

# ギガビットネットワークを中心とした所内 LAN の再構築

## *Reconstruction of LAN Using Gigabit Network in TRI-Osaka*

平松 初珠\* 石島 悌\* 中辻 秀和\*\*

*Hatsumi Hiramatsu Dai Ishijima Hidekazu Nakatsuji*

(2007年6月22日 受理)

キーワード：ギガビットネットワーク，再構築，LAN，レイヤー3スイッチ，レイヤー2スイッチ

### 1. はじめに

米国国防総省ネットワークとしてインターネットが誕生してから約40年，日本にインターネットが登場してから20年余りが経つ。この間，インターネットに接続している企業や家庭は，情報端末の普及と共に増えてきた<sup>1)</sup>。

国内の家庭向けインターネット接続サービスは，電話回線を使用するダイヤルアップ接続から始まり，その後，ISDN (Integrated Services Digital Network)，ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)，FTTH (Fiber To The Home) へと，より高速な通信サービスが提供されてきた。そして，現在では100 Mbpsの通信速度で常時インターネットに接続できる環境を，個人で容易に整備できるまでになっている。さらに，最近では，1 Gbpsのネットワークインターフェイスカードを標準で装備しているコンピュータが増えていることから，より高速なインターネット接続環境の普及が期待される。

また，インターネットに接続する通信速度が高速化されるにつれ，ネットワークを流れる通信量も増加し続けている。今や国内における一日の最大通信量は，約158 Gbpsにもなる。この通信量は，この5年で約30倍，この2年でも約2倍に増えている<sup>2)</sup>。

大阪府産業技術総合研究所では，1996年にそれまで府内に分散していた拠点を和泉市に新設した研究所（以下，当研究所）に移転統合したことを機に，幹

線100 Mbps，支線10 Mbpsの所内ネットワークインフラを導入した<sup>3)</sup>。それ以来，所内ネットワークは導入当時の通信速度のまま稼動してきた。その一方で，256 kbpsの通信速度から始まったインターネットへの接続は段階的に高速化され，現在は2回線を利用し，100 Mbpsと3 Mbpsの通信速度で接続している。

このように研究所内のネットワーク速度がインターネットへアクセスする速度より遅くなってしまったため，インターネットの利用だけで所内ネットワークの帯域が不足する可能性がでてきた。また，それだけではなく機器の寿命という避けられない問題が生じてきた。これらの理由により，2005年度から所内ネットワークの再構築を始めた<sup>4)</sup>。

本稿では，まず，ネットワーク接続に必要な通信の仕組み，通信機器とケーブルについて説明し，その後，再構築前のネットワーク構成，更新にいたる経緯，再構築したネットワーク構成，そのときに生じた問題や工夫について述べ，最後に，ネットワークの評価と全体のまとめについて記す。

### 2. 通信の仕組み

#### (1) LAN (Local Area Network) で用いられる IP 通信の仕組み

世界中を網羅するインターネットは複数のネットワークの集合体である。それらのネットワークは，さらに小さなネットワークから構成される階層構造を持っている。このように，ネットワークは，より小さなネットワークの集合といえる。

ネットワークにつながっているコンピュータには，

\* 情報電子部 制御情報系

\*\* 企画総務部 企画調整課

IP (Internet Protocol) アドレスと呼ばれる識別番号が一意に割り当てられている。IP アドレスは 0 から 255 までの値をとる 4 つの数値からなり、各数値はピリオドで区切られる。

異なるネットワーク間で通信する場合、IP アドレスから相手のネットワークを識別して、適切な経路選択、つまり、ルーティングを行う。これを行う機器がルータやレイヤー 3 スイッチである。最近では、処理速度や価格の点から、レイヤー 3 スイッチがよく用いられている。

一方、同一ネットワーク内ではリピータハブやレイヤー 2 スイッチが通信を中継する。リピータハブは、コンピュータから送信されたデータを、送信先を判断せずに接続されている全てのコンピュータに送信する。一方、レイヤー 2 スイッチは、ネットワークインターフェイスカードに割り当てられている MAC (Media Access Control) アドレスに従って送信先のみデータを送信する。このため帯域を有効に利用できるため、現在では、リピータハブに代わり、レイヤー 2 スイッチが使用されることが増えてきた。

データ送信時、ルータやレイヤー 3 スイッチは、送信先の IP アドレスが同じネットワークに存在するかを判断する。同じネットワークに存在しない場合は、経路選択を行い、別のネットワークにつながっているルータやレイヤー 3 スイッチにデータを転送する。送信先が同一ネットワークに存在するときは、MAC アドレスをもとに、リピータハブやレイヤー 2 スイッチを経由して、データが送信先に送られる。

## (2) 通信を伝送する LAN ケーブル

伝送媒体の一つである LAN ケーブルは、用途やネットワークの構成に応じて様々な種類があり、10BASE5 などのように表示されている。最初の数字は通信速度を示す。この場合、通信速度は 10 Mbps である。最後の数字は最長距離を示している。この場合は 500 m である。最後が英字の場合もある。最後の英字が T であればツイストペアケーブルを示し、その最長距離は 100 m である。LX, SX は、光ファイバケーブルを示している。

最もよく用いられているツイストペアケーブルには、UTP (Unshielded Twist Pair) ケーブルと STP (Shielded Twist Pair) ケーブルがある。UTP ケーブルはオフィスなど一般用に使用される。ノイズ対策が必要な工場などに敷設する場合は、導体などでシールドされた STP ケーブルがよく利用される。

ツイストペアケーブルの多くは、8 本の線を 2 本ずつ 4 組にした 4 対 8 芯で構成されているが、10 Mbps,

100 Mbps の通信で使われているのは、そのうちの 2 対 4 芯だけである。そのため、10 Mbps, 100 Mbps では、2 対 4 芯のケーブルでも通信することができる。一方、1 Gbps で通信する場合は、8 本の線を全て使用する。そのため、2 対 4 芯のケーブルでは 1 Gbps で通信することはできない。

## 3. 旧ネットワーク構成

移転したときに構築された幹線ネットワークの概略を図 1 に示す。以降、移転ときに構築されたネットワークを旧ネットワークと呼ぶ。

図 1(a) は、建屋の位置関係を表している。当研究所には、約 8 万 2 千平方メートルの敷地に十数棟の建屋があり、それらは大きく分けて、新技術開発棟、本館、実験棟に分かれる。図 1(a) の実線で囲った部分が 1 つのネットワークを示している。所内ネットワークは、9 つに分割されたネットワークから構成されていた。なお、図中の計算機室は A 棟の一部であり、A 棟と同じネットワークに属している。それぞれのネットワークは、ルータを介して FDDI (Fiber Distributed Data Interface) で接続されている。FDDI とは、伝送路に光ファイバを用いた 100 Mbps のリング型 LAN である。図 1 の各ルータを通っている実線が FDDI の配線である。併せて、図 1(b) に幹線ネットワークの構成図を示す。

幹線ネットワークは、図 2 に示すように、ルータから各棟のフロアや実験棟などを単位として、さらに分割されている。この分割されたネットワークを支線ネットワークと呼ぶ。各支線ネットワークには、リピータハブが設置されている。ルータからリピータハブへ

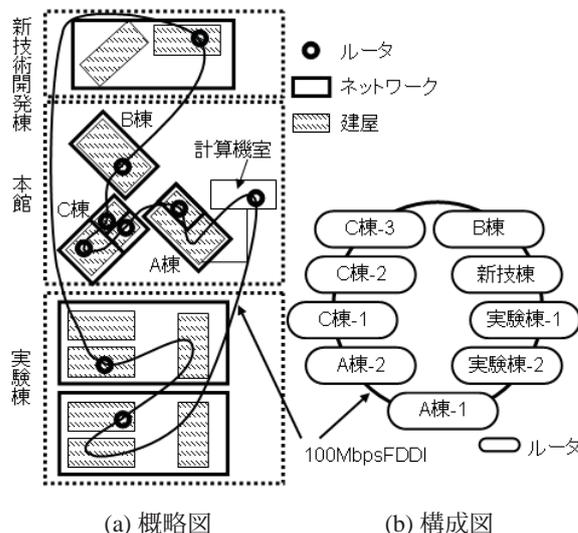


図 1 旧ネットワークの幹線ネットワーク図

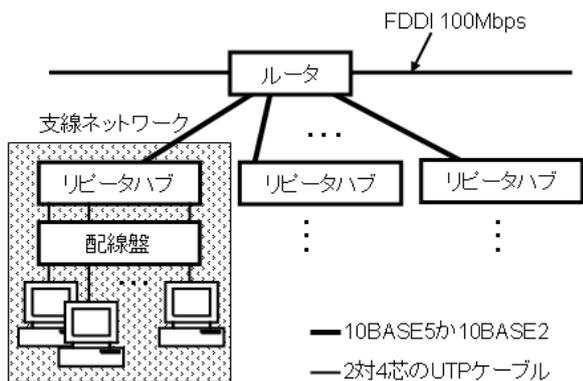


図2 旧ネットワークの支線ネットワーク図

は、10BASE5 もしくは 10BASE2 のケーブルで接続されている。

リピータハブから末端の機器へは、主に、2対4芯のUTPケーブルを用いて、10BASE-Tで接続されている。

#### 4. 更新にいたる経緯

導入当初は快適な所内ネットワークであったが、年月を経るに従い問題が生じてきた。その問題とは、導入当時のインフラはもはや時代遅れとなってしまったことである。

すでに述べたように、ネットワークの世界は進化が速い。当研究所でも、10年前と比べるとネットワークの利用頻度や一度に送受信するデータ量が格段に増えた。その結果、所内の通信量は格段に増え、ネットワークの帯域不足が心配され始めた。

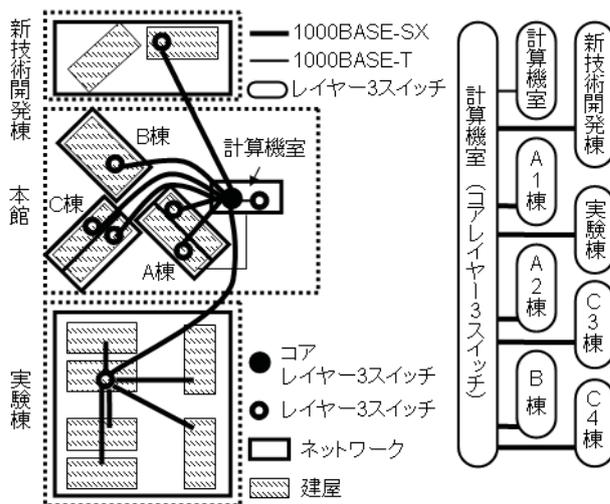
また、ネットワークそのものだけでなく、ルータをはじめとする各種ネットワーク機器も古くなり、保守部品の確保が困難になった機器のメンテナンス保守契約が難しくなってきた。これにより、機器が故障すると所内ネットワークが停止し、業務が滞る可能性がでてきた。2006年度には、機器の寿命と考えられる軽微なトラブルが、数度、発生した。

#### 5. 所内ネットワークの更新作業

更新作業日程を表1に示す。2005年度より1年半

表1 更新作業日程

	05/6	05/9	06/4	06/9
ネットワークの検討、設計				
ケーブルの敷設			●	
機器の設置、設定				—
ネットワークの切り替え				—



(a) 概略図

(b) 構成図

図3 新ネットワークの幹線ネットワーク図

程度、所内ネットワークの再構築の検討と設計を行った。並行して、2006年度前半には、外部委託による建屋間の光ファイバとフロア間のSTPケーブル、併せて約1500mの敷設工事を数日間行った。2006年度後半は、機器の設置と設定、および切り替え作業を行った。この間で、ルータ9台をレイヤー3スイッチ9台に、リピータハブ35台をレイヤー2スイッチ46台に置き換えた。以下に新ネットワーク構成や、行った作業などを説明する。

##### (1) ネットワーク構成

新ネットワークの概略を図3(a)に示す。併せて、構成図を図3(b)に示す。

幹線ネットワークの構成は、図1(b)に示すリング型のFDDIから、図3(b)に示すツリー型のギガビットイーサネットに変更した。トポロジの変更理由には、近年の幹線ネットワークはギガビットイーサネットが主流であること、比較的安価で構築できることなどが挙げられる。

ツリーの頂点には、レイヤー3スイッチを配置し、計算機室に設置した。このスイッチをコアレイヤー3スイッチと呼ぶ。新ネットワークは、コアレイヤー3スイッチを中心に、全体をおおむね建屋単位で8つに分割し、各ネットワークには、レイヤー3スイッチを配置した。同じネットワーク内の実験棟および各フロアは、さらに支線ネットワークに分割し、各支線ネットワークには、レイヤー2スイッチを配置した。

ギガビットイーサネットは、UTP、STPの1000BASE-Tと光ファイバの1000BASE-SXの2種類を利用する。1000BASE-Tは安価だが、100m以下の接続に制限される。一方1000BASE-SXは高価だが、

550 m まで接続できノイズにも強い。

コアレイヤー 3 スイッチから各レイヤー 3 スイッチへは、1000BASE-SX の光ファイバで接続している。これは、建屋間の距離が 1000BASE-T で接続できる最長距離を越える部分があるため、また、各ネットワークを電氣的に絶縁し、トラブルを防ぐために講じている措置である。ただし、計算機室のレイヤー 3 スイッチは、コアレイヤー 3 スイッチと同じラックに設置しており、その距離が短いため 1000BASE-T で接続している。レイヤー 3 スイッチからレイヤー 2 スイッチへの配線は、建屋内は 1000BASE-T の STP ケーブルで、建屋間は 1000BASE-SX の光ファイバで接続した。支線ネットワークのレイヤー 2 スイッチから末端の機器へは既存の UTP ケーブルを用い、100BASE-TX、もしくは 10BASE-T で接続した。

なお、ネットワークの再構築作業のうち、建屋間を接続する光ファイバとフロア間を接続する STP ケーブルの敷設工事は外部に委託した。それ以外の作業は、機器選定から、機器の設置、設定、配線に至るまで、職員が中心となって行った。

## (2) IP アドレスの割り当て

更新に際し、IP アドレスは一部を除いて新旧ネットワークで重複なく割り当てた。新しく割り当てた IP アドレスの割り当て規則を図 4 に示す。第一フィールドから順に、固定値、棟単位、フロア単位、端末を表している。

規則的に IP アドレスを割り当てたことで、2 つの効果があつた。第一には、IP アドレスから容易に場所を特定することができるため、トラブル発生時に素早く対応できるようになったことである。第二には、レイヤー 3 スイッチとレイヤー 2 スイッチの設定ファイルは IP アドレスの一部を除いて共通しているため、各設定ファイルを IP アドレスの一部を書き換えるプログラムで自動的に生成できたことである。このことで、作業の省力化につながった。

なお、計算機室のネットワークのみ IP アドレスを変更していない。これは、コンピュータ室には多くのサーバがあり、アドレス変更に伴う作業が多くなるためと、後に述べるように新旧ネットワークを接続して共存した状態で移行するためである。

w	.	x	.	y	.	z
第一フィールド		第二フィールド		第三フィールド		第四フィールド
w : 固定値, x : 棟, y : フロア, z : 端末						

図 4 IP アドレスの割り当て規則

## (3) 末端ケーブル更新の検討

旧ネットワークでは、リピータハブの通信性能が 10 Mbps であつた。そのため、末端の機器は 10 Mbps での通信となる。一方、リピータハブから置き換えたレイヤー 2 スイッチの通信性能は 1 Gbps である。ところが、末端のケーブルが 2 対 4 芯のため、末端の機器は最大でも 100 Mbps でしか通信出来ない。末端の機器が 1 Gbps で通信するためには、2 対 4 芯のケーブルを 4 対 8 芯に置き換える必要がある。

しかし、末端のケーブルは 700 本以上あるため、全てを置き換えるには非常に大きなコストを伴う。また、通常の使用では、100 Mbps で十分であり、さらに、10 Mbps のリピータハブを 1 Gbps のレイヤー 2 スイッチに変更したことで、現状のケーブルのままでも速度が大幅に改善されることを考え、今回は末端ケーブルの置き換えは見送った。

## (4) 設定作業

ケーブル敷設工事を終えた後、各棟、各フロアに、レイヤー 3 スイッチ、レイヤー 2 スイッチを設置した。その後、ケーブルを接続し、機器のランプが点灯することで物理的にケーブルがつながっていることを確認した。

レイヤー 3 スイッチは、主にポート VLAN (Virtual Local Area Network)、DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)、SNMP (Simple Network Management Protocol) を設定した。

ポート VLAN の設定は、ポート単位でネットワークの割り当てを行うために必要である。これにより、実験棟やフロアを単位としたネットワークを構築した。また、VLAN ごとに RIP (Routing Information Protocol) を有効にし、経路設定を自動化した。

DHCP の設定は、末端の機器をネットワークに接続するだけで、自動的に IP アドレスの割り当てが行われるために必要である。また、ネットワークを越えて IP アドレスの割り当てが行えるように、リレー機能を有効にし、リレー先アドレスとして DHCP サーバのアドレスを指定した。この設定により、IP アドレスの管理を一台の DHCP サーバに集約することができた。

SNMP は、ネットワークの監視を行うために導入した。SNMP エージェントを有効にし、監視範囲を設定するコミュニティを作成する作業を行った。また、システムのメッセージなどを記録するログを設定した。これにより、各ポートの状態変更やネットワーク帯域などの監視をネットワーク経由で行えるようになった。

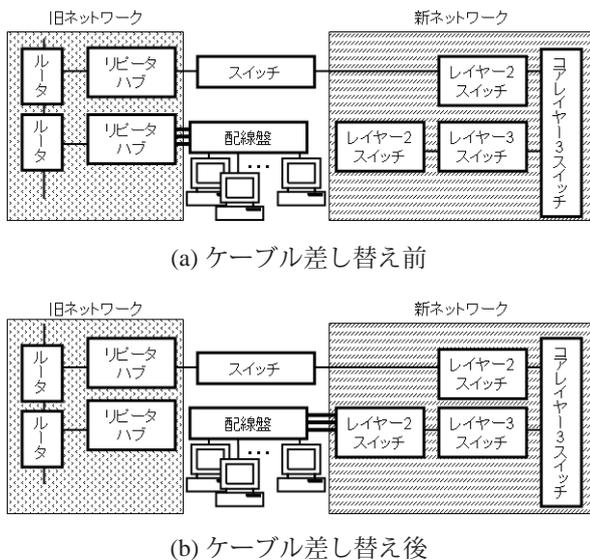


図5 新旧のネットワーク共存図

その他、今後急速に普及すると言われている IPv6 なども設定した。

レイヤー2スイッチには、SNMPの導入とネゴシエーションの設定を行った。

**(5) 切り替え作業**

図5に示すように、新旧のネットワークを計算機室のスイッチを介して共存させた状態で、切り替え作業を進めた。計算機室を介して新旧のネットワークを共存させることができたのは、計算機室のIPアドレスの変更を行っていなかったためである。

端末の切り替え作業は、図5(a)のように、配線盤から旧ネットワークのリピータハブに接続しているケーブルを、(b)のように、配線盤から新ネットワークのレイヤー2スイッチに一本ずつ切り替える方法で進めた。端末あたりの移行作業時間は1分程度であり、新旧のネットワークを混在させた状態で少しずつ切り替えた。差し替えるケーブルの数は700本以上あったが、時間のあるときに少しずつ作業を進めることができたため、それほど負担にはなっていない。

なお、切り替え作業は、問題が発生してもトラブルを最小限に抑えるため、接続台数の少ないネットワークから、確認しながら順次行った。移行完了後、一定期間異常がないことを確認した後、旧ネットワークを切り離れた。

**(6) 移行に際しての問題点**

移行に際し、問題も生じた。その一つは、IPアドレスを変更できない機器が存在したことである。ネットワークにつながっているのは、コンピュータだけではなく、ネットワークにつながることのできる実験装置もある。そのなかに、IPアドレスを変更することが

困難な実験装置があった。そのため、この実験装置のIPアドレスを変換してネットワークに接続する必要がでてきた。これについては、旧ネットワークのIPアドレスを新ネットワークのIPアドレスに変換するNAT (Network Address Translation) ルータを利用することで回避した。

また、更新するとネットワークに接続できない機器や端末があった。これは、レイヤー2スイッチで設定した、通信速度の自動検出に失敗することが原因であった。これについては、レイヤー2スイッチの設定を変更し、通信速度を手動設定することで回避した。

さらに、旧ネットワークの図面と実際の配線が一致していない部分があった。これは、引継ぎが確実にできていなかったことが原因である。そのため、今回は注意深く次の更新に向けての資料を作成しながら移行作業を行った。

**6. 実験と考察**

**(1) 2本の従来ケーブルによる100BASE-T接続**

今回のネットワーク更新では、末端の2対4芯のケーブルは変更せず、端末は100BASE-TXで通信することにした。しかし、今後さらにネットワークの通信速度が高速になることが予想される。そのため、大きな変更を行わずに、今ある設備で部分的に高速な通信を実現できる環境を構築したい。そこで、この状態で高速通信を検討し、2対4芯のケーブルを2本利用して4対8芯とすることで、最大1Gbpsでの通信を試みた。

配線の概略を図6に示す。レイヤー2スイッチと配線盤、および、スイッチの手前で4対8芯のケーブルと2対4芯のケーブル2本の変換を行った。この変換部分は、モジュージャックを用いて作成した。モジュージャックを図7に示す。配線後、レイヤー2スイッ

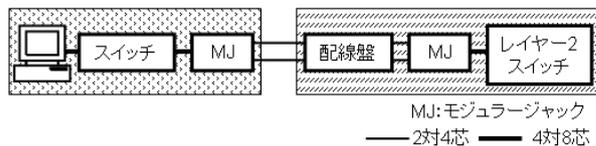


図6 配線の概略

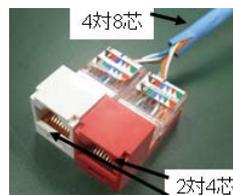


図7 モジュージャック

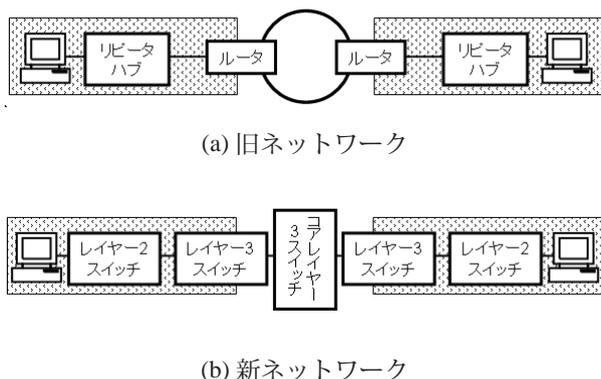


図8 転送速度の測定経路

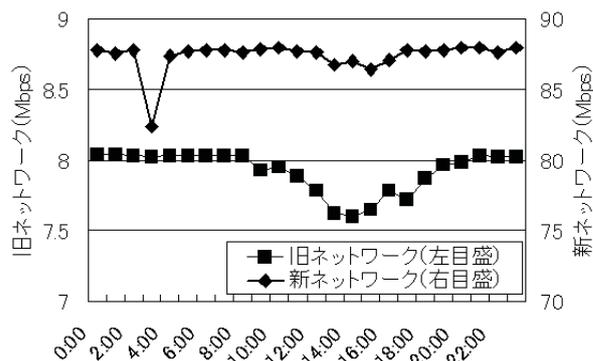


図9 転送速度の測定結果

ちに端末を接続し、この端末と図6の端末間でネットワークの帯域幅を測定したところ、750 Mbps となり、1000BASE-T で接続されていることを確認した。

## (2) 通信速度の測定

新しいネットワークでの通信速度を、以下に示す2通りの方法で評価した。

まず、新旧ネットワークの速度変化を測定した。測定は、図8に示す経路を通る、直線距離が200 m程度の本館と実験棟間で行った。旧ネットワークでは、ルータ2台とリピータハブ2台が介在する。新ネットワークでは、レイヤー3スイッチ3台とレイヤー2スイッチ2台が介在する。測定条件は、1時間毎に約82 Mバイトのファイルを本館から実験棟の方向にFTP (File Transfer Protocol) で転送し、そのスループットを測定した。結果を図9に示す。

図より、旧ネットワークでは、業務時間中(9時から18時)にスループットの谷が見られ、ネットワークが込んでいることがわかるが、新ネットワークでは、一日を通して、ほとんど変化が見られない。なお、新ネットワークの測定において、4時のスループットが低い理由は、ネットワーク経由のサーババックアップ処理が行われたためである。また、スループットの平均値は、7.82 Mbps から87.7 Mbps と、10倍以上向上している。

次に、(1)で検討した1 Gbpsで通信できる支線ネットワークを利用し、通信速度が1 Gbpsのネットワークで測定を行った。その結果、スループットは約300

Mbpsとなった。この結果から、この測定では、1 Gbpsのネットワーク帯域を十分に使用していないことがわかる。これは、ネットワークの速度ではなく、ハードディスクの読み出し速度がボトルネックになっていると思われる。このことから、新しい環境ではネットワークがボトルネックでなくなったといえる。

## 7. おわりに

本稿では、当研究所のネットワークインフラを再構築したことについて、新旧のネットワーク構成や工夫点などについて報告した。また、どのくらい高速になったか評価し、結果を示した。

ネットワーク構築を自らが実際に行うことは、コストの削減につながった。さらに、ネットワークの移行に関するノウハウが蓄積できた。ネットワーク構築を自らが実際に行うことは、今後の中小事業者への技術支援に役立てることができる。

## 参考文献

- 1) 総務省編：ユビキタスネットワークの普及進展，平成18年度版情報通信白書，ぎょうせい，(2006) p.12.
- 2) 総務省編：インターネットのトラフィックの推移，平成18年度版情報通信白書，ぎょうせい，(2006) p.23.
- 3) 杉原俊介：大阪府立産業技術総合研究所平成8年度研究発表会要旨集，(1996) p.90.
- 4) 平松初珠，中辻秀和，石島 悌：情報処理学会第69回全国大会講演論文集第3分冊，(2007) p.13.