

情報教育のための学内 LAN 環境整備の在り方について

森河良太¹、山田寛尚¹、倉田香織¹

1. はじめに

新型コロナウイルス感染症の流行は 2021 年度になっても終息することなく、人類の社会活動に大きな影響を与え続けている。本学における研究教育活動もその影響を強く受け、この 2 年間で、様々な制約の中に閉じ込められてきた。特に大学にとって最も重要な使命である「講義の開講」については、学内ネットワークとインターネットを媒介とする「オンライン」通信に大きく依存することになった。この状況は他大学でも同様であり、大学での学びの環境を継続するための工夫が、世界中で試みられている。そして、もはや大学の授業のオンライン化は一部の構成員に任せて実施できるものではなく、教員と事務員、そして学生をも巻き込んで、大学組織全体で行わねばならないという意識が醸成されているように思われる。

そのような意識変革を経た本学の大学人たちは、本学の情報通信を担う学内 LAN (Local Area Network) である **TYCOON (ToYaku COmputer Open Network)** [1] の重要性を再認識し、自身の職務をオンラインで実施するために、より深く **TYCOON** を理解するべきであると意識しているように思われる。例えば「学内の情報ネットワークは電気・ガス・水道と同じように、重要な学内インフラである」という発言が、本学の ICT 整備委員会や情報教育研究センターのユーザー会議において聞かれるようになった。

そこで、これまでは教員組織である情報教育研究センターが財務企画部の総合企画課の支援を受けて管理・運用してきた学内 LAN の基幹部分を、2022 年度からは総合企画課に主体となって頂き管理することとなった。「学内 LAN の基幹部分」とは、学内 LAN を構成するスイッチングハブとそれらを結ぶ通信ケーブル、IP アドレスを動的に配布する DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) サーバ、高階層のデータ通信に直接関わるファイアウォール (防火壁) やロードバランサー等、そしてインターネット回線 [2] である。情報教育研究センターとしてはこの管理主体の移行を **TYCOON** の新たな時代の到来として心から歓迎しているが、果たしてこれらの機器システムは「電気・ガス・水道」と技術的に同レベルのインフラとして管理や運用、そして更新を行うことができるのであろうか。

そこで本稿では、1992 年から始まった本学の学内 LAN 構築に関する歴史を眺めることで古きを温め、学内 LAN 環境整備の在り方について次世代に伝えるべきことを文字として残しておきたいと思う。

¹ 情報教育研究センター

2. TYCOON を構成する 4 種類の構成ネットワーク

現在の TYCOON を構成する（基幹あるいはフロア）スイッチングハブは主なものだけでも約 130 台を数え、それらは 220 本以上の 1Gbps のツイストペア (UTP) ケーブル (1000BASE-T) もしくは光ファイバーケーブル (1000BASE-SX, 1000BASE-LX, 10GBASE-LR) で接続されている。さらにそれらのスイッチングハブは、TYCOON の各種 ICT サービスを提供するサーバ機器やユーザが利用する端末やハブへと接続されている。このように TYCOON のネットワーク配線は複雑であり、その構成図は見る人の理解を拒むようにも思えるが、その役割に注目すれば、次の 4 種類のネットワークから構成されていると考えて良い。

1. 教室・研究室等で利用する研究系ネットワーク
2. 学生が端末を接続するための教育系ネットワーク
3. 事務部門が利用する事務系ネットワーク
4. TYCOON の ICT サービスを維持・提供するための管理ネットワーク

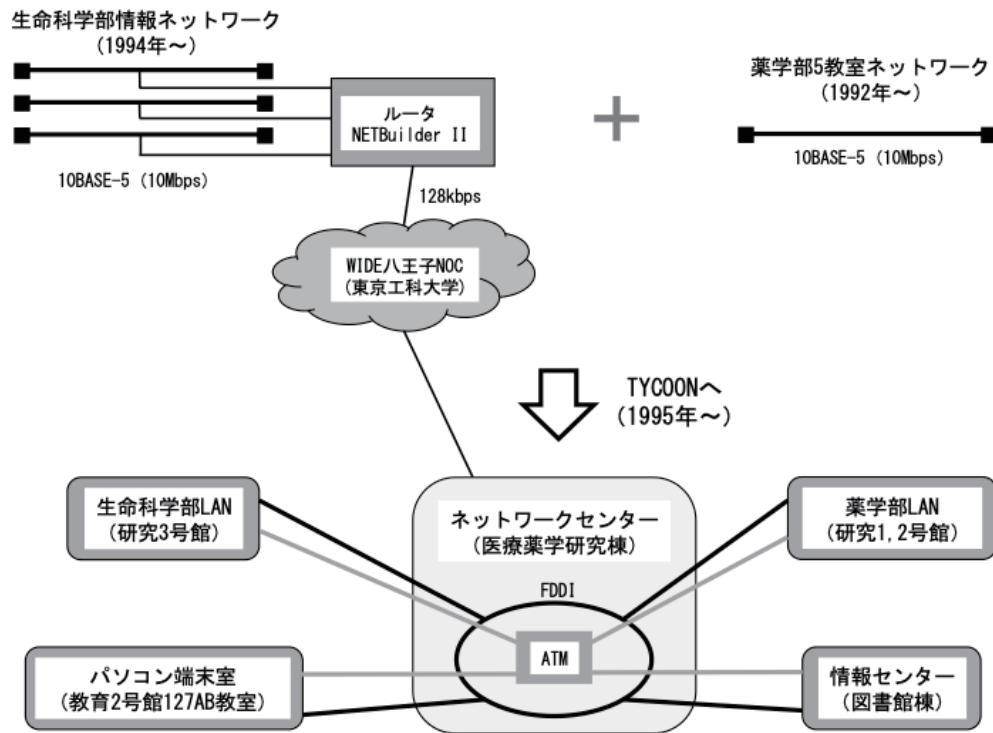
以下、これらのネットワークがどのような設計思想の下で構築・改良されてきたのかを、その歴史を辿りながら説明する。

2-1. 研究系ネットワークから始まった TYCOON の構築 (1992~1995 年)

本学の学内 LAN の誕生は 1992 年 10 月に遡ることができる。それは分子モデリングソフトウェア SYBYL を搭載したシリコングラフィックス社の Indigo entry (R3000) を研究 1, 2 号館の薬学部 4 教室の Macintosh から使えるようにするため、全長 450m のイエローケーブル (10BASE-5) で 4 教室を繋いだことから始まった。一方、1994 年 4 月に生命科学部が創設されると、電子メールによる研究者間の情報交換、世界各地に点在する DNA 配列のデータベースへのインターネットを介したアクセス (BLAST 検索)、そして MEDLINE を使った学術雑誌の検索の必要性から、同年 9 月に生命科学部情報ネットワークが研究 3 号館に構築された。これは東京工科大学 (WIDE 八王子 NOC) へ接続する 128kbps の専用線と 12 階の建屋を縦に貫く 3 本の 10Mbps のイエローケーブルを 1 台のルータに繋いで構築された LAN であり、これにより本学におけるインターネットとの TCP/IP 接続が実現した。しかしこれら 2 つの研究系ネットワークは互いに繋がっていなかったため、それらを相互接続して両学部でインターネットを利用するための準備がすぐに開始された。

両学部の研究系ネットワークを接続するには、10BASE-5 で構築された両学部のネットワークを単純に既存のルータでカスケード接続すれば実現可能であった。しかし本学の情報ネットワークは全学的な規模に展開すべきであるという当時の水野理事長の方針により、新築の準備が進められていた医療薬学研究棟を中

心とする全学 LAN の構築計画が急遽進められることになった。検討の結果，全学 LAN の拠点となるネットワークセンターを医療薬学研究棟 4 階に設置し，そこを中心に FDDI (Fiber Distributed Data Interface, 通信速度 100Mbps) と ATM (Asynchronous Transfer Mode, 通信速度 155Mbps) という，異なる規格の光ファイバーを使って二重化した基幹線を学内の各建屋にスター型で配線することとなった (図 1)。この基幹線の二重化 (冗長化) は，「通信を止めてはいけない」という，現在では当たり前の情報セキュリティの「可用性」を担保するための考え方であるが，その起源は 1989 年の ISO 7498-2:1989 のオープンシステム相互接続の基本参照モデルにあると言われているので，本学の全学 LAN の設計思想は時代の先端を行くものであったと考えられる。さらに FDDI と ATM という異なるメディアで基幹線を二重化したことは，単なる可用性の問題だけでなく，急速に発展・改良・陳腐化する通信ケーブルの最新規格を実装する際の，安定性と先進性をハイブリッドさせるための方策でもあった。



(図 1) 薬学部 5 教室ネットワークと生命科学部情報ネットワークを接続することによって誕生した研究系ネットワークとしての TYCOON, 通信基盤としては 1995 年度末に一旦完成。

このような設計思想に基づき，1) UTP ケーブル (10BASE-T, 通信速度 10Mbps) を研究 1, 2 号館の全室に配線することで増強された薬学部の研究用 LAN と，2) 研究 3 号館 (生命科学部) 研究用 LAN をネットワークセンターへ接続した全学 LAN である TYCOON が 1995 年 9 月誕生した。そして年度末の 1996 年 3 月には，3) 図書館棟 (情報センター) に新設された LAN と，4) 教育 2 号館 1 階の 127A, B

番教室（現 2107 コンピュータ室）のパソコン端末室の LAN が TYCOON へ接続された。

研究系ネットワークとしての TYCOON の通信基盤は、約 4 年をかけて 1995 年度に一旦完成したと言えるが、学内の教育系ネットワークの通信基盤については、この年度が誕生した年であると言える。そして一通りの完成を見るまでには、更に 23 年の年月が必要であった。

2-2. ノートパソコンを接続する教育系ネットワーク（1995 年～2010 年）

現在、TYCOON における教育系ネットワークは教育 1～5 号館および学生会館に対して敷設されている。前節で述べたように、最初の教育系ネットワークは TYCOON が誕生した年の年度末に教育 2 号館 1 階の 127A,B 番教室（現 2107 コンピュータ室）と図書館学習室に整備された。127A 番教室には Apple 社の Macintosh（LC-475）端末 40 台が設置されており、それらが TYCOON に接続された。インターネットに接続できるパソコン端末室の誕生である。また本学生命科学部の 1995 年度新入生より、一人一台、ノート型 Macintosh を携帯することを学部教育の基本に据えたこともあり [3]、学内にノートパソコンをインターネット接続できる施設の構築が急務となった。そこで 127B 番教室と図書館学習室には、EtherTalk（Apple 社の規格）を使って IP アドレス等のネットワーク設定を自動配布する Cayman 社の GatorStar iHR というアプライアンス機器を設置し、イーサネットケーブルでノートパソコンをインターネット接続できる本学初の BYOD（Bring Your Own Device）設備を構築した。そして 1998 年 3 月には、その仕組みを 126 番教室（現 2104 講義室）に拡大し、本学初の（おそらく日本全国でも 5 本の指に入るぐらい早期に）本格的なノートパソコン接続講義室を構築した。

このようなパソコン接続施設を構築するための技術的要件の 1 つが「IP アドレス等のネットワーク設定を自動的に配布する装置の存在」である。現在は DHCP という、AppleTalk の AARP（AppleTalk Address Resolution Protocol）や NBP（Name Binding Protocol）にヒントを得て開発されたプロトコルを使って、接続された端末に IP アドレスを自動的に配布する方法が標準となっている。しかし当時は Windows 95 が発表されて間もない時代であり、インターネットユーザーは自宅のパソコンを公衆電話回線に接続（ダイヤルアップ接続）し、PPP（Point to Point Protocol）を使って IP アドレスを取得していた。そのためイーサネット接続を前提としたサーバ機器やクライアント端末への DHCP の実装も始まったばかりであった。そのため前述のノートパソコン接続施設では、海外において実績のあった EtherTalk を使ったネットワーク設定の自動配布装置を導入して BYOD を実現した。これは当時としては最善の方策であったが、Macintosh の OS を搭載したパソコンしか恩恵を被れないというデメリットがあった。そこで当時のネットワーク運営委員会（1995 年～2011 年）は、余剰の計算機資源を用いて DHCP サーバの

試験的運用を研究系ネットワークにて開始し（1997年）、2001年9月には新築された教育4号館に手製のDHCPサーバ（OSはFreeBSD）6台を構築・導入し、当館の全講義室に対してDHCPによる動的IPアドレスの配布サービスを開始した。ICTシステムに新しい技術を実装するには、推測に基づく設計よりも、遊び心による「余剰」が大切なものかもしれない。

全講義室でノートパソコンをインターネット接続できる教育4号館がTYCOONに加わることで、「ブロードバンド時代」に相応しい教育施設が21世紀初頭に誕生した。しかし教育4号館を始めとするノートパソコン接続施設は、語学や情報系の授業で大いに活用されたものの、専門科目等の一般的な授業ではあまり活用されなかった。むしろ学生が卒業年次に進み、配属された研究室での活動において、ノートパソコンの所持とTYCOONの真価が発揮されていた。すなわち21世紀初頭のTYCOONは、研究のための学内LANに留まっていたと言える。

2-3. 無線LANの導入による教育系ネットワークの強化（2010年～2018年）

それではなぜ当時のTYCOONは授業においてあまり活用されていなかったのであろうか？そもそもそのような疑問自体が、当時のICT技術や時代背景を無視した問題提起なのだが、現在の視点からそれらの状況を列挙してみよう。

- 1) 未だインターネットに知識の資源（リソース）が多く存在していなかった。
- 2) 大学の教員（研究者）自身がインターネットを利用し始めて間もなかった。
- 3) 一般家庭におけるインターネットの利用が始まったばかりであった。
- 4) 十分にマルチメディアに対応した通信ソフトウェアが未だなかった。
- 5) 当時のノートパソコンは、持ち運ぶには少し重かった（2～3kg）。

1)～2)については、先に述べたDNAやタンパク質の配列構造のデータベースや学術雑誌の検索サービスはある程度公開されていたものの、現在ビッグデータと比べれば、当時のインターネット上には塵に等しい程度の学術データしか公開されていなかった（むしろ生命科学分野が先進的であったと言える）。そのため大学の研究者も1995年頃に日本語化されたウェブブラウザ（MosaicやNetscape等）を使って、ようやく自分の研究でインターネットを活用するようになったばかりであった。

また本学の学生は一人一台、ノートパソコンを所持しており、大学で配布される電子メールアドレスを貸与されていたが、3)～5)の状況からそれを主体的に活用する動機に欠けていたと考えられる。1997年以降に登場した携帯電話（いわゆるガラケー）は瞬く間に普及し、携帯電話会社が管理する「携帯メール」が学生同士のコミュニケーションの手段となり、ポケベルに取って変わった。そこに学内LANを活用する余地はない。情報系や語学系の授業でインターネットを使っ

た課題に取り組まない限り，卒論生となって研究を始めるまではノートパソコンを主体的に使う機会はあまりなかったのである。

もちろん（本来は高等学校で対応すべきであったが）大学教育として，将来（卒論を含む）のために学部 1 年次からパソコンの操作に慣れ親しむことは重要であった。そこで学生が TYCOON やインターネットを使いやすくするための工夫が，ネットワーク運営委員会と情報処理教育センターを中心に 2000 年から 2009 年に行われた。薬学部における無線 LAN のテスト運用（2001 年～），LDAP や Radius による認証システムの一元化（2004 年），Web2.0 の技術に基づく電子メールとスケジューラの一元化（Zimbra, 2008 年），薬学部（2004 年）と生命科学部（2007 年）における LMS（WebClass, Moodle）の導入，などである。またこの時期はコンピュータウイルスによる被害が一般的となった時期でもあり，TYCOON とインターネットとの間には学外からの不正アクセスに備えたファイアウォール（2000 年，2007 年）が，またウイルスメールや迷惑メールを駆除するためのメールフィルタ装置（2004 年，2008 年）が，TYCOON に新たに導入されている。

このように TYCOON では，上位のネットワーク階層における数多くの ICT サービスの新規構築や改良が行われたが，授業の中で学内 LAN やインターネットを活用したいという教員の数はなかなか増加せず，そのため学内の既存の講義室に教育系ネットワークを拡大するための配線工事も行われなかった。しかし薬学教育 6 年制のために教育 5 号館が新築されると，2008 年 9 月には教育 5 号館の全フロアに LAN が配線され，教育 4 号館同様，全ての講義室で有線 LAN によるインターネット接続が可能となった。また 2008 年 6 月には，無線 LAN との接続も可能な Apple 社のスマートフォン iPhone が日本でも販売されるようになった。本格的な Web2.0，すなわちクラウド時代の到来であり，ガラケーを利用していた学生も，続々とスマートフォンを利用するようになっていった。その結果，学内でも無線 LAN による端末（スマートフォン）の接続を望む声が大きくなり，厚生棟（現学生会館）改築工事に合わせ，2010 年 12 月に Meru 社の無線 LAN システムを公式無線 LAN システムとして学生会館に設置した。また翌年の 2011 年 4 月には，新築した研究 4 号館に同様のシステムを導入した。

ノートパソコンではなくスマートフォンの登場が，TYCOON への接続施設を拡張し，それまでは実験的な運用に過ぎなかった無線 LAN を，学内 LAN のインフラとして一気に普及させたように見える。しかし留意しなければならないことは，無線 LAN を学内に敷設する契機は，学生会館の場合も研究 4 号館の場合も，新しい建屋の構築や改築に合わせて行われたということである。これは基本的に導入コストの問題であり，現在も今後も無視することはできない。一方，教育 5 号館の場合は建築の時期が iPhone の発売時期とほぼ同じこともあり，無線 LAN の仕様・規格が授業で利用するまでに成熟しておらず，2008 年当時は無線 LAN に接続する仕様で講義室を設計することができなかった。そのため結果的に教育 5

号館への無線 LAN の導入は 2017 年 3 月となってしまった。

このように学内ネットワークをインフラとして大きく拡張・改良するためには、「画期的な ICT 技術の登場」, 「ユーザーに対する新しい ICT 技術の吸引力」, そして「学内の建築工事のタイミング」の少なくとも 3 つの要素が重要であると考えられる。実際, 現在は学内のほぼ全ての講義室で無線 LAN を利用でき, 多くの教卓では有線 LAN の接続が可能となっているが, この補完された本学の講義室の LAN の状況を作り出すために, その計画期間を含めて 2011 年から 2018 年の 8 年間の年月を費やしている。やはり「学内の建築工事のタイミング」は学内 LAN の拡張と改良において重要なのであろう。

2-4. セキュリティのための事務系ネットワークの構築 (2013 年)

前節では学内 LAN を拡張・改良するために必要な 3 要素を述べたが, 実は「災害の発生」という要素もそれに加えることができるかもしれない。その事例について, 是非述べておきたい。

2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災は, 本学の学内 LAN の運営方針にも大きな影響を及ぼした。大学における ICT サービスを継続するには, ICT の知識を持つ教員と一部の事務員に LAN の運営を任せるのではなく, 大学組織として取り組む必要があるという考え方は, TYCOON が誕生してから継続的に主張されてきたが, 震災を機に一気に深化したのである。その第一歩として, 事務員が扱う大学のデータを扱うサーバ・クライアントシステムについては「機密性」の高い学内 LAN の中に囲い込み, データの「完全性」を確保するように事務員が自らその LAN を管理・運営する方針が示されたのである。その機密性の高い LAN は 2013 年 3 月に「事務系ネットワーク」として TYCOON から分離して構築され, 運用が開始された。

2-5. TYCOON 仮想化基盤による管理ネットワークの集約 (2013 年～)

TYCOON を LAN として管理するためには, ユーザーには見えない所で活用する様々なサーバシステムが存在する。先に述べた DHCP サーバもその一つであるが, ドメインの名前解決を行う DNS (Domain Name System), ネットワーク上の時間を管理する NTP (Network Time Protocol) サーバ, ユーザ認証を統括して行う統合認証システム, ネットワーク機器から発信されるログ情報を収集するログ収集サーバなどが TYCOON の黒子役として稼働している。

2013 年以前, これらのサーバシステムは個々のサーバ機器に別個に構築され, その数も多く故障率も高かった。しかし 2013 年 12 月にそれまで 10 台の IA サーバから構成されていた TYCOON メールシステムを 1 つの仮想化システムにまとめたことを皮切りに, 2015 年には統合認証システムを, そして 2019 年からは TYCOON の基幹システムに関わるほぼ全てのサーバを一つの仮想化システム

「TYCOON 仮想化基盤」[4]に集約し、基幹サーバシステムのセキュリティの向上と運用コストの削減を目指している。この仮想化基盤の中には学内 LAN と同じように仮想的なネットワークが構成されており、全部で 7 つのセグメントに分けられている。

TYCOON を銀河系に例えれば、サーバは恒星、クライアントは恒星を周回する惑星と言えるかもしれない。仮想化基盤は差し詰め太陽系のような小宇宙といったところであろうか。

3. 新型コロナウイルス感染流行後の TYCOON の課題

本学における学内 LAN とインターネットとの間の年間通信量は、2017 年から 2020 年までは毎年約 1.2 倍のペースで増加してきた。しかしコロナ禍 2 年目を迎えた 2021 年は、2020 年に比べて約 1.5 倍増加していた。今後も TYCOON における通信量はこれまで以上の割合で増加すると考えられる。また学内における IoT (Internet of Things) の普及も進み、より多くの使いやすい IP アドレスの利用が求められるであろう。よって今後 10 年間の間に、

- 学内 LAN 基幹線の 10Gbps 化
- インターネットとの通信における IPv6 の導入

の 2 項目を早急に実装することが、TYCOON の課題となるであろう。特に 2 項目については様々な実装方法が考えられるので、構築を担当するスタッフが事前に IPv6 の思想と仕組みを十分に理解し、十分なテスト運用を経た後に ICT 業者へ TYCOON への実装を依頼するのが良いと思われる。

自分の理解できない技術を ICT 業者に実装してもらおうとすれば、多くの場合、失敗することになると思う。しかし技術については十分に理解しているが、パワーと時間がないという理由で ICT 業者に作業を依頼するのであれば、大きな成果を得られるであろう。これが正しい ICT 業者との関わり方であると思う。そのためには、ICT に関する知識を常に吸収し、その理解を深めている作業が必要となるであろう。

これまで TYCOON の構築と管理、そして更新にご尽力されて来られた多くの大学人の方々に感謝します。それらの方々は、プロジェクト本部、ネットワーク運営委員会、情報処理教育センター、そして情報システム課に所属していました。現在は総合企画課と情報教育研究センターが、引き続きその任を背負っています。

【参考文献】

- [1] 森河良太, 林昌樹, 宮川毅, 土橋朗, 東京薬科大学研究紀要, 第 1 号(1998) 77-84.
- [2] 森河良太, 倉田香織, 山田寛尚, 土橋朗, 東京薬科大学研究紀要, 第 24 号(2021) 94-101.
- [3] 森河良太, 西田洋平, 山田寛尚, 宮川毅, 東京薬科大学研究紀要, 第 20 号(2017) 51-58.
- [4] 森河良太, 倉田香織, 山田寛尚, 宮川毅, 土橋朗, 東京薬科大学研究紀要, 第 23 号(2020) 75-82.