

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 6 月 6 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700268

研究課題名（和文）聴覚的補完における予測モデルの形成

研究課題名（英文）The prediction models of the auditory restoration

## 研究代表者

小林 まおり（KOBAYASHI MAORI）

明治大学・研究・知財戦略機構・ポストドクター

研究者番号：90451632

## 研究成果の概要（和文）：

妨害音の多い実環境で安定した聴知覚を行うためには聴覚的補完の能力は必要不可欠である。本研究の目的は、妨害音が提示されるタイミングに関する予測性が補完に及ぼす影響を検討し、その成立メカニズムを解明することであった。選択的順応法を用い、予測性の効果が選択性を持つか検討した。その結果、学習によって得られた予測性の効果が学習時とは異なる周波数帯域や耳に渡って予測性の効果が認められた。このことから、少なくとも異なる周波数帯域情報が統合された後、あるいは両耳情報が統合された後に予測性が生成されることが示唆された。今後、これらの知見をさらに発展させていくことによって、安定した聴知覚を行うための方略の解明につながると期待している。

## 研究成果の概要（英文）：

It is important that the auditory restoration to get stable hearing in the noisy world. The purpose of this research project was to examine effects of the prediction of the interruption timing on the auditory restoration, and to clarify the mechanisms that determine the prediction in the brain. We used the selective adaptation procedure to examine the selectivity of the prediction effects. We found that the prediction effect have not the frequency and aural selectivity. From these results, the prediction of the interruption timing determine after the integration between aural information and different frequencies information. I believe that these new findings should shed light on the mechanisms of the stable hearing in the noisy world.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2011 年度	900,000	270,000	1,170,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・認知科学

キーワード：感覚・知覚・注意・聴覚情景分析・聴覚的補完・予測性

## 1. 研究開始当初の背景

我々はいかにして二つの耳に到達した音波のみを用いて、様々な音の混合物からいくつかの音事象にまとめ、抽出するのか。

Bregman の聴覚情景分析 (auditory scene analysis) の概念によって問題が整理され、聴覚研究は飛躍的に発展した。従来の研究では現象の記述に終始していたが、2000年代に入り心理学的手法と脳イメージングなどの電気生理学的手法を組み合わせた、ヒト以外の動物を用いてニューロン活動を記録することによって、聴覚情景分析の脳内メカニズムを解明しようとする研究が急速に増加しつつある。

聴覚情景分析を端的に表す現象は複数報告されているが、なかでも聴覚的補完は頑健な現象であり多くの研究者によって検討されてきた。従来の研究では聴覚処理過程の極めて初期の段階で十分に説明できるとしており、被験者の注意、意思や知識といった高次要因の関与を否定してきた(たとえば Bregman, 1990; Warren, 1999; McAdams, 1999)。しかし、近年の知覚研究では意思や知識などの高次処理過程と、マスキングなどの低次処理過程を仲介する、いわゆる『ミッドレベル』の処理過程の存在が想定されるようになってきており、聴覚情景分析、聴覚的補完に関する研究においてもミッドレベルの関与を検討する試みが始まりつつある (Carlyon & Cusack, 2000; Darwin, 2005; Micheyle et al., 2003)。

こうした研究の流れを受け、報告者は妨害音提示の予測性が聴覚的補完に及ぼす効果について検討した。その結果、妨害音の提示

が予測可能である場合には補完されにくくなり、予測が困難である場合には補完されやすいことが明らかになった。しかもタイミングパターンを被験者は意識的に再認できないことから、被験者が意識的にアクセスできない処理過程が関与することが示唆された。

なぜ妨害音の予測性が聴覚的補完に影響するのか。そのメカニズムの解明には至っていないが、報告者は Stimulus Specific Adaptation (以下 SSA) の関与を考えている。SSA とは特定パタンの刺激が頻繁に提示された場合に神経の発火頻度が低下する現象をいい、聴覚野で観測されている。新規のパターンが提示されると発火頻度が増大するので、予測と予測誤差の検出に関与すると考えられている (Nelken et al., 2000)。数 10 ms-数 s の刺激歴が SSA に影響する (Ulanovsky et al., 2003) など、聴覚的補完における予測の効果の特性と一致する点が多い。もし SSA が聴覚的補完に関与するならば、実際の「聞え」における SSA の役割を示すことができ、聴覚系の予測メカニズムが聴覚情景分析において果たす役割について、大きな知見を得ることができると考えている。

## 2. 研究の目的

上述したように、報告者は予測性が聴覚的補完に影響を及ぼすことを発見したが、基礎的な検討にとどまっており、なぜ予測性が影響を及ぼすのか、予測性はどのようにして獲得されるのか、について体系的な検討は行ってこなかった。そこで、本研究では、聴覚系における予測モデルの成立メカニズムの解明を目指し、以下の3テーマを設定し、段階

的に研究を進めていく。

第1のテーマは、「予測モデルの成立メカニズムの解明」である。聴覚系がいつ、どこで、どのようにして(何を手がかりにして)、誘導音の提示タイミングを予測するのか、心理物理学的手法を用いて検討する。このテーマは報告者がこれまで行ってきた基礎的な検討を精緻化するものである。

第二のテーマは「予測性が聴覚的補完に及ぼすメカニズムの解明」である。ここでは聴覚的補完に及ぼす予測性の効果の選択性を明らかにすることで、聴覚的補完成立の処理レベルについて検討する。

第三のテーマは、「聴覚的補完における予測性の効果の脳内メカニズムの解明」である。これまでの心理学的手法を用いた検討を踏まえ、EEGを用い、予測性の効果の脳内基盤、特にSSAとの関連性を検討する。

### 3. 研究の方法

報告者のこれまでの研究によって、妨害音の提示タイミングが予測できるような場合には補完が抑制されることが示された(Kobayashi & Kashino, 2008)。本研究計画ではこの研究知見をさらに発展させ、音の出現に関する予測性が聴覚的補完において果たす役割を解明することを目指す。そのために3つのサブテーマを設定した。

#### 【テーマ1】予測モデルの形成メカニズムの解明

ここでは聴覚系が、いつ、どのようにして(何をてがかりにして)、予測モデルを形成するのかについて焦点を絞り、検討した。具体的な検討課題は主に以下の2点である。

##### 1-1: 予測モデル形成の時間的特性の解明

実験では、聴覚的補完のもっとも単純な現象である連続聴錯覚 (auditory continuity

illusion) を用いた。実験では、妨害刺激の提示タイミングのパターンや繰り返し数を操作しながら、被験者の連続性の「聞こえ」に関する反応を測定し、予測モデルの成立に要する時間や繰り返し回数についての詳細な検討を行なった。

##### 1-2: 予測モデル形成の手がかり要因の解明(なにを手がかりにして) :

ここでは、聴覚系が提示タイミングを予測するための方略について検討する。たとえば単純な運動平均のようなものを算出し予測しているのか、あるいは線形予測のようなものを立てているのか、など方略について、妨害刺激の出現確率や確率分布を操作した実験を行う。

#### 【テーマ2】予測性が聴覚的補完に及ぼすメカニズムの解明

予測性が聴覚処理系のどのレベルで処理され、聴覚的補完に影響を及ぼしているのかを心理物理学的手法を用いて検討する。そのために、周波数や提示する耳などのパラメータを操作し、聴覚的補完における予測の効果の選択性について検証する。

SSAで示される順応は末梢系で示される順応とは異なり、特定の複雑なパターンに対して生じることが明らかにされている。この特性との関連性を探る上でも有用な手がかりが得られると考えている。

#### 【テーマ3】聴覚的補完における予測性の効果の脳内メカニズムの解明

従来の研究において予測不可な刺激に対して陰性の脳波 (Mismatch Negativity, MMN) が生じることが示されている。このMMNを指標とし、予測性が聴覚的補完に及ぼす効果について検討する。次年度では予測モデルの形成に対応する脳活動および脳部位の特定

を目指す予定である。その点も踏まえ、対応する脳部位の見当をつける目的も含まれている。誘発電位は低空間解像度ではあるものの、局性は存在するため、おおよその見当をつけるうえで有用と考えている。

#### 4. 研究成果

まず、心理学的手法を用いて予測モデル形成の時間特性について検討した。ここでは聴覚的補完が生じているときは物理的に音が存在しているときと弁別が困難になる、という特性を利用し、同じタイミングで妨害音を提示し続け、弁別閾の変化をトラッキング法で調べた。その結果、(1) 40 回程度同じタイミングで提示し続けると弁別閾は低くなり始める。(2) 被験者はその呈示タイミングを再認できない。(3) 再度の弁別テストを行うと、同じタイミングで提示された場合には、弁別閾が低下し始めるのに要した試行数は少ない、ことがわかった。この結果から、呈示タイミングを学習するには 40 回程度のサンプルが必要であり、また、その学習過程はヒトの意識にのぼらない潜在的な学習過程であることが推測された。

次に、予測性の効果のレベル推定を行った。具体的には選択的順応法を用い、学習によって得られた予測性の効果が広範囲な周波数帯域に渡って生じるのか、また学習時とは異なる耳においても生じるのかについて効果の転移を定量的に測定することで、予測性のレベル推定について検討した。その結果、学習によって得られた予測性の効果は学習時とは異なる周波数帯域や耳において聴覚刺激を提示した場合にも認められた。このことから、予測性は少なくとも異なる周波数帯域情報が統合された後、また両耳情報が統合された後に生成される

可能性が示唆された。

上記の心理実験の結果を踏まえると、聴覚的補完に影響を及ぼす予測性は比較的高次の過程で形成されると予測できる。上述したように、予測形成自体には被験者の意識されないことが示されている。そこで脳波、特にミスマッチ陰性電位 (MMN) を測定し、予測性の形成によって電位が変容するか、予備的検証を行った。その結果、予測可能な場合と不可能な場合では MMN が異なることが示された。また、MMN は SSA との関連性が検証されている現象であり、今回の知見をさらに深めることによって、予測性の効果の脳内メカニズムについて解明できると考えている。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

小林 まおり (Kobayashi Maori)

明治大学・研究知財戦略機構・ポストドクター

研究者番号 : 90451632