

# 민간항공기와 군용항공기 소음에 의한 성가심 반응 비교

## Comparison of community annoyance from commercial and military aircraft noise

이수갑† · 김규태\* · 김재환\* · 홍지영\* · 임창우\*\*  
Soogab Lee, Kyutae Kim, Jaehwan Kim, Jiyoung Hong and Changwoo Lim

**Key Words :** 성가심(Annoyance), 민간항공기 소음(Commercial aircraft noise), 군용항공기 소음(military aircraft noise)

### ABSTRACT

The noise problem has been a public interest for several years in Korea. Especially, the noises which were emitted from aircrafts on the airport and in the air have injurious effects on people over a vast range. Hence, there need vast data on the aircraft noise to evaluate the effect of various parameters. In present study, the works which consist of social surveys and noise measurements were conducted at points near the airport and the airbase. Total of 1,784 participants give effective responses in forty-five areas nearby the measurement points. Questionnaires asked the responses concerned with attitude, noise sensitivity, directive effects, secondary effects, annoyance and attempts to lower noise level exposed. From the field survey, the dose-response relationship of community response to aircraft noise was established and there are different characteristics between civil and military aircraft. Though the study is still continuing on a few interest, one among some results is that %HA (%highly annoyed) of civil aircraft is higher than military's under the 70 WECPNL.

## 1. 서 론

WHO 및 EC 는 환경소음 노출에 의한 인체 위해성 평가를 위해 소음에 의한 주민의 높은 성가심 호소 비율(Percentage of highly annoyed, %HA) 등과 같은 환경건강지시치를 제안하고 있다. 그러나 이에 대한 정량화의 구체적 방안은 제안하지 못하고 있는데 그 이유는 소음에 대한 성가심 반응은 소음원 종류, 소음레벨과 같은 음향학적 특성뿐 아니라 문화, 언어 및 기후 등과 같은 비음향학적 특성에 대해서도 많은 영향을 받으며 심지어 동일한 소음에 대해서도 개인에 따라 느끼는 성가심 정도는 다르기 때문이다.

환경소음이 미국을 비롯한 환경 선진국을 중심으로 사회적 이슈가 되기 시작한 것은 1950년대 이후이다. Schultz 는 50년대 이후 여러 나라에서 수행되었던 항공기, 철도 및 도로소음에 의해 야기되는 성가심에 대한 social survey 결과를 처음으로 정리하였으며, 이를 위해 11개 지역 161개 지점에서 수행된 24개의 연구 결과를 취합하여, 다양한 환경에서 조사된 성가심 척도 중 상위 28% 이상의 성가심을 보이는

사람을 ‘Highly annoyed’로 정의하여 소음도( $L_{dn}$ )에 따른 ‘Highly annoyed’ 예측곡선을 제안하였다 [1].

Schultz 이전에도 여러 연구자들은 항공기 소음과 육상교통(철도 및 도로) 소음을 구분하여 각각에 대한 비교 연구를 수행하였고, 이때 ‘A’ 주파수 특성으로 보정된  $L_{eq}$  가 소음단위로 사용되었다 [1-4]. 이들 연구에서 항공기 소음과 육상교통 소음은 성가심 반응에 차이를 나타냈으며, 이는 항공기 소음의 불규칙적인 발생 외에 저주파 소음 특성 등에 의한 것으로 알려졌다 [5].

항공기 소음의 성가심 반응에 대한 보다 정확한 예측을 위해서는 항공기 소음의 주파수 특성뿐 아니라 소음도의 시간에 따른 변화율 및 발생시간 등 다양한 정보를 고려해야 한다는 연구 결과도 있다 [8, 9]. 특히, 공항 주변은 항공기 소음에 의한 분쟁 및 피해보상 가능성과 연관되어 해당 지역의 주민들은 항공기 소음의 피해에 대해 민감하여 성가심 반응의 예측을 보다 어렵고 복잡하게 한다 [10].

Schultz 는 소음레벨, 발생시간, 발생경향, 계절, 기후 등 성가심 반응에 영향을 미치는 요인들을 크게 음향학적 요인과 비음향학적 요인으로 구분하였으며, 이들 요인이 소음에 대한 주민들의 반응에 미치는 영향에 관한 연구가 환경소음 새로운 연구 분야로서 주목을 받고 있다 [10-13].

항공기 소음의 영향을 연구할 때, 조사 대상자는 공항 주변 지역에서 생활하고 있는

† 이수갑 ; 정회원, 서울대학교 기계항공공학부  
E-mail : [sollee@snu.ac.kr](mailto:sollee@snu.ac.kr)  
Tel : (02) 880-7384, Fax : (02) 875-4360

\* 서울대학교 기계항공공학부 대학원

\*\* 공군본부 환경과

주민들로, 따라서 대부분의 연구는 이들이 ‘집’이나 ‘생활구역’에서 항공기 소음에 대해 느끼는 성가심을 조사한다.

최근 서울대학교 연구진은 항공기 소음을 민간항공기와 군용항공기 소음으로 구분하여 각각에 대한 성가심 반응을 조사하였다 [14, 17]. 이는 기존의 국내외 연구에서 항공기 소음을 민간항공기와 군용항공기로 구분하지 않고 동일한 성가심 반응을 조사한 것과 달리 민간항공기와 군용항공기 소음의 차이에 의한 영향을 성가심 반응의 측면에서 살펴보기 위하여 이루어졌다.

## 2. 항공기 소음 영향 조사

### 2.1 소음 측정

민간항공기와 군용항공기 소음에 대한 성가심 반응 조사를 위해 본 연구에서는 김포와 김해의 민간공항 2 곳과 대구와 수원의 공군기지 2 곳을 선정하였다.

항공기 소음에 의한 대상지역의 소음도 산출을 위해 환경부에서 관리 및 운용하고 있는 항공기 자동측정망(B&K type 3597)을 이용하였으며, 자동 측정망이 설치되어 있지 않은 지역에 대해서는 소음계(B&K type 2238, type 2250)를 이용하여 측정을 수행하였다.

총 25 개 지점 중 군용항공기 소음 대상지역인 대구공항 주변의 7 개 지점의 측정데이터를 소음도 산출 시 이용하였으며, 항공기 자동측정망이 설치되어 있지 않은 지역에서의 소음도 산출은 소음계를 이용한 4 일간의 소음측정을 통해 노출 소음도를 구하였다.

또, 소음측정 시 지형지물에 의한 항공기 소음의 차단을 피하기 위해 건물의 옥상에서 측정을 수행하였다. 소음계는 옥상 바닥으로부터 1.5m 높이의 삼각대 위에 설치되었고 모든 반사 가능한 벽으로부터 1m 이상 떨어지도록 하였다.

본 연구에서는 항공기 소음도 산출을 위해 WECPNL 과  $L_{dn}$  을 사용하였다. WECPNL 은 현재 우리나라에서 항공기 소음 단위로 사용하고 있으며,  $L_{dn}$  은 본 연구와 외국 연구의 결과를 비교하기 위해 사용하였다.

$L_{dn}$  (Day-night average sound level)은 등가소음도를 기본으로 야간시간에 10dB 의 벌칙을 부과하여 식 (1)로부터 산출한다.

$$L_{dn} = 10 \log_{10} \left( \frac{15}{24} 10^{0.1L_{day}} + \frac{9}{24} 10^{0.1L_{night}} \right) \quad (1)$$

본 논문에서 사용된 WECPNL 은 ICAO 에서 제안된 WECPNL 을 수정, 간소화한 것으로 우리나라

WECPNL =  $\overline{L_{Amax}} + 10 \log_{10}(N_2 + 3N_3 + 10(N_1 + N_4)) - 27$  라와 일본에서 사용하고 있으며 다음 식 (2)와 같이 산출한다.

(2)

여기서,  $\overline{L_{Amax}}$  는 1 일중 각 항공기의 당일 평균 최대소음레벨을 나타내며,  $N_1, N_2, N_3, N_4$  는 각각 0 시~07 시, 07 시~19 시, 19 시~22 시 및 22 시~24 시에서의 항공기 운항횟수를 나타낸다.

### 2.2 설문 조사

공항과 인접한 지역의 주민들이 항공기 소음에 대해 느끼는 성가심 반응은 설문 조사를 통하여 조사하고 통계적 분석방법을 이용하여 정량화 할 수 있다. 설문 조사는 소음 측정 지역을 중심으로 조사 지역에 거주하고 있는 주민을 대상으로 훈련된 조사자가 face-to-face 방식에 의해 수행하였다.

성가심 반응은 11-point numerical scale(성가심이 전혀 없는 경우='0', 매우 큰 경우='10')을 사용하여 조사하였다. 성가심 반응이 '6' 이상일 경우에는 노출 소음도에 대한 주민의 성가심이 높은 수준으로 'A'(annoyed) 범주로 나타내고, 성가심 반응이 '8' 이상일 경우에는 성가심이 매우 높은 수준으로 'HA'(highly annoyed) 범주로 나타낼 수 있다.

WHO 및 EC 에서 제안하는 소음에 의한 인체 위해성 평가 지시치는 다음과 같다.

- %HA: 높은 성가심을 호소하는 주민 백분율
- %A: 보통으로 성가심을 호소하는 주민 백분율

항공기 소음 지역 주민들이 소음에 대해 성가심을 호소하는 비율을 조사하여, 본 연구에서 성가심 예측을 위하여 최우추정법(Maximum Likelihood Estimation, MLE) 기반의 Binary Logistic Regression analysis 를 통계적 기법으로 사용하였다.

#### (1) 민간항공기 소음

민간항공기 소음지역에 대한 설문조사는 김포공항 11 개 지점과 김해공항 9 개 지점의 소음측정 위치로부터 100m 이내 지역에 거주하고 있는 주

민을 대상으로 수행하였으며, 수행된 설문조사자 수는 김포공항 지역이 401 명, 김해공항 지역이 352 명으로 총 753 명의 주민을 대상으로 수행하였다.

Table 1: the grouping of respondents in civil aircraft

Gender (%)	Age (%)	Edu. (%)	H.O. (%)	R.L. (%)
Women (67)	40~60 (38)	High (44)	Owner (72)	3~10 (36)
Men (33)	20~40 (37)	University (23)	Renter (24)	10~30 (32)
	60~80 (17)	Middle (16)		1~3 (18)
	10~20 (6)	Elementary (11)		over 30 (7)
	etc	Uneducated (6)		under 1 (7)

주) Edu. (Education level), H.O. (Homeownership), R.L. (Residential year length)

### (2) 군용항공기 소음

군용항공기 소음지역의 경우 수원공항과 대구공항 인근 지역이 조사 지역으로 선정되었으며, 각각 549 명과 482 명의 주민들이 설문 조사에 참여하여 총 1,031 명의 설문조사자를 대상으로 수행하였다. 측정지점은 수원공항 지역에서 14 개 지점, 대구공항 지역에서 11 개 지점이 선정되었다.

Table 2: the grouping of respondents in military aircraft

Gender (%)	Age (%)	Edu. (%)	H.O. (%)	R.L. (%)
Women (88)	20~40 (38)	High (46)	Owner (76)	3~10 (36)
Men (12)	40~60 (37)	University (47)	Renter (22)	1~3 (32)
	60~80 (17)	Middle (4)	etc	10~30 (10)
	10~20 (1)	Elementary (2)		under 1 (16)
	etc	Uneducated (1)		etc

주) Edu. (Education level), H.O. (Homeownership), R.L. (Residential year length)

### 3. 결과 분석

Figure 1은 민간항공기 소음에 대한 본 연구의

결과와 외국의 연구결과를 비교한 것이다. 외국의 경우 대부분의 field survey 가 대도시 주변의 배경소음이 큰 지역에서 수행되었기 때문에, 좀 더 타당한 비교를 위하여 본 연구에서 조사된 배경소음이 매우 낮은 지역에 대한 데이터는 제외하였다.

그림에서 데이터 포인트는 본 연구에서 수행한 각 지역에 대한 field survey 결과를 나타낸 것이며, 실선은 field survey 자료를 토대로 로지스틱 분석을 통하여 얻은 결과를 나타낸 것이다. 점선과 이점쇄선은 Finegold 와 Miedema 의 결과로 수십년 동안 외국에서 수행되었던 조사 결과를 power fit 과 logistic fit 을 이용하여 구한 것이다 [15, 16]. 그림으로부터 각 예측식의 소음도( $L_{dn}$ )에 따른 %HA 값이 차이를 보임을 알 수 있는데, 선행 연구에 따르면 각 연구들 간에 차이를 유발하는 원인은 연구가 수행된 지역의 문화와 언어의 차이 뿐 아니라 연구를 위해 사용된 질의서, 기후조건 및 연구가 수행된 시기 등에 따라 상당한 차이가 발생할 수 있다.

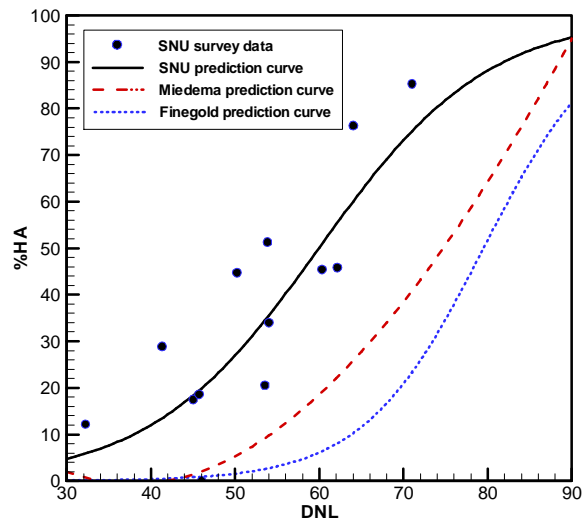


Figure 2: Comparison of surveys using the percent highly annoyed (Korea, EU, U.S.A.) [7, 17, 18]

본 연구로부터 우리나라 사람들이 외국의 경우와 비교해 동일한 소음도에 대해 더 높은 성가심을 호소하고 있으며, 이는 한국인이 외국에 비해 소음에 대해 더 민감하다 할 수 있다.

Figure 2 는 일본의 연구 결과와 비교한 것으로, 일본인의 성가심 반응은 동일 소음도에서 서양에 비하여 높게 나타나고 우리나라에 비하여는 낮게 나타난다.

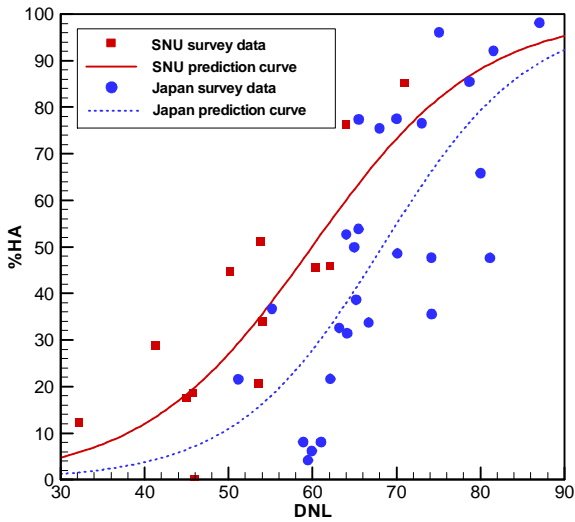


Figure 2: Comparison of surveys using the percent highly annoyed(Korea, Japan).

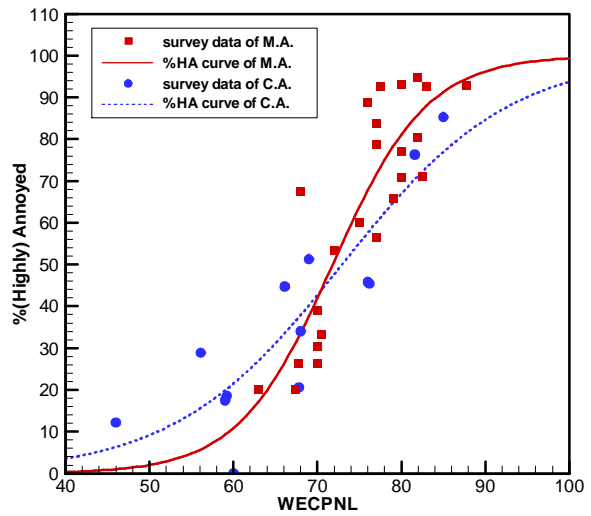


Figure 4: Comparison between civil and military aircraft noise base on %HA

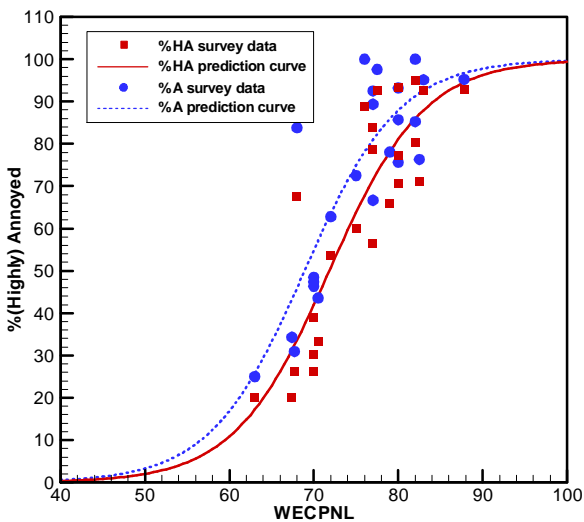


Figure 3: %highly annoyed, %annoyed of military aircraft noise

Figure 3 은 군용항공기에 대한 성가심 반응 모델을 나타낸다. 빨간색 데이터 포인트와 점선은 %A 에 대한 field survey 결과와 %A prediction curve 를 나타내고, 파란색 데이터 포인트와 실선은 %HA 에 대한 field survey 결과와 %HA prediction curve 를 나타낸다.

민간항공기와 군용항공기의 성가심 반응 모델은 Figure 4 에서 비교하였다. 70 WECPNL 이하의 소음도에서는 민간항공기 소음에 대한 성가심이 군용항공기 소음에 대한 성가심보다 높고, 70 WECPNL 이상의 소음도에서는 군용항공기 소음에 대한 성가심이 민간항공기 소음에 대한 성가심보다 높은 것으로 나타나 70 WECPNL 을 기준으로 성가심 반응 차이가 정반대의 성향을 보인다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 WHO, EC 에서 소음의 인체 위해성 평가지표로 제안하고 있는 성가심 반응을 이용하여 항공기 소음에 장시간 노출된 주민을 대상으로 소음의 물리적 크기에 대한 위해요인의 정량화 연구를 수행하였으며, WHO 와 ICEN 에서 권장하는 최근의 질의서를 토대로 하여 우리말 질의서를 개발하고 이를 이용하여 주관적 반응을 파악하였다. 민간항공기 및 군용항공기에 의해 발생하는 노출 소음도와 노출지역 주민의 높은 성가심을 호소하는 군집비율(%HA)과의 상관관계 연구를 위하여 45 개 지역 1,784 명에 대한 Field survey(소음측정+설문조사)를 수행하였으며 여기서 구축된 데이터를 이용하여 각 소음원에 대한 %HA 의 정량평가 모델을 도출하였다. 한국인을 대상으로 수행한 본 연구의 결과와 외국의 선행연구의 결과를 비교하면 다음과 같다.

주로 유럽과 미주지역에 거주하는 사람들을 대상으로 수행된 자료를 토대로 하여 도출된 외국의 연구결과에 따르면 동일한 크기의 민간항공기 소음에 노출된다 할지라도 한국인의 성가심 반응(%HA)이 외국 결과에 비해 크며, 이로부터 한국인이 외국에 비해 소음에 대해 더 민감하다 할 수 있다.

이러한 차이가 유발되는 가장 주요한 이유로는 우리나라와 외국 사람들이 각각의 소음원에 대해 가지고 있는 문화적 혹은 소음이 노출되는 지역적 차이로 인해 발생하는 것으로 우리나라와 유사한 생활권을 가지고 있는 일본의 경우에서도 유사한

연구 결과가 발표되고 있다.

또한, 민간항공기와 군용항공기의 %HA prediction curve 를 비교한 그림에서 알 수 있듯이, 70 WECPNL 을 기준으로 사람들의 소음에 대한 성가심 반응 차이가 정반대의 성향을 보인다. 일반적으로 소음도가 낮을 때에는 소음에 대한 성가심 호소비율이 낮기 때문에 사회적으로 소음에 대한 문제가 공론화 되지 못한다. 그러나 건교부 항공법 시행령 고시 환경 소음 기준치인 75 WECPNL 이상이 되면 각종 환경 분쟁을 일으키는데 본 연구의 결과와 같이 동일한 소음일지라도 군용 항공기가 사람에게 주는 위해 요인은 민간항공기의 그것에 비해서 훨씬 크다고 할 수 있다. 따라서 군용 항공기의 경우 그 소음 수준에 따라 적정 수준의 Penalty 를 주는 것이 합당하다고 판단된다.

## 후 기

본 연구는 한국환경기술진흥원의 차세대 환경 기술 개발사업의 지원으로 수행되었습니다.

## 참고문헌

- (1) T. J. Schultz, "Synthesis of social surveys on noise annoyance," *Journal of the Acoustical Society of America*, **64**(2), 377-405 (1978).
- (2) S. Fidell, R. Horonjeff, J. Mills, E. Baldwin, S. Teffeteller and K. Pearsons, "Aircraft noise annoyance at three joint air carrier and general aviation airports," *Journal of the Acoustical Society of America*, **77**, 1054-1068 (1985).
- (3) K. D. Kryter, "Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, **72**(4), 1222-1242 (1982).
- (4) K. D. Kryter, "Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise (Response of K. D. Kryter to modified comments by T. J. Schultz of K. D. Kryter's paper)," *Journal of the Acoustical Society of America*, **73**, 1066-1068 (1983).
- (5) S. Fidell, K. Pearsons, L. Silvati and M. Sneddon, "Relationship between low-frequency aircraft noise and annoyance due to rattle and vibration," *Journal of the Acoustical Society of America*, **111**, 1743-1750 (2002).
- (6) J. Vos, "Annoyance caused by simultaneous impulse, road-traffic and aircraft sounds: A quantitative model," *Journal of the Acoustical Society of America*, **91**, 3330-3345 (1992).
- (7) S. Fidell, D. S. Barber and T. J. Schultz, "Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, **89**(1), 221-233 (1991).
- (8) N. H. Krog and B. Engdahl, "Annoyance with aircraft noise in local recreational areas, contingent on changes in exposure and other context variables," *Journal of the Acoustical Society of America*, **116**, 323-333 (2004).
- (9) S. Fidell, L. Silvati and E. Haboly, "Social survey of community response to a step change in aircraft noise exposure," *Journal of the Acoustical Society of America*, **111**, 200-209 (2002).
- (10) Irene van Kamp, R. F. Soames Job, J. Hatfield, M. Haines, R. K. Stellato and S. A. Stansfeld, "The role of noise sensitivity in the noise-response relation: A comparison of three international airports studies," *Journal of the Acoustical Society of America*, **116**, 3471-3479 (2004).
- (11) H. M. E. Miedema, and H. Vos, 1999, "Demographic and attitudinal factors that modify annoyance from transportation noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, **105**, 3336-3344 (1999).
- (12) D. M. Green and S. Fiell, "Variability in the criterion for reporting annoyance in community noise surveys," *Journal of the Acoustical Society of America*, **89**, 234-243 (1991).
- (13) J. M. Fields, "Effects of personal and situational variables on noise annoyance in residential areas," *Journal of the Acoustical Society of America*, **93**, 2753-2763(1993).
- (14) C. Lim, J. Kim, J. Hong, H. Sun and S. Lee, "Community annoyance from civil aircraft noise in Korea," *Proceedings of INTER-NOISE 05, Rio de Janeiro, Brazil, 2005*.
- (15) L.S. Finegold, C.S. Harris, H.E. von Gierke, "Community annoyance and sleep disturbance: updated criteria for assessing the impacts of general transportation noise on people," *Noise Control Engineering Journal*, **42**, 25-30. 1994.
- (16) H. M. E. Miedema and H. Vos, "Exposure-response relationships for transportation noise," *Journal of the Acoustical Society of America*, **104**, 3432-3445 (1998).
- (17) Changwoo Lim, Jaehwan Kim, Jiyong Hong, Soogab Lee and Soojoo Lee, "The relationship between civil aircraft noise and community annoyance in Korea," *Journal of Sound and Vibration*, **299**(3), 575-586, 2007
- (18) H. M. E. Miedema, H. Vos and Ronald G. de Jong, "Community reaction to aircraft noise: Time-of-day penalty and tradeoff between levels of overflights," *Journal of the Acoustical Society of America*, **107**, 3245-3253 (2000).