

【事例講演 1】

人工知能の教育分野への応用可能性

富山大学 学術研究部工学系 准教授
参 沢 匡 将 氏

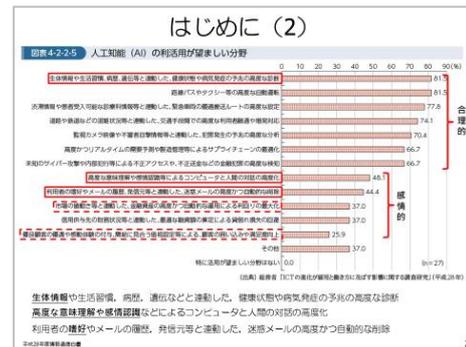
1. はじめに

平成 28 年度の情報通信白書に人工知能の歴史が載っていますが、皆さんご存じのように現在は第 3 次人工知能ブームで、これまでにいろいろな技術が提案されています。私自身はちょうど冬の時代の 1995 年に大学に入学し、人工知能研究室に所属して研究を続けています。エージェントなど、最近少し聞かれるようになった強化学習などを専門にしています。私のときは既に冬の時代に入ったところですが、平成 28 年度の情報通信白書によると、ブームが終わった原因として考察されていたのは、社会が人工知能に対して期待する水準が上回り、その乖離が明らかになったことです。ブームで終わらないようにするには、実際の商品・サービスなどの実用化の開発、社会的な環境整備などが必要であると考えられています。

先ほどのご講演でもあったようにいろいろな技術がありますが、どんな分野で、どのように使用するかはあくまでも人が設定するものですから、あまりご存じないと何でもできるように思われるかもしれません。しかし、手法によって適用できる分野や得手不得手があると思いますので、それをきちんと認識することが大事になっていると思います。現在は人工知能が非常に期待されているところで、右上に小さく表示したグラフのように、「かなり役立つ」「ある程度役立つ」といったことが大半を占めていて、非常に期待される分野であると考えられています。

先ほど、得手不得手や社会との乖離があるという話があったので、現在の利用可能または利活用が望ましい分野も情報通信白書でまとめられています。応用先、利活用の分野はいろいろあります。

上の部分と下の部分で、ちょうど 50% を境になっているように見えると思います。右側の合理的・感情的というのは、私がこのグラフを見て勝手に解釈しているところですが、50% 以上の人が望ましいと思っている分野の上のところは少し除くとしても、他の高度な自動運転、最適な搬送ルート、また交通手段のところもそうですし、どちらかという最適化するような、合理的な問題を対象にしているイメージだと思います。それに対しては、現在のディープラーニングを代表とされるような、人工知能的な技術が利用できると考えられているものが多いと感じています。



1-2 はじめに(2)



1-1 はじめに(1)

一方で、50% を切っている下の部分は赤く囲んでありますが、高度な意味理解、感情の認識、思考など、どちらかという合理的ではなく、人を対象としているところへの人工知能の活用は、利用できると思っている人がまだ少ないところかと思えます。グラフの最も上にある生体情報も、最近では比較的取りやすくなっています。教育として学生と対話するような感じになってくると、やはり意味の理解や感情の

理解がシステム側でできないと、難しいところがあると個人的に思っています。

これから人工知能の教育が進んでいき、どのような能力が重要になってくるかということも、情報通信白書でまとめられています。これを見ると、上位を占めているのはチャレンジ精神や主体性・行動力・洞察力などの人間的資質、発想力や創造性、コミュニケーション能力などの対人関係です。

今のところ感情的なところが人工知能側で不得手となっているので、コンピューター側では、最適化に関してはすごく期待されています。そこから感情やメンタルなどを推定できるようになり、教育の分野においても学生さんの心理的な状況などがシステムを通して分かるようになってくれば、自動的にアドバイスをすることが可能になってくると思っていますので、チャレンジ精神や創造性などに応用できるだろうと考えています。

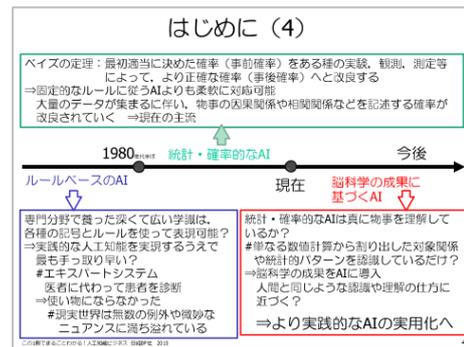


1.-3 はじめに(3)

改めて人工知能の歴史を簡単にまとめていきます。先ほどの第1次や第2次に相当するようなところは、どちらかという知識を私たちの方でデータベース化して、それを利用していくエキスパートシステムのようなものから、今もよく使われていると思いますが、バイズの定理などに基づく確率・統計のタイプのものが主流になっていたと思います。現在は、先ほどのご講演にあったような、ディープラーニングなどを代表とする脳科学の成果に基づく AI が、いろいろ提案されているところだと思います。

中でいろいろな計算をしていたり、ブラックボックスになっているところもありますが、最近では脳機能の計測も比較的簡単にできるようになってきているので、そのようなところから、さらに実践的な AI の実用化の可能性があると思っています。感情の認識やメンタルなどが脳の活動によって引き起こされているということになると、生体情報として今ここで挙げられているのは恐らく脈波だと思いますが、

脳の活動も計測することができるので、脳の活動から具体的に感情の認識はできるのか、またどのくらいの精度なのかということも、今回ご紹介させていただきたいと思っています。



1.-4 はじめに(4)

2. 脳機能計測

最初は、脳機能計測の技術です。最近では、頭を開けたりせずにセンサーを取り付ける非侵襲的な形の装置がいろいろ開発されています。よく耳にすると聞かれるのは、EEG と呼ばれる頭皮上の電位を計測するものです。脳波に関して言えば、下の方にある脳波トイと呼ばれる数千円から 1 万円くらいで簡易的に脳の活動を測定できるものも出てきています。

あまり聞いたことがないだろうと思われるのは、真ん中にある NIRS と呼ばれるものです。こちらは後ほど詳しく説明させていただきますが、頭皮から 3cm くらいのところの脳の活動を計測するものです。fMRI も脳の活動を計測するものですが、この三つに関して言えば、EEG は空間分解能が低いけれども時間分解能が高く、fMRI は空間分解能が高く時間分解能が悪く、真ん中の NIRS はその中間になっています。このようなもので計測して、何らかの感情が発生しているときに、脳のどの部分が活動しているかを知ることによって、その人が今、どのような感情を抱いているか、どのような精神状態であるかということが計測できることになれば、感情に応じた何らかのアクションを、システム側で自動的にすることが可能になってくるだろうと思います。



2-1 脳機能計測

今回は、先ほどご紹介した近赤外線分光法(NIRS)を使った研究について、ご紹介したいと思っています。これは近赤外光を用いて脳の表面の活動を計測するもので、右側の図にあるようにセンサー間を約3cm 離して近赤外光を出し、頭皮上の深さ3cm ぐらいのところを通過してきたものを検出し、3cm ぐらいの深さのところの血中ヘモグロビン濃度変化、酸素を含む血流量がどれくらいあるかを計測します。実際に何らかの認知的行動をしていると、その部分で酸素を消費するので、オキシヘモグロビンと呼ばれる血流の濃度が増えていきます。

計測機器にもいろいろありますが、実際の利用を考えると小型のものがいいと思います。今回ご紹介するのは、下の方にあるスペクトラテック社製のOEG-16 という機器です。センサーの間隔は先ほど説明したように 3cm、ノートパソコンぐらいの大きさのもので、今回ご紹介する機器は無線の状態にはなっていませんが、背負って計測できる状況になっています。認知的な活動を計測するものなので、計測部位は前頭前野を対象としています。頭髪の影響がないので、比較的計測しやすい場所になっていると思います。

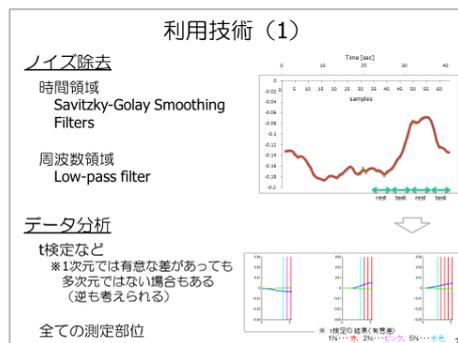


2-2 利用機器

特段、目新しいものがあるわけではありませんが、ここからは、脳活動を計測してどのような処理をしていくかということをご説明します。生体信号は恐らくどんなものも同じだと思いますが、ノイズが大きくなっている状況なので、時間領域であれば移動平均のような Savitzky-Golay Smoothing Filters、周波数領域であれば Low-pass filter を通して、高周波のノイズを除去していきます。

脳の活動が、ある認知的な行動によって起こったかどうかを検証していくことになるので、実験するときの設計としては、何もしていない状況のレストの部分と、何かをしているときのタスクの部分を設定します。それを繰り返していくことでレストの部分とタスクの部分の比較を行い、タスクの部分で活動が起こっている部位が、その認知的行動をしているときに活動する部分だというような解析をしています。

具体的に最も簡単なものは、t 検定などを使って、ある部位のところで差があるかどうかを見ていくことになります。ただ、実際に判別する状況になると、ある部位の複数の脳活動の特徴量を使っていくので、1次元のところでは有意差が出ているからといって、多次元になったときうまく判別できるかという逆です。同じように個別には有意差がなくても、合わせるとうまく判別できるということも出てきます。

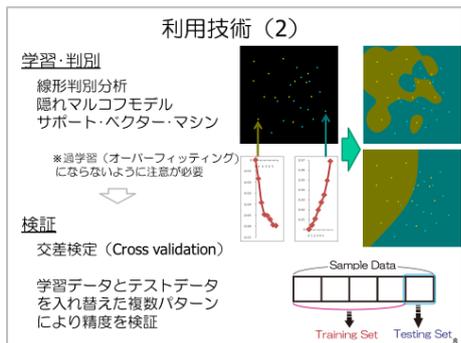


2-3 利用技術(1)

学習や判別に関して、私のところでは、これまで主にサポート・ベクター・マシンを使って行っています。ディープラーニングなども利用してみたいとは思ってはいるのですが、生体情報の取得がなかなか簡単ではないので大量のデータを集めるのが難しく、今のところ導入できていません。

判別能力が重要になってくるので、右にあるような緑色と青色の二つのデータ群があったときに、上のような非常にきっちりした境界面を引くのではな

く、緩やかな境界面を引くことが機械学習全般では大事なことだと思っています。このようにならないようなパラメータの調整が必要になってきますが、それが cross validation と呼ばれる交差検定法です。



2.-4 利用技術(2)

3. 脳活動による認知活動の計測

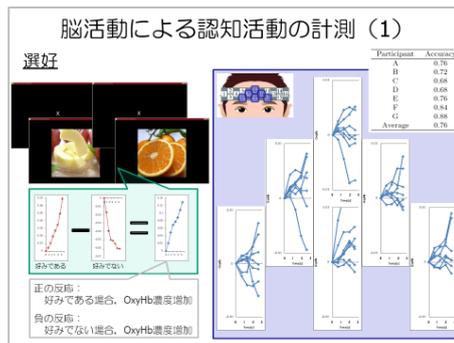
具体的に脳の活動を測り、どのような感情やメンタルが計測できるかというのを、幾つかご紹介させていただきます。

一つは、先ほどメールのところでも少しあった嗜好に近いもので、選好とって、どんなものが好きかということです。実験の設計のところでもお話ししたように、レストの部分があり、ここでは食べ物の画像を提示して、どちらが好きかを見ていくものになります。リンゴの画像を表示した後にレストを入れ、オレンジの画像を表示するというのを繰り返していきます。ここでは、より差がはっきり分かるようにリンゴとオレンジの2択の状態を考えていますが、好みであるものの脳の活動から好みでないものの脳の活動を引いて、データの差をはっきりさせる処理をした結果が右側のグラフです。

この図が計測しているチャンネルになりますが、真ん中の部分 7~10 辺りが腹内側前頭前皮質と呼ばれるところ、6、9、12 あたりが眼窩前頭前皮質と呼ばれるところで、報酬系と呼ばれる部位になっています。「うれしい」などの報酬が得られると、脳の活動が増えるというものです。

こちらが、先ほどの計算で求めたものです。逆に下がっている被験者もいますが、比較的全体に上がっている状況になっています。従って、真ん中辺りの脳の活動を見ることで、嗜好的なものが測れるだろうと思います。

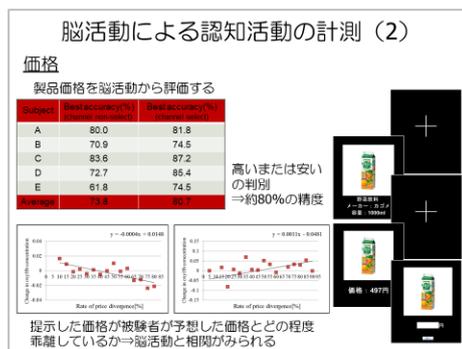
右上の表は、実際にサポート・ベクター・マシンを用いて判別した結果です。約 75%で、好きか嫌いかというのが脳の活動から判別できる状況です。



3.-1 脳活動による認知活動の計測(1)

次に、価格についても計測の実験を行ってみました。先ほどの選好は具体的な数値をはっきり求めることができないのですが、価格の場合は、こちらの方に実験のプロトコルがありますが、商品を出し、こちらで価格を提示して、その後、被験者に適正であると思われる価格を入力してもらっています。よって、こちらが提示した価格と被験者が入力した価格の差を取れば、具体的な数値として、どれくらい高いか、あるいは安いかというふうには、ポジティブあるいはネガティブに思っているかというのが数字として出てきます。

実験では先ほどと同じようにサポート・ベクター・マシンを用いて判別し、70~80%の精度でこちらが提示した価格が高いか安いかを判別できると同時に、価格がどれくらいずれているかに関しても、ずれの大小によって脳の活動も同じように大小している傾向が見られました。先ほどの度合いのところでは、どれくらい好きか、どれくらい嫌いかというのはよく分かりませんでした。脳の活動の大小によって、その感情に対して考えられる大小が計測できる可能性があると思います。



3.-2 脳活動による認知活動の計測(2)

併せて、もう少し具体的な感情の認識に関しては、音声聞いてもらいました。ここでは平静、怒り、悲しみ、喜びの4種類の感情を聞いているときの脳の

活動を計測し、被験者側が共感して、どのような感情になるかを判別しました。具体的な音声はこちらです。単語は同じものにして、その単語に関する感情だけが変わっている音声を流す形で行った実験です。4種類あるのですが、それぞれの対に対して判別したときに、どれくらいの精度で判別できるかを求めました。これでいくと75~90%程度で、怒りや悲しみなどそれぞれの感情を認識できるという結果が得られました。

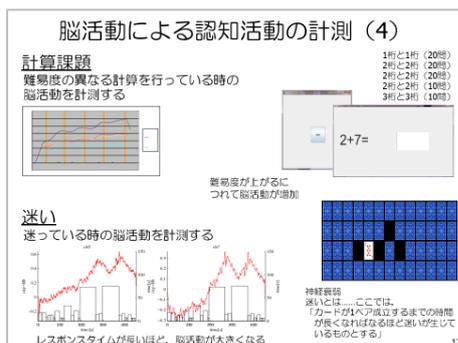
脳活動による認知活動の計測 (3)

感情認識
感情的な音声(4種(怒り、喜び、悲しみ、迷い))を聞いている時の脳活動を計測し、想起された感情を判別

	Anger	Anger	Calm	Calm	Calm	Sadness
	Happiness	Sadness	Anger	Happiness	Sadness	Happiness
A	95.69%	90.09%	74.72%	86.39%	95.26%	87.41%
B	93.68%	93.82%	75.14%	87.08%	90.69%	99.31%
C	81.39%	90.00%	77.22%	80.14%	88.06%	95.50%
D	83.05%	82.61%	77.87%	89.31%	93.19%	87.30%
E	78.79%	91.94%	80.97%	77.50%	92.22%	94.44%
F	82.78%	90.23%	77.50%	78.06%	93.39%	92.30%
G	76.25%	92.36%	76.39%	75.00%	89.44%	90.14%
H	86.25%	86.94%	64.86%	79.03%	89.72%	87.50%
I	84.17%	88.75%	77.59%	77.30%	89.08%	85.69%
J	82.68%	78.19%	71.94%	84.17%	85.28%	89.58%
K	81.81%	89.86%	66.81%	74.72%	88.75%	92.64%
L	72.22%	87.64%	79.03%	77.64%	89.04%	88.65%
M	78.89%	79.86%	71.39%	84.72%	92.92%	92.64%
N	87.26%	89.17%	75.56%	86.53%	87.92%	90.00%
O	83.33%	89.44%	70.28%	80.00%	91.25%	91.67%
P	78.47%	86.94%	70.00%	76.53%	84.31%	81.94%
Ave	82.89%	87.99%	74.20%	80.88%	90.09%	91.06%

3.-3 脳活動による認知活動の計測(3)

その他にも、卒業研究なので学生さんにいろいろ計測してもらっているのですが、教育に活用できるところでは、実際に計算課題をしてもらったときの脳の活動を計測しています。右側の実験のプロトコルとしては、1桁同士の計算から3桁同士の計算というように、少しずつ難易度を上げていきます。そのときの脳の活動が左側の図です。問題が難しくなるに従って、脳の活動も大きくなっていることが分かります。同じように迷っている状況の計測を、神経衰弱をすることで計測してみると、迷っている時間が長くなかかっているところで脳の活動が大きくなっている傾向が見て取れます。



3.-4 脳活動による認知活動の計測(4)

4. 脳活動による認知活動の応用

先ほどは基本的に計測してローカルなどで解析していますが、具体的なアプリケーションとして、

リアルタイムに判別して何らかのアクションを起こすような実験も行っています。選好で好きなものときには詳細な画面が出てきます。関係して、提示した画像を知っているかどうかによって、知らなければ検索結果を出すようなシステムも作ってみました。

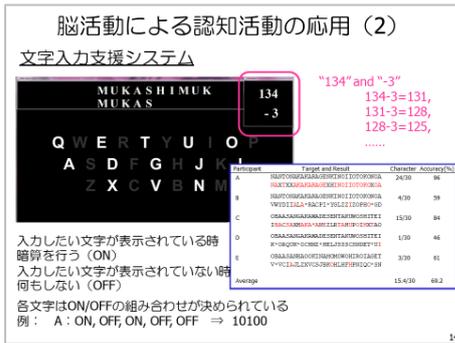
プレゼン用に使っているので画面だけになっているのですが、具体的な様子では、うどんとチャーハンを出したときの脳の活動は、このような形になりました。パッと見では分かりませんが、機械学習の判別結果ではチャーハンを選択していて、こちらのところは実際の被験者に、どちらがどれくらい好きかということを選択してもらっているものです。85程度になっています。

未知か既知かというのも、同じようにバナナの花を見ているときの脳の活動を計測して、被験者が知っているかどうかを機械学習で判別し、知らない場合は画面にバナナの花に関する検索結果が出るようになっていきます。同じようにカレーライスを表示したときには、被験者が知っているので検索の画面が出ないという形で、実際にリアルタイムでも判別することができるものになっています。



4.-1 脳活動による認知活動の応用(1)

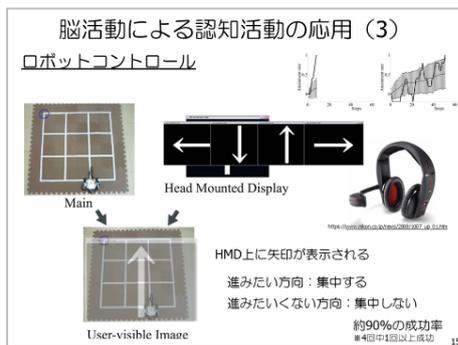
他にも具体的なアプリケーションとしては、文字の入力支援として、光っている文字を入力したいときには、右上の暗算を行っていくことを繰り返して文字を入力するようなシステムも作成しています。具体的な様子がこちらの動画になりますが、Aを入力したいときには、Aが白くなっているときに右上の計算をするということです。ここまでやっているのが実際に行っている結果で、この被験者はすごく良くできる被験者なので、ほぼ100%の状態が入力できています。



4-2 脳活動による認知活動の応用(2)

これをどんどん繰り返していくようなシステムや、ロボットをコントロールするようなシステム、head mounted display 上に進みたい方向の矢印を表示して、表示された方向に進みたい場合には集中し、進みたくなきときには集中しないことで、ロボットを動かしていくというものも行っていきます。

具体的な様子がこの状態です。今マインドストームを動かしている状態で、こちらのペットボトルのところまで行くのが最終的な目的です。被験者の右目のところに head mounted display があって、上下左右 4 種類の矢印が表示され、進みたいときには、集中するというものになっています。今のような進めない方向のときには、そのままとどまっている状況になっています。これがどんどん進んでいくと、最終的にはペットボトルを倒すところまで、脳の活動で進んでいくことができるものになっています。

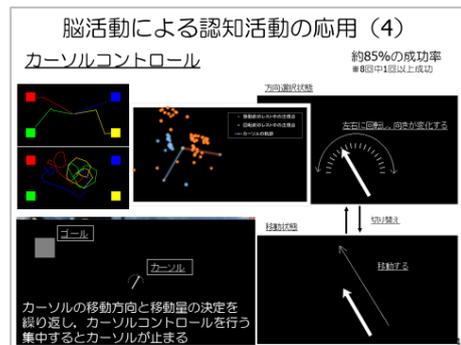


4-3 脳活動による認知活動の応用 (3)

さらに上下左右だけではなく、他の方向にもカーソルを動かすシステムも作成しています。このシステムでは、カーソルを 180 度回転するモードと進んでいくモードが決められています。回転しているモードのときには進む方向を決めて、それが終わるとその方向に進んでいくので、今度は止まりたいところで集中してその場所で止まるという二つの状態を切り替えることでカーソルを進めていくものになっ

ています。実際には、スムーズに行く学生もいれば、ぐるぐる回ってしまう学生もいます。

こちらの方も実際の実験の様子を見ていただくと、真ん中の部分で回転したい方向を決めたり、進みたい方向を決めたりして、この四角のところに行くというものです。最初は反対方向に進んでしまっていますが、だんだん目標の方に近づいていきます。少なくともランダムに適当にやっている状態ではなく、脳の活動によってカーソルを動かしています。



4-4 脳活動による認知活動の応用(4)

5. 脳機能計測応用の課題

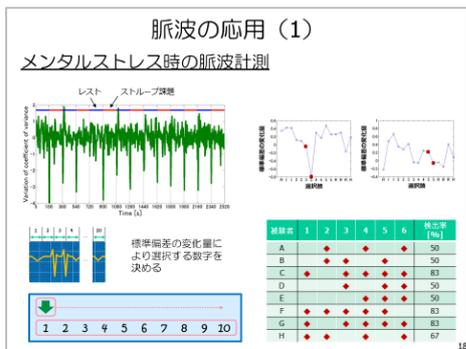
今回、実験で使ったのは有線のものですが、無線で脳の活動を計測できるものもあります。ただ、先ほどのものでも 200 万~300 万円とかなり高価なものなので、まだ実際に利用するにはハードルが高いと思います。

計測のところは、先ほどの実験の被験者を見ていただくと、あまり動かない安静の状態ですべて計測しているので、動いても計測できるような技術が必要になってくると思います。NIRS の場合、体動の除去としては血流動態分離法と呼ばれるものが提案されていて、ある程度の体動は除去できるようになっています。

脳の活動以外の計測では、一番は恐らく脈波のようなもので、スマートウォッチのような形のものや、非接触で計測できる機器も最近よく出てきていますので、非接触で人のメンタルなどが計測できるのが理想的だと思います。しかし脈波の場合、少なくとも脳の活動より得られる情報は少なくなってくるので、その分、いろいろな情報処理で感情を推定していくことになると思います。

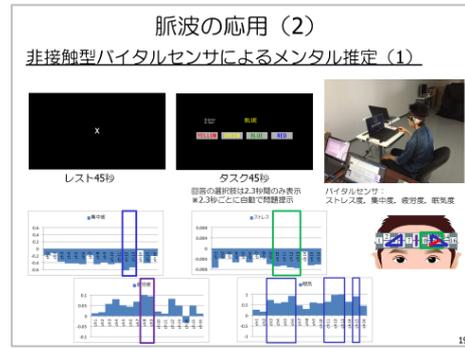
具体的に脈波で何らかの活動を行っているかどうかを計測できないかということで、1 から 10 の数字のどれかを、脈波を使って選択するような実験も行っています。青色のところはレスト、赤色のところがストループ課題というのをしてもらっているときの、脈波の標準偏差の変化の様子を取っているものです。

こちらを見ていただくと、何らかの課題をもらっているときに大きく下に下がっている様子が見て取れると思います。こちらにあるように必ずではありませんが、大きく下がっているところが比較的多くあります。これを利用して、下がっているところを検出してどの番号かを知り、検出率を出したのがこちらの表です。脈波では得られる情報が少ないので検出の精度は低いのですが、全く可能性がない状況ではないだろうと思っています。こちらの実験で使った脈波の計測は指の先に付けているものなのですが、次の実験では非接触のものを使って実験してみました。



5.-1 脈波の応用(1)

こちらと同じようにレストが 45 秒間、タスクが 45 秒間あるという実験を行っています。こちらの方はストループ課題を改良しており、実験の様子はこちらになります。頭に付けているのは NIRS で、こちらの方にるのが非接触で脈波を測るものです。下の方の図は、NIRS と脈波のデータの散布図に対して直線を引き、その傾きを表しているものです。今回使っているシステム自体が、集中度、疲労度、ストレス、眠気のようなものを脈波から検出してくるものなので、それと NIRS の脳の活動にどんな関係があるかを見たのが、この結果です。およそ脳の活動と同じような傾向が見られています。

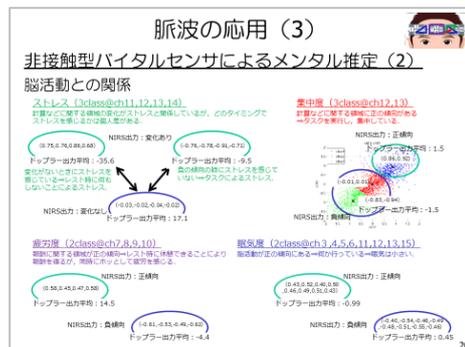


5.-2 脈波の応用(2)

先ほどの実験の結果を使い、NIRS のデータを用いてクラスタリングを行い、NIRS のデータにひも付いているドップラーセンサーの出力が、そのグループ間でどのような差になるかというのをまとめたものがこちらです。

右側の方を見てもらうのが一番分かりやすいと思いますが、集中度を 3 クラスに分けたときに、少し混ざっているところはありますが、NIRS の出力が高いときにはドップラーセンサーの出力も高く、出力が低いときにはドップラーセンサーの出力も低い状況になっています。もし、このところで集中していて、NIRS の方でも集中していることが測れているのであれば、ドップラーセンサーでも同じような傾向になっていると言えると思います。

同じように、ストレス、疲労度、眠気度なども、NIRS の結果とドップラーセンサーの脈波によって検出されるメンタルの指標が似た傾向になっているので、非接触でも感情やメンタルを計測できる可能性があると思います。



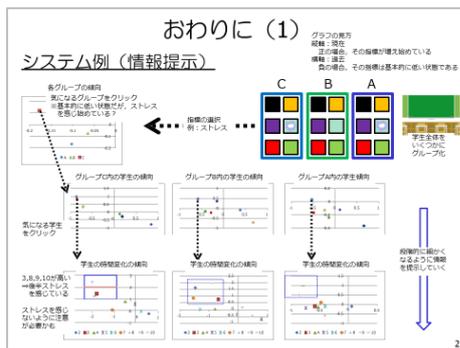
5.-3 脈波の応用(3)

6. おわりに

最後に、このようなシステムを使って、教室内で座っているところをグループに分け、感情の判別の結果の簡易的なグラフを作りました。横軸に過去の状態、縦軸に現在の状態を取り、過去にマイナスで現在はプラスになっているのは、その指標が大きくなっているというものが作れたとします。ストレスを例にすると、こちらのように横軸がマイナスで縦軸がプラスの場合はストレスが増えている状況なので、集団として増えているところをクリックすると中の学生の具体的な状況が分かります。さらに、そこから学生の時間的な変化を見るようなことができるようになってくれば、学生の情報をいろいろ知ることができるだろうと思います。

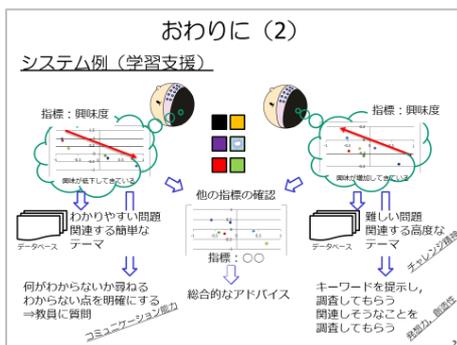
最後にまとめさせていただきます。人工知能の教育分野への応用の可能性として、生体信号によるメンタルの推定がどのようにできるかというところを、簡単にご紹介させていただきました。計測機器、精度など、まだ課題があるところではありますが、学習者の心理状況に応じた進め方の一つの指標として、これから利用していける可能性があると感じています。また、具体的なシステムとして、機械学習やAIの技術を使って、そのようなものが判別できるのであれば、自動的に各学習者の状況に応じた対応ができると考えられます。ただし、課題としては、実際のメンタルが正確に分かってしまうことになると、倫理的な面もいろいろと問題になるので、そういったところの整備も必要になってくると思います。

以上です。ご清聴ありがとうございました。



6-1 おわりに(1)

もし同じようなことが分かれば、先ほど具体的に機械学習を使って判別したように、今、興味の度合いが上がっているのか下がっているのかに応じて、興味の度合いが下がっているなら簡単なものにしてモチベーションを上げたり、興味が上がってきてやる気が出てきている状況であれば難しい問題を提示してもっとチャレンジしたり、発想力を鍛えたりする応用もできると考えられます。



6-2 おわりに(2)