

第31回日本生体磁気学会大会
シンポジウム3
「生体磁気分析の数理」

S03-004

脳神経活動信号を用いた聴覚機能支援装置の開発

◎樋口正法¹⁾、鈴鹿有子²⁾

1)金沢工業大学 先端電子技術応用研究所

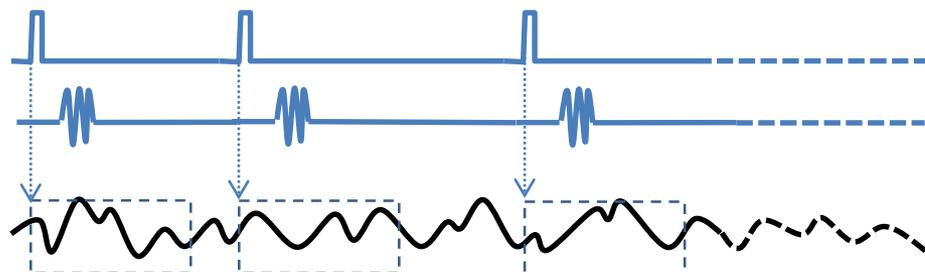
2)金沢医科大学 耳鼻咽喉科

選択的聴取能力

複数の雑音や音声の中から特定の音声のみを聞き分けること。



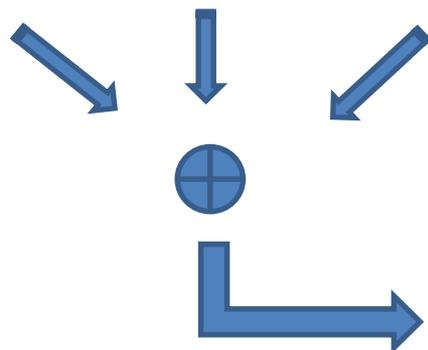
一般的な誘発反応磁場の計測方法



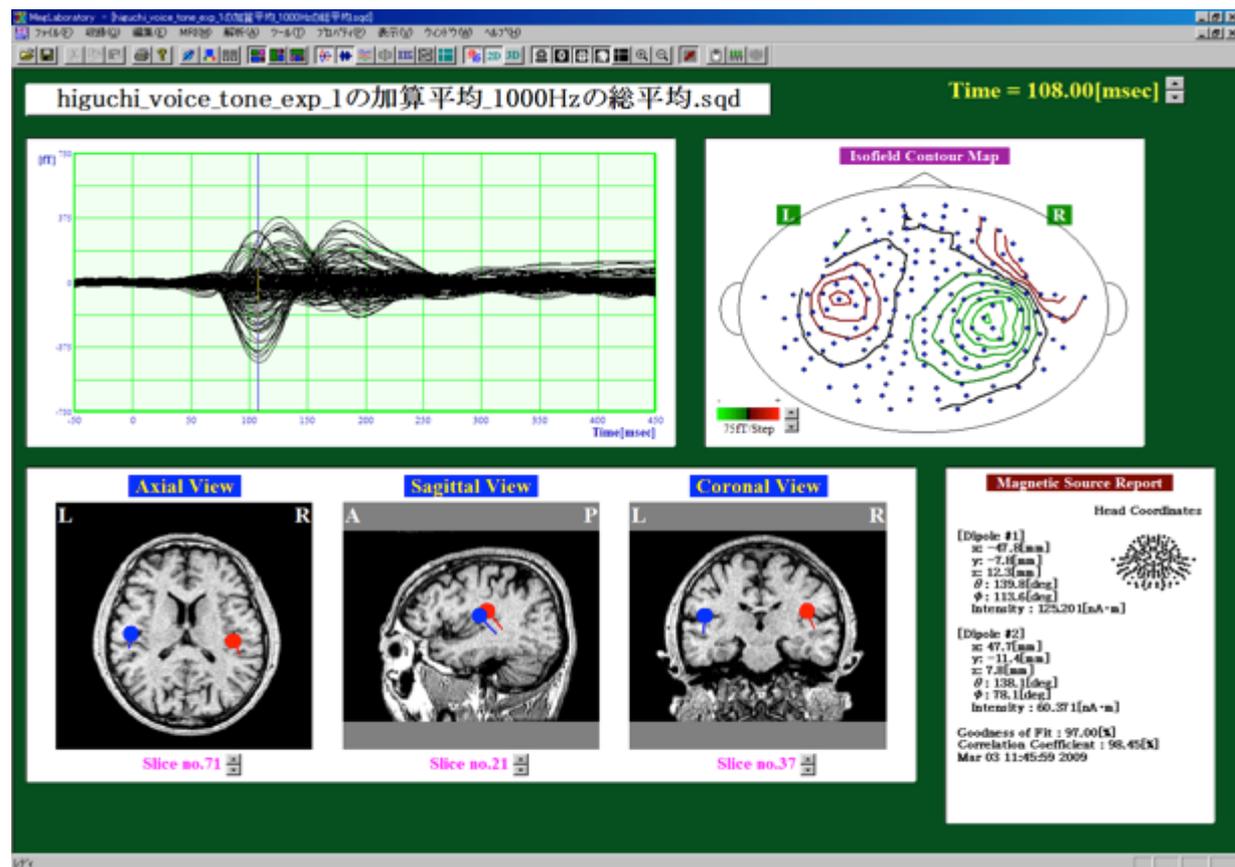
刺激タイミング信号

音刺激 (トーン、音声など)

脳磁場波形

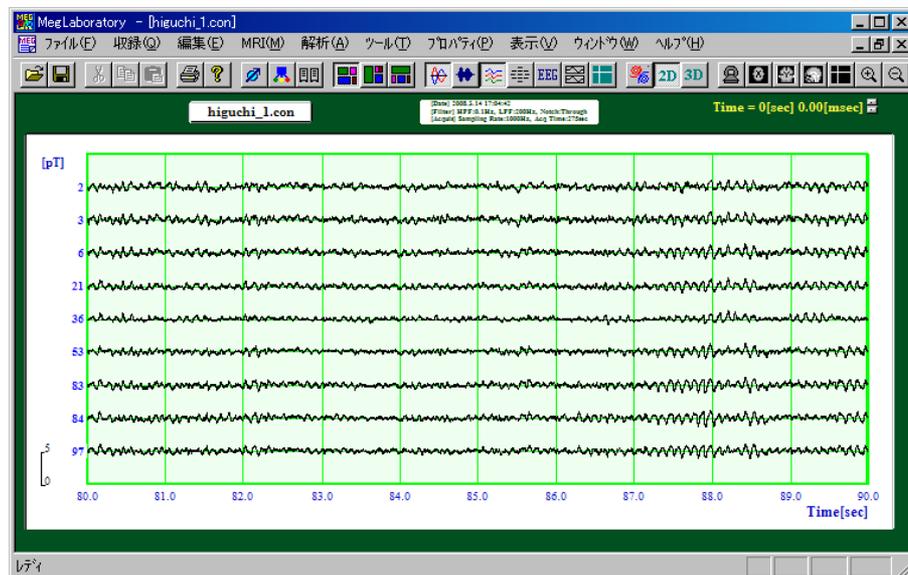
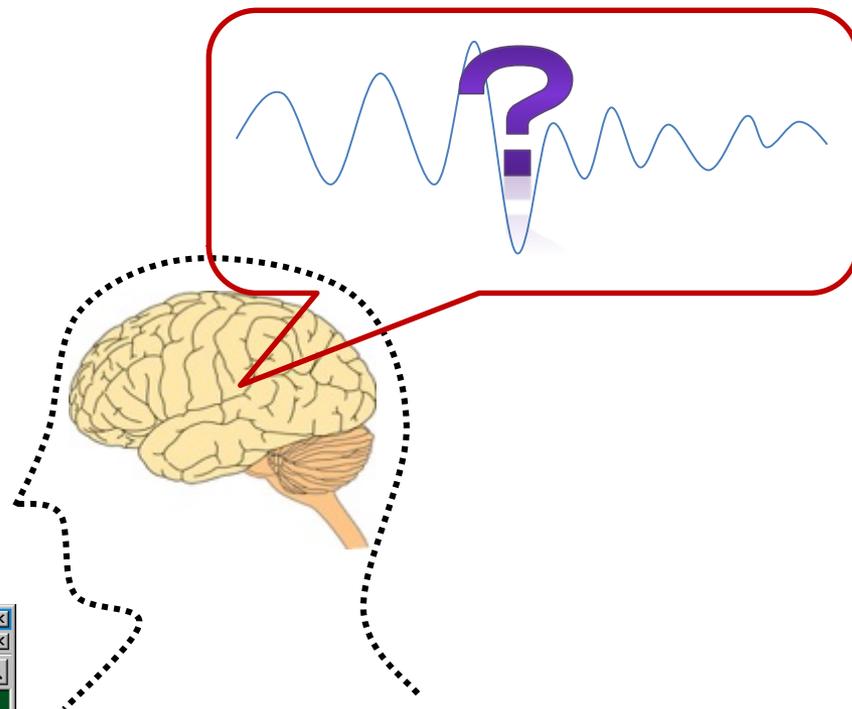


加算平均



聴覚誘発脳磁場の計測例

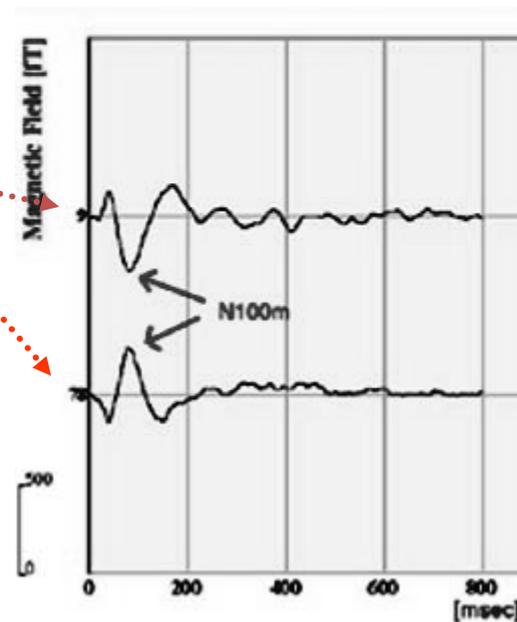
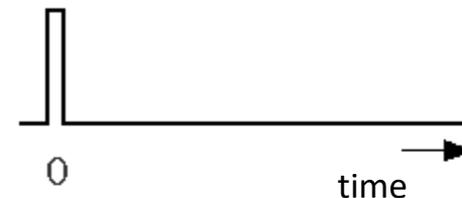
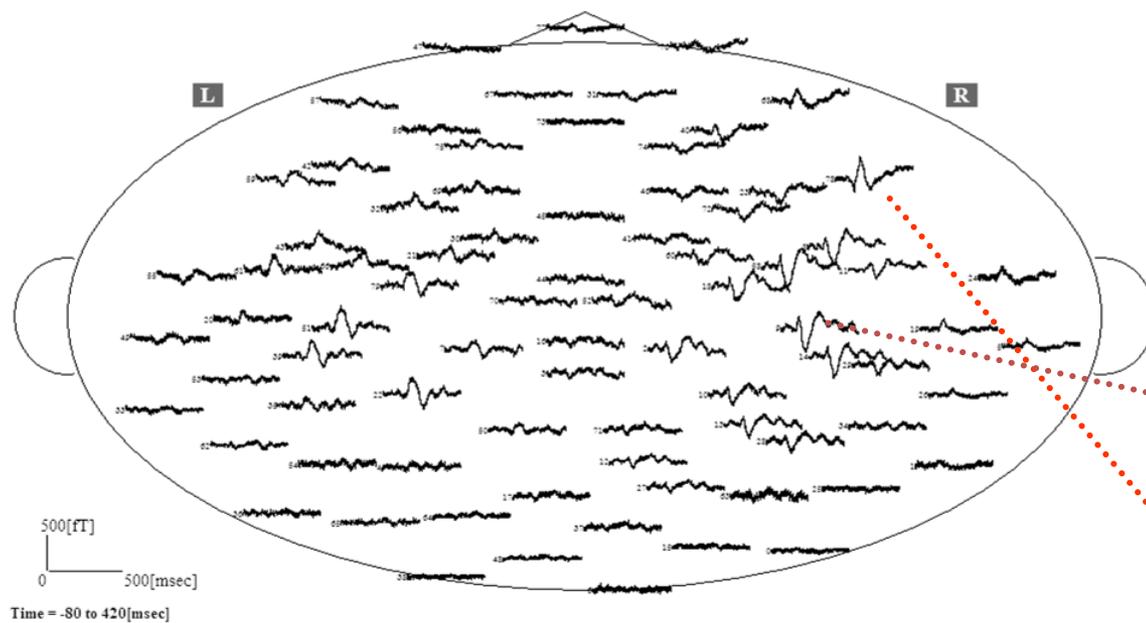
加算平均できない連続音に対してどのように脳信号を評価するのか？



外来ノイズ、自発性脳磁場などが含まれているため単独波形として取り出すことは困難

単発音(クリック音)に対する聴覚誘発磁場

単発音(クリック音)

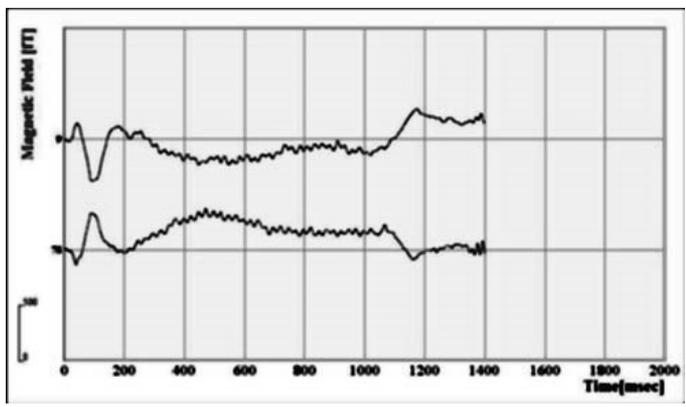
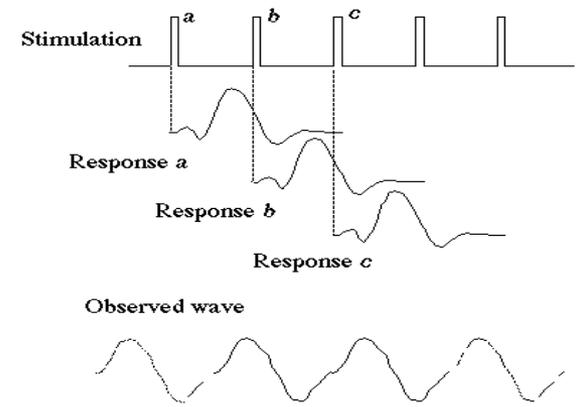
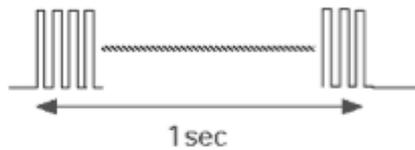


- ・音刺激間隔: 2秒
- ・加算平均: 100回
- ・左耳刺激



単発音が連続した場合の脳磁場波形

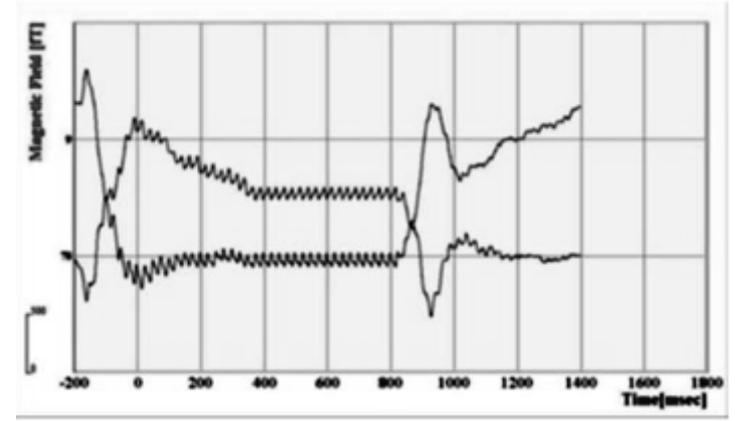
A train of tone (25msec intervals)



Actual MEG signals

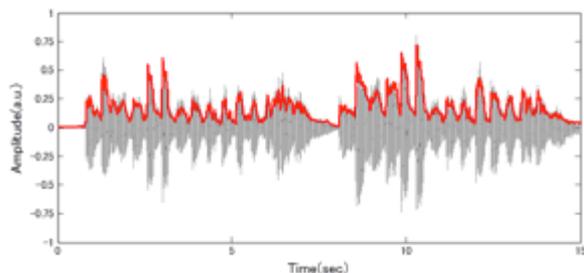


Good agreement

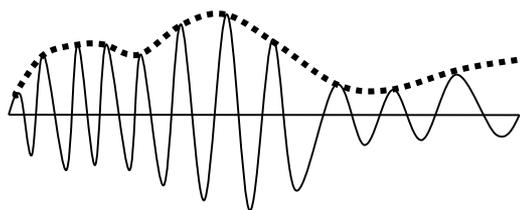


Synthesized waveforms

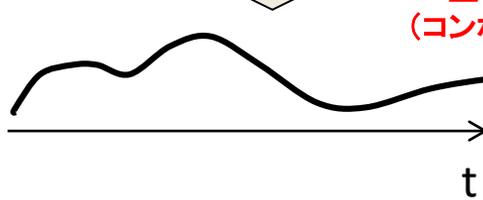
連続音の場合はどうなるか？



音波形

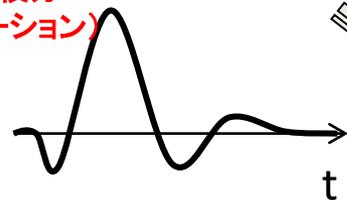


エンベロープ抽出

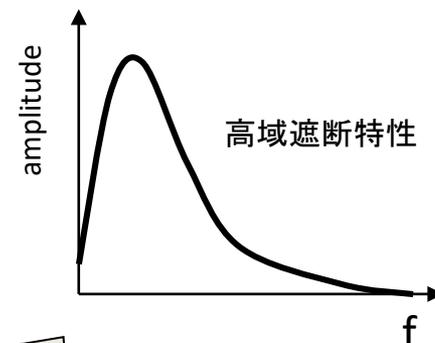


音の強弱波形

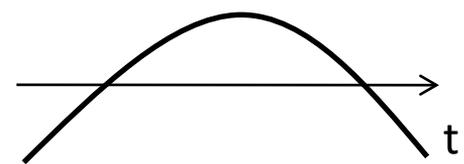
畳み込み積分
(コンボリューション)



単発音に対する
脳磁場波形



フーリエ変換



連続音に対する予測される脳磁場波形

低域通過処理

音の強弱波形と脳磁場波形の低周波領域での相関性を調べれば良い。

コヒーレンス関数

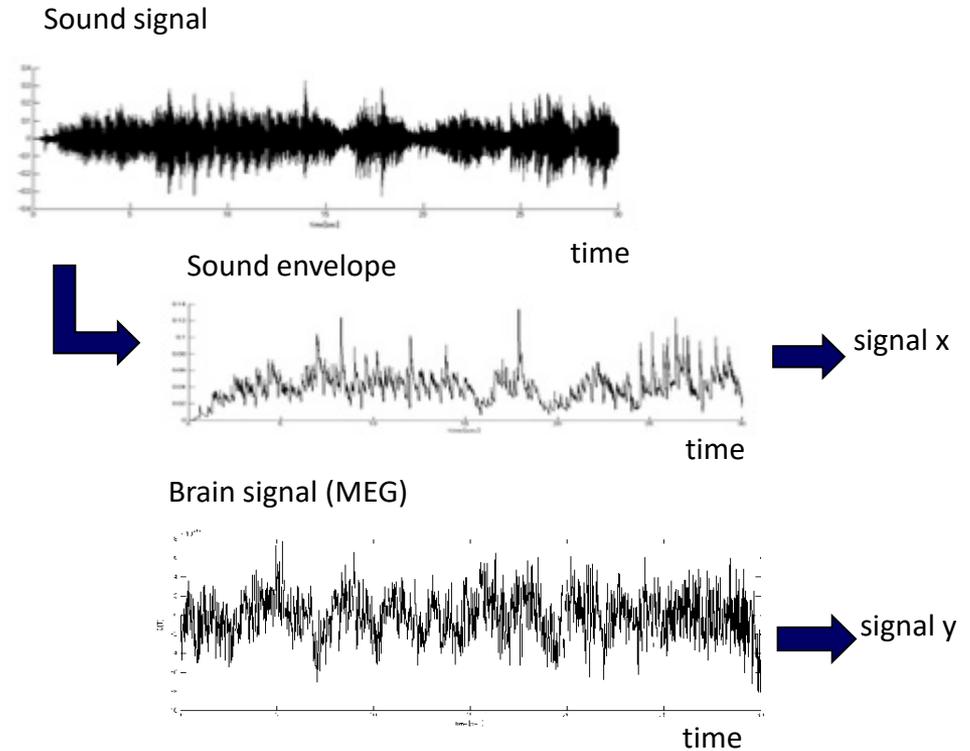
$$\gamma^2 = \frac{W_{xy} \cdot W_{xy}^*}{W_{xx} \cdot W_{yy}} = \frac{|W_{xy}|^2}{W_{xx} \cdot W_{yy}}$$

$\gamma^2 \rightarrow 1$: high correlation

$\gamma^2 \rightarrow 0$: low correlation

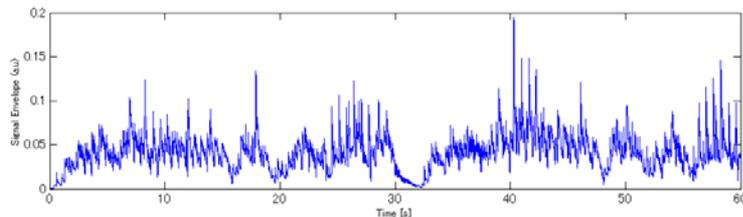
W_{xx} W_{yy} : Power spectrums of signal x and y.

W_{xy} : Cross spectrum between signal x and y.



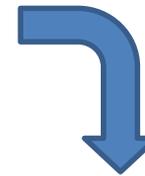
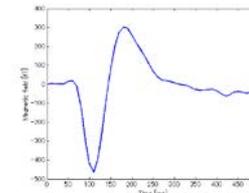
シミュレーション:ノイズの影響

Sound envelope



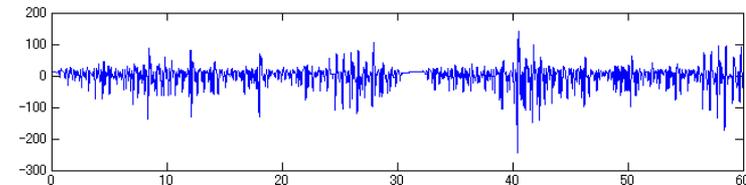
Convolution

*

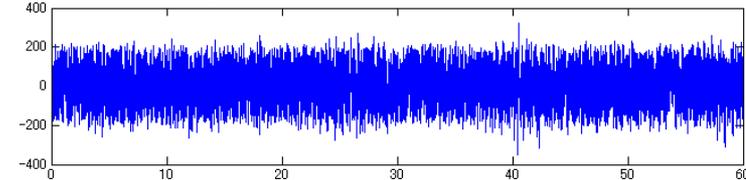


Auditory evoked response

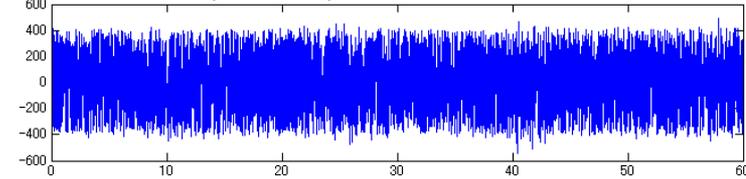
Convolved waveform (S)



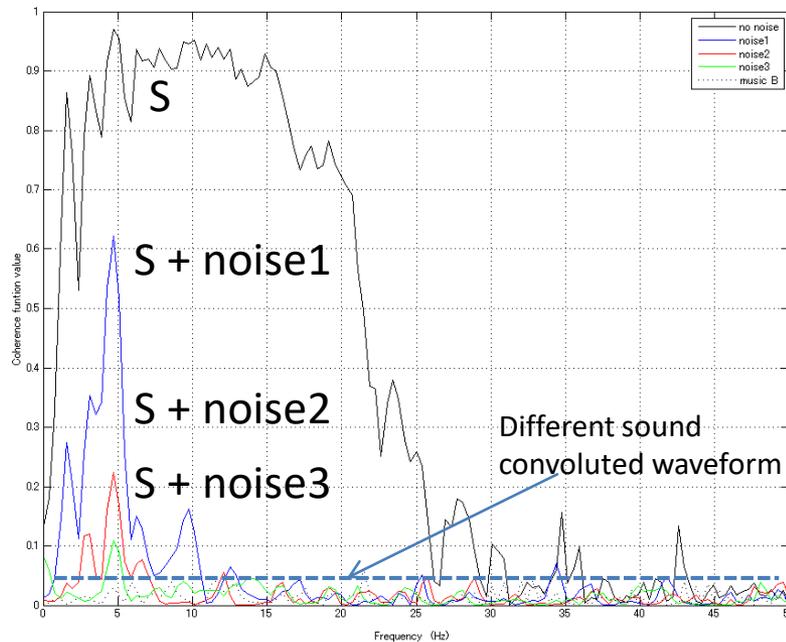
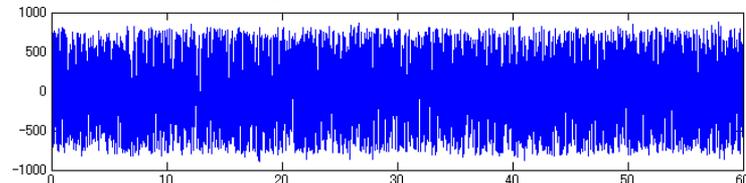
S + noise1(low)



S + noise2(medium)



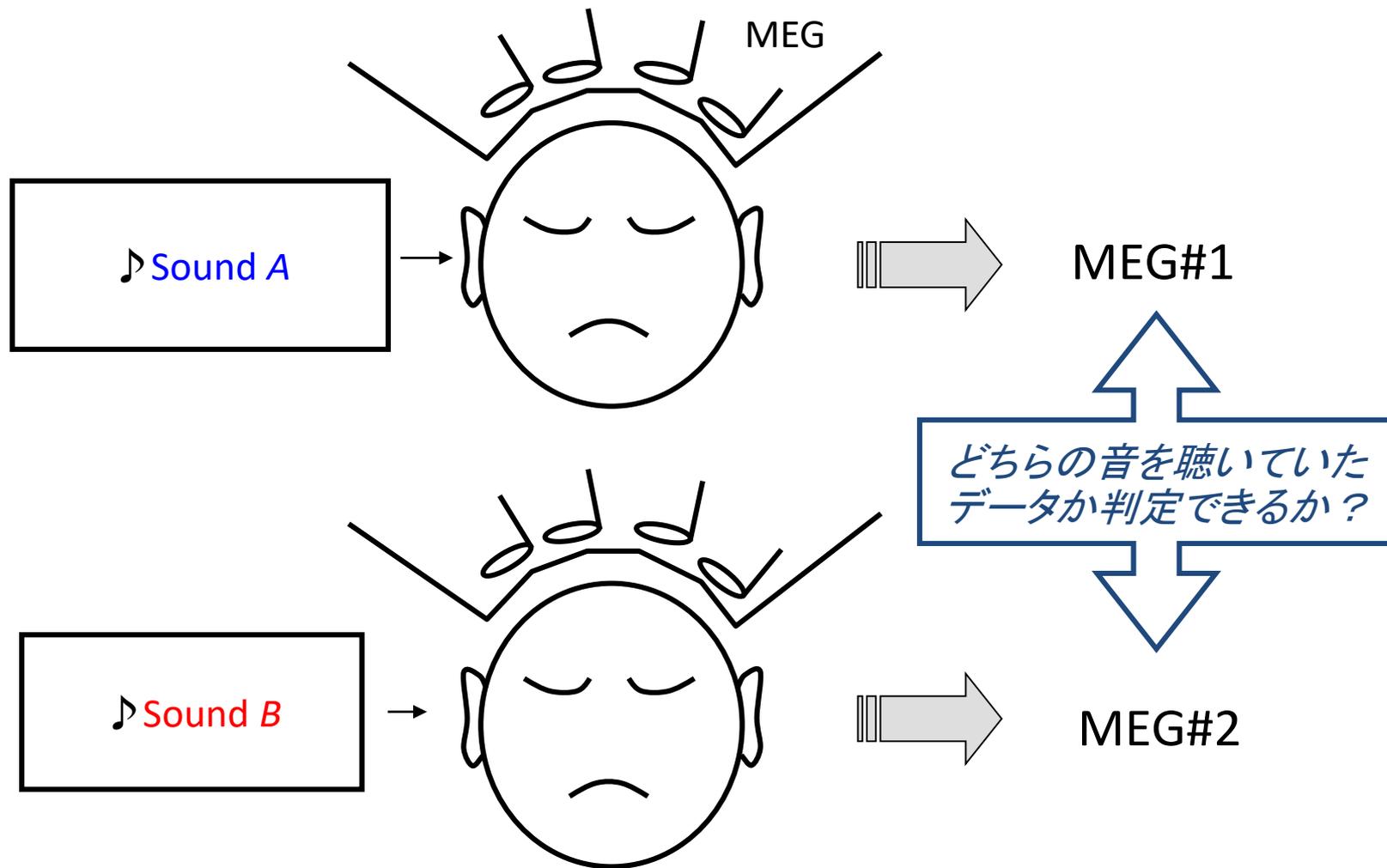
S + noise3(large)



ノイズがある程度大きくてもコヒーレンス値の増加を認めることができる。

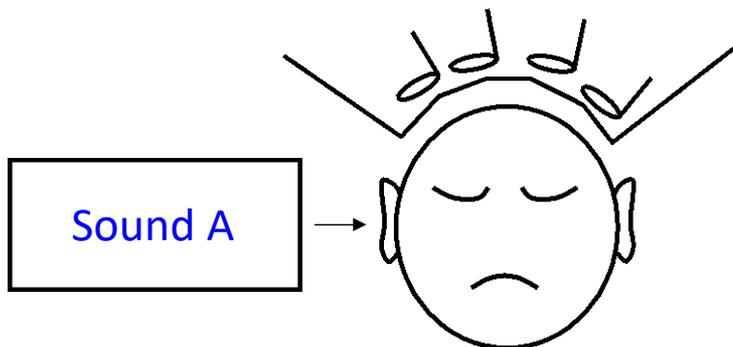
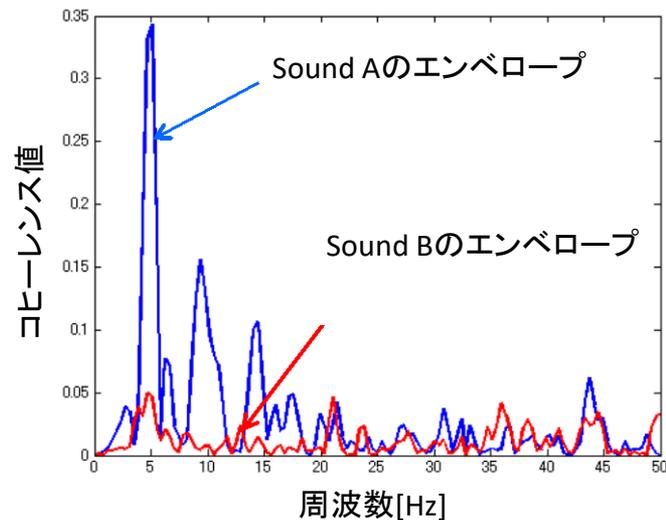
確認実験

シングル音を用いた場合

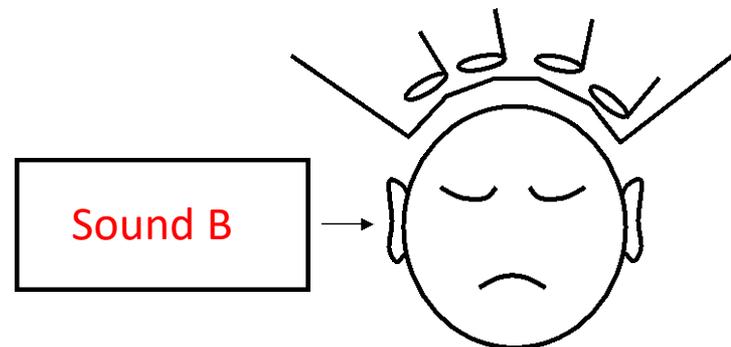
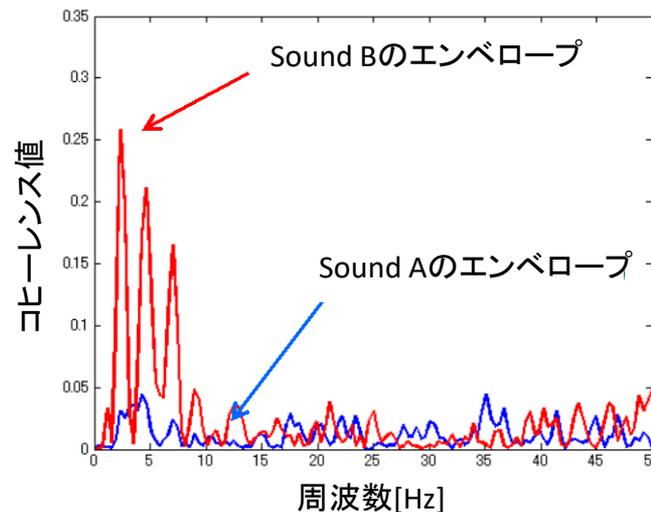


コヒーレンス関数計算結果

MEG#1と各エンベロープとのコヒーレンス関数

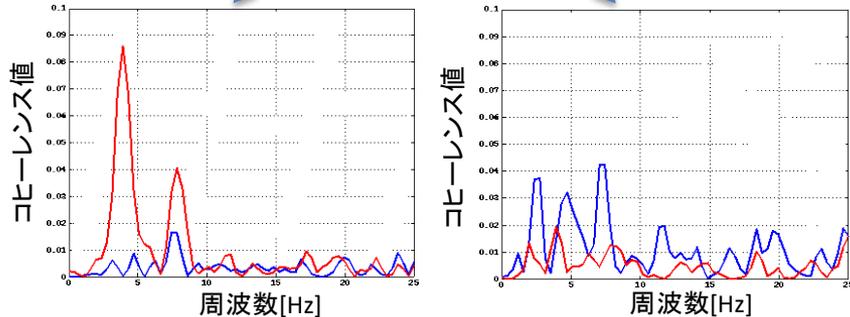


MEG#2と各エンベロープとのコヒーレンス関数

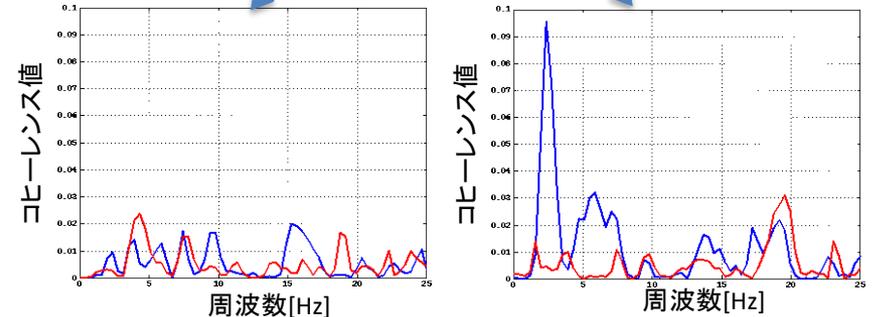
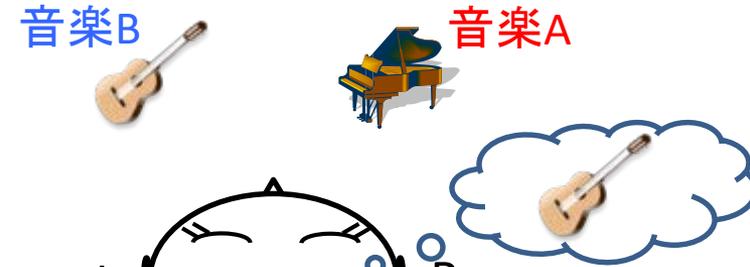


コヒーレンス関数を用いた選択的聴取に関する検討

(1) 音源位置が異なる場合

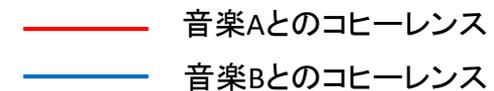


音楽Aに集中した場合



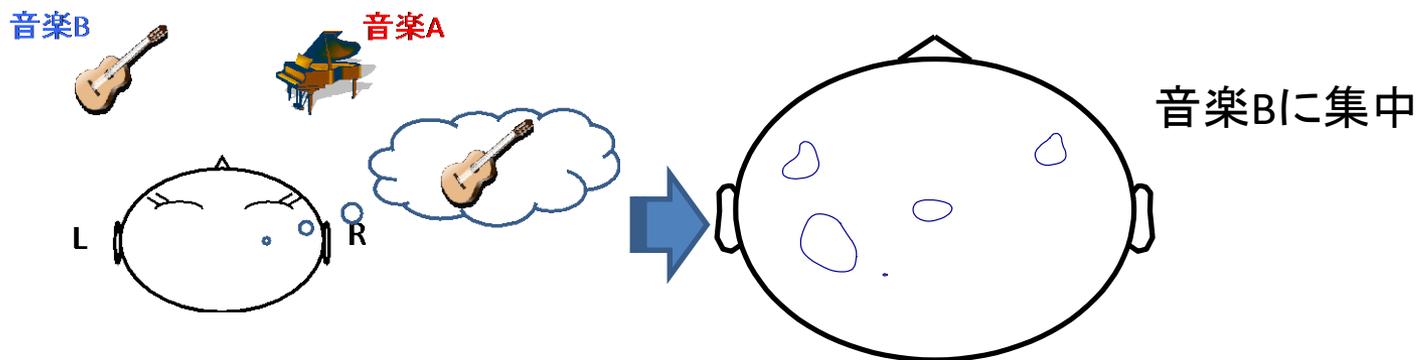
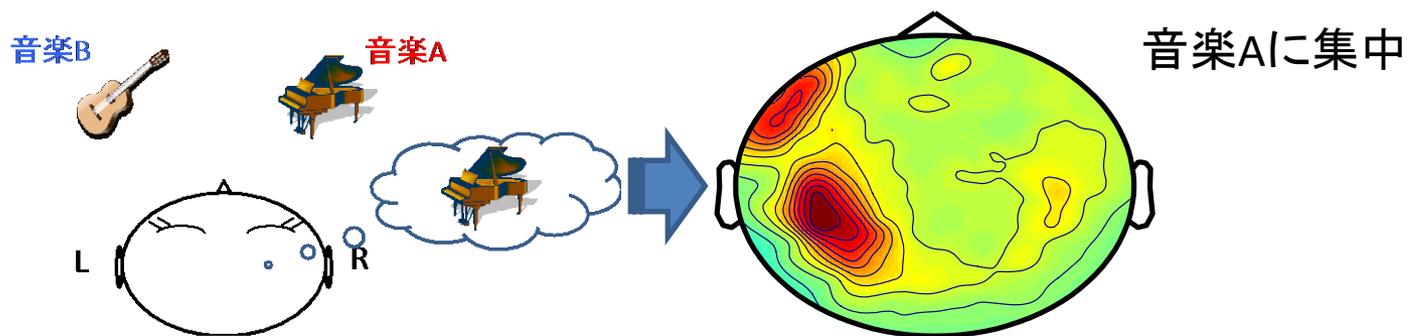
音楽Bに集中した場合

- ・ステレオ
- ・両耳聴取
- ・3分間提示



コヒーレンス値の分布について

コヒーレンス値の積分値(2-6Hz)マップ



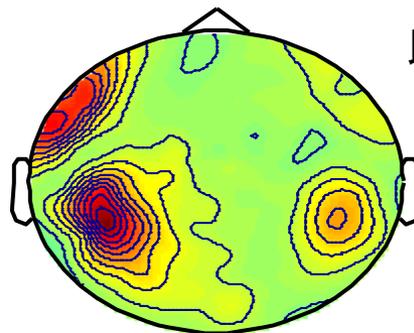
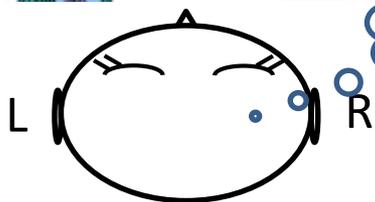
vs. 音楽A

vs. 音楽B

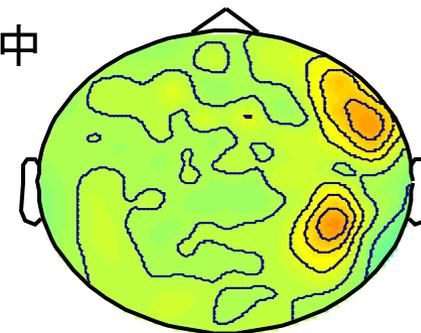
音声の場合

朗読B

朗読A

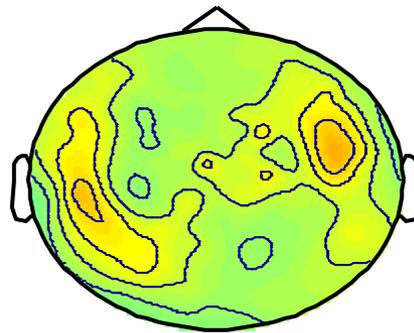
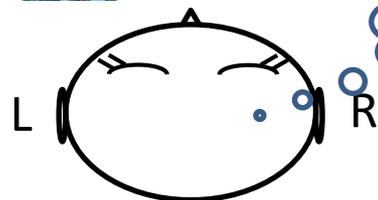


朗読Aに集中

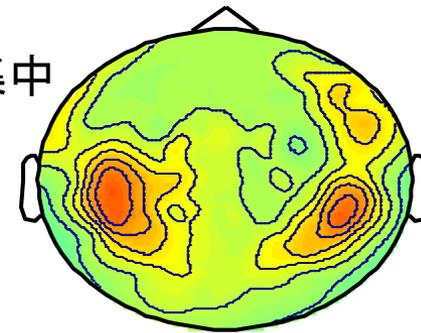


朗読B

朗読A



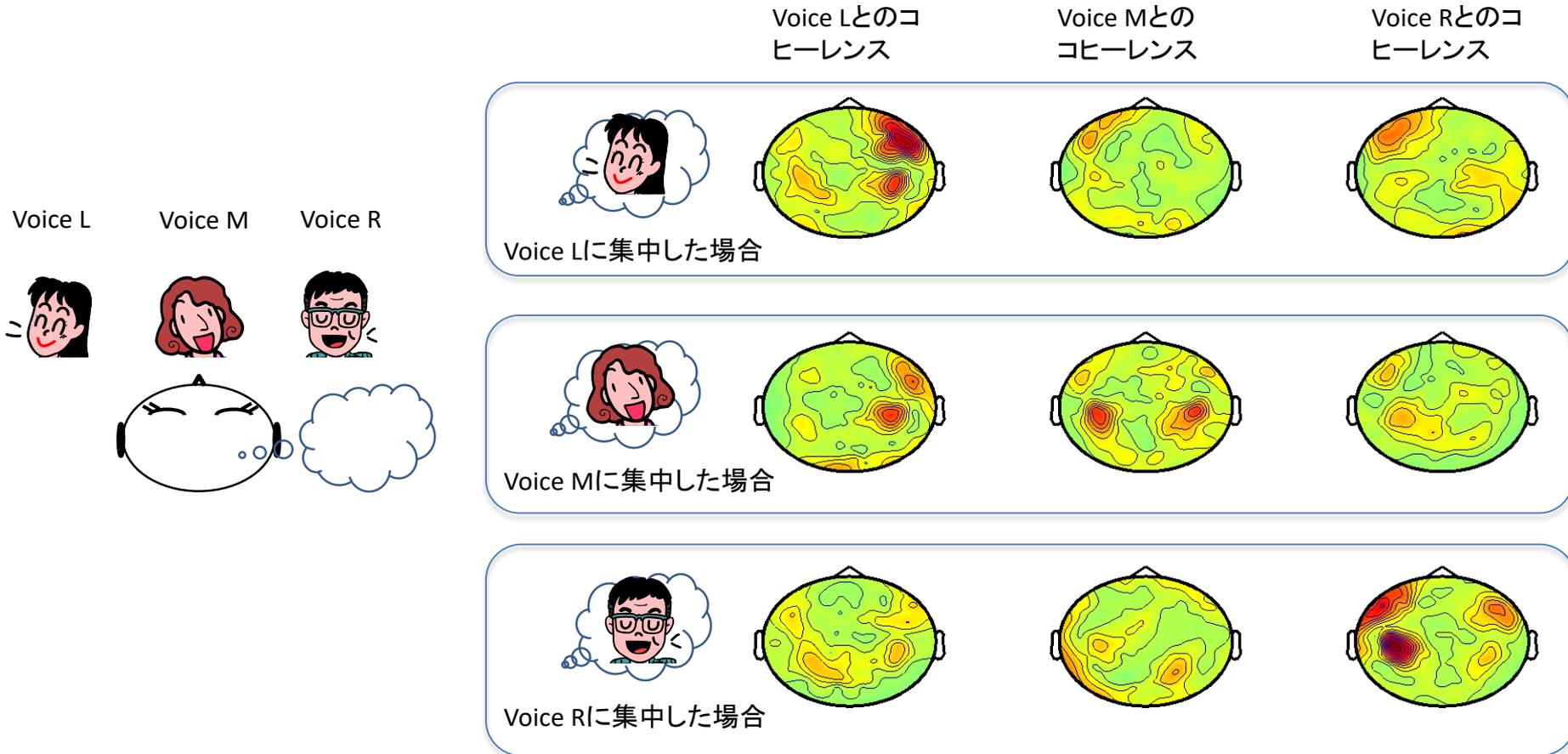
朗読Bに集中



vs. 朗読A

vs. 朗読B

3方向からの朗読音声聞き分ける場合



各朗読音声に対する脳磁図のコヒーレンス値マップ

選択的聴取に関する研究事例

LETTER

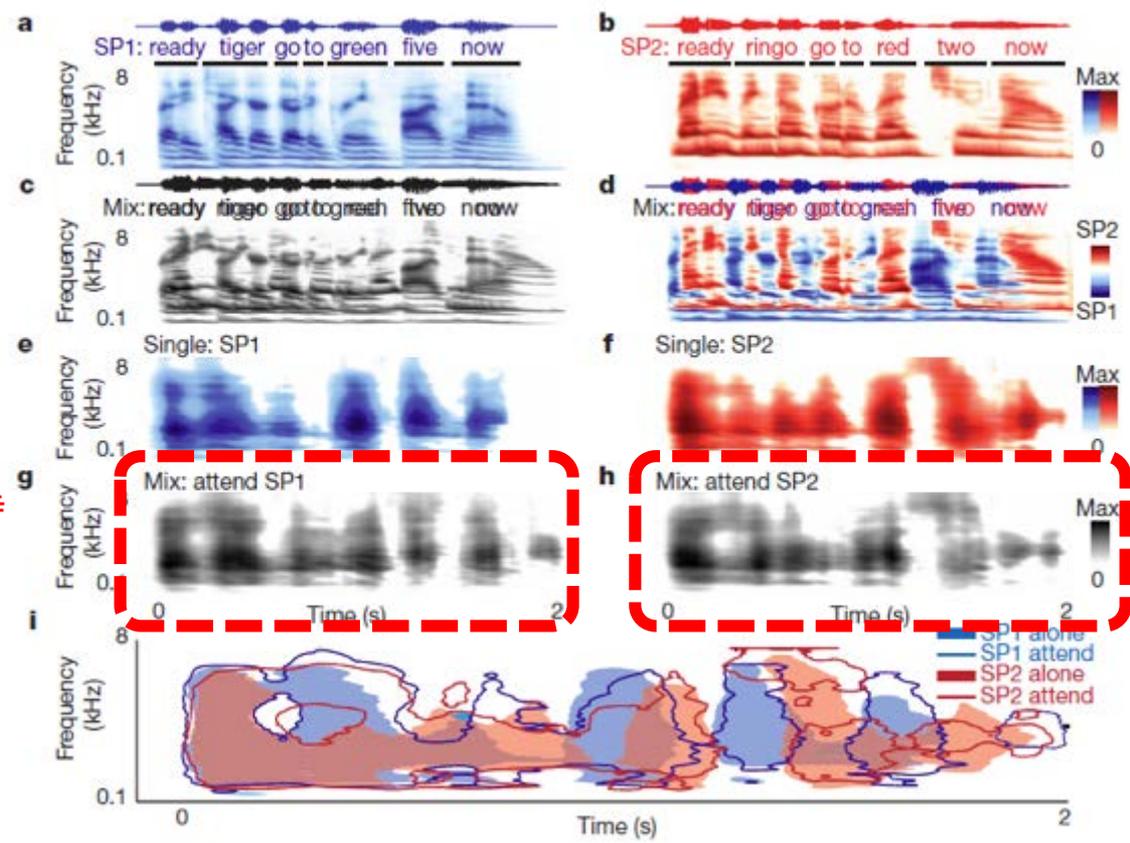
doi:10.1038/nature11020

Selective cortical representation of attended speaker in multi-talker speech perception

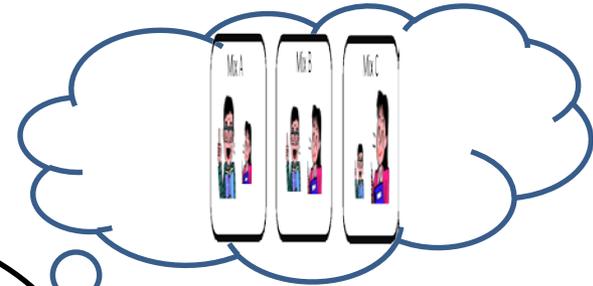
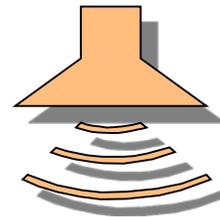
Nima Mesgarani¹ & Edward F. Chang¹

... speech spectrograms reconstructed based on cortical responses to the mixture of speakers reveal the salient spectral and temporal features of the attended speaker, as if subjects were listening to that speaker alone. ...

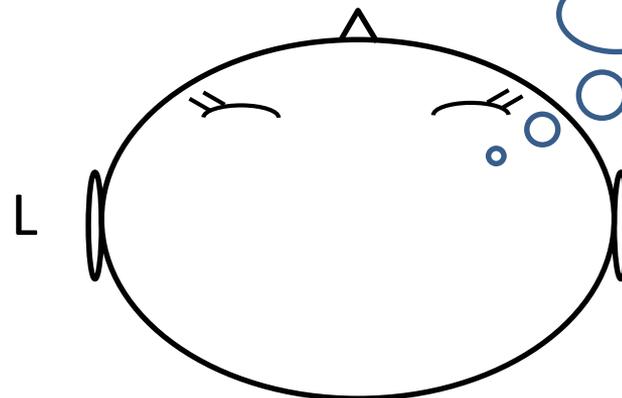
2人の話者の混ざった声に対する皮質の応答から再構成した発話スペクトログラムは、注意を向けた話者に特徴的なスペクトルと時間の性質を示し、あたかも被験者がその話者の声だけを聴いているかのようにだった。



(2) 聞き取り条件が異なる場合

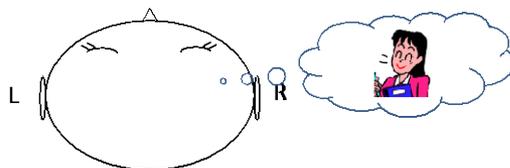
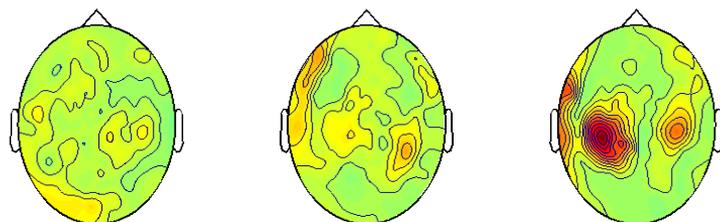


- ・モノラル
- ・両耳聴取
- ・3分間提示

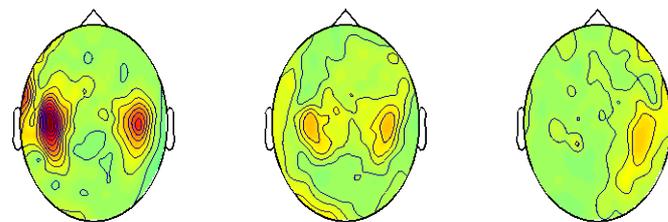


- R
- 一方の朗読音声を聞き取る。
- この時の聞き取り条件は、
- Mix A → 悪
 - Mix B → 中
 - Mix C → 良

聞き取り条件によるコヒーレンス値の変化

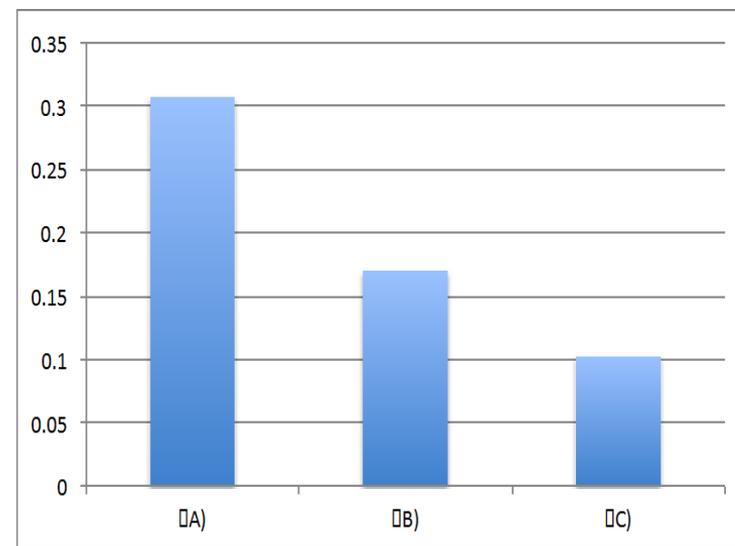
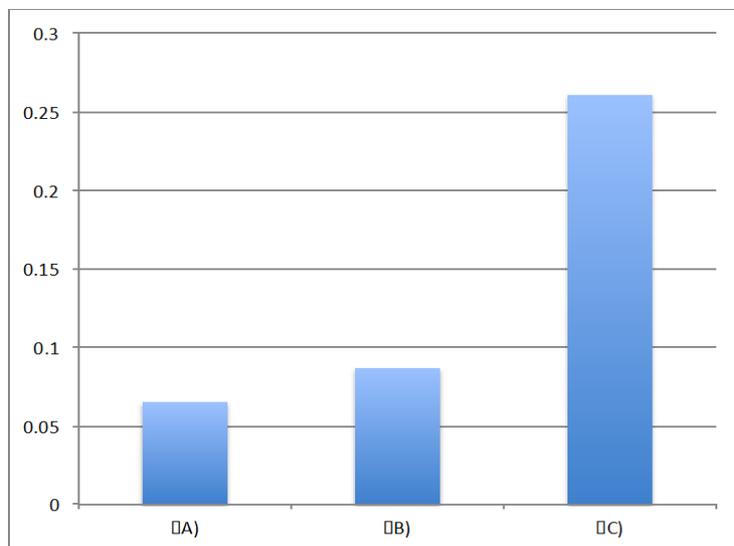


女性朗読を聞き取る場合



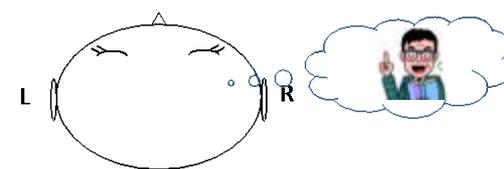
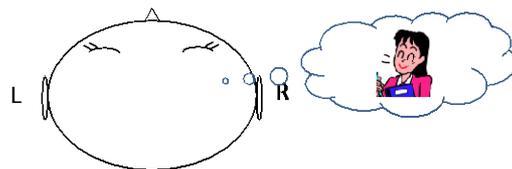
男性朗読を聞き取る場合

聞き取り条件とコヒーレンス値の相関性



聞き取り条件 → 良

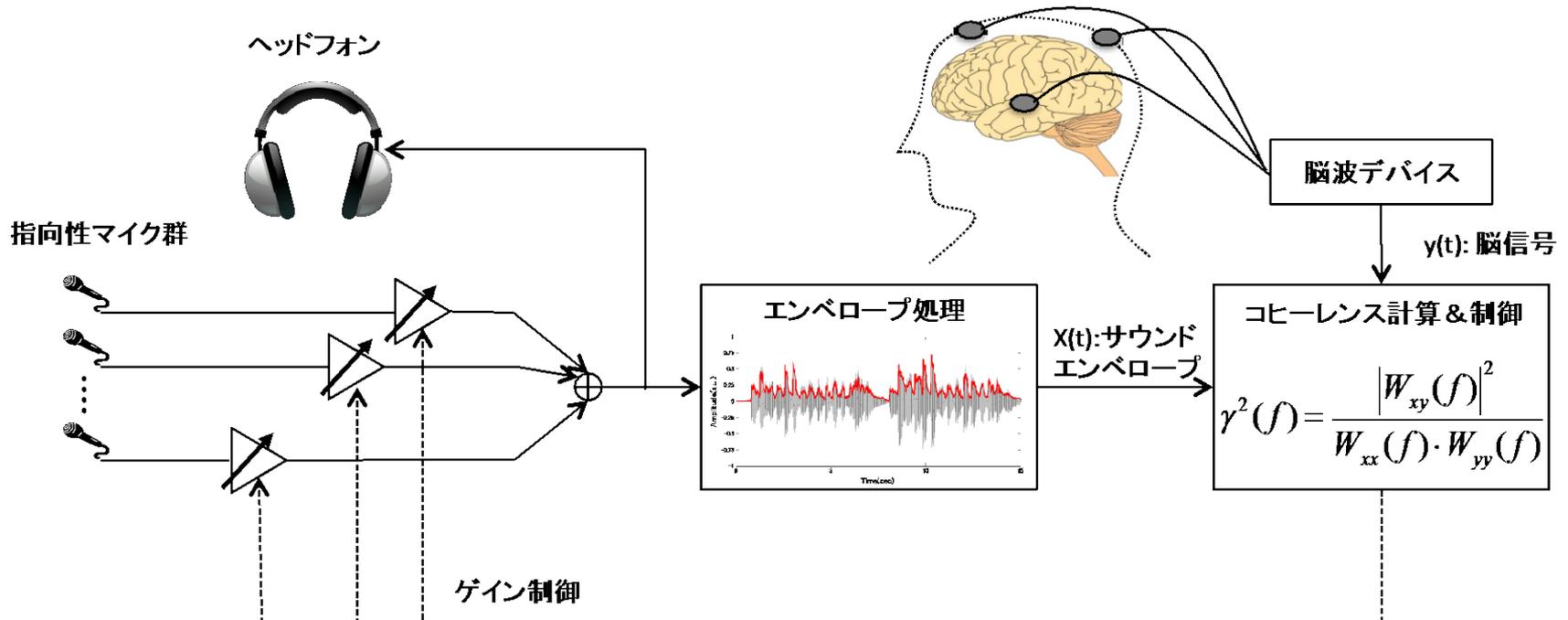
聞き取り条件 → 悪



女性朗読を聞き取る場合

男性朗読を聞き取る場合

選択的聴取機能を補助するBCI装置



提示した音(エンベロープ)と脳信号とのコヒーレンス値が増加するように各マイクロホン出力を順次調節する。

実現に向けて技術的課題



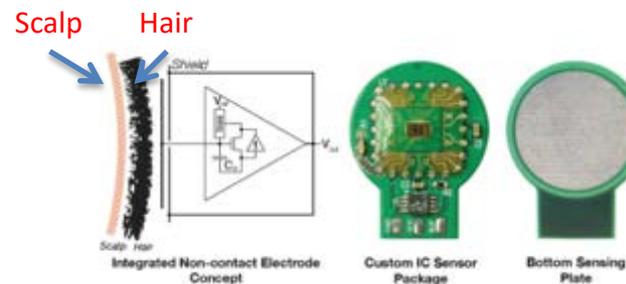
Emotiv EPOC

14 EEG channels, Wet type sensor



Emotiv Insight

5 EEG channels, Dry type sensor
Coming soon.

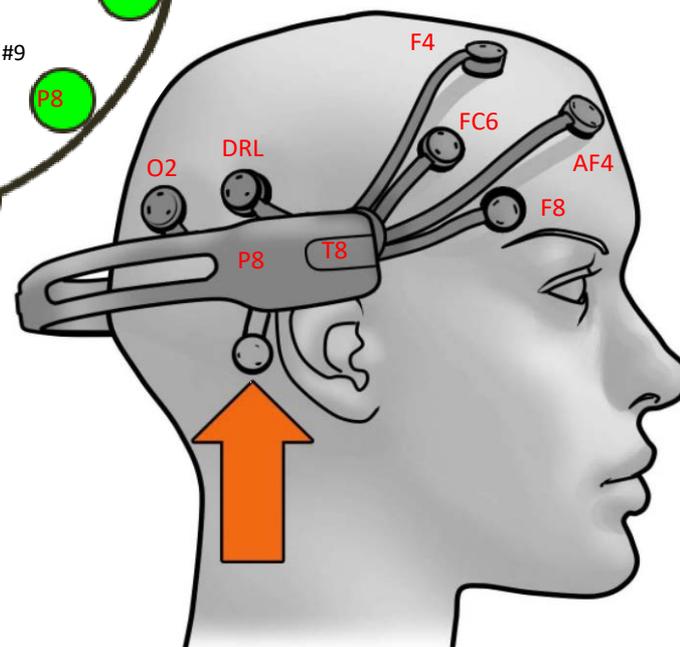
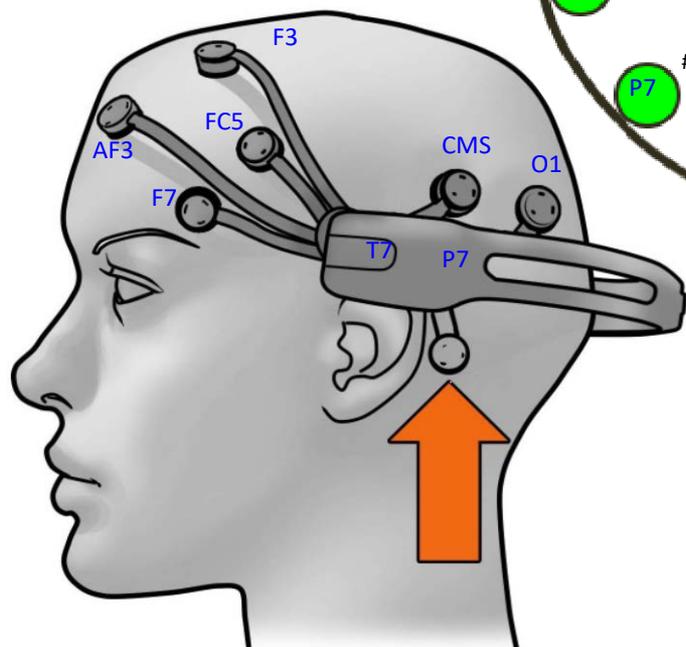
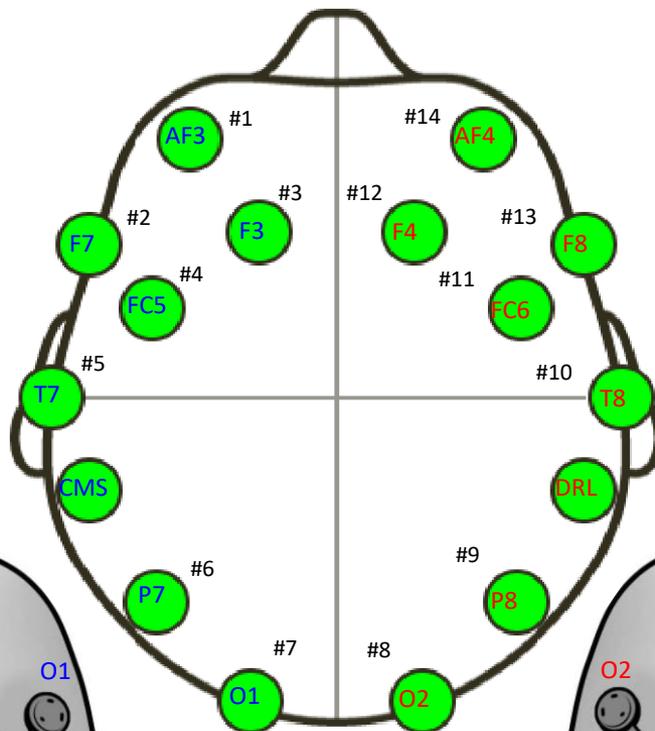


Future EEG sensor

Noncontact electrode

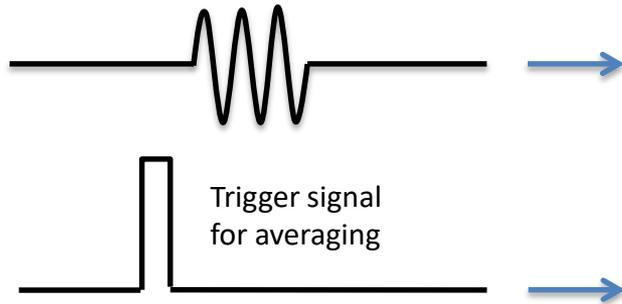
Performance Test of wearable EEG device

Test 1
Emotiv EPOC



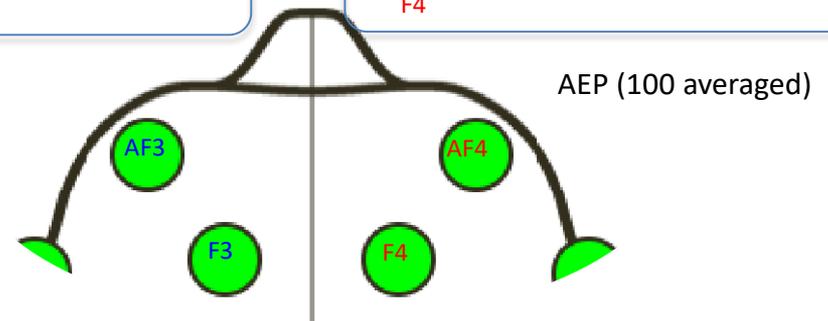
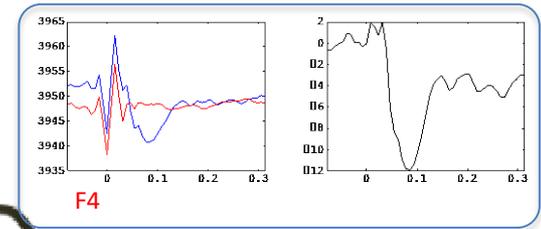
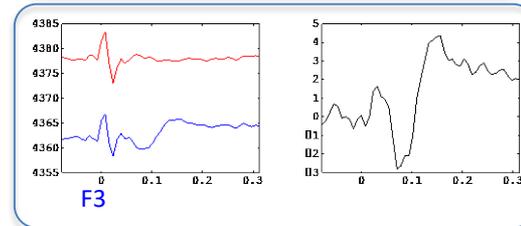
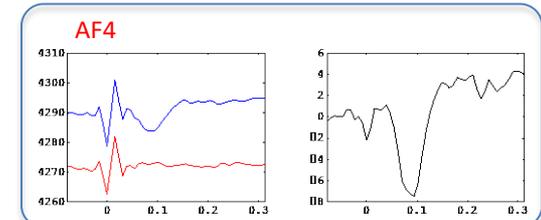
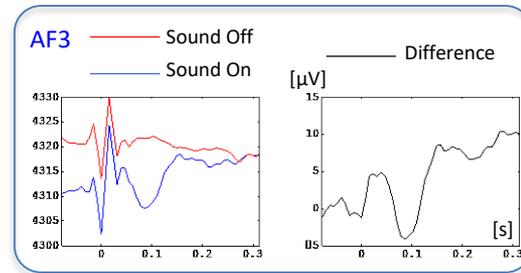
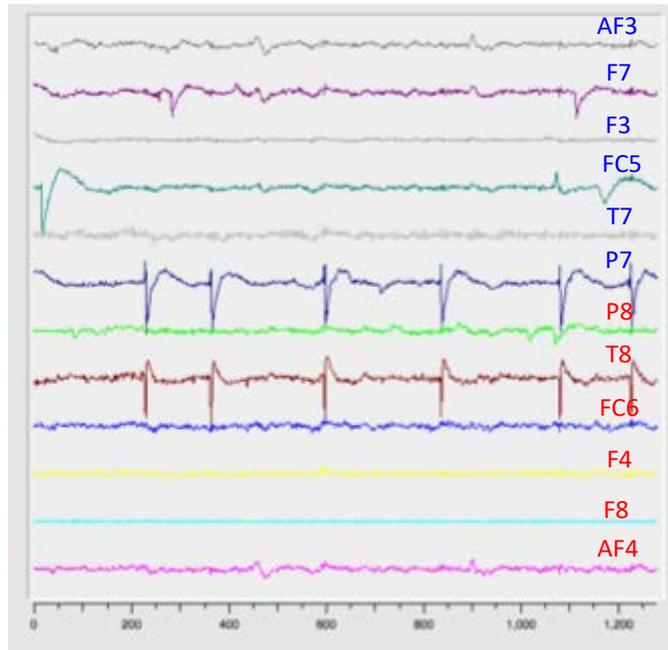
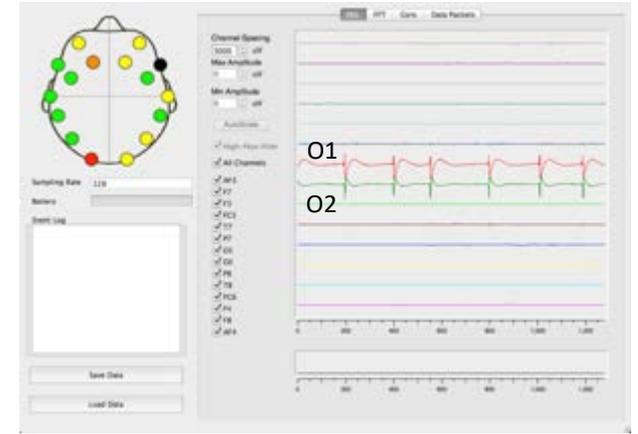
Auditory Evoked Potential measurement

Tone burst (1kHz, 50ms width)



Right ear

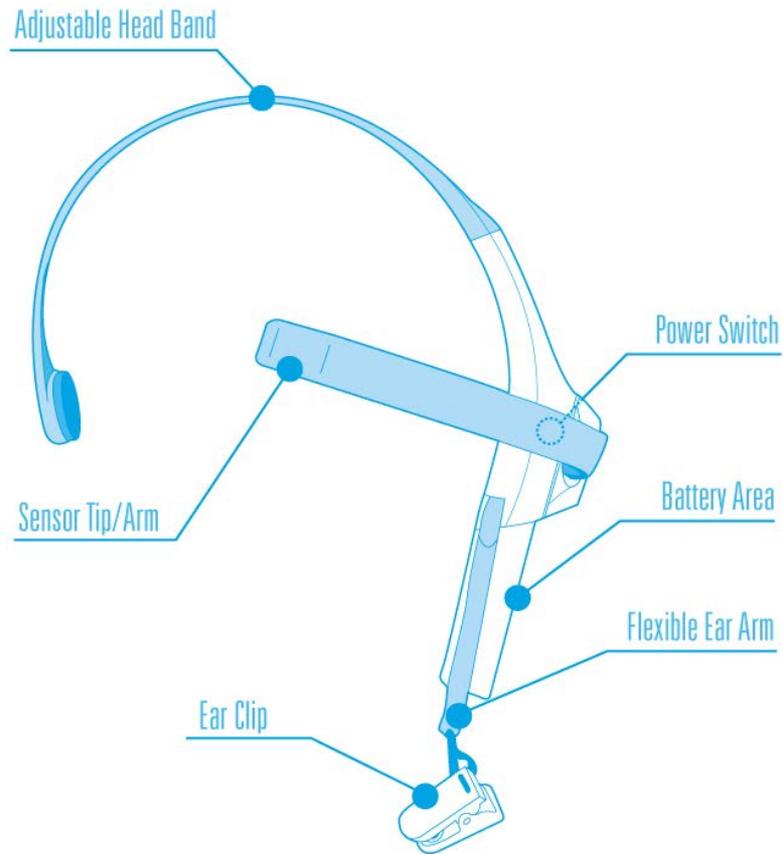
O1-O2 electrode



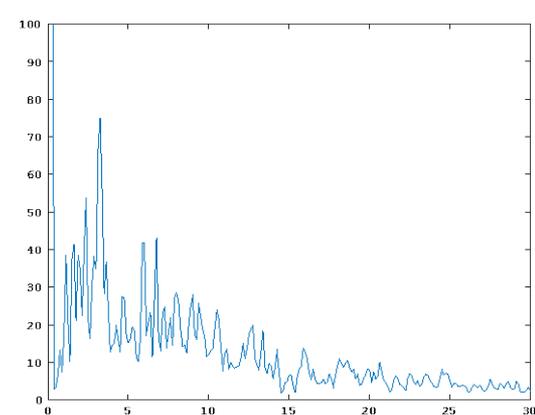
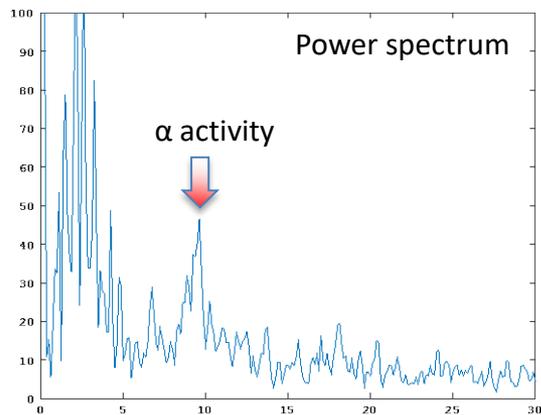
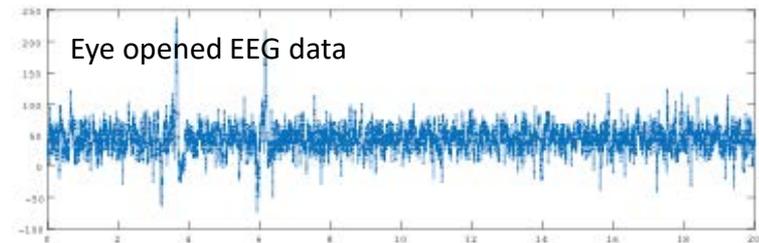
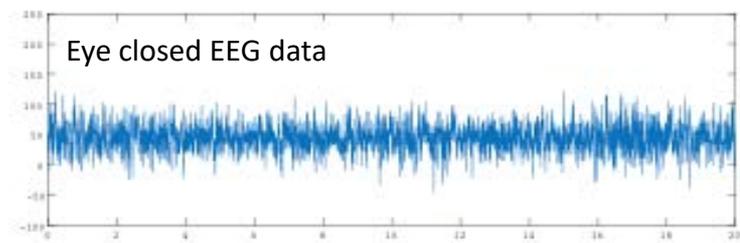
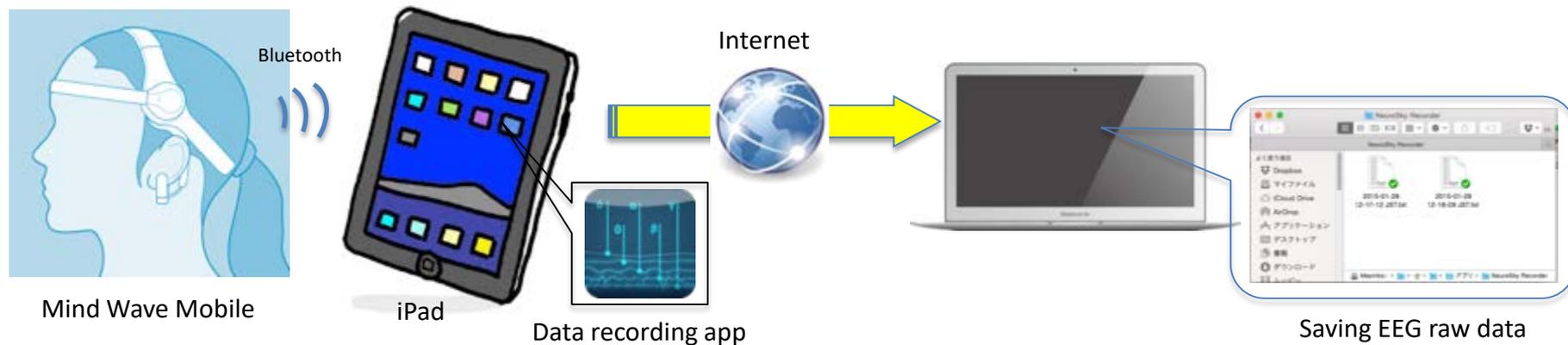
Test 2

NeuroSky

MindWave Mobile



Spontaneous activity measurement



視覚情報と脳信号とのコヒーレンス

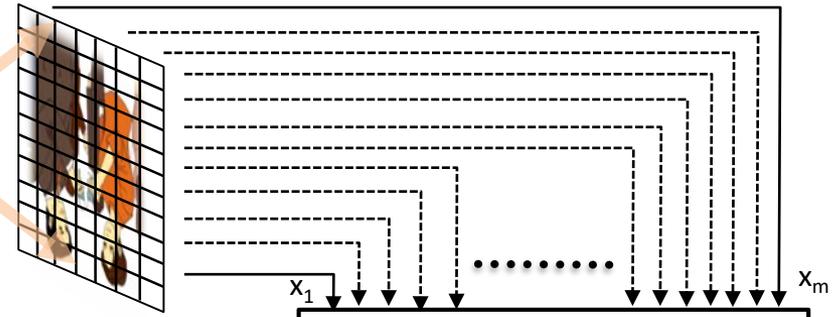


外界

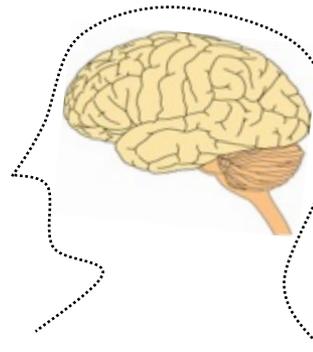
レンズ

イメージセンサ

$x(t)$: イメージセンサ各ピクセル出力波形群

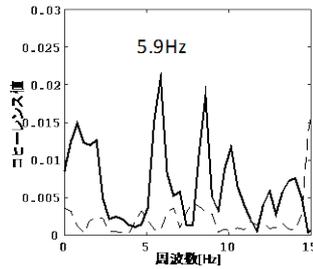
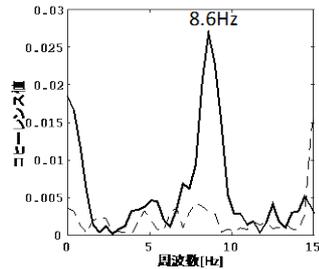


$y(t)$: 脳信号(MEG, EEG)波形群

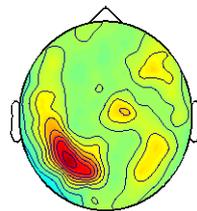
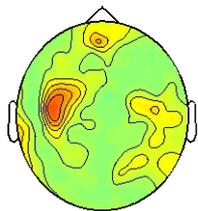


音なし

音あり



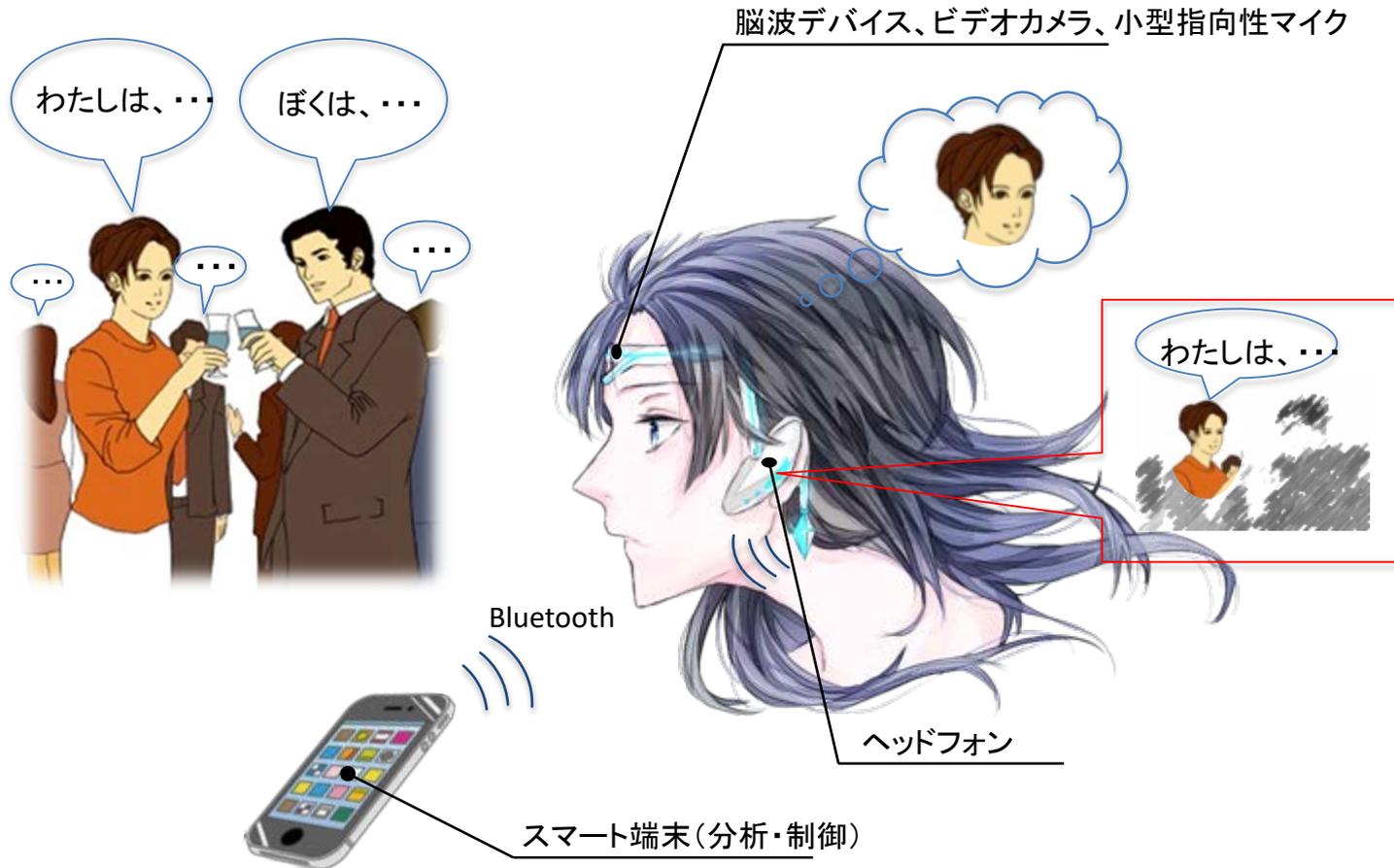
5.9Hzのコヒーレンス値分布



視覚刺激とのコヒーレンス計算例

視覚情報とのコヒーレンス値を併用することにより、
選択的聴取における注意の精度向上が期待できる。

選択的聴取能力を補助するBCI装置の完成イメージ



ご静聴ありがとうございました。

