



令和元年度 東京都立小石川中等教育学校  
スーパーサイエンスハイスクール（SSH）

# 生徒研究成果発表会 研究概要集

## プログラム

開会

校長挨拶

梅原章司

研究発表

1) 昨年度「小石川フィロソフィーV」より

① シンガポール交流校との研究交流

2) 「小石川フィロソフィーVI」6年間の研究まとめより

② ロボットを想う・創る・歩かせる

③ 簡便なカフェインの定量

④ 変形菌の自他認識行動の研究

⑤ 赤羽自然観察公園の湧水について

⑥ 音楽が学習作業に与える影響 ～適切な統計解析の検討～

3) 昨年度「小石川フィロソフィーIII」プレ課題研究より

⑦ AIは人間にじゃんけんで勝てるか

指導講評（本校SSH運営指導委員の先生方）

永田 敬 様（総合研究大学院大学 理事・副学長）

小林 哲幸 様（お茶の水女子大学 教授）

山崎 謙介 様（東京学芸大学 名誉教授）

閉会

1

発表テーマ	シンガポール交流校との研究交流			
発表者	6年		6年	
	6年		6年	
研究概要				
<p>私達はシンガポールで「重力加速度の正確な測定」に関する研究を発表しました。この研究は、物理チャレンジや、小石川フィロソフィーの時間、SSH 英国ウェールズ研修、シンガポールでの現地の生徒に対するの発表等、小石川のSSHの活動を通して、様々な方からたくさんの刺激を受けています。その結果、活発な議論を行い、研究をブラッシュアップすることができました。その結果をご覧ください。</p>				

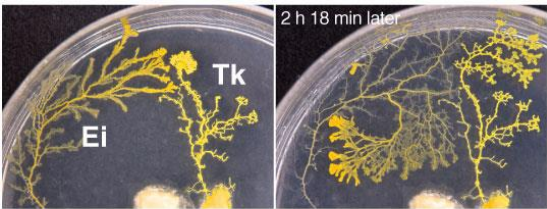
2

発表テーマ	ロボットを想う・創る・歩かせる			
発表者	6年		6年	
研究概要				
<p>ロボットを歩かせるには様々な手段がある。私たちは長い時間を通じて、自作のロボットを歩かせるための方法を考えてきた。</p> <p>その一つが動きを細かく手動でプログラムする方法である。私たちはこの方法で数台のロボットを非常にスムーズに歩かせることに成功した。その一方で、この方法には非常に長い時間を要することと、経験や勘を頼りとする作業が必要である点で課題を感じていた。</p> <p>その課題を解決するため、強化学習とシミュレーションを活用して歩行を<b>ロボット自身で学習させる</b>方法を考え、実装した。この方法は事前の知識なしに前進動作を獲得した点で成果をあげたものの、安定した歩行の動作は得られなかった。</p> <p>その後、<b>Derivation-free Optimization</b> を応用したシステムを考え、ロボットのモーション作成を劇的に簡単にするフレームワークを構築した。これはロボットに関する事前知識のない中学一年生の後輩が、<b>たったの40分で望んだ動作を作成し、実機で動かすことができるようになる</b>といった大きな成果をあげた。</p> <p>本発表では、これらのロボットを歩かせるための一連の取り組みの道のりを紹介するとともに、主に最後の「ロボットのモーション作成を劇的に簡単にするフレームワーク」について詳しく紹介する。このロボットを作り続けて早5年。青春の大半をロボットに費やしていく中で見えてきた、皆さんの知らない世界をお見せできるだろう。</p>				

3

発表テーマ	簡便なカフェインの定量			
発表者	6年			
研究概要				
<p>本研究では、高価な機器を用いず、できるだけ簡便に飲料中のカフェインを定量する方法を開発した。飲料中のカフェインを開発したカフェイン定量試薬 (<math>\text{Bi}^{3+}</math>を含む) で沈殿させ、その沈殿量を調製したカフェイン標準溶液と比較することで、カフェインの含有量を調べた。沈殿量については、簡便に測定するために毛細管を採用し、沈殿の高さから比較した。本方法はHPLCを用いた方法と比べて測定にかかる時間を短縮でき、高価な機器を必要としないという点で簡便であり、直観的な理解を得やすいという利点もある。</p>				

## 4

発表テーマ	変形菌の自他認識行動の研究		
発表者	6年		
研究概要			
<p>変形菌は、同種の出会った相手を厳格に判別して、融合する／しないの行動決定を行うことができる。それだけでなく、環境に対して自己に関するシグナルを拡散することによって、相手に直接接触することなく自他認識を行うことができることがわかった。これを変形菌の自他認識における自己拡張モデルとして提案する。</p> <p>変形菌（粘菌）の変形体は、同種どうしであっても遭遇した相手と融合する／しないを選択でき、このことは変形体には自他を認識する能力があることを示している。本研究は、まだほとんど解明されていない、変形体の自他認識行動のモデル化を目的とする。</p> <p><i>Physarum rigidum</i> イタモジホコリの同種異個体（産地違い株）5株 10組み合わせを寒天培地上で自由に行動させ、2個体の遭遇時の行動を観察する実験を行なった。205回の遭遇機会について、融合／回避の行動決定に要した時間と相手からの距離を定量化し記録した。</p> <p>その結果、10組み合わせ中、1組のみが融合し、9組では100%遭遇相手を回避した（図）。この行動決定は、細胞膜への直接接触なしで、変形体が分泌する粘液への接触のみによっても行われる（非接触型自他認識の発見）。この非接触型自他認識は相手との距離に関係なく生じ、接触型よりも自他判断が早い傾向がある。</p>			
			
図 変形体2個体の自他認識行動：回避例			
<p>以上の結果より、<i>P. rigidum</i> 変形体は同種異個体を厳格に判別して行動を選択でき、しかも非接触型自他認識によって遭遇相手との融合／回避の決定を早く安全に行うことができると言える。</p> <p>先行研究では、変形体が分泌する粘液に対する行動は、基本的に回避であるとされてきた。しかし、この粘液は単なる忌避物質ではなく、自己に関する情報を環境に対して拡散するシグナルとして位置づけられる。これを自他認識行動における自己拡張モデルとして提案する。</p>			

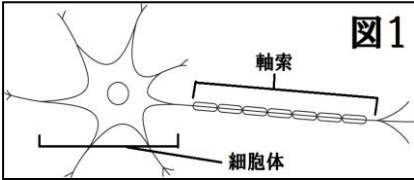
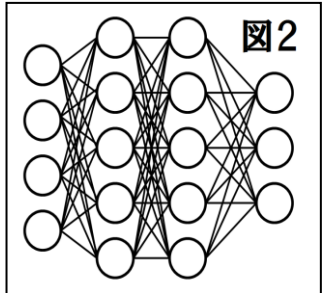
## 5

発表テーマ	赤羽自然観察公園の湧水について		
発表者	6年		
研究概要			
<p>本研究は小石川フィロソフィーⅣ地学研究で7期生・8期生の先輩の研究を引き継いだものである。東京都北区赤羽に位置する赤羽自然観察公園には都内有数の湧き水がある。2015年度では湧水の水質調査を主に行い、年間を通して水質が安定していることがわかった。2016～18年度にかけては湧水の湧水量を測定することに目的を変更し、継続的な調査を行った。2016年度では主に浮き法と袋法という2通りの方法を用いて湧水量を測定したが、測定方法に不備があるとして2017年度からは新しくせき法を導入し、より安定した測定値が得られるようになった。3年間の継続調査によりこの湧水には年間を通して一定量の湧水量が保たれていること、付近の降水量に影響を受けていることがわかった。</p> <p>降水量と湧水量の相関は初め短期的な影響が最も大きいとしたが、2018年度の後輩が計測日の17日前までの降水量を合計した積算降水量と湧水量の相関が最も高いと地学研究の論文で示している。</p> <p>また、私は湧水量の測定結果と積算降水量とその2つの相関関係から、湧水のモデル化を行い、タンクモデルの作成、検証を行った。</p>			

## 6

発表テーマ	音楽が学習作業に与える影響 ～適切な統計解析の検討～		
発表者	6年		6年
研究概要			
<p>皆さんは音楽を聴きながら勉強をするだろうか。私たちはその行為が成績を上げるのではなく、むしろ成績を下げるにつながっていると考え、小石川フィロソフィーⅢから研究を行ってきた。</p> <p>今回取り上げる小石川フィロソフィーⅣ～Ⅵの研究では、4年生を対象として、音楽なしとスピーカーからの音楽（J-pop）ありという2つの環境下での計算作業の成績を比較し、考察を行った。本研究では、成績比較の際に等分散の検定（F検定・Levene検定）とt検定（スチューデントのt検定・ウェルチのt検定）・多重比較法（Dunnnettの逐次棄却型検定）を統計解析の方法として使用した。また、改善や考察については、文京学院大学女子中学校・高等学校の研究チームとの研究交流の機会（フィロⅢ～Ⅴ）や前川恒久先生・永田靖先生（早稲田大学）・酒折文武先生（中央大学）をはじめとする先生方から助言をいただく機会（フィロⅤ～Ⅵ）を得て、全体を通して統計・神経科学などの様々な観点から継続的に行った。今回の発表では、研究内容や統計解析を中心に、「世の中・研究のデータを取り扱う上で気を付けたいこと」についても焦点をあてる。</p>			

## 7

発表テーマ	AIは人間にじゃんけんで勝てるか		
発表者	4年		
研究概要			
<p>&lt;実験で行ったことの概要&gt;</p> <p>ニューラルネットワークを用いてじゃんけんで相手が次に出すであろう手を予測させた。被験者の出した手を時系列に記録し、データ化し、そのデータを用いてAIに次に出すであろう手を予測させた。</p> <p>&lt;ニューラルネットワークについて&gt;</p> <p>ニューラルネットワークとは、人間の脳の神経細胞（図1）の構造を模倣した情報処理モデルであり、図2のような構造をしている。○が神経細胞の細胞体、○と○をつなぐ線が軸索を模している。コンピューターのプログラム上ではこれらは数理モデルとして表現される。</p> <p>左端の○から右端の○に線を介して信号（数値）を受け渡していく。左端の○に予測するための材料、右端の○に予測の答えをセットし、前後の値が一致するようにすることで学習をする。ニューラルネットワークの学習は人間で例えるなら算数の問題集を解くようなものだ。大量の計算式とその答えを見て反復演習をし、規則性を見つけ、そこで得た経験で初見の計算の答えを出すことと似ている。ニューラルネットワークは脳を模倣しているため、現れる現象は人間とかなり類似している。例えば、学習用のデータを丸暗記してしまい、新しいデータではうまく機能しない“過学習”という状態や何度学習しても性能が良くならないスランプ状態（特異点）等がある。最近では、ニューラルネットワークを用いて人の行動や思考を研究している脳科学者も少なくない。</p> <p>&lt;実験内容&gt;</p> <p>実験ではニューラルネットワークの層の数、一層当たりのニューロンの数、学習に用いるデータの数などを変えてその時の予測精度を比較した。</p>			
		 <p style="text-align: right;">図1</p>	
		 <p style="text-align: right;">図2</p>	