

空間音響ことはじめ

バイノーラル再生による空間音響 －録音・再生の基礎－

森川 大輔
富山県立大学



今日のメニュー

- そもそもバイノーラルって
 - バイノーラル信号に含まれている情報
 - バイノーラルの歴史
 - バイノーラル録音
 - バイノーラル再生
 - バイノーラル信号の合成
 - バイノーラル信号の個人差
 - ラウドスピーカでのバイノーラル再生
- 音響機器の接続とノイズ対策

今日の参考文献

- 福留公利
バイノーラル制御技術の原理・歴史と現状
日本音響学会誌, 61 (7), 374-379, 2005
- 岩谷幸雄
バイノーラル収録・再生における課題
日本音響学会誌, 61 (7), 386-391, 2005
- 平原達也, 大谷 真, 戸嶋 巖樹
頭部伝達関数の計測とバイノーラル再生にかかわる諸問題
Fundamental review, 2 (4), 68-85, 2009
- 北村達也
手作りバイノーラルマイクによる立体音響体験
2015年日本音響学会秋季研究発表会
- 平原達也
はじめてのバイノーラル録音
日本音響学会誌, 71 (2), 80-88, 2015

今日の裏メニュー

16:30～17:15 [音場制御・音響応用] 座長 榎本 成悟
副座長 宮崎 亮一

1-1-15

平面複数円形アレイを用いた 3 次元近傍エリア再生

○岡本 拓磨 (NICT)

1-1-16

周波数領域における時間変化に着目した二次元音場解析

☆服部 若菜, 谷川 理佐子, 及川 靖広 (早大理工)

1-1-17

半球状超音波アレイを用いた空中音響ピンセットの大型化と
保持力向上

☆山本 豊, 大久保 寛 (首都大院)

そもそもバイノーラルって

バイノーラル binaural
2 耳の ➡ 両耳の

モノーラル monaural
1 耳の ➡ 単耳の



そもそもバイノーラルって

バイノーラル binaural
2 耳の ➡ 両耳の

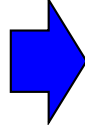
モノーラル monaural
1 耳の ➡ 単耳の

ステレオ stereophonic
立体 音の ➡ 立体的な音

ステレオ信号: 2 chの信号

monophonic
1 音の ➡ 1音
モノ信号 / モノフォニック信号

そもそもバイノーラルって

バイノーラル $\frac{\text{binaural}}{2}$ 耳の  両耳の

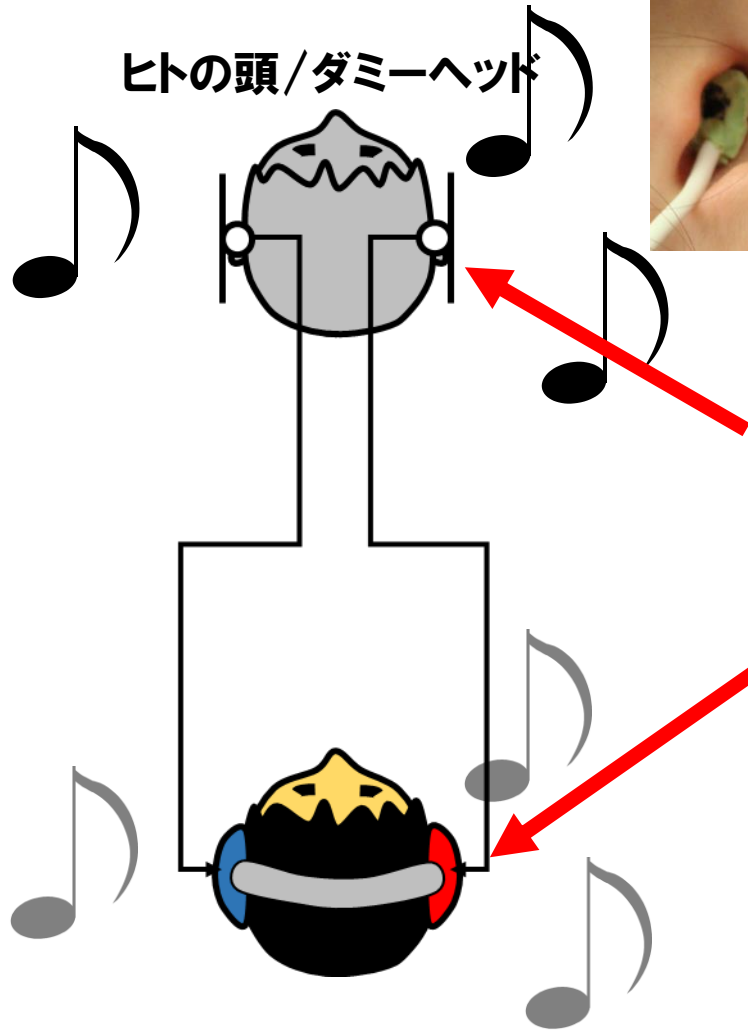
広義：両耳で聴けばなんでもバイノーラル

バイノーラル信号

両耳で録音した信号

両耳で聴くための信号

そもそもバイノーラルって



ヒトの頭/ダミーヘッド

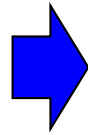
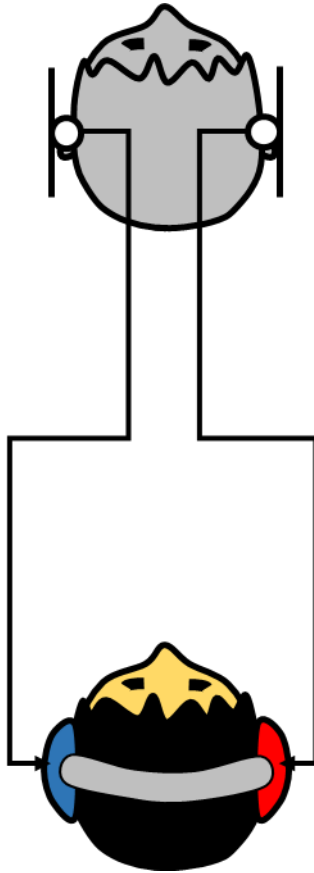
ここで鳴っている音が、

ここで全く同じように鳴っていれば、

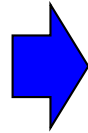
どっちで聴いてるか区別できないはず

そもそもバイノーラルって

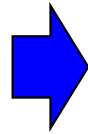
ヒトの頭/ダミーヘッド



バイノーラル
録音

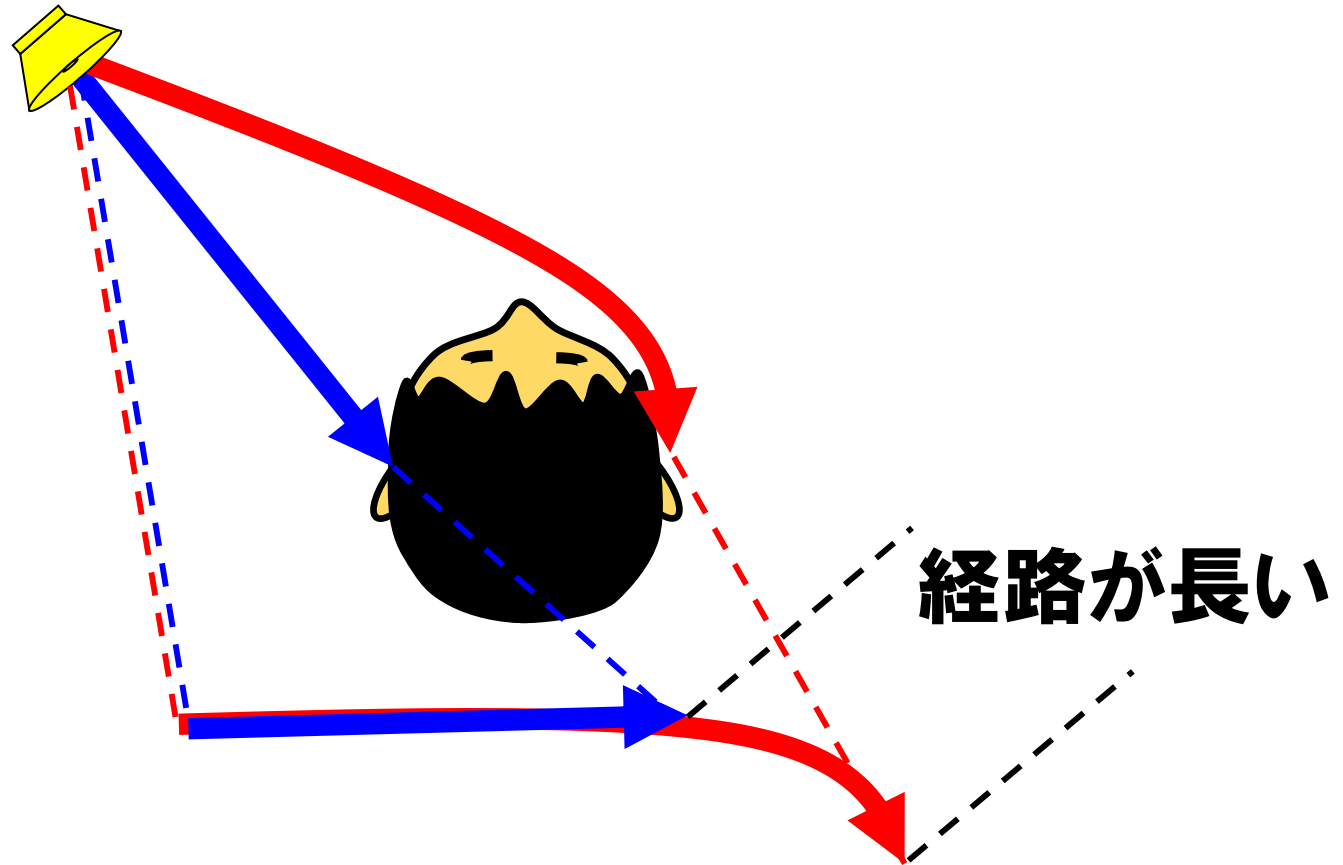


バイノーラル
信号



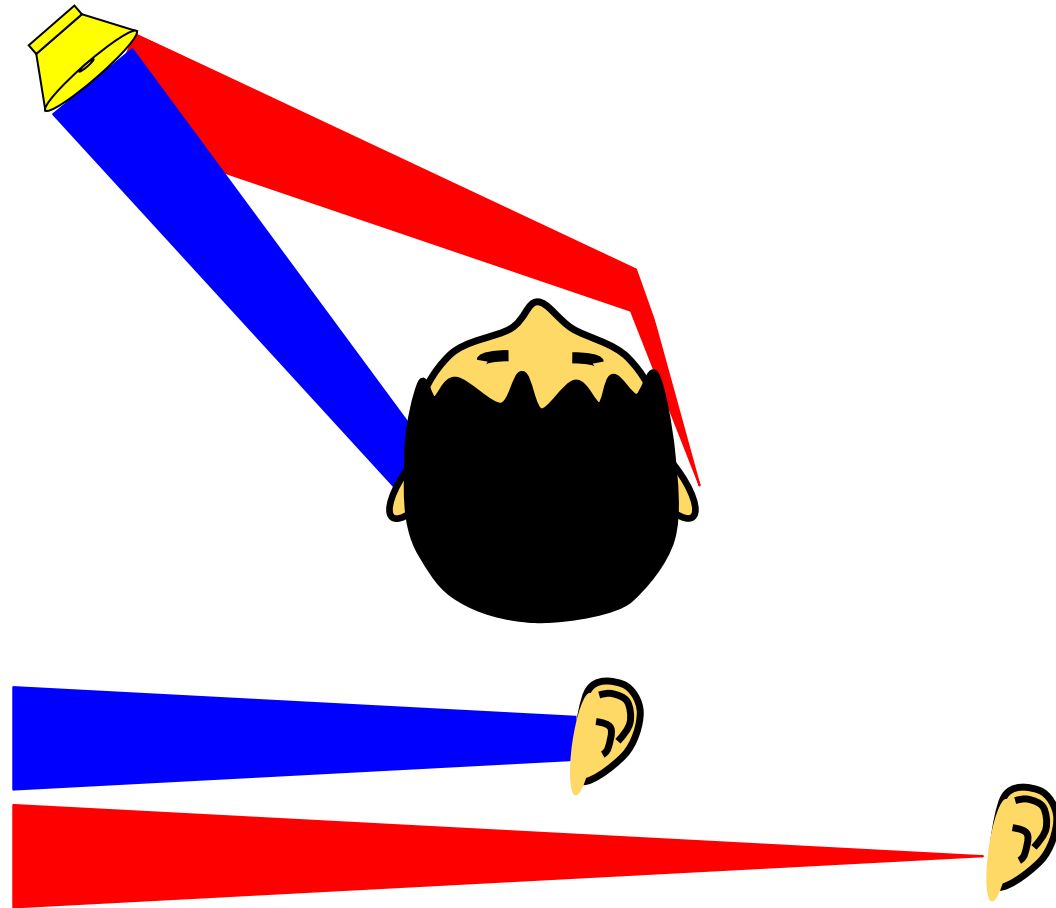
バイノーラル
再生

バイノーラル信号に含まれる情報



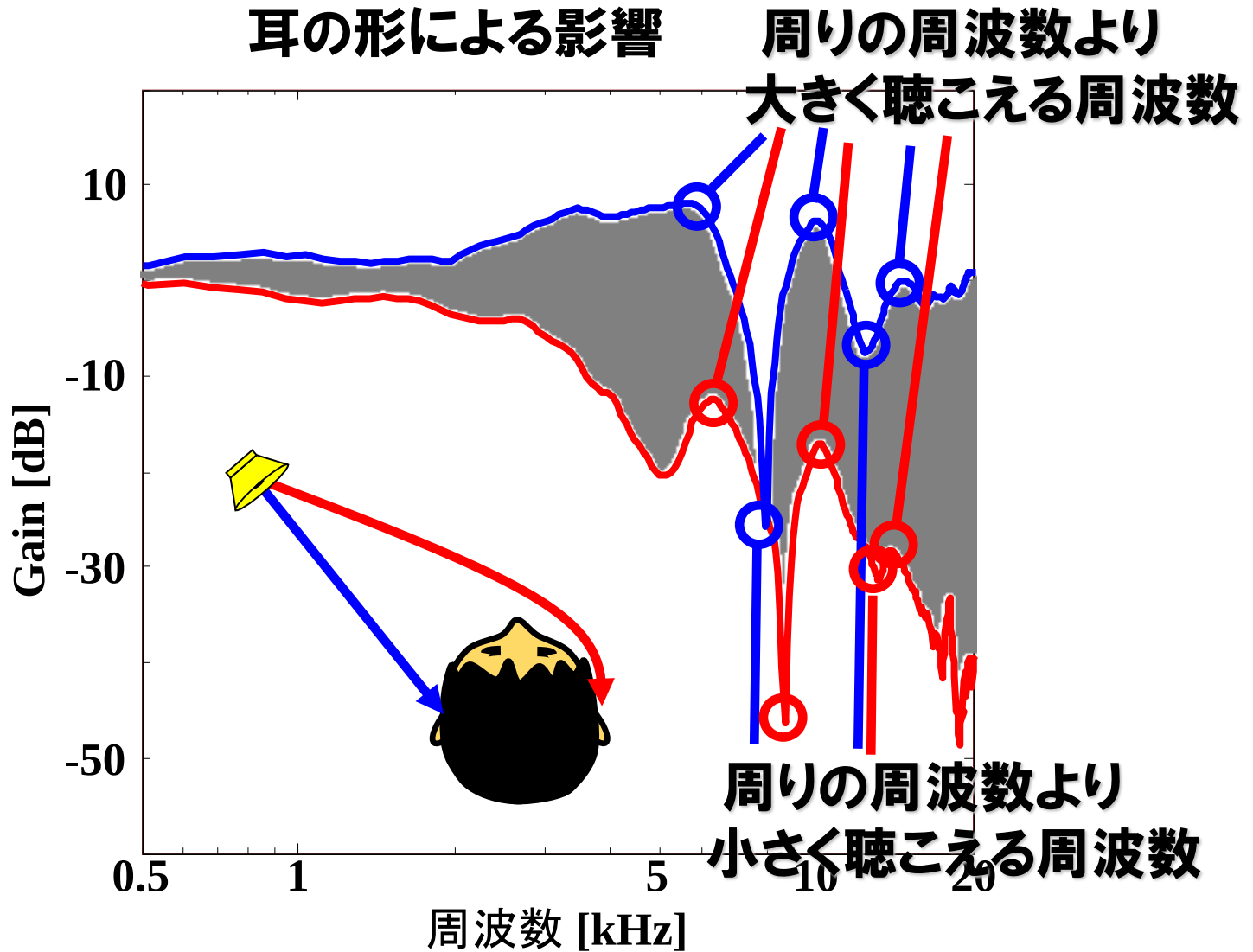
反対側の耳に届く音が遅れる
両耳間時間差

バイノーラル信号に含まれる情報



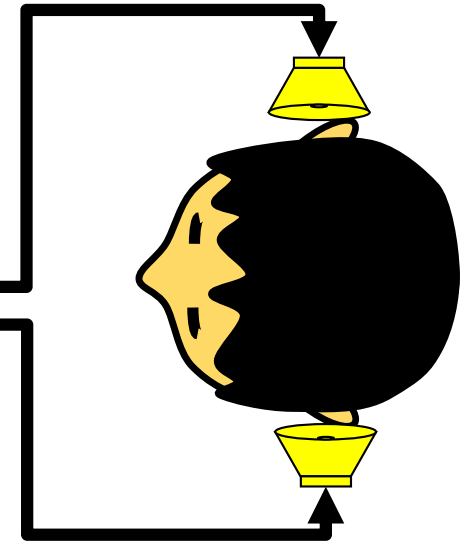
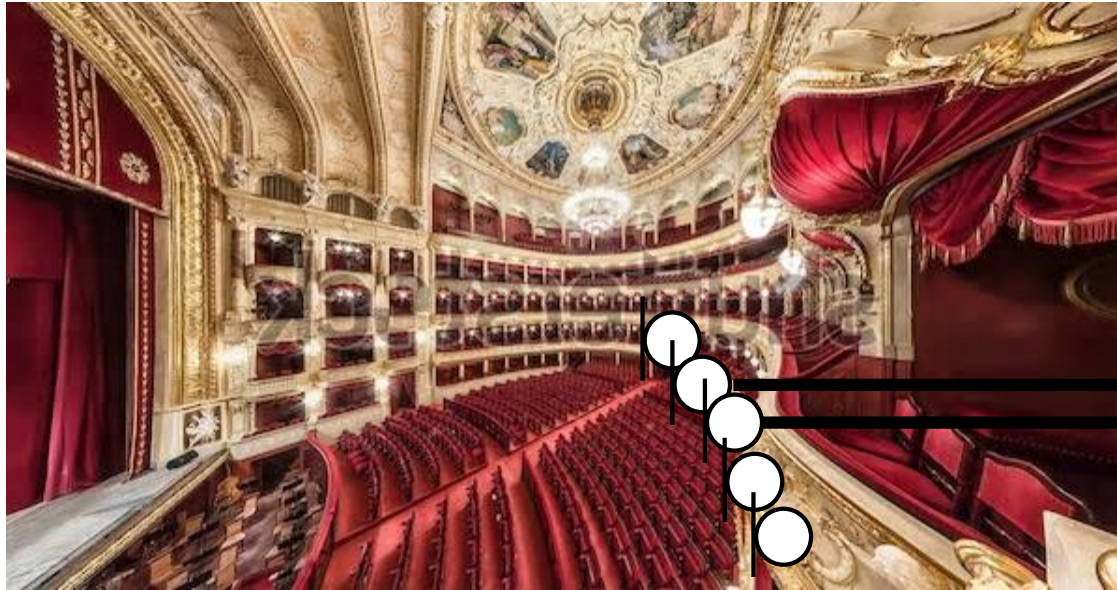
反対側の耳に届く音が小さくなる
両耳間音圧差

バイノーラル信号に含まれる情報



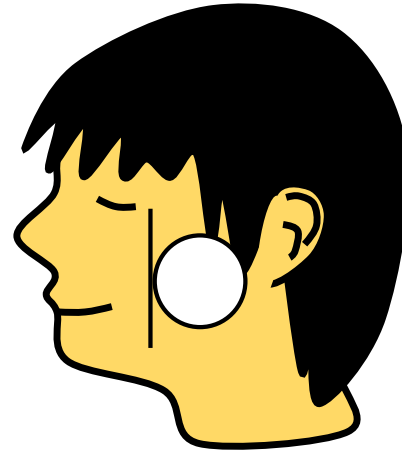
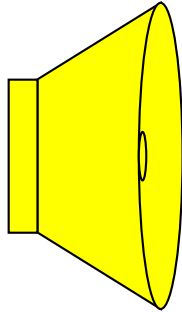
バイノーラルの歴史

- 1881年 パリ国際電気博覧会
オペラ座の音を電話で送信、2つの電話で両耳に



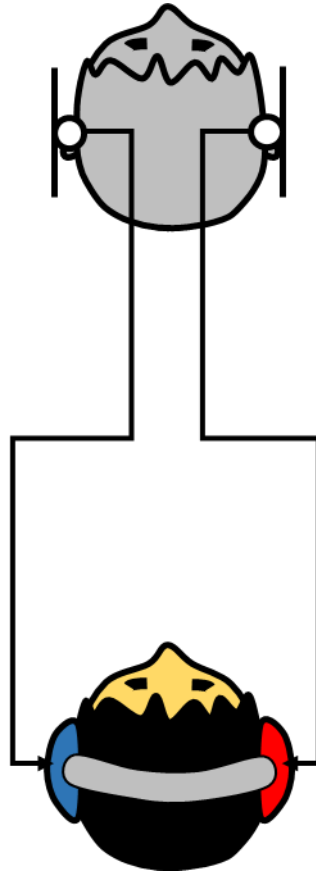
バイノーラルの歴史

- 1920年代～1930年代 ベル研究所
ダミーヘッドOscarの頬のマイクで録音して再生



バイノーラル概略

ヒトの頭/ダミーヘッド



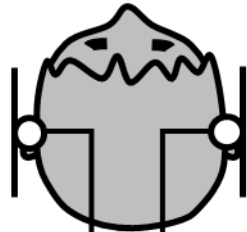
バイノーラル
録音

バイノーラル
信号

バイノーラル
再生

バイノーラル録音を試みる

ヒトの頭/ダミーヘッド



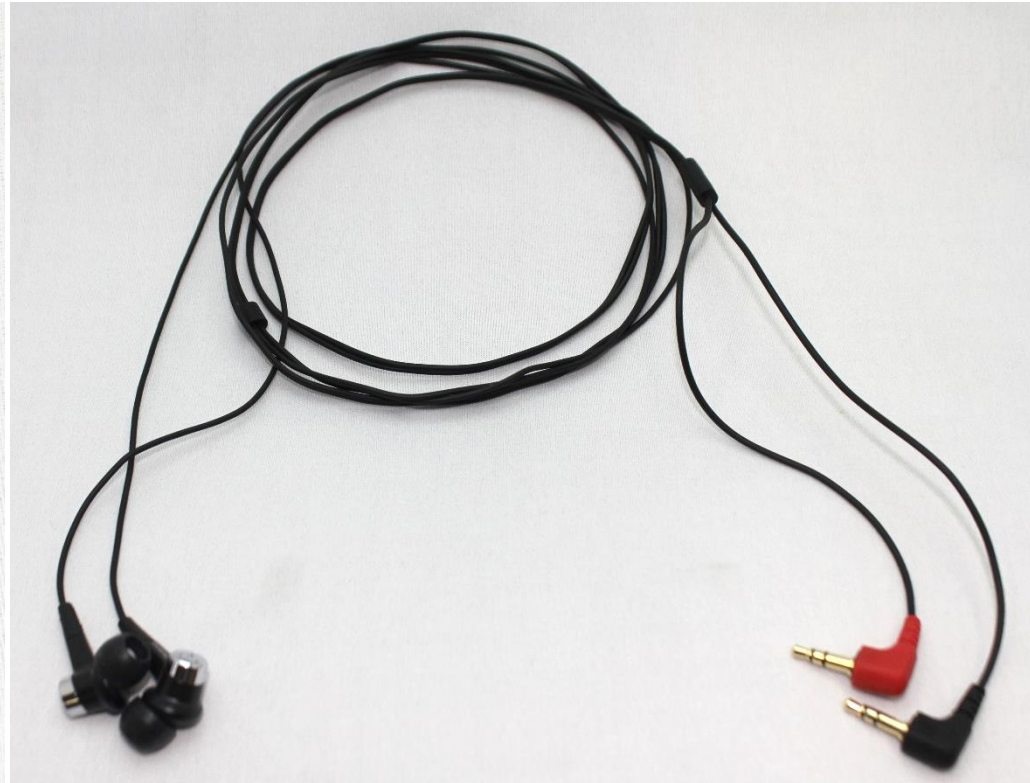
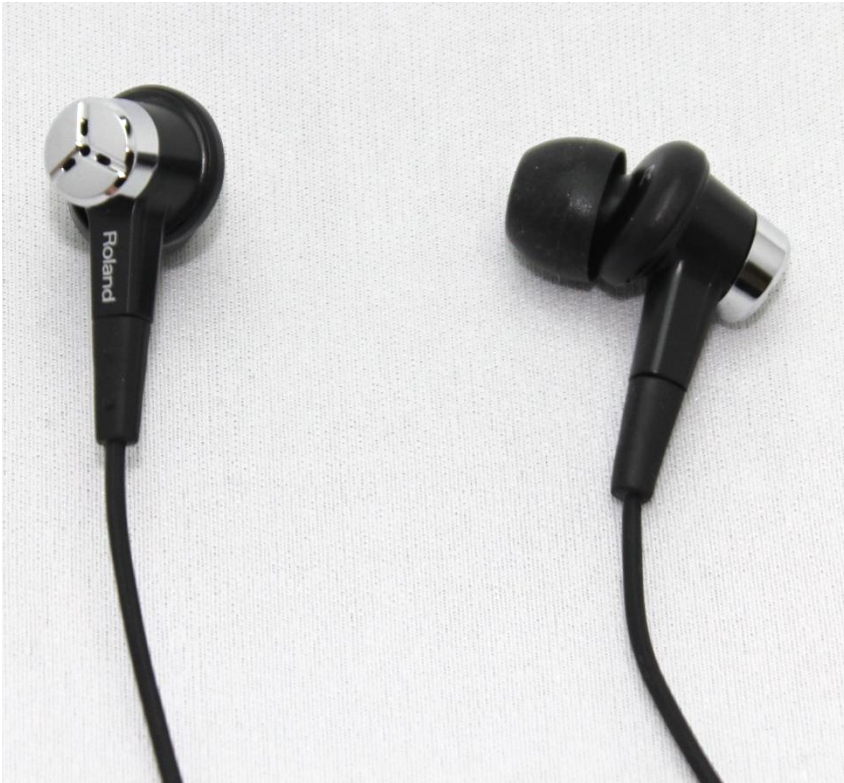
バイノーラル
録音



最低限必要な物
外耳道に入るマイク
シールド線
線とレコーダーと接続するプラグ
レコーダー

簡易的なバイノーラル録音

市販のバイノーラルマイクを買ってしまう（1万円前後～）



例) CS-10EM, Roland

<https://www.roland.com/jp/products/cs-10em/>

簡易的なバイノーラル録音

なるべく安く手作り



100円ショップのイヤホン
からドライバユニットを外し、
コンデンサマイク(数十円～数百円)
をつける
ICレコーダのマイク入力へ



甲南大学 北村達也先生

1) バイノーラルマイクの作り方

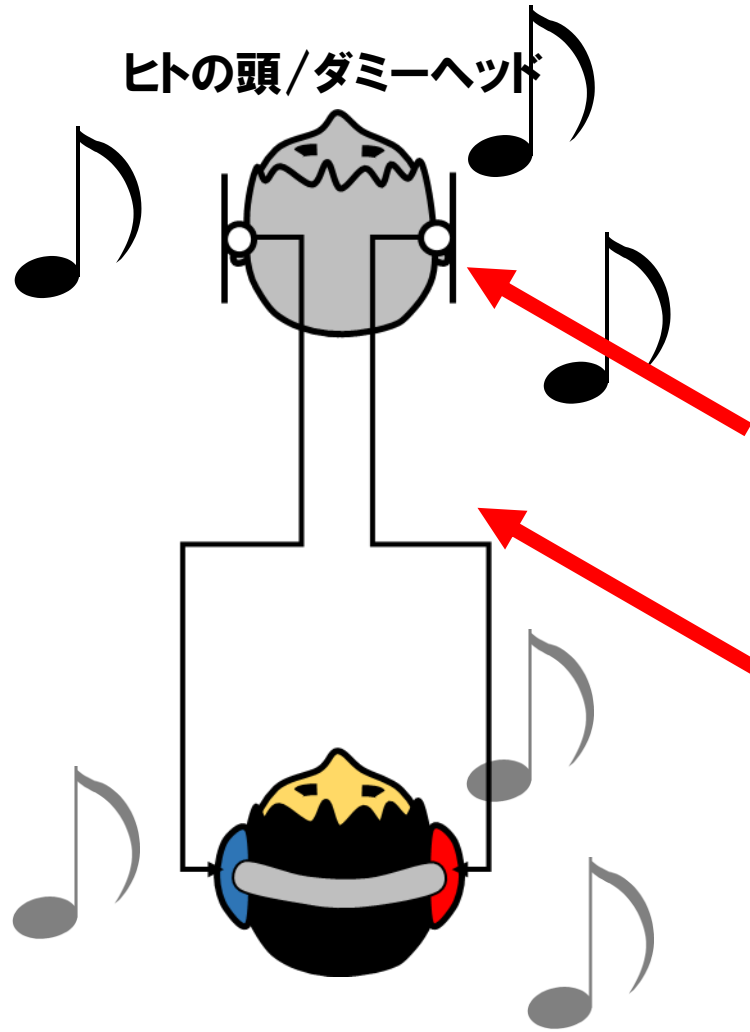
<https://www.konan-u.ac.jp/hp/kitlab/kitamura/>

2) 手作りバイノーラルマイクによる立体音響体験

- ひらめき☆ときめきサイエンス実施報告 -

2015年日本音響学会秋季研究発表会

厳密には。。。



ヒトの頭/ダミーヘッド

ここで鳴っている音が、
受音点の瞬時音圧が、

ここで**全く同じ**ように鳴っていれば、
イヤホンで再生した瞬時音圧と
一致していれば、
どっちで聴いてるか区別できない**はず**

厳密には。。。

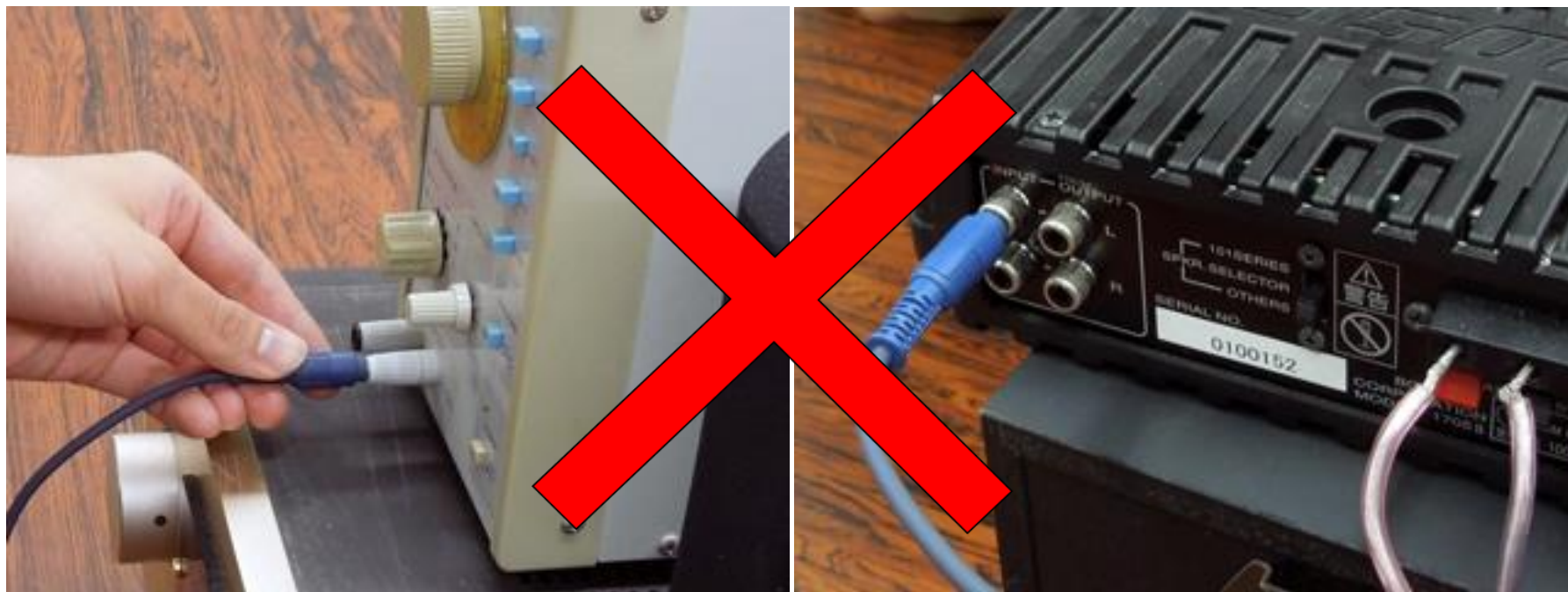
どうマイクを置くか
鼓膜付近？
外耳道入口付近？
外耳道を開放？閉塞？

どんなイヤホンで鳴らすか
外耳道を開放または閉塞
閉空間に再生／自由空間に再生
そもそもイヤホンの特性



参考) 岩谷幸雄
バイノーラル収録・再生における課題
日本音響学会誌, 61 (7), 386-391, 2005

それ以前の注意点



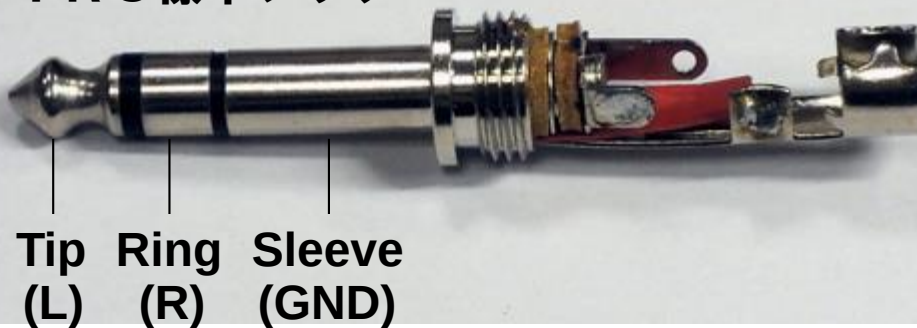
フォン・プラグ

TS標準プラグ



モノ信号用

TRS標準プラグ



ステレオ信号用

ミニ・プラグ

フォン・プラグ (6.3 mm ϕ)



ミニ・プラグ (3.5 mm ϕ)



ミニミニ・プラグ (2.5 mm ϕ)

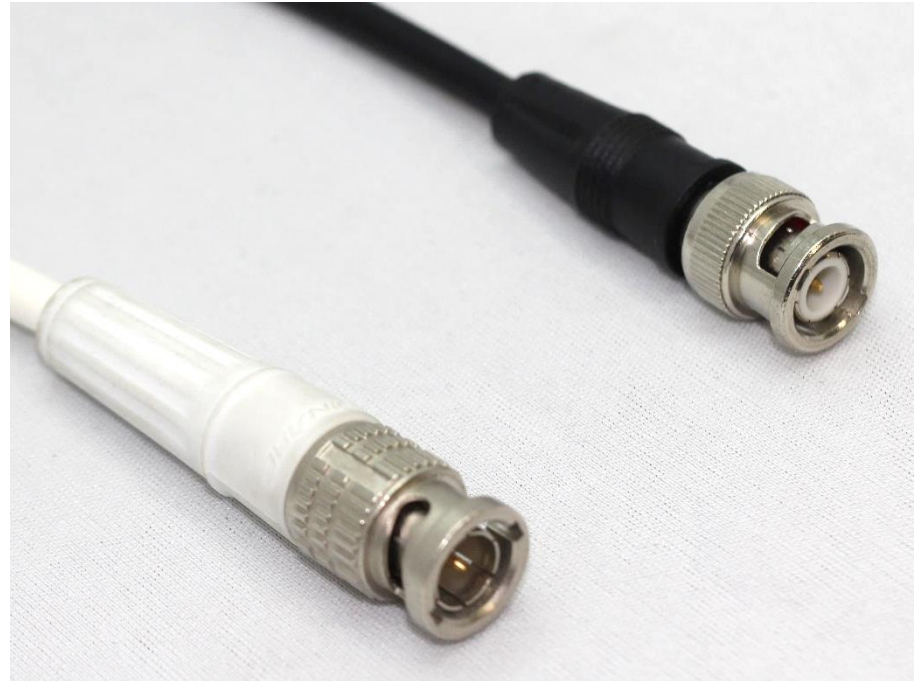
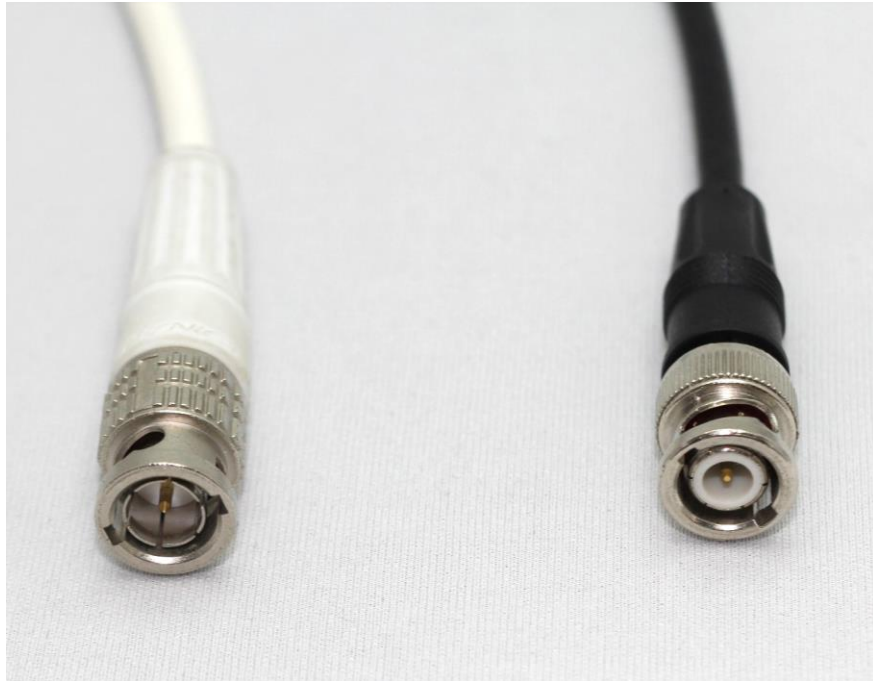


RCAプラグ（ピン・プラグ）



通常、赤色は R、白色は L に接続する

BNCコネクタ



回して固定する。無理やり引っ張らない

バナナプラグ



スピコン



キャノン・コネクタ

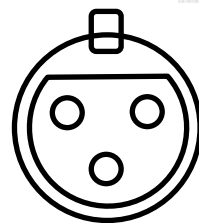
XLR型レセプタクル



XLR型プラグ



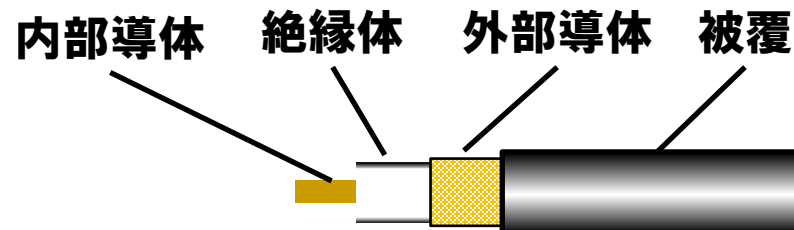
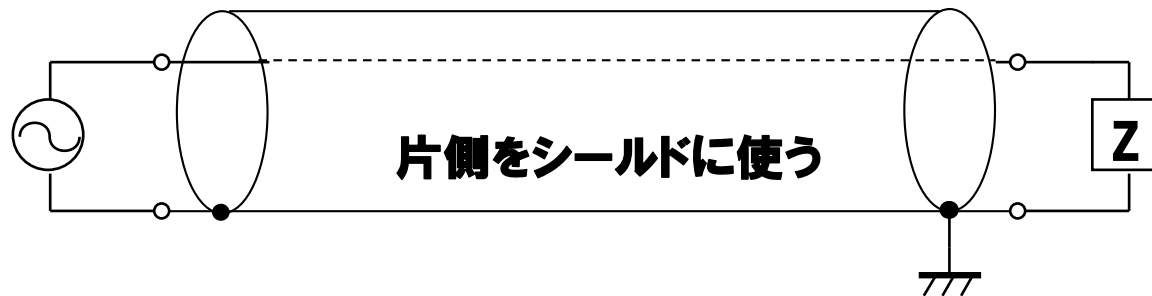
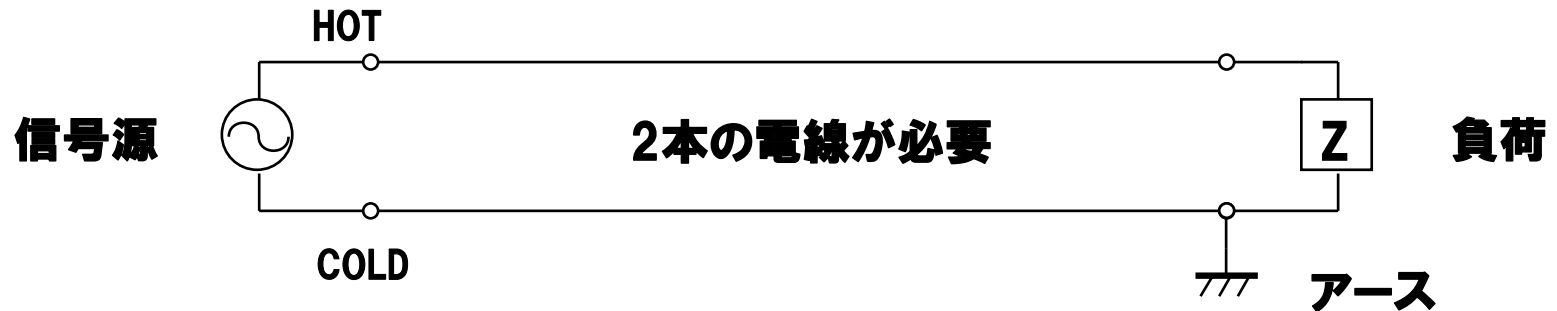
2番ピン (HOT)



1番ピン (GND)

3番ピン (COLD)

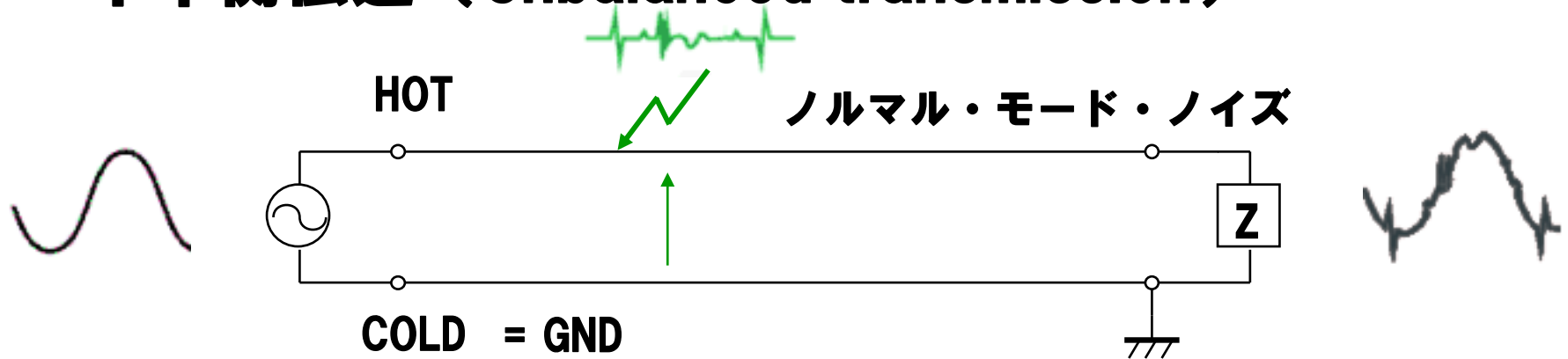
電線・シールド線



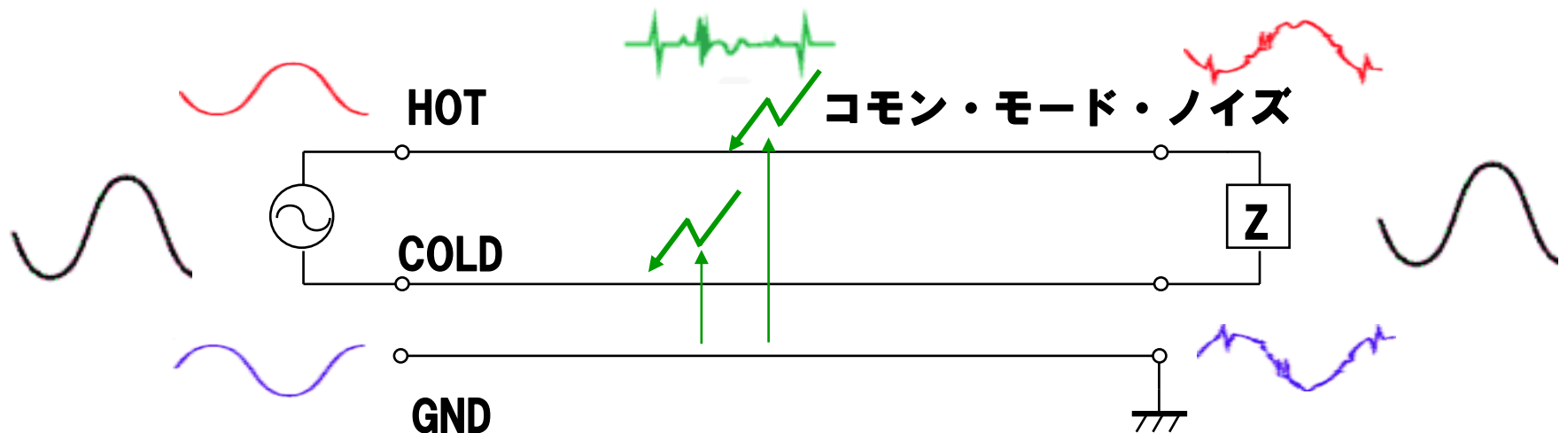
同軸ケーブル(高周波用)
(3C2V, 3D2V 等)

不平衡伝送と平衡伝送

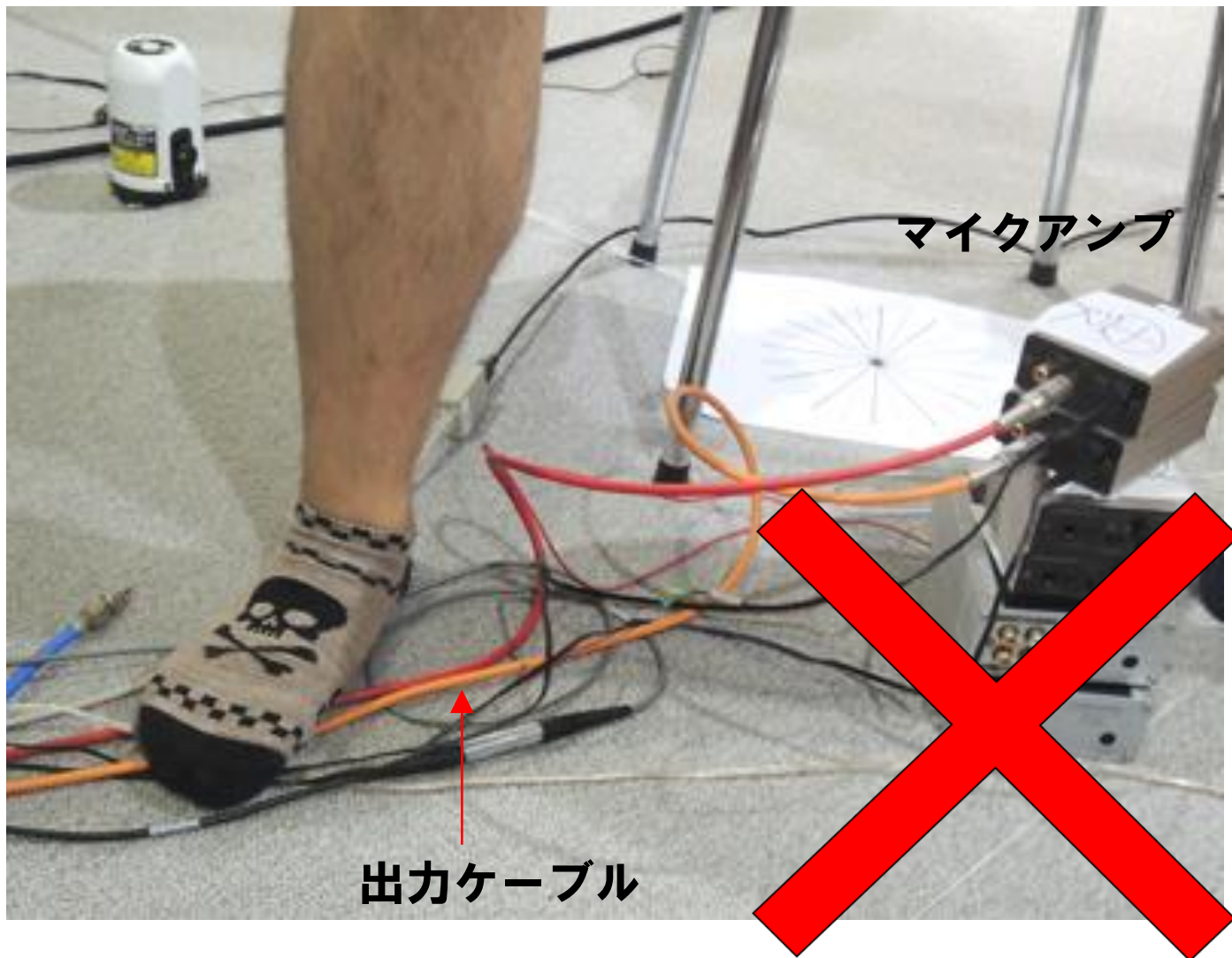
不平衡伝送 (Unbalanced transmission)



平衡伝送 (Balanced transmission)



ケーブルにやたらと触れない



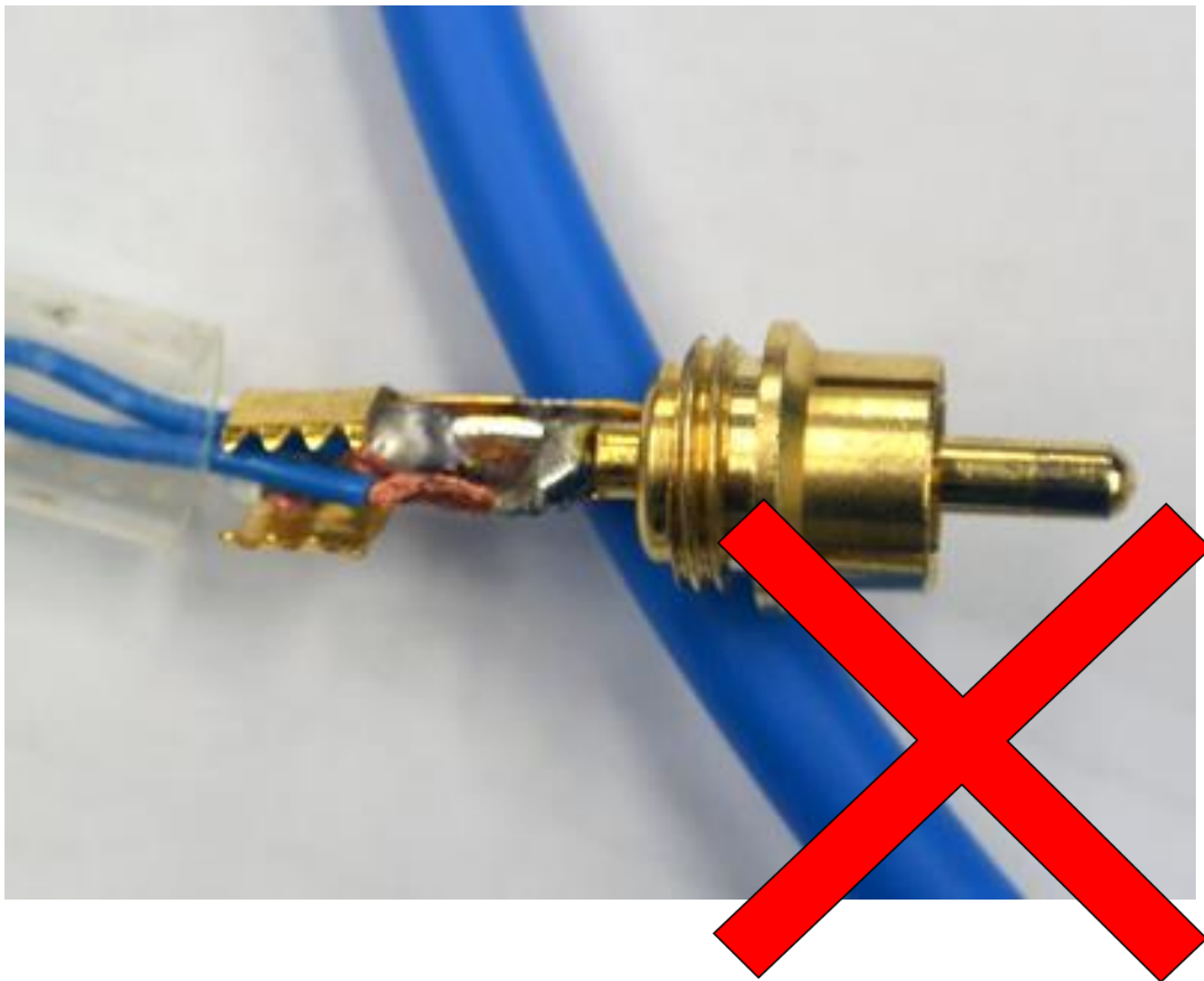
ノイズ対策

ヒトが触れるところになるべく変換コネクタを使わない

特にこいつに注意



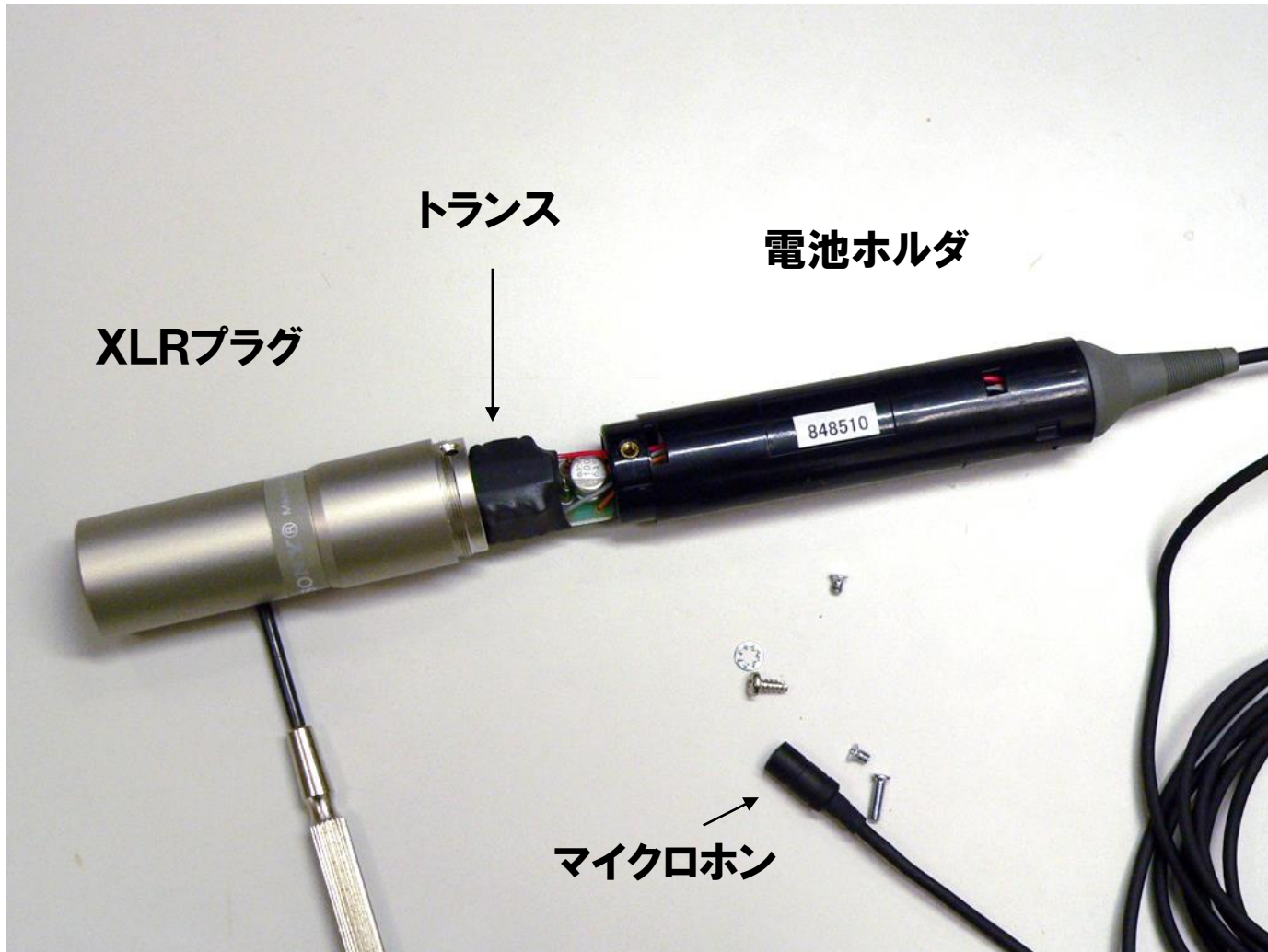
はんだ付けはちゃんと



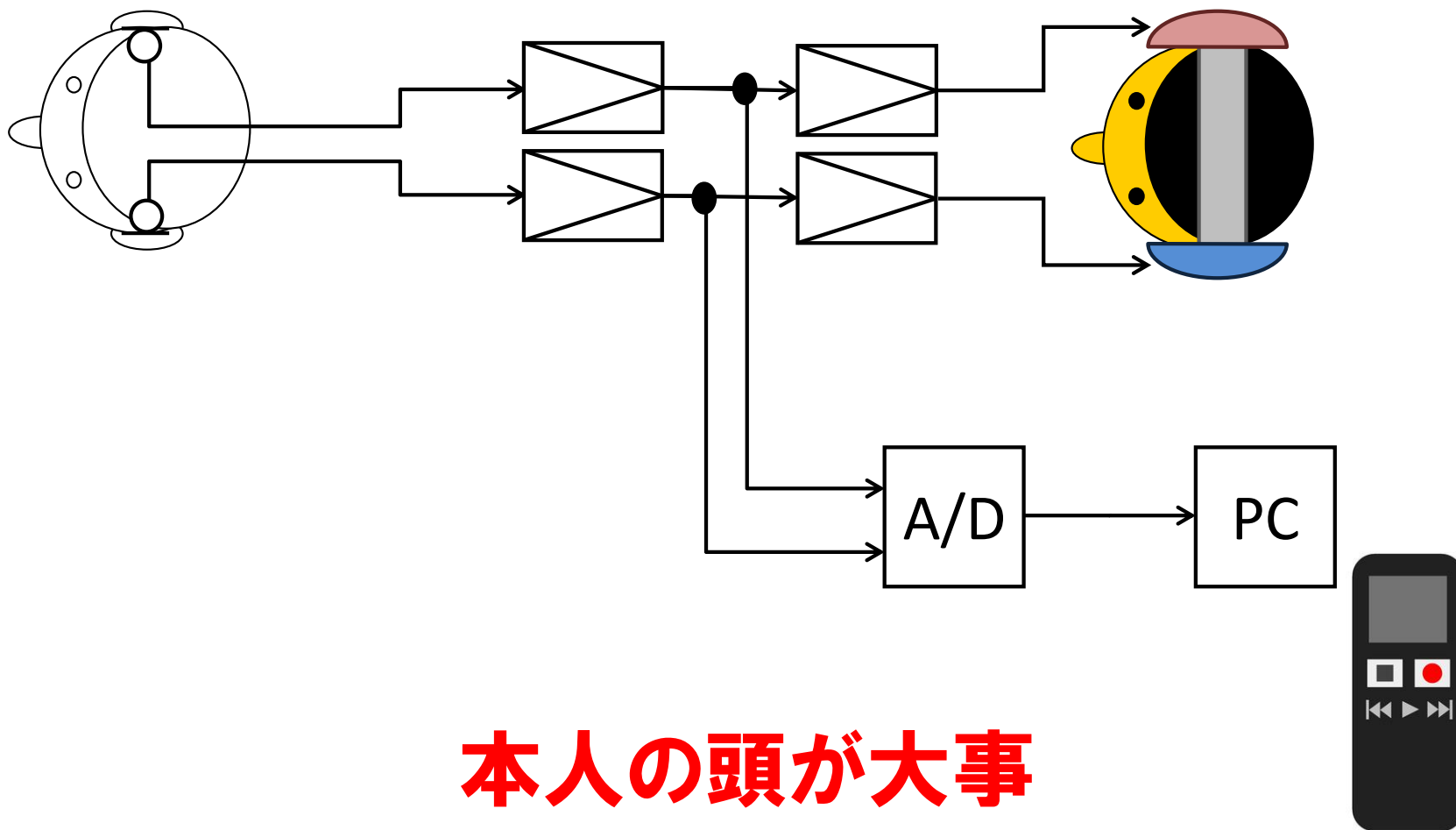
録音・再生時の接続ケーブル

- 短い距離（～数m）：どんな電線でつないでもよい
- 長い距離（～数m）：平衡ケーブル、または、シールド線
- マイクロフォン出力は低電圧なので、シールド線を使う。

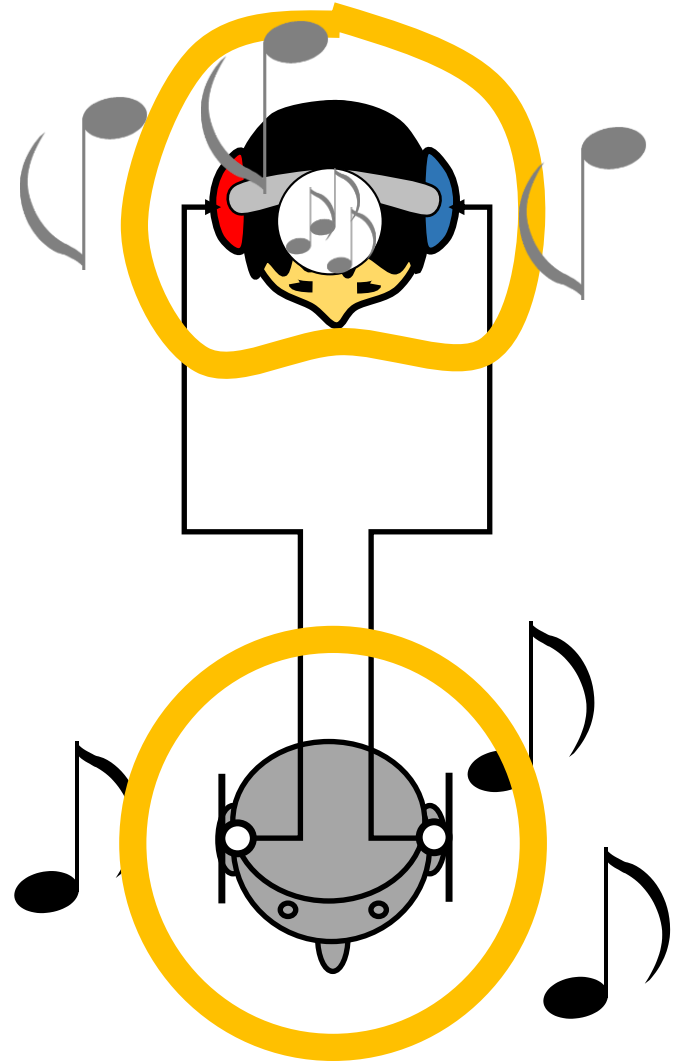
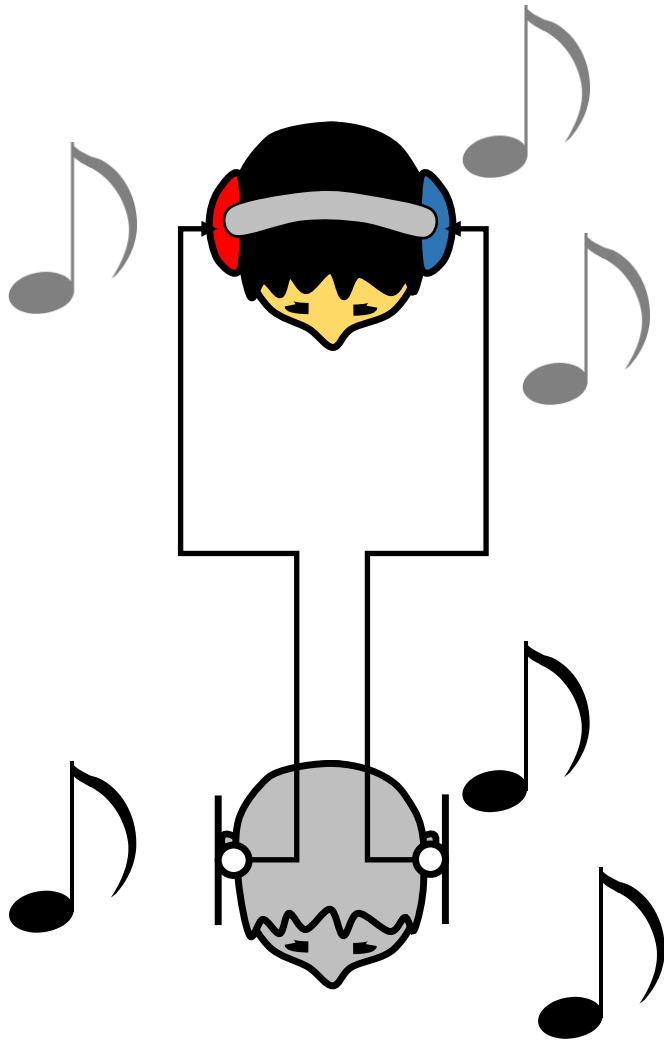
不平衡ー平衡変換トランスへの 電磁誘導



バイノーラル録音・再生系



他人の頭部で録ったバイノーラル信号



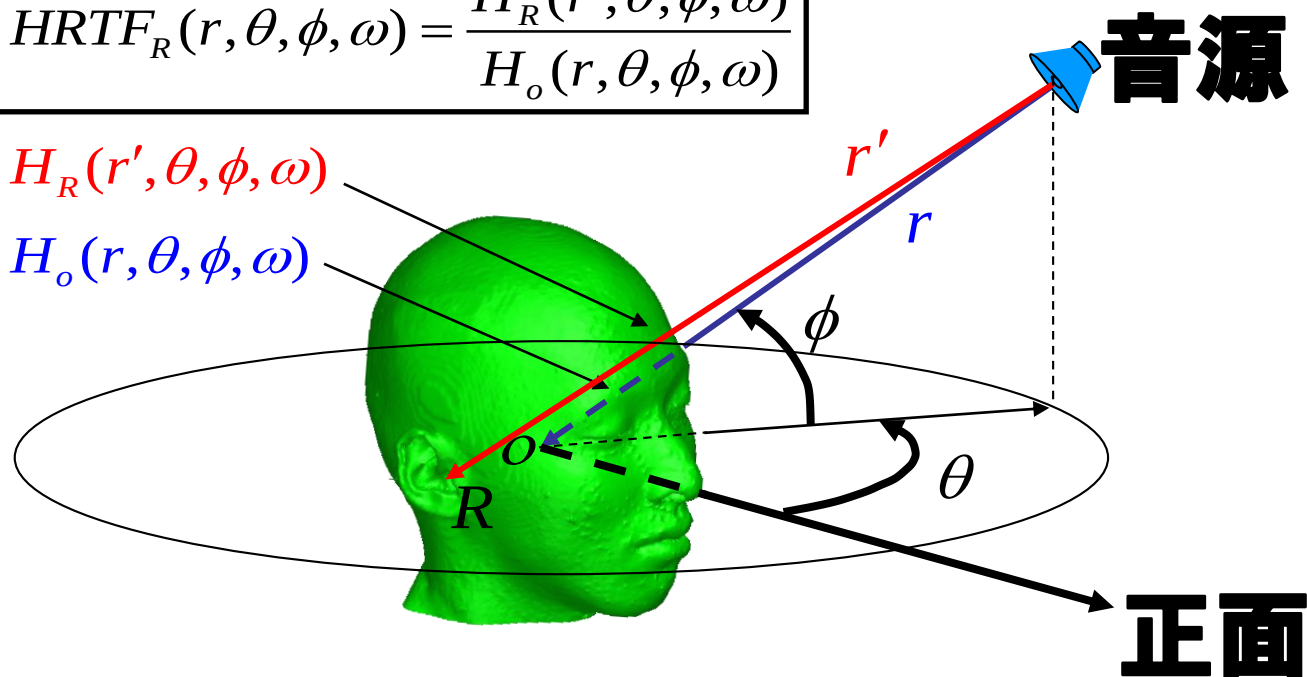
頭部伝達関数

Head-related Transfer Function: 頭部伝達関数
音源から耳に至るまでの音の伝達特性

$$HRTF_R(r, \theta, \phi, \omega) = \frac{H_R(r', \theta, \phi, \omega)}{H_o(r, \theta, \phi, \omega)}$$

$H_R(r', \theta, \phi, \omega)$

$H_o(r, \theta, \phi, \omega)$



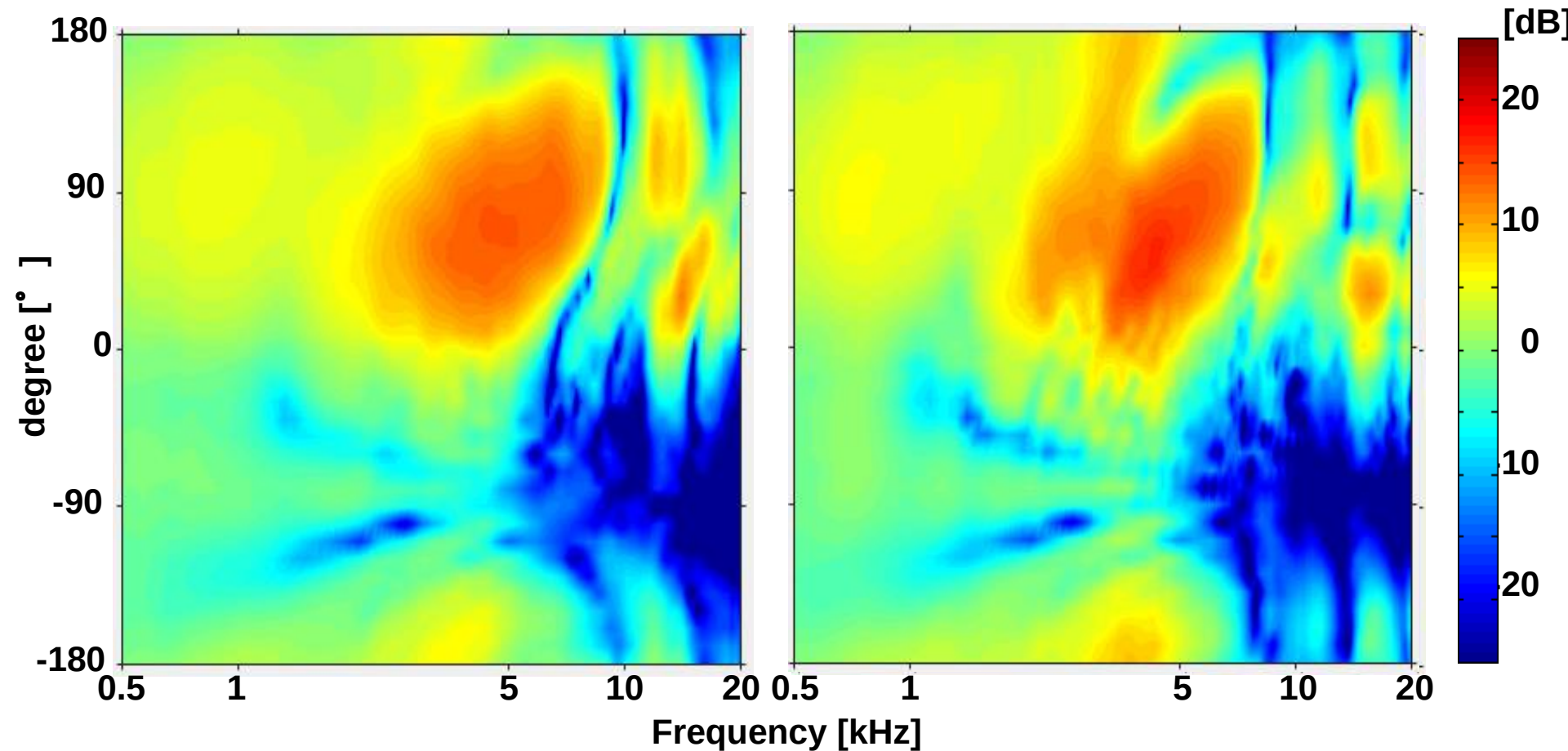
音 ⊗ ある位置のHRTF = ある位置からの音

頭部伝達関数の計測

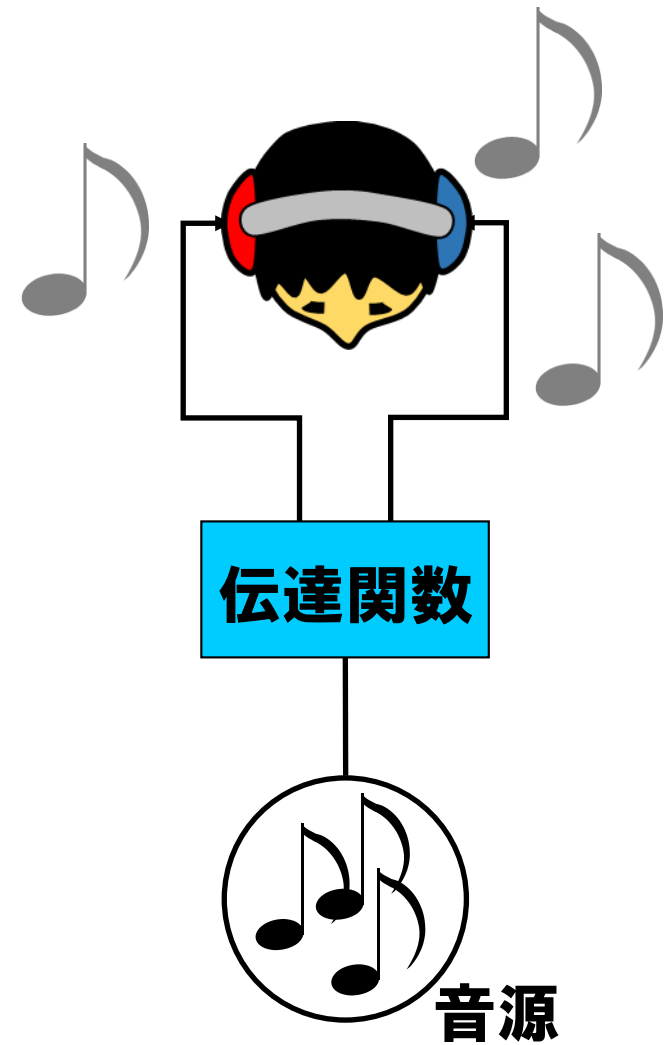
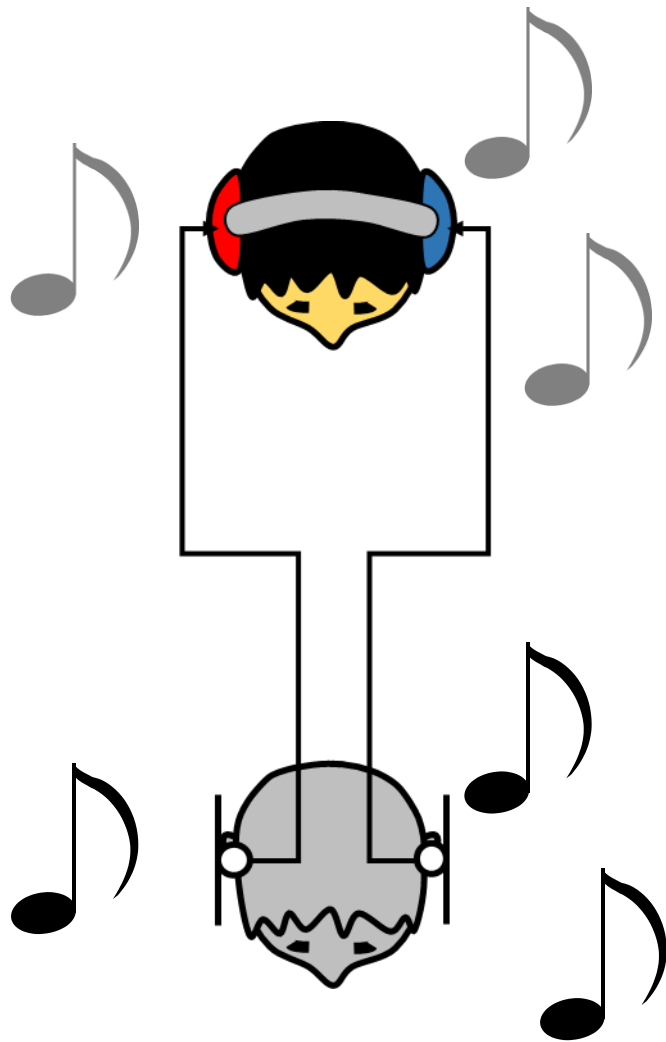


東北大学電気通信研究所 (2007)

頭部伝達関数の個人差



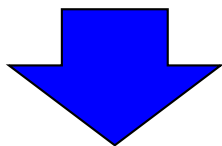
バイノーラル方式



ベスト頭部伝達関数の選択

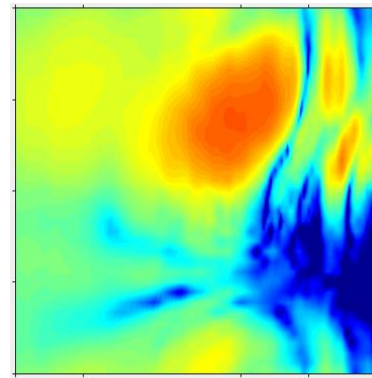
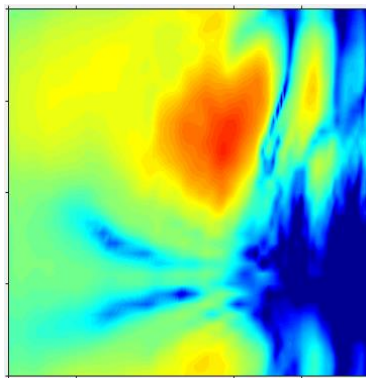
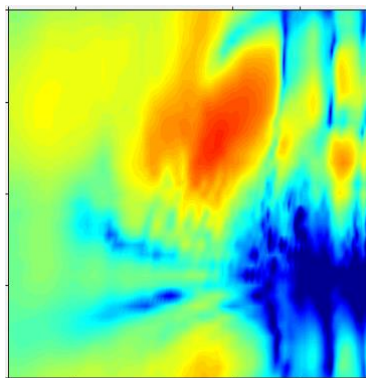
最も定位感の良いものをトーナメント形式で決定

DOMISO法 西塔ら(2005)等



本人のものと同程度

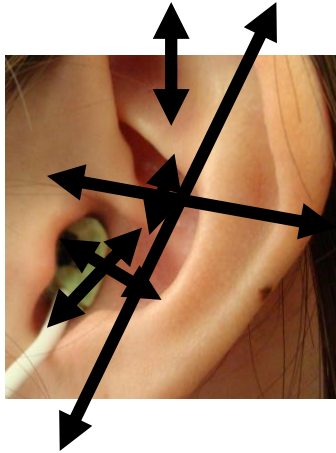
複数人の
HRTF



...

頭部伝達関数の予測

石井ら(2013)等

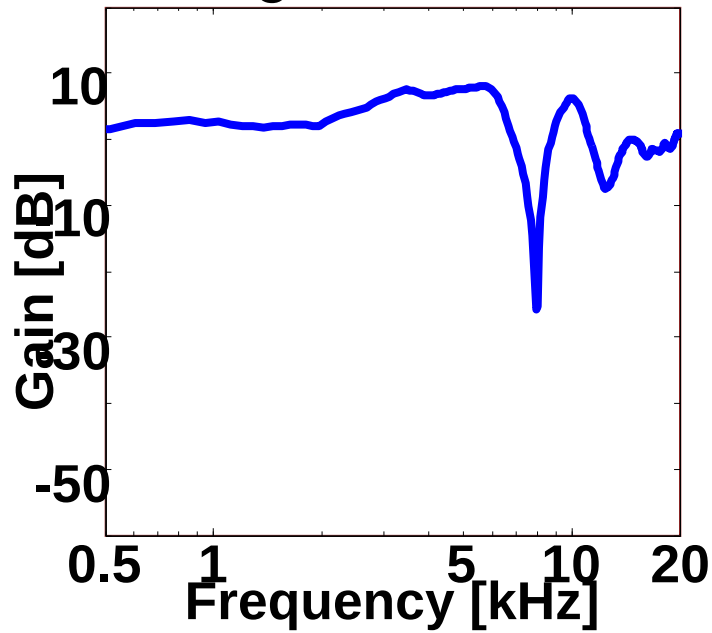


Estimate

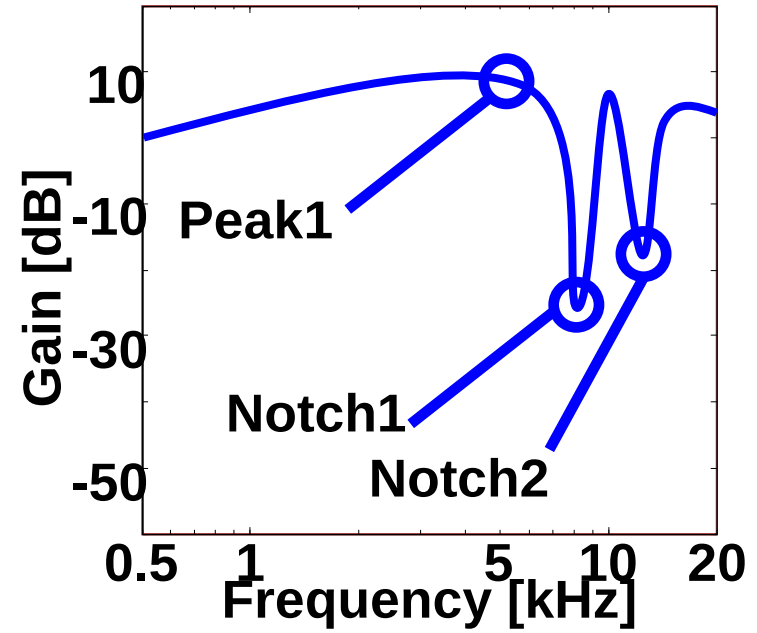
Peak1
Notch1
Notch2

Synthesis

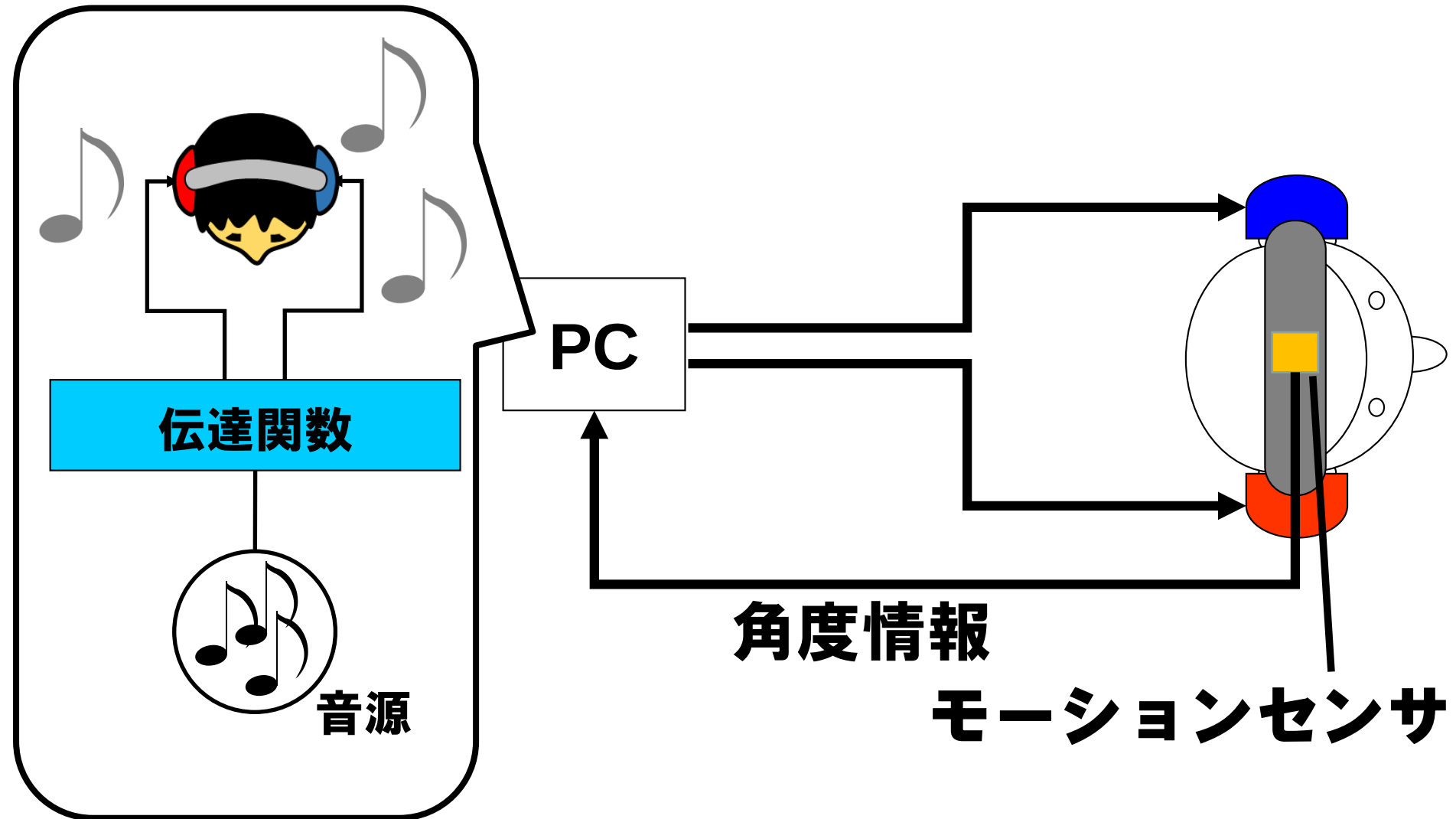
Original HRTF



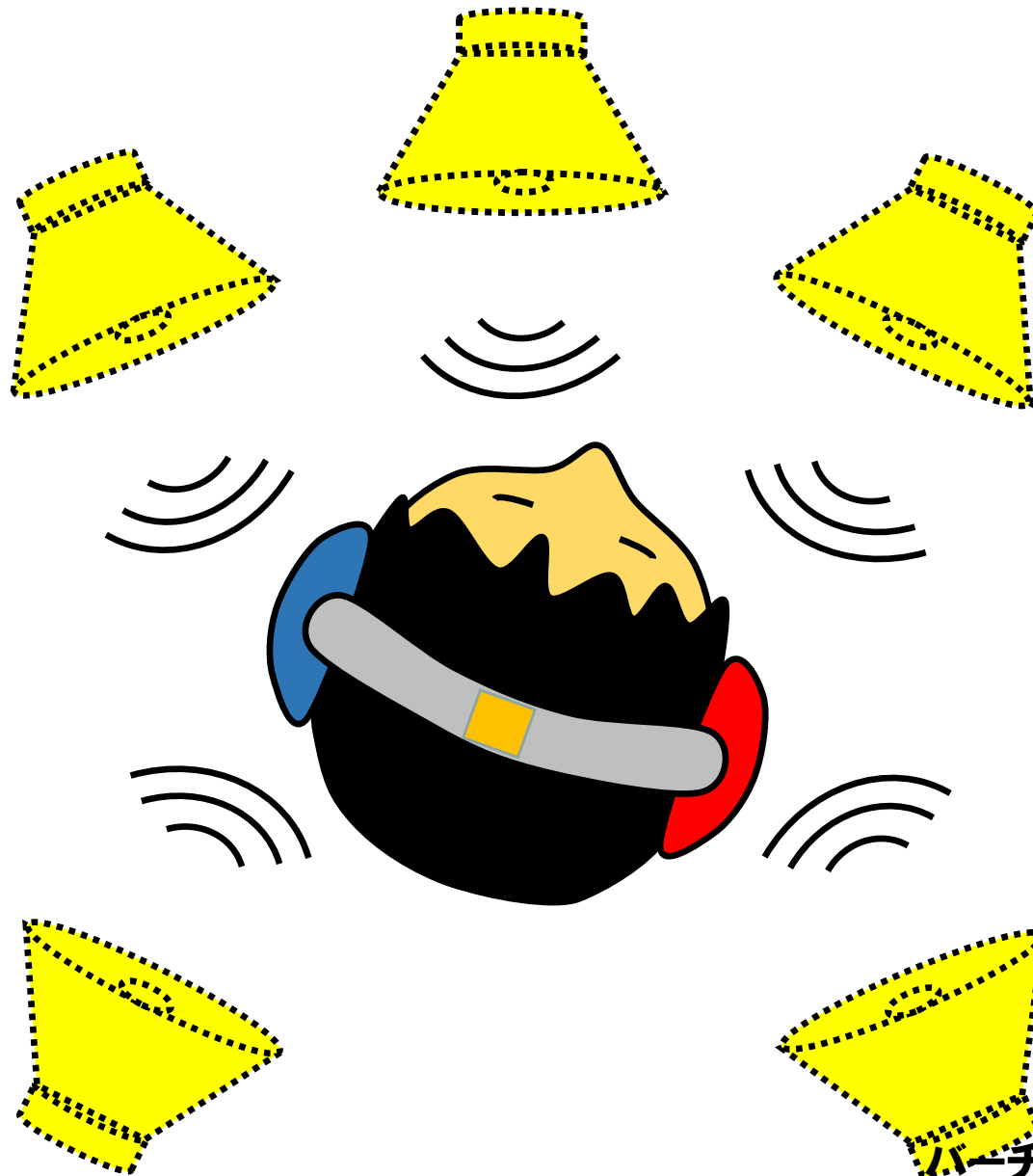
Synthesis HRTF



頭部運動



頭部運動追従サラウンドヘッドホン



バーチャルホン SONY等

テレヘッド



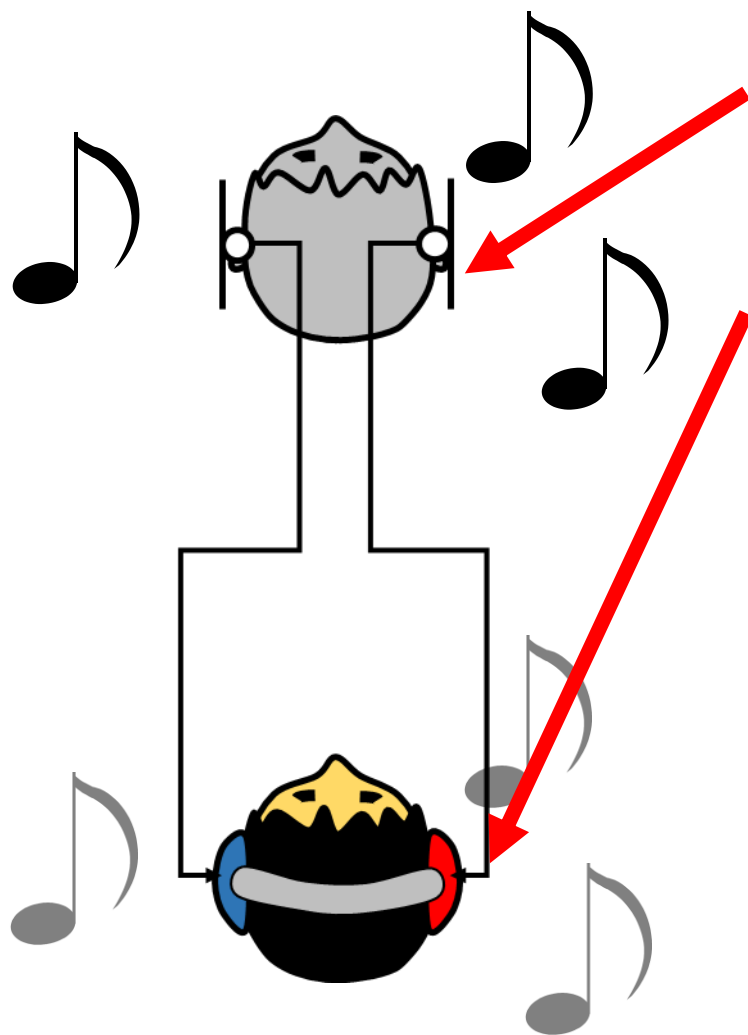
頭の動きに追従してダミーヘッドを動かす

参考)

平原 達也, 吉崎 大輔, 塚田 孝充

**テレヘッド六号機の運動特性と騒音特性と音像定位性能
日本音響学会誌, 71(11), 563-570, 2015**

まとめ



ここで鳴っている音が、

ここで全く同じように鳴っていれば、

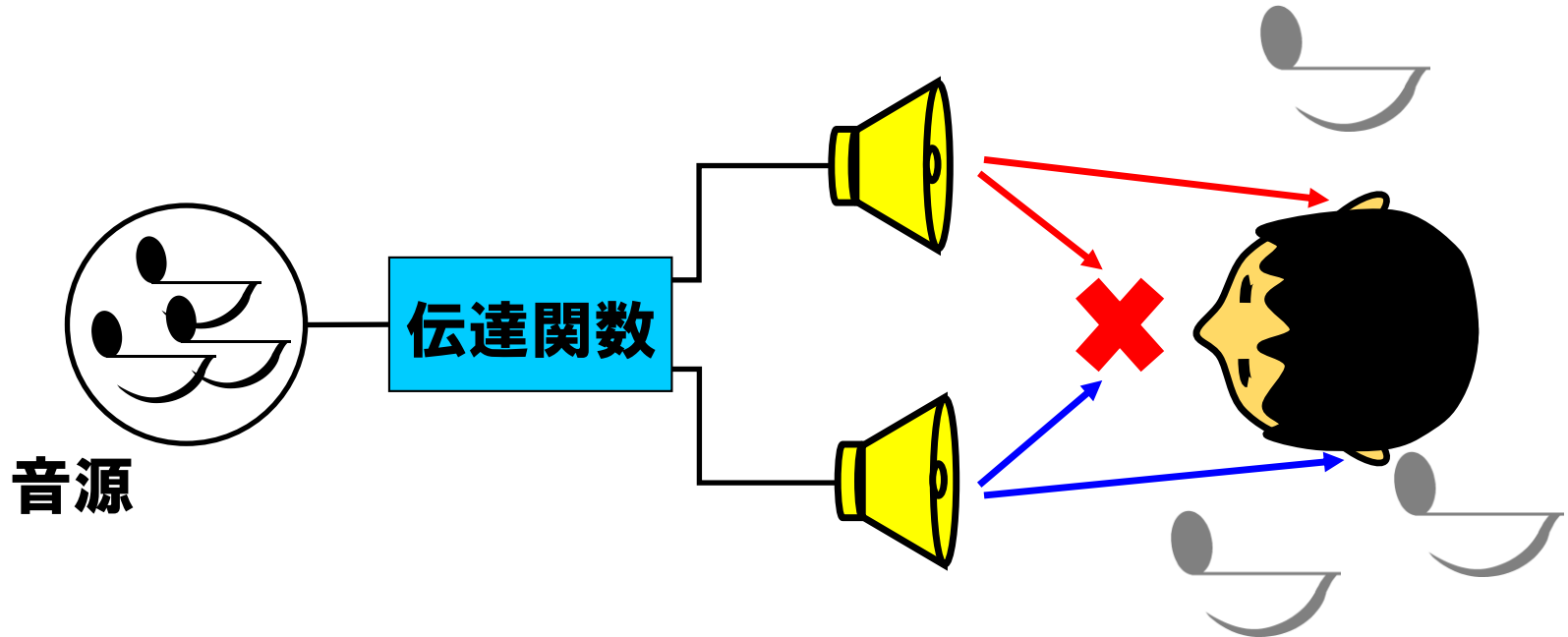
どっちで聴いてるか区別できない**はず**
※厳密に同じ必要がある。

頭が違って同じではなくなる

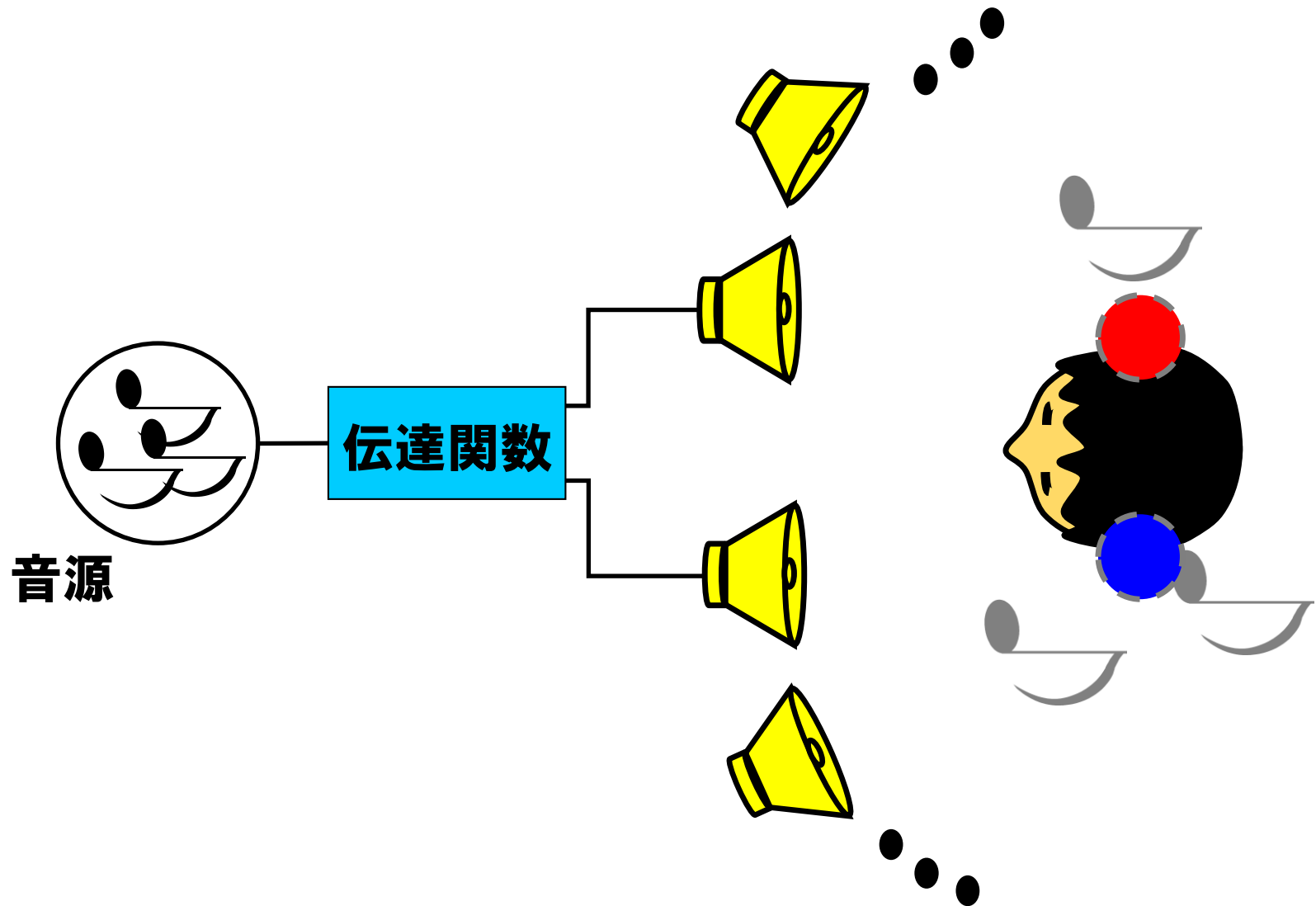
→なんとか似たものを用意

→頭の動きも合わせると緩和される

トランスオーラル



両耳位置の音場制御



「スピーカ再生による空間音響 ー音場収音・再現技術の基礎ー」

