

セキュアデバイス研究センター（客員部門） （張曉林研究室）

Email: zhang@pi.titech.ac.jp

http://www.zhang.pi.titech.ac.jp

（研究分野）

生理学及び解剖学の知見に基づいて、理工学の立場から、視覚及び運動制御関連の神経システムの数学モデル、神経細胞やそのネットワークの電氣的等価回路を構築、解析する研究を行っている。

（研究テーマ）

1) 眼球運動制御と網膜情報処理の機能に基づく3次元視技術の開発と実用化に関する研究

人間の視覚能力を工学的に実現するために、まず人間特有の眼球運動特性を解析し工学的に実現することが重要である。このために、本研究は眼球運動に関連する神経経路に逐一对応する数学モデルを構築し、そのモデルと同じ制御機構を持つ視軸運動制御システム、すなわち、ロボットの「眼」を開発する（図1, 2, 3）。また、これまで開発したロボットの眼は両眼協調運動、サッカード、スムーズパースュート、視機性反射、前提動眼反射など生物の眼特有な性能を備えている。更に、鷹の目など動物の視覚機能と原理と解析し、実用性の高い両眼視覚システムも開発している。

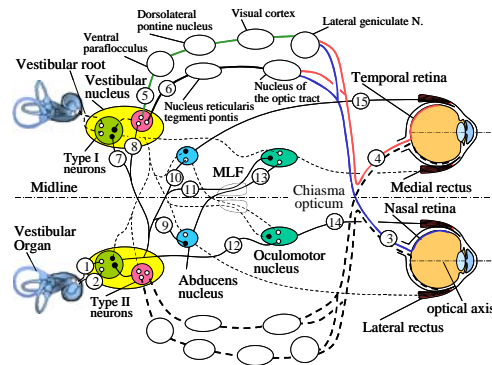


図1 両眼水平運動の視覚信号関連の神経経路

Fig.1 Neural pathways of horizontal binocular motor system

2) 神経細胞の電氣的等価回路と信号解析

神経細胞を正確に模擬できる電氣的等価回路は人工神経、人工知能、さらに人工生命の研究の基礎となる。本研究はこれまでの神経等価回路に十分考慮されていない神経のシナプスの等価回路を構築し、情報処理機能を持つ神経等価回路を開発した。本研究は神経の発火特性、さらに入出力信号の関係式を生理学の知見を尊重しながら数理的に記述、解析を行う。また、全ての生物に使用され、しかし工学では実用されていないパルス周波数を信号とした情報処理ユニットを実現することを目指す（図4, 5）。

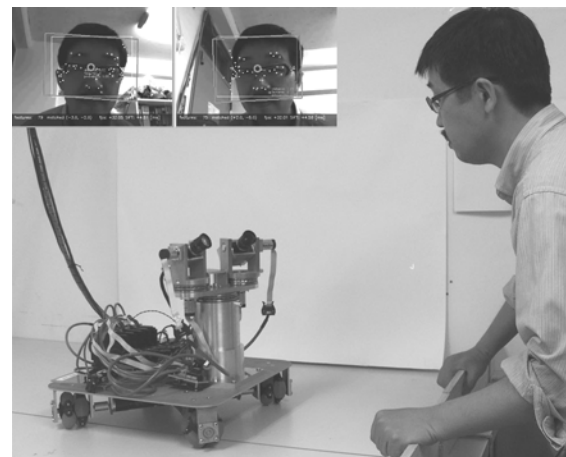


図3 眼球運動神経モデルを用いたRobo-eye（輻輳）

Fig.3 The setup of a vergence experiment

3) 人間固視微動の計測と解析及びそのための世界最高精度の眼球運動計測装置の開発

眼球が固定した視標を注視するときに発生する高周波数の微小振動は固視微動と呼ぶ。固視微動についていまだに謎が多い。しかし従来の固視微動の測定実験で使用された測定法では空間的にも時間的にも分解能が足りない。そこでわれわれは独自の固視微動測定方法を提案した。具体的に、高速カメラと高倍率カメラレンズを用いて、眼球の強膜（眼の白い部分）を撮影し、肉眼で見えない強膜表面の毛細血管の分布模様を鮮明に捕らえ、画像処理技術を用いて眼球の微小運動を検出する技術であった（図6）。

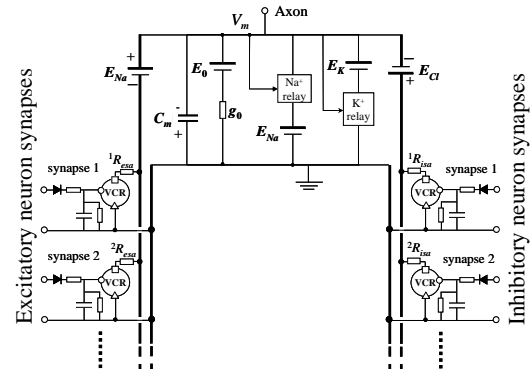


図5 イオンポンプを考慮した神経細胞の等価回路

Fig.5 Equivalent circuit of isolated giant neuron including ion-pumps

Secure Device Research Center (Guest Chair)

(Xiaolin Zhang Group)

(Research Field)

Modeling of the ocular motor control system based on anatomic structures and physiological functions, and its applications to robot eye control. Analysis of neurons and its networks for structuring electrical equivalent circuits.

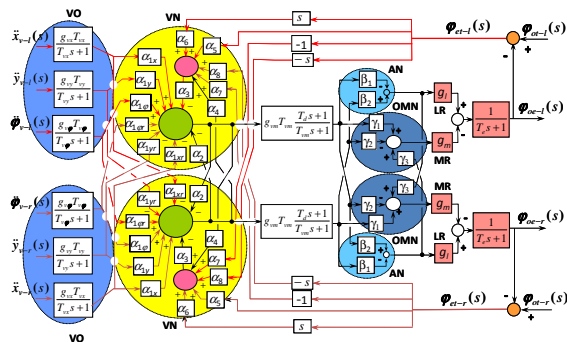


図2 神経システムに逐一对応するモデル

Fig.2 Block diagram of oculomotor system model faithful to the physiological structure

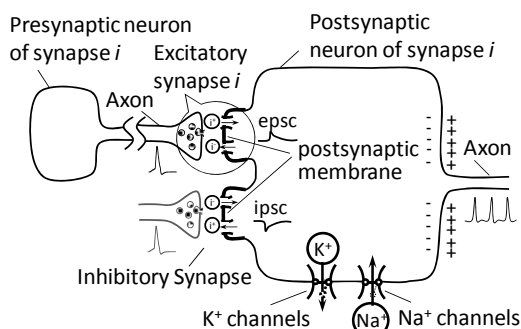


図4 細胞内外イオンの流動過程

Fig.4 Isolated giant neuron in the external fluid

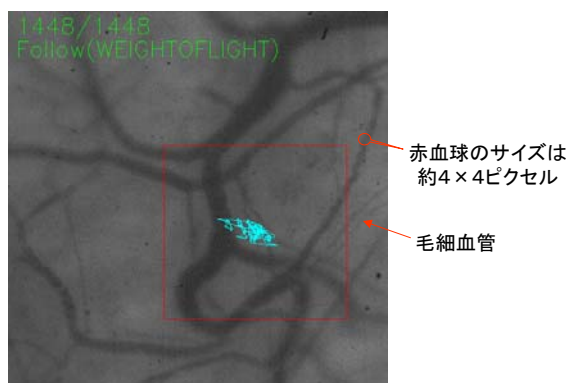


図6 固視微動計測装置が取込んだ眼球強膜表面

Fig.6 The surface of sclera image taken by fixational eye movement detect device

(Current Topics)

1) Development of 3D image recognition based on ocular motor control and retina processing functions

The human eyes cannot easily focus on two separate targets at the same time. The two eyes have their own cooperative movements called conjugate and vergence eye movements. In order to achieve realistic eye movements, we proposed a binocular motor system model based on the human neural pathways of the binocular motor system. Using this model, active camera control systems were constructed. The system exhibited several characteristics specific to human-eye movement, including the following:

- (1) Both cameras moved in tandem and had the same target point in the central area. This characteristic was considered a basic condition for structuring a stereo-image using the image signals from both eyes.
- (2) If one camera was obstructed by an obstacle, it would follow the movement of the other camera to find the target promptly when the obstacle was removed.
- (3) This system had the ability to compensate for the blurring caused by base movement (Fig 1, 2, 3).

2) Equivalent circuits of a neuron faithful to neuron physiology

A neuron can be considered as a pulse frequency signal processing device, which is quite different in principle to the CPU of a modern computer. The purpose of this research is to realize the signal processing ability of a neuron using an equivalent circuit faithful to neuron physiology, and to propose a practical application of the proposed devices in industry, which until now mainly utilizes analog and digital devices. The salient feature of the neuron equivalent circuit is that it can realize the current regulation functions of the synapses. The proposed equivalent circuit already has the computing functions of proportional gain, addition, subtraction, and integration. The equivalent circuits have the potential to realize most functions belonging to analog computers, yet do not have weaknesses such as susceptibility to noise, bad linearity in wide band, and so forth. Additionally, this device can potentially be used to create a large-scale parallel computing system through the interlinking of a great number of such devices, like the neuron network in the brain (Fig 4, 5).

3) Detecting and analyzing the fixational eye movements

We developed a fixational eye movement detecting device, which has the highest accuracy amongst all eye movement detecting devices thus far. Furthermore, we are using the device to analyze the characteristics of fixational eye movements, which so far have not been understood in detail (Fig 6).