# 平成29年度脳科学ライフサポート研究センタースプリングスクール 実施報告書

2018 年 4 月 27 日 丹羽治樹

平成30年3月28日~月29日の2日間、高校生を対象に、脳科学ライフサポート研究センタースプリングスクール体験型授業(実験)を実施した。1日コース(実験時間は4.5 時間)の体験授業を2テーマ用意し、各テーマとも同じ内容で2回、開講した。

参加者は21名で、1年生10名(内女子1名)、2年生9名(内女子4名)、3年生2名であった。参加者の所属高校の内訳は以下の通り。芝高等学校(4名)、私立暁星高等学校(4名)、渋谷教育学園渋谷中学高等学校(2名)、新潟県立三条高等学校(2名)、洗足学園高等学校(2名)、聖光学院高等学校(1名)、都立西高等学校(1名)、山手学院高等学校(1名)、早稲田高等学校(1名)、東京大学教育学部附属中等教育学校(1名)、法政大学第二高等学校(1名)、木更津工業高等専門学校(1名)。なお5名が2テーマに、16名が1テーマのみに参加した。

各テーマのタイトル、実施担当者、実施場所、参加者数は下記の通り。

●テーマ1:スパコンで脳を再現する

担当:情報理工学研究科 情報・ネットワーク工学専攻 山﨑 匡 准教授

実施場所:西1号館109実験室

参加人数: 3月28日(水)9名(欠席者1名)、3月29日(木)9名(欠席者1名)

●テーマ2:ロボットアームを操ろう

担当:脳科学ライフサポート研究センター 姜 銀来 准教授

場所: 東9号館203 実験室

参加人数: 3月28日(水)4名(欠席者1名)、3月29日(木)4名(欠席者1名) 以下にスプリングスクールの様子を示す。

## ●受付および開校式





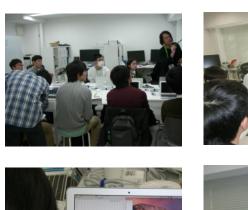


開校式

受付にて当日配布資料(参加者名簿、担当者と連絡先、実験マニュアル、アンケート用紙など)と名札を配布。13時より開校式。世話人の丹羽治樹特任教授のあいさつと担当教員の紹介

後、実験テーマごとに分かれて実験室に移動し、授業を開始した。

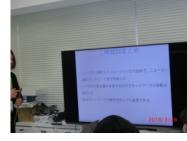
#### ●テーマ1. スパコンで脳を再現する(担当:山﨑 匡准教授)



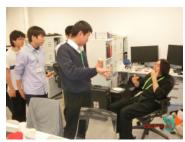
















「スパコンで脳を再現する」の授業風景

山﨑先生、TA学生さん、参加者が各自、自己紹介したのち、一人に1台ずつパソコン(MacBook Air)が渡された。このパソコン(端末エミュレータ)からスパコン(並列計算用クラスターマシン)を遠隔操作するため、インターネットを経由してスパコンにログインし、授業を受ける準備を整えた。

まず、山﨑先生から脳の仕組みと計算機神経科学についての講義を受けた。ヒトの脳はニューロンと呼ばれる 1000 億個以上の神経細胞がシナプスという結合を介して複雑につながったネットワーク(ニューラルネットワーク)を形成していること、脳の機能発現にはこのネットワークの繋がり方が極めて重要なこと、ニューロン1個の活動(神経興奮=電気パルスの発生)の様子は数式で記述できること、ニューロンの個数分だけそのような数式を用意してプログラムを作りスパコンで計算(シミュレーション)することにより原理的には脳の活動の様子をコンピュータ上で再現することができること、しかし 1000 億個以上のニューロンから成るニューラルネットワークの活動を現実的な時間内にコンピュータ上で再現するのは現在の最高性能のスパコンをもってしてもまだまだ困難なこと(人間の脳の1 秒間はスパコン「京」の40 分に匹敵する)、計算を速くするには

何台ものコンピュータをつなげて効率よく正確に計算(並列計算)する必要があることなどを学んだ。

次にニューロンの活動(神経興奮)の様子を数式で表現することの考え方を学んだ。ニューロンは一種の電気素子であり、膜電位という物理特性を持っており、ニューロンは膜電位がある一定の値(関値という)を超えるとスパイク(電気パルス)を出力(神経興奮)し、次のニューロンの膜電位を上昇させることにより次々と神経興奮を伝えること、ニューロンの膜電位の変化→スパイクの発射の様子を数値計算できることなどを学んだ。つづいて、その数値計算をするプログラムについて学び、膜電位の変化とスパイク発射の様子を実際にスパコンでシミュレーションを行った。2個のニューロンからなるネットワークで結合の強さ(伝達効率)や膜電位の初期値を変えると、ネットワークの挙動(スパイクの発射回数、発射のタイミング)が変化することがわかり、ネットワークの繋がり方が重要であることを学んだ。その後、4000個のニューロンをランダムに結合させたネットワークについて1個の CPU(中央演算子)を用いてスパイク発射の様子を計算し、ネットワークの活動の様子を描画した(一回の計算で10秒以上かかる!)。さらに、高速計算(並列計算)の原理を学び、4000個のニューロンからなるネットワークのシミュレーションのため CPU の数を増やし(最大 192 個)、実際に計算時間が短くなることを確認した(0.1 秒以下!)。

最後に質疑応答(CPUとメモリーの違いは?など)をしたのち、授業を終えた。

#### ●テーマ2. ロボットアームを操つろう(担当:姜銀来 准教授)

























ロボットアームを操ろう」の授業風景

姜先生、TA 学生さん、参加者が各自、自己紹介したのち、姜先生の講義を受けた。

講義では先ず、筋電によるロボットアーム制御の原理を学んだ。腕や足の随意運動(自分の意図に基づく運動のこと)を行うときに、脳からの運動指令は運動ニューロン(骨格筋を動かす神経細胞)を経由して電気信号として筋肉に伝わること、運動ニューロンが筋繊維(骨格筋を構成する細胞単位)と接続するところで筋電(筋電位)と呼ばれる活動電位が発生すること、この活動電位は筋繊維上で  $90\,\mathrm{mV}$ ,皮膚表面(表面筋電位)では数  $\mu\,\mathrm{V}$   $\sim$ 数  $\mathrm{mV}$  程度と微弱であること、この表面筋電位を計測したものが表面筋電図( $\mathrm{sEMG}$ :  $\mathrm{surface}$   $\mathrm{Electromyography}$ )で、その信号の特徴(波形)からヒトが手を握った、手首を曲げた、腕をひねった、腕を上げたなどといった随意運動の意図を読み取ることができること、読み取った表面筋電信号で外部機器(ロボットアーム: 筋電義手)を動かすことができるため、義肢装具、リハビリの分野で多くの実用的な研究がなされていることなどを学んだ。

次に、実際にロボットアームを動かすための sEMG の計測・解析法と実際に動かす計量・小型・強力なロボットアームの設計・動作原理を学んだ。この授業で用いるロボットアームは電気通信大学で開発されたもので人の腕の動作をすべて再現でき、アーム全体の重量が 2.2 kgと軽量でありながらも、1.5 kgの物体(ペイロード)を持ち上げ可能な高出力を実現しており、同じ自由度とペイロードのロボットアームとしては世界一軽量とのことである。

講義の後、参加者が実際に自分の腕に電極を貼り付け、モニター上の上腕モデルの画像の動きを見ながら実際に自分の腕や手を動かして sEMG を読み取る実験を行った。この実験では、電極と皮膚の密着のさせ方が悪いとロボットアームを動かすことができる良質な筋電信号が得られないこと、上腕を思い通りに動かすのは意外とむつかしいことを理解した。用いた電極は電気通信大学で独自に開発したもので実際の研究で使用しているものとのこと。ついで複数の参加者の sEMG信号で、実際に研究に使用している一台のロボットアームを制御し、物体の把持と移動(Pick-and-Place)の実験(sEMG によるロボットアーム制御で、物体を把持し、持ち上げ、指定されたエリアへ把持物体を移動し、降ろす一連のタスクを制限時間内におこなう実験)を TA 学生の協力の下で行った。この実験では、複数の参加者の手首の 3 次元動作(上下・左右・前後)および手掌の動作(握り・開き)の sEMG 信号を命令として用いるため、これらの動作のときの筋電信号を識別プログラムに学習させた。その後、皆で協力して Pick-and-Place 実験を行った。この実験では、実験

システムを構成するロボットアーム,識別プログラム,センサが全て正常に動作すると共に、参加者間のチームワークも不可欠であった。何度かの失敗ののち、見事  $500\,\mathrm{mL}$  入りペットボトルと  $1.5\,\mathrm{kg}$  の重りを用いた Pick-and-Place 実験に成功して、授業を終えた。

## ●閉校式

修了証を授与し、記念撮影してスクールを修了した。





3月28日 (水) 実施グループ

3月29日 (木) 実施グループ

閉校式での記念撮影

## ●平成29 年度スプリングスクール アンケート結果

#### 【1】略

【2】このスプリングスクールに参加したきっかけを教えてください。

【2】このスプリングスクールに参加したきっかけを教えてください。			
	テーマ1	テーマ2	計
	(スパコン脳)	ロボットアーム)	П
1.どのようにしてこの講座を知りましたか。(複数回答可)	回答者 18名	回答者 8名	26
1. 調布市報(手配せず)			0
2. 大学に掲示していたポスター			0
3. 市の公共施設に掲示していたポスター(手配せず)			0
4. 大学からのダイレクトメール(手配せず)			0
5. 電通大ホームページ	1	1	2
6. 家族・友人・知人からの情報	3	1	4
7. その他・高校のポスター掲示	12	5	17
・高校の教師の紹介	2	1	3
2.このスプリングスクールに参加した動機は何ですか。(複数回答可)			
1. 興味があったから	17	6	18
2. 自分の一般的知識を広げたかったから	3	1	3
3. 自分の専門的知識を広げたかったから	5	3	7
4. 人から勧められたから	2	1	3
5. その他・脳の分野に興味があったから	1	1	2
・前回参加して面白かったから	1	1	2
・大学の様子を見たかった		1	1
【3】今回のスプリングスクールについてご感想をお聞かせください。			
1-3.実施時期、曜日、時間帯			
イ.良い	17	6	23
ロ.どちらともいえない	1	2	3
ハ悪い			0
4.講座内容について			
イ.良い	16	8	24
ロ.どちらともいえない	2		2
ハ.難しい			0

# 5.スプリングスクールについて良かった点、改善が望まれる点がありましたらご記入ください(複数回答可)。

170		
・初心者が何もできないということはなかった	1	1
・わかりやすい、丁寧な説明で、よく理解できた	6	6
・大学らしい高度な内容の一部を体験できてよかった	1	1
・楽しい雑談、スタバとミスドがよかった	1	1
・専門的な知識がなくても楽しむことができた	1	1
・神経細胞の仕組みについてよくわかりました	1	1
・雰囲気がよかった	•	'
・のんびりとした雰囲気だが、内容はがっつりとしていた	1	1
・説明がわかりやすく、TA さんの対応が丁寧でよかった	1	1
・難しかったが、少しわかったような気になれた	1	1
・少人数なので質問しやすかった	1	1
・知識がわかりやすく得られた	•	'
・大学でどんなことをしているか分かった		
・オープンキャンパスでは見られない魅力を感じた	1	1
・専門的な話でも分かりやすかった		

・プログラムが先に書いてあったり、実験資料やスライド資料がすべ	.		1.1
て用意してあったりと、至れり尽くせりであった	1		1
・講義だけでなく、自ら実験できたことがよかった	1		1
<ul><li>・高校生にとても分かりやすく説明してくれた</li><li>・プログラムを動かすのも楽しく、わかりやすかった</li><li>・研究に使っている機材についても説明していただき、とても参考になった</li></ul>	1		1
・事前配布の資料を読んだだけではわからなかった部分も当日丁寧 に説明していただいたおかげでよく理解できた	1		1
・個人や高校ではできないことを体験できてよかった		1	1
・ロボットアームを実際に動かすのは視覚的に楽しめた		1	1
・先生とTAさんの説明がわかりやすく、とても丁寧に操作を手伝ってくださいました		4	4
・日頃どんなことをしているのかもっと知りたかった		1	1
・実際に研究対象となっているものや開発中のものが体験できてよかった		1	1
・少し精度(感度)が悪く、操作に時間がかかることがあったが、体験 講義を通じて実用化には試行が志向が必要であることが分かった		'	'
・実際に体験できたことで理解が深まった		1	1
・少人数で楽しかった		1	1
・脳科学ライフサポート研究センターのパンフレットがもらえてよかっ た		1	1
セス和中の子は、エロー、おりはフレナート・トナーナ	4		
ある程度のオリジナリティが出せるともっとよかった。	1		1
・どのレベルの人が参加しやすいのか、あらかじめ提示していただけ るともっと良かったと思う	1		1
<ul><li>・インターフェースがわかりにくかった。</li><li>・コードの中身についてもっと詳しく知りたかった</li></ul>	1		1
・ロボットアームでキャッチボールができるともっと興味がわくので は?		1	1
・筋電信号の読み取りがもう少しよくなるととても良い		1	1
・もう少し日本人スタッフが多いとよかったかと思う		1	1
・装置が止まってしまうことがあった			

## 【4】このようなスクールで、今後受講されたい内容をご記入ください(複数回答可)。

・fMRI での脳活動部位の探索	1		1
・AI、深層学習、機械学習に関して	4		4
・天文物理学。ミリカンの油滴実験(電荷素量の決定実験)	1		1
・英語での講座	1		1
・化学や物理の分野	1		1
・神経系の分野	1		1
・ロボット技術について	1		1
・様々な分野	1		1
・脳とインターネットとの接続について	1		1
・BMI 関連のことの	1	1	2
・インターネットセキュリティに関するもの	1	1	2
・光物理学の分野	1	1	2
・身長と遺伝の話		1	1
・寿命の話		1	1
・地震の話		1	1
・自分で装置を組み立てる授業		1	1
・ロボットアームで野球をする		1	1
・情報とバイオ関係のテーマ		1	1

・脳神経を使わずに体を動かす(筋ジストロフィー患者の)装置を体験			
したい	'	'	

## 【5】スプリングスクールについてその他ご意見等ございましたらご記入ください。

• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •			
・もう一方のテーマも受けたかった	2		2
・もう少し長くやりたかった	1		1
・夏休みや冬休みにも実施してほしい	1		1
・もっと講師を増やして何種類も体験できるとうれしいす	1		1
・今後も続けてほしい	1		1
・参加者に何かプレゼントがあるとよい	1		1
・新潟にいてはなかなか参加する機会がなかったが、今回招待を受けていい経験になりました。ありがとうございました。	2		2
<ul><li>・大学で行われれている研究を身近に感じることができてとてもよかった</li></ul>	1		1
・1,2年の時に受けたかった	1		1
・非常に楽しかった。ありがとうございました	3	3	6
・実験が多く楽しかった		1	
・ありがとうございました		1	1

## 【6】他大学のこのようなスクールに参加したことはありますか?

1. ない	17	8	25
2. ある 京都大:	1		1
	回答者 18名	回答者8名	26
	テーマ1 (スパコン脳)	テーマ2 (ロボットアー ム)	計