

# 年齡增加에 따른 信號探知能力的 變化

- 視 · 聽覺을 中心으로 -

이용태, 신승헌

계명대학교 산업공학과

## Abstract

Recently, proportion of the aged becomes greater in Korea like the advanced country as time passed away, and this is treated as one of major social problems. Therefore, we investigated visual/auditory signal detection performance to evaluate vocational aptitude of the middle- and old-aged workers in this study. It was shown that signal detection performance decreased as workers became older, and there was large individual difference in signal detection performance. Since signal detection performance in visual task decreased rapidly and more than that in auditory task, the middle- and old-aged workers can not carry out properly visual inspection and precision task. In addition, it was found that an individual's signal detection performance in visual task was not related with that in auditory task. It can be expected that the parameters used in this study are in good use for evaluating a worker's aptitude.

## 1. 서론

최근 5~6년 사이에 우리나라의 인구구조는 많은 변화가 일어나 고령화 사회로 되고 있다. 이는 의학의 발달과 출산율의 저하, 그리고 개개인의 건강에 대한 관심 등으로 인하여 고령화 인구가 증가하고 있다는 것이다. 이러한 고령화는 현재 사회문제로 대두되고 있으며 2000년대가 되면 급속히 증가되어 더욱 심화 될 것이다.

통계청에 의하면 60세 이상 인구비율은 1990년에 총인구비율중 7.1%에서 2000년에는 10.7%, 2021년에는 20.3%나 된다고 한다[1]. 이와같은 추세는 세계 최장수국인 일본이 2020년에 24.4%로 되는 비율과 비슷한 수준이다[2]. 따라서 고령인구의 비중이 급속히 증가 되는 가운데 이들을 산업의 자원으로 활용할 수 있는 방안을 검토하여, 고용의 촉진과 인력의 효율적 활용이 당면된 과제가 되고 있다. 중고령자는 일반적으로 청년자에 비하여 노동능력과 신체기능이 떨어지는 경향이 있지만, 청년자에 비하여 뒤떨어지지 않는 자도 있다. 이것은 실제로 세는 나이(chronological age)와 생리적 나이(physiology age)에는 차이가 있기 때문이다. 만약 세는 나이가 25세인 경우, 생리적 연령은 23세에서 27세로 4년차이가 있고, 이것은 연령이 증가함에 따라 크게되어 45세는 12년, 80세에는 20년이나 된다는 것이다[3]. 따라서 어떠한 방법으로 고령자의 노동능력을 파악하여 어느 직무(작업)에 적합한가를 판단한다는 것은 중요한 과제이다. 그러나 그 직무에 따라 요구하는 기능이 서로 다르기 때문에 노동적응능력의 기본적인 기능에 국한하여 연령증가에 따른 작업능력의 변화에

대하여 다원적 평가를 하는 것이 실제적이라고 할 수 있다.

이러한 과제를 연구한 것으로는 辛·徐의 手指反應時間의 연령증가변화에 대한 것[4][5], 辛의 연령증가에 따른 重心動搖 特性이 있다[6]. 辛·徐의 연구는 중고령자의 작업능력의 평가를 목적으로 했고, 辛은 작업의 기본이 되는 것이 重心動搖라고 생각하여 수행하였다. 이들 연구는 연령증가에 따른 신체의 생리적 기능의 변화를 나타낸 것으로 볼 수 있다. 그러나 작업을 수행함에 있어서 정보의 탐지(인지)능력이 중요함에도 불구하고 이에 대한 중고령자의 연구는 그다지 보이지 않는다.

따라서 본 연구에서는 다수의 감각기관중에서 정보처리의 대부분을 차지하는 시각과 청각에 대하여, 신호탐지이론을 이용하여 연령증가에 따른 신호탐지능력의 변화를 조사 하고자 한다. 다음으로 연령증가 외에 어떠한 요인이 신호탐지능력의 변화에 영향을 미치는지 검토하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 실험의 개요

본 연구는 신호탐지이론을 근거로 하여 심리학에서 이용되는 Software program 인 'Psychsicence'로써 실험연구로 수행한다[7]. 신호탐지이론은 쉽사리 식별되지 않는 두 가지 비연속적 상태(신호, 방해자극)가 있는 모든 상황에 적용될 수 있다. 신호여부에 대한 판단이 피험자에 따라 각각 달라질 수 있다는 점에 기인하여 그림 1 과 같이 4 가지 반응결과로 나타낼 수 있다[8][9].

		제시되는 형태(시·청각)	
		신호(Signal)	방해자극(Noise)
반응	예(Yes)	적중 (Hit)	오경보 (Flase Alarm)
	아니오(No)	탈루 (Miss)	정기각 (Correct Rejection)

그림 1. 신호탐지이론의 4 가지 반응결과

그림 1 은 신호출현여부에 대하여 피험자가 판단할 수 있는 모든 경우를 나타낸 것이다. 신호가 있는 경우에 '있다'라고 판단하는 '적중'과 신호가 없는 경우에 '없다'라고 판단하는 '정기각'은 올바른 반응을 나타내며, 신호가 있음에도 불구하고 '없다'라고 판단하는 '탈루'와 신호가 없음에도 '있다'라고 판단하는 '오경보'는 잘못된 판단을 나타낸다. 이러한 반응결과들은 다음 민감도측정치(P(A))로 계산하여 신호탐지능력의 지표로 나타낼 수 있다[9].

$$P(A) = \frac{P(H) + [1 - P(FA)]}{2}$$

[ P(H): 적중의 확률, P(FA): 오경보의 확률]

본 연구에 사용되는 민감도는 적중과 정기각의 확률을 나눈값으로 피험자가 올바르게 반응을 한 확률만을 나타내준다. 이때 피험자가 완벽한 수행을 하면 민감도는 1 이 되고 올바른 수행을 한번도 하지 못하면 0 이 된다. 실험을 수행할 때 신호를 전혀 구분하지 못하는 피험자의 민감도는 계속하여 'N'으로 반응한다고 보아 0.5로 처리한다. 또한 ROC(Receiver Operating Characteristic)곡선을 이용하여 민감도와 피험자군의 특징을 조사 한다[10].

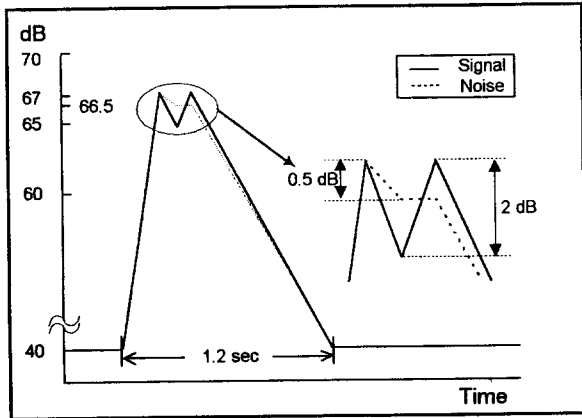


그림 2. 측정시 이용된 청각신호

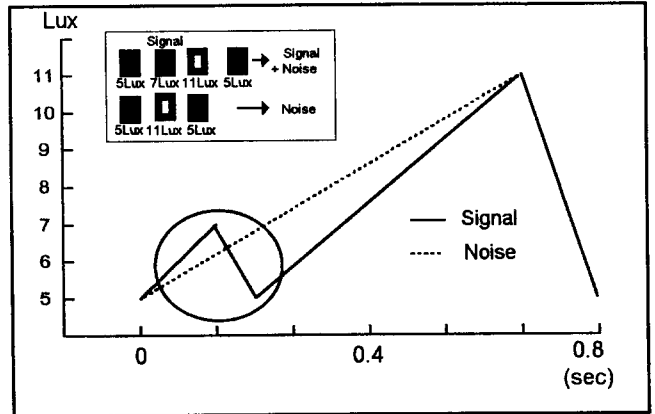


그림 3. 측정시 이용된 시각신호

청각신호는 그림 2 에서와 같이 67dB - 65dB - 67dB로 변화하고, 이때 2dB의 변화를 Signal로 규정한다. 그리고 Noise는 67dB - 66.5dB - 66.5dB로 0.5dB 변화하는 것으로 했다. 시각신호는 그림 3과 같다. Signal은 Monitor의 화면 Color가 Black인 상태에서 화면 중앙에 1Pixel의 크기로 7Lux의 White Color로 했다. 이때 Signal은 첫부분에 나타났다가 그림 3에 나타낸 바와 같이 변화한다. Noise는 이러한 Signal이 없는 상태이다. 또한 측정시 피험자에게 설문사항을 통하여 직업(사무직과 현장직), 평소 운동량, 취미, 그리고 학력 등을 조사하여 신호탐지능력과의 상관을 검토하고자 한다.

## 2.2 실험장치 및 실험

실험장치는 Software Program인 'Psychscience'를 사용할 수 있는 IBM PC호환기종을 사용한다. 본 연구에서는 DAEWOO WinPRO 486으로 실시하였다. 실험은 청각과 시각의 Signal 형태에 대하여 피험자에게 주지시킨후 예비실험을 1회 실시한다. 제시되는 신호의 횟수는 Signal이 있는 형태가 10번, Signal이 없는 형태가 10번으로 나타난다. 이때 피험자는 Random하게 나타나는 형태에 대해 Signal 있는 경우에는 'Y'자판을 Signal 없는 경우에는 'N'자판을 눌러서 응답 하도록 한다.

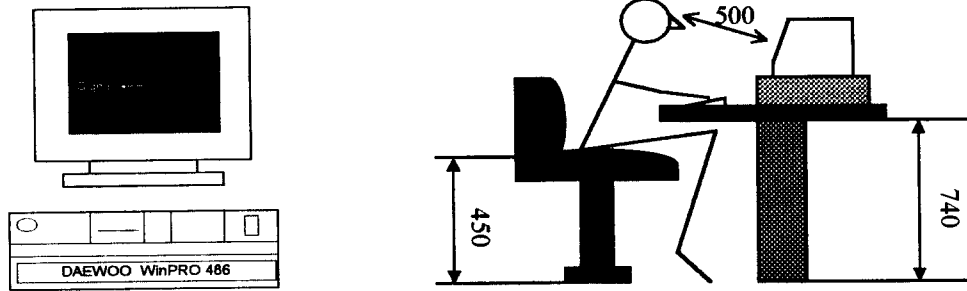


그림 4. 시각 Signal 의 제시예와 실험상황(청각신호는 이 상황에서音が 발생함.)

### 2.3 피험자의 구성

피험자는 표 1 과 그 구성은 대학생, 사무직종사자, 현장직종사자, 노인학교 학생 등으로 되어 있다. 피험자들에게서 시·청각에 이상이 있는 자는 제외 했다.

표 1. 피험자의 구성

구분	20 대		30 대		40 대		50 대		60 대	
	남	여	남	여	남	여	남	여	남	여
성별 피험자수	41	45	15	17	16	17	21	9	23	24
평균연령	23.0	21.6	34.4	35.4	44.4	43.4	55.8	53.4	65.7	66.6
연령별 피험자수	86		32		33		30		47	
연대별 평균연령	22.2		34.9		43.9		55.1		66.1	

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 민감도에 의한 비교

#### 3.1.1 청각의 변화

그림 5는 각 연령대 별로 청각신호탐지에 대한 민감도를 나타낸 것으로, 연령이 증가함에 따라 민감도가 감소하고 있으나 개인차이가 현저함을 볼수 있다. 이것은 60 연령대의 피험자중에는 20,30 연령대의 평균에 가까운 자가 다수 있음을 뜻하는 것이다.

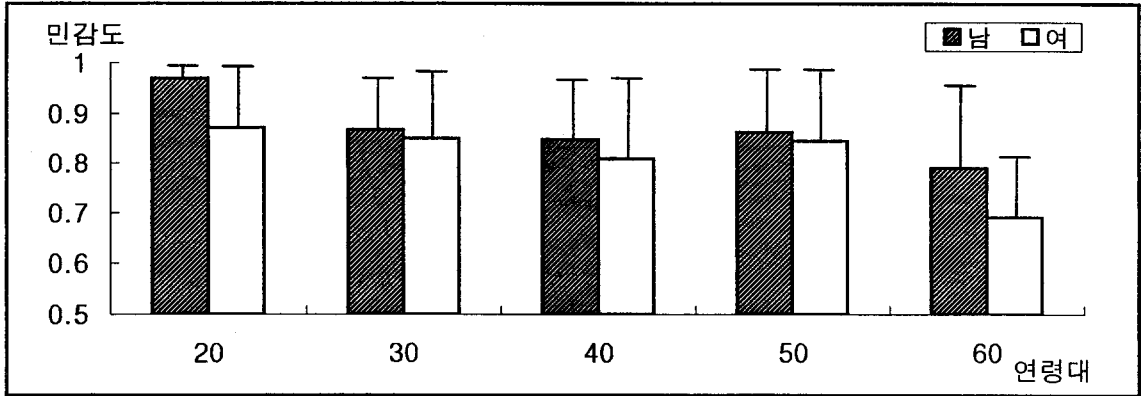
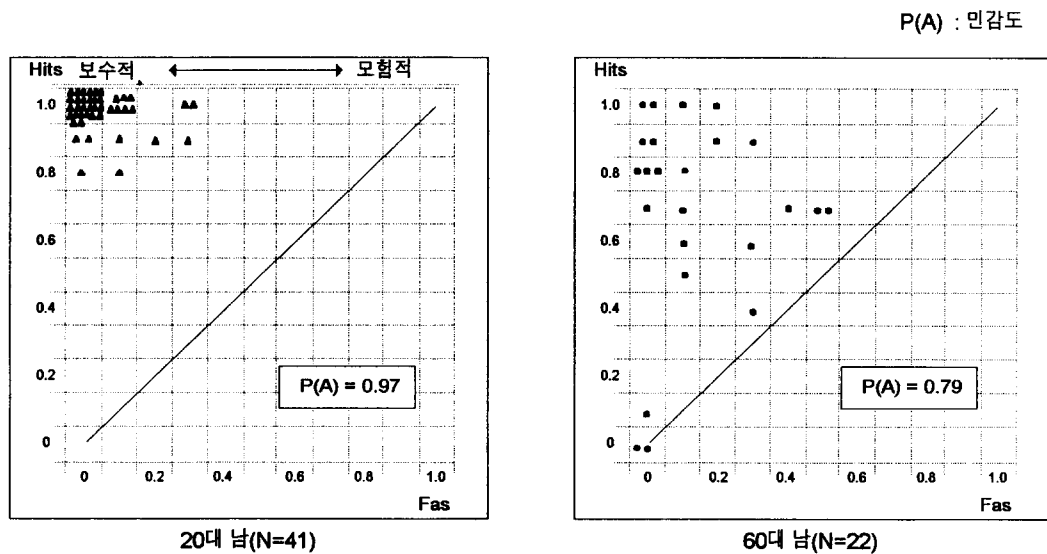
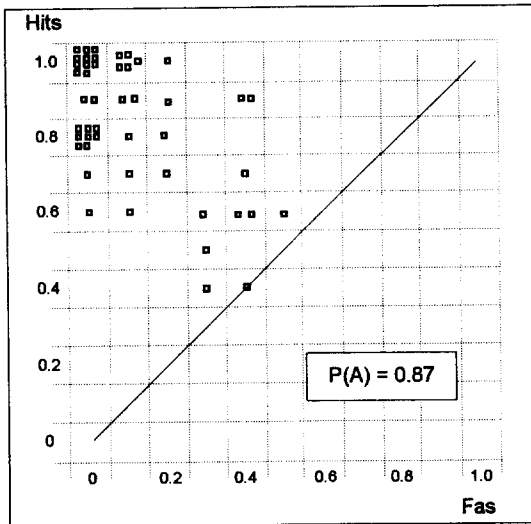


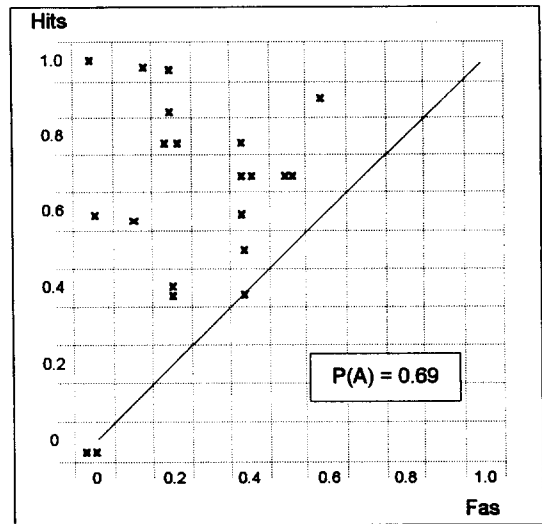
그림 5. 연령대별 신호탐지능력의 변화 (聽覺)

전 연령대에 있어서 여자피험자가 민감도가 낮은 경향이 있다. 이것은 사회활동의 유무와 일에 대한 의욕이 영향을 미치는 것으로 생각된다. 특히 20 연령대에의 남녀 차이가 큰 것은 남녀간에 놀이문화의 차이로 보여진다. 남자 20 연령대와 여자 20 연령대에서  $P < 0.01$ 로서 유의차이가 있었다. 이외 특히 변화가 큰 연령대 및 남녀를 보면, 남자 20 연령대와 30 연령대에서  $P < 0.01$ 로서 유의차이가 있었다. 이것은 남자 20 연령대의 피험자중 95%이상이 대학재학생으로 Computer 등을 조작하는 기회가 많아 실험 System 을 쉽게 이해한 것으로 생각된다. 반면에 30 연령대의 남자피험자는 대부분(78%)이 소음이 심한 제조업체(시멘트공장)에 근무하는자들로서 음의 구별능력이 다소 저하된 것으로 생각된다. 여자 50 연령대와 60 연령대에서  $P < 0.05$ 로 유의차이가 있는 것은 피험자수가 50 연령대가 9 명이고 60 연령대가 24 명인데 기인한 것으로 볼 수 있고, 또한 평균 연령차이가 10 세가 아닌 13.2 세인 것도 한 요인으로 생각된다. 이 시기에는 신체기능의 저하가 큰 시기이기도 하다. 이 연령대에서 남자 피험자사이에는 유의차이가 없었으나 60 연령대에서 민감도가 낮게 나타났다. 60 연령대에서 남녀차이가 현저( $P < 0.05$ )한 것은 남자피험자 23 명중 27.3%(6 명)이 직업에 종사하고 있어, 일에 대한 의욕이 여자 피험자보다 강한 것이 중요한 요인으로 생각된다.





20대 여(N=44)



60대 여(N=22)

그림 6. 20 연령대와 60 연령대의 청각에 의한 판정특성

그림 6은 20 연령대와 60 연령대의 피험자에 대하여 남녀별로 판정을 ROC 곡선에 Plot 한 것이다. 20대 남자의 피험자의 88%가 민감도 0.9 이상을 나타내어 좌측상단의 한 곳에 Plot 되어 있다. 이것은 민감도가 우수하고 개인차이가 적은 것을 뜻하는 것이다. 여자 피험자의 경우는 66%가 민감도 0.9 이상을 나타내고, 좌측상단에서 중앙으로 분포되어 있다. 청각에 의한 신호탐지에서 남녀의 차이가 현저히 있음을 알 수 있다. 이것은 그림 5에서 설명한 바와 같이 남자피험자중 95%가 모두 대학 재학생으로 실험 System의 이해와 Computer 문화에 상당히 익숙했기 때문으로 생각된다. 60 연령대의 피험자에서 남자의 경우는 한 곳에 모여있지 않고 좌측상단에서 중앙쪽으로 분포되어 있다. 그러나 41%가 민감도 0.9 이상을 나타내어 20 연령대의 기능을 가진자가 다수 있음을 알 수 있다. 실험이 되지않은 피험자도 2명이 있었다. 이들 2명의 특징으로는 운동 등 취미활동을 전혀 하지않는 자이고, 저학력의 소유자 이었다. 피험자 한명은 소음이 심한곳에서 노동일에 종사하는 자이고, 또 다른 한명은 연령이 69 세로 60 연령대의 평균연령과는 4세의 차이가 있었다. 여자 피험자에서는 남자피험자보다 중앙부근에 많이 분포되어 있어 민감도가 낮은 것을 알 수 있다. 남자 피험자와 마찬가지로 2명이 실험이 되지 못했다. 이들의 특징도 남자피험자와 마찬가지로 운동 등 취미활동이 없고, 저학력의 소유자 이었다.

### 3.1.2 시각의 변화

그림 7은 각 연령대별로 시각에 의한 신호탐지의 민감도를 나타낸 것이다. 연령증가와 더불어 민감도가 급격히 낮아지는 것을 알 수 있다. 청각보다도 시각이 그 변화가 큰 것을 알 수 있다. 이것은 중고령자중에서 보청기를 사용하는자보다는 안경(돋보기)을 사용하는자가 많다는 내용과 관계가 있는 것이다. 따라서 중고령자에게 시각에 의지하는 작업(흙집발견, 정밀작업 등)은 적합하지 않은 것으로 생각된다. 또한 표준편차가 큰 것으로 보아 개인차이가 현저함을 알 수 있다.

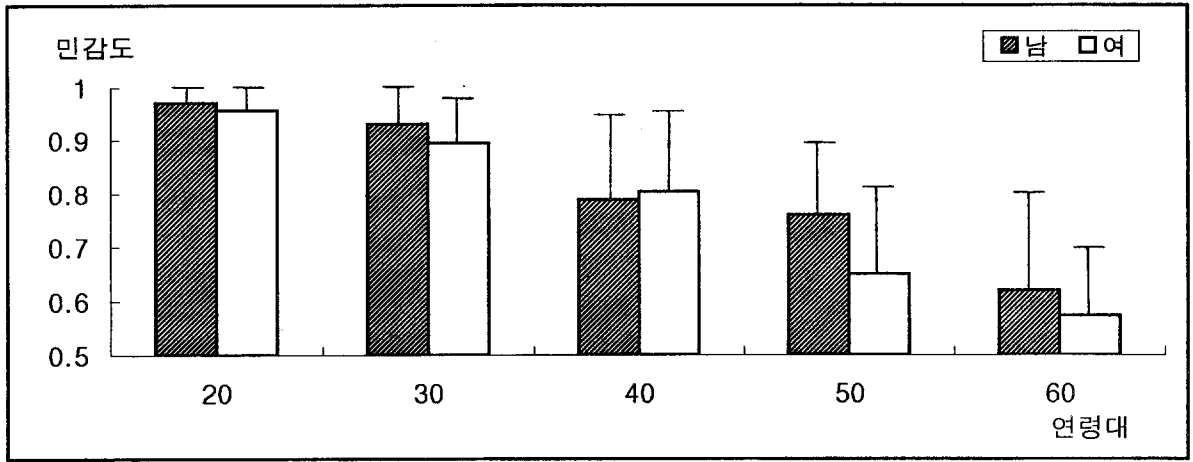


그림 7. 연령대별 신호탐지능력의 변화 (視覺)

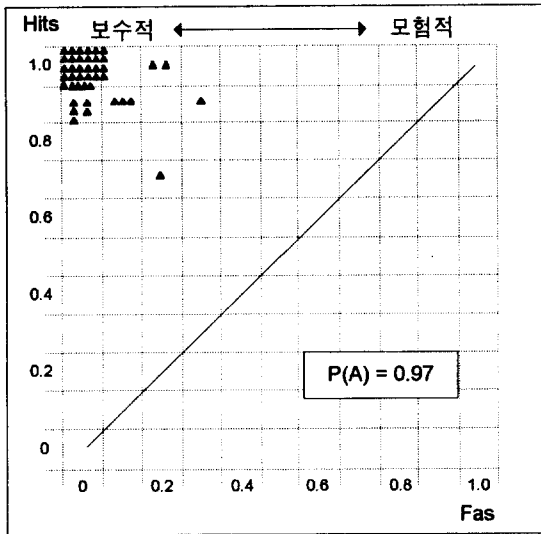
각 연령대 및 남녀의 민감도 차이를 표 2에 나타내었다.

표 2. 연령대별 평균치 차의 t-검정(視覺)

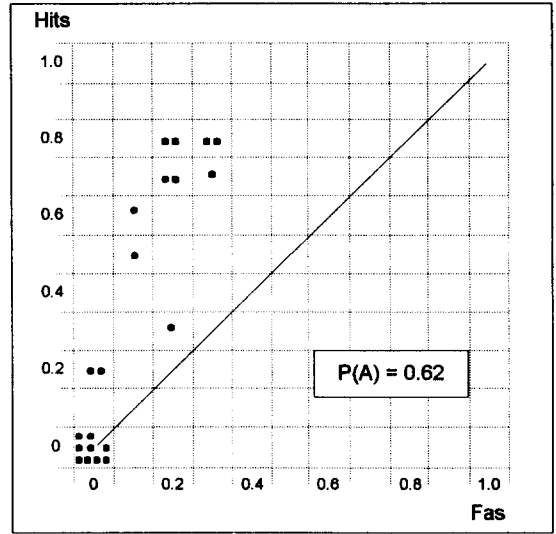
비교그룹 (A, B)	성별	A			B			T	Prob > T
		N	M	SD	N	M	SD		
(20, 30)	남	41	0.9707	0.0570	16	0.9313	0.0772	-2.1214	0.0384**
	여	44	0.9568	0.0643	17	0.8941	0.1088	-2.7825	0.0072*
(30, 40)	남	16	0.9313	0.0772	16	0.7875	0.1821	-2.9060	0.0068*
	여	17	0.8941	0.1088	17	0.8029	0.1700	-1.8626	0.0717***
(40, 50)	남	16	0.7875	0.1821	21	0.7595	0.1446	-0.5212	0.6055
	여	17	0.8029	0.1700	8	0.6500	0.1871	-2.0341	0.0536***
(50, 60)	남	21	0.7595	0.1446	21	0.6191	0.1219	-3.4035	0.0015*
	여	8	0.6500	0.1871	22	0.5727	0.1193	-1.3432	0.1900

P < 0.01\* P < 0.05\*\* P < 0.1\*\*\*

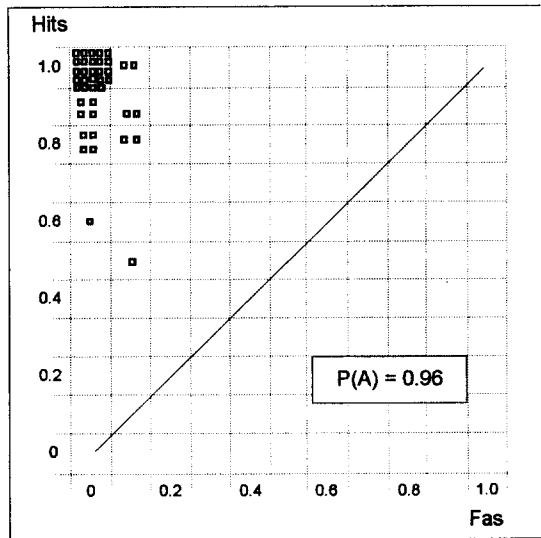
표 2에 의하면 20 연령대와 30 연령대, 30 연령대와 40 연령대에서 남녀 모두 유의차이가 있었다. 특히 30 연령대와 40 연령대에서 차이가 큰 것은 인간의 많은 기능중에서 눈의 조절력이 40대 중반에 크게 저하되는 것과 일치하는 내용으로 생각된다. 또한 체력의 변화가 큰 시기이고, 업무내용도 관리업무가 많은 것이 요인으로 생각된다. 20 연령대와 30 연령대는 20 연령대의 피험자가 대학재학생이고, 30 연령대의 피험자는 제조업체에 근무하는 자가 다수인 것이 원인으로 생각된다. 20 연령대의 피험자는 대부분이 Computer에 익숙한 자이다. 여자피험자의 경우는 40 연령대를 지나면서 현저히 저하되어가고 남자피험자의 경우는 50 연령대를 지나면서 현저히 저하 되어가는 것으로 되어 있다. 이것으로 남자보다는 여자가 시각에 의한 신호탐지능력이 빨리 쇠퇴 되어가는 것을 알 수 있다.



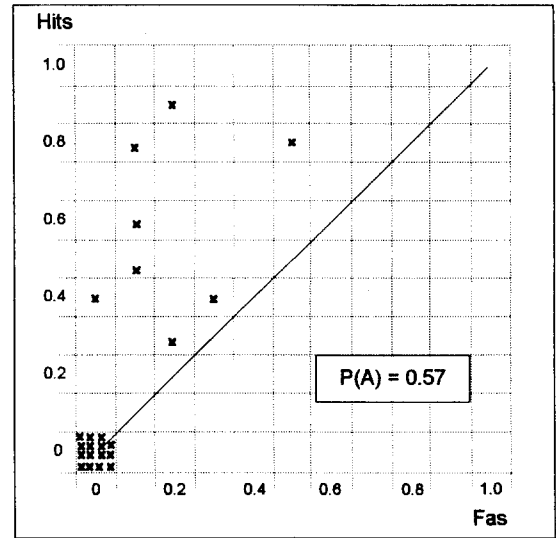
20대 남(N=41)



60대 남(N=21)



20대 여(N=44)



60대 여(N=22)

그림 8. 20 연령대와 60 연령대의 시각에 의한 판정특성

그림 8에서는 20 연령대와 60 연령대의 남녀별 피험자를 시각신호에 대한 판정을 Plot 한 것이다. 먼저 20 연령대에서는 남녀의 차이가 크지않고 우수한 민감도가 있는 것을 알 수 있다. 다만, 남자 피험자는 Signal의 출현이 없는 상태에서 '있다'고 반응하는 자가 있어 여자보다는 다소 모험적성향이 있다고 볼 수 있다. 여자는 보수적인 성향이 있는 것으로 나타났다. 남자의 95%가 민감도 0.9 이상을 나타내었고 여자는 87%가 민감도 0.9 이상을 나타내었다. 60 연령대 피험자는 시각신호를 전혀식별하지 못한 경우가 남자는 41%, 여자는 64%나 되어 본 연구에 이용된 시각신호판별이 무리인 것을 알 수 있다. 이런 경향이 여자피험자에게서 현저했다.



### 3.2 시·청각에 의한 신호탐지에 영향을 미치는 요인

#### ① 운동의 유무

그림 9는 실험을 수행하기 전에 설문지조사에서 적어도 5년이상 1주에 2회이상 운동을 하고 있다고 응답한 피험자와 그렇지 않다고 응답한 피험자에 대하여 민감도를 조사한 것이다. 60 연령대만으로 청각, 시각으로 나누어 나타내었다. 운동군과 비운동군은 청각에서  $P < 0.1$ 의 유의차가 있었다. 민감도는 연령증가만으로 쇠퇴되는 것이 아니고, 운동 등 체력관리의 인자가 영향을 미치는 것으로 생각된다.

#### ② 직업의 유무

그림 10은 그림 9와 마찬가지로 설문지조사에서 현재 직업을 가지고 있는 자와 퇴직 등으로 직업이 없는 자를 구분하여 청각, 시각의 민감도를 나타내었다. 직업군과 무직군에서는 청각과 시각에서  $P < 0.05$ 의 유의차가 있었다. 민감도는 연령증가만으로 쇠퇴되는 것이 아니고, 위의 운동 등과 현재 직업이 있다는 것이 영향을 미치는 것으로 생각된다. 현재 직업이 있다는 것은 일에 대한 의욕이 있는 것으로 생각할 수 있다

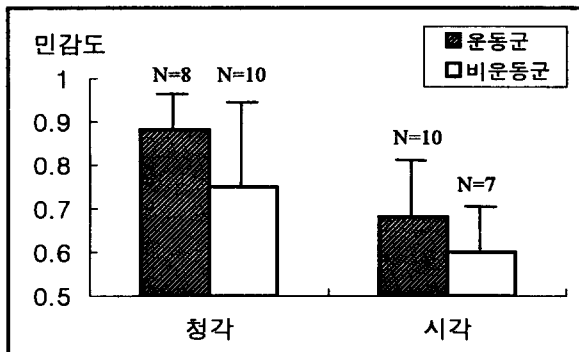


그림 9. 운동유무가 신호탐지능력에 미치는 영향(60 연령대)

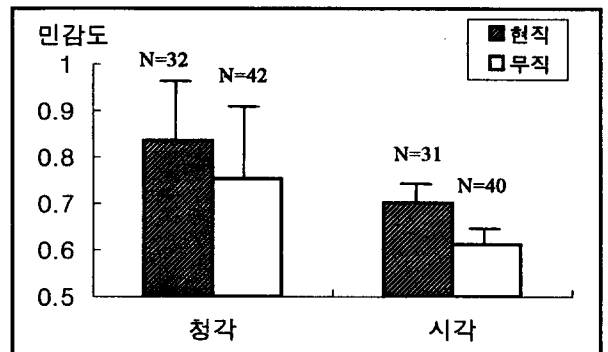


그림 10. 직업유무가 신호탐지능력에 미치는 영향(50, 60 연령대)

#### ③ 피로

피로가 시·청각에 의한 신호탐지에 영향을 미치는지를 조사하기 위해서 택시운전작업을 대상으로 했다. 點滅器(Flicker tester)로 시간경과에 따라 측정하고, 이때 시·청각 신호탐지 실험을 함께 수행했다. 측정회수는 4회(AM7:30, AM12:00, PM4:30, PM10:00)에 걸쳐 했고, 매 실험마다 4번 측정하여 평균치를 사용하였다. 이때 Flicker 値는 Down 방식으로 측정하였다. 이들 결과를 나타낸것이 그림 11이다 피험자는 택시운전기사 2명으로 했다. 피험자 1과 2는 시간이 경과함에 따라 Flicker 値가 높아져 갔다. 이것으로 운전작업시간이 경과함에 따라 피로가 쌓인다고 볼 수 있다. 그림 12는 피로도가 커짐에 따른 신호탐지능력의 변화를 나타낸 것이다. 청각의 경우는 피험자 1, 2가 운전작업시간이 경과함에 따라 민감도가 높아져 갔다. 즉, 피로가 청각에 의한 신호탐지에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 오히려 민감도가 높아진것은 습속에 의한 것으로 생각되었다. 시각의 경우 운전작업시간이 경과함에 따라 민감도가 떨어지는 경향을 보이고 있다. 이것은 피로가 시각에 의한 신호탐지 능력에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 그러나 피험자 수가 2명 밖에 되지 않아 앞으로 피험자수를 늘려서 피로가 신호탐지능력에 미치는 영향에 대하여 연구해 볼 필요가 있다.

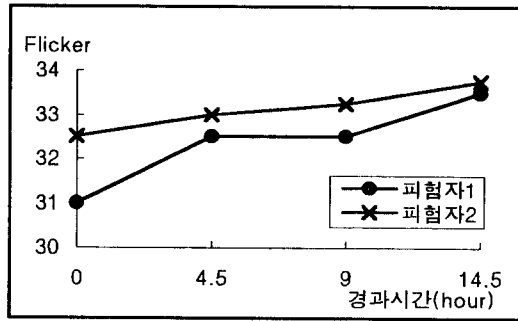


그림 11. 운전작업과 Flickre 値의 관계

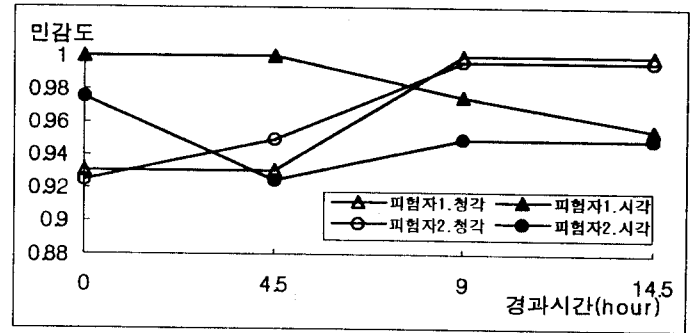


그림 12. 피로가 신호탐지능력에 미치는 영향

#### 4. 결론

연령증가에 따른 신호탐지능력의 변화를 연구하기 위하여, 청각과 시각신호에 대하여 피험자의 반응을 민감도와 ROC 분석을 통하여 실험연구를 수행하였다. 그 결과 다음과 같은 내용이 분명해졌다.

- ① 시·청각에 의한 신호탐지기능(민감도)이 연령증가와 함께 쇠퇴되어 갔다.
- ② 연령증가와 더불어 분산이 크게 되어갔다. 이것은 개인차이가 크게 되어가는 것을 뜻하는 것이다.
- ③ 연령증가와 함께 청각기능보다는 시각기능의 쇠퇴가 현저했다.
- ④ 시·청각 기능의 쇠퇴에는 연령 증가 이외의 요인으로 운동의 유무, 현재의 직업유무 등이 있었다.
- ⑤ 시각, 청각 기능의 상관관계는 없었다.

중고령자의 사회복귀가 일반적으로 될 때에 본 연구의 System 이 하나의 지표가 될 것을 확신하고 있다. 중고령자를 사회에 복귀시키기 위해서는 하나의 기능을 측정해서는 안되고, 여러기능에 대하여 평가할 필요가 있다. 앞으로 이 분야에 연구를 하려고 한다.

#### 參 考 文 獻

- [1] 장래인구추계, 통계청, (1991. 4).
- [2] The sex and age distribution of the world populations, United Nations, New York, (1993).
- [3] 松山美保子, “高齡化新時代”, 中央勞動災害防止協會”, (1986).
- [4] 辛承憲, “中高齡 勞動者의 勞動適應能力의 評價”, 대한인간공학회지, Vol. 5, No. 2, pp. 17-25, (1986).
- [5] 徐承綠, “손가락動作反應時間을 基準으로 한 高齡者의 勞動適應能力 評價”, 동아대학교 대학원 박사 학위논문, (1992).
- [6] 辛承憲, “中高齡勞動者의 中心動搖特性의 評價”, 日本人間工學會誌, Vol. 24, No. 4, pp. 261-264, (1988).
- [7] J. A. Swets, W.P. Tanner, Jr., T.G.Birdsall., ”Decision processes in perception”, Psychology, Vol. 69, No. 5, pp. 301-340, (1961).
- [8] 林喜男 著, 辛承憲 譯, 人間工學, 營芝出版社, (1990).
- [9] 진영선, 곽호완 共譯, 공학심리학, 성화사, pp. 26-27, (1994).
- [10] John A. Swets, ”Indices of discrimination or diagnostic accuracy : Their ROCs and implied models”, Psychological Bulletin, Vol. 99, No. 1, pp. 100-117, (1986).