

遅延聴覚フィードバックシステムは 発音の自己調整を促進するか (2)

Amélioration de la prononciation à l'aide du système de retour
auditif retardé (2)

大岩昌子
Shoko OIWA

I. 研究の背景

「話す」という音声生成過程では、脳でイメージされた伝えたい意図が調音器官を通じて音声として産出され、一方、「聞く」という音声知覚過程では、音声聴覚器官を経由して脳で理解される。90年代より、こうした言語活動に関わる脳活動が非侵襲的に観測できるMEG（脳磁図）やfMRI（機能的磁気共鳴画像法）などの利用が可能となってきた。その結果、音声知覚および生成については、ウェルニッケ野とブローカ野が関与するという従来から提唱されてきた機能局在論では説明ができず、近年では複数の脳部位の関与や相互作用の存在が明らかとなってきた（廣谷 2017）。ひとつの例を挙げたい。音声生成の際、自らの音声はリアルタイムにモニタリングされているものの、音声そのまま聴覚にフィードバックされる場合は、その重要性に気づくことはない。しかし、聴覚フィードバックそのものに変化(変換)がもたらされるとモニタリングは顕在化してくる。このことは、音声の時間タイミングを変化させる遅延聴覚フィードバック (DAF; Delayed auditory feedback) だけでなく、基本周波数 (f_0) やフォルマント周波数をリアルタイムに変換する変形聴覚フィードバック (TAF; Transformed auditory feedback) においても同様である。関連実験として、聴覚フィードバック音声の F_0 を増加させる

と、発話にはその変化が打ち消されるようにF0の下降が見られ、また、音声の第1フォルマントを低く加工すれば、発話にはそれを打ち消すようF1を高くするとといった反応が起きる。廣谷（2017）ではこうした無意識の補償応答は、脳内に「調音—聴覚マッピング」が存在することで生じると説明される。

話者が発した声を200ms程度遅延させて話者に再度提示する、いわゆるDAF研究では、健常な発声能力を有する被験者の読み上げが困難となる（Lee 1950）ことが以前から報告されている。これには正常聴覚フィードバック（NAF；Normal auditory feedback）条件下と比較して上側頭回の活動が高まるのが理由として挙げられてきた（Hashimoto and Sakai, 2003）。反対に、吃音障害者においては、DAFが吃音を改善させ読み上げを流暢にするといった現象が報告されている。最近の研究（山本 2010）でも、これらの背景にある神経メカニズムについては、PET（陽電子放射断層撮影装置）やfMRIなどを用いた研究により、運動感覚や体性感覚と聴覚との統合を担っていると考えられる上側頭領域の活動が、やはり重要な役割を果たしているとの報告を挙げている。筆者は先行研究（科学研究費：課題番号26370749：『遅延フィードバックシステムの音声効果研究—英語学習者の自己調整を促進するか—』）を基盤に、元来吃音治療に利用されてきたDAFを英語音声教育に適用、学習者の産出音声に認められる効果を分析してきた。とりわけ、英語語彙が基本的レベル¹であれば、遅延聴覚フィードバックシステムの利用を伴う発音練習によって、児童（日本語話者）の英語発音の正解率が5割から約7割へと向上することが判明した。すなわち、対象者の属性が同等であれば、指導がなくとも発音の自己調整が無意識に促進されることが示唆された（大岩・赤塚 2018）。

II. 研究目的

これまで、日本語話者の児童と成人を対象にDAFの有効性を具体的に検討してきたが、本稿はまず、非日本語話者を対象としたDAF効果の検討を目的とする。また、大岩（2016）では英語を産出言語として実験を実施したが、今回の参加者の英語学習歴は10年以上と見込まれるため、学習経験のない日

本語を目標言語とする。さらに、これまでの音声産出実験は、DAF条件のみ実施してきたが、今回は、DAFの有効性をより明確に検討するため、NAF条件の音声産出実験をその前後に追加する。

本稿の構成であるが、次章で産出言語となる日本語の音声とその教育に関する先行研究をまとめ、第IV章以降、DAF装着による音声実験の方法、結果を詳細に検討することにより、総合的にDAFの有効性を考察する。

Ⅲ. 日本語の音声とその教育

日本語では音節とモーラが一致しないことがある。単語によっては、撥音（はねる音：N）、促音（つまる音：Q）、長音（のびる音：R）といった特殊拍が含まれるからである。以下表1および2に、日本語の音節とモーラの違いと音節構造を示す。

日本語のアクセントは、イントネーションとは異なり単語内における「音の高さの変化」であるが、日本語教育ではこのアクセントが音声習得の課題として取り上げられることが多い。例えば河野(2016)による単純名詞のアクセント教育に関する実践報告では、ドイツ語母語話者で日本語学習者の参加

表1：音節とモーラで分けた例²

単語	音節	モーラ
川	/ka.wa/ 2音節	「カ」「ワ」 2モーラ
缶	/kaN/ 1音節	「カ」「ン」 2モーラ
河童	/kaQ.pa/ 2音節	「カ」「ッ」「パ」 3モーラ
カー	/kaR/ 1音節	「カ」「ー」 2モーラ
今日	/kjoR/ 1音節	「キョ」「ー」 2モーラ

表2：日本語の主な音節構造

(C) (S) V (R) (N) (Q)
C：子音 S：半母音 V：母音 R：長音 N：撥音 Q：促音
() は必ずしも必要ではない。

者に対し、1. モデル音声なしで録音する、2. モデル音声を聞いて内省（モデル音声との相違点を考える）を行う、3. シャドーイング、4. モデル音声なしで録音する、といった4種類の 방법이試された。結果として、アクセント型³の知識が学習者の気づきに効果があること、しかし一方で、知識があってもその通りに産出できないことの多いことが明らかとなっている。

従来からの音声教育では、モデル音声を聞かせ、発音方法を教師が説明しつつ音声を繰り返させ、さらに教師からのフィードバックを与える、といった方法が中心となる。これに対して、小河原(2009)は、学習者自身が自己のパフォーマンスのどこが問題であるかを認識し、妥当な発音基準を模索しながら、それをもとにした適切な自己評価を通して発音を自己修正することが重要とし、これを「自己モニター」と定義した。さらにこの「自己モニター」を継承したのが河野（2016）である。ここでは、教師は発音の説明や矯正など行わず、学習者自らが自身の音声産出のたびに、考えられる「学習者独自の基準」を書き留めさせるような手法を用いた。基準となる観点は、例えば、舌の位置やその高さや形である。

戸田（2009）は、発音上の問題がコミュニケーションの弊害になっているとの認識を学習者が示していることを明らかにした。一方で、高度の発音習得を達成した学習者の特徴の共通項として、1) 音声的側面に焦点を当て、メタ言語として日本語音韻を学習していること、2) 発音に対する意識がなされていること、3) 豊富なりソース（例：テレビ、ラジオ、ドラマ）を活用していること、4) 音声化した発音学習方法（例：シャドーイング、音読）を実践し、継続していること、5) 音声に関心があり、自ら高い到達目標を設定していること、6) 学習初期にインプット洪水を経験していること、という6点にまとめている。これらを総合し、発音学習に対する意識、学習方法・インプットの量などの理由に支えられて高い発音習得が達成されたと結論づけている。

さらに戸田（2009）では、製作された自律学習ソフトが3例挙げられているが、そのひとつ「日本語発音練習ソフトウェア」について紹介する。本ソフトは、学習者が自らの発音の問題点に気づき、苦手な発音を克服するため

の方法を身につけ、学習を管理することができるよう設計されている。「単語の練習」と「文の練習」の2種類から構成されており、それぞれ、「言い分け」、「聞き分け」と、「音読」、「イントネーション」から成っている。動作としては、パソコンの画面上に提示された文を学習者が発音すると、音声認識エンジンが学習者の音声を認識し、発音上の問題点を分析、画面上には、各問題についてコメントが提示されるだけでなく、発話ごとに「総合評価」が5段階評価で示される。「単語の練習」では、特に特殊拍の長音や拗音などの日本語学習者に困難と言われる音声学習ができる。

こうした日本語音声教育の先行研究結果からは、「自己モニター」などのメタ認知能力から生じる音声への意識が不可欠なことは明白であるものの、どう「意識」を覚醒させるか、また、それが可能だとしても、指示されたような理想的な音声産出ができるとは限らないという課題が見えてくる。

一方、廣瀬 (2000) では、単音 (ア行～ワ行)、特殊拍 (長音、撥音、促音)、拗音、アクセント (単語、複合語) について、発音の日本語らしさ (尤度) を3段階に評価している。標語として、A:日本語と同等または日本語らしく聞こえる、B:日本語として不自然に聞こえる、C:他の言葉に間違えられる可能性がある、を定義、こうした評価により、個々人の発音上の誤りを網羅し、わかりやすく提示することを目的とする。20人分の個人票を取りまとめた結果、1) 尤度率が低い、すなわち発音の困難な単音は、か行、さ行、た行であること、2) 特殊拍はどれも困難だが、撥音は比較的容易、3) アクセントは複合語が難しい、という3点が明らかとなった。また、性差は認められなかった。

こうした音声習得の先行研究から、本稿では、特に日本語音声習得時に困難と評価される、拗音と特殊拍 (長音、促音、撥音) を含む語彙を音声産出に使用することとする。

IV. 方法

1. DAFおよび手順

大岩 (2015, 2016) と同様、DAF+N (Delayed Auditory Feedback + Noise、

Arcadia社製) アプリケーションをiPadに搭載し、DAF機能とする。noiseの付加も可能であるが、今回は使用しない。このiPadと接続したイヤフォンから遅延聴覚フィードバック刺激として参加者に再提示する方法をとる(具体的な設定は後述)。アプリの機能は、採取音声に対して、無音区間を自動的および連続的に差し込むものであり、これにより、遅延聴覚フィードバックが実現される。大岩(2015)の実験では、先行研究などで適切と示された遅延時間に従い、200msに設定した。しかしながら、200msの遅延では、音声産出の途中で、遅延した自声が重なるようにフィードバックされてしまう。今回はこうした音の重なりを避けるため、5モーラ以内の語彙を選択、さらに遅延時間を600msに伸ばすことで、自らの音声産出が完結後、音声が入力フィードバックされ、その反復模倣が可能となるように工夫する。また、新たな音韻情報を長期記憶に蓄えるためのリハーサルには、音声のモデル提示と読み上げの両者を行うのが理想的と考えられ、「モデル→聴取→産出→遅延時間を伴う自声を聴取→再産出」というパターンを採用すれば、入門者にも本システムが機能する可能性が判明した⁴ため、今回もこの方法を採用することとした。

実験では、両条件とも、教育機関の教室にて、CD音声、および遅延された自声を聞きながら反復された音声をマイク(SHORE SM58)にて採取、レコーダ(Marantz, PMD660)に録音する。それぞれの参加者による音声聴取および産出条件は以下の通りである。

- 1) 正常聴取条件(NAF): ヘッドフォンでCD音声を聴取しながら、発音に留意して反復産出させる。
- 2) 遅延聴取条件(DAF):

DAF条件では周辺音声をすべて収集してしまうため、実験に関わる装置を以下のように設定、統制した。

- ・ CDデッキとヘッドフォンを接続する。
- ・ iPad(DAFアプリを搭載)とイヤフォンを接続する。
- ・ 参加者は右耳にイヤフォン(iPadと接続)を装着、その上からヘッドフォン(CDと接続)を装着。従って、左耳のヘッドフォンからはCDの

音声、右耳のイヤホンからはiPadで起動するDAFによって遅延された自声を聴取することとなる。産出は、このCD音声および遅延された自声後に反復するという方法でなされる。

・なお、実験者はイヤホンの片方を装着し、CD音を確認する。

2. 音声産出課題

今回の実験では先の廣瀬（2000）の実験結果を踏まえ、以下の単語を課題として使用、その特殊拍と拗音の部分のみを評価対象とする。ただし、評価対象を含まない単語も産出課題の中に含む。この中で評価対象箇所は、長音9か所、拗音7か所、撥音4か所、促音2か所の合計22か所である。

3. 参加者

日本での滞在経験がなく、日本語に触れたことのない参加者を募った。実

表3：産出課題語彙とその評価対象（カッコ内）

- | |
|---|
| <p>1. 皇居(長音、拗音)、2. 国境(促音、拗音、長音)、3. 故郷(拗音、長音)、
4. その鳥(なし)、5. その通り(長音)、6. その鳥居(なし) 7. おじい
さん(長音、撥音)、8. 王子さま(長音)、9. おじさん(撥音)、10. 車中(拗
音、長音)、11. 学校(促音、長音)、12. 注射(拗音、長音)、13. 発音(撥
音)、14. 確認(撥音)</p> |
|---|

験には大学・大学院生15名が参加したものの、今回の分析対象となるのは、3度の産出実験すべてに参加した5名（男性2名、女性3名）である。それぞれの使用言語、性別および年齢は以下のとおりである⁵。

表4：実験参加者（P1-5）

参加者	使用言語（CEFR ⁶ B1以上）	性別	年齢
P1	フランス語、英語	女	46
P2	英語、フランス語	女	23
P3	イタリア語、フランス語、英語	男	18
P4	フランス語、英語	女	22
P5	英語、フランス語	男	23

4. 手続き

DAF条件の効果を明らかにするため、1回目：NAF条件1、2回目：DAF条件、3回目：NAF条件2、という順序で全過程を実施する。また、反復による学習効果をでき得る限り減らすため、各回の間隔は10日以上をあけることとする。NAF条件では、単にCD音声の模倣反復をさせ、DAF条件では以下の指示文を口頭、文書で与えた⁷。

〈指示文概要〉

- 1) 日本語が聞こえたら、マイクに向かって真似をして発音してください。
- 2) 自分の声が聞こえたら、もう一度だけ発音してください。
- 3) これをくり返してください。

CDには同じ単語が2度ずつ録音されているため、具体的には以下のような音声聴取・産出パターンとなる。実験中、単語の文字提示はなされない。

■は参加者による産出音声であり、便宜的に、通し番号①～⑧を付与しておく。

NAF条件1回目の聴取・産出パターン：

CD 音声聴取（1回目）→①NAF1-1→CD 音声聴取（2回目）→②NAF1-2

DAF条件の聴取・産出パターン：

CD 音声聴取（1回目）→③DAF1→600ms遅延された自声聴取→④DAF2→

CD 音声聴取（2回目）→⑤DAF3→600ms遅延された自声聴取→⑥DAF4

NAF条件2回目の聴取・産出パターン:

CD音声聴取 (1回目) → ⑦ NAF2-1 → CD音声聴取 (2回目) → ⑧ NAF2-2

評価対象箇所は、拗音7か所、長音9か所、撥音4か所、促音2か所、合わせて22か所のため、全分析対象は、880音声となった(参加者5名×産出回数8回×評価対象箇所22箇所)。

5. データの処理

大岩(2016)では、DAF条件にて全参加者から産出された4つの音声を筆者が聞き、明らかに理解可能か否かという観点から正解、不正解を判断した上で、以下のようなケースに分類した。

1. 発音1が正解で、発音4まで音声に変化がないケース。
2. 発音1が不正解で、発音4まで変化がないケース。
3. 発音1が不正解であったものの、発音3で正解に転じたケース。
4. 発音1が不正解であったものの、発音4が正解に転じたケース。
5. 発音1が正解であったものの、発音3が不正解に転じたケース。
6. 発音1が不正解で、かつ発音3が別の不正解に転じたケース。

しかし本実験では、NAF条件2回、DAF条件1回の中で産出される音声は①～⑧に及ぶため、こうしたケース分類は大変煩雑となる。従って今回は、音声教育を専門とする2名が各産出音声を順不同に聞き取り、廣瀬(2000)に則り、各音声に一つの評価を与える手法をとることとした。具体的には、A: 日本語と同等または日本語らしく聞こえる、B: 日本語として不自然に聞こえる、C: 他の言葉に間違えられる可能性がある、という基準である。さらに、Aの割合を尤度率(日本語らしさ)とする。

V. 結果

1例として表5に、P1(参加者1)のNAF1-1(正常聴取条件1回目第1産出音声)の評価の具体例、また、P1に関する各評価及びAの割合を表6～13に、また、表14には、参加者全員のNAF条件における尤度率、表15には、参加

者全員のDAF条件における尤度率を示す。さらに、図1は音声①～⑧を、産出条件および評価箇所を2要因として提示する。

表5：P1のNAF1-1の評価の具体例

単語	評価箇所	評価
シャチュー	長音	B
コーキョ	拗音	A
カクニン	撥音	B
コッキョー	促音	A

表6：P1のNAF1-1

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	2	6	1	22
拗音	2	3	2	28
促音	1	1	0	50
撥音	1	1	2	25

表7：P1のNAF1-2

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	1	7	1	11
拗音	1	2	4	14
促音	1	1	0	50
撥音	1	2	1	25

表8：P1のDAF1

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	1	8	0	11
拗音	1	4	2	14
促音	0	2	0	0
撥音	1	2	1	25

表9 : P1のDAF2

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	1	8	0	11
拗音	1	4	2	14
促音	0	2	0	0
撥音	1	2	1	25

表10 : P1のDAF3

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	1	8	0	11
拗音	5	2	0	71
促音	1	1	0	50
撥音	1	3	0	25

表11 : P1のDAF4

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	2	7	0	22
拗音	4	3	0	57
促音	1	1	0	50
撥音	3	1	0	75

表12 : P1のNAF2-1

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	5	4	0	55
拗音	3	3	1	42
促音	1	0	1	50
撥音	1	3	0	25

表13 : P1のNAF2-2

評価	A	B	C	Aの割合 (%)
長音	6	3	0	66
拗音	3	2	2	42
促音	1	0	1	50
撥音	1	3	0	25

表 14：参加者全員のNAF条件における尤度率（％）

評価	NAF1-1	NAF1-2	NAF2-1	NAF2-2
長音	23.4	25	68.4	72.8
拗音	27.6	16.8	62.2	64
促音	10	10	70	70
撥音	26	26.6	40	40

表 15：参加者全員のDAF条件における尤度率（％）

評価	DAF1	DAF2	DAF3	DAF4
長音	15.4	22	35.2	44
拗音	31	32.8	59.4	50.7
促音	20	10	30	40
撥音	10	6	24	35

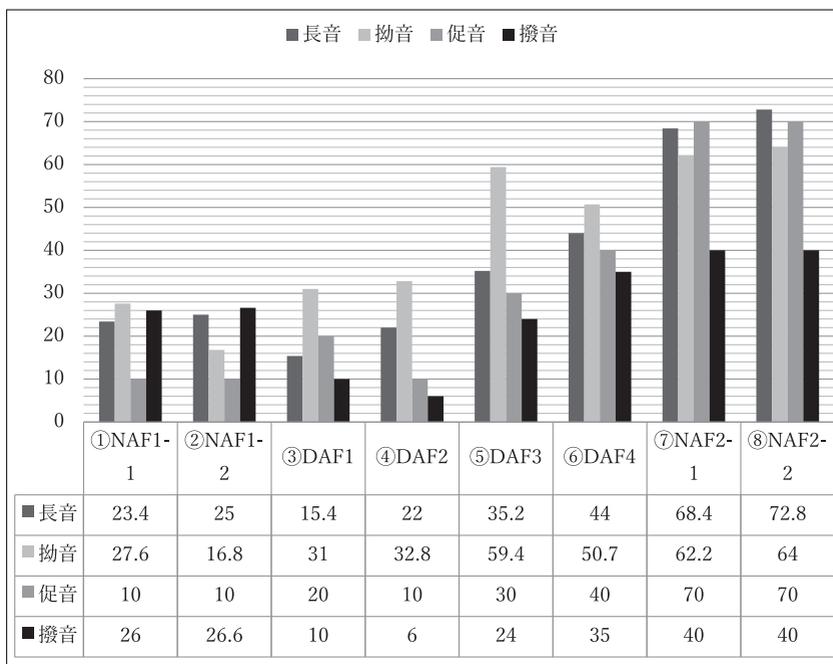


図 1：全参加者の産出条件別特殊拍および拗音の尤度率の平均値（％）

VI. 考察

今回の参加者には日本語学習歴はないものの、全員が開音節言語であるフランス語を少なくとも習得、中には、同じく開音節言語であるイタリア語、スペイン語を母語とするものもあり、比較的日本語の産出は容易であると想像された。しかしながら、やはり特殊拍および拗音の産出音声には不自然さを感じられ、先行研究を追認する結果となった。まずは、図1の①NAF1-1を参照されたい。これが、はじめて産出された日本語音声と言えるが、長音の尤度率は23.4%、拗音27.6%、促音⁸10%、撥音26%であった。筆者はこれまで、日本語に特殊拍として存在する長音に注目し、母語に長音を持たない、すなわち長音に弁別機能のないフランス語話者と日本語話者における聴覚野の活動パターンに対する母語の影響を、脳磁図 (MEG) を用いて生理学的に検討してきた。指標としてミスマッチフィールド (MMF) という、1秒前後の短い間隔で繰り返し提示される同一の音 (標準刺激) の中に、それとは異なる音響的特性を持つ逸脱刺激がまれに挿入された場合に、特異的に出現する誘発脳磁場成分を用いている。MMFは、音が耳に入力され大脳に到達して処理されるまでの以下4段階のうち、第3段階にあたる⁹。

1. 音刺激～10ms : 「音が聞こえている」段階
音刺激から約10msで聴性脳幹反応が出現する。
2. 音刺激～100ms : 「音を聞いている」段階
100msまでに聴性中間潜時反応が出現する。この反応睡眠時には現れない。
3. 音刺激～250ms : 「2種類の音の物理的な違いを無意識に区別する」段階
200msあたりに、ミスマッチ陰性電位が出現する。
4. 音刺激～450ms : 「2種類の音の違いを自覚的に識別している」段階
N2b や P300¹⁰ などが出現する。

この生理学的実験では、日本語話者、フランス語話者ともに、長音を含む語音が逸脱刺激の際のMMF (Long条件)、単音を含む語音が逸脱刺激の際のMMF (Short条件) が左右大脳半球の側頭部に認められたものの、検出されたMMFは日本語話者、フランス語話者で差が認められ、母語に弁別的な長母音

を持つか持たないかで聴覚野の反応が異なることが明らかになっている。今回の参加者に対しては、こうした生理学的実験を行っていないものの、音声実験でも、長音の感覚、すなわち、弁別機能のない拍の長さが感覚的につかめないことが明らかとなった。また、拗音に関しては、種類により難易度に差があるようだ。この点には母語あるいは第2言語からの転移が認められよう。廣瀬（2000）では撥音は比較的容易と結論付けられていたが、今回は他の音声とほぼ同等の評価であった。

次に、②NAF1-2を参照されたい。これは「2回目のCD音声を正常条件にて聴取後に産出された音声」を意味し、尤度率は、長音25%、拗音16.8%、促音10%、撥音26.6%であった。①と比較すると、拗音の産出音声の評価がやや下がった点も含め、全体的に音声の改善は認められない。参加者を観察すると、②ではいわゆる「自己モニター」はまったく機能せず、機械的なりハースルを行っているように見受けられた。音声教育現場でCD音声を利用した際にもつ感覚と近い。

さらに、約10日後¹¹に行われたDAF1-4、すなわち③～⑥を参照されたい。それぞれ、③CD音の聴取（1回目）+産出、④遅延された自声の聴取+産出、⑤CD音の聴取（2回目）+産出、⑥遅延された自声の聴取+産出、を意味する。まず、実験開始から通算すれば、③は3回目に産出された音声となるが、前回の②と比較すると、尤度率の差は長音-9.6%、拗音14.2%、促音10%、撥音-16.6%であり、全体としてほぼ変化が認められなかった。参加者は、両実験間の約10日間、日本語には触れないため、本結果は想像に難くない。

次の④で、参加者は初めて、「600ms遅れて聞こえる自声を聴取、産出」を行う。結果は、長音の尤度率が22%、拗音32.8%、促音10%、撥音6%であり、③の産出音声と大差ない¹²。この結果は大岩（2016）とも一致する。まず参加者には、自声を聞くことへの戸惑いが認められた。通常、中枢での言語機能ネットワークは、聴覚フィードバック（自ら発した声を聞く、AF）によって形成されていくのだが、一旦ネットワークが形成されるとAFの重要性は減じ、あらかじめプログラミングされた通りの表出となっていくものと考えられている。ここでは自声に注意を払うことはないため、修正が起きるとも

考えづらい。

次の⑤DAF3は、CD音2回目の聴取+産出を意味する。結果は長音の尤度率が35.2%、拗音59.4%、促音30%、撥音24%となり、①の全音声の平均が21.7%だったのに対し、37.1%へと伸びを見せている。特に拗音の正確さが約6割にまで増している。なぜ、⑤で正しく発音されたとの評価が多く認められたのだろうか。この理由として、次の2点が推測される。第1点として、自らの発音への「意識」、および配分される「注意」である。まずは自分の発した音が「どう表出されているか」という点に意識を向けさせることになったのではないか。第2点として、遅延した自声を聞き産出した④で、不正確な音声と構音形態が意識化され、ワーキングメモリ（作業記憶）として記憶され、その直後に聴く正確な音声（2回目のCD音）との照合が行われることで、⑤において修正、産出されたと考えられる。すなわち、④に関わる自声聴取+産出、というリアルタイムの構音を伴う一連の手法こそが、次のCD音声との照合を促進し、⑤での正確な音声へと修正される鍵となると推察される。そして、強調しておきたいのは、こうした参加者の音声産出の変化は、すべて指導や指示ではなく、「無意識」に行われた点である。聴覚フィードバック音声に加工を施してはいないものの、脳内に「調音—聴覚マッピング」によって無意識に起きる補償応答に類するものと推測する。

次に、NAF2（NAF条件の2回目）の産出音声⑦と⑧を参照されたい。この実験は、DAF条件の約10日後に行われ、その間、参加者はまったく日本語に触れていない。にもかかわらず、評価は長音68.4%、拗音62.2%、促音70%、撥音40%となり、DAF条件での産出音声からさらに改善が認められている。理由として、まず音声産出回数が増加した点である。参加者はここまで、6回の産出を繰り返しており、これらを単純に練習回数と捉えれば、その反復効果が得られたとも考え得る。ただし、NAF1、DAF、NAF2条件による実験の間には、それぞれ10日間以上が設定されており、こうした断続的な反復は、音声教育現場では決して多いものではない。また、①から④までは、産出音声にほぼ変化が認められないことから、産出回数の増加のみで説明することはやや無理がある。やはり、DAF条件の⑤と⑥の音声産出の際に調整

された構音が定着、⑦と⑧でさらに改善されたと解釈できるのではないだろうか。

外国語学習では、いかに音声のリハーサルを施しても、学習者が自らの表出音を聞き調整するという習慣がなければ、外国語音に向けた新たな調音調節は不可能である。単に音声聴取や発音の回数の増加が効果的とは言えない所以である。音声教育ではCD、DVDなどの視聴覚教材を積極的に活用することが提唱されているものの、こうした視聴覚教材による発音練習は、聴取が受動的となり、自らの声に意識を持つのが難しい。今回は、CDと遅延聴覚フィードバックシステムによって自声を聴取・音声産出を反復すれば、当初の産出音声が悪っていたとしても、モデルと照合しながら反復することで次の聴取が能動的となり、発音に自己調整がなされた上で定着するという過程が予測された。そしてこうした過程のすべてが無意識になされるという点が、なにより今後の外国語音声教育に寄与すると考える。

VII. おわりに

本稿では、非日本語話者を対象とし、DAF条件による産出実験の前後に、約10日間の間隔をあけて正常聴取（NAF）条件の音声産出実験を追加することにより、DAFの有効性をより明確にすることを目的とした。産出実験の結果、1回目のNAF条件では音声評価にほぼ変化はないが、DAF条件でのCD聴取後の音声産出⑤がきっかけとなり改善が認められた。また、2回目のNAF条件では、DAF条件の改善が保持されたばかりでなく、より産出音声の評価が高まることが分かった。このことから、NAF条件、すなわち、正常聴取条件のみでは産出音声の改善は短期間では見込めないが、DAF条件による産出を実施することにより、自声とモデル音声とを照合、また、リアルタイムでの構音変化を経験することが発音改善に有効に働き、それ以降の構音調整が安定的に定着していくと推察される。さらに強調したいのは、参加者の音声産出の変化は、すべて指導や指示によってではなく、「無意識」に行われたと、という点である。従来の方法では、「自己モニター」などのメタ認知能力から生じる音声への意識が不可欠なことは明白であるが、どう「意識」を覚

醒させるか、また、いかに指導するかという点が常に課題として残されていた。DAF（遅延聴覚フィードバックシステム）はこうした問題を払拭できると期待できる。ただし、今回はすべて3回のデータがすべてそろった参加者の数が限定的であるため、今後も引き続き、多様な母語話者を対象とした同様の実験を実施する予定である。

一方で、「遅延フィードバックシステム」は音声の重なりがあるため、文章産出での使用には欠点がある。この点を克服するために、現在、音声を骨伝導によりリアルタイムに聴覚フィードバックさせる「骨伝導子システム」を学習者に適用することを検討中である。「骨伝導」による聴力の補填は様々な技術に応用されているものの、外国語音声教育の分野での効果はいまだ未知数と言える。骨伝導子システムによる聴覚フィードバックが学習者の音声表出の改善に効果的であれば、教育方法の確立が待たれる「超分節音」の教育に利用されることが期待される。すでに、日本およびはフランスにて、この「骨伝導子システム」の音声教育への適用を検討する機関を決定しており、次回以降はこの研究成果を報告したい。

本稿は、2019年度名古屋外国語大学在外派遣研究員としてフランス（パリ第8大学）に滞在した際に実施した研究成果の一部である。こうした機会を与えてくださった皆様に深くお礼を申し上げたい。

注

¹ 文部科学省による「We can! (1)」で使用される単語リストより選択した。

² 福盛（2010）

³ 名詞のアクセント型は大きく分けると平板式と起伏式の二種類があり、さらに起伏式の中には頭高（あたまだか）型、中高（なかだか）型、尾高（おだか）型の3種類がある。

⁴ 大岩（2016）

⁵ 【音声実験結果の使用目的の同意依頼文】

Dans le cadre de cette recherche, nous vous demandons de bien vouloir apposer votre signature sur ce document pour faire valoir votre accord et utiliser ces données de manière anonyme.

Date et signature:

⁶ 「外国語の学習・教授・評価のためのヨーロッパ言語共通参照枠（Common European Framework of Reference for Languages: Learning, teaching, assessment）」

⁷ 【音声実験の際の指示文】

Instructions à suivre pour une expérience auditive et la prononciation de sons inconnus.

L'objectif de cet exercice est d'améliorer sa prononciation.

1. Tout d'abord, mettez un écouteur à l'oreille droite ainsi que le casque pour écouter des sons depuis l'ordinateur et l'i-Pad.
2. Ecoutez le CD avec l'écouteur et répétez ce que vous entendez.
3. Vous allez entendre votre voix avec un léger retard (ce qui est normal), prononcez une nouvelle fois ce que vous entendez avec la meilleure prononciation possible.
4. Ecoutez le même son encore une fois et répétez ce que vous entendez en améliorant encore votre prononciation.
5. Ecoutez de nouveau votre voix avec le léger retard, puis prononcez encore une fois de votre mieux.
6. La durée totale du test est de 5 minutes environ.

Merci de votre coopération

⁸ 促音の分析個所が長音と比較して少ないと言わざるを得ない。今後の実験での課題である。

⁹ 福盛（2010）p.184の「図12-1：音節とモーラで分けた例」の一部を筆者改訂。

¹⁰ 事象関連電位P300は刺激呈示後、潜時約300ms付近に生じる陽性波で、刺激に対する比較、評価、判断、選択的注意、認知文脈の更新に関与していると言われる。1965年、Suttonによって発見され、オドボール課題がP300の測定法としてよく知られている（加賀・相原2013）。

¹¹ 実験の開始時期は参加者によって異なるため、一律ではない。

¹² ここでなぜ撥音のA割合がこれほど減少したのか説明できない。

参考文献

- A. Baddeley (1990) *Human memory: Theory and practice*, Lawrence Erlbaum Associates.
- F. Goldman-Eisler (1968) *Psycholinguistics: Experiments in spontaneous speech*. Academic Press.
- A. Gunji et al. (2001) Auditory response following vocalization: a magnetoencephalographic study, *Clin Neurophysiology*, 112, 514–520.
- Y. Hashimoto and K. Sakai (2003) Brain Activations During Conscious Self-Monitoring of Speech Production with Delayed Auditory Feedback: An fMRI Study. *Human Brain Mapping*, 20, 22–28.
- B.S.Lee (1950) Effects of delayed speech feedback. *Journal of Acoustical Society of America*, 22, 824–826.
- S. Oiwa et al. (2004) Phonetic memory representation for vowels as revealed by the mismatch negativity responses. *Proceedings of the 14th International Conference on Biomagnetism*, 529–530.
- イアン・ウイルソン（2014）超音波を用いた調音の指導と研究『日本音響学会』70, 10, 560–564.
- 遠藤真（1974）吃音に対する聴覚フィードバック効果の症的的研究『特殊教育学研究』12,

2, 1-12.

- 大岩昌子 (2015) 読み上げ課題に及ぼす遅延フィードバックシステム (DAF) の影響—外国語音声教育を視野に—『名古屋外国語大学外国語学部紀要』48, 91-109.
- 大岩昌子 (2016) 遅延聴覚フィードバックシステムは発音の自己調整を促進するか (1) 『名古屋外国語大学外国語学部紀要』50, 115-132.
- 大岩昌子・赤塚麻里 (2018) 『日本人のための英語音声教育研究—遅延聴覚フィードバックシステムから音声表記法まで』早美出版社.
- 小河原義朗 (2009) 多様化する日本語教育における音声教育の目標と教師の役割をとらえなおす『日本語教育の過去・現在・未来4』, 48-69, 凡人社.
- 加賀佳美・相原正男 (2013) 特集：脳機能計測法を基礎から学ぶ人のために「P300基礎」『臨床神経生理学』41, 2, 80-85.
- 河野俊之 (2015) 自己モニターを活用した音声教育における独自の基準の観点『日本語教育方法研究会誌』22, 1, 100-101.
- 河野俊之 (2016) 単語名詞のアクセント教育の実践『日本語教育方法研究会誌』23, 1, 14-15.
- 杉藤美代子編 (1996) 『日本語の音』日本語音声の研究3, 和泉書院.
- 須藤正彦・江口実美 (1982) 聴覚フィードバック負荷時発語機能の音響分析的研究『音声言語医学』23, 1, 1-5.
- 戸田貴子 (2009) 日本語教育における学習者音声の研究と音声教育実践『日本語教育』142, 47-167.
- 能田由紀子 (2012) 遅延フィードバックにおける個人差をもちいた読み上げの脳内処理の解明『科学研究費助成事業研究成果報告集』.
- 廣谷定男 (2017) 「聞くと話す」の脳科学『日本音響学会』73, 8, 509-516.
- 廣瀬幸夫・柏崎秀子・高塚真理子 (2000) 留学生が発した日本語音声の診断評価方法『日本語教育方法研究会誌』7, 1, 20-21.
- 府川照世 (1983) 日本人大学生における遅延聴覚フィードバック効果に及ぼす言語 (日本語・英語) と構音の難易の影響—言語運動の外在・内在フィードバックモデルからみたDAF効果 (III) 『音声言語医学』24, 3, 177-182.
- 福盛貴弘 (2010) 『基礎からの日本語音声学』東京堂出版.
- 山本浩輔・川畑秀明 (2010) 聴覚情報フィードバックによる発声感覚の時間的再較正『信学技報』15-19, 電子情報通信学会.