

랜덤 신호에 의한 Saccade 안구운동의 반응시간과 정확도

김남현 · 백남철 · 이용천 · 박상희

= Abstract =

The Reaction Time and Accuracy of Saccade Eye Movement Using Random Signal

Nam-Hyun Kim, Nam-Chill Paik, Yong-Chun Rhee, Sang-Hui Park

In this paper, the reaction time and the accuracy of saccade eye movement are measured by using random pulse and periodic pulse, random pulse step and periodic pulse step through the subject utilizing the infra-red method.

1. 서 론

시각계통은 인간에 있어서 일차적인 감각입력채널로서, 정지 또는 운동하는 물체에 안구를 고정시키는 기본적인 특성을 가지고 있다.

시각계통중 선택된 영상을 망막광수용기의 밀도가 최대인 황반부 중심좌에 오도록 안구운동을 시켜주고, 시표를 포착하여 이것의 영상을 중심좌에 잔류시켜 주는 것이 동안계의 역할이다.

동안계는 saccade, smooth pursuit, vergence, vestibular 안구운동으로 구성되어진다. 그중 saccade 안구운동은 빠르게 움직이는 물체를 추적할 때 일어나는 현상인데, 이런 saccade 안구운동의 측정에 있어서 시표발생장치의 특성이 문제되고 있다.

시표발생장치로는 갈바노미터를 이용하여 스크린에 비추는 것과, 논리회로를 이용하여 발광 다이오드를 구동시켜 스크린에 비추는 방법이 이용되어 왔다. 갈바노미터를 이용한 장치로는 주기적 신호밖에 얻지 못하고, 논리회로를 이용한 장치로는 Troost 와 Patterson 등에 의해 이용되어 왔으나, 이들의 시표발생장치로는 정확한 주파수의 발생과 랜덤한 신호를 얻기에는 한계성이 있다.

따라서 본 연구에서는 랜덤한 시표발생장치를 구성

하였으며, 이러한 시표를 만들기 위해 주파수발생장치로는 수정발진기, 카운터, 플립플롭을 복합하여 낮은 주파수까지 정확히 발생시켰고, 여기서 나온 주파수를 랜덤한 신호로 바꾸기 위해 74161카운터와 74154디코더를 사용하였다. 위와 같은 실험장치로서 변연부 트랙킹원리를 이용한 적외선 반사법을 써서 랜덤펄스와 주기적 펄스, 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝에 의한 반응시간과 정확도에 관하여 피검자를 통하여 측정된 것을 분석보고 하고자한다.

2. 실험

Saccade 안구운동의 측정을 위한 실험장치의 블럭선도는 그림 1과 같다.

논리회로에 의해 스크린에 위치한 발광 다이오드에 신호가 가해지면 안구는 이 신호에 따라 움직이며, 이때 나오는 출력은 검지기를 통해 검출되어 증폭기와 선형보정회로를 거쳐 기록기에 기록된다. 이 때 오실로스코프와 디지털 볼트미터는 안구출력의 대칭성을 유지하기 위해 사용된다.

2-1 검지기

그림2 처럼 광원-렌즈-광전지를 가볍고 작은 재료를 사용하여 하나로 만들어서 검안용 안경테에 부착시켰다. 하부 홍채 부위에서 홍채와 공막의 경계면인 변연부에 두개의 띠모양의 광수용 면적을 교차시켜 공막 부위에서 반사되는 빛을 받을 수 있도록 두 개의 광전지를 배열하고 이것을 위해서 중앙의 광원에서 적외선

<1981. 11. 12. 접수>

연세대학교 전기공학과

Dept. of Electrical Eng., Yonsei University

* 本稿는 大韓電子工學會 秋季學術大會에서 發表한 것임.

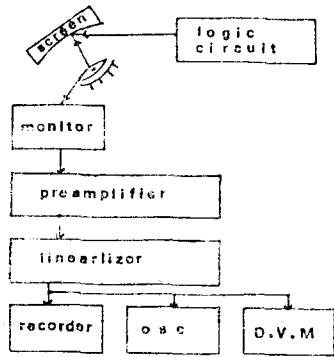


그림 1. 전체 시스템의 블럭선도
Fig. 1. Block diagram of overall system

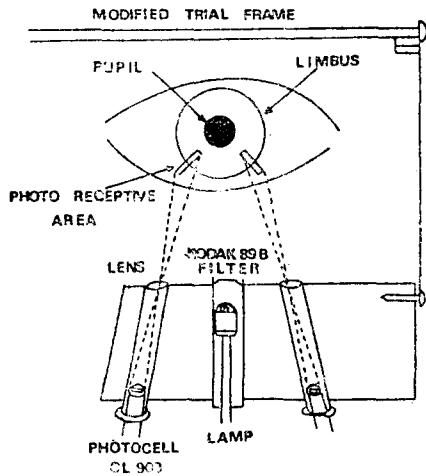


그림 2. 겹지기
Fig. 2. Monitor

여광기를 통해 안구의 전면에 빛을 조사시킨다. 이 때 공막 부위에서 반사되는 빛을 겹지할 수 있도록 두 개의 축적거리가 짧은 렌즈를 플라스틱 튜브에 배열하여 안구의 회전중심에 교차할 수 있도록 광전지와 일렬로 배열한다.

2-2 증폭기 및 선형보정회로

겹지기에서 나온 출력은 미세하므로 증폭행렬회로에 집어넣어 증폭시킨다. 증폭기에서는 두개 신호가 동일할 때 수평수직운동은 상호작용이 없으며 겹지기의 위치가 부적합할 때는 상호작용이 일어난다. 그러므로 이러한 상호작용을 감소시켜 측정의 선형성을 증가시킬 필요가 있다. 이와 같은 목적을 위하여 증폭부를 거친 수평성분을 선형보정회로를 거치게 한다.

2-3 펄스발생기

Saccade 안구운동을 위한 시표로서는 펄스를 발생시

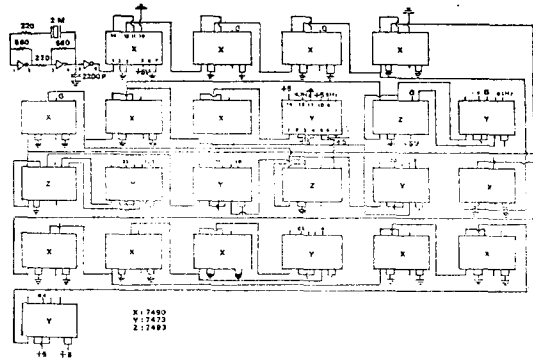


그림 3. 카운터와 플립플롭을 사용한 펄스발생기
Fig. 3. Pulse generator by using counters and flip-flop

켜야 한다. 펄스 발생장치는 여러가지 방법이 있으나 이 중에서 대표적인 것은 timer SE 555를 사용해서 펄스를 발생시키는 것이 있고, 수정발진기를 사용해서 펄스를 발생시키는 것의 두가지가 있다. SE 555를 사용한 펄스발생기는 장치가 간단하나 실험에 필요한 정확한 펄스를 얻기가 쉽지 않고, 수정발진기를 사용한 펄스발생기는 장치의 구성은 복잡하나 낮은 주파수까지 정확히 얻기 쉽다. 그러므로 본 실험에서는 그림 3 처럼 수정발진기를 사용한 펄스발생기를 사용하였다. 이런 주파수를 얻기 위해서 수정발진기를 통해 나온 주파수인 2 MHz 를 카운터인 7490, 7493을 사용하여 원하는 주파수까지 분주시켰다. 그러나 여기서 나온 펄스는 비대칭 파형이므로 대칭 파형을 얻기 위해 7473 플립플롭을 사용하는데, 여기서 나오는 펄스의 주기는 반으로 된다.

2-4 카운터

펄스 발생기에서 나온 펄스는 카운터로 들어간다. 카운터를 사용함에 있어서는 논리회로의 구성에 따라 카운터를 선택할 수 있으나 본 실험에서는 그림 4의 아래 부분처럼 74161과 7430을 복합하여 사용함으로써 128 분주까지 할 수 있는 회로를 구성했다. 이 때 74161에 있는 프로그램 입력 스위치를 조정함으로써 1-128분주 중 어느 것이나 얻을 수 있다. 이 회로의 장점은 논리회로를 구성함에 있어서 랜덤한 신호나 주기적 신호중 어느 것이나 얻을 수 있다는 것이다.

2-5 디코더

카운터에서 나온 신호는 디코더에 연결된다. 여기서 디코더의 기능은 시표발생에 있어서 하나의 발광 다이

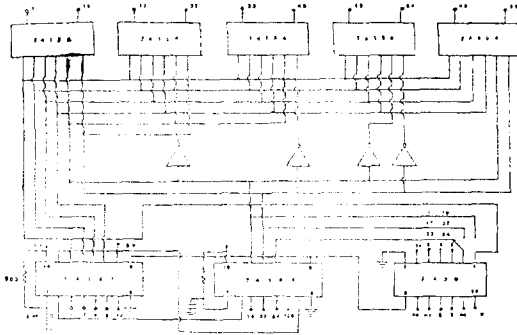


그림 4. 카운터와 디코더
Fig. 4. Counters and decoders

오드에만 구동시키게 하는 것이다. 본 실험에 필요한 분주는 80분주로서 여기에 맞는 디코더로서 그림 4의 윗부분처럼 74154 5개를 사용했다.

2-6 실험 방법

- 1) 랜덤 펄스와 주기적 펄스의 반응시간과 정확도를 측정하여 비교하고, 반응시간과 진폭, 정확도와 진폭과의 관계를 고찰한다.
- 2) 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 반응시간과 정확도를 측정하여 비교하고, 반응시간과 진폭, 정확도와 진폭과의 관계를 고찰한다.
- 3) 중앙에서 주변, 주변에서 중앙, 주변에서 중앙을 거쳐 다른 주변으로 가는 변위방식의 응답을 비교한다.

3. 결과 고찰

실험은 2-6절의 방법에 의해 수행되어 다음과 같은 결과를 나타냈다. 각 부분의 실험결과는 7번 반복실험의 평균치이다.

3-1 랜덤 펄스와 주기적 펄스의 반응시간 및 정확도

랜덤 펄스의 반응시간은 194 msec, 주기적 펄스의 반응시간은 185 msec로서, 그림 5에 결과치를 나타내었다. 이 때 표준편차는 각각 25 msec, 26 msec이다. 여기서 랜덤 펄스와 주기적 펄스의 평균 반응시간은 주기적 펄스가 랜덤 펄스보다 약간 빠름을 알 수 있고, 진폭과 반응시간의 관계는 상호관련이 없음을 알 수 있다.

정확도는 응답진폭 $\times 100$ /시료진폭으로 정의 되어진다. 랜덤 펄스의 정확도는 93%, 주기적 펄스의 정확도는 92%로서, 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 그림 6에 그 결과치를 나타내었으며, 표준편차는 랜덤 펄스의

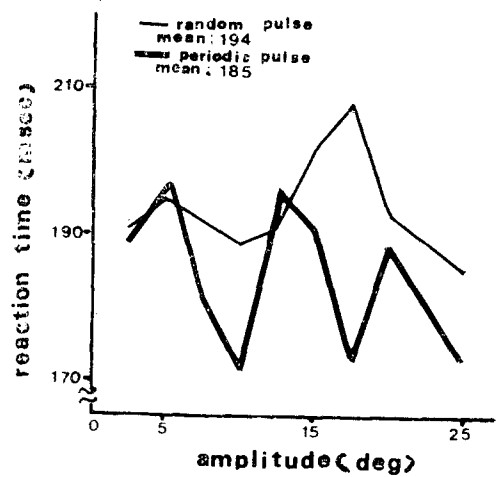


그림 5. 랜덤 펄스와 주기적 펄스의 반응시간
Fig. 5. Reaction time of random pulse and periodic pulse

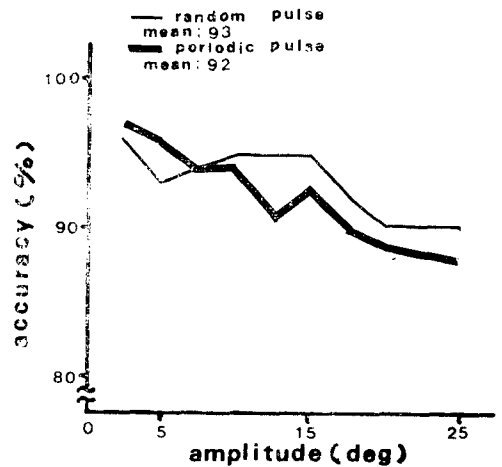


그림 6. 랜덤 펄스와 주기적 펄스의 정확도
Fig. 6. Accuracy of random pulse and periodic pulse

경우 6.6%, 주기적 펄스인 경우 7.1%이다. 진폭과 정확도의 관계는 상호관련이 없으나, 전체적으로 부족현상은 빈번히 발생하나 과도현상은 많이 발생하지 않는 것을 알 수 있다.

중앙(C)에서 주변(E)으로 변위하는 것과, 주변에서 중앙으로 변위하는 것의 반응시간과 정확도는 표 1, 2에서 보는 바와 같이 거의 차이가 없다.

3-2 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 반응시간 및 정확도

랜덤 펄스 스텝의 반응시간은 186 msec, 주기적 펄스

표 1. C-E와 E-C에 대한 반응시간
Table 1. Reaction time for C-E, E-C

RT \ A		A									Total
		2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	
R.P.	C-E	189 (19)	194 (22)	198 (25)	190 (27)	197 (15)	204 (26)	207 (21)	183 (27)	183 (18)	194 (25)
	E-C	194 (20)	196 (22)	186 (25)	189 (26)	184 (23)	200 (27)	208 (19)	202 (20)	187 (21)	194 (25)
P.P.	C-E	187 (27)	197 (20)	184 (27)	175 (16)	199 (26)	191 (26)	170 (25)	191 (25)	171 (26)	186 (27)
	E-C	191 (24)	196 (21)	180 (23)	169 (25)	195 (20)	190 (23)	175 (26)	187 (22)	175 (27)	184 (26)

C: center E: eccentric

표 2. C-E와 E-C에 대한 정확도
Table 2. Accuracy for C-E, E-C

AC \ A		A									Total
		2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	
R.P.	C-E	97 (5.1)	93 (8.6)	93 (6.8)	94 (5.1)	94 (4.2)	96 (7.1)	92 (5.0)	91 (3.7)	90 (6.4)	93 (6.6)
	E-C	95 (7.3)	93 (8.2)	94 (5.9)	95 (4.8)	95 (5.3)	94 (6.7)	91 (3.4)	89 (5.6)	90 (4.9)	93 (6.5)
P.P.	C-E	97 (4.0)	97 (5.1)	94 (5.9)	94 (7.7)	90 (4.7)	92 (7.3)	89 (7.9)	90 (4.1)	86 (5.7)	92 (7.4)
	E-C	97 (5.2)	95 (4.7)	94 (5.9)	94 (6.4)	92 (5.6)	93 (4.8)	91 (4.3)	87 (5.2)	89 (5.4)	92 (6.6)

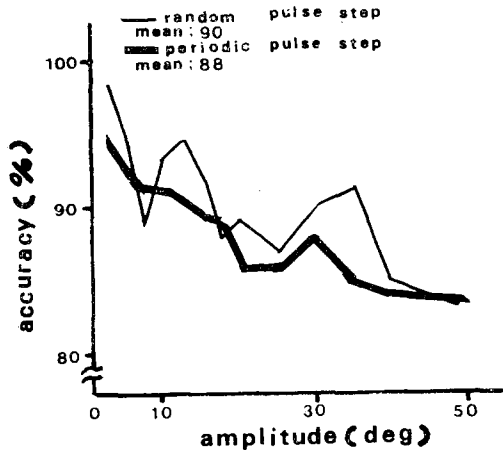


그림 7. 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 반응시간
Fig. 7. Reaction time of random pulse step and periodic pulse step

스텝의 반응시간은 178 msec로서, 그림 7에 그 결과치를 나타내었다. 이 때 표준편차는 각각 27 msec, 22 msec이다. 여기서 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 반응시간은 펄스의 경우와 마찬가지로 주기적 펄스 스텝이 랜덤 펄스 스텝보다 약간 빠름을 알 수 있다. 또한 진폭과 반응시간의 관계도 상호관련이 없음을 알 수 있다.

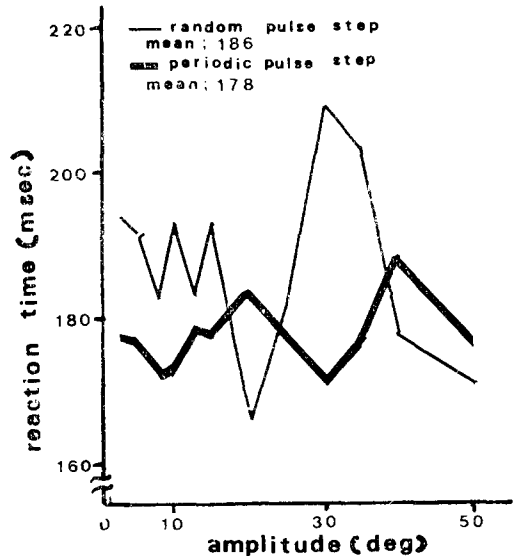


그림 8. 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 정확도
Fig. 8. Accuracy of random pulse step and periodic pulse step

정확도의 경우, 랜덤 펄스 스텝의 정확도는 90%, 주기적 펄스 스텝의 정확도는 88%로서, 그림 8에 그 결과치를 나타내었다. 이 때 표준편차는 각각 6.5%, 7.2%이다. 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝의 정

확도는 거의 차이가 없으며, 진폭과 정확도의 관계는 관련이 없음을 알 수 있다. 그러나 그림 9에서 보면, 20°이하에서는 부족현상과 과도현상이 같이 발생하나, 20°이상에서는 부족현상만이 나타난다. 이 현상은 작은 진폭의 경우 단번에 시표에 도달하려하나, 큰 진폭의 경우 두번 이상으로 시표에 도달하려는 경향으로 표현할 수 있다.

중앙에서 주변으로의 변위, 주변에서 중앙으로의 변위, 주변에서 중앙을 거쳐 다른 주변으로의 변위 (ATC) 사이의 반응시간과 정확도는 펄스의 경우와 마찬가지로 거의 차이가 없음을 알 수 있다. 표 3,4에 그 결과치를 나타내었다.

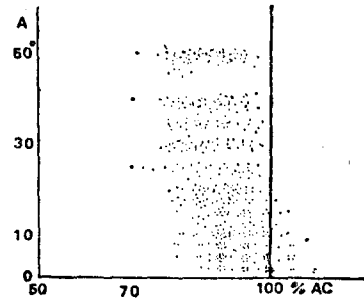


그림 9. 랜덤 펄스 스텝의 정확도에 대한 분포도
Fig. 9. Scatter plot for accuracy of random pulse step

표 3. C-E, E-C, ATC에 대한 반응 시간
Table 3. Reaction time for C-E, E-C, ATC

RT		A													Total
		2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	30	35	40	50	
RPS	C-E	189 (21)	191 (28)	177 (20)	192 (23)	183 (27)	184 (24)	165 (21)	163 (20)	183 (24)	—	—	—	—	181 (26)
	E-C	198 (21)	185 (25)	188 (26)	186 (28)	183 (27)	186 (28)	190 (27)	163 (23)	171 (21)	—	—	—	—	183 (28)
	ATC	—	201 (22)	—	202 (12)	—	201 (28)	—	172 (22)	188 (21)	209 (23)	203 (28)	178 (27)	171 (21)	193 (28)
PPS	C-E	171 (13)	178 (16)	181 (18)	174 (17)	176 (16)	186 (17)	188 (21)	193 (26)	177 (21)	—	—	—	—	180 (23)
	E-C	185 (17)	186 (18)	165 (15)	170 (23)	181 (24)	176 (16)	175 (16)	183 (22)	174 (15)	—	—	—	—	177 (23)
	ATC	—	168 (10)	—	178 (12)	—	173 (16)	—	175 (15)	184 (15)	171 (15)	178 (26)	189 (21)	177 (21)	177 (22)

ATC: across the center

표 4. C-E, E-C, ATC에 대한 정확도
Table 4. Accuracy for C-E, E-C, ATC

AC		A													Total
		2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25	30	35	40	50	
RPS	C-E	99 (5.8)	94 (6.5)	91 (4.4)	94 (3.9)	94 (4.9)	95 (3.4)	89 (4.3)	88 (3.3)	88 (3.4)	—	—	—	—	92 (6.1)
	E-C	96 (5.3)	94 (4.9)	87 (6.1)	93 (5.9)	93 (4.9)	93 (5.9)	86 (4.0)	89 (3.9)	86 (6.2)	—	—	—	—	91 (6.5)
	ATC	—	95 (5.0)	—	91 (4.3)	—	88 (4.5)	—	89 (3.9)	87 (3.8)	90 (4.3)	91 (4.2)	85 (6.0)	83 (5.4)	89 (5.7)
PPS	C-E	92 (6.5)	93 (7.2)	90 (8.1)	91 (7.2)	88 (8.2)	89 (5.4)	90 (4.7)	85 (6.2)	86 (6.6)	—	—	—	—	89 (7.6)
	E-C	96 (7.2)	93 (7.0)	92 (6.1)	92 (6.1)	92 (6.1)	90 (8.6)	88 (4.8)	87 (3.9)	87 (4.6)	—	—	—	—	91 (7.5)
	ATC	—	91 (6.0)	—	90 (5.5)	—	89 (5.4)	—	87 (7.9)	85 (6.7)	88 (4.8)	85 (6.2)	84 (5.9)	84 (6.2)	87 (6.6)

4. 결 론

본 논문에서는 랜덤 시표를 제작하여 적외선 반사법에 의한 saccade 안구운동의 랜덤 펄스와 주기적 펄스, 랜덤 펄스 스텝과 주기적 펄스 스텝에 대한 반응시간과 정확도를 연구, 고찰한 것으로 얻어진 중요한 결과는 다음과 같다.

(1) 반응시간은 랜덤 펄스인 경우 194 msec, 주기적 펄스인 경우 185 msec, 랜덤 펄스 스텝인 경우 186 msec, 주기적 펄스 스텝인 경우 178 msec로서 주기적인 경우가 랜덤인 경우보다 약간 빠름을 알 수 있다.

(2) 반응시간과 진폭사이의 관계는 상호관련이 없음을 확인하였다.

(3) 정확도는 랜덤 펄스인 경우 93%, 주기적 펄스인 경우 92%, 랜덤 펄스 스텝인 경우 90%, 주기적 펄스 스텝인 경우 88%로서 랜덤인 경우나 주기적인 경우나 차이가 없음을 알 수 있다.

(4) 정확도와 진폭사이에는 선형적 관계가 없으나 20°이하의 경우 부족현상과 과도현상이 일어나고 20°이상의 경우 부족현상만이 일어났다. 이 현상은 작은 진폭의 경우 단번에 시표에 도달하려 하나, 큰 진폭의

경우 두번 이상으로 시표에 도달하려는 경향으로 표현할 수 있다.

(5) 중앙에서 주변, 주변에서 중앙, 주변에서 중앙을 거쳐 다른 주변으로 변위하는 응답에는 차이가 없음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- 1) Bach-y-Rita, P., Collins, C., & Hyde, J.: *The Control of Eye Movements*, New York: Academic Press (1971).
- 2) Bahill, A.T., & Stark, L.: *The Trajectories of Saccadic Eye Movements*, *Scientific American*, 240:85-93 (1979).
- 3) Cook, G., & Stark, L.: *The Human Eye Movements Mechanism*, *Arch Ophthal*, 79:428-436 (1968).
- 4) 박상희, 남문현, 최억 : 안구운동 측정법의 비교 고찰. *대한안과학회지*, 14:315 (1973).
- 5) Robinson, D.A.: *The Mechanisms of Human Saccadic Eye Movements*, *J. Physiol.*, 74:245 (1964).