

# 座位および仰臥位における声道形状の相違 — 開放型MRI装置を用いた観測 —

北村達也<sup>†</sup> 竹本浩典<sup>†</sup> 本多清志<sup>†</sup>

島田育廣<sup>‡</sup> 藤本一郎<sup>‡</sup> 赤土裕子<sup>‡</sup> 正木信夫<sup>‡</sup>

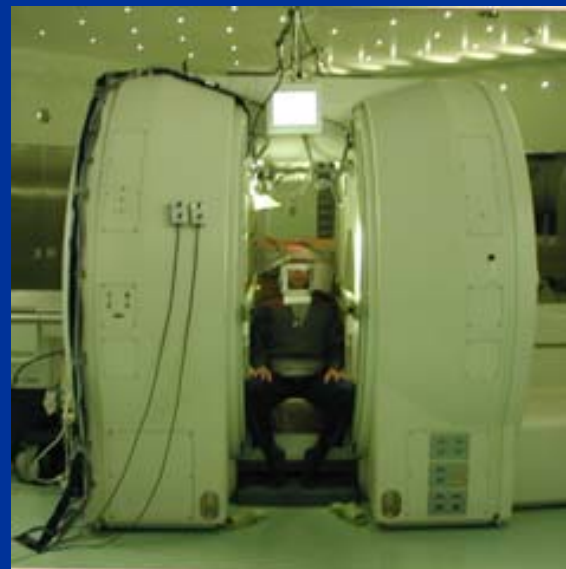
黒田輝<sup>¶</sup> 奥内昇<sup>¶</sup> 千田道雄<sup>¶</sup>

<sup>†</sup> ATR人間情報科学研究所

<sup>‡</sup> ATR脳活動イメージングセンタ

<sup>¶</sup> 財団法人先端医療振興財団

本研究の一部は情報通信研究機構の研究委託「人間情報コミュニケーションの研究開発」により実施したものである。



# 研究の背景・目的

- 一般に, MRIによる撮像では被験者は**仰臥位**にて装置内に入る.
- **立位**または**座位**とは**重力**の方向が異なる.
- MRIで観測される調音器官や声道形状に何らかの差異がある可能性がある.
- **開放型MRI装置**を用いて座位および仰臥位における調音器官や声道形状の差異を明らかにする.



# 先行研究

- 体位の違いが音声に与える影響
  - 園田ら(1995), Shillerら(1999)
- 体位の違いが発話器官の筋活動に与える影響
  - Hoitら(1988), Niimiら(1994), 熊田ら(1995), Moonら(1995)
- 体位の違いが調音動作に与える影響
  - Tiedeら(1997)(2000), Stoneら(2002)
- **MRIで体位間の差異を詳細に観測した研究はない。**

# 開放型MRI装置

- (財)先端医療振興財団に設置されたGE製0.5T MRI SIGNA SP/i
- 被験者は2つのドーナッツ型超電導磁石の間に入る。



ドーナッツ型  
超電導磁石

正面



被験者

側面

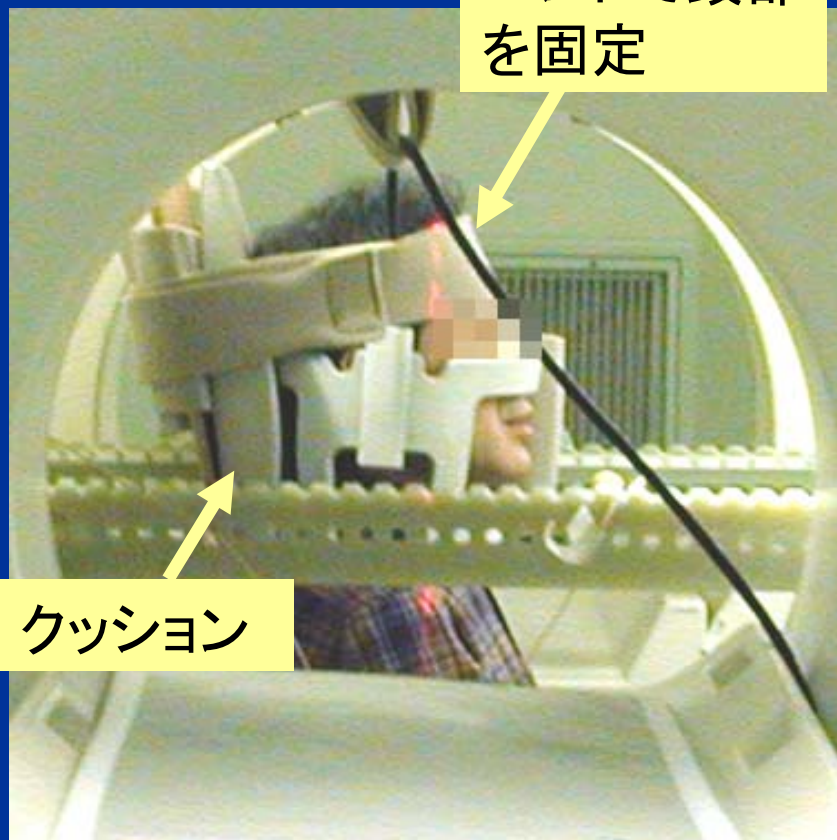
# 撮像条件

- シーケンス Spoiled Gradient Recalled Echo
- コイル フレキシブルRFコイル
- TE=6.9 msec, TR=35 msec, FA=30° , NEX=1
- 撮像面 正中矢状断面(体位ごとに決定)
- 撮像領域 250 x 250 mm
- 分解能 256 x 256 pixel
- スライス厚 10 mm
- 撮像時間 約4 sec
- 音声を同時収録



フレキシブルRFコイルを装着した被験者

# 座位と仰臥位



座位



仰臥位

# タスクおよび被験者

- タスク

- 静止状態の後に, /a/, /i/, /u/, /e/, /o/の順で持続発声(約8 sec).
- 発声中に撮像.

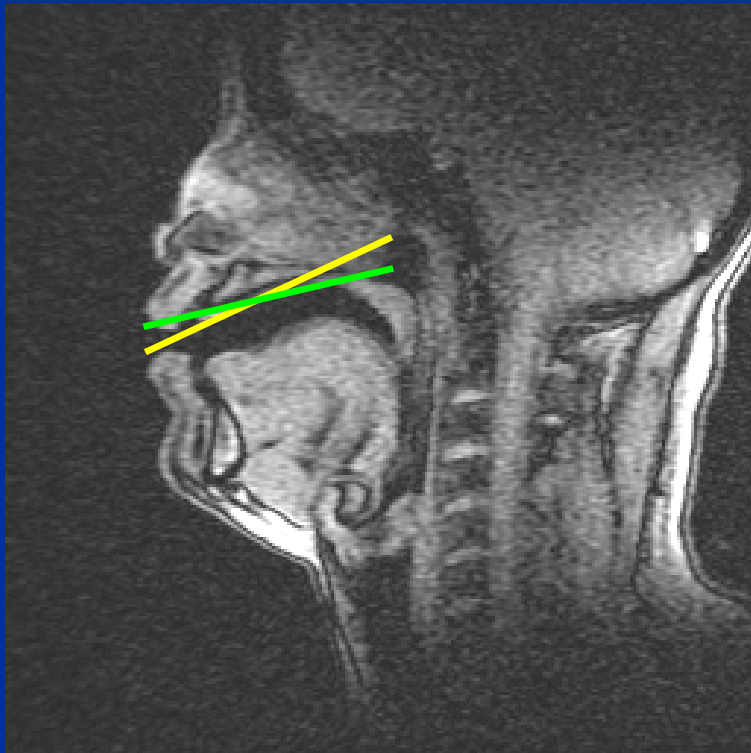
- 被験者

- 日本人成人男性3名(被験者A, B, C)

# MR画像の分析(1)

## 座位と仰臥位の位置合わせ

- 硬口蓋が一致するようにアフィン変換。
  - 硬口蓋を2本の直線で近似。



回転と  
平行移動

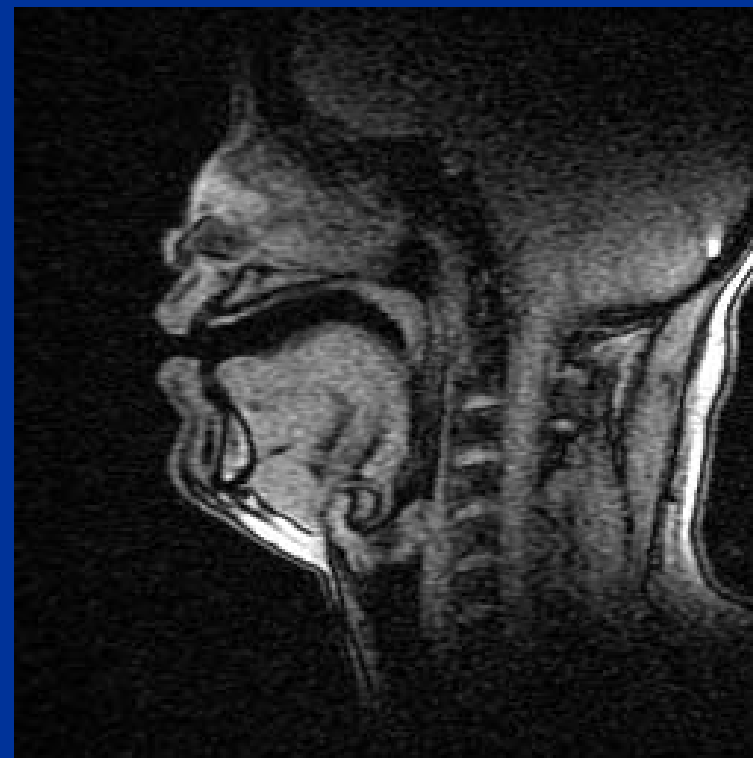




# 位置合わせ後のMR画像



座位 /a/

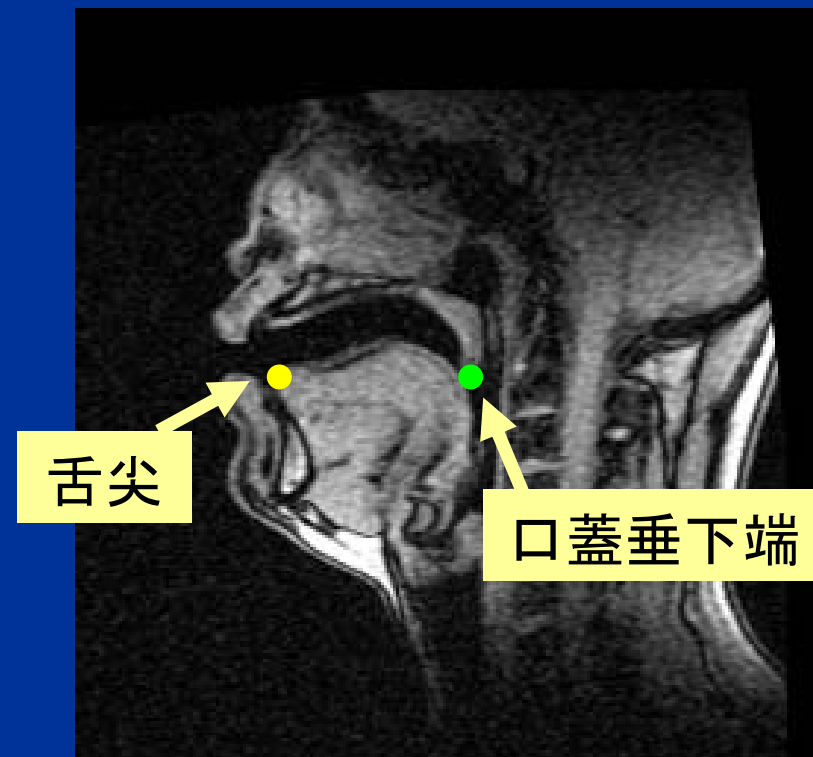


仰臥位 /a/

# MR画像の分析(2)

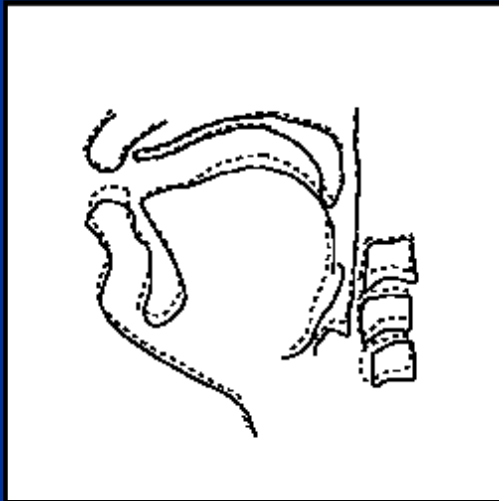
## 分析方法

- 位置合わせの後, トレース.
- 体位による舌と軟口蓋の形状変化の定量的指標:
  - 舌尖の距離
  - 口蓋垂下端の距離

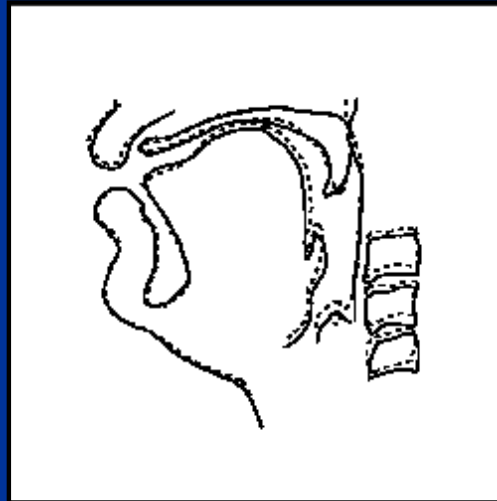


# トレース図

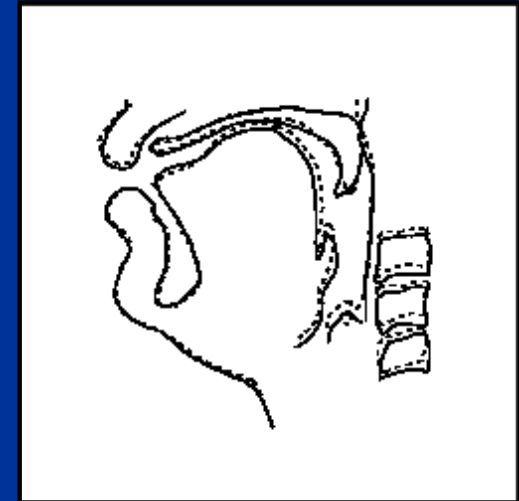
## 被験者A



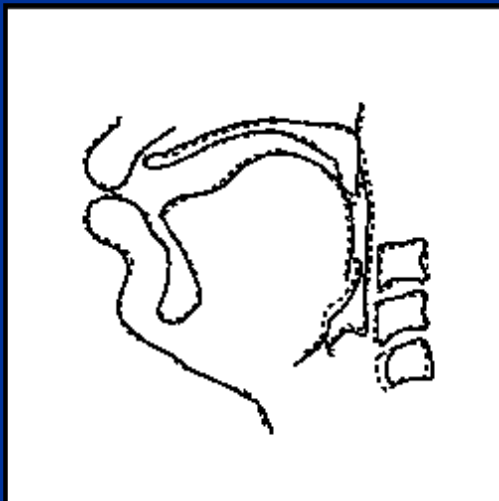
/a/



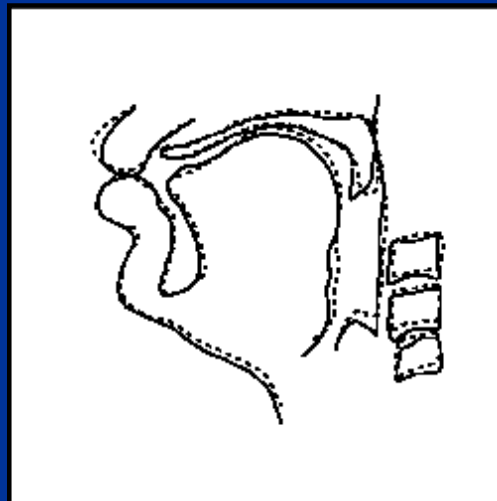
/e/



/i/



/o/

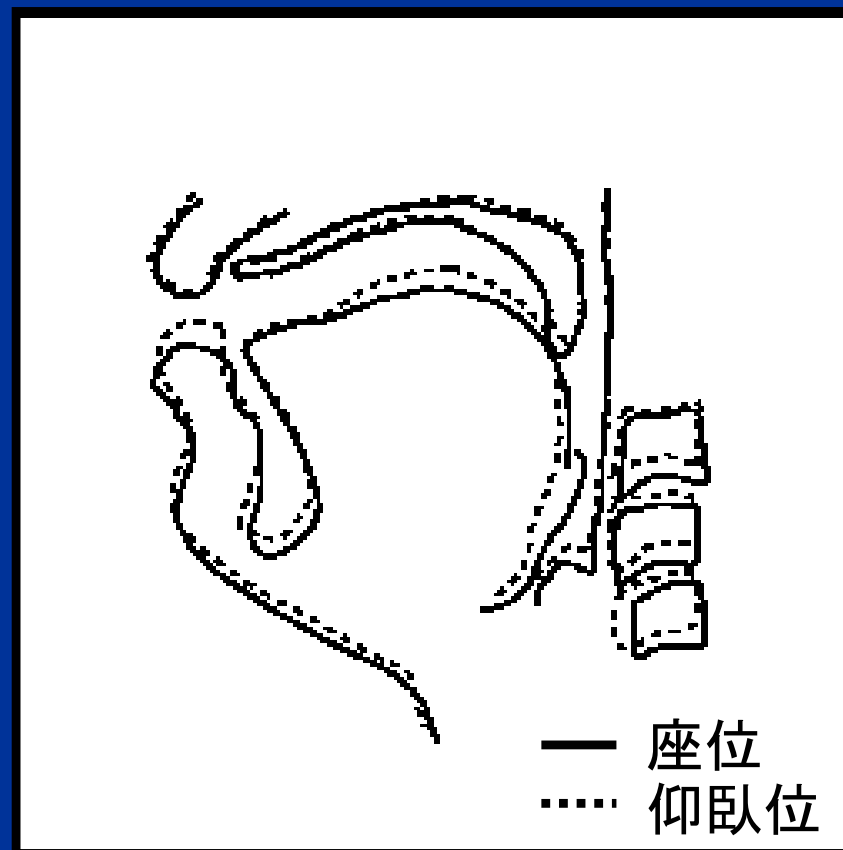


/u/

— 座位  
..... 仰臥位

# 体位による差異

- 形状変化
  - 舌, 咽頭腔, 喉頭腔, 軟口蓋, 口唇
- 変位
  - 頸椎, 下顎
- 体位による差異には個人差がある.
- 声道形状にも体位間の差異が現れる.



被験者A /a/

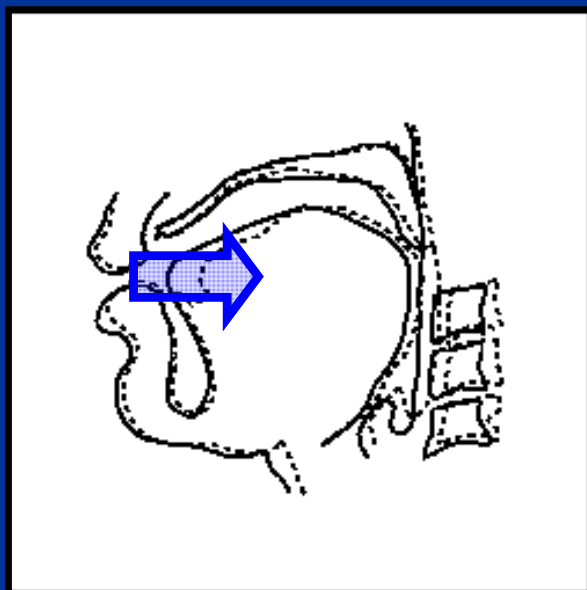
# 舌への影響

- 仰臥位での発声時には重力の影響を受けて後方移動する傾向.
- 磁気センサ, X線マイクロビーム, 超音波を用いた先行研究を支持.
- 舌尖も後方移動する.
  - 被験者A 最大2 mm
  - 被験者B 最大20 mm
  - 被験者C 最大3 mm

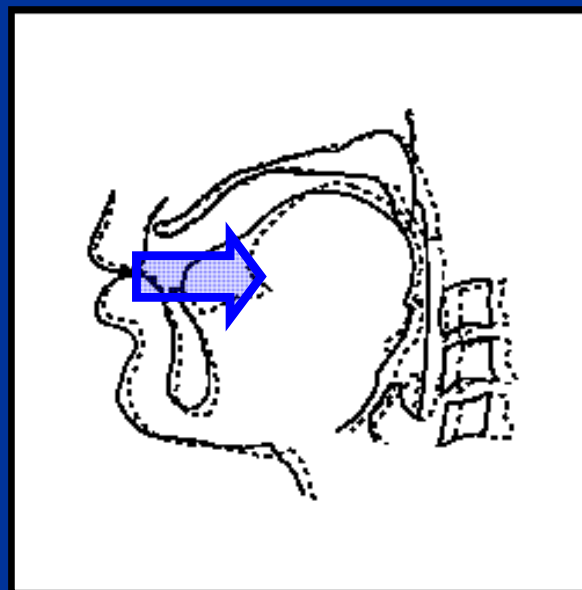
表1 座位と仰臥位間の舌尖の距離 (mm)

	/a/	/e/	/i/	/o/	/u/
Subject A	2	1	1	1	2
Subject B	11	7	5	20	9
Subject C	3	1	2	3	1

# 舌尖の移動距離が大きい例



被験者B /a/



被験者B /o/

— 座位  
..... 仰臥位

- 被験者Bの舌尖の移動距離は前舌母音よりも後舌母音で大きい。
- 前舌母音では舌が口蓋に接触することによって舌を支えることができるが、後舌母音ではそれができないためではないか。

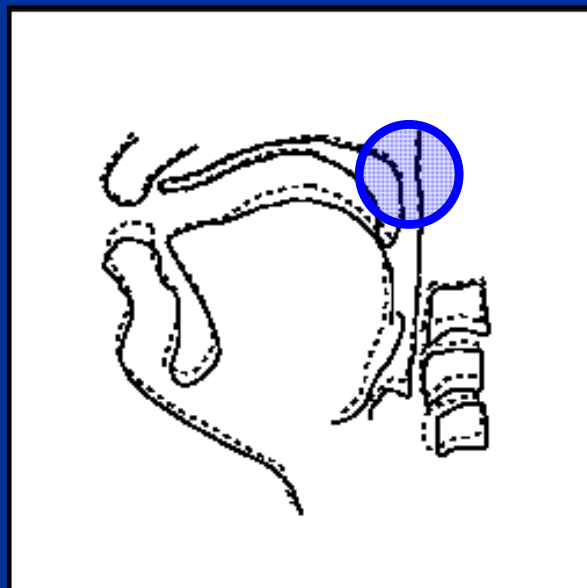
# 軟口蓋への影響

- 口蓋垂下端の移動距離
  - 被験者A 最大6 mm
  - 被験者B 最大8 mm
- 口蓋垂下端の向きは重力の方向と概ね一致.
- 体位の違いにより主声道と鼻腔の連結関係が変わることはなかった.

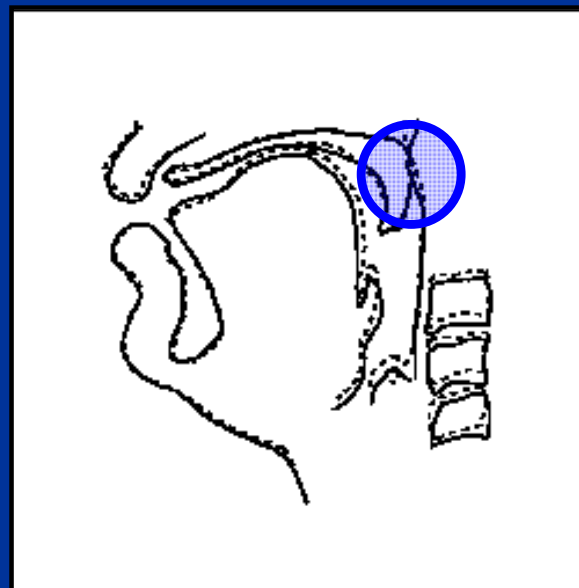
表2 座位と仰臥位の間での口蓋垂下端の距離 (mm)

	/a/	/e/	/i/	/o/	/u/
Subject A	6	5	3	2	3
Subject B	4	5	3	8	8

# 主声道と鼻腔の連結関係



被験者A /a/



被験者A /e/

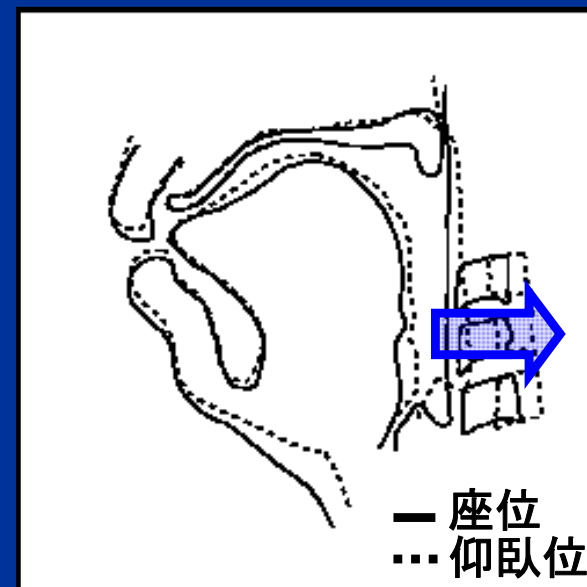
— 座位  
..... 仰臥位

- 体位の違いにより主声道と鼻腔の連結関係が変わることはなかった.
- 被験者が重力の向きに応じて軟口蓋の制御を行っていたことを示唆している.



# 頸椎および咽頭腔への影響(1)

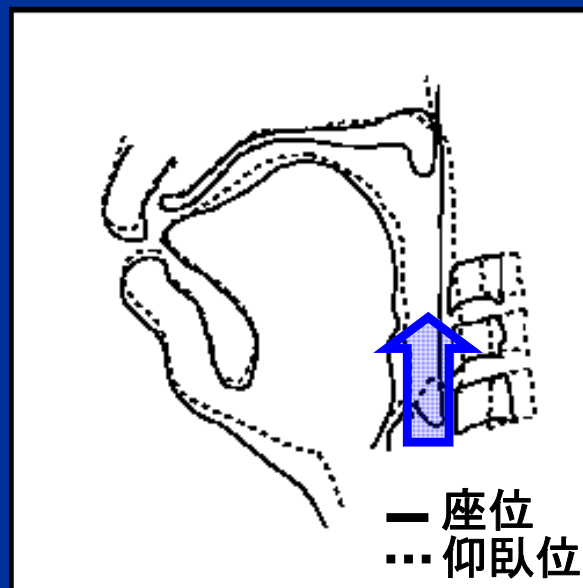
- 被験者BとCでは仰臥位において頸椎が後方移動.
- 頭部が体位間で変位することが原因の1つか.
- 咽頭後壁も後方移動. 咽頭腔, 喉頭腔の形状も変化.
- 間接的に口唇位置にも影響.
- 体位間の頸椎位置を一致させるには, 被験者ごとの枕が必要.



被験者C /e/

# 頸椎および咽頭腔への影響(2)

- 仰臥位では披裂部が上昇.  
体位により声道長が変化することを示唆.
- 披裂部上昇の原因
  - 頸椎の変化に伴う影響.
  - 腹部内臓に対する重力の影響が喉頭に及んでいる可能性.



被験者C /e/

G



腹部内臓

横隔膜

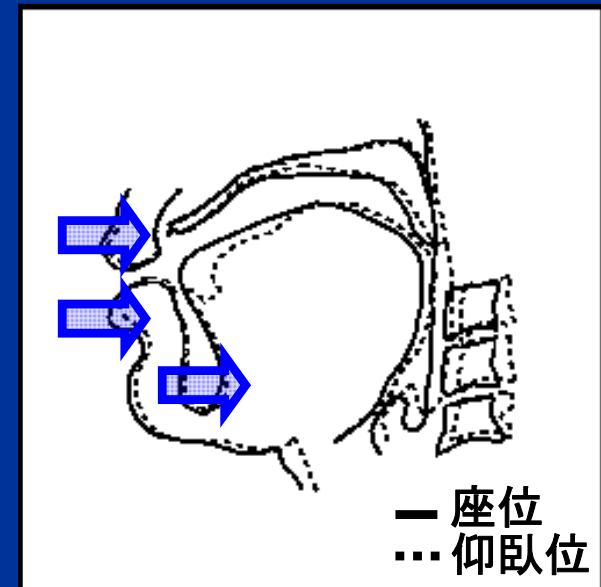
肺

気管

喉頭

# 口唇, 下顎への影響

- 被験者BとCでは仰臥位において上唇, 下唇が後方移動.
  - 頬部組織の後方移動が口唇の厚みを減少させるのでは.
  - 下顎位置の変位の影響.
- 被験者Bでは仰臥位において下顎骨が後方移動.
  - 頭位により下顎開口が制限を受ける影響もあるのでは.



被験者B /a/

# MRI観測のまとめ

- 舌への影響
  - 後方移動する傾向. 舌尖も後方移動.
- 軟口蓋への影響
  - 口蓋垂下端が移動する傾向.
  - 主声道と鼻腔の連結関係には変化なし.
- 頸椎および咽頭腔への影響
  - 頸椎が後方移動. それに伴い咽頭腔, 喉頭腔も変形.
  - 披裂部が上昇.
- 口唇, 下顎への影響
  - 後方移動する傾向.

# 音声分析

- 撮像と同時に収録した音声データから音声区間と暗騒音区間を切り出し.
- 音声区間の平均スペクトル包絡から暗騒音区間の平均スペクトル包絡を減算.

$$\hat{S}(\omega) = \bar{S}(\omega) - \alpha \bar{N}(\omega)$$

訂正

$\omega$  周波数  
 $\bar{S}(\omega)$  音声区間の平均スペクトル包絡  
 $\bar{N}(\omega)$  暗騒音区間の平均スペクトル包絡  
 $\alpha$  減算程度を示す定数.  $\alpha = 0.5$

- 分析条件
  - 標本化周波数 16 kHz
  - 分析窓 Hanning窓
  - フレーム長 64 msec
  - フレーム周期 32 msec
  - 不偏推定法(今井ら1987)
  - ケプストラム次数 50
  - 平均スペクトル包絡 20フレームを加算平均

# 分析結果(1)

- 1.5 kHz以上の周波数帯域に顕著な差異。
  - 喉頭腔の形状変化による影響か。
- ホルマントの全体的なシフトはみられない。
  - 声道長の変化はないのか？
- 大規模な音声データの統計的分析が必要。

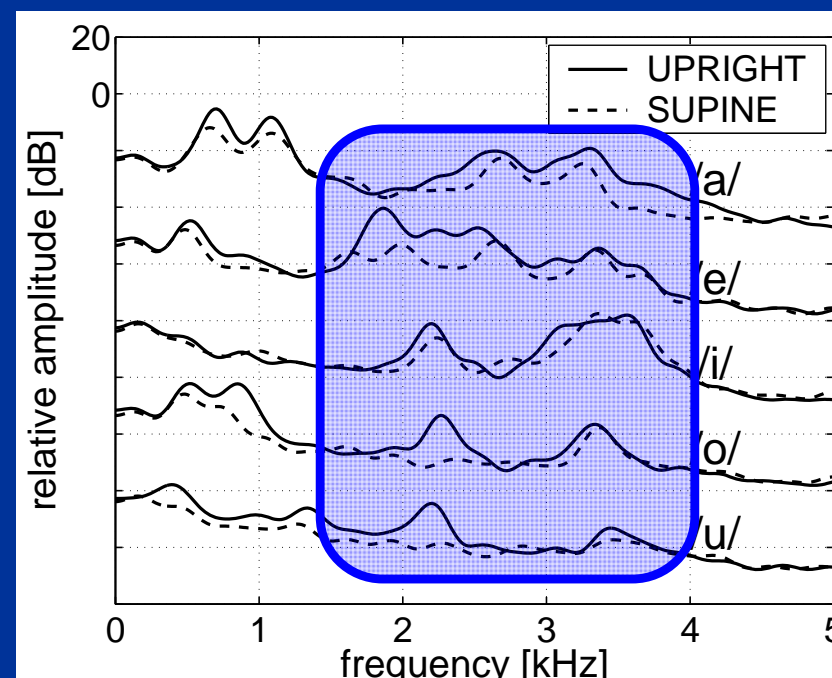
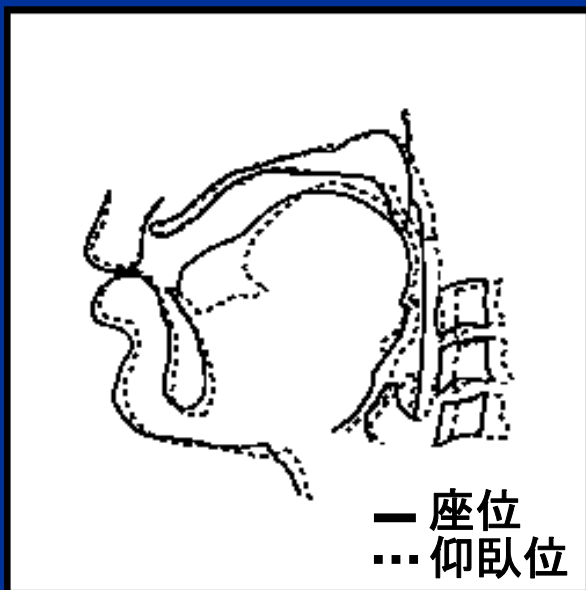


図5 座位および仰臥位での平均スペクトル包絡(被験者A)。

# 分析結果(2)

## 被験者B

- 母音/o/において仰臥位ではF2, F3が現れていない。
  - 舌の後方移動による影響.



被験者B /o/

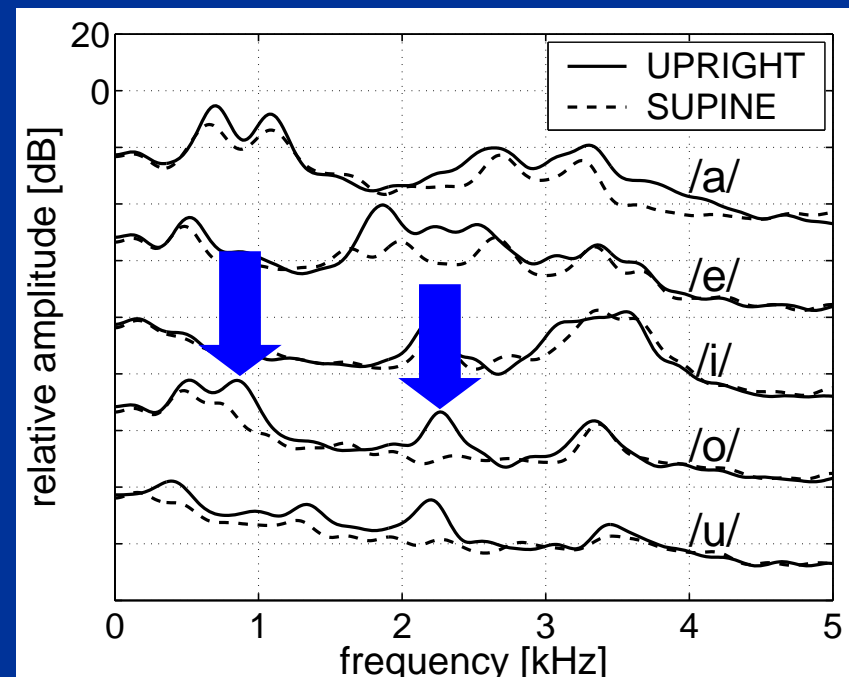


図5 座位および仰臥位での平均スペクトル包絡(被験者B).

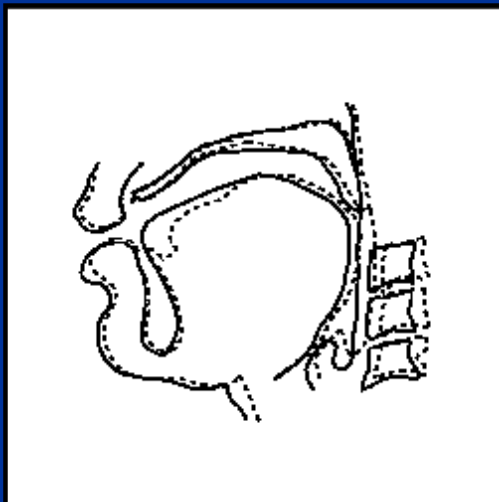
# まとめ

- 開放型MRI装置を用いて、仰臥位と座位での調音器官と声道形状の差異を調査.
- 体位による差異
  - 形状変化 舌, 咽頭腔, 喉頭腔, 軟口蓋, 口唇
  - 変位 頸椎, 下顎
- 仰臥位での撮像では舌の大きな後方移動がないことを確認する必要有り.
- 撮像と同時に収録した音声の約1.5 kHz以上の周波数帯域に顕著な差異.
- 本研究で示した体位間の差異は重力のみによるものではない.
- 今後、3次元MRIを用いた分析が必要.

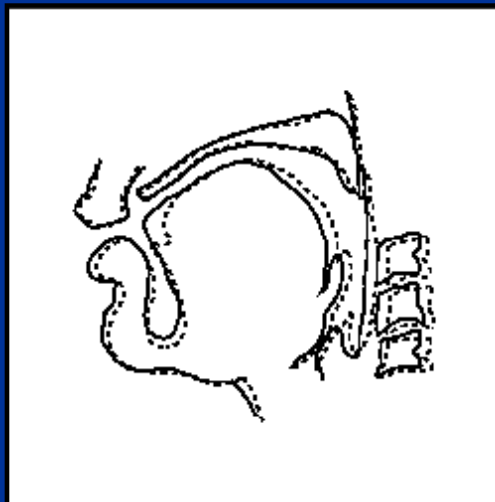


# トレース図

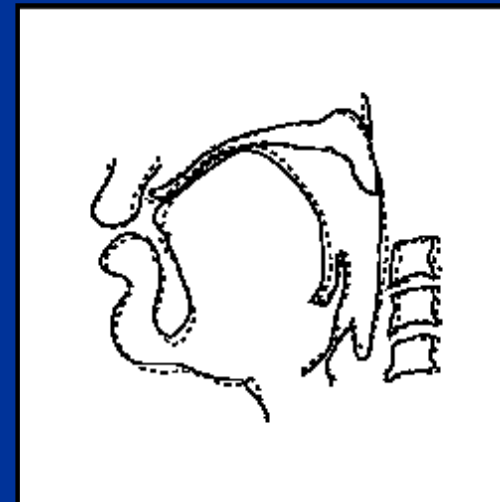
## 被験者B



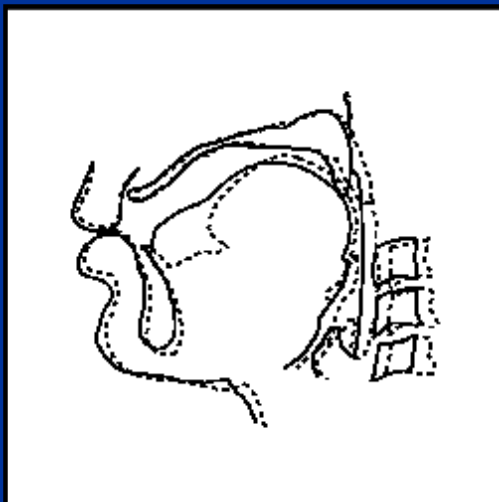
/a/



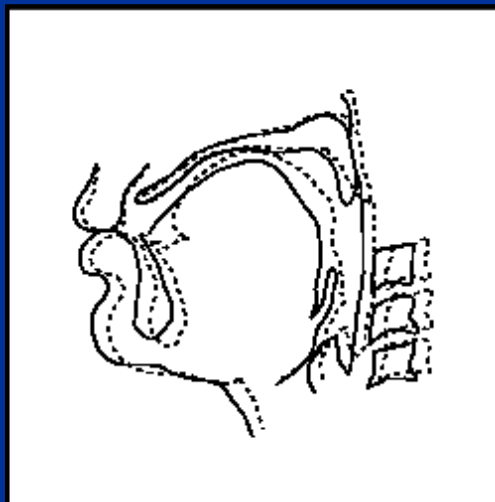
/e/



/i/



/o/

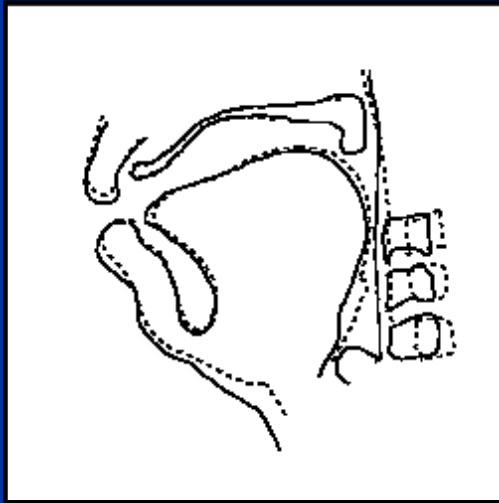


/u/

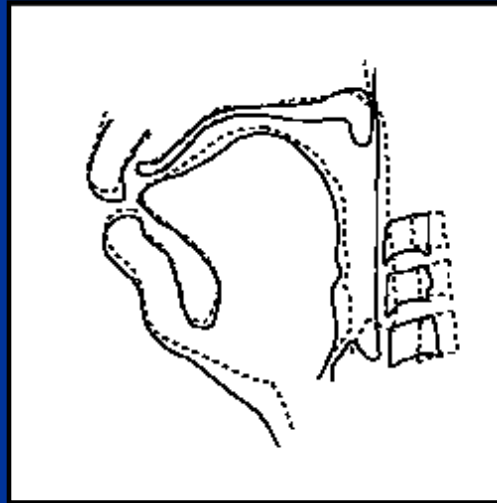
— 座位  
..... 仰臥位

# トレース図

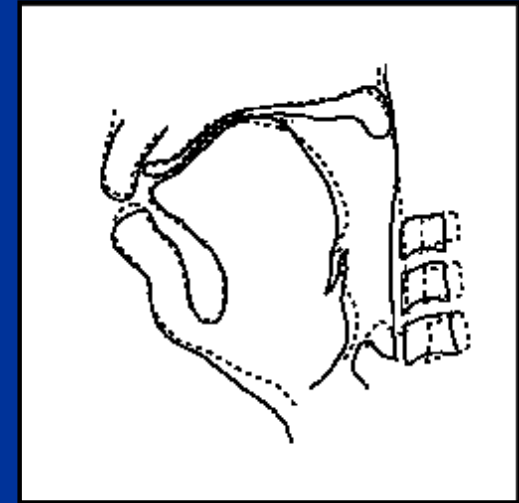
## 被験者C



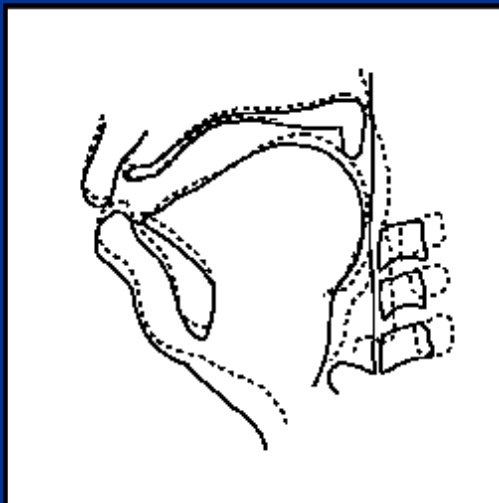
/a/



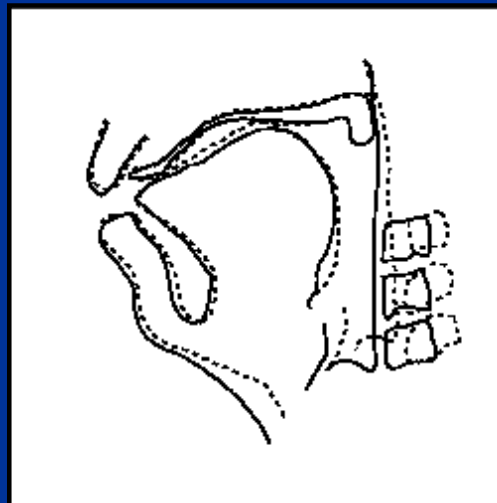
/e/



/i/



/o/



/u/

— 座位  
..... 仰臥位