

「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

H23 年度 実績報告

柏野牧夫

日本電信電話株式会社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

(日本電信電話株式会社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/計算神経系 教授)

②研究項目

・IPI 環境に関する心理物理学的・脳科学的手法を用いた研究

(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 を解読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、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。以下に項目別の進捗状況について述べる。

A. NTT グループ

1) IPI の特定と解読

・視線・瞳孔

「他人に見られている」という感覚における視線の向きと顔の向きの効果を検証した(論文 A-3)。視線の動きのパターンの中に個人を特定する情報が含まれていることを実証した。瞳孔径の変化から、心的労力の度合いが推定できることを示した(論文 A-1)。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(論文投稿中)。

・発汗, 脈波, 心拍

各種自律神経系応答に基づく情動解読の基礎技術を開発。不快な音に対する自律神経応答のメカニズムを明らかにした(論文 A-5)。

・対面コミュニケーション中の身体動作の無自覚的な引き込みを定量化する手法を開発。コミュニケーション不全の例として自閉症スペクトラム障害児、駆け引きのエキスパートの例としてプロに準ずるレベルの野球選手の動作を計測、パートナー間相互作用を解析中。

・話者の実在感

相手の見えない通信環境における話者の実在感に、話者の動きに関する音響情報が貢献していることを、主観評価と自律神経測定で実証。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、実在感そのものは増す(論文準備中)。遠隔コミュニケーション環境に応用可能な成果(論文準備中)。ホルモン(オキシトシン)分泌、聴取者の動き(引き込み)なども解析中。

・自閉症スペクトラム障害の聴覚特性

アスペルガー症候群など自閉症スペクトラム障害者の中には、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

の処理能力にあることを突き止めた。脳幹の神経核の障害に由来する可能性を示唆。障害の早期発見および補償技術へと発展する可能性(論文準備中)。

2) IIPI の生物学的起源を探る動物実験

・ラットの超音波発声:前年度の知見に基づき、超音波に対する個体の反応を観察した。その結果、他個体の発声に対してラットは定位反応を示すことがわかった。

・経頭蓋直流電気刺激(tDCS)の機序:tDCS による IIPI の制御に関する基礎的メカニズム解明を進めた。前年度に引き続いて小動物用の fMRI を用い、tDCS が領域間神経結合(connectivity)を変化させることを見出した(論文投稿中)。

・ラットの社会行動の神経科学的基盤:レバー押しによる餌取り行動を用いた実験を行い、海馬の律動的同期脳波(シータ波)が報酬予期に関わっていることを確認した。

・発育途上ラットのコミュニケーション環境操作による依存脆弱性の検討:まず、依存や嗜癖の概念を整理した(論文投稿中)。次に、他個体から隔離して感覚経験を制限したラットでは、活動性の低下、不安や攻撃性の亢進、麻薬への感受性の変化など、予備的知見ながら、健常個体には見られないいくつかの特徴が見られた。

・さらに、(1)ラットが他個体の行動を情報として利用できるかどうか、(2)無生物(物体)に対する記憶と生物(他個体)に対する記憶の神経基盤が同一かどうかを検討する新たな実験を開始した。

3) 潜在的視覚運動応答の解明と通信環境への応用

・潜在的視覚運動応答を利用した運動に伴う主観的感覚の変化: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。しかしそれに加えて、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。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。(論文 A-4)

・潜在的視覚運動応答を利用した映像遅延に伴う操作感の改善:通信・符号化などに伴う映像遅延は、操作感の劣化や疲労など様々な問題を引き起こす。しかし、通信システム遅延の短縮には経済的・理論的限界があり、解決が困難な問題であることが知られている。本研究では、顕在性が低い流れる模様を操作者の手の動きの方向に与えることにより、無意識的(潜在的)に手の動きをアシストし、それにより映像遅延で生ずる操作抵抗感を軽減する新しい手法を構築した。さらに、いくつかの応用シーンを想定し基本的な有効性を確認した。

B. カルテックグループ

1) 視覚刺激の選好・魅力判断に関する心理物理実験、眼球運動計測実験

・“Attractiveness Is Leaky” phenomenon: ”ある対象に注意を向けその魅力度を判断するとき、周辺の注意を向けていない対象の魅力度が(主観的には無視しており、また眼球運動データもそ

れを支持しているにも拘らず)大きな影響を及ぼす。われわれ自身によるこの発見を、引き続き心理物理実験と眼球運動計測により掘り下げた。これらの成果は学会で報告した。具体的な結果としては、「髪／顔」の間では知覚的組織化の要因が大きいこと、また顔のみならず幾何学図形を含めた様々な(中心／周辺)配置で起きることを見いだした。

・“Don't Look” experiments: 人は顔刺激を見るとき、目に視線や注意を向ける強い自発的傾向を持つ。しかし自閉症患者では逆に避ける傾向がある。そこで目に視線を向ける傾向が、健常被験者群の中であっても自閉症傾向(AQ)と逆相関する可能性を検証し、結果を学会で報告した。具体的な結果として、自閉症傾向が強い被験者ほど「目を避ける(見ない)」課題をより良くこなせることがわかった。また「口を避ける(見ない)」という課題でもっとも AQ スコアによる差が出たことは、高機能自閉症群における「認知ストラテジー」との関係で興味深い。現在、高機能自閉症患者を対象とする実験を準備中。

2) 感覚間統合と感覚代行、意思決定に関する心理物理実験、神経計測(fMRI)実験

・感覚間可塑性による視覚皮質機能の変化: ビデオ信号を聴覚入力に変換する感覚代行装置で、晴眼被験者を訓練した結果、比較的低次の視覚皮質が活性化することがわかった。また一部の視覚課題では、まったく訓練に依らず、intrinsic な感覚モダリティ間マッピングによって最初からかなりの好成績を収められることもわかった。結果の一部は学会発表予定(2012年5月)。

・“Choke” phenomenon: 中間程度の難易度の感覚運動課題で、報酬予期が急に高まると成績がむしろ低下することが知られている。通常は過剰な緊張や注意の分散などで説明されるが、われわれはむしろ損失回避の強さが原因とする証拠を、行動実験、fMRI の双方で見いだした(論文B-6)。具体的な結果として、線条体の活動が、手がかり(=成功報酬額)提示時にはその額と正の相関を示すのに、課題遂行時には逆相関となること、また損失回避傾向の強い被験者ほど、高額報酬予期で遂行時の線条体活動が抑制されることがわかった。

3) 潜在的・身体的コミュニケーションの神経基盤に関する心理物理実験、神経計測(EEG)実験 (東大グループと共同)

・個体間の潜在的な身体・脳活動同期: 課題や意図に反する個体間の身体運動の同期は、日常生活のさまざまな局面で見られ、これを社会性の指標、あるいは起源と考える考え方もある。しかしふたつの脳から神経活動を同時記録する技術的な困難さから、直接の神経科学的な証拠はほとんどない。われわれは EEG の同時計測によってこれを実現し、ふたりの被験者が協調的に行動した後だけに、ふたつの脳の間には神経活動の同期が見られることを見いだした(投稿中)。

4) 報酬系、情動系の遠隔非侵襲制御(tDCS)実験

・tDCS による皮質下報酬系の活性化: 健常被験者で tDCS により前頭部に持続的に電気刺激を与え、その前後で顔の魅力度評定をさせた。また前後に fMRI 計測し、神経活動の違いを見た。その結果、このような頭皮上からの遠隔非侵襲刺激で報酬系の重要な部分が活性化され、のみならず行動面でもシステマティックな効果を示すことがわかった(投稿中)。

C. 東大グループ

1) “KOKKURI(こっくりさん)”課題

・前年度に確立した二者の無意識的な手の動きにおける同期とそのアダプテーション(他者の行動に対して同じ動作をさせる)を指標とした課題(KOKKURI 課題)を用いて、150人強のデータを集めた。その結果、二者間の無意識的な行動の同期が、純粋な運動に対するアダプテーションではなく、目の前にいる個人に対するアダプテーションであることを示すとともに、アダプテーションの起こりやすさが、自閉症スペクトラム指標(AQ)のなかのサブスコアであるコミュニケーションスコアと有意に関係するという結果も得ることができた。これらの成果は、KOKKURI 課題の潜在的コミュニケーションの指標としての有用性を確認するものであり、本年度国際学会に発表し、現在、論文文化を進めている。

2) 共同把持課題における計算論的最適化と社会的干渉

・二者で協力し合って共通の目的を達成する課題として共同把持課題を考案し、デバイスを作成するとともに、他者の能力に関する知識の有無が共同課題の成績にどのように影響を与えるのかを調べる実験を行った。パートナーの成績のばらつき具合を前もって行っていた群は、その後の共同課題を計算論的に最適化することが出来たが、それにも関わらず共同課題の成績は、知識がない群に比べて低いという興味深い結果となった。この原因を探るために AQ スコアとの関係を調べた所、AQ 値の高い(つまり自閉傾向の高い)被験者は、相手の成績を知ると競争的な行動パターンになりがちであることを示唆するような予備データを得ている。相手を知ることが良い結果を生むかどうか、被験者の社会性によっていて、それが共同把持課題のような単純化された共同作業モデルでも見られたことによって、今後の IIPI の評価の方法として期待できる。

4. tDCS(NTTG, カルテックG と共同)

・tDCS による運動能力向上が、片側麻痺によって脚力が弱くなった患者に対しても見られるかを調べた結果は論文として刊行された(C-1)。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

●論文詳細情報

A. NTT グループ

A-1. Takeuchi, T., Puntous, T., Tuladhar, A., Yoshimoto, S., Shirama, A.: Estimation of mental effort in learning visual search by measuring pupil response. PLoS ONE, vol. 6, No. 7, pp.1-5, 2011 (doi:10.1371/journal.pone.0021973).

A-2. Shirama, A.: Stare in crowd: frontal face guides overt attention independently of its gaze direction. Perception, in press.

A-3. Fukui T, Gomi H (2012) Action Evaluation Is Modulated Dominantly by Internal Sensorimotor Information and Partly by Noncausal External Cue. *PLoS ONE* 7(5): e34985. doi:10.1371/journal.pone.0034985.

A-4. Ooishi, Y., Kashino, M.: Habituation of sympathetic orienting response to aversive sound eliminated by change in basal sympathovagal balance. *Psychophysiology*, in press.

B カルテックグループ

B-1. Lindsen, J., Moonga, G., Shimojo, S. & Bhattacharya J. Swayed by the music: sampling bias towards musical preference distinguishes like from dislike decisions. *Consciousness and Cognition*, doi:10.1016/j.concog.2011.01.008, 2011.

B-2. Liao, H., Yeh, S. & Shimojo, S. Novelty vs. familiarity principles in preference decisions: task-context of past experience matters. *Frontiers in Psychology*, 2, 43, 1-8, 2011.

B-3. Yotsumoto, Y., Seitz, A. R., Shimojo, S., Sakagami, M., Watanabe, T. & Sasaki, Y. Performance Dip in Motor Response Induced by Task-Irrelevant Weaker Coherent Visual Motion Signals. *Cerebral Cortex* doi:10.1093/cercor/bhr270, 2011.

B-4. Watanabe, M., Shinohara S. & Shimojo, S. Mirror adaptation in sensory-motor simultaneity, *PLoS One*, 2011.

<http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0028080>

B-5. Campos, M., Koppitch, Andersen, R. & Shimojo, S. Orbitofrontal cortical activity during repeated free choice. *Journal of Neuroscience*, in press.

B-6. Chib, V., De Martino, B., Shimojo, S. & O'Doherty, J. Neural Mechanisms Underlying Paradoxical Performance for Monetary Incentives are Driven by Loss Aversion *Neuron*, in press.

C. 東大グループ

C-1. Tanaka, S., Takeda, K., Otaka, Y., Kita, K., Osu, R., Honda, M., Sadato, N., Hanakawa, T., Watanabe, K. (2011) Single session of transcranial direct-current stimulation transiently increases knee extensor force in patients with hemiparetic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 25 (6), 565-569. [doi: 10.1177/1545968311402091]

(3-2) 知財出願

- CREST研究期間累積件数(国内 1件)