

[4F2-OS-11a-03]

# 同時計測されたEEG信号からの 2名における感情共有の測定

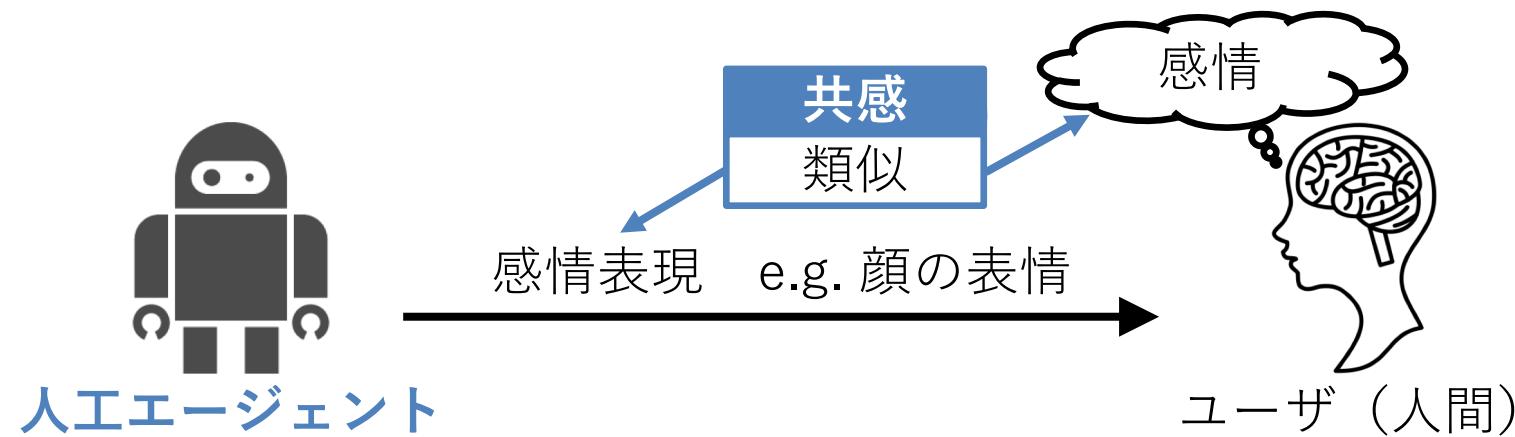
奈良先端科学技術大学院大学

○木下 泰輝, 田中 宏季, 吉野 幸一郎, 中村 哲

# 共感の人工エージェントへの応用

[Aiva, A., et al. (2017)]

## ▶ 共感を誘発する人工エージェントの研究



– 人工エージェントと人間の親密・良好な関係を促進

## ▶ 課題

- 誘発された共感がユーザの主観によって評価されている
- 客観的な評価手法が必要とされている

Aiva, A., Leite, I., Boukricha, H., & Wachsmuth, I. (2017). Empathy in Virtual Agents and Robots. ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 7(3), 1–40.

# 共感の構成要素 [Decety, J., et al. (2004)]と 本研究の目的

## ▶ 感情共有（本研究の対象）

- 他者が表出した感情により**類似した感情が自己に誘発**
- 人間同士のコミュニケーションの場合、2名の**脳活動が同期**

## ▶ 共感のその他の構成要素（今後の課題）

- 他者の立場に立つ認知処理
- 感情共有によって誘発された感情の抑制

## ▶ 目的：人間同士の感情共有をEEG（脳波）で計測

- 方法：2名の**EEGを同時計測**し、脳活動の同期を計測
- 応用：人工エージェントが誘発した感情共有を客観評価

Decety, J., & Jackson, P. L. (2004). The functional architecture of human empathy. Behavioral and cognitive neuroscience reviews, 3(2), 71-100

# 関連研究

## ▶ fMRIを利用した感情共有の計測 [Anders, S., et al. (2011)]

- functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI)により脳血流を計測し、感情共有時の脳活動の同期を計測

## ▶ EEGによるロボットの動作の人らしさ評価

[Matsuda, G., et al. (2016)]

- 実験協力者がロボットの動作を観察
- 脳の運動野におけるミラーニューロンの活動をEEGで計測

## ▶ 本研究の新規性

- 実環境に近い状態で計測可能である**EEGを利用**
- **EEGの2台同時計測**により、感情共有を計測

Anders, S., Heinze, J., Weiskopf, N., Ethofer, T., & Haynes, J. D. (2011).

Flow of affective information between communicating brains. *NeuroImage*, 54(1), 439–446.

Matsuda, G., Hiraki, & H., Ishiguro (2016). EEG-Based Mu Rhythm Suppression to Measure the Effects of Appearance and Motion on Perceived Human Likeness of a Robot. *Journal of Human-Robot Interaction*, 5(1), 68–81.

# 実験設計 (1/2)

## ▶ 実験の仮説

- 感情共有による脳活動の同期がEEGにより計測可能

## ▶ 先行研究 [Anders, S., et al. (2011)]に基づく課題

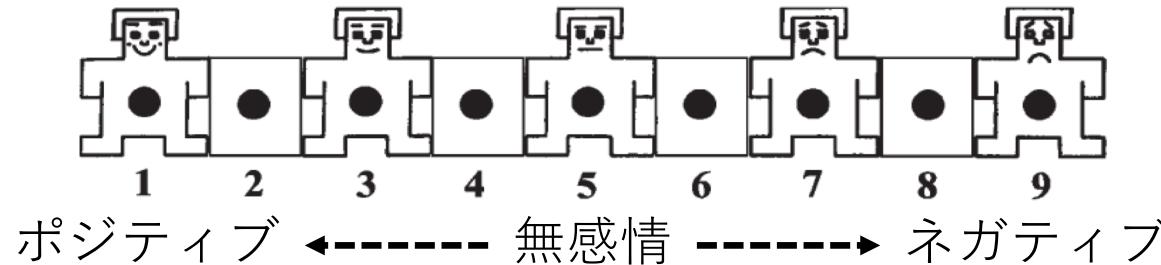
- 送信者：ディスプレイに表示された文字（喜び、悲しみ、無感情のいずれか）に対応する場面を想起
- 受信者：送信者の表情を観察

## ▶ 実験協力者

- 送信者1名、受信者1名（役割の入れ替えは無し）
- 2名ともに女性（女性の方が共感しやすい傾向が存在するため）
- 奈良先端科学技術大学院大学の倫理委員会による審査、実験協力者より同意書取得

## 実験設計 (2/2)

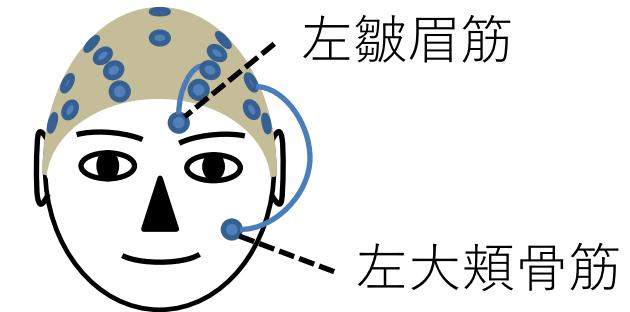
### ▶ Self Assessment Mannequin (SAM) [Bradley, M., et al. (1994)]



- 感情価（ポジネガ）, 覚醒度（興奮度）から感情価のみを利用
- 送信者：自分が表出した感情の感情価を9段階評価
- 受信者：認識した感情, 誘発された感情の2種類を9段階評価

### ▶ センサー

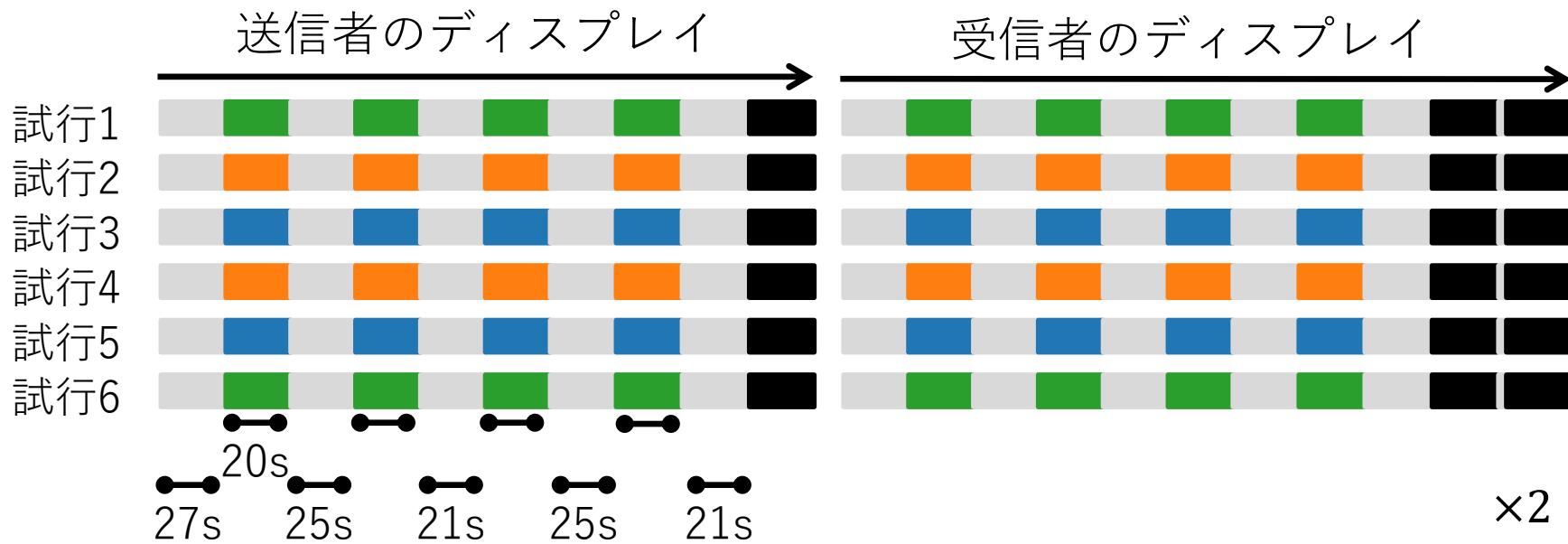
- EEG : Cognionics社製Quick-30
- EMG : 左皺眉筋, 左大頬骨筋より表情筋筋電を収録



Bradley, Margaret M. & Lang, Peter J. (1994). Measuring emotion: The self-assessment manikin and the semantic differential. Behavioral and cognitive neuroscience reviews, 3(2), 71-100

# データ収録

- █ 無感情
- █ 悲しみ
- █ 喜び
- █ 休憩+カウントダウン3秒
- █ SAM



# EEGデータに対する前処理

## 1. 分析対象のデータを切り出し

- 送信者に感情の種類を指示した時点より, -20~20秒を切り出し

## 2. ノイズ除去

1. 独立成分分析
2. EMGデータとの相互相関が0.1以上の成分を削除
3. ADJUST [Mognon, A., et al. (2011)] によってノイズ成分を自動削除

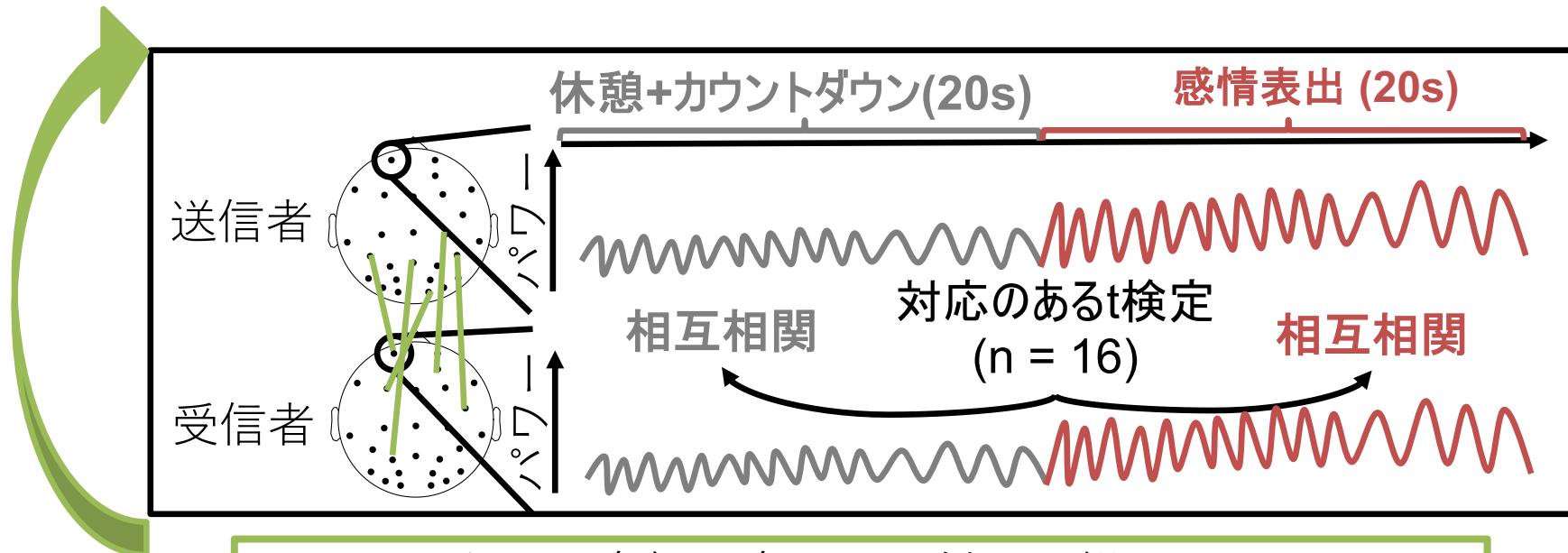
## 3. 特徴量の抽出

1. モルレーワエーブレット変換
2. パワーをチャンネル毎に標準化 (平均0, 標準偏差1)
3. 各周波数帯域 (アルファ波など) について, パワーを平均

Mognon, A., Jovicich, J., Bruzzone, L., & Buiatti, M. (2011). ADJUST: An automatic EEG artifact detector based on the joint use of spatial and temporal features. *Psychophysiology*, 48(2), 229–240.

# 分析手法 (1/2)

## 1. 送・受信者間の脳活動の繋がりを表すグラフを構築



- チャンネルの全組み合わせに対して繰り返し
- Benjamini & Hochberg法で $p$ 値補正
- 有意( $p < 0.05$ )な相互相関を持つチャネル間を結合

## 分析手法 (2/2)

### 2. グラフに対して Global efficiency 算出

- グラフの情報伝達効率を表す指標
- Global efficiency ( $E_{glob}(G)$ ) の式

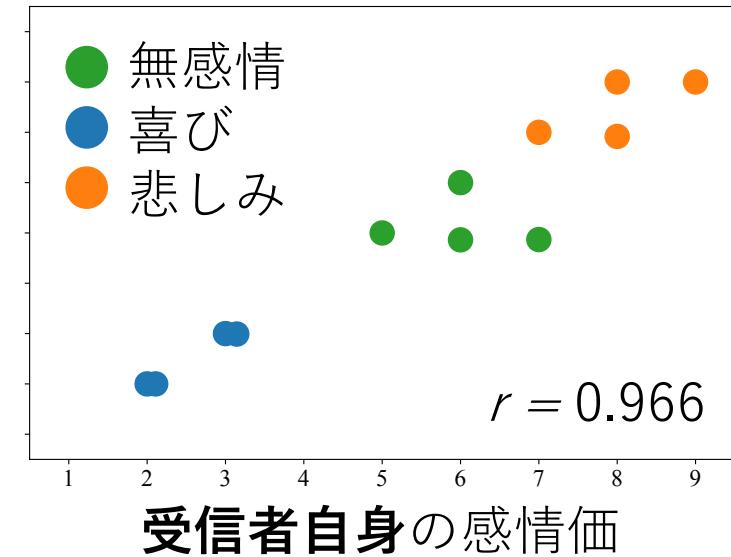
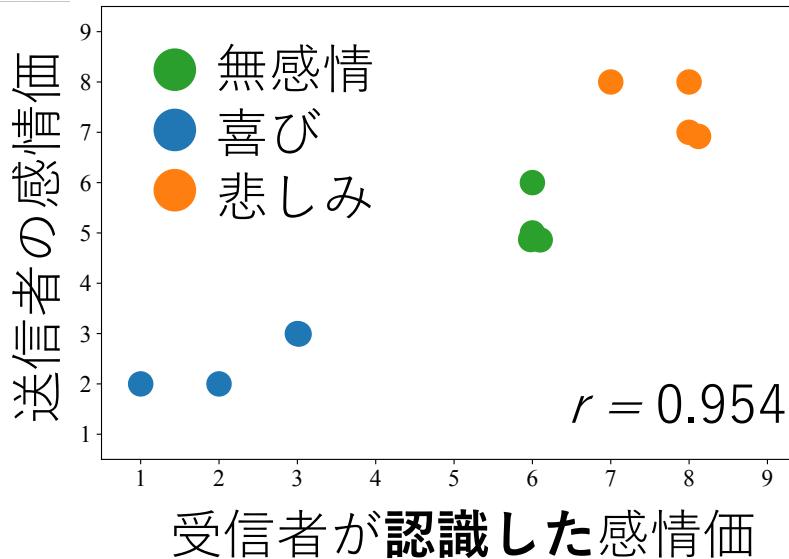
$$E_{glob}(G) = \frac{1}{|V_t||V_o|} \sum_{i \in V_t, j \in V_o} \frac{1}{d(i, j)}$$

$V_t$  : 送信者のチャンネル集合  
 $|V_t|$  : 送信者のチャンネル数  
 $V_o$  : 受信者のチャンネル集合  
 $|V_o|$  : 受信者のチャンネル数

$$d(i, j) = \begin{cases} 1 & (i, j) \in E \\ \infty & otherwise \end{cases} \quad E : 辺集合$$

- 1に近いほど、2名の脳活動の繋がりが強い

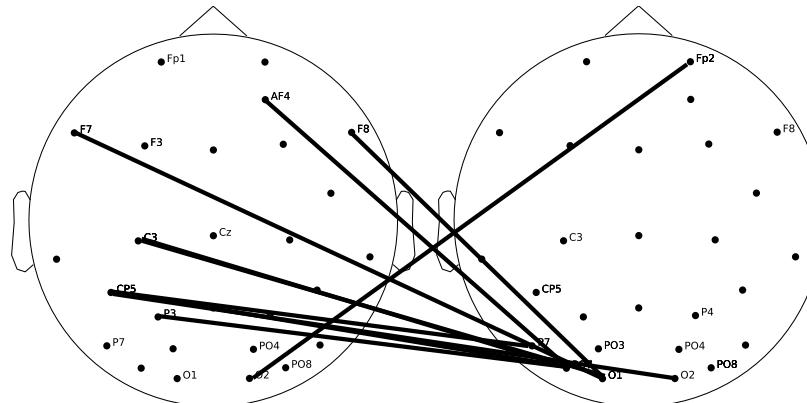
# SAMの分析結果と考察



- ▶ 送信者の感情が受信者に正しく認識されている
- ▶ 送信者の感情に近い感情が、受信者に誘発されている
- ▶ 本研究の実験下で感情共有を確認できたと考えられる

# EEGデータの分析結果と考察

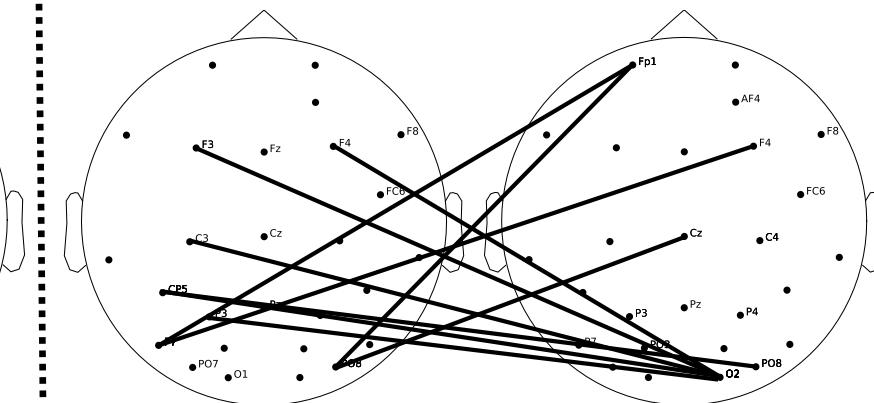
送信者



「喜び」において、有意( $p < 0.05$ )だった相互相関

受信者

送信者



「悲しみ」において、有意傾向( $p < 0.1$ )だった相互相関

- ▶ 喜び、悲しみにおいて有意傾向な相互相関が存在した
- ▶ 無感情においては有意傾向な相互相関は見られなかった
- ▶ 相互相関により感情共有による脳活動の同期が計測できる可能性が示されたと考えられる

# EEGデータの分析結果と考察

## Global Efficiency

	ガンマ波	ベータ波
喜び	0.572	0.385
悲しみ	0.152	0.000
無感情	0.000	0.000

- ▶ ガンマ波、ベータ波において喜び、悲しみにおける Global Efficiencyの値は、無感情における値と比較して高かった
- ▶ Global Efficiencyによって感情共有が計測できる可能性が示されたと考えられる

# まとめと今後の課題

## ▶ まとめ

- 感情共有を2名同時計測されたEEGによって計測
- 感情共有が生じている時、2名のEEG間で相互相関とGlobal efficiencyが高まる傾向
- 相互相関とGlobal efficiencyによって脳活動の同期と感情共有が計測できる可能性

## ▶ 今後の課題

- 実験協力者の数を増やす
- 受信者の後頭において相互相関が高まる理由を分析する
- 相互相関以外の手法でEEG信号の類似度を計測する  
(コヒーレンスなど)