

第 27 回海岸シンポジウム

海岸保全施設を次世代へ

～新技術の活用による維持管理及び長寿命化手法～

報告書

(講演録集)

日時 令和 5 年 **11** 月 **30** 日 (木)

会場 星陵会館

主催：全国海岸事業促進連合協議会
後援：農林水産省・国土交通省

目 次

開会挨拶	4
磯部 雅彦	全国海岸事業促進連合協議会 会長
基調講演	5
『海浜長寿命化のための新技術』	
佐藤 慎司	高知工科大学 工学研究科長
事例紹介①	10
『無人航空機による施設点検手法の手引き』	
桐 博英	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構） 農村工学研究部門 水利工学研究領域長
事例紹介②	14
『小型 SAR 衛星コンステレーションの近年動向と 海岸線モニタリングへの活用の可能性について』	
野間口 芳希	日本工営株式会社 衛星情報サービスセンター 課長
事例紹介③	21
『陸閘開閉感知システムの開発について』	
遠藤 敏雄	一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査役
事例紹介④	23
『徳島県における海岸保全事業について ～UAVを活用した事例等～』	
石本 晃士	徳島県 県土整備部 運輸政策課 主任
閉会挨拶	29
磯部 雅彦	全国海岸事業促進連合協議会 会長

第27回海岸シンポジウムの配付資料は、「港湾海岸防災協議会」ホームページ
<https://www.kaiboukyo.jp/events.html> からご覧いただけます。

第27回 海岸シンポジウム

海岸保全施設を次世代へ

～新技術の活用による維持管理及び長寿命化手法～

プログラム

13:00	開会挨拶	全国海岸事業促進連合協議会 会長 磯部 雅彦
13:05	基調講演『海浜長寿命化のための新技術』	高知工科大学 工学研究科長 佐藤 慎司
13:35	事例紹介①『無人航空機による施設点検手法の手引き』	国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究部門 水利工学研究領域長 桐 博英
14:05	事例紹介②『小型 SAR 衛星コンステレーションの近年動向と海岸線モニタリングへの活用の可能性について』	日本工営株式会社 衛星情報サービスセンター 課長 野間口 芳希
14:35	休憩 (10分)	
14:45	事例紹介③『陸間開閉感知システムの開発について』	一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査役 遠藤 敏雄
15:15	事例紹介④『徳島県における海岸保全事業について ～UAVを活用した事例等～』	徳島県 県土整備部 運輸政策課 主任 石本 晃士
15:45	閉 会	

基調講演

佐藤 慎司 (さとう しんじ)

高知工科大学 工学研究科長

略歴

1987年 東京大学助手、横浜国大助手、助教授
 1994年 建設省土木研究所主任研究員、室長
 1999年 東京大学助教授、教授
 2019年 高知工科大学教授

受賞歴

土木学会論文賞、海岸工学論文賞、CEJ Award など



事例紹介①

桐 博英 (きり ひろひで)

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 (農研機構)
農村工学研究部門 水利工学研究領域長

略歴

- 1991年 筑波大学第二学群農林学類卒業
- 1991年 農林水産省 農業工学研究所研究員
- 2014年 農研機構 農村工学研究所水利工学研究領域 上席研究員
- 2016年 農研機構 農村工学研究部門水利工学研究領域沿岸域水理ユニット長
- 2019年 農林水産省 農林水産技術会議事務局 研究開発官室 研究調整官
- 2021年 農研機構 農村工学研究部門水利工学研究領域長 (現職)



事例紹介②

野間口 芳希 (のまぐち よしき)

日本工営株式会社 衛星情報サービスセンター 課長

略歴

- 2012年 首都大学東京 (現：東京都立大学) 大学院 都市環境科学研究科 卒業
- 2012年 日本工営株式会社 入社
- 2014年 コンサルタント国内事業本部 河川水工部 技師
- 2021年 技術士/建設部門 (河川、砂防及び海岸・海洋) 取得
- 2023年 基盤技術事業本部 衛星情報サービスセンター 課長 (現職)



事例紹介③

遠藤 敏雄 (えんどう としお)

一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査役

略歴

- 1981年 東北工業大学 土木工学科 卒業
- 1981年 運輸省第二港湾建設局 横浜調査設計事務所 入省
- 2018年 国土交通省関東地方整備局横浜港湾空港技術調査事務所 所長 辞職
- 2018年 一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査役 (現職)



事例紹介④

石本 晃士 (いしもと こうじ)

徳島県 県土整備部 運輸政策課 主任

略歴

- 2009年 徳島大学大学院先端技術科学教育部 修了
- 2009年 徳島県庁 入庁
- 2022年 徳島県県土整備部運輸政策課 主任 (現職)





磯部 雅彦

全国海岸事業促進連合協議会 会長

皆さん、こんにちは。本日は全国海岸事業促進連合協議会が主催する第27回海岸シンポジウムにご参加いただきまして、誠にありがとうございます。

今日のテーマは「新技術の活用による海岸保全施設の維持管理及び長寿命化」ということであります。

我が国におきましては、戦後、1950年代ぐらいまで毎年のように大きな台風が襲われ、高潮災害を被ってきたという歴史があります。その後、1960年代から70年代、80年代にかけて随分海が静かといえますか、日本に大きな台風がたくさんは上陸しなかった時期があって、その頃には外力が小さいがために被害が少なかったときがありました。そのときに海岸法の助けによって、非常に急速なピッチで海岸保全施設の整備を進め、その30年間で約5,000キロメートルの有効延長を延ばしてきたという経緯があります。そして、1990年代になりますと、実は91年には日本列島に甚大な被害をもたらした台風19号、99年に不知火海を襲った台風18号などをはじめとして、随分大きな台風が来るようになってきました。

しかし、被害はというと、少なくとも人的被害については終戦直後に比べると激減させることができたという意味で、60年代、70年代、80代に行った海岸保全施設の整備というのが非常に大きな効果を発揮してきたというふうに言えると思います。そういう意味ではこれまでの海岸保全事業は大成功だったというふうに言えるんだと思います。しかし、最近になって、例えば2018年、平成30年の21号台風で関西国際空港が使えなくなったというようなことに始まるように、大阪湾で既往最高の潮位を記録した、新記録が記録されたというようなことがあります。恐らく気候変動のためということだと思いますけれども、外力自体が増大していて、今までは効果を十分に発揮したんだ

けれども、それだけでは十分ではないというような、なかなか安心してはられないと、そういう状況になってきているかと思います。

そういう状況に加えて、先ほど申し上げた急ピッチで建設された海岸保全施設というのがまさに50年を超えてきているということでありまして、50年を超えた海岸保全施設をいかに維持管理し、長寿命化していくかということも同時にしていけないとこの防護レベルというのは維持できない、保つことができないと、そういう大きな問題に差しかかっているかと思います。

そこで、今日は新しい技術、新技術を活用していかに海岸保全施設を維持管理し長寿命化していくかというテーマで講師の皆さんにご講演いただきます。最初に高知工科大学の工学研究科長の佐藤教授には、海浜長寿命化のための新技術ということで基調講演をお願いし、その後、4つの事例紹介をお願いしています。農業・食品産業技術総合研究機構の桐領域長には無人航空機による点検、それから、日本工営の野間口センター課長には小型SAR衛星コンステレーションのお話をさせていただき、続いて休息を挟んで、沿岸技術研究センターの遠藤調査役には陸開閉感知システムのお話をさせていただき、最後に徳島県の県土整備部の石本主任には徳島県における事例を報告していただくということでお願いしています。

夕方4時までの長時間にわたりますけれども、この大事な維持管理、長寿命化をテーマとしたご講演を聞いていただき、これからの海岸事業のさらなる高度化が実現するということを切に願っております。

以上、私のご挨拶とさせていただきます。

どうぞ本日はよろしくお願いたします。

『海浜長寿命化のための新技術』

佐藤 慎司

高知工科大学 工学研究科長

ただいまご紹介いただきました高知工科大学の佐藤でございます。

私のほうから最初に30分ほど時間をいただいて「海浜長寿命化のための新技術」と題してお話をさせていただきたいと思えます。

(資料：No.1)

今回のシンポジウムは施設の維持管理の長寿命化ということですが、施設を支えているのは基盤となる砂浜で、それが非常に重要であり、この絵でいいますと、ここの赤の部分、地元の方と私よく話すことがあるんですが、地元の方はよく洲がついたとか、須賀ができたとか、そういうふうにおっしゃるその部分のことです。

海岸事業を支持していただくためには、きっとこの部分があるということが非常に重要だと私は認識しています。それは環境とか利用とかいろんな側面で、この部分があるからこそ海岸に行くと、海岸のすばらしさを分かっていただけるといふふうに思っていますので、今後、気候変動等も考えてますます厳しくなっていくかもしれませんが、この部分をきちんと長寿命化するということがやがては施設の維持管理とか長寿命化につながっていくのではないかというふうな思いから、そういう話をさせていただきます。

私は高知に移って4年なんですけど、もちろん高知にいて大分環境は変わりましたが、1つ大きく変わったのは歯医者さんが変わりました、高知の歯医者さんは歯じゃないと言うんですね。歯周病のほうが大したこと。要は、もっと根っこにあるあるいは歯茎なんじゃないでしょうか、そういうところを見るのが今の歯科医療なんだということを盛んにおっしゃって、なるほどなというふうに思っています。そういう意味では、私はこの歯の話はしないで、その基盤になるところの話をするというふうにお考えいただければと思います。

話す内容は私自身がやった1番、UAVの調査

について最初にお話しさせていただき、2番目は私が委員会等でいろいろ関わらせていただいた新しい海岸保全の手法、それは一言で言うとコンクリートをできるだけ使わないという手法になります。これについてご紹介等させていただいて、ご意見をいただければというふうに思っております。

(資料：No.2)

1番目、私自身がやった調査研究についてご紹介します。

これはちょうど4年少し前に高知に行きまして、半年ぐらいするとコロナ禍になりまして、そうしますと、もちろん県外に出てはいけないみたいな話になって、そうすると、結構出張が激減しまして、時間がかなり潤沢に使えたものですから、しかも、高知は海岸に30分で行けるので、ここぞとばかりに自分自身で、1人でですけども、調査をしたというような経緯があります。それがなかなか功を奏して論文賞までいただいたという研究についてご紹介させていただきます。

写真が出ておりますが、これは私が行った海岸のある場所、同じ場所です。同じ地点、GPSで測っているのでもう寸分狂いなく同じ場所の2日後の写真になります。見ていただいて分かるように、石ころだった海岸が砂の海岸っぽくなっているわけです。海岸に行くということとはよくありまして、そのたびに大議論になるんですね。これは砂がやってきたのか礫がやってきたのか石がやってきたのか、侵食したのかどうかというのがいつも議論になって、よく分からないわけです。いろんなストーリーが考えられまして、砂がやってきて堆積したから礫が見えなくなって砂が見えているんだというのが一番上に書いてある赤の話ですね。いやいや、そうじゃないと。礫がいなくなって侵食して、下にあった砂が出てきたんだ、これは青ですね。いや、緑はもうそれが複合

していることこそが命だというようなこともあって、礫が移動した後に砂が堆積したみたいな、これがなかなか分からないわけです。

じゃあ、もうちょっときちんと頻度を上げて解像度の高い調査ができれば、これは何とか分かるようになるんじゃないかというのがきっかけになります。

(資料：No.3)

それで、どこでもよかったんですが、高知工大から30分ぐらいで行ける海岸を選んで、そこに足しげく通うということをいたしました。100万ぐらいのUAVシステムというのを持って行って、これだけ私一人で1時間ぐらいあれば1回の調査ができるので、非常に高解像度の、1センチぐらいの解像度の地形とか画像取得というのをかなり高頻度で、2か月で10回ぐらいなので、毎週行っているぐらいの感じですね。そんな感じで記録を取ったということになります。

(資料：No.4)

対象地域はこういう海岸でして、普通の何の変哲もない海岸なんですけど、離岸堤がずっと並んでいて、対象にしたのはここなので、2つの離岸堤との位置関係が分かるように、ここが離岸堤の中央ということですね。この線を少しずつ残しながらお話ししていきたいというふうに思います。

(資料：No.5)

いろいろ測りましたが、結果として地形はどうだったかというのを大体見ておいていただきますと、当たり前ですが、こっちが海ですから、だんだん上がって行って、こんな感じで1メートル、2メートル、3メートル、4メートルと。離岸堤の後ろはやっぱりちょっと堆積しているかな。開口部のところはちょっと侵食しているかなというような海岸地形ということになります。

(資料：No.6)

観測期間の波はというと、2つぐらい台風が来まして、台風10号と台風14号、上に書いてあるのは、この台風の波を使ってどこまで波が遡上するかというのを計算したものになります。ですので、台風を見ていただくと、5メートルから6メートルぐらいまでは遡上していると、そういう状況です。5メートル、6メートルというと、もうこれ全部浸かってこっちまで来ている、ひょっとしたら海岸堤防近くまで来ているという状況が

2回あったということですね。それ以外にもちょっとしたシケで3メートルぐらい、この辺まで来るのはたまにあるかと。でも、ほとんどは大した波ではないので、この辺まででしょうか。潮汐によってかぶったりかぶらなかったりというような期間の調査をいたしました。足しげく通えたものですから、ここに赤で書いていますが、この2か月で11回の観測ができたということになります。その結果について今日お話しさせていただきます。

(資料：No.7)

UAVですから、写真が撮れるわけです。かなり高解像度、1センチぐらいは見極められるような写真が撮れます。これはそれをちょっと遠目で見ているので、必ずしも高解像度に見えないかもしれませんが、かなり高解像度の写真、これが原画像、こんなのが何千枚と撮れるということになります。私が注目したのは、これの画像の明度の勾配というのが簡単に撮れるんですね。

(資料：No.8)

例えばここを見ますと、原画像がこんな感じで、石があって砂浜がある。その明度の勾配を撮ると、石のところは必ず輪郭がありますので、画像でいうと、画像の明度の勾配ができるんですね。なので、その勾配のところは白くなるように、そういうふうに表示すると、ちょうど石のところは白くなるということになります。

(資料：No.9)

なので、これを利用すると、どこが石、どこが砂かというのが同じ場所で確実にセンチメートルの精度で分かるということになります。

1か所、冒頭の1枚目でお見せした場所に近いところですが、11月3日から12日、14日ですから10日ほどの間、ここは2日しか変わっていない間に礫と砂がどう変わったかというのを見ると、かなりダイナミックに変わっていると。2日おきに行っただけでは、ひょっとしたら分からないぐらいのスピードで変わっているということが分かりました。

(資料：No.10)

それを全部の期間について、左側は地形も同時に写真測量でセンチメートル精度で分かるから、2つの観測の差を引くと、地形が堆積したのか、赤いのは堆積、侵食したのかが分かります

し、それに併せて砂礫の分布、砂と礫の分布は黒いところが砂と先ほどご説明したとおりで、白いところは礫ということになります。そういうのがずらっとできるということになります。

その中の一部ですけれども、10月から11月にかけての部分抜き出したのが、左側が地形変化、右側が砂礫の変化、砂が黒、礫が白ということになります。これをちょっとつぶさに見ていくということを行います。

まず最初に地形変化のほうを見ますと、上半分は割と赤、青がくっきりしているのに対して、下は白っぽいというのが分かると思います。これは言い換えますと、前半は地形変化が大きかったということですね。後半は大して地形変化していないということになります。それは当たり前で、今お示しているのは黒点線の部分のここからここまでですね。地形変化と砂礫変化なので、ここからこの辺まで示しているの、前半という黒点線で書いたところは割と波が高かったということなので、それに応じて地形変化は高かったということを示しているということになります。波浪が大きかったので、地形変化が大きいと。ある意味当たり前の結果が確認されたということになります。

しかし、ちょっと面白いのはこっちのほうでして、後半は波浪も小さいし地形変化も大したことないんですけれども、右側を見ていただくと、後半も白と黒が変わっているところが結構多いんですね。さっき抜き出して示したのはこの部分です。この部分も波が小さい間でも砂と礫の変化がかなり頻繁に起きているということが分かります。

(資料：No.1 2)

なので、この全てのデータを全部平均したり標準偏差を取ったりということを行いました。Zと書いてあるのが地形高さで、これが地形高さの平均ということで、これは平均地形ということですね。この下から2つ目は、その地形が変化しているかどうかで、赤いところは変化が大きいということになります。Sというのが輝度というか明度の勾配でして、これが大きいと白っぽくなるということなので礫、赤のところは礫ということですね。平均的、これは平均値、こっちは変動ですけれども、平均的に礫が多いところ、青いとこ

ろは平均的に砂が多いところ。こっちが大きいのは、それが変化しているところと。砂になったり礫になったりしている変化が大きければ、一番上が大きくなるということになります。

ちょっと解釈しますと、この明度の平均値を見ますと、この辺に礫が多いというゾーンは大体標高によってこんなふうに分けられるということが分かりますとか、離岸堤の後ろの部分、この辺は礫が多いけれども、開口部に当たるところはちょっと礫が少ないかなんていうことも分かります。地形変化はというと、海岸線付近がやっぱり大きいと、これは当たり前ですね。波が当たりやすいので、そういうことは分かります。でも、砂が礫になったり礫が砂になったりする変化は、必ずしも地形変化が大きいところで起きるわけではなくて、もうちょっと上の波が当たらないところで大きくなっているということも分かりました。

(資料：No.1 3)

なので、両者には何か関係があるはずだというのが最後お話ししたいことで、これはそれぞれの場所でそういう砂が礫になったり、礫が砂になったり、地形が堆積したり侵食したりというのがもう全てのデータに取られているわけなので、それを期間ごとに、これ9月10日から始めて次の観測、次の観測というのを全部差を取ってやると。比較したのがこの絵ということになります。

例えば地形変化は、この真ん中より右に行くと堆積していて、左に行くと侵食しているということになりますし、砂礫の変化も右へ行くと白っぽくなるわけなので礫が増え、左に行くと砂に変わっているということになります。

ポイントだけ言いますと、この両者を比べると変化傾向が割と似ているということが分かりました。上は地形変化、下は砂礫変化なので、本来独立に起きていいはずなんですけれども、堆積するところでは礫に変わる。この黒がそういう場所ですね。赤はというと、侵食するところですね。侵食するところでは砂に変わるという極めて単純なルールがあるように見えるということが分かりました。

(資料：No.1 4)

これはほかの期間でも同じようなことが言えるということにして、まとめとしては、実は複雑な

んですけども、砂と礫が動いて、結局どうなるかというのは非常に複雑なんですけど、4番、砂が礫に変わったところは堆積している。逆に言うと、堆積しているところは砂が礫に変わっている確率が高い、逆は侵食という極めて単純なルールがあるように見えるということで、難しいんですけども、割と直接的な、ダイレクトな関係があるのではないかというのが結論ということになります。

ただ、これは私が足しげく通ったある場所の事例でしかないのですが、でも、こういうことが分かるのと物すごく単純に物事を見ることができると、一般化していくことができれば非常に有益な成果になるのではないかとこのように考えています。

(資料：No.17)

時間がなくなりかけているので、2番目の話題は紹介だけにします。

海岸の保全是基本的にコンクリートを使うことが多いんですが、海外ではできるだけ使わないでおこうと。Eco-DRRなんて言って、自然をできるだけ活用してやっていこうというのが潮流になりつつあります。私が関係した宮崎海岸でもこれを見ていただいて分かるように、コンクリートでここまではできたんですけども、こっちはできていないとすると、ここで当然端部でひどいことが起きるわけですね。それを防ぐ、緩和するためにまたコンクリートを使うみたいなことがあって、住民の方も非常に危惧しているというような状況があります。

そんな中で、何とか持続的な海岸保全をしていく、砂浜を長寿命化するというふうに言い換えたほうが私のタイトルには合っていますけれども、コンクリートを使わずに柔らかい構造物、ジオテキスタイルの砂袋ですね、簡単に言えば。しかも、それを埋設するような形で設置するというのもう七、八年前でしょうか、実施しているという事例になります。

(資料：No.19)

まだ今うまくいくかどうかというのは検証中ですけども、今までのところ、これ台風直後なんですけども、台風が来るんですけども、再養浜してまた埋め戻すというのを繰り返してやると、割と長持ちして、これがあるおかげで、ここがないとここがもうどんどん削られて松が倒れていくみた

いな話になるんですけども、それは防げているという状況で、もう少し性能を監視するというのは続けていきたいというふうに思っています。

(資料：No.20)

最後はコンクリートを減らすことも海岸事業じゃないかというちょっと特殊事例ですけども、皆さんよくご存じの三保松原の事例になります。これは富士山の世界文化遺産登録をするときに三保松原も含めるかどうか、三保松原というのは、この写真だとこの辺になるんですけども、これを含めるかどうかということでかなり議論になりました。結果として含められているわけですが、そのときに問題になったのが、三保松原から富士山を見ると邪魔しているような人工物があって、これは世界文化遺産にふさわしくないんじゃないかという指摘があったということがあります。

(資料：No.22)

その後、静岡県が中心になって、これを景観改善していくという事業が今進んでいます。これは最近のスライドを静岡県からもらったものですが、ここから見るとですね、みんな。富士山はこっちに入ります。これがさっきのこれで邪魔しているようにというか、どうもダメージを与えているように見えちゃうわけなので、これを撤去しながら、でも、海岸保全是実現するというので、新しいここにちょっと出ていますが、現在有脚式に置き換えて、低天端で同じような性能を満たすものに置き換えるというようなことを進めています。

(資料：No.23)

これはまだ途上ですから、いろんなレベルを確かめながらということで、これはまだ撤去が完全ではないですけども、あるレベルまで進んだというような状況です。こういうのも海浜の長寿命化には役立つ事業なので、しかも、コンクリートを減らすということにもなるので、そういう事業も今後いろんなところで考えていく必要があるかなというふうに感じております。

(資料：No.24)

大体時間になりました。海浜そのものを長寿命化することも昔はなかなか監視ができなかったものが容易に監視できるようになったということもあって、できるようになってきたというフェーズ

に我々は今ある中で、そういう新技術を活用して、施設ももちろんですけども、海浜そのものを長寿命化する技術というのを開発していくことが重要だし、その結果として、1つの目標としてはコンクリートをできるだけ使わない新しいやり方ですね。それをいろんなところでトライしていくということが大事なんじゃないかなというふうに私は考えています。

以上です。

『無人航空機による施設点検手法の手引き』

桐 博英

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）
農村工学研究部門 水利工学研究領域長

ご紹介ありがとうございます。農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究部門で水利工学研究領域におられます桐でございます。

本日はこのような場でお話をさせていただく機会をいただきまして、大変ありがとうございます。今日お話しする「無人航空機による施設点検手法の手引き」は、農林水産省の委託事業「知の集積の活用場による研究開発モデル推進事業」で平成28年度から令和元年度まで取り組んだ成果になります。若干研究の内容が古いということもございまして、今日お話しすることはもう既に社会実装されている部分もあるかと思いますが、苦勞話みたいところも併せてお付き合いいただければと思います。

（資料：No.2）

まず、低平地というのは標高10メートル以下の地域というふうに定義をいたしますと、その中に人口の約3割に当たる3,700万人の方が住んでいらっしゃいます。また、農業集落でいうと、全体の13%がそこに今いるということになりまして、やはり農業分野としても海岸線をいかにして守っていくかというのが非常に重要なテーマでございます。

（資料：No.3）

一方、全国の要保全海岸の中で農地海岸はおおよそ1,700キロありまして、全体の約1割強になります。ただ、その中でも特に有明海、八代海、それから、瀬戸内海のように非常に海岸線が長いということに多くあります。また、有明海、八代海となりますと、海岸線の地盤が軟弱ということもあり、海岸堤防等の施設の保全上、難しいところがあるということになってまいります。

（資料：No.4）

一方、農地海岸の背後の農地は、社会資本を投入して開発している地域でもありますので、優良な農地であって、非常に生産性の高い産地を形成

しています。ただ、その一方で地盤標高が低いこともあり、用水路とか排水施設が整備されていて重要な農業の生産地域になっている状況がございます。このため、海岸線の防御という面では、高潮、津波の災害からの防護だけじゃなくて、それが浸水してしまった場合もしくは大雨で水が吐けなくなったときのために、その排水をいかにして確保していくかということが重要なテーマです。このような点が旧海岸4省庁の所管する海岸の中では一番特徴的なところであると考えています。

ですので、海岸堤防だけじゃなくて、その背後にある排水路だとか、それから、排水機場、ポンプ場をしっかりと整備して守っていく必要があるというところになります。このような背景もあって、今回農業水利施設を中心にいろいろな点検手法を整備してまいりました。

（資料：No.5）

実際に農地海岸で海岸堤防に焦点を当てているんですけども、海岸堤防が今どのような状況になっているのかということになります。例えばこちらの左側の写真ですと、コンクリートの堤体から錆び汁が出ている。堤防の海側はなかなか見られませんが、海側に回って見てみると、こういう錆び汁が出るような状況が発生してしまっている。

それから、下の写真は同じ場所ですけども、コンクリートの表面が剥がれてきている。さらに、真ん中の上の写真では、本来直線で堤防が続いているのが、堤防の中心線が海側にずれて傾いている状況が見られます。そのほか、右側の写真では、堤防がぐるっと曲がっているところでもずれてしまっている。それから、真ん中下の写真では、堤防の脇に排水樋門があるんですけども、排水樋門はアンカーを打っているため沈下しにくい一方で、海岸堤防は沈下が生じていて、クロー

ズアップしてやると、この右側の写真のように樋門のコンクリートと堤体、堤防のコンクリートがずれて、向こう側が見えるような状況が発生している。このような堤防の変状が状況が発生しているわけです。ただ、これらの施設はしっかり整備をされていて、現在はこういう状況にはなっておりませんが、沈下はこの先も発生するということも想定されますし、コンクリートの劣化というのはこの先も必ず起きるものでございますので、施設の点検というのが重要な要素になってくると思います。

ただ、この海岸堤防は延長の長い線状構造物ですし、堤防の海側の点検というのは通常の見視点検では把握しづらいというところがありますので、新しい技術を使って点検の効率化をしてやるのが重要になってきます。

(資料：No.6)

そういうこともあって、こちらは農林水産省の「知の集積と活用場による研究開発モデル事業」で研究を進めてまいりました。この研究は、農業水利施設、それから、海岸堤防の点検の効率化を行うためにいわゆるドローンを使った点検手法をつくり上げるというものでございます。

その成果については、左側にありますように「UAV計測点検手法の手引き」として農研機構のホームページで公開をしております、下のURLからダウンロードできます。

https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nire/143561.html

この研究では、海岸堤防もそうなのですが、農業水利施設といって流域の上流にあるダム、下流側に下りてきて頭首工といって河川に設ける取水堰、それから、揚水機場とか排水機場、それから、海岸堤防と同じような線状構造物である用排水路などで実証実験した結果をまとめた形で構成しておりますので、ぜひご覧いただければと思います。

(資料：No.7)

研究開発の概要でございますけれども、手引きでは、点検方法だけでなく、点検した結果を可視化する手法をまとめております。そのほか、それらを用いて劣化状況を診断したり、それから、現場の方々が台帳作成をしやすいように、簡単に整理できるシステムを開発していますが、その辺は

時間の都合もありますので、省略させていただければと思います。

(資料：No.8)

それでは、具体的な研究の内容についてご紹介いたします。

まず、この無人航空機を使って施設の点検をするためにUAVの機体を開発してまいりました。点検のために目指す性能としては、対象物から10メートル程度離れたところから0.1ミリのひび割れが判別できるシステムです。その当時、既に点検用のUAVは市販されておりました、その市販品を当初使いながらやってまいりました。

ところが、やはり10メートルの位置から0.1ミリのひび割れというのは、判別するのは非常に困難でございます。それはなぜかということ、一番の原因はUAVが設定したところを飛んでいるようで実は飛んでいないという問題です。飛んでいても細かな位置のずれがあって、写真を撮ったときの位置情報と本当に写真を撮ったときの位置が少しずるということがありました。このため、その当時積んでいた通常のGNSSのシステムではなくて、RTKのシステムを導入しました。

RTKについては先ほどの佐藤先生のご講演の中にもございましたが、既に市販品のシステムにも搭載されておりますので、ご紹介する情報としては古いかもしれません。その辺はご容赦いただきたいと思います。ただ、最初はやはりRTKをつけたいと思ってはいたんですが、実はRTKのGNSSを通常のシステムからRTKに付け替えたただだと、なかなかうまくいきませんでした。

それはなぜかということ、GNSSをRTKにすることによって位置精度は高くなるんですが、機体の制御が追いつかないというところがございました。このために、この右上にありますようにしていたローターの羽を当初積んでいた18インチから15インチに小さくしました。これによって機体の位置を細かく制御できるようになりました。

そのほか、もう一つ大事なのがカメラです。ここでは10メートルから0.1ミリのひび割れを狙うので、望遠のレンズのカメラを載せています。そうするとカメラ自身が重くなってくるので、飛んでいて風が吹くとカメラ自体がぶれるという状況が発生しました。このため、3軸のジンバルのシス

テムを搭載しました。このような形でUAVの機体そのものをある程度開発して、研究に臨んでまいりました。

(資料：No.9)

このシステムを作ることによって、位置精度がどれだけよくなったのかというところですが、ちょうど右側の三角形を2つ並べた図がございませう。こちらは目標として設定した飛行経路に対して、実際どの位置を飛んでいるのかを計測して比較したものです。この図では、赤いラインが設定したコースで青いラインが実際に飛んでいるコースになります。ご覧いただくと、設定したコース上をしっかりと飛んでいるということがご理解いただけるかと思ひます。

下の図は鉛直方向のずれになりますけれども、こちらにも目標としている高度をしっかりと飛んでいるというところが読み取れるかと思ひます。

(資料：No.10)

3軸のジンバルを作り、搭載しましたというところをご説明しましたけれども、こちらはその効果になります。

これは水路の壁面を撮っている絵なんですけれども、従来の飛行システムでは、ずっと水路上を飛びながら撮影しているんですけども、ターゲットとする水路壁のコンクリートの面が3枚目はちょっと斜めにずれていたり、4枚目、5枚目になるとかなり上のほうにずれていたりというのが分かるかと思ひます。一方、新しく開発したシステムで撮影しますと、常に水路の壁の狙ったところを画面の中に捉えて飛んでいます。

(資料：No.11)

出てきた画像を使って三次元モデルを作ると、このような形で見えます。こちらは堤防の全体を写したのようになりますけれども、それぞれが位置座標と、それから、RGBの色情報を持った点群を作ることによって、全体を見ると実際の施設があるかのように見えるようになります。

(資料：No.12)

それらの三次元点群データの位置の精度というところ、ダムとか頭首工とか開水路とかいろんな施設が混じった情報ではございませうけれども、水平方向、鉛直方向とも大体2.5センチ以内の誤差に収まる。

(資料：No.13)

それから、三次元点群データを使って、じゃあ

堤防の形がどうなっているか、今変状はあるのか、沈下があるのか、例えば背後地に吸い出しがあるのかというところを計測するわけですけども、実際の施設の形状をほぼほぼ再現している、追いかけることができているということが分かるかと思ひます。

(資料：No.14)

続いて、こちらは開水路です。開水路の断面形状もこのような形で横断測量の結果の点群をスライスすることで出てきた結果を再現できているかと思ひます。ただ、水路の場合は水路底に水が若干ついていたり植生があったりすると、その部分はどうしてもノイズのような形で出てきてしまいます。

(資料：No.15)

一方、海岸堤防では天端高が足りなくなっているかというところも重要な要素です。天端高を確認すると、天端も高さが均一ではなくて、高いところ低いところ、それから、目地の部分も抽出ができます。水たたきの沈下は、このような形でどれだけ沈下しているのかが計算できる。

(資料：No.16)

こちらは開水路にです。上の写真だと若干見にくいんですけども、この画面下側の水路の壁がちょうど白くなっている部分、はらみ出しをしている部分があって、目視ではなかなか分かりづらいところではあるんですけども、UAVで計測してみると、どれだけはらみ出しがあるかが計測できます。ただ、ここでは測量した結果とは少し差があるような結果になりましたが、これも計測の状況とかもいろいろ関係してくるので、この辺はもう少しデータを蓄積しないとイケないかと思ひます。

(資料：No.17)

背後地の吸い出しになる部分も目視の写真だけでは分かりづらいところではありますが、三次元モデルで計測してやることによって、どの部分に吸い出しがあるかが分かります。

(資料：No.18)

ここまでUAVを飛ばして三次元モデルの点群データをつくることによって、施設の形状はおおむね再現、評価できるというところをご紹介しましたが、その次に、ひび割れがどの程度見られるのかというところをご紹介いたします。

今回、ひび割れは焦点距離が50ミリのカメラを

使ったり135ミリの望遠のレンズを使ったりいろいろやってきました。結果的には0.1ミリのひび割れは135ミリの望遠レンズを使いながら、何とか判別できるまで到達したんですが、それに加えてひび割れをどうやって抽出するか、それを自動で行うところをやってまいりました。

ここでは、機械学習を使ってひび割れの画像をたくさん集めてきて、それらを撮った画像と突き合わせてひび割れを判別させてやって、それが合っているかをしっかり教え込ませてやる。それを基に、じゃあどこにどんな何ミリ幅のひび割れがあるのかを抽出するようなAIのモデルを作っています。

(資料：No.19～21)

ひび割れの自動抽出というところで、こちらは海岸堤防の先端の部分になりますが、ひび割れを抽出できるようになりました。このひび割れを抽出するAIモデルというのは、もともと橋梁のひび割れを抽出するためのシステムを活用してつくり上げています。ただ、海岸堤防で一番難しいところは、今この写真にごぞいますように表面がきれいじゃないという点です。橋梁の点検ではもう少し表面がきれいなんですけど、海岸堤防はこのような状態になっているので、ひび割れの抽出というのは当初困難を極めたのですが、ほぼできるようになってきました。もうちょっと大きなひび割れだと、写真の中にある赤いラインがひび割れの位置、それから、緑の数値がひび割れの幅として出力できます。

(資料：No.22)

すみません、時間となりまして、最後に今後点検の効率化に向けてです。点検には、通常の日常の巡視をするレベルから定期点検をするレベル、さらにはもっと詳細に点検しないといけないレベルの3つがあります。巡視レベルであれば、一般に流通しているようなUAV、それから、点検については今回ご紹介した望遠レンズを使ったようなUAVを使うというように、それぞれに対して使うUAVを変えていくことになると思っています。

『小型 SAR 衛星コンステレーションの近年動向と 海岸線モニタリングへの活用の可能性について』

野間口 芳希

日本工営株式会社 衛星情報サービスセンター 課長

ただいまご紹介にあずかりました日本工営の野間口と申します。

本日、このタイトルで事例紹介をさせていただきます。

冒頭のご挨拶がてら、タイトルバックの写真について、触れさせていただくと、これ見ていただいて場所が分かる方がいたらすごいと思うんですが、実は先ほど佐藤先生のご講演で宮崎海岸の施工事例が出ていましたが、それがちょうどこのあたりです。

先週か、先々週ぐらいに私ちょうど現地におりましたので、その写真をタイトルに入れさせていただいたんですが、この辺りをみると、ちゃんと施工の効果も確認できそうかなと素人ながらに勝手に思っていたところでございます。

ということで、本日は衛星に関してのお話をさせていただきますんですが、UAVの画像をこのタイトルに使うのはどうかなと思っておりましたが、冒頭のネタにできましたので、御礼を申し上げて、発表を始めさせていただきますと思います。

(資料：No.1)

簡単な自己紹介でございますが、私どもの会社は社会インフラに関する事業ということでダム事業であったり河川事業、道路事業などといった、そういったインフラ事業における企画・計画、調査、設計、維持管理など一連の社会資本づくりに携わっている建設コンサルタント企業でございます。おかげさまで設立して75周年を迎えておりまして、世界各国で年間9,000件以上のプロジェクトに携わっております。社内にはいろんなバックグラウンドを持つ技術者、専門家が多くおりますけれども、私自身も実は入社してからは河川事業に関する計画とか維持管理の業務に携わってまいりました。

ということで、海岸分野につきましては経験が多くないということで、今日お声かけいただいた

中大変恐縮ではございますけれども、皆様には温かい目で見守っていただければなと思うところでございます。

(資料：No.2)

こちらが本日の紹介内容でございます。今日のシンポジウムの副題にあったとおり、新技術の活用による維持管理というテーマでしたので、私からは衛星データを使った海岸線管理の話について、少し夢のある話も含めてさせていただこうかなと思っております。

(資料：No.3)

まずは海岸線管理のニーズですが、皆様が重々ご承知のところかなと思いますが、海岸の保全については防災機能のみならず自然環境や文化的にも非常に重要な役割を担っております。一方で、近年の地球温暖化による海面上昇であったり供給土砂量の減少による海岸侵食などの課題が顕在化していると認識しております。一度消失してしまうと、海岸の再生は非常に大きなコストが必要になりますので、いかに予防保全的な管理ができるかが重要です。つまり広域で、かつ高頻度な海岸線のモニタリング手法というのは、古くから構築が求められてきました。

(資料：No.4)

海岸線管理の現状は、従来からの汀線測量を基本に、最近ではUAVや航空機での空撮等もされているかと思いますが、全国3万5,000キロという長大な海岸を管理するという上では、やはりコスト、手間という点からしても十分な手法ではないというのが現状の課題です。この課題を解決する策として、広域を観測できる衛星リモートセンシング技術の活用が非常に期待されています。

(資料：No.5)

最近の政府動向についてもご紹介させていただきますと、今年7月に閣議決定された国土強靱化基本計画の中でも、衛星画像等を活用した海岸線

のモニタリングシステム構築というのが明記されており、ニュースでも取り上げられていたかなと思いますが、このシステムを2024年から一部導入していきましようということも紹介されるなど、非常にホットな話題だと認識しています。

(資料：No.6)

そんな海岸線管理に関してですけれども、本日の技術的なテーマである衛星データでどうやっていくのかというお話をさせていただきます。

(資料：No.7)

衛星データの根本的な概要も含めてご紹介をさせていただきますが、まずリモートセンシングとは何かというところからでございます。名前のおり対象物に直接接触することなく観測する技術でございまして、いろんな目的に応じて多様なプラットフォームがあります。船であったり車両であったり、先ほどあったUAVもそうですし、航空機、衛星などもございます。このうち衛星を使って行うものを衛星リモートセンシングと呼んでおりまして、そこで得られるデータが衛星データというものでございます。

(資料：No.8)

ただ、衛星といっても実はいろんな種類があって、こちらに地球の絵がありますけれども、高度別に大きく3つ大別した衛星の種類を書いております。一般に衛星と聞くと、「ひまわり」のような気象衛星を思い浮かべる方も多いと思いますが、それが位置するのはこの高度3万6,000キロにある静止衛星と呼ばれるものです。いわゆる常に地球の半球を見ているようなイメージになります。

その少し低いところにあるのはGPSに代表されるような、いわゆる測位衛星でして、2000年代以降、急速に発展してきた衛星です。

今回私がご紹介する衛星は何かというと、この地球観測衛星でして高度としては大体500キロから1,000キロぐらいの間を飛んでいるということで、かなり地表面に近いところをぐるぐる周回することで、地表面の状況を詳細に把握することが可能な衛星でございます。これが近年、防災分野であったりインフラ監視利用ができないかということで非常に着目されています。現状なかなかまだ数は多くないんですけれども、これから市場としても発展していくと期待されています。

(資料：No.9)

この地球観測衛星の観測イメージの動画でございます。衛星自体は同じところをぐるぐる回っているんですけども、地球自体も自転していますので、どんどん観測の帯というのが地球全体をスキャンしていくというイメージになります。なので、1基当たり大体1周、回ってくるのに11日から2週間くらいかかります。

よく我々がふだん見ている「ひまわり」みたいに、リアルタイムで観測できるんじゃないかと思われがちなんですが、実は「ひまわり」みたいな3万6,000キロにあるものと高度500キロにあるものというのは全然高さが違うということで、地表面を詳細に見える代わりに観測の幅とか観測の頻度というものに制約があるというような衛星でございまして。

(資料：No.10)

この衛星リモートセンシングが地上のセンシングに比べてどんなところにメリット・デメリットがあるかというところをまとめたものでございます。もちろんUAVとか航空機に比べれば精度は劣りますが、はるかに広域を一度に観測することができます。また、地上制約を受けにくいということもありますので、人が観測するのが困難な場所とかというのも対象にしやすいです。今動画を見ていただいたとおり、定間隔、同精度で繰り返し把握することができますし、過去の観測データ、アーカイブと呼ばれますが、これが蓄積されておりますので、例えば何か事象が起きてから過去のデータを使って検証するなんていうこともメリットの一つとして挙げられます。

一方デメリットですけれども、精度面はそうなんですが、先ほどあったとおりやはり観測の頻度がどうしてもまだ低いといったところが課題になっていたりします。また、地表面の観測が基本になるので、地中や水中というのは観測が難しいこともデメリットの一つとして挙げられます。

(資料：No.11)

そんな地球観測衛星ですけれども、よく使われる衛星を2つ大きくご紹介いたしますが、光学衛星とSAR衛星というものです。左側の光学衛星については皆さん馴染みがあるグーグル等を想像していただければ分かると思いますが、太陽光を反射して情報を取得するもので、カメラ画像のよ

うに直感的に分かりやすい画像を入手することが可能です。一方で、もちろん夜間の観測はできないので、日中しか観測できません。さらに、衛星は500キロを飛んでいるということなので、雲があったら雲は写りますけれども、地表面は写らないということで、悪天候時の観測というのが難しいというのはデメリットになってございます。

もう一方、右側ですね。SAR衛星ですが、これはなかなかなじみがないかなと思うんですけども、これは衛星自らがマイクロ波を地表面に照射して、その地表面の反射を観測することで地表面の状態がどんなものかを観測する衛星です。よく光学衛星を視覚として表現されることが多いのですが、SAR衛星はその場合、触覚、触っている感覚といった形で表現されることが多いです。観測に光源が必要ないため、昼夜関係なく観測ができます。さらに、このマイクロ波自体が雲も透過して地表面に当たりますので、天候にかかわらず観測ができます。つまり光学衛星が苦手とするタイミングでSAR衛星は地表面を観測することができるというのがメリットになります。

一方でデメリットとして、この画像にもありますが、同じ場所を撮っていますけれども、どうしても光学画像に比べると見やすい画像ではないレーダー画像ですので、いわゆる白黒のエコー画像のような反射の強さを表した画像は撮れますが、なかなか直感的に理解しにくいです。これを解釈する上での専門知識であったり、解析の処理が必要になってくるというのは利用する上でのデメリットとして挙げられます。

(資料：No.1 2)

本日はこのSAR衛星の話をしていただきますので、もう少し簡単な特徴と活用事例をご紹介します。先ほど、反射の強さを観測していると申し上げましたが、地表面の状態によって画像の写り方が変わります。例えば凹凸のある粗い表面ですと、衛星から照射した反射は強い反射が返ってきますので、画像上で白っぽく写ります。

一方で、水面など滑らかな表面の場所では、衛星の電波の反射が鏡面反射してなかなか衛星に返ってこないため弱い反射となります。そうすると、画像上黒く写るといようなことがあります。

この原理を使うと、例えばここにあるとおり橋

の被害状況、災害後、落橋していないかとかいう確認だったり、船舶検知なんかにも使われているという事例でございませう。今回の海岸線の汀線管理にも、この原理を使って水域と陸域を分けるといようなイメージで使われております。

また、衛星の周回性ということで、2回の観測の差分を取ることで反射強度が強くなったところから弱くなったりといような反射強度の違いで地表面の変化を推定することもできます。例えば右下にありますけれども、森林伐採の把握も熱帯雨林の光学が使えないときに、SAR衛星を使って何か地表面に変化があったんじゃないかということにも使われている衛星でございませう。

(資料：No.1 3)

今ご紹介した光学衛星、SAR衛星、それぞれ実はこの海岸線把握に関する既往研究といのはこれまで多くされてございませう。特に下にあるSAR衛星の海岸線モニタリングといところについては、佐藤先生らがフィージビリティスタディを2016年ぐらいにやられていたかと思ひますけれども、それ以降、技術的にも着目され始めて、適用性の分析だとか、

(資料：No.1 4)

最近はTellusの技術コンペのテーマにSAR画像を使って海岸線の抽出をいかに精度よくできるかといコンテストで、1位は100万円もらえるみたいですが、こいコンテストの話題にも選ばれるぐらい注目されている技術かなと思ひております。

(資料：No.1 5)

一方で、衛星を活用した海岸線把握の課題といのうも分かってきております。衛星全般に言えるところとございませうけれども、精度面の話はUAVとか航空機に比べればどうしても限界はありますといところはもちろんです、タイミングですね。撮影のタイミングといところに縛っても、軌道にやはり依存してしまうといこともあって、観測頻度が低いといのはやはり課題になります。さらに、観測時間といのは現状おむね決まった時間に撮影されますので、どうしても潮位に合わせて観測するといのは難しいといったところが挙げられます。

また、光学衛星については、海岸線の抽出自体は画像の見やすさの通り分かりやすいので、比較

的容易で手法としても確立されておりますが、やはり観測の機会として雲の下を観測することができないとなると、曇りとか雨が多い地域、いわゆる日本海側の冬季波浪などを見たいときはほとんど晴れないとなると、なかなかそういったところでは光学衛星の観測機会が得られない課題がございます。

そして、SAR衛星については先ほどのご紹介のとおり、雲だとか夜間だとかという影響は受けないんですけれども、この海岸線を抽出するという手法自体がまだまだ確立されていないのかなと思っております。これはレーダーの反射等の複雑な条件で水域と陸域を区分するという精度にばらつきが生じているというところが原因なんです、こういった課題が現状あります状況です。

このうち光学衛星については、物理的制約として、そもそも雲があるとか夜間であるとかとなると根本的な課題解決が難しいんですが、実はSAR衛星については今後の発展で観測頻度とか精度とか手法の開発というところで、まだまだ期待できるのではないかとということで、本日私をご紹介するテーマとなります。

(資料：No.16)

講演テーマでございますけれども、小型SAR衛星の動向と実利用に向けた取組をご紹介致します。

(資料：No.17)

今申し上げたとおり、衛星の課題になっているのはどうしても現状の衛星の基数だと、観測頻度が低いところが挙げられます。これの解決策の一つとして今注目されているキーワードとして挙げておりますが、小型衛星コンステレーションというものです。いわゆる小型衛星群ということなんです、どういうことかということ、小型衛星をたくさん打ち上げて、それを同時に運用しようと、それで時間的にも観測密度を上げることを目指しています。従来大型衛星についてはかなり機能も充実しているんですけれども、1基当たり大体数百億円かかっていたということで、国家機関しか作れなかったのですが、最近技術開発もありまして、1基当たりを小型化して、機能を最適化・省コスト化するということで大体数億円ぐらいですかね、その程度のコスト感で配備できるということもあって、民間事業者の参入が最近非常に

活発化している状況でございます。

ということで、将来的にこの衛星観測というのは時間的にも空間的にも観測密度を上げられる。つまりいつでもどこでも準リアルタイムで地球を見れるんじゃないかということを期待されておりますので、今回ご紹介をさせていただきます。

(資料：No.18)

この小型衛星コンステレーションの世界的な動向というところでございます。SAR衛星、光学衛星、それぞれでございます。表でいうと、この一番上の運用フェーズというところを見ていただきたいんですが、光学衛星については、実はアメリカのプラネット社をはじめ、ここ数年で大体200基以上打ち上げられているということで、かなりたくさん衛星が今打ち上がっております。つまり現状でも1日1回はどこでも撮影できるぐらい観測頻度としては光学衛星が上がっているということで、かなり活用の方は既に広がっている状況です。

一方でSAR衛星については、プレーヤーが少ないということもありますが、フィンランドのIceye社というところが一歩打ち上げは進んでいるかなと思っておりますが、まだまだこれからの打ち上げに期待しているというところでございます。

(資料：No.19)

特に天候・昼夜問わず観測できるという小型SAR衛星については、日本政府としても非常に期待しています。宇宙基本計画が今年の6月に決定されましたが、我が国独自の小型SARコンステレーションの構築に向けて取り組みましようということが明示されています。具体的には黄色い枠に書いておりますが、2025年までに、もうすぐになります、民間事業者による小型SAR衛星コンステレを構築すべく、政府が支援をして実証事業を推進、商業化を加速していこうということで、かなりバックアップがあることを考えてもその期待のされ方がわかると思います。

(資料：No.20)

そして、こちらが小型SARコンステレーション、今世界的に進んでいる4社の例でございます。それぞれ仕様とか特徴というのは異なるわけなんですけれども、最終的に彼らが目指している姿ということ、やはり複数基運用により世界中どこでも1時間以内に観測を行いますといった世界を目指

されているということで、この今先行的に動いている4社のうち2社が実は日本の衛星になります。SynspectiveさんとQPSさんということで、同じ日本人として非常に誇りに思いますし、こういった世界がすぐやってくるということに期待しているというところでございます。

(資料：No.21)

この小型SARコンステができるとうなるのというところで、先ほどの2社のうちQPS-SARの目指されている姿を簡単に私からご紹介させていただきますが、高画質画像によるリアルタイム地球観測の実現というところでございます。最終的に36基打ち上げた後は、ほとんど世界中どこでも観測頻度10分以内、さらに配信ということで衛星のデータを地上に落とすんですけれども、それも10分以内、さらに分解能が50センチ以下ということで、今大体SAR衛星の分解能は上がってきて3メートルぐらいとかというのがよく使われている衛星ですけれども、それが50センチぐらいになるということで、こういった世界を目指されているというものでございます。

(資料：No.22)

こちらがそのQPS-SARのサンプル画像になります。これはレーダー画像ですので、少しちょっとこの画面では見にくいかもしれませんが、これ丸の内のビル群と東京ドームのところになります。こういった高分解能の画像が準リアルタイムで撮ってくるような世界が待っているということで、非常にこの小型SAR衛星コンステレーションというのは期待をしているところでございます。

(資料：No.23)

前置きが長くなってしまいましたけれども、現在この小型SAR衛星でどんなことに取り組んでいるかという事例のご紹介をさせていただきます。

先ほど政府支援がありますと申し上げましたが、そのうちの一つに内閣府さんの事業で今、小型SAR衛星コンステの利用拡大に向けた実証というのをさせていただいております。各関係利用省庁様と連携して、コンステ構築ができた後に使えるようにしようという実証を今のうちからしているところでございます。いろんな実証のテーマがあるんですけれども、この中に海岸線把握も挙

げられています。

今回その内容を簡単にご紹介させていただくんですが、今回使っている実証の衛星というのはQPS-SARの2号機でして、これは2021年に打ち上げられた衛星です。実は今年6月にまた打ち上げられているんですけども、その前段階の実証機という位置づけでございますが、今後は本格的に今年の6月に打ち上げられた商用機ベースでまた実証を進めていくというところでございますが、今回は2号機についてのご紹介でございます。

実証概要ということで、これはQPS-SARを使って海岸線推計して試行してみようというところをまとめられていますよというご紹介になります。

(資料：No.24)

次は、海岸線推定の手法の概要で、先ほどご紹介したとおり既往研究はいろいろ手法がございますが、今回、簡易的にできる機械学習モデルを採用しております。先ほどTellusのコンペがありますと言いましたが、技術コンペで精度面で上位であったモデルについては公開されていますので、そのUNetベースの機械学習モデルを採用して簡易的に試行を行っております。ステップ1、2、3の手順で行っておりますが、基本的にSAR衛星を撮ってきて、その領域分割をAIで行って、その境界線が海岸線の推定というようなイメージで進めたところでございます。

(資料：No.25)

実証フィールドは今回、黒部川の河口ですね。富山県黒部川の河口、下新川海岸というところでございます。使用データ、衛星画像としてはQPSの2号機、2022年、昨年11月に撮られたもの、解像度としては70センチの実証機でございます。正解データとしては汀線測量2021年に撮られたものを正解データとしました。検証については、精度評価を各測線があるので、その正解の海岸線と予測結果の距離を誤差として計算して、精度評価を行ったというものでございます。

(資料：No.26)

こちらが汀線の推定結果になります。青い線が今回衛星で推定した海岸線のラインです。赤い線が汀線測量のデータ、黄色い線が各測線ということで、ここでそれぞれを評価しています。全体を

見るとまあまあかなと思うんですが、それぞれ場所によって特徴が違いましたので、2つ分けてご紹介をさせていただきます。

(資料：No.27)

まず、黒部川右岸側、入善地区でございます。こちらは写真にあるとおり、粒径としては礫粒径です。たしか代表粒径は一、二センチだったかと思えますけれども、そういったところでの結果を見てみると、青色の線と赤色の線がほぼほぼよく良好な結果で推定できているんじゃないかなと思っております。誤差としては3.3メートル程度という結果でした。

(資料：No.28)

一方で黒部川左岸側、荒俣海岸地区ですが、現地の写真でいうと、粒径としては砂粒径の場所でしたが、青い推定線を見ていただくとばらついてることが分かると思います。実際に誤差としても20メートルを超えてしまっている結果となってしまいました。

この結果については、従来の大型衛星でやられている既往研究でも粒径が細かいところについては、陸域と水域の区分がなかなか難しいということもあって、こういった傾向があるという報告はされておりました。つまり今回、小型SAR、QP S - SARの衛星を使ってやってみた結果も既往研究と同様な傾向ですね。礫海岸では精度がよくて、砂海岸になると精度が少し悪くなるといった傾向が見て取れましたということで、もちろんこの結果で何かを言うつもりではないんですけども、小型SAR衛星コンステレーションというものの活用可能性ですね。今後いろいろ実証していくためのモチベーションにはなったかなということで、活用可能性を示唆できたというふうにまとめさせていただいています。

(資料：No.29)

今回やったのは実証機ということと単一条件での検証にとどまっていますが、先ほど申し上げましたように今年の6月にQP S - SARの商用機、かなり高精度化されたものが打ち上がっておりますので、今後はいろんなところで複数条件で検証をやっていくつもりです。そういったことも含めて手法の確立につながっていければいいのかなと思っております。

(資料：No.30)

こちらが下新川海岸のQP S - SAR - 6号機の実際のサンプル画像になります。右側に大きく示していますが、解像度46センチだったかなと思いますが、かなり白黒画像のようにきれいに見えるかなと思います。こういった画像が昼夜関係なく撮れますし、最終的には潮位に合わせて撮ることもできると。こうなってくると、海岸線のモニタリングとして非常に大きなメリットがあるのではないかということで、引き続き実証を進めていきたいと思っておりますので、また続報に期待いただきたいなと思っております。

(資料：No.31)

最後、まとめとして社会実装の課題と今後の展望ということで、少し提言的なお話を差し上げておしまいにしたいと思います。

(資料：No.32)

衛星を活用する上での課題ということで、社会実装の課題ということです。やはりいろんな実証をさせていただきますが、実証止まりかなというところもよく痛感してございます。そのうち思っているところをキーワードとして幾つか挙げておりますけれども、利便性、信頼性、事業性というところでございます。例えば利便性というところでいうと、やはり現状の衛星のインフラであれば、観測機会が制限されていたり観測範囲もそうですね。さらに即時性、今欲しいといってもすぐに撮れなかったりといったところがなかなか今の衛星インフラではかなうことができないことが1つ課題になっていると認識をしています。

さらに、信頼性ということで、じゃあどんな誤差まで許容できますか、や、実証ケースとしてまだうちのところでは分かっていないよ、とか、あと、そういったものが分かったとして、利用する基準、枠組みがない、いわゆる利用基準やマニュアルがなければなかなか実際に使っていただくことにならないといったことも実際に社会実装の課題になっているんじゃないかなと思っております。

そして、最後、事業性ということですが、これは全体に係るかなと思いますが、やはり現状、衛星の市場が未確立ということで人材とか資金不足というのでも出てきます。それがデータコストにも跳ね返るとなると、今度は使う側としても高く使えないとなって、こういった全体の課

題が社会実装の障壁になっているのではないかなと思っております。

先ほどの利便性については、この小型衛星のコンステというのが今後どんどん進みますよということで解決の糸口になるだろうとお話をさせていただきましたけれども、もちろんこれだけで全部解決できるわけじゃないので、我々としてはこの信頼性とか事業性というところの認識もしていく必要があるなというところのまとめでございます。

(資料：No.33)

ということで、これからの課題として現状いろんな課題があって、それに対しての課題解決の動きといったところがありましたけれども、これからの課題ということで、こういった新しい技術ですね、こういうものが出てきたときにやはり実利用に向けて十分な適用性検証というのは必要だと思いますし、衛星側を考えれば、今民間がやっておりますので、やはり持続性を考えると多くの資金が必要になります。そうすると、やはり持続的なビジネスモデル、ひいてはデータ利用者を獲得していかなくちゃいけないというところがこれからの課題として挙げられるかなと思います。

(資料：No.34)

今後の展望でございます。こういった新しい技術の社会実装を推進していくというのは、やはり今申し上げたとおりいろんな検証をやっけていかなくちゃいけないよねというところでございます。QPSSARを代表しても、現在利用実証中の項目は幾つもあるんですけども、利用者側でこんなことをやりたいといったようなこともつなげていくことが重要だなと思いますし、今後の打ち上げ計画を順次進めていくわけですけども、そこを待たずにデータの利用検証というのをさせていただければいいんじゃないかなということで。

(資料：No.35)

最後偉そうなことを書いていますけれども、宇宙企業全体に利用者ニーズをいかにつなげるかだったり、コンステ構築は大体2020年代後半という話ですけども、今のうちからデータ利用実証進めていこうというところで、こういったことが最終的に次世代の維持管理に活用可能な新技術の発展につながるんじゃないかということで、私の発表を終わらせていただきます。

『陸閘開閉感知システムの開発について』

遠藤 敏雄

一般財団法人 沿岸技術研究センター 調査役

ご紹介にあずかりました沿岸技術研究センター、遠藤敏雄でございます。どうぞよろしくお願いたします。お話する内容は10枚程度なので、途中で画面にないエピソードを挟んで楽しくお話をしたいと思いますので、気楽に聞いていただければと思います。題名は陸閘開閉感知システムです、陸閘というのは皆さんご存じでしょうか。陸閘は、通常時に門扉を開き交通可能な状態とし、高潮などの来襲が予測される場合には門扉を閉じて防潮堤の役割を果たす施設です。

(資料：No.2)

全国の港湾の施設配置を見てください。最初に見につくことは、全国の港湾の配置が西高東低型になっていることでございます。北の港湾の数が少なく、四国、九州、瀬戸内海、広島、岡山、大阪のあたりが非常に多くの港湾があることがわかります。港湾に付随する陸閘の管理者は、市役所でございます。このため陸閘の開閉に携わっている方は、市役所の職員の方ということになります。

この調査を始める前に愛知県に伺い、市役所の方と直接お話しする機会を得ました。そのときに立ち話をしました。「私は本当は事務職です。しかし防災担当になっています。私が欲しいものは、コンビニで乾電池を買って交換でき、陸閘の開閉状態を確認する安価な装置です」とのことでした。このことがこの研究を行うきっかけとなりました。

(資料：No.3)

水門と陸閘は、全国に約2万8,200基あります。2万8,200基のうち、約60%が手動式です。また閉じたままの陸閘が約30%、自動化の進んでいるものは、約10%ぐらいしかないという現状です。手動式の陸閘が整備された時代は、日本の産業労働年齢もまだ若くて、現代のように少子高齢化でなかった時代だと思います。どんどんインフラ整備

が行われていた時代と思います。次に関東エリアの998施設を対象に構造形式を調べると8割は陸閘でした。陸閘のうち約50%が横引き式のタイプでございました。ちょっと話は脱線しますが、伊勢湾台風が1950年頃に大規模な被害を及ぼしました。ある港湾関係の教科書によると流木によって家屋を破壊したと記載されておりました。陸閘の整備によって流木などによる災害を防止することが可能になったと想像することができます。

(資料：No.4)

既設陸閘の現状と課題でございます。手動式陸閘の形を写真に示しております。写真に示している締め付け金具で全閉をします。この開閉作業は消防団の方に委託をしておりました。消防団の方は操作後に電話で施設管理者へ報告しておりました。ところが、近年、少子高齢化、産業労働人口の減少する時代になりました。そうしますと、消防団になる方も減少し、従来の人による運用がに困難になっているのが実情でございます。そこで既設陸閘にセンサーを取り付け、通信技術を使って、横引き式陸閘の開閉状態を確認する研究テーマが浮かびました。システムの開発上、念頭に置かなければいけないのは、経済性、長持ちで、経済的で維持管理が簡単であることです。本研究は、人的な負担軽減を目的とし、LPWA電波を用い、陸閘開閉状態を確認できる安価な遠隔監視システムを開発したものです。

(資料：No.5)

本研究は、野外で実証的に行いました。最初に神戸市さんの陸閘をお借りして実験を行いました。黄色に着色しているのが開発初期のセンサーです。このセンサーは、磁気を検知するとスイッチが入り、電波を飛ばします。電波は、LPWAのうちのLoRaWANとカテゴリーM1を用いました。当初モデルは、LoRaWANとカテゴリーM1を一緒に箱に入れ、それぞれに電源として単三電池3本

入を使用しました。先にお話しをしました市役所の方のご意見を踏まえ、経済性を一番に考えておりました。

(資料：No.6)

2019年度の都市部を対象とした実験では、LoRaWANの電波強度RSSIと天候の関係を調べました。その結果、再信モジュールを実装することでLoRaWANの通信成功率は、ほぼ100%を確保することができました。カテゴリ-M1についても同様にはほぼ100%の通信成功率という状況が得られました。また都市部ではビルなどの通信障害物があります。そこでデバイスを車に積み込み、通信可能距離を測定する実験を行いました。その結果概ね1.5kmの範囲で安定した通信ができることを確認しました。電力寿命については、LoRaWANが140日、カテゴリ-M1が70日との結果が得られました。ここで、電池交換で済むというデバイスの開発はできそうだという感触を得ることができました。

(資料：No.7)

瀬戸内海には約727も離島があり、浸水防止のために陸閘が使用されております。そこで離島における通信実験を行いました。離島での実験では、通信デバイスのコンパクト化も目的のひとつでした。デバイスの大きさは、横×縦が5cm×10cm程度です。実験では、最初にデバイスを固定し、全閉時に金属製のくさびに導電性ゴムが接触し、LoRaWAN電波を発信する仕組みをつくりました。もう一つの実験では、リミッターを治具で陸閘に固定し、全閉時にカテゴリ-M1電波を発信するというものです。

(資料：No.8)

LoRaWANのデバイスは、陸閘の鉄のくさびが圧着されると通電します。通電すると、基盤から電波を発信します。電池は単一リチウム電池を使用しました。電池の大きさは単三電池ぐらいです。通信実験では、再送信機能が有効に機能し100%の通信成功率が得られました。電力寿命については、LoRaWANが51か月、カテゴリ-M1が14か月使用可能との結果が得られました。電力寿命がないのはリチウム電池を使用したためです。

(資料：No.9)

次に社会実装の可能性について述べます。瀬戸内海名物、通勤ラッシュの写真を示します。例え

ば広島県は、約140あまりの離島を管轄し、通勤や通学、生活必需品をフェリーで運ぶということをやられているそうです。このフェリー乗り場にも陸閘があり、高潮来襲前に全閉され、浸水防止の役割を担います。

ところが、実話の話なんですけれども、我々が実験をやっているときに軽トラに載った漁師さんが来ました。実験をやっているの、「ここ通っていいかい」と言われて、「いいですよ。通ってください」というと、「あとは閉めておいてね」と去ってしまいました。これは、港で荷物を取ってきて、陸閘を開けっ放しでそのまま去ってしまう可能性があることを示唆していると思われる。閉め忘れがあったとすると、市の防災担当の方が船舶を利用し渡島を行い確認する必要があります。市の防災担当者の方は2、3名です。そこで陸閘開閉遠隔監視システムを活用するということは非常に有効と考えられます。

(資料：No.10)

まとめます。今までしたお話を箇条書きにしました。人的資源の減少は、災害対応の中心的な役割を担う行政の方にも及んでいると思います。防災体制の現状を踏まえ、小規模な陸閘開閉状況を確認できる手段がとして陸閘開閉遠隔監視システムは、有効的と考えられます。横引き式陸閘は、全国に多数あります。本研究では陸閘の開閉状態を確認できる2種類のセンサーを開発することができました。このことにより陸閘を管理するユーザの選択肢を増やすことができたと考えられます。

スマートシティを宣言されている市役所がごぞいます。その市役所では、ダッシュボードを用い情報を集約し、市のHPを通じて市民の方に防災関連情報を提供しています。そのダッシュボードの中に陸閘開閉遠隔監視システムを導入して頂ければ、人的負担軽減効果および経済的であることは明らかであり、B/Cが成立すると考えております。したがって潜在的ニーズは十分にあると考えております。

以上で私の発表を終了したと存じます。ご清聴ありがとうございました。

『徳島県における海岸保全事業について』

～UAVを活用した事例等～』

石本 晃士

徳島県 県土整備部 運輸政策課 主任

よろしく申し上げます。改めまして、「徳島県における海岸保全事業につきまして」と題しまして、徳島県庁、石本が発表させていただきます。

(資料：No.2)

まず初めに、今回の海岸の予防保全事業における課題といたしまして、当県におきましては老朽化の進む施設が膨大にあり、県内でも12港湾42区域の施設があります。順次保守点検を進めているところです。保守点検の実施に当たりましての課題としては、県の維持管理事業自体の規模が縮小している中で、十分な予算の確保が困難である一方で、対策が追いつかない施設もございまして、未対策で事故が発生した場合の瑕疵責任等も課題となってくるというところです。

次に、国の動向を踏まえて事業予算、補助予算も獲得していくというふうなこともしておりますが、計画検討・資料作成の手間が増えているというところがあります。加えまして、多数の施設の点検を実施するに当たりまして、事務や必要予算が増大しているという課題がございます。

こうした中、国土交通省のほうでもDX、i-constructionの取組がございまして、工事の全体最適化を始めまして、ドローンや三次元測量、点検技術の導入、CIM/BIMによるデータプラットフォームによる事業最適化が推進されておるといところでございまして、県のほうでも同様にこういうことを活用した予防保全事業の最適化ということを行っていきたいということで、取り組んだ課題がございます。

(資料：No.3)

続きまして、海岸土砂管理における課題ということもございます。

こちらに関してなんですけれども、徳島県の海岸保全上の課題といたしまして、沿岸流や波浪による侵食や土砂の堆積による影響があることが挙げられます。特に大河川、吉野川、那賀川という

二大河川がございまして、これから供給される砂の漂砂であったりとか、また、紀伊水道の沿岸流、波浪といったものの影響を受けまして、海岸侵食や航路堆積が生じているという課題がございます。

これに関しまして、那賀川流域における那賀川総合土砂管理検討協議会におきまして、上流ダムから下流の海岸に至るまでの土砂バイパス等を含む取組をしておりますので、これについて紹介するものでございます。

(資料：No.4)

発表の構成に関しましてですが、以上を受けまして3つ、ドローン・グリーンレーザを活用した離岸堤の点検、続きまして、施設点検データベースの整備、その他の取組といたしまして那賀川流域の漂砂対策について取り上げてまいります。

(資料：No.5)

まず、ドローン・グリーンレーザを活用した離岸堤の点検ということに関しましてですが、技術導入の背景について説明してまいります。

海岸堤防等の老朽化に続いて、点検マニュアルが整備されました離岸堤等の沖合施設についても老朽化の進行が懸念されております。離岸堤等の沖合施設に関しましては、長寿命化計画の策定状況が令和元年までには完成しておるんですけども、老朽化が進んでおりますので、十分な防護機能を果たせなくなっている施設が増加傾向にございまして、定期点検の手間や精度等についても課題が生じております。

海岸保全施設の維持管理マニュアルに関しましては、令和2年6月に改訂されましたので、この中で離岸堤等の沖合施設についても点検及び評価手法等の項目が追加されておまして、点検における新技術の優良技術の活用事例が照会されております。

陸上目視における点検が従来から困難でござい

ました離岸堤等の沖合施設につきましても、新技術を含めた優良技術を積極的に活用することとして、点検の効率化を図るということをございます。

(資料：No.6)

改めて、徳島県の海岸につきまして説明してまいります。

徳島県の海岸は3エリアが大きくございまして、まず讃岐阿波沿岸のエリア60キロメートル、続きまして、紀伊水道の西沿岸におけるエリアが180キロメートル、続いて海部灘沿岸の海岸が160キロメートルで、計400キロメートルからなります。

まず最初の讃岐阿波沿岸に関しましてですけれども、こちらは鳴門海峡で有名なところから瀬戸内海に面した沿岸でございまして、低地が多く、潮の干満差が大きいことであることから、第二室戸台風などにより鳴門海峡沿岸での浸水被害が生じたりであったりとか、そのさらに西側ですね。今回の発表する範囲でございすけれども、折野港海岸では海岸侵食が進行しております。主に対象外力といたしましては、沿岸のほぼ全域におきまして瀬戸内海の風域の場とする風波が影響しておるといところ。

続きまして、紀伊水道西沿岸に関しましてですけれども、鳴門市のエリアから阿南市のエリアまでなるエリアでございまして、特に地形的な特徴といたしましては、この吉野川であるとか那賀川の影響を受けた地域になっておると。様々な地形がございすけれども、吉野川、那賀川のデルタ地帯では第二室戸台風における高潮や波浪で大きな浸水被害が発生したという過去がございす。特に今津坂野海岸というエリア、那賀川の北側に位置するエリアに関しましてですけれども、こちらでも海岸侵食が顕著でございまして、過去に大きな津波被害も生じておるといところ。対象外力はほぼ沿岸の全域で台風に伴う高潮や波浪となるものの、橋湾、椿泊沖では波浪の影響を受けにくいと、津波等が対象になってくるというところ。

続きまして、海部灘に関しましてですけれども、こちらでも県南の太平洋に面したエリアでございまして、最も波浪の条件の厳しい沿岸となっていて、過去にも大きな津波を経験してござい

て、今後も南海トラフ地震の対応で対策を進めておるといところでございます。

このうち、うちの港湾エリアとして対応しておりますのは黄色い丸で示しましたエリアでございまして、合計78.6キロメートルというところでございます。今回は先ほど申し上げましたとおり、折野港海岸におけるグリーンレーザ適用事例について説明してまいりたいと思っております。

一応あまり今回の発表とは関係ないんですけれども、南海トラフ津波対策も鋭意進めておるといところございまして、国土交通省の補助を受けまして多数行っておるといところ。まず、1つ目の例としましては、浅川港海岸における浮上式の陸閘の整備、自動開閉式の陸閘となります。また、このほかにも既存の堤防の老朽化であったりとか液状化に対する沈下や津波波力に対応するための護岸の補強といったことも進めておるといところでございます。

(資料：No.7)

続きまして、改めて今回グリーンレーザを適用した事例について説明してまいります。

まず、対象施設の概要についてですが、こちらでも瀬戸内海の風波による海岸侵食を防止することとして、構造物背後の静音化のために設けられた離岸堤でございす。延長は0.53キロメートル、また、海岸の背後の防護対象には国道11号であるとか住宅群も控えておるといところ。構成するブロックに関しては、6トンの異形ブロックとしてジュゴンブロックを採用しておるといところ。

(資料：No.8)

改めてなんですけれども、離岸堤の変状連鎖と水中点検の今回の課題に関しましてです。

海岸保全維持管理マニュアルによる説明では、この左側の図なんですけれども、離岸堤の被災メカニズムといたしまして、波浪による前面海底の洗掘及び異常波浪の作用という大きく2つの要因と、また、それに続く現象を経まして被災がエスカレートしているという説明がなされます。今回のグリーンレーザ測定の適用範囲ですが、後ほど説明してまいりますけれども、海の濁度等によりその解像水深に制限がございまして、あくまで今回は堤体ブロック自体の変形とその周辺までの点検ということになっております。

改めてこの海域に関してなんですけれども、渦潮で有名な鳴門市に位置するものでございますけれども、ちょっと離れたところがございますので、比較的沿岸流が穏やかな専ら風波による影響というのが考えられております。

(資料：No.9)

続きまして、グリーンレーザを用いた点検フローに関しましてです。

大きく4つの流れ、プロセスからなっており、事前準備対策、UAVのレーザー計測、データ解析、完了といった流れでございます。特にUAVレーザー計測におきましては、手順といたしまして調整用基準点、検証点、評定点の設置、続きまして、大型機によるUAV搭載型グリーンレーザ計測、続きまして、データ解析におきましては取得データの点群化であったりとかフィルタリング、TIM、グリッドの作成といったことがプロセスとして必要となります。

(資料：No.10)

改めて点検手法の選定に関しまして、さっきのマニュアルに紹介されておりました複数の新技術や優良技術の中から現地条件に適した点検手法を4つ選出しております。この4つを比較検討した結果、計測に係る点検日数及び作業人員の大幅な縮減が期待できるUAVグリーンレーザによる三次元計測を選出してしております。特にこの特徴といたしまして、メリットとしては陸上部と水中部の同時計測により、一度に広範囲のデータ取得が可能である。また、作業時間及び作業人数の縮減ができる。デメリットといたしましては、機材の種類が少なく、導入・運用コストが高い、計測可能域は濁度に最も影響を受けるところがございます。

(資料：No.11)

改めまして点検手法の特徴につきまして、まず期待できる効果といたしましては、陸上部、水中部の構造物の高さや形状について一度に広範囲のデータ取得が可能である。また、危険な箇所、従来危険である箇所に関しましては効率的に安全性を確保した上で調査が可能である。また、条件といたしましては、水中部は高波、白波とか碎波とか濁りの影響があるところに関してはちょっと計測が困難になってくるというふうな特徴がございます。

データの測定点間隔は10センチ程度で、計測可能域は水深としては10メートルというふうになっておりますが、先ほどのような制限を受けて、水質条件によって変わってくるというところです。1日当たりの作業量がとても大きくて、1,000から2,000平米程度適用可能であるという特徴がございます。

(資料：No.12)

グリーンレーザの特徴に関してまた改めてなんですけれども、一般的なレーザースキャナに用いられる近赤外線は水に吸収されやすいという性質がありまして、水面や濡れている箇所の計測値は得られないという特徴があります。これに対して、今回のグリーンレーザというのは近赤外線よりも波長が短いグリーンレーザという532ナノメートルの波長のものの光に関しては水に吸収されにくい性質があるため、陸上部だけでなく海底面の地形に対しても計測が可能であると。測深可能な深さに関しては、水中の光のレーザーの散乱、減衰、反射の作用によって決まりまして、濁度の影響が一番大きいというところがございます。透明度の1.5倍から2倍、最大水深15メートル程度の測深が可能であるというふうにされております。

(資料：No.13)

UAVグリーンレーザの仕組みに関しまして改めて説明します。

まず、ドローンのGUSの位置測量と慣性制御機構による位置や姿勢を観測しながら飛行してしております。こうした情報を用いることで、レーザー受光情報を解析に利用してしております。

次に、ドローンからグリーンレーザを照射しまして、水面、海底から反射を観測するというものです。

次に、水に吸収されにくいという特性を持ったグリーンレーザは水中を進行しまして、海底で反射、水中で屈折しながらドローンのレーザー受光装置で観測されるというプロセスを経ます。当然解析におきましても、水中の屈折も考慮したような解析を行うこととなります。

(資料：No.14)

計測結果といたしましては、グリーンレーザ計測を実施した結果、本条件下において離岸堤の陸側部分では最大水深4メートル程度まで、離岸堤

沖側では最大水深 2 メートル程度の計測値が得られました。また、離岸堤周辺の濁度を計測したところ、9.51ntu が得られまして、相関図より読み取れる計測可能な深浅距離は 1.8 メートルであるということで、現場条件とおおむね一致するような結果となっております。

(資料：No.15)

計測結果でございます。

まず、標高で色分けされておりますが、画面の黄緑色の面が水面、オレンジ色になったところがブロック群というところでございます。

(資料：No.16)

このデータの解析作業を行いまして、海面情報を除去した結果がこの画面となります。

(資料：No.17)

横断面を抽出した結果に関してですけれども、この沖側の濁度が影響するのか、2メートル程度の水深までの解像度となっておると。陸側に関しては4メートルの解像度となっております。

(資料：No.18)

まとめといたしましては、離岸堤を構成する堤体ブロックの移動・散乱・沈下などの状況が点群情報で得られまして、高精度に可視化されるほか、健全度評価のために適切な測量結果を得ることができました。今回の成果では、離岸堤等の沖合施設の設置水深が深い場所への適用課題が残る結果となっております。UAV グリーンレーザを用いることで、従来手法の現場作業である船舶の接近による近接目視や潜水士による海中部の点検等が不要になるなど、工程及び人員の大幅な削減が図れるというところがございます。

(資料：No.19)

今後の課題としては、マルチビーム測深等と併せまして行うことで、またさらに広い範囲の測量を併せて工事に適用することができるというところと、まだまだ計器自体が国内メーカーは少ないもので、まだコスト面に課題があるというところで、今後そういうふうな市場動向も期待しているところがございます。

以上がドローンとグリーンレーザを用いた離岸堤の点検ということの発表になります。

(資料：No.20)

引き続きまして、ICT を用いた事業の最適化ということで説明してまいります。

今回、こちらの図なんですけれども、データ基盤、施設点検データベースの整備ということなんです、その意義というところを説明してまいります。

この図は業務フローとデータの流れということを示した図でございますが、縦軸は工事の各段階、横軸は事業の最適化・合理化というふうなことで効果を示したものでございます。データの流れとデータ活用による創造価値を整理したものでございます。最適化と洗練化という2つを分けたところの違いですけれども、洗練化・合理化というのが従来の点群測量であるとか 3DCAD やテレビ会話システムの導入といったものによって、技術導入による既存技術の最適化や効率化、自動化というのを図ることができる。事業の最適化ということに関しては、施工管理の自動作成とか事業計画の最適化といったデータを活用した判断や業務の最適化を図ることという意味があります。

この図に示すところとしては、DX、CIM による業務改革が上流工程等で統一規格でデータ作成することで、各段階で活用、更新されていくというふうなことでありまして、ソフトウェアや機材の導入により全工程で恩恵が得られるためには、統一的にデータを活用するデータベースであるとか IFC データの整備が必要になってくるという意味でございます。

(資料：No.21)

改めて、IFC データは何だという話なんですけれども、こちらは各施工段階でデータをやり取りする際の統一規格でございます、特徴といたしましては三次元データのモデルであるということと、部材別に特性が保存できるということでございます。従来、2D の CAD ではレイヤー単位の分類しかできなかったのが、いわゆる部材単位の分類ができるというものでございます。この画面は本県の岸壁のモデルを例として示したものでございますけれども、画面左側のツリーを見ていただくと分かるように、部材別に部材の一覧が表示されておまして、今は緑色で着色したように本体工を選択した状況でございますけれども、ちょうど右側のツリーのほうに部材ごとに属性情報を付加可能であるというふうなこと、点検結果の仕様や施工管理仕様等のデータが入れられるということが特徴ということが分かります。これに

より複雑な構造も三次元モデルにより理解しやすく、共通データ規格として異なるソフトウェア間でデータの活用が可能であるというふうな特徴でございます。

(資料：No.22)

改めて、施設点検データベースの整備ということに関してなんですけれども、背景といたしましては、施設数が膨大で点検も複数回行っており、情報の集約・整理・活用に壁があるというところで、加えて補修履歴や各施工管理データの補完や事業計画の作成等に活用していく上で今後もデータがあらゆる分野と階層で増えていくというところでもございまして、GISを用いた活用環境、そういったデータの活用環境をつくったというところなんです。

(資料：No.23)

システムの構成につきましてですけれども、3つのプログラムのサービスで構成されておりました、既存のデータベース及び既存のGISのソフトウェア、これはフリーソフトですけれども、このGISソフトウェアの中にプラグインという形で既存の資料整理を行えるようにプラグインを作ったというところで、Python言語により作っておりますというところなんです。

(資料：No.24、25)

データベースの特徴というのとエクセルのデータの違いというので、特に大きいデータを扱うにはこういうデータベースというサービスを使ったほうが良いという話です。

(資料：No.25)

こういうふうな画面になりまして、後ほどまた動画は時間があるときに紹介させていただきます。

(資料：No.27)

こういうふうなデータベースを使ったことの活用案について最後ですけれども、個々の施設や部材ごとの変状進行や補修タイミングを最適化した計画の策定の自動化ということを考えています。課題としては、事業化の優先度を決める際にいわゆる施設の劣化度の判定を総合評価判定を採用することに現状なっておるんですけれども、個々の部材ごとに劣化の進行の程度であるとか緊急度とか、そういうようなことはまた異なってくるというので、そういう構造物の部材ごとに最適な補修

タイミングとかを取って、最適な補修計画を立てるというふうなことを自動化したいというところでもございます。

以上が施設点検データベースの整備ということに関しての説明です。

(資料：No.28)

最後ですけれども、那賀川総合土砂管理会議、那賀川流域の漂砂対策といたしまして紹介いたします。

冒頭でも申し上げましたが、徳島県は大河川の吉野川、那賀川からの漂砂や沿岸流や波浪の影響を受けまして、海岸侵食や航路堆積が生じております。これについて、那賀川流域における那賀川総合土砂管理検討協議会におきまして、上流ダムから下流の海岸に至るまでの総合的な管理を検討しておるというところでもございます。

改めて那賀川なんですけれども、その源を剣山に発しまして、西から東に流下し、紀伊水道に注ぐ延長125キロメートル、流域面積880キロ平米に及ぶ県内第2位の河川でもございまして、上流部の山地は全国屈指の多雨地帯でもございまして、年間降雨水量が3,200ミリに及びまして、特に上流域においては治水・利水を目的とするダム群がございしますが、この上流で急峻な地形や脆弱な地質と多雨地帯が相まって土砂崩壊を生じまして、ダムの貯水池で土砂の堆積が課題となっております。

一方、下流におきましては、ダムにより土砂供給が減少しまして、一部海岸への侵食が生じているといった状況でもございます。港湾海岸における影響といたしましては、航路内への堆積等もございまして、こうした状況に対しまして、那賀川流砂系における土砂動態の問題解決に向けまして、こういった協議会を運営しておるというところなんです。

(資料：No.29)

特に土砂の海岸域における土砂供給の減少と侵食の状況ということに関しまして、海岸の今津・坂野地区海岸ですけれども、こちらは水管理国土保全局管轄の海岸でもございますが、那賀川の左岸側、北側に位置しておりまして、過去の汀線変化についてこれは説明しておるものでございまして、昭和22年以降も突堤群を設置したにもかかわらず、やはり一部海岸線の侵食が進んでおるというところでもございます。

(資料：No.30)

続きまして、港湾への影響といたしまして漂砂解析の結果を示しておるんですけども、那賀川下流からの土砂の漂流により堆積が進んでいるというふうな結果が分かります。これらの土砂管理の課題に関しましては、技術検討会のほうでは侵食域と供給域でサンドバイパスする等によって侵食対策につなげるという方針を検討されております。

(資料：No.31)

まとめといたしましては、今後も業務効率化や予防保全事業のコスト縮減等の課題に関しまして、新技術の導入や幅広い環境変動を踏まえた対策を展開して、豊かな海岸環境の創出に取り組んでまいりたいということでございます。

磯部 雅彦

全国海岸事業促進連合協議会 会長

皆様、長らく会議への聴講、どうもありがとうございました。また、お疲れさまでした。

今日は1題の基調講演、それから、4題の事例報告をしていただきました。

(資料：No.1)

まず、一番の問題のきっかけとしては、海岸保全事業、これまでは大成功であったわけですが、現状で約1万キロある海岸保全施設の有効延長を50年で更新をしていくというようなことも頭に置いたときに、毎年200キロは何か更新なり修繕なりをしていかなければいけない、これをどうするか。さらに気候変動の問題もあって、それをどうしていくのかというのが問題提起ということになるんだと思います。

それに対して佐藤先生からは海浜の長寿命化というのがとても大事で、それが海岸保全施設を長寿命化することにもなるんだというお話があり、また、具体的に高知海岸を調査した経緯など細かいところまで教えていただきました。UAVを使った遠隔リモートセンシングによっていろいろなことが見えてくるということが分かったかと思います。いろいろな地方自治体で海岸管理者として海岸を視認する、見に行くということはあると思います。そのときに例えば結果として堆積しているところが礫で、侵食されているところが砂なんだというような、これまでの常識とは異なることも根拠を示していただき、こんなことになっているということを教えていただきました。

また、コンクリートを使わない海岸保全ということが重要になり、それに対して事例として宮崎海岸あるいは静岡清水海岸などのところも教えていただきました。これは間接的に佐藤先生の最初の表現によりますと、歯を維持するよりも歯茎の問題である、こういうことで歯茎に相当するところが海岸だというようなお話をいただいたかと思います。

(資料：No.2)

続いて、4方に事例報告をしていただきました。

最初に、桐さんからは農業水利施設を中心にし

て、UAVを使った点検の効率化を図ることができた。実際に使ってみたところで手引きなども開発され、そこで地形や天端高の測定に成功したということでした。海岸管理者にとってみると、海岸保全施設がどういう状況にあるか捕まえるのは、今まで一つ一つ測定をするということになるとなかなか大変な作業になり、大変なお金もかかるということでもありますので、その辺のところを非常に効率化してできるようなやり方が開発されたという事例報告であったかと思います。この技術は、かなりいろいろなところで普及し始めているので、これからますます使われるようになっていくのではないかとこのように感じました。

また、野間口さんからは海岸線の管理というテーマの下でSAR衛星の小型衛星コンステレーションのお話をいただきました。特にマイクロ波は能動的にマイクロ波を照射して、それで返ってくる反射を捉えていくものなので、いろいろなデータ処理によっていろいろな情報が取り出せるという可能性を持ったものだと思います。高さもそうです。したがって、波高なんかも測れるようになるのかいろいろな可能性を持っている技術ではないかと思います。その今後の見通し、今後の期待などについて非常に高いものを感じさせる、そういうことを教えていただきました。

(資料：No.3)

また、3番目の陸開ですけれども、陸開は非常に重要なテーマで、東日本大震災のときも陸開を閉めに行くというような方、消防団を中心とした方々が被災されるというようなこともあって、これを自動化するというのが一つの大きなテーマです。その取りかかりとしてLPWAの通信を使うことがあり、私の頭で覚えているのは、より安く非常に効率的にデータを取ることができるといことで、社会実装が非常にしやすい技術を開発されたということだと思います。こういうことをさらにこういったより実装しやすい技術を開発するということを展開すれば、自動的に陸開を閉めるというようなところまで進んでいくこともできるんだらうというようなことも感じました。

また、最後の石本さんからは全体の最適化という言葉が私の頭には非常に強く残っていき、いろいろな技術的なことを徳島県で応用しているというふうなお話も受けました。UAVとグリーンレーザによる離岸堤の三次元測定であるとか、あるいはデータベースの構築であるとか、最後には那賀川流域の総合土砂管理に関連して土砂動態のお話もいただきました。こういったことを現場でされながら、最終的に維持管理を全体的な観点から合理的にやっていくというふうなことの大事さというものも教えられたと思います。

(資料：No.4)

今日のテーマは海岸保全施設の維持管理、長寿命化ということでありましたけれども、これをやっていくためには、やはり大きな支障となるのがコストであり、人であるというふうなことでありまして、それを全体を通じて報告を受けたのがデジタルトランスフォーメーション、DXの重要性ということであって、その中にはIoTという言葉もあり、ICT、あるいはエクスピリットなことまでは出ませんでしたけれども、センサーの技術、こういうものを組み合わせながら、いかに検出をして、検出した情報を送っていくのか、こういったことが非常に重要になってくるというふうに思います。

それをやっていくときに、特にIoTという概念もありますけれども、それと同時にリモートセンシングという遠隔からの監視というのも非常に重要な技術で、これについて特に具体的に基調講演と4つの事例報告の中で、UAVとRTK、GNSSの組合せであるとか、あるいは衛星とSARとの組合せであるとか、そういったものも紹介していただきましたし、また、LPWAという非常に安価に使える通信技術、これは海岸とかあるいは山奥とかいろんなところで使える技術だと思いますが、そういったものも応用するというふうなこともお分かりいただけたかと思います。

今後、いろいろな技術開発がされていくのだと思います。例えばインフラメンテナンス大賞というのがあって、今年は7回目になりますけれども、今年からは内閣総理大臣賞というのも与えられるということになり、様々な新しい技術がこれから開発されていくんだと思います。そういうことをぜひ現場を担当しておられる方々には、その

技術開発に着目、注目をさせていただいて、新しい効果的で便利な技術を取り入れて実装していただく、あるいは取り入れて利用していただくというふうに努めることによって、維持管理に係るコストと人手を少なくしながら、割り算したら年間200キロという海岸保全施設をいかに有効にし続けていくのかという課題に立ち向かっていただきたいということを感じた次第でございます。

今年度の第27回海岸シンポジウムは、維持管理、長寿命化ということをやテーマにしてお話をいただきましたけれども、まだまだこれで全てということにはならないと思いますが、非常に大きなきっかけとして重要なことを教えていただいたかと思っております。聴講された皆さんがぜひこれをお持ち帰りいただいて、明日からの海岸管理に直接・間接に生かしていただければ、このシンポジウムの主催者としては大変光栄に思うところでございます。

それでは、長い間ご清聴どうもありがとうございました。これで終了させていただきます。

(了)

全国海岸事業促進連合協議会構成員

- 全国漁港海岸防災協会
- 一般社団法人 全国海岸協会
- 港湾海岸防災協議会
- 全国農地海岸保全協会