

## 공간 방향성을 위한 촉지각 연구

-손바닥 압점과 2점식별감각 실험을 중심으로-

Testing Tactual Sensibility for Spatial Directions:

An experimental study on Touch-pressure and Two-point discrimination threshold

주 저자 : 신흥재

서울과학기술대학교 철도문화디자인과 박사과정

**Shin, Hong-Jae**

Dept. of Railway Culture Design, Seoultech

교신 저자 : 고영준

서울과학기술대학교 공업디자인학과

**Ko, Young-Jun**

Dept. of Industrial Design, Seoultech

## 1. 서론

- 1-1. 연구의 목적
- 1-2. 연구의 방법

## 2. 이론적 배경

- 2-1. 손바닥의 촉 지각
- 2-2. 촉지각의 2점 식별감각
- 2-3. 손바닥 공간감각과 체인코드

## 3. 촉 지각 방향정보의 실험 및 결과

- 3-1. 촉 지각 방향정보 예비실험
- 3-2. 촉 지각 인지간격 실험에 대한 소결
- 3-3. 촉 지각 방향정보 인지실험 비교연구

## 4. 결론

### 참고문헌

### (要約)

본 연구에서는 실험을 통하여 손바닥의 민감도 부위를 밝히고, 촉 지각을 통해 시각장애인에게 효과적으로 방향정보를 주는 방안을 모색하였다. 손바닥 촉각의 공간방향 인지에 대하여 피 실험자를 대상으로 2점 간격(Two-point threshold)과 접촉점을 활용한 2점, 3점방향의 촉 지각 인지실험을 진행하였다.

실험결과, 시각장애인과 정안인(正眼人) 집단의 방향인지에서는 차이가 없고 손바닥 부위에 따른 방향감각의 차이가 없으며 촉 지각은 2점 방향 보다 3점 방향의 공간방향인지가 높은 것으로 나타났다. 본 실험은 예비실험 결과의 촉각 2점 식별간격을 기준하여 격자(grid)배열 타공 마스크(template mask)를 만들어서 진행되었으며, 실험을 통해 다음과 같은 방향정보 디자인방향이 제시되었다. 즉, 1) 촉 지각 2점 식별간격은 모두가 인지할 수 있는 2점 간격이어야 한다. 2) 격자 배열의 2점 간격은 가로세로 12mm 이상이어야 한다. 3) 공간방향은 손바닥 촉각으로 지각할 수 있는 8방향이 되어야 한다는 것이다.

또한, 촉각정보를 이용한 이동을 시작하고 방향을 잡아가도록 유도하기 위해서는 촉 지각 내비게이션의 인터페이스가 필요하다는 것을 알 수 있었다. 아울러, 이동과정에서 사용되는 촉각 방향정보는 시작점과 중심점에서 유도하는 방향점이 단서가 되어 이동방향을 안내하는 3점 방향기호가 되어야 한다는 것도 알 수 있었다.

### (주제어)

시각장애인, 촉각, 공간감각, 방향인지, 촉각정보 디자인

### (Abstract)

The purpose of this study was to perform an experiment to identify sensitive parts of the palm and use tactual sensibility to develop a way to effectively provide spatial directions to visually impaired people. For the recognition of spatial directions using the tactual sensibility of the palm, the subjects participated in two-point and 3-point tactual sensibility tests using a two-point threshold and contact points.

The results show that there was no difference in the sense of direction between visually impaired people and normal people, and also in the sense of direction according to different parts of the palm. In the case of tactual sensibility, 3-point spatial direction was more recognizable than 2-point direction. This study created a grid of a template mask based on the two-point tactual discrimination threshold of the preliminary test and suggested the following design features for tactual data: first, a two-point discrimination threshold for tactual sensibility should be recognizable for anyone. Second, the grid-type two-point threshold should be at least 12mm, both lengthwise and widthwise. Third, spatial direction should be set based on the 8 directions that can be recognized by the palm.

Also, tactual sensibility navigation requires an interface for visually impaired people to start moving and find directions. In addition, the tactual data used for navigation can guide and give directions at the start and end points and should provide three-point direction symbols for guidance.

### (Keyword)

**Visually Impaired, Tactility, Spatial Sense, Directional Cognition, Tactual Information Design**

## 1. 서 론

### 1.1. 연구의 목적

오늘날 스마트 이동통신이 발전되면서 촉각 인터페이스에 대한 관심이 더욱 늘어나고 있다. 터치패드 스크롤 방식으로 정보를 검색하거나 GPS 위성을 통한 실시간 원거리 이동정보를 주고받는 과정에서 다각각 정보채널이 필요해진 것이다. 이와 더불어 시각장애인의 정보접근을 제고하기위한 대안으로 촉각인터페이스의 활용이 요구되고 있다. 점점 많은 사람들에게 보급되고 있는 스마트폰의 경우 아이콘과 음성정보를 제공하는 인터페이스를 갖고 있지만, 시각장애인들에게는 제공되는 음성정보가 제한적이고 특히 공공장소 등에서는 소음 등으로 인해 음성정보전달이 잘 되지 않아서 문제가 되고 있다.

이와 같이 소음이 많은 상황에서 시각장애인들에게 끊기지 않는 정보제공을 하기 위해서는 촉각에 의한 정보전달이 요구된다. 이처럼 촉각에 의한 정보전달은 음성에 의한 정보전달방법을 보완하여 시각장애인의 이동지원 기기 개발에 활용될 수 있을 것이다. 인간의 신체 중 가장 민감한 부위 중의 하나인 손바닥에 방향을 알리는 촉각정보를 적절히 제공함으로써 시각장애인이 소음이 많은 환경에도 이동할 수 있게 될 것이다. 그러나 이와 같은 필요성에도 불구하고 시각장애인을 위한 이동지원 기기개발에 활용될 수 있는 손바닥 촉각의 공간방향 인지에 대한 연구는 별로 진행된 바 없다.

한국통신연구원에서 개발한 손목 착용의 촉각용 인터페이스장치의 경우 손 등의 상, 하, 좌, 우에 일정한 간격으로 진동에 의한 정보전달 장치를 배치하여 전후좌우 방향의 길 안내정보와 위험 정보를 제공하고 있으나) 물리적 이동을 위해서는 수평적 방향정보 뿐만이 아니라 수직적 방향정보도 요구되기 때문에 수평적으로 4방향의 정보를 제공하는 것만으로는 이동지원에 한계가 있다.

따라서 실험을 통하여 손바닥의 민감도 부위를 밝히고 촉각을 통해 시각장애인에게 효과적으로 방향정보를 주는 방안을 제시하기 위한 목표로 본 연구가 실시되었다.

### 1.2. 연구의 방법

본 연구는 문헌고찰과 실험으로 구성되어 있다. 문헌고찰에서는 손바닥의 촉 지각, 촉지각의 식별능력, 손바닥의 공간감각 등에 대한 기초 이론을 파악

1) 한국전자통신연구원, 촉각용 스마트 햅틱 인터페이스 장치, 정보통신부, 2007, pp. 77~79.

하였다.

실험은 예비실험과 본 실험으로 이루어졌다. 예비실험에서는 피 실험자를 대상으로 촉 지각 인지의 실험기준을 설정하였고, 이를 바탕으로 손바닥의 민감도 부위를 밝혔으며, 촉각정보 디자인을 위한 최적화의 방향인지 방안을 모색하였다. 본 실험에서는 손바닥 압 점을 활용한 8방향 인지실험을 진행하여, 촉 지각 방향정보 디자인의 모델을 제시하였다. 실험결과의 통계분석을 위해서 SPSS 12.0프로그램이 사용되었다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1. 손바닥의 촉 지각

피부는 신체 전반에 걸쳐 다양하게 분포되어 있는 감각체이다. 점막에서부터 털이 있는 피부, 손바닥이나 발바닥과 같이 털이 없는 매끄러운 피부에 이르기까지 다양하지만 외부의 자극을 모두 촉각으로 수용시켜 뇌로 전달시키는 기능을 한다. 따라서 피부감각은 특정한 자극을 신경망으로 연합시켜 이를 통해 신체와 정신이 반응하도록 한다. 보통 피부에서 얻어지는 외부자극은 척추를 통하여 대뇌에 전달되는데 이때의 피부감각 수용기와 자극의 범주는 [표 1] 과 같이 보통 5가지 정도로 요약된다.

[표 1] 피부감각 5가지 수용기의 종류와 기능

촉각종류	피부 수용기	자극 기능
압점	파치니 소체	깊은 압력, 빠른 압력
촉각점	마이느너소체	감촉의 변화, 느린동작
	메르켈소체	지속적인 접촉
냉점	크라우제소체	냉 자극, 압력
온점	루피니 소체	온 자극, 지속적인 압력
통점	-	통증, 아픔

문제는 피부에 대한 자극과 그에 대한 감각이 지각의 차원에서 끝나는 것이 아니라는 데 있다. 외부 세계의 자극 중에서 선택된 지각만 수용되고, 맞지 않는 지각은 무시된다. 촉각이 그렇다. 이런 이유로, 로랜스(Lawrence)는 촉각정보를 촉각과 촉감으로 구분하였다. 촉각은 피부에 작용하는 접촉 감각, 압각(壓覺), 마찰 감각, 중량감 및 충돌 감각 등의 역학적 자극을 감지하는 물리적인 기능이다. 이로부터 인간은 정서적으로 매끄러움, 부드러움, 딱딱함, 부피감, 뻣뻣함, 탄력성, 시원함 등의 촉각적 질감을 생각해 내는데, 이런 감성을 촉감이라고 한다.)

2) Lawrence K, *Pain and Touch*, New York: Academic Press,

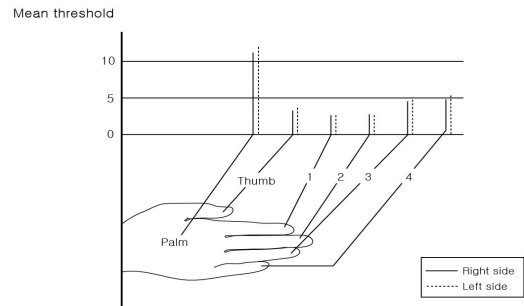
그렇기 때문에 촉각은 그 자체로는 물리적 자극 일 뿐이지만 자동적으로 촉감을 일으킨다는 점에서 인간의 행동을 이끄는 것이다. 본 연구에서는 외부의 압력과 자극이 감각 수용기를 거쳐 압점과 촉각 점, 통점 등의 연합으로 느껴지는 정보를 촉 지각이라 정의하였다. 촉각은 기술적인 용어이며, 공간의 촉감 이미지를 떠오르게 하는 자극의 감각정보이다. 이러한 촉지각의 특성을 가장 잘 판별해 낼 수 있는 신체기관이 바로 손이다. 즉, 손바닥의 촉 지각은 피부의 여러 부분 중 가장 대표적인 활용도를 지녔다고 할 수 있다.

인간은 손으로 무기와 도구를 만들었고 이것은 인간의 지적발달에 큰 영향을 끼쳤다. 손은 민감도와 조작성면에서 날로 진화되어 현재까지도 어떤 부위의 피부구성체보다도 깊은 차원의 민감도를 가지고 있다. 또한 손끝은 가장 대표적으로 감촉, 열, 고통을 감지하는 신경망이 신체에서 밀집된 부분이지만 손의 활용도에 따라 신경자극이 손바닥 전체로 확대된다. 특히 손바닥은 각종 물건을 다루던 인류의 역사를 인간 신체 한 부분에 집중시킨 곳이라서 인간의 어느 신체부위보다 자극 식별의 거리감 혹은 2점 간격에 대한 식별능력이 뛰어나다.

## 2.2. 촉 지각의 2점 식별감각

두 개의 촉각 점을 표피에 자극했을 때 서로 다른 부위의 자극 점을 느낄 수 있는 두 점간의 최소 거리를 2점 식별간격(two point discrimination threshold)이라 한다<sup>3)</sup>. 이는 의학이나, 생물학, 물리학 등에서 피부감각 수용기에 따른 민감도를 나타내는 기준으로 활용되며, 공간방향을 인식할 수 있는 촉 지각 연구의 핵심이다<sup>4)</sup>.

2점 식별간격은 손의 부위에 따라 상당히 다르다. [그림 1] 예를 들면, 손바닥의 2점 식별감각은 엄지손가락보다 민감도가 5배나 높다. 손바닥의 표준 2점 식별감각 능력에 관한 데이터는 미국수부의 과학회(American Society for Surgery of the hand, ASSH)의 '신체부위별 2점식별 감각능력'에 [표 2]와 같이 포함되어 있다<sup>5)</sup>.



[그림 1] 손의 2점 간격에 대한 민감도

[표 2] 신체부위별 2점식별 감각능력(ASSH 표준)

신체부위	2점식별 간격
허끝	1mm
입술	2~3mm
손바닥	8~12mm
손등 또는 발	20~30mm
체간	40~70mm

신체부위별 2점식별 감각은 외부에서 자극된 힘에 반응하여 촉 지각으로 느낄 수 있는 역치(閾值, threshold value)를 의미한다. 예를 들어 스마트폰에서 울리는 진동과 음은 공간속에서 위치, 방향, 중량, 시간에 따른 촉각정보를 주고받는 요소가 된다. 촉각정보는 현재, 터치와 진동의 인터페이스로 단순하게 전달되고 있다. 하지만 궁극적 진동의 촉각적 역치가 가능하다면 방향정보의 진동기호를 느끼고 재해석 될 수 있어 그 활용성을 높일 수 있다.

## 2.3. 손바닥 공간감각과 체인코드

공간감각은 자기 주위의 환경과 그 상황에서 물체에 대해 느끼는 직감으로, 델 그란데(Del Grande)는 공간감각을 구성하는 능력을 다음과 같이 7개의 능력으로 정리하였다.<sup>6)</sup> 감각 협응능력, 자극-반응 지각능력, 지각적 항상성, 공간내의 위치지각, 공간 관계의 지각능력, 거리 측정능력, 기억능력이 그것이다.

이를 촉각에 비추어 설명하면 ① 감각 협응 능력은 외부로 부터 자극된 힘이 손바닥에서 형태와 움직임의 느끼는 촉각능력이고 ② 자극-반응 지각능력은 표피에 외적 힘이 자극되어 직관적 기호로 해석되는 능력이며 ③ 지각적 항상성은 다양한 피부표면

1996

3) Bell-Krotoski J, Weinstein S, Weinstein C, Testing sensibility, including touch-pressure, two-point discrimination, point localization, and vibration, in *J Hand Ther.* 1993 Apr-Jun;6(2), Louisiana 1993, p.120.

4) Seymour S., *The Brain: Our Nervous System*, New York: William Morrow, 1997/Baines F., *Senses: How We Connect With The World*, Danbury: Grolier Educational, 1998

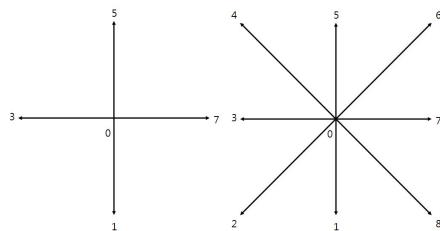
5) 손진훈, 피부감각의 감성측정 기술 및 DB개발, 과학기술부, 1998, p.46.

6) 환기완, 초등학교 수학에서 공간감각 지도에 관한 연구, 단국대학교 대학원 박사학위논문, 2002, pp.14~18/Guting, R. H., An Introduction to spatial Database System, in *Vary Large Data Base Journal*, Vol. 3, 1994, pp.357~399 [http://vlodb.org/vldb\\_journal/](http://vlodb.org/vldb_journal/)

일지라도 촉각 점과 같은 불변인의 속성으로 지각할 수 있는 향상성이다. 또한 ④ 공간내의 위치 지각은 공간상, 중심점에서 방향점 또는 시작점에서 중심점 그리고 전후좌우 방향 점에 대한 지각이고 ⑤ 공간 관계의 지각능력은 두 점 이상의 접촉점 위치와 방향을 식별하는 능력이며 ⑥ 거리측정 능력은 대상들 사이에 유사점의 위치와 방향을 판별하는 능력을 말하며 ⑦ 기억능력은 촉각 방향정보를 심상이미지로 기억되는 능력을 뜻한다. 이와 같은 공간감각을 구성하는 능력은 촉각장치에 의하여 2·3차원적 형태 정보로 평면적·공간적 이동경로의 방향정보, 인터넷 한자 사전 등의 문자인식, 패턴인식 인터페이스 기술개발과 직접적인 관계성을 갖는다.

한편, 촉각 정보는 2차원적 인터페이스로 구성되어 있다. 인간이 생활하는 환경은 3차원 공간이지만 정보 디자인에서는 평면의 그래픽이미지를 이용한다. 즉 공간의 방향성을 지정해 주는 지점들은 3차원이지만 인터페이스나 대다수 정보 디바이스는 평면으로 구성되어있다. 즉 3차원의 공간을 2차원의 디바이스를 통해 실행하는 것이다. 실제 디바이스에 있어서 이런 3차원의 효과는 체인코드(chain code) 이론을 응용하여 이루어진다.7)

즉, 내비게이션의 이동정보는 GPS와 GIS기반의 영상이미지에서 점과 선으로 추출되어 경계선을 따라 시작된다. 이러한 정보를 수신하는 디바이스의 인터페이스에서는 시작 지점에서 주변픽셀을 따라 4방향 혹은 8방향으로 수치부호를 통해 제공되는 것이다. 현재까지 8방향 체인코드 이상의 공간지각실험이 이루어진 적은 없다. 인간 지각의 패러다임은 원래 4방향이며 이를 세분화하여 대각선 방향을 포함시킨 것이 최대치인 8방향체인코드이다8).



[그림 2] 4방향, 8방향 체인코드

7) 체인코드(chain-code)란. 인접한 경계점간의 방향정보만을 이용하여 경계나 모양을 표현하는 방식이다. 또한 앞선 단계에서 추출되어 얻어진 외곽선의 정보를 저장하고 표현하는 형식의 하나이다. Rosenfeld A. & Kak. A. C., *Digital Picture Processing*, 2nd edition. Fl: Academic Press, Inc. 1982

8) Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood, *Digital Image Processing*, New York: Pearson Prentice Hall, 2010, p.820.

본 연구에서는 [그림 2]의 8방향 체인코드에 ⑩번 중심점에서 8방향의 ①~⑧번까지 촉각 인지실험을 위한 공간방향 수치부호를 할당 하였다.

### 3. 촉각 지각 방향정보의 실험 및 결과

피 실험자의 손바닥 촉각의 특성을 이해하고, 2점식별 간격을 확인하기 위하여 인지실험을 실시하였다. 두 번째로는 이를 근거로 촉각 지각 방향정보 인지실험을 실시하였다.

#### 3.1. 촉각 지각 방향정보 예비실험

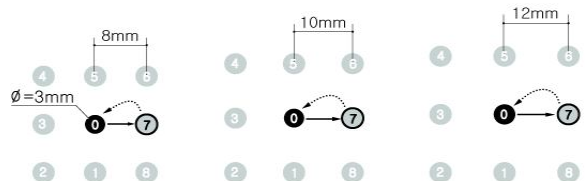
##### 3.1.1. 실험대상 및 방법

실험대상은 정안인(正眼人)과 시각장애인 두 집단이었으며 피 실험자로 20명(정안인, 시각장애인 각각 10명씩)이 참여하였다. 정안인 그룹은 대학생들로 이루어졌으며 실험 내용을 알 수 없도록 안대를 착용하였다. 시각장애인 그룹은 서울시 성북구 소재 '성북시각장애인 복지관'에 다니는 시각장애인을 대상으로 했다.

피 실험자의 평균연령은 36.9세로 남성 16명과 여성 4명으로 구성되었다. 예비실험에서는 실험결과를 연구의 목적에 맞도록 정안인과 시각장애인을 중심으로 분석했으며 통계분석은 SPSS 12.0를 이용하였다.

실험의 목적은 손바닥 2점식별 간격에서 두 점의 간격이 멀수록 인지가 잘될 것이라는 전제에서 정안인과 장애인 모두가 인지하는 2점식별 간격을 찾는 것이었다.

촉각 점을 순차적으로 찍는 방식의 실험을 진행하였고 ASSH에서 제시한 8mm~12mm의 손바닥 표준 2점식별 간격에서 2점 간격이 8mm, 10mm, 12mm 등 세 가지 유형으로 실시하였다. 실험을 위하여 타공 지름이 3mm인 격자(grid)배열 타공 마스크(template mask)를 만들었다. 재료는 방안대지 180g/m<sup>2</sup>을 이용하였고 촉점대는 흑심 지름이 2mm로 제도용 샤프를 이용하였다.



[그림 3] 2점 식별간격의 타공 마스크 유형

실험은 손바닥 중앙에 타공 마스크를 밀착시킨 뒤 격자배열의 중앙에 위치한 타공 중심을 찍고 우

측방향으로 또 하나의 타공 중심을 찍어 2점식별을 피 실험자에게 묻는 방식으로 이루어졌다. 피 실험자에게 주어진 태스크는 [표 3] 과 같다. 태스크는 두 집단 모두에게 동일한 방식을 적용했다.

[표 3] Task 항목과 목적

2점간격 (8mm, 10mm, 12mm)	내용	목적
	2개의 타공 점을 찍어 피실험자의 2점식별 간격을 관찰하기	모두가 인지하는 2점식별간격의 측 각 패턴 파악

### 3.1.2. 예비실험 결과 분석

손바닥 촉 지각은 2점 간격이 멀수록 인지가 높은 것으로 나타났다. 시각장애인과 정안인을 비교하면 2점 간격 8mm에서는 오판율 즉, 인지율의 두 집단의 편차가 가장 크고, 12mm로 갈수록 가장 작은 차이를 보였다. 2점 간격에서 오판율의 평균값을 분석한 결과 8mm에서는 두 집단 사이에 다소 차이가 있었는데 시각장애인은 41.5%의 오판율, 정안인은 0%의 오판율을 나타내 가장 큰 차이가 있었다.

[표 4] 집단 비교 오판율

대상	오류율	Task 8mm	Task10mm	Task12mm
장애인	평균	33.333	20.000	3.333
	N	10	10	10
	표준편차	41.574	23.307	10.541
정안인	평균	0.000	3.333	0.000
	N	10	10	10
	표준편차	0.000	10.541	0.000
합계	평균	16.667	11.667	1.667
	N	20	20	20
	표준편차	33.333	19.571	7.453

[표 5] 에서 두 집단의 2점 간격 Task 8mm와 10mm에서는 인지율의 차이가 있었으나, Task 12mm에서는 집단간 인지율의 차이가 없는 것으로 나타났다. 즉, 집단 간 오판율에 대한 차이를 보면  $\alpha=0.05$ 에서 Task 8mm는  $F=6.429$ ,  $P\text{-value}=0.021$ 로서 정안인과 비정안인의 차이가 있는 것으로 나타났으며, Task 10mm에서는  $F=4.245$ ,  $P\text{-value}=0.054$ 로서 약간의 차이가 있으며, Task 12mm에서는  $F=1.00$ ,  $P\text{-value}=0.331$ 로서  $\alpha=0.05$ 의 유의수준 범위에서 벗어나 집단 간 차이가 없었다. 따라서 Task 12mm 이점간격에서 정안인과 비정안인의 촉 지각 방향정보에 대한 오판율 차이가 가장 작다고 볼 수 있다.

[표 5] 집단 오판율 분산분석

2점간격	구분	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률
Task 8mm	집단간(조합)	5,555.556	1	5,555.6	6.429	0.021
	집단내	15,555.556	18	864.2		
	합계	21,111.111	19			
Task 10mm	집단간(조합)	1,388.889	1	1,388.9	4.245	0.054
	집단내	5,888.889	18	327.1		
	합계	7,277.778	19			
Task 12mm	집단간(조합)	55.556	1	55.556	1.000	0.331
	집단내	1,000.000	18	55.556		
	합계	1,055.556	19			

### 3.2. 촉 지각 인지간격 실험에 대한 소결

예비실험에서 얻은 결론은 다음과 같다.

첫째, 2점식별 인지과정에서는 촉각 점의 자극 강도와 손바닥 부위에 따른 촉 지각 간격에서 차이가 있다. 격자의 중심점을 기준으로 촉각 점을 찍었을 때 피 실험자가 손바닥 부위의 민감도에 따라 방향을 다르게 인지했다.

둘째, 두 개의 촉각 점을 이용한 촉지각의 적정 간격은 12mm이다.

셋째, 손바닥의 촉 지각 2점식별 감각에서 두 집단은 뚜렷한 차이가 없다. 2점 간격이 8mm, 10mm인 타공 마스크에서는 두 집단의 인지율 차이가 있었으나, 12mm에서는 허용오차 범위로서 유의성이 없으므로 두 집단 사이의 차이가 없다고 볼 수 있다.

### 3.3. 촉 지각 방향정보 인지실험 비교연구

실험에 들어가기 전에 [그림 5] 과 같이 중심점과 ⑤ 번의 방향 점을 찍어서 기준방향을 제시하였다. 수행된 태스크 목록은 [표 6] 과 같다.

[표 6] 태스크 목록

2점 방향 인지 실험	내용	방법
2점 방향 인지 실험	내용	- 손바닥에 2개의 압점을 찍어 두 번째에 지각된 최종 압 점의 방향을 말하시오.
	방법	- 타공 마스크의 중심점에서 8개 방향의 타공 점을 무작위 순으로 손바닥에 촉각 압점을 찍어 제시 - 학습효과를 방지하기 위해 두 번째 방향 점을 다르게 제시함.
3점 방향 인지 실험	내용	- 손바닥에 3개의 압점을 찍어 세 번째의 지각된 최종 압점의 방향을 말하시오.
	방법	- 타공 마스크의 시작점, 중심점 그리고 7개 방향의 타공 점을 무작위 순으로 손바닥에 압점을 찍어 제시 - 학습효과를 방지하기 위해 세 번째 방향 점을 다르게 제시함.

예비실험결과를 바탕으로 두 집단사이에서 오판율의 차이가 없는 12mm를 2점 간격으로 하였으며 손바닥 축 지각의 방향정보 인지에 대한 지각 패턴을 관찰하였다. 그 적합성을 파악하기 위하여 2점과 3점으로 구분하여 방향성 실험을 진행하였다. 즉, 타공 마스크의 2점 간격을 가로세로 12mm로 구성하여 손바닥 부위에 따른 민감도, 2점, 3점 방향인지의 오판율을 밝히고자 하였다.

### 3.3.1. 가설 및 실험대상

[표 7] 연구의 가설

가설 1	시각장애인과 정안인 집단의 방향인지에 차이가 있을 것이다.
가설 2	손바닥 부위에 따라 방향감각의 차이가 있을 것이다.
가설 3	촉 지각은 2점보다 3점의 공간방향인지가 높을 것이다.

본 실험을 위해 [표 7] 와 같이 3개의 가설을 설정하였으며, 실험대상자로 정안인과 시각장애인) 중 3급 이상을 선정하였다. 시각과 청각장애가 중복된 복합장애인이 최적의 대상이지만 이 같은 피 실험자를 찾기 어려워 시각장애인을 대상으로 하였다.

정안인과 시각장애인에게 있어 오판율이 5% 이상 나타날 경우, 가설의 기각, 채택여부가 결정 날 것이다. 그러나 향후 계속 개발될 디바이스에 대한 촉각의 오판율에 있어서는 가설보다는 차이가 중요하다. 가설의 기각, 채택여부는 오판율을 몇 %로 잡느냐에 따라 달라지기 때문이다. 따라서 실험 결과의 분석과 해석은 가설의 결과를 분기점으로 삼아 오판율의 차이를 부각시켜 제시할 것이다.

### 3.3.2. 실험방법

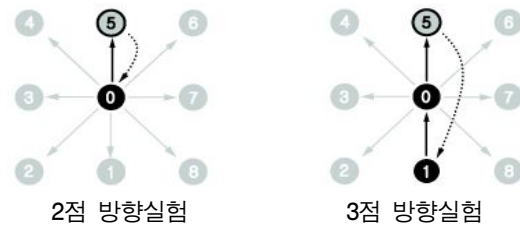
손바닥의 촉 지각 방향성 실험은 2점식별 감각 예비실험결과로 두 집단사이에서 인지율의 차이가 없는 12mm 격자배열의 타공 마스크를 사용하였다.



9) 서울시 성북구 소재 '성북시각장애인 복지관'에 다니는 시각장애인 10명을 대상으로 했다.

[그림 4] 시각장애인과 정안인 대상 실험장면

태스크 수행 중 손바닥에 있는 압 점의 위치를 볼 수 없도록 안대를 쓰게 하였으며, 태스크가 종료된 후에는 각 태스크에 대한 의견을 수렴하였다. 방향성 인지실험은 2점과 3점으로 이루어졌으며, 2011년 3월 21일부터 3월 23일 사이에 3차례 실시되었다.



[그림 5] 손바닥 축 지각의 2점과 3점 실험유형

촉 자극 접촉점의 수가 방향성 인지율에 영향을 미치는지 알아보기 위해서 [그림 5] 와 같이 실험설계를 하였다. 2점은 방향성 실험이고, 3점은 진행 방향정보의 의미를 부여한 실험모형이다. 본 실험에서 2점은 방향성을 찾기 위해 2점 자극을 사용한 방법이고, 3점은 진행 방향에서 방향전환 유도정보를 제시하기 위해 3점 자극을 사용한 것이다. 따라서 2점은 8방향성 실험이 되었고, 3점은 7방향성 실험으로 실시되었다.

### 3.3.3. 방향인지 실험결과

#### 3.3.3.1. 가설 1 검증 결과

가설 1의 “시각장애인과 정안인 집단의 방향인지 차이가 있을 것이다.”에 대해 검증한 결과, 두 집단의 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 가설은 기각되었다.

2점 공간방향 인지실험의 분산분석결과는  $\alpha=0.05$ 에서  $F=0.365$ ,  $P\text{-value}=0.553$ 으로 집단의 인지율의 차이는 없다고 볼 수 있으며, 3점 공간방향 인지 실험결과에서도  $F=0.000$ ,  $P\text{-value}=1.000$ 으로 시각장애인과 정안인의 인지율의 차이가 2점보다 더 없는 것을 볼 수 있다.

[표 8] 집단평균 오판율의 분산 분석

구분	제공할	자유도	평균제공	F	유의확률	
2점 평균	집단간	13.889	1	13.889	0.365	0.553
	집단내	684.028	18	38.002		
	합계	697.917	19			

3점 평균	집단간	0.000	1	0.000	0.000	1.000
	집단내	698.413	18	38.801		
	합계	698.413	19			

실험결과, 축 지각 방향인지 오판율은 [표 9] 와 같다.

[표 9] 피 실험자 집단의 방향인지 오판율(%) 현황

대상	방향	① 남	② 남서	③ 서	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동	⑦ 동	⑧ 남동
시각 장애인	평균	-	3.3	3.3	10.0	5.8	8.3	0.8	1.7
	2점	1.7	6.7	3.3	10.0	5.0	5.0	0.0	3.3
	3점	-	0.0	3.3	10.0	6.7	3.3	1.7	0.0
정안인	평균	-	3.3	9.2	5.8	2.5	0.8	6.7	4.1
	2점	6.7	5.0	11.7	5.0	3.3	0.0	6.7	3.3
	3점	-	1.7	6.7	6.7	1.7	1.7	6.7	5.0
전체 평균	평균	-	3.3	6.2	7.9	4.1	2.5	3.7	2.9
	2점	4.2	5.8	7.5	7.5	4.1	2.5	3.3	3.3
	3점	-	0.8	5.0	8.3	4.2	2.5	4.2	2.5

[표 10], [표 11] 과 같이 가설1.에 대한 손바닥 영역별 오판율을 단순화 하기위해서, 2점, 3점 축 자극 방향실험에 대한 평균값을 이용하여 각 집단의 평균 오판율 편차를 분석한 후 상대적 오판율 영역의 개념도를 나타내었다.

표와 같이 시각장애인은 손가락 방향인 상간행의 오판율이 약간 높은 반면, 정안인은 상대적으로 중간행과 좌측열의 북서방향과 우측열의 남동방향에서 오판율이 다소 높게 나타났다.

[표 10] 시각장애인의 평균 오판율(%) 분석

구 분	좌측열	중앙열	우측열
상간행	④ 북서 평균 10.0	⑤ 북 5.8	⑥ 북동 8.3
중간행	③ 서 평균 3.3	중앙 중심점	⑦ 동 0.8
하간행	② 남서 평균 3.3	① 남 시작점	⑧ 남동 1.7

[표 11] 정안인의 평균 오판율(%) 분석

구 분	좌측열	중앙열	우측열
상간행	④ 북서 평균 5.8	⑤ 북 2.5	⑥ 북동 0.8
중간행	③ 서 평균 9.2	중앙 중심점	⑦ 동 6.7
하간행	② 남서 평균 3.3	① 남 시작점	⑧ 남동 4.1

[표 12] 와 같이 시각장애인과 정안인의 평균 오판율을 비교했을 때 두 집단은 각각 3곡씩 우열영역이 나타났으며, 남서방향에서 오판율 편차가 없는 것으로 나타났다.

[표 12] 상대적 두 집단의 오판율(%) 영역구분

구 분	좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향 ④ 북서 오판율 4.2	⑤ 북 3.3	⑥ 북동 7.5
중간행	방향 ③ 서 오판율 5.8	□ 중앙 중심점	⑦ 동 5.9
하간행	방향 ② 남서 오판율 0.0	① 남 시작점	⑧ 남동 2.4

■ 장애인이 상대적으로 낮은 평균 오판율 영역  
 ■ 정안인이 상대적으로 낮은 평균 오판율 영역  
 (시각장애인 - 정안인 = 평균 오판율 편차 값)

①~⑦번에서, 각각을 서로 비교 하였을 때 장애인은 정안인보다 중간행과 하간행의 오판율이 낮은 반면, 정안인은 상간행이 시각장애인보다 오판율이 낮은 것으로 나타났다.



시각장애인의 상대적 낮은 오판율 영역



정안인의 상대적 낮은 오판율 영역

[그림 6] 두 집단의 상대적 오판율 영역 개념도

결과적으로 시각장애인과 정안인의 손바닥 위치에 따른 축 지각 능력에는 차이가 없음을 알 수 있었다.

3.3.3.2. 가설 2. 검증 결과

가설 2 “손바닥 부위에 따라 방향감각의 차이가 있을 것이다.”에 대한 검증결과 2점식별간격의 8방향인지 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 가설은 기각되었다. [표 13] 의 데이터는 2점식별간격의 8방향 인지율에 대한 분산분석 결과이다.

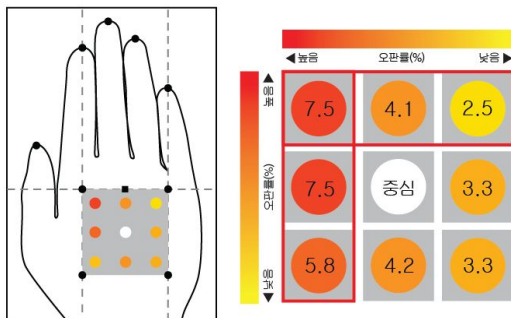
[표 13] 2점 분산 분석 결과

구 분	제곱합	자유도	평균 제곱	F	유의 확률	
① 남	집단-간	500.0	1	500.0	2.455	0.135
	집단-내	3666.6	18	203.7		
	합계	4166.6	19			
② 남	집단-간	55.5	1	55.6	0.106	0.749
	집단-내	9444.4	18	524.7		



서	합계	9500.0	19			
	집단-간	1388.8	1	1388.9	2.922	0.105
③	집단-내	8555.5	18	475.3		
	합계	9944.4	19			
④	집단-간	500.00	1	500.0	0.771	0.391
	집단-내	11666.6	18	648.1		
북	합계	12166.6	19			
	집단-간	55.5	1	55.6	0.158	0.696
⑤	집단-내	6333.3	18	351.9		
	합계	6388.8	19			
⑥	집단-간	500.00	1	500.0	3.857	0.065
	집단-내	2333.3	18	129.6		
북	합계	2833.3	19			
	집단-간	888.8	1	888.9	3.273	0.087
⑦	집단-내	4888.9	18	271.6		
	합계	5777.7	19			
⑧	집단-간	0.000	1	0.0	0.000	1.000
	집단-내	3555.5	18	197.5		
남	합계	3555.5	19			

손바닥 영역별 세부 오판율을 보면, 손바닥의 2점식별 간격은 두 집단 모두 인지하는 간격이고 두 집단의 방향성 인지 차이는 평균적으로 차이가 나지 않는 것으로 파악되었다. [그림 7]



[그림 7] 촉 지각 부위에 따른 2점 평균 오판율(%)

하지만, 손바닥 8방향 부위를 열과 행으로 구분하여 살펴보면 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 엄지손가락 방향에서 좌측열의 오판율이 높고, 우측열의 오판율이 낮게 나타났다. 행의 경우는 좌측 행에서 차이를 보였는데 북서 방향의 오판율이 높고 남서방향이 상대적으로 낮게 나타났다. 대각선 방향에서는 북서방향의 오판율이 높은 반면, 남동방향이 낮고 남서와 북서 방향은 다소 차이가 있었다. 전체적으로 우측 열과 하간행의 오판율이 상대적으로 낮고, 좌측 열이 상대적으로 높게 나타났다.

### 3.3.3.3 가설 3. 검증 결과

가설 3. “촉 지각은 2점보다 3점의 공간방향인지가 더 높을 것이다” 에 대한 검증결과 2점식별과 3

점식별 8방향인지의 오판율에는 차이가 없는 것으로 나타났다. [표 14] 와 같이 집단별 2점과 3점의 공간방향인지 오판율에 대한 비교 결과를 보면 2점에서는 오판율이 7.083이고, 3점에서는 오판율이 6.667로써 2점보다는 3점의 인지율 평균값이 높다는 것을 알 수 있다.

[표 14] 집단별 2점 및 3점의 공간방향인지 비교

구 분		2점 평균	3점 평균
시각장애인	평균	6.250	6.667
	N	10	10
	표준편차	7.679	.170
정안인	평균	7.917	6.667
	N	10	10
	표준편차	4.143	5.119
합계	평균	7.083	6.667
	N	20	20
	표준편차	6.061	6.063

가설 3은 유의적 의미의 검증보다는 방향인지에서 오판율을 낮추는 것을 기대하고 분석 한 것이다. 즉, 이동방향정보를 사용하는 사람은 이동상황에서 정보를 입수하게 된다. 이동경로에 따른 보행은 진행방향으로부터 시작하여 진행 축을 중심으로 방향 전환이 지시 또는 유도되기 때문에 2점보다는 3점 방향기호에 대한 심층 분석이 필요 할 것으로 본다.

각 세부 영역별 오판율을 보면, 촉 지각 2점과 3점의 상대적 오판율 영역을 볼 때 2점 방향인지에서 오판율이 낮은 영역이 2곳이고, 3점 방향인지가 상대적으로 낮은 영역이 3곳으로 나타나 가설을 지지하였다. 또한 2곳에서는 오판율 편차가 없는 것으로 나타났다 [표 15].

[표 15] 촉 지각 2점과 3점의 방향인지 오판율(%)

구 분		좌측열		중앙열		우측열	
		2점	3점	2점	3점	2점	3점
상간행	편차	0.8		0		0	
	평균	7.5	8.3	4.2	4.2	2.5	2.5
중간행	편차	2.5		중앙		0.9	
	평균	7.5	5.0	중심		3.3	4.2
하간행	편차	5		남		0.8	
	평균	5.8	0.8	4.2	시작	3.3	2.5

- 2점이 상대적으로 낮은 오판율 영역
- 3점이 상대적으로 낮은 오판율 영역
- (2점 - 3점 = 평균 오판율 편차 값)

2점의 오판율이 낮은 영역은 ④, ⑦번이고, 상대적으로 3점의 오판율이 낮은 영역은 ②,③,⑧번에서 오판율이 낮게 나타났다.

[표 16] 시각장애인의 2점 방향 오판율(%) 분석

구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	오판율	10.0	5.0	5.0
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	오판율	3.3		0.0
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	오판율	6.7	1.7	3.3

[표 17] 정안인의 2점 방향 오판율(%) 분석

구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	오판율	5.0	3.3	0.0
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	오판율	11.7		6.7
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	오판율	5.0	6.7	3.3

측 지각 2점에 따른 8방향인지 실험 결과 [표 16], 시각장애인은 손가락 방향의 상간행과 좌측열에서 오판율이 높은 반면, 정안인은 상대적으로 중간행과 하간행의 오판율이 높다 [표 17].

①~⑧번을 서로 비교 하면, 시각장애인은 정안인보다 중간행과 하간행의 오판율이 낮은 반면 정안인은 상간행이 시각장애인보다 오판율이 낮았다 [표 18].

[표 18] 상대적 2점 방향 오판율(%)영역 구분

구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	오판율	5.0	1.7	5.0
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	오판율	8.4		6.7
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	오판율	1.7	5.0	0

- 장애인이 상대적으로 낮은 오판율 영역
- 정안인이 상대적으로 낮은 오판율 영역 (시각장애인 - 정안인 = 평균 오판율 결과 값)

상	간	행	상	간	행
중	간	행	중	간	행
하	간	행	하	간	행

시각장애인의 상대적 낮은 오판율 영역

정안인의 상대적 낮은 오판율 영역

[그림 8] 2점 방향 상대적 오판율 영역 개념도

2점 방향의 평균 오판율 [표 19] 를 보면, 열은 엄지손가락 방향인 좌측 열이 가장 높고 우측 열이 낮은 것으로 나타났다. 행은 손가락의 좌측 열에

서는 북서, 서쪽 방향이 높고 남서 방향은 다소 낮았다.

이를 대각선 방향에서 비교분석해보면 북서방향의 오판율이 가장 높고 남동방향이 상대적으로 낮게 으며 남서방향의 오판율이 높고 북동의 오판율이 낮게 나타났다는 것을 알 수 있다. 한편, 2점 8방향에서 국부적 평균 오판율은 북서, 서쪽방향이 7.5%로 가장 높은 반면 북동 방향이 2.5%로 가장 낮게 나타났다.

[표 19] 두 집단의 2점 방향 평균 오판율(%) 분석

구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	평균	7.5%	4.2%	2.5%
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	평균	7.5%		3.3%
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	평균	5.8%	4.2%	3.3%

2점 방향의 평균 오판율을 종합하면, 열은 우측 열 3.1%, 중앙열 4.2%, 좌측열 6.9% 순으로 오판율이 높았다. 행간은 하간행이 4.4%로 가장 낮았고, 상간행 4.7%, 중간행 5.4% 순으로 다소 차이를 보였다. 좌측열에서 평균 오판율이 가장 높다는 것은 왼손바닥에서 측 지각 방향각각이 가장 떨어지는 부위라고 분석할 수 있다.

한편, 3점 오판율 [표 20] 의 경우, 시각장애인은 손가락 방향인 상간행과 좌측열의 북서, 북쪽 방향의 오판율이 높고, [표 21] 의 경우, 정안인은 상대적으로 좌측열 북서, 서쪽 방향과 우측열의 동, 남동 방향의 오판율이 높은 것으로 나타났다.

[표 20] 시각장애인의 3점 방향 오판율(%) 분석

구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	평균	10.0	6.7	3.3
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	평균	3.3	중심점	1.7
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	평균	0.0	시작점	0.0

[표 21] 정안인의 3점 방향 오판율(%) 분석

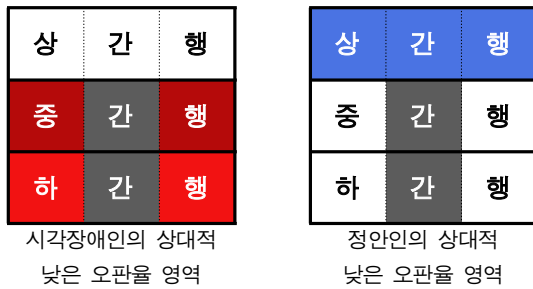
구 분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	평균	6.7	1.7	1.7
중간행	방향	③ 서	□ 중심	⑦ 동
	평균	6.7	중심점	6.7
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	평균	1.7	시작점	5.0

[표 22] 와 같이 전체적 오판율을 보았을 때, 시각장애인이 정안인보다 낮게 나타났다. ②~⑧번을 서로 비교 하면, 시각장애인이 정안인보다 중간행과 하간행에서 오판율이 낮고, 정안인은 상간행이 시각장애인보다 오판율이 낮음을 알 수 있다. [그림 10]

[표 22] 상대적 3점 방향 오판율(%)영역구분

구분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	오판율	3.3	5.0	1.6
중간행	방향	③ 서	□ 중앙	⑦ 동
	오판율	3.4	중심점	5.0
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	오판율	1.7	시작점	5.0

- 장애인이 상대적으로 낮은 오판율 영역
- 정안인이 상대적으로 낮은 오판율 영역  
(시각장애인 - 정안인 = 평균 오판율 결과 값)



[그림 9] 3점 방향 상대적 오판율 영역 개념도

두 집단의 평균 오판율 [표 23] 을 보면, 열은 엄지손가락 방향인 좌측열이 가장 높고, 우측열이 상대적으로 낮은 것으로 나타났다. 행은 손가락 방향인 상간행의 오판율이 높은 반면, 하간행이 상대적으로 낮게 나타났다. 대각선 방향에서는 북서 방향의 오판율이 가장 높고 남동방향이 상대적으로 낮게 나타났다. 또한 남서 방향의 오판율이 낮고 북동의 오판율이 높게 나타났다. 한편, 7방향에서 국부적 평균 오판율은 북서 방향이 8.3%로 가장 높고 남서 방향이 0.8%로 가장 낮게 나타났다.

표 23] 두 집단의 3점 방향 평균 오판율(%) 분석

구분		좌측열	중앙열	우측열
상간행	방향	④ 북서	⑤ 북	⑥ 북동
	평균	8.3	4.2	2.5
중간행	방향	③ 서	중앙	⑦ 동
	평균	5.0	중심점	4.2
하간행	방향	② 남서	① 남	⑧ 남동
	평균	0.8	시작점	2.5

3점 방향의 평균 오판율을 종합하면, 열은 우측

열 3.1%, 중앙열 4.2%, 좌측열 4.7% 순으로 높았고, 행은 하간행이 1.7%로 가장 낮았다. 그리고 중간행 4.2%, 상간행 5.0% 순으로 오판율이 높게 나타났다. 즉, 왼 손바닥에서 가장 오판율이 높아 민감도가 떨어지는 손바닥 부위로 북서방향을 확인할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구는 손바닥의 촉 지각 방향인지 실험에 대한 평가로부터 촉각 이동정보기에 적용 가능한 방향정보의 기초 자료를 찾기 위해 실시되었다.

이를 위한 실험은 예비실험과 적용실험의 2단계로 진행 되었다. 예비실험 결과에서는 2점 자극간격이 8mm, 10mm인 타공 마스크에서 두 집단의 인지율 차이가 있었으나, 12mm에서는 허용오차 범위로서 유의성이 없기 때문에 두 집단사이의 차이가 없다고 볼 수 있다.

본 연구에서는 다음과 같은 결과를 확인하였다.

첫째, 시각장애인과 정안인집단의 방향인지 차이가 없는 것으로 나타났다.

둘째, 손바닥 부위에 따라 촉 자극에 의한 방향 감각의 차이는 없는 것으로 나타났다. 즉, 손바닥 위치별 촉 자극의 영향이 없는 것으로 볼 수 있다.

셋째, 평균값 비교에서 촉 지각의 2점 방향 보다 3점 방향의 8방향인지의 오판율이 낮게 나타났다. 즉, 촉 지각 방향정보는 인지율이 좋은 3점 방향이 되어야하고 가로, 세로 간격이 12mm이상 되어야 한다는 것을 알 수 있었는데 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 본다.

실험을 통해 살펴본 촉지각의 방향인지에 대한 연구 결과를 다음과 같이 종합한다.

첫째, 손바닥에서 인지할 수 있는 9개 촉각 점으로 제한된다. 따라서 9개의 촉각 점을 바탕으로 평면 8방향이 기본이 되어야 할 것이다.

둘째, 촉 지각 2점역의 격자배열, 방향인지, 촉각 방향정보는 시청각 기기와 상호보완적으로 접합될 수 있다는 점을 알 수 있었다.

셋째, 이동정보기에 제공되는 촉각 방향정보는 시작점과 중심점 그리고 방향전환점으로 촉 자극 3점 방향기호가 되어야 함을 알 수 있었다.

넷째, 시각·청각 장애인에게는 외부환경의 이동 상황에서 다감각 정보채널이 필요하다. 특히 혼잡한 교통상황 속에서의 보행시에 청각정보에만 의지한다면 위험을 초래할 수 있기 때문이다. 이어폰을 통한 정보제공은 외부 경적음을 순간적으로 놓칠 수 있어

서 보행의 안전을 위협할 수 있다. 따라서 시각장애인의 경우 보행 중 시각정보를 입수할 수 없기 때문에 GPS를 활용하여 청각과 촉각의 다감각 이동정보를 제공한다면 안전보행에 도움이 될 것이다.

향후 연구과제로 촉각 3점의 방향성을 기본으로 하여 3차원 이동방향정보 모델을 구현하기 위한 촉각 방향인지 응용실험을 진행 하고자 한다.

## 참고문헌

감달현, Wiimote를 이용한 재활환자용 기능성 게임 설계, 동명대학교 대학원, 2010.

손진훈, 피부감각의 감성측정 기술 및 DB개발, 과학기술부, 1998.

이해정(외), 기능해부학 5판, E·PUBLIC, 2010.

윤명중·유기호·김남균, 진동자극배열에 의한 형상 인식의 정신물리학적 실험, 「제어·자동화·시스템공학」, 제11권 제11호, 2005.

최동신·최호천(외), 입체+공간+커뮤니케이션, 안그래픽스, 2009.

한국전자통신연구원, 촉각용 스마트 햅틱 인터페이스 장치, 정보통신부, 2007.

한기완, 초등학교 수학에서 공간감각 지도에 관한 연구, 단국대학교 대학원 박사학위논문, 2002.

Baines F., *Senses: How We Connect With The World*, Danbury: Grolier Educational, 1998,

Bell-Krotoski J, Weinstein S, Weinstein C., Testing sensibility, including touch-pressure, two-point discrimination, point localization, and vibration, in *J Hand Ther.* 1993 Apr-Jun;6(2), Louisiana 1993.

Guting, R. H., An Introduction to spatial Database System, in *Vary Large Data Base Journal*, Vol. 3, 1994.

Lawrence K, *Pain and Touch*, New York: Academic Press, 1996.

National Council of Teachers of Mathematics, *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Virginia: NCTM, 1989,

Rafael C. Gonzalez, Richard E. Wood,, *Digital Image Processing*, New York: Pearson Prentice Hall, 2010.

Rosenfeld A. & Kak. A. C. *Digital Picture Processing, (2nd ed.)*, Florida: Academic Press, Inc. 1982

Seymour S., *The Brain: Our Nervous System*, New York: William Morrow, 1997