日本歯科医学会認定分科会

日本顎口腔機能学会 第 76 回学術大会

76th Scientific Meeting of the Japanese Society of Stomatognathic Function

プログラム・事前抄録集
Program and Abstracts

2026 年 12 月 5 日(土) 6 日(日)
December 5-6, 2026

主管

鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学講座
大 会 長　小 川　匠
準備委員長　重 本 修 伺

日本顎口腔機能学会第 76 回学術大会のご案内

日本顎口腔機能学会第 76 回学術大会を下記の通り開催いたします。
多数の皆様のご参加をお待ちしております。

日本顎口腔機能学会　第 76 回学術大会

日　時：令和 8 年 12 月 5 日(土)　受付開始　8：30
　　12 月 6 日(日)　受付開始　8：30

会　場：鶴見大学会館　地下 1 階　メインホール
〒230-0062 神奈川県横浜市鶴見区豊岡町 3-18

日本顎口腔機能学会　常任理事会・理事会

日　時：令和 8 年 12 月 4 日(金)　17：00～18：30

会　場：鶴見大学会館　3 階　第二会議室
〒230-0062 神奈川県横浜市鶴見区豊岡町 3-18

大 会 長：小川　匠
準備委員長：重本修伺
鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学講座
〒230-8501　横浜市鶴見区鶴見 2-1-3
準備委員長　重本修伺
TEL　045-580-8416
e-mail　shigemoto-s@tsurumi-u.ac.jp

懇親会を下記のとおり開催いたしますので是非ご参加ください。
日　時：令和 8 年 12 月 5 日(土) 18：20～20：20
場　所：満州園　麻辣燙（神奈川県横浜市鶴見区豊岡町 17-10 やま 3 ビル 1F）
会　費：一般 5,000 円、大学院生・研修医・学部生 3,000 円

会場のご案内

会場：鶴見大学会館

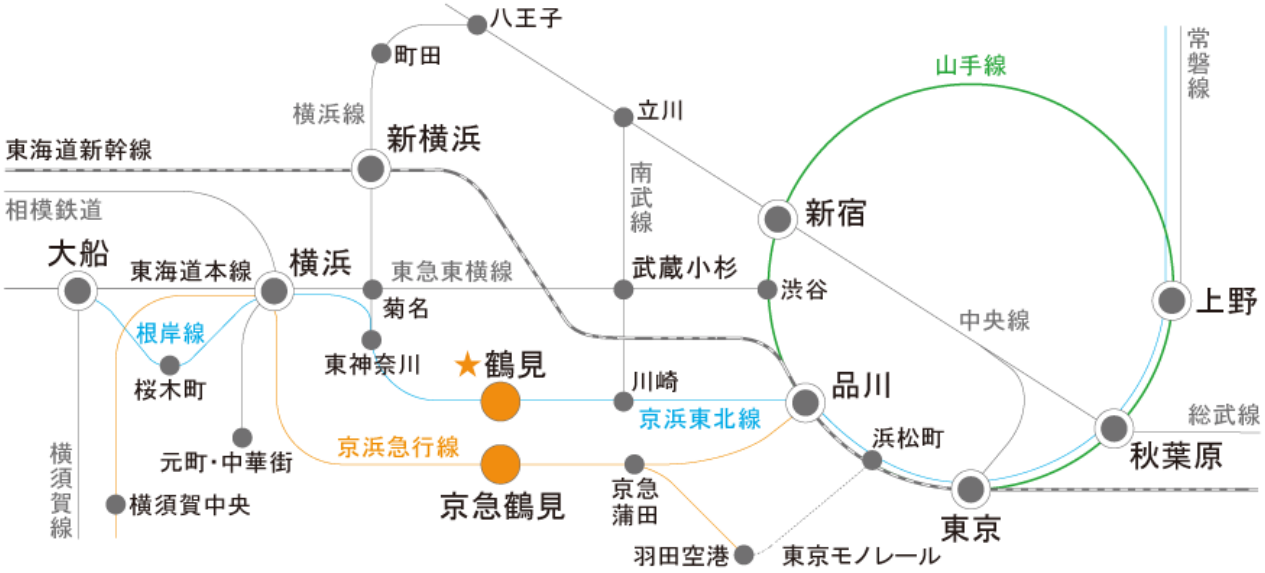
〒230-0062 神奈川県横浜市鶴見区豊岡町 3-18



鶴見大学の最寄り駅はＪＲ京浜東北線「鶴見駅」と京浜急行線「京急鶴見駅」です。

鶴見駅西口下車徒歩５分　　京急鶴見駅下車徒歩７分

会場へのアクセス



●鶴見駅西口下車徒歩 5 分　　京急鶴見駅下車徒歩 7 分

●八王子…約 65 分
　八王子→東神奈川〈横浜線〉58 分　　東神奈川→鶴見〈京浜東北線〉 7 分

●新横浜から…約 17 分
　新横浜→東神奈川〈横浜線〉10 分　　東神奈川→鶴見〈京浜東北線〉 7 分

●横須賀中央から…約 36 分
　横須賀中央→横浜〈京急本線快特〉26 分　　横浜→鶴見〈京浜東北線〉10 分

●東京から…約 26 分
　東京→鶴見〈京浜東北線快速〉26 分

●上野から…約 32 分
　上野→鶴見〈京浜東北線快速〉32 分

●羽田空港から…約 21 分
　京急蒲田→京急鶴見〈京急エアポート急行〉21 分

上記の所要時間は目安です（乗り換え時間、待ち時間は含みません）。
ほかにもいろいろなルートがありますから、時刻表などを使って調べてみてください。

【学会に参加される皆様へ】

1. 本学会の参加費は、一般(会員・非会員)2,000 円、大学院生・研修医 1,000 円、学部学生は無料です。大学院生・学部学生は、当日会場受付にて身分証の呈示をお願いします。
2. 一般口演、特別講演、記念講演および企画講演中の写真・ビデオ撮影は著作権保護のため禁止します。
3. 会場受付にて、入会手続き、年会費の受付、および書籍販売を行います。
4. 本学術大会は日本歯科医師会生涯研修認定となっていますので、受付に提示しております QR コードからアクセスし単位認定の登録をするようお願いいたします。
5. 事前登録のお願い：学会 HP「次期学術大会のご案内　参加登録」から、Peatix（URL：https://peatix.com/event/5257640）を利用して学術大会ならびに懇親会の事前参加登録にご協力ください。**事前参加登録は 12 月 3 日（木）23:59 まで**とさせていただきます。

【演者の皆様へ】

1. 発表はご自身の PC を用いるようにしてください。プロジェクターとの接続端子は HDMI 端子です。ご使用の PC に上記の映像出力端子がない場合には変換コネクタをご用意ください。また必ず AC 電源アダプターをご持参ください。スクリーンセーバーや節電機能を無効にしておいてください。
2. 故障や予期せぬトラブルに備えご持参のバックアップデータをご持参ください。
3. 発表までに、PC データ受付にご持参のバックアップデータをご提出してください。発表時間前の休憩時間中に PC の接続確認を行います。
4. 発表形式は、液晶プロジェクターの単写です。スライドサイズは、標準(4：3)、ワイド画面(16：9)のいずれも可です。発表スライド中に COI の開示をお願いします。詳細は学会 HP をご覧ください。
5. 発表スライド中に音声を含む場合は、事前に学術大会事務局までお知らせください。
6. プロジェクターへの接続はご自身でお願いします。
7. 前演題の終了前までに、所定の席にお越しください。
8. 事前抄録内容に訂正がある場合には、事後抄録として大会 1 週後までに電子媒体で大会事務局（準備委員長　shigemoto-s@tsurumi-u.ac.jp）に提出してください。

【一般口演、発表者の皆様へ】

1. 受付にて学術大会優秀賞口演評価用紙を受け取り、ご自身の演題を除く全演題の評価を記入し、最終演題が終了後すぐに受付へご提出ください。
2. 一般口演は、発表 15 分、質疑応答 15 分です。発表終了 1 分前にベル 1 回、終了時にベル 2 回でお知らせします。

【座長の先生方へ】

次座長の先生は、前演題の終了前までに座長席前の席にご移動をお願いします。

日本顎口腔機能学会　第 76 回学術大会　日程表

	12月4日（金）	12月5日（土）	12月6日（日）
	鶴見大学会館　3階 第二会議室	鶴見大学会館　地下１階 メインホール	鶴見大学会館　地下１階 メインホール
8:00			
		8：30～　開場、受付開始	8：30～　開場、受付開始
		8:50～　開会式　小川　匠（鶴見大学）	
9:00		セッションⅠ　座長：萬田陽介 先生（岡山大学）	セッションⅣ　座長：田中恭恵 先生（東北大学）
		9：00～ 9：30　一般口演①	9：00～ 9：30　一般口演⑨
		荻原久喜（鶴見大学）	鈴木拓（公立藤田総合病院）
		セッションⅠ	セッションⅣ
		9：30～10：00　一般口演②	9：30～10：00　一般口演⑩
		徳地哲明（岩手大学）	松本翔二郎（新潟大学）
10:00		セッションⅠ	10：00～10：10　休憩
		10：00～10：30　一般口演③	セッションⅤ　座長：真柄　仁 先生（新潟大学）
		互野亮（東北大学）	10：10～10：40　一般口演⑪
		10：30～10：40　休憩	髙山大樹（岩手大学）
		セッションⅡ　座長：鈴木善貴 先生（徳島大学）	セッションⅤ
		10：40～11：10　一般口演④	10：40～11：10　一般口演⑫
11:00		齋藤瞭汰（東北大学）	荒舩萌里（昭和医科大学）
		セッションⅡ	11：10～11：20　休憩
		11：10～11：40　一般口演⑤	11：20～12：20　教育講演
		細川麻衣（日本大学松戸）	座長：重本修伺 先生（鶴見大学）
		11：40～11：50　第75 回学術大会優秀賞表彰式	
		11：50～12：00　名誉会員受賞式	「睡眠時ブラキシズムの病態解明とその制御戦略」
12:00			大倉一夫　先生（徳島文理大学）
			12：20～12：30　学術大会優秀賞発表
			12：30～12：35　閉会の辞
		12：00～13：30　休憩	次期大会長　中村史朗 先生（昭和医科大学）
13:00			
		セッションⅢ　座長：佐々木 誠 先生 （岩手大学）	
		13：30～14：00　一般口演⑥	
		井口陽介（九州歯科大学）	
14:00		セッションⅢ	
		14：00～14：30　一般口演⑦	
		佐藤萌恵（東北大学）	
		セッションⅢ	
		14：30～15：00　一般口演⑧	
		小野瑞祈（新潟大学）	
15:00		15：00～15：10　休憩	
		15：10～16：10　第74 回学術大会 優秀賞者企画	
		座長：堀　一浩 先生（新潟大学）	
		「そのとき舌はどう動く？	
		―3Dモーションキャプチャと吸引型表面電極を	
		用いた共同研究―」	
16:00		佐藤理加子（新潟大学），相澤知里（新潟大学）	
		16：10～16：20　休憩	
		16：20～17：20　特別講演	
		座長：小川　匠 先生（鶴見大学）	
		「医用画像AIを用いた筋骨格解析にもとづく	
17:00	17：00～18：30	顎口腔機能の可視化・定量化」	
	常任理事会・理事会	大竹義人 先生（奈良先端科学技術大学院大学）	
	会　場：鶴見大学会館　3階　第二会議室		
	〒230-0062 神奈川県横浜市鶴見区豊岡町3-18		
18:00			
		18：20～20：20　懇親会	
		場　所：満州園　麻辣燙	
		神奈川県横浜市鶴見区豊岡町17-10 やま3ビル 1F	
19:00			
20:00			

【1日目　令和8年12月5日（土)】

8：30～　　開場、受付開始

8：55～9：00　開会の辞　大会長　小川　匠

セッションⅠ　デジタル歯科・XR・デジタルツイン　　座長：萬田陽介　先生（岡山大学）

9：00～ 9：30　一般口演①

口腔内スキャナを応用した顎運動と歯列形態の重ね合わせ法の開発

○荻原久喜，重本修伺，木原琢也，重田優子，平林里大，井川知子，三郎丸史，熊澤龍起，小島勘太郎，佐野吏香，小川匠

鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学講座

9：30～10：00　一般口演②

顔画像を用いた歯列の位置・姿勢推定法の開発

○徳地哲明[1]，李騫[1]，成原大衣智[2]，互野亮[2]，依田信裕[3]，佐々木誠[1]

[1] 岩手大学大学院総合科学研究科

[2] 東北大学病院

[3] 東北大学大学院歯学研究科

10：00～10：30　一般口演③

口腔内スキャナ操作の客観的動作解析 ～XR デジタルツインを用いたトレーニングの検証～

○互野亮[1]，藤原颯太[2]，成原大衣智[3]，小峰英也[3]，佐々木誠[2]，依田信裕[1,3]

[1] 東北大学病院 顎顔面口腔再建治療部

[2] 岩手大学理工学部理工学科 生体工学研究室

[3] 東北大学大学院歯学研究科 口腔システム補綴学分野

10：30～10：40　休憩

セッションⅡ　口腔機能・咀嚼筋機能・高齢者機能評価　　座長：鈴木善貴　先生（徳島大学）

10：40～11：10　一般口演④

高齢者における口腔機能と認知機能に対する複合トレーニングの効果

○齋藤瞭汰[1]，阿部真澄[1]，榊浩平[2]，白石成[1]，小出理絵[1]，小峰英也[1]，鈴木智子[1]，成原大衣智[1]，石川幸樹[1]，岩渕太人[1]，木之村史織[1]，川島隆太[2,3,4]，佐々木啓一[5]，依田信裕[1]

[1] 東北大学大学院歯学研究科口腔システム補綴学分野

[2] 東北大学応用認知神経科学センター

[3] 東北大学加齢医学研究所応用脳科学研究分野

[4] 東北大学加齢医学研究所スマートエイジングセンター

[5] 宮城大学

11：10～11：40　一般口演⑤

持続的なクレンチングに伴う咬筋の生理学的応答との関連

○細川麻衣[1]，岩田好弘[1]，川上諒也[1]，小黒裕之[1]，山川雄一郎[1]，石井優貴[1]，飯田崇[2]，小見山道[1]

[1] 日本大学松戸歯学部 顎口腔機能補綴学講座

[2] 日本大学歯学部 歯科補綴学第Ⅱ講座

11：40～11：50　第 75 回学術大会優秀賞表彰式

11：50～12：00　名誉会員受賞式

12：00～13：30　休憩

セッションⅢ　口腔感覚・神経科学・VR 応用　　座長：佐々木　誠　先生（岩手大学）

13：30～14：00　一般口演⑥

マウスにおける食品テクスチャー認知評価法の開発および受容体分子の検討

○井口陽介[1,2]，中富千尋[1]，小野堅太郎[1]

[1] 九州歯科大学 生理学分野

[2] 九州歯科大学 顎口腔機能矯正学分野

14：00～14：30　一般口演⑦

口腔テクスチャー知覚の正確性における評価方法の構築

○佐藤萌恵，田中恭恵，伊藤有希，Hala Al Khalili，安部美奈子，服部佳功

東北大学大学院歯学研究科加齢歯科学分野

14：30～15：00　一般口演⑧

仮想現実の口腔活動誇張モデルを用いた口腔活動の変調

○小野瑞祈[1]，新開瑞希[2]，石原由貴[3]，鈴木善貴[2]，谷脇竜弥[2]，奥田嶺[4]，須崎茉美[5]，井藤竜大[6]，小見山道[7]，松香芳三[2]

[1] 新潟大学摂食嚥下リハビリテーション学分野

[2] 徳島大学顎機能咬合再建学分野

[3] 徳島大学地域デザイン系（情報・表現）

[4] 東北大学口腔システム補綴学分野

[5] 大阪大学有床義歯補綴学・高齢者歯科学講座

[6] 大阪歯科大学附属病院特別支援歯科

[7] 日本大学松戸歯学部顎口腔機能補綴学分野

15：00～15：10　休憩

15：10〜16：10　第 74 回学術大会 優秀賞者企画　　座長：堀　一浩　先生（新潟大学）

そのとき舌はどう動く？　―3D モーションキャプチャと吸引型表面電極を用いた共同研究―

佐藤理加子[1]，相澤知里[2]

[1] 新潟大学医歯学総合病院　義歯診療科

[2] 新潟大学摂食嚥下リハビリテーション学分野

16：10〜16：20　休憩

16：20〜17：20　特別講演　　座長：小川　匠　先生（鶴見大学）

医用画像 AI を用いた筋骨格解析にもとづく顎口腔機能の可視化・定量化

大竹義人　先生

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科　准教授

18：20〜20：20　懇親会

懇親会は下記のとおり開催いたしますので是非ご参加ください。

場　所：満州園　麻辣燙（神奈川県横浜市鶴見区豊岡町 17-10 やま 3 ビル 1F）

会　費：一般 5,000 円、大学院生・研修医・学部生 3,000 円

【2 日目　令和 8 年 12 月 6 日（日)】

8：30〜　　開場、受付開始

セッションⅣ　摂食嚥下・嚥下神経機構　　座長：田中恭恵 先生（東北大学）

9：00〜 9：30　一般口演⑨

EVA シートを用いた暫間的舌接触補助床の摂食嚥下機能に対する即時効果

○鈴木拓[1,2,3]，長谷川博[1]，秋本哲男[1]，古志奈緒美[2]，真柄仁[3]，辻村恭憲[3]，井上誠[3]

[1] 公立藤田総合病院 歯科口腔外科

[2] あさひ歯科医院

[3] 新潟大学大学院医歯保健学研究科 摂食嚥下リハビリテーション学分野

9：30～10：00　一般口演⑩

喉頭運動・舌骨上筋群筋電図・嚥下音の同時測定による錠剤嚥下の動態評価

○松本翔二郎[1]，林豊彦[1]，永田向太郎[1]，石井義人[2]，林智彦[1]，谷川梨瑚[3]，平田愛奈[3]，足立知基[3]

[1] 新潟大学工学部

[2] 新潟大学教育基盤機構

[3] 株式会社ファンケル 総合研究所 機能性食品研究所

10：00～10：10　休憩

セッションⅤ　摂食嚥下・嚥下神経機構　　座長　真柄　仁 先生（新潟大学）

10：10～10：40　一般口演⑪

確率共鳴が嚥下時筋活動に及ぼす影響の基礎的検討

○髙山大樹[1]，李騫[1]，玉田泰嗣[2]，LOU XINRAN[3]，吉見佳那子[3]，戸原玄[3]，佐々木誠[1]

[1] 岩手大学大学院総合科学研究科バイオ・ロボティクス分野

[2] 北海道大学大学院歯学研究院

[3] 東京科学大学大学院医歯学総合研究科嚥下リハビリテーション学分野

10：40～11：10　一般口演⑫

嚥下の左右協調を形成する交叉性神経回路の脳幹内局在

○荒舩萌里[1,2]，中山希世美[1]，望月文子[1]，中納治久[2]，中村史朗[1]

[1] 昭和医科大学大学院歯学研究科口腔生理学分野

[2] 昭和医科大学大学院歯学研究科矯正歯科学分野

11：10～11：20　休憩

11：20～12：20　教育講演　　座長：重本修伺　先生（鶴見大学）

睡眠時ブラキシズムの病態解明とその制御戦略

大倉一夫　先生

徳島文理大学 保健福祉学部 口腔保健学科　教授

12：20～12：30　　学術大会優秀賞発表

12：30～12：35　　閉会の辞　次期大会長　中村史朗　先生　（昭和医科大学）

企画講演

第 74 回学術大会優秀賞受賞者企画

12 月 5 日(土)　15：10～16：10

座長　堀　一浩　先生（新潟大学）

そのとき舌はどう動く？

―3D モーションキャプチャと吸引型表面電極を用いた共同研究―

新潟大学医歯学総合 病院義歯診療科　佐藤理加子　先生

新潟大学大学院医歯保健学研究科 摂食嚥下リハビリテーション学分野　相澤　知里　先生

特別講演

12 月 5 日(土)　16：20～17：20

座長　小川　匠　先生（鶴見大学）

医用画像 AI を用いた筋骨格解析にもとづく顎口腔機能の可視化・定量化

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科　准教授　大竹義人　先生

教育講演

12 月 6 日(日)　11：20～12：20

座長　重本修伺　先生（鶴見大学）

睡眠時ブラキシズムの病態解明とその制御戦略

徳島文理大学 保健福祉学部 口腔保健学科　教授　大倉一夫　先生

第 74 回学術大会優秀賞受賞者企画

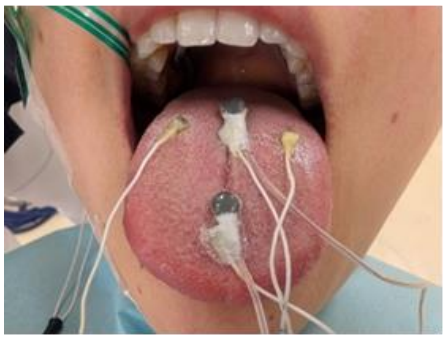
そのとき舌はどう動く？
―3D モーションキャプチャと吸引型表面電極を用いた共同研究―

【企画要旨】

第 74 回学術大会における受賞テーマである「異なる物性の米飯咀嚼時における舌筋筋活動量の比較」（相澤）において，吸引型表面電極を用いた舌筋筋活動記録から，舌運動は咀嚼過程段階および食塊物性に応じて変調していることが定量的に示された．一方，嚥下造影検査画像を用いた舌運動軌跡と舌筋筋活動量を同期して測定し，両者の関連性を検討したが，有意な相関は得られていなかった．そのような折にこの度の受賞者企画の機会をいただき，学位論文のテーマである「電磁アーティキュログラフ（EMA）を用いた咀嚼時の舌および顎運動の 3 次元モーションキャプチャ」（佐藤）を融合させることで，舌筋筋活動量に関連した舌運動様式の検討を行うことができるのではないかと考え，共同研究に取り組むこととした．

本研究では，口蓋に貼付した T 字型の舌圧センサシートの位置に対応するように，舌背上へ EMA マーカーを設置し，さらに，EMA マーカーに近接した位置に吸引型表面電極を貼付した（図 1）．タスクは，水嚥下，最大舌圧発揮，発音とし，EMA から得られた舌運動波形，舌圧センサシートから得られた舌圧波形，吸引型表面電極から得られた舌筋筋電図波形を重ね合わせ，各波形の相互の時間的対応関係を検討した．

図 1



本発表では，共同研究から得られた結果を報告するとともに，異なる専門分野の研究者間における共同研究の難しさ，また，それを上回るおもしろさについて我々が実際に感じたこと，その過程で得られた発見を共有したい．本発表を通じて，様々な専門分野の研究者が協働することの意義や，そこから生まれる新たな研究の可能性について，皆様と考える機会となれば幸いである．

【企画】

佐藤理加子（新潟大学医歯学総合病院　義歯診療科）
（受賞時所属：朝日大学歯学部口腔病態医療学講座　摂食嚥下リハビリテーション学分野）
受賞テーマ「エスプーマ処理した気泡含有とろみ液が摂食嚥下機能へ及ぼす影響」
相澤知里（新潟大学大学院　医歯保健学研究科　摂食嚥下リハビリテーション学分野）
受賞テーマ「異なる物性の米飯咀嚼時における舌筋筋活動量の比較」

特別講演

医用画像 AI を用いた筋骨格解析にもとづく
顎口腔機能の可視化・定量化

奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 情報科学領域 生体画像知能研究室
大竹 義人

【概要】

咀嚼・嚥下・構音といった顎口腔機能は、顎骨・歯列・顎関節に加え、咀嚼筋や舌骨上・下筋群、舌、咽頭・喉頭など多数の硬組織と軟組織の協調によって成り立ち、頭頸部を含む全身の姿勢とも関連している。演者はかつて歯学部との共同研究で 4 次元下顎運動解析に携わり、現在は計算解剖学と深層学習を基盤として、医用画像から患者個別の筋骨格を解析する研究に取り組んでいる。本講演では、これらの技術とその顎口腔機能研究への展開について紹介する。

まず、CT 画像から筋骨格の三次元モデルを構築する技術を紹介する。我々は深層学習を用いて臨床 CT から骨および個々の骨格筋を自動でセグメンテーションする手法を開発してきた。これにより、骨形状や骨密度、筋の体積・形状を多数の症例について患者個別に定量化することが可能となり、大規模 CT データベースに基づく加齢変化や性差の解析へと展開している。同様のアプローチは、咀嚼筋や舌骨上・下筋群など顎口腔領域の筋の解析にも応用しうる。

次に、立位 CT および立位体表面スキャナのデータを用いて、立位時の体表面形状から身体内部の筋骨格構造を推定する技術を紹介する。通常の CT は臥位で撮影されるため、日常生活における荷重下の姿勢や骨格の配列を反映しない。立位 CT と体表面スキャンの対応データから体表面形状と内部の骨格・筋との関係を学習することで、被ばくを伴わない簡便な体表面計測から、立位姿勢における患者個別の筋骨格の状態を推定することを目指している。

さらに、単純 X 線画像から定量情報や三次元情報を引き出す技術を紹介する。我々は、骨・筋・軟部組織が重なり合って写る単純 X 線画像を、AI によって構造ごとの投影像に分解する手法を開発し、骨密度や筋肉量を高い精度で推定できることを示してきた。本技術は大学発スタートアップを通じて医療機器としての実用化を進めている。また、単一の X 線画像から骨の三次元形状を復元する研究にも取り組んでおり、同様の考え方を歯科領域へ展開して、歯科用二次元 X 線画像、口腔内スキャナ、CBCT を統合したマルチモーダル AI による三次元形状復元を進めている。

最後に、嚥下 4DCT の AI 解析を紹介する。嚥下中の頭頸部を連続撮影した 4DCT は、嚥下関連構造の三次元的な動きを直接観察できる一方、1 検査あたりの画像量が膨大で、手作業による解析には限界があった。我々は 14 の嚥下関連構造を対象とした自動セグメンテーションと運動追跡の手法を開発し、310 例・5 万ボリューム超の 4DCT に適用することで、舌骨・喉頭をはじめとする各構造の動態を大規模に定量化する基盤を構築してきた。これらの技術を組み合わせることで、顎口腔の形態と運動を、全身の姿勢や筋骨格の状態と結びつけて患者個別に定量化できる可能性がある。歯科・医科・工学の連携による今後の研究の方向性について議論したい。



大竹 義人（おおたけ よしと）
奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 准教授（生体画像知能研究室 主宰）
MICBON 株式会社 取締役（技術戦略担当）
国立情報学研究所 医療ビッグデータ研究センター 客員准教授

学歴

2000 年　早稲田大学 理工学部 電子・情報通信学科 卒業
2002 年　早稲田大学大学院 理工学研究科 電子・情報通信学専攻 修士課程 修了
2007 年　博士（工学）取得（早稲田大学）

職歴

2002 年　東京慈恵会医科大学 高次元医用画像工学研究所 助手（2007 年より助教）
2008 年　米国 Johns Hopkins 大学 Department of Computer Science 研究員
2014 年　奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 准教授
2018 年　同 先端科学技術研究科 准教授（研究科の統合による）、現在に至る
2024 年　MICBON 株式会社 取締役（技術戦略担当）

研究分野

医用画像解析、計算解剖学、画像位置合わせ、筋骨格系および嚥下動態の AI 解析

研究概要

東京慈恵会医科大学在職時に開始した鶴見大学歯学部との共同研究により、患者個別の 4 次元下顎運動解析システムを開発した。Johns Hopkins 大学では、術前 CT と術中 X 線画像の 2D-3D 位置合わせを用いた脊椎手術支援技術の研究に従事した。奈良先端科学技術大学院大学着任後は、CT・X 線画像からの筋骨格の患者個別解析、単純 X 線画像からの骨密度・筋肉量推定、嚥下 4DCT の AI 解析などに取り組んでいる。単純 X 線画像および CT 画像から骨密度・筋肉量を推定する AI 技術については、大学発スタートアップ MICBON 株式会社を通じて社会実装を進めている。査読付き論文 80 編以上（Medical Image Analysis、IEEE Transactions on Medical Imaging、MICCAI 等）。

学会活動

電子情報通信学会 医用画像研究会 幹事

受賞

2010–13 年　SPIE Medical Imaging ポスター賞
2013 年　ICPRAM 2013 Best Paper Award

主要論文

1. Otake Y, Suzuki N, Hattori A, et al. Real-time mandibular movement analysis system using four-dimensional cranial bone model. Systems and Computers in Japan, 2006.
2. Otake Y, Schafer S, Stayman JW, et al. Automatic localization of vertebral levels in x-ray fluoroscopy using 3D-2D registration: a tool to reduce wrong-site surgery. Physics in Medicine and Biology, 2012.
3. Hiasa Y, Otake Y, Takao M, et al. Automated muscle segmentation from clinical CT using Bayesian U-Net for personalized musculoskeletal modeling. IEEE Transactions on Medical Imaging, 2020.
4. Gu Y, Otake Y, Uemura K, et al. Bone mineral density estimation from a plain X-ray image by learning decomposition into projections of bone-segmented computed tomography. Medical Image Analysis, 2023.

教育講演

睡眠時ブラキシズムの病態解明とその制御戦略

徳島文理大学 保健福祉学部 口腔保健学科　大倉一夫

我々歯科医師は，患者の咀嚼機能の維持・向上を目指し，日々研鑽を重ねながら多様な修復処置・補綴処置を行っている。しかし，過剰な咬合力は顎口腔系に破壊的影響を及ぼし，難症例の背景に患者自身の過大な咬合力が存在することも少なくない。咬合崩壊のリスク因子として，正常機能である摂食・嚥下の理解に加え，異常機能活動（パラファンクション）の影響を考慮することが不可欠であり，その代表例として睡眠時ブラキシズムが挙げられる。睡眠時ブラキシズムは，夜間睡眠中という無意識下で制御されない過大な咬合力を発揮し，歯や補綴装置の破折・咬耗，歯周病の進行，顎関節症の発症・増悪など多岐にわたる問題を引き起こす。また，歯ぎしり音による家族の不眠や頭痛など，生活の質に影響を及ぼす点でも重要視されている。

近年，ウェアラブル装置や IT 機器の進歩により，従来把握が困難であった睡眠時ブラキシズムの病態が徐々に明らかになりつつある。本講演では，その発症メカニズム，症状，評価方法について，顎運動の視点を踏まえて整理する。夜間のグラインディング運動は日中の咀嚼運動と類似性を持つとされる一方で，作用する咬合力の大きさや方向性には大きな差異が存在し，これらを理解することは臨床的評価において極めて重要である。

さらに，過大な咬合力のコントロールに関する最新の知見として，ナイトガードの使用方法に加え，食生活指導，アロマセラピー，口腔乾燥との関連など，行動学的・生活習慣的介入を含む多角的アプローチについても紹介する。これらの知見は，睡眠時ブラキシズムの理解を深めるのみならず，今後の研究展開および日常臨床における治療戦略の構築に寄与するものである。

本講演が顎口腔機能の維持･改善に向けた臨床ならびに研究活動の一助となれば幸いである。



大倉　一夫（おおくら　かずお）
徳島文理大学 保健福祉学部 口腔保健学科・教授

略歴：

1993 年　徳島大学歯学部卒業
1997 年　徳島大学大学院歯学研究科（歯科補綴学第二） 修了
　　徳島大学歯学部附属病院 第二補綴科　医員
1998 年　徳島大学工学部（サテライトベンチャービジネスラボラトリー）非常勤講師
　　徳島大学歯学部附属病院 歯科麻酔科 助手
2000 年　徳島大学歯学部 歯科補綴学第二講座 助手
2003 年　モントリオール大学歯学部 口腔内科 客員教授
　　Faculté de médecine dentaire, Département de santé buccale, Université de Montréal, professeur invité (Sous la direction du professeur Gilles J Lavigne)
2005 年　徳島大学大学院 咬合管理学 助手
2013 年　徳島大学大学院 咬合管理学 講師
2017 年　徳島大学病院 歯科 かみあわせ補綴科 講師
2026 年　徳島文理大学 保健福祉学部 口腔保健学科 教授

資格等：

歯科医師
日本補綴歯科学会 指導医・中四国支部理事
日本口腔顔面痛学会 指導医・評議員
日本口腔リハビリテーション学会 認定医
日本スポーツ協会公認スポーツデンティスト

MEMO

一般口演　抄録

口腔内スキャナを応用した顎運動と歯列形態の重ね合わせ法の開発

Development of a Registration Method for Jaw Movement and Dental Arch Morphology Using an Intraoral Scanner

○荻原久喜，重本修伺，木原琢也，重田優子，平林里大，井川知子，三郎丸史，熊澤龍起，小島勘太郎，佐野吏香，小川匠

○Ogihara H, Shigemoto S, Kihara T, Shigeta Y, Hirabayashi R, Ikawa T, Saburomaru A, Kumazawa R, Kojima K, Sano R, Ogawa T

鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学講座

Department of Fixed Prosthodontics, Tsurumi University School of Dental Medicine

Ⅰ．目的

近年，患者固有の顎運動情報を仮想空間上で再現し，補綴装置の設計，製作に反映する試みが報告されている[1)]．

我々が使用している顎運動測定器[2)]は，上顎に一次コイルを，下顎に二次コイルを設置し，顎運動を測定する（図 1）．顎運動データの基準座標系を設定するために，顎運動測定に先立って生体標点プローブ（図 2）に二次コイルを装着して上顎歯列上の３標点（IN，L6，R6）の一次コイル座標系における位置を記録する．歯列の３次元形状モデル上で同一の３標点の位置をラボスキャナ座標系で記録することで，顎運動データと歯列形態データの座標系を統合する．標点データの記録精度が補綴装置の設計精度に影響する．しかし，歯の咬耗などで標点が不明瞭になると，口腔内と歯列模型上で同一の標点を記録することが困難となる．



図 1．一次コイルと二次コイル



図 2．生体標点プローブ

そこで本研究では，顎運動データと形態データの重ね合わせ精度の向上を目指して口腔内スキャナ（IOS）を応用した生体標点プローブの開発を行った．IOS を応用した生体標点プローブを用いると従来の生体標点プローブと異なり歯列形態と顎運動データの重ねあわせに歯列上の点群データを使用できることから重ね合わせ精度の向上が期待できる．

Ⅱ．方法

１．被検者

2025 年 8 月から 2026 年 2 月の間に鶴見大学歯学部付属病院補綴科を受診した患者で顎運動検査を行った 10 症例（男性 3 名，女性 7 名：39.9±17.1 歳）を対象とした．

なお，本研究は鶴見大学歯学部倫理審査委員会の承認(124016)を得て実施した．

２．IOS を応用した重ね合わせ法

IOS で歯列形態と IOS に固定された構造物を同時に記録することで形態データを一次コイル座標系で記録する方法を新たに考案した．IOS に固定された構造物は，二次コイルとの位置関係が明らかである必要がある．

IOS は Primescan (Dentsply Sirona 社 CEREC Primescan)を使用した．

１）Registration cap の製作

IOS のディスポーザブルスリーブのスキャンウィンドウ部分に装着する Registration cap

（図 3）を作成した．Rapidform(3D Systems 社 Rapidform2006)を用いて設計後，PEEK（松風 PEEK）を切削加工（imes-icore 社 350i）して製作した．内側の球（registration spheres: RS）は，咬合面形態記録時に同時に記録され，歯列形態と顎運動データの重ね合わせに利用する．一方，外側の球（calibration spheres: CS）は，一次コイル座標系における RS の中心の位置を算出するために利用する．

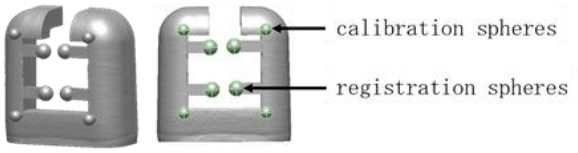


図 3. Registration cap

２）Registration cap の校正

二次コイル座標系における CS の中心位置の校正には Pivot Calibration を用いた．これにより，一次コイル座標系における RS の中心の座標値を間接的に算出できた．

３）生体標点の記録と重ね合わせ

通法どおり，被験者の上下歯列の印象採得を行い，上下歯列の石膏模型を製作した．この模型上で顎運動測定用ジグを製作した．また，ラボスキャナを用いて上下顎歯列の３次元形状データを取得した．

被験者の生体標点の記録は，切歯部，左右側臼歯部の 3 か所とした．IOS を応用した生体標点プローブを用いて，各標点の咬合面と RS の形態を同時計測した．取得したスキャナ座標系の標点形態データ（図 4）を，校正実験で得た一次コイル座標系における RS の中心の座標を用いて一次コイル座標系に変換した．次に，3 か所の標点形態の咬合面形態データを基準としてラボスキャナから得た全歯列形態データを一次コイル座標へ変換した．Rapidform を用い，3 か所の標点形態と全歯列形態との距離の差を計算し，平均距離と標準偏差を求めた．また，被験者の動的咬合接触の評価を行った．

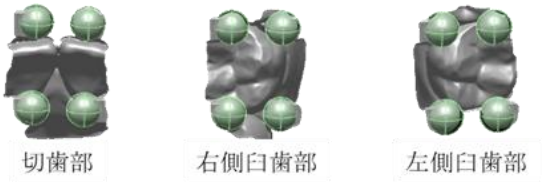


図 4. 標点形態データ

Ⅲ．結果及び考察

本研究では，IOS を応用した生体標点プローブを開発し，顎運動データと歯列形態データの重ね合わせ法について検討した．3 か所の標点形態データと全歯列形態データの重ね合わせた時の平均距離誤差は，0.08 ± 0.09 mm であった．さらに，動的咬合接触の観察もすべての症例で可能であった．

我々の従来法では，顎運動測定時に記録した標点と歯列模型上で記録した標点が同一点であるか不明であったが，IOS を応用した生体標点プローブを用いることで歯列形態データを一次コイル座標系で記録でき顎運動データと歯列形態データが同一標点での重ね合わせが可能となった．さらに，従来法では，座標変換に術者が３次元モデル上で３標点を任意に選択する必要があったが，今回開発した方法では，歯列上の点群データを使用できるため，重ね合わせ精度の向上と，より客観的な座標変換処理につながる可能性が示された．

以上より，今回開発した，IOS を応用した顎運動と歯列形態データの重ね合わせ法は，今後，顎運動情報を反映した補綴装置のフルデジタル設計・製作に有用な技術であると思われる．

Ⅳ．文献

1) Chou TH, Liao SW, Huang HY et.al. Virtual dental articulation using computed tomography data and motion tracking. Bioengineering (Basel). 2023;10:1248

2) 重本修伺，伊藤崇弘，伊藤光彦ほか．顎口腔機能情報を活用する次世代歯科用 CAD/CAM システムの構築　顎運動測定器の開発と応用．顎機能誌 2018；25：44-45

顔画像を用いた歯列の位置・姿勢推定法の開発

Development of Method for Estimating Dental Alignment and Posture Using Facial Images

○徳地哲明[1]，李騫[1]，成原大衣智[2]，互野亮[2]，依田信裕[3]，佐々木誠[1]

○Tetsuaki Tokuchi[1], Qian Li[1], Taichi Narihara[2], Ryo Tagaino[2], Nobuhiro Yoda[3], Makoto Sasaki[1]

[1]岩手大学大学院総合科学研究科,

[2]東北大学病院,

[3]東北大学大学院歯学研究科

[1]Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University,

[2]Tohoku University Hospital,

[3]Graduate School of Dentistry, Tohoku University

Ⅰ．緒言

口腔内の歯垢残留は，う蝕や歯周病の原因となるだけでなく，誤嚥性肺炎等の全身疾患を引き起こす恐れがある[1)]．日々の歯磨きで確実に歯垢を除去するために，本研究グループでは日常的なブラッシング動作から，デジタルツインにより磨き残し箇所等を予測し，歯磨きの質向上につなげるシステム開発を行っている．本システムの実現には，歯ブラシと歯列の相対位置・姿勢情報を取得する技術と，その情報を用いてブラッシング結果を予測するシミュレーション技術が必要となる．しかし，歯磨き中は歯列を外部から視認することが困難であるため，光学式モーションキャプチャ等で直接トラッキングすることは現実的ではない．そこで，頭部と歯列の各座標系を構築し，位置・姿勢関係を紐づけることで，頭部の動きから歯列を間接的にトラッキングするシステムを目指した．近年のAI技術の進展により，顔画像から頭部座標系を推定する手法が示されているが，奥行き情報の精度不足や個人差から両座標系は単純には紐づけられず，個人ごとの正確なキャリブレーションが不可欠である．そこで本研究では，キャリブレーションに必要な歯列の位置・姿勢を顔画像から推定する手法を開発し，その有効性を検証した．

Ⅱ．方法

1. 顔画像の取得方法

顔画像はスマートフォン（iPhone13Pro，Apple INC.）を用いて取得した．二軸ターンテーブル（Dual-axis TurntableⅡ，REVOPOINT INC.）の上に上顎不正歯列模型（P15FE-SRP.2，Nissin Dental Products INC.）および3D顔模型を設置した．そして，二軸ターンテーブルを回転させることで，様々な角度条件の顔画像を取得した．なお，3D顔模型はスマートフォンによるフォトグラメトリで生成したモデルを3Dプリンタで造形することにより製作した．

2. 解析方法

はじめに，取得した顔画像に対して，セグメンテーションツール「SAM3（Meta INC.）」と二値化処理を適用し，歯列の輪郭線を得た．SAM3は大規模言語モデル（LLM）と連携しており，顔画像に対して「Tooth」とテキスト指示することにより歯列領域の自動抽出が可能である．次に，歯列模型を口腔内スキャナ（TRIOS 3 Wired，3Shape）で事前にデータ化して作成した3D歯列モデルをPythonライブラリのひとつであるOpen3Dの仮想空間内に配置した．その後，Open3D上で歯列モデルの位置・姿勢を変化させながら各視点での画像を取得した．この画像群にもSAM3を適用し，歯列モデルの輪郭線を得た．最後に，スマートフォンで撮影した画像から取得した歯列輪郭と，3D歯列モデルから取得した歯列輪郭が一致するような歯列モデルの位置・姿勢，

計 6 自由度のパラメータをベイズ最適化によって探索した．ベイズ最適化では，2 つの輪郭線が重なる画素数を最大化すると同時に，輪郭線を構成する各点間の距離を最小化するような目的関数および最適化アルゴリズムを設計した．2 つの歯列輪郭の例を図 1 に示す．

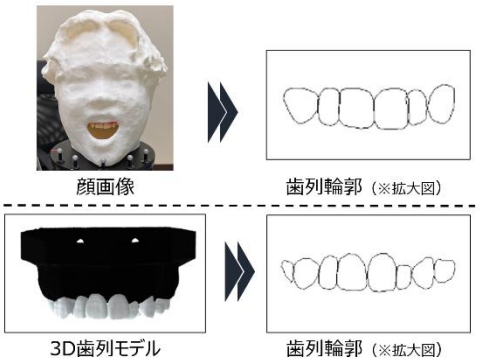


図 1 取得した歯列輪郭の例

3. 評価方法

開発したシステムによる歯列の姿勢推定の精度を検証する実験を行った．取得する顔画像は正面向きを基準として顔を横に-45 度～45 度まで 15 度刻みで変化させた姿勢とした．評価項目は，X，Y，Z 軸周りの回転誤差とし，正解値は光学式モーションキャプチャカメラ（V120Trio， OptiTrack Co.）および反射マーカ（Micron series, OptiTrack Co.）を用いて取得した二軸ターンテーブルの姿勢とした．なお，本研究は倫理審査対象外である．

Ⅲ．結果と考察

図 2 および図 3 に顔画像の歯列領域と最適化後の 3D 歯列モデル姿勢の定性的な比較を，表 1 および表 2 に各軸の回転誤差を定量的に示す．回転誤差は，Y 軸回転が-45 度の条件を除き，すべての条件で 5 度未満に収まる結果となった．特に，正面付近（Y 軸回転が±30 度以下の条件）では回転誤差はすべて 3 度未満であった．誤差の要因としては，顔画像から抽出した歯列輪郭形状と 3D 歯列モデルの歯列輪郭形状の差異や，モーションキャプチャの精度などが考えられる．本実験では，歯列領域の輝度や口唇による歯列の見え方の違いにより，SAM3 を用いて忠実に歯列輪郭を抽出できなかった条件が存在したため，今後は顔像の取得環境を最適化していくことが求められる．

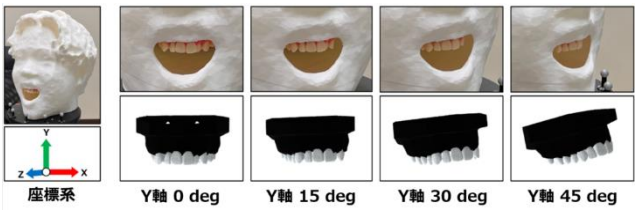


図 2 姿勢推定結果（Y 軸 0 deg ～ 45 deg）

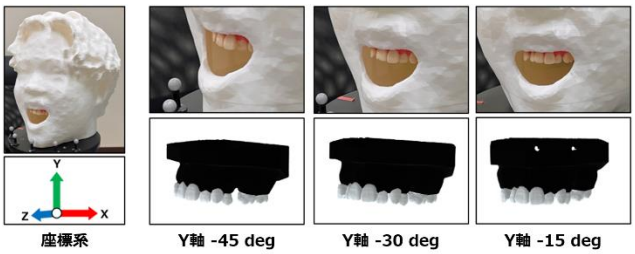


図 3 姿勢推定結果
（Y 軸-45 deg ～ -15 deg）

表 1 回転誤差（Y 軸 0 deg ～ 45 deg）

条件（Y軸角度）	(-45 deg)	(-30 deg)	(-15 deg)
X軸回転誤差（deg）	10.16	1.02	2.26
Y軸回転誤差（deg）	-2.95	2.23	-1.96
Z軸回転誤差（deg）	-4.54	-2.14	-1.03

表 2 回転誤差（Y 軸-45 deg ～ -15 deg）

条件（Y軸角度）	基準	(15 deg)	(30 deg)	(45 deg)
X軸回転誤差（deg）	0.00	-2.61	-2.21	3.90
Y軸回転誤差（deg）	0.00	-1.61	-2.53	0.26
Z軸回転誤差（deg）	0.00	1.86	1.80	-1.80

Ⅳ．結言

本研究では，スマートフォンで撮影した顔画像から，歯磨き計測の基盤となる歯列の位置・姿勢を推定できる可能性を示した．今後は，角度条件をさらに細かく分割した実験を行うことで本システムの有効性を検証し，歯磨きの質の向上に貢献していきたい．

謝辞

本研究の一部は，JSPS 科研費挑戦的研究（萌芽）（課題番号：26K23625）の支援を受けて実施した．

参考文献

1） 日本臨床歯周病学会：歯周病が全身に及ぼす影響，https://www.jacp.net/perio/effect/（2026 年 9 月 15 日参照）

一般口演③

口腔内スキャナ操作の客観的動作解析
～XR デジタルツインを用いたトレーニングの検証～
Analysis and Verification of Intraoral Scanner Operation

○互野亮[1]，藤原颯太[2]，成原大衣智[3]，小峰英也[3]，佐々木誠[2]，依田 信裕[1,3]
Ryo Tagaino, Souta Fujiwara, Taichi Narihara,
Hideya komine, Makoto Sasaki, Nobuhiro Yoda
1，東北大学病院　顎顔面口腔再建治療部　2，岩手大学理工学部理工学科　生体工学研究室
3，東北大学大学院　歯学研究科　口腔システム補綴学分野

Ⅰ．目的

歯科臨床手技は治療効果・患者負担に直結する重要な要素である.しかし,その習得は従来,熟練者の主観的感覚に頼る教育手法が主流であり,動作を客観的に解析しフィードバックする試みは十分ではない．特に口腔内スキャナ（IOS）操作は，機器が高価なうえに動作の正解が分かりにくく,初学者にとって習得が困難な手技の一つである.

昨今，XR（クロスリアリティ）やデジタルツイン技術の発展により,現実の動作を仮想空間で再現し,その情報を現実へフィードバックすることで,より現実に近いシミュレーションが可能となった[1]．そこで本研究では，IOS 操作の動作解析を行い,熟練者と初学者の比較から有効な手技動作を客観的に抽出する．さらに，XR 技術を応用した新たなトレーニング手法を確立し，その訓練効果を実機訓練と比較・検証することを目的とした.

Ⅱ．方法

対象

対象者は全員右利きとし,本研究についての説明を行い，同意を得た上で実施した.熟練者として日常診療 3 年以上の IOS 使用経験がある歯科医師 4 名，初学者として IOS の使用経験のない歯学部学生・歯科研修医 11 名（実機訓練群 5 名，XR デジタルツイン訓練システム訓練群 6 名）を対象とした.

動作解析

対象者は TRIOS3(3 shape 社)を用いて，上顎正常歯列模型（Nissin Dental Product 社）の 90 秒間のスキャンを実施した．動作の抽出には光学式モーションキャプチャ（OptiTrack）を用い，TRIOS３のデバイスにモーションキャプチャポイントを貼付して剛体定義を行い,デバイスの動作抽出を行った.

実験フロー

対象者には 5 分動画を用いて基本的な IOS の操作方法･スキャン手順のレクチャーを行った後,上顎歯列模型のスキャンとその動作解析を実施した.さらに初学者には，実機もしくは XR デジタルツイン訓練システムを用いたトレーニングを 10 分間行った.各トレーニング後，再度同様に上顎歯列模型のスキャンと動作解析を行った.

トレーニング方法

初学者のトレーニングには，①TRIOS 実機を用いた訓練，もしくは②XR デジタルツイン訓練システムを用いた訓練を実施した（Fig.1）.XR 訓練システムはフォトグラメトリ技術を応用し，TRIOS３のレプリカと顎模型を用いて，スキャン部位の点群データや有効撮影範囲の割合をリアルタイムでフィードバック可能とした.

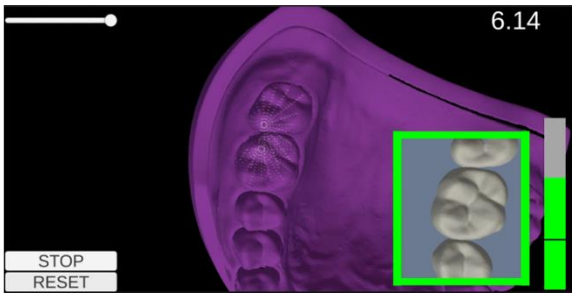


Fig. 1 XR デジタルツイン訓練システム画面

統計解析

動作解析から得られた初学者と熟練者の動作比較には Wilcoxon 順位和検定を，初学者の訓練前後比較には Wilcoxon 符号順位検定を使用した．

Ⅲ．結果及び考察

1. 初学者と熟練者の動作比較

初学者と熟練者の動作比較では，全体として有意差は認められなかったものの，熟練者は初学者と比較して「咬合面」「頬側・唇側」「口蓋側」の各部位において「歯面までの距離」が短く，「角度変化」が大きく，「有効撮影範囲」が大きい傾向を示した（Fig.2）．また，特に左上 7,5，および左上 2 から右上 2 の「角度変化」においては，初学者と熟練者の間に有意差を認めた．

これら結果から，初学者は熟練者に比べて有効撮影範囲が小さく，デバイスの細かな角度調整や歯面との適切な距離の維持ができていないことが示された．特に，右利きでは操作しにくい右側や，デバイスを大きく動かす必要のある前歯部において手技の未熟さが客観的に明らかになった．

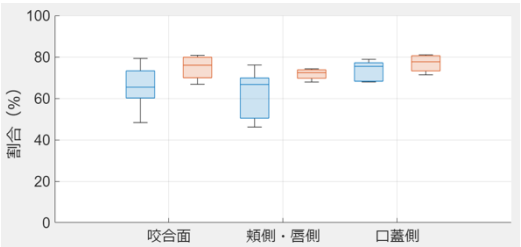


Fig.2 初学者と熟練者の有効撮影範囲（割合）．青：初学者，赤：熟練者

2. 初学者の訓練前後での動作比較

初学者の訓練前後での動作比較では，実機群・XR デジタルツイン訓練群ともに有意差は認められなかったものの，両群共に訓練後には各部位で「歯面までの距離」が短く，「角度変化」と「有効撮影範囲」が大きくなる傾向が認められ，熟練者の手技に近づく訓練効果が確認された．

また，両訓練方法による顕著な違いは認められず，XR デジタルツイン訓練システムが，IOS 実機での訓練と同様の訓練効果を有することが示唆された．

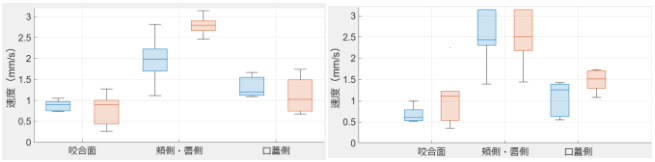


Fig.3 訓練前後の有効撮影範囲の比較
青：訓練前，赤：訓練後

結論として，本研究の客観的動作解析により，従来の初学者の観察や熟練者の指導が困難であった「デバイスと歯面の距離」や「デバイスの角度変化」といった有効な手技動作の抽出が可能となった．さらに，IOS 実機と同様に操作感と訓練効果を有する XR デジタルツイン訓練システムの構築に成功した．本システムにより，高価な IOS 実機を用いずに訓練を実施できるだけでなく，実機では得られないリアルタイムフィードバックなどの付加価値を提供する，新たな教育手法としての有効性が示された．

Ⅳ．文献

1. Lin PY, Tsai YH, Chen TC, et al. The virtual assessment in dental education: A narrative review. J Dent Sci. 2024, S102-S115.

「東北大学歯学研究科倫理審査委員会、承認番号 38666」

一般口演④

高齢者における口腔機能と認知機能に対する複合トレーニングの効果

○齋藤瞭汰[1]，阿部真澄[1]，榊浩平[2]，白石成[1]，小出理絵[1]，小峰英也[1]，鈴木智子[1]，成原大衣智[1]，石川幸樹[1]，岩渕太人[1]，木之村史織[1]，川島隆太[234]，佐々木啓一[5]，依田信裕[1]

[1]東北大学大学院歯学研究科口腔システム補綴学分野
[2] 東北大学応用認知神経科学センター
[3] 東北大学加齢医学研究所応用脳科学研究分野
[4]東北大学加齢医学研究所スマートエイジングセンター
[5]宮城大学

Ⅰ．目的

歯の欠損や咬合力の低下は認知機能低下と関連し，口腔機能低下は認知症のリスク因子になり得るとされている[1]．近年，口腔機能低下の予防を目的に多様な口腔機能訓練法が導入されているが，その効果を定量的に検証した研究は乏しく，認知機能に及ぼす影響については未解明な点が多い．これまで，認知トレーニングと運動課題を同時に行うデュアルタスク訓練の有効性[2]や，口唇閉鎖運動時の背外側前頭前野の賦活[3]が報告されているものの，口腔機能訓練が脳活動および認知機能に与える影響の実証は不十分である．

これまで演者らは，各種口腔機能訓練にゲームベースの認知トレーニング要素を組み込み，口腔機能と認知機能の双方の改善を目的とした「認知・口腔機能訓練用アプリ」（株式会社 NTT ドコモと共同開発）を構築し，その改良を図ってきた．

本研究の目的は，本アプリを用いた訓練が高齢者の認知機能，口腔機能，および前頭前野の脳活動に与える影響を検証することである．

Ⅱ．方法

60～80 歳の地域在住高齢者 63 名を対象に，二重盲検ランダム化比較試験（RCT）を実施した．対象者を，認知・口腔機能複合トレーニング群，口腔機能トレーニング群，アクティブコントロール群の 3 群に無作為割り付けた．介入には iPad に搭載した上記アプリを用い，1 日約 16 分，週 5 日の訓練を 6 週間（合計 30 日間）実施した．認知・口腔機能複合トレーニングのプログラムには，訓練課題に対する正答率に応じた難易度自動調整機能を付加し，各対象者において訓練強度の最適化を図った．

認知・口腔機能複合トレーニング群では，両機能トレーニング課題を組み合わせた「パタカラ×計算」「口唇運動×N バック」「舌運動×抑制」「舌運動×記憶」の 4 種類を実施し，毎日の正答率に応じて翌日の難易度(level)を自動調整した（50%未満：下降，50–80%：維持，80%以上：上昇）．口腔機能トレーニング群で口腔運動のみ，アクティブコントロール群では認知・口腔運動要素を含まない平易なアプリ操作（画面の指タッチ運動）を実施した．

介入前後で口腔機能（咬合力，オーラルディアドコキネシス（ODK），舌圧等），認知機能（WAIS-III〈符号・記号探し・数唱〉・D-CAT），近赤外分光法（NIRS）による前頭前野活動，および感情状態（POMS2），口腔関連 QOL（OHIP-J54）を評価した．年齢および性別を共変量とした共分散解析（ANCOVA）にて群間比較を行った．

本研究は東北大学歯学研究科倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 37559）．

Ⅲ．結果及び考察

1.結果

1）認知機能評価：

介入前と比較して認知・口腔機能複合トレーニング群では，D-CAT（作業量・ターゲット数・抹消数）における注意・集中力，および WAIS-Ⅲによる処理速度が有意に向上した（$p < 0.05$）．口腔機能トレーニング群では数唱における短期記憶および処理速度が有意に向上した．アクティブコントロール群においても処理速度と抑制機能に有意な改善が認められた．

2）口腔機能評価：

認知・口腔機能複合トレーニング群ではデンタルプレスケールによる咬合力が有意に向上した（$p < 0.05$）．介入前後の変化量に関

する群間比較（ANOVA）においても，認知・口腔機能複合トレーニング群は口腔機能トレーニング群に対して有意な咬合力改善を示し（$p < 0.05$），アクティブコントロール群に対しても改善傾向を示した．口腔機能トレーニング群では ODK の/ka/音発音回数が有意に向上した．

3）口腔関連 QOL・感情状態：

認知・口腔機能複合トレーニング群では OHIP-J54 の「機能的な問題」が有意に改善し（$p < 0.05$），アクティブコントロール群との群間比較においても有意差が認められた（$p < 0.05$）．POMS2 では，口腔機能トレーニング群において疲労や混乱の悪化傾向が観察された．

4）脳活動評価（NIRS）：

タスク遂行時の左側背外側前頭前野（Left DLPFC）において，認知・口腔機能複合トレーニング群で介入後にヘモグロビン変化量が有意に減少した．アクティブコントロール群との群間比較においても，認知・口腔機能複合トレーニング群でタスク実行時の有意なヘモグロビン変化量の低下が確認された．

5）トレーニング難易度の推移：

30 日間の介入期間における認知・口腔機能複合トレーニング群（21 名）の各対象者における難易度（level）の推移を解析した．「口唇運動×N バック課題（最大 level 20)」では，訓練最終日において level 5（1 名），level 4（8 名），level 3（9 名），level 2（3 名）へ到達し，天井効果を回避して個人に適した難易度が維持された．「舌運動×記憶課題（最大 level 20)」においても，最終日は level 9（3 名）から level 3（1 名）まで個人の到達度に応じた分布を示した．一方，「舌運動×抑制課題（最大 level 12)」では，最終日に 8 名が最大 level 12 に到達し，維持していた．

2．考察

本研究により，開発した認知・口腔機能複合トレーニングが認知機能，口腔機能，口腔関連 QOL，および脳機能に多角的に影響を及ぼすことが実証された．

注意・集中力（D-CAT）の向上は，口腔運動と認知課題を同時に行うデュアルタスク負荷が前頭葉を刺激した結果と考えられる．特に「口唇運動×N バック」や「舌運動×記憶」では，難易度自動調整機能により個々に適正な負荷が提示され続けたことが，前頭葉を持続的に活性化させ，その機能向上に寄与したと推察される．一方，「舌運動×抑制」では約 4 割の対象者が上限の level 12 に到達・維持したことから，更なる高難易度化の必要性が示唆された．

また，認知・口腔機能複合トレーニング群で認められた最大咬合力の有意な向上は，高次認知課題の併用に伴う運動野を含めた上位中枢からの賦活の可能性や，咀嚼筋群の高度な協調運動・巧緻性の高まりが関与したと考えられ，これが OHIP-J54 における「機能的な問題」の有意な改善に寄与したと推察される．

タスク実行時の左側背外側前頭前野（Left DLPFC）におけるヘモグロビン変化量の有意な低下は，30 日間の継続的介入を経て脳内の処理過程が効率化（neural efficiency）し，より少ないエネルギー消費で高度なタスクを処理可能となったことを示している．

さらに，口腔機能トレーニング群で POMS2 の疲労や混乱の悪化傾向が観察されたのに対し，認知・口腔機能複合トレーニング群で感情状態の低下が見られなかった点については，ゲーム要素による達成感や楽しさが高齢者のストレスを軽減し，訓練に対する高い受容性とモチベーション維持に寄与したと考えられる．

3．結論

本研究により，認知課題と口腔運動を組み合わせた複合トレーニングは，高齢者の注意・集中力や咬合力を向上させ，口腔関連 QOL の改善および脳活動の効率化をもたらすことが示された．

本トレーニングアプリは，認知機能および口腔機能の包括的な維持・向上を目指す高齢者への有効な介入手法として期待される．

謝辞

本研究で使用したアプリケーションの開発および研究実施にあたり，多大なご協力をいただいた株式会社 NTT ドコモの皆様に深謝申し上げます．

Ⅳ．文献

1) Hatta K, Gondo Y, Kamide K, et al. Occlusal force predicted cognitive decline among 70- and 80-year-old Japanese: a 3-year prospective cohort study by the SONIC Study Group. J Prosthodont Res 2020; 64(2): 175-181.

2) Raichlen DA, Bharadwaj PK, Nguyen LA, et al. Effects of simultaneous cognitive and aerobic exercise training on dual-task walking performance in healthy older adults: results from a pilot randomized controlled trial. BMC Geriatr 2020; 20(1): 83.

3) Takamoto K, Saitoh T, Taguchi T, et al. Lip closure training improves facial skin elasticity, muscle strength, and prefrontal cortex activity in healthy older adults. J Bodyw Mov Ther 2018; 22(3): 810-816.

持続的なクレンチングに伴う咬筋の生理学的応答との関連

Association with the Physiological Characteristics of the Masseter Muscle Associated with Sustained Clenching

○細川麻衣[1)]，岩田好弘[1)]，川上諒也[1)]，小黒裕之[1)]，山川雄一郎[1)]，
石井優貴[1)]，飯田崇[2)]，小見山道[1)]

○Mai Hosokawa[1)]，　Yoshihiro Iwata[1)]，　Ryoya Kawakami[1)]，　Hiroyuki Oguro[1)]，
Yuichiro Yamakawa[1)]，　Yuki Ishii[1)]，　Takashi Iida[2)]，　Osamu Komiyama[1)]

1）日本大学松戸歯学部 顎口腔機能補綴学講座

2）日本大学歯学部 歯科補綴学第Ⅱ講座

1) Department of Prosthodontics and Oral Rehabilitation，Nihon University School of Dentistry at Matsudo
2) Department of Partial Denture Prosthodontics，　Nihon University School of Dentistry

Ⅰ．目的

睡眠時ブラキシズムは，睡眠中に生じるクレンチングやグラインディングなどを特徴とする咀嚼筋活動であり，咀嚼筋の筋・筋膜痛や顎関節症との関連が示唆されている．しかしながら，睡眠時ブラキシズムと咀嚼筋の筋・筋膜痛との関連を説明する病態生理学的機序は十分に解明されていない．先行研究では，低強度の持続的なクレンチングによって疼痛，不快感，筋疲労などの自覚症状が増加すると報告されているが[1)]，これらの症状に伴う咬筋の生理学的応答については不明な点が残されている．一方，咀嚼筋の筋・筋膜痛の有無によって咬筋の血流動態が異なることが報告されているが[2)]，睡眠時ブラキシズムの頻度と咬筋の血流動態や疼痛感受性との関連は十分に明らかにされていない．持続的なクレンチングに伴う咬筋の生理学的応答を検討することは咀嚼筋の筋・筋膜痛の発現に関与する要因を理解するうえで有用であると考えられる．さらに，睡眠時ブラキシズムの頻度によって，持続的クレンチングに対する咬筋の生理学的応答が異なるかを検討することは，両者の関連を明らかにするうえで重要である．

本研究では，睡眠時ブラキシズムの頻度と，持続的クレンチング課題に伴う咬筋の血流動態，圧痛閾値(pressure pain threshold：PPT)，主観的筋疲労度および筋硬度の変化との関連を検討することを目的とした．

Ⅱ．方法

本実験は 25 歳以上の健常被験者 25 名（平均年齢：31.3 ± 5.2 歳）とした．Diagnostic Criteria for Temporomandibular Disorders に基づいた咬筋，側頭筋の触診によって筋・筋膜痛を認めない者を対象とした．

持続的クレンチングを運動課題とし，課題開始前に咬筋の PPT および筋硬度を測定した．その後，60 分間の 10%MVC(Maximum Voluntary Contraction：MVC)による運動課題を実施し，運動課題中は，リアルタイムのビジュアルフィードバックを用いて 10%MVC の維持を図った．運動課題中の血流動態と筋疲労に関する VAS を測定した．運動課題終了後，再度，咬筋における PPT および咬筋の筋硬度を測定した．

咬筋の血流動態，PPT，筋硬度の測定部位は，右側咬筋相当部の皮膚上に定めた．下顎角を点 A，外眼角を点 B とし，点 A と点 B を結ぶ直線上において，頬骨弓下縁に位置する点を点 C とした．さらに，点 A と点 C を結ぶ直線の中点を点 D と定め，点 D を測定部位とした．

咬筋の血流動態は，レーザードップラー血流計(ALF21 シリーズ，ADVANCE Co., Ltd.，Japan）を用いて測定部位へプローブを接触させ測定した．PPT は圧痛計（Algometer，Somedic SenseLab AB，Sweden）を用いて測定部位へ垂直にあて，30kPa/s

で加圧することにより測定した．筋硬度は筋硬度計(MyotonPRO，Myoton AS，Estonia）を用いて測定部位へプローブを垂直に当て，機械的な微振動を用いて非侵襲的に評価した. 被験者には，運動課題中に自覚する筋疲労の程度を，VAS 入力装置（intecross-210-09，株式会社インタークロス，日本）を用いて運動課題中に自覚する筋疲労の程度を経時的に記録させた. 睡眠時ブラキシズムの頻度は，貼付型簡易式筋電計 （Grind care，Sunstar Suisse，Etoy，Switzerland）を 3 夜にわたり夜間使用して測定し，1 時間当たりのイベント数（events/h）の 3 夜平均値として算出した．本研究は日本大学松戸歯学部倫理審査委員会の承認を得て実施した(EC24-024 号).

統計学的分析は，まず運動課題前後の PPT の変化を検討するため，Shapiro–Wilk 検定により前後差の正規性を確認し，対応のある t 検定を実施した．次に，睡眠時ブラキシズム頻度（10 events/h 単位）と各測定指標との関連を検討するため，単回帰分析を実施した. 説明変数を睡眠時ブラキシズム，目的変数を PPT，VAS，咬筋の血流動態および筋硬度とし，各指標について個別に回帰モデルを構築した．VAS は運動課題後の値から運動課題前の値を減じた値（運動課題後と運動課題前の差分）を用いた. その他の指標は運動課題前の測定値の 100%とした運動課題後の相対比率を用いた． VAS，咬筋の血流動態の回帰分析には運動課題前後それぞれ 50 秒間の平均値を用い標準偏差，PPT と筋硬度の回帰分析には運動課題前後それぞれ 3 回の平均値を用いた．回帰係数および決定係数 (R^2) を用いて，ブラキシズムと各目的変数との関連の方向およびモデルの説明率を評価した. また，回帰モデルの統計学的有意性を検討し，p 値に基づいて関連の有意性を判断した. 有意水準は 5%とした.

Ⅲ．結果及び考察

持続的クレンチング課題の前後で PPT を比較した結果，課題前（193.0 ± 46.8 kPa）と比較して課題後（155.0 ± 42.3 kPa）に有意な低下が認められた（平均差：38.8，95% CI：29.9–47.6，$p < 0.001$）（表 1）.

睡眠時ブラキシズム頻度(範囲 ：12.2–43.4，中央値［IQR］：22.6［19.0–31.9］，95% CI: 21.7–29.1)（表 2)と各評価指標との関連について単回帰分析を行った結果，PPT（$R^2 = 0.023$，$p = 0.473$)，筋疲労度($R^2 = 0.043$，$p = 0.319$)，血流量（$R^2 = 0.079$，$p = 0.174$）および筋硬度（$R^2 = 0.061$，$p = 0.235$）のいずれにおいても，有意な線形関連は認められなかった（表 3).

以上より，持続的クレンチング課題により咬筋の圧痛閾値が有意に低下し，機械的疼痛感受性が亢進することが示された．一方，この変化は睡眠時ブラキシズム頻度との有意な関連を示さず，持続的クレンチングに伴う咬筋の機械的疼痛感受性の変化には，睡眠時ブラキシズム頻度以外の要因が関与する可能性が示唆された.

表 1 運動課題前後における圧痛閾値（PPT）の比較

測定項目	運動課題前	運動課題後	平均差（95%信頼区間）	p値
PPT(kPa)	193.0±46.8	155.0±42.3	38.8(29.9 ～ 47.6)	<0.001

（平均値 ±SD）

表 2 睡眠時ブラキシズム頻度の結果

対象者(n)	最小値-最大値	中央値［四分位範囲］	95%信頼区間
25	12.2-43.4	22.6［19.0-31.9］	21.7-29.1

表 3 睡眠時ブラキシズム頻度を説明変数とした単回帰分析の結果

目的変数	回帰係数 B（95%信頼区間）	R^2	p値
PPT（%）	−0.18（−0.69 ～ 0.33）	0.023	0.473
VAS	0.05（−0.06 ～ 0.16）	0.043	0.319
血流量（%）	0.68（−0.32 ～ 1.68）	0.079	0.174
筋硬度（%）	−0.16（−0.43 ～ 0.11）	0.061	0.235

Ⅳ．文献

1) Ikoma T，Bendixen KH，Arima T et al: Effects of Low-Intensity Contractions of Different Craniofacial Muscles in Healthy Participants – An Experimental Cross-Over Study，Headache，58(4):559–569，2018.

2) Delcanho RE，Kim YJ，Clark GT: Haemodynamic changes induced by submaximal isometric contraction in painful and non-painful human masseter using near-infra-red spectroscopy．Archives of Oral Biology，41(6):585–596，1996.

マウスにおける食品テクスチャー認知評価法の開発および受容体分子の検討

Development of behavioral methods for evaluating food texture perception in mice and investigation of the receptor molecules involved

○井口陽介[1,2]、中富千尋[1]、小野堅太郎[1]

Yosuke Iguchi[1,2], Chihiro Nakatomi[1], Kentaro Ono[1]

[1]九州歯科大学 生理学分野、[2]九州歯科大学 顎口腔機能矯正学分野

[1]Division of Physiology, [2]Division of Orthodontics,
Kyushu Dental University

Ⅰ．目的

食品のおいしさには、味や香りだけでなく、硬さ、粘性、粒子性などの物理的性質、すなわち食品テクスチャーが大きく関与する。また、摂食時には食品の物性に応じて咀嚼運動が調節され、唾液との混和によって嚥下に適した食塊が形成されることから、口腔内における食品テクスチャーの認知は円滑な摂食嚥下に重要である。しかし、その受容機構を実験動物を用いて検討した研究は限られている。

マウスでは、舌乳頭の神経終末や硬口蓋のメルケル細胞などに機械受容チャネルPIEZO2の発現が報告されている[1)]。しかし、PIEZO2をはじめとする機械受容分子が食品テクスチャー認知にどのように関与するかは明らかでない。

食品テクスチャー認知に関わる受容分子の機能解析には、遺伝子改変マウスを用いた行動評価系が有用である。そこで本研究では、嗜好学習および嫌悪学習を利用した行動評価法[2-4)]を基盤として、マウスにおける粒子性、硬弾性および粘性の認知評価系を構築した。さらに、粒子性および粘性の評価系を用いて、食品テクスチャー認知におけるPIEZO2の関与を検討した。

Ⅱ．方法

実験動物には8週齢雄性C57BL/6JJcl マウスを用いた。SPF 環境下にて 1 匹／ケージで飼育し、導入後少なくとも1週間の馴化期間を設けた。

実験許可番号　25-038

1．粒子性認知評価

1.6%の20 μm微結晶セルロース懸濁液をろ紙で濾過した濾液を用い、嗜好学習試験を行った。濾液または水に8%グルコースもしくは8%フルクトースを組み合わせ、グルコースと濾液を組み合わせる群と、グルコースと水を組み合わせる群を設定した。Pre-test 後、各溶液を一瓶で交互に 4 回ずつ 30 分間提示して条件付けを行い、Post-test によってグルコースへの嗜好学習成立を確認した。その後、糖を含まない濾液と水を30分間提示する二瓶選択試験を行い、濾液中の粒子を識別できるか検討した。

2．硬弾性認知評価

市販寒天粉末を用いて 1%、3%および 5%寒天ゲルを作製し、5 ㎜角に調整した。3%または5%寒天ゲルを条件刺激（CS）として10分間提示した直後、塩化リチウム（LiCl）を無条件刺激（US）として腹腔内投与した。対照群には生理食塩水を投与した。条件付け 3 日後、12 時間の絶水絶食を行った後、1%対 3%または 1%対 5%寒天ゲルの二瓶選択試験を30分間行った。摂取量を重量変化から算出し、総摂取量に対する試験食材の摂取量を嗜好比として評価した。

3．粘性認知評価

1.0％高粘度カルボキシメチルセルロース溶液（CMC-H）を CS として 10 分間提示した直後に LiCl を腹腔内投与し、3 日後に水と 1.0%CMC-H の二瓶選択試験を行った。1 回の条件付けで嫌悪学習が成立しなかったため、条件付けを 3 回連続して行うことで学習を強化し、粘性の識別能を評価した。

4. 食品テクスチャー認知における PIEZO2 の関与の検討

Piezo2 遺伝子欠失マウス（*Piezo2*$^{+/-}$）および野生型（*Piezo2*$^{+/+}$）マウスを用い、確立した粒子性および粘性の認知評価系により、食品テクスチャー認知における PIEZO2 の関与を検討した。



Ⅲ. 結果及び考察

1. 粒子性認知評価

微結晶セルロース濾液には約 1.5 μm の微細粒子が含まれていた。両群でグルコースへの嗜好学習が成立した。糖を含まない濾液と水の二瓶選択試験では、濾液をグルコースと組み合わせた群の条件刺激への嗜好比が 0.5 を有意に上回った（n＝6、one-sample t-test、P＜0.01）。この結果は、マウスが濾液中の微細粒子を識別し、嗜好学習の手がかりとして利用できることを示唆する。

2. 硬弾性認知評価

3%寒天ゲルを CS とした条件付けでは、反復条件付け後も嗜好比に明らかな変化は認められなかった。LiCl 投与群では総摂取量が低下したものの、本実験条件では1%と3%寒天ゲルの物性差の識別を示す選択行動は確認されなかった。

5%寒天ゲルを CS とした場合、生理食塩水投与群では反復摂取に伴い嗜好比が増加した。LiCl 投与群の嗜好比は各試験で対照群より低く、反復条件付け後には有意な群間差が認められた（n＝6、unpaired Student’s t-test、P＜0.05）。これらの結果から、マウスは1%と5%寒天ゲルの物性差を識別できることが示唆された。対照群の嗜好比の増加には、安全学習が関与した可能性がある。

3. 粘性認知評価

1.0%CMC-H を CS とした 1 回の条件付けでは、明らかな嫌悪学習は認められなかった。3 回連続の条件付け後には、LiCl 投与群の嗜好比が 0.5 を有意に下回った（n＝5、unpaired Student’s t-test、P＜0.05）。以上より、本実験条件では反復条件付けによって1.0%CMC-Hに対する嫌悪学習が成立し、マウスの粘性識別を行動学的に評価できることが示された。

4. PIEZO2 の関与

Piezo2$^{+/-}$マウスでは、粘性に対する嫌悪学習が維持されていた。一方、粒子性の認知評価では個体差が大きく、一部の個体で濾液への嗜好比が 0.5 を下回った。

以上より、マウスにおける粒子性、硬弾性および粘性の認知を評価する行動実験系を構築し、PIEZO2 の機能解析に応用した。*Piezo2*$^{+/-}$マウスで粘性に対する嫌悪学習が成立したが、PIEZO2 の関与については、野生型マウスとの比較を含めたさらなる検証が必要である。

今後は、本評価系を用いてPIEZO2の機能低下と各物性に対する認知応答との関係を解析し、食品テクスチャー認知におけるPIEZO2の役割の解明を目指す。

Ⅳ. 文献

1) Moayedi Y, Duenas-Bianchi LF, Lumpkin EA. Somatosensory innervation of the oral mucosa of adult and aging mice. Sci Rep. 2018.

2) Nakatomi C, Sako N, Miyamura Y, et al. Novel approaches to the study of viscosity discrimination in rodents. Sci Rep. 2022.

3) Nakatomi C, Wakao T, Yogi T, et al. Discrimination of cellulose microparticles in rats. Physiol Behav. 2024.

4) Wakao T, Nakatomi C, Ikeda H, et al. Texture discrimination of agar gels in rats. J Texture Stud. 2025.

口腔テクスチャー知覚の正確性における評価方法の構築

Development of an Evaluation Method for the Accuracy of Oral Texture Perception

○佐藤萌恵，田中恭恵，伊藤有希， Hala Al Khalili，安部美奈子，服部佳功

○Moe Sato, Yasue Tanaka, Yuki Ito, Hala Al Khalili, Minane Abe, and Yoshinori Hattori

東北大学大学院歯学研究科加齢歯科学分野

Division of Aging and Geriatric Dentistry,

Tohoku University Graduate School of Dentistry

I. 目的

食品のテクスチャーは嗜好や咀嚼･嚥下に関わる重要な要素であり､その知覚の正確性の低下は食生活や摂食機能に悪影響を及ぼす可能性がある[1)]。特に高齢者では､加齢に伴う複合的要因によりテクスチャー知覚能力が低下する可能性が指摘されている[2)]。しかしながら,テクスチャー知覚の正確性を定量的に評価する標準的手法は未だ確立されていず,テクスチャー知覚低下と健康関連アウトカムとの関連を解明するには,臨床や健診の場で簡易に実施可能な評価系の構築が必要不可欠である.

そこで本研究では,臨床応用を見据えた口腔テクスチャー知覚の正確性における客観的な評価方法（レベル分類試験）の構築を目的とした.

II. 方法

１．検査方法の概要

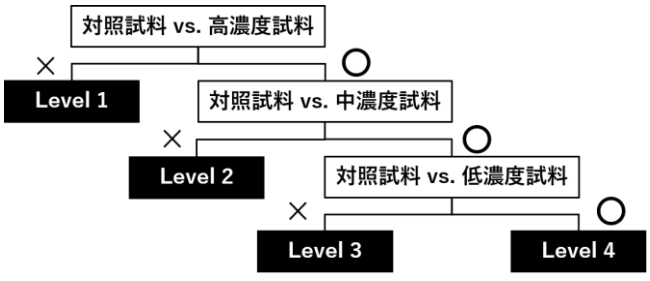


図 1 テクスチャー識別能力によるレベル分け

テクスチャー知覚の正確性は,試料中の微結晶セルロースの有無の識別能力により評価する.濃度の異なる 3 種類の検査試料を高濃度順に対照試料と比較し,識別不能になった時点で試験を終了し,最終的に被験者を 4 つのレベルに分類する（図 1).

上記レベル分類試験の条件を確定するため,若年健常者 38 名（男性 18 名，女性 20 名，平均年齢 26.3±4.6 歳）を対象に，検査試料の濃度および識別試験方法について検討を行った.本研究は,東北大学大学院歯学研究科研究倫理委員会の承認（受付-45335）を得て実施した.

２．試料

対照試料には,アイソトニックゼリー(ニュートリー社製)を攪拌したクラッシュゼリーを用いた．検査試料は，対照試料を分散媒とし,分散質として食品添加物である微結晶セルロースを加えたものを用いた.予備実験の結果に基づき，濃度範囲を 0.1～8.1 w/w%とし，公比を√3 とする 9 段階の濃度を設定した.

３．識別試験

識別能力の評価には 3 点識別試験（triangle test）を採用した．アイマスクを装着させた被験者の舌背に,対照試料 2 個および検査試料 1 個の計 3 試料を順不同で呈示し,舌背と硬口蓋の間で探索させた上で，異なると判定した 1 個を選択させた.同一濃度の検査試料について識別試験を連続 2 回実施した．なお，9 段階の

濃度の呈示順序はランダムとし，被験者 1 名あたり計 18 試行を行った．

４．統計解析

3 点識別試験における「偶然の正解」の確率は 1/3 であるが，同一濃度での連続正解を条件とすることでその確率は 1/9 へ低下する．本研究では，1 回目の試行における正誤のみで識別可否を判定する単一試行モデル Y_1 および，2 試行連続で正解した場合にのみ識別可能と判定する連続試行モデル Y_2 を設定した．両モデルそれぞれにおいて，対数濃度（$\log_{10}$ 濃度）を説明変数，識別成功率を従属変数としたプロビット分析を行った．プロビットモデルの逆推定により，25%，50%，75%識別閾値（DT_{25}, DT_{50}, DT_{75}）およびその 95%信頼区間（95% CI）を算出した．両モデルから求めた識別閾値 DT_{50} の推計精度を比較するため，それぞれ算出された 95% CI の幅および点推定値に対する信頼区間比を求めて算術的に評価した．また，算出された DT_{25}，DT_{50}，DT_{75} の 3 閾値を，レベル分類試験に用いる 3 種類の検査試料の濃度として決定した．

III. 結果及び考察

Y_1 では濃度上昇に伴う識別成功率の局所的な逆転が認められたのに対し，Y_2 では，濃度上昇に伴い明確な単調増加を示した．

プロビット分析の結果，Y_2 の応答曲線は Y_1 に対して高濃度側へシフトした（図 2）．また DT_{50} は，Y_1 で 0.169 w/w%（95%CI: 0.103 - 0.239 w/w%），Y_2 で 0.473 w/w%（95%CI: 0.368 - 0.595）w/w% であった（表 1）．信頼区間の幅および推計精度の比較から，偶然の一致によるノイズを抑制した Y_2 モデルがより妥当と判断された．同モデルより算出した各識別閾値は DT_{25} が 0.18 w/w%、DT_{50} が 0.47 w/w%，DT_{75} が 1.26 w/w% で，これらをレベル分類試験に用いる 3 種類の検査試料の濃度に決定した．

なお、本研究で設定した最低濃度（0.1 w/w%）における正答率は 18.4%であり，理論上の偶然正解率（1/9≒11.1%）を上回った．これは最低濃度でも識別可能な被験者の存在を示唆するが，主要な閾値算出において大きな障害とはならなかった．

一方，本研究は若年健常者を対象とした検討であり，得られた閾値をそのまま高齢者集団へ適用できない可能性がある．今後は臨床検査手法としての確立に向け，高齢者や口腔機能低下症患者を対象とした実証研究を行い，加齢による感覚閾値のシフトを評価した上で、対象群に応じたカットオフ値を再設定する必要がある．

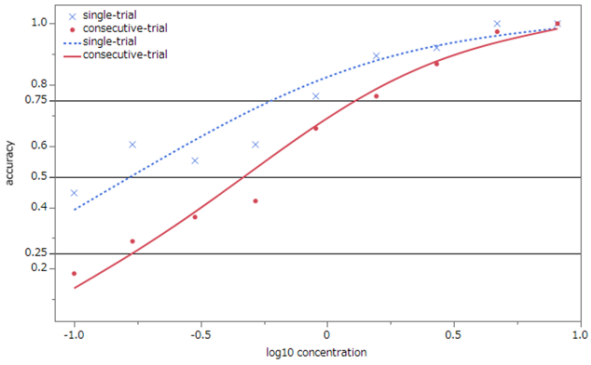


図 2 プロビット曲線の比較

（×：Y_1 の正答率，破線：Y_1 のプロビット曲線，●：Y_2 の正答率，実線：Y_2 のプロビット曲線）

表 1　識別閾値とサンプルの精度検証

モデル	閾値	濃度 (w/w %)	対数濃度 ($\log_{10}$)	95% CI (w/w %)	95% CI ($\log_{10}$)	p-value
単一試行 Y_1	DT_{25}	0.0474	-1.324	0.0201 - 0.0815	-1.70 to -1.09	<0.0001
	DT_{50}	0.169	-0.773	0.103 - 0.239	-0.988 to -0.621	
	DT_{75}	0.599	-0.222	0.442 - 0.838	-0.354 to -0.0770	
連続試行 Y_2	DT_{25}	0.176	-0.754	0.119 - 0.237	-0.924 to -0.626	<0.0001
	DT_{50}	0.473	-0.326	0.368 - 0.595	-0.435 to -0.225	
	DT_{75}	1.27	0.103	0.988 - 1.72	-0.00512 to 0.234	

IV. 文献

1） Ito Y, Tanaka Y, Daidoji A,et al. Relationship between texture perception and oral function: A preliminary study in young, healthy adults. J Oral Rehabil. 2024;51(7):1229-1235.

2） Giles H, Zannidi D, Clegg ME, et al. A systematic review of the factors affecting textural perception by older adults and their association with food choice and intake. Appetite 2025; 214: 108202.

仮想現実の口腔活動誇張モデルを用いた口腔活動の変調
Changes in Oral Activity Utilizing Exaggerated Models of Oral Activity in Virtual Reality

○小野瑞祈[1)], 新開瑞希[2)], 石原由貴[3)], 鈴木善貴[2)], 谷脇竜弥[2)], 奥田嶺[4)], 須崎茉美[5)], 井藤竜大[6)], 小見山道[7)], 松香芳三[2)]
○Ono M.[1)], Shinkai M.[2)], Ishihara Y.[3)], Suzuki Y.[2)], Taniwaki T.[2)], Okuda R.[4)], Susaki M.[5)], Ando T.[6)], Ito R.[7)], Komiyama O.[8)], and Matsuka Y.[2)]
1)新潟大学摂食嚥下リハビリテーション学分野, 2) 徳島大学顎機能咬合再建学分野, 3)徳島大学地域デザイン系（情報・表現）, 4)東北大学口腔システム補綴学分野, 5)大阪大学有床義歯補綴学・高齢者歯科学講座, 6)大阪歯科大学附属病院特別支援歯科, 7)日本大学松戸歯学部顎口腔機能補綴学分野
1) Div. of Dysphagia Rehabilitation, Niigata Univ., 2) Dept. of Stomatognathic Function and Occlusal Reconstruction, Tokushima Univ., 3) Regional Development, Tokushima Univ., 4) Div. of Advanced Prosthetic Dentistry, Tohoku Univ., 5) Dept. of Removable Prosthodontics and Gerodontology, Osaka Univ., 6) Dept. of Dentistry for Disability and Oral Health, Osaka Dental Univ., 7) Dept. of Prosthodontics and Oral Rehabilitation, Nihon Univ. School of Dentistry at Matsudo

Ⅰ．目的

仮想現実（Virtual Reality：VR）空間などを利用し，現実の身体を仮想の身体表現（アバター）に視覚的に置き換えることで，痛みの感受性を変化させる研究が進められている[1)]．中でも，視触覚情報を統合した身体錯覚により患部の知覚的大きさを伸縮させることで，慢性疼痛が軽減することが報告されている[2)]．また，身体部位の動きを視覚的に操作することで，実際の身体運動が視覚的に提示された動きに引き寄せられる現象も報告されている[3)]．これらの事例から，アバターによる仮想的な動作の提示は，運動を促進するためのリハビリテーションとしての応用も期待される．一方，VR 空間内でこれらの手法を顎口腔領域に適用した効果については十分に明らかになっていない．そこで本研究では，VR を用いて顎口腔の身体イメージに変調を生じさせる錯覚を誘起し，その手法がデジタル歯科医療として活用できる可能性があるのか検討する．具体的には，VR 空間内で被験者の口腔活動と同期して動くアバターを実装し，その動きを誇張して提示することで，実際の口腔活動に変化が生じるか検討することを目的とした．

Ⅱ．方法

実験 1：健常成人 8 名（男性：5 名，女性 3 名，平均年齢 30.8 ± 6.6 歳）に対し，VR 機器（VIVE XR Elite；HTC）を用いて介入を行い，その際多チャンネル生体信号記録装置（Polymate V AP5148；ミユキ技研）を用いて，右側咬筋，右側舌骨上筋群，両側胸鎖乳突筋の筋電図を測定した．介入条件として，(a)VR 非装着（nVR），(b)VR 装着（誇張無し口腔活動同期モデル:VRne），(c)VR 装着（誇張有り口腔活動同期モデル:VRe）とし，被験者には最大開口（可能な限り開口する）と舌尖挙上（舌を突出し可能な限り鼻尖に付ける）の動作を行わせた．(a),(b),(c)の順に行い，VR 装着時には最初に 30 秒間自由に顔・口・舌を動かしてもらい，身体所有感を誘起させた．それぞれの動作は 7 秒間を 3 回行わせた．各動作時には最大開口量（切歯間距離）と最大舌尖挙上量（舌尖鼻尖間距離）を測定した．また，主観的評価として，nVR と比べ，開口量，舌尖挙上量に変化を感じたか，(b)(c)のタスク後にそれぞれ 4 段階評価で被験者から聴取した（1.変化なし，2.あまり変わらない，3.やや変わった，4.変わった）．

筋電図は Root Mean Square（RMS）処理を行い，前後 1 秒を除いた 5 秒間の平均筋活動量を算出した．得られたアウトカムに関し，Friedman 検定および Wilcoxon 符号付順位検定を行った．

実験 2：63 歳男性に対し，VR 機器を用いて開口，舌尖挙上，頬膨らまし訓練を行った．介入条件とし，(A)VR 非装着（nVR），(B) VR 装着（誇張有り口腔活動同期モデル:VRe）とし，それぞれの訓練を 10 セット（10 秒間保持⇆10 秒間休憩）行わせた．なお，実験 1 と同様に VR 装着時には最初に 30 秒間自由に顔・口・舌を動かしてもらい，身体所有感を誘起させた．訓練前および(A),(B)の訓練後には最大開口量，最大舌尖挙上量，最大舌圧（JMS 舌圧測定器；ジェイ・エム・エス），オーラルディアドコキネシス（ODK，健口君ハンディ；竹井機器工業），口唇圧（りっぷるくん；松風）を 3 回測定した．(A)条件の評価の後，10 分間インターバルを設け，ウォッシュアウトを行った上で，(B)条件を行った．

なお，本研究は徳島大学大学院社会産業理工学研究部社会総合科学域研究倫理審査委員会（承認番号 422）の承認を得て実施された．

Ⅲ．結果及び考察

実験 1：最大開口量において，nVR から VRne での変化量に対し，VRe の変化量は有意に増加した（⊿VRne-nVR vs⊿VRe-nVR；−1.1±2.2 mm vs 1.6±1.8mm，P<0.05）．最大開口時の筋活動に関しては，咬筋や胸鎖乳突筋では有意な差は認められなかったが，舌骨上筋群において nVR に対し，VRe の筋活動量が有意に増加した（nVR vs VRe；23.8±8.1μV vs 35.9±12.8 μV，P<0.05）．主観的評価では，VRne に対して，VRe で有意に開口量が変化したと感じていた（VRne vs VRe；1.5±0.5 点 vs 3.3±0.9 点，P<0.05）．

最大舌尖挙上量に関しては，誇張の有無に関わらず，nVR との変化量に有意な差は認められなかった（⊿VRne-nVR vs ⊿VRe-nVR；−34.9±69.3mm vs −18.6±66.1mm）．筋活動については，舌骨上筋群のみで VRe において有意に高い筋活動量が認められた（nVR vs VRne vs VRe；14.8±3.6μV vs 14.7±6.7μV vs 24.4±13.1μV, P<0.05）．主観的評価でも，VRne に比べ，VRe は有意に挙上量が変化したと感じていた（VRne vs VRe；1.4±0.5 点 vs 2.9±0.6 点，P<0.05）．

実験 2：表 1.より，舌尖挙上量である舌尖鼻尖間距離，舌圧，オーラルディアドコキネシス /ta/などの舌の運動に関する評価項目において，VR 装着訓練後に改善効果を認めた．

表 1. 訓練前後の 3 回の測定値の平均値

		訓練前	VR非装着 (nVR) 訓練後	VR装着 (VRe) 訓練後
最大開口量（mm）		53.7	54.3	53.7
舌尖鼻尖間距離（mm）		42.7	43.0	36.3
舌圧（kPa）		25.1	27.9	29.4
ODK (回/秒)	/pa/	6.6	6.7	6.7
	/ta/	6.5	6.5	6.7
	/ka/	5.8	5.9	5.9
口唇圧（N）		12.4	12.0	12.9

実験 1 の結果より，VRe に最大開口時や舌尖挙上時の舌骨上筋群の筋活動が有意に増加したことから，VR による誇張された視覚的フィードバックが，顎口腔領域の運動制御に影響を及ぼす可能性が示唆された．さらに，実験 2 の結果から，VRe による顎舌顔面の訓練により，舌骨上筋群の筋活動が増加し，舌運動機能の改善につながる可能性が期待される．今後は，さらに対象人数を増やし，検討していく予定である．

Ⅳ．文献

1) Matamala-Gomez M et al. Immersive Virtual Reality and Virtual Embodiment for Pain Relief. Front Hum Neurosci. 2019 ;13:279.
2) Stanton TR et al. Illusory resizing of the painful knee is analgesic in symptomatic knee osteoarthritis. PeerJ. 2018 ;7:e5206.
3) Burin D et al. Body ownership increases the interference between observed and executed movements. PLoS One. 2019 ;14(1):e0209899.

（2 ページ目）

EVA シートを用いた暫間的舌接触補助床の摂食嚥下機能に対する即時効果

Immediate effects of an EVA-based temporary palatal augmentation prosthesis on swallowing function

◯鈴木 拓[1)2)3)]，長谷川博[1)]，秋本哲男[1)]，古志奈緒美[2)]，真柄 仁[3)]，辻村恭憲[3)]，井上 誠[3)]

◯Taku Suzuki, Hiroshi Hasegawa, Tetsuo Akimoto, Naomi Koshi, Jin Magara, Takanori Tsujimura, Makoto Inoue

[1)]公立藤田総合病院 歯科口腔外科，[2)]あさひ歯科医院，

[3)]新潟大学大学院医歯保健学研究科 摂食嚥下リハビリテーション学分野

[1)] Department of Dentistry and Oral Surgery, Fujita General Hospital, [2)] Asahi Dental Clinic,

[3)] Division of Dysphagia Rehabilitation, Niigata University Graduate School of Medicine, Dentistry and Health Sciences

Ⅰ．目的

舌接触補助床（Palatal Augmentation Prosthesis：PAP）は，舌と口蓋との接触を補助することで,摂食嚥下時の食塊形成や移送を改善することが報告されている[1)]．また，近年では，舌の器質的欠損を有する患者だけでなく,高齢者や筋力低下などに伴う舌機能低下を有する患者においても，PAP の有効性が報告されている[2)]．一方，レジンを用いて製作する一般的な PAP（以下，従来型 PAP）では，実際の装着による効果を事前に評価することが難しい場合がある．当院では，簡易に製作可能なエチレン・酢酸ビニル（ethylene-vinyl acetate：EVA）シートを基材とした暫間的舌接触補助床（temporary Palatal Augmentation Prosthesis：tPAP）を臨床応用している．本研究では,舌機能低下を伴う摂食嚥下障害患者を対象として，tPAP 装着が摂食嚥下機能に及ぼす即時効果を嚥下造影検査（videofluoroscopic swallowing study：VF）により検討し,従来型 PAP の適応を判断するための迅速な評価手段としての有用性を検討した．

Ⅱ．方法

1．対象

2024 年 7 月から 2026 年 4 月までに，当科において摂食嚥下障害に対する評価･治療の一環として tPAP を製作し,VF を実施した全症例(20 名）を対象とした．内訳は，男性 16 名，女性 4 名で，年齢の中央値は 86.0 歳（四分位範囲：82.0-88.0 歳）であった．摂食嚥下障害の主な病因は，脳血管疾患 10 名（50.0%），誤嚥性肺炎後の廃用症候群 8 名（40.0%），加齢に伴う舌機能低下 3 名（15.0%），パーキンソン病 2 名（10.0%）であり，一部の症例では複数の病態の重複を認めた．診療録および VF 動画を用いて後方視的に検討した．

2．tPAP の製作

4 mm 厚の EVA シートを加熱・軟化させ，患者の上顎作業模型に圧接した.有歯顎者では唇側および頬側辺縁を歯肉頬移行部より 2～4 mm 歯冠側に設定し,無歯顎者では歯肉頬移行部に設定した．後縁はアーラインまで延長し，下顎歯との咬合接触を認める場合には,元の咬合関係を維持するため咬合面部の EVA シートを除去した．EVA シートの口蓋面にコーティング剤を塗布した後，粘膜調整剤を付加し，口腔内で嚥下運動を行わせながら機能的に成形することで,患者ごとの舌と口蓋との接触に適した口蓋形態を付与した（図 1）．適合を確認した後，VF による評価を行った．

3．VF による摂食嚥下機能評価

3 mL の中間のとろみ溶液を摂取した際の嚥下を対象として，tPAP 非装着時および tPAP 装着時の所見を比較した．評価項目は，嚥下安全性（嚥下反射惹起点，喉頭侵入・誤嚥スコア（PAS)），咽頭残留（喉頭蓋谷，梨状窩），嚥下関連器官の運動（喉頭蓋の反転，舌骨移動量），食塊移送時間（口腔通過時間，食塊が咽頭に流

入してから嚥下するまでの時間,下咽頭通過時間，総摂取時間）とした.

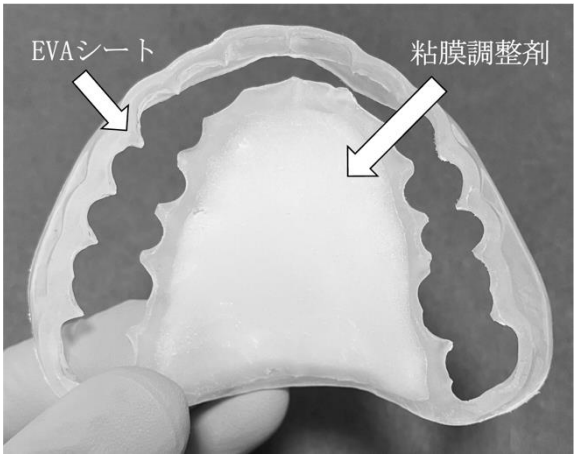


図 1. 完成後の tPAP

4. 統計解析

tPAP 非装着時と装着時の各評価項目を比較するため，Wilcoxon の符号付順位検定を用いた．また，ベースライン時に PAS スコアが 1 で,かつ喉頭蓋谷および梨状窩に残留を認めない患者では,天井効果の影響を受ける可能性を考慮し,これらの患者を除外した感度分析を行った．さらに，tPAP 非装着時と装着時の比較で P＜0.1 を示した評価項目について，tPAP 装着による改善が認められた患者の割合を探索的に算出し,個々の患者における改善状況を評価した．統計解析は SPSS（Ver. 28.0，IBM）を使用し，有意水準 0.05 とした．本研究は公立藤田総合病院倫理審査委員会の承認(公藤倫第 304 号）を得て実施した.

Ⅲ．結果及び考察

tPAP 装着時には，喉頭蓋谷残留（P＝0.013）および梨状窩残留(P＝0.014)が有意に減少し，総摂取時間（P＝0.019）が有意に短縮した．個別の改善率（表 1）は，喉頭蓋谷残留 45.0%（9 名），梨状窩残留 30.0%（6 名），口腔通過時間 70.0%（14 名），下咽頭通過時間 50.0%（10 名），総摂取時間 70.0%（14 名）であった．また,天井効果の影響が考えられた 3 例を除外した感度分析（N=17）では，口腔通過時間も有意に短縮した（P＝0.036）．嚥下安全性および嚥下関連器官の運動に関する指標には有意な変化を認めなかった.

パラメータ	改善，n（%）	変化無し，n（%）	悪化，n（%）
喉頭蓋谷残留	9（45.0）	10（50.0）	1（5.0）
梨状窩残留	6（30.0）	14（70.0）	0（0.0）
口腔移送時間	14（70.0）	1（5.0）	5（25.0）
下咽頭通過時間	10（50.0）	7（35.0）	3（15.0）
総摂取時間	14（70.0）	0（0.0）	6（30.0）

表 1．tPAP 装着による嚥下関連指標の変化

考察

tPAP 装着により咽頭残留および総摂取時間が減少し,さらに感度分析では口腔通過時間の短縮を認めたことから，tPAP による舌と口蓋との接触の補助が食塊形成および送り込みを改善し,摂食嚥下の効率化に寄与した可能性が考えられた．一方，嚥下安全性および嚥下関連器官の運動に関する指標には有意な変化を認めなかったことから，tPAP の即時効果は，嚥下安全性や嚥下運動そのものの変化よりも,食塊移送効率の改善として現れた可能性が考えられた.

また，本研究では，tPAP を短時間で製作し，実際の嚥下運動に合わせて口蓋形態を調整することで,従来型 PAP と同様の機能的な舌―口蓋接触を簡便に再現することが可能であった．そのため，tPAP は従来型 PAP の製作に先立ち，装着後の即時的な効果を評価し，PAP の適応を判断するための有用な手段となる可能性が示唆された.

Ⅳ．文献

1) 公益社団法人 日本補綴歯科学会,一般社団法人 日本老年歯科医学会．摂食嚥下障害，構音障害に対する舌接触補助床（PAP）の診療ガイドライン 2020
2) Mitsuyoshi Yoshida et al. Palatal augmentation prosthesis (PAP) can improve swallowing function for the patients in rehabilitation hospital. J Prosthodont Res, 2019;63(2):199-201.

喉頭運動，舌骨上筋群筋電図，嚥下音の同時測定による錠剤嚥下の動態評価

Evaluation of Tablet Swallowing Dynamics Using Simultaneous Measurement of Laryngeal Movement, Suprahyoid Muscle Electromyography, and Swallowing Sounds

○松本翔二郎 [1)]，林豊彦 [1)]，永田向太郎 [1)]，石井義人 [2)]，
林智彦 [1)]，谷川梨瑚 [3)]，平田愛奈 [3)]，足立知基 [3)]

○Shojiro Matsumoto[1)], Toyohiko Hayashi[1)], Kotaro Nagata[1)], Yoshihito Ishii[2)], Tomohiko Hayashi[1)], Riko Tanikawa[3)], Aina Hirata[3)], Tomoki Adachi[3)]

[1)]新潟大学工学部, [2)]新潟大学教育基盤機構

[3)]株式会社ファンケル 総合研究所 機能性食品研究所

[1)]Faculty of Engineering, Niigata University

[2)] Organization for Educational Foundations and Student Affairs, Niigata University

[3)]Functional Food Research Institute, FANCL Corporation

I. 目的

喉頭運動の非侵襲的計測には，圧力センサ [1)]，光センサ [2)]，ビデオカメラ [3)]，交流インピーダンス計 [4)]などが用いられている．最初の 3 つは皮膚面に現れる甲状軟骨の突起の運動をトラッキングする方法である．残るひとつは前頸部の交流インピーダンスを測定する方法であるが，その値は喉頭運動だけでなく，嚥下器官の形状変化・運動，嚥下物の影響も受ける．

上記のビデオカメラ法では，前頸部の正中矢状面輪郭から甲状軟骨の突出部を検出し，その運動をトラッキングする [3)]．利点は前頸部へのデバイス装着が不要であることだが，一般のビデオカメラは空間分解能とフレームレートが低いという欠点がある．喉頭の最大挙上までのトラッキング成功率も低かった [3)]．そこで本研究では，アクションカメラを用いた空間分解能とフレームレートの改善および成功率の高いトラッキング法の開発を目的とした．その性能を評価するために，計測システムを小型錠剤の嚥下測定に適用した．

II. 方法

計測システムは，アクションカメラ（GoPro HERO12，GoPro Inc.），筋電計（MESJC-09，(株)コスモ情報システム），マイクロフォン（EM158N，(株)プリモ），PC（MacBook Air M3，Apple Inc.）からなる．カメラの画素数は 2704×1520，フレームレートは 200 fps とした．筋電図は双極電極で舌骨上筋群の活動を，嚥下音は頸部側面に貼付したマイクロフォンで測定した（図 1）．両信号はカメラの音声チャンネルに映像と同時記録した（fs=48 kHz）．

データ処理は前頸部正中矢状面輪郭の抽出，喉頭トラッキング，波形処理からなる．トラッキングには独自のテンプレートマッチング法を用いた．テンプレートの輪郭特徴点には甲状軟骨，輪状甲状間膜，輪状軟骨のいずれかを用いた．筋電位・嚥下音の原波形は整流平滑化した．各波形から安静位レベル，オンセット時間，ピーク時間を抽出した．オンセット時間の決定には，喉頭運動と筋電位では接線外挿法を，嚥下音には閾値法を用いた（図 2）．

嚥下実験の対象者は健常男性 20 名（平均年齢 22.3±1.29 歳）とし，水 20 mL，錠剤 1 錠＋水 20 mL，錠剤 2 錠＋水 20 mL の 3 条件で，それぞれ練習 1 回と本番 5 回嚥下させた（新潟大学倫理審査委員会・承認番号 2025-0238）．錠剤は特に薬効をもたない小型丸型錠剤（φ8.0 mm，t3.9 mm，R6.5 mm）とした．

評価項目は 1) 各信号のオンセットからピークまでの立上り時間，最大振幅，立上り区間積

分値，オンセット前 1 秒間（口腔期）の最大振幅と積分値（嚥下音以外），2) 2 信号間のオンセット時間差，ピーク時間差の 19 項目とした．3 測定条件における中央値の差について Friedman 検定を行い，事後比較には Wilcoxon 符号順位検定（Holm 補正）を用いた．さらに 19 項目間の多重比較を Holm 法で補正した．



図 1　測定機器の設置:アクションカメラ, EMG 双極電極・基準電極，マイクロフォン．

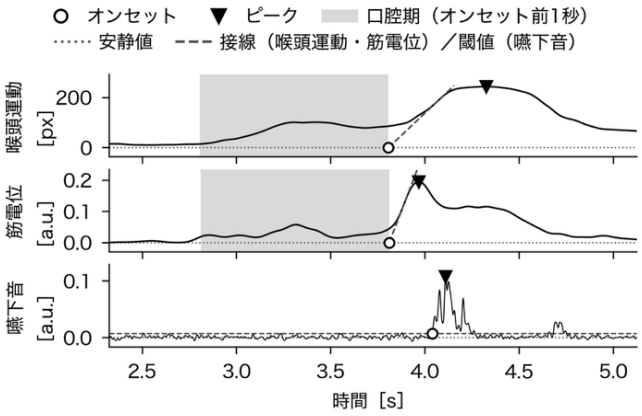


図 2　計測波形の 1 例（1 錠条件）．喉頭運動・筋電位・嚥下音の同時計測時系列．

III．結果及び考察

喉頭トラッキングは 20 名中，特徴点が識別不能な 6 名以外の 14 名（70%）で最大挙上位までトラッキングに成功した．ビデオカメラを用いた先行研究 [3]での成功率 51.4%よりも高かった．

3 信号の時間関係について，嚥下音では必ず喉頭挙上開始後に生じ（中央値 0.28 秒後），筋電位のピークは喉頭運動のピークに先行した（中央値 0.24 秒前）．後者は筋電位のピークが必ずしも喉頭の最大挙上位と時間的に一致しないことを示している．

3 条件間で多重比較補正後も有意差を認めた項目は，喉頭運動の最大振幅（p=0.001）と口腔期積分値（p=0.011）であった（図 3）．前者では 1 錠・2 錠間にも差を認めたが，後者では水と錠剤の間にのみ差を認めた．これらの結果から，錠剤の数が増えるほど喉頭の最大挙上量が増加し，錠剤があると飲み込む前の口腔期から喉頭が挙上することが明らかとなった．

以上より，本システムは従来法より高い成功率で喉頭運動をトラッキングでき，錠剤嚥下に伴う喉頭挙上の変化を検出できた．

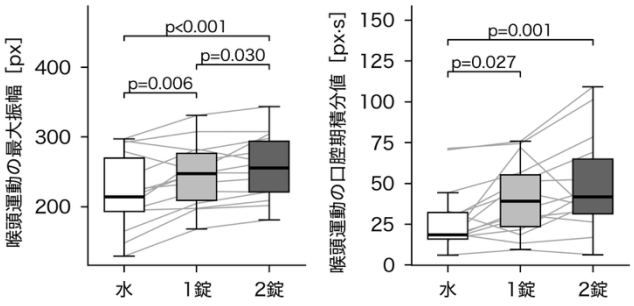


図 3　19 項目の多重比較補正後も有意であった 2 項目（n=14）: 喉頭運動の最大振幅（左）と口腔期積分値（右）．

IV．文献

1) Kojima H, Kaneda H, Watari J, et al. Development of a biometric system for the measurement of swallowing motion while drinking beer. J Am Soc Brew Chem 2009; 67(1): 1-7.
2) 覚嶋慶子，林豊彦，道見登ほか．高齢者における喉頭運動の視覚フィードバックを用いた喉頭挙上訓練の効果．日摂食嚥下リハ会誌 2014；18(1)：22-29.
3) 髙橋明子，清水良昭，北邦宏ほか．頸部輪郭抽出法による喉頭運動の検出．明海歯学 2014；43：34-43.
4) Spittel S, Stegemann S, Seidl RO, et al. Investigation of the intake process of different tablets by assessment of swallowability and palatability as well as measurement of deglutition parameters by electromyography and bioimpedance analysis. Eur J Pharm Biopharm 2026; 226: 115129.

確率共鳴が嚥下時筋活動に及ぼす影響の基礎的検討

A fundamental study on the effects of stochastic resonance on muscle activity during swallowing

○髙山大樹 [1)]，李騫 [1)]，玉田泰嗣 [2)]，LOU XINRAN[3)]，吉見佳那子 [3)]，戸原玄 [3)]，佐々木誠 [1)]

○Daiki Takayama[1)], Ri Ken[1)], Yasushi Tamada[2)], Lou Xinran[3)], Kanako Yoshimi[3)], Haruka Tohara[3)], Makoto Sasaki[1)]

1) 岩手大学大学院総合科学研究科バイオ・ロボティクス分野

2) 北海道大学大学院歯学研究院

3) 東京科学大学大学院医歯学総合研究科嚥下リハビリテーション学分野

1) Division of Bio-Robotics, Graduate School of Arts and Sciences, Iwate University

2) Faculty of Dental Medicine，Hokkaido University

3) Division of Dysphagia Rehabilitation，Graduate School of Medical and Dental Science，Institute of Science Tokyo

I. 緒言

確率共鳴（Stochastic Resonance，SR）とは，非線形システムの応答性能が微弱なノイズ付加により向上する現象である．SR は生体システムにおいても発現し，ヒトの皮膚表面に適切な強度のノイズ振動を付加することで手指の感覚機能が向上することが報告されている [1)]．また，口腔領域を対象とした本研究グループの先行研究においても，顎下部へのノイズ振動付加により，舌の感覚機能を即時的に向上できる可能性を見出している [2)]．

本研究では，これらの知見を嚥下運動へと拡張し，頸部へのノイズ振動付加が嚥下時筋活動に及ぼす影響について基礎的な検討を行った．

II. 方法

1. 対象

対象は，若年成人男性 10 名（22.5±0.7 歳）とした．頸部には，ノイズ振動を付与するための振動デバイスと，舌骨上筋群と舌骨下筋群の表面筋電位（Surface electromyography，sEMG）信号を計測するための 22 チャンネル伸縮 FPC 電極（IU モデル，メクテック株式会社）を装着した（図 1）．



図 1　振動デバイスと伸縮 FPC 電極

また，鼻部には，嚥下時の呼吸変化を計測するためのフローセンサ付きネーザルマスクを取り付けた．

ノイズ振動には，カットオフ周波数 350 Hz のローパスフィルタを適用したホワイトノイズを用いた．

2. 実験方法

被験者間の振動条件を揃えるために，知覚可能な振動の最小強度（閾値 T）を，上下法により計測した．

次に，閾値 T の 0 倍（0T，ノイズ振動なし），0.6 倍（0.6T），1.0 倍（1.0T）の 3 条件にて，水 3 mL の嚥下時 sEMG 信号と呼吸流量を計測した．また，比較対象として，振動条件 0T における炭酸水 3 mL と水 6 mL の嚥下実験もそれぞれ行った．試行回数は各 6 回とし，振動条件と嚥下物の順番はランダムとした．

なお，本実験では，振動デバイスの駆動音から振動の有無を判断できないよう，ノイズキャンセリング機能付きヘッドホンを装着させ，ホワイトノイズを再生することで駆動音を遮蔽した．

本実験は，岩手大学研究倫理審査委員会の承認（第 202317 号）を得て実施した．

3. 評価方法

振動ノイズ付与（すなわち SR の発現）による筋活動の変化の有無を評価するために，嚥下性無呼吸開始付近に現れる舌骨上筋群の RMS（Root Mean Square）信号のピーク（Nearest Suprahyoid RMS Peak to Swallowing Apnea Onset，NSP）と，嚥下性無呼吸中に現れる舌骨下筋群の RMS 信号のピーク（Subsequent Infrahyoid RMS Peak，SIP）との時間差（NSP-SIP Interval，NSI）を求めた（図 2）．また，嚥下性無呼吸開始（Swallowing Apnea Onset，SAO）および嚥下性無呼吸終了（Swallowing Apnea Offset，SAF）は呼吸流量波形から特定した．

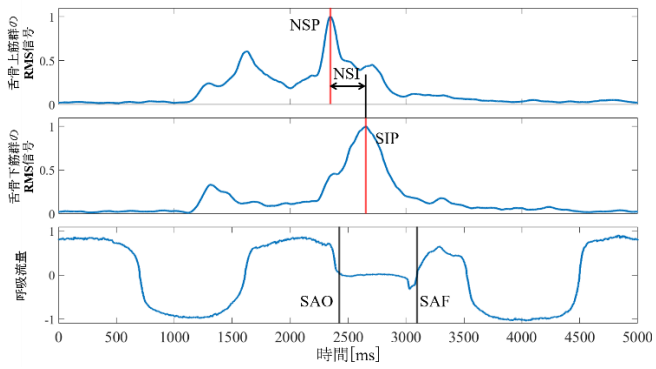


図 2　嚥下時筋活動と呼吸流量波形

評価では，振動条件 0T における水 3 mL，水 6 mL，炭酸水 3 mL 条件を比較し，嚥下条件と SR 効果の関係を調べた．また，水 3 mL 嚥下時の 0T，0.6T，1.0T 条件を比較し，ノイズ強度と筋活動変化の関係を調べた．統計解析には，反復分散分析（repeated-measured ANOVA）と Turky 法による多重比較を用い，全条件間の比較を行った．

III. 結果と考察

反復分散分析において，条件の主効果が有意であった（図 3）．

1. 嚥下条件の比較

0T 条件において，水 6 mL 嚥下時は水 3 mL 嚥下時と比較して NSI の短縮傾向が見られた．Regueiro ら[3]の研究では，一回嚥下量の増加により，食塊の通過時間が短縮することが報告されている．本実験における変化は，一回嚥下量の増加により，食塊通過速度の上昇が筋活動に反映されたものと考えられる．

0T 条件において，炭酸水 3 mL 嚥下時は水 3 mL 嚥下時と比較して有意な NSI の短縮が見られた．炭酸刺激のある飲料の嚥下時は，嚥下反射開始時の食塊位置が早い段階にあったことが齋木ら[4]により報告されている．本実験における変化は，嚥下反射早期化に伴って，それに続く舌骨下筋群の活動も早期化されたためであると考えられる．

2. ノイズ強度の比較

水 3 mL 条件において，1.0T では 0T と比較して NSI の短縮傾向が見られた．これは，ノイズ振動の付加によって SR が発現し，筋活動に変調がもたらされたためと考えられる．SR による指の感覚機能向上効果を調べた先行研究[1]では，0.6T 付近が最適強度であると報告されているものの，頸部を対象とした本実験においては 1.0T で最も大きな変化を示した．しかしながら，頸部へのノイズ振動付加が咽頭感覚に与える影響の有無は本実験結果からは推定できない．

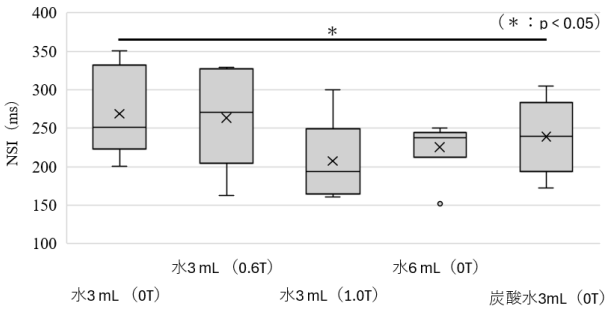


図 3　各条件の NSI（ms）

IV. 結言

本研究では，頸部へのノイズ振動付加により舌骨上筋群と舌骨下筋群の嚥下時筋活動のピーク間時間差が短縮する可能性を示した．今後は，被験者数を増やし，嚥下造影検査などを用いた SR 効果の詳細な検証を行う予定である．

謝辞

本研究の一部は，科研費基盤研究（B）（JP25K03503）の支援を受けて実施した．

参考文献

1) Shoei Ikemura et al,：Multiple Remote Vibrotactile Noises Improve Tactile Sensitivity of the Fingertip via Stochastic Resonance，IEEE Access，pp.17011-17019，2021
2) Kuon Nakahata et al.：Enhancement of Tongue Tactile Sensitivity via Stochastic Resonance，Dysphasia，2026
3) Marcia Regina Kfouri Bernardi Regueiro et.al：Videofluoroscopic analysis of different volumes of liquid bolus swallowing in healthy individuals: comparison between height and sex，72(11):693-697，2017
4) Akino Saiki et al.：Effects of thickened carbonated cola in older patients with dysphagia, Scientific Report, 12:22151，2022

嚥下の左右協調を形成する交叉性神経回路の脳幹内局在

Brainstem Localization of the Commissural Neural Circuit Underlying Bilateral Coordination of Swallowing

○荒舩　萌里[1)2)]，中山　希世美[1)]，望月　文子[1)]，中納　治久[2)]，中村　史朗[1)]

Moeri Arafune[1)2)], Kiyomi Nakayama[1)], Ayako Mochizuki[1)], Haruhisa Nakano[2)], Shiro Nakamura[1)]

[1)]昭和医科大学歯学研究科口腔生理学分野，[2)]昭和医科大学大学院歯学研究科矯正歯科学分野

[1)]Department of Oral Physiology, Showa Medical University Graduate School of Dentistry

[2)]Department of Orthodontics, Showa Medical University Graduate School of Dentistry

Ⅰ．目的

嚥下時には左右の咽頭筋が協調して収縮することが重要であり，脳卒中などによる片麻痺患者では，麻痺側での咽頭筋の収縮が障害され，左右の協調が崩れることによって誤飲・誤嚥が起こりやすくなる．嚥下は三叉神経・舌咽神経・迷走神経などの末梢神経を介した感覚情報や上位脳からの指令が延髄内の孤束核を含む嚥下パターンジェネレータ(以下嚥下 CPG)へ伝達され，そこで作られた嚥下のパターンが口腔・咽頭・喉頭・食道などの筋へ伝達されることで発生する．しかしながら，嚥下 CPG 内でのニューロンの左右協調運動の詳細については未だ解明されていない[1)]．本研究は，嚥下時の左右の咽頭筋活動の協調を担っている交叉性ニューロンの細胞体の存在部位や軸索走行を調べることを目的とする．これにより嚥下反射を形成する神経回路の一端を明らかにし，誤嚥性肺炎の予防への貢献を目指す．

Ⅱ．方法

1. 左右協調に働く交叉性ニューロンの軸索が通る部位の同定

生後 3-4 週齢の雌雄のラットを用いて除脳動脈灌流標本を作製し[2)]，左右の頸部迷走神経（CVN)・上喉頭神経（SLN）を剖出した．両側の CVN，片側の SLN をガラス管微小電極にて吸引した．SLN には嚥下を誘発するための電気刺激（パルス幅 100 μs，刺激頻度 5 Hz，刺激回数 50 回，刺激強度 1 mA）を与えた．CVN より呼吸に伴う神経活動と SLN 刺激により誘発された嚥下反射を記録した．交叉性ニューロンの軸索が通る部位を調べるため，脳幹の正中部に 1 mm のスリットを入れた．切断部位は，菱形窩正中溝の尾側から吻側にかけて連続するようにそれぞれ①②③と設定した（図 1）．切断後に再度 SLN 刺激を行い，嚥下反射の左右連携が失われる部位を同定した．脳幹正中切断後，SLN 刺激側のみに嚥下反射が認められ，刺激と反対側には嚥下反射が誘発されない場合に，その切断部位を交叉性ニューロンの軸索が通っている可能性があるとした．この場合，SLN の刺激側を変更し，左右どちらの刺激においても同様の結果になることを確認した．記録終了後の脳幹は，4％ paraformaldehyde（PFA）にて固定後，水平断に薄切した．Luxol fast blue 染色を行い，切断部位を光学顕微鏡下で確認した．

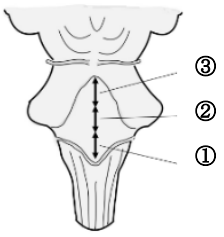


図 1 脳幹切断部

2. 交叉性ニューロンの細胞体の存在部位の同定

疑核には咽頭，喉頭の筋を支配する運動ニューロンが局在しており，嚥下反射に深く関与している．疑核に投射する交叉性ニューロンの存在部位を調べるため，交叉性ニューロンを逆行性に標識する実験を行った（図 2）．雌雄の成ラットの右側疑核（Bregma から尾側に 12.9 mm，腹側に 9.5 mm，中心から右に 2.0 mm）（3 例）にカルシウムセンサー蛍光タンパク質（jGCaMP8f）遺伝子が挿入された逆行性のアデノ随伴ウイルス（AAV-hSyn-Soma-jGCaMP8f,#169258-AAVrg, addgene)を注入し，タンパク質が充分に発現するまで 1 か月間飼育した．さらに，疑核に投射する交叉性ニューロンの局在部位に嚥下関連ニューロンが存在するかを，神経活動のマーカーである c-Fos の発現を指標にして調べた．ケタミン（90 mg/kg）/キシラジン（10 mg/kg）の腹腔内投与による麻酔下にて左側反回神経を剖出し，ステンレス/タングステン電極を用いて電気刺激（パルス幅 200 μs，刺激頻度 60 Hz，刺激回数 30 回，刺激感覚 7 s，刺激強度 0.2 mA）することで 2 時間嚥下反射を発生させ続けた[3)]．c-Fos 発現におけるコントロールとしては，左側反回神経の剖出までを行った個体を用いた．刺激終了の 1 時間後に 4% PFA で灌流固定し，脳幹を摘出した．40 μm 厚の冠状断連続切片を作製し，jGCaMP8f および c-Fos に対する免疫蛍光染色，ならびに NeuroTrace による Nissl 染色を行った．これにより，ウイルス注入側の対側（左

側）に標識された交叉性ニューロンと嚥下反射により活動するニューロンの細胞体の存在部位を組織学的に探索した[4]．

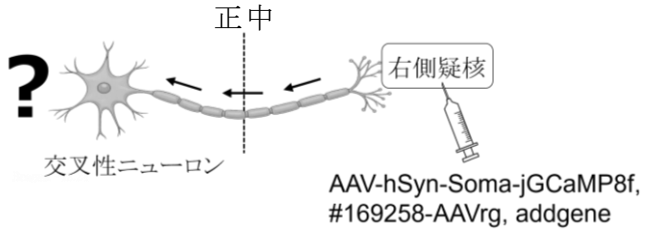


図 2　交叉性ニューロン標識方法

なお，本研究は昭和医科大学倫理委員会の承認を得て行った(動物実験計画承認番号：226039，遺伝子組換え実験計画承認番号：2622)．

Ⅲ．結果及び考察

1. 嚥下反射の左右協調を担うニューロンの軸索は橋・延髄の広範囲に存在する

①②をそれぞれ単独で切断した場合，①の切断では 5 例中 4 例，②の切断では 9 例中 8 例で刺激と反対側にも嚥下反射が認められた（図 3A)．それに対し，①②の両方を切断した場合は 10 例中 9 例で，②③の両方を切断した場合は 3 例中 2 例で刺激側のみに嚥下反射が認められた（図 3B)．以上の結果から，嚥下の左右協調を担う交叉性ニューロンは橋・延髄の広範囲に亘って交叉している可能性が高く，一部のみの切断では機能が代償される構造をしている可能性が示唆された．

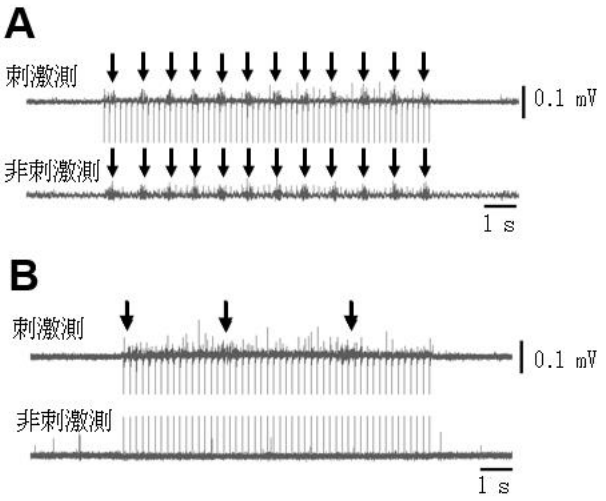


図 3 脳幹正中切断後の上喉頭神経刺激による嚥下反射（↓：嚥下反射）

2. 疑核に投射する交叉性ニューロンの細胞体は孤束核および巨細胞性網様核に存在する

右側疑核にウイルスを注入した標本にて jGCaMP8f を発現している対側の細胞の局在を調べたところ，孤束核および巨細胞性網様核に多くの分布を認めた（図 4)．さらに，反回神経刺激により持続的に嚥下反射を発生させた例にて c-Fos の発現部位を探索したところ，コントロール例と比較し，両側の前庭神経核，孤束核および巨細胞性網様核に顕著に c-Fos の発現部位を認めた．以上のことから，嚥下に関連する交叉性ニューロンの細胞体は孤束核および巨細胞性網様核に多く存在している可能性が示唆された（図 5)．

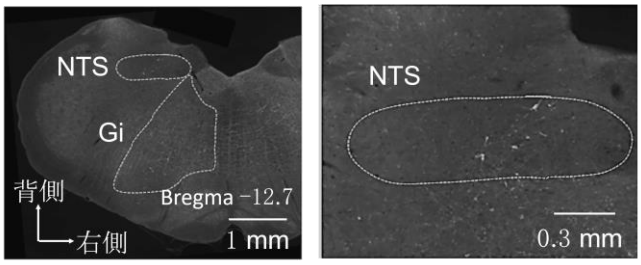


図 4 右側疑核に AAV を注入した標本での対側脳幹での jGCaMP8f の発現

NTS:孤束核，Gi: 巨細胞性網様核

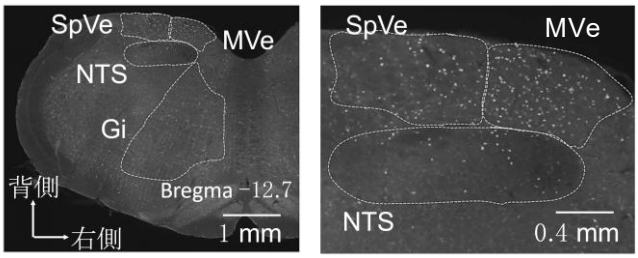


図 5 嚥下反射の発生による c-Fos の発現

NTS:孤束核，Gi:巨細胞性網様核，MVe: 内側前庭神経核，SpVe: 前庭神経下核

Ⅳ．文献

1) Sugimoto T, Umezaki T, Takagi S, et al. Crossing inputs of the superior laryngeal nerve afferents to medullary swallowing-related neurons in the cat. Neurosci Res 1998; 30: 235-245.

2) Koyama S, Nakayama K, Mochizuki A, et al. Optical imaging of neurons related to fictive swallowing using GCaMP6f in an arterially perfused rat preparation. J Oral Biosci 2023; 65: 126-131.

3) Amirali A, Tsai G, Schrader N, et al. Mapping of brain stem neuronal circuitry active during swallowing. Ann Otol Rhinol Laryngol 2001; 110: 502-513.

4) Paxinos G, Watson C. The rat brain in stereotaxic coordinates: compact. 7th ed. San Diego: Elsevier Academic Press; 2018, 1-388.

MEMO

協賛企業

株式会社　松風

株式会社　モリタ

（50 音順）

日本顎口腔機能学会 第 76 回学術大会の開催にあたり、上記企業からご協賛を賜りました。
ここにお名前を揚げさせていただき、厚く感謝の意を表します。

日本顎口腔機能学会第 76 回学術大会
大会長　小川　匠

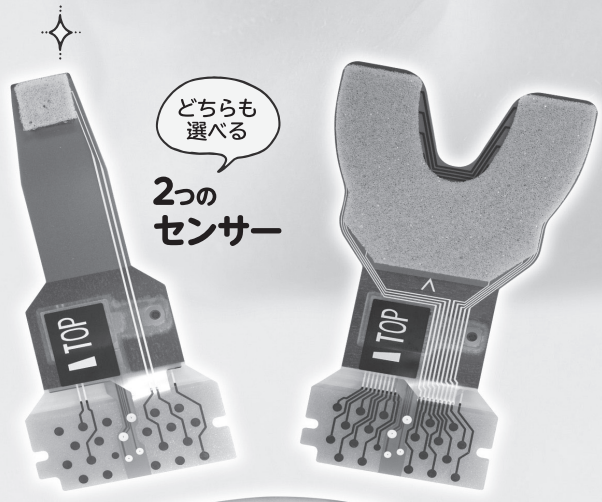
咬合力がその場でわかる

小児や口の小さな方の検査にも適しています

歯科用咬合力計

口腔機能モニター Oramo2

有床義歯咀嚼機能検査	口腔機能低下症
咬合圧測定 130※点	咬合圧測定 130点
※咬合圧測定のみを実施した場合	



ポイント 1

リアルタイム表示

ディスプレイには、測定中の最大咬合力が表示されます。
即時フィードバックが可能です。

ポイント 2

軽量・ポータブル

乾電池式で、ケースに入れてコンパクトに持ち運べます。
訪問診療にも活用できます。



注)センサーシート、
センサーカバーは別売です。



口腔機能モニター Oramo2…￥240,000

【包装】
本体(1台)、単4電池3本(1本予備付属)、セミハードケース(1個)

※使用するためには 別売りのセンサー、センサーカバーが必ず必要です(Uタイプ、Iタイプいずれか)

販売名	一般的名称	承認・認証・届出番号
口腔機能モニター Oramo2	歯科用咬合力計	一般医療機器 医療機器届出番号 23B2X10022000007 特定保守管理医療機器

価格は2026年10月現在の標準医院価格 (消費税抜き) です。

噛む、笑う、生きる、を支える。
株式会社 松風

本社／〒605-0983 京都市東山区福稲上高松町11 お客様サポート窓口 TEL:075-778-5482 受付時間8:30～12:00 12:45～17:00(土日祝除く)
支社・営業所／東京 TEL:03-3832-4366 営業所／札幌 TEL:011-232-1114 仙台 TEL:022-713-9301 名古屋 TEL:052-709-7688
京都 TEL:075-757-6968 大阪 TEL:06-6330-4182 福岡 TEL:092-472-7595
www.shofu.co.jp

Thinking ahead. Focused on life.

MORITA

Accuios

人間工学に基づいた、人にやさしい IOS

すべての人にやさしい診療を目指して。
モリタの技術を集約した、人にやさしい口腔内スキャナー(IOS)が誕生しました。
人間工学に基づいた使いやすいデザインで、開口幅の小さい患者さんでも無理なく口腔内をスキャンできます。CTなどのデータを活用することで、三次元的な診断や治療計画が可能になり、スムーズな診療を実現します。



発売 株式会社 モリタ 大阪本社: 大阪府吹田市垂水町3-33-18 〒564-8650 TEL 06-6380-2525
東京本社: 東京都台東区上野2-11-15 〒110-8513 TEL 03-3834-6161
製造販売 株式会社 モリタ製作所 本社: 京都府京都市伏見区東浜南町680 〒612-8533 TEL 075-611-2141
販売名: アクイオス 一般的名称: デジタル印象採得装置 機器の分類: 管理医療機器 (クラスⅡ) 特定保守管理医療機器
医療機器承認番号: 30300BZX00243000

お客様相談センター 歯科医療従事者様専用 T 0800. 222 8020 (フリーコール)

製品紹介ページ

日本顎口腔機能学会第 76 回学術大会
プログラム・事前抄録集

発行日:2026 年 11 月 21 日
編集・発行 〒230-8501　横浜市鶴見区鶴見 2-1-3
鶴見大学歯学部クラウンブリッジ補綴学講座
日本顎口腔機能学会第 76 回学術大会 事務局