老人福祉施設における SPG を活用した「声と健康」に関する実験音声学的一考察

平尾　麻衣子 †

【要旨】本研究は、老人福祉施設に通所する高齢者の音声を、実験音声学的方法によって分析することにより、高齢化に伴う様々な声の変化や特徴の一端を模索したものである。フォルマント周波数値と SPG の評価を中核とする分析結果から、高齢者の調音の特徴や音種ごとの難度、トレーニングの成果が期待できる音種、そしてその一因が示唆された。特に今回の観察の範囲では、/i/ が音質的に/e/ に近くなっている被験者が目立ったところから、これは高齢者に特有の音声的特徴の一つではないかと考えている。

キーワード：声と健康、老人福祉施設、SPG、超高齢化社会、介護予防

1. はじめに

平成 29 年 10 月現在、日本の 65 歳以上人口は、3,515 万人となり、総人口 に占める割合（高齢化率）も 27.7%となった。「団塊の世代」が 75 歳以上となる 2025 年には 30%超、2036 年に 33.3%で 3 人に 1 人となる。2042 年以降は 65 歳以上人口が減少に転じても高齢化率は上昇を続け、2065 年には 38.4%に達して、国民の約 2.6 人に 1 人が 65 歳以上の者となる社会が到来すると推計[1]される。

このような超高齢化社会を迎えた日本において、平均寿命ではなく「健康寿命」をどう延伸するか。元気な高齢者を増やし、社会で活躍してもらうにはどうすればよいか、この問題の具体的な解決策となるプログラムや事業が求められている。

厚生労働省は、国民の健康増進の基本方針を示した「健康日本 21」において、健康の評価を ADL（Activities of Daily Living、日常生活動作）だけではなく、QOL（Quality of Life、生活の質）の視点から行う事が不可欠であると提言している。しかしながら、その具体的な施策として挙げられているのは、栄養・食生活、身体活動・運動、休養、飲酒、喫煙、歯・口腔の健康に関する生活習慣の改善及び社会環境の改善であり[2]、残念ながら「言語」や「音声」という視点が抜け落ちている事を重要視しなければならない。

2. 目的

本研究は、人間として真の健康寿命を考えるとき、「話せる」という能力は、食べられる、歩けるとともにその 3 大要素となるべきと考え、(1) 高齢化に伴う様々な声の変化や特徴を実験

†特定非営利活動法人声とことばの力

[1]内閣府、平成 30 年度版高齢社会白書第 1 章高齢化の状況より。

[2]厚生労働省、平成 24 年公示「二十一世紀における第二次国民健康づくり運動（健康日本 21（第二次））」より。

音声学的研究によって明らかにする、(2) 高齢者特有の声の変化をもたらす原因を明らかにするとともにその改善策を模索する、(3) 介護予防事業や老人福祉施設におけるトレーニングプログラムに反映していく。「声」という側面から高齢者の健康寿命延伸に寄与することを目的とした、長期プロジェクトの一端である。

本稿においては、まず (1) 高齢化に伴う様々な声の変化や特徴を実験音声学的手法により明らかにすることを目的とした。

3. 方法

発表者が定期的に訪問し、声出しプログラム [3]を行っている東京都足立区の老人デイサービスセンターにおいて、75～96 歳の被験者 10 名 [4]（男性 4 名:m1～4、女性 6 名:f1～6）の、プログラム実施後の被験者が調音した/i/、/a/、/o/の音声を収録した。被験者の情報を表 1 に示す。（表 1）

音種については、子音は調音が複雑であり、被験者の滑舌等の問題もあるため、今回は手始めとして 3 種の母音に限定した調査を行った。なお、3 母音に絞り込む際に通常は/i/、/a/、/u/とすべきところだが、城生（1989、1998）は、/u/に関して、標準的な日本語では非円唇性母音であるが、沖縄をはじめとする京都以西では円唇性が顕著であるなど、方言による影響を示唆しており、方言差を考慮して同じ後舌母音に分類される/o/ を採択し、/i/、/a/、/o/をとした。（表 2）

録音機器は TASCAM DR-07MKⅡを用い、量子化 16bit、サンプリングレートは 44.1KHz の設定でモノラル録音した。収録した音声は、音声編集用ソフト Cool edit 2000 を用いて音源に正規化 [5]をかけて入力レベルを一定にし、Multi-Speech 3700 を用いて解析した。

表 1：被験者情報

被験者番号	性別	年令	言語形成地	介護認定
m1	男	86	東京都江戸川区	介護2
m2	男	78	滋賀県彦根市	要支援1
m3	男	79	岩手県男鹿郡	介護3
m4	男	81	東京都足立区	介護4
f1	女	88	東京都荒川区	要支援2
f2	女	80	福島県福島市	介護4
f3	女	96	山形県山形市	介護1
f4	女	83	東京都板橋区	介護1
f5	女	76	北海道室蘭市	介護2
f6	女	75	岩手県盛岡市	要支援2

[3]筆者が日常的に朗読現場で声を出す前の準備体操として行っている、顔の体操（フェイストレーニング）、腹式呼吸と発声、テキストを用いた発声練習を 30 分で構成したトレーニングメニュー。毎回収録前に、被験者を含めた最大 15 名の通所者に対して実施し、直後に被験者を 1 人ずつ個室へ移動してもらい、音声収録を行った。

[4]被験者は、老人デイサービスセンターに通所する方のうち、1.カラオケのレクリエーションに良く参加し、声を出す事に抵抗のない方、2. 研究の同意書に本人あるいは代理人による署名が可能な方という条件を満たす方に協力を依頼した。

[5]正規化の値は、全データ一律で 55%にした

表 2：調査資料

指示：次の母音を長く引いて発音してください。
イーーーーー、イーーーーー、イーーーーー。
アーーーーー、アーーーーー、アーーーーー。
オーーーーー、オーーーーー、オーーーーー。

4. フォルマント周波数値からみる 1〜3 回目の音声分析結果

被験者の 1〜3 回目音声を分析すると、表 3〜5 のような結果となった。

なお、被験者 f1 は 3 回目の音声収録を身体的問題から行わなかったため、他 9 名の被験者の音声を分析した結果を示す。

表 3：/i/ の 1〜3 回目のフォルマント周波数値比較

被験者番号	/i/ 1回目		/i/ 2回目		/i/ 3回目	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
m1	270	2350	280	2300	380	2310
m2	350	2260	350	2280	340	2200
m3	370	2250	320	2200	380	2130
m4	280	2200	290	2290	300	2400
f2	480	2800	550	2700	560	2500
f3	410	2470	460	2320	440	2400
f4	340	3100	300	3130	370	3200
f5	410	2700	520	2650	490	2750
f6	490	2700	510	2600	540	2480
平均	378	2537	398	2497	422	2486
標準偏差	73.45	288.94	104.33	283.67	85.48	304.42

表 4：/a/ の 1〜3 回目のフォルマント周波数値比較

被験者番号	/a/ 1回目		/a/ 2回目		/a/ 3回目	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
m1	880	1010	730	910	800	950
m2	630	800	740	900	730	890
m3	700	920	870	1100	620	820
m4	720	870	670	960	680	810
f2	800	1060	840	1120	800	1090
f3	900	1270	810	1020	840	1000
f4	850	1050	830	1250	850	1020
f5	830	1030	780	1060	730	960
f6	820	1030	920	1200	720	960
平均	792	1004	799	1058	752	944
標準偏差	84.95	126.50	72.79	115.74	71.92	86.30

表 5：/o/ の 1〜3 回目のフォルマント周波数値比較

被験者番号	/o/ 1回目		/o/ 2回目		/o/ 3回目	
	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
m1	530	900	540	910	540	720
m2	470	640	450	650	460	610
m3	480	710	460	900	640	850
m4	430	850	450	820	410	810
f2	600	820	600	910	590	940
f3	560	950	450	880	510	850
f4	550	980	530	800	560	880
f5	610	820	510	760	640	860
f6	600	810	670	900	460	690
平均	537	831	518	837	534	801
標準偏差	60.74	101.81	72.84	83.67	76.90	99.60

5. 考察

5.1 音種毎の 1〜3 回目のフォルマント周波数値に関する考察

5.1.1 /i/における比較

/i/は 3 音種中、第 1、第 2 フォルマントどちらの周波数の値も、被験者全体のばらつきが大きかった。（図 1）

成人におけるフォルマント周波数値は、粕谷他（1968）や他の文献[6]より、/i/の第 1 フォルマントの平均は男性が 250〜300Hz、女性が 300〜350Hz、第 2 フォルマントの平均は男性が 2000〜2500 Hz、女性が 2500〜3000Hz とされる。第 1 フォルマントの数値は成人平均より高いものが多く、第 2 フォルマントの値は低いものが多く見られた。f2 や f6 の 3 回目の数値は、/e/の第 1 フォルマントの女性の平均値 550〜650Hz、第 2 フォルマントの女性の平均値 2300〜2400Hz に近い値であった。

城生（1998、2005、2015）は第 1 フォルマントの値は開口度、第 2 フォルマントの値は舌位置に対応するとしており、高齢者の場合は/i/を調音する時に十分顎が上がらず、下顎が下がって口が開いてしまう、舌がしっかりと前に出ず、口唇形状も左右にしっかりと引かれていないことから、/e/に近い調音になってしまう場合が多いことが明らかになった。実際、検音の際に/e/に近い音質の音声が多数見られたことは、高齢者の音声の特徴であることが示唆される。

また、個人間で比較してみると（図 2)、やはり第 1 フォルマントの値にばらつきのある被験者が多い。特に m1 は 1、2 回目の値に対して 3 回目の値が特に高くなっているが、これは音声収録期間中に入れ歯の交換を行っており、被験者自身口の開け閉てに不具合を訴えていた。入れ歯の影響が口の開閉に支障をきたして正しい調音が阻害される、という現象も高齢者の音声を分析する際に考慮する必要があることを認識させられた。

[6]書籍「フーリエの冒険」(2013）では、男女各 25 人の 5 母音のフォルマント周波数値の平均を示している。

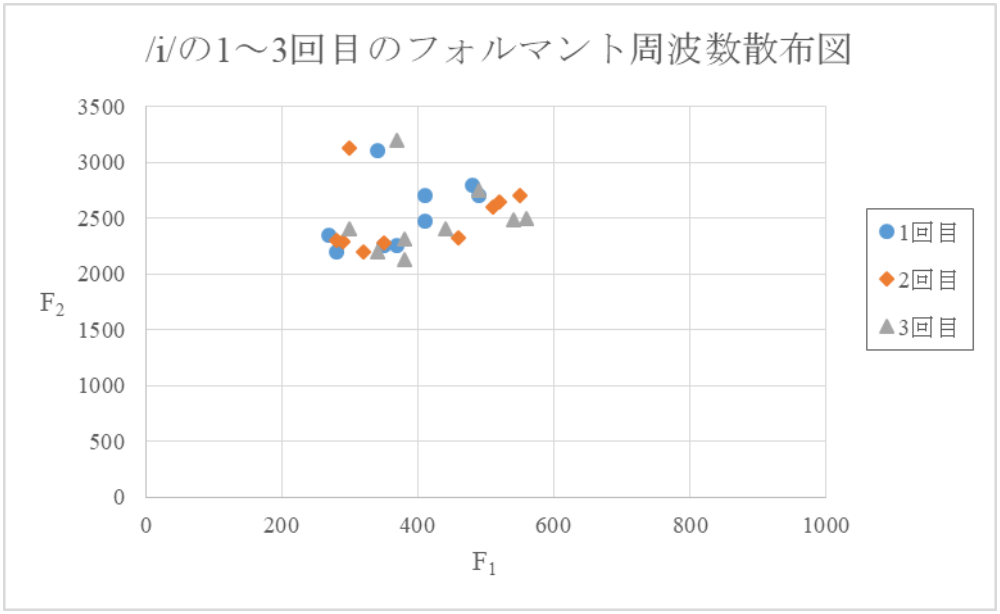

図 1：/i/の 1～3 回目のフォルマント周波数散布図

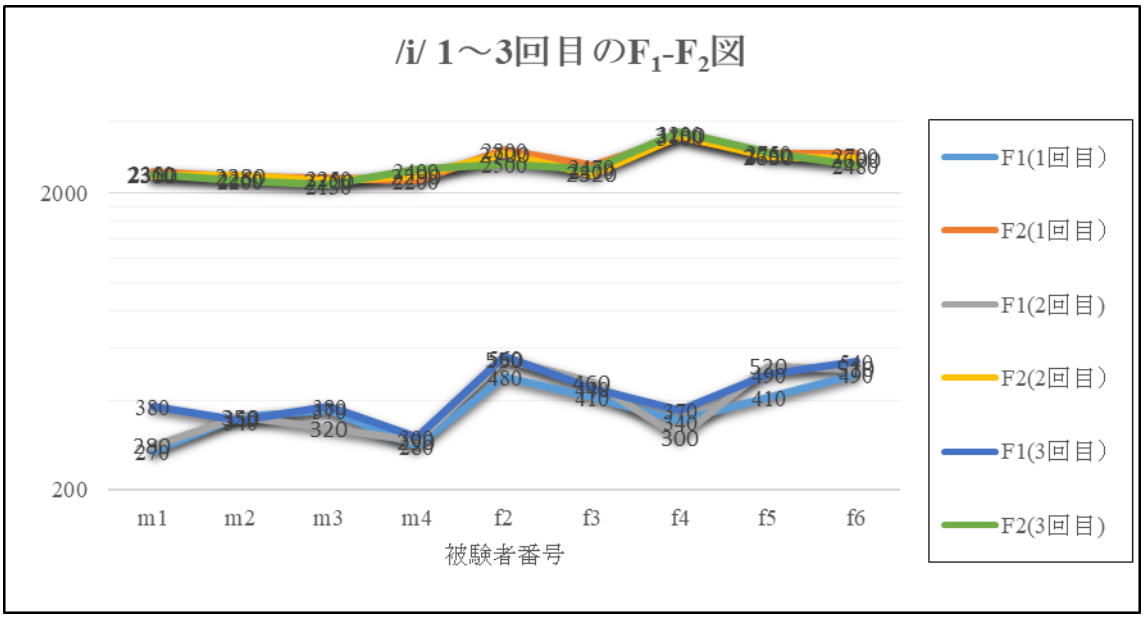

図 2：/i/の 1～3 回目の F_1-F_2 図

5.1.2　/a/における比較

/a/は被験者全体で第 1 フォルマントの値にばらつきが見られた。（図 3）

成人における/a/のフォルマント周波数値の平均は、第 1 フォルマントが男性は 750～800Hz、女性が 800～850Hz、第 2 フォルマントが男性は 1200～1300Hz、女性は 1300～1400Hz であるが、第 1 フォルマントの値は平均値より低い値が散見された。特に m2 の 1 回目や m3 の 3 回目の値は低く、下顎が下がらず、口の開きが十分ではなかったと考えられる。

第 2 フォルマントの値は全て平均値より低い値となり、健常な成人と比較して高齢者は/a/の調音時、舌の調音位置が後退する傾向があると示唆できる。伊賀上他（2014）は、高齢者は加齢により口や舌の筋肉が衰え、口や舌を大きく動かす音素の調音が困難になるとしているが、本研究の被験者も口を大きく開き、舌を十分に動かして調音出来ていなかったと考えられる。

また、個人間で比較してみると（図 4）、第 2 フォルマントの値にばらつきがみられる被験者が多かったが、m3 は第 1、第 2 フォルマントどちらの値もばらつきが見られ、/a/という音種については毎回安定した調音をすることが困難であったと考えられる。この被験者は認知機能の低下症状がみられ、会話の状態も収録日によってまちまちであった。加藤他（2011）は発話音声の韻律特徴と HSD-R[7]の相関を分析することで、音声による認知症の早期スクリーニングが可能となるとしているが、口や舌を大きく動かす音種において認知機能低下の 1 つの特徴が表れる可能性も示唆される。

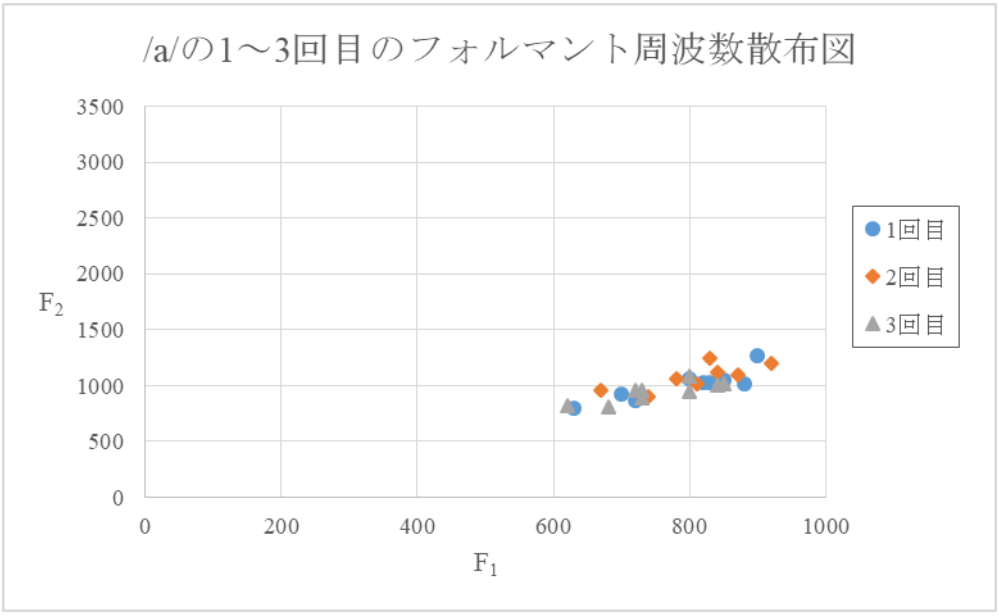

図 3：/a/の 1～3 回目のフォルマント周波数散布図

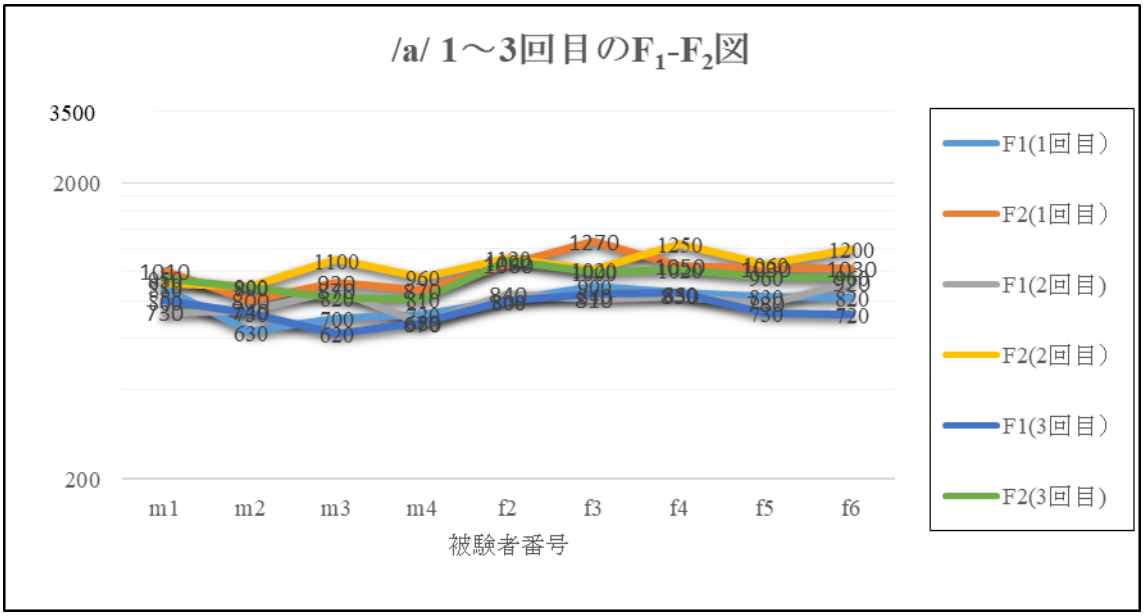

図 4：/a/の 1～3 回目の F_1-F_2 図

[7]長谷川式認知症スケール。9 項目の設問で構成されている認知機能の低下をみる検査の一つ。医療現場で広く使用されている。

5.1.3 /o/における比較

/o/は 3 音種の中で、第 2 フォルマントの値は最も全体のばらつきが少なかったが、第 1 フォルマントの値にばらつきが見られた。（図 5）

成人における/o/のフォルマント周波数値の平均は、第 1 フォルマントが男性は 500～600Hz、女性が 600～700Hz、第 2 フォルマントが男性は 800～900Hz、女性は 900～1000Hz であるが、高齢者も健常な成人の値と比較して、とりわけ大きく数値が変わらなかった。

しかし、個人間で比較してみると（図 6）、被験者によって数値に大きなばらつきが見られ、一部の高齢者にとっては、毎回安定した調音を行うことが難しい音種であると考えられる。入れ歯による音声への影響がみられる m1、認知機能に低下がみられる m3 の被験者だけではなく、/i/や/a/の調音では特段大きな数値のばらつきが見られなかった f6 の被験者にも数値のばらつきが見られ、健常な高齢者でも調音の差が出る音種であることが示唆された。

城生（1998）は標準的な日本語の母音で、/o/は唯一口唇を積極的にまるめる円唇性母音であるとしているが、高齢者は筋力の低下により、充分に唇をまるめることが出来ていないということも、調音に差が出る一因であると考えられる。

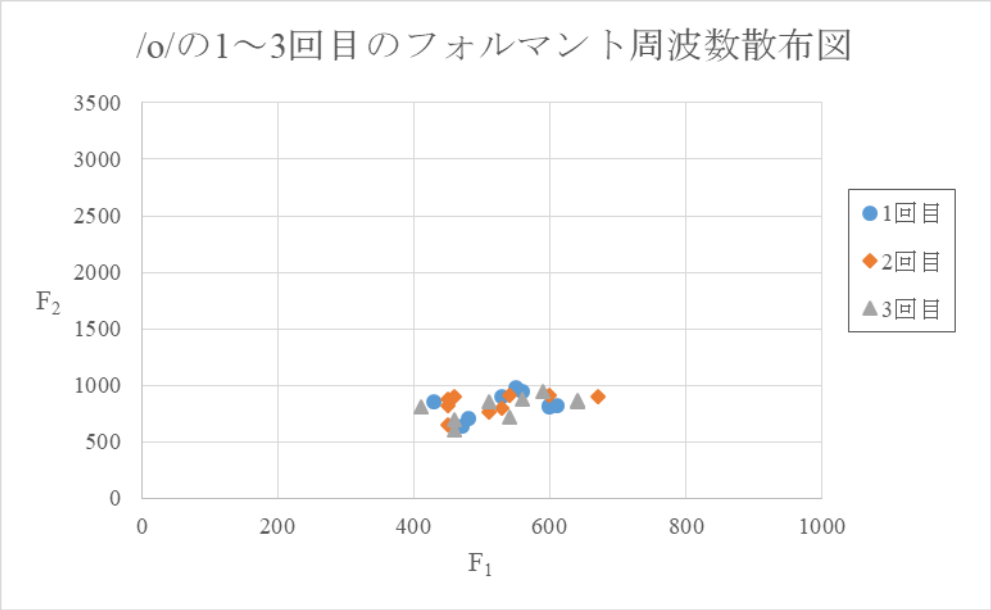

図 5：/o/の 1～3 回目のフォルマント周波数散布図

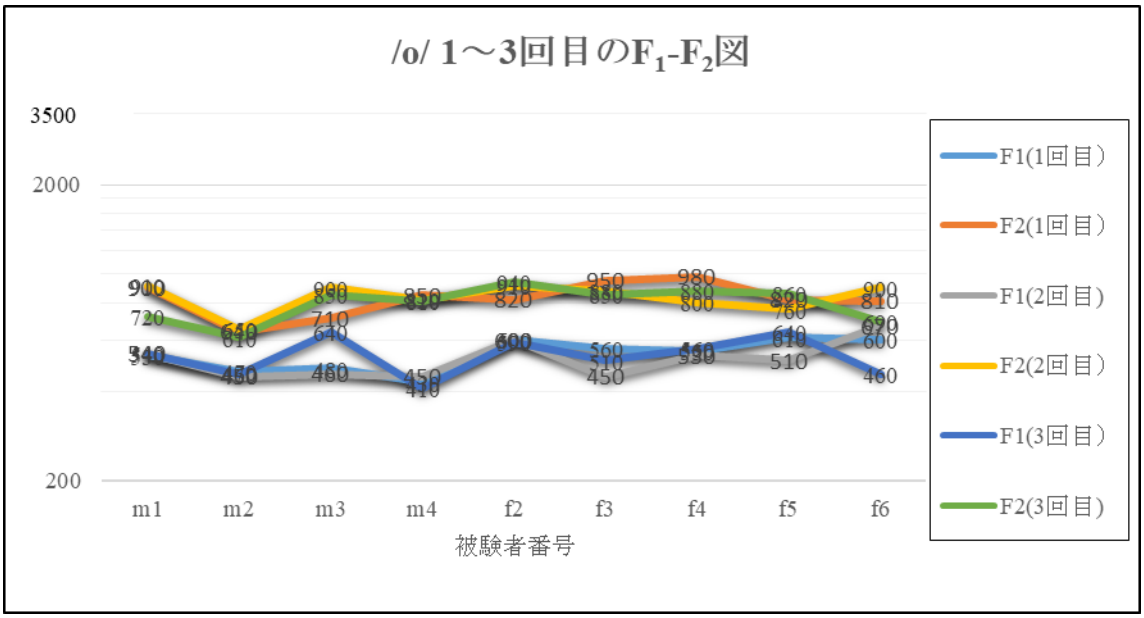

図 6：/o/の 1～3 回目の F_1-F_2 図

5.1.4　フォルマント周波数からみる、高齢者の音声の特徴

高齢者の音声の特徴を 3 母音で比較すると、/i/のフォルマント周波数値に被験者全体のばらつきがみられ、特に第 1 フォルマントの値が/e/の健常な成人の周波数値に近い値となっている被験者も多くみられ、しっかりと下顎を上げ、口を閉じていない、舌がしっかりと前に出ず、口唇も十分に左右に引かれていないために音質的にも/e/に近い音声となってしまうことは、高齢者の音声の特徴の一つと考えられる。

また、/a/は被験者全体のばらつきが第 1 フォルマントの値に見られ、口の開け方が不十分な被験者が見られた。また、第 2 フォルマントの値が低く、健常な成人と比較して高齢者は/a/の調音時、舌の調音位置が後退する傾向があり、高齢化に伴う口や舌の筋肉の低下が顕著に表れる音種であると考えられる。

/o/については、個人間での数値のばらつきが大きく、認知的、身体的健康にも関連しながら、他音種では特段問題のない高齢者でも、充分に唇をまるめることが出来ないなど、調音が難しい音声である事が明らかになった。

5.2　音種毎の 1～3 回目の SPG の評価結果に関する考察

城生（2017-a、b）は、声年齢の評価を科学的に検証する方法として、SPG の目視による評価が有効な手立ての一つであるとしている。

そこで本研究では、SPG に関する結果を、(1)15KHz を上限に設定した際に、高域周波数値がどこまで出ているか、(2)フォルマントの出方が安定しているか、の 2 点に着目し、(1)、(2)ともにクリアしていれば 3、どちらか一方なら 2、どちらもできなかったら 1 点を付与して評価した。（表 6）

また、1～3 回の評価がどのように変化したかを、表 7 に示し、特徴的な結果には色付けをして示した。

表 6：SPG の評価結果

被験者番号	/i/ 1回目	/i/ 2回目	/i/ 3回目	/a/ 1回目	/a/ 2回目	/a/ 3回目	/o/ 1回目	/o/ 2回目	/o/ 3回目	計
m1	2	2	2	2	2	1	2	2	1	16
m2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	21
m3	1	3	2	2	2	3	3	2	3	21
m4	1	3	2	2	3	2	1	3	1	18
f1	2	2		1	1		1	2		9
f2	2	2	3	2	3	2	1	2	1	18
f3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	20
f4	2	2	2	1	2	2	2	2	1	16
f5	1	3	2	2	2	2	1	2	1	16
f6	3	3	3	2	3	2	1	3	2	22
合計	18	24	20	19	23	20	16	23	14	

表 7：SPG の 1～3 回の評価結果比較

被験者番号	/i/	/a/	/o/
m1	1>3>2	2>1>3	2>1>3
m2	2>3>1	2>3>1	2>3>1
m3	2>3>1	3>2>1	3>1>2
m4	2>3>1	2>3>1	2>3>1
f2	3>2>1	2>3>1	2>3>1
f3	3>2>1	3>2>1	2>1>3
f4	2>3>1	2>3>1	1>2>3
f5	2>3>1	2>3>1	2>3>1
f6	3>2>1	2>3>1	2>3>1

5.2.1 /i/における比較

/i/の SPG 評価は、被験者 9 名中 8 名が 1 回目より 2 あるいは 3 回目の評価が高くなり、特に被験者 f2 、f3、f6 は 1 回目より 2 回目、2 回目より 3 回目と評価を上げている。（図 7～9）

また、被験者 m3、m4、f9 の 3 名は、1 回目は 1 点だった得点を 2 回目は 3 点まで向上させ、3 回目も 2 点で維持している。

今回の音声収録は声出しプログラムの直後に行っており、/i/は 3 音種のうち、高齢者でも定期的な訓練を重ねることにより、最も成果が見られる音種であると推察される。

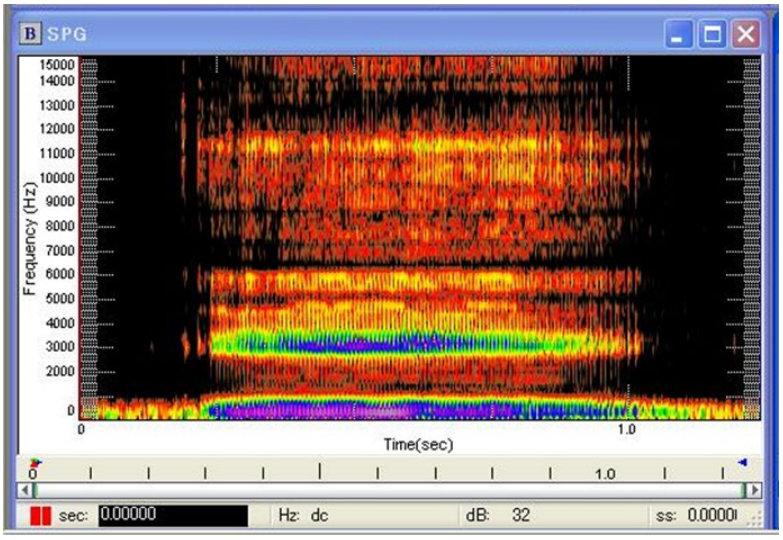

図 7：被験者 f2 の 1 回目/i/の SPG

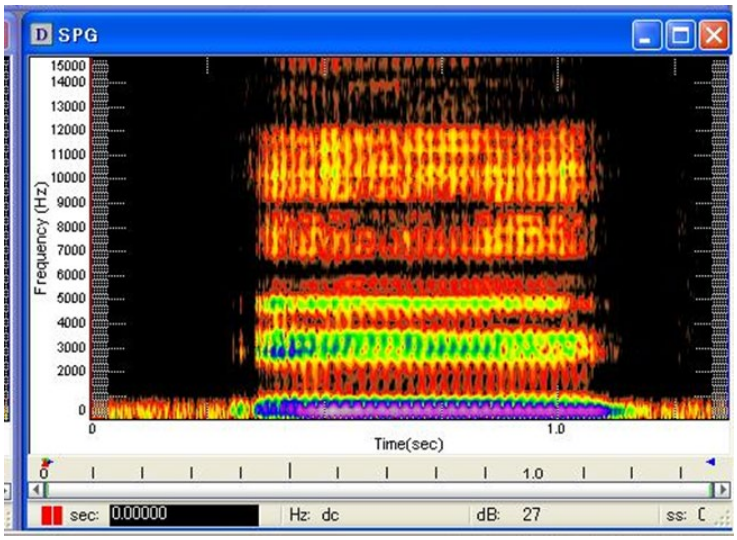

図 8：被験者 f2 の 2 回目/i/の SPG

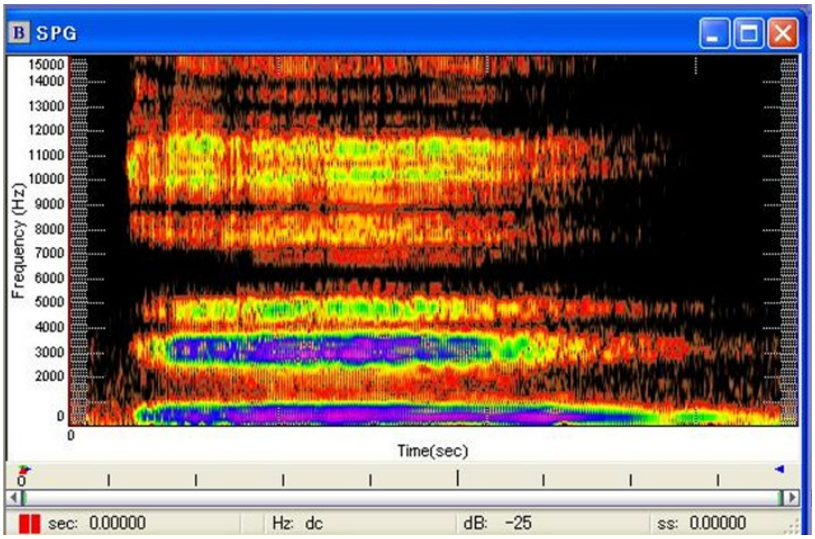

図 9：被験者 f2 の 3 回目/i/の SPG

5.2.2　/a/における比較

/a/の SPG 評価は、被験者 9 名中 8 名が 1 回目より 2 あるいは 3 回目の評価が高くなり、特に被験者 m3、f3 は 1 回目より 2 回目、2 回目より 3 回目と評価を上げている。（図 10～12）

また、被験者 f4 は、1 回目は 1 点だった得点を 2 回目は 2 点まで向上させ、3 回目も 2 点で維持し、被験者 m3、f3 は 1、2 回目ともに 2 点だった得点を 3 回目は 3 点まで向上させている。

フォルマント数値の結果と合わせて考えると、口の開閉や舌の運動などのトレーニングメニューを充実させることにより、訓練の効果が期待出来る音種であると推察される。

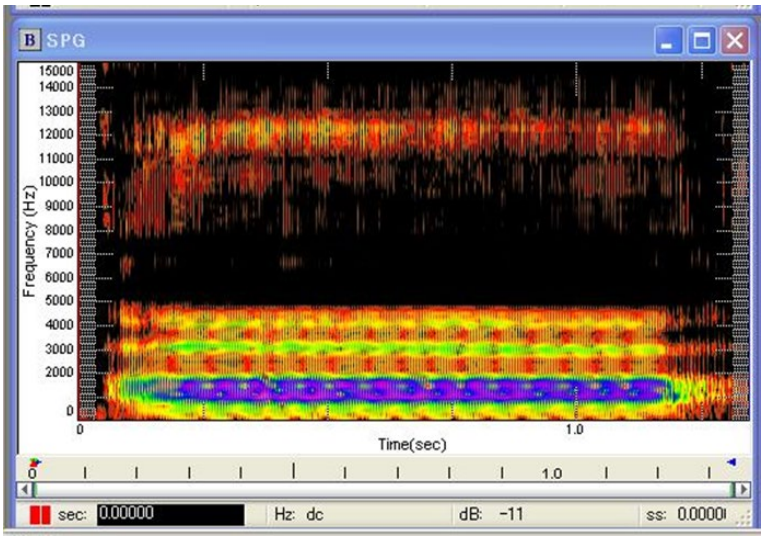

図 10：被験者 f3 の 1 回目/a/の SPG

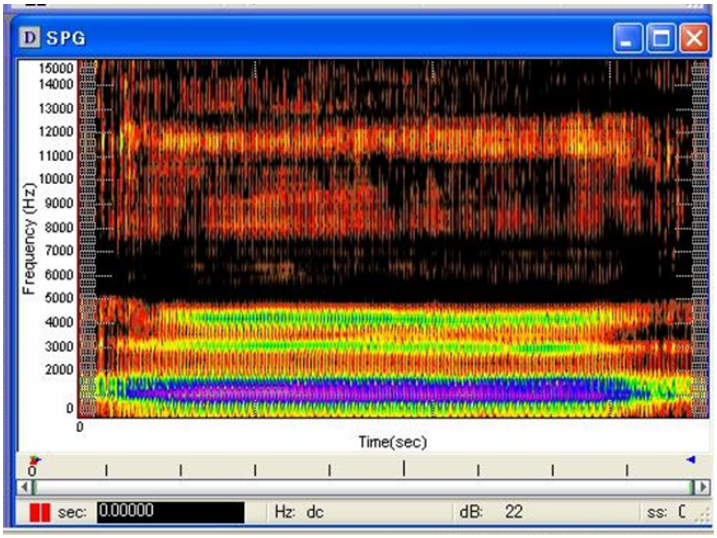

図 11：被験者 f3 の 2 回目/a/の SPG

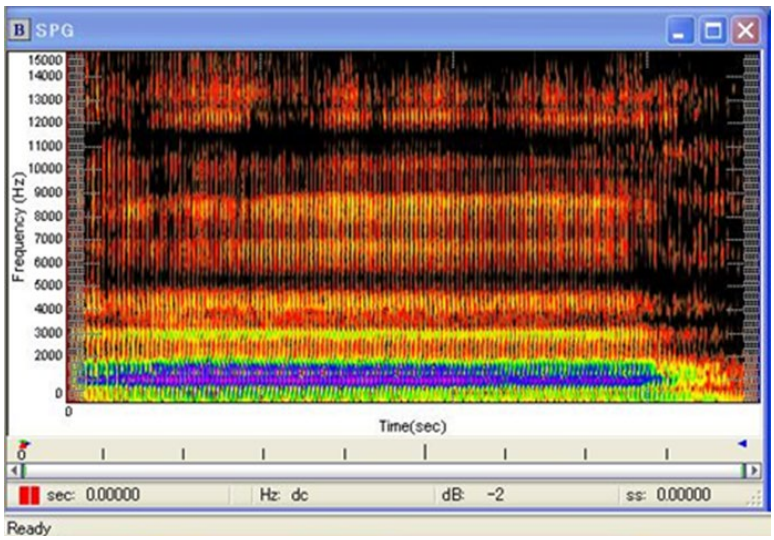

図 12：被験者 f3 の 3 回目/a/の SPG

5.2.3　/o/における比較

/o/の SPG 評価は、被験者 9 名中 5 名が 1 回目より 2 あるいは 3 回目の評価が高くなった。しかし、1 回目より 2 回目、2 回目より 3 回目と得点をあげた被験者はおらず、評価の順序もまちまちであった。

また、3 回の得点の合計も、/i/、/a/がともに 62 点であったのに対し、/o/は 53 点と低く、高齢者では最も難度の高い音種であったと言える。

3 回のうち、最も高評価の 3 点を 2 回獲得したのは、被験者 m3 のみであった。（図 13～15）

/o/については、調音の改善を目指す新たなトレーニングメニューの充実が必要と考えられる。

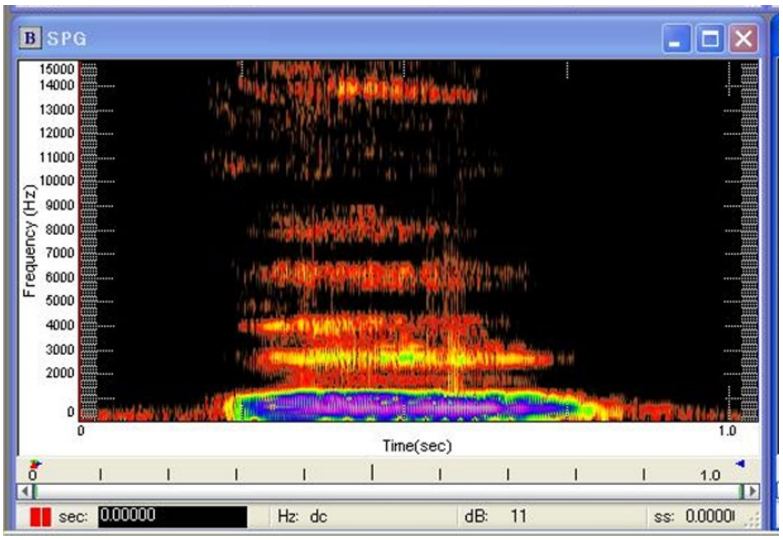

図 13：被験者 m3 の 1 回目/o/の SPG

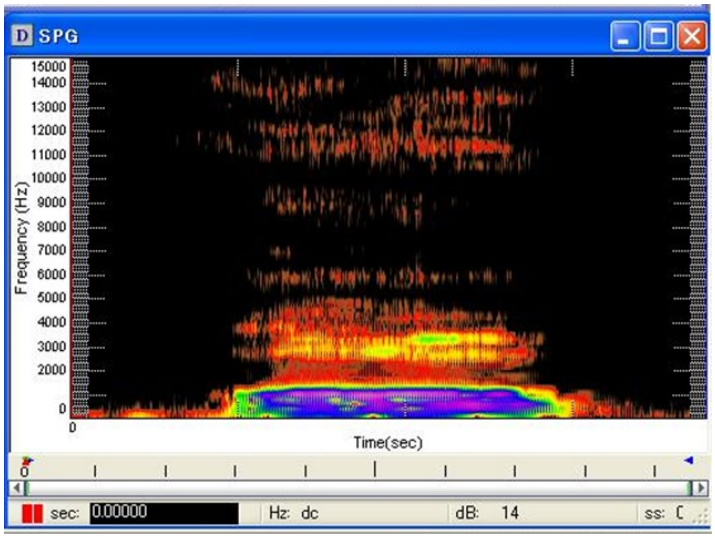

図 14：被験者 m3 の 2 回目/o/の SPG

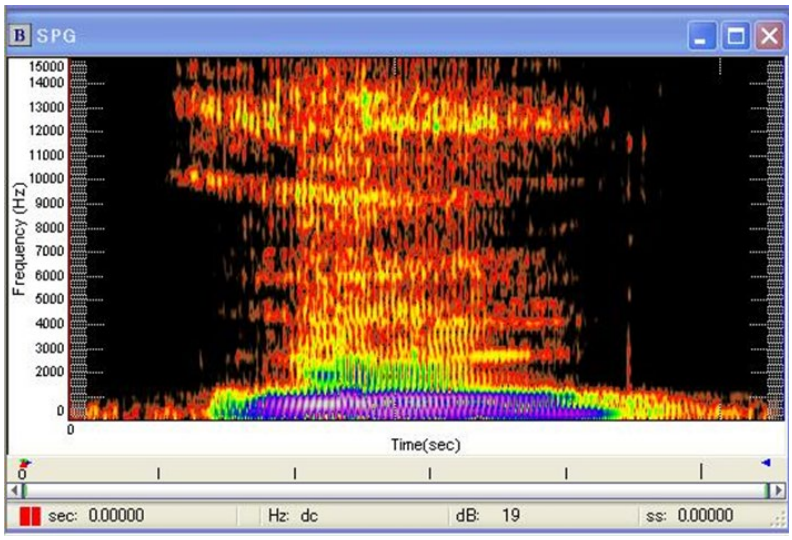

図 15：被験者 m3 の 3 回目/o/の SPG

5.2.4　SPG からみる、高齢者の音声の特徴

高齢者の音声の特徴を 3 音種の SPG の結果から考察すると、/i/が最も訓練効果が得やすい音種であると考えられる。また、/a/についても口の開閉などに特化したトレーニングメニューを行うことにより、高齢者でもある程度の効果が期待出来ると考えられる。

それに対して/o/は高齢者にとって最も安定した調音を行う事が難しい音種であることが明らかになった。フォルマント周波数値は健常な成人の値とそれほど特異な点は認められないにも関わらず高齢者は調音が困難となる理由を明らかにしながら、効果的なトレーニング方法を模索する必要性が示唆された。

6　展望

本研究により、高齢者の音声の実態の一部が明らかになった。今回の被験者については、継続して音声調査を行っていく。

本研究では、目的で挙げた 3 点のうち、1 番目の高齢化に伴う様々な声の変化や特徴の一部が明らかになったに過ぎない。今後はフォルマント周波数値の結果をもとに、高齢者向け指導

メニューの見直しと作成を行っていく。伊賀上他（2014）は、口腔筋機能療法（MFT）[8]が、平野（2018）は音声拡張訓練（VFE）[9]が、高齢者特有の発声の問題を解決する手段として有効ではないか、としている。しかし、筆者がこれまで指導を行ってきた現場で取得したアンケート等の結果をみても、高齢者は例えば「アナウンサーのように正しく、美しい発音になりたい」などという希望を持っている訳ではなく、大きな声が出なくなる、うまく口が回らないなど、会話における煩わしさを軽減したい、と感じる方が多い。城生（2012）、平尾（2004）は、朗読により、高齢化に伴う声の問題を解決する可能性を示唆しており、単なる単調な訓練ではなく、朗読を手法とした楽しく、高齢者がモチベーションを維持しながら継続出来るプログラムが、介護現場での「声のトレーニング」の普及を推進するのではないかと考えている。

また、今後はSPGの評価による、声の良し悪しの評価基準を定め、高齢者の「声と健康」という問題を掘り下げていくとともに、研究結果を介護予防や老人福祉施設における実施プログラムに反映させ、「声」という側面から高齢者の健康寿命延伸に寄与したい。

【参照文献】

平野滋（2018）「アンチエイジングへの挑戦―声のアンチエイジング―」『耳鼻咽喉科雑誌』121-1:1-7

平尾登紀子（2004）「朗読学研究試論―高齢化社会と朗読に関する実験音声学的考察―」桜美林大学大学院国際学研究科, 修士論文.

伊賀上祐彰・田中裕人・水町光徳・中藤良久（2014）「高齢者音声の音響的特徴に基づいた明瞭性改善方法の検討」『産業応用工学全国大会 2014 講演論文集』20-21.

城生佰太郎 (1989)『音声学』アポロン音楽工業.

城生佰太郎 (1998)『日本語音声科学』サン・エデュケーショナル.

城生佰太郎 (2005)『実験音声学入門』サン・エデュケーショナル.

城生佰太郎 (2012)『日本語教育の音声』勉誠出版.

城生佰太郎 (2015)「実験言語学序説」『実験音声学・言語学研究』7: 1-43. 日本実験言語学会.

城生佰太郎(2017-a)「「声年齢」の評価に関する音声学的研究(1)」『声と健康に関する研究成果第 1 号』1-8. 有限会社げんごろう.

城生佰太郎(2017-b)「「声年齢」の評価に関する音声学的研究(2)」『声と健康に関する研究成果第 2 号』1-21. 有限会社げんごろう.

粕谷秀樹・鈴木久喜・城戸健一（1968）「年齢、性別による日本語 5 母音のピッチ周波数とホルマント周波数の変化」『日本音響学会誌』24-6:355-36.

加藤 昇平, 鈴木 祐太, 小林 朗子, 小島 敏昭, 伊藤 英則, 本間 昭（2011）「高齢者音声韻律特徴を用いた HDS-R スコアとの相関分析－音声を用いた認知症の早期スクリーニングをめざして―」『人工知能学会論文誌』26-2:347-352.

大塚貞子 (2014)「フォルマント周波数値を利用した母音発声指導の可能性についての一考察」『東京女子大学紀要論集』64(2): 311-333. 東京女子大学.

トランスナショナル カレッジ オブ レックス（2013）『フーリエの冒険』言語交流研究所 ヒッポファミリークラブ.

[8]指しゃぶりや舌突出癖など、後天的な筋肉の不調和を、舌や口唇、頬などの口腔顔面筋のトレーニングをとおして整えていく療法。歯科などで用いられる。

[9]医学的根拠に基づき、発声持続時間の延長、音階上昇と下降訓練、一定の高さでの持続発声促進とし、内喉頭筋のバランスを整える訓練。

A study in experimental phonetics of the "Voice and health" using SPG, performed at nursing homes for the elderly

Maiko HIRAO†

This study analyzes the voice condition of elderly people in nursing homes. It was conducted using experimental phonetics methods in order to examine the characteristics of the voices of the elderly and the various changes that may be found accompanying their age.

The results of the formant frequency analysis and sound spectrogram (SPG) evaluation suggest; (1) the articulatory characteristics of elderly people, (2) the difficulty of generating some sound type voices, (3) the sound types that may be expected from the effects of training and (4) the factors that cause such results.

Within the scope of this study, a significant result was observed in the sound quality of the /i/ sound among the candidates of the study. Their /i/ sounds tend to sound closer to /e/.

Consequently I have formed the opinion that this phenomenon is one of the major voice characteristics to occur as an accompaniment to aging.

†*The power of voice and language. Nonprofit Organization*
4-24-19-702 Midori, Sumida, Tokyo 130-0021, Japan
E-mail: m.hirao@koetokotoba.org.