

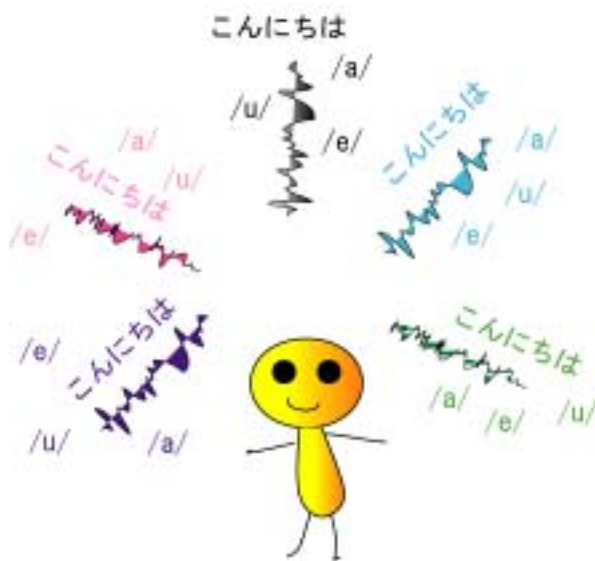
計算論的脳科学研究

茨城大学工学部知能システム工学科・星野修

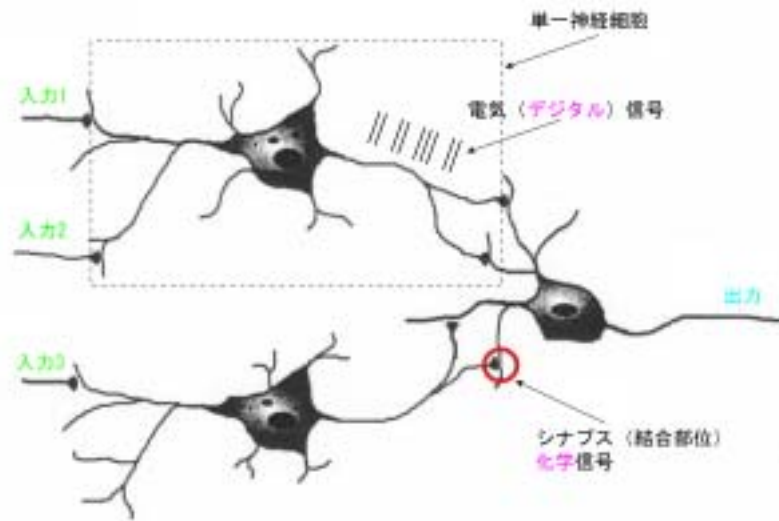
概要：

脳は外界からの様々な感覚（例えば、視覚、聴覚、嗅覚、皮膚感覚、味覚など）情報を記憶・認知・認識する高度情報処理システムである。このような脳機能の理解は工学・医学・薬学・心理学など様々な分野へ多大な貢献をすることが予想できるため、現在最も注目されている研究分野のひとつである。脳科学研究の手法としては実験的なものと、理論的なものがある。理論的研究では、まず生理・心理・解剖学的知見を基に、対象となる脳部位（例えば大脳皮質など）に対し神経回路網モデルを構築する。その後、作成した神経回路網モデルに対し計算機シミュレーションを行い、個々の神経細胞活動を記録・解析し脳がどのように機能するかについて調べる。講演では、さまざまな脳機能のうち、主に認知機能について聴覚系を例に解説する。

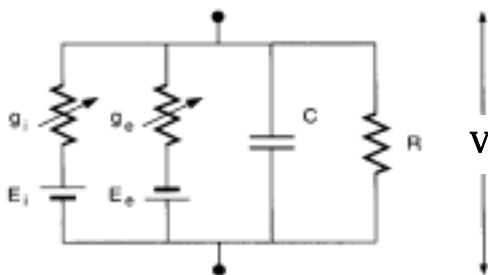
人間はさまざまな話者より発せられる言葉を統一的概念にて理解ができる。これは普段我々が何気なく使っている機能であるが、実はとても高度な情報処理と考えられている。例えば、不特定多数の人が話す“こんにちは”という音声スペクトルの時間変化を、同一の概念（意味）として理解できる。風邪などをひいて“がらがら声”になっても話者（個人）を特定できる。このことはジャングルや森で暮らすサルの、視覚ではなく聴覚で個体識別する能力にも反映されている。これをモンキーコールという。



このような認知認識機能を可能にしていると思われるのが、神経細胞群が形成する回路網である。これはニューラルネットワークとよばれる。神経細胞（ニューロン）間の情報伝達は電気パルスと神経伝達物質にて行われる。すなわち脳は電気化学回路にて成り立っている。神経細胞を伝播してきた電気パルスは、シナプス結合と呼ばれる微小間隙部位に神経伝達物質を放出する。神経伝達物質を受容した神経細胞は、神経伝達物質の種類によりその活動が興奮（細胞内電位を上昇：脱分極）または抑制（細胞内電位を下降：過分極）される。代表的興奮性神経伝達物質としてグルタミン酸、抑制性神経伝達物質としてガンマアミノ酪酸（GABA）がある。



単一の神経細胞は電気回路にてモデル化が可能である。モデルは次式のような微分方程式にて記述される。



$$C \frac{dV}{dt} = g_e(E_e - V) - g_i V - \frac{V}{R}$$

$$E_e = 80mV, E_i = 0mV$$

V が神経細胞内電位 (膜電位とよばれる) である。 C は膜容量で R は膜抵抗である。 g_e と g_i はそれぞれ興奮性と抑制性シナプス結合部位におけるコンダクタンス (抵抗の逆数) である。シナプス結合部位に放出された神経伝達物質は受容器に受容され、イオンチャンネルと呼ばれる器官を開く。すると神経細胞にイオンが流入 (または流出) する。イオンチャンネルの開閉確率は放出される神経伝達物質の質と量に依存するため、コンダクタンスは可変素子となる。 E_e と E_i は定電圧電源である。一本の微分方程式が一個の神経細胞ダイナミクスを記述する。すなわち、神経ネットワークは多数の微分方程式が生み出す高次元複雑システムである。ちなみに人間の脳では 10^{11} 個程の神経細胞が存在する。

以下に 8 個 (L0-7) の神経細胞ネットワークの個々の神経細胞の活動の様子を示す。L3 を中心とする神経細胞に感覚刺激を信号 (signal) として与えると、刺激に対応した神経応答 (電気パルス群の発生) が誘発される。

