《研究論文》

Journal of the Human Engineering Society of Korea
Vol.9 No. 1, June 1990

CRT 표시장치에서 내삽 추정치에 대한 방향, 크기, 위치의 효과

(Effect of Orientation, Interval Size, Target Location on Interpolation Estimates on CRT Display.)

노 재 호†

Abstract

This study is concerned with the accuracy, of error with which subjects can interpolate the location of a target between two graduation markers with 4 orientations and 6 sizes CRT display.

Stimuli were graphic images on CRT with a linear, end-marked, ungraduated scales having a target. The location of a target is estimated in units over the range 1-99. Smallest error of estimates was at the near ends and middle of the base-line. The median error was less than 2 units, modal error was 1, and the most error (; 99.7%) was within 10. A proper size to make an minimum error in interpolation exists such that size 400 pixels.

Interpolation estimation is shown to be affected by the size, location and interaction (orientation x location, size x location). The accuracy, interpolation performance are discussed in relation to absolute error associated with visual performance.

1. 서론

많은 양의 정보가 일상생활에서나 특정한 활동에서 요구 되어지고, 제시되어지고 있다. 제시되는 정보가 잘 설계(formatting, coding, organizing)되지 않으면, 인간에게 부담(stress)를 가중시키고, 이는 인간 오류(실수)가능성을 가중시킨다[7]. 그러므로 표시장치는 인간의 정보획득, 처리시(검출, 인식, 해석) 발생되는 오류를 감소시킬 수 있도록 설계되어져야 한다.[8, 10, 15, 16, 18, 19, 20]

AFSC에 의하면 인간지식의 약 80%는 시각적으로 얻어진다고 추정한다[10]. 따라서 시각 표시장치의 설계는 중요하며, 여러분야에서 다양한 정보들은 시각적 암호화의 이점을 살려 시각화된 형태로 변환해서 시각화된 정보전달의 계기류나 VDR를 통해 제공되고 있다. 미래의 인간—기계 체계에서 인간이 수행해야할 주 임무인 검사(inspection). 감시과업(monitoring)에는 시각적 탐색이 공통적으로 요구된다.[7,9]

표시장치 설계시의 기본적인 원칙은 다수의 정보를 제공하는 표시장치와 제시된 정보들의 통합성, 혹은 이해에 게재되는 접촉경계면에 대한 관심을 갖는데 있다.[2,4] 그리고, 감지기(sensor)의 발달로 인해 정량 정보들은 매우 정확한 계수형태의 값으로 제시될 수도 있으나, 수행할 임무의 목적이나 정보의 특성에

† 강원대학교 공과대학 산업공학과

따라서 상사형(analog-type)계기, 묘사적(pictorial-type)표시장치(computer-animated, sensor-generated, optically-generated)들을 통해 제공된다.[4,16,20]

그리고 정량적인 표시장치의 경우 명시, 묵시적으로 요구되는 정확도가 있다.[8,9,15,19] 이를 좀더 신속, 정확하게 사용하기 위해서 어떤 설계가 효율적인가에 대한 많은 연구가 행해져왔고, 이들에 영향을 미치는 요인들도 고찰되었다.[8,9,10,13,19] 식별해야 되는 세부특성(눈금수열, 내삽, 눈금단위길이, 눈금기울기, 눈금표시두께, 지침설계, 난잡함, 눈금 숫자위치)은 사람의 시식별능력(visual performance)에 영향을 미친다.[8,9,18,19] 계기의 값을 읽는데 따른 상대적 효과 연구에서 정보를 제시하는 계기의 설계요인들 중 중요한 요인으로 선별된 내삽에 대해 연구하고자 하며, 이에 필요한 시각능력은 궁극적으로 거리와 크기에 대한 변별능력이다.[14,16]

따라서, 본 연구에서는 시각공간에서 상대적 위치를 어떻게 인식하는가 하는 문제에 관해 거의 연구가 되어 있지않은 인간의 내삽능력에 대해서 다음과 같은 것들을 고찰해 보고자 한다. 기저선 방향, 크기와 위치에 따라,

첫째, 내삽능력은 어느 정도되며, 어떤 영향이 있는가.

둘째, 내삽 추정은 표적위치에 따라서 어떤 차이가 있는가.

셋째, 이들은 어떻게 해석 되어질 수 있는가.

2. 실험계획

2-1 피실험자

인간공학 과목을 수강했던 정상적인 시력을 갖은 대학생(남14, 여1)이 본 실험에 참여했고 그들의 평균나이는 26세였다. 이들중 아무도 본 실험에서 사용된 내삽작업을 한 경험은 없으나, 본 실험에 대해서는 충분한 지식을 갖고 있으며, 동기유발도 잘 되어 있다.

2-2 자극 및 환경

자극은 녹색형광, 14"(대각선) CRT 표시장치에 Hercules graphic mode(해상력 720×348, aspect ratio 2:3)로 그림 1 처럼 기저선 중심이 항상 화면 중앙에 있도록 제시했다. 각 명세는 표 1에서와 같이, 기저선(base-line)길이별로 끝눈금(end graduations)과 표적눈금(target graduation)을 각각 표현하였다.

이때 각 기저선과 끝눈금의 두께는 동일하게 2개 화소(pixel)로 표적눈금의 두께는 1개 화소로 표현하였다.

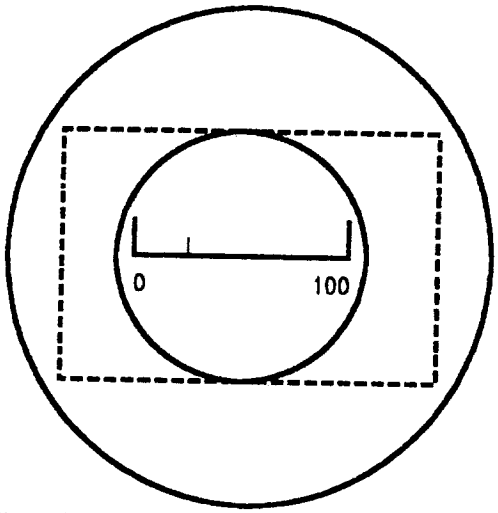


Fig. 1 Sample stimulus. ; Line: Gray diamond paper. Dot – line: Hidden shape of CRT display.

자극들 주변 직선들의 참조(reference)와 틀효과(framing effect)를 최소로 하기 위해 무광택 회색지(gray-colored diamond paper)로 그림 1 에서와 같이

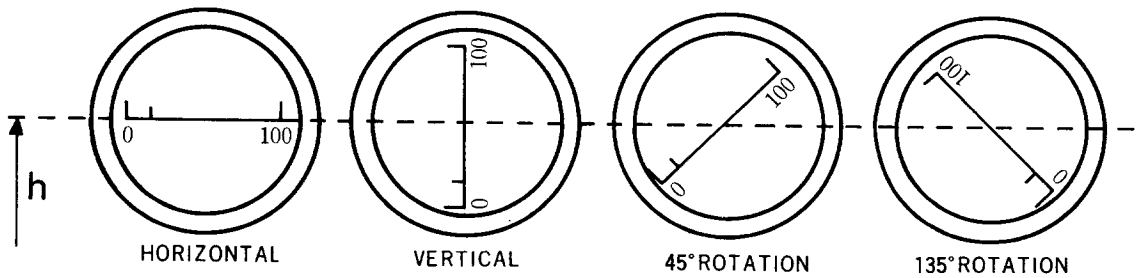


Fig. 2 Design of orientation factor.

Table 1. Specification of scale, mark for each size on 14″CRT display.

unit : pixel

		1	2	3	4	5	6
Base-line		200 (6.9)*	300 (10.4)	400 (13.9)	500 (17.4)	600 (20.8)	700 (24.3)
Unit scale		2	3	4	5	6	7
End mark		7	11	14	18	21	25
Target mark		4	6	7	9	11	13
Visual	1**	8.8	13.2	17.5	21.9	26.0	30.2
angle	2***	7.8	11.9	15.8	19.7	23.4	27.3

* Metric length : cm.

** Degree at the distance of 45cm from CRT.

*** Degree at the distance of 50cm from CRT.

CRT화면을 가려서 원형으로 만들었다.[14,16] 기저선 방향(orientation)에 따른 자극제시는 **그림 2**와 같이 화면을 회전시켜서 제시했다.

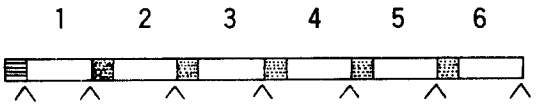
화면상의 자극은 수평시선 높이에서 아래로 0~5° 사이, 시선의 정위치(LOS)는 기저선 중앙에, 화면은 시선에 수직이 되도록 하였다.[9] 이때 휘광(glare)현상이 발생되지 않도록 CRT 화면을 배치했으며, 화면의 밝기(brightness)와 대비(contrast)의 조정은 피실험자에게 가장 적합한 상태가 되도록 피실험자가 조정하도록 했다.

2-3 계획 및 절차

실험계획은 1차 단위에 방향(4수준)를, 2차 단위에 크기(6수준)를, 3차단위에 표적위치를 넣어 분할한 이단 분할법(split-split-plot design)으로 하였다. 실험에 관한 개괄적인 절차는 **그림 3**과 같다.[21]

피실험자는 입실 후 실험실내 조명수준(300~500 LUX)에 적응하고 실험에 응하도록 했으며, 지루함이나 피로를 줄여주기위해 한 크기(99개위치)에 대한 실험이 끝나면 4분간의 휴식을 하게하고, VFF (visual flicker fusion)값을 이 휴식 바로 전에 측정하였다.[20] 한 크기에 대한 99개 표적위치는 무작위로 결정된 순서로 피실험자들에게 동일하게 제시하였으며, 다른 크기들은 다른 무작위로 제시했다.

CRT 표시장치에 한 자극이 제시되면, 피실험자가 키-보드에 직접 추정한 값을 타건 하도록했다. 이때 가능한 정확한 값을 추정하도록 요구했다.



▤ : Preparation period for visual adaptation.

▩ : Rest period of 4 minutes.

□ : Experimental periods.

∧ : Measuring points of visual flicker fusion value.

Fig. 3 Experimental sequence for each randomized size.

3. 실험 결과 및 고찰

기저선방향(4수준), 크기(6수준)와 표적위치(1-99)의 변화에 따른 내삽 추정 과업에서 종속변수로 절대오류(표적위치와 추정치차의 절대값), 오류, 오류횟수(표적위치와 추정치의 차이:0보다 적으면 과소 추정치, 0보다 크면 과대 추정치, 0이면 정추정치)을 사용하여, 인간의 내삽 수행도(performance)와 추정 행태(pattern)를 분석하였다.

3-1 실험 절차에 따른 부하 분석

표적위치 내삽 추정 과업에 영향을 줄수도 있는 피실험자의 정신피로는 VFF 척도를 이용하여 측정하였다. **그림 3**에 있는 일련의 측정점 간의 VFF 측정치 차이(;종속변수)는 기저선방향, 크기 차이와 랜덤화에 따른 실험순서 변화에 의해 유의한 영향을 거의 받지 않음을 ANOVA 분석결과(;**표 2**)로 알 수 있다.

이는 실험목적에 타당한 부하수준과 실험에 소요되는 시간(약 1시간정도)이 피실험자에게 요구되었음

TABLE 2. ANOVA with the difference of CFF

Source	SS	d. f	MS	F	Sig. of F
ORIENTATION	1.77	3	0.59	0.43	0.733
SCALE	4.38	5	0.88	0.64	0.671
SEQUENCE	32.85	23	1.43	1.04	0.416
ERROR	451.10	328	1.38		
TOTAL	490.10	359	1.37		

TABLE 3. ANOVA with Absolute Error

Source	SS	d·f	MS	F
ORIENTATION	271.06	3	90.35	0.983
SUBJECT(R)	3,261.06	14	232.93	2.533*
ERROR 1	3,861.06	42	91.95	6.060*
SIZE(B)	590.52	5	118.10	7.783*
(A × B)	81.58	15	5.44	0.358
ERROR 2	4,248.84	280	15.17	4.923*
LOCATION(C)	20,453.70	98	208.71	67.728*
(A× C)	1,007.34	294	3.43	1.113*
(B× C)	3,157.96	490	6.44	2.090
(A×B× C)	3,918.14	1,470	2.67	0.866
ERROR 3	101,470.20	32,928	3.08	
TOTAL	142,322.30	35,639		

* Sig. at 0.001
ERROR 1 : Whole - plot, ERROR 2 : Split -Plot
ERROR 3 : Split - split - plot

을 의미하고, 이 후의 실험결과.분석에서 정신피로의 효과는 배제하고 실험의 목적에 대한 것을 고찰할 수 있음을 의미한다. 또한 간접적으로 학습효과에 의해 과업의 작업내용이 변하지 않음을 의미한다.[20]

3-2 인간의 내삽 수행도

표 3은 절대 오류를 종속 변수로 각 조건에 대해 분산 분석을 한 결과로 기저선크기와 표적위치들은(α=0.00<0.001) 내삽 추정에 고도로 유의한 영향을 미치고, 기저선 방향과 표적위치, 기저선 크기와 표적위치의 교호작용(interaction) (α=0.00<0.001)들도 유의적이다. 기저선 방향은 통계적으로 유의한 영향은 미미하나 표적위치와 교호작용을 일으키는데 상당한 영향을 미침을 **그림 8, 10, 12**를 통해 알 수 있다. 따라서 내삽 수행도를 기저선 크기, 표적 위치 뿐만 아니라 기저선 방향에 대해 분석하는 것은 의미가 있다.

인간의 내삽 능력에 관해서는 **그림 4**의 절대 오류 빈도에 대한 누적확률분포에 의해 다음과 같이 말할 수 있다. 이의 중앙값(median)은 1.5단위보다 적고, 최빈값(mode)은 1단위였고, 내삽 추정치의 99.65%가 10단위보다 적었고, 절대오류가 13단위보다 큰 내

삽 추정치는 없었다. 이는 5" 기저선 크기의 자극을 종이위에 제시한 Cohen의 실험 결과와 일치하며[1], CRT 표시장치에서도 같은 내삽 능력이 있음을 보인다.

많은 상황에서 1/10단위로 내삽을 요구하는 것은 믿을 만한 정확도를 얻을 수 있다. 또한 이는 눈급 설계에서 촘촘한 표준 눈금으로 인한 난잡함(clutter)를 감소시킬 수 있음을 의미한다. 그러나 실제 계기에서는 내삽 과업이 실험에 사용한 자극보다 더 좁은 기저선 크기에서 행해지고 있지만 **그림 5** 에서와 같은 경향이 유지 되더라도 눈금의 1/5단위로 내삽의 요구는 만족되라라 사료된다.

3-2-1 기저선 방향에 따른 분석

Roach에 의하면 선분의 방향을 비교 할때는 수직선, 수평선, 45°(:R45), 135°(:R135) 대각선을 표준위치(standard position)로 해서 기울기를 비교한다고 했다.[13] 그래서 이들 방향에서 내삽 수행도의 차이를 비교하였다. 절대오류에 대한 빈도를 누적 백분율로 나타낸 **그림 4** 처럼 기저선 방향에 따라 유사한 경향을 나타내나, 수직 방향에서는 이들보다 절대오류가 더큼을 보이고 있고, 이런 관계는 **그림 8** 에 더 상세히 제시된다. 수직방향과 나머지 방향들과의 분산결정, 모평균 차의 검정은 모두 유의적($\alpha=0.00<0.001$)이었다.

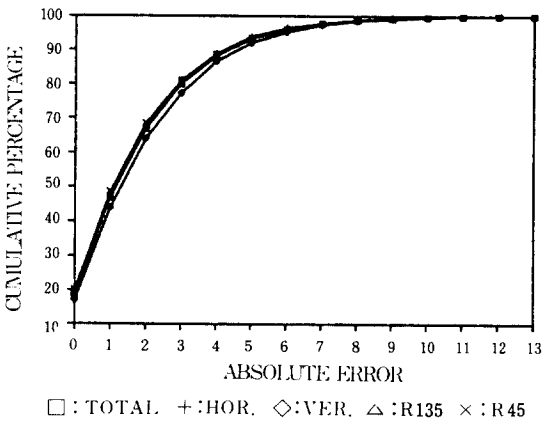


Fig. 4 Cumulative percentage of absolute error for orientations.

이런 결과는 다음과 같이 해석되어 질 수 있다.

양 눈의 Visual lobe(conspicuity area, useful field of view)는 시선을 주는 고정점(fixation point)으로부터의 편심률 함수로써, 시선 방향(LOS)에서 최고치를 주변계쪽으로 갈수록 선형적으로 감소하는 광순응 시각(photopic visual)민감도의 한계로 정의된다.[3,6,7] Visual lobe를 결정하기 위한 실험에서 자극(목표물)이나 배경, 자극 제시 시간, 경계 계산 방법에 차이는 있으나 여러연구들에서 Visual lobe는 개인에 따라 크기에 차이가 있고 형상이 불규칙하지만, 대략적인 형상은 장축이 수평이고 시각 고정점 위에 중심이 있는 타원형이라고 일반적으로 받아들여지고 있다.[3,5,11] 이때 수평축 수직축의 크기는 통계적으로 유의적이었다.[3,7] 그리고, Visual lobe 크기와 형상의 함수관계에 의해 시각 탐색(Visual search) 수행력을 설명할 수 있음을 보였다.[3,6,7,11,12]

따라서, Lobe의 수직방향이 다른 방향에 비해 크기가 작은 것이 본 실험에서의 수직 방향에서의 절대오류가 다른 방향에 대해 큰 것을 설명할 수 있음을 의미한다.

3-2-2 기저선 크기에 따른 분석

그림 5 는 크기별로 절대오류 평균의 변화를 나타낸 그림으로 절대오류가 최소인 기저선크기 400pixels은 다른 기저선 크기들의 모평균차 검정에서 500pixels 크기만 제외하고는 모두 유의적($p=0.00<0.001$)이었다.

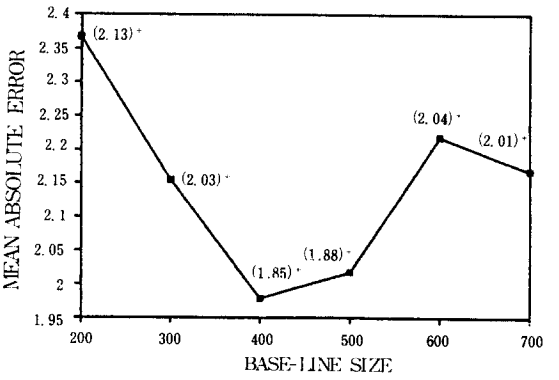


Fig. 5 Mean absolute error as a function of size. ( )+ : Standard deviation.

또한 500 piexels 크기도 400크기만 빼고는 모두 유의적($\alpha=0.00<0.001$)이 었다 표준편차도 같은 경향을 나타낸다. 따라서 기저선 크기에 따라 내삽오류가 달라지고, 이를 최소로 하는 기저선 크기가 존재함을 의미한다.[16]

이는 CRT 표시장치에 제시되는 화상(images)정보들에서 거리, 크기 판단이 많이 요구되어지느데 일반적으로 거리, 크기판단은 익숙한 크기나 물체(familar size, objects)에 비교해서 결정한다. 이런 것이 없는 화상에서의 prototype 크기(혹은 reference 크기)를 어느 것으로 하느냐는 매우 중요한 문제이다.[13,16]

따라서 본 실험에서 밝힌 오류가 적은 기저선 크기와 같은 것이 prototype 크기가 될 수 있으리라 사료된다.

3-2-3 표적위치에 따른 분석

표적위치 변화에 따른 절대오류의 평균, 분산내용은 **그림 6, 7** 과 같다.

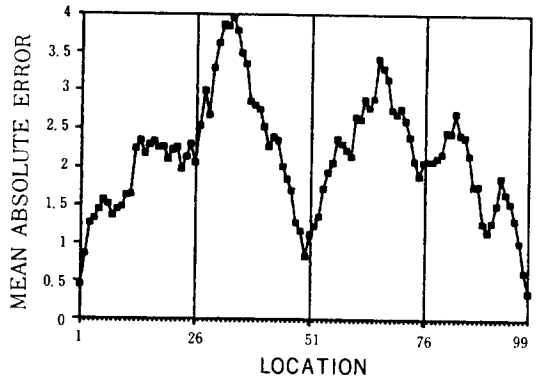


Fig. 6 Mean absolute error as a function of location.

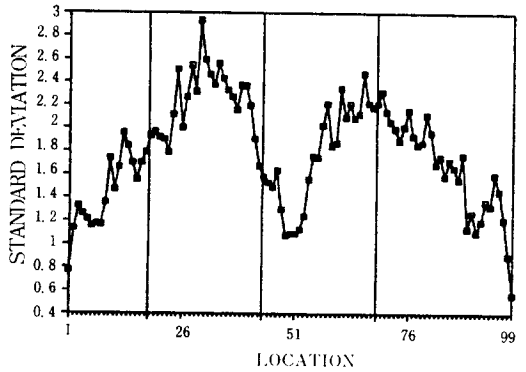


Fig. 7 Valiability : absolute error as a function of location.

양쪽 끝눈금 부분과 중앙부분이 다른 위치보다 절대오류값과 표준편차가 적다. 이는 Cohen의 결과와 일치하며, 내삽 수행도가 이들 부분에서 다른 위치보다 정확하고, 정신적 이등분(mental bisection) 능력이 다른 등분으로 분할하는 것보다 매우 믿을 만하고 정확함을 의미한다.

이는 실제 응용분야에서[8] 인간공학이 눈금 간의 내삽이 필요한 경우 작업자에게 반 값보다 더 정확한 추정값을 요구치 않도록 해 왔던 근거를 지지한다.[8]

3-2-4 .기저선 방향, 크기에 따른 분석

기저선 방향과 크기의 교호작용이 없음을 ANOVA 분석에서 밝혔고, **그림 8**은 그 관계를 나타낸다. 3-2-1에서 고찰한 결과처럼 수직방향은 다른 방향(수평, 45°, 135°)들에 비해 절대오류 평균값이 크고, 각 방향들은 비교적 같은 경향을 나타내고 있다.

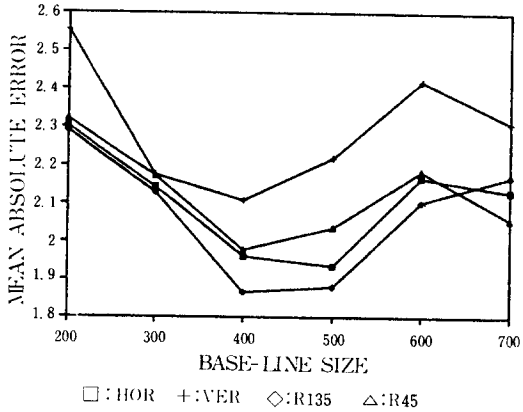


Fig. 8 Mean absolute error for orientations as a function of base-line size.

모든 기저선 방향에서 기저선 크기가 커지면서 절대오류가 감소하다 증가하고, 다시 감소하는 경향을 나타내고 있는데, 다시 감소하는 이러한 현상의 원인을 해석하기 위한 부가적 실험이 행하여져야겠으나, 이는 3-2-2에서 분석한 것처럼 400과 500크기사이에 절대오류를 최소로 하는 기저선 크기가 존재한다면, 사용하기 쉬운 눈금 수열처럼[8,9,10,13] 공간적 크기도 그런 크기의 정수배에 가까운 기저선 크기가 그렇지 않은 기저선 크기보다 오류가 적다고 설명할 수 있겠다.

3-2-5 기저선 방향, 표적위치에 따른 분석

그림 9는 기저선 방향과 표적위치에 대한 관계를 나타낸 것으로, ANOVA분석에서 밝힌 것처럼 교호작용이 있음을 알 수 있다.

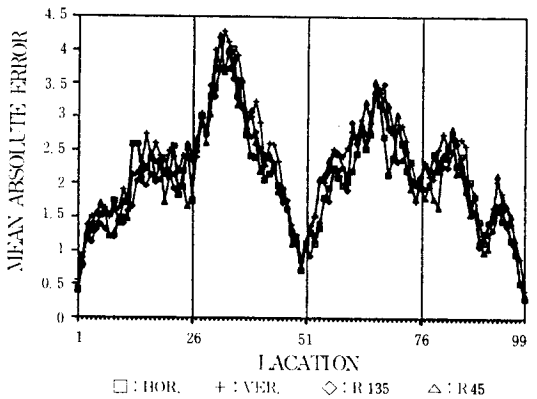


Fig. 9 Mean absolute error for orientation as a function of location.

또한 모든 방향은 **그림 6**과 3-2-3에서 분석한 내용과 유사한 경향을 보이고 있다. 이와같은 맥락에서 이등분 부분의 내삽 능력이 우수하고, 4등분(quadrisection)능력도 주변보다는 절대오류평균이 더 적은 데 비해서 3등분 부분의 절대오류 평균이 가장 형편 없음을 보이고 있다. 따라서 내삽 능력에서 정신적 3등분(mental trisection) 추정이 가장 취약하고 불안정함을 의미한다.

3-2-6 기저선 크기, 표적위치에 따른 분석

기저선 크기, 표적위치에 따른 절대오류의 평균은 **그림 10**과 같다.이들은 3-2-2, 3-2-3에서 분석한 내용과 ANOVA 내용과 일치함을 나타내고 있다.

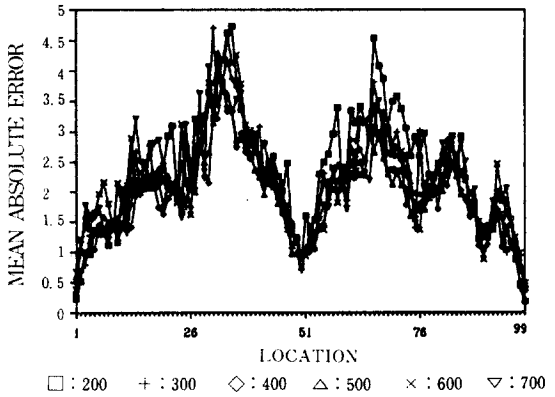


Fig. 10 Mean absolute error for sizes as a function of location.

이런 관계는 다음과 같이 해석되어 질 수 있다. 인간은 절대적인 형태로 크기나 거리를 추정하는 능력은 아주 형편 없으나, 상대적인 추정 감각은 상당한 능력이 있다.[8,9,10,13,14,16] 이런 차이는 거리 판단에는 많은 암시 신호(cues)들이 존재하고 이들의 상호작용에 의해 발생되는 현상이라 설명한다.[14] 또한 조절반응(accommodation reflex)에 대한 주요 자극으로는 구성상의 변화(textual gradient)와 요구되는 변별성 정도(discrimination)이다.[14,16] 본 실험에서는 구성상의 변화에 암시 신호가 될 수 있는 요인을 제거하였고 이들 주요 자극에 요구되는 정확도가 같으므로, 내삽 수행도에서 인식되는 크기는 시각의 함수로 설명될 수 있다. 또한 제시된 기저선 크기는 모두 시각으로는 Sanders의 안정된 영역(stationary area; 눈 움직임이 거의 없는 시각 30° 이내)에 들어간다. 그는 시각(자극간의 거리)이 커질수록 오류가 증가한다고 했다.[17] 그러나 **그림5, 8 10**에서처럼 내삽 수행도는 시각크기로만 해석될 수 없는 크기에 따라 개선되다 나빠지는 것을 관찰할 수 있다. 이는 좀 더 정확한 실험을 해보아야 되겠지만 인지 지도(cognitive map) (공간적 환경에 대한 정보를 모으고, 조직하고, 저장, 회상, 처리하게 하는 정신적 화상들에 관한, 거리추정의 Golledge and Zannaras 실험에서[13] 익숙한 거리(prototypes, best examples) 일수록 더 정확히 추정한다는 결과로 해석하면 피실험자의 내삽 과업시 오류를 적게하는 정신적 크기(prototype size)가 존재해서 암시신호로 작용하지 않는가 생각된다.

결론적으로 이는 내삽 추정과정 수행시 안정되고 오류도 적은 크기가 존재함을 의미한다. 또한, 요구되는 정확도에 따라 인간 내삽수행에 최적인 기저선 크기가 존재함을 의미한다. 이러한 결과는 정보를 제시하는 계기반의 크기가 한정되어 있을때 더욱 유용한 의미를 갖게된다.

4. 결론

CRT 표시장치에 제시된 자극들에 대한 피실험자의 내삽 추정치들을 기저선 방향, 크기와 표적위치 변화에 따른 내삽 수행도 변화들을 비교 분석함으로써 얻은 아래와 같은 결과는 인간—기계 체계의 설계에서 시각적 정보 제시 방법과 해석에 도움을 줄 수 있을 것이다.

1) 내삽 수행력은 정신적 2등분 능력이 어떤 능력보다 높은 안정성과 적은 오류의 성향을 보이므로 1/2단위 내삽으로 작업자에게 요구하기를 추천한다. 그러나 여러 상황에서는 이를 1/5단위, 1/10 단위까지 내삽하여도 만족할 만한 정확도를 얻을 수 있을 것이다. 또한 1/3등분 영역의 내삽 능력이 가장 형편 없으므로 이 부분에 대한 내삽 수행시 대안적 조치가 필요하다.

2) 내삽 오류가 적고, 안정한 기저선의 크기가 존재함(예, 400 pixel 크기)을 밝혔다. 이는 크기, 거리 판단이 요구되는 VDT의 화상에서 prototype 크기의 결정(CAD, computer graphic user interface, 경계, 탐색, 검사, 감시작업, generated map 판독 등), 측정장비들의 망상(reticle)설계, 제한된 크기의 계기반에서 요구되는 정밀성을 갖는 상사형 계기 설계등에 유용하리라 사료된다.

참고문헌

[1] Cohen, E., and Follert, R.L., "Accuracy of Interpolation between Scale Graduations," Human Factors, Vol. 12, No. 5, pp 481-483, 1970

[2] Barnett, B., J. and Wickens, C.D., "Display Proximity in Multicue Information Integration: the Benefits of Boxes," Human Factors, Vol. 30, No. 1.,00 15-24, 1988

[3] Bellamy, L.J., and Courtney, A.J., "Development of a Search Task for the Measurement of a Peripheral Acuity," Ergonomics, Vol. 24, No. 7, pp 497-509, 1981.

[4] Bobko, D.J., "Effect of Visual Display Scale on Duration Estimates," Human Factors, Vol. 28, No.2, pp 153-18, 1986.

[5] Chaikin,J.D., Corbin, H.H., and Volkmann,J., "Mapping a Field of Short Time Visual Search," Science, 138, pp 1327-328, 1962.

[6] Courtney, A.J., and Shou,C.H., "Simple Measures of Visual-lobe Size an Search Performance, Ergonomics, Vol. 28, No. (, pp 1319-1331, 1985.

[7] Courtney, A.J., "A Search.Performance Test for Visual Lobe Size," IIE Transactions, pp 56-62, Mar. 1986.

[8] Grether, W.F. and Backer,C.A., Visual Presentation of Information. In H.A. Vancott and R.G. Kinkade, Eds., Human Engineering Guide to Equipment Design, Rev. ed., U.S. Goverment Printing Office, Washington, D.C., 1972.

[9] Helander,M.G., Design of Visual Displays. In Gavriel Salvendy, Ed., Handbook of Human factors, John Wiley & Inc., 1987.

[10] Huchingson,R.D., New Horizons for Human factors in Design, McGraw Hill, 1981.

[11] Johnston,D.M. "Search Performance as a Function of Peripheral Acuity, "Human Factors. Vol. 7, No. 6, pp 528-535, 1965.

[12] Leachtenauer,J.C., "Peripheral Acuity and Photointerpretation Performance," Human Factors, Vol.20,No.%, pp 537-551, 1978.

[13] Matlin,M., Cognition Holt-Saunders International Ed., Japan, 1983.

[14] Rock, Irvin, An Introduction to Perception, Macmillan Publishing Co. Inc., New York, 1975.

[15] Roscoe,S.N., "Airborne Displays for Flight and Naviation," Human Factors, Vol. 10, No.4,pp 321-332, 1968.

[16] Rosooe,S.N., "Judgements of Size and Distance with Image Displays," Human Factors, Vol.26, No.6,pp 617-629, 1984.

[17] Sanders,A.F., "Some Aspects of the Selective Process in the Functional Visual Field," Ergonomics, Vol.13, No.1, pp 101-117,1970.

[18] Whitehurst,H.O., "Screening Designs used to Estimate the Relative Effects of Display Factors on Dial Reading," Human Factors. Vol.24,No. 3, pp 301-310, 1982.

[19] Woodson, W.E., Human Factors Design Handbook.
MaGraw-Hill, 1981.

[20] 박경수, 인간공학—작업 경제학—증보판, 영지문화사, 1984.

[21] 박성현, 현대실험계획법, 대영사, 1987.