3P253

粘菌ニューラルネットによる連続的記憶想起

○青野 真士¹、原 正彦^{1,2} (¹ 理研・フロンティア、² 東工大院・総合理工学・物質電子化学)

我々は、真性粘菌変形体の形状変化の光学的フィードバック制御に基づく連想記憶装置（ホップフィールド型ニューラルネット）を構築した。システムの状態は放射状障壁構造中に収容された粘菌の二次元形状で表現される。嫌光性をもつ粘菌への光照射により、入力状態は、定義された複数の記憶状態のうちの適当な一つへと導かれる。フィードバック系に組み込まれた連想記憶アルゴリズムは、記憶を定常状態として表現するため、粘菌の形状は記憶形状に到達後、これを維持し続けるように仕向けられる。ところが興味深いことに、粘菌は、想起した記憶形状のまま長時間にわたり安定した後、嫌光性を一時的に無効化して光照射領域に侵入することで、自発的に記憶を不安定化し、次なる記憶を探索し始めた。記憶の想起と探索が交互に繰り返されることにより、複数の記憶が連続的に想起された。粘菌の厚み振動の時空間パターン（位相波伝播）を画像解析の手法により解析したところ、振動モードの自発的遷移が観察された。さらに、変形運動と振動モードとの関係を調査した結果、記憶の安定化をもたらす嫌光行動と、不安定化をもたらす光照射領域侵入行動が、振動モードの遷移と関係して生じる事が明らかになった。したがって、粘菌の嫌光行動を制御原理とする我々のシステムは、粘菌を、制御原理に従う安定化モードとそれが破られる不安定化モードの自発的スイッチングをもたらすダイナミクスの生成器として活用することで、連続的記憶想起を実現する情報処理システムであると言える。類似したダイナミクスをもつ素材を用いることで、プログラムによる制御に忠実に従う作動だけでは行き詰ってしまうような状況で、そうした制御原理を自発的に破って作動することで事態を打開できるような柔軟性を備えた情報処理システムを構築できる可能性がある。

M.Aono and M.Hara : Successive Memory Recalls by Slime Mold Neurocomputer

3P255

脳活動計測時の物理的信号変化量の意味するもの：精神作業およびカフェインによる前頭部のNIRS信号の変化

○精山 明敏^{1,2}、東 照正³、柳田 敏雄^{1,2,4} (¹ 阪大院・医学系・情報生理、² 情通研・関西先端研・脳情報、³ 阪大院・医学系・保健学、⁴ 阪大院・生命機能・ナノ生体科学)

語学習熟度の高い学生ほどブローカー野の機能的磁気共鳴撮像法(fMRI)による信号変化量が少ない[1]など、近年、非侵襲脳活動計測装置により検出される信号量の変化と被験者の仕事効率あるいはタスクパフォーマンスとの間に負の相関が見られることが報告されている。このことは、現行の非侵襲脳活動計測装置により検出される信号変化量を基にヒト脳機能を推定しようとする試みに重要な問題を提起していると考える。我々は、二重盲検法により、カフェイン有・無のコーヒー摂取による精神作業(クレッペリン精神作業テスト)にともなうヒト前頭部の血液量の変化と被験者のタスクパフォーマンスとの関係を、近赤外分光法(NIRS)を用いて検討した[2]。クレッペリン作業中に前頭部血液量は増加し、休息時はコントロール時の状態に戻った。カフェインの摂取により被験者の解答数(および正解率)は5~8%上昇した。一方、血液量の変化はカフェインを含まないコーヒーの場合は、摂取前後の休息時の血液量レベルおよび作業中の増加量に有意な差は認められなかったのに対し、カフェインを含むコーヒーの場合は摂取後の休息時の血液量レベルおよび作業中の増加量は摂取前に比べ有意な低下が認められた。本結果は、カフェインの神経細胞に対する直接的効果の他、脳末梢血管収縮作用により、機能的充血による過剰な血液供給が制限されること[3]で被験者のタスクパフォーマンスの向上が見られたことを示唆している。[1] Sakai et al: J. Neurosci. 25:1637 (2005). [2] Higashi et al.: J. Biomed. Optics 9: 788 (2004). [3] Seiyama et al.: Dynamic Medicine 2:6 (2003).

A. Seiyama, T. Higashi and T. Yanagida : Effects of mental task and caffeine intake on NIRS signal.

3P254

創発的知覚、脳の認知的温度、および自発的神経活動の関係

○村田 勉¹、柳田 敏雄² (¹ 情報通信研究機構・関西・脳情報、² 阪大院・生命機能・ナノバイオ)

最初は無意味なモノクロパターンにしか見えない劣化画像をしばらく見ていると、隠れていた対象が突然意識にのぼってくる。このような「隠し絵」の知覚時間の定量的研究を昨年度本大会で報告し、隠し絵固有の「難度 M 」、被験者固有の「能力 S 」を定義でき、知覚時間(平均) t は次式で与えられることを報告した： $t^{-1}=C\exp(-M/S)$ 。この知覚速度式は、化学反応速度論のアレニウスの式と同形である： $v=v_0\exp(-\Delta E/kT)$ (ΔE : 活性化エネルギー、 k : ボルツマン定数、 T : 絶対温度)。一般に、化学反応では熱運動する反応分子同士のランダムな相互作用により系のエネルギーが自由度に分配され、統計的に最大確率の分布(ボルツマン分布)が実現する。このとき、 ΔE よりも大きなエネルギーをもつ分子の割合がアレニウスの式の指数部分で与えられる。また、分子の平均エネルギーは kT に比例する。この化学反応との相同性に基づき、隠し絵知覚の神経機構を以下のように仮定する：対象の神経表現を担う高次視覚野の細胞集団(セルアセンブリ)は自発的活動を行うが、それだけでは意識的知覚に達しない。自発的活動はランダムに起き、あるアセンブリ中から自発発火する神経細胞の割合はボルツマン分布に従う。低次視覚野からのボトムアップ処理は、情報劣化のため単独では正解のアセンブリを賦活できない。しかし、正解のアセンブリの自発的活動が同時に一定の閾値を超えると、ボトムアップとトップダウンの協働が生じて正解のアセンブリが賦活し、意識的知覚が成立する。以上の仮説からアレニウス型の知覚速度論が導かれることがわかった。このとき、難度 M は閾値、個人能力(認知的温度) S は高次視覚野の平均自発発火率に比例した量となる。脳機能の柔軟性のキーマニズムであるトップダウン処理では、ランダムな自発的神経活動が重要な役割を果たしていることが示唆される。

T.Murata and T.Yanagida : Emergent perception, cognitive temperature, and spontaneous activity of the brain

3P256

NMDA と DHPG を同時投与すると LTP が誘導される

○仲尾 陽介、山本 加奈子、米谷 快男児 (九工大・情報工・生命情報工学)

海馬シナプスの長期抑圧 (LTD) の誘導方法として、低頻度刺激 (LFS) が良く用いられるが、グルタミン酸受容体のアゴニストを投与する化学的誘導方法も用いられている。化学的な LTD の誘導で異なる 2 通りの報告がある。i) DHPG 投与による LTD (DHPG-LTD) の誘導機構は LFS による LTD とは独立であり、DHPG 投与時の NMDAR の活性化には無関係であるという報告と、ii) mGluR のアゴニスト投与時に NMDAR の活性化がなければ LTD が、あれば LTP が誘導されるという報告である。これらの報告の相違を検討するために、NMDA 投与と DHPG 投与の相互作用を調べる実験を行った。実験は NMDA および DHPG の単独投与、順次投与および同時投与を行い、結果を相互に比較した。

主たる結果は次の 3 点であった。1. NMDA 投与による LTD (NMDA-LTD) 誘導後に、DHPG を投与するとさらに LTD を誘導した。2. DHPG-LTD 誘導後の NMDA 投与は LTP を誘導した。3. NMDA と DHPG を同時投与すると、LTP が誘導された。1 は報告 i) と同様の結果であり、NMDAR の活性化による LTD 誘導は、mGluR の活性化による LTD 誘導に影響を与えず、これらの LTD は独立に誘導されることを示している。報告 ii) では、誘導される LTP は NMDAR 依存性の LTP であり、mGluR の活性化により PLC-PKC 経路の活性化が生じ、NMDAR-Ca チャネルからの Ca 流入を増大させることが原因で LTP が誘導されると報告している。2 と 3 は同様に解釈可能である。DHPG 投与により PKC、NMDAR-Ca チャネルの活性化が生じ、同時もしくはその後に投与した NMDA による Ca 流入の増大が LTP を誘導したと解釈できる。現在、確認実験を行っているので、結果を併せて報告する予定である。

Y.Nakao,K.Yamamoto and K.Kometani : Co-application of NMDA and DHPG results in an induction of LTP