

(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 22 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 21 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。

従来の携帯電話の従量制プランでは地震データの伝送に月額 100 万円程度かかるが、定額料金プランを使うとプロバイダ料金を含めても月額 6,000 円の定額データ通信料を支払うことでデータ伝送が可能である。定額料金プランがある携帯電話のデータ通信端末には docomo 社の FOMA 網 (800MHz,2GHz), au 社の CDMA 1X WIN 網 (800MHz,2GHz), E-mobile 社 W-CDMA 網 (1.7GHz) などがある。最近 docomo 社は LTE 技術を使った高速通信サービスである Xi 網を始めたが対象領域はごく限られている。高速のインターネット通信の場合は、高い周波数帯のものが有利であるが、地震データ伝送においては 10k ~ 100kBPS の情報速度で十分であること、山岳地域の利用においては 800MHz 帯などの低周波数側が伝搬に有利なことから、使用するのは FOMA 網か CDMA 1X WIN 網のどちらかに限られる。データ定額料金プランでは au 社が先行したが、端末機器やプランの豊富さから FOMA 網が有利であると判断された。本研究では、外部アンテナも取り付け可能な docomo 社が販売する L-05A を使用することとした。ただしパケット制限問題では、FOMA 網では直近の 3 日間の通信量が 300 万パケットを超えると通信速度抑制の対象となる。100Hz サンプリング 3ch の地震計データであればおよそ 50 万パケット/日になるため、これ以上のデータ送信は難しい。また、au は 1 日ごとに、FOMA は 12 時間ごとに回線が強制切断されるので、切断後再接続までの約 1 分間のリアルタイムデータが欠測するという欠点がある。

データ通信端末を接続できるルータ(モバイルルータ)が必要となる。数社から発売されているが、主な物はサン電子製 Rooster-LS, センチュリーシステムズ製 NXR-120/C, アイオーデータ社製 DCR-G54/U である。前者 2 つは高性能なルータであり、VPN など様々な機能を持っているが、消費電力がそれぞれ 11W, 6 W と大きく、購入価格が高くダイナミック DSN 機能も有料である。後者は機能は限られているものの、消費電力が 2W 以下で価格が安いことから、今年度は DCR-G54/G をシステムに用いた。データ通信端末 L05-A とルータ DCR-G54/G を組み合わせた地震データ伝送実験を実施した。データ変換装置としては、白山工業社製 LS-7000XT, 地震計として Lennartz 社製 LE3Dlite(1Hz3 成分)を使用した。ルータおよびデータ通信カードの合計消費電流は DC12V で約 160mA である。データ変換装置および地震計の消費電流も DC12V で約 160mA であり、合計 320mA の消費電力となる。当初 32W のソーラパネルを電源として屋外運用の実験をしていたが、天候不良が 3, 4 日続くと電力不足で停止してしまっただけでなく、そのため現在 64W のソーラパネルを使用することで順調に動作させている。

実験の過程で、電話回線切断時にデータ転送がしばしば停止するという問題が生じた。当初は携帯電話会社の通信制限によるものと考えて調査していたが、最終的にはルータのバグであることが判明した。ルータメーカーに DCR-G54/G のファームウェアの改修を求め、Ver.1.27 で問題が解決した。

また、微弱電波地域ではデータのパケット欠落が多く発生し、まったく不達の時間が生じるなど非常に不安定な状態が生じた。これは小さなデータ通信端末内に入っている小型アンテナは高速通信に適した 2GHz 帯に最適のように設計されており、山岳地域の 800MHz 帯には感度が非常にわるいためであると判明した。この件に関してはデータ通信端末に外部アンテナ(サガ電子製 800MHz 帯ウィンドウアンテナ 800-2-05A)を取り付けることにより劇的に解消し、パケット落ちがほとんど発生しなくなった。

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。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。docomo 社では 2010 年の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。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。

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繋げることができた。

(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 22 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 サンプリ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。

無線機器を最初から設計し技術適合証明を取得するためには、多くの時間と費用が発生するため、既存の無線モジュールをリサーチして流用することを行った。その結果、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）を用いて無線 LAN 化することを検討した。この無線機は平成 21 年度の阿蘇山での実験の結果、広指向性の平面パッチアンテナを使用しても、見通し範囲であれば 200m の距離でも通信が可能であることが分かっている。

本年は、SC-PPX2400P にシリアル-Ethernet 変換装置としてセンチュリーシステムズの FutureNet AS110 を組み合わせて、無線 LAN として使用するための室内試験を行った。また鹿児島市桜島において実際に屋外伝搬試験を行った。地震データ変換装置として白山工業製 LS7000XT を用い、接続した 3 成分の地震計の出力を 100Hz で win フォーマットにデジタル化したのち、Ethernet で無線装置と接続し、3km 離れた無線装置に接続した PC で地震波形データを収録した。現地では同じ周波数帯を使う商用の無線 LAN が 5cm も動作しているという、PAN 無線の電波にとっては悪環境であったが、受信感度が -80 dB 以上であれば 100%、-84dB 程度であれば 90~94% のパケットの透過率であり、受信感度が十分であれば無線 LAN として使用することが十分可能であることがわかった。また、ftp や telnet などのプロトコルも正常に通過させることができた。PC からデータ変換装置までの ping による応答時間は 70~80ms 秒であり、少々タイムラグは生じるが十分無線 LAN 装置として動作させることが可能であることが分かった。

また実験で使用した FutureNet AS110 は単独でも 2W の電力消費がある。そのため他のシリアル-Ethernet 変換デバイスも調査・試験したところ、LANTRONIX 社製 XPortPro が消費電力や電源電圧が 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。

(8)平成 22 年度の成果に関連の深いもので、平成 22 年度に公表された主な成果物(論文・報告書等)：
中尾 茂・松島 健，2010，Bernese ver. 5.0 を使った九州 GPS 観測網と GEONET の自動解析システム，
日本地球惑星科学連合大会講演集，SSS014-P01

(9)平成 23 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。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。

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，VPN 導入について検討を行う。

(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

現在外付けになっているシリアル-Ethernet 変換装置を無線機内部に組み込み，電源の共通化による消費電力の低下に努めるとともに，無線 LAN 機器としての体裁をととのえて，より完成品に近い装置に試作して屋外の運用実験を行う。また南極などの悪環境条件下での運用・普及を図るため，極低温室での無線動作実験も行う。

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。

(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