

Sound Change Integration Error: An Explanatory Model of Tinnitus

Kazuhiro Noda^{1*}, Tadashi Kitahara² and Katsumi Doi³ Front. Neurosci., 27 November 2018

音変化の積分のエラー：耳鳴モデル

「何かの異常が起こる」従来の耳鳴モデル

従来の耳鳴モデルでは、耳鳴は神経活動、神経構造になんらかの異常が「起こる」ことで生じるとされていました。

しかし、残念ながら耳鳴に関連するそれらの異常は、今のところ観察されていません。

また、これらの異常が生じるためには数日を要しますが、無響室に入れば正常人の大半が5分以内で耳鳴を感じますし、マスキング音を提示すると慢性耳鳴患者の大半が1分以内で耳鳴が小さくなったと感じます。

つまり、従来理論は、耳鳴の時間特性と合致しません。

耳鳴のパラドックス：「耳鳴が生じるためには、難聴が前提であるが、同程度の難聴者でも耳鳴の大きさは様々である」は、従来理論で説明することは困難です。

これらの矛盾が解決できないために、耳鳴が何なのかは本質的には分からない、とされていました。

「何も起こらない」我々の耳鳴モデル

私たちは、耳鳴とは、聴覚情報のデータ処理上の誤差だと考えました。

我々が現代生活で、音楽情報や画像情報を扱うときに、当然ながら情報技術の原則にしたがって処理をします。iPad や CD など用いられる MP3, JPEG などの圧縮処理は、なじみのあるものだと思います。

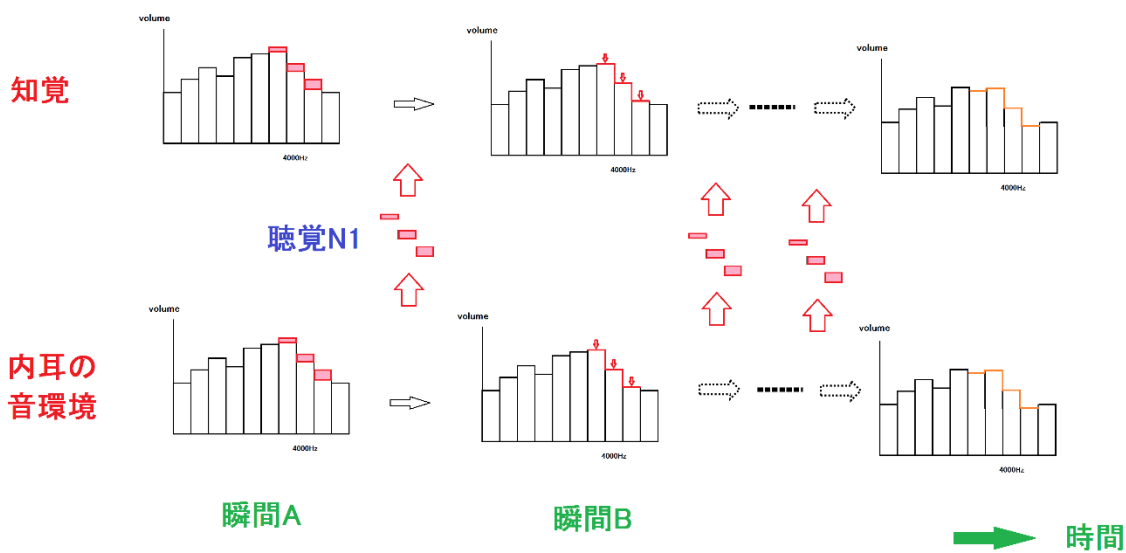
私たちは、内耳から知覚に至る情報処理で、この MP3 のような圧縮技術が使われているはずだと想定しました。(MP3 は高度な技術ですが、その大元の原理である「差分 PCM」は、理解しやすく効果も劇的であるため、差分 PCM で説明します。)

この原理で考えると、音情報が入らない、神経の異常も起こらない、という何も起こらないことが、データの誤差を生じさせることがわかります。

つまり我々の理論は、従来に対し全く逆説的な「何も起こらない」ことこそが耳鳴の原因であるという初めての理論です。

知覚更新モデル

内耳を取り巻く音環境は、刻一刻と変化しています。
音環境を擬似的に周波数分布グラフとして表現しました。
音環境は、短い時間に少しずつ変化していきます。



瞬間Aから瞬間Bになるとき、内耳音環境の変化分だけを聴覚N1が伝えて知覚を更新する。

最初の A から次の瞬間に B に変化した場合、A、B の差は僅かです。

内耳の変化を知覚に反映させるためには、どうするべきか。

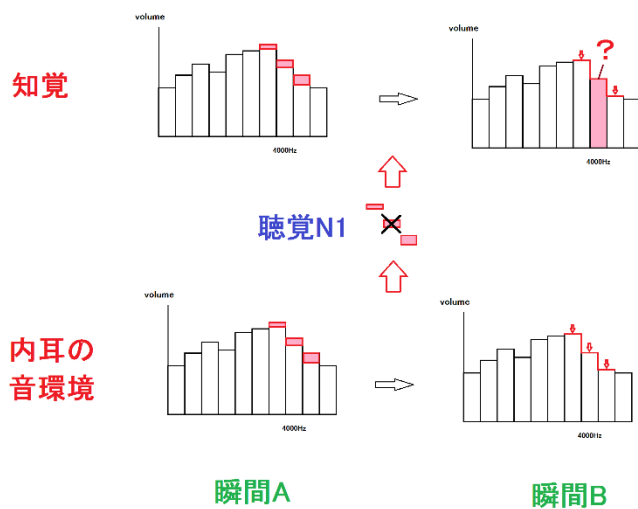
例えば、全ての領域の現データをすべて知覚に伝える方法と、変化分だけを伝えて知覚を修正していく方法があります。

時間間隔が短ければ短いほど、変化分（差分）だけを伝えたほうが、効率的なことが分かります。

これが、差分 PCM の原理のすべてです。（もっとも単純な情報圧縮の理論です）

私たちの聴覚の知覚はまさしくこのようにして更新されているのであり、聴覚 N1 の正体がまさしく差分データだと考えています。

さて、このような仮定の上で、もし 4000 Hz の内耳領域が情報伝達を怠けているとしたら、どうなるかを考えます。



もし4000Hzの感知が行われなければ、
4000Hzの知覚値が決定できなくなる。

内耳の4000Hzの感知の能力が低下して、4000Hzに該当する更新データが知覚に送られなくなった場合、4000Hz領域の知覚値を決めることができなくなります。

従来の常識では、4000Hz領域の信号の欠如は、知覚音量が「ゼロ」となりますが、このモデルでは、「不確定」となります。

つまり、あらゆる音量をとりうる、ということです。

これが、「難聴によって耳鳴が生じうるが、その音量は様々である」という最大のパラドックスを説明する基本骨子です。

それでは、各患者によってどのように耳鳴音量が決まるのか、は難しい問題ですが、論文においてその可能性を議論しています。

さらに細かな部分は、論文を参考にさせていただくとして、

知覚の情報処理がどのようなものであれ、基本原則は当てはまるはずです。その場合、このような圧縮技術は、情報効率から考えて不可欠と思われま

す。知覚更新モデルは、この基本原則を当てはめることだけで、従来説明不可能であった、時間特性やパラドックス、 masker療法などを具体的に説明できる、という特徴をもっています。