醫工學會誌 : 第 4 卷 第 1 號, 1983
J. of KOSOMBE : Vol. 4, No. 1

研 究 論 文
83—4—03

수직 Saccadic 안구운동계의 속도 특성

이 용 천 · 박 상 희

= Abstract =

The Velocity Characteristics of the Vertical Saccadic Eye Movement System

Yong-Chun Rhee, Sang-Hui Park

In this paper, the velocity characteristics of the vertical saccadic eye movement system with subject-experiment are investigated utilizing the infra-red methed. Especially, target-generation system which produces pseudo-random signals using EPROM 2716 and differentiator whose time constant is 12 msec are developed in hardware.

1. 서 론

Saccadic 안구운동은 인간의 안구운동중 가장 빠른 운동으로 반응시간이 약 200msec 정도이고, 90% 이상의 정확성을 갖는다. 또한, 정확한 자극위치를 찾기 위해서는 한개 또는 여러개의 수정운동(corrective movement)이 발생한다. 이 수정운동은 시각적인 지배에 의해서 glissade와 overlapping형태로 나타난다.

Saccadic 안구운동은 비교적 일정하고 빠른 가속운

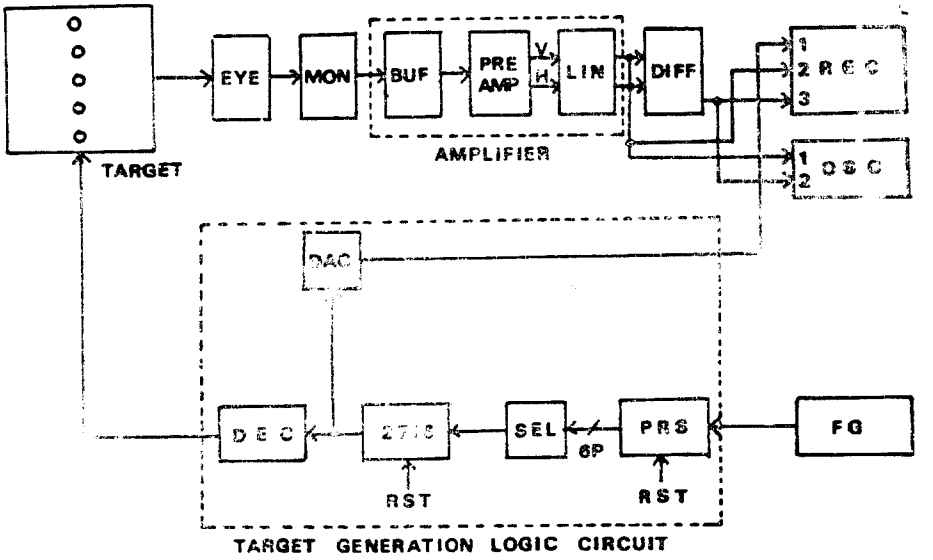

그림 1. 안구운동 측정시스템의 구성
Fig. 1. Block diagram of eye movement measurement system

〈1983. 12. 1 접수〉
연세대학교 전기공학과
Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

동으로 최대속도가 이를 정량적으로 표시하는 지표가 된다. Saccade속도는 수의적으로 변화시킬 수 없으므로 정상이하의 속도는 외안근의 운동장애를 의미한다.

이와같은 안구운동은 주로 수평운동을 중심으로 연구해 왔는데, 이는 첫째 수직운동보다 보는 범위가 더 넓고, 둘째 외안근이 독립적으로 작용하므로 분석이 용이하였기 때문이다. 또한 종래의 시표발생장치에서는 랜덤(random)한 시표를 간단하고 편리하게 얻기 어려웠다.

따라서, 본 논문은 수직 Saccadic 안구운동계의 속도특성을 피검자의 실험을 통하여 고찰한 것으로서, 변연부 트래킹의 원리를 이용한 적외선 반사법과 EPR-

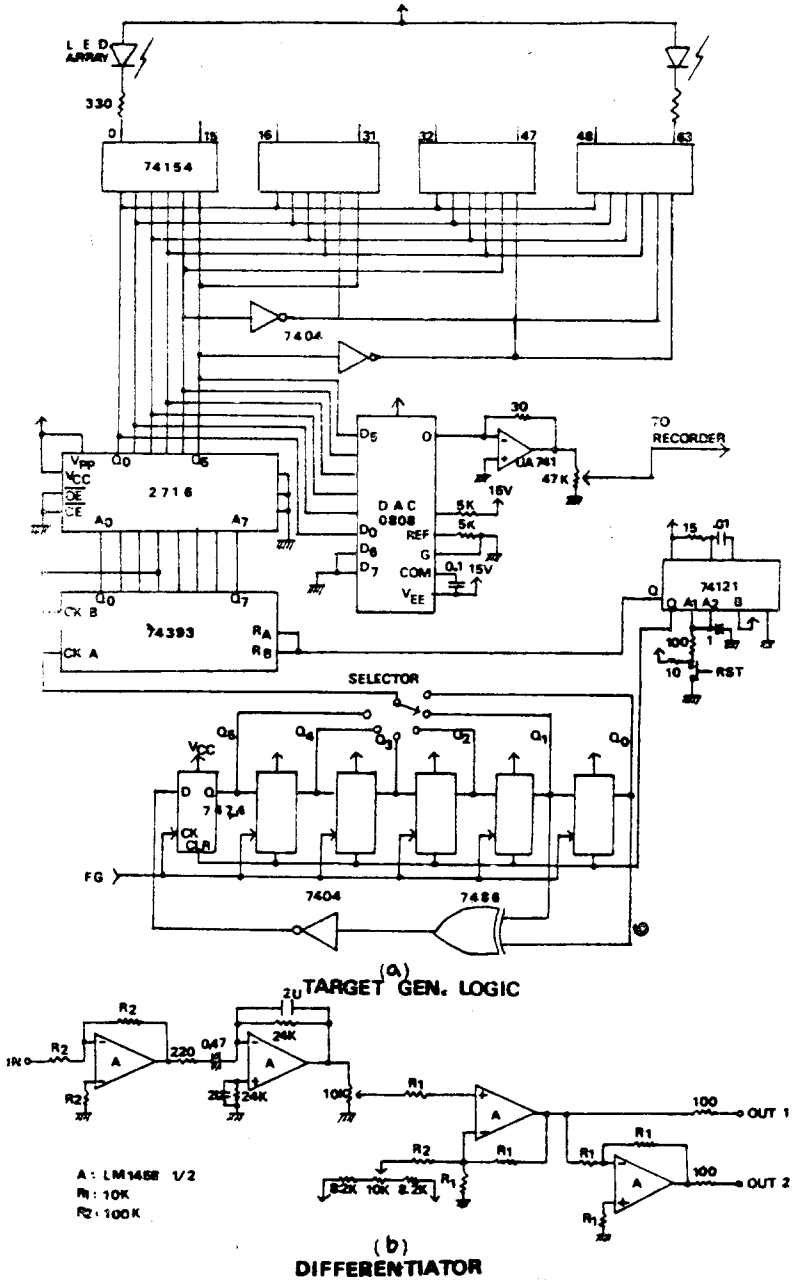

그림 2. 시표발생회로와 미분기 회로
Fig. 2. Target-generation logic circuit and differentiator circuit

OM 2716을 이용한 시표발생장치를 설계하여 측정시스템을 구성하고, 비교적 광범위한 각변위 5°C~30°C를 측정범위로 하여 분석하였다.

2. 실험장치 및 방법

2—1 실험장치

변연부 트래킹의 원리를 이용한 적외선 반사법을 사용한 안구운동 측정 시스템은 그림 1과 같다.

(1) 증폭기

검지기에서 나온 출력은 미세하므로 증폭행렬회로에 넣어 증폭한다. 이때, 수직운동은 두개 신호의 합으로 취하면 된다. 두개의 신호가 동일할 때 수평·수직운동은 상호작용이 없으며 검지기의 위치가 부적합할때는 상호작용이 일어난다. 그러므로, 이러한 상호작용을 감소시켜 측정의 선형성을 증가시킬 필요가 있다. 이와같은 목적으로 선형보정회로를 거치게 한다.

(2) 시표발생장치

EPROM 2716을 사용하여 구성하였는데, 한 칩당 4개의 시퀀스를 EPROM WRITER회로를 설계하여 입력시켰다. 2716의 클럭신호로는 pseudo-random sequencer회로의 출력을 이용하였는데, 6개를 선택할 수 있도록 하였다.

(3) 미분기

안구운동 속도를 측정하기 위해 시정수가 12msec인 미분기를 사용하였다.

2—2 실험방법

(1) 피검자

좌우시력이 1.5이상인 남자성인 3명을 선정하여 적응 및 고정훈련을 시켰다. 특히, 무의식적으로 눈을 많이 움직였으므로 고정용 틀이로 고정했으며, 특별한 숙달이 필요했다.

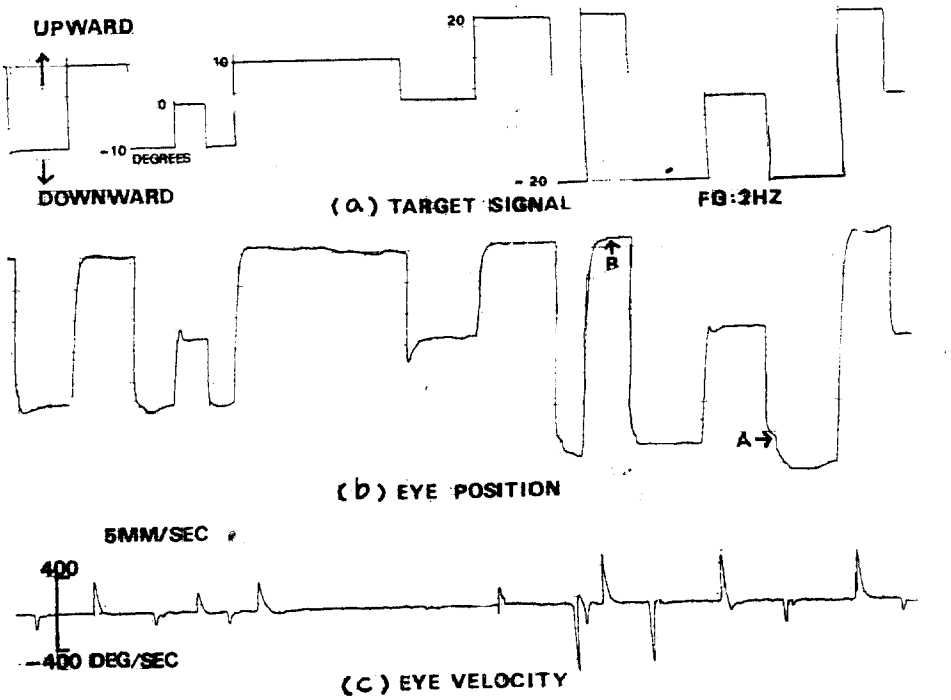

그림 3. 피검자의 기록표본
Fig. 3. Sample record of subject

(2) 시표변위

상하운동을 복합적으로 구성하였는데, 모두 8개의 시행으로 소요시간은 25~30초이다. 의사랜덤 시퀀스 회로의 출력 6개를 사용하므로 총 48개의 시행이 된다.

(3) 실험절차

계측장비와 모니터의 교정을 하고, 증폭기의 출력을 20°의 각변위에 대해 5V로 조정하였으며, 암실에서 좌안만 기록하였다.

(4) 자료분석

의미있는 기록을 개인 및 각 변위별로 분류하고 t—검정을 사용하여 최대속도를 계산하였다.

표 1. 5°～30°의 각변위에 대한 평균최대속도
Table 1. Averae peak velocity for 5～30 〔deg〕

DEG	S / D_i	LCS	KWS	JBS	MEAN
5°	U	198(19)	193(14)	198(18)	196(21)
	D_o	199(16)	212(17)	197(14)	202(18)
	COM	199(18)	203(21)	198(20)	200(22)
10°	U	288(20)	273(24)	269(21)	277(15)
	D_o	280(25)	279(27)	265(20)	274(25)
	COM	284(16)	276(18)	267(25)	276(21)
20°	U	423(17)	423(28)	427(24)	426(25)
	D_o	423(24)	435(16)	431(30)	428(20)
	COM	423(20)	429(19)	429(26)	427(21)
30°	U	453(14)	457(20)	443(12)	451(15)
	D_o	481(12)	458(18)	460(21)	466(18)
	COM	467(18)	458(17)	452(19)	459(17)

D_i: Direction　　U: Up
S: Subject　　Do: Down
( ): Standard Deviation　　COM: Combined

3. 실험결과및 고찰

그림 3은 피검자의 대표적 기록표본이고, 각 변위별 결과는 표 1에 나타내었다.

(1) 최대속도

피검자에 대한 속도—진폭관계는 그림 4와 같다. 평균최대속도는 각 변위 5°, 10°, 20°, 30°에 대해 각각 200, 276, 427, 459〔deg/sec〕이고 정상한 값은 156, 234, 376, 425〔deg/sec〕이다. 그림과 같이 20°까지는 대체로 선형성을 유지하다가 20°이상에서는 비선형적임을 알 수 있었다.

(2) 상향운동과 하향운동의 비교

뚜렷한 차이는 없었으나, 각변위 10°를 제외하고는

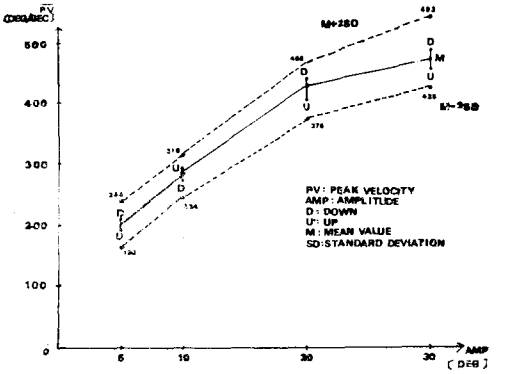

그림 4. 3인의 피검자에 대한 평균속도—진폭관계
Fig. 4. Velocity-amplitude plot of PV for 3 subjects

하향운동이 상향운동보다 빨랐다. 이는 상향운동시에는 상직근뿐만 아니라, 상안검을 올리는 상안검거근도 동시에 작용하므로 결과적으로 장애를 받기 때문이라고 생각된다.

(3) 수정운동

각변위가 10°이상인 경우에 대부분 발생했으며, 전체 saccade 크기의 5～10%를 차지한다. 따라서, 평균최대속도의 감소와 밀접하다고 생각되며, glissade와 overlapping형태를 발견할 수 있었다.

(4) 응용과 전망

Saccade속도는 수의적으로 변화시킬 수 없으므로, 정상이하의 감소는 외안근의 운동장애를 의미한다. 선행 연구자들에 의하면, 외안근 마비검사에 근전도 방법보다 안구운동 기록방법이 더 예민하여 유효하다고 했으며, 안구운동계를 지배하는 신경기전에 관계되는 질환의 진단에 유효하다고 보고했다. 이러한 보고에서, 정확한 최대속도의 기록은 안구운동장애의 임상적 응용에 효과적이라 할 수 있다.

보다 더 정확하고 신속한 결과를 얻을 수 있도록 모니터 교정기술의 숙달, 올바른 피검자의 선정 및 훈련, 기록 및 측정장치의 전산화 및 개발에 대한 계속적인 연구가 요망된다.

4. 결　　론

본 연구는 수직 saccadic 안구운동계의 속도특성을

필요한 장치를 설계하여 측정시스템을 구성하고 피검자의 실험을 통하여 고찰한 것으로 다음과 같은 결과를 얻었다.

(1) 수직 saccade평균최대속도는 각변위 5, 10, 20, 과 30도에 대해 각각 200, 276, 427과 459[deg/sec]이다.

(2) 상하 수직방향에 따른 차이는 상향운동이 하향운동보다 다소 느리다.

(3) 평균최대속도의 감소와 밀접한 비정상 saccade 운동인 수정운동(corrective movement)이 정상인에게서도 나타난다.

본 연구의 방법 및 결과는 안구운동장애를 일으키는 질병의 진단에 유효하게 응용될 수 있을 것으로 생각되며, 정확하고 신속한 결과를 얻기 위해 기록 및 측정장치의 전산화 및 개발에 대한 계속적인 연구가 요망된다.

참 고 문 헌

1) Baloh, R. W., et al: *The Saccade Velocity test, Neurology* 25 : 1071—1076, 1975.

2) Fricker, S.J. & Sanders, J.J.: *Velocity and acceleration statistics of pseudorandomly timed saccades in humans, Vision Res.*, 15 : 225, 1975.

3) Jernigan, M.E.: *Visual field plotting using eye movement response, IEEE trans. on BME*-26, 11 : 601—606, 1979.

4) Hou,R.L. & Fender D.H.: *Processing of direction and magnitude by the saccade eye movement system, Vision Res.*, 19 : 1421—1426, 1979.

5) Jurgens, R., et al: *Natural and drug-induced vanations of velocity and duration for human saccadic eye movements, Biol. Cybern.* 39 : 87—96, 1981.

6) Nam, M.H., Park,S.H. & Choi, O.: *Saccadic eye movement characteristics to the double-step stimuli, Yonsei Med. J.*, 16 : 65, 1975.

7) Weber, R.B. & Daroff, R.B.: *Corrective movements following refixation saccades, Vision Res.*, 12 : 467, 1972.