

顎変形と咬合状態を対象とした 音声機能の診断技術

広島市立大学
大学院情報科学研究科
准教授 中山 仁史

2024年12月10日

社会的背景

不正咬合ー上下の前歯が適切に噛み合わない状態

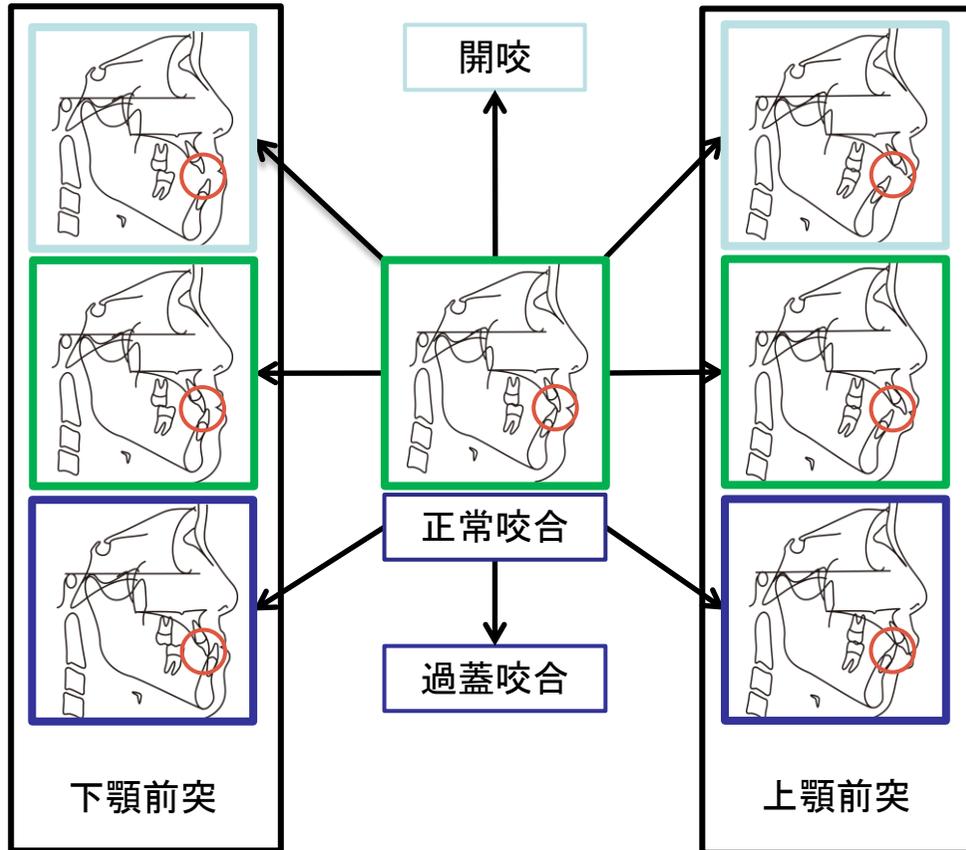


図. 顎顔面形態と咬合状態の関係

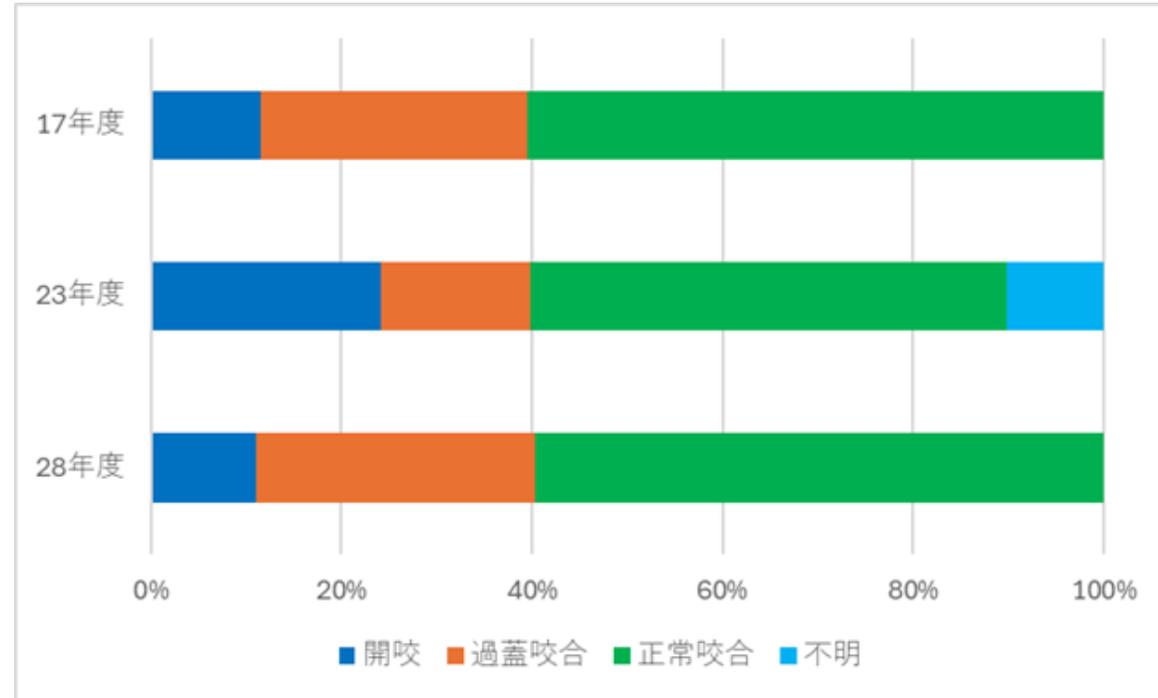


図. 咬合状態の割合 [1]

世の中の半数は不正咬合

顎顔面形態と咬合は密接な関係

[1] 厚生労働省, “歯科疾患実態調査: 結果の概要”. 厚生労働省. 2016. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/62-17b.html> (参照 2024-01-12)

従来技術と問題点

顎変形症

⇒上顎骨および下顎骨が著しく水平的または垂直的に偏位している状態

歯の形態的な評価方法

- ・歯列模型計測
- ・側面頭部 X 線規格写真

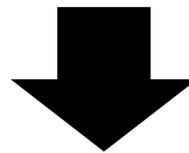
歯の機能的な評価方法

- ・各種口腔機能検査
- ・発語や発話

例) 発声が上手にできない！

顎形状や歯列？発声の仕方？？

因果関係を明らかにする必要



形態的關係と機能的關係を結びつける指標(音声バイオマーカー)を發明

⇒矯正・手術か発声訓練が必要なのかを定量的な指標で評価

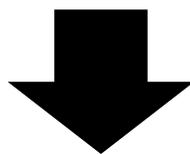
従来技術との違い

解決できる課題

- 発声における問題は形態的か機能的かを定量的に評価
 - 因果関係を示すことで患者が納得できる治療方針を策定
- ⇒ 患者と歯科医師との信頼関係, 安心できる診療を提供

社会的な意義

- 審美が主目的であった歯科矯正に,
音声発声の改善という新たな付加価値を提供
- ⇒ 歯科矯正による健康や審美に加え, 音声発声という価値を示す



矯正治療の前後に音声と比較する新たな時代が来るかもしれない

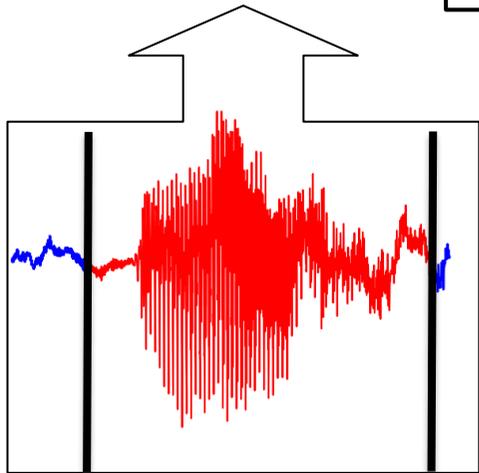
発明法の概要



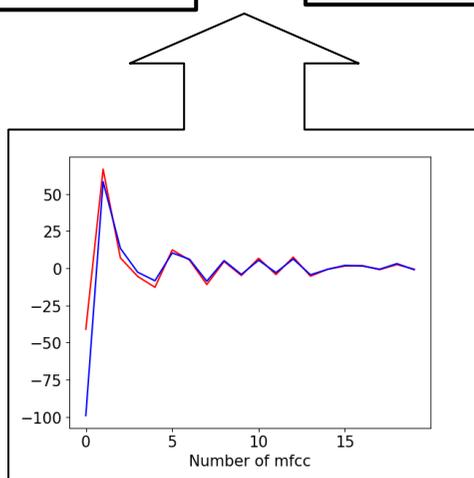
音響特徴量

音声バイオマーカ

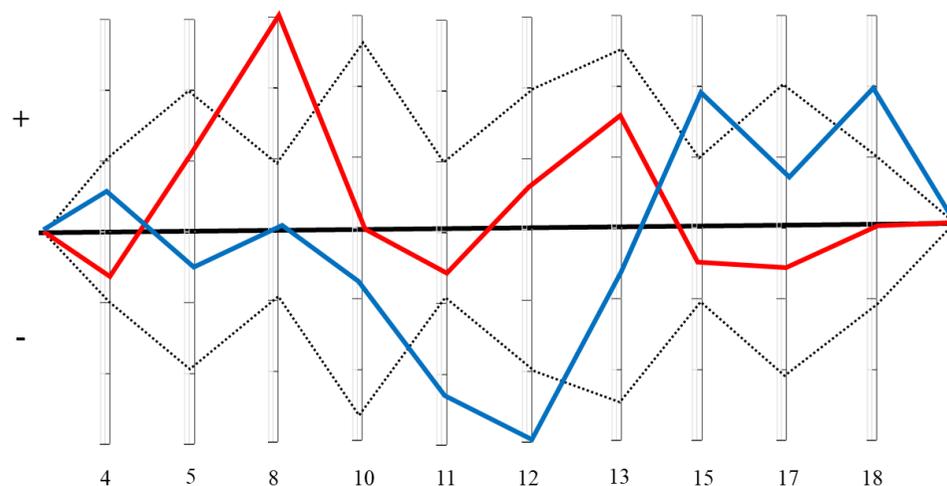
診断結果の視覚化



音声区間検出



MFCC



機能的構音障害の
評価項目

形態的構音障害の
評価項目

・MFCC (Mel-frequency cepstral coefficients)

— 低次成分

概形は緩やかな変動, 音の大きさや声道などの情報

— 高次成分

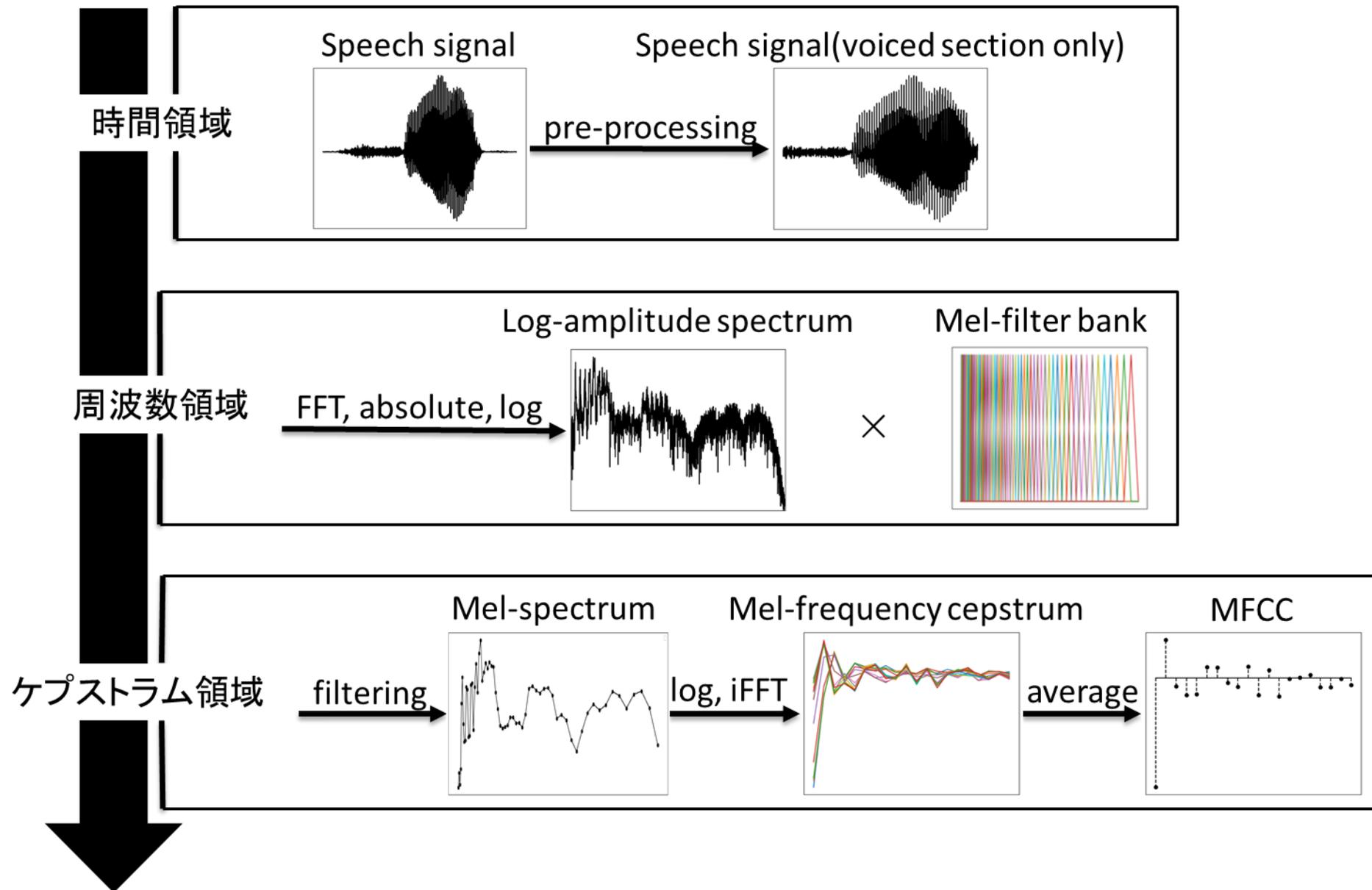
概形は微細な変動, 個人性の情報

治療方針が機能・形態のいずれかを定量的に示すことができる

健常群と罹患群より評価モデルを作成⇒被評価者との差異を定量化

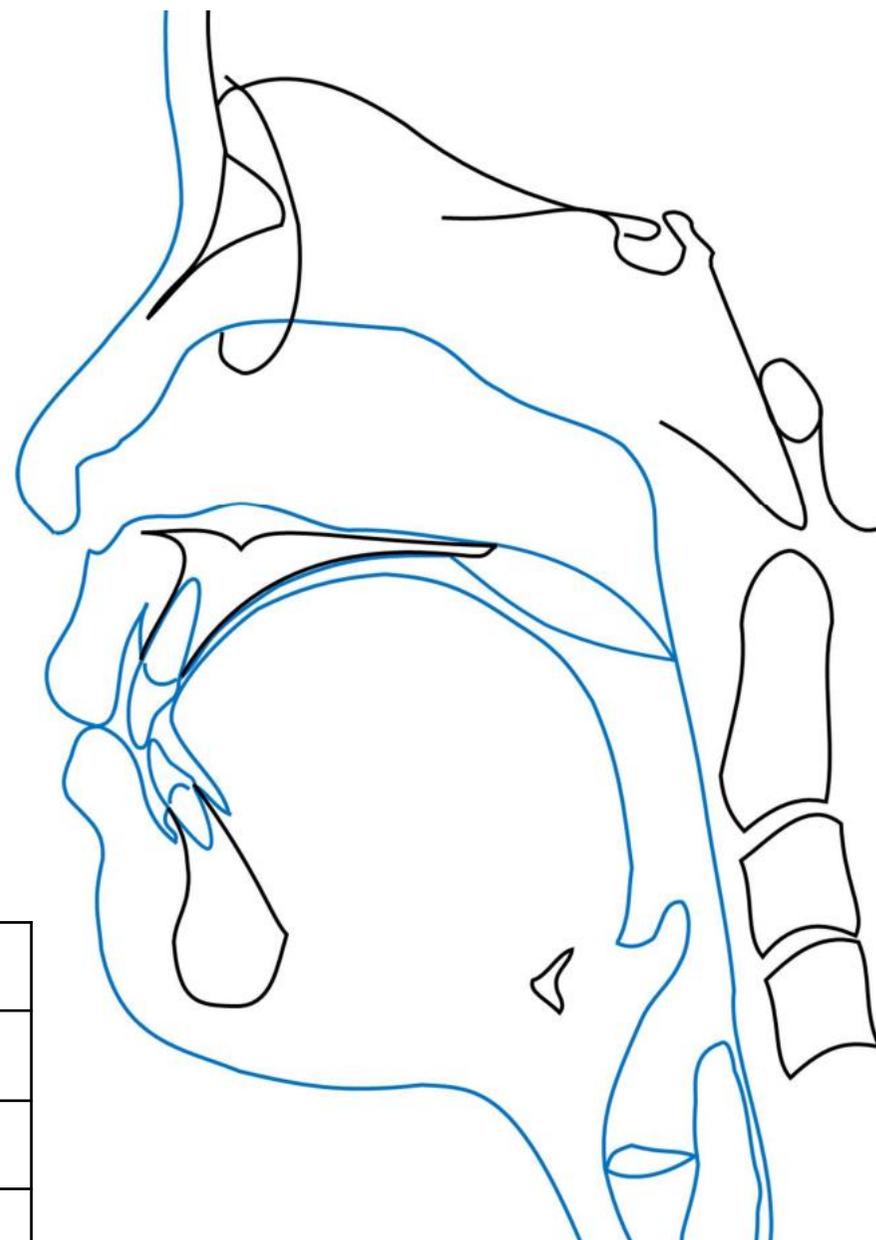
音響特徴量

MFCC (Mel-Frequency Cepstrum Coefficients)



骨格形態と子音の関係

1. 力行音 /k/
軟口蓋破裂音[k]
2. サ行音 /s/
歯茎・後部歯茎摩擦音[s]・[ʃ]
3. タ行音 /t/
歯茎破裂音[t]・[ts]
4. ラ行音 /r/
歯茎弾き音[r]



音声記号	歯音	歯茎音	後部歯茎音	軟口蓋音
破裂音		t d		k g
摩擦音	θ ð	s z	ʃ ʒ	x ɣ
弾き音		r		

顎顔面形態とMFCCとの関係性

- 垂直的な顎顔面形態の変化により
MFCC4, 10, 12及び13において有意差を認めた。
→側面頭部 X 線規格写真分析の垂直的形態の評価項目
との相関も存在した。 形態と音声の因果関係を確認

FMA	ka	ki	ku	ke	ko	sa	si	su	se	so	ta	ti	tu	te	to	ra	ri	ru	re	ro
MFCC4	0.23	-0.21		-0.24	-0.19				-0.24		0.19		-0.20	-0.28		-0.23	-0.25	-0.29		
MFCC10	-0.22					-0.23					-0.31					-0.27				
MFCC12		0.21	0.29		0.18		0.19					0.27				0.28	0.20			0.18
MFCC13			-0.20					-0.25	-0.24	-0.23			-0.24	-0.22	-0.21					
MFCC15				-0.21			-0.18		-0.21					-0.24			0.21	-0.19		
MFCC18							-0.22		-0.19					-0.19						

開口，過蓋開口と健常の識別：特徴量の探索

ANOVA	ka	ki	ku	ke	ko	sa	si	su	se	so	ta	ti	tu	te	to	ra	ri	ru	re	ro
Zero crossing rate	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
MFCC3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC4	ns	*	*	***	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	*	***	ns	ns	***	*	***	ns
MFCC5	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC6	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
MFCC7	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC8	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MFCC9	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
MFCC10	*	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns
MFCC11	*	ns	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	*
MFCC12	***	**	**	**	**	***	*	***	*	*	*	***	***	*	*	**	*	***	*	*
MFCC13	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	***	*	ns	*	ns	*	ns	*	*	*	ns	*	ns
MFCC14	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns
MFCC15	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	***	*	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns
MFCC16	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	*	***
MFCC17	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns
MFCC18	ns	ns	***	ns	ns	**	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns
MFCC19	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns : No significant * : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

開口，過蓋開口と健常の識別：群間比較(1)

	ka			ki			ku			ke			ko		
	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D
MFCC4						*				*		***			*
MFCC10	*		*												
MFCC12	***		**	**		*	*		**	**		**	**		*
MFCC13															
MFCC15	***		**	**		*	*		**	**		**	**		*
MFCC18									***						

	sa			si			su			se			so		
	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D
MFCC4													*		*
MFCC10	**		**										*		
MFCC12	***			*			***			*					*
MFCC13	**		*				***		**	*		*			
MFCC15							***		*		*	*			
MFCC18	*		**							*		***			

ns : No significant * : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

開口，過蓋開口と健常の識別：群間比較(2)

	ta			ti			tu			te			to		
	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D
MFCC4						*		**	**	**		***			
MFCC10	*		*												
MFCC12	**		*	**		**	***		*	*		*	*		**
MFCC13			*				*		**						*
MFCC15							**		*						
MFCC18						*				*		**			

	ra			ri			ru			re			ro		
	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D	N vs D	N vs O	O vs D
MFCC4				***		***	*		*	***	*	***			
MFCC10			*							**		*			
MFCC12	**		**	*		*	***		**	*			*		*
MFCC13			**									*			
MFCC15							*								
MFCC18								*	*			*			

ns : No significant * : p<0.05 ** : p<0.01 *** : p<0.001

実用化に向けた課題

発明法を実現するための課題

- 各評価項目と音響特徴量の関係性を解明
- 医療機器プログラムSaMDとしてPMDAの審査を意識した実装や研究方針の整理

臨床データに関する課題

- 顎変形症の審査基準の整理
- 矯正治療前後の音声変化に対する本技術の応用についての検討

企業への期待と貢献

当該技術を実現する上で、

- 100名近い健常群と罹患群の音声データを収集済み
- 音声に対する機能と形態における関連性の評価

⇒**歯学部における音声解析・研究は日大・広島市大のみ**

産業や医療展開に関する実績(中山)として、

- MedTechベンチャーと音声解析の医療機器プログラム
- 東証プライム企業の音響分析技術
- 工業用検査機器開発・研究のコンサルタント

⇒**企画, 研究また試作機の構築まで当方で全て可能**

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称
診断補助システム、診断補助方法及びプログラム
- 出願番号
特願2024-153196
- 出願人
広島市立大学，根岸慎一，堀畑聡，石井かおり，武藤佑子，村田聡
- 発明者
中山仁史，藤村秀弥，根岸慎一，堀畑聡，石井かおり，武藤佑子，村田聡

お問い合わせ先

広島市立大学
地域共創センター
産学連携コーディネータ

TEL: 082-830-1545

E-mail: ken-san@m.hiroshima-cu.ac.jp