

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題(または観測項目)名：

新世代通信データ伝送システムの開発

(3) 最も関連の深い建議の項目：

3. 新たな観測技術の開発

(3) 観測技術の継続的高度化

イ. 地震活動や噴火活動の活発な地域における観測技術

(4) その他関連する建議の項目：

(5) 本課題の 5 か年の到達目標：

火山観測においては、多種目の地球物理観測を同時に行うことから、各種のセンサーが接続可能であり、データがリアルタイムに伝送されるシステムが不可欠である。しかし、火山周辺地域は観測網を構築するための社会基盤(電力、通信、インターネット)が弱く、必ずしも十分な観測体制が取れていない。これを解決するためには火山観測に特化した通信方式の開発が必要である。

商用の無線 LAN システムの利用もいくつかの火山で進められているが、消費電力の問題や長距離・高信頼度通信のために新たな無線システムが必要とされている。しかし、新規の無線帯域の使用は、無線行政の動向に左右されるため、これまで日本国内での開発は難しかった。

本研究では、多種目観測システムを接続する共通 BUS として最近利用が始まっている CANBUS 規格の採用も念頭に置いて、無線や光ファイバーなども用いた小型低消費電力低価格のデータ伝送システムの開発を目的とする。

(6) 本課題の 5 か年計画の概要：

平成 21 年度 共同研究者と無線や光ファイバーを用いたデータの伝送方式についての仕様検討会を実施し、機器作成メーカを策定する。

平成 22 年度 機器の開発を行う。適宜検討会を実施し、仕様の再検討を行う

平成 23 年度 プロトタイプ機器により試験観測を実施し、量産型への検討を行う。

平成 24 年度 量産タイプ機器により、実地試験を行う。

平成 25 年度 量産タイプ機器により、実地試験を継続する。本運用での問題点について改良を行う。

(7) 平成 24 年度成果の概要：

火山地域などの悪条件下においての各種観測データの伝送方式の開発を目指して、平成 23 年度に引き続き、以下の 3 つの方式のデータ伝送実験を行うのと並行し、新たに衛星携帯電話を使ったダイヤルアップテレメータの検討を行った。

(1) データ通信端末の定額料金プランを用いたリアルタイムデータ転送

2008 年より携帯電話のデータ通信に定額料金プランが設定されるようになり、データ通信専用端末(データカード)を用いて地震等のデータを連続して送信することが、現実的な価格で可能となった。本課題では、このデータ通信端末の定額料金プランを用いて、なるべく単純で安価なシステム構成を目標として、遠隔地に設置した機器からリアルタイムにデータを送信するシステムの開発実験を行っ

た。システムの構成の検討については平成 22 年度の成果報告に記載したとおりであり、現在のところ、データ通信端末としては、NTTドコモ社が販売する L-05A、モバイルルータとしてはアイオーデータ社製 DCR-G54/U を使い、データ通信端末には外部アンテナ（サガ電子製 800MHz 帯ウインドウアンテナ 800-2-05A）を取り付けることで微弱電波地域でも大幅に受信感度を上げることができ、パケット欠落もほとんどなく安定に通信できることが分かった。

データ通信の契約に関しては、昨年度までは日本通信株式会社が発売する b-mobile SIM U300 などの 1 年間パケット通信が使い放題になる SIM が価格的に有利であると報告していた。しかし、NTTドコモ社は 2012 年 3 月より新たなデータ通信専用定額プラン「定額データプラン 128K」の提供を始めた。このプランは、これまでの定額プラン（定額データプラン スタンダード バリュー割月額 5,980 円 + mopera U スタンダードプラン月額 515 円）の約 1/4 となる月額 1,737 円（定額データプラン 128K バリュー割月額 1580 円 + mopera U スーパーライトプラン月額 157 円）でパケット通信が可能となる。これは、b-mobile SIM U300 のコストの約 1/2 となる。この「定額データプラン 128K」プランでは送信速度は 64kbps に制限されているが、地震のデータ 100 Hz 24bit 3ch + 1Hz 24bit 3ch の構成ではオーバーヘッドを含めても 10 ~ 20kbps で収まるため、この 64kbps の帯域制限はほとんど問題にならない。実際の観測にこの「定額データプラン 128K」プランを使用してみたところ、パケット欠落率が 3, 4 倍多くなるものの、ほとんどが再送要求でリカバーできる範囲であり、地震観測の実用上は大きな差がないことがわかった。ドコモの SIM では契約事務手続きが必要になるのに対し、b-mobile SIM では大学生協などで消耗品として簡単に購入できる利点がある。しかし、価格的には、ドコモの「定額データプラン 128K」が有利である。また、b-mobile SIM では有効期限が切れる約 1 年ごとに現地で SIM の交換、またはライセンスの更新作業を行わないと通信がストップしてしまうため、契約事務に問題がないのであれば、ドコモの「定額データプラン 128K」を使うほうが本目的には相応しいと判断された。

今年度も九州大学の 3 地点をはじめ、いくつかの大学で本方式を用いた地震データのリアルタイムテレメータが行われたが、大きなトラブルは発生しなかった。携帯電話は災害時など輻輳が発生し、通話や電子メールの送受信ができなくなったり、大きく遅延したりすることが知られているが、今年度もデータ通信には特に問題がなかった。ただし、昨今のスマートフォンの増加により、FOMA 回線の通信が爆発的に増え、各社で回線容量不足によるシステムダウン事故が多く起こるようになった。この事故にまきこまれると地震データ通信も不可能になってしまうので注意が必要である。ただし、東京でシステム障害が発生しても、九州地域ではデータ通信には影響が出なかった。

携帯電話各社では爆発的に増えたパケット通信に対して処理が追いつかない状態が続いているため、パケット定額制をやめるといった選択肢も検討にはいっているとの報道がある。その場合には、効率的なパケット送信を行う仕組みを考え、パケット数の減少方法を検討しないとパケット費用が高額になってしまう場合もあるので今後のシステム調整が課題となる。

今回開発したシステムにより、携帯電話データ通信サービスエリア内であれば 3ch100Hz の地震データその他 GPS や傾斜計などの低サンプリングデータを観測拠点に簡便にリアルタイム伝送をすることができるようになった。現在霧島新燃岳噴火に伴う観測や東日本地区各地で実際に使用しているが、非常に順調に動作している。通信機器の設置も短時間で可能で、危険地域への立入時間の短縮にもつなげることができた。

(2) プリペイド式携帯電話端末を用いた遠隔地機器のテレメータ化

GPS 定常観測データ等のリアルタイム性を重視しない観測では、必ずしも観測データをサンプリングごと送信する必要はなく、計測機器内に蓄積されたデータを定期的に ftp 等で回収する方式でも対応可能である。このようなデータの転送のために本課題では、プリペイド式携帯電話端末を用いた遠隔地設置機器のテレメータ化実験を行った。開発されたテレメータシステムの詳細は平成 21 年度の報告に記載されている。九州大学は鹿児島大学と共同で 7 観測点の GPS 観測点に本課題で開発したテレメータ装置を設置し、データ回収と GPS 解析ソフトの起動を毎朝自動で行い、全自動で解析している。また GPS 受信機の設定変更などのメンテナンスもリモート行うことが可能である。テレメータシステムは順調に動作し、解析も問題はない。

(3) 低消費電力の小型小電力無線機を用いた無線 LAN 装置の開発

市販の無線 LAN 機器は高性能化・高速化が進んでいる一方、消費電力が数 W から十数 W と増加が進んでいる。また 2.4GHz 帯が手狭になっているため、5GHz 帯への移行も進み、屋外・山岳地域での使用は更に難しくなっている。そこで、通信速度が 10k ~ 100kbps 程度の低速度で構わないが、消費電力の少ない無線 LAN 装置の開発が望まれている。本課題では、日本国内で使用可能ないくつかの無線規格 (たとえば Bluetooth, UWB など) についてリサーチを行い、PAN (Personal Area Network) と呼ばれる IEEE802.15.4 で策定された無線ネットワーク規格が適切であると判断した。PAN は低速な反面、低消費電力であり、家電向けの無線通信規格でもある ZigBee でも利用されていることから、汎用の無線モジュールが低コストで入手可能である。米国では 900MHz 帯、2.4GHz 帯のものがあるが、日本国内では携帯電話や MCA 無線等に周波数が割り当てられているため、一般の使用を認められていない。そこで本課題では日本で無線 LAN 等の無線機器に使用が認められている 2.4GHz 帯の使用を念頭に置いて機器の開発を進めることとした。

装置開発の詳細は平成 22 年度報告を参照されたい。現在は消費電力が 1W 程度と非常に低消費である IEEE802.15.4 規格の小型無線機 (シモレックス社製 SC-PPX2400P, 双方向シリアル通信機) とシリアル-Ethernet 変換デバイス LANTRONIX 社製 XPortPro の組み合わせが消費電力量の少なさ、電源電圧が 3.3V であることから、本課題のデバイスに最適であると判断された。このスペックで平成 23 年度予算を使用して 3 対向計 6 台の低消費電力無線 LAN の試作品を作成し、南極などの低温地域での使用を念頭においた低温動作試験や多量のデータを送信する高負荷実験を実施した。結果は平成 23 年度報告を参照されたい。

本装置は、単純なネットワーク構成を想定して作成されていたため、bridge モードを正式サポートしていない、動的ルーティングに対応していない、ゲートウェイの設定が難しいなど、実際の観測点で使用する場合には支障がある点も指摘された。今年度はこれらの欠点を修正するためのファームウェアの改修を行い、実際の使用に耐える装置として完成を見た。

(4) 衛星携帯電話を使ったテレメータ装置の開発

無人島などにおける定常地震観測の実現のために、我々は NTT ドコモ社が運営する衛星携帯電話 (ワイドスター) を利用したダイアルアップテレメータ装置の開発を行ってきた (植平・松島他, 2000, 地震, 53, 2, 181-184)。当初この長崎県の無人島である男女群島女島に設置していたが、現在は伊豆諸島の活火山島である鳥島において、実際の運用を続けている。

しかしながら、2014 年 3 月末でドコモ衛星携帯電話の音声通話サービスが廃止され、音声もデータも IP 化されているワイドスター 2 サービスに完全移行となる。このため、モデムを用いたデータ通信が不可能となり、新たな方式によるテレメータが必要となる。

もっとも単純な方式は、携帯電話データ端末利用のリアルタイムテレメータと同様に常時パケットを送信する方法である。この方法では衛星携帯電話端末 (ワイドスター 2) と FAX アダプタがあれば、携帯電話データ端末と同様にデータ送信できる。しかし、パケットをリアルタイムに送るためには、衛星電話の電源を常時通信状態にしなければならないため、消費電力が非常に大きくなる。また、衛星携帯電話のパケット料金には定額制がないため、通常地震テレメータでは月額 100 万円以上のコストが発生してしまう。緊急時の短期間のテレメータ観測には実用可能であるが、離島や火山の定常観測向きとは言えない。

2 つめの方法は観測局側にデータサーバを設置し、常時観測データもしくはトリガー観測データを定期的にまとめて大学のサーバに送信する方法である。この方法では新たにサーバを開発する必要がある。またこのサーバは無人運用でもハングアップしないような安定し、低消費電力のものにする必要がある。

3 つめの方法は、大学側からのダイアルアップ方式で、必要な時に必要なデータを回収する方法である。この方式が現実的であることからドコモ社と検討を続けてきた。大学側から観測局にアクセスするためにはこの方法では、ドコモ社が提供するアクセスプレミアムパケット通信網に入る必要があり、そのためには、大学から直近のドコモ端末局までデータ専用線もしくは ISDN 電話回線 (2 回線) を敷

設しなければならないため、多くの工事費等の初期投資と月額使用料を支払わなければならないことが分かった。今後は(2)(3)の方法を中心に実現に向けて検討を続けて行くこととした。

- (8)平成24年度の成果に関連の深いもので、平成24年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
松本聡・八木原寛・松島健・山下裕亮・清水洋，2012，発震機構から推定した霧島火山周辺域の応力場，日本火山学会秋季大会講演予稿集，B1-17
松島健，2012，簡便で低消費電力な地震火山観測データ伝送技術の開発，月刊地球，34，10，615-619
松島健・高橋浩晃・青山裕・中川光弘・宮町宏樹・後藤章夫・SEROVETNIKOV Sergey・MURAVYEV Yaroslav・GORDEEV Evgeny，2012，カムチャッカ・クリチェフスカヤ火山における高サンプリング傾斜変動観測，日本火山学会秋季大会講演予稿集，P08
中尾茂・松島健・大倉敬宏，2012，稠密なGPS連続観測で得られた別府島原地溝帯およびその周辺での地殻変動，日本地球惑星科学連合大会講演集，SSS32-P08
中尾茂・松島健・大倉敬宏，2012，別府島原地溝帯周辺における2011年東北地方太平洋沖地震前後の歪変化，日本地震学会秋季大会講演予稿集，P2-23
中尾茂・森田裕一・後藤和彦・八木原寛・平野舟一郎・及川純・上田英樹・小園誠史・平田安廣・高橋浩晃・一柳昌義・太田雄策・松島健・井口正人，2012，霧島火山における2011年1月の噴火以降のGPS連続観測による地殻変動日本地球惑星科学連合大会講演集，SVC50-01
中尾茂・森田裕一・後藤和彦・八木原寛・平野舟一郎・及川純・上田英樹・小園誠史・平田安廣・高橋浩晃・一柳昌義・太田雄策・松島健・井口正人，2012，霧島山2011年噴火前のマグマ蓄積の開始時に何が合ったのか，日本火山学会秋季大会講演予稿集，B1-15
高橋浩晃・山口照寛・中尾茂・松島健・加納靖之・山崎健一・寺石真弘・伊藤武男・鷲谷威・大久保慎人・浅井康広・原田昌武・本多亮・加藤照之・三浦哲・横田崇・勝間田明男・小林昭夫・吉田康宏・木村一洋・太田雄策・田村良明・柴田智郎，2012，全国ひずみ傾斜データの流通一元化と公開，日本地球惑星科学連合大会講演集，STT59-P04

(9)平成25年度実施計画の概要：

(1)携帯電話カードの定額料金プランを用いた地震データ転送

使用例を増やし，不具合の洗い出しを行う。現在のシステムでは，リアルタイムデータは一般のインターネット網を使用して流れてくるため，遠隔地機器および観測拠点の受信機器はインターネット網にオープンの状態になっているが，セキュリティの上からはあまり好ましい状態ではない。2地点間の通信にVPNを使うことによってデータを暗号化可能であり，不特定外部からの機器へのアクセスも防ぐことが可能となることから，引き続きVPN導入について検討を行う。

また，現在使用しているデータ端末L-05Aが販売終了となっており，中古での購入しかできない。新しい代替のデータ端末は，LTEなどのG4対応となり，データ通信速度が非常に早くなっているが，本研究開発目的においてはメリットがないどころか，代替の端末は外部アンテナを接続できないため，弱電界域の山岳部では使用することが難しい等の問題が生じており，対応を検討する必要が出てきている。

(2)プリペイド式携帯電話端末を用いた遠隔地機器のテレメータ化

使用例を増やし，不具合の洗い出しを行う。(1)と同様にVPN導入について検討する。

(3)低消費電力の小型小電力無線機を用いた無線LAN装置の開発

これまで作成した試作機3対向6台を用いて，屋外の運用実験を行ない，運用上の支障点の洗い出しを行ない，実用化を目指す。なお，今後のアナログテレビ放送停波に伴う携帯電話周波数帯の再編に伴い，900MHz帯の周波数割り当てが変更になり，900MHz帯のPAN無線が認可される可能性がある。900MHz帯はさらに伝搬距離で有利なことから，この周波数帯の小電力無線機についてもリサーチを続けていく。また，UHF帯のテレビ放送波の使われていない周波数(いわゆるTV White Space)をつかった無線通信サービスの実証実験が日本でも開始された。これは2011年に策定されたIEEE802.22

という無線規格を用いて半径～100km程度をカバーして、最大22Mbpsの通信速度を提供する双方向型の無免許タイプの通信方式であり、地域無線ネットワーク(WRAN: Wireless Regional Area Network)に相当する。また、2014年夏に策定される予定のIEEE802.11af無線規格を用いたSuper Wi-fiというサービスは、チャンネル数が多く、サービスエリアも現在の無線LANの数倍の距離となることから期待が持てる。次世代の地球物理学データ通信網1つの候補として注目していく必要がある。

(4) 衛星携帯電話を使ったテレメータ装置の開発

IP化されたドコモ社製衛星携帯電話機(ワイドスター2)を使ったテレメータの方法(サーバー方式、ダイヤルアップ方式)を検討して必要な機器の開発や必要な通信サービスを契約し、2014年3月末の現サービスの終了までには実際の運用が開始できるようにする。またドコモ社以外の衛星携帯電話サービスについても利用を検討する。

(10) 実施機関の参加者氏名または部署等名:

九州大学大学院理学研究院 松島 健・清水 洋 他2名

他機関との共同研究の有無: 有

北海道大学大学院理学研究院 大島弘光

東京大学地震研究所 森田裕一・及川 純

京都大学大学院理学研究科 大倉敬宏

そのほか、火山噴火予知研究グループ内で適宜意見交換し、よりよい機器開発をめざす。

(11) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署等名: 九州大学大学院理学研究院

電話: 0957-62-6621

e-mail: takeshi_matsushima@kyudai.jp

URL: www.sevo.kyushu-u.ac.jp

(12) この研究課題(または観測項目)の連絡担当者

氏名: 松島健

所属: 九州大学大学院理学研究院附属地震火山観測研究センター