

【論文】

IP アドレス範囲計算の納得し易い説明法の開発 —軽微なネットワーク障害の非専門家による対応を目的として—

富山情報ビジネス専門学校非常勤講師 臼井 義比古

インターネットを利用する小規模の企業においては、情報技術が非専門である社員が、社内ネットワークの軽微な障害の対応を行うために、基本的なインターネットの技術を理解する必要がある。この中には、ネットマスクと1つのIPアドレスからネットワークの範囲を求める計算も含まれるが、この計算には2進法の知識が必要になり、一般的に理解が難しい。この論文では、RFC950で定義されたネットワークの範囲計算の10進法での代替定義と、IPアドレス表記を桁上りがある数としてあつかう説明方法を用いて、2進法を用いずに行うネットマスクと1つのIPv4アドレスからネットワークの範囲を求める計算方法と、その納得し易い説明法を、小規模企業の情報技術費専門社員向けに開発したことを報告する。また、実際に小規模企業の社員が受講するセミナーで同説明法を用いた授業を実施し、アンケートを行ったのでその結果も報告する。

第1章 IPアドレス範囲計算の問題点と納得し易い説明法の提案

1-1 IPアドレス範囲計算説明法の必要性と問題点

地域企業においてもインターネットを用いた社内コンピュータネットワーク(以下社内ネットワーク)が運用されている。社員数が少ない地域企業では、専門の技術者を雇わず、社内ネットワークの障害時などには、非専門の社員で対応を行うか外注をするかの判断を行うことになる。

独立行政法人高齢障害求職者雇用支援機構(以下ポリテクセンタ)主催で実施される初学者向けのIT活用力セミナー(以下セミナー)の受講者に事前アンケートを行ったところ、コンピュータネットワークを専門としない者が、インターネット技術を用いた社内ネットワークの運用のために、基礎事項の理解、軽微な障害の対処及び業者発注の切り分けが出来るようになりたいという要望を持っている事がわかった。

表1に今回行ったセミナー2回分の要望(重複選択可)の分類を示す。2回分のセミナーの内容は多少異なるが、ともにIPアドレス(IPv4)の範囲計算の知識が必要となる点で共通している。表1中、「基礎」とあるのは基礎的な解説を希望した受講者の人数、「障害」とあるのは専門業者に依頼する判断や軽微な障害の対処法の解説を希望した人数、業務とあるのはセミナーの設定範囲を越えた専門的内容を希望した受講者の人数である。

表1 主催者実施の事前アンケート結果

	受講者	有効回答	基礎	障害	業務
1回目	13	11	8	5	2
2回目	9	8	2	6	1

表1を見ると、基礎及び、障害の対応と切り分けについての知識を希望している事がわかる。基礎的な障害対応や外注の判断には、IP アドレスについての理解や、IP アドレスからネットワークのアドレスの範囲を求める計算が必要とされることがあり、これらの学習には、技術者向けや初学者向けの書籍などが販売されているが、IP アドレスの範囲の計算には2進法が用いられており、一般に情報技術を非専門とする社員が学習するには適していないため、改善が必要となる。[6]

1-2 問題解決のための先行研究事例

IPアドレスについての理解をしやすいように国内でも研究がなされており、たとえば吉原(2018)は物理的なダイアルやLED表示装置を使いIPアドレスの仕組みを学習する教材を開発し、中学1年生を対照に授業実践を行い、可視化によりIPアドレスの仕組みに興味をもたせることで教材の有効性を示している。[5]

一方、Asian Academy (2019) は、1つのIPアドレスとネットマスクからネットワーク内のIPアドレスの範囲を求める方法を、ウェブページ上で図解することでわかりやすく解説している。[7] この計算方法はRFC950の2進法での定義に基づいた計算方法で、計算にも2進法を用いている。また、ネットマスク(該当ウェブページ上ではプレフィックス長と表記されている)の違いで2つの図に場合を分けて説明しているため、計算手順が多くなっている。

IPV46 (2015) とランスルネット (2017) では、2進法での計算を行わずに、10進法で行う方法を説明しており、計算が簡単である。[8][9]しかし、計算の全体の流れが説明中で明示されておらず、ブラックボックス的であり、計算全体を理解していない学習者が見ると、説明中の各手順が計算全体の中の何を行っているかを理解しづらい。また、計算を行う値の違いで、桁(IPV46またはランスルネット上ではオクテットと表記されており、桁と逆の順番で使われている)が変わり、場合分けを行って説明する必要があり、手順が複雑になっている。さらに、たとえば192.168.1.0が256の倍数であることを説明せずに使っているため、学習者はどのようなときにIPアドレスが256の倍数になり、また、どのような条件で説明された作業が行えるのかを理解できていないと考えられる。

1-3 既存の計算方法と説明法の問題点のまとめ

既存の計算方法と説明法の問題点をまとめると次の4点になる。

まず、2進法の計算が難しいという問題がある。2進法は通常用いない表記および計算法であり、多くの人は慣れがなく、情報技術を専門とするものでも計算桁数が多くなるため間違いやすい。

次に、10進法で計算を行う場合は計算の全体が分かりづらいという問題がある。RFC950では、ネットマスクからIPアドレスの範囲を計算する方法を2進法で定義しており[3]、2進法を用いずに10進法で計算を行うと、10進法で行う各部分の計算と全体や他の部分との関連がわからず、計算全体が不明確になり、計算全体を理解していない学習者が見ると、説明中の各手順が計算全体の中の何を行っているのか、あるいは他の部分の計算とどのように関連しているのかが理解しづらく記憶にも残りにくい。

さらに、場合分けが発生しているため手順が複雑になるという問題がある。各桁内では10進法で計算できるが、計算を行う値の違いで、計算対象の桁が変わるため、計算対象の桁を見つけ、桁ごとに場合分けを行って計算する必要があり、計算手順が複雑になりやすい。

最後に、IP アドレス表記での2の中乗の倍数の探し方が説明されずに使われており、理解しづらく、値が変わったときの対応が難しい。

1-4 改善のための提案と期待される効果

これらの問題の解決策として、計算方法と説明法で次の2点を考慮することを提案する。以下では具体的な計算方法と説明法と期待される効果について説明する。

1-4-1 IP アドレス表記を数として認識する説明法の提案

まず、IP アドレス表記（厳密には各桁が10進法表記で全体として256進法表記となる）のIP アドレス（たとえば192.168.1.1）を数として認識するための、数の連続性と桁上りを強調した説明を行い、表記方法としてだけでなく、計算方法にも取り入れるようにすることを提案する。

さらに、上記の数としての認識や、下記の個数や2の中乗の倍数の判定法などの説明に、IP アドレス表記の数0.0.1.0を用いることを提案する。0.0.1.0は10進法での10に相当する数であり、本計算方法と説明法でも個数や倍数の説明に用いている。また、0.0.1.0を用いて説明することにより、0.1.0.0や1.0.0.0を用いる場合に、学習者の類推による理解の助けとできるという効果も期待できる。

IP アドレス表記の数としての認識や、0.0.1.0の説明中での利用により、計算で用いる個数をIP アドレスの表記で扱えるようになり、個数の値に応じて計算を行う対象の桁の場合分けがなくなることが期待でき、また、IP アドレス表記で2の中乗の倍数の判別法が簡単に理解できるようになることも期待できる。

1-4-2 RFC950 のネットワークの定義を10進法で定義しなおす提案

CIDRでのネットマスクが個数とおなじ情報を持つことを利用し、ネットマスクをIP アドレス表記の個数に置き換える。[4] 複数あるネットマスクの表現法をすべて個数に置き換えて計算することが可能になり、計算手順が1つに集約できることが期待され、また、IP アドレス表記の個数は桁情報を含むため、個数の大きさの違いによる場合分けがなくなるとも期待される。さらに、2進法の計算で行われているRFC950のネットマスクとネットワークの定義を、CIDRを考慮した、2進法によらない表現で定義しなおし、計算全体と各部分の対応関係が理解し易くなることも期待される。[1][2]

第2章 改善を行ったIPアドレス範囲計算の説明法の実装と期待される効果

ここでは先の提案を実装した具体的な計算方法と説明法について紹介する。

2-1 IP アドレス表記の数としての理解

IP アドレス表記されたIPアドレスを数として理解し、足し算（含む引き算）や桁上りや2の中乗の倍数の判定が出来るような説明法を紹介する。

2-1-1 IP アドレスの説明

まずIPアドレスについて説明を行う。本説明法を受ける受講者が必要とするIPアドレスに関する知

識は、IP アドレスが約 43 億個（厳密には $256 \times 256 \times 256 \times 256$ 個）あり、インターネット上のコンピュータに与えられた装置一台ごとに異なる番号であるということである。

2-1-2 IP アドレス表記の説明法

IP アドレスが 3 つのピリオド”.”で連結された、0 から 255 までの、4 つの数で表記されることを説明する。192.168.1.1 や 0.0.0.0 など为例にあげるとわかりやすい。また今後の一連の説明の基本となるので、負の数がないこと、256 以上がないことを、例をあげて説明してもよい。

2-1-3 IP アドレス表記での連続性と桁上りについての説明法

IP アドレスの計算や範囲や倍数関係を理解してもらうための基礎として、最小の IP アドレスからはじめて、最大の IP アドレスまでどのように連続しているか（1 ずつ増加するとどうなるか）を、桁上りを含めて説明する。

最小の 0.0.0.0 からはじめて、1 ずつ増やし、0.0.0.9 からは左の桁へ桁上りせず、0.0.0.10 になり、0.0.0.255 から 0.0.1.0 へ桁上りすることを説明する。0.0.255.255 と 0.1.0.0 の関係や、0.255.255.255 と 1.0.0.0 の関係についても説明し、255.255.255.255 まで連続して増えることを認識してもらう。

2-1-4 IP アドレス表記の個数の説明法

たとえば 32 個は IP アドレス表記を用いて 0.0.0.32 個とも表記できる。また、連続性と桁上りの説明から 256 は 0.0.1.0 と表記できることを利用して、 $512(2 \times 256)$ や $1024(4 \times 256)$ は、 $0.0.2.0(0.0.1.0 + 0.0.1.0)$ や $0.0.4.0(0.0.1.0 \times 4)$ とも表記できることを説明する。

2-1-5 IP アドレス表記の 2 の巾乗の倍数の判定法とその説明法

次の説明により、IP アドレス表記の 2 の巾乗の倍数の判定法と、その判定法が成立する理由を説明することが出来る。

まず、10 進法における倍数の判定法について説明する。たとえば、1 桁目が 0 なら 10 の倍数で 2 桁目も 0 なら 100 の倍数と判定できるなどとして、判定法について説明しておく。

IP アドレス 0.0.0.0 から初めて 0.0.1.0 ずつ増やしたものは、 $0.0.1.0(256)$ の倍数で 1 桁目（最も右の桁）がかならず 0 になり、逆もまた正しい。たとえば、0.0.3.0 や 0.0.4.0 は 0.0.1.0 の 3 分や 4 分であり、それを続けて行った、0.0.255.0、0.1.0.0、192.168.3.0、172.16.0.0 などのような 1 桁目が 0 のものはすべて $0.0.1.0(256)$ の倍数であり、つまり、IP アドレス表記では 1 桁目が 0 であれば $0.0.1.0(256)$ の倍数と判定できると説明する。

さらに、256 は 2 の巾乗（巾数 0-8）の倍数であるため、IP アドレス表記で下の桁が 0 の IP アドレスは、2 の巾乗（巾数 0-8）の倍数でもあることを説明する。

また、 $0.1.0.0(256 \times 256)$ と下 2 桁が 0.0 のものや $1.0.0.0(256 \times 256 \times 256)$ と下 3 桁が 0.0.0 のものでも同様のことが類推できることを説明する。ただし、1.0.0.0 は実際に利用されているパブリックアドレスであることに注意する必要がある。

2-2 RFC950 のネットワークの定義を 10 進法の計算で定義しなおす説明法

次に RFC950 で 2 進法を用いて定義された、ネットマスクと IP アドレスからネットワークの IP アドレスの範囲を求める計算を、CIDR を前提に、10 進法の計算で行うことが出来る IP アドレスの範囲を求める計算に定義しなおす。ここでは、まず、ネットマスクを個数に変換し、次に個数を用いたネットワークの IP アドレスの範囲を求める計算の定義を示す。

2-2-1 ネットワークの説明

CIDR を前提に、「ネットワークは、ある個数の、区切りよく分けられた、連続する IP アドレスのグループである」と説明する。また、「ある個数」とは、インターネットの場合は 4、8、16、32、...256(0.0.1.0)、512(0.0.2.0)...などの 2 の中乗の個数で、「区切りよく」とは、まず「連続しており」さらに、「たとえば 0 から始まる 999 までの 1000 個の数字を、100 個に区切るとき、0 や 100 や 200 などの 100 の倍数から始める連続した 100 個のような、グループの切れ目がわかりやすい分け方」のことで説明する。

今回の説明法では、後者の「区切りのよさ」の説明は重要であると考えている。倍数による説明だけでは、難しいという印象を受講者に与えてしまう可能性が高いため、我々が普段行っている、1000 個を 100 個ずつに区切りよく分けるなどの作業との類似点を示すことで、IP アドレスの計算はやさしいという印象を与え、理解をうながしたいと考えるからである。

2-2-2 ネットマスクの説明

ネットマスクはネットワークの個数を表す数であると説明する。

2-2-3 ネットマスクと個数の対応関係の説明法

ネットマスクはいくつかの表記方法があるが、CIDR においては、これらすべてが個数と一対一に対応することが RFC1878 により示されている。[4]したがって、最も簡単なネットマスクと個数の対応関係を知る方法は表であり、初学者に対しても、ネットマスクが個数と一対一に対応し、対応は表で求めることができると説明する。この対応関係の抜粋を表 2 に示す。

表 2 CIDR でのネットマスクと個数の対応表の抜粋

CIDR 表記	IP アドレス表記	16 進法表記	個数	個数の IP アドレス表記
/23	255.255.254.0	FFFFFFE00	512	0.0.2.0
/24	255.255.255.0	FFFFFFF00	256	0.0.1.0
/25	255.255.255.128	FFFFFFF80	128	0.0.0.128
/26	255.255.255.192	FFFFFFFC0	64	0.0.0.64
/27	255.255.255.224	FFFFFFFE0	32	0.0.0.32

“/”を用いたネットマスクの CIDR 表記や、255.255.252.0 のような IP アドレス表記によるネットマスクについても、表を用いることで求められるが、別途計算で求められることを説明することもできる。以下に個数表記以外の場合のネットマスクを個数に変換する方法を示すが、本計算方法や説明法の範囲

としては、以下は必ずしも説明する必要はない。

CIDR 表記の“/”を除いた用いた数のプレフィックス長から個数を求めるには、IP アドレスの総数の約 43 億個（厳密には $256 \times 256 \times 256 \times 256$ 個）をプレフィックス長数の回数だけ半分にすればよいと説明できる。ただし、多くの場合は、/24 が $256 \times 256 \times 256 \times 256$ を 24 回半分にした $256(0.0.1.0)$ 個を意味すると覚えておき、他の場合はそれから計算ができるので十分であると説明する。

ネットマスクの IP アドレス表記である $255.255.252.0$ は、 $255.255.252.0$ をネットワーク内の最小アドレスとし、 $255.255.255.255$ を最大アドレスとしたときの個数を表すと説明できる。この場合、個数は「最大-最小+1」で求められるので、

$$\begin{aligned} & \text{個数} \\ & = 255.255.255.255 - 255.255.252.0 + 1 \\ & = 0.0.3.255 + 1 \\ & = 0.0.4.0 \quad (\text{個数の IP アドレス表記}) \\ & = 4 \times 256 \end{aligned}$$

である。

IP アドレス表記を数として認識し、また、個数も IP アドレス表記にしておくこと、このように IP アドレスのまま計算ができ、桁の違いによる場合分けを行わなくてよくなる。

ネットマスクにはこれらの表記法の他に 2 進法の表記を用いたものや、16 進法の表記を用いたものがあるが、CIDR では、2 進法の表記中の 1 の個数がそのままプレフィックス長になり、16 進法の表記では F を 4、E を 3、C を 2、8 を 1 として合計すればプレフィックス長になると説明できる。

2-2-4 個数を使ったネットワークの定義の説明

先のネットワークの「区切りよく」「連続した」をより厳密にし、「インターネットのネットワークは 2 の中乗の個数を持ち、個数の倍数から始まる、連続する（個数分の）IP アドレスのグループである」という定義であると説明する。さらに、ひとつの IP アドレスを含むことがわかっているネットワークの範囲の計算は、上記の説明を満たす範囲になるように、範囲の最小値となる倍数を選ぶことで計算することが出来ると説明する。

たとえば個数が 32 で $192.168.3.8$ を含むネットワークは、32 の倍数から始まるが、2-1-5 項の説明により、 $192.168.3.8$ の最も右の桁 (8) を 0 にした $192.168.3.0$ が 32 の倍数であることがわかるので、これを用いて、 $192.168.3.8$ を含むように選ぶと、範囲は $192.168.3.0$ から $192.168.3.31$ までであることがわかる。

なお、RFC950 でのネットマスクを用いたネットワークの定義と、今回用いた定義が同じであることは、2 進法の計算を用いて説明ができるが、この RFC950 に基づく 2 進法を用いた説明は学習者に対しては行わず、上記の倍数を用いた定義をネットワークの定義として学習者に与える。

ここでは、参考までに、CIDR 下での RFC950 で定義された、ネットマスクからネットワークの範囲を求める計算と、今回用いたネットワークの範囲の求め方の対応を以下に簡略に説明する。[2][5]

RFC950 のネットマスクのマスク部分(2 進法表記で 0 の部分)が下位 m 桁の場合、下位 m 桁が 0 または 1 であるすべての IP アドレスがネットマスクとの論理積で同じネットワークアドレス (RFC950

内では network number と記されている) になるため、同じネットワークに属することになる IP アドレスは 2 の m 乗個であることがわかる。

さらに、論理積計算の性質からネットワークアドレス自体も同じネットワークアドレスに属し、また同じネットワークに属する IP アドレスの中で最小になる。

また、10 進法において、下 m 桁が 0 になる数は、10 の m 乗の倍数であるように、n 進法においても下 m 桁が 0 になる数は n の m 乗の倍数であり、これは 2 進法でも成立するが、ここではこれを証明なしで使うと、マスク部分が m 桁のネットマスクの場合に RFC950 で定義されるネットワークアドレスは 2 の m 乗の倍数、つまり個数の倍数になることがわかり、さらに上記とあわせると。ネットワークの範囲はネットワークアドレスを最小値とする個数個分の範囲になることがわかる。

2-3 個数と含まれる 1 つの IP アドレスが与えられた場合のネットワークの範囲の求め方の例

ここでは、上記の定義と説明法を用いた、個数と含まれるひとつの IP アドレスが与えられた場合の、ネットワークの IP アドレスの範囲を求める計算の例を示す。下の例は、本計算方法と説明法での、先行研究で説明に取り上げられていた 3 種類の数値の典型的な例 (ネットワークの範囲の開始が 0 の場合、範囲の開始が 0 でない場合、個数が 256 個を超える場合) を含む。

たとえば、個数が 64(0.0.0.64)個で 192.168.4.8 を含むネットワークは、上記 2-1-5 項の判定法により 192.168.4.0 が 64 の倍数なので、定義により 192.168.4.0 から 192.168.4.63 までであることがわかる。

また、たとえば、個数が 128(0.0.0.128)個で 192.168.4.200 を含むネットワークは、192.168.4.0 や 192.168.4.128 が 128 の倍数なので、192.168.4.200 を含むように範囲を選ぶと、192.168.4.128 から 192.168.4.255 までであることがわかる。

個数が 1024(0.0.4.0)個で 192.168.5.200 を含むネットワークは、192.168.0.0、192.168.4.0、192.168.8.0、192.168.12.0... などの 1024(0.0.4.0)の倍数の中から、192.168.5.200 を含むように範囲を選び、192.168.4.0 から 192.168.7.255 までであることがわかる。ここでは、個数を 0.0.4.0 のような IP アドレス表記にすることで桁数の情報をもたせ、場合分けを不要にしている。

2-4 納得し易くするための説明法改善提案のまとめ

2-3 の 3 種類の数値の典型的な例のすべてにたいして、2 進法の計算を用いず、10 進法によるネットワークの再定義により行うべき 10 進法の計算が理解しやすくなった、場合分けがない方法で範囲計算を行うことができた。計算中で倍数の判定法を用いたが、2-1-5 項で IP アドレスの特徴的な数字である 0.0.1.0 を用いた説明により、学習者はこの判定法の原理を理解できるはずである。

以上により、今回提案した計算法と説明法では、第 1 章であげた「2 進法の計算が難しい」「全体の計算がわからず各部分との関係が分かりづらい」「場合分けが発生する」「IP アドレス表記における 2 の中乗の倍数の判定法が説明されていない」という 4 つの問題は解消されたと考える。

第 3 章 授業実践

前章で提案した計算方法と説明法をもちいて授業実践とアンケートを行ったので報告する。

3-1 授業計画と実施状況

今回の説明法を用いて社会人向けに行ったセミナーは2回で、ポリテクセンタが主催する、情報技術が専門でない初学者のための、社内 LAN の基礎の習得を目的としたセミナー（以下1回目）（2019/12/17）と、TCP/IP の基本の習得を目的としたセミナー（以下2回目）（2019/12/24）である。各セミナーは、それぞれ1日6時間（90x4）の内容があらかじめ決まっていて、LAN 内の IP アドレスの範囲やインターネット内のネットワークの IP アドレスの範囲を計算するために、どちらのセミナーも1つの IP アドレスとネットマスクから IP アドレスの範囲を求める計算方法を理解する必要があり、この説明のために、今回の計算方法と説明法を用いた。全体の時間配分の関係で計算の習熟度を上げるために時間をかけられなかったため、今回の授業では、IP アドレスとネットワークの理解と、ネットワークの範囲の計算方法に納得できることを目標にした。今回のセミナーで説明するネットマスクから個数への変換は表を用いる場合だけに限定した。

IP アドレスの範囲の計算方法の説明と途中の演習に 90 分、最後の総合的な演習に 20 分の配分を予定した。ただし、受講者の理解力にあわせて進捗を調整できるように、不足した場合に 20 分程度の時間を調整可能なように準備を行っていた。90 分中に途中休憩を 5 分とった。

表 3 に、授業計画中の 110 分の 2 章中の 2-1 から 2-3 の各項ごとの予定配分時間を示す。表中「章一節」「項」は第 2 章中の章節項番号、「内容」は主な内容、「説明」「演習」はそれぞれ説明と演習に割り当てた時間（分）、「小計」は各項の説明と演習時間の合計（分）、合計は節ごとの合計（分）である。

表 3 セミナ中の IP アドレス計算法の授業の予定時間配分（時間の単位は分）

章一節	項	内容	説明	演習	小計	合計
2-1	1~4	IP アドレスの説明、表記法、連続性、桁上がり、個数	15	5	20	45
	5	IP アドレス表記中の 2 の巾乗の倍数の判定法	15	10	25	
(休憩)						(5)
2-2	1	ネットワークの説明 (IP アドレスの復習)	10	0	10	40
	2	ネットマスクの説明	5	0	5	
	3	ネットマスクと個数の対応	5	5	10	
	4	個数を使ったネットワークの再定義	15	0	15	
2-3	—	ネットワークの範囲の求め方の例と演習	5	15	20	20
合計 (休憩)			70	35	105	105 (5)

1 回目のセミナーでは、理解出来ていない受講生がおられたため予定を全体で 20 分延長し、説明と総合演習で 130 分をかけた。延長した時間は主に例題と演習の説明にあてた。2 回目のセミナーでは、順調に進んだため、予定より 10 分早い 100 分で、説明と総合演習を行った。

総合演習には 2-3 節の 3 種類の典型的な例の数字を変更したものを 8 問用いた。実際の問題を図 1

に示す。各節の演習（演習 1～8）も同程度の量である。ただし、必ずしも全問を用いていない。

演習 9 /24 より小さいネットワークの範囲計算	192.168.1.12 を含んだ/28 の範囲 192.168.1.20 を含んで/28 の範囲	192.168.1.120 を含んで/25 の範囲 192.168.1.200 を含んで/25 の範囲
演習 10 /24 以上のネットワークの範囲計算	192.168.2.20 を含んで/24 の範囲 10.16.8.255 を含んで/24 の範囲	10.10.10.5 を含んで/23 の範囲 10.10.13.5 を含んで/23 の範囲

図 1 総合演習問題の内容

総合演習は 1 回目のセミナーでは一部の受講者が予定より時間がかかったが、2 回目のセミナーではほとんどの受講者が時間をかけずに解答していた。

3-2 アンケートの実施方法

研究目的のセミナーではないため、受講者にアンケートのためのコストをかけないように配慮した。対照実験やデータの収集目的の提出物は設定せず、休憩時間に任意で回答してもらうように、A4 で 1 枚の紙面で、3 分程度で回答できるアンケートを受講者に依頼した。

受講者は主催者が課す任意提出でないアンケートがあるが、それらとは違う任意提出のアンケートであると伝えた。アンケートは IP アドレス計算方法の説明と演習の直後に行い、セミナー全体のアンケートとは異なり IP アドレス計算方法部分のアンケートであることを説明した。

アンケートでは具体的に「192.168.3.7/24 から範囲 192.168.3.0 - 192.168.3.255」を求める計算を 1 問だけを正解付きで示し、この個数と範囲が求められるかどうかを、直前までに行った例題と演習の結果とあわせて総合的に判断してもらった。条件として、ネットマスクと個数の関係を求める表は利用可であることをアンケートに書いた。また、これまで行った例題や演習などで、正答が 255 であるところを 256 にしてしまったような計算ミスは、正解したと考えて回答してもらうようお願いした。アンケートに用いた質問と選択肢の抜粋（文言は同じだが表は省略してあり、実物ではない）を図 2 に示す。アンケート時にあった文字の打ち間違いが 2 箇所修正してある。

<p>IP アドレスとネットマスクからアドレスの範囲を求める次のような計算について</p> <p style="text-align: center;">192.168.3.7/24 から範囲 192.168.3.0 - 192.168.3.255</p> <p>これまでこのような計算をされていませんか？</p> <p style="text-align: center;">行っていた 行っていない</p> <p>先の例で、範囲内のアドレスの個数が全部で何個かわかりそうなきがしますか？（以下の表を使っても OK です）</p> <p style="text-align: center;">わかっている気がする わからない気がする</p> <p>上記の例の/24 の場合の範囲は求められますか？（表を使っても OK です）</p> <p style="text-align: center;">出来る気がする 出来ない気がする</p> <p>/24 以外の/23 や/26 の場合の範囲は求められますか？（表を使っても OK です）</p> <p style="text-align: center;">出来るきがする 出来ない気がする</p>

図 2 アンケートに用いた質問と選択肢の抜粋（文言は同じだが表は省略してあり実物ではない）

3-3 アンケートの結果

アンケートの結果を表4に示す。表4のアンケートの結果ではセミナーの実施回別に、受講者数（「受講者」）、有効回答数（「有効」）について、図2のアンケートの4つの設問を上から順に「過去」、「個数」、「/24」、「/24以外」として各設問の選択肢の左側（以下「求められる」側）を選んだ回答の数を示した。

「/24以外」は上記192.168.3.7/24で「/24以外の/23や/26の場合の範囲は求められますか?」という質問に対して「求められる」側の回答があった人数であるが、この設問には正解を示さず、自己評価に自信がない受講者には、実際に192.168.3.7の/23と/26で範囲を計算した解答をアンケートの回答として書いてもらい、こちらで採点し、正解の回答も「求められる」側に計上した。

表4 説明法実施後の受講者の理解度アンケート結果

	受講者	有効	過去	個数	/24	/24以外
1回目	13	13	1	13	12	8
2回目	9	9	0	9	9	8

ただし、「これまでにこのような計算をされていませんか」という質問は、今回説明した方法以外も含めての質問だったが、今回説明した方法についての質問だと受けとった受講生がいると考えられ、参考にならない可能性がある。

「/24以外」の回答で、自己評価に自信がなく実際に計算を行って回答したものが1回目に2名、2回目に1名おり、1回目の1名と、2回目の1名は答えが正しく、「求められる」側に計上してある。計算を間違えた1名は、「/26 192.168.3.0 - 192.168.3.127」と計算しており、誤答の原因として個数が64個であるところを128個（/25の場合の個数）と間違えたということが考えられる。今回最も間違えやすいと考えられる、開始アドレスが0でなく個数が256個より大きい場合に該当する、/23の問題のこの受講者の解答は正しかったので、/26を/25と勘違いした可能性が高い。この1名は、セミナー中のIPアドレス計算部分の目標である、IPアドレスの計算に慣れることは出来ており、「求められる」側のレベルに達していると考えられるが、アンケート前に設定した正解と判断してもらうケアレスミスの条件に該当しないため「求められる」側には計上しなかった。

22人中21人（95%）が簡単な256個（/24）のIPアドレスの範囲を「出来る気がする」と感じており、21人中16人（76%）がIPアドレスの計算を256個以外（/23や/26）でも「出来る気がする」と感じているか、あるいは実際に行えたことがアンケートの結果からわかる。

第4章 結果の分析と今後の課題

「/24以外」の計算が「出来ない気がする」と回答し、計算による解答も行わなかった2回目の受講者のうちの1名は「まだ慣れないが、あらまはわかった」「計算問題はわかったけど苦しかった」とコメントしていた。実際1回目のセミナー中にもわかっていないという信号を出している受講生に気がつき、説明速度を落として時間をかけ対応したが十分ではなかったことは感じていた。また、主催者のポリテクセンタが行ったアンケートの結果でも、1回目の受講生から「説明はわかったが計算が出来なかった」

という同様のコメントがあった。

これらのことから、計算に慣れた学生でなく社会人を対象とする 세미나などで数を扱う問題には、説明時の巡回の仕方や話の速さの調整だけではなく、開発した計算方法および説明方法の部分で、各人の計算に対する慣れや計算力の違いにもっと注意を払うべきであったと考えている。

今回、前提とした計算技術は、2 の巾乗、倍数、倍数の見分け方、で、2 の巾乗をのぞいては決して高度ではないと考えていたが、この「高度ではない」とする判断自体がそもそも対象とする社会人の視座からみて正しかったのかという疑問が残った。2 の巾乗は「2, 4, 8, 16, 32, 64…」などの表記を用いたが、これらの数を覚える時間を授業中に十分とらず、また、たとえば 16 の倍数を求めるときに、「0+16」、「16+16」、「32+16」などであれば簡単にできると考えて説明したが、これが妥当だったかも今後は考えていく必要がある。

本稿自体が 2 進法の計算を難しいと感じる社会人向けの解決策の提案であり、今回解決した問題点を踏まえて、さらに計算の不得意な学習者への配慮をより行える説明法の開発を今後の課題としたい。

対照実験が行えなく、本提案以外の方法との客観的な比較はできていないが、76%の受講者が「24 以外」に「出来る気がする」と答えていることと、主催者が行ったアンケート結果に「ネットの説明でもよくわからなかったところがとても良くわかった」(1 名)、「他者に説明する表現方法が参考になった」(1 名)とコメントがあり、情報技術を非専門とする社会人向けに IP アドレスの計算の授業を行う場合に、1 時間半から 2 時間程度で行える、納得し易い説明法として選択肢の 1 つにはいる説明法であると考える。

第 5 章 まとめ

地域企業の情報技術を専門としない従業員を対象として、社内ネットワークの軽微なトラブル対応に必要となる可能性がある IP アドレスの範囲計算方法について、その納得し易い計算方法と説明法を開発し報告した。

説明法では、まず、IP アドレス表記の数としての連続性と桁上りを受講者に理解してもらい、さらに、10 進法における 10 に相当する特徴的な数である 0.0.1.0 を用いることで、2 の巾乗の倍数の判定法を理解しやすく説明し、また、個数の IP アドレス表記を行うことで、場合分け、たとえば、与えられた値によって計算対象の桁を切り替えるというような手順をなくした。

次に、RFC950 で 2 進法により定義された、ネットマスクからネットワークに属する IP アドレスの範囲を求める計算を、ネットワーク内の IP アドレスの個数を用いた 10 進法での定義に置き換えることで、10 進法で行いたい各部の計算と全体の計算の関連をわかりやすくすることができた。さらに、ネットマスクの表記方法から個数を計算する方法の説明法も示した。

以上のことから、第 1 章の先行事例の「2 進法で計算されていて難しい」「場合分けがあり手順が複雑」「計算の全体がわからないので計算各部分どうしのつながりがわかりづらい」「2 の巾乗の倍数の探し方が、説明なしで使われている」は解消され、より納得し易い説明法になっていると考える。

また、この説明方法を用いた授業を、ポリテクセンタが主催する地域企業の情報処理を非専門とする従業員に対するセミナーの一部として実施し、アンケートをとり、受講者の 76%が説明を理解したと感じていると報告した。対照実験は行っていないため、他の説明法との客観的な比較を示すことは出来な

ったが、同様な授業を行う場合に、選択肢にあげることが出来る計算方法とその説明法だと考える。また、他の既存の方法で学習したと思われる受講者の、本計算法と説明法に対する肯定的なコメントも2つあった。

考察では反省点として、巾乗や倍数の考え方を含め、計算により慣れていない方も理解できる計算方法や説明法への改善が必要であると議論した。

現在、インターネットは多くの地域企業でも社内システムの一部としても利用されており、軽微な障害が頻繁に起きている現状があって、ポリテクセンタ主催の 세미나での受講者の要望の傾向となつてあらわれたのだと考えられる。地域企業のこれらの要望を満足するためにも、技術者育成用とは異なるレベルの説明技術の集積をはかる必要があると考え、今回の報告に至った。このような計算方法と説明法の集積が、今後、地域の産業や経済の発展の助けになれば幸である。

参考文献

- [1] Fuller, V., Li T., Yu, J., and Varadhan K. (September 1993), "Classless Inter-Domain Routing (CIDR): an Address Assignment and Aggregation Strategy", RFC 1519, DOI 10.17487/rfc1519, <https://tools.ietf.org/html/rfc1519> (accessed 2020/01/20).
- [2] Fuller, V., and Li T. (August 2006), "Classless Inter-domain Routing (CIDR): The Internet Address Assignment and Aggregation Plan", RFC 4632, DOI 10.17487/rfc4632, <https://tools.ietf.org/html/rfc4632> (accessed 2020/01/20).
- [3] Mogul, J., and Postel, J. (August 1985), "Internet Standard Subnetting Procedure", RFC 950, DOI 10.17487/rfc950, <https://tools.ietf.org/html/rfc950> (accessed 2020/01/20).
- [4] Pummill, T., and Manning, B. (December 1995), "Variable Length Subnet Table for IPv4", RFC 1878, DOI 10.17487/rfc1878, <https://tools.ietf.org/html/rfc1878> (accessed 2020/01/20).
- [5] 吉原和明、井口信和、渡辺健次 (2018)、「物理的可視化と物理的直接操作による IP アドレスの仕組みを学習するための教材の開発と評価」、日本産業技術教育学会誌 第60巻 第2号、pp.73~80。
- [6] 竹下 隆史、村山 公保 他 (2012)、『マスタリング TCP/IP 入門編 第5版』、オーム社、pp.155~159。
- [7] Asian Academy(2019)、「CCNA 試験対策 Ip address ハンドブック ～図解でわかる～」、
<https://www.a-academy.jp/ip-address-calc-1/> (閲覧日 2020/03/03)。
- [8] IPV46 (2015)、「IP アドレス・ネットマスク変換確認ツール」、https://ipvx.info/ip_cal/cal_netip_hand/ (閲覧日 2020/03/03)。
- [9] ランスルネット(2017)、「【簡単に求める方法】 CCNA 対策 IP アドレスの計算-③サブネットアドレス・ブロードキャストアドレス」、http://www.runsurunet.com/2017/01/27/簡単に求める方法_3ccna_対策/ (閲覧日 2020/03/03)。

Development of the Explanation Methods of Understandable Netmask Calculation:

Approach for Non-IT Specialists to Handle Minor Network Troubles

Yoshihiko USUI

The information and/or communication network is an important infrastructure of the society. Many small-scale companies connect to the Internet and non-IT professionals in such corporations should handle the minor troubles regarding internal networks. The said case requires the basics of IP technologies including the IPv4 address network range calculation. In general, the IPv4 address network range calculation is defined and explained using binary operations and this concept is difficult for the abovementioned employees to understand without having expertise in information technology. This dissertation aims to illustrate that we have developed the easy calculation method by substituting the binary definition with the decimal definition of the network address range, and the understandable explanation method by interpreting the IP address expression from 0.0.0.0 to 255.255.255.255 as ordinary sequential numbers with carry over for non-IT experts. We practiced these developed methods in two seminars for the people working in small-scale companies hosted by the Polytechnic Center and show the result of the survey associated with such workshops.