

脳波情報を利用したミーティング分析

宮田 章裕* 福井 健太郎* 本田 研作* 重野 寛* 岡田 謙一*

ミーティングの様子を記録した映像や音声参照する機会は数多いが、そこから参加者の思考状態を読み取るのは難しい。そこで、本稿では参加者の 波情報を加工して思考状態を数値化し、ミーティングのログの索引とすることを提案する。そして、提案概念を実現したミーティング分析システム MR-Mind を紹介する。

A New Way for Analyzing Meeting Using Brain Wave Informations

Akihiro MIYATA* Kentaro FUKUI* Kensaku HONDA*

Hiroshi SHIGENO* Kenichi OKADA*

There are many opportunities to record situations of meeting as movie files or sound files and refer to them. However, recording participants' mental states and obtaining those informations from log files is very difficult. With this issue in mind, in this research, we proposed to digitalize participants' mental states and to make indexes of meeting logs by using their beta wave informations. To realize our proposition, we have implemented a meeting recording system named MR-Mind.

1 はじめに

ミーティングや講演会などの日常的なミーティングのログを作成して、後からその様子を復習・分析する機会は数多い。ログには様々な種類があり、議事録などのテキストログや、ミーティングの様子を録音した音声ログ、撮影した映像ログなどがある。

しかし、従来の方法で作成したログからは参加者が「いつ集中していたか」であるとか「どの程度関心があったか」などの「思考状態」を読み取ることが困難である。これにはいくつかの理由があるが、思考状態を明示的に表す指標が記録されていないことが一番の原因である。

そこで、本研究ではより適切な思考状態分析を実現するための手段として、波情報を用いて参加者の思考状態を数値化してログの索引とすることを提案する。そして、この提案を実現するためのシステム MR-Mind (Meeting Recorder with Mental State Index) を構築した。MR-Mind を利用することにより、ミーティングの各シーンにおける各参加者の思考状態が分かりやすだけでなく、参加者が特定の思考状態(集中、興奮など)にあったシーンを素早く参照できるアクセシビリティが高いログを作成することが可能になる。

以降 2 章で従来研究の問題点について述べる。3 章で MR-Mind の設計、4 章で MR-Mind の実装に

ついて述べる。5~7 章では提案概念を評価するための実験について述べ、最後に 8 章で本研究の結論と今後の展望について述べる。

2 従来研究の問題点

2.1 音声情報を利用した従来研究

Meeting Browser[1] では、会議などにおいて各参加者が発言している時間帯にインデックスを付加した音声ログを作成している。この手法では、インデックスを目安に音声ログにアクセスして会話の内容を確認したり、インデックスの数を集計することで各参加者の発言量を比較することが可能である。しかし、人は非常に頭を働かせてたくさん意見を述べることもあるし、逆に、黙って考え込むこともあるので、このログから参加者の思考状態を分析することは困難である。音声パターンから感情解析を行う手法 [2] も提案されているが、技術がまだ確立されていない上に発言中の感情しか解析できないという欠点がある。

2.2 脳波情報を利用した従来研究

人間の感情を計測する方法として、脳波情報を利用した感性スペクトル解析法が提案されている [3]。この手法で識別可能な感情は 4 種類とされているが、長時間イメージトレーニングを積んだ人物による各感情の思考パターンを事前に用意しなくてはならない。また、解析の際には頭皮の表面を磨いて 10 個の電極を装着しなければならず、日常的なミーティングを解析するには手間とコストがかかりすぎ

* 慶應義塾大学 理工学部 情報工学科
Department of Instrumentation(Information), Faculty of
Science and Technology, Keio University

るという難点がある。

3 MR-Mind の設計

3.1 波情報の数値化およびインデックス化の提案

脳波とは脳の活動に伴って頭皮上に生じる電位のことである。中でも β 波（脳波の 12 - 40 Hz 成分）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を行う時にはあまり出現しないという特徴がある [4][5]。

つまり、思考と密接に関係している β 波は参加者の思考状態を分析するのに適切な指標であるといえる。また、 β 波は主に額部で検出できるので、電極数が少ない簡易脳波計を額部に装着するだけで測定が可能であり、日常的なミーティングを解析する際に手間がかかりすぎるといった問題も無い。身振り・手振りや表情などには表れないような内面的な心理状態を推測する手段としても役立つ。さらに、音声などとは違って常に発生し続けている生体情報なので、ミーティング中の全ての時間帯においてデータを得ることができるというメリットもある。

そこで、本研究では β 波情報を基に思考状態を数値化してログの索引（インデックス）とすることを提案し、これを実現するためのシステム MR-Mind (Meeting Recorder with Mental State Index) を構築した。MR-Mind により作成されたログは、ミーティングの各シーンにおける各参加者の思考状態が分かりやすく、また、参加者の思考状態が索引として利用できることでアクセシビリティが高いという特徴がある。

なお、本研究ではミーティング中における「思考」を「会話やイベントなどから刺激を受けて脳が盛んに活動している状態」と定義している。

3.2 MS-Level (Mental State Level)

思考状態を数値化するために、最新 n サンプルの β 波データの中で、その強度が閾値を超えたものの割合を求め（図 1）、これをその瞬間の MS-Level (Mental State Level) と定義した。閾値は各参加者が事前にキャリブレーションを行い設定しておく。

MS-Level を導出する際に、過去の n サンプルを利用した理由は、大部分の思考は一瞬で行われるものではないと考えられ、また、思考以外に β 波に影響を及ぼすノイズ（眼球運動などによるもの）は瞬間的なものが多いからである。

n の値は容易に変更可能であり、大きいほどノイ

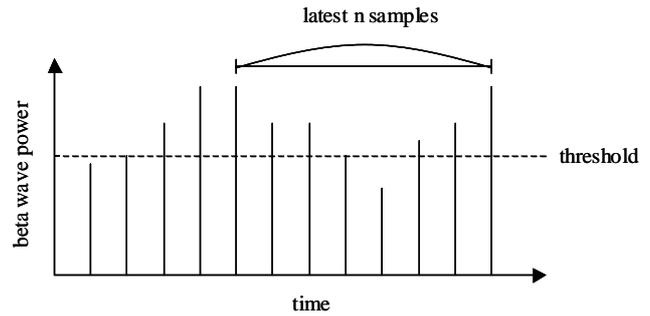


図 1: MS-Level の概念

ズの影響が少ないが、短時間における思考の変化を捉えにくくなる。なお、「驚き」や「閃き」などのように思考にも瞬間的な要素があると思われるが、今回はこれらの要素は考慮せず、ある程度長期的な思考状態だけを取り扱うことにした。

3.3 MS-Level の相対化

3.2 節で導出した MS-Level は各参加者の思考状態を表しているが、それを複数の参加者間で比較したり平均をとったりすることはできない。なぜならば、 β 波強度の絶対的な数値には個人差があり、そこから導出した MS-Level にも個人差が含まれてしまうからである。

そこで、複数の参加者間で MS-Level の比較が可能になるように MS-Level の相対化を行った。具体的には、参加者ごとに求めた MS-Level から外れ値を除去し、最大値 0、最大値 1 になるようにデータを標準化した。

3.4 場の雰囲気

各参加者の MS-Level を参照することで個々の思考状態が把握できるが、参加者達の総体的な思考状態を知りたい時、また、思考状態の変化という各個人のプライバシーを保護したい時には全参加者の MS-Level を平均して表現することにした。この時の場全体としての MS-Level を「場の雰囲気」と定義した。

3.5 MS-Index

MS-Level をミーティングの分析に利用しやすくするために MS-Index という形式でインデックス化する。つまり、MS-Level をミーティングのログの時間軸に沿った索引とするのである。

本研究では MS-Level の大きさに応じて m 段階に色の濃淡を付けたラベルを時間軸に沿って並べて MS-Index を作成する手法を取った。MS-Level の数値が大きいほど濃い色で表示した。

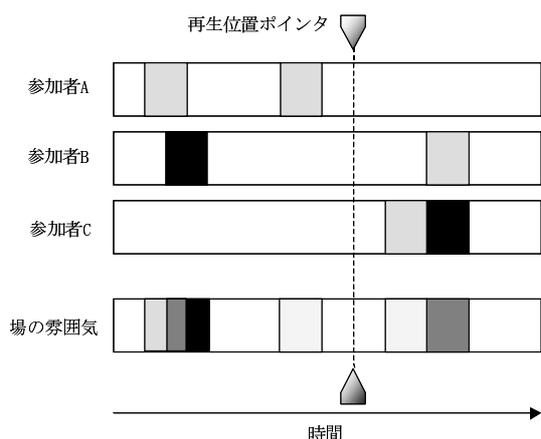


図 2: MS-Index の概念図

図 2 に示すのが MS-Index の概念図である。再生位置ポインタはログの再生位置を示しており、ログが再生されるにつれて左から右へと移動していく。再生位置ポインタが指し示す位置にあるインデックスを見ることで現在再生中のシーンにおける各参加者の思考状態、および、場の雰囲気が把握できるようになっており、逆に、インデックスを目安に再生位置ポインタを動かして任意のシーンにアクセスすることも可能である。

4 MR-Mind の実装

4.1 MS-Level の導出

参加者の脳波を計測する際には簡易脳波計 IBVA を利用した。参加者は 3 つの電極が付いたヘッドバンドを頭部に巻きつけるだけで脳波計測が可能である。本研究では脳波の中から波成分を抽出するために、脳波計から得られた生データを高速フーリエ変換して 12 - 40 Hz 成分 (3.1 節参照) のデータのみを取得できるようにした。高速フーリエ変換された結果データは約 0.25 秒ごとに得ることができ、周波数分解能は約 0.94 Hz となった。結果データに含まれる各周波数帯 (12 - 40 Hz 帯を 0.94 Hz ごとに分解した約 30 帯域) の強度の平均値を求め、これを 1 サンプルの波データとした。そして、今回は $n = 50$ 個の過去サンプル (約 12 秒分に相当) を利用して MS-Level を導出した。

4.2 ミーティング分析インタフェースの作成

3.5 で作成した MS-Index を利用して映像や音声で記録されたミーティングの分析を支援するための



図 3: ミーティング分析インタフェース

インタフェースを作成した。図 3 に示すように、インタフェースは左上部の表示対象選択ボタン、右上部のメディア再生パネル、下部のメディアコントローラ、及び、MS-Index 表示部から成る。メディアコントローラのシークバーの真下にある MS-Index を参照することで、その時再生しているシーンの MS-Level を知ることができる。標準では 100 段階の濃淡を付けた色ラベルが表示される。

5 実験 1: MS-Level の導出実験

5.1 実験内容

被験者 20 名 (21 - 25 歳の学生) に対して以下のような「思考を要するタスク」と「思考を要しないタスク」を課した。タスクの時間はどちらも約 4 分間であり、タスク中の MS-Level の平均値を比較した。

- 思考を要するタスク 英語リスニングテスト。高い MS-Level が導出できると仮定した。
- 思考を要しないタスク 何も考えずにリラックス。低い MS-Level が導出できると仮定した。

この時、思考を要するタスクに英語リスニングテストを選んだのは、思考に最も関連が高いとされている波が、様々な学力テストの中でも特に言語テストを行う時に多く発生するという知見があるからである [4]。

5.2 実験結果と考察

各タスクにおける全被験者の MS-Level の平均値は表 1 のようになった。なお、異なる被験者同士の MS-Level の平均を取る際には、事前に各被験者者の MS-Level を相対化してある。

結果からも明らかのように、思考を要するタスクでは高い MS-Level が、思考を要しないタスクでは

表 1: 実験 1 の実験結果

	思考要	思考不要
MS-Level	0.638	0.246
MS-Level の標準偏差	0.179	0.148

(結果は全て全被験者の平均値, N = 20)

低い MS-Level が導出された。この差が有意なものであることを確認するために、思考を要するタスク中と思考を要しないタスク中の各被験者の MS-Level の平均値の集合の間で Wilcoxon 符号順位和検定を行ったところ、棄却率は $p = 0.0000820$ ($N = 20$, $p < 0.01$) となり、この 2 群の間には有意水準 1% で有意に差があることが分かる。よって、タスクに要する思考の度合いに応じた MS-Level が導出できていたと判断することができる。

また、表 1 を見ると、思考を要するタスクの方が思考を要しないタスクに比べて標準偏差の平均値が大きいことが分かる。これは、被験者によって英語の能力が異なっているために思考の度合いにばらつきが生じたことが一因であると思われる。

6 実験 2 : 思考状態の推測実験

6.1 実験内容

まず、1 人の人物を正面から撮影したビデオを用意した。そして、ビデオに映っている人物は「思考している」と「思考していない」という 2 状態の思考パターンだけを繰り返した。この思考パターンのタイムスケジュールは予め決められており、ビデオに映っている人物は時計を見ながらタイムスケジュールに従って思考パターンを切り替えた。なお、その人物は事前にこの 2 状態の思考パターンを切り替える訓練を 2 週間積んでおり、それが実現できていることを MS-Level の数値（この数値の信頼に足るものであることは実験 1 で検証してある。）から本人自身が前もって確認している。また、表情に関しては特に意識せず、自然な表情変化を行った。撮影は 4 分間行った。

被験者 28 名（21 - 25 歳の学生）にはこの 4 分間のビデオを 1 回だけ見てもらいながら、ビデオに映っている人物が「思考している」と判断したら「思考しているボタン」を、「思考していない」と判断したら「思考していないボタン」を押してもらった。なお、被験者はビデオに映っている人物の外見だけから判断を行った。

表 2: 実験 2 の実験結果

	外見による判断	MS-Level による解析
正解率	*0.655	0.894

(* : 全被験者の平均値, N = 28)

この時、正しい解答、および、それぞれの正解率は以下のように定義した。

正しい解答 ビデオに映っている人物の思考パターンを前もって定めているタイムスケジュールを正しい解答とした。このタイムスケジュールには「思考する」と「思考しない」の 2 状態しか無い。

被験者による判断の正解率 被験者は常にどちらかのボタンを押しているので、「ビデオの総時間」に対する「被験者が正しい解答を選んでいた時間の合計」を「被験者による判断の正解率」と定義した。

MS-Level による解析の正解率 予め定められたタイムスケジュールには 2 状態しか用意されていないので、ビデオ撮影時の平均値よりも高い時間帯を「思考している」と解析し、低い時間帯を「思考していない」と解析することにした。つまり、「ビデオの総時間」に対する「正しい解答通りの解析ができた時間の合計」を「MS-Level による解析の正解率」と定義した。

6.2 実験結果と考察

被験者に行ってもらった外見による判断の正解率、および、ビデオを撮影する際に導出した MS-Level による解析の正解率は表 2 のようになった。ここから、被験者が行った外見による判断の正解率よりも、MS-Level による解析の正解率の方が高いことが分かる。実験 1 の結果をふまえると MS-Level による解析の正解率 0.894 という数値は比較的信頼のおけるものであり、これは外見による判断の正解率 0.665 を大きく改善しているため、MS-Level が外見からは判断し難い思考状態でも的確に反映していると判断することができる。

7 実験 3 : ミーティング分析実験

7.1 実験内容

まず、3 人の人物が対談している様子を撮影したビデオを 2 パターン(ビデオ 1 , ビデオ 2) 用意した。どちらのビデオも、3 人が次々と複数のテーマについて語り合うという内容になっている。2 つのビデオは全く同じ形式であるが、語り合うテーマの内容は重複していない。以下にビデオの詳細を示す。

- 語り合うテーマは予め 7 つ用意した。
- 3 人の人物には興味があるテーマが 2 つずつある。
- 1 つのテーマに対して複数の人物が興味を持つことは無い。
- 1 つだけ誰も興味が無いテーマがある。
- 1 人の人物が裏返しにされたカードをめくり、そこに書いてあるテーマについて語り出す。カードをめくりテーマについて語りだす役割は 3 人の中で順番に交代していく。
- 1 つのテーマについて 3 人で語り合う時間は 1 分程度である。合計 7 つのテーマを語り合うので各ビデオは 7 ~ 8 分程度の長さになる。
- 3 人の人物は話題となっているテーマについて明示的に興味の有無を示す発言はしない。
- 会話の内容に台本が用意してあるわけではない。

これらのビデオについて、被験者に以下のタスクを課した。なお、分析の際には 4.2 節で紹介したミーティングの分析インターフェースを利用した。被験者に課したタスク

- 各テーマに興味を持っていた人物を当てる。
- 誰も興味が無かったテーマを当てる。

よって、被験者には各ビデオにつき 7 つの解答をしてもらうことになる。この時、被験者が利用できる手段と制約は以下の通りである。

利用できる手段

- ビデオの映像と音声の視聴。
- ビデオの中で話題になる各テーマとその順番の一覧表。

- MS-Index 表示部(4.2 節参照)に表示される MS-Index。

- メディアコントローラ(4.2 節参照)を利用したビデオの各再生位置への自由なアクセス。

制約

- 1 つのビデオにつき 4 分間の制限時間(ビデオの長さは共に 7 ~ 8 分弱)。
- 「興味があるからあるテーマについて語り始める」という一般的な認識が利用できない。(各テーマは裏返しに積まれたカードをめくった人から語り始められる上に、カードをめくる人は次々と交代していくから)。
- 「興味がある、無い」や「好き、嫌い」などのような、明示的に興味の有無を示す発言を頼りにできない(そのような発言はビデオの中で使われていないから)。

用意したテーマは各人物が本当に興味がある、もしくは、本当に興味が無いものを注意深く選んだ。人は自分に興味があるテーマの時は強い関心を示し、思考が活発になって MS-Level が高くなり、自分に興味が無いテーマの時は話を聞く意欲が失せて、思考が盛んにならず MS-Level が低くなると考えられる。つまり、MS-Index を利用することで、各人物の関心が高まっていた時間帯をビデオの中から見つけ出しやすくなると仮定したのである。

この時、1 つのビデオは上記の通り MS-Index を利用して分析してもらうのだが、もう 1 つのビデオの分析には MS-Index 表示部に発話 Index を表示して実験を行った。発話 Index とは 2 章で紹介したように、各参加者が発話していた時間帯を抽出・インデックス化したものであり、従来から提案されている手法である [1]。発話 Index の作成に関しては、ビデオ撮影時に各参加者が装着していたマイクに音声入力がある時間帯を抽出し、MS-Index と同様に時間軸に沿って発話していた時間帯を各参加者ごとにラベルで表示した。なお、発話 Index で表示しているのは音声入力の有無を 2 色のラベルで表示したものであり、音量や発言内容などの情報は含んでいない。

24 名(21 - 25 歳の学生)の被験者が参加したが、ビデオの内容の違いや分析順序などによる外因を無

表 3: 各グループの実験順序

	1 回目の分析	2 回目の分析
グループ 1	M / ビデオ 1	U / ビデオ 2
グループ 2	M / ビデオ 2	U / ビデオ 1
グループ 3	U / ビデオ 1	M / ビデオ 2
グループ 4	U / ビデオ 2	M / ビデオ 1

(M: MS-Index, U: 発話 Index, 全グループで N = 6)

表 4: 実験 3 の実験結果

	発話 Index	MS-Index
正解率	0.518	0.685
「分からない」の数 (個)	0.458	0.042

(値は全て平均値, N = 24 値)

くすために被験者を均等に 4 グループに分け、それぞれ表 3 のような順序で実験に臨んでもらった。

被験者に MS-Index, もしくは、発話 Index を利用して各ビデオを分析してもらい、ビデオ中で話題にされている 7 つのテーマに興味がある人物をそれぞれ当てるというタスクの正解率は表 4 のようになった。なお、7 つのテーマのうち、興味がある人物 (もしくは「誰も興味が無い」) を当てられたテーマの数の割合を正解率と定義した。

7.2 実験結果と考察

表 4 を見ると、MS-Index を利用した方が、発話 Index を利用した場合よりも高い正解率を出していることが分かる。つまり、MS-Index を利用した方がミーティングの分析の正確性が高いという結果になった。この差が有意なものであることを確認するために、MS-Index を利用した場合の各被験者の正解率の集合と、発話 Index を利用した場合のそれとの間で Wilcoxon 符号順位和検定を行ったところ、棄却率は $p = 0.0191$ ($N = 24$, $p < 0.05$) となり、この 2 群の間には有意水準 5 % で有意に差があることが分かる。よって、ミーティング中の興味や集中について分析する場合、発話 Index よりも MS-Index の方が適していると判断できる。

さらに、発話 Index を利用した場合、答が「分からない」と解答した回数が MS-Index を利用した場合の 10 倍以上であることも分かる。被験者に「分

からない」と解答した理由を尋ねたところ、「時間が足りなくて判断が間に合わなかった」という返答を多く得た。よって、MS-Index の方が効率良く短時間でミーティングの分析を行えたと判断できる。

8 結論

本稿では、波情報を利用して思考状態を数値化してログの索引にすることを提案した。そして、提案概念を実現するためのシステムの 1 つの例として MR-Mind を構築し、実際にログを作成した。

現状の MR-Mind の主な目的はミーティング中の各参加者の思考状態、および、場の雰囲気の把握であるが、その他にも様々な応用の可能性を持っている。例えば、教育の場や演説の場に MR-Mind を導入して「演説者の発言に対する評価」を聴衆の MS-Index から自動集計する、といった利用例が考えられる。その他にも、映画やスポーツの観客全体の MS-Index を集計することで、映画・スポーツの「ダイジェスト自動生成」を行うことも可能であるし、各個人ごとの思考状態だけを反映した「個人的なダイジェスト」を生成する事も有益であると思われる。

このように、MR-Mind は様々な可能性を秘めているので、今後は、波情報のより厳密な解析や、思考という概念そのものについての詳しい考察を行っていくべきであると考えている。

参考文献

- [1] A. Waibel, M. Bett, M. Finke and R. Stiefelhagen: Meeting Browser: Tracking and Summarizing Meetings, *Proceedings of the Broadcast News Transcription and Understanding Workshop*, pp. 281-286 (1998).
- [2] R. Picard: *Affective Computing*, The MIT Press (1997).
- [3] 武者利光: 「こころ」を測る, 日経サイエンス 1996 年 4 月号, pp. 20-29 (1996).
- [4] D. Giannitrapani: The Role of 13-Hz Activity in Mentation, *The EEG of Mental Activities*, pp. 149-152 (1988).
- [5] 加藤 象次郎他: 初学者のための生体機能の測り方, 日本出版サービス (1999).