

# LENA システムを用いた日本語家庭における親子間会話の探索的分析

尾崎 (和賀) 萌子(慶應義塾大学大学院生)

## 1. はじめに

LENA (Language ENvironment Analysis) システムは、2008 年に開発された言語環境の客観的評価ツールであり、装着型のデバイスとクラウドベースのソフトウェアから構成される。このシステムは0~48 ヶ月の子どもを対象に、大人の発話数、子どもの発声・発話数、会話のターンテイキングなどを自動的に計測する機能を持つ。LENA のアルゴリズムは音の周波数や間隔を解析することで、言語に依存せず大人の発話、子どもの発話、テレビや環境音を区別し、さらに子どもの発話を特定して親子間のコミュニケーションの質と量を定量的に評価することが可能である。

現時点で、LENA を用いた研究論文は約 250 本存在する。研究内容としては、主に難聴児の言語発達評価や自閉症スペクトラム障害の子どもたちの言語環境研究に利用されてきた (Dykstra et al., 2013)。さらに、バイリンガル環境や保育園・幼稚園における言語獲得、家庭内での言語発達に関する研究でもその有効性が確認されている (Duncan et al., 2022; Endevelt-Shapira et al., 2024)。例えば、よく話す親の子どもはよく話す傾向があること (Gilkerson et al., 2009) や、テレビ視聴時間が増えると言語能力が低下する (Christakis et al., 2009) といった報告がある。また、親は子どもとの会話量を過大評価しがちであることも指摘されている (Richards et al., 2017)。

しかし、日本国内における LENA システムを用いた研究はごく少数であり、特に日本語を対象とした家庭内の日常会話を詳細に分析した研究はほとんど存在しない。LENA のホームページに掲載されている導入実績によれば、現在国内で導入されているのは東京医療センター、愛知淑徳大学、信州大学医学部、鳥取大学の 4 機関のみであり、人工内耳装着と家庭での語りかけの数の関係性についての検討 (宮川 et al., 2020) や、有意義な親子の会話と子どもの言語能力との相関に関する分析などが行われている (小淵 et al., 2022; 滝澤 et al., 2023)。しかし、英語を対象に開発された LENA システムの日本語における信頼性の検証は不十分であり、日本語を対象とした言語学的観点からの研究は依然として未開拓である。

こうした背景を踏まえ、本研究では日本語環境における親子間の会話を分析し、日本語における LENA システムの有効性を検証することを主目的とする。特に本研究ではターンテイキングに焦点を当て、日本語データにおける LENA システムのターンテイキングの信頼度を検証する。

## 2. LENA システムの構成と機能

LENA は、小型の録音機、LENA Hub と呼ばれるソフトウェア、LENA Online という Web サイトの 3 つを用いてデータ収集と分析を行う。録音機は横 8.6cm、縦 5.6cm、奥行き 1.3cm で、約 57g と小型かつ軽量である。録音機を専用ベストの胸ポケットに挿入し、対象児に着用させることで、周囲の発話データや環境音を最長 16 時間連続で録音することができる。録音後、録音機をパソコンに接続し、LENA Hub を起動すると自動的にデータ転送が開始される。録音データはパソコンに保存されると同時に、解析可能な形式に加工され、LENA Online に転送される。LENA Online にアクセスすれば、後述する分析データをダウンロードできる。

LENA は、録音機を装着した対象児を中心に、周囲の話者ごとにターン数、発話量、発話時間を自動分析する。意味の認識は行わず、音声信号の特徴をもとに単語数やターン数を推定する仕組みであるが、詳しいメカニズムや判断基準は公開されていない。LENA システムは、北米の英語を母語とする 2~48 ヶ月の子ども 94 人から収録した計 82 時間の録音データを元に設計されており、対象年齢は 48 ヶ月までとなる。48 ヶ月以上の子どもは、48 ヶ月として処理される仕様である。

録音データはまず 0.01 秒単位のフレームに分類され、音響特性が統計的に比較されて 8 つのカテゴリーに分類される (表 1 参照)。各フレームは、最小持続時間 (0.6~1 秒) の制約に基づき結合される。例えば、子どもの発話については泣き声や非言語音を除外し、0.3 秒以上の無音で区切られた音声のみがカウントされる。また、テレビ/電子音は環境において電子音が支配的だった時間として記録される。統合されたフレームを基に、各カテゴリーの発話数、発話持続時間、ターンテイキング回数が算出される。分析結果は、時間ごとの推移や収録日ごとの比較をグラフ形式で出力できるほか、5 分ごとの集計結果を Excel 形式でダウンロードすることも可能である。

表1. LENA システムにおける音のカテゴリー

音の分類	LENA ラベル	概要
Key Child	CHN	レコーダーを装着した子どもの音声 (言葉, 喃語, 息や泣き声, 叫び声, 笑いなど) (最小600ms)
Female Adult	FAN	思春期以降の女性の声 (最小1000ms)
Male Adult	MAN	思春期以降の男性の声 (最小1000ms)
Other Child	CXN	近く (約6~10 フィート) の子どもの声 (最小800ms)
Overlapping Sounds	OLN	人間の声と他の環境音が同時に検出された音 (最小800ms)
Noise	NON	声や電子機器に関連しない環境音 (最小800ms)
TV/Electronic Sounds	TVN	テレビ, ラジオ, 電子玩具などのスピーカーからの音 (最小1000ms)
Silence	SIL	最小音量 32dB 以下 (最小800ms)
Uncertain/faint	FUZ	不明瞭な音声・環境音

### 3. LENA システムの信頼度に関する先行研究

LENA は英語環境での使用を想定して開発されたシステムであるものの、意味認識に依存しないという特性から他言語でも広く使用されている。LENA 社によれば、アメリカ英語で検証した場合、LENA と手作業でのコード付けの一致度は、大人の発話数で82%、子どもの発話数で76%、電子音の認識で71%であった (Xu, Yapanel, & Gray, 2009)。英語とおおむね同等の信頼度を示した言語として、イタリア語 (Katus et al., 2023)、ヘブライ語・アラビア語 (Levin-Asher, 2022)、ベトナム語 (Ganek & Eriks-Brophy, 2018)、中国語 (Gilkerson et al., 2015) などが挙げられる。

一方で、信頼度に課題が見られた言語も存在する。例えば、韓国語では子どもの発話数とターン数の信頼度が有意に低く、オランダ語では手作業によるコード付けが LENA の約3~6 倍のコード数を示したと報告されている (Busch et al., 2017)。また、英語においてもターンテイキングに関しては、手作業でのコード付けとの乖離が指摘されている (Ramirez et al., 2021)。

日本語に関しては、本格的な信頼度の検証は未だなされていない。日本語の膠着語としての性質やピッチ、語の区切り方が LENA の解析にどのような影響を及ぼすかは不明であるが、英語と比較して信頼度が低くなることが予想される。南 et al. (2018) は、難聴児と健常児を対象に LENA を用いた解析の可能性を検証し、その結果、発話量の測定値を英語環境のパーセンタイル値と直接比較することはできないと結論づけた。また、LENA の分析メカニズムが非公開であるため、どのような音節基準で発話が区切られているのかは不明であり、日本語における語彙数の測定は現状では困難であると考えられる。

### 4. 研究方法

本研究は慶應義塾大学文学研究科の研究倫理委員会により承認済みである (承認番号: 240320000)。ただし、今回使用するデータは本格的なデータ収集に先立ち、研究代表者の家庭において試験的に収集したものであるため、同意書の記入および謝礼の支出は行っていない。被験者は静岡県在住の日本人家庭1家族であり、家族構成は父 (41 歳)、母 (33 歳)、男児 (5 歳4ヶ月) である。収録は10月上旬の日曜日に行い、登園日ではない1日を選定した。データ収集は男児の起床後に LENA を装着し、就寝直前まで継続して行われた。収録時間は12時間44分27秒であり、このデータの LENA 出力結果を5分単位でエクセル形式に集計した。そのうち、昼寝などに該当しない5分間 (以下、この単位を「ユニット」と呼ぶ) をランダムに選択し、マニュアルでコード付けを行った。コード付けには ELAN を用い、まずユニット内の父、母、男児の全発話を文字起こし、その後 MaxQDA を用いてターンテイキングの回数をカウントした。

ターンテイキングのカウント方法については、LENA システムの定義と会話分析における定義の両方を用いた。LENA のターンテイキングは、先行発話と後行発話が5秒以内に行われること、対象児の発話を必ず含むこと、および一度認定されたターンの発話は次のターンには使用されないことという制約がある。具体的には、父の発話→子供の発話→父の発話は1ターンとして数えられ、父の発話→子供の発話→父の発話→子供の発話は2ターンとなる。また、大人同士の話者交代はカウントされないため、父の発話→母の発話→子供の発話の場合、1ターンと認定される。

一方、会話分析におけるターンの定義は、“utterances that speakers produce when they occupy the floor” (Couper-Kuhlen & Selting, 2018, p. 34) とされ、話者交代するごとに1ターンが追加される。そこで、本研究では LENA の定義に基づくターン数と会話分析の定義に基づくターン数をそれぞれカウントし、LENA によるターンの測定の妥当性を検証した。

### 5. 結果・考察

LENA によるターン数とマニュアルでのコード付けによるターン数の比較は表2の通りである。今回分析した20ユニット

中、LENAの基準に基づくマニュアルでのコード付けと数が一致したのは6ユニットのみであり、そのうち5ユニットではターンテイキングが認められなかった。つまり、実際にターンテイキングが発生した環境で数が一致したのは1ユニットのみであった。全体のターン数を見ると、LENAでは合計62ターンであったのに対し、マニュアルでのコード付けでは115ターンとなり、LENAの約1.85倍のターン数が記録された。

LENAのターン数が実際よりも多く記録された場面として、8番から13番の「子どものテレビ視聴中の独り言」が挙げられる。本来、大人の対話者が不在であればターン数はゼロとなるはずだが、LENAによる記録では1~2ターンがカウントされている。この時間帯は、母親がキッチンで皿洗いをしており、父親は別の階にいたため、子どもの近くに大人の発話は存在しなかった。LENAがテレビ音声を大人の発話と誤認し、誤ったターン数を記録した可能性が高い。同様に、4番の「子どもの絵本の単独朗読」でも、背景でテレビがついていたため、LENAがテレビ音声を大人の発話と誤認したと考えられる。一方、3番と5番では背景にテレビ音があったものの、子どもの発話がなかったため、LENAがターンを誤認することはなかった。

LENAのターン数が過小評価された場面としては、父子会話や母子会話が多く見られた。18番や19番では、背景の環境音が少なく親子間の会話が比較的明瞭に録音されており、明確なターンテイキングが存在していたにもかかわらず、ターン数が低く見積もられた。この要因として、LENAが日本語のターンの区切りを適切に認識できないこと、子どもと親の声質の判別が難しいこと、重複する発話がカウントされないことなどが考えられる。

会話分析の手法に基づいてコード付けを行った結果、全ユニットでターン数が大幅に増加した。これは、LENAが隣接応答ペアを1ターンとしてカウントし、同じ発話を再利用しない仕様であるのに対し、会話分析では話者交代ごとに1ターンとカウントされるためである。さらに、会話分析では子どもの独り言や大人が応答しなかった発話もターン数に含まれるため、全体的に数が多くなる傾向が見られた。

表2. LENAによるターン数と、マニュアルコード付けによるターン数の比較

場面	LENA	LENAに即した コード付け	有意味な 隣接応答	CA (合計)	CA (子供)	CA (父)	CA (母)
1 ベストの装着/父の電話	2	4	4	11	6	1	4
2 父の電話/朝食	2	2	1	8	3	5	0
3 発話なし	0	0	0	0	0	0	0
4 子の絵本の単独朗読	1	0	0	1	1	0	0
5 発話なし	0	0	0	0	0	0	0
6 子のテレビ視聴中の独り言	0	0	0	1	1	0	0
7 朝食/子のテレビ視聴中の独り言	2	3	3	9	5	4	0
8 子のテレビ視聴中の独り言	1	0	0	1	1	0	0
9 子のテレビ視聴中の独り言	2	0	0	1	1	0	0
10 子のテレビ視聴中の独り言	1	0	0	1	1	0	0
11 子のテレビ視聴中の独り言	1	0	0	1	1	0	0
12 子のテレビ視聴中の独り言	0	0	0	1	1	0	0
13 子のテレビ視聴中の独り言	0	0	0	1	1	0	0
14 朝食	1	9	8	23	15	8	0
15 投薬	1	5	3	10	6	4	0
16 子による絵本の単独朗読/ コロナに関する父子会話	16	7	6	13	7	7	0
17 テレビ視聴中の父子会話/プラレール	8	21	21	46	25	21	0
18 クワガタ観察中の母子会話	12	20	20	43	23	0	20
19 車降車中の父子会話	6	14	12	37	15	22	0
20 父・母・子の三者間会話	6	30	22	105	34	38	33
合計	62	115	100	313	147	110	57

注. LENA: LENAシステムにより自動で算出されたターン数。LENAに即したコード付け: LENAの基準に即し、ELANとMaxQDAを用いたマニュアルでのコード付けによるターン数。有意味な隣接応答: LENAに即したコード付けのうち、子の

発話を含み、さらに発話の繋がりが自然である隣接応答ペアの数(父の電話のあとの子の無関係の発話などを除いたもの)。  
CA: 会話分析に準じたターンのカウント。

## 6. 結論・今後の展望

本研究では、日本語家庭を対象に LENA システムのターンテイキング検出精度を検証した。その結果、LENA が算出するターン数とマニュアルコード付けによるターン数との間には大きな乖離が見られた。具体的には、LENA システムはテレビ音声をはじめとした環境音を大人の発話と誤認する傾向がある一方で、親子間の明確な会話においてターン数を過小評価する場面が多く確認された。この乖離の要因として、英語に基づいて設計された LENA は、音声の区切りやターンテイキングの定義において日本語特有のピッチや韻律、膠着的な構造を適切に処理できていない可能性がある。また、背景のテレビ音声や環境音が発話として誤検出されることで、LENA のターン数が過大に算出されている懸念がある。以上の結果から、LENA システムは日本語環境における発話分析やターンテイキングの自動検出ツールとして大まかなトレンドや発話数が比較的少ない時間帯を検出するなど、一定の有用性はあるものの、その精度には課題が残ることが示唆された。今後の課題として、LENA システムのワードカウントなど、ターン以外の項目に関して日本語データを扱う際の精度を検証することが求められる。また、ターンテイキングの測定においては、LENA の自動分析結果に依存せず、手作業による補完や CA に基づく分析の併用が必要である。本研究は1家庭のデータを用いた探索的分析に過ぎないが、LENA システムの日本語環境での課題と可能性を示す一つの手がかりとなった。今後、多様な家庭環境や発話状況を対象とした大規模な検証が必要である。

## 参考文献

- Couper-Kuhlen, E., & Selting, M. (2018). *Interactional Linguistics: Studying Language in Social Interaction*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Christakis, D. A., et al. (2009). Audible television and decreased adult words, infant vocalizations, and conversational turns: a population-based study. *Arch Pediatr Adolesc Med*, 163(6), 554-558.
- Endevelt-Shapira, Y., Bosseler, A. N., Mizrahi, J. C., Meltzoff, A. N., & Kuhl, P. K. (2024). Mother-infant social and language interactions at 3 months are associated with infants' productive language development in the third year of life. *Infant Behav Dev*, 75, 101929.
- Dykstra, J. R., Sabatos-Devito, M. G., Irvin, D. W., Boyd, B. A., Hume, K. A., & Odom, S. L. (2013). Using the Language Environment Analysis (LENA) system in preschool classrooms with children with autism spectrum disorders. *Autism*, 17(5), 582-594.
- Duncan, R. J., Anderson, K. L., King, Y. A., Finders, J. K., Schmitt, S. A., & Purpura, D. J. (2022). Predictors of preschool language environments and their relations to children's vocabulary. *Infant and Child Development*, 32(1).
- Gilkerson, J., & Richards, J. A. (2009). *The power of talk. Impact of adult talk, conversational turns and TV during the critical 0-4 years of child development*: Boulder, CO: LENA Foundation.
- McDonald, M., et al. (2021). Evaluating the language environment analysis system for Korean. *JSLHR*, 64, 792-808.
- 宮川麻衣子, et al. (2020). LENA システムを用いた「家庭での語りかけの数」の評価と人工内耳装用効果の関係. *Audiology Japan*, 63(5), 339.
- 小渕千絵, et al. (2022). 乳幼児の言語発達と家庭環境—LENA システムを用いた検討—. *Audiology Japan*, 65(5), 466-466.
- Ramirez, N. F., et al. (2021). Comparing automatic and manual measures of parent-infant conversational turns: A word of caution. *Child Dev*. 92(2), 672-681.
- Richards, J. A., et al. (2017). How much do parents think they talk to their child? *J. Early Interv.*, 39(3), 163-179.
- 滝澤佳余子, et al. (2023). LENA システムを用いた難聴児への語りかけの定量化と聴性行動発達の検討. *Audiology Japan*, 66(5), 372-372.
- Xu, D., Yapanel, U., & Gray, S. (2009). *Reliability of the LENA Language Environment Analysis System in young children's natural home environment (Technical Report LTR-05-2)*. Boulder, CO: LENA Foundation.