

한글을 읽는 시선 이동: 가로와 세로 읽기의 비교

서효정

이춘길

서울대학교 심리학과
서울시 관악구 신림동 산56-1, 우: 151-742
hjsuh@plaza1.snu.ac.kr

서울대학교 심리학과
서울시 관악구 신림동 산56-1, 우: 151-742
cklee@plaza.snu.ac.kr

Gaze control during horizontal and vertical reading

Hyojung Seo
Department of Psychology,
Seoul National University

Choongkil Lee
Department of Psychology,
Seoul National University

요약

한글의 가로쓰기와 세로쓰기 체계의 상대적 효율성을, 글을 읽을 때 관찰되는 시선 이동을 측정하여 비교하였다¹⁾. 실험 1에서는 동일한 글을 가로와 세로 방향으로 제시하고, 글을 읽는 동안 시선 운동(머리 운동과 안구 운동의 합)을 공막탐지코일법(scleral search coil method)으로 측정하였다. 가로글 읽기의 경우, 시선도약(saccade)의 크기가 더 컸으며, 동일한 크기의 도약운동을 비교할 때, 세로글 읽기에 비해 상대적으로 도약운동의 속도가 높았다. 평균 고정기간(fixation duration)은 글의 읽기 방향에 따른 유의미한 차이를 보이지 않았다. 시선도약크기와 도약운동 속도에서의 차이는 가로글을 읽는 속도를 높여 글을 읽는 시선 이동의 효율성이 가로글에서 상대적으로 높았다. 실험 2에서는 글의 읽기 방향에 따른 시선 이동 변수에서의 차이가 글자극의 독특한 자극 특성에 기인한 것인지 혹은 시각 및 안구 운동 체계에서의 차이를 반영하는 것인지를 결정하고자 하였는데, 의미정보가 없는 점자극을 수평과 수직방향으로 제시하고, 방향에 따른 시선 이동의 차이가 글자극을 사용한 경우와 동일하게 나타나지는지를 보았다. 점자극에서도 수평 방향의 시선도약 운동이 보다 크고 정확한 경향성이 있었다. 이 결과는 사람의 시각 운동 체계가 수평 방향의 시선 이동에 대해 선호성을 보이고 있으며, 이러한 시각 및 안구 운동 체계에서의 차이가 글을 읽는 행동에도 반영되고 있음을 보여준다.

1 서론

한글은 가로쓰기와 세로쓰기 체계를 함께 사용하는 언어이다. 가로쓰기 체계와 세로쓰기 체계의 상대적 효율성에 대해 관심이 있어 왔지만, 두 쓰기 체계(writing system)가 글을 읽는 행동에 미치는 구체적인 영향에 대한 실험적 연구는 미미한 상태이다. 본 연구는 글을 읽을 때 일어나는 시선 이동을 측정하여 가로글과 세로글을 읽을 때 어떻게 다른지를 분석, 비교함으로써 두 쓰기 체계의 상대적 효율성을 결정하고자 한 것이다.

글은 사람들이 가장 흔하게 접하는 자극 중의 하나로서, 시선 이동을 유발하는 시자극인 동시에, 인지적 처리가 요구되는 의미자극이다. 글이 제시되는 방향의 변화는 시각 정보의 변화와 동시에 시선 이동 방향의 변화를 유발한다. 따라서, 글의 제시 방향에 따른 시선 이동상의 특성을 비교 분석하는 것은 두 쓰기 체계의 상대적 효율성을 평가할 수 있는 타당한 방법 가운데 하나이다.

1.1 글을 읽는 동안의 시선의 변화

글을 읽을 때의 시선은 일련의 도약 운동(gaze saccade)과 약 100-400 ms 동안의 고정(fixation)을 반복한다[5]. 글을 읽는 동안에 일어나는 이러한 시선 이동은 글을 읽을 때 일어나는 시각적, 인지적 처리 과정에 의해 매개되는 것으로 생각되며, 이러한 과정들을 반영하는 변수로 시선도약의 크기(saccade amplitude)와 고정기간(fixation duration)이 중요하게 분석되어 왔다.

글 읽기에서 시선도약의 크기와 고정 기간에 영향을 미치는 요인에 관해서는 다소 이견이 있지만, 시선도약의 크기는 현재 고정하고 있는 지

1) 본 연구는 과학기술부 소프트웨어 프로그램으로 이루어졌습니다.

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

점의 주변 시야(parafoveal vision)로부터 언어지는 시각적 정보들-단어의 길이, 띄어쓰기에 의해 구분되는 단어의 경계 등-에 의해 결정되며, 고정기간은 현재 고정하고 있는 단어의 의미적 정보-단어의 빈도, 맥락에의 적절성, 의미의 애매 모호성 등-에 의해 결정된다고 알려져 있다[6]. 즉, 시선도약의 크기와 고정기간은 비교적 독립적으로 제어되며, 도약의 크기는 보다 시각적인 요인에 의해, 고정기간은 의미적 요인에 의해 결정되어지는 것으로 보인다.

이러한 측면에서 볼 때, 글이 제시되는 방향은 글의 의미적 처리와 관련되어 있는 고정기간 보다 글자극의 시각적 특성과 관련된 시선도약크기에 보다 영향을 미칠 것으로 기대된다.

1.2 수평과 수직 방향의 안구 운동

Collewijn, Erkelens 그리고, Steinman [1,2]은 수평 방향으로의 안구 운동과 수직 방향으로의 안구 운동이 그 운동 특성에 있어 매우 다름을 보고하였다. 이들은 공막탐지코일법(scleral search coil method)으로 사람의 도약 안구 운동(saccade)을 측정하였는데, 시야의 중심으로부터 동일한 거리에 제시되는 시각자극으로 도약 안구 운동을 할 때, 수평 방향의 운동이 더 정확하고, 그 속도가 빨랐다.

이러한 방향성에 따른 안구 운동 특성의 차이가 글 읽기에도 반영될 것인가? 글을 읽을 때의 안구 운동에 관한 연구들은 주로 세로쓰기 체계가 사용되지 않는 언어권을 중심으로 이루어져왔고, 또 이들 연구에서 주로 사용한 적외선 추적법(Infra-red limbus tracking method)은 수직 방향 측정시 심각한 왜곡이 있는 이유로 해서[9], 가로 글과 세로글을 읽는 동안의 안구 운동은 거의 정확하게 측정, 분석되어 오지 못했다.

공막탐지코일법은 현재로서 가장 정밀하고 신뢰롭게 수직 방향의 안구 운동을 측정할 수 있는 방법으로 알려져 있으며, 적외선 추적법에서 보고된 문제점이 공막탐지코일법으로 측정할 경우 나타나지 않음이 보고되어 있다[9]. 본 연구에서는 공막탐지코일법을 사용하여, 가로로 제시된 글과 세로로 제시된 글을 읽는 동안 일어나는 시선 이동의 특성을 측정, 비교하였다.

1.3 연구의 구체적 내용

본 연구는 두 가지 자극(글자극과 점자극)을 사용하여 수평과 수직 방향의 시선 이동의 특징을 비교한 두 개의 실험으로 이루어졌다. 실험 1에서는 글자극을 각각 가로와 세로 방향으로 제시하고, 글을 읽는 동안의 시선을 측정하였다. 실험 2에서는 적색 레이저에서 나오는 점자극을 사용하였다. 이 점자극은, 글 읽기에서와 유사한 도약의 크기와 고정기간을 유지하면서 시선이 이동하도록 레이저 빛을 순차적으로 이동시킨 것이었는데, 글자극과는 달리 의미 정보를 가지고 있지 않았다. 점자극에 대한 시선 이동에서 나타나는 수평과 수직 방향간의 차이를 분석하여, 이를

글 읽기에서의 시선 이동과 비교함으로써, 수평과 수직 방향의 글 읽기에서 나타나는 차이가 글자극의 고유한 특성에 기인하는 것인지 혹은 시각 및 안구 운동 체계에서의 차이를 반영하는 것인지를 밝히고자 하였다.

2 실험 1

2.1 방법

2.1.1 피험자

22세에서 32세 사이의 남자 4명과 여자 2명의 자원자가 실험 1에 참가하였다(CJ, ES, JH, PJ, SB, JM). 피험자들은 서울대학교 심리학과와 학부 혹은 대학원생들로서, 모두 안경을 착용하지 않는 정상 시력을 가졌으며 약물 복용을 하고 있지 않았고 정신과적 질환이나 안구 운동 장애 전력이 없음을 보고하였다.

2.1.2 자극의 구성

대학 국어 작문(서울 대학교 출판부)에서 발췌된, 내용이 다른 2가지 글이 실험에 사용되었다. 두 글제료는 모두 8줄의 길이로 이루어졌으며, 시각적 특성이 가능한 한 동일하도록 제작하였다.

2.1.3 실험 설계

실험은 글의 제시방향(가로글, 세로글)을 독립변인으로 하는 피험자내 설계였으며, 각 피험자는 두 가지 실험 조건(가로글 읽기 조건/ 세로글 읽기 조건)에 모두 참가하였다. 피험자내 설계의 특성을 고려하여, 내용이 다른 2가지 글을 두 조건에 할당하였는데, 역균형법(counterbalance)을 사용하여 각 실험 조건에 할당되는 글의 종류와 실험 조건의 제시 순서가 피험자마다 다르도록 하였다.

2.1.4 안구 및 머리 운동 측정

Robinson이 고안한 공막탐지코일 법을 안구와 머리 운동의 측정에 사용하였다[8]. 실리콘 고무를 소재로 제조한 공막 콘택트 코일(Skalar Medical, 네덜란드)을 오른쪽 안구의 각막 주위에 착용시키는데, 코일을 부착하기 전에, 국부마취제(0.5% proparacaine hydrocholine, Alcon)를 몇 방울 처치하였다. 피험자는 다른 또 하나의 탐지코일(직경 38mm, 에나멜선 10회 권선)이 부착된 수술용 모자를 착용하게 하였으며, 이는 머리의 운동을 탐지하는데 사용되었다.

피험자는 정육면체(65×65×65cm) 모양의 자기틀(magnetic field frame) 중앙에 양미간이 위치하도록 앉게 되는데, 이 틀에는 50kHz와 75kHz의 자장이 수평, 수직으로 직교하여 발생되게 하는 코일이 부착되었다. 여기서 발생한 자장은 안구와 머리에 부착된 탐지코일(search coil)에 유도되고, 유도된 전류는 Rimmel이 기술한 회로에 의해 증폭, 복조되었다[7]. 안구와 머리의 수평, 수

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

직 위치에 비례하는 신호들이 120Hz의 차단주파수 특성을 지닌 저역통과(low-pass) 필터를 거쳐서 12bit의 A/D 컨버터에 의해 500Hz의 속도로 채집되었다. 잡음(peak-to-peak noise)은 각 거리 0.03도였으며, 이는 A/D 컨버터의 1 단위에 해당하였다.

2.1.5 시선과 머리위치의 정위(calibration)

안구와 머리에 부착된 코일로부터 유도되는 신호를 아래의 절차에 따라 정위하였다. 먼저, 자장이 차폐되는 금속관에 안구와 머리카일을 위치시킨 후, 이때 출력되는 각 신호의 값을 0으로 조정하였다. 다음, 안구와 머리카일을 모조회전장치(gimball)에 부착한 후, 각 코일로부터 얻어지는 A/D값의 범위가 12bit의 대부분 역을 포함하도록 조정되었다. 이 신호로부터 자장의 축과 탐지코일간의 cosine각에 비례하는 코일신호를 선형하였다. 탐지코일은 실제로 피험자의 안구에 부착될 때, 코일의 최종 위치가 자장의 축에 대해 조금씩 달라지므로, 부가적인 사후 보정이 이루어졌다. 보정의 크기는 상대적으로 작았는데, 각 피험자별로 일정한 위치에 커지는 자극에 시선을 여러 차례 고정할 때 얻어지는 A/D 값들을 평균함으로써 이루어졌다.

2.1.6 실험 장비

글자극은 피험자 전면의 중앙에 위치한 스크린에, 자동으로 초점이 조절되는 슬라이드 프로젝터를 통하여 후방 투사(rear-projection)되었다. 스크린은 크기 2m × 2m로서, 피험자 눈의 위치로부터 114.4cm 위치에 설치되었는데, 이 스크린의 크기는 ±40도에 해당하였다. 프로젝터에서 스크린까지의 거리는 1.5m이었으며, 쏠점거리가 1.4 inch인 광각 렌즈를 사용하였다. 투사된 상태에서 글자극의 크기는 수평조건에서는 118cm × 34cm, 수직조건에서는 34cm × 118cm 였고, 이는 피험자의 시야에서 각각 51도 × 17도, 17도 × 51도의 범위에 해당하였다. 실험실 밖에서 원격 조정하여 슬라이드 필름을 교체하였다. 피험자의 피로와 눈부심을 방지하기 위하여 글자극을 검은색 바탕에 녹색을 사용하여 제작하였다.

2.1.7 실험 절차

피험자들은 본 시행에 들어가기 전에 먼저 실험 상황에 익숙해지기 위한 연습시행을 하였다. 연습 시행은 본 시행과 동일한 절차로 구성되었으나, 사용한 글자극의 종류는 달랐다. 피험자에게 글을 소리내지 않고 읽도록 지시하였으며, 실험이 끝난 후 간단한 이해력 검사가 있을 것임을 알렸다. 연습 시행이 끝난 후, 글자극의 내용에 대한 간단한 이해력 검사를 실시하였다. 본 시행의 절차는 다음과 같았다.

피험자들을 먼저 자기를 안에 착석시킨 뒤, 공막코일과 머리카일을 착용시켰다. 피험자에게 머리를 자유롭게 움직이도록 지시하였다. 실험실

은 방음처리가 되었으며, 전자기장을 차폐하도록 만들진 방이었다. 시행이 시작되면, 조명이 완전히 차단되고, 일정 기간 후, 스크린에 글자극이 나타났다. 글자극의 네 모서리와 가운데에는 정위를 위해서 다섯 개의 작은 점을 찍어 놓았는데 글을 읽기 전에 먼저 이들 점을 보도록 지시하였다. 그 후, 피험자는 글자극의 가운데에 있는 점을 응시하고 있다가, 실험자의 시작 신호에 따라 글을 읽기 시작하였으며, 글 읽기의 종료는 피험자가 구두로 신호하였다. 이후 다음 글자극을 제시하여 정위를 포함한 위의 절차를 반복하였으며 각 피험자마다 위의 시행이 여섯 번 반복되었다. 피험자는 두 조건에 제시되는 글을 각각 3번씩 반복해서 읽었다. 각 반복읽기 회기에서 두 실험 조건의 제시 순서는 달랐다. 모든 시행이 끝난 후, 간단한 이해력 검사를 하였으며, 피험자 모두가 글의 내용을 파악하였음을 확인하였다.

실험으로부터 채집된 자료는 머리가 향하는 방향의 수평, 수직 성분, 그리고 시선의 수평, 수직 성분에 해당하는 신호들이었으며 이 신호들은 주처리 컴퓨터(IBM-PC486)를 위해 쓰여진 REX라고 불리는 프로그램을 사용하여 채집, 저장되었다[4]. 안구 궤도에서의 안구의 위치 신호는 시선의 위치 신호로부터 머리의 위치 신호를 뺀으로써 얻어졌다.

2.1.8 자료의 분석

언어진 자료에서, 눈 깜빡임에 의한 신호, 역행(regressive) 시선 도약, 비정상적인 속도 특성을 가진 시선 이동 등은 분석에서 제외되었는데 이 제외된 시간은 전체 자료의 7%에 해당하였다.

글을 읽을 때 일어나는 시선 이동의 주요 변수들로, 시선도약크기와 고정기간을 분석하였고, 시선 이동의 역동을 비교하기 위해 주계열(Main sequence) 분석을 하였다.

시선도약크기는 시선도약 운동의 개시시점으로부터 운동의 종료시점까지 시선이 이동한 거리로 정의되었으며(그림 1, a), 고정 기간은 한 번의 도약이 종료한 시점으로부터 다음 도약운동이 개시하는 시점까지의 시간적 거리로 정의되었다(그림 1, b).

주계열(Main sequence)은 시선도약운동의 크기와 운동의 최고 속도간의 관계로서 시선 이동의 역동을 분석하는 방식으로, 운동의 크기가 증가할수록 최고 속도가 증가함이 알려져 있다. 주계열 분석에서는 시선도약운동의 크기와 운동의 최고 속도간의 관계를 기술하는 선형 회귀선을 구하여, 그 기울기와 y절편의 값을 비교함으로써, 동일한 크기의 시선 이동을 하는 경우, 이동 방향에 따른 운동 속도에서의 차이가 있는지를 보았다.

2.2 결과

그림 1은 글을 읽는 동안에 측정된 시선(Gaze)과 머리(Head in space), 그리고 안구(Eye in orbit)의 위치 변화를 나타낸 것이다. 시선은

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

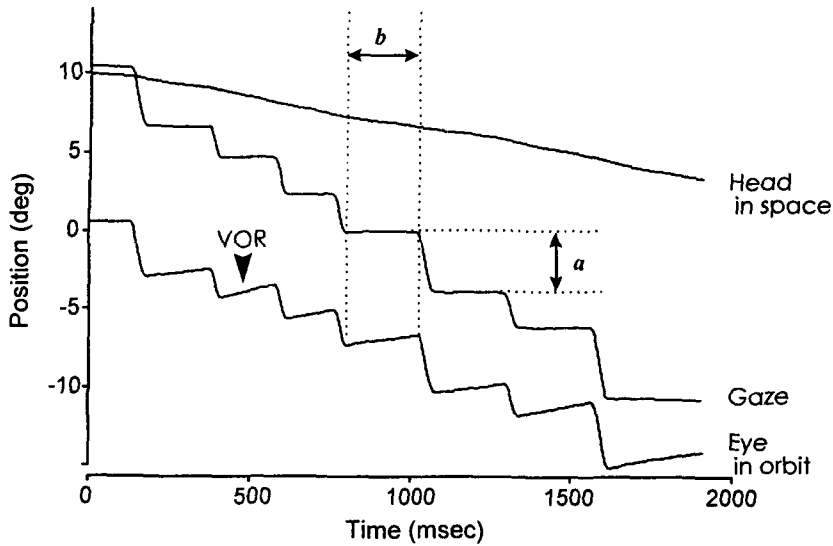


그림 1. 글 읽기에서 나타나는 시선 이동 패턴. 세로글을 읽는 동안 측정된 신호로부터 추출된 약 2초간의 구간. 가로축은 시간의 흐름을, 세로축은 시선, 머리 그리고, 안구의 수직 위치를 나타낸다. 신호는, 위로부터 차례로 머리, 시선 그리고 안구의 위치 신호이다. 0을 기준으로 + 값은 시야의 위쪽을, -값은 시야의 아래쪽을 나타낸다. a는 시선 도약크기, b는 고정 기간을 나타낸다.

고정과 도약을 반복하는 반면, 머리는 비교적 연속적으로 움직이므로, 고정기간동안에 시선을 자극에 유지하기 위해, 안구는 전정안구반사(vestibular-ocular reflex, VOR)를 보이고 있다.

피험자별 평균 시선도약크기, 전체 글을 읽는 동안 일어난 시선도약의 횟수, 평균 고정기간 그리고, 전체 글을 읽는데 걸린 시간이 표 1에 제시되어 있다.

2.2.1. 시선도약크기

그림 2는 가로글 조건과 세로글 조건간의, 평

균 시선도약크기에서의 차이를 보여주고 있다. 6명의 피험자 모두에게서 일관되게, 가로글을 읽을 때의 평균 시선도약크기가 세로글을 읽을 때보다 유의미하게 컸다($F(1,5)=21.767, p<.01$).

2.2.2 고정 기간

시선도약크기에서와는 달리, 글 읽기에서 평균 고정기간은 글의 제시방향에 따른 일관된 차이를 보이지 않았다. 그림 3은 가로글 조건과 세로글 조건에서 측정된 평균 고정기간을 피험자별로 보여주고 있다. 평균 고정기간에서 가로글과 세로

표 1. 피험자별, 읽기 방향별 시선 이동의 변수. 괄호 안은 표준편차.

피험자	평균 시선도약크기 (deg)		시선도약의 횟수 (회)		평균 고정기간 (msec)		전체 읽기에 걸린 시간(sec)	
	가로글	세로글	가로글	세로글	가로글	세로글	가로글	세로글
CJ	4.38 (1.79)	3.06 (1.36)	75	92	227.4 (79.0)	282.1 (107.0)	21.30	32.85
ES	4.92 (1.63)	3.74 (1.02)	67	87	247.8 (95.8)	254.0 (78.1)	24.23	30.70
JH	4.76 (1.88)	4.19 (1.54)	70	81	278.6 (104.1)	287.7 (90.6)	28.30	32.83
PJ	3.72 (1.51)	2.64 (1.09)	90	122	229.5 (97.2)	233.6 (102.5)	29.79	42.45
SB	4.26 (1.96)	3.17 (1.45)	76	101	249.7 (128.1)	217.6 (85.1)	35.68	37.61
JM	5.32 (1.78)	4.58 (1.85)	61	71	224.3 (81.5)	215.3 (87.1)	20.40	28.80

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

글의 두 조건간에 유의미한 차이를 보이는 피험자가 2명(CJ, SB) 있었지만, 차이의 방향이 2명에 걸쳐서 일관되지 않았으며, 나머지 피험자들의 경우 두 조건간에 유의미한 차이는 없었다.

이 결과들은 글 읽기에서 시선도약크기는 글의 제시방향에 매우 의존적인 반면, 고정기간은 글 제시방향과는 비교적 독립적임을 나타낸다.

2.2.3 글 읽는 속도

글을 읽을 때 걸리는 전체 시간은 6명의 피험자 모두, 세로글을 읽을 때가 가로글을 읽을 때보다 더 많이 소요되었다(그림 4). 전체 글을 읽는 속도, 즉, 전체 글을 읽는데 걸리는 시간은 대체로 글을 읽는 동안 일어나는 시선도약의 크기와 고정기간에 의해 결정된다.

평균 고정기간의 경우, 가로글과 세로글 조건간에 일관된 방향으로의 유의미한 차이가 없었으므로, 두 조건간의 차이는 주로 시선도약크기에서의 차이를 반영한다. 즉, 가로글을 읽을 때, 시선도약의 크기가 세로글을 읽을 때보다 더 커서, 전체 글을 읽는 동안 상대적으로 더 적은 횟수의 시선 이동이 일어나므로(표1), 전체 글을 읽는 데 소요되는 시간이 가로글에서 더 적게 나타났다.

2.2.4 주계열 분석

주계열(main sequence)은 도약운동의 크기에 대한 최대속도, 혹은 크기에 대한 기간의 관계를 지칭하는 용어인데 도약 운동을 일으키는 신경회로의 상태를 반영한다. 그림 5는 한 피험자로부터 얻어진 자료에 대한 주계열 분석의 예를 보여주고 있으며, 가로글과 세로글의 각 조건에서 구한 주계열의 선형 회귀선의 기울기와 y절편이 표 2

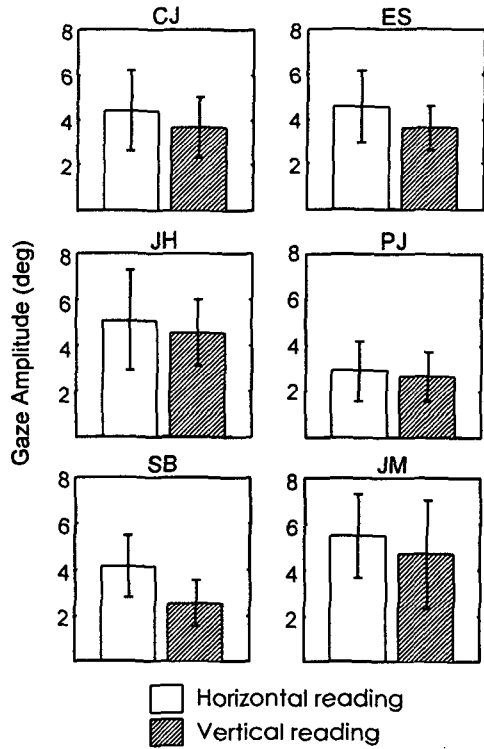


그림 2. 가로글과 세로글 조건에서, 피험자별 평균 시선도약크기. 가로축은 두 조건을, 세로축은 시각(visual angle)단위로 표시된 시선도약크기를 나타내고 있다. 각 하위 그림에서 왼쪽 막대는 가로글 조건에서의 평균 시선도약크기를, 오른쪽 막대는 세로글 조건에서의 평균 시선도약크기를 나타낸다.

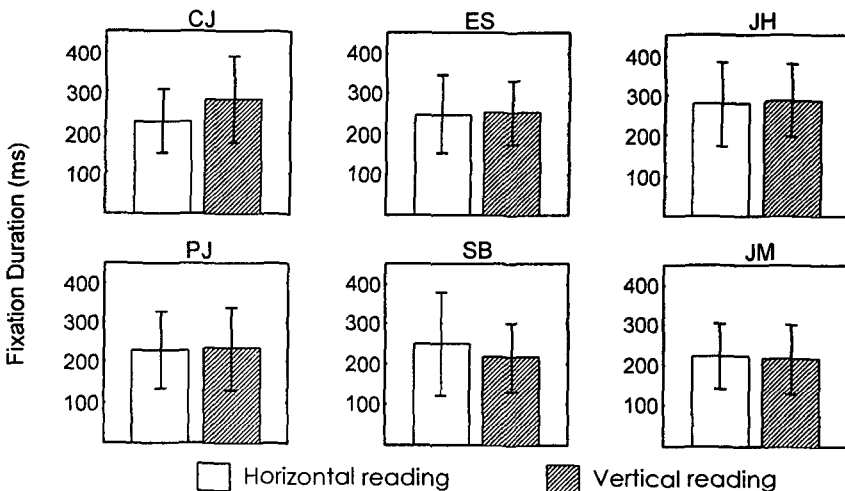


그림 3. 가로글과 세로글 조건에서, 피험자별 평균 고정기간. 가로축은 두 조건을, 세로축은 시간(msec)단위로 표시된 고정기간을 나타내고 있다. 각 하위 그림에서 왼쪽 막대는 가로글 조건에서의 평균 고정기간을, 오른쪽 막대는 세로글 조건에서의 평균 고정기간을 나타낸다.

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

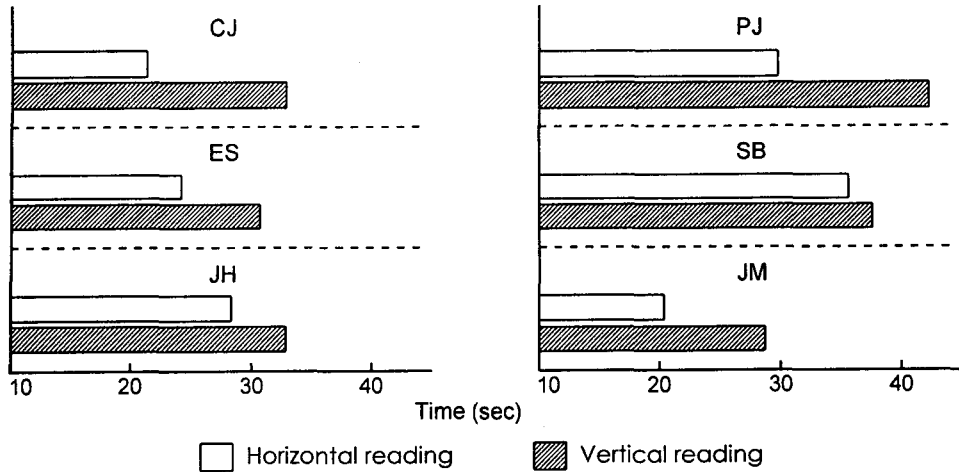


그림 4. 피험자별, 전체 글을 읽는데 걸린 시간. 가로축은 시간 단위(sec)로 나타낸 글읽기 시간이며, 세로축은 가로글과 세로글의 두 조건을 나타낸다. 피험자별 각 하위 그림에서 위쪽 막대는 가로글 조건에서 얻어진 자료를, 아래쪽 막대는 세로글 조건에서 얻어진 자료를 나타내고 있다.

에 각 피험자별로 제시되어 있다.

분석의 결과는 동일한 크기의 시선 이동이 일어나는 경우, 가로글을 읽을 때 일어나는 시선도약운동의 속도가 세로글을 읽을 때보다 높음을 보여준다. 이러한 시선도약운동의 속도에서의 차

이는, 가로글과 세로글을 읽는 속도의 차이에 영향을 줄 것으로 보여지며, 가로글을 읽는 효율성을 높이는 요인으로 작용할 것으로 보여진다.

표 2. 글 읽기에서 일어나는 시선 이동의 주계열의 선형 회귀분석 결과

피험자	가로글		세로글	
	기울기	y 절편	기울기	y 절편
CJ	21.68	52.05	25.30	45.67
ES	27.58	74.01	28.80	51.70
JH	27.05	49.83	18.92	76.71
PJ	29.45	43.13	24.43	42.60
SB	27.22	44.00	22.73	43.20
JM	31.60	75.28	20.80	67.47

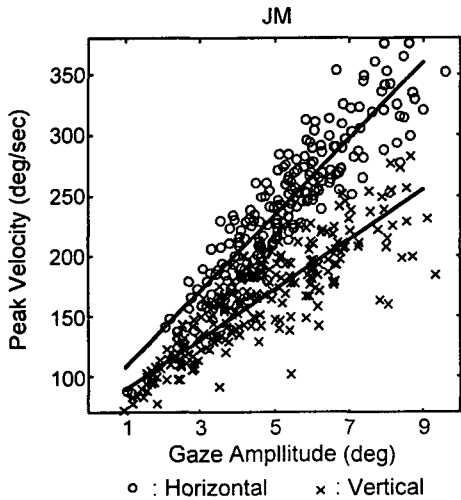


그림 5. 주계열에 대한 선형 회귀 분석의 예. 실험 2에서 피험자 JM으로부터 얻어진 자료로서, 수평과 수직방향 조건에서의 시선도약크기와 도약운동의 최고 속도간의 관계를 나타내고, 선형 회귀선을 구하였다. 가로축은 시각(visual angle) 단위로 표시된 시선도약크기를, 세로축은 도약의 최고 속도를 나타낸다. 수평 조건에서 얻어진 선형 회귀선의 기울기는 31.6, y절편은 75.28이며, 수직 조건에서 얻어진 선형 회귀선의 기울기는 20.87, y절편은 67.47이다.

3 실험 2

3.1 방법

3.1.1 피험자

실험 1에 참여한 6명의 피험자가 같은날, 실험 1의 회기가 끝난 다음, 실험 2에 참여하였다. 피험자들에 대한 기술은 실험 1의 방법에 제시되어 있다.

(제 10회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회)

3.1.2 실험 장비

적색 레이저를 레이저 다이오드에 의해 발생시켜, 변광(halo)을 차단하기 위해서 3 단계의 조리개(iris diaphragm)를 거친 후, 후방투사방식의 스크린에 비추어 피험자의 안구 운동을 인도하는데 사용하였다. 스캐너 (General Scanning, DE series, 미국)로 통제하는 한쌍의 거울 이동기(mirror galvanometer)를 투사경로에 설치하였으며, 이것이 레이저의 위치를 이동하는데 사용되었다. 이 스캐너는 주처리 컴퓨터를 이용하여 병렬 통신포트를 통해 통제되도록 하였다. 자극의 점멸도 병렬포트를 통하여 레이저 다이오드의 전력을 개폐함으로써 이루어졌다. 자극의 크기는 스크린에 비추어 보았을 때 직경 4mm (0.2도)였다.

3.1.3 자극의 구성

한 시행의 구성은 다음과 같았다. 자극은 시작위치(수평조건은 오른쪽 25도, 수직조건은 아래쪽 25도 위치)까지 5도간격으로 순차적으로 제시되었다. 실험 1과 마찬가지로 시선과 머리의 위치가 500Hz로 채집되었다. 짧은 신호음으로 시행의 시작을 알린 뒤, 점자극이 스크린 중앙(수평 0도, 수직 0도) 위치에 나타났다. 피험자의 시선이 이 중앙위치를 중심으로 2도 × 2도 크기의 가상 윈도우(electronic window)안에 들어오면, 짧은 신호음이 2번 울린 뒤, 자극이 시작위치로 이동하여 1초간 켜져 있었다. 1초 후 피험자의 시선이 자극의 현재 위치를 중심으로 한 2도 × 2도 크기의 윈도우안에 계속해서 머무르면, 자극은 짧은 신호음과 함께 다음 자극위치로 순차적으로 이동하였다. 각 자극위치에 자극이 켜진 후, 피험자의 시선이 350 ms동안 자극을 중심으로 한 윈도우 안에 머물러 있으면 자극은 다음 위치로 이동했다. 자극이 모든 자극위치를 순차적으로 거쳐 종료위치로 이동하면 한 시행이 끝나며, 두 번의 짧은 신호음이 울리면서 자극은 다시 시작위치로 이동하고 다음 시행이 시작되었다.

3.1.4 실험 절차

피험자는 머리를 자유롭게 움직이도록 지시받았으며, 완전히 조명이 차단된 실험실 내에서 목표자극을 따라 시선을 정확하고 신속하게 움직이도록 지시받았다.

3.2 결과

3.2.1 시선도약크기

수평과 수직방향 조건에서의 시선도약크기의 분포가 그림 6에 제시되어 있다.

시선 도약크기의 분포가 대체로 5도보다 더 작은 쪽으로 치우쳐있는 것을 볼 수 있는데, 이는 교정도약의 발생 때문이다. 시자극에 대한 시선의 이동은 흔히 일차 도약과 일차 도약 후 자극의 위치에 시선을 정확하게 정렬하기 위한 2차(어떤 경우 부가적으로 3차) 교정 도약으로 이루어진다.

이러한, 분포가 치우치는 경향 때문에, 수평 조건과 수직 조건간의 분포의 중앙치를 비교하였다. 분포의 중앙치를 피험자별로 구한 결과가 표 3에 정리되어 있다. 수평과 수직조건간의 차이가 피험자별로 상이하나, 피험자 JH와 SB의 경우를 제외하면 분포의 중앙치가 수평조건에서 높은 경향성을 보였다. 이들 두 피험자의 경우, 두 조건 간에 거의 차이가 나지 않았다. 시자극의 이동 크기는 5도였으므로 수평 방향에서의 중앙치가 수직에 비해 5도에 보다 가까워서, 시선 이동의 정확도가 수평 조건에서 더 높음을 나타낸다.

표 3. 점자극에서, 피험자별 시선도약크기의 중앙치 (deg)

피험자	수평 조건	수직 조건
CJ	4.13	3.93
ES	4.66	4.25
JH	4.35	4.38
PJ	3.89	3.01
SB	3.92	3.98
JM	4.35	3.24

3.2.2 주계열 분석

주계열의 선형 회귀분석 결과가 표 4에 제시되어 있다. 선형 회귀선의 기울기와 y 절편을 종합하면, 도약운동의 최고속도가 수평 조건에서 상대적으로 더 큰 경향을 보였다. 즉, 동일한 크기의 시선 이동을 하더라도 시선의 이동속도가 수평 방향에서 수직 방향에서보다 더 큰 경향을 보였다. 이러한 결과는 사람의 안구 운동 체계에 수평 방향의 시선 이동에 대한 선호 경향성이 내재되어 있음을 보여주고 있다.

표 4. 점자극에서 일어나는 시선 이동의 주계열의 선형 회귀분석 결과

피험자	수평 조건		수직 조건	
	기울기	y 절편	기울기	y 절편
CJ	29.75	34.35	31.80	23.05
ES	25.58	116.8	28.88	70.39
JH	28.06	78.52	23.28	64.17
PJ	22.51	75.80	24.10	53.22
SB	33.41	43.61	28.58	41.64
JM	38.75	51.12	36.86	29.16

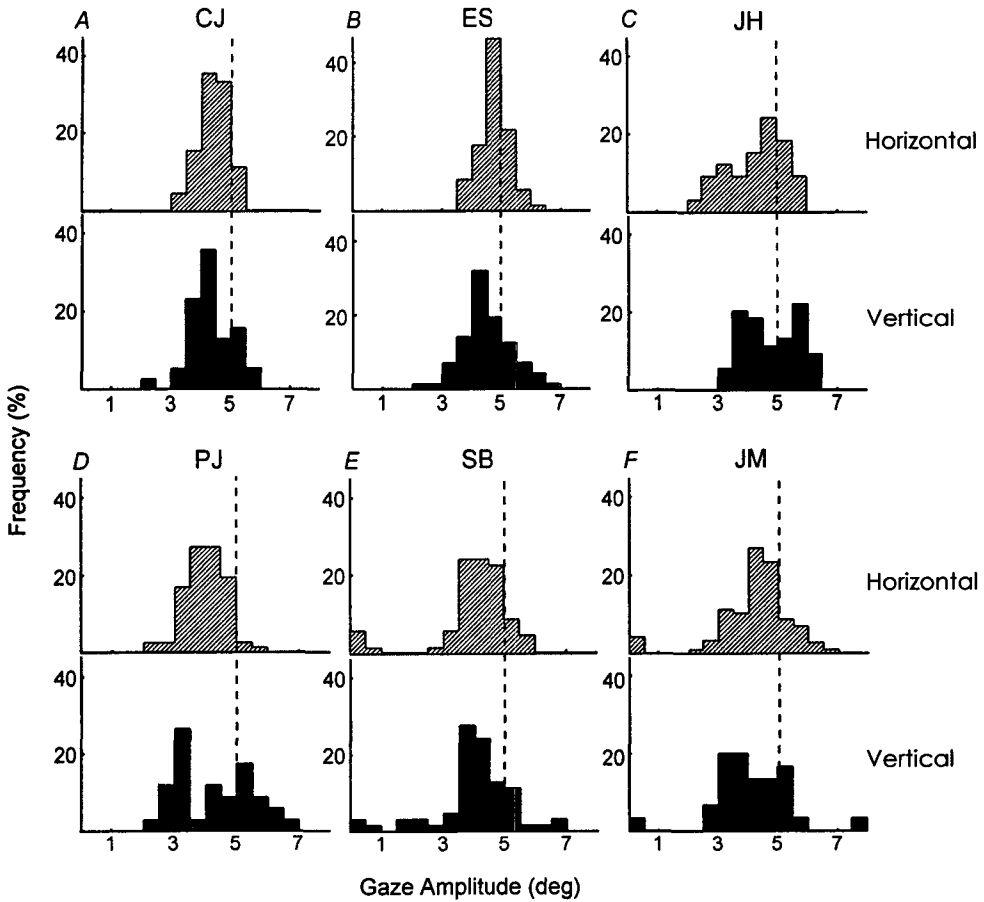


그림 6. 점자극에서 수평과 수직 조건에서의 피험자별 시선도약크기의 히스토그램. 가로축은 시각(visual angle) 단위로 표시된 시선 도약크기를, 세로축은 전체 빈도에 대한 각 구간의 빈도의 비율(%)을 나타낸다. 각 구간의 크기는 50ms이다. 각 그림(A-F)은 각 피험자로부터 얻어진 자료를 나타내고 있으며, 각 그림에서 위쪽의 분포는 수평 조건으로부터, 아래쪽 분포는 수직 조건으로부터 얻은 시선도약크기의 자료이다.

4 논의

본 연구는 한글 가로 읽기와 세로 읽기에 있어서 관찰되는 시선 이동의 구체적인 지표를 비교한 최초의 연구이다. 본 연구의 결과에 의하면, 글을 읽는 방향은 글의 의미적 처리 속도보다는 시선 이동 변수에 영향을 미친다. 가로글을 읽을 때, 시선도약크기가 상대적으로 크고, 시선도약 운동의 속도가 더 높다. 이러한 차이가 글을 읽는 속도에서의 차이를 가져오며, 가로글을 읽는 것은 세로글을 읽는 것보다 글을 읽는 속도에 있어 약 20%정도 효율적인 것으로 나타났다.

시선 이동의 방향에 따른 시선도약 운동 특성상의 이러한 차이는 점자극에서도 동일하게 나타났으며, 이는 사람의 시각 및 안구 운동 체계가 수평 방향의 시선 이동에서 보다 효율적으로 기

능하고 있음을 시사한다. 이러한 기능적 차이가 글을 읽는 행동에도 반영되고 있는 것으로 보인다.

방향에 따른 도약 운동 변수의 차이가 어디에서 기인하는지 확립되어 있지는 않다. 수평 도약 운동을 일으키는 뇌간(paramedian pontine reticular formation)의 격발세포(burst neuron)의 작용 방향이 정확히 좌우인데 반해서, 수평 도약 운동을 일으키는 뇌간(rostral interstitial nucleus of the medial longitudinal fasciculus)의 격발세포의 작용 방향은 비스듬한 수직 방향이다[3]. 동일한 이심도(eccentricity)를 가진 시자극이 상하 혹은 좌우에 제시될 때, 이에 대한 수직 방향의 도약의 크기와 최고속도가 상대적으로 작은 것은 격발세포의 작용 방향의 수직 성분에 의해서 결정되기 때문일 가능성이 있다.

참고문헌

- [1] Collewijn H., Erkelens C. J. and Steinman R. M. Binocular co-ordination of human horizontal saccadic eye movements. *Journal of Physiology*, Vol. 404, pp. 157-182, 1988
- [2] Collewijn H., Erkelens C. J. and Steinman, R. M. Binocular co-ordination of human vertical saccadic eye movements. *Journal of Physiology*, Vol. 404, pp. 183-197, 1988
- [3] Crawford, J.D. and Vilis, T. Symmetry of oculomotor burst neuron coordinates about Listing's plane. *J. Neurophysiology*, 68: 432-448, 1992.
- [4] Hays A. V., Richmond B. J. and Optican, L. M. A UNIX-based multiple process system for real-time data acquisition and control. WESCON Conf, p. 2/1-1, 1982
- [5] Rayner K. Eye movements in reading and information processing. *Psychological Bulletin*, Vol. 85, pp. 618-660, 1978
- [6] Rayner K. and Pollatsek A. *The psychology of reading*. Prentice-Hall, New Jersey, 1989
- [7] Rempel R. S. An inexpensive eye movement monitor using the scleral search coil technique. *IEEE transactions on biomedical engineering*, BME-31, pp. 388-390, 1984
- [8] Robinson D. A. A method of measuring eye movement using a scleral search coil in a magnetic field. *IEEE transactions on biomedical engineering*, BME-10, pp. 137-145, 1963
- [9] Yee R. D., Schiller V. L., Lim V., Baloh F. G., Baloh R. W. and Honrubia V. Velocities of vertical saccades with different eye movement recording methods. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, Vol. 26, pp. 938-944, 1985.