

제품설계와 평가를 위한 시각영역의 생성 Generation of a Practical Visual Field for the Design and Evaluation

기 도 형*

ABSTRACT

Depending upon the eye and head movement, the visual field is often classified into three categories ; stationary field, eye field and head and eye field. To investigate the effect of background condition on the size of the visual field, an experiment was conducted, in which the subject was instructed to search a target with distinct orientations. In each trial, a single target was presented on the perimeter modified to cover the range of 330° around the fixation point, with the visual angle subtended 1.4° vertically and horizontally. Nontarget density, meridian, size contrast and subject showed a significant effect on the visual field at $\alpha=0.01$, where density was inversely proportional to the size of the visual field, and size contrast linearly proportional to the size of the visual field. The size of the visual field on horizontal axis was larger than that on vertical axis, and that on right and upper meridian was also larger than on left and lower meridian. The shape was found to be horizontally oriented oval and statistically asymmetric with respect to horizontal and vertical axes. In addition, the regression equations to predict the visual field on the given background condition were suggested. These results were expected to be used as a design guideline when arranging displays and controls on panels such as automobile display panels, cockpits, etc.

I . 서 론

시각작업(Visual task)은 검사나 조립작업

등의 산업 현장이나 일상생활 주위에서 가장 흔히 일어나고, 찾아볼 수 있는 활동이다. 시각은 인간의 주요 감각기관이기도 하며, 실제

로 인간이 주변에서 취하는 정보의 약 90% 이상을 눈을 통하여 얻고 있다(Drury & Clement, 1978). 예를들면 컴퓨터 작업에서 눈으로 모니터에서 연속적으로 정보를 읽고 있고, 사용하고자 하는 적절한 키를 찾기 위하여 키보드를 살펴야 한다. 그러나 시각작업에서는 눈의 Fovea위에 상(Image)이 맺힌 물체만 뚜렷하게 보이고, Fovea로부터의 거리가 멀어질수록 물체는 점점 희미하게 보인다(Grandjean, 1993). 이러한 이유로 시각작업에서 장치의 배열이 중요하게 되며, 표시장치나 조종장치의 잘못된 배열은 작업자에게 과부하(Overload)를 가하게 되며, 실수(Error)를 유발하기도 한다. 원자력 발전소 등에서의 이러한 실수는 심각한 피해 및 재앙을 수반한다. 따라서 표시장치(Display)와 조종장치(Control)는 인간의 시각적 능력과 한계, 그리고 시각작업의 특성을 반영하여야 한다. 일반적으로 인간의 정상 시각 영역(Normal viewing area), 시각 영역(Field of view)의 크기와 눈 움직임 등의 특성을 고려하여, 표시장치와 조종장치의 위치를 정하고 배열을 한다(Salvendy, 1987).

1.1 시각영역

시각작업의 수행도(Performance)에 영향을 미치는 요소들-비표적 밀도(Nontarget density), 표적과 비표적의 크기 차이, 비표적의 분포, 탐색영역의 면적, Meridian, 표적의 위치 및 방향, Cuing, 연령등-에 관한 연구는 많이 이루어져 왔으나, 현재까지 시각영역에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. Sanders (1970)는 시각영역을 세영역, 즉 Stationary field, Eye field와 Head field로 눈과 머리의 움직임에 따라 구분하였다. Stationary field는 눈이나 머리를 움직이지 않고도 주변시야(Peripheral viewing)로만 파악이 되는 영역을 의미하며, Eye field는 눈을 움직여야만 파

악이 되는 영역을, 그리고 Head field는 머리까지 움직일 때 파악되는 영역을 말한다. Van Cott와 Kinkade(1972)는 시각적 표시장치를 배열할 때, 각 표시장치의 범주(Category)에 따라 선호되는 패널(Panel)의 위치를 제시하였다. 모든 경고용 표시장치(Warning display)는 정상시선(Normal line of sight) 주위의 30° 안에, 착석식 작업대에서는 45° 범위 내에, 그리고 부차적 표시장치(Secondary display)는 정상시선의 60° 내에 배치하여야 한다고 주장하였다.

미 국방성은 Sanders의 분류와 유사하게 눈과 머리의 움직임에 따라 시각영역을 다음과 같은 4개의 영역으로 분류하였다: 선호 시각영역(Preferred viewing area), Eye field, Head field, Head & eye field. 본 연구에서는 Sanders와 미 국방성의 분류기준을 참고하여 눈과 머리의 움직임을 기준으로 Stationary field, Eye field와 Head & eye field로 구분하기로 한다. 여기서 Stationary field는 주변시야로 파악이 되는 영역을, Eye field는 눈의 움직임을 허용할 때 파악되는 영역을, 그리고 Head & eye field는 눈과 머리의 움직임을 허용할 때의 시각영역을 나타낸다.

1.2 연구의 목적

앞에서 살펴 본 몇 가지의 시각영역은 제품이나 작업장 등의 개념 설계단계(Conceptual design state)에서 제품 평가를 위한 유용한 인간공학적 지침(Guideline)으로 사용될 수 있지만, 기존의 시각영역은 특정 시각작업의 비표적 밀도, 표적의 크기와 같은 배경조건(Background condition)에 관계없이 일정하게 제시되어 있다. 따라서 이러한 시각영역은 설계의 인간공학적 평가의 하나의 참고자료로 사용될 수는 있으나, 설계의 특성을 고려한 정확한 평가는 어렵다. 따라서 본 연구에서는 시각작업에 대한 실험을 통하여 시각영

역의 크기에 영향을 미치는 배경조건의 영향을 고찰하고자 하며, 시각작업 실험의 결과를 이용하여 배경조건이 적절히 반영된 시각영역을 제시하고자 한다. 본 연구에서는 배경조건으로 시각작업에서 쉽게 찾아볼 수 있는 비표적의 밀도, 표적의 크기 대비(Target size contrast), Meridian, 표적의 색(Color)을 선정하였다.

II. 실험방법

2.1 피실험자

5명의 안경을 착용하지 않은 건강한 학부 및 대학원생이 피실험자로 참여하였으며, 모든 피실험자는 색맹 등의 시각 이상 증세가 없으며, 또한 전에 본 실험과 유사한 시각작업을 경험한 적이 없다. 피실험자의 평균 연령은 25.4세이고, 신장은 176.2cm이며, 양안시력(Binocular visual acuity)는 Snellen acuity로 약 20/17을 보였다.

2.2 실험기기

반지름이 56cm이고 시야범위가 180° 인 기존의 시야계(Visual perimeter)를, 시야범위를 330° 까지 측정할 수 있게 개조하여 사용하

였다. 비표적과 표적은 다음 그림 1에서 보는 바와 같이 원형 심볼(Criclic symbol)을 사용하였고, 그 크기는 수직, 수평으로 모두 1.4°의 시각(visual angle)을 보였다.

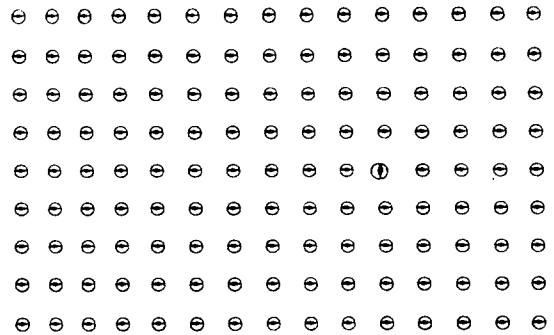


그림 1. 비표적과 표적의 예

2.3 실험계획 및 절차

비표적 밀도, 표적의 크기 대비, Meridian과 표적의 색을 실험변수로 하였으며, 그 정의와 수준은 표 1에 제시되어 있다. 여기서 Meridian은 위쪽 수직축을 0°로 하고, 시계방향으로 각도가 증가되게 표시한다. Head & eye field 측정시 아래쪽 수직 Meridian(180°) 방향의 시각영역은 몸통(Trunk)에 가려져 측정이 불가능하므로 실험에서 제외하였다.

표 1. 실험변수

요 인	
비표적 밀도(D)	N/A, N=비표적의 수, A=시야계의 면적 A=496cm ² , N=0, 24, 51, 396
표적의 크기 대비(S)	$\frac{H-H_0}{H_0}$ H=표적의 크기, H ₀ =비표적의 크기 H=1.4°, H ₀ =0.6°, 1.0°, 1.4°, 2.3°
Meridian(M)	축이 이루는 각도 M=0° m 90°, 180°, 270°
표적의 색(C)	C=빨강색, 검정색

표적은 비표적과 원(Circle)안에 바늘 모양의 방향 차이로 구분하며(그림 1 참조), 네 개의 Meridian상의 임의의 지점에 랜덤(Random)하게 나타난다. 실험자는 비표적과 방향이 다른 표적을 피실험자가 볼 수 없는 위치에서부터, 시야계의 중심쪽으로 피실험자가 표적의 방향을 정확히 인지할 때까지 옮겨온다. 표적이 피실험자의 각시각영역에 들어오면, 실험자는 이 위치를 각 시각영역의 크기로 기록한다. 시각영역의 범위는 Head & eye field, Eye field, Stationary field의 순서로 측정하였으며, 각 실험은 실험변수를 랜덤하게 조합한 완전 요인계획법(Full factorial design)을 사용하였다. 실험의 한 Session은 96회의 실험으로 구성되어 3회 반복하였으며, 한 Session의 실험을 수행하는데 약 4-5시간이 소요되었다.

III. 결 과

3.1 분산분석

분산분석의 결과는 다음 표2에 나와 있으며, 비표적 밀도, 표적의 크기 대비, Meridian과 피실험자는 Stationary field, Eye field와 Head & eye field의 세 시각영역 모두에서 유의수준 1%에서 유의하게 나타났다. Meridian이 세 가지의 시각영역에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 다음으로는 표적의 크기 대비, 피실험자, 비표적 밀도의 순으로 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 표적의 색은 Eye field에서는 유의수준 5%에서 유의하지 않았으나, Stationary field와 Head & eye field에서는 유의하게 나타났다. 피실험자와 Meridian, 표적의 크기 대비의 교호작용과 Meridian과 표적의 크기 대비의 교호작용은 세 영역 모두에서 유의수준 5%로 유의함을 보였다.

표 2. 분산분석 결과

	Stationary field			Eye field			Head & eye field		
	DF	F	P	DF	F	P	DF	F	P
Subject(SB)	4	45.97	0.000	4	28.40	0.000	4	11.43	0.000
Nontarget Density(D)	3	40.50	0.000	3	4.95	0.002	3	14.77	0.000
Meridian(M)	3	284.79	0.000	3	406.09	0.000	2	1947.26	0.000
Size Contrast(S)	3	1578.9	0.000	3	240.96	0.000	3	244.60	0.000
Target Color(C)	1	9.78	0.002	1	0.42	0.516	1	5.08	0.024
SB*D	12	1.14	0.320	12	1.22	0.264	12	0.44	0.946
SB*M	12	21.78	0.000	12	18.02	0.000	8	22.25	0.000
SB*S	12	23.93	0.000	12	1.97	0.024	12	2.43	0.004
SB*C	4	1.12	0.346	4	1.81	0.125	4	1.26	0.284
D*M	9	0.86	0.559	9	1.89	0.050	6	0.30	0.935
D*S	9	3.11	0.001	9	1.44	0.167	9	1.68	0.089
D*C	3	0.19	0.903	3	0.08	0.973	3	0.37	0.775
M*S	9	25.30	0.000	9	22.13	0.000	6	18.13	0.000
M*C	3	0.40	0.752	3	2.09	0.100	2	1.06	0.347
S*C	3	5.17	0.002	3	1.96	0.118	3	0.35	0.792

*DF:degree of freedom, F:F value, P:P value

3.2 비표적 밀도

비표적의 밀도는 여러가지 방법으로 조절이 가능하나 본 연구에서는 시야계의 면적이 고정되어 있으므로, 비표적 밀도의 수준은 비표적의 수에 의해 조절된다. 비표적의 밀도에 따른 세 시각영역의 변화 경향은 그림 2에 나와 있다. 그림에서 보는 바와 같이 비표적의 밀도가 증가함에 따라 정도의 차이는 보이지만, 세 시각영역 모두에서 시각영역의 크기가 감소함을 보이고 있다.

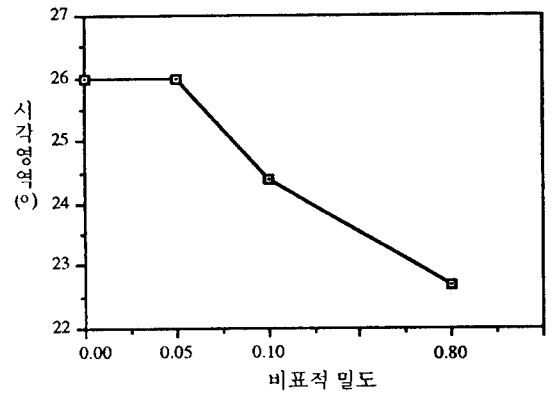
3.3 표적의 크기대비

표1에서 본 바와 같이 비표적의 크기는 고정되어 있으므로, 크기 대비는 표적의 크기에 의해 결정된다. 표적의 크기 대비에 따른 시각영역의 경향은 그림 3에 나와 있으며, 크기 대비가 커짐에 따라 세 시각영역은 거의 선형적으로 증가하고 있음을 보이고 있다.

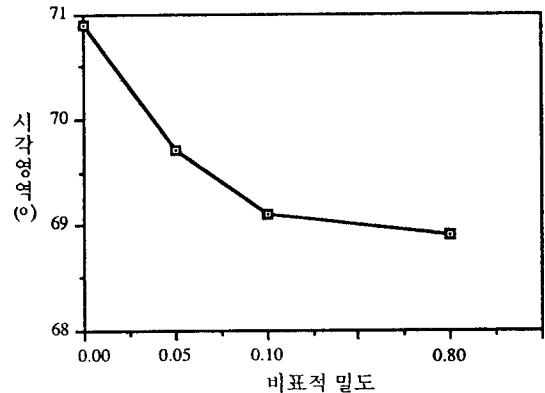
3.4 시각영역

네 개의 Meridian, 즉 수직 축과 수평 축의 두 개의 축을 가지는 시각영역이 그림4에 제시되어 있다. 그림의 시각영역은 비표적 밀도가 0, 즉 배경이 백지(White background)로 고정되어 있고 표적의 크기 대비만 변수로 한 것이다. 그림 4에서 보는 바와 같이 시각영역은 두 축에 비대칭이며, 비대칭의 정도는 다른 두 시각영역에 비하여 Eye field에서 크게 나타나고 있다.

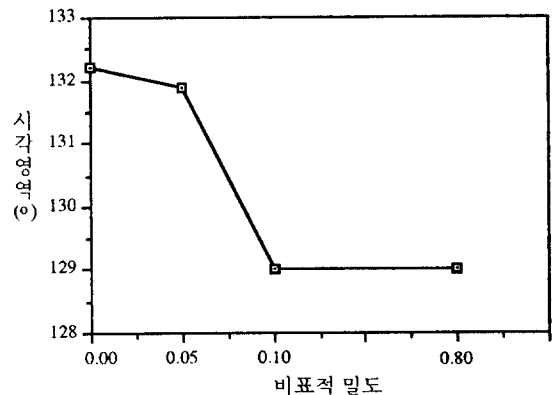
주어진 배경조건에 따른 시각영역을 생성할 수 있는 다중회귀 모형을 실험자료를 이용하여 각 시각영역에 따라 제시하였다. 회귀식에는 분산분석에서 유의하게 나타난 실험변수를 독립변수로 사용하였다. 따라서 Stationary field와 Head & eye field에서는 비표적 밀도, 표적 크기 대비, Meridian과 표적의 색



(a) Stationary field

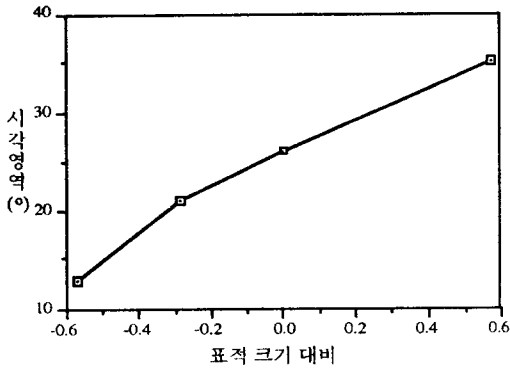


(b) Eye field

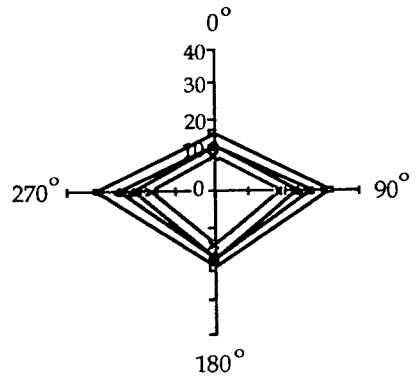


(c) Head & eye field

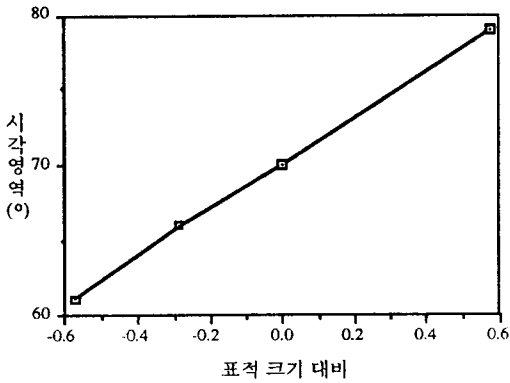
그림 2. 비표적 밀도에 따른 시각영역의 변화경향



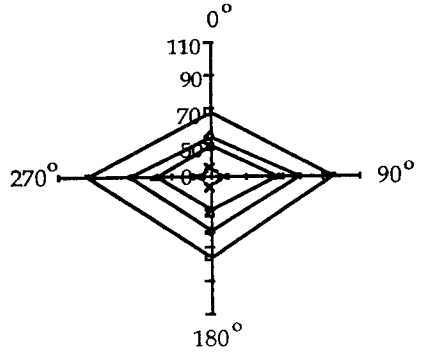
(a) Stationary field



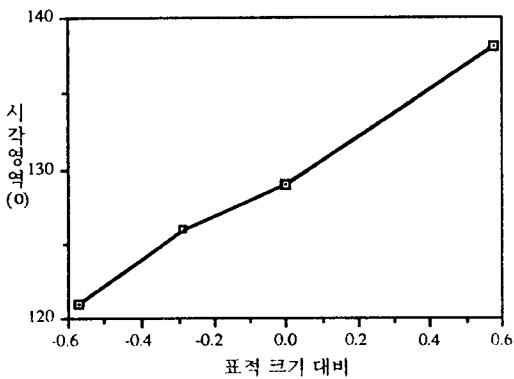
(a) Stationary field



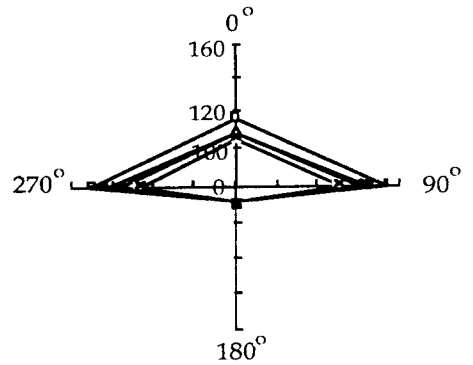
(b) Eye field



(b) Eye field



(c) Head & eye field



(c) Head & eye field

그림 3. 표적 크기 대비에 따른 시각영역의 변화경향

그림 4. 표적 크기 대비에 따른 시각영역 (단위:도(°))

이, 그리고 Eye field에서는 표적의 색을 제외한 나머지 세 변수가 독립변수로 사용되었다. Meridian은 다음 표3과 같은 두개의 Indicator변수로 표현하였다.

표 3. Indicator 변수

Meridian(Φ)	ml	m2
0°	0	1
90°	0	0
180°	1	0
270°	1	1

각 시각영역에서의 다중회귀 모형은 다음과 같으며, R²값이 84%와 96%사이로 나타나 모델의 높은 적합성과 예측능력(Predictability)을 보여주고 있다 :

Stationary Field(°)

$$=21.90 + 1.91 \times ml + 6.88 \times m2 + 19.05 \times \text{표적크기대비} + 0.81 \times \text{표적의 색} - 35.58 \times \text{비표적 밀도} (R^2=96\%)$$

Eye Field(°)

$$=59.85 + 6.45 \times ml + 15.79 \times m^2 + 15.73 \times \text{표적크기대비} - 27.00 \times \text{비표적 밀도} (R^2=84\%)$$

Head & eye Field(°)

$$=110.78 + 3.11 \times ml + 27.95 \times m2 + 14.32 \times \text{표적크기대비} + 1.01 \times \text{표적의 색} - 37.19 \times \text{비표적 밀도} (R^2=96\%)$$

위에서 제시한 회귀 모형의 예측능력을 보기 위하여, 모형에 의해 계산된 시각영역과 실제 실험에서 얻어진 시각영역을 그림5에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 두시각영역의 모양이 대단히 유사함을 보였고, 두 영역간의 상관계수도 0.998로 매우 높게 나타

나 모형의 예측능력을 보여주고 있다.

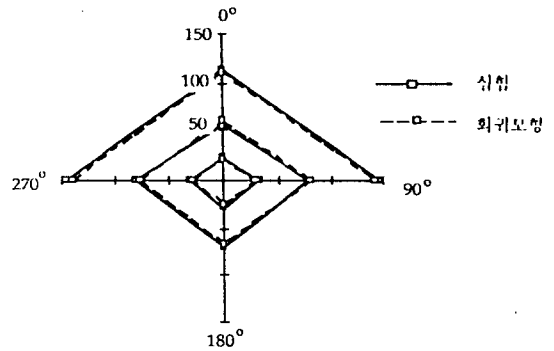


그림 5. 실험에 의한 시각영역과 회귀모형에 의한 시각영역(단위 : (°))
(비표적 밀도 : 0.018, 표적 크기 대비 : 0. 표적색 : 검정색)

IV. 토 의

분산분석과 그림 2-4에서 본 바와 같이, 시각영역의 크기는 비표적 밀도, 표적크기대비, Meridian과 표적의 색과 같은 특정 시각작업의 배경조건에 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 본 연구에서 제시된 시각영역의 크기는 미군 표준(U.S. military standards, MIL-HDBK-759A)으로 제시된 시각영역과 같은 기존의 연구결과보다는 크게 나타났다. 표적의 크기가 큰 경우에는 Eye field와 Head & eye field 모두 60° 이상이나 크를 보였다. 이러한 사실은 표시장치와 조종장치를 배열할 때, 큰 표시장치와 조종장치는 주시각영역(Primary visual field) 밖에 배치할 수도 있는 융통성을 주는 등 중요한 의미가 있다 하겠다. 또한 기존의 미군 표준의 시각영역은 모든 축에 대해서 대칭인 것으로 제시하였으나, 본 연구의 시각영역은 수평축에 대해 비대칭임을 보였다. 또한 위쪽 Meridian(M=0°) 상의 Eye field가 아래쪽 Meridian(M=180°)

상의 크기보다 작음을 보였다. 따라서 본 연구의 시각영역보다 작고 대칭적인 기존의 시각영역은 표시장치와 조종장치의 배열에 사용하기에는 부정확하므로, 시각영역은 본 연구에서와 같이 특정시각작업의 배경조건을 고려하여 적절히 수정되어야 한다.

분산분석에서 Eye field와 Head & eye field에서는 Meridian의 영향이 가장 크고, Stationary field에서는 표적의 크기 대비가 가장 영향이 큰 것으로 나타났다. Stationary field에서는 눈을 포함한 지체의 움직임이 규제되지만, Eye field와 Head & eye field에서는 지체의 움직임이 요구된다. 따라서 시각작업이 눈이나 머리의 움직임을 요구하면, Meridian이 가장 큰 영향을 미치므로 설계시 이를 먼저 고려하여야 한다. 그리고 눈이나 머리의 움직임이 필요없는 시각작업에서는 우선적으로 표적의 크기를 고려하여, 조종장치나 표시장치등의 장치를 배열하여야 한다. 또한 Meridian과 표적 크기 대비의 교호작용은 세 시각영역 모두에서 유의수준 1%에서 유의하게 나타났으며, 수직축 상에서보다는 수평축 상에서의 교호작용이 크게 나타났다. 이는 큰 표시장치나 조종장치는 수평축 상에서는 눈의 고정점에서 좀 더 먼 위치에 배치하여도 무방함을 의미한다.

시각영역을 생성하기 위한 회귀 모형에서, 표적 크기 대비는 양의 계수를 보여 대비가 커지면 시각영역도 커짐을 보였다. 이는 표시장치나 조종장치를 배열할 때, 큰 장치는 그것의 시각영역이 장치의 크기에 비례하여 커지므로, 좀 더 외곽에 배치하여도 됨을 암시하고 있다.

분산분석에서 비표적 밀도에서 세 시각영역에서 모두 유의하게 나타났으나, 그림2에서 보는 바와 같이 수준간의 시각영역의 크기 차이는 많지 않다. 따라서 비표적의 밀도는 시각영역에서 보다는 시각작업의 반응시간(Visual response time)에서 주요한 역할을

한다고 할 수 있다(Drury & Clement, 1975 ; Kee et al., 1992 ; Monk & Brown, 1975).

V. 결론 및 추후연구방향

시각영역의 크기는 비표적 밀도, 표적의 크기 대비, Meridian과 표적의 색과 같은 배경조건에 크게 영향을 받음을 보였다. 그리고 배경조건에 따른 세 가지의 시각영역을 생성할 수 있는 다중회귀 모형을 제시하였다. 이러한 연구결과는 표시장치나 조종장치 등을 패널에 배열할 때, 유용한 인간공학적 지침으로 사용되어질 수 있을 것이다.

본 연구에서는 시각작업의 여러변수 중 대표적이고 조절(Control)이 쉬운 4가지의 변수에 대해서만 연구를 수행하였으나, Field heterogeneity, 표적의 불확실성(Target uncertainty)등과 같은 특정 시각작업의 특성을 반영해 줄 수 있는 다양한 변수를 고려한 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

- [1] Drury, C.G., and Clement, M.R., "The effect of area, density, and number of background characters on visual search", Human factors, 20(5) : 597-602, 1978.
- [2] Grandjean, E., Fitting the Task to the Man(4th Eds.), Taylor & Francis : London, 1993.
- [3] Kee, D., Jung, E.S. and Chung, M.K., "Isoresponse Time Regions for the Evaluation of Visual Search Performance in Ergonomic Interface Models", Ergonomics, 35(3) : 243-252, 1992.
- [4] Monk, T.H., and Brown, B., "The effect of target surround density on visual

- search performance”, Human factors, 17(4) : 356-360, 1975.
- [5] Sanders, A.F., ‘Some Aspects of the Selective Process in the Functional Visual Field”, Ergonomics, 13(1) : 101-117, 1970.
- [6] Salvendy, G., Handbook of Human Factors, John Wiley & Sons : New York, 1987.
- [7] U.S. Department of Defense., Human Factors Engineeng Disign for Army Material(MIL-HDBK759A), Washington DC, 1981.
- [8] Van Cott, H.P. & Kinkade, R.G., Human Engineering Guide to Equipment Disign (Revised Eds.), McGraw-Hill : New York, 1972.