

## 聴覚刺激と身体運動の同時性判断における 順応に関する研究\*

☆樋田 浩一, 上野 佳奈子, 嶋田 総太郎 (明治大, JST CREST)

### 1 はじめに

我々が外界との関わりのなかで活動する上で、身体運動に伴う外界からの感覚情報の統合処理は重要な役割を担っている。自らの身体運動と感覚情報の対応付けがなされる条件として、両者の時間的整合性が挙げられる。身体運動に対するフィードバックとして聴覚刺激を呈示するような音響システムを構築する場合には、この時間的整合性が成立する範囲内の遅延時間で音響信号を生成する必要がある。そこで我々は、身体運動と聴覚刺激の同時性判断に着目し、運動に対する聴覚刺激の遅延弁別閾を調べてきた<sup>[1]</sup>。

一方、道具の使用や楽器演奏などの場面を想定すると、我々はそのシステムがもつ遅延に適応的に対処しており、遅延弁別閾は変動する可能性が考えられる。視聴覚刺激の同時性判断には順応が生起するとの報告<sup>[2]</sup>も踏まえ、身体運動に対して遅延のある聴覚刺激が同時性判断に及ぼす影響を検証した。

### 2 実験方法

身体運動に対して遅延のある聴覚刺激を一定時間呈示し、その後、遅延の短い刺激を呈示した際の同時性判断を調べた。

実験には、右手人差し指で鍵盤を押す動作に伴いパルス音が生じる実験システム (Fig.1, 2) を用いた。パルス音にはエフェクタを用いて遅延時間を付加し、ヘッドホンからモノラル信号で呈示した。なお、実験システムには 19 ms の遅延が内在しており、後述の遅延時間条件はこの遅延を考慮して設定した。

Fig.3 に一試行の構成を示す。試行は順応刺激とテスト刺激から成る。設定した順応時間経過後に遅延時間の短いテスト刺激が呈示される。試行中、被験者は椅子に座り、2秒に1回程度のテンポで鍵盤を押す動作を繰り返した。テスト刺激の呈示時に、聴覚刺激のタ

イミングが変化したと気付いた場合、口頭により「早い」「同時」「遅れている」の三択で回答を求めた。テスト刺激呈示時に被験者が遅延時間の変化に気付かない場合には、10秒後に試行を打ち切った。試行間の間隔は5秒とした。

実験1では、順応刺激の遅延時間5水準(100, 200, 300, 400, 500 ms)、順応時間3水準(30, 60, 90秒)の組合せによる15条件について調べた。テスト刺激の遅延時間はいずれも19msとした。実験2では、順応刺激の遅延時間を300, 400, 500 msの3水準とし、テスト刺激は順応刺激より250ms短い遅延時間とした。順応時間はいずれも60秒とした。実験2の遅延時間500ms, テスト刺激250msの条件のみ2試行、他の条件はランダムな順序で1試行のみ行った。

以上の実験は、照度及び静穏環境を統制した防音室内で行い、予備知識のない聴覚正常な右利き大学生20名(男子10名, 女子10名)を被験者とした。

### 3 結果と考察

条件ごとの回答の割合を Fig.4 に示す。

実験1において、順応時間が異なる条件間

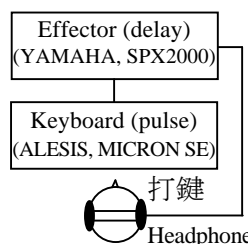


Fig. 1 実験装置

Fig. 2 実験風景

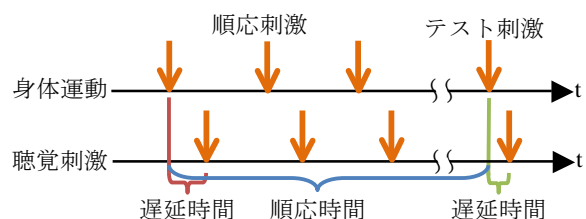
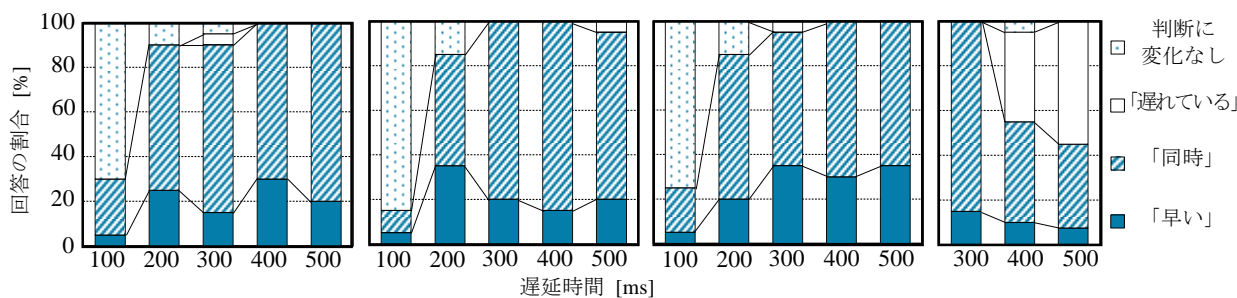


Fig.3 実験の流れ

\* A study on adaptation of synchrony judgment between auditory perception and self-body movement, by TOIDA, Kouichi, UENO, Kanako and SHIMADA, Sotaro (Meiji Univ., JST CREST).



(a) 実験 1 (順応時間 30 秒) (b) 実験 1 (順応時間 60 秒) (c) 実験 1 (順応時間 90 秒) (d) 実験 2

Fig.4 条件における回答の割合

に有意差はみられなかった。すなわち、同時性判断は順応時間の長さに影響されない結果となった。遅延時間に着目すると、100 ms では 70 % 前後で判断に変化はなく、遅延時間の変化に気付かなかった。一方、200 ms 以上では「同時」と答える割合が 70 % 前後を占め、20 % 前後は「早い」という回答がみられた。この「早い」という回答は、鍵盤を押すよりも早くパルス音が鳴ったという判断であり、順応の結果同時性判断が影響を受けたことを示している。

有意差がなかった順応時間 3 条件について、「早い」の回答割合をまとめて Fig.5 に示す。遅延時間が異なる条件間でカイ二乗検定を行った結果、100 ms と 200 ms 以上の各遅延時間条件間で有意差が確認された ( $p < 0.01$ )。このことから、順応の結果同時性判断が影響を受けるには 200 ms 以上遅延した順応刺激が必要といえる。200 ms 以上の遅延時間条件間に有意差はなかった。

実験 2 では、順応刺激・テスト刺激の遅延時間が大きくなるほど「遅れている」との回答が増えた (Fig.4 (d))。しかし、順応刺激の遅延時間 500 ms、テスト刺激の遅延時間 250 ms という大きな遅延時間の条件においても 40 % 前後の被験者が「同時」と回答し、2 名の被験者が「早い」と回答した。

実験 1・実験 2 を通じて一度でも「早い」と回答した被験者は全 20 名中 16 名であり、順応によって、身体動作に先行して音を知覚する現象が確認された (二項検定により  $p < 0.01$ )。

服部ら<sup>[3]</sup>は、周期リブ壁面に向けて拍手をすると、生成されるスイープ音 (遅れ時間 20 ms 程度) が拍手よりも早く知覚される場合があると報告している。この現象が生じる理由については言及されていないが、今回の実験で確認された順応によって解釈が可能で

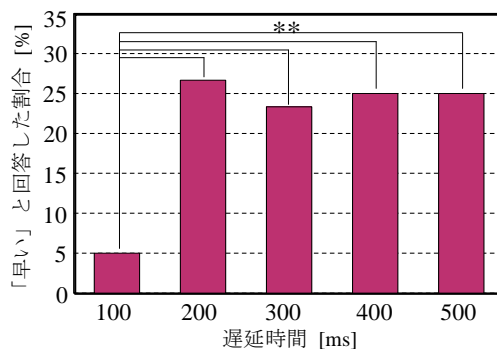


Fig.5 全遅延時間での「早い」と回答した割合

ある。すなわち、通常の空間での反射音群 (多くは 100 ms 以上) の聞こえ方を経験的に体得している者が、それよりも早いタイミングの反射音を聞いたときに、運動より先に音が聞こえるという錯覚が生じたものと考えられる。

#### 4 まとめ

身体運動に伴って生じる聴覚刺激の同時性判断について、遅延を付加した条件の後に遅延が短い条件を呈示すると、「あたかも運動よりも先に音が聞こえる」という感覚が得られることが確認された。これは順応によって同時性の時間窓が遅延時間方向にシフトしたことで生じたものと考えられ、順応が同時性判断に及ぼす影響について今後詳細な検討を行う予定である。

#### 参考文献

- [1] 樋田他, “視聴覚と運動の非同時性判断に関する研究,” 第 28 回日本認知科学会予稿論文集, pp.482-485, 2010.
- [2] Fujisaki *et al.*, “Recalibration of audio-visual simultaneity,” *Nature Neuroscience* 7(7), pp.773-778, 2004.
- [3] 服部, 伊勢, “同時性判断に与える聴覚刺激と身体感覚の影響,” 日本音響学会 2005 年春季研究発表会講演論文集, pp.669-670, 2005.