

2.2. 音声のカオス論的指数値を用いた人間の特性評価

監視通信領域 ※佐藤清、及川太、及川健太郎、塩見格一

1. はじめに

航空管制業務では、言葉を情報伝達手段としていますが、覚醒水準の低下（疲労や時刻の影響）等によって、情報が正しく伝わらないという危険がないとはいえません。

私たちは、朗読音声のカオス論的に解析して得られる指数値（CEM: Cerebral Exponent Macro）¹⁾を用いて、航空管制官の覚醒水準の評価が可能かどうか、実験的に検討してきました。その結果、心身ともに疲労した状態では、CEMを用いた覚醒水準評価の可能性を確認しました。

しかしながら、覚醒水準以外にCEMと人間の特性との関係については、全く検討されていませんでした。そこで、そのことを知るため、小学生でも朗読可能な朗読課題を「ひらがな」主体で作りました。

2. 実験の目的

本研究の目的は、「ひらがな」主体の朗読課題を用いて、幅広い年齢の男女を対象に朗読音声を集し、様々な、人間の特性とCEMとの関係を知ることです。

3. 朗読課題

朗読課題は、表1に示したとおりで、①文章（有意味課題）か単なる文字列（無意味課題）か、②無意味課題では1文字表示か5文字表示か、③5文字表示では順配列（あいう

えお等）か逆配列（おえういあ等）か、④1文字ずつ読むか5文字連続で読むかといった条件で作成されました。

文章（有意味課題）は課題7だけです。他は全て無意味課題（1文字か5文字の集まり）で、課題1以外は5文字表示です。課題2は、文字配列が「あいうえお」のように順配列で、連続で読む課題であり、8つの課題の標準となる課題（標準課題）です。

課題2に対応するのは、文字配列が同じで1文字読みの課題3と読み方が同じで文字配列が逆の課題4です。課題3とは読み方が同じで文字配列が逆の課題5が対応し、課題5は文字配列が同じで読み方が連続読みの課題4とも対応します。課題6は「や行」と「わ行」および「ん」以外の40文字から無作為に抽出した5文字表示課題で、課題8は各母音とそれぞれに対応する9つの子音（10文字）を1組にまとめ、現在の日本語の並び方にしたがって5文字ずつ朗読する課題です。

4. 実験の方法

実験は、比較的静かな会議室等において、一人30分程度（説明時間を含む）で行われました（写真1）。

これまでに実験に参加して下さった被験者は、小学4年生（女子）から80歳までの男女で、約800名です。しかしながら、全ての

表1 課題詳細

課題	内容	表示方法	朗読方法
1	「あ」から「を」までの1文字カード	1文字表示	1文字ずつ読む
2	「あいうえお」から「わいうえを」までの5文字カード	5文字順表示	左から5文字ずつ読む
3	「あいうえお」から「わいうえを」までの5文字カード	5文字順表示	左から1文字ずつ読む
4	「おえういあ」から「をえういわ」までの5文字カード	5文字逆表示	左から5文字ずつ読む
5	「おえういあ」から「をえういわ」までの5文字カード	5文字逆表示	左から1文字ずつ読む
6	「や行」「わ行」「ん」以外を無作為抽出した5文字カード	5文字表示	左から1文字ずつ読む
7	小学生でも情景が浮かぶような7種類の文章カード	文章	左から文章として読む
8	同じ母音で統一されたカード	5文字表示	左から5文字ずつ読む

データが欠損なく得られている被験者はそれほど多くありませんし、全ての年代のデータが得られているわけでもありません。



写真1 測定風景

実験では、音声と脈拍数を測定し、実験当日の被験者の体調等を質問紙で確認しました。

5. 実験の結果

ここでは、高校生と大学生ならびに高齢者の結果から、人間の特性とCEMとの関係について述べます。

5.1 CEMと脈拍数の結果

図1は、60歳～80歳の高齢者206名の、課題毎のCEM（折線グラフ）と脈拍数（棒グラフ）の関係を示したものです。

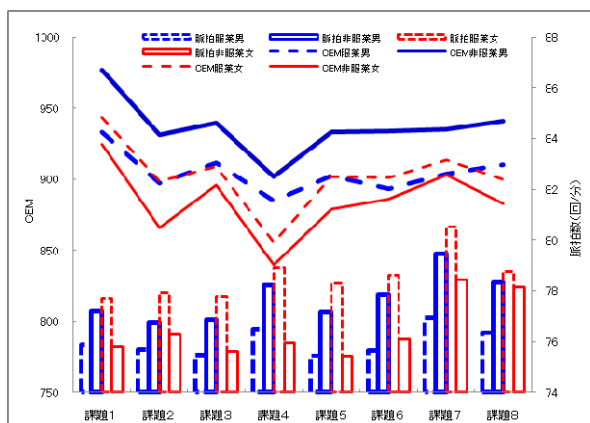


図1 課題毎の朗読CEMと脈拍数

図の実線は薬を飲んでいない被験者（非服薬群）で、破線は薬を飲んでいる被験者（服薬群）です。また、太線が男性で、細線が女

性です。

(1) 服薬の影響

降圧剤を飲んでいる鉄道の運転士のインシデント発生率が、飲んでいない人よりもやや高かったことが知られ、薬を飲むことによって事故を起こす危険性が高くなるのであれば、十分な注意が必要です。

206名のうち、薬を飲んでいる人は123名（男性67名、女性56名）でした。飲んでいる薬は降圧剤をはじめとして生活習慣病に関わるものがほとんどで、大半は複数飲んでいる人でした。

図1をみると、非服薬群では、CEMと脈拍数ともに、男性の方が大きくなっていますが、服薬群ではCEMは男女同じ位で、脈拍数は女性が多くなっています。

この結果だけでは、どんな薬がどのように影響しているかは分かりませんが、脈拍数とCEMのレベル変化に表れたことから、薬の影響は全身性のものといえます。

(2) 人間の反応特性の影響

図1のCEMと脈拍数との関係は、大学生等の結果とほぼ同じですので、ここでは図1を使って、実験結果にみられた人間の特性とCEMとの関係について述べます。

脈拍数（棒グラフ）は、平均的にみれば、1文字読みより連続読みで、同じ読み方ならば見慣れない表示の課題や読み慣れない課題などで多くなっています。脈拍数の増加は、人間が作業を行った時の、反応の強さを表しますので、課題4, 6, 7, 8で強い反応が起こったと考えられます。

CEM（折線グラフ）は、平均的にみれば、文章課題（課題7）以外において、概ね、1文字読み課題より連続読みで、同じ読み方ならば読み慣れない課題で小さくなっています。

1文字読み課題より連続読み課題で脈拍数が多く、朗読CEMが小さくなった理由として、複数の文字を一息で出す場合、緊張などの強い意識の高揚がおこる場面で呼吸が浅くなることが知られるように、1文字当たりの呼気量が少なくなったことが考えられます。

つまり、CEMは、過去の実験結果にも表れているのですが、強い意識が働く緊張等の場

面では、覚醒水準が高いにも関わらず、小さくなるようです。

一方、文章以外の読み慣れない連続読み課題で、脈拍数が増加し、CEM が小さくならなかった課題 8 は、「あかさたな」等のように、母音毎にまとめられた課題であり、唇の形を変えずにテンポよく朗読できるという特徴を持っています。おそらくこのことが、CEM が小さくならなかった原因と考えられます。

課題 7 は、脈拍数が多く、CEM が大きくなっており、その傾向は女性で顕著です。これは、感情こめて文章を朗読する女性が多かったことが原因と考えられます。

以上のことから、脈拍数が増える状況において、CEM は小さくなる場合と大きくなる場合がある可能性が高まりました。

5.2 CEM の結果

言葉の発音や発声技術には、訛りが知られるように、生育環境や生活環境の影響が表れます。ここでは、そのような影響と思われる結果を示します。

(1) 生活環境の影響

図 2 は、高校生を対象に行った 3 回の実験の結果をまとめたものです。実線が男女共学校（太線が男子、細線が女子）で、破線が非共学校（太線が男子校、細線が女子校）です。

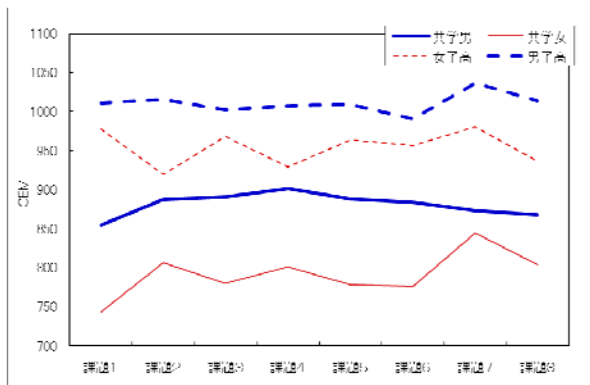


図 2 共学校と非共学校の違い（高校生）

図をみると、男女とも、共学校（実線）のレベルが低くなっています。

(2) 発音や発声の技術（滑舌）の影響

言葉を発声する場合、息の出し方と口（顎）の開き方ならびに舌等の使い方（一般的に滑舌と言われる）が重要で、これは生育環境や

生活環境の影響を受けます。

図 2 は、女性の母音（課題 8）の CEM の結果で、細実線+○が高校生、太実線+△が大学生、破線+■が高齢者を表しています。

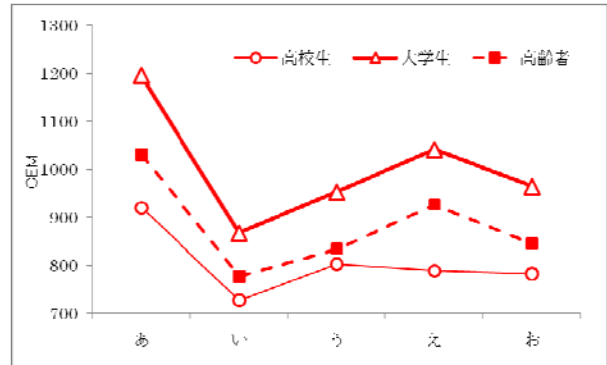


図 3 母音（課題 8）の CEM

被験者は現在東京近郊に住んでおられる人達です。高校生は理系の大学を希望する生徒が多い男女共学校の生徒で、大学生は 8 割以上が児童学科の生徒、高齢者は 6 割以上が生まれや育ちが東京以外でした。

図 3 をみると、「あ」が最も大きく、「い」が最も小さくなることでは、各群同じになっています。CEM のレベルは高校生が最も低く、高校生は「う」が「あ」に次いで大きく、高齢者と大学生は「え」が大きくなっています。

東京近郊では、「う」が比較的強く発声されるようですので、高校生の CEM はそのことを表している可能性があります。大学生は、子供たちに読み聞かせをする等の機会が多く、発声訓練も行われているようです。高齢者は子供の頃発声練習をよくやられたということでした。

図 4 は、図 3 と同じグループの、子音（課題 2）の CEM を比較したものです。

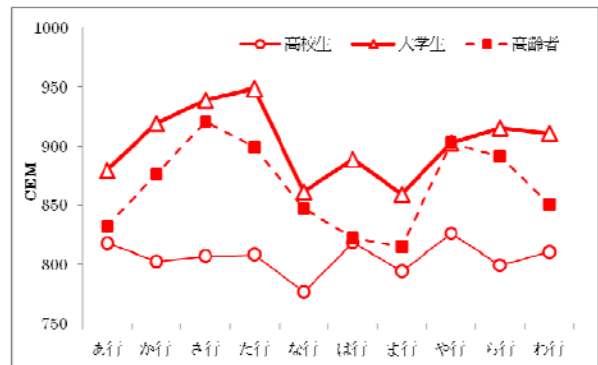


図 4 子音（課題 2）の CEM

図4をみると、高校生が最も低く、子音とCEMとの関係が高校生だけ異なっています。

子音は、基本的には母音（あ行）より小さくなると考えられますが、鼻音（鼻に空気を抜いてから発声する子音）という子音を持つ、「な行」と「ま行」は母音より小さくなると考えられ、大学生ではそのようになっています。高齢者では「は行」と「ま行」が小さくなっています。本来「は行」は、母音を喉の奥の方からやや強めに息を出すように発声するので、「あ行」より小さくなっているという事は、息の出し方が弱くなっている可能性があります。高校生は、ほとんどの子音が母音より小さくなっているため、母音の発声が大きかったか、子音での息の出し方が弱くなっている可能性があります。

以上のように、CEMには、発音や発声の技術の良し悪しの影響が表れるため、滑舌の良し悪しを評価できそうです。

5.3 文章の影響

図5は、文章毎（課題7）のCEMの結果で、太線+□が男性、細線+○が女性で、実線が大学生、破線が高齢者です。また、各文の内容は表2のとおりです。

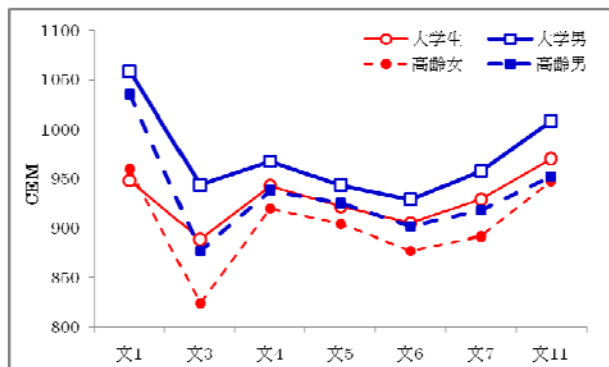


図5 文章（課題7）のCEM

表2 文章一覧

No	内容
1	沖縄では1月に桜が咲きます
3	犬は大昔から人に飼われてきました
4	昔の人はお月さまを大切にした
5	地下鉄に乗ると外の天気がわからない
6	夜の海は波の音がとてもすてきです
7	いつもより遠回りして帰りたいですね
11	ココアを飲むと口の周りに髭ができる

図5をみると、CEMのレベルは、男女とも大学生が高くなっており、同じ課題を使うことで、年齢との関係を見ることができそうです。また、各群とも文とCEMとの関係がほぼ同じになっていることから、文章によって数値が異なる可能性が示唆されます。

7. まとめ

「ひらがな」課題を用いた実験等で得られた、CEMと人間の特性との関係は、以下のようによまとめられます。

- (1) 脈拍数が増える状況下で、大きくなる場合と小さくなる場合がある。
- (2) 基本的に男性が女性より大きい。
- (3) 服薬の影響が表れる。
- (4) 1文字読みより連続読みが小さい。
- (5) 発音・発声技術の影響を受ける。
- (6) レベルに生活環境の違いが表れる。
- (7) 年齢によって異なる可能性がある。
- (8) 文章では文毎にCEMが異なる。

以上のように、CEMは人間の持つ様々な特性と関係し、数値が変わる可能性が示されました。これは、逆に考えれば、CEMを変化させる要因の影響をCEMで評価できる可能性があるということでもあります。

8. 今後の課題

「ひらがな」を主体に作成された朗読課題であっても、同じものを用いることで、CEMと様々な人間の基本的な特性との関係を知るだけでなく、他のデータとの比較が可能になり、CEMの新たな可能性も分かりました。

今後は、得られた結果等を参考にしながら、標準的な朗読課題を作成するための要点を整理し、覚醒水準評価尺度開発する等の研究を進める予定です。

参考文献

- 1) 塩見格一：発話分析から考える脳機能モデル，感性工学研究論文集，Vol.4，No.1，pp.3-12，2004
- 2) 佐藤清ほか：発話音声を用いた心身状態評価に関する実験的検討，鉄道総研報告 vol.21，No.5，17-22，2007