

(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 23 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 22 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 年ごろ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昨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 帯ウィンドウアンテナ 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。

また、最近パケット通信専用の SIM カードが販売されるようになってきた。たとえば日本通信株式会社が発売する b-mobile SIM U300 などである。この SIM は SIM フリーのデータ通信端末に挿入することで、1 年間パケット通信が使い放題になる商品である。実際には NTTドコモ社の FOMA ネットワークを使用しているが、通信速度が最大 300Mbps に制限されている。ただし、地震データ転送においては実際には 10k ~ 100kBPS の情報速度で十分であることから、この 300Mbps の帯域制限はほとんど問題にならない。ドコモ社販売の L-05A 端末は実は SIM フリー端末となっており、b-mobile SIM U300 を使ってパケット通信が可能である。実際に NTTドコモのオリジナルの SIM と b-mobile SIM U300 を挿入して通信した場合を比較すると、パケット欠落量が 3, 4 倍多くなるものの、ほとんど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はないことがわかった。NTTドコモ社の SIM を使うと、定額制を用いても月額約 6,000 円、年間で 7 万円以上の費用となるが、b-mobile SIM U300 は 375 日間使えるもので、3 万円弱、185 日間使えるもので約 1.5 万円となり、半分以下の費用でデータ通信ができるようになる。しかもドコモの 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。ただし、SIM フリーのデータ通信端末を別途入手する必要があるが、ドコモ社の L-05A は SIM 契約なしに単体での販売を正式にはしていないため、オークションなどでいわゆる「白ロム」製品を入手する必要がある。また、b-mobile SIM には有効期限があるので、有効期限が切れる前に新しい SIM を交換する手間が必要となる。

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。本システムで使っているデータ通信端末でこのような障害が発生する可能性を検討した。NTTドコモ社では年末から翌年始にかけての数時間、携帯電話の通信制限を行っており、その時間帯のパケット欠落率を調べた。その結果、パケット欠落はその時間帯でもほとんど発生せず、通常と同様な状態であった。また 2011 年の霧島新燃岳の噴火の際に大きな噴火が発生すると携帯電話通話量が急に増大するが、その場合でもパケット欠落は生じなかった。

2012 年 3 月 11 日の東日本大震災においては、多くの携帯基地局が停止してしまっただけで、携帯電話テレメータも動作しなかったが、サービス再開後は通話は一部輻輳防止のために制限されているものの、パケット通信に関してはほとんど通常通りにデータ送信が可能となり、影響は小さかった。したがって、電話回線輻輳によるデータ欠落は実際の運用ではほとんど問題にならないと考えられる。ただし、昨今のスマートフォンの増加により、FOMA 回線上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、九州地域ではまったくデータ通信には影響がでなかった。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つづいているため、パケット定額制をやめるという選択肢も検討にはいつ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。一部機器にアクセスできないという問題が生じていたが、これは使用している携帯電話網の電波が弱く、十分な感度が得られないためであると判明した。携帯端末を延長ケーブルで窓際に設置する、携帯端末に外部アンテナを取り付ける等の対策をとることで解決することができた。

平成 23 年度には各地の大学や研究機関の研究者により同システムを基本とするテレメータシステムが多数稼働し、GPS データだけではなく、重力や電磁気などの LOW サンプルングのデータ転送やシステムのメンテナンスに利用されている。

(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

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さら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 2010 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。

このスペックで本年度予算を使用して 2 対向計 4 台の低消費電力無線 LAN の試作品をつくることとなった。しかし残念ながら 2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災のために、パーツ不足や地震観測口ガーなどの他の製品の緊急作成などの影響を受け、本試作品の作成および納品が 11 月になってしまったため、まだ十分な動作試験が行われていない。

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を、プロトタイプ機を用いて実施した。国立極地研究所の低温室を借用して、-10 度、-30 度における動作状態を調査した。-10 度では室温時と全く変わらず動作させることができた。-30 度の環境においても、ウォームスタート、コールドスタートとも問題がなく、20 時間のランニング試験中においても、無線接続が落ちることはなかった。電波受信信号強度も距離 3m で -40dBm であり、常温中と変わらない値を示した。このことから、南極地域たとえば南極大陸~昭和基地間の省電力データテレメータなどでも使用することが可能であることが分かった。また通常の無線 LAN と異なり、電波出力も小さいことから、様々な電磁気観測・研究が行われている昭和基地における電波環境の悪化を改善できる点でも有利となる。

近距離ビル間(約40m)の動作試験では、地震データ変換装置が200Hz,24bit,6chという大きな負荷であったが、再送要求に応えられなかった秒パケットの欠落率が16ppm程度(88packet/約11日間)と優秀であった。また消費電力が100mA程度となっており、単三アルカリ乾電池8本直列で約18時間の動作が可能であった。

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。今後はこれらの点も改良を進める必要がある。

- (8)平成23年度の成果に関連の深いもので、平成23年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
出町知嗣・立花憲司・太田雄策・三浦哲・植木貞人・長谷見晶子・鹿目靖雄・松島健，2011，プリペイド携帯電話通信端末を利用したGPS連続観測，日本地球惑星科学連合大会講演集，SSS030-P08
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，2011，霧島新燃岳2011年1月26日噴火前後の地殻変動，日本火山学会秋季大会講演予稿集，A2-05
松本 聡・清水 洋・松島 健・植平賢司・山下裕亮・中元真美・宮崎真大・千藏ひろみ，2011，新潟地震計アレイおよび広帯域地震計でみた火山性微動，日本火山学会秋季大会講演予稿集，A2-06
山下裕亮・松島 健・清水 洋・松本 聡・植平賢司，2011，熊本県北西部(山鹿市付近)における群発地震活動，日本地震学会秋季大会講演予稿集，P1-64
中尾 茂・松島 健・大倉敬宏，2011，別府島原地溝帯および周辺におけるGPS稠密観測2，日本地震学会秋季大会講演予稿集，P3-34

- (9)平成24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。

また携帯電話だけではなく、衛星携帯電話等を用いたテレメータに拡張する場合のリサーチおよび技術的問題の把握を行う。2014年3月に旧来から使用されてきたNTT docomo社製の衛星携帯のアナログ回線交換データ通信サービスが終了し、データ通信はパケット通信に全面移行となる。しかし衛星電話のパケット通信料金はいまだに非常に高額であり、かつ完全定額制とはなっていないため、効率のよいパケット通信データ転送が必要となる。どのような仕組みが必要かを検討する。

- (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

今年度作成した試作機2対向4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うとともに、さらに改良型の2対向分の試作をおこ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、米国では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験が始まった。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、今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。日本ではまだ総務省が有識者会議を立ち上げた段階ではあるが、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。

(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