

特別
講演水管理・国土保全事業における
測量調査技術の活用と今後の方向

国土交通省水管理・国土保全局長（当時） 関 克己

ただいまご紹介
いただきました関
でございます。

多分私がここで
少し喋るようと
言っていたいた
のは、短い期
間でし



たけれども地理院で、まさに国土を測り、測量
している皆さんと一緒に仕事をさせていただきました
ので、そんな縁でお話を頂戴したん
だと思います。

その時に思ったのは、日本の地図あるいは
測量の品質の高さと、携わっておられる方の
信頼性の高さです。これはもう群を抜いてい
ると思います。そういう極めて信頼度の高い
情報の上で、私ども国土交通省を含めていろ
んな分野の仕事が進められているんだなあ
と、そんなことを実感いたしました。

今日お集まりの皆様は、測量あるいは測る
ことの技術で世界の一流の方が集まっている
わけですので、お話をさせていただくにあた
って、ユーザーの立場といいますか、そんな
切り口から話をさせていただければと思って
用意をしたところでございます。

1. 新しい組織／水管理・国土保全局
について

まず、私どもの新しい組織についてご紹介
します。もともと河川局という2文字の局で
河川局と砂防部が一緒でした。これが昨年（平
成23年）の7月1日に、下水道部と水資源部

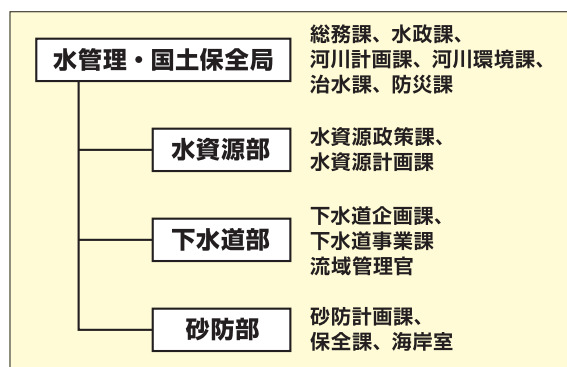


図1 水管理・国土保全局の組織



図2 土砂災害対策



図3 海岸浸食対策

が一緒になりまして、国土の水循環や土砂の循環、こういったものをトータルにして国土保全を担当することになり、そんな意味で付けられたと理解をしております。

河川と下水道というのはもともと一緒にやってきたんですけれども別組織でずっとやってきまして、今回改めて一緒に進めるということになりました。それから水資源部という国土の水資源に関わる場所も一緒にやるということで、水に関わる環境というのも局の大きな仕事の柱と考えております。



図4 河川環境の保全・再生

2. 防災情報元年

2000年に有珠山噴火がありましたが、これは噴火が予知できて、避難も非常にうまくいったということを火山の先生も言っていますが、決して成功例ではなかったということなんです。とにかくありとあらゆる観測手段(初めて使うものも多ございましたけれども)を導入して、それによって火山の専門家がいろんな判断材料や意思決定する素材を提供しました。あとは行政といいますか政治が判断をして、一万人の人が急遽避難することになりました。避難する行き先も決めずとにかく一万人の避難ということだけが決まったわけですが、そういうなかで結果として無事に対応できたわけです。実はもともと有珠山というのは30年とか40年に一度噴火するというふうに言われていて、今回の2000年の

噴火はちょっと早く起きたわけですがけれども、地盤の隆起を常時観測していたことによって、その噴火を押さえることができたわけです。

まさに火山に対する安全というところで、測るということが徹底的に役立って、かつ輻輳する情報を処理しかつ共有化するという情報化システムに則った事例でした。そんな意味では私自身は有珠山噴火というのが防災情報の元年にあたるのではないかと、ここにいろんなもののスタートがあるんじゃないかと、そんなふうに見ております。

3. 災害は増えているのか

皆さんも、最近非常に災害が多いなと感じになっているかもしれません。私ども災害に関わる人間にとって、昭和40年代から昭和のいわゆるバブル崩壊ぐらいまでというのは、どちらかというと日本の災害の歴史において特異点であったという捉え方をしています。本当に大きな災害がない時期でした。地震については戦後すぐにあって、あとは阪神淡路まで空白ですし、水害では関東で言えば昭和22年のキャスリン台風で、これは埼玉で利根川が破堤して東京まで一週間かかって洪水が押し寄せたわけですが、そういった大水害も無かったわけです。結果的ですが、本当に安全な中で高度成長が進んできたということではないかと思っています。そういう意味では、最近特に世の中が悪くなったというわけではなくて、日本の国土にとって、しょっちゅう災害があるということが普通になってきたともいえます。

ただ問題なのは、あまり大きな災害は起きないということが、ある種の社会的な常識というか、感覚になってきています。私どももずいぶん批判を受けましたが、100年に一度の規模の災害対策なんかする必要がない、そ

んなに起きないじゃないか、というような厳しいご意見をたくさんいただいて来ているんです。そこに災害が起きてきた時に、国民の皆様の意識をどういうふうにとめ、いろんな災害に対していかに理解してもらうか、そしてここから先が大事だと思うんですが、「危ないですよ」という情報をどうお伝えして、避難してもらうか、あるいは施設管理者がそういう情報をどう理解をして使っていくか、そういうことが求められる時代になってきていると思います。

4. 東日本大震災での測量調査の活躍

東日本大震災の時に、ここにおられる皆様と一緒に、いろんなことに取り組んだことが、現地ではもちろん、社会的にも評価されるということに繋がっております。いくつか例をご紹介します。

・航空写真・衛星画像による浸水域の把握

まず、実際にどれくらいのところが津波で浸水しているのかということですが、地点・地点の情報というのはいろんな形で入ってきますけれども、全体像をどう把握するかとい

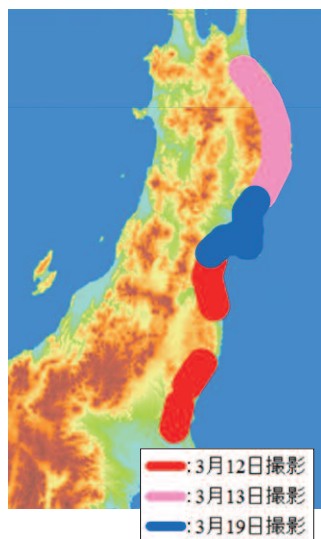


図5 東日本大震災の撮影範囲



図6 東松島市の浸水域
平成23年3月12日14時45分 国土地理院撮影

うことが極めて重要になるわけです。3月11日の直後、測技協と地理院との「災害時における緊急撮影に関する協定」に基づいて、一気に4820平方キロという広大なエリアの航空写真撮影が実施されました。撮影日は3月12日と13日、そして19日でした。19日になったのは、ちょっと気象条件が悪くて間が開いたんですが、いずれにしてもきわめて短期間に航空写真撮影をしていただきました。

さらには光学衛星とか衛星 SAR の画像も提供いただき、どれくらいの被害が起きているか、ポイントを掴むことと同時に、全体像をどう掴むかということに非常に早い時期に使わせていただきました。必要なのはスピード感なんです。こういう場面においては、いかに早く押さえるかということがポイントになるんですが、そういう意味で撮っていただいた写真というのは、いろんなところで早い時期からものすごく使われました。お陰様で、いろんなものの判断に役立ったということでございます。

航空写真あるいは光学衛星、衛星 SAR を組み合わせて、結果として浸水面積が561平方キロメートルということになるわけであります。浸水域の正確な空間的・平面的位置関係、それから結果としての面積というものを押さえることができたわけです。

表1 東北・関東6県の浸水面積

県名	浸水面積 (km ²)
青森県	24
岩手県	58
宮城県	327
福島県	112
茨城県	23
千葉県	17
合計	561

平成23年4月18日現在

・航空レーザ測量による地盤沈下の把握

それから、もう一つ重要だったのが被災し

た地域の航空レーザ測量でした。先ほどの浸水範囲というのをまず押さえるわけですが、その後の地形の変化、特に地盤沈下ですね、これをどう押さえるかというのが、次の対策に非常に大きく役立つわけです。

これについては、できるだけ早く発表するということで、3月19日から4月20日にかけて、ずいぶん急いでやっていただき、仙台平野がいちばん深刻でしたので、4月28日には発表しました。結果として、海面下の土地が大幅に増えてしまったということでありました。例えば仙台空港も実は水没しておりました。

この航空レーザ測量によって、湛水ボリュームというのが出せるわけでありまして、それによって、ポンプ車をどの場所にどれくら

い持って行って排水を進めるかということに、使われたわけでありまして。また自衛隊による行方不明者の搜索も、水を引かせないことにはできません。そういう意味で航空レーザ測量が、現象を押さえるということだけでなく、直接的な災害対策に役立ったわけです。

このように航空レーザ測量によって、どこにどれくらい水が貯まっているかを把握し、全国からポンプ車を集めて排水をすることによって、早期の復旧に向けての態勢を整えたわけです。この時に、最近、テックフォース(TEC-FORCE)という名前が知られるようになって参りましたが、全国から私どもの各地方整備局の職員や専門家が、現地に入り被災状況を把握し、そして対策を進めていく、こんな体制を取ったわけです。そしてこういう現地に行った時の判断の極めて重要な要素として、皆さん方が調べて測っていただいたものが使われ評価されました。なぜ評価されたかといいますと、より現実に近い形で判断する情報を提供できたということがベースにあります。

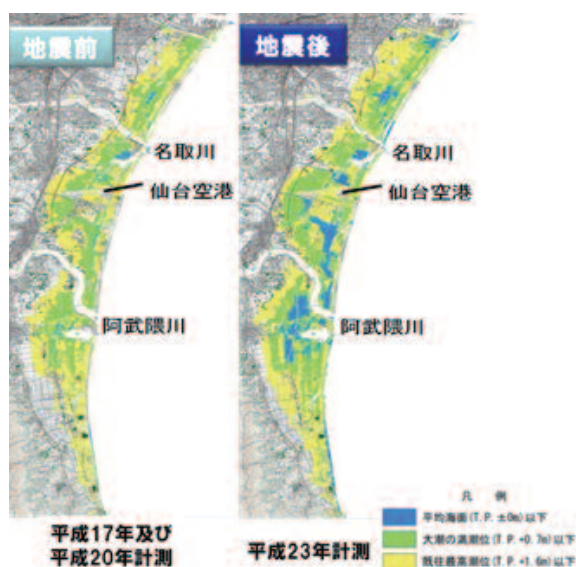


図7 航空レーザデータによる仙台平野の沈下把握



図8 排水活動の実施(仙台空港周辺)

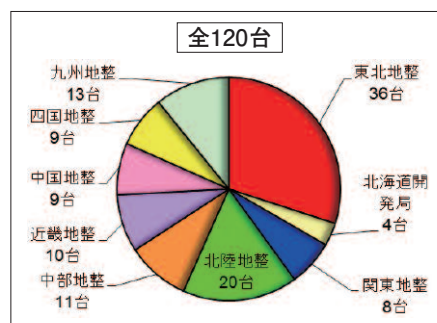


図9 排水ポンプ車の出動状況

・航空レーザ測量による水害対策

航空レーザ測量で震災後の宮城県の仙台平野とか、石巻とか沿岸部を調査していただいたわけですが、その結果はその後の水害対策に使われました。水害リスクマップを作成し、それによってどこがどれくらい低いのかとい



図 10 地盤沈下情報を活用した浸水リスクマップイメージ

うことが判ります。これは（図 10）仙台の南の増田川付近ですけれども、津波の被害を受けて壊滅的になった地域と、まだ住居が残って人が生活しておられる地域があります。後者の方については、航空レーザ測量の情報をもとに水位計を設置して、その情報をメールで送らせてきました。「危ないですよ」という情報にすぐ使えるわけです。

・航空レーザ測深機（グリーンレーザ）の活用

次に、いわゆるグリーンレーザについてお話しします。

今回、津波で海岸線が壊滅的な被害を受けたわけですが、スマトラ地震では、その後 2

～3 年かかって、海岸線が 200～300m 後退したという事実があります。これは津波によって、海岸線の勾配が変わってしまったわけですが、それが安定的な角度まで順次戻っていくわけです。そうすると、その間に海岸線が後退して、数百mも下がったということです。このようなことを津波の先生達から指摘を受けて、我々も仙台平野の対策をどう取るのかということが非常に気がかりでありました。そのためには海岸線の海面下の測量をする必要があるということで、海上保安庁にお願いして、宮古湾と仙台湾をグリーンレーザで測っていただきました。

私どもも初めてやったんですけれども、結果として、ここまで判るのかというような形で、河川の河口部のデータが取れました。名取川の河口（図 11）、ここは地震・津波で非常に大きな被害を受けた閑上地域なんですけれども、河口部がどんな状況になっているのかということに関心があったのですが、こういったもので見ることができました。

5. 津波防災まちづくり法施行の意義

・河川法の改正

すこし話が逸れるんですが、「津波防災まちづくり法」という法律ができて、これを作るにあたって河川法の改正も合わせて行いました。それは何かといいますと、海岸堤防

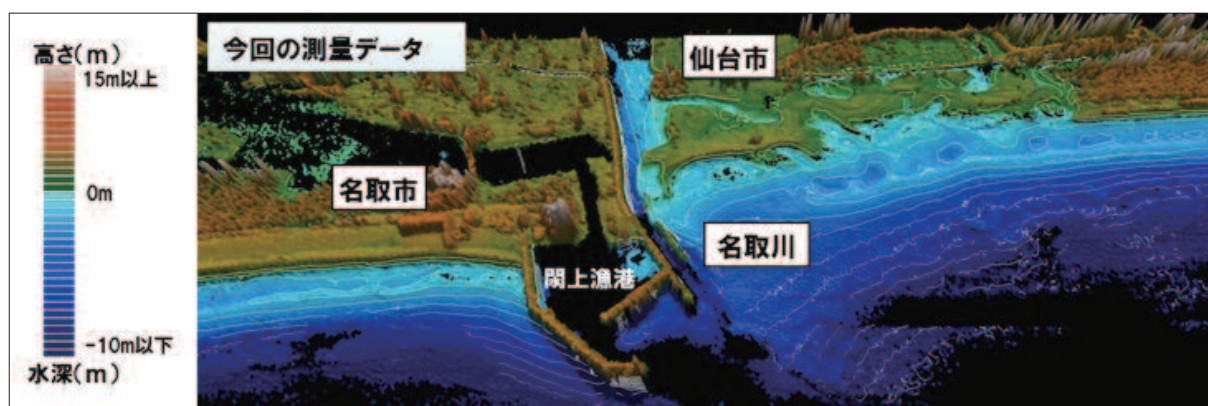


図 11 航空レーザ測深機を用いた津波後の海底地形把握

と河川の堤防、これは物理的には繋がっているんですが、計画論的に河川の堤防というのは津波というものを明確に前提としたものにはなっていませんでした。今、東北の被災地域はみんな計画を見直しまして、河川の計画の中に明確に津波というものを位置づけて進めていくという方向にしています。それぞれ、計画がある種独立でできていたものを、今後は一体的な計画になっていきます。きっかけはいくつかあるのですが、こういう測量成果を見るなかで、その必要性といったものも改めて認識されたということが、一つの契機になっています。

・防災と避難のセット対策

それからもう一つは津波のシミュレーションをしていかなければいけないということです。「津波防災まちづくり法」という法律は、今までの日本のある意味での防災哲学、防災思想を変えた中での法律になっています。どちらかという、今までの災害対策というのは既往最大にはしっかり対応して行こうということでありました。そういう意味では安全に守られた中でのまちづくりを考えて行こうということになっているわけですが、今回の津波は500年から1000年に一度ということがありますので、もしこれに対応するとすれば、海岸線に30mくらいの堤防が一気にできることになるわけで、それはいろんな意味で合理的ではありません。

東北では、明治三陸、昭和三陸、それからチリ地震津波、こういったものをベースに、堤防を復旧していったわけですが、それ以上に重要なのは、そういうハードを越える津波に対して避難というものをセットでまちづくりを進めるというのが、この「津波防災まちづくり法」なのです。

したがって、まず国土の地形・地物をしっ

かり測る、そしてその上でしっかり津波シミュレーションをすることによって、それぞれの場所がどの程度危険か、どの程度安全かということをきちんと評価して土地利用を進めていく、そういったもののスタートになってきています。

6. 国による測量調査技術の適用研究

今、私どもは河川砂防技術研究開発公募というかたちで、いろんな方々と一緒になって研究開発に取り組んでおります。そこでの研究テーマをご紹介しながら、今後いくつか方向性があると思うんですが、その一端を示させていただきますと思います。

研究方法のスキームですが、国交省からの公募に大学あるいは民間の皆様、応募していただいて、有識者の皆さんの評価を経てお願いするところを決めています。6つの分野がありまして、河川技術、砂防技術、それから地域課題、これは地域ごとにいろいろな特徴的な課題があります、それから流域の計画にかかわるもの、こういった分野で毎年お願いしているものです。

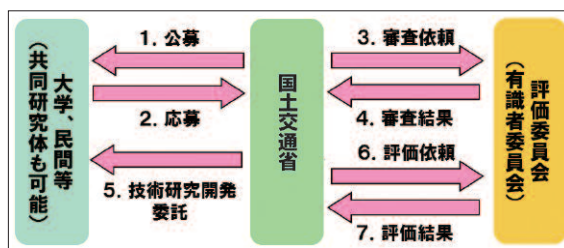


図 12 河川砂防技術研究開発公募のスキーム

皆さんに関係するところでは、合成開口レーダ (SAR)、グリーンパルスレーザを使用する航空レーザ測深機 (ALB)、モバイル・マッピング・システム (MMS) などですが、こういったものを管理や災害時の判断にどう使っていくか、そういう視点から取り組んでいるところです。平成 21 年度は SAR による防災

情報把握、23 年度は ALB による河川地形のモニタリングと MMS による堤防の変状把握、こういったものを進めているところです。

・ SAR の技術開発

合成開口レーダによる研究ということですが、気象条件とか、衛星運行時間帯とか、いろんな制約条件がある中で、夜間や雲が掛かった時あるいは人工衛星では難しい場面において、小型の航空機による SAR 画像で隙間を埋めていくことができないかという観点であります。観測手段を評価する時の条件として、早さ、精度、局所的あるいは広域的対応ということがありますが、SAR はちょうど中間辺、平均的優等生という位置付けです。

表 2 主な観測手段における SAR の位置づけ

浸水域を把握するのに航空機SARは有効な手段								
観測手段		特 徴						現状と課題
		時間的評価					空間的評価	
		即時性	悪天候	夜間	定量的	高精度		
地上機	光学写真	◎	△	△	◎		●時刻・天候の影響を受ける	
	光学写真	○	△	◎	◎		●時刻・天候の制限を受ける	
衛星	SAR (セスナ)	○	○	○	○		●現時点で実運用整備されていない	
	SAR	△	◎	◎	△		●衛星軌道の制限を受ける	
衛星	光学写真	△	△	○	○	●時刻・天候・衛星軌道の制限を受ける		

・ ALB の応用研究

それから河川地形のモニタリングということで、グリーンパルスレーザによって川の中の地形も見えていくということになるんですけ

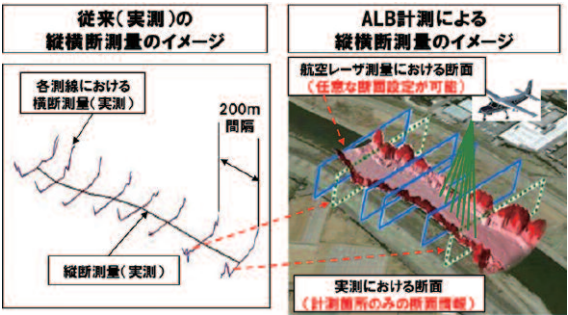


図 13 従来の縦横断測量と ALB 計測による縦横断測量のイメージ

れども、従来の横断測量によるものと比べ、面的に捉えることが可能になるのではないかと期待しています。

・ MMS の活用研究

堤防には非常に長いものがありますが、その変化を見極めていくのは非常に難しい作業となっています。そこで MMS を使ってなんとか対応できないかということで進めています。これは前後の比較ということと、地質データやボーリングデータあるいは治水地形分類といった他の条件を座標付きで整備するのに使えるのではないかと考えています。

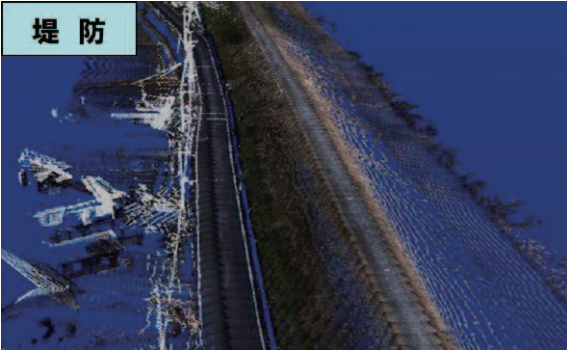


図 14 MMS による堤防の変状把握

7. 高品質データのあり方

MMS によるデータ収集の際に申し上げましたけれども、座標があるということで、今まで別々に人間の頭のなかで合成していたものを、一体的に評価できるようになってきました。これは大変便利で、今後いろんな形で使われるようになっていくと思いますが、考慮すべき課題もあります。

・ デジタル化のリスク

日本の測量成果や地図はものすごく正確で優秀なんですけど、デジタル化したことによって、一方でリスクも出てきているんじゃないかと感じます。私も安全と判断に直結する情報を扱っています。何かあった場合、瞬

時にそのデータを使うわけですが、もし意図的か意図的でないかは別として、何かエラーがあったら大変です。そういう意味ではデータの信頼性というものをどう確保していくかということが、これから問われるようになってきます。データの信頼性によって、ある種の差別化をしなきゃいけないと思います。そういう中で迅速性、高精度、頑健性といったもので、もう1回見直しをしていくというプロセスが次の段階で出てくるんじゃないかと思っています。

・精度の事前評価

それから、データ精度の予測や事前の評価というものをやっておく必要があります。測量成果や地図データは、再三言及しておりますように判断に資するものであるということで厳しい条件が求められます。天候が極めて厳しい条件下でどの程度の精度(accuracy)が得られるのかということも、予め見極めておかなきゃいけない。いつでも高い水準の資料が手に入ると思っていると、とんでもないことになる。そういったことを頭に入れて進めていくことが求められています。

・プロセスの短縮化

プロセスが改善され早くものができる、あるいは早く伝えることができるということで、測る人、それを整理する人、分析する人、評価する人、そして使う人という川上から川下までが非常に短くなってきています。そうなりますと、測る人というのが、そこに留まらずに品質管理までを同時に行うことが求められるようになってきていると考えています。測ることによって多くの臨床例のストックができるわけです。臨床例がどんどん出れば、評価するプロセスは測る人ができる、一体になっていく、そういう時代に入り始め

ていると思います。臨床例を積むことで、測ることが品質管理そのものになっていくという時代になってきていると思います。

8. 測量技術の広がり

測量技術はものすごく進んできていると思います。特に正確さは昔からよかった。それが早く、そして非常に沢山のものを測れるようになりました。いろいろなデータを取る、そして集積していくという言う中で、結果として最初は思わなかったところまで使われ方が広がっていくということがあります。別の言い方をすると、新しいマーケットに対する広がりを持っているように思います。

・航空レーザデータの利活用

今、国は航空レーザ測量のデータの公開をしています。それらから作成したデジタル標高地図というのが、一般の人の水害に対するイメージをずいぶん変えてくれました。地図の本来持っている意味に加え、色合い、判り易さがそういう効果を持っていると思います。

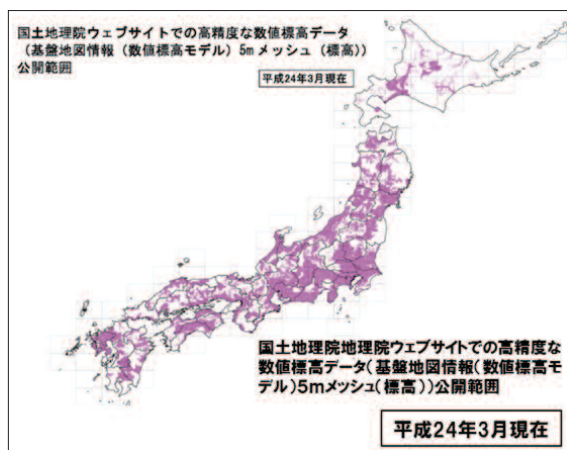


図 15 航空レーザデータの公開範囲

・ハザードマップの見直し

先ほど、津波のシミュレーションの話をしました。河川のハザードマップも見直さなきゃならないと思っています。もともとこれ

は都市計画図の地形情報から250mメッシュで作っていたわけです。今は航空レーザ測量データでもできるんですが、250mメッシュで作った場合と50mメッシュでは圧倒的に違うんですね。

何が違うかというと、水田とか田んぼの地形を表現できると浸水の状況が非常に良くわかるようになってきます。それがどこをいつまでに避難しなきゃいけないか、あるいはここは避難できる場所なのか、そもそもできない場所なのか、そういった重要な判断に直結します。

・XバンドMPレーダの活用

もう一つあるのがXバンドMPレーダで、今、これを全国に広げています。これは先ほどの地形情報と同じように解像度が高い（従来のCバンドレーダに比べ16倍の分解能）ということと、スピーディに情報が取れます。今までの5分～10分間隔の配信周期が1分～2分となり、情報の即時性というものが圧倒的に強化されています。実は水文学のほうも分布型流出モデルというような新たな概念が出てきていますので、この分布型流出モデルとXバンドMPレーダ及び航空レーザのコンビネーションによって、より正確な氾濫解析ができるようになってきています。

結びに

私どものデータの使い方というのは少し世の中一般と違うところがあります。いろんな見方がありますし、また評価の仕方もあると思いますが、最近関わっているところから見

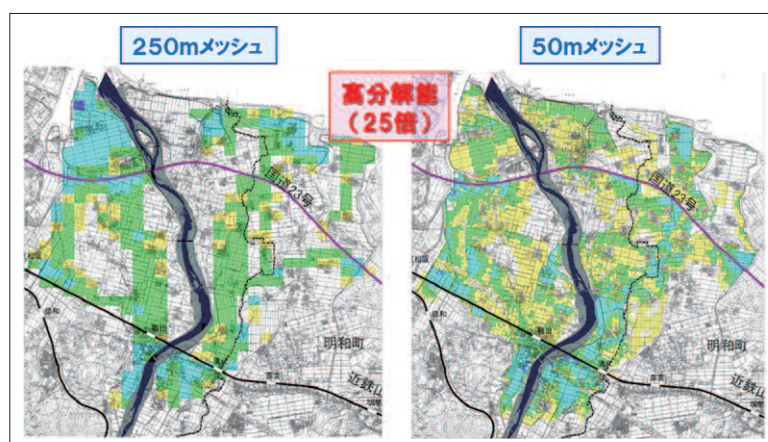


図 16 浸水域表示の比較

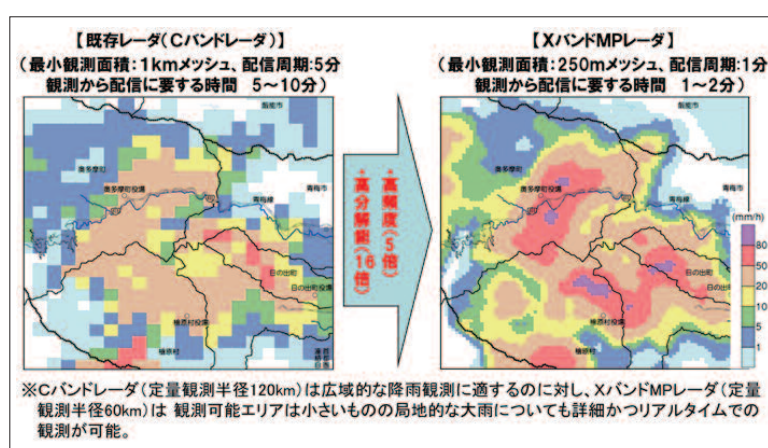


図 17 Xバンドレーダによる高精度・高頻度な雨量データの活用事例

た測量データ、地図データなど地理空間情報に対する今後の方向性、感じるところ、考えているところを紹介させていただきました。（完）



講演者

関 克己 (せき かつみ)

国土交通省 水管理・国土保全局長
(当時)

本稿は平成24年6月22日、当協会の第34回測量調査技術発表会において特別講演をしていただいた国土交通省 水管理・国土保全局長(当時)関克己氏のご講演内容を、本誌編集委員会にてまとめたものです。