

ソフトウェアネットワークアクセラレータによる高速TCP伝送とGISクライアントサーバーモデルのWINDS衛星を介した伝送実験

新井康平*・藤崎清孝**・池見洋明**・Ibrahim Djamaluddin**・升屋正人***・宮原照昌****

Method for software accelerator of TCP data transmission and data transmission experiments on GIS client-server models via WINDS Internet Satellite

By

Kohei Arai, Kiyotaka Fujisaki, Hiroaki Ikemi, Ibrahim Djamaluddin, Masato Masuya and Terumasa Miyahara

Abstract: A countermeasure for round trip delay which occurs in between satellite and ground with network accelerator which is realized by software technology is proposed together with data transmission experiments on GIS client-server models via WINDS internet satellite. It is found that the proposed software based network accelerator would work for TCP data transmission. Acceleration performance on data transmission is almost same as expensive hardware based accelerator. Also it is confirmed that data transmission in GIS client-server models via WINDS internet satellite is validated for both raster and vector data of topographic map.

Key words: GIS data transmission, Network accelerator, Internet satellite (WINDS)

1. はじめに

本研究は WINDS 衛星(超高速インターネット衛星)[1]を介した通信路を災害時におけるバックアップ通信路として利用する手法およびその効用の確認を行うとともに通信品質の把握、ならびに、通信品質向上のためのサイトダイバーシティ[2]の効果を実証するとともに地すべり等の九州地域における地域的防災情報通報システム[3]を実現することを目的として実施した。

WINDS 衛星は平成20年2月に打ち上げられた。現在、ミッションチェックを JAXA・NICT が実施し、既に総務省の「WINDS 衛星の利活用に係る公募研究」に採択され、平成21年3月の利用が許可されている機関が実験を行っている。筆者達は WINDS 衛星を地域における災害時のバックアップ通信路として利用するシステムが地域に役立つことを実証するとともに地すべり等の地域的災害監

視のための防災情報通報システムを実証している。

WINDS 衛星と地球局との間に電波伝搬遅延および WINDS 衛星搭載の ATM スイッチ[4]に 0.8 秒の遅延があり、これが TCP/IP 通信の際の ACKNOWLEDGE 等のデータ転送手順における妨げになり、実効伝送速度は極めて甚大な劣化を招く。この克服のため、ハードウェアによるネットワークアクセラレータが開発され、その性能が確認されている。しかし、高価なシステムであり、同等の性能を保証した、安価なシステムが期待されている。

WINDS 衛星を介した回線を災害、障害時に確立することにより、災害、障害時に既存の回線が切断されたとしても WINDS 衛星を介した回線に切り替えることによりバックアップ回線確保が可能となる。このような災害、障害時に重要な情報、すなわち、被災状況、避難情報、障害復旧のためのログ情報等をバックアップ回線を用いて通信することにより、障害復旧を早期に行うことができるようになり、被災地域住民を早期に避難させることもできるようになる。本研究では被災情報を地理情報システム(GIS)[5]によって表示することを想定し、GIS クライアント・サーバーモデルを構築して伝送実験を行った。それらの結果、ソフトウェアベースのネットワークアク

平成21年10月31日受理

*理工学部知能情報システム学科

**九州大学

***鹿児島大学学術情報基盤センター

****(株)エルム

©佐賀大学理工学部

セラレータの実現可能性を評価し、GIS クライアント・サーバーモデルにおけるラスター・ベクターデータの WINDS 衛星を介したデータ伝送性能を確認したのでここに報告する。

2. 実験方法

2.1 実験コンフィギュレーション

実験コンフィギュレーションを図1に示す。

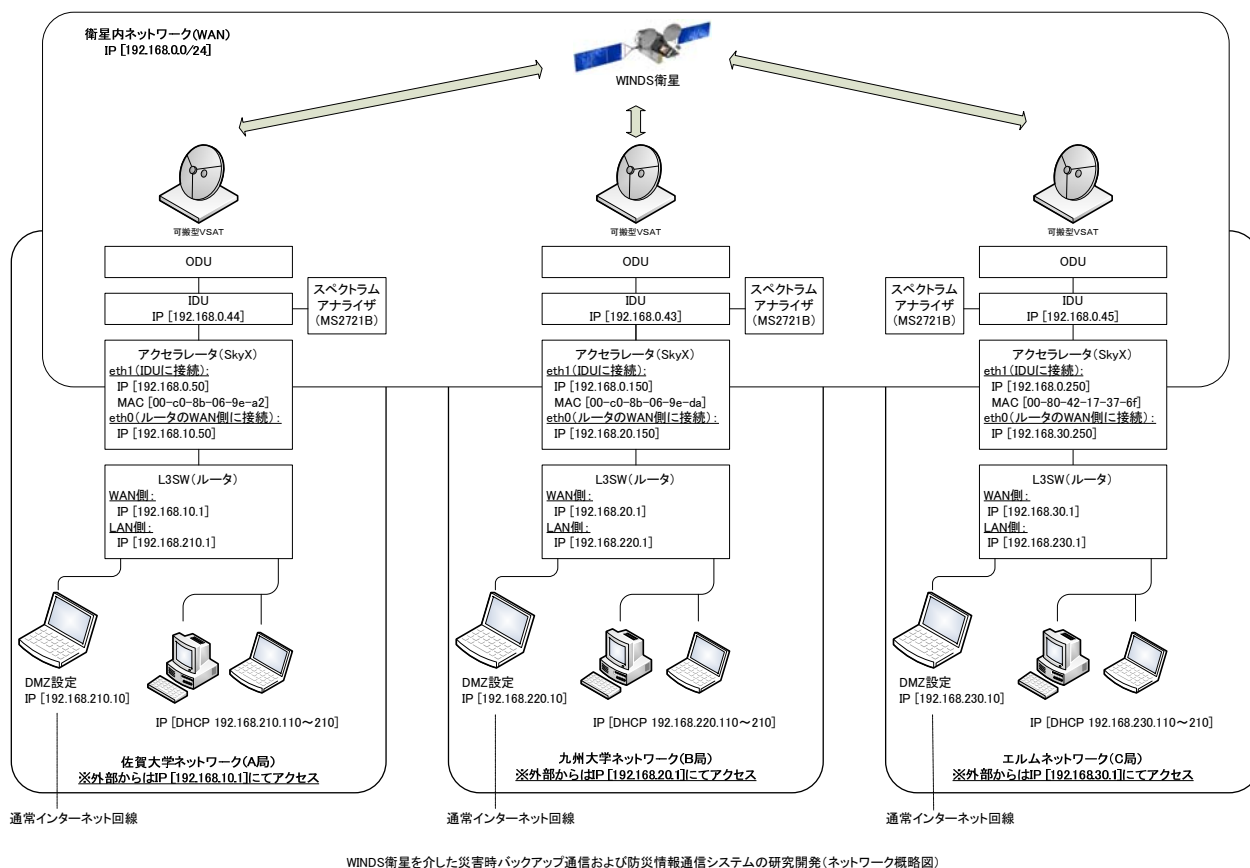


図1 WINDS 衛星を介した IP 通信実験コンフィギュレーション

九州大学、佐賀大学、(株)エルムを WINDS 衛星を介したネットワークによって接続し、被災情報を GIS 表示したデータを伝送するシステムを構築した。そのため、本実験では3機関を WINDS 衛星を介して IP 接続している。端末からルータを介し、ソフトウェアベースアクセラレータ(ハードウェアアクセラレータ[5]を比較対象とした)に接続し、その後、Internal Data Unit (IDU)および Outer Data Unit (ODU)を介して WINDS アンテナ(可搬型 VSAT アンテナ)¹に接続している。

2.2 ソフトウェアベースネットワークアクセラレータ

¹ VSAT システム (Very Small Aperture Terminal) システムは、通信衛星を介する双方向通信システムのひとつであり、通信衛星と通信制御を行う VSAT 制御地球局 (親局:HUB 局)、各地に置かれる VSAT 地球局 (子局:VSAT) および公衆電気通信回線網により、ネットワークが構成される。

ソフトウェアによるネットワークアクセラレータを実現する場合、ネットワーク上のパケットデータを直接操作する必要がある。したがって LAN ドライバソフトウェアが必要になる。LAN ドライバソフトを作成するため、実際の LAN ボードが必要になる。今回は、アルゴリズムの検証を目的とし、フリーで利用できる仮想 LAN ドライバによってそのドライバを制御する方法を調査した。なお、この方法では TCP 上の様々なプロトコルに対応できないことは既に分かっているので、本格的にソフトウェア・ネットワークアクセラレータを作成する上では、独自の仮想 LAN ドライバを開発する必要がある。

実際のネットワークアクセラレータを実現する方法をいくつか試みた。今回調査したソフトウェアでは、それぞれの機能を ON/OFF して、最も効率のよい動作を確認した。

(1) ACK 短縮処理

遅延時間が長いことにより TCP プロトコルにロスが発生するので、この遅延時間自体を短くすることが考えられる。遅延時間の代わりに TCP の ACK 送信時間を短くすることを考えた。実際には、ドライバ上に通知された TCP パケットに対してすぐに ACK を返信し、実際のデータは別のプロトコルで相手に通知する。この方法だと ACK がすぐに返信されるために、遅延時間はほぼ 0 にすることができる。ただし、実際のデータは TCP プロトコルのように、確実に相手側に届ける必要がある。

(2) 最大受信バッファサイズの通知

RFC1323 や Vista の TCP 自動チューニングは受信バッファのサイズを変更してより多くのデータ送信を行わせようとするものである(Vista の場合は送信バッファも)。ただし、この通知される受信バッファサイズとは、受信できるバッファ数を示しており、アプリケーションで受け取られていないデータ数を含んでいない。衛星間ネットワークでは 800msec の遅延があることが分かっており、現在の PC の能力からすれば、この間で殆どのデータを処理することができる。すなわち、実際に受信できるバッ

ファ数が正常に伝わらないことになる。そこで、パケット上の受信バッファ数のサイズを意図的に最大受信バッファ数に書き換えてしまうことにより、高速化を図る。

(3) データ圧縮・解凍

提案方法は、TCP を一旦 UDP に変換して送信するものである。UDP で送信する際にデータを蓄積し、圧縮して送信するように改良した。これにより、パケット上に流れるデータを少なくすることが可能になる。

(4) 性能確認実験

確認試験は ftp ファイル転送実験によって行った。パケットモニター上でパケットデータの流れや容量を確認した結果、データに関しては一切問題が無く送信されていることを確認した。時間の計測には図 2 に示すパケットモニターソフトを利用した。このパケットモニターで、ftp の接続から切断を TCP セグメント上のフラグ(SYN と FIN) で判断し、それに係った時間を計算で求めた。なお、この方法だと、DOS 窓で計測する時間より短い時間になってしまうので、結果を評価する上でその分を考慮する必要がある。

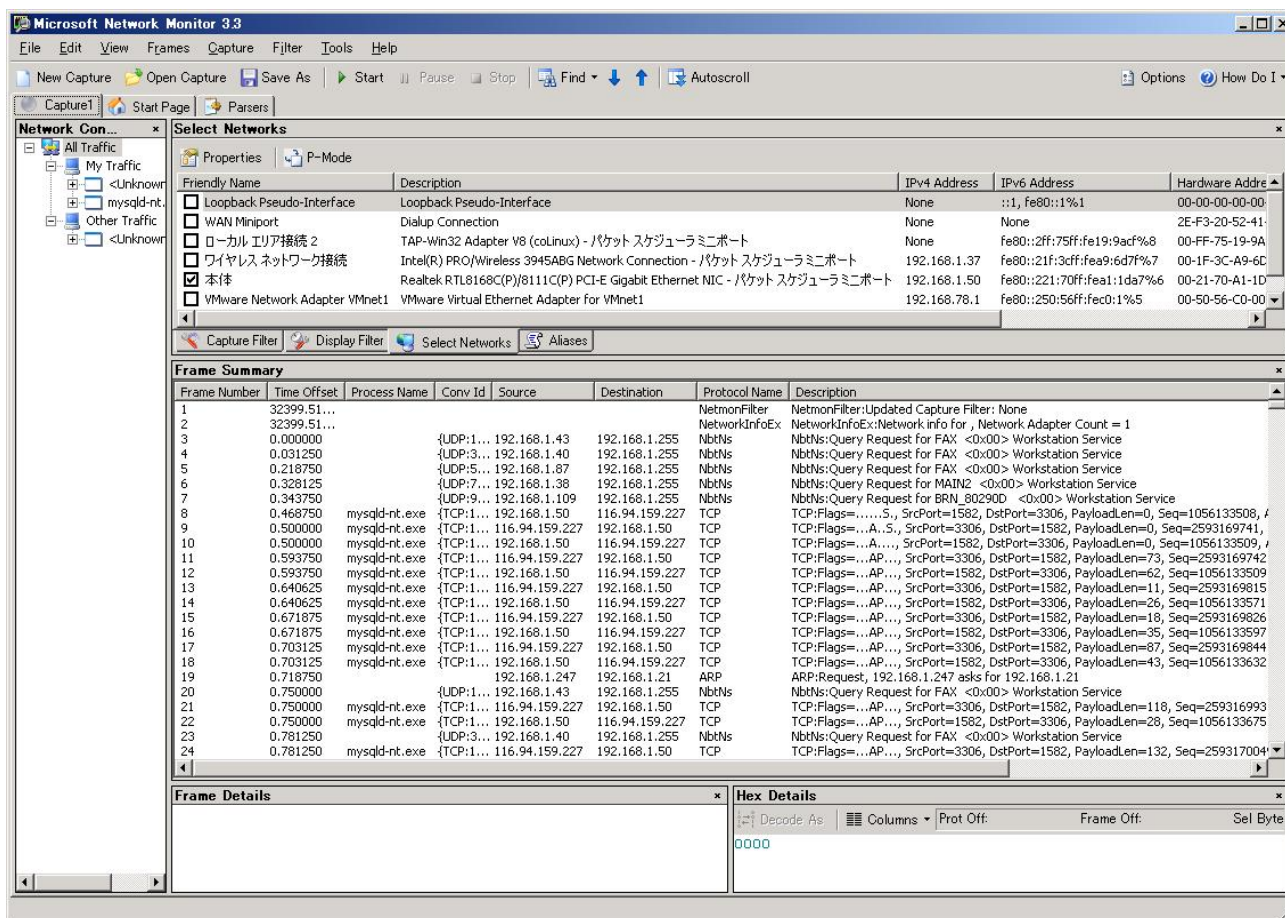


図 2 Microsoft Network Monitor 3.3

2.3 GIS クライアントサーバーモデルデータ伝送実験

ArcMap 9.3 を佐賀大学に、また、ArcGIS Server 9.3 / ArcSDE 9.3 を九州大学に配し、図3のシステム構成にて GIS クライアントサーバーモデルデータ伝送実験を実施した。

WINDS 回線における地理空間情報の実用性を確認するため、ArcGIS ソフトウェアを使用してデータの種別(ベクトル, ラスタ)、データサイズと接続速度に関する基礎的な実験を行った。接続方法は、①空間データベースへのネイティブ接続、②Web ブラウザ接続の2種類を設定した。また、①の接続では、GIS エンジンクライアントに配置して GIS データの送受信を行い、②の接続では、サーバ側に GIS エンジン配置しクライアントの要求に対して結果(地図画像)の受信を行う接続である。

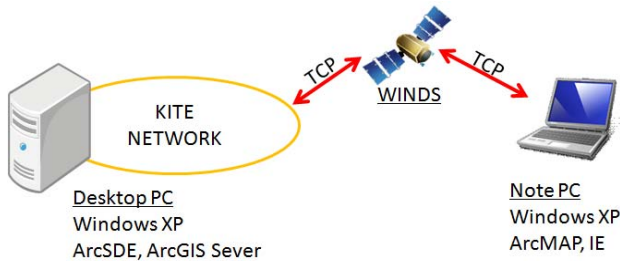


図3 GIS クライアントサーバーモデルデータ伝送実験におけるネットワークコンフィギュレーション

また、データサイズはベクトルおよびラスタデータのそれぞれに対し、表1および2の5種類ずつを用意した。ここで精度は10km x 10kmの領域に対する単位面積の辺の長さを意味する。

表1 ベクトルデータのサイズ

精度(m)	要素数(ポイント)	サイズ (KB)
1000	100	6
250	1,600	86
100	10,000	544
50	40,000	2,140
10	1,000,000	51,800

表2 ラスタデータのサイズ

精度(m)	要素数(グリッド)	サイズ (KB)
1000	100	17
250	1,600	45
100	10,000	105
50	40,000	205
10	1,000,000	3,910

3. 実験結果

3.1 ハードウェアアクセラレータ SkyX[6]との比較

ファイルサイズの異なる防災情報を模擬したダミーデータ File: WindsTestSmall.dat (1079064 bytes) および File: WindsTest.dat (310677846 bytes)を用いてソフトウェアアクセラレータの性能を評価したところ、以下のように SkyX に比べて遜色ない性能を示すことが分かった。また、特に、大きいサイズのファイル転送には効果があることが分かった。

○WindsTestSmall.dat 送信にかかった時間

SkyX	1.08sec
ソフトウェア・ネットワークアクセラレータ	1.42sec

○WindsTest.dat 送信にかかった時間

SkyX	75.94 sec
ソフトウェア・ネットワークアクセラレータ	64.69sec

これらから実効データレートは、以下の通りである。

○WindsTestSmall.dat 送信におけるデータレート

SkyX	1.0Mbps
ソフトウェア・ネットワークアクセラレータ	0.76Mbps

○WindsTest.dat 送信におけるデータレート

SkyX	0.41Mbps
ソフトウェア・ネットワークアクセラレータ	0.48Mbps

TCP の遅延問題を解決する方法として、ACK の通知時間を短くすることが最も有効な方法との結論を得た。ただし、この方法では TCP で行っているデータ転送の保証を別プロトコルで確実にを行う必要がある。SkyX は TCP を XTP に変換することで高速化を行っており、この提案方法と類似であると考えられる。

受信バッファサイズの通知を変更する方法は、今回の実験では効果が認められなかった。RFC1323 によるウィンドウサイズの変更を行ったが、効果は認められていない。バッファサイズを変更する方法としては Vista の『自動チューニング機能』があるが、送信バッファサイズも同様に変更する方法であり、ウィンドウサイズも動的に変更させている。RFC1323 として提案されているので高速化が見込めるが、ACK 短縮処理ほどの効果はないと考える。

3.2 GIS クライアントサーバーモデルに基づくデータ伝送実験結果

平成21年8月27日13時25分～16時40分に図3のコ

ンフィギュレーションにて WINDS 衛星を介した GIS クライアントサーバーモデルデータ伝送実験を実施したところ、図 4 から 7 の結果が得られた。図 4 は①GIS エンジンクライアントに配置して GIS ベクトルデータの送受信を行った場合の伝送時間を示し、図 5 は同じ接続にてラスタデータを送受信した場合の伝送時間である。また、図 6 は②サーバ側に GIS エンジン配置クライアントの要求に対して結果(地図画像)の受信を行う接続におけるベクトルデータの送受信に係る時間を示し、図 7 は同じ接続におけるラスタデータを送受信した場合の伝送時間である。なお、図 5 において 45KB のデータサイズ(要素数 360 グリッド)の 250m ラスタ以降の伝送実験は 30 分以上経過しても伝送が終了しないことから測定を中止した。また、図 6 における 51.8MB のベクトルデータの伝送実験も、さらに、図 7 における 205KB 以上のデータサイズの伝送実験も 30 分以上経過しても伝送が終了しないことから測定を中止した。

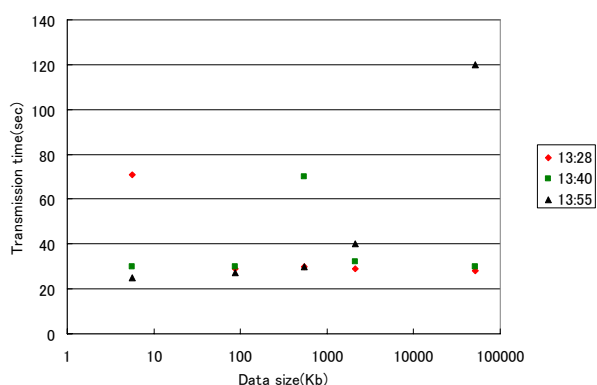


図4 GIS エンジンクライアントに配置して GIS ベクトルデータの送受信を行った場合の伝送時間

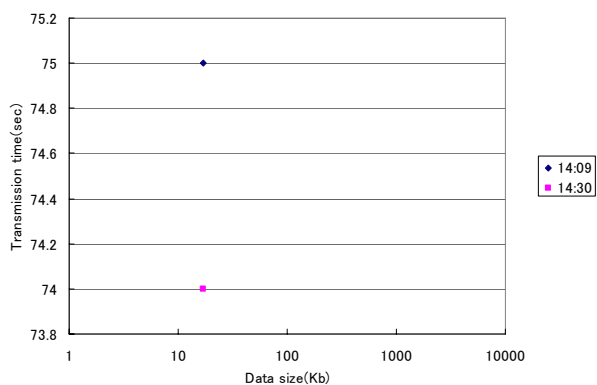


図5 GIS エンジンクライアントに配置して GIS ラスタデータの送受信を行った場合の伝送時間

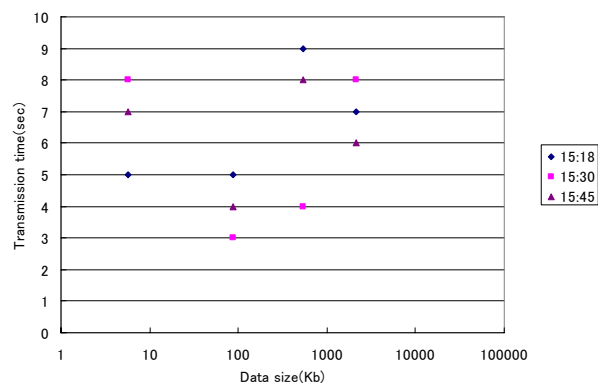


図 6 サーバ側に GIS エンジン配置クライアントの要求に対して結果(地図画像)の受信を行う接続におけるベクトルデータの送受信に係る時間

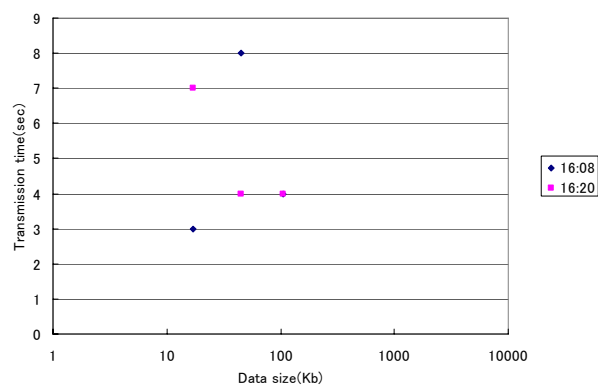


図 7 はサーバ側に GIS エンジン配置クライアントの要求に対して結果(地図画像)の受信を行う接続におけるラスタデータの送受信に係る時間

実験はそれぞれの条件において 2,3 回ずつ行った。多少のばらつきは実験回毎に見られるものの①の接続における伝送ではベクトルデータを 30 秒程度にて伝送できていることを確認した。最大 51.8Mb のデータを 30 秒で伝送することができたので伝送レートは 17Mbps となる。WINDS のデータレート 24Mbps はこれよりも高い設定であるのでこの性能は納得できる。また、ラスタデータの伝送実験では伝送レート以上にクライアントの負荷が重く、GIS 表示ができないことが分かった。一方、サーバ側に負荷の重い GIS エンジン配し、クライアントは負荷の軽い Web ブラウザにて表示するだけの機能に限定した場合の伝送レートは、ベクトルデータに対して 2.88Mbps、また、ラスタデータに対して 0.168Mbps となっており、それぞれ、2.14MB および 0.105MB のデータサイズのマップを Web ブラウザ上に GIS 表示し得ることを確認した。

4. あ と が き

本研究にてソフトウェア・ネットワークアクセラレータの伝送レート向上に係る性能が明らかになった。ハードウェアベースのネットワークアクセラレータの性能に遜色のない伝送レート向上効果が確認できた。今回はシミュレーションレベルにおける実験の結果として確認したに過ぎないが、今後、他の TCP 機能の実装に係る検討を行う予定である。今回は、アルゴリズムの検証を目的とし、フリーで利用できる仮想 LAN ドライバによってそのドライバを制御する方法を採用した。これでは TCP 機能のすべてを満足することは不可能であるので、本格的にソフトウェア・ネットワークアクセラレータを作成する上では、独自の仮想 LAN ドライバを開発する必要がある。

①GIS エンジンクライアントに配置して GIS ベクトルデータの WINDS 衛星を介した送受信を行う接続および②サーバ側に GIS エンジンを配置しクライアントの要求に対して結果(地図画像)の WINDS 衛星を介した受信を行う接続形態にてベクトルデータおよびラスターデータの送受信に係る時間を計測し、比較検討した。この結果は、GIS クライアント・サーバーモデルにおける最適な負荷配分を検討する必要性を示唆している。また、データポイント数が同数のベクトルデータとラスターデータの伝送実験の比較からは、データサイズもさることながらデータ形式による伝送性能の相違が大きいことを確認した。

謝辞

本研究は総務省予算事業、戦略的情報通信研究開発推進制度 SCOPE(地域 ICT 振興型研究開発)に基づき実施したものであり、本研究遂行に当たり、ご支援、ご協力戴いた総務省九州総合通信局関係各位に深謝の意を表します。また、実験遂行に当たり多大なご協力を戴いた、JAXA,NICT,WINDS 衛星利用実験協議会、九州航空宇宙開発推進協議会、九州大学、鹿児島大学および佐賀大学の関係各位等に感謝いたします。

参考文献

- [1]<http://www.jaxa.jp/projects/sat/winds/>
- [2] 常川、鹿子嶋、小型筐体上水平配置ダイポールアンテナのダイバーシティ特性解析, 信学論, J75-B-II 巻, 9 号 pp.629~637,1992.
- [3] 新井康平、藤崎清孝、WINDS 衛星を介した災害時バックアップ通信および防災情報通報システム、総務省九州総合通信局主催、SCOPE 研究発表会、熊本市現代美術館 5F アートロフト、6 月 20 日、2008

[4]西村、大前、岡田、次世代マルチメディア通信におけるマルチキャスト ATM スイッチ : SS MAP(Singlecast Stuffed Multicast Advanced Processing)ATM スイッチ、電子情報通信学会技術研究報告. OFS, オフィスシステム 100(540) pp.37-42 20010105、2001

[5]新井康平、Java による地球観測衛星データ処理、森北出版、2001.

[6]http://www.yuantong.cn/siryou/Skyx_DS_J_0307.pdf