

政治的アリーナにおけるスタビライザーとしてのポピュリズムについて

○中山大*

*慶應義塾大学総合政策学部3年

*s15640hn@sfc.keio.ac.jp

キーワード:ポピュリズム、民主主義、スタビライザー

はじめに

2016年の米国大統領選挙やイギリスでのEU離脱に関する国民投票、2017年の欧州諸国での選挙においてポピュリストと称される候補者や政党が躍進している。日本にも小泉純一郎元総理や石原慎太郎元東京都知事などポピュリストと呼ばれる政治家が存在する。直近であれば、橋下徹元大阪市長や小池百合子東京都知事などがポピュリストと称される政治家である。このポピュリストという言葉は主にネガティブな文脈で語られ、先進民主主義諸国で蔓延する「民主主義の病理」であるとも言われる。しかし、ポピュリストの定義は幅広く、そう呼ばれる政治家や政党、政治運動の特徴が大きく異なる場合も多い。世界を席卷していると言われるほど現代政治学において重要なポピュリズムであるが、その定義も功罪も必ずしも明確でないまま、批判のための文句として乱用されている点も否めない。

では、そもそもポピュリズムとはなんだろうか。ポピュリズムは主に大衆迎合主義や人民主義と訳される。『現代用語の基礎知識 2012』(2012)によれば、「カリスマ性をもつ指導者が民衆層を動員する政治運動、あるいは大衆迎合的政策」p.328 とされ、『広辞苑[2]』(2008)では「一般大衆の考え方・感情・要求を代弁しているという政治上の主張・運動。」p.2602 と定義されている。こうした定義は広範であるため、様々な意図のもとに恣意的に利用されることも多い。しかし、世界で躍進するポピュリズムをこうした曖昧な定義で理解することは、その本質を見失うことになるのではないかと。

批判的に語られるポピュリズムは人民の意見を直接反映しようとするため、多数による少数の抑圧などを招く恐れもある反面、既存の政治に意見が反映されずに無視されてきた人民の意見を吸い上げて不満を解消する側面も持つ。こうしたポピュリズムの二面性から、ポピュリズムは常に「民主主義の病理」であるとは言えず、単にポピュリズムを悪として断罪するのではなく、その効用についても注目する必要があるのではないかと考える。

本稿では、既存の政治に意見が反映されない人民が溜め込んだ意見を吸い上げ、政治制度を安定させるスタビライザーとしてのポピュリズムについて検討する。

以下の章では、まず代議制民主主義の民主主義的要素と自由主義的要素の二つの要素の観点から、ポピュリズムが民主主義を安定させるスタビライザーとして機能することを説明する。第二章で日本や米国、欧州において提示されている主なポピュリズムの定義を整理し、スタビライザーとなりうるポピュリズムとそうでないポピュリズムを区別する。そして、第三章においてスタビライザーとしてのポピュリズムを体現したポピュリズム政党が人民の不満の受け皿として台頭しているのかどうかを指標を用いて検証する。

1 代議制民主主義の二つの要素

代議制民主主義は歴史的経緯から二つの要素によって成り立っている。(待鳥 2016) (シュミット・カール 2013) (水島 2016) その二つの要素は待鳥によると、民主主義的要素と自由主義的要素、山本によると、ポピュリズム的解釈と立憲主義的解釈、マーガレット・カノヴァンによると、救済型と実務型のデモクラシー、カール・シュミットによると、民主主義と議会主義とされる。本稿では、待鳥の呼称を利用することとするが、著者により異なる名称はそれぞれ対応しており、同一の意味を持つ。

待鳥によれば、民主主義的要素の根幹は治者と被治者の同一性であり、人民の意思が政治や意思決定に直接反映されることを重視する。これは古代ギリシャにおいて人民が直接政治的決定に影響を与えた直接民主主義に起源を持つ。それに対し、自由主義的要素の根幹はエリート間の競争と相互抑制による権力分散であり、人々の自由を最大限保つことを目的とする。これは貴族や財産所有者からなる議会が国王権力に制限を加えていったことに起源を持つ。民主主義的要素だけでは民意を重要視するあまり、多数による少数の抑圧に繋がる。一方、自由主義的要素だけではエリート主義に陥り、民意が反映されづらくなる。このように、代議制民主主義は相互に対立する二つの要素から構成されており、両者が緊張関係を保ち続け、どちらもが強力になりすぎないように相互抑制する統治システムである。

代議制民主主義の二つの要素の一つである民主主義的要素は選挙によって、自由主義的要素は法の支配・議会制によって制度的に担保されている。そのため、二つの緊張関係にある要素のどちらか一方が強力になった際は選挙による民意の表出によってエリート主義を防ぎ、法や議会によって多数の専制を防ぐことによってその二つの要素を均衡させている。

この二つの要素を持った代議制民主主義の中でポピュリズムを捉えると、ポピュリズムは自由主義的要素が強力となり、人民の意思が軽視されるエリート主義に陥った社会で、民意を直接表出しようとする民主主義的要素が二つの要素の均衡を図ろうとする際の現象として現れるのではないか。つまり、ポピュリズムは民主主義の病理ではなく、代議制民主主義のスタビライザー(安定化装置)としての役割を担っており、二つの要素の力関係を均衡化させていると言えるのではないか。

2 ポピュリズムの定義

①二元論型

「敵を作り、二元論にすることで、階級対立や人種対立、あるいはジェンダーをめぐる対立の存在そのものを覆い隠す。」(大嶽 2003)

②反エリート型

「ポピュリズムは思想ではなく、政治の考え方としての政治的ロジックである。(中略)人民を階級で仕切られたものではなく、一つの高潔な集団として理解し、エリートを利己的で非民主主義だと捉え、前者を後者に対抗するよう動員する人」(Judis 2016)

③排外主義型

「ポピュリストは自分たちだけが人民を代表すると主張する。ポピュリストの核心的な主張はポピュリスト政党を実際に支持しないものは誰であれ、最初から人民にふさわしい一員ではないということを含意する。」「ポピュリストを特徴づけるのは自分たちが、それも自分たちだけが真正な人民を代表するという彼らの主張である」(ミュラー 2017)

ポピュリズムの定義は様々だが、主に(表1)と①～③のような三つに分類することができる。定義①の二元論型はいわゆる小泉旋風をポピュリズム現象として捉えて定義づけたもので、二元論を軸としたものである。主に日本で流布しているポピュリズムの定義であると言える。定義②の反エリート型はエリート対人民という構図でエリートによる政治を打破しようとするものである。定義③の排外主義型は欧米における排外主義的な政治運動をポピュリズムとして捉えたもので、自らが代表する者だけが人民であるとするものである。

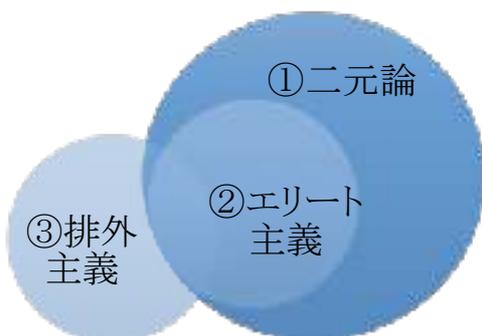
この3種類の定義の全てが第一章で述べたようなスタビライザーとなるポピュリズムと言えらるわけではない。特に排外主義型のように、自分たちを支持するものだけが人民であるとするポピュリズムは本来意思が表出されるべき人民の範囲を意図的に狭めており、ポピュリズムがスタビライザーとして表出すべき人民の意思を表出できれない。そのため、排外主義的ポピュリズムは代議制民主主義の制度下において二つの要素を安定化させるスタビライザーとしての役割を果たさない。

3 スタビライザーとしてのポピュリズムを測る

代議制民主主義の自由主義的要素が強力になると、バランスを取るため民主主義的要素が強まり現れるポピュリズム。エリート主義が強まり、人民が彼らの意思が反映されてないと感じる際にその意思を反映しようとする受け皿がポピュリズム政党であり、既存の政治やエリートに対する人民の不満を吸い上げ、解消する役割が理論上は期待される。しかし、実際にポピュリズム政党はこうした不満を吸い上げ、解消する役割を担えているのだろうか。日本でも過去に人気を博すポピュリズム政党と言えるような新党が誕生することがあった。果たしてこうした新党は人民の不満に反応して勃興したものであろうか。それとも、単に政争の末に誕生したものであろうか。

第三章では、本稿で論じてきた代議制民主主義の二つの要素をバランスさせる働きとしてのポピュリズムが実際の政治アリーナでどのような働きをしているのかを検証する。今回の検証では、戦後日本の新党の誕生時期と国民の不満の高まりを直接的または間接的に表す指標の変遷をグラフにし、新党の誕生時期とそうした何らかの指標に相関関係があるのかを観察したい。こうした観察から、代議制民主主義の民主主義的要素と自由主義的要素のバランスを均衡化させる働きとして、国民の不満の受け皿としてポピュリズム政党が台頭しているのか否かを検証していきたい。

表1:ポピュリズムの定義



終わりに

本稿では代議制民主主義の二つの要素の緊張関係の中でスタビライザーとしての役割を果たすポピュリズムについて考察してきた。この考察から、排外主義的なポピュリズムでないポピュリズムは必ずしも民主主義の病理とは言えず、既存の政治に反映されない民意を反映する役割を担うことが分かった。

今後の研究課題としては、こうした役割が実際の政治アリーナでも果たされているのかを第三章の検証手法をもって明らかにしていきたい。

参考文献

カール・シュミット (2013) 『現代議会主義の精神的地位』, みすず書房.

遠藤哲也 (2017) 「ポピュリズム」という言説と欧州の国民保守主義政党, 『海外事情』, 拓殖大学海外事情研究所, 3月号.

大嶽秀夫 (2003) 『日本型ポピュリズム』, 中央公論新社.

大嶽秀夫 (2008) ポピュリスト石原都知事の大学改革: 東京都立大学から首都大学東京へ, 『レヴァイアサン』, 42.

待鳥聡史 (2015) 『代議制民主主義』, 中央公論新社.

水島治郎 (2016) 『ポピュリズムとは何か』, 中央公論新社.

ヤン＝ヴェルナー・ミュラー (2017) 『ポピュリズムとは何か』, 岩波書店.

吉田徹 (2011) 『ポピュリズムを考える』, NHKブックス.

John B. Judis (2016) The populist explosion, Columbia Global Reports.

Mudde, Cas and Cristobal Rovira Kaltwasser (2001) Populism in Europe and the Americas: Threat or Corrective for Democracy?. Cambridge University Press.

辞典

自由国民社 (2012) 『現代用語の基礎知識 2012』,

自由国民社.

新村出 編 (2008) 『広辞苑 [2]』, 岩波書店.

二層構造を往来する「観光」としての 複言語・複文化フィールドワークの実践

—曖昧な知、輪郭のある知、臨床の知—

藤谷悠

慶應義塾大学 SFC 研究所上席所員

fujitani@sfc.keio.ac.jp

キーワード：観光、フィールドワーク、複言語・複文化、臨床、教育と学習

1 はじめに

東浩紀は、2017年に出版した著作である『ゲンロン 0：観光客の哲学』の中で、現代の世界は、ナショナリズムとグローバリズム、コミュニタリアニズムとリベリアニズム、「人間」と「動物」、「まじめ」と「ふまじめ」など、諸相において「二層構造」になっていると論じている。東は、それぞれに背反するような二層構造に基づいて、人々が二項対立的な分断状況に置かれていることを指摘しつつ、その間につながりを生む存在として、「観光客」にフォーカスを当てている。「観光客」たちは、彼らが行う「ふわふわとした移動」によって、分断された二層構造の間に「近道」を作り出すという。

私が所属する國枝孝弘研究会（以下、國枝研究会とする）は、年に一度、青森県弘前市でのフィールドワークを実施してきた。本論文は、我々が行ってきたフィールドワークにおける「観光」的な側面にフォーカスを当てながら、その中で変容する参加者たちの意識について論じるものである。

2 フィールドワークの概要

國枝研究会が継続的に行ってきたフィールドワークの目的は、弘前大学が主催する「弘前×フラ

ンス」プロジェクトへの参与観察である。同プロジェクトは、弘前大学が弘前市とフランスとの文化的なつながりを紹介しながら地域活性化を目指して行なっているもので、そのつながりにちなんだ物品販売や企画店を出店する「マルシェ」と呼ばれるイベントを弘前の中心部で開催することが、主たる行事である。同プロジェクトは、プロジェクトの起案者である熊野ら(2016)によって、「多言語・多文化環境にない地方都市(弘前)において、フランス語・フランス文化をモデルに複言語・複文化教育の可能性を検証する目的ですすめているアクション・リサーチ」であると定義され、意味づけられている。

國枝研究会は、そうした主催側の意図するものを踏まえつつも、それ自体とは距離を取りながら、同プロジェクトに「観光客」的な立場で関わっている。主催者である弘前大学の学生たちにとっての我々は、例えば「地方と都市」のような二項対立の図式で見れば他者として現れることになるが、一方では彼らと同じ「大学生」であり「外国語履修者」でもあるというような点においては共通性を持った存在としても認識されることとなる。

この「差異と共通性」もまた二項対立的なものであるが、その二つの間を行き来する者としての

自分たちの存在を意識化する中で生まれる（言語や文化という言葉の持つ意味を広義に解釈した際の）複言語・複文化性についての学びを個々人で意味づけて文脈化する営みの中で、「臨床的な学び」への視野を拓いていくことが、本フィールドワークにおける「事後的な目的」なのである。すなわち、我々のフィールドワークにおけるフィールドは、弘前という「旅先」から、SFC という自分たちの「村」までが地続きになったものである。

実際的な意味における観光という営みが、家に帰ってからふと旅先の写真を見ながら当時の思い出に浸ったり、旅の思い出を家族に話したりするように、我々のフィールドワークもまた、その回想と振り返りそれ自体をフィールドワークの一部として意味づけている。そうして「事後的な目的」を果たす中で、当初はただの「観光客」であった者が、本フィールドワークが目指すものを理解していく中で、次第にフィールドワーカーへと変容していく。しかしそれは「進化」のようなものではなく、何かを得る代わりに何かを失うようなことでもあり、端的な変容なのである。

3 「観光客」とフィールドワーカー

本フィールドワークは、今年にかけて4年連続で実施しているが、4年連続参加となった私を筆頭に、昨年度に続き2年連続の参加となるメンバーもいれば、今年が初参加となったメンバーもいるなど、各々の体験の強度は異なっている。そうしたメンバーを一堂に会し、現場に入るまでに行う事前の準備として、事前の段階における目的の共有を行うが、これは決して先述した「事後的な目的」と一致するものではなく、この段階において参加者全員に共有可能な程度の、抽象的な目的として設定される。

この「事前の目的」は、これまでに参加してき

たメンバーから後進のメンバーに対して、現地の様子やこれまでのフィールドワークの体験に基づいた観察・調査結果を口述で語り継ぎながら、既存のものに更新を加えつつ、共有する。今回の我々の「事前の目的」は、「異文化との接点を測り、自分の文化と異文化との類似と差異に着目しながら、最終的には他者接触における寛容性を養うこと」とした。その具体的な方法として、弘前大学、および今年度から SFC と同様の立場で参加することとなった宮城女子学院や大阪産業大学の学生ら、そして「マルシェ」に会場する弘前市民の人々との交流を通じ、その異文化接触性について質的に調査することを目指した。その調査のための参与方法として、「マルシェ」の一角に各国の異文化性を紹介するクイズ形式のワークショップを行う企画店を出し、そこへ来店した弘前の人々との交流を調査の糸口とすることになった（図1参照）。

図 1：ワークショップの様子



しかし、こうした「事前の目的」や質的調査の枠組みは理念的な側面が大きく、特に初参加者たちにとっては、具体的な活動をイメージしにくい傾向が生まれる。あるいは、事前に研究会の中で話し合っただけのようなことは、実際に現場に入ってみるとその通りには回らないことも多い。そうした結果、調査を目的としたフィールドワーカーとしての立ち振る舞いができずに、意図しないうちに、まるで単に「観光」をしにきたかのよう

な存在になってしまうこととなる。例えば、初年度の参加者の一人である A は、「イベントの目的も自分が青森にいる意味もわからずじまい」で、「終始もやもやの2日間でした」と、後に振り返っている。同じく初参加者の B は、「全体としてふわふわしていて、自分が何をしているのかよくわからなかった」と語っている。その他の初の参加者たちも、概して A や B と同様の感想を述べる者が多かった。

初年度に参加した際の私自身も、彼らのような、ただの「観光客」だった。ただ弘前の街並みや人々との交流を楽しんで終わった。しかし、その体験を「村」に戻ってから皆で反芻し、咀嚼し、「観光」が自分に与えた影響を意味づけていくことによって、以後の年におけるフィールドワークは、次第に「観光」とは異なるものとなっていった。それは、体験という「曖昧な知」を、フィールドワーカーとしての心構えやノウハウという「輪郭のある知」へと還元した学びがもたらした変化だと考えられる。

だがそれは、逆に言えば、もはや「観光客」として現場に入ることが難しくなったということでもある。今年が二度目の参加となった C は、今年のフィールドワークを「多くの前提を持って様々な体験に触れたというような印象」としつつ、「正直なところイベントを枠組みで捉えてしまったためか、そこからもう一步踏み込んでみよう、現地の人々とのコミュニケーションに初めて弘前に来た時のように飛び込んでみようという気持ちにあまりなれなかった」と振り返った。

「観光客」とは、冒頭で述べたように、本人も意図していないような「無責任な移動」によって、二層構造の間を架橋するような役割を果たす存在である。「まじめな意図」を持ち合わせていないからこそ、無邪気に、無作為に現地の人々との間に

ある境界を崩し、「飛び込む」ように触れ合うことができるのかもしれない。それに対して、フィールドワーカーとは、学問的な知見に基づいた調査を行うという明確な意志を持ち、それに基づいて現場に関わりながら、その現場自体、あるいはその現場を起点としてより広く社会が内在する課題を改善・解決していこうという存在である。どちらも、結果として人々や社会になんらかの変化をもたらしうる存在という点で共通しているが、両者の間には、学問的な確かさ、あるいは「まじめさ」の点で大きな相違があると言えるだろう。

そこに焦点を当て、例えばプロジェクトの主催者である熊野らが同プロジェクトに込めている「まじめさ」と比べれば、國枝研究会が行なっている参与観察として現場で行なっていることそれ自体は、ともすれば単に「ふまじめ」なものとして断じられかねないものでもある。しかし、それでも私は、國枝研究会のフィールドワークは、実践と理論との境界、あるいはフィールドワークという行為そのものを問い直す契機になるような、「まじめ」なものだと考えている。

4 「曖昧な知」に輪郭を

本稿で取り扱っている「フィールド」という概念が、入れ子構造になっている点に着目する。まず、そもそも「弘前×フランス」プロジェクトそれ自体が、熊野らによって「まじめ」に企図されたフィールドワークなのである。そのフィールドを調査してきた國枝研究会が行なったのは、つまり「フィールドワークのフィールドワーク」ということになる。前者の枠組みにおけるフィールドとしての、細部まで主催者たちの意図である「地域と国際（グローバル）的な物語」に基づいて設計された場に参与して、その調和を乱す「不協和音」のような存在として紛れ込むのが我々である。

我々は、理論が先行する形で行われる実践の場で、その理論を知りながらあえてかき乱すような存在なのである。そして、熊野らが用意したような「グローバルの物語」とは軸をずらす形で異文化や複言語・複文化という概念を拡張し、プロジェクトの場を「二次創作」する。そしてそれは、國枝研究会の「観光客」的な参加者たち自身も意図しないうちに、結果として、「弘前×フランス」プロジェクトを、「グローバルの物語」以外の文脈で分断されている他者同士をも巻き込むような、よりダイナミックな複言語・複文化プロジェクトへと、部分的に変容させている。我々が与えるそうした効果は、「まじめ」なものだと言えるだろう。

そして、「観光客」たちは、そうして自分たちが無意識に与えた「まじめ」な効果について、「村」に帰ってから解説を受け、発見させられることになる。それによって、フィールドワーカーとしての自分の役割に事後的に気づくことになる。今こうして私がフィールドワークを意味づけていることそれ自体が、その気づきへの一助となるだろう。だが、そうして自分たちが「観光」だと思っていたものが「まじめ」なものへと再定義されることは、例えばCが語ったように、「体験の瑞々しさ」のようなものを奪うようなことであるのかもしれない。さらにそれは、自分たちを作為的に動かす意図や存在に気づかせることでもある。それは、例えば私であり、先んじて「観光客」からフィールドワーカーになってしまった者としての他の誰かでもあろう。そして、個別の無垢な体験は、成型されたユニバーサルなものへと還元されていく。そこに「輪郭のある知」が形作られていく。

5 そして「臨床の知」へ

國枝研究会は、「臨床と外国語教育」をテーマとして掲げ、研究活動を行なっている。我々が力点

を置いているのは、その中でも、臨床という概念についての視座の構築である。個別で特殊なものに向き合う学びを、臨床という概念を見つめる中で培おうとしている。先述したように、「事後的な目的」が見据えているものは、そうした「臨床の知」を拓くことである。

2年連続の参加者であるDは、昨年度と今年度の体験を総合しながら、自分自身の海外体験における異文化接触性と本フィールドワークにおける体験とが「ふと重なる瞬間」があったという。Dは、自分が置かれた「輪郭のある知」の枠組みの中で動きながら、自分自身と結びつく何かを見つけつつある。それはきっと「臨床の種」である。

Dは、もはや「観光客」ではない。だが、漫然と用意された枠組みの中で動くだけのフィールドワーカーとも違う何かになるのかもしれない。自分が主体的に自由に動いていたと思っていた世界に枠組みや構造があることを知ったあとに、その「壁」とどう向き合うのか。越えるのか、壊すのか、あるいは落書きをするのか。

本論文はここで終わる。なぜなら、本フィールドワークは、「自由と輪郭の関係」を見つめさせるところまで誘うだけだからである。各々の「臨床の知」は、「輪郭のある知」を伝えた私があずかり知らぬところで、勝手に生まれていくはずである。その萌芽に期待しながら、今はひとまず筆を置く。

参考文献

- 東浩紀 (2017) 『ゲンロン0: 観光客の哲学』, ゲンロン.
- 熊野真規子・釣馨・今中舞衣子 (2016) 「学生主体のプロジェクト活動における実践知と気づき—「弘前×フランス」プロジェクトを事例として」, 第30回獨協大学フランス語教授法研究会口頭発表用要旨.

留学生の非英語圏の大学における英語コースの選択過程 —韓国延世大学の Underwood International College を例として—

○石井大智*

*慶應義塾大学総合政策学部

*s15057di@sfc.keio.ac.jp

キーワード：留学生、大学の国際化、英語プログラム

1. 研究の背景と意義

1.1 研究の背景と意義

アジア圏の大学の国際化競争の中、留学生獲得競争が激しさを増している。例えば、韓国政府は2023年までに留学生数を20万人にすることに目指している。非英語圏にある韓国の大学は英語の授業・コースを急激に増加させている。しかし、このような急激な改革は大学の内外に問題を引き起こしている。

特にそのしわ寄せは従来いなかった、すなわちこれまでのシステムの上では存在しなかった現地言語が分からない英語で学ぶ正規留学生にも来ている。しかし、彼らが既存のシステムとは全く違うプロセスで英語コース設置の大学を知り、入学しているのにも関わらず、アジアの英語コースが留学生にどのように選択されているかという先行研究は少ない。

そのような留学生がどのようなプロセスでやってきて、そのプロセスが大学への満足度にどのような影響をもたらしているかが明らかにするのは、大学のランキング競争・国際化による負の面を明らかにする上で重要だ。

1.2 研究対象の背景

今回は韓国の延世大学を取り上げる。延世大学はソウル大学と高麗大学をあわせてSKYを構成する一大学であり、韓国を代表する大学である。ソウルと仁川にキャンパスを持つ。

延世大学は国際化を積極的に進めてきており、韓国で留学生比率が最も高い。延世大学校の国際化施策の中で特に注目すべき点は、英語のみですべての授業を行う学部が設置されていることだ。韓国に限らず非英語圏でも英語で授業が開講されることは珍しくはない。しかし、延世大学校ほどのトップ大学で、この規模で全ての授業を英語で開講している学部は東アジアでは極めて珍しい。この学部はUnderwood International College (略称はUIC) と呼ばれている。

「一般教養」にあたるCommon Curriculumでは英語圏の大学出身者もしくは外国人のみが講義をし、ホームページを英語でのみ設けているなど、国際大学らしさが見受けられる。ここまで国際化を徹底している学部は珍しく、今回の調査対象の英語コース

としてふさわしいと言える。

2. 本研究で明らかにすること

本研究はUICの留学生を調査対象とし、英語コースの進学にどう関心を持ったか、そしてUICをどのようなプロセスで知ったのかを通し、英語コースに集まる留学生の特性(4章、5章)について明らかにする。そしてその後UICが志願者に対し発信している情報が彼らにどう受け止められているのか述べる(6章)。そして最後にそのような特性をもつ留学生が持つ不満が、UICが発信する情報のためとどう関わっているか示す。

そして最終的にUICにおける留学生の大学の国際性に対する期待と実態の差が何によって生み出されたのか議論する。質的調査と量的調査を通して、英語コースへ入学した留学生がオンラインのプロモーションに強く依存して実態を知ることなくUICのような英語コースへの入学を決め、それが期待と現実の差を拡大していることを示す。

3. 研究手法

3.1 量的調査

UICについてどのようにはじめて知ったのか、オンライン上で英語のアンケートを行った。つまり、UICへの期待が何によって形成されたのか調査した。この量的調査はUICの学生全てを対象に2017年5月に行った。

ここで留学生の定義を明確にしておく。UICには編入を除けば3つの入学方法がある。Korean Students Track、Overseas Korean Students Track、International Students Trackの3つである。受験者がどの分類にあたるかは両親と本人の国籍・学歴に依存し、在留資格には影響されない。International Students Trackには両親とも韓国人ではない者のみが応募できる。今回はInternational Students Trackで応募した学生を留学生と定義し、議論をすすめる。

Korean Students Track、Overseas Korean Students Track、International Students Trackの学生を合わせて161人から回答を得ることができ、そのうちKorean Students Trackの回答者は64人、International Students Trackの回答者は47人だった。

質問内容については、名前・出身高校の国と都市・現在の学部内の専攻と UIC を受験する際に UIC についてどうやって調べたかを回答してもらった。UIC についてどうやって調べたかは複数選択可能で UIC の公式 SNS、公式ウェブサイト、ブログ、高校の進路カウンセラー、UIC による高校訪問、その他という選択肢を用意した。「その他」を選択した場合それが何か詳しく答えるよう求めている。

3.2 質的調査

以下の内容について英語で対面インタビューした：海外進学にはじめにどのように関心を持ったか/UIC をどのようなプロセスで知り、受験を決めたか/どうして UIC への進学を最終的に決めたのか/UIC の情報発信に対し受験時にどう感じたか/現在 UIC にどのような不満を持っているか

UIC に在籍する留学生から無作為に 9 人抽出。A から I と記号をふった。本稿ではスペースの都合上全員の国籍、専攻、学年を記した表の掲載を省略する。J 以外は全員在学中であり、J は 1 年在籍後 2016 年に退学している。

調査は全て 2017 年 5 月から 6 月の間によって行われた。

4 海外進学にどう関心を持ったか

4.1 質的調査への回答

韓国をはじめアジアでの進学を含む海外進学にどのようなプロセスで関心を持ったか聞いたところ次のような回答があった。(韓国に限らず)海外進学に関心を持ったのか、韓国への留学に関心を持ったかどうかである。

国を問わず海外へ留学したかったという回答者が多かった。例えば H がリベラルアーツに関心を持ったように教育内容で大学を選んだ場合、A のように「アジア」など広範な地域で進学先を絞っていた場合、C のようにどこでもいいから大学に行こうと思った場合などがあつた。

各国の大学が国境を超えて並列的に見られているのは英語コースならであり、これらの調査対象者は他の国の大学を選んだ可能性も十分あったと考えられる。(なお E はたまたま UIC に最初に受かったために UIC に進学したのであって、他のアジアの大学の受験も検討していた)

一方、韓国という留学場所を重視していた回答者 (G、D、F) もいた。D と F は大学入学前に父親についていき韓国に長期滞在している。しかし、D は韓国に駐在員の子として滞在しインターナショナルスクールのみに通い、韓国語も理解せず現地との接点はそこまでなかった。D の家族はインタビュー時点も韓国に滞在していた。また、F はそもそも休暇中のみ父親が働く韓国に来ており、インタビューによると韓国人との接点はテニススクールのみだった

ようである。

したがって韓国であることにこだわるパターンであっても韓国との接点がそこまで強いわけではない。さらに 2 人とも大学選択時には韓国語はほとんどできなかった。もちろん G もそれは同じである。よって韓国という留学場所を重視した選択であるからと言って、英語コースと一般のコースへの留学の決定過程は同じとは言えないだろう。

4.2 分析

いずれにしても韓国の大学の特徴・コンテキストを理解せずに入学しているという傾向が見られる。「韓国語を学んで入学してくる留学生に比べれば韓国社会のコンテキストと相当距離があることが考えられる。(ちなみに韓国語課程に入ってくる留学生の多くは韓国の語学堂で 1 年間学ぶことになるので、大学入学前に多くは韓国に滞在することになる。)

英語コースへは韓国語を学ぼうと思っている段階、もしくはそもそも学ぶ気がなくとも進学を決めることができる。従来であれば現地語を学び、そのことを通して現地を理解するプロセスがあつたが、その現地と向き合うというプロセスを省いても現地の大学に行けるようになった。

したがって、英語コースはその国の大学のコンテキストを理解しない学生の移動をもたらしたと言える。

5 UIC をどう知り、受験を決めたか

5.1 質的調査への回答

UIC をどのように知り、UIC の受験を決めたかについては例えば以下のような回答があつた。

D「英語コースが韓国にあることを想像もしていなかった。UIC が見つからなかったら SKY に韓国語の課程で応募しようと思っていたところ、Google の検索で偶然見つけた。」

H「リベラルアーツ教育を受けたかったのでアメリカを最初に考えたが、受験期間をすぎてしまいもう一年待つのが嫌で日本と韓国を考え、Wikipedia でリベラルアーツカレッジの一覧を見た。」

I「アジアに関心はあつたが、東南アジアは十分だと思って (それ以外の) アジアでの英語プログラムを探していたところネットでたまたま見つけた。」

ネットでの自身の検索や Wikipedia 等のリストなど偶然による発見がほとんどだった。韓国の大学に行くというのはそもそもメジャーな選択ではなく、さらに韓国の英語コースの認知度は低いので、周囲が情報源になることがなかなかない。したがってウェブで探すしかない。しかしそれはウェブ、すなわち公式サイト以外に情報がないということである。それは公式情報を検証するための別の情報入手手段がないことを意味する。

5.2 量的調査

そこで量的調査では入試方法別に受験時に UIC についての情報をどう入手していたか調査した。

表 1： 入学方法別の情報入手経路（抜粋）

入試方法	公式 HP	高校訪問
Korean	75.00%	12.50%
Overseas Korean	79.59%	8.16%
International	93.62%	10.64%

入試方法	カウンセラー	口コミ
Korean	20.31%	42.19%
Overseas Korean	0.00%	65.31%
International	12.77%	19.15%

表 1 の通り、この調査では留学生が相対的にオンライン上の情報に依存していて、リアルな生の情報を聞く機会が限られていることが明らかになった。一方、Korean Student Track の学生は口コミ、すなわち生の情報を聞く機会が多かった。韓国系コミュニティとの繋がりがしばしば強い Overseas Korean は口コミにさらに依存している。

韓国系ではない英語コースを選択する留学生は多くの場合韓国語が分からず、韓国人コミュニティーにも属していない。韓国の大学に行くというのはほぼすべての国において、主流な選択とはいえ母国での情報入手は難しい。必然的に韓国の大学について生の情報を知る機会は少なく、彼らの大学への印象はインターネットからの情報に大きく左右されることになる。

6 UIC の情報発信への印象

次に、受験時に触れた UIC の情報発信への印象を大きく 2 点に分けて述べる。

6.1 情報の正確性

UIC は留学生獲得のために HP を充実させており、C は「クラスのコンテンツ、卒業要件、卒業後の可能性などを提供していて十分な情報量があった」と述べている。I が「高い品質のホームページやビデオ、多くの情報はいい印象を与えた」と言っているようにプロモーション映像が印象的だったと答える者もいた。しかし、「聞こえが良いだけで具体性がない」(A) という声や「十分な情報はあがるが、大学生活における情報が抜けている」(E) という声も聞かれた。

例えば留学生の比率は明らかにされておらず、一般教養 (CC: Common Curriculum) の授業のみが UIC の専任講師によって指導され、専攻 (Major) の授業が英語の母語話者によるものではないというこ

とも明記されていない。

6.2 国際性の強調

「ホームページに白人が多く、とても国際的に感じた」(A)、「外国人が多くて韓国人が少なかった」と思っていた」(B)、「とても国際的にみえた。現代的でとても学生の経験が他と違うようにみえた」(D) など HP を通して UIC を非常に国際的な存在と捉えていたことが伺える。

しかし実際 UIC の留学生は全体の 1 割未満と少数派である。実際に白人の学生がほとんどいないのにも関わらず、白人の学生の写真・映像を多く使っているというのはしばしば指摘された。

7 UIC への不満

7.1 どのような不満があったか

本節では UIC 入学後、調査対象者がどのような不満を学部を抱き、それが前章で上げたような UIC の情報発信の在り方とどう関わっているのか言及する。

UIC の不満の多くは UIC の名前に似合わない国際性の欠如である。特に留学生比率の低さや留学生と韓国人学生間の断絶についての批判は多かった。「グループワークの際に、韓国人学生は英語を話してくれないことがある。そしてその理由としてあまり英語が話せないことをあげるが、UIC に来る前に英語のレベルチェックはあったはずで混乱している。」と C は述べる。また国際性の欠如のために、「UIC にはヒエラルキーがあって現状を変えられないトップダウンの学部」(A) という構造に対する批判もある。実際 I は「奨学金の仕組みが不平等に思えて教授に尋ねたが、そのような質問をしないようにと圧力をかけられたことがある」と述べている。

また、他国を持ち出した批判も行われたのも特記すべきだろう。例えば A は、「オランダはオランダ語を母語にしているが、キャンパス内での英語使用が徹底しているが UIC では韓国語があふれている」とキャンパスの言語環境について批判。C は「アメリカの大学に行けば様々な人がいて互いにいろいろなことを尋ねてコミュニケーションを取るが韓国人学生はそうしない」と韓国人学生を批判している。

また「国際性」の話題と直接関わる話ではないが、G のように UIC が他の学部の 2 倍の学費であるのにも関わらず、専攻の授業を他の学部の学生も受けることができることが不公平という意見もあり、また専攻の教員にネイティブが少ないというのも不満だという声もあった。

彼らの多くにとってこの現実事前の予想と異なったという。例えば D は「自分と同様入学してきた学生は期待と現実の違いに気づいた。すごく良いビデオがウェブサイトには上がっている。そうは言いたくないが、それはウソのようにしかみえなかった。美化しすぎて留学生しかいない学部のように見え

た」という。

さらに踏み込んで、大学への不満というよりも大学のプロモーションの仕方を直接批判する声もあった。Fは「UICがアジアのトップの大学になりたいのだと思うし私はアジア・韓国で暮らしたいと思いここに来ているのでそれでも構わないが、international college を名乗るのではなく実際はアジアの中の英語大学と名乗るべき。」と言及している。

7.2 不満は何で和らぐのか

一方、同じ環境にいながらそこまでの不満を抱かなかった人もいる。3人とも「他の人がかなり失望しているのは知っている」と前置きした上で、「自分はそれほどではなかった」と答えている。いくつかのパターンに分けて見てみる。

ア. 国際性の欠如への許容度が高い

E:「韓国人と話し、韓国社会で住みたかったので、私にとって韓国人学生が多数であることは問題ない。また、最初は自分がそこにも韓国語を話し続ける人がいて気分が悪くなったが、今は自分がどこに行けば良いのか、誰と遊べば良いのかわかっている。」

Eの場合、韓国と韓国語への関心が強く国際性を学部でそこまで求めていない。入学前に韓国留学にこだわっていた人と比べてもキャンパスがドメスティックであることへの許容が大きい。

イ. 単純に事前の期待が低い

G:「韓国の語学堂に通い韓国の大学について聞く機会があった他、ブログで見つけたUICの中国人の先輩に入試前に会うことができ韓国英語コースの実態はだいたい知っていた。」

H:「多くの方は多様性がUICにないというが、(ベトナムでずっと教育を受け)ベトナムから来た自分にとっては多様性がある場所。ベトナムの大学より留学生の友達が多くいる」

このように、G・Hとも大学に対し多くを求めていない。しかし、彼らと同じ発展途上国から来たCがUICに大きな不満を持っているように、自国の教育との比較の問題とは限らない。GもHも公式プロモーションを受験時に真に受けていないという点で共通している。Gは受験時に先輩の声、HはWikipediaを参照している。

いずれにせよ彼らはプロモーションによる作られたイメージ像(「国際性の強調」)に引っ張られておらず、結果的に期待と現実の差が広がらなかったと考えられる。

8. まとめ

本論はまず4章で英語コースがその国の大学の

文脈を理解しない学生の移動をもたらしたことを示し、5章で情報源が公式ウェブページに依存しており留学生がプロモーションによって実態と異なる期待を抱いている可能性を示した。その後6章でUICの情報発信が実際に学生にどう解釈されたかを述べ、7章でその情報発信とUICの学生の不満はどう関わっているのかを明らかにした。

東アジアのトップ大学は国際化競争の中で留学生獲得のための競争を強いられている。その圧力の中生じたプロモーションは現実以上にその国のコンテキストを理解しない受験生の期待を増大させてしまい、それが入学後の不満を増大させている。大学受験は国境と言語を超えた時、その情報の非対称性がさらに強まる。日本も韓国と同様の取り組みをしており、大学の国際化に対しある種の倫理的視点が必要となってくるだろう。

参考文献

- 平高史也編(2011)近年の日本の留学生政策とSFCにおける日本語教育、『KEIO SFC JOURNAL』, 11(2), 31-42.
- ICEF, “Korea Aims for 200,000 Foreign Students by 2023 – ICEF Monitor – Market Intelligence for International Student Recruitment,” 2015. <http://monitor.icef.com/2015/10/korea-aims-for-200000-foreign-students-by-2023/>.
- Kim, Stephanie K., (2016) English Is for Dummies: Linguistic Contradictions at an International College in South Korea. *Compare: A Journal of Comparative and International Education* 46, no. 1: 116-35.
- 私学高等教育研究所編(2014)『日韓大学国際化と留学生政策の展開』
- Rennie J. Moon, (2016) Internationalisation without cultural diversity? Higher education in Korea. *Comparative Education* 52:1, 91-108.
- Terri Kim, (2016) Internationalisation and development in East Asian higher education: an introduction. *Comparative Education* 52:1, 1-7.

アクションリサーチによる片浜小学校利活用の実現

—最大公約数的でない合意形成に向けて—

○畑島謙成*

*慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修士課程

* khatash@sfc.keio.jp

キーワード：政策、建築、ブランディング

1 はじめ

1.1 提案背景

本提案は 2016 年度に廃校となる片浜小学校校舎の利活用を円滑かつ効果的に行うことを目的としている。改修後の校舎を行政から独立して運営するため、地域住民の当事者意識を喚起する市民主体の改修計画を目指す。そこで、牧之原市内外の有志メンバー 12 名から構成される協議会を立ち上げた。

1.2 提案概要

アクションリサーチ（利用者とは有識者を往復しながら意見調整を行う手法）を用いて「協議会」-「地域住民」の間で意見調整を行う。そうすることで、両者の視点を統合させる仕組みを考えた。建築や経済の有識者、地域住民の代表、牧之原市・政策協働部職員などにより、利活用に関する協議会が立ち上がった。さらに、専門的・戦略的な意見だけでなく利用者や地域住民の意見を取り入れることで改修後の施設が地域固有の財産になると考え、アクションリサーチを用いることを提案し、採用された。

2 片浜小学校利活用の経緯

2.1 少子化による小学校の統廃合案

現在牧之原市内には 10 の小学校が存在し、片浜小学校はそれらの中央に位置する。同小学校はピーク時には全校生徒 170 名であったが、少子化の影響を受け平成 5 年以降は生徒数は減少し続け、平成 25 年には全校生徒が 30 名を下回り、学校としての持続が困難になったため平成 29 年 3 月を以って廃校が決定し、校舎を利活用する方針が固まった。

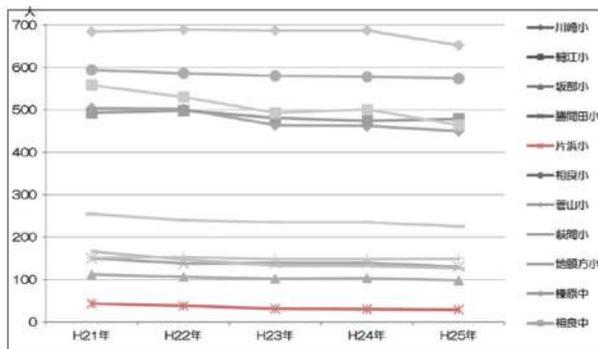


図 1. 牧之原市内各小学校の児童数の変化 牧之原市公共施設白書引用

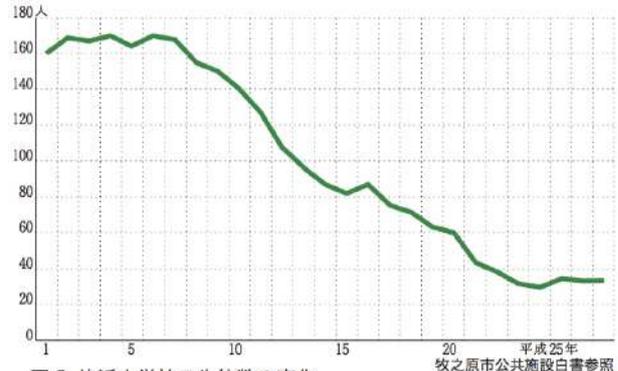


図 2. 片浜小学校の生徒数の変化 牧之原市公共施設白書参照

2.2 片浜小学校利活用のメリット

片浜小学校利活用のメリットとして以下の三点が挙げられる。

- a. 地域施設の一元化
- b. 異域の防災機能の向上
- c. 卒業生の思い出継承



図 3. 片浜小学校外観

2-a 地域施設の一元化

牧之原市には公民館や音楽ホールなどの公共施設が点在する。これら全市的な拠点施設を統合すれば、施設を個々に運営する場合に比べて維持コストを削減することができる。ストックとして利用価値のある同小学校を利用して新たな地域の財産を創出することは、スケジュール面・資金面での市の負担も少なく、メリットが感じられる。

2-b 地域施設の一元化

牧之原市の宅地は海岸沿いに細長く広がる。特に片浜地区は海岸に隣接しており、地震発生時の津波被害が想定される。南海トラフ発生時の予想浸水深は片浜全域において 2m 以上であり、有事の際に避難できる堅牢な建物が必要である。片浜小学校校舎は十分な高さや広さ、構造的な耐久性があるため、避難所や防災拠点として地域の防災機能を向

上させることが可能である。

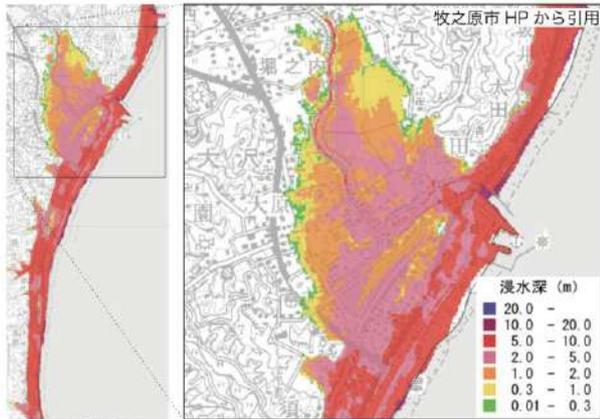


図 4. 南海トラフ発生時の津波被害予想

2-c 市民主体の改修

片浜小学校の廃校には地域住民による反対意見もあった。廃校後の動向は地域住民の注目するところである。また、利活用後の施設は PFI 手法によって行政から独立して運営される。このような経緯を考えると、市民主体による利活用計画を推進するのが好ましい。



図 5. 片浜小学校既存校舎の配置図と利活用の例

3 市民参加の状況

同市は市民有志によるファシリテーターを立て、官民一体の話し合いを推進してきた。そのため、校舎利活用の検討においても市民主導を円滑に進めることができた。アクションリサーチを導入することで、校舎の改修工事や改修後の具体的な運営体制構築のような専門的な話し合いも市民主導で推進できるのではないかと考えた。

4 牧之原市の現状

4.1 人口減少の現状

牧之原市の人口は、平成 7 年以降緩やかに減少し続けている。市の推計では、平成 34 年には 40,790 人にまで減少すると予想され、特に高齢者人口の割合が高まっていくことが分かる。



図 6. 牧之原市の人口変化

4.2 公共施設維持の難航

市内の公共施設のうち、改修・更新が必要な建物が全体の 56.0% となっている。これらの施設は今後徐々に耐用年数を迎えるため、短期的には修繕、中期的には改修工事が必要となる。そのため、公共建築物のコンパクト化が必須になる。更に、片浜小学校のような更新時期を迎えていない建物に関しては、市民と協議しながら有効活用していく必要がある。そこで、改修後の校舎運営を市の財政から独立させることで、独自収入だけで運営・維持管理する PFI 手法を採用している。この実現のためには、経済や経営に関する知識のあるアドバイザーが関与しつつも、実際に運営・管理する市民主導で利活用計画を推進する必要がある。

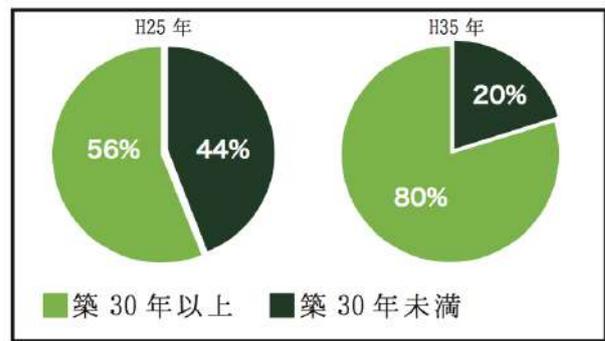


図 8. 要補修建物 (築 30 年) の割合



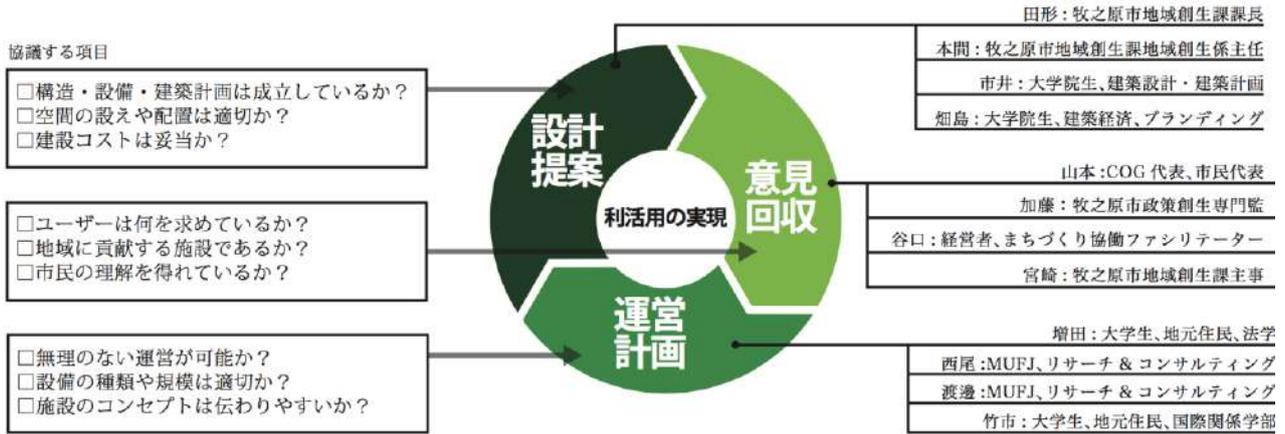
図 8. 市保有施設の更新費用の推計

5 利活用の推進体制

市民の意見を取り入れながら利活用を推進するための協議会が成立した。メンバーは牧之原市地域創生課の職員、地元住民の代表者、全国から集まった経済、建築、ブランディングを専門とする有志などから構成されている。協議会でもアクションリサーチを開催し、専門的な検討を行うことで、より多角的な利活用計画が可能になった。

アクションリサーチは、市民 WS を通して片浜小学校に市民が抱く期待や要望を把握・整理することから始まった。それらの意見を専門的に検討し、片浜小学校の利活用計画案 [Ver. 1.0] を作成した。この案を法規・建築計画等の視点から検討し、設計提案とした。これを大きな模型を用いたアクションリサーチによってアップデートしていく。

[Ver. 1.0] → [Ver. 2.0] → [Ver. 3.0]... と改善を繰り返すことで、ユーザー・市民の視点/運営者・有識者の視点からも計画案を批評することが可能になる。



6 アクションリサーチ実装

6.1 アクションリサーチ概要

ユーザーや運営者、有識者が妥協することなく納得する案を実現するために、アクションリサーチを行う。これは、意見交換の媒体として 1/50 スケールの大きな模型を用い、計画の主導権が利用者と有識者を往復しながら意見調整を行う手法である。これにより、市民・行政・有識者の全員が改修後の建築がどのように変化するかを体感しながら意見交換することができる。模型があることによって意見を刺激し、具体的な議論を導く効果がある。

6.2 オープンガバナンスの土壌形成

牧之原市は市が誕生した 10 年前から市民参加と協働の道を歩んできた。まちづくり協働ファシリテーターの育成と男女協働サロンを展開しながら、平成 23 年には「牧之原市自治基本条例」を施行し、地域の津波防災まちづくり計画などを多岐にわたる事業を全国に先駆けて実現してきた。COG をきっかけに「市民参加型」から一步踏み込み、「市民主導型」の公共事業として本計画案を実行しようとしている。このような先進的試みは、長年にわたってオープンガバナンスの土壌形成を行ってきた同市でなければ実現できないことであった。

<一般的な改修プロセスの場合> 市民からの意見回収と有識者の運営計画、設計提案が一方通行である。



<アクションリサーチの場合> 市民と有識者の中で意見が反復し、設計提案をアップデートすることができる。



市民のワークショップ

- ・模型を使って利活用案を市民に説明する
- ・利用者目線の意見
- ・地域に根付いた提案



▲地域・ユーザー目線の意見を回収した

行政・有識者のワークショップ

- ・専門知識を生かした運営計画の立案
- ・1:50 の模型を編集しながら話し合い



▲運営・有識者目線から検討を加えた

建築設計の検討

- ・法規や建築計画の規則に適合しているか確認
- ・建物の知識を生かした提案の建築化
- ・1:50 スケールの模型にする



▲意見を元に改修案をアップデートした

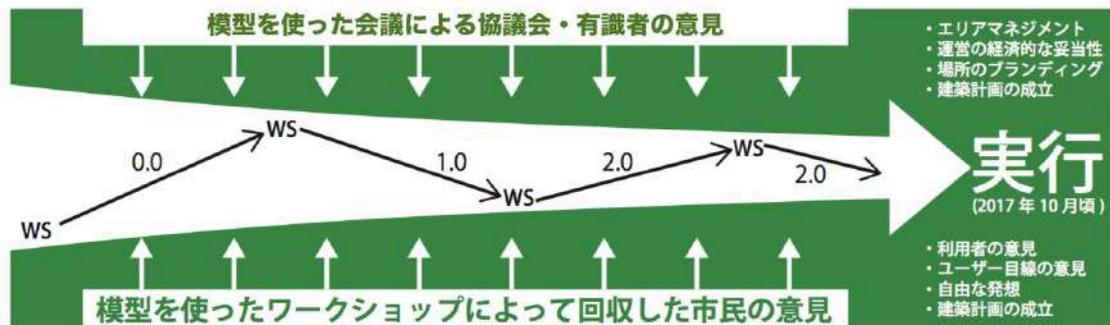


図 11. アクションリサーチのイメージ

6.3 市民と市役所、有識者の連携

牧之原市が COG に提示した「片浜小学校利活用のための仕組みづくり」という課題に対し、市内外から意欲のある有志が数多く集結した。これに応じた市は有志らが意見交換する場を提供し、必要に応じて専門家を招待した勉強会や視察などを開いた。このような経緯を経て有志メンバー 12 名から構成される『カタハマ・エージェント』が結成され、市民主導型の片浜小学校利活用計画が動き出した。

このように、牧之原市の COG チームメンバーには [市民]-[市役所]-[有識者] が円滑に連携を取りながら事業を推進する体制が整っている。

Year	2016	2017	2018
研究活動計画	9~12月	1~3月	4~8月
Phase1 体制づくり	①資料制作、分析		
Phase2 地域との協働	②ワークショップ		
Phase3 アクションリサーチ	③データの整理、COGの提出 ④アドバイスなど		
Phase4 改修工事	⑤最終調整、図面化 ⑥改修		

図 5. 今後の活動スケジュール (予定)

6.4 民間主導を実現する手法の新規性

本計画では、アクションリサーチ (利用者と有識者を往復しながら意見調整を行う手法) を使って利活用計画を推進する。具体的には、改修案の検討を 1 意見回収 2 運営計画 3 設計提案 の繰り返しによって行う。また、大きな模型を使いながら利活用案の説明をし、模型に直接書き込んだり付箋を使うことで意見を交換する。このように、利活用案の主導権が市民・ユーザーと行政・有識者の間を何度も往復する手法はかつてないものである。従来のワークショップを用いた意見調整方法は互いの譲歩によって行政と市民の最大公約数的な案になりがちであったが、アクションリサーチの採用によって行政と市民の意見の長所を交換しながら妥協のない案を作ることができる。



図 12. 模型を使った意見回収



図 13. 意見を元に設計した回収案



図 14. アクションリサーチの様子

参考文献

- ・ロジャー・ハート (2000) 『子どもの参画 - コミュニティづくりと身近な環境ケアへの参画のための理論と実際』, 萌文社出版
- ・ペーター・ヒューブナー (2008) 『こどもたちが学校をつくる - ドイツ発・未来の学校』, 鹿島出版会
- ・山下智也 (2009) 『子ども参加論の課題と展望ロジャー・ハートの「子ども参画」論を乗り越える』, 九州大学大学院人間環境学府 Kyushu University Psychological Research 2009, Vol. 10, 101-111

「設計者が予想していなかったユーザーのふるまい」 からのサービスデザイン

○廣瀬花衣・

慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科水野大二郎研究会修士1年

kaehiro@sfc.keio.jp

キーワード: サービスデザイン/複雑性/VR/フィールドリサーチ

導入

本研究は複雑なサービスのフィールドを、複眼的に分析、理解する事を可能にするためのツールの作成、さらにそのツールの利用をつうじて、非デザイナーのフィールド調査への主体性を持った参画を促す場の設計において必要な要素の構成、フィールドの理解はいかにして可能なのかについてを明らかにするための研究である。

ビジネスの領域において、1980年頃にシティバンクの副社長であったLynn Shostack(リン・ショスタック)がサービスが市場において取引される財として従来のモノよりも優位になってきたという事に伴い、サービスをその運用プロセスを合理的に管理するためにサービスブループリントという視覚化の技法を考案した。のちにサービスデザインを専門で取り扱う大学機関などの台頭もあり、近年サービスデザインは広く注目を集めるようになってきている。日本においてすでに幾つかの企業がサービスデザインを専門に扱う部署を設けるなど、日本国内においてもその存在が認知され始めている。

しかし、実際にフィールドにおいて運営しているサービスに注目してみると、ときおり設計者の意図した状況とは異なる状況が創発している場合がある。岩手県盛岡市材木町よ市に出店しているベアレンビール(註)においては、ユーザーがサービス提供者の意図とは異なったサービスの利用を実践している事をそのフィールドの調査から読み取る事ができる。しかし、このような「設計者が予想していなかったようなユーザーのふるまい」はサービス全体を記述するために部分に分ける作業の中で部分に還元されずに消えてしまう要素である。また、このような部分に還元できない要素などがサービスをますます複雑なものにしていき、時にはその創発された部分こそが、よ市のベアレンビールにおける事例のようにサービスにて、核となる役割を果たす場合もある。こういった複雑な状況/サービスに対して認知科学者のDonald Norman(ドナ

ルド・ノーマン)はDesignXという論文において、複雑性を孕んだ領域を”X”とし、デザイン領域として定義付けた。⁽¹⁾

以上の前提を元に本論文は、様々なステークホルダーや要素によって構成された複雑なサービスの現場を複雑なままに捉えることが可能な記録ツールを通じて、フィールド出向かない人々に対しリサーチに参画してもらう場をデザインし、リサーチャー1人では不可能だったフィールドの複眼的な理解により、フィールドにおいて複雑に絡み合っている因果関係を明解にし、理解可能な形に視覚化する事を目的とした研究を行う上での方針を占め論文としての機能を果たす。

また、本研究において具体的に利用する機材としては8K解像度を有するVR映像を撮影する事ができるGo-pro OMNIを想定しており、非参与観察者の参画のための機材についてはHMD(Head Mounted Display)の利用を想定している。

背景

1. サービスデザイン分野の概要

サービス業は1970年代以降世界規模で増加傾向にあり、現在も、サービス業に対する需要が年々高まっている。サービスデザインの領域においては、重要視される理論として1970年にVargoとLush(バーゴ&ラッシュ)がジャーナルオブマーケティングにおいて発表した、サービス・ドミナント・ロジックが挙げられる。⁽²⁾ この論文では、企業側が一方的に作り上げた製品と価値を消費者に消費してもらうモノの時代から、企業が提供する製品の価値を顧客と共創するコトの時代への転換を示している。その後1990代にはドイツ(KISD)やイタリアの教育拠点を中心に同領域に関する研究が広まってきており、2000年代には英国に初のサービスデザインを専門としたエージェンシーであるLiveworkが設立され、IDEOなどのデザインファームも積極的にサービスデザインを事業に導入するなどした。

現在はサービスデザインネットワーク(SDN)という国際学会の確立にまで至っており、現在もその領域は拡大を続けている。また研究の領域においては、その多くを産学協同という形で行い、例えばサービスのビジョン形成をイノベティブに行うために、急進的な意味転換の手法との融合を試みた手法開発や、会話分析からサービスを読み解くといった研究が行われている。以上が、サービスデザイン分野の外観である。

次に、サービスをデザインする際にサービスを視覚的に表現するためにデザイナーが用いるツールについて述べる。これは、本研究において目的とされているサービスを捉え、視覚的表現を用いることに関係している。

2. サービスの視覚化の技法について

サービス業の台頭により、サービスの設計における管理手法の必要性が増したため、マーケティング分野においては手法を考えるべく、サービスを以下にして捉えるかということが争点となった。1980年にシティバンクの副社長だったLynn Shostack(リン・ショスタック)が考案したサービス・ブループリントは、サービスの全体像を視覚化するため原子モデルの知見を利用して有形財と無形財を表現することで、サービスの全体像を視覚化したものであり、多くの場合、サービス開発において、多様なステークホルダー(設計スタッフ、開発スタッフ、オペレーションスタッフ、ビジネス分析スタッフ、フロントラインスタッフなど)とともにサービスを視覚化する為に用いられる、一種のコミュニケーションツールとも言える。他にも、ユーザーの視点からサービスを視覚化するカスタマージャーニーマップや、ペルソナ法などが特に利用されているツールとして挙げることができる。これらは人間中心設計を前提とした、インタラクションデザインにその潮流をもつ。

サービスの設計プロセスは、当該分野に含まれるデザイン思考に影響を受けたdouble-diamond(ダブルダイヤモンド)と呼ばれる手順に則って行われ、各フェーズでサービスデザイナーは扱っているクライアントや問題に応じて必要だと思われるデザインの手法を採択し、組み合わせてサービスの設計を行う。

以上のような、サービスの視覚化の手法は、ステークホルダーとのコミュニケーションツールや合意形成を促進する手法を開発しているという視点が

ある。武山は「特にデザインプロセスにおけるユーザーへの共感とその維持、またチーム内外でのコミュニケーションの促進やファシリテーションの点で、サービスデザイナーの用いるツールや役割の果たす意義や効果の認知も高まりつつある」と述べていることからそのことがわかる。⁶⁾

しかし、実際のサービスを視覚化するプロセスの中では、視覚化の際に抜け落ちてしまう要素がある。つまり、部分に還元してしまうと消えてしまうような特徴を持っている。以下では、視覚化された時に消えてしまう要素の1つである、実際のフィールドにおいて「設計者が予想していなかったユーザーによるサービス内でのふるまい」について述べる。

3. サービス設計者の予想を超えたユーザーによる創発的なふるまいの面白さ、重要性

インターネット空間におけるサービスである、SNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)においては、ユーザーの行動がダイレクトにサービスそのものになり得るとい時代が到来した。一人一人の行動が可視化され、全体に与えるインパクトが大きくなっている。近年のこのような動向を踏まえ、実店舗におけるサービスに対しても同様な視点を持って観察してみると、インターネット上に限った話ではなく、実店舗でも人々のふるまいがサービスにおいて非常に重要な役割を果たしている事に気づく事ができる。盛岡市にて開催されている今年で42年を迎えるよ市という地域の祭りの中でその行動を見る事ができる。祭りには沢山の店があり多くの観光客や地域住民が訪れる。中でも地ビールを取り扱うペアレンビールの屋台サービスにおける、リユースカップが非常にユニークな価値を創出しているのである。そのカップがリユース式のプラスチックカップであるためいくらかのユーザーの行動範囲が店の近場まで狭められているのである。「コップをどうせ返しに来るのであるから」「店のまわりで飲んでいて人と会話を楽しみたい」といった理由で人々がその場にたまり、結果的にユーザー間、サービス提供者とユーザー間でコミュニケーションが生まれ、人々はそれを目当てに店を訪れるのである。つまり、新規にサービスを利用するユーザーにとってはこの店の近場で行われているコミュニケーションはサービス利用時の必須項目、サービスそのものとなり得ると言い換えられ

る。つまりこういった行動に注目する事はサービスを理解する上で、必須なのではないだろうか。

また、複雑さというキーワードに対してデザインの領域においてもその事について言及しているものがある。それが、本研究が立脚するDesignXという領域にあたるのである。

4. 複雑性に注目するDesignXという領域

サービスというのは複雑なものであるという観点に基づいて定義された領域は先述のDonald NormanによってDesignXと呼称されている。彼はこういった類の複雑性を持ったデザイン領域をXと名付け、自身の論文である「DesignX: Complex Sociotechnical Systems」においてヘルスケアサービスにおける複雑性を例にとり、このDesignXの問題へ取り組む事がいかに困難なのかについて述べている。病院内でのがんの放射線治療に関して、様々なステークホルダーが絡み合っている結果、スケジュールの管理でさえ非常に困難である事を例にあげ、かつその因果関係が複雑な状態の中でのみ起こっている事を指摘している。また、デザイン領域にとっては未踏の領域とされていたが、すでに既存の分野の幾つかがdesignXに取り組んでおり、具体的には以下の分野が該当している。人間の行動と認知の心理学(The Psychology of Human Behavior and Cognition)、複雑な社会技術システムの社会的、政治的、経済的なフレームワーク(The Social, Political, and Economic Framework of Complex Sociotechnical Systems)、デザインXの複雑さに貢献する技術的問題(The Technical Issues that Contribute to the Complexity of Design X Problems)Normanはこれらの領域を踏まえて、デザイナーが果たすべき役割を以下のように述べている。他のアクターと協働する事、複雑なシステムを扱うための新しい方法の開発、人間の心理学を考慮しないシステムにしない事、デザイナーは開発システムの最初にだけ関わるのではなく、実践をし続けること。としている。そしてNormanは問題に立ち向かうデザイナーに対して斬新的な改善型モデルでのアプローチを提案する事で論文を結論づけている。

上記においても、部分に還元すると消えてしまう要素こそが、問題の本質である事、かつそれが無視できない状況に発展してきている事の示唆と言えるのではないだろうか。複雑であるという事を意

識した上でのデザインの取り組みは今後一層重要性を増すであろう。

以上の背景をふまえ、本研究では従来の視覚化技法では取りきれなかったような設計者が予想していなかったユーザーのふるまいに注目する事によって、複雑なフィールドを理解し、フィールドにおける因果関係を明らかにするためのフィールドリサーチ手法及び分析から視覚化のためのツール/手法を提案したい。

実践: 複雑なフィールドをとらえるためのツールキットの作成

以上の背景より、本研究では設計者の予想していなかったユーザーのふるまいを捉え、フィールドにおける因果関係を複眼的な視点で明らかにするためのフィールドリサーチ手法の開発を行う。

具体的には以上の手順を想定している

- a. 超高分解度(8K)でVR映像が撮影可能なGo-Pro OMNIを利用したフィールドの記録
- b. フィールドリサーチで得た映像資料を元にフィールドに実際に出向いていない人がフィールドリサーチに参画するためのVR映像の編集/作成、ワークショップの実施
- c. 参加者の気づきを元に、フィールドにおける事実や気づきを視覚化し、フィールドにおける相関関係をできるだけ解読可能な状態で明らかにする。

a.に関しては来年の4月-11月のよ市の開催に際して実施、定点観測を予定している。b.においてはHMDの利用を通じたワークショップの実施を予定している。VR映像を利用する事によって、異なる専門知識をもった人々がVR映像を通してより高臨場感と没入感を持った観察が可能になる事が期待される。またリサーチャーとしてデザイナー以外の人々の主体的な参画を促すようなワークショップの設計方法の検討、参加者の気づきのまとめ、分析、視覚化にあたっての方法を今後検討が必要である。

参考資料

よ市でのフィールド調査

こちらは、Go-Pro OMNIの利用に先駆け、異なる記録機材ではどれほどフィールドの見え方が変

わるのか、また解像度の重要性を示すための資料として添付する。

観察者は岩手県盛岡市材木町よ市において行われている「設計者の予想していない人々の行動を捉えるため」という目的のもと、フィールドに参入し複数の機材を組み合わせることでフィールドの記録を行った。

2017/9/23

時間 16:30-18:30

機材 recolo/THETA/一眼レフ/インタビュー調査
場所 よ市の前の道路沿いにカメラを設置

タイムラプス撮影が可能なrecoloと360度撮影が可能なTHETAを定点設置する定点観察法を用い、同時に記録を行った。さらに、調査者はその画角内で一眼レフを用いて撮影とフィールド内にいる人に対し、インタビュー調査を行った。



図:1 一眼レフ Lumix G1 にて撮影



図:2 THETA にて撮影



図:3 recoloにて撮影

図:1は調査者が視点をもって写真に記録したものであるため、その範囲内での出来事においては詳細に記述されているが、静止画のため、その前後関係が明らかでない。また、デザイナーが一人で行った記録のため、個人の視点が非常に濃い。図:2は360度記録できるTHETAの映像であり、記録できる上限の25分で記録を行った。図:3はrecoloによるタイムラプスでシャッター感覚を3秒に設定、再生は15fpsで行った。図:4は、360度カメラの映像を拡大したものであるが、2Kの解像度で撮影したため画質が荒く細かく観察する事ができない。



図:4 360度カメラTHETAを用いて撮影した視野の一部を拡大した写真

参考文献

- (1) Donald A. Norman (2015) "DesignX: Complex Sociotechnical Systems"
- (2) S. Vargo and R. Lusch (2004) "Evolving to a New Dominant Logic for Marketing", Journal of Marketing : 1-17
- (3) 武山政直(2012)「サービスデザインの視覚化の技法」『慶應義塾大学日吉紀要』, 社会科学.No.23,15-35

According to the severity of overgrazing to assess the grassland pressure in Mongolia Gobi area

○Yang Wang^{1*}, Wanglin Yan²

¹Graduate School of Media & Governance, Keio University

Room 6 Ohiraso, Gakusaikaikan, Shobuzawa-919-1, Fujisawa, Kanagawa, 252-0804, JAPAN

*E-mail: wytdw911@sfc.keio.ac.jp

²Professor Wanglin Yan, Graduate School of Media & Governance, Keio University

5322 Endo, Fujisawa, Kanagawa, 252-0882, JAPAN

Keywords: livestock, grassland pressure, overgrazing, grassland ideal carrying capacity, the Gobi Desert, the tragedy of the commons, occur with a periodicity

1 Introduction

Livestock production is one of the most important sectors on GDP in Mongolia, from 25 million to 52 million (fig. 1), the number of livestock animals has been extremely increasing by following economic development. Livestock population becomes over twice from 1991 to 2014 in Mongolia (Briske et al. 2015).

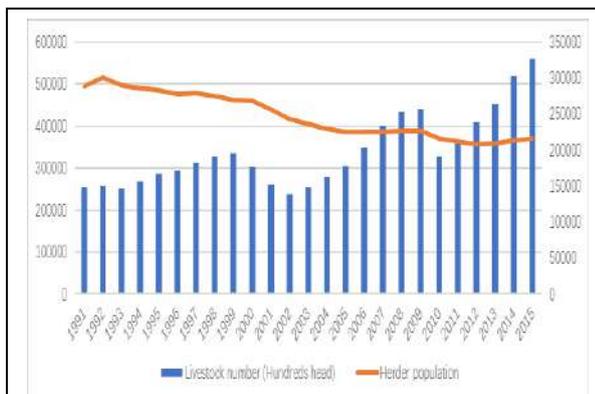


Figure 1. The change of the livestock population in Mongolia and the herder population in Mongolia from 1991 to 2015

However, as the result of privatization, all the livestock owned by herding cooperatives were transferred to herders. No longer managed by the state, most herders were able to enlarge their nomadic activities, then livestock population increased greatly.

According to the tragedy of the commons (Garrett Hardin, 1968), the positive one is herders will be able to get increased profits from the increased sheep. The negative one is the carrying capacity of the grassland will be depleted due to the extra livestock (Rao et al. 2015).

Come very naturally, the increase in livestock population under the free market economy have affected the growth, density, and distribution of grassland plants heavily.

In the other hand, the grassland grows has not adapted to the high increase in the livestock population.

Livestock-grassland system becomes fragile (Qian et al. 2014).

Grazing pressure on the grassland has been reported to be high in Mongolia (Pei et al. 2008). Those high grazing pressure have affected the livestock disaster deeply in Mongolia. The horrible livestock disaster occurs 2 times in Mongolia (1999-2002 & 2009-2010 fig. 1).

The geographical particularity of Mongolia has contained the forest - grassland - the Gobi Desert. Vegetation types are dominated by desert vegetation, grassland community, and forest community.

Mongolia has a temperate continental climate, winter is cold and long, summer is hot and short, nearly 90% of Mongolia's precipitation is concentrated in summer months (Zhang et al., 2007), less than 10% of the annual total precipitation occurs during the winter months (Morris et al., 2006).

In addition to the northern part of the Mongolia, the vast majority of the annual precipitation in Mongolia is less than 400 mm (Zhang et al., 2013).

As a result of global warming and long-term grassland reclamation, overgrazing and other natural and human factors, grassland vegetation has been severely damaged, leading to grassland degradation, resulting in a serious decline in the grassland carrying capacity (Li et al. 2011). The causes of grassland degradation can be divided into two major kinds: natural factors and human factors, but overgrazing is the key reason for grassland degradation (Li et al. 2007).

In 1999-2002 the 3 years, that disaster results in the loss of almost 10 million livestock (Tachiiri et al. 2012), leading to one hundred thousand of family bankrupt. In 2009-2010, the disaster results in the loss of almost 30 percent of livestock which numbers at least 12 million livestock (Tachiiri et al. 2008). This time the disaster affected almost 90% the family in the country.

2 Methodology

2.1 Study Area

Four provinces of the Gobi Desert area in south of Mongolia.

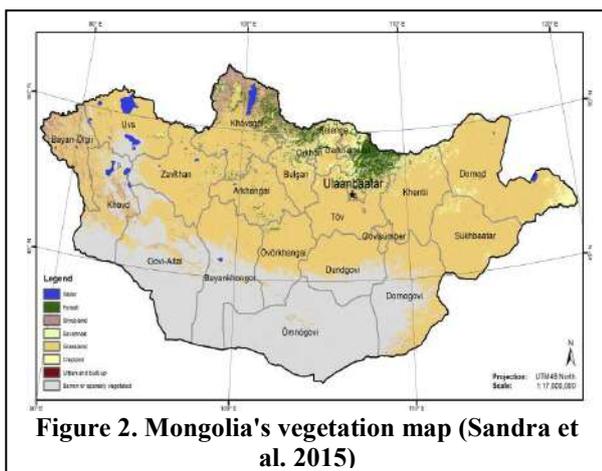


Figure 2. Mongolia's vegetation map (Sandra et al. 2015)

As shown in Figure 3 (Sandra et al. 2015), Gobi-Altai, Bayankhongor, Dornogovi, and Umnugovi are located in the gray and barren areas (fig. 2).

2.2 Method

Using the value of NDVI to evaluate the ideal carrying capacity of grassland in livestock biomass (Bi et al. 2006, Zhu et al. 2005, Sun et al. 2015).

$$ICC = \sum_{i=1}^{12} \frac{\ln(5.79 \times NDVI_m + 5.91)}{2.73 - 2.46 \times NDVI_m} \times \frac{\ln\left(2 + \frac{T}{18.1}\right)}{\exp\left(\frac{R}{603} - 0.8\right)} \times S$$

Where ICC (Kg/Km²) means the ideal carrying capacity of grassland in livestock biomass. NDVI_m is the average NDVI in the month. T is the monthly average temperature. R is the monthly average rainfall. S means the size of the area.

We choose sheep as the standard livestock. Each sheep equals 1 sheep unit. Each goat equals 1 sheep unit. Each horse equals 4 sheep units. Each cattle equals 5 sheep units. Each camel equals 7 sheep units (Bi et al. 2006).

The value of grassland pressure is calculated by the existing livestock population be divided by the ideal number of carrying capacity.

For the record, both of the existing livestock population and the ideal number of carrying capacity must be converted into the sheep unit which is selected as the standard livestock.

2.3 Data resource and processing

In this study, the livestock data (1970–2015) obtained from Mongolia Statistical Information Service(MONSIS).

<http://www.1212.mn/en>

The livestock loss data (1996-2013) were obtained from The Asian Disaster Reduction Center(ADRC) Yearbook. The data include the population of livestock situation, livestock deaths and other indicators of Mongolia's 22 provinces.

http://www.adrc.asia/publications/databook/DB2014_e.html

The climate data were obtained from GLEW.

<http://www.glews.net>

<http://www.meteomanz.com>

3 Results and discussion

3.1 Result

Owing to the increase in the number of existing livestock, close to or even beyond the ideal of the grassland carrying capacity, resulting in overgrazing and the grassland pressure value keep rising at the same time, that means, grassland pressure continued to accumulate.

Overgrazing not only lead to the continued accumulation of grassland pressure but also lead the grassland can not afford the existing livestock sooner or later.

Come very naturally, the livestock will mass mortality, the value of the grassland pressure drops, the grassland pressure release.

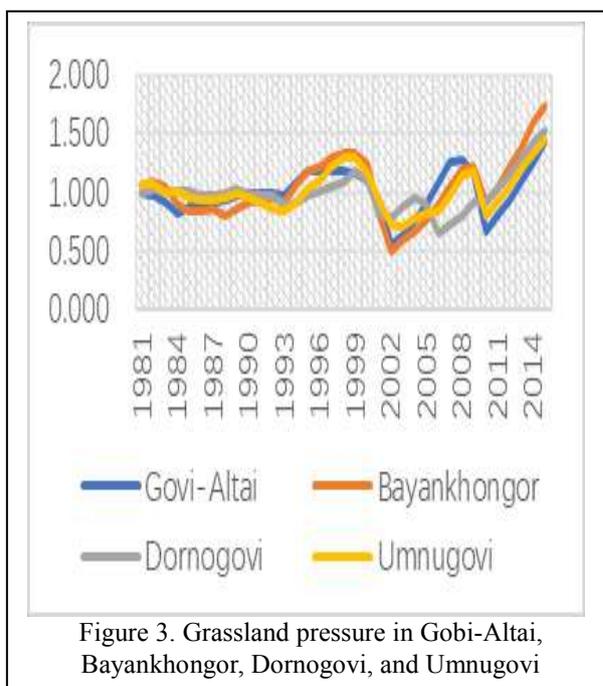


Figure 3. Grassland pressure in Gobi-Altai, Bayankhongor, Dornogovi, and Umnugovi

However, if the grassland pressure cannot be released, the overgrazing will keep critical and lead the disaster to remain a recurrent plague.

This periodic change in grassland pressure can be regarded as a dynamic game between grassland and pastoralists.

3.1.1 Gobi-Altai province

The grassland pressure of Gobi-Altai province was changed in 0.8 to 1.0 before 1993, the fluctuation range was small. The grassland pressure in Gobi-Altai province before 1993 could be

regarded as a normal situation.

After 1993, twice fiercely periodical changes of grassland pressure occurred in the Gobi-Altai province. Rapidly accumulate the grassland pressure to a peak followed by a release of the pressure to the valley.

Year	Gobi-Altai	Bayankhongor	Dornogovi	Umnugovi
1981	0.993	1.064	0.993	1.063
1982	0.965	1.092	1.028	1.071
1983	0.921	1.053	1.004	0.987
1984	0.82	0.898	1.006	1.008
1985	0.876	0.837	1.004	0.958
1986	0.882	0.842	0.982	0.931
1987	0.913	0.861	0.966	0.938
1988	0.939	0.799	0.99	0.959
1989	0.978	0.856	1.029	0.996
1990	0.986	0.912	0.971	0.951
1991	0.987	0.932	0.973	0.926
1992	1.002	0.956	0.972	0.868
1993	0.977	0.921	0.892	0.834
1994	1.082	1.061	0.914	0.92
1995	1.178	1.191	0.976	1.025
1996	1.183	1.214	1.013	1.1
1997	1.181	1.3	1.044	1.222
1998	1.188	1.339	1.091	1.297
1999	1.167	1.331	1.187	1.299
2000	1.098	1.231	1.101	1.168
2001	0.932	0.824	0.817	0.938
2002	0.564	0.497	0.782	0.722
2003	0.624	0.587	0.872	0.703
2004	0.761	0.676	0.949	0.791
2005	0.897	0.766	0.894	0.822
2006	1.086	0.901	0.657	0.84
2007	1.257	1.059	0.724	0.975
2008	1.285	1.197	0.81	1.137
2009	1.165	1.218	0.921	1.192
2010	0.662	0.926	0.924	0.797
2011	0.797	1.038	1.041	0.922
2012	0.935	1.216	1.137	1.053
2013	1.09	1.376	1.285	1.195
2014	1.266	1.592	1.429	1.331
2015	1.431	1.736	1.53	1.457

3.1.2 Bayankhongor province

The grassland pressure of Bayankhongor province was changed in 0.8 to 1.1 before 1993, the fluctuation range was small too. Also, the grassland pressure in Bayankhongor province before 1993 could be regarded as a normal situation.

After 1993, twice fiercely periodical changes of grassland pressure also occurred in the Bayankhongor province. Rapidly accumulate the grassland pressure to a peak followed by a release of the pressure to the valley.

3.1.3 Dornogovi province

Be similar to the Gobi-Altai and Bayankhongor, the grassland pressure of Dornogovi province was changed in 0.9 to 1.0 before 1993, the fluctuation range was small. The grassland pressure in Dornogovi province before 1993 could be regarded as a normal situation.

After 1993, twice fiercely periodical changes of grassland pressure occurred in the Dornogovi province. Rapidly accumulate the grassland pressure to a peak followed by a release of the pressure to the valley.

But the periodical changes of grassland pressure of the Dornogovi province is quite different from the Gobi-Altai and Bayankhongor.

3.1.4 Umnugovi province

The grassland pressure of Umnugovi province was changed in 0.85 to 1.05 before 1993, the fluctuation range was small. The grassland pressure in Umnugovi province before 1993 could be regarded as a normal situation.

After 1993, twice fiercely periodical changes of grassland pressure occurred in the Umnugovi province. Rapidly accumulate the grassland pressure to a peak followed by a release of the pressure to the valley.

3.2 Compare and discussion

Obviously, the grassland pressure in the all four provinces was a normal situation before 1993. Since 1993, the four provinces grassland pressure values have experienced two periodical changes from the peak to the valley.

From 1993 to the present, the general trend of grassland pressure in the four provinces kept rising. And the grassland pressures of each province reached their first peak in 1999 and fall off to their valleys in 2002. The second periodical change of grassland pressure in Dornogovi is a little different from the other three provinces. The grassland pressures of Dornogovi province reached the second peak in 2004 and fall off to the valley in 2006. However, the grassland pressures of the other three provinces reached their second peak in 2008 or 2009 and fall off to the valley in 2010.

Owing to the ecological environment in Gobi-Altai, central and the most part of the Bayankhongor, and Umnugovi is almost similar. It would be persuasive to compare the change of the grassland pressure in three provinces.

The grassland pressure in Bayankhongor province is the peak in the three provinces and been the lowest valley in 2002 in the first

periodical change too. The grassland pressure in Govi-Altai province is the lowest peak in the three provinces but because of a long time (5 years) remained at a peak, the valley of the first periodical change in 2002 is lower too. The grassland pressure in Umnugovi province been the highest valley in the three provinces in 2002.

The grassland pressure in Govi-Altai province is the peak in the three provinces and been the lowest valley in 2010 in the second periodical change too. Owing to the biggest fall off in the first periodical change of the grassland pressure, Bayankhongor province been the highest valley in the three provinces in 2010.

Based on these facts, it can be easy deduced that when the pressure of the grassland accumulates more, the greater of the pressure will be released.

Also, after 2 years, the grassland pressure in Dornogovi province back to the peak in 2004, meanwhile, spend 6 or 7 years, other three provinces back to their peak in 2008 and 2009. Based on this fact, it can be deduced that when the pressure of the grassland accumulates more, the greater of the pressure will release, that means must expend more times to get recover.

In short, we tend to attribute the disaster to an emergence of the grassland ecosystem. As we all know, the grassland ecosystem, as a complex system, still have a series of uncertainties that require further research, especially the emerging problems, and we will strengthen this research in future research.

4 References

- 1) Bi Xiaoli, W., Z., H., S. & G., Analysis on the livestock capability of the Jinghe River basin on the Loess Plateau, *Acta Ecologica Sinica*, 26 (12): 4219-4224 (2006).
- 2) Brisk, D.D. et al. Strategies to alleviate poverty and grassland degradation in Inner Mongolia: intensification vs production efficiency of livestock system. *J. Environment. Manage.* 152, 177-82 (2015)
- 3) Cheng Peng, H. W. & Shi, X. Methods of making dynamic thematic maps of agricultural products price. In *Geoinformatics, 2010 18th International Conference* 1-5 (2010)
- 4) Charney, J. G. Dynamics of deserts and drought in Sahel. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 101, 193-202 (1975)
- 5) Dai, A. Drought under global warming: A review. *Wiley Interdiscip. Rev. Climate Change.* 3, 45-65 (2011)
- 6) Easterling, D. R. et al. Climate extremes: Observations, modeling, and impacts. *Science* (80-). 289, 2068-2074 (2000)
- 7) Garrett Hardin, *The Tragedy of the Commons*, Science, Vol.162, Issue 3859,1243-1248 (1968)
- 8) Li, W., Ali, S. H. & Zhang, Q. Property rights and grassland degradation: A study of the Xilingol Pasture, Inner Mongolia, China, *J. Environment Manage.* 85, 461-470 (2007)
- 9) Li, W. & Huntsinger, L. China's grassland contract policy and its impacts on herder ability to benefit in Inner Mongolia: Tragic feedbacks. *Ecol. Soc.* 16,1 (2011)
- 10) Morris, S. P. Geospatial web services and geochiving: new opportunities and challenges in geographic information services. *Libr. Trends* 55, 285-303 (2006)
- 11) Pei, S. Fu, H. & Wan, C. Changes in soil properties and vegetation following exclosure and grazing in degraded Alxa desert steppe of Inner Mongolia, China, *Agric. Ecosystem Environment.* 124, 33-39 (2008)
- 12) Qian, J., Wang, Z., Liu, Z. & Busso, C. a. Belowground bud bank responses to grazing intensity in the Inner Mongolia Steppe, China. *L. Degrad. Dev.* (2014)
- 13) Rao, M. P. et al. Dzuds, droughts, and livestock mortality in Mongolia. *Environment Res. Lett.* 10,74012 (2015)
- 14) Sandra Eckert, F., H. & E., Trend analysis of MODIS NDVI time series for detecting land degradation and regeneration in Mongolia, *Journal of Arid Environments*, 113, 16-28 (2015)
- 15) Sun., S., L., W., C., G., T. & L., Comprehensive estimation model of grassland NPP based on MODIS in China, *Acta Ecologica Sinica*, 35 (4): 1079-1085 (2015).
- 16) Tachiiri, K., Shinoda, M., Klinkenberg, B. & Morinaga, Y. Assessing Mongolia snow disaster risk using livestock and satellite data. *J. Arid Environment Inf. Sci.* 35,47-56 (2007)
- 17) Tachiiri, K. & Shinoda, M. Response of summer vegetation in Mongolia to the range of future climate conditions projected by CMIP3 Models: Study using a simple scaling method. *Sola* 8, 124-128 (2012)
- 18) Zhang, K., Yu, Z., Li, X., Zhou, W. & Zhang, D. Land use change and land degradation in China from 1991 to 2001. *L. Degrad. Dev.* 18, 209-219 (2007)
- 19) Zhang, T., Simelton, E., Huang, Y. & Shi, Y. A Bayesian assessment of the current irrigation water supplies capacity under projected droughts for the 2030s in China. *Agric. For. Meteorol.* 178-179, 56-65 (2013)
- 20) Zhu., P., L., C., L. & H., Estimating Net Primary Productivity of Terrestrial Vegetation Based on GIS and RS: A Case Study in Inner Mongolia, China, *Journal of remote sensing*, 9 (3): 300-307 (2005).

老化における筋力低下原因の解明

○高井祐志* (指導教員 渡辺光博**)

*慶應義塾大学 総合政策学部 3年

**慶應義塾大学 政策・メディア研究科教授 / 環境情報学部教授

*s15483yt@sfc.keio.ac.jp, **wmitsu@sfc.keio.ac.jp

キーワード：老化、筋力低下、筋ジストロフィー

1 要旨

筋肉は加齢とともに筋萎縮を引き起こし、握力や歩行機能の低下などの身体機能の悪化が見られる状態はサルコペニアと呼ばれる。我々はこのサルコペニアに注目し、筋萎縮を引き起こす原因の解明を進めた。その結果、老化による筋萎縮の一因として、主に手足の体幹に近い部分の近位筋を侵す肢帯型筋ジストロフィーが関係している可能性が示唆された。同時に、当実験に用いた White マウスが今後筋ジストロフィーの治療法を開発する上で、研究に有用なモデル動物となることが期待される。

2 導入

2.1 研究背景・目的

我が国では急速に高齢化が進展し、平成 22 年の高齢化率(65 歳以上人口割合)は 23.0%、75 歳以上の人口の割合は 11.1%となっており¹⁾、それに伴い要介護状態になる高齢者も増加している。後期高齢者の要介護状態になる原因として、認知症や転倒と並び「高齢による衰弱」がある²⁾。また、高齢者の身体障害機能のリスク要因、転倒リスク要因として加齢に伴う筋力・筋肉量の減少(以下、サルコペニア)は注目されている。サルコペニアに陥ると、日常生活に支障をきたすだけでなく、転倒による骨折や内臓機能の低下による生活習慣病から脳梗塞や心筋梗塞などの命に関わる疾患や認知症などが発症しやすくなることから、転倒予防や介護予防を行うことは重要である。したがって、老化による筋力低下の原因を解明し、予防へと繋げることは高齢者の健康寿命の延伸、さらには要介護状態に至る過程を阻止する可能性を拡大させる。

また、筋萎縮を引き起こす疾病に着目すると、その代表として筋萎縮性側索硬化症(ALS)と脊髄性筋萎縮症(SMA)、球脊髄性筋萎縮症、また、筋ジストロフィーが挙げられる。その中で、筋ジストロフィーは 2007 年より難病にも指定されており、筋繊維の破壊・変性(筋壊死)と再生を繰り返しながら次第に筋萎縮と筋力低下が進行していく遺伝性筋疾患の総称である。発症年齢や遺伝形式、臨床的経過等から様々な病型に分類され、肢帯型筋ジストロフィーはその病型の一つとして、主に常染色体劣性遺伝の形式をとる。一般に肢帯型筋ジストロフィー患者では、心筋や延髄性筋には比較的症状は現れ

ないが、手脚の体幹に近い部分の近位筋や腰帯筋の筋力低下が観察され、その発症時期は小児から成人までと定まっていない。加えて、肢帯型筋ジストロフィーは現時点で確立された根本的な治療法は存在せず、臨床経過は典型的に進行性であるため、発症後の身体の筋力低下によって車椅子なしでの生活は困難となる。

そこで、我々が着目する White マウスが新たに肢帯型筋ジストロフィーの自然発症モデル動物として確立されることで、新規治療法の開発に有用となることに加え、一概にサルコペニアと判断される筋力低下の原因に晩期発症型の筋ジストロフィーが関連している可能性が示唆される。以上より、本研究では老化と筋ジストロフィーの関連性を探る上で、White マウスの筋力に注目し、筋ジストロフィー新規モデル動物としての確立を目的として行う。

3 手法

マウスを用いた研究

C57BL/6J(以下、B6)マウス、White マウスをそれぞれ二群ずつに分け気温 23°C、12 時間の明暗サイクルの環境下のもとで、通常食と水を自由摂食として飼育を行った。実験には、B6 マウスの 6 週齢の若齢群(n=7)、22 月齢の老齢群(n=6)、また、White マウスの 6 週齢の若齢群(n=7)、22 月齢の老齢群(n=4)の計 4 群を用いて行った。また、臨床的評価を行う際に用いたマウスは B6 マウス、White マウス、それぞれ 26 月齢のマウスを用いた。

3.1 筋力テスト

上記の各マウス群の筋力テストを小動物専用の筋力測定装置を用いて行い、B6 マウス、White マウスのそれぞれの群で老化によって筋力がどのように変化しているのかを比較した。

3.2 遺伝子解析

各マウス群をそれぞれ解剖し、腓腹筋を採取した後、totalRNA の抽出と cDNA 合成を行い、最終的に定量 PCR 法を用いて、主に筋分解に関連する遺伝子の発現比較を行った。また、マイクロアレイ解析によって網羅的に変化の生じた遺伝子群を取り上げ、B6 マウスと White マウスの差に着目した解析を行った。

3.3 臨床的評価

各マウス群を用いて尾部懸垂試験を行い、下肢進展反射の低下度合いの比較を行った。また、筋ジストロフィーの原因遺伝子が関連することで発症する疾患として Walker-Warburg Syndrome(WWS)や筋-眼-脳病と呼ばれる Muscle-Eye-Brain disease(MEB)が存在しているため、我々は White マウスの眼や脳の形状を観察した。

4 結果

4.1 White マウスは B6 マウスに対して老化による筋力低下が観察された(図 1)

B6 マウス、White マウスの双方において若齢モデルと老齢モデルの筋力を小動物専用の筋力測定装置を用いて比較した。その結果 B6 マウスにおいては顕著な筋力の変化は認められなかった一方で、White マウスでは老化によって有意に減少した。

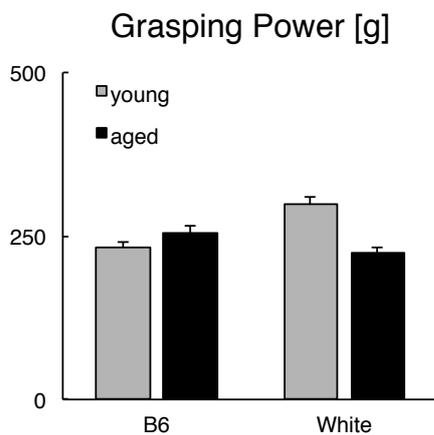
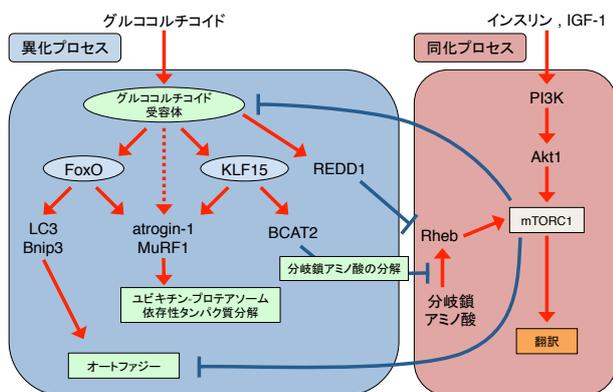


図 1: 各群における齢による筋力の比較
Error bar show SEM. * ; $p < 0.05$, ** ; $p < 0.01$

4.2.1 老化による White マウスの筋タンパク質異化プロセスの亢進(図 2)



上図のグルココルチコイド刺激によるタンパク質異化プロセス、酸化ストレスに関連する遺伝子を中心に遺伝子解析を行ったところ、それぞれ以下の

結果となり、White マウスにおいてタンパク質分解遺伝子の発現が亢進していることが有意に観察された。

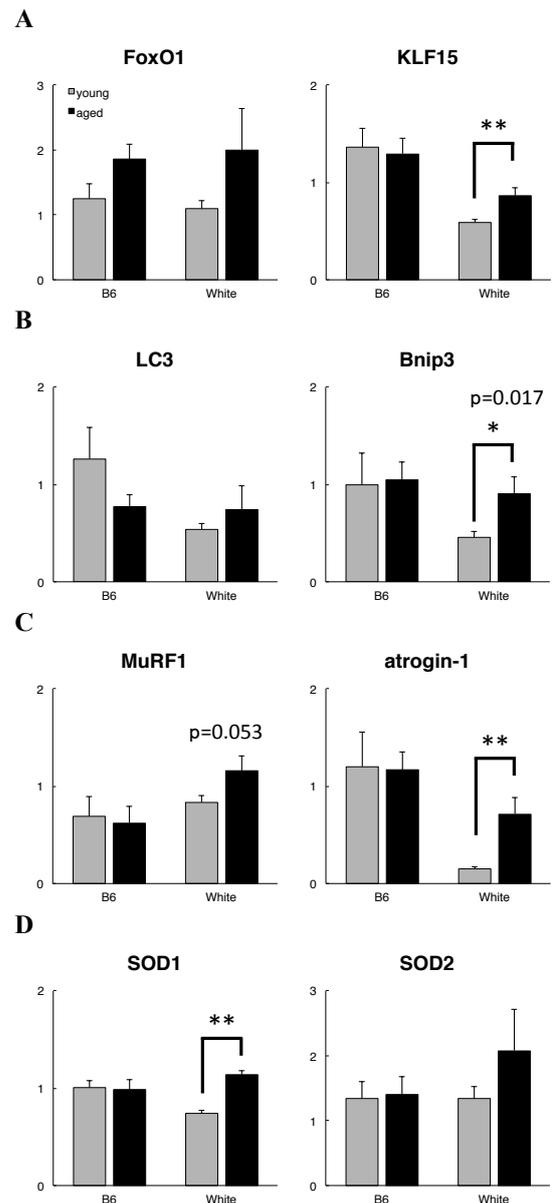


図 2: 各群における遺伝子発現比較

A: グルココルチコイド受容体標的の遺伝子

B: オートファジー促進遺伝子

C: ユビキチン・プロテアソーム系タンパク質分解遺伝子

D: 酸化ストレス抑制遺伝子

Error bar show SEM. * ; $p < 0.05$, ** ; $p < 0.01$

4.2.2 White マウスでは老化による糖タンパク質関連遺伝子群の発現が変化する(図 3,4)

マイクロアレイによって、老化による B6 マウス、White マウスの遺伝子発現の変化を網羅的に解析した。その結果、White マウスに限り糖タンパク質関連遺伝子等の筋ジストロフィーと関連のある遺伝

子発現が有意に変化していることが明らかになった。

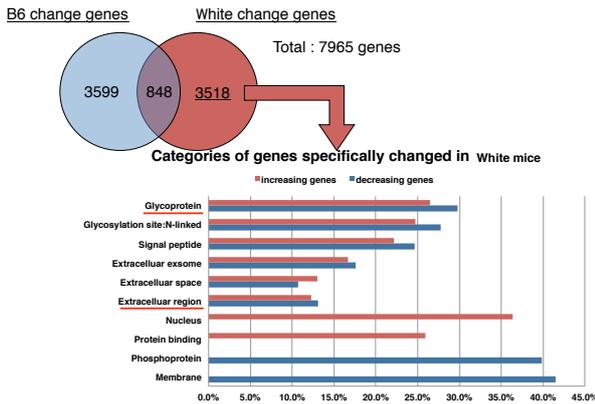


図 3 : 老化による White マウス特異的変異遺伝子群

また、定量 PCR 法を用いた筋ジストロフィー原因遺伝子の解析結果は以下のようになり、肢帯型筋ジストロフィーの原因遺伝子である Fukutin-Related Protein (FKRP)では White マウスにおいて発現がほとんど認められなかった。

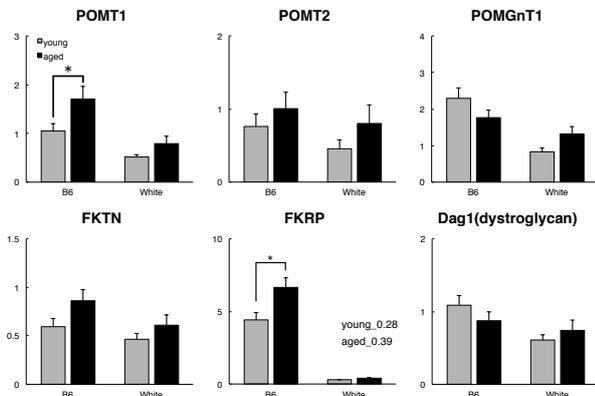


図 4 : 各群における筋ジストロフィー原因遺伝子発現比較

Error bar show SEM. * ; p < 0.05 , ** ; p < 0.01

4.3 White マウスにおいて特異的に身体機能の異常が観察された(図 5)

マウスの下肢の麻痺を観察する手法の一つである尾部懸垂試験を行ったところ、筋ジストロフィーを発症したマウスに現れる結果と同様に、老化モデルの White マウスにのみ下肢を閉じ込む様子が観察され、伸展反射の低下が観察された。

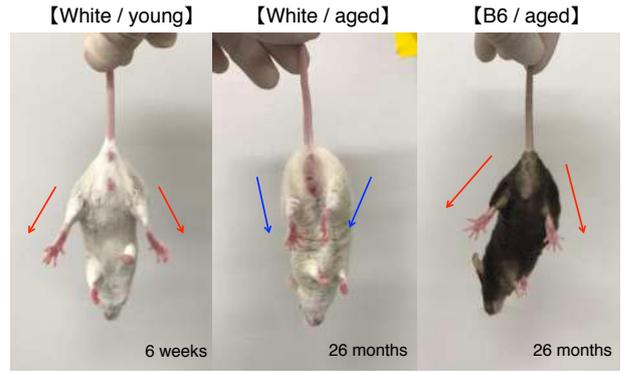


図 4 : 各群における尾部懸垂試験

また、White マウスの若齢モデルと老齢モデルにおいて眼の大きさや濁り度合いに差が生じ(図 6)、脳においても密度や形状に違いが観察された(図 7)。

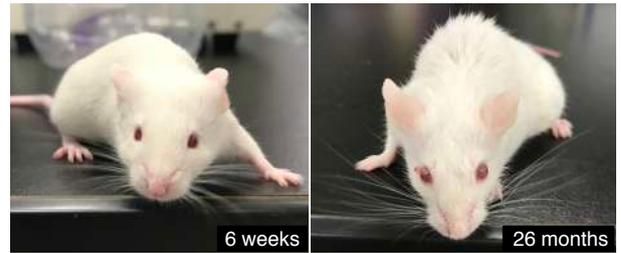


図 6 : White マウスの眼の様子

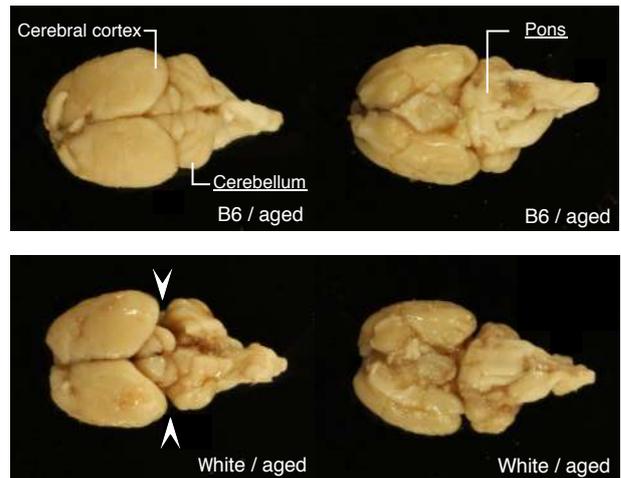


図 7 : White マウスの脳の形状

5. 議論

研究結果より、White マウスに特異的に観察された老化に伴う筋力低下、および眼や脳の変異の原因には肢帯型筋ジストロフィーの原因遺伝子である FKRP の存在が関係していることが考えられる⁴⁾。この FKRP は(図 8)に示したように筋肉を構成する軸となるジストログリカン⁴⁾に修飾される糖鎖構成にはたらく酵素であり、FKRP 遺伝子発現変異によって筋繊維を崩壊させ、肢帯型筋ジストロフィーによる筋萎縮を引き起こすことが明らかとなっている^{5) 6)}。現在、肢帯型筋ジストロフィーの研究を進める上で利用されるマウスとしては FKRP の遺伝

労働における男女の平等とは何か —歴史から見る男女の不平等—

大橋南菜* (指導教員 宮代康丈**)

*慶應義塾大学 総合政策学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 総合政策学部

*s14184no@sfc.keio.ac.jp, **miyasiro@sfc.keio.ac.jp

キーワード: ジェンダー、労働、平等

1 研究の概要

昨今「女性の活躍」や「男女の平等」といった言葉を耳にする機会が増えたように思う。安倍政権が「すべての女性が輝く社会づくり」を推進していることがその一因であろう。

そもそも、女性が「活躍」するとはどういうことだろうか。男女が「平等」であるとはどのような状況なのだろうか。多くの場合、男性と女性の間には身体機能の差が存在している。まずあげられるのは、妊娠・出産の可否であろう。女性が妊娠・出産する際には一定期間の休息が必要とされる。特に産後については、医学的に産褥期と呼ばれ安静にすることが求められる。そのため、労働基準法第65条2項においても8週間の休業が義務として定められている。出産以外にも、男女間には身体機能の差があることは明白である。女性が男性と全く同じように働いたとすると、身体的な負荷はより大きくなる場合が多い。加えて妊娠・出産などを考えると「平等」のあり方はより難しくなる。妊娠・出産ができないという点で、男性は女性と同じ立場にはなれないのだ。しかし、男性と「平等」に働きたい、同列でありたいと望む女性が多い。では、どのような在り方だと女性が「活躍」でき、さらに男女平等であると言えるのか。また「男女平等」と公正であることとはイコールなのだろうか。

論文の目的は、日本を対象にして以下の二つの問いに答えることである。

- 1, 労働における「男女の平等」とは何か
- 2, 男女平等であることは公正であることを意味するか

本発表では、日本において女性がどのような労働環境に置かれて来たのかを整理するとともに、そこから導き出せる女性の「不平等」について述べていくこととする。

2 「労働」とはいかなるものか

まず初めに、今後随所で使う「労働」という語の範囲を定めると同時に、労働について考えることが何故有意義であるのかを述べる。

「労働」には大きく分けて二種類がある。まずは、

賃金などの対価を払われて働く「有償労働」だ。正社員・非正規社員・パート・アルバイトなどとしての労働のことである。二つ目は「無償労働」だ。収入を伴わない無償の労働のことで、ボランティアはこれに含まれる。また、家事や子育て、介護なども無償労働であると言える。本論文で扱う「労働」は、前者の有償労働のみとする。当然、有償労働を考える上で関連して無償労働について触れることもあるが、中心はあくまでも有償労働である。今後「労働」という語を使用する際は、特筆していない限り「有償労働」を指す。前述したように、有償労働にも様々な形態があり、それらをひとまとめに語ることが適切であるかどうかを考えなければならない。確かに、正社員と非正規社員では働き方が異なっている。しかし、どのような形で労働をするかを選択する段階で、男女間に差が生じている可能性がある。そのため、本論文ではあえて労働の形態によって区別して語るのではなく、労働市場全般を視野に入れて論じていくこととする。

そもそもなぜ、男女の平等について、労働という面に絞って検討するのか。それは、労働が(少なくとも現在の)人々にとって生きる上で必要不可欠な営みだからである。宮本(2015)によると、社会的排除に至るプロセスには、長期失業や仕事の不安定さ、所得の貧困などが大きく関係している。言うまでもなく、労働はその人が金銭を手にするためのものである。労働は生活の基盤を作るものであり、労働という場面で不平等が生じると、生活全体にその不平等が波及してしまう。確かに、労働に至る以前の教育や家庭内での位置づけにおける不平等も非常に大きな問題である。しかしながら、教育を改善したとしても現在働いている人々の状態は改善されない。さらに、いくら行政や諸団体が教育や家庭に対してアプローチをしたとしても、いわゆる”おとな”の層を取り巻く状況が変わらなければ、価値観の変革は難しいだろうとも想像できる。

3 日本女性の労働の歴史

ここからは、日本の女性たちの労働の歴史を見ていく。ここでは男女雇用機会均等法以前を戦前・戦中・戦後に大別して歴史を振り返る。

(1) 戦前-女性労働の始まり

・ 女工の登場

女性の労働の出発点となったのは、1872 年に開業した官営富岡製糸場である。ここで働いていたのは士族の子女たちだった。賃金は一等工女が 25 円、二等 18 円、三等 12 円、等外 9 円(1 円=約 2 万円/当時の初任給は小学校教員で 8 円程度)と破格の待遇だった。労働時間も 8 時間以下、さらには福利厚生も手厚かったという。彼女たちは富岡製糸場で技術を身につけた後、日本各地に開かれた民間の製糸工場の運営に携わった。そこで働いた人たちは良家の子女で、彼女たちは「エリート」だった。しかし、製糸工業が発達すると労働力需要が激増した。そのため、1870 年代に末には女工の出身も農村や都市の貧しい平民に変わっていった。彼女たちは、実家の家計を助けるために、また時には口減らしとして出稼ぎに出た。このような動きは製糸業に限らず、幕末から操業が始まった紡績業でも起きていた。ここでも、働き手が士族の子女から遠方から募集した女工に変わっていったのである。

・ 職業婦人の登場

女工の登場から少し遅れた 1894 年、女性事務員が誕生する。初めて女性が事務員として働き始めたのは、龍ヶ崎町役場と三井銀行大阪支店である。その後、官庁や銀行に止まらず一般企業や郵便局、商店などにも普及していく。彼女らは「職業婦人」と呼ばれるようになり、職工よりも高い立場に位置付けられた。1897 年からは日本銀行でそれまで男性職員が行っていた兌換券廃棄に関する事務に女性が採用されるようになる。そのように、それまで男性が担っていた職に女性がつくようになっていく様を見た男性労働者は、自分たちの場が女性に奪われるという危機感を強く持っていたようである。

この時期の女性事務員の職場環境で特徴的なのは、男性と完全に分離されていたことだ。仕事空間を男女で分離させることは、当時の女性たちからも支持された取り組みであった。事務職全員の出席を求める総会へ女性事務員が出席を拒否することもあったという。

この頃から、女性労働者の待遇がなぜ低いのが政府内で議論されている。その理由の説明とされているのは「男子労働者の賃金は自己及び家族の生活を支持すべき者であります、婦人労働者の賃金は家計を補助するにすぎないものと一般世間が考え、婦人労働者自身もそのように考えているから」というものであった。

(2) 戦時-女性労働の尊厳化

・ 女性のホワイトカラー職場進出

戦時体制に向かうと、日本の産業は重化学工業が主となっていく。結果、労働者の構成の多くは、そ

れまでの主力産業であった紡績業に付いていた女工たちではなく、男性の労働者が占めるようになっていく。しかし、次第に成人男性が徴兵されるようになると、それを補うために女性の職場進出が国策として推進されるようになる。1939 年からは国家総動員法に基づいた労働動員計画が策定・実施される。ここでは、新規労働者として未婚の女性が挙げられた。一方、この時期に女子若年定年制が行われるようになる。1939 年に日本勧業銀行が女性事務職の 28 歳定年制を定めたのである。3 年遡った 1936 年に退職積立金及退職手当法によって退職手当の支給が義務化されていたこともあり、28 歳での定年を確約した場合、自己都合で辞める際にも退職金が勤続期間によって支払われことにもなった。しかし、退職積立金及退職手当法は、結婚に際して労働者が退職をする場合は自己都合にならないことも示していた。この法令に対し、女性側は賛成を示していた。

1941 年の国民勤労報国協力令では、14~24 歳の未婚の女子も国民勤労報国隊に参加(男子は 14~39 歳)し、年 30 日以内の総動員業務への協力が義務付けられた。さらに、1942 年の国民動員計画(旧:労働動員計画)では「わが国の家庭制度や女子の特性を勘案しつつ」とした上で「書記的または簡易な業務等、女子で代替するのが適当なものについては男子の就業禁止または制限」することとした。翌 1943 年には労働調整令改正で、事務補助者、現金出納係、店員売子、外交員、集金人、出改札係、車掌などの 17 職種に男子が就業することが禁止された。結果、女性のホワイトカラー職場への進出が加速されることになった。この頃には、女子若年定年制を維持することが難しくなり、1944 年には住友銀行が女子事務員の定年を 30 歳から男子と同じ 55 歳に引き上げている。

・ 女性のブルーカラー職場進出

女子勤労働員はホワイトカラー職場に止まらなかった。1943 年には 14 歳以下の未婚の女子を対象に女子勤労挺身隊が結成され、航空機工場などへ派遣された。翌年には挺身隊への加入が強制化されるようになる。このことに対し、政府は「勤労の体験が名実ともに日本女性たるの資質を高め、花嫁たるの資格を獲得するために、必ず通るべき関門であるといふところ迄持ち来さなければならない」と述べている。そのようにして、女子労働の尊厳化が始まったのである。戦時中に特徴的なのは、戦争未亡人の存在である。戦前はあくまでも未婚の女子が結婚までの期間働くだけであったものが、戦争未亡人が増えたことによって既婚女性の就労が見られるようになった。

(3) 戦後-女性の家庭回帰

戦争が終わると、政府は成人男性の職場復帰のた

めに「現在就職セル女子等ヲ家庭復帰セシメ」ようにする。労組婦人部はそれに反対して解雇反対闘争に取り組んだが、女子労働者は減少する。戦時中に女性の職場進出が進んでいたとはいえ、やはり職場は男性の場所だったのである。その後 1947 年には労働基準法ができ、ホワイトカラー職場の女性労働者にも労働時間などの保護規定が適用されるようになる。しかし、この基準は男性と同等のものではなかった。男性には女性に対して禁じられていた無制限の時間外・休日労働が認められていた。そのため、企業にとっては男性と比べて女性の方が働かせにくい存在であったと言えるだろう。

女性が職場から減少したのはわずか数年にすぎなかった。1950 年の国勢調査からは、事務職従事者 306 万人のうち女性が 3 割を占めるまでになっている。

(4) 「BG」「OL」-女性性の利用

労働基準法制定後の 1950 年代は、女性が経営側によって排除され、結婚までの短期的就労が純粋化していく時代だった。事務職中の女性割合が 5 割にまで達していたこの頃、女性たちは「BG(=ビジネスガール)」と呼ばれ、「職場の華」と扱われた。事務系の仕事において「待遇」の概念が持ち出されたのもこの時期である。顧客サービス、すなわち顧客や取引先などの社外と接する際の振る舞いに気を使われるようになったのだ。企業はこぞって「待遇者訓練」を技能訓練に取り入れる。その対象者は BG たちだった。そのようにして、女性は良い「待遇」を求められるようになる。「職場の華」と言われた彼女たちであったが、25 歳を過ぎるとはっきりと冷遇される立場になってしまう。BG の価値は若さと美しさであった。当時の結婚平均年齢は 23.595 歳だったことも 25 歳を”いき遅れ”として冷遇する一端を担っていただろう。企業によっては「結婚退職誓約書」を就労時に提出させたり、結婚退職特別餞別金制度を設けたりしていた。結果として事務系の女子の平均年齢は 20 歳前後になる。この頃、定年に達する女性は毎年ごくわずかであった。

・大卒女子の職場進出、そして女性の「活用」

1960 年代後半からは、四年制大学を出た「大卒女子」の就職割合が高まって行く。1955 年の時点では大卒の女子のうち事務職へ就職する者の割合は 11.4%で、大卒男子の 40.2%と比べると圧倒的に少なかった。1950 年代では大学を卒業した女子に受験の機会すら与えない企業が半数近かった。当時は図 2 のように学歴に基づいて序列が与えられていた。そのため、大卒女性を社内に入れてしまうと、男性よりも高い立場になってしまうことになる。それが忌避されたのだ。1960 年代末になると、女性の勤続年数が伸びたことなどから女性を「活用」す

ることが目指されるようになった。具体的には、女性の職域が事務職から営業職までへと拡大される。そして次第に男女の雇用が同じものになるよう求める声が肥大化していく。

4 日本女性の”居場所”はどこなのか

男女雇用機会均等法以前の歴史を見る限り、労働現場が女性の”居場所”であったことは少なかった。では、女性の”居場所”はどこか。今でこそ働く女性が一般的になったが、未だに「女性の居場所は家庭」「家庭を守るのが女性の仕事」という言説は根強いだろう。当然ながら、戦前はこの考えが非常に強かった。開場当初の官営富岡製糸場で働いていた女工たちは「エリート」として扱われたが、彼女たちも結局は結婚までしか仕事に就かなかった。やはり女性が職場にいるのは異質であり、本来の”居場所”に収まっていないと捉えられたのだ。そもそも、労働は「生活」のための金銭を得るためのものだと考えられていた。以前の女性たちは、親または親戚に扶養されて成長し、早くに結婚して夫に扶養されることが当たり前だった。手ずから金銭を得るために動く必要がなかったのである。その状態で働いている人は、親族や夫に扶養されない何かしらの理由(”いき遅れ”状態にあって親と死別するなど)があるか、家計補助の必要がある金銭事情に悩まされている人かである。そう思われることへの心理的嫌悪感が女性と職場を隔てる一要因になっていたことは間違いない。

会社が女性の「人格形成」などに関わるという考え方も一般的だった。この考えは民営化された後の製糸工場にもすでに見られた。女工を安定して雇い入れるために、製糸工場の寄宿舎では女工に読み書きだけでなく裁縫などの”花嫁修行”をさせるところもあったのである。労働が女性の”花嫁修行”になると声高に言われるようになったのは戦時中のことだ。戦争によってそれまで忌避されていた女性の労働が一般的にならざるを得なかったために、厚生省は労働が”花嫁修行”になると公言した。さらに、習字や華道、洋裁などを習得する施設や図書室の整備、休憩室の整備や専用食堂の設置などが行われ、女性性の保護と育成が進められる。下記に引用する政府関係者の発言からも、女性を特別なものと扱っていることがわかる。

当時、厚生省の武井群嗣次官は、「父母は息子を兵隊として捧げるやうに、誇りをもつて娘さんを生産戦線に送つていたぶくやう……働かぬ娘ははづかしくて家にをられぬくらゐまで滲透徹底させたい」と語り、また勤労局管理課長の三川克己氏は、「勤労の体験が名実ともに日本女性たるの資質を高め、花嫁たるの資格を獲得するために、必ず通る

べき関門であるといふところ迄持ち来さなければならぬ」と述べ、それまでに蔑視されてきた女子労働を国家への奉仕として尊厳化しようとした。

濱口桂一郎(2015)『働く女子の運命』P. 47

戦後の事務職でも、事務の仕事が結婚した後の家庭生活でも役に立つと謳われていた。あくまでも「職場」は「家庭」という”職場”に行く前のステップにすぎなかった。

5 歴史から見る女性の不平等

女性が不平等な状況に置かれているという主張をする際の根拠によく挙げられることは、男性と比べて女性の給与が低いことや昇進にスピードの差があること、またポストについている数が少ないことなどであろう。だが私は、女性が往々にして最も切り捨てやすい「労働力」として扱われていることが、不平等であると考え。そしてそれは、時代の転換時期に女性が切り捨てられがちであるということの意味する。戦時に男性が徴兵された補填として働く。そして戦後にその男性たちが職場に戻って来れば、「家庭回帰」を求められる。

このことは現在の日本でも言えるのではないか。少子高齢化が進み、労働力が少なくなったから労働者として働くことを求められる。だが今後もし、AIの発展に代表されるような科学技術の進展によって、必要とされる労働者の数が減ったとしたらどうなるのだろうか。その際に「女性が子育てに専念する方が子供の教育に良い」や「女性は家庭の保持に努めるべき」などといった”論理”を持ち出し、女性を「家庭回帰」させることになるのではと思わざるを得ない。

労働力不足という外部の理由を原因とするのではなく、女性たち自身から発せられる理由によって、女性の労働が考えられるべきである。そのように考え方が転換されなければ、労働において男女が平等になることは難しいだろう。

7 参考文献

- ・金野美奈子 (2000)『OLの創造-意味世界としてのジェンダー』勁草書房
- ・濱口桂一郎 (2011)『日本の雇用と労働法』日本経済新聞社 (日経文庫)
- ・濱口桂一郎 (2015)『働く女子の運命』文春新書
- ・金城清子 (2007)『ジェンダーの法律学 第2版』有斐閣アルマ
- ・野村正實(2007)『日本的雇用慣行』ミネルヴァ書房
- ・和田英『富岡日記』

(<http://cruel.org/books/tomioka/tomioka.pdf>)

- ・犬村義一校訂(1998)『職事情 上』岩波文庫
- ・独立行政法人労働政策研究・研修機構(2016)「JILPT 国内労働情報 2016 労働研究労働組合法史料研究 III」

(<http://www.jil.go.jp/kokunai/reports/documents/report006.pdf>)

戦後日本における アジア・太平洋戦争の継承と平和の語られ方 —神奈川県下の諸地域を事例に—

三上尚美 (指導教員 清水唯一朗)

*慶應義塾大学 総合政策学部 4年 (2018年3月卒業予定)

s14791nm@sfc.keio.ac.jp

キーワード：戦争・平和教育、平和事業、自治体行政、実験アプローチ

1 はじめに

1.1 研究概要

神奈川県下の諸地域における地方自治体の平和教育を事例に、その経緯と実態と問題点を明らかにする。それを通じて、今後の公的平和教育を発展させていくためには、平和事業を単なるトップダウン形式で行うだけでは充分でないことを述べる。

そのうえで、公的平和教育における今後の理想的な在り方について考える。

1.2 研究背景

戦後 72 年を迎えた今日、アジア・太平洋戦争の体験者減少に伴い、その継承が課題となっている。この課題は特に、ヒロシマ・ナガサキのように、歴史として重要視される特別な過去を持ち、語り継がれる意義が明確で“当たり前”となっている地域よりも、全国各地にあったであろう普遍的な地域においては、更に難問であると考えられる。

今後、私たちはどのように戦争体験を継承し、平和教育を行っていけばいいのかを考えていくことが求められている。

1.3 研究目的

筆者はこれまで、全国各地で戦争・平和教育に関するインタビューを行ってきたが、特に沖縄など平和教育が盛んな地域出身者から、「戦争はだめ、という前提で最初から教育されると、戦争・平和教育をたくさん受けたはずなのに、結局それを他人に自分の言葉で伝えることはできないし、戦争や平和に関する意見もいえなくなってしまう」という声を複数聞いた。しかし、戦争体験者に頼らず「自ら語れるようになること」こそが継承において必要な要素ではないだろうか。本研究では、以上のことを更に具体的に検証することを目標とする。

1.4 リサーチクエスチョン

- ・問 1、神奈川県下において、どのような平和教育が行われてきたのか。
- ・問 2、「自発的に”戦争”や”平和”を考えられるような教育」を実践するためにはなにが必要か。

2 手法

2.1 公的平和教育の変遷と実態の定性的調査

問 1 を明らかにするため、神奈川県下の地方自治体における平和事業を対象に、定性的な調査を行う。主に文献調査と、平和事業を提供する側・される側に対する聞き取り調査とアンケート調査を行う。

調査対象は、藤沢市・鎌倉市・川崎市・横浜市・横須賀市・大和市・平塚市・二宮町・小田原市の 9 自治体である¹。

2.2 平和教育の実験検証アプローチ

問 2 を明らかにするため、藤沢市の平和事業のうちの 1 つ、「平和学習長崎派遣²」の事前学習プログラム (2017 年 7 月 15 日) において、「自発的に”戦争” “平和”を考えられるような教育」を実現するための実験アプローチをとる。その後、参加者へのアンケート調査により教育効果を測定する。

3 考察

3.1.1 平和事業の内容について

近年の平和事業の内容を調査し、事業で扱う具体的テーマについて比較をした結果、表 1 の「事業で主に扱う内容」にあるように、「地元の戦争」について伝えていないのは、藤沢市と横須賀市のみであった。特に、「原爆」および「非核」しか扱っていないのは藤沢市のみにもみられる傾向だった。加えて、

¹ 選出方法は、まず県庁所在地の横浜市と政令指定都市の川崎市 (同じく政令指定都市の相模原市はその範囲が広すぎて地域のなかに一貫性がなく比較対象に不向きなため除外した) を挙げ、次に藤沢市と同じ湘南地域から、大きな戦災があった平塚市と大きな戦災がなかった鎌倉市を挙げた。続いて、基地がある地域として横須賀市と大和市を選んだ。最後に、県内を 6 地域に分けた際、各地域から 1 以上の市町村を選出するうえで小田原市を、人口面積ともに小さい地域として二宮町を選んだ。

² 藤沢市は 2002 年度より、毎年 8 月 9 日の前後に 3 泊 4 日の日程で市内の小中高生およそ 40 人を、平和学習のため長崎へ派遣している。現地では、平和祈念式典への参加、原爆資料館や被爆跡の見学のほか、長崎市が主催する、全国から集まった小中高生の派遣者を対象にしたプログラムを受講する

藤沢市は事業にかかる予算³が他地域と比べて多額である。

原爆や核の被害を直接的に被ったわけではない藤沢市において、なぜ、原爆・非核のみを扱う平和事業が大規模に行われ、継続されてきたのか。それには、次節で述べる事業開始の経緯が関係しているとみられる。

【表1、県内9自治体における平和事業の現状】

市町村	人口 (人)	事業予算 (千円)	宣言(事業 開始)
藤沢市	43万	14,261	1982年
鎌倉市	17万	1,320	1958年
川崎市	150万	2,208	1982年
横浜市	370万	145,774	1984年
横須賀市	40万	188	1989年
大和市	23万	2,168	1985年
平塚市	26万	2,107	1985年
二宮町	3万	195	1982年
小田原市	19万	2,183	1993年
市町村	戦災の最大規模	事業で主に扱う内容	
藤沢市	繊維空襲	原爆、(国際)	
鎌倉市	機銃掃射	地元、他地域	
川崎市	絨毯空襲	地元、原爆	
横浜市	大空襲	国際、地元	
横須賀市	繊維空襲	国際	
大和市	大繊維空襲	地元、他地域	
平塚市	大空襲	地元、原爆	
二宮町	機銃掃射	地元	
小田原市	大繊維	地元、他地域	

*一般に、県下の空襲は1944年11月24日の横須賀地方をはじめとし、翌年8月15日の小田原までとされている。

*「地元」は自分たちの地域の戦争を扱っているか否かを示す。「他地域」には、「原爆非核」を含む。

*全国的に大抵の地域は非核兵器廃絶平和都市宣言をはじめとする平和宣言を機に平和事業を開始する。

3.1.2 平和事業開始の経緯について

平和事業がはじまるきっかけについて、次の4パターンに分類できると考えた。

①革新首長主導型（藤沢・川崎）

②住民主導型（鎌倉）

…鎌倉では、小牧近江と川端康成をはじめとする鎌倉文士、久米正雄らプロ市民を中心に全国で先駆けて公的平和事業が行われた。

³ 神奈川県「県内非核宣言自治体 平成27年度 非核・平和関連施策一覧」を参照

<http://www.pref.kanagawa.jp/uploaded/attachment/819179.pdf>

③地域の特殊性型

…もともと象徴的な戦災体験をもち、宣言をきっかけに平和事業化し語り継ぐようになる場合（平塚・二宮）や、基地問題に関する政治的意思表明（横浜・横須賀）という地域の特殊性によるもの

④非核宣言ブーム便乗型（大和・小田原）

…特にこれといった理由なく、単純に非核平和都市宣言ブームにのったとみられるもの

全国的に、地方自治体における平和事業は平和宣言を機に開始された場合が多い。そしてその平和宣言は大抵、核兵器廃絶や非核三原則の遵守などを求める自治体宣言は、通称「非核宣言」である⁴。日本で最初の非核宣言は、1958年6月の愛知県半田市による宣言だが、全国的に非核宣言が急速に広がったのは1982年以降である。その理由は、1980年に冷戦で核兵器が使用されることを危惧してイギリスのマンチェスター市が非核宣言を行ったのをきっかけに、ヨーロッパで非核自治体が増え、それが日本に渡ってきた⁵。それは80年代の革新系首長たちによって意図的に広められたのではないか。

1982年5月、広島県府中町にて、同町の山田機平町長の呼びかけで非核協の前進となる非核宣言シンポジウムが開催された。9自治体の市町村長が参加したが、うち2人が当時の藤沢市長・葉山峻と川崎市長・伊藤三郎だった。ここで留意すべき点は、このシンポジウムに集まった9つの自治体のうち、少なくとも藤沢市を含む4つの自治体の市長（葉山、伊藤（川崎市）、藤元政信（武蔵野市）、森田喜美男（日野市）が社会・共産党系であるという点だ。

葉山は次のように述べている。

「…非核宣言をした自治体がひとつ集まろうではないか、ということで、府中町長が呼びかけて…全国から9自治体18名が集まりました。」⁷

しかし、1982年8月までに非核宣言をした自治体は、少なくとも2県34市町村存在する⁸。もちろん

⁴ 非核自治体協議会ホームページ「非核宣言自治体とは」<http://www.nucfreejapan.com/index.htm>（最終閲覧日2015年12月25日）

⁵ 2015年12月1日現在、全国1,788ある自治体のうち89.7%にあたる1,604の自治体が非核宣言をしている。神奈川県では、1995年12月24日の箱根町を最後に県内全ての自治体が非核宣言を完了した。（特定非営利活動法人ピースデポ『イアブック「核軍縮・平和2013」—市民と自治体のために—』2013年、200頁。）

⁶ 前掲、非核自治体協議会ホームページ「非核宣言自治体とは」。

⁷ 前掲、長澤、山崎「自治体から平和を創る—葉山峻衆議院議員に聞く」16頁。

⁸ 日本非核宣言自治体協議会「非核宣言自治体一覧(日本非核宣言自治体協議会調べ)」、2015年12月1日現在。

http://www.nucfreejapan.com/siryou_2d.pdf

*現在の市町村で分けられているため、例えば、合併に

ん、他の自治体も誘ったけれど都合が悪く、この9自治体だったという可能性はある。しかしながら、呼びかけ人である広島県府中町長は、まず、原爆が投下されたため非核兵器の考えにきっと賛同してくれるであろう広島県内の周辺自治体に呼びかけるのが自然ではないだろうか。9自治体のうち広島県内の自治体が1つもないのは、以下の点も考慮すると不自然だ。

同年6月に、広島市長・荒木武が「核兵器廃絶に向けての都市連帯推進計画」を提唱し、それが現在の平和首長会議（NGO）を築いた⁹。1982年当時、非核宣言を掲げている自治体は県内になかったが、日野市の例から、「8月のシンポジウムまでに宣言をしている」は、呼びかけの絶対条件ではないこともたしかだ¹⁰。同時期に隣の広島市も戦争のない世界のために動き出していたのなら、まず広島県内で非核宣言の自治体を増やしていくという構想の方が、賛同も得られやすく、活動もしやすいことは容易に予想できただろう。

つまり、非核協の母体となった非核宣言シンポジウムは、革新系の集まりであった可能性がある¹¹。

葉山個人は、非核宣言に至った経緯について、「藤沢でも市民から非核宣言をしてほしい、と運動があり、1982年6月に藤沢市は非核宣言をしました。」¹²と述べている。しかし、1980年前後の藤沢の反核運動の記録は、現段階の調査ではみつかっていない。

非核宣言をする前に、市内で米軍機の事故が3件あったため、反基地運動があった可能性は高いが、藤沢でなぜ「原爆」「非核」のみの平和事業になったのかという問いには、葉山の個人的な想いが一方的に主導していったと考えるのが妥当である。

3.1.3 藤沢市の平和事業への指摘

このように始まった藤沢市の平和事業であるが、次の2つの問題が指摘できる。

第1に、「公的」平和教育にも関わらず、市長のイデオロギーが強すぎることである。同じく革新首長主導型で始まった川崎市は、平和事業開始当初から市民が事業に参加することを重視したプログラ

より愛西市となった佐屋町当時の宣言は含まれていない。

⁹ 平和首長会議ホームページ「平和首長会議とは」

<http://www.mayorsforpeace.org/jp/outlines/index.html>
(最終閲覧日 2015年12月12日)

¹⁰ 日野市の非核宣言は1982年10月に決議、宣言された。
(日野市ホームページ「平和事業」)

<http://www.city.hino.lg.jp/index.cfm/196.119146.347.1.997.html>
(最終閲覧日 2016年1月9日)

¹¹ 加藤哲郎『日本の社会主義—原爆反対・原爆推進の論理』岩波現代全書（岩波書店）、2013年、4頁。

¹² 長澤成次、山崎功「自治体から平和を創る—葉山峻衆議院議員に聞く」『月刊社会教育』44（538）、2000年、15-16頁。

ムを行った。その成果として、明治大学登戸研究所資料館開設などが挙げられる。藤沢市の平和事業にも、有志の市民が運営に携わる制度が設けられているが、その実態はイベントスタッフの状態である。

第2に、藤沢市の「原爆」「非核」に特化したスタイルは、事業開始から35年が経過した現在まで大きな見直しがされることなく、経路依存されてきた。これは、公的事業としても、平和教育の発展のためとしても、見直されるべきではないか。

3.2 「自発的に”戦争”と”平和”を考えらえる平和教育」の実現に向けて：藤沢市を事例に

3.2.1 どのようにして理想の教育に近づくか

理想の平和教育（仮説）達成のためにどのようなアプローチができるか。まず、自ら「戦争」「平和」を考えられるようにするためには、原爆という被害部分だけでなく、戦争の全体像をみることと、自分ごととして捉えてみることで、が必要だと考えた。後者については、最も戦時中をイメージしやすい「地元の戦争」から学び始めることに効果があると考えられる。そもそも「地元の戦争」を語ることで自体に意義が見いだせるのではないか。それは問題意識にある、大きな戦災がなかった地域における戦時中の記憶の消失にも繋がる。

藤沢は市立小学校の社会科における地域学習でさえ「地元の戦争」を扱ってこなかった（この方針は市教育委員会が決定する）が¹³、知られていないだけで、藤沢にも大きな戦争との関わりがあった。1945年8月15日に終戦を迎えたため実現しなかったが、1946年3月1日発動予定のコロネット作戦の主上陸地点に想定されたのは湘南海岸であり¹⁴、戦争が長引いていれば、沖縄と同じく本土決戦の場となっていた可能性もある。実際、第五三軍司令官・赤柴八重蔵中将は、米軍の侵攻を相模湾正面と推測し、戦争末期には湘南海岸に汀線陣地が配備された。

更に、藤沢市を代表する観光地、江ノ島のシンボルであった旧展望灯台（老朽化のため2002年に建て替えられた）は、もともと二子玉川で兵士の訓練等に使用されていた「よみうり落下傘塔」が転用されたものだった¹⁵。1950年の灯台建設当初の名称は、戦争のイメージ払拭と平和祈念の思いから「平和塔」であったが、開業から2年後には「江の島展望

¹³ 筆者が郷土史を学ぶ社会科資料集『ふじさわ』の編纂を辿った結果である。

¹⁴ 藤沢市教育委員会博物館建設準備担当「第1章 本土決戦と藤沢」『FUJISAWA 1945-1959 —アメリカ軍の見た藤沢— 博物館建設準備調査報告書第5集—』1999年、21-23頁。

¹⁵ 江の島シーキャンドルホームページ「懐かしい旧江の島展望塔（展望灯台）」

<http://enoshima-seacandle.jp/seacandle/history.html>
(最終閲覧日 2016年2月11日)

塔」に改称され、戦争や平和を意識させる建物にはならなかった。

戦争を知らない藤沢の子どもたちも、これらの話を知れば、「江ノ島からアメリカ軍が上陸してきたかもしれない」と具体的に戦争をイメージすることができ、その事実を知る前よりも「沖縄戦」を身近なものにできるのではないか。

上記の仮説を検証するため、派遣当日までに行われる事前学習プログラムに以下を導入した¹⁶。

3.2.2 「地元の戦争」の導入

引率の社会科教諭に「戦争へ至った流れ」をパワポで解説して頂いた後、藤沢市が所有していたビデオ『戦時下の藤沢』（制作は地域のテレビ局）を上映した。近年は、同じ枠で戦争に関する短編映画を上映していた。

参加者のうち最小学年である小学5年生は、まだ歴史の授業で戦争を習っていないため、導入に、戦争の全体像や戦時中の生活について解説をしたうえで、「地元の戦争」を映像で学習できるようにした。戦争教育には、常にイデオロギー教育の危険が伴っているため、公的平和教育としては、市の教員組合より派遣された社会科教諭が解説を行うこと、市が認知・協力し制作されたビデオを使用するのが望ましいと考えた。

3.2.3 「戦争”平和”を自ら捉える」の導入

藤沢市平和事業における全く新たな試みとして、『平和ってなんだろう？』というコーナーを設けた。本コーナーは筆者が担当として子どもたちの前で、「これからたくさん出てくる”平和”という言葉について考えてみましょう」と話を進めた。

導入に、小学校低学年向けの絵本『へいわってどんなこと？』¹⁷を音読した後、木の葉型に切り取った色紙を1人1枚配布し、①「平和ってなんだろう？」、②「その平和のために自分ができることはなんだろう？」、の2点を書き込んでもらい、書き終えた木の葉を樹木の幹が書かれた大きい模造紙に貼ることで、1本の「みんなの平和の木」を作成した。

このような戦争を学びに行く平和学習、という場だと尚更、「平和ってなに？」と問われれば「戦争をしないこと」と答えてしまうだろう。しかし、それは模範解答的で、自ら「平和」を考えることが逆

に阻害されてしまう。今回取り扱った絵本は、実行委員の持ち物でこれまでも藤沢市平和事業の一環である地域事業（地域の公民館で半日程度行われる小規模イベント）で使用されたことがあり、短時間で読めることもあって選ばれたのだが、内容は「おいしいごはんをたべられること」「友達とあそべること」といった日常も、平和だからこそできるという発想を生むものだ。

事前学習の内容を決める会議で、筆者は「平和ってなに？」「戦争とはなに？」の2つを提案したが、後者は難しすぎるという意見のもと、上記のようになった。

また、長崎現地での学習から帰ったあとに、もう1度同じテーマで木の葉を書いてもらうことで、長崎での学習の前後で「平和」の捉え方がどう変わったのかがわかるようにした（これは市担当者からの提案である）。

3.2.4 実験の結果

問2の結果については、現在アンケートを回収中のため、当日発表する。

4 結論

市長の強いイデオロギーとリーダーシップをもとに開始された藤沢市の平和事業は、経路依存的に継続してきたが、現状を鑑みるに見直す必要がある。

理想の公的平和教育とは、イデオロギーに関係なく、受け手となる市民と協力しながら、普遍的なかたちで発展させていくべきである。

同時に、「自発的に”戦争”や”平和”を考えられるような教育」を実現するための具体的方法については、今回の調査結果を踏まえた更なる考察が必要である。

5 主要参考文献

- ・葉山峻『語りかけることばー パワフル市長の人間賛歌』有隣堂、1987年。
- ・葉山峻『語りかけることば II』有隣堂、1989年。
- ・葉山峻『語りかけることば III』有隣堂、1992年。
- ・葉山峻『明日に語りかける 市長の窓から世界を見れば』有隣堂、1995年。
- ・特定非営利活動法人ピースデポ『イアブック「核軍縮・平和2013」ー 市民と自治体のためにー』2013年。
- ・藤沢市教育委員会博物館建設準備担当『FUJISAWA 1945-1959ー アメリカ軍の見た藤沢ーー 博物館建設準備調査報告書 第5集ー』1999年。
- ・藤沢市 市長室 企画政策担当『ふじさわ発 1991 宇宙船地球号 平和ブック』1991年。
- ・藤沢市役所『藤沢市 平和の輪をひろげる実行委員会』2009～2016年度分。
- ・川崎市中原平和教育学級（編）『私の街から戦争が見えた』教育史料出版会、1989年。
- ・山田朗、渡辺賢二、他『登戸研究所から考える戦争と平和』芙蓉書房出版、2011年。

¹⁶ プログラム内容は、市の人権男女共同平和課担当者、平和の輪をひろげる実行委員会の長崎派遣担当者、派遣当日の引率者による話し合いで決定する。筆者は自ら平和の輪をひろげる実行委員として、2016年度より平和事業に関わってきた。

¹⁷ 浜田桂子『へいわってどんなこと？』2011年、童心社。2012年度青少年読書感想文全国コンクールにて小学校低学年向け課題図書に選ばれた。

異文化間交流が英語学習への意識にもたらす影響

○井坪葉奈子* (指導教員 長谷部葉子**)

*慶應義塾大学 総合政策学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*s14091hi@sfc.keio.ac.jp, **happ3248@sfc.keio.ac.jp

キーワード: 異文化間交流、英語学習、外国語不安

1 背景と目的

グローバル化が進む社会の中で、英語の実践的コミュニケーション能力を育てることの必要性が高まっている。現行の学習指導要領でも、「生きる力」を育むということをキーワードに、過去の学習指導要領に比べ外国語教育の充実に力が入れている。特に、外国語でのコミュニケーション能力の素地を培うためのプログラムが増設されており、グローバル化の進展など急速な社会の変化についていける人材の育成には、実践的な外国語教育が必要であることが示されている。このような社会の流れを踏まえ、実際に相手とコミュニケーションを取る中での、ツールとしての英語について学ぶことには意義があると考えられる。

本研究では、4日間の異文化間交流ワークショップを通じて、ワークショップ参加者である長野県木曾郡木曾町立開田中学校の生徒の英語に対する意識がどのように変容するのかを明らかにしようと試みた。具体的には、中学生へのアンケート調査を通して、筆者がスリランカに住んでいた時の経験を基に立てた「異文化間交流を行うことによって、外国語不安は軽減される」という仮説の検証を目指した。

2 先行研究から見る本研究の妥当性と新規性

Dulay ら (1984) は、第二言語の学習には、フィルター、オーガナイザーと呼ばれる2つの無意識な作用と、モニターと呼ばれる意識的な作用の、計3つの心理作用が機能していると述べている。この3つの心理作用のうち、今回はより学習者の感情と連動している、フィルターとモニターの役割について詳しく述べたい。フィルターは情意フィルターとも呼ばれ、新しい言語のインプットを、学習者の動機、ニーズ、態度、感情の状態などのフィルターで無意識的に取捨選択、ふるいにかける心理作用の一部であるとされている。

田所 (2001) は、情意フィルターの1つ、感情の状態の一種として、外国語不安について論文の中で先行研究をまとめ、提示していた。それによると、Horwitz ら (1986) は、外国語学習においてスピーキングを通じたコミュニケーション能力の習得を阻害する理由は学習者の不安にあり、その不安は特に教室で行われる外国語学習に特有な、「外国語不

安」というものであると考えた。田所はここで、外国語不安の種類などと並んで外国語不安と接触度について言及している。これについて田所は、目標言語に接触する時間が増え慣れてくれば、不安が減少するという立場から見た研究があるというように述べている。

モニターは、アウトプットの直前にそのアウトプットの正当性を確認、自己調整を行う心理作用の一つである。モニター使用は特に自信と自意識に左右され、自信があり自意識が低い人間はモニターを過剰使用しないため、文法的正しさが気になって意思伝達が阻害されるということがないと考えられている。それに関連して、倉八順子 (1995) が述べている Clement & Kruidenier のモデルの中では目標言語話者との交流が自信につながるとしている。

田所、倉八の先行研究より、目標言語話者との交流が、学習者の自信につながり、また、不安の減少にもつながると考えた時、異文化間交流を中学生の英語学習への意識変容に関連付けることには妥当性があると考えられる。

ただ、異文化間交流と外国語不安の関係性を実践を通して検証している例は少ないため、今回の取り組みのような実践研究を行うことには、新規性および意義があるのではないかと考える。

3 手法

3.1 アンケート

アンケートの作成に際し、今回は中学生の英語学習への意識の中でも、外国語不安に着目した。

近藤、楊 (2003) が作成した日本人向けの英語授業不安尺度を基に、アンケート対象者が、大学生が提供するワークショップを受けている中学生であることから、「先生」という言葉を「大学生」に、「学生」を「生徒」に、「教室」・「授業」を「ワークショップ」に適宜変更し、また難しい言葉はより簡単に書き直し、アンケート対象となる中学生に寄り添ったものとする努力をした。

近藤、楊 (2003) のアンケートには38項目あり、最初の段階では38項目全てを訊く予定だったが、予備調査を行った際、途中で飽きてしまった生徒がいたことを含め、実際の調査用紙では、予備調査で変化が見られた以下の10項目に絞った。

1. 英語を話すとき緊張する。

2. 緊張すると知っている英語も忘れてしまう。
3. 自分の話した英語が相手に通じないとあせる。
4. 単純な間違いをすると恥ずかしく感じる。
5. 知っているはずの英語が出てこないとあせる。
6. 英語を話すとき発音などがうまくできるか心配だ。
7. 英作文を書くとき、自分が書いた文がうまく通じるか心配になる。
8. とっさに英語が出てこないとあせる。
9. ジェスチャーや大げさな表現をするのは恥ずかしい。
10. 英語を間違えないか心配だ。

この 10 問に対して、「まったく当てはまらない」(1 点)、「ほとんど当てはまらない」(2 点)、「あまり当てはまらない」(3 点)、「当てはまる」(4 点)、「よくあてはまる」(5 点)、「非常によくあてはまる」(6 点) の 6 件法で回答を求める。6 件法を採択した理由としては、5 件法など中間点が明確なものだと、アンケート対象者が考えずに中間点を選ぶ可能性があるため、それを排除するためである。

3.2 異文化間交流プログラムの実施

慶應義塾大学の日本人学生 6 名と、アメリカ合衆国・ガーナ共和国・スワジランド王国・中華人民共和国の留学生 4 名が長野県木曾郡木曾町開田高原を訪問し、2017 年 8 月 7 日から 11 日の 4 日間に渡ってワークショップを実施した。参加者は、長野県木曾郡木曾町立開田中学校の全校生徒 36 名のうち、中学 3 年生 16 人と中学 1・2 年生の有志 5 名の、計 21 名だった。ただし、この 21 名全員が全日程に参加できたわけではなく、事前・事後アンケート合わせて回収できたのは 12 名からのみに留まった。

ワークショップの目的は、①自分のふるさとの魅力を再発見する、②異文化について、大学生や留学生と関わる中で知る、③英語を使う体験をする、の 3 点設定し、中学生は、日本人大学生や留学生と共に開田高原を巡る中で、開田高原の魅力を再発見し、成果物として 3 分から 5 分程度の開田高原の PR 動画を作成した。

4 結果

SPSS を用いて重回帰分析を行ったところ、ワークショップへの参加の前後において、有意水準 10% で平均値に差があるといえることが分かった。具体的には、ワークショップ参加後の値の方が低かった。また、性別と学年の項目に関しても、有意水準 5% で平均値に差があった。男子生徒の方が女子生徒より不安を感じている傾向にあり、また、中学 3 年生よりも中学 2 年生の方が不安を感じる傾向にあった。

表 1: 外国語不安と各種説明変数の分析結果表
従属変数: 外国語不安に関するアンケートの平均点

WS参加ダミー	-0.542 *
	(0.311)
英語経験ダミー	-0.305
	(0.428)
男ダミー	1.059 **
	(0.445)
女ダミー	
中学3年生ダミー	-1.151 **
	(0.478)
中学2年生ダミー	
定数	3.897
	(0.329)
調整済みR2二乗	0.200
サンプル数	12

* 有意水準10%

** 有意水準5%

5 考察

異文化間交流ワークショップの後で外国語不安の軽減が見られたという結果は、中学生が英語を話す留学生との異文化間交流を経験したことで外国語不安が軽減したという点において、先行研究の理論と整合性が取れており、筆者が提示した「異文化間交流を行うことによって、外国語不安は軽減される」という仮説の立証にもつながってくるのではないかと考える。

性差に関して、Tajima (2002) や河内 (2006) は男女間で特に外国語不安の差は見られないという報告をあげており、また、松宮 (2010) は、小学校外国語活動における児童の不安に関しては、女子児童の方が有意に不安を感じる傾向にあるという結果を提示しているため、今回の結果は先行研究と違うものとなったといえるだろう。この理由として、河内 (2006) は、男子学生は女子学生に比べ、不安と英語自己評価に高い負の相関があったと述べていること、また、実際に中学生と活動する中で、「英語は難しい、自信がない」といった声が中学生から多く聞かれたことなどから、今回の参加者においては、英語に自信のない男子生徒が多く参加しており、その結果、強い相関関係にある外国語不安が高い数値になったのではないかと考えた。

中学 2 年生の方が中学 3 年生よりも不安を感じる傾向にあることに関しては、学習年数が長い中学 3 年生の方が目標言語である英語学習を始めてからの年数が長いため、目標言語に触れてきた時間が中

学2年生よりも長く、慣れによって不安が軽減されているのではないかと考えられる。これは、田所(2001)の先行研究からも示唆されていることである。

今回は、サンプル数が12と少なかったため、調整済みR2二乗の数値もあまり高くなかった。今後、サンプル数を増やし、より多くの中学生を対象にワークショップを実施、アンケートを回収することで、より信頼できる結果が得られるであろう。

性差や学年間の差に関しても、先行研究との整合性が取れない部分もあったため、今後も引き続き調査を行う必要がある。男女で対応を変えることにはつながらないが、事前知識として一方が外国語不安をもう一方より感じやすいことがわかっていれば、ワークショップデザインにも活用できるのではないだろうか。

また、今回は対面でのワークショップにおける異文化間交流が英語学習への意識にもたらす影響を明らかにしようとしたが、今後はSkypeなどを利用したオンライン交流でも同じ結果が得られるかを検証していったり、英語話者ではない留学生と異文化間交流を行った際、外国語不安のスコアに前後で変化が生じるのかを検証したりしたいと考えている。

6 おわりに

本論文では4日間の異文化間交流ワークショップを通じて、中学生の外国語不安がどのように変容するのかを明らかにしようとした。参加者のうち、12名から回収できた事前・事後アンケートを重回帰分析を用いて分析したところ、ワークショップの前後で、有意水準10%で外国語不安のスコア平均に差があるという結果となった。これは、筆者の仮説の立証に向けた第一歩となったのではないかと考えると同時に、今後、より多くの中学生を対象にワークショップを行うことで、アンケートのサンプル数を集め、検証していく必要性が感じられる結果となった。

参考文献

- (1) 河内千栄子：“英語学習に対する学習者の不安要因-選考、性差、およびその変化-”，久留米大学外国語研究所紀要，No.23，pp. 15-40 (2016)
- (2) 倉八順子：“不安と第2言語習得”，明治大学人文科学研究所紀要，No.37，pp. 77-100 (1995)
- (3) 近藤真治，楊瑛玲：“大学生を対象とした英語授業不安尺度の作成とその検討”，JALT Journal，Vol25，No.2，pp. 187-196 (2003).
- (4) 田所真生子：“外国語学習における学習者の情意要因に関する考察”，名古屋大学言語文化学部言語文化研究会 ことばの科学，Vol14，pp. 303-320(2001).
- (5) 松宮奈賀子：“小学校外国語活動における児童の不安に関する実態調査”，広島大学大学院教育学研究科紀要，第59号，pp. 107-114 (2010).
- (6) Takagi, A. : ” The Effects of Language Instruction at an Early Stage on Junior High School, High School, and University Students' Motivation towards Learning English”, Annual Review of English Language Education in Japan, Vol14, pp.81-90 (2003).
- (7) Tajima, M. : ” Motivation, attitude and anxieties toward learning English as a foreign language: A survey of Japanese university students in Tokyo”, Gengo no Sekai, 20(1), pp.115-155(2002) .
- (8) Horwitz, E. K., Horwitz, M. B., & Cope, J. : ” Foreign Language Classroom Anxiety”, The Modern Language Journal, Vol70, pp.125-133 (1986).
- (9) Dulay, H., Burt, M. & Krashen, S. (牧野高吉訳)：“第2言語の習得”，pp.13-44, 弓書房(1984).

AI 時代に向けたこれからの看護活動の在り方

テクノロジー化が進む中でも人対人の看護の質を担保するには

○清崎文香* (指導教員 小池智子**)

*慶應義塾大学 看護医療学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 看護医療学部

*kiyosakifumika@gmail.com **koiketom@sfc.keio.ac.jp

キーワード：看護 AI 時代 テクノロジー

1 研究背景

2000年に初めて死亡者数が出生数を上回り生産年齢人口が減少する中、2016年の65歳以上の高齢者の総人口に占める割合が27.3%となり、医療・健康・介護・福祉分野のサービス利用者は年々増加の一途を辿っている。

この分野の労働力不足の緩和に期待されているのが、近年、進歩がめざましいテクノロジーの活用である。医療の現場にもICT・AI・IoT・ロボットの活用が進んできており、今後、医療・介護需要の増加に対し、これらのテクノロジーの活用により、業務の効率化や労働負担の軽減をはかる試みが行なわれている。

その一方で、対人サービスが主である医療・介護分野では、これらのテクノロジーの活用により看護師が患者と直接対面しケアする時間が減少し、ケアの質の低下をまねくのではないかという懸念も多く聞かれる。例えば、看護師が患者に行う「タッチング」は、快適な触覚刺激が脳に伝わるとオキシトシンが分泌され、副交感神経が優位に働くようになり患者は心身ともにリラックスすることがでる。また、セロトニン神経の活動を活発化させ心の状態を安定させる働きもあり、「タッチング」の効果は非常に大きいことが報告されている。看護にはロボットやIoTで代替することができない活動も多く、安易な活用は総合的な対人ケアである看

護活動の質を低下させ、闘病や死に向き合う人々のQOL (Quality of Life) を損ねる危険性も孕んでいる。

2 研究目的と意義

本研究は、医療介護分野におけるこれらテクノロジーを単に業務効率化のための活用に留まらず、より質の高い看護を生みだし患者・療養者のQOLを高める効果的な活用法や技術を提案することを目的としている。医療現場のテクノロジーの活用実態と導入に伴う課題を探り、AI時代の看護活動の在り方と価値を明らかにするために調査を行った。

3 研究方法

本研究は文献レビュー、利用者等への調査、医療現場のテクノロジー開発を行っている企業、導入している医療機関へのインタビュー調査、で構成されている。

3.1 文献レビュー

現状把握のため、書籍・新聞・研究論文等の電子ジャーナルを用いて、医療現場のテクノロジーの導入例・活用、開発の可能性を文献検討した。看護活動(療養上の世話(33項目)、診療の補助(45項目)、特定行為38項目、マネジメント(36項目)、コミュニケーション領域(3項目)、ごとにICT・AI・IoT・ロボットの活用について、「実用」「将来実用可能」、「将来も実用困難」なのかどうかを検討し整理した。

3.2 医療・介護領域におけるテクノロジー活用に関する意識調査

医療・介護領域のテクノロジーに対する市民・利用者の意識を知るためにアンケート調査を行った。

1) 調査内容、調査方法

①属性(学部・年齢・入院経験の有無)、②医療のテクノロジー化に対する意識、③医療者と利用者との関係への影響等、④その他、からなる19項目のアンケートを作成し、一般市民を対象にWEB調査を実施した。(実施期間2017/10/13~2017/10/20)

3.3 ICT・AI・IoT・ロボットの開発および活用に関するインタビュー調査

医療現場のテクノロジーの開発、活用の実態、今後のこれらによる看護活動の効率化、これらの導入による看護師の労働への影響、患者のアウトカム(早期回復、満足度など)への影響を明らかにするために調査を行う。(11月実施予定)

1) インタビュー対象

文献調査において抽出した医療・介護分野におけるテクノロジーを導入し活用している医療・介護施設、これらを開発している企業。

2) 調査内容

<医療機関>:①テクノロジー導入にかかった費用、②導入にあたり実施した研修、③看護師の労働内容への影響、④超過労働への影響④看護師の満足度、前後の変化、④その他。

<医療機器メーカー>:①商品開発時に配慮している点、②テクノロジー導入によるメリット、デメリット、③今後の可能性、④その他。

3) 調査方法

前述のインタビュー項目を用いた半構成的インタビューを実施。対象の病院・施設、会社に訪問してインタビューおよび見学を行なう。

3.4 分析

アンケート調査結果の統計分析には、SPSS(Ver24)を用い群間の差の検定にはカイ二乗検定、Mann-WhitneyのU検定を行なった。自由回答は意味により分類整理した。

3.5 倫理的配慮

ウェブアンケートは調査への協力は自由意思であること、個人情報の保護、結果の公表等を明記し、調査趣旨にご賛同いただいた方のみ回答していただいた。インタビュー調査においては、参加は任意であり、途中で撤回することができること、得られた情報は、当該研究目的以外に使用しないこと、個人情報の保護を徹底し匿名性を厳守すること、得られた情報を記録したデータは厳重に保管し、研究終了時には破棄すること、結果を学会、論文等で報告することを依頼文書に明記および説明し、調査の同意を得られた病院および担当者にご協力いただく。

4 アンケート調査の結果

4.1 対象背景

回答があった131人の概要を示す。

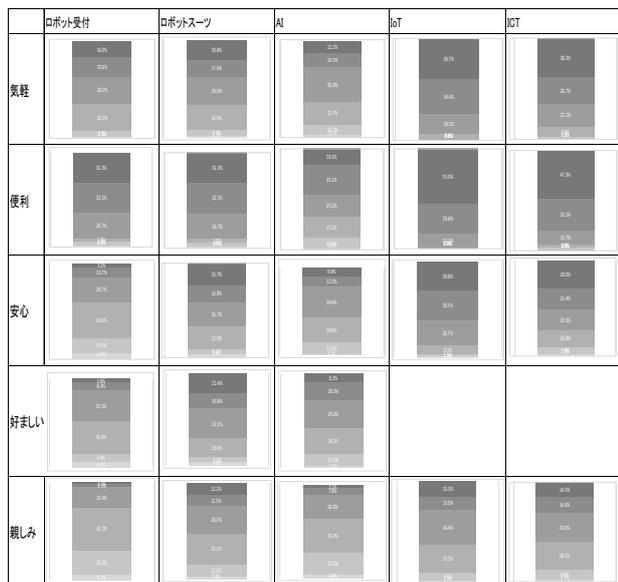
図表1 回答者の背景

	項目	n	%
性別	男性	53	40.5
	女性	78	59.5
年代	10代	1	0.8
	20代	42	32.1
	30代	20	15.3
	40代	27	20.6
	50代	34	26.0
	60代	6	4.6
就業	70代	1	0.8
	学生	30	22.9
	就業	83	63.4
	アルバイト	8	6.1
入院経験	その他	10	7.6
	経験あり	87	66.4
	経験なし	44	33.6
		n=131	

4.2 テクノロジーに対する意識

テクノロジーに対する意識は、ロボット、AIに比べて、IoT、ICTについて肯定的な回答の割合が多かった。これらのテクノロジーには「気軽」「便利」と感じている割合が多いのに対し、「安心」「好ましい」「親しみをもてる」と回答する割合は少なかった。(図表2)

図表2 テクノロジーに対する意識



注) 色の濃い上方から「非常にそう思う」、「かなりそう思う」、「ややそう思う」、「あまりそうではない」、「まったくそうではない」、「あてはまらない」を示す

4.3 属性別にみたテクノロジーに対する意識

4.3.1 年齢別にみたテクノロジーに対する意識

10～20代、30～40代、50代以上のグループに分類し、テクノロジーとそれぞれの受けとめ意識の違いを調べた。全体として10～20代、30～40代がテクノロジーを肯定的に受け入れる傾向がみられた。50代以上のグループは、ロボット、AIの項目に関しては否定的な意識の割合が多かったが、IoTに対しては肯定的であった。しかし、これらには統計的に有意な差はなかった。ICTに関してはどのグループも同じ傾向であった。

4.3.2 性別によるテクノロジーに対する意識

男性と女性では、テクノロジーに対する意識が異なり、女性は男性に比べ全てにおいて否定的にとらえる回答が多く、その差は有意であった。特にロボット、AIに関してその差が大きかった。(図表3)

図表3 男女による対する意識の違い

	受付	ロボット	AI	IoT	ICT
気軽	p=0.008	ns	p=0.017	p=0.004	p=0.024
便利	p=0.008	p=0.002	p=0.018	p=0.034	p=0.031
安心	ns	p=0.001	p=0.000	p=0.029	ns
好ましい	ns	p=0.000	p=0.000	-	-
親しみ	ns	p=0.012	ns	p=0.001	p=0.027

4.3.3 入院経験の有無による意識

入院経験の有無別にみたテクノロジーとそれぞれの意識は、全体として入院経験があるグループのほうがテクノロジーに対して消極的であるという傾向がみられた。しかし、これらに統計的有意差はみられなかった。

4.4 テクノロジーの医療への影響：男女別

患者と医療者のコミュニケーションと関係性に関しては男性より女性のほうがネガティブな回答割合が多く、コミュニケーションが減少し関係が希薄になると回答しており、その差は統計的に有意であった。(p=0.017、p=0.001) 今後のテクノロジーの活用に関しては男女ともに積極的に活用していくべきであると回答し、男性のほうがその割合が多く、その差は統計的に有意であった。(p=0.000)



図表4) テクノロジーの使用による患者と医療者のコミュニケーションの減少



図表5) テクノロジーの活用による患者と医療者の関係性の希薄化



図表6) 医療機関のテクノロジーの積極的活用

4.5 医療現場のテクノロジー活用への意見

医療現場のテクノロジー化に対する意見を自由回答として記載してもらい、回答内容を①高齢化に役立つ・効率が上がる、②精度が上がる、③コミュニケーションが減少する、④信頼できない、の4つに分類した。①は自

由回答全体の44%、②が35%とテクノロジーに対する積極的な意見が多く寄せられた。①には「テクノロジーの進化で雑事や統計、計算が楽になったぶん、医師はこれまでより人を思いやる余裕をもてるため、さらに深い魂のケアができる医療現場になってほしい」、②には「精度があがり誤診がなくなるのは患者にとってありがたい」という声があった。一方、「③コミュニケーションが減少する」という意見は自由回答全体の9%、「④信頼できない」は11%あった。③では「医療に対してテクノロジーで利便性や正確性を追及してほしいと願う一方、自分の死や病気に対しては生身の人間に寄り添ってもらい、人間の愛情を感じながら死んでいきたいと強く思う」という声や、④では「直接聞いたり会話したりしたいから、高齢者は機械に抵抗感がある」という意見があった。

5 考察

調査結果から、医療・介護分野のテクノロジーについては、便利さを感じている一方、これに比べ安心感、好ましさ、親しみを感じる割合は少なく、コミュニケーションの減少や、人間関係の希薄化には懸念を持っている人の割合が多いということが分かった。特に女性ではその傾向が強かった。年代による違いは見られず、デジタルネイティブ世代でテクノロジーに親和性がある10～20代の女性においても、この傾向は変わらなかった。

高齢化・人口減少に伴いテクノロジーが活用されていく流れは今後ますます促進されていくことが予測される。AIを活用した診断や臨床判断の正確さの向上、IoTによる生体情報の収集と活用、医療ビッグデータ活用による質の改善と効率化の促進、ロボテクスを活用した医療従事者の身体負荷の軽減など、テクノロジーは医療現場の効率化に大きく貢献

するだろう。

一方で、「テクノロジーは活用すべきだが人の温かみはなくしたくない。人があつての医療であり、機械だけならただの作業だ」という意見に代表されるように、テクノロジーの活用を進めていく中でも、人のぬくもりを感じられるような人対人の関わりの質を保つことは、医療においては不可欠なものである。急性期ではケアよりも治療が優先となるため、安全性・効率性向上のためテクノロジーを今後さらに導入し多くの人を救うことが求められるが、不安を軽減したり闘病意欲を高めたりするケアにおいては繊細な配慮が必要である。特に、終末期にある人々のケアにおいては、繊細な配慮と個人の「思い」を尊重することが重要である。

テクノロジーで代替できること、可能になることと同時に、テクノロジーでは代替できないことを明確にしたうえで、医療・介護の場面に応じた適切な活用をすすめていく事が不可欠であるといえるだろう。

<引用参考文献>

- 1) シンギュラリティは怖くない
<http://www.itmedia.co.jp/enterprise/articles/1703/27/news023.html> (2017/10/25 閲覧)
- 2) 藤野貴教講師による研修
<https://kanki-pub.co.jp/edu/special/fujino-ai/>
(2017/10/25 閲覧)
- 3) Elder Caregiving Effects of Touch
<https://www.caring.com/articles/elder-caregiving-effects-of-touch>
(2017/10/25 閲覧)
- 3) 川口孝泰:看護研究ガイドマップ 医学書院 2002
- 4) 中西崇文:シンギュラリティは怖くない 草恩社 2017

法のインターフェースデザイン

—パーソナルデータ利活用に向けた消費者コンセンサスの獲得—

須佐和希* (指導教員 水野大二郎**)

*慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*t14469ks@sfc.keio.ac.jp, **daijirom@hotmail.com

キーワード：利用規約、リーガルデザイン、インターフェースデザイン

1 概要

スマートフォンの普及や機械学習のような情報処理技術の向上により、多種多様なパーソナルデータが取得可能になり、その利活用が期待されている。他方、大手企業による大規模個人情報流出事件等により消費者のプライバシー意識も高まっており、プライバシーに係る批判を懸念し事業者がパーソナルデータの利活用を躊躇する問題も生じている。本研究では、パーソナルデータの利用権限に関する契約書である利用規約をリデザインすることで、パーソナルデータ利活用に向けた消費者コンセンサスの獲得方法を検討した。

2 研究背景

2.1 パーソナルデータ利活用

パーソナルデータとは特定のユーザー・IDに基づいたデータ群であり、そのデータを分析することでユーザー一人一人に対しコンテンツを最適化（パーソナライズ）できる。パーソナライゼーションは民間企業の事業改善だけでなく公共サービスの利便性向上にも活用できるため、国や企業など様々な主体がその利活用に取り組んできている。そしてパーソナルデータ利活用の次の段階として期待されているのが、サービス間を跨いだパーソナルデータ連携、つまりディープデータの利活用である。

2.2 ディープデータ利活用

東京大学空間情報科学研究センターおよび生産技術研究所の教授である柴崎亮介教授は「パーソナルデータはつながることで価値が生まれる。」と述べている[1]。メンバーズカードを発行している百貨店Aは、その店舗での顧客の購買履歴をすべて把握しているが、百貨店Bやインターネットの購買履歴に関しては把握していない。顧客の消費行動がなぜ店舗によって違うのかをわからなければ、本来販売戦略は立てられず、包括的なデータにこそ価値がある、ということである。こういった包括的なパーソナルデータはディープデータと呼ばれ、その利活用

を実現させるためにデータ流通プラットフォームの構築を目指すプレーヤー（データエクステンジコンソーシアム等）も現れている。こうしたディープデータの利活用は、利用者一人一人の多様なニーズに最適化することができ、これによって人間中心の生活を実現できることを、内閣府は「Society5.0」と定義している[2]。

2.3 消費者コンセンサスの壁

他方、大手企業や行政による大規模個人情報流出事件等を背景に消費者のプライバシー意識も高まっており、Suicaのデータの社外販売中止事案[3]のように、事業者がパーソナルデータの取り扱いに関して社会的批判を受ける事例が見受けられる。これに対し経済産業省は、取得段階でのパーソナルデータの取扱いに関する説明が、消費者の理解を得る上で十分に機能を果たしていないと述べている[4]。つまりパーソナルデータの利活用のためには、その取り扱いに関して消費者が十分に理解できるような「伝え方」が課題になっているということだ。

2.4 利用規約のリデザイン

取得段階においてパーソナルデータの取り扱い方法を説明する方法の一つに利用規約がある。利用規約はパーソナルデータの取り扱いに関する契約書であり、収集したデータの取り扱い方法を定めた規範である。利用規約には、自分のデータがどう扱われているかを伝える役割があり、その内容を解りやすく伝えることは、消費者が自分のデータがどう扱われているかを理解することにつながる。しかし今の利用規約は消費者にとって解りやすいものではなく、総務省が1,576人を対象としたアンケート[5]では、約八割の消費者がアプリケーションの同意画面に対し、「説明文の意味が専門的でわかりづらい」や「説明文が長い」等、何らかの不満を抱いていることが解った。そこで本研究では、利用規約のリデザインを通じ、パーソナルデータの利活用に向けた消費者コンセンサスの獲得方法をリサーチしていく。

3 既往研究

2011年に行われたAppleのiTunesの利用規約をリデザインした研究[6]では、利用規約の内容を6つに分割し、それぞれを箇条書きで記述し情報の階層をわかりやすく整理することで、通常の利用規約に比べ読了までの速さが3倍も上昇したことが明らかになっている[7]。またプラバシーポリシーをアイコン化した研究[8]では、データの第三者提供や保護期間といったプライバシーを保護する上で重要な項目を瞬時伝達できるよう設計されている。これらの既往研究から、情報の階層の明確化やアイコンによる視覚化によって情報伝達速度を向上させ、読了までの時間が短縮できるということが解った。

他方、以上は全て海外の研究である。日本と海外では法が異なり、海外の研究事例をそのままの形で日本に当てはめることができないという課題がある。本研究の実践は、日本と海外における法の違いを明らかにし、今後の研究の参考として寄与できると考える。

4 手法

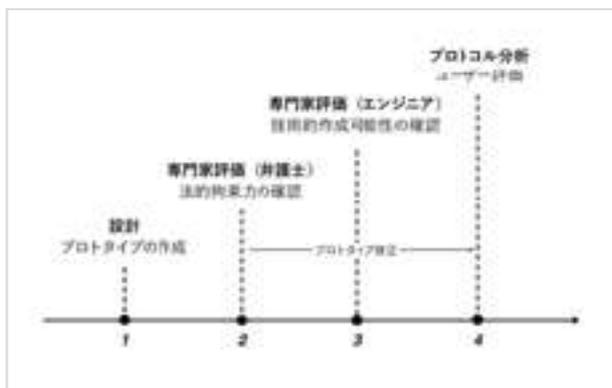


図1: リサーチプロセス

利用規約を製作するにあたり3つの制約がある。第一に一般ユーザーである消費者にとってわかりやすいものであるか、第二に法的な拘束力を担保できているか、第三に技術的に作成可能か、ということだ。利用規約はサービスの規範であるため、ステークホルダーも多種多様になる。本研究では、ステークホルダーインタビューによりプロトタイプが利用規約の制約をクリアしているか確認し、クリアしたプロトタイプを一般ユーザーに評価してもらい、というリサーチプロセスを選択した。具体的には、作成したプロトタイプを弁護士に見てもらい、法的拘束力が担保できているかを確認する。その後エンジニアへのインタビューを実施し、技術的に作成可能

かを確認する。その際に制約に反している場合は適宜プロトタイプを修正する。制約をクリアしたプロトタイプに対し一般ユーザーによる発話型プロトコル分析を行い、そこで得られたユーザー評価を、本研究の最終的な評価とする。

5 プロトタイプ作成・評価

既往研究のリサーチにより、情報の階層の明確化やアイコンによる視覚化等、利用規約のリデザインに参考になりそうな点が明らかとなった。それを元にプロトタイプを作成し、弁護士へのステークホルダーインタビューを行った。具体的には、法的な拘束力を保ちながらどこまでデザイン可能なかを調べるために、一度こちらで制約を考えずにプロトタイプを作成し、それに「法のデザイン」の著者である水野佑弁護士からフィードバックを頂いた。以下、プロトタイプの説明と頂いたフィードバックについて述べる。また作成したプロトタイプは<https://youtu.be/NDR076o9fYs>にて閲覧できる。

5.1 プロトタイプ1 (カード型利用規約)



図2: カード型利用規約

プロトタイプを製作するにあたり、パーソナルデータを利活用する代表企業であるGoogleのプライバシーポリシーをケーススタディとした。デザインの意図は3点あり、1つは情報の階層の明確化である。iTunesの利用規約のリデザインでは、利用規約の内容を6つのコンテンツに分割することで情報の違いをわかりやすく表現し、ユーザーが読み終わるまでの時間を短くしている。そこで、まずは2014年に経済産業省が提出したレポート[4]を参考に、プライバシーポリシーを6つの層に分割し、そのそれぞれをカード形式で表現することで情報の違いを明確

化した。もう1つの意図は、アイコンで視覚化することによる情報伝達速度の向上である。それぞれのカードの内容に対応したアイコンを載せ、一目で情報の違いを認識できるようにした。第3の意図として、読了したカードにチェックを入れることでインタラクションの気持ち良さをデザインした。

5.2 専門家評価（弁護士）

以上のようなプロトタイプを作成したのち、水野佑弁護士に対しステークホルダーインタビューを行った。このリサーチで明らかになったことは3点ある。第一に利用規約のデザインに関しては、電子商取引に関する準則に記載されているようにフォントサイズが8pt以上であるといった制約があるものの、基本的にはゲーミングの要素や書体の大胆なコントラストを取り入れても問題がないということが解った。第二に利用規約を分割した場合、同意をまとめて取れず、法的拘束力が弱くなるということが解った。第三にプライバシーポリシーをアイコン化する取り組みに関して、一般ユーザーに向けてアイコン化しても、結局正文（法的に効力を持つ文章）を読む必要があり、アイコンがプライバシーポリシーの内容と一致しているかを保証することができない、ということが解った。要約すればこのインタビューによって、1) 利用規約のデザインにおいては電子商取引に関する準則を守ること、2) 利用規約自体は分割せず単一ページで見せることが良いこと、3) 利用規約の階層を分ける（一般ユーザー向けの利用規約と法律家向けの利用規約を分ける）場合は、一般ユーザー向けの利用規約の内容を保証する仕組みが必要である、といった3点の制約条件が明らかになった。そこで次に行ったことは、以上の制約条件をクリアするプロトタイプを作成である。



5.3 プロトタイプ2（ガイドツアー）

図3：ガイドツアー

まず一つ目はガイドツアー形式で利用規約の概要を伝えるデザインである。総務省の調査結果を見るに、利用規約やプライバシーポリシーは文字が多く、どこから読んだら良いのかわからないという人が多かった。ガイドツアーは、それぞれの項目を要約した内容が書かれており、「次へ」を押すと自動で次項の内容に進むよう設計している。また、ガイドツアーはページを遷移せずモーダルで表示することによって、ガイドツアーの途中でも利用規約本文に戻れるように設計している。こうすることで、利用規約を一般ユーザーに向けて分割することで生じる法的拘束力の低下を防いだ。

5.4 プロトタイプ3（カスタマーQ&A）



図4：カスタマーQ&A

利用規約のデザインは利用規約本体をデザインすることだけに留まらない。利用規約を読む一連の流れは、利用規約を読む前の「認知・興味」段階と、読んでいる最中の「理解」段階、そして読み終わった後の「確認」段階といった三つに分割できる。プロトタイプ三は、プロセスの最後に当たる「確認」段階に焦点を当てたプロトタイプである。大方の利用規約にはお問い合わせページが設けられており、ユーザーは利用規約を読んでわからなかった点をそこから質問することができる。この場合、そのユーザーが質問したところは、他のユーザーにとっても気になる・知りたい内容である可能性が高い。そこで本プロトタイプは、お問い合わせを公開し、企業もユーザーもそのお問い合わせに回答できるようなプラットフォームを用意することで、最初に利用規約を訪れたユーザーの理解の補助に繋げようと試みた。この機能を例えるならAmazonのカス

タマーQ&Aに近い。ユーザーは読んで疑問に思ったことを質問できる上、初めて訪れたときには理解の補助としてカスタマーQ&Aを読むことができる。一般ユーザー向けに利用規約をわかりやすく伝えるシステムを導入しつつ、ユーザー同士の監視によってその内容を保証するアーキテクチャを導入した。

5.5 プロトタイプ4 (Personalized Privacy)



図5：Personalized Privacy

プロトタイプ4は、弁護士等の法的関係者が利用規約を読む際に意識する項目をチェックリスト形式で明示したもので、そのチェックリストから気になった項目を保存すると、一般ユーザーでも法的関係者と同様の視点で手軽に利用規約を確認できる。つまり、設定したチェックリストに基づき、利用規約がそのチェックリストに当てはまっているかを優先的に確認することができる。例えばユーザーが個人情報を広告に使われたくない場合「個人情報を広告に利用することを許可しない」という項目にチェックをつけてると、これから契約するサービスにおいて広告に個人情報が利用されるかを優先的に確認することができる。設定したチェックリストを保存すれば、再び別のサービスでも利用することができる。一方企業側は、あらかじめ示されたチェックリストへの回答を、既に作成した利用規約に基づき答えていく。ワークフローとしてはプライバシーマーク制度[9]に近く、プライバシーマークを取得している企業が2017年10月17日現在で15,462社いることを考えると、プライバシー保護を簡単に伝えられるPersonalized Privacyへの参加インセンティブは担保されていると考えられる。

また質問項目に関しては、現状は総務省が提出しているアンケート調査の結果に基づき項目を決定しているが、今後は弁護士や普段プライバシーに関

心がある人たちにリサーチした上で、再度チェック項目を決定していく。

5.6 専門家評価 (サーバーサイドエンジニア)

以上4つプロトタイプを作成した上で、それが技術的に作成可能なのかを調べるため、エンジニアへのステークホルダーインタビューを実施した。結論から述べると、全てのアイデアは実装可能であるが、利用規約はネイティブアプリ[10]でなくウェブ上で実装されるのを念頭に置いたほうがいい、ということが明らかとなった。利用規約の実装方法は大きく3つあり、1つ目は利用規約をネイティブアプリ上に実装する方法、2つ目は利用規約のデザインはネイティブアプリ上に実装し、そのコンテンツ自体はサーバーから読み込む方法、そして3つ目はウェブ上に利用規約のデザインとコンテンツを用意し、アプリからそのURLに遷移させる方法である。1つ目や2つ目のように、デザインやコンテンツをネイティブアプリに組み込む場合は、文字サイズや文言の修正のたびにストアにアップデート申請をしなければならない。そのため、申請を必要としないウェブ上に遷移させるのが最も妥当である。

6 展望

ここまで制作したプロトタイプはそれぞれが独立したものではなく、相互に関係したものとなっている。目次のデザイン、カード形式の表示、ガイドツアーなどは利用規約本体を読解する上で重要であり、カスタマーQ&Aはユーザーが利用規約どの部分を注目しているのかを明らかにすることができる。そして、その明らかになった箇所はPersonalized Privacyを製作する上でのチェック項目の作成に関係する。今後は、提案したプロトタイプを精査していきながら、一般ユーザーに対する発話型プロトコル分析を行い、そこで得られたユーザー評価を、本研究の最終的な評価としたい。

7 参考文献

- [1] NIKKEI STYLE 『官民に「情報銀行」構想 個人データを預かり「運用」』 <https://style.nikkei.com/article/DGXMZO16511540X10C17A5EAC000?channel=DF010320171966>、2017年10月16日アクセス
- [2] 内閣府 「科学技術イノベーション総合戦略2017 (2017年6月2日)」 <http://www8.cao.go.jp/cstp/sogosenryaku/2017/honbun2017.pdf>、2017年10月16日アクセス
- [3] 2013年にJR東日本が自社が保有するSuica乗車記録を日立製作所に提供しようとしたところ、消費者からプライバシー保護に関する十分な説明が少ないとの批判を受け、その提供を中断している
- [4] 経済産業省 『消費者に信頼されるパーソナルデータ活用ビジネスの促進に向け、消費者への情報提供・説明を充実させるた

めの「基準」(2014年3月26日)』 <http://www.meti.go.jp/press/2013/03/20140326001/20140326001-1.pdf>、2017年10月16日アクセス

[5] 総務省「スマートフォンを経由した利用者情報の取扱いに関するWG 中間取りまとめの概要(2012年4月)」 http://www.soumu.go.jp/main_content/000155823.pdf、2017年10月16日アクセス

[6] Bernstein, Gregg R, “The Fine Print: Redesigning Legal Contracts for the Digital Environment,” Thesis submitted to the Faculty of the Graphic Design Department, Savannah College of Art and Design, November 2010.

[7] Beth Hawke, Daniel Cooper, Ekaterina Dyakonova, Gregg Bernstein, “iTunes Terms of Service (TOS) Redesign Study,” 2013

[8] <http://legaltechdesign.com/GoodNoticeProject/2014/01/22/privacy-icons-alpha-release-mozilla-aza-raskin/>, accessed 16 October 2017

[9] <https://privacymark.jp/>、2017年10月17日アクセス

[10] 末内の演算装置が直接に演算処理を行う(実行する)タイプのアプリのことであり、動作速度が早く表現の幅も多い。主にAndroidやiOSのストアで公開されているアプリはネイティブアプリと呼ばれる。

公的個人認証とブロックチェーンを用いた スマートコントラクトシステムの提案

○尾崎周也^{*}, 中島博敬^{**}, 鈴木茂哉^{**}, (指導教員 中村修)^{***}

^{*} 慶應義塾大学 総合政策学部 4 年 (2018 年 3 月卒業予定)

^{**} 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

^{***} 慶應義塾大学 環境情報学部

{shuya, nunnun, shigeya, osamu}@sfc.wide.ad.jp

キーワード: マイナンバー, 公的個人認証, 電子署名, ブロックチェーン, スマートコントラクト

概要

複製技術の発達や, 電子商取引の増加・多様化により, 取引の信頼性・本人真正性の担保が難しくなり, 従来の契約方法では取引の安全性や信頼性が担保できなくなっている。本研究では, 公的個人認証を用いたスマートコントラクトシステムを提案する。本システムでは, Ethereum 上でスマートコントラクトを実現することで取引信頼性を担保するとともに, 公的個人認証を利用し本人確認性も担保する。本論文では, システムの必要要件と設計を示す。

1. はじめに

本年八月に, 積水ハウスが地面師による詐欺にあった事件は記憶に新しい [1]。この事件は, 積水ハウスが土地の取得のために購入代金を所有者とされる人物に払ったにも関わらず, 取得予定地の登記申請が拒否された。理由は, 土地の所有者側の提出書類に真正でない書類が含まれていたためだ。この案件で不動産購入の方法として, 積水ハウスの契約相手先が所有者から土地購入後, 積水ハウスに転売される形がとられた。そこでは, 契約を仲介し履行を担保するエスクローは用いられなかった。また, 本登記が登記官により却下されたが, 仮登記は完了していた, つまり, 仮登記までは偽造された書類が受領されていた。

上述の取引事故の問題点を集約すると, 以下の二つである。

- 取引の信頼性が担保されていなかった
- 本人の真正性を確認できなかった

これらは, 不動産取引に限らず, 一般的な商取引全般における課題である。一点目は, エスクロー取引のような, 信頼される第三者による契約履行の代行によって防げた課題だ。二点目は, 申請書類が紙ベースのために, 確認が電磁的には行えず, 人に依らざるを得なかった点だ。

本研究では, この二つの課題をブロックチェーン技術によって可能になるスマートコントラクトと, マイナンバーカードを用いた公的個人認証の活用で, 解決することを目指す。

2. 研究の背景と目的

本節では, 本研究の背景を署名とその偽造の観点から整理する。また, 本研究の目的について述べる。

2.1 研究の背景

電子商取引の普及により, 詐欺・トラブルといった電子商取引の安全性や信頼性を損なう問題が増加の一途をたどっている。このトラブルの軽減させるアプローチとしてエスクローサービスの利用が期待されるが, 一般に普及していないと指摘される [2]。

また, 取引を行う際の契約締結には, 取引相手・内容・契約内容の確認と否認防止が必要となる。そして, 契約内容の正当性の認証の手段として, 署名捺印・記名押印¹が用いられてきた [3]。しかし, 筆跡や陰影をデジタル化して用いる場合, 容易にコピーすることが可能で, 単に照合する方式は有用でない²と指摘される [4]。

¹商法 32 条で, 署名と記名押印の効力は以下の様に定められている。“この法律の規定により署名すべき場合には, 記名押印をもって, 署名に代えることができる。”

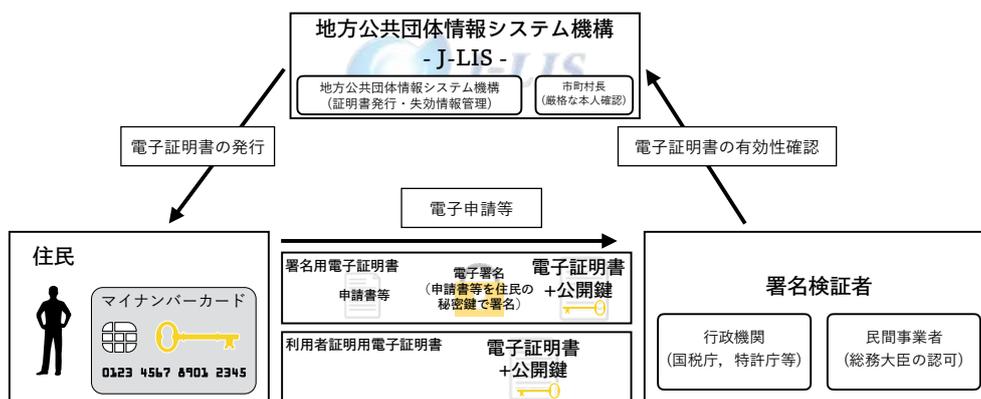


図 1: 公的個人認証サービスの概要 [5] を基に作成

2.2 研究の目的

前述の問題から、本研究では以下の二点からアプローチを行う。

- 定められた条件下での契約の自動履行
プログラムできる契約である，スマートコントラクトによる取引自動化。ブロックチェーンによるスマートコントラクトでは，取引が P2P ネットワーク上で実行・承認されるため，仲介者が不要になる。また，契約の条件の履行の確認も自動化して行われる。
- 電子署名による契約の否認防止
公的個人認証サービスの提供する，否認防止目的の証明書である利用者証明用電子証明書を利用。J-LIS の認可を得れば，マイナンバーに紐づいた真正性の高い，本人確認が行える。

この二点によって，第三者の介在なしのエスクローであるスマートコントラクトと，その取引への電子署名による否認防止を実現する。

3. 本研究の関連技術

本研究の関連技術について，公的個人認証とブロックチェーン技術の二点から整理する。

3.1 公的個人認証とマイナンバー

公的個人認証サービスとは，オンライン上での行政手続きや，行政の提供する Web サービスにアクセスする際に，本人確認の手段として用いられる。公的個人認証サービスでは，暗号方式として公開鍵暗号を採用している。サービスを利用することで，他人による成りすまし

や，データの改ざんを防ぐことができる。公的個人認証サービスと其中でのマイナンバーの位置付けを，図 1 に示す。

マイナンバーは公的個人認証サービスの一環として，マイナンバーカードの IC チップに電子証明書を格納し，二つの電子証明書を提供する。次項では，マイナンバーとマイナンバーカードに搭載される電子証明書について述べる。

3.1.1 マイナンバーとマイナンバーカード

マイナンバーは，社会保障・税・災害対策の分野で，住民の個人情報を効率的に管理するための社会基盤として導入された。日本国内に住民票を有する者²に悉皆に付番される，重複しない十二桁の番号だ。マイナンバー制度の仕組みは，大きく三つに分けられる。

- 付番
悉皆かつ，唯一無二で，基本四情報³と結びついた個人番号である。
- 情報連携
複数の機関において，同一人情報を紐付けし，相互活用する。
- 本人確認
個人が自分であることの証明，個人番号の真正性を証明する。

個人番号カード，いわゆるマイナンバーカードは公的機関が発行し，国民全員が取得可能な唯一の，IC カード身分証明書である。マイナンバーカードに搭載される IC チップは，耐タンパ性を有しており，信号的・電氣的

²マイナンバーは日本国内に住民票があれば，外国人でも付番される。日本国籍でも住民票がない場合は，付番されない。

³氏名・住所・生年月日・性別

解析が困難だ。図2にマイナンバーカード内のICチップ構成を示す。

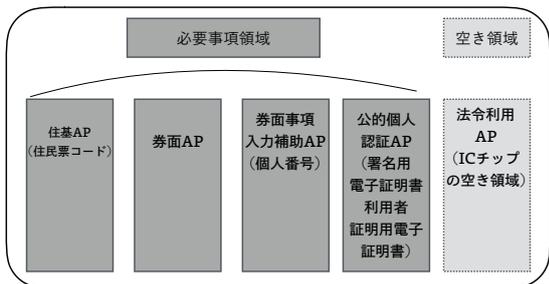


図2: 個人番号カード内ICチップ構成 [5] を基に作成

この中で、公的個人認証サービスに用いられるのは、署名用電子証明書と利用者電子証明書だ。これらの証明書は、公開鍵暗号方式に基づき、公開鍵と秘密鍵を持つ。

● 署名用電子証明書

インターネット上で電子文章を送信する際などに、文章の改ざん等を確認する。e-Taxの確定申告等に利用される。基本四情報を含む。

● 利用者証明用電子証明書

インターネットでログインをする際等に、利用者本人であることを証明する。マイナポータルへのログイン等に利用される。基本四情報を含まない。

3.2 ブロックチェーン技術

ブロックチェーンはBitcoin[6]の決済管理の基幹技術として開発された、分散型台帳技術の一種だ。以下に、ブロックチェーンのデータ構造を図示する。

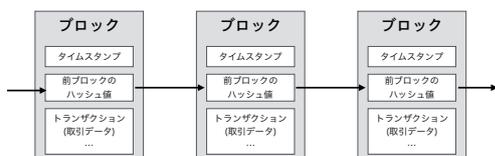


図3: ブロックチェーンのデータ構造

ブロックチェーンは、取引記録(トランザクション)が塊となってブロックをなし、そのブロックが鎖状に連なっているため、ブロックチェーンと呼ばれる。今までに承認されたブロックは全て連なっているかつ、承認されたブロックのみが連なっている。

Bitcoinでは取引履歴の改ざんを防ぐために、PoW(Proof-of-Work)の仕組みを取り入れている。PoW

はブロックの生成者に、前のブロックから受け継がれるターゲット値以下のナンス値が得られるようブロックのデータを構成することを求める。仮に取引履歴を改ざんしようとする、そのブロックのハッシュ値を計算し直すだけでなく、ブロックの生成には以前のブロックのハッシュ値が必要になるので、改ざん者はそれ以降のブロックを改ざんし続けることになり、改ざんに必要なコストは累増する。

3.2.1 スマートコントラクト

スマートコントラクトは1994年にNick Szaboが提唱した概念だ[7]。スマートコントラクトとは、複数人が合意した契約を自動履行すること⁴を意味している。ブロックチェーンの文脈で述べると、ブロックチェーン上に契約履行の条件が改ざん不可能に定義され、条件が満たされると自動的に履行されるトランザクションと言える。

3.3 Ethereum

EthereumはEthereum Foundationが開発するブロックチェーンを利用した分散型アプリケーションの開発基盤だ[8]。Ethereumではコントラクトと呼ばれるコードをブロックチェーンに格納し、実行できる。

Ethereumで実行されるスマートコントラクトは、EVM Code(Ethereum Virtual Machine Code)と呼ばれる低水準の機械言語で記述される。Ethereumは高水準言語でのスマートコントラクト記述のために、Solidity[9]に代表されるスマートコントラクト記述言語とそのコンパイラを提供する。

4. 提案システムの概要と使用技術

4.1 提案システムの概要

本研究では、マイナンバーカードに格納される利用者証明用電子証明書でトランザクションに署名を行う、スマートコントラクトシステムを提案する。マイナンバーカードに格納される公的機関が認証した証明書で署名かつ、Ethereumのスマートコントラクトを利用し、取引の自動履行が可能になる。図4にシステムの概要を示す。

1. 売り手は、契約成立の条件を記述したトランザクションを利用者証明用証明書で署名し発行する。
2. 買い手は契約の内容を確認し、承認する。

⁴Szaboは契約を機械で自動履行するスマートコントラクトの例として、自動販売機を例示している。

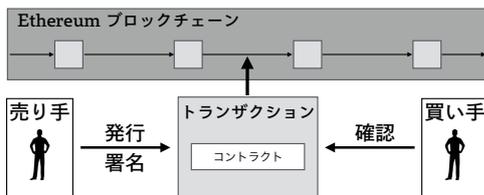


図 4: 提案システム概要図

3. 契約が承認されたら、契約が履行される。

4.2 使用技術

4.2.1 Ethereum ネットワーク

Ethereum のネットワーク参加のクライアントには、Go 言語で記述された Geth[10] を用いる。Geth を利用することで、ブロックチェーンのメタデータを Ethereum 上のコントラクトとして、保存できる。

4.2.2 OpenSC

マイナンバーカードと通信する API として、OpenSC[11] を用いる。OpenSC はスマートカードを利用する際に必要な一連のライブラリ群を提供し、マイナンバーカードにも用いることができる。

5. 提案システムの評価

提案システムは、Ethereum を用いたスマートコントラクトを、マイナンバーカードに格納される利用者証明用電子証明書で署名することで、高い本人確認性を保った上で契約の自動履行が可能になる。

また、マイナンバーカードは耐タンパ性を有しているので、秘密鍵が漏洩することはなく、一般的に生成された秘密鍵による署名より、トランザクションの真正性を担保される。

6. まとめ

本研究では、電子商取引の普及によるトラブルを着目し、マイナンバーカードに搭載される利用者証明用電子証明書を用いたスマートコントラクトシステムを提案した。本システムにより、取引の信頼性の担保の問題、本人真正性の確認の問題をクリアできる。また、取引の信頼性を担保するだけでなく、設定された条件に従い、契

約条件が整えば、自動的に契約を履行することが可能になる。

参考文献

- [1] 積水ハウス. “分譲マンション用地の購入に関する取引事故につきまして” https://www.sekisuihouse.co.jp/company/topics/datail/_icsFiles/afieldfile/2017/08/02/20170802.pdf(2017.10.06 参照).
- [2] 経済産業省. “エスクローサービス利用促進に関する調査研究”, 2006, http://www.meti.go.jp/policy/it_policy/statistics/outlook/060605houkokusyo.pdf (2017.10.23 参照).
- [3] 信森毅博. 認証と電子署名に関する法的問題. No. 98-J. 日本銀行金融研究所 Discussion Paper, 1998.
- [4] 小山謙二. “情報セキュリティ: デジタル署名と暗号鍵管理.” 情報処理 25.6 (1984).
- [5] 総務省自治行政局住民制度課. “マイナンバーカードを活用したオンライン取引等の可能性について”, 2017, http://www.soumu.go.jp/main_content/000511828.pdf (2017.10.23 参照).
- [6] S. Nakamoto, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system,” 2008.
- [7] N. Szabo. Smart contracts. <http://szabo.best.vwh.net/smart.contracts.html>, 1994.
- [8] Ethereum Foundation. <https://ethereum.org>
- [9] Solidity. <https://github.com/ethereum/solidity>
- [10] Geth. <https://github.com/ethereum/go-ethereum>
- [11] OpenSC. <https://github.com/OpenSC/OpenSC>

xSlate：硬度制御による 形状・スケール可変サーフェスモジュールの提案

平井 誠之* (指導教員 笥 康明**)

*慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*t14719th@sfc.keio.ac.jp, **ykakehi@sfc.keio.ac.jp

キーワード：HCI, ソフトロボット, ユーザインタフェース



図1：xSlate, アプリケーション一覧

概要

形状可変インタフェースは、状況や割り当てられた機能に応じて、物理的な形状を変えることができる。これまでに様々な設計手法が提案されているが、形状変化するための柔軟性と荷重に耐えうる剛性を確保することが課題であった。本研究ではこの両方を実現した硬度制御による形状・スケール可変サーフェスモジュール“xSlate”の提案を行う。本デバイスはリニアアクチュエータで構成された可変フレームとジャミングによって硬度制御が可能なサーフェスで構成される。また、サーフェスに埋め込むことが可能なタッチセンサを設計し、インタラクティブな用途を可能にした。

本稿では xSlate の設計と実装、機能評価、アプリケーションシナリオの提案を行う。

1 はじめに

人間がコンピュータを操作する方法として、これまでに様々なインタフェースが開発、提案されてきた。近年では、インタフェースの入力と出力が一体化した Organic User Interface[5]の考えが注目され、それを具現化するべく様々な形状可変インタフェースの手法が提案されている。形状可変インタフェースは従来のインタフェースの殆どが静的な形状を有する中で、形状を動的に操作することで新たなアフォーダンスや触覚的な手がかりをつくり、直感性を向上させることができる。

本研究では硬度、スケール制御が可能な形状可

変サーフェスモジュールの設計をすることを目的とする。また、本手法を用いて設計したインタフェースの提案を行う。

2 関連研究

2.1 Organic User Interface (OUI)

Tangible User Interface(TUI)はインタフェースが実世界上で変形することによって触覚や三次元的情報など Graphical User Interface(GUI)では伝達できなかった情報をユーザに伝達することを可能にした。また GUI ではキーボードやマウスといった抽象度の高いデバイスを使用していたが、TUI では入出力が融合したデバイスを使う事により直感性が向上した。一方で、TUIは静的な筐体を要し、一つの用途に特化してしまうなどの汎用性の低さを課題として抱えていた。

一方 Organic User Interface(OUI)[5]ではデバイス全体がインタフェースとして形状変化することによって機能や状態と連動し様々な用途に対して高い直感性を提供できる手段として注目されている。

2.2 形状可変インタフェースの設計手法

OUI, TUI を設計する手法としてアクチュエータを用いた機械的アプローチと、ソフトマテリアルなどの特性を利用する材料的アプローチが挙げられる。

前者は Claytronic[1]に代表されるように小さな機械やアクチュエータを組み合わせる動的に物体の形状を構成するアプローチを指す。例えば、

inFORM[4], MegaFace[2]ではリニアアクチュエータを平面に配列することによって2.5次元的に形状変化するサーフェスを実現している。これらは面に対して垂直方法には変化の自由度を持つ一方、水平方向にはそのサイズや形状を変化させる事ができない。

Takei 他[7]のMorphysでは巻尺構造を持ったリニアアクチュエータを伸縮する骨子として構成した三次元オブジェクトの形状可変インタフェースを実現している。しかしこの手法で実現可能なオブジェクトは骨格だけの中空構造に限定されており、サーフェスを持たせることができない。

一方材料的アプローチを使った代表的な研究としてPneUI[8]を挙げる。これはインフレータブルな素材と構造を有するオブジェクトに空気を出し入れすることでその形状変化をコントロールすることができる。このアプローチを用いたインタフェースの多くの材料は柔軟であり、その特性によって多様な形状変化を可能にする。その一方で強度の面では課題として挙げることもでき、用途には制約が存在する。

今回我々の研究に直接的に関係が近い先行研究としてはJamming User Interface[3]とClaytric Surface[6]が挙げられる。これらはジャミングという手法を用いる事によってインタフェースの硬度を制御することが可能である。粒子で内部充填し、密閉された袋に対して空気を抜き、真空に近い状態を作る事によってその袋を硬くすることができる。また、空気を再び入れることで元の柔らかさに戻すことが可能である。

3 xSlate の設計と実装

本研究では、硬度制御による形状・スケール可変サーフェスマジュールの設計手法を提案する。リニアアクチュエータとジョイントを用いた拡大縮小や形状変化が可能なフレームとジャミングが可能なシート状のエラストマを構成することによって設計される。(図2右)

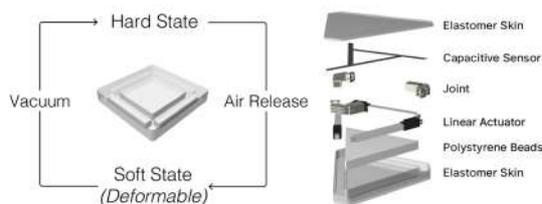


図2：プロセス図, 分解図

図2左は硬度、形状変化のプロセスを示している。xSlateは2次元的な形状をしており、硬度を自由に制御することができる。形状変化時には、可変フレ

ームがデバイス全体の形状を変化できるように一旦柔らかくする必要がある。硬さが必要な用途の場合、形状変化の後にまた硬度を制御する事によってそれが可能になる。

3.1 可変フレーム

可変フレームはリニアアクチュエータと3Dプリントされたジョイントによって構成され、xSlateの形状変化機能を担っている。リニアアクチュエータ(Actuonix, L12 210:1)を使用し、ストロークの長さはアプリケーション用途に応じて30mm, 50mm, 100mmのものから選択した。

ジョイントは角度可変型、固定型の2つを設計した。これらのジョイントは2つのアクチュエータを連結するだけでなく、モジュールのように設計する際は2本以上のアクチュエータ端を固定するようにジョイントを設計することができる。

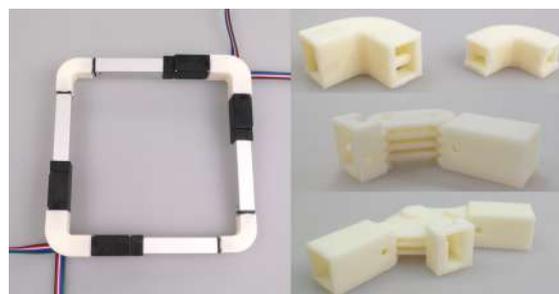


図3：可変フレーム, ジョイント一覧

3.2 サーフェス構造

主にエラストマによって成形されたサーフェス構造がxSlateの硬度制御を担っている。硬度制御を行う為に、エラストマ(Smooth-On, Ecoflex 0-10, 0-50)の中心部を中空状態で成形し、その空間にはポリスチレンビーズが充填されている。外周の溝部分には可変フレームが埋め込まれ、その上からシート状のエラストマを接着される。中心の空間部分から空気を抜くためのシリコンチューブを挿し外部のポンプを用いることによって硬度を制御することができる。



図4：サーフェス構造, エラストマ分布

エラストマの成形段階において、静電容量によるタッチセンサを埋め込むことが可能である。本研究では導電性のある化学繊維(Eeontex)をボタン

として埋め込むことで形状変化によるサーフェスの伸びに対応するセンサを設計した。

3.3 外部システム

xSlate の形状、硬さを制御する為に、外部システム(図 5)としてアクチュエータの電子制御を行うマイクロコントローラ(Arduino Mega 1560), 電子回路と xSlate 内の空気を出し入れするためのポンプ(NITTO, DP0140-X1), 電子弁が構成される。また、外部システムと xSlate はシリコンチューブとアクチュエータ分の電子ケーブルによって接続する必要がある。

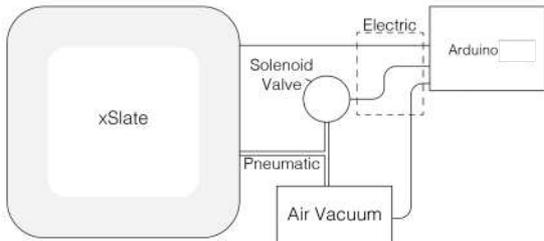


図 5: 外部システム構成

4 機能評価

xSlate の設計手法の効果を評価するために下記の実験を行った。

実験方法としては、xSlate の中心におもりを載せていき、閾値に達した地点の重量を計測した。閾値は xSlate の底面が垂直に 10mm に歪む時点と設定し、5 段階のスケールでそれぞれ硬化状態、軟化状態で計測した。加えて、各状態におけるサーフェスの厚さを計測した。実験に用いた xSlate は 50mm ストロークのアクチュエータ 4 本と固定角ジョイントを用いた正方形型で、全ての計測において同個体を使用した。

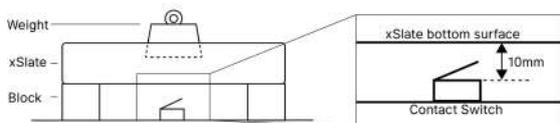


図 6: 実験概要図

(図 7)左上の図では、硬化状態と軟化状態を比較した時に、変形前では 7 倍、変形後には 5 倍程度の強度増加が見られた。また硬化状態では変形するにつれ強度が下がるのに対して、軟化状態では強度が若干増加した。これはエラストマの延伸による剛性変化から起因するものと考えられる。

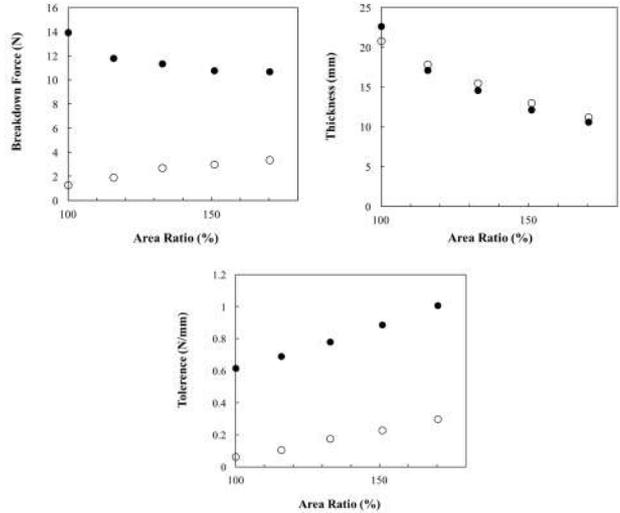


図 7: 実験結果

右上の図では、硬化、軟化状態において厚みの大きい差異は見られなかった。これは xSlate の内部にポリスチレンビーズが満たされている事を示唆している。

下中央の図では閾値到達時の力をその時の厚みで割った数値をプロットしている。この図では硬化・軟化状態両方で変形と同時に強度が上がっていることから、硬化状態でもエラストマの延伸による剛性変化が見受けられる。

5 アプリケーションシナリオ

この章では xSlate の特性を利用して設計された 3 つのアプリケーションとそのシナリオを提案する。

5.1 テーブル

xSlate を用いた大型スケールのアプリケーションとして形状可変テーブルを提案する(図 8)。テーブル面の下に距離センサを実装することによってユーザの位置や動きに応じてテーブルからユーザに近づくことや、人数に合わせて面積を拡大するなどのインタラクションを設計した。加えて xSlate の特性により、変形後に硬化させることによって実際に物を置くことを可能にした。

このテーブルは 13 個の三角形モジュールを組み合わせたフレームを使用している。全てのモジュールには 100mm ストロークのアクチュエータが構成されていて、最小時のテーブル面サイズは約 600 × 600mm である。全モジュールを最大まで拡大するとサイズは約 850 × 850mm となり面積にして最小時から約 215%の拡大が可能である。また、モジュール式に多数のアクチュエータを配置したことによって、様々な形状に変化させる事ができる。



図8：形状可変テーブル

5.2 サイズ可変パック

xSlate を用いたサイズ可変パックを提案する(図9)。このパックを使うことによってユーザは梱包したい物のサイズや数によってパックの全長を変えることができ、さらにジャミングを行う事によって面を物の形状にフィットさせて適切な硬さにすることが可能である。また変形後に硬化させることによってアクチュエータを取り外して持ち運びに適した状態にすることができる。

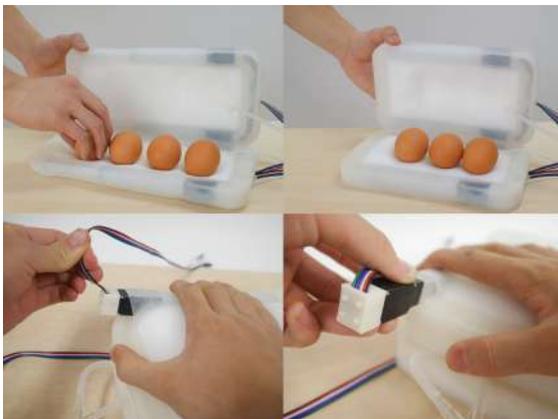


図9：サイズ可変パック，取り外し機構

6 結論

本稿では硬度制御による形状・スケール可変サーフェスモジュール“xSlate”を提案した。形状可変インタフェースに硬度制御可能な機構を実装することによって特定の硬度を必要とするアプリケーションに対して xSlate を使って実装することを可能とした。加えて本研究では xSlate の設計、実装、機能評価を行った。

7 参考文献

1. Burak Aksak, Casey Helfrich, James Hoburg, Brian Kirby, James Kuffner, Peter Lee, Todd C. Mowry, Padmanabhan S. Pillai, Ram Ravichandran, Benjamin D. Rister, Srinivasan Seshan, Preethi Srinivas Bhat, Metin Sitti, Haifeng Yu, Jason Campbell, Michael DeRosa, Stanislav Funiak, Phillip B. Gibbons, Seth Copen Goldstein, Carlos Guestrin, and Ashish Gupta. 2005. Claytronics. *Proceedings of the 3rd international conference on Embedded networked sensor systems - SenSys '05*: 299. <https://doi.org/10.1145/1098918.1098964>
2. Asif Khan. 2014. Asif Khan » MegaFaces. Retrieved April 2, 2017 from <http://www.asif-khan.com/project/sochi-winter-olympics-2014/>
3. Sean Follmer, Daniel Leithinger, Alex Olwal, Nadia Cheng, and Hiroshi Ishii. 2012. Jamming User Interfaces: Programmable Particle Stiffness and Sensing for Malleable and Shape-Changing Devices. *Proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '12*: 519–528. <https://doi.org/10.1145/2380116.2380181>
4. Sean Follmer, Daniel Leithinger, Alex Olwal, Akimitsu Hogge, and Hiroshi Ishii. 2013. inFORM: Dynamic Physical Affordances and Constraints through Shape and Object Actuation. *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '13*: 417–426. <https://doi.org/10.1145/2501988.2502032>
5. David Holman and Roel Vertegaal. 2008. Organic user interfaces: designing computers in any way, shape, or form. *Commun. ACM* 51, 6: 48–55. <https://doi.org/https://doi.org/10.1145/1349026.1349037>
6. Toshiki Sato, Jefferson Pardomuan, Yasushi Matoba, and Hideki Koike. 2014. ClaytricSurface: An Interactive Deformable Display with Dynamic Stiffness Control. *IEEE Computer Graphics and Applications* 34, 3: 59–67.
7. Shohei Takei, Makoto Iida, and Takeshi Naemura. 2012. MorPhys: Morphing Physical Environment Using Extension Actuators. *ACM SIGGRAPH 2012, Posters*.
8. Lining Yao, Ryuma Niiyama, Jifei Ou, Sean Follmer, Clark Della Silva, and Hiroshi Ishii. 2013. PneuUI. *Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology - UIST '13*: 13–22. <https://doi.org/10.1145/2501988.2502037>

ハーバードビート評価テスト iOS 版の開発と信頼性の検証

○今野嶺* (指導教員 藤井進也)**

* 慶應義塾大学 環境情報学部 4 年 (2018 年 3 月卒業予定)

** 慶應義塾大学 環境情報学部

*t14360rk@sfc.keio.ac.jp, **sfujii@sfc.keio.ac.jp

キーワード：音楽神経科学, リズム感, スマートフォンアプリケーション

1. はじめに

1.1 研究の背景

ヒトのリズム感には「個性」があり、熟練ドラマーのようにリズム感がよく、心地よいリズムを演奏し聴衆を魅了する人 [1] もいれば、リズム感が悪く、音楽に合わせて踊ることのできない「リズム音痴」の人 [2] もいる。私たちが普段リズムをとる際の処理としてあげられるのは以下の二つである。

1. 音を聞いて時間情報を分解し、リズムを知覚する
2. 知覚した結果を用いて、音に合わせて身体を動かしてリズムを生成する

である。音のピッチやメロディは正常に知覚できるが、音楽に合わせて身体を動かすことが出来ない「失音楽リズム症」[2] は、上記二つのいずれかが苦手であるのが原因なのではないかと考えられる。

2013 年にはリズム知覚・生成能力を別々に評価するテストであるハーバードビート評価テストが開発 [3] され、これを用いて個人のリズム感を測る研究が行なわれている。

1.2 ハーバードビート評価テスト

ハーバードビート評価テストは MTT (Music Tapping Test), BIT (Beat Interval Test), BFIT (Beat Finding and Interval Test), BST (Beat Saliency Test) の計四種類のテストで構成されており、それぞれの結果が別々にわかるようになっている。どのようなテスト内容であれば得意・苦手なのかだけでなく、テスト間の関連性についてもわかるようになる。各テストでは次の曲あるいはメトロノーム音が流れる。

- MTT: 楽曲
- BIT: 速度が変化するメトロノーム音
- BFIT: 速度が変化するリズムパターンのついたメトロノーム音
- BST: 二拍子ないし三拍子に強弱が変化するメトロノーム音

被験者は上記のテストに対し、楽曲や変化するリズムに合わせたタッピング及び変化の方向(遅くなった, 速くなった等)に関する回答を行なう。これらの結果を統合し、リズム知覚・生成能力を評価する。

1.3 ハーバードビート評価テスト iOS 版の必要性

2013 年に開発されたハーバードビート評価テストはパソコンやキーボード, オーディオインターフェース, 指タップセンサー, Matlab ソフトウェアが必要とされており, 一般人にとってはセットアップが難しく, テストが一般に普及しにくいという問題点があった。より手軽に自分のリズム知覚・生成能力を客観的に評価ができるようにし, またハーバードビート評価テストを低コストで研究として用いることが可能となるよう, iOS アプリケーションとして移植する必要性は大きい。

1.4 研究の目的

本研究は, より手軽に自分のリズム知覚・生成能力を客観的に評価ができるようにするため iOS アプリケーションとして移植し, そのテスト結果の信頼性を明らかにすることを最終目的としている。そのために必要となる手順は以下の 2 点である。

1. 同じデータを用いた際に, デバイスやソフトウェアの違い (iOS アプリケーションと Matlab ソフトウェア) による実験結果への影響がないことの確認
2. 様々なデータを用いた際に, iOS アプリケーション上でリズム知覚・生成能力の個人差が Matlab ソフトウェアと同じように見ることができるかの確認

ここでは 1 点目の手順のみに着目し, 研究しようと思う。iOS アプリケーションでは Matlab で用いるデータ解析のための手法が行なえず, そのため求められる結果が得られない。そこで本研究では ITI (Inter Tap Interval) と被験者のタップタイミングと模範解答のタップタイミングの非同期性 (Asynchrony) に焦点を当て, デバイスによる違いでも影響されないアプローチを見つけ出すことを目的とする。

2. 方法

2.1 被験者

本実験の目的は, MTT のデータ解析を行なう際の有効的なアプローチを見出すことである。そのため, 被験者数は男性 1 名のみ (年齢 21 歳) とした。

2.2 実験設定

本実験は iOS アプリケーションを使用中に、タッピングや音源のデータをパソコンの Matlab 上でも取得できるようにした。iOS アプリケーションは iPad (iPad Pro 9.7 インチ, Apple 社製) 上で使用した。また、実験中のタッピングデータをパソコンでも取得するために、iPad の画面に振動センサを取り付けた。振動センサの値はオーディオインターフェース (US-600, TASCAM 社製) に入力し、10kHz のサンプリングレートで取得した。実験中の音声データを取得するために、iPad 上からの出力音を分岐し、一方はヘッドホン (QuietComfort 15, Bose 社製) から被験者に、もう一方は先ほどのオーディオインターフェースへと入力した。同一のオーディオインターフェースで音声データと振動データを同時取得することで、信号間の同期性を確保した。

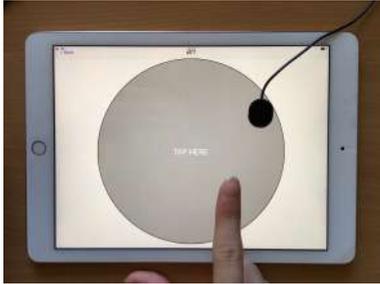


Figure 1: 振動センサを iPad に取り付けた様子

実験中の音声データは予め決められている。先行研究 [4] で使用されていた数種類の楽曲から BPM (beat per min) が 120 に近い曲を選定し、以下の三種類にした。

- Hurts So Good (HSG) (J. Mellencamp 作, ロック, 曲長 14 秒)
- Tuxedo Junction (TJU) (Glenn Miller 作, ジャズ, 曲長 16 秒)
- A Chorus Line (ACL) (Boston Pops 作, ポップオーケストラ, 曲長 14 秒)

音声データを選定した後、音声信号処理ソフト (Audacity) を用いて音程を維持したまま BPM が 100, 120, 140 となるよう各楽曲の長さを変更した。

iOS 版のハーバードビート評価テストでは、各トライアルが終了するごとにタップタイミングデータを一つの配列に格納している。全トライアルが終了したのち、再生された音声ファイル名、タップタイミングの 2 つのデータをオンラインデータベース (Firebase, Google 社製) に転送している。

2.3 実験手順

本実験ではロック、ポップオーケストラ、ジャズの三種類の音楽が流れる。被験者はその音楽を聴きながら拍子を四分音符で人差し指にてタッピングする内容となっている。必ず楽曲が開始される際には 1000-Hz の純音が合図音として通知される。はじめに、実験者が楽曲に合わせて拍子を四分音符でとる方法を手本として行ない、その後練習問題を用いて実験者に三種類の楽曲に合わせて

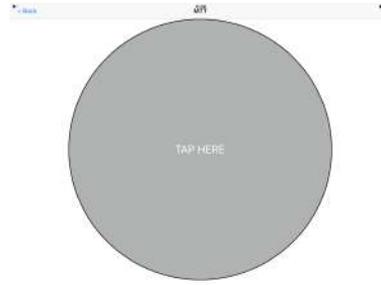


Figure 2: 実際のテスト画面

拍子を四分音符でとる行為を本人が理解できるようになるまで行なってもらう。本番では視覚的フィードバックを避けるため、タッピングを行なう位置を示したのち、目を閉じた状態で行なってもらい、タッピングする位置は画面中央に丸いボタンとして表示される。9 つの楽曲は二度繰り返されるため、合計 18 トライアル行なってもらった。

2.4 データの解析

Matlab ソフトウェアでは出力する音声データを録音することで、相互相関を用いて被験者のタップタイミングと楽曲データに付属する模範解答のタップタイミングのズレを修正している。一方、iOS アプリケーションでは録音をしないためズレの修正ができず、求められる結果が得られない。そこで本研究では ITI と Asynchrony に焦点を当てることにした。どちらの計算もオフラインで行ない、実験中はタップタイミングの時刻のみを取得した。

2.4.1 ITI (Inter Tap Interval)

ITI はタップ A とタップ B の間の時間、すなわちタップタイミングの間隔のことである。Matlab では音声ファイル再生関数が呼び出された瞬間の時刻を取得し、タッピングを行なう際の振動を計測し、一定の閾値を超えるとタッピングしたと判定、再生関数が呼び出されてからどの程度時間が経過したのかをミリ秒で算出し配列に格納している。その後、 i 番目のタップタイミング t_{i_1} と i 番目の次のタップタイミング t_{i+1} の間隔を $t_{i+1} - t_{i_1}$ で計算している。iOS では音声ファイル再生関数が呼び出された瞬間の時刻を取得し、画面に触れた瞬間の時刻を取得してから再生関数が呼び出されてからどの程度時間が経過したのかをミリ秒で算出し配列に格納している。その後の計算は Matlab と同様である。

2.4.2 Asynchrony

Asynchrony は被験者のタップタイミング A と模範解答のタップタイミング A の差分のことである。Matlab では相互相関を用いて被験者と模範解答のタップタイミングのズレを修正した上で、ITI で求めた i 番目タップタイミング t_{i_1} 及び模範解答のタップタイミング t_{i_2} から、 $t_{i_1} - t_{i_2}$ で計算される。iOS では上記に記述したとおり、相互相関を用いることができない。そこで、楽曲ご

とに計算された Asynchrony の結果から一貫したズレが生じているのか注目した。

2.5 統計

優れた結果であることを証明するため、Matlab と iOS のそれぞれの ITI を比較した結果及び Matlab と iOS のそれぞれの Asynchrony を比較した結果はピアソンの相関係数を求めた。

3. 結果

3.1 ITI (Inter Tap Interval)

Figure3 は全楽曲の ITI をプロットした結果であり、線形回帰は $y = -0.74 + 1 * x$ となった。

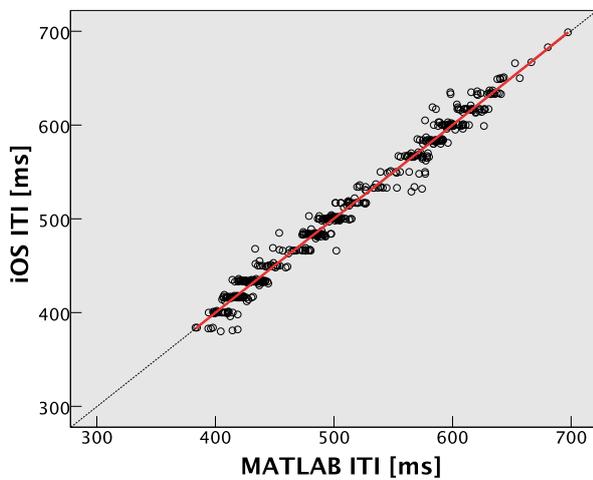


Figure 3: MTT の ITI を Matlab 版と iOS 版で比較 ($r=0.991$, $p<0.01$)

3.2 Asynchrony

Figure4 は全楽曲の Asynchrony をプロットした結果であり、Table1 は各楽曲の Asynchrony の線形回帰を記したものである。同じ楽曲でもトライアルごとに Asynchrony の結果及び線形回帰の値が異なっていた。

4. 考察

ITI は画面に触れた瞬間の時刻を取得し、各タップタイミングの間隔を計算することで求められるため、画面に触れる瞬間のタイムラグのみが問題としてあげられる項目である。先行研究において、iOS と Android の搭載されたデバイスのタッチレスポンスを比較し、第三世代・第四世代の iPad (2012 年モデル) の方が Android 端末よりレスポンスがよく、加えて iOS7 の方が iOS6 よりレスポンスがよかったという結果が報告されている [5]。本実験で使用したデバイスは iOS10 を搭載した第一世代の iPad Pro (2016 年モデル) であり、先行研究で使

Table 1: Matlab 版と iOS 版で比較した際の各楽曲の Asynchrony の線形回帰

楽曲名	線形回帰
ACL100	$y = 1.12E3 + 1.02 * x$ $y = 1.12E3 + 0.94 * x$
ACL120	$y = 1.12E3 + 0.93 * x$ $y = 1.12E3 + 0.87 * x$
ACL140	$y = 1.13E3 + 0.89 * x$ $y = 1.12E3 + 1 * x$
HSG100	$y = 1.13E3 + 1.04 * x$ $y = 1.12E3 + 1.12 * x$
HSG120	$y = 1.11E3 + 1.05 * x$ $y = 1.11E3 + 1 * x$
HSG140	$y = 1.11E3 + 0.08 * x$ $y = 1.12E3 + 0.99 * x$
TJU100	$y = 1.14E3 + 1.02 * x$ $y = 1.12E3 + 1.02 * x$
TJU120	$y = 1.2E3 + 1.04 * x$ $y = 1.11E3 + 0.99 * x$
TJU140	$y = 1.13E3 + 1.08 * x$ $y = 1.12E3 + 1.04 * x$
AVERAGE	$y = 1.13E3 + 1.18 * x$

用された端末より性能が高いことからタッチレスポンスの精度に問題はないと言えるであろう。

Figure4 で上部にプロットされている Asynchrony データは楽曲名 TJU120 である。一方、同じ楽曲の別のトライアルでは線形回帰周辺にプロットされている。また、楽曲名 HSG140 の 1 つのトライアルでは Matlab の Asynchrony が 0ms 周辺であったにも関わらず、iOS の Asynchrony では 1090ms-1150ms と幅広くプロットされていた。このことから、再生関数が呼び出されてから実際に音声再生されるまでのデューレーションに一貫性はなく、擬似的な相互相関を作り出すことはできなかった。

ITI が Asynchrony と比べて結果がよかったのは、模範解答のタップタイミングとの差分を求めているかどうかの違いが一番にある。タップした瞬間の時刻は高精度で取得できているためタッピングの時刻にエラー値をほとんど見ることはなかった。しかしながら、タッピングのタイミングを模範解答のタップタイミングと比較するには、再生関数を呼び出してから実際に再生されるまでの差分を算出する必要がある。そのためには相互相関を利用するか、仮に Matlab 版と iOS 版の Asynchrony 差に一貫性が見られる場合は計算された分だけ修正を行なうことが可能だった。本実験の結果、Asynchrony に一貫性は見られなかったため、実際に再生されるまでの差分を算出することができなかった。

5. まとめ

本研究では、ハーバードビート評価テストをより簡便に行なえるよう、iOS アプリケーションに移植することを目的とした実装をし、その信頼性を検証した。今回は楽曲に合わせて拍子をタッピングする MTT (Music Tapping Test) に注目した実験を行なった。被験者 1 名に対して評価を行ない、同じデータでもデバイス間の差によって

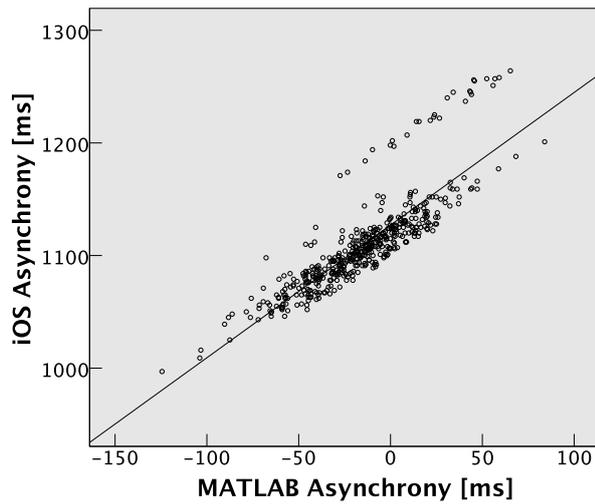


Figure 4: MTT の Asynchrony を Matlab 版と iOS 版で比較 ($r=0.855$, $p<0.01$)

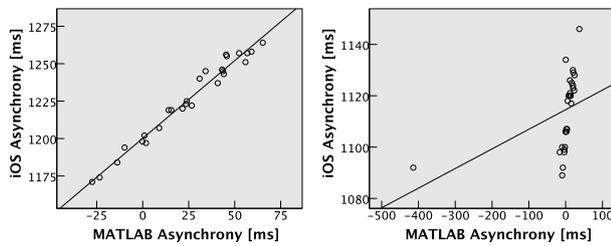


Figure 5: 左:TJU120 ($r=0.986$, $p<0.01$), 右:HSG140 ($r=0.880$, $p<0.01$) のプロット

結果の違いが生じないアプローチを模索するため、iOS アプリケーションの使用中に Matlab で計測を行なうようにした。アプローチとしては被験者のタップタイミングの間隔に値する ITI (Inter Tap Interval) の算出、そして被験者のタップタイミングと模範解答のタップタイミングの非同期性 (Asynchrony) の算出の二通りで検証した。その結果、ITI では iOS 版と Matlab 版で差はほとんど見られず有効的であった。一方、Asynchrony は iOS 版と Matlab 版で比較した際にズレに一貫性が見られず、楽曲ごとに異なった値だけズレが生じていた。

今後は様々なデータを用いた際に、iOS アプリケーション上でリズム知覚・生成能力の個人差が Matlab ソフトウェアと同じように見ることができるかの確認を行なう予定である。各 MTT, BIT, BFIT, BST におけるデータ解析方法が定まったため、30 名ほどのデータを用いてリズム知覚・生成能力の個人差が確認できるか検証する。また、ITI による MTT の評価に信頼性が検証されたのち、プログラムに反映させてオンライン処理を行なえるようにする。

References

- [1] Fujii S, Hirashima M, Kudo K, Ohtsuki T, Nakamura Y, Oda S. Synchronization Error of Drum Kit Playing with a Metronome at Different Tempi by Professional Drummers. *Music Percept.* 2011;28(5):491-503.
- [2] Phillips-Silver J, Toiviainen P, Gosselin N, et al. Born to dance but beat deaf: a new form of congenital amusia. *Neuropsychologia.* 2011;49(5):961-969.
- [3] Fujii S, Schlaug G. The Harvard Beat Assessment Test (H-BAT): a battery for assessing beat perception and production and their dissociation. *Front Hum Neurosci.* 2013;7:771.
- [4] Iversen, John R., and Aniruddh D. Patel. "The beat alignment test (BAT): Surveying beat processing abilities in the general population." in *Proceedings of the 10th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC10).* 2008.
- [5] Schatz, Philip, Vincent Ybarra, and Donald Leitner. "Validating the accuracy of reaction time assessment on computer-based tablet devices." *Assessment* 22.4 (2015): 405-410.

観光地における訪日外国人の観光行動支援のための データ分析手法の提案 ～倉敷美観地区でのフィールドワーク～

鎧坂文菜* (指導教員 村井純**)

*慶應義塾大学 総合政策学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*yoro@sfc.wide.ad.jp, **jun@wide.ad.jp

キーワード：観光活性, ログデータ分析, 情報プラットフォーム

1 はじめに

本研究は、観光地における訪日外国人の観光行動支援について、システムとしておすすめの観光地の提案や解説などの観光情報を提供するためのデータ分析手法の提案を行う。本論文では、データ分析手法の検討のための第一段階として、観光客の観光行動把握のために行った調査および分析結果について示す。調査としては、岡山県の倉敷美観地区で実際にフィールドワークを行い、観光客に対してヒアリングを行った。この知見を元に、倉敷市の公衆無線 LAN のログデータの分析を行った。

2 背景

2.1 問題意識

観光客数の増加に伴い、倉敷美観地区ではストレスのない観光客の動線の提案、地元の観光ボランティア業の活性化および知見のデータベース化など様々な課題がある。

倉敷美観地区は、岡山県で最も多い流入を誇る観光地であり、2017年4月には日本遺産に認定されている。図1に、岡山県における外国人旅行者宿泊数の推移を示す。2015年には、岡山県全体に年間約1448万8000人の観光客が訪れており、その中のおよそ4分の1は倉敷美観地区を訪れている。これより、今後も倉敷美観地区を訪れる訪日外国人観光客数は増加することが見込まれる。



図1:平成28年度岡山県外国人旅行者宿泊者数の概要(平成29年5月30日)

本研究では、倉敷美観地区における観光客の関心の把握と観光情報の発信の2点に着目する。前者に関して、倉敷市の情報政策課および文化財保護課の言及によると、公衆無線 LAN の敷設は完了しているが、ログデータを分析するなどの観光客の動線の解析は未着手であり、観光客に人気のある場所の把握が求められている。後者に関して、現在倉敷美観地区では観光案内の雑誌やガイドブックが提供する観光情報の他に、地元の観光ボランティアによるガイドが行われている。豊富な経験と知識による情報提供は、観光体験をより豊かにするが、このガイドを利用しないことには機会を逃してしまう。この具体的な事例については、次節に示す。

2.2 倉敷市の観光情報発信の現状

倉敷美観地区には、日本人に対して観光情報の発信をしている組織が多様に存在する。具体的には、JR改札前案内所、倉敷駅前観光案内所、倉敷市観光休憩所をはじめ、民間企業による人力車のえびす屋、ランドマークとなっている「くらしき川舟流し」が挙げられる。また、倉敷美観地区を観光案内しているグループは主に2つあり、10名による有料観光ガイド「倉敷案内人グループ」と、行政から必要な活動費の支援を受けて約40名が無料ガイドを提供している「倉敷地区ウェルカム観光ガイド連絡会(KWG)」がある。彼らの説明がないと見過ごしてしまう情報が多く存在する。KWGは1990年から2016年までの約26年間に38万人をガイドしている。美観地区の年間の観光客数は350万人であり、ガイド出来ているのは全体の0.4%に留まっていることが分かる。これについて、行政・ボランティア共、情報を伝えきれていないという歯がゆさを感じている事が、4章で述べる本フィールドワークからも明らかになっている。

また、外国人観光客対応については十分な情報提供ができていない。人力車のえびす屋において外国語でガイドできるのは6名、ボランティアガイドのKWGでは外部の通訳が観光客に同行している時に限ってガイドが可能としている。

3 目的・提案

3.1 提案

本研究では、最終的に、観光客に対して行動ログデータの蓄積および観光情報提供を行うプラットフォームとして、馬場始三教授(KUSA)制作のモバイルアプリケーション上に搭載する、ログデータ収集と地元の観光ボランティアの知見を集約・分析する機能を提案・設計する。モバイルアプリケーションの概要を、図2に示す。筆者の提案する機能は、図中の情報集約システムにあたる。

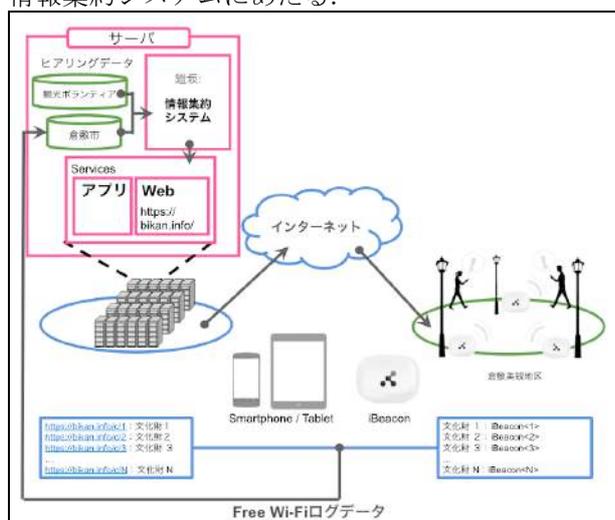


図2:事業概念図(筆者作成)

本論文では、この機能検討のために現地でのヒアリングおよび公衆無線のログデータの分析を行う。本分析には、倉敷市が無償で提供している公衆無線LAN「Kurashiki City Wi-Fi¹」の36機のアクセスポイント(以下AP)ログデータを用いる。なお、今後より詳細な分析を行う際には、美観地区内に設置した20個のiBeaconのログデータ分析を行うことを検討している。

3.2 調査対象について

倉敷美観地区は「そぞろ歩き」を楽しむことも出来、観光中に個々人の興味関心に従ってまちなかを探索することも考えられる。そのため、このエリアはより偶発的な観光ルートを観光客自身が創造し易い場所であることが予想され、ログデータからも様々な観光ルートが導けることが期待される。

倉敷美観地区は「町並保存地区・観光地区」であり、江戸時代からの建造物が多く残る。21ha(0.21平方キロメートル)の土地の中に自然美術館や文化施設も集中しており、徒歩での観光をコンパクトに楽しむことが出来るエリアとなっている。

4 フィールド調査

4.1 調査の概要

観光地における各ステークホルダーのニーズや情報発信の現状を把握するため、2017年10月4日から9日にかけて倉敷美観地区でのフィールドワークを行った。活動内容を下記に示す。

- (1)日本人・外国人観光客 合計134組(301人)へのヒアリング調査、フォトエスノグラフィー(外国人:61組(141人),日本人:73組(160人))
- (2)倉敷市職員へのヒアリング
倉敷市文化産業局文化観光部 観光課 海野嶺氏,
倉敷市企画財政局企画財政部 企画経営室 日本遺産推進室 室長 岡本由美子氏,
倉敷市企画財政局企画財政部 企画経営室 日本遺産推進室 主任 藤原憲芳氏
- (3)一般社団法人データクレイドル
大島正美氏へのヒアリング
- (4)倉敷芸術科学大学 馬場始三先生との議論
- (5)外国人留学生2名の観光に同行した観察
- (6)倉敷美観地区の案内人とのコンタクト
倉敷地区ウェルカム観光ガイド連絡会、人力車のえびす屋、くらしき川舟流し、JR改札前案内所、倉敷駅前観光案内所、倉敷市観光休憩所

4.2 外国人観光客に対するヒアリング

半構造化インタビュー形式で行ったヒアリング調査項目について、下記に記す。

- ・ 国籍
- ・ 何回倉敷を訪れたことがあるか
- ・ 他に訪れたことがある日本の地域
- ・ なぜ倉敷美観地区を選んだか
- ・ 美観地区でどこに行った・行く予定か
- ・ 来てから行く場所を変えたか
- ・ 写真を撮ったか / SNSに写真を上げるか
- ・ 倉敷のどのような所が面白いと感じるか
- ・ 何か困ったことはあったか
- ・ 使っているモバイル端末のOSは何か
- ・ 属性(性別、グループの人数、年代)

撮った写真を見せてもらうことで対象者の興味関心を把握するフォトエスノグラフィーの手法により、従来の質問紙調査の欠点である「地理に不案内の地域で、繰り返しのない行動となることの多い観光行動では、位置と場所の回答精度は必ずしも高いとは言えない」という弱点の克服を目指した。

結果として、個人旅行が52組、ツアー客が9組から情報を得た。個人旅行の方が事前にガイドブック、本、Webサイト、SNS、ブログなどで美観地区について調べている傾向にあった。ツアーに含まれていたために数時間の自由時間を美観地区で過ごしていた観光客は、旅行代理店のパンフレットに目を通してはいるものの、下調べをしてから来ている人は少な

¹ 「Kurashiki City Free Wi-Fi」は収集したログデータの利用用途として研究目的での使用が明記されていないため、MACアドレスをハッシュ化することで匿名処理を施している。

かった。観光ルートに関しては、個人旅行・ツアー客問わず、「ノープラン」で「ただ歩きに」来たグループが9割を超えた。いずれも現地情報の少なさにはマイナスの感情を抱いていた。

日本人に対しては様々なガイド団体が存在するが、外国人に対しての情報発信はA3両面刷り1枚のガイドマップが主となっている。マップがあれば自分たちだけで充分歩くことができるという意見も散見されたが、それでは沢山の見るべき場所が有ることを知ってもらえておらず、更に高い満足度を提供できる機会を損失している可能性がある。数時間では到底見きれないスポットが有るが、今回ヒアリングした61組の中で「倉敷美観地区に2回以上来たことが有る」人を含んでいたのは5組にとどまっている。ツアー客については自由時間を持て余し、集合時間まで集合場所の橋でただ立ちつくしている人も多く見受けられた。ランドマークとなっている川舟も、当日の予約のみの受付でオンライン予約システムは無く、自由時間が数時間しかない外国人観光客にとっては希望の時間に予約できず乗船が難しくなっている現状が有る。

倉敷美観地区の海外からの知名度は十分に高いといえる。海外の旅行代理店のツアーに含まれていることが多く、連日多数の観光バスがやってくる。倉敷美観地区の魅力を尋ねると、歴史、文化、風景(川・建造物・人)、モダンとトラディショナルのバランスの良さ、フォトジェニックであることが多く挙げられた。

また、倉敷美観地区の正式名称である「Kurashiki Bikan Historical Quarter」をはじめ、「Kurashiki Bikan-chiku」「Bikan-chiku」という表現では伝わらない人が多くいた。外国人にとっては「美観地区」に来たというより「倉敷」に来たという感覚が大きいのではないだろうか。

観光情報を通知するモバイルアプリケーションがあれば使うかを質問した所、7割の人がそのようなアプリが有るならば使いたいと回答した。ただしインターネットの接続がうまくいくこと、言語が英語であること、アプリが見つけやすいこと、滞在時間がある程度長い時であることが条件として挙げられた。

4.3 日本人観光客に対するヒアリング

日本人観光客73組(160人)に行ったヒアリング調査項目について、下記に記す。

- ・ 倉敷美観地区へ来た目的・理由
- ・ 観光ルートを決めてきたか
- ・ どう観光したかのルート
- ・ 写真を撮ったか/ SNS に投稿する写真か
- ・ 観光情報を通知するアプリがあれば利用するか

結果としては、「目的なく歩く」観光が、外国人観光客に固有のものではなく、日本人にも当てはまるということが分かった。唯一決まっている行き先が

大原美術館だという観光客はいたが、まちあるきの確たるルートを事前に考えて来た人には出会えなかった。しかし、日本人に対するガイドサービスは充実しており、観光情報を発信するアプリがあったら使おうと答える人が6割を下回った。

4.4 ヒアリングの総括

倉敷美観地区の情報発信の特長として自分から進んで案内をする人が複数いる(ボランティアガイド、有料ガイド、人力車、川舟)ことが挙げられるが、日本人対象に限られるものである。情報発信に関して、ボランティアガイドのメンバーは社会関係資本と捉えられる。

観光地の知名度、ぶらぶらそぞろ歩きをしているだけでも楽しめるという基盤があるため、更に楽しんでもらえて、且つ、周りきれていないところがあるということに気づいて再訪したいという思いが生まれるような受け皿の改善が必要だと考える。

5 先行事例

iBeacon を利用した動線把握の事例としては、MIT SENSEable City Laboratory の研究で、ルーブル美術館において館内の行動を収集し観察したものがある。それによると長時間滞在質得る来館者と短時間滞在している来館者とでは感傷ルートに大きな違いが無かった事が報告された。同じく館内での回遊を調査した例として、商業施設パルコ・シティが、改装前後の名古屋パルコにビーコン300個を配置し、約800人を対象に実験を行った。改装後に顧客の館内回遊がどの様に変化したかを、サンキー・ダイアグラムを用いて可視化している。

情報提供者がサービス運営者だけではなく利用者にも成りうる例として、アメダス等の観測器による観測データの解析と放送メディア等による一斉配信のみならず、ウェザーリポーター制という有料の会員制度の下で、人間の五感によるデータの共有を行うサービスを提供している。(株)Huber. は提供するサービスTOMODACHI GUIDEを通じて、「ガイドをして欲しい外国人観光客」と、「英語を使う機会を欲している大学生」を繋ぐインターネット上のプラットフォームを提供するサービスである。自然と互酬性の規範が働き、サービス利用者がサービス提供者でもあると同時に受益者にもなる構造となっている。

6 ログデータ分析

Kurashiki City Wi-Fiは、倉敷ケーブルテレビ(以下KCT)によって36箇所に設置されている。「(倉敷市)観光・防災Wi-Fiステーション整備事業・事業概念図」によると、敷設の目的としては「倉敷駅前通り、重要伝統的建造物群保存地域である倉敷市美観地区、市所有の施設および敷地内にWi-Fiステーション、APを整備し、来訪者の利便性を高めるとともに情報発信力の向上を図る。」とされている。Wi-Fi

が設置されているのは倉敷駅前から美観地区の一带で、主要観光施設の近くとなっている。APごとに再認証は不要でシームレスなネットワーク環境であり、来訪者の利便性を高めている。ただし30分ごとに再認証が必要である。認証履歴は蓄積されており、観光施策の立案にも活用できる物となっている。

倉敷 City Wi-Fi のアクセスポイント(以下 AP)のログデータから人動の解析を行う。ただし、この分析手法に課題が残ることが予想される。その理由は2つあり、この City Wi-Fi の利用認証時に Facebook 認証など基本属性が紐付けられる手法を取っていないこと、Wi-Fi のデータはメッシュが広範囲であることである。最初の段階で提供する情報は、データとしては、倉敷市文化財保護課からの情報や、観光ボランティア団体保有の冊子から引用したものである。

第2段階として、iBeacon アプリに第1段階で生まれた分析結果を反映させ、情報提供の改善を行う。iBeacon から取得したログデータも利用し、Wi-Fi のデータと組み合わせた分析も行う。Wi-Fi のデータは100mのメッシュであるのに対して、iBeacon のメッシュは20m以下であり、より精緻なものと言える。iBeacon は600msの発信間隔で、20mの距離まで近づいた時に情報が通知される設定となっている。これは消費電力や観光客の歩行速度を加味したためである。白色で出荷されている kontakt.io 社の Tough Beacon を伝統的建造物群保存地区として国に選定されている倉敷美観地区に設置するにあたり、なるべく景観に影響を与えないように黒の塗装スプレーを吹き付けてある。若干送信電力が塗装で弱められているものの、-12dBm の設定値で20m程度の電波が届くことはサンプルで確認済みである。

2016年10月4日から10日までの Kurashiki City Wi-Fi のログデータを分析すると、接続デバイス数の上位7機は時計台北、時計台南、阿知2丁目広場、倉敷市バス専用駐車場、阿知中交差点西、国際ホテル(北)、吉井旅館である。時計台はJR倉敷駅から最も近くバスターミナルがあるため、阿知2丁目広場は美観地区へ駅から向かった時の入り口であるため、国際ホテルは美観地区からほど近いところにあり、吉井旅館は坂本龍馬も利用したとされる歴史あるホテルで人気が高いためと考えられる。今後もデータを利用し分析を進めていく。

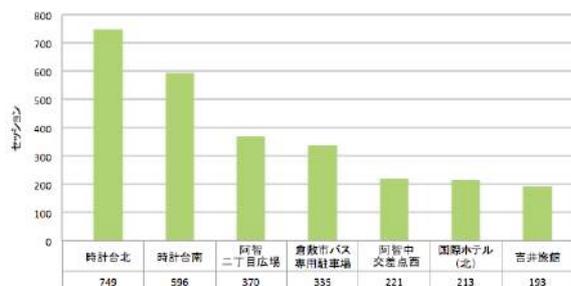


図3: Kurashiki City Wi-Fi 1日の平均接続数上位7機(2016/10/4-10)

6 おわりに

筆者は2014年9月から飯盛義徳研究会、2015年4月から村井純研究会に所属している。双方の視点から掘り下げた研究することを目指してきた。

本研究では、他の地域にも汎用性のある協働・分析手法の提案を行うことを最終的なゴールとしている。総務省の「公衆無線 LAN 環境整備支援事業」により、NTT BP が主体となって全国の公衆無線の整備を行ってきた。しかしログデータの分析結果の購入は地方自治体にとっては高価である。NTT BP に限らず、NTTドコモの「モバイル空間統計」や TRAVEL JAPAN Wi-Fi の「動態分析レポート」などが存在するが、いずれも地方自治体には手が届きにくいものとなっている。

データ提供および協力

- 一般社団法人データクレイドル
<http://d-cradle.or.jp/>
- 倉敷市「KCT フリーWi-Fi 整備事業資料」
- 倉敷芸術科学大学芸術学部メディア映像学科馬場始三教授
- 「AP 設置場所」、「ビーコン設置計画書」、「KCT 様_打ち合わせ資料 20170502」

参考文献

- 國領二郎編『創発経営のプラットフォーム 協働の情報基盤づくり』(日本経済新聞出版社、2011年)
- 「インターネット白書 2016 20年特別記念号」より 中島円「位置情報ビッグデータを支える技術」
<https://iwparchives.jp/files/pdf/iwp2016/iwp2016-ch04-03-p250.pdf>
- 市川尚, 阿部昭博『観光周遊における IT 支援』(人工知能学会、2011年)
- 総務省「ビッグデータの活用に関する関係者ヒアリング等の概要」
http://www.soumu.go.jp/main_content/000167255.pdf
- F. Seco, A. R. Jimenez, C. Prieto, J. Roa and K. Koutsou, "A survey of mathematical methods for indoor localization," 2009 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing, Budapest, 2009, pp. 9-14.
- Rekimoto, Jun, Takashi Miyaki, and Takaaki Ishizawa. "LifeTag: WiFi-based continuous location logging for life pattern analysis." LoCA. Vol. 2007. 2007.

「受動的笑い」による健康改善効果の検討

○本多 栞* (指導教員 渡辺 光博**)

*慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 政策・メディア研究科教授/環境情報学部教授

*t14775sh@sfc.keio.ac.jp, **wmitsu@sfc.keio.ac.jp

キーワード: 笑い、ごきげん、精神疾患、健康長寿、超高齢化社会

1 要旨

昨今、「ごきげん」と健康増進の関連が解明されつつある。遊び道具などで環境エンリッチメント状態にある「ごきげん」マウスでは、脳由来神経栄養因子 (BDNF) の増加を介してエネルギー・脂質代謝遺伝子の発現が変化し、メタボリックシンドロームや精神疾患、ガンに対する効果が報告されている。また、「笑い」がヒトやラットにおける健康を改善するとの研究報告もある。本研究では「ごきげん」を作る環境要因として、受動的な笑いに注目し、「笑い声」(50kHzの鳴き声)を聴かせたマウスの健康状態の変化の検討を目的とした。

はじめに、他マウスの笑い声を聴かせたマウスの発声状況を観察した。その結果、再生した音源に呼応するような波形が確認された。このことから、他マウスの笑い声に対してポジティブな反応をすることが示唆される。

次に食事誘発型老化促進モデル群に他マウスの声を聴かせた際の行動解析 (オープンフィールド試験) を実施した。老化促進モデル群では、通常食マウス群よりも行動量が減少するが、他マウスの笑い声を聴かせた老化促進モデル群では、行動量の減少の抑制傾向が認められた。一方で、マウスの不快な情動と定義される 20kHz の声を聴かせた老化促進モデル群では、行動量減少の抑制はみられなかった。

笑い声を聴いたマウスでは、脳の視床下部における BDNF の発現量増加と、BDNF が調節しているエネルギー・脂質代謝に関わる末梢遺伝子の発現量の亢進傾向がみられた。

今回の結果から、他マウスの「笑い声」を聴くことによって、「ごきげん」状態を誘発し、健康改善が増進される可能性が示唆された。本研究の成果は、重篤な代謝疾患及び精神・神経疾患、ガンなど、自発的に笑うことができない患者に対して使用できる、身体的負担の少ない新しい治療法の開拓のための基礎として意義があると考えられる。

2 研究背景・目的

現在、日本では高齢化が進行し、国家の負担する医療費は右肩上がりに増加している。このことが国家の財政を悪化させ、国債を増大させている

ことは周知の事実であろう。今後、超高齢化社会を迎えるにあたって、国民が簡便に自発的に健康増進をできる取り組みが非常に重要である。

2011年 Science 誌に主観的幸福感が高い「ごきげん」な人は QOL が向上し、寿命が 14% 延長するという総説が掲載された(1)。また、遊び道具などによる環境エンリッチメント状態にある「ごきげん」マウスは、脳内神経栄養因子(BDNF)の増加を介して、エネルギー・脂質代謝遺伝子の発現量が変化し、メタボリックシンドロームや神経・精神疾患・ガンに対する効果が報告される (2,3)など、「ごきげん」による健康促進効果に関心が寄せられている。

筆者は「ごきげん」状態を簡便に誘発する因子として、「笑い」に注目をした。現在、ラットにくすぐり(tickling)刺激を与えることで脳の線条体や視床下部で細胞内シグナル伝達系、血圧調節系、生体リズム、食行動に関連した遺伝子発現が変化する(4)など、「笑い」のヒトやラットにおける健康効果は多数報告されている。

既存の研究において証明されていることは、自発的な笑いの健康作用のごく一部であり、自発的な笑いの健康増進メカニズムや、受動的な笑いに対する健康効果を研究している報告は未だ存在しない。また、代謝の中核臓器である肝臓や末梢組織での代謝調節機構への影響についてもあまり解明されていない。

高齢化社会の進行や人々の食行動の変化など様々な要因によって、今後メタボリックシンドロームや神経・精神疾患・ガンの患者数は増加するだけでなく、症状の重症化も見込まれるであろう。そこで重篤な自発的に笑うことができない患者に対しても使用ができるという点で、「受動的な笑い」の効果も同様に検討していく必要がある。

以上より筆者は、「ごきげん」状態を簡便につくり得る環境的要因として「受動的な笑い」にフォーカスし、笑い声を聴くことによる健康状態への作用を検討した。

3 手法

3.1 マウスの笑い声の準備

マウスの発声は大きく分けて2種類に分類できる(5)。求愛や母子のコミュニケーション、歓喜などマウスの快情動を示す発声は50kHz近辺でおこなわれると定義されている。一方、不快な情動の発声は20kHz近辺でおこなわれているとされている。ラットにおける「笑い」の健康作用研究の第一人者である Jaak Panksepp 氏は50kHz近辺の発声を笑い声と定義した。今回はその定義に則り、実験を進めた。

本試験で使用した笑い声は、ケージを広くし遊び道具を複数設置した、環境エンリッチメント状態のケージにて集団飼育をしたマウスより採集した。

また、マウスが夜行性である点を考慮し、笑い声の録音は夜間に実施した。録音は Avisoft 社の小動物用録音・解析システム SASLab pro を用いて行った。録音したマウスの声は、同社の同機器を使用した。笑い声は、再生した音声と再生した声を聴いたマウスの発した音声の判別の簡便化を図るために、1つの波形を10個プロットしたものを1つの刺激として用いた。

3.2 他個体の笑い声を聴かせたことによるマウスの呼応

はじめに、他マウスの「笑い声」を聴かせたことによる発声の状況を検討した。笑い声の介入は夜間(20:00-8:00)に行い、1回の刺激時間は15秒で、刺激の間隔は1分とした。測定は録音・解析は Avisoft 社の SASLab pro を用いて行った。



図1：録音の様子

3.3 モデルマウスを使用した「笑い声」による行動変化の検討

3.3.1 老化促進モデルマウスに「笑い声」を聴かせた際の行動変化の検討

次に、笑い声を聴かせた際の行動変化を検討する実験を行なった。この試験では老化促進モデルマウスを用いて「笑い声」を聴かせたことによるうつ様行動の変化を検討した。C57BL/6J マウスを高脂肪食で飼育し、食事誘発型老化促進モデルマウスを作成した。実験群は1)通常食群2)老化促進モデル群3)老化促進モデル群に50kHzの笑い声の介入を加えた群4)老化促進モデルに20kHzの笑い声の介入を加えた群の4群で実施した。笑いの介入時間は30分間で1回の刺激時間は15秒で、刺激の間隔は1

分とした。



図2：実験デザイン

行動評価には、マウスの心理状態を図る行動解析のベーシックタイプである、オープンフィールド試験を用いた。オープンフィールド試験はマウスの情動性を定量的に図る試験で、フィールド内の総移動距離や時間内での稼働時間、中心への侵入回数などで情動を評価するものである。テストは介入の前後にそれぞれ5分間行った。解析には Stoelting 社の ANY-maze を用いた。



図3：オープンフィールド

3.3.2 ストレス負荷マウスに他マウスの「笑い声」を聴かせた際の行動変化の検討

この試験では、ストレス負荷モデルマウスを用いて、「笑い声」を聴かせたことによるマウスのストレス抵抗性の変化の検討を行った。実験群は1)通常モデル群2)ストレスモデル群3)ストレスモデルに50kHzの笑い声の介入を加えた群の3群で実施した。

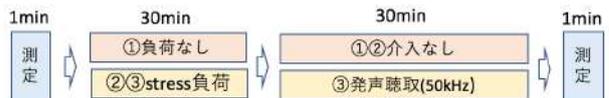


図4：実験デザイン

ストレスの負荷方法は、マウスの尾にテープを貼り、逆さに吊るすことでマウスにストレスを与える宙吊り負荷を30分間行った。笑い声の介入はストレス負荷後の30分間で実施した。1回の介入時間は15秒で、刺激の間隔は1分とした。行動評価には、マウスの物体に対する蹴りはらい応答を指標とする、対物攻撃性テストを用いた(6)。測定はストレス負荷前と笑い声の介入の後に1分間実施した。



図5：対物攻撃性テストの様子

3.4 遺伝子レベルでの変異の検討

行動試験で異なる結果の出た 50kHz の介入をした群と通常群の間に、遺伝子レベルでどのような差があるかを検討した。先行研究で、環境エンリッチメント状態にあるマウスは、脳の視床下部における BDNF の発現量が増大し、その BDNF によって代謝機能改善にまつわる末梢遺伝子が調節され、脂質代謝及びエネルギー代謝が亢進するという報告がされている(2)。本試験では視床下部の BDNF と、熱を作り出して体温の維持を行ったり、食事から取り入れた余分なエネルギーを燃やす働きを持つ褐色脂肪細胞(BAT)におけるエネルギー代謝及び脂質代謝の亢進に関わる複数遺伝子の測定を行った。

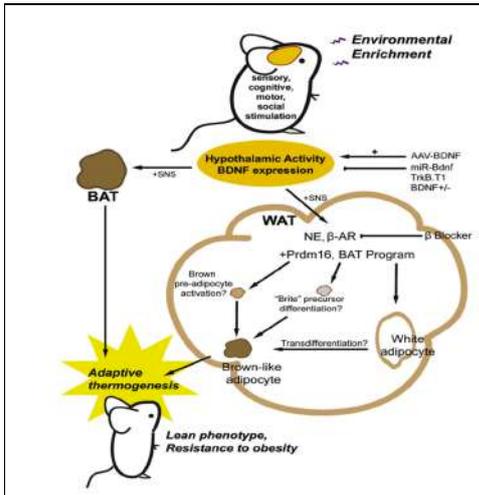


図 6 :

BDNF とエネルギー・脂質代謝系の代謝マップ(2)

4 結果

4.1 他個体の笑い声を聴かせると、ポジティブな反応を示す

笑い声を聴いたマウスは、笑い声を聴いている間と聴き終わった後に、50kHz 近辺の周波数帯域で発声を行なっていることが確認された。したがって、笑い声にポジティブな反応を示していることが示唆された(図 7)。

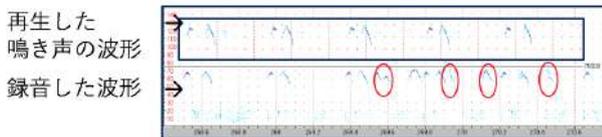


図 7 : 実際に測定した波形

青く四角で囲ってある部分とは異なる赤く丸がついている部分の波形がマウスがポジティブな反応を示した発声である。

4.2 老化促進モデルでは通常食群よりもうつ様行動が現れやすい

オープンフィールド試験で一般的に用いられる評価指標の 1 つである、試験時間中のフィールド内での総移動距離が、通常食群に比べて、老化促

進モデル群において低下傾向にあることが確認された(図 8)。

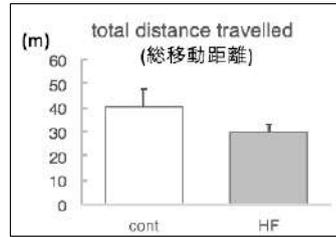


図 8 : 試験時間中のフィールド内での総移動距離
総移動距離が短い方がうつ様行動が高いとされている。上記のグラフより、通常食群(cont)よりも高脂肪食群(HF)の方が総移動距離が短く、うつ様行動が高いことが確認できる。

(mean ± SE)

また、試験時間中のフィールド内での無動時間も通常食群に比べて、老化促進モデル群の方が長いことが確認された(図 9)。

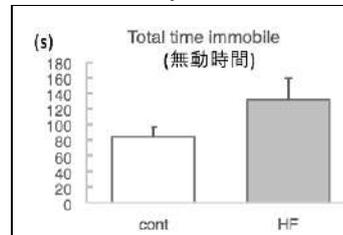


図 9 : 試験時間中のフィールド内での無動時間
無動時間が長い方がうつ様行動が高いとされている。上記のグラフより、通常食群(cont)よりも高脂肪食群(HF)の方が無動時間が長く、うつ様行動が高いことが確認できる。

(mean ± SE)

4.3 老化促進モデルに 50kHz の介入を加えるとうつ様行動が抑制される

老化促進モデルマウスにマウスの快情動である 50kHz の笑い声を聴かせると、総移動距離の低下が抑制されることが確認された。一方で不快な情動である 20kHz を聴かせた群では、何も聴かせなかった群と比較して、総移動距離に変化はみられなかった(図 10)。

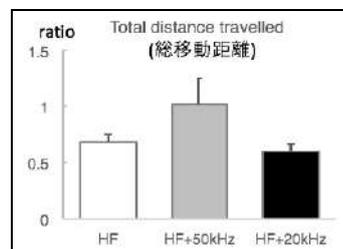


図 10 : 試験時間中のフィールド内での総移動距離
総移動距離が短い方がうつ様行動が高いとされている。上記のグラフより何も聴かせていない群(HF)に比べて、50kHz を介入させた群(HF+50kHz)の方が総移動距離の低下の抑制がみられ、20kHz を介入させた群(HF+20kHz)においては総移動距離に差がないことが確認できる。

(mean ± SE)

試験時間中のフィールド内での無動時間も同様に、50kHz の笑い声を聴かせると無動時間の増加が抑制される。一方、20kHz の声を聴かせると、

無動時間の増加抑制が見受けられず、むしろ増加傾向が認められた(図 11)。

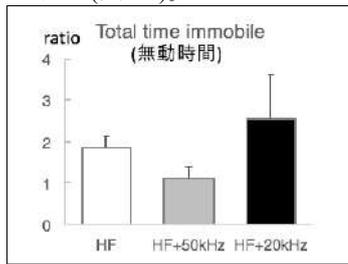


図 11：試験時間中のフィールド内での無動時間無動時間が長い方がうつ様行動が高いとされている。上記のグラフより、50kHz を介入させていない群 (HF) に比べて、50kHz を介入した群(HF+50kHz)の方が無動時間が短いことがわかる。一方、20kHz を介入させた群(HF+20kHz)では無動時間増加の抑制が認められず、増加傾向が確認された。(mean±SE)

4.4 ストレス負荷マウスに 50kHz の介入を加え 50kHz の介入で BAT におけるエネルギー・脂質代謝に関わる末梢遺伝子の発現量が増加する

今回の試験は、ビデオ解析の結果、攻撃性に関する大きな変化は見受けられなかった。一方で、ストレス負荷群において、物体に対する過敏性の変化が認められた。ストレスを負荷することで、物体に対する反応が過敏になるものの、笑い声を介入することでその過敏さが抑制された。このことから「受動的笑い」がストレス抵抗性にも関与する可能性が示唆された。

4.5 50kHz の介入で BAT におけるエネルギー・脂質代謝に関わる末梢遺伝子の発現量が増加する

視床下部における BDNF の mRNA 発現量は、50kHz を聴かせたマウスにおいて、増加傾向にあることが確認された(図 12)。

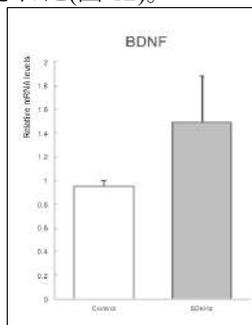


図 12：BDNF 発現量
左が通常飼育群、右が 50kHz 介入群である。(mean±SE)

4.6 50kHz の介入で BAT におけるエネルギー・脂質代謝に関わる末梢遺伝子の発現量が増加する

BAT における遺伝子発現解析を行なったところ、通常群よりも 50kHz を聴かせた群の方が、エ

ネルギー代謝及び脂質代謝に関わる 5 遺伝子の発現増加傾向が見受けられた(図 13)。

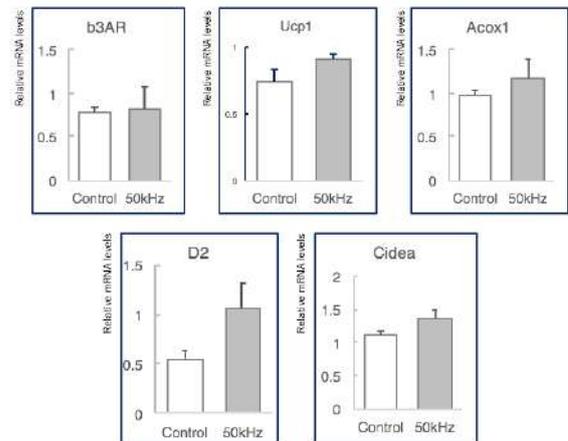


図 13：エネルギー・脂質代謝に関わる 5 遺伝子の mRNA 発現量 (mean±SE)

5 結語

今回の結果から、「笑い声」を聴くことによって、「ごきげん」状態を誘発し、健康状態を改善できる可能性が示唆された。

本研究の成果は、重篤な代謝疾患及び精神・神経疾患、ガンなど、自発的に笑うことができない患者に対して使用できる、身体的負担の少ない新しい非薬物療法の開拓に貢献しうる。

6 参考文献

- (1) Bruno S et al., Science: 542-543, 2011
- (2) Cao L et al., Cell Metab 14:324-338. 2011
- (3) Cao L et al., Cell 142:52-64. 2010
- (4) Hori M et al., Mol Med Rep 2: 157-161, 2009
- (5) Panksepp J et al., Physiol Behav 79: 533-547, 2003
- (6) Kuchiiwa S et al., J Neurosci Methods: 228, 27-34. 2014

末梢の形態特性が 脳・神経系による筋活動制御戦略にもたらす影響

○ 森下愛弓* (指導教員 牛山潤一**)

*慶應義塾大学 総合政策学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*s14864am@sfc.keio.ac.jp, **ushiyama@sfc.keio.ac.jp

キーワード：脳波、筋電図

1 背景・目的

ヒトの身体運動は、脳から送られる運動指令が骨格筋を収縮させ、関節を動かすことによって生成される。一方、運動に関する感覚情報は、筋から求心精神系を介して脳にフィードバックされ、運動の調節が行われている。つまり、ヒトの身体運動は、脳と筋が相互にコミュニケーションをとることによって成立している、ということができる。

脳・神経系による筋活動制御戦略を評価する方法のひとつに、「脳波筋電図コヒーレンス」というものがある (Conway et al, 1995; Mima et al, 2000)。一定の筋力を保持しているとき、運動皮質と収縮筋はβ帯域と呼ばれる 15-30Hz の周波数で同期的に活動することが知られている (図 1)。これまでに、脳波筋電図コヒーレンスの強度が、力発揮の安定性 (Ushiyama et al, 2017) や反応時間 (Matsuya et al, 2013) の規定因子となる可能性が示唆されている。また、虚血 (Pohja et al, 2003) や冷却 (Riddle et al, 2005) によって求心性経路を麻痺させた際に脳波筋電図コヒーレンスが変化することから、脳波筋電図コヒーレンスは、遠心性の運動経路のみの現象ではなく、求心性の感覚経路も関わっていると考えられている。しかし、先行研究では、姿勢や筋の長さといった身体の末梢の形態特性が違うことによって、脳波筋電図コヒーレンスがどう変わるかは報告されていない。

そこで本研究では、末梢の形態特性がもたらす脳・神経系による筋活動制御戦略の差異を評価するという目的で、異なる関節角度条件間で脳波筋電図コヒーレンスを比較した。私自身、10年以上のクラシックバレエの経験があり、練習に取り組んでいた際に、足関節の角度によってバランスの取りやすさや踊りやすさの違いを感じることがあった。末梢の形態変化は、筋固有の力発揮特性を変化させる (力-長さ関係) (Kaufman et al, 1989) ことは知られているが、それだけでなく、運動中の脳-身体システム全体の振る舞いにも影響を与えるのではないかという疑問を持っていたことが、本研究の契機となっている。

2. 方法

2.1 被験者

実験は、一般健康成人 20 名を対象に行った (男性 8 名、女性 12 名)。スポーツ歴や運動経験に関して制限はしていない。ヘルシンキ宣言 (ヒトを対象とする医学研究の倫理的原則) にもとづいて作成された説明書を用いて、本研究に関する十分な説明をしたのち、同意の得られた者のみに協力を得た。なお、本実験のプロトコルは、慶應義塾大学総合政策学部・環境情報学部における実験・調査倫理委員会の承認を得ている (受付番号 87)。実験前後と実験内のインターバルにおいて、被験者の体調確認もおこなった。

2.2 計測方法

被験者の右下肢の、前脛骨筋・ヒラメ筋より表面筋電図を導出した。下肢の支配領域である一次運動野近傍に、頭頂を中心として計 5 チャンネルの電極を貼付して脳波を導出した。

2.3 手順

被験者には、足関節背屈底屈トルク測定機器に座ってもらい、できるだけリラックスした姿勢を取ってもらった。実験課題として、最大発揮張力 (MVC) の 30% の強度での 70 秒間の等尺性収縮を行ってもらった。目標値となる 30%MVC の張力と、被験者自身の発揮張力を視覚的にフィードバックし (図 2)、目標値に合わせて持続的な力発揮をしてもらうように教示した。足関節の角度は背屈 30° (-30°) から底屈 40° (+40°) までの 8 段階の足関節角度において、その都度 MVC を計測し直したのち、30%MVC タスクをおこなった。関節角度の順序はランダムとした。

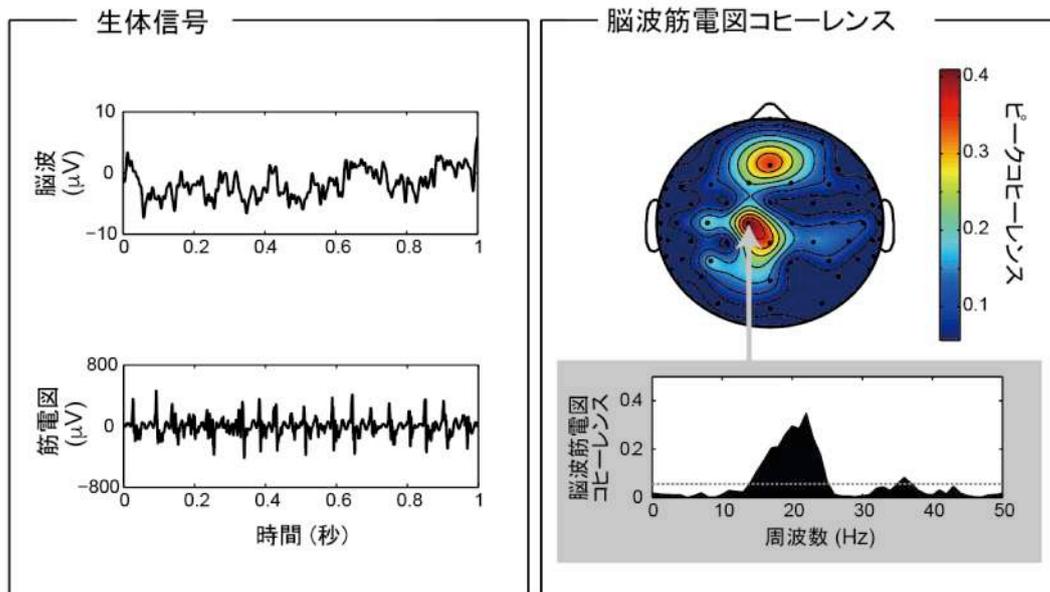
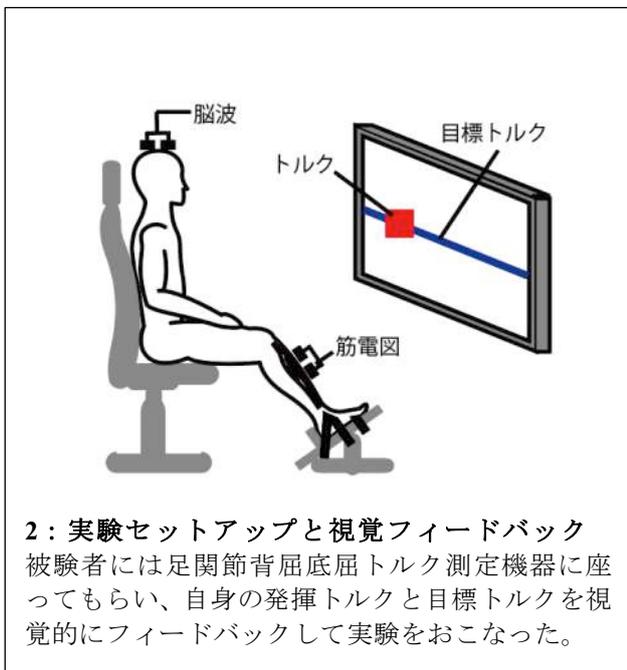


図1 脳波筋電図コヒーレンス

脳波と筋電図の両信号に約 20Hz の律動が見られる。脳波筋電図コヒーレンスのグラフでは 20Hz をピークにβ帯域 (15-30Hz) で同期していることを確認できる。マッピングデータからは、下肢の支配領域がある頭頂近辺での高いコヒーレンスが確認できる。



2: 実験セットアップと視覚フィードバック
被験者には足関節背屈底屈トルク測定機器に座ってもらい、自身の発揮トルクと目標トルクを視覚的にフィードバックして実験をおこなった。

2.4 解析方法

データは、プログラミング言語 MATLAB を用いて作成した自作プログラムによって解析された。脳波と筋電図の同期性を評価するために、コヒーレンス解析をおこなった。コヒーレンス解析とは、脳波と筋電図の 2 つの時系列信号の周波数ごとの同期性を 0 から 1 までの相対値で評価するものである。定量評価指標としてはコヒーレンスの最大値 (CMCmax) とから面積 (CMCarea) を求めた。

3. 結果

3.1 脳波筋電図コヒーレンス

20 名中 10 名の被験者については、 -30° から $+40^{\circ}$ の 8 段階の足関節角度のうち、半分の 4 段階以上の関節角度で有意なコヒーレンスを観察した。しかし、全条件で有意なコヒーレンスを観察できたのは 6 名だけだった。

3.2 関節角度とコヒーレンス強度

有意なコヒーレンスを確認した 10 名の被験者については、各関節角度による個人内差に着目した。すべての被験者において 0° から $+20^{\circ}$ の間でもっとも高い CMCmax、CMCarea を確認することができた。さらに、背屈方向、底屈方向に関節角度を変化させると、コヒーレンス強度が下がるという傾向を確認した (図 3)。

4. 考察

4.1 関節角度と脳波筋電図コヒーレンス強度の関連性

上述のとおり、有意な脳波筋電図コヒーレンスが確認された 10 名の被験者について、 0° から $+20^{\circ}$ の間でもっとも高い CMCmax、CMCarea を確認することができた。このことは、末梢の形態特性の変化が脳と筋のコミュニケーションに影響をもたらしており、極端に底屈もしくは背屈している場合には脳と筋が同期しにくくなることを意味している。コヒーレンスが高いということは、脳と筋が一定のリズムで情報伝達をおこなないながら、効率的に力発揮がおこなわれていると考えられている (Baker et al, 1999; Conway et al, 1995) ことから、極端に底屈もしくは背屈している場合には、力発揮のためのエネルギー効率が悪くなることが示唆される。これまでに、個人によって脳波と筋電図の同期的活動には差異があること (Ushiyama et al, 2011) や、個人内においても筋間で脳波筋電図コヒーレンス強度に差異があること (Ushiyama et al, 2010) については報告されてきたが、同一被験者の同一筋においても、末梢の形態特性によって脳波筋電図コヒーレンスに差が出ることを本研究において示すことができた。今回の成果は、筋の長さが違うだけで、脳と身体をつなぐ神経システム全体の振る舞いが変わることが示されたという点で、大きな意味を持つ。

4.2 コヒーレンス強度と力の出しやすさ

私たちは、姿勢が変わることによって、力の出しやすさの感じ方は変わることを経験的に知っている。これは、感覚を介して筋の情報を脳が知覚しているからである。今回、被験者に実験中に質問したところ、 0° 近辺で最も力を出しやすいと答える人が多かった。このことから、力を出しやすいと感じられる関節角度 (筋の長さ) ほど、脳と筋がシンクロしやすいことがわかった。

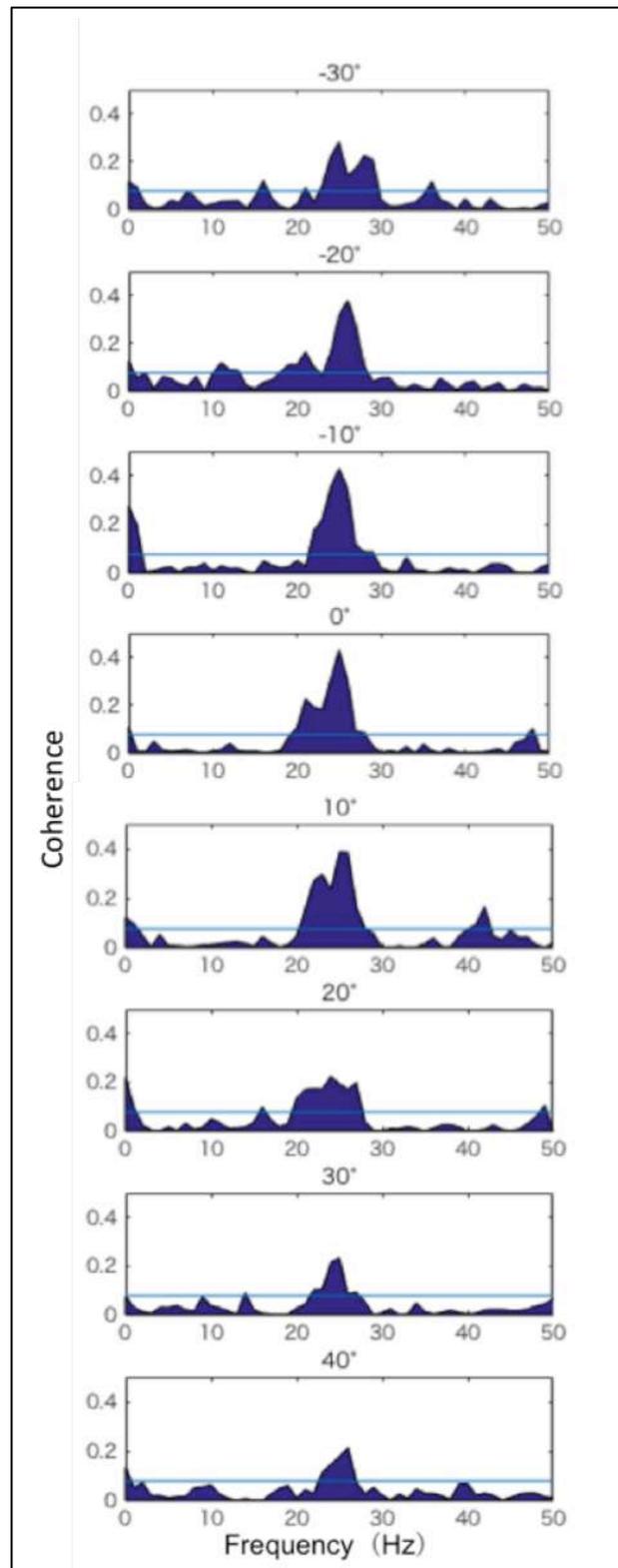


図 3 : 関節角度と脳波筋電図コヒーレンス
実験において得られた 1 例分の脳波と筋電図を
コヒーレンス解析したものを示す。上から順に、
背屈 30° から底屈 40° までの脳波筋電図コヒー
レンスを表している。

4.3 今後の展望

脳波筋電図コヒーレンスがもっとも強くなる 10° 近辺は、計測したMVCを参考にすると足関節背屈時の至適長にあたりと考えられる。至適長とは、ヒトが最大筋力を発揮することができる長さのことであり、筋肉が長すぎても短すぎても大きな力を発揮することはできない。しかし、MVC自体には、筋の形態特性のみならず、被験者自身の力発揮への慣れやモチベーションといった「心理的限界」も介入する。そこで、脳波筋電図コヒーレンスと末梢の力発揮特性との関連性をより詳細に検討するために、現在追実験としてTwitch計測を行っている。

Twitch計測とは、筋の支配神経に電気刺激を入力することで筋を不随意に収縮させるものである。これを評価することで、中枢神経系を切り離れた筋固有の力発揮特性を評価することができる。脳波筋電図コヒーレンスとTwitch計測を組み合わせることで、末梢の形態特性と脳・神経系による筋活動制御則の関連性をみることができると考えている。

4.4 まとめ

本研究では、末梢の形態特性が脳・神経系による筋活動制御則にもたらす影響を検討するという目的で、関節角度を変化させて脳波筋電図コヒーレンス計測をおこなった。その結果、有意なコヒーレンスを確認できた被験者については、筋の長さが極端に長すぎたり短すぎたりすると、脳と筋の同期性が下がり、反対に至適な長さのときは脳と筋の同期性が上がることがわかった。

5 引用文献

- Baker S, Kilner J, Pinches E, Lemon R, The role of synchrony and oscillations in the motor output, *Exp Brain Res*, 128:109–117, 1999.
- Conway B, Halliday D, Farmer S, Shahani U, Maas P, Weir A, Rosenberg J, Synchronization between motor cortex and spinal motoneuronal pool during the performance of a maintained motor task in man, *J Physiol*, 489: 917–924, 1995.
- Matsuya R, Ushiyama J, Ushiba J, Prolonged reaction time during episodes of elevated β -band corticomuscular coupling and associated oscillatory muscle activity, *J Appl Physiol*, 114:896-904, 2013.
- Mima T, Steger J, Schulman A, Gerloff C, Hallett M, Electroencephalographic measurement of motor cortex control of muscle activity in humans, *Clin Neurophysiol*, 111:326-37, 2000.
- Pohja M, Salenius S, Modulation of cortex-muscle oscillatory interaction by ischaemia-induced deafferentation, *Neuroreport*, 14:321-324, 2003.
- Riddle C, Baker S, Manipulation of peripheral neural feedback loops alters human corticomuscular coherence, *J Physiol*, 566:625-639, 2005.
- Kaufman K, An K, Chao E, Incorporation of muscle architecture into the muscle length-tension relationship, *J Biomech*, 22:943-948, 1989.
- Ushiyama J, Suzuki T, Masakado Y, Hase K, Kimura A, Liu M, Ushiba J, Between-subject variance in the magnitude of corticomuscular coherence during tonic isometric contraction of the tibialis anterior muscle in healthy young adults, *J Neurophysiol*, 106:1379-1388, 2011
- Ushiyama J, Takahashi Y, Ushiba J, Muscle dependency of corticomuscular coherence in upper and lower limb muscles and training-related alterations in ballet dancers and weightlifters, *J Appl Physiol*, 109:1086-1095, 2010.
- Ushiyama J, Yamada J, Liu M, Ushiba J, Individual difference in β -band corticomuscular coherence and its relation to force steadiness during isometric voluntary ankle dorsiflexion in healthy humans, *Clin Neurophysiol*, 128:303–311, 2017.

腸内環境データから紐解く食がもたらす健康効果 —米ぬか摂取による大腸炎抑制メカニズムの解明—

○田中一己^{1,3,6#}, Wanping Aw^{3,4}, 鈴木健大⁵, 富田勝²⁻⁴, 福田真嗣^{3,4,6-8} (指導教員 富田勝)

¹慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

²慶應義塾大学 環境情報学部

³慶應義塾大学先端生命科学研究所

⁴慶應義塾大学大学院政策メディア研究科

⁵国立環境研究所生物・生態系環境研究センター

⁶JST・さきがけ

⁷神奈川県立産業技術総合研究所

⁸株式会社メタジェン

#t14532kt@sfc.keio.ac.jp

キーワード：米ぬか，大腸炎，腸内細菌

1 背景

近年、肥満や動脈硬化，2型糖尿病，炎症性腸疾患といった生活習慣病の患者数が先進国で増加傾向にある。日本でも患者数が急増しており，健康維持のために機能性食品などの食事介入による予防法が一般的になってきている [1]。納豆，味噌，抹茶などの伝統的な日本食は健康増進効果があるということで世界中から注目されている [2-4]。ヒトの腸内には 100 兆個以上の腸内細菌が生息しており，それらが様々な代謝を腸内で行うことで宿主と相互作用し，ヒトの健康や疾病発症に大きく関与していることが知られているが，これらの日本食はその腸内細菌を整えるプレバイオティクスやプロバイオティクスという役割が期待できるとされている。伝統的な日本食に含まれる玄米に含まれる米ぬかは大腸炎を抑制する効果があることが報告されている [5-8]。大腸炎は罹患期間が長期に渡ると大腸がんが発症しやすくなることが知られている。大腸がんは臓器別がん死亡者数で上位であり，女性では第 1 位であることから大腸がんの予防にも大腸炎抑制は重要である。しかし，米ぬかが大腸炎を抑制する詳しい分子メカニズムについては未だに明らかにされていない。そこで，本研究では米ぬか摂取による大腸炎抑制メカニズムの解明を目指した。

我々は米ぬか摂取マウス群と非摂取マウス群で大腸炎を誘導し，毎日糞便を採取した。この糞便に対して慶應発の網羅的な代謝物解析装置 CE-TOFMS を用いたメタボローム解析と超並列シーケンサーを用いた 16S メタゲノム解析を合わせて実施することができる。これらのデータのコミュニティ指標値解析によって腸内環境の動態を評価し，ネットワーク解析によって腸内細菌と代謝物との相関関係を評価することで米ぬか摂取による大腸炎抑制メカニズムの解明を目指した。

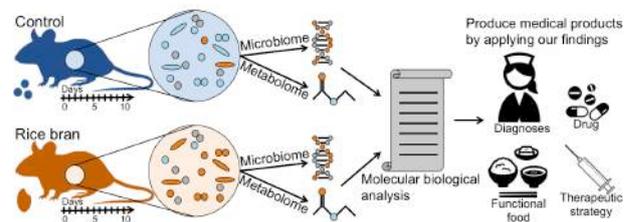


図 1：本研究の実験スキーム

Control マウスには通常食，Rice bran マウスには米ぬかを含有した食事を与えた。大腸炎誘導から 10 日間毎日の腸内細菌の構成と代謝物を解析した。数理解析等を行って大腸炎抑制に関与している細菌種，代謝物とそのメカニズムを特定し，新規医療の提供に繋げたい。

2 手法

2.1 米ぬか摂取大腸炎抑制試験

5 週齢のメス C57BL/6J マウスを 1 週間の順化期間の後，5 つの異なる群（各群で n=5）に割り当てた：Control：実験期間中に AIN-93G 基本食および水道水を 1 週間与えた後，2.0%DSS 水を 10 日間投与して大腸炎を誘導した。5%，10%，20%RB：5%，10%，20%RB を添加した AIN-93G 基本食および水道水を 1 週間与えた後，2.0%デキストラン硫酸ナトリウム水 (DSS) を 10 日間投与して大腸炎を誘導した。実験期間中毎日全てのマウスからの糞便を回収し，16S rRNA 遺伝子解析とメタボローム解析を行った。DSS 投与期間中，体重と大腸炎の重症度を測定した。DSS 投与から 10 日目にマウスを解剖し大腸長を測定した。

2.2 米ぬか分画試験

5 週齢のメス C57BL/6J マウスを 1 週間の順化期間の後，5 つの異なる群（各群で n=7）に割り当てた：Control：実験期間中に AIN-93G 基本食および水道水を 1 週間与えた後，2.0%DSS 水を 10 日間投

与して大腸炎を誘導した。RB：2.1 米ぬか大腸炎抑制試験の20%RBと同様。RBN：別の会社の米ぬかを20%添加したAIN-93G基本食および水道水を1週間与えた後、2.0%DSSを10日間投与して大腸炎を誘導した。RBG：別の会社の米ぬか20%分のガンマオリザノールを添加したAIN-93G基本食および水道水を1週間与えた後、2.0%DSSを10日間投与して大腸炎を誘導した。RBD：別の会社の米ぬか20%分の脱脂米ぬかを添加したAIN-93G基本食および水道水を1週間与えた後、2.0%DSSを10日間投与して大腸炎を誘導した。RBO：別の会社の米ぬか20%分の米ぬか油を添加したAIN-93G基本食および水道水を1週間与えた後、2.0%DSSを10日間投与して大腸炎を誘導した。実験期間中毎日全てのマウスからの糞便を回収し16S rRNA遺伝子解析とメタボローム解析を行った。DSS投与期間中、体重と大腸炎の重症度を測定した。DSS投与から10日目にマウスを解剖し大腸長を測定した。

2.3 データ解析

腸内環境が健常時と大腸炎時のどちらに偏っているか明らかにするためにコミュニティ指標値解析(ω CIV)を行った(式1) [9]。

ネットワーク解析にはピアソンの相関係数を用いた。全ての図はR(version 3.3.1)で描画した。

$$\omega CIV_i = \sum_{j=1}^{n_i} abun_{ji} (E_{ji} - L_{ji}) \quad (1)$$

Abundance-weighted CIV:

サンプル*i*の全OTU(*j*)のControlのday0(*E*)とday10(*L*)の指標値の合計。

3 結果と考察

米ぬか摂取が大腸炎に与える影響について評価するためにDSS誘導性大腸炎マウスモデルを使用して動物試験を実施した。Controlグループでは大腸炎の症状である体重減少、大腸炎重症度の上昇、大腸長の短縮が見られた。しかし、米ぬかを摂取したグループではこれらの症状が有意に改善していた(図1)。

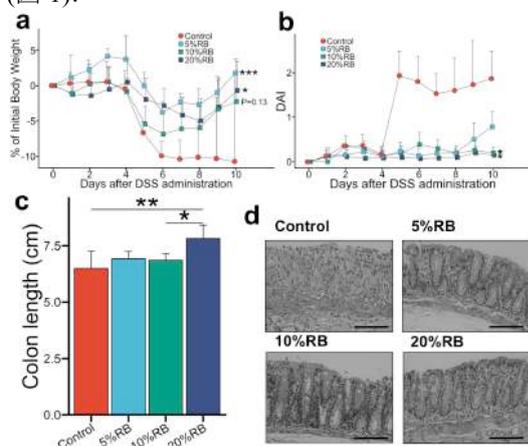


図2：米ぬかは大腸炎を抑制した

米ぬか摂取による体重減少(a)、大腸炎重症度(b)、大腸長(c)と大腸切片(e)に与える効果を示している。バーは100 μ mで、データは平均 \pm SDを示している。Controlと比較して有意差があるものを* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ で示している。

米ぬか摂取による腸内細菌叢の変化を明らかにするために毎日採取した糞便の16S rRNA遺伝子解析を行った。308サンプルから59,662個の細菌種を同定した。Controlと比較して米ぬかを摂取すると数が減少するErysipelotrichaceaeや逆に増加するBifidobacteriaceaeを含む有意に数が変化する腸内細菌20科を明らかにした(図3)。

Erysipelotrichaceaeは先行研究で大腸炎患者に多く存在することが分かっているが、詳しい働きについては未だに明らかになっていない。今後この細菌を単離してゲノム解析などで特徴づけることが重要である。Bifidobacteriaceaeは大腸炎抑制効果があることが知られている。

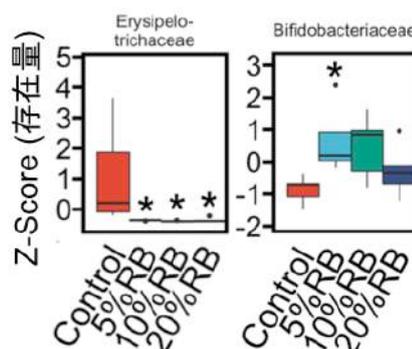


図3：米ぬかは腸内細菌叢を変化させる

DSS投与0日目にControlと比較して有意に存在量が変化した細菌科の一部を示している。グループは左からControl, 5%RB, 10%RB, 20%RBの順番に並んでいる。データは平均 \pm SDを示している。Controlと比較して有意差があるものを* $P < 0.05$ で示している。

米ぬか摂取による腸内の代謝物プロファイルの変化を明らかにするために毎日採取した糞便を用いてメタボローム解析を行った。308サンプルから360種の代謝物を同定した。Controlと比較して米ぬかを摂取すると濃度が増加するAcetateやButyrateを含む有意に変化する代謝物60個を明らかにした(図4)。

Acetateは短鎖脂肪酸の主な成分で、大腸内のpHを下げることで病原菌の増加を抑制している[10]。Butyrateも短鎖脂肪酸の一つで抗炎症活性が知られている[11-14]。

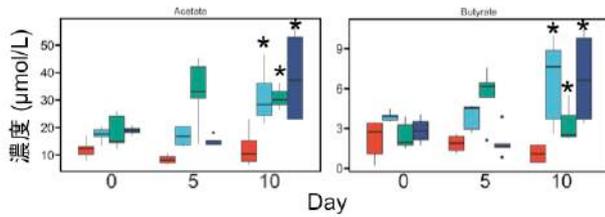


図4：米ぬかは腸内代謝物を大きく変化させる Control と比較して有意に濃度が変化した代謝物の一部を示している。グループは左から Control, 5%RB, 10%RB, 20%RB の順番に並んでいる。データは平均±SD を示している。Control と比較して有意差があるものを* $P < 0.05$ で示している。

米ぬか摂取によって DSS 投与 0 日目から腸内細菌叢が有意に異なることを示したが、予想に反して代謝物プロファイルは 10 日目で有意に異なっていた。我々は腸内環境の動態を明らかにするためにコミュニティ指標解析を行った。腸内細菌では 0 日目から大きく変化していたが、10 日目では各群で差はなかった (図 5a)。一方で代謝物は 0 日目では差がなかったが、10 日目には異なるプロファイルになる傾向が見られた (図 5b)。腸内細菌と代謝物の 0 ~ 10 日目の解析から腸内細菌の変化より代謝物の変化が遅いことが明らかになり (図 5c), DSS 投与初期では腸内細菌が後期では代謝物が大腸炎を抑制しているという 2 段階制御が示唆された。

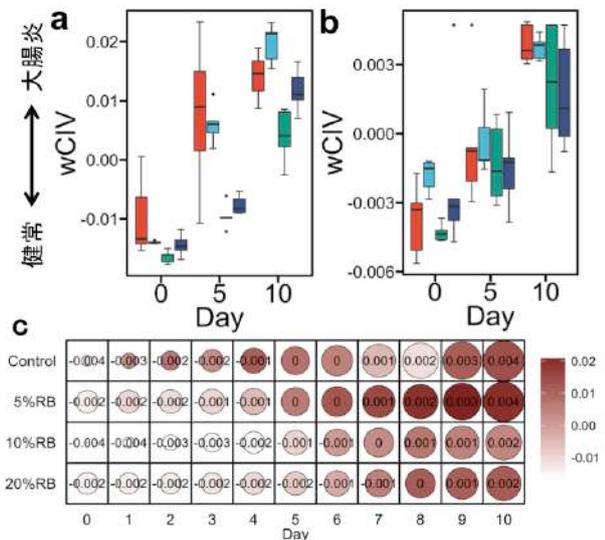


図5：米ぬか摂取による腸内細菌叢とメタボロームの動態 腸内細菌叢 (a)とメタボローム (b)の ω CIV を示している。グループは左から Control, 5%RB, 10%RB, 20%RB の順番に並んでいる。腸内細菌叢 ω CIV (円の色)とメタボローム ω CIV (円のサイズと数値)を統合してヒートマップに示した (c)。データは平均±SD を示している。

米ぬかのどの成分が大腸炎を抑制しているのかわかるようにするために米ぬかの成分を分画して与える動物試験を行った。RB と RBN と RBD では Control と比較して体重減少、大腸炎重症度、大腸長の短縮を抑制した (図 6)。一方で RBG と RBO では大腸炎抑制効果は見られなかった (図 6)。大腸炎抑制因子が含まれていると考えられる脱脂米ぬかには食物繊維などが含まれている。食物繊維は大腸で腸内細菌によって代謝され、大腸炎抑制効果があるとされている短鎖脂肪酸などに代謝される [15,16]。これが米ぬか摂取による大腸炎抑制機構の一つであるかもしれない。

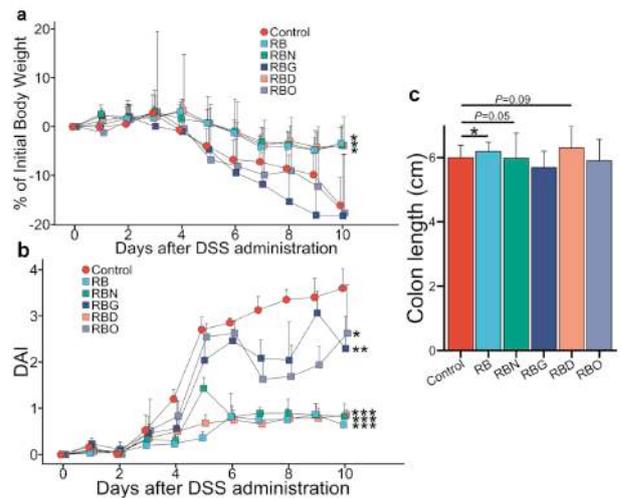


図6：米ぬかの各成分を摂取させた時の大腸炎抑制効果 各米ぬか画分摂取による体重減少 (a)、大腸炎重症度 (b)、大腸長 (c)に与える効果を示している。データは平均±SD を示している。Control と比較して有意差があるものを* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ で示している。

これらの成果は第 39 回日本分子生物学会、第 40 回日本分子生物学会、第 1 回慶應ライフサイエンスシンポジウムでポスター発表、2017 年度日本農芸化学学会で口頭発表した。また、Metabolomics 2017 国際学会でポスター発表した。現在国際雑誌に筆頭著者として投稿するために執筆中である。

4 展望

本研究では我々の経時的な腸内環境解析によって初めて DSS 投与期間中の各腸内細菌と代謝された代謝物の移り変わりを詳しく明らかにした。未だどの成分が米ぬか摂取マウスにおいて大腸炎を抑制しているのかについては明らかにできていないが、我々の手法と知見は米ぬか摂取に関連した腸内環境の理解を深めるのに重要である。

現在大腸炎の治療法としては抗生物質や免疫調整剤、外科的手術が行われているが、これらの治療は副作用が大きく、再発もしやすいことが問題なっ

ている。特に抗生物質による治療は腸内環境を悪化させるため根本治療にならない。米ぬかは普通の食事の一部を変えるだけで大腸炎抑制効果が得られるため、患者に負担の少ない治療になり得る。さらに Benjamini-Hochberg 法を用いた相関ネットワーク解析を行い、20%RB 特有のネットワークを抽出し、大腸炎抑制メカニズムを明らかにしたい。また、米ぬか摂取によって変化した腸内細菌を 1 種ずつ無菌マウスに投与し、同様に大腸炎抑制効果を評価したい。大腸炎抑制効果のある腸内細菌や代謝物を明らかにすることができればカプセルに封入することで科学的根拠に基づいた新たな機能性食品や薬の開発にもつながることが期待される。

謝辞

本研究を行うにあたり、米ぬかサンプルを提供してくださった株式会社ライステックに感謝申し上げます。本研究の一部は山形研究費と山岸学生プロジェクト支援制度のサポートを受けています。

参考文献

1. Kanai T, Matsuoka K, Naganuma M, Hayashi A, Hisamatsu T. Diet, microbiota, and inflammatory bowel disease: Lessons from Japanese foods. *Korean J Intern Med.* 2014;29(4):409–15.
2. Takechi R, Alfonso H, Hiramatsu N, Ishisaka A, Tanaka A, Tan L, et al. Elevated plasma and urinary concentrations of green tea catechins associated with improved plasma lipid profile in healthy Japanese women. *Nutr Res.* 2016;36(3):220–6.
3. Nakata T, Kyoui D, Takahashi H, Kimura B, Kuda T. Inhibitory effects of laminaran and alginate on production of putrefactive compounds from soy protein by intestinal microbiota in vitro and in rats. *Carbohydr Polym.* 2016;143:61–9.
4. Shirosaki M, Koyama T. Laminaria japonica as a food for the prevention of obesity and diabetes. In: *Advances in Food and Nutrition Research.* 2011. p. 199–212.
5. Al-Fayez M, Cai H, Tunstall R, Steward WP, Gescher AJ. Differential modulation of cyclooxygenase-mediated prostaglandin production by the putative cancer chemopreventive flavonoids tricetin, apigenin and quercetin. *Cancer Chemother Pharmacol.* 2006;58(6):816–25.
6. Islam MS, Murata T, Fujisawa M, Nagasaka R, Ushio H, Bari AM, et al. Anti-inflammatory effects of phytosteryl ferulates in colitis induced by dextran sulphate sodium in mice. *Br J Pharmacol.* 2008;154(4):812–24.
7. Komiyama Y, Andoh A, Fujiwara D, Ohmae H, Araki Y, Fujiyama Y, et al. New prebiotics from rice bran ameliorate inflammation in murine colitis models through the modulation of intestinal homeostasis and the mucosal immune system. *Scand J Gastroenterol.* 2011;46(1):40–52.
8. Shafie NH, Esa NM, Ithnin H, Saad N, Pandurangan AK. Pro-apoptotic effect of rice bran Inositol Hexaphosphate (IP6) on HT-29 colorectal cancer cells. *Int J Mol Sci.* 2013;14(12):23545–58.
9. Griffin NW, Ahern PP, Cheng J, Heath AC, Ilkayeva O, Newgard CB, et al. Prior Dietary Practices and Connections to a Human Gut Microbial Metacommunity Alter Responses to Diet Interventions. *Cell Host Microbe.* 2017;21(1):84–96.
10. Ye H, Liu J, Feng P, Zhu W, Mao S. Grain-rich diets altered the colonic fermentation and mucosa-associated bacterial communities and induced mucosal injuries in goats. *Sci Rep.* 2016;6:20329.
11. Louis P, Hold GL, Flint HJ. The gut microbiota, bacterial metabolites and colorectal cancer. *Nat Rev Microbiol.* 2014;12(10):661–72.
12. Ran-Ressler RR, Khailova L, Arganbright KM, Adkins-Rieck CK, Jouni ZE, Koren O, et al. Branched chain fatty acids reduce the incidence of necrotizing enterocolitis and alter gastrointestinal microbial ecology in a neonatal rat model. Baud O, editor. *PLoS One.* 2011;6(12):e29032.
13. Mika A, Stepnowski P, Kaska L, Proczko M, Wisniewski P, Sledzinski M, et al. A comprehensive study of serum odd- and branched-chain fatty acids in patients with excess weight. *Obesity.* 2016;24(8):1669–76.
14. Ji J, Shu D, Zheng M, Wang J, Luo C, Wang Y, et al. Microbial metabolite butyrate facilitates M2 macrophage polarization and function. *Sci Rep.* 2016;6:24838.
15. Furusawa Y, Obata Y, Fukuda S, Endo T a, Nakato G, Takahashi D, et al. Commensal microbe-derived butyrate induces the differentiation of colonic regulatory T cells. *Nature.* 2013;504(7480):446–50.
16. Maslowski KM, Vieira AT, Ng A, Kranich J, Sierro F, Yu D, et al. Regulation of inflammatory responses by gut microbiota and chemoattractant receptor GPR43. *Nature.* 2009;461(7268):1282–6.

ビッグデータより明らかにする ヒト免疫不全ウイルス (HIV) 進化の軌跡

○永田祥平* (指導教員 金井昭夫**)

*慶應義塾大学 環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学 環境情報学部

*t14650sn@sfc.keio.ac.jp, **akio@sfc.keio.ac.jp

キーワード: ヒト免疫不全ウイルス, 生命情報解析, 分子進化

1 概要

RNA ウイルスはインフルエンザウイルスやヒト免疫不全ウイルス(HIV), エボラウイルス, ジカウイルスなどに代表され, 様々な疾病の原因となっている. その一方で, RNA ウイルスは他のウイルスと比較しても突出して高い進化速度と遺伝的な多様性を持つため, そのウイルス進化の全体像を明らかにすることは困難であった. 本研究では, HIV をモデルとし, 数千種に及ぶ大規模なウイルスゲノムのビッグデータ解析により, ウイルス進化の様相を可視的に明らかにし, ウイルス系統が様々なグループ/サブタイプへと分化して行く際に, ウイルス酵素の特定領域を変化させることを解明した. 本成果は, ウイルス進化の基礎理解に貢献するのみならず, 新たな病原性ウイルスが出現した際の進化予測にも繋がると期待される.

※本研究成果は国際科学雑誌 Frontiers in Microbiology 誌に採択されたものである (1).

2 研究背景

RNA ウイルスは RNA を遺伝情報として持つウイルスであり, その進化速度の速さと遺伝的多様性を持つため, 生命の分子進化を研究する上で非常に良いモデルとなっている. また, 近年 RNA ウイルスの一種であるエボラウイルスやジカウイルスのようなエマージングウイルスがパンデミックを引き起こしており, RNA ウイルスの進化を研究することはこれら新興病原性ウイルスへ対抗する上でも極めて重要である. 1型ヒト免疫不全ウイルス (HIV-1) も RNA ウイルスの一種であり, これまでに大量のゲノム配列データが収集されていることから環境に対して急速に適応する系として進化研究に良く利用されてきた.

HIV-1 は後天性免疫不全症候群 (AIDS) の原因ウイルスであり, 主にヒトの免疫細胞に感染する. HIV-1 は一本鎖 RNA ゲノムを持ち, 標的細胞へ侵入後, ウイルス粒子内に保持していた逆転写酵素 (Reverse transcriptase; RT) によって自身の RNA ゲノムをもとに二本鎖 DNA を合成し, それを宿主 DNA に挿入することでその後は宿主の複製機構を利用して増殖する.

HIV-1 は 20 世紀初頭にチンパンジーからヒトに種

間感染して発生したと考えられ (2), その後 20 世紀後半より世界的に感染が拡大している. 世界で主に流行しているこの系統は Group M と呼ばれ, さらに細かな系統関係の違いにより A, B, C, D, F, G, H, J, K の 9 種類のサブタイプに分類されている. HIV-1 の多様性が生まれた要因として, 逆転写酵素が高いエラー率を持つこと (3), レトロウイルスが持つ遺伝子組み換え機構の存在 (4) が考えられている. 同一サブタイプ間や異なるサブタイプ間での組み換えが頻繁に発生し, これらが HIV-1 の多様化において重要な役割を果たしている (5).

また, HIV-1 のサブタイプによって病気の進行率や感染率に違いがあることが確認されており, これらによってサブタイプ間での流行率の違いが生まれていると考えられている. 実験的にサブタイプ間でウイルス複製時における逆転写酵素の活性に違いがあること (6, 7) などが報告されている一方で, タンパク質配列全長を対象に, どのような機能を持つ領域がサブタイプの分化と対応して変化しているかは明らかにされていない.

サブタイプは主にコア遺伝子 (*gag*, *pol*, *env*) の系統樹を構築してその系統関係を見ることにより分類されてきた (8). 系統樹として表すことで各々の配列の系統関係を二分枝のモデルとして把握することができ一方, HIV-1 で頻繁に発生するような組換え体を含む配列では適切な系統樹を構築するには限界があった (9, 10). そこで我々は, 新たなアプローチとして配列類似性に基づいて重み付け無向グラフ (配列類似性ネットワーク) を構築して描画することで, HIV-1 上の様々な領域を対象にその配列空間を可視化してサブタイプ間の位置関係の俯瞰を試みた.

本研究では, 数千に及ぶ HIV-1 Group M の配列を対象に配列類似性ネットワークを用いてどのような機能や意味を持つ領域がサブタイプを特徴付けるかを明らかにした. 我々はグループ/サブタイプの分類に利用され (11), HIV-1 サブタイプごとの複製能や病気進行上の違いと関連していることが報告されている (12) Pol タンパク質配列 (逆転写酵素を含む) をモデルとして利用し, 配列類似性ネットワークの描写によりサブタイプ間の類似度関係を観察した. その後タンパク質上の機能性ドメイン領域を抽出し

てネットワーク構造を比較することによりサブタイプを特徴付ける領域を明らかにした。さらに数値的手法を組み合わせるにより、その違いと表す部位をアミノ酸レベルで特定した。我々はこの結果をもとに、ウイルスの流行が世界中へ拡大して行く過程で、ゲノム上のどのような領域を変化させ、またこれから変化させ得るのかについて議論した。

3 研究内容

3.1 Pol タンパク質を対象にした配列類似性ネットワーク構築による配列空間の可視化

我々はまず、HIV-1各サブタイプ間の配列類似関係を可視化して俯瞰するために、配列の類似性に基づいた無向重み付きグラフ (配列類似性ネットワーク)を構築した (図1)。配列類似性ネットワークは配列間の類似性をグラフ構造で表したものであり、各配列を点 (ノード)で示し、配列間の類似度を点と点を結ぶ線 (エッジ)の長さで表している。ノード間の距離が小さいほどその配列間の類似度が大きいことを意味している。ここで、HIV-1 Subtype A, B, Cはサブタイプ間の類似度が比較的同程度であることが知られており、データベース上の配列登録数が他のサブタイプと比較して多く、解析に十分な数が揃えられると判断し、Subtype A, B, Cの3つのサブタイプ (Subtype A: 144配列, Subtype B: 1,528配列, Subtype C: 330配列, 計2,052配列)を本解析に使用した。

Polタンパク質全長配列を用いて構築したネットワークに対して、配列の類似性に基づいてグループ化を行っていった際に、どのような属性 (配列のサンプリングされた年代, 地域など)が配列群の違いを生み出すのかを明らかにするために、段階的に分割数を変更する形でクラスタリングを行った。分割数を2とした場合、まずSubtype Bと、Subtype A・Cがそれぞれ1つのクラスターを形成した。これはサブタイプが分化したとされる順番と一致している (13)。分割数をサブタイプ数と同数である3と指定してクラスタリングを行った結果では、クラスタリングによるクラスターとウイルスのサブタイプが高い一致率 (99.4%)となったため、本クラスタリング手法はサブタイプを分類するのに適切な手法であると考えた。さらに分割数を上げていき、分割数4とした際は、Subtype Aにあたる配列群がさらにCluster 3とCluster 4へと分割され、それぞれサブタイプのより細かな分類であるSub-subtypeのA1とA2の配列であった。5分割とした際は、Subtype Aにあたる領域が、主にアフリカ由来配列からなるCluster 3と、主にアジアとヨーロッパ由来の配列からなるCluster 4に分

割され、ウイルス配列がサンプリングされた地域の違いによってサブタイプがより詳細に分割された (図1)。

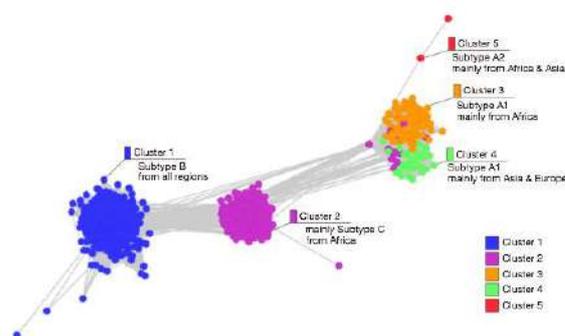


図1. HIV-1 Polタンパク質を対象とした配列類似性ネットワーク図

ノードは各 Pol 配列を表し、エッジの長さは配列間の類似度と対応している。ノードの着色は各クラスターを示している。

3.2 タンパク質上の機能領域レベルでの HIV-1 サブタイプ分化と対応する領域の解明

HIV-1 Polタンパク質上のどのような領域がサブタイプの分化と対応しているか明らかにするため、Polタンパク質上の機能ドメイン領域を抽出し、ドメイン領域ごとの配列類似性ネットワークを構築し、その配列空間を俯瞰した (図2)。ドメインごとのネットワーク構造を比較すると、まず、RT (RNA-dependent DNA polymerase)領域 (図2B-b)とIntegrase DNA binding domain (図2B-h)は配列の保存性が高く、3つのサブタイプの配列が混在していた。また、RT thumb domain (図2B-c), Integrase Zinc binding domain (図2B-f), Integrase core domain (図2B-g)の3領域は、Subtype BとA・C間には分離しているものの、Subtype AとCの配列が混在していたため、サブタイプの区別には適さないと判断した。その一方で、3つのサブタイプの配列が比較的分離して存在していた領域として、Retroviral aspartyl protease 領域 (図2B-a), RT connection domain (図2B-d), RNase H領域 (図2B-e)の3つが挙げられた。ただ、Retroviral aspartyl protease 領域は、3つのサブタイプが比較的分離しているものの、この2領域と比較してノードが分散化していたため、我々はRT connection domainとRNase H領域の2領域を、サブタイプの違いを表している領域と考えた。

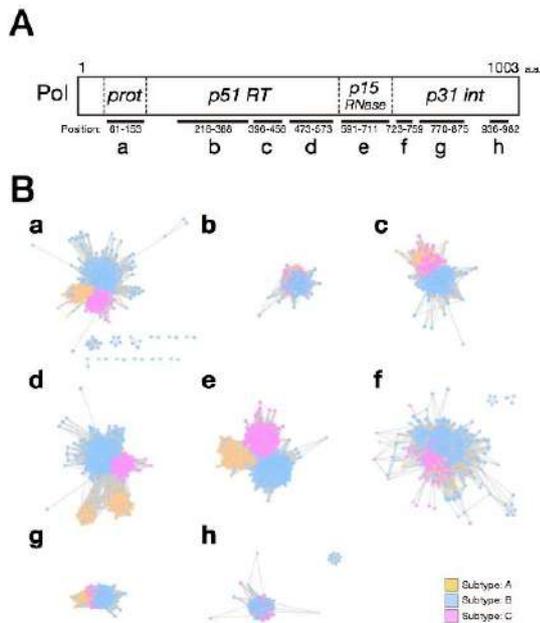


図 2. Pol タンパク質機能ドメイン領域ごとの配列類似性ネットワークの比較

(A) Pol タンパク質の機能ドメイン領域の位置と配列長を示している。(a, Retroviral aspartyl protease; b, RT (RNA-dependent DNA polymerase); c, RT thumb domain; d, RT connection domain; e, RNase H; f, Integrase Zinc binding domain; g, Integrase core domain; h, Integrase DNA binding domain). (B) 各機能ドメイン領域を対象とした配列類似性ネットワーク図. a-h はパネル A と対応している. ノードの着色は HIV-1 サブタイプごとに行っている.

さらに、サブタイプの違いを特徴付けているのが配列上のどのドメインなのか定量的に特定するため、アライメント後のサイトごとに累積相対エントロピー (CRE) を算出した (14). CRE 値は、アライメントサイトごとに算出され、サブタイプ内のアミノ酸分布を他のサブタイプとのアミノ酸分布と比較した際、その違いが大きい際に大きな値をとる指標である。まず、Pol タンパク質上のドメイン領域ごとに CRE 値の算術平均を算出して比較したところ、領域ごとの CRE 値平均が最も高い領域は RT connection domain で、次いで RNase H 領域となった。これは上記図 2B でのネットワーク構造をもとにした解析結果を支持するものである。RT connection domain については他の領域と比較して有意に CRE 値の平均値が高かった。また、Retroviral aspartyl protease についても、3 番目に CRE 値平均が高かった。

3.3 サブタイプ分化に重要なアミノ酸残基の特定とタンパク質立体構造上へのマッピング

3 つのサブタイプを区別することに呼応していた上位 2 つのドメイン上で、どのアミノ酸残基の変化がこれと対応していたのかを明らかにするため、RT connection domain と RNase H 領域の両領域について、

サイトごとに CRE 値を計算し、その Z-scores が 3.0 以上になった箇所についてその詳細を分析した。CRE の Z-scores が 3.0 以上となったサイトは、RT connection domain 上の 357 番残基の 1 箇所、RNase H 領域上に 480, 483, 491 番残基の 3 箇所あり、RNase H 領域上で 3 つのサイトは近接していた。両ドメイン領域の配列の保存性をみると、保存性が低い領域はドメイン上の全体に分布していたが、それら領域は必ずしも CRE 値が高くなかった。すなわち、配列保存性の低さはサブタイプ間での違いを生み出すわけではなかった。

このようなサブタイプを特徴付けている領域が逆転写酵素の構造上でどのように位置しているのか分析するため、上記 2 つのドメイン領域と高 CRE サイトについて逆転写酵素の三次元立体構造上へのマッピングを行った (図 3)。逆転写酵素はヘテロ二量体であり、RNase H 領域を持つ p66 と、持たない p51 から構成される。高 CRE サイトであった Reverse transcriptase connection domain 上の p66 側の M357 と、RNase H 領域上の Q480, Y483, L491 は物理的に近接していた (図 3A)。また、分子表面構造をみると、これらアミノ酸残基は逆転写酵素上の表面に位置していることが明らかとなった (図 3B)。

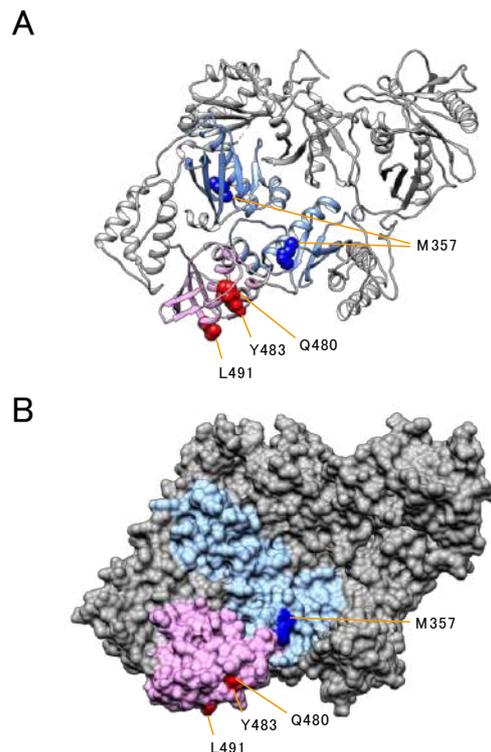


図 3. サブタイプ分化と対応しているアミノ酸残基の逆転写酵素上へのマッピング

HIV-1 逆転写酵素 (p66/p51 ヘテロ二量体) の立体構造をリボンダイアグラム (A) と分子表面を表したモデル (B) で表した。サブタイプの違いを特徴付ける領域である RT connection domain と RNase H domain はそれぞれ水色と桃色に着色されており、高 CRE 残基は、どちらのドメイン上に位置しているかによって青と赤に分けて着色されている。立体構造の PDB ID: 1REV.

4 結論と展望

我々はデータベース上に登録されている多量のウイルス配列を元に、配列の類似度に基づいたネットワークを構築することでウイルスの分子進化を可視化して俯瞰することに成功した。さらにウイルス配列上の機能領域ごとにネットワークを構築することで、逆転写酵素連結ドメインと核酸を分解する活性を持つRNase H ドメインがウイルスのサブタイプ分化と対応していることを明らかにした。アミノ酸残基レベルでの同定を行った結果より、ウイルスがサブタイプを分化させる際には、酵素活性の中心ではないがその近傍を変化させ、活性を絶妙に調整することで宿主免疫や抗ウイルス薬から逃れているのではないかと考えられた。

HIV やインフルエンザウイルスに代表されるような RNA ウイルスは、他のウイルスと比較して進化速度が大きいことから、エボラウイルスやジカウイルスのように突如として大流行を引き起こすようなウイルス種が現れる。本研究では既にゲノム配列データが多量に取られている HIV-1 をモデルとすることでこれら RNA ウイルスが流行を拡大させていく中で配列上のどのような領域を変化させるのか明らかにした。本研究成果は、HIV の分子進化をより深く理解するためのみならず、今後新たに新興病原性ウイルスが現れた際に、そのウイルスがどのように変化し進化していくのかの予測に繋がる。ひいてはそれら新興ウイルスへの予防及び治療薬の開発にも大きく貢献する可能性が期待される。

5 参考文献

1. Nagata S, Imai J, Makino G, Tomita M, Kanai A. Evolutionary analysis of HIV-1 Pol proteins reveals representative residues for viral subtype differentiation. *Front Microbiol. Frontiers*; 2017;8:2151. In press.
2. Gao F, Bailes E, Robertson DL, Chen Y, Rodenburg CM, Michael SF, et al. Origin of HIV-1 in the chimpanzee *Pan troglodytes troglodytes*. *Nature*. 1999 Feb 4;397(6718):436–41.
3. Preston BD, Poiesz BJ, Loeb LA. Fidelity of HIV-1 reverse transcriptase. *Science*. 1988 Nov 25;242(4882):1168–71.
4. Hu WS, Temin HM. Retroviral recombination and reverse transcription. *Science. American Association for the Advancement of Science*; 1990 Nov 30;250(4985):1227–33.
5. Rambaut A, Posada D, Crandall KA, Holmes EC. The causes and consequences of HIV evolution. *Nat Rev Genet*. 2004 Jan;5(1):52–61.
6. Armstrong KL, Lee T-H, Essex M. Replicative Capacity Differences of Thymidine Analog Resistance Mutations in Subtype B and C Human Immunodeficiency Virus Type 1. *J Virol*. 2009;83(9):4051–9.
7. Iordanskiy S, Waltke M, Feng Y, Wood C. Subtype-associated differences in HIV-1 reverse transcription affect the viral replication. *Retrovirology*. 2010;7(1):85.
8. Robertson DL, Anderson JP, Bradac J a, Carr JK, Foley B, Funkhouser RK, et al. HIV-1 Nomenclature Proposal. *Science*. 2000 Apr 7;288(5463):55–6.
9. Posada D, Crandall AK, Crandall KA. The effect of recombination on the accuracy of phylogeny estimation. *J Mol Evol*. 2002;54(3):396–402.
10. Arenas M, Posada D. The effect of recombination on the reconstruction of ancestral sequences. *Genetics*.

- 2010;184(4):1133–9.
11. Hué S, Clewley JP, Cane P a, Pillay D. HIV-1 pol gene variation is sufficient for reconstruction of transmissions in the era of antiretroviral therapy. *AIDS*. 2004;18(5):719–28.
12. Ng OT, Laeyendecker O, Redd AD, Munshaw S, Grabowski MK, Paquet AC, et al. HIV Type 1 Polymerase Gene Polymorphisms Are Associated With Phenotypic Differences in Replication Capacity and Disease Progression. *J Infect Dis*. 2013;209:66–73.
13. Castro-Nallar E, Pérez-Losada M, Burton GF, Crandall K a. The evolution of HIV: inferences using phylogenetics. *Mol Phylogenet Evol. Elsevier Inc.*; 2012 Feb;62(2):777–92.
14. Hannehalli SS, Russell RB. Analysis and prediction of functional sub-types from protein sequence alignments. *J Mol Biol*. 2000;303:61–76.

哺乳動物における全細胞系譜の丸ごと追跡技術

増山七海* (指導教員 内藤泰宏**)

*慶應義塾大学環境情報学部 4年 (2018年3月卒業予定)

**慶應義塾大学環境情報学部

*t14798nm@sfc.keio.ac.jp, **ynaito@sfc.keio.ac.jp

キーワード: 合成生物学 ゲノム編集 DNA バーコード

研究背景

哺乳動物の発生は、受精卵から始まり時間発展とともに複雑な組織や個体を形成するが、現代生命科学において、不均質な細胞集団の分化過程とその系譜の全容は依然として不明瞭である。しかしながら、生物の発生や分化はあらゆる生物学において非常に基礎的な事象であり、その過程を明らかにすることは生命科学における様々な研究の礎となる。本研究では人為的に導入されたゲノム上の配列 (DNA バーコード) に時間発展とともに変異を蓄積することで哺乳動物の全細胞系譜を追跡する技術を開発し、哺乳動物の全身および各組織についての発生時およびその恒常性を維持する際の細胞系譜を一斉かつ高解像度に捉えることを目的とする (図 1a)。

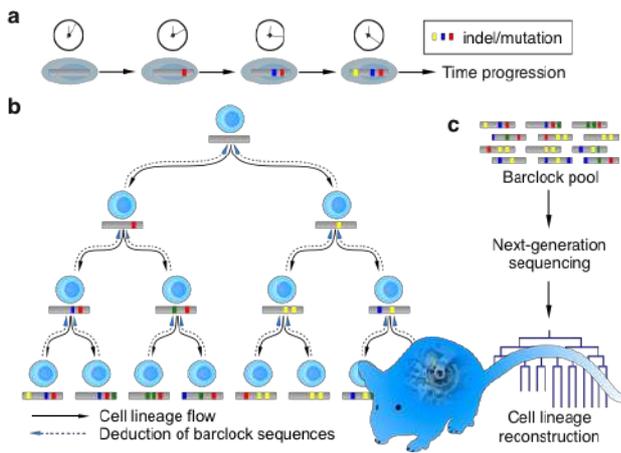


図 1 DNA バーコードとゲノム編集を用いた細胞系譜追跡。a) DNA バーコードによる細胞系譜追跡の概要図。b) DNA バーコードにランダムな変異が蓄積され、細胞分裂とともに娘細胞に受け継がれる。c) 娘細胞の DNA バーコードの変異パターンを超並列シーケンシングで解析することによって細胞系譜が再構築される。

研究の概要

DNA バーコード配列は染色体上に人為的に導入されるターゲット配列である。ゲノム編集技術を用いると DNA バーコード配列にランダムな変異を引き起こすことができる。ゲノム編集技術によって時間発展とともに DNA バーコード配列にランダムな変異を導入すると、この変異は細胞分裂と共に娘細胞に受け継がれ、次世代の各娘細胞にも同様の原理で変異が導入され続ける。細胞分裂とともに変異が蓄積された DNA バーコード配列を任意の時間経過後に超並列 DNA シーケンシングによって解析すると、それ

ぞれの変異パターンから細胞系譜を演繹的に再構築できる (図 1b)。本研究では哺乳動物の個体全体や各組織の発生や分化における細胞系譜の解明を可能にすることを目的としており、これによって哺乳動物の全ライフコースにおける細胞系譜を大規模に追跡できる技術基盤の構築を目指している。これまでの研究において我々は、off-target を最小限にするような配列を持つ gRNA ターゲットユニットを 12 種類生成した。また 12 種類の DNA バーコード配列を編集する gRNA 発現ユニットを階層的クローニングすることによって、12 個の U6 プロモーターと 12 種類の gRNA コード領域が集積されたベクターを作成した (図 2)。HEK293 細胞に対して、gRNA が集積されたベクターを用いたゲノム編集を行ったところ、ゲノム DNA 上のターゲットとしている DNA バーコード配列に変異が認められた。これらの結果により我々はゲノム編集技術によって DNA バーコード配列に変異を蓄積するシステムが動物細胞において作動することを示した (図 3)。

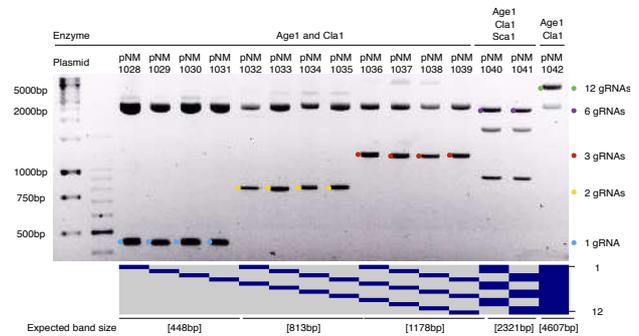


図 2 タンデム gRNA 発現ユニットの集積。

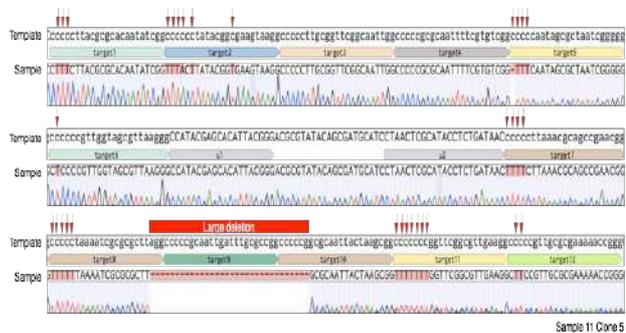


図 3 ゲノム編集技術によって編集されたクローンの DNA バーコード配列。Template 配列は元の DNA バーコード配列を示し、Sample 配列はゲノム編集後の配列を示している。