

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月11日現在

機関番号：15501
 研究種目：挑戦的萌芽研究
 研究期間：2010～2011
 課題番号：22659368
 研究課題名（和文） カオス理論を応用した口唇口蓋裂患者の口唇運動・言語機能統合診断法の開発
 研究課題名（英文） Development of diagnostic methods of lip motion and speech function in cleft lip and palate patients by applying a chaotic theory
 研究代表者
 三島 克章（MISHIMA KATSUAKI）
 山口大学・大学院医学系研究科・准教授
 研究者番号：60304317

研究成果の概要（和文）：3台のIRカメラと1台のカラーカメラから取り込んだ動画像を用いて距離画像を作成した。口唇の相同モデルを作成し、主成分分析を適応した。その結果、/u/発話時の口唇の動きは高い正答率にて判別可能であった。次に、口蓋裂、顎変形症患者と健常者の発話母音に対し、基本周波数、フォルマント、リアプノフ数を算出した。その結果、健常者に比べて口蓋裂患者の/a/のリアプノフ数は高く、Class III患者の/i/の音に特徴がみられた。

研究成果の概要（英文）：Using motion images captured from three infrared and one color digital video cameras, range images were produced. Homologous models of the lips were produced, and principal component analyses were then applied to the homologous models. Consequently, discriminate analyses suggested the possibility to distinguish motion during the phonation of /u/ from that of other vowels.

Next, fundamental frequencies (F0), frequencies of the first and second formant (F1, F2), and Lyapunov exponents (mLE_{1s}) of cleft palate (CP) patients, jaw deformity patients and normal control were then calculated for five Japanese vowels. Consequently, the mLE_{1s} for /a/ both in males and females with CP were significantly higher than in normal individuals. Class III voice characteristics were observed in /i/ of both males and females.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	0	1,500,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	390,000	3,190,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：歯学・外科系歯学

キーワード：口唇口蓋裂、相同モデル、主成分分析、音響解析、カオス解析、非線形力学解析

1. 研究開始当初の背景

口唇口蓋裂患者の静止時の口唇外鼻形態を分析する目的にて、すでにレーザースキャン等の計測機器や分析法が考案され、臨床応用されているのに対して、発話や口唇運動等の顔面表情描出時に問題となる、不十分な口輪筋形成や上唇に残る瘢痕等が原因で起こる引きつれや変形、非対称といった事象を計測する確かな方法がない。一方で、鼻咽腔閉鎖不全や構音障害に起因して発話時に口唇運動の様々な異常がみられ、また逆に口唇運動異常が起因する構音障害もみられる。これら異常や問題をあきらかにするためには二つの未解決の難題が存在する。一つは、口唇運動を中心とする顔面表情というテーマは不自然さや不調和といった定量化困難な非線形的要素が極めて強いということ、二つ目は、言語(構音)機能と口唇運動機能の関連性についても定量化解析が困難であり、現在まで殆ど研究されていないということである。

2. 研究の目的

口唇運動機能と言語機能を計測し、解析する方法を確立して、その関連性を分析し、そして口唇口蓋裂患者の口唇外鼻形態とその運動機能、さらに言語機能を総合的に捉えて診断に結びつく切り口を見つけ出し、それをもとに口唇口蓋裂患者の形態と機能をスクリーニングできる統合的診断システムの構築を目指す。まず、口唇運動を中心とする顔面表情を定量化する方法を開発することと、口蓋裂患者の音声言語を的確に評価・診断できる線形、および非線形力学解析法を開発することを目的とし、さらに、その両者の関連性を分析することで、口唇の運動機能と音声言語機能の関連性を解析できるシステムを構築し、口唇口蓋裂患者の顎顔面形態と口腔機能を統合的に解析できるシステムへと発展させることを目指す。

3. 研究の方法

(1) 口唇口蓋裂患者に対する口唇運動解析法の開発

①距離画像の作成：顔面に赤外線パターン光を照射した状態で、3 台の赤外線カメラと 1 台のカラーカメラから (図 1)、口唇の各種運動の画像をパーソナル・コンピュータにキャプチャーし、マルチプル・ベースライン・ステレオ法とテンプレートマッチング法を応用して距離画像を作成する (図 2)。

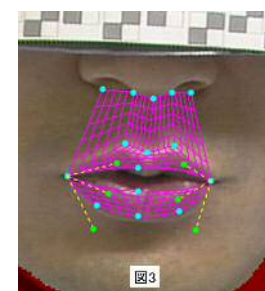
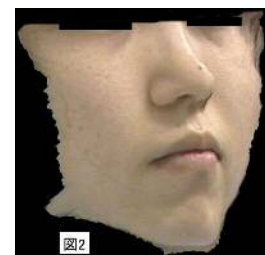
②口唇運動解析：この距離画像を用いて、口唇周囲の特徴点とそれをベジエ曲線にて結ぶことにより定義される複数の領域に分割

する (図 3)。そして、領域ごとにグリッド分割し、グリッドの交点を求める。この三次元情報に対して、口角の幅にて正規化したうえで相同モデルとする方法を開発した (図 4)。

この相同モデルに対して主成分分析を適応し、口唇運動の特徴を統計学的に探索した。

③対象：健康ボランティアと口唇口蓋裂患者に対して、母音発音、口唇突出、口角牽引の動き、開閉口運動のデータを収集した。

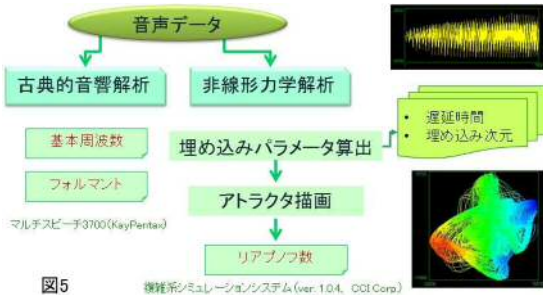
さらに、口唇運動における再現性を検討するために、smile 時の口唇の動きの再現性に関して、検者内信頼性係数 (ICC(1, 1)) と検者間信頼性係数 (ICC(2, 1)) を算出した。



(2) 口唇口蓋裂患者に対する音響解析法の開発

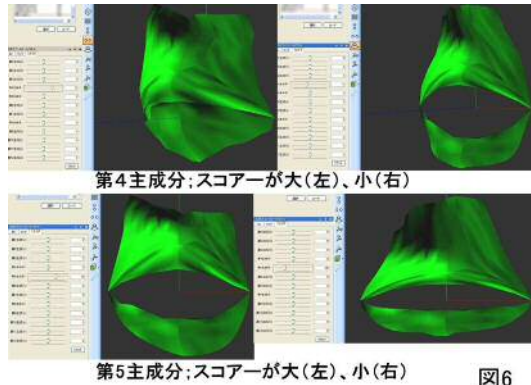
当院言語治療室において、単一指向性マイクロフォン (Shure SM-58) を通して、44KHz、16bit のサンプリングレートにて、ポータブルレコーダ (Marantz PMD 661) に音声を記録した。健康ボランティアと口唇口蓋裂患者の発話母音を収集した。音響解析として、線形解析では、フォルマントと基本周波数を算

出し、一方で、非線形力学解析としては、リアプノフ数やフラクタル次元等を算出し、両者の関連性を検討し、臨床において有効なパラメータを探索した(図5)。



4. 研究成果

(1) 口唇口蓋裂患者に対する口唇運動解析
主成分分析を行った結果(図6)、/u/発音時の口唇運動と他の母音発音時の口唇運動との相違を統計学的に抽出可能であった(J Cranio-Maxillofac Surg 39(4); 232-236, 2011)(表1)。



smile 時の口唇の動きの再現性に関して、ICC(1, 1)は0.73-0.83、ICC(2, 1)は0.77-0.99であり、ともに高い再現性を有することが分かった(未発表)。

表2. 健常者と口蓋裂患者の発話母音のリアプノフ数

		n	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
Normal	male	25	1,450 ± 511	493 ± 236	450 ± 246	675 ± 318	632 ± 236
	female	25	1,317 ± 548	457 ± 246	457 ± 231	755 ± 399	711 ± 289
CP	male	10	1,930 ± 625	437 ± 207	430 ± 199	968 ± 329	762 ± 338
	female	7	1,967 ± 475	507 ± 296	419 ± 268	1,284 ± 840	1,475 ± 652
p	normal male vs. normal female		0.509	0.473	0.352	0.372	0.946
	normal male vs. CP male		0.023	0.506	0.957	0.011	0.321
	normal female vs. CP female		0.007	0.624	0.562	0.161	0.002

表3. 顎変形症患者の発話母音のリアプノフ数

		n	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
Pre-BSSRO	Male	8	1235 ± 307	318 ± 95	390 ± 110	609 ± 255	551 ± 170
	Female	8	1728 ± 1164	331 ± 149	321 ± 140	525 ± 193	464 ± 152
Post-BSSRO	Male	8	1182 ± 180	381 ± 193	301 ± 87	543 ± 200	595 ± 187
	Female	8	1247 ± 434	434 ± 200	460 ± 181	595 ± 228	587 ± 188
Normal	Male	25	1450 ± 511 ^c	493 ± 236 ^c	450 ± 246 ^c	675 ± 318 ^c	632 ± 236 ^c
	Female	25	1317 ± 548 ^c	457 ± 246 ^c	457 ± 231 ^c	755 ± 399 ^c	711 ± 289 ^c
p	Pre-BSSRO vs post-BSSRO ^a		0.674	0.484	0.017	0.866	0.674
			0.401	0.263	0.069	0.484	0.018
Pre-BSSRO vs normal ^b	Male		0.272	0.000	0.636	0.496	0.420
	Female		0.470	0.005	0.067	0.420	0.022
Post-BSSRO vs normal ^b	Male		0.254	0.002	0.107	0.789	0.821
	Female		0.757	0.040	0.606	0.176	0.445

表1. 母音間の判別正答率

	a	i	u	e	o
a					
i	67.7				
u	74.1	73.8			
e	44.2	55.6	70.2		
o	66.9	73.9	69.9	68.0	

(2) 口唇口蓋裂患者に対する音響解析

健常者発話母音に、カオス性を認め、また、/a/では健常者より口蓋裂患者の方のリアプノフ数が高かった(Folia Phoniatr Logop 63(3); 129-133, 2011)(表2)。

さらに、顎変形症術前後の音響学的特徴を健常者と比較検討した結果、フォルマントやリアプノフ数に相違を認め、術後多くのパラメータは変化なく残存することが分かった(J Cranio-Maxillofac Surg in press)(表3, 4)。以上如く、口唇運動の特徴量と音響学的特徴量の関連性を解析する手法を見出すことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 19 件)

- ① Mishima K.、他 5 名、1 番目、Voice characteristics before versus after mandibular setback surgery in patients with mandibular prognathism using

表4. 顎変形症患者術前後のフォルマント

			n	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
Pre-BSSRO	Male	F1	8	696.0 ± 73.2	268.8 ± 24.1	311.3 ± 33.1	460.8 ± 37.0	469.0 ± 24.5
		F2		1150.0 ± 52.6	2255.9 ± 160.7	1304.8 ± 137.3	2031.3 ± 318.5	810.6 ± 26.6
	Female	F1	8	895.3 ± 85.7	353.9 ± 61.2	401.3 ± 47.5	526.4 ± 45.5	549.5 ± 45.7
		F2		1495.3 ± 95.7	2755.5 ± 92.8	1508.4 ± 192.7	2426.0 ± 112.7	933.5 ± 104.2
Post-BSSRO	Male	F1	8	681.4 ± 100.9	270.4 ± 27.5	313.1 ± 13.8	476.0 ± 55.1	470.4 ± 37.8
		F2		1129.0 ± 78.9	2222.5 ± 171.7	1246.5 ± 126.9	1989.5 ± 160.0	845.8 ± 64.7
	Female	F1	8	891.1 ± 117.4	347.5 ± 54.0	401.1 ± 42.6	543.5 ± 59.8	552.3 ± 52.6
		F2		1469.0 ± 44.9	2754.8 ± 174.3	1468.1 ± 252.0	2402.4 ± 200.3	964.5 ± 89.6
Normal	Male	F1	25	753.7 ± 57.1	286.5 ± 22.3	327.6 ± 30.0	476.9 ± 34.8	486.6 ± 45.8
		F2		1230.2 ± 71.7	2308.4 ± 155.7	1280.6 ± 172.8	1976.9 ± 137.5	835.9 ± 62.4
	Female	F1	25	952.2 ± 133.5	379.7 ± 53.5	435.9 ± 35.1	560.4 ± 61.1	581.8 ± 77.2
		F2		1479.3 ± 124.8	2892.0 ± 177.0	1504.0 ± 150.3	2453.4 ± 153.5	976.3 ± 81.7
p	Pre-BSSRO vs post-BSSRO ^a	Male	F1	0.262	0.484	0.484	0.123	0.484
			F2	0.327	0.012	0.036	0.866	0.093
		Female	F1	1.000	0.674	0.735	0.401	0.889
			F2	0.327	0.889	0.779	0.674	0.263
	Pre-BSSRO vs normal ^b	Male	F1	0.046	0.065	0.207	0.377	0.284
			F2	0.008	0.501	0.629	0.737	0.200
		Female	F1	0.257	0.159	0.016	0.248	0.215
			F2	0.674	0.022	0.933	0.515	0.257
	Post-BSSRO vs normal ^b	Male	F1	0.029	0.081	0.192	0.916	0.501
			F2	0.004	0.186	0.674	0.950	0.705
		Female	F1	0.294	0.231	0.053	0.556	0.239
			F2	0.900	0.046	0.721	0.378	0.529

- nonlinear dynamics and conventional acoustic analyses、J Cranio-Maxillofac Surg、査読有、2012、in press
- ② Mishima K.、他 7 名、2 番目、Orthognatic surgery in an acromegalic patient with obstructive sleep apnea syndrome、Sleep Breath、査読有、2012、in press
- ③ Mishima K.、他 8 名、2 番目、A new method for determining the optimal CT threshold for extracting the upper airway、Dentomaxillofac Radiol、査読有、2012、in press
- ④ Mishima K.、他 9 名、2 番目、Efficacy of the Silensor for treating obstructive sleep apnea syndrome、Oral Maxillofac Surg、査読有、2012、in press
- ⑤ Mishima K.、他 5 名、1 番目、Nonlinear dynamic analysis of vowels in cleft palate children with or without hypernasality、Int J Otolaryngol、査読有、Article ID 739523、2012
- ⑥ Mishima K.、他 5 名、2 番目、A Case report of Zimmermann-Laband syndrome、J Clin Pediatr Dent、査読有、36(3)、297-300、2012
- ⑦ Mishima K.、他 4 名、1 番目、Lyapunov exponents for Japanese vowels in normal adult and cleft palate speakers、Folia Phoniater Logop、査読有、63(3)、129-133、2011
- ⑧ Mishima K.、他 3 名、1 番目、Analysis of lip motion using principal component analyses、J Cranio-Maxillofac Surg、査読有、39(4)、232-236、2011
- ⑨ Mishima K.、他 3 名、3 番目、3-Dimensional cone-beam computed tomography analysis of transverse changes with Schwarz appliances on both jaws、Angle

- Orthod、査読有、81(4)、670-677、2011
- ⑩ 三島克章、他 5 名、4 番目、呼吸障害と嚙下障害をきたした軟口蓋多形腺腫の 1 例、日口外誌、査読有、57(6)、345-349、2011
- ⑪ 三島克章、他 5 名、5 番目、Surface-Based Registration を利用した 3 次元 Cone-Beam Computed Tomography Images の重ねあわせとその応用例 (2)、矯正臨床ジャーナル、査読有、27(6)、99-107、2011
- ⑫ Yamada T.、Mishima K.、他 6 名、3 番目、Effect of 2, 3, 7, 8-tetrachloro-dibenzo-p-dioxin suggests abnormal palate development after palatal fusion、Congenit Anom (Kyoto)、査読有、50(2)、77-84、2010
- ⑬ Yamada T.、Mishima K.、他 5 名、2 番目、A case of ATLL (adult T-cell leukemia/lymphoma) mimicking dental infectious disease、Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod、査読有、109(6)、e51-5、2010
- ⑭ Yamada T.、Mishima K.、他 5 名、2 番目、Nasolabial morphological changes after a Le Fort I osteotomy: a three-dimensional anthropometric study、J Craniofac Surg、査読有、21(4)、1089-1095、2010
- ⑮ Moritani N.、Mishima K.、他 6 名、7 番目、Atypical lipomatous tumor of the tongue: report of a case、Acta Med Okayama、査読有、64(4)、257-261、2010
- ⑯ Mishima K.、他 3 名、3 番目、Using superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography images in growing patients、J Clin Pediatr Dent、査読有、34(4)、361-367、2010

- ⑰ Mishima K.、他 6 名、8 番目、Preliminary cone-beam computed tomography study evaluating dental and skeletal changes after treatment with a mandibular Schwarz appliance、Am J Orthod Dentofacial Orthop、査読有、138(3)、262e1-11、2010
- ⑱ 山田朋弘、森谷徳文、三島克章、松村達志、池田篤司、菅原利夫、下顎骨病的骨折を契機に診断し得た多発性骨髄腫の 1 例、日口外誌、査読有、56(2)、65-69、2010
- ⑲ 三島克章、他 5 名、4 番目、ビスフォスフォネート系薬剤による下顎骨壊死に区域切除を行った 1 例、口科誌、査読有、59(1)、36-40、2010

〔学会発表〕 (計 20 件)

- ① Nakano H.、Mishima K.、et al.、Relationship between airway volume and sleep-disordered breathing、Worldsleep2011、2011/10/17、Kyoto 京都国際会館
- ② Matsushita A.、Mishima K.、et al.、Effects of orthognathic surgery on airway and sleep disordered breathing、Worldsleep2011、2011/10/17、Kyoto 京都国際会館
- ③ Suga H.、Nakano H.、et al.、Differences between a rigid oral appliance and a semi-rigid appliance for the treatment of obstructive sleep apnea syndrome、Worldsleep2011、2011/10/17、Kyoto 京都国際会館
- ④ Matsumura M.、Mishima K.、et al.、Effects of the Silensor treatment for the obstructive sleep apnea syndrome cases、Worldsleep2011、2011/10/17、Kyoto 京都国際会館
- ⑤ 三島克章、他、下顎前突症患者における顎矯正手術前後の音声・言語の特徴、第 21 回日本顎変形症学会総会、2011/6/16、東京 学術総合センター
- ⑥ 梅田浩嗣、三島克章、他、動画距離画像を用いた顎変形症治療におけるスマイルの解析法の開発、第 21 回日本顎変形症学会総会、2011/6/16、東京 学術総合センター
- ⑦ 三島克章、われわれの口唇口蓋裂一貫治療 - 口腔諸機能の回復を目指して -、平成 23 年度山口産科婦人科学会総会、2011/6/5、山口 山口県医師会館
- ⑧ 三島克章、他、口蓋裂患者の発話母音に
対する非線形力学解析の応用 第 1 報：健常者と口蓋裂患者の比較、第 35 回日本口蓋裂学会総会、2011/5/26、新潟 朱鷺メッセ
- ⑨ 松下明日香、三島克章、他、口蓋裂患者の発話母音に対する非線形力学解析の応用 第 2 報：開鼻声の有無での比較、第 35 回日本口蓋裂学会総会、2011/5/26、新潟 朱鷺メッセ
- ⑩ 三島克章、他、当科における口唇・口蓋裂一貫治療の取り組み - 口腔諸機能と顎顔面形態の回復を主眼として -、第 53 回山口形成外科研究会、2011/2/3、山口 山口大学
- ⑪ 三島克章、顔と口の形と機能、第 59 回岡山大学第一口腔外科同門会総会、2010/10/30、岡山 岡山大学
- ⑫ 平田あずみ、他、Homeobox family HOXC 遺伝子は口蓋形成に関与する、第 55 回日本口腔外科学会総会、2010/10/16、千葉 幕張メッセ
- ⑬ 井村英人、他、口唇口蓋裂に関する実験的研究-第 124 報-器官培養による口蓋突起癒合時の観察、第 55 回日本口腔外科学会総会、2010/10/16、千葉 幕張メッセ
- ⑭ 松村達志、三島克章、山田朋弘、他、顎骨後方移動術が舌骨の位置と睡眠呼吸状態に及ぼす影響、第 55 回日本口腔外科学会総会、2010/10/16、千葉 幕張メッセ
- ⑮ 米満幸司、他、下顎骨中心性神経鞘腫の 1 例、第 55 回日本口腔外科学会総会、2010/10/16、千葉 幕張メッセ
- ⑯ 三島克章、顎顔面の形状計測と運動機能解析法の開発と臨床応用、第 64 回日本口腔科学会総会、2010/6/25、札幌 札幌プリンスホテル
- ⑰ 池谷陽子、三島克章、他、5 歳男児に発生した歯牙腫を伴う石灰化嚢胞性歯原性腫瘍の 1 例、第 64 回日本口腔科学会総会、2010/6/25、札幌 札幌プリンスホテル
- ⑱ 森谷徳文、山田朋弘、他、まれな病態を呈した静止性骨空洞、第 64 回日本口腔科学会総会、2010/6/25、札幌 札幌プリンスホテル
- ⑲ 合田裕、三島克章、他、顎裂部骨移植後インプラント植立にて咬合形成した症例の臨床評価、第 64 回日本口腔科学会総会、2010/6/25、札幌 札幌プリンスホテル
- ⑳ 松村達志、三島克章、他、歯科インプラントの上顎洞迷入後に嗅覚障害を来した一例、第 39 回日本口腔外科学会中・四国地方会、2010/5/22、徳島 徳島大学

〔図書〕（計 2 件）

- ① 三島克章、山田朋弘、菅原利夫（日本口腔外科学会編集）、医歯薬出版、口腔外科専門医マニュアル「顎口腔領域の硬組織・軟組織に生じる良性腫瘍と嚢胞の手術」、2011、95-105
- ② 山田朋弘、三島克章、菅原利夫（日本口腔外科学会編集）、医歯薬出版、口腔外科専門医マニュアル「消炎手術」、2011、72-94

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三島 克章 (MISHMA KATSUAKI)
山口大学・大学院医学系研究科・准教授
研究者番号：60304317

(2) 研究分担者

松村 達志 (MATSUMURA TATSUSHI)
岡山大学・医歯薬学総合研究科・助教
研究者番号：70432648

森谷 徳文 (MORITANI NORIFUMI)
岡山大学・医歯薬学総合研究科・助教
研究者番号：60467751

中野 旬之 (NAKANO HIROYUKI)
山口大学・医学部附属病院・医員
研究者番号：60511730