

BR



日本バイオロジー学会
<http://www.biorheology.jp>

日バイオ誌 (B & R, 電子版) 第35巻 第3号
J. Jpn. Soc. Biorheol. 35(3) (2021)

日本バイオレオロジー学会誌 (B & R, 電子版)
第35巻, 第3号, 2021

目次

特別寄稿

日本バイオレオロジー学会理事長就任にあたって
・・・・・・・・・・・・・・・・・・後藤 信哉・・・・・・・・・・ 1 (60)

日本バイオレオロジー学会理事長退任にあたって
・・・・・・・・・・・・・・・・・・丸山 徹・・・・・・・・・・ 2 (61)

παντα ρει

神谷瞭先生を偲ぶ
・・・・・・・・・・・・・・・・・・丸山 徹・・・・・・・・・・ 3 (62)

追悼

神谷瞭先生のご逝去を偲んで
・・・・・・・・・・・・・・・・・・谷下 一夫・・・・・・・・・・ 5 (64)

神谷 瞭 先生を偲んで
・・・・・・・・・・・・・・・・・・山本 希美子・・・・・・・・・・ 7 (66)

随想

ソフトマターとしての血液の凝固
・・・・・・・・・・・・・・・・・・土橋 敏明・・・・・・・・・・ 8 (67)

総説

正方形管内流れの SEGRE-SILBERBERG 効果
・・・・・・・・・・・・・・・・・・関 眞佐子・・・・・・・・・・ 10 (69)

解説

遠隔 ICU の現状と課題
・・・・・・・・・・中西 智之, 森口 真吾, 鴻池 善彦, 清水 克彦, 中川 悠樹・・・・・・・・・・ 16 (75)

コロナ渦におけるコントロールセンター及び救命救急センターの実状 (重症患者急増の背景)
・・・・・・・・・・・・・・・・・・石井 亘・・・・・・・・・・ 24 (83)

研究室紹介

名古屋工業大学 電気・機械工学科 医用生体工学研究室
・・・・・・・・・・・・・・・・・・中村 匡徳・・・・・・・・・・ 31 (90)

学会開催記

第2回 Joint Meeting of ESCHM-ISCH-ISB を開催して
・・・・・・・・・・・・・・・・・・丸山 徹・・・・・・・・・・ 33 (92)

年会開催記

第44回日本バイオレオロジー学会年会を開催して
・・・・・・・・・・・・・・・・・・一杉 正仁・・・・・・・・・・ 35 (94)

目次

総会報告

・・・・・・・・・・丸山 徹・・・・・・・・・・ 36 (95)

岡小天賞審査報告

令和3年度 岡小天賞審査報告

・・・・・・・・・・工藤 奨・・・・・・・・・・ 44 (103)

会告・行事案内

第45回日本バイオレオロジー学会年会のご案内

第40回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムのご案内

第41回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムのご案内

協賛学会などの予定

(岡小天基金寄付金納付者)

(新入会員)

(学会入会申込書)

(学会誌投稿規定)

(学会誌投稿票)

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 45 (104)

日本バイオロロジー学会理事長就任にあたって

後藤 信哉*

本年度から日本バイオロロジー学会の理事長に就任致しました。欧州、米国のバイオロロジー関連の3学会連携会議 ESCHM-ISCH-ISB を2021年に成功された丸山徹先生の後任として学会を盛り上げて参りたいと存じます。私は内科、循環器内科、血栓止血学の延長としてバイオロロジー研究に関わって参りました。医学系の学会が厚生労働省・日本医師会・日本医学会の専門分野別分科会であるのに対して、日本バイオロロジー学会は日本学術会議傘下の学術団体としてユニークな立ち位置にあります。医学系の学会の基本が医学一色であるのに対して日本バイオロロジー学会には医学、生物学、工学、食品科学など多彩な領域の専門家が集まっています。各専門領域特有の文化もあって融合が難しいとされていますが、日本バイオロロジー学会は成立時から学際的研究を実行してきました。行政に近い医学系の諸学会では健康保険制度における各種診断・治療技術の保険点数の提案、各専門領域の専門医制度の構築と維持などアカデミズムから遠い仕事が多くなっています。アカデミックな研究に専念できる学際的研究推進の場としての日本バイオロロジー学会の意義は大きいと理解しています。

私のバイオロロジーとの出会いは血小板研究から始まりました。師匠の池田康夫教授が回転粘度計を工夫して「shear-induced platelet aggregation」の装置を開発されました。臨床例のサンプル解析をして *Circulation* などの雑誌に成果を発表しておりましたが、回転粘度計の惹起する shear stress が血小板を活性化するメカニズムを知りたくなりました。循環器内科の臨床医としては独立しておりましたが、流体力学などは全くわからずどこから勉強すればよいかもわかりませんでした。本屋の装華房の図書を眺めていると、本学会の創設者である岡小天先生の「バイオロロジー」に出会いました。誰に聞いてもよくわからなかった「shear stress」などのバイオロロジーの重要概念を本書で学ぶことができました。日本語・英語を問わずバイオロロジーを冠した書籍は多数出版されておりますが、本書に優るテキストに出会ったことはありません。古本屋などでみかけたら是非購入してお読みになることをお勧めします。岡小天先生の「バイオロロジー」との出会いにより、私の血小板研究の枠は大きく広がりました。生命現象としての血小板の機能の解明に加えて、流体の物理の方程式を解くことにより血小板接着などを再現できるようになりました。生物学的研究に物理的視点を持ち込めたことで「血管工学」分野を開拓されていた谷下一夫教授に本学会を紹介頂きお世話になることになりました。

物質の変形、流動が日本バイオロロジー学会の研究対象です。研究対象のスケールは遺伝子・蛋白質などから、細胞、臓器・全身、周囲環境も含まれます。医学・生物学系の研究者には物理的視点を、工学、食品科学などの研究者には臨床医学的視点を提供する医工連携などの境界領域の学会として発展させたいと存じます。科学の歴史を振り返ると、明治維新後だけであっても日本の研究者がとてつもなく優れた貢献をしていることに驚きます。学生には知名度の高い破傷風の抗血清療法を開発した北里柴三郎、アドレナリンの開発者高峰譲吉、選択的凝固因子阻害薬を開発した岡本彰祐・歌子夫妻などを紹介しておりますが、先端的な医工連携研究を主導された本学会の岡小天先生も日本が世界に誇る頭脳です。優れた日本の先輩の研究者から引き継いだ本学会を発展させるために、学会の主役である会員の皆様の率直なご意見をお待ちしております。皆様のご助力をお願いしたいと存じます。

*東海大学 医学部 内科学系循環器内科学 [〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143]

日本バイオレオロジー学会理事長退任にあたって

丸山 徹*

日本バイオレオロジー学会の理事長を退任するに当たりまして一言ご挨拶を申し上げます。

平成 29 年に関西大学の関眞佐子教授の後任として理事長を仰せつかり、この 4 年間、本学会のお世話をさせて頂きました。当然、学会のこれまでの経緯を振り返り、今後のあり方を考える機会も頂きました。本学会は平成 21 年に特定非営利活動法人（以下 NPO 法人）として法人化されました。また同時に学会誌として和文誌（電子版 B&R）と英文誌（Journal of Biorheology）を整えました。その後、毎年法人審査もクリアして法人継続の面でも財政収支の面でも本学会は安定期に入っている状態ではありますが、現今の本学会の課題を私なりに 2,3 挙げてみたいと思います。

一つは会員数が伸び悩んでいることです。理工系の学生の方々は年会での発表を機に入会して頂くことが多いのですが、卒業や就職とともに退会される場合も多く、医系の領域においてもさらに本学会の認知度を高めていかなければ会員数の増加は望めません。これにはバイオレオロジーに関する学部教育も関係していると思われます。今年の年会にも「大学におけるバイオレオロジー教育を考える」というシンポジウムが組まれましたが、私が学生の頃も基礎医学でバイオレオロジーに特化した授業はありませんでした。循環生理や血液生理の一環としてバイオレオロジーを習ったのですが、バイオレオロジーという言葉を知ったのは、恥ずかしながら本学会に入会した卒後のことです。医工連携を深める意味でも、学部時代からのバイオレオロジー教育が重要です。

二つ目は本学会の英文誌 Journal of Biorheology についてです。投稿数が伸び悩み、投稿料と出版費のバランスから学会収支にも影響し始めています。それでも貴重な論文を投稿される先生方のことを考慮して、投稿料は会員・非会員を問わず一律一稿 2 万円据え置いており、値上げの予定はありません。オープンアクセスジャーナルの投稿料としては破格の安さであると思います。今年度の第 44 回年会ではシンポジウムでも一般演題でも完成度の高い発表が多数ありました。学会奨励賞を授与された演題のみならず、優れたご発表は是非論文化されて、Journal of Biorheology に投稿して頂ければと思います。編集委員長のご努力で今後、特集号にも力を入れて行かれるとのこと。査読も迅速ですし、学位論文の投稿先としてもお考え頂けると思いますので、会員の先生方のご協力を宜しくお願い致します。

三つ目は今後の法人形態についてです。現在、本学会は NPO 法人です。NPO 法人のうち一定の基準を満たし所轄の官庁の認定を受けられれば認定 NPO 法人となります。この認定 NPO 法人となれば社会的な信頼度があがり、企業からの協賛や後援が増えることが期待されます。またご寄附を頂く際にも大きなメリットがあります。学会の岡小天基金には、学会内外の方々から毎年多くのご寄附を頂いておりますが、認定 NPO 法人の学会では、ご寄附を頂いた方は税制上の優遇措置を受けられます。

以上、私なりに本学会についての課題を挙げさせて頂きました。今後、新理事長のもとで一つ一つ課題解決が図られることを期待致しまして、退任のご挨拶とさせていただきます。

*九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター [〒819-0395 福岡市西区元岡 744]

神谷瞭先生を偲ぶ

丸山 徹*

神谷瞭先生が令和2年12月22日に逝去されました。ここに日本バイオレオロジー学会を代表して謹んで哀悼の意を表します。

神谷瞭先生は、昭和39年に東京大学医学部医学科を卒業され、昭和44年に同大学院医学系研究科の博士課程を修了されました。その後、東京医科歯科大学の医用器材研究所に赴任され、昭和47年に助教授に昇任されました。昭和55年からは北海道大学の応用電気研究所に教授として迎えられ、平成元年には東京大学医学部医用電子研究施設に教授として帰学されました。同施設は平成9年に大学院医学系研究科医用生体工学講座に改組され、神谷先生はこの改組にも大きく貢献された後、平成11年にご退官されました。東京大学をご退官後は、日本大学総合科学研究所、東京学際科学研究所、横浜薬科大学でもご自身の研究を継続される傍ら後進の指導にも情熱を注がれました。

本学会には昭和54年に入会されて、昭和59年には本学会の年会長として第7回年会を北海道自治会館にて開催されました。昭和62年からは理事をお務めになり、平成29年には名誉顧問になられました。平成19年には長年の本学会への貢献とバイオレオロジー領域における研究の成果に対して、本学会の最も栄えある岡小天賞を受賞されました。没後、正四位に叙せられ瑞宝中綬章を受章されています。

神谷瞭先生のご研究の中心は流れずり応力に対する血管内皮の細胞反応です。現在の東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻医用生体工学講座の研究の方向性は、神谷瞭先生によって確立されたと言ってよいでしょう。当時急速に進歩しつつあったマイクロサージカルな血管の形成・吻合技術や血管内皮細胞の培養技術、培養細胞の分子生物学的な解析技術によって、流れずり応力が培養内皮細胞の形態や配向、種々の生理活性物質の産生にレオロジカルな影響をおよぼすこと、またそれにより血管壁は内径を合目的に調節して血流量の負荷に適応することをいち早く明らかにされました。

筆者は今年7月臨床血液レオロジーやバイオレオロジーに関する国際会議を完全オンラインで開催させて頂きました。これは国際臨床血液レオロジー学会 (International Society for Clinical Hemorheology: ISCH)、国際バイオレオロジー学会 (International Society of Biorheology: ISB)、欧州臨床血液レオロジー微小循環学会 (European Society for Clinical Hemorheology and Microcirculation: ESCHM) の3学会が合同で開催している国際会議ですが、本学会の多くの会員の先生方のおかげで無事終了することが出来ました。

今回の国際会議の開催に当りましては、本学会のプレゼンスを高める意味で神谷瞭先生を追悼するプレナリーレクチャーを企画致しました。このプレナリーレクチャーでは、神谷瞭先生ともゆかりのある安藤譲二先生に座長の労をお取り頂きました。また安藤先生のご指導の下で長く研究を続けてこられた山本希美子先生には、「Emerging roles of membrane lipids and mitochondria in endothelial cell mechanosensing」と題した素晴らしいご講演を頂きました。国際会議の最終日のことで、私もクロージングセレモニーを準備しつつ拝聴致しました。山本希美子先生のご研究の集大成であると同時に、神谷瞭先生以来の東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻医用生体工学講座のこれまでの研究の潮流が分かる見事なご講演でした。

きっと神谷瞭先生も満足しておられるかと思えます。在りし日の神谷瞭先生の面影を偲びつつ、謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

*九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター [〒819-0395 福岡市西区元岡 744]



故 神谷 瞭 先生

Akira Kamiya 1938-2020

略歴

1938年 5月14日	東京に生れる
1964年 3月	東京大学医学部卒業
1969年 3月	東京大学大学院医学系研究科博士課程修了
1969年 4月	東京医科歯科大学助手
1971年 4月	東京医科歯科大学講師
1971年 4月	日本ME学会論文賞受賞
1972年 10月	東京医科歯科大学助教授
1980年 3月	北海道大学教授
1989年 11月	東京大学医学部教授
1993年 4月	東京大学大学院医学系研究科第一基礎医学主任
1993年 4月	東京大学医学部附属医用電子研究施設長（併任）
1995年 4月	大学設置学校法人審議会専門委員（大学設置分科会）
1996年 4月	東京大学附属医学図書館長
1997年 4月	東京大学大学院医学系研究科生体物理医学専攻主任
1999年 4月	日本大学教授
2008年 10月	横浜薬科大学教授
2020年 12月22日	逝去
2020年 12月22日	瑞宝中綬章受賞

役員歴

1984年 6月	日本バイオレオロジー学会年会長
1986年-1996年	日本バイオレオロジー学会編集委員
1987年-1992年	日本バイオレオロジー学会理事
1992年-1993年	日本ME学会副会長
1992年-2008年	日本微小循環学会理事
1995年 4月	日本微小循環学会総会長
1996年-1997年	日本ME学会学会長
1998年-2008年	日本バイオレオロジー学会理事編集顧問
2000年 5月	日本ME学会大会長
2004年	日本ME学会名誉会員
2008年	微小循環学会名誉会員
2017年	日本バイオレオロジー学会名誉顧問

神谷瞭先生のご逝去を偲んで

谷下 一夫*

2020年12月に、神谷瞭先生が、ご逝去されまして、先生のご冥福を心からお祈りすると共に、先生から学問をする事の素晴らしさを教えて頂きました一人として、改めて深く感謝申し上げます。

神谷先生は、学問一筋に人生を過ごされた世界的な学者で、学問に対する真摯で熱意ある先生の姿勢に筆者が深く惹かれまして、生体医工学の分野で研究を続ける事を心の中で決意した思い出があります。神谷先生は、第一級の研究を多く手掛けて来られていた事は、本学会の会員の皆様は、よくご存じかと思えます。先生の優れた研究成果の中でも、筆者が特に惹かれた研究は、血流のせん断応力によって、血管のリモデリングが起きるといふ成果をまとめられた論文です。1980年に発表された *Am J Physiol* の論文は、正に血管のリモデリングを世界に先駆けて発見された成果で、この研究が引き金になって、血流によるバイオメカニクスやせん断応力による血管内皮細胞への力学的刺激の受容機構の研究が、世界的にブレイクする事になりました。驚くべき事は、神谷先生の研究が、医学生物学のみならず、理工学の広い分野にも大きく波及する結果になった事です。力学的刺激の受容機構は、生理学、細胞生物学、分子生物学という医学の基盤分野から、流体力学や材料科学を始めとする理工学の分野の研究者を取り込み、多くの学問分野を巻き込む事になり、今や重要な学術分野の一つになっております。

神谷先生は、血管のリモデリングを究明すべく、1978年頃だったかと思いますが、東京女子医科大学の心臓血圧研究所の研究部で動物実験をされておられました。当時は、東京医科歯科大学の助教授をされていた頃だったかと思えます。実は、筆者も、当時東京女子医科大学心臓血圧研究所の研究部で助手をさせて頂いておりました。筆者が、神谷先生に初めてお目にかかったのは、その頃です。動物実験を終って、研究部（理論外科）で休憩を取られた時に、実験の内容に関して、色々とお話しを頂きました。因みに理論外科で、若手の研究者を指導されていた方が、本学会の重鎮であられた菅原基晃先生です。神谷先生は、実験後の疲労を見せずに、血管が血流の物理的な刺激を受けて、血管径を変えて、生理的な反応を示す事に熱弁を語っておられました。今から思うと、世界的な研究となった動物実験のホットな成果を、神谷先生から直接聞かせて頂いたわけで、貴重な経験をさせて頂きまして、光栄の限りと感じております。その結果として筆者は、神谷先生の研究に取り組む姿勢から「研究の在り方」とか「学問とは」に関して学ばせて頂きました。即ち、学問をする事の素晴らしさを教えて頂いたわけです。

神谷先生の学問に対する熱意は、東京大学医学部をご定年で退職されてからも全く変わりませんでした。本学会の年会には、頻繁に参加され、懇親会では、熱心に若手の研究者を相手に討論されておられました。筆者のような者にも、筋肉のエネルギー論に関して、質問をされた事をよく覚えております。先生の質問が、余りにも深遠なので、的確な意見を述べる事が出来ませんでした。今から思いますと、学問一筋に生きられた神谷先生の姿から、直接的間接的に多くの事を学ばせて頂いていた事を感じます。

*一般社団法人日本医工ものづくりコモンズ [〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 2-3-11 日本橋アイファインビル 407 号室]

最近は、公的資金の額が大幅に増額されており、大型の研究費を獲得するためには、申請課題が、如何に独創的で重要である事を、申請書やヒアリングなどで主張しなくてはなりません。そのために、プレゼン能力を磨く事が重要のような風潮があるのですが、このような風潮が、学問に取り組む姿勢に繋がるのか、学問をする事の素晴らしさを体現する事に繋がるのか疑問を感じる事が時々あります。勿論、公的資金の獲得に努力する事を否定する訳ではありませんが、研究資金の獲得自体が目的となってしまう、学問に取り組む事の意義や学問を深掘りする事の重要性に関して深く考える余裕が無くなっているような気がします。このような状況で、学問に取り組む事の素晴らしさを、先生ご自身の生涯の研究活動を通して示して頂いた事が如何に大切だったかを深く感じます。そのような研究者としての神谷先生の人間性をご存じない本学会の若い研究者や院生の方が多いかと思しますので、筆者の追悼の文章を通して、ご理解頂ければ幸いです。

最後に、謹んで、神谷瞭先生のご冥福をお祈りすると共に、ご指導を賜りました事に、改めて感謝申し上げます。

追悼

神谷 瞭 先生を偲んで

山本 希美子*

2020年の年の瀬、神谷瞭先生のご子息からお電話があって、耳を疑った。国内でのCOVID-19パンデミックが始まった同年3月に、研究室で次の論文の構想についての相談をした後、本郷のイタリアンレストランにて、ワインで喉を潤しながら、続きのディスカッションをした時には、全くお元気そうだったからである。2019年に *Journal of Biomechanics* に論文が掲載された際には、「これは80歳代での論文で、これからも頭にあるアイデアを一つずつ論文に仕上げたい。」と、おっしゃってお見えだった。期せずして絶筆となった論文は魚のエラが酸素を水中から取り込む最小仕事の数理モデルに関する内容であった。

先生は循環生理学の分野において、血管構築や組織酸素供給の最適原理に関し、数理的に解析を行う独自の研究分野を開拓された。特に、世界に先駆けて、血流に基づく壁剪断応力 (wall shear stress) が血管新生や、血管のリモデリングに重要な働きをしている事を明らかにされた。また、物質交換と微小循環を中心とする数理モデルを実験的に証明し、バイオメカニクス分野で世界をリードする数々の業績をあげてこられた。

始めてお目にかかったのは丁度、四半世紀前に遡る。当時、自分は高分子化学で学位を取得した後の進路を模索していた。人工酸素運搬体 (人工赤血球) を合成して、その機能を解析するテーマに従事したことから、医学部の呼吸器外科で動物実験を行う経験があった。フラスコの中では優れた機能を発揮する人工赤血球でも、生体内では予測できない事が様々に起こる事を目の当たりにして、生理学の複雑さに頭を悩ませた。材料化学の分野で研究を続けるか、それとも、循環生理学の

分野にチャレンジするか考えていた時に、shear stress $\tau = \mu \cdot du/dr$ (μ : 血液の粘性, u : 血流速度, r : 血管の半径) というシンプルで美しい数式で、循環生理の問題が解けることを知り、研究室にお伺いして、お世話になるお許しを頂いた。研究を知的な趣味として、生涯を通じて楽しんでおられた先生の姿勢が室員に影響して、研究室が学問所としての雰囲気にも包まれていた。先生は研究について、細かくご指導なさることは無かったが、3つの教えが自身の研究生活の礎になっている。

「知恵は出ましたか？」ニコッと微笑んでおっしゃる。言葉は簡単だが、意味深長である。慌てて取り繕ってお話ししても、先生のご興味に触れないと、サラッと流される。一方で、何とか絞り出して論文にできた時には、とても喜んで下さった。常に、思考を整理する癖がついたと思う。

また、「美意識」を持って生活することの大切さをお話しなされた。美しい事物に興味を持って、それに触れて、行動することである。物事を判断するとき、それは美しいか？と自分に問うと、冷静になる。

さらに、「キャプテンシップ」である。自身の欲得より、チームのため、部員の為に汗をかくこと、自ら責任を果たすこと。先生は学生時代にはボート部の主将で、東医体の常勝軍団としてのチームを率いてお見えだったと、当時のお仲間から伺った事がある。まだ身につかないが、これから生きて行く中での課題を頂戴した思いである。

本稿を書きながら、様々な思い出が蘇って来て、人生の師として、私の中にいらっしやると感じる。今日にでも、「やあ！」と、手を上げて、おみえになるような、気がしている。

*東京大学 大学院医学系研究科 システム生理学 [〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1]

ソフトマターとしての血液の凝固

土橋 敏明*

血液の流動性は生命維持のために欠くことのできない性質である。一方、血管の損傷の際には、血液は組織因子などの異物との接触によって素早く凝固して出血を防ぐ。このような血液の状態の維持には数多くのタンパク質やイオンが関わっており、それらの間の反応の過程は複雑である。正常な血液においては、抗凝固能と凝固能とが微妙なバランスを保った状態にあると考えられている¹⁾。バランスが取れなくなると、出血が止まらなくなったり血栓が大きくなって塞栓が起きたりする。血液の凝固能に関する生化学検査では、血液中に欠乏するあるいは過剰に存在する物質を特定できる。一方、出血や血栓がどのくらいの時間的スケールでどの程度の空間的スケールで大きくなるかを生化学的情報だけから予測することは難しい。

一般に、複雑な現象を単純化したモデルで表し現象の本質を捉えることは、物理学の最も得意とするところである。血液の凝固・線溶系についても物理学的な視点から解析する有力な手法が得られれば、生化学検査だけからでは得ることのできない血液に関する情報が得られると期待される。

本随想のタイトルにある“ソフトマター”という用語は、高分子、界面活性剤、液晶、コロイド等の柔らかい物質の総称である。これらの物質は非常に多くの自由度を持ち、その示す現象は広い緩和時間分布を持つことから物理的扱いが難しいとされてきたが、Pierre-Gilles de Gennes (1991年のノーベル物理学賞受賞者)らによって、物理的理解の方法と事例が示された。de Gennesのノーベル賞受賞講演²⁾のタイトルが“ソフトマター”であったことがきっかけとなって、この用語が物理学の世界に定着したことはあまりにも有名である。

受賞講演の中で、de Gennesは、ソフトマターが

示す現象が物質によらない普遍的な物理法則により理解される例の一つとして、(位相差)顕微鏡で見るとベシクル(赤血球)の表面が揺らいで見えるフリッカリング現象を挙げている。この現象について、非平衡下における代謝に基づく生体系の不安定性を反映するものとする解釈もあったが、曲げのエネルギーと粘性のみを持つ系におけるブラウン運動によるものとして説明できることが示された³⁾。この例のように、ソフトマターの示す現象は複雑に見えても、基本的なメカニズムをうまく切り出すことができれば、拡散、自己組織化、相転移、スケーリング、粗視化、非線形ダイナミクスなどをキーワードとする物理学的手法によって解析され、現象の普遍的特徴が抽出される。

上記に述べた血液凝固のように、接触到起因する‘非常に穏やかな物理化学的作用が機械特性の劇的な変化をもたらす’のは“ソフトマター”の典型的な特徴の一つである²⁾。血液は血球(高分子溶液を内包するベシクル)を分散質とし、血漿(高分子溶液)を分散媒とするコロイドであり、ソフトマター(高分子、ベシクル、コロイド)の組み合わせでできた物質である。血液をソフトマターの観点から捉えたとき、血液凝固にはどのような普遍的物理法則が関係しているだろうか。

血液がゲル化駆動物質(組織因子や陰性荷電などの異物)に接触すると、カスケード反応によって、血液中の一群の酵素前駆体は活性のある酵素になる。その結果、最終的に酵素前駆体の一つであるフィブリノゲンは多官能性のフィブリンとなり、フィブリンは自己組織化によりフィブリン線維となる。次にフィブリン線維の間に水素結合による架橋ができ(物理ゲル化)、さらにトランスグルタミナーゼ(第XIII因子)によって共有結合

*群馬大学 [〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1]

による架橋ができる（化学ゲル化）．血液とゲル化駆動物質の初期界面にできた化学ゲルは、時間とともに厚みを増し血栓となる．

このような生体内の血液の凝固を *in vivo* で直接観察することは難しいが、その代わりに、組織因子が塗布されたプラスチック片を血液中に挿入して、ゲルが厚みを増していく様子が *in vitro* で調べられている⁴⁾．実験結果を調べてみると、ほとんどの場合、ゲルが現れるまでに短い潜伏時間が観察されている．その後、血漿成分または添加物の違いにより、ゲルの厚みが時間に比例する場合（ケース1）、時間の1/2乗に比例する場合（ケース2）、最初、時間に比例して増加するが、その後、増加の割合が小さくなる場合（ケース3）などが見られ、大変複雑である^{4),5)}．

ソフトマターとしての血液のゲル化過程を、一般的に、多くのシリアル及びパラレルな拡散過程と活性化過程からなると考えてみる（ここで言う活性化とは自由エネルギーの最小部分が移動することを表し、活性化律速過程とは活性化された自由エネルギーに基づく緩和過程が律速になる過程を表す）．Yamamoto はこのような系に対して、無秩序相から無秩序相への相転移ダイナミクスの考え方を導入し、ゲル化を引き起こす活性化を、自由エネルギーを最小にする相の移動で表現した⁶⁾．ゲル化駆動物質が流入した領域では、ゲル化駆動物質を消費することで、自由エネルギー最小状態が一つの無秩序相であるゾル相からもう一つの無秩序相であるゲル相に移動する．このようなゲル化駆動物質の流入により時間変化する自由エネルギーに基づく不可逆過程の熱力学を用いることで、潜伏時間の後にゲル厚が時間に比例して増加する活性化律速の初期過程から時間の1/2乗に比例して増加する拡散律速の後期過程へのクロスオーバー現象が発生することが示された⁶⁾．このことは、上記ケース1, 2, 3の観察結果の違いを、クロスオーバー時間と観察時間帯との関係に着目して、活性化律速過程から拡散律速過程へのクロスオーバーの発生時間が観察時間帯より後の場合、前の場合、観察時間帯に含まれる場合に各ケースを対応させることで説明できることを示唆する．さらに、ゲル化駆動物質と接触した時の高分子溶液における拡散律速過程を表す一般的な関数と、

組織因子と接触した時の血漿にできる血栓の成長過程を比較することにより、被検血漿の凝固に対するカルシウムイオン感受性や血栓中を通過するカチオンとアニオンの拡散係数を通して血栓の構造に関する知見が得られることが分かった．

このような研究結果は、それ自体、直ちに新しい治療や診断の方法の開発に繋がるわけではない．しかし、以上の例のように、血液凝固過程が物理法則に基づく普遍的な関数形と系の特殊性を表すパラメータで記述されれば、後者から、用いた血液の性質を知ることができるはずである．実験精度の向上は、より小さなサイズのソフトマターの性質、例えば二分子膜上と溶液中における拡散の違いなども考慮した理論を必要とするが、その延長上には実践的応用の可能性があるかもしれない．

謝 辞

本稿は第44回日本バイオロロジー学会年会における岡小天賞受賞講演の一部を加筆したものです．名誉ある本賞の受賞は、本学会の皆様、群馬大学で共同研究に携わって頂いた教員及び学生の皆様のおかげであり、厚く感謝申し上げます．

文 献

- 1) Astrup, T.: The hemostatic balance. *Thromb. Diath. Haemorrh.*, **2**, 347–56, 1958.
- 2) <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/gennes-lecture.pdf>
- 3) Brochard, F., Lennon, J. F.: Frequency spectrum of the flicker phenomenon in erythrocytes. *J. Physique (Paris)*, **36**, 1035–1047, 1976.
- 4) Dashkevich, N. M., et al.: Thrombin activity propagates in space during blood coagulation as an excitation wave. *Biophys. J.*, **103**, 2233–2240, 2012.
- 5) Zhalyalov, et al.: Co-ordinated spatial propagation of blood plasma clotting and fibrinolytic fronts, *PLoS One*, **12**, e0181668, 2017.
- 6) Kawabata, A., Yamamoto, T., Shinoda, H., Yoshida, K., Toyama, Y., Tanaka, S., Dobashi, T.: Crossover of rate-limiting process in plasma gel growth by contact with source of gelator. *Gels*, **7**, 11, 2021. <https://doi.org/10.3390/gels701001>

正方形管内流れの SEGRE-SILBERBERG 効果

関 眞佐子^{*,**}

Inertial migration of spherical particles suspended in square tube flows of Newtonian fluids and viscoelastic fluids

Masako SUGIHARA-SEKI^{*,**}

*関西大学システム理工学部 [〒564-8680 大阪府吹田市山手町 3-3-35]

**大阪大学大学院基礎工学研究科

*Department of Pure and Applied Physics, Kansai University

**Graduate School of Engineering Science, Osaka University

Particles suspended in tube flows are known to migrate laterally due to the presence of inertial lift force and eventually focus on specific locations in the downstream cross section. In the flow of viscoelastic fluids, suspended particles also experience viscoelasticity-induced lift force. In the present paper, inertial migration of spherical particles suspended in square tube flows of Newtonian fluids or viscoelastic fluids are reviewed. The focusing positions of suspended particles appear at the center of channel faces, on the diagonals, at intermediate positions, at the center or near the corners of the square cross section, depending on the blockage ratio, the Reynolds number and the Weissenberg number. The particle focusing patterns experimentally obtained are discussed in relation to the lift force map in the tube cross section.

Key Words: Segre-Silberberg effect, inertial migration, viscoelasticity-induced lift, inertial lift

1. 緒言

管内流れに浮遊する粒子が、周囲の流体から揚力を受けて流れに対し垂直な方向にも移動し、下流の管断面内で特定の位置を流れるようになる現象は、最初に報告した研究者にちなみ、Segre-Silberberg (SS)効果と呼ばれている。彼らは、円管内流れに球形粒子を浮遊させると下流断面において管径の約 0.6 倍の半径をもつ円環を粒子が通過する現象を報告した¹⁾。粒子が集まる円環は SS 環と呼ばれている。その後の理論解析により、浮遊粒子には慣性に起因して、せん断速度勾配による外向きの揚力と壁効果による内向き揚力がはたらき、この 2 つの揚力の釣り合いの位置として SS 環の半径が決まることが示された^{2,4)}。ポアズイユ流れのようにせん断速度 (速度勾配) が一定でないことが SS 効果が生じる鍵となっている。

一方、矩形断面をもつ管内流れでは、浮遊粒子は一旦 SS 環に相当するリング状に集まった後、リングに沿って移動し、最終的には下流断面内の数点に集中することが示された^{5,9)}。浮遊粒子が集中する位置や断面内速度は粒子の大きさや変形性等の物性に依存して変化することから、この現象を粒子の分離や選別に応用する研究が近年活発に行われるようになってきた^{10,11)}。

特にマイクロフルイディクスの分野では、多数の細胞の中から特定の細胞を選別する技術として、既に一部実用化されているだけでなく、さらなる開発を目指して様々な流路設計や最適化の試みが行われている¹²⁻¹⁴⁾。この手法は流体力のみを利用しているため、大掛かりな装置が不要で、安価であり、連続的運用が可能であることに加え、細胞への負荷も小さいことから、有望な分離法として注目され、現在世界中で多くの研究が行われている^{13,14)}。

本稿では、正方形断面をもつ管内流れの SS 効果について、最近の研究成果を紹介する^{8,9,15)}。簡単のため、浮遊粒子は剛体球で、その密度は媒質と等しく中立浮遊とする。第 2 章では媒質がニュートン流体の場合、第 3 章では粘弾性流体の場合について紹介する。

2. ニュートン流体の正方形管流れ中の SS 効果

正方形管流れの SS 効果については、10 年ほど前に球形粒子が下流断面の各辺の中央付近の 4 点に集中することが報告された(図 1(a)参照)⁹⁾。この粒子集中位置は面心平衡点と呼ばれる。粒子集中パターンを決定するパラメータは粒子径 d と流路幅 D の比 d/D とレイノ

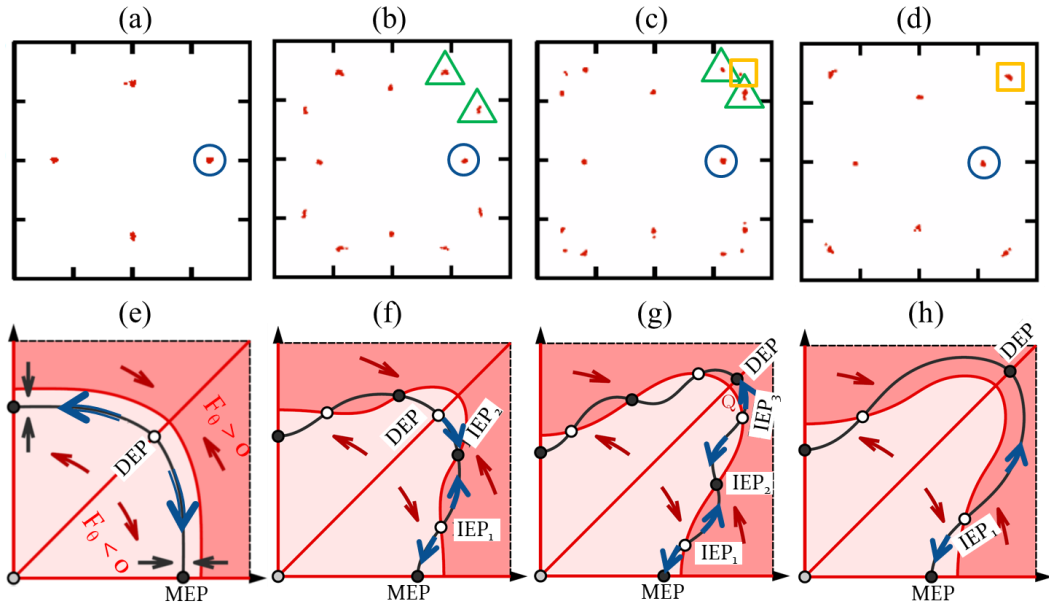


Fig. 1 (a)-(d) Experimental results for the particle distribution in the tube cross section for spherical particles suspended in a Newtonian fluid ($d/D = 0.125$, (a) $Re = 200$, (b) $Re = 300$, (c) $Re = 350$, (d) $Re = 450$). Circles: midline equilibrium position (MEP), triangles: intermediate equilibrium position (IEP), squares: diagonal equilibrium position (DEP). (e)-(f) Schematics of r -nullcline and θ -nullcline in the first quadrant of the cross section drawn based on the numerical simulation, corresponding to (a)-(d), respectively.

ルズ数 (以下, Re 数と省略) $Re = UD/\nu$ (U : 平均流速, ν : 流体の動粘度) である. その後の研究により, $d/D \sim 0.1$ の場合, 面心平衡点の 4 点が粒子集中位置となるのは低 Re 数の場合であり, Re 数を増加させると, 図 1 に示すようにさまざまな粒子集中パターンが現れることが観察された⁶⁹⁾.

図 1(a)-(d) は, 管幅 $D = 400 \mu\text{m}$ の正方形管に直径 $d = 50 \mu\text{m}$ の球形粒子を浮遊させたグリセリン水溶液を流し, 入口から 600 mm 下流の出口付近の断面を正面から観察することで得られた粒子分布図である⁸⁹⁾. 観察された粒子中心の位置を点で表し, 300 個以上の粒子の測定結果を示している. (a) \rightarrow (b) \rightarrow (c) \rightarrow (d) と右になるほど Re 数は大きい. 図 1 より断面内の粒子集中点は 3 種類あることが分かる. 順に説明すると, まず, 各辺中央付近に現れる面心平衡点 (midline equilibrium position, MEP) で, この平衡点への粒子集中は図 1(a)-(d) の全ての場合に見られる (図 1 の丸印). 図 1(b) では, 面心平衡点の 4 点に加えて, 対角線に対して対称な位置に 2 点ずつ, 8 点の粒子集中が見られる (三角印). この新たな粒子集中点は中間平衡点 (intermediate equilibrium position, IEP) と名付けられている. 図 1(c) では, 4 つの角付近の対角線上に新たな集中点加わる (四角印). この粒子集中点を対角平衡点 (diagonal equilibrium position, DEP) と呼ぶ. Re 数が最も高い図 1(d) では, 中間平衡点が消えて, 面心平衡点と対角平衡

点に粒子が集まっている. 以上, 面心平衡点, 中間平衡点, 対角平衡点が, ニュートン流体の正方形管内流れで見られる粒子集中点である. 他の粒子集中点として, 次章で紹介するように, 粘弾性流体中では断面中心と角のごく近傍にも平衡点が見れる.

図 1(a)-(d) に示す粒子集中パターンは, 対応する数値シミュレーションにおいて粒子軌跡や揚力を計算することにより再現される⁷⁹⁾. 数値シミュレーション結果を基に, これらのパターンの変化が粒子に作用する揚力を基にどのように説明されるかを紹介する.

まず低 Re 数の場合に粒子が 4 点の面心平衡点に集まる場合から考える. ニュートン流体中の剛体球粒子にはたらく揚力は, 最初に述べたように, 主にせん断速度勾配と壁効果により生じる. 図 2(a) は正方形管断面内の等速度線を示す. せん断速度勾配に起因する揚力がせん断速度の向きにはたらくと仮定するならば, 図 2(a) の 2 点 P, Q にある粒子に作用する揚力は図の矢印の向きをもつ. この図より, 揚力を動径成分 F_r と方位角成分 F_θ に分解すると, せん断速度勾配による揚力は外向き ($F_r > 0$) で, 対角線と反対向き (第 1 象限で言えば, 方位角 θ が 0 と $\pi/4$ [rad] の間では $F_\theta < 0$, $\pi/4$ と $\pi/2$ [rad] の間で $F_\theta > 0$) となる. また, 管壁近傍では, 壁効果によりこれと反対向きの揚力が生じる. このような F_r と F_θ の正負に関する考察は, 数値シミュレーションの結果から確認することができる.

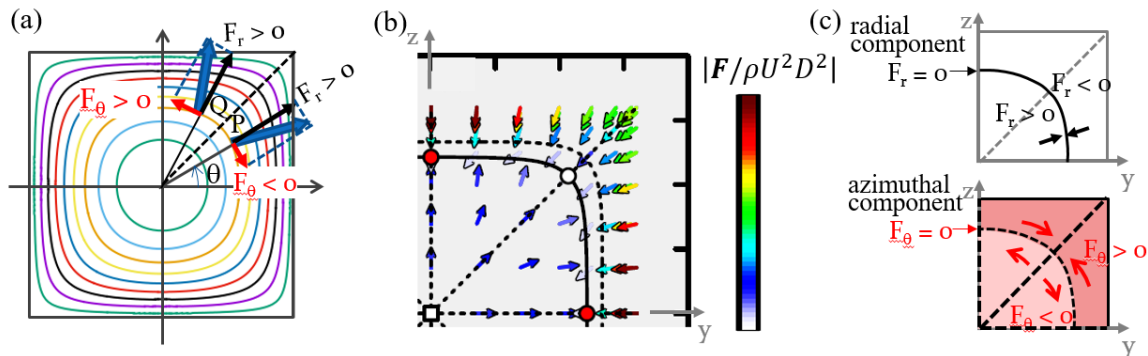


Fig. 2 (a) The contours of axial flow velocity and approximate directions of the shear gradient-induced lift force, (b) Example of numerical results for the lift force acting on the particle which is located at the origin of each arrow, at low Re , (c) Schematics of r -nullcline and θ -nullcline, and the direction of lift force in the first quadrant of the tube cross section.

実際、低 Re 数の場合に数値シミュレーションで得られた揚力分布の 1 例を図 2(b)に示す。対称性から第 1 象限のみ描いている。各矢印は中心がその始点にある粒子にはたらく揚力の向きを示しており、色でその大きさを表している。図 2(b)において、断面中心から実線および点線までの領域の矢印を見れば、粒子にはたらく揚力が外向きで($F_r > 0$)、対角線から離れる向き($0 < \theta < \pi/4$ で $F_\theta < 0$, $\pi/4 < \theta < \pi/2$ で $F_\theta > 0$)であることが確認される。また、管壁付近では、揚力は内向きで($F_r < 0$)、対角線に向かう向き($0 < \theta < \pi/4$ で $F_\theta > 0$, $\pi/4 < \theta < \pi/2$ で $F_\theta < 0$)である。以上、数値シミュレーションで求めた揚力の向きが図 2(a)からの推察と一致することが示された。

揚力の動径成分 F_r と方位角成分 F_θ の正負を管断面の第 1 象限で模式的に描いたのが、図 2(c)である。 F_r も F_θ も、それぞれが 0 となる閉じた等値線が断面中心と管壁の間に存在する。 $F_r = 0$ の等値線(r ヌルクラインと呼ぶ)を境として、それより内側で F_r は正(外向き)、外側で F_r は負(内向き)となる(図 2(c)上図)。方位角成分についても、 $F_\theta = 0$ の閉じた等値線(θ ヌルクラインと呼ぶ)を境としてその両側で符号が変わる。さらに、対称性から、粒子中心が y, z 軸上、あるいは対角線上にある場合も F_θ は 0 となるので、 y, z 軸および対角線も $F_\theta = 0$ の等値線を構成しており、その両側で F_θ の符号が変わる(図 2(c)下図)。ここで、 y, z 軸は断面中心を通り、管壁と平行な軸とし、 x 軸は主流方向にとっている。

$F_r = 0$ の等値線(r ヌルクライン)と $F_\theta = 0$ の等値線(θ ヌルクライン、 y, z 軸および対角線)の交点は、揚力が 0 となる点であるので、粒子の平衡点を表す。図 2(b)では、 y, z 軸上と対角線上の丸印が平衡点である。 y, z 軸上の平衡点は面心平衡点、対角線上の平衡点是对角平衡点に対応する。図 2(b)に示す低 Re 数の場合、 r ヌル

クラインは θ ヌルクラインの内側にあるので、これらの平衡点は揚力の方位角成分(F_θ)が対角線から離れる向きの領域内に存在する。従って、 $0 < \theta < \pi/4$ では y 軸向き、 $\pi/4 < \theta < \pi/2$ では z 軸向きの揚力がはたらく結果、面心平衡点は安定で、対角平衡点是不安定(鞍点)となる。実験では安定な平衡点に粒子集中が起こるので、このパラメータに相当する実験では、粒子集中は面心平衡点のみとなる。以上より、低 Re 数の場合、図 1(a)に示す粒子集中パターンが見られることが分かる。ここで、対称性より断面中心も揚力が 0 となる平衡点であるが、その近傍の揚力は外向きであるため、不安定な平衡点であり、実験で粒子集中は起こらない。

次に、図 1(b)-(d)に対応して、 Re 数が次第に増加する場合を考える。 Re 数が増加すると慣性が大きくなり、それに伴って図 2(b)に示した揚力分布が変化し、 r ヌルクラインと θ ヌルクラインは変形する。定性的には、 y, z 軸付近の変形はそれほど大きくないが、 y, z 軸から離れた領域で大きく変形する。 Re 数の増加に伴った、 r ヌルクラインと θ ヌルクラインの変形を模式的に表したのが図 1(e) - (h)である。第 1 象限のみ示し、黒い曲線が r ヌルクライン、赤い曲線が θ ヌルクラインを表す。また、丸印が揚力が 0 となる平衡点を表し、黒塗りの丸印が安定な平衡点、白抜きの丸印が鞍点である。

図 1(e)は図 2(b)に示した、低 Re 数の場合の r ヌルクラインと θ ヌルクラインの相対的な位置関係を模式的に示した図で、面心平衡点の 4 点が安定な平衡点である。対角線に対して対称であるから、今後 $0 \leq \theta \leq \pi/4$ の領域に絞って図 1(f) - (h)の変化を考えることにする。 Re 数が大きくなると、 r ヌルクラインと θ ヌルクラインは、図 1(f)に示すように、 $0 < \theta < \pi/4$ の領域で 2 回交差する。その交点が中間平衡点である。新しくできた 2 つの中間平衡点のうち、その周囲の揚力の向きより対角線に近い方の中間平衡点(IEP₂)は安定であるが、 y 軸

に近い方の中間平衡点(IEP₁)は不安定であることが分かる。面心平衡点と対角平衡点は、その付近における r ヌルクラインと θ ヌルクラインの相対的な位置関係が低 Re 数の場合(図 1(e))と同じであるので、それらの安定性も同じで、面心平衡点が安定、対角平衡点が鞍点である。従って、この場合の粒子集中は面心平衡点と中間平衡点で起こることになり、図 1(b)の粒子分布に対応する。

さらに Re 数が増加すると、図 1(g)に示すように、角付近で r ヌルクラインが θ ヌルクラインを超えて外側に延びる。その結果、 F_0 が対角線を向く領域内に対角平衡点が存在することになり、対角平衡点は安定になる。従って、この場合の安定な平衡点は面心平衡点、中間平衡点、対角平衡点であり、これらが実験で見られる粒子集中位置を表す。この場合の粒子分布は図 1(c)に対応する。

さらに Re 数が増加すると、図 1(h)に示すように、図 1(g)で見られた r ヌルクラインと θ ヌルクラインの 3 回の交差が 1 回となり、安定な中間平衡点が消滅する。この場合の安定な平衡点は面心平衡点と対角平衡点となり、これらが粒子集中位置である図 1(e)に示す粒子集中パターンとなる。

以上のように、 Re 数が変化した場合に実験で見られた 4 つの粒子集中パターン(図 1(a)-(d))は、数値シミュレーションで得られた揚力分布から説明される。面心平衡点と対角平衡点の安定性の変化と中間平衡点の出現・消滅により、粒子集中パターンの遷移が起こることが示された。それぞれのパターンに対応して Re 数は 4 つの領域に分けることができ、その境界となる Re 数は臨界 Re 数と呼ばれる。臨界 Re 数は、サイズ比 d/D に依存して大きく変化する⁸⁾。また、 d/D が大きくなると、図 1(a)-(d)に示した 4 つの粒子集中パターン以外の粒子分布も観察される。例えば、次に図 3(c)で紹介する、対角平衡点のみの粒子集中パターンなどが現れるようになるが、その詳細は省略する。

3. 粘弾性流体の正方形管流れ中の SS 効果

血球等細胞の保存には、その機能維持のために一般にタンパク質等の高分子を含む水溶液を浮遊液として用いる。マイクロ流体デバイスに細胞を流す場合も、高分子水溶液を媒質とする場合が多い。流れ中の高分子はばねのようにエネルギーを蓄える役割を果たすので、高分子水溶液は多かれ少なかれ弾性をもつ。従って、粘弾性流体を媒質とする SS 効果の研究が最近盛んに行われるようになってきた¹⁶⁾。粘弾性流体の中に

は、粘度がせん断速度に依らずほぼ一定とみなせるものと、せん断速度に依存して大きな粘度変化を示すものが存在する。前者の粘弾性流体として、高分子デキストランや polyvinylpyrrolidone (PVP)の希薄水溶液が挙げられる。これらを媒質として実験を行えば、同程度の粘度をもつニュートン流体の場合と比較することにより、shear thinning や shear thickening の影響を除外した、媒質のもつ弾性のみの影響を調べることができる。本稿では、このような場合に限定する。

図 3 は、3 種の濃度の PVP($M_w = 360k$ Da)水溶液に直径 $d = 60 \mu\text{m}$ の球形粒子を浮遊させ、管幅 $D = 400 \mu\text{m}$ の正方形管に流した場合に得られた粒子分布である¹⁵⁾。いずれも管入口から 600 mm 下流の断面における測定結果で、 $Re = 50$ の場合である。同じ条件でニュートン流体を流せば、浮遊粒子は面心平衡点に集中する。図 3(a)に示す、最も希薄な PVP 水溶液の場合には、粒子は面心平衡点の 4 点に集中しているのが見られ、ニュートン流体中と同様である。少し PVP 濃度が高くなり、弾性の影響が増加すると、図 3(b)に示すように、対角平衡点付近にも粒子集中が見られるようになる。さらに PVP 濃度が高くなると、図 3(c)に示すように、対角平衡点のみに粒子集中が見られた。

弾性の影響が大きくなるにつれ、粒子集中が面心平衡点から対角平衡点へと遷移する現象を、媒質の弾性に起因する揚力をもとに考察する。

粘度がほぼ一定の粘弾性流体で、第 2 法線応力差が第 1 法線応力差に比較して小さく無視できる場合、弾性に起因する揚力は第 1 法線応力差の勾配に比例することが知られている¹⁷⁾。さらに、第 1 法線応力差はせん断速度の 2 乗に比例すると近似できる¹⁷⁾。そこで、図 4(a)に、正方形管断面のせん断速度の 2 乗の等値線を表した。図中の矢印は、その勾配の大体の向きを描いたもので、弾性による揚力の向きを示す。図 4(a)より、弾性による揚力は角付近を除き内向き($F_r < 0$)で、対角線の方向を向いている(第 1 象限では、 $0 < \theta < \pi/4$ で $F_\theta > 0$, $\pi/4 < \theta < \pi/2$ で $F_\theta < 0$)ことが分かる。これらの向きは、図 2(a)で示したせん断速度勾配に起因する、慣性による揚力と逆向きであることに注意したい。

弾性による揚力の向きは、慣性が小さな低 Re 数において、PVP 水溶液中の粒子分布を調べることで確認することができる。図 4(b)(c)はその実験結果の例で、 $Re = 1$ の場合に、(b)が管入口から管幅の 250 倍の距離にある断面、(c)が 1500 倍の距離にある断面の粒子分布を示す。上流断面の図 1(b)では中心から対角線にそった粒子分布が見られ、これは図 4(a)に示す揚力場の中で粒子が移動する過渡的な粒子分布に対応すると考え

られる。下流の図 4(c)は中心と角のごく近傍に粒子集中が見られ、これは図 4(a)に示す揚力場の平衡点に対応する。これらの結果から、PVP 水溶液中で慣性が小さい場合にはたらく揚力、すなわち媒質の弾性による揚力として、図 4(a)から予測される揚力分布が良い近似になっていることが確認された。

図 3 に示す $Re = 50$ の場合、PVP 水溶液中の粒子には、慣性に起因する揚力に加えて、弾性による揚力もはたらいている。PVP 濃度が最も低い図 3(a)の場合には、弾性の影響が弱いために、ニュートン流体中と同様の、面心平衡点のみの粒子集中パターンになったと考えられる。図 4(b),(c)の場合には、弾性による揚力が次第に増加し、それが対角線の向きをもつ(図 4(a))ために、安定な平衡点が面心平衡点から対角平衡点に移ったと解釈される。このことは、FENE-P モデルを用いた数値シミュレーションによっても確認され、弾性の影響の増加によって粒子集中パターンが図 3(a)→(b)→(c)と推移することも示された¹⁵⁾。FENE-P モデルは流体中に多数の非線形ばねでつながれたダンベルが存在するものとして、その配向や伸びの統計的な平均を用いて、高分子の応力テンソルへの寄与を表すモデルである。

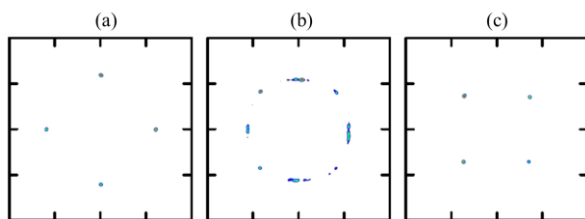


Fig. 3 Cross-sectional distributions of spherical particles suspended in PVP aqueous solutions with concentrations of (a) 1 wt%, (b) 1.9 wt%, and (c) 2.5 wt% ($Re = 50$ and $d/D = 0.15$).

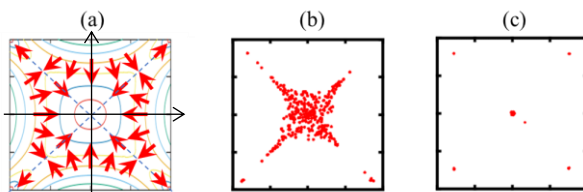


Fig. 4 (a) Contours of the shear rate squared for the flow of a Newtonian fluid. Arrows represent approximate directions of elasticity-induced lift force. (b), (c) Experimental results for the distribution of rigid spherical particles suspended in 4 wt% PVP aqueous solution flowing through a square tube at $Re = 1$, for $d/D = 0.15$. (b) $L/D = 250$, (c) $L/D = 1500$ (L : distance of the measurement site from the tube inlet).

4. 結言

本稿では、正方形管内流れで見られる剛体球粒子の SS 効果について、媒質がニュートン流体の場合と粘弾性流体の場合を紹介した。実験で得られた粒子集中パターンを管断面内の揚力分布と関係づけて説明した。粘弾性流体に対しては粘度がほぼ一定の場合に限ったが、shear thinning などの非ニュートン性を示す粘度特性をもつ溶液は多い。このような場合、断面内の 2 次流れなどが生じることが多いため、揚力分布のみで粒子集中パターンを決めることができない。非ニュートン性の影響について今後研究を進展させる必要がある。さらに、マイクロ流体デバイスにおける細胞の分離・選別が SS 効果の重要な応用となっていることから、浮遊粒子の変形性など、物性の影響も重要である。赤血球の軸集中現象を思い起こせば自明であるように、変形性に起因して生じる揚力はかなり大きいと考えられるので、各種細胞や血球の SS 効果を考える際にその影響を考慮することは必須である。むしろ、変形性の差異を積極的に利用した細胞分離は極めて有望であるので、変形性に起因する揚力に関して今後の研究が期待される。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

謝 辞

本研究の一部は科研費 20H02072 の支援を受けた。

文 献

- 1) Segré, G. and Silberberg, A.: Behaviour of macroscopic rigid spheres in Poiseuille flow. Part 2. Experimental results and interpretation. *J. Fluid Mech.* **14**, 136-157, 1962.
- 2) Ho, B. P. and Leal, L. G.: Inertial migration of rigid spheres in two-dimensional unidirectional flow. *J. Fluid Mech.* **65**, 365-400, 1974.
- 3) Schonberg, J. A. and Hinch, E. J.: Inertial migration of a sphere in Poiseuille flow. *J. Fluid Mech.* **203**, 517-524, 1989.
- 4) Asmolov, E. S.: The inertial lift on a spherical particle in a plane Poiseuille flow at large channel Reynolds number. *J. Fluid Mech.* **381**, 63-87, 1999.
- 5) Di Carlo, D., Irimia, D., Tompkins, R.G. and Toner, M.: Continuous inertial focusing, ordering, and separation of particles in microchannels. *PNAS* **27**, 18892-18897, 2007.
- 6) Miura, K., Itano, T. and Sugihara-Seki, M.: Inertial migration of neutrally buoyant spheres in a pressure-driven flow through square channels. *J. Fluid Mech.* **749**, 320-330, 2014.

- 7) Nakagawa, N., Yabu, T., Otomo, R., Kase, A., Makino, M., Itano, T. and Sugihara-Seki, M.: Inertial migration of a spherical particle in laminar square channel flows from low to high Reynolds numbers. *J. Fluid Mech.* **779**, 776-793, 2015.
- 8) Shichi, H., Yamashita, H., Seki, J. Itano, T. and Sugihara-Seki, M.: Inertial migration regimes of spherical particles suspended in square tube flows. *Phys. Rev. Fluids* **2**, 044201, 2017.
- 9) Yamashita, H., Itano, T. and Sugihara-Seki, M.: Bifurcation phenomena on the inertial focusing of a neutrally buoyant spherical particle suspended in square duct flows. *Phys. Rev. Fluids* **4**, 124307, 2019.
- 10) Di Carlo, D.: Inertial microfluidics. *Lab Chip* **9**, 3038-3046, 2009.
- 11) Hur, S.C., Henderson-MacLennan, N.K., McCabe, E.R.B. and Di Carlo, D.: Deformability-based cell classification and enrichment using inertial microfluidics. *Lab Chip* **11**, 912-920, 2011.
- 12) Mach, A.J., Kim, J.H., Arshi, A., Hur, S.C., and Di Carlo, D.: Automated cellular sample preparation using a Centrifuge-on-a-Chip. *Lab Chip* **11**, 2827-2834, 2011.
- 13) Zhang, J., Yan, S., Yuan, D., Alici, G., Nguyen, N., Warkiani, M.E. and Li, W.: Fundamentals and applications of inertia microfluidics: A review. *Lab Chip* **16**, 10-34, 2016.
- 14) Stoecklein, D. and Di Carlo, D.: Nonlinear microfluidics. *Anal. Chem.* **91**, 296-314, 2019.
- 15) Yokoyama, N., Yamashita, H., Higashi, K., Miki, Y., Itano, T. and Sugihara-Seki, M.: Variation of focusing patterns of laterally migrating particles in a square-tube flow due to non-Newtonian elastic force. *Phys. Rev. Fluids* **6**, L072301, 2021.
- 16) Lu, X., Liu, C., Hu, G. and Xuan, X.: Particle manipulations in non-Newtonian microfluidics: A review. *J. Colloid Interface Sci.* **500**, 182-201, 2017.
- 17) Karimi, A., Yazdi, S., and Ardekani, A.M.: Hydrodynamic mechanisms of cell and particle trapping in microfluidics. *Biomicrofluidics* **7**, 021501, 2013.

遠隔 ICU の現状と課題

中西智之, 森口真吾, 鴻池善彦, 清水克彦, 中川悠樹

Current status and issues of telemedicine in the ICU

Tomoyuki NAKANISHI, Shingo MORIGUCHI, Yoshihiko KONOIKE,
Katsuhiko SHIMIZU, Yuki NAKAGAWA

株式会社 T-ICU [〒651-0085 兵庫県神戸市中央区八幡通 3-2-5 IN 東洋ビル 605]
T-ICU CO., LTD.

1. 緒言

バイオレオロジーは循環動態や血液凝固に関する学際的学問である。私が専門とする集中治療領域では、診療対象の多くの患者は血行動態が不安定であり、継続的に循環動態をモニタリングする必要がある。また血液凝固能の異常をきたすことも多く、出血傾向の症例や、反対に凝固亢進状態から大小循環に血栓症を起し循環不全をきたす症例などの診療にもあたる。集中治療室 (ICU) ではこれらの状態をモニタリングするために多くの医療機器を用いて診療にあたっている。最近では情報通信技術の発達によりそれらのモニターを院外からもリアルタイムに近い状態で閲覧できるようになり、それを利用した ICU の遠隔医療が徐々に普及し始めている。その遠隔の ICU 版である「遠隔 ICU」について概説する。

2. 集中治療とは？

集中治療室を Intensive care unit (以下 ICU)、集中治療は Critical care medicine ということも多くの方がご存じだと思うが、集中治療医を Intensivist というのはご存じだろうか？最近では日本でも集中治療医は自身のことを Intensivist と呼ぶことが多くなってきている。

日本集中治療医学会のホームページ¹⁾では、「集中治療とは」や「集中治療医とは」について以下のように紹介している。集中治療と

は「生命の危機にある重症患者さんを、24 時間の濃密な観察のもとに、先進医療技術を駆使して集中的に治療するもの」と説明されており、集中治療医は「さまざまな臓器不全や多臓器不全を発生している重症患者の全身管理とケア、また命をつなぎとめるための高度な知識と義寿を持ち合わせている専門医師の事をいいます。言うなれば『重症患者の総合診療医』だ」と説明されている。またアメリカの集中治療医学会にあたる Society of Critical Care Medicine では、さらに詳しく Intensivist に必要な能力を示すことで定義されており²⁾ (表 1)、また、ヨーロッパの集中治療医学会にあたる European Society of Intensive Care Medicine でも同様の定義が記されている³⁾。一方で、平成 20 年 3 月 31 日に厚生労働省から出された「広告可能な診療科名の改正について」⁴⁾では、さまざまな診療科名の具体例が示されている中に集中治療科は存在せず、今でも集中治療科は標榜できない。日本集中治療医学会がわざわざ「集中治療 (医) とは」ということを示す必要があるのも、集中治療 (医) が、既存の標榜可能な診療科のいずれにも該当しないにも関わらず、依然として一般の方のみならず他診療科の医師にもまだまだ受け入れられていないことの裏返しだろう。

表1 Society of Critical Care Medicine の定めた集中治療医の定義（文献2より引用）

Diagnoses, manages, and delivers the care of critically ill patients
Has the medical training and skills to manage multiple health problems, including but not limited to:

1. Cardiovascular: shock, myocardial infarction, cardiac failure, arrhythmias
2. Respiratory: prevention and treatment of pneumonia, respiratory failure, acute respiratory distress syndrome, chest trauma, smoke inhalation, and burns
3. Neurologic: stroke, traumatic brain injury, intracranial hypertension, seizures, brain death evaluation
4. Renal: insufficiency or failure, electrolyte and acid base disorders, rhabdomyolysis
5. Endocrine disorders: adrenal insufficiency, diabetic emergencies, thyroid storm
6. Gastrointestinal: pancreatitis, gastrointestinal bleeding, hepatic failure
7. Pharmacologic emergencies: overdose, drug reactions, poison
8. Hematologic: anemia, coagulation disorders, thrombotic disorders
9. Infectious disease: treatment of multiple infections and recognition of and treatment of sepsis
10. Nutritional: prevention, recognition, and treatment of malnutrition

Able to manage or perform certain unit-specific procedures, including but not limited to:

1. Endotracheal intubation and mechanical ventilation
2. Placement of intravascular catheters, including central venous catheters, pulmonary artery catheters, dialysis catheters, arterial catheters
3. Cardiac pacing device insertion and management
4. Tube thoracostomy
5. Cardiopulmonary resuscitation

3. 遠隔 ICU が注目される背景・集中治療の課題

3・1 ICU の体制による分類 ICU の体制は Intensivist の診療への関わりの強度によって大きく2つに分類される。Intensivist の診療への関与が大きい High-intensity type ICU と、関与が少ない Low-intensity type ICU だ。さらに High-intensity type ICU は2つに分類され、1つ目は全ての ICU 入室患者の主治医を Intensivist が担う Closed ICU、2つ目は Intensivist が主治医ではないが、全ての ICU 患者の診療に関わる Mandatory critical care consultation である。また Low-intensity type ICU もさらに2つに分類され、Intensivist が依頼を受けた時だけ診療に関わる Elective critical care consultation と、全く Intensivist がいない No critical care physician (Open ICU) に分けられる。そして High-intensity type ICU は、Low-intensity type ICU と比較して、院内死亡率の相対リスクを0.71に、また ICU 内死亡率の相対リスクを0.61に下げたとすると報告も認められている⁵⁾。

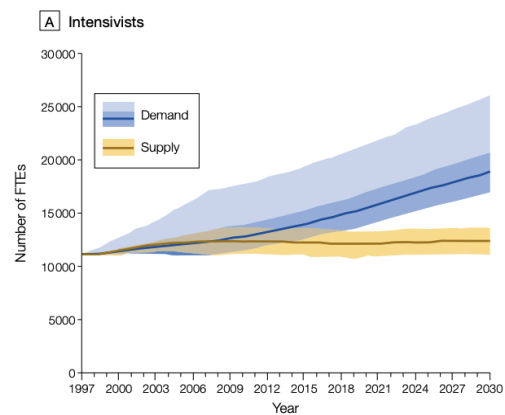


図1 アメリカにおける Intensivist の需給バランス（文献7より引用）

アメリカの集中治療医の数は2013年で約12,000人⁶⁾だが、それでもすでに需給バランスが崩れていると報告されている（図1）⁷⁾。日本にいたっては2021年4月の時点で、集中治療医は約2,100人とかなり少なく、多くのICUやハイケアユニット（以下HCU）はLow-intensity typeとなっているのが現状であ

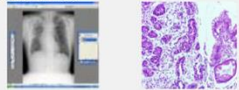


る。世界的に高齢化が進む中で⁸⁾、合併症を持った入院患者の増加や、外科的治療の進歩などから、集中治療が必要な患者数は増加しており⁹⁾、全てのICUやHCUでHigh-intensity typeを実現することは困難である。

この需給ミスマッチを解決する手段として注目されているのが遠隔ICUである¹⁰⁾。

3・2 遠隔医療とは 遠隔ICUの説明の前に、遠隔医療について簡単に説明しておく。2005年に発足した日本遠隔医療学会で、2019年7月に改訂された「オンライン診療の適切

な実施に関する指針」によると、遠隔医療とは「情報通信機器を活用した健康増進、医療に関する行為」と定義されている。そして、その遠隔医療は大きく2つに分けることが出来る¹¹⁾(表2)。医師が医師を支援するDoctor to Doctor (以下D to D)の遠隔医療と、医師が離れたところにいる患者を診療するDoctor to Patient (以下D to P)の遠隔医療だ。D to Dの遠隔医療には遠隔読影や遠隔病理診断などが含まれ、遠隔ICUもD to Dに含まれる。一方D to Pの遠隔医療は、最近ではオンライン診療とも呼ばれている。

表2 遠隔医療の分類 (文献11より引用)

	診療形態	診療報酬での対応
医師対医師 (D to D)	情報通信機器を用いて画像等の送受信を行い特定領域の専門的な知識を持っている医師と連携して診療を行うもの 	[遠隔画像診断] ・画像を他医療機関の専門的な知識を持っている医師に送信し、その読影・診断結果を受信した場合 [遠隔病理診断] ・術中迅速病理検査において、標本画像等を他医療機関の専門的な知識を持っている医師に送信し、診断結果を受信した場合(その後、顕微鏡による観察を行う。) ・(新)生検検体等については、連携先の病理医が標本画像の観察のみによって病理診断を行った場合も病理診断料等を算定可能
医師対患者 (D to P)	情報通信機器を用いた診察 医師が情報通信機器を用いて患者と離れた場所から診療を行うもの 	[オンライン診療] ・(新)オンライン診療料 ・(新)オンライン医学管理料 ・(新)オンライン在宅管理料・精神科オンライン在宅管理料 対面診療の原則の上で、有効性や安全性等への配慮を含む一定の要件を満たすことを前提に、情報通信機器を用いた診察や、外来・在宅での医学管理を行った場合 ※電話等による再診 (新)患者等から電話等によって治療上の意見を求められて指示をした場合に算定が可能であるとの取扱いがより明確になるよう要件の見直し(定期的な医学管理を前提とした遠隔での診察は、オンライン診療料に整理。)
	情報通信機能を備えた機器を用いて患者情報の遠隔モニタリングを行うもの 	[遠隔モニタリング] ・心臓ペースメーカー指導管理料(遠隔モニタリング加算) 体内挿込式心臓ペースメーカー等を使用している患者に対して、医師が遠隔モニタリングを用いて療養上必要な指導を行った場合 ・(新)在宅患者酸素療法指導料(遠隔モニタリング加算) ・(新)在宅患者持続陽圧呼吸療法(遠隔モニタリング加算) 在宅酸素療法、在宅CPAP療法を行っている患者に対して、情報通信機器を備えた機器を活用したモニタリングを行い、療養上必要な指導管理を行った場合

3・3 遠隔ICUとは 日本集中治療医学会 ad hoc 遠隔ICU委員会「遠隔ICU設置と運用に関する指針」¹²⁾の中で遠隔ICUの定義が以下のように書かれている。「遠隔ICUは遠隔医療のひとつで、集中治療における診療支援システムである。すなわち、専門家同士で協力して重症患者における医療体制を提供する、ビデオ音声通話やコンピュータシステムのネットワークである。遠隔ICUは現場医療に代わるものではなく、医療資源の活用とプロセスの標準化を通じて現場医療を強化するよう設計されている」。つまり、病院外の施設(コントロールセンターやサポートセン

ターと呼ばれている)に専門医や認定看護師を集め、その施設と連携病院のICUの間で情報通信技術を用いてICU入室患者の診療に関する情報を共有し、その上で病院外の施設にいる専門医や認定看護師から、ICUにいる医療スタッフに診療のアドバイスをするものである。

上記指針では、遠隔ICUは支援体制により以下の3つに分類されている。

- ①持続ケアモデル：決められた時間内で患者を絶え間なくモニタリングするモデル(例として8~24時, 12時間, 24時間)
- ②計画的ケアモデル：事前に定めた計画に従

って定期的な回診をするモデル（患者の回診の際に共有するなど）

③急変時対応モデル：警告や必要時に介入するモデル（オンコール体制、モニターのアラームに対応など）

この中で病院死亡率、ICU死亡率、ICU滞在日数などのアウトカムの改善が見られるモデルは、現段階では①持続ケアモデルのみである¹³⁾。

また、上記日本の3分類に対応するべく、American Telemedicine Association (ATA) のガイドライン¹⁴⁾においても、遠隔ICUのケアモデルはContinuous care model, Scheduled care model, Reactive care modelの3タイプに分類されている。

3・4 海外における遠隔ICUの状況

PubMedで「telemedicine」と「ICU」で検索すると、最も古い文献は1982年のものがあつた¹⁵⁾。それはアメリカからの報告で、電話ではなくテレビ電話を使ったコンサルテーションを行い、臨床的にも教育的にも有意義であつたという報告だ。当時はテレビ電話の装置が大変高価であるということも書かれている。一方で現代ではテレビ電話はスマートフォンさえ持っていればほぼ無料で利用することができ、大変身近なツールになった。

そして、いわゆる生体情報モニターや放射線画像データなどを遠隔で閲覧できる現代のシステムでの遠隔ICUは、2000年頃にアメリカで開始された¹⁶⁾。前述のようにアメリカにも日本と同様に専門医の需給のアンバランスという課題があり、それを解決するために遠隔ICUに取り組まれるようになった。

2000年に報告されたRosenfeldらの文献¹⁶⁾によると、ICU患者における定期的なコンサルテーションにより院内死亡率が30%減少したとされている。それ以降遠隔ICUは徐々に普及し、2018年には全米の788病院、27624ICUベッド(28%)は遠隔で管理されている。そして現在ではアメリカ以外にも、カナダ、UK、ドイツ、フランス、イタリア、スペイン、ベルギー、オランダ、ルクセンブルグ、ノルウェー、ポーランド、中国、韓国、インド、

アルゼンチン、サウジアラビア、UAE、南アフリカ、ブラジル、メキシコなどで遠隔ICUが行われている¹⁷⁾。

現在では遠隔ICUに関する報告は多数見られる。多くの文献^{13,18)}では、遠隔ICUの導入前後で比較して、病院死亡率、ICU死亡率、病院滞在日数などが改善したとされているが、一方でThomasらの文献¹⁹⁾ではそれらのアウトカムに差がなかったと報告している。アウトカムに差がなかった理由として、遠隔ICU導入後も対象患者の3分の2は積極的な遠隔ICUからの介入がなかったことなどが挙げられており、システムを導入するだけではアウトカムを改善するまでには至らない可能性が示唆され、遠隔のスタッフが現場の日々の診療にいかにか十分に関与し、良好な関係性を構築するかが重要であると考えられている。また別の文献²⁰⁾では、遠隔ICUで管理した患者を重症度で分類し、軽症な症例では遠隔ICUで死亡率などの改善は見られないとしていた。ICU自体もいわゆる軽症者を入室させても効果がないのと同じであり、遠隔ICUの対象とする症例も重症度で分類する必要がありそうだ。

3・5 遠隔ICUの医療費への貢献

遠隔ICUの医療費への影響に関しては意見が分かれるところであり、一定の見解が得られていない。合併症が減りICU滞在日数が減ることなどから、初期導入費用を考慮しても全体としての医療費が下がるとする報告がある一方で、初期導入費用が大きいと、医療費を下げるまでの効果はないとする報告もある¹³⁾。

医療過誤に関する費用まで考慮に入れた文献もある。それによると遠隔ICUを提供する側の医療従事者は、ベッドサイドに医療従事者がいないことを理由に重症患者の管理に遠隔医療ツールを使用することで、医療過誤で請求される頻度やその費用が増える可能性があるかと懸念を抱いているようだが、5年以上の遠隔ICUの導入を通じて、重症患者に対する医療過誤の申し立ては増加せず、医療コストが減少したと報告されている²¹⁾。市場に入ってきているベンダーの数がまだまだ不十分

でありコストパフォーマンスが良いと結論付けるには時期尚早であると考えるが、うまく病院の体制に組み込むことができ活用が進めば、初期投資に十分見合うだけの可能性があるかもしれない。

その初期導入費用であるが、Kumarらの報告では1床あたり70,000USD～87,000USDとされている²²⁾。また国内を見てみると、横浜市立大学では、3病院のICU16床、HCU18床の合計34床にシステム設置を行い、概算で1.5億円だった。これには支援センターの構築費用や、ネットワーク費用、医療機器の接続費用は含まれていない²³⁾。

経済的側面での課題はあるが、遠隔ICUは成長を続けており、ベッドサイドにいる集中治療専門医主導のClosed ICUよりも一般的になる可能性も示唆されている²⁴⁾。

3・6 日本の遠隔ICU 日本のD to Dの遠隔医療においては、遠隔画像診断と遠隔病理診断がそれぞれ2002年と2010年に診療報酬の算定が可能となり広く利用されている。国内における遠隔ICUの始まりは、2017年12月の第5回働き方改革検討委員会でのアメリカにおける遠隔ICUについての報告からだと考えられる。その後、2018年5月に日本集中治療医学会にad hoc遠隔ICU委員会が設立され、2019年6月には厚生労働省の補助金である「Tele-ICU体制整備促進費用」の公募が行われた。このように、厚生労働省は医師の働き方改革の解決方法の1つとして遠隔ICUに注目し始めたと考えられる。救急・集中治療の領域では重症患者が診療対象のため、24時間体制で医療を提供する必要があり、夜間勤務も当直業務として認められない状況である。前述のように国内の集中治療専門医は約2100人であり、約7割のICUやHCUではLow-intensity typeであり、各診療科の主治医が外来・手術等の本来業務に加えて、重症患者の診療にあたらなくてはならず、医師の長時間労働の一因となっている。そのような勤務環境の改善をするために、遠隔ICUを活用して集約的な管理をする事が期待されている。ad hoc遠隔ICU委員会の役割としては、遠

隔ICUで望まれる重症度予測アルゴリズムの整理、ルール策定、ビッグデータ化に向けたデータベースの設定、Tele-ICUに必要な情報セキュリティレベルとそれを実現する医療機器の標準的な使用ならびに運用基準・体制を策定するなどが挙げている。

国内でコロナ禍の以前から稼働している遠隔ICUは昭和大学、横浜市立大学、株式会社T-ICUの3つだと思われる。

昭和大学は2018年からフィリップス社の遠隔集中治療支援システムを用いて、大学病院内の3つのICU・CCUと直線距離で15km離れた附属病院をつないで遠隔ICUを行っている。支援センターには3台の端末が配備され、このシステム運用のための訓練を受けた集中治療専門医1名、集中救急医療や重症患者管理などの専門・認定看護師1名、医師事務補助者1名の計3名が配置されている。この体制で監視されているベッド数は55床である²⁴⁾。支援センターに設置された6つのモニター(システム的には8台までを設置可能)では、カルテや患者の状態をリアルタイムで把握し、現場からの要望に応じてサポートしたり、注意喚起を出したりができる。入室患者の重症度はeCareManager™により自動計算され、重症患者から効率よく介入できるようになっている。一方の病床には、患者の毛穴までが見える高解像度ビデオシステムや、双方向で音声をやり取りできるスピーカーフォン、支援センターを呼び出すアラートボタンなどが配置されている。

昭和大学では遠隔ICUの導入後、2018年の入室患者の重症度を評価するAPACHE IV (Acute Physiology and Chronic Health Evaluation IV) スコアが53.7であったのが年々上昇し、2020年6月時点では61.2に達した一方で、ICU内死亡は2018年:21例(3.61%)が2019年:14例(2.63%)に抑えられており、重症化とは逆に診療成績は向上したと報告されている²⁴⁾。

横浜市立大学はNTTデータ社のシステムを用いており、附属病院内のTele-ICU支援センターが中心となって、附属市民総合医療セ

ンター、横浜市立脳卒中・神経脊椎センターとをネットワークでつないで、2020年9月から遠隔ICUを構築している²³⁾。リモートデスクトップ、自動重症度判定システム、Web会議システム、生体情報モニター監視の4つの要素技術を支援センターの機能として有している。

大学ではなくユニークな形で遠隔ICUを提供しているのが株式会社T-ICUだ。遠隔ICUに必要な患者情報を院外から閲覧するシステムの開発と、それをを用いてアドバイスを集中治療医、認定看護師を集めて、医療法人の枠を超えて遠隔ICUを提供している。そのシステムはビデオ会議システムの画面共有機能を用いて、電子カルテやバイタルサインモニターを閲覧できる。病院にはノートパソコンを1台設置するだけで大がかりな機器や工事が必要ない²⁵⁾。契約病院は全国に約30病院ある。

遠隔ICUに関するガイドラインなどがない中で国内では始まったが、2021年4月にad hoc遠隔ICU委員会から「遠隔ICU設置と運用に関する指針」が出された。内容としては、遠隔ICUの定義、支援施設の施設基準、クリニカルプラクティス、システムの技術的指針などが示されている。今後も普及状況に従って改訂がなされるとも思われるが、これに沿う形で国内での遠隔ICUは進んでいくと思われる。

3・7 新型コロナウイルス感染症流行後の遠隔ICU

新型コロナウイルス感染症(COVID-19)により、ICU体制が注目されるようになった。

日本は他の先進国と比較すると、一般病床の総数は多いが、ICU病床数は少ない(図2)。ICUベッド数は人口10万人当たり4.3、HCUや救命救急入院算定床数など転用可能なベッドを合わせると人口10万人あたり13.5床である^{26,27)}。

2020年3月頃のCOVID-19流行第1波の際は、治療法などが確立していない状況で重症患者の対応に迫られ、医療崩壊の危機に直面したのは記憶に新しい。ガウン、マスク、グ

ローブなどの装備が間に合わず、その結果、病院単位のクラスターも少なからず起こるなどの問題もあった。そうした状況において、医師や看護師などのコメディカルを院内感染リスクから守るためにも遠隔医療を活用していくことが重要だと認識から遠隔ICUの必要性が高まった。

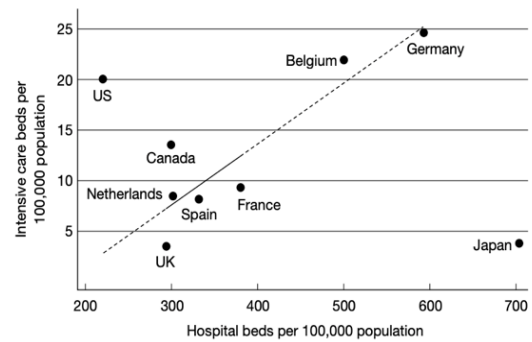


図2 10万人あたりの病床数とICU病床数(文献25より引用)

厚生労働省医政局からは、COVID-19流行拡大を受けて、2020年4月に「新型コロナウイルス感染症の拡大に際しての電話や情報通信機器を用いた診療等の時限的・特例的な取扱いについて」という事務連絡²⁸⁾が通達された。遠隔ICUという言葉は入っていないが、それを特例的ではあるが容認する内容となっている。これらを受けて、埼玉県では自治医科大学附属さいたま医療センターが、神戸市では株式会社T-ICUが遠隔ICUを用いて、COVID-19重症患者対応可能なベッドを増やす目的で遠隔ICUを開始した。アメリカでも同様に遠隔ICUを用いた重症病床の増床対応が第1波の時から、日本よりも大規模に行われている。Chandraらの報告²⁹⁾によると、COVID-19流行第1波の際に、グループ全体でICU病床数500床だったものを1000床に増床し、そのうち流行前は遠隔ICUで管理していたベッド数が176床だったものを450床に増やして対応した。もともと遠隔ICUを行っていたため、この対応を3週間で完結できた。このようにいわゆる災害時のように一時

的に急性期医療対応能力を強化する時にも遠隔ICUは有効な可能性がある。

4. 結語

遠隔ICUについてコロナ禍前後に分けて説明した。

海外では死亡率改善・ICU滞在日数短縮などを報告する文献が多く見られているが、日本からの報告はまだない。また国としての医療費にどのような影響があるかは海外も含めて一定の見解が得られていない。

遠隔ICUは医療体制整備や、医療費、医師の働き方改革においてメリットがある可能性は十分にあり、導入を加速する動きはあるが、一方で導入するだけでは有効活用ができず、遠隔側と現場のコミュニケーションを密に取れる関係性作りや、システムの操作を簡便にするなどの導入後のフォローも重要であることが分かった。

また導入後は、重症度で分類するなど、遠隔ICUの対象とする患者を明確にする必要がありそうだ。

遠隔ICUは、成人重症患者への不十分なアクセスの問題（医療過疎地）に対する潜在的な解決策として、またコストカット、さらには医療の質と効率を高めるための実用的な方法として注目されているが、国内からのエビデンスがまだまだ必要であると考えられる。

利益相反

COI開示：株式会社T-ICU代表取締役である。

文献

- 1) 日本集中治療医学会ホームページ：<https://www.jsicm.org/public/intensivist.html>
- 2) Jacob, T. G., Benjamin, A. K.: Who should care for intensive care unit patients? *Crit Care Med.*, **35**(2), S18-S23, 2007.
- 3) Society of Critical Care Medicine ホームページ：<https://www.esicm.org/patient-and-family/what-is-intensive-care/>
- 4) 厚生労働省：「広告可能な診療科名の改正について」<https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/isei/kokokukisei/dl/koukokukano u.pdf>
- 5) Pronovost, P. J., Derek C. A. and Todd, D.: Physician staffing patterns and clinical outcomes in critically ill patients: a systematic review. *JAMA.*, **288**(17), 2151-2162, 2002.
- 6) Neil, A. H., Stephen, M. P. and John, M. O.: Critical care medicine in the United States: addressing the intensivist shortage and image of the specialty. *Crit Care Med.*, **41**(12), 2754-2761, 2013.
- 7) Derek, C. A., Mark, A. K. and Robert, J. S.: Current and Projected Workforce Requirements for Care of the Critically Ill and Patients With Pulmonary Disease Can We Meet the Requirements of an Aging Population? *JAMA.*, **284**(21), 2762-2770, 2000.
- 8) WHO.: World Population Prospects The 2019 Revision <https://population.un.org/wpp/Graphs/Probabilistic/POP/65plus/900?>
- 9) Lilly, C. M., Swami, S. and Liu, X.: Five-Year Trends of Critical Care Practice and Outcomes. *Chest.*, **152**(4), 723-735, 2017.
- 10) Breslow, M. J., Rosenfeld, B. A., Doerfler, M., et al.: Effect of a multiple-site intensive care unit telemedicine program on clinical and economic outcomes: an alternative paradigm for intensivist staffing. *Crit Care Med.*, **32**(1), 31-38, 2004.
- 11) 厚生労働省：「オンライン診療の推進」平成30年3月9日。<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kei>
- 12) 日本集中治療医学会 ad hoc 遠隔ICU委員会：「遠隔ICU設置と運用に関する指針」<https://www.jsicm.org/pdf/Guidelines%20of%20Tele-ICU.JSICM2021.pdf>
- 13) Jing, C., Dalong, S. and Weiming, Y.: Clinical and Economic Outcomes of Telemedicine Programs in the Intensive Care Unit: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Intensive Care Medicine.*, **33**(7), 383-393, 2004.
- 14) American Telemedicine Association.: Guideline for TeleICU Operations., 2014.
- 15) Grundy, B. L., Jones, P. K. and Lovitt, A.: Telemedicine in critical care: problems in design, implementation, and assessment. *Crit Care Med.*, **10**(7), 471-475, 1982.
- 16) Rosenfeld, B. A., Dorman, T., Breslow, M. J.: Pronovost, P.: Intensive care unit telemedicine: alternate paradigm for providing continuous intensivist care. *Crit Care Med.*, **28**(12), 3925-3931, 2000.
- 17) Exponential Market Research.: Tele-Intensive Care Unit Market Global Industry Analysis 2018 and Forecast to 2026. 2019.
- 18) Lilly, C. M., Cody, S. and Zhao, H.: Hospital Mortality, Length of Stay, and Preventable Complications Among Critically Ill Patients Before and After Tele-ICU Reengineering of Critical Care Processes. *JAMA.*, **305**(21), 2175-2183, 2011.

- 19) Thomas, E. J., Lucke, J. F. and Wueste, L.: Association of telemedicine for remote monitoring of intensive care patients with mortality, complications, and length of stay. *JAMA.*, **302**(24), 2671-2678, 2009.
- 20) Franzini, L., Sail, K. R. and Thomas, E. J.: Costs and cost-effectiveness of a telemedicine intensive care unit program in 6 intensive care units in a large health care system. *J Crit Care.* **26**(3), 329.e1-329.e6, 2011.
- 21) Craig, M. L., Marc, T. Z. and Kenneth, M. K.: Critical care telemedicine: evolution and state of the art. *Crit Care Med.* **42**(11), 2429-2436, 2014.
- 22) Kumar, G., Falk, D. M. and Bonello, R. S.: The Costs of Critical Care Telemedicine Programs: A Systematic Review and Analysis. *Chest.*, **143**, 19-29, 2013.
- 23) 高木俊介: 術後患者に対する Tele-ICU システム構築におけるプロジェクトリーダーに求められるスキル, *LiSA.* **28**(7), 710-713, 2021.
- 24) 小谷透: 昭和大学における遠隔集中治療支援システム, *医機学*, **91**(1), 25-29, 2021.
- 25) 中西智之: 遠隔 ICU の普及に向けた T-ICU の挑戦 *医機学*, **91**(1), 49-53, 2021.
- 26) 内野滋彦: わが国の集中治療室は適正利用されているのか?, *日集中医誌* **17**, 141-144, 2010.
- 27) 日本集中治療医学会ホームページ: https://www.jsicm.org/news/upload/icu_hcu_beds.pdf
- 28) 厚生労働省: 「新型コロナウイルス感染症の拡大に際しての電話や情報通信機器を用いた診療等の時限的・特例的な取扱いについて」 <https://www.mhlw.go.jp/content/000620995.pdf>
- 29) Chandra, S., Hertz, C, and Khurana, H.: Collaboration Between Tele-ICU Programs Has the Potential to Rapidly Increase the Availability of Critical Care Physicians - Our Experience Was During Coronavirus Disease 2019 Nomenclature *Crit Care Explor.*, **3**(3), e0363. 2021.

COVID-19 感染症に対応した入院医療コントロールセンターと 救命救急センターの実状 (重症患者急増への対応)

石井 亘

Situation of a medical control center for COVID-19 and a critical care center in the pandemic of COVID-19 (Background of the rapid increase in the number of severe patients)

Wataru ISHII

京都第二赤十字病院 救命救急センター

[〒602-8026 京都市上京区釜座丸太町上る春帯町 355-5]

Dept. of Critical Care Center, Kyoto Daini Red Cross Hospital

Key Words: COVID-19, pandemic, critical care

1. 緒言

COVID-19 がパンデミックの様相にある中、日本においてもその対応に苦慮しているところであり、変異株の出現などで患者数の増加と減少を繰り返している現状にある。世界中が COVID-19 の猛威と戦っているが、SARS-CoV-2 は、強い感染力を持ち、感染患者が急激に重症化する経過が見られる点が特徴である。特に、血液凝固異常がみられる頻度が高く、血栓症が多発することも知られている¹⁾。COVID-19 は血栓症ハイリスク疾患であるので、本院の状況を通して COVID-19 によるパンデミックの背景を紹介することは、本学会会員の皆様のお役に立てると考える。病院や診療所においては、通常業務と異なる COVID-19 対策の構築や経済的な要因に対して様々な影響が出ている²⁾。本稿では、救命救急センターでの実情と京都府入院医療コントロールセンターの実状を報告する。

2. 京都府における COVID-19 発生状況

京都府では、2020年1月30日に COVID-19 陽性患者が発生してから、2021年6月に至るまで累計 16,000 名以上の陽性患者を認めた³⁾。現在は第4波の渦中であるが、これまでに最も陽性者数が多かったのは、第4波で、約 180 名/日であった。京都府内での入院者数は、第4波が最多で 350 名強であった (Fig. 1)。

3. 救命救急センターの実状

当院は併設型救命救急センターおよび重症外傷センターであり、一次～三次救急を受け入れている。救命救急センターの年間総受診者数は約 28,000 人、救急車搬送台数約 7,500-8,000 台、重症外傷 (Injury Severity Score ≥ 16) は 250 症例前後の High volume center である。また、当院救急科は外傷手術・Emergency Surgery・IVR・集中治療などのサブスペシャリティを持ち、それぞれがシームレスに対応する自己完結型をとっている。今回のコロナ渦において、当院救命急センターでは救急応需が増加し、総受診者数、入院数および救

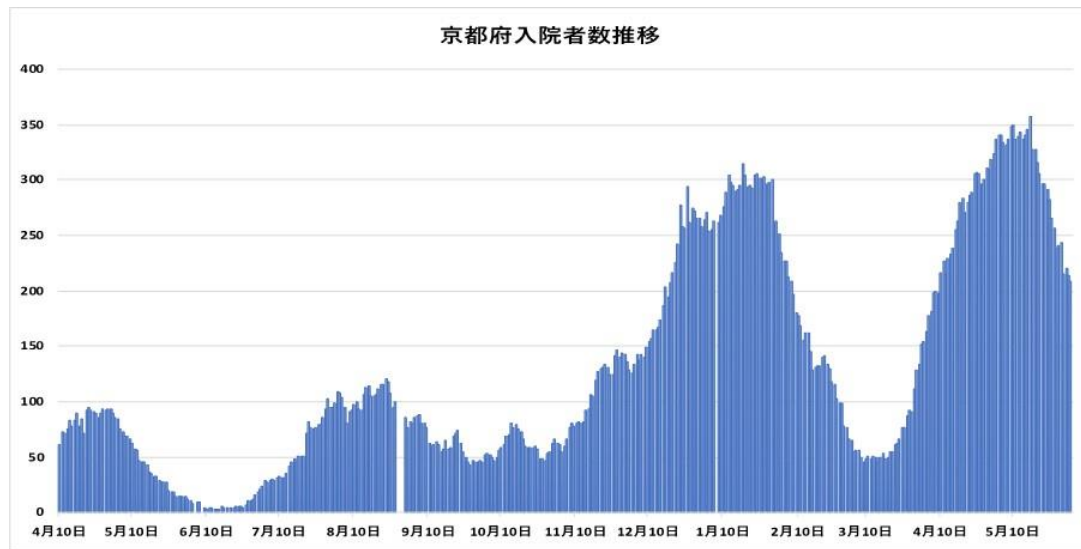


Fig. 1 The trend of hospitalization cases of COVID-19 in Kyoto.

Table 1 Situation of the Critical Care Center in our hospital.

	平成27年度	平成28年度	平成29年度	平成30年度	令和元年度	令和2年度
総受診患者数	28,084	27,719	27,991	27,510	28,379	20,208
入院患者数	4,929	5,075	5,118	5,009	5,375	4,647
内、救命救急C入院数	2,096	2,385	2,467	2,205	2,283	2,112
救急車搬送台数	7,551	7,638	7,800	7,350	7,610	7,194
CPA総数	232	238	238	229	245	270
蘇生後入院	45	52	63	69	51	50
外未死亡	187	186	175	160	194	220
不応需(不応需率)	817(9.8%)	542(6.6%)	599(7.1%)	596(7.5%)	506(6.2%)	927(11.5%)
救急隊キャンセル除外	-	-	440(5.2%)	469(5.9%)	396(4.9%)	814(10.1%)

急者搬送台数が減少した。しかしながら、心肺停止の搬送定例数は増加していた (Table 1)。このことは、いわゆるコンビニ受診が減少し、救命救急センターとしての重要な役割である三次医療を提供できた結果ではないかと考えられる。不応需に関しては、新型コロナウイルス感染症患者の府内での増加に伴い、発熱患者などの救急要請に応需できていない傾向が強くなり、発熱対応できる Emergency Room (ER) が占有されて使用できないことが多いことがわかった。

a. 外国籍客船における活動

当院は、DMAT 指定医療機関であるため、2020年1月31日に日本DMATへの派遣要請がなかった⁴⁾。当初は、武漢からの帰国者対応を行うとのことで、帰国者滞在

施設における健康管理を行うとの任務であった。派遣隊員の感染に関する安全などの懸念もあることから、院内幹部と検討し、最終的には派遣が決定された。派遣要員は、医師1名、看護師1名、業務調整員2名のチームとし、病院救急車にて派遣先へ移動することとしたが、その移動中に、厚生労働省 DMAT 事務局より、COVID-19 感染者が発生している外国籍客船への派遣先変更依頼があり、再度院内幹部と再度検討し派遣決定に至った。現地でのミッションは、

- ・船内本部活動
- ・診療活動
- ・船内メディカルセンター支援活動
- ・PCR 検体採取活動
- ・船外への搬出活動
- ・薬剤管理業務

などであった。

このミッションの困難であったところは、船籍および運営会社がそれぞれ異なる外国であったことと、乗船員が 50 か国以上の国籍を持つ旅行者であり、大人数・多言語対応を迫られたことである。さらに船内は、日本国内ではなかったため、我々は臨時検疫官としての身分で活動を行なった。

b. COVID-19 対応における病院内の体制

日本国内ではCOVID-19感染者が増加し、緊急事態宣言が発令された。これに伴い、通常救急は軽度減少したものの、通常救急を遅滞させないことや新型コロナ感染症患者の治療と両立することが必須になってきたため、院内において2020年4月より新型コロナ対策本部を立ち上げ、その対応を行なっている (Fig. 2)。

対策本部は、指揮命令系統の組織図を作成し、運用、院内の各部署での感染対策および陽性者受け入れ病床の整備、看護師などの再配置、様々なマニュアル作成を行い、職員に対して感染防護具の着脱訓練やシミュレーションなどを実施してきた (Fig. 3)。



Fig. 2 Countermeasure office for Covid-19 in our hospital.



Fig. 3 Simulation scene for PPE in an ICU.

c. 救命救急センターでの対応

・ER での対応

発熱患者に関しては、搬入の導線およびゾーニングを作成し、感染対策用の陰圧室の準備および改築なども行なった。しかしながら、通常救急搬入も継続しているため、受け入れ場所の増築を行なったわけではなかったため、受け入れ対応が困難になることもあった。また、発熱患者や COVID-19 陽性者を受け入れる場合には、full PPE に対応するため、通常診療より医療スタッフの数が診療にとられることとなり、相対的に初療室内の医療スタッフが減少する状況になる。また、重症外傷センターであるため、重症外傷搬入による初療室での手術対応を行う場合には尚更問題である (Fig. 4)⁵⁾ そのほかにも、院外心停止における病院搬入時の蘇生プロトコルの改訂なども行い 対応している⁶⁾。



Fig. 4 Damage control surgery in an ER with full PPE.

・救命救急センター病棟での対応

通常、ICUでは2対1看護体制が求められるが、重症のCOVID-19患者の看護には、患者1人に対して2名以上の看護体制が必要となるため、通常の重症急性期患者に対応するICUやHCUベッドを縮小して運営せざるをえない状況になった。また、COVID-19患者は、

軽症でも突然の個室管理を余儀なくされるなどの環境の変化が通常の入院患者より多く、せん妄なども起こしやすいことが看護の負担になっている (Fig. 5)⁷).



Fig. 5 Exchanging the ECMO for a severe COVID-19 patient.

・コロナ禍における救命救急センターの成果

院内に新型コロナ対策本部を早期から設置をしたことで、医療スタッフの安全確保およびCOVID-19に対する感染教育を行うことができた。また、感染症対応したゾーニングおよび医療資機材の準備、疑似症病床や既存病床のCOVID-19対応改築も早期に進めることができたと考えられる。したがって、現在に至るまで感染症対策を行いCOVID-19患者やその疑似患者を受け入れながら、救命救急センターとしての役割である三次対応患者の受け入れを継続できたのではないかと考えられる。

・コロナ禍における救命救急センターの課題

現在のCOVID-19感染対策を行いつつ、軽症も含めた一般救急を継続して受け入れるためには、医療スタッフの頑張りに頼っているところが大きく、感染患者（疑似症を含む）のER診療場所の拡充や医療スタッフ、特に看護師の増員をはかっていくことが、救急不応需に対する改善を期待できる手段ではないかと考えられる。また、ICUやHCUでは重症管理が必要であり、

平時からの看護スタッフの増員とCOVID-19の重症管理を含めた教育を行なっておく必要がある。医療圏でCOVID-19陽性者が増加し、入院が逼迫する事態に際して、スムーズに病床を拡充できるようにして行かなくてはならない。

4. 京都府入院医療コントロールセンターの運用

京都府の人口は、約256万人で、二次医療圏は丹後、中丹、南丹、京都・乙訓、山城北、山城南医療圏に分かれている。

COVID-19陽性者の医療調整は、通常保健所で入院調整を行うが、地域毎で行うと限られた受け入れ病床を有効に活用できないなどの弊害があるため、京都府ではCOVID-19感染症の増加に伴い、令和2年3月27日より入院医療コントロールセンターが設置され運用を開始し、現在も継続している (Fig. 6)。



Fig. 6 Control center for COVID-19 in Kyoto prefecture.

COVID-19陽性者の病態把握、受け入れ病院調整、搬送調整やホテル入所調整、また救急要請患者の搬送先選定などの業務が開始され、業務の拡充が図られている。構成メンバーは、京都府医療課職員など（医師、行政職員）と、統括DMAT医師（令和3年5月からはDMAT医師に拡充）、お

よびDMAT ロジスティクス要員で運用している。業務内容は以下の①から⑩である。

① 新規 COVID-19 陽性患者（以下、陽性者）の疫学および症状の把握

京都府では陽性者の感染までの疫学は、二次医療圏管轄の保健所が陽性者本人や同居しているものから情報（濃厚接触者追跡や基礎疾患、健康状態など）を聴取して、発症日なども認定する。こういった情報を入院医療コントロールセンターが一括管理している。自宅療養などの陽性者の場合は、各保健所で健康観察を行い、悪化などがあれば、入院医療コントロールセンターへ報告する。

② 陽性者のリスト化とクロノロジーの保存

陽性者に関してはコントロールセンターにて情報を管理してリスト化し、疫学情報を受け入れ病院や各保健所と共有している。また、情報のやりとりは、その都度クロノロジーを記載して管理し、情報欠落などがないようにしている。

③ 待機中陽性者の健康状態の把握

待機中の陽性者に関しては、管轄保健所にて健康状態の管理を行い、悪化などで入院や宿泊療養になる場合はコントロールセンターへ連絡し、必要があればコントロールセンターにて入院などの調整を行う。

④ 受け入れ病院の選定や受け入れ依頼調整

入院受け入れ病院の選定に関しては、重症、中等症、軽症毎にそれぞれの受け入れ可能数を毎日コントロールセンターで把握し、陽性者の状況に応じた病院に依頼をかけて入院調整を行なっている。

⑤ 宿泊療養者の選定や受け入れ

宿泊療養者は、全身状態が安定していることや基礎疾患の有無、年齢などを考慮してコント

ロールセンターにて選定し、搬送は管轄保健所に依頼している。

⑥ 陽性者外来受診陽性者の健康状態の把握

すぐに入院適応にならない可能性がある方などで有症状の陽性者は、コントロールセンターと相談の上、管轄保健所で受診調整をお願いする。

⑦ 重症化陽性者の転院調整や軽症化患者の下り搬送調整

軽症・中等症病院にて加療している陽性者が重症化し、人工呼吸器管理やECMO管理が必要な可能性がある場合は、重症受け入れ病院へコントロールセンターが転院調整を行う。また、重症陽性者が軽症化した場合は、軽症受け入れ病院や宿泊療養への転院転所調整をコントロールセンターが行う。

⑧ 在宅支援チーム対応陽性者の調整

かかりつけ医がなく、75歳以上の高齢者の場合、認知症や精神疾患などですぐに病院の入院などができない場合や入院などを拒否し自宅におられる陽性者が有症状をきたした場合などは、在宅支援チームにより在宅診療を行うための調整を行なっている。在宅支援では、在宅での診察だけでなく酸素投与・点滴・処方箋の発効なども行なっている。

⑨ 陽性者救急要請事例の病院選定

陽性者が救急要請を行った場合は、コントロールセンターにて病院選定を行い、受け入れ病院への搬送を救急隊に指示する。搬入された陽性者が受け入れ病院で入院できる場合はそのまま入院となるが、病床が満床で入院が必要な場合は、翌日コントロールセンターで病院選定をし、それまでは受け入れの病院救急室で待機してもらう。帰宅が可能であれば、保健所へ連絡して自宅まで搬送してもらう。

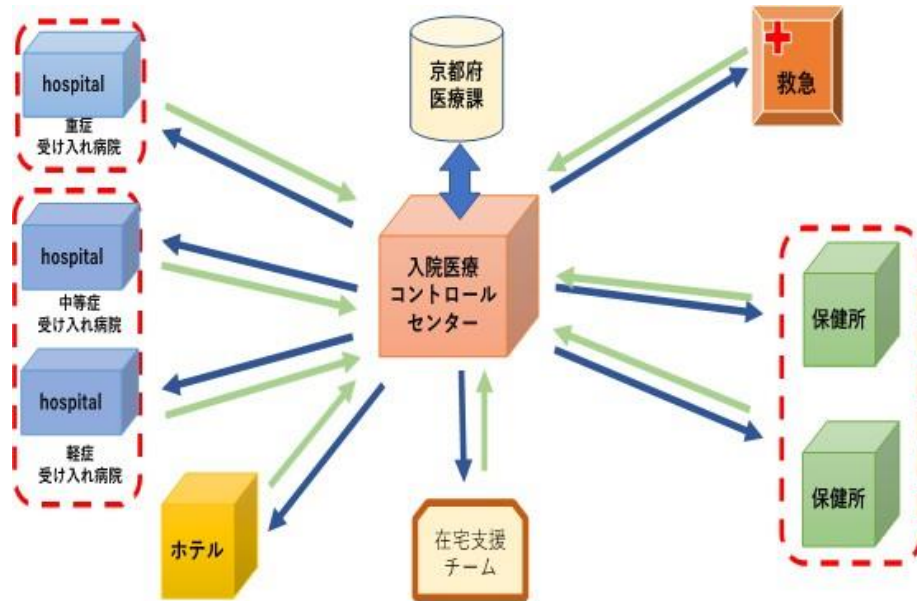


Fig. 7 Role of the medical control center for COVID-19.

⑩ 受け入れ病院の入退院把握および重症陽性者把握

受け入れ病院の入退院把握はコントロールセンターにて行い、調整可能人数などを把握している。

以上のように、入院医療コントロールセンターの業務は、COVID-19 陽性者の情報把握や入院など多岐にわたっているが、集約化ができています (Fig. 7) 。しかしながら、COVID-19 陽性者が増加した第3波・第4波では、経時的に受け入れ病床が増えているにもかかわらず、非常に逼迫した状況になり、結果として入院が必要な高齢者や基礎疾患のある陽性者が自宅療養を余儀なくされる

5. 結語

今回、救命救急センターのコロナ渦における本院の現状と京都府入院医療コントロールセンターの業務について報告した。救命救急センターは三次救急の要であり、その中で重症 COVID-19 患者

こととなった。

コロナ渦において、陽性者の管理などを入院コントロールセンターにて早期に集約化できたことは、非常に効果的であったと考えられる。しかし、課題として、各保健所やコントロールセンターの情報の一元化や共有ができれば、遅滞のない調整も今後できる可能性があると考えられる。また、COVID-19 陽性者の増加に伴う入院逼迫時の受け入れ病床をさらに確保しておくこと、在宅支援チームの拡充も必要であると考えられる。入院逼迫時の陽性の待機患者が救急要請をする場合に、待機時間が長時間にならないように酸素投与ステーションの構想も必要になってくると考えられる。

対応と一般救急業務を遅滞ないようにしていくことが、今後も求められると思われる。また、入院医療コントロールセンターの役割は、京都府民の COVID-19 陽性者の命を守るために、適材適所で治療ができるように情報管理とスムーズな調整が

継続してできるようにシステムを動かして行かなくてはならない。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 射場敏明、比企誠：COVID-19 における凝固異常と血栓症. 血栓止血誌, 31, 600-603, 2020.
- 2) 齋藤充史、千葉弘文、服部健史他：新型コロナウイルス感染症が北海道内の病院・診療所の診療に与えた影響に関するアンケート調査. 日呼吸会誌, 10, 245-250, 2021.
- 3) 京都新型コロナウイルス感染症対策サイト,
<https://kyoto.stopcovid19.jp> (Accessed 2021.07.27)
- 4) 大日方 洋文, 竹島 茂人. ダイヤモンド・プリンセス号での COVID-19 アウトブレイクに対する自衛隊中央病院の活動. 救急医学. 45, 61-67, 2021.
- 5) 腹部外傷患者に対する救急外来・緊急手術における感染対策：with コロナ時代の緊急手術. 手術. 75, 937-943, 2021.
- 6) K. Kandori, Y. Okada, W. Ishii, et al.: Evaluation of a revised resuscitation protocol for out-of-hospital cardiac arrest patients due to COVID-19 safety protocols: a single-center retrospective study in Japan. Sci Rep. 11, 12985, 2021.
- 7) K. Kandori, Y. Okada, W. Ishii, et al.: Association between visitation restriction during the COVID-19 pandemic and delirium incidence among emergency admission patients: a single-center retrospective observational cohort study in Japan. J Intensive Care. 8, 90, 2020.

研究室紹介

名古屋工業大学 電気・機械工学科 医用生体工学研究室

中村 匡徳*

はじめに

本稿では、名古屋工業大学の医用生体工学研究室について紹介いたします。着任したのは、つい、先日という気がしていましたが、光陰矢のごとし、あっという間に、4年半が過ぎておりました。思い起こせば4年半、教授として研究室を立ち上げるということで、気合を入れて着任しました。しかし、“立ち上げ”とは名ばかりで、先代の松本健郎教授（現名古屋大学教授）と、現在、共に研究室を主宰している杉田修啓准教授が長年積み上げてきた研究室の財産があり、私は勞せず素晴らしい研究環境を戴いてしまいました。

研究の紹介

名古屋工業大学の医用生体工学研究室では、機械工学を基盤学理として、生物学および医学への貢献を目指した生体工学研究を進めています (Fig. 1)。対象はヒトのみならずウズラやウーパールーパーまで扱っており、分子スケールから個体スケールまで実験と計算の両側面から研究を進めています。詳しくは、研究室 HP (URL は最後に記載) をご覧ください。

私に加えて、杉田修啓准教授と氏原嘉洋准教授の合計3名の教員で研究室を運営しております。3名とも出身は機械工学科ですが、杉田准教授と氏原准教授は生物や細胞の実験に長けています。彼らにお知恵を拝借して、実験と計算の両側面から生体現象を解き明かすべく、日々議論を交わしています。我々の技術や研究の成果を社会や臨床に還元するためにはどうするかというところを常に考えて、研究を行っています。

力学を基盤とする統合的生命理解と医療応用



Fig. 1 医用生体工学研究室の研究の俯瞰図。分子から個体のスケールまで幅広いスケールにおける生命現象を機械工学的観点から解き明かす。

当大学における生体工学の歴史

名古屋工業大学における生体工学研究の歴史は私の知る限り、山口隆美先生（現東北大学名誉教授）に遡ります。以来、望月修先生（現東洋大学教授）、劉浩先生（現千葉大学教授）、前出の松本健郎先生、長山和亮先生（現茨城大学教授）、出口真次先生（現大阪大学教授）、松井翼先生（現大阪大学特任准教授）など、現在、日本バイオレオロジー学会をはじめとした関連学会の第一線で活躍されている先生を多数輩出し、当該研究分野の梁山泊と言っても過言ではありません。私としては、先人の名を汚さぬよう、精進する次第です。

分野横断型研究の面白さと難しさ

日本バイオレオロジー学会の会員であれば、分野横断型研究は当然のものとして、日々取り組ま

*名古屋工業大学 電気・機械工学科 機械工学分野 [〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所]

れていると思います。同じものを見ていても、異分野の先生と私とでは全く見え方が違い、面白い発見につながっています。しかし、分野横断型研究は言易行難です。お互い日本語で話をしているにも関わらず、言葉が通じないというのはよくある話です。言葉のニュアンス（というのでしょうか？）やそれに基づく思想背景を共有していないがために齟齬が生じるのです。

分野横断型研究の成否は、お互いの言葉（文化）の理解にかかっているといっても過言ではないと思っています。文化の相互理解および日本経済活性化のため、肝臓を痛めつつも、日々、夜の街に繰り出しておりましたが、コロナ禍にあってはこれも叶わず研究に遅滞が生じています。由々しき事態ではありますが、来るべき日に備えて自主練に励んでいます。

大学で学ぶべきことは、知識（what）だけでなく、考え方（how）であるというのは私の恩師の言葉です。学生は、自分が卒論・修論で行った研究に直結した仕事に就けることは稀でしょう。また、高度に科学が先鋭化した現在においては、異なる専門を有する人間と協力して仕事を進めることは必然です。このことから、学生にも共同研究などに積極的に参画させ、異分野の人間といかにかに付き合い、物事を推進していくかということについて身につけさせたいと考えています。

研究室ポイント制度

当研究室には、研究室ポイント制度というものがありません。これは、ゼミでその日に最も良い発表をした学生（MVP）や、良い指摘や意見（ナイス意見）をした学生、また、研究室に貢献する仕事をしてくれた学生などに、ポイントを付与するものです。学会発表や論文執筆はもちろん、帰省時や旅行先でお土産を買ってきた場合にもポイントを付与しています。ポイントを前期や後期の終わりで集計し、総合ポイントに基づいて、表彰をしています。副賞の景品は教員の自腹ですが、研究室を盛り上げるためと思っています。過去の景品としては、栄養ドリンク詰め合わせ、飲み会後タクシーで帰れる権があります。なお、長年、不動の一番人気はカップラーメン詰め合わせです。なんとも…。

はじめは、ポイントを付与することによって、逆にもらえない学生が意欲を失うのではないかと懸念もありました。しかし、杞憂に終わり、最近では、本日の MVP とナイス意見の発表を楽しみにしているようです。発表は、誰が MVP だったのかということ言うだけではなく、どの部分が評価されたのかという理由も付記しています。ナイス意見についても同じであり、どの質問が、どのように良かったのかを説明しています。一般に、発表方法はよく指導をされますが、質問方法は指導されないように思います。社会に出ていく上でも、また、研究を進めていく上でも、質問する力は重要です。良い質問は、相手の研究に新たな方向性や価値を与えるだけではなく、自身の理解を向上させます。質問にも型があります。型を覚えることで、より深い質問が可能となり、議論が活発化します。逆に、型を踏襲していない質問は、時として噛み合わない議論を生み出します。毎回のゼミにおいて、全ての質問を記録し、ゼミの後、教員同士で意見を交換して、MVP やナイス意見を選び、理由や総評をつけて結果を配信するというのは結構な手間ですが、巡り巡って研究室全体の力が上がると信じて続けています。

おわりに

名古屋の夏は暑いですが、同時に、名古屋は生体工学研究が“熱い”ところでもあります。名工大や名大を中心として、多士済々、多くの研究者が集まっています。今後も、暑くて熱い名古屋からホットな生体工学研究をクールに発信できるようがんばってまいります。



Fig. 2 大学近くの鶴舞公園にて。前列中央が著者。

名古屋工業大学 医用生体工学研究室

<http://biomech.web.nitech.ac.jp/>

第 2 回 Joint Meeting of ESCHM-ISCH-IBS を開催して

丸山 徹*

2021年7月4日から7日まで第2回 Joint Meeting of ESCHM-ISCH-IBS を開催させて頂きました。これは、欧州臨床血液レオロジー微小循環学会 (European Society for Clinical Hemorheology and Microcirculation: ESCHM), 国際臨床血液レオロジー学会 (International Society for Clinical Hemorheology: ISCH), 国際バイオレオロジー学会 (International Society of Biorheology: ISB) の3学会が学会連合として2年に一回、欧州、北米、アジア・オセアニアの三極による持ち回りで開催しているものです。これまで日本バイオレオロジー学会では第4回国際バイオレオロジー学会(1981年)を深田栄一先生が東京に、第8回国際バイオレオロジー学会(1992年)を磯貝行秀先生が横浜に招致されたことがありました。

第1回 Joint Meeting of ESCHM-ISCH-IBS は2018年7月に、ポーランドのクラクフで行われました。私も参加させて頂きましたが、プログラム構成もエクスカッションも素晴らしいもので、この学会連合の結束と Joint Meeting の明るい未来を予感させるものでした。

その後2018年末に2020年開催都市のノミネーションがありましたが、アジア・オセアニア枠という指定でした。他のアジアの諸都市も招致に名乗りを上げる中で、日本バイオレオロジー学会も立候補してはという声が上がりました。既に2020年に東京オリンピックの開催が決定していた中で、まるでオリンピックを招致するような気分で立候補した結果、他のアジアの諸都市が既に ISCH や ISB の年会を開催していることなどから福岡市に招致することができました。

当初、東京オリンピックの時期を避けて2020年

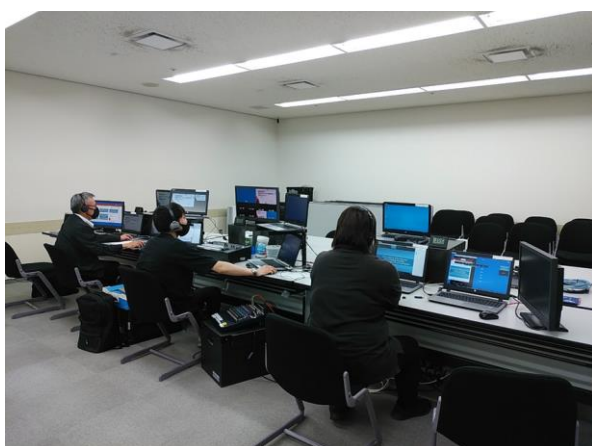
9月にアクロス福岡をお借りして現地開催する予定でございました。3学会の会長とも定期的に連絡を取り合いながら準備を進めておりました。ところが2020年になって、新型コロナウイルス感染症が瞬く間に世界中に広がりました。そこで2021年7月にオンライン開催に変更して、プログラムも全面的に修正しました。

時差を考慮して北米の発表を日本時間の午前中(現地時間の夕方)にしたり、ヨーロッパの発表を日本時間の夕方以降(現地時間の午前)にしたり、米国独立記念日の7月4日は米国からの発表を避けたり、パズルを解くようにプログラムを練りました。シンポジストがアジア・北米・ヨーロッパにまたがるシンポジウムは日本時間の20時に設定しました。オンライン発表では国内の発表者も日常業務や診療の合間での発表です。各先生からライブかビデオかの要望をくみ取りプログラムを完成させたのは開催1週間前でしたが、暫定プログラムを開催1ヵ月前くらいにHP上にあげて絶えず細かく更新することで対応致しました。

今回の Joint Meeting では28件のシンポジウム、8件のプレナリーレクチャー、5件のキーノートレクチャーを企画出来ました。本学会の特徴である食品のレオロジーも free communication で演題を頂きました。第1回の Joint Meeting で行われた Poiseuille メダル、Fåhræus メダル、ISCH メダルの授与式や記念講演は行いませんでした。代わりに Rising Star Award を設けて、中堅クラスの優れた研究者に光を当てることで若手の研究者に参考にして頂き、Joint Meeting の活性化を図りました。

オンラインでの国際会議では写真のようにアクロス福岡の小会議室を3つお借りしてそれぞれを

*九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター [〒819-0395 福岡市西区元岡 744]



バーチャル会場としました。パソコンの接続が悪かったり、動画が動かなかったりという直前の問題にも写真のコングレのスタッフの方々がきめ細かく臨機応変に対応してくれました。

オンライン学会のメリットは学会内容を全て収録後に編集して、後日オンデマンドでHP上に掲載できることです。3会場でプログラムが進行しますのでライブでは見逃したプログラムを後日視聴することができます。質疑応答もチャットを通して可能です。発表内容やアクセス状況、質疑応答までを総合評価してベストプレゼンテーション賞を11月に決定する予定です。

今回の Joint Meeting の開催までの経緯、概要、収支や次回の開催予告を business meeting でアナウンス致しました（次回の Joint Meeting はドイツの Regensburg で 2023 年夏に開催される予定です）。Business meeting はできるだけ参加者を増やすために日本時間の夕方（北米の早朝、ヨーロッパの午前）に設定しました。今回すべての学術プログラムは webinar 形式で、視聴者は直接発表者と質疑応答ができませんでした。しかし business meeting では zoom 形式として、参加者に自由に発言できる機会を提供しましたところ大変盛り上がりました。

今回の Joint Meeting は福岡市に名義後援をして頂いたことより、終了後に市民公開講座を開催致しました。新型コロナウイルス感染症は血液の凝固系や血管内皮の機能に病的な影響を及ぼして、血栓症や血管炎を引き起こします。まさに血液レオロジーの病気と言えます。そこで市民公開講座では「新型コロナウイルス感染症と血液レオロジー」と題した講演とパネルディスカッションを企画致しました。講演者の一人の先生がいわゆるインフルエンサーで様々なチャンネルでツイートしてくれた結果、8000件以上のアクセスがありました。学会事務局では市政だよりや新聞広告を頼っていたのですが、認識を改めた次第です。

本学会の理事の先生方には Joint Meeting の local organizing committee のメンバーとなって頂きましてありがとうございました。またプレナリーレクチャーやキーノートレクチャーの座長や演者の先生方、多くのシンポジウムを企画し発表して頂きましたオーガナイザーとシンポジストの先生方、お疲れ様でした。また ePoster や free communication でご発表頂いた先生方や参加登録して頂きました先生方、ご協力ありがとうございました。この場をお借りしまして、厚く御礼申し上げます。Joint Meeting の報告とさせていただきます。

第 44 回日本バイオレオロジー学会年会を開催して

年会長 一杉 正仁*

この度は、会員の皆様のご協力とご支援のもと、第 44 回日本バイオレオロジー学会年会を終えることができましたことに、心より御礼申し上げます。本学会初めてとなる Web 開催でございました故、直前までご案内などに不行き届きがあり、改めてお詫び申し上げます。

2年ぶりの開催でしたが、奨励賞応募口演、一般口演及びポスター発表に 25 演題が寄せられました。新鮮な話題が多く、有意義な情報収集、意見交換の場になったかと思えます。やはり、自らの研究をまとめて発表し、関係の皆様から多くの助言を得ることは、自らのスキルアップになると同時に、関連分野における研究推進にも寄与します。コロナ禍においても学会を開催する意義を改めて確認できました。

さて、基調講演では、コロナ禍において大きな威力を発揮する遠隔診療について、株式会社 T-ICU 代表取締役で、自らも救急集中治療医である中西智之先生から話題提供を頂きました。さらにシンポジウムでは、いまだ全貌が明らかでない COVID-19 について、京都第二赤十字病院の石井 亘先生、市立大津市民病院の藤野光洋先生、滋賀医科大学の中村 磨美先生から、それぞれの現場における緊迫した状況と最新の話題をご紹介頂きました。コロナ禍における医療現場の実情と COVID-19 の奥深さが把握できるタイムリーな内容でした。バイオレオロジーリサーチフォーラムでは高齢化社会とともに増加する嚥下障害による事故の予防がテーマに挙げられました。東京都リハビリテーション病院の武原 格先生、東京都市大学の北村 陸様、慶應義塾大学の馬場美年子先生からは、誤嚥事故の発生機序や求められる予防対策について紹介頂き、医学・工学が癒合して事故を予防する取り組みに期待が寄せられました。2

日目には「大学におけるバイオレオロジー教育を考える」と題したシンポジウムが開催されました。これは、本学会の諸先輩方から私が引き継いだ宿題の一つでもありました。近年の医学教育の変化に伴って、以前のような医工連携研究ができにくくなるのではないかと、との憂慮がありました。そこで、新渡戸文化短期大学学長の木村直史先生に医学教育の変遷を概説頂きました。そして、滋賀医科大学の向所賢一先生と九州大学の工藤 奨先生から医学と工学におけるバイオレオロジー教育の現状を紹介頂き、お互いの教育実態について再確認できたとともに、円滑な共同研究を進めるコツを把握することができました。最後に岡小天賞を受賞された群馬大学名誉教授の土橋敏明先生からは「コロイド科学的アプローチによる血液のレオロジー」と題したご講演を頂きました。Web 開催ではありましたが、長年にわたり本学会を牽引されてきた土橋先生のご講演を拝聴でき、受賞をお祝いできたことは喜ばしい限りです。

本年会では、学会奨励賞に 6 名の応募がございました。厳正な審査の結果、上位 3 名がほぼ同点という結果であり、早稲田大学の朱 暁冬氏、東海大学の中山正光氏、滋賀医科大学の東條美紗氏の 3 名が受賞されました。改めてお祝い申し上げ、さらなる研究のご発展をお祈り致します。

年会は The 2nd Joint Meeting of ESCHM-ISCH-ISB 2021 の直前に開催させて頂きました。同会との連携を含め、多々ご指導を賜りました丸山 徹先生には改めて御礼申し上げます。また、年会の開催にあたり、多大なるご協力及びご支援を頂きました会員の皆様、協賛・寄付・助成金を賜りましたご関係の皆様には厚くお礼申し上げます。

コロナ禍を克服して対面での意見交換ができる日を望んでやみません。

*滋賀医科大学社会医学講座法医学部門 [〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町]

BR 特定非営利活動法人日本バイオロロジー学会
令和3年度総会議事録

丸山 徹*

日時：令和3年7月4日（日）12：30～13：00

場所：オンライン(ライブ)

出席者：出席 37名，委任状 57名 計94名（過半数 89名）

議長の選定：

丸山理事長より，議長の自薦・他薦が募られた．特に申し出はなく，丸山理事長が議長を務めることとなった．

議事録署名人の選定：

議長の推薦により大橋副理事長が選定された．

会員の動向（令和2年5月1日～令和3年4月30日）：

議長より以下の通り報告があった．

会員： 正会員 175名，学生会員 14名， 入会 7名，退会 26名
 （昨年度： 正会員 186名，学生会員 22名， 入会 8名，退会 14名）
 役員： 名誉会員 5名， 名誉顧問 14名， 理事 29名
 監事 2名， 評議員 20名 （計 70名）

[I] 審議事項

1. 令和2年度（R2.5.1～R3.4.30）事業報告

1) 第43回年会開催：R2.5.30-5.31 酪農学園大学(北海道江別市)

議長より，新型コロナウイルス感染症の影響で現地開催を取りやめ誌上開催となった，との報告があった．

2) バイオロロジー・リサーチ・フォーラム開催 1回

第39回バイオロロジー・リサーチ・フォーラム R2.10.22

Webフォーラム「摂食嚥下リハビリテーションを支えるAIによるアプローチ」

議長より，上記のタイトルでweb開催された，との報告があった．

3) 第68回レオロジー討論会開催(R2.10.21-22)，第22回レオロジー・フォーラム開催(R2.10.21)

(日本レオロジー学会との共同主催でweb開催)

*九州大学 キャンパスライフ・健康支援センター [〒819-0395 福岡市西区元岡 744]

「ロボットシミュレータを用いた食品のテクスチャー評価」

「近未来の食品製造と食感」

議長より、上記の講演内容で web 開催された、実行委員長の岩手大学・三浦先生にお世話になった、との報告があった。

4) 岡小天賞：該当者なし

論文賞：該当者なし

学会奨励賞：該当者なし

議長より、第 43 回年会は会場開催中止となったため選考は行われなかった、との報告があった。

5) 電子版学会誌（日本バイオロロジ学会誌 B&R 電子版）発行

第 34 卷 2 号 R2 年 5 月発行（第 43 回年会誌上開催・抄録集として発行）

第 34 卷 3 号 R2 年 10 月発行

第 35 卷 1 号 R3 年 4 月発行

議長より、山田理事（B&R 編集長）のご尽力により上記の通り 3 号が発刊された、との報告があった。

6) 英文誌 Journal of Biorheology

Vol. 34, No. 1, 2020 年 06 月 発刊

Vol. 34, No. 2, 2020 年 12 月 発刊

議長より、金田理事（JBR 編集長）のご尽力により上記の通り 2 号が発刊された、との報告があった。

7) 理事会 3 回開催（書面回議）

議長より、音声付き ppt ファイル（議題説明ファイル）を理事に配信し書面会議を 3 回開催した、との報告があった。

8) 協賛・後援

・食品ハイドロコロイドセミナー2020 R2. 5. 20（開催取止め）

・第 31 回食品ハイドロコロイドシンポジウム R2. 5. 21（開催取止め）

・講話「レオロジー・クラシック」2020 R2. 6. 12（開催取止め）

・第 33 回バイオエンジニアリング講演会 R2. 6. 13-14 一年延期し R3. 6. 25-26（オンライン開催）

・日本混相流学会混相流シンポジウム 2020 R2. 8. 21-23（オンライン開催）

・日本流体力学会年会 2020 R2. 9. 18-20（オンライン開催）

・第 40 回レオロジー講座 R2. 12. 9-10（開催取止め）

議長より、上記の協賛・後援を行った、例年通りであるが新型コロナウイルスの影響で中止、延期、オンライン開催となった、との報告があった。

2. 令和2年度決算報告(学会)

議長より、下表(令和2年度決算報告書案、岡小天基金令和2年度決算報告、令和2年度貸借対照表、監査報告書)に基づき報告があった。以下、令和2年度決算報告書案における補足コメントである。

- ・会員会費(収入)において、会員数減少の影響により減額となっている。
- ・J-STAGE、JBR投稿料(収入)において、投稿数の減少が影響している。
- ・協賛金・寄付(収入)において、昨年度はゼロであった。
- ・その他(収入)において、第43回年会の人件費を除いた返金があった。
- ・J-STAGE費用(支出)において、34巻1号、2号、35巻1号が計上されている。
- ・リサーチフォーラム補助費(支出)において、開催数が1回であったため減額となっている。
- ・会合費(支出)において、理事会等がオンラインで開催された場合の昼食費などが発生しなかった。
- ・NPO法人提出書類作成経費(支出)において、現在は事務局で作成し都庁に提出しているため費用が抑えられている。
- ・予備費(支出)において、Flyerの作成費用等である。

また、岡小天基金令和2年度決算報告において、昨年度は受賞者はなかった。

以上、審議の結果、特に異論はなく承認された。

令和2年度決算報告書(案) (令和2年5月1日～令和3年4月30日)				
収 入	R2年度予算	R2年度決算	増減	摘 要
先年度(R1年度)からの繰越金	¥2,753,517	¥2,753,517		
会員会費	¥1,466,000	¥1,347,000	¥-119,000	正会員会費×のべ165名 学生会員会費×のべ9名
J-STAGE JBR投稿料	¥280,000	¥270,000	¥-10,000	JBR投稿料 第33巻2号×1編、第34巻1号×5編、第34巻2号×5編、第35巻1号×2編
協賛金・寄付	¥200,000	¥0	¥-200,000	
著作権料他	¥1,000	¥1,305	¥305	著作権料(樹サンメディア)
預金利子	¥0	¥19	¥19	
その他	¥0	¥229,120	¥229,120	第43回年会補助金返金
合計	¥4,700,517	¥4,600,961	¥-99,556	
支 出	R2年度予算	R2年度決算	増減	摘 要
J-STAGE費用	¥410,760	¥517,550	¥106,790	中西印刷(株) JBR第34巻1-2号、第35巻1号 ¥420,200、B&R第33巻1-3号 ¥45,650、J-STAGE投稿審査システム使用料 ¥51,700
その他送料	¥40,000	¥23,488	¥-16,512	切手代
事務費	¥720,000	¥720,000	¥0	給与
HP作成管理維持費	¥240,000	¥239,800	¥-200	HPメンテナンス
雑費	¥20,000	¥7,570	¥-12,430	銀行振込手数料¥1,870、封筒代金¥1,234、USBフラッシュメモリ¥4,466
年会補助金	¥250,000	¥250,000	¥0	第44回年会補助金
リサーチフォーラム補助費	¥60,000	¥20,000	¥-40,000	
会合費	¥100,000	¥0	¥-100,000	
NPO法人提出書類作成経費	¥30,000	¥454	¥-29,546	書類送付代金
予備費	¥60,000	¥16,000	¥-44,000	
合計	¥1,930,760	¥1,794,862	¥-135,898	
繰越金	¥2,769,757	¥2,806,099	¥36,342	

岡小天基金 令和2年度決算報告（令和2年5月1日～令和3年4月30日）			
収 入		支 出	
先年度(R1年度)からの繰越金	¥2,780,184	メダル作成費	¥0
利息	¥0	送金手数料	¥0
岡小天基金寄付(R2.5.1-R3.4.30)	¥215,000		
収入合計	¥2,995,184	支出計	¥0
		繰越金	¥2,995,184
令和2年度貸借対照表			
借 方		貸 方	
科 目	金 額	科 目	金 額
ゆうちょ振込口座	¥4,627,272	学会繰り越し金	¥2,806,099
三菱UFJ銀行	¥1,174,011	未払い金*1	¥0
		岡小天基金繰越金	¥2,995,184
合計	¥5,801,283		¥5,801,283

監査報告書

令和2年5月1日から令和3年4月30日までの令和2年度の決算書
及び添付明細書を監査した結果、諸件の執行が本学会則に照らして適切であり、
関係提出書類の記載が正確であることを認めます。

令和3年 6月4日

特定非営利活動法人
日本バイオレオロジー学会

監事 市川 寿



監査報告書

令和2年5月1日から令和3年4月30日までの令和2年度の決算書
及び添付明細書を監査した結果、諸件の執行が本学会則に照らして適切であり、
関係提出書類の記載が正確であることを認めます。

令和3年 6月11日

特定非営利活動法人
日本バイオレオロジー学会

監事 外山 音治



3. 令和3年度事業計画 (R3. 5. 1~R4. 4. 30)

1) 第44回年会開催 : R3. 7. 3-7. 4 オンライン開催

議長より, 一杉理事(年会長)のご尽力により昨日より年会が開催されている, との報告があった.

2) バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム開催 3回

第40回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム R3. 7. 3

「嚙下障害による事故を予防するために」

第41回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム R3. 10. 22

「3次元組織構築技術と力学特性計測技術の展望」@第69回レオロジー討論会

第42回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム R4. 3 未定(次回理事会で詳細報告)

議長より, 上記3回の開催を予定している, との報告があった.

3) 第69回レオロジー討論会開催, 第23回レオロジー・フォーラム開催(日本レオロジー学会との共同主催で, R3. 10. 21-22 に web 開催)

議長より, 北海道大学・折原先生が実行委員長を務められる第69回レオロジー討論会において上記第23回レオロジー・フォーラムの開催が予定されている, との報告があった.

4) 電子版学会誌(日本バイオレオロジー学会誌 B&R 電子版)発行

第35巻2号 R3年7月発行予定(第44回年会抄録集)

第35巻3号 R3年10月発行予定

第36巻1号 R4年4月発行予定

議長より, 上記の通り3号の発刊が予定されている, との報告があった.

5) 英文誌 Journal of Biorheology

Vol. 35, No. 1, 2021年3月 発刊

Vol. 35, No. 2, 2021年12月発行予定

議長より, 上記の通り2号の発刊が予定されている, との報告があった.

6) 理事会: 3回開催予定(理事会・評議員会合同会議1回を含む)

B&R 編集委員会: 1回開催予定

JBR 編集委員会: 1回開催予定

議長より, 今年度も上記の理事会, B&R 編集委員会および JBR 編集委員会の開催を予定している, との報告があった.

7) 協賛・後援

・講話「レオロジー・クラシック」FINAL R3. 6. 11

・第33回バイオエンジニアリング講演会 R3. 6. 25-26 (オンライン開催)

・日本混相流学会混相流シンポジウム 2021 R3. 8. 22-24

・日本流体力学会年会 2021 R3. 9. 21-23

・第41回レオロジー講座 R3. 12. 6-7 (今後の COVID-19 の影響により, 開催方法の変更や開催中止の場合あり)

議長より, 上記の協賛・後援が予定されている, との報告があった.

以上の事業計画に対して審議した結果、特に異論はなく承認された。

4. 令和3年度予算案 (R3.5.1~R4.4.30)

議長より、下表の通り諮られた。以下、補足コメントである。

- ・会員会費（収入）において、昨年度は1,466,000円であったが会員数の減少を考慮している。
- ・J-STAGE, JBR 投稿料（収入）において、投稿数減少のためである。

審議の結果、特に異論はなく承認された。

令和3年度予算案（令和3年5月1日～令和4年4月30日）		
収 入	R3年度予算	摘 要
先年度(R2年度)からの繰越金	¥2,806,099	
会員会費	¥1,415,000	正会員(名誉会員を除く)×172名 学生会員×13名
J-STAGE JBR投稿料	¥80,000	JBR投稿料4編 (@20,000×4編)
協賛金・寄付	¥200,000	
著作権料他	¥1,000	
合計	¥4,502,099	
支 出	R3年度予算	摘 要
J-STAGE費用	¥240,000	B&R年3号発行≒¥45,650、JBR第35巻2号≒¥140,000、J-STAGE 投稿審査システム使用料¥51,700
その他送料	¥27,000	
事務費	¥720,000	給与
HP作成管理維持費	¥240,000	HPメンテナンス
雑費	¥13,000	銀行振込手数料,文具代金
年会補助金	¥250,000	第45回年会補助金
リサーチ・フォーラム補助費	¥70,000	
会合費	¥100,000	
NPO法人提出書類作成経費	¥10,000	
予備費	¥60,000	
合計	¥1,730,000	
繰越金	¥2,772,099	

5. R3年～R4年度役員体制について

理事長

後藤 信哉（東海大学）

副理事長

大橋 俊朗（北海道大学）

長谷部 光泉（東海大学）

議長より、上記の通り諮られ承認された。

[II] 報告事項

1. 庶務関係事項

R3年度学会賞

- ・岡小天賞 土橋 敏明（群馬大学）
- ・論文賞 応募者および該当者なし
- ・学会奨励賞 朱 暁冬（早稲田大学）
東條 美紗（滋賀医科大学）
中山 正光（東海大学）

議長より、上記の通り報告があった。

2. 企画委員会関係事項

第45回年会 年会長：喜多 理王（東海大学）

令和4年6月4日（土）～5日（日）東海大学湘南キャンパス

議長より、上記の通り開催が予定されている旨、報告があった。

3. 国際関係事項

議長より、本日午後より始まるESCHM-ISCH-ISB 2021の開催について報告があった。会議期間中はライブ配信を行い、会議後は11月末頃までオンデマンド配信を行う。会議の詳細として、シンポジウム28件、プレナリーレクチャー4件（ESCHM 1件、ISCH 1件、ISB 2件）などが予定されている。また、最終日には「新型コロナウイルス感染症と血液レオロジー」のタイトルで市民公開講座が予定されているとの報告があった。

4. その他

議長より、英文誌JBRの投稿論文数が少なく学会財政にも影響があり（発刊に必要な組版費用に対して投稿料収入が少ないため）、投稿料は2万円（～10ページ）と高くなく、オープンアクセスで査読も迅速なので、是非投稿をお願いしたい、との依頼があった。

令和3年度 岡小天賞審査報告

選考委員会委員長 工藤 奨*

令和3年度岡小天賞候補者推薦の募集をおこないましたところ、1名の推薦がありました。日本バイオレオロジー学会岡小天賞の規定に基づき、岡小天賞選考委員会10名を構成し、投票を行いました。その結果、土橋敏明先生が岡小天賞にふさわしいとの結論に至りました。選考結果は、令和2年度第3回理事会にて承認されました。

土橋敏明先生は、高分子溶液の熱力学に関する著名な研究業績を持つとともに、その知見をバイオレオロジーと関わりの深いソフトマターの研究に応用することで、多方面でバイオレオロジーの学術的發展に寄与されてきました。例えば、マイクロカプセルの構造と物性に関する一連の研究は、高分子溶液の相溶性に関連した問題であると同時に、ドラッグデリバリーシステムへの応用や赤血球のレオロジーの理解のための基礎となるものでした。また、ゲル化因子の拡散に伴って生じる生体高分子のゲル化に関する一連の研究は、血液凝固の研究へと繋がり、血液凝固現象に対する新たな視点を与えました。具体的には、人工硝子体のゾルゲル特性（眼科領域）、根管充填剤の弾性率の決定（歯科領域）、ドラッグデリバリー用のマイクロカプセル壁膜の超音波物性と薬剤放出性、放射線同期照射の最適化、水産加工品のレオロジー、赤血球の沈降への変形能の影響、がん細胞が接着しない足場の開発といった、極めて多岐にわたる研究テーマでそれぞれ独創的な研究を展開され、その成果によってバイオレオロジー分野の裾野を広げることに多大な貢献をされました。

土橋先生は、平成20年から25年までは副理事長として、平成25年から27年までは理事長として、本学会の運営と発展に尽力されました。平成21年に始まったバイオレオロジー・リサーチ・フォーラムの立ち上げに尽力され、バイオレオロジー分野の研究交流の促進に大きく貢献されました。また、レオロジー討論会及びレオロジー・フォーラムを日本レオロジー学会と相応の分担で共同開催できるような形にリノベートすることにも尽力されました。平成21年には年会長として第32回日本バイオレオロジー学会年会を、平成23年には実行委員長として第59回レオロジー討論会を開催し、これらを成功に導かれました。さらに、日本物理学会の主催誌「大学の物理教育」特集号において、バイオレオロジーの立場から物理教育におけるレオロジーの重要性を指摘されるなど、分野の枠を越えた(バイオ)レオロジー教育の重要性を認識され、その促進に尽力されております。

以上のように、土橋敏明先生の研究業績は、バイオレオロジー分野において顕著であります。また、日本バイオレオロジー学会の運営にも大いに貢献されました。よって、土橋敏明先生が、日本バイオレオロジー学会岡小天賞にふさわしいとの高い評価を受けました。

*九州大学 大学院工学研究院 機械工学部門 [〒819-0395 福岡市西区元岡 744]

行事予定

第45回日本バイオレオロジー学会年会のご案内

日本バイオレオロジー学会会員の皆様

皆様方におかれましては、益々ご清祥のこととお慶び申し上げます。

この度、第45回日本バイオレオロジー学会年会を2022年6月4日（土）・5日（日）の2日間、東海大学湘南キャンパス（神奈川県平塚市）にて下記の要領で開催させて頂くことになりました。

バイオレオロジーに関連する皆様方には年会を通して血液レオロジー 循環器ダイナミクス 血管内治療 生体工学 生体関連ソフトマター 食品のレオロジーおよび細胞・分子のメカノバイオロジーなど幅広い分野から多く多方面からのご発表とご討論を頂き、バイオレオロジーの更なる発展に繋がる有意義な機会となることを切望しております。

開催に際しましては感染予防対策に配慮致しますとともにマスク着用 手指消毒等 ご参加頂く皆様方のご協力を賜る所存です。With コロナの時代に相応しい貴重な意見交換の場とさせて頂ききます。

関係の方々にお声がけ頂き 多くの皆様にご参加頂きたくお願い申し上げます。実りある年会になるよう準備を進めて参りたいと存じますので、ご支援とご協力のほど宜しくお願い申し上げます。

皆様方のご参加を心よりお待ちしております。

第45回日本バイオレオロジー学会年会

会長 喜多 理王

(東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター／理学部物理学科)

記

会 期 2020年6月4日（土）・5日（日）

会 場 東海大学湘南キャンパス（〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4丁目1-1）

年会HP 2021年12月迄に公開予定

アクセス 小田急電鉄小田急線「東海大学前駅」から徒歩15分

<https://www.u-tokai.ac.jp/about/campus/campus-shonan/>

連絡先 東海大学 マイクロ・ナノ研究開発センター

第45回日本バイオレオロジー学会年会事務局

〒259-1292 神奈川県平塚市北金目4丁目1-1

Tel: 0463-58-1211（代表）

以上

第40回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムのご案内

第40回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラムを下記の通り開催致します。

今回のテーマは「嚥下障害による事故を予防するために」です。高齢化が進むわが国では、高齢者の嚥下障害が社会的問題になっています。そして、2019年には4万人以上の方が誤嚥性肺炎で死亡しています。また、脳卒中などの後遺症で嚥下障害がある人も多く、医療機関や介護施設などでは誤嚥による窒息事故を予防することが大きな課題となっています。

嚥下障害患者の管理や誤嚥を予防するために食品のレオロジーを中心とした様々な研究が推進され、バイオレオロジー学会でも知見が紹介されています。

今回は、医学・工学・社会医学の側面から嚥下障害の発生メカニズム、嚥下事故の実態とその予防対策などについてご紹介致します。

多数の皆様のご参加をお待ちしております。

主 催: 日本バイオレオロジー学会

日 時: 2021年7月3日（土） 15:20~17:00

場 所: 第44回日本バイオレオロジー学会内でWeb開催

(第44回日本バイオレオロジー学会ホームページ内にリンクがありますので、アクセスして頂きますと、どなたでも視聴可能です)

テーマ: 「嚥下障害による事故を予防するために」

司 会: 一杉正仁 (滋賀医科大学)

講 演:

1. 15:20~16:00

「嚥下障害の病態と発生機序について」

武原 格 (東京都リハビリテーション病院リハビリテーション科)

2. 16:00~16:20

「誤嚥の検知に向けた工学的アプローチ」

北村 陸 (東京都市大学大学院総合理工学研究科)

3. 16:20~17:00

「誤嚥事故の裁判例からみた予防対策」

馬場美年子 (慶応義塾大学医学部総合医科学研究センター)

参加費: 無料 (事前参加登録は必要ありません。) 学会員で無い方の参加も歓迎します。

問い合わせ先: 日本バイオレオロジー学会事務局

東海大学医学部内科学系循環器内科学

office@biorheology.jp

第 41 回バイオロロジ・リサーチ・フォーラムのご案内

第 41 回バイオロロジ・リサーチ・フォーラムを下記のとおり開催いたします。

複数種類の細胞を体外で培養して三次元的に構築して機能を付与する研究開発は、医療応用、薬剤の開発におけるスクリーニングや安全性・有効性の評価に応用が期待されています。また、将来的な世界の人口増加を見据えて細胞から培養肉をつくる基礎研究も行われており、3次元構築における微小循環における物質輸送のレオロジ研究は1つの鍵となります。

また、柔らかい細胞や組織に作用する力を計測する技術の研究開発は、細胞や組織の力学的特性の解明や、作製する3次元組織の機能の評価に応用が期待されます。

本バイオロロジ・リサーチ・フォーラムでは、細胞の3次元積層技術の研究開発、そして、柔軟性のあるフィルムセンサを用いた組織に作用する応力の計測技術に関する研究開発についてご紹介させていただきます。

多数の皆様のご参加をお待ちしております。

主 催：日本バイオロロジ学会

日 時：2021年10月22日（金）

場 所：第69回レオロジ討論会（Web開催）

テーマ：「3次元組織構築技術と力学特性計測技術の展望」

司 会：岩崎清隆（早稲田大学先進理工学研究科 共同先端生命医科学専攻）

講 演：

1. 15:20～16:00

「細胞シートの3次元積層技術開発による医療・薬剤評価・食肉応用への展望」

坂口勝久（早稲田大学先進理工学研究科 生命理工学専攻 准教授）

2. 16:20～17:00

「フレキシブルフィルムセンサーを用いた力の計測」

森脇 健司（弘前大学工学部知能機械工学科 准教授）

参加費：レオロジ討論会参加者は無料

問い合わせ先：日本バイオロロジ学会事務局 東海大学医学部内科学系循環器内科学
office@biorheology.jp

協賛学会などの予定

以下、協賛しています学会・シンポジウムなどの予定をお知らせ致します。

1. ICFD2021 (The 18th International Conference on Flow Dynamics)
主催：東北大学流体科学研究所
日時：2021年10月27日（水）～10月29日（金）
場所：Web会議
ホームページ：<https://www.ifs.tohoku.ac.jp/icfd2021/>
2. 食品ハイドロコロイドセミナー2021
主催：食品ハイドロコロイド研究会
日時：2021年12月17日（金）
場所：東京海洋大学品川キャンパス；オンライン同時開催
ホームページ：<http://food.hydrocolloids.org>
3. 第32回食品ハイドロコロイドシンポジウム
主催：食品ハイドロコロイド研究会
日時：2021年12月18日（土）
場所：東京海洋大学品川キャンパス；オンライン同時開催
ホームページ：<http://food.hydrocolloids.org>
4. 第34回バイオエンジニアリング講演会
主催：日本機械学会
日時：2022年6月25日（土）～26日（日）
場所：福岡国際会議場
ホームページ：<https://www.jsme.or.jp/conference/bioconf22/index.html>

岡小天基金 寄付金納付者

以下、令和3年4月～令和3年9月に岡小天基金へご寄付頂きました方々のお名前です。この場を借りまして、厚くお礼申し上げます。

浅田 祐士郎

大野 宏策

大橋 俊朗

工藤 奨

庄島 正明

谷下 一夫

一杉 正仁

松本 健郎

望月 精一

吉村 美紀

(敬称略)

新入会員

以下，令和3年4月～令和3年9月に会員になられた方々のお名前です。

佐々木 沙織

加藤 玲奈

川田 尚輝

山本 章大

菊池 謙次

(計5名)

FAX : 0463-93-6679

会員No. _____

E-mail : office@biorheology.jp

S 事務局記入

特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会 入会申込書

申込み日 年 月 日

会員種別 (○印)	正会員・学生会員・賛助会員 (*の欄のみご記入下さい)	希望入会年度	年度
※会費年額 : ¥8,000 (正会員)、¥3,000 (学生会員)、1口¥50,000 (賛助会員)		※入会金 : 不要	
氏名 または * 団体名	フリガナ	生年月日 (西暦)	
		年 月 日	
	ローマ字		
E-mail (必須)			
勤務先 および * 所在地	勤務先名 (在学先名)		職名
	(〒 -)		
	TEL	内線 :	FAX
自宅 住所	(〒 -)		
	TEL	FAX	
最終学歴			西暦 年 卒業
			学位
希望連絡先 (○印を付ける)	勤務先	自宅	
現在ご関心のあるバイオレオロジーのテーマに○を付けてください (複数可)	1.血管内治療 2.循環器系ダイナミクスと疾患 3.血液レオロジーと微小循環 4.細胞・分子のメカノバイオロジー 5.ティッシュエンジニアリング・人工臓器 6.生体物質の構造形成と機能発現・制御 7.食品およびソフトマターのレオロジー 8.その他()		
* 団体代表者 および担当者氏名・役職	(役職)	* 申込 口数	計 万円

※学生会員として申し込む方は、在学証明書と指導教員の情報を必ずご記入ください。

在学証明書 学生証のコピーを直接お貼りください。	所属研究室名	
	指導教員	
特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会事務局 〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143 東海大学医学部内科学系循環器内科学 後藤教授室内 TEL : 0463-93-1121 FAX : 0463-93-6679 E-mail : office@biorheology.jp		

日本バイオレオロジー学会誌（B & R, 電子版）投稿規定

（平成 21 年 10 月制定，平成 27 年 7 月改定，平成 27 年 9 月改定，平成 28 年 3 月改定）

1. 投稿資格

本誌への投稿責任者（連名の場合は，1 名以上）は，日本バイオレオロジー学会会員でなければならない。ただし，依頼原稿の場合はこの限りではない。

2. 投稿原稿の種類

投稿できる原稿は，「総説」，「解説」，「原著論文」，「ノート」および「その他」とする。英語の論文（Original articles, Brief communications, Review articles）については，日本バイオレオロジー学会英文誌の Journal of Biorheology（URL: <http://www.biorheology.jp/jb.html>）への投稿を勧める。

2. 1. 総説

「総説」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における特定の研究や主題について，資料や文献を付して総括的に論述するものである。「総説」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。表題頁の左上には「総説」と明示する。

2. 2. 解説

「解説」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における諸課題や最近の進歩，有用な概念・手法などについて解説するものである。「解説」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。表題頁の左上には「解説」と明示する。

2. 3. 原著論文

「原著論文」は，バイオレオロジーとそれに関連した分野における独創的研究で，他誌に未発表の論文とする。「原著論文」の長さは，仕上がりで 10 ページ以内とする。英文要旨は 200 words 以内とする。表題頁の左上には「原著論文」と明示する。

2. 4. ノート

「ノート」は，前項の「原著論文」とするほどまとまった形ではないが，バイオレオロジーとそれに関連した分野における独創性，有用性，速報性のいずれ

かを有する研究で、研究方法に関するユニークなアイデア、実験で得られた興味深いデータ、臨床的に貴重な症例などを対象とする。「ノート」の長さは、仕上がりで4ページ以内とする。英文要旨は100 words以内とする。表題頁の左上には「ノート」と明示する。

2. 5. その他

「掲載原稿に対する意見」、「書評」、「研究（室）紹介」、「各種行事（国内外学会など）の予告」などは、編集委員会が会員に役立つと認めた時に掲載される。

3. 執筆要領

「原稿テンプレート」のフォーマットに従って和文で作成し、フォーマットは変更しない。本誌は電子版であるため、最終原稿がそのままPDFファイルとして掲載される。

4. 倫理規定

ヒトを対象とした研究データが含まれる場合は、ヘルシンキ宣言に準拠して被験者の人権やプライバシーに十分配慮すること。動物を対象とする実験においても、動物福祉の面に十分配慮が求められる。原稿中には、倫理規定に準拠し、所属施設の倫理委員会あるいはこれに準ずる機関の承認を得て行った研究であることを明記すること。

5. 利益相反

「原著論文」と「ノート」については、著者全員を対象として本文末に利益相反の有無を明記すること。利益相反のある場合には、利害関係のある企業等との関係を記載すること。

6. 投稿原稿の採否

投稿原稿の採否は、編集委員会が委嘱する複数の査読者の審査に基づき、編集委員会が決定する。再投稿の期限は、返送の日より6ヶ月以内とする。なお、総説については、明確な観点から会員にわかり易く記述されているか、解説については、明確な論理で会員にわかり易く解説されているか、それぞれ査読する。

7. 著者校正

掲載前にフォーマットなどの再確認が必要な場合のみ、編集委員会から連絡する。

8. 掲載料

掲載料は、「原著論文」では2万円、「ノート」では1万円、「総説」と「解説」では無料とする。

9. 別刷り

本誌は電子版（PDF）であるため、別刷りは取り扱わない。

10. 掲載号の公開

掲載号は、まず学会ホームページに掲載し、次年度に J-STAGE のバイオレオロジー学会誌欄 (<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jpnbr/-char/ja/>) にも掲載する。掲載号の公開は、会員には発行と同時にパスワードを設けて行い、一般には発行日の1年後に行う。

11. 著作権

掲載された記事（「総説」、「解説」、「原著論文」、「ノート」および「その他」）についての著作権は、日本バイオレオロジー学会に属する。また、年会で投稿された抄録の著作権については、記事と同じ規定を適用する。

著者は、他者（個人、団体）が著作権を有する文章および図表を記事に利用する場合、投稿に先立って著作権者から利用許諾を得ておかなければならない。

著者は、第三者からの掲載記事の利用許諾の要請に対し、これを本学会が認めれば著者も同じく認めることにつき、記事の投稿の時点で同意したものとする。

著者は、著作権法第30条の範囲内で私的使用する場合、もしくは私的使用以外で非営利目的である場合は、本学会へ許諾申請することなく、記事の全文または一部の複製、翻案、翻訳を行うことができる。ただし、掲載記事の全文を複製して他の著作物に利用する場合、出所を明示しなければならない。

12. 原稿の提出先

本誌は電子版であるため、基本的に電子メールによる。原稿は、投稿票と一緒に、日本バイオレオロジー学会誌（B & R, 電子版）編集委員長 山田宏宛にメールに添付して送信する。必ず、メールの **Subject**（件名）欄に「日本バイオレオロジー学会誌原稿」と記入する。なお、ファイルのサイズが大きすぎると送受信できない場合があるので、ファイルを添付せずに投稿した旨を知らせるメールも送信する。また、休日を除いて7日以内に受信の連絡がなければ、問い合わせること。

〒808-0196 福岡県北九州市若松区ひびきの 2-4

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 生体機能応用工学専攻

山田 宏

E-mail: yamada@life.kyutech.ac.jp

日本バイオレオロジー学会誌投稿票

(投稿規程に従い原稿を作成し、本票にご記入の上、一緒に提出してください)

1. 表題

(和文) _____

(英文) _____

2. 著者全員の氏名 (漢字及びローマ字で書き、会員番号も併記する。非会員は000と記入)

_____ (会員番号 _____)

_____ (会員番号 _____)

_____ (会員番号 _____)

_____ (会員番号 _____)

(必要に応じて行を追加して下さい)

3. 投稿責任者の連絡先 (郵便番号、住所、氏名、電話番号、Fax 番号、e-mail アドレス)

4. 原稿区分

総説

解説

原著論文

ノート

その他 (_____)

※その他には、掲載原稿に対する意見、書評、研究(室)紹介、各種行事(国内外学会など)の予告、学生会員のページ欄などが該当します。

5. 本原稿は、全体で (_____) ページ

6. 編集委員会への連絡事項

※原稿の作成には、編集委員会が作成したテンプレートを使用してください。

編集後記

丸山徹先生から後藤信哉先生への理事長の交代がありましたので、会員の皆様に向けたご挨拶をご寄稿いただきました。本誌編集委員会におきましても、後藤先生の新たな方針に沿い、丸山先生からの課題も念頭におきながら、バイオレオロジーの関連分野の皆様の発展のため、お役に立てるように努めていきたいと思っております。

当学会名誉顧問であられた神谷瞭先生が昨年逝去されました。今号では神谷先生の追悼特集として、丸山先生、元理事長の谷下一夫先生、神谷先生と研究を続けて来られた山本希美子先生にご寄稿いただきました。3人の先生方の追悼文からは、神谷先生のご研究の業績だけでなく、研究に対する熱意やお人柄が伝わってきます。

今年度は土橋敏明先生が岡小天賞を受賞されました。土橋先生のご業績は岡小天賞審査報告に示されておりますが、受賞講演の内容に基づいて、血液凝固現象について随想としてご寄稿いただきました。

関眞佐子先生には総説をご寄稿いただき、正方形管内流れにおいて粒子が特定の位置に集まって流れる現象を詳細かつ丁寧にご説明いただきました。また、一杉正仁先生を年会長とする年会の中で基調講演と「医療現場における COVID-19 との戦い～血液レオロジーを中心に～」と題するシンポジウムが企画され、基調講演の演者の中西智之先生には遠隔の集中治療室について、シンポジウムの演者の一人の石井亘先生には医療体制について解説をご寄稿いただきました。

最近では新型コロナウイルス感染症の国内の感染者数が明らかに減少してきており、すれ違う人々に笑顔が増えたように感じます。油断は禁物ではあるものの、このまま推移して以前のような活動ができるようになることを願っています。

(山田 宏)

編集委員会

編集委員長 山田 宏

編集委員 市川 寿 喜多 理王 坂元 尚哉 庄島 正明
田地川 勉 西田 正浩 一杉 正仁 望月 精一

日本バイオレオロジー学会誌 (B & R, 電子版) 第35巻 第3号

2021年11月5日発行

編集者 山田 宏

発行者 後藤 信哉

特定非営利活動法人 日本バイオレオロジー学会・事務局

〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋 143

東海大学医学部内科学系循環器内科学 後藤教授室内

TEL 0463-93-1121 (内線 2227)

FAX 0463-93-6679

E-MAIL office@biorheology.jp

© copyrighted 2021, by Japanese Society of Biorheology
