

## 滋賀県の自然環境・歴史環境を総合したジオパーク設置の構想と展開

### 1. プロジェクトメンバー

藤岡達也	教育学研究科・教授
堀 道雄	守山市立河西小学校・教諭
桑原康一	栗東市立治田東小学校・教諭
手島剛也	草津市立高穂中学校・教諭
秀熊宏弥	長浜市立西中学校・教諭

### 2. 研究の目的と計画

滋賀県では様々な自然環境と歴史景観が見られ、隣接する京都との関係もあり、観光客も決して少なくない。令和2年度はNHK大河ドラマ「麒麟がくる」において、滋賀県の観光による地域振興の機会となることが大いに期待された。特に、全国的に見ると琵琶湖以外、意外と知られていない興味深い自然景観と歴史の連動は県内外の人にとっても大きな興味・関心が考えられる。

しかし、県内においても滋賀県の地質・地形・気象などいわゆる地学的な自然の魅力や歴史や文化、伝統などと結び付けた研究は多いとは言えない。一方で、全国で展開されているジオパークでは、地域の中で地学的な視点が中心となっており、ジオパークに対して多くの人が興味を高めている状況から滋賀県においても可能性を期待したい。ただ、滋賀県や京都府・大阪府など近畿地方では、歴史的文化遺産が豊富なためか、既に国定公園などが認知されているためか、集客力としての条件の良さから、ジオパークが設置されていない。そこで、本研究では琵琶湖及びその周辺環境を中心とした滋賀県の自然景観・歴史景観を結び付けたジオサイトを構想し、地域環境教育資源としてのジオパーク教材の開発と活用を行う。

ただ、今年度は新型コロナウイルス感染症の影響もあり、当初の予定を変更せざるを得ないところも生じたことを断っておく。

### 3. 今年度の状況報告

#### (1) 自然景観・歴史景観の活用に向けて

ここでは、県内における全国に発信可能な自然景観と歴史景観の融合地域の確定とその教材化に向けての視点を検討する。

まず、自然災害につながる自然景観が歴史景観に影響を与えた観点として、花折断層と花折街道（鯖街道）の形成と活用を取り上げた。琵琶湖の西岸の断層帯は、歴史的な

大きな地震によって繰り返し、被害が生じただけでなく、現在でも、地質条件から地すべり・崖崩れ、落石・転石などによって、様々な悪影響が生じている。

次に、地形・地質・岩石などの恩恵として、滋賀県の城下町、石垣等の石材を取り上げた。県内には歴史的に価値の高い寺社や城郭が見られる。それらの建造物には、滋賀県の地質・岩石が利用されているものも多い。

以上、本稿では、これらの二面性を中心に今年度の調査結果を整理する。

#### (2) 自然景観・歴史景観から探る自然の二面性

##### I 自然災害の教材化

滋賀県には、今後も動く可能性のある活断層が存在する。その中でも、活断層帯に立地する「大津市立葛川少年自然の家」及びそのハイキングコースを取り上げた。

葛川少年自然の家及びその周辺の地質・地形などの自然条件を概略する。まず、自然の家が立地する安曇川流域地域は、「花折断層」沿いにある。花折断層は福井県三方五湖周辺から、京都盆地南東部に至る活断層帯として連続しており、三方断層帯と区分されることがある。そのため、歴史上、この地域の地震は数多く記録されている。逆に、この花折断層は花折街道として、活用されてきた。特に日本海の鯖を最短距離で京都まで運搬することが可能なため、「鯖街道」と呼ばれることもあった。

また、この安曇川流域には中世から多くの集落が記録されている。現在でも葛川少年の家の近辺は、まさにそのような自然環境を活用して発展してきた集落と言える。ただ、そのため、何度となく活断層の動きに伴う地震の被害も生じている。その典型的な例として、江戸時代前期の寛文2年5月1日（1662年6月16日）に近畿地方北部を中心に発生した大地震、「寛文近江・若狭地震」が挙げられる。本地震は近江国や若狭国において地震動が特に強く甚大な被害が発生したが、震源域に近く、当時約41万人の人口を有し依然として国内第二の大都市があった京都盆地北部においても被害が多発した。しかし、建物の倒壊等の記録など、近江や若狭の被害が京都の被害よりも大きいことから、震源は当時の近江北部が考えられている。

地震名として、注目されやすい京都の被害状況から「寛文京都地震」、従来、震源域が琵琶湖西岸付近であるとする考えがあったことから、「琵琶湖西岸地震」と呼ばれることもある（ただ、琵琶湖西岸断層は1185年の文治地震

で活動したと推定されており、本地震は花折断層帯で活動したと推測されている。(この地震の地域に与えた影響については、「内閣府「災害教訓の継承に関する専門調査会報告書 1662 寛文近江・若狭地震 第2章 葛川谷での被害」平成17年3月)に整理されている)。

安曇川上流の朽木谷では、「町居崩れ」とよばれる大規模崩壊が発生し、崩壊土砂の直撃により死者約560人の記録が残されている。また、河道閉塞(天然ダム)が形成され、堰止めと決壊による被害が生じた。「葛川少年自然の家」は、この周辺地域に立地し、坊村についても記載されている。

当地域の地質を国土地理院、2001、地質図幅5万分の1「北小松」から探る。当地域は、中生代の丹波帯の付加コンプレックスからなり、層状チャートや黒色泥岩層、泥岩砂岩互層を主とする堆積岩からなる。これらの岩石は億年単位で形成されており、もともとは南の海からプレートの動きによって日本列島に運搬され、付加したものである。

つまり、落石した岩石もこの時代の堆積岩と考えられるが、東の比良山系側(琵琶湖側)の花こう岩と違い、真砂化して転石しやすい状況とは異なり、強度を保ったままの原岩が直撃したと懸念される。

また、先述の花折断層と並行して複数の活断層が存在しており、これらの横ずれ断層、逆断層の性質から次に述べるような節理が形成され、破碎されやすい状況にあった。

周辺の岩石は中生代に形成された丹波帯に属するチャートや泥岩などの固結した硬い岩石である。岩石の露頭は断層の存在とも関連して、岩体に亀裂等が入りやすい。一般に、堆積岩の節理は板状節理が多く、大部分は地殻変動によって生じる。花折断層はじめ、多数の断層が存在する本地域では、変動の際の圧縮、剪断、引張りが働いていたことが想像される。これらの力が岩石の抵抗の限界をこえたとき、最大主応力の方向に関して特定の配置をもつ節理ができ、ここから露頭の岩石は破碎され、落石・転石となることが容易に考えられる。特に周囲は先述のように活断層の影響を受け、急斜面が多い。多くの転石・落石した岩石がハイキングコースに見られる。

このような状況の中で形成された集落がもとになっているため、この安曇川流域一帯は天津市の土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域(急傾斜地の崩壊)に指定されてきた。土砂災害警戒区域および土砂災害特別警戒区域とは、土砂災害防止法に基づいて指定される、土砂災害のおそれのある区域である。『土砂災害防止法』とは、土砂災害から国民の生命を守るため、土砂災害のおそれのある

区域についての危険の周知、警戒避難体制の整備、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅の移転促進等のソフト対策を推進しようとするものである。つまり、山下側の地域が区域に指定されていることは、その山上側はより発生の可能性が高いことは述べるまでもない。当然ながら災害は、住宅地等人的被害を伴うものを示し、人間に影響を及ぼさない場合は、単なる自然現象に過ぎない。

土砂災害につながる可能性のある自然現象には主に「地すべり」、「土石流」、「崖崩れ(斜面崩壊)」がある。滋賀県はじめハザードマップ、防災マップ等はこちららを念頭において作成されている。

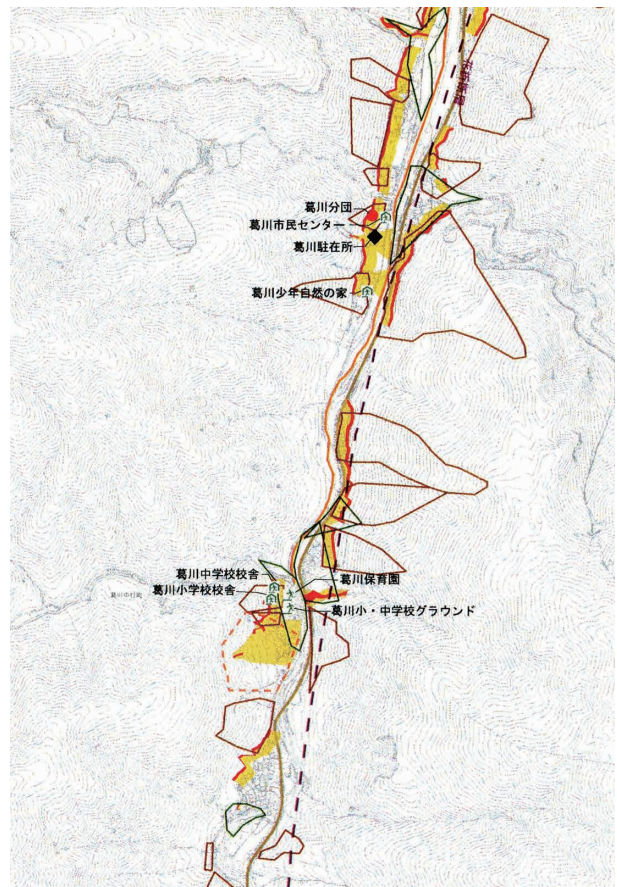


図1 葛川周辺の花折断層と土砂災害想定範囲

これらのことから、自然の家及びハイキングコース周辺は花折断層及びそれと平行な断層が形成した急斜面の多い地形の中に位置していたことがわかる。逆に中生界の固結した岩体が基盤となるため、川沿い等に急峻な形状をなす。従って、この地域をハイキング中、地震が発生した場合、危険が高く、避難方法や避難場所等もあらかじめ、検討しておく必要がある。

上で示した土石流は豪雨時に発生しやすく、地すべりは

大規模な範囲での地塊の移動が推測されるが、ハイキングでは、「崖崩れ（斜面崩壊）」の可能性に最も注意する必要がある。特に本地域のような河川流域一帯が、急傾斜地崩壊危険個所に指定されているところでは、その山側では転石・落石の可能性が非常に高いことは述べるまでもない。

## II 歴史景観に影響を与える地形・地質・岩石

冒頭の「麒麟がくる」を例に挙げたが戦国時代には、滋賀県は日本の歴史の中心舞台であった。

織田信長が浅井長政を滅亡させた後、羽柴秀吉は小谷城から長浜城に都市を築いた。ここでは、琵琶湖の水運、沖積平野での楽市楽座を展開するには好適である。そこに築いた拠点が長浜城である。ただ、地盤は軟弱であり、大規模な城郭の建築には疑問がある。実際、後の1586年天正の地震では大きな被害を受け、当時の城主山内一豊の長女もこの地震で亡くなっている。



図2 琵琶湖に面した長浜城の立地条件

長浜城の石垣は、中古生層の堆積岩、湖東流紋岩、花こう岩など数多くの岩石種がみられる。滋賀県の花こう岩の分布からも小谷城の石垣を利用していたことも理解できる。と言うよりも城を構築する場合、他の廃城となった城の石垣を運搬する方が新たな石切り場から運搬することよりも平易なことが多い。特に戦国時代に城の興廃が多かった滋賀県内の城の石垣の多様性の理由は考えられる。

歴史の建造物と共に、地形・地質・岩石との関係を少し述べてみたい。まず、安土城は湖東流紋岩の上に建てられたことは以前にも報告した。しかし、安土城の立地する近江八幡市には、それ以前より湖東流紋岩が活用されているのである。例えば、「教林坊」というお寺がある。このお寺は、石の寺としても有名であるが、この岩石は湖東流紋



図3 長浜城の様々な岩石種からなる石垣

岩であると観察できる(全体的に苔むしており、フレッシュな面が少ないので、同定には難しいところもあるが、斑状組織の状況からこのように判断した)。



図4 教林坊の苔むした石

なお、安土城周辺に築かれた都市は、織田信長が本能寺の変で倒れた後、近江八幡に移った。近江八幡は、豊臣秀次によって都市が形成された。近江八幡城は地域の中でも小高い鶴翼山、通称八幡山（標高283m、比高100m）の丘陵地に形成され、沖積平野では現在も復元可能な状況での街並みが整えられている。石垣は残存しており、岩石種は、安土城と同様に湖東流紋岩が大部分を占める。

さて、国宝彦根城であるが、佐和山城の地質が中古生層を主としているのに対し、それに加えて湖東流紋岩の分布域にも位置している。彦根城の石垣もこれを反映して、湖東流紋岩と中古生層の砂岩等を中心とした堆積岩から見られる。写真は、それぞれ、堆積岩を中心とした石垣の場所と湖東流紋岩を中心とした石垣の場所である。



図5 近江八幡市の町割りと城が築かれた八幡山



図6 彦根城の湖東流紋岩を中心とした石垣



図7 彦根城の堆積岩を中心とした石垣

#### 4. 成果と今後の課題

様々な自然景観・歴史景観を有する滋賀県において、これらを融合したジオパーク構想を環境教育の観点から探った。

今日、学校教育においてカリキュラムマネジメントの視点が重視されている。従来から環境教育は、その内容や方法を取り入れてきたと言えるが、自然と人間、人間と人間(社会)とのつながり、関わりを考える防災・減災教育の実践とも無関係でない。環境教育のねらいを踏まえた防災・減災教育に加え、観光資源等に関する教材、プログラムを作成し、展開する具体的な例を今年度は探ろうとした。今年度は新型コロナウイルス感染症の影響を野外調査が十分であったとは言えないが、改めて近世の滋賀県における自然との関わりを重視した人間活動の卓越性を感じることができた。

#### 文献

木村克己・吉岡敏和・中野聰志・松岡篤(2001):北小松の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図福). 地質調査所, 102p.

吉田史郎・西岡芳晴・木村克己・長森英明(2003):近江八幡市の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図福). 産総研地質調査総合センター, 83p.

中野聰志・川辺孝幸・原山智・水野清秀・高木哲一・木村克己(2003):水口地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図福). 産総研地質調査総合センター, 83p.

藤岡達也編(2008):環境教育と地域観光資源, 学文社, 180p.

## 循環不全による貧酸素水塊が出現した琵琶湖湖底の底生動物の分布

### 1. プロジェクトメンバー

石川 俊之 教育学部・教授  
 大八木 英夫 南山大学・総合政策学部・准教授  
 大高 明史 弘前大学教育学部・教授分類の助言  
 成田 哲也 元・京都大学生態学研究センター

### 2. 研究の目的と計画

湖沼では水温の上昇に伴い様々な変化が起こることが指摘されている。特に、温帯以北の湖沼において冬期に全層の水温が一致し、表層から湖底まで水質が均質になる現象である全循環は、水温上昇の影響が顕著なものと考えられている。国内では鹿児島県の池田湖において1980年代以降ほとんどの年で全循環が見られなくなった。琵琶湖は緯度や水深の特徴から、国内では池田湖の次に循環に異変が起こる湖沼として危惧されてきた。

とうとう2018年末から2019年はじめ、2019年末から2020年初めにかけての記録的な暖冬がおき、琵琶湖の冬期全循環が2年連続で停止した。このため、湖底に新鮮な湖水が供給されず、溶存酸素濃度の回復が十分起きず、貧酸素水塊が出現されると予測された。

2019年に滋賀大学の呼びかけで（学長裁量経費）大規模な貧酸素水塊の調査を2019年、2020年2回ずつ行い、貧酸素水塊が北湖の深い水域で出現したことを確認した。一方、出現した貧酸素水塊の生態系への影響は、一部の栄養塩、魚類・エビ類のDNA断片の試料の採集に限られ、湖底に広く分布する底生動物には着手できていなかった。

本プロジェクトでは、貧酸素水塊の発生した水域やその周辺の水域で底生動物の試料を採取し、出現した貧酸素水塊の影響を明らかにすることを目的として始まった。

### 3. 今年度の状況報告

底生動物の採集は、琵琶湖北湖の15地点で実施し（表1）、各地点で15cm四方のエックマン・バージ型採泥器を用いて各3回の底泥試料を採取し、目合い500マイクロメートルのサーバーネットを用いて底生動物試料を得た。調査地点とした15地点は、1984年から1998年にかけて調査された（Nishino *et al.* 1999）地点のうち水深の深い15地点と一致したものであり、このデータと比較することで貧酸素水塊の出現の影響を考察することができる。

調査は2020年9月4日、8日、11日、15日の4日間に

分けて実施した。このプロジェクトとは別に実施した広範囲な88地点の調査で得られた2020年9月と11月のデータを比較すると、9月の段階では生物の生存に対して厳しい環境とされる溶存酸素濃度2 mg/Lの水域が水深90 m近辺でみられている。11月にはこの範囲が広がっている結果が得られている。

表1に底生生物の調査を実施した地点と湖底近辺の溶存酸素濃度を示した。溶存酸素濃度は2 mg/Lから8 mg/Lまで幅広い値が見られている。

表1. 調査地点の位置・水深と湖底の溶存酸素濃度

地点名	北緯(度)	東経(度)	水深(m)	湖底直上1mの
				溶存酸素濃度(mg/L)
A	136.09598	35.38333	90.5	2.2
B	136.07335	35.37362	83.2	3.9
D	136.10414	35.30462	78.7	5.1
E	136.03844	35.25996	65.1	8.6
F	136.09671	35.33145	82.0	5.6
HA	136.12301	35.39225	89.0	3.2
HB	136.159043	35.394886	62.3	5.9
HC	136.183135	35.404284	48.6	6.3
KA	136.090573	35.269792	72.2	4.2
KB	136.110178	35.246078	49.7	7.0
KC	136.114162	35.241558	37.7	8.8
le	135.994026	35.23806	74.1	4.3
WA	135.981803	35.198729	67.0	5.9
WB	135.956329	35.186488	59.7	6.1
WC	135.949306	35.17256	49.8	n.a

水深と溶存酸素濃度の関係は、図1に示すように、湖底の溶存酸素濃度は水深が深い地点ほど低い値がみられている。学長裁量経費による広範囲の調査の結果からも、同じように水深が深いほど溶存酸素濃度の低下がみられる結果

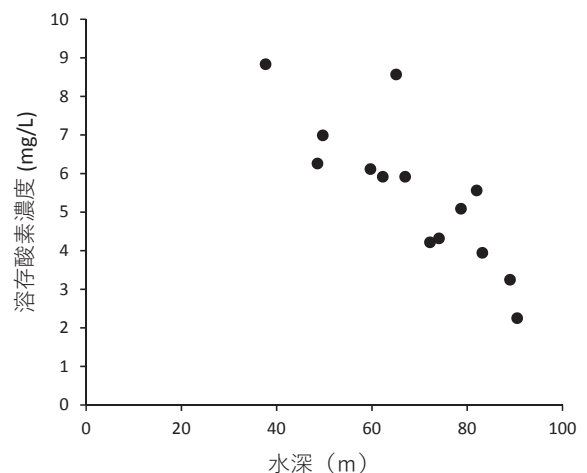


図1 調査地点の水深と湖底の溶存酸素濃度の関係

が得られている。

また、溶存酸素濃度の低い水は湖底近傍に限られており、例えば水深 90 m の地点 A では、溶存酸素濃度の著しい低下は湖底から 5 m ほど上の水深から始まっていることが見て取れる（図 2）。広範囲の調査の結果からも、同様の結果が得られている。

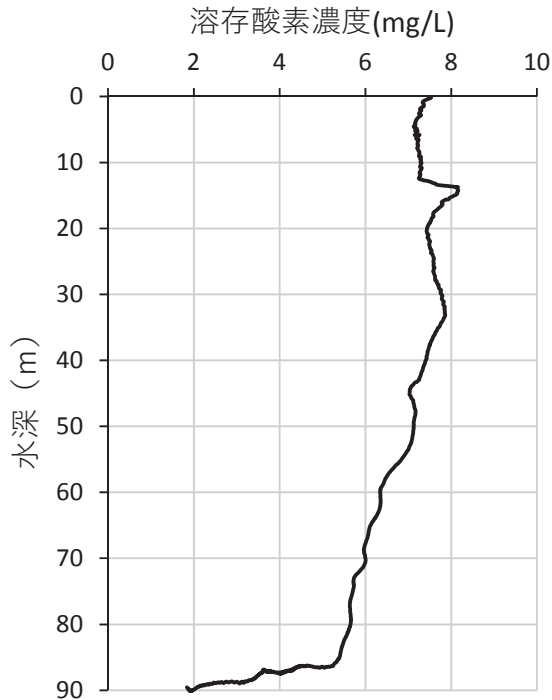


図 2 地点 A での溶存酸素濃度の鉛直プロファイル

このように、湖底の溶存酸素濃度の低下は水深が比較的深い地点において湖底近傍において生じていることが確認された。このことは、冬期の循環が生じなかったことにより、水深が深い場所において浅い水域との水の交換が起きず、「古い」水が停滞していることを反映していると考えられる。大規模調査の結果からは、湖底の溶存酸素濃度を水深、水温と相関をとったところ、水温のほうがより相関が高い結果が得られている。湖底近くでは熱源は限られていると考えられるため、水温の違いは湖底近傍の水の動きや混合の結果を示すものと考えられる。つまり、湖底近傍の水の動きや混合が溶存酸素濃度の支配要因として重要であることが示唆される。

### 底生動物の分布

本報告書を執筆する段階で底生動物の同定作業が終了しておらず、詳細なデータは次年度以降に報告する。同定し

た試料は、計数と湿重量の測定を行い、水深、溶存酸素濃度、水温との関係を解析することで、溶存酸素濃度低下の影響を解明できると期待している。また、前述のとおり 1980 年代から 1990 年代にかけて調査された結果との比較も行う予定である。

まだ試料を十分整理できていないが、現時点で注目すべき点として、2019 年に溶存酸素濃度が極めて低い状態が続いたと考えられる水深 90 m の地点で、イトミミズが数個体採集されていたことが挙げられる。9 月の調査時点では酸素濃度が 2 mg/L とイトミミズが生存できる環境であったと考えられるが、11 月に実施した大規模調査ではこの水域では溶存酸素濃度がゼロに近い値が観測されており、翌年以降のイトミミズの生息密度の変化を追跡して調査する必要がある。

また、湖底では比較的生物量の多いアナンデルヨコエビは、9 月は繁殖期にあたり、若齢個体が採集されにくいため、個体数が非常に限られた。採集の有無のデータを解析し、溶存酸素濃度の低下した水域で生息の低下の傾向を解析する必要がある。

### 次年度以降の計画

前述のように、琵琶湖北湖湖底における酸素濃度低下は、2020 年秋から初冬にかけて最も厳しかったと考えられ、本プロジェクトで 9 月に実施した調査で得られた試料は、この影響を反映していないものと考えられる。このため、2021 年度も 2020 年度と同様の調査を実施し、溶存酸素濃度低下の影響をさらに解明する必要がある。

また、溶存酸素濃度の低下は、底生動物が生息数や成長を低下させる影響を持つと考えられるが、一度溶存酸素濃度が低下した水域で底生動物の回復にどれくらい時間を要するかも注目したい。このため、数年間は継続的な調査を行いたいと考えている。

(文責：石川俊之)

# 一人一鉢栽培を想定した滋賀県在来ナスの教材としての特性評価

## 1. プロジェクトメンバー

- 森 太郎 滋賀大学教育学部 准教授
- 市川 智史 滋賀大学環境総合研究センター 教授
- 久保 加織 滋賀大学教育学部 教授
- 西嶋 良 滋賀大学教育学部附属小学校 教諭  
兵庫教育大学大学院連合学校教育学研究科 D1
- 栗津 虹 滋賀大学大学院教育学研究科 M1

## 2. 研究の目的と計画

在来野菜は、色、形、味などに特徴を持つものが多く、遺伝資源の保存、地域の食文化の継承、流通コストの軽減などの観点から注目されている。加えて、食・農や地域など、自然および社会環境に関する教育の観点から、学校教育において、生活科、総合的な学習の時間、技術科などで在来野菜が教材として利用されている。滋賀県には、県が認定する19種類の「近江の伝統野菜」をはじめ、多くの在来野菜が存在する。学校で栽培されることが多いナスにおいても、甲賀市の「杉谷なすび」、湖南市の「下田なす」(以上、近江の伝統野菜)、長浜市の「高月丸なす」が現存し、栽培地域の小学校では、在来ナスの栽培学習が行われている(図1)。これらの在来ナスの特性はあまり明らかになっていなかったことから、著者らは教材としての価値を高めるために、滋賀大学大津キャンパス内の圃場において在来ナスおよび類似品種を栽培して品質を比較することにより、教材としての特性を示した(森ら, 2019)。この結果は、圃場での栽培を想定した結果であるが、学校現場では生活科や技術科などでは栽培セットなどを用いた一人一鉢栽培が行われる機会が多い。圃場と鉢では栽培環境が大きく異なることから、在来ナスの特性も異なる可能性がある。そ

こで本研究では、学校での一人一鉢栽培を想定した滋賀県在来ナスの教材としての特性を評価した。

## 3. 今年度の状況報告

### 1) 供試植物

「杉谷なすび」(巾着型ナス)、「下田なす」、「へた紫なす」(以上、小ナス)、「高月丸なす」、「賀茂なす」、早生大丸(以上、丸ナス)および「千両二号」(長卵形ナス)を供試した(図2)。滋賀大学大津キャンパス内の農場において、小学校生活科で用いられる機会が多いアサガオ栽培キット(図3)で栽培した。2020年3月に播種し、ビニルハウス内で育苗した。5月下旬に栽培キットに定植し、栽培した。学校での一般的な栽培学習の期間を鑑み、7月下旬まで栽培を行った。なお、学校での一人一鉢栽培を想定して、市販の培養土の使用、整枝、摘花などは行わない放任栽培、アスファルト上での栽培、化成肥料の追肥、必要に応じた病害虫防除を行った。

### 2) 生育および収量

栽培キットへの定植後、およそ2週間毎に葉数、草高、

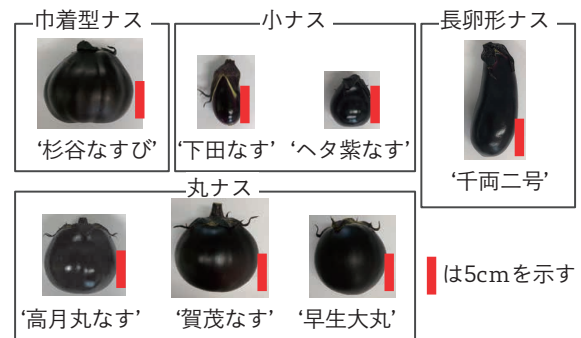


図2. 供試したナスの果実

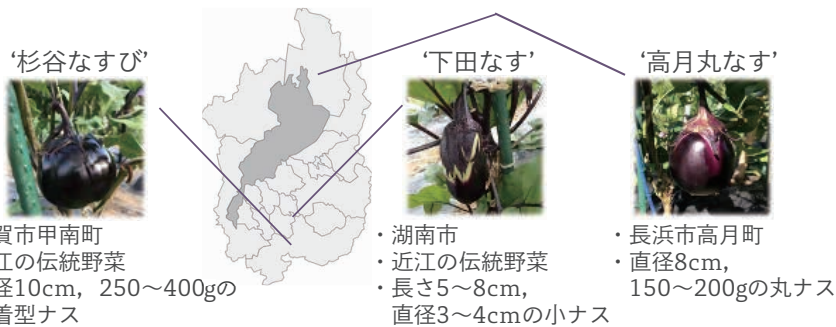


図1. 滋賀県在来ナスの概要



図3. 栽培キットによるナス栽培

SPAD 値を測定した。SPAD 値は、展開した葉の中で上から 2 枚目の葉の 3 ヶ所を葉緑素計 (SPAD502Plus, コニカミノルタ) で測定して平均を記録した。また、一般的な収穫基準に達した果実を収穫し、収穫個数、総収量、1 果実あたりの重量を調査した。

生育調査では、全ての調査項目で有意に品種間差異が認められた ( $p < 0.05$ )。滋賀県の在来ナスについて見ると、SPAD 値において栽培中期で‘高月丸なす’で高く、‘下田なす’で低かった。児童・生徒にとって、葉数や草高は、植物の大きさや成長、SPAD 値は葉の緑色の濃さとして、気付く観点であると考えられる。しかしながら、単一の品種のみを栽培しているところのような観点での気付きは得られにくく、複数の品種を栽培して比較しながら、特性に気付かせる必要があると考えられる。

収量調査では、全ての調査項目で品種間差異が認められた ( $p < 0.05$ )。滋賀県在来ナスについて見ると、収穫個数では 1 果実あたりの重量が小さい‘下田なす’が多く、大きい‘杉谷なすび’が少なかった。また、総収量では、‘下田なす’が低かった。圃場での栽培では、‘下田なす’は小さい果実が多く収穫され、‘杉谷なすび’では大きい果実が少なく収穫されていることから、鉢での栽培においても同様の傾向が認められることが明らかになった。果実の収穫は、児童・生徒が最も注目する観点である。果実の収量特性に特徴がある品種の栽培は、小学校での栽培学習では、果実をたくさん収穫することや大きな果実を収穫することへの喜びをもたらすことができ、中学校の技術科では、果実をたくさん収穫するためや大きくするための栽培技術について考える契機となりやすいと考える。

### 3) 果実特性

7 月に収穫した果実について、果実の果皮および果肉硬度、糖度、総ポリフェノール含量、DPPH ラジカル捕捉活性を測定した。

#### 果皮および果肉硬度

果実の赤道部から厚さ 15mm、高さ 15mm の果皮付き試験片をサンプルとして使用した。クリープメーター (山電) を使用し、果皮には直径 1.5mm、果肉には直径 3.0mm の円柱状プランジャーを速度 1mm/sec で圧縮、貫入させて応力を測定した。果皮は破断応力を、果肉は歪み率 80% までの最大応力をそれぞれ果皮、果肉硬度とした。

果皮および果肉硬度ともに有意に品種間差異が認められた ( $p < 0.05$ )。滋賀県在来ナスについて見ると、果皮硬度

では‘杉谷なすび’が高く、‘下田なす’が低かった。また、果肉硬度では、‘杉谷なすび’と‘高月丸なす’が高く、‘下田なす’が低かった。

#### 糖度

縮分したサンプルを細断し、にんにく絞り器で搾汁した液をポケット糖度計 PAL-1 (アタゴ) を用いて測定した。

糖度には有意に品種間差異が見られ ( $p < 0.05$ )、‘下田なす’が他の品種に比べて高かった。

#### 総ポリフェノール含量、DPPH ラジカル捕捉活性

縮分したサンプルを液体窒素で凍結し、 $-80^{\circ}\text{C}$  で保存後凍結乾燥を行った。凍結乾燥試料に 80% エタノールを加え、60 分間超音波処理を行い抽出した。抽出液を用いて、フォーリン・チオカルト法により総ポリフェノール含量を、沖の方法 (2008) に準じて DPPH ラジカル捕捉活性を測定した。

総ポリフェノール含量、DPPH ラジカル捕捉活性ともに有意に品種間差異が認められた ( $p < 0.05$ )。滋賀県在来ナスについて見ると、‘下田なす’が総ポリフェノール、DPPH ラジカル捕捉活性ともに高かった。

以上より、滋賀県在来ナスの果実特性として、‘下田なす’は果皮および果肉が柔らかく、高い機能性 (総ポリフェノール含量、DPPH ラジカル捕捉活性) と糖度を持つこと、‘杉谷なすび’は果皮と果肉が硬いこと、‘高月丸なす’は果肉が硬いことが明らかとなった。圃場で栽培した果実では、‘下田なす’は果皮および果肉が柔らかく、高い機能性を持つこと、‘杉谷なすび’は果皮と果肉が硬いという結果が得られており (森ら, 2019)、これらにおいては、鉢での栽培においても同様であった。

小学校での栽培学習では、果実硬度は、児童が果実に触れたときや食体験を行ったときの気付き、糖度は食体験を行ったときの気付きとなることが考えられる。中学校の技術科では、果実硬度、糖度、抗酸化性ともに、作物生産において重要な特性であることから、これらの特性は、生徒が品種や栽培技術について考える題材となり得ると考える。

### 引用文献

- 森 太郎, 三宅晋平, 岩永莉奈, 粟津 虹, 久保加織. 2019. 滋賀県在来ナス‘杉谷なすび’, ‘下田なす’, ‘高月丸なす’の教材としての特性評価. 日本産業技術学会第 62 回全国大会 (静岡) 講演要旨集, 165.
- 沖 智之. 2008. DPPH ラジカル消去活性評価法. 食品機能評価マニュアル集第 II 集, 食品機能性評価支援センター技術普及資料等検討委員会編. 71-78.



## バランス型成長曲線モデルの時空間データへの適用

### 1. プロジェクトメンバー

佐藤 健一 滋賀大学データサイエンス教育研究センター  
教授

### 2. 研究の目的と計画

本研究では、位置情報を持つ個体において経時測定データが観測されている場合に、時間と空間の交互作用項を持つ成長曲線モデルを適用することを試みる。位置や時間の基底について考え、それぞれを固定した場合の時間軸上の予測曲線あるいは空間上の予測曲面に関する同時信頼区間を与える。また、交互作用項、特に空間に関する基底数を減らすための工夫として局所的な成長曲線モデルの適用も考える。そして、それらの提案手法をカナダの35観測地点における3月から8月までの6時点で観測されている気温データに適用し、当てはまりなどを検証する。

### 3. 今年度の状況報告

#### 1) はじめに

本研究では、Potthoff and Roy (1964) によって経時測定データの解析手法として提案されたバランス型成長曲線モデルを、図1に示すカナダの35地点で観測された3月から8月までの月平均気温データに適用することを試みる。数値データを表1に示す。このように位置情報を持つ経時測定データは時空間データとよばれる。

表1のデータは、Ramsay and Silverman (2006) で紹介されたカナダの35地点における365日の日気温平均を月ごとの平均値にまとめたものである。すべての個体において観測値の測定時点が揃っているため、バランス型経時データとよばれる(藤越, 1993)。表2に測定時点間の相関係数を与える。ほぼ全ての隣り合う月の相関係数は、0.9前後となっており、非常に高い。また、図2に本研究で扱うモデルに基づいた観測地点ごとの気温の経時変化を示す。北半球なので、3月から8月に向けて気温が上昇する傾向があることが分かる。

このようにバランス型成長曲線モデルでは、測定時点間の相関構造を考慮したうえで、観測値の経時変化を推定することができる。一方で、図1に示す観測地点が近ければ気温も近くなることが予想され、位置情報を利用すれば観測値の予測精度を高くできる可能性がある。本研究での理論的な成果などは、佐藤 (2020) として詳しくまとめた。

ここでは、簡単に概要を紹介する。

#### 2) 統計モデルと予測値

観測値行列を  $Y$ 、位置情報に基づく既知デザイン行列を  $A$ 、時間に関する既知デザイン行列を  $X$  とすると、観測値の期待値は回帰係数行列  $\Theta$  を用いて、

$$E(Y) = A\Theta'X'$$

とかける。ただし、

$$Y_{35 \times 6} = \begin{pmatrix} -2.5 & 1.3 & \cdots & 15.3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -31.2 & -23.6 & \cdots & 1.8 \end{pmatrix},$$

$$A_{35 \times 6} = \begin{pmatrix} 1 & -52.4 & 47.3 & \cdots & 47.3^2 \\ 1 & -63.4 & 44.4 & \cdots & 44.4^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & -94.5 & 74.4 & \cdots & 74.4^2 \end{pmatrix},$$

$$X_{6 \times 3} = \begin{pmatrix} 1 & 0.0 & (0.0 - \kappa)_+^2 \\ 1 & 0.2 & (0.2 - \kappa)_+^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & 1.0 & (1.0 - \kappa)_+^2 \end{pmatrix},$$

ただし、

$$(x - \kappa)_+^2$$

は、節点を  $\kappa$  とする2次のスプライン基底である。括弧の中が非負ならそのまま括弧を外し、負なら0となる。なお、節点を0とした場合には通常の2次曲線と同じ基底になる。節点はAICを用いて最適化したところ0.4となり5月に該当した。また、行列  $A$  による射影行列、

$$P_A = A(A'A)^{-1}A$$

を用いて、観測値の分散共分散行列の不変推定量は

$$S = Y'(I_{35} - P_A)Y / (35 - 6),$$

とかけ、以下のように求められる。

$$\begin{pmatrix} 3.61 & 2.56 & 1.43 & 0.60 & 0.27 & 0.52 \\ 2.56 & 3.35 & 3.00 & 2.22 & 1.49 & 1.15 \\ 1.43 & 3.00 & 3.48 & 3.15 & 2.33 & 1.66 \\ 0.60 & 2.22 & 3.15 & 3.38 & 2.71 & 1.95 \\ 0.27 & 1.49 & 2.33 & 2.71 & 2.43 & 1.86 \\ 0.52 & 1.15 & 1.66 & 1.95 & 1.86 & 1.60 \end{pmatrix}.$$

これらを用いると、回帰係数行列の最尤推定量は、

$$\hat{\Theta} = (X'S^{-1}X)^{-1}X'S^{-1}Y'A(A'A)^{-1}$$

とかけ、以下のように求まる。

$$\begin{pmatrix} 66.489 & 0.158 & -1.613 & 0.015 & 0.006 & 0.016 \\ -17.743 & -0.045 & 1.125 & -0.039 & -0.013 & -0.029 \\ -50.747 & -0.224 & 1.032 & 0.048 & 0.014 & 0.014 \end{pmatrix}$$

こうして、観測値に対する予測値は以下のように求められる。

$$\hat{Y} = A\hat{\Theta}'X'$$

上で得られた予測曲線を図2に示す。経時的に観測された気温データは観測地点が異なると高低差や傾きなど様々な経時変化を示したが、提案するモデルによる予測値は観測値によく当てはまっていた。実際、重相関係数を求めると0.982となり、非常に高く適合が良いことが示された。



図1 月平均気温が観測されたカナダの35地点の位置。表1に月ごとの平均気温と位置情報(西経、北緯)を与える。

表1 カナダの35の観測地点から抜粋された6地点の3月から8月までの月平均気温(Ramsay and Silverman, 2006)

観測地点	3月	4月	5月	6月	7月	8月	西経	北緯
St. Johns	-2.5	1.3	5.8	10.8	15.2	15.3	-52	47.3
Halifax	-1.7	3.6	9.4	14.8	18.4	18.2	-63	44.4
Sydney	-2.9	1.8	7.5	13.1	17.5	17.6	-60	46.1
Iqaluit	-24	-15	-4.4	3.4	7.7	6.8	-68	63.4
Inuvik	-24	-14	-0.4	10.7	13.9	10.7	-133	68.2
Resolute	-31	-24	-11	-0.6	4.1	1.8	-95	74.4

表2 標本相関係数行列

	3月	4月	5月	6月	7月	8月
3月	1.00	0.74	0.40	0.17	0.09	0.21
4月	0.74	1.00	0.88	0.66	0.52	0.50
5月	0.40	0.88	1.00	0.92	0.80	0.71
6月	0.17	0.66	0.92	1.00	0.95	0.84
7月	0.09	0.52	0.80	0.95	1.00	0.94
8月	0.21	0.50	0.71	0.84	0.94	1.00

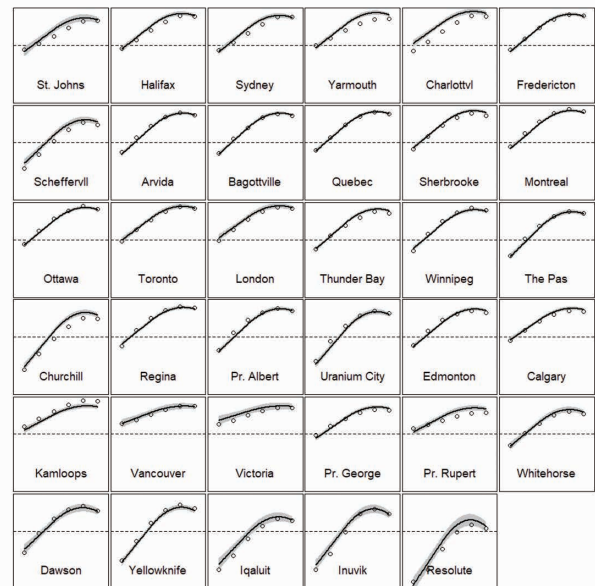


図2 カナダの35の観測地点における3月から8月までの月平均気温。

横軸に月を、縦軸に気温を示す。縦軸の範囲はすべての図で共通とし、破線は気温0度を表す。丸が観測値を、実線が第5章で説明するモデルによる推定値を、灰色の帯が95%同時信頼区間を表す。

引用文献

藤越康祝：多変量解析の最近の動向，数理科学 31 (4), 60-66, 1993.

Potthoff, R. F. and Roy, S. N.: A generalized multivariate analysis of variance model useful especially for growth curve problems, Biometrika 51, 313-326, 1964.

Ramsay, James O. and Silverman, Bernard W.: Functional Data Analysis, 2nd ed., Springer, 2006.

佐藤健一：時空間データに対するバランス型成長曲線モデルの適用，応用統計学 49 (2), 71-84, 2020.

## オープンガバナンスにおける政治参加規定要因の研究：ポートランドの Neighborhood association を事例として

### 1. プロジェクトメンバー

伊達 平和 データサイエンス学部 准教授  
 田中 勝也 経済学部・環境総合研究センター  
 教授

### 2. 研究の目的と計画

#### 1) 研究の目的

日本では地方自治を活性化させるため、オープンデータやオープンガバナンスといった住民による新しい政治参加の在り方が模索されており、パリ市やポートランド市といった外国の事例も紹介されつつある。それらの事例では、住民の政治参加が決定的に重要であり、住民の意思が地方の政策に反映される構造が整えられている。例えばポートランドの Neighborhood association はその1つであり、これまで質的な方法によってその政治過程が明らかにされてきた。しかし、そもそもこのような地方自治の基盤となる組織への動員過程についてはまだ明らかになっていないことも多い。本研究では、どのような人々が Neighborhood association に参加するのか、政治参加の規定要因を明らかにすることを目的とする。

#### 2) 研究の計画

上述した分析をするために、滋賀大学環境総合研究センターが収集した Oregon Disaster Preparedness and Green Infrastructure Survey（オレゴン災害に対する準備とグリーンインフラストラクチャーに関する調査：以下ポートランド調査）の分析を行う。調査は2020年3月にインターネット調査によって実施されており、回答不明などのサンプルを除いて年齢構成などの人口的な分布で調整された結果、最終的な回答者は666となっている。本データはポートランド市民の環境、政治参加・社会参加、社会関係資本といった様々なデータが含まれており、本研究課題の中心となる Neighborhood association のみならず、他の様々な社会参加形態（投票行動、自助グループ・教会・政治団体への参加）が尋ねられている。このデータに基づき、neighborhood association 以外の社会参加の構造と比較することによって、neighborhood association の参加規定要因を明らかにする。

### 3. 今年度の状況報告

#### 1) 社会参加状況の数量的把握

分析に先立ち、社会参加状況の概況について述べる。ポートランド調査はコミュニティへの参加状況として、9つの組織についての所属“active member”、“inactive member”と“do not belong”の3点尺度で尋ねている。図1は「その他」をのぞく8つの組織への参加状況について基礎的な分布を示したものである。

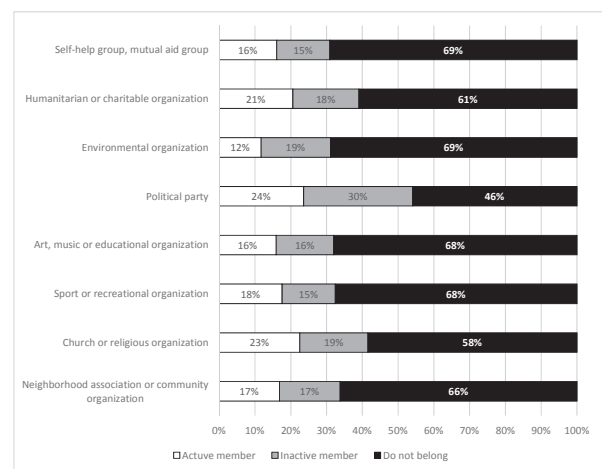


図1 組織への所属割合の分布

図1より、“active member”、“inactive member”を所属している人ととらえると、Political party の参加が5割を超えており、比較的ポピュラーな政治参加への形態であることがわかる。その他の組織についてみると、Humanitarian or charitable organization と Church or religious organization が4割と続く。本研究が焦点を当てている Neighborhood association はこの3つの組織に続く所属率を示しているが、参加している人の割合は3割程度であり、今回調査した団体の中では多いほうではなく、趣味に関する組織（スポーツや芸術的な組織）と同程度となっている。また、“active member”に着目しても傾向は同様であり、Political party、Humanitarian or charitable organization、Church or religious organization への参加が多いようだ。

#### 2) 政治参加状況についての多変量解析

それでは、どのような人々がこのような組織に参加しているのだろうか。本研究は Neighborhood Association に焦点をあてるが、Neighborhood Association 同様に身近な

問題を解決する志向性を持つと考えられる Environmental organization、Humanitarian or charitable organization、そして政治的参加としてはより直接的なところ位置する Political party、伝統的な組織である Church or religious organization との比較によって、その特徴を明らかにする。

使用する従属変数は組織への所属については“active member”、“inactive member”を1、“do not belong”を0の2値変数としている。独立変数は性、学歴、人種、居住地区、年齢、働き方、配偶状況、子ども数、収入とした。分析モデルは二項ロジスティック回帰モデルである。なお多重共線性は生じていないことは確認している。

表1は二項ロジスティック回帰分析の結果である。この表によると、所属を決める規定要因はおおむね3つの身近な問題に対処する3つの団体、政治パーティ、そして宗教的な団体で参加する要因が異なっていることがわかる。まず Neighborhood association を含む身近な問題に対処する団体は高学歴、若者、既婚者がいる世帯が参加しやすい。その中でも特に Neighborhood association は子どもがいると参加しやすい。一方で政治団体については高学歴者が参加している点では一致しているものの、他に顕著な要因がない。最後に宗教的組織である教会であるが、ほかの団体と一致している要因もあるものの、大きく異なっているのは、学歴は関連していないことと、そして世帯収入が高収入の人は所属していない点である。

以上の結果について、3点ほど指摘する。1点目にどのような政治参加の形態であっても高学歴者に参加が偏りやすい点である。つまり地域における政治には高学歴者のニーズが反映されており、それ以外の人々の視点が抜け落ちる可能性を考慮する必要がある。2点目はまた身近な政治参加は若者によって、また家族を形成している人に担われているが、政治パーティは学歴によってのみ規定されていることから政治参加のフォーマル／インフォーマルといった形式によって、参加層が異なることを示唆している。第3に宗教が担っている役割について、高所得者は所属していないことから、比較的低～中所得層に対してニーズがあると考えられる。

### 3) 今後の展開にむけて

これまで、米国オレゴン州ポートランド市を事として Neighborhood association の参加者の特徴を明らかにしてきた。まとめると高学歴層、子育てのニーズがある世帯、そして若者によって担われていることが明らかとなった。

表1 二項ロジスティック回帰分析の結果

	Neighborhood association or community organization	Environmental organization	Humanitarian or charitable organization	Political party	Church or religious organization
(Intercept)	-0.973*	-0.812*	-0.901*	-0.814*	-0.72
female	0.202	0.258	0.041	0.035	0.274
edu: low(ref.)					
edu: middle	0.322	0.454	0.31	0.223	0.337
edu: high	0.834**	1.214***	0.869***	0.783**	0.184
white	-0.365	-0.281	-0.216	0.315	-0.111
county: Multnomah (ref.)					
county: Clackamas	0.009	0.161	0.078	0.073	0.815***
county: Washington	0.203	0.025	-0.218	-0.355	0.317
age:18-21(ref.)					
age: 22-34	-1.022**	-1.139***	-0.714*	-0.078	-0.169
age: 35-44	-1.044**	-1.455***	-0.536	-0.176	-0.117
age: 45-54	-0.726	-1.870***	-0.678	-0.038	-0.667
age: 55-64	-0.593	-1.618***	-0.452	0.488	-0.246
age: 65+	-0.562	-1.366**	-0.375	0.701	0.126
job: nojob (ref.)					
job: fulltime	0.245	0.214	0.111	-0.101	0.004
job: part-time	0.395	0.276	0.800***	0.239	0.491*
married	0.443*	0.650***	0.405*	0.16	0.223
child:0 (ref.)					
child:1	0.756**	0.457	0.416	0.203	0.833***
child:2+	0.524*	0.036	0.102	0.031	0.906***
income: 0-\$14,999 (ref.)					
income: -\$34,999	0.211	0.375	0.267	-0.095	-0.466
income: -\$49,999	-0.498	0.037	0.186	0.14	-0.629
income: -\$74,999	0.076	-0.044	-0.1	0.338	-0.798*
income: \$75,000+	0.202	-0.193	0.173	0.514	-0.731*
MacFadden R2	0.076	0.081	0.058	0.059	0.073
Log-likelihood	-393.56	-379.292	-419.485	-432.142	-419.084
N	666	666	666	666	666

今後の展開の可能性について2点ほど指摘する。Neighborhood association は日本の町内会に近い組織であるが所属している人が異なるといった差異も指摘できる。よって日本の町内会の参加のデータと比較することで、より鮮明に参加の規定要因が明らかになると考えられる。

次に Neighborhood association への所属が地域で生きる人々の Well-being にどのような影響を与えているかに関する分析の可能性である。Neighborhood association への参加は社会関係資本の一種であることは明らかであり、社会関係資本は人々のよりよい生活と切り離すことができない。この点についてもポートランド調査から明らかにする必要がある。以上の2点については今後の課題としたい。