

WindowsのIPv6アドレス自動生成とLAN構築 IPv6 address autoconfiguration and LAN construction by Windows

土橋 喜（愛知大学現代中国学部）

要旨

今後は家庭電化製品などを含めたコンピュータ以外の多くの機器が、インターネットに接続することが考えられています。現状ではインターネットに接続して通信するためにはIPアドレスが必須になっており、サブネットやDHCPなどこれまでに開発されたIPv4アドレスを効率よく割り当てる方法を使っても、IPv4では約43億個が限界のため、アドレスの数が不足してしまいます。そのため1994年ごろからIPv6の開発が始められ、IPv4のアドレスと共存できるように設計されており、より多くの機器をインターネットに接続させることを目標にしています。2011年にIPv4アドレスが枯渇し、新規のアドレスの割り当てが行われなくなったため、現在はIPv6によるネットワークの構築も進んでおり、今後は本格的に普及するものと見られています。

本稿は授業で実践したことをもとに、WindowsのIPv6アドレス自動生成による初歩的なネットワーク構築についてまとめたものです。

キーワード：IPv6、自動生成、Windows、LAN

1 はじめに

現在まで使われてきたインターネットプロトコルはIPv4（Internet Protocol Version 4）が中心でした^{1), 2)}。IPv4の仕様は1980年代に策定されたもので、開発された初期のころは研究開発が主な利用目的でした。インターネットへの参加組織がそれほど多くない時代には、IPv4でもほとんど問題はありませんでした。

その後コンピュータネットワークの発展を基盤としてインターネットの普及が

始まり、インターネットに接続する機器は増加する一方であり、社会に与える影響が検討されるようになりました。

IPv4が持つ最大の問題は、IPv4で定められたIPアドレスのしくみでは、機器に割り当てるアドレスの数が不足する事態になったことです。

1990年代に入るとインターネットの商業利用が始まり、インターネットの規模の拡大が続くようになりました。インターネットに接続する機器は、コンピュータのほかに携帯電話やスマート

フォンなどの普及によって種類が多くなり、これらの機器の利用者数も増加する一方です。特に中国など人口を多く抱える国におけるインターネット利用者の増加は著しいものがあります³⁾。

インターネットの利用は、当初の大学や企業におけるパソコンが中心の利用から、最近においては個人のスマートフォンの利用や、一般家庭からの利用へと変化しています。さらにインターネットの商業利用はますます活発になり、オンラインショッピングやネットバンキングなど、さまざまな電子商取引の基盤として重要な役割を果たしています。このようなインターネットの世界的な普及と発展は、いつでも誰でも使え、簡単な操作で確実に通信ができることが要求されます。

2 IPv4アドレスの限界

世界人口白書2012によれば、2011年に世界の人口は70億人を超えており、2050年までには90億人を超えると見込まれています。IPv4のアドレスは約43億個まで使うことができますが、一人に1つのアドレスを割り当てることはできません。この数でも不足する問題の根底には、IPv4のアドレス体系自体にいくつかの問題点がありました。

IPv4はネットワークや組織の規模に応じてクラスA、B、Cの3つの種類に分

けて割り当てるしくみでした。しかしクラスAは1つのネットワークで約1,677万個のアドレスが割り当てられるのに対して、クラスBは約65,500個、クラスCは254個となっており、割り当てられるIPアドレス数の差が大きくなっていました。そのため、ネットワークの規模をあまりにも大ざっぱに分けることになってしまい、組織に効率よくアドレスを割り当てることができなくなり、実際には膨大なアドレスが使われないままになりました。

現在はIPv4のクラス分けの考え方に基づくアドレス割り当てのしくみが改善され、1993年からCIDR (Classless Inter-domain Routing) と呼ばれるしくみが使われています^{4), 5)}。これはA、B、Cのクラス分けを撤廃するという意味でクラスレスと呼ばれる方法です。このCIDRを使うとアドレスの割り当てが柔軟になり、8個、32個、64個、128個というように2のn乗個のアドレスを割り当てることができます。

またIPv4ではインターネットには直接公開しなくてもよい部分に、プライベートIPアドレスと呼ばれるものを割り当てて使用しますが、これもIPアドレスの節約と有効利用を行うためです。プライベートIPアドレスは、あらかじめインターネット管理組織の文書であるRFC (Request for Comments) によって決められており、使えるネットワーク

アドレスが指定されています⁶⁾。プライベートIPアドレスは、いろいろな場所で自由にアドレスを設定できるため、同じIPアドレスが使われる可能性があります。そのためプライベートIPアドレスでは直接インターネットに接続することができないようになっています。インターネットに接続させたいときは、プライベートIPアドレスからグローバルIPアドレスに変換するNAT (network address translator) というしくみを導入する必要があります⁷⁾。

しかし、以上のようにIPアドレスを効率よく割り当てるしくみを活用しても、今後のインターネットの発展を長期的に考えると、アドレスの不足は避けら

れそうにありません。そこでIPv4の問題点を改善するためにIPv6 (Internet Protocol Version 6) が開発されました⁸⁾。

3 WindowsのIPアドレス自動設定

3.1 初期状態

Windows7の場合は、「ネットワークと共有センター」から「ローカルエリア接続」の欄をクリックすると「ローカルエリア接続の状態」が表示されます。次に「プロパティ」をクリックして開き、「インターネット プロトコル バージョン 6(TCP/IPv6)」の行を確認します。行

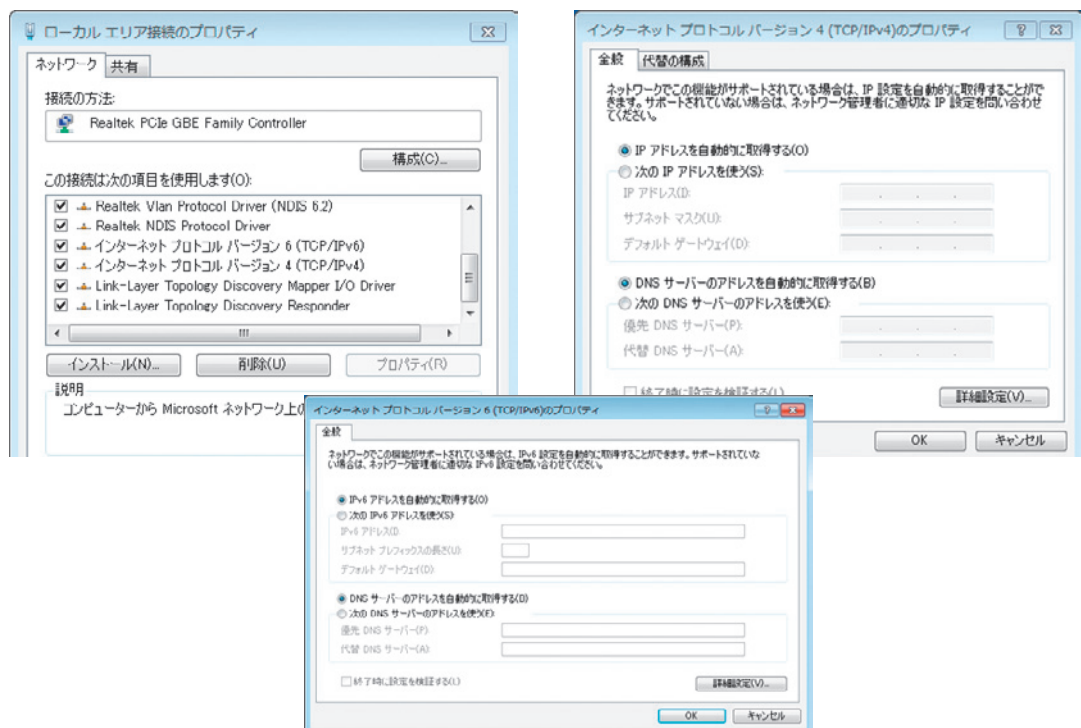


図1 Windows 7の「ローカルエリア接続のプロパティ」とIP設定画面

の先頭にある四角にチェックが入っていればIPv6が有効になっています(図1)。

IPv6ではIPv4と異なり、OSをインストールするだけでアドレスが自動設定されますが、図1はまだアドレスを設定していない状態を示しています。OSをインストールした直後は「IPアドレスを自動的に取得する」になっており、DNS(Domain Name Syatem)サーバーのアドレスについても同様に自動取得になっています。

Windows Vistaや7のOSをインストールした後、管理者がIPアドレスを設定していない状態で、かつネットワークに接続しない状態で起動し、ipconfigコマンドでメディアの状態を調べると、以下のようにすべて「メディアは接続されていません」と表示され、まだアドレスが自動生成されていないことが分かります。

ipconfigの出力例

```
~~~~~
Windows IP 構成
(略)
Wireless LAN adapter ワイヤレス
ネットワーク接続:メディアの状態...
.....:メディアは接続されていません
(略)
イーサネット アダプタ ローカル エリ
ア接続:メディアの状態.....:メ
ディアは接続されていません
```

(略)
~~~~~

3.2 IPアドレスの自動設定

MicrosoftのWindowsではIPアドレスの設定は、「ローカルエリア接続のプロパティ」を開いて行いますが、ここではIPアドレスを入力する前の状態から見ていきます。

ローカルエリア接続のプロパティ以外から、IPアドレスの設定状態を調べるには、コマンドプロンプトを起動し「ipconfig」コマンドを利用します。このコマンドではIPv4とIPv6の両方の設定情報が表示されます。

IPv6においては、ホスト自身で自動生成する情報とルータから通知される情報を使い、ホストが自動的に自身のIPアドレスやデフォルトルータなどの情報を設定する機能が備わっており、この機能はステートレスアドレス自動生成(Stateless Address Autoconfiguration)と呼ばれています<sup>9), 10)</sup>。

Windows Vistaおよび7以降のバージョンでは、ルータやスイッチングハブなどの通信機器に繋がると、IPv6アドレスが自動的に生成されて設定されるようになっており、パケットの送受信が可能になります。以下はWindows Vistaをインストールした後、管理者がIPアドレ

スを設定していない状態で、ツイストペア状態を示しています。  
アケープルでスイッチングハブに繋げた

~~~~~

C:\Users\Lecadmin>ipconfig /all

Windows IP 構成

Wireless LAN adapter ワイヤレス ネットワーク接続:

メディアの状態 : メディアは接続されていません
接続固有の DNS サフィックス . . . :
説明 : Intel (R) Wireless WiFi Link
物理アドレス : 00-1D-E0-00-02-9F
DHCP 有効 : はい
自動構成有効 : はい

イーサネット アダプタ ローカル エリア接続:

接続固有の DNS サフィックス . . . :
説明 : Hewlett Packard
物理アドレス : 00-1A-4B-92-C6-F5
DHCP 有効 : はい
自動構成有効 : はい
リンクローカル IPv6 アドレス : fe80::d450:c95:3ade:ec02%8
自動構成 IPv4 アドレス : 169.254.236.2
サブネット マスク : 255.255.0.0
デフォルト ゲートウェイ :

DHCPv6 IAID : 201333323

DHCPv6 クライアント DUID : 00-01-00-01-17-9E-7F-6-87-2E

DNS サーバー : fec0:0:0:ffff::1%1

fec0:0:0:ffff::2%1

fec0:0:0:ffff::3%1

NetBIOS over TCP/IP : 有効

Tunnel adapter ローカル エリア接続*:

メディアの状態.....:メディアは接続されていません
接続固有の DNS サフィックス....:
説明.....: Microsoft ISATAP Adapter
物理アドレス.....: 00-00-00-00-00-00-E0
DHCP 有効.....: いいえ
自動構成有効.....: はい

Tunnel adapter ローカル エリア接続* 2:

メディアの状態.....:メディアは接続されていません
接続固有の DNS サフィックス....:
説明.....: Teredo Tunneling Pseudo-Inte
物理アドレス.....: 02-00-54-55-4E-01
DHCP 有効.....: いいえ
自動構成有効.....: はい

Tunnel adapter ローカル エリア接続* 10:

メディアの状態.....:メディアは接続されていません
接続固有の DNS サフィックス....:
説明.....: isatap.{921A70B8-9F64-4403-8EA7}
物理アドレス.....: 00-00-00-00-00-00-E0
DHCP 有効.....: いいえ
自動構成有効.....: はい

~~~~~

無線 LAN に接続する場合は、  
「Wireless LAN adapter ワイヤレス  
ネットワーク接続:」のブロックが、  
ネットワークインターフェイスカード  
(NIC:network interface card) の状態  
になり、IPv4とIPv6のアドレスの数値

が入ります。同様にイーサネットの有線  
ネットワークに接続する場合は、「イー  
サネット アダプタ ローカル エリア接  
続:」のブロックがネットワークインター  
フェイスカード（以下NIC）の状態にな  
り、IPv4とIPv6のアドレスの数値が入

ります。

NICはコンピュータやプリンタなどをネットワークに接続するための装置です。この装置は最近のノートパソコンでは小型化されてあらかじめ本体に組み込まれ、コネクタの差し込み口が表に出ています。以前はカード型の装置をパソコン内部の専用スロットに差し込んで使うタイプのもが多かったため、このような名前が付いています。また以下に出てくるアダプタは異なる機器に接続するための中間的な装置のことを指しています。

WindowsのIPv6では、この「イーサネット アダプタ ローカル エリア接続:」のほかに、いくつかの「Tunnel adapter ……」というブロックが表示されます。これはIPv4とIPv6の共存のために使用する仮想インターフェイスの情報です。WindowsでIPv6を有効にすると、物理的なNICが1つだけしかなくても、複数の論理的なインターフェイスが自動的に構成されるようになっていきます。

また「自動構成 IPv4 アドレス . . . : 169.254.236.2」の欄には、IPv4のアドレスが自動設定されています。これはリンクローカルアドレスと呼ばれ、「169.254.」で始まるアドレスがIPv4のリンクローカルアドレスとして予約されています<sup>11)</sup>。

「サブネット マスク . . . . . : 255.255.0.0」の欄も自動設定されていま

す。ここのサブネットマスクは、直前のIPv4アドレスのネットワークアドレスとホストアドレスを区別しています。ここでは「255.255.」の部分で先頭から16ビットがネットワークアドレスであることを示しています。

「物理 アドレス . . . . . : 00-1A-4B-92-C6-F5」の欄には、イーサネットの通信の宛先または発信元を示すアドレスが入っていますが、これはあらかじめNICに記載されており、機器を製造したメーカー（ここではHewlett Packard）ごとに重複しない番号が割り当ててあります。

「DHCPv6 IAID . . . . . : 201333323」の欄は、アイデンティティ・アソシエーション (Identity Association) と呼ばれるID (識別子) であり、DHCPサーバーとクライアントがアドレスの集合を識別し管理するために使用される番号です。

「DHCPv6 クライアント DUID . . . . . : 00-01-00-01-17-9E-7F-6-87-2E」の欄は、DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) のサーバーとクライアントに与えられる固有の識別子で、DHCP固有識別子 (DHCP Unique Identifier) と呼ばれます。

「DNS サーバー . . . . . : fec0:0:0:ffff::1%1」の欄の右側の16進数には、DNS (Domain Name System) サーバーのデフォルトのアドレスとして利用



されるIPアドレス (IPv6) が自動生成されています。IPv4のDNSサーバーのIPアドレスを設定するとIPv4のアドレスに置き換えられます。

## 4 IPv6アドレスの基本構造と種類

### 4.1 IPv6の表記法と短縮方法

上記の「イーサネットアダプタローカルエリア接続」のブロックにおいて、リンクローカルIPv6アドレスとして表示される値 (fe80::d450:c95:3ade:ec02%8) の構成は次のようになります。

IPv6アドレス + “%” インターフェイスインデックス (NICの識別番号)

リンクローカルIPv6アドレスは、コンピュータのすべてのNICに自動的に設定されるため、上のようにインターフェイスインデックスと一緒に表記します。ここでは “fe80::d450:c95:3ade:ec02” が

IPv6アドレスで、“%” は区切り記号になっており、最後に付いている数字の“8” が該当するNICを識別するためのインターフェイスインデックス (識別番号) です。

IPv6では、IPアドレスが128ビットの数値で表されます。この場合は、2の128乗の数 (約340澗、澗は「かん」と読む) までのIPアドレスを扱うことができます。

$2^{128} = 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456$  すなわち 3.4億 × 1000兆 × 1000兆 = 約340澗

またIPv6ではアドレス表記の方法も10進数ではなく16進数が使われます。

表記方法は128ビットを8個の16ビットのグループに分け、それらを “:” (コロン) で区切り、そして4ビット (4桁) をひとつの単位とし、それを16進数で表示します。

たとえば、上のリンクローカルIPv6アドレスの正式な表記は、以下のように16進で表記し、4桁ずつ8ブロックに区別します。

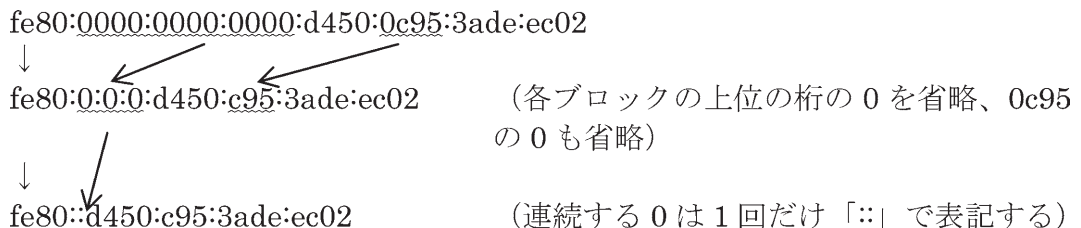


図2 IPv6アドレスの表記法と短縮方法



fe80:0000:0000:0000:d450:0c95:3ade:ec02 (4桁ずつ16進表記)

しかし、これでは長すぎて理解しにくいので、図2の方法により表記を短縮することができます<sup>12) ,13)</sup>。

図2の省略例を使う場合、1つのアドレスの表記において「::」が使えるのは1回だけになります。最後のIPv6アドレス表記は、上記のipconfigコマンドの出力結果と同じになります。PCやルーターなどの機器の設定を行なう際には、この形式がもっともよく用いられています。

#### 4.2 アドレスの基本構造

IPv6アドレスは、図3ように「ネットワークプレフィックス」、「サブネット識別子 (ID)」、「インターフェイス識別子 (ID)」の3つの要素から構成されます。

ネットワークプレフィックスはユーザーのネットワークを識別するための番号として使われ、サブネット識別子はユーザー

のネットワーク内のサブネットを識別するために、インターフェイス識別子はホストなどネットワークに接続するそれぞれのノードを識別するための番号に使われます。これらの名前は決められていますが、桁数 (ビット長) は一定の範囲内で可変になっています。

ネットワークプレフィックスはIPv4のネットワークアドレスに相当し、以下のように「/」(スラッシュ) で区切って表記します。

プレフィックス値/プレフィックス長

したがって、アドレス“fe80::d450:c95:3ade:ec02”のネットワークプレフィックスは“fe80::/64”のように表記します。通常、ネットワークプレフィックス長は64ビットになっています。

IPv6アドレスの128ビットのうち、後半の64ビットにあたるインターフェイス識別子 (ID) は、OSによっては自動的に生成するものがあります。

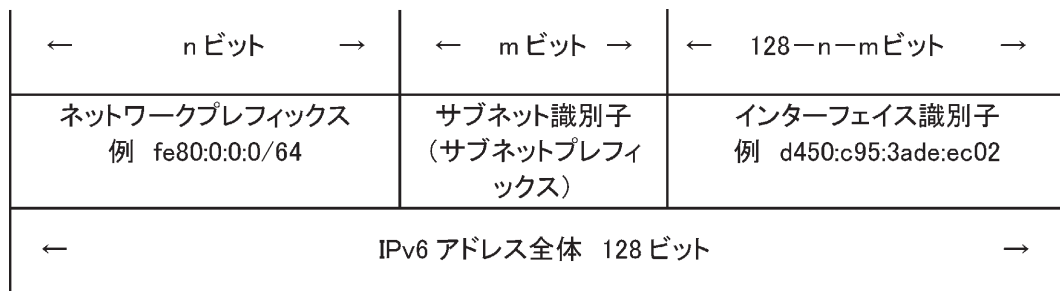


図3 IPv6アドレスの基本構造

### 4.3 IPv6のアドレスの種類

従来のIPv4アドレスには多くの種類があり、通信の種類で分類すると、ユニキャストアドレス、ブロードキャストアドレス、マルチキャストアドレスのように分類されることもあります。

IPv4において、ユニキャストアドレスは1対1の通信に使用され、ただ1つの特定のノードを表し、ネットワーク内に存在する特定の機器を指し示すものとして使われます。ブロードキャストアドレスは1つのノードとサブネット上のすべてのノードとの通信に使われ、マルチキャストアドレスは1対多の通信に使われます。IPv4のユニキャストアドレスにおいて重要なのはグローバルアドレスとプライベートアドレスの2種類です。

IPv6にも多くの種類のアドレスがあり、大きく分けて以下のように分類されます。

#### (1) ユニキャストアドレス

(unicast address)

IPv4のユニキャストアドレスと同じように1対1の通信に使われ、グローバルユニキャストアドレス<sup>14)</sup>、リンクローカルユニキャストアドレス、ユニークローカルユニキャストアドレスに区分されます<sup>12)</sup>。

#### (2) エニーキャストアドレス

(anycast address)

IPv4にはなくIPv6に新しく作成され

たアドレス体系です。1対多の通信に利用されますが、同じネットワーク上で最も近い相手と通信する場合に使用されるアドレスです<sup>12)</sup>。

#### (3) マルチキャストアドレス

(multicast address)

IPv4のマルチキャストと同じく1対多の通信で利用され、ネットワーク内で選択されたグループに対して同一の情報を送信するために利用されるアドレスです<sup>15)</sup>。

### 4.4 ユニキャストアドレスの種類

上記のうち重要なのは次に述べる3種類のアドレスです。なおIPv6のグローバルユニキャストアドレス、リンクローカルユニキャストアドレス、ユニークローカルユニキャストアドレスを説明する場合に、いずれもユニキャストを含んでいるため、グローバルアドレスのようにユニキャストを省略して表記する場合があります。

#### (1) グローバルユニキャストアドレス

グローバルユニキャストアドレス(global unicast address)またはグローバルアドレスは、直接インターネットに接続するために使われるものです<sup>14)</sup>。IPv4のグローバルアドレスと同じ役割をするもので、インターネット内で重複しないように割り当てることになっています。

|                         |          |                |
|-------------------------|----------|----------------|
| ← nビット →                | ← mビット → | ← 128-n-mビット → |
| グローバルルーティング<br>プレフィックス  | サブネット識別子 | インターフェイス識別子    |
| ← IPv6 アドレス全体 128 ビット → |          |                |

図4 IPv6のグローバルユニキャストアドレスの構造

このアドレスはプロバイダから割り当ててもらわなければならないが、128ビットのうち、プロバイダが指定するのは主に上位48ビットで、グローバルルーティングプレフィックスに当たる部分に該当します。下位64ビットはインターフェイス識別子（ID）のため、ユーザがネットワークを識別するために使うアドレスは、49ビット目から64ビット目までです（図4）。なおグローバルユニキャストアドレスの構造は、IPv6アドレスの配布状況や技術動向に応じて変更されることがあります。

## (2) リンクローカルユニキャストアドレス

IPv6では、イーサネットのブロードキャストの到達範囲（ブロードキャストドメイン）を「リンク」と呼びます。リンクローカルユニキャストアドレス（link local unicast address）またはリンクローカルアドレスは、ステートレスアドレス自動生成機能によって、コンピュー

タやネットワーク装置の起動時に自動的に割り当てられるアドレスのことで、グローバルアドレスなどの設定を自動化するために用いられます<sup>12), 13)</sup>。

なおWindowsでは「リンクローカルIPv6 アドレス」と表示される部分がリンクローカルユニキャストアドレスに該当します。ipconfigコマンドを使い、自動で構成されたfe80で始まる「リンクローカル IPv6 アドレス」を確認することができます。IPv4の場合は「自動構成IPv4 アドレス.....: 169.254.236.2」に設定されたアドレスがリンクローカルアドレスになり、前述したように「169.254.」で始まるアドレスがIPv4のリンクローカルアドレスとして予約されています。

リンクローカルユニキャストアドレスにより、隣接ホストとの通信が可能になります。しかしリンクローカルユニキャストアドレスでは直接インターネットとの接続はできないようになっており、これはIPv4のリンクローカルアドレスで

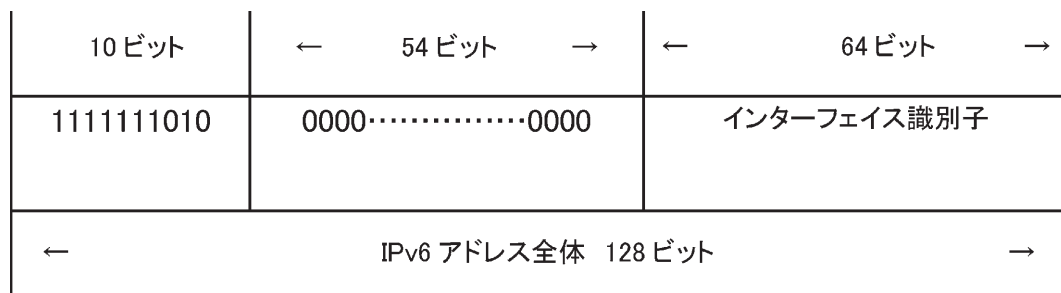


図5 リンクローカルユニキャストアドレスの構造

も同じです。

IPv6ではルータがリンクローカルユニキャストアドレスを配布する重要な機能を果たします。リンクローカルユニキャストアドレスを受け取るには、受信元に何らかのアドレスが必要になります。この受信を行うためにリンクローカルユニキャストアドレスが使われます。

リンクローカルユニキャストアドレスは「fe80::/10」で表記されます。このとき「/10」とあるように、最上位10ビットが“1111111010”になっており、次の54ビットがすべて0、そして下位64ビットがインターフェイス識別子になっています(図5)。

インターフェイス識別子は、ノードの起動時やインターフェイスを有効にした際に例外なく自動設定されるので、手動で設定することはありません。リンクローカルユニキャストアドレスは“fe80::インターフェイス識別子”と表記され、プレフィクスは“fe80::/64”になっています。

### (3) ユニークローカルユニキャストアドレス

ユニークローカルユニキャストアドレス(unique local unicast address)またはユニークローカルアドレスは、IPv4のプライベートアドレスに相当し、学校の教室や組織内のローカルで閉じたイントラネットなどで利用します<sup>16)</sup>。

ユニークローカルユニキャストアドレスの上位7ビットは“11111110”で、アドレスの範囲は“fc00::/7”になっています。ただし、8桁目が“0”のアドレスの使用が禁止されているため、実質的には最上位の8桁が“11111101”となり、これを16進表記に直すと“fd”になります。

現時点ではイントラネットで実際に使えるアドレスの範囲は“fd00::/8”に限られています(図6)。

IPv6ではグローバルユニキャストアドレスで直接インターネットに接続しますが、ユニークローカルユニキャストアドレスでは、インターネットとの接続はできないようになっています。しかし、

|                        |      |              |              |             |
|------------------------|------|--------------|--------------|-------------|
| 7ビット                   | 1ビット | 40ビット        | 16ビット        | ← 64ビット →   |
| 1111110                | 1    | グローバル<br>識別子 | サブネット識<br>別子 | インターフェイス識別子 |
| ← IPv6 アドレス全体 128ビット → |      |              |              |             |

図6 ユニークローカルユニキャストアドレスの構造

40ビットのグローバル識別子（ID）は他と重複しないよう乱数により生成します。これにより、企業や組織の合併や統合により複数のネットワークが接続された場合でも、アドレスを付け直さなくてよいこととなります。

## 5 コンピュータの探索と自動構成

### 5.1 コンピュータの探索

WindowsではIPアドレスの自動構成機能によってIPアドレスが自動設定されるため、OSのインストール直後からWindowsに備わっている各種のネットワーク機能を活用することができます。以下を試す前に、Windowsをインストールしたパソコンを数台スイッチングハブに接続しておきます。

エクスプローラを開いてネットワークをクリックすると、ネットワークに接続しているコンピュータのアイコンが見えてきます。この仕組みは、IPv6が有効

になっているときは、Windowsのネットワーク探索プロトコルのWSD（Web Services on Devices）とSSDP（Simple Service Discovery Protocol）によるブラウザサービスと呼ばれる機能によつて、コンピュータ名を表示しているからです。これらの機能はWindows Vista以降で使われており、IPv4とIPv6の両方に対応しており、ネットワーク内の機器を探索するため、特定のグループと通信を行うマルチキャスト通信を行っています。

なお、IPv4が使えるように設定されているときは、WindowsのNetBIOSプロトコルが使われ、コンピュータ名を表示します（図7）。

#### (1) WSD（Web Services on Devices）

Windowsのコンピュータ名を表示します。IPv6を使うためパブリックネットワークで表示されないときは、一度ホームネットワークで表示します。その後はパブリックネットワークでも表示するようになります。

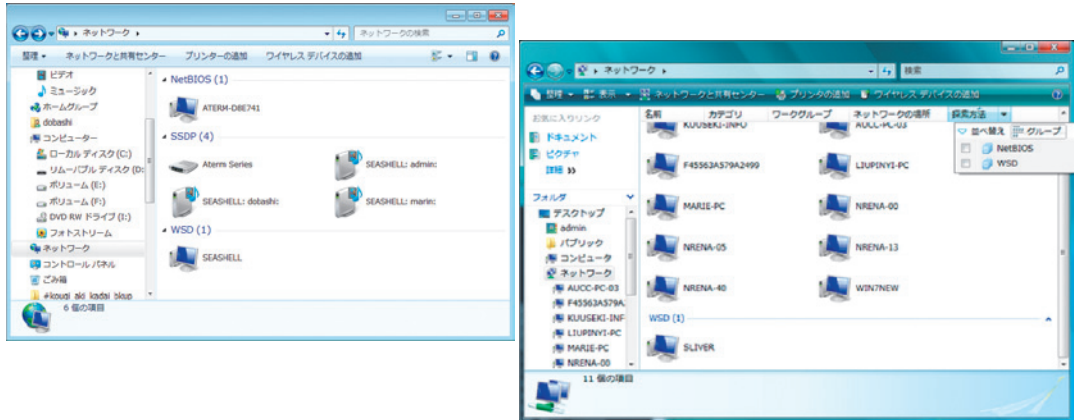


図7 Windows7でホームネットワークの表示例（IPv6とWSDの表示）とVistaでネットワークを表示させた例（右上でグループを選択できる）

(2) SSDP (Simple Service Discovery Protocol)

ゲートウェイとWindowsのユーザ名を表示します。

## 5.2 自動構成の仕組み

ここまではコンピュータ名やドメイン

名を設定しただけですが、Windowsではハブにつながったコンピュータ間で通信が行われます（図8）。

(1) それぞれのホストはスイッチングハブやルータなどの通信機器につながると、ネットワーク機能が有効になり、乱数を使ってリンクローカルアドレス（IPv6）を自動で機械的に生成し

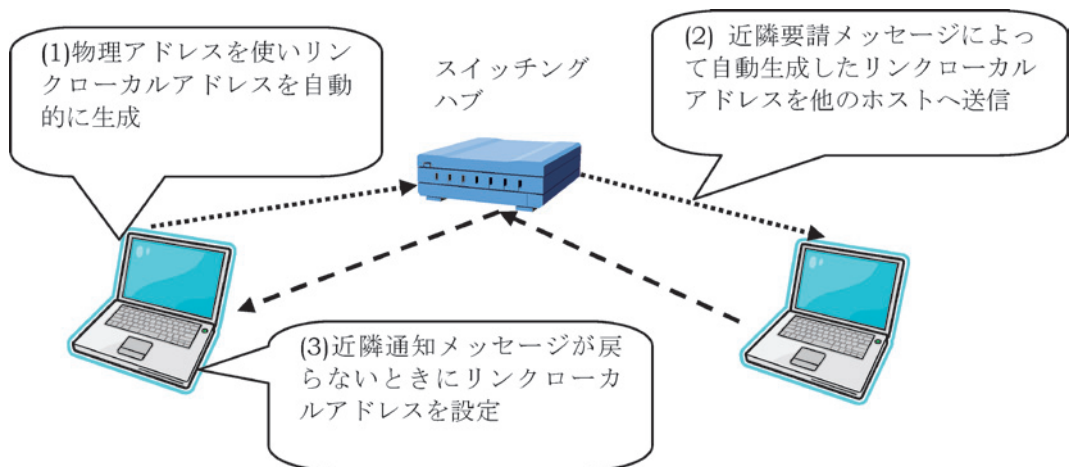


図8 リンクローカルアドレスの自動設定と重複防止

ます<sup>10)</sup>。

- (2) 上で生成されたリンクローカルアドレスは、近隣要請メッセージに載せて同一LAN内のすべてのIPv6のホストに送信されます。同じアドレスを使用しているホストがあれば、そのホストは近隣通知メッセージを発信し、アドレスが重複していることを知らせます。
- (3) 近隣通知メッセージが返送されてこなければ、(1) で生成したリンクローカルアドレスがそのまま設定されます。返ってきた場合はアドレスの設定に失敗するのでやり直しをします。

### 5.3 名前解決

以前からWindowsではNetBIOS over TCP/IPのNetBIOSネームサービ

スによって、コンピュータの名前を調べる名前解決がワークグループ環境で使われていました。これらはNetBIOSを使って実現されていたため、IPv6には対応しなくなりました。IPv6が使われるインターネットでも通信する場合に、相手のコンピュータ名を調べる名前解決がIPアドレスとともに重要な役割をしています。

LLMNR(Link Local Multicast Name Resolution)はIPv4だけでなく、IPv6にも対応したプロトコルで、Windows Vistaから搭載されており、マルチキャスト通信によって名前解決を実行します<sup>17)</sup>。

LLMNRでは特定のグループ(例えばワークグループ)に対して、名前的一致したコンピュータがIPアドレスを返送することで、名前解決が実行されます

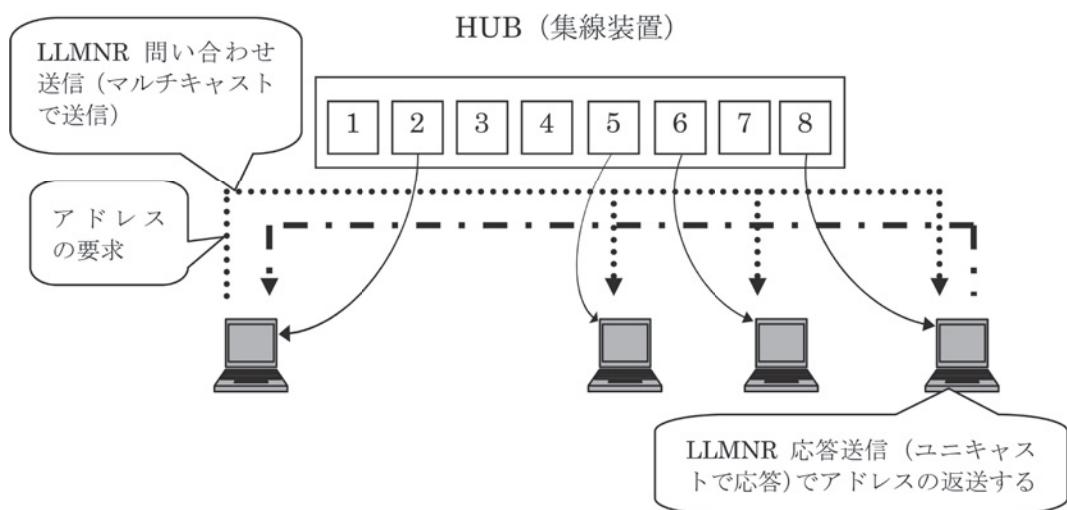


図9 LLMNRの動作例



(図9)。

## 6 IPv6の設定

### 6.1 ユニークローカルユニキャストアドレスの設定

ここでは直接インターネットに接続しないLAN環境でIPv6を利用することを想定して、ユニークローカルユニキャストアドレスの設定を試します。

ユニークローカルユニキャストアドレスでは“fd00::/8”に限って使用します。実際に手作業で設定する場合は、IPv6アドレスが重複しないように割り当てる必要があります。

教室のようなLANを構築することを前提に、20~30台ほどのコンピュータを想定し、単純な方法でIPv6のアドレスを割り当てます。たとえば、1台目から順番にfd00::1, fd00::2, fd00::3, fd00::4, …のように必要な台数分だけ割り当てる

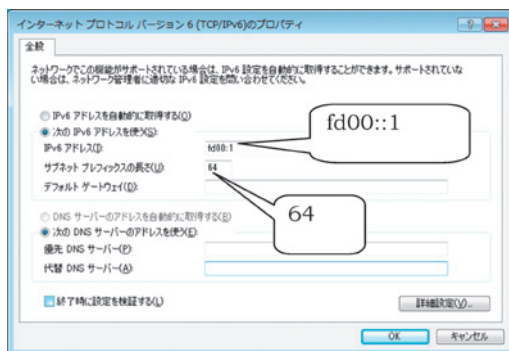


図10 IPv6の設定例

ことにします。

また組織内でネットワークを分割して使えるように、プレフィックスは64とします(図10)。

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| ホスト名とドメイン名              | IPv6    |
| nettest01.aichi-u.ac.jp | fd00::1 |
| nettest02.aichi-u.ac.jp | fd00::2 |
| nettest03.aichi-u.ac.jp | fd00::3 |
| :                       | :       |

### 6.2 IPv4アドレスと関連させたIPv6の設定

現在はIPv4も使われているため、IPv6を設定したときに両方のつながりを分かりやすく設定することができます。ここではWindowsに192.168.11.101からIPv4のアドレスを順番に設定することを想定し、IPv4のアドレスを見てIPv6のユニークローカルユニキャストアドレスがわかるように設定を工夫します<sup>12)</sup>。18)。

以下の例のようにfd00で始まるユニークローカルユニキャストアドレスの後半部分にIPv4のアドレスの書式をピリオドからコロンに変更して付け加えます。

| IPv4 アドレス      | ホスト名とドメイン名              | IPv6                 |
|----------------|-------------------------|----------------------|
| 192.168.11.101 | nettest01.aichi-u.ac.jp | fd00::192:168:11:101 |
| 192.168.11.102 | nettest02.aichi-u.ac.jp | fd00::192:168:11:102 |
| 192.168.11.103 | nettest03.aichi-u.ac.jp | fd00::192:168:11:103 |
| :              |                         | :                    |

### 6.3 通信の確認

まず ipconfig コマンドで設定の状態を確認します。次に netstat, ping, arp などのコマンドを使い通信の確認を行います。また IP Messenger などのメッセージ送信ソフトを使い、通信できることを確認したり、図11のように IIS を起動し、ウェブページを表示させるなどによって通信を確認します。

### 6.4 IIS を起動

IIS (Internet Information Service) は、Windows の Web サーバー機能であり、ホームページを送信する機能を持っています。インストールするには以下のように行います。

「コントロールパネル」→「プログラムと機能」→「Windows 機能の有効化または無効化」→「Internet Information Service」を選択し、インストールを続行します。

起動しているかどうかは「コンピュータの管理」→「サービスとアプリケー

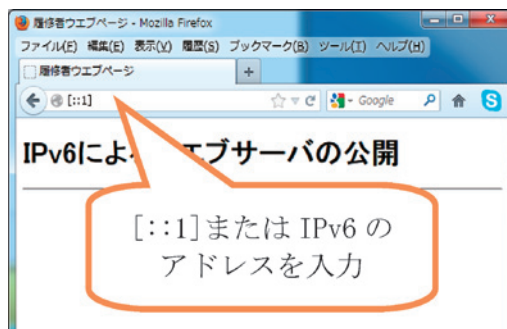


図11 Ipv6にウェブページの表示 (アドレスバーに[::1]が表示)

ション」→「サービス」を見ます。

Internet Explorer などのブラウザを起動し、「http://[::1]/」または「http://[fd00::1]/」のように[と]を使い、IPv6のアドレスを入力します。

IPv4の場合は「http://コンピュータ名/」、または「http://localhost/」、あるいは「http://127.0.0.1/」を入力します。

インストールが終了し IIS 7 が動作を開始します。図11のような画面が表示されれば、IIS 7 が動作していることが確認できます。IIS の既定のルート・フォルダは、デフォルトで C:\inetpub\wwwroot です。

C:\inetpub\wwwroot の中に図11のようなHTML等のファイルを配置して、

表示できるかどうか確認できます。

## 7 まとめ

最近のプロバイダではIPv6による接続が普及し始めており、今後新規にインターネットに接続する部分はIPv6のアドレスが使われるものと予想されています。本稿ではルータの導入については触れませんでした。KDDIから提供された自宅のルータは何も設定する必要がなく、パソコンでIPの自動取得を設定すればインターネットに接続しました。IPの自動設定によって誰でもすぐに使えるようになるのは大変よいことですが、反面ではしくみがブラックボックス化してしまい、分かりにくい部分も出てくるものと思われます。最近のスマートフォンなどの携帯端末の普及により、IPアドレスを目にする機会も増えており、ネットワークの存在はますます身近になり、今後はネットワークの授業も改善が必要になるものと考えます。

## 参考文献

- 1) RFC 760, DOD STANDARD INTERNET PROTOCOL January 1980  
<http://tools.ietf.org/html/rfc760>
- 2) RFC791, INTERNET PROTOCOL DARPA INTERNET PROGRAM PROTOCOL SPECIFICATION September 1981  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc791.txt>
- 3) CNNIC2013, Statistical Report on Internet Development in China (July 2013), China Internet Network Information Center  
<http://www1.cnnic.cn/IDR/ReportDownloads/>
- 4) Fuller V. et al.: RFC1519, Classless Inter-Domain Routing (CIDR) : an Address Assignment and Aggregation Strategy  
<http://tools.ietf.org/html/rfc1519>
- 5) Fuller V., Li T.: RFC4632, Classless Inter-domain Routing (CIDR) : The Internet Address Assignment and Aggregation Plan  
<http://tools.ietf.org/html/rfc4632>
- 6) Rekhter Y. et al., RFC1918, Address Allocation for Private Internets  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc1918.txt>
- 7) Srisuresh P., Egevang K.: RFC3022, Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT)  
<http://tools.ietf.org/html/rfc3022>
- 8) Deering S., Hinden R.: RFC2460, Internet Protocol, Version 6 (IPv6) Specification  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2460.txt>
- 9) Thomson S., Narten T.: RFC2462, IPv6 Stateless Address Autoconfiguration  
<http://www.ietf.org/rfc/rfc2462.txt>
- 10) Thomson S., Narten T., Jinmei T.:

- RFC4862, IPv6 Stateless Address Autoconfiguration  
<http://tools.ietf.org/html/rfc4862>
- 11) Cheshire S., Aboba B., Guttman E.:  
RFC3927, Dynamic Configuration of IPv4 Link-Local Addresses  
<http://tools.ietf.org/html/rfc3927>
- 12) Hinden R., Deering S.: RFC4291, IP Version 6 Addressing Architecture  
<http://tools.ietf.org/html/rfc4291>
- 13) Kawamura S., Kawashima M.:  
RFC5952, A Recommendation for IPv6 Address Text Representation  
<http://tools.ietf.org/html/rfc5952>
- 14) Hinden R., Deering S., Nordmark E.:  
RFC3587, IPv6 Global Unicast Address Format  
<http://tools.ietf.org/html/rfc3587>
- 15) Cotton M., Vegoda L., Meyer D.:  
RFC5771, IANA Guidelines for IPv4 Multicast Address Assignments  
<http://tools.ietf.org/html/rfc5771>
- 16) Hinden R., Haberman B.: RFC4193,  
Unique Local IPv6 Unicast Addresses  
<http://tools.ietf.org/html/rfc4193>
- 17) Aboba B., Thaler D., Esibov L.:  
Link-Local Multicast Name Resolution (LLMNR)  
<http://tools.ietf.org/rfc/rfc4795.txt>
- 18) 志田智ほか著, 「マルチリング TCP/IP, IPv6編, 第2版」, オーム社, pp.33-34, 2013.

