

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(/)

研究題目	歌唱の音程調整にかかわる聴覚-運動モニタリング機構の解明	報告書作成者	軍司 敦子
研究従事者	軍司 敦子, 加我 牧子		
研究目的	<p>歌唱時において、意図した音声や感覚とそれらのフィードバックとの照合プロセス、および、歌唱を維持・調整する運動プロセスを反映する、聴覚-運動モニタリング機構の神経基盤について、非侵襲的脳機能計測法を用いて明らかにすることを目的とした。</p> <p>歌唱の上達には、おもに①声帯や喉頭、横隔膜など発声器官の運動巧緻性と、②聴覚認知の両方が重要となる。いずれも、喉頭や耳などの末梢器官のみならず、それらの感覚や運動の調整に関連する中枢処理機構(脳)が、適切な機能や形態を維持されていることが求められる。</p> <p>たとえば、録音した歌唱を聴いているときにはわずかな調のズレすらも検出可能であるのに対して、自身が歌っているときにはそれに気付かないことがある。節奏や範唱によって作られた自身の声への聴性の記憶痕跡と意図した発声器官の運動企画が作用し、実際に聞こえた声や動かした発声器官の状態が、意図したものとどのくらい合っているかを照合するプロセスに「失敗」が生じることは、学習の初級者にはよくあることである。このような一連のモニタリング機構は、これまで、手足の運動学習の点から神経科学の分野では注目されてきた。ただし、手足の場合、企画した運動へのモニタリングは視覚と体性感覚を通じておこなわれるのに対し、歌唱の場合は、聴覚と体性感覚を通じておこなわれる。後者の「失敗」は、イヤホン装着下での発話音量の増大など、歌唱以外の日常生活においてもしばしば見られるものの、これまでエビデンスはほとんど報告されなかった。</p> <p>そこで私たちは、非侵襲的脳機能計測法である脳磁図を用いて、歌唱における発声器官の運動調整を反映する脳活動をとらえることに着手した(Gunji et al., 2007)。本研究では、先行研究で用いた脳機能解析法を活用し、聴覚フィードバックが変化する状況下での発声にとまなう脳活動の解析から、意図した発声とフィードバックされた自分の声の照合プロセスを反映する聴覚-運動モニタリング機構の神経基盤を探った。</p>		

研究内容	<p>機能的磁気共鳴映像法 (fMRI) などの脳機能画像解析は、高い空間分解能を有するため関連脳領域の特定に適しているが、機器から生じる計測音が大きく、本研究の目的とする自身の声への聴覚反応の脳機能解析に不利な点もあった。そこで私たちは、脳波 (EEG. 脳の神経活動にともなう電位変化を記録したもの。時間解像度に優れ、計測の際、場所や被験者の行動を比較的制限しない) と脳磁図 (MEG. 脳の神経活動にともなう電位変化を磁場として記録したもの。計測場所や被験者の動作面での制約はあるものの、脳波データの解釈に互換性が高く、活動源推定の点で脳波よりも有利な点が多い) の検討から、単純な発声時の運動調節と自身の声への聴覚反応を反映する脳活動の経時的変化について確認した (Gunji et al., 2000; 2001ab)。さらに、課題の単純化、および、空間フィルタ法を用いた脳律動変化の解析により、発声時の顔面筋や顎、眼球運動によるデータへのアーチファクト混入の問題を解決し、歌唱時における発声器官の運動調節にかかわる脳活動を捉えることに成功した (Gunji et al., 2007; Tamura et al., 2012)。</p> <p>そこで本研究では、前述の解析技術を活用し、変調聴覚フィードバックによって変化する歌唱時の聴覚認知にかかわる脳活動に焦点を絞って検討することを目的とし、健常成人を対象に、自分の声を変調されて聞こえる条件と、変調されずにフィードバックされる条件下で発声した時の脳磁場反応を解析した (図 1)。なお、発声中の自分の声への聴覚反応は通常、抑制されるが、意図した音声 (フォーワード情報) と聞こえた音声 (フィードバック情報) の不一致は、その抑制を解除すると考えられている。この一連の脳機能を明らかにすべく、本研究では、上記の発声実験で録音された自身の声を聴取する聴覚実験での脳活動も解析した。</p>
------	--

研究概要報告書【サウンド技術振興部門】

(/)

<p>研究のポイント</p>	<p>これまで、発声中の自身の声を音声波形やスペクトルとして可視化して自身にフィードバックする聴覚-視覚-運動モニタリング法が、発声の評価やトレーニングに活用されてきた。したがって、聴覚-運動モニタリング機構に関連する脳領域とその機能状態を明らかにすることは、歌唱の学習レベルについて、聴覚認知や運動調整など機能毎に、客観的に定量評価する指標の開発につながるといえる。本研究はそれらのエビデンスを呈すると同時に、変換聴覚フィードバックを利用した新たな歌唱指導法開発の手がかりも提案するものと期待している。</p>
<p>研究結果</p>	<p>変調聴覚フィードバック開始時点からおよそ 100 ms 後に頂点を示す、聴覚連合野由来の成分を検出した(図 2)。その振幅は、聴覚実験に比べて発声実験で有意に増大した($p<.003$) (図 3)。したがって、発声時の聴性のフォーワード情報とフィードバック情報の不一致が、外界の音を聴取するときよりも発声しているときに聴覚反応を増大することから、通常の発話時に見られる自己発声音への聴覚抑制が解除される現象を捉えることに成功したと考えている。</p>
<p>今後の課題</p>	<p>歌唱における聴覚-運動モニタリング機構では、聴覚認知と運動調整にともなう脳活動が相互にかかわっている。本研究では、通常の発話時に見られる自己発声音への聴覚抑制が解除される現象について、おもに聴覚認知に焦点を絞って解析したが、今後は、運動調整にともなう脳活動も併せて解析をすすめる必要がある。</p>

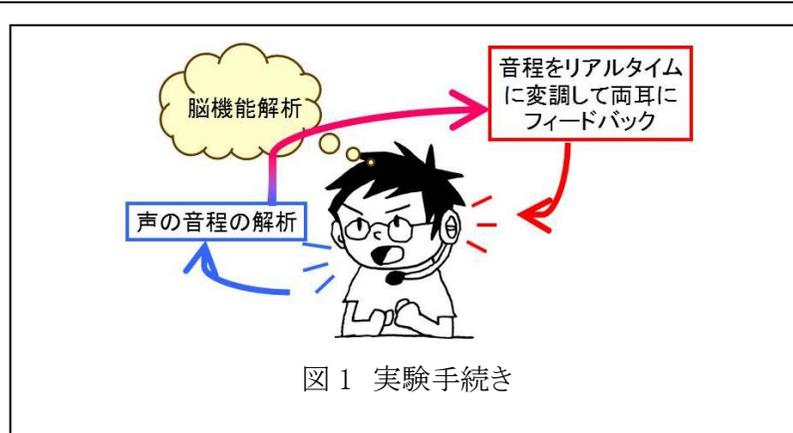


図1 実験手続き

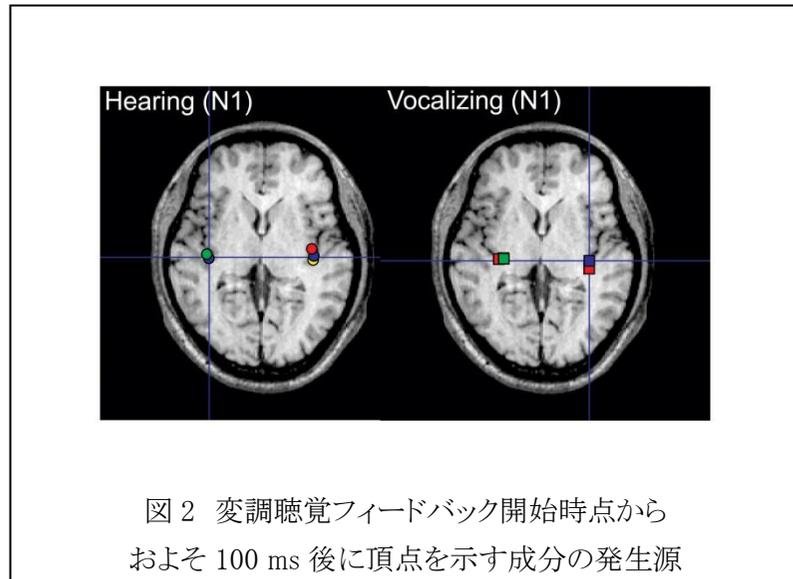


図2 変調聴覚フィードバック開始時点からおよそ 100 ms 後に頂点を示す成分の発生源

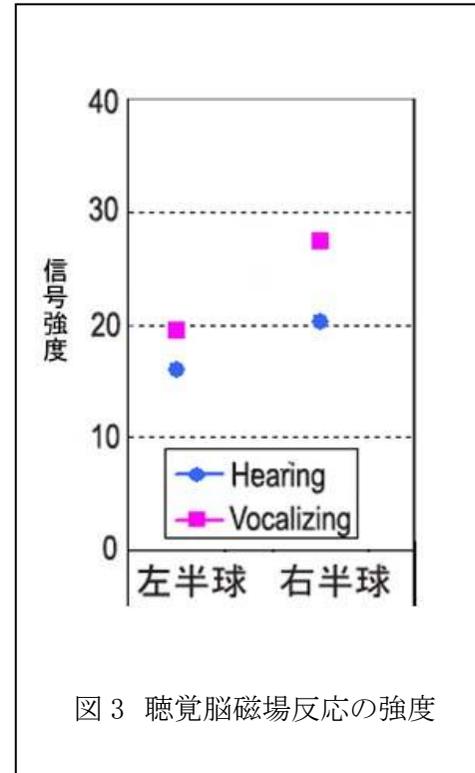


図3 聴覚脳磁場反応の強度