# 第15回 助成研究発表会

# 『自然災害リスクと防災意識の向上』

報告書

令和2年3月

(一財)北海道開発協会 開発調査総合研究所

# 目 次

■第15回助成研究発表会パンフレット ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
■発表会次第 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	2
■発表者プロフィール ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	3
■発表会の開催状況 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
■主催者挨拶 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5
■研究発表	
・『札幌圏における都市の拡大と地震リスクの変遷に関する研究』 北海道大学大学院工学研究院准教授 中嶋 唯貴 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	6
・『自然災害が地域経済に与える影響に関する分野横断的研究』	
北海学園大学経済学部准教授 大貝 健二	10
・『ICTを援用した津波防災教育システムの開発と実証研究』 北海道大学大学院文学院博士後期課程 塩崎 大輔 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	15
■全体的な意見交換 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
■パンフレット掲載の研究概要および説明資料 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26

# 第15回助成研究発表会



**国時 2019年11月29日(金)14:00≈16:00** 

主催:(一財) 北海道開発協会 開発調査総合研究所

# 発表 会次第

- 1. 開 会
- 2. 主催者挨拶
- 3. 研究発表(発表後意見交換)
  - ■『札幌圏における都市の拡大と地震リスクの変遷に関する研究』 北海道大学大学院工学研究院 准教授 中嶋 唯貴
  - ■『自然災害が地域経済に与える影響に関する分野横断的研究』 北海学園大学経済学部 准教授 大貝 健二
  - ■『ICTを援用した津波防災教育システムの開発と実証研究』 北海道大学大学院文学院 博士後期課程 塩﨑 大輔
- 4. 全体的な意見交換
- 5. 閉 会

# 発表者プロフィール

# ●中嶋 唯貴

愛知県生まれ。名古屋工業大学大学院博士後期課程修了、博士(工学)。2009年より財団 法人地震予知研究振興会研究員、2012年より北海道大学大学院助教、2019年より同大学 准教授。北海道地震火山専門委員会委員、北の住まいるタウン検討評議会防災ワーキング グループ委員、北海道防災アドバイザー。

# ●大貝 健二

広島県広島市生まれ。京都大学大学院経済学研究科単位修得退学。博士(経済学)。北海学園大学経済学部講師を経て、2012年より現職。専門は、地域経済・産業論、中小企業論であり、「地域経済の活性化とは何か?」を追究している。主な業績として、「地域経済の活性化と中小企業振興基本条例の果たす役割」『商工金融』第67巻第5号、2017年、関智宏・中山健編(2017)『21世紀中小企業のネットワーク組織』同友館(第4,7章執筆)がある。

# ●塩﨑 大輔

北海道大学大学院文学研究科博士前期課程修了後、民間のソフトウェア開発会社に所属し、地理情報関連システムや、E-Learningシステム、教務システムなどの教育関連システム開発業務に従事。現在、北海道大学大学院文学院博士後期課程に在籍し、リゾート開発に関する地理学的研究及び、防災教育システムの開発を行う。これまでに国土地理院防災アプリコンテスト「観光防災チャレンジ賞」、北海道オープンデータGIS大賞「NTTグループ賞」、INKATHON with DOCOMO & Fujitsu「Third prix」受賞。

# 発表会の開催状況





日 時:令和元年年11月29日(金) 14:00~16:00

会 場:TKP札幌ビジネスセンター 5階 『カンファレンスルーム5B』

参加人員:39名

研究発表者 3名

大学関係者 4名

民間団体等 32名

# 主催者挨拶

本日は、北海道開発協会が主催します助成研究発表会にお集まり頂き有難うございます。ご案内のように当協会は、北海道の地域が直面致します様々な課題、これに取組みます研究者の方々を支援させて頂いており、こういう研究発表会の場、また配布した資料にあります「開発こうほう」への掲載を通じ、助成内容について広く発表しているところです。

さて、日本列島は、プレートテクトニクスという考えによると沈み込む先の方にあるため、火 山活動や地震が非常に多いと言われています。さらに最近では、地球規模の気候変動といったも のが世界的にも課題となっています。

日本あるいは北海道でも、台風や大雨が頻発している状況です。そういう状況から今回の研究 発表につきましても、テーマを災害意識の向上としています。

想定を超えるような被害が相次いでいまして、公共分野でも対応を検討しているところです。 さらに公助だけではなく、自助、共助の力が大切になっているところです。地域社会を持続させ ていくためには、病院などの生活インフラや企業においても BCP (事業継続計画)が、大切にな っています。

こうした幅広い視点から、本日は3名の先生にご発表を頂きます。この様な機会を通じ、北海 道に住む人たちの防災リテラシーが向上していくことを期待しまして、開催のご挨拶に代えさせ て頂きます。

> 一般財団法人 北海道開発協会 開発調査総合研究所所長 黒 崎 宏

# 研究発表

# 『札幌圏における都市の拡大と地震リスクの変遷に関する研究』

北海道大学大学院工学研究院 准教授 中嶋 唯貴 (本報告に関係する資料は、27ページ以降に掲載。)

札幌の地震リスクの変遷と併せて、札幌圏の水害被害、この二つの話をしたいと思います。

# 【胆振東部地震による要因別死者】

昨年9月に発生した胆振東部地震では、死者44名、重・中等傷59名、軽傷者726名という 地震が発生しました。これらの死亡要因では、建物被害による死者はほとんどいません。ほと んどが土砂災害による死者でした。これが札幌で起きても建物による死者が出ないのかどうか を評価しているのが今回の研究になります。

建物被害によって死者がでる際、1 階部分が潰れるような建物が発生すると、死者は沢山で てしまいますが、1 階が商店、2 階が住居というような建物が今回の地震によって潰れています が、2 階に居たことで、死者も出ず、これが死者減少につながったと思われています。

# 【札幌で影響が想定される断層と震度分布】

札幌圏の地震発生ではどうなるか。札幌圏も西札幌断層、月寒断層、野幌丘陵断層が想定されています。特に影響度が大きい断層は、月寒断層となりますが、3つの断層があることを覚えて頂けるとよいかと思います。

札幌周辺の震度分布を図示すると、紫色が震度 7 エリアです。野幌丘陵断層は、札幌から少し離れた場所に震度 7 のエリアがあります。

札幌市が発展する様子を地形図から建物だけを抽出し、その分布図を作成しました。1947年頃と比べ住宅の広がりは、徐々に広がり、札幌市が巨大化していることがこの図からも分かります。さらに1947年頃と1990年の建物が存在していた場所を比べた図を見ると、拡大してきたのが一目で分かるかと思います。

次にどのような場所に人が住んでいるのか。赤は震度 7、オレンジ色が 6 強、緑色は 6 弱のところに住んでいた人の数になります。これは単純に震度分布に人口分布を重ね、算出した図ですが、年々、都市の拡大に伴い震度 7 エリアに住む人や、震度 6 強、6 弱のエリアに住む人が増えていくことが分かります。安全な場所に集約されているわけではなく、都市の拡大によって強震度となるエリアに住む人々が増えている、というのが現状です。建物被害について、どうかを見ます。

#### 【建物強度と死亡者数】

建物被害について、損傷度 0.6 以上は全壊の建物となります。1947 年に比べ全壊率は各段に下がってきます。人口自体は年々増加しますが、全壊率は下がってきます。この背景には、建築基準法や、札幌市が寒冷地であるため、他の地域よりも建物の更新が早いこともあって、全壊率は年々下がっています。住む地域は、強震度の範囲に広がっていますが、建物自体で見ると徐々に強くなっており、昔に比べると安全になってきている状況が見えてきました。

1974 年当時の建物に住んでいた場合どうなっていたのかを図に示すと、30,000 人近い人が亡くなっていたと想定されます。しかし、建物自体の強度が強くなっているため、死者数は2,000 人程度に抑えられた想定となっています。

札幌市の人口増加によって、震度の高いエリアに人々が住むようになっていますが、そのスピードよりも建物が強くなるスピードの方が速く、全壊率、建物が被害を受ける確率、リスクは、減ってきていることが、この研究で見えてきました。

# 【時代ごとに強くなる北海道の建物】

その背景を話すと、北海道の建物は年代によって、建て方が違っています。全国平均で、1960年以前は北海道も全国の建物も同じくらいの強度でしたが、積雪荷重の問題があって、建物を強く造り、断熱の影響で室内の温度をなるべく一定に保ちたいということで、開口部を減らす建物の造り方によって、全国よりも年々と強い建物が増えている状況となっています。時代により寒い建物から、温かい家に住みたい人が増え、北海道では、最近、建替える人が多くなったことで、全国と比べ耐震性能が強くなっています。

# 【1947年と1990年の建物被害による死者数の分布】

死者の分布を見ると、1947年も1990年も広がり自体は大きくは変わっていません。人が住んでいることでリスクは発生するが、1990年では密度の高い部分は無くなっています。全体的に建物が強くなり、死者数は減っています。

次に建物被害によって、どのような負傷者が出るのか推定する事ができます。それによると、2015年の死者数を月寒断層で予想した結果、1,344人でした。2045年の予想結果では、785人まで減少します。何もせず、このままのペースでも1,000人を切るくらいには北海道の建物は強くなってくる状況にあります。

札幌市は、耐震改修促進計画を作っています。その目標達成においては 490 人くらいまで死者数を軽減することができます。北海道の建物は強くなっていますが、それでも 500 人の人々が亡くなるという想定です。胆振東部地震の死者は 44 人ですが、その 10 倍の死者がでます。この問題をどうするのか、大きな問題として残っています。

# 【室内被害による死傷者】

次に室内被害について、地震によって家具が倒れ怪我をする。また散乱物を足で踏み怪我をする。骨折以上となる重傷者では、月寒断層の想定事象を用いて計算した際、室内での重傷者は 4,070 人が 2045 年では 3,541 人と、あまり減少していません。室内被害では家具の固定によって、半分ほどに減少しますが、建物被害に比べ室内被害の原因となる家具数は、時代によってそれほど変わりません。

札幌市での建物被害は減少していますが、室内被害は、まだまだという状況を覚えておいて 頂ければと思います。

# 【震災に対する札幌市の病院受入れ能力】

こうした被害が、何に影響するのか。札幌市内の病院受入れ能力。重傷者の出る場所の分布と一次病院、二次病院に指定され、災害時には患者が搬送される病院の位置です。対して、棒グラフは病院に受入れができない人の数です。札幌市内の北区や東区は、南側に比べ、人口は多いですが、病院は少ない状況です。受け入れ超過が発生する状況になります。ただ全ての病院が機能しているという過程で計算していますので、病院が停止した場合は、もっと厳しい状況になります。

病院の能力を向上させることも札幌市としては重要ですが、室内負傷者をどう減らしていくのか。今後、考えておかないと実際に重傷となった人を治療することができずに症状を悪化させてしまう。最悪、死に至ってしまう状況が発生してしまうため、この辺は注意が必要です。 東区、白石区、厚別区に超過する病院が多数存在しているという結果になっています。

月寒断層、西札幌断層、野幌断層を見た時に、空き病床数に対してどれくらいの負傷者、人的被害者数が超えているのかを見た図になります。マグニチュード 6.8 というのが最大クラスです。もう少し小さければ、今の病院能力でも何とか対応できますが、想定されている規模の地震では、対応できません。西札幌断層も 6.3 が想定されていますが、その地震クラスだと対応できない事になります。野幌断層は、対応できる状況にはなっていますが、札幌市外からの負傷者の搬送も考えなければなりません。その為にも負傷者をどう減らすのか。また病院の受け入れ態勢をどうするのかを検討しておく必要はあります。

# 【住宅の維持補修の重要性】

今の話は、札幌市全域として、公的な政策を立てるためは役立ちます。しかし、古い建物に住んでいる方々の死亡率は変わりません。逆に老朽化により耐久性が落ちることで、死亡率は上がってきています。個人の対策として見ると、弱い人達をどうやって、強い建物へ住ませるのかを考えないと死者は減りません。死者の絶対値は減っていますが、そこに住んでいる人たちを助けることには、なっていないので注意が必要です。

公的に見た視点と個人から見た視点では異なります。いくら性能の高い建物に住んでも年数が経つと劣化し、補修をしながら家の性能を維持することが重要だということは忘れないでください。想定される死者は減っているとはいえ、札幌市全員が安全になっている訳ではないことを忘れないで頂きたい。

地震の現状として、建物被害は減り、室内での負傷者はあまり減っていない。また札幌市内の病院の受入れ体制としては、現状ではかなりの超過が発生するので、何とかする必要がある。 という三つの話を致しました。

# 【札幌市の浸水深と人口分布から見た危険度】

最後に水害について話を致します。水害の話は、あまり聞く機会がないと思いますが、今回、 先ほど、震度と人口の重ね合わせと同様、札幌市の浸水深のハザードマップと人口分布を重ね 合わせて、どれくらいの浸水深のエリアにどれくらいの人が住んでいるのかを検討してみまし た。

今回、長期的に見たものではなく、2005年から2015年の10年間を見た結果です。0.5m未満で人口が増加していることと、2.0m未満1.0m以上で少し増えていますが、危険度は殆ど変わっていません。どちからというと上昇傾向にあります。浸水深に住む人々が増えている状況が見えています。特に床下浸水の世帯が11%ほど増加しています。床下浸水によって臭いや、基礎部分の腐食などに伴い建物の劣化が進んでしまうので注意が必要です。

# 【洪水危険度を減少させた地域政策】

ハザードマップと重ね合わす事で、全道的な結果も見えてきます。総人口変化量と浸水深暴露人口率との関係を道内市区町村のデータをプロットします。右上は、洪水危険度が増加して町が発展している状態。町の発展とは、単純に人口の増加です。人口が増えて洪水危険度も上がっているような地域。左上は、洪水危険度は増加しているが、町が衰退、町の人口が減少している地域。右下は、洪水危険度は減少しているが、町は発展している地域。ここにプロット

される地域が一番うまくいっている地域です。

北海道で一番多いのが、左下のエリアです。町は衰退し、人口も減っている地域。土地を選んでコンパクト化していくはずですが、洪水危険度は増加している。河川の近くに街の中心が移り、もしくは河川の近くの人、便利な人だけが残っていて、他の地域から人口が流出している。

全道市町村の約75%が、洪水危険度が増加しているのにも関わらず、人口が減っている。人口が減っているにも関わらず、洪水危険度は増加している状況となっています。水害対策において、町の人が住んでいる場所をどうのように洪水危険度を減少させた地域にしていくのかを考えていく必要があります。

コンパクトシティ化は、人口の減少により避けて通れない道になっていますので、立地適正 化計画で内閣府や国交省が提案していますが、防災も考え安全な町を作っていくことが、現在 の北海道では大変重要な状況になっています。

# 【災害リスクを考慮し住まいの場所と対策を】

最後に、札幌市の地震に伴う死者は減少傾向にあります。但し、これは全体の結果であり、 耐震性の低い住宅が存在するため、そこで暮らす人を助けるためには、耐震性の低い住宅を早 急に対策していくことが重要となります。加えて室内被害の減少スピードは遅く、この事が地 震発生に伴う病院の受入れ超過に繋がってしまうため、これをどう対策し室内被害者を減らす かが、重要となります。

また、水害に関しては、浸水危険地域の人口が増している状況にあります。各世帯の水害への備えは必要ですが、新たに住宅を建築する場合、水害の危険度を購入者にどうやって教え、場所の選定の際に、その危険度を考慮したうえで検討をしていく必要があるのではないかと思います。また各自治体においては、マスタープランや立地適正化計画、コンパクトシティの計画を立てるとき、ハザードマップの情報、災害のリスク情報を入れて計画を立てることで、将来的には安全な町へと変わっていくまちづくりが、今後必要になってくると思っています。

# く 質疑応答 >

会場A: 資料の17頁に、浸水被害として、最近の方が増えているのは、人口密度が増えた事によって割合も増えたと考えてよいのか。

中 嶋: 人口が安全な地域に移り住んできた場合もあるが、その地域が比較的利便性が高く、 利便性の低い地域に住む人たちが、その地域から流出し札幌に移り住む、あるいは東 京に移住する場合でも、全体に占めるリスクは上がっていきます。どちらかというと 後者の方が多いと思います。

司 会: 中嶋先生の発表は、以上で終了したいと思います。 引き続きまして、北海学園大学経済学部准教授の大貝健二先生のご発表をお願い致します。

# 『自然災害が地域経済に与える影響に関する分野横断的研究』

北海学園大学経済学部 准教授 大貝 健二 (本報告に関係する資料は、38ページ以降に掲載。)

地域経済論や中小企業論が専門分野ですが、今回 2017 年度の助成研究として自然災害が地域経済に対してどのような影響を与えるのかを研究しました。

# 【自然災害と地域のレジリエンス】

全国的に東日本大震災を発端に災害列島と、また言われるようになってきました。地震に関する分野の調査報告研究が多いところで、自然災害とした場合、大雨、台風被害にも目を向けていかなければ、と考えていました。

# 【研究に至る理由】

所属する学会でも、災害に関する地域経済学という分野をもっと研究として、減災・防災に 目を向け分析し、考えていく視点を盛り込む必要があると思いました。

今回、十勝を主に調査していますが、直接的な理由として、2016年に十勝につながる国道の落橋や高速道路が寸断となった、まさにその日、学生と共に十勝の調査に行く準備をしていましたが、バスの運転手から、今回、十勝に向かうのは難しいと連絡が入り、十勝の企業に連絡すると、札幌から国道や高速道路を利用し、直接、十勝方面に入ってくるのは無理でも、丸瀬布から置戸を経由し、十勝に入るルートが通れそうだ、という情報を元に通常3時間以内で行けるところを7時間かけ、十勝に行った経緯があります。

地域のレジリエンスという表現が最近増え、特に事前防災や減災に向けて何ができるのか。 今まで想定外と言われたことが、想定外では無くなっている中で、どういう心づもり、あるい は対策を予めしておかなければならないのか。そういうところを何か導き出せるような調査結 果が得られないか。というところを考えております。

#### 【十勝の中小企業団体の全面協力】

実際、自然災害調査という名目で、調査は中小企業団体に全面的な協力を得て、調査票の作成から配布まで、入念に打合せを実施しました。本来、商工会議所にお願いすべきですが、今回、調査対象としたのが、北海道中小企業家同友会のとかち支部、当時の会員数 886 社に全数調査として、調査票の郵送、返送いただく形で行っています。

同友会を調査対象とした理由には、中小企業の経営者の集まりで、業種別にみると全国的に見ても珍しく農業経営者が多く入り、製造業、物流流通、サービス業と、業種は横断的に把握できると考えたのが 1 点です。その他、十勝管内の 1 市 16 町 2 村すべてに会員がおり、地域的な差異把握もできると考えました。

さらには、同友会の会員企業の基本的なスタンスが、地域貢献的企業と、地域に密着した中 小企業として自分たちでも意識し経営されている方が多くいるため、自社だけではなく、地域 を知ることができると思い同友会の十勝地域の会員を対象に致しました。

実際にアンケート調査を行ったのが、7月の1ヵ月間です。農作業で忙しい時期ですが、7月 1日から7月31日までは小麦の収穫前で比較的農業経営者も回答し易いと考え配布しました。 一部の企業者からは、忙しい時期に何をしている、と直接電話で言われた事もありましたが、 回収率は23.0%でした。

今回のスライド資料には載せていませんが、研究論文では自由記述を記録しています。今後 の貴重な資料になると捉えています。

# 【十勝地域を襲った3つの台風】

2016年8月に3つの台風が北海道を通過しました。これまで、1年間に3つの大風が北海道に上陸した事はないと言われています。しかも同じ様なルートを通過したことで、2016年8月の十勝周辺の積算雨量として、帯広測候所にデータ提供の依頼を行いGISに落とし込めるデータで頂きましたが、サンプルとして頂いたものをそのまま掲載しています。雨は日高山脈に沿って集中していることが確認でき、また石狩山地でも多く雨が降っています。

集中的に雨が降ったことで、十勝毎日新聞の Web サイトなどに掲載される災害写真からは、 JR の線路が寸断した写真や、国道 274 号日勝峠の道路陥没などの被害を受けています。それから高速道路も寸断。高速道路は応急復旧までの対応が早く行われましたが、道路交通網が寸断したインパクトの影響はすごく大きかったと思います。このほか、とうきび畑が浸水し作物への被害が発生しています。

# 【道内と全国との報道格差】

十勝や北海道を中心に災害被害が出ていましたが、全国的なテレビ報道は、殆どされていません。おそらく、死亡者を見た時、2名の方が亡くなっていますが、自然災害が増えてきている中で、注目されなかったと思っています。実際には、地域で見るよりも個々の企業、経営者レベルで見るといろんな被害が出ています。

# 【198 件の回答による被害状況】

調査対象企業の業種別割合を見ると、とかち支部全体では 886 社。調査回答は、198 通、不明 9 通という調査票の回答状況です。業種別のバランスを見ると、製造業の回答割合、建設業の回答割合が相対的に高く出てきた印象を持っています。実際には 198 通の回答を基にどのような被害があったのかを簡単に示します。

設問では、直接的被害の有無を聞いています。実際に直接的な被害があったと回答されたのが 40 社, 19.4%になります。業種別には農業分野が全体の 7割の回答が集中し、建設業、製造業でも直接的な被害があったと回答されている企業もありましたが、自然災害からダイレクトに被害を受けたのは農業に集中していたのが確認できました。

今回の回答結果を地図上に落としてみました。回答者の住所を把握していますので、畑がどこか。ということよりも回答された企業、もしくは企業の所在が主な場所になるわけですが、緑色は被害が無かった。赤色は被害があった、となります。被害がより多く見られたのは帯広市内、中心部よりも周辺地域で目立つ印象を持っています。河川の流域帯、そういうところで被害が多く見られます。コメントにも河川が氾濫したと書かれていましたが、気になるのは、河川から離れたところでも直接的な被害があった。それが主に農地の冠水ですが、どのような原因かは、実際に調べられてはいません。共同研究者には農業分野がいて、彼が言うのには、暗渠排水、もしくは土地改良事業の北海道の水準がこういう集中的な降雨量に対応できるレベルかどうか、そこは調べる必要があると言っておりました。

# 【項目別の被害状況】

項目別の被害では、農地・農産物・家畜と、農業分野で被害を受けた回答割合が最も多く出てきています。その他にも農業機械や設備という回答もありますが、回答の母数が 40 と個々の

回答項目の回答数は多くありません。論文集には、直接的被害の自由記述にどういうところに 具体的に被害があったのか、金額・品目で聞いています。

例えば、スイートコーンが倒伏し、作付けの半分が全滅。売上換算で 120 万円の被害。ビートの冠水で 1,000 万円の被害。デントコーンが水に浸かり、水と風にやられ 2,000 万円の被害がでた。かなりリアルな数字が出ているが、これをどうまとめていいのか、まだ私自身もまとめきれていないところが実際のところです。

その他、十勝川温泉の大浴場に被害を受け、完全復旧までの経費として1億2千万程かかるだろうとか。被害状況を40件ほど具体的に記述して頂きましたが、実際かなりの被害を受け大変だというニュアンスで書かれている記述や、そこまで被害は大きくはなかったというコメントもありました。

簡単に 10 枚目のスライドでまとめましたが、個々に被害のあったところから再建の方向性、 従来通りで再建できる見通しなのか、縮小するのか、あるいは廃業ないし、他の業種に転換す るのか。東日本大震災では、従来の仕事では、先行きがわからないため転業また業種転換、も くしは辞めてしまう。というところが見られ、十勝での調査でも盛り込んでみたが、基本的に は従来規模で再建するという回答が圧倒的多数を占めています。縮小して再建するコメントが 見られたというのは気になったところです。

# 【二次的被害状況の特徴】

直接的被害のあと、それが主に農業分野を中心として起こったあとは、必ず経済の考え方では、どこかに影響が出ると想像できますが、どこにどういう形で表れるのか。今回、質問を作る際、かなり苦慮しましたが、そういうところをあえて聞く調査にしています。それを二次的被害、間接被害という言葉を使います。

二次的被害状況は、全体で196社の回答の内、被害のあった回答は35.7%,70社。何かしらの被害が見受けられたという回答になっています。

構成比で見ると、農業でも 46.9%と 15 社ほどの回答がありますが、製造業、流通商業で、直接被害があったとの回答割合よりも高く出ています。二次的被害箇所をマップにプロットすると周辺部分でも目立つが、帯広市内中心部で被害割合が高く出ています。二次的被害状況としては、売上高が減少した、客数が減った、というところは答えやすいわけですが、私が注目しているのは、資材や原材料不足、もしくは農産物の不足による価格高騰。あるいは、物流網、輸送網が寸断し、これに伴う迂回などで輸送コストが上昇。一般的に言われている事象ではありましたが、形として出てきたと捉えています。

実際にどこで被害があったのか。回答があった場所を地図上にプロットしました。札幌と十勝を結ぶところのルート。取引関係のところで非常に多くの被害がでていた結果となっています。

その他、域内では、農産物、原材料不足となったことで、市場価格は高騰し、結果的に商品 価格に上乗せされ、売上高の利益を圧迫。といった回答も見られました。

単に割合として聞いた調査項目もあるが、二次的被害で、どれだけ売上が減ったのか、あるいは顧客が減ったのか。その割合を聞いていますが、10%未満、30%未満のところで過半数を占めます。気になるのは、50%以上の売上減少、顧客の割合も50%以上減ったと回答された企業が、母数は少ないですが存在しています。

なぜ、ここを強調するのか。十勝は甚大な被害があって大変と言っていましたが、翌年に農

業生産額では過去最高額を記録し、自然災害は克服したような報道があります。このことで被害は覆い隠される様な状況もありましたが、ヒアリング調査に行くと、農地が土砂で流された。 農地に堆積した土砂を1,000 台分のダンプカーで搬出し、完全復旧まで4、5 年かかる見通しのところもあります。

二次的被害状況では、地域間や地域外での取引がどのように割合が変わってきたのか、17 頁 のスライドで示しています。回答数は多くありませんが、災害が起こる前は、十勝管内での取引比率を見ると 52.9%と 47.1%と半々でしたが、災害直後で見ると十勝管内での取引比率が高まっています。こちらも母数は多くないが、取引全体の数が下がった中で十勝管内の取引の数だけが目立って見えたケースもあります。お互いを支え助け合うところから、地域内での取引比率が高まったとの見方ができると考えています。

その他、二次的被害の状況をまとめると、流通網の寸断、農業が被害を受けた事による次の被害、製造業へ被害が伝わっていく。あるいは観光客が十勝を回避するという風評被害も出ていることを研究論文の中でまとめています。

# 【二次的被害からの再建】

二次的被害の再建に関しても、規模を縮小して再建、それから被害の改善状況を見ても、被害にあってから1年半経ったところで聞いていますが、殆ど改善していないと回答される方が一定程度いることが、気になるところです。

この研究報告は、昨年 6 月の国際学会で報告しましたが、その際、豪雨は、局地的に被害が起こりやすい。地域レベルで見るよりも実際は、まだら模様となって被害が地域の中で表れてくることをドイツの研究者が言われていました。特に一つでも自然災害が発生した時にどういう形で現れるのかを記録し続けることが今後の備えにつながってくると捉えています。

#### く 質疑応答 >

**会場B**: 第一被害、第二被害については、どのようなものが該当するのか。二点目に保険等で損失がカバーされた割合がどうなっているのか。三点目は、先ほど言われた研究論文を拝見したいと思いますが、どのようにアクセスできますか。

大 貝: 直接的被害と二次的被害の位置づけですが、直接的被害は大風や大雨によってダメージを受けたところと捉えています。主には農地の冠水、河川氾濫箇所、あるいは、製造業であっても雨で浸水した、機械が水に浸かって損失が出たところを直接的被害と位置付けています。

二次的被害は、主に農業被害、もしくは物流、流通網が寸断された。これが雨による 直接的被害であるならば、そういうところから自分たちの会社の経営やそこに対して どう影響が及んだのかを二次的被害と捉えています。

保険などの適用状況ですが、農家では共済組合の積立金等々で一様損失分は補えた という話も聞いていますが、特定の農家では、作付け品目が特殊な状況で、共済組合 に入っていなかったため、全額負担を強いられたとのコメントも見られました。

3点目の研究論文ですが、北海道開発協会のホームページにアクセスして頂き、web からのダウンロードが可能です。

- 会場B: 災害復興として法律の立場から、一次被害、二次被害。一次被害の割合的な事は説明にありませんでしたが、一次被害として、例えば新潟県山古志村の長島村長と話した際、生業補償がとても大事だと言われ、ただ日本の場合は弱いです。ハリケーン・サンディでアメリカの東海岸で、かなりアメリカでも二次被害、生業被害についても補償することが大事だと、その辺の規範的な事実として起きたことはいいですが、それに対してどう臨んでいくかのスタンスをもう少し教えて頂きたいと思います。
- 大 貝: 生業被害は、自分たちが生きていくためのところでの復旧復興を優先させることに 関してはその通りだと考えています。ただ、今回の調査票を作成した段階では、復旧 復興まで考えが及んでいません。今後の課題とさせて頂きたいと思いますが、直接被 害で経営再建に活用した資金は聞いておりまして、自己資金が 40%程度、保険金や共 済金を使ったというのは 22.5%と数字は出しています。今回資料の中には入っていま せんが、研究論文で見て頂ければと思いますが、今後の課題とさせて頂ければと思い ます。
- 司 会: 以上で大貝先生の発表を終ります。 続きまして、北海道大学大学院文学院博士課程後期の塩崎大輔先生からのご発表をお願い致します。

# 『ICT を援用した津波防災教育システムの開発と実証研究』

北海道大学大学院文学院 博士後期課程 塩崎 大輔 (本報告に関係する資料は、51ページ以降に掲載。)

普段はIT業界に努めプログラム開発などを行っています。今回、ICTとシステムの開発の方面から防災の話をしたいと思います。

# 【はじめに】

阪神淡路大震災や東日本大震災以降、日本では巨大災害に対する防災減災の意識が高まり、 取組みが議論されています。中でも最大クラスの津波、高波による浸水想定を基本としたハザードマップの利活用方法の充実で、政府の津波避難対策検討ワーキンググループで議論されていました。

近年、ICT の進歩やアプリケーションの開発環境の多様化により、多種多様な防災・減災アプリが提案されており、システムの社会実装を考える必要があります。試験的な防災・減災アプリは、開発されていますが、いかに社会実装するのか、注目したいと考えています。

地理の方面から GIS に巡る話では、1995 年の阪神淡路大震災を契機に国家的な地理空間整備がはじまりました。1999 年には、電子国土地理院地図がデジタル化された地図。その基盤が整備されました。2007 年に地理空間情報活用推進基本法が施行され、地理空間情報がどのようなものなのか。それをどう活用していくのかが、法律で検討され始めました。

法律に基づき様々な計画が検討され、されに 2010 年準天頂衛星「みちびき」。GPS 信号を日本独自の衛星で補完する。制度向上を目的とした衛星。こちらを打上げ、現在では 4 機体制です。この 10 年以上の間に IOT・ビックデータ・AI といった概念が出てきています。こういったものも総合的に活用していこうとなっています。

GIS と地理空間情報はセットで語られることが多く、GIS で分析しその結果、地理空間情報が生まれるという話でしたが、近年では地理空間情報は位置情報に紐づいた情報として存在しており、自治体や民間でもこの地理空間情報が多く作られるようになりました。そこに「みちびき」のような、衛星測位というインフラ整備が整い三位一体、その活用方法の一つとして防災があげられています。

GIS の普及では、高等学校における地理必修化が、今年から必修科目として地理総合が新設しました。その内容として GIS が一つ取り上げられるようになりました。この GIS の技術を学び活用していく土壌を育むカリキュラムとなっています。その GIS を活用する場として防災と持続可能な社会の構築。現在では、ESD、防災といったキーワードの中に含まれますが、こういうところで GIS の技術が活用できないか議論されています。

#### 【研究目的)

このように教育や社会的インフラが整ってきた中で、いかに ICT や IOT のシステムを防災教育に役立てるのか。本研究では 2 つのシステムを基盤とした防災教育システムを開発し、実証実験を行うことで、津波防災教育システムの効果および課題を検証し、その利活用法を検討することを目的としました。

システムとしては、教育システム、特に避難訓練の結果を可視化するシステムともう一つは

VR 上で疑似的に避難訓練ができる VR 避難訓練システム。この二つのシステムを開発し実験を行いました。

# 【避難訓練の可視化】

実験は、参加者がどのような避難行動をとったのか。その結果、課題がないのかどうか。というところを可視化するシステムの話をしたいと思います。

避難訓練可視化システムに関しては、津波浸水シミュレーションデータの可視化のため、Webアプリケーションを中心として津波浸水シミュレーション可視化システムを開発しました。避難訓練参加者のスマートフォンに位置情報送信アプリをインストールして頂き、この位置情報送信アプリを基に位置情報を収集します。収集された位置情報はVPS、クラウドサーバーのデータベースに保管されます。

このクラウド上のデータベースには、北海道の危機対策課が整備した津波浸水データのレコードが記録されています。

Web アプリケーションは、災害関連の情報を可視化する機能、また軌跡情報や浸水情報を管理する機能。位置情報送信アプリから送信された位置情報を収集する機能。こういうものを組み込んでいます。

この可視化機能をパソコンのブラウザ上で閲覧することで避難訓練の様子が地図上に標示される仕組みとなっています。またブラウザ上で可視化するには地図が必要ですが、今回のシステムでは、オープンソースライブラリの Cesium のライブラリを使用。簡単にいうとブラウザ上で Google Earth の様な地図が簡単に表示できる仕組みです。最大の売りは、3D 描画とタイムラインが表示されていますが、操作することで、動画のように時間操作を可能とします。時間を進めたり、巻き戻したり、このタイムラインで操作が可能となっています。

実験対象地は、釧路市を選択し、釧路市における津波浸水域の新旧想定の比較となっていますが、2012年の東日本大震災以降、新たな津波想定が出ています。元々赤い部分が津波浸水想定エリアとなっていました。しかし最大想定をすることで、再計算した結果、黄色いエリアが現在の浸水想定エリアとしてハザードマップに記載されています。

直近では、日本海側で浸水想定が再計算され、旧想定よりも北海道全体で、夜間人口2万人、昼間人口約3万人の増加となっており、全道では12人に1人が津波想定地域に住んでいて、また沿岸部に接していない札幌市を除くと、8人に1人が津波浸水想定地域に住んでいる事になります。

市町村でも偏りがあり、特に太平洋沿岸部では釧路市の浸水想定域内人口が、国勢データベースで計算すると約 13 万人弱が黄色いエリアに住んでいる結果となります。昼間人口になるとさらに1万人ほど増え13.5万人ほどになります。

また次点では、函館市の夜間で6万人弱、昼間で8万人弱というように、新想定では多くの 人が浸水想定地域に住んでいます。人の防災・減災をどう考えていくのかが、北海道の中でも 急務となっています。

# 【疑似津波集団避難実験】

今回、防災対策の一環として各自治体で行われる避難訓練を対象に、避難訓練の結果を可視化します。これは実験のため自治体が行った避難訓練ではなく、北海道大学の学生 30 人弱に協力頂き、人が集まりそうな観光施設から津波避難ビルまで避難するルートを設定し歩いて頂きました。

学生達のスマートフォンには、位置情報収集アプリがインストールされています。また実験後には、津波防災教育および避難訓練結果のフィードバック学習を行い、学習前後でアンケート調査を行っています。

この結果を元にシステムが避難参加者にどのような効果をもたらしたのかを検証していきたいと思います。

実験で可視化された避難訓練の様子では、単純に参加者の位置情報を地図上に標示しました。 移動速度を 50 倍で動かしていますが、スムーズに津波避難ビルまで到達しています。途中、交 差点で、先頭集団と後方集団に分かれたような状態となっています。

この結果が良いのか、悪いのか。判断材量が非常に乏しいため、次に津波浸水想定と併せた 避難結果を表示します。青色が津波浸水の時間発展のデータです。交差点で止まったグループ と、止まらなかったグループに分かれ、その後、先頭グループは津波避難ビルに到達。後方集 団は、津波に飲み込まれる状況が映像として可視化されました。

# 【可視化学習前後の意識の変化】

この結果を参加した学生にフィードバックすることでどのような効果があったのかをアンケート結果から見ます。

現在、最新 Ver では、避難行動者の歩行速度を三次元で表示し、どこでスピードが遅くなっているのか、早くなっているのかを可視化できるようにして、より多面的多角的に避難行動を検証できるようなシステムを目指しています。

フィーバック学習の前後では、同じ質問をしています。今回の避難訓練では迅速な避難が出来たと思いますか。避難訓練は成功だったか、失敗だったか。これを「はい」と「いいえ」の選択肢で聞いています。

学習前では、「はい」と「いいえ」は共に 50%、学習後は、はい 29%、いいえ 71%と、可 視化結果を見る事によって、「はい」と回答した 21%が自分の意見を改めています。

どのような意識変化が起こったのか。自由記述ではAさんから見ると学習前から特に入り組んだルートではなく、団体行動が取れたから成功だった。Bさんは、問題なく普通の速度で移動できた。Cさんは避難ルートが単純で、地図を見て移動できた。つまり迷わなかったから成功。という意見が見られました。

しかし、可視化結果として、自分のいた場所が浸水にのまれた結果を見て、A さんは避難が遅いと感じた。B さんは間に合っていなかった。厚岸町でも同じ訓練を行いましたが、少しダラダラ歩いてしまったと自分の記憶を振り返り再評価するような志向が読み取れました。C さんは途中の障害物や道路幅の減少で避難に遅れがでた。ルートを完全に把握していなかった。元々地図を見て移動できたので迷わなかったと回答した人も、思い返すとこういう出来事があったと自分の記憶から思い返すことができた。避難訓練を可視化結果と併せて客観的評価をするような志向になったと感じています。

避難行動を考える際、最も重要と思ったことに対しては、学習前では、避難所位置の確認、避難ルートの確認が 14人と最も選択が多い結果になっていました。しかし、学習後は避難所位置の確認と避難ルートの確認の結果が大きく減少し、その代わり避難行動速度、つまり避難所にたどり着くまでの歩行速度、避難速度が重要ではないかと意見を改めた人が 2人から 12人に増えています。元々、避難所位置の確認や避難ルートの確認ではよく防災教育で云われることですが、そこに新たに避難行動速度も重要だということが、この可視化結果を見せることで

意識づけすることができたと考えています。

# 【フィードバック学習の効果】

まとめでは、自身の避難行動を客観的データに基づき評価できた。また、これまでの避難所の位置やルート情報を重視していた参加者が避難速度の重要性を認識した。専門家が可視化結果をリアルタイムで統括することにより、避難行動時の心得や留意点を自身の記憶と併せて確認することが可能になったと考えています。

# 【浸水想定と土砂災害エリアを加えた避難行動の可視化】

今年度、稚内市でも実験を行っています。ここでは新たに津波浸水データを可視化しましま したが、土砂災害エリアを追加しました。この実験では、避難所が土砂災害に見舞われた、と いうことで別の避難所に向かう想定で避難行動を行いました。

実際に歩く時点では、土砂災害も何もなく、係員が通れませんと言うだけで、参加者は土砂という意識がありませんでしたが、稚内市では土砂災害エリアが広がっているということを合わせる事で、複合災害のリスクを意識させることができたと考えています。

# 【WebVR 技術を用いた疑似避難訓練システム】

次に二つ目のシステムについて説明を致します。WebVR 技術を用いた疑似避難訓練システムです。環境は同じ VPS にクラウドサーバー上に Web アプリケーションを設置し、それを基幹としてシステムを運用します。また全国的な整備を可能とするために全国の周辺画像が整備されている Googol Street View API の利用を検討しました。日本では殆どの道が Street View 化されています。Lating 緯度経度のパラメータを Street View API に送ることによって、その周辺画像を瞬時に送信してくれるような API となっています。システム概要については、先ほどの浸水可視化システムと同じような構成になっていますが、その可視化結果を VR で表現するところが異なっています。

また Googol Street View だけでは再現できない、夜間や積雪期といった Googol Street View に存在しない状況を再現するため  $360^\circ$  カメラで撮影した画像を取り込むこともできるようにしています。実際、プロットタイプによる VR 疑似避難訓練の実験を行い、Googol Street View を利用し厚岸町の街なかを再現して、そこを起点に学生に避難をして頂きました。VR ディスプレイには Oculus Go を使用し、頭に付けた VR ディスプレイには厚岸町が映し出されます。

VRによる避難では、頻繁に回りを確認する人と、殆ど周りを確認しない人といった違いがありましたが、中には事前に厚岸町の避難訓練に参加し、場所を把握していた人です。また逆に厚岸町に行ったことがなく土地勘のない学生。行ったことのあるないは、避難行動速度に影響を与えています。どこに逃げるのかの選択に変化の時間を与えていました。

次に函館市でも実験を行いました。函館市のハザードマップを見ると函館湾の沿岸部分が色濃く、そこから色が薄くなっているため、一見、函館湾から浸水が襲ってくるようなイメージを持ちますが、最大想定では、大森浜の高台を乗り越え、大森浜側から第一次の浸水が襲い、その後、巻き込まれた波が函館湾の方から勢いを増し、大きな勢力で浸水が広がる状況になっています。

VR 疑似避難訓練の第 2 回~5 回では、VivePRO の高性能な VR ディスプレイを使用しました。実際にどのような映像が流れているかを見て頂きます。学生たちが VAR のヘッドセットの中で見ている映像となりますが、リアルタイムでパソコンに標示し、録画した内容として見て頂いています。サイレンの音を流す事で臨場会も出しています。特に大津波警報のサイレンを

聞いた事のある人は少ないため、実際に一度聞いてもらうという意味合いも込めてサイレンを 流すようにしています。

首の動きに合わせて、周り景色が動きます。自分がどこに逃げるのか周辺の状況を見ながら 判断するシステムとなっています。先ほどの疑似避難訓練は、函館市の金森倉庫周辺のデータ を整備し、その中で疑似避難をして頂きました。

1回目は、黒枠以外の部分で実験を行い、青い点を目指す実験ですが、実際に行ってみると、LA VIST 函館ベイのホテルは、津波避難ビルにも指定されています。こちらを第1のゴール。そして函館西高等学校は函館山の麓にあり、標高の高い位置にあります。こちらも避難所に指定され、第2のゴールに設定しました。

# 【参加者の避難経路選択状況】

スタート地点から LA VIST 函館ベイに向かう人は、45.9%と半分近くがホテルに向かう行動をとっています。37.8%は、海とは反対の方向に進もうとする行動をとります。金森倉庫を抜けた T 字交差点では、どの方向に向かうのか。最短の避難経路は、一度海側に曲がり、函館山に登るルートですが、全体の87.5%が T 字のところで、海から離れようと内陸に進むルートを選択する行動が見られました。

2 回目以降は、さらに先のデータを整備して行動検証しましたが、海から離れようとする行動が見られました。函館湾から反対側に逃げようとすると結果的に大森浜の浸水開始し地点に近づく結果となります。夜間は、周辺の映像が見づらい。函館山がどこにあるのかも分からない。目印となるものがないため、函館山を目指すことが難しかったと考えています。

# 【フィードバック学習で知る災害時の危機感・警戒感】

最後に端末とサーバーサイドがリアルタイムに連携する津波避難訓練可視化システムは、参加者に結果を周知するフィードバック学習によって、訓練時では感じられないような災害に対する危機感や警戒意識を改めて知る契機になることが期待できました。

また VR を使った疑似避難訓練システムは、参加者のノード選択のログから滞留ポイントや 交差点での状況を再現することがでました。積雪期夜間の疑似避難訓練では視認できない高台 より視認しやすい近隣の津波避難ビルや内陸、海から離れようとする行動を避難者が示すよう な傾向が明らかとなっています。

参加者の母数が少ないため、今後さらに実験を繰り返し、避難行動を検討したいと考えております。

(休憩)

# 全体的な意見交換

司会: これより黒﨑所長に司会をお願いし、意見交換を進めさせて頂きます。

**黒 﨑**: 大変興味深く、先生方のご発表を聞かせて頂きましたが、これからは会場のご意見なども含めながら意見交換を進めていきたいと思います。

まず、3名の先生方から、一言ずつお話し頂き、その後、会場からご意見なども伺いながら意見交換を進めたいと思います。

私から口火を切らして頂きますと、中嶋先生には、建物のハードの対策が非常に危険性を左右してくるお話を頂きました。札幌の例では、近年は高層住宅など集住性が高くなっている札幌の都市構造があります。加えて高齢者がそこで生活する状況も出てくるのではないかと。そうなった時、建物の対策、あるいは被災者支援というソフト対策を含め、今後の検討課題があれば、一言コメントを頂きたいと思います。

大貝先生には、十勝の被災。今年の洪水被害もそうですが、都市化が進み財産が集中するところで洪水被害が大きくなる事例を見てきましたが、一方では、十勝の被災箇所が市街地ではなく周辺だったことで、十勝の産業構造の特性を含めて、地域経済のために事業の継続性をどう考えていくのか、追加的なコメントがあればお願いしたいと思います。

塩崎先生には、普段できないことは緊急時にもできない。ということもあるため避難訓練は大事だと思います。北海道の災害の特性として、冬の寒さや、同じ津波でも流氷と一緒に来るとか。例えば火山噴火でも火砕流と雪が解けて泥流が一緒に来るとか。北海道の特色ある災害の形状があると思います。これは一つの話題ですが、そのあたりを含め、先ほど話足りなかったところを含めてコメントを頂ければと思います。まず中嶋先生からお願い致します。

中 嶋: 高齢者が高層住宅に住む件について、一番は免震などの防災施策のされた建物に住むということです。高齢になると転んだだけでも骨折をする人たちが多く出ます。骨折をしてしまうと動けなくなり、いろいろと不都合がでます。高層に住むと水が止まり、水を運ばなければならないという問題が出た時にも、かなり大きな影響を及ぼしますので、性能の高いマンションを選ぶ必要があります。安全なものを選ぶという意識を高齢者ももたないと対処できないと思います。

**黒 﨑**: 有難うございました。大貝先生お願いします。

大 貝: 十勝の災害に対する対策に置き換えたいと思いますが、十勝では災害による被害が 局所的でした。山で雨が降り、川を下って流れますが、山の近いところで被害が多く でました。裏を返すと地域の中でも被害のあったところと無かったところが、如実に 出ています。 今回、被害の無かったところの声が殆ど聞けていません。地域の中で被害の無かったところでは、市場価格が高騰した話も聞かれますが、まだら模様で被害の出ているところがあります。

もう一つ、フードチェーンという話がありましたが、十勝は国内最大の畑作地帯という自負があり、自分たちの地域が災害にあったとき、全国の地域で作物を代替的に補完できたという実態も分かりました。

自分たちが思っていたほど、日本の食糧供給構造が、十勝中心ではなかったことが新たな気づきとしてありました。地域内のフードチェーンをより強固にしていくということもそうですが、産業の繋がりに加え、個々の企業が危機管理対策、事業継続計画 BCP の策定といった、もしもの備えは、今後、必ずやっていかなければというコメントが多く見られます。特に物流網では、十勝は脆弱だったということが、改めて実感できた、というコメントも見られています。

今後の産業の持続性、強靭性を踏まえ何が必要なのか。インフラ整備も必要ですが、私のスタンスでは、個々の企業の事業継続計画 BCP の策定もかなり進んでいますので、そこから次の研究につなげていきたいと考えています。

黒 﨑: 有難うございました。塩﨑先生お願いします。

塩 崎: 北海道の特色と併せたシミュレーションですが、北海道の災害時の危険性は、積雪、路面凍結による歩行速度の低下があげられます。例えば、当研究室に所属する奥野の研究では、鉄道に架かる跨線橋のような坂道では、夏場は上りでスピードが落ち、下りで上がる。冬季は逆で、登りの方が早く、下りで遅くなります。路面凍結によって、夏の避難訓練結果を冬期に当てはめることはできません。釧路市でのシミュレーションでもギリギリで避難ビルに間に合ったグループがありましたが、おそらく路面凍結を考慮し夏場の 0.8~0.5 掛けの歩行スピードになった際は全員が間に合わない。冬にはこういう危険性があると言えます。また冬と夏のデータをとり、その比較をシステム上で可視化する。その結果、季節に応じた評価ができると考えています。

もう一つ、大きな問題として、積雪地特有の問題のため、全国的に議論されること がありません。積雪期における危険性は北海道の中で議論をしていかないと議論は進 まないと考えております。

**黒 崎**: 先ほど個別の発表後にも質問がありましたが、今のコメントを含めまして会場から ご意見なり質問なりを受け付けたいと思います。

会場B: 釧路市のシミュレーションですが、どうするとよいのか。信号無視、もっと早く歩くとよいのか。年寄が多いと無理でしょうし、近道もない。どう捉えると良いのか。 東北地方の大川小学校の事件では、裏山に登ればよかったのにそれができなかった。 色々と反省材料があります。 塩﨑先生の研究にも関心がありますが、ハザードマップが十分に活かされていない。それが元で今回の台風 19 号の被害も大きくなったところがあります。洞爺湖の場合、有珠山との関係で岡田弘美先生と議論しましたが、ハザードマップを実施しようとすると、地元から大反発を招きました。技術的に可視化することはできますが、そのようなことはしないで欲しいという地元の人がいます。そこをどう考えるといいのか。

それから、中嶋先生は先ほどいいマンションに住めばよいという話でしたが、今回の台風 19号の武蔵小杉のタワーマンション問題もありましたが、それに対してどうしたらよいのか。札幌では昭和 56年に大きな水害がありましたが、配電盤をどこに設置したらよいのか。いいマンションに住めば、というものでもないですし、先ほども触れたハリケーン・サンディの関係でブリジットポイントとかロッカウエイと、かえって高いマンションに障害者とかをそういうところに詰め込まれる形で住んでいて大変な被害を受けているという例も聞き取りをしていまして、逆に水害で高層のマンションに住まわされた人は大変な思いをしていたかと思いますが、その辺を補って頂ければと思います。

黒崎: ありがとうございました。では塩崎先生からお願いできますか。

塩 崎: 質問は2点で、釧路は対策のしようがないのではと。

会場B: 車の場合はどうですか。東北の場合は車で避難し動けなくなった。

塩 崎: 厚岸では、車による高台避難を真剣に検討しています。完全なシミュレーションを 行い、どのように渋滞ができるのか。全員が浸水の来る前に高台にたどり着けるのか シミュレーションが行われている地域もあります。

では、釧路市で車避難ができるかどうか。最大で12万,13万人が一斉に車で移動し始めると渋滞します。途中で車を捨て、徒歩で避難する人が出ることで、その道は塞がってしまいます。車避難は、現在、検討されていまして、釧路市は先ほどお見せしたように、後背地は湿原とって低地が続いているため、広範囲に浸水が広がる可能性があります。

先ほど説明不足でしたが、津波の到達時間である30~35分の間に中心地から高台まで徒歩で避難するのは非常に非現実的です。車避難と併せて、津波避難ビルの整備を進められないか。ハード面で整備すると何億ものお金が動きます。完全な防災というよりもとにかく被害を減らす。減災の観点から一つ一つ検討している状態です。

二つ目の質問で、防災対策に対してネガティブな印象がある。それによって対策が阻まれてしまうという話がありましたが、何年か前に静岡で、津波の到達エリアはここまで、という看板がありました。地元住民から観光客が怖がるので外して欲しいという意見から、取り外されました。防災に対し日本はネガティブな印象が強すぎて、災害が起きると重大な被害が起きてしまう。観光地にとっては打撃になるので隠してしまう。他方では、鎌倉市で市役所が中心となって、津波浸水の分かりやすい CG 映

像を作成して周知しています。実際、国土地理院と一緒になり防災アプリのコンテストの結果、実証実験を鎌倉市と行い、道路上に避難経路を白線と併せて標示しています。隠さずに出す事によって安心感を与える方向で行われています。ネガティブをいかに払拭するか。防災・減災は、ポジティブなことであり、観光地のブランド力を上げる方向にもっていければと私個人の考えです。

**黒 﨑**: ありがどうございました。次に中嶋先生お願い致します。

中 嶋: 先ほど免震のマンションに住むべきだという話をしましたが、免震のマンションを 建てる前にその地域がどういうエリアかを当然ながら評価しておくべきです。例え ば、最近では2階部の減築。地震動に強くするために1階建ての建物が増えていま す。今回の台風19号では低層部において多くの人が亡くなっています。2階に逃げ ることができなかった。

ただし、2 階建てにすると高齢者は1 階に住みます。結局、被災時に2 階にいないことで亡くなっていく。土砂災害も厚真町での事例でも、1 階での死亡率が90 数パーセント、2 階では数パーセントです。2 階にいたことで助かった命が相当数あるということは、高層階にいた方が、命という意味では安全です。命を守るためには、なるべく高層階にいた方がいいですが、高すぎると地震動の揺れが大きくなります。そこで、免震などを入れ、制御したうえで安全な場所にいないと、本当に命を失っていく。そういう対策をしていく必要があるのではないかと思っています。

**黒 﨑**: 予定時間となってきましたが、ご質問などがあれば、もう少しお受けしたいと思います。

会場C: 貴重なお話をありがとうございました。塩﨑先生にお聞きしたいと思いますが、防災教育について時間の都合で最後割愛され、お聞きすることができませんでしたが、実験のなかでもその場所を知らない人は、時間がかかってしまうという話があったため、こういう防災システムは防災教育だけではなく観光地の中でいかに観光客が避難をスムーズにできるように、システムを使っていくという事については、どのようなお考えをしていますか。

塩 崎: 質問ありがとうございます。防災教育の説明は、時間の都合で割愛しましたが、先日安部総理が1人1台 PC の時代と言われたように、教育現場では ICT が遅れているようですが、機材は揃ってきています。システムを動かす土壌ができているというスライドをお見せしようと思っていました。資料の最後に掲載しているスライドが松前町の松城小学校で実際に行われている授業風景です。6年生の子どもたちが ipadを使い keynote でパワーポイントの資料を作ります。みんなで、総合評価をして評価を付け合う、という教育が行われている学校もあります。そういう土壌ができているので今のシステムを教育に役立てられるのではないかという考えです。

観光地の観光客に対するアプローチ。観光をする場合、一見さんの観光客が周辺の 防災情報を事前にはおそらく調べません。調査を行ったわけではありませんが、見て いる人も少ないし看板を立てても非常に見づらい場所にあったりします。

函館駅の上のカフェからハザードマップの看板を2時間ほど見ていましたが、誰一人立ち止まりませんでした。こういう人達に対して、旅行計画を立てる時にこういうシステムを試してください。VRで災害が起きた時に、適切に対処できるようにするようなアプリを一般に公開し、事前に防災を学ぶような、こちらはコンテンツとそのデザインも問題になってきますが、そういうものを構築することができれば事前学習として役立てることができるのではないかと。

もう一つは、教育と観光の連携で、修学旅行とかにも小学校のころから事前に調べておきましょうと、教育を行う。そういう習慣をつけることで大人になっても、事前に調べるのではないかと期待しています。

黒 崎: それではもう一方からお願い致します。

**会場D**: 今日は、それぞれの切り口が、災害に対するリスクに気付きという上で、ある意味 共通する部分があり、非常に興味深く拝聴しました。

例えば、お話頂いた事が、個人の気付きになる。塩崎さんの話も、何度も実験を重ねることで、インフラの周り、交差点側でのインフラであったり、社会の構造の中で予め用意しておくと、いいという事が洗いだされるだろうと思いました。

社会実装あるいは、インフラの方で予めお手伝いをしておくという上では、資金を 工面する、財政当局や民間の経営側、投資家の理解が不可欠となります。そうすると 経済に一番関係がある。そこで、大貝先生にお伺いしたいと思いますが、これらの経 済の影響やリスクについて見て頂いたわけですが、もう少し、お金を動かす人達に訴 えかけるうえで、どのような仕組みというか、今回の研究を通じて、個人レベルでの 考えも大事ですが、それを社会や企業で実装するうえで、どのような提案ができるの か、お気付きになったことがあればお伺いしたいと思います。

大 貝: 今回の研究では、率直に申してそこまでの発想には至っておりません。海外で報告した時も、なぜ最初から行政を巻き込まないのかと言われましたが、企業というよりも、地域経済やライフラインをどう維持していくのかを、最初に考えなければいけないのは、行政がこういう地域の災害にどう向き合うのかという意識を変えるところからはじまるのかと捉えています。

そのうえでの蓄積。次の災害に備え、もう少しこういう災害研究を行うとすれば、 先行研究として記録を取っていく。それを基に何が考えられるのかを行政と連携をと りながら、考えられる対策。そして予算をどう動かすことができるのかまで、話をつ なげていく。ということが課題になると考えています。

会場B: 今の発言を受けますと塩﨑先生との関係で、ハザードマップの事をお聞きしましたが、本格的にハザードマップ、観光者より危険地域に住む居住者を救う。観光者も大

事ではありますが、その為にはお金が必要だと。居住福祉に関する費用予算は非常に 少ないわけです。

例えば、広島で地滑り災害が起きた、それが危険地域だということで、補助金を出す。そういう話に当然いきますが、最後のところで防災、個人責任としてしまうのはどうかと私も思いました。

塩 崎: 費用面、経済面ですが、私も企業に勤めていましたので、全てがそうとは言いませんが、企業はリスクを避けようとします。ハザードマップや実際起こっていない想定の事には、起こるまで正しいかどうかわからない。人の生き死に関わってしまうので、リスク評価を間違ってしまうと、最終的に企業が責任をとれるのか。そこで企業は足踏みをしてしまう。

企業は事前対策に動きづらい。起こった事に対する対応は早いです。例えばトヨタでは、プローブデータからどこの道が通れるか。ホンダも行っていますが、現実に起こったことに対して間違いようがないので、動きが非常に速い。それ以前の防災に関しては、そのリスクが検討できないため、民間企業が主体的に動くことが難しい。行政も同じ問題を抱えていて、2011年の小学校の件もありました。ハザードマップが浸水地域ではないにも関わらず、そこを大きく超え、それに対して、行政が責任を取らされているような状態なので、さらに委縮する状況が起こっています。ここをどうしていくかが懸念材料となります。

**黒 崎**: 色々と議論も尽きないかと思いますが、災害では第一に命を守る、そして日常的な生活を守っていく、そして経済を復興していく。そういうところまで同時に行い、場合によって長期におよぶ事になります。

先生方のような様々な切り口の中で、エビデンスを高めていく。そういうところが 行政、民間、総合的な防災力を高めることにつながって欲しいと思います。私どもも 含めて、今後もこういう研究に可能な範囲で、ご支援申し上げたいと思います。皆様 方も、引き続きこういう活動へのご理解を頂きながら、防災に対する知見を更に広 げ、深めて頂きたいと思います。

#### 5. 閉 会

**司 会**: 以上をもちまして、第 15 回助成研究発表会を終わらせて頂きたいと思います。本日は、ご参加頂き誠に有難うございました。

パンフレット掲載の研究概要および説明資料

# 札幌圏における都市の拡大と地震リスクの変遷に関する研究

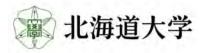
〔平成27年度助成〕

北海道大学大学院工学研究院 准教授 中嶋 唯貴 注)\*共同研究の発表者

2018年北海道胆振東部地震が発生し、北海道が公表している被害状況より死者 42 名、負傷者 762 名、住家被害は約 14,000 棟と大きな被害が発生した。また、台風 15 号、19 号、21 号に起因する雨・風により、各地で大きな被害が発生しており自然災害に対し積極的な防災行動を行政、各世帯において実施することが必要となってきている。自然災害に対し対策を実施するための第一歩として、ハザードマップを確認するなど我が町・我が家がどのようなリスクに晒されており、そのリスクがどのように変化しているのかを把握しておく事が重要となる。

今回の発表では、札幌市における主に地震リスクの変化について報告をする。ただし、北海道において水害への対応も必要になってきていることから、水害についても触れることとする。初めに、札幌近傍の地震断層による地震を対象とし、1950年から 2000年までの建物被害による人的被害がどのように推移しているのかを検討する。札幌においては、軟弱地盤において宅地が広がっていき、高震度領域に住民が増加してきており年々地震発生時において高震度に晒される人口が増加してきていることが分かる。そのため、建物被害・人口被害の増大が危惧される。そこで、北海道作成の想定地震を用い、50年間における建物被害を推定すると、住居被害数・率は大きく減少してきている。この要因としては、建築基準法の変更や建築様式の築年代による変化によって住宅の耐震性能が上昇していることに起因する。また、人的被害を対象とすると建物倒壊による人的被害も大きく減少している。ただし、現在の規模の被害でもすべての負傷者に近隣の病院で適切な医療を提供できる状況にはなく、治療を受けるためには、広域搬送が必要になる。ただし、本研究の結果は死傷者数の減少を示しているが、個人世態として考えた場合、木造家屋は築後年数の増加とともに老朽化することに加え、個々人の年齢が上昇すれば死傷危険度は上昇するため、個人世態を対象とした場合は年々危険度は増加していることには注意が必要である。

次に、水害に関してはどうであろうか。これを検討するために札幌市内における水害ハザードマップと国勢調査の人口分布を用い、浸水深曝露人口(想定浸水深ごとに住む人口)を算出した。この結果をみると札幌においても浸水深エリアの人口は増え続けており、浸水被害をうける世帯は増えていると言える。これは、北海道のみではなく全道的にみられる傾向である。近年、北海道においても、水害が発生しており、水害発生エリアの防災対策を検討しておく必要があろう。



# 札幌圏における都市の拡大と 地震リスクの変遷に関する研究

北海道大学大学院工学研究院 中嶋唯貴

# はじめに

平成30年9月6日午前3時7分ごろ 震源深さ37km・マグニチュード6.7 北海道胆振東部地震が発生



人的被害と住家被害数(2019年3月6日現在)

被害	項目	被害数	
	死	44名	
人的被害	重・中等傷	59名	
	軽傷	726名	
	全壊	479棟	
住家被害	半壊	1736棟	
	一部損壊	22741棟	



地震による被害写真

北海道胆振東部地震の計測震度分布図



北海道大学

要因別死者数

北海道胆振東部地震による死者42名

→住家震動崩壊によって亡くなった方は0名

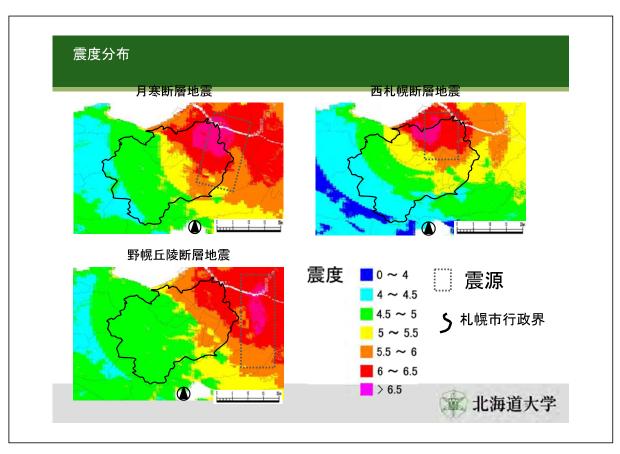
死因	性	年齢				計	
	別	0~19歳	20~59歳	60~69歳	70歳~	不明	Αl
土砂崩れ	男		5	8	7		20
	女	1	2	3	10		16
住家震動崩壊	男	0	0	0	0	0	0
	女	0	0	0	0	0	0
家具下敷き	男		2		1		3
	女						0
行動	男				1		1
	女						0
不明	男		1				1
	女						0
関連死	不明					1	1
計		1	10		19	1	42
死因別の死者数					- to		

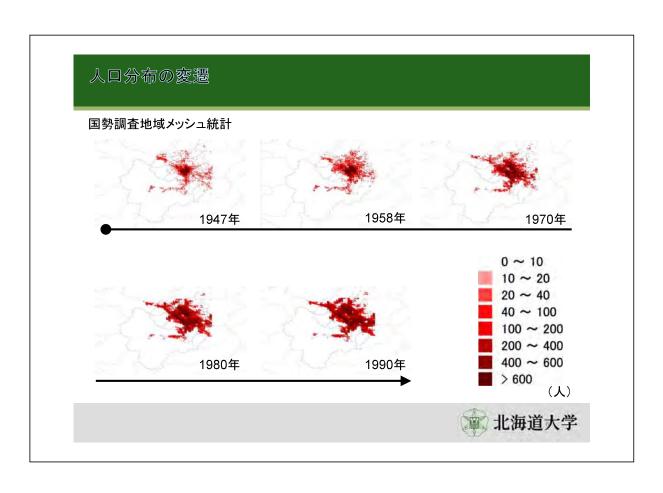
※北海道新聞:2018年9月7日第27230号(日刊)等

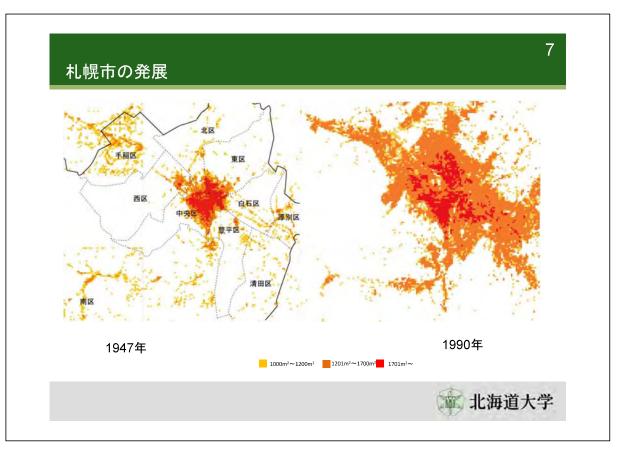
北海道大学

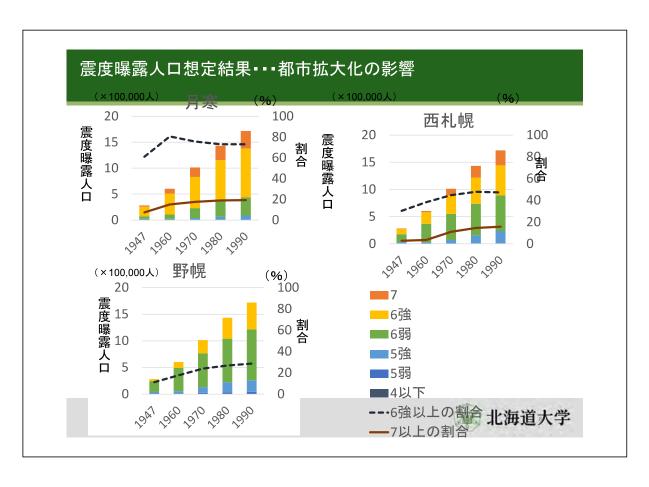


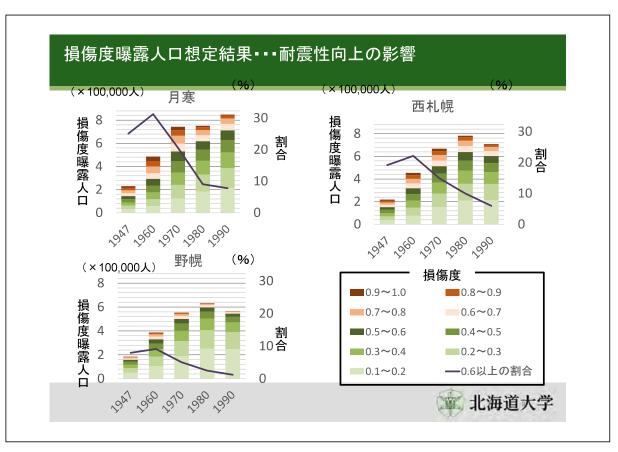


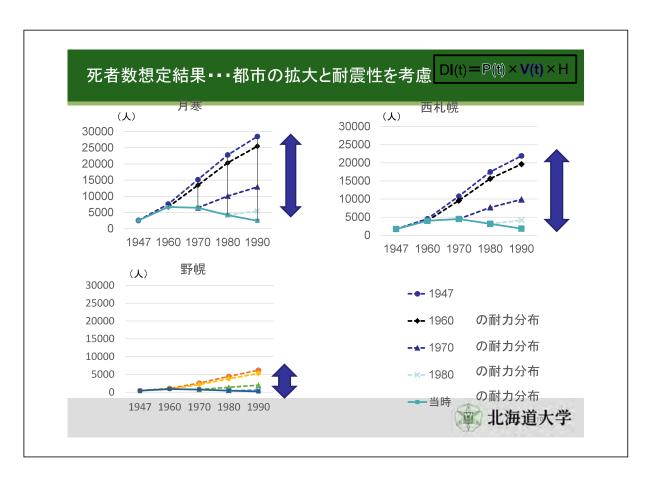


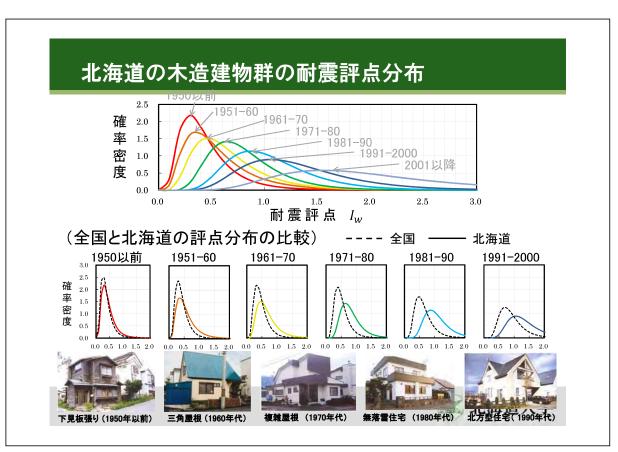


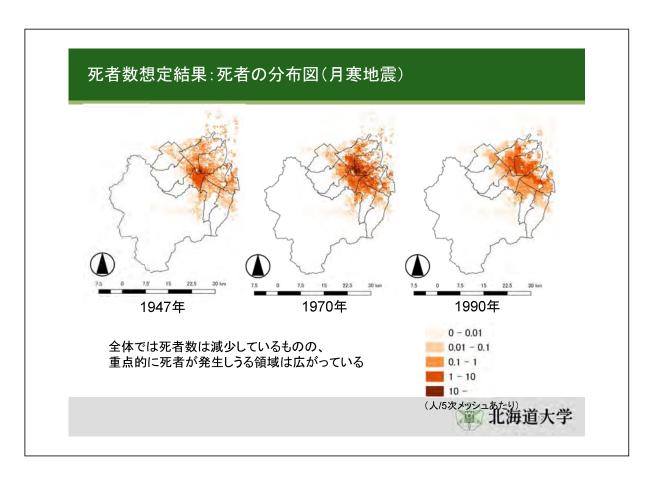




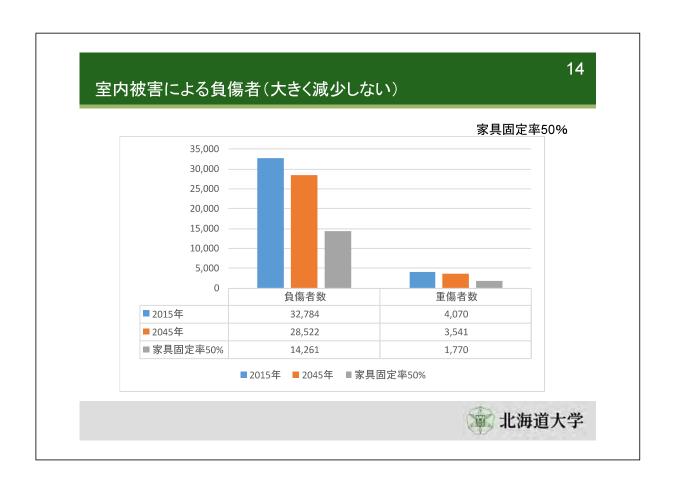






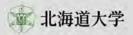


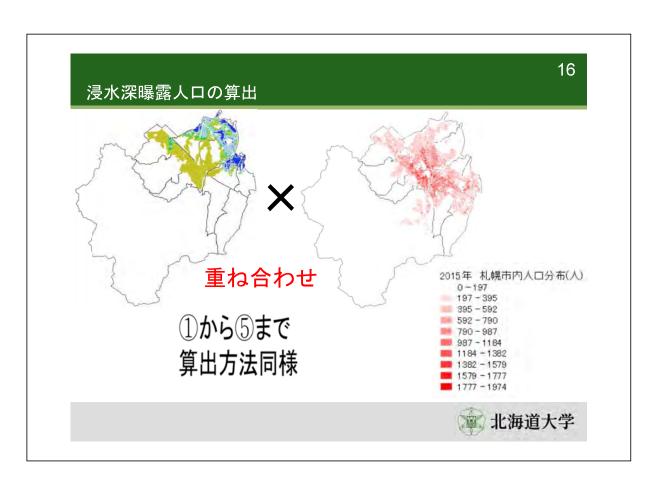


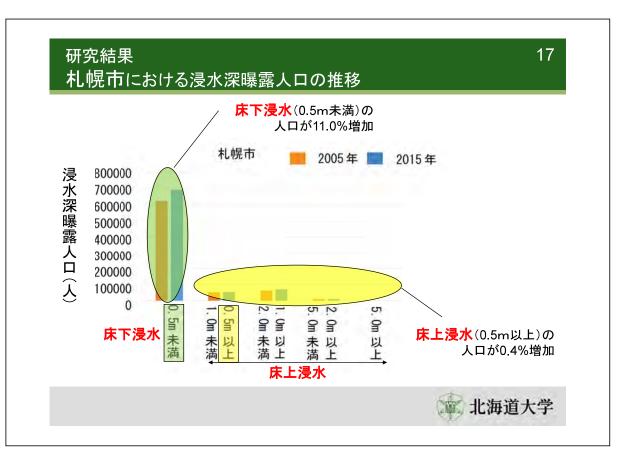


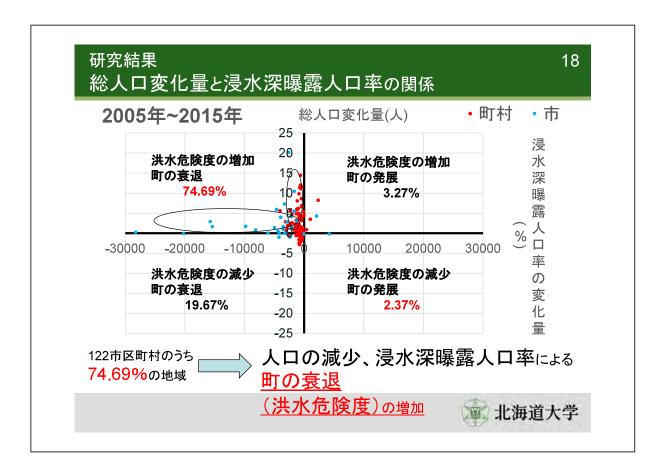
15

# 水害についてはどうだろう?



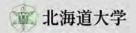






### <u>災害リスクを考慮した住まい</u>の場所や対策を

- ■札幌市の地震に伴う死者は、減少傾向にある。但し、これは全体の結果であり、耐震性の低い住宅は存在しており、早急な対策が必要である。加えて、室内被害の減少スピードは遅い。対策が必要である。
- ・水害に関しては、浸水危険地域の人口が増している 状況にある。各世帯の水害への備えが必要である。 また、新たな住宅を建設する場合は水害の危険度を考慮 し場所を選定する必要があるであろう。



### 「自然災害が地域経済に与える影響に関する分野横断的研究」

[平成25年度助成]

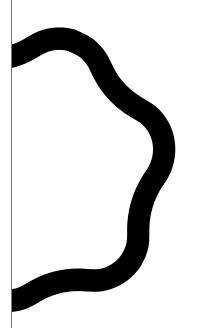
北海学園大学経済学部 准教授 大貝 健二 注)\*共同研究の発表者

近年、日本国内にとどまらず、大地震や台風被害、集中豪雨等による自然災害が頻発する状況である。特に、局所的な災害が毎年日本列島のどこかで生じており、自然災害と向き合わなければならない時代に直面している。本研究では、2016年8月に生じた十勝地域の自然災害に伴う経済的被害実態を分野横断的に把握することに努めた。災害に伴う被害実態の把握を研究テーマに据えることにより、地域経済学の分野で研究が進みつつある「災害の地域経済学」として、自然災害の被害実態をより具体的に明らかにしていくこと、地域の実情に基づいた政策的視点の提示、さらには、防災・減災、事前復興に向けて社会科学的知見から社会実装を目指すフレームワークの構築への貢献を目指した。

本研究の成果は、一般社団法人中小企業家同友会とかち支部の全面的な協力のもと、支部全会員886社を対象にしたアンケート調査「台風等自然災害に係る災害等に関する影響調査」(以下、十勝災害調査)として実施した結果を中心にまとめている。調査票の回収率は23.0%であったが、自由記述項目欄における詳細な記述を中心に、新聞報道や各種報告書では見ることができないコメントに意味があると考えている。

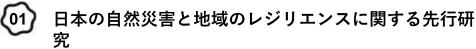
アンケート調査では、大雨・台風による直接的な被害実態の把握、二次的な被害状況(2016年9月~12月、2017年1~6月)のほか、災害に伴うプラスの影響、自然災害を経験したことによる気づき、自然災害への備えの必要性、行政や業界への要望や提言を尋ねた。直接的被害、二次的被害それぞれにおいて、被害を受けた回答者のその具体的な内容に関しては数10万円程度のものから数1,000万円のものまで多岐に及んでいることや、完全に復旧するまでは数年の時間を要することを示している。

また、後半の自由記述においては、十分にまとめ切れていないものの、本研究で視野に入れている地域的レジリエンスの構築に向けての有意なコメントに注目している。当初本研究で行うことを予定していた調査結果のGISへの落とし込みや地域レジリエンスの構築に向けた政策的提言に関しては、今後の課題である。



# 自然災害が地域経済に与える 影響に関する分野横断的研究

大貝健二(北海学園大学経済学部) ogai@econ.hokkai-s-u.ac.jp 2019/11/29 第15回助成研究発表会



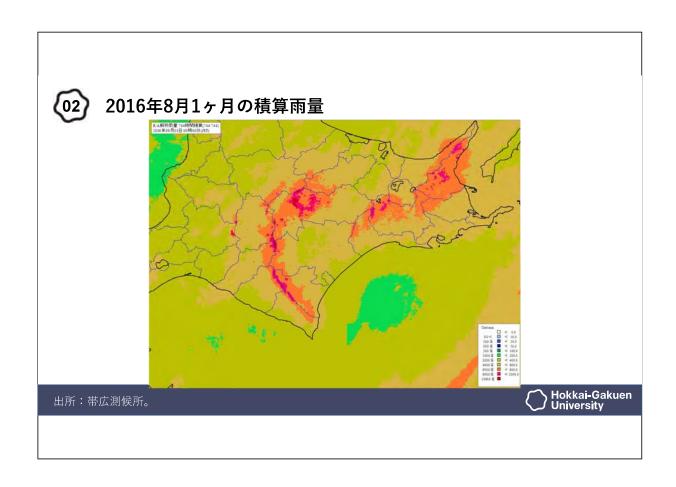
- ◎「災害列島化」する日本、自然災害と向き合わなければならない状況
- ◎「災害の地域経済学」
  - 1) 自然災害の被害実態を明らかにし、地域の実情に基づいた政策の実施
  - 2) 防災・減災に向け、社会科学的知見から社会実装を目指すフレームワークの構築
- ◎地域のレジリエンス(復元力)への注目
  - 1) 国や地方自治体が中心となって整備する社会資本における災害への備え
  - 2) 地域の経済主体が自治体と連携すること
  - 3) 災害時及びその復旧・復興過程において、自覚的に自社の経営や地域経済社会の再建を追求すること、そのために経済主体間での意識的な連携が必要
- ◎調査対象について

(一社) 北海道中小企業家同友会とかち支部会員886社(2017年5月現在) 業種横断的な把握/十勝管内全市町村に立地/地域貢献的企業の存在

調査期間:2017年7月1日~7月31日/回収率:207(23.0%)

回収率は高くはない。しかし、自由記述における内容の豊富さは貴重な資料













### 災害調査回答企業の業種別割合

			本調査		とかち支部		回収率
全		体	198	100.0	886	100.0	22.3
農		業	35	17.7	162	18.3	21.6
建	設	業	28	14.1	121	13.7	23.1
製	造	業	28	14.1	91	10.3	30.8
製流	通商	業	56	28.3	258	29.1	21.7
サ	ービス	業	51	25.8	254	28.7	20.1
不		明	9				_

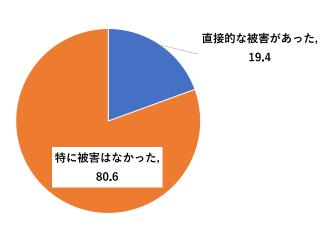
出所:十勝災害調査(2017)及び、北海道中小企業家同友会とかち支部名簿に基づく。





### 図1 直接的被害の有無(n=206)

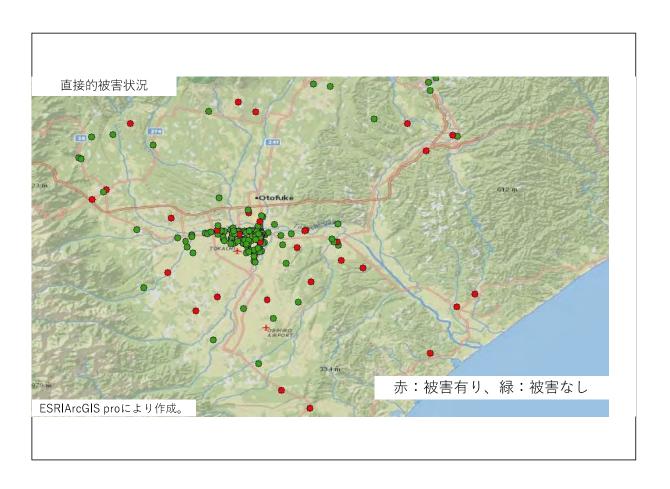
19.4



業種別直接的被害の有無

全     体     206     40     166       100.0     19.4     80.6       農     35     24     11       100.0     68.6     31.4       建     設     28     2     26       100.0     7.1     92.9       製     造     27     5     22       100.0     18.5     81.5       流     通     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サービス業     51     4     47       100.0     7.8     92.2				Tota <b>l</b>	直接的な被 害があった	特に被害は なかった
世	<u> </u>		1+	206	40	166
機     素     100.0     68.6     31.4       建     設     業     28     2     26       100.0     7.1     92.9       製     造     業     27     5     22       100.0     18.5     81.5       流     適     素     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サービス業     51     4     47	<u>±</u>	12		100.0	19.4	80.6
建設業     28     2     26       100.0     7.1     92.9       製造業     27     5     22       100.0     18.5     81.5       流通商業     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サービス業     51     4     47	<b>±</b>		쌲	35	24	11
建 設 業     100.0     7.1     92.9       製 造 業     27     5     22       100.0     18.5     81.5       流 通 商 業     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サービス業     51     4     47	辰		未	100.0	68.6	31.4
数 造 業   27   5   22   100.0   18.5   81.5   100.0   7.1   92.9   100.0   7.1   92.9   100.0   7.1   92.9   100.0   7.1   92.9   100.0   7.1   4   47   100.0   100	7 <del>.=</del>	設	業	28	2	26
器     道     素     100.0     18.5     81.5       流     通     商     業     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サービス業     51     4     47	)生			100.0	7.1	92.9
流通商業     56     4     52       100.0     7.1     92.9       サードス業     51     4     47	<b>4</b> 11	造	業	27	5	22
<ul><li>流 週 問 来</li><li>100.0</li><li>7.1</li><li>92.9</li><li>サードス 業</li><li>51</li><li>4</li><li>47</li></ul>	表			100.0	18.5	81.5
100.0 7.1 92.9 サードス業 51 4 47	法	通商	業	56	4	52
T - C 4 F	ルル			100.0	7.1	92.9
100.0 7.8 92.2	++	ビ フ	、業	51	4	47
	<i>-</i> ,	^		100.0	7.8	92.2







### (10) 直接的な被害について

- ◎"直接的な被害があった" = 19.4%
  - →業種別に見ると。特に農業での回答割合が高い
  - ・河川の氾濫による農地への被害
  - ・大雨による農地の冠水
- ◎中心部に比べて、周辺地域で被害が多く見られる

その多くは、河川の周辺、山裾、河川が近くにないところで も、被害がみられる

→土地改良事業の問題か?



# 再建の方向性(n=35) (%)

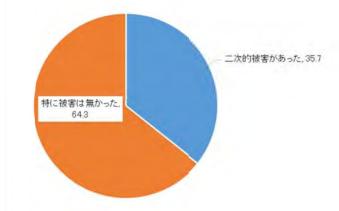


多くは、従来規模で再建する 見通しであるが、8.6%(3 者)は、縮小して再建する見 通しである。

Hokkai-Gakuen University

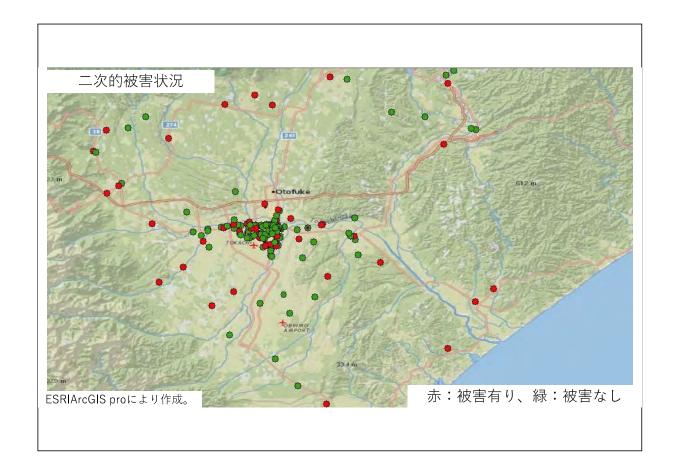


### 二次的被害の有無(n=196)



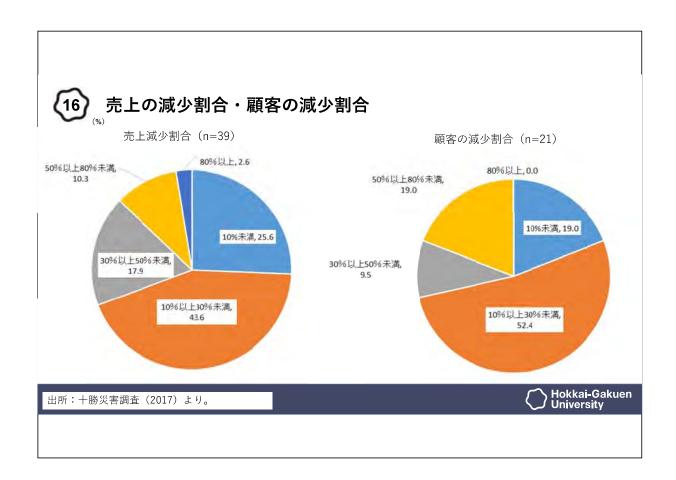
業種別二次的被害の有無 二次的被害 特に被害は があった 無かった 126 196 70 体 全 100.0 35.7 64.3 17 32 15 業 100.0 46.9 53.1 23 建 設 業 100.0 17.9 82.1 28 100**.**0 19 9 業 製 造 67.9 32.1 33 49 16 流通商業 100.0 32.7 67.3 38 サービス業 100.0 24.0 76.0











# (17) 二次的被害状況(n=70)

客数・顧客の地域間比率

			2016年8月以前		2016年9-12月	
			十勝管内	十勝管外	十勝管内	十勝管外
全	体	(n=19)	52.9	47.1	62.1	34.7
<u>全</u> 農	業	(n=2)	45.0	55.0	65.0	35.0
建	設業	(n=2)	90.0	10.0	95.0	0.5
製	造 業	(n=6)	38.3	61.7	53.3	40.0
流	通商業	€ (n=2)	50.0	50.0	47.5	52.5
<u>サ-</u>	ービス	集 (n=5)	56.0	44.0	61.0	39.0





### 二次的被害状況のまとめ

◎二次的被害についての回答は、直接的被害の回答数よりも多い

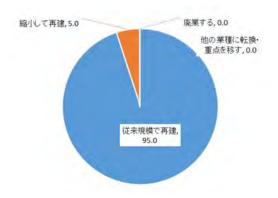
### ◎特徴

- ・流通網の寸断による被害(特に、十勝-札幌間)
- ・農業が被害を受けたことによる被害、原料不足、価格高騰
- ・風評被害:観光客の十勝回避

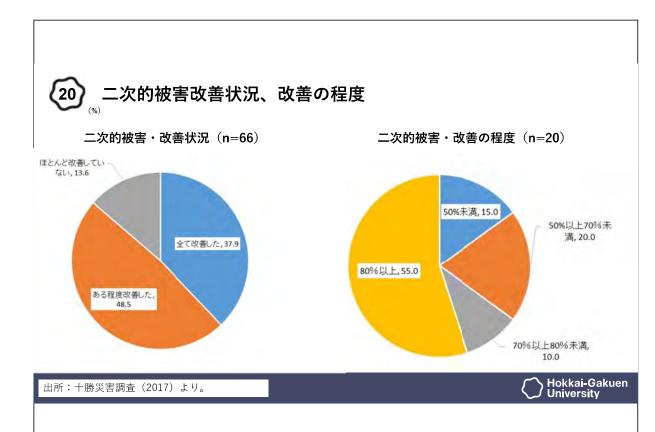




### 二次的被害からの再建の方向性 (n=40)







# 21)

### 結論

- ○本研究で明らかになった点は、次の3点である。
- 1) 自然災害が地域経済に与える影響は大きい しかし、地域のレジリエンス(復旧) は比較的早い。
- 2) しかし、個別レベルで見ると、復旧にはほど遠い企業の存在 さらに悩ましいのが、これらの企業は覆い隠されてしまう
- 3) それゆえ、災害復旧(復興)支援は、産業レベルや地域レベルで 行うよりも、個別企業レベルで行う必要があるのではないか?



# ご静聴ありがとうございました。



[平成25年度助成]

\*北海道大学大学院文学院 博士後期課程 塩﨑 大輔

本研究はICTを用いた防災教育システムを開発し、北海道沿岸部における津波災害を対象とした実験を行うことで、システムの効果と課題を検証することを目的とした。

本研究はまず、2つのシステムを核とした防災教育システムを開発した。1つ目は、集団避難訓練結果を、津波浸水想定データと合わせて動的に可視化するシステムである。ICT及びWeb GIS ライブラリ、公開されている地理院地図と合わせて、位置情報収集アプリで収集した避難行動軌跡をリアルタイムで可視化することができる。

2つ目は仮想現実空間内で最適な避難経路を体験できる疑似避難訓練システムである。このシステムはGoogle Street Viewを用いることにより、多くの地域を避難訓練エリアに指定できる。また360度カメラ画像を用いることにより、Google Street Viewでは再現できない夜間や積雪期といった空間を再現することもできる。

可視化システムの実証実験では北海道釧路市を対象地域として、津波集団避難実験を行い、そのデータを収集し、リアルタイムで可視化することができた。また実験後に実験参加者に対してシステムを利用したフィードバックを行うことで、津波災害時の避難に関する意識を変化させるなどの効果が現れたことが、アンケート調査結果から明らかとなった。

疑似避難訓練システムを用いた実験では、参加者が発災時の避難行動を体験することができた。 また実験を通して、参加者が経路確認のために滞留する場所や、経路選択を誤る場所の抽出に成功した。函館市を対象とした積雪期夜間という条件下での擬似避難実験では、参加者が最も視認しやすい津波避難ビルに集中するという傾向が明らかとなった。これは函館山のような標高の高い場所が夜間には視認できないためであった。光源のない高台などは夜間や積雪期に見つけられず、経路選択に時間がかかるなどの傾向も見られた。こうして得られたデータは今後の防災計画や防災教育の現場で活かせると考えられる。

システムの開発及び実験は概ね計画通りに遂行することができた。またシステムで得られた情報をフィードバックすることによる学習効果も現れた。今後は教育の現場を対象とする社会実装を考慮した本システムの利活用法の検討を進める。

### ICT を援用した津波防災教育システムの 開発と実証研究

・塩崎大輔

北海道大学大学院文学院・博士後期課程

・橋本 雄一

北海道大学大学院文学研究院・教授

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/2

1

# はじめに

- 阪神淡路大震災や東日本大震災などにより、日本では地震や津波といった巨大災害に対する防災・減災意識が高まり、取り組みが議論されてきた。
- あらゆる可能性を考慮した最大クラスの津波・高潮による浸水想定を基本とし、ハザードマップの利活用方法の充実等が進められている(津波避難対策検討ワーキンググループ)。
- ICTの進歩やアプリケーション開発環境の多様化により、多種多様な防災・減災アプリなどが提案されておりシステムの社会実装を考える必要がある。

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25

### 地理空間情報の活用に関する国家計画の推移

- 現実の国土の電子版(サイバースペース)を目指す. 1999年 電子国土
- 2001年 e-Japan戦略 情報通信技術の普及と知識創発型社会の実現を目指す.
- 2002年 GISアクションプログラム2002-2005

1995年の阪神淡路大震災を契機に国家

■ 2006年 GISアクションプログラム2010

的地理空間情報の整備が始める。

■ 2007年 **地理空間情報活用推進基本法** 

公布:5月30日法律第63号,施行:2007年8月29日

2000年代に国内の情報基盤整備が進展

地理空間情報の基本法・計画が策定

■ 2008年 地理空間情報活用推進基本計画

4月15日閣議決定,計画期間:平成23年度まで.

様々な地理空間情報を高度に活用する社会構築のための政策を推進.

- 2008年 地理空間情報の活用推進に関する実施計画(G空間行動プラン) 8月1日策定, 2009年6月10日更新.
- 2010年 準天頂衛星「みちびき」初号機打ち上げ(9月11日,種子島宇宙センター)
- 2012年 地理空間情報活用推進基本計画(第2期) 3月24日閣議決定、計画期間:平成28年度まで.

第2期計画で、防災に関する 地理空間情報の重要性が指摘

3

旧基本計画に続いて地理空間情報の高度活用社会を構築するための政策を推進.

- 2017年 新しい地理空間情報活用推進基本計画(第3期) 3月24日閣議決定。IoT, ビッグデータ, AI等の利用促進。
- 2017年 準天頂衛星「みちびき」2号機(6月17日), 3号機(8月11日), 4号機(10月10日)打ち上
- 2018年 準天頂衛星「みちびき」4機体制による運用開始.

### 地理空間情報の活用に関する国家計画の推移 社会的なニーズの変化に対応した内容の高度化 アクションプログラム 地理空間情報活用 アクションプログラム 2002-2005 2010 推進基本計画 地理空間情報 地理空間情報 GIS GIS地理空間情報 GIS 衛星測位 地理空間情報活用 地理空間情報活用 推進基本計画 (第2期) 推進基本計画 (第3期) 地理空間情報 地理空間情報 衛星測位 災害対応 災害対応 衛星測位 GIS 衛星測位 GIS IoT・ビッグデータ・AI など最新技術の活用 地理空間情報



# 研究目的

○ 本研究は津波避難訓練を支援する津波避難訓練可視化システムと、VR(仮想現実)上で疑似的に避難訓練を行うことのできる疑似津波避難訓練システムを開発し、これらのシステムを運用することによってICTを用いた津波防災教育システムの効果及び課題を検証し、その利活用法を検討することを目的とした。

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25

### 研究方法

### 防災教育システムの開発

•ICT及びWeb技術を用いた2つのシステムを開発する。1つ目は実際に行われる避難訓練の情報を地図上に可視化し、訓練参加者にフィードバックする避難訓練可視化システム、2つ目はWebVR技術を用いることにより、仮想空間上で擬似避難訓練を行うことのできるシステムである。

### 避難訓練可視化システムの検証

・北海道大学文学部に所属する学生・教員を対象とし、北海道釧路市・厚 岸町における疑似津波集団避難訓練を実施。訓練実施後、システムを利 用し津波疑似避難訓練の結果を参加者にフィードバック

### 疑似避難訓練システムの検証

• 擬似避難訓練システムは大きく分けて二つの実験を行う。1つは Google社が提供するGoogleStreetViewのデータを用いて、北海道厚 岸町における夏季昼間の空間をVR上に再現する。次に北海道函館市に おける冬季夜間の空間をVR上に再現し実験を行う。

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25

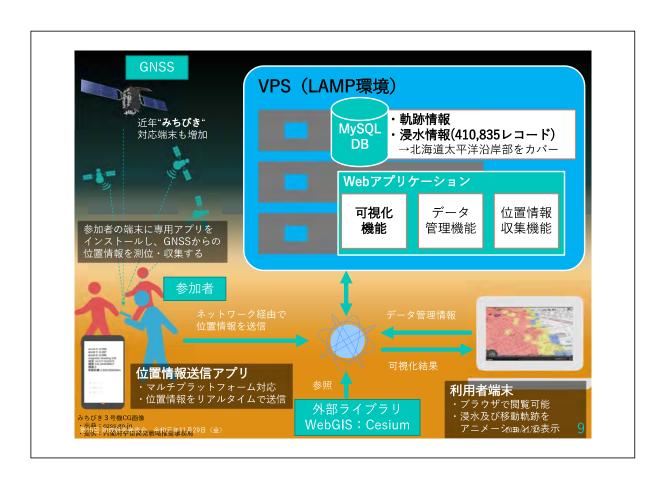
7

# 避難訓練可視化システム

- ○津波浸水シミュレーションデータの可視化のため、Webアプリケーションを中心とする津波浸水シミュレーション可視化システムを開発
- ○クラウドサーバー上にLAMP(CentOS、 ApacheHTTPServer、MySQL、PHP)環境を 構築し、そこに津波浸水シミュレーション可視 化システムを設置

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25







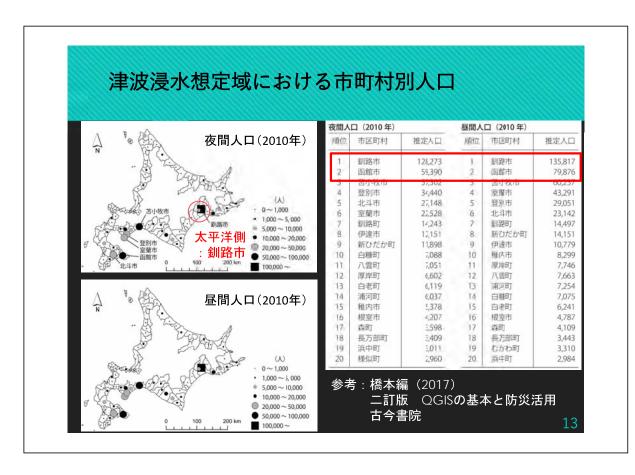
### 北海道の津波浸水想定域人口 (2017年6月23日プレスリリース)

		A 20 60-80	\$10 - 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10 10	
津波浸水想定域人口	夜間人口		昼間人口	
(2010年)	旧想定	新想定	旧想定	新想定
北海道(万人)	45.5	47.7	51.3	54.4
全人口に占める割合(%)	8.3	8.7	9.3	9.9
日本海沿岸市町村(万人)	1.4	3.6	1.9	5.0
全人口に占める割合(%)	2.5	6.5	3.6	9.4

全道で12人に1人が津波浸水想定域に住んでいる。 (札幌市を除くと8人に1人)

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

019/11/25



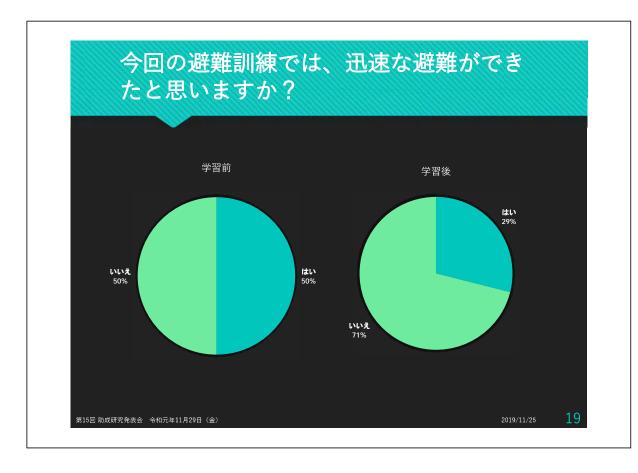








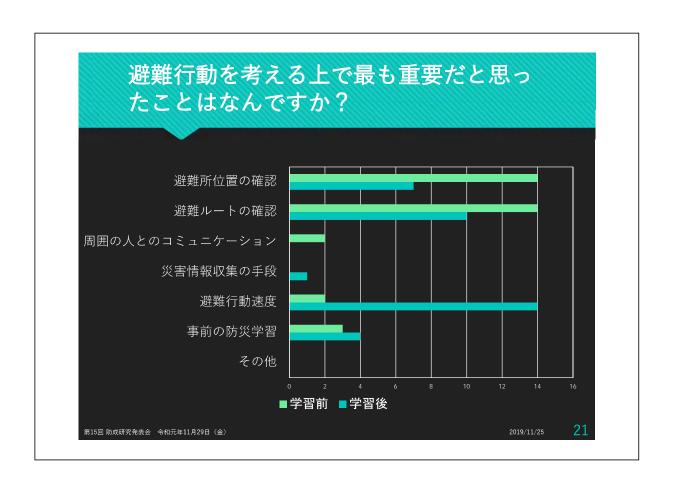




# 選択理由の変化 学習前 ・特に入り組んだルートではなく、団体行動がしっかりと取れたから ・問題なく普通の速度で移動できたから ・避難ルートが単純で、地図を見て移動できたから。 学習後 ・避難の結果を見て、明らかに歩くのが遅いと感じたから ・間に合っていなかったので。厚岸でもそういえば少しダラダラ歩いてしまった ・途中の障害物や道路幅の減少で、避難に遅れがでてし

まった。ルートを完全には把握していなかった。

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)



# フィードバック学習の効果

- 自身の避難行動を<mark>客観的データに基づき評価</mark>
- ○これまで避難所の位置やルート情報を重視して いた参加者が、<mark>避難速度の重要性</mark>を認識
- ○専門家が総括することにより、避難行動時の心 得や留意点を自身の記憶と合わせて確認するこ とが可能

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

# WebVR技術を用いた <u>疑似避難訓練シ</u>ステム

- ○VPSにLAMP環境で構築されたWebアプリ ケーションを基幹とするシステム
- ○WebVRフレームワークにはMozillaがサポー トする「A-Frame」を利用
- ○周辺画像などの基礎データには 「GoogleStreetViewAPI」を利用

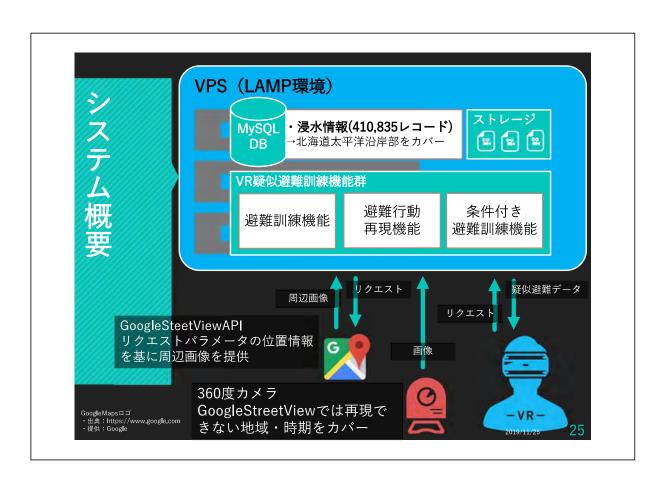
2019/11/25

23

# **GoogleStreetViewAPI**

- ○Googleが提供するGoogleMapsAPI群の一つ
- ○LatIng等のパラメータとしたリクエストを 送信すると、指定された位置情報に最も近 い地点の画像をレスポンス
- ○日本全国のデータを整備→一つのシステムで全国をカバー
- ○月間28,000panos(200\$)まで無料

/11/25 2





# プロトタイプによる VR疑似避難訓練実験(第一回)

- 北海道大学大学院文学研究科・文学部の学生8名を 対象とし、厚岸町における疑似避難訓練を実施
- 端末にはスタンドアローンVRディスプレイの OculusGoを利用
- ○参加した学生8名の内、5名は実際に集団避難実験 に参加し、避難ルートを経験済み

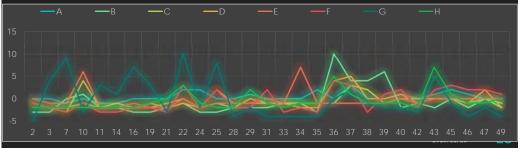


11/25

27

# 参加者による避難行動の比較











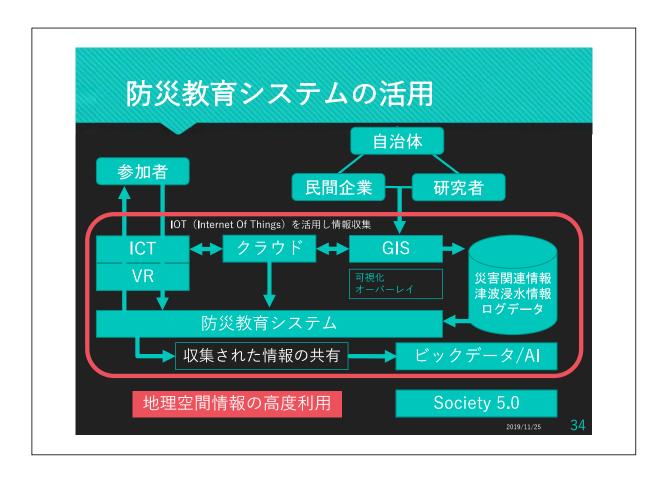


## おわりに

- ○端末とサーバーサイドがリアルタイムで連携することにより、訓練終了直後に担当者が結果を確認できる点も評価できた。その結果を参加者に周知するフィードバック学習では、訓練時に感じられないような災害に対する危機感や警戒意識を改めて知る契機になることが期待できた。
- 疑似避難訓練では参加者のノード選択ログから、 参加者の滞留ポイントや交差点での状況を再現す ることができた。積雪期夜間の疑似避難訓練では、 視認できない高台よりも、視認しやすい近隣の津 波避難ビルに避難者が集中する傾向が明らかと なった。

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25











# ICT を援用した津波防災教育システム の開発と実証研究

ご清聴ありがとうございました

・塩崎大輔

北海道大学大学院文学院・博士後期課程

・橋本 雄一

北海道大学大学院文学研究院・教授

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25

30

### これまでの研究

- 奥野祐介ほか(2018):GNSSを用いた疑似的津波集団避難行動分析 -北海道釧路市・厚岸町を事例として-地理情報システム学会講演論文集,27,CD-ROM.
- 塩崎大輔,橋本雄一(2018):ICT及びWebVR技術を援用した疑似津波避難訓練システムの利活用。地理情報システム学会講演論文集,27,CD-ROM。
- 塩崎大輔,橋本雄一(2018):津波の時間発展を考慮した疑似避難訓練システムの利活用.情報処理学会研究報告「情報システムと社会環境」、2018-|5-145 1-6.
- 塩崎大輔,橋本雄一(2018):Webアプリケーションを用いたリアルタイム津波シミュレーションの可視化と情報共有、情報処理学会研究報告情報システムと社会環境(IS), 2018-IS-143, 1-6.
- 塩崎大輔, 橋本雄一(2017):オープンソースライブラリによる津波浸水に関する時間発展の可視化と利活用。 情報処理学会研究報告情報システムと社会環境(IS), 2017-IS-141, 1-6.
- 塩崎大輔, 橋本雄一(2017):オープンソースライブラリを用いた津波浸水に関する時間発展の可視化. 地埋情報システム学会講演論文集, 26, CD-ROM.
- → 字云語,周嗣 入来, 20, CD-ROM.

   奥野祐介ほか(2016):GNSSを用いた津波集団避難行動に関する移動軌跡データ分析。地理情報システム学会 諸済論文集 25 CD-ROM
- 講演論文集, 25, CD-ROM.

   奥野祐介, 橋本雄一(2015):積雪寒冷地における疑似的津波避難に関する移動軌跡データ分析. GIS 理論と応用、23(1)、11-20
- 応用, 23 (1), 11-20. ○ 奥野祐介ほか (2015) : GNSSを用いた津波集団避難実験と移動軌跡データ分析. 地理情報システム学会講演論 文集 24 CD-ROM
- O 奥野祐介,橋本雄一(2014):積雪寒冷地における擬似的避難行動軌跡データを用いた避難経路の状況分析-北海道ニセコ町を事例として-,地理情報システム学会請演論文集,23,CD-ROM,

第15回 助成研究発表会 令和元年11月29日(金)

2019/11/25

### 令和2年3月

### ■編集発行

(一財) 北海道開発協会 開発調査総合研究所 〒001-0011 札幌市北区北11条西2丁目 セントラル札幌北ビルTEL 011-709-5213 FAX 011-709-5225