



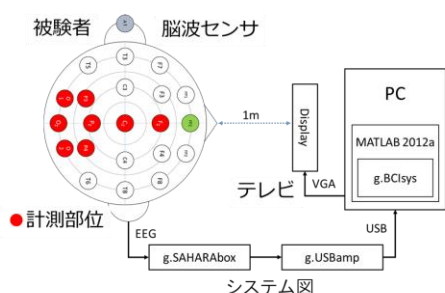
家庭でできる脳波測定による認知症予測検査

田中 久弥 情報学部 情報デザイン学科 教授

キーワード: 認知症, 軽度認知機能障害, 脳波, ブレイン・コンピュータインタフェース

概要

本研究は、認知症という拡大する社会問題に対して、まずは家庭でできる認知症検査を目指す研究であり、通院しなくても、簡単に、センサーを頭部に付けて評価を約15分で行うことで医師の診断に近い予測ができます。そのため、自分、家族の確認をしたいと思う認知症予備軍のニーズに応えることが可能です。技術的にはブレイン・コンピュータインタフェースと呼ばれる脳とコンピュータを接続し、100例を超える検証実験から得られたビッグデータに基づいて統計的に処理を行うことで、医師の問診、脳画像検査も不要とする新しい脳検査技術です。



■システム要件

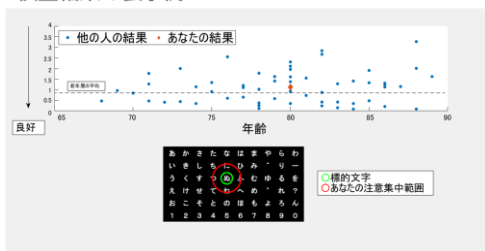
- ・ 基盤システム: g.tec社 BCI 研究キット
- ・ Windows PC: Core i3-6100U2.3GHz/8GBメモリ/Matlab
- ・ 計測部位: 後頭部8点電極(Wet アクティブ方式)
- ・ サンプリング周波数: 256Hz
- ・ ディスプレイサイズ: 21インチ

■被験者が行うこと

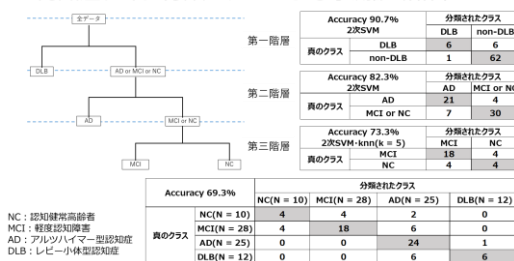
- ① センサを装着してアプリを起動する
- ② 視力検査の要領で指示された文字を見つめる
- ③ 1回の集中時間は約30秒でその間は他を見ない
- ④ 20回程度の集中を繰り返す(全部で約10分)
- ⑤ 結果を見る

※現在はセンサ装着、PC操作は補助者が行っています

検査結果の表示例



認知症タイプ分類モデルによる予測診断結果



アピールポイント

- ・ 認知症に係る検査の簡略化(通院が不要、検査が短時間であり、従来時間の15%程度)
- ・ 認知症予防に対する意識の向上

利用・用途 応用分野

- ・ 認知症予備軍の検査
- ・ 病院に行きたがらない高齢者が自分で検査して家族・病院・地域と連携するサービス基盤構築

関連情報

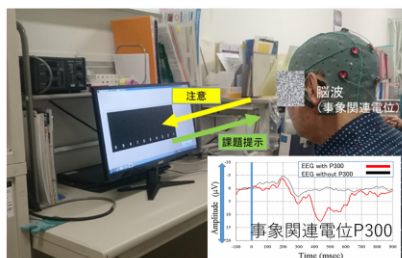
- 知的財産権 = 注意機能評価方法および装置(出願準備中) □
- 関連論文 = [1] 文字入力型 BCI を用いた認知症患者の新しい認知機能評価法(doi.org/10.11184/his.21.1_21)
[2] BCIと前頭葉機能検査を用いた認知症の早期診断法(doi.org/10.11184/his.22.2_211)
[3] Classification of dementia type using the brain-computer interface(doi.org/10.1007/s10015-020-00673-9)
- 関連 URL = <https://er-web.sc.kogakuin.ac.jp/Profiles/6/0000527/profile.html>



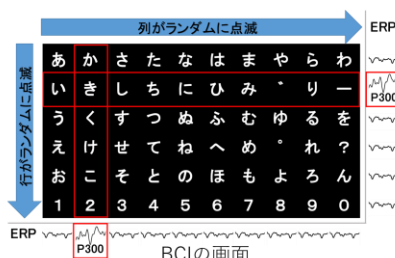
1. 目的

脳波を用いて認知機能の低下を定量評価する装置を開発する。事象関連電位でコンピュータに文字入力を行うインタフェース技術(Brain-Computer Interface)を活用しその文字入力誤りの程度から認知機能の評価を行った。

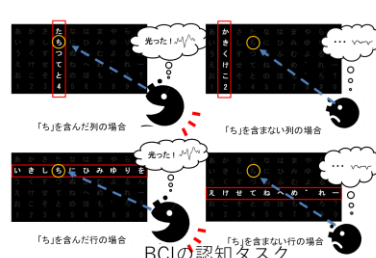
2. BCI:ブレイン・コンピュータインタフェースとは何か



Brain-Computer Interface(BCI)は脳波を使ったユーザーインタフェースである。肢体麻痺患者や失語症患者を支援する技術である。1分あたり3~4文字のひらがなをコンピュータに入力することができる。我々はこれまで作業療法士(OT)の協力を得ながらALS者での実証実験を行ってきた。(北村, 田中他, 電学論2018)



BCIの画面には文字盤が表示されている。BCIは文字盤の一行または一列を無作為に点滅させ、ユーザーは画面の特定の文字に注意を向ける。注意が向いている文字が点滅すると脳波の振幅が増大し、注意が向いていない文字が点滅すると振幅は変わらない。行と列の交点の文字が意図した文字と推定される。

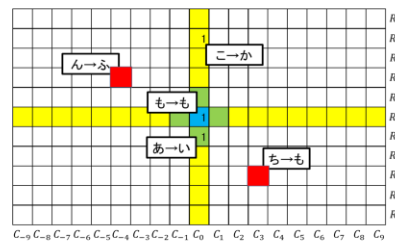


文字を正確に入力するには標的となる文字の点滅に注意を向ける必要がある。逆に他の文字の点滅は無視する必要がある。そのため認知タスクとしては選択的注意や行動の抑制の認知機能の動きが必要であり、BCIにおける文字入力誤り率は認知機能の低下を表すものと考えられる。

3. BCIの入力誤りの定量化



入力誤りとは標的の文字(入力を意図した文字)から外れた文字がBCIに入力されることである。これは機械のエラーではなく人間の注意集中の低下による。図の場合「り」の行・列でそれぞれP300が観測されたと考えられる。図の場合、誤入力の程度は文字盤の加重平均距離(SEDV)で5文字である。SEDVは1文字程度であれば若年健康者群でも、高齢者の疑いなし群でも起こりうる。



標的の文字を原点とした相対入力散佈図である。「あんこもち」という課題に対して「いふかもも」と入力された結果である。原点から入力文字までの加重平均距離を算出しSEDV(Spelling-Error Distance Value)とした。

$$SEDV = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{r-1} \sum_{j=1}^{c-1} (w_{ij} \times l_{ij})$$

$$w_{ij} = \begin{cases} D_1 & 0 & (i = j = 0) \\ D_2 & \frac{1}{2} \sqrt{(i^2 + j^2)} & (i = 0 \vee j = 0) \\ D_3 & \sqrt{(i^2 + j^2)} & (i \neq 0 \wedge j \neq 0) \end{cases}$$

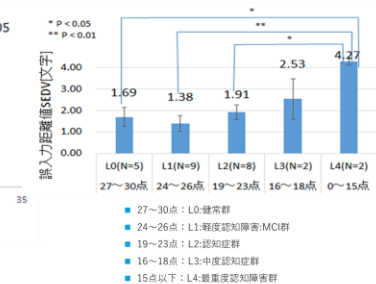
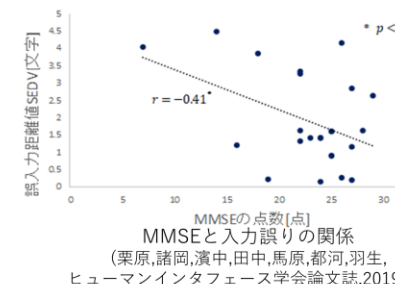
l_{ij} : i方向の距離
 j : j方向の距離
 w : 誤入力の重み
 f : 度数分布
 r : 文字盤の行数(6行)
 c : 文字盤の列数(10列)
 N : 総入力文字数

- 健康 SEDV=035文字 MMSE=29
課題 あんこもちあめのちはれあめのちはれ
結果 あつこぢかぢせのにはめあめのちはれ
- MCI SEDV=1.24文字 MMSE=26
課題 あんこもちあめのちはれあめのちはれ
結果 あこよめうあめのるたえあめにちはせ
- DLB SEDV=1.91文字 MMSE=22
課題 あんこもちあめのちはれあめのちはれ
結果 うてでろしおんろなおいぬねてひろ
- AD SEDV=3.27文字 MMSE=22
課題 あんこもちあめのちはれあめのちはれ
結果 こぬー4せ10おうはろえるうにん

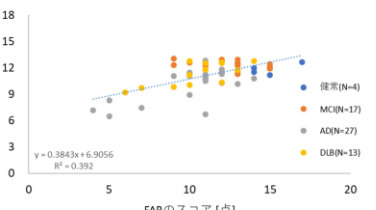
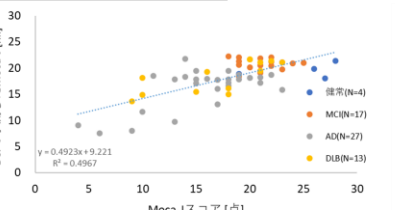
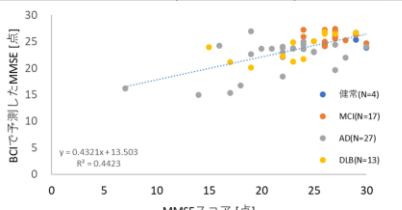
症状ごとのBCI入力結果例である。課題「あんこもちあめのちはれ」に対するBCIへの入力正答結果である。白□が正入力、緑■が1文字違い、黄■が文字盤の行または列が誤った入力結果、赤■が行も列も違った入力結果であり、順に入力誤りの程度が悪いと解釈する。健康に比べて症状が進行すると入力誤り(SEDV)が増加した。

4. 認知機能低下とBCI入力誤りの関係

MMSE得点と入力誤り(SEDV)の関係を示す図に示す。SEDVがMMSEの低下に従って増加(反比例の関係)する($r = -0.41, p < 0.05$)。また群分けした図では、L0は疑いなしの健康高齢者群(年齢 84.0 ± 2.1)であり入力誤りは平均で1.69文字であった。L1は軽度認知障害MCI群(年齢 79.1 ± 2.7)、認知症群はMMSEのスコア低下順にL2(年齢 80.6 ± 7.5)で1.91文字、L3(年齢 74.5 ± 2.5)で2.53文字、L4(81.5 ± 0.5)最大で4.27文字となり入力誤りは標的の文字から最大で4文字外れることが分かった(既報)。



5. BCIでMMSE, Moca-J, FABスコアを予測できるか



BCIの入力誤り(SEDV)を独立変数、神経心理学検査のMMSE, Moca-J, FABを目的変数とする単回帰分析を行った。上図はその回帰モデルに未知変数としてSEDVを代入しプロットしたものである。マーカー(●健康群、●MCI群、●AD群、●DLB群)は専門医の診断に基づいて色分けした。いずれのグラフも直線回帰で当てはまっていると考えられる。予測の精度を表す決定係数R²はMoca-Jが最大で次にMMSE, FABであったが、いずれもR²=0.5未満なのでモデルの精度の向上が望まれる。そのためにSEDVだけでなくBCIの計測値である文字正答率[%], P300判別率[%], P300頂点潜時[ms]を独立変数とする重回帰モデルの検証を今後行う。