人間工學的 좌석평가를 위한 좌면 형상 변형측정에 관한 연구

李 南 植 *, M. Saito **

* 한국표준연구소 인간공학연구실
** 池田物産 研究開發部

A New Seat Surface Deformation Measurement Method for Ergonomic Seat Evaluation

Nahm Sik Lee *, M. Saito **

* Ergonomics Lab., KSRI
** IKEDA BUSSAN Co., Ltd.

ABSTRACT

In order to measure the shape deformation of seat surfaces, an identation measurement mat was devised. The 50 cm X 50 cm mat containing small polyethylene beads were made using two sheets of polyurethane film. The indentation measurement mat was shaped by vacuuming between the subject and the testing seat. This method showed less than 5mm of deforamtion measurement error. Deformation of CADILLAC and MAXIMA seats were compared to demonstrate usefulness of the new method.

본 研究는 한국과학재단과 IKEDA ENG.의 研究費 지원으로 이루어진것임.

1. 서론

자동차의 주행성능이 향상된것 처럼 운전자와 자동차가 직접 연결되는 자동차의 좌석(seat) 또한 비약적인 발전을 거듭하여 왔다. 우선 좌석의 위치조정장치(slide adjuster), 등받이 각도조절장치(reclining device) 등 다양한 체형의 운전자들이 사용할 수 있도록된 조절식 좌석이 일반화되었으며 75년경 부터는 전동에어펌프를 이용하여 요추, 대퇴부 및 몸통지지대(lumbar, thigh, and trunk support)를 가변식으로 조절할 수 있는 좌석이 등장하게 되었다. 쿠숀(cushion)의 재질 또한 고밀도 고탄성 폴리우레탄(high density/high resilient polyurethane)으로 바뀌어 스프링이 필요없는 일체식경량 좌석이 개발되었다 [2].

그러나 최근 조사[6]에 의하면 그림1과 같이 아직도 많은 운전자들이 장시간 주행시(평균2시간) 신체 각부위의 불편을 호소하고 있다. 이와같은 사실은 자동차 좌석이 아직 인체의 특성을 충분히 고려하여 설계되고 있지 못함을 시사하고 있다. 따라서 보다 안락한 자동차 좌석을 설계하기 위하여서는 운전자가 좌석에 앉았을때 어떠한 변화가 일어나는 지를 정확히 이해하는것이 바람직한데 우선 운전자가 좌석에 앉으면, 골반(pelvis)가 회전하면서 요추의 만곡(lumbar lordosis)이 상실되며 엉덩이(buttock)와 대퇴부(thigh)는 쿠숀과 접촉하여 그 형상이 변형된다. 이때 쿠숀의 강도와 운전자의 체형에 따라 좌석과의 접촉부위, 면적 및 체압분포 등이 특징적으로 결정되며, 운전자세도 영향을 받는다[3]. 따라서 자동차 좌석의 안락도에 영향을 미치는 要因을 보다 정확히 이해하고 또 자동차의 내부 설계를 정밀하게 하기위하여서는 자동차의 좌석과 운전자사이의 계면(interface)이 어떠한 형상을 갖는가 이해하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 운전자가 좌석에 착석하였을때 좌면형상이 어떻게 변형되는가를 손쉽게 측정할 수 있는 방법을 개발하였다.

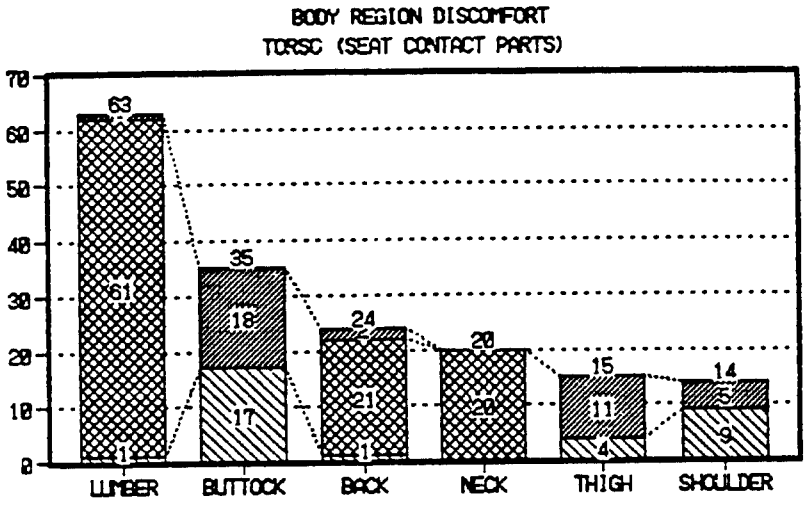


Figure 1. Frequency of Body part discomfort Collected from 110 subjects [6]

2. 새로운 좌면형상 변형측정법

2.1 기존의 측정방법

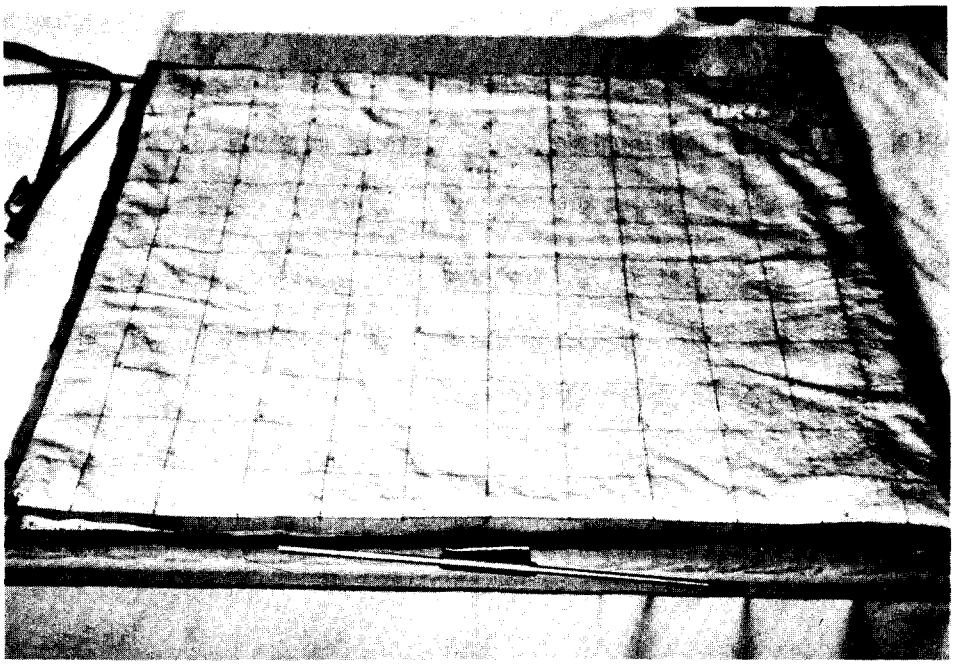
좌면형상의 변형을 측정하기위하여 Kohara와 Sugi[3]는 실과 추를 좌석에 연결하여 형상변형을 측정하였다. 이방법은 단시간에 측정이 가능하나 우선 실험용 좌석을 특수하게 제작하여야 하며 실과 추를 촘촘히 설치하기 어려워 측정분해능(resolution)이 낮은 단점이 있다. Schneider 등 [6]은 Scotch Cast라는 석고성형재를 좌석과 피험자사이에 끼워 굳힌뒤 피험자와 좌석을 제거하여 형상을 얻었다. 그러나 이 방법은 석고가 성형될때까지 시간이 오래걸리며 석고가 변형되지 않도록 좌석을 제거하여야 하므로 실험실에서만 측정이 가능하다. Kadaba 등[1]은 wheel chair의 좌면형상변형을 초음파를 이용하여 측정하였다. 이 방법의 제약점은 자동차 좌석의 바닥에 있는 스프링이나 금속판이 초음파 Scan을 방해하며 Scanner의 가격또한 고가라는 점이다.

본 연구에서는 위의 여러가지 단점을 보완하여 측정이 용이하며 실용적인 형상변형측정용 매트를 개발하였다.

2.2 형상변형 측정매트(Indentation measurement mat)

형상변형 측정매트는 그림2와 같이 2장의 폴리우레탄 필름(polyurethane film) 사이에 직경 1mm 정도의 폴리에틸렌수지로된 구슬들(polyethylene beads)을 채운뒤 초고주파로 주위를 봉합하고 내부의 공기를 빼 낼수 있도록 細필터가 부착된 관을 연결시켜 제작하였다. 폴리우레탄 필름은 유연성이 크기 때문에 공기가 차있을 때에는 좌석의 형상과 동일하게 변형된다. 이때 진동펌프를 이용하여 공기를 뽑아내면 구슬들과 폴리우레탄 필름이 일체가 되면서 형상을 그대로 유지하게 된다. 유지된 형상을 digitization하면 변형된 표면의 형상을 얻을 수 있고, 공기를 다시 주입하면 매트는 다시 유연하여지고 재사용이 가능해진다. 이와 같은 방법은 빠르게 측정할 수 있을 뿐만아니라 어느 장소에서나 측정가능하고 경제적이라는 장점을 가지고 있다.

(a)



(b)

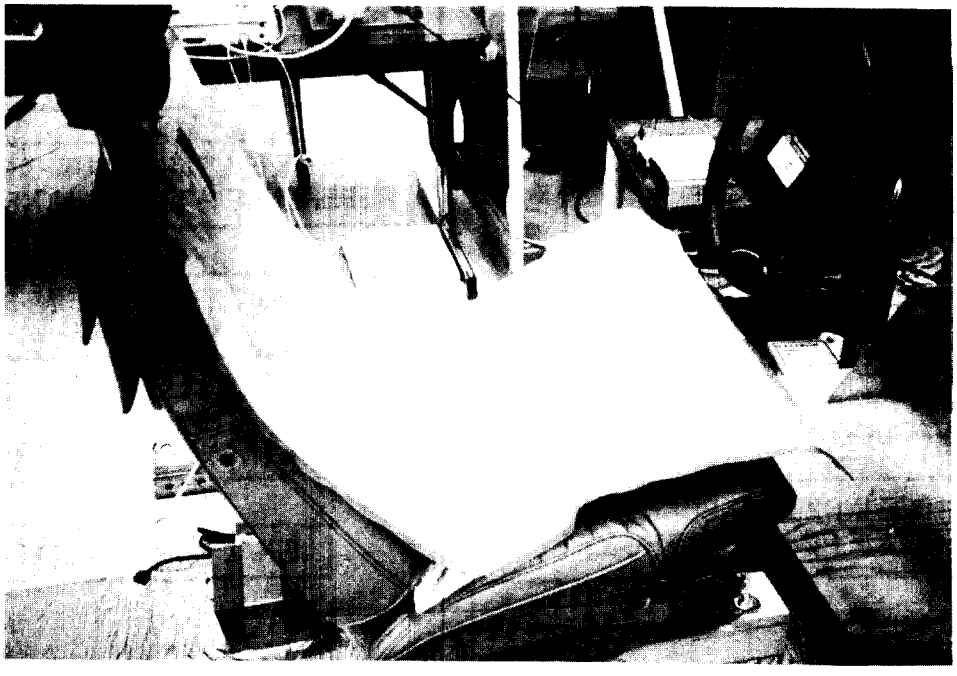


Figure 2. Indentation measurement mat

(a) before measurement

(b) after measurement

2.3 측정방법

형상변형 측정매트를 이용하여 좌석의 변형을 측정하는 순서는 그림3과 같다. 우선 피험자가 앉지 않은 상태의 좌면에 매트를 얹고 진공을 만든뒤 변형되지 않은 좌면의 표면을 digitization한후 공기를 주입하고 피험자를 앉힌다. 다시 진공으로 만들어 충분히 매트가 딱딱해진후 피험자를 일으킨다. 이때 쿠숀이 복원되면서 모양이 잡힌 매트가 전체적으로 상승하게 된다. 따라서 피험자가 앉았을 때와는 다른 표면이 되고 만다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 매트의 한귀에 매트 coordinate의 기준점을 부착하였다(그림4).

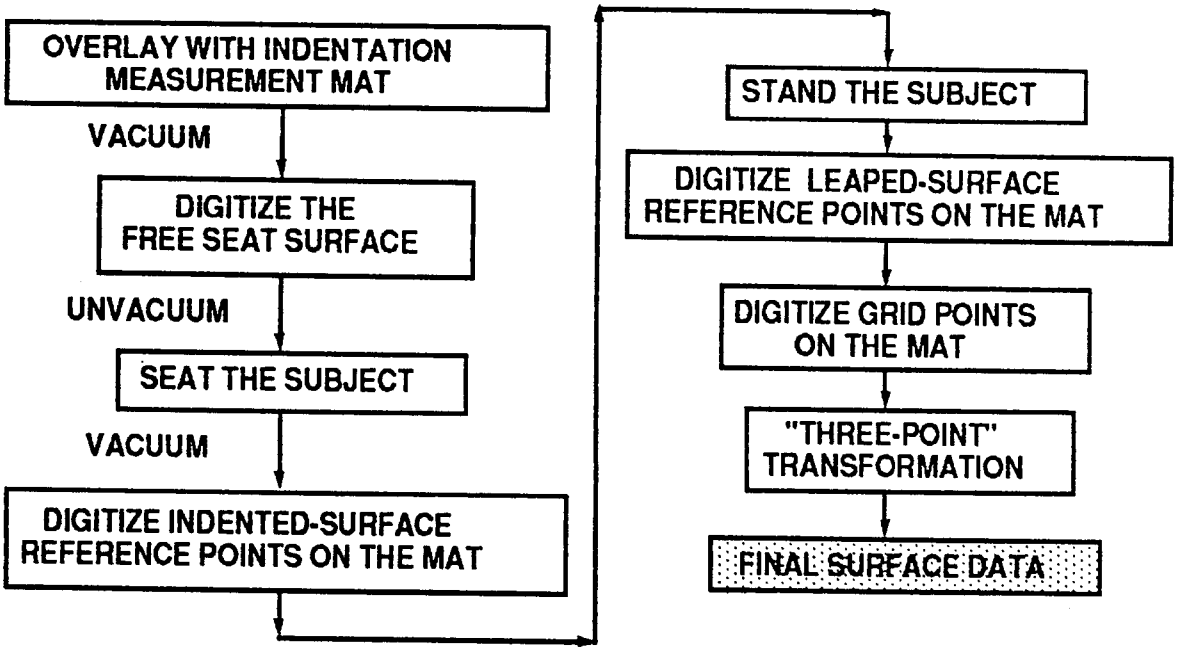


Figure 3. Seat surface deformation measurement flow

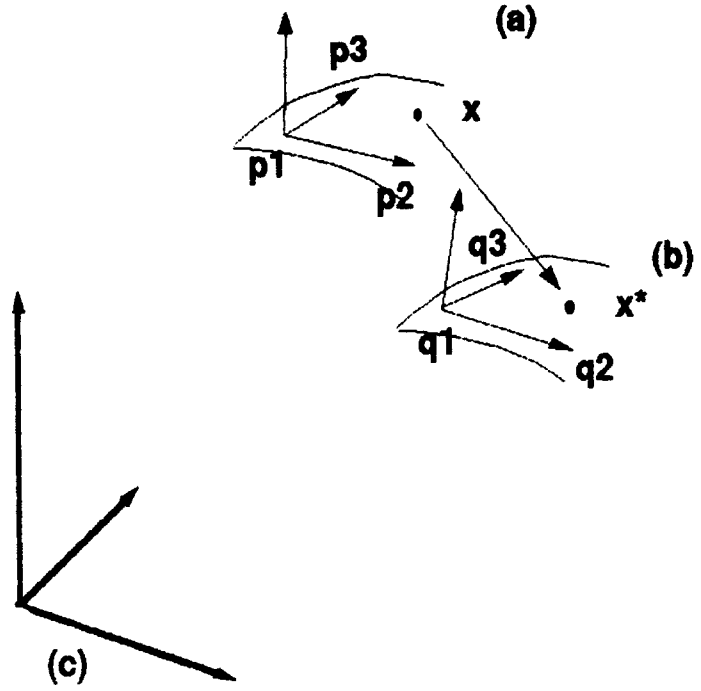


Figure 4. Surface coordinate transformation
(a) surface while sitting (V coord. System)
(b) surface after standing up (W coord. System)
(c) digitizer coordinate system

매트가 충분히 고형화되면 매트표면의 다른점들에 대한 기준점의 변형은 없다고 가정할 수 있고 우리가 얻고자하는 착석시 변형표면은 매트 coordinate(b)를 매트 coordinate(a)에 일치시키므로써 얻을 수 있으며 three-point transformation [4]을 사용하였다(그림4). 즉 V 좌표계의 점들(x)을 W 좌표계(x*)로 이동시키는 것으로 회전행렬(rotational matrix)을 R 이동행렬(translational matrix)를 T라하면 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$x^* = xR + T \qquad \ldots\ldots \quad (1)$$

이때 V 좌표계와 W 좌표계의 단위 vector들을 각각 [v] = [v1 v2 v3], [w] = [w1 w2 w3]라 하면

$$R = [v]^{-1}[w] \qquad \ldots\ldots \quad (2)$$

$$T = q1 - p1[v]^{-1}[w] \qquad \ldots\ldots \quad (3)$$

로 주어지므로 (2), (3)을 (1)에 대입하면

$$x^* = x[v]^{-1}[w] - p1\,[v]^{-1}[w] + q1 \qquad \ldots\ldots \quad (4)$$

으로 착석시 변형표면을 얻을 수 있다.

3. 자동차 좌석의 형상변형 측정

3.1 측정대상

앞에서 개발된 측정방법의 실용성을 보이기 위하여 Cadillac과 Maxima에 정작되는 운전석에 신장과 몸무게가 5%tile에 속하는 피험자 A와 95%tile에 속하는 피험자B를 대상으로 측정하였다.

3.2 측정정밀도

측정에는 앞에서 개발된 변형측정 매트를 사용하였으며 GP-8-3D Sonic digitizer (Science Accessories Corp.)를 사용하여 변형된 좌면을 측정하였다. 매트위에 25mm 간격의 격자를 그리어 각 격자점을 digitization 하였으며 그림5는 각 격자점에서의 평균오차를 보여주고 있는데 5mm 이내의 오차범위를 나타내고 있다. 일반적으로 피험자가 좌석에 앉았을때 50 - 100mm의 변형이 일어나는것을 고려하면 측정오차의 범위는 크게 문제가 되지 않는다.

3.3 측정결과

그림6은 변형되기 전의 Cadillac과 Maxima용 좌석의 좌면이며 그림7은 피험자 A와 B가 각각의 좌석에 착석하였을 때의 변형된 좌면형상을 보여 준다. Cadillac용 좌석이 Maxima용 보다 soft한 좌석임을 쉽게 알수 있다. 그림8은 SgRP(Seating Reference Point)를 통과하는 면에서 좌면변형을 나타내고 있다. 그러나 Maxima용 좌석의 경우에서는 Cadillac용 좌석과는 달리 몸무게가 가벼운 피실험자 A가 좌석표면을 더 많이 변형시켰는데 이는 Maxima용 좌석이 큰체형의 운전자를 위해서는 구조를 개선할 필요가 있음을 보여준다(Maxima용 좌석은 dual-hardness cushion을 채용하였다).

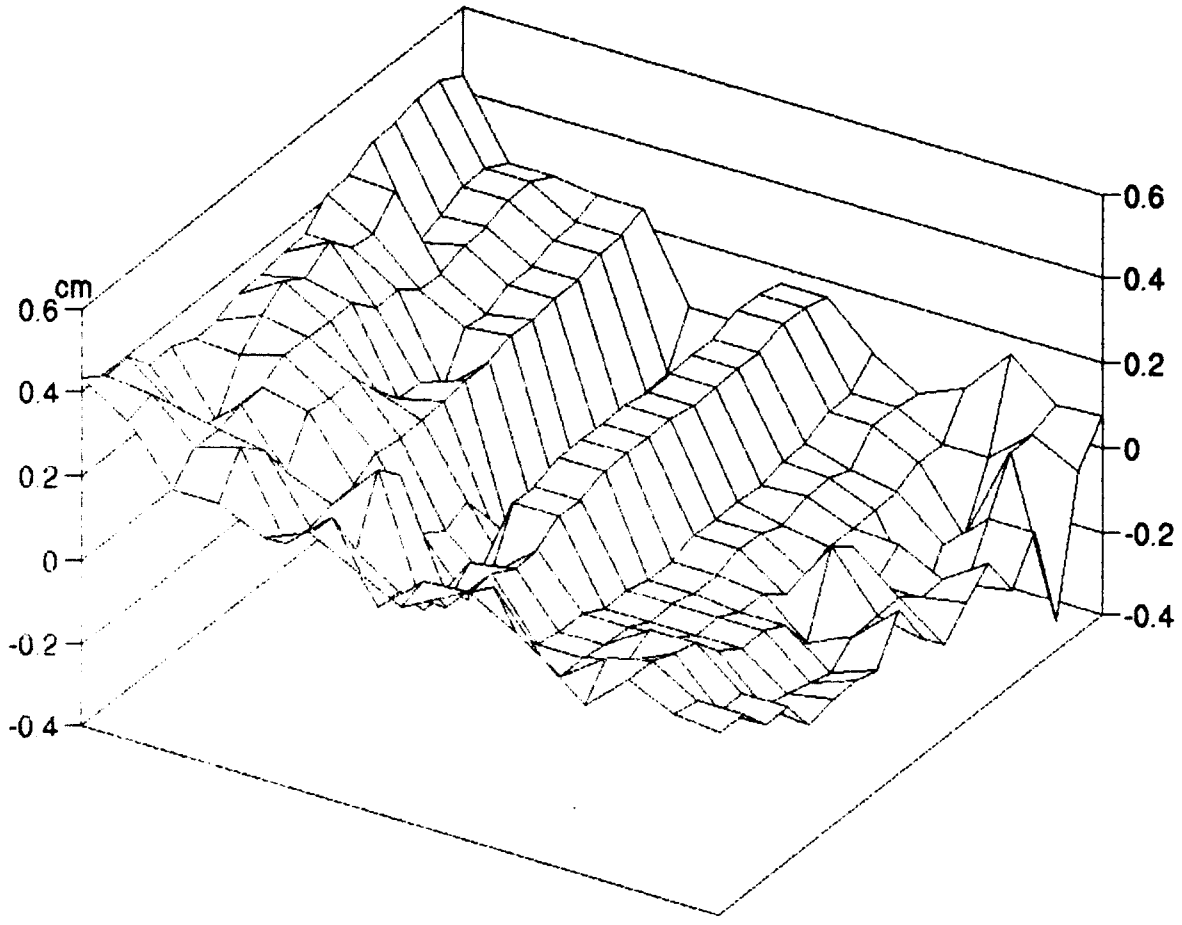
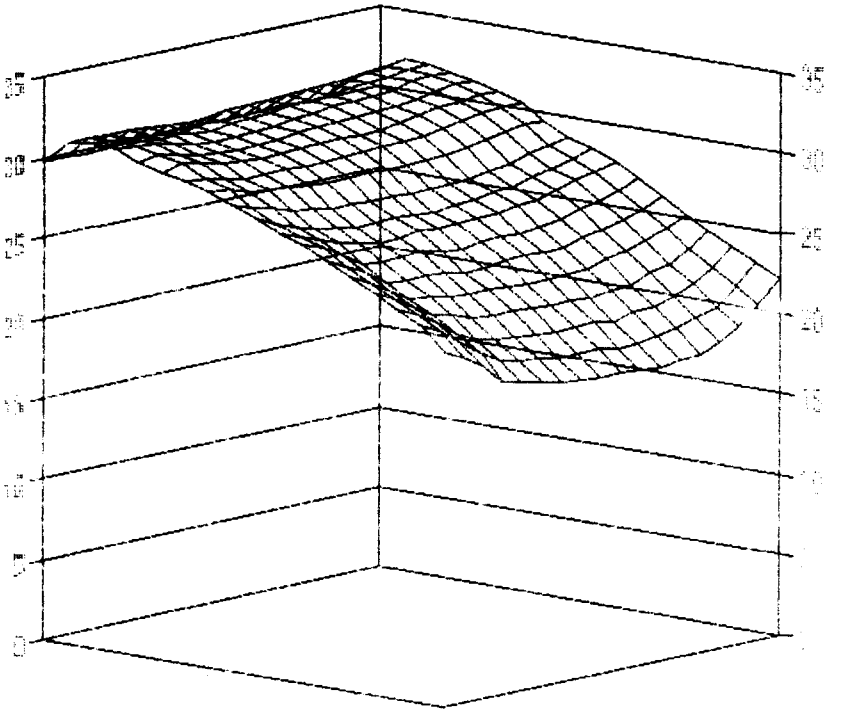


Figure 5. Mean error between digitzed and original surface at grid point

(a)



(b)

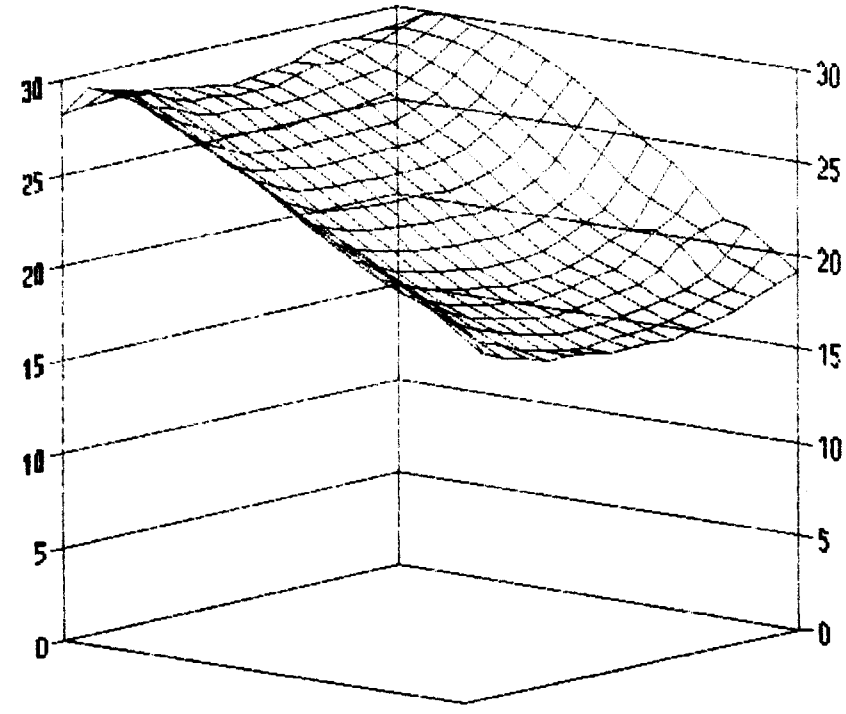


Figure 6. Measured surface of CADILLAC Seat(a) and MAXIMA Seat(b)

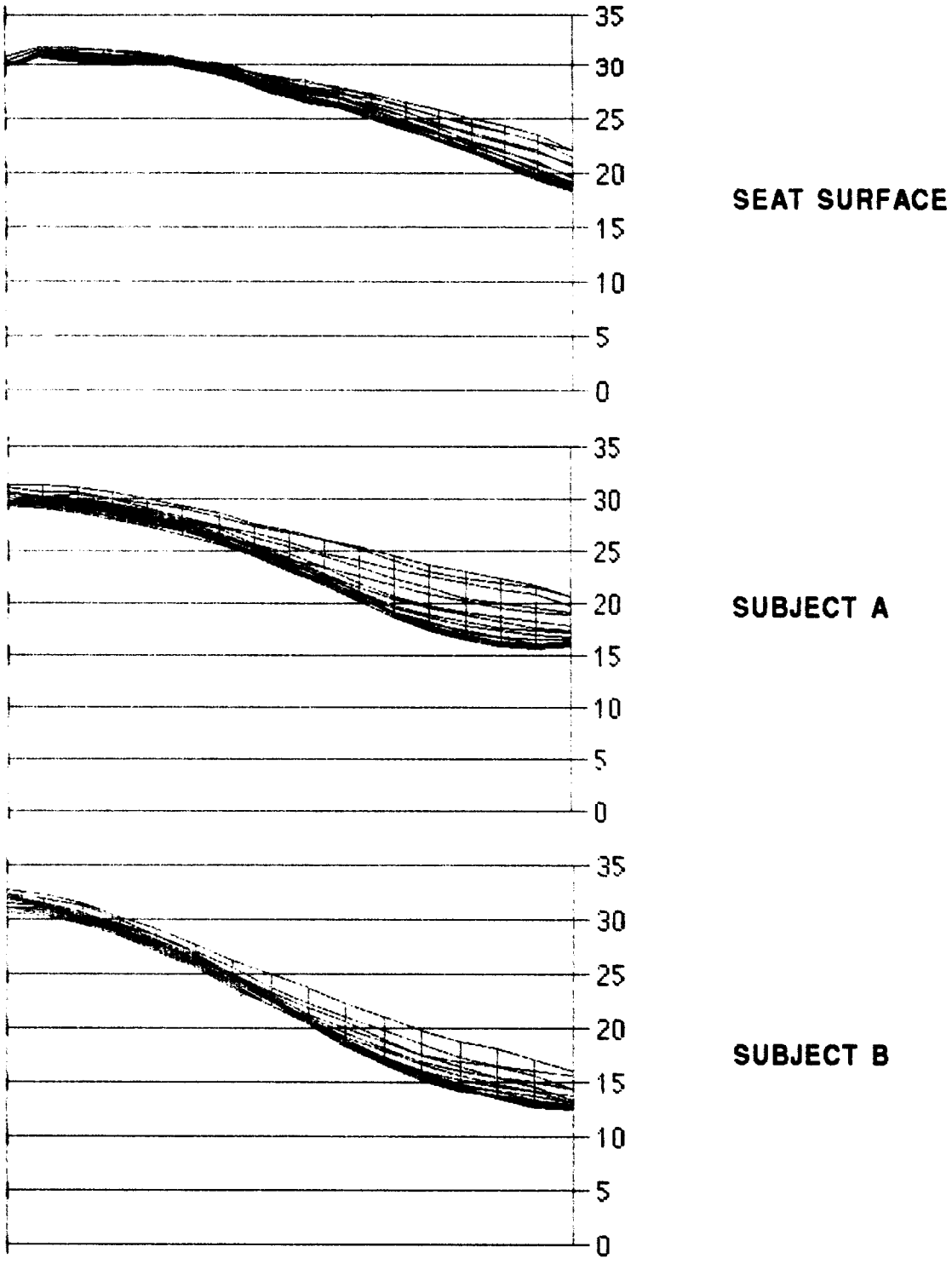


Figure 7(a). Surface deformation while sitting(CADILLAC)

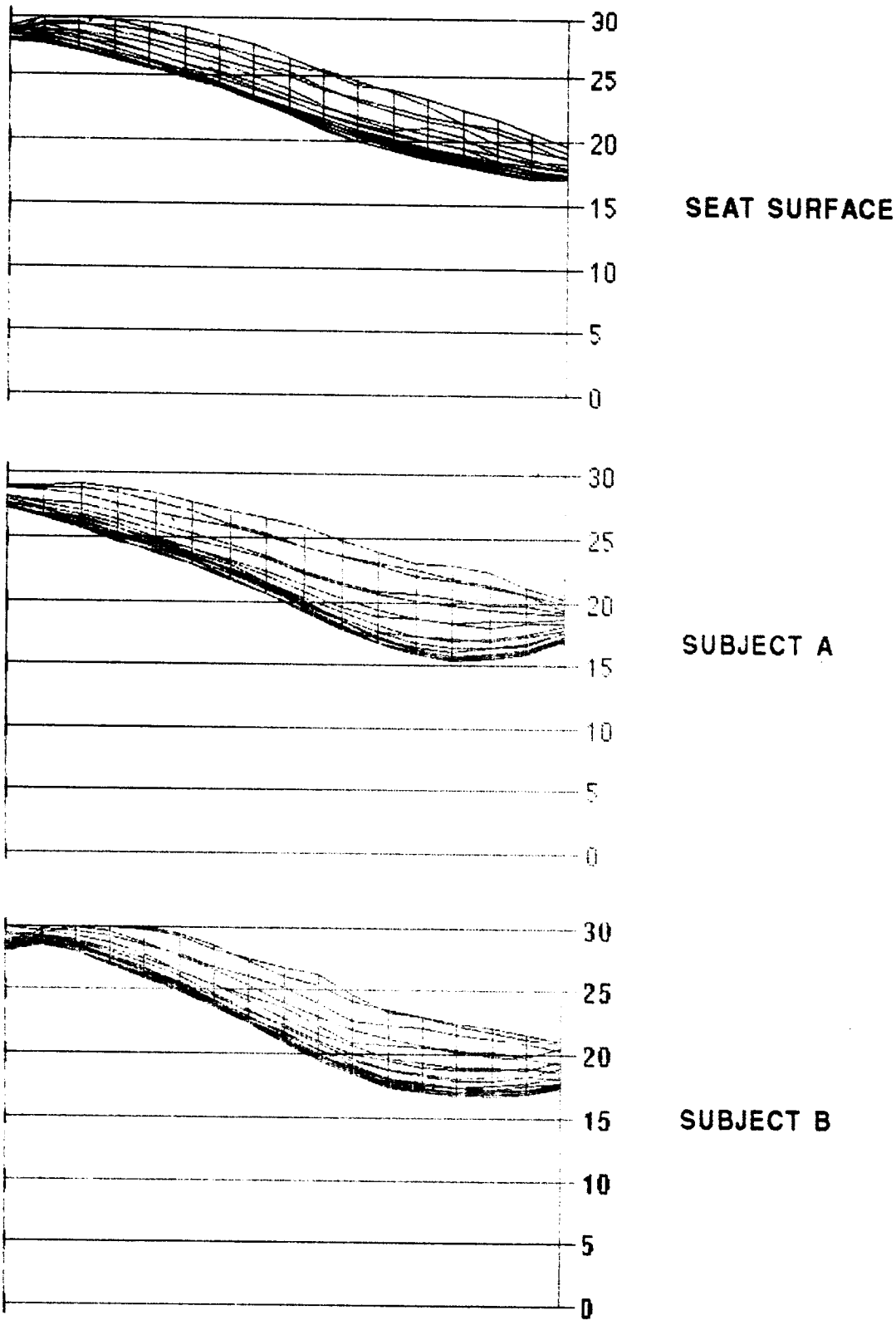


Figure 7(b). Surface deformation while sitting(MAXIMA)

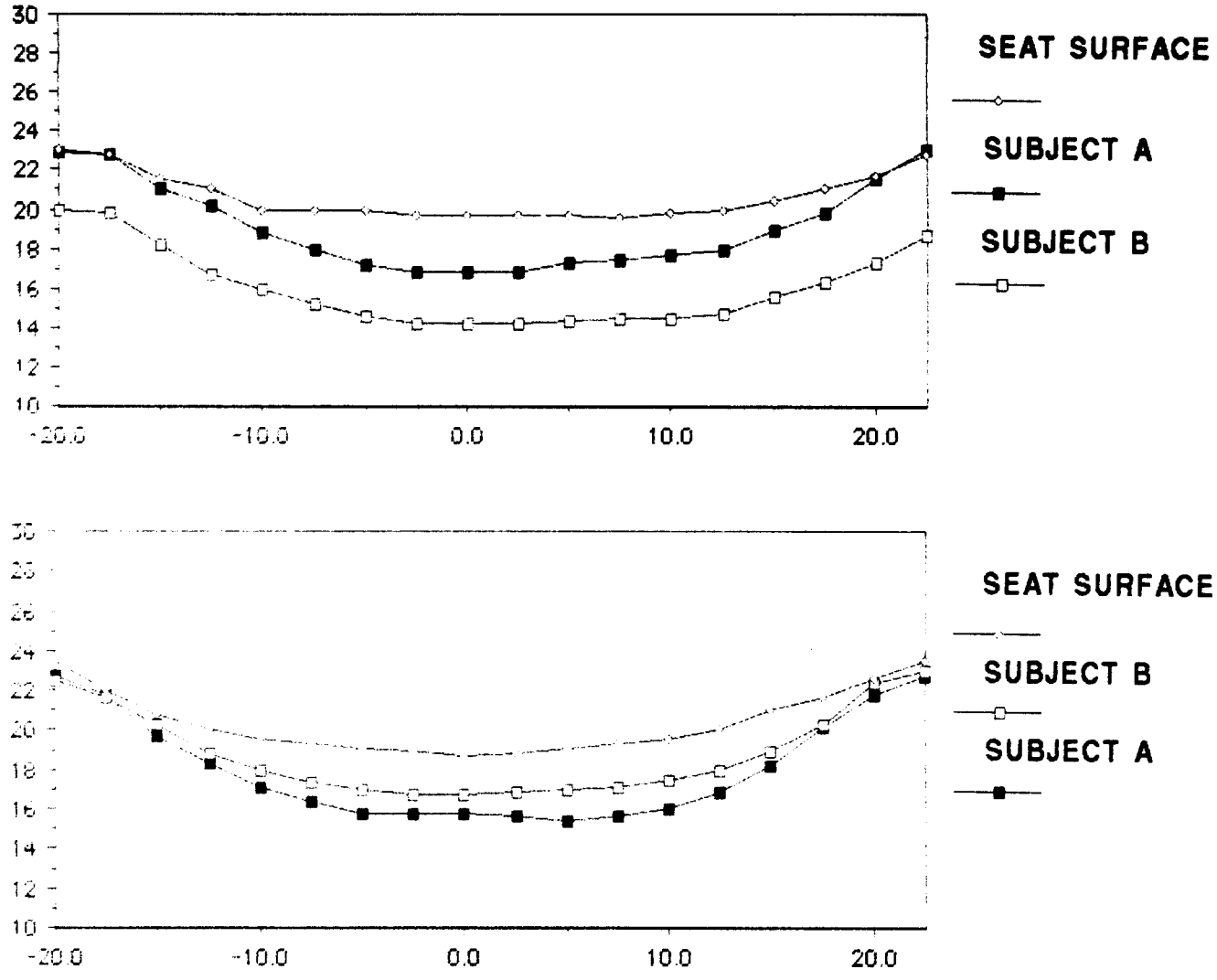


Figure 8. Surface cross-section under Ischial Tuberosity

(a) CADILLAC

(b) MAXIMA

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 간편히 좌면형상변형을 측정하는 방법을 개발하였으며 이를 이용하여 기존의 자동차 좌석에 운전자가 앉았을때 어떠한 변형이 일어나는가를 보였다.

그간의 좌석평가방법은 좌석의 중앙부에 힘을 가하여 force-deflection 관계만을 측정하였으므로 force-deflection curve의 형태와 운전자의 안락도 사이의 관계를 찾아 내기가 어려웠다. 본 연구의 방법론은 좌면형상의 변형형태와 운전자의 주관적인 안락도와의 관계를 분석하고, 좌면의 형태 및 쿠숀의 softness를 최적화 하는데 큰 도움을 줄것으로 기대한다.