

# B&R

第44回日本バイオレオロジー学会年会

プログラム・抄録集

会 期：2021年7月3日 (土) ・4日 (日)

Web開催

年会長：一杉 正仁 (滋賀医科大学社会医学講座)



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

日バイレオ誌 (B&R, 電子版) 第35巻第2号  
J. Jpn. Soc. Biorheol. 35(2) (2021)



## 第44回

# 日本バイオレオロジー学会年会

## プログラム・抄録集

会 期：2021年7月3日（土）・4日（日）

Web開催

年会長：一杉 正仁（滋賀医科大学社会医学講座）

## 日本バイオレオロジー学会年会のあゆみ

回	年会長	所属	会場	会期
1	深田栄一	理化学研究所	東京慈恵会医科大学 高木会館講堂	1978/6/19
2	岡 小天	国立循環器病センター	国立循環器病センター 講堂	1979/6/30~7/1
3	東 健彦	信州大学	信州大学医学部第一講義室	1980/6/28~29
4	谷口興一	東京医科歯科大学	東京医科歯科大学 5号館	1981/6/20~21
5	梶谷文彦	川崎医科大学	川崎医科大学 現代医学教育博物館	1982/6/26~27
6	稲垣義明	千葉大学	千葉県文化会館 小ホール	1983/6/18~19
7	神谷 瞭	北海道大学	北海道自治会館 自治ホール	1984/6/16~17
8	浅野牧茂	国立公衆衛生院	国立公衆衛生院 講堂	1985/6/15~16
9	志賀 健	愛媛大学	愛媛県医師会館 ホール	1986/6/11~13
10	磯貝行秀	東京慈恵会医科大学	東京慈恵会医科大学 高木会館講堂	1987/6/13~16
11	松田 保	金沢大学	金沢大学医学部十全講堂	1988/6/2~4
12	大島宣雄	筑波大学	筑波大学学生会館国際会議室	1989/7/5~7
13	峰下 雄	帝塚山短期大学	奈良県新公会堂	1990/6/21~23
14	品川嘉也	日本医科大学	日本医科大学 大講堂	1991/6/20~22
15	平川千里	岐阜大学	岐阜市文化センター	1992/6/25~27
16	菅原基晃	東京女子医科大学	東京女子医科大学 弥生記念講堂	1993/6/16~17
17	松信 八十男	清和大学	エーザイホール	1994/6/17~18
18	貝原 学	帝京大学	TEPCO 地球館	1995/6/15~16
19	辻 隆之	国立循環器病センター	千里ライフサイエンスセンター	1996/6/6~7
20	増田善昭	千葉大学	千葉大学けやき会館	1997/6/5~6
21	前田信治	愛媛大学	エスポワール愛媛文教會館	1998/6/11~13
22	貝原 真	理化学研究所	理化学研究所 鈴木梅太郎記念ホール	1999/6/10~11
23	辻岡克彦	川崎医科大学	倉敷公民館	2000/6/8~9
24	谷下一夫	慶應義塾大学	慶應義塾大学 創想館マルチメディアルーム	2001/6/7~8
25	大橋俊夫	信州大学	信州大学旭会館大会議室	2002/6/6~7
26	西成勝好	大阪市立大学	大阪市立大学学術情報総合センター	2003/6/5~6
27	内村 功	東京医科歯科大学	東京医科歯科大学 特別講堂	2004/6/10~11
28	佐藤正明	東北大学	東北大学マルチメディア教育研究棟	2005/7/7~8
29	丸山 徹	九州大学	九州大学医学部 コラポステーション	2006/6/12~13
30	佐々木 直樹	北海道大学	北海道大学 学術交流会館	2007/6/14~15
31	安藤譲二	東京大学	東京大学理学部小柴ホール	2008/6/5~6
32	土橋敏明	群馬大学	桐生市民文化会館	2009/6/4~5
33	氏家 弘	東京労災病院	理化学研究所 鈴木梅太郎記念ホール	2010/6/3~4
34	関眞佐子	関西大学	関西大学 100周年記念会館	2011/6/3~4
35	佐藤 恵美子	新潟県立大学	朱鷺メッセ	2012/5/31~6/2
36	工藤 奨	九州大学	九州大学西新プラザ	2013/6/6~8
37	大島まり	東京大学	大宮ソニックシティビル 市民ホール	2014/6/5~6
38	吉田雅幸	東京医科歯科大学	学術総合センター	2015/6/6~7
39	後藤信哉	東海大学	東海大学校友会館	2016/6/18~19
40	望月精一	川崎医療福祉大学	川崎祐宣記念講堂	2017/5/27~28
41	松本健郎	名古屋大学	名古屋大学東山キャンパス	2018/6/16~17
42	山田 宏	九州工業大学	北九州国際会議場	2019/6/1~2
43	金田 勇	酪農学園大学	酪農学園大学	(誌上開催) 2020/5/30~31
44	一杉 正仁	滋賀医科大学	滋賀医科大学	(Web開催) 2021/7/3~4

## 実行委員会

---

年 会 長：一杉 正仁

実行委員長：東條 美紗

委 員：高相 真鈴

竹田 有沙 (草津総合病院)

高島 光平 (滋賀医科大学医学部附属病院)

別府 賢 (京都医療センター)

川戸 仁 (成田赤十字病院)

## アドバイザー

---

丸山 徹 (九州大学)

後藤 信哉 (東海大学)

大橋 俊朗 (北海道大学)

## 参加者の皆様へ

### 参加費

---

会 員	5,000 円 (不課税)
非会員	15,000 円 (消費税込み)
学 生	3,000 円 (学生会員 不課税, 非会員 消費税込み)

- 非会員の方には, 日本バイオレオロジー学会の会員資格が 翌年4月末日まで付与されます.
- 併催されるバイオレオロジー・リサーチ・フォーラムは参加無料です.

### 参加者へのお願い

---

- **Web講演の撮影および録音は禁止させていただきます.**

## 発表に関する注意

### 一般演題, 講演時間

---

- 一般演題 (口演) : 10分
- 学会奨励賞応募講演 : 15分 (発表10分, 質疑応答5分)

### 座長の方へ

---

- セッションの進行は座長にお任せ致します. 演者ごとの講演時間を厳守して下さい.
- 発表順はプログラムの記載通りですが, 進行並びに追加発言・討論に関しましては座長に一任いたします. ただし, セッションの終了時間を厳守してください.

## タイムテーブル

### 7月3日 (土)

時間・プログラム	座長	発表者・演題
9:00-9:50 理事会・評議員会 合同会議		
9:50-10:00 開会挨拶	一杉正仁 (滋賀医科大学) 年会長	開会の挨拶
10:00-11:30 学会奨励賞応募講演	島野 健仁郎 (東京都市大学)	加藤 玲奈 (芝浦工業大学大学院) 止血タンパク研究のための血漿アルブミン除去法の検討
		川田 尚輝 (芝浦工業大学大学院) せん断流れ下における血小板凝集の顕微鏡観察
		朱 暁冬 (早稲田大学) 半周性石灰化病変血管モデルの カッティングバルーンによる拡張に関する有限要素解析
		佐々木 沙織 (九州大学大学院) 細胞培養基材ハイドロゲルの機械的特性が 細胞遊走に及ぼす影響
		東條 美紗 (滋賀医科大学) 心肺停止前後における血中D-dimer値の変化について
		中山 正光 (東海大学) 第XI因子と血小板膜糖蛋白GPIIbおよび von Willebrand因子の3体複合体の結合構造予測
11:30-12:15 基調講演	後藤 信哉 (東海大学)	中西 智之 (株式会社T-ICU) 遠隔医療が救う命 ～プロフェッショナルたちの闘い～
13:15-15:00 シンポジウム1  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～	長谷部 光泉 (東海大学)	石井 亘 (京都第二赤十字病院) 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～
		藤野 光洋 (市立大津市民病院) 新型コロナウイルス感染症の重症病態 ～血液凝固異常を含めて～
		中村 磨美 (滋賀医科大学) 急変した自宅療養者の背景について
		質疑応答
15:20-17:00 第40回 バイオレオロジー・ リサーチ・フォーラム  嚥下障害による事故を 予防するために	一杉 正仁 (滋賀医科大学)	武原 格 (東京都リハビリテーション病院) 嚥下障害の病態と発生機序について
		北村 陸 (東京都市大学) 誤嚥の検知に向けた工学的アプローチ
		馬場 美年子 (慶應義塾大学) 誤嚥事故の裁判例からみた予防対策

## タイムテーブル

7月4日 (日)

時間・プログラム	座長	発表者・演題
8:40-9:10 e-B&R編集委員会		
9:20-9:50 JBR編集委員会		
10:00-11:45 シンポジウム2  大学における バイオレオロジー教育 を考える ～円滑な医工連携研究 の実現に向けて～	望月 精一 (川崎医療福祉 大学)	木村 直史 (新渡戸文化短期大学) 医学教育の実態と変遷～教養教育を中心に～  向所 賢一 (滋賀医科大学) 医科大学におけるレオロジー教育の重要性 ～医学教育の視点から～  工藤 奨 (九州大学) 医工連携研究を実現させるために ～工学系大学の教育実態を踏まえて～  質疑応答
11:50-12:20 岡小天賞受賞講演	大橋 俊朗 北海道大学	土橋 敏明 (群馬大学) コロイド科学的アプローチによる血液のレオロジー
12:30-13:00 総会		
13:00-13:10 表彰式		
13:10-13:20 閉会挨拶		

# 要旨

岡小天賞受賞講演

## コロイド科学的アプローチによる血液のレオロジー

土橋敏明

群馬大学 [〒376-8515 桐生市天神町 1-5-1]

## 1. はじめに

演者は高分子科学・コロイド科学の教育を受けた後、バイオレオロジー学会の多くの研究者から様々な魅力的な課題について教えを受け、この分野の研究を行ってきた。バイオレオロジーの対象として主に扱われる血液、血管、皮膚などのほとんどは、コロイド科学の対象でもある。コロイド科学では、原子や分子が作るナノメートルからマイクロメートルの不均一な組織構造とその秩序形成過程を解明する<sup>1)</sup>。それらの特徴づける長さや時間を見出し、「系によらない普遍的に成り立つ性質」と「系に固有な性質」とによって観察結果を記述できれば、系の持つ固有な性質の評価が可能になる。本講演では、赤血球の沈降と血漿の凝固過程に関して、コロイド科学的アプローチにより調べた研究について紹介する。

## 2. ボイコット効果

演者がバイオレオロジーに関する研究を行うきっかけとなったのは、本学会を創設された岡小天先生から、所属していた坂西明郎先生の研究室に、血液レオロジーの基礎に関する共同研究が提案されたことであった。

懸濁液中の懸濁粒子の沈降速度が容器の傾斜(傾斜角 $\theta$ )により増加する効果をボイコット効果という。血液(赤血球懸濁液)におけるこの問題の解明が最初の研究テーマとなった。実験の結果、傾斜による赤血球沈降速度 $v$ の増加の主な要因は、容器内における対流であることが明らかとなった。また、容器の内径 $d$ に比べて長さ $l_0$ が十分大きい場合 $v$ は系の詳細によらず $\theta$ と $d/l_0$ の関数で近似される一方、懸濁粒子と分散媒に固有な性質は $\theta$ の関数 $\alpha(\theta)$ で表されることが分かった。つまり、 $\alpha(\theta)$ を調べれば用いた血液の性質を知ることができる。 $\alpha(\theta)$ 以外の関数部分は一般的にどんな懸濁液についても適用でき、傾斜を利用した沈降促進の定量的な応用が期待できる。

この効果は地球の重力によるものであり、無重量下の宇宙空間では存在しない。宇宙飛行士の血液循環にこのことがどう影響しているかについて、岡先生が強い関心を抱かれていたことが思い出される。

## 3. 液液界面からのゲル形成と血漿凝固への応用

冷却によるゼラチンのゲル化やニガリによる大豆たんぱく質の凝固に見られるように、混合・加熱冷却・光照射などにより起きる高分子溶液のゲル化は一様で等方的である。一方、高分子溶液が広義の架橋剤との接触によりゲル化する現象は、マイクロカプセル化や湿式紡糸に代表される多くの工業プロセスで見られるが、ゲル化ダイナミクスに関する詳しい研究はなされていなかった。多くのモデル系に対する研究の結果、この過程は、系に固有な性質を反映する数個のパラメータを含むスケール化された普遍的な方程式で表されることが明らかになった。つまり、系の詳細が未知である高分子溶液のゲル化過程をスケール化された方程式と比較することにより、物理的に意味付けされた系の性質を抽出することができる。

血漿の凝固(ゲル化)は、陰性荷電や組織因子(広義の架橋剤)と血漿(高分子溶液)との接触を起源とするカスケード反応で進行すると捉えることができる。血漿の凝固に上記のゲル成長ダイナミクスを適用した結果、ゲル化過程は、潜伏時間後、エネルギー律速過程を経て拡散律速過程へと進行し、潜伏時間、速度係数、律速過程のクロスオーバー時間は、血漿のカルシウムに対する凝固感受性やフィブリンゲルネットワーク中のイオンの拡散定数などを通して、用いた血液の性質を反映することがわかった<sup>2)</sup>。以上の結果から、血漿の凝固能の診断の指標としてこれらのパラメータが利用できる可能性が示唆された。

## 文 献

- 1) 好村滋洋: コロイド科学が今面白い, 日本物理学会誌, **54**, 164-173, 1999.
- 2) Kawabata, A. et al.: Crossover of rate-limiting process in plasma gel growth by contact with source of gelator. *Gels*, **7**, 11, 2021. <https://doi.org/10.3390/gels7010011>

## 〈略歴〉

- 1977年 北海道大学理学部高分子学科卒業  
 1982年 北海道大学大学院理学研究科高分子学専攻博士課程修了  
 1982年 群馬大学工学部繊維高分子工学科助手  
 2000年 群馬大学工学部生物化学工学科教授  
 2011年 日本原子力研究開発機構研究嘱託(兼)  
 2020年 群馬大学名誉教授

# 要旨

基調講演

## 遠隔医療が救う命～プロフェッショナル達の闘い～

中西智之

株式会社 T-ICU [〒651-0085 兵庫県神戸市中央区八幡通 3-2-5-605]

「バイオレオロジーって何？」

講演の依頼をいただいた時に、最初に私の頭に浮かんだフレーズだ。

実は私が専門とする「集中治療医学」は、医師を含む多くの方に「救急医学」と混同されるが、バイオレオロジーに関しては混同する対象すら思いつかなかった。

そこで、学会ホームページを拝見したところ以下の記載を見つけた。

『バイオレオロジーとは、「生体」および「生体を構成する物質」の「流動」と「変形」の科学である。』

「日本バイオレオロジー学会は、学際的色彩の強い学会として、多くの学問領域と深い関わりを持って発展してきました。」

さらに「学際」という単語についても私の認識が曖昧であったため調べてみたところ、「学際とは、二つ以上の科学の境界領域にあること。いくつかの分野にまたがり関連すること。」と書いてあった。

これらを拝見して、バイオレオロジーと、私が取り組んでいる遠隔集中治療（遠隔 ICU）に3つの共通点があると感じた。

1. 生体を扱うということ。
2. 学際的ということ。
3. 医工連携がテーマの1つであること。

今回は、共通点を踏まえながら以下の事について講演したいと思う。

- ①救急医学と混同されてしまう集中治療医学とは？
- ②遠隔 ICU の説明とその現状
- ③医工連携についての我々の取り組みと課題

特に③の医工連携については、ベンチャー企業を起業・運営している経験を交えて伝えたいと思う。

私は2016年10月に「遠隔 ICU」を提供する株式会社 T-ICU を設立した。15年間普通の勤務医として働いてきて、特に起業する気などはなく、準備も全くしていなかったところから始め、今では社員数が25人になるまで大きくなった。25人の中には正社員として医師2人、看護師4人がおり、さらに遠隔から診療アドバイスをする登録専門医は30名、登録認定看護師は20名いる。また数名のエンジニアもおり、さらなる増員のために募集をかけている。そしていくつかの一般企業様とは「医」として、いくつかの病院や大学医学部とは「工」として、社外でも社内でも「医工連携」を実践している。

「医」と「工」、医師と社長の両方の立場での経験を伝えることで、バイオレオロジー及び遠隔 ICU の発展に少しでも寄与できればと思う。

〈略歴〉

2001年 京都府立医科大学 医学部医学科 卒業  
 2001年 京都府立医科大学 外科  
 2003年 熊本赤十字病院 心臓血管外科  
 2009年 武蔵野赤十字病院 救命救急科  
 2019年 聖マリアンナ医科大学 救急 非常勤講師  
 2019年 東京女子医科大学 集中治療 非常勤講師  
 2021年 マリンシティ医科大学 (バングラデシュ) 客員准教授

# 要旨

## シンポジウム1

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～

## 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

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春帯町 355-5]

### 1. 抄録

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約 28,000 人、救急車搬送台数約 7,500-8,000 台、重症外傷 (Injury Severity Score  $\geq 16$ ) 250 症例前後の High volume center である。当院救急科は外傷手術・Emergency Surgery・IVR・集中治療などそれぞれがサブスペシャリティを持ちシームレスに対応する自己完結型をとっている。こういった体制の中、2020年2月のダイヤモンドプリンセス号の新型コロナウイルス対応に DMAT 派遣を行い、また同年4月より新型コロナウイルス感染者 (中等症から重症) の入院を含めた対応を行なってきた。緊急事態宣言の発令に伴い、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と新型コロナウイルス感染症患者の治療を両立しなくてはいけなくなり、当院でも新型コロナウイルス感染症対策本部を立ち上げ、その対応を行なってきた。特に救命救急センターへ搬入となる患者は、感染症の有無を判断する前に ER へ搬入されるため、ER での感染対策を行わなくてはならず、そのゾーニングや人員配置が重要になった。しかしながら新型コロナウイルス陽性患者が府下で増加するにしたがって、救命救急センターにおける医療体制も逼迫した状況になった。

京都府では令和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、新型コロナウイルス感染症患者の病態把握、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た。新型コロナウイルス感染者の調整は、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、京都府では早期から医師 (当初は統括 DMAT 隊員) を配置したコントロールセンターで重症度に応じた受け入れ調整など

を24時間対応行うこととなった。しかしながら、第3波・第4波と陽性患者が増えるに従い、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待機を余儀なくされる結果となった。

今回、救命救急センター業務とコントロールセンター業務を兼務した観点から、現状や問題点、今後の展望などをお話する。

### 2. 倫理配慮

個人を特定できるデータに関しては匿名化を行っており、プライバシーに配慮している。

### 3. 図表



ICU の新型コロナウイルス対応病床にて ECMO 管理。ECMO の乗せ替えを準備している様子

#### 〈略歴〉

- 2002年 大阪医科大学医学部医学科 卒業
- 2010年 京都第二赤十字病院 救命救急センター  
救急科 医員
- 2014年 京都第二赤十字病院 救命救急センター  
救急科 医長
- 2016年 京都第二赤十字病院 救命救急センター  
救急科 副部長
- 2021年 滋賀医科大学 医学博士取得

## 新型コロナウイルス感染症の重症病態 ～血液凝固異常を含めて～

藤野 光洋

市立大津市民病院 救急診療科・集中治療部 [〒520-0804 滋賀県大津市本宮 2 丁目 9-9]

### 1. はじめに

Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2)を原因とする新型コロナウイルス感染症(coronavirus disease 2019; COVID-19)は2019年12月中国武漢で発生し、それを発端として世界中に瞬く間に拡がりをみせている。2020年1月には世界保健機関によりパンデミック宣言され、2021年4月には全世界で死者数300万人を超えている。

COVID-19患者の病態は、無症状からウイルス性肺炎による急性呼吸窮迫症候群(acute respiratory distress syndrome; ARDS)まで多岐に亘るが、急速に呼吸不全が進行し、致死的となる症例が存在する。

本講演では、呼吸不全を来す重症 COVID-19 の病態、全身炎症に起因する血液凝固線溶異常、臓器障害に関して自施設での経験を含め言及する。

### 2. 概要

COVID-19 は、肺炎所見や呼吸器症状がない軽症、酸素投与を必要としないが肺炎所見がある中等症 I、酸素投与を必要とする肺炎像を認める中等症 II、人工呼吸や体外膜型人工肺治療を必要とする重症、に区分される<sup>1)</sup>。

重症化予測指標として、血清 interleukin-6 (IL-6)、C-reactive protein (CRP), lactate dehydrogenase (LDH)値などが有用とされ、実臨床において活用されている<sup>2,3)</sup>。COVID-19 の重症病態は、SARS-CoV-2 自体による肺障害に加えて感染を契機とした全身性サイトカイン放出が起こり、呼吸不全が進行するが、随伴して血液凝固線溶異常を来しうる。凝固線溶異常は、背景にある全身炎症と密接に関連して血管内皮障害を来し、播種性血管内凝固症候群 (disseminated intravascular coagulation; DIC)や心筋梗塞、脳梗塞、深部静脈血栓などの血栓症を引き起こす。D-dimer 値は凝固異常指標として知られるが、COVID-19 の重症度や予後予測指標としての意義も示唆されている<sup>4)</sup>。

### 3. 考察

COVID-19 重症例では、SARS-CoV-2 感染を契機としてサイトカインストームが引き起こされ、病態が急速に進行する。そのため、重症化や予後予測は COVID-19 診療において不可欠である。先に述べた血液マーカーは、予測指標として一定の価値が示唆されている一方、LDH 値は臓器障害との関連、D-dimer 値は DIC と直接的関連を示すなど、その解釈には注意を要する。また、サイトカイン放出に対する免疫抑制薬や凝固線溶異常に対する抗凝固薬の位置づけ、投薬のタイミングなど未だ明確となっていない課題もある。

### 4. 結語

COVID-19 重症例では、SARS-CoV-2 感染後に惹起されるサイトカインストームに起因する一連の病態を示す。COVID-19 の病態解明、予後改善のためにさらなる知見が求められる。

### 文 献

- 1) 厚生労働省：新型コロナウイルス感染症 (COVID-19)診療の手引き, 第 4.2 版, 2021 年 2 月 19 日発行
- 2) Herold, T., Jurinovic, V., Arnreich, C., et al.: Elevated levels of IL-6 and CRP predict the need for mechanical ventilation in COVID-19. *J. Allergy Clin. Immunol.* 146, 128-136, 2020.
- 3) Poggiali, E., Zaino, D., Immovilli, P., et al.: Lactate dehydrogenase and C-reactive protein as predictors of respiratory failure in COVID-19 patients. *Clin. Chim. Acta* 509, 135-138, 2020.
- 4) Tang N., Li D., Wang X., et al.: Abnormal coagulation parameters are associated with poor prognosis in patients with novel coronavirus pneumonia. *J Thromb Haemost.* 18(4), 844-847, 2020.

#### 〈略歴〉

2012 年 滋賀医科大学 医学部医学科 卒業  
 2014 年 国立病院機構 京都医療センター 救命救急科  
 2017 年 市立大津市民病院 救急診療科  
 2019 年 広島大学病院 救命救急センター  
 2020 年~市立大津市民病院 救急診療科

## 急変した自宅療養者の背景について

中村 磨美

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

### 1. はじめに

本邦において2020年1月より始まった新型コロナウイルス感染症(COVID-19)のパンデミックは、2021年6月現在までに4つの大きな波を迎えた。新たな流行の波を迎えるごとにピークは大きくなり、医療体制が逼迫した。2020年12月より始まり翌1月にピークを迎えた第3波では、重症化リスクが高いと言われていた高齢者や基礎疾患を有する患者<sup>1</sup>も、診断時に軽症であれば自宅での療養を余儀なくされた。そのような中、自宅療養中に急変し死亡する症例が相次いだ。我々は、第3波で自宅療養中に死亡した患者の傾向を分析し、特に60歳代以上の高齢者において自宅療養中の医療介入の必要性を訴えた<sup>2</sup>。しかし2021年3月に大阪・兵庫を中心に広がった第4波では、第3波を超える自宅療養中死亡者が出た。今回、第4波の自宅療養中死亡者を纏め、第3波との比較について自験例と共に紹介する。

### 2. 方法

報道発表、各自治体の公式発表をもとに、COVID-19と診断され、自宅、ホテル等宿泊療養施設、介護付老人ホーム等高齢者施設で死亡した者の情報を集積した。死亡後の検査で新型コロナウイルス感染が判明した者は除外した。第3波の期間は2020年12月1日～2021年1月31日の62日間、第4波の期間は主に大阪・兵庫で感染拡大が続いていた2021年3月15日～5月30日の77日間とした。

### 3. 結果

第3波の期間中、自宅で31人、宿泊療養施設で1人、高齢者施設で1人死亡し、期間中の全死者数の0.92%だった。一方、第4波では自宅で54人、宿泊療養施設で4人、高齢者施設で73人が死亡し、合計すると全死者数の2.98%に相当した。第3波中に自宅で死亡した患者の年齢は50歳代以上であり、60歳代が最多だった。第4波では80歳代以上が最多だったが、30歳代以下及び40歳代がそれぞれ4人と、第3波では見られなかった若年層での死亡も見られた。

発症から死亡までの日数は、平均値・中央値共に6～7日だったが、その分布は1日～16日まで幅広く散らばりを認めた。

### 4. 症例

①80歳代女性。デイサービスに通っていた高齢者施設でのクラスターに関連し、発症。38℃台の発熱があったが、陽性判明から7日後に自宅で死亡しているのを発見された。死後CTで両側肺に強い肺炎像を認めた。

②70歳代男性。3日前からの咳、味覚異常を訴え受診。受診時の胸部レントゲンではわずかな肺炎像を認めるのみだった。翌朝自宅で死亡しているのを発見された。死後CTで両側肺に強い肺炎像を認めた。

### 5. 考察とまとめ

第4波では、特に大阪・兵庫で医療体制が逼迫し、多数の自宅療養中患者の中から死亡者を出した。高齢者施設で多数の死亡者が出た結果から、入所中の患者が施設内での医療を見込めることから入院できず、10日を超える長期療養の末に亡くなったことが推測される。一方、本疾患の肺炎の進行は時として急激であり<sup>3</sup>、SpO<sub>2</sub>低下時の自覚症状も乏しいことから<sup>4</sup>自宅療養中の患者の急変予測は困難を極める。第4波で見られた若年者の自宅療養中死亡については、死因を含め詳しい調査が必要と考える。

## 文 献

- 1) 「新型コロナウイルス感染症(COVID-19)診療の手引き 第3版」診療の手引き検討委員会, 厚生労働省, 2000, pp.6-13.
- 2) Nakamura, M., Hitosugi, M.: Emerging COVID-19-related deaths during home recuperation in Japan. *Geriatr. Gerontol. Int.* **21**(5), 436-437. 2021.
- 3) Goh K.J., Choong M.C., Cheong E.H., et al.: Rapid progression to Acute Respiratory Distress Syndrome: Review of current understanding of critical illness from COVID-19 infection. *Ann. Acad. Med. Singapore.* **49**(3), 108-118. 2020.
- 4) Dhont S., Derom E., Van Braeckel E., et al.: The pathophysiology of 'happy' hypoxemia in COVID-19. *Respir Res.* **21**, 198. 2020.

(略歴)

2010年 横浜市立大学 医学科 卒業  
2012年 湘南藤沢徳洲会病院 救急総合診療部 医師  
2015年 京都府立医科大学 法医学教室 助教  
2019年 滋賀医科大学 社会医学講座法医学部門 助教

# 要旨

## シンポジウム2

大学におけるバイオロロジ教育を考える  
～円滑な医工連携研究の実現に向けて～

## 医学教育の実態と変遷 ～教養教育を中心に～

木村直史

新渡戸文化短期大学 [〒164-8638 東京都中野区本町 6-38-1]

### 1. 大学設置基準の大綱化による変化

多様な社会のニーズに対応するため、1991年に改正された大学設置基準により、大学に対する規制は大幅に緩和された(大学設置基準の大綱化)。その結果、多くの大学において教養課程が改組され、いわゆるくさび型教育課程へと移行した。それまで2年間の教養課程(または進学課程)を擁していた医学部または医科大学では、これを廃止し、六年一貫教育に切り替えていった。自然科学を含む教養教育の期間は1年半に短縮され、さらに1年間に短縮されるようになった。同時に旧来の〇〇学という科目名が廃止され、新たに学際的な名称に変更される風潮が生まれた。自然科学としての物理学、化学、生物学も同様の扱いを受けることになり、一方で担当教員数も削減されていた。バイオレオロジーの基礎となる物理学も、その授業時間数は、大幅に短縮された。各大学医学部および医科大学におけるこのような教育改革は、その後の約10年間に進められ、医学教育のコア化・モデル化を迎えることになった。

### 2. 医学教育モデル・コア・カリキュラムの導入

2001年3月に策定された医学教育モデル・コア・カリキュラムにおいて、それまで物理学、化学、生物学に含まれていた内容は、医学教育のための「準備教育」として位置づけられることになり、「準備教育モデル・コア・カリキュラム」として教育内容ガイドラインが示された。その内容は2011年の改訂版の巻末に残されている<sup>1)</sup>。大綱化によって規制緩和されたカリキュラムは、ガイドラインに沿って再編成されることとなった。モデル・コア・カリキュラムで基準化された教育内容については、学内試験のほかに共用試験 CBT と OSCE によって評価されることとなり、これらは2001年からのトライアルを経て、2005年12月から正式実施となった。医学教育モデル・コア・カリキュラムは2007年に一部が改訂され、2011年<sup>1)</sup>、2017年の改訂<sup>2)</sup>を経て、今日に至っている。モデル・コア・カリキュラムの導入によって、多くの医学部では、1年次に準備教育、2,3年次に基礎医学・社会医学、4年次に臨床医学の座学、5,6年次は臨床実習というスタイルを採用することになった。2004年4月から初期臨床研修が必修化され、

医師国家試験が2月中旬に実施されるようになったため、6年次後期は多くの大学で実質的に国家試験対策に充てられるようになった。

### 3. 医学教育分野別評価の影響

2010年に米国 ECFMG が「2023年以降、医学教育の国際的認証を受けている医学部の卒業生以外には米国での医師資格を与えない」と宣言したことから、各大学で国際認証を受けるため、カリキュラムの変更を迫られた(新型コロナウイルス感染症拡大の影響で2024年に延長)。この認証要件に72週以上の臨床実習期間が必要との理解から、4年次後期に臨床実習開始を開始する大学も増加し、臨床実習前の授業科目の低学年への移行が加速された。

### 4. 医学研究への志向の涵養

臨床医学に重点を置いた初期のモデル・コア・カリキュラムに対する反省から、改訂後は「選択的な大学独自のカリキュラムの設定」<sup>1,2)</sup>について言及され、研究室配属などの学生時代から医学研究への志向を涵養する教育や大学院との連動を含むプログラムやコースの設置が推奨されている。卒前教育におけるこのような研究の機会の活用がバイオレオロジー教育へ向けた医工連携可能な接点になるのではないかと考える。

## 文 献

- 1) モデル・コア・カリキュラム改訂に関する連絡調整委員会, モデル・コア・カリキュラム改訂に関する専門研究委員会: 医学教育モデル・コア・カリキュラム—教育内容ガイドライン—平成22年度改訂版. 2011. pp.1-106.
- 2) モデル・コア・カリキュラム改訂に関する連絡調整委員会, モデル・コア・カリキュラム改訂に関する専門研究委員会: 医学教育モデル・コア・カリキュラム—平成28年度改訂版. 2017. pp. 1-234.

### 〈略歴〉

1980年 東京慈恵会医科大学 医学部医学科 卒業  
 1980年 東京慈恵会医科大学 第2薬理学教室助手  
 1989年 同上 第2薬理学教室 講師 (医学博士)  
 1993年 同上 第2薬理学教室 助教授  
 2002年 同上 薬理学講座第2教授, 医学教育研究室 室長を兼務  
 2019年 東京慈恵会医科大学を定年により退職  
 2020年 新渡戸文化短期大学 学長, 東京都立大学 客員教授, 東京慈恵会医科大学客員教授.

# 医科大学におけるレオロジー教育の重要性 ～医学教育の視点から～

向所 賢一

滋賀医科大学 医学部 医学・看護学教育センター [〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町]

## 1. はじめに

疾患や症候を原理から理解するために、医学部におけるレオロジー教育は重要である。しかし、近年の医学の急速な進歩と社会からの医師に対する大きな期待から、医学部で教育しなければいけない項目が膨大となってきた。まずは、医学教育の現状をお伝えした後に、円滑な医工連携研究へ向けての方略を考える。

## 2. 医学教育モデル・コア・カリキュラムが改訂

平成28年度に医学教育モデル・コア・カリキュラムが改訂された。「多様なニーズに対応できる医師の養成」を目指して取りまとめられ、国際的な公衆衛生や医療制度の変遷を鑑み、国民から求められる倫理観、医療安全、チーム医療、地域包括ケアシステム、健康長寿社会などのニーズに対応できる実践的臨床能力を有する医師を養成することを意識したものとされ、必要最小限とするために総量のスリム化が図られたとのことだが、相当な分量になっている<sup>1)</sup>。

## 3. 国際認証のために臨床実習期間の確保

医学教育の国際レベルでの質保証のため、世界医学教育連盟の定める国際基準に則った医科大学、医学部における医学教育の認証評価が各国で行われており、アウトカム基盤型教育や診療参加型臨床実習が推進され、これまで以上に、臨床実習期間を確保することが必要となった<sup>2)</sup>。

## 4. 共用試験公的化へ

共用試験は、総合的理解度を測る Computer Based Testing (CBT) と態度・基本的臨床技能を評価する Objective Structured Clinical Examination (OSCE) がある。学生は、臨床実習前に共用試験に合格しなければならない。この共用試験が公的化されることが2020年5月、厚労省医道審議会医師分科会の報告書に明記された<sup>3)</sup>。これ以前に、教養、基礎医学、社会医学系科目や臨床科目の講義を終了していなければいけない。

## 5. 技術シーズと医療ニーズの把握とマッチング

レオロジー教育の充実以外に、医工連携を強化し、円滑に実施する方略を考える。まずは、各施設が有して

いる技術シーズと医療現場からのニーズを把握し、それらのマッチングさせることが重要となる。近年、このマッチングを行う HUB 組織が、企業や大学、自治体等で構築されてきている。日本バイオレオロジー学会年会在、マッチング HUB として機能することが、円滑な医工連携研究の実現につながると考える。

## 6. 結語

医学部6年間の中で、社会からの多様なニーズに対応できる医師を養成しなければならない現状では、レオロジーに関する講義や実習を増加させることが困難である。よって、円滑な医工連携研究の実現に向けて、別の手段を講じる必要がある。本学会において、各施設の技術シーズと医療ニーズを明らかにし、マッチングシステムを構築することも一つの方法かもしれない。

## 文 献

- 1) 文部科学省. モデル・コア・カリキュラム改訂に関する連絡調整委員会 医学教育モデル・コア・カリキュラム 平成28年度改訂版  
[https://www.mext.go.jp/component/b\\_menu/shingi/toushin/\\_icsFiles/afieldfile/2017/06/28/1383961\\_01.pdf](https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2017/06/28/1383961_01.pdf)
- 2) 奈良信雄: 医学教育分野別評価の意義と展望, 医学教育 48, 405~410, 2017
- 3) 厚労省. 医道審議会 (医師分科会) 報告書——シームレスな医師養成に向けた共用試験の公的化といわゆる Student Doctor の法的位置づけについて. 2020.

## 〈略歴〉

- 1994年 滋賀医科大学医学部卒業
- 2001年 滋賀医大病理学講座助手
- 2006年 英国オックスフォード大学留学
- 2010年 滋賀医大病理学講座准教授
- 2020年 滋賀医大医学・看護学教育センター教授
- 2021年 滋賀医大 副理事

## 医工連携研究を実現させるために ～工学系大学の教育実態を踏まえて～

工藤 奨

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]

### 1. はじめに

大学におけるバイオレオロジー教育を考える～円滑な医工連携研究の実現に向けて～と題した今回のシンポジウムにおきまして、発表の機会をいただき、大会長の一杉正仁教授には心より感謝申し上げます。工学系教員の立場として話題を提供させていただき、皆さまと議論ができましたら幸いです。

### 2. 経験をもとに感じていること

自分自身の経験をもとに、皆さまと議論するネタとしてお話をさせていただきます。紙面の都合もありますので、予稿には私自身が経験しました一部を書かせていただきます。

機械工学科を卒業後、現在、機械工学科で教員として研究教育をおこなっております。現在の専門は主に細胞の力学応答や細胞内の物質移動現象を扱っております。学部時代に、岡小天先生ご執筆の物理科学選書7 バイオレオロジーを教科書として谷下一夫先生（慶応大学名誉教授）が、バイオレオロジーという選択科目を講義されておりました。その講義で、はじめて医工の境界領域に触れる機会を得ることができました。力学を中心とした機械工学科のカリキュラムの中で、かなり異彩を放つ科目に大変興味をもったことを記憶しております。おそらく、今も私と同じように医工の境界領域に興味を持つ学生がいるのではと思います。研究室配属前の学部教育時代の科目設置はかなり大事な気がしております。

芝浦工業大学在職時に、University of California, San Diego の Shu Chien 教授の研究室で1年間研究に携わりました。当時、国内では研究レベルにおいて医工連携推進の機運が高まりつつあったと記憶しています。米国では Department of Bioengineering が主要大学に設置され始め、研究面だけでなく、人材育成にも力を入れ始めていたところかと思えます。米国での講義に興味がありましたので、いくつかの講義を聴講しました。流体力学の講義に関しては、日本とほぼ同じ印象を受けました。生物化学の講義は、その分野に精通されて

いる所属が異なる先生方がオムニバス形式でおこなわれてました。医学部の先生の講義を聞いたのは初めてでしたが、専門家として熱く語ってらっしゃった記憶があります。学生に専門家が熱く語るということは大事な気がしており、そういう機会があったらよいと感じております。

九州大学工学部では、教員の海外派遣制度があり、1週間ほど米国教育システムの見学および実践プログラムに参加する機会がありました。Stanford 大学, UC Santa Cruz, シリコンバレーのベンチャー企業などを見学・意見交換を行う機会があり、米国教育システムを20年ぶりに垣間見ることができました。米国でも起業マインドが非常に高い土地柄ということもあり、進んだ取り組みをおこなってました。その中で、スタンフォード大学が取り組んでいたバイオデザインという教育プログラムのお話を少しだけ聞く機会がありました。現在では、日本国内にも導入されており、一部で運用が開始されています。医療機器開発を主とした教育プログラムになっていますが、基礎研究分野における医工連携研究にも通じるところがあり、非常によい教育プログラムだと思っております。今後の医工連携を推進するうえでもヒントになる考え方がありますので、当日ご紹介したいと思います。

シンポジウム当日は、私の経験をもとに医工連携を今後どのようにすると円滑になっていくかについて私見を述べたいと思います。皆様と一緒にご議論できましたら幸いです。

#### 〈略歴〉

1998年 慶應義塾大学 大学院理工学研究科 生体医工学専攻博士課程単位取得退学博士 (工学)  
1998年 芝浦工業大学 機械工学科 助手  
2000年 芝浦工業大学 機械工学科 講師  
2001年 University of California, San Diego 客員研究員  
2007年 芝浦工業大学 機械工学科 准教授  
2007年 芝浦工業大学 バイオトランスポートセンター センター長  
2010年 芝浦工業大学 機械工学科 教授  
2012年 九州大学 機械工学部門 教授  
2021年 九州大学 医用生体工学研究センター センター長

# 要旨

第40回バイオレオロジー・リサーチ・フォーラム  
嚙下障害による事故を予防するために

## 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科 リハビリテーション科 [〒131-0034 東京都墨田区堤通 2-14-1]

### 1. はじめに

食べるという行為は、単に生きるために栄養と水分を摂取するという意味だけではなく、食べるという行為自体が生きて楽しむにもつながっている。摂食嚥下機能は、加齢とともに低下する。加齢に伴う嚥下機能の低下の原因として、歯の欠損による咀嚼力低下、唾液分泌量減少に伴う食塊形成不良、咽頭近くの低下に伴う嚥下反射惹起遅延、喉頭低位に伴う嚥下反射時の喉頭挙上距離の延長などが挙げられる。さらに、嚥下障害は様々な疾患で発症する。そのため適切に摂食嚥下機能を評価し、リハビリテーション医療を行い、安全な経口摂取を獲得し、口から食べ続けられることは重要である。

### 2. 嚥下障害を引き起こす疾患

嚥下障害を引き起こす疾患は、器質的原因と機能的原因の大きく2つに分類できる。

器質的原因とは、嚥下に関わる舌や咽頭・喉頭、食道などの炎症や腫瘍などによって、構造が変化したために動きが悪くなる場合や、食塊の通過が困難になるため、嚥下障害を生じるものである。代表的なものとして、口腔内や咽頭・食道の腫瘍、舌癌術後の舌短縮による食塊の口腔から咽頭への食塊移送困難、扁桃炎による咽頭の食塊通過困難などが挙げられる。その他にも頸椎骨棘が前方に突出し、嚥下時の喉頭蓋反転を阻害することによる嚥下障害や、食道裂孔ヘルニアによる胃食道逆流も含まれる。

機能的原因とは、嚥下に関わる舌や咽頭・喉頭、食道などの嚥下に関わる部位の構造的な問題は無いものの、食塊の動きと嚥下運動のタイミングが合わず、嚥下障害を生じるものである。代表的なものとして、脳出血や脳梗塞、クモ膜下出血などの脳卒中や、パーキンソン病、神経筋疾患などが含まれる。他にも悪性腫瘍に対し行われた放射線治療が原因となることや、内服薬の影響により摂食嚥下機能が低下することもある。

### 3. 機器を用いた嚥下機能評価

日常の食事場面を観察することは、摂食嚥下障害評価の基本である。しかし、嚥下運動に伴う食塊の移動と口腔・咽頭・食道の嚥下関連器官の動きを体表から観察することは不可能である。その

ため、機器を用いた検査が必要となる。日常診療場面では、嚥下造影検査（videofluoroscopic examination of swallowing：以下VF）および嚥下内視鏡検査（videoendoscopic examination of swallowing：以下VE）が嚥下機能評価に用いられる。VFとVEそれぞれ長所と短所があり、それぞれを組み合わせて評価することで、多くの情報が得られ、嚥下障害評価および治療に有効である。

VFは、X線透視装置を用いた造影検査で、嚥下運動に伴い造影剤を含む検査食が口腔から咽頭そして食道へと流入する状態を観察し、器質的異常や機能的異常、誤嚥、咽頭残留の有無などを明らかにする検査である。

VEは、ファイバースコープを用いて直視下で声門閉鎖機能、唾液や分泌物、食塊などの咽頭残留の状態を観察する検査である。機動性に優れ持ち運び容易であるため、ベッドサイドでも検査が可能である、実際の飲食物を利用できるなどの長所がある。

### 3. 嚥下障害の病態

延髄病変により球麻痺が生じると、咽頭期の障害により喉頭挙上・咽頭収縮・食道入口部開大などに運動障害を生じる。咽頭への放射線療法等により、軟口蓋の挙上が障害されると、嚥下反射時の口腔咽頭内の圧上昇が不十分となり、食塊を咽頭から食道に送り込むことが困難になる。また軟口蓋挙上不全により鼻咽腔閉鎖不全となるため上咽頭に食塊が流入する。その他疾患ごとに、様々な摂食嚥下障害の病態があり、講演時には多くのVF、VE動画を供覧する予定である。

〈略歴〉

1994年 東京慈恵会医科大学卒業  
1996年 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座入局  
2002年 米国ペンシルバニア大学留学  
2014年 東京慈恵会医科大学リハビリテーション医学講座准教授  
2016年 東京都リハビリテーション病院リハビリテーション部長  
2020年 東京都リハビリテーション病院研究担当部長  
日本リハビリテーション医学会 認定臨床医・専門医・指導医  
日本摂食嚥下リハビリテーション学会 理事・評議員  
日本嚥下医学会評議員  
東京摂食嚥下リハビリテーション研究会幹事

## 誤嚥の検知に向けた工学的アプローチ

北村陸\*, 槇徹雄\*\*, 武原格\*\*\*, 一杉正仁\*\*\*\*

\*東京都市大学大学院 [〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1], \*\*東京都市大学

\*\*\*東京都リハビリテーション病院 [〒131-0034 東京都墨田区堤通 2-14-1]

\*\*\*\*滋賀医科大学 [〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町]

### 1. はじめに

近年、日本では誤嚥性肺炎による死亡者が増加傾向にある。これまでわが国の死因順位では第7位であったが、令和元年度の人口動態統計によると不慮の事故を抜き第6位となった<sup>1)</sup>。また、誤嚥性肺炎による人口10万対の死亡率は32.6であるのに対して、65歳以上の高齢者に限っては111.8と非常に高くなっている。そのため、高齢化が進行する日本において、誤嚥性肺炎を早期発見することは非常に重要であると言える。

本研究では誤嚥性肺炎の予防の一環として、咳を検知するシステムの構築を目的とし、口蓋音、口唇音、舌音、空咳、咳の音声を収集しケプストラム分析を行った<sup>2)</sup>。分析結果を基に声と咳の分離を行い、咳の検知システムを構築した。

### 2. 音声の収集および分析

本実験は東京都リハビリテーション病院倫理審査委員会の承認を受け、実験参加者には事前に実験内容を説明し、インフォームドコンセントを得た上で実施した。実験参加者は女性16名とし、声と席の音声の収集を行った。年齢、体重、体調等に関するアンケートを行った後、声と咳の音声を咽頭マイクで録音した。録音した音声の詳細を表1に示す。咳は非加熱式ネブライザーによってクエン酸溶液を霧状にし、実験参加者が吸い込むことで咳を誘発した。

Table1 Recorded sound

Sound type	Vocalization content
Palatal sound	「Ka,Ki.Ku,Ke,Ko」
Lip sound	「Pa,Pi,Pu,Pe,Po」
Tongue sound	「Ta,Chi,Tsu,Te,To」
Dry cough(Dc)	Cough on purpose
Cough(C)	Nebulizer-induced cough

図1にケプストラムの最大値の平均および誤差範囲を示す。図1より口蓋音、口唇音、舌音ともに1.5以上の値であるのに対して、空咳および咳は0.8以下の値であることが分かった。図2に振

幅の最大値の平均および誤差範囲を示す。図2より振幅の最大値を比較すると口蓋音、口唇音および舌音は0.2以下であるのに対し、空咳および咳は0.4以上であることが分かった。

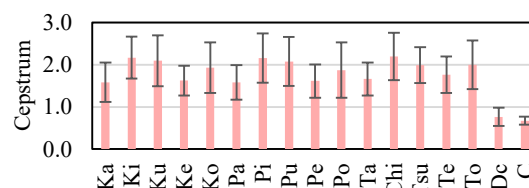


Fig.1 Average of maximum cepstrum

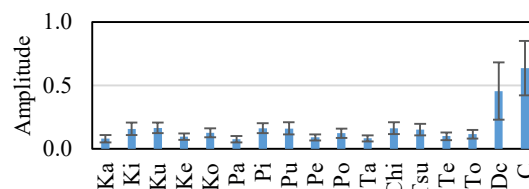


Fig.2 Average of maximum amplitude

### 3. 咳の検知システム

音声の分析結果を基に咳の検知システムを構築した。咳と判断する閾値は実験的に設定し、ケプストラムを1.1以下、振幅を0.15以上とした。振幅の閾値は、振幅の小さい咳の検知漏れを防ぐために上記の値とした。単一指向性マイクを使用し、口元からマイクを20 cm程離れた状態で音声を収集した。実験参加者の発した口蓋音および咳を判断した結果、咳のみを検知することができた。

### 4. まとめ

ケプストラム分析を用いることで声と咳を分離することができた。分析結果より咳と判定する閾値を決定し、決定した閾値より咳を検知するシステムを構築した。今後は臨床実験での活用を予定している。

### 文 献

- 1) 「人口動態調査結果」(厚生労働省)
- 2) slideshare, “やさしく音声分析法を学ぶ: ケプストラム分析とLPC分析”, <<https://www.slideshare.net/ShinnosukeTakamichi/lpc-49065650>>, (参照日 2020年6月15日)。

## 誤嚥事故の裁判例からみた予防対策

馬場 美年子

慶應義塾大学医学部総合医科学研究センター [〒160-8582 東京都新宿区信濃町 35]

### 1. 施設における誤嚥事故と法的責任

誤嚥事故は、死亡や重度の障害など重篤な被害者が発生することが多い。医療施設や介護施設で食物誤嚥事故が発生した場合、施設や誤嚥に直接関与した個人が、刑事・民事・行政の3点から法的責任を問われる可能性がある。刑事としては、業務上必要な注意を怠って人を死傷させたとして業務上過失致死で起訴される可能性がある。民事としては、被害者やご遺族に対する損害賠償責任が発生する。行政としては、指定の取り消しや命令、勧告などの行政処分が下される。

今回、施設で発生した食物誤嚥事故の民事判例・刑事判例の調査から、施設や個人の責任、予防対策について検討したので報告する。

### 2. 民事判例

2000年以降、介護・医療施設において食物誤嚥による窒息が疑われた事故において被害者側が損害賠償請求を提起した事例を検索し、調査した。

対象30例中、請求が認められた事例は17例で、そのうち2例は個人、16例は施設の責任（使用者責任）が認められたものであった（重複あり）。過失が認められるのは、提供した食物・提供方法、食事中の体制、誤嚥後の措置において注意義務違反が認められた場合である。注意義務違反があっても、誤嚥の予見可能性がない場合、過失は認められない。公判における争点について、Table1に示す。

Table1 誤嚥事故民事判例30例の争点

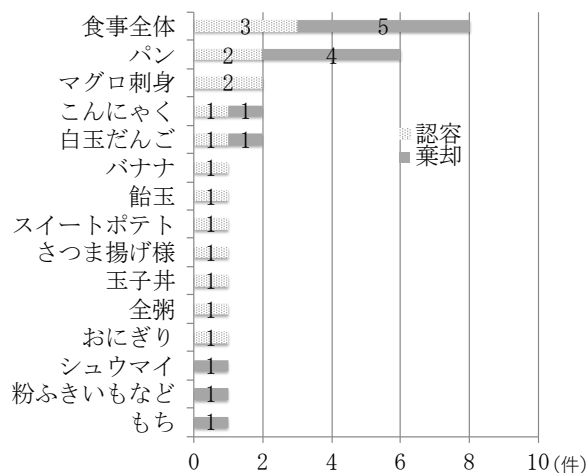
	過失あり	過失なし	TTL
誤嚥の予見可能性	1	(1)*	1
提供した食物・提供方法	8	8	16
食事中の体制 (見守り・嚥下の観察など)	11	11	22
誤嚥後の措置	6	13	19
その他	8	3	11
死因	5	2	7
食事介助の教育・指導	2	1	3
盗食の防止	1	0	1

\*: 地裁判決（高裁で過失あり）

誤嚥された食物をTable2に示す。誤嚥リスクが高い食材（パン、こんにやく、もちなど）の提供

が直ちに注意義務違反になるわけではなく、本人の状態、食材選択の根拠、提供方法、介助の状況などを考慮して過失の有無が判断されていた。

Table2 誤嚥された食物



### 3. 刑事判例

特別養護老人ホームでドーナツを誤嚥して女性が死亡した事故で、ドーナツを提供した准看護師が業務上過失致死で起訴された。1審では過失が認められ有罪判決が出されたが、控訴審では刑法上の注意義務に反するとは言えないとして無罪判決が出された。

### 5. まとめ

注意義務違反（過失）の判断には、本人の状況、施設の役割、家族の要望、契約内容、介護/看護記録など諸状況が考慮される。また、施設の役割や介護の契約内容によって、求められる注意義務の範囲も異なってくる。そのことを踏まえ、被介助者の諸状況の最新情報は介護に参与するスタッフ全員で共有すること、高齢者の場合、特に嚥下障害が指摘されていなくても、加齢による嚥下機能の低下が考えられるため注意すること、少しでも異変を認めた場合は誤嚥を疑い速やかに対応することが大変重要であろう。

〈略歴〉

1996年 慶應義塾大学医学研究科修士課程終了  
 1996年 慶應義塾大学医学部法医学教室助手  
 2006年 慶應義塾大学医学部総合医科学研究センター助教  
 2019年 博士（医学）

# 要旨

学会奨励賞応募講演

## 止血タンパク研究のための血漿アルブミン除去法の検討

加藤玲奈<sup>1</sup>, 加藤優吾<sup>2</sup>, 福井浩二<sup>1,2,3</sup>, 渡邊宣夫<sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> 芝浦工業大学 理工学研究科 システム理工学専攻

[〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区大字深作 307]

<sup>2</sup> 芝浦工業大学 理工学研究科 機能制御システム専攻

<sup>3</sup> 芝浦工業大学 システム理工学部 生命科学科

### 1. 緒言

補助人工心臓(Ventricular assist device, VAD)は重症心不全患者の延命・治療に広く臨床応用されている。その一方で、VADの適用については、いくつかのリスクが報告されており、その一つに出血性疾患があげられる。これは、VAD内部の非生理的なせん断速度による止血タンパク質 von Willebrand Factor (vWF)の低分子量化に起因している<sup>1)2)3)</sup>。そのため、せん断負荷とvWF分子量化の関係性を評価することは重要な意味合いを持ち、多くの研究が行われている。しかしながら、従来、vWF低分子量化の評価に用いられているウェスタンブロット法では、血漿タンパク質の大半を占めるアルブミンがvWFのバンドを不明瞭にする可能性や、血漿中の免疫グロブリンG(Immunoglobulin G, IgG)がvWF2次抗体と反応し、vWFの正確な検出を妨げている可能性が考えられる。

そこで本研究では、アルブミン及びIgGがvWFの正確な検出を妨げているという仮説を立て、より高精度なvWFの低分子量化評価法の確立を目的とした。仮説を検証するため、生体内及びVAD適用下を模擬したせん断暴露条件下において、アルブミン及びIgGの除去作業有無にてvWFの発現を比較した。

### 2. 実験方法

クエン酸ナトリウムを抗凝固剤としたブタ全血を遠心分離し、乏血小板血漿(Platelet Poor Plasma, PPP)を得た。このPPPに対して0,360,1000,3000[s<sup>-1</sup>]の条件にて、せん断暴露を10分間行った。アルブミン及びIgG除去作業は、キット(Aurum Serum Protein Mini Kit, BIO RAD)を用いて行い、除去作業有のサンプルとした。vWFの分子量を評価するためのウェスタンブロット法では、1次抗体としてポリクロナールウサギ抗ヒトvWF抗体(11778-1-AP, ptoteintech)を用いた。vWFは化学発光法にて検出し、撮影にはLAS3000(FUJIFILM)を用いた。vWFの発現比はimage J(version1.8.0\_112, National Institute of Health)にて算出した。

### 3. 実験結果

各せん断速度条件における低分子量域のvWF発現比をFig.1に示した。図中の縦軸はせん断負荷なしのサンプルにおけるvWF発現量を1とした時の発現比を表している。除去作業無のサンプルでは、せん断速度の増加と低分子量域のvWF発現比に相関は見られなかった。一方で除去作業有のサンプルでは、せん断速度増加に伴い、低分子量域のvWF発現比が増大した。

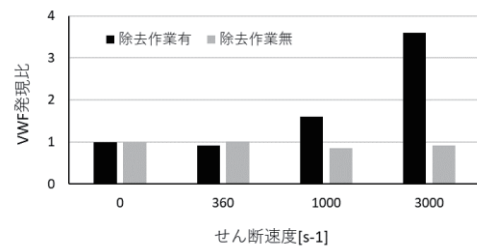


Fig.1 PPPサンプル内vWFの発現比

### 4. 考察

実験結果より、血漿タンパク質の大半を占めるアルブミンが低分子領域のvWFバンドを不明瞭にする可能性に加え、IgGが2次抗体と反応し、vWFの正確な検出を妨げた可能性が示唆された。vWF低分子量化現象の詳細を解明するための手法として、アルブミン及びIgG除去作業は妥当であると判断する。

### 5. 結言

本研究は、複雑なvWF低分子量化現象の解明のため、アルブミン及びIgG除去作業を組み込んだ鮮明なvWF分子量可視化手法を提案し、その有効性を示すことができた。

### 文献

- 1) Frazier OH et al., Seminars in Thoracic and Cardiovascular Surgery, 2002
- 2) James K. Kirklin et al., The Journal of Heart and Lung Transplantation, 2015
- 3) Elizabeth A. Genovese et al., The Society of Thoracic Surgeons, 2009

## せん断流れ下における血小板凝集の顕微鏡観察

川田尚輝\*, 柴田政廣\*\*, 渡邊宣夫\*\*

\*芝浦工業大学大学院 理工学研究科 システム理工学専攻 [〒337-8570 埼玉県さいたま市見沼区大字 深作 307 芝浦工業大学大宮キャンパス 6 号館 102 教室]

\*\*芝浦工業大学 システム理工学部 生命科学科

### 1. 緒言

COVID-19 による重度呼吸器不全患者に対して体外式膜型人工肺 (ECMO) が使用されている。その一方で、この機器の使用は溶血や血栓を発生するリスクがある事が知られている。それぞれの発生原因として、溶血はデバイス内部で発生する高せん断応力が挙げられており、血栓は流れの淀む箇所で発生しやすい事が理解されている。以上の事から、これらは別々の発生機序で生じると解釈されてきた。しかしながら、近年の研究報告から溶血によるヘモグロビンの流出が、血栓症を誘発する可能性も示唆されるようになった<sup>1,2)</sup>。

そこで我々は、二次血栓形成の先駆けとなる血小板凝集現象に着目し、溶血が深刻であるほど血小板凝集が発生しやすいという仮説を立てた。したがって、本研究は、せん断流れ下で血小板凝集挙動を観察することでこの仮説を検証することを目的とした。

### 2. 実験方法

クエン酸ナトリウムで抗凝固を施した豚購入血を溶血させ、生理食塩水を用いて希釈を行い、血漿遊離ヘモグロビン (plasma free hemoglobin; 以下 pfHb) 溶液を作成した。そして pfHb 溶液と血漿を混ぜ、人の血液中と同等の血小板数  $20 \times 10^4$  [cells/ $\mu$ l]、かつ 3 種類の pfHb 濃度 = 0, 25, 100 [mg/dl] の血漿サンプルを作成した。

調整した血漿サンプル 100 [ $\mu$ l] を本研究室の円錐円盤型のせん断曝露装置で 0, 5, 10, 15 分間, 100 [rpm] のせん断曝露を行い、せん断装置の平行平板間距離 10 [ $\mu$ m] の領域に存在する血小板を観察した。観察は、倒立顕微鏡 (IX73, Olympus 社) を使用して 120 倍に拡大して行った。撮影は高速度カメラ (GX-1, nac 社) に  $512 \times 512$  [pixels] で行った。その後、取得した画像に写っている血小板の個数、および凝集体を構成している血小板の個数を計上して血小板凝集率として定義し、pfHb 濃度毎の結果で比較した。

### 3. 実験結果

血小板凝集率をせん断曝露時間および pfHb 量毎に比較した (Fig.1)。Fig.1 より曝露時間の増加と共に血小板凝集率が增大した。さらに一部では

各曝露時間での比較から、pfHb 濃度の増加に伴い凝集率が若干増大する結果となった。

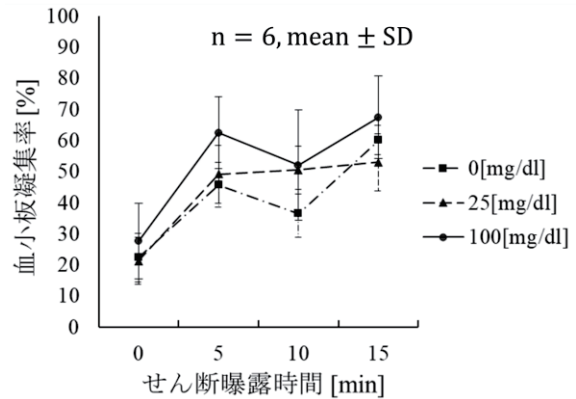


Fig.1 せん断曝露時間および pfHb 量毎の血小板凝集率

### 4. 考察

Fig.1 より、一部で pfHb 濃度が高濃度のサンプルほど血小板凝集率が平均値の増加傾向が見られたが、有意差は得られなかった。これは狭い範囲に限定された観察だった事で、計測できた血小板数に偏りがあった可能性が考えられる。そのため、最終的な仮説の検証には実験条件の再検討が求められるが、現時点では我々の実験結果は溶血が深刻な程血小板凝集が生じやすいという仮説を後押しする結果が得られたと言える。

### 5. 結言

我々の実験結果は、血漿遊離ヘモグロビン濃度が增大する程、血小板凝集が促進されるという仮説を支持する結果を得た。

### 文 献

- 1) Omar, S.: Hemolysis and Nonhemorrhagic Stroke During Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation, *Ann Thorac Surg.*, **108**, 756-763, 2019.
- 2) Phat, L. T.: Hemolysate-mediated platelet aggregation: an additional risk mechanism contributing to thrombosis of continuous flow ventricular assist devices, *Perfusion*, **31**, 401-408, 2016.

# 半周性石灰化病変血管モデルのカッティングバルーンによる 拡張に関する有限要素解析

朱 暁冬\*, 岩崎 清隆\*\*

\*早稲田大学 理工学術院 総合研究所 [〒162-8480 東京都新宿区若松町 2-2]

\*\*早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科

## 1. 緒言

高度石灰化した狭窄血管において高分子製のバルーンの外側に金属製のブレードを付けた“カッティングバルーン”という医療機器を使って硬い石灰化病変を破壊する治療技術があるが、どのような病変で効果を発揮するかは明確になっていない。そこで、石灰化病変の幾何学的特徴をモデル化し、カッティングバルーンを用いて石灰化病変を内側から拡張する有限要素解析を行い、応力集中部位とその大きさを明らかにし、バルーン拡張径とブレードの向きが石灰化部および正常血管部への応力に及ぼす影響を検討した。

## 2. 方法

まず、バルーンモデルの外側から圧縮機器を用いて径を縮小させることで、折り畳み形状を構築した。次に、ブレードモデルとパットモデルを長軸方向にバルーンモデルの折り込まれている表面に取り付けた。バルーン拡張径×長さ 2.0x10mm, 2.25x10mm, 2.5x10mm, 2.75x10mm と 3.0x10mm の5個のカッティングバルーンモデルを構築した。

次に、石灰化病変狭窄血管モデル内においてバルーンの内表面に圧力負荷を0~12atmまで作用させ、5個のカッティングバルーンの内表面に拡張解析を行った(図1)。ブレードの向きは半周性石灰化モデル側にブレード1枚を置く場合(Type1)と2枚を置く場合(Type2)を実施した。本研究では、石灰化モデルおよび正常血管モデルに生じる最大引張主応力を解析した。臨床では一般的に血管の正常部の径とバルーン径の比は1:1で選択することが多いが、その根拠は明確ではない。本研究では、血管の正常部の径と比較して小さな径のバルーンを選択した際に病変部、正常部血管に作用する最大主応力を解析し、効果的で安全なバルーン径の選択について検討した。

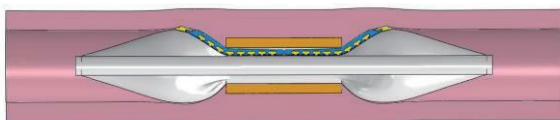


図1. 石灰化狭窄血管モデル内における拡張解析

## 3. 結果

石灰化モデルの両端部、および、非石灰化側血管モデルと石灰化モデルとの境界部近傍に応力集中が起きた。また、選択するバルーンの直径が大きいほど、応力の最大値が高くなることが分かった。Type1とType2を比較すると、Type2の方が石灰化モデルに生じる応力最大値がそれぞれ1.38倍、1.54倍、1.44倍、1.43倍と1.43倍高く、かつ、非石灰化側血管モデルに生じる応力最大値がそれぞれ2.01倍、2.33倍、2.16倍、1.89倍と1.65倍低いことが明らかとなった。

## 4. 考察

バルーン拡張径の大きい方が石灰化病変を破壊する効果があると同時に非石灰化側血管に損傷を与えるリスクが高くなる。ブレード2枚が石灰化モデル側にあたる場合のほうが石灰化病変部を拡張することと血管解離リスクを低減することができると考えられた。さらに、この場合、血管径より拡張径が0.25mmと0.5mm小さいカッティングバルーンでも最大主応力の観点から評価すると石灰化病変部位の拡張効果があり、合わせて、正常血管と石灰化部の境界部に生じる応力が小さく血管解離のリスクが低減すること考えられた。

## 5. 結言

有限要素法を用いて石灰化狭窄血管モデル内においてカッティングバルーンの内表面に拡張解析を実施した。正常血管径と比較して0.5mm小さい直径のカッティングバルーンを選択すると、石灰化部に作用する最大主応力を高値に保ちつつ、石灰化部と正常血管部の境界に生じる応力を顕著に低減でき、血管の解離のリスクを小さくできると考えられた。本研究から、カッティングバルーンをより効果的で安全に使用する指針を得ることができた。

## 謝 辞

本研究は、厚生労働省革新的医療機器等国際標準獲得推進事業のご支援を得て行った。ここに関係者諸氏に厚くお礼申し上げる。

## 細胞培養基材ハイドロゲルの機械的特性が細胞遊走に及ぼす影響

佐々木沙織\*, 杜兆宜\*\*, 江口慶太\*\*, 高橋龍\*\*, 世良俊博\*, 工藤奨\*

\*九州大学大学院 工学研究院機械工学部門 [〒819-0395 福岡県福岡市西区大字元岡 744]

\*\*九州大学大学院 工学府機械工学専攻

### 1. 緒言

生体内における弾性率やトポグラフィーなどの機械的特性が細胞機能発現に寄与している。同様に細胞培養基材の機械的特性も細胞機能に影響を与えると考えられるが、生体とは異なる弾性率領域やトポグラフィーの影響など多くの機械的特性が細胞に与える影響の検討は不十分である。

本研究では、細胞の培養基材として用いられるポリジメチルシロキサン (PDMS) を用いて 2 種の基材弾性率を有するゲルを作製し、細胞集団の遊走における基材の機械的特性の影響を明らかにすることを目的とした。

### 2. 実験方法

PDMS は SYLGARD184 キット (東レ・ダウコーニング製) を用い、シャーレに 1 ml 流し込みゲル化した。サンプル A は主剤 : 硬化剤が 5 : 1 (弾性率 : 約 870 kPa) , サンプル B は主剤 : 硬化剤が 10 : 1 (弾性率 : 約 750 kPa) である<sup>2)</sup>。

得られた PDMS 表面をフィブロネクチンでコーティングした後、A549 細胞を播種した。コンフルエントになるまで 5~7 日間培養した後、細胞をスクラッチして取り除き、集団細胞遊走を位相差顕微鏡でタイムラプス撮影した。インターバルは 15 分、12 時間の観察を行った。

### 3. 実験結果および考察

Figure 1 にスクラッチ後 12 時間の細胞トラッキング画像を示す。矢印が細胞の進行方向であり、細胞の指向性運動が確認された。

また、基材の弾性率が異なるサンプルについて、高弾性率のサンプル A は低弾性率のサンプル B よりも長距離遊走することが示された (Figure 2) 。

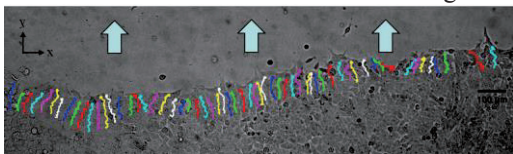


Figure 1. The cell tracking of A549 cell monolayer on PDMS.

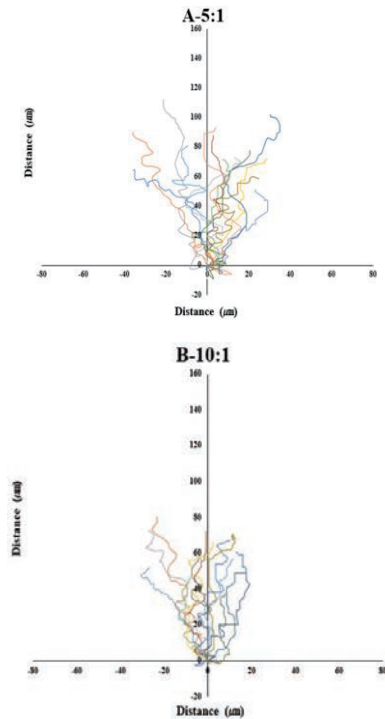


Figure 2 A549 cells on all substrates advance with a similar bias against y-axis.

細胞スクラッチによる細胞集団の指向性運動は基材弾性率の影響を受けた。これは弾性率上昇に伴う A549 細胞の接着斑の成長と細胞間結合の弱化によるものと考えられる。

### 4. 結言

A549 細胞は生体内 (数 kPa~百数十 kPa) より硬い領域においても弾性率の違いを感知できることが示された。また、弾性率の高い基材においては細胞の遊走が促進され、より顕著な長距離集団細胞遊走が観察された。

### 文献

- 1) Armani, D., et al: Re-configurable fluid circuits by PDMS elastomer micromachining. Twelfth IEEE International Conference on Micro Electro Mechanical Systems, 222-227, 1999.

## 心肺停止前後における血中 D-dimer 値の変化について

東條美紗, 高相真鈴, 高島光平, 池上 潔, 一杉正仁  
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]

### 1. 緒言

D-dimer は凝固線溶系の指標であり, 血栓形成と線溶反応を反映している. 血中 D-dimer の上昇は血栓症診断のスクリーニングとして臨床で使われる他, 救急現場における予後予測の指標となっている. 特に非外傷性の心肺停止 (CPA) 例における死亡の独立した予測因子になり得るとの報告があるが<sup>1)</sup>, いわゆる死亡直前・死戦期においては D-dimer 値が変動するため, その評価は慎重に行う.

法医学分野では, 死体血/生体血の鑑別として利用されることがある<sup>2)</sup>. 急死すると, 凝固反応により死後約 1 時間内外で血液が凝固し, その後の線溶作用により, 流動性血液になると言われている<sup>3)</sup>. したがって, D-dimer 値も死後数時間で上昇すると考えられているが, 詳細は明らかにされていない.

そこで我々は, CPA 前後に救急搬送先医療機関で測定される D-dimer 値に注目し, CPA 後の D-dimer 値が法医学的診断に有用であるかを検討した.

### 2. 方法

【対象】2018 年 1 月～2021 年 5 月に当教室で法医学解剖された症例で, 搬送先医療機関にて血中 D-dimer 値が測定されている症例を抽出した.

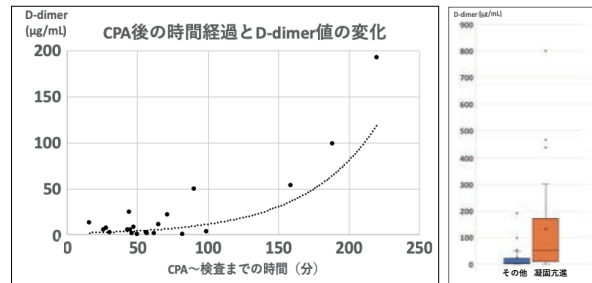
【検討項目】年齢, 性別, 身長, 体重, 死因, 外傷の有無, 傷害 (疾病) 発生時刻, CPA 時刻, 死亡時刻, 検査実施時刻, 剖時の血液の性状, 搬送先医療機関で実施した血液検査の結果を, 警察からの情報と解剖結果から抽出した.

### 3. 結果

対象は 63 例で, 搬送先医療機関での血液検査時に生存していたのは 10 例であった. 男性 45 例, 女性 18 例, 年齢は平均  $60.8 \pm 21.4$  歳であった. 年齢・性別と D-dimer 値に相関は認められなかった.

#### 【死因, 既往歴と D-dimer 値について】

一般的に凝固が亢進すると考えられる, 異常温度, 敗血症, 悪性腫瘍, 血栓性疾患, 出血性の外傷がある群では, その他の群に比べて D-dimer 値が有意に高かった ( $p < 0.05$ ).



【CPA 後経過時間と D-dimer 値について】

CPA 直後 1 時間以内では, 検査時に生存していた群の D-dimer 値と有意差はなかったが, CPA 後の経過時間とともに D-dimer 値が指数関数的に上昇し, 3 時間経過以降で顕著であった.

D-dimer 以外の凝固系検査項目である PT, APTT, PT 活性, フィブリノーゲン, 血小板と CPA 後の経過時間には相関が見られなかった.

解剖時における血液の性状 (流動血, 軟凝血, 豚脂様凝血) と D-dimer 値に相関は認められなかった.

### 4. 考察

D-dimer が異常高値である場合, 凝固亢進を来す疾患をスクリーニングできる可能性があり, 死因や既往疾患を確認できる一助となり得ることがわかった. また, 急死直後では D-dimer 値が上昇しないため, D-dimer 値による生体血・死体血の判定は困難であり, 死体血/生体血鑑別の限界が明らかとなった.

### 5. 結言

死後直後から経時的に血液を採取し測定しなければならぬなど, 死体血における凝固線溶系因子の研究は難しく, 古い報告のみである. 本検討は, 搬送先医療機関で測定された凝固線溶系項目について検討した初めての報告である. 今後症例を増やし, 検証を進めていきたい.

### 文 献

- 1) Shuichi Hagiwara, et al. Acute Med Surg. 2014. 19; 1(4): 222-227.
- 2) Sakurada K, et al. Int J Legal Med. 2005. 119(3): 167-171.
- 3) 佐藤武雄. 信州大学紀要. 1953. 4:77-114.

## 第 XI 因子と血小板膜糖蛋白 GPIbA および VON WILLEBRAND 因子の 3 体複合体の結合構造予測

中山正光\*\*\*, 後藤信一\*\*, 後藤信哉\*\*\*

\*東海大学医学部内科学系循環器内科学 [〒259-1143 神奈川県伊勢原市下糟屋 143]

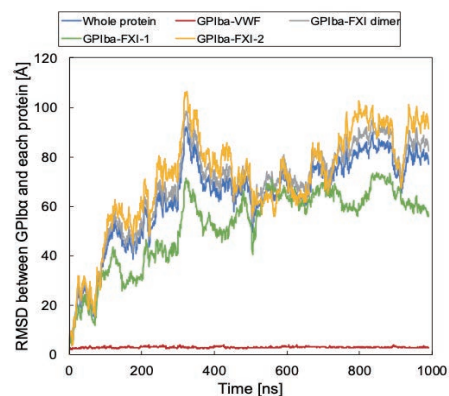
\*\*東海大学医学研究科代謝疾患研究センター

### 【背景・目的】

血流下の血小板接着にて中心的な役割を果たす血小板膜糖蛋白 GPIb $\alpha$  と von Willebrand 因子 (VWF) の相互作用に対する血液凝固第 XI 因子 (FXI) のインパクトを検証した。【方法】血小板膜糖蛋白 GPIb $\alpha$  の N 末端側と VWF の A1 ドメインの結合構造, FXI の相互作用を分子動力学計算にて予測した。初期構造として GPIb $\alpha$ -VWF は先行研究で生物実験で妥当性検証済みの構造, FXI は結晶構造を用いた。生物学的実験から相互作用すると明らかになっている FXI の Lys253 を GPIb $\alpha$  に 5 Å に近づけ, 計算の初期構造とした。水分子を周囲 15 Å の領域に配置し, すべての原子の座標と速度ベクトルを  $2 \times 10^{-15}$  秒毎に予測計算した。原子に作用する力として CHARMM (Chemistry at HARvard. Macromolecular) -36 力場を用いた。分子動力学計算のプログラムとして Nano Scale Molecular Dynamics (NAMD) を用いて計算を実行した。

### 【成果】

$5 \times 10^8$  ステップの計算を行い, 安定構造を予測した。Root mean square deviation (RMSD) を図 1 に示す。FXI は計算開始から 300 ns 程度で GPIb (青)-VWF (赤) 複合体との安定構造を形成した。二量体の FXI (灰・紫) のうち, 紫で示す部分の LYS253 (緑) が GPIb $\alpha$  の ASP73 (橙) と salt bridge を形成し, 相互作用していた。GPIb $\alpha$  と VWF 間では 6 個の salt bridge が認められ, FXI と GPIb $\alpha$  より強固に相互作用しており, RMSD から見ても安定した構造を保っていた。本研究から FXI は一対のアミノ酸によって GPIb $\alpha$ -VWF 複合体と相互作用し, その相互作用は GPIb $\alpha$ -VWF のものより弱いことが示唆された。本研究では VWF は A1 ドメインを, GPIb $\alpha$  は N 末端ドメインのみを計算対象としている。全分子を用いたときには結果が異なる可能性がある。



### 【結論】

分子動力学計算を用いた安定構造予測計算により FXI は LYS253 を介して GPIb $\alpha$  と結合することが示唆された。FXI の GPIb $\alpha$  への結合は同分子の VWF の相互作用に影響を与えることが示唆された。

# 要旨

## 一般演題

## 分岐を伴う脳動脈の血流解析における出口境界条件の検討

湯地友紀\*, 牧野成晃\*, 島野健仁郎\*\*, 白鳥英\*\*, 永野秀明\*\*

\*東京都市大学大学院 機械専攻 [〒158-8547 東京都世田谷区玉堤 1-28-1]

\*\*東京都市大学 機械システム工学科

### 1. 緒言

分岐を伴う脳動脈の血流解析では様々な出口境界条件(outlet BC)が用いられている。出口圧力を 0 Pa とする Zero Pressure や分岐血管の出口流量比を出口血管径の  $n$  乗比とする Power law などは比較的多くの研究に採用されているが, outlet BC が結果に与える影響に関する検討は少ない。本研究では様々な出口境界条件を用いた血流解析を行い, 瘤内壁面せん断応力(WSS)にどの程度の差異が生じるかを検討した。

### 2. 解析方法

本研究で使用した脳血管 3D モデルを図 1 に示す。ヒト由来情報の使用に関しては提供元病院にて倫理委員会承認を得ている。



Fig.1 Analysis model

図 1 において血管は右中大脳動脈(Inlet)から右中大脳動脈(Outlet1)と中心溝動脈(Outlet2)に分岐する部位である。計算格子は, 壁面近傍にプリズムメッシュ, その他はテトラメッシュとし, 総格子数は約 183 万とした。解析には ANSYS Fluent19.0 を使用した。流入条件にはハーゲンポアズイユ流れを与え, 出口境界条件は Zero Pressure(ZP), 指数を  $n=2.0, 2.5, 3.0, 3.5, 4.0$  乗とした Power Law(PL), 定常の Windkessel model(WM)をそれぞれ与えた。なお, WM は PL の  $n=3.0$  と完全に同じ出口流量比となった。また, 血液は非圧縮性ニュートン流体と仮定した。

### 3. 解析結果および考察

表 1 に各出口境界条件における, 瘤内 WSS の最大値, 最小値および平均値と出口流量比を示す。なお, PL の横に記すのは指数  $n$  の値である。

Table 1 WSSs and flow rates calculated with various outlet BCs. Flow rates are percentages to inflow rates.

Parameter	Boundary Condition						
	ZP	WM	PL020	PL025	PL030	PL035	PL040
Outflow rate1, Outflow rate2 [%]	84.4 15.6	80.6 19.4	71.9 28.1	76.3 23.7	80.6 19.4	84.0 16.0	87.0 13.0
Max_WSS [Pa]	5.10	5.04	4.83	4.89	5.04	5.11	5.11
Min_WSS [Pa]	0.03	0.03	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03
Ave_WSS [Pa]	0.53	0.61	0.80	0.70	0.61	0.54	0.47

出口境界条件の違いは脳動脈瘤内を通過する流量の変化を引き起こし, 結果的に WSS 分布も変化する。流量比が最も異なる PL020 と PL040 を比較すると最大 WSS で 0.28 Pa, 最小 WSS で 0.02 Pa, 平均 WSS で 0.33 Pa, 流量比で 15.1 % の差異であった。血行動態と脳動脈瘤破裂の関連性について Meng らは, 壁が菲薄化した脳動脈瘤は高 WSS が壁細胞を介した破裂経路を, 壁が肥厚化した脳動脈瘤は低 WSS が炎症細胞を介した破裂経路を誘発すると述べている<sup>1)</sup>。本計算結果では最大および最小 WSS の差異が小さいことから出口境界条件の違いは, 破裂予測に大きな影響を与えないと考えられる。しかし, 平均 WSS の差異が比較的大きいことは, residence time など他の血行力学的パラメータの差異が大きいことを示唆しており, さらなる検討が必要である。

### 5. 結言

複数の出口境界条件を適用した結果, 出口流量比に最大 15.1%の差異が発生したが, 脳動脈瘤内の最大及び最小 WSS の差異はわずかであり, 破裂の判断に影響を及ぼすレベルではないと考えられる。WSS だけでなく他の血行力学的パラメータへの影響についての調査や, 他の形状モデルでの検証も含め更なる検討が必要である。

### 文 献

- 1) Meng, H., et al. High WSS or low WSS? Complex interactions of hemodynamics with intracranial aneurysm initiation, growth, and rupture: toward a unifying hypothesis. *AJNR Am. J. Neuroradiol.* 35, 1254–1262 (2014).

## 赤血球容積粒度分布幅は高齢者 心不全の予後予測に有用である

丸山 徹\*, 中島啓太郎\*\*, 大神英一\*\*, 加藤和彦\*\*, 吉富聡一\*\*, 原田実根\*\*

\*九州大学病院 血液腫瘍心血管内科 [〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出 3-1-1]

\*\*唐津東松浦医師会医療センター [〒847-0041 佐賀県唐津市千代田町 2566-11]

### 1. 緒言

心不全はほぼ全ての心疾患の終末像である。高齢者の心不全は増加の一途を辿り (心不全パンドミック) 予後も不良であることからそのリスクを層別化して治療に結びつけることが重要である。

その予後予測にはさまざまな指標が提唱されているが、コストや即時性に問題がある指標も多い。

赤血球容積粒度分布幅 (red cell distribution width: RDW) は血液検査 (血算) で容易に評価されて、心血管系疾患の治療や予後の予測に利用されている。そこで今回、高齢者心不全の予後予測に RDW が有用であるか否かを検討した。

### 2. 対象と方法

対象は心不全の治療目的で入院した 75 歳以上の高齢者 102 名 (男性 46 名, 女性 56 名, 平均年齢 86.7 ± 7.9 歳) で, NYHA 心機能分類は III~IV 度, 血漿 BNP 値 100 pg/ml 以上とした。但し RDW に影響を及ぼしうる血液疾患や Hb10g/dl 以下の貧血例は除外した。

### 3. 結果

入院時の主な検査結果を表に示す。これらを左室駆出率 50% で駆出率低下群 (Heart Failure with reduced Ejection Fraction (<50%): HFrEF) と駆出率維持群 (Heart Failure with preserved Ejection Fraction (≥ 50%): HFpEF) に, BNP 値で重症群 (1000 pg/ml 以上) と軽症群 (1000 pg/ml 未満) に分類し, RDW のカットオフ値 15% でも 2 群に分類した。

表. 入院時検査成績 (n=102)

検査項目	
白血球数 (/μL)	74.5 ± 26.9
CRP (mg/dL)	3.22 ± 2.52
RDW (%)	14.7 ± 0.9
BNP (pg/mL)	
mean ± SD	438.4 ± 196.4
median	957
range	143 - 2893
左室駆出率 (%)	
mean ± SD	47.0 ± 9.6
median	50.0
range	22 - 65

入院後 BNP 値は著減し RDW に変動はなかった。重症群と軽症群を比較すると重症例では HFrEF が, 軽症例では HFpEF が有意に ( $p < 0.01$ ) 多かった。重症群と軽症群とでは院内死亡率に有意差を認めなかった。自宅退院例/他施設転院例/院内死亡例という転帰の分類でも, 重症群と軽症群で有意差は認めなかった。

しかし RDW ≥ 15% の群は RDW < 15% の群に比べて i) 入院期間が長く, ii) 自宅退院例が少なく, iii) 他施設転院例が多く, iv) 院内死亡率 (心血管死亡率) が有意に ( $p < 0.01$ ) 高かった。

### 4. 考察

赤血球容積粒度分布幅 (RDW) は自動血球計測器で比較的簡便に測定されてさまざまな心疾患の予後と関連することが報告されている。今回の検討では, 高齢者の心不全例においても RDW が心不全入院後の転帰に BNP 値や左室駆出率以上に有用で安定した指標であることが明らかとなった。RDW は高齢者に多い貧血や腎機能低下, 栄養不良に影響される。RDW と心不全の予後との関連については, 心不全に伴う炎症を背景としたストレス造血や赤血球の髄内成熟不全が RDW を増加させ, 赤血球は RDW が増加すると変形能が低下することが知られることから, 全身的な微小循環障害が心不全の予後を悪化させたと考えられた。

### 5. 結言

今回の検討で入院を要する高齢者 (75 歳以上) の心不全症例では, 赤血球容積粒度分布幅 (RDW) が予後の規定因子になることが示唆された。高齢者の心不全は生命予後に直結する点から簡便に算出される RDW は心不全のリスクの層別化に貢献しうると考えられた。

### 文 献

- 1) Nakashima, K., Ohgami, E., Kato, K., Yoshitomi, S., Maruyama, T., Harada, M.: Prognostic significance of red cell distribution width in hospitalized older patients with heart failure or infection. *Geriatr, Gerontol, Int*, **19**, 988-992, 2019.
- 2) Patel, K. V., Mohanty, J. G., Kanapur, B., Hesdorffer, C., Ershler, W. B., Rifkind, J. M.: Association of the red cell distribution width with red blood cell deformability. *Adv, Exp, Med, Biol*, **765**, 211-216, 2013.

# A comparison of the description of uniaxial stress-strain relationships with and without initial tangent modulus for human carotid artery using isotropic hyperelastic models

Hiroshi Yamada\*, Subraya Krishna Bhat\*\*

\*Dept. Biological Functions Engineering, Kyushu Institute of Technology [2-4 Hibikino, Wakamatsu-ku, Kitakyushu 808-0196] \*\*Dept. Mechanical Engineering, National Institute of Technology Karnataka, India

## 1. Introduction

Rupture of fibrous caps has been predicted by stress analysis by using a hyperelastic model. To use the hyperelastic model, one needs to identify the material constants beforehand<sup>1,2)</sup>. Mechanical characterization is conducted widely for biological organs and tissues to provide their mechanical properties, stress and strain states.

We identify the initial tangent modulus (ITM) or elastic modulus in a linear elastic material model at first by applying one of the material constants for the ITM and then determine the rest of the material constants by curve fitting to the stress-strain curve.

In this study we compare the two methods of identification with and without the ITM.

## 2. Methods

Chagnon et al. (2017) obtained the ITMs for incompressible orthotropic Gasser-Ogden-Holzapfel hyperelastic model and Bhat et al. (2020) obtained those for various forms of incompressible isotropic hyperelastic models<sup>1,2)</sup>.

Without shear strain components, the strain energy density function of an isotropic form of Chuong-Fung model<sup>3)</sup> is expressed with principal components of Green's strain tensor  $E_1, E_2, E_3$  as

$$W = \frac{c}{2} \exp Q + \frac{H}{2} (J^2 - 1) \quad (1)$$

$$Q = b_1(E_1^2 + E_2^2 + E_3^2) + 2b_4(E_1E_2 + E_2E_3 + E_3E_1) \quad (2)$$

where  $c$ ,  $b_1$  and  $b_4$  are material constants,  $H$  is an indetermined pressure and  $J$  is equal to the Jacobian of the deformation gradient tensor<sup>2)</sup>.

In the case of uniaxial loading test, the ITM (Young's modulus  $E$ ) is expressed as

$$E = \frac{3}{2} c(b_1 - b_4) \quad (3)$$

and is determined from the stress-strain curve.

The material constants are determined with or without ITM using Igor Pro 8 (WaveMetrics).

## 3. Results and Discussion

The results of curve fitting with the ITM to the uniaxial stress-strain curves of five specimens from human carotid artery are shown in Fig. 1. The results of curve fittings without the ITM are closer to the experimental curves, and the difference of the ITM ( $E$ ) is  $33\% \pm 15\%$  (mean  $\pm$  SD) compared to the results with ITM. The current method has an advantage not only to reproduce the stress-strain curves but also its ITM with allowable errors.

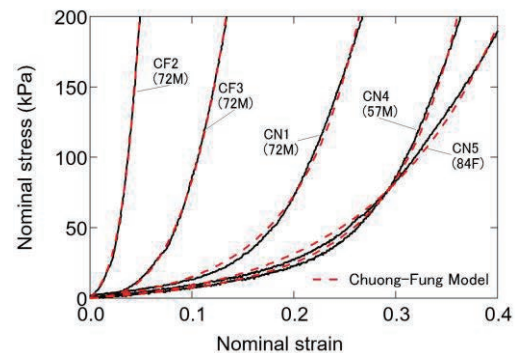


Fig. 1 Curve fitting with the ITM to the uniaxial stress-strain curves of five specimens from human carotid artery<sup>2)</sup>. CF: fibrous cap, CN: control. 72M/F: 72-year-old male/female.

## 4. Conclusions

Curve fittings with ITM reproduced the uniaxial stress-strain curves of human carotid artery reasonably.

## References

- 1) Chagnon, G., Ohayon, J., Martiel, J.-L. and Favier, D.: Hyperelasticity modeling for incompressible passive biological tissues. In Biomechanics of Living Organs, Payan, Y. and Ohayon, J. (Eds.), Chap. 1, Academic Press, Oxford, 2017, pp. 3-30.
- 2) Bhat, S. K., Sakata, N. and Yamada, H.: J. Mech. Med. Biol., **20**, 2050014, 2020.
- 3) Chuong, C. J. and Fung, Y. C.: J. Biomech. Eng., **105**, 268-74, 1983.

## 薄膜弾性壁中大脳動脈瘤内流れの周波数特性

○ 山口隆平\*, Nadia Shaira Shafii\*\*, Kahar Osman\*\*, 太田信\*

\*東北大学流体科学研究所 [〒980-8548 仙台市青葉区片平 2-1-1]

\*\*Universiti Teknologi Malaysia (Skudai, Malaysia)

### 1. 緒言

薄膜弾性壁脳動脈瘤内流れに関する実験的研究は、Phantom model の製作が容易でないことから、多くの研究では剛体壁を仮定し、WSS, Flow instability などが CFD で進められている。この報告では、中大脳動脈 MCA:M1 から M2, M3 への分岐点に発生した動脈瘤に着目し、薄膜弾性壁を持つ動脈瘤と剛体モデルを用い動脈瘤内の流動不安定性 Flow Instability を実験的に検討した。

### 2. 計算及び実験方法

実験に使用するモデル瘤のシリコン製 Phantom の形状を、Figure 1 に示す。ACA:A1 Diameter  $d_1=2.80$  mm, ACA:M2  $d_2=2.3$  mm, MCA:M3  $d_3=1.8$  mm, 瘤部は Width  $W=11.9$  mm, Height  $H=13.3$  mm, Depth  $D=14.9$  mm である。瘤壁は Dow Chemical のシリコン Sylgard 184 で作製した<sup>[1]</sup>。このときの弾性係数は  $E=0.67$  MPa である。血液とほぼ同じ物性の作動流体 Aqueous Glycerol with NaI, 動粘度  $\nu=3.57 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/s, 密度  $\rho=1.188$  g/cm<sup>3</sup> を用いる。無次元振動数  $\alpha=1.89$  である。

### 2. 結果および考察

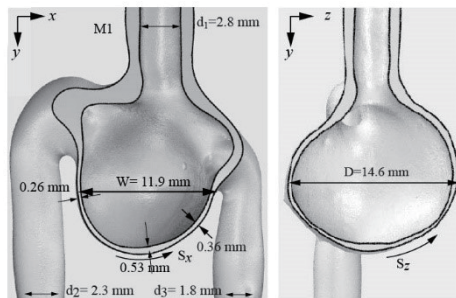


Fig.1 Morphology of elastic full-scale aneurysm MCA

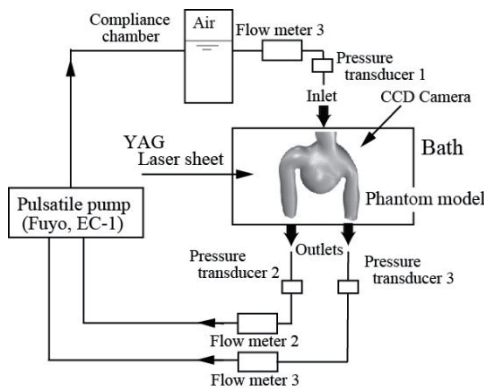
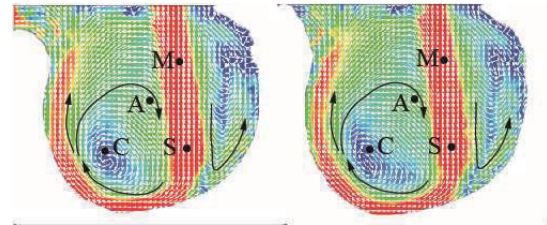


Fig.2 Flow circuit



Rigid model Elastic model  
Fig.3 Velocity contour at peak systole ( $t/T=0.280$ )

剛体と弾性壁の最大収縮期の流れを、図 3 に示す。瘤内の点 A, C, M, S は後述の流れの不安定性を示す KEC (Kinetic Energy Cascade) の顕著な点を示す。ここでは、点 A と C の結果のみ示す。

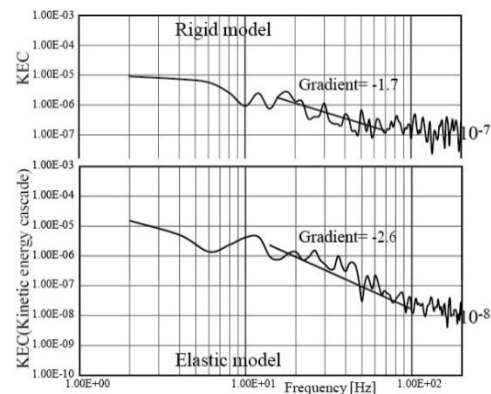


Fig.4(a) KEC at point M in Fig.3

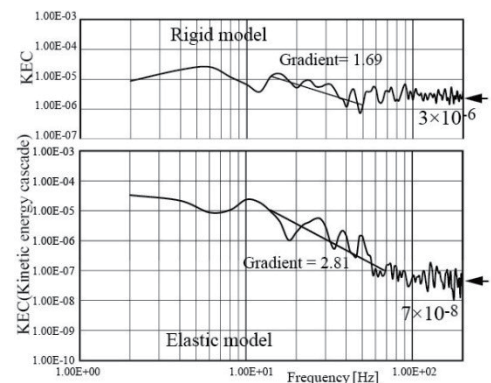


Fig.4(b) KEC at point C in Fig.3

3. 結び 流れの不安定性は、弾性壁で剛体壁モデルより減衰する。低周波域では減少勾配、高周波域では漸近する減衰率が大きい。

文献 [1] Yamaguchi, R, Nadia Shafii. et al., JFCMV, 2019, 7(2), 73-86.

## 狭小マイクロ流路通過後のがん細胞生存能評価

堀尾航平\*, 氏原嘉洋\*, 杉田修啓\*, 中村匡徳\*

\*名古屋工業大学 大学院工学研究科 電気・機械工学系プログラム [〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町]

### 1. 緒言

がん細胞は、原発巣で発生した後、周囲の臓器に浸潤して転移する。この時、がん細胞は組織を構成する細胞の間などの狭い場所を通過する<sup>1)</sup>。しかし、狭い場所を通過できたとしても、細胞が生存し、その後、増殖できなければ、転移がんにはならない。このことから転移する確率が高い高転移性のがん細胞ほど、狭い場所を通過した後も生存率が高く増殖能を維持しているとの仮説を立てられる。そこで、本研究では、転移能が異なることが予めわかっているがん細胞群に対して、圧縮負荷を与え、負荷後の細胞生存率の違いを調べた。

### 2. 実験方法

ヒト肝臓がん細胞である HLF 細胞を用いた。HLF 細胞のうち、高転移性である SRY-box 9 (以下 SOX9) を発現しているもの (以下 HLF SOX9 (+)) と低転移性である発現していないもの (以下 HLF SOX9 (-)) を用意した。圧縮負荷を与えるために、HLF 細胞の懸濁液をマイクロ流路に流した。マイクロ流路の高さは 5  $\mu\text{m}$ 、幅は 1000  $\mu\text{m}$  である。実験系を Fig. 1 に示す。実験系は細胞懸濁液を流入するためのシリンジポンプ (KDS-210, KD Scientific) およびマイクロ流路で構成されている。inlet より細胞懸濁液を 71  $\mu\text{L}/\text{min}$  で流し、outlet から細胞懸濁液を回収した後、生死判定を行った。生死判定にはトリパンプルー染色法を用い、全細胞数  $n_{\text{all}}$  および死細胞数  $n_{\text{death}}$  をカウントした。生細胞率  $S$  を

$$S = (n_{\text{all}} - n_{\text{death}}) / n_{\text{all}} \quad (1)$$

として定義し、実験前の細胞の生細胞率を  $S_0$ 、回収した細胞の生細胞率を  $S_1$  とした。また、長時間常温環境に暴露することが細胞の生存に与える影響を調べるため、流路に流すことなく常温環境で放置した細胞サンプルも対照群として用意した。放置した細胞の生細胞率についても、式 (1) より求め、これを  $S_0'$  とした。実験前後の生細胞率の比を生存率として  $\sigma_{01} = S_1 / S_0$  および  $\sigma_{01}' = S_1 / S_0'$  を評価した。 $\sigma_{01}$  および  $\sigma_{01}'$  が 1 に近いほど細胞の生存率が高いことを示す。それぞれのサンプルにおける実験回数は  $n = 5$  である。

### 3. 実験結果と考察

算出した  $\sigma_{01}$ 、 $\sigma_{01}'$  の結果を Fig. 2 に示す。HLF SOX9 (+) における  $\sigma_{01}$  は  $1.03 \pm 0.04$ 、 $\sigma_{01}'$  は  $1.00 \pm 0.05$ 、

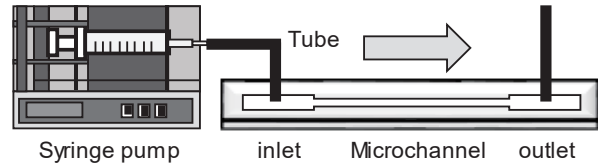


Fig. 1 Experimental setup.

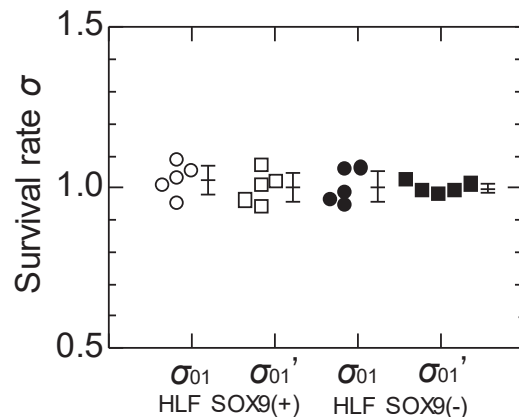


Fig. 2 A comparison of the survival rates of HLF SOX9(+) and HLF SOX9(-) in the microchannel without constriction.

HLF SOX9 (-) における  $\sigma_{01}$  は  $1.00 \pm 0.05$ 、 $\sigma_{01}'$  は  $1.00 \pm 0.02$  であった。 $\sigma_{01}$ 、 $\sigma_{01}'$  それぞれにおいて、2 種類の細胞間に有意な差は見られなかった ( $p < 0.05$ , t 検定)。今回の流路では、 $\sigma_{01}$ 、 $\sigma_{01}'$  ともに 1 に近い値であったことから、細胞はほとんど生存していたことが示唆される。今回用いた流路の高さは細胞核の直径 (およそ 10  $\mu\text{m}$ ) より小さいことから、細胞核も 50% 以上の圧縮変形をしていると考えられるが、細胞死を招くには不十分な負荷であった可能性がある。今後、転移性による生存率の違いを明確にするためには、狭窄に通すなどより高負荷を与える必要があると考えられる。

### 4. 結言

ヒト肝臓がん細胞である HLF 細胞では、SRY-box 9 の発現に関係なく、圧縮負荷をかけても細胞は生存しており、両者の間の生存率の違いは認められなかった。

### 文 献

- (1) Friedl, P., Wolf, K., Lammerding, J.: Nuclear mechanics during cell migration. *Current opinion in cell biology*, **23**, 55-64, 2011.

# MECHANICAL PROPERTIES AND RESPONSES OF CELLULAR PRIMARY CILIA

Tien-Dung DO\* and Toshiro OHASHI\*\*

\*Graduate School of Engineering, Hokkaido University, N 13 W 8, Kita-ku, Sapporo, Hokkaido

\*\*Faculty of Engineering, Hokkaido University

## 1. Introduction

Primary cilia are solid, immotile cilia that present in almost all eukaryotic cells, and are believed to sense external mechanical signals as a mechanosensor and to initiate intracellular signaling cascade. Considering the ability of remodeling in living systems, it can be hypothesized that primary cilia may change their mechanical properties and morphologies in response to external forces such as fluid flow. For better understanding of cell physiology, it is important to elucidate primary cilia responses to external forces and discuss mechanical sensitivity as a mechanosensor.

In this study, we investigate mechanical properties of primary cilia by using micro-tensile testing with different strain rates and the change in their length after applying fluid flow.

## 2. Materials and Methods

Madin-Darby Canine Kidney (MDCK) cells were used in this study. Primary cilia were isolated from the cells by shear force of rotary shaking and then separated by ultracentrifugation. The primary cilia were then stretched under an in-house micro-tensile tester with different physiological strain rates ranging from  $0.01 \text{ s}^{-1}$  to  $0.3 \text{ s}^{-1}$  to determine the Young's modulus. Next, the cells were exposed to fluid shear stress of 2 Pa for 24 h. The length of the primary cilia was then measured using a confocal microscope. Statistics analysis was performed using student's t test method.

## 3. Results

The dependence of the Young's modulus of the primary cilia to strain rates is shown in Fig. 1. A significant increase in the Young's modulus is observed between the slow group ( $0.01 \text{ s}^{-1}$ ,  $0.05 \text{ s}^{-1}$ ) and the fast group ( $0.1 \text{ s}^{-1}$ ,  $0.3 \text{ s}^{-1}$ ). The length of the primary cilia increases after the application of flow, from  $3.03 \pm 0.86 \mu\text{m}$  to  $3.7 \pm 1.02 \mu\text{m}$  although there is no significant difference (figure not shown).

## 4. Discussion

From Fig. 1, it was found that the primary cilia clearly possessed viscoelastic properties similar to

microtubules that are filamentous protein cytoskeletons, which can be explained by the fact that primary cilia are microtubule-based organelles. Compared to control condition, the primary cilia after the application of fluid flow became elongated. It has been reported that lengthening of primary cilia is believed to enhance cellular mechanosensitivity [1] and longer primary cilia experience greater membrane strain to open stretch-activated ion channels on the ciliary membrane [2]. Taken together, these results may imply that primary cilia could remodel themselves in response to mechanical environment and regulate cell physiology by changing their sensitivity as well as morphology.

## 5. Conclusion

This study measured mechanical properties of primary cilia and their length after applying fluid flow. It can be concluded that primary cilia remodeling is a key mechanism to well understand cell mechanosensation.

## References

- [1] Spasic, Milos, *et al.* "Lengthening primary cilia enhances cellular mechanosensitivity." *European cells & materials* 33 (2017):158.
- [2] Schwartz, Eric A., *et al.* "Analysis and modeling of the primary cilium bending response to fluid shear." *American Journal of Physiology-Renal Physiology* 272.1 (1997): 132-138.

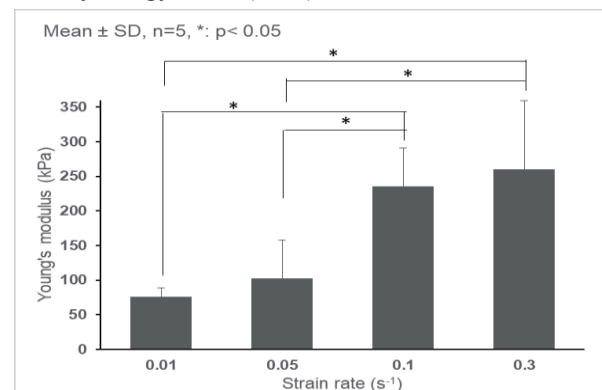


Fig. 1: The dependence of the Young's modulus of the primary cilia to strain rates.

## 冠動脈分岐部病変におけるステント血栓症発生機序の解明にむけた非臨床試験方法の開発

清水美羽\*, 篠田 航\*\*, 星野 滉一\*\*, 増田 迪次\*\*, 朱 曉冬\*\*\*, 岩崎 清隆\*\* \*\*\*\*\*

\*早稲田大学大学院 創造理工学研究科 総合機械工学専攻 [〒162-8480 東京都新宿区若松町 2-2]

\*\*早稲田大学大学院 先進理工学研究科 生命理工学専攻

\*\*\*早稲田大学 理工学術院 総合研究所

\*\*\*\*早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科

\*\*\*\*\*早稲田大学大学院 先進理工学研究科 共同先端生命医科学専攻

### 1. 緒言

虚血性心疾患の低侵襲治療法の一つとしてステント治療があるが、ステントが血流を停滞させることによる血栓症が生じることが報告されている。左冠動脈主幹部分岐部狭窄病変におけるステント留置術の有効性と安全性を向上させていくためには、ステント留置形態と血栓形成量の関係を解明する試験方法の確立が重要である。本研究では、ヒト血液を使用した左冠動脈を模擬した拍動循環回路を構築し、左冠動脈分岐部病変におけるステントの浮きと血栓形成量の関係を見るために定量的計測方法を確立することを目的とした。

### 2. 実験方法

本研究は早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会事務局の承認(承認番号:「2020-217」)を得て行った。ステントの浮きと血栓形成量の関係を評価するために、ステントの留置は Proximal Optimization Technique (POT) で行った。血栓性試験回路は、分岐モデル、流入出弁、圧力調整用チューブで構成し、ファームドチューブを独自に設計したローラーで繰り返し押しつぶすことで流量・圧力環境を創出した。

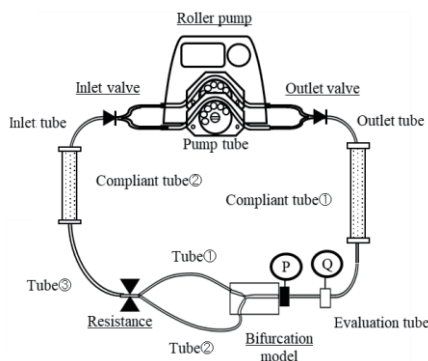


Fig. 1 Coronary Circulation simulator

拍動循環後のモデルを 2.5 wt% のグルタルアルデヒド溶液で血栓を固定後、光干渉断層装置を用いて分岐の境界面を基準とし 0.5 mm ずつ離れた各

断面において測定した。本研究で着目したのは、図 2 に示す分岐部、前下行枝である。また、図 3 に示すように、血栓測定域を分岐部でステントが浮いているエリアとし、前下行枝でも外湾側の同域で合計血栓面積、ステントの長さを測定した。

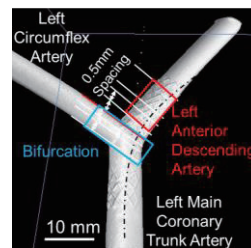


Fig. 2 Measurement point

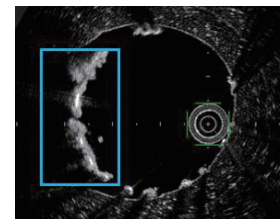


Fig. 3 Measuring area

### 3. 実験結果

血栓形成面積は、分岐部で 3.258 mm<sup>2</sup>、前下行枝で 0.587 mm<sup>2</sup> となり、分岐部のステントが浮いている部分で多量の血栓が形成されていた。

### 4. 考察

ステントが浮いている分岐部では血栓形成面積が多いことが判明した。また、ステントストラットが分岐部に突き出している箇所では、流れの剥離が起こり、流速の遅い部分が生じることが流れの可視化実験でわかっており、血栓が形成する要因と考えられた。

### 5. 結言

ヒト血液を用いた血栓性試験から、ステントが浮いている左主幹部分岐部ではステントが浮いていない前下行枝と比較して、ステントストラットに顕著に血栓が形成されることが示唆された。

### 謝 辞

本研究は日本医療研究開発機構 医薬品等規制調和・評価推進事業のご支援を得て行った。ここに関係者諸氏に厚くお礼申し上げる。

## 生体組織の両面の力学的特性を同時取得する 二軸引張試験装置の開発

濱田紘平\*, 高田淳平\*, 川崎瑛太\*, 中間菜月\*, 岩崎清隆\*\*\* \*\*

\*早稲田大学大学院 先進理工学研究科 生命理工学専攻 [〒162-8480 東京都新宿区若松町 2-2]

\*\*早稲田大学 創造理工学部 総合機械工学科

\*\*\*早稲田大学大学院 先進理工学研究科 共同先端生命医科学専攻

### 1. 緒言

生体組織の二軸引張試験は、生体組織の力学的機能の解明や解析におけるモデル作成において重要な役割を果たす。生体組織二軸引張試験に関する研究報告では、ひずみ計測を片面でしか行っていないが、血管のように多層構造を有する組織では層ごとに構成組織が異なり、力学的特性が異なる。本研究では、二軸引張負荷を作用させた力学的環境で生体組織の両面の力学的特性を同時計測する新たな二軸引張試験装置を開発することを目的とし、動脈血管を対象として内面と外面の力学的特性を評価した。

### 2. 実験方法

二軸引張試験装置は、リニアステッピングモーター4台、モーター制御ドライバ4台、CMOSカメラ4台、50Nロードセル4個、そして、モーターをI/O制御により同時駆動するためのトグルスイッチ4極単投で構成した。図1に二軸引張試験装置図を示す。

また、試験片に黒鉛粉末をランダム塗布してステレオ画像相関法により試験片に生じるひずみを計測した。開発した装置を用いて、ブタ大動脈血管の二軸引張試験を行い、内膜側と外膜側の応力-ひずみ関係を同時取得した。外膜側、内膜側の様子を図2に示す。

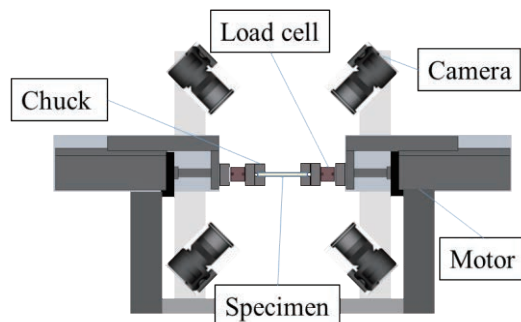


Fig. 1. Biaxial testing equipment

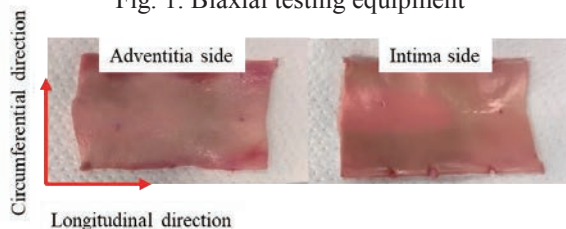


Fig. 2. Porcine aorta

### 3. 実験結果

血管内膜側（オレンジプロット）、外膜側（青プロット）それぞれの長軸方向の応力ひずみ線図を図3に示す。

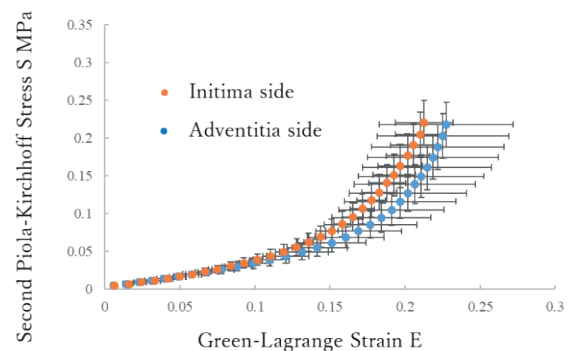


Fig. 3. S-E curve of longitudinal direction

図3より、同じひずみ作用下では、内膜側と比較して外膜側において、生じる応力は小さい傾向にあることがわかった。

### 4. 考察

同じひずみ下で外膜側の方がより小さな応力となった要因として、外膜側の膠原繊維が裂けたことが考えられる。試験中の動画から、外膜の一部の膠原繊維が中膜および内膜と独立して移動している様子が観察された。

### 5. 結言

本研究では、動脈血管を対象とし、血管内面および外面の両面の力学的特性を同時計測するシステムを新たに開発した。本研究で開発した二軸引張試験装置は、複雑な生体組織の構造と機能の関係をより深く理解するために有用な手段となると考えられた。

### 謝 辞

本研究は日本医療研究開発機構 医薬品等規制調和・評価推進事業のご支援を得て行った。ここに関係者諸氏に厚くお礼申し上げる。

## 多管構造を持つコラーゲンをを使った ヒト大脳オルガノイドの構築

古澤和也\*

\*福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科 [〒910-8505 福井県福井市学園 3 丁目 6-1]

### 1. はじめに

オルガノイドとは、iPS 細胞などの多能性幹細胞からなる細胞塊を、マトリゲルなどの細胞足場素材中で三次元培養し、培養液組成を適時制御しながら培養することで得られる細胞集団である。オルガノイド培養により、動物の臓器や器官の発生過程や、細胞の多様性、階層構造、そして生体機能をインビトロで再現することができる。これまでに、脳、肝臓、腎臓、小腸などのオルガノイドが作られており、それぞれの臓器や器官の発生メカニズムに関する基礎研究や、創薬研究開発などに広く利用されている。一方で、オルガノイド培養で用いる足場素材の階層構造やレオロジー特性が、オルガノイドの形態や機能に及ぼす影響についてはほとんど研究が進んでいない。

我々は、コラーゲン水溶液の相挙動を制御しつつゲル化を行うことで、様々な形態のコラーゲンを作る方法を確立してきた<sup>1</sup>。また、これらのコラーゲンのレオロジー特性を制御する方法も開発してきた。このようなコラーゲンの形態とレオロジー特性の制御技術をオルガノイド培養法と組み合わせることで、オルガノイドの形態や機能に及ぼす細胞足場素材の階層構造やレオロジー特性の影響を明らかにすることができるはずである。そこで本研究では、多管構造を持つコラーゲンを (MCCG) を用いて脳オルガノイドを構築し、通常のプロトコルで得られた脳オルガノイドの組織形態を比較することにより、足場材料の構造の効果を解明することを目的とした研究を行った。

### 2. 実験方法

実験は理化学研究所より提供していただいたヒト iPS 細胞 (253G1) を使って行った。通常の大脳オルガノイドは、Lancaster らのプロトコルに基づいて構築した<sup>2</sup>。MCCG を使った脳オルガノイドの構築方法は以下の通りである。フィーダー細胞上増殖させた iPS 細胞を Lancaster のプロトコルと同じ方法で iPS 細胞をシングルセル化し、iPS 細胞懸濁液を得た。多管構造を開放した MCCG 表面に  $5.0 \times 10^5$  cells/cm<sup>2</sup> の播種密度で

iPS 細胞を播種し、4 ng/mL の FGF を含む ES 細胞増殖培地中で 5 日間培養した。5 日目に、培養液を神経誘導培地に交換し、培養 11 日目まで継続培養した。培養 11 日に、MCCG 表面上に形成された細胞凝集塊を覆うようにマトリゲルを被せ硬化させた。この試料を、レチノイン酸を含まない脳オルガノイド分化培地で、愛用 15 日目まで継続培養した。培養 15 日目以降は、レチノイン酸を含む脳オルガノイド分化培地に培養液を交換し、ロータリーシェーカーを使って培養容器を 85 rpm で回転しながら継続培養した。得られた、脳オルガノイドの組織形態を、Tuj1 と SOX2 の免疫蛍光染色法により観察した。

### 3. 実験結果と考察

MCCG 上に iPS 細胞を播種してから培養 1 日目で、直径 100  $\mu$ m 程度の胚様体が多量に MCCG 表面に形成された。一部の iPS 細胞は MCCG の多管構造内腔でも胚様体を形成した。培養 5 日後には、胚様体のサイズが 300  $\mu$ m 程度まで成長し、胚様体周辺部に透明な細胞層が作られた。神経誘導培地に培養液を交換してから 4 日くらいで、一部の胚様体の表面に放射状に配列した細胞集団が観察されるようになった。その後、マトリゲルを被せると、神経外胚葉の組織形態や、放射グリア様の組織形態が作られるなど通常の大脳オルガノイドと同様の形態形成過程が MCCG 表面で引き起こされる様子が観察できた。1 か月半培養した試料の組織形態を観察した結果、MCCG 表面に形成された脳オルガノイドは、通常のプロトコルで構築した脳オルガノイドと同様の組織形態を示した。一方で、多管構造内腔の脳オルガノイドは管腔様の組織形態を示すことが分かった。MCCG の管構造による立体的な束縛と細胞とコラーゲンとの相互作用によって、管腔様形態が作られたと考えられる。

### 文 献

- 1) Furusawa, K., Sato, S., Masumoto, J., Hanazaki, Y., Maki, Y., Dobashi, T., Yamamoto, T., Fukui, A., Sasaki, N., *Biomacromolecules*, **13**, 29-39, 2012.
- 2) Lancaster, M. A., Knoblich, J. A., *Nat. Prot.*, **9**, 2329-2340, 2014.

# 粒子追跡法を用いた多管構造コラーゲンゲル形成のレオロジー

楨靖幸\*, 米本純太\*\*, 安中雅彦\*, 古澤和也\*\*\*

\*九州大学 大学院理学研究院 化学部門 [〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744]

\*\*九州大学 大学院理学府化学専攻

\*\*\*福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科

## 1. 緒言

粒子追跡法は、対象物質に分散させた微粒子のブラウン運動の顕微鏡観察から、粒子近傍の局所的な力学的性質を調べる手法である。ソフトマターのレオロジー的性質のマイクロメートルオーダーの空間的不均一性が評価できる<sup>1)</sup>、系の外部から力を加えず非接触で測定できるなどの特徴がある。

動物の主要な構造タンパク質であるコラーゲンのゲルは、細胞培養足場などに広く用いられている。最近、透析膜を隔ててコラーゲンの酸性溶液と中性のリン酸緩衝液を接触させると(透析法)、境界面から徐々に中和に伴うゲル化が生じ、同時に数十から数百マイクロメートルの直径の管状構造が多数、中和の進行する方向に沿って伸びるように形成されることが報告された<sup>2)</sup>。この多管構造コラーゲンゲルは、その特徴的な構造を利用した新しい三次元細胞培養足場などへの応用が期待されている。

本研究では、粒子追跡法を用いて多管構造コラーゲンゲル形成過程を調査した。このゲルの形成過程におけるレオロジー的变化を明らかにするためには、マイクロメートルオーダーでのレオロジー的不均一性を評価し、また透析操作を妨げることなく測定を継続する必要がある。上述の特性により、粒子追跡法はこのような系の実験においても有効な手法である。

## 2. 実験方法

ウシ皮由来アテロコラーゲン溶液(1~5 mg/cm<sup>3</sup>, pH 3.0)に、表面をポリエチレングリコールで修飾した蛍光ポリスチレン微粒子(直径 500 nm)を約 0.0002 wt%添加したものを試料として用いた。ガラスボトムディッシュの底面とシリコーンゴムのスパーサーで構成された 5 mm×5 mm×1 mm の窪みにコラーゲン溶液を満たし、上面に透析膜をかぶせて固定した。透析膜の上からリン酸緩衝液(pH 6.0~8.0, I=73 mM)を 4.2 cm<sup>3</sup> 注ぎ、ゲル化を行った。倒立蛍光顕微鏡を用いて粒子の運動を

動画で記録し、画像解析ソフトウェア Image J/FIJI を用いて微粒子の重心の平均二乗変位 (MSD) を得た。

## 3. 結果・考察

5 mg/cm<sup>3</sup> コラーゲン溶液と pH 7.4 のリン酸緩衝液を用いて得られた多管構造コラーゲンゲル中の微粒子の MSD を Fig. 1 に示す。MSD はレオロジー的不均一性を反映しており、ゲル中にトラップされた粒子による固体的な挙動(青)、管状構造中を自由に拡散する粒子による流体的な挙動(赤)、制限された拡散を行う粒子による中間的な挙動(緑)に分類された。ゲル化過程における粒子追跡法の測定結果については当日詳しく報告する。

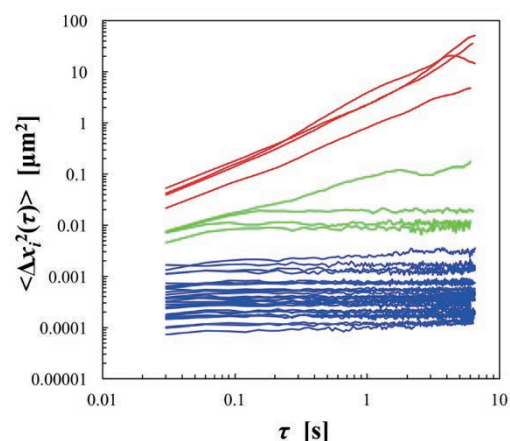


Fig. 1. MSD of probe particles in the collagen gel. The blue, red, and green lines represent the MSD curves of solid-like, fluid-like, and intermediate behaviors, respectively.

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 18K05519 の助成を受けて実施された。

## 文 献

- 1) Maki, Y. and Annaka M.: Gelation of fish gelatin studied by multi-particle tracking method. *Food Hydrocolloids*, **101**, 105525, 2020.
- 2) Furusawa, K., Sato, S., Masumoto, J., Hanazaki, Y., Maki, Y., Dobashi, T., Yamamoto, T., Fukui, A. and Sasaki, N.: Studies on the formation mechanism and the structure of the anisotropic collagen gel prepared by dialysis-induced anisotropic gelation, *Biomacromolecules*, **13**, 29-39, 2012.

## ゲルとゲルの間の表面間にはたらく力の測定

谷口真唯\*, 古澤和也\*\*

\*福井工業大学 環境情報学部 環境・食品科学科

\*\*福井工業大学 環境情報学部 環境食品応用化学科 [〒910-8505 福井県福井市学園 3 丁目 6-1]

### 1. 緒言

口腔内に取り込まれた食品は、咀嚼によって細切れにされ、唾液と混合することで懸濁液を形成し、最終的には食塊となる。この時、懸濁液中の細かく破壊された食品微粒子間の相互作用が適度に強ければ、食塊の形成が起こりやすいはずである。逆に、食品微粒子間の相互作用が強すぎたり弱すぎたりすれば、歯や口腔壁に接着してしまったり、なかなか食塊が形成されなかったりということが起こる。このように、食品と食品との間の相互作用の強弱を測定することは、食品の食塊形成能を評価する上で意義がある。

本研究では食品と食品の間の相互作用を評価するために、インデント自体を食品とする押し込み試験機を試作し、フォースカーブを測定することで、食品と食品の間の相互作用を測定できないかについて調査した。

### 2. 実験方法

本研究では、モデル食品として寒天ゲルを使用した。自作した押し込み試験機のインデント先端に 3 wt.% の寒天ゲルを固定した「寒天ゲルインデント」を作製した。図 1 に寒天ゲルインデントの写像が示されている。寒天ゲルインデントの寒天ゲル部の断面は 1 cm × 1 cm の大きさになるように成形した。直径 60 mm ポリスチレンディッシュに 7 mL の 3 wt.% 寒天水溶液を流し込み、冷蔵庫で 30 分冷却して寒天ゲルを作製した。ポリスチレンディッシュ中に作成した寒天ゲルに、寒天ゲルインデントを段階的に押し込んだ際の、ロードセルの測定値をリアルタイムで読み取りながら押し込み試験を行った。試料に寒天ゲルインデントを押し込んでから 30 秒後のロードセルの測定値を記録し、段階的に押し込み量を増やしながら、この測定値がおよそ 1,500  $\mu\text{e}$  に到達するまでインデントを押し込んだ。目標となる測定値に到達した後は、段階的にインデントを寒天ゲルから引き離し、押し込み時と同じように 30 秒後のロードセルの測定値を記録した。測定は、ポリスチレンディッシュ中の寒天ゲルからインデントに固定した寒天ゲルが完全に剥離するまで行った。ロードセルの読み取り値を力に変換し、インデントの変位に対してプロットしたグラ

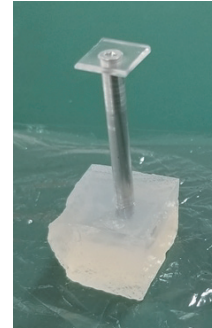


図 1. 寒天ゲルインデントの写像。

フをフォースカーブとした。このフォースカーブの引き離し過程に観測されるオーバーシュートのピーク値を凝着力と定義した。測定は空気中および、ポリスチレンディッシュ中の寒天ゲル表面に、milliQ 水、水道水、0.8%食塩水、11.3%ショ糖液、1%ゼラチン水溶液、および 1%アルギン酸ナトリウム水溶液を 0.1 mL および 7 mL 加えた条件で行った。

### 3. 結果と考察

図 2 に空気中および純水中で測定したフォースカーブが示されている。空気中では引き戻し過程で強い凝着力が観測されていることに対し、純水中では凝着力が観測されていないことがわかる。この結果は、寒天ゲルは表面が乾いていれば食塊になりやすいが、表面が唾液などで濡れていると極めて食塊になりにくいことを良く表している。

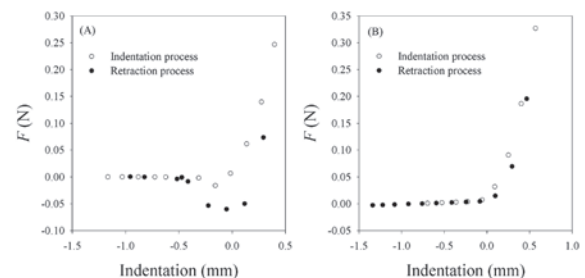


図 2. 寒天ゲルインデントを使って測定した寒天ゲル - 寒天ゲル間のフォースカーブ。A : 空気中で測定。B : 純水中で測定。

# ゴマ豆腐のレロジー特性に及ぼす葛澱粉、ゴマ、加水量の影響

○佐藤恵美子\*, 横山悠太\*\*

\*新潟県立大学名誉教授, 東都大学非常勤講師「〒950-8680 新潟市東区海老ヶ瀬 471」

\*\*東都大学管理栄養学部管理栄養学科「〒366-0052 埼玉県深谷市上柴町西 4-2-11」

## 1. 緒言

ゴマ豆腐は、主に葛澱粉、ゴマ、水などの多成分などから成る混合ゲル状食品であり、代表的な精進料理のひとつである<sup>1)</sup>。なめらかでこしのある独特のテクスチャー、粘弾性を有する物理的なおいしさが関与する。本実験では、葛、ゴマ、加水量の相互作用について、Scheffe' の単純格子計画法<sup>2),3)</sup>を用いてテクスチャー及び静的粘弾性測定値について推定曲線を描き考察した。

## 2. 実験方法

テクスチャー測定の配合は葛澱粉とゴマの最高70g、最低30g、水は最高450g、最低410gで差が40gである。静的粘弾性測定の配合はTable 1に示したようにゴマ豆腐として調製可能な葛澱粉とゴマの最高が50g、最低が30g、水は最高450g、最低430g、差が20gの時を配合(A)とした。格子点3はゴマ豆腐のゲル状態を保つ限界澱粉濃度であるので、澱粉、ゴマを10g増加した配合「B」についても検討した。この格子点水準に従った配合

Table 1. The composition of materials

Point Number	Point Level			Composition of materials {A} (g)			Composition of materials {B} (g)		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	1	0	0	50	30	430	60	40	430
2	0	1	0	30	50	430	40	60	430
3	0	0	1	30	30	450	40	40	450
4	1/2	1/2	0	40	40	430	50	50	430
5	1/2	0	1/2	40	30	440	40	50	440
6	0	1/2	1/2	30	40	440	40	40	440
7	1/3	1/3	1/3	36.7	36.7	436.7	46.7	46.7	436.7
8	1/6	1/6	2/3	33.3	33.3	443.3	43.3	43.3	443.3

X<sub>1</sub>: *Kudzu*, X<sub>2</sub>: *Sesame*, X<sub>3</sub>: *Water* (合計A:510g, B:530g)

割合で、ゴマに水を加えて調製したゴマ乳に澱粉を加えた懸濁液を250rpm, 25分間攪拌加熱した<sup>4)</sup>。ガラス製円筒容器に(20×20mm)に流し入れて放冷凝固させた試料をクリープメータ(RE-3305 山電)

により圧縮法により測定に供した。推定値と実測値との差をt検定して適合性を得た後、三角形内に推定曲線を描いた<sup>2)</sup>。

## 3. 実験結果及び考察

硬さ、ガム性は葛澱粉を最高水準とした point 1 を山とし、葛澱粉の支配が大きく、軟らかさを支配するのは水である。凝集性は point 4 を山とし相乗作用が認められ、point 6 を谷とした相殺作用がみられた。付着性は point 4 を頂点とした葛澱粉とゴマの相乗作用を示し、水の point 3 を谷とする等高線を示した。クリープ測定の結果より、ゴマ豆腐の粘弾性は、E<sub>0</sub>、E<sub>1</sub>、η<sub>1</sub>、η<sub>N</sub>からなる4要素モデルとして解析された。E<sub>0</sub>は point 4 を頂点とし、point 3 の水を谷とする等高線を描いた。E<sub>0</sub>は葛澱粉とゴマの相乗作用により増加し、加水量の増加に伴い減少した。A-η<sub>N</sub>は、葛が増加するに伴いη<sub>N</sub>も増大し、ゴマ、水の増加に伴いη<sub>N</sub>も減少した。水が最高の時に最もη<sub>N</sub>が減少し、ゴマと水の相殺作用が認められた。葛澱粉とゴマの相乗作用が認められたことは、硬さや弾性率を増大させる既報<sup>4)</sup>と同様の結果が得られた。

## 文 献

- 1) 佐藤恵美子：「ごま豆腐のあんかけ」、別冊うかたま「伝え継ぐ日本の家庭料理」、日本調理科学会編、農文協出版、p100、(2018)。
- 2) J.W. Gorman and J. E. Hinman: *Technometrics*, **4**, 463~487 (1962)
- 3) 勝田啓子：家政誌,**39**, 289~295 (1988)
- 4) Emiko. Sato, The Effect of Preparing conditions on the Rheological properties of *Gomatofu* (Sesame tofu), *Rheology of Biological Soft Matter* edited by Isamu Kaneda, Springer, Amsterdam, 265-292,(2017).

## 米粉・大豆タンパク質混合系クッキーの性状と咀嚼への影響

吉村美紀\*, 佐々木琴美\*, 島田良子\*

\*兵庫県立大学 環境人間学部 [〒670-0092 兵庫県姫路市新在家本町 1-1-12]

### 1. 緒言

大豆タンパク質は、血中コレステロール低下作用、低栄養改善など、栄養学的・生理学的に優れたタンパク質である。また、食品ハイドロコロイドとして加工食品に広く用いられている。大豆タンパク質と米粉の混合系の比率による物性、嗜好性、咀嚼性への影響を検討している。本研究では、小麦粉、米粉、大豆タンパク質混合系クッキーの成分、SEM 観察、破断特性、密度を比較し、官能評価と筋電位測定から咀嚼への影響を検討した。

### 2. 実験方法

(試料調製)

小麦粉クッキーを WF、米粉クッキーを RF、米粉・大豆タンパク質混合クッキーを RF+SPI、小麦粉、米粉、大豆タンパク質混合クッキーを WF+RF+SPI とした。

(測定方法)

- 成分：水分、タンパク質、脂質、炭水化物、灰分。SPI は大豆イソフラボンアグリコン量。
- SEM 観察：走査型電子顕微鏡 (JCM-5000, 日本電子(株)製) を用い、高真空モード・加速電圧 10 kV、倍率 100 倍の条件下で観察した。
- 破断測定：単軸圧縮・引張型レオメータ (レオナ-RE2-3305B, 株式会社山電製) を用いて、最大荷重 200N、測定速度 1.0 mm/sec、歪率 90% とした。
- 密度測定：重量と菜種法で求めた体積から密度 ( $\text{g/cm}^3$ ) を求めた。
- 吸水率測定：蒸留水に 5 秒間浸漬し、吸水率 (%) = (吸水後の重量 - 元の重量) / 元の重量  $\times 100$  で求めた。
- 官能評価：5 段階評点法により、色、硬さ、もろさ、まとまりやすさ、飲み込みやすさ、口の中での残留感を識別評価した。被験者は兵庫県立大学の学生 20 名 ( $21.5 \pm 0.6$  歳) であった。
- 筋電位測定：Personal-EMG (追坂電子機器製 Version.11) を用いて筋電位測定を行った。被験者は 9 名 ( $21.7 \pm 0.7$  歳) であった。本研究は、兵庫県立大学倫理委員会 (No.163) の承認を得た。

### 3. 実験結果

- 成分：100g 中の水分は 4.9~6.5g、タンパク質は 4.8~9.6g、脂質は 23.5~23.9g、炭水化物は 60.8~66.3g

を示した。RF はタンパク質が少なく、炭水化物が多くなった。また、SPI の大豆イソフラボンアグリコン (アグリコン当量) は 100g 中 0.19g であった。

2) SEM 観察：WF は、なめらかに繋がった層の間に比較的大きな間隙がみられた。RF と RF+SPI は多数の微細な米粉粒子が繋がった層の間に切れ目が観察され、WF+RF+SPI は、比較的大きめの粒子と微細な米粉粒子が繋がった層の間に、大きめの間隙が観察された。

3) 破断測定：見かけの応力、エネルギーは、WF と比較して、RF、RF+SPI、WF+RF+SPI は有意に低値を示した。もろさ応力は、WF と比較して、RF、RF+SPI が有意に低値を示した。

4) 密度、吸水率測定：WF は密度が低く吸水率が高く、RF は密度が高く吸水率が低くなった。RF に SPI 混合により密度は低く吸水率は高くなった。

5) 官能評価：RF は、WF に比べ、色が薄く、軟らかく、もろさが少なく、飲み込みにくく、口の中での残留感があると有意に評価された。RF に SPI 混合により、色が濃いと有意に評価された。

6) 筋電位測定：試料間に有意な差は見られなかったが、RF は咀嚼時間が長く、総筋活動量では WF に比べて、閉口筋では低く、開口筋では高い傾向が見られた。

### 4. 考察

クッキーは、密度が低く吸水率が高いと口どけが良いとされる。筋電位測定では、開口筋は口を開けたときに働き、粘りのある食べ物で活動が多く、閉口筋は歯を噛み締めるときに働き、硬さのある食べ物で活動が多くなる。RF は軟らかいが、開口筋の働きが多くなり、もろさが少なく、口どけが悪く、飲み込みにくく、口に残留する時間が長くなり、咀嚼時間が長いと推察した。WF は硬く、サクサクと砕けやすく、閉口筋の活動が多くなり口どけが良く、咀嚼時間が短いと推察した。RF に SPI 混合により、口どけが改善したと推察した。

### 5. 結言

小麦粉、米粉、大豆タンパク質混合系クッキーの硬さ、脆さ、口どけなど性状の違いが、クッキーの咀嚼性に影響を与えた。

## Ca 強化馬鈴薯デンプンのレオロジー特性とナノ構造

金田 勇\*, 佐々木志帆\*, 宮崎早花\*, 岡部尚輝\*\*, 大沼正人\*\*, 野田高弘\*\*\*

\*酪農大 食と健康学類 [〒069-8501 北海道江別市文京台緑町 582]

\*\*北大院工, \*\*\*農研機構北農研

## 1. 緒言

馬鈴薯デンプンには多くのリン酸基が含まれおり、それはアミロペクチンの非晶部に多く分布している。このリン酸基には K などの一価カチオンの塩になっているが、この一価カチオンを Ca などの二価カチオンに置換することで Ca 含有量が 7 倍程度に増加した Ca 強化馬鈴薯デンプンが農研機構北農研で開発された。本研究では通常馬鈴薯デンプンと Ca 強化馬鈴薯デンプンの糊液のレオロジー特性およびナノ構造解析を行った。

## 2. 実験方法

材料：Ca 強化馬鈴薯デンプンおよび未処理の通常デンプンは農研機構北農研から供与されたものをそのまま用いた。サンプル調製：デンプンを 4～10%の濃度で蒸留水に分散し、それをウォーターバスで 85℃で加熱しながらスリーワンモーターで 300rpm, 5 分間攪拌してデンプン糊液を得て実験に供した。

レオロジー測定：1)動的弾性率の周波数分散は MCR501 (アントンパール社) にパラレルプレート装着して測定した。2)圧縮試験はデンプン糊液をカップに入れて一定時間冷蔵保存したものを Texture Analyzer (ブルックフィールド社) に直径 12.5mm の円筒形プランジャーを装着して押し込み試験を行った。X 線小角散乱: Mo 線源を搭載した Nano-viewer (リガク社) を用いて測定した。

## 3. 実験結果

動的弾性率の周波数依存性はべき乗則に従ういわゆる weak-gel type のパターンを呈した。そこで測定データを weak-gel model で解析した。具体的には複素弾性率と周波数を対数プロットし 1 式で解析し  $A_f$  (ゲル強度) および配位数( $z$ )の二つの特性パラメータを得た。

$$G^* = A_f \omega^{1/z} \cdots \cdots (1)$$

Fig.1 に 4-8%デンプン糊液のゲル強度の値を示す。いずれの濃度においても Ca 強化サンプルの値が高いことがわかる。

またここにはデータを示さないが 10%糊液を 24 時間冷蔵庫で保管したサンプルの押し込み試験の結果も Ca 強化サンプルが通常サンプルよりも硬いことが定量的に確認できた。

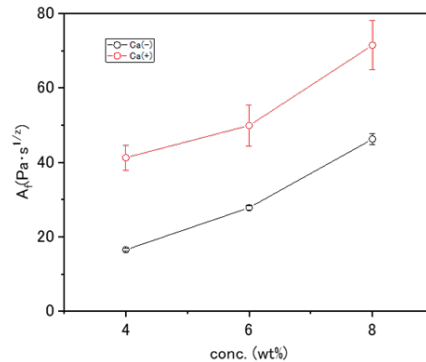


Fig.1 Concentration dependence of gel strength ( $A_f$ ) for Ca fortification and standard samples

一方で SAXS 測定によってナノレベルでの構造変化も確認できた。両者の SAXS プロファイルと比較すると低  $q$  領域で差異が見られた。そこで回転楕円体の構造因子を用いたモデルでの解析を試みたところ解析に成功した。いずれのサンプルも短径が 2.5nm 程度の回転楕円体構造を有するがそのアスペクト比が Ca 強化サンプルでは 9 程度に対して通常サンプルは 5 程度と大きな違いが確認された。

## 4. 考察

馬鈴薯デンプンに数 100ppm の Ca を置換するのみで大きな物性変化が観察されたことは非常に興味深い。マクロな物性変化の原因として必ず分子レベルでの変化があると推察されるが SAXS によるナノ構造変化が確認されたことで、Ca 強化処理で何らかの分子レベルでの構造変化が起こっていることが示唆された。

## 5. 結言

馬鈴薯デンプン糊液のレオロジー特性およびナノ構造解析により Ca 強化によりその特性が大きく変化するという興味深い現象を見出した。デンプン糊液の特性はその糊化工程に大きく依存するので今後は糊化工程を変化させてその影響について更なる研究を進めてゆきたい。

## 謝辞

本研究は北海道大学ロバスト農林水産工学国際連携研究教育拠点の助成を受けたものである。

## ゼラチン水溶液の綿菓子化

藤井修治\*, 清水拓登\*

\*東洋大学 食環境科学部 [〒374-0193 群馬県邑楽郡板倉町泉野 1-1-1]

### 1. 緒言

綿菓子の最大の特徴は、柔らかな食感と、素早い口溶けにある。これらの特徴は咀嚼と嚥下のし易さを両立しているため、綿菓子は機能性食品として有用であると言える。綿菓子の機能性を、ザラメ以外の食材で実現出来ないかと考え、本研究では、ゼラチン水溶液の綿菓子化を試みることで、綿菓子状食品製造の基盤技術を確立することを目的とした。

### 2. 実験方法

市販の綿菓子機を、回転速度と窯温度を独立に制御できるように改良し、様々なゼラチン濃度の水溶液で綿菓子状の繊維体が形成される実験条件を探索した。得られた綿菓子状繊維体の顕微鏡観察を行い、平均繊維径を求めた。また、ゼラチン濃度一定のまま、溶媒に酢酸を加えることにより溶液の粘性率を調整し、溶液の粘性率と繊維径の因果関係を調べた。溶液の粘性率は落球法により調べた。

### 3. 実験結果

複数のゼラチン濃度の水溶液で綿菓子化を試みた結果、試料条件がゼラチン濃度 30%、ゼラチン水溶液温度 60°C、装置条件として回転角速度が最大の時に、安定に綿菓子状繊維体を得ることができた。図 1(a)は、ゼラチン水溶液の綿菓子化により得られた繊維体の顕微鏡写真である。図中のスケールバーは 200 μm である。次にゼラチン濃度一定のまま溶媒に酢酸を加えた系に対し、同様に綿菓子化を試みたところ、同じ試料・装置条件で綿菓子状繊維体を得ることができた。顕微鏡観察により、酢酸濃度の増加とともに、その繊維径が細くなることがわかった。

綿菓子は、溶融した液体が回転する窯から遠心射出されることにより形成される。綿菓子機によりゼラチン水溶液に加えらるる遠心力と溶液に作用する粘性

応力との力学バランスと質量保存則を考慮することにより綿菓子の力学モデルを考察し、繊維径  $r$  を表す(1)式が得られる。

$$r \sim A \sqrt{\frac{\eta}{\rho} \omega^{-1}} \quad (1)$$

ここで、 $A$  は綿菓子機の幾何学的寸法に依存する装置定数であり、 $\eta$  は粘性率、 $\rho$  は溶液の密度、そして、 $\omega$  は窯の回転角速度である。ここで、 $\eta$  と  $\rho$  の比は動粘度である。(1)式は、繊維径が溶液の粘性率とともに減少することを予測する。(1)式を用いると、ゼラチン水溶液の繊維径  $r_{gel}$  と酢酸添加系の繊維径  $r(c)$  との比は、(2)式のように溶液の粘性率の比で与えられる。

$$r(c)/r_{gel} \sim \sqrt{\eta(c)/\eta_{gel}} \quad (2)$$

### 4. 考察

(2)式の予測の妥当性を検証するため、繊維径比と粘性率比を比較した(図 1(b)). 酢酸濃度が増加すると、線形性は成立しないが、繊維径の粘性率に対する依存性は明確である。(1)式は非常に単純なものであるが、綿菓子状繊維体の形態制御において、粘性率が重要であることがわかる。

### 5. 結言

ゼラチン水溶液の綿菓子化を試みた。水に酢酸を加え粘性率を低下させることにより、より繊細な綿菓子状繊維体を得られることがわかった。

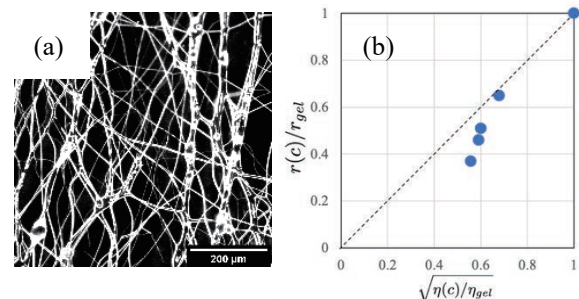


図 1. (a) ゼラチン水溶液の綿菓子化により得られた繊維体の顕微鏡写真. (b) 繊維径の比と粘性率の比の関係.

# 水産練り製品の咀嚼によるレオロジー変化と嚥下性

河野優夏\*, 山川 萌\*, 市川 寿\*\*

\*長崎大学水産学部水産学科

\*\*長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科[〒852-8521 長崎市文教町 1-14]

## 1. 緒言

我が国の水産練り製品は、食品の2次機能（感覚機能）として、“足”の良さと称される高い弾力付与によって付加価値形成に繋げてきた技術的特徴を持つが、高齢者人口割合が30%を超えた少子高齢化社会の到来によって咀嚼嚥下し易さに配慮した製品揃えも必須となり、新たな多様化が求められている<sup>1)</sup>。近年、介護食区分（ユニバーサルデザイン協会区分；以下UDF区分）等の表示がなされた“咀嚼・嚥下困難者向け練り製品”が上市されるようになったが、食塊の性状やその嚥下動態が一般製品とどのように異なっているのかを知る必要がある。本研究は、一般的なかまぼこ類と介護食区分表示のある練り製品について、製品と咀嚼後食塊の物性をTPA試験で分析すると共に、嚥下音の音響解析を行い、咀嚼による性状変化と嚥下し易さとの関係性を明らかにする事を目的とした。

## 2. 実験方法

板付かまぼこ5品、伊達巻、はんぺんと介護食用練り製品3品（UDF区分2のもの2品と区分3）を試料とし、咀嚼前後の物性パラメータ（硬さ及び凝集性）の変化をレオメータ（FUDOHI, NRM-2010J-CW）を用いてTPA試験から求めた。また、22~62歳の健常な被験者が試料5gを座位で自由に咀嚼嚥下した時の嚥下音パラメータ（嚥下音持続時間、咽頭通過時間、ボラスフロー；以下 $t_2$ ）をHamletの方法<sup>2)</sup>に基づいて測定し、幕田らの嚥下し易さの指標<sup>3)</sup>、すなわち $t_2$ /咽頭通過時間の値を求めた。

## 3. 実験結果と考察

板付かまぼこ5品の咀嚼は、咀嚼回数42~55回で、物性変化はFigに示したように5品（●印①~⑤）それぞれの硬さと凝集性は(青色から赤色に)減じた。平均値(\*)は、それぞれ $8.37 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ から $1.78 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、0.93から0.61へと変化した。伊達巻(▲印⑥)、はんぺん(■印⑦)の咀嚼後の硬さはそれぞれ $0.96 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、 $0.27 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ となっており、板付かまぼこよりも低値となったが、凝集性は0.66と0.58で板付かまぼこの場合と比較して大きな差はなかった。

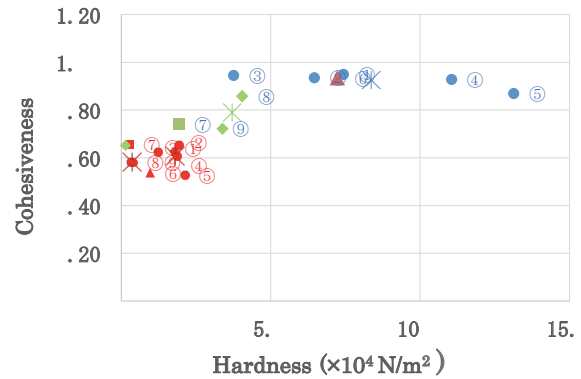


Fig. 1. Swallowing threshold of many kinds of fish pastes

介護食区分2表示品（⑧、⑨）は、20~29回と少ない咀嚼回数で咀嚼に至り、咀嚼後物性は、硬さ $0.34\sim 0.43 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 、凝集性0.58だった。なお、区分3表示品（◇印⑩）は、咀嚼回数10回未満で嚥下に至り、食塊の物性値は計測限界以下だった。

これらの事から、咀嚼終了点（咀嚼域）は、硬さが $2 \times 10^4 \text{ N/m}^2$ 以下、凝集性0.6程度とみられる。

また、嚥下音解析で求めた $t_2$ /咽頭通過時間の値は、一般的なかまぼこが0.171~0.339であったのに対して、介護食区分表示品では0.105~0.293と低値となり、被験者毎に有意（ $P < 0.05$ ）に小さい値をとった。

## 4. 結言

咀嚼前後の物性パラメータ（硬さ、凝集性）の変化をTPA試験から求め、水産練り製品の咀嚼域と見られる物性が評価できた。このような物性パラメータと嚥下音解析で得られるパラメータを併用する事で、嚥下しやすい練り製品調製法の検討に役立つと示唆される。

## 文 献

- 1) Qian, J. and Ichikawa, H.: Rheological properties of fish paste products sold on the market in Japan, *Bull.Fac.Fish.Nagasaki U.*, 94, 17-22, 2014.
- 2) Hamlet, S. L.: Sounds of swallowing following total laryngectomy, *Dysphagia*, 7, 160-165, 1992.
- 3) 幕田充志, 河野康成, 小井土隆, 市川 寿: 魚肉練り製品食塊の性状と嚥下音に見られる特徴, *B&R(電子版)*, 30(2), 2016.

# 要旨

ポスター発表

# ヒアルロン酸とアルギン酸の混合溶液より作製された異方性ゲルのゲル成長ダイナミクス

小林史佳\*, 吉場一真\*, 山本隆夫\*

\*群馬大学大学院 理工学府分子科学部門 [〒376-8515 群馬県桐生市天神町 1-5-1]

## 1. 緒言

架橋剤溶液とアルギン酸、DNA、カードラン、キトサン溶液を接触させてゲル化させると、架橋剤の拡散に伴い異方性ゲルが形成される。<sup>1)</sup> アルギン酸水溶液と塩化カルシウム溶液との接触により形成される異方性ゲルでは、 $\text{Ca}^{2+}$ イオンの拡散方向に対してアルギン酸の凝集体が垂直に配向することで光学的異方性を発現することが知られている。<sup>2)</sup> 一方で、電解質多糖であるヒアルロン酸は、水溶液中にて一本鎖で溶解し  $\text{Ca}^{2+}$ イオンではゲル化しないことが知られている。これら二つの多糖を混合してゲル化することにより、ゲルの弾性率の制御が可能となり生体材料に利用できると考えられる。本研究では、塩化カルシウム水溶液とヒアルロン酸とアルギン酸の混合溶液を液-液接触により形成される異方性ゲルのゲル成長のダイナミクスを調査することを目的とした。

## 2. 実験方法

ヒアルロン酸ナトリウム(Hy)とアルギン酸ナトリウム(Alg)を、重量組成比を変化させて 10 mM NaCl 水溶液に溶かした。Hy-Alg 混合溶液をアクリル製円筒セルに充填し、アクリル製円筒セルを  $\text{CaCl}_2$  水溶液に浸漬させた。浸漬後に形成される白濁したゲル層をデジタルカメラにより経時時間ごとに撮影を行った。得られた画像を Image-J で解析してゲル幅 ( $X$ ) を決定した。

## 3. 結果と考察

Fig.1 は、0.06M  $\text{CaCl}_2$  水溶液に浸漬した異なる組成比の 2.0 wt% の Hy-Alg 溶液で観測されたゲル幅 ( $X$ ) をセル半径 ( $R$ ) でスケールした量 ( $\tilde{X} = X/R$ ) の関数  $y(\tilde{X})$  の  $R^2$  でスケールした時間 ( $t$ ) に対するプロットを示す。 $y(\tilde{X})$  は以下の式で表される。

$$y(\tilde{X}) = \frac{1}{2}(1 - \tilde{X})^2 \ln(1 - \tilde{X}) - \frac{1}{4}\tilde{X}^2 + \frac{1}{2}\tilde{X}$$

Hy-Alg 混合溶液- $\text{CaCl}_2$  水溶液の  $y-t$  のプロットには  $y = K_{in}t$  の直線関係が成立した。1.0~3.0wt% の溶液について決定した  $K_{in}$  の逆数をアルギン酸の重量分率 ( $w(\text{Alg})$ ) に対して Fig.2 にプロットした。

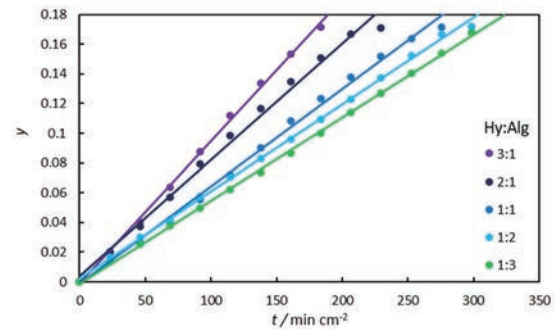


Fig.1 0.06M  $\text{CaCl}_2$  に対する各 Hy:Alg 組成比におけるゲル幅  $y$  のプロット(2.0 wt% Hy-Alg 溶液)

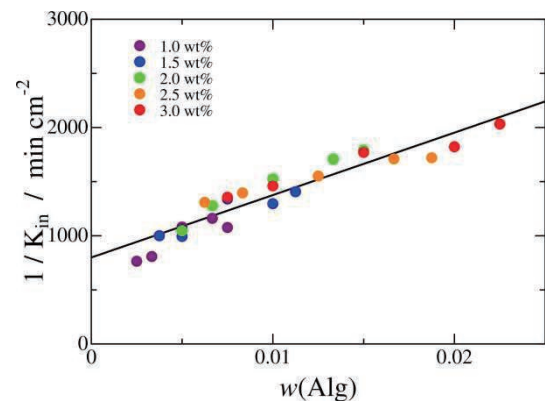


Fig.2  $1/K_{in}$  と溶液のアルギン酸の重量分率の関係

Fig.2 中の  $1/K_{in}$  は溶液中のアルギン酸濃度の増加に伴い直線的に増加し、Hy-Alg 混合溶液のゲル形成ではアルギン酸と  $\text{Ca}^{2+}$ イオンとの架橋形成が律速段階であることを示している。アルギン酸の重量分率が低くなるにつれて作製したゲルの複屈折は小さくなった。これはゲル中のアルギン酸の凝集体が減少したためであると考えられる。

## 4. 結言

塩化カルシウム溶液と Hy-Alg 溶液を接触させるとアルギン酸と  $\text{Ca}^{2+}$ イオンとの架橋構造の形成が律速となりゲル成長が起こる。アルギン酸濃度の低下に伴い形成したゲルの複屈折が小さくなる。

文献

- 1) Dobashi, T., Yamamoto, T. Gels, 4, 59 (2018)
- 2) Maki, Y., Wakamatsu, M., Ito, K., Furusawa, K., Yamamoto, T., Dobashi, T. J Biorheol. 23:23-28 (2009).

# 粒子追跡法によるミクロな厚みの流体のレオロジー

遠藤周\*, 槇靖幸\*\*, 安中雅彦\*\*

\*九州大学大学院理学府 化学専攻 [〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744]

\*\*九州大学大学院理学研究院 化学部門

## 1. 緒言

粒子追跡マイクロレオロジー(Particle Tracking Microrheology, PTM)は微小なプローブ粒子のブラウン運動から試料のレオロジーを測定する. この手法は試料の局所的な空間不均一性の情報が得られる点で優れており, 複雑流体に対し多く適用される.

粘液はマイクロメートルオーダーの厚みの液膜として上皮組織を覆う複雑流体であり, 生体内で様々な機能を担っている. PTM を用いた粘液の研究は, 近年報告例がある<sup>1)</sup>. しかし, 通常 PTM では 100  $\mu\text{m}$  以上の厚みの試料チャンバーが用いられ, 粘液の液膜のようなミクロな厚みの流体における PTM に関する知見は少ない. 本研究では, ゲルとガラスの間のマイクロメートルオーダーの厚みの水の中に分散した蛍光粒子の拡散係数  $D$  を測定し, 試料の厚みとの関係を調べた.

## 2. 実験方法

ジメチルアクリルアミドゲルをラジカル重合で合成した. ガラスボトムディッシュに, 体積分率  $\phi=9 \times 10^{-7}$  の蛍光ポリスチレン粒子(直径 1030 nm, 490 nm) 水分散液を添加し, その上に円形に切ったゲルを乗せた. 観察には蛍光倒立顕微鏡を用いた. ゲルとカバーガラスの間の空間の厚み  $H$  は, ゲルに重りを置くか, 分散液の添加量を調整することにより変化させた. ガラス面の鉛直方向の座標を  $h=0$ , ゲル表面の鉛直方向の座標を  $h=H$  とすると,  $h=H/2$  となる座標で粒子のブラウン運動を動画撮影した. 画像解析ソフト Fiji を使用して粒子の重心の平均二乗変位を計算し, 粒子の拡散係数  $D$  を求めた.

## 3. 結果と考察

拡散係数  $D$  の流体厚み依存性を, バルクの拡散係数  $D_0$  で規格化した  $\tilde{D} = D/D_0$  で評価した. ただし,  $D_0$  はストークス-アインシュタイン式  $D_0 = k_B T / 6\pi a \eta$  より計算された値であり,  $k_B$  はボルツマン定数,  $T$  は絶対温度,  $a$  は粒子半径,  $\eta$  は水の粘度である.  $h$  を  $a$  で規格化した  $\tilde{h} = h/a$  に対して  $\tilde{D}$  をプロットしたものが図 1 であり, 粒子径に対して流体厚みが小さくなると拡散係数が減少する傾向が見られた.

Faxén は流体力学的相互作用を考慮して二平面間の粒子の移動度  $\mu$  を計算した. アインシュタイン-スモルコフスキー式  $D = \mu k_B T$  を考慮すると, Faxén の式は,

$$D = D_0 \{ 1 - 1.004\tilde{h}^{-1} + 0.418\tilde{h}^{-3} + 0.21\tilde{h}^{-4} - 0.169\tilde{h}^{-5} + \dots \} \quad (1)$$

と表される<sup>2)</sup>. これを  $\tilde{h}$  に対してプロットしたものが図 1 の点線である. 計算値は実験値と重なっており, 流体厚みの減少による拡散係数の減少は, 粒子と表面の流体力学的相互作用のためであることが示された.

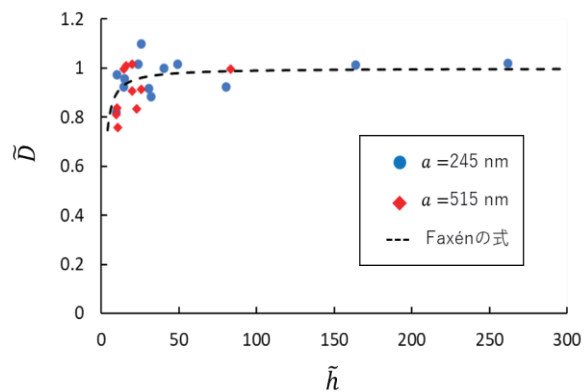


Fig.1 Normalized diffusion coefficient  $\tilde{D}$  plotted against normalized distance  $\tilde{h}$  between the particle center and the boundary of the sample.

## 謝 辞

本研究は JSPS 科研費 18K05519 の助成を受けて実施された.

## 文 献

- 1) Huck, B. C., Hartwig, O., Biehl, A., Schwarzkopf, K., Wagner, C., Loretz, B., Murgia, X. and Lehr, C.-M.: Macro- and Microrheological Properties of Mucus Surrogates in Comparison to Native Intestinal and Pulmonary Mucus. *Biomacromolecules*, **20**, 3504–3512, 2019.
- 2) Swan, J. W. and Brady, J. F.: Particle motion between parallel walls: Hydrodynamics and simulation. *Phys. Fluids* **22**, 103301, 2010.

## 授乳中に生じる乳頭痛と乳頭内血流量測定の検証実験

立岡 弓子\*, 福家妙子\*

\*滋賀医科大学医学部臨床看護学講座（母性・助産）[〒520-2192 滋賀県大津市瀬田月輪町]

## 1. 緒言

母乳哺育を行っている母親のうち、約96%が乳頭痛を自覚し、乳頭亀裂や水疱といった乳頭トラブルを発症している。母乳哺育の継続は授乳する母親の願いであるが、乳頭痛により乳房からの授乳を断念することになる。乳頭痛の生理学的原因は不明であり明らかにされていない。乳房管理学では、児の不適切な吸着や母親の乳頭皮膚の脆弱性、授乳姿勢がその要因として挙げられているが、【乳頭内の虚血状態】についても記載されている。そこで、授乳する母親の乳頭痛自覚と乳頭内血流量の変動について明らかにした。

## 2. 実験方法

妊娠39週から妊娠40週6日に分娩した母乳哺育を希望する初産婦おとと新生児5組を対象とした。研究の趣旨を説明し、使用する機器の安全性の確保についても理解を植えたうえで研究参加の同意を得た。

(滋賀医科大学研究倫理委員会承認 26-21)

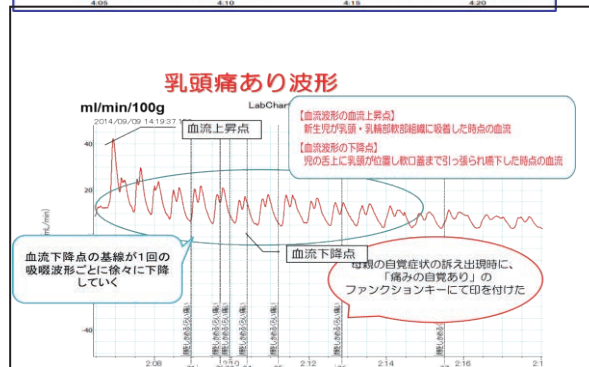
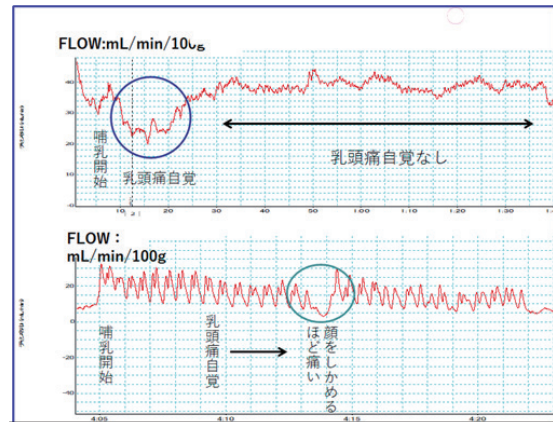


<測定方法>

アドバンス社製CSプローベSサイズを使用し、血流測定には、アドバンス社製レーザードップラーALF21を、血流解析にはPower Lab2/26及びLabchart 8 Japaneseを使用した。児が吸啜する前に乳頭の血流の安定性を波形から確認後、児の吸啜を開始し、約5分間乳頭への吸啜時の乳頭内血流波形および児の哺乳状態5分ずつ測定観察した。

## 3. 実験結果

①血流波形の血流上昇点は、「新生児が乳頭・乳輪部に吸着した時点の血流であること」、血流波形の下降点は「時の舌上に乳頭が位置し軟口蓋まで引っ張られ嚙下した時点の血流であること」が観察された。



②乳頭痛を自覚した時点の乳頭内血流量は低下し血流基線が減少していくことが観察された。

## 4. 考察

乳頭への直接吸着時に母親が自覚する乳頭痛の発症時には、乳頭皮膚組織への圧迫により血流障害を引き起こされ、乳頭皮膚組織を構成する細胞に必要な栄養と酸素の供給が阻害されていく。その結果乳頭痛が自覚されるままに授乳を継続することで皮膚の脆弱性をまねき乳頭損傷に至るリスクが高くなる。

## 5. 結言

授乳時の乳頭痛は、児の舌と上顎の間に位置した乳頭が、児の下顎の上昇による圧迫から生じる圧迫性虚血状態であることが示唆された。

謝辞

産後早期に本研究にご参加くださいました対象者様に感謝いたします。

文献

Miranda L. Buck et al. Nipple Pain, Damage, and Vasospasm in the First 8 Weeks postpartum. BREAST FEEDING MEDICINE, 2014, vol9, No2, p.56-62.

## 編集後記

この度は、第44回日本バイオレオロジー学会年会に際し、多くの皆様方にご参加頂きましたことを深謝致します。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ので、お若い先生方を中心に新鮮な話題が多く、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とともに、開催にご協力下さいました諸先生方に厚く御礼申し上げます。

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、わが国で先頭を走る専門家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コロナウイルス感染症について、現場で戦う医師からの情報提供がありました。そして、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実態と予防対策が紹介されました。さらに、奨励賞応募講演、一般口演及びポスター発表に25演題が寄せられました。これらの中には、バイオレオロジー分野の先生方のお力によって解決すべき課題が多々あり、今後の研究推進が望まれます。そして、私たちバイオレオロジー分野の関係者が円滑に共同研究を行えるよう、お互いの教育実態についてもシンポジウムにおいて再確認することができました。

当該雑誌にはご発表のエッセンスが掲載されておりますので、改めてご利用頂き、皆様の研究のご発展と活発なるご交流にお役立て頂ければ幸いに存じます。

多くの皆様のお力により、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。

(一杉 正仁)

---

### 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
特別編集委員	一杉 正仁			

---

---

### 日本バイオレオロジー学会誌 (B&R, 電子版) 第35巻 第2号

2021年7月3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