

フリースタイルラップ中の脳賦活領域と言語能力との関係： プロとアマチュアの比較検討

The Relationship between Activated Brain Regions during Freestyle Rap and Linguistic Abilities in Professional and Amateur Rappers

関根 和生[†], 森本 智志[‡]
Kazuki Sekine, Satoshi Morimoto

[†] 早稲田大学, [‡] 慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート
Waseda University, Keio University Global Research Institute
ksekine@waseda.jp

概要

本研究では、プロとアマチュアラッパーのフリースタイルラップ中の脳賦活領域と言語・認知能力との関係を検討した。その結果、プロラッパーは、アマチュアラッパーと比べて、言葉の音韻情報の処理と保持に関する課題成績がよく、フリースタイル中の Oxy-Hb の値が、運動前野と左縁上回領域で高かった。このことから、プロとアマチュアのパフォーマンスの相違は、音韻情報の処理速度と維持能力に起因していることが示唆された。

キーワード: 即興音楽, フリースタイルラップ, 押韻, fNIRS, 流暢性

1. はじめに

本研究では、認知科学的な観点から、即興ラップ活動を支える脳活動と言語能力との関係を、プロとアマチュアラッパーとの比較を通じて検討した。ラップとは、リズムに乗せて早口で語るダンス音楽のことであり、ラップの歌手はラッパーと呼ばれる[1]。ラップは言語、音楽、身体動作が交差する活動であり、近年、認知科学的な観点から研究がなされるようになってきた[1][2][3]。ラップには大きく2つの形式がある。一つは、予め書き留めた歌詞をラップする形式で、いわゆる「持ち歌」のラップである。もう一つは、その場の文脈（例えば他の人がラップした内容や眼前にある事物やテーマなど）に合わせて、歌詞を即興的に生み出しながらラップを行う形式である。後者の形式はフリースタイルラップと呼ばれ、しばしば複数の者同士でスキルを競い合うフリースタイルバトルも行われる。フリースタイルラップにおいては、歌詞の内容だけでなく、押韻の数やそれらの意味的一貫性、歌いまわし（フロー）、ユーモア、相手への罵倒、現前の状況や相手がラップした内容をどれだけ自分のラップに反映させられたか、といった点がラップの巧拙を評価する際の対象となり、バトルにおいてはこうしたスキルが勝敗を左右する。本調査では、以上のような特徴を持つフリースタイル

ラップに焦点を当て、フリースタイルラップのスキルを支える言語能的・認知的力を検討する。特にラップのスキルは、アマチュアとプロのラッパーでどの程度違うのか、フリースタイルラップ中に活性化する脳の領域と関連がみられるのか、といった点を明らかにする。

プロとアマチュアラッパーの認知的特性を検討した先行研究がいくつかある。Kqiku & El Alami [4]は、プロとアマチュアのラッパーの認知的、言語的特徴を比較検討するため、両群にカテゴリー流暢性課題（時間内に特定の範疇に入る単語をいくつ産出できるか）、脚韻流暢性課題（時間内に同じ脚韻を含む単語をいくつ産出できるか）、認知課題（ストループ課題、ゴー・ノーゴー課題、タスク切り替え課題、Nバック課題）を実施した。結果として、プロとアマチュアラッパーとの間で有意な成績差がみられたのは脚韻流暢性課題のみで、カテゴリー流暢性課題や他の認知課題では両群の差はみられなかった。即興性や創造性に焦点をあてた Liu らの研究 [5]では、fMRI を使い、フリースタイルラップ中の脳の活動部位を比較した。結果として、プロのラッパーの脳活動は、アマチュアラッパーと比べて、内側および背外側前頭前野の解離した活動によって特徴付けられることが示された。これは、ジャズピアニストの即興演奏時の脳活動と類似した傾向を示しており、創造的な即興演奏には意識的なモニタリングや制御があまり関与しないということを示唆しているという [5]。

先行研究によってプロラッパーの即興性や韻の流暢性に関しては明らかにされてきたが、ラップには押韻以外の言語処理、例えば構文や語彙検索などが関与していることを考えると、プロとアマチュアの特性を検討するには、押韻以外の言語的側面の検討も必要になる。また、フリースタイル中には、特定の情報を一時的に保持しながら、次の文を構築したり特定の韻や単語を検索するなど、異なる種類の情報処理が同時並行的に行われていることを考慮すると、ワーキングメモリ

の容量がフリースタイルラップに影響を及ぼしている可能性も考えられる。

そこで本研究では、複数の言語課題やワーキングメモリ課題を通じて、プロとアマチュアラッパーの言語・認知能力の相違点を探索的に検討することを目的とした。さらに、プロとアマチュアラッパーのフリースタイルラップ中の情報処理の相違を検討するため、両群のフリースタイルラップ中の脳賦活領域も検討した。脳賦活領域の測定には fNIRS (functional Near-InfraRed Spectroscopy：機能的近赤外分光分析法) を用いた。

2. 方法

調査参加者 本調査には、1名のプロのラッパーと7名のアマチュアラッパーが参加した。プロラッパー (A氏、男性、37歳、右利き) は、15年以上のラップ経験があり、プロのミュージシャンとして曲もリリースしている。また、全国的なフリースタイルラップの大会で20回以上の優勝経験を有する。アマチュアラッパーは、平均27歳 (SD = 7.8) で、平均3年のラップ経験を有している。参加者は全て日本語母語話者であった。

課題と素材 参加者はフリースタイル課題と言語・認知課題の2課題に取り組んだ。

フリースタイル課題では、参加者は最初にウォーミングアップのラップを数分間行った後、フリースタイル (フリースタイル条件) と持ち歌 (持ち歌条件) を交互に3試行ずつ、計6試行ラップした。どちらの条件を先に行うかについてはカウンターバランスを取った。各試行間のインターバルは20秒で、試行の最初に3秒間音符の記号がモニター上に提示され、それからビートがイヤフォン越しに流れる。一試行のビートは8小節 (BPM85) から構成され、約25秒であった。

ラップ中の脳賦活領域を計測するためのfNIRS計測装置としてETG-7000 (日立) を用い、両条件のラップ中の前頭および左右側頭領域のオキシヘモグロビン (Oxy-Hb) とデオキシヘモグロビン (Deoxy-Hb) の濃度の変化を計測した。fNIRSは、皮膚や組織を透過する近赤外光の2つの波長 (780nm と 830nm) を放出・検出し、その差から局所的な血流の増加に起因する大脳皮質表層のOxy-HbとDeoxy-Hbの濃度の時間的変化を推定することができる。52の測定チャンネルを含む3×11のプロープ配列を使用した (図1)。下列中央のプロープは、前頭葉と側頭葉をカバーするため、国際式10-20法のFpzに対応する位置に配置した。各照射プロープと対応する検出プロープ間の距離は3cmに設定した。

図1は、プロープと計測チャンネルのレイアウト (上図) および本研究で使用したホルダの写真 (下図) を示している。丸内の数字がプロープ番号、X上部の数字がチャンネル番号を示している。

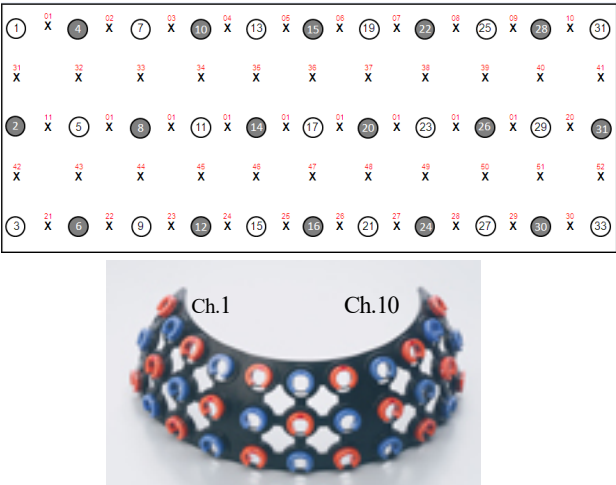


図1 プロープと計測チャンネルのレイアウト (上図) および本研究で使用したホルダの写真 (下図)。丸内の数字がプロープ番号、X 上部の数字がチャンネル番号を示している。

fNIRS データはMATLAB2019a (Mathworks, Natwick, MA, USA) を使用して分析を行った。頭皮血流を含む全身性血流変動を血流動態分離法 [6]により除去したのち、バンドパスフィルタ (Butterworth band-pass filter (20次, 0.05-0.8 Hz) zero phase digital filtering) で低周波数のトレンドと心拍以上の周波数のノイズを除去した。ビート開始をオンセットとし、それより前の5秒をベースラインとして加算平均しOxy-Hbの変化を求めた。その上で、血流応答の遅れを考慮して、オンセットの5秒後からラップ終了までの20秒間の平均値を求め、条件間の比較を行った。なお本研究ではOxy-Hbのみを分析の対象とした。

言語・認知課題は、合計5つの課題から構成される。以下、各課題の概要を説明する。

1. 語流暢性課題 [7]: 語流暢性課題には、さらにカテゴリーと文字という2つの下位課題が含まれている。カテゴリー流暢性課題では特定のカテゴリーに属する一般名詞を、1分間でできるだけ多く口頭で産出してもらう。本研究では、斎藤らの研究 [7]に従い、「動物」、「果物」、「乗り物」のカテゴリーを用いた。文字流暢性課題では、特定の文字から始まる語を1分間でできるだけ多く述べてもらう。本研究では、「し」、「い」、「れ」を用いた。固有名詞と数詞はカウントに入れない。それぞれの課題で3問の想起数の合計を算出した。

2. 脚韻流暢性課題 [5]: 参加者に3モーラから成る語

を提示し、2分間でできるだけその語と同じ韻の言葉を口頭で産出してもらう。使用した語は、「えがお」「だせい」、「かつも（非単語）」であった。産出した語の合計を算出した。

3. 文構成課題 [8]：オリジナルの文構成テストでは、計33組の語のペアを参加者に提示するが、本調査では、計4組の語のペアを使用した。使用したペアは「鉛筆、幼い」、「風、役立つ」、「ひとつ、けれど」、「階段、ならば」の4組であり、いずれもレベル3、4に相当する。本研究では、一度に一組の語を参加者に提示し、2つの語を使用した文章を1分間にできるだけ多く口頭で作ってもらった。4組の間に対して産出した文の合計数を算出した。

4. 聴覚言語記憶課題 [9]：聴覚的に5つの単語が提示され、それを復唱する課題である。先行研究 [9]を参考に単語セットを作成した。単語はすべて3モーラから成る。5つの単語を1セットとし、高心像語（例：めがね、きっぷ、眉毛、いちご、ハガキ）、低心像語（例：合理、追記、潮、株価、懸念）、非単語（例：そねま、ふよた、みかの、れすき、えちそ）からそれぞれ3セットずつ抽出した（計9試行）。3セットで正確に再生できた単語の平均を、高心像語、低心像語、非単語ごとに集計した。

5. ワーキングメモリ課題 [10][11]：空間性ワーキングメモリ課題として Corsi block task [10]を、言語性ワーキングメモリーして Digit Span Task [11]を行った。Corsi block task では、画面上の9つのブロックが順番に点滅し、参加者はその点滅した順番を再生する。Digit Span task では、数字が画面上に瞬間的に提示され、参加者はその数字を覚えて再生する。いずれの課題でも、参加者は再生することができた最大の個数（ブロックもしくは数字の桁数）を記録した。

手続き 大学の実験室において個別に実験を行った。フリースタイル課題は防音ルームで実施された（図2）。

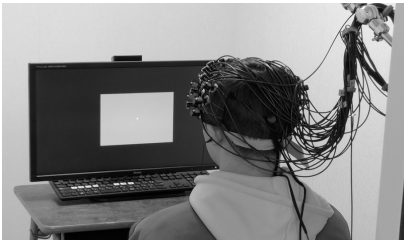


図2 フリースタイル課題の実験場面

参加者はPCモニターの前に座り、イヤフォンを装着し、課題に取り組んだ。その際、頭や体、手は動かさな

いように教示を受けた。言語・認知課題は別の実験室で行い、16 インチラップトップ PC を介して課題が提示された。課題の提示順は、上述の課題の記述の順番通りであった。

3. 結果

3.1 フリースタイル課題の結果

フリースタイル条件と持ち歌条件遂行時の Oxy-Hb 変化量をチャンネルごとに比較した。符号検定 (FDR による多重比較補正) の結果、52 チャンネル中、19 チャンネルで有意差 ($Q<.05$) がみられ、いずれもフリースタイル条件のほうが持ち歌条件よりも Oxy-Hb の値が高かった（図3：本稿の最後に提示）。また、有意差がみられた19チャンネル中、15チャンネルは左側頭部のチャンネル（左側頭部の計測するチャンネルの合計数は17）であった。15チャンネル中、フリースタイル条件においてプロラッパーの Oxy-Hb の値がアマチュアの第3四分位点よりも高かったのは、チャンネル9、10、20、40であった（図3中の赤線参照）。これらのチャンネルは、前運動野（動作のプランを担う領域）と左縁上回（音声情報と語彙意味情報との統合や音韻情報の保持を担う領域）の上部に位置していた。

3.2. 言語・認知課題の結果

言語・認知課題の成績を両群で比較するため、各課題の平均値を算出した（表1）。

表1 言語・認知課題の結果

課題	アマチュア		プロ
	平均	標準偏差	平均
カテゴリー流暢性	58.8	8.4	67
文字流暢性	40.2	16.6	72
脚韻流暢性	25.0	11.7	90
文構成課題	22.2	3.0	34
聴覚言語記憶課題			
高心像語	4.8	0.2	5.0
低心像語	4.2	0.7	4.7
非単語	1.5	0.2	3.7
Corsi Block	5.8	0.4	5.0
Digit Span	6.6	1.1	7.0

* 太字は有意差がみられた課題

プロラッパーの課題成績を基準とし、アマチュアの平均がその基準よりも有意に高いか低いかを検討するため、1標本のt検定を行った。結果として、文字流暢性課題、 $t(4)=4.2, p<.05, r=.91$, 脚韻流暢性課題、 $t(4)=12.6, p<.001, r=.99$, 文構成課題、 $t(4)=8.7, p<.01, r=.98$, 聴覚言語記憶課題の無意味語、 $t(4)=27.3, p<.001, r=.99$, において、プロラッパーの成績がアマチュアラッパーのそれよりも有意に高かった。また、他の課題では有意な差はみられなかった。

以上の結果より、プロラッパーは、言語能力が全体的にアマチュアラッパーよりも高く、特に意味的側面よりも音韻的側面においてその能力が顕著に高いことが明らかにされた。

4. 考察

本研究では、アマチュアとプロラッパーの言語・認知能力ならびにフリースタイル中の脳賦活領域の相違をそれぞれ認知・言語課題とfNIRSを用いて比較検討した。その結果、以下の3点が見いだされた。第一に、ワーキングメモリ課題ではプロとアマチュアラッパーとの間に差はなかったものの、プロラッパーは全般的にアマチュアラッパーよりも言語課題の成績が高かった。特に、特定の文字や韻が含まれている語の検索や非単語の記憶成績が良いことから、言葉の音韻情報の処理と保持が、プロラッパーの言語能力の特徴であるのではないかと考えられる。第二に、両群とも、持ち歌条件よりもフリースタイル条件において、言語処理に関わる左半球のOxy-Hb値が高かった。この結果は、フリースタイルラップが、既存の歌詞をラップするよりも、言語処理の関わる活動であることを示唆している。第三に、プロラッパーのフリースタイル中のOxy-Hbの値が、運動前野と左縁上回でアマチュアラッパーよりも高かった。これらの領域は、運動の企画や準備 [12]、音声情報と語彙意味情報との統合や音韻情報の保持が行われる領域 [13]として考えられている。ラップの押韻処理中の脳波を検討した研究 [14]では、プロのラッパーは、アマチュアラッパーと比べて、語末ではなく語中に踏まれる韻も意識して聞いていること、押韻の審美的判断と技術的判断の処理速度に違いがないことが報告されている。この結果は、プロラッパーが語に含まれる音韻情報に対してより敏感であり素早く処理できることを示唆しており、音韻情報の処理成績が良いことを示した本研究結果を支持するものだと考えられる。

以上の結果より、プロとアマチュアのパフォーマンスの相違は、空間や文字に関するワーキングメモリの容量ではなく、単語の音韻情報の処理速度と維持能力に起因していること、また、フリースタイルラップ中には、プロのラッパーの音韻処理に関する脳領域がアマチュアラッパーより活性化していることが明らかになった。

本研究の限界と今後の課題として、以下の2点が挙げられる。1点目は、参加者数の少なさに関してである。今後は両群の参加者数、とりわけプロラッパーの数をさらに増やし、本研究知見が頑健であるかを検討することが必要だと考える。2点目は、体動アーティファクトについてである。本研究では、血流動態分離法を使い、全身性の血流変動の影響を除く処理を行ったものの、頭部の動きや手の動きがどの程度脳血流に影響を与えていたのかはわからない。今後は、ジェイロセンサーなどを併用し、体動の大きさを計測しつつ、どの程度それが脳血流データに影響を与えていたのかを調べる事が必要となる。

5. 謝辞

研究にご協力頂いた調査協力者の方々に深く感謝いたします。

文献

- [1] 関根和生・児玉謙太郎・清水大地 (2019). 手の動きがラップの音響特性に与える影響 日本認知科学会第36回大会発表論文集, pp693-696. 於: 静岡大学
- [2] Kodama, K., Shimizu, D., Dale, R., & Sekine, K. (2021). An approach to aligning categorical and continuous time series for studying the dynamics of complex human behavior. *Frontiers in Psychology*, 12. doi: 10.3389/fpsyg.2021.614431
- [3] 清水大地・児玉謙太郎・関根和生 (2021). フリースタイルラップバトルにおけるマルチチャンネル・インタラクション—同期理論を利用したケーススタディー—. 電子情報通信学会 A, J104-A(2), 75-83.
- [4] Kqiku, A & El Akami, J. (2016). Does freestyle rap correlate with higher cognitive functions? Research Report at University of Geneva.
- [5] Liu, S., Chow, H. M., Xu, Y., Erkinen, M. G., Swett, K. E., Eagle, M. W., Rizik-Baer, D. A., & Braun, A. R. (2012). Neural Correlates of Lyrical Improvisation: An fMRI Study of Freestyle Rap. *Scientific Reports*, 2(1), 834.
- [6] Yamada, T., Umeyama, S., & Matsuda, K. (2012). Separation of fNIRS signals into functional and systemic components based on differences in hemodynamic modalities. *PLOS ONE*, 7(11), e50271.
- [7] 斎藤寿昭・加藤元一郎・鹿島晴雄・浅井昌弘・保崎秀夫 (1992). 前頭葉損傷と Word Fluency 特に抑制障害との関連について失語症研究, 12(3), 223-231.
- [8] 高橋真知子・林部英雄・吐師道子 (2007). 自発話能力評価

のための臨床検査法の開発 ―健常群での検討― 高次脳機能研究, 27(1), 20-28.

[9] 谷内まみ・井上和博・深野佳和 (2016). 言語性ワーキングメモリにおける音韻処理と意味処理について 鹿児島大学医学部保健学科紀要, 26(1), 35-40.

[10] Corsi, P. M. (1972). *Human memory and the medial temporal region of the brain (Ph.D.)*. McGill University.

[11] Richardson JT. Measures of short-term memory: a historical review. *Cortex*. 2007, 43(5), 635–650.

[12] 丹治順 (2013). 頭頂連合野と運動前野はなにをしているのか? その機能的役割について 理学療法学, 40(8), 641-648.

[13] Hickok, G., & Poeppel, D. (2007). The cortical organization of speech processing. *Nature reviews Neuroscience*, 8(5), 393-402.

[14] Cross, K., & Fujioka, T. (2019). Auditory rhyme processing in expert freestyle rap lyricists and novices: An ERP study. *Neuropsychologia*, 129, 223–23

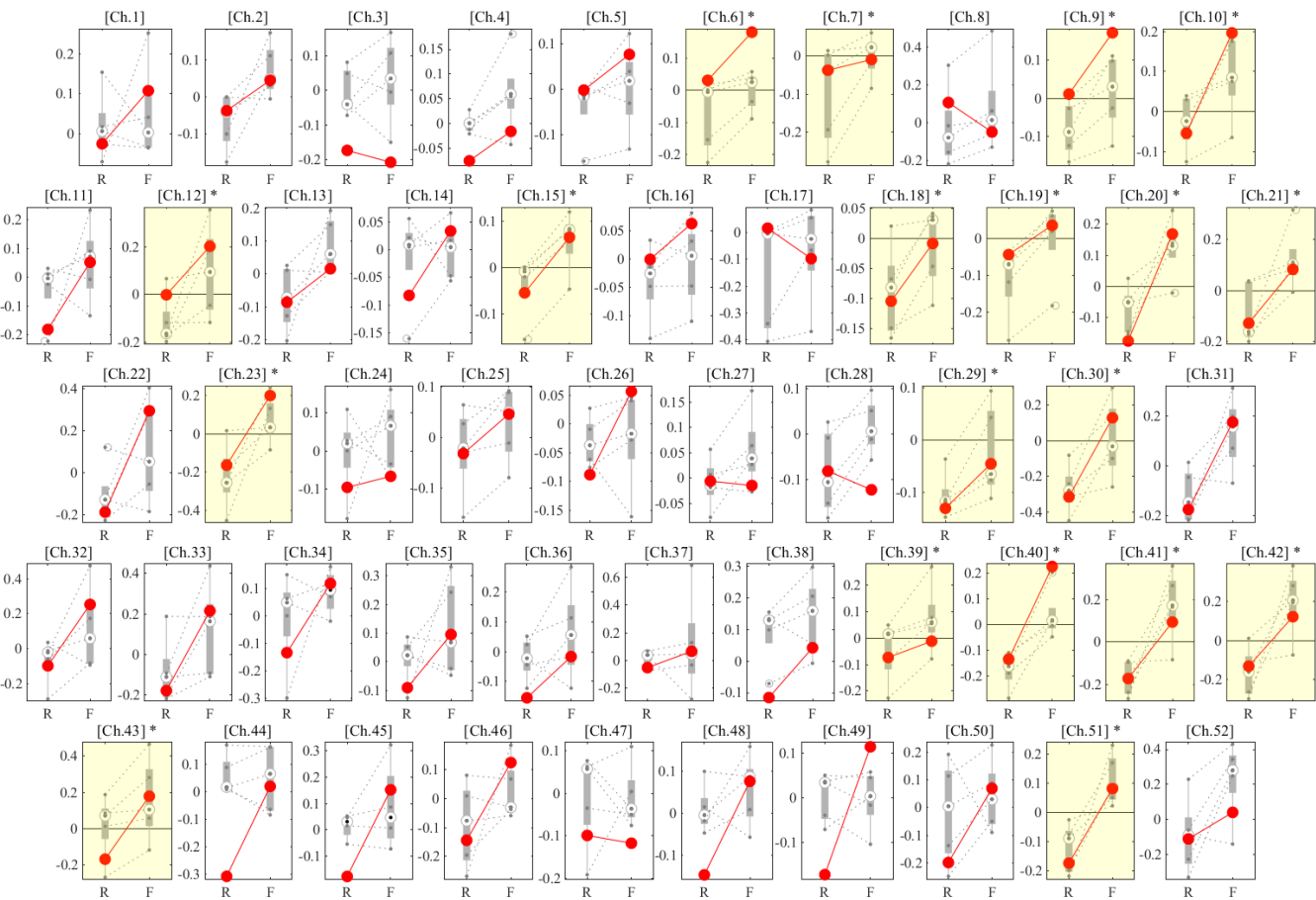


図3 脳活動の条件間比較マップ。持ち歌条件(R)とフリーラップ条件(F)区間の Δ [Oxy-Hb] (mM · mm)値をチャンネルごとに箱ひげ図で示す。箱の上下境界及び丸印は四分位数, 条件間を結ぶ点線は参加者個人の対応関係を表す。条件間の中央値に有意差 (* $p < .05$) が認められたチャンネルは黄色で塗られている。また赤色はプロラッパーのデータに対応する。