

河川砂防技術研究開発 【成果概要】

①研究代表者	氏名 (ふりがな)	所属	役職	
	秋山 演亮 (あきやま ひろあき)	和歌山大学	教授	
②研究テーマ	名称	低軌道衛星や気球を用いたデータ収集システムの現地利用技術開発		
	政策領域	[分野] 地域課題分野 (砂防) [公募課題] 土砂災害等の被害の軽減に関する研究開発	融合技術	衛星通信、 センサーネットワーク、 衛星測位
③研究経費 (単位: 万円) ※端数切り捨て。	平成28年度	平成29年度	平成 年度	総合計
	2,991,000	2,0080,000		4,999,000
① 研究者氏名 (研究代表者以外の研究者の氏名、所属・役職を記入下さい。なお、記入欄が足りない場合は適宜追加下さい。)				
氏名	所属・役職 (※平成28年3月31日現在)			
山口 耕司	次世代宇宙システム技術研究組合・理事長			
② 研究の目的・目標 (申請書に記載した研究の目的・目標を簡潔に記入下さい。)				
<p>電子通信技術の発展と省電力化の推進により、既に市街地においては様々な通信環境を利用したIoT (Internet of Things) によるICT (情報通信技術) が進み、M2M (Machine to Machine 機械間による情報伝達) によりBig Dataが収集されるシステムが急速に構築されつつある。また同時に、収集されたデータは即座にインターネット上のクラウドサーバに集積され、データをモバイル端末等用いた検索閲覧システムも併せて構築されており、データ利用が進みつつある。しかし土砂災害や洪水等の発生現場となる山間部においては、従来のwi-fiや携帯電話網も使用することが出来ないことが多いため、多くのセンサによりきめ細やかな情報収集を行い、防災 / 減災のための一助とすることが出来ていない。またそもそも、風雨にさらされる耐候性のが求められる野外現場において、安価で利用可能なIoT端末は普及していない。</p> <p>そこで本研究では以下の目標を立て、研究を実施する。</p>				
<p>① 防災 / 減災の現場使いが可能な小型・安価・省電力のIoT端末の普及を目指し、機器の設置や耐候性に関する検証を行い、継続的な仕様に向けたノウハウを蓄積する。</p> <p>② 衛星測位に加えて地上の電子基準点を利用することで、将来的にセンサ位置の同定や地盤の動きなどを検出する仕組みに関する実証研究を実施する。</p> <p>③ 山間部の砂防現場等で欠けていた従来のネットワークを補完する新規性の高い通信手段として、小型省電力で利用可能衛星通信の実証実験を実施する。</p> <p>④ 開発された小型係留気球を利用して、通信網の一部としての実証実験を実施し、利用方法に関する検討を実施する。</p>				

⑤ 研究成果

紀伊山地砂防事務所が管理する砂防災現場において、小型省電力により可能な衛星を使った通信手段を用いて、太陽電池や蓄電池を利用した水位や雨量等に関する地上センサによる観測データを収集した。また整備が進められている準天頂衛星や地上に置いた仮設の電子基準点等を用いたセンサ位置も併せて観測・収集実験を行った。既に構築が進められており市街地等でも実用化が進められているクラウドサーバ上にデータを集積し、モバイル端末等でのデータ閲覧を可能とし、防災・減災のためにデータを提供した。また開発された小型係留気球を使い、実際の運用方法や問題点に関する検討を行うことが出来た。

(1) 地上設置機器

(1-1) 器機開発

電力源に欠く災害現場において、実利用可能な地上センサおよび送信機に関する開発を実施した。既に市街地等での利用を目的として開発されている地上センサ・送信機を利用し、太陽電池と二次電池を利用した器機開発を実施した。

紀伊山中において、数年前の台風により発生した日本最大規模の自然ダムを有する栗平地区において、IoT 機器を適切に配置し、太陽電池のみで稼働する有効な地上センサーネットワークを設置。年間を通じた運用試験を行った。これにより、耐水性や耐候性に関して試験的な運用を実施した。

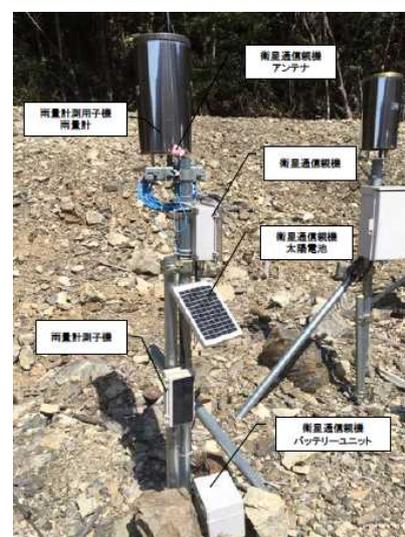
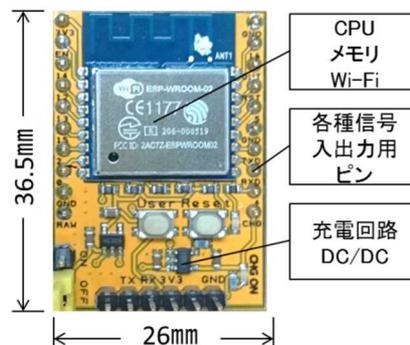
同現場では、すでに静止衛星を使ったセンサ情報転送システムが作動していたが、衛星との通信には大電力が必要である。そのため再度の土砂災害により同現場に通じる道路が流された時には、毎日ヘリコプターを用いた空輸により、発電機燃料を空輸するなどが必要となり、膨大なコストが発生していた。

本研究では開発済みの小型・省電力の通信端末を利用し、まずは wi-fi や 920MHz 帯等を利用した地上センサーネットワークを現場に構築。各機器の耐候性を確認すると同時に、小面積の太陽電池パネルにより連続動作が出来るかを確認し、1年近くにわたり動作させることに成功した。

地上センサーネットワークにより集められた雨量や天然ダムの水位情報に関して、30cm 角サイズの太陽電池のみを外部電源とし、車などに使われる 24V バッテリーを用いて、年間を通じて連続運用を行うことに成功した。しかし今回利用した低軌道衛星（オーブコム）では1日に何度か通信不安定な時間帯が発生することがわかり、来年度以降には静止衛星ではあるが衛星本体が大アンテナを有することで、原稿のシステムと同様の省電力により稼働が可能と考えられるインマルサットを使った通信実験の継続運用実証実験を実施し、運用にも成功した。

また Wi-Fi を利用した地上センサーネットワークでは 100m 程度しか通信が出来なかったが、LoRa を使った通信基盤を開発、プログラムを作成することで、直達距離にして 1~2km の通信実験に成功することが出来た。またリピータを使うことにより、子機間の通信距離を伸ばすことが出来る事も実証出来ている。

これにより、必ずしも衛星や気球等との通信に頼らなくても、地上を中継通信することで、従来のインターネット網との通信を確立することが出来る様になった。



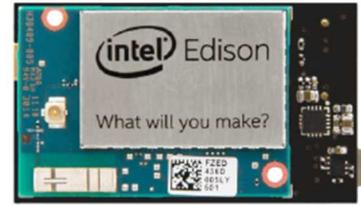
⑥研究成果 (つづき)

(2) センサ位置計測

(2-1) システム検証

近年開発が進められている RTK-GPS (リアルタイムキネマティック GPS) 測量機器の現場実証実験を行った。RTK-GPS の原理は日本各地に設置が進められている電子基準点と同様であり、複数点において測位衛星の信号を受信、その受信時間や位相のずれからより詳細な位置情報 (1.5~3cm の精度) を決定することが出来る。近年、電子技術と情報処理技術の発展により、極めて小さな RTK-GPS 装置が開発されており、省電力で運用が可能である。これらの RTK-GPS を、我々が設置を進める小型省電力 IoT 機器と併せて使用することが出来れば、土砂災害が起こりそうな地盤の動き等を高時間分解能・高空間分解能で観測することが出来、防災や減災に大きく役立つ。

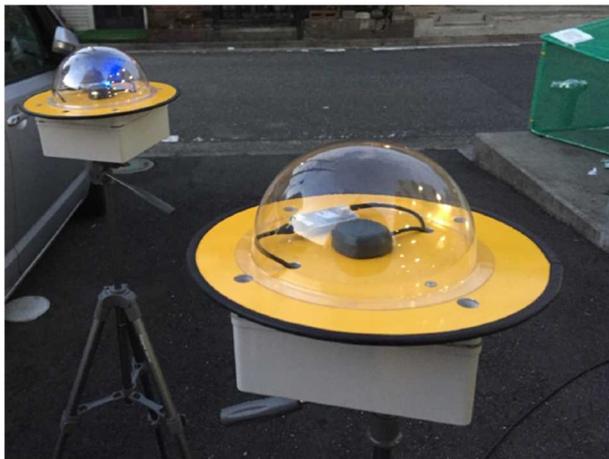
本研究では市販されている RTK-GPS 装置を使い、精密位置同定が可能となるアンテナの種類や設置方法に関して、現場での実証実験を通じて検証を行った。また同時に、測位衛星の組み合わせや処理方法についても検討を始めた。今年度は機器および処理ソフトを運用するための PC やネット環境に関する検証を中心に検証実験を行ったが、来年度以降はアンテナの配置や設置方法を固定し、位置同定を行うのに最適な測位衛星の組み合わせや実利用方法に関する検証を行う予定である。



サイズ : 45.5 mm x 27 mm

消費電力 : 5.0 V 200mA (Typ) : 1.0W

使用温度範囲 : -40 +85 °C



⑥研究成果 (つづき)

(3) 低軌道衛星を用いたデータ収集システム

(3-1) システム検証

既に実利用が始まっている商業用の低軌道通信衛星に関して、その利用方法やコストまた現地での通信可能性などに関して比較検討を行い、最適なシステムに関する研究を実施した。

これまで山間部等、従来の wi-fi や携帯等のネットワークが使えない環境では、静止衛星を用いた通信により地上センサーデータの収集が行われてきた。しかしこれらシステムは主に音声や映像通信をターゲットとして開発されており、広帯域を使用することが出来るが料金は高く、また通信にも大電力を必要とする。そのため、災害現場等での利用には不向きであった。実際、我々が使用している栗平の災害現場においては、機器設置後にも再度土砂災害に見舞われ現場への道路が寸断。そのため毎日ヘリコプターで発電機の原料となる重油を運送する必要があるなど、高い運用コストが必要であった。そこで本研究では、まず太陽電池と蓄電池を利用し、省電力で長期にわたり電力収支がなりたつ地上センサーネットワークを設置し、集められたデータを地球低軌道を使った省電力により通信が可能な衛星を用いて収集するシステムの実証研究を行った。

今年度前半では低軌道を通るオーブコム衛星群を利用して、通信実験を行った。これにより、通信機のコスト (イニシャルコスト) は 1/12 に低下し、また運用コストも 1/3~1/5 程度まで低下させることに成功した。しかし一方で年間を通じた運用試験を行ってみると、もともと 1 時間に 1 階の予定で送信されるはずのデータの一時的な欠損が発生することが確認できた。現場は極めて開けた視界を有しているが、低軌道周回衛星に対して無指向性のアンテナを使った通信に、時折断絶発生することがわかった。

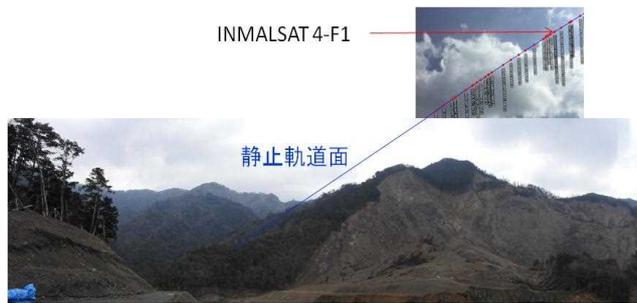
一方、近年の衛星技術の進歩により、地球から 36,000km 離れた静止軌道上に有りながら、衛星自身が巨大なアンテナを持つことで、地上の送信機は極めて小さな出力でも通信が可能となるシステムが利用できるようになった。またこれらの衛星の特徴として、従来の放送・音声通話に変わり、IoT 等が使う極めてデータ量の少ない通信に関する利用が可能となった。そこで本年度はまずは研究室内の実験として通信端末を準備し、来年度以降の現場設置に備えた調整を行うことが出来た。

また今年、衛星通信免許が不要となる新しい通信衛星 (TRICOM-1) の打ち上げも予定されており、本衛星を使った通信実験も計画したが、打上が失敗に終わったため実験を行うことが出来なかった。



		衛星携帯電話通信	低軌道衛星通信
電源		消費電力大; 商用電源、発動発電機 ・電源喪失による観測不能の危険大	消費電力小; ソーラーパネル+蓄電池 ・電源喪失による欠測リスク小
コスト	通信機	機器高価: 120万円	機器安価: 10万円 (オーブコム使用)
	通信費	2~3万円/月	6千円/月 (オーブコム使用)
設置の容易性		機器構成が複雑、設置大変	小型・機器構成単純で設置容易
データ転送頻度		10分間隔	40分間隔
課題		・コスト、電源確保、維持管理	・データ転送頻度

⑥ 究成果 (つづき)



世界的にも衛星を使った IoT 利用が進んだことにより、静止衛星ではあるが従来よりも遥かに大きなアンテナ(20m 程度)を有する衛星 (インマルサット等) も利用出来るようになってきた。そこで本研究開発でも静止衛星を使った通信実証実験を実施し、データ収集を安定的に行うことが出来た。

(4) 係留気球を用いたデータ収集システム

(4-1) システム検証

地上センサのデータを転送するための数百 g 程度の器機を開発し、小型係留気球による伝送実験を実施した。まずは小型係留気球に搭載するのと同サイズの中継器を地上に設置し、地上センサの転送実証実験を実施した。単三サイズの蓄電池と 10cm×20cm 程度の太陽電池パネルを併用することにより電力収支はプラスとなり、連続的に運用する事が出来ることを確認した。

また風の影響を受けにくい飛行船型の気球の開発実験に参加し、運用方法や通信を行う上野問題点等の試験を実施することとした。飛行船型気球の開発・係留方法に関する検討、通信実験に参加し、知見を得ることが出来た。



(5) 国内外における類似研究の調査

近年、土木 (河川や土砂災害) 分野においても、ICT/IoT化が進められており、それに伴う通旬手段も様々な開発がされている。本研究でも折に触れ内外の研究調査を行ってきたが、特に本年度末に国土交通省で実施された、簡易水位計に関するピッチイベントに参加。書類審査の後、選抜された21チームと共に活動内容や保有技術に関する報告を行い、情報交換をすることが出来た。実施条件等の調整がつかなかったため、残念ながら今年度はこのピッチイベントを通じた実証試験の機会は断念したが、引き続き国内の関係企業等との情報交換を進め、今後の参加等に関する検討を行っていきたい。

⑦研究成果の発表状況

<学会等への発表状況>

・H28年度砂防学会発表「低軌道衛星を活用した現地観測情報収集システムに関する実証試験」秋山 et.al.

<新聞等への成果発表>

・NHK総合（和歌山）「あすのWA！（紀伊半島豪雨災害から5年）」（9/1）
・毎日新聞「水害の兆し 常時監視 人工衛星でデータ集約／和歌山大実験へコスト減に期待」（9/6）

<研究成果としての事業化等>

・関東地方整備局 簡易水位計設置（6機）

<企業とのタイアップ状況>

・和歌山県庁が主催する「宇宙分野に関する勉強会 WARP（Wakayama Aerospace Research Project）」にて本研究で進めている「あひるさんボード」の普及活動をタイアップ
・その他にも企業連合と連携し、国交省ピッチイベントへの参加や総務省のIoT予算への応募などを進める

⑧研究成果の社会への情報発信

<web掲載等>

毎日新聞（電子版）「水害 「兆し」を常時監視 人工衛星でデータ集約」9/6

<http://mainichi.jp/articles/20160906/k00/00m/040/149000c>

<勉強会>

和歌山県庁商工観光労働部 企業政策局 産業技術政策課 産業技術推進班が主催する、宇宙分野に関する勉強会 WARP（Wakayama Aerospace Research Project）において、「第1回 IoT/ICT実用化講習「あひるさんボード」勉強会を開催（11/17）



⑨表彰、受領歴

（単なる成果発表は⑦⑧に記載して下さい。大臣賞、学会等の技術開発賞、優秀賞等を記入下さい。）

無し

⑩研究の今後の課題・展望等

(研究目的の達成状況や得られた研究成果を踏まえ、研究の更なる発展や砂防政策の質の向上への貢献等に向けた、研究の今後の課題・展望等を具体的に記入下さい。)

当初計画では低軌道衛星を用いることを想定していたが、技術の進歩とサービス提供のスピードが速く、静止衛星でも当初想定していたのと同程度の送信電力・アンテナサイズでの通信が可能となりつつある。そこで来年度以降は衛星軌道にこだわらず、通信の安定性なども加味しながら使用する衛星を決めていく必要がある。

一方で地上センサのデータを取りまとめ、少ない通信量で送信するシステムは今後も必要となる。また設置するIoT機器の数を増やすこと、そのためには整備・メンテナンスに係わる人材を育成し、各地域に養成することが重要な課題となる。本研究では地域の企業等に対する教育等も実施しているが、現場でのIoT機器の実装実証に加えて教育手法に関しても教材や教え方のノウハウを蓄積し、マニュアル化することで全国的な展開を見据えた活動が求められる。

上記の様な「システムの改良」および「教育・普及方法の確立」により、実際に河川砂防行政で使われるシステムとして進めることが重要であり、今後増える現場への適用例へ積極的に参加する必要がある。

⑪研究成果の河川砂防行政への反映

(本研究で得られた研究成果の実務への反映等、砂防政策の質の向上への貢献について具体的かつ明確に記入下さい。)

本研究で得られたIoT装置の耐候性や通信システム、センサ設置方法等を応用し、関東地方整備局が進める「簡易水位計」6機を協力企業が納品することに成功した。納品した「簡易水位計」は、従来の「水位計」よりも張るかに安価（設置を含め100万円/箇所程度）で、克つ小型軽量なシステムとして動作している。またシステム構成が小型でシンプルであり、可搬性にも優れていて、護岸工事など河川小路エリアの仮設時にも柔軟に対応できるシステムとなっている。「簡易水位計」の設置は今後も多くの箇所で行われており、研究成果が活かされ整備の進展が期待できる。

また那智勝浦町では、町長からの強い要望もあり、砂防災害の発生が予測される各現場での、位置情報も含めたセンサーデータの習得システムの整備が求められている。本研究では那智勝浦町とも協力し、町内に設置されている「大規模災害啓発センター」を起点に周辺各所へのセンサ設置とデータ収集を進めていく予定である。これによりより実践的な実証実験を行うことが可能となる。

