

愛媛大学社会連携推進機構
研究成 果 報 告 書

第 7 号
(2013)

社会連携推進機構研究成果報告書第7号の発行にあたって

愛媛大学社会連携推進機構長
矢田部 龍一

日本経済は、戦後、世界に類を見ない右肩上がりの高度成長を遂げました。高度成長の背後には、日本の世界トップのモノづくり技術があったことは論を待ちません。その高度成長も1991年のバブル崩壊でとん挫し、失われた20年と1千兆円もの国の借金となって日本に重くのしかかっていることは、皆さま御周知のことと存じます。

このような中で一昨年の12月に再登板した安倍首相は、長期に渡るデフレ経済を克服するためにインフレターゲットを設定した上で、大胆な金融緩和措置を講じました。安倍首相の経済対策は「アベノミクス」と称され、大胆な金融緩和、機動的な財政出動、民間投資を喚起する成長戦略を三本の矢としています。

アベノミクスの進展により、為替は円安基調で推移し、日経平均株価は1万5千円前後にまで上昇しています。その結果、日本経済の先行きにも明るい兆しが見え始めています。しかし、日本経済を長期に渡るデフレから脱却させ、真に成長軌道に乗せるためには、産業界の活性化が何より求められています。

日本の産業界に目を転じてみると、自動車産業に代表されますように世界に誇る日本のモノづくり技術は、今も健在であると断言できます。しかし、産業空洞化やグローバル化の進展により、世界との競争は一層過酷なものとなっています。そのような中で、世界との過酷な競争に勝ち抜いていくためには、産学連携の推進は必須の課題です。

愛媛大学は、大学憲章の中で、「産業、文化、医療等の幅広い分野において最高水準の知識と技術を地域に提供するとともに、地域の諸課題の解決に向けて人々とともに考え、行動し、地域社会の自律的発展に貢献する。」と謳っています。

愛媛大学は、ものづくりに関わる多くの理系教員を擁しており、日々、モノづくりに関わる多くのシーズを創出しています。例えば、世界で最も硬いダイヤモンド創製技術の開発や無細胞タンパク合成技術の開発などで世界をリードしています。この他にも、愛媛大学で生み出された多くの実用的な研究成果が産業界に活用されています。

愛媛大学の平成25年度の産学連携の実績を見ますと、共同研究140件、受託研究141件、特許申請件数69件というところです。400名を超える理工農の教員と240名を超える医学系教員などを擁する愛媛大学の研究能力から見れば、まだまだ十分な産学連携の実績とは言えないかも知れませんが、成果は着実に上がりつつあると言えます。

今回、第7号の研究成果報告書を発行できる運びになりました。ご努力頂いた関係各位に心より感謝申し上げますとともに、本報告書が広く活用されることを願います。

愛媛大学には、本報告書に示した以外にも多くのシーズが眠っており、また、多くの有能な研究者が在籍しています。日本経済の復興のために、地域経済の復興のために、国立大学法人愛媛大学の知的資源の活用を切にお願いするとともに、今後とも皆様方のご指導、ご支援を賜りますよう宜しくお願い申し上げます。

目 次

研究成果報告書第7号の発刊にあたって

愛媛大学社会連携推進機構長

矢田部 龍一

研究成果報告

まちづくり人材育成・啓発事業－地域づくり支援セミナー	-----	1
愛媛大学地域創成研究センターセンター長	寺谷 亮司	
愛媛大学法文学部長・教授	宮崎 幹朗	
愛媛大学社会連携支援部チームリーダー	竹村 輝昭	
松山市市民部市民参画まちづくり課主査	古田 真樹	
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	鍵山 直人	
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	芳野 篤史	
松山市市民部市民参画まちづくり課主事	余吾 雄一	
松山市市民部市民参画まちづくり課主事	川村 祐司	
 COZY Project 障害児者の精神的負荷を低減し主体的反応を促進する物理的環境の開発	-----	8
愛媛大学教育学部准教授	苅田 知則	
愛媛大学教育学部講師	樋木 暢子	
五大エンボンディ株式会社代表取締役	佐藤 忠弘	
 無頸類ヤツメウナギを用いた脊椎動物の脳進化に関する研究	-----	12
愛媛大学理工学研究科准教授	村上 安則	
理化学研究所CDBグループディレクター	倉谷 滋	
 手術器械の個体管理と照合による手術部看護師の業務移譲の可能性検証	-----	16
愛媛大学医学部附属病院医員	吉川 武樹	
愛媛大学大学院医学系研究科准教授	木村 映善	
愛媛大学大学院医学系研究科教授	石原 謙	
株式会社パルソフトウェアサービス	赤松 香里	

特定機能病院における血液製剤の使用状況分析

19

愛媛大学大学院医学系研究科准教授
愛媛大学大学院医学系研究科教授
N T T データ

木村 映善
石原 謙
安藤 文彦

LR-AKE認証と秘密分散を組み合わせた安全な医療情報共有の試み

21

愛媛大学大学院医学系研究科准教授
愛媛大学大学院医学系研究科教授
四国メディコム株式会社
BURSEC株式会社
BURSEC株式会社

木村 映善
石原 謙
黒田 卓爾
齊藤 匡人
中登 義仁

動脈硬化における降圧薬における血管保護作用の検討

動脈硬化マウスモデル（アポリポプロテインEノックアウトマウス）を用いたカルシウム拮抗薬の臓器保護効果の検討

24

愛媛大学大学院医学系研究科教授
愛媛大学大学院医学系研究科准教授
愛媛大学大学院医学系研究科助教
愛媛大学大学院医学系研究科大学院生
味の素製薬株式会社
味の素製薬株式会社

堀内 正嗣
茂木 正樹
岩波 純
中岡 裕智
原田 英里
杉野 多美

日本人の生活様式を可能とする高屈曲可能なP/S型人工膝関節の開発

25

愛媛大学大学院医学系研究科教授

三浦 裕正

ヘルスケア・メディカル分野の技術動向調査研究

33

愛媛大学大学院医学系研究科長・教授
愛媛大学大学院医学系研究科教授
愛媛大学プロテオサイエンスセンター准教授
愛媛大学医学部附属病院先端医療創生センター助教
パナソニック株式会社
パナソニック株式会社
愛媛大学大学院医学系研究科教授
愛媛大学大学院医学系研究科准教授
パナソニック株式会社
パナソニック株式会社

安川 正貴
今村 健志
飯村 忠浩
大嶋 佑介
福島 省吾
水内 公典
浜川 裕之一
中城 公一
橋本 英明
韓 泰成

ルミパルスシリーズにおけるPIVKA-II測定試薬を用いたデータ変動に関する調査--	36
愛媛大学医学部附属病院診療支援部部長 愛媛大学医学部附属病院診療支援部 主任臨床検査技師	西宮 達也 岡本 愛
分子動力学計算を用いた炭素繊維のナノ構造解析	38
愛媛大学大学院理工学研究科教授 東レ株式会社複合材料研究所研究員	岡本 伸吾 伊藤 明彦
温州ミカン果皮成分のアレルギー抑制効果に関する研究	44
愛媛大学農学部教授 伊方サービス株式会社	菅原 韶也 門田 歩
環境媒体中の化合物を分析するためのバイオ計測法の構築 ～ダイオキシン汚染土壤のバイオアッセイ法とその評価～	51
愛媛大学農学部教授 愛媛大学農学部特定研究員 京都電子工学株式会社バイオ研究部 京都電子工学株式会社バイオ研究部	本田 克久 上田 祐子 高木 陽子 立石 典生
小麦胚芽抽出液の改良および無細胞タンパク質合成の応用技術の開発	54
愛媛大学プロテオサイエンスセンター教授 株式会社セルフリーサイエンス開発部	澤崎 達也 森下 了
新規機能性素材の検証	55
愛媛大学南予水産研究センター教授 愛媛大学南予水産研究センター講師 愛媛大学南予水産研究センター特任助教 愛媛大学南予水産研究センター特任助教	三浦 猛 三浦智恵美 太田 史 岩井 俊治
携帯電話カメラでの捕虫シート撮影による害虫発生数の監視	58
愛媛大学植物工場センター副センター長・教授 愛媛大学農学部講師 N E C 情報・メディアプロセッシング研究所主任研究員	有馬 誠一 上加 裕子 石山 墓

愛媛大学植物工場センター副センター長・教授
愛媛大学植物工場センター産学官連携研究員

羽藤 堅治
谷口 繢雄

まちづくり人材育成・啓発事業 －地域づくり支援セミナー－

愛媛大学地域創成研究センターセンター長	寺 谷 亮 司
愛媛大学法文学部長・教授	宮 崎 幹 朗
愛媛大学社会連携支援部チームリーダー	竹 村 輝 昭
松山市市民部市民参画まちづくり課主査	古 田 真 樹
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	鍵 山 直 人
松山市市民部市民参画まちづくり課主任	芳 野 篤 史
松山市市民部市民参画まちづくり課主事	余 吾 雄 一
松山市市民部市民参画まちづくり課主事	川 村 祐 司

1 本研究の目的と成果

地域創成研究センターと松山市市民部市民参画まちづくり課が共同して、地域社会においてまちづくりの中心となる人材の育成と市民の啓発を目的に「地域づくり支援セミナー」を11回にわたり開催した。地域住民を主体とした地域づくり及び地域活性化は重要な地域課題であり、地域づくりに関わる人材の育成と市民への啓発の必要性は言うまでもない。地域創成研究センターの地域貢献及び松山市が進める住民主体の地域づくりの一環として、本共同研究事業は平成16年の地域創成研究センターの創設以来継続してきた。毎年40名程度の受講生を対象に行ってきたものであり、これまでの受講生総数は350名を超えている。これらの受講生の中から、松山市の各地域における、まちづくり協議会の設立やその活動に積極的に関わる市民が輩出されている。

平成25年度の受講生数は35名であった。今年度の受講生の特徴として、町内会などで地域活動を継続している方や地域づくりに関心のある一般市民に加えて、松山大学の大学生が多数参加していたことがあげられる。毎回のセミナー終了時に受講生に書いてもらった、質問や感想を見ると、受講生からの反応は良く、有意義なセミナーであったことがうかがえる。

また、今年度は学生が多数居住している清水地区を中心に、学生が主体となる地域コミュニティのあり方について、地域住民への聞き取り調査、まち歩き等を行いながら、先導的な町づくりを模索することができた。



宮崎講師からのあいさつ

2 地域づくり支援セミナーの実施

11回のセミナーの内容とスケジュールは、概ね以下のとおりであった。

第1回（平成25年6月25日19:00～21:00）

「開講の挨拶、セミナーのガイダンス等」

愛媛大学寺谷地域創成研究センター長から、「まちづくりは、ひとづくり、松山の地域を引っ張っていく人材となることを期待します。」との挨拶があり、続いて松山市市民参画まちづくり課高田課長から過去340名の受講がある実績のあるセミナーであり、座学だけではなく、フィールドワークや他の参加者とのコミュニケーションを取り、研修の成果を地域で発揮してほしいとの挨拶があった。

引き続き、セミナーを統括する宮崎法文学部長（教授）から「地域づくりは一人ではできない。仲間を作りながら一つひとつ、問題点を探しながら、解決に向けて一緒に考えてほしい。」との挨拶があった。

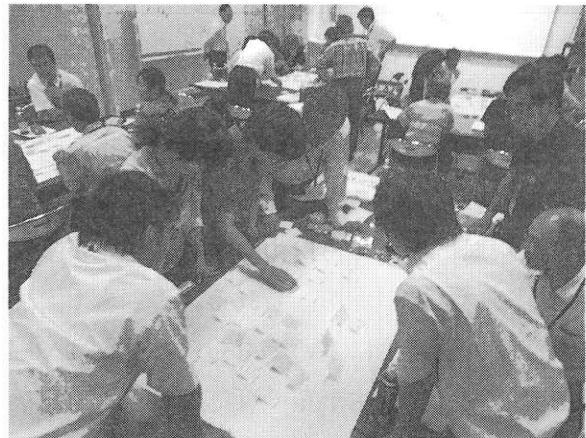
自己紹介、セミナーのスケジュール説明の後、セミナーで使用する手法（ワークショップグループワーク、KJ法など）を説明し、「みんなが考える住みやすいまちとは？」とのテーマで、「グループによる学びの手法」（ブレインストーミング・KJ法等）を学び班別討論を実施し、発表を行った。班により、さまざまな意見があり、住みよいまちづくりをするために自分たちでできることは何か、また自分たちで解決できない時はどのようにすればよいかなど、半年かけて一緒に考えて行く目標を共有することができた。

第2回

(平成25年7月9日19:00～21:00)

「地域コミュニティの類型と住民・行政の関わり方」

まちづくり活動が、親交型から課題解決型・自治型へと変化していることについて説明された後、「住みやすいまちを作るためには、住民・行政は何をすべきか？」について、班別討論を実施した。



グループワーク

1班は、「子ども」に注目し、行政にはガードレールの設置を要望、地域では見守り隊の活動や児童クラブが効果的との意見であった。

2班は、環境・安心安全・コミュニケーション・未来に繋がるまちについて、討論したが、地域にはどのような組織があるのかわからず、難しいとの意見であった。

3班は、コミュニケーションは住民が中心に、環境美化などのハード面は行政が担うべきと

の意見であった。また、祭りのあり方について、住民か行政かどちらが主体になれば盛り上がるかについて、熱い議論があった。

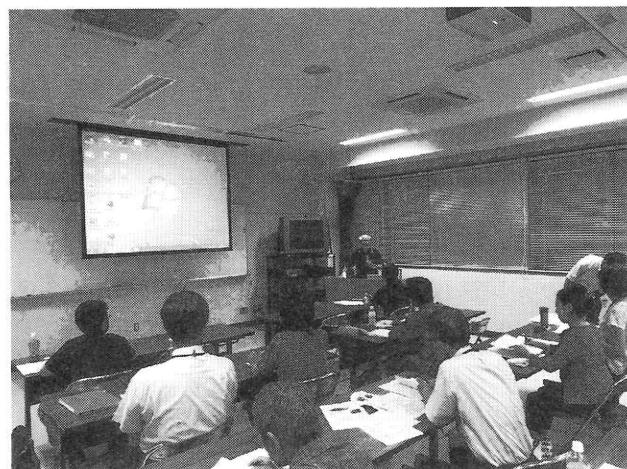
4班は、住民と行政の役割を、それぞれハード面、ソフト面に分類し、検討した結果として、まちづくり協議会が主体的に活動するのが有効であり、また、広報活動の重要性について話し合われた。

第3回（平成25年7月23日19:00～21:00）

「まちづくり活動の実際を学ぶ」

実際にまちづくり活動をしている団体の活動紹介として、池田星岡町内会長から、まちづくりに大切なことは、①ふるさとの自然をどう活かすか、②まちの企業とどう連携するか、③人をどう活かすかの3つであるとの説明があった。町内会だより、また各種の多様な（楽しい）イベントをとおして高齢者の健康状態などを把握することも大切であるとされた。次に北条地区まちづくり協議会の安藤事務局長から、「みんなでやろや」を合い言葉に飲みにケーションを行い、住民の参加を促したこと、キャラクターの作成や多彩なイベントを行い、住民同士の絆を深めたことが話された。

また、松山市からこれまで公民館を中心とした行政主導型であったが、今後は、住民主体型のまちづくりに転換しつつあり、松山市もまちづくり協議会と密接な関係維持していく予定であるとの現状報告があった。

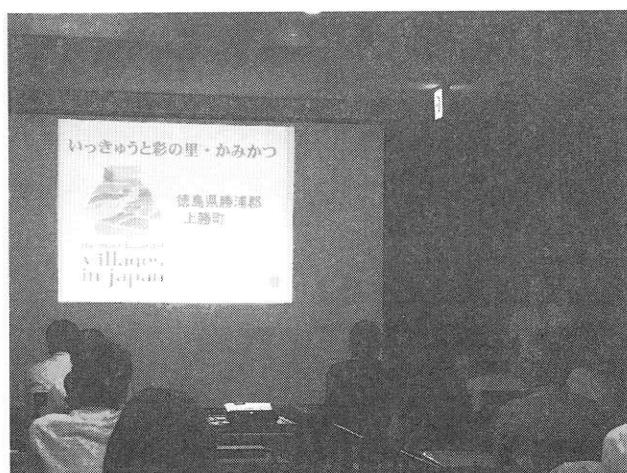


星岡町会長からの講演

第4回（平成25年8月28日7:00～19:15）

「先進地視察：徳島県勝浦郡上勝町」

J A出荷場において、南天などのつまものや出荷の準備を見学した。葉っぱビジネスには、400人程度登録していること、現地の食材を使った料理に、「つまもの」が使われていること、昼食後は、いろいろの取り組みや1Q運動について説明があった。特に葉っぱビジネスで年収1000万円の高齢者がいることには一同驚いた。



講義の様子

以下は、参加した本学学生の感想である。

徳島県上勝町は、高齢化率 49%，人口 1,900 人の四国一小規模の町である。松山から 4 時間、徳島市内から 1 時間、最初に訪れた JA 東とくしま上勝支所では“いろどり”事業で 27 年目となる葉っぱビジネスの商品集荷の様子を見学した。葉の大きさ、枝のつきかたなどを揃えてパック詰めされたいろどりの商品は美しく、生産者の方々の根気と丁寧さが伺えた。重量が非常に軽い商材であるため、生産者が高齢であっても出荷することが可能であり、年金受給世代が納税者となることは、ちいさな町にとって大変有意義なものである。後継者の問題を解消できればとの思いで引き受けるインターン生は年間 200 名。そのうちの多くが愛媛大学生であると知るとともに、今回、偶然にも関東に住む従姉妹（インターン生）に遭遇したことに大きな衝撃を受けた。この四国でいちばんちいさな町で、多くの同世代の仲間たちが、学び、気づき、経験しているということを実感した出来事であった。

私の住む伊予市には、4 万人もの人々が暮らしているが、若い世代は生活のうちの多くの時間を松山市で過ごしている。市民が消費活動を市内で行わないために、非循環型のスパイラルにのみこまれている。高齢化率は 28% といつても、上勝と比較すれば、人口の母数が多いために、若い世代が“すくない”と悲観するほどではない。ただ、上勝町のように「伊予市のここが魅力で、武器」などという意識は市民には浸透していない。伊予市のまちづくりは、まさにこれから世代である私たちが学び、考え、行動していかなければならないのだろうと、一步先行く上勝町の人々を前にそう感じた。

第 5 回（平成 25 年 9 月 10 日、19:00～21:00）

「まちづくりの先進事例の紹介」

新潟県上越市「地域協議会」の仕組みや課題についての、説明があり、地域協議会が提出した答申や意見が採択される可能性が低いことから、やる気を失う懸念があるとのことであった。

京都府南丹市美山町「地域振興会」のコミュニティの仕組みについて説明があった。住民が計画・立案・実行する取り組みに対して、行政が支援するまちづくりが展開されているとの説明があった。

その他、鹿児島県鹿屋市柳谷や高知県馬路村の取り組みについて、ビデオを見ながらリーダーの役割の重要性や女性や高齢者の関わりが大切であることを認識した。

第 6 回（平成 25 年 9 月 24 日 19:00～21:00）

「双海町の地域おこしについて」

「沈む夕日が立ち止まる町」下灘地区（双海町）の地域おこしを担っている、地域おこし協力隊富田敏氏から、イベントの概要や苦労話などユニークな話を聞くことができた。かつて日本一海に近い駅として有名になった下灘駅における写真コンテスト、下灘有名大作戦などのワークショップを開催し、演劇や紙芝居などを通して下灘地区の魅力を伝えたとの説明があった。

また双海特産品の開発、特に「はも」は愛媛県最大級の出荷量があり、素材を活かした、はもかつバーカーを婦人部の協力を得て販売するなど、収入増に貢献したことであった。スポーツ大会としては、下灘地区では、昔からバレー ボールを愛好する人が多いこともあり、下灘バレー ボールチームを結成し、交流を深めている。

平成24年4月に、まちづくり学校「双海人（ふたみんちゅう）」がスタート、ふるさとを愛し、たのしく学び、みんなが幸せになることを校訓として、高校生から80代ぐらいの高齢者まで幅広い年齢層の住民が参画している。また、子育てプロジェクトや移住プロジェクトを立ち上げ、空き家調査を行い、有効活用について検討しているとのことであった。住民と地域をつなげるのが、地域おこし協力隊の役目である。

第7回（平成25年10月8日19:00～20:50）

「地元学とは」

宮崎教授から「地元学とは、自分たちで地元にあるものを調べ、考え、地元にあるものを新しく組み合わせる力を身につけて、地域の元気をつくることを目的とした取り組みである。」、問題解決型の地域づくりと価値創造型の地域づくりを目指していくことの説明があった。また、まちづくりの進め方やまちづくり計画の手順について、説明があった。

第8回（平成25年10月14日9:00～14:30）

「清水地区まちあるき」

スケジュールの説明後、まちあるきのポイント（地域の魅力は何か？、まちづくりに活かせるものはないか？、安心安全なまちづくりのための障害・問題点はないか？）に関して、住民から聞き取りをしたり、写真を撮影しながら3班に分かれて、ルートを確認し、出発した。

午後は、地図づくりの以下の作業を実施した。
①班で感想を話し合う。
②写真を切り出す。

③地図に写真を貼り、説明を書き込む。



まちあるきの様子



班別発表の様子

第9回（平成25年11月5日 19:00～20:50）

「ミニまちづくり計画の策定①」

グループに分かれて前回のミニまちづくり計画の仕上げを行い、各グループごとに発表した。

第10回（平成25年11月19日、19:00～21:00）

「ミニまちづくり計画の策定②」

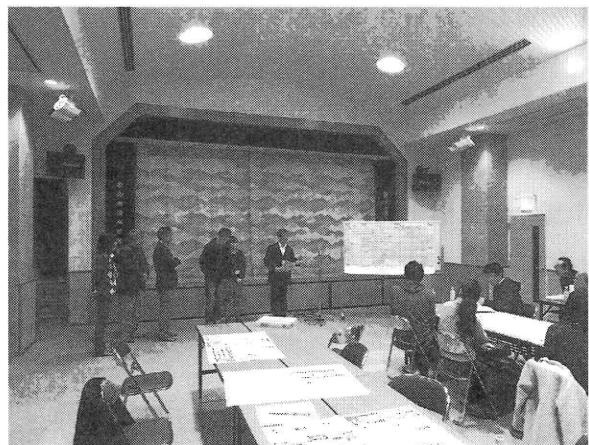
グループに分かれて前回のミニまちづくり計画の下記を仕上げを行った。

- ①目標・具体的な取り組みを決める。
- ②活動ごとに主体や役割分担を考える。
- ③表にまとめる。

第11回（平成25年12月3日、19:00～21:00）

「ミニまちづくりの発表及び閉講式」

清水公民館において、清水地区まちづくり協議会役員の皆さんに同席していただき、各班からミニまちづくりのプログラム発表を行った。役員から「若い力を今後のまちづくりに活かしたい。行政との関わりなど難しい点もあるが、上手く要望していくみたい。ゴミ問題や川の美しさに気を付け、ホタルを守っていきたい」との話をいただいた。



各班の発表（清水公民館）

－修了証書の授与－

－講師総括－

－主催者挨拶－

3 地域コミュニティづくり調査

以下のような項目についての調査を行い、地域コミュニティづくり及び地域コミュニティの活性化の方策について検討した

(1) 長野市の都市内分権について

自分たちの地域は、自分たちでつくる「地域」と住民自治を支援する「市役所」が協働し、地区住民が望むサービスの提供が可能となり、結果として市民の満足度が高まることとなる。財政支援としては、平成25年度2億9,326万円の地域いきいき運営交付金を交付している。また繰り越しも3割以内であれば、可能であり、使途を限定しない柔軟な運用が可能となっている。（事務局人件費も支出）結果として安定した運営がなされているとのことであった。（長野市及び住民自治協働会の協働に関する条例や年度協定書を締結している。）長野市としても、地域の独自性・地域性から住民主体の運営をお願いし、市側は、新しい公共サービスの担い手としての立場が取れる、Win・Winの関係が築けているとのことであった。

COZY Project

障害児者の精神的負荷を低減し主体的反応を促進する物理的環境の開発

愛媛大学教育学部准教授

苅 田 知 則

愛媛大学教育学部講師

樺 木 暢 子

五大エンボディ株式会社代表取締役

佐 藤 忠 弘

COZY Project とは

Cozy (コーディー) とは、英語で家や居場所が「居心地がよい」・「気持ちのよい」、人などが「思いやりのある」、雰囲気が「くつろいだ」、といった意味を表す。Cozy Project は、①日常生活空間の中で、様々な要素技術を用いて「非日常空間」を創出する、②個人の価値観を重視する、③障害当事者参加型の「積極的快適」環境をデザインすることを目的とし、2002年から五大エンボディ株式会社が起ち上げたプロジェクトである。同社は、知的障害をもつ方を対象とした各種支援機器やソフト類を開発し、自立・生活・就労支援に取り組む過程で、自立支援と同等の重みをもって、障害の有無に関らず、その人らしさを生き活きと發揮できる、精神のリラクセーションと活性が得られる環境が必要とされていることを認識し、当該プロジェクトを開始した。

さらに 2005 年から京都精華大学表現研究機構との産学連携プロジェクトとして新たなスタートをし、様々な Cozy Art を制作するとともに展覧会も行ってきた。2006 年からは、本学と共同研究契約を締結し、COZY Project 製品の評価や新たな製品の開発等を開始した。

プロジェクトの背景

COZY Project と同様の概念・理念の取り組みとしては、オランダで考案された「スヌーズレン (Snoezelen)」が臨床的には知られている^[1]。スヌーズレンとは、「すべての感覚を統合させるために適度の刺激を与え、楽しみながら感覚を自分のものにしていくプロセス^[1]」と捉えられており、リラックス用のホワイトルーム、音楽療法用のミュージックルーム、遊技・運動用のアクティブルーム等、様々な感覚刺激を提供する部屋をそれぞれ用意する。すなわち、障害児者自身が、自らの嗜好に合わせて環境・感覚刺激を選択し体験することで生理的ストレス反応や問題行動が低減すると考えられる。ただし、本邦では、施設等の制限等から、ホワイトルーム、ブラックルームのみをスヌーズレンとして取り扱う場合が多い。また、スヌーズレンの導入効果については、世界的に科学的根拠が一致していない^[2]。確かに、Takeda et. al. が、重症心身障害児者を対象に快ストレスと生理反応（唾液中のアミラーゼ活性量と心拍）との関連を検討しており、統制条件に比べ、スヌーズレンセラピー中のアミラーゼ活性量と心拍数が有意に低下している（リラックスしている）ことを示した研究などもある^[3]。しかし、Takeda らのアプローチには、専門スタッフによる手技（筋緊張や姿勢の管理等）も含まれており、空間そのものが持つ心理的影響とは言えない。また、日本の教育・福祉関連施設においては、スヌーズレンのように様々な感覚刺

激を提供する部屋を複数用意することはもちろん、一つの部屋を常時リラクセーションのためだけに割り当てることすら難しい場合が多い。こうした本邦の現状を鑑みると、スヌーズレンの概念や設備をそのまま導入することは現実的ではない。

五大エンボディ株式会社も、京都精華大学表現研究機構との共同研究において、COZY Art 作品を数多く作成していたが、スヌーズレン同様に常時リラクセーションのためだけに使用する部屋があり、その部屋の中に製品群を展示することを想定しており、本邦の家庭や施設事情にフィットしていなかった。そのため、本学と五大エンボディ株式会社との共同研究を開始するにあたり、ユーザー（障害児者、家族、及び支援者）のニーズにフィットする COZY Project 製品を選定するとともに、部屋が多目的に使われることを前提として、障害児者の精神的負荷を低減し主体的反応を促進するリラクセーション空間を提案した。

研究内容、及び成果

本学と五大エンボディ株式会社との共同研究において、本邦の家庭・施設の現状にあわせて、収納できるリラックス空間を提案した。当該提案を受けて五大エンボディ株式会社がデザインし、COZY Room や Kakurenbo として製品化した（図1、図2参照）。COZY Room の効果を評価するために、知的障害児等の多様な障害児が利用する福祉施設において、実証研究を行ってきた^[4]。信頼関係が構築され日常的に接する職員であれば、行動観察等から、担当する子ども達の快・不快は判断できるが、喜怒哀楽等の詳細な心的状態までを把握・推測することは困難であることから、より客觀性の高い生理反応（唾液中のアミラーゼ活性量、鼻部皮膚温、心拍等）を指標として、障害児の心的状態の変化を測定する調査を行った。その中でも特に観察したイベントと測定値とのタイムラグが短く、測定も簡便である唾液中のアミラーゼ活性量を用いて、1群事前事後テストデザインに基づいた評価実験を行ったところ、COZY Room 体験前に比べ、体験後のアミラーゼ活性量が有意に低下しており、COZY Room が障害児に対してリラクセーション効果を持つことが示された^[5]。

なお、その後の研究から、障害種別、及び COZY Room 内で提示する刺激によって、対象児の反応が異なる（リラクセーション効果が異なる）ことも明らかになっている。これらの研究成果の一部は学術雑誌に投稿中であるため、本稿では具体を示すことは控えたい。ご了解いただきたい。

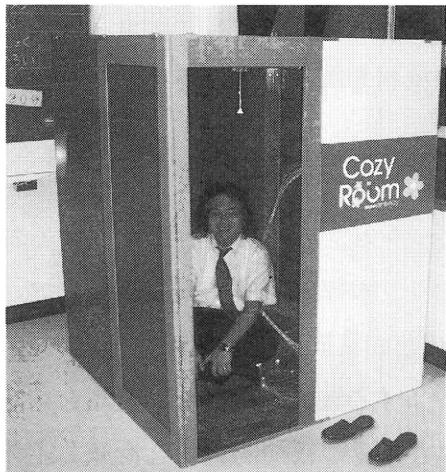


図1 収納可能なりラックス用の空間ユニット: COZY Room mini



図2 収納可能な空間ユニット : Kakurenbo

また、COZY Art 製品の評価や COZY Room の開発・評価に関わる共同研究によって構築した信頼関係から、本学内の競争的資金である研究開発支援経費 萌芽的研究（平成 20～21 年度）、愛媛大学产学連携促進事業・産業シーズ育成（平成 23 年度）を得て、著者らが開発した「発達障害児・者を支援する声量フィードバック装置(ボイス・ルーラー)」を同社に技術移転し、COZY Project 製品として製品化されるに至った（図 3 参照）。更に、声量を表示する機能をスマートホンで利用できるように開発した iOS アプリも同社に技術移転されており、近々公開される予定である。



図3 声量フィードバック装置（声のものさし：ボイスルーラー）

今後の展望

本共同研究は、既存のシーズを組み合わせた技術の開発とビジネス化を目的としている。シーズ開発の観点からは新規性は低いと判断されるかもしれない。一方で、「シーズ優先の開発」によって生み出された製品の多くは、ユーザーに受け入れられず、使われることなく消えていく事実もある。説明書等を確認して「いつか使おう」と考える技術は、いつまでも使われることはないが、「今使ってみよう」と感じる技術は、誰でもすぐに使おうとするし、実際に使われ続ける。その意味で本共同研究においては、「生活者としてのユーザーを支えるニーズ優先の開発」へのパラダイムシフトを図る開発を行っていると言っても良いだろう。著者らは、本共同研究を通し

て「ユーザー中心・ニーズ志向型社会（User Centered / Needs Oriented Society; UC/NOS）」「最小・最適な支援で自立した生活ができる社会」「誰もが『できる』と感じる社会」の実現に寄与したいと考えている。

一方で、開発・評価した製品が市場で受け入れられ、着実にビジネスとして成立することも大事である。便利で必要不可欠な技術としてユーザーに受け入れられたにもかかわらず、採算が合わないために製造・販売が中止となったものも多い。今後も、本共同研究において、ユーザー中心・ニーズ志向型の COZY Project 製品を開発するとともに、その効果について科学的根拠を示していきたい。

引用文献

- [1] 河本佳子：スウェーデンのスヌーズレン-世界で活用されている障害者や高齢者のための環境設定法；新評論，（2003）。
- [2] Hogg. J., Loretto Lambea J.C., & Smeddle M.: The use of 'Snoezelen' as multisensory stimulation with people with intellectual disabilities: a review of the research; Research in Developmental Disabilities, 22(5), 353-372, (2001).
- [3] Takeda, K., Watanabe, M., Onishi, M., Yamaguchi, M.: Correlation of salivary amylase activity with eustress in patients with severe motor and intellectual disabilities; Japanese Journal of Special Education, 45(6), 447-457, (2008).
- [4] 荏田知則：重症心身障害児はリラックス空間を認識しているか？：-支援技術を用いた能動的表出行動を促進するための基礎的研究-；教育情報研究, 27(4): 3-15 (2011).
- [5] 荏田知則：障がい児のためのカームダウン環境（COZY Room）の開発・評価；ヒューマンインターフェース学会論文誌, 11(4), 19-28 (2009).

無頸類ヤツメウナギを用いた脊椎動物の脳進化に関する研究

愛媛大学理工学研究科准教授

村上 安則

理化学研究所CDBグループディレクター

倉谷 滋

研究目的

脊椎動物は地球上の様々な環境に棲息しており、様々な形態を進化させてきた。そして、動物にとってあらゆる生理機能の中核として働く脳は、種分化の過程で外部形態に合わせるかのように様々な形態に進化している。しかし、こうした多様性の獲得が見られる一方で、動物の系統で進化的に保存されている形態も存在している。このことはつまり、脊椎動物の脳は多様性を持つつも、進化の過程で変更されなかった保守的な要素も備えていることを示唆している。このような脳システムはいかにして進化してきたのか？進化発生学的には、脳の進化とは「脳をつくる発生メカニズムの確立とその変遷」と捉える事ができる。つまり脊椎動物を生み出した系統である脊索動物において脳を作り出す発生機構が確立されて以来、脊椎動物はそれを堅持しつつも、遺伝子の重複や発現領域の変化などにより発生プログラムを改変し、形態進化に歩調をあわせるように脳形態を多様化してきたと考えられる。そこで本研究では脊椎動物の脳がいかにして進化してきたのかという問題を解くため、脊椎動物の進化の初期に分岐した円口類ヤツメウナギの胚を用いて、神経ラベリングや遺伝子の発現機能解析を行い、その脳が持つ発生機構を明らかにすることを目的とする。

研究内容

円口類ヤツメウナギを人工授精させて受精卵を採取し、実験室にて発生させ、得られた胚を用いて、神経トレーサーを用いた神経ラベリングや脳発生に関わる遺伝子のクローニングと発現解析、機能解析を行って、上記の動物の脳領域の発生期関わる機構を明らかにし、それをマウス等の動物と比較することで、脳がどのように進化してきたのかについて考察を行う（図1）。

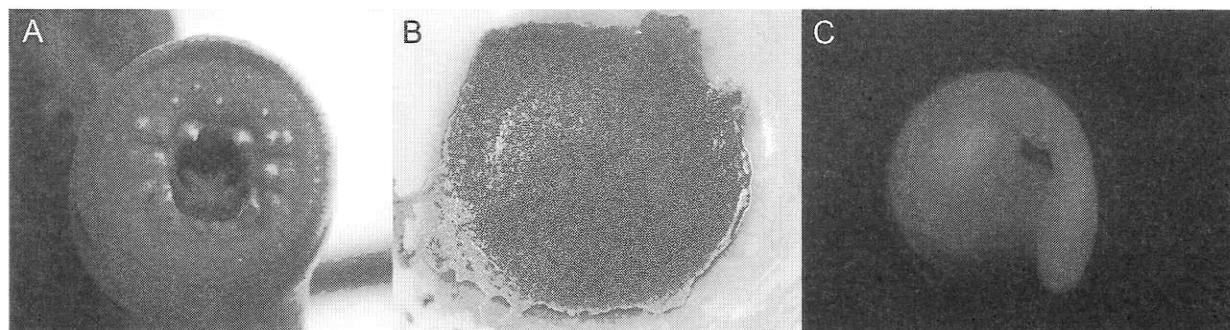


図1 実験に用いたヤツメウナギ（カワヤツメ *Lethenteron japonicum*）

A 成体の口器、B 採取した受精卵、C ヤツメウナギ胚

研究結果と考察

1. ヤツメウナギの終脳発生機構の解析

脳の中でも最も前端に位置する終脳（大脳）は、様々な感覚情報が集約され、それを基に適切な行動出力を行うために極めて重要な中枢として機能している。脊椎動物の系統で初めて終脳を獲得したのは円口類を肇とする無顎類のグループである。したがって円口類ヤツメウナギの終脳の発生を詳細に解析すれば、終脳を作り上げる仕組みが進化の過程でいつ確立されたのかを明らかにすることができます。そこで、マウス等で終脳形成に関わる遺伝子の相同物をヤツメウナギでクローニングし、その発現パターンを解析すると共に、一部の遺伝子については機能を阻害する実験を行った。その結果、哺乳類の終脳発生、特に終脳で高次中枢となる背側の領域（外套）に関わる四つの遺伝子 (*Pax6*, *Emx2*, *CoupTF1*, *Sp8*) のうち、ヤツメウナギの終脳（外套）では *Pax6*, *Emx2*, *CoupTF1* の相同遺伝子は他の脊椎動物と同様のパターンで発現しているが、*Sp8* 相同遺伝子の発現が見られないことが判明した（図 2）。

Sp8 は *Fgf8* というシグナル分子によって活性化されることが知られているため、ヤツメウナギ胚を *Fgf* シグナルの阻害剤で処理したところ、ヤツメウナギ胚の外套には *Fgf8* の発現が見られないにもかかわらず他の脊椎動物に見られる場合と同じように遺伝子の発現変化が生じる事が判明した（図 3）。したがって脊椎動物の脳進化の過程では、*Fgf8* や他の遺伝子が関わる遺伝子制御機構はすでに確立していたが、進化の過程で終脳の外套に *Fgf8* の発現ドメインが付加されたことで、現在のマウス等に見られるような終脳形成機構が確立された可能性が示唆された。

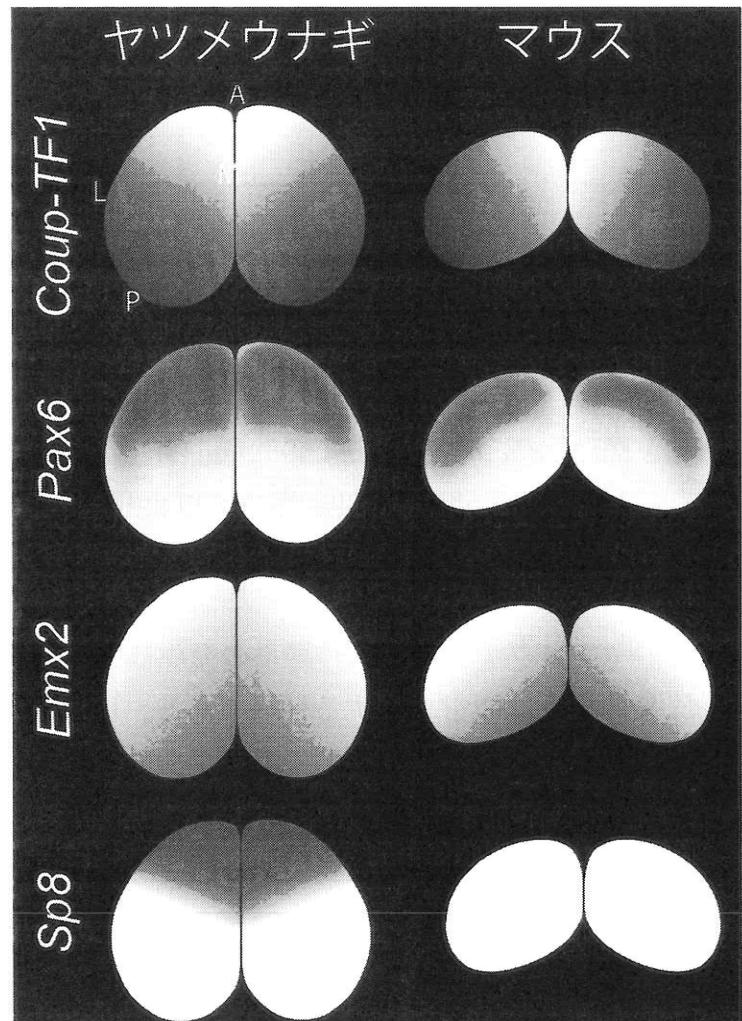
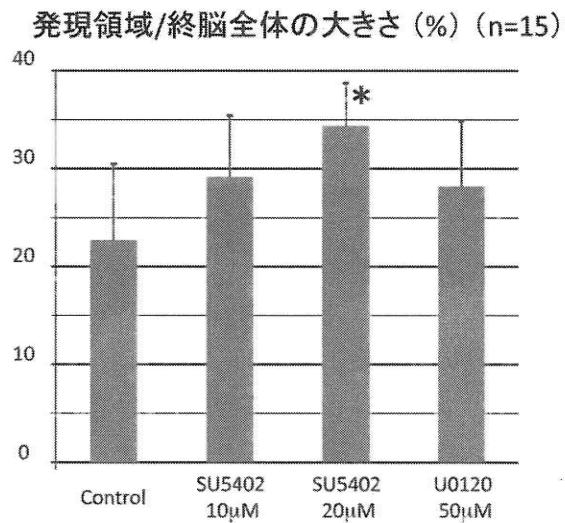
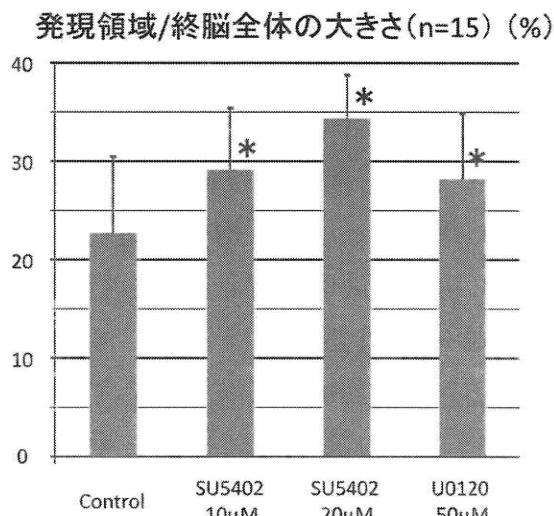


図2 マウスとヤツメウナギの終脳背側(外套)における遺伝子発現の模式図。ヤツメウナギではSp8の発現が見られない。



Coup-TF1の発現領域の変化



Emxの発現領域の変化

図3 ヤツメウナギ胚でのFgf阻害剤 (SU5402、U0120) 処理による終脳背側 (外套) での遺伝子発現の変化。ヤツメウナギ胚でもFgfシグナルの阻害によって他の脊椎動物と同様にCoup-Tf1遺伝子とEmx遺伝子の発現が変化している。

2. ヤツメウナギの三叉神経系の発生機構の解析

三叉神経系は顎を支配する神経である。円口類ヤツメウナギには顎がないため無顎類と呼ばれる。一方で、円口類の系統が分岐した後に派生したグループは顎口類（有顎類）と呼ばれる。現世の脊椎動物のほとんどは顎口類であるため、顎の獲得は脊椎動物の適応放散において極めて重要であったと考えられる。こうした顎進化に伴い、それを支配し制御している三叉神経系にはどのような進化的改変がなされてきたのかは極めて興味深い問題である。そこで、ヤツメウナギ胚の三叉神経を神経トレーサーで標識し、その軸索の脳における局在について詳細に解析した。三叉神経の第二枝（顎口類の上顎枝に相当）と第三枝（顎口類の下顎枝に相当）をそれぞれラベルした結果、ヤツメウナギの第二枝と第三枝は、脳（延髄）の特定の場所に投射しており、ヤツメウナギでも顎口類に見られるような三叉神経の局在が見られることが判明した（図4）。ただしその局在様式は顎口類で見られるものとは異なっていた。このことから、以下の二つの可能性が考えられる。1) 三叉神経系の軸索を脳の特定の場所に局在させる仕組みは脊椎動物の共通祖先の段階で確立していた。2) 三叉神経の脳への接続様式は顎の進化の過程で大きく変更してきた。この例に見られるように、脊椎動物の神経系は動物の外部形態の多様化にリンクするように進化してきたと考えられる。

ヤツメウナギ胚の脳（延髄）の断面

吻側 ← → 尾側

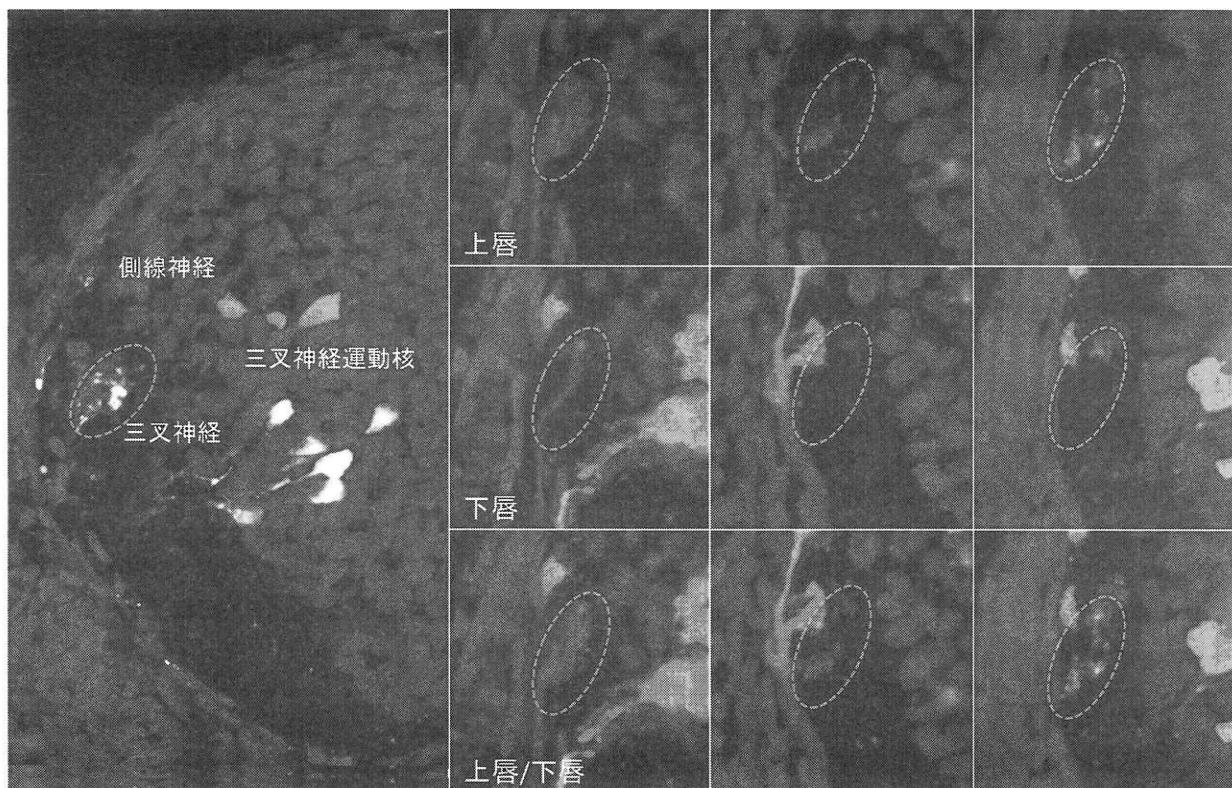


図4 ヤツメウナギの三叉神経軸索の延髄での局在

ヤツメウナギの上唇（三叉神経の第二枝が支配）と下唇（第三枝が支配）に神経トレーサーをインジェクションし、神経軸索をラベルした。それぞれの枝の軸索は延髄の特定の場所に入力している。

今後の展開について

今後はモルフォリノ等を用いた機能阻害実験を行う事によりヤツメウナギ胚を用いた機能解析をさらに進め、終脳の神経発生機構を明らかにしていくと共に、最近明らかになったヤツメウナギゲノムの情報を基に終脳の進化に関わる発生システムの変遷について明らかにしていく必要がある。

手術器械の個体管理と照合による 手術部看護師の業務移譲の可能性検証

愛媛大学医学部附属病院医員 吉川 武樹
愛媛大学大学院医学系研究科准教授 木村 映善
愛媛大学大学院医学系研究科教授 石原 謙
株式会社パルソフトウェアサービス 赤松 香里

1.はじめに

手術部は人的集約性が最も高い場所でありながら、情報技術の援用による安全性の確保と効率化が遅れている部分である。近年、手術件数は増加し、手術技法も複雑化する傾向であり、安全かつ効率的な器械管理が望まれている。器械管理にあたって、バーコードやRFID(Radio Frequency Identification)等の個体識別技術による個体管理が望まれていたが、導入困難であった。導入困難であった理由の一つに、個体識別をするための部品が洗浄・滅菌処理による汚損・破損への耐性を有しなかったことがあげられる。一方、近年に洗浄・滅菌処理に耐えうるRFIDが開発されたことで、RFIDタグ(以下タグ)を援用して手術器械を個体管理することが可能になった。しかしながら、手術器械の管理業務を手術部看護師以外に移譲することができなければ、冒頭にあげた手術部の人的集約性が高いという課題を解決することができない。本研究では、個体管理技術の援用下での器械管理作業に対する当該作業経験年数の影響を明らかにし、業務の移譲可能性を検討する。

2.方法

(1)手術器械の組立て作業

愛媛大学医学部附属病院(以下、当院)では各手術後に、手術部看護師が手術で使用したメスやハサミ等の手術器械を洗浄機や手作業で洗浄する。洗浄後は事前に作成した必要器械リスト(Fig.1)に従って、次回手術で必要な器械を滅菌コンテナに入れる。この作業を組立て作業という。組立てが完了した滅菌コンテナごと滅菌器で滅菌を行った後に、滅菌コンテナ単位で保管する。

(2)器械へのタグ取り付け

今回使用する器械に滅菌可能なタグ(KRDコーポレーション社製)を溶接により取り付ける(Fig.2)。タグ付属の器械をリーダに載せてID情報を読み込ませることで、器械を一意に識別する(Fig.3)。

(3)器械管理システムの作成

当院手術部の器械管理に関わる業務を分析し、器械の管理と追跡に必要な情報を検討した。パルソフトウェアサービスの協力のもと、器械管理システムの仕様策定と設計を行った。RFIDから読み取れるID情報と器械の名称や種類とを紐付けるマスタを作成した。RFIDタグリーダからタグを読み込んだ時に、本マスタを利用して対象の器械の名称を表示する。また、従来の必要器械リストを電子化した(Fig.4)。作業者がRFIDタグリーダにタグ付き器械を載せるとポップアップ画面が表示される(Fig.5)。ポップアップ画面には読み込まれた器械の名称・本数と必要機械リストとの照合結果が表示される。この作業を繰り返して必要機械リストとの照合を行うことで、組立ての確認を行う。

(4)システムを用いた手術前準備段階での組立て作業時間の計測

器械の照合作業は手術部での各段階で発生し得るが、今回は手術前準備段階に焦点をおいて検証した。器械組立ての被験者は経験者群(n=5)と未経験者群(n=5)に分けた。各人それぞれ本ソフトウェアを用いて、組立ての練習後、3回ずつ作業完了までの時間を計測した。

3. 結果と考察

経験者群と未経験者群の組立て時間には統計的な有意差は見られなかった(Fig.6)。すなわち、本システムを利用した組み立てにおいては、組み立て時間は作業経験年数には依存しないであろうことが確認された。各人とも間違いない組立て作業を完了できた。器械に関する知識を有しない未経験者であっても本システムを用いることで、経験者より時間がかかったとしても、組立て作業を独立して行える可能性が示唆された。現在主に組立てを行っている手術部看護師から、例えば用務員等の別のスタッフへと組立て業務の移譲を行い、手術部看護師の作業負担を軽減できることが期待される。

本研究ではシステムの手術前準備段階での評価を行ったが、手術中や手術後においても本システムを使用することで、器械の使用履歴の記録や、数の整合性の保証を行うことができるようになり、より安全かつ効率的な器械管理を実現することが期待される。今後は、手術器械管理業務の全ての段階において本システムの評価を行い、全体的な評価を確定させたい。

形成外科基本セット

器械名	数量	器械名	数量
メスカッター No.3	2	形成用單撮鉗 BoG	2
フレージャー吸引噴管 No.3	1	形成用單撮鉗 極小	4
吸引噴管 耳鼻科用 大	1		
		京大式舌圧子	1
布被子 銘	4	エレガラスハシグマ	1
コーム 14cm 曲	2	メジャー 10cm	1
モスクートヘアpin 形成用 曲	10	柔軟式形成圧ベラ 小	1
ペン 14cm 曲	2	柔軟式形成圧ベラ 中	1
ヘガード持針器 12cm	2	柔軟式形成圧ベラ 大	1
UL&L持針器 US-3012-AS	2		
氣挿り持針器 短	2	シャーレ	2
		消毒用シャーレ	1
クーパー 14cm 曲	1	ビットキー 200ml	1
メッシュバーム 14cm	1	ビットキー 500ml	1
シグマ直剪刀 12cm	1	綱糸 中	2
シグマ曲剪刀 12cm	2	糸杯	1
吸引用剪刀 短 鋸	1		
消毒用刮子	2		
グレーフェ縫子	2		
アトソン縫子 形成用 無鉤	2		
アトソン縫子 形成用 有鉤	1		
マッカンドー縫子 無鉤	1		
マッカンドー縫子 有鉤	1		
田島式扁平鉗	2		
田島式二爪鉗	2		
田島式三爪鉗	2		

Fig.1 必要器械リスト

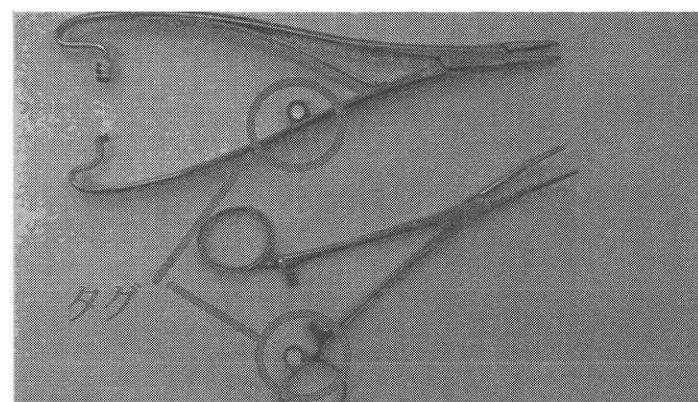


Fig.2 減菌可能なRFIDタグを取り付けた手術器械

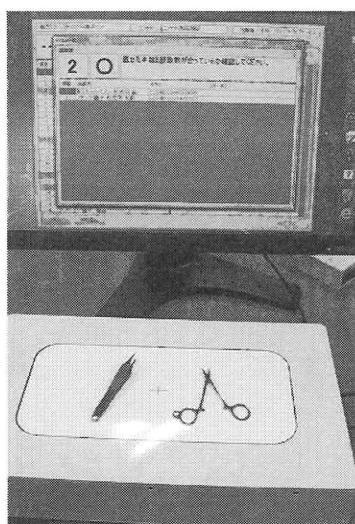


Fig.3 リーダによるタグの読み取り

機器名	数量	機器名	数量	機器名	数量	機器名	数量
1. メスカッター No.3	2	31. 形成用単撮鉗 BoG	2	39. エラスハシグマ	1	47. フィルム 15cm	1
2. フレージャー吸引噴管 No.3	1	32. 形成用単撮鉗 細小	4	40. 京大式舌圧子	1	48. ピッチャー 200ml	1
3. 吸引噴管 耳鼻科用 大	1	33. 吸引噴管	1	41. メジャー 10cm	1	49. ピッチャー 500ml	1
4. 布被子 銘	4	34. 布被子	1	50. 柔軟式形成圧ベラ 小	1	50. 綱糸 中	2
5. 布被子 銘	4	35. 布被子	1	51. 柔軟式形成圧ベラ 中	1	51. 綱糸 大	1
6. コーム 14cm 曲	2	36. ハサミ	1	52. ハサミ	1	52. 糸杯	1
7. モスクートヘアpin 形成用 曲	10	37. ペン 14cm 曲	2	53. ハサミ	1	53. 気挿り持針器 短	2
8. ペン 14cm 曲	2	38. ヘガード持針器 12cm	2	54. ハサミ	1	54. 消毒用シャーレ	1
9. ヘガード持針器 12cm	2	39. UL&L持針器 US-3012-AS	2	55. ハサミ	1	55. 消毒用シャーレ	1
10. UL&L持針器 US-3012-AS	2	40. 気挿り持針器 短	2	56. ハサミ	1	56. 消毒用シャーレ	1
11. 気挿り持針器 短	2	41. メジャー	2	57. ハサミ	1	57. 消毒用シャーレ	1
12. 消毒用シャーレ	1	42. 消毒用シャーレ	1	58. ハサミ	1	58. 消毒用シャーレ	1
13. クーパー 14cm 曲	1	43. ピッチャー 200ml	1	59. ハサミ	1	59. 消毒用シャーレ	1
14. メッシュバーム 14cm	1	44. ピッチャー 500ml	1	60. 綱糸	2	60. 消毒用シャーレ	1
15. シグマ直剪刀 12cm	1	61. 綱糸	1	61. 水素ガス	1	61. 消毒用シャーレ	1
16. シグマ曲剪刀 12cm	2	62. 綱糸	1	62. 水素ガス	1	62. 消毒用シャーレ	1
17. 吸引用剪刀 短 鋸	1	63. 綱糸	1	63. 水素ガス	1	63. 消毒用シャーレ	1
18. 消毒用刮子	2	64. 綱糸	1	64. 水素ガス	1	64. 消毒用シャーレ	1
19. 消毒用刮子	2	65. 綱糸	1	65. 水素ガス	1	65. 消毒用シャーレ	1
20. グレーフェ縫子	2	66. 綱糸	1	66. 水素ガス	1	66. 消毒用シャーレ	1
21. アトソン縫子 形成用 無鉤	2	67. 綱糸	1	67. 水素ガス	1	67. 消毒用シャーレ	1
22. アトソン縫子 形成用 有鉤	1	68. 綱糸	1	68. 水素ガス	1	68. 消毒用シャーレ	1
23. マッカンドー縫子 有鉤	1	69. 綱糸	1	69. 水素ガス	1	69. 消毒用シャーレ	1
24. マッカンドー縫子 無鉤	1	70. 綱糸	1	70. 水素ガス	1	70. 消毒用シャーレ	1

Fig.4 電子化した必要な器械リスト

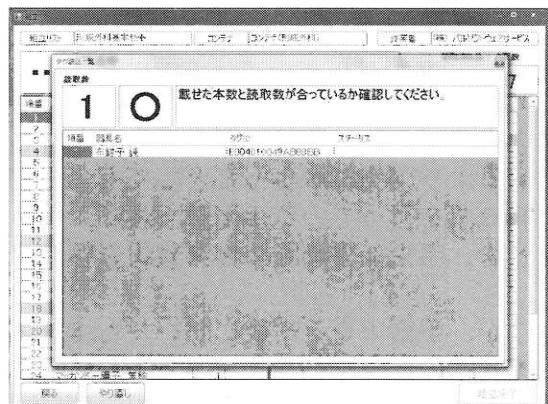


Fig.5 器械の認証

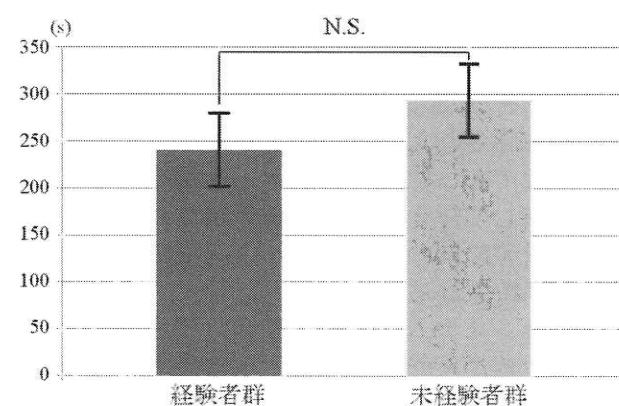


Fig.6 組立時間の比較

特定機能病院における血液製剤の使用状況分析

愛媛大学大学院医学系研究科准教授 木村映善
愛媛大学大学院医学系研究科教授 石原謙
NTTデータ 安藤文彦

緒言

わが国では総量規制に基づく血液適正使用への誘導が実施されてきた。それでも国際的にみてわが国は依然として使用量の多い群に属しており、さらなる改善が要請されている。効率的な総使用量の抑制には、使用量の大きい領域から検討を進めることが常道である。経済面、臨床面のいずれを論じるにも、複数の医療機関にまたがって、症例ごとのアルブミン使用について考察した研究はまだ少なく、特にDPCを利用した分析事例は殆ど存在しない。本研究では特定機能病院のデータを用い、アルブミン製剤使用の全体像の分析を通して、DPCの利用可能性の検討と課題について報告する。

対象および方法

医療情報統計プラットフォーム(CISA: Clinical Information Statistical Analysis)に参加している12施設がCISAに提出している医療情報に対して調査した。12施設はいずれも600床以上を有する大学附属病院である。CISAは各施設から提出されたDPCの様式1ファイルとレセプトデータをベースに独自の診療報酬請求情報のデータベースを構築している。個人情報保護の観点から、CISAは参加機関を含めた全ての利用者に対して、原データを一切開示しない方針を探っている。データ利用を希望する場合は、研究要旨、抽出条件、統計処理方法をCISAに提出する。承認されれば、集計結果を受領できる。2008年4月1日から2012年3月31日の4年間に退院したDPC症例を対象に、診療報酬請求情報からのアルブミン、Fresh Frozen Plasma(FFP)の請求情報を抽出した。

血液製剤の抽出条件は、ATCコード(Anatomical Therapeutic Chemical Classification System:解剖治療科学分類法)に対応した医薬品コードを使用し、人血清アルブミンに分類される薬剤を対象とした。アルブミン使用状況を分析するために、5%製剤(等張アルブミン製剤)と20%・25%製剤(高張アルブミン製剤)別に集計した。統計解析は統計処理ソフト“R”を使用した。p<0.05を以って統計的有意差があるとした。調査期間中の比較はKruskal-Wallis検定を使用した。

結果

調査期間中の12施設におけるアルブミン使用症例は、退院時DPC付与患者は22338症例であった。調査対象期間において、入院あたり平均使用量および総使用量の相違に有意差が無いという仮説は否定できなかった(p=0.8668, 0.5751)(図1左上・右上)。

平均在院日数(平均±SD)は34.05±2.53(2008年)から32.04±2.74(2011年)へと減少傾向、症例数(平均±SD)は420±104.81(2008年)から507.92±111.77へと増加傾向だが、同様に有意差が無いという仮説は否定できなかった(p=0.2092, 0.2292)(図1左下・右下)。

考察

1. 全体的な傾向への考察

アルブミンの総使用量は増加傾向にあるが、平均使用量に有意な変化は観察されなかつたため、アルブミン使用症例数の増加に伴う総使用量増加と考えられる。平均在院日数は短縮傾向が伺えるものの、有意差がないという仮定は否定されなかつた。総じてアルブミン使用実績があるDPC症例において、12施設における取組みの結果は統計的に有意な変化として出でていないと考えられる。

2. レセプトデータに基づく解釈の課題

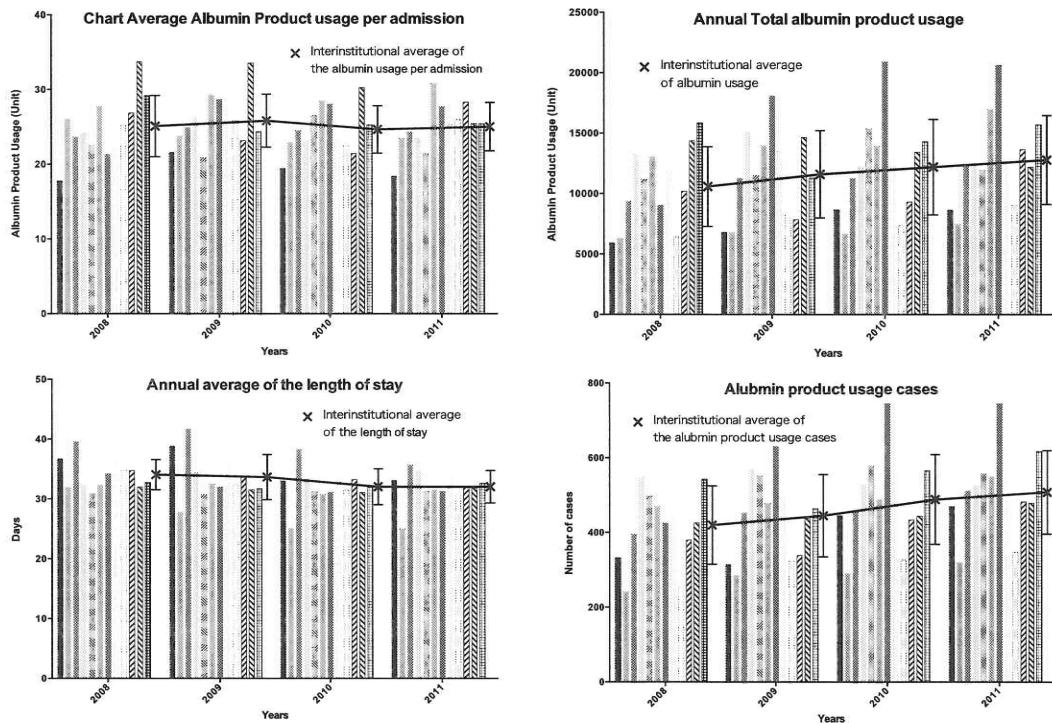
レセプトデータをもとに構成された医療情報をもとに、処方量を医薬品収載単位の整数倍で集計

している。しかし、一部施設（処方レコード数ベースで 0.5%）で実処方量での算定をしているケースがみられた。また、血液交換療法時の FFPについて、血液交換療法が算定された日の FFP 使用量で計算しており、夜間開始時の算定や、同一日の血漿交換以外での FFP 使用など、実態と異なる可能性がある。今後は実際の使用量に基づいた届出データとの比較を通じた診療請求情報による分析の信頼性の検証が必要である。

3.DPC を用いた分析について

これまでに血液製剤の使用量を分析し、血液製剤の医療費に占める割合や消費量の多い症例を特定する研究がおこなわれてきた。翻って国内でも DPC を利用した分析や多施設間比較を通じた予測モデル構築の試みられている。今後は総量規制に代わり診断群分類ごとの臨床評価指標に基づいた評価手法を開発することが重要であると考える。本研究は使用状況を概括し、診断群分類ごとの詳細な個別検討に向けた出発点として位置づけられる。一方、診断群分類ごとの詳細分析に進むにあたり、様々な制約があることが判明した。DPC データに加えて周術期と回復期のステージを把握するための ICU/HCU 入退室履歴を含む転棟転科履歴、併存する傷病名、適応判断のためのアルブミン・PT・aPTT 値等の検査結果の情報を電子カルテから収集することが必要であると考える。

図1 施設間のアルブミン使用状況比較



LR-AKE 認証と秘密分散を組み合わせた 安全な医療情報共有の試み

愛媛大学大学院医学系研究科准教授	木 村 映 善
愛媛大学大学院医学系研究科教授	石 原 謙
四国メディコム株式会社	黒 田 卓 爾
BURSEC 株式会社	齊 藤 匠 人
BURSEC 株式会社	中 登 義 仁

1.背景

広い年齢層の利用者が容易に利用可能でありながら安全性の高い認証方法と、個人情報漏えい等に配慮した安全性の高い医療情報共有システムを提供することは、EHR や地域医療連携システムが普及するための必要条件である。

平成 23 年度から実施されている愛媛県地域医療再生計画において、当院の愛媛大学地域救急医療学講座から「小児先天性心疾患患者に対する地域医療連携システム」の構築を要請された。この要請の背景は、小児科患者をかかりつけ医に戻したあとのフォローアップを拡充するためである。新生児、幼児期に当院で手術を行った先天性心疾患の患者は、退院後に地元の主治医に紹介されたあと、定期的に当院も受診する。しかし、当院での主治医による治療内容の変更や再入院時の情報が、かかりつけ医に共有されることは少なく、患者は当院の主治医に依存する傾向があった。そのため、かかりつけ医にも治療経過の情報が共有できる仕組みが望まれていた。しかしながら、このかかりつけ医達は地域医療連携のための専用のネットワークや端末を有してはいない。そこで、かねてより検討を進めていた SSL-VPN の認証の安全性を高める LR-AKE 認証と秘密分散技術を併用することで、これまで以上に安全性を確保しつつ、かかりつけ医にも簡単に利用いただけるような仕組みの開発を着想した。

2.方法

2.1 ネットワーク構成

院外から医療情報公開用サーバへの VPN 接続を受ける SSL-VPN ルータを設置し、VPN ルータの DMZ セグメントに認証用の RADIUS サーバと LR-AKE 認証サーバを設置する（図 1 右上）。SSL-VPN の LAN セグメント側に医療情報を公開する管理サーバと秘密分散されたファイル群の保存先である割符サーバを設置する。本来、ファイルの安全性は秘密分散によって保証されているので、割符サーバは公開されたクラウド上に設置しても支障がないものであるが、検証段階であるため敢えて愛媛大学附属病院の内部に設置している。そして LAN セグメントと電子カルテシステムが稼働している附属病院ネットワークとの間にファイアウォールが設置されている。SSL-VPN の利用者は附属病院ネットワーク内部に入ることはできない。

2.2 SSL-VPN と LR-AKE の組み合わせの選択

クライアントのセットアップの容易さから SSL-VPN は広く使われているが、認証情報の漏洩リスク、IPSec に比較しての上位レイヤでの脆弱性、トークンの運用コスト、認証情報・デバイスの紛失時の速やかなサービス利用復帰に課題を残していた。これらの諸問題に対し、公開鍵暗号技術を基礎として、強前方秘匿性を有する認証プロトコルである LR-AKE 認証技術を採用することで解決を試みる。LR-AKE の特徴は、(1)秘密情報が CS(Client Secret)と SS(Server Secret)と分離されて管理されることにより、どれか一方の情報漏洩があっても対応する秘密情報を破棄して同じパスワードで認証できる認証情報を再生成できること、(2)認証を要求するサーバの認証によりフィッシング攻撃などを防止できること、(3)公開鍵認証をベースにしたものであり、IC チップや生体認証などの特殊なハードウェアを要求しない、(4)アカウントごとではなく、利用者の端末ごとの紐付けを行うことにより、端末の不正利用・紛失によるアカウント無効化の必要性がないこと、である。この LR-AKE 認証を今回の認証基盤として採用する。

SSL-VPN ルータの認証サーバとして RADIUS サーバを指定し、その RADIUS サーバから LR-AKE 認証サーバへ照会する設定を行う（図 1 右上）。利用者は VPN 接続前に LR-AKE 認証クライアントを立ち上げてマスターpasswordを入力する（図 2）。マスターpasswordの認証が成功すると、OTP(One

Time Password)が CS と SS から生成される。このワンタイムパスワードを SSL-VPN 接続用クライアントソフトウェアで入力するパスワードとして入力する(図 3)。この OTP 生成から SSL-VPN 接続用クライアントソフトウェアへのパスワードとしての OTP 入力、認証までを自動で行われるのでユーザの操作は不要である。VPN 接続成功後、地域医療連携システムのログイン画面に遷移して、地域医療連携システム用のアカウントで別途ログインする。

2.3 診療情報の秘密分散保存

現実的時間内に暗号を解読できないという「可能性」にかけている計算量的安全性に信頼を置けないと主張する人がいる。一方、無限の計算能力を有する計算機をもっても解読不能な情報理論的安全性に基づいた手法も知られている。情報を複数分割して、その上で一部の情報が失われても復元可能性を担保することで、情報保有者が不正利用したり紛失したりするリスクを回避する方法が秘密分散法(電子割符)として提案されている。同一組織内に閉じたバックアップや安全なデータ伝送に対して秘密分散の応用技術が実装されてきたが、組織間の医療情報の文書共有に使用された経緯は殆ど存在しない。そこで、本実証実験において秘密分散保存技術を利用したデータ保存の仕組みを地域医療連携システムのバックボーンとして利用できるかを検討することとした。

事前に地域医療連携のために情報共有をする患者を抽出システムで指定する。抽出システムは毎晩夜中 0 時に、電子カルテシステムにアクセスして前日処理以降に追加された診療情報のうち、プログレスノート、処方、検査(検体・細菌)、および電子カルテに貼り付けられた画像を抽出して診療記録を PDF 化する。Web アプリケーションサーバから電子カルテのデータベースシステムにアクセスし、診療情報の種類に応じた HTML と CSS のテンプレートから診療情報を Web ページとしてレンダリングしたものを PDF 書類としてアップロード端末が共有設定をしているフォルダに保管する。アップロード端末は毎晩夜中 3 時に PDF 書類を (2,3) 閾値秘密分散法で 3 個の断片に分割し、各々のファイルを個別の割符サーバに保存する(図 1 下部から中央)。秘密分散のライブラリには、GFI 電子割符®NEO-V2 を使用した。秘密分散保存したファイルと患者の対応付けのメタデータは管理サーバのデータベースに保管する(図 1 中央)。

2.4 地域医療連携支援システム

地域医療連携システムのクライアントソフトウェアは Adobe AIR で開発した。SSL-VPN 接続後にユーザはクライアントソフトウェアを起動し、地域医療連携システムへのログインを行う。クライアントは管理サーバ(図 1 中央)にアクセスし、ユーザに公開されている患者の一覧を取得する(図 4)。患者を指定した後は、診療歴画面(図 5)に遷移させるが、この診療歴のインデックス情報も管理サーバのデータベースで保持している。左側のマトリクスや上部のタブ(図 6)をクリックすると当該診療記録が記載されている PDF ファイルの表示画面に遷移する。この PDF ファイルは管理サーバの情報に従ってクライアントが 2 つの割符サーバから断片ファイルをダウンロードして端末ローカルで結合処理を行って復元したものを提示する。

3. 結果・考察

導入後は容易に利用可能であり、パスワード認証と遜色なく利用できることを確認した。利用者の医療情報は秘密分散して複数のサーバに分割保存されるため、委託業者等の第三者による持ち出しが困難であることを確認した。地域医療連携システムでの PDF 閲覧は都度秘密分散からの復元処理を行っていることで、やや表示や移動の速度が遅い傾向がみられたが、支障なく閲覧することができた。

一方で、初期導入工程が煩雑であり、多数の利用者への配布を想定するには運用上の課題を残している。秘密分散されたファイルを復元するためには患者基本情報とそれに紐付けられたファイルのインデックス情報が必要である。そして、そのインデックス情報を管理する RDBMS へのアクセスは依然として必要である。よって地域医療連携システムの入り口部分からみた情報セキュリティに関しては秘密分散を導入しても安全性が格段に高まるとはいえない。しかし、秘密分散保存したファイルは解読不能な断片にすぎず、情報理論的安全性が確保されている。かつ、しきい値補密分散手法はデータ量の増大をおさえつつ、複数の箇所に保存することで冗長性を確保できる。すなわち、安価な複数のクラウドサービスと契約して安全かつ冗長性を持たせた上で保存することが可能になる点において従来手法に対する優位性がある。今後の課題として、LR-AKE の導入工程の簡易化と、秘密分散されたファイルを結合する処理を Web ブラウザで完結させることでクライアントのセットアップを不要にする方法論を完成させることが必要である。

4.謝辞

平成 23 年度から平成 25 年度にわたって行われた愛媛県地域医療再生計画において、愛媛大学地域救急医療学講座による「小児先天性心疾患患者に対する地域医療連携システムの確立」の経費とシステムの協力下に地域医療連携システムの開発は行われました。住友別子病院、市立八幡浜総合病院、むかいだ小児科には本実証実験にご参加頂きました。本研究にご協力頂いた皆様にこの場を借りてお礼を申し上げます。

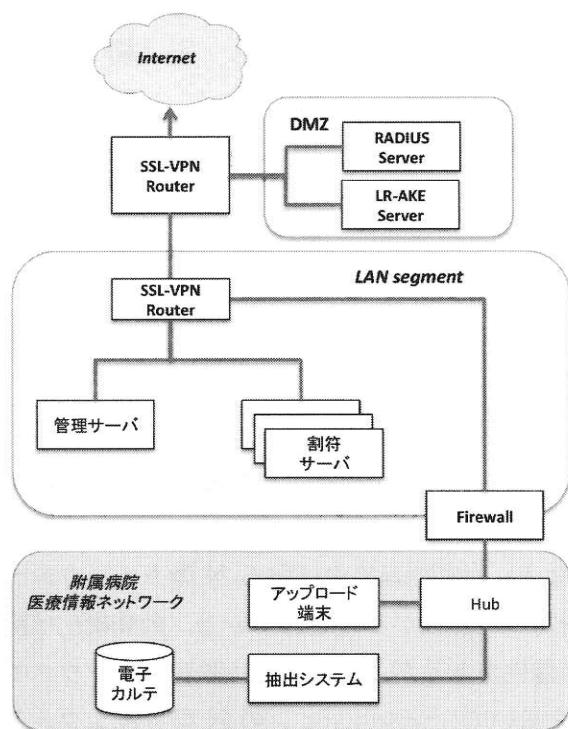


図 1 ネットワーク図



図 2 LR-AKE 認証での OTP 取得

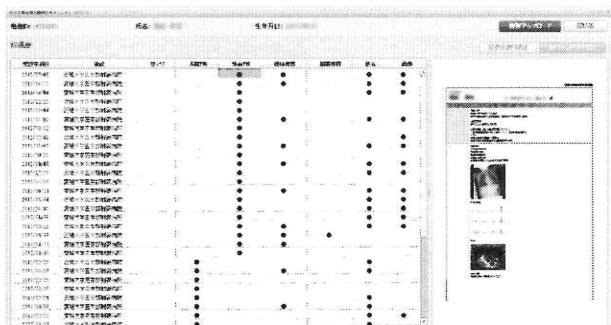


図 5 診療履歴画面



図 3 SSL-VPN 接続

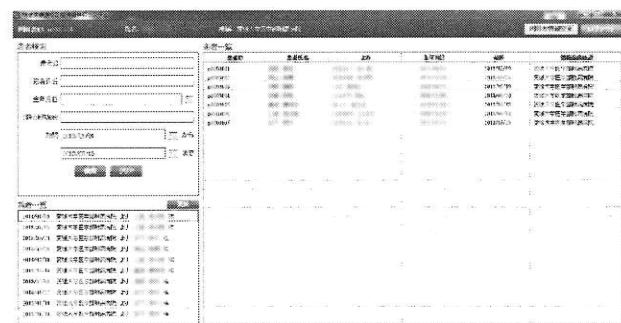


図 4 患者選択画面

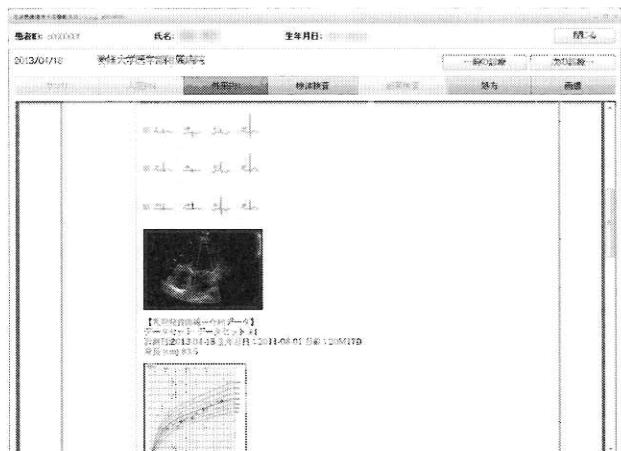


図 6 診療記録の閲覧

動脈硬化における降圧薬における血管保護作用の検討

動脈硬化マウスモデル(アポリポプロテインEノックアウトマウス)を用いた カルシウム拮抗薬の臓器保護効果の検討

愛媛大学大学院医学系研究科教授	堀 内 正嗣
愛媛大学大学院医学系研究科准教授	茂 木 正樹
愛媛大学大学院医学系研究科助教	岩 波 純
愛媛大学大学院医学系研究科大学院生	中 岡 裕智
味の素製薬株式会社	原 田 英里
味の素製薬株式会社	杉 野 多美

【目的】

最近降圧薬の持つ pleiotropic effect が注目されている。カルシウム拮抗薬には抗酸化作用などにより動脈硬化の抑制効果を持つ可能性が示唆されている。カルシウム拮抗薬であるシルニジピンは降圧作用として働く L 型カルシウムチャネル阻害だけでなく、交感神経終末にある N 型カルシウムチャネルを阻害する作用も有し、独自の臓器保護作用を持つ可能性が示唆されている。動脈硬化は臓器への血流不全を誘発し、あらゆる臓器障害に繋がる可能性があるが、今回我々は動脈硬化マウスマodelであるアポリポプロテイン E ノックアウトマウスを用いて、シルニジピンの N 型カルシウムチャネル阻害作用に着目した血管保護作用について検討することとした。

【方法】

- ・モデル：アポリポプロテイン E ノックアウトにウエスタンダイエット（実験餌）を供与することにより動脈硬化を発症させる。
- ・試験群：①通常食群、②ウエスタンダイエット群、③ウエスタンダイエット+シルニジピン 0.025% 混餌群を作成し、6 週令より 8 週間投与を行い動脈硬化の抑制効果を検討した。

【結果】

シルニジピン投与により動脈硬化の素因である血管の酸化ストレス低下作用、レニン・アンジオテンシン系の抑制作用が認められたが、動脈硬化面積率は抑制されなかった。また、比較として別のカルシウム拮抗薬であるアムロジピン投与群も作成したが、同様の結果であった。

【今後の方針】

動脈硬化のモデルマウスをアポリポプロテイン E ノックアウト+ウエスタンダイエット食負荷モデルから大腿動脈カフ留置による血管リモデリングモデルに変更し、シルニジピンによる血管保護作用について検討していく予定である。

日本人の生活様式を可能とする高屈曲可能なP/S型人工膝関節の開発

愛媛大学大学院医学系研究科教授 三浦 裕正

【研究の目的】

変形性関節症（OA）は関節軟骨の退行変性を基盤として、過剰なメカニカルストレスが作用することにより軟骨の変性、摩耗を生じる疾患である。特に膝関節は骨性形状が不安定であるという構造上の特徴と、大きな関節合力が作用しやすい力学的環境から、生体関節の中でもOAをきたしやすい関節のひとつである。膝OAは高齢者の膝関節痛の原因として最も頻度が高く、東京大学を中心に実施されている大規模疫学調査ROADによると国内の潜在患者数は約2530万人と推定されている。また、平成22年度厚生労働省国民生活基礎調査によると、要支援者の原因疾患は高齢による衰弱や脳血管障害を押さえて、関節疾患が第1位であり、このうち大部分が変形性関節症によるものと考えられている。このようにOAは発生頻度もさることながら、国民のQOLを左右する極めて重要な疾患ととらえることができる。

高度の機能障害を来たした膝関節に対する機能再建として、人工膝関節置換術（TKA）は現在広く普及しており、近年そのデザインや材料、手術器械の改良により術後10年～15年を越える長期経過例においても比較的安定した成績が報告されている。しかしながらデザインの不備によるポリエチレン摺動面の摩耗や破損の問題は未だ解決されていない。したがって、デザインの最適化により摩耗低減をはかり、さらに長期耐用性を向上させるための評価技術の開発が望まれている。特に、近年では患者の術後スポーツ復帰など活動性向上や術後機能に対する要求度の高まりから、さらに機能的かつ長期耐用性を有する次世代人工関節を開発することは、喫緊の課題である。

我々は、人工膝関節の耐用性評価技術の整備を通じて、日本人の解剖学的形状に適合し、深屈曲を許容しつつ、長期耐用性が期待できる次世代人工膝関節の完成を目指しており、すでにCR（後十字靭帯温存）型TKAについては開発を完了し臨床応用を継続しているが、本共同研究ではPS（後十字靭帯置換）型TKAの開発を目的とした。

【TKA 開発支援技術】

TKAの長期成績は術後10年～15年で90%以上のsurvival rateであり比較的安定した成績が報告されている。しかしながら摺動面の摩耗の問題は未だ解決をみておらず、ポリエチレン摩耗により種々の問題が生じている。ポリエチレンの摩耗粉は、骨吸収を惹起し、人工関節の弛みにつながるため、長期耐用性の向上にはポリエチレンの摩耗低減が不可欠であり、そのための耐用性評価技術の開発が望まれている。我々がこれまで応用してきたTKA開発支援技術は①コンピュータシミュレーションによる摩耗予測技術、②完全6自由度関節シミュレータ、③イメージマッチング法による生体内動態解析の3つの新しい手法により構成される。

これらの支援技術を通して、最適形状設計による性能向上およびポリエチレン摩耗の低減、また開発時間の効率化を図り、さらに術後においては生体内での機能評価、術式の再検討や人工関節形状設計へのフィードバックを行い、最終的には人工関節の長期耐用性の向上を目指している。以下に各支援技術について概説する。

1) 摩耗影響因子を考慮したコンピュータシミュレーションによる摩耗予測技術

生体内においてポリエチレン摩耗は多くの因子に影響を受けているが、摩耗予測パラメータの1つとして我々が考案したwear indexは変形量とすべり速度の積と定義され、固有の人工膝関節形状と歩行パターンから導出される。4種類の異なる人工膝関節についてwear indexを計算で求め、ポリエチレンインサート上にマッピングすると、type Cにおいて高いwear indexの分布が認められた。過酷度の分布と摩耗試験後の所見を比較すると、同一条件下で行った10万回の摩耗試験後、肉眼的に明らかな摩耗痕を生じたものはtype Cのみであり、その摩耗部位はwear indexの分布と極めて近似している

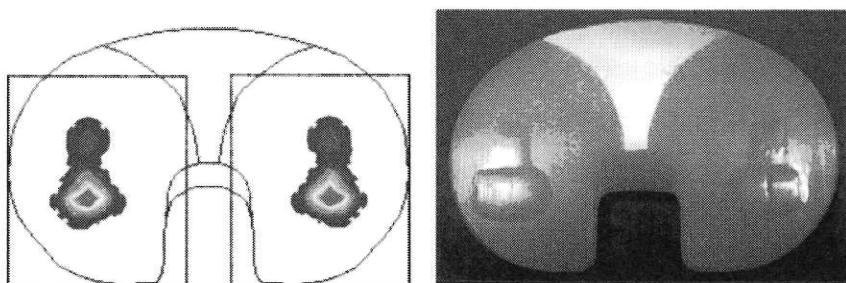


図1 左:wear index、右:摩耗試験後のポリエチレンインサート摩耗痕

ことがわかる（図1）。このようにwear indexは従来の有限要素法などによる接触面圧のみの解析と比較し、人工膝関節におけるポリエチレン摩耗のより正確な予測を可能にした¹⁾。さらに摩擦方向変化や摩擦面の関節液への暴露時間および温度上昇の影響などを考慮したより高精度な摩耗予測も試みている^{2,3)}。

2) 完全6自由度関節シミュレータ⁴⁾

本装置は、生体関節の複雑な6自由度運動を再現するために開発したもので、パラレルリンク機構による油圧アクチュエーション技術を応用し、6つの油圧アクチュエータにより制御された下部モーションベースと2軸の腔圧シリンダーによりなる上部装置にて構成される。この構造によって荷重周期を10Hz程度まで引き上げることが可能で、生体運動の完全な6自由度運動をシミュレートすることができる。また、下部モーションベースは6つの油圧シリンダーをパラレルに配することにより、従来のロボットアーム式のものと比べ、各々のシリンダーにかかるモーメントは軽減され、耐荷重性は飛躍的に向上する。さらに各々のシリンダーの動作誤差が加算されていく従来のロボットアーム式に比べ、各シリンダーの動作誤差は平均化され、精度の向上が見込まれる。

3) イメージマッチング法による生体内動態解析

生体内での人工膝関節の複雑な動態を解析する手法のひとつとしてイメージマッチング法がある。イメージマッチング法は解析対象物の一方向の透視画像と、解析対象物の位置や方向の異なる投影像とを照合し、最も一致するパターンから、解析対象物の3次元的位置を同定する方法である。われわれは、自作のキャリブレーションフレームとフラットパネルディテクター搭載のX線透視装置の使用により、0.2mm、0.2°の誤差範囲内で人工関節の空間認識を可能とし、臨床研究のみならず人工関節の実験開発レベルにおいても充分満足のいく解析精度を獲得した⁵⁻⁷⁾。さらに画像相関を利用したイメージマッチング法を新たに開発し、X線透過性のあるポリエチレンを装着した膝蓋骨に関しても、高い精度で動態解析が可能な状況となっている⁸⁾。

【Quest kneeのデザインと特徴点】

TKAの使用機種に関する2011年の矢野経済研究所のデータによるとCR型は25.2%、PS型が63.7%、CS（後十字靭帯切離）型が11.1%と、PS型の比率が

圧倒的に多い⁹⁾。これは PS の方が術野の展開が比較的楽で、靭帯バランスなどを含め手術が容易である点、CR での残存 PCL 機能に関して否定的なデータが報告されていることから¹⁰⁾、PS の方がより再現性のある術後キネマティクスが獲得できると信じられている点によるものと思われる。しかしながら、現在まで長期成績の明確な差は報告されていないのも現実である。

両機種には一長一短があり、一概にどちらが優れているという結論は出すことは困難であるが、我々の人工膝関節置換術における基本的スタンスは、生体組織で温存可能なものは極力温存し、機能分担をはかるというものである。そもそも PCL は膝関節の最も重要な stabilizer のひとつであり、側副靭帯へのストレスを吸収する機能も有している。TKA においても、ほとんど PCL の変性、弛緩がない症例をしばしば経験するが、その靭帯を切除してしまうことに個人的には外科医として罪悪感を覚えざるを得ない。したがって、症例により CR と PS 使い分けるという方針で臨んでいる。その判断基準は内外反変形、屈曲拘縮、屈曲制限の程度を目安としているが、明確な境界線を引くことは困難であり、両者ともに適応となる症例がかなりの程度に存在していると考えている。

以下に Quest knee の CR と PS の開発経緯と基本コンセプトについて述べる。

1. CR タイプ

Quest knee の開発において、我々は PS に先行して、CR をデザインし、臨床応用してきた。まず基本的デザインとして、日本人の生活習慣の特徴である正座、横座りなどの深屈曲や跪きなどの特殊な接触および荷重条件を考慮した。そこで、まず正常膝がどのように深屈曲を実現しているのかを MRI を用いて解析したところ¹¹⁾ 深屈曲時において膝蓋骨が接触する顆間窓形状は、外側顆が急峻にカーブし、外側よりに大きなスペースを形成しており、膝蓋骨は顆間窓に深く沈み込むことが明らかとなった。Quest Knee では、生体膝におけるこの関節形状を取り入れ外側顆を深く彫り込んでおり、この形状によって深屈曲位での PF 関節の圧力を減じ、よりよい可動域の獲得につながると考えられる（図 2）。

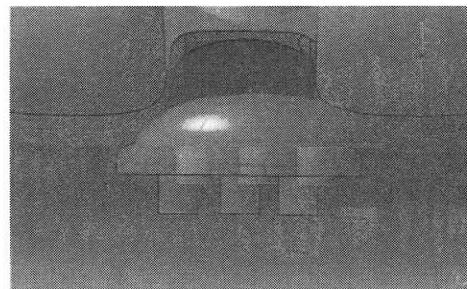


図 2 膝蓋大腿関節デザイン

この形状変更に伴い、大腿脛骨関節面の接触圧上昇が危惧されるが、ポリエ

チレンインサートも大腿骨コンポーネントの形状に適合するよう設計変更をおこなった。6自由度シミュレーターによる解析では、 2° 外転させたリフトオフの状態でも、Quest Knee では現行 TKA に比較し、低い接触圧を維持していた。

一方、深屈曲では大腿骨コンポーネント後顆のエッジとインサートの接触によるポリエチレンインサートの損傷が危惧されるが、すでにいくつかのインプラントにおいて採用されているように、Quest Knee でも大腿骨コンポーネント後方フレンジの厚みを増し、終末の曲率を段階的に大きくすることによって、最大で 155° の屈曲を許容している。

CRの使用頻度が少ない原因のひとつにanterior paradoxical movementなどPCL機能不全に伴う動態が観察され¹⁰⁾、ポリエチレン摩耗のリスクが懸念されることがあげられる。我々はkneelingやスクワットなど過酷な環境下でCRが機能しているかについてイメージマッチング法を用いて解析した¹²⁾。Kneelingには 90° 屈曲位でのupright kneelingと、それ以上屈曲した状態でのflexed kneelingがあり、後者では脛骨粗面で荷重を支えるため脛骨コンポーネントをより後方に押し込む力が作用すると考えられる。また、スクワット動作もPCLに強い力が作用することが報告されているが¹²⁾、イメージマッチング法の解析結果では、これらのkneelingやスクワットでも、屈曲時には十分なposterior rollbackが起こることが観察されている。

2. PSタイプ

PSの利点は①ポストカム機構により再現性よくposterior rollbackを誘導できる、②手術が容易である、③可動域が優れることが指摘されており¹⁴⁾、欠点としては①ポストカムやポスト前方部分の応力集中と摩耗、破損¹⁵⁻¹⁷⁾、②patellar clunkの発生¹⁸⁾、③大腿骨骨切除量の増加、骨折、④joint lineの上昇などである。

ポスト・カムの接触応力についての解析ではポリエチレンの降伏応力を越える高い接触圧が生じており、とくに回旋を加えると著明な接触圧の上昇を認めた¹⁵⁾。すわなち、コンポーネントの回旋によりポスト・カム間に偏心性の接触による接触面積の低下が起り、接触圧が上昇すると考えられる。前述のkneelingの解析においても大腿骨コンポーネントは屈曲に伴い、脛骨に対し徐々に外旋し、ポスト・カム間に偏心性の接触を認めた。また、大腿骨コンポーネントが側方へスライドする症例では、ポスト側面とボックスとの接触も認

められた。flexed kneelingでは、最大で体重に近い力が作用していることが推測され、特に回旋が生じている場合には、その応力はポリエチレンの降伏応力を超える可能性が高いと考えられる^{1,2)}。

一方、PS型 TKAにおけるポスト前方部分の摩耗やそれに伴うポスト折損の報告もあり、同部でのインピングメントが繰り返されたことが原因のひとつと考えられている。歩行時におけるイメージマッチング法を用いた検討では、スタンスフェイズの際に、前方インピングメントが頻回に生じている事実が確認され、しかも、必ずしも過伸展位でなくともインピングメントが発生していることが明らかとなった^{1,6)}。また、6自由度膝関節シミュレーターを用いた接触圧の解析においても、現行機種での高い接触圧を確認しており^{1,7)}、より広い接触面積が安定的に得られるような、形状変更の必要性があると考えられる。以上のような解析結果に基づき、Quest Knee の PS タイプではポストカム間（図3）およびポストと前方部分（図4）の形状変更を行い、横断面および矢状面において接触面積の増加を図った。

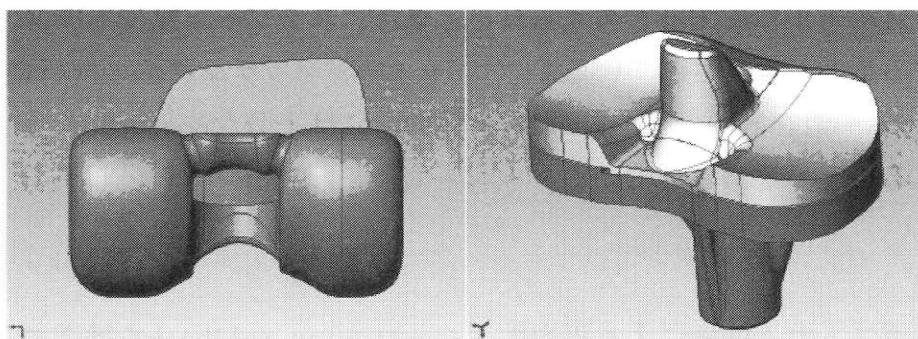


図3 ポストカム間のデザイン

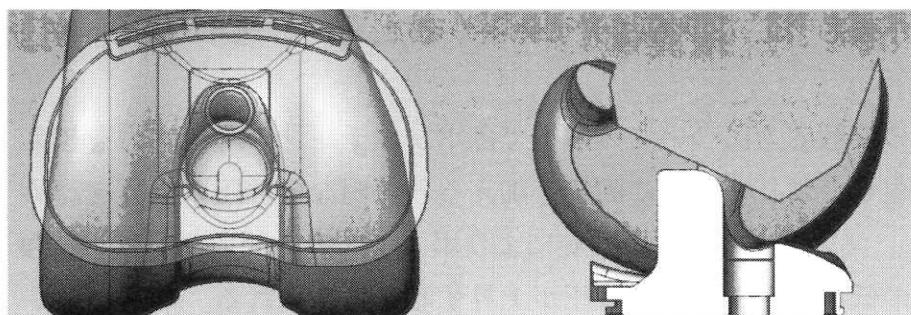


図4 ポスト前方のデザイン

【今後の課題】

予想される若年者への適応拡大に対応するためにも、Quest knee のデザイン

開発は完了した訳ではなく、今後も日本人に適合し、よりよい機能と長期耐用性を有した TKA の実現を究極目標として、継続して改良を行っていく計画である。開発支援技術を通して、常に生体内に挿入されたインプラントの動態やアウトカムをチェックし、将来のデザイン設計にフィードバックしていくことが重要であろう。

参考文献

- 1) Miura H, Higaki H, Nakanishi Y, Mawatari T, Moro-oka T, Murakami T, Iwamoto Y: Prediction of total knee arthroplasty polyethylene wear using the wear index. *J Arthroplasty* 17: 760–766, 2002
- 2) 下戸健、日垣秀彦、中西義孝、三浦裕正、岩本幸英：過酷度パラメータによるポリエチレンインサートの摩耗予測. *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 27:287–294, 2006
- 3) 中西義孝、日垣秀彦、梅野貴俊、三浦裕正、岩本幸英：潤滑液暴露時間による人工関節用超高分子量ポリエチレンの摩耗予測. *日本臨床バイオメカニクス学会誌* 28:213–218, 2007
- 4) 日垣秀彦、熊本剛治、下戸健、梅野貴俊、中西義孝、三浦裕正、岩本幸英：人工膝関節用6自由度トライボシミュレータを使用したモバイルベアリング式インサートの動態解析. *バイオメカニズム学会誌* 28: 84–90, 2004
- 5) 三浦裕正、河野勤、岩本幸英：パターンマッチング法による人工膝関節動態解析. *骨・関節・靭帯* 14(2): 143–149, 2001
- 6) 日垣秀彦、下戸健、三浦裕正、河野勤、馬渡太郎、諸岡孝明、中西義孝、藏田耕作、岩本幸英：全人工関節置換膝の動態解析におけるパターンマッチングの応用. *日本機械学会論文集* 68(674): 3061–3068, 2002
- 7) 下戸健、日垣秀彦、福永鷹信、安武誠治、中西義孝、三浦裕正、岩本幸英：フラットパネルディテクターを用いた人工膝関節動態解析の検討. *バイオメカニズム学会誌* 28: 213–220, 2004

- 8) Ishimaru M, Shiraishi Y, Ikebe S, et al.: Three-dimensional motion analysis of the patellar component in total knee arthroplasty by the image matching method using image correlations. *J Orthop Res*, in press, 2014
- 9) 2012年版 メディカルバイオニクス(人工臓器)市場の中期予測と参入企業の徹底分析. 矢野経済研究所 2012
- 10) Dennis DA, Komistek RD, Mahfouz MR: In vivo fluoroscopic analysis of fixed-bearing total knee replacements. *Clin Orthop* 410: 114–130, 2003
- 11) Moro-oka T, Matsuda S, Miura H, et al.: Patellar tracking and patellofemoral geometry in deep knee flexion. *Clin Orthop* 394: 161–168, 2002
- 12) Hamai S, Miura H, Higaki H, et al.: Kinematic analysis of kneeling in cruciate retaining and posterior-stabilized total knee arthroplasties. *J Orthop Res* 26:435–42, 2008
- 13) Nagura T, Dyrby CO, Alexander EJ, Andriacchi TP.: Mechanical loads at the knee joint during deep flexion. *J Orthop Res* 20:881–886, 2002
- 14) Harato K, Bourne RB, Victor J, et al.: Midterm comparison of posterior cruciate-retaining versus -substituting total knee arthroplasty using the Genesis II prosthesis. A multicenter prospective randomized clinical trial. *Knee* 15:217–221, 2008
- 15) Nakayama K, Matsuda S, Miura H, et al.: Contact stress at the post-cam mechanism in posterior-stabilised total knee arthroplasty. *J Bone Joint Surg Br* 87:483–8, 2005
- 16) Hamai S, Miura H, Higaki H, et al: Evaluation of impingement of the anterior tibial post during gait in a posteriorly-stabilised total knee replacement. *J Bone Joint Surg Br* 90:1180–1185, 2008
- 17) Hamai S, Miura H, Matsuda S, et al.: Contact stress at the anterior aspect of the tibial post in posterior-stabilized total knee replacement. *J Bone Joint Surg Am* 92: 1765–1773, 2010
- 18) Hozack WJ, Rothman RH, Booth RE Jr, et al.: The patellar clunk syndrome. A complication of posterior stabilized total knee arthroplasty. *Clin Orthop* 241: 203–208, 1989

ヘルスケア・メディカル分野の技術動向調査研究

愛媛大学大学院医学系研究科長・教授	安川 正貴(統括)
①愛媛大学大学院医学系研究科教授	今村 健志
愛媛大学プロテオサイエンスセンター准教授	飯村 忠浩
愛媛大学医学部附属病院先端医療創生センター助教	大嶋 佑介
パナソニック株式会社	福島 省吾
パナソニック株式会社	水内 公典
②愛媛大学大学院医学系研究科教授	浜川 裕之
愛媛大学大学院医学系研究科准教授	中城 公一
パナソニック株式会社	橋本 英明
パナソニック株式会社	韓泰成

研究目標等

国立大学法人愛媛大学とパナソニックヘルスケア株式会社（以下、P H C）とは、相互に研究連携することにより、実用化に繋がる学術研究の振興と研究成果の地域社会活用の推進を図るため、研究連携に関する協定を締結している。

本研究は医療機器開発に関連して、P H Cが目指すヘルスケア・メディカル分野での医療機器「技術開発／商品開発」のテーマ選択に関連して、地域の最先端医療現場である愛媛大学医学部との連携による、医療現場の実態、ニーズの把握、関連技術シーズ調査を行う共同研究であり、下記項目についての調査・ヒアリングを中心に研究の実施と成果を推進するものである。

- ・医療現場の実態／ニーズの把握
- ・愛媛大学の医学部が持つ関連技術シーズ調査
- ・医療分野の技術動向調査
- ・P H Cが持つ技術シーズとの整合性検証
- ・開発／調達すべき技術の医療現場ニーズ・有用性検証

研究成果とその内容

① 分子病態医学分野とP H Cのニーズとシーズについての調査

P H Cに対して、当病態医学分野における医療研究についてのニーズ／シーズ調査について下記現場内容の実態を報告した。また、P H Cで開発中の商品に関して医療現場におけるニーズの相談を受けた。当研究室の強みとニーズに関して下記説明をした。

- ・2光子顕微鏡と補償光学系を用いて深部までの蛍光イメージング
- ・ニコンの超解像顕微鏡を用いた微細形状観察（ミトコンドリアなど）
- ・SHG顕微鏡：コラーゲンや骨にパルスレーザを照射して、発生する第2高調波（SHG）によるイメージング
- ・（SHG）観察による組織内部構造のイメージング
- ・ラマン顕微鏡にも着手予定

P H C 側からは、光関係では、当研究に関して「基礎研究に役立つ光イメージングが中心で、臨床応用とは若干距離が有るように思われるが、技術的には最先端の技術が使われており、この分野を勉強させてもらうには非常に有用。P H C が細胞培養分野を伸ばしていくために、最先端の技術や評価装置に直接接触できるのは大変有難い」とのコメントを受けた。また、開発中のO C T（光干渉断層画像）観察装置の紹介と光イメージング応用に関する説明を頂いた。

可能性として

- ・2 光子顕微鏡に使っている補償光学系において、光路で発生する収差測定にOCTの3次元画像が利用できる可能性がある。

OCTで観察した3D情報と2光子顕微鏡収差の相関データ解析が必要。

将来的には2光子顕微鏡などと組み合わせて使うことで、2光子イメージングの効率化やさらなる浸透度向上の可能性がある。

- ・蛍光画像とのマッピング：現在観察可能なのは蛍光画像のみ、発光しない周辺の構造は分かっていない。OCTの3次元画像と蛍光画像を組み合わせることで、新しいイメージングができる可能性がある。

成果

現在研究中のイメージングの補助機能としてOCTを使えないか、できたらお互い検討してみたい。（講座開設検討）

骨代謝（骨粗鬆症）について

その分野ではあまりあるほどの研究成果があるが今は言えないところがあるが、それこそ当研究部とP H C の両者においてお互い必要としている部分であることが判明。

P H C より、骨粗しょう症（患者1000万人以上）では、年3%程度、骨密度が減少していくが、現在のDEXAという機器ではX線被曝があるため頻回測定が難しく、また感度の問題からも頻回測定行うことができない。たかだか年3%の減少しかないとため。

しかし、骨密度減少は、痛み無く進行するため、感度よくしかも非侵襲で骨代謝測定ができれば相当市場性があり世界的な需要も見込める、と考えている。

骨密度をキープするためには、重力に対抗する運動や、適度な振動や衝撃が有効である。「メカノスタット理論」というものがあり、テニスプレーヤーの利き腕の骨密度が非利き腕より大きい、という理論。

治療+検査、が並立すればよいテーマになると考えられる。

複雑・単純骨折者の治癒状況、脳梗塞などで寝たきりとなった老年者、養護老人ホームなどの寝たきり入居者、50歳以上からの定期健診、等、骨密度が減少/増加するので、その対処機器（骨密度の増減を定量測定する機器+骨密度を増加させる医療機器）を開発検討ていきたい、との意向を受けた。

成果

今後、「骨密度の増減を定量測定する機器+骨密度を増加させる医療機器」の開発についてはP H C 社で検討予定とのこと。

① テラ社との免疫細胞治療に関する調査

P H C より、当講座へ「テラ社との免疫細胞治療」についての調査があり、下記現場内容の実態を報告し、また P H C へ医療現場におけるニーズを具申要望した。

当講座より免疫細胞治療に関して下記説明した。

- ・患者さんの血液から免疫細胞を分離して、体外で分化、成熟させた上にがん細胞への攻撃性をもたらすことで、患者さんの免疫システムを活性化し、がんを治すことが免疫細胞治療の基本的な考え方であること。
- ・愛媛大学ではテラと共同で免疫細胞治療法(樹状細胞)を用いた自由診療を 2009 年から開始し、50 症例の治療を行った。現在、治療データなどを分析しているところである。
- ・樹状細胞を用いた免疫細胞治療の臨床研究は継続しており、今後症例を増やしていくことで、免疫細胞治療法ががんの再発予防に効果があることを証明していきたい。
- ・患者さんの血液から分離した細胞は愛媛大学の CPC(Cell Processing Center)を利用した細胞操作を行っている。多くのテラ関連クリニックではパナソニックの CPWS を導入していることを知っている。
- ・CPWS と CPC を比較した時の利点に関してはよく知っている。可能であれば愛媛大学にも導入を検討していきたい。
- ・現在行われている免疫細胞治療の多くは既存の癌治療で効果が得られなかった患者さんを対象にしているが、抗癌剤などの使用により既に患者さんの体力が落ちている段階、即ち免疫の力が落ちている状態では免疫細胞療法の治療結果を得ることが難しい。がんと診断されて手術などで、がん組織を取り除いた後に抗癌剤、放射線治療と併用した免疫細胞治療で再発を抑えることを狙う治療が現実的な免疫細胞治療であると思われる。

成果

- ・歯科分野は他の医学分野に比べて、検査が少なく患者の状態を客観的に示すことが難しい。歯科分野へ使える検査装置の開発をお願いした。
- ・現在使用中の歯科用カメラでは前面からの撮影が主流で、横からの撮影が難しい。また、治療前後の写真を比較したいが既存のカメラでは撮影の場所を固定することが難しく、撮影場所のズレが発生するため、二つの写真を比較することが難しい。これらの点を可能にするカメラが欲しいと思っているので是非商品化して欲しい旨の要望をさせていただいた。

ルミパルスシリーズにおけるPIVKA-II測定試薬を用いたデータ変動に関する論

愛媛大学医学部附属病院診療支援部部長

西宮達也

愛媛大学医学部附属病院診療支援部主任臨床検査技師

岡本愛

【目的】

当院では PIVKA II の検査件数は年間 5000 件を超え、毎日測定を実施している。そのような状況で、質の高い検査結果を報告するには、日々の精度管理が必須である。良好な精度を保つためには、測定機器の保守点検に加え、使用する管理試料の安定性が極めて重要である。

しかしながら、現在使用中の PIVKA II の管理試料は、安定性に不良がみられることがある。

今回、その問題点を解決すべく試薬メーカーにより改良された専用精度管理試料の導入に当たり、ボトルおよびロット内の安定性について検討を行った。

【検討期間】

2012 年 4 月～9 月

【測定機器・試薬】

測定機器：ルミパルス G1200（富士レビオ社）

測定試薬：ルミパルス PIVKA II（エーディア株式会社）

【検討管理試料】

試料名：エイテストコントロールセット（エーディア株式会社）

規格：1 mL×2 濃度×3／箱

調整方法：凍結乾燥品を精製水 1mL で溶解し使用する。1 ボトル 9 回の測定が可能である。

使用ロットの管理幅：

Lot : 1X03D	コントロール I	MEAN	33	管理幅 (±20%)	26～40	AU/mL
	コントロール II	MEAN	141	管理幅 (±20%)	113～169	AU/mL
Lot : 2208D	コントロール I	MEAN	32	管理幅 (±20%)	26～38	AU/mL
	コントロール II	MEAN	148	管理幅 (±20%)	118～178	AU/mL

【検討結果】

1) 試料溶解後の 1 ボトルの安定性

1 ボトルを溶解後 4 °C で保存し、9 日間測定し安定性を検討した。

2 ロットにおいて 1 ボトル内での安定性は、いずれも CV5%未満となり良好であった。

Lot	I			II		
	MEAN (AU/mL)	SD (AU/mL)	CV (%)	MEAN (AU/mL)	SD (AU/mL)	CV (%)
1X03D	32	1.58	4.94	138	3.22	2.33
2208D	32	124	3.81	146	3.71	2.55

2) ロット毎の安定性

検討期間における使用ロットは 2 ロットであり、それぞれの安定性について検討した。

2 ロットの使用期間における安定性は、Lot.No 1X03D-I で CV5.58% であったが、SD は 1.87AU/mL と小さく問題はないものと思われた。その他に関しては、いずれも CV5%未満となり良好であった。

ロット 測定回数 測定期間	I			II		
	MEAN (AU/mL)	SD (AU/mL)	CV (%)	MEAN (AU/mL)	SD (AU/mL)	CV (%)
1X03D n=83 2012.4.1～7.20	34	1.87	5.58	144	6.83	4.75
208D n=50 2012.7.21～9.30	33	1.37	4.13	145	4.56	3.14

【まとめ】

今回エイテスコントロールセットについて安定性の評価を行ったが、凍結乾燥品にもかかわらず 1 ボトル内、また 1 ロット内の安定性はいずれも CV10% 以内と良好であり、またメーカー指定の管理幅 ±20% 以内も満たしており、本品は精度管理資料として使用可能と思われた。

分子動力学計算を用いた炭素繊維のナノ構造解析

愛媛大学大学院理工学研究科教授

岡 本 伸 吾

東レ株式会社複合材料研究所研究員

伊 藤 明 彦

1. 背景

炭素繊維は、軽くて強い、硬い、さびない等の優れた特徴を有し、これまでスポーツ用品、航空機、産業用途と、その利用分野を拡大してきた。近年では、環境問題の世界的な高まりを受けて、航空機においても燃費改善が求められているが、その切り札は機体の軽量化である。例えば、ボーイング社の中型機であるB787は、その機体のほとんどがコンポジット（炭素繊維と樹脂で構成された複合材）化されているが、コンポジット比率の低い旧型の機体も、今後、改良やモデルチェンジが行なわれ、コンポジット比率が増してくると見られている。そのため、コンポジットの物性において高い特性が要求され、それに伴い、炭素繊維に対しても更なる強度・弾性率の向上が求められている。炭素繊維の基本構造と考えられている黒鉛結晶の理論強度はナノインデンテーション[1]や第一原理計算[2]から110～130GPaであることが知られているが、現実の炭素繊維は理論強度の5%程度しか発現できていない。これには、炭素繊維に含まれる様々な欠陥が影響している。たとえば、 sp^3 炭素、窒素原子、原子空孔などの点欠陥、結晶粒界、配向度、結晶サイズなどの構造欠陥、マクロ欠陥、繊維表面と芯部の構造の違い、すなわち内外構造差が挙げられる。産業界では、破壊の起点となるミクロン～サブミクロンのマクロ欠陥について、電子顕微鏡観察等により欠陥寸法と強度の関係が解析され、工程条件の改善により、強度向上が図られてきた。しかしながら、1990年以降約20年間強度向上の歩みは止まっている[3]。これらの現実は、強度低下の主な要因がマクロ欠陥ではなく、炭素繊維そのものの基質にあり、従来の試作評価と電子顕微鏡を用いた解析手法のみでは、さらなる強度向上は困難であることを示している。

2. 研究の目的

本研究では、ナノレベルの構造解析に最適な手法である分子動力学計算を用いて、炭素繊維の構造と機械的特性の関係を明らかにすることを目的とする。分子動力学計算による材料特性の評価においては、原子間の相互作用力を決定するポテンシャル関数の精度が重要である。炭素繊維は黒鉛結晶に見られる sp^2 炭素の他に結合様式の異なる sp^3 炭素を含むため、 sp^2 および sp^3 炭素の両方の機械的特性を同時に再現できるポテンシャル関数が必要である。本研究では従来ポテンシャル関数を参考にして、 sp^2 炭素および sp^3 炭素の両方の機械的特性を再現できるポテンシャル関数IOPを開発した[4]。また、炭素繊維に含まれる結晶粒界や配向度などの構造欠陥を扱うためには10万原子以上の解析モデルを用いる必要がある。ここでは、MPI(メッセージ・パッシング・インターフェース)を用い、解析モデルを空間分割して領域毎にCPUを割り当てる領域分割法を採用し、Fortranを用いて並列計算が可能な計算コードを開発した。

開発した解析ツールを用いて、炭素繊維の機械的特性に最も強く影響する構造因子について検討し

た。機械的特性に影響する因子としては、点欠陥である原子空孔[5]、窒素[6]、 sp^3 炭素[7]、構造欠陥である結晶粒界[8]、配向度[9]をとり挙げ、グラフェンや黒鉛結晶にこれらの欠陥を含ませたモデルを用いた。また、PAN(ポリアクリロニトリル)系炭素繊維の構造を忠実に再現したモデルを構築し、マクロ欠陥の影響を排除した限界強度を明らかにした[10]。

3. 結果と考察

著者らが開発したポテンシャル関数 IOP のポテンシャルの形状および、ポテンシャル関数を微分して得られる相互作用力曲線の形状を図 1 と図 2 に示す。IOP ポテンシャルは、従来ポテンシャルの Tersoff [11]に比べて、屈曲点が無く、滑らかな曲線が得られている。

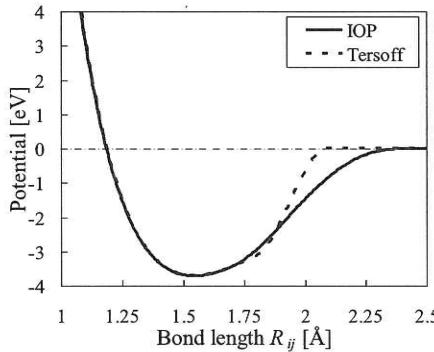


図 1. ポテンシャル曲線

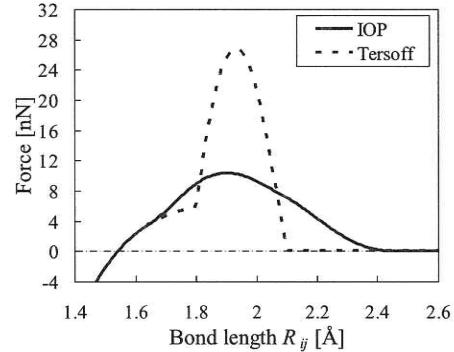
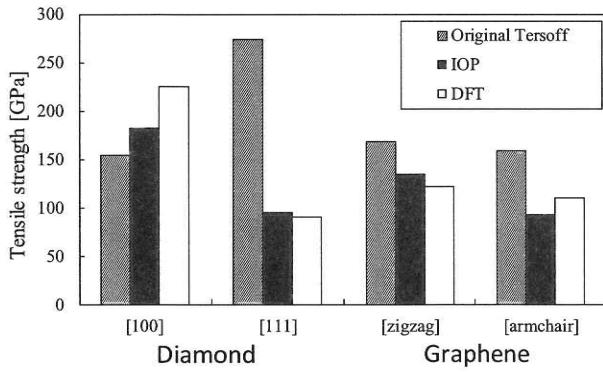
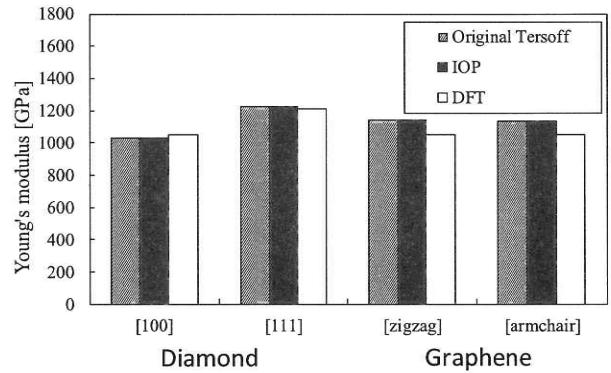


図 2. 相互作用力曲線

図 3 に、 sp^3 炭素からなるダイヤモンドおよび sp^2 炭素からなるグラフェンの機械的特性に関して、IOP による予測精度を評価した結果を示す。比較として、Tersoff、第一原理計算(DFT) [2], [12]の結果を合わせて示す。著者らの IOP と DFT それぞれを用いて計算した引張強度の間の差異は、Tersoff ポテンシャルを用いて計算した結果と比較して、すべての場合において減少しており、予測精度が改善できていることが分かる。



(a) 引張強度



(b) ヤング率

図 3. ダイヤモンドおよびグラフェンの機械的特性予測精度評価

図 4 に、炭素繊維の強度に最も強く影響を与える構造因子を特定するために用いた解析モデルを示す。いずれの場合も炭素繊維の構造要素であるグラフェンや黒鉛結晶に種々の欠陥を含ませたモデル

を用いた。また、図 5 にはグラフェンまたは黒鉛結晶の引張強度を 1 としたとき、各欠陥を単独で含む場合の引張強度を示す。構造欠陥である配向度や粒界が強度に与える影響が大きく、点欠陥である窒素原子や格子欠陥の影響は小さいことが示された。

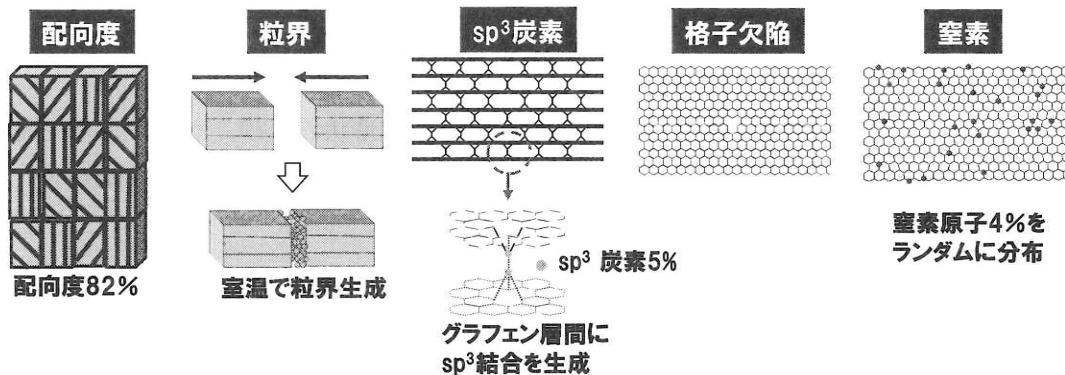


図 4. 炭素繊維の強度に影響する構造因子

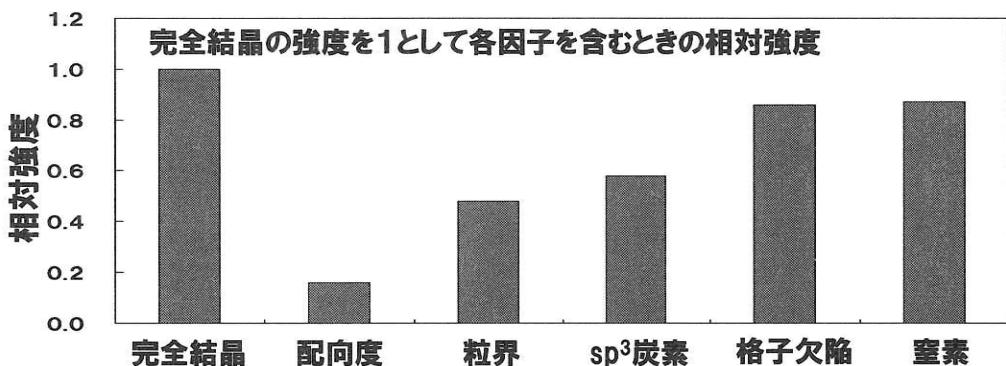


図 5. 各構造因子の強度への影響度

炭素繊維モデルの構築は、3段階で行った。すなわち、第1段階では結晶粒界の生成、第2段階では格子欠陥の導入、第3段階ではアモルファス構造の成長促進、の順で行った。

結晶粒界の生成は、配向角の異なる 32 個の黒鉛結晶をトータルの配向度が 80 %程度になるようにマトリクス状に配置した後、分子動力学計算を用いて結晶間に粒界を生成させた。

粒界生成後、密度を実際の炭素繊維の密度に合わせるために、ランダムに、かつクラスター型欠陥にならないようにモデルから原子を抜き去って、格子欠陥を導入した。

最後に、高温・高圧の分子動力学計算を行い、解析モデル中にアモルファス構造を成長させ、図 6 に示すように、結晶部分とアモルファス部分を含む PAN 系炭素繊維モデルを得た。

また、図 6 に示すように、得られたモデルの断面像は、図 5 に示した現実の TEM 像に近いことが確認できた。

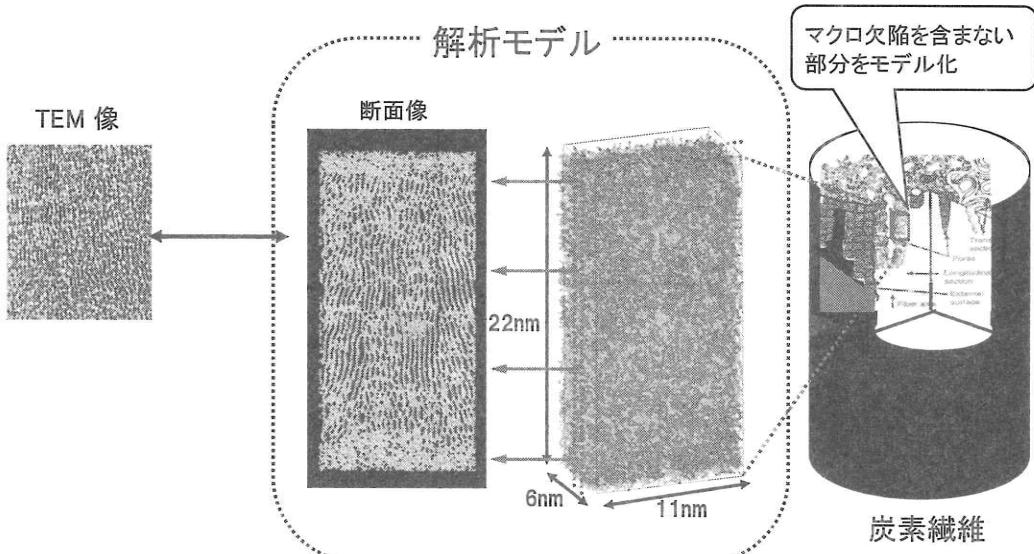


図 5. 縦断面 TEM 像

図 6. 炭素繊維モデルの構築

図 7 に、得られたモデル(PAN-CF)の密度、結晶化度、グラファイト層間の面間隔、配向度、熱伝導率、弾性率などの基本物性を、アモルファス構造を含まない多結晶黒鉛(Multi-crystalline Graphite)および現実の炭素繊維の実測値(Actual CF) [13], [14]と共に示す。今回構築した PAN 系炭素繊維モデルの物性値は、現実の炭素繊維の実測値に近い結果を示した。

次に、炭素繊維の限界強度（マクロ欠陥を含まないときの強度）を求めるため、分子動力学計算を用いて、前述の PAN 系炭素繊維モデルの引張りシミュレーションを行った。図 8 に、引張り途中の配向度の変化を引張り方向の応力を横軸にとって示す。応力と配向度の関係は、実験による経験式 $\Pi = 0.029(1 - \Pi_0)\sigma + \Pi_0$ [15] とほぼ一致し、引張り途中の配向変化が再現できた。

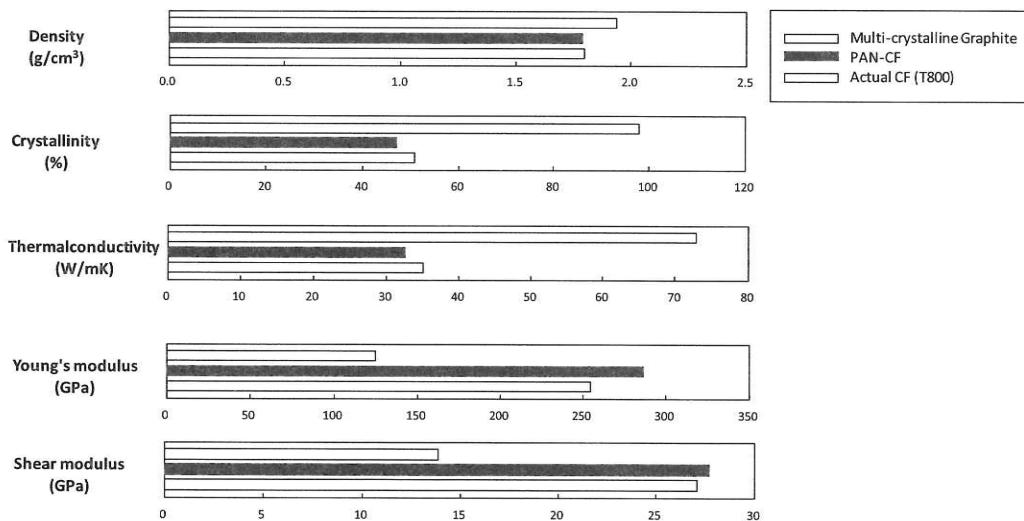


図 7. 基本物性の推算結果

図 9 に、引張り応力一歪曲線を示す。計算による PAN 系炭素繊維の限界強度は 19 GPa となり、実測値の 3 倍程度となった。この差異がマクロ欠陥に起因するものと考えられる。

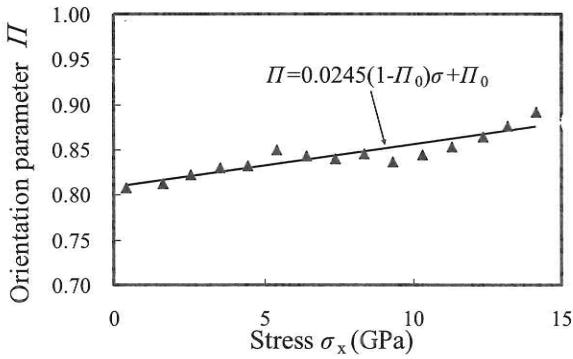


図 8. 応力と配向度の関係

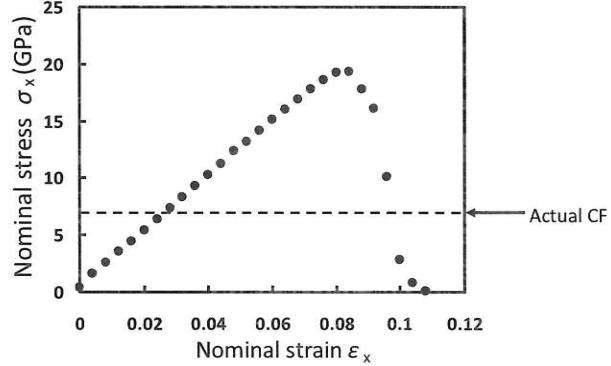


図 9. PAN 系炭素繊維モデルの応力一歪曲線

図 10 に、引張り中における PAN 系炭素繊維モデルの破壊進展を示す。破壊の起点がアモルファス部分であることが確認できる。

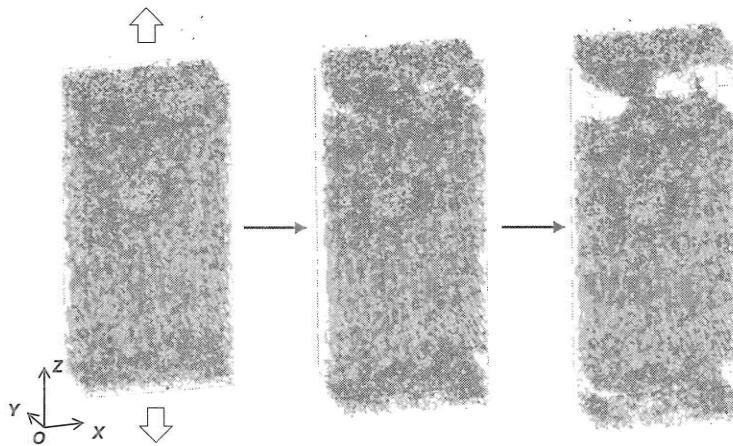


図 9. PAN 系炭素繊維モデルの引張りによる破壊進展

4. まとめ

分子動力学法を用いて炭素繊維の機械的特性を評価することができる解析ツールを構築した。本解析ツールにおいて、炭素繊維に含まれる sp^3 炭素および sp^2 炭素の機械的特性を従来ポテンシャルよりも精度よく予測できるポテンシャル関数 IOP を開発した。また、配向度や粒界などの構造欠陥を解析モデルに取り入れるため、10 万原子以上の大規模計算が可能な並列計算の計算コードを開発した。炭素繊維の構造要素であるグラフェンや黒鉛結晶のモデルに種々の欠陥を含ませて引張破壊シミュレーションを行い、強度低下を招く構造因子について検討した。また、PAN 系炭素繊維モデルの構築を行い、限界強度を求めた。今後は、圧縮強度やせん断強度の発現メカニズムの解明にも本ツールの活用が望まれる。最終的には、高強度を発現できる構造を明らかにして、炭素繊維の設計指針に繋げることにより、超高強度炭素繊維の創出が期待できる。

参考文献

- [1] C. Lee, X. Wei, J. W. Kysar, J. Hone, "Measurement of the Elastic Properties and Intrinsic Strength of

- Monolayer Graphene”, *Science*, Vol. 321, pp. 385-388 (2008).
- [2] F. Liu, P. Ming, J. Li, “Ab initio calculation of ideal strength and phonon instability of graphene under tension”, *Phys. Rev. B*, Vol. 76, pp. 064120 (2007).
- [3] 関戸俊英, 自動車技術会中部支部第 56 回自動車講習会講演, (2003).
- [4] A. Ito, S. Okamoto, “Verification of a Bond-order Function that Applies to both sp^2 and sp^3 Carbons”, *The Proceedings of the Society for the Advancement of Material and Process Engineering 2012*, CD-ROM (2012).
- [5] A. Ito, S. Okamoto, “Molecular Dynamics Analysis on Effects of Vacancies upon Mechanical Properties of Graphene and Graphite”, *Engineering Letters*, Vol. 20, Issue 3, pp.271-278 (2012).
- [6] S. Okamoto, S., A. Ito, “Effects of Nitrogen Atoms on Mechanical Properties of Graphene by Molecular Dynamics Simulations”, *Engineering Letters*, Vol. 20, Issue 2, pp.169-175 (2012).
- [7] A. Ito, S. Okamoto, “Effect of interlayer sp^3 carbons on Mechanical Properties of Multi-crystalline Graphites using Molecular Dynamics Simulations”, *Proceedings of 2nd Annual International Conference on Materials Science, Metal & Manufacturing*, pp.75-83 (2012).
- [8] S. Okamoto, A. Ito, “Molecular Dynamics Simulations on Multicrystalline Graphite Containing Grain Boundaries”, *Proceedings of Proceedings of the Society for the Advancement of Material and Process Engineering 2012* (SAMPE2012).
- [9] A. Ito, S. Okamoto, “Effect of orientation parameters of multi-crystalline graphites on mechanical properties by molecular dynamics simulations”, *Proceedings of 4th International Conference on Computational Methods*, (2012).
- [10] A. Ito, S. Okamoto, “Using Molecular Dynamics to Assess Mechanical Properties of PAN-Based Carbon Fibers Comprising Imperfect Crystals with Amorphous Structures”, *International Journal of Mechanical, Industrial Science and Engineering*, Vol. 7, No. 9, (2013).
- [11] J. Tersoff, “Modeling solid-state chemistry: interatomic potentials for multicomponent systems”, *Phys. Rev. B*, Vol. 39, pp. 5566-5568 (1989).
- [12] R. H. Telling, C. J. Pickard, M. C. Payne, J. E. Field, “Theoretical Strength and Cleavage of Diamond”, *Phys. Rev. Lett.*, Vol. 84, pp. 5160-5163 (2000).
- [13] F. Tanaka, T. Okabe, H. Okuda, M. Ise, I. A. Kinloch, T. Mori, R. J. Young, “The effect of nanostructure upon the deformation micromechanics of carbon fibres”, *Carbon*, Vol. 52, pp. 372 -378 (2013).
- [14] A. Shindo, “Polyacrylonitrile (PAN)-based Carbon Fibers”, *Comprehensive Composite Materials*, Vol. 1, pp. 1-33 (2000).
- [15] M. Shioya, E. Hayakawa, A. Takaku, “Non-hookean stress-strain response and changes in crystallite orientation of carbon fibers”, *J. Mat. Sci.*, Vol. 31, pp. 4521-4532 (1996).

温州ミカン果皮成分のアレルギー抑制効果に関する研究

愛媛大学農学部教授 菅 原 卓 也
伊方サービス株式会社 門 田 歩

1. 緒 言

柑橘類は豊富なビタミン類の他、ミネラル、纖維質等を多く含むとともに、保健機能を有する様々な生理活性物質を含んでいることが知られており、食品素材として幅広く用いられている。柑橘類の搾汁加工では、果皮を主とした多量の加工残渣が生じるが、その一部は飼料として利用されているものの、大部分は産業廃棄物として処理されており、あまり活用されていない。本研究では、温州ミカン果皮の有効利用の促進のため、果皮由来成分の機能性、およびその作用機序解明を目的としている。これまでの研究で、温州ミカン果皮のエタノール抽出物に含まれる免疫促進効果を持つ成分の同定に加え、マクロファージ細胞に対する抗炎症作用があることを明らかにしてきた。また、柑橘に特徴的なポリメトキシフラボノイドであるノビレチンには、脂肪蓄積抑制効果や抗炎症効果、抗アレルギー効果があることが確認されている¹⁾。そこで、本研究では、ノビレチンの脱顆粒抑制活性に着目し、抗アレルギー効果とその作用メカニズムを解明することによって、アレルギー緩和作用のある機能性食品開発に繋げることを目的として検討を行った。

2. 研究目的

温州ミカン果皮を含め、柑橘類果皮に特徴的に含まれるノビレチン（図 1）のアレルギー抑制効果を検討した。本研究では、白血球の一種である好塩基球や肥満細胞（マスト細胞）の脱顆粒に対する抑制作用を評価した。好塩基球や肥満細胞（マスト細胞）の細胞膜表面上にはアレルギーの原因抗体である IgE に対する受容体 (Fc_εRI) があり、この受容体に IgE が結合している。IgE が認識する抗原物質（アレルゲン）が体内に侵入すると IgE とアレルゲンの結合が起こり、これが刺激となって細胞内に信号が伝達され、脱顆粒応答が誘導される。顆粒内には、アレルギー症状を引き起こすヒスタミンやロイコトリエンが内包されており、細胞外に顆粒が放出されると、これらの物質が血管や粘膜を刺激してアレルギー症状が発症する。アレルギー症状を引き起こす物質を含む顆粒の放出を

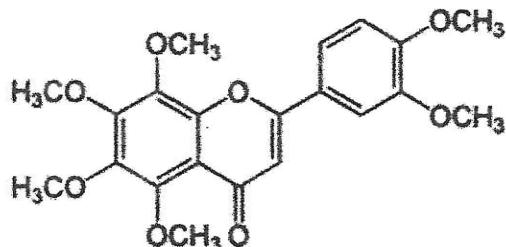


図 1 ノビレチン

抑えることができれば、アレルギー症状を緩和することができる。そこで、ノビレチンの脱顆粒抑制効果について検討した。

3. 結果と考察

3.1 マウス初代マスト細胞 (BMMC) に対する脱顆粒抑制効果

まず、マウスから初代マスト細胞 (BMMC) を調製した。BALB/c マウスを屠殺し、大腿骨を摘出した。大腿骨をリン酸緩衝生理食塩水 (PBS) で洗浄し、セルストレイナーで骨片等を取り除きながら骨髓液を遠心管に回収した。1,200 rpm で 5 分間遠心し、PBS で洗浄した。PBS を破棄し、0.1% の IL-3 を含む 10% FBS-RPMI 1640 培地で細胞を懸濁し、10 cm 培養ディッシュで培養した。週に 1 度、新しい 0.1% IL-3-10% FBS-RPMI 1640 培地で交換しながら 7 週間培養することで、高純度の BMMC を得た。得られた BMMC を用いて、抗原刺激により誘導される脱顆粒に及ぼすノビレチンの影響を評価した。脱顆粒の評価には、顆粒中に含まれる β -ヘキソサミニダーゼの酵素活性を指標として評価した。その結果、50 μM のノビレチンの作用によって BMMC 脱顆粒が抑制されたことが明らかになった²⁾ (図 2)。

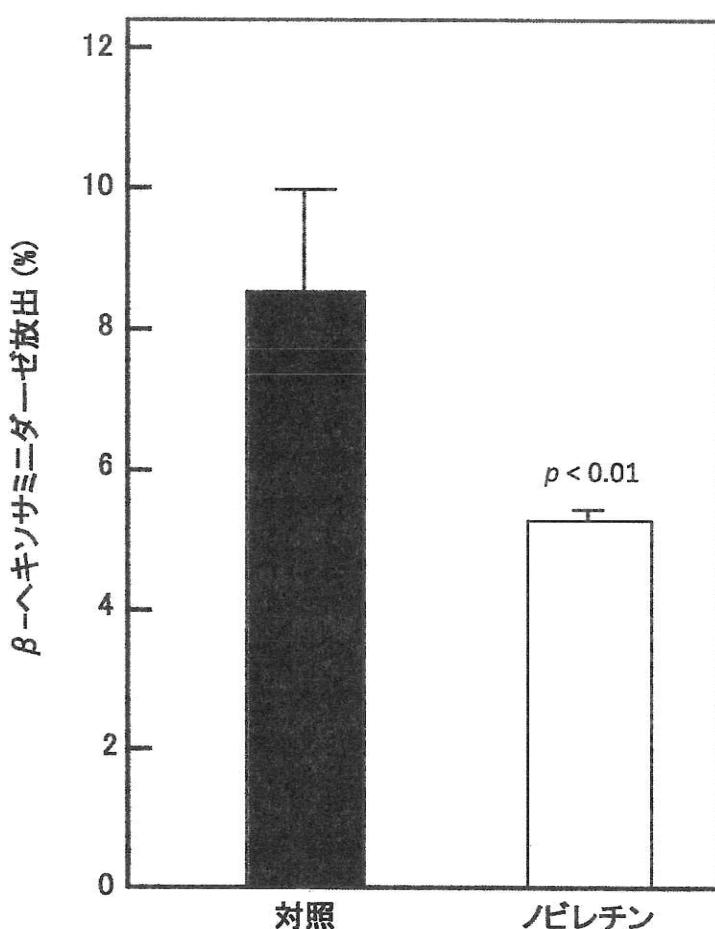


図 2 ノビレチンの初代マスト細胞に対する脱顆粒抑制効果

3.2 ノビレチンが細胞内カルシウムイオン濃度に及ぼす影響

好塩基球やマスト細胞による脱顆粒は、抗原刺激により細胞内カルシウムイオン濃度が上昇することにより起こることが明らかになっている。そこで、細胞内のカルシウムイオン濃度を変化させる薬剤で誘導される脱顆粒に対するノビレチンの効果を検討した。カルシウムイオノフォア A23187 は、細胞膜に存在するカルシウムイオンチャネルの透過性を高めてカルシウムイオンの輸送を亢進させる作用を持ち、抗原抗体反応非依存性の脱顆粒を誘導する。また、タブシガルギンは小胞体膜上のカルシウムイオン依存的 ATPase を非可逆的に阻害することにより、小胞体へのカルシウムイオンの取り込みを阻害すると同時に、カルシウムイオンの小胞体から細胞質への漏出を引き起こし、カルシウムイオンチャネルからのカルシウムイオン流入を促す。A23187 とタブシガルギンを用いて抗原抗体反応非依存性脱顆粒に対するノビレチンの影響について検討した。ポジティブコントロールとして A23187 やタブシガルギン誘導性脱顆粒を阻害するウォルトマンニンを用いた。その結果、ノビレチンは A23187、およびタブシガルギンによって誘導される脱顆粒を濃度依存的に有意に抑制した(図 3)。このことから、ノビレチンは細胞外からのカルシウムイオン流入を阻害することで脱顆粒を抑制することが示唆された。

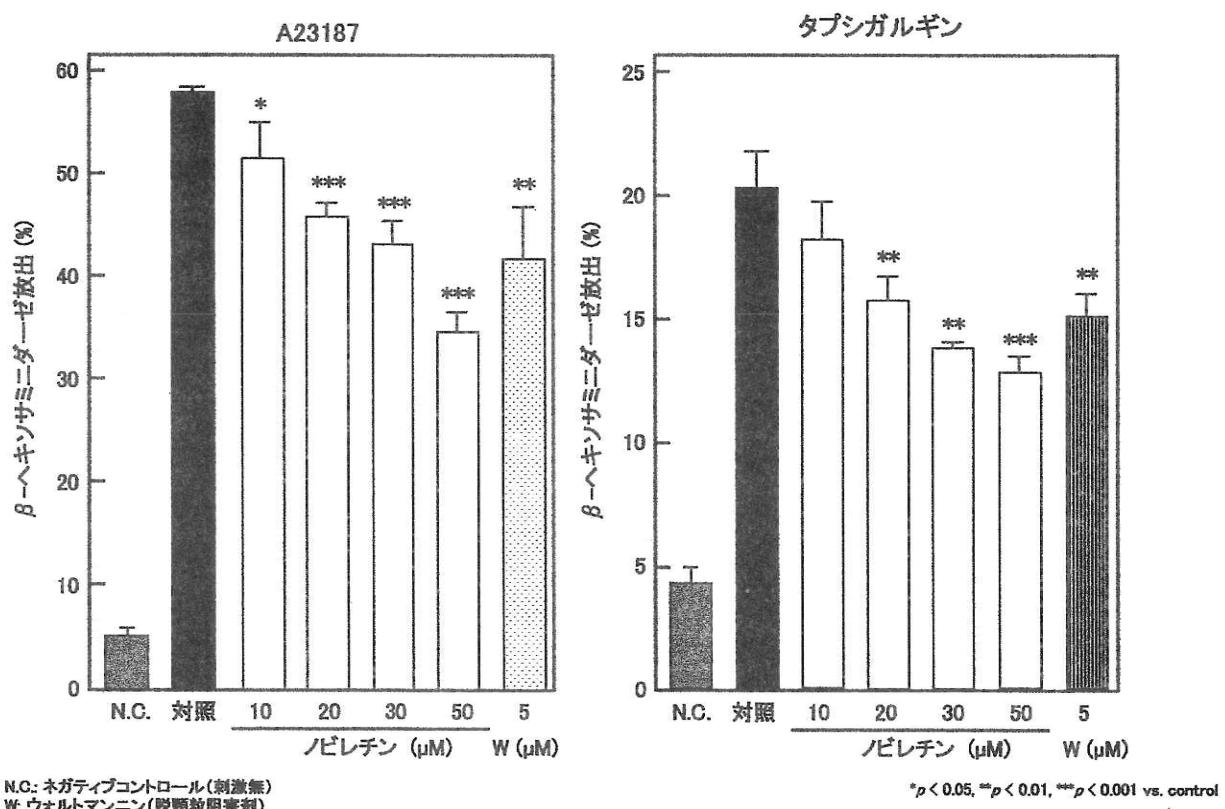


図 3 カルシウムイオン導入剤による脱顆粒に対するノビレチンの効果

そこで、抗原刺激、および A23187 刺激による細胞内カルシウムイオン濃度に対するノビレチンの影響を検討した。その結果、ノビレチンの作用により、いずれの刺激においても細胞内カルシウムイオン濃度の低下が観察された(図 4)。このことから、ノビレチ

ンはカルシウムイオン濃度の上昇を抑えることにより脱顆粒を抑制することが明らかになった。

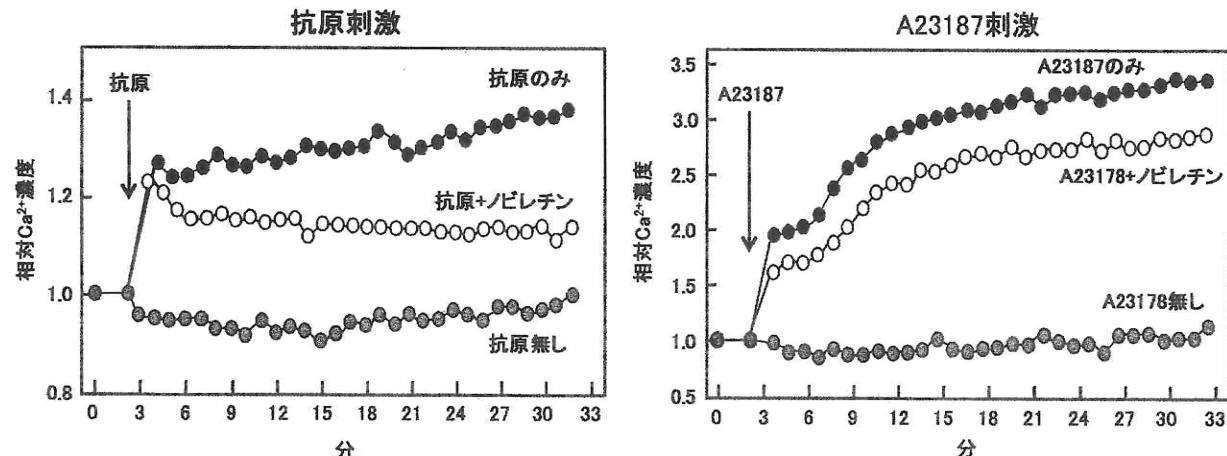


図4 細胞内カルシウムイオン濃度に及ぼすノビレチンの影響

3.3 ノビレチンの作用メカニズムの解明

好塩基球やマスト細胞の細胞表面上に発現している高親和性 IgE 受容体 (FcεRI) に結合した IgE にアレルゲンが結合すると、受容体直下のチロシンキナーゼである Lyn がリン酸化されることで、アレルゲンの刺激が細胞内に伝達される。Lyn のリン酸化による活性化に引き続き、Syk、PI3K (オスファチジルイノシトール-3 リン酸化酵素) の順にリン酸化が起こる（図5右下）。また、Lyn によって Btk のリン酸化による活性化が起こり、これによって PLC γ -1、および PLC γ -2 のリン酸化が誘導される。PLC γ -1、および PLC γ -2 のリン酸化によって小胞体内的カルシウムイオンの枯渇が引き起こされ、細胞膜のカルシウムイオンチャネルを通して細胞内にカルシウムイオンが流入する。その結果、細胞内カルシウムイオン濃度の上昇が起こり、これが最終的な引き金となって脱顆粒が誘導される。この一連の流れはカルシウム依存経路として知られている。前項の結果から、ノビレチンはカルシウム依存経路を阻害している可能性が示唆されたため、ウェスタンプロット法によりノビレチンが脱顆粒応答における細胞内シグナル因子の活性化に及ぼす影響について検討した。PI3K 特異的阻害剤として知られているウォルトマンニンをポジティブコントロールとして用いた。その結果、ノビレチンは Akt、および Akt の上流に位置する PI3K のリン酸化を抑制した（図5左）。さらに PI3K の上流、および下流に位置するシグナル因子のリン酸化レベルを検討したところ、PLC γ -1 のリン酸化は阻害されたが、PLC γ -2、Lyn 及び Syk のリン酸化レベルには影響しないことが明らかになった。一方、ウォルトマンニンも Lyn、Syk、PLC γ -2 のリン酸化レベルには影響せず、PI3K、Akt、PLC γ -1 のリン酸化を抑制することから、ノビレチンとウォルトマンニンは同様の作用機序により脱顆粒を抑制することが示唆された。しかし、ウォルトマンニンは活性化された PI3K の酵素活性も阻害するのに対して、ノビレチンは活性化 PI3K の酵素活性には影響しないことが明らかになった。

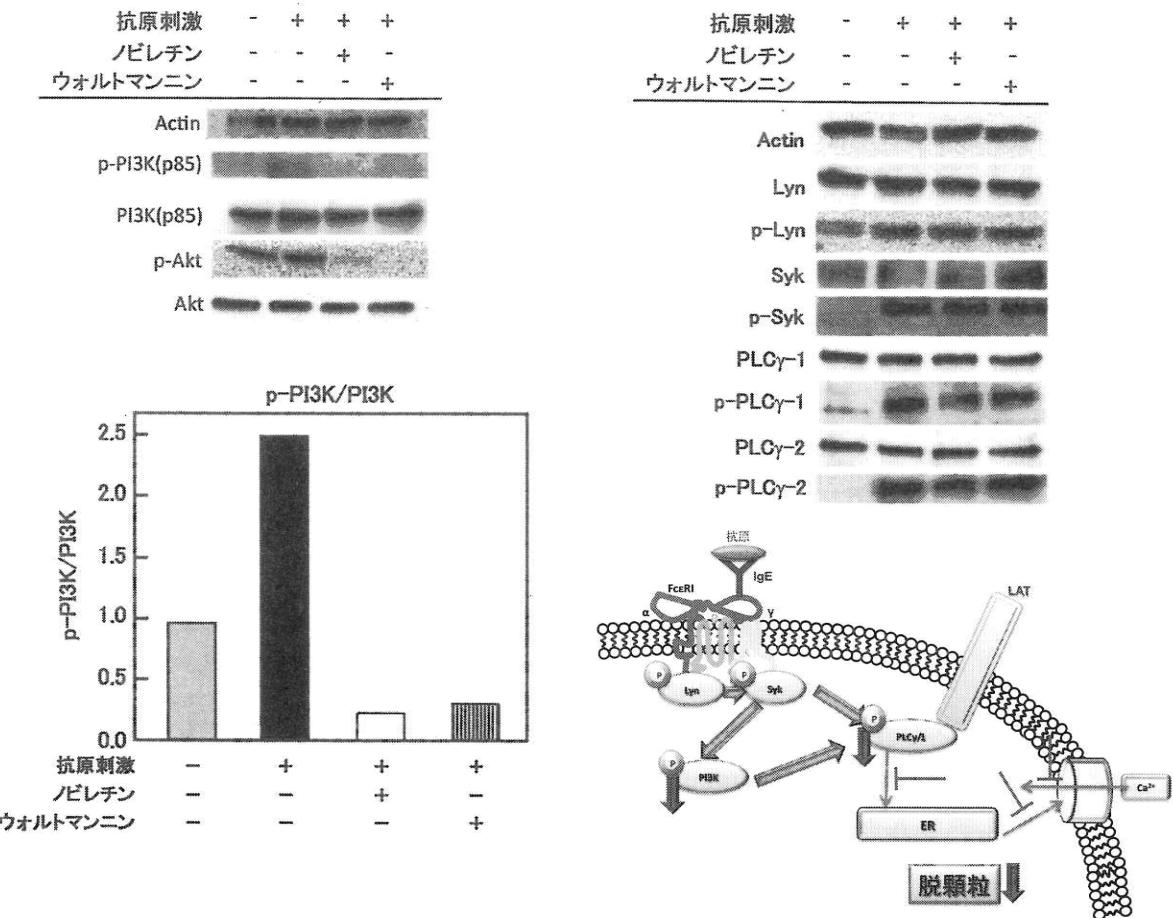


図 5 細胞内シグナル経路に及ぼすノビレチンの影響

3.4 受動皮膚アナフィラキシー (PCA) モデルマウスに対するノビレチンの経口投与の効果

6 週齢メス BALB/c マウスの耳介に IgE、あるいは PBS (ネガティブコントロール) を皮内注射し、その 23 時間後に 50 mg/kg 体重のノビレチン、および 10 mg/kg 体重のウォルトマンニンをマウスに経口投与した。経口投与した 1 時間後に、IgE の認識抗原である DNP と 0.5% エバンスブルーを溶解した PBS を尾静脈に 200 μL 注射することで受動皮膚アナフィラキシーを誘導し、耳介の血管透過性に与えるノビレチンの影響を評価した。血管の透過性が上昇すると、抗原とともに血中に注射したエバンスブルーが血管から漏出し耳介が青くなるので、耳介のエバンスブルーの漏出量を吸光度によって測定した。エバンスブルーの漏出量は PCA 応答に相關することから、漏出量が下がれば、PCA 応答が緩和されたと評価することができる。検討の結果、ノビレチン、およびウォルトマンニンは PCA 反応における耳介の血管透過性の亢進を有意に抑制した（図 6）。この結果から、ノビレチンは生体内においても脱顆粒を抑制することが明らかになった。

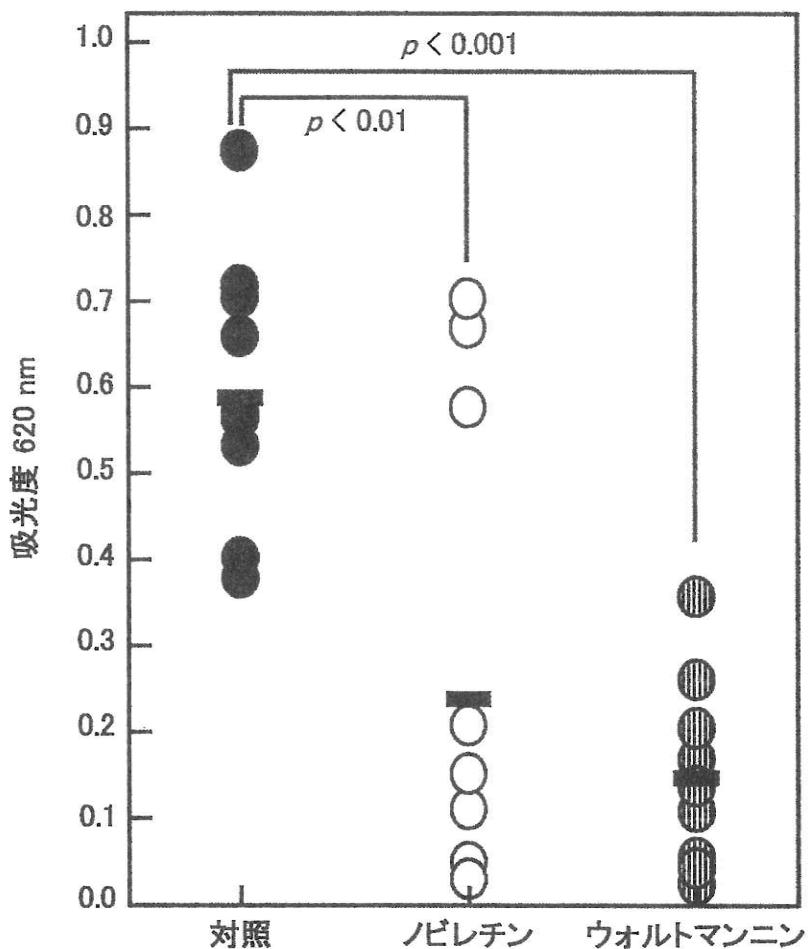


図 6 受動アナフィラキシーモデルマウスに対するノビレチンの経口投与の影響

3.5 温州ミカン果皮の抗アレルギー効果

ノビレチンにアレルギー症状緩和効果があることが明らかになったことから、ノビレチンを 16mg/100g 含む温州ミカン果皮の凍結乾燥粉末にも同様の効果があるかどうかを、アレルギーモデル動物を用いて検討した。スギ花粉症のアレルゲンである Cry j1 をマウス鼻腔に投与することにより、スギ花粉症を誘導することができる。スギ花粉モデルマウスに対する温州ミカン果皮の経口投与による症状緩和効果を検討した。Cry j1 鼻腔投与後 30 分間の鼻の引っ掻き行動を計測した。その結果、対照群の引っ掻き回数が 27.6 回 (n=6) であったのに対し、温州ミカン果皮投与群では、17.8 回 (n=6) であった。このことから、温州ミカン果皮の摂取でも、十分にアレルギー症状を緩和できることが明らかになった。

4. まとめ

ノビレチンは、シークワーサーやポンカンに多く含まれていることが知られているポリメトキシフラボノイドであるが、温州ミカン果皮にも多く含まれている。今回の研究で、温州ミカン果皮の経口摂取でも十分な花粉症緩和効果が認められた。

愛媛県では、年間 20 万トンを超える柑橘類が生産されており、全国 1 位の生産量であ

る。多くは生果として出荷されているが、4万トンが搾汁され、オレンジジュース等に加工される。搾汁の際、果皮や砂囊などの搾汁残渣が発生するが、これらは年間2万トンにものぼる。一部は乾燥後、家畜飼料や肥料として利用されているものの、多くは産業廃棄物として処分されているのが現状である。一方、柑橘類に含まれる機能性成分の多くは果皮に含まれることから、搾汁残渣の有効活用は柑橘関連産業の効率化・活性化の上では非常に重要であり、高付加価値に繋がる方策を早急に立てる必要がある。

参考文献

1. Kanda K., Nishi K., Kadota A., Nishimoto S., Liu M.-C. and Sugahara T.: Nobiletin suppresses adipocyte differentiation of 3T3-L1 cells by an insulin and IBMX mixture induction., *Biochim. Biophys. Acta - Gen. Subjects*, **1820**, 461–468, 2012.
2. Onishi S., Nishi K., Yasunaga S., Muranaka A., Maeyama K., Kadota A. and Sugahara T.: Nobiletin, a polymethoxy flavonoid, exerts anti-allergic effect by suppressing activation of phosphoinositide 3-kinase., *J. Funct. Foods*, **6**, 606–614, 2014.

環境媒体中の化合物を分析するためのバイオ計測法の構築 ～ダイオキシン汚染土壌のバイオアッセイ法とその評価～

愛媛大学農学部教授

本 田 克 久

愛媛大学農学部教特定研究員

上 田 祐 子

京都電子工業株式会社バイオ研究部

高 木 陽 子

京都電子工業株式会社バイオ研究部

立 石 典 生

【はじめに】

ベトナムの荒廃地の有効利用のために実施する土壌調査においては、戦争中に大量に散布されたエージェントオレンジ（枯葉剤）由来の 2,3,7,8-TeCDD（D48）汚染が問題となっている^{1,2)}。また、測定を必要とする荒廃地が広範囲であることから、多数の検体を分析することとなる。従って、高価で分析時間を要する機器分析法のみによる分析は現実的でなく、より迅速で安価かつ簡便な操作の分析法が望まれている。

そこで、本報告では既に構築した D48 測定系を用いて、迅速で安価かつ簡便な、しかも高い精度を有する分析法として認知されているフロー式イムノセンサー法を用いて、他のダイオキシン類の共存下であっても D48 が分析できるかについて評価した。また、実用化を目指し、Ueda et al.³⁾ 及び Hong et al.⁴⁾が報告した抽出・前処理法と本測定法を組み合わせた迅速・簡易な分析システムを構築し、土壌試料への適用について機器分析の結果と比較・評価したので報告する。

【実験方法】

試薬

D48 に特異的に反応する抗体（ハイブリドーマは（財）食品薬品安全センターより分与）、測定セル、バッファーは、京都電子工業（KEM）社製を用いた。前処理は、シーズテック社製のダイオキシン分析前処理装置（SZ-DXN-PT010）を使用し、測定装置は、フロー式イムノセンサ DXS-610（KEM 社製）を用いた。

D48 標準溶液は、CIL 社製のノナン溶液をジメチルスルホキシド（DMSO）転溶あるいはヘキサン転溶したものを用いた。その他のダイオキシン類（Dioxin16 種、PCB12 種）については、CIL 社製、Wellington 社製、Accu Standard 社製の標準溶液を DMSO 転溶したものを用いた。

模擬試料としては、ダイオキシン類を含まない土壌（D48 の HRGC/HRMS 実測値；0.2pg/g 以下）に D48 を均一に吸着させたセライト（WAKO, Celite No. 535）を混合し、100~1000pg/g となるように調製した（No.1~No.4）。また、実試料としては、ベトナムで採取された D48 汚染土壌を使用した（No.5 ~No.6）。

方法

D48 への特異性については、D48 試料中にその他のダイオキシン類を添加することによる測定値への影響から評価した。詳細は、測定溶液濃度が 0.08ng/mL になるように D48 を添加し、さらに各ダイオキシン類を当量添加した測定溶液を DXS-610 で測定した。

分析システムの正確性は、模擬試料とベトナムで採取した実試料を用いて機器分析との相関性により評価した。詳細は、土壌試料 5g を採取し、4%の 0.1M H₂SO₄ を含むアセトン溶液による超音波抽

出法によりヘキサン粗抽出液を調製し、そのヘキサン粗抽出液を 1mL 分取し、前処理装置を用いた加熱多層シリカゲル／アルミナカラム法により前処理済み DMSO 試料を得た。

【結果と考察】

1. D48 測定系の性能

表1には、D48 溶液にその他のダイオキシン類を当量混合（1:1）した溶液の測定値と、D48 のみの測定値に対する乖離率を示した。

各ダイオキシン類混在下において抗体の反応性は 80~120% 以内であったことから、異なるダイオキシン類異性体共存下においても、D48 のみを検出することができる測定系であることが示唆された。

表1. 他のダイオキシン類混入による D48 測定値への影響

Compound	Measured value (ng/mL)	Ratio	Compound	Measured value (ng/mL)	Ratio
2,3,7,8-TeCDD	0.080	100%	3,4,4',5-TeCB	0.076	95%
1,2,3,7,8-PeCDD	0.083	104%	3,3',4,4'-TeCB	0.077	96%
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.085	106%	3,3',4,4',5-PeCB	0.076	94%
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.082	102%	3,3',4,4',5,5'-HxCB	0.086	107%
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.083	104%	2',3,4,4',5-PeCB	0.090	112%
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.080	100%	2,3',4,4',5-PeCB	0.093	116%
OCDD	0.080	100%	2,3,3',4,4'-PeCB	0.079	99%
2,3,7,8-TeCDF	0.096	120%	2,3,4,4',5-PeCB	0.080	100%
1,2,3,7,8-PeCDF	0.085	106%	2,3',4,4',5,5'-HxCB	0.079	99%
2,3,4,7,8-PeCDF	0.089	111%	2,3,3',4,4',5-HxCB	0.079	99%
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.081	101%	2,3,3',4,4',5'-HxCB	0.080	100%
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.081	101%	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	0.074	92%
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.084	105%			
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.078	98%			
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.087	109%			
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.087	109%			
OCDF	0.082	103%			

2. 構築した分析システムの正確性

模擬試料 4 検体とベトナムで採取した実試料 2 検体の HRGC/HRMS と DXN-610 による測定値の比較を、表2に示した。

全試料について、DXS-610 と HRGC/HRMS における D48 実測値の比は、80~120% 以内の良好な関係が得られた。今回用いたベトナムの試料は、日本における通常のダイオキシン汚染土壌とは異なり、2,3,7,8-TCDD が特異的に高い異性体分布を持つ汚染土壌である。従って、本分析システムは、TEQ（毒性）を算出し評価するのではなく、エージェントオレンジ由来ダイオキシン（D48）の簡易・迅速な測定技術であると言える。

【結論】

本分析システムは、試料中の複数の異性体からなるダイオキシン類の中から D48 を特異的に測定する方法である。つまり、D48 濃度が高く、他のダイオキシン類異性体の濃度が低い、所謂、エージェントオレンジ由来の汚染土壌調査において、本測定法は適用性が高いと考えられた。

表2. 模擬試料及びベトナム試料の HRGC/HRMS と DXS-610 によるダイオキシン類濃度の比較

Kind	HRGC/HRMS	HRGC/HRMS	DXS-610	Ratio
	(pg-TEQ/g)	(pg-D48/g)	(pg-D48/g)	
Pseudo-1	91	91	N.D.	-
			N.D.	-
			192	91%
Pseudo-2	210	210	186	89%
			171	82%
			363	110%
Pseudo-3	330	330	334	101%
			341	103%
			856	87%
Pseudo-4	987	987	927	94%
			811	82%
Polluted-1	1640	1640	1660	101%
			1704	104%
			1708	104%
Polluted-2	761	760	840	110%
			803	106%
			787	104%
Polluted-3	200	190	161	85%

【参考文献】

- Young A L: The history, use, disposition and environmental fate of Agent Orange. Springer, New York (2009)
- Mai T et al.: Dioxin contamination in soils of Southern Vietnam. *Chemosphere*, 67, 1802-1807 (2007)
- Ueda Y et al.: Rapid analysis for dioxins derived from Agent Orange in soil. I-HRGC/HRMS determination method. *Organohalogen Compounds*, 75, 371-374 (2013)

- 4) Hong J et al.: Development of the automated cleanup system for the analysis of PCDDs, PCDFs and DL-PCBs. *Chemosphere*, 88, 1287-1291 (2012)

小麦胚芽抽出液の改良および無細胞タンパク質合成の応用技術の開発

愛媛大学プロテオサイエンスセンター教授 澤 崎 達也
株式会社セルフリーサイエンス開発部 森 下 了

ヒトを含め多くの生物種で、ゲノム配列のシークエンスが終了し、種々の生物がもつ遺伝子の配列が分かってきた。しかし残念なことに、遺伝子の配列情報はアミノ酸の並びだけで、遺伝子の本体であるタンパク質の機能は未知である。いわば、タンパク質と言う単語のスペルが判明しただけで、それらの意味(機構や構造)はなお不明である。遺伝子の機能を知るためにには、その情報を一つ一つタンパク質分子に変換し、試験管内で生化学的な機能を調べる必要がある。従来から用いられている、生体から直接あるいは、培養細胞を利用する組換え法で得られるタンパク質の調製法には多くの限界があり、これまでの半世紀にわたる研究をもってしても、機能や構造が解明されているタンパク質の種類は、研究対象とされてきた全生物種を合わせてもほんの一握りに過ぎない。そのため、遺伝子情報の意味を理解するためには、必ずタンパク質を生産する技術が必須であるといえる。

アミノ酸を20個程度結合させる有機化学的な手法も開発されているが、数百個のアミノ酸を結合させることは、合成収量の観点から現実的に難しいのが現状である。そこで、生きた細胞を使わない、しかし、生物が40億年の進化の過程で完成させてきた遺伝子情報翻訳装置を試験管の中に取り揃えて、外部から添加した遺伝子を鋳型に、タンパク質を自由自在(翻訳反応を阻害しないタンパク質のすべてを合成することが可能になる)に合成する“無細胞”なタンパク質合成法が次世代のタンパク質合成法として期待されるようになった。

植物の種子は、発芽温度になると胚芽にスイッチが入り(DNAからmRNA合成に続いて翻訳反応がおこる)、あとは水さえあれば、ものすごい勢いで発芽し生育する。実は、その発芽時に、胚芽組織では多種多様なタンパク質を大量に合成していることが知られていた。そこで我々は、小麦種子の胚乳部分にはタンパク質合成を阻害する因子が含まれることを明らかにし、胚芽のみで作成した抽出液は非常に長時間タンパク質を合成する能力があることを見出した。この胚乳を除去した小麦胚芽だけで作ったタンパク質合成系と、小麦胚芽タンパク質合成系専用に新しくデザインした鋳型mRNAを用いることで、従来の100倍近いタンパク質合成量を誇る小麦胚芽無細胞タンパク質合成技術を開発することに成功した。この技術を用いて、ヒトのタンパク質を2000種類以上合成し、それぞれの合成量を確認した。その結果、95%のヒトタンパク質が合成でき、小麦胚芽無細胞タンパク質合成技術はヒトタンパク質の合成にも適していることが証明された。今後は、合成したヒトタンパク質の機能解析を進め未解明な遺伝子機能を明らかにすると共に、この2000種類以上のヒトタンパク質を利用し疾患特異的なバイオマーカーの探索を進める予定である。

新規機能性素材の検証

愛媛大学南予水産研究センター教授

三浦 猛

愛媛大学南予水産研究センター講師

三浦 智恵美

愛媛大学南予水産研究センター特任助教

太田 史

愛媛大学南予水産研究センター特任助教

岩井 俊治

稚魚に餌を与えて大きくするのが、魚類養殖である。飼料の良し悪しは、養殖の効率に影響し、生産物の品質にも直接影響する。また、養殖にかかる経費の6から7割が飼料代である。これらのことから、飼料の性能は養殖業者にとって、最重要の関心事であり、地域からはその改善に関する要望が非常に多い。飼料の改善と並び養殖漁業者の大きな関心は、魚病の抑制である。養殖は、高い密度で魚を飼育するため、天然魚では問題とならない感染症がしばしば発生する。感染症の抑制には、抗生物質をはじめとする薬剤が有効であるが、食の安全性の観点から考え、薬剤の多用は、大きな問題である。安全性の高い抗病性の物質の開発は、魚類養殖の効率化および養殖魚の普及にとって重要である。本研究では、成長性および耐病性の向上を目指した飼料の開発に必要な新規機能性素材の開発を行った。

成長促進素材としてのイカ内臓溶解液

イカの内臓を養殖用飼料に添加すると餌食いが良くなることは以前から知られていた。しかし、イカ内臓には20ppm以上のカドミウムが含まれており、飼料安全法上、飼料に添加することが出来ない。近年、キレート樹脂を用いて容易にイカ内臓からカドミウムを除去する方法が開発され、イカ内臓の養殖飼料への添加が可能となった。イカ内臓を飼料へ添加することにより、摂食量が向上することは知られているが、その効果の詳細は明らかではない。そこで、脱カドミウムイカ内臓溶解液のマダイに対する摂食性および成長に与える影響を解析した。

脱カドミウムイカ内臓溶解液を0.5%, 5%および10%添加した飼料をマダイに与え4週間飼育したところ、イカ内臓溶液を添加していない対照区のマダイに比較して摂食量が著しく向上し、体長・体重が有意に増加した(図1)。また、増肉係数(1kgの魚体重を増加させるのに必要な餌の量)が、対照区が3.05であったのに対し、0.5%イカ内臓溶解液添加区では2.33、10%添加区では1.73と、著しく飼料効率が向上した。このように、脱カドミウムイカ内臓溶解液の飼料への添加は、養殖魚の摂食性を向上させ、成長を促進、更には飼料効率を向上させることが明らかとなった。

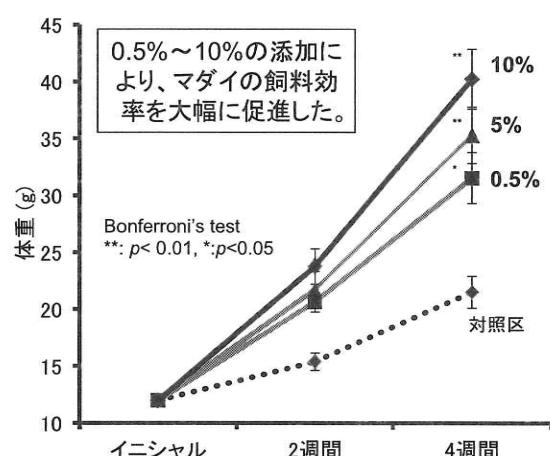


図1. イカ内臓溶解液のマダイの成長促進効果

現在、この脱カドミウムイカ内臓溶解液を「イカマリン」という商標で、ベンチャー企業愛南リベラシオからの商品化を検討している（図2）。



図2. 脱カドミウムイカ内臓溶解液の商品化
(商品用ラベル)

耐病性向上素材としての昆虫由来免疫賦活化多糖

宇和海で生産されるタイやブリ用飼料の組成は、これらの魚が肉食魚であることから、その約半分がカタクチイワシなど天然由来の魚粉である。魚粉の70%近くは、ペルーやチリなど南米からの輸入であるが、最近この価格が天然資源の変動や世界経済の状況悪化により上昇傾向にあり、飼料価格に大きく影響している。私たちはこれまで、この魚粉を減らす取り組みとして、大量に増殖可能なイエバエをはじめとする昆虫の利用を検討してきた。イエバエの幼虫およびサナギの使用により、養殖用飼料に用いられる魚粉を50%削減することが可能であるが、イエバエは、食料の原料としてはイメージが悪く、現段階では実用化の目処は立っていない。私たちは、イエバエの飼料への利用を研究する過程で、イエバエのサナギに、魚類に対する摂食性の向上、成長促進および免疫賦活化作用があることを見いだした（図3）。これらの作用のうち、私たちは免疫賦活化能に焦点を絞り、昆虫に含まれる機能性の原因物質の単離・同定に挑戦した。

前述のように、魚類養殖を行う以上、魚病発生の可能性を否定することはできない。魚病対策として、抗生素質等の薬剤を使用することもある。天然物由来の安全な物質により、魚の免疫力を向上させ、魚病の発生が抑えることが出来れば、食の安全性の観点から、非常に喜ばしい。物質の単離同定を試みるにあたり、イエバエ以上にこの免疫活性化物質が含まれている可能性の高い昆虫をスクリーニングしたところ、ウリミバエと天蚕（ヤママユ）を得ることができた。ウリミバエは、沖縄原産の害虫で、沖縄県で不妊

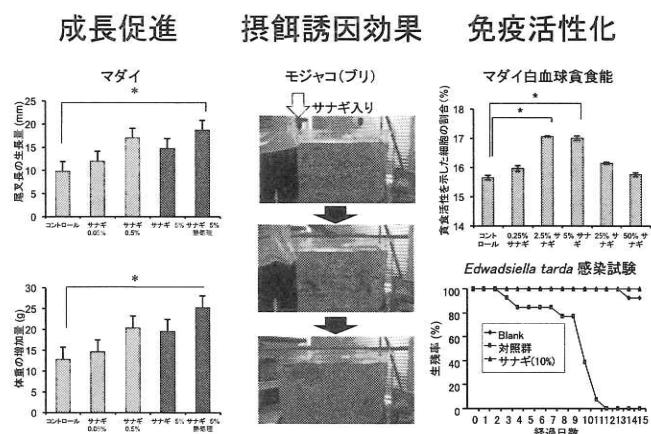


図3. イエバエサナギの機能性

虫放飼による駆除事業が行われている。天蚕から得られる天蚕糸は高級絹織物の原料として有名である。これらの昆虫に、イエバエの 100 から 1000 倍の免疫活性化因子が含まれていることが明らかとなった。免疫細胞であるマクロファージの一酸化窒素産生能 (NO 活性) を免疫活性化物質の指標として、これらの昆虫から、機能性物質の単離・同定を試みた。その結果、これらの昆虫に含まれる免疫賦活化物質は、主要な構成要素として L-ラムノースを含む巨大分子量の酸性多糖であることが明らかとなった（図 4）。尚、動物に由来する免疫活性化能を有する多糖の発見は、本物質が世界初となる。私たちは、この機能性多糖のうち天蚕から単離した物を“シルクロース”と名前を付けることにした。このシルクロースは、家蚕にも多く含まれていることから、養蚕で廃棄されるサナギを有効に利用することが可能である。また、原料であるヤママユおよびカイコは、ハエ類に比較してイメージも良い。

シルクロースは、飼料中に 1/10000 から 1/1000 という微量の添加で、ウィルス性、細菌性の魚病に有効である。現在私たちは、シルクロースの養殖への実用化に向けて研究を続けている。

Silkrose: シルクロース

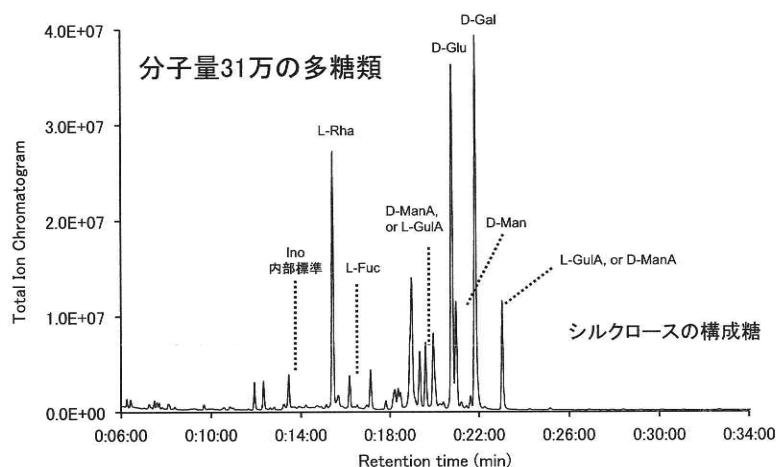


図 4. 昆虫由来免疫賦活化多糖：シルクロース

携帯電話カメラでの捕虫シート撮影による害虫発生数の監視

愛媛大学植物工場研究センター副センター長・教授

有馬誠一

愛媛大学農学部講師

上加裕子

NEC情報・メディアプロセッシング研究所主任研究員

石山豊

農業現場に取り入れられてきているIPM(総合的病虫害管理)が効果を発揮するためには、現場の害虫発生量を精密に監視する必要がある。この作業を日常業務内で迅速に低コストで行うことは、現場作業者のスキルに大きく依存しているという課題がある。本報告では、携帯端末で捕虫シートの写真を撮影するだけで、簡便に害虫発生量を監視できるクラウドサービスを提案し、実際に植物工場で集めた画像に対し、捕獲した数百匹の害虫数を手動計測した正解データを用意し、画像処理の有効性を評価したので報告する。単純なアルゴリズムながらも多地点でのデータ収集に十分活用できることができた。画像認識クラウドサービスによりデータ収集を容易化しマッピングデータを得ることができれば、大規模施設における局所的な収量差の改善や、外部からの病害虫の侵入予察など、有益な知見が得られる可能性を示した。今後、広域かつ時系列の画像データ収集を行い、異常発生の兆候検出が可能であるかを検討したい。

Monitoring Pest Population by Shooting Trap Sheets with Mobile Phone Camera

SEIICHI ARIMA

YUKO UEKA

RUI ISHIYAMA

The integrated pest management (IPM) is widely-used methodology among agri-food industries, but the common problem is that its effectiveness strongly depends on the skills of the operators working in the field. In this study, we propose a system for monitoring the pest population by taking a photo of a trap sheet and recognizing it automatically. Our system is used to collect detailed monitoring data over the fields without requiring the operators' skill and time-consuming work. As experimental data set, sheet images were collected in the real agriculture field, then the image processing engine to recognize the number of trapped pests was tested. The proposed system makes it practical to collect detailed mapping data of pest population in and around the field. The implementation of the system is future work, but our analysis of the manually collected data extracted the valuable information, such as the local differences in the plant environments and the forecasts of invading pests from outside.

1. はじめに

農薬や栽培技術の進歩により、農業生産の安定性と品質は飛躍的に向上してきた。歴史的に大きな食料危機をもたらしてきた病害虫による被害も、消費者目線ではもはや実感のないものになりつつある。しかし依然として、病害虫被害は農業経営における一大リスクであり、売上の数十パーセントにおよぶという調査もある。

害虫の確実な防除は、現場作業者の熟練（よく言われる経験と勘）に強く依存している。近年、環境保護や作物の安全性、防除にかかるコストの低減など様々な問題を統合的に改善するIPM(統合的病害虫管理)の導入が進められている[1][2][3]。同手法が効果を発揮するためには、現在の害虫発生状況を地理的・時間的に密に監視する必要がある。

最も一般的な害虫監視手法は、粘着捕虫シート（図1）の設置と目視観察である[4]。これは発生状況の監視と防除効果を兼ねており、栽培施設の管理すべきポイント（出入口や作付け境界、一定の間隔など）に設置し、その捕獲数を日々観察することで、予察の基礎データが得られる。捕殺数のカウント作業自体は何ら難しいことではないが、一般の人が短時間に行なうことは難しい。さらに、平常時においてはその変化量は微小であるため、作業者にとって徒労感が大きい作業である。したがって、一瞥するだけでその変化を認識できるような熟練者を除き、実際に綿密な監視を行うことは、工数的に非現実的なのが実情である。

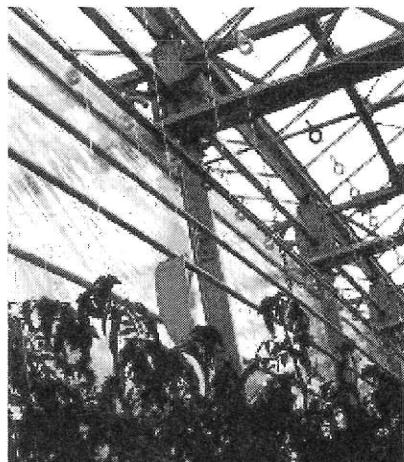


図1：栽培施設内に設置された捕虫シート

Figure 1 Pest trap sheet in a greenhouse.

つまり、害虫発生状況の常時・多地点の監視がIPM成功のカギであるが、その作業コストが高いために現実的でないことが課題である。今後確実に進む農業者の世代交代や農地の大規模化によって、そうした作業を効率よく行える熟練者を現場に配置することはますます困難となっていく。したがって、非熟練の作業者でも精密な害虫監視を低コストで行えるよう支援するICTシステムが期待されている。

2. 捕虫シート撮影による害虫監視

従来から、研究レベルでは害虫の捕獲数を自動監視するシステムが提案されてきており、商品化されたものもある[5][6][7]。しかし、いずれも専用の特殊な捕獲装置やスキャナなどのハードウェア専用装置を使っており、多地点・広域での導入・運用はコスト的に困難といえる。このため、圃場全体を監視するようなシステムは一般的でなく、研究用にとどまっているものが多い。本研究では、特殊なハードウェアを用い低コストで導入可能であり、特に知識のない作業者でも日常業務の合間に簡単に害虫発生状況を計測・記録でき、クラウドサービスによって時系列データを蓄積し、警報・駆除指令等の情報提供を自動的に行える、害虫監視システムの実現を目指している。本報告では、その一案として、図2に示すように、携帯端末（スマートフォン）のカメラ機能を用いて捕虫シートを撮影、サーバへ画像を自動アップロードし、画像処理によって害虫の種類別発生数を自動認識するシステムを提案する。

スマートフォンのカメラは高解像度化が進んでおり、小さな虫を認識するにも十分な画質がれる。低成本で導入可能な害虫監視システムを実現し、現場導入を促進することで、広域かつ詳細な害虫発生データを集めることが可能になる。圃場内には数多くの捕虫シートが存在するが、携帯電話の位置計測機能を利用して画像に位置情報を埋め込めば、日時と共に記録の手間も一切なくすることができる。大量の捕虫シート画像を安価かつ大量に集めることが用意であり、これをビッグデータとして解析することで、IPM効果の向上、高精度な害虫警報サービスをはじめ、安定かつ高品質な農業生産に貢献する様々な情報サービスの創出が可能である。IPMに必要な害虫監視の要素技術は、害虫の種類（有害・無害等）判定と、数のカウントの2つである（図2）。

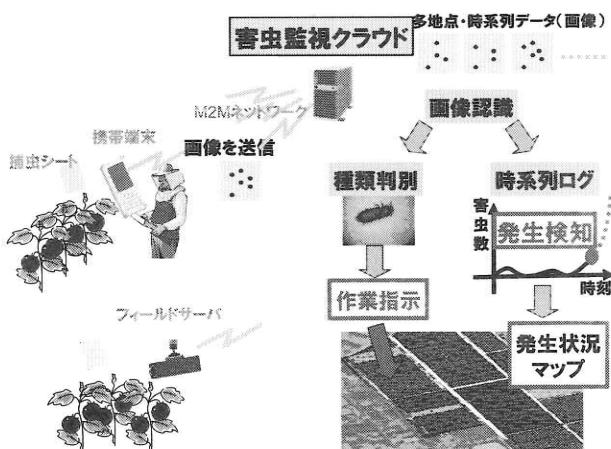


図 2：画像認識による害虫監視クラウドサービス

Figure 2 Pest monitoring system by recognition of images captured and uploaded by mobile phone cameras.

最終的な研究目標は、複数種類の害虫が混在して捕獲される捕虫シートの画像に対し、種類判定と数のカウントの両方を実現することである。しかし、背景や照明の変化、画像の解像度やブレ・ボケ、虫の重なりや損傷などによる形状変化など、困難な要因も多い。

本報告では、捕虫シートを携帯電話のカメラで撮影した画像から、害虫の捕獲数を単純にカウントするのみの画像処理について、基礎的なアルゴリズムを実装し、実データで評価した結果を報告する。愛媛大学の植物工場において、実際に設置されていた捕虫シートを携帯電話カメラで撮影した画像に対し、手動で害虫数の正解データを入力したデータセットを用意した。そして、害虫捕獲数カウントのための画像認識エンジンの試作と性能評価を行ったので報告する。

3. 捕虫シート画像の収集と正解付け

一般的の屋外、露地栽培や密閉度の低い施設園芸の現場では、サイズや形状が多種多様な昆虫が多種混じって捕獲される。したがって、画像認識によってそれらを（種類別に）カウントすることは容易でない。本研究ではまず、捕獲される害虫が單一種である場合、すなわち、閉鎖度の高いグリーンハウスや植物工場をターゲットとした基礎評価を行う。こうした閉鎖度の高い施設では、防除手段として防虫ネット等を用いており、それでも侵入・発生してしまう監視対象となる害虫の種類は限定される。IPMの高度な運用が行われているのもこうした施設である。

本研究では、太陽光型植物工場において、実際に栽培がおこなわれている環境に3週間設置した捕虫シートを、携帯電話の内蔵カメラで撮影した画像を収集した。画像の例を図3に示す。画像の解像度は1424x2144画素（3メガピクセル）のJPEG画像であり、近年の携帯電話ならほぼどの機種でも撮影可能な画質レベルである。圃場内の3か所にそれぞれ14種類の捕虫効果の異なるシート（捕虫効果を高める穴あき・模様ありなど）が設置され、各シートの両面をそれぞれ撮影している。画像は合計84枚あり、各画像に対し捕獲された害虫の数を人手で数えた正解データを与えた。

画像は特に画像処理を意図して撮影されたものではなく、背景には栽培中の農場（植物やグリーンハウス壁面）が写っている。シート自体にも、メーカ名の印字、手動計測のための補助線、設置のためのワイヤー、捕虫効果を高める穴など、ノイズとなりうるもののが写りこんでいる。今回の画像は残念ながら時系列に撮影されたものではないが、3か所の異なる場所で捕虫効果が異なる複数のシートを撮影しており、各画像での捕獲数が30～300匹と大きな差があるので、認識精度の評価が可能である。

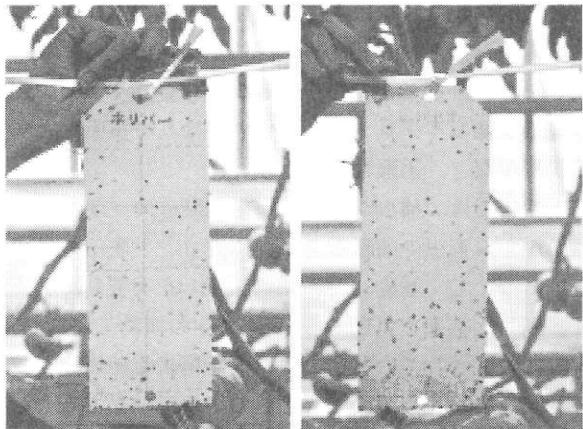


図 3 今回収集した捕虫シート画像の例. 左 : 表面, 右 : 裏面. シートのメーカ名や, 人手による計測のために使う破線などが印刷されている. また, 他のシートでは, 穴や丸斑点模様などが印刷されている (捕虫効果を高めるためのもの).

Figure 3 Examples of trap sheet images. (Left) front face. (Right) back face. Logo of sheet supplier and guide lines are printed. Some sheets have holes and circles to enforce trapping efficiencies.

4. 2 値化と Blob ラベリングによるカウント

具体的なアルゴリズムを図 4 に示す. まず, 画像から捕虫シート以外に写っている背景の除去が必要である. 捕虫シートは一般的に昆虫を引き付ける蛍光色 (黄色または青色) であるので, カメラ画像でも純粋な黄色として安定に撮影できる. そこで, シート色をキーとした領域抽出を行うため, 色空間を YCrCb に変換し, Cb 画像に対して大津二値化法を適用し, 最大領域を取ることによってシート領域を検出した.

次に, シート領域内に対して大津二値化法によって虫領域を分離し, Connected Component Analysis[8][9][10]による blob のラベリング処理を行い, 害虫数をカウントした. 本実験では文献[10]のアルゴリズムを実装したソフトウェア^aを利用した.

この際, 捕虫シートに印刷されている点線や文字がノイズとなり Blob として誤検出される. シートに印刷された点線は十分細いため, モルフォロジフィルタによって消去できた(矩形カーネルによる erode/ dilate フィルタを適用し, ノイズを除去). 文字やシートに開けられた穴 (あるいは丸い模様) は大きすぎて消去できないが, 逆に虫のサイズに対して十分大きいので, 抽出された Blob の面積に対して上限閾値を設けることでカウントから除去できた.

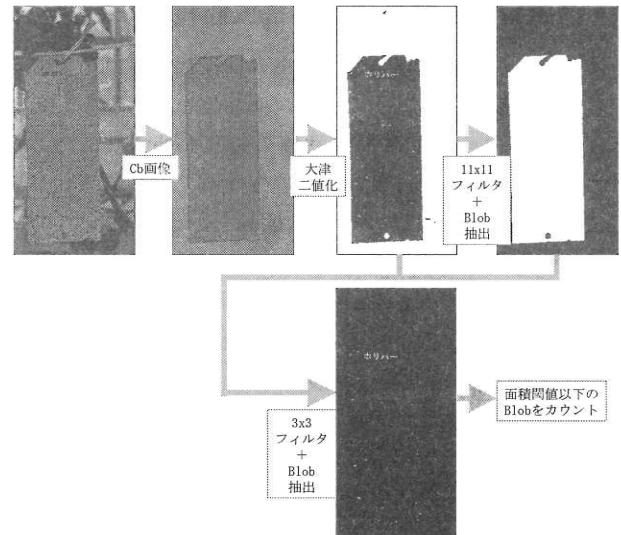


図 4 捕虫シートの画像から捕獲された害虫数をカウントする画像処理アルゴリズム

Figure 4 Image recognition algorithm for counting trapped pests on sheet.

5. 実験結果

前節で述べたアルゴリズムによる画像計数の精度を評価するため, 人手による計数結果との比較を行った. 図 5 に正解データと画像計数結果の相関を示す.

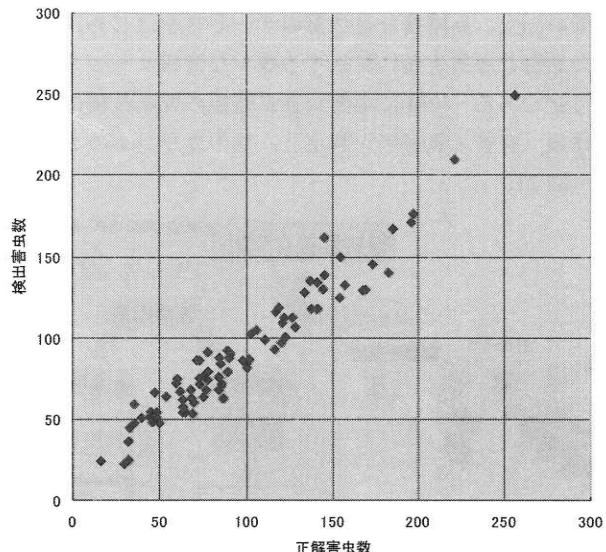


図 5 捕虫シートに捕獲された害虫数の正解と, 画像認識によるカウント結果の相関

Figure 5 Correlation between actual number of trapped pests (manually counted) (x-axis) and automatically counted number by the algorithm (y-axis).

^a cvBlob <https://code.google.com/p/cvblob/>

計数精度は標準偏差 14.5 匹であった。前述したとおり、複数の虫の重なりを考慮していないため、全体として少な目にカウントする傾向が見られた。また、シートに元々印刷された文字や破線もカウントしてしまうため、オフセットが乗った数値としてカウントされていた。

これらを線形回帰によって補正すると、最適な回帰式は
 $(\text{補正值}) = 1.098 \times (\text{カウント出力数}) - 7.191$ となり、
 補正值の誤差は標準偏差 12.2 となった。係数 > 1 であることと、オフセット < 0 であることが、上記の傾向を裏付けている。絶対的な精度は高くないが、計測の手軽さをもって多地点での時系列計測を実現し、相対的な傾向を見るには有効であると考える。

6. 害虫発生状況マッピングの有効性検証

本研究の画像処理アルゴリズムを実際にクラウドサービスとして稼動させ、現場でのデータ収集を行う実証実験は今後の課題であるが、害虫発生状況をマッピングすることで、害虫防除に有効な様々な情報が得られることについて、画像処理の実験データとして集めたカウント結果によって検証したのでここに紹介する。以下に示したようなマッピングデータの取得に、現状では膨大な手作業を要しているが、画像処理とクラウドサービスによって自動化し、実用可能とすることが、本研究の最終目的である。

愛媛大学植物工場研究センター植物工場 A 周辺と植物工場 B 内に害虫捕殺粘着シートを設置し、デジタルカメラによる画像入力、目視による害虫の同定と捕殺数のカウント、害虫マップの作成を行った結果、以下の知見が得られた。

(1) 園場内の発生ピーク時期・場所の把握

植物工場 B 内における害虫捕殺粘着シートを用いた害虫発生情報マップを作成した（図 6）。時系列に沿った害虫発生データをマップ化することで、害虫の発生ピーク期や発生ポイントを把握することができた。発生のピーク期は、クロバネキノコバエ類は 8 月下旬と 11 月上旬、コナジラミ類は 9 月下旬であった。また、主な発生ポイントが特定でき、効果的な対策案の立案に有効な情報が得られた。また、植物工場内でも、部屋によって害虫発生状況が異なることが明らかとなった。気温や湿度、日射量、部屋の位置、循環扇の運転などの環境要因が関係していると考えられる。

大規模な施設園芸では、このような施設内の局所的な環境要因のムラ（平面分布）が収穫量に影響していることが課題となっている。収穫量の少ないブロックの解消によって植物工場全体で収穫量を 2 割も増加できるという試算もあり、このような細やかなマッピング情報を得て、適切な改善を行うことが、農業経営上極めて有益である。

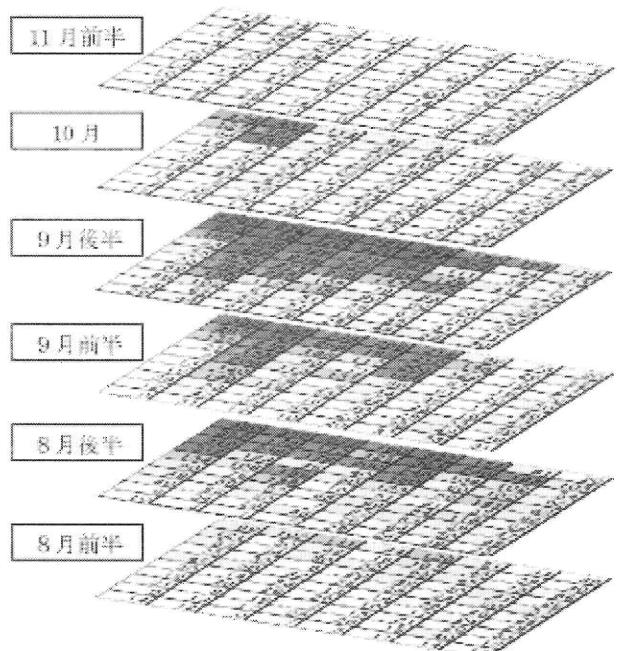


図 6 植物工場 B のコナジラミ類発生状況の経時変化

Figure 6 Mappings of number of trapped whiteflies in greenhouse B in time series.

(2) 園場外部の監視による発生（侵入）予察

そもそも、害虫は園場自体内部から発生するものではなく、外部環境から持ち込まれるもののが大半である。害虫監視を低成本にすれば、園場内部だけでなく外部をも監視対象に加えることで、そこから襲来する害虫の状況を予察することも可能と考えられる。その基礎検討もあわせて行ったので紹介する。

植物工場 A 周辺に設置したシート（図 7）を用いて害虫発生状況をマッピングし比較した。コナジラミ類についての結果を図 8 に示す。場所的には、植物工場 A 北側入口付近に多い傾向がみられた。これは、近くに手入れの行き届いていない草地があり、発生源となっている可能性が高い。コナジラミ類は植物工場内でも発生がみられる害虫であり、また、時系列の発生状況が室内と近似している。

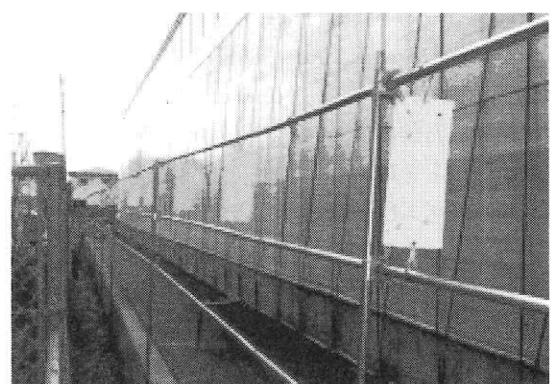


図 7 植物工場 A 周辺の粘着シート設置状況

Figure 7 Trap sheets for monitoring outside of greenhouse.

以上のこととは、野外での害虫発生モニタリングが、植物工場内部の害虫防除にも有効な情報になることを示唆している。圃場外の害虫発生（飛来）状況を監視できれば、圃場内への発生源や侵入経路の解明などに応用可能であり、屋内における害虫防除にも有効であると言える。すなわち、本研究のような携帯端末と画像処理による同定・カウントが可能となり、害虫発生モニタリングシステムを広範囲で導入することが実現できれば、害虫防除の大幅な効率化が期待でき、IPM が飛躍的に高度化すると考えられる。

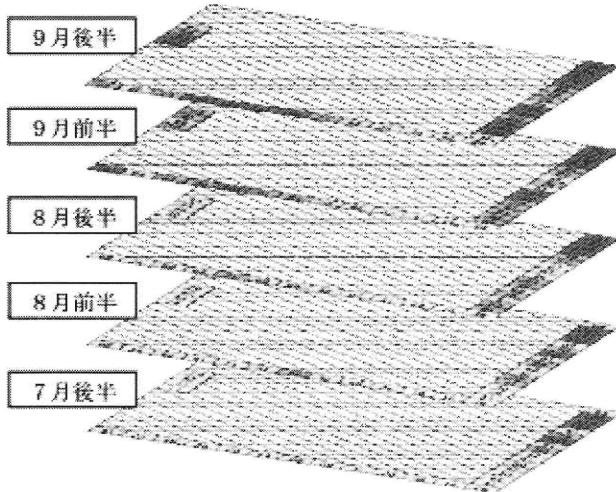


図 8 植物工場 A周辺におけるコナジラミ類発生状況の経時変化

Figure 8 Mappings of number of trapped whiteflies outside of greenhouse A in time series.

7. おわりに

農業・食品業界をはじめ多方面で導入が進む IPM（統合的害虫管理）の実効性のカギとなる害虫監視手段として、携帯端末と画像認識を用いる手法を提案した。その基本要素技術になる、画像認識による害虫数の計数を行うアルゴリズムを試作し、評価した。実際の栽培現場（植物工場）に 3 週間設置し、30~300 匹を捕獲した捕虫シートを携帯電話で撮影した実画像 84 枚に対し、標準偏差 12 の精度で計数可能なことを確認した。

現アルゴリズムは基礎的なものであり、重なって捕獲された害虫が一つの Blob として少なくカウントされるなど、まだまだ改良の余地がある。それでも、捕獲数 200 匹程度までの捕虫シートについては良好に計数できることが確認できた。

一方、実際のシートの試用期間は数か月において、その場合の捕獲数は比例して多くなり、害虫の重なりが増えて誤差が大きくなることが分かっている。画像認識アルゴリ

ズムの改良として、抽出した Blob のサイズや画像特徴を用いて、重なりや害虫種別を識別する処理も開発していく予定である。また、捕虫シートのコストは数百円/枚程度であり、シートの早期交換でも対応可能と考えられる。

本研究の目指すところは、多地点かつ時系列での害虫数監視を実現し、統計的に発生傾向を掴むことである。1 枚のシートだけでの観測結果はノイズを含む一方で真値の変化が少なく、真値の微小な変化を認識するのは難しいと考えられるが、多地点・時系列でのデータを統合することで微細な発生兆候を検出できると期待される。本報告で検討したアルゴリズムは、画像処理としては単純なものであるが、従来の IPM 実施においてできなかつたような、多地点での害虫発生数把握を実現できると期待している。

このように画像認識クラウドサービスによりデータ収集を容易化し、広域かつ時系列の害虫発生マッピングデータを得ることができれば、大規模施設における局所的な収量差の改善や、外部からの病害虫の侵入予察など、有益な知見が得られる可能性を示した。従来、こうした知見・予見は農業者の人的スキル、いわゆる経験と勘に依存するところが大きかったが、それを現実的な低コスト・低作業量で定量データとして明らかにできる可能性を示した。

今後、実際の農業現場で多地点および時系列でのデータ、特に、異常発生などの被害発生時を含むデータを収集することができれば、異常検知が可能であるか（そのために十分なカウント精度はどの程度であるか）という実用上の有効性を示すことが今後の課題である。

参考文献

- 1) 農林水産省、総合的病害虫・雑草管理（IPM）実践指針、(2012) http://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/gaicyu/g_ipm/
- 2) 農業・食品産業技術総合研究機構 中央農業総合研究センター、生物機能を活用した病害虫・雑草管理と肥料削減：最新技術集、http://narc.naro.affrc.go.jp/chousei/shiryou/kankou/ipm_s/
- 3) 貯蔵食品の害虫防除技術と IPM、植物防疫、1986 年 7 月
- 4) 篠田一孝、佐々木力也：食品工場及び倉庫における害虫管理に果たすフェロモントラップの役割、FAOPM Australia (2006)
- 5) 中野 昭雄、藤原 伸幸、寺田 賢治：画像処理による微小害虫の自動カウント、植物防疫、Vol.65, No.1, 43~46 頁、2011 年。
- 6) 佐藤 安志、小野田 初男、高岡 秀明、電撃型自動計数フェロモントラップの開発、日本応用動物昆虫学会大会要旨 (44), 48, 2000
- 7) ニューリー株式会社、捕虫シート・スキャンイメージ自動計数システム、'06 国際画像機器展 http://www.newly.co.jp/news/news_061204a.htm
- 8) H. Samet and M. Tamminen (1988). "Efficient Component Labeling of Images of Arbitrary Dimension Represented by Linear Bintrees". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 10: 579
- 9) Suzuki, S. and Abe, K., Topological Structural Analysis of Digitized Binary Images by Border Following. CVGIP 30 1, pp 32-46 (1985)
- 10) Fu Chang, Chun-Jen Chen and Chi-Jen Lu, "A linear-time component-labeling algorithm using contour tracing technique", Computer Vision and Image Understanding, vol. 93, pp. 206-220 (2004)

観光イチゴ農園におけるイチゴ適正品種の選定と経営形態等の実証研究

愛媛大学植物工場研究センター副センター長・教授 羽 藤 堅 治
愛媛大学植物工場研究センター産学官連携研究員 谷 口 繢 雄

はじめに

愛媛県宇和島市津島町における南楽園では来場者が年々減少傾向にあり、何らかの手立てを入れる必要があった。ここに、同じ都市公園内に愛媛大学植物工場研究センターの植物工場実証・展示・研修部門通称「南レクアグリパーク」が平成22年度に開園し、その波及効果が期待された。しかし、若干離れた場所に設置されたため、南楽園に対しての波及効果は小さかった。また、「南レクアグリパーク」の最新の農業技術に対する地元の期待も大きく、植物工場の技術の地元転用による普及も切望されていた。そこで、南楽園の直ぐ東側の温室の所有者がイチゴ栽培に興味を持っていたこともあり、南楽園との相互効果を期待し、そこに地域振興のための試験的な観光イチゴ園を設置することとした。

そこで、本実証研究では、愛媛県宇和島市近辺における観光イチゴ園での適正品種の検討を行い、同時に儲かる農業を目指した経営形態について検討を行い、成果を得ることが出来たので、ここに報告する。

検討内容

- 1) 観光イチゴ農園のポイントは、美味しいイチゴを提供する事であり、観光に適した品種の選定を行う。
- 2) 観光イチゴ農園は、経営形態モデルが少なく、手探り状態であるので集客の方法、手段、料金体系個人客、団体客等の対応の実証を行い、ノウハウの構築を図る。

実証結果

- 1) イチゴ栽培については、品種、あきひめの苗を購入、定植9月20日、収穫始め11月15日より始まり、中休みなく連續収穫で、4月30日で終了した。通常の観光農園では6月初旬まで栽培を行うが、本試験では、諸処の事情により早期に終了した。そのため収穫量は、やや少なく約3.0t/10aで普通程度となつたが、栽培管理により収量アップと、5月末までの栽培延長により、3.5~4tの収穫量が望める。
- 2) イチゴ狩りについては、ポスター他、宣伝を土・日・祝日のみとして予約制としていた為、その日に十分余裕があつても、入園希望者が予約以外はだめ思い、入らないケースが多くあり、南楽園との連絡改善が望まれる。図1に月別の入場者数を図2に年齢別入場者数を示します。
今作入園者数、899人 収穫量換算入園者枠 約3600人
- 3) 2)の状態に陥ったため、相当量市場出荷となり、収穫出荷の工数がかかつた。これらの反省により、次作は市場出荷分もいちご狩りで行うべく、週中間でバスツアー等を1~2回程度入れる必要があるので、関係機関の協力を得たい。
- 4) 売上げは全て含めて換算すると、金額換算で約300万円程度であったが、次作は同量でも45

0万円の売上げが可能である。

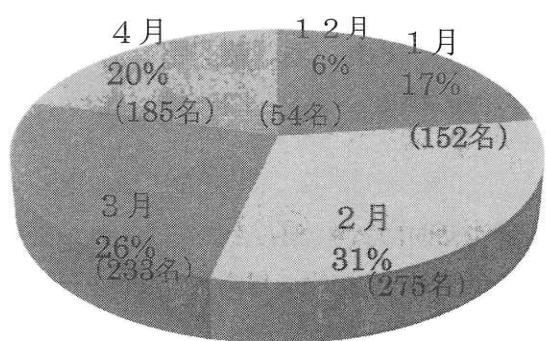


図1 月別入場者数

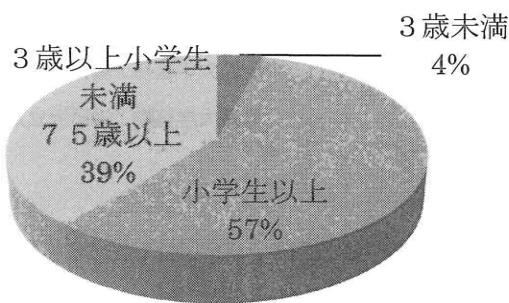


図2 年齢別入場者数

5) イチゴ観光農園、適正品種試験については、章姫は生育、収量、糖度共に安定的で、イチゴ狩りにはふさわしい品種であった。その他の品種は、生育悪く、収量、糖度も不安定で、不向きと思われ、それぞれの品種については、それぞれの栽培技術の習得が大切と思われる。

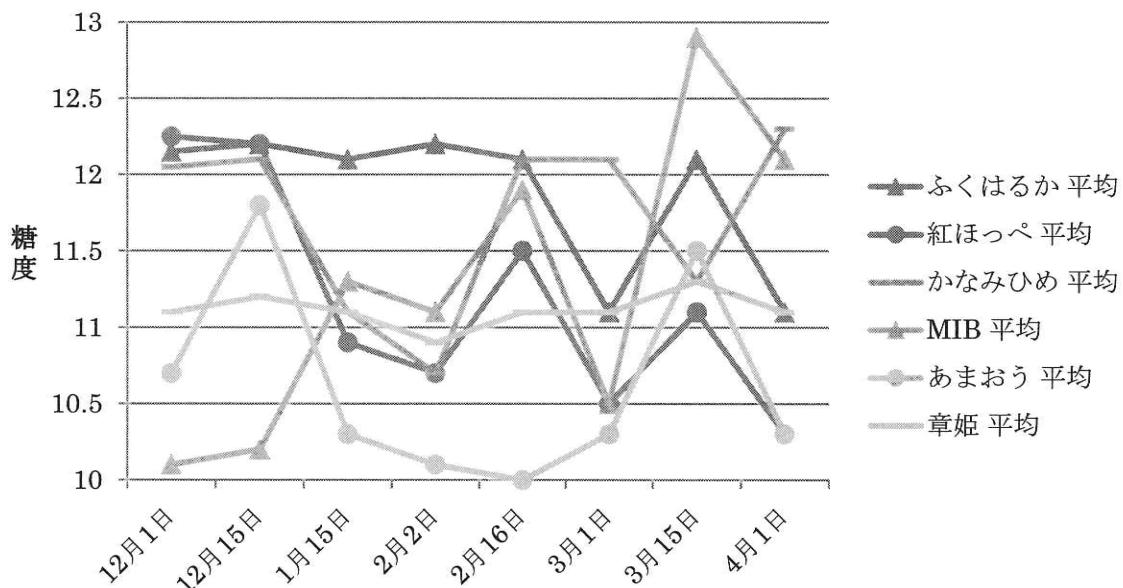


図3 品種別糖度試験結果

6) これら愛媛大学と南楽園、山本観光農園の成果は、NHKの朝の番組でも取り上げられ、紹介された。

まとめ

初年度としては、経営的には従来の出荷ベースのみと比較して改善が見られた。来年度はさらに観光農園による売上に回すことにより、改善されることになる。また、品種においては、章姫が良いことが判った。今後の宇和島地域における植物工場の普及拡大に向けて期待したい。

愛媛大学社会連携推進機構研究成果報告書第7号

発 行 2014年3月
発行者 愛媛大学社会連携推進機構
〒790-8577 松山市文京町3番
TEL (089)927-8819
FAX (089)927-8820
印 刷 セキ株式会社

