「大脳聴覚野の直接電流刺激法による聴覚ＢＭＩの開発」

Auditory Cortex Prosthesis by Intracranial Electrical Microstimulation

佐藤　悠

山梨大学大学院医学工学総合研究部
教授，博士（医学）

1974 年新潟大学医学部医学科卒業。富山医科薬科大学医学部助教授を経て，1995 年より現職。

SATO, Yu, MD, PhD

Professor, Department of Physiology, Interdisciplinary Graduate School of Medicine and Engineering, University of Yamanashi

1970-1974 M.D. Faculty of Medicine, Niigata University. 1984-1995 Associate Professor, Department of Physiology, Toyama Medical and Pharmaceutical University. 1995- Present position.

■ 研究内容

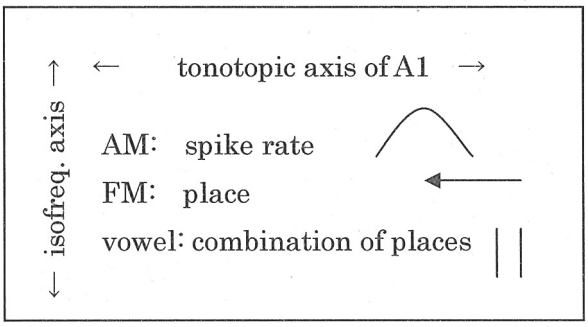
ブレイン・マシン・インターフェース（BMI）は，脳と機械を仲介することにより，ヒトの脳機能障害を補完する。私は脳へ感覚情報を入力する入力型BMI として大脳聴覚野細胞の音への反応性に基づき，脳を直接に電流刺激するプロジェクトを行っている。具体的には (1) 医学系研究班が聴覚野の音刺激反応を動物実験で研究し，(2) 工学系研究班が反応の数理モデルを作成し，(3) モデル出力を模して音をパルス列へ変換するインターフェースを開発し，(4) 医学系研究班が大脳を直接電流刺激し，動物に音を知覚させる。知覚の有無はオペラント条件付け行動により評価する。

ここでは(1)生理研究について述べる。(2)は小澤賢司，(3)は鈴木裕，(4)は秦嶺を参照願いたい。音の持つ知覚属性としては大きさ，高さ，音色の三要素がある。このうち大きさは振幅変調音，高さは周波数変調音，音色は日本語母音を刺激音として大脳聴覚野の反応を調べた。振幅変調音としては音圧が時間と共に上昇するランプ音と下降するダンプ音を用いた。刺激に対する弁別能のある細胞をスパイク列距離測定法により選別し，反応特徴を調べた結果，音圧上昇下降は持続反応細胞におけるスパイク頻度により符号化されることが分かった。一過性反応細胞は振幅上昇の開始初期における上昇速度をスパイク頻度として符号化する。下降速度には遅いと反応せず，早いときのみ反応する。周波数変調音刺激に対しては，持続反応細胞が自己の周波数応答野に刺激音が入ったときのみ反応する。一過性反応細胞は応答野が広く刺激の開始に反応する。母音刺激にたいしては持続反応細胞は高エネルギー周波数（ホルマント周波数）に反応する。

以上，音の大きさはその音のスペクトルに相当する場所の「スパイク頻度」情報として，音の高さは聴覚野の「活動場所」情報として，母音はフォルマント周波数に相当する「活動場所の組み合わせ」情報として脳に符号化される可能性が明らかになった。音の大きさ，高さ，母音情報はA1において電流パルス刺激の「頻度」，「場所」，「場所の組み合わせ」に相当することが示唆される。

■ Research works

Brain Machine interface connects between the brain and machine and complement the brain function. I develop technologies for transmitting acoustic information directly to the primary auditory cortex (A1) based on the neural response characteristics of the neurons. The research is organized by (1) physiological study, (2) modeling study, (3) interface construction, and (4) direct electric stimulation study. Here I mention (1) physiological study. For (2), (3), and (4), refer to K Ozawa, Y Suzuki, and L Qin, respectively. I used amplitude modulation (AM), frequency modulation (FM), and vowels as stimuli. I found that AM information is encoded as spike rate information of the tonic response. Phasic response also encodes the rise slope of AM as onset firing rate. FM is encoded as the sequential active places in the brain. Vowel is encoded as a combination of the active places. Thus, pulse rate, place, and combination of places of stimulus current pulses correspond to AM, FM and vowels in auditory cortex prosthesis.



図：大脳一次聴覚野における音情報符号化

Fig. Sound information encoding in A1