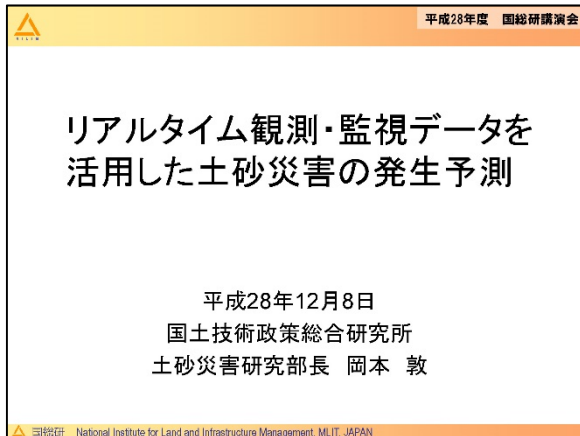


3.13 リアルタイム観測・監視データを活用した土砂災害の発生予測

(土砂災害研究部長 岡本 敦)



を進めているところです。



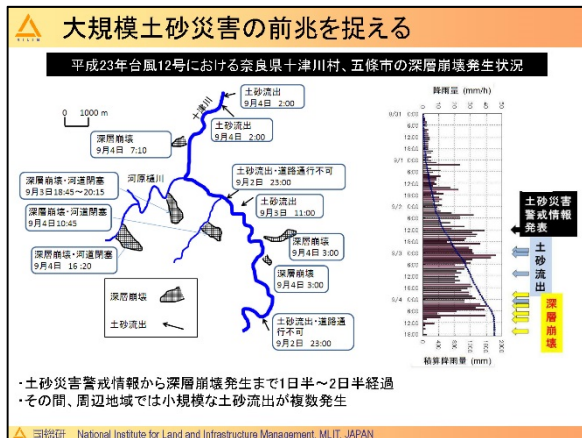
100 件以上を超える土砂災害が発生しまして、地震そのものを予知することは、我々、できないわけですが、地震で崩れた後に、また雨でさらに大きく崩れるのを、いち早く点検をして、そういった情報を伝えることが重要になってまいります。

このように、豪雨や地震によって深層崩壊、あるいは同時多発の土石流など、多様な形態の大規模な土砂災害が頻発しておりまして、多数の人命に影響していると。特に大規模なものは、必ず前兆があるだろう。それから、こういった線状降水帯の形成をどう見つけていくか。それから、大規模地震後の二次災害に対して、こういった観点から、リアルタイムの観測・監視データを活用しまして、土砂災害発生場所や時刻を予測し、切迫性のある防災情報の提供が求められます。

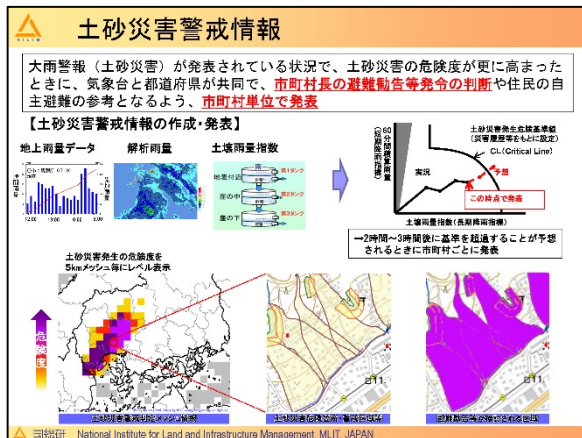
ご紹介いただきました、土砂災害研究部長の岡本です。よろしくお願いいたします。今日は、「リアルタイム観測・監視データを活用した土砂災害の発生予測」で、今、部で進めております研究の幾つか、大きく分けると 4 つ技術がありますが、発表させていただきます。

日本では、豪雨だけではなくて、地震や火山に伴って土砂災害が発生するわけですが、土砂災害の発生する場所、それから時間、またその範囲を正確に予測することが、的確な警戒避難につながりますので、こういった分野の研究

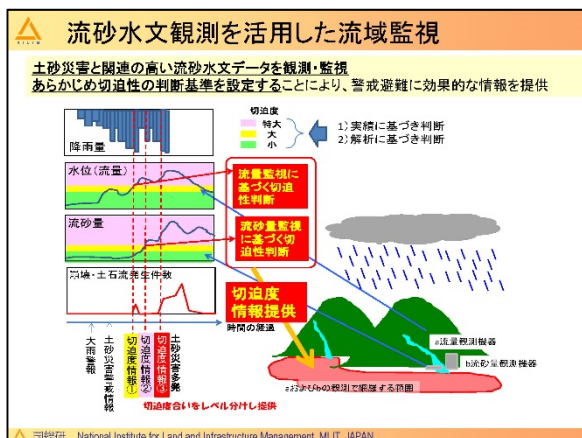
まず、研究の目的や背景ですが、3 つほど、大きな最近の災害を示しております。平成 23 年に紀伊半島で 1,000mm、2,000mm を超えるような豪雨が、台風 12 号でありまして、深層崩壊や天然ダムが多数発生したといったことがございました。また、一昨年の広島では、広島市で 70 名を超えるような犠牲者を伴う、一つ一つの土石流は小さかったのですが、狭い範囲に同時多発的に起きたと。このときには、線状降水帯というような集中豪雨が発生する気象場が形成されました。また、熊本地震におきましては、



あった後に、大きな深層崩壊等が発生しております。そのため、土砂災害警戒情報が発表されてから、深層崩壊の発生までは、1日半から2日半ぐらい経過をしていることになります。その間に、小さな土砂流出があり、こういったものを捉えることによって、その後の大きな災害の避難等に活用できないかというような観点です。



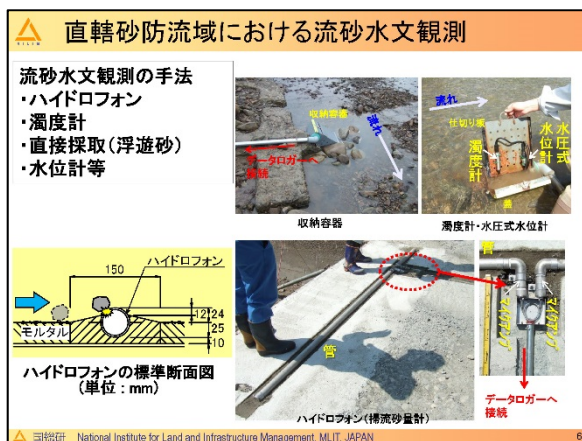
しているところです。市町村の方では、今、こちらのメッシュ情報を使いまして、そのメッシュにある土砂災害警戒区域、すなわちイエローゾーンに対して避難をしていただくというような運用をしています。ただ、これが精度の面、あるいは5キロメッシュという広い範囲の情報であることから、さらに、精度の向上が期待されているところです。



1つ目の技術として、平成23年の台風12号のときですが、こちらは十津川でございまして、南に流れています。全体的に500mmを超える降雨があったわけですが、十津川村の辺りを、簡単な図面で示していきまして、大きなものが深層崩壊、また、実際には、9月2日の12時35分に、土砂災害警戒情報が発表されております。その後、小さな土砂流出が幾つかありまして、最初に起きたのが、9月2日の23時、この2カ所で発生をして、この国道168号を寸断してしまいました。その後、幾つか細かな土砂流出が

今の気象庁と都道府県の砂防部局と共同で発表しております土砂災害警戒情報、3段のタンクモデルを使いまして、横軸に土壌雨量指数、それから縦軸に60分積算雨量、こういった避難の基準線を、5キロメッシュごとに設定をして、2～3時間先の降雨予測を使い、この基準線を超えると想定される場合には、土砂災害警戒情報を市町村単位で発表しております。ただ、市町村単位は非常に広いので、実際には気象庁のホームページに、危険度を4つのレベルに分けまして、5キロメッシュの危険度情報も同時に発表

我々、国総研は地方整備局と共に、今、多くの山地流域で、水位や流砂量を観測しております。その時々刻々と変化する雨量だけではなく、水位や流砂量のデータでもって、その変化を捉えることによって、切迫度のある情報が提供できないか、研究を進めております。



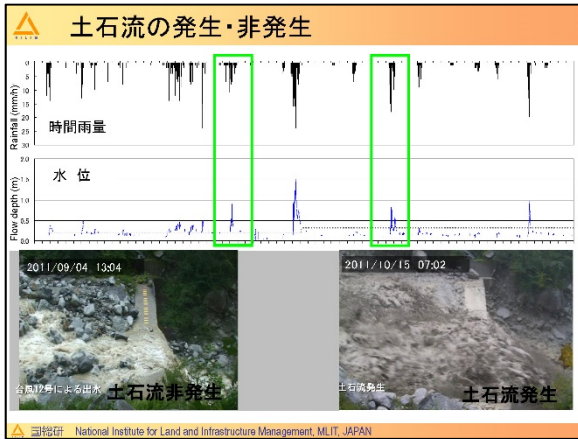
と、内蔵したマイクがその音響を拾って、流砂量に換算するという仕組みです。



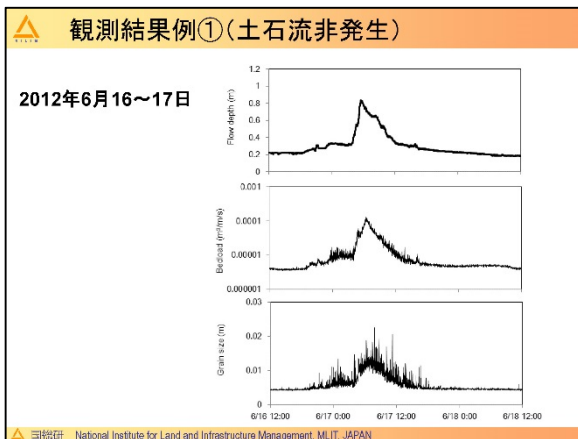
1つ目は、流砂水文観測ですが、その手法として、ハイドロフォンと呼ばれるもの、それから濁度計、それからバケツ等で採水をして、浮遊砂を直接観測します。また水位計等により集中的に監視しています。なお、このハイドロフォンといいますのは、だいたい径が50mm ぐらいの金属管を、長さ2m、あるいは50cm のものを砂防堰堤(えんてい)の水通し、あるいは床固の水通しの上に設置をしまして、モルタルで固めて、円周のうち4分の1ぐらい、河床に出ているわけですが、掃流砂がここに当たります

これを、ほぼ10年前から、全国の直轄流域に整備をしております。特に、最近は整備を集中的に行っておりまして、90カ所ぐらいで、濁度計、あるいは水位計、あるいはハイドロフォンといった観測機器を設置しているところです。

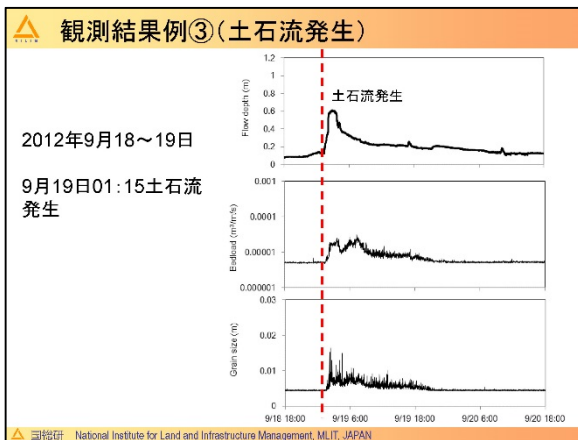
そのデータの幾つかをご紹介しますと、まず、天竜川の与田切川で観測をしております。中央アルプスの山脈があり、天竜川の右支川に当たります。オンボロ沢の上流には百間ナギという大規模な崩壊地があります。たびたび土石流が発生します。その地点に監視カメラを設置しまして、土石流の発生状況を監視します。それから約6.4km 下流に、ハイドロフォンや水位計の観測データがあるというものです。



こちらがカメラで捉えた土石流が発生したとき、していないときのものになります。水位だけ見ますと、ほぼ同じ水位であっても、土石流が発生しているとき、発生していないときと、これをどのように流砂量を組み合わせて区分できるかです。



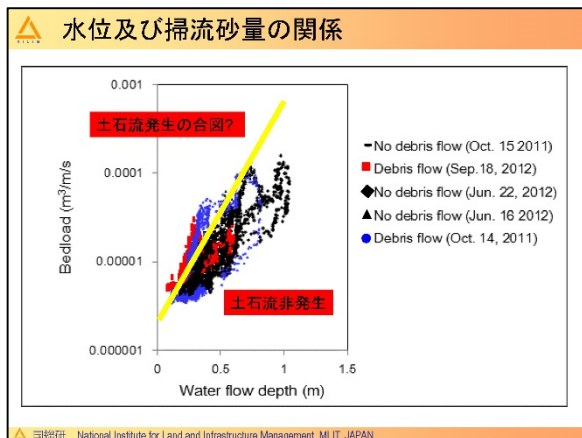
これは水位ですが、土石流が発生していないときは、水位が上昇すると共に、掃流砂量も同じように上昇し、また減少することが見られます。



土石流が発生したときにどうかといいますと、土石流が発生して、6.4km 下流で水位が急激に上昇しています。それに伴って、流砂量も増加をしているのですが、他方、水位が下降しているにもかかわらず、流砂量が増加をする、あるいは継続して流砂量が流れるというような状況が、土石流の発生時に分かってまいりました。

また、これも土石流の発生時ですが、シャープに水位が上がって、すぐ下がっていますが、流砂量に関しては、水位の下がりに追随するというよりは、まだ高い流砂量を保

っているといったことがあります。

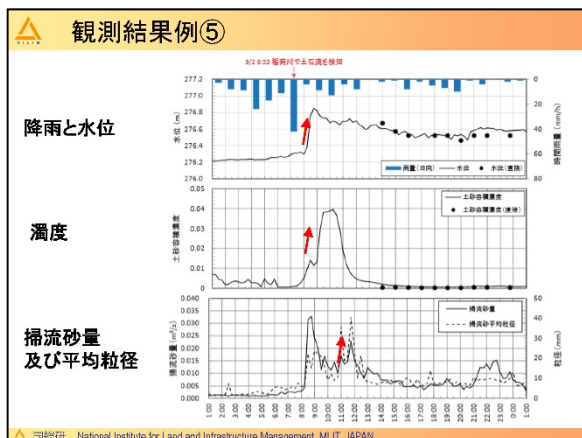


々がありますが、このループも、時間経過と共に、研究を進めているところです。

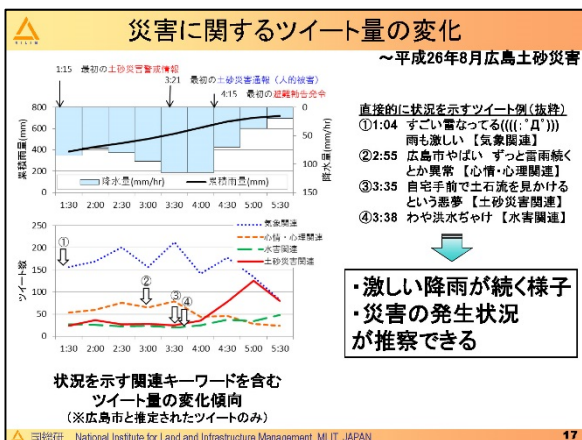
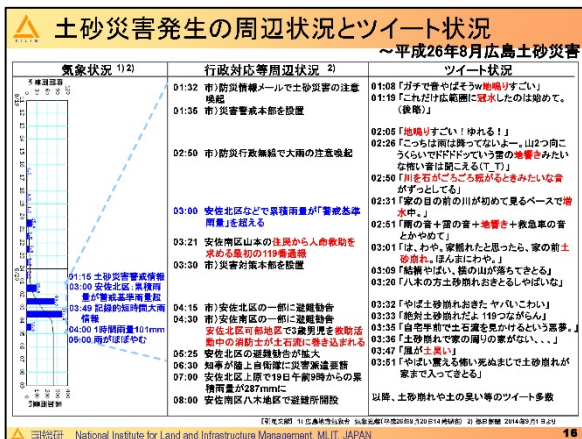


これを、横軸が水位、縦軸が流砂量で、いわゆる土石流が発生したときが赤、青、発生していないのは黒のプロットをしております。それを引きますと、この黒の発生していないときの上限の線を引くと、黄色線のようになります。そのようなことを使って、同じ水位における流砂量の値で土石流の発生限界みたいなことを、捉えることができるかどうか、これは幾つか、他の地点でも同じように調べておりまして、そのような傾向を分析して参りたいと思っております。またこれも、一つ、赤の土石流が発生したときの点、ヒステリシスと呼んでおりますが、その形状等にも注目して

もう一つの事例が、栃木県の鬼怒川の支川の大谷川のさらに支川の稲荷川で、2011年に、同じく土石流が発生しまして、監視カメラやワイヤーセンサーで、朝6時30分に土石流が発生したことを検知しております。それから23km下流の、大谷川の、鬼怒川との合流点から1kmぐらい上流のところに、ハイドロフォンや水位計を設置しております。関の沢第2床固というところです。



このデータを見ますと、雨のピークのところで、6時32分に土石流が発生したという情報がありますが、それから遅れること約2時間15分後に、23km下流の関の沢のところの水位が急上昇しているが分かっております。濁度についても、それより少し、この水位のピークに遅れまして、土石流の発生から3時間45分ですが、濁度のピークがあると。それから掃流砂につきましては、ほぼ水位のピークと同じところでピークがあり、下がった後、もう一度、ピークがあります。最初のピークは水位上昇に伴う掃流砂の動き、後者のピークは土石流に起因するようなものも下流まで影響を及ぼしている可能性があると感じております。



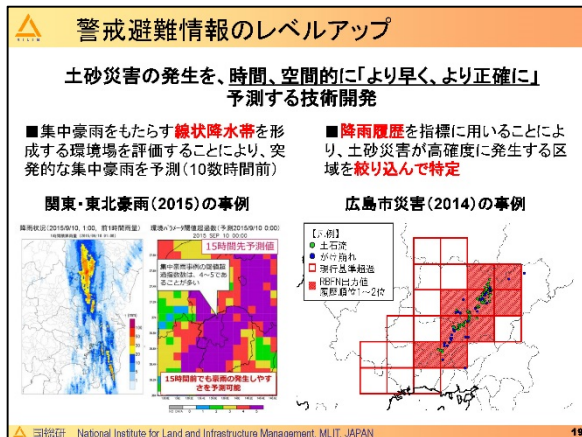
昨年もつぶやき情報を活用した警戒避難システム開発を、紹介をいたしました。いわゆるツイッターの情報を使って、災害の発生前兆等をつかまえられるかという研究です。

一昨年の広島災害のときには、8月20日の朝1時15分に土砂災害警戒情報が発表されて、最初の消防への通報が、3時21分に住民から、土砂が崩れて住民が埋まって、救助を求める通報がありました。ただ、その前から、1時8分に、冠水や地鳴り、地響き、そのようなツイート情報が、この3時21分より前にも幾つかありました。このようなことを色々分析しますと、ツイートの数を示しております。

気象関連のツイートは一番多くて、150ぐらいあります。それが1時半ぐらいからありまして、この赤が土砂災害に関連したツイートですが、気象関連や心理状況、水害、土砂災害、そのようなキーワードを分けて、どのように推移するかを分析することによって、ある程度、その地域での土砂災害の切迫性が分かるのではないかと考えております。

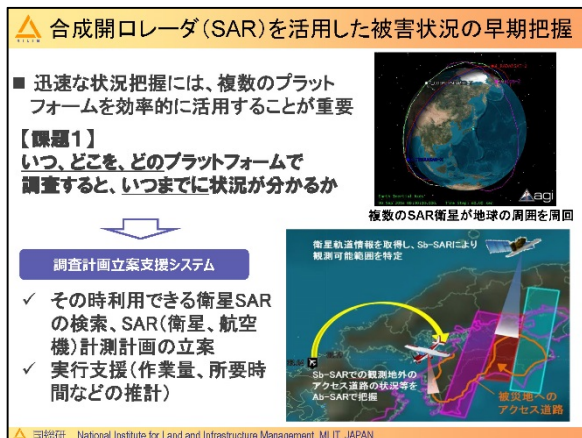
試作版のシステムとして、ツイート情報と、それに重ね合わせるように、雨量のレーダーデータで、ツイートされた場所をプロットしております。これを時系列的に見ることによって、どこの場所でツイートが増えているかとわかんと考え、2015年度、試作版を作成いたしました。2016年度は、中国地方整備局と九州地方整備局で、このシステムを使って試行しています。特に九州は、初めて地震と火山をキーワードに使っていますので、熊本地震や阿蘇山の火山噴火など、例えば地方の方言を考慮した検索キーワード

への対応、利用しやすい画面表示やユーザインターフェースなどを検討して参りたいと思っております。



所と一緒に勉強しているところです。これを、かなり前に特定することによって、地方自治体の警戒態勢を、いち早く確立することができるのではないかなと思っております。

それから、履歴順位というのがやはり重要で、履歴順位が1番や2番、過去最大などは、当然、危険度が増すと、リスクが高いことにつながると思いますが、ここではRBFN出力値とありますけれど、そのような土砂災害警戒情報の出力値の履歴順位1、2を使いますと、これは広島災害のときの土砂災害の危険基準を超過したものが、白の線の中ですが、1位、2位で、さらに絞り込みますと、この土砂災害がプロットされた地域に絞り込めますので、このようなことも、2016年度はさらに、地形・地質も考慮して、絞り込みできないかという研究も進めているところです。



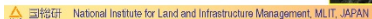
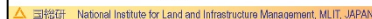
非常に複雑であるというのを、もう少し合理的にできないかという研究を進めております。

あと2つほどご紹介をさせていただきます。先ほど最初に、線状降水帯の形成がございました。この線状降水帯を伴うものによって、これは鬼怒川のときの災害ですが、大きな土砂災害や洪水をもたらしますので、この線状降水帯を形成する環境場というのが、大気的不安定を示す色々なパラメーターがあります。これを複数評価することによって、十数時間前、これは15時間前に、この鬼怒川での線状降水帯、おおむねの位置を、危険度を表示しておりますが、このようなことができないか、今、気象庁の気象研究

最後の技術は、衛星画像を使った、特に地震後等にいち早く危ない場所を抽出して、次の二次災害の防止につなげるかというものです。今、衛星による合成開口レーダー、あるいは航空機による合成開口レーダーの技術があります。衛星も、日本のJAXAの衛星以外にも、イタリアやカナダやドイツの衛星がありまして、それを、複数一度に統合運用しようしますと、非常に大規模災害の混乱期において、どこに衛星が飛んで、どのようにそれを使うのかというタイムラインといいますか、調査計画を立案するのが



1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1039-1043.

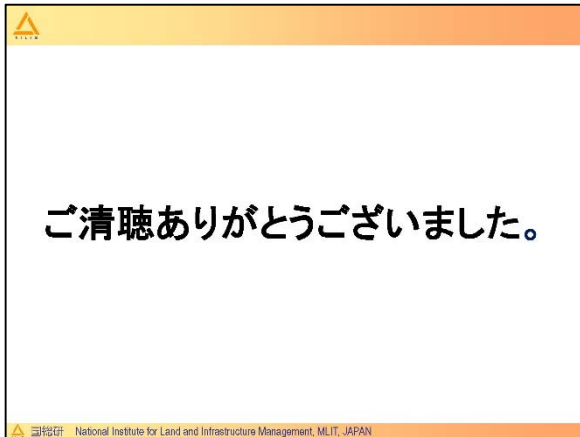


1. *Journal of the American Medical Association*, 2000; 283: 2689-2693.

$$P_{\text{A}} = P_{\text{A}}^{\text{A}} + P_{\text{A}}^{\text{B}} + P_{\text{A}}^{\text{C}} + P_{\text{A}}^{\text{D}} + P_{\text{A}}^{\text{E}} + P_{\text{A}}^{\text{F}} + P_{\text{A}}^{\text{G}} + P_{\text{A}}^{\text{H}} + P_{\text{A}}^{\text{I}} + P_{\text{A}}^{\text{J}} + P_{\text{A}}^{\text{K}} + P_{\text{A}}^{\text{L}} + P_{\text{A}}^{\text{M}} + P_{\text{A}}^{\text{N}} + P_{\text{A}}^{\text{O}} + P_{\text{A}}^{\text{P}} + P_{\text{A}}^{\text{Q}} + P_{\text{A}}^{\text{R}} + P_{\text{A}}^{\text{S}} + P_{\text{A}}^{\text{T}} + P_{\text{A}}^{\text{U}} + P_{\text{A}}^{\text{V}} + P_{\text{A}}^{\text{W}} + P_{\text{A}}^{\text{X}} + P_{\text{A}}^{\text{Y}} + P_{\text{A}}^{\text{Z}}$$

1. *Journal of the American Medical Association*, 1997; 277: 1039-1043.

11. $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{3} = \frac{1}{6}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{4} = \frac{1}{8}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{5} = \frac{1}{10}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{6} = \frac{1}{12}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{7} = \frac{1}{14}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{8} = \frac{1}{16}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{9} = \frac{1}{18}$ $\frac{1}{2} \times \frac{1}{10} = \frac{1}{20}$



幾つも技術を紹介して、研究途上のものが多いわけですが、さらに、ユーザーである地方整備局や、県や市町村の使い勝手等も考えながら、これらが社会実装できるように、また研究を進めて参りたいと思っております。以上で私の発表を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。