

【鈴木構成員コメント】

脳と ICT に関する研究の一方向性：

超感覚統合過程の理解と無意識 ICT

私が勤務する東北大学電気通信研究所は、日本で唯一の ICT を専門とする大学附置研究所である。ここでは、1994 年の改組時にブレインコンピューティング研究部門という大部門(学科・専攻に相当)を設置し、脳科学と ICT との融合に向けた研究を開始した。そこにおける研究を背景として、私は、脳機能の深い理解に基づく高機能 ICT の開発が重要であると考えている。その一つの方向性として、脳における超感覚統合過程研究の重要性と、その理解に基づく「無意識 ICT」という概念を提案したい。これは、本懇談会において話題となっている Heart-to-Heart コミュニケーションの一形態と考えられるであろう。

超感覚統合過程 (supramodal process) 研究 脳活動が、人間の情報処理、行動制御の基盤であり、脳活動から直接的・間接的に脳内情報や行動制御信号を読み取ることができれば革新的な技術として広範囲の応用が期待できる。それらの技術を人間の情報処理と親和性が高く効率的なものとするためには、脳活動とその機能の関連を理解することは不可欠である。技術の進歩により、多感覚刺激、高精細大規模な刺激、自然環境に近い刺激などの利用が可能になっており、脳活動との対応付けによって、情報処理の個別の段階における応答の計測が可能となっている。それらを背景に、複数の感覚信号を統合するより高次の多感覚処理過程の研究が進展しており、より高次の脳処理に対する定量的で高精度なモデル化が実現しつつある。その中で、多感覚処理に加え、感覚に直接に依存しない情報処理をも含めた究極的な感覚処理過程が着目されており、超感覚統合過程 (supramodal process) と呼ばれている。これは、高次で人間の認知活動にとって本質的な処理過程であり、今後の ICT 技術の進展に極めて重要かつ有効な分野であると考えられる。

「無意識 ICT」概念 脳における超感覚統合過程を基盤とした高次の認識機能の理解とモデル化を実現すれば、それに基づく人間の情報処理との親和性を高い効率的な情報通信技術が可能となる。即ち、脳活動を実世界と有機的に連結したシステムとしてとらえ、インターフェースを意識しない情報環境の構築が可能となる。特に脳活動の計測やバーチャルリアリティ環境における行動指標の計測から、ユーザー自身も気付かない無意識的認知活動を反映し、人間の情報処理の無意識的癖ともいべき特性も含めた ICT 技術を実現することができる。これを無意識 ICT と呼んでおり、今後、中期的に注力すべき課題であると考えている。

研究の波及効果 上記のような極めて高次の脳機能の理解と定量的なモデル化は、「脳・ICT 技術」一般に不可欠な研究分野である。精度の高いモデルの利用は、脳活動信号のデコード技術に大きく貢献できるし、また、五感通信などで進んできた従来形式の情報通信におけるインターフェースにおける人間の情報処理との親和性を高め、現在実現可能な臨場感とは次元を異にする臨場感を持つ ICT 技術の実現にも有効である。

脳と ICT に関する懇談会メモ

京都大学 石井 信

これまでの BMI(BCD)研究では、脳信号(神経スパイク、MRI, EEG, ECoG, など)から作業空間での表象を得るために、統計科学および機械学習の数理手法が数多く用いられてきた。例えば、線形判別分析(LDA、ドイツ Mueller ら)、カルマンフィルタ(UKF、米国 Nicoletti ら)、サポートベクトルマシン(SVM、ATR 神谷ら)、独立成分分析(ICA、理研 Cichocki ら)、スパースロジスティック回帰(SRL、ATR 佐藤ら)などである。しかし、脳信号の次元は極めて高く、かつ非定常性(隠れた状況依存性)が高いために、これまでに、上記の手法は必ずしも安定に動作する訳ではないことが分かってきた。例えば、前日に作成したデコーダが当日はうまく動かないことがあるなどが指摘されている。チャレンジドを含み誰でも使える技術とするためには、可搬性の高い計測技術のみならず、動的な状況においても適切なアーチファクトを除去するロバストな数理手法の開発が必須である。これには、近年進展が著しい大規模計算科学も重要である。これまでのデコーダは、高速なオンライン処理のために線形モデル(例えば LDA や SLR)を中心に開発が進んでいるが、脳内の詳細な結合性、血流、皮質の神経配向などの情報をモデルに導入し性能向上を図ろうとすればもはや線形ではない。推定においてはモンテカルロ法や計算機シミュレーションが必須であり、オンライン処理のためには、大容量通信技術に裏打ちされた大規模計算科学技術の援用が不可欠であろう。

脳と ICT を考える上で、事例ベース法は無視できない。例えば、ある人物の脳活動とそれと連想された運動の対が多数計測されデータベース化されていれば、新しい脳活動と最も類似する脳活動をデータベースから検索し、それと連想されている運動を出力することでロバストなデコーダができる可能性がある。これを支えるのは、莫大なデータベース、莫大な通信能力、高速で賢い検索能力という ICT 技術である。ただし、次元が大きすぎることを回避するための特徴抽出は事例ベース法においても有効であり、その研究は不可欠である。また、特徴抽出は脳のエンコード(外界の情報をどう表現しているのか)機構に対応するため、それを知ることは神経科学的な意義もある。

安価で可搬性の高い計測器、莫大(でセキュア)な通信容量、莫大なデータベース、高速で高度な検索技術(全部あわせて ICT 技術)は、ロバストな BMI デコーダの開発を可能とするのみならず、脳活動に基づく個人のプロファイリングなど、人とコンピュータを繋ぐ新しい技術開発の足掛かりにもなる。また、そうしたデータの蓄積は、脳神経科学にも新しいデータ科学(すなわちデータ駆動型脳神経科学)の潮流をもたらす可能性を秘めている。

【土井構成員コメント】

資料3-2の重要な研究分野の共通基盤技術について
『標準脳機能モデルの構築』を『脳機能モデルの構築』
に修正。

理由：構築されたモデルから外れる脳は標準ではないとい誤解されるおそれがあるため。