

# N-gram 情報を生かした P300 speller における文字入力速度の向上に関する検討

佐溝 恵里<sup>†</sup> 吉川 大弘<sup>†</sup> 古橋 武<sup>†</sup>  
名古屋大学大学院工学研究科<sup>†</sup>

## 1. はじめに

Brain-Computer Interface (BCI) は、脳活動を測定、解析し、その情報をもとに思考判別を行い、外部機器の操作を行うインターフェースである。これらは筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 患者のような、重度の運動障害を抱えた人に対するコミュニケーションツールとして、その発展を期待されている。P300 speller では、主に文字が行列型に配置されたインターフェースを用い、ユーザーの意図する文字を含む行および列の点灯によって、事象関連電位の一種である P300 と呼ばれる脳波を誘発し、その P300 を捉えることによって文字入力を可能にする[1]。しかし、ここで特徴量として用いられる P300 は SN 比が悪く、判別精度向上のためには測定脳波の加算平均を行う必要があるが、これによる入力速度の低下がユーザーの大きな負担となってしまう。

そこで、従来の刺激数を固定した刺激呈示法に対して、動的に刺激数を決定する、信頼度に基づく自動再送要求(Reliability-Based Automatic Repeat reQuest : RB-ARQ) が提案され、P300 speller で、判別時間の増加を抑えつつ、判別正答率の改善が行えることが示されてきた[2]。[2]で示されている RB-ARQ では、各文字について、点灯の前にその文字がターゲットとなりうる確率、すなわち事前確率が等確率で割り振られている。一方、通常文章においては、各文字の出現確率や、文字間の遷移確率に偏りが存在する。

そこで本稿では、RB-ARQ を用いた日本語 P300 speller において、ひらがなの出現確率や文字間の遷移確率を、事前確率により考慮する手法を提案し、従来手法と比較して、P300 speller における入力速度が向上することを示す。

## 2. RB-ARQ

RB-ARQ とは、それぞれの文字がターゲットであると思われる確率(事後確率)を随時計算し、最

大事後確率があらかじめ設定した閾値を超えるまで刺激を呈示、その後、最大事後確率を持つ文字をターゲットとして判別する手法である[2]。時間  $t$  における脳波データから抽出された特徴ベクトルを  $x_t$  とし、時刻  $T$  における脳波データの集合を  $X_T = \{x_t | t = 1, 2, \dots, T\}$  とすると、事後確率は以下の式で表せる。

$$P(k|X_T) = \frac{P(k) \prod_t (x_t | k)}{\prod_{l \in K} P(l) \prod_t (x_t | l)} \quad (1)$$

ここで、 $K$  はとりうるラベル(文字)の集合であり、 $k \in K$  である。また、 $P(k)$  はラベル  $k$  に属する事前確率(判別開始前のターゲットとなりうる確率)で、点灯開始前は全ラベルに対して等しく設定されている。事後確率は、事前確率と尤度を用いて求められる。また、この事後確率  $P(k|X_T)$  を用い、時間  $T$  における最大事後確率  $\lambda_T$  は以下のように表わされる。

$$\lambda_T = \max_k P(k|X_T) \quad (2)$$

最大事後確率は、判別正答率と等しくなることが期待され、データの信頼度と捉えることができる。RB-ARQ では、このデータの信頼度の閾値を  $\lambda$  として設定し、ユーザーは  $\lambda_T > \lambda$  となるまで同じ思考想起を続ける。

## 3. 提案手法

前述の通り、従来の RB-ARQ における事前確率は、すべての文字で等しく設定されていた。それに対し本稿では、一般文章における文字の出現確率と文字間の遷移確率を、この事前確率に反映させる方法を提案する。出現確率は文章中の各文字の出現しやすさを、文字間遷移確率はある文字の次にどの文字が出現しやすいかを表した確率であり、膨大な文章データベースにおける文字 N-gram の出現頻度を用いて作成することができる。文字 N-gram とは、文章を  $N$  文字ずつの単位に区切ったときの出現頻度を算出したもので、これを用いて事前確率は以下の式で定義される。

$$P(X_i | X_{i-N+1}^{i-1}) = \frac{n(X_{i-N+1}^i)}{n(X_{i-N+1}^{i-1})} \quad (3)$$

ここで  $X_i^j$  は、文字列  $X_1 X_2, \dots, X_M$  中の  $i$  番目から  $j$

A study on improving spelling speed of P300 speller using N-gram information  
Eri Samizo<sup>†</sup>, Tomohiro Yoshikawa<sup>†</sup>, Takeshi Furuhashi<sup>†</sup>  
Graduate School of Engineering, Nagoya University<sup>†</sup>

番目までの部分文字列を表し、 $P(X_i|X_{i-N+1}^{i-1})$  は、 $\{i - (N - 1)\}$  番目から  $(i - 1)$  番目までの文字列が与えられたとき、 $i$  番目の文字が  $X_i$  となる条件付き確率を表す。  $N=1$  のとき、各文字の単純な出現頻度確率となり (Uni-gram と呼ぶ)、  $N=2, 3$  のときは文字間遷移確率を表す。 これらをそれぞれ Bi-gram, Tri-gram と呼ぶ。

#### 4. 実験

実験には、あらかじめ計測してある、被験者 3 名が P300 speller を用いて文字入力を行った際の脳波データを用いた。 このデータはサンプリング周波数 100Hz で、国際 10-20 法に基づく 5 電極 (Fz, Cz, Pz, O1, O2) 及び基準電極として左耳 A1, 右耳 A2 に電極をそれぞれ貼付し、計測されたものである。 呈示には、図 1 の日本語入力インターフェースを用いた。

インターフェース上の BS は、訂正機能 (Back Space) を表し、この文字が入力された場合は直前の文字を消去する。 本実験では、誤った文字が入力された場合、BS を用いて正しい文を入力するものとした。 テスト文には 3 長文を用い、事前確率は ‘日本語ウェブコーパス 2010’ を基に作成した。

以下の 2 つの方法で実験を行った。

実験 1: 事前確率を、Uni-gram, Bi-gram, Tri-gram それぞれを用いて設定する。

実験 2: 事前確率を、Uni-gram, Bi-gram, Tri-gram を用いて設定し、BS と BS 以外の文字の入力が繰り返された場合のみ、事前確率を等確率に設定する。

評価指標には Utility [3] を用いる。 Utility は BS を用いて完全な入力を行った場合の情報伝達速度であり、正答率と入力時間を同時に評価する実用的な性能指標である。



図 1: P300 speller インターフェース

#### 5. 結果

図 2, 3 に、実験 1, 2 の結果をそれぞれ示す。 各図において、縦軸は Utility の値、横軸は RB-ARQ の閾値を表している。 図 2 より、Uni-gram は従来法 (Equal) より、Bi-gram は Uni-gram より優れた性能を示していることがわかる。 しかし、閾値 0.9 での Tri-gram において性能低下がみられる。 これは、特に Tri-gram では、入力文字の事前確率の差が大き

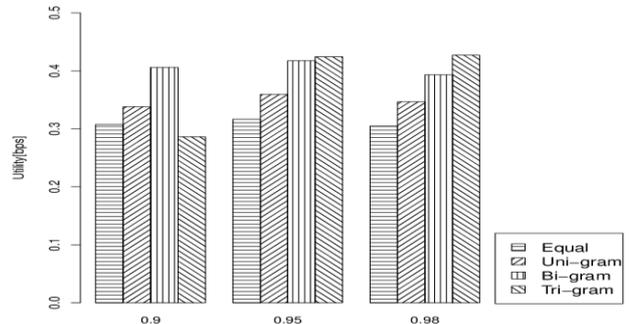


図 2: 実験 1

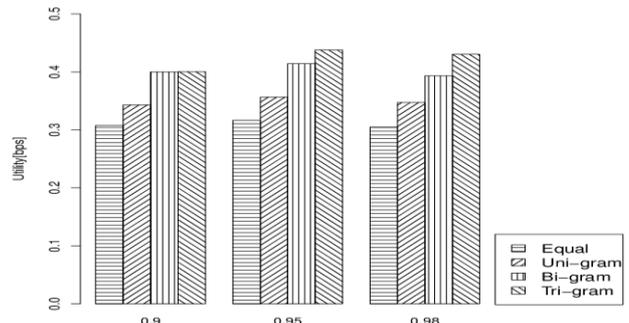


図 3: 実験 2

くなることで、選択確率の高い文字については入力時間の短縮が見られる一方、事前確率の低い文字がターゲットとなった場合、その文字の事後確率が上がる前に事前確率の高い文字が先に閾値を越えて誤入力されてしまい、訂正のための BS の入力と誤入力が繰り返されることで正答率が低下したためであると考えられる。 一方図 3 より、実験 2 のような工夫を行うことで、Uni-gram より Bi-gram, Bi-gram より Tri-gram において性能が向上していることが示されている。

#### 6. おわりに

本稿では、日本語文章におけるひらがなの出現・文字間遷移確率を、RB-ARQ の事前確率として組み込む手法を提案した。 日本語インターフェースによる P300 speller の入力シミュレーション実験を行い、従来手法と比較して、文字入力性能が向上することを示した。 今後は、オンライン実験による検討を行っていく予定である。

#### 参考文献

[1] L. A. Farwell, et al, “Talking off the top of your head: toward a mental prosthesis utilizing event-related brain potentials,” *Electroencephalography and Clin. Neurophysiol.*, Vol. 70, No. 6(1988).

[2] 金田 他, “信頼度に基づく自動再送要求の P300 speller への適用に関する一検討”, *電子情報通信学会技術研究報告*, 第 109 巻, 280 号(2009).

[3] B. D. Seno, et al, “The utility metric: A novel method to assess the overall performance of discrete brain-computer interfaces,” *IEEE Trans. Neural Syst. Rehabil. Eng.*, Vol. 18, No. 1(2009).