

## 簡易脳波測定による時間幅を考慮したリアルタイムな思考状態の推定 Estimation Method of Mental States in Real-Time from Continuous EEG Activity

林 剛史<sup>†</sup> 福井 健太郎<sup>†</sup> 宮田 章裕<sup>†</sup> 重野 寛<sup>†</sup> 岡田 謙一<sup>†</sup>  
Takefumi Hayashi Kentaro Fukui Akihiro Miyata Hiroshi Shigeno Kenichi Okada

### 1. はじめに

本研究の目的は、コミュニケーションの場においてリアルタイムに思考状態を推定することである。簡易脳波計を用いて脳波情報より思考状態を推定する従来の手法では、思考が過去の影響を受けることについて考慮していないものや、ノイズの混入、脳波強度の個人差についても対応できておらずリアルタイム処理が困難なものが多い。

そこで我々は、時間幅を考慮してリアルタイムに簡易脳波測定より思考状態を推定する手法を提案する。本稿では脳波情報より思考状態を MS-Level という独自の指標で数値化する手法、プロトタイプシステム、ならびに提案概念の評価実験とその結果について述べる。

### 2. コミュニケーション中の情報

人が誰かとコミュニケーションする際、言葉の他に表情、ジェスチャ、声色などを用いて発言に表れないような相手の気持ちやその場の雰囲気などを感じ取る。例えば、大きなジェスチャを使い、大きな声で熱心に語りかけられるととても理解してほしいという気持ちが伝わってくる。また、表情豊かに笑う人は本当に楽しそうに感じる。このように表情やジェスチャ、声色などのノンバーバル情報より正確に意志伝達を行うことができる。

しかし、意図的に操作することのできる表情やジェスチャから本心を読み取ることは難しい。社会的立場などの面から本心を知られたくないような場合もあるが、ここで、もし相手の本心に近い気持ちを感じ取ることができれば、話題の転換がスムーズになり、より質の高いコミュニケーションを実現できる可能性がある。思考状態を推定することにより相手の本心に近い気持ちを感じ取ることが可能であり、思考状態を推定する場合、人から常に発生しており、人が意図的に操作できないような生体情報を用いるのが適している。

### 3. 脳波

脳波とは、脳の活動に伴って頭皮上に生じる電位の事であり、脳の活動状態やさまざまな刺激に関連して電位変化を示す。脳波には、眼球運動などにより発生するノイズ (0 - 1 Hz)、 $\delta$  波 (1 - 4 Hz)、 $\theta$  波 (4 - 8 Hz)、 $\alpha$  波 (8 - 12 Hz)、 $\beta$  波 (13 - 30 Hz) などの成分が含まれており、中でも  $\beta$  波は思考を要する作業を行う時に強く出現し、思考を要しない作業時にはあまり出現しないという特徴がある [1]。

この  $\beta$  波と思考の関連を利用して、脳波情報より感情解析を行う感性スペクトル解析法とよばれる手法がある [2]。また、装着して自由に動くことのできる簡易脳波計

があり、近年では簡易脳波計を用いて会議や映像の撮影時といったより日常的な場面での人の思考状態を推定する試みも多く行われている [3]。

### 4. 時間幅を考慮したリアルタイムな思考状態推定手法の提案

人の思考を時間的に離散したものでなく、連続したものであると捉えると思状態を推定する際には過去の思考の影響を考慮しなければならない。また、身体を動かすことにより脳波にノイズが混入しやすくなり、人によって脳波の強度に個人差があるなど簡易脳波計を用いる際にはリアルタイム処理が困難である。しかし、従来の手法はこれらの点を考慮しきれておらず、簡易脳波計からの限られた情報よりリアルタイムに思考状態を推定する手法として用いるのは困難である。

そこで、我々は思考を時間幅をもったプロセスであると捉えることにより、簡易脳波計を利用して脳波よりリアルタイムに思考状態を推定する手法を提案する。

本研究では、脳波の強度より脳の活動状態を推定し、「人がどの程度思考しているか」という「思考状態」をあらわす指標として、MS-Level (Mental State Level) を定義し、思考状態を数値化した。以下に MS-Level 導出の手順を示す。

1. 計測された脳波を周波数分解し、ノイズなどの問題で使用できない周波数帯域 (0 - 4Hz, 40 - 60Hz) のデータを除去する。また、使用する帯域においても筋電位などに由来する瞬間的で非常に大きなノイズが混入するため、各周波数帯で実験的にノイズの強度の閾値を設定し、ノイズを除去する。
2. 思考状態を的確に表す周波数帯域  $f_{low}Hz \sim f_{high}Hz$  のデータを平均し、1 サンプルの脳波データと定義する。
3. 脳波の個人差を考慮し、「思考しているとき」を最高値、「思考していないとき」を最低値として脳波データの強度の範囲を自動検出する。
4. 各瞬間において最新 N サンプルの脳波データに重み関数をかけて加算する。3 で検出した範囲より、相対的に加算した値を数値化し、その瞬間の MS-Level と定義する。

2 で思考状態を的確に表す周波数帯について決定するため、予備実験を行った。この実験では思考を要する論理思考タスクを 60 人の被験者に課し、思考状態を的確に表すことのできる周波数帯  $f_{low}Hz \sim f_{high}Hz$  を調査した。予備実験の結果は図 1 のようになり、この図で脳

<sup>†</sup>慶應義塾大学理工学部

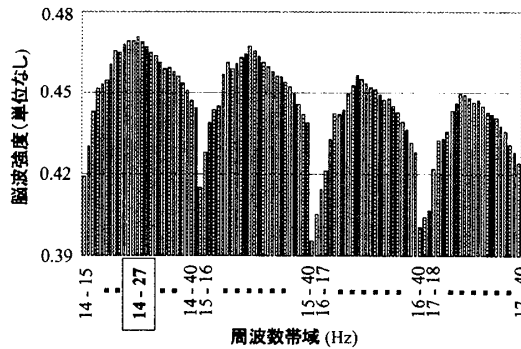


図1: 論理思考時の各周波数帯の脳波強度 (予備実験, 60人の平均)

波の強度が最も高い周波数帯を選択し,  $f_{low} = 14\text{Hz} \sim f_{high} = 27\text{Hz}$  と決定した。

本手法では過去の  $N$  サンプルの脳波データを用いることにより時間幅を考慮して思考状態を推定している。時間幅を考慮することにより瞬間的な思考の変化を捉えずに長期的な思考の変化を捉えることができるようになるものと思われる。

## 5. プロトタイプシステムの実装

我々は脳波情報より思考状態を MS-Level として導出するプロトタイプシステムを作成した。

プロトタイプシステムでは, 脳波を計測する際に IBVA Technology 社のヘッドバンド型簡易脳波計 IBVA を利用し, PC では脳波計から無線で得たデータを約  $0.87 \text{ sec} / \text{sample}$  という速度で記録する。

IBVA を装着した計測者は, 最初にキャリブレーションのためのタスクをおこなう。キャリブレーションではまず故意に筋電位などのノイズを生成させる。これによりノイズの強度の閾値を設定し, 1 サンプルの脳波データを数値として取得できるようになる。次に思考を要するタスク, 要しないタスクをすることにより計測者の脳波データの最高値, 最低値を計測し, 決定する。キャリブレーションにより各パラメータを決定した後, 実際の計測を開始する。

## 6. 実験: 提案手法の有用性の評価

### 6.1 実験内容

本実験の目的は, 時間幅を考慮して思考状態を提示することの有用性を評価する事である。

この実験では, 20 人の被験者に本システムを使用して相手の思考状態を反映しながら 2 人で会話をしてもらうというタスクを課した。被験者は直接相手の顔を見ることはできず, 相手の思考状態をあらゆる映像のみを見ながら会話する。積極的に思考してもらうようにするため, 会話内容は 2 人で 1 つの意見を導出するものとした。また, 相手の思考状態が活発になっていたら自分の話に興味があると被験者には考えてもらった。比較対象として時間幅を考慮せずに相手の思考状態を提示するという条件でも実験した。

表1: アンケート結果

	評価の平均値 (低: 1 - 高: 6)	
	時間幅あり	時間幅なし
相手の思考状態をよくあらわしていた	3.6	3.1
相手の思考状態の変化がはげしかった	2.1	5.0
自分の話に興味があるかわかりにくい	2.7	4.8

なお, 本実験で思考状態を推定する際に使用した過去のサンプル数の値は  $N = 7$  であり, コミュニケーション中の思考状態の変化を表す最適なサンプル数を決定する, という少人数での実験の結果に基づくものである。

### 6.2 実験結果と考察

表1は, 会話後に相手の思考状態をあらゆる映像について被験者に対して行ったアンケートの結果である。

「相手の思考状態の変化が激しかった」, 「自分の話に興味があるかわかりにくい」という項目に対しては時間幅を考慮しない方が評価が高かった。これらは, 時間幅を考慮しないことにより「驚き」や「ひらめき」など短期的な思考の変化も捉え, 思考状態の変化が激しくなり自分の話に対して興味を示したか判断することができなくなってしまうためと考えられる。

よって, 会話している際に時間幅を考慮することでの確に相手の思考状態を反映することができると言えるので, 提案手法の有用性が確認された。

しかし, 「相手の思考状態を的確にあらわすか」についての評価は時間幅を考慮する, 考慮しないで大きな差は見られなかった。これは, 人の思考状態はその人自身が一番よく理解しており, 相手の思考状態を評価することが被験者には困難であったためと考えられる。この点については今後の検討課題である。

## 7. 結論

我々は, コミュニケーションの場において簡易脳波測定により相手の思考状態を推定する際に, 思考を時間幅のあるプロセスと捉え, 過去の思考の影響を考慮する手法を提案した。思考状態は脳波情報より MS-Level という独自の指標で数値化した。評価実験では, 時間幅を考慮して相手の思考状態を提示する有用性が確認された。

今後は, コミュニケーションの場だけでなく会議や自己フィードバックシステムなどの様々な場面で脳波情報より思考状態を推定する研究も行っていく方針である。

## 参考文献

- [1] Giannitrapani: The Role of 13-Hz Activity in Meditation, The EEG of Mental Activities, pp. 149 - 152, 1998
- [2] Musha: Feature Extraction from EEG Associated with Emotions, pp. 15 - 19, 1997
- [3] 宮田, 福井, 本田, 重野, 岡田: 会議を撮影した動画メディアの思考状態インデキシングの提案, 情報処理学会論文誌, Vol. 45, No.11, pp.2509 - 2518, 2004