

한글 인식과정에서의 안구운동 특성분석

김 창 희, 이 동 춘

동아대학교 산업공학과

ABSTRACT

본 연구에서는 사람이 한글을 읽는 동안에 문자인식에 영향을 미치는 문장구조의 여러 요소 중 글자크기와 줄간간격에 대한 주시시간과 오독률을 분석함으로써 한글 인식에 있어서 사람에게 적합한 문장구조를 제시하는 데 그 목적이 있다고 할 수 있다. 실험에서는 남녀 각 5명씩의 피실험자에게 아이카메라를 착용시킨 후, 40cm 거리에서 문장중심과 피실험자의 시선이 일치되게 하여, 각기 다른 문장구조를 가지는 9개의 실험예문(B5용지)을 소리내어 읽게 하였다. 실험결과로 부터 글자크기와 줄간간격은 읽기수행도(reading performance)에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 이용하여 인쇄물의 제작시에 적용시켜 읽기수행도를 제고시킬 수 있다.

I. 연구목적

사람은 주위환경으로부터 나오는 정보의 80~90%를 시각을 통해 얻는 것으로 추정되고 있다[12][15]. 우리의 일상생활 주위에서 흔히 볼 수 있는 신문, 잡지, 교과서를 포함한 서적류, 그리고 안내판 등과 가전제품이 사용되는 가정, 각종 업무와 작업이 행해지는 사무실과 작업장에서 쓰이는 지침서나 매뉴얼 등은 사람이 정보를 얻는데 있어서 필수 불가결한 것들이다. 뿐만 아니라, 그것이 인간에게 치명적인 손상이나 안전을 위협하는 것일 때에는 인쇄물의 중요성이 매우 크다고 할 수 있다. 그러나 한글의 경우에는 주위환경이나 읽는 목적에 따라 정보를 전달받는 사람들의 지식수준이나 연령 등을 고려하지 않고, 글씨체나 글자크기, 문장구조(자간 간격, 줄간 간격, 여백) 등과 같은 문자인식에 영향을 미치는 요소들이 획일적인 구조를 가지므로써 사용자가 짧은 시간동안에 많은 정보를 정확하고 쉽게 수용하지 못하게 하는 원인이 되고 있으며, 눈의 피로를 가중시켜 눈을 통한 정보를 지속적으로 수

용하는 데 장애요인이 되고 있다. 이에 비해 영문자의 경우에는 30,000 가지가 넘는 서체가 개발되어 있고[3][15], 앞서 말한 문장구조에 대해서도 오래 전부터 많은 연구성과가 있어 왔다. 또한 문자인식에 있어서도 문자와 숫자, 인쇄물(hardcopy)과 CRT화면상에서의 가독성과 안구운동(eye movement) 및 진동환경에서의 읽기수행도(reading performance)에 대한 연구들이 많은 발전을 거듭하여 왔다[9]. 그러나 영문과 너무나 다른 한글에 적용하기에는 많은 문제점이 있는 형편이다.

이에, 본 연구에서는 안구운동에 관련되는 눈의 생리학적 구조와 안구운동, 읽기 등에 대해 살펴보고, 영문과 한글에 대한 차이점, 영문자에 대해 행하여져 왔던 연구방법과 결과들을 고찰해 한글인식에 있어 안구운동을 분석하여 한글에 적합한 문장구조를 찾고자 한다.

II. 이론적 고찰

사람은 주위환경의 무엇인가에 주의를 기울일 경우에는 우선 양안을 움직여서 대상을 찾고 그것을 포착하여 주시한다. 인간의 눈의 망막에는 약 130만개의 간상체(rods)와 7만개의 원추체(cones)가 분포하고 있다. 특히 망막의 중심으로부터 약 0.5° 벗어난 부분에는 $10,000$ 개/ mm^2 의 원추체가 분포하는 얇은 막이 있는데, 이 부분이 바로 중심와(fovea)이다[2][15]. 중심와는 거의 대부분이 원추체로 구성되어 있고, 이 원추체의 섬유조직은 시신경에 연결되어 있기 때문에 망막에서도 최대의 해상도(최대 $12''$ 각도까지 구분가능)를 가지며, 약 2° 의 시각을 차지하고 있다. 따라서, 눈은 본능적으로 시야에 들어오는 대상물이나 기호의 각 부분의 영상이 중심와에 맺힐 때까지 빠른 안구운동을 하여 초점을 맞추며, 이것을 두뇌에 전달하여 전체적으로 정확한 영상을 구성할 수 있게 한다.

이론적으로 눈은 6개의 방향으로 움직일 수 있으며, 3축으로 회전운동(pitch, roll, yaw)을 하지만, 전체적으로는 직선적 움직임을 가진다.

안구의 회전중심은 고정되어 있지 않으나, 중심의 이동은 아주 작아 근사적으로 각막으로부터 13.5mm 정도에 위치하고 있다. 안구는 6개의 곧은 근육이 안구의 주위에 연결되어 안구의 움직임을 통제한다. 각각의 근육들은 안구에 직각으로 연결되어 있지 않기 때문에 근육들 간의 상호작용을 통해 안구운동을 통제하게 된다[8]. 한편, 안구운동은 피로, 약물복용, 질병에 의해 영향을 받기도 한다[2].

상직근(superior rectus)과 하직근(inferior rectus)은 주로 pitch 움직임을 하게 한다. 즉, 안구의 상하운동에 관여한다. 또 내직근(medial rectus)과 외직근(lateral rectus)은 주로 yaw 움직임을 하게 한다. 즉, 안구의 좌우운동에 관여한다. 그리고

상사근(superior oblique)과 하사근(inferior oblique)은 주로 roll 움직임을 하게 한다. 즉, 안구를 외하방과 외상방으로 돌린다. 이 6개의 근육은 안구를 움직이기 위해 상호작용을 하게 되는데, 사람이 전방의 정중앙을 주시하고 있을 때, 눈은 “제 1 안위(primary position)”에 있다고 한다. 안구의 주된 운동은 상하주시운동(pitch)과 좌우 운동(yaw)이고, 이 두 가지 운동에 의해 약간의 roll 운동이 수반된다. 눈의 pitch 움직임과 yaw 움직임이 많을수록 눈의 roll 움직임도 증가하게 된다. 안구의 제 1 안위로 부터의 roll의 각도변화는 pitch 나 yaw의 움직임에 따라 변하게 된다. 이 때, 인간은 시영상(visual image)의 흔들림을 전혀 느끼지 못하는데, 이는 두뇌가 이 변화를 조절하기 때문이다[8]. 또한 상하 방향의 안구운동은 수평방향에 비교하면 반응이 늦고 정확함에 있어서도 떨어지는 편이다. 눈은 연속적으로 좌우로 움직이며(yaw) 주시대상물을 추적하는데, 이 때 안구의 각속도는 30 %/sec (2 Hz)이하이다. 이 비율을 넘어서게 되면, 눈은 더 이상 주시대상물을 추적할 수 없게 되어 지연이 일어나지만, 주시대상물을 따라 잡기 위해 도약운동이 일어나게 된다[19][20].

안구운동의 구성요소는 주시 대상물로부터 정보를 이끌어 내는 것으로 영상정보 수집을 위한 움직임과 움직이는 주시 대상물을 추적하는 움직임으로 분류된다. 안구운동에는 미세운동(fine movement), 추적운동(pursuit movement), 경련적 움직임 또는 도약운동(saccade/saccadic movement)으로 분류된다.

1. 미세운동

눈이 거의 고정(fixation)되어 한 점을 주시할 때도 빈번하게 일어나는 운동으로 본능적이며 미세하고, 불규칙적인 움직임이다. 주위 환경으로부터 정보를 얻기 위해 매우 중요하고 주시점의 정의로 다뤄진다. 미세운동은 다시 튼(flick), 떨림(tremor), 표류(drift) 등으로 구분된다. 튼은 1/20 ° 정도의 단계적인 이동으로 0.03 ~ 0.5 초 구간에서 발생한다. 떨림은 20 ~ 100 Hz에서 임의적인 움직임으로 1 분(´) 정도의 각도를 가지며 망막상의 각 수용기가 피로하지 않도록 하기 위해 눈이 일으키는 움직임이다. 표류는 5´의 규칙적인 각도를 가지며 매우 천천히 움직인다.

2. 추적운동(SPM ; Smooth Pursuit Movements)

주시 대상물이 느린 속도로 움직일 때 눈이 잔잔하게 이동하며 추적하는 움직임으로 움직이는 대상물에 대해 좀 더 명확한 정보를 얻기 위한 것이다. 이 운동에서 눈이 움직이는 대상물을 추적할 수 있는 가장 빠른 속도(역치;threshold)는 5 %/sec로 이는 정보수집이 가능한 역치이기도 하다. 이 이상의 속도를 넘어서게 되면 눈은 도약운동의 단계로 들어서게 된다.

3. 경련적 움직임/도약 운동(saccade)

눈이 빠르게 도약(jumping)하는 운동으로 주시 대상물이 정적일 때 눈은 한 위치에서 다른 위치로 대략 20 ~ 50 ms 마다 계속 뛰게 되고, 주시 대상물이 아주 5 %/sec 이상의 빠른 속도로 움직일 때 눈이 대상물을 추적하려고 하는 운동이다. 이 운동의 목적은 황반을 움직여 눈을 통한 정보의 효율적 처리를 위한 것이다. 안구의 도약운동이 일어나는 동안에 인간의 시력은 제약을 받게 된다[2][19][20]. 도약운동의 평균 길이는 시각의 약 2 ° 정도(영문자의 6-8 문자정도의 공간)이고 최소 0.5 °(영문자로 2자 정도의 공간)에서 최대 4.5 ° (영문자로 18자 정도)의 각도를 가지고 발생된다. 이 때 눈은 한 점에서 다른 점으로 이동하게 되는데 약 5 ~ 10 ms 정도이며, 일단 한 번 시작하면 그 방향을 바꾸기가 불가능하다. 도약운동이 계속될 때 눈은 도약운동 중에 120 ~ 300 ms 동안 일시 정지하며, 도약운동의 최대 속도는 600 %/s 이고, 주시 대상물과 사람에 따라 다르게 나타날 수도 있다[1]. 일반적으로 도약운동의 크기가 같을 때, 수직적 도약운동보다는 수평적 도약운동의 속도가 더 빠르다[2]. 도약운동은 다시 다음과 같이 분류된다[6].

(1) 右向(rightward reading)도약운동

(2) 矯正(correction)도약운동

(3) 左向(leftward)도약운동

안구운동을 측정하기 위하여 다음과 같은 방법이 있다.

가. 전기적 방법 (Electrooculogram ; EOG)

나. 광학적 방법 (ophthalmography)

다. 각막과 강막의 반사특성을 이용하는 방법

III. 한글의 특성

한글과 영어는 한 글자로 하나의 소리를 내는 표음문자라는 공통점을 가지고 있는 반면 여러 가지 차이점을 가지고 있다. 따라서 영문자에 대해 연구되어졌던 방법과 결과들을 그대로 적용시킨다는 것은 여러 가지 어려움이 있다. 한글과 영문에 는 다음과 같은 점에서 차이가 있다[25][28].

가. 모아쓰기와 풀어쓰기

나. 글자의 형태

다. 가로쓰기와 세로쓰기

IV. 읽기에 영향을 미치는 요소

읽기는 언어 이해의 한 형태로써[1] 손으로 쓰여지거나 또는 인쇄된 기호의 인지를 형성하는 능력이며[10], 글쓴이가 기호화하여 전달하고자 하는 의미가 독자의 뇌에 재생되도록 하는 데 필요한 세가지 측면, 즉 읽을 자료(material), 독자의 지식, 생리적·지적 활동이 서로 작용하여 일으키는 과정[6]이라 정의할 수 있다. 읽기의 과정은 복잡한 안구의 움직임을 포함하며 이 안구의 움직임은 읽혀지는 내용의 물리적 특성과 내용에 의해 영향을 받게 되고 읽기 과정의 효율성은 안구운동의 통제에 의존하게 된다. 사람들이 글을 읽을 때(가로쓰기의 경우) 한 번에 한 줄씩 왼쪽에서 오른쪽으로 여러 지점에 눈을 고정시키면서 읽어 내려가게 되는데, 매줄당 평균 고정수는 20개 정도이나 독자, 읽기대상(material), 읽는 목적에 따라 매줄당 고정수가 2 ~ 20개 이상일 수 있으나, 실제로 전형적인 읽기 속도라는 것은 없다. 또한 고정수와 평균 고정시간은 읽는 대상의 난이도와 함께 증가하는 경향이 있다. 그리고 시야의 아래부분에서는 주시점에 대한 정확도가 떨어지게 된다. 또 문장의 자간간격(interletter spacing), 줄간간격(interline spacing), 줄의 길이, 글씨체 등도 영향을 미칠 수가 있다. 때때로 읽기에서 역행(regression)이 일어나게 되는데, 이는 독자가 읽고 있는 줄의 앞부분 또는 더 앞줄로 가서 앞의 내용을 다시 읽게 되는 것으로 글의 난이도에 따라 달라지게 되며, 숙달된 독자에 있어서도 읽는 시간의 10 ~ 20 % 정도를 차지하게 된다[1]. 읽기에 영향을 미치는 문장구조의 요소들로 는 다음과 같은 요소들이 있다.

- (1) 획폭(stroke width)
- (2) 종횡비(width-to-height ratio)
- (3) 문자의 크기(type size)
- (4) 글자체(type style)
- (5) 자간간격(interletter spacing)
- (6) 줄간간격(interline spacing / leading)
- (7) 여백(margins)

읽기수행도에 영향을 미치는 많은 요소(factor)들 중에서도 글자크기와 줄간간격은 가장 큰 영향을 미친다고 볼 수 있다.

글자크기에 의해 영향을 받는 경우는 읽기를 하는 사람의 연령차이로 인한 경우가 많고, 또한 문장에 나오는 단어의 빈도수가 적거나, 생소한 단어인 경우에 많은 영향을 받게 된다.

줄간간격의 경우는 한 줄의 문장을 다 읽고 다음 줄로 줄 바꾸기를 할 경우에 줄의 혼동을 일으키지 않고 다음 줄을 정확하게 찾으려 하는 행간 도약운동을 할 때

의 주시시간에 큰 영향을 미치고, 줄간간격에 따라 눈에 가해지는 피로량이 다르게 나타나기도 한다.

V. 실험 및 결과

본 연구의 실험에서 피실험자에게 요구되어지는 작업은 글자크기와 줄간간격이 각각 다른 9개의 문장을 정확하고 빠르게 읽는 것이다. 그리고 피실험자는 제시되는 문장을 읽는 동안 머리를 움직이지 않고 오직 눈만 이용하여야 한다. 남녀 각 5명씩의 정상적 시력(교정시력 포함)을 가진 19세에서 25세 사이의 피실험자들을 대상으로 실험하였다. 피실험자에게 안구운동검출기(eye camera)를 착용시키고 무작위하게 제시된 본문(text)을 40cm의 거리에서 읽게 하였다. 실험에 사용되는 검출기는 Takei(竹井)社가 제작한 Talk Eye를 이용하였다. 안구운동의 검출방식은 안구 앞에 배치된 적외선 발광다이오드(IRLED)로 부터 적외선이 투사되면 검은 눈동자와 흰자위의 반사성 차이 때문에 생기는 반사량의 변화에 의해 검출된다. 데이터 처리를 위해 32bit 마이크로 컴퓨터(NEC 9801)와 연결되어 있다.

저장된 데이터를 가지고 주시점의 분석과 본문을 읽는 데 소요된 시간(reading time), 오독률(reading error rate), 문장 끝에서 행간 도약운동할 때의 행의 주시시간(fixations duration) 등을 분석하게 된다. 제시되는 본문은 동아대학교 1학년 교양과목 교재로 사용되고 있는 '국어의 이해와 표현' 과 그 외 수필집과 소설책에서 발췌하였다. 실험용 본문은 B5 용지에다 「훈글 2.1」의 명조체로 작성해 Hewlett Packard Laser Jet 4 (600dpi)로 인쇄하였다. 피실험자에게 제시되는 9가지 종류의 문장은 줄간간격과 글자크기에 대해 각각 3가지 수준을 준 것이다. 실험하는 동안 피실험자가 본문을 읽을 때의 안구운동은 eye camera를 통하여 측정하였으며, 동시에 피실험자가 보고 있는 본문의 내용과 안구운동의 궤적이 함께 비디오 테잎에 녹화되었다. 또 피실험자가 틀리게 읽는 글자(reading error)를 검출하기 위해 피실험자가 본문을 읽는 음성이 녹음되었다. 측정이 완료된 피실험자의 데이터는 NEC 컴퓨터(PC9801)에 저장되고, 데이터 해석용 프로그램을 이용해 안구운동의 궤적과 분포, 주시시간 등을 분석하였다.

읽기시간에 대한 평가기준은 피실험자들이 본문에 나와 있는 구두점 및 각종 기호를 제외한 모든 숫자와 문자의 수를 예문을 읽는 데 소요된 시간으로 나누어 초당읽는 문자로 정하여 비교하였다.

오독률은 각 예문에서 잘못 읽은 문자수를 예문에 있는 모든 문자의 수로 나누어 오독률을 산출하였다.

그리고 피실험자가 각 본문을 읽으면서 행간 도약운동할 때 발생하는 양쪽 행끝에 대한 평균주시시간이 분석되었다.

결과분석에서는 MINITAB을 이용하여 통계적 분석을 실시하였다.

읽기시간에 대하여 글자크기와 줄간간격은 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 그러나 오독률에 대하여서는 글자크기, 줄간간격 및 이 두 인자의 교호작용에 대해서도 영향을 받는 것으로 나타났다.

또한, 행간 도약운동할 때 양쪽 행끝의 평균주시시간에 대해서는 줄간간격에 대해서 큰 영향을 받고 글자크기에 대해서도 적지않은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 그러나 교호작용은 없는 것으로 나타났다.

VI. 결론

앞서 살펴보았듯이 오독률은 글자크기 및 줄간간격에 의해 영향을 받고, 교호작용도 있다. 따라서 오독률을 줄이기 위한 글자크기와 줄간간격의 최적 조합은 글자크기가 12 포인트, 줄간간격이 200 % 일 때이다.

또한, 행간 도약운동할 때의 평균주시시간은 글자크기와 줄간간격에 영향을 받지만 교호작용은 없다. 따라서 행간 도약운동할 때의 주시시간을 최대한 줄이기 위한 글자크기와 줄간간격의 조합은 글자크기가 12이고, 줄간간격이 250 % 일 때이다.

본 연구의 실험결과를 통해 볼 때 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

첫째, 읽기시간(reading time)은 글자크기나 줄간간격에 대해 아무런 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이는 우리들이 일반적으로 생각하는 바에 대해 의외의 결과로 나타난 것인데, 이는 피실험자가 실험하는 동안 제시되는 실험용 본문에 대해서 심리적인 요인이 작용한 것으로 추정된다. 즉 글자크기가 작거나 줄간간격이 좁은 경우에는 일종의 스트레스가 작용하여 작업효율을 올렸으며, 글자크기가 크고 줄간간격이 넓은 경우에는 상대적으로 가독성이 좋아 읽기시간이 줄어든 것으로 판단된다. 그리고 글자크기가 커지게 되면, 이에 따라 한 눈에 시야에 들어오는 글자의 수가 줄어들게 되는 것도 한 요인이라고 추정된다.

둘째, 오독률은 글자크기와 줄간간격 모두에 대해 유의한 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 교호작용이 있는 것으로 나타났다. 이는 앞서 언급한 것 처럼 한글의 특성때문에 나타나는 요인이기도 한데, 한글의 모아쓰기로 인해서 생기는 무리함 때문에 글자크기가 작은 경우에는 가독성이 떨어지게 된다. 그러나 자주 사용하는 단어들은 학습효과가 생겨 그 글자차체보다는 전후 문맥을 파악하여 그런 문제점을 극복할 수 있으나, 생소한 단어나 처음보는 단어일 경우에는 오독률을 증가시

킬 수 있다. 그리고 줄간간격은 사람이 읽어가 는 문장의 상하간격으로 인해서 문장을 읽어가 는 중간중간에 혼동을 유발하고 줄간간격으로 인해 생기는 눈의 피로로 인해 일어나는 눈감박임의 빈도수와도 관계가 있다.

셋째, 행간 도약운동할 때의 평균 주시시간은 글자크기와 줄간간격에 의해 모두 유의한 영향을 받고 있으나, 교호작용은 없는 것으로 나타났다. 문장의 양쪽 끝에서 많은 주시점이 형성되는 것을 볼 수 있는 데, 이는 오른쪽 문장 끝에서 다음 줄의 문장을 정확하게 찾기 위해서 발생하는 것이다.

따라서, 본 연구에서는 글자크기가 10, 11, 12 포인트와 줄간간격이 150, 200, 250 %가 제시되는 경우를 가정할 때, 최적의 읽기수행도를 얻기 위해서는 다음과 같은 문장구조가 제시되어야 한다.

첫째, 정확하게 읽어야 하는 인쇄물의 제작시에는 글자크기가 12 포인트이고 줄간간격이 200 % 이며, 특히 글자크기가 커질 때에는 이에 맞는 줄간간격도 중요하게 고려되어야 할 것이다.

둘째, 밀집된 문장행이 있을 경우 자료를 신속하게 찾고자하는 인쇄물의 경우에는 글자크기가 12 포인트, 줄간간격이 250 % 이다.

그러나, 이 둘 중에서 꼭 어느 하나를 선택하기 보다는 여기서 제시되는 문장구조의 범위 안에서 인쇄물을 제작한다면, 읽기수행도를 향상시킬 수 있을 것이다.

끝으로 본 연구 외에도 한글의 풀어쓰기와 모아쓰기에 대한 연구, 탈네모꼴과 네모꼴 한글의 가독성에 관한 연구, 문장의 끝맞추기와 흘려쓰기에 대한 가독성 연구 등에 대해서도 과학적인 연구가 계속되어야 하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. Anderson, J. R. 著, 이영애 譯, 認知心理學, 을유문화사, 1987.
2. Bahill, A.T., Bioengineering : Biomedical, Medical and Clinical Engineering, Prentice Hall, 1981.
3. Bailey, R. W., Human Performance Engineering, Prentice Hall, 1989.
4. Chan, K. T., Chen, H. C., Reading sequentially-presented Chinese text : effects of display format, Ergonomics, Vol. 34, No. 8, 1991.
5. Dubois-Poulsen A., Notions de physiologie ergonomique de l'appareil visuel, In Physiologie du Travail, Tome 2, pp.114-183, 1967.
6. Gephart, W. J., Application of the Convergence Technique to Basic Studies of the Reading Process, Washington, D.C.; National Center for Educational Research and Development, U.S. Office of Education, 1970.
7. Grandjean, E., Fitting the Task to the Man, Taylor & Francis, 1988.
8. Kroemer, K., Kroemer, H., Kroemer - Elbert, K., Ergonomics, Prentice Hall, 1994.
9. Lewis, C. H., Griffin, M., J., Predicting the effects of vibration frequency and axis, and seating conditions on the reading of numeric displays, Ergonomics, Vol. 23, No. 5, 1980.
10. Mitchell, D. C., The Process of Reading, Wiley, 1982.
11. Poulton, E. C., Size, Style, and Vertical Spacing in the legibility of small Typefaces, Journal of Applied Psychology, Vol. 56, No. 2., 156-161, 1972.
12. Pulat, B. M., Fundamentals of Industrial Ergonomics, Prentice Hall, 1992.
13. Reed, S.K., Cognition : Theory and Application, Brooks and Cole, 1988.
14. Ryder, J., The Case for Legibility, New York, The Moletus press Inc., 1979.
15. Sanders, M., McCormick, E. J., Human Factors in Engineering and Design, McGraw-Hill, 1992.
16. Tinker, M. A., Legibility of Print, Iowa State University Press, 1963.
17. Woodson, W. E., Human Factors Reference Guide for Process Plants, McGraw-Hill, 1981.
18. Wilkins, A. J., Nimmo-Smith, M. I., The clarity and comfort of printed text,

- Ergonomics, Vol. 30, No. 12, 1987.
19. Yamada, M., Fukuda, T., Defintion of Gazing Point for Picture Analysis and Its Application, System and Computer in Japan, Vol. 18, No. 8, 1987.
 20. Yamada, M., Fukuda, T., Quantitive Evaluation of Eye Movements as Judged by Sight-Line Displacements, SMPTE Journal, Vol. 95, No. 12, 1986.
 21. 橋本邦衛, 遠藤敏夫 著, 남병집 譯, 人間工學, 보이스사.
 22. 노민희, 이한기, 정영태, 인체해부학, 고문사, 1993.
 23. 박경수, 人間工學, 영지문화사, 1992.
 24. 송현, 한글자형학, 디자인, 1988.
 25. 안상수, 책을 만드는 사람들을 위하여, 종합디자인 3월호(월간디자인사), 1982.
 26. 野呂影勇 著, 한국표준협회 譯, 도해에르고노믹스, 한국공업표준협회, 1990.
 27. 人間工學用語研究會, 人間工學辭典, 日刊工業新聞社, 1983.