



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

言語の数理解析

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2021-11-24 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 清水, 純 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/82054

氏名（本籍）	清水 純（京都府）
学位の種類	博士（医科学）
学位授与番号	甲第 59 号
学位授与日付	令和 3 年 6 月 25 日
専攻	医療情報学専攻
学位論文題目	言語の数理解析 (Computational Analyses of Languages)
学位論文審査委員	(主査) 教授 寺田 知新 (副査) 教授 横川 隆志 (副査) 教授 桑田 一夫

論文内容の要旨

日本語と英語の言語を対象にして、通常の会話（NJ、NE）、コンピュータによって生成された言葉のサラダ（CJ、CE）、統合失調症患者の言葉のサラダ（SJ、SE）のそれぞれに含まれる母音に着目した。テキストのランダム性を特徴づけるためにランダムウォークを生成し、これをフラクタル次元解析およびフーリエ解析により評価した。通常の会話（NJ、NE）でのランダムウォークパターンは起伏が滑らかであったが、コンピュータによって生成された言葉のサラダ（CJ、CE）では機械的な繰り返しが多く滑らかさがみられなかった。統合失調症患者の言葉のサラダ（SJ、SE）では、不規則な繰り返しや停滞がみられ不自然に折れ曲がっていた。これらの傾向は日本語と英語の両方の言語で類似していた。日本語での母音の分布は「え」に比べて「い」の使用が優勢であり、「お」よりも「あ」の使用がやや優勢であった。英語での母音の分布は、「e」または「o」の使用が、「r」または「a」と比較して優勢であった。通常の会話（NJ、NE）と統合失調症患者の言葉のサラダ（SJ、SE）間でのフラクタル次元は、日本語と英語の両方で有意に異なっていた（ $p < 0.05$ ）。日本語では、（NJ） 1.19 ± 0.09 （ $n=90$ ）と（SJ） 1.15 ± 0.08 （ $n=45$ ）、英語では、（NE） 1.20 ± 0.08 （ $n=91$ ）、（SE） 1.16 ± 0.08 （ $n=42$ ）であった。また、日本語と英語での通常の会話（NJ、NE）とコンピュータによって生成された言葉のサラダ（CJ、CE）間では、主に短周期（ < 4 ）の差が観察された（ $p < 0.01$ ）。日本語と英語での通常の会話（NJ、NE）と統合失調症患者の言葉のサラダ（SJ、SE）との間では、主に長周期（6-9周辺）の差が観察された（ $p < 0.01$ ）。フラクタル次元が1.0の場合は、短いセグメントの単純な繰り返しであり、意味のない言葉や文章であることを表している。つまり、フラクタル次元（ > 1.0 ）は、文章の複雑さや文章の意味の密度と相関があると考えられる。また、通常の会話（NJ、NE）での周期6～9周辺は母音が意味に影響を与える可能性があることを示唆している。これは、コンピュータによって生成された言葉のサラダが（CJ、CE）短周期（ < 4 ）で主に観察されたことと比較しても明らかである。したがって、通常の会話（NJ、NE）での周期6-9周辺は人の書く文章を理解したり正確な意味を伝達するうえで不可欠である。一方、統合失調症患者の言葉のサラダ（SJ、SE）では長周期が観察されなかった。これらから、言葉のサラダが意味をなさない言葉や文章として生成されるのは、母音の周期の差によるものであることが推察される。このため、言語においては、意味と音の干渉が長周期の領域で発生することが示唆される。

これまで統合失調症の言語解析に関する研究は、言葉の意味や単語の頻度を健常者と比較するシニフィエレベルでの研究手法が主であった。これに対し、本手法は意味に依存しないシニフィアンレベルでの解析方法である。ここで提示した言語の母音に焦点を当てたフラクタル次元解析およびフーリエ解析は、通常の会話と言葉のサラダを解明するのに役立つことがわかった。これらの方法は、基本的に書き言葉や話し言葉の意味とは無関係であるため、本手法に関連するアルゴリズムをソーシャルロボットに実装することができる。今後は被介護者とのコミュニケーションを取り、適切なアドバイスを提供するソーシャルロボットを開発することが可能である。

論文審査結果の要旨

健常人の文章、コンピュータの計算によって生成された言葉のサラダ、及び統合失調症患者の言葉のサラダそれぞれにおける母音のランダムウォークに対してフラクタル次元解析を行い、またフーリエ変換による特徴的な周期を調べた。ランダムウォーク曲線は、通常の文章では滑らかであったが、コンピュータの計算によって生成された言葉のサラダでは、機械的な繰り返しがみられた。統合失調症患者の言葉のサラダでは、繰り返しや停滞がみられ、また不規則に折れ曲がっていた。これらの傾向は両方の言語で類似していた。統合失調症患者の言葉のサラダにおけるフラクタル次元は、健常人の文章に比べると、日本語と英語の両方で有意に低いことが分かった ($P < 0.05$)。健常人の文章と言葉のサラダでは、長距離周期 (> 10) に有意な差がみられた。ここで示したフラクタル次元と長距離周期 (> 10) の特徴的な違いは、統合失調症のさまざまな段階を評価するのに役立つ、被介護者の精神状態を精査するためにソーシャルロボットに実装することが可能である。

申請者が見出した知見は、複雑な統合失調症の診断、及び言語一般の数理解析に結び付く画期的な内容をまとめたものであり、今後の医療にも役立つ内容を含んでいる。こうした観点より、申請者清水淳氏の論文は学術的価値が極めて高く、博士学位論文に値するものと判定した。

最終試験結果の要旨

清水氏の論文は、統合失調症患者における「言葉のサラダ」が、健常者の言葉に比べて、フラクタル次元が低いこと、及び長距離における特徴的な周波数が欠如していることをフーリエ解析により明らかにしたものである。

申請者が見出した知見は、複雑な統合失調症の診断、及び言語一般の数理解析に結び付く画期的な内容であり、審査付き論文として公表済みの論文に基づく、完成された内容であることを確認した。

また、公聴会において、学位論文の内容に関する事項、すなわち、言語の数理解析の概要、統合失調症患者における言語の特徴、今後の研究の方向性などについての諮問を行った。

申請者からは、十分な内容の回答が得られたので、博士（医科学）に値するものと判断し、最終試験に合格したと判断した。

論文リスト

1. Jun Shimizu, Hiromi Kuwata, Kazuo Kuwata, Differences in Fractal Patterns and Characteristic Periodicities Between Word Salads and Normal Sentences: Interference of Meaning and Sound. PLOS ONE 16, e0247133, 2021 [IF = 2.74]