

## TYC00Nにおけるインターネット回線の歴史と コロナ禍における利用形態の変化について

森河 良太<sup>1</sup> 倉田 香織<sup>1</sup> 山田 寛尚<sup>1</sup> 土橋 朗<sup>1</sup>

### 1. はじめに

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が2019年12月に中国の武漢で検出された2ヶ月後のバレンタインデーの頃、もしかすると2020年度前期の授業はオンラインで行うことになるかもしれないという嫌な予感が、情報教育研究センター内では沸々と湧き始めていた。その時、本学の情報ネットワーク TYC00N（ToYaku COmputer Open Network）はその非常事態に耐えられるだろうか？LMS（オンライン学習システム）や電子メールなどのサーバシステムについては、2019年夏に新規構築した TYC00N 仮想化基盤 Titania[1][2]があるので、それを既存サーバの強化やバックアップのためのリソースに廻すことができるだろうから、何とかなるだろう。オンデマンドな動画配信については、生命科学部の実習で反転授業のために構築した動画配信サーバが既に稼働していたので、教員の方々も手法的にはある程度の経験を積んでいるだろう。問題は Zoom などのテレビ会議システムを使ってリアルタイムのオンライン授業が実施できるかどうかであるが、LMS との連携を含めてこれからいろいろと調べてなくては…等々、授業実施のためのシミュレーションが頭の中を駆け巡っていた。このように情報教育研究センターでは、TYC00N のコロナ対策に関する議論が2月下旬から既に始まっていた。

しかし TYC00N の根幹的な部分で1つの大きな心配があった。それは TYC00N とインターネットを結ぶ通信回線の帯域幅（伝送路容量）の上限問題である。すなわち学内外を問わず、本学における授業や仕事が ICT を使ったものに切り替わっていけば、TYC00N とインターネットとの通信量は急激に増えるであろう。そうなった場合、現状の本学のインターネット回線である WIDE インターネット(100Mbps) と SINET (1Gbps) の組み合わせで、何とか対応できるであろうか？インターネット回線を効率よく仕分けして送受信してくれるロードバランサーも、1台ではあるが新回線と共に2020年度内に導入することが決定していたが、果たして授業における回線利用のピーク到来に間に合うであろうか。

本稿では、組織の ICT システムの出入り口であり、かつ要であるインターネット通信環境について、TYC00N はどのような変遷の歴史を辿ってきたか、そして2020年にはどのようにコロナ禍と対峙したかを、幾つかのデータを示しながら考察してみる。またこれからの通信状況について予測し、それらへの対応方法について提言したいと思う。

---

<sup>1</sup> 情報教育研究センター

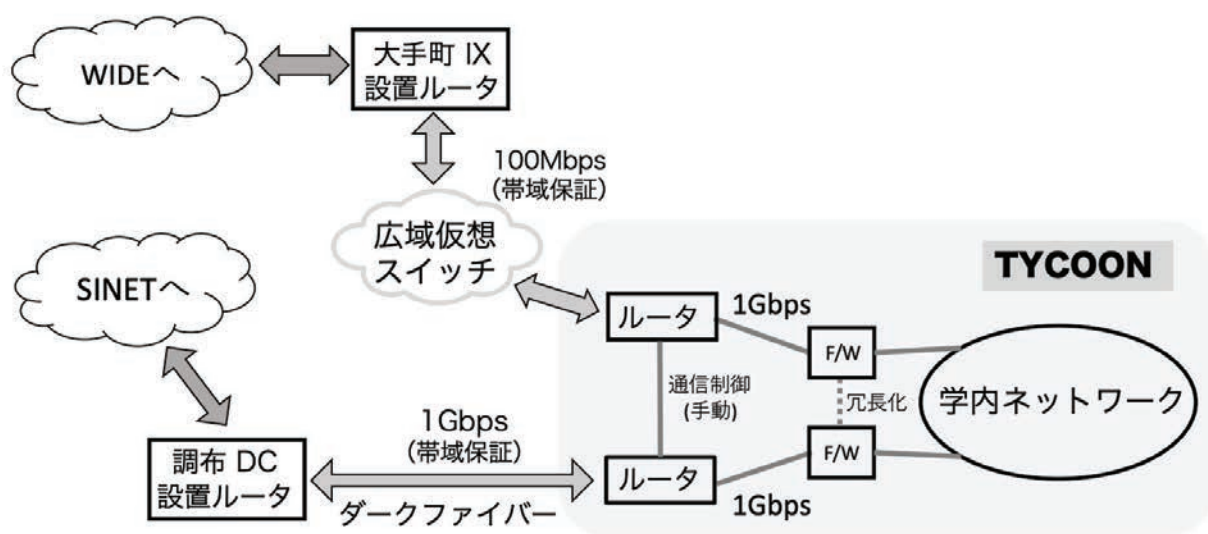
## 2. TYCOON におけるインターネットへの接続の歴史

1992 年 10 月に研究 1、2 号館の薬学部 4 教室をイエローケーブル（10BASE-5）で繋いだ設備が本学で最初の LAN である。そして翌年には UUCP(Unix to Unix Copy Protocol)による電子メールの送受信が、64kbps の ISDN 回線を通して行われた。UUCP はその名の通り、Unix を OS とするホストコンピュータから別のホストへ、ファイルをコピーすることでデータ転送する仕組みであり、初期の電子メールや電子ニュースなどで利用されていた。この通信が、広い意味で本学最初のインターネット通信となった。

（表 1）TYCOON とインターネットとの通信環境の遷移

年月	インターネット接続に関する仕様変更
1993 年	研究 1、2 号館の 5 教室において、UUCP プログラムを用いた本学初の電子メール通信が ISDN 回線（64kbps）を使って開始される。
1994 年 5 月	UUCP による IIJ への接続を行う（薬学部 5 教室）
1994 年 9 月	専用線 128kbps による WIDE インターネット（WIDE 八王子 NOC：東京工科大学）への IP 接続が、研究 3 号館（生命科学部）に整備された LAN を起点として開始される。
1995 年 9 月	研究 1、2 号館（薬学部）の LAN が整備・拡充され、FDDI バックボーンによって研究 3 号館の LAN と接続される（TYCOON 誕生）。インターネットへの接続は WIDE への IP 接続に統一される。
1997 年 8 月	WIDE への接続を 256kbps に増強
2000 年 11 月	WIDE への接続を 6Mbps に増強
2004 年 12 月	WIDE への接続を Powered Ethernet を用いて 10Mbps に増強
2006 年 3 月	WIDE への接続を 100Mbps に増強
2011 年 3 月	WIDE 八王子 NOC 閉鎖のため、WIDE 大手町 NOC への直通接続に変更
2014 年 9 月	ダークファイバーを用いて SINET（調布 DC）へ 1Gbps で接続。WIDE（100Mbps）と SINET（1Gbps）による冗長性確保と負荷分散のためのマルチホーム接続が始まる。

（表 1）にインターネット通信環境の遷移を示す。IP 接続は日本最初のインターネット組織である WIDE インターネット（以下、WIDE）を通じて 1994 年 9 月に始まり、2006 年 3 月には 100Mbps まで帯域幅を増強させた。一方、インターネット通信の冗長化を行うため、2014 年 9 月には、国立情報学研究所が提供する SINET への 1Gbps による接続を追加した。これにより TYCOON のインターネット回線はマルチホーミングされたが（図 1）、通信回線を自動的に負荷分散するためのマルチホーミング機器（L4 スイッチ、ロードバランサー）は導入されておらず、インターネットに対する通信を効率よく自動制御するには至っていなかった。



(図 1) 2020 年 12 月におけるインターネット接続の状況。F/W はファイアウォールを示す

### 3. COVID-19 流行期における通信量の変化

それでは TYCOON におけるインターネット通信の変化について、幾つかの特徴的なデータを提示しながら COVID-19 の影響について説明を試みよう。またそれぞれのデータは取得元となるサービシステムも取得期間も異なるが、総括的な考察については 4 章にて行う。

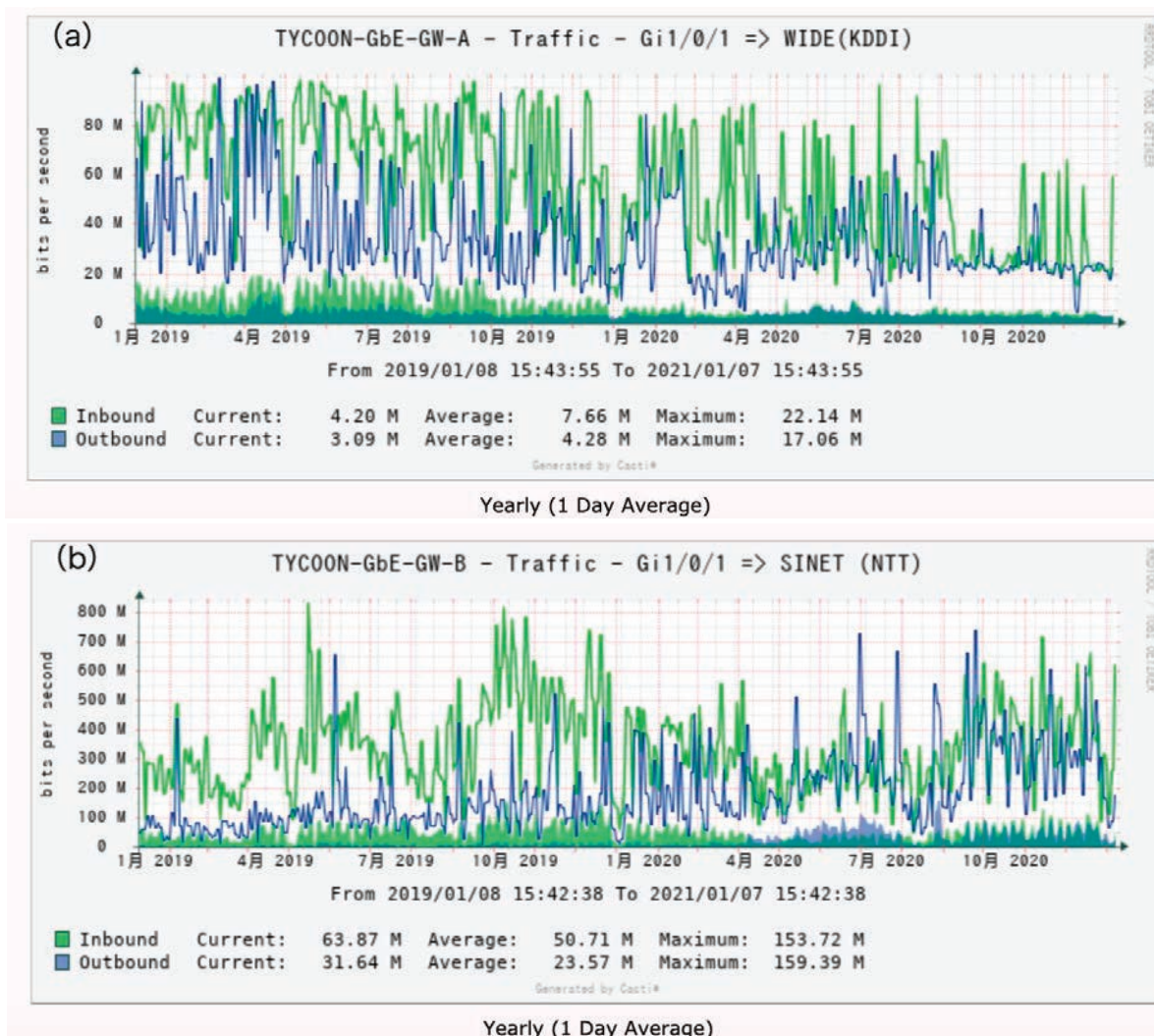
#### 3-1. WIDE インターネット回線と SINET 回線

前節で説明したように、本学のインターネット回線は 2020 年 12 月時点において、WIDE 回線 (100Mbps) と SINET 回線 (1Gbps) の 2 系統から構成されている。TYCOON とインターネットとのデータ通信は、それらのいずれかの回線を通じて行われている。(図 2) は本学の **通信モニタリングツール Cacti** 使って生成した 2019 年 1 月から 2020 年 12 月までの通信状況であり、(a) は WIDE 回線、(b) は SINET 回線におけるデータを表す。それぞれのグラフには 4 種類のデータが表示されており、まず 2 種類 (薄緑、濃緑) の棒グラフは、1 日の間に送受信された総パケットの量 (byte) を 86、400 秒 (1 日) で割って得られた平均の通信速度 (bps = bit/sec) を示している。濃い緑が上り (学内→学外)、薄緑が下り (学外→学内) のデータ送信量を示す。また前日の最終値 (Current)、平均値 (Average)、最大値 (Maximum) もグラフの下に表示されている。

Cacti では 5 分毎に特定のノード (ルータやサーバ) からデータ通信量を取得しており、5 分毎の通信量が測定 of 最小単位となる。折線グラフ (うす緑は下り通信、青は上り通信) は、その日に  $(60 \div 5) \times 24 = 288$  回測定された 5 分間の総パケットの量 (byte) から算出した平均の通信速度 (bps) の最大値を示している。

(図 2 a) の WIDE 回線の変化をみると、2019 年 10 月頃から通信量が徐々に減少していることが分かる。これは本学のインターネット通信における管理対応と

して、使用量が増加した WIDE 回線の通信を SINET 側に逃すよう、数回に渡って設定変更した結果である。さらに 2020 年 4 月から始まったオンライン授業では、Zoom やビデオ配信といったリアルタイムの大容量通信を必要とするアプリケーションを利用するようになった。そのため帯域幅 100Mbps の WIDE 回線に接続していた講義室や会議室における有線 LAN の接続先を、状況に応じてより高速な帯域幅 1Gbps の SINET 回線に切り替える設定を実施した。



(図 2) 2019 年 1 月 1 日～2020 年 12 月 31 日における TYCOON とインターネットとの通信量の時系列のグラフ。(a)は WIDE 回線、(b)は SINET 回線を経由した通信のグラフである

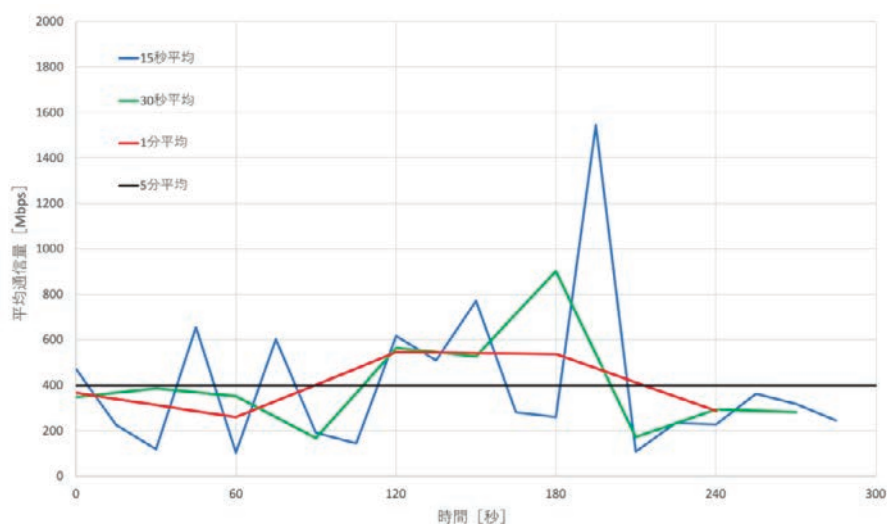
一方、SINET 回線では 2020 年 4 月以降、上り（濃緑）の通信量が下り（薄緑）の通信量を上回るようになった。2020 年の下り通信については、前年よりも多少減少した程度であるが、上り通信は大幅な増加となった。この原因は、オンライン授業や在宅勤務の実施によって学内に設置されたサーバ群、特に LMS(WebClass や Codex などのオンライン学習システム)やオンラインストレージ(TSS: TYCOON



Secure Storage)、動画配信サーバ (rainbow) などから自宅へ送信されるデータ量が急増したからである。これは COVID-19 流行期における本学インターネット通信の質的転移と捉えることができる。

ここで注意すべきことは、Cacti で作成される折線グラフはあくまで 5 分平均の「通信量」を元に計算されており、ユーザー個々人が体感する「通信速度」をそのまま表しているものではない。特にメールの送受信や Web 閲覧が主な通信データであった時代とは異なり、テレビ会議システム (Zoom) やビデオ配信など、大容量のファイルを継続的に送受信する最近のメディアにおいては、Cacti のグラフに示される通信速度の値をそのまま体感値として受け取って議論することは妥当とは言えない。定量的な議論を行う場合には、ファイアウォールにおける通信パケットの通過時刻とその大きさから得られる統計データが必要であろう。

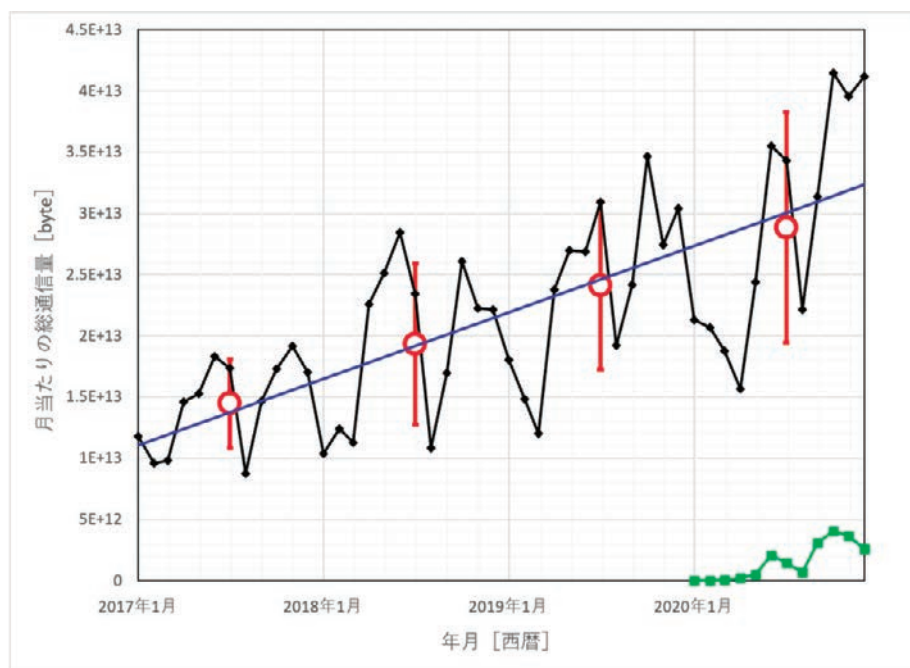
### 3-2. ファイアウォールから計測した全通信量



(図3) ファイアウォールのログから計算したインターネット回線の通信量の一例。2020年11月19日午前9:58~10:03のデータを用いて算出。通信速度(平均通信量)の時系列は、平均値を求める際のスケージングの細かさによって、その傾向が質的に変化する。

TYC00Nとインターネットとの間でやり取りされる全てのパケットは、必ずファイアウォールを通過し、その内容はデータとして記録される。このデータを使えば、Cactiで示されるような5分平均の通信量ではなく、秒単位での通信量の平均値を得ることができる。例えば(図3)は、ある日時(5分間)にファイアウォールを通過したパケットの通信量の5分、1分、30秒、15秒の平均値をグラフ化したものである。これはSINET回線およびWIDE回線を経由したインターネット通信の上り下りの総量を示しているが、通信量の平均を取る間隔(時間)によって、その時間における通信速度が変化することが分かる。まず2020年11月19

日（木）の 9:58 から 10:03 までの 5 分間の平均通信速度（量）は 399.3 Mbps である。これに対し、この区間（9:58～10:03）を 1 分毎に区切ってそれぞれを平均した値のうち、最大のものは 544.6Mbps となる。これは 5 分平均の通信速度の約 1.36 倍である。また 30 秒毎に区切った場合は 902.5Mbps（2.26 倍）、15 秒毎に区切った場合は 1,544.1Mbps（約 1.5Gbps、3.87 倍）となる。通信速度（bps）を算出するための取得データの時間間隔を短くすればするほど、瞬間的には大きな量のパケット通信が送受信されていたことが明らかになる。

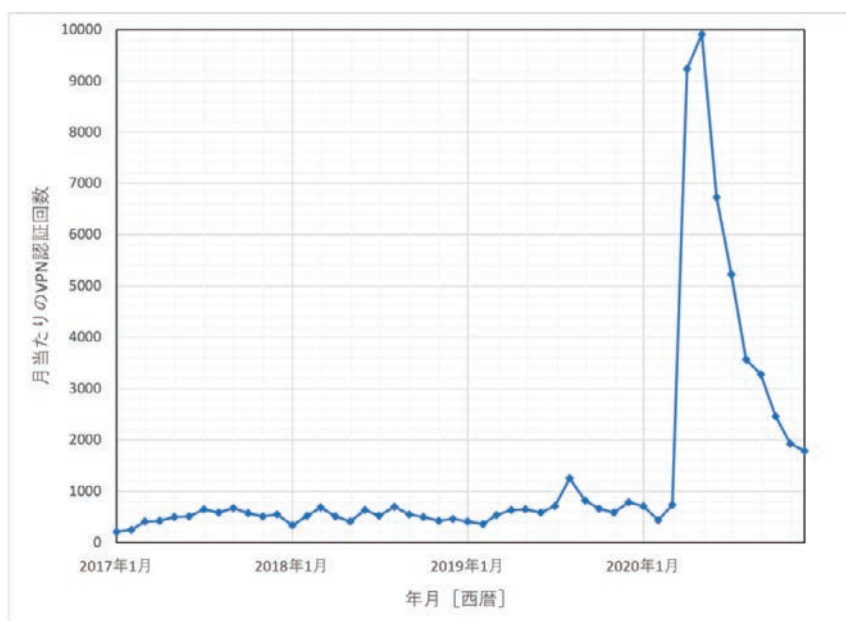


（図 4）ファイアウォールから見た 2017 年 1 月～2020 年 12 月における TYCOON とインターネットとの総データ通信量の時系列のグラフ（黒色の折線）。青色の直線は最小二乗法による線形回帰直線である。また赤丸は月毎の通信量を 1 年毎に平均した値である。なお緑色の折線は Zoom によるデータ通信量の変化を示す。

それではファイアウォールを通過するパケットのデータから得られた TYCOON とインターネットとの総通信量を解析してみよう。（図 4）の黒色の折線は、2017 年 1 月から 2020 年 12 月における月毎のファイアウォールにおける総通信量である。学休期間の影響による通信量の変化はあるものの、最小二乗法を使って一次関数にフィットした場合、決定係数（寄与率）は 0.54 程度であり、この期間における総通信量はほぼ線形に増加していると言ってよい（青色の直線）。一方、月毎の通信量を 1 年毎に平均した値（赤色の丸）の標準偏差（誤差棒）は、年ごとに大きくなっている。これは学休期と授業開講期における総通信量の差が年々大きくなっていることを示しており、それだけ授業およびそれを支える業務において、インターネットの利用が増加していることを意味している。例えば（図 4）

における緑色の折線は Zoom によるデータ通信量の変化を示しており、これは前述の解釈を裏付けるものと言える。

### 3-3. VPN の利用状況



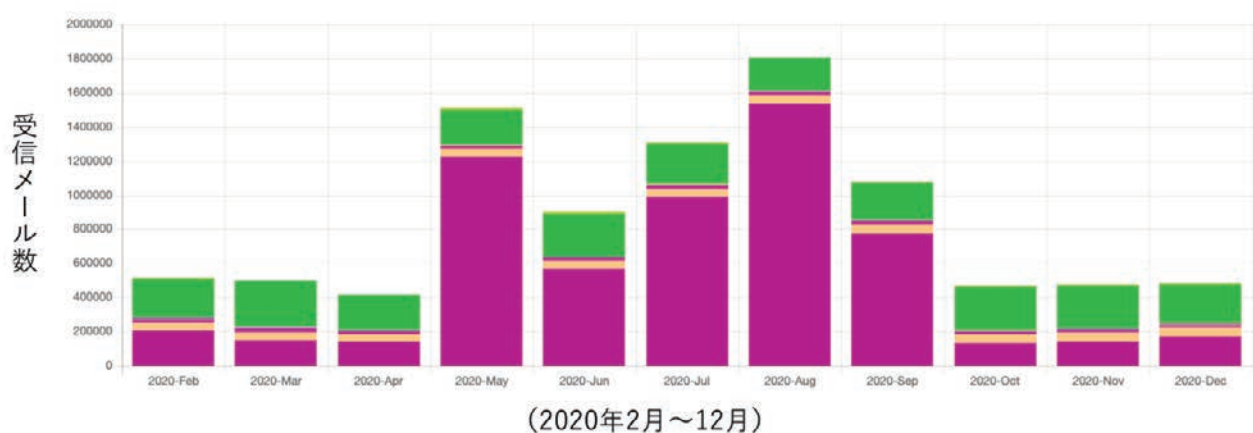
（図5）VPNを利用する際の認証数の月毎の変化（2017年1月～2020年12月）

COVID-19 流行期における特徴の一つは、本学職員の在宅勤務に伴う VPN（Virtual Private Network）の急激な利用増である。TYCOON では 2006 年 2 月に VPN 装置が導入され、ファイアウォールに守られた学内設置サーバに職員がアクセスする方法として、必要に応じて利用されてきた。2020 年 4 月に事務員を含む本学職員が在宅勤務を行うようになると、インターネットに公開されていない多くの事務系システムに自宅からアクセスする必要性が生じ、（図 5）のように利用数（認証数）が急増した。しかし 2020 年 5 月をピークに、その後は減少が続いている。大学キャンパスに出勤する職員が増え、VPN を利用する必要がなくなったことが主な要因と考えられるが、在宅勤務を契機に VPN の存在に触れ、今後も活用しようとするユーザーが一定数残るのではないかと予想している。

### 3-4. 急増した迷惑メール

COVID-19 流行期におけるインターネット通信のセキュリティ（あるいは負の側面）に関する特徴として、迷惑メール（SPAM）に伴うフィッシングメールの急増が挙げられる。（図 6）は本学のメールゲートウェイ（SPAM フィルタ装置）で測定した受信メール数の変化であるが、2020 年 5 月から 9 月にかけて、迷惑メールとして判別される受信メールが 6 倍以上に増えていることが分かる。これらの迷惑

メールのほとんどはフィッシングメールであり、本学ユーザーの各種アカウント情報を盗むために送信されたものである。



（図 6）TYCOON メールゲートウェイにおける受信メール数の変化（2020 年 2 月～12 月）。棒グラフの緑色の部分は、迷惑メールでない通常のメール（非 SPAM）を表す。5 月から 9 月の間に、マルウェアを含む迷惑メールが本学に対して大量に送信されたことが分かる。

COVID-19 流行期という困難な時期であるが故に、それに付け込んで不正アクセスを試みる人間が増えることは、残念ながら悲しい事実である。

#### 4. 今後の対応について

（図 4）を見て明らかのように、TYCOON とインターネットとの総通信量は COVID-19 流行の継続に関わらず、また在宅／職場勤務、オンライン／対面授業の違いに関わらず、メディアの高機能化と IoT の浸透に引きずられて、今後も増大の一途を辿ると考えられる。よって TYCOON のインターネット回線の帯域幅を増強することが、喫緊の課題である。もちろん単に太い土管としての通信回線を契約するのではなく、コストとセキュリティに対する配慮も必要であろう。その場合、安価な回線を多数束ねて効率よく通信できるような**マルチホーミング機器**（L4 スイッチとしてのロードバランサー）の**冗長化構成**による導入が、一つの解決策になりうると考えられる。このような機器は、多くの大学や企業において導入されており、通信先のノードやプロトコルに適した通信経路を選別・設定することで、インターネット全体の通信負荷の軽減にも貢献できるであろう。

TYCOON の構築と管理については、2020 年 4 月 12 日に逝去された宮川毅先生に負う部分が非常に大きかった。改めて天国の宮川毅先生に感謝いたします。

#### 【参考文献】

- [1] 森河良太、倉田香織、宮川毅、土橋朗、東京薬科大学研究紀要、第 22 号（2019）17-24.
- [2] 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.