

漸増刺激法による EV/HEV 車サイン音の音像定位評価の安定性

Stability of the result in incremental stimulus evaluation method for sound source localization of EV/HEV sign signal..

竹内 大貴+金子 格+

Daiki Takeuchi, Itaru Kaneko

1. 目的

EV/HEV の低速走行時に歩行者に接近を知らせる為のサイン音が定着してきた 1)。我々はどうのようなサイン音が適しているかという問題を研究課題として取り組んでいる。その中でも周波数と定位の認知に関する調査を重点的に行ってきた。

垂直方向の定位に、7khz と 9khz のピークとノッチが寄与していることは広く知られているが、それらの周波数帯域を持たない、動的な刺激音を用いた実験で、反射のある環境であれば上下定位の認知が可能であるという結果が山口らにより報告されている 2)。また、周波数帯域幅を狭めていき、定位の判断が困難になる帯域幅の閾値の調査 3)や、再生装置を後方に置くことでの変化、騒音がどれほど影響するか 4)など、環境や刺激音の条件を変える事で評価手法の検討をしてきた。

これら漸増刺激法を用いた実験はこれまで被験者 10 名前後で 1 度のみしか行ってこなかった。車両用サイン音を検討する場合、結果の安定性も重要になる。本研究では過去の実験を再度行い、その安定性の確認と評価法としての試聴実験そのものの見直しを行った。

2. 実験

2.1 刺激音

刺激音は我々のグループで漸増刺激法として採用している漸増刺激音を使った。漸増刺激音とは、EV/HEV のサイン音を検討するため、その動的特性を踏まえ、音量の増大で車両が接近する場面を簡素に再現した刺激音である。実験では被験者がどれほど敏速に定位を判断できるか、をもってその認知性を評価した。

Scilab を使い 0.5 秒毎に音量が 5dB ずつ上昇するシーケンスを含むホワイトノイズと駅のベルのような試験音、1kHz、2.5kHz、4kHz、5.5kHz、7kHz の 5 種類のローパスフィルタを生成した。それらから周波数帯域幅の異なるホワイトノイズ 5 種とベル音を、それぞれ左右単体のみの再生音として書き出し、計 12 種類用意する。今回の実験ではアタック時間 0.00001 秒、リリース時間 0.1 秒に固定した。RMS 値は統一し、実験では最大 65dB となるよう調節した。

2.2 実験環境

図 1 に機材配置側面図、図 2 に実験環境と室内の配置図を示す。被験者は研究室に所属する学生などに声をかけ集めた。全員男性で年齢は 20、21 歳、聴覚に顕著な障害を持つ者は含まれていない。

スピーカは BOSE Computer MusicMonitor を使った。机の上に置き、床から 700mm の位置に左右 80mm 離し設置した。上下定位の場合は 500mm 上方にもう一方のスピー

カを設置した。椅子は机から 1000mm 離れている。被験者には片方のスピーカに偏りすぎない姿勢をとる事を心掛けさせた。

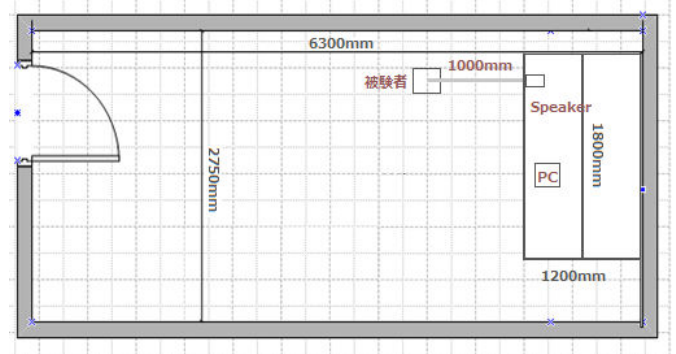


図 1 9号館大学院ゼミ室内機材配置図

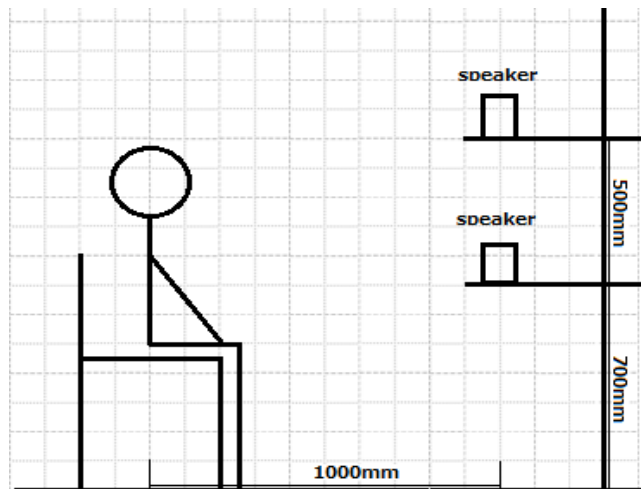


図 2 東京工芸大学 9 号館 3 階小ゼミ室内実験機材配置側面図(上下定位の場合の配置、左右低位では高さ 700mm の位置に左右 30mm 離して設置)

2.3 被験者回答とアプリケーション

図 3 に刺激音再生のためのアプリケーションを示す。起動時に設定された数の音声を読み込み、発生させた乱数によって再生順をランダムに再配置した。実験では OK ボタンのみを操作させた。OK ボタンを押すと 2 秒の無音の後、先頭の刺激音が 4.5 秒間再生される、その間に被験者が回答すればその回答内容と反応時間がテキストファイルに出力される。刺激音の再生後は待機状態になる。待機状態で OK ボタンを押すと、次の刺激音が再生される。最後の刺激音まで、これを繰り返した。

確実な回答を得るため、被験者の当てずっぽうな回答をされないよう、わからない場合の無回答を勧め、また間違えた場合は実験を始めからやり直しとした。

回答の入力にはキーボードを用いた。上下定位では上下キー、左右定位では右が上、左が下キーで回答させた。

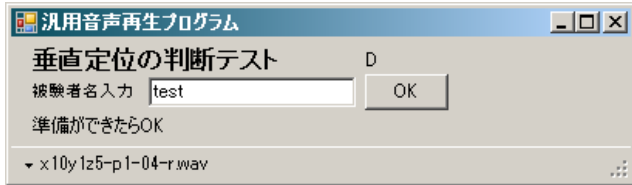


図3 Microsoft Visual Studio 2008で作成した刺激音を再生するために汎用音声再生プログラム

3. 結果

図4,5 累計と3回の実験結果を比較したグラフを示す。正答率は3回目の実験結果から求めた。標本数は正答の数である。1回目の1kHz刺激音は標本不足から信頼区間を求めていない。ベル音は2回目の実験から追加した。

上下定位では正答率が低いが誤答の回答時間は正答と区別して扱った。図5では各信号種別毎に正答率を示し、グラフには無回答、誤答を除き正答した回答のみについて回答時間を集計した結果を示している。1kHz刺激音、ベル音で上下定位認知は困難であることが示されている。

左右定位は正答率が100%になり安定して定位の認知が可能だったが、素早い回答と熟考からの回答に二極化し信頼区間が大きくなった。7kHz試験音は上下定位実験で他と比べて正答率、反応時間が良くなった。2.5、4、5.5kHz試験音は、標本数が増えると平均反応時間、信頼区間共に似たような値だが、2.5kHzのみ正答率が良い。

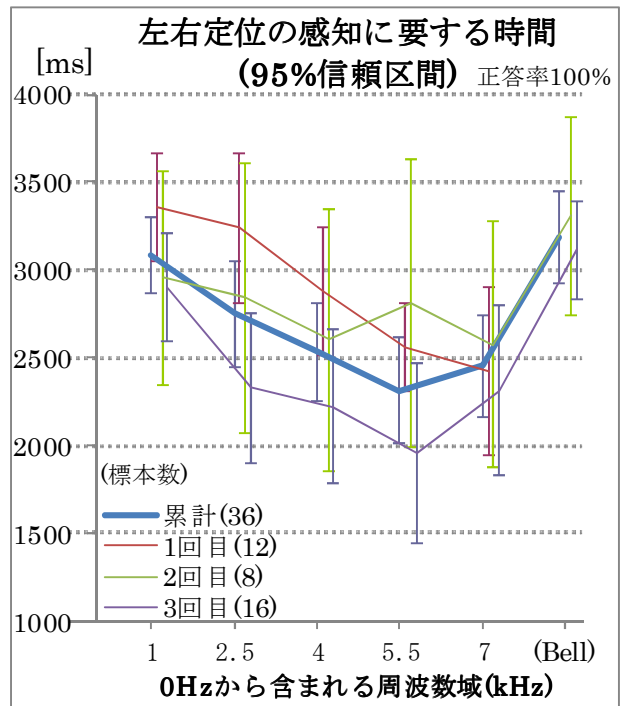


図5 95%信頼区間をもつ、被験者が各刺激音の左右定位の感知に必要な平均時間と3回目実験の正答率

4. 考察

前回の報告で左右定位は2.5kHz以上の帯域幅で良好であるという結果が得られていたが、複数回の実験で安定して同様の結果が得られることがわかった。

上下定位の認知については、1kHzから2.5kHzの間に閾値があるが、全体的な特性も実験によって多少異なっている。この差は、実験場所のセッティングの差によるものか、被験者の差によるものかはわからない。どのような要素が実験結果に影響しているかを今後確認する必要がある。

参考文献

- [1]国土交通省, ハイブリッド車等の静音性に関する対策のガイドライン, <http://www.mlit.go.jp/common/000057372.pdf>
- [2]金子格, 土屋慶多, 山口隼人, 本人のHRTFから合成した仮想音源による有響室における音像定位の主観評価試験法. 電子情報通信学会技術研究報告. EA, 応用音響 110(285), 49-54, 2010
- [3]竹内大貴, 金子格: 漸増刺激と瞬時回答を用いたサイン音の定位の主観評価, 情報科学技術フォーラム. 巻:FIT2011 頁:335-336 特殊号:講演論文集 第4分冊, 2011
- [4]EV/HEVの報知音を想定した漸増刺激音の定位の主観評価(応用音響) 竹内大貴, 大山貴紀, 金子格: 電子情報通信学会技術研究報告: 信学技報 112(347), 41-45, 2012-12-13

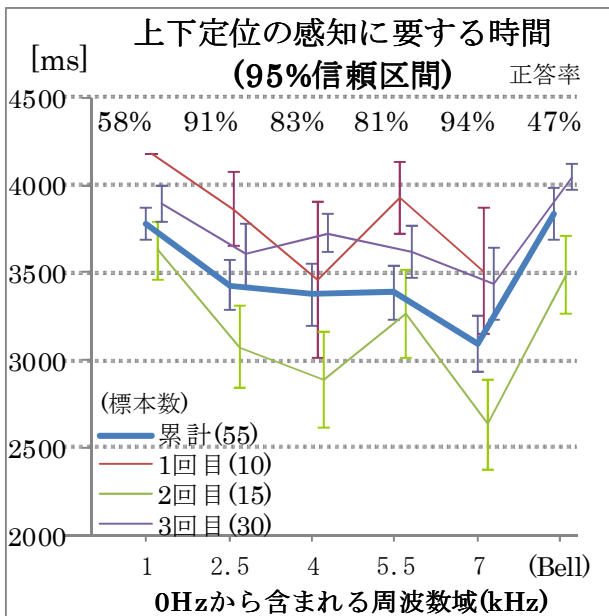


図4 95%信頼区間をもつ、被験者が各刺激音の上下定位の感知に必要な平均時間と3回目実験の正答率