

「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」  
平成21年度採択 研究代表者

H24 年度 実績報告
----------------

柏野 牧夫

日本電信電話(株) NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
人間情報研究部 部長 / 上席特別研究員

「潜在的インターパーソナル情報の解読と制御に基づく  
コミュニケーション環境の構築

## §1. 研究実施体制

### (1)「NTT」グループ (A)

- ① 研究代表者: 柏野 牧夫 (NTT コミュニケーション科学基礎研究所 人間情報研究部 部長/  
上席特別研究員)
- ② 研究項目・潜在的インターパーソナル情報 (IPI) コミュニケーション環境の評価と設計に資する知的基盤技術構築に向けた心理物理学的・神経科学的・工学的手法を用いた研究

### (2)「カルテック」グループ(B)

- ①主たる共同研究者: 下條 信輔 (カリフォルニア工科大学・生物学部, 教授)
- ②研究項目・IPI コミュニケーション環境の評価と設計に資する知的基盤技術構築に向けた心理物理学的手法・機能的脳イメージングを用いた研究

### (3)「東大」グループ(C)

- ①主たる共同研究者: 渡邊 克巳 (東京大学先端科学技術研究センター, 准教授)
- ② 研究項目・IPI コミュニケーション環境の評価と設計に資する知的基盤技術構築に向けた心理物理学的手法・認知科学的手法を用いた研究

## §2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

本研究は、生身の対面コミュニケーションを質的に凌駕し、しかも精神的・身体的に安全なコミュニケーションシステムの設計指針を得るとともに、それらの構築に必要とされる要素技術を開発することを目標とする。そのために、円滑なコミュニケーションに不可欠でありながら軽視されてきた「潜在的インターパーソナル情報(Implicit InterPersonal Information; IPI)」(非記号的・無自覚的、かつパートナー間の相互作用によって立ち現れる情報)に着目し、脳活動、生理反応、身体運動などからIPIを解釈する手法を確立する。さらに、IPIの認知神経科学的基盤の解明を進め、情報環境側からIPIを適切に制御する手法を開発する。これまでに、3つの研究グループにおいて、多岐にわたる個別研究テーマを同時並行的に遂行し、そのうちのいくつかの項目で有望な成果が出てきた。以下に研究グループ別の進捗状況について述べる。

### A. NTTグループ

#### 1) 視線情報の解釈

対人コミュニケーションにおいて、視線が個人特性や心理特性をどのように他者に伝えるかを明らかにするため、視線の計測と解析、またCGで眼球運動を再現する技術を使い、視線情報の解釈を行ってきた。本年度の成果は主に以下の2つであり、これまで知られていなかった視線情報の社会・心理的役割が明らかとなった。

自由に発話を行っている実験参加者の眼球運動の測定と分析を行い、話者はどのような話題を話している時でも、個人固有の視線パターンを反復して表していることを明らかにした。またこのような話者固有の視線パターンから、統計的手法によって高い確率で個人を識別する技法を考案した。加えて眼球運動をCGアニメーションにより再現し、これを刺激として心理実験を行ったところ、人間の実験参加者が視線を観察する場合にも、ある程度個人識別が可能となったことが明らかになった。

視線が表情の知覚に影響を与えることも発見した。情動には、対象に近づこうとする感情(怒り、喜び)と、遠ざかろうとする感情(恐怖、悲しみ)の2種類がある。視線、とくに輻輳角は、対象との距離の変化に伴い変化するが、輻輳角のわずかな操作により表情知覚が変化することが明らかになった。恐怖、悲しみといった回避感情は、遠くを見つめる視線を伴う方が、近くをみつめているときよりも検出されやすいが、接近感情ではこのような効果は生じなかった。

#### 2) 瞳孔情報の解釈

閾下で繰り返し提示された刺激への選好が高まる閾下単純接触効果に関し、その選好度合いが瞳孔径の変動から推定できることを見出した。また、怒り顔への閾下単純接触により、好感度が上昇することを発見した(笑顔への接触では向上しない)。閾下単純接触時の瞳孔の収縮量が好感度と結びついている可能性が示唆される。

#### 3) 自律神経系・内分泌系応答の解釈と制御

発汗、脈波、心拍などの自律神経系応答に基づく情動解読の基礎技術を開発した。一般に感覚刺激に対する自律神経応答は反復呈示により順応するが、不快な刺激(音)に対しては順応しないメカニズムを明らかにした[P7]。また、音のテンポ、呼吸、心拍の関係を分析し、テンポと呼吸の相互作用によって心拍が変動することを明らかにした。

社会性に関係すると言われているホルモン「オキシトシン」を、唾液中から定量化することに世界に先駆けて成功した。スローテンポの音楽を聞くとオキシトシンが増加することを実証した。

自閉症スペクトラム障害者(ASD)はしばしば聴覚過敏を訴える。この聴覚過敏が、オキシトシンを経鼻投与することにより緩和されるか検証した。単純に過敏が低減するというわけではないが、社会的意味を持つ音への交感神経応答が高まることを発見した(昭和大学烏山病院との共同研究)。

#### 4) 音響的IIPI

相手の見えない通信環境における話者の実在感に、話者の無自覚的な動きに関する音響情報が貢献していることを実証した。ほとんどの聴取者は話者の動きの有無に気づいておらず、なぜ実在感が増したのか意識できないが、実在感の主観評価値は増し、交感神経系の活動が高まる。ホルモン(オキシトシン)分泌も変化する(伊勢チームと共同)。

ASD患者の中には、純音聴力正常であるにも関わらず妨害音下での聴取が困難な人がしばしばいる。この原因の一つが、波形の微細な時間的特徴および両耳間差の処理能力にあることを突き止めた。この結果は、脳幹の神経核の障害に由来することを示唆している。障害の早期発見および補償技術へと発展する可能性がある。

#### 5) 潜在的視覚運動応答に伴う主観的感覚の変化

自己の運動に伴う主観的感覚が、潜在的応答や事象の関係性によりどのように修飾されるかについての検討を進めた。知覚に上らない視覚刺激を用いて到達運動に変化を与えた場合には、運動が変わったことを外部要因に帰着させることは困難となる。それに加えて、運動変化を引き起こす刺激に相関はあるがそれ自体は運動変化を起こさない視覚刺激を与えると、運動評価が影響を受けることが示された[P5]。この結果は、たとえ因果性のない事象でも、自己の運動変化の要因として関連づける潜在的な仕組みがあることを示唆している。

また、停止エスカレータに乗り込む際の妙な感覚(odd sensation)が、視覚運動によって生ずる姿勢変化によっても生ずることを示した。内在する運動プログラムが妙な感覚生成に必要な不可欠な要因でなく、潜在的姿勢変化自体が本質的要因であることを示唆する。この結果は、運動の変化を自己にも外部にも帰属できにくい状況が妙な感覚を引き起こすとする我々の説を支持する。

#### 6) 視覚フィードバックの遅延による擬似的抵抗感のモデル化と軽減

通信遅延によって自分の行った運動の視覚フィードバックが遅れると擬似的な抵抗感(もたつき感)を感じることが知られている。この抵抗感あるいはもたつきは遅延の時間がある一定以上になるとこの感覚が消失することから、時間が重要な要因であると考えられていた。しかし本研究では、遅れによって発生する運動に対するフェーズシフトが本質的な要因になっていることを心理物理的手法により示した。さらに、このフェーズシフトによる抵抗感が、単に自分の運動とフィードバック

の位置・速度・加速度誤差や仮想的仕事量によるものではなく、仮想的なダイナミクスを脳が想定していることにより生じているものであることを明らかにした。

上記の疑似抵抗感を軽減するため、視覚運動によって誘発される潜在的で短潜時の応答(視覚運動誘導性腕応答 Manual Following Response: MFR)を利用して随意的運動をアシストする手法を開発した(図1)。本手法により、視覚フィードバック遅延がある状況で、文字を書く操作や、ダイナミックな動きを必要とするTVゲームのカーソル操作で、動作抵抗感が減ることを確認した。また、MFRに対する視線、手運動、視覚運動の空間的關係性を調べた。

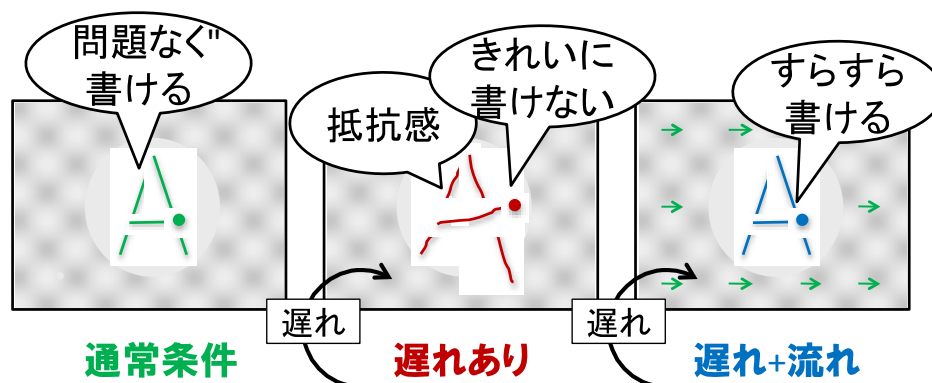


図1: 潜在感覚運動による随意的運動のアシストで遅延の影響を低減

## 7) IIPIの生物学的起源

これまでIIPIの生物学的起源を探る目的で、ラットの社会行動を調べる実験を数種類開発してきた。その中で他個体の報酬探索行動を観察させる実験において、他個体から観察される個体は効率が悪くなり、これが前頭前野内側領域の活動と関連することを見出した。そして、観察後に探索する個体は逆に探索効率が良くなることがわかり、これに関連する脳領域を特定中である。

情報環境依存の動物モデルを開発する目的で、人間における依存関連の構成概念を検討した [P1]。この成果を基にした情報環境依存のモデル動物を作成する試みに取り組んでいる。

ラットの報酬探索行動において、予期に関わる神経活動として海馬のシータ波の機能を検討する実験の成果を発表した。さらに、他個体の報酬探索行動を観察するときの海馬シータ波の機能を検討している。また、ラットの報酬系における環境情報からの調節に関連する論文を発表した [P12]。

IIPIの制御に応用していくことを想定して経頭蓋直流電気刺激(tDCS)の作用機序の検討を進めた。ラットの前頭前野の直上からの陰極刺激は線状体内のドーパミン遊離量を上昇させる効果があることを実証した [P19]。

## B. Caltechグループ

### 1) 顔の選好判断

継時呈示されるふたつの顔の選好判断中の脳波(EEG)データのうち、前頭の同期信号から90%以上の確率で選好を正しく予測できることを示した[P8].

### 2) 魅力(選好)判断における、記憶に基づく親近性と表情の相互作用

表情(情動表現)と親近性の関係はかねてから言われているが、文献は必ずしも首尾一貫していない。われわれは、笑顔は(主観的な)親近性にかかわらず好まれるのに対し、悲しい顔は親近性と正相関して好まれることを見いだした[P18].

### 3) インターパーソナルEEG ”こっくりさん”パラダイム(東大Gと共同)

我々の開発した「身体運動のインターパーソナル同期」行動パラダイム(”こっくりさん”パラダイム, 図2)においては、2者間に有意な同期(相関)が認められ、他者の行動に対して同じ動作をさせるという協調的訓練を行うと、

同期の指標である指先位置の相互相関が上昇することが分かっていた。

2者のEEGを同時計測する「インターパーソナルEEG」実験を行い、この協調的訓練によって、身体の潜在的同期のみならず、脳間の神経活動も同期することを示した

[P14, P16]. さらに自閉症患者の参加者を複数募り、現在このパラダイムで実験を進めている。



図2:「こっくりさん」パラダイム。指先の動きと脳波の二者同時測定。

### 4) 交渉-合意と決裂のインターパーソナルEEG実験

すでにデータを取り終えて現在解析中。

### 5) ”Don't Look”パラダイム

ASD患者は視線(顔の目の部分)を避けるといわれているが、実際には訓練や治療、知識の効果によって健常者との間で有意な差が出ないことが多い。「眼(口)を見るな」という課題を与えることで、このようなトップダウンの制御を巧妙に避け、自発的な傾向を純粹に取り出すことに、われわれは成功した。さらに刺激内容と教示を変えて最初の飛越眼球運動を調べる実験も実施中で、基本的に先の知見を支持する結果を得ている。

## C. 東大グループ

### 1) 身体動作を用いた2者間の社会的感染の実験室環境での計測実験

協調的訓練によって身体の潜在的同期が増大するという”こっくりさん”パラダイム実験を大規模な被験者数で再現することで、被験者の社会性(AQスコアの内コミュニケーションスコア)と相互関係の上昇との関係を統計的に明らかにした。また、微細な身体運動の同期が社会的記憶に基づくことを示唆した結果を、より本格的なメディア環境で調査するために、下半期に新たにプロジェクト専用の実験室を整備し、来年度からの本格的な計測と評価実験／応用技術への展開可能性を探る準備を行った。

### 2) 行動指標の計測と認知機能への介入実験のデータの収集

生理学研究所との連携により、社会的報酬が運動学習(指によるタッピング)の固定化に及ぼす効果等を調べる研究で、モニタ上に提示された刺激であっても社会的報酬(褒め)が学習の固定化にポジティブな影響を及ぼすことを明らかにした[P10]。この結果は、課題試行中の社会的報酬や情動ではなく課題後の影響である点が新しく、IIPI情報環境を学習等に応用する際に重要であり、上記のメディア環境での実験にも取り込む予定である。

### 3) 共同行為における相互の事前知識の影響

共同行為(joint action)は、運動制御の協調を伴うインターパーソナルコミュニケーションの典型例の一つである。この行為において所定のゴールを達成するための個人間の組織化には冗長性があり、無数の解が存在する。本研究では、相手のパフォーマンスのバラツキに関する事前知識を持っている群は相互の力発揮の分散比に基づいて2人の把持力配分を最適化していた一方、事前知識のない群は各々の把持力の分散を減少させることで合計把持力の平均誤差を減少させることが明らかとなったが、AQスコアとの相関を取ることによって、共同行為における最適化方略とパフォーマンス、及び社会性との関連を見いだした。また、共同作業中の運動パラメータ(特に運動の複雑さ)とAQスコアとの関連、上記共同作業をDual-fMRI計測でするための、設備の作成と予備実験も行った。

### 4) インターパーソナルEEG ”こっくりさん”パラダイム(Caltech Gと共同)

→カルテックGを参照

### 5) ヒューマノイドロボットとのインタラクション研究

IIPIが重要になるメディアとして、ロボットを取り上げ、本年度はロボットの外見と認知、及びヒューマノイドロボットとのインタラクションの研究をスタートした。

### §3. 成果発表等

#### (3-1) 原著論文発表

##### ● 論文詳細情報

- P1. 高橋 伸彰, 廣中 直行, 嶋崎 恒雄, 成田 健一: 依存・嗜癖・乱用は同義か?: タイトル・キーワードの計量書誌学的分析, *行動科学*, 51(1), 25-35, 2012.
- P2. 吉本早苗: 弁別閾下の表情により変化する瞳孔反応, *日本女子大学大学院人間社会研究科紀要*, 1(1), 173-182, 2012.
- P3. Kondo, A., Takahashi, K., Watanabe, K., Sequential Effects in Face-attractiveness Judgment, *Perception*, 41(1), 43-49, 2012. (doi:10.1068/p7116)
- P4. Shirama, A.: Stare in crowd: frontal face guides overt attention independently of its gaze direction. *Perception*, 41(4), 447-459, 2012. (doi:10.1068/p7114)
- P5. Fukui, T., Gomi, H.: Action evaluation is modulated dominantly by internal sensorimotor information and partly by noncausal external cue. *PLoS One* 7(5), e34985, 2012. (doi: 10.1371/journal.pone.0034985)
- P6. Seya, Y., Watanabe, K.: The minimal time required to process visual information in visual search tasks measured by using gaze-contingent visual masking, *Perception*, 41(7), 819-830, 2012. (doi:10.1068/p7196)
- P7. Ooishi, Y., Kashino, M.: Habituation of rapid sympathetic response to aversive timbre eliminated by change in basal sympathovagal balance. *Psychophysiology*, 49(8), 1059-1071, 2012. (DOI: 10.1111/j.1469-8986.2012.01393.x)
- P8. Bhushan, V., Saha, G., Lindsen, J., Shimojo, S., Bhattacharya, J.: How we choose one over another: Predicting trial-by-trial preference decision. *PLoS One* 7(8), e43351, 2012. (doi:10.1371/journal.pone.)
- P9. Takahashi, K., Watanabe, K.: Short-term memory for event duration: Modality specificity and goal-dependency, *Attention, Perception & Psychophysics*, 74(8), 1623-1631, 2012. (doi: 10.3758/s13414-012-0347-3).
- P10. Sugawara, S.K., Tanaka, S., Okazaki, S., Watanabe, K., Sadato, N.: Social rewards enhance offline improvements in motor skill, *PLoS One*, 7(11): e48174, 2012. (doi: 10.1371/journal.pone.0048174)

- P11. Campos, M., Koppitch, K., Andersen, R., Shimojo, S.: Orbitofrontal cortical activity during repeated free choice. *Journal of Neurophysiology*, 107(12), 3246-3255, 2012 (doi: 10.1152/jn.00690.2010.)
- P12. Itasaka M, Hanasawa M, Hironaka N, Miyata H, Nakayama K: Facilitation of intracranial self-stimulation behavior in rats by environmental stimuli associated with nicotine. *Physiology & Behavior*, pii: S0031-9384(12)00302-2, 2012. (doi: 10.1016/j.physbeh.2012.09.006)
- P13. Wu, D.-A., Shimojo, S., Wang, S. W., Camerer, C. F.: Shared visual attention reduces hindsight bias, *Psychological Science*, 23(12), 1524-1533, 2012. (doi: 10.1177/0956797612447817)
- P14. Yun, K., Watanabe, K., Shimojo, S.: Interpersonal body and neural synchronization as a marker of implicit social interaction, *Scientific Reports* 2(959), 2012. (doi: 10.1038/srep00959)
- P15. Yonemura, K., Ono, F., Watanabe, K.: Back view of beauty: A bias in attractiveness judgment. *Perception*, 42, 95-102, 2013. (doi:10. 1068/p7356)
- P16. Yun, K.: On the same wavelength: face-to-face communication increases interpersonal neural synchronization. *The Journal of Neuroscience*, 33(12), 5081-5082, 2013. (doi: 10.1523/JNEUROSCI.0063-13.2013)
- P17. Koizumi, A., Kitagawa, N., Kondo, H.M., Kitamura, M.S., Sato, T., Kashino, M.: Serotonin transporter gene-linked polymorphism affects detection of facial expressions. *PLoS One*, 8(3):e59074, 2013. (doi: 10.1371/journal.pone.0059074)
- P18. Liao, H.-I., Shimojo, S., Yeh, S.-L.: Happy faces are preferred regardless of familiarity - sad faces are preferred only when familiar. *Emotion*, in press.
- P19. Tanaka, T., Takano, Y., Tanaka, S., Hironaka, N., Hanakawa, T., Watanabe, K., Honda, M.: Transcranial direct-current stimulation increases extracellular dopamine levels in the rat striatum, *Frontiers in System Neuroscience*, in press.

### (3-2) 知財出願

- ① 平成 24 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 1 件)