

土木計画学研究委員会 50 周年記念事業

## 2015 北海道道路国際シンポジウム 人間社会とリスク

日時：2015 年 8 月 10 日（月）

場所：京王プラザホテル札幌 2 階エミネンスホール

### 【開会挨拶】

（進行） ただ今から「2015 北海道道路国際シンポジウム」を開始いたします。本日、総合司会は、北見工業大学教授、高橋清が務めさせていただきます。高橋教授、どうぞよろしくお願ひ申し上げます。

（司会） 高橋でございます。よろしくお願ひいたします。皆様、本日はお忙しい中ご参加いただきまして、誠にありがとうございます。開会に当たり、本シンポジウム実行委員会を代表して、北海道大学、田村教授よりごあいさつをいただきます。

（田村） 皆様、こんにちは。北大の田村でございます。本日はお盆の入りの月曜日でございますが、かくも大勢の方々にご参加いただきまして、本当にありがとうございます。330 名という数の応募がありました。本当に感謝しております。

最初に、「人間社会とリスク」というタイトルで海外の事例紹介をしていただく方をご紹介します。オーストラリアからベル先生、それからもう一方、タイラー先生、アメリカからリュー先生、香港からラム先生、4 名の著名な先生をお招きして、ここに開催することができました。4 名の先生、本当にどうもありがとうございました。

海外のお話を受けて我が国への示唆ということで、岐阜大学から倉内先生、熊本大学から円山先生、北大の内田先生に解説を含めてお話を頂きます。どうぞよろしくお願ひいたします。

次に、ここがたぶん聞きどころだと思うのですが、パネルディスカッションであります。パネルディスカッションのコーディネーターは、東京工業大学の朝倉先生にお願ひいたしました。大変な労を取っていただきまして、本当にありがとうございます。

パネリストは、国土交通省北海道開発局の田村様、北海道建設部の永山様、東京工業大学の山田先生、北大の加藤君、5 名の方でパネルディスカッションをしていただきます。かなり具体的で、皆さんに身近なお話をしていただけるかと思ひます。

そして最後に、お礼を申し上げますが、国土交通省北海道開発局、北海道庁、それから実行委員会のメンバーであります国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所、一般社団法人北海道開発技術センター、一般財団法人北海道道路管理技術センター、一般財団法人北海道建設技術センターには多大なるご支援をいただきました。この場を借りてお礼を申し上げます。

そして、何よりも皆様方が今日参加して下さったことが一番、実行委員会のメンバーにとってありがたいことでございます。あらためて、本当にありがとうございました。

開催の趣旨を簡単に申し上げます。昨年でありますけれども、土木学会は 100 周年を迎えました。今まで土木学会は、土木学会会員、皆さんの中にもたくさんおられると思ひますが、会員の満足度向上を目標

にしていたのでありますが、100年目を機に学会は市民の方に向けてちゃんと発信しようということを誓いました。それを受けて、土木学会の1つの組織である土木計画学研究委員会、来年、設立50周年を迎えるんでありますが、50周年のキックオフということで、北海道からこの国際シンポジウムを市民目線でお伝えするというのであります。

このシンポジウムの目的は、東京からの受け売りではなくて、交通と災害というテーマに精通されている世界中の研究者に来ていただき、世の中が道路事情が今どのようになっているのか、世界がどのような展開をしようとしているのかを知ろうというものです。更には、我が国はこういうことをもう少し考えておけばいいのではないかと多くのアドバイスをいただこうと思っております。

このシンポジウムのタイトルは「人間社会とリスク」というタイトルであります。人間社会とリスク、これに道路がどのようにかかわるのか。その知見を皆様と一緒に共有し、もっと深まり、北海道がこれから目指すであろう官民、そして市民の連携と協働による共助社会の形成と発展にこのシンポジウムが寄与することを切に願ってやみません。

最後にもう一度、皆様方には、本当にお忙しい中お集まりいただきまして、どうもありがとうございます。簡単ではございますが、開会のあいさつでございます。ありがとうございました。

(司会) 田村先生、ありがとうございました。

---

## 【人間社会とリスクー海外の事例ー】

### モデレーター

これから前半のプログラムにおけます「人間社会とリスクー海外からの事例ー」に入らせていただきたいと思っております。ここでは、海外より4名の先生方よりご講演をいただきます。なお今回、パンフレットに載っておりますキングモンクット大学のアガチャイ先生が学務のため欠席となりました。ここにおわび申し上げます。

ではまず初めに、オーストラリア、シドニー大学教授のマイケル・ベル先生にご講演をいただきたいと思っております。それではマイケル・ベル先生、よろしくお願いいたします。

### マイケル・ベル

ご紹介を頂き、ありがとうございます。私の研究テーマは貨物運送です。全世界が持続可能で、信頼に足るサプライチェーンを必要としており、こうしたサプライチェーンには国際海運を含みます。

今、見ていただいているのはオーストラリアのシドニー港の航空写真です。私が言いたいことは、港というものは都市構造の本質的な部分だということです。前景に旧シドニー港、背景に新しいコンテナターミナルが見えます。勿論、道路は貨物輸送において重要な役割を果たします。

オーストラリアはコンテナに関する限り輸入大国ですが、輸出に関しては、主にばら積み輸送によって行われます。現在のところ、シドニー港で降ろされたコンテナは市の西側の倉庫へと運ばれます。コンテナが鉄道で輸送されていけば、もっと効率的で、クリーンだったことでしょう。しかし、鉄道は多くの倉庫にはアクセスしていません。最良の妥協案は、道路と鉄道の併用であり、それには中央に見える複合一

貫輸送ターミナルが必要です。これに関して重要な問題は、どこに複合一貫輸送ターミナルを立地させるかということです。コンテナが鉄道から道路に移動する場所の決定は、複合一貫輸送ターミナルを利用する貨物の量にも影響を与えますし、都市部に流入するトラック台数や道路網の混雑にも影響を与えるでしょう。

港湾周辺の安全性を向上させ、渋滞を減らし、排出量を削減するために、トラックを道路網から減らしていくことは重要なことです。先ほどのスライドでお分かりのように、世界の多くの港湾都市では、シドニーのように港が都市に近接しています。港湾関連の貨物交通は都市環境に重大な影響を与えます。シドニーでは、コンテナの86%は港から目的地まで道路を使って輸送され、14%のみが鉄道を使っています。現時点の政策は鉄道輸送の割合を2倍にするというものですが、倉庫のほとんどに鉄道がアクセスできない以上、複合一貫輸送ターミナル（以下、IMTと呼ぶ）が重要となるわけです。

鉄道は、長距離の移動では競争面で有利な立場にあります。課題は大都市のIMTに競争力を持たせることです。もちろん、大都市におけるIMTによって、多くの倉庫にアクセスできるようになり、鉄道との接続に役立つはずですが。他にもIMTには有利な点があります。例えば、空コンテナをより適切に管理でき、IMTとともに倉庫と物流センターを共同立地させることは理にかなっています。現時点では、IMTは都市間の移動貨物を混載するために用いられます。例えば、シドニーとメルボルンの間でコンテナを輸送する場合、コンテナは1列車分の貨物として混載され、到着側で仕分けされます。

私の研究課題は、どのくらいの規模のIMTをどこに立地されるべきか、また倉庫、集荷、仕分けなどの付加価値活動を誘致する可能性はどうか、さらにはIMTによる空コンテナの管理のし易さです。IMTでこれらの活動を集約できれば、ロジスティックスの効率に関して便益をもたらす、道路輸送を削減し、環境面で恩恵をもたらすでしょう。

最適な立地を見つけることに関しては、主に2つのアプローチがあります。定性的アプローチと定量的アプローチです。まず、定性的アプローチについて述べたいと思います。IMTを立地させる可能性のある場所のリストから始めて、関連要素を特定し、これらの要素に基づいて各々の場所を評価し、最後にある目的で最適な場所を選びます。しかし、定性的方法は主観的ですから、2人の分析者の結論が異なることもあるでしょう。また、この方法は、新しいIMTが既存のIMTにどう関連しているか、関連していないかについて何も言うてはくれません。さらに、ターミナルの利用法や費用便益分析にとって重要な輸送費についても何も述べることはできませんし、交通面の影響について何も言うことはできませんし、環境影響評価にも役立つことはありません。

そのため、私は定量的方法を研究してきました。これには2つの問題があります。1つは、適切な立地を決めるための既存の方法が、混合整数線形計画法という数学的手法を用いてきたことです。もう1つは、既存の方法では、貨物があるIMTで混載され、鉄道で運ばれ、第2のIMTで仕分けされるという、2か所のIMTという単純な状況を前提としていたということです。我々は混合整数線形計画法よりも適切方法で、より複雑な大都市のIMTに対処する方法を開発したいと思っています。

まず、既存の方法がなぜ適切でないかについて述べたいと思います。基本的に混合整数線形計画法は貨物輸送会社が選択する状況によっては極端な解を出します。選択される状況によって考慮されるべき要素がさまざまあり、極端な対応というよりむしろさまざまな状況設定へのモデル対応が必要とされるでしょう。混合整数線形計画法が不都合な例として、これからお話することを考えてみてください。港に着いたコンテナは目的地の倉庫まで運ばれるのに500ドルかかりうるか、IMTを通り、それから鉄道によっ

てさらにはトラックによって同様の倉庫に到着するのに 499 ドルかかるかもしれないとします。もちろん、1社の輸送会社しかない場合、その会社はより安い選択肢を選ぶことが予想されますが、実際は多くの輸送会社があり、それらの会社にはさまざまな事情があるので、2つの選択肢の間で様々な貨物輸送手段を取ることが予想されるでしょう。

こうしたことを考えると、IMTの利用方法を予想する何らかの選択モデルに着目して、我々のアプローチに取り入れることですが、もちろん混合整数線形計画法モデルではできません。我々が見つけた枠組みはエントロピー最大化法です。これは基本的に、統計力学由来の技法で、特定の結果が生じる方法の数を研究するものです。我々はエントロピー原理を立地問題に応用しました。

方程式を持ち出してきてすみません。この方程式はエントロピーを表します。基本的に、関数ですが、発源地「I」から目的地「J」までコンテナを移動させるのに可能な方法の数を表しています。そして最初の条件はIMT「T」を経由することであり、第2の条件は空コンテナ倉庫「K」に関するものです。この方程式はより一層複雑な問題設定にも応用できますが、ここで重要な点は、問題を最大化した時点でエントロピーは2つの問題に分解できることです。それについては、これから簡単に説明します。

その前に、何点か申し上げることがあります。みなさんに述べてきた問題を難しくしている理由は、変数「YT」で表わされるターミナルを立地させる場所を決定する変数にあります。この変数「YT」は、場所「T」にターミナルがある場合は値が1になり、場所「T」にターミナルがない場合は値が0になります。我々はこの難しさをなくす方法を探求しています。難しい制約に丸をつけておきましたが、これらの中に「YT」が入っていることが分かると思います。

話を戻して、エントロピーが2つの問題に分解できることについてですが、左側は貨物経路指定の問題、右側はターミナルの立地問題です。これらの方程式によって代替経路を行く貨物の量を予測できます。貨物経路指定で分かるモデルのタイプはロジットモデルとして知られており、ロジットモデルの利点は政策を適切に検証できるということです。例えば、需要はIMTの立地の選択に関連しているでしょうし、この枠組みを目的地選択モデルに加えることができるでしょう。さらに、目的地選択も政策変数によって影響を受けるだろうし、その枠組みを政策モデルに加えることもできます。

改善がなされるであろうもう一つの分野は、貨物輸送と道路状況の相互依存です。我々は貨物流動の発生・集中、および貨物流動の分担を予測する方法を得る必要があるでしょうし、更にはどの道路を使うのかという経路選択を知ることも重要です。つまり、IMTをどこに立地させるべきかという立地モデルと道路利用経路の選択モデルです。

提唱するモデルがより現実的結果を生むかを例証するために、数値の例をお見せいたします。これらの結果から、従来の混合整数線形計画法が生み出す結果は、エントロピー最大化法に比べて劣っています。

IMTは複合一貫輸送の効率性、持続可能性、信頼性を改善する可能性を秘めています。多くの輸送会社が選択を行うという前提においては、IMTの立地モデルとして、混合整数線形計画法は適切とは言えず、エントロピー最大化法がより優っていることを述べるとともに、この枠組が実用に耐えうる柔軟性・応用性を持っていることを示しました。

以上です。ご清聴ありがとうございます。

## モデレーター

ベル教授、どうもありがとうございました。

引き続きまして、テイラー教授、お願いします。

## マイケル・テイラー

みなさん、今日は。

私は、人間社会とリスクについて、オーストラリアの災害の視点からお話しいたします。

さて、これからお話するのは3つのことです。まず、オーストラリアにおける災害および避難計画、それが現在どのようになされているかをお話します。そしてこれには対処せねばならない主要なタイプの災害が含まれています。すなわち、洪水、森林火災——オーストラリアではブッシュファイアと言います——、サイクロン——日本で言う台風です——です。次に、おそらくたいへん短いお話になりますが、いわゆる道路の脆弱性についてです。最後に、交通安全についてのエンジニアの視点についてお話したいと思います。紹介する交通安全監査は交通安全リスクを削減しようと道路技師たちが採用した比較的新しい方法です。

さて、オーストラリアにおける自然災害です。オーストラリア人にとって、社会への負担、金銭的負担の順番でいくと、自然災害といえば、まず洪水、それから台風、そして森林火災です。しかし、災害で亡くなる人々の数という点からすれば、順番は逆で、より多くの人々が亡くなるのは、山火事、すなわち森林火災で、次に台風、さらには洪水で、3つの災害のうち、森林火災が最も管理しにくいのです。

洪水と台風ですが、比較的適切な警報を出す方法があります。台風は数日前から追跡可能です。我々はどこに、いつやって来るかが分かります。河川の洪水位は計算することができ、数時間前から監視することができます。したがって、たいていの場合、洪水によってどの地点でどれだけ水位が高くなるかが分かります。しかし、火災は管理しにくいのです。火災が広まるスピードはとても速いです。火災は急に発生し、警告してから襲ってくる時間は短いのです。

火災はダイナミックかつ予測不可能なもので、数分のうちに方向、速さ、そして強度を変えやすく、したがって人々に警報するのはたいへん難しいのです。火災はオーストラリアのより人口が密集した地域、とりわけ大都市郊外の都市周辺地域とでも呼ぶような地域でもよく起きるようになっています。美しい木々に覆われた丘の斜面、すなわち住むには素晴らしい環境は、火災が発生すると、災害要因となります。森林火災に直面した際の避難は極端に難しく、また実際、森林火災が発生して、火が迫ってきた場合、避難を試みるかどうかという基本的な問題があります。なお、オーストラリアでは地震は非常にまれで、分かっていることはほとんどありません。

オーストラリアの状況も変わってきています。まず、気候変動です。気候変動予測モデルや我々が目撃していることから分かることは、オーストラリアが乾燥しつつある（すでに十分乾燥している）ことです。また、気象事象の変動が厳しく、雨が降れば、ずっと激しく降り、洪水も激しくなっているということです。人口構造の変化も著しいです。オーストラリアの人口は増え続けていますが、一方で高齢化が進み、そのため新たな定住パターンが生じつつあります。人々は、大都市に近いという便利さとともに、田舎の環境に住むことから生じる安穩を求めて、大都市の準郊外地域へと移動し、これらの地域の人口が増大しつつある。森林火災のリスクがもっとも高い地域の人口が増大しているのです。そして、これらの地域の特徴は、交通インフラが限定されているということです。この画像の右手の写真は、これらの地域で見かけるであろう道路のタイプのいくつかを示しています。これらの道路は一般的に丘陵地帯の狭い2

車線の道路で、道路を拡張する余地がありません。そして道路が閉鎖されるかまたは反対方向の交通量が多すぎる場合は、避難路としての機能が発揮されません。

森林火災に対処する一般的な慣行は、約 40 年近くも前から存在しているプロセスモデルです。それは略称で「とどまれ、または行け」と呼ばれるモデルです。これには意味があります。すなわち、「準備し、とどまり、守れ、または早く行け」です。すなわち、避難することになっている場合でも、最初期の場合には避難しない理由もあるのです。この理由とは、火災の先端がやって来る場合、たいていの家はたちどころには発火しないということです。残り火があり、落ち葉が燃え、軒を襲い、角を襲い、次にドアと窓を襲い、そしてやっとそれらが発火し、家々を焼いてゆく。火の先端の後に、家々は発火するのです。避難しない場合は、家にとどまって、火の先端が通り過ぎるのを待つ、その時点では家はあなたを守るでしょう。いったん火の先端が通り過ぎたら、外に出て、燃えさしのすべてを探して火を消して、あなたの家を救うのです。

火災において最悪の場所は野外であり、それだけでなく、野外にあって最悪の場所は車の中です。車の中にいることは大惨事の原因です。しかし、往々にしてあることです。

長年存続したプロセスモデルには、戦略的ないくつかの理由があります。第 1 は大規模な火災についての消防活動は非常に限定的だということです。消防士がどこにでもいるわけではありません。彼らが消火できるのはわずかな場所のみなので、特定の財産や住宅を救うことができるとは保証できません。推奨することは、世帯が世帯行動計画を持ち、人々、すなわち世帯の構成者は火災が起きたときなすべきことを知っている。あなたが望むなら、当局が計画を入念にチェックし、どれだけ適切かを伝え、改善点を提案するのです。しかしながら、心理学的問題があります。火災が実際に襲ってきたら、計画に従って、計画を実行できるでしょうか。世帯で後に残るような人々は身体的かつ精神的に適していなければなりません。そのような人々は火災という状況に対処するために適切に準備し、適切に能力を身に付けていなければなりません。ですから、避難は義務ではありません。人々が選択をするのです。

ここに示す東海岸および西部の地域はオーストラリアにおける台風の地域でもあり、森林火災リスクの主要な地域でもあるのです。これらの地域には人口が集中しており、気候変動のための台風のリスクと森林火災のリスクが合わさると、台風のために増加した火災燃料とあたりに横たわっているすべてが燃料となった大災害が起こるのです。

こうしたことについて何ができるのでしょうか。自分自身を守る方法を考えてみようという多くの計画があります。そしていくつかの森林火災予測モデルが生まれています。最も有名なモデルはメルボルン大学で開発されたものです。それはフェニックスモデルと呼ばれています。我々には既に火災リスクの指標があるのです。当局は環境、気象条件、土壌水分レベルを監視し、風向、温度などの予想し、特定の地域の火災リスクのレベルを把握できています。火災管理モデルがあり、シナリオをあらかじめ考えておくためのそれらのリスク要因を知り、さらに情報を集めれば、特定の火災が発生した場合、その影響がどのようなものであるか分かってくるでしょう。しかしそれと同時に、火災の物理的特徴のみならず、火災に襲われるかもしれない人々の潜在的行動反応も考慮に入れなければいけません。

火災予測モデルダイナミックなモデルで、私がここで火事を出し、風がその方向にある速さで吹いていたとしたら、その火災が私のいる土地でどのように広がっていくか、どれだけの人々がそれによって影響を受けるかを予測します。これはよく使われ、このモデルによって、火災が発生する場合、その火災の潜在的影響を分析できるので、その地域における対策と、火災から身を守る方法を得るのです。

ケーススタディについてお話ししたいと思います。今までみなさんにお話してきたすべては、2009年2月までは十分に機能しました。2009年2月7日土曜日の午後、異常な記録破りの熱波のために、いくつかの大火災がビクトリア州で発生しました。火災が起こる前からすでに、それらの火災リスク指標は知られていました。そうした指標は以前決して記録されたことのない値に達していました。すべてが測定限界を超えていました。州政府はその日とんでもない火災リスクがあることを知っていました。そうした指標の出ているいくつかの地域で火災が発生しました。これは土曜午後にアメリカの気象衛星が取った写真です。この写真にはそのとき発生していたこれらの多くの火災が見えます。ここにもうもうと立ち昇る煙が見えます。

この火災のために、この日は今やブラックサタデーとして知られています。影響は甚大でした。173名の方々が犠牲になったと考えられています。もっと多い方々が亡くなられたかもしれませんが、はっきりしていません。まったく把握できていないのです。この地域の多くの町や村が被災しました。亡くなられた方々のほとんどが家に残っていた人々でした。彼らは「とどまれまたは行け」の方針に従っていましたが、火の勢いが激しく、依然経験したことがないようなものだったので、うまく対処できなかったのです。どうやら、こうした人々は準備をしていたらしいのです。警報も受けていましたが、火勢の猛烈さは激しすぎたので、道路の至る所に樹木が倒れ、煙につつまれ、どう進んでいいかだれも分からなかったのです。その日何が起きたのかを調べるために後日王立委員会が大規模な研究を行いました。

王立委員会の勧告はほとんど実行に移されていますが、それは、「とどまれまたは行け」の方針は妥当だが、非常に極端な状況では何か別のことをしなければならないと指摘しています。それによれば、森林火災で生き残る最も安全な方法は奥深いが、単純に言えば、「そこに居るな」です。新しい警報レベルもできました。それは「カタストロフィック」と呼ばれ、避難を意味します。まだ火災が起きていなくてもともかく行くのです。明日そこに居てはならないのですが、それはたいへん厳しいことです。明日火災が起こるかもしれないが、ほとんど起こらないかもしれというだけで、自宅、農場、ビジネス、仕事から離れるでしょうか。たいへん難しいことです。勧告は、火災に対する計画を立て準備する方法および情報を人々に伝えることができる方法についての改善も求めました。

時間が押しているので、第2番目に予定していた道路の脆弱性の話を省かせていただき、3番目の交通安全についてお話ししたいと思います。交通安全はエンジニアが深く関与していることですし、オーストラリア社会で特に関心の深い問題です。車社会にとって大きな社会問題であり、その深刻さは、大規模な自然災害の深刻さを上回るかもしれません。

交通安全監査は交通安全問題に取り組むための1つの方法です。それはいくつかの利点を持っています。この監査は、道路および交通技術者が自分の設計および交通管理計画を交通安全へのその潜在的影響という観点から評価するために採用した比較的新しい方法です。そのねらいはすべての地域社会、すべての道路利用者に提供している道路環境の安全性を頻繁に改善することです。ここで、なぜこのお話をするか、背景を申し上げます。この分野に私が関心を寄せるのは、私が若いとき道路エンジニアをしていたからです。今は研究者となり、2,3世代にわたって学生に道路工学を教えてきており、最近では、交通安全監査の研修および認定プログラムに関わっており、このプログラムによって熟練の道路設計者が熟練の交通安全専門家となれるのです。

これらはOECD加盟国の交通安全に関するデータです。これは世界40か国ほどの交通安全の統計です。まずは公衆衛生の基準である死亡率で、10万人あたりの死亡者数です。ここの青い棒線は日本です。非

常に良い水準です。この値が低ければ低いほど、幸福であると言えます。緑の棒線はオーストラリアです。灰色の棒線は全 OECD 諸国の平均です。これは 1 万台の登録自動車当たりの死亡者です。これはもう 1 つの死亡率で、オーストラリアと日本はここにあるのがご覧になれるでしょう。我々はまあまあ良いのですが、とりわけ良いわけではありません。もっとも良い国々はスカンジナビア諸国、すなわちスウェーデン、ノルウェー、デンマークで、興味深いことに、たまたますべての国々の中で最も良いのはアイスランドで、同国はあまり国土が広くありません。そしてこの割合は自動車をどれだけ利用するかという観点からの率です。毎年運転したキロメートル数です。自動車の 1 億キロメートル走行距離あたりの死亡者数です。そこを見てください。オーストラリアと日本の数値です。

このグラフがその他のグラフより短いこともわかるでしょう。たいへん興味深いことに、すべての先進国が自国でどれだけ自動車が走行しているかを把握しているわけではないのです。最も悪い数値の国は韓国です。米国はあまり良い数値ではありません。

交通安全監査は、交通安全の予防措置です。設計案の安全性リスクを評価するために用いられます。新たな道路を設計している、または既存の道路の整備を行っている場合、交通安全監査は、新たな計画や設計を調査して、その施設を建設する潜在的な安全性はどうなるかを述べるのです。そしてそれは、設計の細部およびそれがどのような結果をもたらしうるかを喚起するでしょう。交通安全監査は潜在的な安全性の問題を発見するのですが、問題が実際に起こる前に、それがまだ地図上の線である間に、お金を使ってその施設を実際に建設し、後になって変更しなければならなくなる前に、発見するのです。また、交通安全監査は解決策を提示します。道路の安全性の通常の見取り図は、多くの事故が起き、「あそこに問題があった。解決しよう」と言うまで待つというものです。この監査は問題を予測し、第一に問題が発生するのを止めるのです。したがって、エンジニアができることなのです。

交通安全監査のもう 1 つの側面は、専門家やエンジニアにその道路を運転し、バス停で待ち、その道路を待つ普通の人々の立場になって考えることを要求するということです。専門家が対処しなければならないことの 1 つは、「自分はどうするだろうか」と問うことです。普通の人はカーブの半径、設計されたスピード、側方摩擦の係数などについてそのすべての詳細を知っているわけではありません。彼らは目の前にあることを見ることしかできません。エンジニアとしての我々が彼らにもたらした状況に彼らはどのように対処するのかとどういふことは、エンジニアがその道路が使われるかもしれないすべての可能な条件をもとにその道路を検査しなければならないということです。ここにいくつかの例がありますが、時間がないのでおそらくそれで私のお話を締めくくることになるでしょう。

これは典型的な状況です。この写真がみなさんに語っていることは、この道路が上り坂になっているということです。しかし、そうではないのです。その道路はそこで曲がっているのです。ここに貧弱な調整の例があります。ガードレールの側に 1 本の街灯（ポール）が立っています。この事例の場合、ポールに真正面にぶつかり、悲惨な結果をもたらします。

時間の関係で、これで終わります。ご清聴ありがとうございました。

## モデレーター

テイラー教授、どうもありがとうございました。ありがとうございます。

続いて、リユー教授、お願いします。

## ヘンリー・リュー

ご紹介、ありがとうございます。

これからお話することはミネソタ大学で橋の落下事故に関して数年前に行ったケーススタディです。自然災害についてお話して下さったテイラー教授を受けて、私は人災についてお話ししたいと思います。

私の発表は2部から成ります。1つは橋の落下事故についてです。もう1つは、輸送安全性を改善するのに役立つ技術に関するものです。

2007年8月1日に、ミネアポリスにある橋梁が崩壊しました。この橋は、ミネアポリス市を横切る大きな橋です。13か月後に鉄製の端からコンクリート製の新しい橋へ架け替えられ、片側4車線が片側5車線となりました。新しい橋の総費用は2億3400万ドルです。て当時、連邦議会の交通委員会委員長がミネソタ州選出の議員だったので、この橋を建設するための合衆国政府からの資金を速やかに得ることができました。この橋の重要性を知ってもらうため、ツイン・シティズ大都市圏（ミネアポリスと隣接するミネソタ州の州都セントポールを合わせた大都市圏）の地図を映します。崩壊した橋は、大都市圏の真ん中にあり、毎日、約14万人が橋を渡っています。ですから、先ほどの事故はミネアポリス市で起きた大惨事だったのです。橋梁崩壊事故では、13名が亡くなり、多くの人々が負傷し、米国中の大ニュースとなりました。

この惨事を受けて、ミネソタ州交通省は速やかに通行を復旧するプロジェクトリストを作成しました。復旧プロジェクトのひとつにプロジェクトGがあります。プロジェクトGは州間高速道路94号線および州道280号線を拡張するというものです。州道280号線はかつて信号機付の道路で3つの信号機がありましたが、信号機は取り外されて高速道路となりました。州道280号線は、崩壊した35w橋（州間高速道路35w号線に架かっていた橋）へ向かう道路だったので、この道路を通行復旧のための代替線と考えたのです。

政府は交通を復旧させるために、新規の建設投資を如何に効率的に行うかを考えることとなります。ツイン・シティズ大都市圏では、静的交通量配分モデルを年に1度実行しています。資源を最大限利用するために、惨事後に交通量がいかに増えて通常状態に戻ってゆくかという、動的交通量の変化を理解する必要があります。すなわち、次の2つの問題を解く必要があります。1つは橋梁崩壊後、道路ネットワークにおけるこの重要な連結部なしに、どのように通行量が元に戻るのかということです。もう1つは新しい連結部の建設スピードに関連して、橋が完成後いかに交通量が反応するだろうかということです。ミネソタ州交通省のエコノミストが推定したものに、この橋がなければ経済生産性に関して毎日40万ドルが喪失するという事です。ミネソタ州交通省は建設会社がプロジェクトを早期に完成させることを後押しするため、予定より100日早く完成するなら、交通省が喪失額の半分に当たる2000万ドルを建設会社に支給する、とまで言い出しました。

私は、橋梁崩壊直後および橋の通行再開後、ツイン・シティズ大都市圏の住民が経験した観察のいくつかを客観的に示したいと考えました。私が使ったデータは2つ、1つめは高速道路の検知器によるもので、検知器は道路の下に埋め込まれたものです。2つめは交通動向調査で、これは2つの部分からなります。1つは大学が作成したアンケート票で、運転手に手渡し記入してもらう、もう1つはGPS装置で、ツイン・シティズの道路プロネットワークの一部の車両を追跡できるように車両に設置しました。

最初にしたことは、橋の崩壊後、交通需要が実際にどのように変化したかを知ることです。この場合、ツイン・シティズの道路ネットワークはオンランプに検知器を設置してあるので、我々がしたことは通

行量に関してすべての検知器を合計し、ツイン・シティズのネットワークに入る通行量を把握することでした。これは朝のラッシュ時です。ご覧のとおり、これは、平日の約 6 週間分のデータで、これが月曜、火曜、水曜、木曜、そして金曜です。これが橋梁崩壊前 1 週間で、そしてこれが橋梁崩壊後の 1 週間です。橋梁崩壊は 2007 年 8 月 1 日水曜日です。事故は午後に起きましたから、朝のラッシュ時の需要変化はみられません。しかし、ご覧のように木曜の朝は需要が著しく落ち込みました。その後の 1 週間で需要は通常に戻ったので、ツイン・シティズの高速道路ネットワークへの交通需要は、実はたいして変化しませんでした。

橋梁崩壊による総通行量への影響も調査しています。3 つの線引き(コードンライン)がなされました。1 つはちょうど橋を渡ったところで、都市部にたいへん近接しています。もう 1 つは代替ルートを含むもので、この場合ですと、高速 94 号線および 280 号線が代替ルートとなっています。この区域に流入する総通行量を見てみたいと思いました。3 つ目はミネアポリス市全域です。線引きしたこの 3 つの区域に流入する総通行量に関して調べてみると、最初の線引き区域は橋が無くなっているのです。ご覧になるように、この区域への通行量は著しく減り、そしてある程度まで徐々に回復するものの、この通行レベルは崩壊前のレベルより著しく低いものです。この場合、橋がまだ復旧していないのでこのレベルは理にかなっています。

第 2 線をよく見てみると、この区域へ流入する総通行量も著しく減りましたが、徐々に元のレベルまで回復しました。また、通行が元のレベルまで回復するのにかかった総時間数はおよそ 6 週間ほどでした。第 3 線については、橋梁崩壊の影響が多少見られるものの、この区域への影響は大きくはありません。

これはミネソタ州交通省のデータで、6 週間後の朝のラッシュ時のものです。交通渋滞が起こる区域を見てみると、渋滞のほとんどは平時と同様です。I-35W 橋が実のところないにもかかわらず、通行は元のレベルまで回復しています。

通行者に調査用紙も配りました。彼らの行動にどのような変化が起きたか把握しようと思いました。約 860 枚配り、このうち約 150 名の回答を得ました。これらの内の 56 名は橋梁崩壊後ルートを変更したと回答しました。さらに興味深いことに、これら 56 名のうちの 14 名は崩壊した橋梁をいつも使っていたのに、橋の通行が再開された後、彼らは元の橋のルートに戻らなかったのです。

これはアンケート調査用紙のうちの 1 枚です。これを見ると分かるように、この方は橋梁崩壊前には 6 時 45 分に家を出て、7 時 20 分に職場に着いていました。橋梁崩壊の翌日は、橋梁に近接する区域が渋滞するであろうと思ったので、家をずっと早く出ています。その後は、徐々に元のスケジュールに戻りました。この方はミネアポリス市西部に住んでいます。橋梁崩壊後は通常このルートを通して職場の区域に行っています。なぜなら、橋梁の近接する区域で渋滞が起こると思っているからです。ですから、早めに高速道路を降りています。数週間後、職場に着くのに最適なルートはどれか探そうとしています。そして、少しずつルートを変えて経験を積んでいます。6 週間後、元のルートに戻っています。なぜなら、実際の交通も元に戻ったからです。

分かることは、橋梁崩壊後、橋梁に近接する区域に動揺が生じ、通行者は交通渋滞を予想してこの区域を避けようとしたことです。通行者は学習し、ルートを調整して新たな交通条件に適合しようとしたことも分かります。長期的には、通行は崩壊前のレベルに回復しました。また、橋が再建された後、新しい橋に伴って交通がどう変化したかも見てみたいと思いました。興味深いことがあります。橋梁崩壊前、平

日およそ 14 万台が橋を渡っていたと指摘しました。橋梁崩壊前です。橋の通行が再開された後、ご覧のように、およそ 12 万台が通行しておりますが、これは通行量からすると約 12%の減少に匹敵します。ご指摘したように、新しい橋は片側 5 車線なので、通行可能容量は増えたのに、通行量は減少したのです。

これはたいへん驚くべきことでした。なぜなら、新しい橋はもっと通行量を集めると思っていたからです。しかし、しかし新しい橋について言うと、実際は橋を通る総通行量は減少したのです。先ほどの 3 つの線引きした区域も調査しました。この場合では、実際のところ、橋の通行が再開されたことに関する通行への影響は見られませんでした。むしろ、橋を渡る総通行量と関係した単純減だったのです。

さて、これは手渡したアンケート用紙ですが、どのようなルートを通っていたかが分かります。これはある通行者のもので、これが自宅で、これがミネアポリスの中心街にある職場です。これが橋梁崩壊前で、そして、この方は橋を使っていましたが、橋梁崩壊後は橋がもうありませんので、代替ルートを使っていました。彼は代替ルートに慣れてしまって、このルートに満足し、2008 年に橋が再開されても元の橋には戻りませんでした。

この調査から分かることは、橋梁崩壊と橋梁再開を対比すると通行回復パターンに大きな違いがあるということです。橋の予期せぬ閉鎖については、総通行量に関して急激な現象と、漸進的回復が見て取れました。そして、橋梁再開からは、外面上は即座の回帰と、通行量の復旧が見て取れたのと同時に、ネットワークの流れが著しく変わり、以前のレベルに戻らなかったことも分かりました。これに対する行動説明は、我々が作成した行動モデルで、通行者は人工災害、この場合は橋梁崩壊ですが、にたいへん見事に適応することができるというものです。彼らは適応し、学習することができ、どこに行くべきかを知っており、どこで交通渋滞が起きるかを予期、予測することができ、それを避けることができます。

新しい橋の再開について分かることは、通行者が自らにとっての利益が少ない限り、橋へ戻るのをためらうので、満足したルートを見つけている場合に限り、彼らはそのルートに留まろうとし、切り替えようとしません。ですから、一方で彼らが切り替えるためにどれだけ多くのインセンティブが必要とされるか把握したいと思いました。そこで、追跡してきた通行者についての GPS の軌跡を調査しました。これはある通行者のものですが、彼は南ミネアポリスから大学に通勤しています。新しい橋を利用するかどうか調査しました。総通勤時間のうち 8%を減らすことができるのに、この方は実は橋に戻らず、依然橋を通らないルートを利用していました。

そこで、切り替えることができるような彼らにとっての時間幅はどのくらいであろうかという問題が出てきます。この場合、無関心閾と呼ばれるもので、この時間幅を把握したと思いました。これに関しては実験結果があり、所要時間 9 分のルートがあり、別のルートが 10 分の所要時間の場合、10%の時間の節約がなされるとしても、無関心閾は 10%よりも高く、9 分のルートがより短いとしても、通行者は現行のルートに満足しているので、切り替えないというものです。

この限定合理性に関しては多くの理由があります。1 つはドライバーが習慣を持とうとし、切り替えにはコストがかかるというものです。もう 1 つは人間は認知限界を持つというもので、この場合は、満足している解決策を見つけている限り、最適な解決策を探す代わりに、満足している解決策に固執するのです。GPS の軌跡を調査する際、およそ 140 名の通勤者を追跡しましたが、その通勤者の中には橋の影響を受けない者もあり、実際我々にとっては問題外で、彼らは非被影響者です。通行者のある者については、橋の影響を受け、切り替えをしたので、切替者と呼ばれています。また通行者の一部は橋で影響を受けているのですが、現行のルートに固執したので、固執者と呼びました。

これら 140 名の通勤者の内、約半分は非被影響者で、47 名は新しい橋のために切り替え、約 30 名は橋再開後も元のルートに固執しました。このデータで、これらの内の約 10%について推測したのですが、ご覧のとおり、時間の節約、割合で言うと 10%を超えるとドライバーは切り替えようとし、一方、10%内だと通行者のかなりの割合の人が現行のルートに固執しようとしていました。

この研究の結論は、少なくともミネアポリス市については、橋が無くても問題がなく、通行者は素早くかつ見事に状況に適応することができたということです。ミネアポリスはとりわけて渋滞している都市ではないと言うべきで、サンフランシスコのもう 1 つの橋脚崩壊のシナリオを見ると、実際、結果はまったく異なります。崩壊した交通網のためにはもっと研究を進める必要があるでしょう。車の通行のみならず、複合的な影響並びに別のタイプのネットワークも調査したいと思っています。

次に、私の発表の後半の新しい技術に関して少しお話したいと思います。なぜなら、それは私の現在の研究と関係があるからです。おそらく、多くの方がコネクテッド・ビークル技術についてお聞きになったと思います。そして、それは車両が他の車両と連絡し合うことを可能にし、またインフラ並びに歩行者と連絡することを可能にする技術です。米国では、コネクテッド・ビークルの使用、いわゆる DSRC 技術は、この場合、専用狭域通信の略ですが、US DOT (米国運輸省) はすでに約 750 メガヘルツの帯域幅および 5.9 ギガヘルツのスペクトルの割り当てを受けています。米国では、車両の安全性が強調され、ヨーロッパ諸国とアジア諸国では、コネクテッド・ビークルはますます車両の技術そのものに関するサービスに重点を置いています。LTE や 5G など利用可能なその他の様々な技術があり、企業の一部はこれらを開発しているところです。そして、これらの技術は車両が他の車両に話しかけるのを可能にします。これがユニークなのは、道路の安全性を著しく改善できるということであり、ある人が YouTube に投稿したビデオをご覧にいれようと思います。

これは私が住んでいるミシガン州においてのビデオで、ミシガン州の 1 月の雪の日の話で、道路わきにトラックが停止しており、もう 1 台の車はそれが見えないので、1 台ずつ実際に大きなトラックに衝突しています。

これはミシガンで数か月前である 2015 年 1 月に起こりました。これで、1 名が死亡し、23 名が負傷し、193 台の車両が影響を受けました。私が言いたいことは、車両がコネクテッドしていれば、後続の車にこれらの状況を知らせ、衝突を回避できるということです。

ミシガン大学で 2、3 年前、モビリティ・トランスフォーメーション・センターという新しいセンターを立ち上げました。それはコネクテッド・ビークルおよび自動化車両の技術を開発するための共同事業です。約 8 年後にミシガン大学のあるアナバー市にコネクテッド・ビークルおよび自動化車両を走らせることができるように採算の取れるシステムを開発できればと思っています。これを行うために、産業界からの多くのスポンサー、現時点では 15 社、を得ています。これらの企業は 3 年間に渡り各企業約 100 万ドル/3 年間を出してくださり、この技術を開発する支援をしていただきました。これらの企業の一部は日本の企業で、トヨタ、ホンダ、日産、デンソーがモビリティ・トランスフォーメーション・センターに参加してくれています。これで私の話を終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

## モデレーター

リュウ教授、たいへんありがとうございました。どうもありがとうございました。

続いて、ラム教授、お願いします。

## ウィリアム・ラム

私は「ITS アプリケーションのための交通事故下のネットワーク信頼性の評価」というテーマについてみなさんにお話したいと思いますが、まず、香港の背景についていくつかお話したいと思います。この地図から、香港空港の位置がお分かりになるとと思います。それから中心街はここで、地図からお分かりになるように、香港は多くの山々を抱えており、空き地は多くはありません。香港の人口を収容するために過去数十年間にわたってニュータウン地区を開発してきました。

さて、香港では、約 700 万人の人々が約 1100 平方キロの総面積に住んでいるのですが、この土地のわずか 24%のみが都市開発に利用されています。なぜなら、前のスライドでご覧になったように、多くの山々を抱えているからです。人口密度は、1 平方キロ当たり 27,000 人で、とりわけ開発された市街地が高いです。比較のためにロサンゼルス、台北、東京、バンコクなどの数値をご覧にいますが、香港は他の都市に比べてずっと高いのです。香港人の多くは港沿いに住み、このスライドでお分かりのように、高層ビルが建ち並び、これらのビルのほとんどが 50 階を超えています。また、香港では、自動車の所有が本当に少ないです。1000 人当たり約 75 台しかなく、米国の約 10%にすぎません。結果として、香港の日々の移動の 10%のみがマイカーを使い、道路網は約 2000 キロメートルしかなく、そこに 70 万台の車両を走らせているのです。そして 70 万台の内の 35%は商用車です。

人口密度の高い市街地では、道路網を建設する余分な空間を用意できず、いつも交通渋滞に悩まされ、ラッシュ時に交通事故でもあればとりわけそうで、交通渋滞問題は非常に深刻です。香港では、政府が香港の道路網の効率性と総容量を改善するために新しい技術を使おうとしています。そのような状況下で、私は過去数十年にわたって、香港における ITS（高度道路交通システム）を開発するためのいくつかのプロジェクトに関与してきました。そのうちのいくつかの例をこれからご紹介します。

最初のものは、リアルタイム交通情報システムで、これは、香港交通局のウェブサイトで見ることが出来ます。この情報は 5 分ごとに更新され、このウェブサイトはビデオ CCTV カメラの画像です。また、別のウェブサイトでは、唯今の交通混雑状況を下に示した、ドライバーの出発地から目的地の移動における最短の経路を見つけることができます。道路網上においても、現在の移動時間情報を道端に掲示して提供してきました。この情報は 2 分に 1 度更新され、精度は推定の誤りが 20%以内になる可能性が 95%弱と高いものです。

2、3 年前から、所要時間情報の提供とは別にスピード・マップ・パネルも提供し始め、地方の代替ルートでの主要道路の走行速度をカラー表示しています。スピードカラーも推定の誤りが 20%以内になる可能性が 95%弱と高いものです。このスピード・マップ・パネルの情報も 2 分ごとに 1 回更新されます。

香港では、ITS プロジェクトのために、様々な検知器を用いなければなりません。例えば、ナンバープレートナンバーをとらえるために自動認識検知器を用いています。また、RFID（無線 IC タグ）技術のデータも使われ、香港の車両の約 40%がノンストップ自動料金支払いシステムのために RFID 技術を搭載しています。また、いくつかの場所には、ビデオ検知器が設置されており、検知器での地点速度をとらえることができます。

移動時間情報システムおよびスピード・マップ・パネルなどのこのタイプの ITS プロジェクトのための解法アルゴリズムの開発には 2 つの主要な課題があります。最初の課題は、プライバシーの問題から利用可能なソフトデータのほとんどを移動時間推定目的に使えないということです。先に申し上げたと

おり、ナンバープレート自動検知器を車両のナンバープレートのナンバーをとらえるために使うことはできません。しかしながら、これもプライバシーの問題から、家用車のナンバープレートのナンバーを使うことはできません。商用車のナンバープレートのナンバーのみ使用可能です。全体で、香港の車両の約35%が商用車です。

移動時間推定のための解法アルゴリズムを開発するのにあたって遭遇しているもう1つの課題は、精度や種類の異なる様々な交通検知器データから、移動時間を推定する難しさです。例えば、ナンバープレート自動認識検知器を私はリンクスピード検知器と呼んでいます。A地点からB地点へ移動する商用車の区間移動時間を把握できます。これに対して、もう1つのタイプの検知器であるビデオ検知器、いわゆるスポットスピード（地点速度）検知器があります。香港にはさまざまなタイプの検知器があります。しかしながら、これらのさまざまな検知器から収集した情報はさまざまで、サンプルサイズも様々です。例えば、リンクスピード検知器についていうと、サンプルは主にリンクスピード検知器から収集したデータからなるのですが、出発地から目的地までの移動に対してサンプル車両の移動時間を把握できます。しかし、サンプルサイズは商用車に限られています。一方のビデオ検知器では、この場所を通り過ぎるすべての車両の、その時点速度をとらえることができるので、サンプルサイズはずっと大きいのですが、地点での速度のみです。A地点からB地点への移動速度がわかりません。

これらの2つの課題の下に解法アルゴリズムを開発しなければなりません。再度、申し上げますが、香港には様々なタイプの検知器があります。商用車の移動時間を把握できるリンクスピード検知器があり、場所を通り過ぎる自動車の速度をとらえるためにビデオ画像処理を用いるスポットスピード検知器もあります。前者のリンクスピード検知器であるAVI（車両自動認識検知器）のデータには、一部に有効でないデータ（ノイズ）があり、出発地Aから目的地Bまでの移動時間の推定のためにはノイズを除去しなければなりません。一方のスポットスピード検知器はオートスコープ検知器ですから、検知器から得られるのは主に時間平均速度データで、移動時間の推定のためには空間平均速度になるように時間速度データに変換しなければなりません。

2つの課題の下で解法アルゴリズムが完成し、ある区間の所要時間が求まったとします。その上で次に、必要とされることは、一般の人々にこの情報を提供するための結果検証です。私の場合、包括的な調査を独自に行っており、推定結果を保証するために、推定の誤りが20%以内となる可能性が95%という仕様を満たすことを要件としています。この精度は、香港交通局が要求するものです。

さらなる研究については、移動時間の推定に対する不確実性を考慮しなければならないと思っています。これまでは、主要道路の各移動時間に対して平均移動時間を提供するだけでした。しかし、需要と供給に関する不確実性を考慮しなければなりません。時間帯、曜日ごとの需要変動による需要の不確実性があるでしょうし、前の発表者のヘンリー・リュウ教授が話されたような供給の不確実性も注目しなければなりません。とりわけ香港のラッシュ時の主要道路ではそうなのです。また、悪天候下の不確実性で、香港では激しい暴風雨に襲われることがあるので、いったん暴風雨警報が発令されると、ドライバーは移動の選択肢を考え始めるとか、出発時間の選択を考え始めるのです。ですから、激しい雨がやって来ると、道路交通は渋滞するというより交通量が減ることになります。暴風雨がやって来ることが予想できれば、タイムリーにドライバーに情報を提供しなければなりません。

私は移動時間推定アルゴリズムを開発してきました。しかも、不確実性を考慮した移動時間の推定です。これらは、移動時間の信頼性に関わる研究と呼ばれています。そこでは、定時到着確率を導入しなければなりません。これは移動者が所与の移動時間内に目的地に到着する確率と定義されます。

移動時間の信頼性とは別に、ネットワークの信頼性に対する交通事故の影響も考慮しなければなりません。我々は信頼性に基づく動的交通量配分モデルを開発し、この問題にも挑戦しています。

香港では、事故および悪天候が交通渋滞へ重大な影響を与える記録が多くあり、交通事故や悪天候による影響評価について移動時間の信頼性を考察することができます。また、香港は降雨強度の高い太平洋地域の都市です。平均して、年間降雨強度は2600ミリで、実際150日間も雨が降るという記録があります。最近では、「セントラル占拠運動」があり、香港の市街地の主要道路のほとんどが約2カ月にわたり抗議者によって占拠され、道路選択および移動時間の信頼性に対する影響も、私の研究の1つです。

信頼性に基づく ITS アプリケーションの開発について、天候や事故によるネットワークの途絶を評価するために信頼性に基づく動的交通量配分モデルをさらに完成させていく必要があります。これで私の発表を終えたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

## モデレーター

ラム教授、どうもありがとうございました。

---

## 【わが国への示唆】

(司会) 以上で海外からの事例を終わらせていただきます。引き続きまして、「我が国への示唆」といたしまして、国内の3名の先生からご講演をいただきたいと思います。

最初に、熊本大学准教授、円山琢也先生にご講演をいただきたいと思います。円山先生、お願いいたします。

(円山) ご紹介ありがとうございます。私の方からは、交通調査の回収率向上戦略ということで、熊本で行われた調査でいかにして回収率を上げるようにしたのかというその工夫について、紹介したいと考えてございます。

背景でございますけれども、交通調査手法が現在変化してございます。一昔前までは、各家庭を訪問して調査票を置いていって、お願いしていって、そのまた1週間後ぐらいにその調査票を回収するという訪問留め置き、回収方式だったのですが、調査費用を削減すること、あるいはプライバシー保護を目的として、郵送配布、郵送回収方式、あるいはインターネットを併用するという形に調査方法が変化してございます。

それに伴って、回収率というのが大変下がっているということがございます。一昔前では70%、80%あった回収率というのが、最近では目標回収率が25%と設定されることが珍しくありません。これは日本だけではなくて、海外の調査でも同様な傾向でございます。こういった回収率が下がるというのは、ある種のリスクでありますから、この回収率が下がるリスクに対応することを考えなければいけないということでもあります。

このいわば調査受難時代とも言える時代において、交通調査をどうしたらいいかということを考えておくことが非常に重要でございます。特に今年、2015 年は国勢調査の年でもありますし、また道路交通センサスと呼んでおりました道路交通の調査も行われようとしてございますので、そういったことを考えることは非常に重要であります。

今日の私からの発表は、時間も 10 分と限られておりますので、熊本でのパーソントリップ調査において回収率向上のためにどういったことをしたのかというご紹介と、その回収率が個人や世帯によってどういうふうに変わっているのかといったことを少し調べた研究内容、3 つ目として、郵送型の交通調査において回収率を高めるために行った工夫の研究について少しご紹介したいと考えてございます。

熊本で行われたパーソントリップ調査は、平成 24 年、2012 年に行われたものです。詳しくはここに書いてある通りですので、配布資料をご覧くださいなのですが、着目いただきたい点は、郵送配布、郵送回収方式でありながら、目標回収率は 25%であったのですが、いろいろな工夫をしたことで 40%近い 38.9%の回収率を達成したということでございます。

どうしてこの高い回収率が達成できたのかということを説明していきたいと思っております。幾つかの方法がございます。まず郵送で調査票が送られる 2 週間前に事前のお願いはがきというのをまず送ります。それで、あなたの世帯が調査の対象に選ばれたので、ぜひ調査に参加してくださいということを、事前にお願ひしています。

調査票が送られてくるときにも、その調査票の中には県知事、あるいは熊本市長の顔写真入り、サイン入りの依頼状が付いていて、首長さんからしっかりと依頼状が来ているということが分かります。これらは知事や市長の支持率が高いということが大前提ではあります。

調査の郵送の回収日の締め切りの前後に、お礼状はがき兼リマインダーはがきも送ってございます。調査に参加いただいたことはありがとうございますということが書いてある一方で、まだ調査に回答いただけてない方は、まだ受け付けておりますので、ぜひ答えてくださいといったようなことも送っているということです。

調査票の発送する封筒にもいろいろな工夫をしています。いろんところで「くまモン」が出てきますけれども、くまモンを多用して、調査に親しみやすさを持ってもらって、あるいは返信用封筒のあて先にもきちんと熊本県の行政のあて先を設定しているといったこともございます。あるいは回答用の一種の謝礼ですが、特製のくまモンボールペンというのを準備いたしました。またポスターやチラシをたくさん準備いたしまして、この調査期間中は熊本市内を走っているバスや市電、すべての車内にこのポスターが張ってあるということで、一種のお祭りみたいな雰囲気をつくり上げていったところでございます。

いろいろなイベントをしまして、我々熊本大学の交通関係の研究者でも、市民向けの発表会、講演会をするときには必ず今年はどういった調査があるので、ぜひ参加してくださいといったことを繰り返し、繰り返しお願いしています。また市政便りといった市町村の広報紙にも載せてもらう、さらには街頭 PR で市長自らビラを配ったり、くまモンに配ってもらってといったいろいろなことをしているということでございます。こういったいろいろな取り組みのおかげで 40%近い回収率が郵送調査でありながら実現できたということでございます。

全体の回収率としては 40%近かったのですが、どういった人たちが特に答えてくれたのかということ进行分析していったものがこのグラフでございます。年齢別、性別で見えていきますと、若者はやはり

低いのです。一方で高齢者の方は回収率が高いといった傾向があります。このほか、世帯で見ると、独り暮らしの単身の世帯は回収率が低いであるとか、この右側の地図は、都市計画の用途地域とそのゾーンにおける回収率を比較したものですけれども、赤い丸が大きいほど回収率が高いのですけれども、よく見ていただくと、都心の商業地域であると回収率が低いであるとか、あるいは郊外部の低層住居専用地域であれば回収率が高いといったような傾向が出ています。

さらには居住形態に着目すると、持ち家に住んでいらっしゃるのか借家に住んでいらっしゃるのかによっても実は回収率も変わってきているということも分かってございます。国勢調査が全数調査ですので、国勢調査で分かる居住形態の分布と、パーソントリップ調査でも居住形態を聞いているので、それを比較してみると、持ち家と答えている人がパーソントリップ調査は多いのですね。これは要するに持ち家に住んでいる人が特にパーソントリップ調査に参加してくれたということでございます。

また、右側も面白いデータですけれども、ほぼ同時期に行われた国政選挙の参議院選挙の投票率をゾーンごとに集計して、一方で、縦軸はパーソントリップの調査の回収率を取ると、非常にきれいな相関関係があるといったことも分かってございます。投票率が高い地域に住んでいる人たちというのは政治意識も高いので、調査にも参加してくれるのではないかとという仮説を立ててございます。

郵送型の調査では、実務の方はお詳しいと思いますけれども、調査単位は複数のロットに分かれています。1つの調査ロットのスケジュールとしては、最初に予告はがきが送られ、その次に調査票が発送されて、調査日があって、その後、締め切り日前後にお礼状などが発送されてという調査単位になり、だいたい1つ1カ月間ぐらいかかります。これが何回も何回も繰り返されているというのが実際の交通調査ということになるわけです。1週間おきに、第1ロットの後に第2ロット、第3ロットというのが設定されているということです。

この第1ロット、第2ロットのような正規ロットで十分な回収率が達成できていたのであれば、追加の予備ロットを実施する必要はないのですけれども、もし不足しているのであれば追加の予備ロットを行うということをするのですけれども、それを行うためには、昔の訪問型の調査であれば、訪問した段階で回収率がだいたいわかるので、直ぐに対応できるのですけれども、郵送調査の場合は、その郵送した内容が戻ってこないと回収率が分からないのです。そのため早めの段階、この第1ロットが終わった段階で、その予備ロットを実施するべきかどうかということ判断しなければいけないということになります。そのときに少し工夫をしたということでございます。

少し残り時間が少なくなってきたので、簡単にしか申し上げられませんが、大ざっぱに申し上げますと、返信用封筒にバーコードを付けまして、どういった属性のどういった地域に住んでいる人がたくさん返信してくれたのかということ速報的に収集する仕組みをつくりました。目標回収率を上回りそうかということ判断するということをいたします。少し統計学的手法を使うと、何パーセントぐらいの確率で目標回収率を達成できそうかみたいな話も分かるので、具体的には都心部の若者がどうも集まりが悪そうだねということが分かったので、その都心部の若者世帯に対して追加の予備ロットの調査依頼をするといったことをしているということでございます。このように限られた人を対象に追加調査をすることで、追加の費用を抑えながら、効率的に回収率を高めるといったことにも成功したと考えてございます。

全体のまとめとしては、このスライドのようになります。以上でございます。どうもありがとうございました。

(司会) 円山先生、どうもありがとうございました。続きまして、北海道大学准教授、内田賢悦先生にご講演をいただきたいと思います。内田先生、お願いいたします。

(内田) 北大の内田と申します。私は、時間信頼性解析モデルを実務で使えるような簡単なものがないかというのをずっと考えていまして、今日はそのことについて発表させていただきたいと思います。連名として加藤君と書いていますが、次に登壇する博士課程の学生と一緒にしている研究ですので、ここに名前を挙げさせていただきました。

発表ですが、最初に、実務において時間信頼性便益推計を行う際に、どういうことが求められているかというのを自分なりに整理したものを示します。次に時間変動の測度、これは移動時間が確率的に変動するため、その信頼性という概念が出てくるのですが、その測度を標準偏差にするか、あるいは分散またはパーセンタイル値にするかという議論がありますが、こうしたことを考えてみたいと思います。

3番目にスケジューリング選好モデルとありますが、スケジューリング選好モデルを用いて理論的行動モデルと整合する時間変動の測度を考えてみます。最後に、提案するネットワークモデルですが、大ざっぱでも役に立つようなモデル、私みたいに大ざっぱ過ぎるのは使い物にならないのかもしれないですけど、いいところを狙っていったようなモデルを考えてみたいと思います。

初めに、背景としまして、時間信頼性評価に対する社会的関心の高まりがあるかと思えます。これは交通プロジェクトにおいて、便益推計に時間信頼性による便益を導入したいという思惑があるかと思えますが、その背景には量だけではなく定時性といった質的な要因も入れていきたいということです。特に北海道では、冬期交通にかかわる交通施策がうまく評価に入っていないという背景がありますので、そういったものを適切に便益評価に入れたいということです。

そのほかには、理論的研究の蓄積ということで、パイオニアとして朝倉先生が最初に均衡モデルと時間信頼性を同時に扱った研究があり、現在ではそういった研究の蓄積も図られています。さらに観測データ、ビッグデータに代表されるようなデータがたくさんありますので、構築されたモデルの検証もできる段階にあることが背景として挙げられるかと思えます。

実務における便益推計ということですが、理論と実践の2つの両輪になるような方法論はどこを狙っていくべきかと思えます。机上の空論でもだめですし、あとフィールド上の空論、これは私が作った言葉ですけど、実際のデータを用いたとしても、重要な現象が捨象されているモデルであれば、実務での適用は難しいのではないかと思います。

「大ざっぱでも現実に役に立つモデルを」というのは、AIC基準で有名な赤池先生が言われた言葉です。数学者でこういうことを言われるのだなと思ったのですが、こういった発想は重要ではないかと思えます。扱いやすく、かつ複雑な現象を処理できなくてはならないということ赤池先生が言われております。

その次に示される分割配分ですが、この方法は非常に広く使われたのですが、果たして役に立ったモデルであったかというのはもう1回、考える必要があるかもしれません。私が考える実務における要求事項というのは、研究者にしか理解できないような難しいモデルというのはなかなか使われないのではないかと思います。使う人の立場に立ってモデルをつくってみてはどうだろうと考えています。

時間変動の測度というのは、確率的移動時間の平均だけではなく、標準偏差や分散を時間変動の指標として利用しようという考えがあり、何をもって時間変動の程度を示すかというものです。理論的行動モデルによって求めたいのは便益です。便益というのは効用を貨幣換算したものです。そういった点を押さえておきながら、移動時間が確率的に変動するとき人はどのような行動選択を行うのかについて、選択した行動と時間変動の関係から、理論的に効用関数を推計することが重要となります。

選択した行動と時間変動測度の間に理論的整合性がある方がより説得力があるだろうと考えています。時間変動の測度が理論的に導出された場合、実データを用いて検証をする必要があります。どのモデルがデータを一番よく再現できるかという検証が次に必要になると思います。ここでは BIC 基準とか AIC 基準などを適用して、モデルの適合度を検証することができます。

その次に、ネットワークモデル、特に均衡型ネットワークモデルとの相性というのも大切かと思えます。ここでは、簡単に解けるのか、机上の空論になっていないかと書いていますが、簡単に解けた方がいいだろうと考えます。ただ簡単に解けたとしても重要な現象が捨象されては意味がありません。たとえば、実データを使っていたとしても、重要な現象が再現されていないようなモデルを適用すると、何をやっているかよく分かりませんので、フィールド上の空論になっていないかという点も考える必要があるかと思えます。

スケジューリング選好モデルについて説明します。これは時間変動の測度を求めるための理論的なモデルですが、その1つに $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ 選好モデルというのがあります。ここでは希望到着時刻がありまして、それに対して早く着いても遅く着いても嫌ですので、そういったところの不効用を考慮して出発時刻を決定するモデルを考えます。この研究では、移動時間が独立な指数分布、あるいは一様分布に従う場合、時間変動の測度は標準偏差になるというのが示されています。この研究によって、時間変動の測度は標準偏差でいいだろうという考えが広く浸透しています。

もう1つのスケジューリング選好モデルとして、これは時間の限界効用に基づくモデルであります。実は $\alpha$ - $\beta$ - $\gamma$ モデルはこのモデルの特殊形となります。これは朝家にいるときに、家にいることによって得られる時間の効用はだんだん減っていくのに対して、目的地にいくこと、例えば会社に行くことによって得られる時間の効用が増えていきますので、そういった効用の差があるために、目的地に行く動機が生じるという行動モデルです。

移動時間の確率分布が正規分布となる場合は、トリップの起点での限界効用が定数、たとえば家にいることによって得られる効用が一定で、目的地に行けば得られる効用が時間とともに増えていくとき、移動時間変動の測度は分散となることが示されます。

こういったモデルがあるのですが、実際にデータを取って検証した研究もありまして、それらの中で重要な点は、時間変動の測度が分散であるモデルの方が標準偏差であるモデルよりも当てはまりがよかったというのが示されています。時間変動の測度が分散である場合、ネットワーク上の計算において加法性が成立するため、ネットワークモデルの場合には時間変動の測度と分散とするモデルの方が扱いやすいと言えます。

ネットワークにおける加法性が成立しない場合というのは、ここに示した例にありますが、3つのリンクから成るネットワークを対象に、それぞれのリンクの所要時間が正規分布したような場合を考えます。人は移動時間の平均と標準偏差の和が最小となる経路を選択すると仮定します。この場合、ノード1からノード2に移動する場合は上側のリンクを選択するのですが、1から3に移動する場合は下側の2つの

リンク、すなわちリンク 2 と 3 を通ることになります。もし仮に時間変動の測度に標準偏差を採用した場合には、図に示されるように説明するのが難しいような現象が現れ得ると指摘されています。

以上を踏まえまして、本発表では移動時間の分散を時間変動の測度としたネットワークモデルを考えてみたいと思います。モデルの仮定ですが、確率的 O-D 交通量  $Q_1$  は、平均が  $q_1$  で、分散がここで与えられるような確率分布に従うことです。一番上にある  $CV_i$  というのは変動係数です。それで最後の仮定ですが、ドライバーは経路選択を行う場合に、平均移動時間だけではなくて、ここで仮定した時間変動の測度は分散としていますが、平均と分散を考慮して経路選択行動を行うモデルを考えてみました。

ここには煩雑な数式がいっぱい書いていますが、これは BPR 関数を用いて移動時間を表現しています。平均交通量の周りで BPR 関数にテーラー展開を施し、あとは O-D 交通量の変動係数が OD ペアにかかわらず一定となる仮定を置くと、簡単な形で移動時間の平均と分散、共分散を表現可能になることが示されています。ここでリンク移動時間の共分散の項は、 $cov$  と書いてある右辺の下側に注目すると、その共分散はそのリンク上の平均交通量だけではなく、その前後に隣接する 2 つのリンクの平均交通量にも依存することが表現されています。

こうして得られた分散・共分散を用いて、経路選択行動を定式化してみますと、このように通常使われる利用者均衡配分モデルと同形式の問題として定式化することができます。ここで重要なのは、定式化には確率変数が現れなく、通常、実務で使われているような利用者均衡配分モデルの解法で解けるような問題構造になっています。

さらに、移動時間共分散に関してですが、ネットワーク表現を、たとえば交差点遅れを表現するような表現法を適用することによって、今まで使っているプログラムに少し修正を加えることによって、確率変数を意識しないで簡単に解くことができることがわかります。少しテクニカルに書いていますが、解が 1 に決まるような特性もありますので、利用者均衡配分モデルのプログラムさえあれば簡単に解けるようなモデルになっていることが分かりました。

まとめはこのようになっていきます。はじめにスケジューリング選好モデルを用いて、移動時間が確率変動する状況下での人の行動選択の関係から、時間変動の測度について議論しまして、次に、標準的な均衡配分モデルと同じ問題構造を持つ時間信頼性を考慮したネットワークモデルを構築しました。このモデルは確率変数を意識せずに簡単に計算可能な問題構造を有していることを示しました。

以上で終わりたいと思います。ご清聴ありがとうございました。

(司会) 内田先生、どうもありがとうございました。最後になりましたが、岐阜大学教授の倉内文孝先生にご講演をいただきたいと思います。倉内先生、よろしくお願いいいたします。

(倉内) 岐阜大学の倉内でございます。私の方から今日、話をさせていただきたいのは、タイトルの通りですが、今回のシンポジウムのテーマであるヒューマンソサエティー&リスクのリスクのところですが、このリスクに関して、災害時に道路が非常に役立つ、あるいは重要であるということは皆さん同意していただけていると思いますが、それをどうにか費用便益の便益に計上できないかということをお考えまして、それを計算してみたということをお話しさせていただきます。我々の社会は、リスクなしでは過ごしていけないという状況にある中で、今日は雨量規制の話を中心にします。雨量規制は災害ではないですが、雨量規制のあるような道路のところに対する整備効果を計上した結果をお話させていただこうと思って

おります。

道路の整備効果、便益の計上の際には、この時間短縮、費用減少および交通事故の減少、この3つの便益で行われていることが一般的ですが、その一方でたくさんそのほかにもあるということは費用便益のマニュアルの中でも述べられているところです。その中で、我々としては災害時の代替路確保に着目したいと考えています。防災のためのといいましょうか、災害時に道路が機能するというのをどのように評価するかという中では、1つはいわゆる道路の利用に関して、その新しい道路があったおかげで、災害が起こったときにも深刻な遅れがなくてよかったねとか、あるいはその道路が整備されていなかったら孤立してしまっただけでなくなった、そのような効果が考えられます。

一方で、地域の住民の方では、その道路が使われないということに対して何がしかの不安を抱えているのではないかと考えました。この不安を定量化してあげて、2つの側面から災害時の道路の機能というものを評価したいというのが今回の考え方になります。

非常に簡単に申し上げますと、時間損失は、内田先生の方からも均衡配分というお話がありましたが、同じように道路の交通量を配分することで時間の損失を計算しました。もう1つの機会の損失、行けなかった、トリップをあきらめたということに関しては、ここでは8時間以上かかるような移動はあきらめるという視点で評価しました。

この図（スライド8）で、従来は平常時しか考えていませんので、水色の長方形を評価していることになります。整備がない場合と整備があった場合のこの差分をもって、走行時間の短縮便益を評価します。これに加え、災害が起こった場合にあるであろう、それぞれの災害のシナリオによって時間が小さかったり大きかったりすると思いますが、その整備がある場合とない場合のこの2つの差を災害時の交通損失、時間の損失の軽減便益と考えました。これに加え、先ほどの機会損失を足したものを、これを道路の利用者に対する災害時の道路の機能ということで便益評価をします。

もう1つの地域住民の便益に関しては、経路が途絶することによって使える道が減ってしまう、そういったところに不安感があるということのを計量化しようと考えました。つまりその地域の世帯数の方にそれぞれ道路整備に対してこの不安感を計量化し、そこから出てくる道路整備に対して支払ってもいいよと言ってくれる金額を掛け合わせることで、代替経路の確保便益を計上します。

では、支払意思額をどうやって求めるかというところですが、こちらはアンケート調査を使いました。ウェブアンケートを実施し、800人ぐらいに聞いておまして、その中の6割ぐらいは、大雨が降ったりすると孤立してしまう可能性があるようなところに住まわれている方を対象としています。ちなみに岐阜県におきますと、冬期閉鎖も考慮しますと1本の道が使いなくなると孤立してしまう可能性がある集落が400を超えるという状況になっております。おそらく北海道でも同じような状況ではないかと思いますが、そのような条件下で調査をしています。実際にこの支払いの意思額を計算するためのものは後でまたご説明しますが、それに加えて、孤立予想集落のところに住んでいるかどうかとか、今まで被災した経験があるかも聞いています。

具体的にどのように質問したかというのがこの下（スライド12）のところ、時間がないので読みませんが、こういった質問の中で、負担金額、皆さんこういった状況に対して道路を整備すると1本道が増えますよと。その道は災害時でも通れる、そんなときに年間いくらぐらいなら払ってくれますかということをお聞きしました。それによって不安感を計量化しました。数式がここ（スライド13）に出てきていますが、このような形でロジットモデルを使い推定し、その推定結果を使って便益を計算してみまし

た。ちなみに、少し結果を紹介させていただくと、被災経験のあるなしでずいぶんと支払い意思の感覚は違い、3倍ぐらい異なりました。被災経験があれば、当然ながらその道路の整備に対して肯定的になっているということは納得できるところではないかと思います。

ここからケーススタディをお話しさせていただきますが、そのときに今ご説明した交通損失、機会損失と代替経路確保、それに加えて、当然ながら従来便益も計算し、その3つの関係を見てみました。これを岐阜県の飛騨圏域の実ネットワークで計算してみました。飛騨圏域とは、下呂市、高山市、飛騨市、白川村になります。

今回、先ほども申し上げたように豪雨を想定し事前雨量規制を考えました。それぞれのセルの中で、降水量50ミリ以上の場合に、その地域にある雨量規制区間に関して、この赤いところが雨量規制区間ですが、通行できなくなるとしたときに、新しい道路ができた時の便益を計算してみたということになります。これ（スライド18）は21年間の50ミリの雨が降った実績ですね。例えば14のセルについては、21年間のうちに5回、この確率でそのような状況が起きるということで計算をしています。

〈1〉から〈4〉の4つのケースに関して、防災の便益を計算しました。ここで、下呂という地域、下呂温泉で有名なところですが、下呂市の上と下の両方に雨量規制区間がありまして、そこが切れてしまうと下呂市は全然動けなくなります。そういう状況がありますので、それに関連した〈1〉、〈2〉を分析の対象にしています。結果として、それぞれのケースによって、従来便益が大きかったり小さかったりするということも当然ですし、それに加えてこの2つの防災の機能も大きかったり小さかったり、それは場所によって全然違うということがよく分かります。下呂は孤立してしまう可能性があるところから、この防災に関する便益は非常に高いということが確認できます。防災機能の便益の交通損失、機会損失と代替経路の確保の比率としては、交通損失の軽減の方が比率としては大きいという結果になっています。

下呂に近い〈1〉、〈2〉をもう少し詳しく見ていきます。この2つについて、防災の効果がどうして大きいかというと、経路の本数がシナリオによっては経路がまったくなくなり孤立してしまうという可能性があるところから、整備をすることによって1本が確保されるため、ということがわかりました。例えば（スライド24）このケース、2番のケースですが、黒いところを整備すると、下呂が他の地域と接続され、雨が降っても雨量規制を避けて移動することができ非常に効果的である、という結果が得られたということになります。

非常にかいつまんでお話ししたので、なかなかフォローができてないかもしれませんが、得られた知見としては、このような災害時の道路機能というものを今までの費用便益のフレームワークと合うような形で分析できた、ということになります。

本当に分かりにくかったと思います。ご興味がある方は、これに関するレポートもございますので、この後、お声掛けいただくか、あるいはメールなどでご連絡いただければと思います。ありがとうございました。

（司会） 倉内先生、ありがとうございました。

---

## 【パネルディスカッション】

(司会) 時間が参りましたので、パネルディスカッションを開始したいと思います。本パネルディスカッションのタイトルは、「北海道の道路におけるリスク研究への期待」ということでございます。コーディネーターには東京工業大学教授の朝倉先生をお願いいたしております。ここからは先生、よろしくお願いいたします。

(朝倉) みなさん、こんにちは。ただ今ご紹介いただきました東京工業大学の朝倉です。よろしくお願いいたします。本パネルディスカッションは、先ほどのご講演を受けまして、「北海道の道路におけるリスク研究への期待」ということで、実務的な視点から、あるいは一般市民としての道路利用者の立場から、どのような研究課題があるのかということについて、特に私たち大学にいるものに対して、「こういった研究をやった方がいいのじゃない？」とおっしゃっていただくというのが1つです。併せて、北大の田村先生や私などが東京でのいろいろな会議に出るときに、「北海道ではこういったリスクだとか、あるいは信頼性ということに関して非常に強い関心が寄せられていて、そういったことは道路整備戦略、あるいは道路整備の政策にちゃんと反映しないとイケないのじゃない？」ということ、田村先生はもちろん地元なので身をもって聞いておられると思いますけど、私なんかはいわゆる聞いてきた話としてそういうところでご紹介して、若干その話に迫力を持たせるという、そういった効果は非常にあるのかなと思っています。

それで、本日のパネルディスカッションの登壇者を私からご紹介させていただきます。こちらから順に、国土交通省北海道開発局の田村桂一様です。お仕事の内容であるとか、これまで携わられたお仕事については、ご本人からご紹介いただきつつ、お話に入ってくださいことにいたします。

(田村) よろしくよろしくお願いいたします。

(朝倉) 続きまして、北海道建設部の永山秀明様です。

(永山) よろしくよろしくお願いいたします。

(朝倉) 続きましてこのメンバーの中でもっとも若い、北海道大学大学院のドクターコースにいらっしゃる加藤哲平さんです。よろしくお願いいたします。それから向こうにいらっしゃる、会場を眺め回しても、驚くべきことに紅一点かも…

(山田) いや、二点ですね。

(朝倉) 二点でしたか。失礼しました (笑)。紅二点の一点であります東京工業大学大学院の山田菊子  
研究員です。

(山田) よろしくお願ひいたします。

(朝倉) それでは早速、進めていきたいと思ひます。各登壇者からそれぞれさまざまな視点で関係ある  
お話をしていただいて、そしてその後、時間のある限り意見交換を続けるというようなスタイルで進め  
てまいります。

最初に海外から4つの発表がありました。その後、国内の3人の先生にご講演いただきました。その  
内容をもう一度ここで復習して、そしてそれを前提に話を進めていくというスタイルにしたいと思ひま  
す。もしかすると最初の4名とか国内3名の発表のときは、「眠くてちょつとな」という方もいらっしや  
ったかもしれませんが、ここでコンパクトな解説を聞くと、「おー、そうだったか」と思ひ出していただ  
いて、よいディスカッションができるのじゃないでしょうか。

その役目は学生にお願いするのが一番なので、加藤さんに先ほどのお話をかいつまんでご紹介してい  
ただきたいと思ひます。よろしくお願ひします。

(加藤) よろしくお願ひします。先ほどのお話をコンパクトに復習させていただきます。前半は海外の  
先生方4名の発表でした。

最初の発表ではマイケル・ベル先生に、港湾の大規模化方策についてお話しいただきました。さまざま  
なリスクに耐えうる強靱なサプライチェーンを形成するため、輸出入の効率化が求められます。輸出入  
効率化の方策として、港湾の大規模化が挙げられますが、これには空間や環境負荷対策、あるいは周辺の  
交通ネットワークの容量などが必要となります。

ベル先生が例に挙げたシドニーのボタニー港は、空間・環境負荷・ネットワーク容量の限界に直面して  
います。これらの解決法として、比較的低価格で大容量の運輸が可能な鉄道の利用が注目されています。  
しかし、鉄道はコスト等の観点から、網羅的にネットワークを形成することが難しいという問題があり  
ます。そこで、自動車から鉄道への貨物の積み替えが可能なターミナル、ベル先生の言葉をそのままお借  
りしますと、「インターモーダル・コンテナ・ターミナル」を設置する方法がベル先生から提案されまし  
た。

これに対し、どこにいくつのターミナルを設けるかという問題があり、さらにどのような需要の変化

や波及効果をもたらされるのかを評価する必要があります。このような施設の配置問題は古くから研究の蓄積がなされており、既存の方法では量的な判断基準が用いられてきました。

しかし、量的な評価には限界があることに加えて、従来のモデルでは計算が困難となる問題構造を取ることがありました。これに対してベル先生は、少し専門的な言葉になりますが、「エントロピー最大化アプローチ」を提案されました。モデルの内容についての詳細な紹介は割愛いたしますが、提案されたエントロピー最大化に基づく立地選択の問題は、ロジットモデルで種々の交通量を推計することができ、計算可能な問題構造を有します。つまり、計算可能性という点で、既存の方法より優位なモデルになっています。また最後に、数値実験の結果を示して、モデルの優位性や特性について求められていました。

次に発表頂いたマイケル・タイラー先生には、交通と災害について、3つのパートに分けてお話しいただきました。第1部は避難計画についてでした。オーストラリアで発生する自然災害のうち、死者数が最も多い山火事に焦点を当てた内容です。山火事は洪水やサイクロンなどのほかの大規模災害に比べてスピードが非常に速く、避難するまでの時間が限られているため、待機して備えるか、避難するかを正しく判断する必要があります。

ここで避難せずに待機するという判断は、山火事が過ぎ去った後にくすぶった火から火災につながることを防ぐために取られる方策です。これまで、直接被災するリスクと、二次災害的に被災するリスクの双方を考慮した避難計画モデルが用いられてきました。

しかし、2009年に想定範囲を超えた規模の山火事が発生したために、住民全員を避難させる「カストロフィック」という新たな基準が設けられました。こういった規模の大き過ぎる災害については、既存の避難計画の”待機するか避難するか”とただただだけでなく、例えば避難シェルターの位置情報を提供する避難計画などが求められるというお話でした。

第2部は災害に対する避難計画と地域計画の双方に適用可能な新手法、脆弱性分析についてのお話でした。洪水などの災害が発生すると、それによってネットワーク上の道路が一定期間使用できないような状態が生じることがあります。ネットワークの形状や立地の特性によって、道路の持つ機能が異なっているため、使用できない状態に陥ると非常に大きな影響の出してしまう道路が存在します。このような重要なエリアを特定して、そのクリティカルな箇所を効果的に対策することで、効果的な防災対策を行うことが可能になります。脆弱性分析は、そのクリティカルな個所を見つける方法です。最後にオーストラリアでこの脆弱性分析を行った結果を紹介いただき、地図上で、脆弱性が高いエリアを示されました。

第3部は、交通事故のリスクについてでした。交通事故は自然災害に比べて小規模ではありますが、人命にかかわる大きな問題であるため、自然災害と同等に計画を行う必要があります。これに対し、交通事故のリスクをとらえる方法の1つである道路の安全性調査を紹介いただきました。

安全性調査は現時点の道路の安全性を評価するだけでなく、改善方法を明らかにすることをもう1つ

の目的にしていました。調査に対して、道路技術者は利用者の視点を持つことだけではなく、天候や時間帯などの交通を取り巻く様々な環境を考える必要があるということ、最後の事例紹介を通してお話しいただきました。

続いて、ヘンリー・リュウ先生には、災害による道路の途絶とドライバーの交通行動についてお話しいただきました。ネットワークモデリングでは、利己的な、あるいは合理的なドライバーを仮定して、経路の変更によって自分の所要時間をこれ以上小さくできないような均衡状態を分析します。

日々の交通行動を通して、均衡状態の交通量が実現しますが、災害によって道路の破壊が起きた場合に、復旧まで時間がかかることがあります。こういった場合にドライバーは道路の迂回を強いられるため、平常時と比較して交通量が変化します。そして、迂回などによって予期せぬ混雑が生じるため、再び均衡状態に移行するまでしばらく時間がかかります。

そこで、途絶が発生している状態にどのような均衡状態がもたらされるのか、復旧後どのように元の均衡状態に戻っていくかを正しく評価することは、災害時の交通を考える上で非常に重要な意味を持ちます。リュウ先生は実際に発生した橋の途絶によるドライバーの交通行動の変化を観測し、途絶前、途絶後と、復旧後の変化を分析した例を紹介しました。

観測した結果を分析して、4つ知見が得られました。1つはドライバーが学習的に経路選択を行って、比較的早く交通状況に適応し、新たな均衡状態を生み出すこと、1つは、混雑を避けるために途絶エリア周辺を避けるような行動を取ること、1つは、途絶した橋を通らない経路では、途絶前の交通流レベルに比較的早く戻っていくこと、そして最後に、途絶した橋の周辺では、復旧が行われた後も、途絶前の状態に必ずしも戻らないことが観測されました。最後に、示された途絶前と復旧後の交通状況の違いについて考察を行っていました。

続いて、ウィリアム・ラム先生には移動時間の不確実性についてお話しいただきました。ラム先生のお住まいの香港は、非常に人口密度が高く交通渋滞が頻発しているため、移動時間が非常に変動するような状況にあります。通常のドライバーは遅刻や早着を避けるために、移動時間の変動を嫌います。つまり平均的な移動時間は同じであっても、変動が少なく移動時間が読めるような経路の方が評価が高いこととなります。

こういった移動時間の質的な評価のニーズは、香港だけでなく日本、あるいは国内外で高まっており、センサーデータを用いた移動時間変動の観測が試みられています。ラム先生のお話は、この移動時間変動の観測とその活用方法についてでした。

最初に香港における感知器や計測手法の紹介を通して、その精度の高さや適用可能性についてお話しいただきました。ここでは移動時間そのものを観測する方法と、移動速度を観測する方法が示され、その妥当性を検討した分析結果も示されました。データの活用として、平均的な移動時間だけではなく、移動

時間のばらつきを考慮した経路誘導システムについても紹介いただきました。

この経路誘導システムは到着時間が決まっている場合に、もっとも遅い出発時間で目的地に到達できる経路を探索するというものでした。また移動時間の日々の変動だけでなく、交通事故などの突発的な事象がもたらす 1 日の中で発生するような短期的な不確実性の分析例も紹介いただきました。短期的な影響のため、時間軸を明示した動的な分析が行われていました。

以上が海外の 4 名の先生方の講演内容です。

続いて、「我が国への示唆」といたしまして、国内から 3 名の先生方にお話いただきました。ここでは、先ほどよりも少し実務寄りな視点の内容で、リスクに関する研究を実務に適用するための要素技術や適用例などについて紹介されました。

最初に発表いただいたのは円山先生です。円山先生には交通状況の調査手法についてお話いただきました。交通施策の便益を評価するためには、道路利用者の利用状況を把握する必要があります。これに対し、みなさまにはおなじみかと存じますが、パーソントリップ調査などのアンケート調査を行って、利用状況を調べます。アンケート調査の回収率が低くは無駄に費用をってしまうことがあるため、限られた予算の中で効果的に回収率を上げるというリスク管理を行う必要があります。

これに対し、熊本のパーソントリップ調査における回収率向上策の紹介、回収率の傾向分析、また新たな調査手法についてお話しいただきました。回収率の向上策については、もしかすると札幌での実現は難しいかもしれませんが、くまモンといったかわいらしいキャラクターの写真、イラストを付ける、あるいは市長の写真を付ける、といったことが紹介されていました。

回収率の傾向として、年齢層や地域ごとの回収率にとどまらず、持ち家か否か、あるいは投票率が高いか低いかなどとの関連性について、興味深い分析結果を示されていました。また新たな手法として、一定の調査を行った後に追加の調査を行うかの判断を動的に判断する手法を紹介いただきました。

続いて、内田先生です。内田先生には「移動時間の不確実性」をキーワードにお話しいただきました。ラム先生の発表でも移動時間の不確実性をキーワードにしていますが、こちらは、移動時間の不確実性の観測とその活用についてでした。内田先生の発表は、移動時間の不確実性を考慮した均衡配分についてでした。均衡配分は交通量の予測などに用いられる手法です。

便益推計などの実務への適用を考えると、その計算可能性や解の一意性といった課題が挙げられます。これに対し、理論的にもある程度妥当で、かつ実務への適用も可能なモデルの紹介をしていただきました。具体的には移動時間変動の指標と、その指標の評価を近似的に計算する方策に関してでした。数式や専門用語が多く登場しましたが、大ざっぱでも使える方法をとということ 키워ドにしたお話でした。

最後の発表は、倉内先生からでした。倉内先生には防災事業の評価についてお話をいただきました。先ほどのタイラー先生の発表にもありましたが、災害発生時に交通サービスが利用できない状態に陥り、

道路の通行が途絶される事態が発生すると、迂回して通行するのに長い時間がかかったり、あるいは陸の孤島のような地域が発生することがあります。

こういった事態を避けるために、強靱なネットワークを形成することが求められます。道路整備などの交通施策を行うと、災害時の交通状況が改善し、利用者の負担が軽減されますので、この効果を適切に評価した上で、効果的な投資を行う必要があります。

倉内先生のお話では、交通施策によって軽減される利用者の負担のうち、途絶によって目的地に到着できない場合の機会損失や、迂回や渋滞による時間的な損失、ほかに途絶によって使用できる経路が減少することへの心理的な不安を評価する方策についてお話をいただきました。実際のデータも用いて、評価が実現可能であるということを示していただきました。

以上のような内容で発表をしていただきました。

(朝倉) ありがとうございます。今の集約ぶりは完璧ですね。北大の田村先生、点数でいうと何点ぐらいですかね。

(北大・田村) 90点じゃないですか。

(朝倉) 分かりました。北海道大学は東工大よりも厳しいということが分かりました(笑)。僕は95点だと思ったのですけどね。ありがとうございます。

それでは今、集約していただいたことも踏まえつつ、北海道で実務を担当されているお2人の方々からお話を伺います。北海道での道路の信頼性、あるいはリスクということを考える必要性、これはご経験を踏まえてということになるかと思えます。「必要性とか、あるいはそういったことを考えないといけない」ということは分かるけれど、それを道路整備とか、あるいは道路の運用にどんなふうに適用していかないといけない」と考えておられるか、その辺の視点からのお話を、お2人の方に順に頂戴したいと思います。

まず開発局、田村さんからお願いします。

(田村) 北海道開発局の田村です。みなさんご存じの通り、北海道開発局では高規格幹線道路と国道の維持管理の仕事をしています。私がいる道路維持課では主に道路の維持管理と修繕補修、交通安全事業、防災という仕事をしております。

今日は、天候が不安定です。携帯電話のメールに昼頃から3時ぐらいまでの3時間で13通、天候情報ですとか通行止めの情報が来ています。檀上に上がってからも3通ほど来ました。だいたいそういうよ

うな仕事をしております。そちら（登壇中にメールが来ること）も本業なので、ご容赦いただきたいなと思います。そういう仕事をしているものですから、道路のリスクという話では、みなさんがすぐ思い付くような、先ほどの海外の先生からも発表のあった、災害ですとか交通事故というようなリスクを中心に述べさせていただきたいと思います。

まずリスクの話に行く前に、北海道の道路に関する特徴的なものについてお話しさせていただこうかと思っています。ここにいらっしゃる方はほとんど北海道の方で、よく見る方が多数いらっしゃいますのでご存知だと思います。北海道の社会構造は、広域分散型の構造となっています。いわゆる広い面積に都市が点在して、都市間距離が長い、このような特徴です。

その都市間や拠点を結ぶ国道があります。北海道の国道は、その拠点を結んで足すと約 6,700km になります。こちらの管理を我々開発局が担当しております。ただそんなに長いものですから、路線ごとにいろいろな特徴があります。交通量を取ってみただけでも、5号線などの路線毎の平均的な12時間交通量は、一番多いところで約2万台程度で、36号線です。それに対して一番少ないところは1,000台未満で、20倍ぐらいの開きのあるという道路の特徴があります。

その中で、先ほど言った事故ですとか災害対応を未然に防ぐ維持管理をしていくというのが我々の仕事です。当然、限られた財源の中でやるものですから、優先度を付けながら効率的にやるということが望まれています。ここが一番の課題だと考えています。

リスクの話に戻りますと、リスクマネジメントという考え方がありまして、そちらの中でリスクの大きさをどう評価するかという部分は、確率、どれぐらいの頻度で起きるのかというものと、そのリスクがハザードに変わったときの重大さがどれぐらいか、これらの掛け算だともいわれております。簡単に言うと、頻繁に起きる大きな災害が、一番優先的に対処しなければならないリスクということです。

道路を利用されているときのそういうリスクは多々あるのですが、先ほどの発表にもあった通り、交通事故というのが非常に身近な例だと思います。こちらについて考えてみたいと思います。一般的に、広域分散型構造が特徴の北海道ですから、地方部では非常に交通量が少なく移動距離が長いという特徴があります。1回の旅行、目的地に行くために、10km、20km、30kmという距離を走らなければならない。そうすると、交通事故の確率は当然ながら上がっていくというのが特徴としてございます。ただ交通量が少ない。それで全体的に見ると、確率は高いけれど交通量が少ないので、事故は少ない。結果として、リスクは低いじゃないかとも見られる。こういったところが課題です。

その掛け算という形でいきますと、時間短縮効果を主たる目的としている事業では掛け算的なもの、時間短縮がどれだけあって、その恩恵を受ける交通がどれぐらいあるのかという優先度を考えに取り入れながら進めております。

では事故ですとか、場合によっては災害についてどう考えるか。先ほど言ったように、対処する側の方

の考えとしては、リスクの大きさを見て対応を考えていくというところですが、実際に地方部に住んでおられる方のリスクを軽く見て対処が遅れた場合、結果として地方にいる方の事故に遭う確率は高いままということなのです。

これが本当にいいのかどうなのか。その中で私が先ほど言いましたリスクというものを考えて、どのようにとらえて対処していかなきゃいけないのかというのが問題の具体的なところでございます。その部分の手法を考えてやっております。事故については「事故ゼロプラン」というのを、北海道開発局、国土交通省で進めております。

交通事故の量、よく起きている個所、こういった部分について対処するという方法と、地元の方々のご意見を聞きながらその個所を探していくという 2 つの手法で行っています。地方が中心ですけれども、危険性があるので、やっぱり地域から声が上がってくる。ただし交通量が少なかったり、いろいろな要因があって事故は起きていない。こういったところの対策というのをどうしようかと。その必要性ですとか優先度、対策を行っても事故が発生していかなかったりしますので、その部分をどのように評価をしていくのか。こういった研究分野というのも期待したいなとも思っております。

1 つ目が、先ほど言いました広域分散に伴う災害ですとか交通事故に遭うリスク。もう 1 つ、当然これもみなさんご存じの通り、北海道には積雪寒冷地という特徴があります。その積雪寒冷地で私も仕事を始めてから 25 年、23 年ぐらいいかな、それぐらいたっています。

生まれが東北です。岩手県の北上市という、岩手県の中でいきますと 5 番目ぐらいの都市です。そちらに高校生までいました。家は商店街にあり、その前が県道というようなシチュエーションです。そんな県道でも、根雪になっても除雪が行われないというような状況が、小さいころはありました。

北海道に来て仕事をし、実際に除雪の仕事などにかかわってみると、今、北海道の国道でそんな管理レベルを取っているところはまずありません。そういう意味でも、地域の方々の除雪や冬期の交通サービスに対する要求度合いというのは非常に上がってきているんじゃないかなと考えています。

いってみれば、先ほどの災害の話にも関係しますが、夏と比べれば、降雪、雪が降ること自体が災害であり、除雪というのはその災害対応をしているとも言えなくもないかなと思います。今のこの北海道でも除雪はやられていて当たり前というような認識といたしますか、社会の認識ができていてというようなところが最近の時代の変化かなと思っています。

あと地域によってもその意識というのは違うのかなと思っています。今年 2 月、国道 335 号、どこの場所かといいますと、道東の羅臼の南から知床峠までの部分ですが、暴風雪でそちらを通行止めさせていただいたため、羅臼町が 3 日間孤立するというご迷惑をお掛けしたことがございました。実際に自衛隊の派遣要請もありました。町内の人は家の中に閉じ込められた状態となり、除雪活動を自衛隊の方がやって、というような事態にもなった件でございます。

北海道新聞さんだったと思いますが、そちらの報道によりますと、漁師町だったということもあって、通常の一般家庭にある冷蔵庫よりも非常に大きなフリーザー付きの、上にぱかっと開くやつ、ああいうような冷蔵庫や冷凍庫があつたりして、食に関しては特段の混乱もなかったというような記事もありました。

ただこれを都市部、特に札幌などに置き換えてみると、非常に(危機意識が)希薄かなと思っています。私の所属する道路維持課のとある係長は単身赴任で来ているんですが、「自宅に冷蔵庫がない」と言っています。「コンビニもあるし、土日は自宅に帰るし、いらないんだ」というような様子です。「これで災害でも起きたらどうするのかな」なんて思っています。やっぱりコンビニとか、24時間いつでも食料が調達できるというような便利さがそうさせているのかなとも思っています。

そういう意味でも、都市部の人と地方部の人の防災に対する意識というのも違う。先ほどの時代が変わってきている。それと場所によって違う。特に冬期の雪のリスクに対する意識が変わってきている、違うというのが非常に感じられるところです。

こちらについて我々がどうしようかといったときには、やはり地元の方々とコミュニケーションをしながらやっていかなきゃいけないのかなと思います。いわゆるリスク・コミュニケーションみたいな話だと思います。

我々も何もしてないわけではありません。北海道では寒地土木研究所さんをはじめとしまして、北海道開発局が、道庁さんと連携しながら、道路情報の提供も非常に力を入れてやっています。寒地土木研究所さんはホームページで吹雪情報を提供していたり、我々はCCTVの画像を提供したりしています。通行止めにつきましても、リアルタイムで提供していますので、国土交通省の中でもトップクラスの情報提供ができていますのかなと思います。そういう効果的な情報提供ですとか、場合によっては先ほど言った住民のリスクに対する意識、どういうことを考えられているのかを研究していくような分野についても、我々も必要なのかなと思っています。

ちょっと長くなったかもしれませんが、以上です。

(朝倉) どうもありがとうございました。今のお話の中に出てきた、例えば交通量は少ないけれど長い距離を移動するようなケースで、事故のことをいかにうまく反映していくかということについては、マイケル・タイラーさんも言っていたように、ロード・セーフティー・オーディット、照査がすごく重要になってくると思うんですね。これはもともと英国がすごく強い分野で、それが世界的に広がっています。我が国でも国交省の千葉国道さんが、交通工学研究会のサポートにより、その試算を始めていますので、ご参照いただければと思います。

それから今のご発言の中で、積雪、あるいは除雪に関することとも実は関連しているんですけれども、

市民の方々の意識とか行動様式とか、あるいは市民の目から見た事故のリスクの評価とか、そういったファクターを考慮するということがすごく大事です。ここは実は後の山田菊子さんのご専門に近い、人間中心設計みたいなコンセプトと実は結構近づいてくるだろうと思います。後でまた話が出るかと思いますが、そんなふうには持っていければ、具体的なツールとしてもそういうのを考慮するものがあるわけなので、さらに研究をしていく領域なのかなと思って聞いておりました。ありがとうございました。

続きまして、北海道庁建設部の永山さんからお願いします。

(永山) 永山です。どうぞよろしくお願いいたします。

私の方は、所属する維持管理防災課というところをまず紹介させていただきます。維持管理防災課というのは、みなさん、聞き慣れないと思いますが、今年の4月に新しくできた組織でございます。今まで道では、道路は道路課、河川は河川課、あと砂防や海岸は砂防災害課というふうに、各施設をそれぞれの課が整備から維持管理まで一括して行っておりました。維持管理防災課というのは、その維持管理の部分を全部切り出しまして、道路、河川、砂防、海岸を全部まとめて1つの課で一元的に維持管理と防災の初動対応を行うことによって、効率的で柔軟な対応を行うために誕生した課でございます。全国的にもあまり前例のないような組織でございます。

私は維持担当ですので、道路だけでなく、河川、砂防、海岸の施設の維持を一括して担当させていただいている立場です。今日は維持担当者という立場からお話をさせていただければと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

よくいわれておりますように、近年は雨の降り方が局地化、集中化、激甚化しています。冬になると急速に発達した低気圧、よくいう爆弾低気圧などによる暴風雪が頻発しておりまして、これまで以上に災害に対するリスクが高まってきているということ、身をもって実感しております。昨年も防災対応に追われていたような1年でございます。

本日は道路におけるリスク研究ということがテーマです。今、田村さんから研究の必要性のお話がありました。私の方からは、普段、仕事をしていて、リスク研究でこんなことをしていただければといったような期待について若干お話しさせていただければと思います。よろしくお願いいたします。

本日の講演も聞かせていただいた中で、道路に関するリスクの評価というのは、いろいろな変数が複雑に絡み合っていて、非常に難しいんだということはおわかりました。ただ道路の整備については、近年ストック効果といったものが見直されています。倉内先生のお話にもありましたけれども、その評価の研究が進められているのかなとは思っております。

維持管理ですとか除雪といったものについては、その水準が下がるとどんなリスクが生じるんだといったような研究というのはあまり行われていなくて、少し遅れているんじゃないかなと感じております。

維持管理や除雪の水準を確保しなければ、道民のみなさまの暮らしの安全安心や経済活動は守れないといったようなことです。例えば除雪ですが、どんなに立派な道路を造っても、除雪しないと車は走れません。また住民のみなさまの道路に関する要望や苦情も、除雪に対するものが非常に多いといったような実態でございます。

ですけれども、除雪の水準が低下したことによる社会的な損失やリスクの増大といったようなもの、言い換えれば除雪の効果を定量的に説明できていないといったような実態になっております。除雪の予算を確保するのが私の使命なのですが、その作業に大変苦勞しているといったような実態でございます。内田先生と加藤さんが冬期交通に関する施策の便益の推計を研究されているということで、非常に関心を持ちました。

また維持管理を怠りますと、短期的には目先のことはしのげても、目に見えない形でリスクが蓄積、増大して行って、あるとき一気に噴き出して、甚大な社会的影響を及ぼすといったようなことが懸念されるということはよくいわれます。その辺も含めて、実際の具体的に定量的に説明できるような研究が進められるといったことに、たぶん難しいとは思いますが、期待したいと考えております。

あともう1つは、リスクを軽減する研究です。1つは気象の状況からリスクの発生を予測する研究でございます。私ども道が管理する道道は約1万kmあります。そのすべての区間について、365日24時間、リアルタイムに状況を把握するといったことは、正直言って不可能といったようなことになりかと思っております。今日のご講演では、天候予測から移動時間の推定をすとか、森林火災の予想というのは、難しいといったような話もありましたけれども、大雨や暴風雪などの気象の情報から、道路の各地点で災害や交通障害のリスクの発生がどこで起きるのかといったようなことを研究することが進みますと、道路のパトロールや迅速な通行止め、通行止めした後、それを早期に開放するといったようなことを行うために大変役立つと考えております。そういう研究はすでに進められている分野もございますけれども、より進むことを、普段から大変、期待している状況でございます。

さらにもう1つは、同じく予想の関係です。広域的に通行止めが長期化すると、それに伴ってさまざまなリスクが発生してくる。昨年、道東地方では1月から3月に毎週のように週末になったら爆弾低気圧で暴風雪に襲われるといったような事態が続き、広範囲にわたって通行止めが非常に長期化したといったようなことがございました。

例えば牛乳の農家さんは、道路が通行止めになりますと自分の家のタンクに牛乳を貯蔵して、通行規制が解除になったら運ぶといったような対応策を取っています。その牛乳も3日たつと品質が落ちるので廃棄しなきゃならなくなるといったようなことがございます。そういう通行止めの長期化に伴って、道民のみなさまの暮らしや経済活動に発生するリスクが研究されて、あらかじめ時系列的に整理されていると、必要な情報を必要な方に必要なときに提供して、リスク軽減を図るといったようなことの検討

ですとか、関係機関の連携といったものを、事前に調整していくといったようなことに大変役に立つと考えております。

また道路整備においても、そういったリスクの想定があれば、例えば「このところは3日以内に回復できる道路があるよね」とか、「ここは1週間以内に回復できる道路があるよね」、「ここは1カ月ぐらいに回復できる道路がある」といったような感じで、どのくらい災害に強い道路が、どこにどういうふうに必要なのかといったようなこと、言い換えると優先確保ルートといったようなものの道路構造のレベルだとか、そのルートの検討といったものをするのにも役立つのではないかなと考えております。

またこれらのリスク予想の研究が進みますと、そのリスク予想を道路の利用者や住民のみなさまに分かりやすく提供することにより、道路利用者や住民の方が、自らが判断してリスクを回避するようになるといったようなことも期待できるのではないかなと考えております。

以上でございます。

(朝倉) ありがとうございます。いくつか非常に貴重なヒント、ご示唆をいただいて、本当にありがたいと思います。僕が今すぐすべてについて、「これがいいんじゃない？」ということはなかなか言えないのですが…。1つは、ストック効果の研究にしても、あるいはリスク発生の予測とその影響についても、リスク発生の予測については、需要と供給と両方から見ないといけないと思うんですね。

供給サイドに関して言うと、例えば気象障害が起こる可能性があって、それによってどういう交通障害が発生し得るかという、要するにキャパシティがどれだけ落ちるか、ネットワークはどこがどれぐらいの期間止まりそうかという、そういった供給サイドの、どちらかというところとエンジニアリング的な視点での研究があります。

また、需要サイドでは、そういった気象障害が起こるということが事前に報道されるわけですから、当然行動の変容も起こるわけです。冬期交通の便益評価のときも、やはり交通が止まるということによって行動が変化して、それが便益につながるわけですね。そうすると、そういった道路利用者の行動変容をどんなふうにモデリングしていくかということが重要なテーマになってきます。そうすると、さきほど円山さんが紹介されたような交通行動調査から得られるデータを使いつつ、ちょっとややこしい言葉を使うようですけども、「アクティビティー・ベースド・モデリング」とか、「アクティビティー・ベースド・シミュレーション」というものに持ち込んで、行動変容をモデリングしていくというツールが使える可能性があるのかなと思いました。

それからリンクの整備順位、あるいは先ほどの話の中にもデポでのしのごのか、リンクを強くしてしのごのかという話がありました。実は今日、マイク・ベルさんが話をしたロケーションルーティング（施設配置と配車）の最適化の問題は、一見、このテーマとは関係なさそうに見えるんですけど、実は非常に密

接に関連しています。どこにデポを置くのかとか、そのデポからどんなふうに回すのかとか、それから彼の決定変数の中にはリンクはありませんでしたけれども、リンクを決定変数にすることもできるので、そうするとそういった最適化のフレームの中でどういう施策がもっとも有効で、どんなふうに順位付けられるのかということも、実はつながっているんですね。ですので、そういうアプローチもあるのかなというように思いながら聞いていました。

すみません。後でもっとちゃんと考えてからお答えしたいと思います。そういった実際の現場を持っておられる方は、非常に切実な課題をお持ちになっていて、私たちがすぐにそれに対して答えを用意できるほどの研究のストックが必ずしもあるわけではないのですが。

次にもう少し違う視点から研究課題、あるいは研究ニーズと言った方がいいかな、についてご紹介いたしたいと思います。山田菊子さんは北海道民、札幌市民になってしばらく経ちますね。

(山田) 10年以上になりました。

(朝倉) 10年ぐらい住み続けているので、市民の視点からニーズもあるし、彼女は研究者なので、研究者としての課題というのものもあるかと思うんですけど、その辺についてご意見をお願いします。

(山田) ありがとうございます。山田です。

まず私自身の自己紹介をさせていただきます。生まれ育ったのが神戸で、親の実家は東京の目黒区という非常に都会です。大学は京都に行きました。夫が電機メーカーからこちらのIT系の会社に転職することになって、10年ちょっと前に移ってまいりました。

その後、実は夫は今、東京の会社におりまして、私自身の所属も東工大で、東京なんですけど、非常にこちらが気に入っておりますので、本拠は札幌に置いたままにしているんですね。そんなこともありまして、道産子でないけれども札幌市民、あるいは北海道民という生活を送っています。

そんな中で、道路に対する信頼性、交通に対する信頼性への市民の目からのニーズは、道産子でないところが最初に出てしまいます。今日は東京とか道外からいらっしゃっている先生方も多いので、実感を持ってご理解いただけないかもしれないと思うんですが、こちらでは真冬に外出するときちょっと覚悟が必要です。「ちょっとコンビニに牛乳を買いに行くわ」と2~3分のところに出かけるにしても、中はパジャマでも、ダウンのコートをきちっと着て、ブーツを履いて、手袋をして、場合によっては帽子をかぶります。場合によっては行くのをあきらめるという判断が必要だったりするんですね。本当に、「あ、ホワイトアウトってこんなのか」というのを映画以外のところで初めて見るというのを毎年体験しています。歩いていてもすごく怖いというようなことがあるんですね。覚悟がいります。

それから公共交通機関でも、自分で運転する車でも、あるいは徒歩であっても時間が読めないこともあります。時間が読めないことを前提に行動しているので、東京のみなさんが思うほど到着時間に対してシビアでない、あるいは出発時間をかなり調整している、あるいは行った先での目的行動、例えば会議とか、どなたかにお目に掛かるとか買い物をするとか、そういう目的もフレキシブルに動かせるように準備をしているということがあると思います。ですので、普通の行動モデルでは前提としている条件が異なるために、実は適用できないんじゃないかしらというのが、市民の目から見ても思います。

鉄道に冬場に乗るとき、私は常におなかが減ってもいいように何かを持ち、閉じ込められるかもしれないと思って、乗る前に必ずお手洗いにいきます。遠くに出張のときは、日帰りのつもりでも必ず着替えの下着と靴下を持っていくとかいうことをしてしまうんですけども、それぐらい備えてみんな動いているということがあると思います。

これも市民の視線なのですが、先ほど、ヘンリー・リュウ先生がご講演の最後に高速道路の映像をご紹介になりました。新雪が30センチぐらい積もっていましたよね。手前の道路に雪が積もっていて、止まってしまった向こう側の車線のトレーラーに、自動車がガンガンと突っ込んでいくというものです。あれを見て背筋が凍る思いがするとともに、あ、私も危なかったなと思いました。

どんな経験があるかという、お正月に、夫と2人で奮発をして富良野のある高級ホテルに出掛けた年がありました。5年ぐらい前なので、こちらに来てだいぶたってからです。わりと気楽に行ったら、高速道路が積雪で閉鎖となり砂川で降ろされたんですね。札幌は晴れていたんですけど。

降ろされたからどうしようかなと考えました。砂川のハイウェイオアシスで休憩するか、そのまま行くかどっちかだとなって、あんまり何も考えず「行っちゃえ」と決めました。そこから先が本当にホワイトアウトしていました。私が運転していたんですが、止まったら、先ほどの映像の状況になると。とにかく大変でした。夫は私が眠くならないように話し掛け、飴を食べさせ、元気付け、私は、「止まったら死ぬかも」と思い、赤平まで本当に冷や汗をたらたら流しながら運転しました。

ヘンリー先生のご紹介になった画像みたいなことが、道民は多かれ少なかれ、日々経験をすると覚悟しているし、道産子でない私のような道民は、経験してびっくりしちゃう。最近は海外からのお客様が自身で運転して中山峠を越えてニセコに行こうなんていうのが普通に行われていますが、彼らがあの状況を想像できているかなと心配に思うことがあります。

移住者や観光客は降雪というハザードによって生じるリスクというのを明確に理解しているかどうかというのが非常に疑問ですし、ここは、実は研究者も、行政、コンサルタント、建設会社も、みなさん気を付けなきゃいけないことになるんじゃないかと考えています。

ここまでが市民の視線での意見です。

(朝倉) ありがとうございます。今ご発言があったのは、市民として、かなり（リスク意識）レベルの高い市民としての発言でした。我々が交通のモデルを作るときに、交通行動モデルというのを作るわけですけども、そこで想定しているいわゆる一般人というその想定を、普通のというか、リスクにあまりさらされていない一般人というのと、それからリスクにさらされている一般人というのと、もしかすると使い分けてモデル化する必要があるかもしれませんね。ウェル・プリペアド・トラベラーというんですかね、そういう人の行動モデルみたいなものももしかするとあるかもしれません。その辺はさっきの円山さんのワールドですね。円山ワールドなので、円山さんにがんばって研究してもらおうというのが一番いいかと思います。ヘンリー・リュウさんが「限定合理性」という言葉を使って説明していました。ああいう話も実はかなり近い話なので、研究でのアプローチというのもおそらくできるだろうと思いました。

それから、後半に山田さんが発言した、「ホワイトアウトで止まったら死ぬ」という話には、これもヘンリー・リュウさんの研究が対応しています。彼はコネクテッド・ビークルというふうに言っていますが、それはって自動運転の研究です。彼がいるミシガン大学は、自動運転のためだけとは言いませんけれども、大きな交通の研究センターを作りました。テストコースを学内に作って、トヨタや日産やホンダが1社100万ドルと言っていたと思うんですけど、お金を入れて、日本の大学に100万ドルなんか絶対払ってくれないのですが、かなり立派なものができるようとしているんですね。

今のところ、非常に悪天候のときの自動運転というのは当面は着手できなくて、すごく天気のいい日の昼間の自動運転とか、「そんなもの自動運転いらんやないか」という場面の研究をしているケースが多いです。日本でも自動運転の研究、あるいはその業務をしようとしているところに、北海道のような厳しい冬期の気候のあるところで必要なのは、前が見えないような、そういうときにこそ、完全自動運転とはいわないけれども、安全運転を支援するシステム、それはたぶん道路と車とが両方協調しながらやっていくという形しかきつとないと思うんですけども、「そういう自動運転のシステム、あるいは安全運転支援システムを、ぜひとも研究すべきだ」という声を強く上げていただくということがすごく大事なんじゃないかと感じながら聞いていた次第です。今すぐ答えがあるわけじゃないけれど、ニーズとしてそういったのがあるということは、言っていただくことがすごく大事なのかなと思いました。

そういったいろいろな実務的ニーズ、あるいは市民の方から見たニーズがあるということが分かりました。加藤さん、加藤さん自身が研究をするとしたら、こういうのが面白いねと思うとか、自分はやらないけど、こういう研究が大事だよねということについて、気が付いたところがあれば少し意見をいただけますか。

(加藤) 先ほどの話で、実務的なニーズですと、やはり評価ですね。公共事業の評価に対して、結局、

量掛ける質で評価するという形になっていて、この量的な部分に関しては、観測であるとか、先ほどの朝倉先生のお言葉をお借りすれば、エンジニア的なアプローチが求められるかなと思っています。質に関するものに関しては、もっと研究者寄りというか、数式の複雑な世界で持っていくものなのかなと認識しています。

うちの研究室でも、天候の予測と移動時間の関連性を調べる研究であるとか、天候予測の衛星などの情報と避難行動を結び付けるみたいな研究もやっています。そういった研究では河川の研究室などと協力して横断的に研究を行っています。量に関しても質に関しても、こういった横断的なアプローチが求められるかなと認識しています。

先ほどの田村さんのお話の中で、コンビニの話などが出ていました。例えばコンビニがない地域社会でも非常時にはともに助け合っていくような、共助や公助という言葉が田村先生の開会の言葉で聞かれましたが、そういう仕組みをつくっていく部分で研究の貢献ができるのかなと思っています。これに対し、行動モデルなど、人間の行動を表現する研究が求められていて、そこでどういった現象を照射して、表現するかみたいなところが研究者のセンスだと思っています。そして、そういう部分を磨いていけたらなと思っています。また、学生なので、あまり過疎地域などに行くこともありません。そういった現場に行き、実際にはどうなんだろうみたいな話を伺うとか、あるいはこういった機会(当シンポジウム)を設けていただきまして、実務者の問題意識などを知る機会が増えれば良いなと思っています。

ちょっと研究の視点とは違うかもしれませんが、以上のように感じました。

(朝倉) ありがとうございます。若い研究者は論文を書かないといけないので、だいたい研究テーマは研ぎ澄まし、研ぎ澄まし作るんですね。お酒を造るときに、どぶろく系のお酒と大吟醸のお酒と2つありますね。世の中の一般の人々が求めるのは、だいたいどぶろく系なんですね。お米は全部使っちゃうという。でも研究は大吟醸にしないと論文を書けないので、大吟醸にしちゃうんです。

そうすると削り取ったところがたくさん出てきて、できないところがたくさん出るんですけど、加藤君は若い研究者なので、それは仕方がないと。それは割り切っちゃってやってもらったらよくて、我々ぐらいになると、削り取る力がなくなってくるので、おいしいどぶろくを造って、たくさん飲んでもらうかと。酔っ払ってもらったらいいのか悪いか分からないだろうという(笑)。それぐらいの勢いで我々の方が引き取ってやっていきたいと思います。

その中では当然、内田先生が言っていた使えるものをちゃんと作る。シンプルで使えるものを作ることがまず大事であるということが1つですね。それから今の加藤さんの話の中では、横断的研究ということをおっしゃったと思うんですけど、交通の分野だけで考えるんじゃなくて、交通と、あるいはさっきの気象の話なんかは交通だけではできないので、そういうところとリンクを張る、リンクを持つ

てやっていく。あるいは地震の話とかだと、構造のセクションと、あるいは地震工学と一緒にやっていかないといけないので、そういうところと通じる言葉でお互いやりとりすることがすごく大事ですね。

土木の世界でもなかなか言葉が通じなくて大変です。英語でやった方がよっぽど通じるぐらいの世界ですから、そういう横断的な研究というのが大変大事かなと思って聞いていました。ありがとうございました。

今度は山田さんにご発言いただきたいと思います。先ほどからリスクに対する対応だとか、あるいはリスク・コミュニケーションという言葉がキーワードとして何度も出てきました。リスクを伴うものを考慮して整備していくときには、当然それに対する市民の理解ということが大事かと思います。そういった市民の理解を深めるためには、どういったことを考えていかないといけないのかということについて、ちょっと意見ををお願いします。

(山田) ありがとうございます。最初に、今、私が取り組んでいる研究領域を少し簡単にご説明したいと思います。私は実はすごく若いころ、20年ぐらい前なんですけど、交通行動分析とって、今日のご発表のみなさんと同じようなアプローチで、いろいろなデータを集めてきて、数式で表現するような研究をやっていたんですが、今は実はちょっと違うアプローチをしています。そのアプローチの名前は、「人間中心設計」、ヒューマン・センタード・デザイン、HCD、あるいはユーザー・センタード・デザインというようにいわれ方をするんですが、そういう研究のアプローチを取っています。

それは何かというと、物を作るときに、例えば時計とかスマートフォンとかですが、物の機能、大きさを決めましょう、スマートフォンとかの場合ですとCPUの性能を決めましょうという、物の機能や仕様から入るのではなくて、それを使う人がどういうふうにするか、それをもって、私が例えば時間を見てどういうふうに使われるというふうな、人に着目しましょうという、そちらを先に設計して、人の行動が実現できるように物の仕様を決めたらいいんじゃないかと、そういうアプローチなんです。

実はご存じのようにAppleが取っている有名な手法で、使いやすい電子機器とかにはたくさん使われているんですが、残念ながら社会基盤施設に関しては、みなさんよくご存じの通りまったく使われてない。土木出身の私としては、それを社会基盤施設に使えるんじゃないかなと思って研究をしているところです。

そのアプローチから、今の朝倉先生からのお題にお答えするとすると、道路の信頼性の道路に着目するのではなくて、「道路の信頼性の市民への理解」の「市民」に着目するというのがポイントなんじゃないかと考えています。それには3つのポイントがあると考えています。

1つは地域性、2つ目は伝え方、3つ目が視点です。

先ほどお話ししたことと重複しますが、「地域性」はリスクに関していうと、地域によってリスクの許容度が違うんじゃないかという前提で考える必要があると思います。もちろん数式で表したって構いません。北海道の中でも違うでしょうし、日本の中でももちろん違う、北海道は特に違うだろうと。そういう前提で、一度リスクの許容度というのを調べてみるのがいいんじゃないかしらと思います。

先ほども申しましたように、冬の移動に関しては、北海道の人は非常に余裕を持って動きますよね。昔、タイにモノレールがなかったころ、バンコクと空港の間というのはものすごく時間がかかったので、みなさん会議の時間は予想より1~2時間遅く始まるように設定しておいて、集まったら始めるみたいな感じでやっていました。それも同じようなことだと思います。地域によってリスクの許容度が違うだろうと考えます。

人に注目しますので、アンケート調査じゃなくて人の行動を観察することで分かるんじゃないかと思っています。例えば田村先生が午後2時に霞が関の会議に出席するある冬の日、田村先生の行動を見ると、夏と冬でおそらく飛行機の予約の仕方が違うんじゃないかと思っています。それを見てみると、夏は朝一番のバスで行って、9時の飛行機に乗れば間に合います。冬は9時に空港に行くことはちょっと危険があるので、別の用事を前日にくっつけて1泊するだろうとか、そういうのが観察すれば分かります。アンケート調査だけでは仮説が立てられません。地域性をHCDでのご提案します。

それから先ほどから何度も出てきますが、リスク・コミュニケーションのお話。これは絶対避けては通れないと思います。リスク・コミュニケーションのお話は、ご存じのように原発の事故の後、放射線、放射能の単位の違いが混乱して大騒ぎになったり、必要以上に安心した人、必要以上に心配した人が出てきました。

「市民の理解度を上げなきゃいけない、市民のリテラシーを上げなきゃいけない」と言っている科学者もいるそうです。でも「それってちょっと違うじゃない？」という考え方がすでにヨーロッパではいわれていて、トセラリビティ・オブ・リスク、TOR というようなんですが、リスクを受け入れてもらうんじゃなくて、リスクを許容してもらうようにしよう、そういう説明の仕方をしましよと取り組んでいるそうです。ある本では、「民衆の科学理解不足が科学への不信を呼んだと考えるのは欺瞞である」というふうにいつています。

実はみなさんがやっていたら信頼性の研究も、道路の信頼性、例えば「5分早く着く確率が20%です」とか、「不通になる確率が10%です」というようなご説明をされても、市民はやっぱり理解できないんじゃないか。その理解できないことを、「市民のせいだ」と言ってしまうのは大きな間違いじゃないかと私は考えています。

そこで3つ目のポイントの視点が出てくるわけです。先ほども申しましたように、物、道路、あるいは道路ネットワークに着目するという考え方はもちろん大事です。でもそれで出た分析の結果や評価の結

果、あるいは対応方策を、利用者とか周辺住民を主語にした説明に翻訳するというような作業が必要です。そういうふうに翻訳したものをユーザー・エクスペリエンスと呼びます。人の経験ですね。そういうふうに見ていくといいんじゃないかと考えます。その際には、必ずどんな人が関与しているか、ステークホルダーが誰かというのを明確にしなきゃいけないで、これは最初リスク・コミュニケーションのときにも、もちろんかかわってくることだと思います。

ですので、今、私が取り組んでいる研究アプローチから、道路の信頼性の市民への理解というのを、市民に着目して考える場合には、「地域性」と「伝え方」と人の経験という「視点」、この3つをご提案したい、取り組んでみたいなど、今回お題をたいて考えているところです。

(朝倉) ありがとうございます。特に最後の方におっしゃっていただいた、リスクの表現を市民に説明するとき、それが分からない、通じないというのを相手のせいにはしないということですよ。でも当然、それはみなさん、現場では理解していただくように、大変ご苦労されています。なお分かりやすい説明というのが必要で、そのときに主語を市民にすると言いませんでしたか。

(山田) はい。

(朝倉) これは具体的にはどんなふうにしたらいいんですか。

(山田) 日本語は主語が明確でないので、何となく「ほにゃほにゃ」と言ってしまうことが多いんです。何度も引き合いに出して申し訳ないんですが、「田村先生はテレビの何とかの番組で交通情報を見たら、こういう情報を得たので、こう思って1便早い飛行機に乗ることにした」というように、どなたが何でどういう情報を得て、どういう判断を下して、どういう行動をするという、その「どなた」というのがこの「主語」の意味です。「こういう情報を田村先生に提供する」ではなく、主語を田村先生にするという意味ですね。

(朝倉) なるほど。分かりました。ある意味、よりパーソナライズされたというか、あるいは個人向けにカスタマイズされたというか、そういうメッセージとして伝えていくということですかね。

(山田) そうですね。もうちょっと言うと、「ステークホルダーのシナリオ」という言い方をしますが、物語のように書くという、究極はそこだと思います。

(朝倉) 分かりました。ありがとうございました。というふうに、リスク・コミュニケーションの方法、ツールについてもいろいろ研究は進んでいるので、そういったものをうまく道路づくりの中に反映して行って、これまでも十分検討されてはいるんだけど、なお一層分かりやすい道路づくりに向けて動いていくということが大事であるということだと思いました。ありがとうございました。

それでは、もう時間もあまり残されてはいないのですが、今までの話をお聞きになって、当初、問題提起をしていただいた田村さん、永山さんの方から、言いそびれたこと、あるいは言い忘れたことというのがありましたら、率直にご意見をお願いします。

今日はフロアの中にはお2人の方々の先輩とか、あるいはその他の方がたくさんおられて、顔が見えるとなかなか発言しにくいだろうと思うんですけど、遠慮せずにご発言ください。

(田村) それじゃ私の方から。

(朝倉) お願いします。

(田村) 朝倉先生の方からもあったのですが、リスクを解析したものをシンプルかつ明確にというお話がありました。リスクをどのようにとらえるのかという話です。リスク・コミュニケーションという形で、市民の方へという話もありました。聞いていて思ったんですけど、できれば我々行政の職員にも分かりやすいものという事を言っておきたいなと思います。

まだ事象が起こってないことをリスクといわれますので、いわゆる準備の段階かと思っています。リスクに備えて何をするのかというものについては、いろいろな机上の研究も含めまして、地元の方々とコミュニケーションを図るというのも多々やって、いろいろと考えられればいかなと思います。ただ、実際にそのリスクが、事象が発生してハザードの段階になったときに、どうしても予想外のことが起きるかと思っています。

例えば2000年に起きた有珠山の噴火、こちらでは国道上に噴火口ができたという予想のできないような事態が生じました。また今、雌阿寒岳が噴火警戒レベル2になっていますが、冬に噴火すると、融雪型火山泥流が発生して、それが国道を通ると、どうしても災害の対応が長期化するようなこともあります。当然、予測もあまりできていない。

そんなときに、いろいろとリスクの研究をしていく中で、どのようにオペレーションといいますか、事象が起きた後の対処をするのが最適なのかというようなことを、我々行政側でいきますと、担当が考え、トップが判断するということになります。その時の判断基準みたいなもの、リスクがハザードに変わって、その結果、何をするのが社会的リスクを低減するのか、ここを明確に、かつシンプルに研究成果をま

とめていただけると、行政の中でも、非常時のときも使いやすくなるのかなと思いました。

(朝倉) ありがとうございます。永山さん、いかがでしょうか。

(永山) 私の方は冬の暴風雪災害の対応の関係について。平成 25 年度の冬から、私どもの方では早め早めの通行規制だとか、情報を的確に迅速に伝えるということ、市民のみなさんに分かりやすい形で情報を伝えるということ、普段の意識啓発といったようなことでいろいろと取り組んでいます。去年の冬には、テレビだとか新聞がみなさんに危険の切迫度が伝わりやすい形で非常に報道していただきました。「不要不急のことがない限り外出は控えましょう」という形で報道していただいている中で、そういう形で、道路利用者などがそれを見て外出を控えるだとか、危険を感じるといったようなことが起きているといったようなことが、私たちの取り組みの中でも非常に効果があるのかなと実感しておりました。

早めの通行規制についても、多くの方が人命を守るためには仕方のないことだという形で理解もいただいているということですので、先ほどありましたリスク・コミュニケーションの研究が進むのは、非常に期待が高いのかなと感じました。

それともう 1 つは、通行止めを早くやるのは理解されているんですけども、それを開ける（通行止めを解除する）のが遅いというのがよくいわれております。暴風雪で荒れているところで除雪するのは非常に危険を伴いますので、天候が回復してから本格的な復旧の除雪に入っていくということになります。その中で、先ほど吹雪の中でも走れるような自動運転というようなお話もありましたので、自動運転で、そういう通行止めしている間も除雪ができれば、早めに開くのかな、そんなのもあると便利のかなと、非常に研究への期待を感じました。以上です。

(朝倉) ありがとうございます。研究課題がたくさんあるということはよく理解できました。ただすぐ対応できないものもたくさんあり、今おっしゃっていただいた話の中で、数十年に 1 回ぐらいしか起きない、極めてめったにしか起きないような、しかし起きると非常に大きな影響があるようなものに対する対応と、それから年間数回ぐらいは起きるかもしれない、例えば非常に大きな大雪とかいうような年間数回起こるかもしれないというものに対する対応と、それからあとは日常的な渋滞のような、今日の話の中でも旅行時間の予測とかいうのがありましたけれども、ああいうのは基本的にはほとんど繰り返されているようなものに対する対応と、たぶん 3 つぐらいのカテゴリーに分けて考えていくのかなと思いました。

その中で、まず一番簡単とは決して言いませんけれども、日々繰り返しがある行動の中で起こってくるような時間のばらつきをどういうふうに見測して、あるいはそれをどうモデリングして、どういうふ

うに評価していくかということについては、まさに時間信頼性研究といわれているカテゴリーの研究であって、これはウイリアム・ラムさんも言っていましたように、交通の観測によるもの、それから内田先生たちがおやりになっているように、それをモデリングしていったって評価するようなものというふうにカテゴライズされるので、ここは結構、研究の蓄積もあり、またある程度使えるものもたくさんあると思います。

その一方で、年に数回の雪のようなものに対するもの、あるいは本当にめったにしか起きないようなものに対する研究というのは、残念ながら交通の世界では、悪く言えばほとんどないと言ってもいいと思います。倉内さんなんかは今ご苦労されておやりになっているのも、豪雨ですけれども、そういった頻度で発生するものに対する対応ということだと思います。

したがって、この辺は知見を我々が積み重ねていかないといけないと思います。マイク・テイラーが言っていたみたいに、ブッシュファイアーというのは実は、どのぐらいの頻度なのかな、ちょっと分かりませんが、大雪ぐらいの頻度では起こる可能性があって、したがって、ステイ・オア・ゴーというある種の対応の考え方みたいなのが、ある種広く世の中に知らしめられているわけですね。ですので、大雪とか、あるいは大雨に対するステイ・オア・ゴーに対応する標準的な行動規範を市民の方と共有することが大事なのかなと思います。

それがさらにめったに起こらないことになると、実はジャスト・ゴーに持っていかないととても助からないよということがあり、それをいったいどういう基準で判断してやっていくのかというのが、田村さんがおっしゃっていた判断基準ということだと思うんですね。ここは今すぐこれがこんなふうに考えていったらいいという答えが僕の中にあるわけじゃないので、ここは宿題ということにさせていただきたいと思います。ありがとうございました。

今日はたくさんの方が来られています。「せっかくの機会なのでちょっと一言ここは意見を言いたい」という方がきついたらっしゃるかと思います。もしよろしければフロアの方からご質問なり、あるいは「こういったことを研究しなさいよ」というご意見でも結構ですので、ありましたらご発言いただくと大変ありがたいと思いますが、いかがでしょうか。

後ろの方に手が挙がりました。一番後ろです。できればご所属とお名前をおっしゃってから、ご発言をよろしくをお願いします。

(カワグチ) 無職のカワグチと申します。いろいろな研究、北海道の道路に関するリスク研究の可能性も感じられて、確かに今回の内容はすごくよかったと思います。ただ、ひょっとしたら一般市民の方は、そういうリスク研究が進んじやうことで、間違っただけに安心しちゃう方に走らないかなという心配もあるのも、無職である1市民としてはちょっと感じてしまったというのも事実なんですよね。

リスクをどう考えるかということと、そして一般市民の方にもリスクというものを、やっぱり分かりやすく解説するのもいいんだけど、リスクの意味合いを説明するのはやっぱり決して易しいものとは僕は思わないです。そこでリスクについてどう共有していくか、それが課題になっていくんじゃないかなとあらためて思いましたが、いかがでしょうか。

(朝倉) ありがとうございます。今ご指摘があるように、そこにあるリスクというのを、必要以上にそれを危ない側にとらえる必要もないし、逆にそのことが変な安心感を一般の方に与えてしまうことこそ、ご指摘の通り非常に危険なことです。我々が発するメッセージが市民の方々にどういうふうに理解されるのかということ、我々は本当に気を付けてやっていかないといけないと思います。

例えばそれこそ「5%の確率でこれこれが起こります」と言ったら、それがいったい市民の方々にはどういう意識としてそれが伝わって、その結果、どういう行動を招く可能性があるのかということに関する我々の理解が必要になってくると思います。まったくご指摘の通りかと思います。これから我々もそのことについて、心して研究していかないといけないと思います。どうもありがとうございました。

ほかに何かございますか。田村先生か浅野さんか、何かありますか。

(浅野) では、ご指名ということで、事務局がコメントするのも何か不自然なのですけれど。寒地土木研究所の浅野と申します。

定番のリスク対応で、リスクの「低減」とか「回避」とか「保有」とか「転化」、そういうもので整理した方が、私にとっては理解しやすいというように思います。寒地土木研究所は防災に関するハード面の研究から、視程障害の情報提供まで、すべてにかかわっています。まず「リスクの低減」からいうと、道路整備、防災対策など、ハード面をきちっと行政にやっていただくのが大前提で、その上で、視程障害の情報提供みたいなことと、それからリスク・コミュニケーションによって、リスクを回避していくという対策が採られます。

それから「リスクの保有」は、「吹雪に巻き込まれたらあきらめろ」という保有の仕方ですね。これもリスク・コミュニケーションかもしれませんが、「飛行機に乗るのをあきらめて」ということもそうです。そして「リスクの転化」は、保険か何かがあるんでしょうけれども、そういう包括的に少し整理して考えた方が分かりやすいのかなというようなことを感じました。

ちなみに先ほど、自動運転の紹介がありました。うちの寒地土研に機械チームというのがありまして、一般の車両の自動運転ではないんですけど、除雪車が吹雪視程障害でホワイトアウトのときに、周辺の障害物を検知して自動的に除雪車を進めるというようなことも、研究としては始めていますと。隣に座っている所長が「している」と言っております。

今日はいろいろなヒントをいただいて、研究にも力が入るのかなと思います。ちなみに私、技術士会の防災委員会の委員長というのを拝命しています。技術士会でも何か低減、例えば将来の災害のリスクを予測して、低減というか継承するようなこともあるのかなとヒントをいただきました。ありがとうございます。

(朝倉) どうもありがとうございました。ご指摘のように、当然のことながら、ハード的に備えるべきことはきちっとしないといけなくて、そのことをご理解いただく上でもコミュニケーションは重要で、またそういったせっかくのハードをうまく使うためのコミュニケーションもあると思うんですね。ですので、当然のことながらハードの対応というのはできる限りやっていただくということが、おっしゃるように大前提かと思います。ありがとうございました。

ほかにもしあればと思いますが、よろしいですか。ありがとうございました。

それでは最後、私の方でまとめようかと思いましたが、もう十分に議論も出尽くしたようであり、また非常に多面的な包括的な視点で、リスクあるいは信頼性に関する研究を進めていかないといけないなどいうことをあらためて認識させていただいた次第です。ありがとうございました。

それでは、以上をもちまして、私に進行を割り当てられたパネルディスカッションは閉じたいと思います。ご参加いただきましたパネリストの方、それから議論に参加していただいたフロアのみなさま、どうもありがとうございました。

(司会) コーディネーターの朝倉先生、パネリストのみなさま、またディスカッションに参加していただきましたご聴講のみなさま、本当にどうもありがとうございました。大変、有意義な議論をしていただけたと思います。ここにあらためてお礼申し上げます。どうもありがとうございました。いま一度、拍手で。

それでは最後に、主催者を代表して国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所の池田憲二所長より閉会のごあいさつをお願いいたします。

(池田) ご紹介ありがとうございます。長時間にわたりまして、大変多くの方にシンポジウムに参加していただきました。誠にありがとうございます。事務局では当初、定員 300 名に対して、200 名ぐらいの方が来ていただけたら成功かなと思っていたのですが、実際は 330 人の申し込みがありまして、開始直後に 290 人ぐらいの方がすでに受け付けをされております。その後、参加された方を入れますと、やはり当初の定員の 300 名、あるいはそれを超えたかなというような形で、盛会に終わることができました。

このシンポジウムの前半では、さまざまなリスク、今、世界で、日本でどのような研究がされているか

ということを紹介いただきました。私に取りまして土木計画学はちょっと畑違いなので、リスクの研究をしているという程度の理解はあったんですけども、あらためていろいろな話を聞きますと、いろいろな分野で素晴らしい研究をされているんだなということがよく分かりました。

4人の外国からの先生をはじめ、熊本大学の円山先生、北海道大学の内田先生、岐阜大学の倉内先生、本当にどうもありがとうございました。それから後半の部分のパネルディスカッションでは、東京工業大学の朝倉先生の見事な采配によりまして、現在の道路行政のリスクマネジメントや研究とのかかわりを大変よく、分かりやすく知ることができました。特に朝倉先生がパネラーの合間合間で発言される前半の部分の外国の先生の解説は非常にわかりやすく、あらためて理解できたということで、本当に感謝を申し上げます。あらためまして、東京工業大学の朝倉先生、国土交通省北海道開発局の田村対策官、北海道の永山課長、東京工業大学の山田先生、それから北海道大学大学院の加藤さんにお礼を申し上げます。

また、会場からのご発言、ご質問がありました。無職の市民とおっしゃっていましたが、誠にこのシンポジウムの一番大事なところを聞いていただいたかなと思っております。

最後にこのシンポジウムの開催に当たりまして、大変なご尽力、ご努力をいただきました北海道大学の田村先生や、総合司会をしていただきました北見工業大学の高橋先生、それから実行委員会の一員でありました室蘭工業大学の有村先生他、関係された方々にお礼申し上げます。この後さらに北海道の先生が北海道の道路のリスクマネジメントのために、このような研究成果を実際にどう使っていくのかということ、研究を続けていただけるんだろうなと思っております。それに関して1つお願いするとすれば、先ほどの内田先生のお話にもありました、大ざっぱでも分かりやすい、大ざっぱでも使えるでしたか、そのような形で、ぜひサルにも分かる、私のような役人にも使えるような形で、研究成果を提供していただければと思います。

本日、参加された皆様、運営にご尽力されましたスタッフの皆様にお礼申し上げまして、閉会にあいさついたします。どうもありがとうございました。

(司会) 池田様、ありがとうございました。これにて「2015 北海道道路国際シンポジウム」を閉会いたします。長時間にわたりまして、ご協力どうもありがとうございました。

(進行) 皆様ありがとうございました。ただいまをもちまして、「2015 北海道道路国際シンポジウム」を終了させていただきます。本日は平日のお忙しい中、ご参加をいただきまして、誠にありがとうございました。