

iPad を使った環境モニタリングシステム” いきもの Note®”

鹿島建設	技術研究所	正会員	越川義功
鹿島建設	技術研究所		高山晴夫
鹿島建設	技術研究所		高砂裕之
鹿島建設	IT ソリューション部		高橋健一
鹿島建設	九州支店	正会員	林 健二
鹿島建設	九州支店		渡邊 洋
福岡県	五ヶ山ダム建設事務所		真崎信也
福岡県	五ヶ山ダム建設事務所		秋吉彩圭

1. 目的

ダム工事は、特に工事の範囲が大きく、工期が長期におよぶため、周辺環境に与える影響が非常に大きい。そのため、建設工事が周辺環境に対して与える影響の軽減対策については入念に検討がなされている。一方、建設現場の状況は工事の進捗によって目まぐるしく変化する。講じた環境対策の効果を着実に発揮させるには、状況に合わせた対策実施場所の変更や調整が必要であり、現場におけるモニタリングが不可欠である。

そこで、本稿では建設工事における環境モニタリングを支援するために開発した“いきもの Note”の概要について紹介するとともに、五ヶ山ダム堤体建設工事においての運用状況について報告する。

2. 現場における環境モニタリングでの課題解決にむけて

“いきもの Note”は、建設現場で導入され始めたスマートデバイス iPad を活用した、建設工事で使用する環境モニタリングシステムである。これまでも屋外で動植物の調査を行う技術者は、専門の GIS ソフトがインストールされた PDA 端末を用いてきた。しかし、これを取り扱うためには地理情報システム (GIS) の知識と GIS ソフトの操作の習熟を要する。そのため、繁忙を極める現場の技術者がこれを使いこなすことは事実上困難である。一方で、環境データを使える記録とするには GIS 化は不可欠であり、現場の関係者が GIS 等の難解な知識がなくても、現場巡視時に時間と場所を GIS 情報として簡単・確実に記録するシステムが必要となった。

表-1 に従来のモニタリングシステムと比較し、“いきもの Note”の特徴を示した。前述のとおり、従来システムよりも操作性が改善したことに加えて、ハードの処理速度が格段に速くなった。これにより PDA では困難であったデータ容量が大きい CAD 図の表示がスムーズになり、図面の閲覧を現地で行えることで建設現場での利用価値が高まった。また、位置情報を取得する内蔵 GPS の精度も数m~数十mと市販の GPS レシーバと大きく変わらず、内蔵カメラの解像度も5メガピクセル相当とコンパクトデジタルカメラと遜色がないことから、iPad を環境モニタリングツールとして利用する場合の制約条件はほとんど見当たらなかった。

表-1 開発したモニタリングシステムの特徴

	従来方法 (PDA 利用)	いきもの Note (iPad 利用)
画面操作入力	複雑・難しい	簡単・やさしい
表示の見易さ 処理速度	わかりにくい 時間を要する	見易い すばやい
プレゼンテーション	そのままでは不可能	直感的・理解し易い
写真など データの保存	内部ストレージのみ	内部ストレージ クラウドサーバー
ベースマップ (CAD データ)	一部利用可	利用可
GIS 専門知識	必要	不要

キーワード 五ヶ山ダム, 自然環境, ビオトープ, いきもの Note

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設技術研究所 地球環境・バイオグループ TEL042-489-2111

そこで、iPad の保有する機能を活用して、写真画像や位置情報などのデータを GIS の電子地図上へマッピングする専用アプリを開発するとともに、クラウドサーバーへのデータ転送および処理プログラムを連携させることで、環境モニタリングシステム“いきもの Note”を構築した。

3. システムの概要

動植物・環境モニタリングシステム“いきもの Note”は iPad が保有する GPS 機能を活用し、確認した保全対象の動植物の位置（緯度・経度）、写真、現地状況を GIS ベースで専用アプリを用いて iPad に記録する一連のシステムである（図-1）。本システムは以下の3つにより構成される。

- ① 動植物・環境データの入力に使用するタブレット
端末 iPad
- ② 収集したデータをクラウドサーバーに伝送し、わかりやすく表示する専用アプリ
- ③ 各種データを蓄積し、変換処理を行うクラウドサーバー

本システムでは、現場で使う iPad、事務所や本社で使う PC をクラウドサーバーと連携することで、環境保全対策を実行するうえで重要な“いつ・なにが・どこで”といった基本データを効率的に収集できる。



図-1 “いきもの Note” システム概念図

4. システムの使用方法

（1）システムの運用方法

図-2に“いきもの Note”の運用フローを示す。運用前の準備段階として、iPad 上で使用する電子地図（ベスマップ）データ作成、調整を行う。“いきもの Note”では、工事区域の全体計画図などユーザーが必要な情報をベスマップとして搭載できる。具体的には CAD データを元に作成し、これらの地図データをクラウドサーバーへアップロードすればよい。実際の運用段階として、現場の担当者は専用アプリ“いきもの Note”をインストールした iPad を携行し、アプリを起動させ環境モニタリングを実施する。さらに、調査で得られた写真等のデータをクラウドサーバーへ転送処理する。

この処理だけでモニタリングの実施、記録の保存が完了する。現場から離れた場所でも登録した関係者はデータの閲覧が可能である。クライアントソフトをインストールした PC を使い、クラウドサーバーへアクセスする。そして、モニタリングの実施状況、得られた情報の確認を行い、追加調査のリクエストやビオトープ等の管理指示を行う。なお、使用した機材は、iPad (Wi-Fi+ Cellular type 32GB、iOS ver. 6) である。GPS 機能を有している機種は Wi-Fi+ Cellular type のみであり、iPad の機種選定の際には注意が必要である。

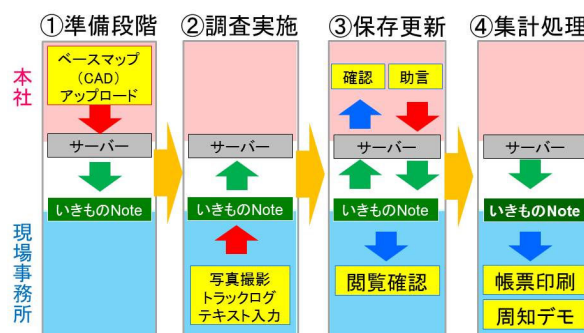


図-2 “いきもの Note” 運用の全体フロー

（2）システムの具体的な使用方法

“いきもの Note”は、専門家であっても現場の担当者が、直感的に簡単に使えるわかりやすいシステムとした。以下に、その具体的な操作手順を述べる。

a) 調査実施

モニタリング開始前に“いきもの Note”を起動し、使用するベスマップを選択し、ON/OFF で表示させる。

調査開始時には、画面上部の調査開始をタップ（長押）する（図-3）。この時点から調査が開始され、調査終了まで一定時間ごとに現在地の認証を行い続ける。これにより、画面上には▲で現在地がプロットされ、調査を行った時間と場所の軌跡がトラックログとして内部ストレージに残っている。

b) 写真撮影およびテキスト入力

モニタリング調査時に現場で捉えた記録すべき状況、動植物について記録を行う。記録は当該地点を地図上でタップし、iPad の内蔵カメラで撮影する。次の段階で、画面右側に画像表示エリア、名称、属性、メモの入力フィールドが表示される。カメラマークをタップすると内蔵カメラが起動する、撮影終了後写真データ、入力したテキスト情報と共に、撮影された時間及び位置データ（緯度・経度データ）が自動で iPad 内部メモリに保存される。なお、名称、属性は検索機能で探索できるため、膨大なデータから写真データを探すキーワードの入力が望ましい。画面上に撮影を行った場所は●で表示され、その場所で記録データが存在することを示している（図-4）。

c) 調査終了およびデータ転送と処理

モニタリング調査終了時に、画面上部の調査終了をタップ（長押）する。その時点で位置情報のロギングが終了する。そして、画面左上の「更新」に数字が表示される（図-5）。この数値は未転送のデータセット数をしており、「更新」をタップすると転送処理が開始される。転送処理が終了すると画面上の●の色が変わり、クラウドサーバーへ転送、保存されたことを示している。保存された各種データはクラウドサーバー上で一元化され、さらに必要に応じて変換処理される。調査データは、画面左側の検索画面で日時の範囲を指定すれば、該当した調査日時の調査データ（GPS、ポイント）が表示される。●の地点をタップすれば、そこに保存されていた写真、テキストデータが表示される（図-6）。

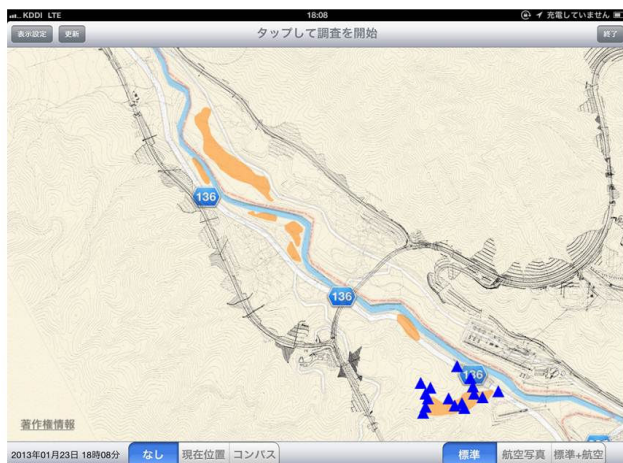


図-3 調査開始時のトラックログ表示状況

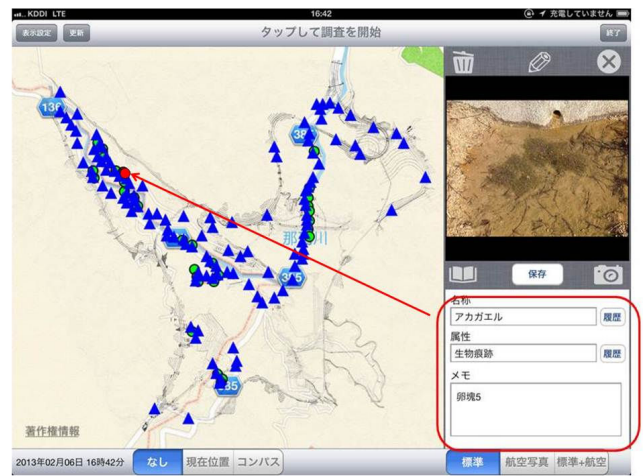


図-4 データの記録、撮影時の表示画面



図-5 調査終了時の転送処理と表示状況



図-6 調査終了データの確認時の表示状況

また、クラウドサーバー上に保存された調査データは iPad だけではなく、クライアントソフトをインストールした PC によって事務所でもデータの閲覧、保存が可能としている。

5. 五ヶ山ダムでの運用実績と効果

五ヶ山ダムは福岡県那珂川町五ヶ山で施工中の重力式コンクリートダムである。ダム建設地および周辺地域は豊かな自然環境に恵まれた地域であり、以前は山間に整備された里山環境が形成されていた。里山は生物多様性の保全上、その重要性が明らかにされている。そのため、これらを構成する動植物はダム完成後まで保全できることが望ましい。そこで、本工事では動植物の保全対策の一部として、毎日工事区域内にいる現場職員が継続的にモニタリングを行うとともに、消失もしくは荒廃した耕作放棄水田の里山環境への復元整備を実施した。特に、湿地環境への整備は、工事中における動植物の生息場所の代替と当地の生態系上位種である猛禽類サシバの餌場確保につながり、生態系保全の面でも重要である。

(1) “いきもの Note” による環境モニタリング

五ヶ山ダム建設工事では、環境に関するモニタリングを工事区画内で毎日行い、記録を残している。特に、日々変化し続ける工事区域内における環境情報は、データを継続して取り続けることが最も重要である。

写真-1 に現場でのモニタリング実施状況を示している。現場職員は専用アプリをインストールした iPad を常時携帯し、モニタリング時にはアプリを起動させ、現場内を巡視している。また、本社からはモニタリングの箇所をマップ上に示し、現場との連携により、撮るべき時期に、撮るべき場所で環境上重要な記録を取り残すことがないようにしている。



写真-1 現場における環境モニタリング状況

(2) モニタリングデータの管理および処理の簡略化

五ヶ山ダム建設工事でモニタリングによって得られたデータは、着工前から 2014 年 6 月までに 1200 データセット以上となり、全てのデータがクラウドサーバーに保存されている。通常であれば、集積されたデータは非常に膨大であり、管理が行き届かなくなる可能性がある。しかし、“いきもの Note” では全てに日時、名称、属性によるタグがついているため、クライアントソフト上で簡単に取り出すことができる。これにより、効果的なデータ管理ができ、モニタリングデータを環境情報としての有効活用するためのプラットフォームとなっている（図-7）。



図-7 調査データの検索画面

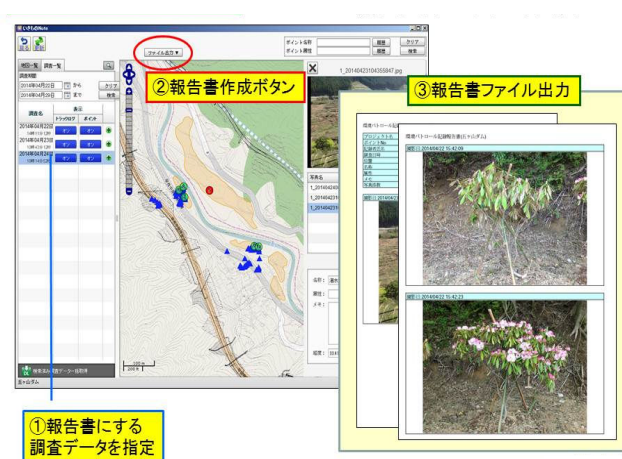


図-8 調査データの帳票出力の表示状況

また、“いきもの Note”では、環境パトロールのルート情報や写真などを現場からクラウドサーバーに直接データを転送するため、従来、現場事務所で行っていたデジタルカメラからの画像データ取り出しや加工の必要が無くなった。さらに PC 側でデータ管理を行うため、クライアントソフトには報告書作成機能を付加させている。具体的には、iPad と同様に日時の検索機能を使って調査データを表示させ、〔報告書作成〕を起動させる。表示されていた調査データは、図-8 に示すようにトラックログと写真撮影場所が表示された地図と、撮影した写真の jpg 形式のファイルを報告書フォーマットに収めた帳票形式で出力される。これにより、記録作成等の準備、調整が不要となり、業務での負担が大幅に軽減されている。

（3）動植物に対する保全対策管理

五ヶ山ダム建設工事では、環境保全対策工の一環としてビオトープの復元やエコスタックを設置し（図-9）、定期的にモニタリングを行って状態や効果を把握、記録している。

写真-2 に工事区域に復元したビオトープの状況を示す。工事区域はもともと山間部に形成された里山（小川内集落）であり、人為的に管理された水田が広がっていた。しかし、集落の集団移転により耕作が放棄されて荒地となったものを整備し、カエルやトンボの生息地、サシバの餌場として機能させることを意図している。また、写真-3 に示したエコスタックは、伐採等によって雑木林が減少し、少なくなった昆虫類の生育場所を提供することを狙って設定している。

復元したビオトープやエコスタックは季節によって状況が変化し、除草作業の実施など維持管理作業が必要になる。そこで、その実施のタイミングは、本来であればビオトープ管理士等の資格を保有する自然環境に精通した技術者の経験に頼るところが大きい。しかし、現場の技術者ではその判断が難しい。しかし、五ヶ山ダム建設工事では環境モニタリングによって逐次、画像が記録され、クラウドサーバー上で共有されている。そのため、これをもとに知識と経験を有する本社の技術者がビオトープの状況を判断し、維持管理に対する適切なアドバイスを与えている。

写真-4 に工事区域内で確認された希少動植物の一例を示した。施工前の現況調査において湛水予定地内でオオミズゴケ（準絶滅危惧）が新たに発見されたほか、復元されたビオトープにおいてブチサンショウウオ、トノサマガエル、ガムシ、コガタノゲンゴロウ、シャジクモ等の環境省レッドデータブックで指定されている希少な動植物が確認されている。

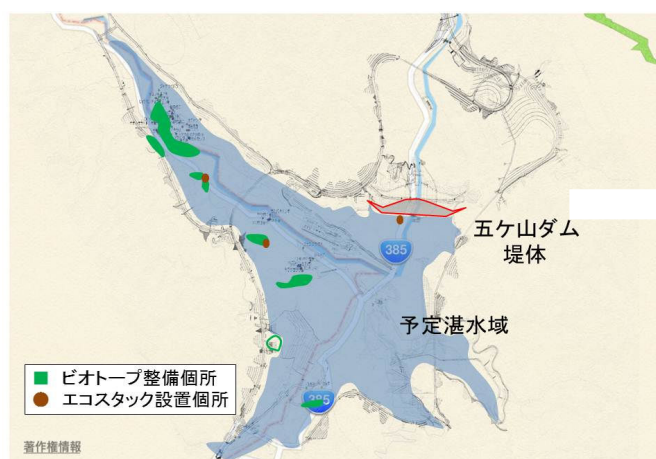


図-9 ビオトープおよびエコスタックの設置箇所



写真-2 工事区域内に復元したビオトープ



写真-3 伐採木を利用したエコスタック



写真－４ 復元したビオトープでのモニタリングによって確認された希少な動植物

(上段左より；オオミズゴケ，シャジクモ，ガムシ，下段左より；コガタノゲンゴロウ，ブチサンショウウオ，トノサマガエル，環境省 RDB；環境省レッドデータブック，VU；絶滅危惧Ⅱ類，NT；準絶滅危惧種)

五ヶ山ダム建設工事では，環境手帳に掲載された希少動植物を工事区域内で確認した場合，発注者に報告しなければならない。これらの動植物はそれぞれ発見した時点で，“いきもの Note”によって発見日時，場所，画像が調査データとして記録，保存されている。これにより，発注者への希少動植物の発見報告としての利用だけでなく，ビオトープ整備効果のわかりやすいPRにもつながる。

また，これらの事実はビオトープ設置が環境保全対策として有効であることを示すとともに，今後の湛水予定地内における動植物資源の保全措置を検討するうえで重要なデータとなる。具体的には，現在の復元ビオトープで得られた検証データは，常満水位上部に設置が計画されているビオトープの理想形であり，保全すべき動植物の選定や設計条件に直接反映できる。これによって，五ヶ山ダム建設によって生じる周辺の自然生態系に対する急激な環境変化の影響低減に寄与する。

6. おわりに

動植物に関わらず環境に関するデータは，日時や場所が確実な画像とともに，そのデータの連続性や体系化が情報に価値を与える。現在，五ヶ山ダムは2016年3月の供用開始に向けて堤体建設が進められており，その間も工事中の環境モニタリングは継続する。現在，環境保全対策として実施している休耕田のビオトープへの復元やエコスタックは時間経過とともに効果が現れているが，設置に当たっては費用対効果や性能保証といった課題も存在する。そこで，さらにビオトープやエコスタックの効果に関するデータを継続的に取得することにより，土木工事における環境対策の計画立案が充実したものになる。また，建設工事における環境モニタリングデータは発注者，施工者いずれにとっても重要なものであり，数が集まるほど情報に価値が出てくる。そのためには，多くの現場で本システムを導入し，これらのデータ体系化が図られることが望ましい。

参考文献

越川義功ほか：スマートデバイスを使ったダム建設工事における自然環境保全対策管理と保全効果，第69回土木学会年次学術講演集，VI部門，633-634（2014）