

ポップアウトボイス生成時における声帯振動の検討*

☆相馬巧海, 竹本浩典 (千葉工大)

1 はじめに

背景雑音などの妨害音がある環境下でも聞き取りやすい音声をポップアウトボイスと呼ぶ[1]。ポップアウトボイスは単に音圧レベルが高いだけでなく、同じ音圧レベルでも際立って知覚されるという特徴がある。先行研究で、ポップアウトする声 (PV) とポップアウトしない声 (NV) で文章を読み上げた際の調音運動をリアルタイム MRI で計測して比較分析した結果、PV では過剰な調音運動により母音空間を拡大させて発話明瞭度を向上させている可能性が示唆された[2]。しかし、声帯振動がポップアウトボイスの生成に与える影響は十分に明らかになっていない。そこで、PV を有する話者 (男性 1 名 : M1, 女性 5 名 : F1~F5) [3] が PV と NV で発声した単母音を予備的に Praat [4] を用いて分析し、声帯振動に関する特徴量を比較した。その結果、NV に比べて PV では基本周波数 (fo) が平均 46.0 % 高く、音圧レベルが平均 10.7 dB 高く、HNR (Harmonics-to-Noise Ratio) が平均 31.2 % 高かった。一方、jitter は有意 (t 検定, $p < 0.05$) に小さかった (Table 1)。しかし、音声波形から計算した fo や jitter は声道共鳴や計算アルゴリズムなどの影響を受け、必ずしも正確でない可能性がある。

Table 1 PV を有する話者の PV と NV の jitter の差 (%)

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
M1	-0.37	-0.25	-0.13	-0.45	-0.28
F1	0.07	-0.03	0.01	-0.01	0.10
F2	-0.08	-0.34	-0.05	-0.15	-0.19
F3	-0.09	-0.02	-0.04	-0.22	-0.08
F4	-0.30	-0.02	-0.13	-0.04	-0.04
F5	-0.05	-0.06	-0.14	-0.24	-0.22

そこで本報では、声門の開閉パターンを精密に計測できる Electro Glotto Graphy (EGG) [5]

を用いて、実験参加者にとって通る声 (PV), 通らない声 (NV) で発声した単母音の音声波形と EGG 波形からそれぞれ計算した fo と jitter を比較検討して精度を検証する。また、音声波形から音圧レベル, HNR を抽出して前述した予備的な分析結果と比較する。

2 材料と方法

2.1 実験参加者と実験

実験参加者は 6 名の男子大学生 (M1~M6) である。実験参加者は国立国語研究所の防音室で PV と NV で 5 母音を約 2 秒間発声した。その音声を録音するとともに声門の開閉パターンを EGG で記録した。

2.2 EGG 波形と音声波形の分析

EGG 波形は、Praat を用いて 100 Hz をカットオフ周波数とするハイパスフィルタをかけた後、Praat のデフォルトのパラメータを用いて声門が開鎖する区間を自動抽出した。ある閉鎖開始時刻から次の閉鎖開始時刻までを声帯振動の 1 周期とし、各母音の音声波形が安定した部分で fo と jitter を求めた。また、同じ区間に対して声門開放時間率 (OQ: Open Quotient) [6], 振幅の平均値 (MA: Mean Amplitude) も求めた。音声波形は EGG 分析を行った区間に対して Praat で分析し、fo, jitter, 平均音圧レベルを求めた。

3 結果・考察

3.1 音声波形と EGG 波形から抽出した fo と jitter の比較

M1~M6 の PV で発声した 5 母音の音声波形と EGG 波形からそれぞれ計算した fo および jitter の差の絶対値は、それぞれ平均で 0.19 Hz, 0.091%, 最大で 0.8 Hz, 0.49% であった。また、NV で発声した 5 母音の音声波形と EGG 波形からそれぞれ計算した fo および jitter の差の絶対値は、それぞれ平均で 0.12 Hz, 0.061%, 最大で 0.28 Hz, 0.234% であった。ま

* Investigation of factors contributing to vocal fold vibration in pop-out voice production, by SOMA, Takumi, TAKEMOTO, Hironori (Chiba Institute of Technology),.

た、音声波形と EGG 波形から計算した fo には有意差がみられず、jitter は音声波形から計算した方が有意に高かった (t 検定, $p < 0.05$)。

3.2 PV と NV の音声波形と EGG 波形から抽出した jitter の差の検討

M1~6 に対して Table 2 は音声波形から、Table 3 は EGG 波形からそれぞれ抽出した jitter の PV-NV の値である。音声波形から抽出した jitter で PV の値が小さかったのは 30 対のうち 24 対であった。一方、EGG 波形から抽出した jitter で PV の値が小さかったのは 30 対のうち 19 対であった。音声波形と EGG 波形から計算した jitter はいずれも、予備的に分析した PV 保有者と同様に、PV で有意に小さくなった (t 検定, $p < 0.05$)。

先行研究によれば、音声波形と EGG 波形から計算した jitter は、/i/、/u/よりも/a/でよく一致する[7]。Table 2 と Table 3 で正負が逆転していたのは M4 の/i/、M1、M3、M4、M6 の/u/であった。よって本研究でも先行研究を支持する結果となった。

Table 2 音声波形から抽出した jitter の PV-NV の値 (%)

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
M1	-0.35	0.14	-0.05	0.02	0.04
M2	-0.37	-0.24	-0.27	-0.61	-0.73
M3	-0.10	-0.14	-0.03	-0.09	-0.06
M4	-0.19	-0.10	-0.17	0.01	0.04
M5	-0.04	-0.06	-0.22	-0.15	-0.28
M6	-0.12	-0.25	0.00	0.03	-0.23

Table 3 EGG 波形から抽出した jitter の PV-NV の値 (%)

	/a/	/i/	/u/	/e/	/o/
M1	-0.06	0.20	0.10	0.09	0.02
M2	-0.43	-0.27	-0.19	-0.62	-0.88
M3	-0.06	-0.16	0.02	-0.06	-0.04
M4	-0.08	0.29	0.32	0.15	0.10
M5	-0.10	-0.06	-0.24	-0.05	-0.29
M6	-0.15	-0.27	0.14	0.05	-0.25

3.3 OQ, MA, HNR の比較結果

EGG 波形から求めた OQ では、M5 の/a/を除き、すべての母音で PV の方が小さく、平均 17.5%小さかった。EGG 波形の MA は M4 の/u/を除き、すべての母音で PV の方が大きく、平均 45.0%大きかった。EGG 波形のこれ

らの所見は、少なくとも喉頭動態としては、PV では高く大きな声で発声をしていることを示唆する[8]。M1~M6 の音声波形の分析によれば、PV では HNR は平均 11.4%高く、音圧レベルが 4.0 dB 高く、fo も 47.3%高かった。同様に、これらは前述した PV 保有者の結果と同様である。つまり、PV 保有者でも PV 発声では高く大きな声で発声している可能性がある。

4 おわりに

本研究では、声帯振動がポップアウトボイスの生成に与える影響を検討するために、PV と NV で発声した単母音を対象に音声波形と EGG 波形からそれぞれ計算した fo と jitter を精度検証した上で比較し、また OQ, MA, HNR を比較して分析した。その結果、音声波形と EGG 波形から計算した fo と jitter では、fo には有意差が見られなかったが、jitter は音声波形から計算した方が有意に小さく、音声波形、EGG 波形それぞれで PV の方が有意に小さい傾向が見られた。また、PV の喉頭動態が大きな声を発声する際の特徴と一致していたことから、PV は小さな声でも大きな声と同様の喉頭動態を持つ声である可能性が示唆された。この可能性を検証するためには、PV 保有者が fo と音圧レベルを一定にして PV と NV で単母音を発声したときに、聞き取りやすさに差があるか検討する必要がある。

謝辞

本研究では JSPS 科研費 24K00071 の支援を受けた。また、実験参加者に感謝する。

参考文献

- [1] 北原ら, 音講論(秋), 3-9-3, 2022.
- [2] 相馬ら, 音講論(秋), 1-10-6, 2023
- [3] 北村ら, 音講論(秋), 3-Q-38, 2022.
- [4] Boersma & Heuven, Praat, a system for doing phonetics by computer, *Glott International* 5(9/10): 341-345, 2001.
- [5] Fourcin A., *Voice Quality Measurement*, Singular Publishing Group, pp. 413-427, 2000.
- [6] Villafuerte-Gonzalez et al., *Journal of Voice*, 31, 391-391, 2017.
- [7] Karnell, M. P., Scherer, R. C., and Fischer, L. B., *J. Speech Lang. Hear. Res.*, 40, 170-180, 1997.
- [8] Mariani, L. T., Hunter, E. J., and Titze, I. R., *J. Voice*, 34, 427-435, 2020.