



# パストゥール通信

2024年 新春号



## 巻頭のことば

理事長 吉川 敏一

ようやく新型コロナウイルス感染状況も落ち着き、ここ京都も観光客でごったがえすようになりました。インフルエンザの流行も懸念されましたが、未だ爆発的な感染にはいたっていません。日本国内の学校では、対面授業やクラブ活動、学園祭なども本格的に再開され、経済活動も平常化してきました。ルイ・パストゥール医学研究センターにおいても、学会活動や研究生活、公益事業なども、やっとなパンデミック以前の状態にもどりつつあります。

しかし、そのような中でも、WHOからは、更なる未知の新たなウイルス感染症や難治性の耐性菌感染症の増加がそれほど遠くない時期に発生するとの警鐘が発せられています。それに備えて、今から十分な対応策を練っておく必要があり、わが国では感染症に対する司令塔として、国立感染症研究所などを柱にいくつかの施設を合併し、新たな組織の構築にのりだしています。



当研究センターでも、これらの社会情勢を踏まえた対応策を取っておくことが重要かつ必要不可欠と考えています。そのために、研究センターの4階にウイルスや耐性菌の研究に必要な最先端の機器と設備を備えた新たなBSL2対応の研究室を設立することにいたしました。この研究室については、あとのページで研究センターの呉研究員のレポートで詳しく紹介しています。そこに、日本をはじめ世界のウイルス・細菌学者が研究に必要とする有体物の供給を可能とするリソースバンクを設置します。ここでは、われわれ独自の研究も展開する計画です。ご期待ください。

本年の3月11日には、ささやかではありますが、「公益財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター創立35周年記念パーティー」を京都ブライトンホテルで執り行うことにいたしました。皆様よりたくさんのご寄付をいただきましたおかげで、近々の目標であった研究センター内のセキュリティーの強化や老朽化した設備等の修繕も完了し、快適な研究環境を整えることができました。正面玄関の装いも新たに変わった研究センターを是非ご覧になってください。

研究センター内外において、このように落ち着いて研究できる環境になってきたことを喜んでおりますとともに、2024年の年明けに際し、さらなる飛躍を目指して行動すべく、研究員ともども身の引き締まる思いでいます。皆様の日頃からのご厚情に対し、あらためて御礼を申し上げますとともに、今後はこの施設を有益に運用して、画期的な研究成果が多く生み出されることを期待しています。さらなるあたたかいご支援のほど、よろしく願いいたします。



ポストコロナ禍で

## 脳と心の関係を考察する

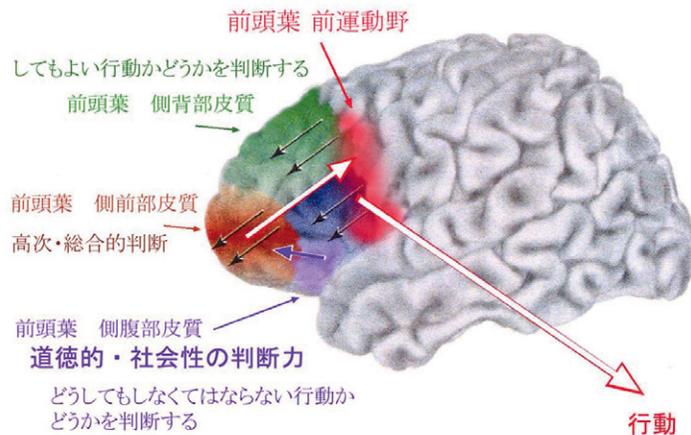
(公財)ルイ・パストゥール医学研究センター 藤田 哲也

21世紀における脳研究の進化に伴い、脳と心の関係をめぐる考察、すなわち心脳問題にも大きな影響を及ぼすようになった。心脳問題とは古代ギリシアに始まる脳と心の関係についての根源的な考察であり、それはヘレニズム時代に定式化された問い、すなわち、「われわれは、どこからきて、なぜここにいるのか、われわれは何者であるか、そしてどこに行くのか」という、人間の宿命的な課題と深く結びついている。心脳問題を巡る議論は、神・魂の存在を認めるか否かという問題とも絡んで、時代ごとに大きな変遷を遂げ、現代のわれわれは、宇宙・地球・生命についての探究を通して、「われわれはどこから来て、なぜここにいるのか、そしてどこへ行くのか」という問題に対する自然科学的な答えをすでに手にしている。しかし、「われ

われは何者であるか」という問いは、脳が物と心との両面を有することから発しているのであって、それが心脳問題の核心だと考えられる。

一方、脳が生み出したものに他ならない心の世界とは、あらゆる時代・場所における個人の心とともに、集団(社会)的な心、すなわち、文化と文明を包含する広大な世界となって現れている。

昨今のスペイン風邪の再来と例えられる新型コロナウイルスの襲来で私たちはまたもや、ものの考え方や心の在り方、人とのつながりや生活スタイル等が一変し、「われわれは何者であるか、そしてどこへ行くのか」という新たな問いを突き付けられている。新型コロナウイルスの驚異は一旦収まったものの、ポストコロナ禍における心脳問題について、こ



のあたりで考察することは無駄ではないだろう。

そもそも脳研究は、19世紀初頭のヴィーアの医師フランツ・ガルが主張した脳の機能局在という概念から始まった。今までのように脳は豆腐のように一つの塊ではなく、異なった機能を持ついくつかの領域があるということをし、しかもそれらに体のいろんな部分を支配する中枢があることを、彼は自身の著名な本『脳の解剖学と生理学』で明らかにしたのだ。

そしてその後の研究で、理性的な精神(心)は言語中枢を含む前頭葉にあることが、しかも理性的・道徳的判断は言語中枢よりも前方の前頭葉前野(額のすぐ後ろ)に局在することがわかってきた。そして非常に重要なことは、脳のほかの部分(頭頂葉、後頭葉、側頭葉)は生まれながらの状態でも自然に機能が発達してくるのに対して、言語中枢も含め、前頭葉前野は生後の教育でトレーニングを受けなければ機能しないということである。

今日では、脳の働きを鮮明に観察できる機能的MRIやポジトロンCTなどの機器の発達により、より詳細な前頭葉前野の研究が可能になり、そこから新たな見地が脳科学専門家から発表されている。2015年には、ヒトの協力行動における前頭葉前野の機能について、画期的な知見(脳領域における罪悪感と不平等の証明)も報告された。

さて、コロナ禍では私たちの生活はかなり内向きへと変わっていった。勤労形態もテレワークとなり、大学などは在宅受講が増えていき、外部社会との直接的な接触やコミュニケーションも激変していった。その期間が3

年間以上も続き、ポストコロナ禍では、その影響かどうかは定かではないが、引きこもりや就労や登校拒否の声を多く聞くようになってしまった。本来、集団社会で生きている私たちは引きこもりや就労や登校拒否などのそれらの行動に対して、周りの期待を裏切り「このままではいけない」と潜在的に罪悪感を持ってしまうものだ。そのときに前頭葉前野も反応していると考えられる。

そこで唐突と感じられるかもしれないが、この前頭葉前野のトレーニングというもの、つまり脳を育てるということが今後の重要なキーとなるのではないだろうか。

ある研究では、単純な計算や読書(音読の方がより効果的)で年齢問わず前頭葉前野が活性化するという結果が顕著に出たと報告されている。まずは、新聞などの身近な読み物を声を出して読んだり、目にした数字のいくつかを足し算や引き算で計算してみたりして、前頭葉前野を活性化し鍛えることはいかがだろうか。私たちの心にも良い影響を与えるのではないかと期待される。

#### (参考文献)

- ・ T. Nihonsugi, A. Ihara M. Haruno: Selective Increase of Intention-Based Economic Decisions by Noninvasive Brain Stimulation to the Dorsolateral Prefrontal Cortex. The Journal of Neuroscience, 35(8): 3412-3419, 2015
- ・ 川島隆太 脳科学レポート  
[www.bureau.tohoku.ac.jp/manabi/manabi17/mm17-45.html](http://www.bureau.tohoku.ac.jp/manabi/manabi17/mm17-45.html)

# 環境感染制御研究室



主任研究員  
呉 成旭

[お そんうく]  
博士(生命科学)

2006年 立命館大学 理工学部 化学生物工学科 卒業  
2008年 奈良先端科学技術大学院大学 パイオサイエンス研究科 博士前期課程 修了  
2014年 京都大学大学院 生命科学研究所 統合生命科学専攻 博士後期課程 修了  
2014年 京都大学ウイルス研究所 技術職員  
2018年 京都大学ウイルス・再生医科学研究所 博士研究員  
2022年 公益財団法人ルイ・パストゥール医学研究センター 主任研究員

2020年初頭から世界中で大流行を起こした新型コロナウイルス感染症は、ウイルスの度重なる遺伝子変異、そして感染とワクチン接種による宿主免疫の普及によってようやく鎮静化しつつあります。しかしながら、“コロナ禍”が人類社会に残した爪あととは深く、私たちの日常生活ははまだ混沌を脱することができずにいます。私たち人類はパンデミックの脅威を身をもって経験したわけですが、息をつくのも束の間、新たな新興・再興感染症の襲来にしっかりと備えていく必要があります。現代社会を生きる私たちの政治、経済、産業活動は今後ますます活発になり、さらにグローバル化が進められていくなかで、加速する地球の気候変動、世界中をつなぐ物流や人流のネットワークが次の感染症大流行をすぐにでも引き起こす恐れがあるからです。

このような状況で、当研究センターでは、現代社会のニーズに沿った公衆衛生と感染

症予防の課題に取り組むべく新たに「環境感染制御研究室」を立ち上げました。一昨々年の3月にニプロ株式会社との共同研究をスタートさせ、同年10月には3階東フロアにBSL3機能をそなえた実験室を新設しました。ここでは主に、共存イオン濃度をおさえた高純度の電解次亜塩素酸水に関する研究を行っており、その化学的特性と細菌やウイルスなどの様々な病原体に対する消毒効果について調べています。実験室内には温湿度と換気量をコントロールできる20m<sup>3</sup>の空間試験チャンバーとエアロゾル発生装置、空気捕集装置を設け、多様な生活空間を想定した次亜塩素酸水による噴霧消毒試験を実施しながら、効果的な消毒と空間浄化方法の探索を行っています。BSL3施設内にこのような大規模な環境試験設備を設置した例は当研究センターが初めてであり、厳密な安全管理体制のもと、より危険度の高い病原体を取り扱った試験が可能となっています。

そして昨年9月には、「病原体リソースバンク」と題した新規プロジェクトの研究拠点として、4階東フロアにさらに新たな実験室を完成させました。病原体感染症の予防策としては何よりもまず日常の消毒によって生活空間の衛生を保つことが重要ですが、さらに包括的な感染症対策を実現する上で、各々の病原体に適合した有効で安全なワクチンと治療薬が不可欠であることは言うまでもありません。大学や研究機関、民間企業がこれらの研究開発を滞りなく推進するためには、対象とする病原体の円滑な取得と適切な管理維持が必要でありながら、いまだ国内においてはそのリソース源が限定的かつ流動的であり、また規格や品質、管理方法などについても標準化がなされていない状況です。このような問題を鑑み、当研究センターでは、主に産業利用を目的とした病原体リソースのバンク事業を環境感染制御研究室の活動の枠組みに取り入れ、高品質なリソースの提供を請け負う恒久的拠点を目指すことになりました。私たちの強みでもある

病院や自治体衛生研究所とのネットワークを駆使して、様々な病理検体から特定の病原体を特異技術により分離・純化し、厳密な保管体制のもとで高純度に管理維持するとともに、網羅した病原体株の由来や遺伝子情報を明確化します。さらに、独自研究として病原体の新規培養技術などの開拓・開発にも研さんを積み、また提供先での技術サポートや様々な要望に応えた受託試験など、サービス面での充実をはかることで、量的・質的にも社会の信頼と満足に足る独創的な病原体リソースバンクの構築を実現します。

このような新規プロジェクトを精力的に進めるべく、拠点となる新たな実験室づくりには一段と力を入れました。“清浄”をイメージした白色を基調とし、“誠実”を表現した青色、“活気”を連想させる黄色を差し色とした実験室のカラーリングは、私たち研究員の日々のモチベーションを高める効果をねらったものです。外部からの病理検体などを安全に受け入れるために入口には受付窓口を



BSL3実験室内空間試験チャンバー(3階東)



BSL1エリア入口側から(4階東)

設け、すぐとなりに検体保管用の冷蔵・冷凍庫を配置しました。実験室内部のパーティションで囲んだ二つのエリアはそれぞれ細菌とウイルスを取り扱うBSL2実験室で、ともに空間と空調・換気システムを独立させることで互いのクロスコンタミネーションを防止し、さらに陰圧環境に整えることで外部のBSL1エリアに空気が漏れ出さないように設計しています。BSL1エリアの間取りはできる限り広くとり、入口付近にはシンクと試薬調製のスペース、実験器具や試薬、消耗品類の保管スペースを設け、実験の準備や片付け作業を効率よく行えるようにしました。メインエリアには大型の対面式実験台3台を平行にならべ、研究員の動線を考慮しながら機器類の設置と実験作業のためのスペースを十分に確保しています。また、実験室の奥にミーティングテーブルとTVモニターを設置して研究室内外とのコミュニケーションスペースも整えており、ワンフロアでありながら機能的なゾーニングを意識し、様々な作業をシームレスに行える快適な実験室に仕

上げました。南北と東からの三面採光は実験室を一日中心地よい明るさに保ち、また壮大な比叡山と百万遍知恩寺越しに拝む大文字山からは京都のパワーと四季折々の美しさを感じ取ることができます。この恵まれた環境が、私たちの活動にさらに刺激を与えてくれるものと期待しています。

環境感染制御研究室を立ち上げてからまだ年月も浅く、新たな実験室にいたっては順次実験解析機器などの設備を充実させている段階ですが、一日も早く研究体制を整え、電解次亜塩素酸水の研究とともに新規プロジェクトを推し進めていきたいと思えます。かつてルイ・パストゥールが公衆衛生と感染症予防の分野において多大な貢献を果たしたことから、私たちは特別な使命感を抱きながら現代社会における当該分野の課題解決と発展に向けてまい進していく所存です。今後とも当研究センターならびに当研究室への変わらぬご支援を賜りますよう、よろしくお願い申し上げます。



BSL2エリア (4階東)



シンク・試薬調製・保管スペース (4階東)

## 新型コロナと

# 低線量放射線影響

(公財)ルイ・パストゥール医学研究センター  
インターフェロン・生体防御研究室  
室長

宇野 賀津子



### 新型コロナウイルス

2020年春から世界中に広がった新型コロナウイルス感染症(COVID-19)は、日本でも多くの人を恐怖に陥れた。治療薬も治療法も手探り、特に基礎疾患をもつ高齢者は重症化しやすいと言われ、初期のころに感染した高齢者では多くの方が亡くなった。

会議も講義もZoom、学会もOnlineという日が続いた。免疫検査の検体数は減少していたとはいえ、免疫検査を請け負っている以上、検体処理や測定のため、短時間でも研究室に出ていく必要があり、車で送り迎えをしてもらう日が続いた。2ヵ月ほど続けて、2020年5月ごろから、いつまでもこれではダメだと思い、自転車、電車、バスを乗り継いでこれまでのように研究所に通うことにした。幸い電車もバスも空いていて、ゆっくりと座って通勤できた。

私自身は、COVID-19が広がりかけた時、サイトカインストームがこの疾患の一番の問題だと言われ出した2020年の春から、こ

の疾患の研究にかかわることとなる。私はこれまでに、癌患者や血管炎、リウマチ、キャスルマン病、呼吸器疾患など種々の疾患のサイトカイン・ケモカインシステムの研究を進めてきた。この10年間ほどは各種疾患のサイトカイン・ケモカインシステムの特性の研究が主流となっていた。

この間、COVID-19の研究を専門医とともに研究する中で、最近では、COVID-19の重症化マーカーの研究や2009年に広がったH1N1インフルエンザとの違いを明らかにしつつある。COVID-19は、特に炎症を引き起こすサイトカインがたくさん出て、いわゆるサイトカインストームが起こり、重症化する。図1に示すように、通常ウイルス感染の時は、当研究センターの創立者の岸田綱太郎が情熱を傾けたインターフェロン(IFN)が素早く出ると、その後のウイルスの広がりを抑えられるが、IFNの出方が悪いと種々のサイトカインが多量に出て悪化する。つまりウイルスの増殖抑制に働くIFNが素早く出ることが重要となる。創立以来、行っている免疫検査であるIFN産生能検査は、ウイルス感

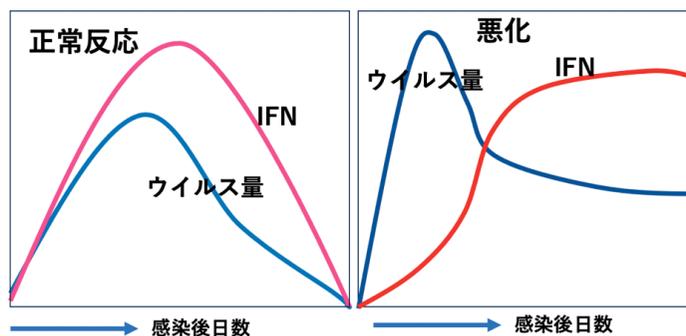
染を起こした時にIFNが素早く出て重症化しないかどうかの、ひとつの指標になると考えている。IFN産生能が低い人には、COVID-19のみならず、この冬場インフルエンザ感染にも注意するよう警鐘を発している。

特にCOVID-19は、検査の結果、肺炎と関連するサイトカインが上昇することがわかった。また、インフルエンザでは、感染時につくられるサイトカインやケモカインと言われる液性の物質78項目中23項目が健常人に対して有意に上昇していたが、COVID-19では25項目が軽症期でも上昇していて、しかもインフルエンザとは半分程度の項目しか共通性がなかった。さらにCOVID-19では中等症ともなると、63項目が上昇していた。

若者にとってCOVID-19は「インフルエンザよりも軽いよ」と、軽視する意見もあるがCOVID-19は軽症といえども、多様なサイトカイン・ケモカインが大きく上昇していて、時によってはその一部はロングCOVIDとして、後遺症にもつながっている可能性が考

えられた。また、60歳以上の高齢者の死亡率は季節性インフルエンザ0.55%に対し、COVID-19ではオミクロン株流行期は1.99%、デルタ株では2.5%であることが、新型コロナウイルス感染症対策アドバイザーボードの資料に示されている。

現在COVID-19のワクチンが普及し、このワクチンは明らかに、とりわけ高齢者の重症化抑制に大きな役割を果たした。私自身はCOVID-19の初期から研究を進めてきて、2022年後半から状況の変化を確認している。京都大学大学院医学研究科の西浦博先生らは、この時期のワクチン接種による集団レベルの影響を全国でも比較的完全な接種歴データがある東京都のデータを用いて調べ、論文発表している。その結果、ワクチン接種により約64万人の感染が直接回避され、集団接種による間接的な効果も含めると約850万人の感染が回避され、ワクチン接種をしなかった場合と比較すると、感染が65%減少したと推定されたと報告している(BMC Infectious Diseases誌2023年)。



●図1 COVID-19感染時のIFN産生とウイルス量の変化

私自身もCOVID-19の患者さんのデータを見てきて、重症だと通常は上昇するIFNや炎症性サイトカインはそれほど高い数字ではないにもかかわらず、初期のころに亡くなった高齢者の数が多かったことを認識した(多分対応した免疫反応が十分に起こっていない)。しかしながら2022年秋ぐらいから、そのようなケースは大きく減少したことを確認している。

### 技術革新と 研究スタイルの変化

長年にわたり、人の免疫機能を測定する研究に深くかかわっているが、20年前までは毎日夜遅くまで患者さんのリンパ球を分けて培養し、順番に血清中のサイトカインを測っていたが、ある機械の導入で実験スタイルは大きく変わった。それを可能としたのは、2007年ごろに開発された多項目ビーズアレイ法の機器を導入したことによる。それ以前は人の血液中のサイトカインを1項目ずつ順番に測っていた。ところが、一度に何十項目も測定可能となったのである。27項目測定キットを使えば、従来法では3cc以上の血液が必要で、27回の測定を繰り返す必要があり、27×6時間がかかったが、多項目ビーズアレイ法を用いれば、20 $\mu$ lの血液のみで5時間で結果がでる。従来法は直径7ミリのプラスチック皿の表面に一つのサイトカインに対する抗体(1次抗体)が結合しており、そこに測りたいサンプルを入れると、そ

のサイトカインがサンプル中に含まれていれば1次抗体により捕捉され、次に2次抗体を入れ、最後に発色させると発色量により含まれるサイトカイン量がわかるという方法であった。ところが多項目ビーズアレイは、6ミクロンのビーズに特異抗体がついており、27plexならば、27種類のビーズが入っており、27項目が一度に測れることになる。どのようにして27種を見分けるかというと、27種類のビーズの位置が決まっており、フローサイトメトリーの応用でビーズを一列に並べて細い管の中を移動させ、第1のレーザー光でビーズの種類を特定し(IL-1, IL-2, IFN- $\gamma$ 等)、第2のレーザー光の強さで蛋白量が測れるのだ。

この方法(図2)の導入で、私自身の研究スタイルは大きく変わった。今までは関連性を予想し測定するという手法が、対象となる患者検体を網羅的に測ってから考えるというように、逆転した。実験計画がしっかりしていれば、かならず結果はでると思えるようになった。

もっとも、この方法に確信がもてるようになるまで、多少の紆余曲折はあった。出た結果を本当に信用してよいのか、特に患者の検体となれば、メーカーも十分な情報をもたない。血液の蛋白濃度もPHも微妙に異なり、健康な人には存在しない抗体などもあって、時には特定の項目だけ測れないという事もある。自身で手を動かしたからこそ、見えてくるシステムの問題もあり、メーカーにコメントもでき、対応もしてもらえた。

今ではさらに多項目の測定が可能で、

48plexと37plexのキットを並行して測り、両キットに重なっている項目を差し引いても78項目、それぞれ2プレート使えば、1日に150人分の測定が可能である。この2年間はCOVID-19の患者血清を測定し、重症化マーカーの探索や2009年に広がった新型インフルエンザとの違いを確認する研究を進めてきた。最近では、COVID-19だけでなく、血管炎、呼吸器疾患、リウマチ、免疫疾患等と多岐に及んでいる。個人の研究者として扱う疾患の多様性、数とともに、日本国内ではトップクラスと自負している。

また、この数年の学会発表は免疫検査に関する発表と3.11以降の放射線の影響のtwitter解析と、まったくかけ離れた二つの内容となっている。3.11以降のリスクコミュニケーションで培った人脈は、統計、疫学、解析と私の仕事の幅を広げ、大いに力となっている。月に1～2回の測定後、臨床データ

を含め横に80列、数百人分の結果表を眺めて、どのように解析しようかとため息をついていた。環境省研究班で5000万件のtwitterデータを扱い、ビッグデータを解析できる人たちと連携したのだが、その中で知り合った仲間の一人からヒントをもらった。大型コンピューターに少し助けをもらえば、機械学習法により解析できるということを教えてもらったのだ。

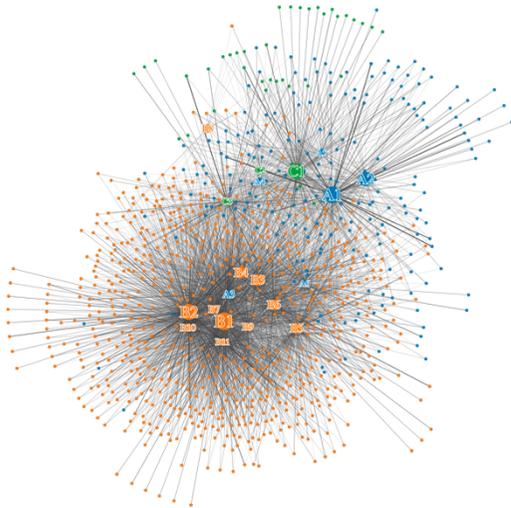
**放射線影響とコロナ禍：  
SNS時代の  
科学的情報発信についての研究**

2023年11月にICRP(国際放射線防護委員会)の国際会議が東京で開催されたが、そこで、The Importance of fact checking of Twitter content to prevent prolonged



●図2 Multi plex測定 of 機械

左は27項目のサイトカインが分けて測定できる様子が映し出されている。  
中央は測定器一式、右は2種レーザーで種類と量を測定。



●図3 3.11以降の放射線に関するtwitter解析群

青:科学的事実に基づいた発信群  
 緑:メディア  
 オレンジ:感情的表現の多い群

health-related consequences caused by radiation anxiety in Fukushima (福島の放射線による長期健康影響への不安払拭:ツイッターの内容のファクトチェックの重要性) Recommendations for Effective Dissemination of Scientific Information, based on the Analyses of Twitter Data Concerning Radiation after the Fukushima Nuclear Accident (福島原発事故後の放射線に関するツイッターデータの分析に基づく、効果的な科学情報発信のための提言) について発表した。この発表は、これまでの3.11以降のtwitter分析からSNS時代の科学的情報発信法の研究を通じてわかってきたことをまとめたものである。一つは、twitter上でやりとりされている内容のファクトチェックの重要性の再確認であり、もう一つはSNS時代の科学的情報発信

法の研究である。詳細の一端は、すでにこれまでのパストゥール通信にも書いているが、3.11直後によく言われた、然るべきところから統一見解をだすというのでは時代にそぐわない。科学的にほぼ正しいとなれば、その都度情報を発信していかなければ、もたもたしている間にあやしげな情報が拡散されてしまうということだ。

SNSの特徴として、エコーチェンバー現象と言われる同じような意見を見聞きし続けることによって自分の意見が増幅・強化される傾向があることや、フィルターバブル効果と言われる自分にとって関心のある周辺情報ばかりが目に入るようになり、その他のことが意識できないために自分とは異なる意見や考えが目に入らなくなってしまう状態がある。例えばコロナワクチン反対となると、SNSでは、その情報のみが入り別のグループの意見が入ってこなくなる。

また私たちの3.11以降の放射線に関するtwitter解析でも、科学的事実に基づいた発信群(青)と、感情的な表現の多い群(オレンジ)、メディア(緑)に分けられることを明らかにしているが、それらの交流はほとんどない(図3)。これを打ち破る方法、あるいは科学的情報発信群の強化のための方策についての研究も現在の課題である。一息ついて、対立する意見に耳を傾けることも重要である。3.11以降の経験から、異分野連携や交流もまた重要であり、SNSの特性を学び、その罠に陥らないことも大事である。

# AI・eスポーツ医学研究室



## 研究員 照岡 正樹

【てるおか まさき】

昭和薬科大学卒。薬剤師。

京都市衛生環境研究所勤務を経て、2019年4月より本研究センター研究員。

専門分野: 生理心理学、医用電子工学、生物学的人工知能論

E-mail:teruoka@remedia.co.jp

### はじめに

2023年度からAIデバイス研究室は、新たにeスポーツの専門家をメンバーに迎え、名称を「AI・eスポーツ医学研究室」と改めて新たな研究に着手しました。本記事では、その概要をお伝えします。

### 1. 従来の研究内容について

従来、当研究室では、ウェアラブルデバイスにより生体情報(呼吸音、心電、脳波など)を取得し、スマートフォンなどに搭載した人工知能(AI)により、そのデータをリアルタイムに解析してアラートを発する装置などの研究を行ってきました。その後、個人あるいは医療機関の所有する医療データのブロックチェーン技術による暗号化の研究を加え、さらにそれを一歩進めて、同医療データのNFT(所有証明書付きのデジタル

データ)化による、各医療機関の枠組みを超えた医療データの広域利用などについても研究の対象としてきました。

### 2. 研究室名変更のいきさつについて

2023年2月に「国際eスポーツ医学会」が設立されました(<https://isem.jp/>)。学会名に「医学」を冠しているように、eスポーツに真正面から医学の光を当てようという学会です。この医学会の設立には、本研究センターの理事長吉川が大きな推進力となり(同医学会の理事長兼務)、本研究センターにeスポーツ医学についての研究拠点を設けるべきとのことから、eスポーツと相性のよい当研究室においてeスポーツ医学についての研究も行うこととなり、名称も変更しました。

### 3. eスポーツについて

従来のビデオゲームとは一線を画した「eスポーツ」というスポーツ競技が、世界的に大きなブームとなっていることはご存知の方も多いのではと思います。

そもそもeスポーツですが、エレクトリック(電氣的な)スポーツの略で、ディスプレイを介して対戦(ゲームプレイ)するものとなります。

それでは従来のビデオゲームと同じではないかと思われるかもしれませんが、大きな違いとして「人との対戦か」「コンピュータとの対戦か」ということが挙げられます。

著名な棋士の藤井聡太氏をご存知だと

と思いますが、例えば、彼がディスプレイを介して遠隔の棋士(生身)と対戦するイメージとなります。

ディスプレイを介していても人間同士の勝負に変わりはありません。また、彼は自宅で将棋AIを相手に将棋の練習をしていることが知られていますが、その場合はビデオゲームをプレイしていることとなります。

それ以外にも、eスポーツには、「課金により攻撃力や防御力が向上しない」、「偶然性を極力排除する」などの特徴もありますが、もう一つ大きな特徴として、主な競技は「チーム戦であること」が挙げられます。例えばアメフトのように、敵も味方もチームを組んで対戦します。そしてチームメンバー間のコミュニケーションは「言葉」で行っています。このことは非常に重要であり、言語を使うことにより、いわゆる反射脳だけではなく、より高度な「社会脳が活性化」することになるわけです。

### 4. eスポーツ「医学」について

(注:以下「医学」には「歯学」、「栄養学」なども含みます)

もちろんeスポーツといっても良いことばかりではなく、過度の連続プレイなどにより、眼や手や腕などに障害が現れることもあ



ります。従来の医学の立場から言えば、自分の意志でビデオゲームをやっているのだから、障害が出るのが嫌ならほどほどに楽しみ、必要であれば強制的にでもプレイを止めさせればいだろうと、そのような考え方が一般的でした。さらに、ビデオゲーム／スマートフォン依存症、これら依存症が原因と疑われる「ひきこもり」の増加など、ビデオゲームのマイナスイメージが社会的にクローズアップされたこともあり、eスポーツとビデオゲームを同列に捉え、eスポーツ＝ビデオゲーム＝悪である、というような言説を唱える方がおられるのも事実です。

その一方で、eスポーツが認知機能や戦略力の向上など、精神面に対して良い影響を及ぼすこともわかってきました。また、特に諸外国では、野球などのプロスポーツと同様に、eスポーツを職業とされる方が多く現れ、非常に多数の観戦者を魅了している事実があります。

リアルなスポーツであれ、物理的に身体に負荷のかかるスポーツでは障害は発生するものです。リアルスポーツに於いてスポーツ医学という分野が確立されたのと同じく、eスポーツについても積極的な医学の介入により、心身と上手く調和をとりながら、知力(精神的体力)を向上させていくことが必要ではないかと考えています。

以下に、現状でのeスポーツ医学の方向性について簡単にまとめてみました。

#### ●eスポーツによる障害の予防・治療

- ・内科領域：運動不足、栄養状態の不良など
- ・循環器領域：座位由来のむくみ、心拍数の過度な上昇など
- ・眼科領域：重度の近視・斜視、ドライアイなど
- ・整形外科領域：指・腕・肩等の腱鞘炎、腰痛など
- ・精神神経科領域：不眠、過緊張、ゲーム依存症など
- ・歯科領域：奥歯(臼歯)の欠損など

#### ●eスポーツを健康維持・向上のためのツールとして活用

- ・内科／整形外科領域：立位eスポーツによるサルコペニア予防



- ・眼科領域：近視／老眼の進行抑止※
- ・精神神経科領域：認知症発症の抑止、引きこもりからの脱却※
- ・歯科領域：口腔内細菌叢の誘導による免疫力などの増強※

※は研究中

#### 5. シニア層の健康長寿のためのeスポーツの樹立に向けて (当研究室での研究例)

前項にも一部示しておりますように、今後eスポーツは、特にシニア層の健康長寿のために必須のアイテムとなるのではと考えています。例えば「社会脳の活性化により認知症の進行を遅らせることが可能ではないか」と、現在、各国の研究機関で活発に研究

が行われています。

当研究室での研究例としては、例えば、サルコペニア（加齢に伴う全身の筋力低下）防止のための「立位のeスポーツ」が挙げられます。

バランスボールなどをご存知かと思いますが、イメージ図のように身体のバランスで、ゲームのキャラクターの動きなどをコントロールするものです。すでに某社からボードタイプのバランスコントローラーが市販されていますが、シニア層の場合、ボードでは足が滑って転倒する危険性があることから、室内履きの靴や靴下内にセンサを仕込み、同時に必要であれば、転倒防止用の手すりにつかまってプレイすることになります。



その他、健康長寿のためには「発声」が重要であることから、声（「ドン」、「カン」など）により「ゲーム内の太鼓を叩き、背後の音楽に合わせる」ようなゲームの制作についても検討しています。

また障害面については、プリズム眼鏡による眼精疲労の予防や、ドライアイ（長時間プレイによる目の乾燥）を防ぐための特殊



●開発中のセンサ例



●プレイ（訓練）中のイメージ

な電気刺激装置（涙腺電気マッサージ装置）についての研究なども行っています。

## 6. 人工知能とeスポーツ

最後に、当研究室のもう一つの大きなテーマである「人工知能（AI）」について、eスポーツと絡めて述べてみます。

チェスや将棋、囲碁については、eスポーツと同様にスポーツの一種として「マインドスポーツ」と呼ばれるようになりました。これらマインドスポーツにおいて、コンピュータ（AI）と人間との対戦は長い歴史を持っています。

中でも、チェスは早い段階（1997年）で人間がコンピュータに破れましたが、敵の駒を再利用できる将棋ではコンピュータに勝ち目は無いだろうと言われていたのですが、2013年にコンピュータにプロ棋士が破れました。それでも囲碁だけは、序盤の布石が終局近くで大きな効果を及ぼすなど、予測する手数が非常に多岐にわたるため、AIを使っても難問だと言われていたのですが、ついに2016年にDeepMindがAlpha Goに搭載したAIエンジンにて、当時の世界チャンピオンを破りました。

そのような中でeスポーツですが、実は囲碁などのマインドスポーツよりもAIにとって

はより難問になります。ミリ秒単位の短時間に相手の戦略を予測しつつ柔軟に対応し、かつ、対応した結果で生じた新たな状況(相手にダメージを与えられない場合など)に応じて更に対応を変更する必要があることなど、AIが不得意とされてきた「予測及び臨機応変力」が必要となるからです。

※注意:ここでのAIは、eスポーツのプログラム内部に搭載されているものではなく、eスポーツのプログラムの外側から、人と同様に「画面を観て判断して操作する」タイプのものを言います。

実際にネットを検索しても、今から5年前、2018年の記事「人工知能 vs. プロゲーマーの闘い、人間が制する——その戦術から見たAIの「弱点」と可能性」<sup>1)</sup>では、Dota2ゲームにてAIが全敗しています。ところが、2022年には、ソニーのAIがグランツーリスモというレーシングゲームにて、eスポーツのプロに大差をつけて勝ってしまいました「eスポーツ選手に『グランツーリスモ』で圧勝 ソニーのAIが学んだ能力」<sup>2)</sup>。

こちらでのAIが勝利した理由については、やや専門的な話になりますが、第三次AIブームの原動力となったDeepNeuralNet (DNN) をさらに一歩進めた、話題のchat GPTなどで使用されている、Attentionとい

う機能を有するTransformerというアルゴリズム(解析手法)の出現が一番の要因だと思われる。

このように、リアルタイム対戦型のeスポーツであっても、選手とAIが対戦できるレベルまでにAIが進化してきましたが、ただeスポーツ界の方向性としては、AIが人間のプレイヤーの敵(対戦相手)となる方向ではなく、例えば今年のゲームショーでは、画像生成系のAIを使ったeスポーツが発表されるなど(「生成AIとUnreal Engine 5技術で実現した効率と品質の両立—独創的サバイバルアクションRPG『EXELIO (Project Genesis)』」<sup>3)</sup>)、「AIとの共存によるeスポーツの進化」が図られる方向に進んでいます。先にも書きましたが、藤井棋士がAIを相手に練習をするような形や、最近では大規模言語モデル(chatGPTなど)に、特定のeスポーツ(種目や選手)の攻略法を尋ねるといったような方向も試みられています。もちろん現状での回答内容は、まだまだ不十分だと考えています「AIにゲーム攻略は可能か?『ChatGPT』でeスポーツの攻略記事を作ってみた」<sup>4)</sup>。

当研究室では、以上のようなAIに関する最新の知見を常に取り入れながら、従来の生体情報に関する研究をベースに「AIを活用したeスポーツ医学」についても研究を進

めています。具体的には、キーボード・マウス(コントローラ)操作の頻度とスピードから筋疲労を計測(腱鞘炎アラート)、ディスプレイの内側カメラによりプレイヤーの顔を観察し、心拍数、瞬き数、あるいは表情(感情)などの計測を行い、ドライアイあるいは体調のアラートができないかなどについても研究テーマの一つとしています。

以上、AIとeスポーツに関して色々述べ参りましたが、囲碁や将棋がAIに負けたからといって囲碁などが無くなるのと同じく、eスポーツも無くなることはありません。囲碁あるいはリアルなスポーツなどと同様、「やることそのものが楽しい」ものが廃れた試しはありません。

### 終わりに

筆者個人的には、eスポーツに限らずですが「リアリティ(現実感)」に大変興味を持っています。

やや政治的な話になりますが、例えば、主にeスポーツの社会で「暮らす」(より現実感を味わう)人々が集えるように、リアル世界の中にeスポーツ界(住民が自治権を有する租界)の構築を行ったり、あるいは逆に、eスポーツ界の中で、リアルの世界での生産的な仕事(創作などによる収入や社会還元)が行えるような仕組み作りが、次世代の中核

となり世界を動かしていくeスポーツネイティブの人々との共存共栄のためには必須ではないかと考えています。

そのような将来を夢見ながら、私たちの研究室では、「心身の健康増進のためのeスポーツ」「そのための医学」を新たなテーマに加え、地道に研究を進めていきます。当研究室を今後ともどうぞよろしくお願い致します。

- 1)<https://wired.jp/2018/08/25/pro-gamers-fend-off-ai-bots/>
- 2)<https://www.technologyreview.jp/s/281189/sonys-racing-ai-destroyed-its-human-competitors-by-being-nice-and-fast/>
- 3)[https://gamemakers.jp/article/2023\\_09\\_21\\_50476/](https://gamemakers.jp/article/2023_09_21_50476/)
- 4)<https://esports-world.jp/column/27268>

## ルイ・パストゥールにおける 研究の動機の特徴



初代理事長  
岸田 綱太郎

(1988年8月1日『パストゥール通信』より転載)



すべての人間の人生には、それぞれ自己が目的とする道があり、人生の第一歩や岐路における方向には動機があると考える。科学者においても、ある研究に取り組むとき何かの動機が在るのが当然で、ただ目の前に食物が置かれ、丁度その時の生理状態がそれを欲していたから、食べたという類のことはないだろう。大学を目指す学生にも、卒業したての人にも自分は「こんな研究がしてみたい」と言う目的があって、それが可能な環境を選び、テーマを探すものである。

ところがルイ・パストゥールにおいては何が動機となって、あれだけ多くの研究を手掛け、その殆ど全てに成功したのであるか？

彼の主だった研究を年代順に並べて、一つ一つを振り返って見ると意外な事実に気付くのである。世の伝記作家の多くは、彼の研究のすばらしさ、栄光、天才的な思想と、巧みな実験にちりばめられた生涯に、ただただ圧倒されてしまう。彼以前の人には、思い

もよらなかった数々の発見、しかもそのすべてが人類の幸福のために応用され、今日でも輝きを失わず、多くの後継者によって発展されている。

ところが、彼の晩年の言葉(孫のパストゥール・ヴァレリー・ラドーによれば)によって、彼自身が生涯の研究テーマに必ずしも満足していないことを、知られるのである。「あゝ私の孫よ、もし人生をもう一度やり直せるなら結晶の研究をやったであろう」とか「私にこんなに多くの敵がいるとは思わなかった」とか、正に悔恨の生涯でもあったような言葉に我々は驚くのである。

では、彼自身がやりたいと思って着手した研究、即ち彼自身の興味が動機となって始めた研究は、結晶の研究、彼が26才の時に化学者として着手した分子不斉(光学異性体)の研究だけであったのであろうか?正確にはそうであろう。だからこそ晩年に若い頃の希望に充ち、意欲満々とした結晶の時代

を思い出しているのである。

もしあの研究を進め続けていたら、後年この分子不斉の研究を発展させた、ル・ベルやヴァント・ホフ(ノーベル賞第1回授賞者〔但し、パストゥールはノーベル賞の制定5年前の1895年に死亡〕)のような超一流の化学者となったであろう。若い頃、この分子不斉の研究に成功した時、自分は「ニュートンのような学者になれるかもしれない」と書いているように、彼の理想はニュートンやガリレオであって、ジェンナーやフラカストのような医学生物学者ではなかった。その彼が、何故生物学から農学、そして医学の道に迷い込んだのであろうか?これは彼程に意思の強い人としては珍しい謎である。

そもそもこの迷路に入り込む動機は、1856年彼が34才の時であると私は思う。この2年前からパストゥールは北仏リールの理科大学で教育しており、彼の学生の父、ビゴーと言う人から、ビゴー氏の工場のアルコール発酵が何かの原因で大損害を受け、パストゥールに救いを求めて来たことに始まる。パストゥールはこれより先に分子不斉の研究中、アオカビの一種が右セン性の酒石産のみを消費する事実を知っており、微生物の持つ大きな力に正味興味を覚えていたの

である。彼はビゴー氏の問題もおそらく微生物が関係あると考えた。リールの大学では学生用の顕微鏡を使用してこの研究に取り組んだが、これが彼を微生物学の世界に導いた最初の動機となった。即ち、一学生の父の窮状に答えたのが動機である。彼が発酵や腐敗や伝染病に興味を持ち、その方面に行く心の準備をしていたところに、丁度この話が持ち込まれたと解することも出来なくも無いが、それならなぜ晩年の言葉が、かくも沈鬱なのであろうか?

その後の研究は、次々と発酵や腐敗の種々のパターンを明らかにし、そこに必ず特定の微生物の存在を証明して行く。この研究に大変やっかいな考えが立ちはだかったために、これが誤りであることを証明するために30年近い年月を要している。それが「自然発生説の研究」(1960年より)である。この説を否定して初めて発酵も伝染病も決して自然に内部から微生物が発生するためにおこるのではなく、常に外部から侵入することを証明し、その予防・治療の問題に進んだ。

また、蚕の病気も卵を継てまで病原体が仔虫伝染することをつきとめ、その伝播防止法を考慮した。彼が蚕の病気と取り組んだ動機も師がジャン・バチスト・デューマ懇願による



パストゥールから治療を受けている少女  
(イギリスの新聞に掲載された漫画)

もので、自ら選んだテーマではなかった。次のニワトリコレラや炭疽病、ヒトの敗血症や産褥熱に至ると、もはや引き返すことが出来ない生涯のテーマとなり、次々とこれらの疾患を研究するとともに、その中から免疫学の原理とワクチン発明の技術を実地応用した。彼は「結晶学にいつか帰る日」を夢みつつ、いつも農民や産婦や、病者の苦しみを見過ごすことが出来ず、一方、当時の医者や獣医の無知に我慢出来ず、多くの敵をも作った。

これらの研究とその成功は、すべて自己の中に動機を持つというより、他の人々から望まれてやむなく手をつけた、という特徴が強い。人々は純粋な化学者であった彼に病気の研究を要求した。しかし最後の狂犬病ワクチンの研究は、なぜか自ら進んで行った研究という形である。当時この病気がフランス

に流行していたとは言え、さほど大流行していたのではなく、ヒトの他の伝染病に比べれば、はるかに少なかったと思われる。ちなみに彼は三人の娘を病気で失い、特にそのうちの二人はチフスで失ったのであるから、チフスの研究をしていてもよかつたろうし、この病気はヨーロッパで多くの死者を出していたであろう。何故、狂犬病であったかと言う動機は、一説には、医者でない彼は犬の病気のうちに予防する方法を研究する方が手軽と考えたと言うし、また一説には、少年時代に故郷で見た狂犬病(ヒトでは恐水病)患者の恐ろしい、そして無効に近い治療法と、末期症状に強い印象を受け、いつかこのような恐怖から人々を救いたいと考えたのが動機だと言われている。或いは後者であった可能性が強い。

要するに、彼の心はあまりにもやさしかったために、生涯を自分が最も好んだ結晶の研究に戻ること無く、次々と病気の解決に捧げたことになる。

果たして「自分には、未だ多くの研究すべきことがあるのに」と死病の床で悟ったと言うが、この研究とは、結晶のことであったか、他の多くの伝染病のことであったか、誰も知らない……………。

## ルイ・パストゥールの 研究テーマと年代

東フランス・ドールに生まれる	1822年
分子不斉(光学異性体)を発見	1844年(26歳)
発酵の研究に着手	1856年
乳酸発酵の研究	1857年
自然発生説の研究	1859年
アルコール発酵	1860年
蚕の病気	1865年
ビールの研究	1876年
炭疽病の研究をはじめ	1877年
敗血症と産褥熱	1878年
ニワトリコレラ・ワクチン	1879年
炭疽病ワクチン	1880年
狂犬病の研究に着手	1880年(58歳)
狂犬病ワクチンに成功	1885年
パリ郊外ガルシュにて死去	1895年

## 活動報告

2023年7月～12月

8月1日	パストゥール通信2023年夏季号発行
8月23日・24日	生物安全実践講習会 第3回実践コースB開催(神奈川)
9月	4階東フロア新実験室完成 ハロン消火用設備・自動火災報知設備リニューアル
9月	高純度次亜塩素酸水に関する研究助成公募実施
12月15日	PASKEN JOURNAL VOL.32発行

### ご寄附のお礼とお願い

当財団は内閣府の税額控除対象財団として、毎年みなさまから変わらぬご厚情と力強いご支援をいただいております、心から感謝申し上げます。

ご寄付いただいた方につきましては、公表して差し支えない方のみ、以下のように、本誌「パストゥール通信」にてご芳名を記載させていただきます。

本年度も引き続き、みなさまの暖かいご支援、ご協力を賜りたくよろしくご厚意申し上げます。

公益財団法人 ルイ・パストゥール医学研究センター  
理事長 吉川 敏一

2023年度

ご寄附者

(50音順、敬称略)

あおい税理士法人、池田昌義税理士事務所、井口晃子、氏家俊明、宇野奎子、宇野秀憲、大江敏夫、大橋俊郎、小笠原幸、奥野真知子、落谷孝広、川合将義、木ノ本雅通、国枝ゆみこ、株式会社ケイ・エス・オー、米田絢一、才原康弘、酒見康史、千玄室、戴平、津久井淑子、株式会社西利、ニプロ株式会社、Noster株式会社、医療法人祥祐会藤田胃腸科病院、藤原功一、株式会社ブライフ、医療法人社団福仁会古川医院、堀田国元、武曾恵理、安田佳子、山本博文、ロート製薬株式会社、渡辺一雄 ほか

ご協力ありがとうございました。

パストゥール通信 2024年 新春号

発行人/吉川敏一 編集人/藤田哲也、広報・企画部

〒606-8225 京都市左京区田中門前町103-5 ☎075-712-6009 ホームページ <http://www.louis-pasteur.or.jp>