

[原著]

遅延聴覚フィードバックによる非吃音者の流暢性と 眼球運動の関連

塩 見 将 志^{1,*} 水 本 豪² 岩 村 健 司¹

Relationship between fluency and eye movement under delayed auditory feedback
in non-stuttering person

Masashi SHIOMI, Go MIZUMOTO, Kenji IWAMURA

本論文では非吃音者を対象として、先行研究では報告の少ない個体差についての分析を行うため、正常な聴覚フィードバック（NAF）条件下と遅延聴覚フィードバック（DAF）条件下での音読時の眼球運動を測定し、被験者全員による検討に加え、被験者全員を DAF 条件下での流暢性の点から流暢群と非流暢群に分類し、その差異について検討した。非吃音者30名に NAF 条件下と DAF 条件下で文章音読を実施し、タスク試行中の眼球運動は眼球運動測定システムで測定した。流暢群と非流暢群とは、DAF 条件下での音読時間と NAF 条件下での音読時間の比を求め、音読時間比の中央値を基に分類した。解析の結果、流暢群では、NAF – DAF 間で注視時間と注視回数に変化が認められなかったが、非流暢群では、NAF 条件下に比し DAF 条件下では注視時間が長くなり注視回数が増えることが示唆された。このことから、流暢群と非流暢群では DAF の影響により異なる眼球運動を示すことが推測された。

キーワード：遅延聴覚フィードバック（DAF：Delayed Auditory Feedback）、正常な聴覚フィードバック（NAF：Normal Auditory Feedback）、眼球運動（Eye Movement）、個体差

I. はじめに

我々は、非吃音者に対し遅延聴覚フィードバック（Delayed Auditory Feedback：以下 DAF とする）を用い、DAF 条件下における吃音様症状を含む非流暢性の発生について複数のパラメータを用いて分析を行っている。

DAF とは、自己の発話を時間的（50～200ms）に遅らせたものをフィードバックさせるものであり、吃音者は DAF 条件下では、一時的に吃音症状が減少する効果が認められている。しかしその一方で、非吃音者は DAF 条件下では、発話速度の低下、発話時に語音が強く高くなること、母音が引き伸ばさ

れること、構音の誤りおよび非流暢性が増加する¹⁾ことが知られている。また DAF 条件下での非吃音者の脳活動については、両側の上側頭回の活動が増加すること²⁾や左半球の前頭皮質のヘモグロビン濃度が増加すること³⁾が示されている。

しかしながら、DAF の非吃音者への影響は個体差が大きく、DAF の影響をほとんど受けない話者がいる⁴⁾にも関わらず、先行研究では個体差についての検討はなされていない。そこで我々は、全被験者による分析に加え、全被験者を流暢群と非流暢群に分類して、DAF 条件下での発話時と正常な聴覚フィードバック（Normal Auditory Feedback：以下 NAF とする）条件下での発話時の前頭皮質の活

学科

¹熊本保健科学大学 リハビリテーション学科 言語聴覚学専攻

²熊本保健科学大学 共通教育センター

*責任著者：shiomi@kumamoto-hsu.ac.jp

動部位と活動量の差異を分析したところ、全被験者、流暢群、非流暢群で、それぞれが異なる脳活動を示したことから、DAFを非吃音者に用いる研究では個体差を考慮し全被験者による分析のみならず、全被験者を流暢群と非流暢群とに分類して分析を行う必要があることを明らかにした⁵⁾。

DAFを非吃音者に用いた先行研究には、眼球運動についての分析もあり、DAF条件下で非吃音者の発話に非流暢が生じている際の眼球運動は、吃音者のもつ眼球運動特性と同様のメカニズムによる可能性があることが示唆されている⁶⁾が、個体差についての分析は行われていない。

そこで本研究では、非吃音者を対象とし、DAF条件下での流暢さと眼球運動との関連についての個体差を分析するため、全被験者をNAF-DAF間の音読時間の比をもとに流暢群と非流暢群に分けて眼球運動の差異について検討した。

そして、DAF条件下でも流暢性を保てる個体では眼球運動の変化は小さい一方、DAF条件下で非流暢性が増加する個体においては眼球運動の変化も大きい。との仮説を立て、その検証のため全被験者のみならず、流暢群と非流暢群のNAF条件下での音読時とDAF条件下での音読時の眼球運動の差異について分析した。

Ⅱ. 方法

1) 被験者

被験者は、非吃音者である大学生30名（男性8名 女性22名）であり、いずれも学内の学業および生活において特別な支援を受けていない学生である。

2) 装置

1. DAF

DAF装置にはVisa-Pitch IV (KAYPENTAX 製)を用い、DAF条件下での遅延時間は200msに設定した。

2. 発話時間と眼球運動

タスク試行中の音声と眼球運動は、眼球運動測定システム (Talk Eye Lite: 竹井機器工業株式会社) を使用し、音読時間、注視時間、注視回数を測定した。

3) 課題

吃音検査法⁷⁾の文音読課題 (中学生以上版)、① にわとりが鳴く (2文節文)。② 節子さんは、と

てもうれしそうにブローチとネックレスを選びました (6文節文)。③父は飛行機の模型をつくり、わたしは、船の模型を作っている (9文節文)。④横綱を倒した、小結は、「お客さんが総立ちになっていたので、勝ったと思ったよ」と、上気した顔をほころばせた (13文節文)。の4題を用いた。

4) 手続き

1. 課題実施前

課題実施前の準備は、Talk Eye Lite (竹井機器工業株式会社) でのパタン登録と校正および課題中の全ての漢字が音読可能かを確認しステレオイヤレシーパー (SONY MDR-EX1000) を装着し聞こえてくる自分の声がちょうど良い大きさになるように調整を行うことなどを実施した。

2. 課題

Talk Eye Lite でのパタン登録と校正を行った後、吃音検査法⁷⁾の文音読課題 (中学生以上版)、4題を1題ずつモニター (NEC Multisync V422) に提示し、NAF条件下での音読後にDAF条件下でも同様に音読課題を実施した。

5) 分析

1. 流暢群と非流暢群との分類

眼球運動測定システムにより、被験者全員の音読の速度を測定した。

DAF条件下では、非流暢性が増加することや発話速度が低下することが知られている¹⁾。このことから、NAF条件下に比しDAF条件下での音読の速度の低下が著しい群を非流暢群とすることとし、NAF条件下とDAF条件下での音読時間比を算出した後、被験者全員の音読時間比の中央値で流暢群と非流暢群とに分類した。

2. 眼球運動

眼球運動の計測と分析には、眼球運動測定システムを使用し、音読時のNAF条件下での注視時間と注視回数およびDAF条件下での注視時間と注視回数を測定した。

なお注視については先行研究^{8) 9)}に従い、本研究においても100ms未満の場合には、注視からは除外した。

また、NAF条件下とDAF条件下における課題間の注視時間および注視回数の差の有意性はSPSS Statistics Version22.0を用い対応サンプルによるWilcoxon 符号付き順位検定により分析した。

Ⅲ. 結果

1) 音読時間

全被験者30名の音読時間の平均値は、課題①では NAF 条件下で1332.0ms (± 194.2), DAF 条件下では1648.4ms (± 616.3), 課題②では NAF 条件下で4948.4 ms (± 700.0), DAF 条件下では6184.9 ms (± 1454.5) であった。また、課題③では NAF 条件下で5164.8ms (646.9), DAF 条件下では6395.8ms (± 1477.1), 課題④では NAF 条件下で8864.5 ms (1928.9), DAF 条件下では11488.5 ms (± 2846.3) であった(表1)。

全被験者30名の全課題(課題①②③④)での音読比の平均値は1.3 (± 0.2), 中央値は1.2で、中央値で2分した結果、流暢群は17名、非流暢群は13名となった。

流暢群17名の音読時間の平均値は、課題①では NAF 条件下で1355.5ms (± 186.4), DAF 条件下では1422.1ms (± 241.2), 課題②では NAF 条件下で4795.2 ms (± 626.8), DAF 条件下では5543.5 ms (± 1007.5) であった。また、課題③では NAF 条件下で5051.8ms (± 622.4), DAF 条件下では

5561.1ms (± 813.0), 課題④では NAF 条件下で8867.6 ms (± 1007.7), DAF 条件下では9843.1 ms (± 1308.4) であった(表2)。

非流暢群13名の音読時間の平均値は、課題①では NAF 条件下で1301.3ms (± 207.3), DAF 条件下では1944.2ms (± 820.4), 課題②では NAF 条件下で5148.7 ms (± 764.0), DAF 条件下では7023.7ms (± 1553.6) であった。また、課題③では NAF 条件下で5312.6ms (± 673.1), DAF 条件下では7487.4ms (± 1453.9), 課題④では NAF 条件下で8860.4 ms (± 2763.6), DAF 条件下では13640.2 ms (± 2906.0) であった(表3)。

2) 眼球運動

1. 全被験者

全被験者において NAF-DAF 間で眼球運動の注視時間と注視回数の値に統計学上有意な差が認められたのは、課題③のみであった。

課題③での、注視時間の中央値は、NAF 条件下では116.6ms である一方で DAF 条件下では1516.6ms と有意に高い値を示した ($p = 0.007$) (表4)。注視回数の中央値は、NAF 条件下では7.0回である一方で DAF 条件下では10.0回と有意に高い

表1. 全被験者の音読時間 (ms) N = 30

	NAF/DAF	平均値	最小値	最大値	中央値	標準偏差
課題①	NAF	1332.0	899.1	1931.4	1315.4	194.2
	DAF	1648.4	1132.2	4495.5	1448.6	616.3
課題②	NAF	4948.4	4029.3	6393.6	4895.1	700.0
	DAF	6184.9	4362.3	9557.1	5827.5	1454.5
課題③	NAF	5164.8	4162.5	6660.0	5061.6	646.9
	DAF	6395.8	4428.9	9856.8	6060.6	1477.1
課題④	NAF	8864.5	1598.4	12520.8	8841.2	1928.9
	DAF	11488.5	7892.1	18814.5	10639.4	2846.3

表2. 流暢群の音読時間 (ms) N = 17

	NAF/DAF	平均値	最小値	最大値	中央値	標準偏差
課題①	NAF	1355.5	1132.2	1931.4	1332.0	186.4
	DAF	1422.1	1132.2	1964.7	1332.0	241.2
課題②	NAF	4795.2	4029.3	6260.4	4861.8	626.8
	DAF	5543.5	4362.3	7925.4	5561.1	1007.5
課題③	NAF	5051.8	4162.5	6660.0	5028.3	622.4
	DAF	5561.1	4428.9	7192.8	5161.5	813.0
課題④	NAF	8867.6	7525.8	10855.8	8824.5	1007.7
	DAF	9843.1	7892.1	13020.3	9856.8	1308.4

表 3. 非流暢群の音読時間 (ms) N = 13

	NAF/DAF	平均値	最小値	最大値	中央値	標準偏差
課題①	NAF	1301.3	899.1	1631.7	1265.4	207.3
	DAF	1944.2	1298.7	4495.5	1798.2	820.4
課題②	NAF	5148.7	4062.6	6393.6	5361.3	764.0
	DAF	7023.7	4961.7	9557.1	6826.5	1553.6
課題③	NAF	5312.6	4362.3	6227.1	5527.8	673.1
	DAF	7487.4	5527.8	9856.8	7625.7	1453.9
課題④	NAF	8860.4	1598.4	12520.8	8957.7	2763.6
	DAF	13640.2	9224.1	18814.5	13786.2	2906.0

表 4. 全被験者：NAF — DAF 間での注視時間 (ms) N = 30

課題	NAF/DAF	中央値	平均値	標準偏差	有意確率
課題③	NAF	116.6	1135.5	642.2	0.007
	DAF	1516.6	1464.4	882.8	

表 5. 全被験者：NAF — DAF 間での注視回数 N = 30

課題	NAF/DAF	中央値	平均値	標準偏差	有意確率
課題③	NAF	7.0	7.2	3.4	0.002
	DAF	10.0	9.2	4.4	

表 6. 非流暢群：NAF — DAF 間での注視時間 (ms) N = 13

課題	NAF/DAF	中央値	平均値	標準偏差	有意確率
課題③	NAF	1266.6	1364.1	754.8	0.004
	DAF	1833.3	1917.9	876.0	
課題④	NAF	2166.6	2123.0	1255.3	0.033
	DAF	3166.5	2971.7	1467.2	

表 7. 非流暢群：NAF — DAF 間での注視回数 N = 13

課題	NAF/DAF	中央値	平均値	標準偏差	有意確率
課題③	NAF	8.0	8.3	3.7	0.003
	DAF	11.0	11.6	3.9	

値を示した ($p = 0.002$) (表 5)。

このことにより、課題③では、DAF 条件下では NAF 条件下に比し注視時間が長くなり注視回数が増加することが推測された。

2. 流暢群

流暢群 (17名) において NAF-DAF 間で眼球の注視時間と注視回数の間に統計学上有意な差が認められた課題はなかった。

このことから、流暢群においては、DAF 条件下においても NAF 条件下と同様の眼球運動が行われていることが示唆された。

3. 非流暢群

非流暢群 (13名) において NAF-DAF 間で眼球運動の注視時間もしくは注視回数の値に統計学上有意な差が認められたのは、課題③と④であった。

課題③での、注視時間の中央値は、NAF 条件下

では1266.6msである一方でDAF条件下では1833.3msと有意に高い値を示した ($p=0.004$) (表6)。注視回数の中央値は、NAF条件下では8.0回である一方でDAF条件下では11.0回と有意に高い値を示した ($p=0.003$)。このことにより、非流暢群では、課題③ではDAF条件下ではNAF条件下に比し注視時間が長くなり注視回数が増加することが推測された (表7)。

課題④での、注視時間の中央値は、NAF条件下では2166.6msである一方でDAF条件下では3166.5msと有意に高い値を示した ($p=0.033$)。このことにより、非流暢群ではDAF条件下ではNAF条件下に比し注視時間が長くなることが示唆された (表6)。

Ⅳ. 考察

全被験者、流暢群、非流暢群においては、NAF条件下とDAF条件下間で異なる眼球運動を示すことが示唆された。

全被験者ではNAF条件下に比しDAF条件下での、課題③ (9文節文) で注視時間が長くなり注視回数が増加することが示された。また非流暢群では、NAF条件下に比しDAF条件下での課題③ (9文節文) と課題④ (13文節文) で注視時間が長くなり、注視回数は課題③ (9文節文) でのみ多くなった。その一方で、流暢群ではDAF条件下においてもNAF条件下と同様の眼球運動を示した。

上述の通り、全被験者でのNAF-DAF間の眼球運動の差については有意であることが認められた。また本研究では、音読の流暢性が眼球運動にも影響していることを予測したことから、全被験者をNAF-DAF間の音読時間の比をもとに流暢群と非流暢群に分けて眼球運動を分析した。その結果、非流暢群では眼球運動にも有意な変化が認められたが、流暢群では有意差は認められなかった。このことから、NAF-DAF間で音読速度の変化が大きい個体は眼球運動の変化も大きいことが認められ、NAF-DAF間での眼球運動の変化を検討するには個体差を考慮し、非流暢群と流暢群とに分けて分析する必要があると考えられた。

特に流暢群と非流暢群間では、DAF条件下での眼球運動が大きく異なり、非流暢群では9文節文と13文節文で注視時間が長くなり、今回の課題では9

文節文よりも長い文章で注視回数が増加することが示された。しかしその一方で、流暢群では9文節文よりも長い文章でも眼球運動に変化は認められなかった。

なお、吃音者は繰り返しやブロッキングが文章音読中に生じた際には、停留や回帰運動の後、吃音出現位置に停留するという眼球運動特性を持っている可能性が示唆されている⁶⁾。

これらのことから、注視時間が長くなり注視回数が増加するという点に関しては、非吃音者であっても非流暢な発話を多く呈する個体ではDAF条件下では吃音者と同様の眼球運動特性を持っている可能性が示唆された。

また、吃音者には不要な聴覚入力を排除する基本的な聴力入力において異常があることが示唆されており、その異常が吃音の発症の一因と考えられている¹⁰⁾。本研究で実施しているDAF条件下とは、不要な聴覚入力が行われている状況であり、DAF条件下で流暢な発話を持続させるには不要な聴覚入力を排除することが必要と考えられる。また非吃音者であっても、DAF条件下で非流暢な発話となるのは、不要な聴覚入力を排除することが苦手な個体であることも推測される。非吃音者であっても不要な聴覚入力を排除しDAFの影響を受けにくい個体と不要な聴覚入力の影響を受けDAF条件下では非流暢な発話となる個体の差を複数のパラメータで検討することは、吃音を早期発見する検査法の開発や新たな治療法を開発する基礎的な研究になると考えられる。

本研究は、平成25年度熊本保健科学大学内研究費および平成25～26年度科研費 (研究活動スタート支援) に助成を受けたものである。

本研究は、熊本保健科学大学倫理委員会で承認を受けてから実施された。

文献

- 1) Sasisekaran J : Effects of delayed auditory feedback on speech kinematics in fluent speakers. Perceptual and motor skills, 115 (3) : 845-864, 2012.
- 2) Hideki T, Frank E, Richard J.S, et al : The

- effect of Delayed Auditory Feedback on Activity in the Temporal Lobe While Speaking : A Positron Emission Tomography Study. *Journal of speech, language, and hearing research*, 53 : 226-236, 2010.
- 3) Koki Y, Yasufumi K, Ken N, et al : A preliminary study of delayed auditory feedback and brain activity of bilateral prefrontal region detected by functional near infrared spectroscopy (fNIRS). *Chiba Medical J*, 88E : 1-7, 2012.
- 4) Chon H, Kraft SJ, Zhang J, et al : Individual variability in delayed auditory feedback effects on speech fluency and rate in normally fluent adults. *Journal of speech, language, and hearing research*, 56 (2) : 489-504, 2013.
- 5) 塩見将志, 水本豪, 岩村健司, 他 : 遅延聴覚フィードバックによる非吃音者の吃音様症状発生における個体差の要因～前頭皮質の脳活動による検討～. *保健科学研究誌* 12 : 75-81, 2015.
- 6) 佐藤裕, 笥一彦 : 遅延聴覚フィードバック (DAF) 条件下での読みの影響. *電子情報通信学会技術研究報告*. 100 (725) : 43-49, 2001.
- 7) 小沢恵美, 原由紀, 鈴木夏枝, 他 : 吃音検査法 吃音検査法, 学苑社, 東京, 2013.
- 8) 高橋麻衣子, 清河幸子 : 読解活動における眼球運動の役割 : 黙読時と音読時の比較から. *Cognitive Studies*. 20 (4) : 470-480, 2013.
- 9) 齋藤大輔, 斎藤恵一, 斎藤正男, 他 : 眼球運動解析による可読性評価－文字色と背景色の組合せによる比較－. *バイオメディカル・ファジィ・システム学会誌*, 11 (1), 23-28, 2009.
- 10) 菊池良和, 梅崎俊郎, 小宗静男 : 吃音症を聴覚で科学する. *音声言語医学* 54 (2) : 117-121, 2013.

(平成29年3月9日受理)

Relationship between fluency and eye movement under delayed auditory feedback in non-stuttering person

Masashi Shiomi, Go Mizumoto, Kenji Iwamura

In order to analyze the individual differences of speech fluency under delayed auditory feedback, on which little has been reported, we measured eye movement of non-stuttering persons in reading aloud task under normal auditory feedback (NAF) and delayed auditory feedback (DAF) environments. In addition to analyzing fluency in two feedback conditions, we divided all subjects into fluent and non-fluent groups based on the performance in DAF condition, and examined the individual differences of speech fluency. Written text was read aloud by 30 non-stuttering persons under NAF conditions and DAF conditions, and eye movement during the task test was measured by an eye movement measuring system. Comparison of the reading time of the fluent group and the non-fluent group under DAF and NAF conditions were calculated, and the results were classified based on the median value of the comparative reading times. From the analysis results, there was no change in gaze time and frequency between NAF and DAF for the fluent group. However, gaze time became longer and gaze frequency increased for the non-fluent group under DAF conditions than under NAF conditions. From this, a difference in eye movement between the fluent group and non-fluent group due to the influence of DAF was hypothesized.

Keywords

Delayed Auditory Feedback (DAF) , Normal Auditory Feedback (NAF) , eye movement, individual differences