

学校における子どもの疲労調査と情報処理

東京学芸大学：高藪 学：takayabu@u-gakugei.ac.jp

東京学芸大学：鈴木紀一：n996224@u-gakugei.ac.jp

東京学芸大学：田川貴章：b032108y@u-gakugei.ac.jp *

独立行政法人電子航法研究所：塩見格一：shiomi@enri.go.jp

0：はじめに

時間とともに変化する現象を観察するとき、不規則で複雑な挙動を見つけることがしばしばあるだろう。また、ヒトが発する音声信号について、その不規則さに決定論的カオスを見つけていることができるという指摘は、今日では常識的であろう¹。われわれは発話音声にあるカオス性について、決定論的カオスの立場から分析し、結果において附属学校生徒にみる特徴と考察を中心に述べる。

東京学芸大学と電子航法研究所の共同研究では、公共交通機関の事故等のヒューマン・ファクタの発話音声による評価可能性の研究、またその応用研究に取り組んでいる。発話音声にみる決定論的カオス性に注目して、発話者の大脳新皮質系の活性度に対応すると思われる指標値が計算可能となっている。この指標値をセラブル指数 (CEM) と呼ぶ。この指数に注目すると、ヒトにストレスを加えることによって、それが特定の変化を示すことがわかってきた。

われわれが使用する発話音声解析アルゴリズム (SiCECA) は、音声信号のカオス性と信号に含まれるノイズを峻別し同時評価可能であるという特徴をもつ。これは、発話音声信号について、適当な短い時間間隔でストレンジアトラクタを構成し、いわば見せかけ上で得られたリアプノフ指数と、決定論的に導出される理論上の指数との残差を計算するという方法で実現される。

これまでに、長時間朗読による疲労の程度の評価、難易度の異なる文章の朗読と指数値の変化について、24 時間超長距離走ランナーの肉体的疲労と指数値変化についてなど、実験を行ない有益な結果を得ている。この経緯から、本指数の特性として、性差あるいは年齢からの影響が有りそうであるとの推測を行なった。

本稿は、この経験から得られた推測について、それが実在するかどうかという視点にたち行なったものである。附属学校の生徒について音声データを得たので、それについて分析をおこ

なした。他データの解析結果とあわせた結果、意味の有る結論を得た。また本稿に示す結果と考察は、別の考察する問題をふまえた上で、生徒・児童の健康管理のみならず有効なカリキュラム開発に寄与するものである。

1：方法

実験では基本的に、録音を行い、その音声データを解析し、解析結果を評価するというフローを用いている²。録音の際にいくつかの条件でストレスを被験者に加え、解析結果にどのように影響するかを検討している。録音時には被験者には実験の目的や方法を具体的に説明し、被験者の了解を得た上で音声を採用した。また、解析の際には予め雑音を排除し、なるべく被験者の音声のみが解析されるように編集した³。

<調査日時>

大学祭のデータは 2004 年 10 月 31 日から同年 11 月 3 日までの 4 日間に採取したものである。日曜日や祝日が入ったこともあり、幅広い年齢層から音声データを採取することができた。

中学校のデータは 2004 年 12 月 20 日に 1 年生と 2 年生、翌年 3 月 9 日に 3 年生をそれぞれ採取した。3 年生だけ別の日程で行った理由は、3 年生は受験を控え、慢性的にストレスを抱えているので平静時の安定したデータがとれないのではないかと懸念があったためである。

<調査対象>

大学祭においては、様々な年齢の男女についてのデータを採取した。有効なデータの内訳は以下の通りである。幅広い年齢層からの実験データが得られたので、今回はこのデータをヒトの一般的な性質を捕捉する基準として扱うこととした (表 1)。

附属中学校においては、附属中学校に通う 1 年生から 3 年生の計 65 名を対象に実験を行った。附属中学校のデータの内訳は以下の通りである (表 2)。

表1：大学祭の被験者

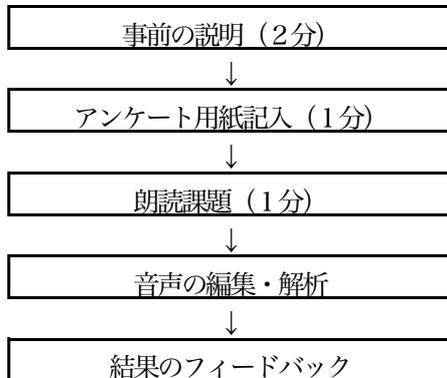
| | |
|------|-------|
| 総数 | 179 |
| 男性 | 100 |
| 女性 | 79 |
| 平均年齢 | 24.45 |
| 男性 | 23.9 |
| 女性 | 24.68 |
| 標準偏差 | 11.01 |

表2：附属中学校の被験者

| | |
|------|-------|
| 総数 | 65 |
| 男性 | 32 |
| 女性 | 33 |
| 平均年齢 | 13.85 |
| 男性 | 13.9 |
| 女性 | 13.78 |
| 標準偏差 | 0.90 |

<調査内容>

基本的な実験内容は以下に示す通りである。



最初に被験者に実験の主旨を説明する。その後、アンケートに年齢・性別・睡眠時間の記入を行い、同一の適当な文書を実験者が用意し、被験者に朗読するよう指示した。音声データの解析終了後にアンケート情報に基づき、CEM10s 値を統計解析して評価した⁴。

2：分析結果

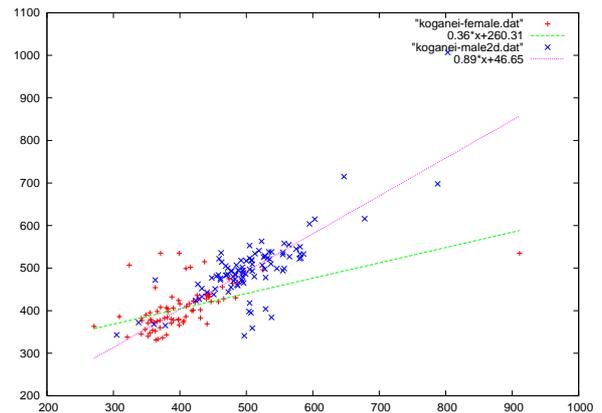
分析を行う過程で全体の CEM 値を決定づける変数は性別、年齢、5秒に編集した音声の CEM 値の3つとする⁵。以下に示すグラフは横軸に5秒に編集した音声データの CEM 値解析結果をとり、縦軸には30秒の音声データの CEM 値解析結果をとつ

た。

<性別による CEM 値への影響>

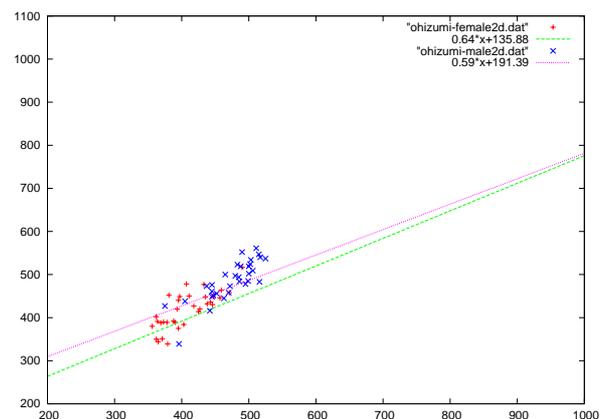
図1は大学祭データの集計結果をグラフにしたものである。図では男性を青色で女性を赤色で示している。見た目の傾向としては、男性の値が一般的に高く、そして散らばりの程度が小さいことがわかる。男女合わせた回帰決定係数が0.727、男性は0.89、女性は0.36である。

図1：大学祭における5秒の解析結果と30秒の解析結果



次に同様にして附属中学校データについて見てみよう。図2にあるように男性は女性に比較して一般に CEM 値が大きく散らばりが小さい。男女合わせた決定係数0.77、男性が0.59で女性が0.63である

図2：附属中学校



両方の結果から、男性の CEM 値が一般的に高いことと女性の CEM 解析結果には決定論的カオスで捕捉可能な複雑さ以外のノイズがより多く含まれているであろうということである⁶。

この双方の結果から想像される別のことは年齢あるいは加齢による CEM 値への影響である。次にこのことについて見てみよ

う。

<年齢がCEM値に与える影響>

データについてすべての年齢の男性と同じく女性に分け上と同様に統計的傾向を分析したのが次の図と表である。同様に男性に比べて女性のデータはCEM値において全般的に低い値をとりまた解析音声データの長さによる影響を強く受けていることが分かる。男性全体と比較した男子中学生は女性のその相違と比較して違いの程度が小さい。さらには男子中学生については回帰係数(図中では直線の傾き)が男性全体と比較して小さい。女性についてはこれと逆の結果となっていることが読みとれる。

図3：男性

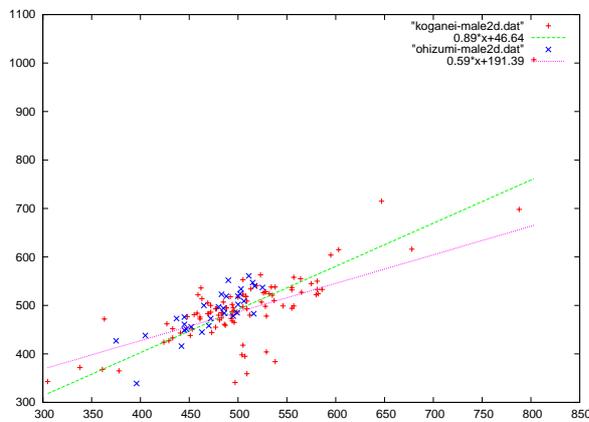
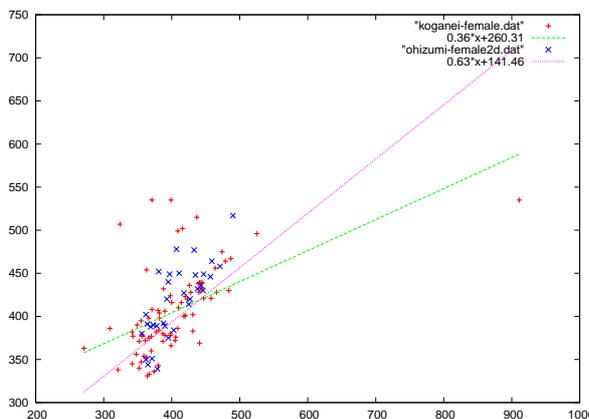


図4：女性



| 表3 大学祭 (男性) | |
|-------------|--------------------------------------|
| 決定係数 | 0.621349577 |
| 標準誤差 | 49.64251873 |
| 回帰関数 | 係数 b 0.891559603 切片 a 46.64553643 |

| 表4 附属中学校 (男性) | |
|---------------|-------------|
| 決定係数 | 0.679110273 |
| 標準誤差 | 21.23574887 |

| | |
|------|--------------------------------------|
| 回帰関数 | 係数 b 0.653346776 切片 a 156.2643009 |
|------|--------------------------------------|

| 表5 大学祭 (女性) | |
|-------------|--------------------------------------|
| 決定係数 | 0.274522728 |
| 標準誤差 | 41.00753154 |
| 回帰関数 | 係数 b 0.551183155 切片 a 187.0557163 |

| 表6 附属中学校 (女性) | |
|---------------|--------------------------------------|
| 決定係数 | 0.590669525 |
| 標準誤差 | 23.43819142 |
| 回帰関数 | 係数 b 0.634994251 切片 a 141.4577242 |

別の観点から、中学生のCEM値は全年齢との比較において、ある一定の領域に集中してプロットされていることが読みとれる。このことは、実は加齢による影響であることが、次のような検討から理解できる。

図5：20歳以下

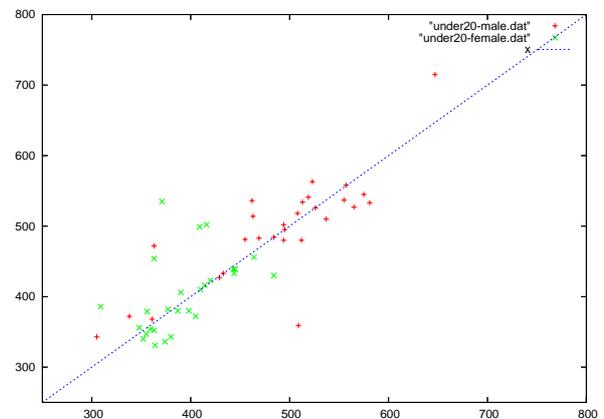


図6：20歳代

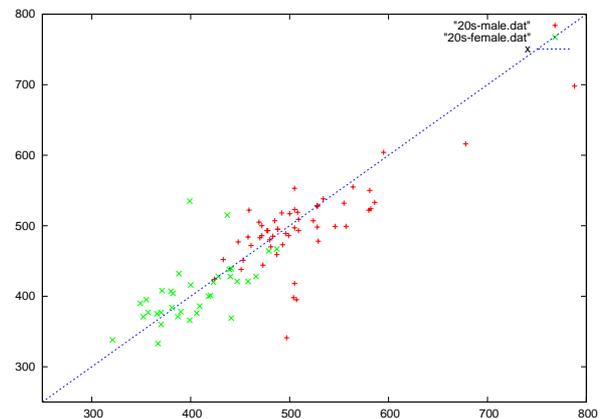


図7：30歳以上

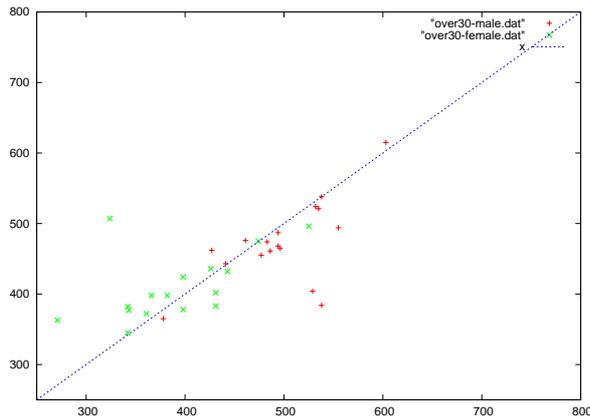


図5から図7より、年齢層の相違と音声データ解析結果の関係について確認できる。年齢が上がるにつれてCEM値と分散値が特徴的に変化している。男性は加齢にしたがってCEM値は「高」「低」「高」と変化し、女性は「低」「高」「低」となる。分散については男女ともに「大」「小」「大」と変化する。およそ20歳台でCEM値の男女差が最小となり、また分散も小さくなる。

3：インプリケーション

以下、簡単に実験結果について次の3つにまとめる。

- 1：5秒程度の音声データでも十分な結果が得られる。
- 2：CEM値は男女に明確な差異を示す。
- 3：年齢に非常に敏感である。

SICECA アルゴリズムによる発話音声データの解析結果はCEM値として得られる。今回の分析によって導かれるヒューマン・ファクタの評価可能性について考えたい。CEM値は発話音声の複雑性についてのカオス的表現である。2つの言語中枢（ウェルニッケ野とブローカ野）の協調的活動の乱れから、またこれらの活動を含みまた筋肉運動からの影響により、発話音声の複雑さは増大していると考えられている。この視点から中学生の評価について直接言及するほどには、未だ分析は進んでいない。しかし、中学生から20才台にかけて、CEM値が示す性差は小さくなり、そして全ての年齢層と比較してノイズが小さくなりつつある年代であろうことは推定された。

言語的・精神的活動の持続に起因する疲労、そして身体的活動から生じる疲労については、例えば中学生は小学生と比較して、男女別のケアの必要性が少なくなるということはあることである。また、小学生や高齢者の比較において、言語活動・精神的活動に影響するストレスのいくつかについては、

ストレスを受けにくいと言えるかも知れない。図の45度線の近傍に多くの中学生データが集中することから、決定論的カオスの性質に従えば、相対的にみて長期のデータ変化の予測可能性が確認できることが期待される。これは脳・身体の発達と成熟のプロセスで、生体のホメオスタシスが向上することと無関係ではないだろう。

4：まとめ

われわれは発話音声のカオス性から分析を行ったところ、性別、年齢によってそれぞれの特徴をつかむことに成功した。今回の分析から、中学生は「子ども」から「大人」への過渡期にあたることから、それがこのような形で表現されたと考えられる。

学校教育の場における中学生指導の視点からは、男女の区別による精神活動への配慮については、例えば学習進度や繰返し学習から生じるであろうストレスへの対応については、小学生ほどには必要ないと思われる結果が得られた。また、学年の相違、年齢差による違いも、例えば小学生の1年齢差からくる影響と比較すると、小さいと思われる結果である。

大学祭や中学校のデータと分析を基礎として、実験と分析を継続していきたい。

注と参考文献

¹ 塩見 2004.5 を参照。

² 録音にはマランツ社製のソリットレコーダ、AKG社製のマイクロフォンを使用した。音声はWAV形式でサンプリング周波数は44.1kHzで16bit/sampleのAD変換分解能で時系列信号とした。

³ 音声の編集にはAudacity(<http://audacity.sourceforge.net/>)を用いた。

⁴ 附属中学校における実験では朗読課題に加え、抽象的な画像が2秒間に入れ替わるスライドを用意し、その画像から連想するものを発言するスライド課題もあわせて行った。一般にCEM10s値が高くなる結果を得ている。

⁵ 解析結果の迅速なフィードバックのため全体の音声データを任意の5秒に編集した。

⁶ このノイズは確率的なノイズであると思われる、またそのノイズの原因は被験者が発話を行なう際に与える課題に含まれる難易度の高低時間変化からのストレスを反映しているであろうと思われる、別の実験結果を得ている。

[1] 塩見格一；「発話音声による大脳活性化評価技術の現状と可能性」、電子情報通信学会編2004年5月
[2] 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（日本感性工学会）2004年2月
[3] 合原一幸『カオスーカオス理論の基礎と応用—』サンエンス社1990
[4] 山口昌哉『カオス入門』朝倉書店1996
[5] 室伏きみ子『ストレスの生物学』オーム社出版局2005
[6] 林初男『脳とカオス』裳華房2001