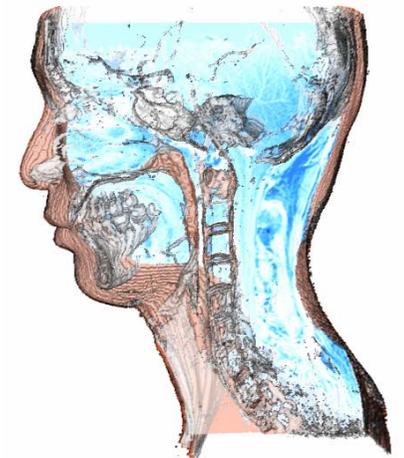


母音発話MRIデータに基づく 声道模型の音響特性

北村達也(甲南大学工学部)

竹本浩典(ATR認知情報科学研究所・NICTユニバーサル
メディア研究所)

本多清志(ATR認知情報科学研究所・Laboratories of
Phonetics and Phonology, University of Paris III)



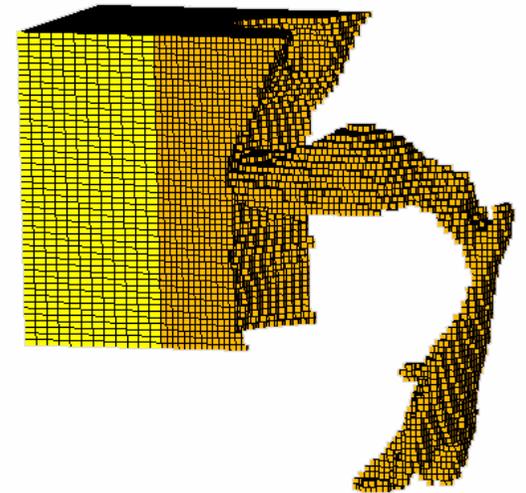
音声研究におけるMRIの利用

- 磁気共鳴画像法 (MRI) による発話形態・動態観測技術が進歩.
- 発話中の声道形状の精密な観測が可能.
- MRIは音声生成研究に不可欠なものに.
- ATR母音発話MRIデータ(2005)
 - ATR人間情報科学研究所
 - 成人男性1名, 日本語5母音
 - 3次元MRIデータ, 音声データ
 - 研究, 教育目的で利用可能
 - 音声研究の共通基盤



声道音響解析の課題

- 等価回路モデル, 有限要素法, 時間領域差分法など
- 課題
 - 数値解析の精度の評価法
 - 音声スペクトルと比較するのは妥当ではない.
 - 精度評価の**基準値(ベンチマーク)**となるデータが不可欠.



有限要素モデルの例
(北村ら, 2004) 3

→ 声道音響特性の基準値

声道音響特性の基準値

- 声道模型：声道形状を高精度に再現したもの。
- その音響特性は基準値として信頼に足る。
- 声門部から声帯音源を入力すると、本人そっくりの「声」が生成される。

声道音響特性の基準値を得るために、ATR母音発話MRIデータから作成した声道模型の音響特性を計測。



ATR母音発話MRIデータ

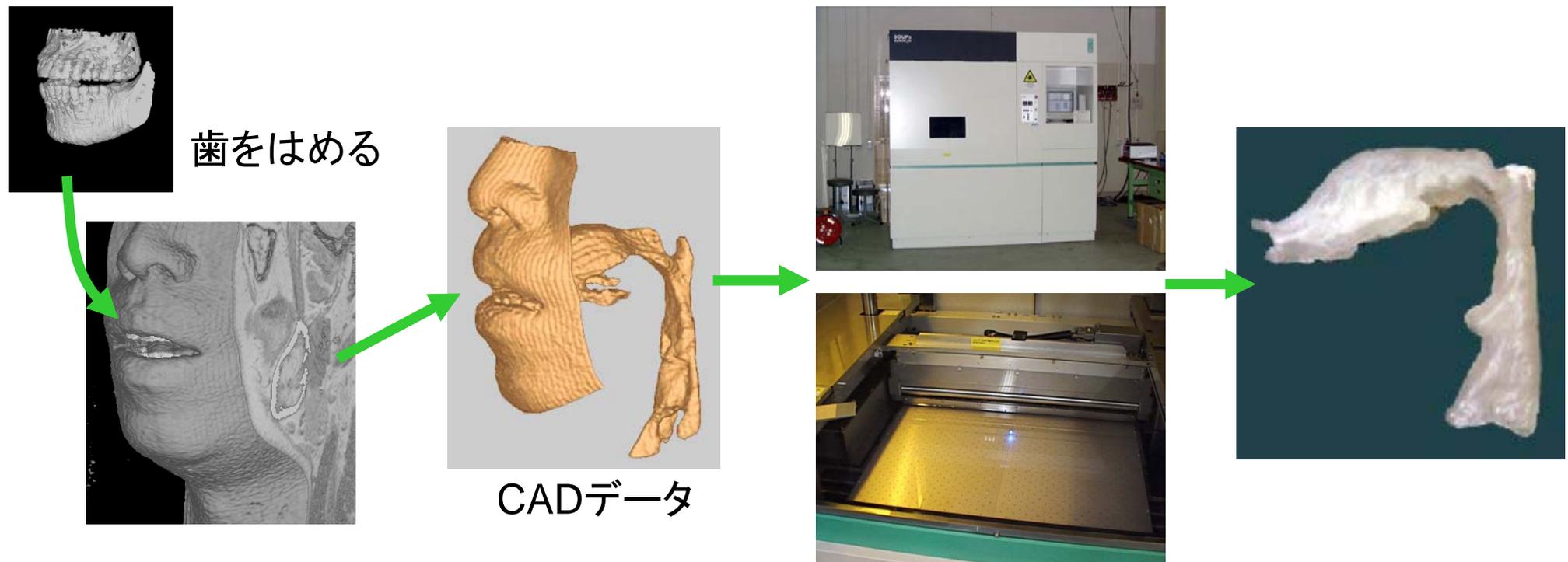
- 撮像条件
 - シーケンス: Fast Spin Echo法
 - TE = 9 ms, TR = 4900 ms, FA = 90度.
 - 撮像領域: 256x256 mm, 分解能: 512x512 pixels
 - スライス: 矢状方向, 加算回数1回.
 - 厚み: 2 mm, 間隔: 2 mm, 41スライス.
 - 撮像時間約8分.
- 被験者
 - 成人男性1名
- タスク
 - 日本語5母音の持続発声.



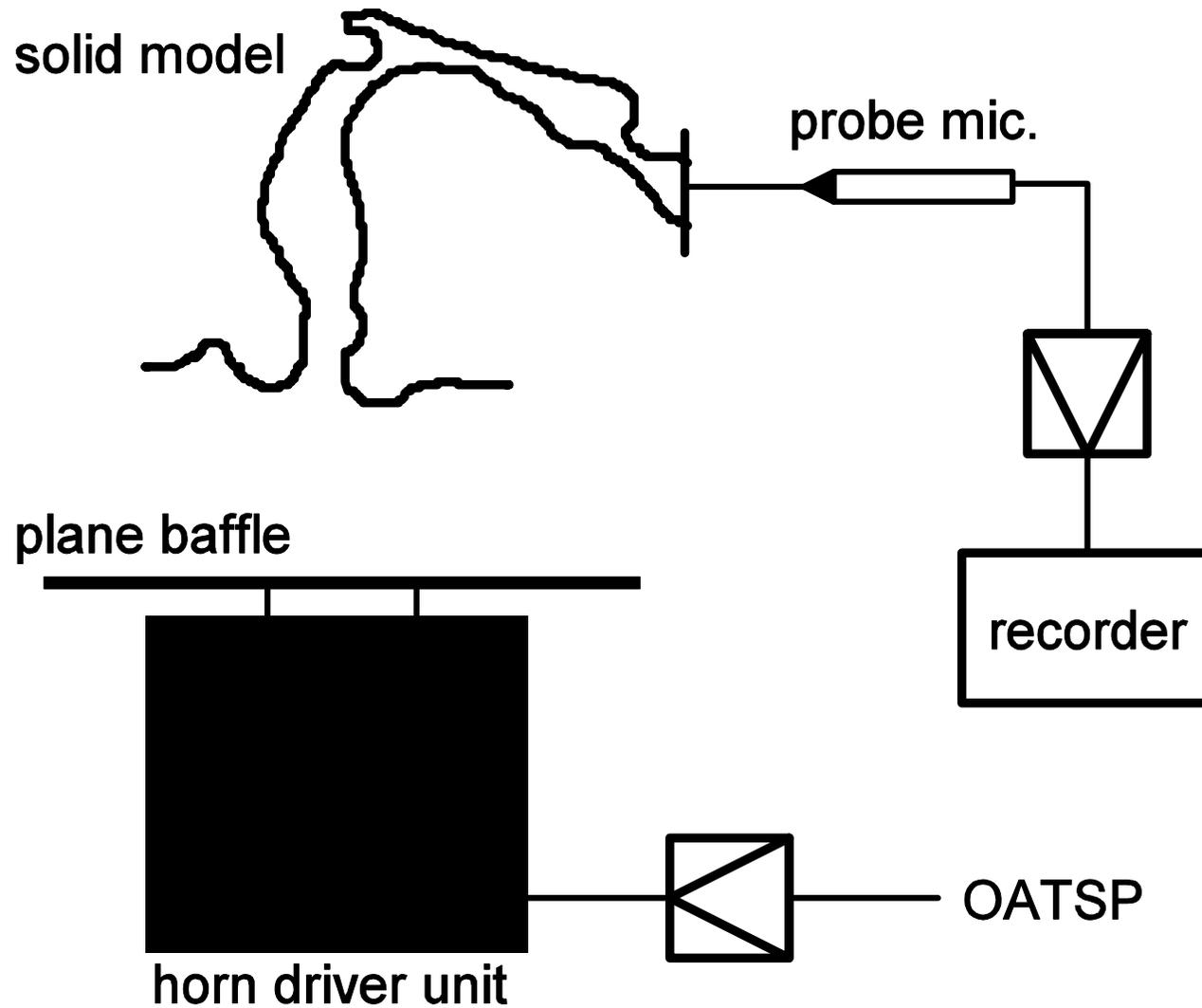
撮像に用いたATR-P脳活動イメージングセンタのMRI装置.

声道模型の作製方法

- MRIデータから3次元の声道形状を抽出し、光造形により作成.



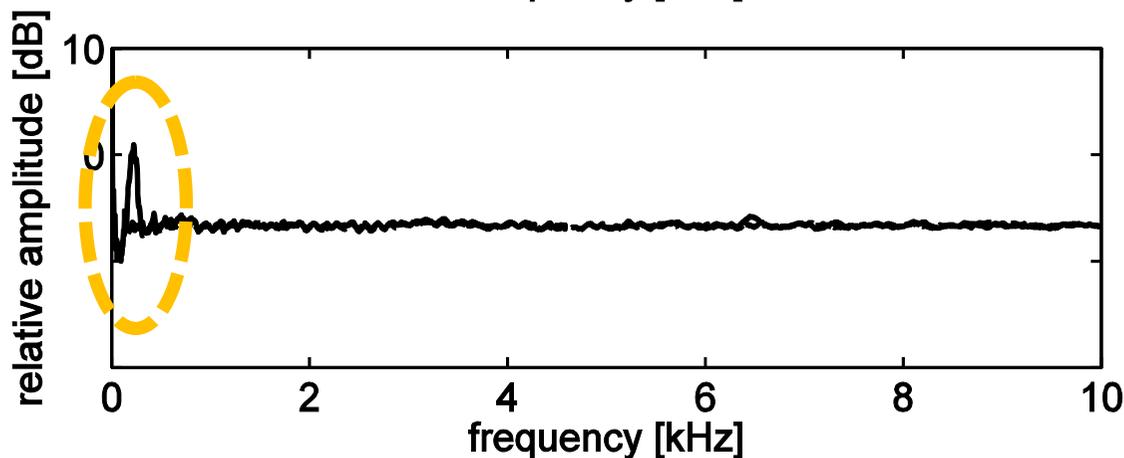
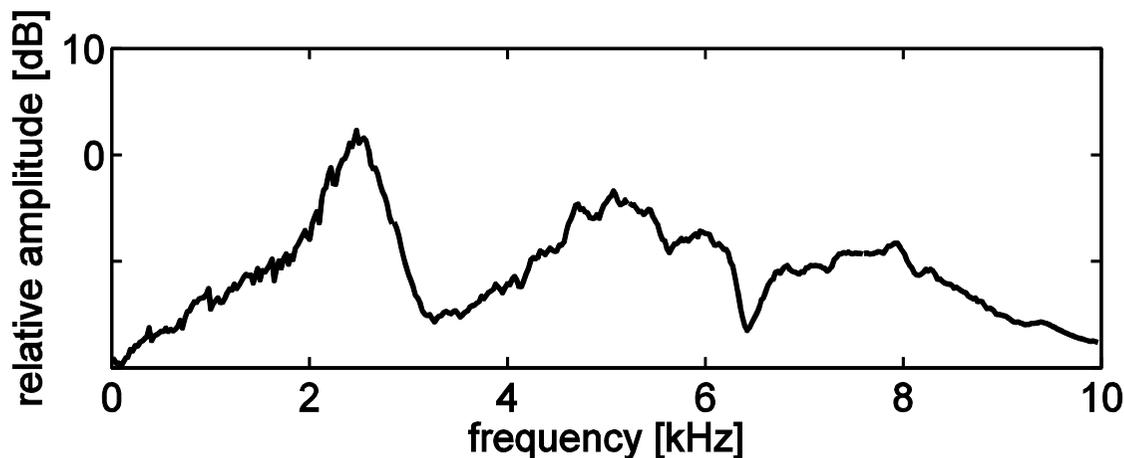
音響測定系の構成



音響測定方法

- アンプを介してホーンドライバーユニットから音響測定系の音響特性を補正した Optimized Aoshima's time-stretched pulse (OATSP)信号を出力.
- OATSP信号は, 口唇部から入り声道模型内部を伝搬.
- プローブマイクにより声門部の音圧を測定.
- 応答を10回同期加算して, 音響特性を得た.
- 気温25°Cの無響室にて測定.

音響測定系の音響特性

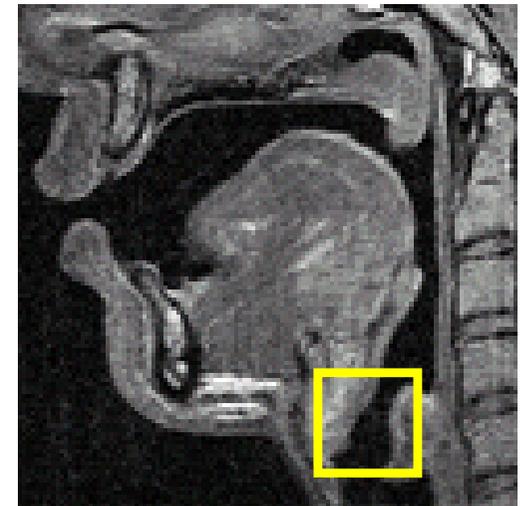


本研究では160 Hz
以上の測定結果を
示す.

(上)音響測定系の音響特性, (下)補正後の音響測定系の音響特性.

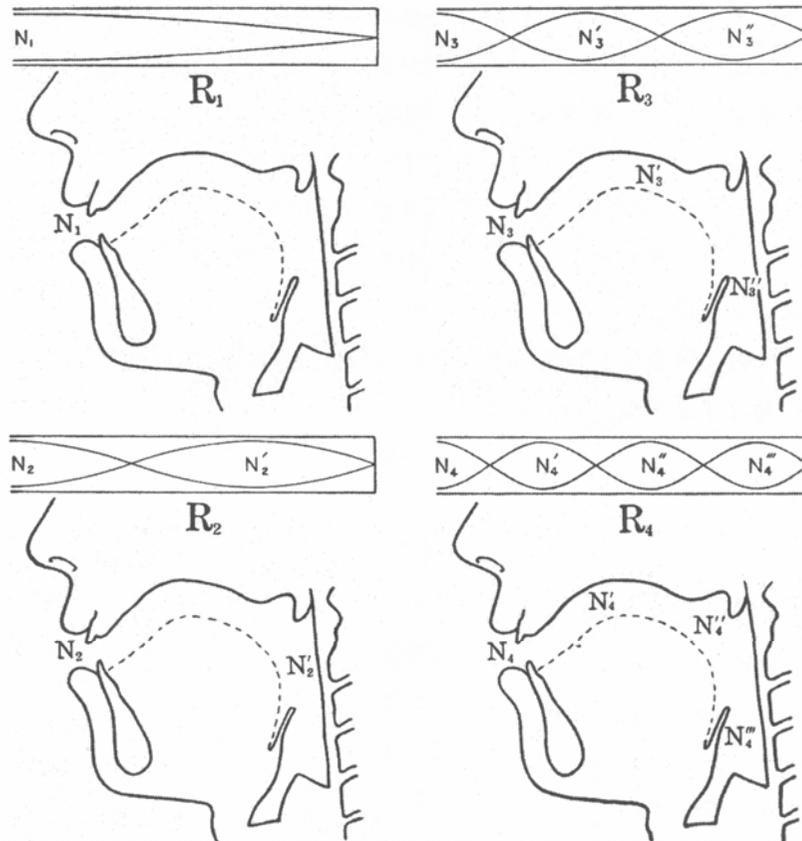
喉頭腔共鳴

- 喉頭腔はホルマントのうちの1つを生じさせる.
- 北村ら2004
 - 声道全体から喉頭腔を除去するとF4が消失する.
- 竹本ら 2005, Takemoto et al. 2006
 - 声道全体から喉頭腔を除去するとホルマントのうち1つが消失する.
 - 喉頭腔の1/4共鳴がこのホルマントを生じさせる.
 - 彼らの男性被験者ではF4.
 - 喉頭腔とそれ以外の部分(主声道)は音響的にほぼ独立.

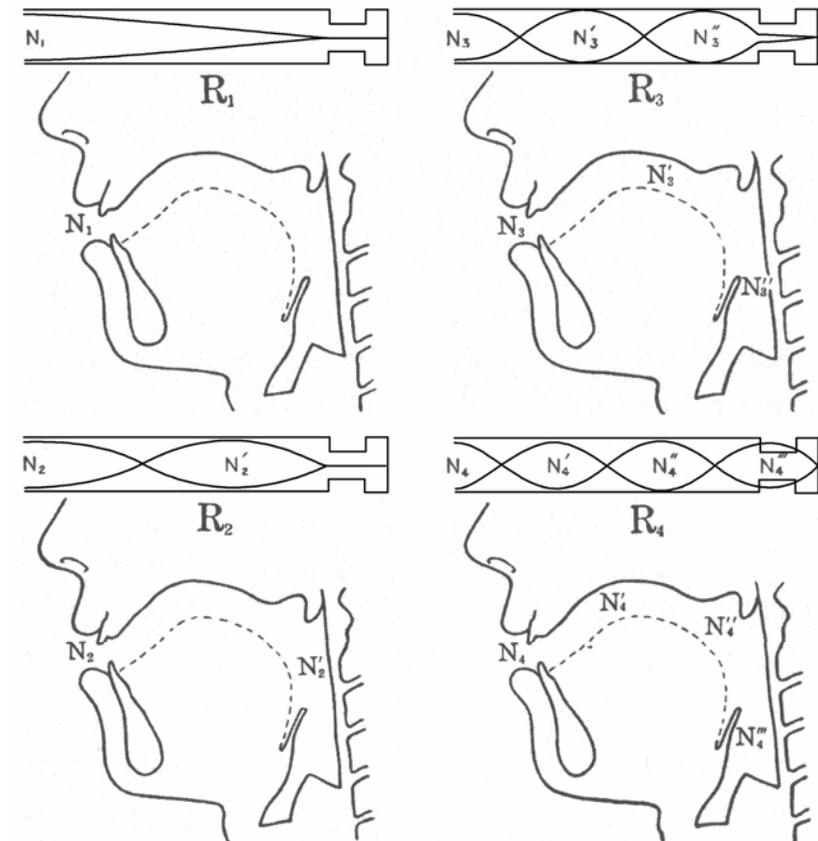


本研究における喉頭腔の範囲
(喉頭室および喉頭前庭).

声道共鳴パターン



Chiba & Kajiyama (1942)

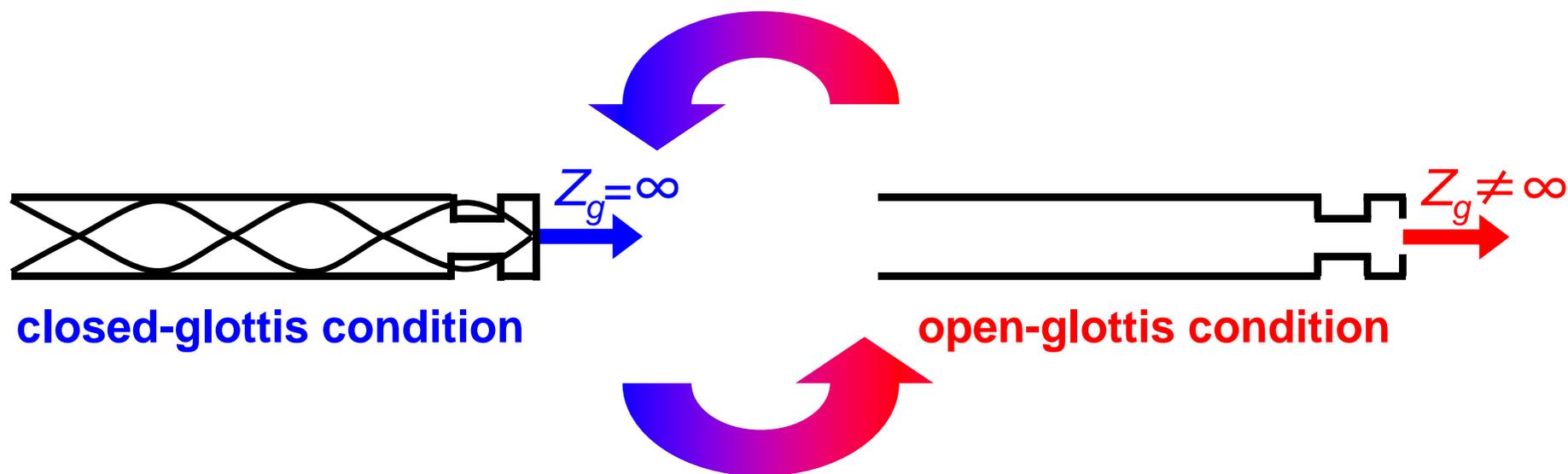


Takemoto et al. (2006)

ChibaとKajiyamaによる声道共鳴パターン(左)と
Takemotoらによるその修正版(右).

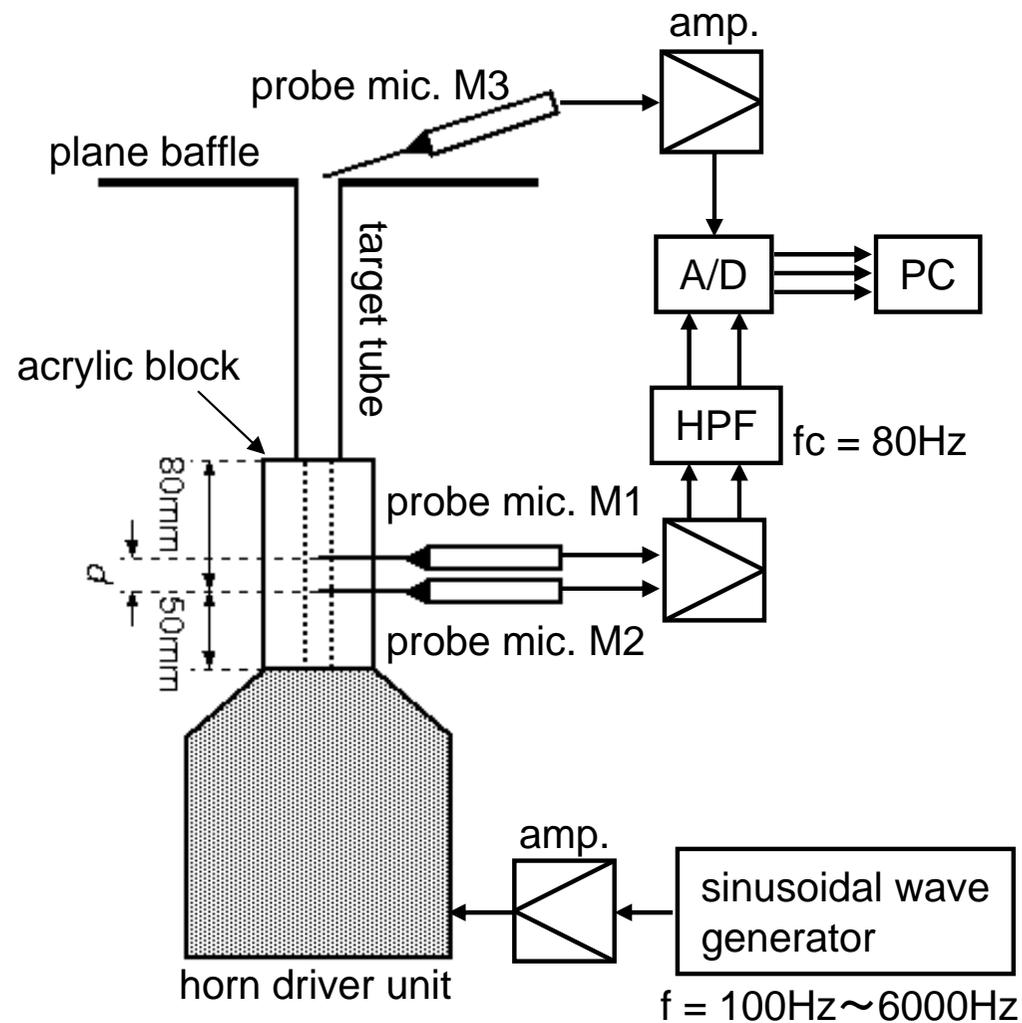
声門開放の影響

- 喉頭腔共鳴
 - 声門閉鎖条件で現れ, 声門開放条件で消失する.
 - 主声道の伝達特性に現れない.
 - 喉頭腔で生じるextra formant.



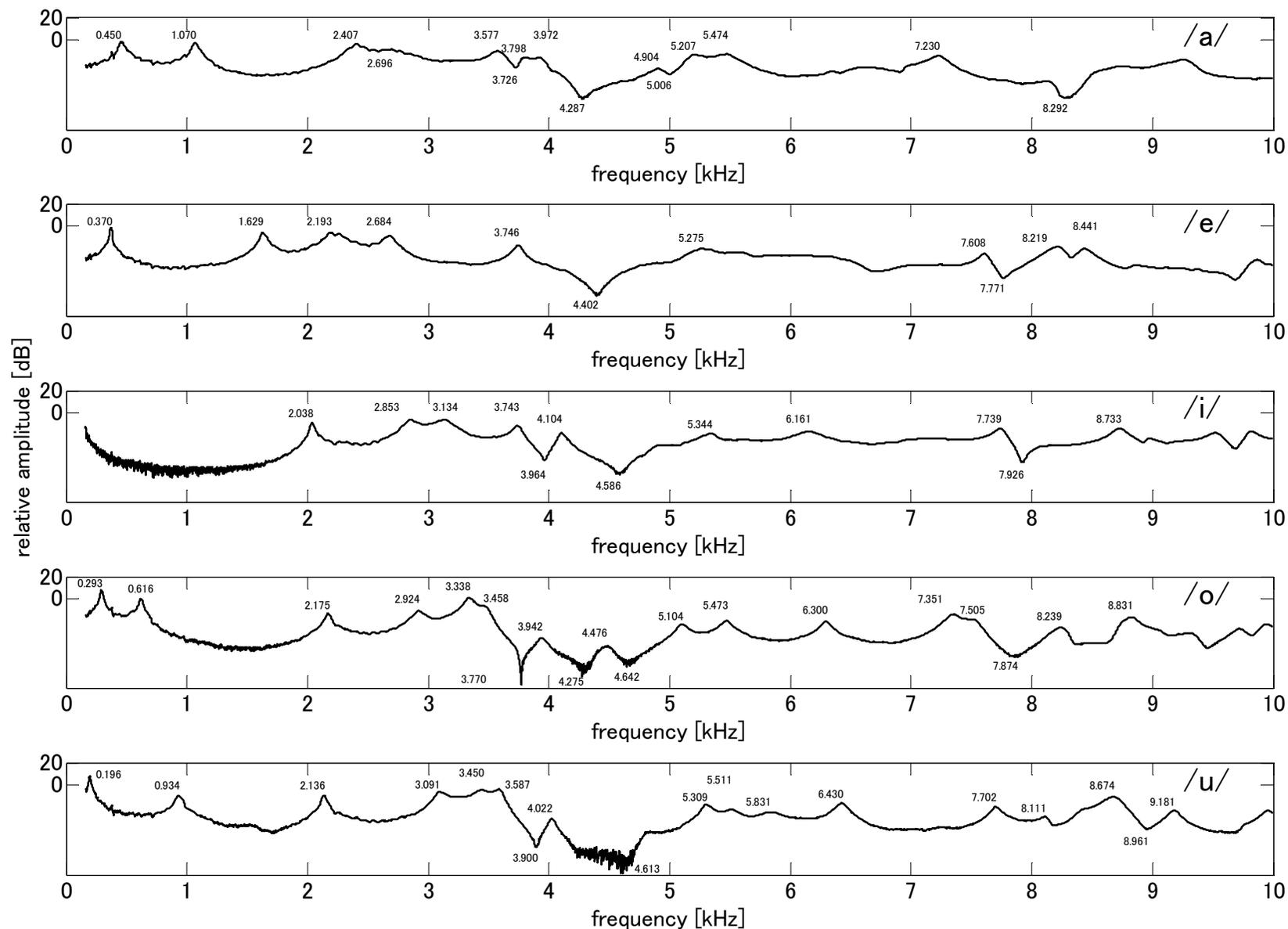
声門開閉に伴う共鳴状態の交替.

従来法 (Kitamura et al., 2004)



A diagram of measurement setup.

音響測定結果



日本語5母音の声道模型の音響特性. 上から母音/a/, /e/, /i/, /o/, /u/. →共鳴周波数

共鳴周波数

声道模型の音響特性における第1, 第2, 第3, 第4共鳴周波数 [Hz].

Vowel	R1	R2	R3	R4
/a/	450	1070	2407	2696
/e/	370	1629	2193	2684
/i/	---	2038	2853	3134
/o/	293	616	2175	2924
/u/	196	934	2136	3091

考察(1)

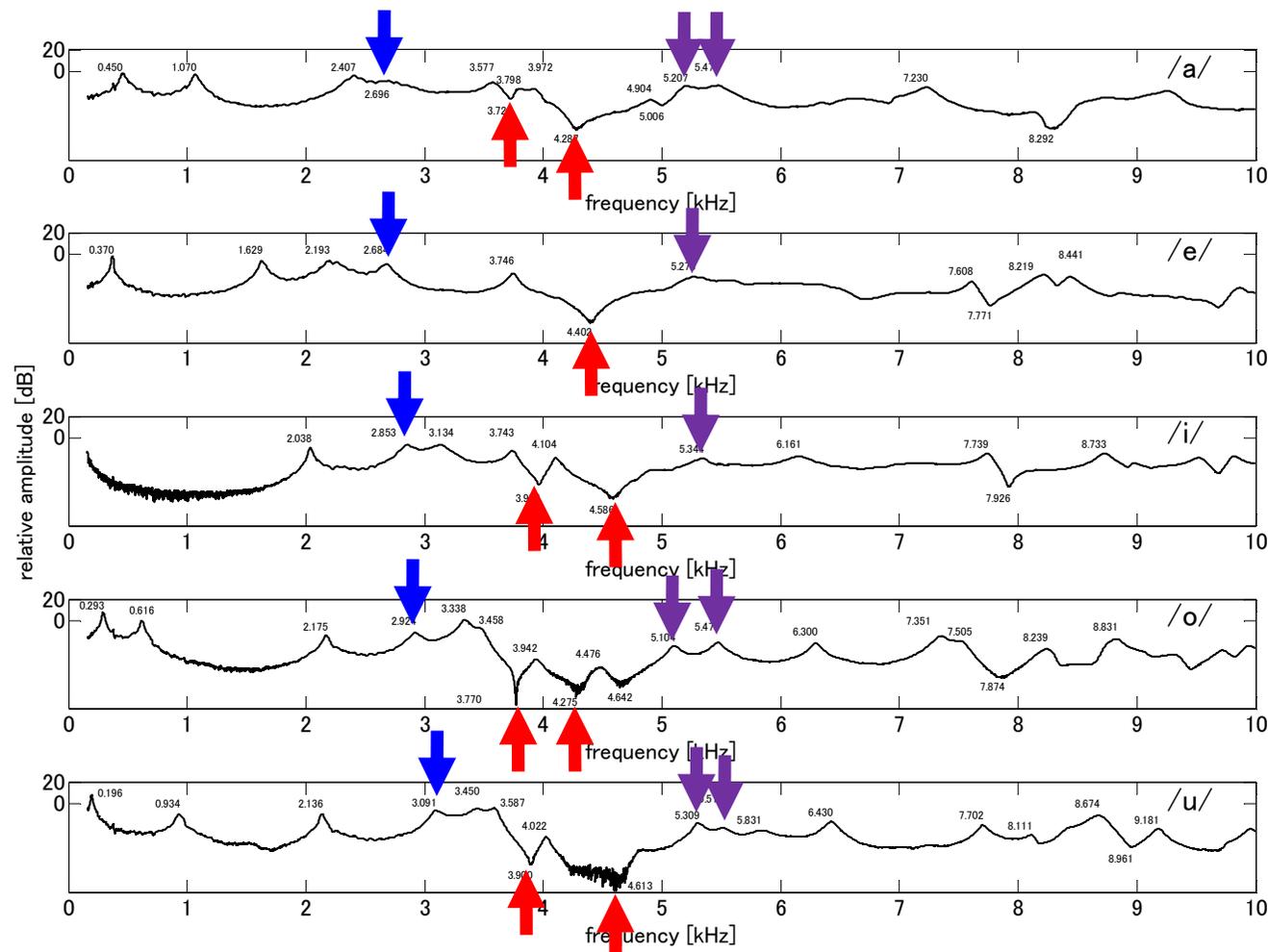
- 共鳴周波数は, 一般的な母音のホルマント周波数より低い.
- 声道模型が剛壁であるため.

ATR母音発話MRIデータに含まれる日本語5母音の第1, 第2, 第3, 第4ホルマント周波数 [Hz].

Vowel	F1	F2	F3	F4
/a/	656	1078	2656	3078
/e/	406	1719	2375	3062
/i/	203	2031	3994	---
/o/	421	750	2391	2875
/u/	234	1250	2125	3000

考察 (2)

- 声道音響特性のピークと谷の由来



→ 喉頭腔

→ 梨状窩による谷

→ 梨状窩によるピーク

まとめ

- ATR母音発話MRIデータに収録されたMRIデータから声道模型を作製し、その音響特性を計測.
- 測定結果は、各種の声道音響解析手法、プログラム、声道断面積関数の抽出方法の検証の基準値(ベンチマーク)として利用可能.
- 実際の声道と異なる部分もある
 - 声道壁が剛壁
 - 口唇部が上下30 mmしかない→放射特性が異なる.
 - 母音/a/において、鼻咽腔開口部をふさいでいる.
 - 種々の誤差も含まれる.

本研究の一部は、総務省SCOPE (071705001)の援助を受けた。また、本研究で使用したMRIデータはATRがNICTからの研究委託により得られた研究成果の一部である。