

小型衛星を用いた準リアルタイム地球観測システムの検討

鈴木健治[†] 若森弘二[‡] 加藤博憲[‡] 小元規重[‡]

[†] 情報通信研究機構 〒184-8795 東京都小金井市貫井北町 4-2-1

[‡] 有人宇宙システム株式会社 〒277-0882 千葉県柏市柏の葉 5-4-6 東葛テクノプラザ B-308 号室

E-mail: [†] bt_kenji@nict.go.jp, [‡] {wakamori.koji, kato.hironori, omoto.norishige}@jamss.co.jp

あらまし 準リアルタイムに衛星からの観測データを得られる災害監視システムが求められている。防災・減災システムの構築のための基礎検討と通信ネットワークに関連する分野の研究開発を行うとともに、その実証実験として S バンド地球局を整備し UK-DMC 衛星を用いて撮像した観測データをダウンロードし画像解析を行った。地上分解能 32m でも災害時のみならず利用可能な分野の検討を実施した。また、NASA に協力して行った DTN 実験について述べる。

キーワード 小型衛星, UK-DMC 衛星

Near Real-time IP Based Disaster Imaging Data Acquisition System Using a Small Satellite

Kenji Suzuki[†], Kouji Wakamori[‡], Hironori Kato[‡], Norishige Omoto[‡]

[†] National Institute of Information and Communications Technology

4-2-1, Nukui-kitamachi, Koganei-shi, Tokyo, 184-8795 Japan

[‡] Japan Manned Space Systems Corporation B-308, Toukatsu Techno-Plaza,

5-4-6, Kashiwanoha, Kashiwa-shi, Chiba, 277-0882, Japan

E-mail: [†] bt_kenji@nict.go.jp, [‡] {wakamori.koji, kato.hironori, omoto.norishige}@jamss.co.jp

Abstract This paper describes about a study of disaster monitoring system using the UK-DMC satellite that is one of satellites constituting disaster monitoring constellation. We need satellite constellation to take images in a short time when a disaster occurs. As a result of study, we succeeded to download an image file from the UK-DMC satellite on the NICT earth station, to analyze downloaded images.

Keyword Small Satellite, UK-DMC

1. はじめに

発生予測が困難な自然災害は、高度に発展した文明社会においても脅威である。アジア太平洋地域は激甚災害の多発地域であり、発生件数で世界の約 4 割、死者数、被災者数の 8 割以上、被害額で約 5 割といわれている。また、これらの被害の大半が低・中所得国に集中しており、これらの国が単独で防災・減災のためのシステムを構築することはきわめて困難である。現在社会的にも求められている次世代の安心・安全 ICT 技術のひとつとして、極めて低コストで準リアルタイムに衛星からの観測データを得られる災害監視システムが求められている。防災・減災システムの構築のための基礎検討と通信ネットワークに関連する分野の研究開発を行うとともに[1], その実証実験として S バン

ド地球局を整備し小型衛星群による災害監視衛星の内 UK-DMC 衛星を用いて撮像した観測データをダウンロードし画像解析を行った[2]. 地上分解能 32m でも大規模な災害時のみならず平時に衛星画像を利活用するため、農業及び林業等への適応可能性を検討した。また、センサーの高分解能化に伴い大容量撮像データが 1 つの地球局でダウンロードし切れない場合に、次のパスを待つのではなく、引き続き別の地球局にハンドオーバーして残りのデータをダウンロードし、準リアルタイムに撮像データを取得する DTN 実験を NASA に協力して実施し成功した[3]. さらに、将来の具体的なサービスに結びついた災害監視のための小型衛星システムの検討結果や今後の実験計画についてもふれる。

2. UK-DMC 衛星を用いた実証実験

小型衛星群による災害監視を行なう地球観測衛星システム DMC(Disaster Monitoring Constellation)は、サレー大学発の企業 SSTL 社が 5 カ国とコンソーシアムを作り DMCii 社によって運用されている。高度約 700km の太陽同期準回帰軌道に等間隔で 5 個の衛星をコンスタレーションすることで同じ所に対して毎日 1 回の可視観測を可能としている。その中で唯一 IP ルータを搭載[4]している UK-DMC 衛星を用いて独自に S バンド地球局を整備し、大規模災害発生地域の撮像・直接ダウンロード及び画像処理を行った。災害監視を目的とする小型衛星システムを構築する上で重要と考える災害が発生していない平時における衛星の稼働率を上げるため、農業・林業等への利活用として、地上分解能 32m の粗い画像であってもその用途を選べば利用可能であるかの検討を実施した。また、センサーの高分解能化に伴う大容量撮像データのダウンロードの方法の一つとして、限られた回線において 1 つの地球局でダウンロードし切れない場合に次のパスを例えば 90 分後を待つのではなく、引き続き隣接する別の地球局にハンドオーバーして残りのデータのみをダウンロードし、ファイル全体をダウンロードすることによって準リアルタイムに撮像データを取得する DTN 実験を NASA に協力して実施した。さらに高分解能化された UK-DMC2 衛星の直接受信検討について述べる。

2.1. S バンド送受信地球局整備

SmartSat-1 搭載用再構成通信機の宇宙実証のために、地球局を 2006 年 NICT 小金井に整備した[5]。これに衛星を追跡するためのプログラム追尾機能を追加し、さらに UK-DMC 衛星用地球局として使える様に改修を加えた。図 1 にアンテナ外観、図 2 に室内装置外観を示す。また、表 1 にその主要諸元を示す。UK-DMC 衛星で撮像データをダウンロードするためには、基本的に IP ベースの FTP となっているため 8Mbps のダウンリンクに対して ACK, NAK を返すため 9600bps のアップリンクが必要となる。



図 1 2.4m アンテナ外観



図 2 室内装置外観

表 1 S バンド送受信地球局主要諸元

マウント方式	X-Y マウント
最大駆動角速度	10deg/sec
ビーム幅	約 3.5deg
追尾方式	プログラム追尾
送信周波数	2,025~2,120MHz
受信周波数	2,200~2300MHz(実力値:2,220~2,320MHz)
偏波	受信:左旋円偏波,送信:右旋円偏波
アンテナ利得	30.6dB 以上(直径 2.44m)
追尾角度精度	0.2deg rms(最大瞬間風速 20m/s)
HPA 送信出力	36dBm(4W)以上

2.2. 災害利用

(1) 2008. 9/2~3 に発生した三重県集中豪雨によって御在所岳北側斜面を中心に多数の土石流被害が発生した。2008.12 時点で復旧を完了していない箇所を 12/4 に撮像し、画像から識別可能な被害箇所の現場状況及び被害規模の概況を確認したところ、災害現場の崖崩れは幅 50m 以上で長さ数 100m にも及んでいた。図 3 に撮像した災害現場周辺の画像を示す。御在所岳北側に崩落痕跡が確認できる。これにより幅約 40m、長さ 50~60m 以上の広域崖崩れであれば 32m 分解能であっても災害現場を特定でき、毎日の撮像が可能な DMC 衛星群は人が入って行けない山奥の災害状況の把握するために十分有効であると考えられる。



図 3 崩落現場(2008.12/4 撮像)切出し画像

(2) 山口県防府市で発生した(2009.7/21)土石流の状況をとらえるため 2009.12/22 に撮像したが、雲及び降雪によって解析できないままであったが、2010.8/19 に撮像した北九州の画像に防府市も入っており、復旧作業が手付かずのままだった土石流の痕跡を確認できた(図4)。

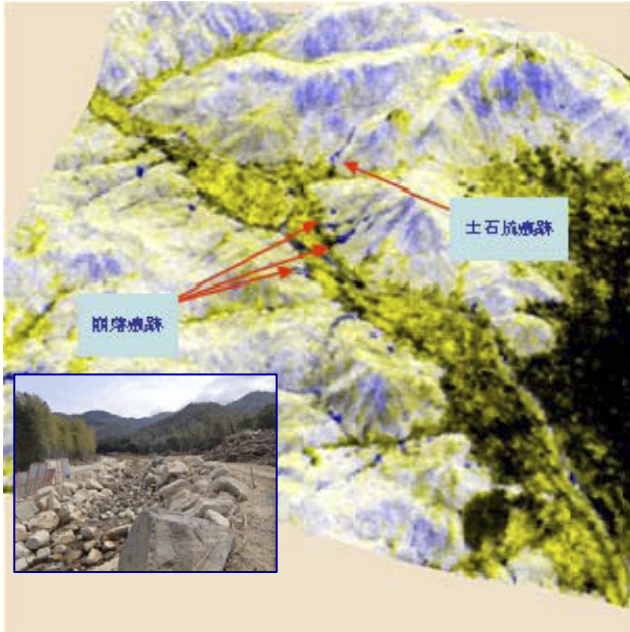
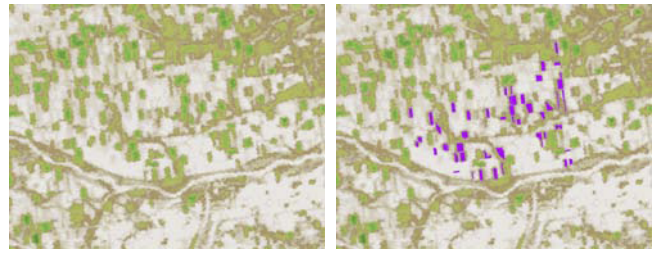


図4 土石流痕跡エリア 3D表示 (2010.8/19 撮像)

2.3. 農業利用

(1) 北海道 JA 芽室では H13 年度から SPOT 衛星画像(分解能 10m, 観測幅 60km)の植生指数(NDVI)数値を用いて小麦の生育状況を把握し、最適刈入れ時期を推定するための収穫収集システムを採用している。ここで問題となるのは天気が良い日に衛星が廻って来て(回帰日数 26 日)撮像できるかどうかである。UK-DMC 衛星では地上分解能が 32m と低く細長い圃場では十分な予測をできないが、DMC 衛星群の様に毎日撮像可能でしかもコストが安い画像を提供できればビジネスチャンスに繋げられる可能性がある。図5に、UK-DMC 衛星を用いて撮像(2008.10/17)した芽室地域における甜菜畑の NDVI 画像及び JA 芽室の協力により圃場図を重ね合せた画像を示す。収穫直前の甜菜の葉に含まれるクロロフィルの活性度を示す NDVI が 32m 分解能の UK-DMC 衛星でも十分計測できていることが分かる。

(2) 図6に示す福岡県の茶畑の植生活性状況を解析した結果、2010.8/19 撮像の茶畑の NDVI 値は 0.80~0.90 であるものが 2010.11/27 撮像の茶畑の NDVI 値は 0.55~0.65 と約 0.25 減少していることが確認された(図7)。これにより、茶畑毎の植生活性状況を広範囲で捉えることが可能であることが分かった。



甜菜畑 NDVI 画像 圃場図ポリゴン重ね合せ
図5 北海道芽室甜菜畑 NDVI 解析結果

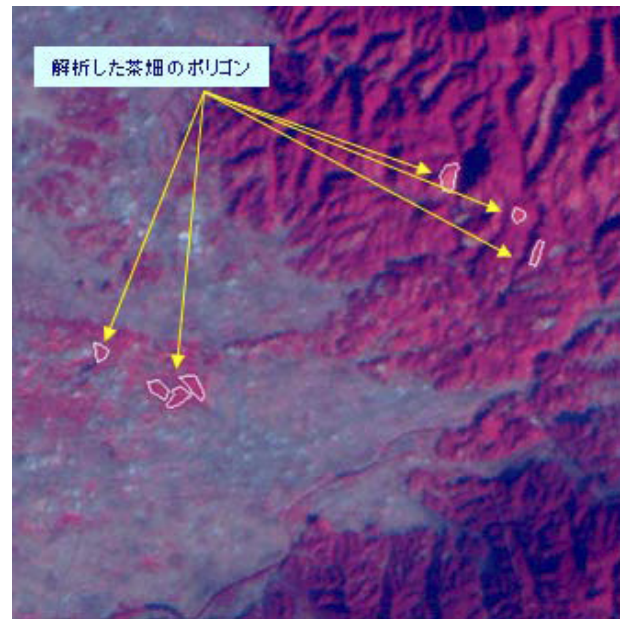


図6 福岡県茶畑の抽出ポリゴン

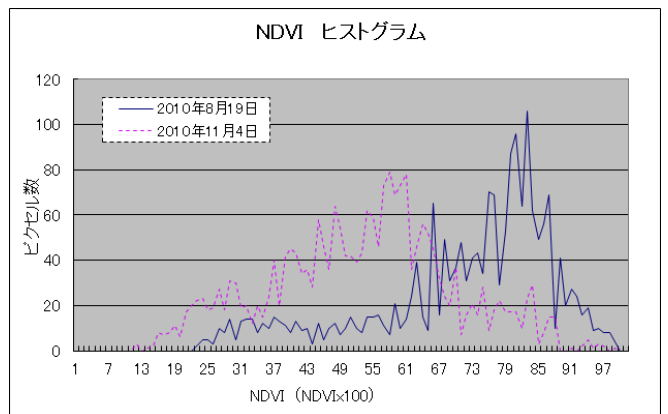
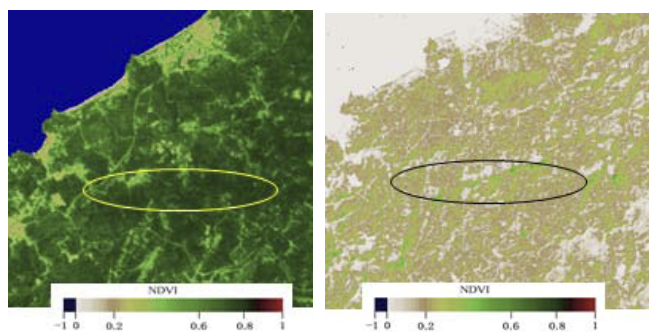


図7 8月と11月の茶畑の NDVI 比較

2.4. 林業利用

(1) 広域森林植生を識別するため、春と落葉後の季節に撮像を行い NDVI 解析すれば針葉樹林か落葉樹林であるかの分布を知ることができる。図8に島根県浜田市付近の NDVI 解析による広域森林植生分布状況を示す。



2004.5/7 撮像 2008.11/27 撮像

図8 NDVIによる広域森林植生分布

(2) 北九州を撮像した(2010.8/19 撮像)画像を解析し問題となっている大分県の急速に広がり続けている竹林の状況(図9)の把握にも適応可能であることが分かった。

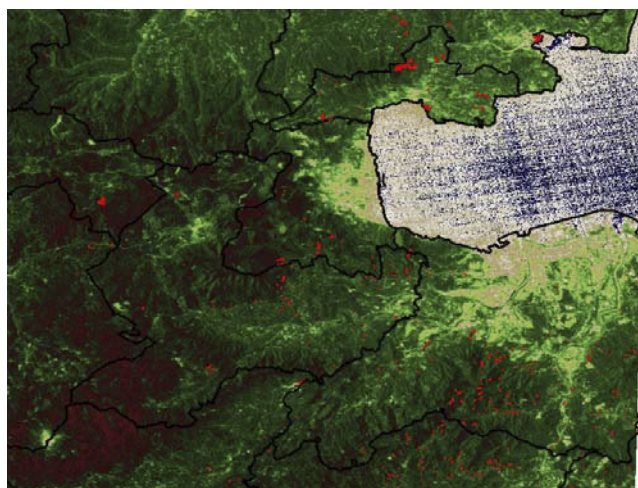


図9 NDVI画像上に重ねた大分県の竹林分布図

2.5. NASA DTN 実験

これまで NASA/GRC では UK-DMC 衛星を用いた DTN 実験を実施してきた[6]。一つの地球局の 1 パス 10 分程度の可視時間にダウンロードし切れない大容量撮像データについて同一局で次のパス(例えば 90 分後)を待つのではなく、別の地球局にハンドオーバーしてファイル全体を連続してダウンロードし、地上のインターネット回線を経由すればタイムリーなデータ取得が可能となる。今回 NASA/GRC に協力して DTN によるハンドオーバー実験を 2010.8/25 に実施した。図 10 に実験全体図を示す。実験ではパプアニューギニアを撮像した 107.86MB の大容量データを VNC (Virtual Network Connection) を用いてリモートでデータダウンロードソフトウェアを NASA/GRC から動作させ、NICT 小金井局(22:08~22:14 UT)及び SSSL 局(22:26~22:38 UT)で連続して受信し JGN2plus などのインターネットを介して NASA/GRC に転送することに成功した。

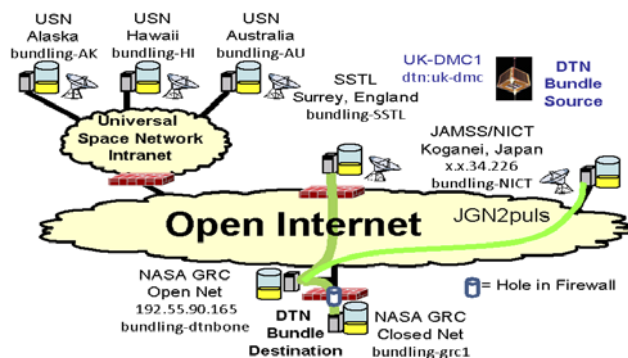


図10 NASA DTN 実験全体図

2.6. UK-DMC2 衛星画像受信に向けて

UK-DMC2 衛星の撮像データは地上分解の 22m とやや高分解能でありその利用価値は高い。ダウンリンクは Xバンドたれ流しとなっており予めスケジューリングされた撮像及びダウンリンクが可能である。NICT 小金井には受信専用の 11m アンテナシステム (S バンド, X バンド) があり、これに図 11 に示す装置を付加すれば 40Mbps または 80Mbps のデータレートで受信可能であり、処理ソフトウェアをバージョンアップすることにより画像データを取得することができる。

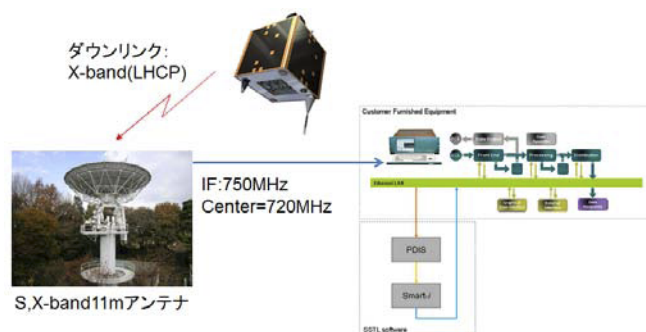


図11 UK-DMC2 直接受信構成図

3. 災害監視のための小型衛星システムの検討

地方自治体等防災関連ユーザへのアンケート調査を実施した結果、災害発生後 1 時間以内に現場全体の様子が把握できれば、救助その他の初動体制確保に役立つという結果が得られた。日本列島のどこでも災害発生時に、災害監視衛星システムとして平均で 1 時間以内の準リアルタイムにその地域を観測することが可能な小型低軌道周回衛星群として高度 687.4km、軌道傾斜角 98.137deg の太陽同期準回帰軌道の 10 の軌道面にそれぞれ 1 機配置し合計 10 機とする。イメージャーは地上分解能 30m 以内、観測幅 1,400km の小型衛星システムを提案した[7]。ただし光学センサーだけでは天候(雲、霧)によってタイムリーに撮像できないため SAR 等の導入も必要と考えられる。

4. おわりに

今後は UK-DMC 衛星のような IP モバイルルータを

搭載した複数の小型・大型地球観測衛星に対して、ユーザが個別の観測衛星と地球局を意識することなく、観測データの欲しい例えば災害発生地域を指定するだけで運用管制サーバが IP で結ばれた世界中の大小様々な地球局を選択し、インターネット上の高機能小型低軌道衛星とやりとりしているだけのようなシステムの検討を行う。図 1 2 にその IP 運用システムイメージ図を示す。

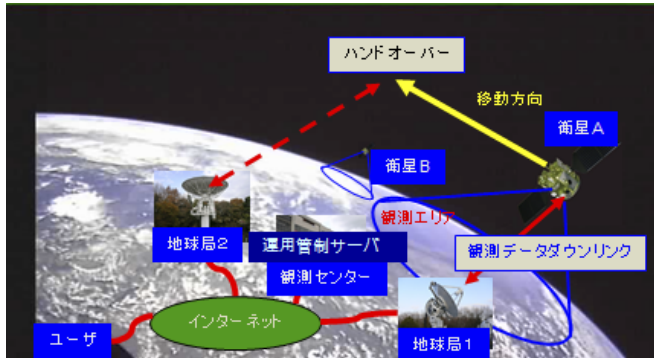


図 1 2 IP 運用システムの全体イメージ

謝辞 本研究を行なうにあたり、ご協力頂いている関係各位に感謝致します。

文 献

- [1] 鈴木健治, 西永望, 加藤博憲, 小元規重, 菅 雄三, “小型衛星を用いた準リアルタイム地球観測システムの検討”, 2007 信学ソサイ大, B-3-5, p.255, 2007-09.
- [2] 鈴木健治, 若森弘二, 加藤博憲, 小元規重, 岡本隆司, “小型衛星を用いた準リアルタイム地球観測システムの検討 2”, 2009 信学ソサイ大, B-3-3, p.255, 2009-09.
- [3] 鈴木健治, 若森弘二, 加藤博憲, 小元規重, William D. Ivancic, “小型衛星を用いた準リアルタイム地球観測システムの検討 3”, 2011 信学ソサイ大, B-3-15, p.297, 2011-09.
- [4] William Ivancic, Dave Stewart, Dan Shell, Lloyd Wood, Phil Paulsen, etc. , " Secure, Network-Centric Operations of a Space-Based Asset: Cisco Router in Low Earth Orbit (CLEO) and Virtual Mission Operations Center (VMOC)", NASA/TM-2005-213556, 2005-05.
- [5] 鈴木健治, 西永望, 森川栄久, 木村真一, “SmartSat-1 搭載用再構成通信機の開発”, 2007 信学総合大, B-3-16, p.319, 2007-03.
- [6] W. Ivancic, W. M. Eddy, D. Stewart, L. Wood, J. Northam and C. Jackson, “Experience with delay-tolerant networking from orbit”, Vol.28, No.5/6, pp335-351, Int J Satell Commun Netw, 2010-09.
- [7] Norishige OMOTO, Hironori KATO, Koji WAKAMORI, Yoshihiko KAMEDA, Kenji SUZUKI, Nozomu NISHINAGA, Yuzo SUGA, “A Study of Disaster Monitoring System using the Near Real-Time Small Satellite Constellation”, 2009-n-14, 27th ISTS, 2009-07.