

## 빛과 소리 자극에 대한 지각 운동의 협력에 관한 연구

김 남 균 · 고 영 호\* · T. IFUKUBE\*\*

=Abstract=

### A Study on the Sensory Motor Coordination to Visual and Sound Stimulation

Nam Gyun Kim, Yong-Ho Ko\*, T. IFUKUBE\*\*

We investigated the characteristic of the sensory motor coordination by measuring the hand pointing and the gaze movement to the visual and sound stimulation. Our results showed that the gaze velocity to sound stimulation did not depend on stimulation direction, but lagged behind 0.2 sec toward the peripherical direction to the visual stimulation. Our data showed that to both visual and sound stimulation, the error of hand pointing value increased with an increasement of eccentricity.

**Key words :** Sensory motor coordination, Hand pointing movement, Gaze velocity

### 서 론

공간을 인식할때 있어서 시각정보, 청각정보등 다양한 정보를 필요로 한다. 예를들면 시계에 들어오는 도로나 건축물 등에 의해 시각공간이 구성되고 뒤로부터 들려오는 차소리, 바람소리 또는 말소리에 의해서 청각공간이 구성된다. 그중에서도 특히 시각은 공간을 인식하는데 있어서 아주 중요한 감각으로 여겨지고 있다.

시각공간은 양안시야(binocular field)로 부터 형성되며, 양눈중 한쪽을 고정한 상태로 보는것이 가능한 범위를 계측함으로써 양안시야가 구해진다. 그러나 시야내의 넓은 범위를 한번에 보는것은 가능하지 않고 시야내 중심와(fovea)에 들어오는 물체를 가장 잘 볼수 있고 여기서 멀리 떨어진 점에 따라서 시력이 급속히 떨어진다고 알려져 있다<sup>1)</sup>. 그러므로 고정점 이외에 있는 물체를 명확하게 보려고 할 때 시선이 이동하게 된다. 시선을 움직일때 망막의 상이

움직임에 불구하고 자기자신 또는 외부공간이 동일되어 움직이는 것처럼 지각되지 않는다. 이것은 시계의 항상성(visual stability)이라 불리우는 현상 때문이다. 이 현상은 망막으로부터 정보와 신체의 운동 및 자세 정보와의 비교 조합 즉 지각운동 통합(perceptual motor integration)이 행해지고 있음을 의미한다. 이것으로부터 공간의 인식은 시 청각 정보뿐만 아니라 운동이 밀접하게 관계하고 있음을 알 수가 있다.

따라서 본 연구는 운동계측으로부터 공간을 인식하는 경우에 시각정보, 청각정보 및 체성감각이 어떻게 통합되어 있는가를 조사하는 것을 주 목적으로 하고있다. 통합의 한 예로서 지각운동협력(sensory motor coordination)이라 불리우는 것이 있는데 지각운동협력은 날아오는 공을 받든가 또는 구르는 공을 주으려 할때 신체운동이 시각정보에 유도되어 협력적으로 행하려는 것을 말한다. 사실 지각운동협력은 개인의 과거 학습경험에 바탕을 두고 공간지

\* 전북대학교 공과대학 전기공학과

\*\* Lab. of Sensory Information Engineering Research Institute of Electronic Science Hokkaido University Kitaku, N12, W6 Sapporo 060, Japan

통신저자: 김남균, (560-180) 전주시 덕진구 금암동 산 2-20, Tel. (0652) 250-1137, Fax. (0652) 75-4291

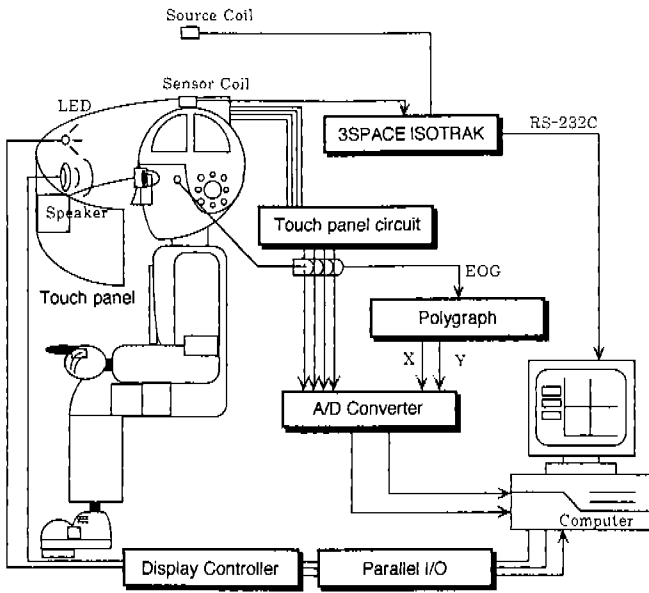
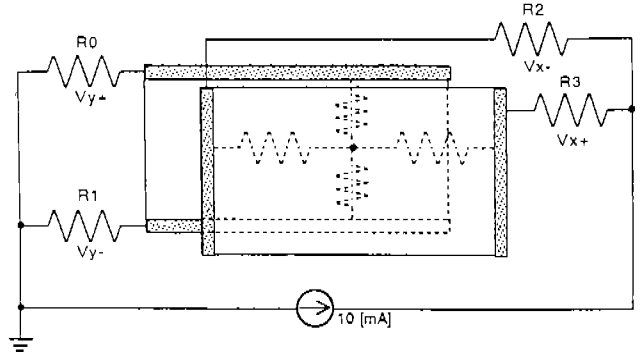


그림 1. 실험 장치  
Fig. 1. Experimental System

각(space perception)과 운동이 대응관계가 이루어 진다고 생각되므로 본 논문에서는 이러한 지각운동협력중 아주 단순하다고 생각되는 주시운동 및 지시운동에 착안하여 빛과 소리의 자극에 대한 주시운동 및 지시운동의 관계를 계측함으로써 지각운동의 협력특성에 관하여 고찰하고자 한다.

### 실험 시스템

그림 1 은 실험장치의 구성도를 보여주고 있다. 실험장치는 크게 피검자에게 제시되는 시청각 자극시스템, 두부운동을 계측하는 시스템, 안구운동을 계측하는 시스템과 손에 의한 지시운동을 검출하는 터치판넬로 구성되어 있다. 시청각 자극시스템은 19개의 발광다이오드와 부저를 직경 1.1미터의 원통형태의 판에 피검자의 눈높이로 수평열로 붙인 디스플레이와 디스플레이 콘트롤러로 구성된다. 발광다이오드와 부저는 좌우대칭으로 중심부터 90도까지 10도간격으로 배치 하였다. 발광다이오드와 부저의 ON-OFF, 시표의 위치, 시표의 구동시간 등은 컴퓨터에 입력된 파라메타에 의해서 조절된다. 두부운동 계측시스템은 3 SPACE ISOTRAK<sup>2)</sup>으로서 소스코일은 목재지주에 부착하고 센서코일은 두부에 헤드기어를 사용하여 부착하였다. 안구운동계측은 전기안구 기록법(EOG)을 사용하였고, 손의 지시운동을 검출하는 시스템은 자체 제작한 터치



$$\text{좌표}(x,y) = (Vx+ / (Vx+ + Vx-), Vy+ / (Vy+ + Vy-))$$

그림 2. 터치 판넬의 원리도  
Fig. 2. Principle of the touch panel

판넬을 사용하였다. 터치판넬의 원리가 그림 2에 표시되어 있다. 터치판넬은 표면저항 450옴의 2겹의 투명전도성 필름을 대향시켜 구성하고, 정전류원을 접속하여 2겹의 투명전도성 필름이 접촉되면 10mA의 일정한 전류가 공급되도록 하였다. 2매의 투명전도성 필름을 각각 수평좌표, 수직좌표로 하고 전류는 접촉점에 따라서 분리해서 흐르기 때문에 투명전도성 필름의 좌우, 상하 양단에 접촉한 저항에 생기는 각각의 전압 VX+, VX-, VY+, VY-를 비교해서 접촉점의 지시 좌표를 검출 하도록 했다(그림 2).

### 주시운동 계측

지각운동협력으로는 우선 자극에 대하여 눈이나 머리가 움직이고, 그 방향을 주시하는 동작을 수반하게 된다. 본 실험에서는 운동이 어느 정도의 속도로 실행되는가를 자극의 제시하는 방향을 파라메타로 하여 조사 하였다. 그리고 소리자극과 빛 자극에서 어떻게 다른가를 구하여 시각공간과 청각공간에 있어서의 지각속도의 차이를 추론 하였다.

#### 1. 실험 방법

자극은 발광다이오드에 의한 빛자극, 스피커에 의한 음 자극, 그리고 다이오드와 스피커에 의한 동시자극등 3종류의 자극을 사용하였다. 자극 패턴으로써 0.2초의 짧은 시간자극을 사용 하였으며, 이러한 짧은 시간자극에는 얼굴을 돌렸을때는 이미 시표가 사라지기 때문에 시청각에 의한 피이드백이 주어지지 않는다고 가정 하였다. 자극 제시 방법은 최초에 0도에 위치한 중심의 다이오드 및 스피커

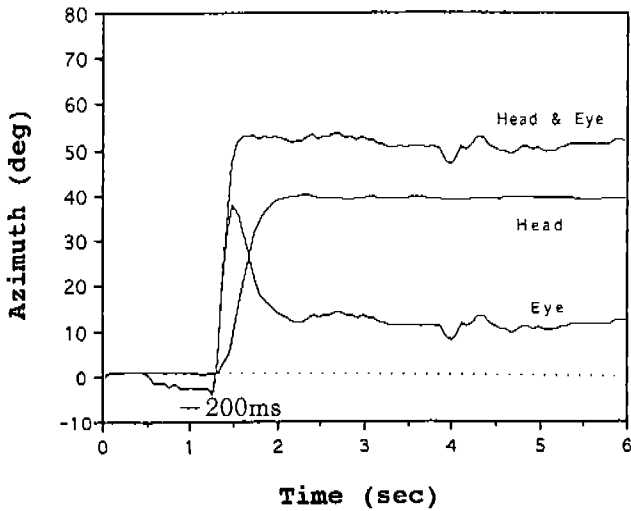


그림 3. 빛 과 소리 자극시 안구 및 머리의 방위각의 시간특성  
 Fig. 3. Temporal characteristic of azimuth of eye and head to visual and auditory stimulation

를 1초간 구동하고 다음은 18개의 다이오드와 스피커를 랜덤하게 구동 하였다. 피검자가 응답한 후 5초간의 무자극 시간을 주고 다시 같은 자극을 반복 하여 2회의 실험을 하였다. 측정점은 10도 간격으로 좌우 90도까지 모두 18개이며, 1회의 실험에 요구되는 실험 시간은 약 5분이 소요 되었다. 피검자로는 건강한 사람 10인을 선발하여 주시 방향을 될 수 있으면 빠르게 정확히 주시할 수 있도록 지시 하였다.

2. 실험 결과

그림 3은 빛과 소리 자극시 머리와 눈의 방위각(Azimuth)을 나타내고 있다. 머리의 방위각은 0도의 시표를 주시했을때 3space 의 소스 코일에 대한 머리의 좌표를 기준점으로 했으며, 눈의 방위각은 0도의 시표를 주시했을때 머리에 대한 변위각을 기준점으로 하였다. 각 그림은 자극에 대한 시간 특성을 보여주고 있는데, 완만한 S자 형태의 곡선은 머리의 방위각을 나타내며, 급격한 상승과 지수형태의 감쇄를 표시한 형태의 선은 눈의 방위각을 나타낸다. 이 두곡선 위에 있는 선은 머리와 안구의 방위각의 합한 것으로써 주시의 변위를 나타내고 있다. 또 그림중 아래쪽 직선은 광원 또는 음원이 구동하고 있는 기간을 표시한다. 그림 3으로부터 눈의 급격한 움직임을 나타내는 사카드(saccade), 그리고 머리의 움직임에 대하여 반대 방향 보상성의 눈의 움직임인 전정안구반사를 관찰할 수 있었다. 시표에 대하여 주시가 정확하게 행해지지 않은 점으로 볼때

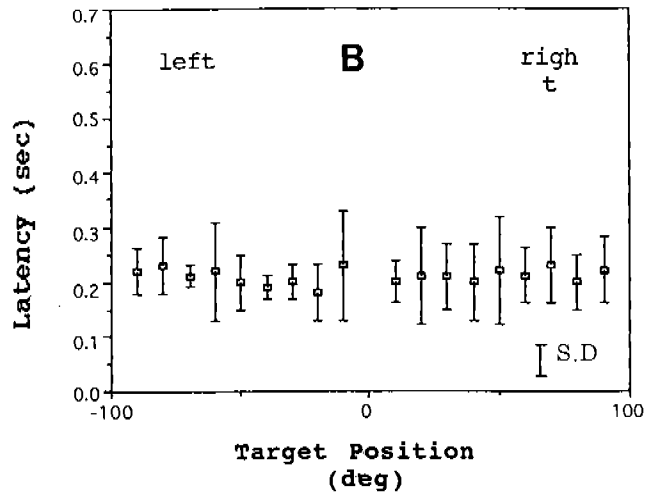
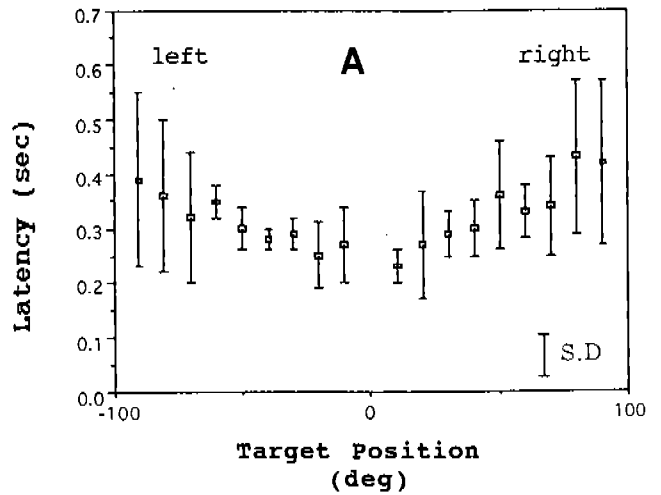


그림 4. 빛 과 소리 자극에 대한 사카드 잠시. (A) 빛 자극의 경우, (B) 소리 자극의 경우

Fig. 4. Saccadic Latency to the visual and auditory stimulations. (A) Visual Stimulation, (B) Auditory stimulation

청각공간의 좌표는 시각공간에 비해 애매모호함을 확인할 수 있었다. 그림 4는 각각의 각도에 있어서 빛자극과 음자극에 대한 반잠시(half latency time)를 보여주고 있다(그림 3).

원래 잠시(latency time)는 자극이 제시된 뒤부터 안구가 움직이기 시작할때까지의 시간을 말하는데 여기서의 반잠시는 자극을 제시한후 사카드가 최대치의 반에 도달할 때까지의 시간을 의미한다. 그림 4-A 는 주변보다 중심에서 사카드의 응답이 더 빠름을 알수 있으며, 그림 4-B 로부터도 시표위치에 대한 사카드의 반잠시의 변화는 찾아볼 수 없었다. 빛 자극의 경우와 비교할때 반잠시가 짧고, 소리자극의 경우에는 거의 같은값을 가지는 것을 알수 있었

다. 반잡시의 평균치는 빛 자극에 의해 가장 늦은 값이 310ms, 소리자극에서는 213ms, 빛과소리의 동시자극에서는 204ms 이었다. 위의 빛 자극시 일어나는 반잡시의 각도 의존성은 Bartz<sup>3)</sup> 및 White<sup>4)</sup>의 결과와 일치함을 알 수 있었다. 위의 결과로부터 시각정보와 청각정보가 중첩되어 청각정보에 의하여 시표방향에 좀더 빠른 반응을 가능하게 하고, 시각정보에 의하여 시표방향으로의 정확한 주시를 위한 보상을 행한다고 생각된다(그림 4).

### 지시 운동 계속

인간이 외부공간으로부터 자극에 의해 뇌의 시각 및 청각공간에 형성되는 좌표를 외부에서 간접적으로 도출하는 방법으로써 시각 및 청각 자극을 제시하고 그에대한 손의 지시운동을 계속하는 실험을 하였다. 자극 방향과 지시점의 차이로부터 시각 및 청각공간에 형성되는 좌표를 어느 정도 추측할 수 있다고 가정하고, 음성으로 방향을 제시했을 때 지시방향을 계속하여 인간이 장시간 기억으로써 보존하고 있는 개념좌표와 시각 및 청각공간에 형성된 좌표와의 차이를 구하였다.

#### 1. 실험 방법

시각과 청각공간의 내부 형성좌표를 외부에 도출하기 위해 어두운 방에서 빛과 소리자극에 의한 손의 지시점의 관계를 조사하였다. 피검자로는 건강한 사람 10인을 선발하여 지각 방향을 정확히 지시하도록 연습을 3회 시행하였다. 지각방향의 지시는 양손을 사용토록 했으며, 우방향에는 우측손을 좌방향에는 좌측손을 사용토록 하였다. 또한 양손은 무릎위에 놓고 운동중의 체성감각(somatosensory)에 의한 피이드백을 가능한 한 적게하기 위해 디스플레이에 자극점이 제시되면 가능하면 빠르게 지각방향을 지시하도록 했다. 이러한 실험은 머리와 눈의 움직임을 고정하지 않는 상태에서 빛과 소리자극 방향에 대한 주시점을 구하여 지시위치의 결과와 비교하였고, 다른 하나는 머리와 눈을 정면에 고정한 상태에서 같은 실험을 행하였고 음성에 의한 방향 지시점과도 비교 하였다. 빛과 소리에 의한 지시좌표는 20, 40, 60, 80도에 대해 피검자 자신이 형성한 개념좌표에 따라 지시운동을 행하게 된다. 자극 순서는 앞의 주시운동 계속의 경우와 같도록 했다(그림 5).

#### 2. 실험 결과

그림 5의 A는 두부와 안구가 자유롭게 했을때 주시점 및 지시점의 수평성분을 보여주고 있다. 그림에서 점선은

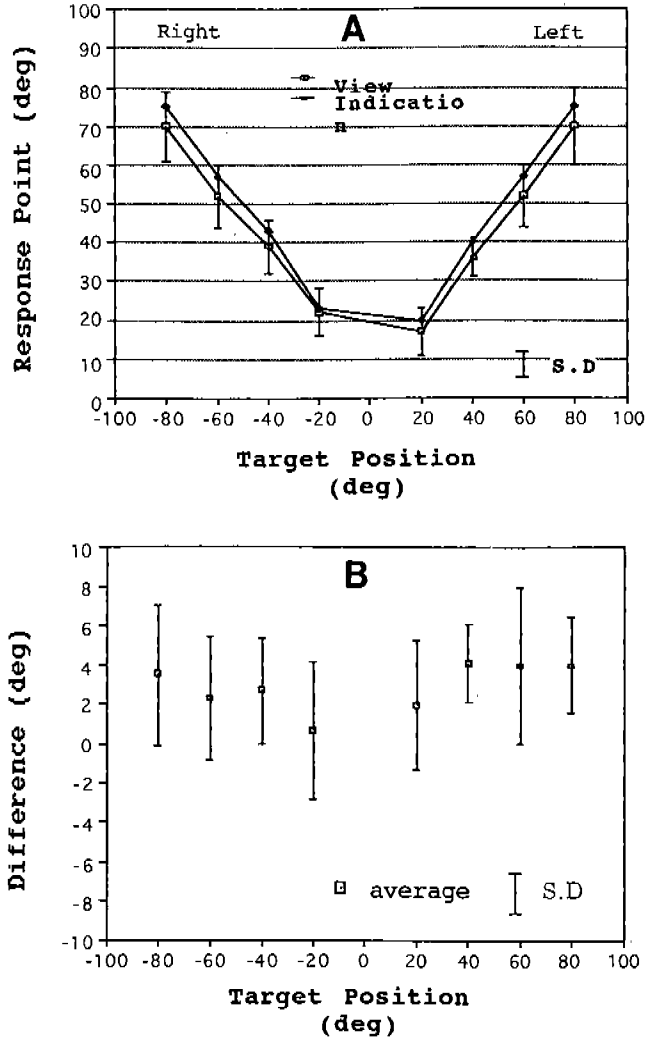


그림 5. 안구 및 머리의 움직임을 자유롭게 했을때 빛과 소리 자극에 대한 주시점 및 지시점의 관계. (A) 주시점 및 지시점의 수평성분, (B) 주시점에 대한 지시점의 차이

Fig. 5. View point and indication point to visual and auditory stimulation when the movement of both head and eye is free. (A) Horizontal components of view and indication point. (B) Substraction the view point from the indication point

제시한 빛의 각도를 나타내고 실선은 피검자의 지시 및 주시한 각도를 보여주고 있다. 원호는 표준편차를 나타낸다. 그림 5의 A로부터 중심방향 보다 주변방향의 표준편차가 증가하고 있음을 알 수 있고 제시 위치가 좌우 20도 쯤에서는 외측에 제시위치가 좌우 80도 근처에는 내측을 지시하는 경향이 보여지고 있다. 그림 5의 B로부터 지시좌표와 주시좌표는 동일한 경향을 갖고 거의 일치하고 있는것이 보여진다. 그림 6은 두부와 안구를 고정했을때의 빛과

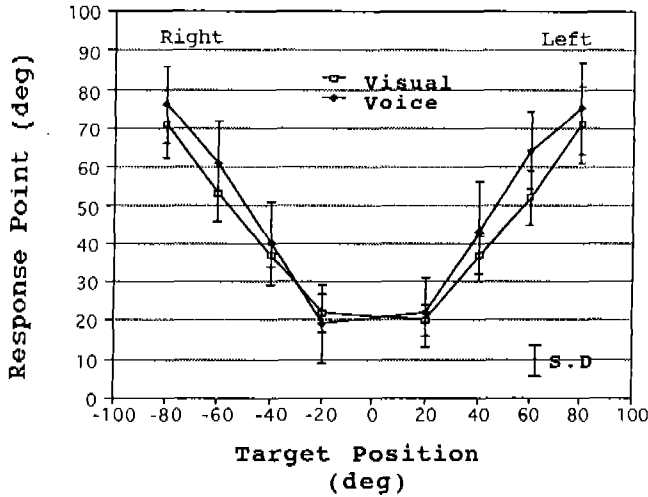


그림 6. 안구 및 머리의 움직임을 고정 했을때 빛 과 음성 자극에 대한 지시점의 관계

Fig. 6. Indication point to visual and auditory stimulation when the movement of both head and eye is fixed

음성제시 위치에 대한 지시위치의 관계를 보여주고 있다. 두부와 안구를 자유롭게 했을때와 동일한 경향을 보여주고 있으며 표준편차의 경우 두부와 안구를 고정했을때가 약간 큼을 알 수 있었다. 음성에 대한 지시결과를 보면 좌우 80도를 제외하고 우측의 경우는 거의 정확히 지시했으나 좌측의 경우는 지시편차가 커짐을 확인 할 수 있었다 (그림 6).

### 고찰 및 결론

그림 3에 보인것처럼 안구의 급격한 움직임을 나타내는 사카드와, 머리의 움직임에 대한 안구의 반대방향으로의 보상을 하는 전정안구반사를 확인 하였다. 안구의 방위각이 최고치로부터 감소 하는경우 주시점은 일정하게 하고 안구의 회전이 머리의 회전을 저지하고 있음을 확인할 수 있었다. 머리운동을 보상하는 안구운동인 전정안구반사운동은 운동상태에서의 주시의 안정화를 행하는데 중요한 역할을 한다는 사실을<sup>5)</sup> 말해주고 있다. 또한 소리자극의 경우 안구운동의 잠시는 제시방향에 의존하지 않았지만 시각자극의 경우는 중심에 비해 주변에서 좀더 지체됨을 확인 할 수 있었다.

그림 5로부터 제시각도가 크게됨에 따라서 지시좌표 및 주시좌표가 내측을 향하고 표준편차가 증가하는 것을 볼

수 있었고, 지시점에 비하여 주시점이 내측으로 좁아짐을 확인 할 수 있었다. 그러나 지시점은 주시점보다도 정확히 타게트를 포착하고 있다. 여기서 주시점 및 지시점이 같은 경향을 나타낸다는 사실은 Hepp<sup>6)</sup>의 결과와 일치하고 있다. 이것은 주변시에 들어오는 정보가 인간의 감각정보 처리과정의 어떤 원인에 의해서 내측에 압축되기 때문이라 사료된다. 통상 주변시에 시각정보가 존재하는 경우 사카드에 의해서 양안 시야내에 받아 드리려고 한다. 그래서 주변시로 어떤 물체를 보는 학습경험이 결핍되는 원인중의 하나로 생각된다. 또한 주변시에 있어서는 외부공간과 뇌를 거쳐서 출력된 지시점의 위치관계에 어긋남이 생기는 것이 아닌가도 생각되어 진다.

한편, 머리를 고정 했을때와 자유롭게 했을때 모두 같은 경향으로서 좌측방향의 지시위치가 어긋남을 보여주고 있는데 이것은 피검자가 모두 오른손을 주로 사용하기 때문인가 생각되는데 앞으로 왼손을 사용하는 피검자도 테스트하여 서로 비교 하는것이 필요하다고 본다. 또한 주시운동과 지시운동이 같은 경향을 보이고 있는것은 이러한 두 운동이 같은 명령에 의해서 행해지고 있다고 추측된다. 이러한 추론을 뒷받침하기 위해서는 앞으로도 더 많은 실험이 필요하다고 본다. 한편 본연구의 결과는 빛과 소리의 자극에 의해 빨리 동작 해야 하는 환경을 위한 맨머신 인터페이스의 연구에 참고 자료로서 활용될수 있다고 사료된다.

### References

- Schmid R., Zambairi D. *Eye movement analysis in neurological diagnosis*. Center of Bioengineering, Univ. of Pavia, Italy, 1979
- Takahashi M., Kato M., Mitobe K. *An apparatus for measuring eye and head movements using CCD image sensor and 3 SPACE*. IEEE BME. 13th Ann. Int. Con., 1991
- Bartz A.E. *Eye movement latency, duration and response time as a function of angular displacement*. J. Exp. Psychol., vol. 64, pp. 318-324, 1962
- White C.T., Eason C., Barlett N.R. *Latency and duration of eye movements in the horizontal plane*. J. Opt. Soc. Am., vol.52, pp.210-213, 1962
- Baloh R.W., Hourubia V. *Clinical Neurophysiology of vestibular system*. Philadelphia, Devis, 1979
- Hepp K. and Hepp-Reymond M.C. *Donder's and listing's law for reaching and grasping arm synergies*. Soc. Neurosci. Abstr., vol.15, pp.604, 1989