

情報通信システム概論

第11回

～コンピュータネットワークの基礎～

2020-11-28

情報システム工学科
福田 浩



ゴールイメージ

- ・ コンピュータネットワークの用語を説明できる
- ・ WebブラウザがWebサーバに辿り着くまでの手順を説明できる





目次

- ・ コンピュータネットワークの登場人物
- ・ WebブラウザのリクエストとWebサーバのレスポンス
- ・ IPアドレスの割り当て
- ・ DNS (Domain Name System)による名前解決
- ・ ソケットの作成
- ・ LANアダプタから送信される電気信号



コンピュータネットワークの登場人物

一般的な登場人物		今回の物語の登場人物
アプリケーション	Webブラウザ, Webサーバ, メーラー, メールサーバー, ...	Webブラウザ
OS (プロトコルスタック)	TCP, UDP, IP, ...	ネットワーク
ドライバ	LANドライバ, ネットワーク ドライバ, ...	
ハードウェア	LANアダプタ(NIC: ネット ワークインターフェイスカード), ハブ, ルータ, ...	

IPアドレス

DNSサーバ



URL (Uniform Resource Locator)

Webブラウザが初めて行うことは、URLの解析



https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/?0

スキーム

ホストネーム

パス

http
ftp
mailto
file
:

開発者ツール

[F12]ボタンで開発者ツールを表示すると、ブラウザの動きを見ることが出来る

The screenshot shows a web browser window with the URL `https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/70`. The page content includes a section titled "連絡掲示" (Notice) with a table of notices, and a section titled "休講情報" (Lecture Information) with a table of lecture details.

種類	タイトル	更新日時
重要	11月3日(火)(文化の日)、11月23日(月)(勤労感謝の日)の授業につきまして	2020/10/29 02:09
重要	新型コロナウイルス感染症に関する注意事項について	2020/10/29 11:46
	10月12日(月)からシャトルバス時刻の一部改正と減便になる時間があります(訂正)	2020/10/08 04:29
重要	新型コロナウイルスへの対応について【再周知】	2020/10/02 04:38
重要	本学教職員及び学生への新型コロナウイルス感染症に関する注意事項	2020/09/11 09:49
重要	【重要】秋学期の時間割について(修正)	2020/09/04 03:35
重要	オペレーティングシステム(秋学期開講科目)について	2020/08/24 08:42
重要	【重要】秋学期の時間割について	2020/08/21 04:26

日時	講時	授業名
2020/11/09	3 講目	生物学応用
2020/11/10	3 講目	画像工学
2020/11/11	3 講目	ロボティクス

The developer tools (F12) are open, showing the Network tab. The list of requests includes:

- Name: 70, Url: `https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/70`, Status: 200, Protocol: http/1.1, Type: document, Size: 11.0 kB
- jQuery-1.12.3-ver-96273...
- wicket-event-jquery-ver...
- wicket-ajax-jquery-ver...
- jquery-1.11.1.min.js
- bootstrap.min.js
- ie10-viewport-bug-work...
- theme.css
- bootstrap.min.css
- bootstrap-theme.min.css
- signin.css
- portal-info.css
- index.gif

例：Chromeで開発者ツールを表示させて、本学ポータルサイトを訪ねたとき

Method

WebブラウザとWebサーバがやりとりするmethodは(通常は)

GET: WebブラウザがWebサーバから情報を取り出す

PUT: WebブラウザからWebサーバに情報を送る

The screenshot shows a web browser window with the URL `https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/?0`. The page displays a table of course information. Below the table is a button labeled "CIST Portal" and another button labeled "千歳科学技術大学 授業支援ポータルサイト". To the right, the browser's developer tools are open, showing the Network tab. A request to `portal/?0` is selected, and the Headers tab is active. The request details are as follows:

日時	講時	授業名
2020/11/09	3 講目	生物学応用
2020/11/10	3 講目	画像工学
2020/11/11	3 講目	ロボティクス
2020/11/13	1 講目	エレクトロニクス計測
2020/11/13	2 講目	ナノフォトンクスデバイス
2020/11/13	3 講目	医用レーザ工学

Request Details:

- Request URL: `https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/`
- Request Method: GET
- Status Code: 200 200
- Remote Address: 192.168.1.52:443
- Referrer Policy: strict-origin-when-cross-origin
- Cache-Control: no-cache, no-store
- Connection: Keep-Alive

Request URL: https://portal.mc.chitose.ac.jp/portal/
Request Method: GET
Status Code: 200 200
Remote Address: 192.168.1.52:443

リクエストとレスポンス

Webブラウザからリクエスト・メッセージを送り，Webサーバがレスポンス・メッセージを返す

リクエスト・メッセージでのリクエストは1つだけ



例えば
文章に加え，図が3つあるWebsiteの場合，4回のリクエストとそれぞれのレスポンスが生じる

```
▼ Response Headers    view source
Cache-Control: no-cache, no-store
Connection: Keep-Alive
Content-Type: text/html; charset=UTF-8
Date: Fri, 13 Nov 2020 06:50:04 GMT
Expires: Thu, 01 Jan 1970 00:00:00 GMT
Keep-Alive: timeout=5, max=100
Pragma: no-cache
Server: Apache/2.4.6 (CentOS) OpenSSL/1.0.2k-fips
Transfer-Encoding: chunked

▼ Request Headers      view source
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9;q=0.9
Accept-Encoding: gzip, deflate, br
Accept-Language: ja,en-US;q=0.9,en;q=0.8
Cache-Control: max-age=0
Connection: keep-alive
Cookie: JSESSIONID=36BAAF5251F367FD0606125DD1AACB9A;
```


リクエストとレスポンス

```
× Headers Preview Response Initiator Timing Cookies
1 <!DOCTYPE html>
2 <html xmlns="http://www.w3.org/1999/xhtml" lang="ja" xml:lang="ja">
3   <head><script type="text/javascript" src="/wicket/resource/org.apache.wicket
4 <script type="text/javascript" src="/wicket/resource/org.apache.wicket.ajax.Abst
5 <script type="text/javascript" src="/wicket/resource/org.apache.wicket.ajax.Abst
6 <script type="text/javascript" id="wicket-ajax-base-url">
7 /*<![CDATA[*]
8 Wicket.Ajax.baseUrL="?0";
9 /*]]>*/
10 </script>
11
12   <meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
13   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/theme.css" />
14   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/bootstrap.min.css" />
15   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/bootstrap-theme.min.css" />
16   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/signin.css" />
17   <link rel="stylesheet" type="text/css" href="css/portal-info.css" />
18   <script type="text/javascript" src="js/jquery-1.11.1.min.js"></script>
19   <script type="text/javascript" src="js/bootstrap.min.js"></script>
20   <script type="text/javascript" src="js/ie10-viewport-bug-workaround.js"></script>
21   <script type="text/javascript" >
22 /*<![CDATA[*]
23 Wicket.Event.add(window, "domready", function(event) {
24 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-0-link", "c":
25 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-1-link", "c":
26 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-2-link", "c":
27 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-3-link", "c":
28 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-4-link", "c":
29 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-5-link", "c":
30 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-6-link", "c":
31 Wicket.Ajax.ajax({{"u": ".?0-5.IBehaviorListener.0-container-listView-7-link", "c":
32 Wicket.Event.publish(Wicket.Event.Topic.AJAX_HANDLERS_BOUND);
33 });
34 /*]]>*/
35 </script>
36 </head>
37   <body>
```

レスポンス・メッセージの例

IPアドレス

Internetでアドレスと言えば“IPアドレス”
すべての情報はIPアドレス宛に発信される

科技大 研究室

172.20.168.10

選択コマンドプロンプト

Microsoft Windows [Version 10.0.18363.1139]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Fukuda>ipconfig /all

Windows IP 構成

ホスト名 : MyComputer
プライマリ DNS サフィックス :
ノード タイプ : ハイブリッド
IP ルーティング有効 : いいえ
WINS プロキシ有効 : いいえ

イーサネット アダプター イーサネット:

接続固有の DNS サフィックス :
説明 : Intel(R) Ethernet Conn (7) I219-V
物理アドレス : A8-A1-59-04-02-94
DHCP 有効 : いいえ
自動構成有効 : はい
リンクローカル IPv6 アドレス : fe80::fdd3:2449:55af:c1bf%13(優先)
IPv4 アドレス : 172.20.168.10(優先)
サブネット マスク : 255.255.0.0
デフォルト ゲートウェイ : 172.20.0.1
DHCPv6 IAID : 111714649
DHCPv6 クライアント DUID : 00-01-00-01-25-E6-7A-C3-A8-A1-59-04-02-94
DNS サーバー : 172.16.1.30
172.16.1.31
NetBIOS over TCP/IP : 有効

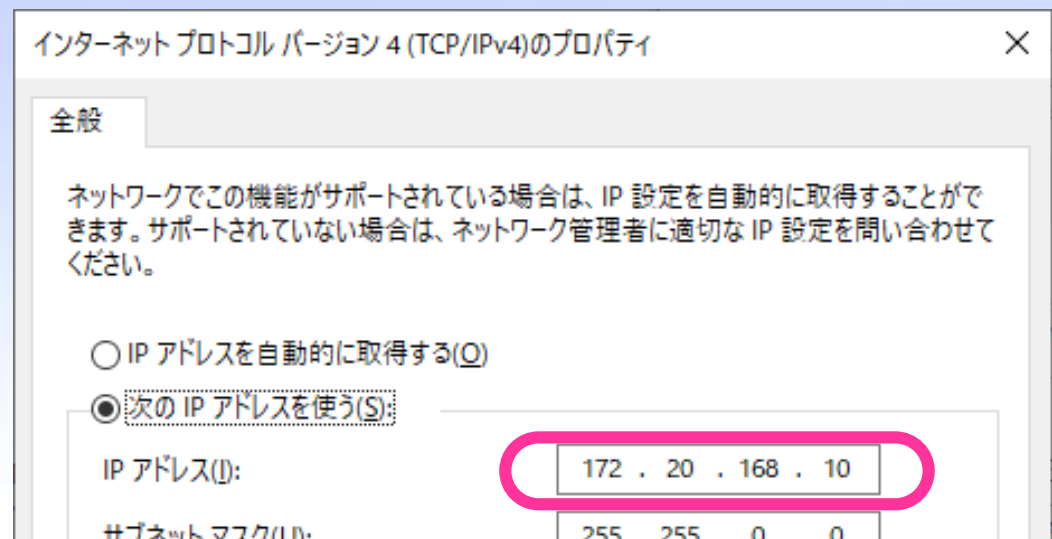
IPアドレス

グローバルIPアドレス：世界に唯一のアドレス

プライベートIPアドレス：ネットワーク内に唯一のアドレス



このスライドを描いているときの、
グローバルIPアドレス



このスライドを描いているマシンに
固定のプライベートIPアドレス

静的割り当てと動的割り当て

IPアドレスの割り当てには、静的割り当てと動的割り当てがある

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6 切断	7
172.20.168.10						
8 接続	9	10	11	12	13 切断	14
172.20.168.10						
15 接続	16	17	18 切断	19 接続	20	21
172.20.168.10						172.20.168.10
22	23	24	25	26	27 切断	28
172.20.168.10						
29 接続	30					
172.20.168.10						

静的割り当て

サーバやルータ，共有プリンタなどの
基幹装置
比較的少人数のユーザから成るネット
ワークのクライアント

日	月	火	水	木	金	土
1	2	3	4	5	6 切断	7
172.20.168.10						
8 接続	9	10	11	12	13 切断	14
172.20.168.21						
15 接続	16	17	18 切断	19 接続	20	21
172.20.168.18						172.20.168.33
22	23	24	25	26	27 切断	28
172.20.168.33						
29 接続	30					
172.20.168.50						

動的割り当て

DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol

大勢のユーザがいる大規模ネットワーク
のクライアント

IPv4 vs IPv6

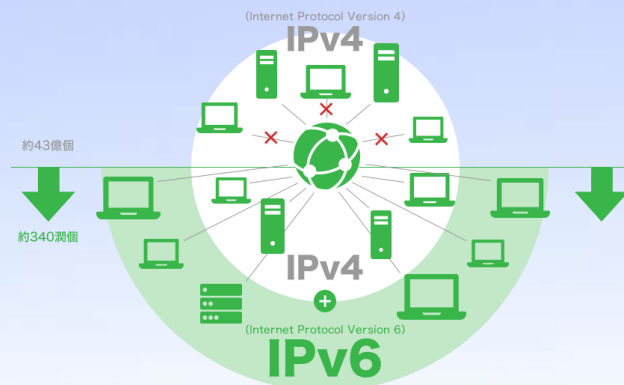
インターネット接続機器の増加に対応して、より多くのIPアドレスを使うことが可能なIPv6が実用化されている

- IPv4

- 4,294,967,296 個
- XXX.XXX.XXX.XXX

- IPv6

- 340,282,366,920,938,463,463,374,607,431,768,211,456 個
- XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX:XXXX





DNS (Domain Name System)

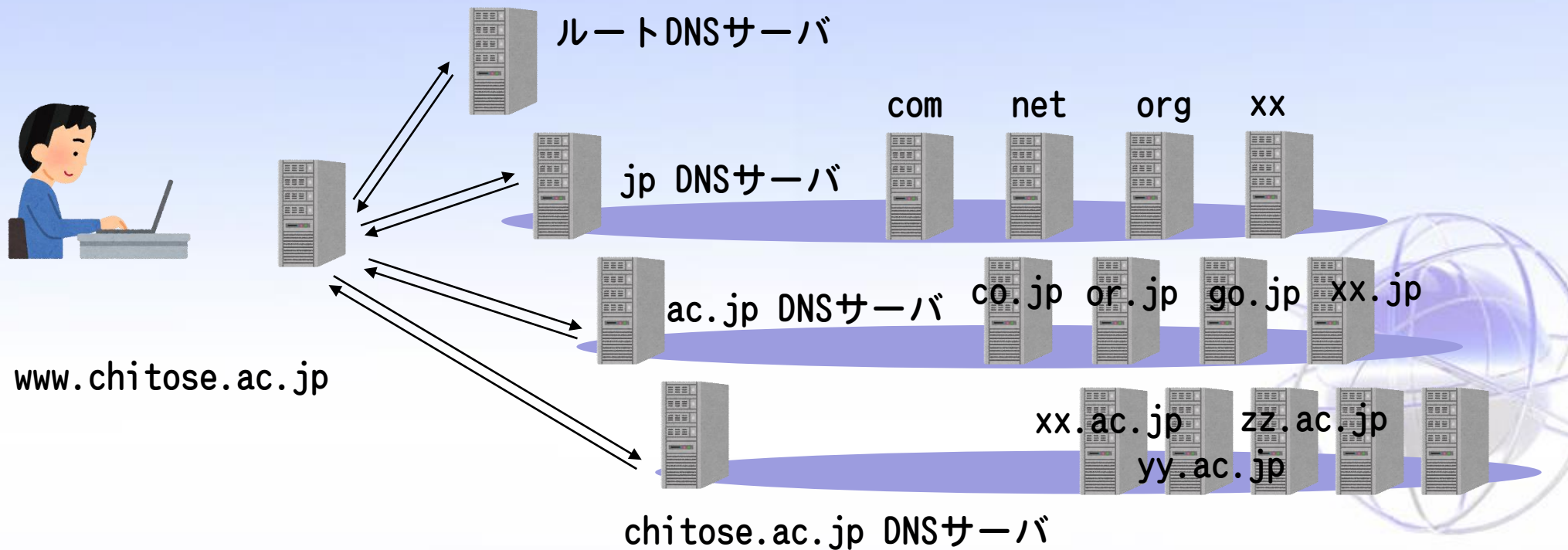
数字の組合せであるIPアドレスに代わり，人間に理解しやすい“名前”でIPアドレスを解決する手段がある

- ・ インターネット上のホスト名や電子メールに使われるドメイン名と，IPアドレスとの対応づけ(正引き，逆引き)を管理するために使用されているシステム
 - 正引き：ホスト名から対応するIPアドレスを引く
 - 逆引き：IPアドレスから対応するホスト名を引く



名前解決の仕組み

世界中の多くのDNSサーバの協力により名前解決できる



ドメインネームをカバーするDNSサーバとして，権威DNSがある中でも最上位のDNSをルートサーバと呼び，世界に13拠点ある

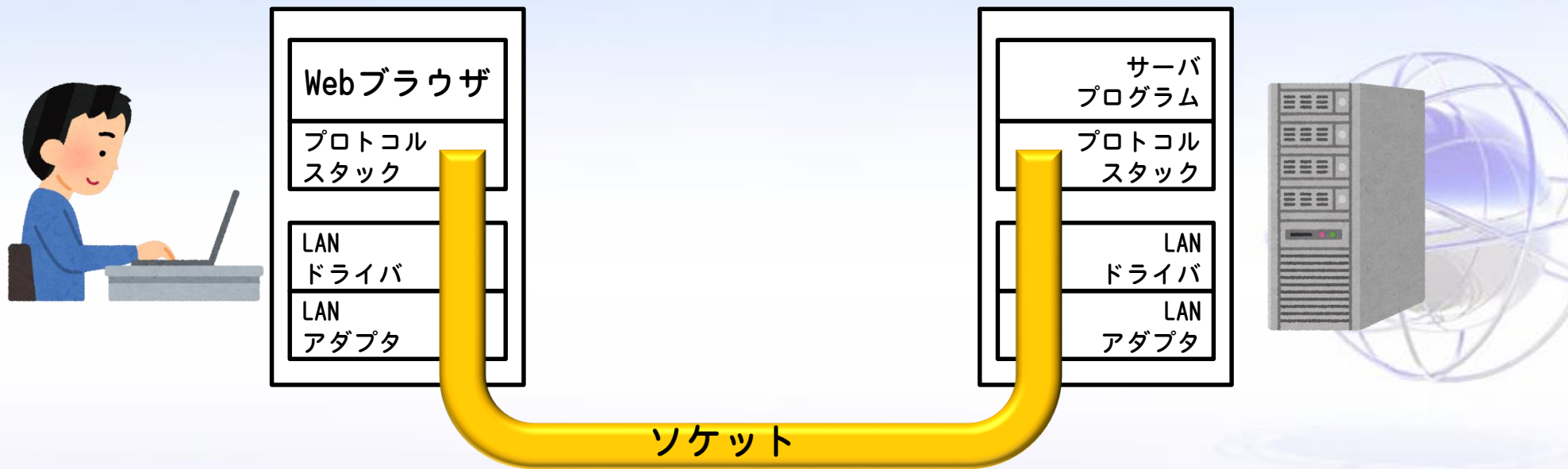
ルートサーバー一覧

頭文字	IPv4アドレス	IPv6アドレス	古い名前	管理者	サーバ所在地	ソフトウェア
A	198.41.0.4	2001:503:BA3E::2:30	ns.internic.net	 アメリカ合衆国 VeriSign	エニーキャストによる負荷分散	BIND
B	192.228.79.201(2017年10月24日まで) 199.9.14.201(2017年10月24日から) ^[10]	2001:500:84::b	ns1.isi.edu	 アメリカ合衆国 南カリフォルニア大学情報科学研究所	 アメリカ合衆国 マリナ・デル・レイ	BIND
C	192.33.4.12	2001:500:2::c	c.psi.net	 アメリカ合衆国 Cogent Communications	エニーキャストによる負荷分散	BIND
D	199.7.91.13	2001:500:2d::d	terp.umd.edu	 アメリカ合衆国 メリーランド大学カレッジパーク校	 アメリカ合衆国 カレッジパーク	BIND
E	192.203.230.10	2001:500:a8::e	ns.nasa.gov	 アメリカ合衆国 アメリカ航空宇宙局	 アメリカ合衆国 マウンテンビュー	BIND
F	192.5.5.241	2001:500:2f::f	ns.isc.org	 アメリカ合衆国 Internet Systems Consortium	エニーキャストによる負荷分散	BIND 9 ^[15]
G	192.112.36.4	2001:500:12::d0d	ns.nic.ddn.mil	 アメリカ合衆国 アメリカ国防情報システム局	エニーキャストによる負荷分散	BIND
H	128.63.2.53(2015年11月30日まで) 198.97.190.53(2015年12月1日から) ^[9]	2001:500:1::803f:235(2015年11月30日まで) 2001:500:1::53(2015年12月1日から) ^[9]	aos.arl.army.mil	 アメリカ合衆国 アメリカ陸軍研究所	 アメリカ合衆国 アバディーン	NSD
I	192.36.148.17	2001:7fe::53	nic.nordu.net	 スウェーデン Autonomica	エニーキャストによる負荷分散	BIND
J	192.58.128.30	2001:503:C27::2:30		 アメリカ合衆国 VeriSign	エニーキャストによる負荷分散	BIND
K	193.0.14.129	2001:7fd::1		 オランダ RIPE NCC	エニーキャストによる負荷分散	NSD ^[16]
L	199.7.83.42	2001:500:3::42		 アメリカ合衆国 ICANN	エニーキャストによる負荷分散	NSD ^[17]
M	202.12.27.33	2001:dc3::35		 日本 WIDEプロジェクト	エニーキャストによる負荷分散	BIND

ソケット

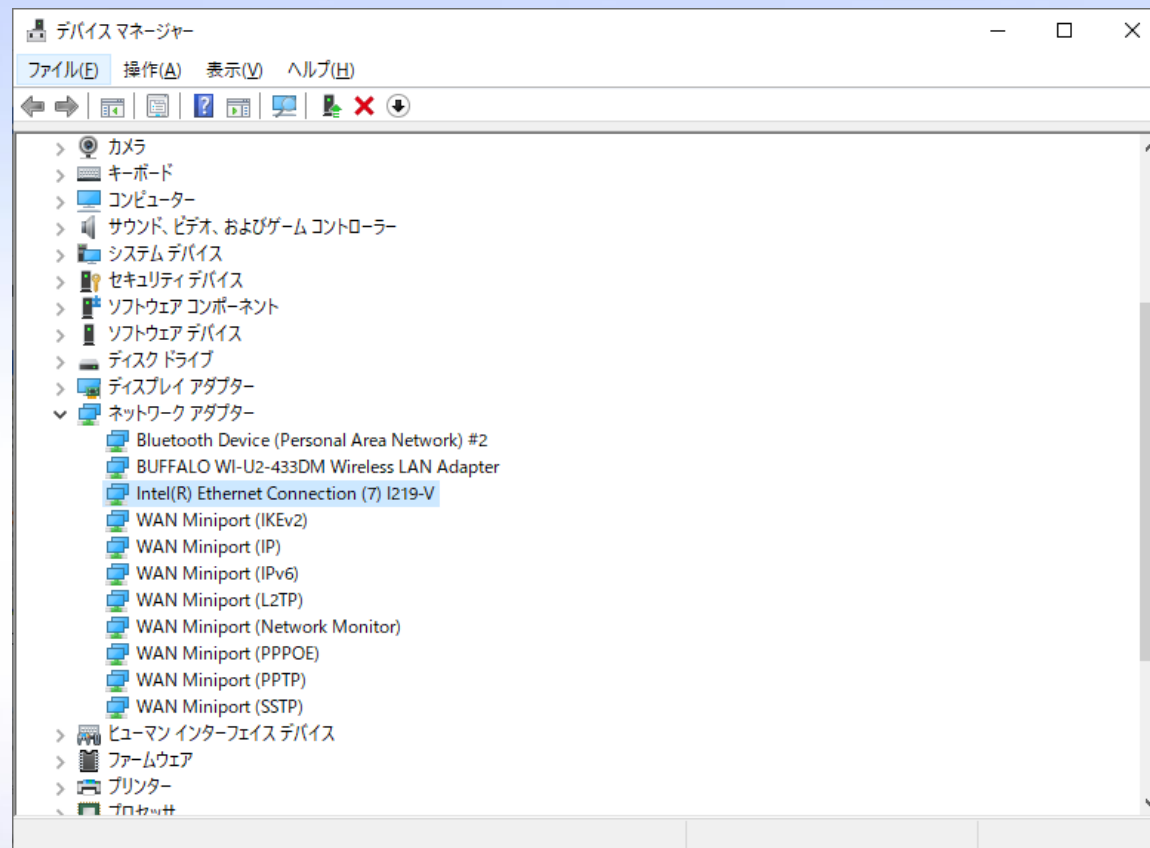
通信関係の命令はWebブラウザ以外のアプリケーションでも共通なので、OSのプロトコルスタックが司る

プロトコルスタックは、自身と相手方の間に「ソケット」を作成する



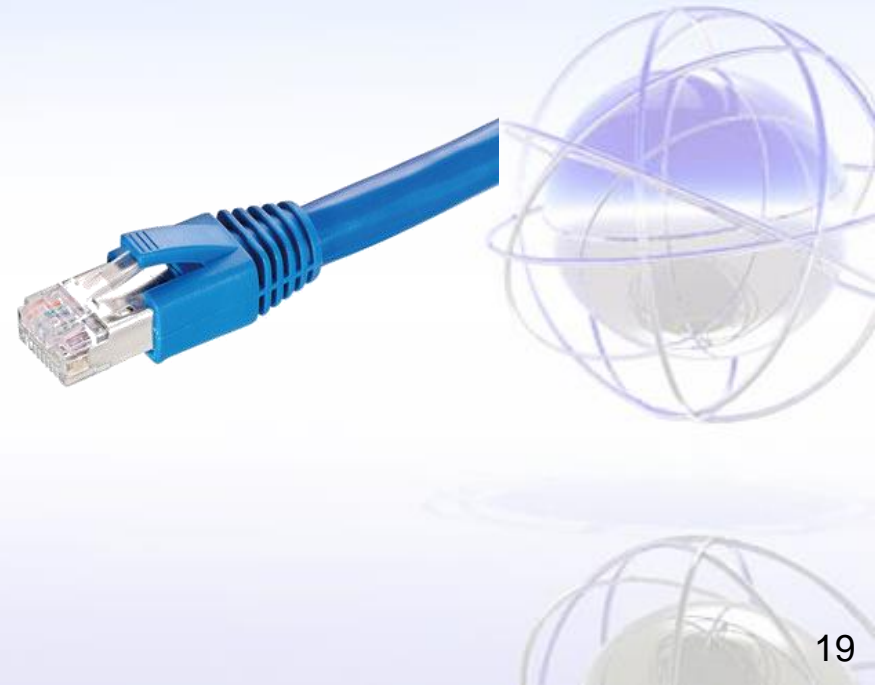
LANドライバ

LANドライバはソケット経由でプロトコルスタックからの命令を受け取り，ハードウェアであるLAN(ネットワーク)アダプタへの命令に変換する

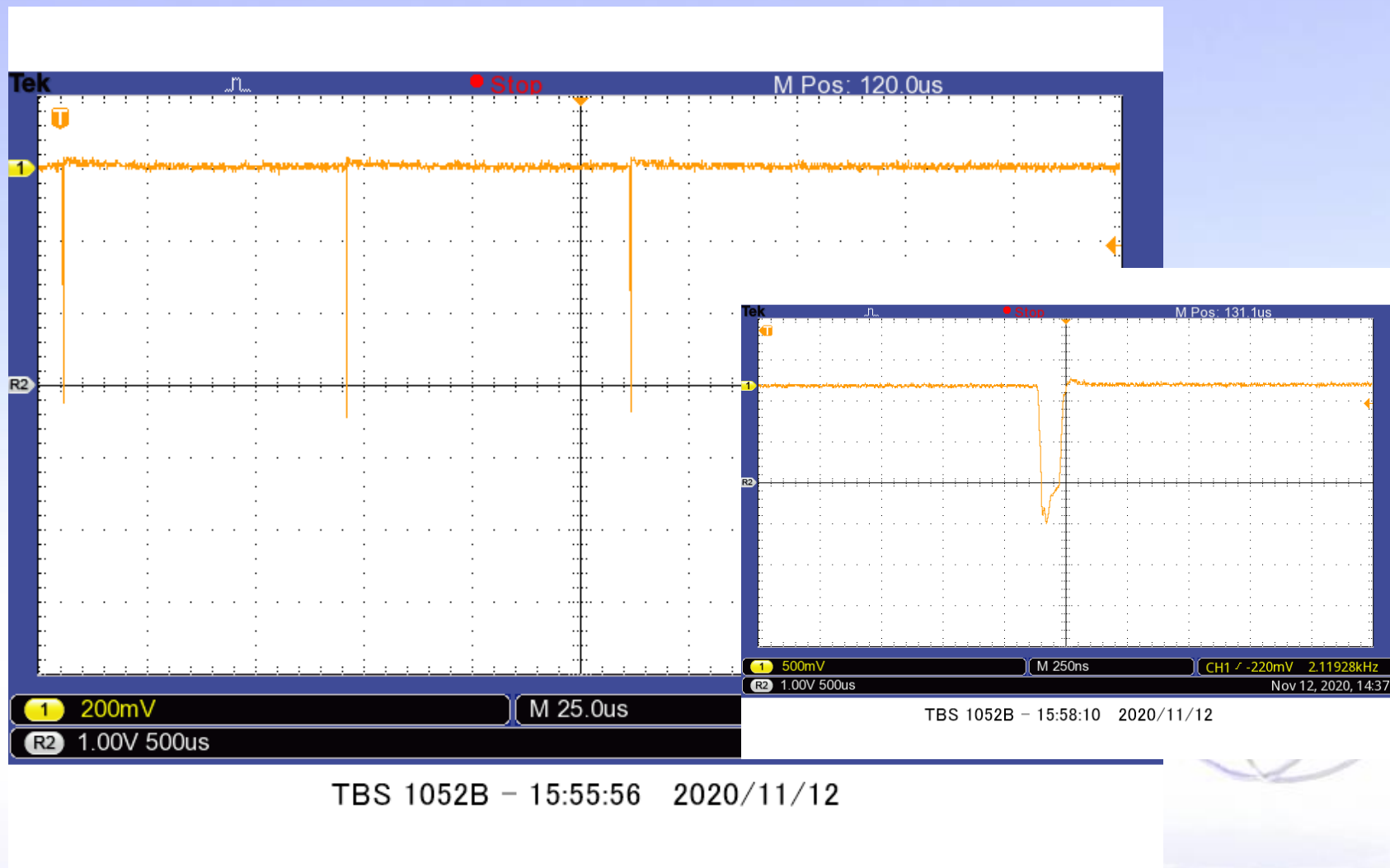


LANアダプタ

LANドライバからの命令に従い，LANアダプタ(NIC)から電気信号でLANケーブルにデータが送信される



NICから出力される信号波形





まとめ

Webブラウザが初めて行うことは、URLの解析

WebブラウザとWebサーバがやりとりするmethodは(通常は)

GET: WebブラウザがWebサーバから情報を取り出す

PUT: WebブラウザからWebサーバに情報を送る

Webブラウザからリクエスト・メッセージを送り、Webサーバがレスポンス・メッセージを返す

Internetでアドレスと言えば“IPアドレス”

すべての情報はIPアドレス宛に発信される

グローバルIPアドレス: 世界に唯一のアドレス

プライベートIPアドレス: ネットワーク内に唯一のアドレス

IPアドレスの割り当てには、静的割り当てと動的割り当てがある

まとめ

インターネット接続機器の増加に対応して，より多くのIPアドレスを使うことが可能なIPv6が実用化されている

数字の組合せであるIPアドレスに代わり，人間に理解しやすい“名前”でIPアドレスを解決する手段がある

世界中の多くのDNSサーバの協力により名前解決できる

ドメインネームをカバーするDNSサーバとして，権威DNSがある中でも最上位のDNSをルートサーバと呼び，世界に13拠点ある

通信関係の命令はWebブラウザ以外のアプリケーションでも共通なので，OSのプロトコルスタックが司る

プロトコルスタックは自身と相手方の間に「ソケット」を作成する

LANドライバからの命令に従い，LANアダプタ(NIC)から電気信号でLANケーブルにデータが送信される