선행음 및 후속음이 음원의 방향지각에 미치는 영향에 관한 연구

A study on the effect of leading sound and following sound on sound localization

이 채 봉*
Chai-Bong Lee*

요 약

본 연구에서는 연속 마스킹과 같은 효과가 기준음보다도 선행되는 음(선행음)과 후속되는 음(후속음)이 음상정위에 미치는 영향을 레벨차 및 시간차(Inter Stimuli Interval : ISI)에 의한 변화를 청취실험을 하고 그 결과에 대하여 검토를 하였다. 기준음의 제시시간은 2ms이며 후속음 및 선행음의 제시시간은 10ms로 두었다. 제시음은 1kHz 정현파이며 좌우 귀에 도달하는 시간차(Interaural Time Difference : ITD)는 0.5ms로 두었다. 레벨차는 0, -10, -15, -20dB로 두어 제시하였다. 실험결과 선행음이 후속음보다도 음상정위에 크게 영향을 미치고 있음을 알았다. 그리고 선행음의 영향은 ISI의 값에 의존하고 ISI의 값이 작을 때 음상정위에 미치는 영향의 차가 있음을 알았다.

ABSTRACT

In this paper, the effects of the leading and the following sounds with single frequency on sound localization are investigated. The sounds with different levels and ISIs(Inter Stimuli Intervals) were used. The width of test sound is 2ms, and those of the leading and the following sounds are 10ms. 1 kHz of the test sound is utilized. The arrival time difference in the subject's ears is set to be 0.5ms. The four kinds of level differences used for one ISI are 0, -10, -15, and -20dB interval. The leading sound is found to have more effect on sound localization than the following sound is. The effect of the leading sound is also found to be dependent on the value of ISI. When the value of the ISI is small, different effects affecting the sound localization are observed.

Keywords : Sound Localization, Inter Stimuli Interval(ISI), Following Sound, Leading Sound, Interaural Time Difference(ITD), Masking Effect, Level Difference

Ⅰ. 서 론

음원의 정위에 관해서는 많은 연구가 되고 있으며 정위의 요인으로써 양귀사이의 레벨차 및 시간차가 잘 알려져 있다[1~4]. 그러나 우리가 생활하는 환경에 있어서는 단일 음원의 경우는 적으며 복수의 음원이 혼재하고 있는 경우가 많다. 이 때문에 어떤 하나의 음원의 위치를 인식하고자 하는 경우에 다른 음원에 의해 어떤 영향을 받는다. 이 영향에 의해 음상의 이동이나 음상의 정위정도의 변화 등이 일어난다[5~7]. 2개의 음이 존재하는 경우 그 시간 간격이 충분히 짧으면 하나의 음으로써 들리고 전체의 음이 들리는 위치는 제 1의 음에 의해 거의 결정된다. 이것을 선행음 효과라고 한다. 그리고 복수의 음원 및 소음하에서의 음의 검출에 대해서는 인간의 청각특성의 하나인 마스킹 효과가 있다. 넓은 의미의 마스킹은 소음으로 인하여 원하는 음이 전혀 들리지 않는 경우 뿐만 아니라 들리기 어렵게 된다. 따라서 마스킹 효과는 음의 지각에 영향을 미친다고 말할 수 있다. 또, 마스킹 작용은 청각의 기능을 조사하는 수단으로서 이용되고 있다. 이 마스킹 효과는 두 개의 음이 시간적으로 동시에 제시된 경우(동시 마스킹)와 시간적으로 전후로 제시된 경우(연속 마스킹)로 나눌 수 있다[8].

본 연구에서는 연속 마스킹과 같은 효과가 기준음보다도 선행되는 음(선행음)과 후속되는 음(후속음)이 음상정위에 미치는 영향을 레벨차 및 시간차(Inter Stimuli Interval : ISI)에 의한 변화를 단일 주파수로 청취실험을 하고 그 결과를 검토하였다

Ⅱ. 선행음 및 후속음에 대한 실험 방법

실험은 조용한 실내에서 하였으며 제시음은 컴퓨터를 사용하여 헤드폰(STAX-PRO)에 의해 양귀로 청취하였다. 피실험자는 정상인 청력을 가진 3명의 남자대학생으로 청취

* 동서대학교
투고 일자 : 2014.10.2 수정완료일자 : 2015. 4.10
게재확정일자 : 2015.5.1
※ 이 논문은 2014년도 동서대학교의 특별연구비 지원에 의해 수행되었음.

후, 즉시 응답하도록 하였다. 기준음의 제시시간은 2ms이며, 후속음 및 선행음의 제시시간은 10ms로 두었다. 제시음은 모두 1kHz 정현파이며 클릭 음을 방지하기 위해 0.5ms의 상승 및 하강시간을 가지도록 만들었다. 좌우 귀에 도달하는 시간차(Interaural Time Difference : ITD)는 0.5ms로 두었다. 선행음 및 후속음의 레벨은 인공귀(B&K 4152)와 주파수 분석기(B&K 2035)를 사용하여 70dB로 고정하였다.

실험 1(후속음의 영향)에 있어서 제시음의 시간변수는 그림 1과 같으며 레벨차는 0dB, -10dB, -15dB, -20dB로 두어 제시하였다. 자극음의 종류는 표 1과 같다.

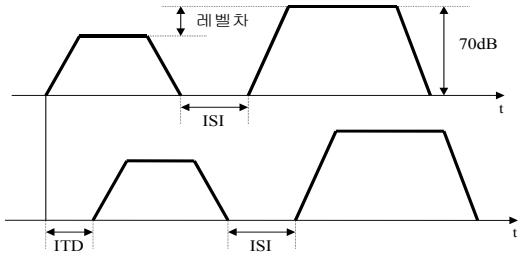


그림 1. 제시음의 시간(실험 1)
Fig. 1. Time of test sound(Experimentation 1)

표 1. 제시음의 변수(실험 1)
Table 1. Pattern of test sound(Experimentation 1)

ITD(ms)	0.5
ISI(ms)	3, 5, 10, 30
레벨차(dB)	0, -10, -15, -20

실험은 하나의 ISI에 4종류의 레벨차를 조합하였다. 또, 실험은 10회를 하나의 섹션으로 하여 하나의 ISI에 4섹션 40회 실시하였으며 레벨차는 4종류를 랜덤으로 제시하였다. 피실험자는 제시음이 제시된 후 그 음이 좌에 들리는가 우에 들리는가를 판단하도록 하였다.

실험 2(선행음의 영향)에 있어서 제시음의 시간변수는 그림 2와 같으며 레벨차는 실험 1과 같이 0dB, -10dB, -15dB, -20dB로 두어 제시하였다. 자극음의 종류는 표 2와 같다. 실험방법은 실험 1과 같으며 피실험자도 동일하다.

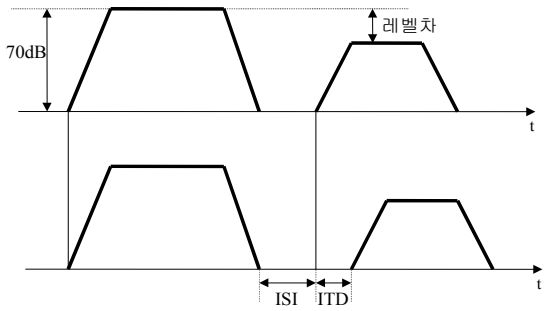


그림 2. 제시음의 시간(실험 2)
Fig. 2. Time of test sound(Experimentation 2)

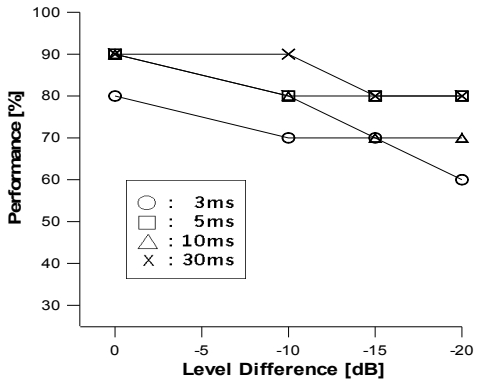
표 2. 제시음의 변수(실험 2)
Table 2. Pattern of test sound(Experimentation 2)

ITD(ms)	0.5
ISI(ms)	3, 5, 10, 30
레벨차(dB)	0, -10, -15, -20

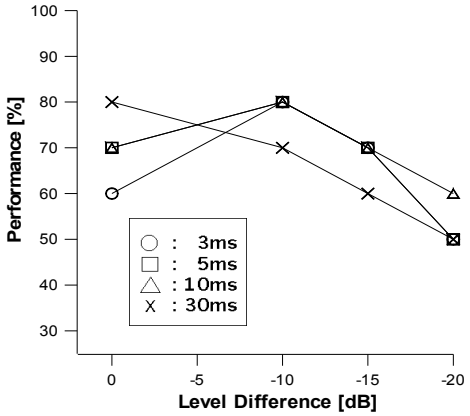
Ⅲ. 결과 및 검토

그림 3은 실험 1(후속음의 영향)에서 3명의 피실험자에게 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내었다. 제시음의 변수는 표 1과 같은 조건으로 하였으며 제시음이 좌에서 들리는지, 우에서 들리는지를 판단한 정확도를 퍼센트로 나타내었다. 그림 4는 실험 2(선행음의 영향)로 피실험자 3명의 결과를 평균한 값을 나타내고 있다. 실험방법은 실험 1과 같으며 제시음의 변수는 표2와 같다. 그림에서 가로축은 레벨차를 나타내며 세로축은 좌우 판단의 정확도를 나타내고 있다. 그림에서 각 피실험자 모두는 ISI의 값이 크게 됨에 따라 정확률의 값이 크게 되었으며, ISI의 차이에 의해 정확률의 변화는 작다. 또, 정확률이 75% 점의 값은 거의 -15dB 이상의 값에 있다. 이것은 후속음의 영향은 본 실험에서 이용한 변수의 범위에 있어서는 ISI의 값에 그다지 의존하지 않는다는 것을 알 수 있다.

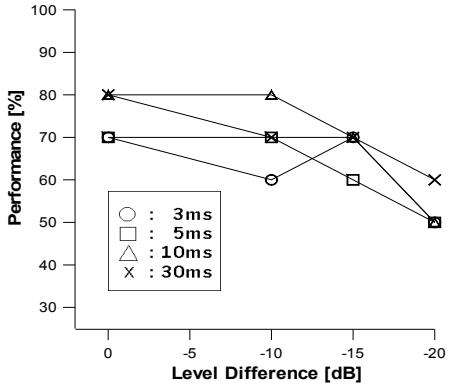
그림 5는 실험 1(후속음의 영향)에서 3명의 피실험자에서 얻은 결과를 평균한 값으로 나타내고 있으며, 그림 6은 실험 2(선행음의 영향)에서 3명의 결과를 평균한 값을 나타내었다. 실험 1과 마찬가지로 각 피실험자마다 ISI의 값이 크게 됨에 따라 정확률의 값은 크게 나타났다. 그러나 선행음의 경우에는 각 ISI마다의 정확률이 75% 점의 변화가 후속음의 경우보다도 매우 크다. 이것으로 부터 선행음의 영향은 ISI의 값에 크게 의존하고 있음을 알 수 있다.



(a) 피실험자 A

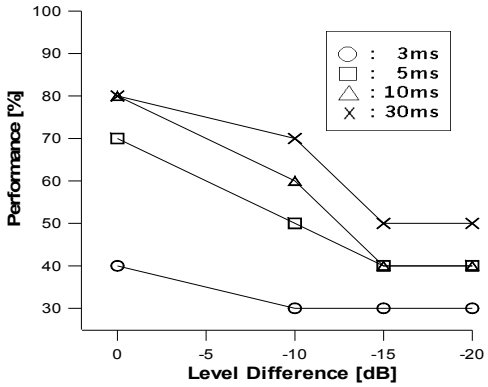


(b) 피실험자 B

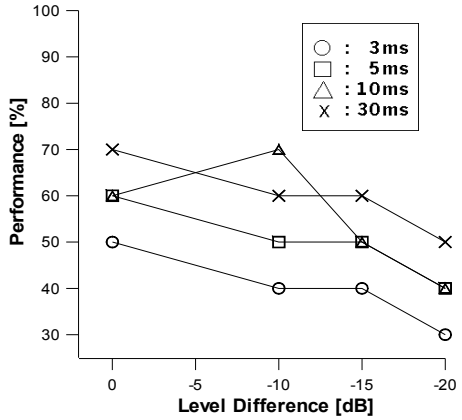


(c) 피실험자 C

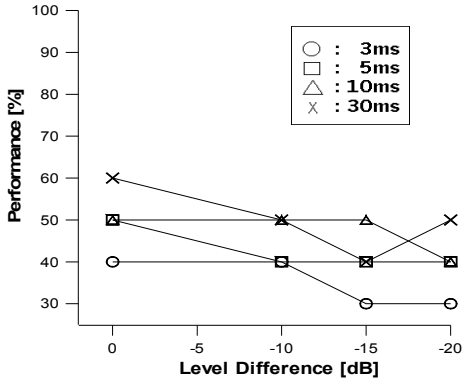
그림 3. 피실험자의 측정결과(실험 1)
Fig. 3. Result of measurement(Experimentation 1)



(a) 피실험자 A



(b) 피실험자 B



(c) 피실험자 C

그림 4. 피실험자의 측정결과(실험 2)
Fig. 4. Result of measurement(Experimentation 2)

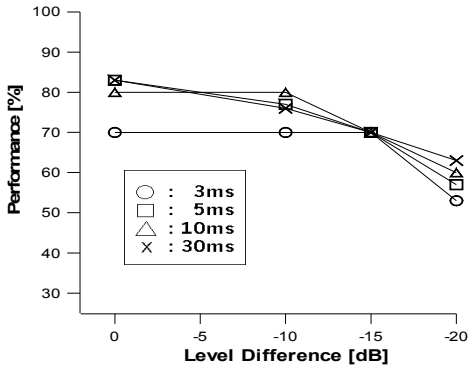


그림 5. 피실험자 3인의 평균 측정결과(실험 1)
Fig. 5. Average result(Experimentation 1)

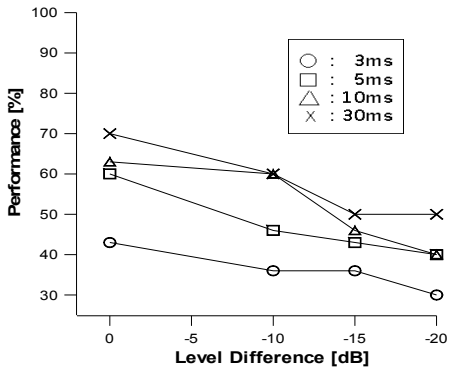


그림 6. 피실험자 3인의 평균 측정결과(실험 2)
Fig. 6. Average result(Experimentation 2)

Ⅴ. 결 론

본 연구에서는 인간의 청각 특성의 하나인 선행음 및 후속음이 음상정위에 미치는 영향에 대하여 검토하였다. 선행음 및 후속음의 레벨차나 ISI가 변함에 따라 음상정위가 어떠한 변화를 하는가에 대하여 1kHz 정현파를 이용하여 실험을 하였다.

실험 1에서는 각 피실험자가 ISI의 값이 크게 됨에 따라 정확률이 크게 되었으나, ISI의 차이에 의한 정확률의 변화는 크지 않았다. 또, 정확률이 75% 점의 값은 거의 -15dB 이상의 값에 있었다. 이것은 후속음의 영향은, 본 실험에서 이용한 변수의 범위에 있어서는 ISI의 값에 그다지 의존하지 않는다는 것을 알 수 있다.

실험 2에서는 실험 1과 같이 ISI의 값이 크게 됨에 따라 정확률이 크게 되었다. 그러나 실험 2의 경우에는 각 ISI 마다의 정확률의 75% 점의 변화가 실험 1의 후속음의 경우와 비교하면 크다.

본 실험에서 이용한 변수 범위에 있어서는 선행음이 후속음보다도 음상정위에 크게 영향을 미치고 있음을 알았다. 또 선행음의 영향은 ISI의 값에 의존하고 ISI의 값이 작을 때, 음상정위에 미치는 영향의 차가 있음을 알았다. 그리고 선행음 및 후속음의 존재에 의하여 각 피실험자의 음상정위에 있어서의 정확률이 75% 점의 변화는 ISI의 값이 작게 됨에 따라, 레벨의 값이 크게 되는 결과에서 마스킹 효과와 같은 효과가 일어났다.

참고 문헌

[1] Michael D.Good, Robert H.Gillkey, “Sound localization in noise : The effect of signal-to-noise ratio,” J.Acoust.Soc.Am 99(2), pp. 1108-1116. 1996.

[2] Elizabeth M. Wenzel, Marianne Arruda and Doris J. Kistle, Frederic L. Wightman, “Localization using nonindividualized head-related transfer functions”, J.Acoust.Soc.Am. 94(1), July, 1993.

[3] H. Nakashima, T. Usagawa, “Frequency domain binaural model based on interaural phase and levrl difference,“ Acoustical Science & Technology Vol. 24, No. 4, pp. 172-178, 2003.

[5] Y. Chisaki, S. Kawano, K. Nagata, K.Mastuo,“Azimuthal and elevation location of two sound sources using interaural phase and level difference,“ Acoustical Science & Technology, Vol. 29, No. 2, pp. 139-148, 2008.

[6] Frederic L.Wightman, Doris J.Kistler, “The dominant role of low-frequency interaural time differences in sound localization”, J.Acoust.Soc.Am. 91(3), March, 1992.

[7] 채종덕, 이채봉, “반사음이 음상정위에 미치는 영향,“ 2013하계학술대회 논문집, 한국신호처리 시스템학회, pp. 8-10, 2013.

[8] H.Fastle, “Temporal Masking Effects : Ⅲ. Pure Tone Masker,” ACUSTICA, Vol.43, pp 282-294. 1979.

이 채 봉 (Chai-bong Lee)
正會員
1985년 동아대학교 전자공학(공학사)
1988년 일본 동북대학 전기 및 통신 전공 (공학박사)
1992년 일본 동북대학 전기 및 통신 전공 (공학박사)

1993년 ~ 현재 동서대학교 전자공학과 교수
※주관심분야 : 음향공학, 청각심리, 디지털 신호처리