

身体運動に伴う聴覚フィードバックに対する脳活動分析 - 逸脱刺激呈示時の脳波成分の検討 - *

☆樋田浩一，松本賢，上野佳奈子，嶋田総太郎（明治大，JST CREST）

1 はじめに

我々は，外界からの情報を受動的に感知するだけでなく，能動的な身体運動とそれに伴う感覚フィードバックとを対応付けることで，身体と知覚世界との関係性を構築している。実生活における認知メカニズムの理解において，身体運動に対する知覚特性はきわめて重要と考えている。本研究では，聴覚知覚における身体運動の寄与を脳波計測によって探るための基礎的検討を行う。

聴覚知覚に伴う脳波として，周期的に呈示される聴覚刺激列中に逸脱刺激を混入した場合（オドボール課題）の事象関連電位（event-related potentials：ERPs）が知られている。オドボール課題における逸脱刺激呈示時には，選択的注意を喚起する課題で出現するP300と，それに先立つ前注意過程の表出とされるミスマッチ陰性電位（mismatch negativity：MMN）が計測される^[1,2]。本研究では，周波数逸脱刺激を混入したオドボール課題遂行時のP300とMMNの出現に着目し，身体運動の有無を実験条件とした脳波計測によって，身体運動の寄与を調べた。

2 実験

2.1 被験者

右利きの健聴者12名（男性6名，女性6名， 21.8 ± 0.9 歳，Mean \pm SD）を被験者とした。

2.2 実験条件

実験は，1秒間隔で刺激が受動的に呈示されるPassive条件と，被験者によるマウスクリック（右手人差し指）に対して刺激が呈示されるActive条件の2条件実施した。オドボール課題を用い，標準刺激（standard stimulus）に1000 Hz，逸脱刺激（target stimulus）に1100 Hzの純音30 ms（立ち上がり・立ち下がり各10 msに線形なフェードイン・アウトを含む）を4:1の割合で呈示した。刺激は，S/Nを充

分に確保し，カナル型イヤホン（ER-4B；Etymotic Research）を介して両耳に出力した。マウスクリックに伴う刺激呈示には，E-Prime 2.0（Psychology Software Tools, Inc.）を用いた。

2.3 手続き

被験者は防音室内の椅子に座り，前方を固視した状態で，刺激列中にランダムに呈示される逸脱刺激の回数を計測した。実験の開始前には，メトロノームに合わせ1秒間隔でマウスクリックを行う練習を行った。1条件450試行（約7分30秒）を1セッションとし，セッション間に休憩約3分を挟み2セッション実施した。順序効果を考慮し，条件の順序は被験者間でカウンターバランスを取った。

2.4 脳波計測と分析

脳波測定には，g.tec社製の脳波測定用システム（BCI Research System）を用いた。反応はAg-AgCl頭皮電極（活性電極）を国際10-20法のFz（前頭），Cz（頭頂），Pz（後頭），左耳朶（基準電極），AFz（接地電極）の5ヶ所に貼付し計測した。すべての電極と皮膚間のインピーダンスは10 k Ω 以下とした。脳波は，0.5~30 Hzの帯域通過フィルタをかけ，サンプリング周波数512 Hzで記録した。

各電極のデータについて，独立成分分析により眼電を除去した。刺激呈示時を起点（ $t=0$ ）として $t=-250 \sim +750$ msの区間を切り出し，標準・逸脱刺激ごとに加算平均波形を求めた。 $\pm 80 \mu\text{V}$ を超える電位が含まれた試行は，アーティファクトの混入と見なし加算平均から除外した。加算平均波形では， $t=0$ における電位をベースラインと設定した。また，逸脱刺激呈示時の加算平均波形から標準刺激呈示時の加算平均波形を差し引き，差分波形を算出した。

ERPs成分として， $t=75 \sim 150$ msの加算平均波形の陰性のピークをN1と定義した。また差分波形に対して，逸脱刺激呈示時のN1の

* Analysis of brain activity to auditory feedback of self-body movement -A study on event-related potential components to deviant stimulus-, by TOIDA, Koichi, MATSUMOTO, Satoshi, UENO, Kanako and SHIMADA, Sotaro (Meiji Univ., JST CREST).

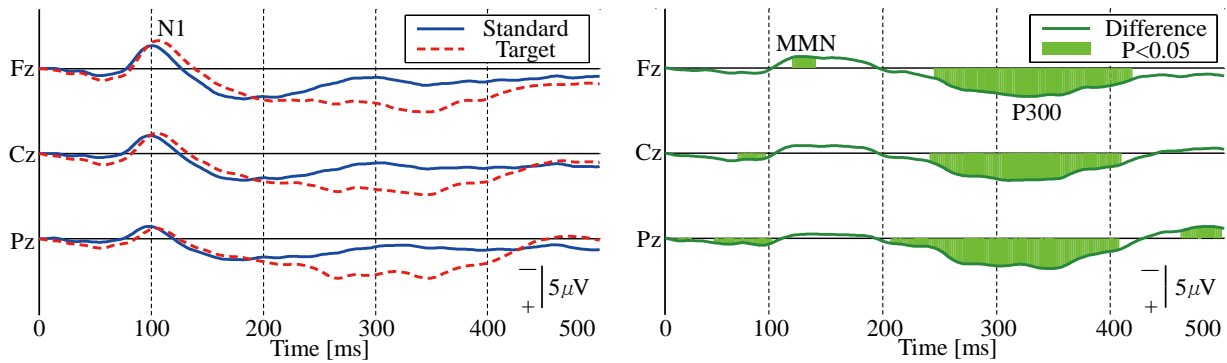


Fig. 1 Passive condition (Left : GMW, Right : Difference of GMW)

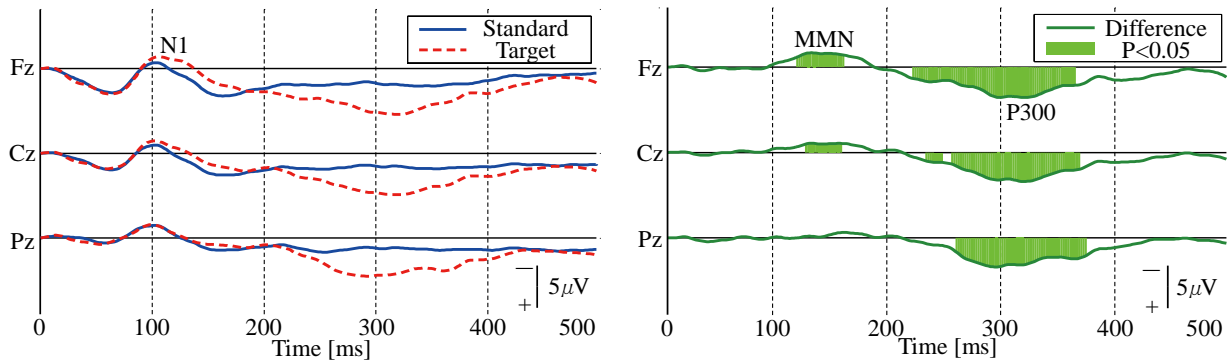


Fig. 2 Active condition (Left : GMW, Right : Difference of GMW)

最大値から100 ms以内のピークをMMN, $t=250 \sim 400$ msのピークをP300と定義し、それぞれその最大値の時刻を潜時とした。更に、被験者ごとの加算平均波形から、全被験者の総加算平均波形 (grand mean waveform : GMW) とその差分波形を算出した。

3 結果

GMW及び差分波形をFig.1とFig.2に示す。なお、Active条件のマウスクリックの間隔は 967.8 ± 14.2 ms (Mean \pm SD) であった。既往の研究^[1]を踏襲したPassive条件の波形では、MMN (前頭優位)とP300 (後頭優位)の成分が見られ、既往の研究との整合性が確認された。更に、Active条件でもPassive条件と同様にMMNとP300が確認された。各電極において、標準刺激と逸脱刺激の加算平均波形を1サンプルごとにt検定したところ(N=12)、両条件ともにMMNとP300の成分区間で有意差が確認された。有意差のある区間を図中に示す。このことから、Active条件においてもPassive条件と同様のERPsが惹起されることが示された。

被験者ごとに求めたERPs成分の潜時の平均をFig.3に示す。なお、エラーバーは標準偏差を表す。MMN及びP300どちらも、条件による潜時に有意差はみられなかった。

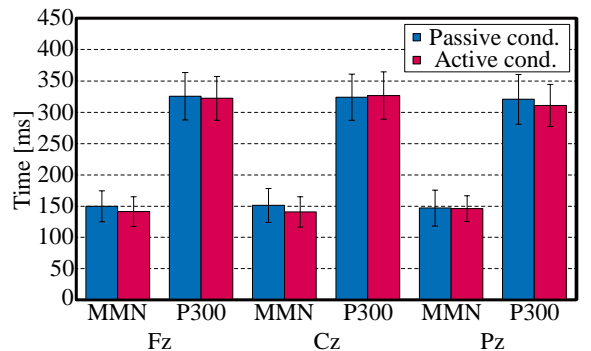


Fig. 3 Latency of ERPs

4 考察

身体運動に伴う聴覚フィードバックが周波数逸脱した際にも、受動的聴取時同様にMMN及びP300が惹起されることが確認された。すなわち、刺激の周波数逸脱に伴う前注意過程と選択的注意過程は、身体運動に伴う場合も同様に観測されることが示された。また、両条件間の潜時に有意差がなかったことから、身体運動による自己主体感の寄与にかかわらず、聴覚情報の処理プロセスに要する時間は一定であることが示された。

参考文献

- [1] Sams *et al.*, *Electroen. Clin. Neuro.*, 62, 437-48, 1985.
- [2] Näätänen *et al.*, *Clin. Neurophysiol.*, 115, 140-4, 2004.