정신물리학적 평가를 통한 자극의 최소차이(PSE : Point of Subjective Equality)를 기준으로 등간격으로 분할한 선행연구의 결과를 이용하였다. Soft (L_S), Sticky (L_K), Elastic (L_E)은 1~6등급을 1~6으로 표시하였고, Coolness to the touch (L_C), Thermal and humid (L_H)의 양호 및 불량 등급은 양호는 1, 불량은 2로 표시하였다. Fig. 6으로부터 인조피혁의 Soft (L_S), Sticky (L_K)의 쾌적성 등급의 수치가 높을수록(6 등급에 가까울수록) 더 천연피혁에 유사한 쾌적성을 나타내는 것을 알 수 있다.

Table 1. Properties of leather samples used

| Sample NO | Softness (mm) | RT (%) | RB (%) | μ | q_{max} (J/cm ² sec) | P (mg/cm ² /h) |
|-----------|---------------|--------|--------|-------|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 4.20 | 59.61 | 0.57 | 0.62 | 0.21 | 0.35 |
| 2 | 3.75 | 61.24 | 0.58 | 0.58 | 0.20 | 0.12 |
| 3 | 4.40 | 57.71 | 0.56 | 0.62 | 0.17 | 0.25 |
| 4 | 3.75 | 64.26 | 0.57 | 0.60 | 0.19 | 0.30 |
| 5 | 4.40 | 57.37 | 0.64 | 0.65 | 0.20 | 0.30 |
| 6 | 3.90 | 71.28 | 0.63 | 0.60 | 0.20 | 0.23 |
| 7 | 3.60 | 60.66 | 0.56 | 0.60 | 0.19 | 0.28 |
| 8 | 3.90 | 61.00 | 0.60 | 0.59 | 0.19 | 0.32 |

Table 2. Sensory value of leather samples used

| Sample NO | Soft (L_S) | | Sticky (L_K) | | Elastic (L_E) | | Coolness to the touch (L_C) | | Thermal and humid (L_H) | |
|-----------|----------------|-------|------------------|-------|-------------------|----------|---------------------------------|----------|-----------------------------|---------|
| | Value | Level | Value | Level | Value | Level | Value | Level | Value | Level |
| 1 | 3.72 | 3 | 5.09 | 2 | 4.38 | goodness | 2.92 | goodness | 3.10 | badness |
| 2 | 2.77 | 4 | 3.11 | 4 | 4.97 | goodness | 2.51 | goodness | 4.14 | badness |
| 3 | 5.10 | 1 | 5.07 | 2 | 3.06 | goodness | 1.25 | goodness | 3.45 | badness |
| 4 | 3.78 | 3 | 3.96 | 3 | 3.95 | goodness | 2.23 | goodness | 3.26 | badness |
| 5 | 4.32 | 2 | 5.20 | 1 | 3.72 | goodness | 2.51 | goodness | 3.26 | badness |
| 6 | 2.95 | 4 | 3.84 | 3 | 4.02 | goodness | 2.65 | goodness | 3.52 | badness |
| 7 | 2.81 | 4 | 4.43 | 2 | 4.93 | goodness | 1.90 | goodness | 3.32 | badness |
| 8 | 2.21 | 5 | 2.97 | 4 | 5.40 | goodness | 1.90 | goodness | 3.20 | badness |

Elastic (L_E)의 경우 모두 동일 등급 내에 위치하므로 그 영향은 미미한 것을 알 수 있다. Coolness to the touch (L_C)와 Thermal and humid (L_H)의 열·생리적 쾌적성은 모두 동일 등급내에 있으므로 천연피혁과 유사도 순위에 어떤 영향을 미치는 지는 판단하기 어렵다.

3.1.2 천연피혁과 유사한 인조피혁을 개발하기 위한 공정설계

Fig. 6의 결과를 바탕으로 현재 유통 중인 인조피혁의 천연피혁과의 역학적 쾌적성의 유사도를 향상시키기 위한 쾌적성의 목표구간을 설정하였다. Soft (L_S)의 경우 현재의 최고치인 5등급 이상이 될 경우 너무 뻣뻣해져서 전체적인 고급감에 좋지 않은 영향을 미친다. 따라서 일반적인 천연피혁의 등급인 4등급을 목표구간으로 정하였다. Sticky (L_K)의 경우 대부분의 천연피혁이 6등급에 위치하므로 현재보다 높은 등급인 6등급으로 목표구간을 설정하였다. Elastic (L_E)과 Coolness to the touch (L_C)의 경우 양호 등급으로 동일하게 유지하였다. 하지만 Thermal and humid (L_H)의 경우는 대부분의 인조피혁이 불량 등급에 위치하기 때문에 천연피혁과의 유사도 평가에서는 그 영향이 밝혀 지지 않았으나 천연피혁과의 유사도 향상을 위한 목표 구간의 설정에 있어서는 천연피혁의 Thermal and humid (L_H)이 대부분 양

호 등급에 위치하므로 양호 등급을 목표구간으로 설정하였다. 각 Soft (L_S), Sticky (L_K), Elastic (L_E), Coolness to the touch (L_C), Thermal and humid (L_H)에 영향을 미치는 특성 인자는 각각 Softness (mm), μ , $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$, q_{max} (J/cm²sec), log p (mg/cm²/h)이다. Soft는 시험편을 bottom clamp에 놓고, 지름 5mm의 tip에 의해 직물이 지축방향으로 늘어나는 길이를 softness(mm)값으로 정의하여 사용하였으며, Sticky의 μ 는 사람의 손과 피혁사이에서 일어나는 점탄성 거동을 반영한 계수를 사용하였다.

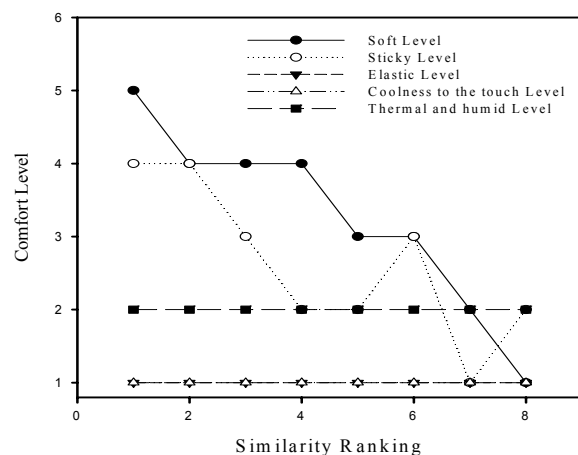


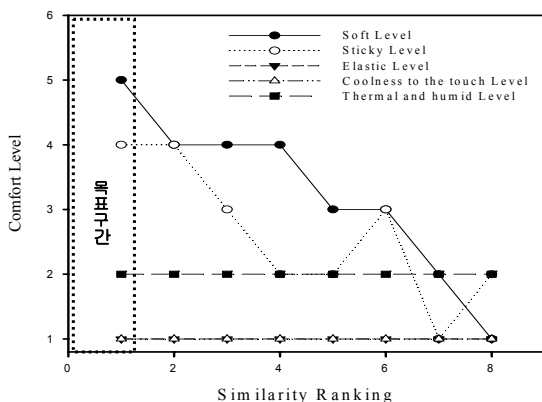
Fig. 6. Similarity ranking between artificial leather and genuine leather.

Table 3. Properties of artificial leather(a)

| Softness(mm) | $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$ | μ | q_{max} (J/cm ² sec) | $\log P$ (mg/cm ² /h) |
|--------------|----------------------|-------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 3.70 | 20.94 | 0.37 | 0.21 | 0.02 |

Table 4. Sensory value of artificial leather(a)

| Soft (L_S) | | Sticky (L_K) | | Elastic (L_E) | | Coolness to the touch (L_C) | | Thermal and humid (L_H) | |
|----------------|-------|------------------|-------|-------------------|----------|---------------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| Value | Level | Value | Level | Value | Level | Value | Level | Value | Level |
| 2.70 | 4 | 0.63 | 6 | 4.29 | goodness | 3.02 | goodness | 2.01 | goodness |



| Similarity Ranking | | | | |
|--------------------|------------------|----------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Soft (L_S) | Sticky (L_K) | Elastic (L_E) | Coolness to the touch (L_C) | Thermal and humid (L_H) |
| 4 grade | 6 grade | goodness | goodness | goodness |
| 2.49~3.34 | ~2.02 | 3.44~ | 1.139~ | ~2.24 |
| ↓ | ↓ | ↓ | ↓ | ↓ |
| Softness (mm) | μ | $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$ | q_{max} | $\log p$ |
| 3.63 ~ 3.91 | ~ 0.44 | 19.7 ~ | 0.175 ~ | -0.085 ~ |

Fig. 7. Target range for manufacturing of high comforts car seat covers.

또한 Elastic은 탱글탱글함으로써 탱글탱글하다는 것은 굽히거나 인장했을 때 처음의 형태로 돌아가는 정도가 큰 것을 말하므로 굽힘회복도(RB%)와 인장회복도(%)를 측정하여 $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$ 과 같은 단일 인자를 개발하였다. q_{max} (J/cm²sec)는 초기 열유속 최대량으로 q_{max} 가 크다는 것은 열의 전달이 빨라져 서늘감(Coolness to the touch)을 느끼게 되는 것이므로 초기 열유속 최대량을 사용하였다.

마지막으로 투습도의 측정은 온도 30℃에서 피혁을 경계면으로 하여 한쪽의 공기를 상대습도 85%, 반대쪽의 공기를 건조 상태로 유지하였을 때, 1시간에 이 경계면을 통과하는 수증기의 무게(mg)를 그 피혁 1cm² 당으로 환산한 값을 말한다. 즉 $\log p$ 는 Thermal and humid(온습한)를 나타내는 지표이다. 이와 같이 설정한 각 쾌적성의 목표 구간에 해당하는 특성 인자의 구간을 정하면 각각 Softness(mm)의 경우 3.64이상 3.91이

하 이고, μ 는 0.44이하 이며, $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$ 는 1.97이상 이다. q_{max} 는 1.139이상 이며, $\log p$ 는 -0.085이상이다. 천연피혁과의 유사도 향상을 위한 쾌적성의 목표 구간 및 특성 인자와 그 해당 구간을 Fig. 7에 나타내었다.

천연피혁과 유사한 역학적 쾌적성을 갖는 인조피혁은 상술한 특성치의 목표 구간을 만족해야 한다. 본 연구에서는 지금까지 평가 모델 및 천연피혁과의 유사성 평가에 사용되지 않은 인조피혁 중 해당 목표 구간을 만족하는 인조피혁(a)를 선정하였다.

선정된 인조피혁(a)의 역학적 특성치는 Table 3에 나타내었다. Table 4는 인조피혁(a)의 쾌적성 수치 및 등급을 나타낸 것이다. 이렇듯 인조피혁(a)의 공정 정보는 본 연구의 제품중심 공정 개발 시스템(PFPDS)의 사례적응지식(Case Adaptation Knowledge)기반 데이터베이스에 저장되고 이를 기반으로 새로운 공정 설계가 이루어진다.

4. 결 론

인테리어 내장 시트 중 피혁의 역학적 쾌적성을 L_S (피혁의 Soft), L_K (피혁의 Sticky), L_E (피혁의 Elastic)의 3가지로 설명할 수 있음을 알 수 있었다. L_K (피혁의 Sticky)에 영향을 미치는 역학적 특성은 미끌림 저항계수(μ)를 측정하여 예측모델의 개발이 이용하였다. L_S (피혁의 Soft)에 영향을 미치는 역학적 특성으로 Softness (mm)값이 증가 할수록 ‘Soft(유연한)’한 감성을 더 느끼는 것을 알 수 있었다. L_E (피혁의 Elastic)에 영향을 미치는 역학적 특성은 RB(%)와 RT(%)임이 밝혀졌으며, 예측 모델의 개발단계에서는 RB(%)와 RT(%)의 상호작용을 고려하여 $\sqrt{RB\sqrt{RT}}$ 라는 인자를 개발하여 이용하였다.

인테리어 내장 시트 중 피혁의 열·생리적 쾌적성은 L_C (피혁의 Coolness to touch), L_H (피혁의 Thermal and humid)의 두 가지로 설명할 수 있음을 알 수 있었다. L_C (피혁의 Coolness to touch)에 영향을 미치는 열적 특성은 q_{max} (J/cm²sec)임을 알 수 있었으며, 이후 예측 모

텔의 개발에 특성 인자로 사용하였다. L_H (피혁의 Thermal and humid)에 영향을 미치는 열적 특성은 투습도(P , $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{h}$)임을 알 수 있었다. 특히 천연피혁의 경우 같은 천연피혁 사이에서는 투습도(P , $\text{mg}/\text{cm}^2/\text{h}$)가 작을 수록 ‘Thermal and humid(온습한)’을 더 강하게 느낌을 알 수 있었다. 이후 예측 모델의 개발에는 로그 변환된 투습도(P)값을 특성 인자로 사용하였다. 이 결과 값을 토대로 정신물리학적 평가법을 실시하여 등급화하였다. L_E (피혁의 Elastic)과 L_C (피혁의 Coolness to touch), L_H (피혁의 Thermal and humid)의 경우 변별 최소자극의 구간이 매우 큰 것을 알 수 있었다. 이런 점을 고려하여 등급을 ‘양호’, ‘불량’의 두 구간으로 구분하였다.

본 연구에서는 인테리어 내장 직물 쾌적성 평가 시스템(ISC-CES)을 이용하여 고객의 요구에 따라 제품의 감성품질을 제어 할 수 있는 제품중심(product-focused) 공정 설계 시스템(PFPDS)을 구축하였다. 즉, 본 연구를 통해 개발된 쾌적성 평가 시스템에 의해 인테리어 내장 시트의 쾌적성이 평가 되어 각각의 공정 정보와 함께 데이터베이스화 되고, 사례 적응형 지식(case adaptation knowledge)을 구성할 수 있다. 이를 기반으로 한 새로운 패턴, 소비자의 요구 등이 다시 공정설계에 반영될 수 있을 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어 졌음.

참고문헌

1. X. Wu, S. Rakheja, P. E. Boileau, Distribution of human seat interface pressure on a soft automotive seat under vertical vibration, *International Journal of Industrial Ergonomics*, **24**, 545-557(1999).
2. Diane E. Gyi, J. Mark Porter, Interface pressure and the prediction of car seat discomfort, *Applied Ergonomics*, **30**, 99-107(1999).
3. Michiel P, Delooze, Lottie F. M. Kuijt-Evers and Jaap van Eieen., Sitting comfort and discomfort and the relationships with objective measures, *Ergonomics*, **46**(10), 985-997(2003).
4. M. Kolich, N. Seal, S. Taboun, Automobile seat comfort prediction: statistical model vs. artificial neuralnetwork, *Applied Ergonomics*, **35**, 275-284 (2004).
5. Yoshiyuki MATSUOKAH, Quantitative Design Methods for Kansei in Automobile Development, *Kansei Engineering Inrernational*, **1**(4), 39-46(2000).
6. Hazime Inagaki, Toshiyuki Taguchi, Eiichi Yasuda, Shun'ichi Doi, Evaluation of Seat Kansei Quality, *豊典中央研究所 R&Dレビコー*, **35**(4), 9-14(2000).
7. Toyonori Nishimatsua, Masayoshi Kamijoha, Eiji Tobaa, Hiroaki Ishizawab., Influence of covering fabric for hand feel of automotive seat, *JSAE Review*, **22**, 372-374(2001).
8. Tetsuzou Inoue, Yuko Nakahira., Measurement and Evaluation for Thermal and Humid Sensation of an Automotive Seat, *豊典中央研究所 R&Dレビコー*, **30**(3), 39-46(1995).
9. 고재운, 권오경, “코팅가공의 이해”, 한림원, pp. 157-158, 2004.
10. 고재운, 권오경, 민병길, 우재용, 최재홍, “Fiber 공학”, 한림원, pp.85-86, 2005.