

# パーキンソン病における音声の基本周波数に関する音響学的検討

原著▶

阿部尚子<sup>1)</sup>  
Naoko Abe

西尾正輝<sup>2)</sup>  
Masaki Nishio

**要旨** 男性のディサースリアのあるパーキンソン病(Parkinson's disease ; PD) 21例ならびに比較対照群 47例を対象として、話声位(speaking fundamental frequency ; SFF), SFFの $F_0$ 範囲, SFFの変動係数を音響学的に解析し、以下の結果を得た。

1. SFFでは、PD群は比較対照群より若干高値を示したが、統計学的有意差を認めなかった。
2. SFFの $F_0$ 範囲では、PD群は比較対照群より若干低値を示したが、統計学的有意差を認めなかった。
3. SFFの変動係数では、PD群は比較対照群よりも有意に低値を示した。

以上の結果はPDに起因する運動低下性ディサースリアでは、聴覚的にピッチの異常が著明ではなかったとする報告ならびに声の高さの単調性が高頻度に認められるとする報告を音響学的に裏付けるものといえる。

**キーワード** 話声位, パーキンソン病, 音響解析, ディサースリア

## I. はじめに

ディサースリアとは、発声発語器官の筋制御不全を原因として発話の実行に関与する基本的運動過程のいずれかの過程が障害された一連の発話障害を総称したものである、と定義される<sup>1)</sup>。ディサースリアが構音のみの障害ではなく、呼吸発声機能の障害も含むとする点で国際的に広く見解の一致が得られており、多数の先行研究において、ディサースリアでは音声にかかわる側面も障害されることが報告されている<sup>2-10)</sup>。

聴覚的手法を用いて話声位(speaking fundamental frequency ; SFF)について検討した先行報告例では、Darleyら<sup>2,11)</sup>はパーキンソニズムに伴う運動低下性ディサースリアにおける低すぎるピッチを、廣瀬<sup>4)</sup>はパーキンソン病(Parkinson's disease ; PD)に伴う運動低下性ディサースリアにおける高すぎるピッチを報告している一方で、熊井ら<sup>7)</sup>、福迫ら<sup>8)</sup>はPDに伴う運動低下性ディサースリアにおけるピッチの異常を認めなかったと報告しており、見解が大きく分かっている。

一方、音響学的手法を用いてSFFについて検討した先行報告例では、SFFで変化が認められなかったとする報告<sup>12-14)</sup>がみられる一方で、高値を呈したという報告がみられており<sup>15-24)</sup>、見解の一致が得られていない。SFFが

高くなるという報告が概して多数を占めるものの、その程度は報告者間で多様であるばかりでなく、統計学的に対照群との間に有意差を認めたとするものがある一方で、認めなかったとするものがある。

音声の基本周波数の測定は、簡便性という点から母音/a/を持続発声させたり、特定の語(「こんにちは」など)を発声させて語尾の母音を引き伸ばさせる手法も用いられる。しかし、前者のような発声方法では生理学的要因により容易に変動し、後者も発話サンプルの安定性について疑問がある。そこで、安定した基本周波数値を得るためにはある程度の長さの短文ないし長文をサンプルとしたSFFの測定が必要である。SFFの測定に際して、臨床的にはピアノを用いて最も高頻度に出現する声の高さを同定する聴覚的手法が簡便であることからしばしば用いられる。しかし、平均基本周波数を算出するには音響解析装置が必須であり、発話サンプルにおける有声の周期音を選択的に抽出して数値化して処理し、その総平均値を求めるのが一般的である。SFFに関する研究報告の結果の相違の原因の一つとして上述のような方法論の相違が指摘されている<sup>25)</sup>。

そこで、本研究では日本語を母国語とする男性のディサースリアのあるPDを対象として、SFF, SFFの $F_0$ 範囲, SFFの変動係数を音響学的に解析し、その病態特性を明らかにすることを目的とした。

<sup>1)</sup> 下越病院リハビリテーション課 (〒956-0814 新潟県新潟市秋葉区東金沢1459番地1)

<sup>2)</sup> 新潟医療福祉大学医療技術学部言語聴覚学科 (〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町1398)

[連絡先] 阿部尚子: 下越病院リハビリテーション課 (〒956-0814 新潟県新潟市秋葉区東金沢1459番地1)

TEL: 0250-22-4711 FAX: 0250-24-4740 E-mail: kaetsu\_gengo@nigata-min.or.jp

受稿日: 2012年2月26日 受理日: 2012年4月17日

## Ⅱ. 方 法

### 1. 対象

対象は、他の言語聴覚障害を合併していない成人男性のディサースリアのあるPD患者21例（以下、PD群）である（mean=70.2歳，SD=8.2）。PD群のディサースリアの重症度の指標として発話明瞭度と発話の自然度を取り上げ、両者の散布図を図1に示した。

比較対照群は、アンケート調査（付表1）にておおむね健康で喉頭疾患の既往がなく、かつ聴覚的に音声に異常特徴を認めないことが確認できた60歳以上の健常男性発話者47例である（mean=69.3歳，SD=6.1）。この対象の選択に際して、既往がなくとも音声の異常が聴覚的に認められる者に対しては耳鼻咽喉科医が側視型硬性喉頭鏡を用いて喉頭を観察した。ここでポリープなどの喉頭疾患が認められた者はすべて本研究の対象から除外されている。また、視覚障害により文章の音読が困難であった者、日常生活に影響を及ぼす程度の聴覚障害のある者も対象から除外されている。なお喫煙歴については、JT全国喫煙者率調査<sup>26)</sup>によると比較対照群が30歳代であった昭和43年の30歳代男性の喫煙率は79.3%ときわめて高く、対象を非喫煙経験者のみに限定すると非一般的なバイアスのかかった対象群となるため、今回は喫煙経験の有無は問わなかった。

比較対照群とPD群との年齢の比較では有意差は認められなかった（Studentのt検定）。

### 2. 実施課題

暗騒音38dB(A)の防音室にて、長文「北風と太陽」（計223モーラ）を習慣的で最も安楽な声の高さと大きさで音読させ、DAT（Sony, TCD-D10）を用いて収録した。実験手続きに習熟し習慣的な発声状態での音読が可能となるため、一連の先行報告例<sup>27-31)</sup>にならって事前に1度練習を行わせた。収録時のマイク（Shure, SM48）と口唇間の距離は15cmと一定にした。

### 3. 音響解析

DATから出力した発話サンプルをパーソナルコンピュータに入力し、音響解析ソフトウェアMulti-Speech（KayPentax社製，モデル3700）を用いて、サンプリング周波数44.1kHz，16ビット量子化にて以下を解析した。解析は、全例を筆者の一人であるNAが行った。

#### (1) SFF

SFFの解析に際して有声の周期音を選択的に抽出し、基本周波数の自動解析処理システムを用いて平均基本周波数を求めた。

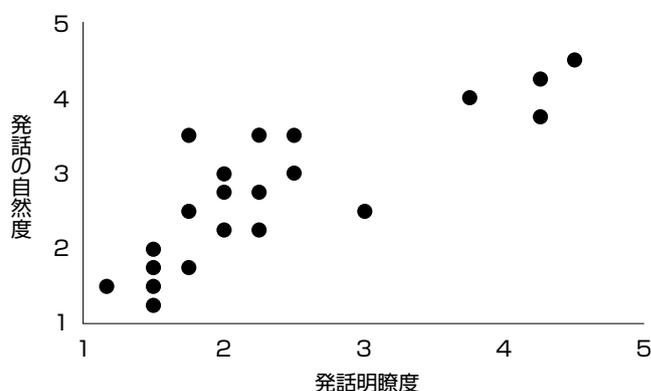


図1 PD群における発話明瞭度と発話の自然度の散布図

#### (2) SFFのF<sub>0</sub>範囲

SFFのF<sub>0</sub>範囲の解析に際して有声の周期音を選択的に抽出し、自動解析処理システムを用いてpitch counterをウィンドウ上に示した。そして、一連の先行研究<sup>15, 23, 32, 33)</sup>にならい最高F<sub>0</sub>値と最低F<sub>0</sub>値の差を求めてF<sub>0</sub>範囲とした。

#### (3) SFFの変動係数

SFFのバラツキもしくは変動性を求める目的で、SFFの変動係数(%)を個々の発話サンプルごとに次式で求めた。  
標準偏差/平均基本周波数×100

### 4. 信頼性

話声位の測定手技の再現性にかかわる信頼性については、同様の手法を用いた西尾ら<sup>25)</sup>により裏づけられている。具体的には、再テスト法を用いて検討し、対象者から無作為に抽出し、1日以上の間隔をおいて、再評価を行い、その結果、測定誤差は1~1.5Hzとごくわずかだったと報告している。

評価者間信頼性については、全例に対して筆者NAが実施しているため検討を行う必要がないと判断した。

### 5. 統計学的解析

統計学的解析は、独立した2群の差の比較にはStudentのt検定を用いた。

なお、本研究の内容については医療法人勤労者医療協会下越病院倫理委員会の審査と承認を得た。

## Ⅲ. 結 果

### 1. SFF

PD群の平均SFFは132.2Hz（SD=29.5）であり、比較対照群（mean=127.4Hz，SD=19.2）より若干高値を示したが、統計学的に有意差は認められなかった（t=0.815，df=66，p>0.05）（図2）。

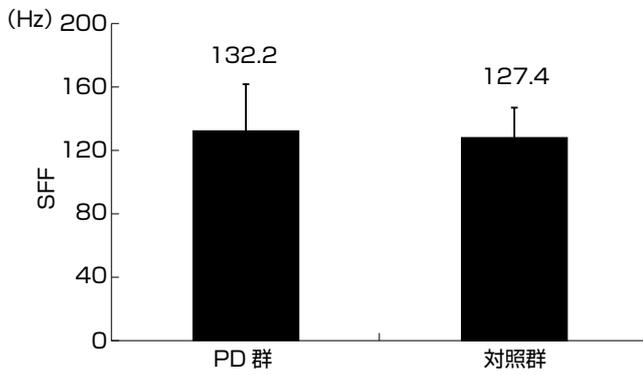


図2 PD 群および比較対照群の SFF (Mean±SD)

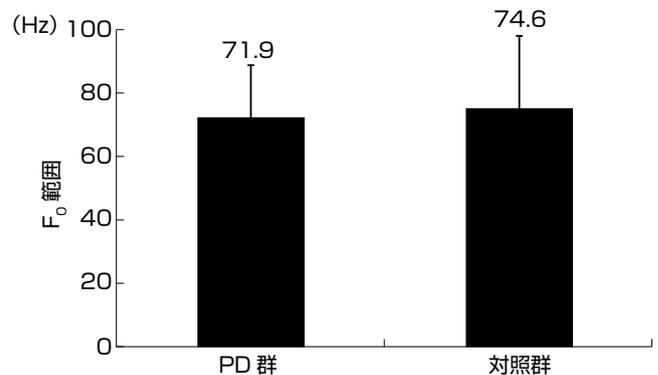
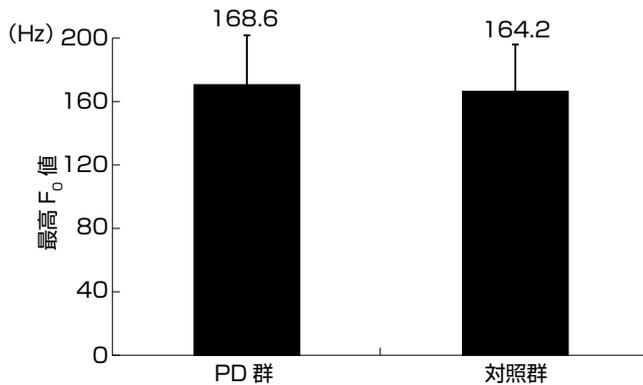


図3 PD 群および比較対照群の SFF の F<sub>0</sub> 範囲 (Mean±SD)



a. SFF の最高 F<sub>0</sub> 値 (Mean±SD)

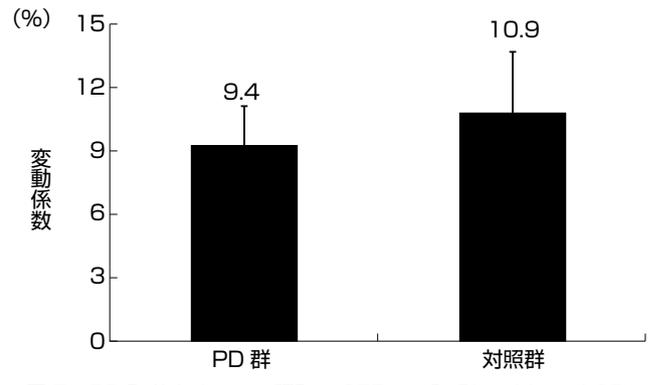
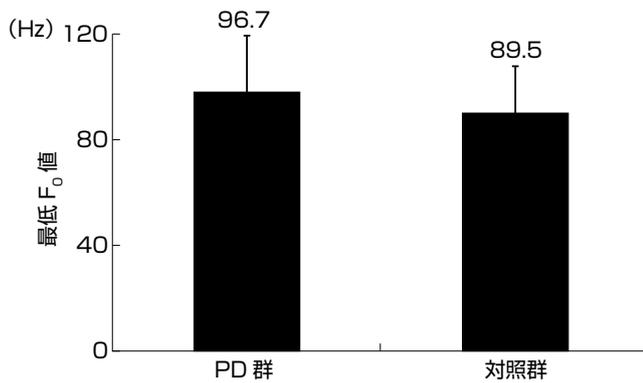


図5 PD 群および比較対照群の SFF の変動係数 (Mean±SD)



b. SFF の最低 F<sub>0</sub> 値 (Mean±SD)

図4-ab PD 群および比較対照群の SFF の最高 F<sub>0</sub> 値の平均 (a) ならびに最低 F<sub>0</sub> 値の平均 (b)

## 2. SFF の F<sub>0</sub> 範囲

PD 群の SFF の F<sub>0</sub> 範囲の平均は 71.9 Hz (SD=16.6) であり、比較対照群 (mean=74.6 Hz, SD=23.3) より若干低値を示したが、統計学的に有意差は認められなかった ( $t=-0.481$ ,  $df=66$ ,  $p>0.05$ ) (図3)。

PD 群の SFF の最高 F<sub>0</sub> 値の平均は 168.6 Hz であり、比較対照群 (mean=164.2 Hz, SD=27.7) より若干高値を示し、PD 群の SFF の最低 F<sub>0</sub> 値の平均は 96.7 Hz であり、比較対照群 (mean=89.5 Hz, SD=16.9) よりも高値を

示したが、いずれも統計学的には有意差は認められなかった (最高 F<sub>0</sub> 値  $t=0.593$ ,  $df=66$ ,  $p>0.05$ , 最低 F<sub>0</sub> 値  $t=1.482$ ,  $df=66$ ,  $p>0.05$ ) (図4-a.b)。

## 3. SFF の変動係数

PD 群の SFF の変動係数の平均は 9.4% (SD=1.8) であり、比較対照群 (mean=10.9, SD=2.8) より低値を示し、統計学的に有意差を認めた ( $t=-2.212$ ,  $df=66$ ,  $p<0.05$ ) (図5)。

## IV. 考 察

PD では薬物療法により運動機能に変化が生じることが知られているが、Metter ら<sup>12)</sup> が PD 1 例を対象として検討したところ ON と OFF で SFF に変化がみられなかったと報告しており、その他の多数の研究でも PD においては薬物療法により四肢の機能に対しては変化がみられても発話機能については変化が乏しいことが報告されている<sup>34-37)</sup>。したがって、PD の発話機能に関する多くの先行研究では L-dopa 治療の影響について触れておらず、今回も上記の一連の報告結果より PD においては本研究内容に薬物療法が及ぼす影響は少ないものと推察され、この点を除外して以下考察する。

## 1. SFFについて

まず/a/の持続発声母音より平均基本周波数を求めた先行報告例を再見すると、PD男性については、Ramigら<sup>13)</sup>は比較対照群では125 Hzであったのに対してPD男性8例では128 Hzと差を認めなかったとしている。Zwirnerら<sup>14)</sup>も比較対照群では平均118 Hzであったのに対してPD男性12例で平均120 Hzと差は認めず統計学的にも両者の間に有意差を認めなかったとしている。これに対して、Kentら<sup>17)</sup>は比較対照群では平均112.8 Hzであったのに対してPD男性22例で平均140.7 Hzと高値を示したが統計学的には有意差を認めなかったとしている。Midiら<sup>22)</sup>も比較対照群では151.55 Hzであったのに対してPD男性12例では161.47 Hzと高値を示したが統計学的には有意差を認めなかったとしている。Doyleら<sup>19)</sup>は比較対照群で平均126.08 Hzであったのに対してPD男性6例の平均は188.34 Hzと際だって高く統計学的にも有意差を認めたと報告している。Hertrichら<sup>18)</sup>は比較対照群では125.4 Hzであったのに対してPD男性15例では140.2 Hzと有意に高値を示したと報告している。Gamboaら<sup>20)</sup>は比較対照群では平均142.3 Hzであったのに対してPD男性24例で平均180.1 Hzであり統計学的に有意に高値を認めたとしている。

しかし音声の基本周波数の測定に際して持続発声母音/a/より解析する手法は簡便ではあるが生理的要因により容易に変動し、発話サンプルの安定性について疑問がある<sup>25)</sup>。そこで、安定した基本周波数値を得るにはある程度の長さの短文ないし長文もしくは談話といった連続的発話をサンプルとしたSFFの測定が必要である。こうした先行報告を再見すると、Metterら<sup>12)</sup>はPD男性7例は正常範囲内であったがディサースリアが重症化した症例ではSFFが高い傾向を認めたと報告している。これに対してCanter<sup>15)</sup>はPD男性17例を対象として長文音読よりSFFを求めたところ、比較対照群では106 Hzであったのに対してPD群では129 Hzと有意に高かったと報告している。Illesら<sup>16)</sup>は長文の音読課題を発話サンプルとしてSFFを解析したところ、比較対照群では平均116.4 Hzであるのに対して、PD男性10例では140.8 Hzと有意に高値を示したと報告している。Skoddaら<sup>23)</sup>もPD男性27例を対象として長文音読よりSFFを求めたところ、対照群と比較して有意に高かったと報告している。Tanakaら<sup>24)</sup>も、PD男性15例を対象として長文音読よりSFFを求めたところ、対照群と比較して有意に高かったと報告している。Holmesら<sup>21)</sup>は談話を発話サンプルとしてSFFを解析したところ、比較対照群では110.9 Hzであるのに対して、PD発症初期の男性15例では122.0 Hz、PD慢性期の男性15例では128.9 Hzであり、PD群では発症初期から高値を示したが統計学的には慢性期群でのみ

対象群との間に有意差を認めたと報告している。

以上を要約すると、PD男性ではSFFで変化がみられないとする報告と高くなるという報告がみられ、見解の一致が得られていないが、後者の報告が多くみられる。高値を示しながらも統計学的に有意差を認めたか否かの結果の相違は、対象の属性として、年齢や重症度のほか、実施課題、測定方法、症例数などが関与しているものと推察される。

今回の結果でも、PD群のSFFは若干高値を示したが対照群との差は大きいとはいえず、統計学的に有意差を認めなかった。こうした結果は、PD群においてSFFで変化が乏しかったとするMetterら<sup>12)</sup>、Ramigら<sup>13)</sup>、Zwirnerら<sup>14)</sup>の結果を支持するものといえる。

しかし、先行報告例のほとんどは対象としたPDについてディサースリアもしくは発話障害の有無について制御していない。これに対して、今回の結果はディサースリアのあるPD群のデータという点で新規性を有するものと思われる。

聴覚的に話声位について検討した先行報告例では、Darleyら<sup>2)</sup>はパーキンソニズムに伴う運動低下性ディサースリアにおける低すぎるピッチを、廣瀬<sup>4)</sup>はPDに伴う運動低下性ディサースリアにおける高すぎるピッチを報告している一方で、熊井ら<sup>7)</sup>、福迫ら<sup>8)</sup>はPDに伴う運動低下性ディサースリアにおけるピッチの異常を認めなかったと報告しており、見解が大きく分かれている。今回の結果は、聴覚的にピッチの異常が著明ではなかったとする先行報告を音響学的手法を用いることにより明らかにしたものといえる。他方で、これらの聴覚的手法を用いた先行研究は対象の性別に関する記載がなく不明である。しかしPDでは男性と女性ではSFFの変化の生じ方に差があることが示唆されていることから<sup>17, 18, 22, 24, 38)</sup>、聴覚的評価と音響学的评价との対応関係について厳密に検討するにはさらなる今後の研究を必要とする。

さて、声の基本周波数は、物理的には声帯の長さ、硬さ、声帯長方向の緊張によって決定する<sup>39-41)</sup>。今回のPD男性群のSFFの結果については、PD患者では輪状甲状筋に筋固縮が生じるとかねてより推察されており<sup>3, 33, 42-51)</sup>、今回のSFFの若干の上昇に関してこの点から解釈するのが妥当であろうが、今回の結果ではこうした輪状甲状筋の筋固縮がSFFに及ぼす影響はPD男性では著しいものではないことが示唆された。

## 2. SFFのF<sub>0</sub>範囲について

Canter<sup>15)</sup>はPD男性17例を対象として長文音読課題よりF<sub>0</sub>範囲を求めたところ、比較対照群よりも有意な低下を認めたと報告している。Moriら<sup>33)</sup>もPD男性4例を対象として長文音読課題よりF<sub>0</sub>範囲を求めたところ、対照群と比較して低下する傾向を認めたと報告している。ま

た、森<sup>52)</sup>はPD男性6例を対象として長文音読課題よりF<sub>0</sub>範囲を求めたところ、対照群と比較して著しい低下を認めたと報告している。Holmesら<sup>21)</sup>は談話を発話サンプルとしてF<sub>0</sub>範囲を解析したところ、PD発症初期の男性15例と比較してPD慢性期の男性15例では若干低下したと報告している。Kingら<sup>53)</sup>はPD14例(男性11例、女性3例)を対象として縦断的に最高発声と最低発声の差より検討した結果、経時的にF<sub>0</sub>範囲が低下したと報告している。これに対して、Skoddaら<sup>23)</sup>もPD男性27例を対象として長文音読よりF<sub>0</sub>範囲を求めたところ、対照群と比較して有意差を認めなかったと報告している。

今回の結果でも、PD男性では対照群との間に統計学的有意差を認めず、著しいとはいえないもののF<sub>0</sub>範囲の若干の低下を認めた。しかし、森<sup>52)</sup>が示すほど著しいものではなく、むしろHolmesら<sup>21)</sup>のPD発症初期の男性の結果と類似し、Skoddaら<sup>23)</sup>の結果を支持するものである。

しかし、前述のSFFの結果と同様に、先行報告例のほとんどは対象としたPDについてディサースリアもしくは発話障害の有無について制御していない。これに対して、今回はディサースリアのあるPD群の結果という点で新規性を有するものと思われる。

F<sub>0</sub>範囲の最高F<sub>0</sub>値と最低F<sub>0</sub>値については、音響学的手法を用いた先行研究は見当たらない。

今回の結果では、最高F<sub>0</sub>値は若干高値を示し、最低F<sub>0</sub>値は高値を示したが、いずれも統計学には有意差は認められなかった。以上より、PDでのF<sub>0</sub>範囲の若干の低下は最高F<sub>0</sub>値よりも最低F<sub>0</sub>値の制限により低下していることが示唆された。

### 3. SFFの変動係数について

SFFのバラツキもしくは変動性を検討する目的で、変動係数(%)を求めた。バラツキの尺度については、標準偏差もデータのバラツキを示すものだが、バラツキを測定する際に「変動係数は、測定値の平均が変化すると同じ割合で標準偏差も変化しているというような状況を記述する道具として最も有用である」<sup>54)</sup>とされていることから今回は変動係数を用いた。先行報告例を再見すると、Metterら<sup>12)</sup>はPD男性患者7例を対象として長文音読課題よりSFFの変動係数を測定したところ、重度のディサースリア例では健常発話者と比較して小さかったと報告している。Harelら<sup>55)</sup>はPD1例(性別不明)を対象として談話を資料として検討したところ、診断より約5年前の時点でSFFの変動係数が低下していたと報告している。

今回の結果でも、PD群の変動係数の低下を認め、比較対照群との間に有意差を認めた。こうした結果はMetterら<sup>12)</sup>、Harelら<sup>55)</sup>の報告を支持するものであり、PDにおいて音読時では声の基本周波数のバラツキもしくは変動

性が乏しいことを示唆するものである。

従来より聴覚的評価でPDに伴う運動低下性タイプでは声の高さの単調性が高頻度に認められると報告されており<sup>2,10)</sup>、今回の結果はこうした聴覚的印象に基づく発話特徴を音響学的に裏づけるものといえるであろう。

前述のようにPD患者では輪状甲状筋に筋固縮が生じるとかねてより推察されており<sup>3,33,42-51)</sup>、今回のSFFの変動係数の有意な低下に関してこの点から解釈するのが妥当であろう。すなわち、PD患者では音読時の全ての有声周期音のF<sub>0</sub>の平均であるSFFや最大F<sub>0</sub>値と最小F<sub>0</sub>値の差であるF<sub>0</sub>範囲から分析すると輪状甲状筋の筋固縮が及ぼす影響は比較的小さいのに対して、個々の有声周期音のバラツキの程度を解析すると輪状甲状筋の筋固縮が及ぼす影響が大きいと思われる。

## 謝 辞

本研究を行うに当たり、懇切丁寧なご指導をいただきました新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究所 能登真一先生ならびに今井信行先生に深謝いたします。なお、本稿は新潟医療福祉大学大学院に提出した修士論文の一部であり、第13回日本言語聴覚学会(福岡)で発表しました。

## 文 献

- 1) Darley FL, Aronson AE, Brown JR : Motor speech disorders. WB Saunders Company, Philadelphia, 1975.
- 2) Darley FL, Aronson AE, Brown JR : Differential diagnostic patterns of dysarthria. J Speech Hear Res, 12 : 246-269, 1969a.
- 3) Duffy JR : Motor speech disorders. Substrates, differential diagnosis and management. 2nd ed. Elsevier Mosby, St Louis, 2005.
- 4) 廣瀬 肇 : ことばの障害—症候論, 診断学の立場から—, 切替一郎(編)「中枢神経障害へのアプローチ」, 金原出版, 東京, 214-232頁, 1973.
- 5) 小林範子, 福迫陽子, 安藤真理子, 他 : 小脳疾患患者の話しことばの特徴. 聴覚言語障害, 5 : 63-68, 1976.
- 6) 藤林真理子, 福迫陽子, 物井寿子, 他 : 小脳疾患, 仮性球麻痺, 筋萎縮性側索硬化症による麻痺性構音障害の話しことばの特徴. 音声言語医学, 18 : 101-109, 1977.
- 7) 熊井和子, 小川展子, 白石幸枝, 他 : パーキンソン病患者の話しことばの特徴. 音声言語医学, 19 : 267-273, 1978.
- 8) 福迫陽子, 物井寿子, 辰巳 格, 他 : 麻痺性(運動障害性)構音障害の話しことばの特徴—聴覚印象による評価—. 音声言語医学, 24 : 149-164, 1983.
- 9) 遠藤教子, 福迫陽子, 物井寿子, 他 : 一側性大脳半球病変における麻痺性(運動障害性)構音障害の話しことばの特徴. 音声言語医学, 27 : 129-136, 1986.
- 10) 西尾正輝 : 標準ディサースリア検査. インテルナ出版, 東京, 2004.
- 11) Darley FL, Aronson AE, Brown JR : Clusters of deviant speech dimensions in the dysarthrias. J Speech Hear Res, 12 : 462-496, 1969b.
- 12) Metter EJ, Hanson WF : Clinical and acoustical variability in hypokinetic dysarthria. J Commun Disord, 19 : 347-366, 1986.
- 13) Ramig LA, Titze IR, Scherer RC, et al : Acoustic analysis of voices of patients with neurologic disease : rationale and

- preliminary data. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 97 : 164–172, 1988.
- 14) Zwirner P, Murry T, Woodson GE : Phonatory function of neurologically impaired patients. *J Commun Disord*, 24 : 287–300, 1991a.
  - 15) Canter GJ : Speech characteristics of patients with Parkinson's disease : I. intensity, pitch, and duration. *J Speech Hear Disord*, 28 : 221–229, 1963.
  - 16) Illes J, Metter EJ, Hanson WR, et al : Language production in Parkinson's disease : acoustic and linguistic considerations. *Brain Lang*, 33 : 146–160, 1988.
  - 17) Kent RD, Kim H, Weismer G, et al : Laryngeal dysfunction in neurological disease : amyotrophic lateral sclerosis, Parkinson's disease, and stroke. *J Med Speech Lang Pathol*, 2 : 157–175, 1994.
  - 18) Hertrich I, Ackermann H : Gender-specific vocal dysfunctions in Parkinson's disease : electroglottographic and acoustic analyses. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 104 : 197–202, 1995.
  - 19) Doyle PC, Raade AS, Pierre AS, et al : Fundamental frequency and acoustic variability associated with production of sustained vowels by speakers with hypokinetic dysarthria. *J Med Speech Lang Pathol*, 3 : 41–50, 1995.
  - 20) Gamboa J, Jiménez-Jiménez FJ, Nieto A, et al : Acoustic voice analysis in patients with Parkinson's disease treated with dopaminergic drugs. *J Voice*, 11 : 314–320, 1997.
  - 21) Holmes RJ, Oates JM, Phyland DJ, et al : Voice characteristics in the progression of Parkinson's disease. *Int J Lang Commun Disord*, 35 : 407–418, 2000.
  - 22) Midi I, Dogan M, Koseoglu M, et al : Voice abnormalities and their relation with motor dysfunction in Parkinson's disease. *Acta Neurol Scand*, 117 : 26–34, 2008.
  - 23) Skodda S, Rinsche H, Schlegel U : Progression of dysprosody in Parkinson's disease over time—a longitudinal study. *Mov Disord*, 24 : 716–722, 2008
  - 24) Tanaka Y, Nishio M, Niimi S : Acoustic characteristics of voices of patients with Parkinson's disease. *Folia Phoniatr Logop*, 63 : 223–230, 2011.
  - 25) 西尾正輝, 新美成二 : 加齢に伴う和声位の変化音声言語医学, 46 : 136–144, 2005.
  - 26) JT 全国喫煙者率調査 : [http : //www.health-net.or.jp/tobacco/product/pd090000.html](http://www.health-net.or.jp/tobacco/product/pd090000.html)
  - 27) Yamazawa H, Hollien H : Speaking fundamental frequency patterns of Japanese women. *Phonetica*, 49 : 128–140, 1992.
  - 28) Saxman JH, Burk K : Speaking fundamental frequency characteristics of middle aged females. *Folia Phoniatr*, 19 : 167–172, 1967.
  - 29) Stoicheff ML : Speaking fundamental frequency characteristics of nonsmoking female adults. *J. Speech Hear Res*, 24 : 437–441, 1981.
  - 30) de Pinto O, Hollien H : Speaking fundamental frequency characteristics of Australian women : then and now. *J Phon*, 10 : 367–375, 1982.
  - 31) Russell A, Penny L, Pemberton C : Speaking fundamental frequency changes over time in women : a longitudinal study. *J Speech Lang Hear Res*, 38 : 101–109, 1995.
  - 32) Murry T : Speaking fundamental frequency characteristics associated with voice pathologies. *J Speech Hear Disord*, 43 : 374–379, 1978.
  - 33) Mori H, Kobayashi Y, Kasuya H, et al : Evaluation of fundamental frequency ( $F_0$ ) characteristics of speech in dysarthrias : a comparative study. *Acoust Sci Technol*, 26 : 540–543, 2005.
  - 34) Solomon NP, Hixon TJ : Speech breathing in Parkinson's disease. *J Speech Hear Res*, 36 : 294–310, 1993.
  - 35) Larson K, Ramig LO, Scherer RC : Acoustic and glottographic voice analysis during drug-related fluctuations in Parkinson's disease. *J Med Speech Lang Pathol*, 2 : 211–226, 1994.
  - 36) Wang E, Kompolti K, Jiang J, et al : An instrumental Analysis of laryngeal responses to apomorphine stimulation in Parkinson disease. *J Med Speech Lang Pathol*, 8 : 175–186, 2002.
  - 37) Pinto S, Ozsancak C, Tripoliti E, et al : Treatments for dysarthria in Parkinson's disease. *Lancet*, 3 : 547–556, 2004.
  - 38) Zwirner P, Murry T, Swenson M, et al : Acoustic changes in spasmodic dysphonia after Botulinum toxin injection. *J Voice*, 5 : 78–84, 1991b.
  - 39) Segre R : Senescence of the voice. *EENT Monthly*, 50 : 223–227, 1971.
  - 40) Kahane JC : Anatomy and Physiology of the speech mechanism. PRO-ED, Texas, 1986.
  - 41) Titze IR : Principles of Voice Production. Prentice Hall, New Jersey, 1994.
  - 42) Schley WS, Fenton E, Niimi S : Vocal symptoms in parkinson disease treated with levodopa : a case report. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 91 : 119–121, 1982.
  - 43) Hanson DG, Gerratt BR, Ward PH : Cinegraphic observations of laryngeal function in Parkinson's disease. *Laryngoscope*, 94 : 348–353, 1984.
  - 44) Hirose H, Joshita Y : Laryngeal behavior in patients with disorders of the central nervous system. in Hirano M, Kirchner JA, Bless DM (eds.) : *Neurolaryngology : recent advance*. College-Hill, San Diego, 258–266, 1987.
  - 45) Ramig LO : Voice treatment for patients with Parkinson's disease : development of an approach and preliminary efficacy data. *J Med Speech Lang Pathol*, 2 : 191–209, 1994.
  - 46) Perez KS, Ramig LO, Smith ME, et al : The parkinson larynx : tremor and videostroboscopic findings. *J Voice*, 10 : 354–361, 1996.
  - 47) Gallena S, Smith PJ, Zeffiro T, et al : Effects of levodopa on laryngeal muscle activity for voice onset and offset in parkinson disease. *J Speech Lang Hear Res*, 44 : 1284–1299, 2001.
  - 48) 廣瀬 肇 : 中枢神経疾患と音声障害. *音声言語医学*, 42 : 121–128, 2001.
  - 49) Blumin JH, Pcolinsky DE, Atkins JP : Laryngeal findings in advanced Parkinson's disease. *Ann Otol Rhinol Laryngol*, 113 : 253–258, 2004.
  - 50) Fox CM, Ramig LO, Sapir S, et al : Voice and speech disorders in Parkinson's disease and treatment. in Trail M, Protas EJ, Lai EC (eds.) : *Neurorehabilitation in Parkinson's Disease*. SLACK Incorporated, New Jersey, 245–276, 2008.
  - 51) Sachin S, Shukla G, Goval V, et al : Clinical speech impairment in Parkinson's disease, progressive supranuclear palsy, and multiple system atrophy. *Neurol India*, 56 (2) : 122–126, 2008.
  - 52) 森 大毅 : Dysarthria の音響学的特徴. *音声言語医学*, 48 : 237–242, 2007.
  - 53) King JB, Ramig LO, Lemke JH, et al : Parkinson's disease : longitudinal changes in acoustic parameters of phonation. *J Med Speech Lang Pathol*, 2 : 29–42, 1994.
  - 54) 椿美智子, 椿 広計 : *Statistical Methods in Medical Research*, 3rd ed. 医学研究のための統計的手法. サイエンス社, 東京, 29–36 頁, 2001.
  - 55) Harel B, Cannizzaro M, Snyder PJ : Variability in fundamental frequency during speech in prodromal and incipient Parkinson's disease : a longitudinal case study. *Brain Cogn*, 56 : 24–29, 2004.

付表 1 アンケート調査票

				記入日： 年 月 日	
アンケート調査票					
氏名		性別	男 ・ 女		
生年月日	年	月	日	( 歳)	
1 現在は健康ですか？ 【 はい ・ いいえ 】					
2 (1で「いいえ」と答えた方のみ) 健康状態について、具体的に教えて下さい					
【					
3 これまでに喉や鼻の病気をなされたことはありますか？ 【 はい ・ いいえ 】					
4 (3で「はい」と答えた方のみ) どのようなご病気でしょうか？					
【					
5 今日の声と普段の声は同じですか？ 【 はい ・ いいえ 】					
6 (5で「いいえ」と答えた方のみ) それはなぜだと思いますか					
【 風邪 ・ 声の使い過ぎ ・ わからない ・ その他 ( ) 】					
7 (5で「いいえ」と答えた方のみ) どのように違いますか？					
【 高い ・ 低い ・ かすれている ・ その他 ( ) 】					
アンケートは以上で終了です。ご協力ありがとうございました。					