

情報通信システム概論

第12回

～コンピュータネットワークのプロトコル～

2020-12-5

情報システム工学科
福田 浩



ゴールイメージ

- ・ OSI参照モデルとTCP/IP階層モデルを説明できる
- ・ Emailの送信・受信の仕組みを説明できる
- ・ TCPとUDPの違いを説明できる





目次

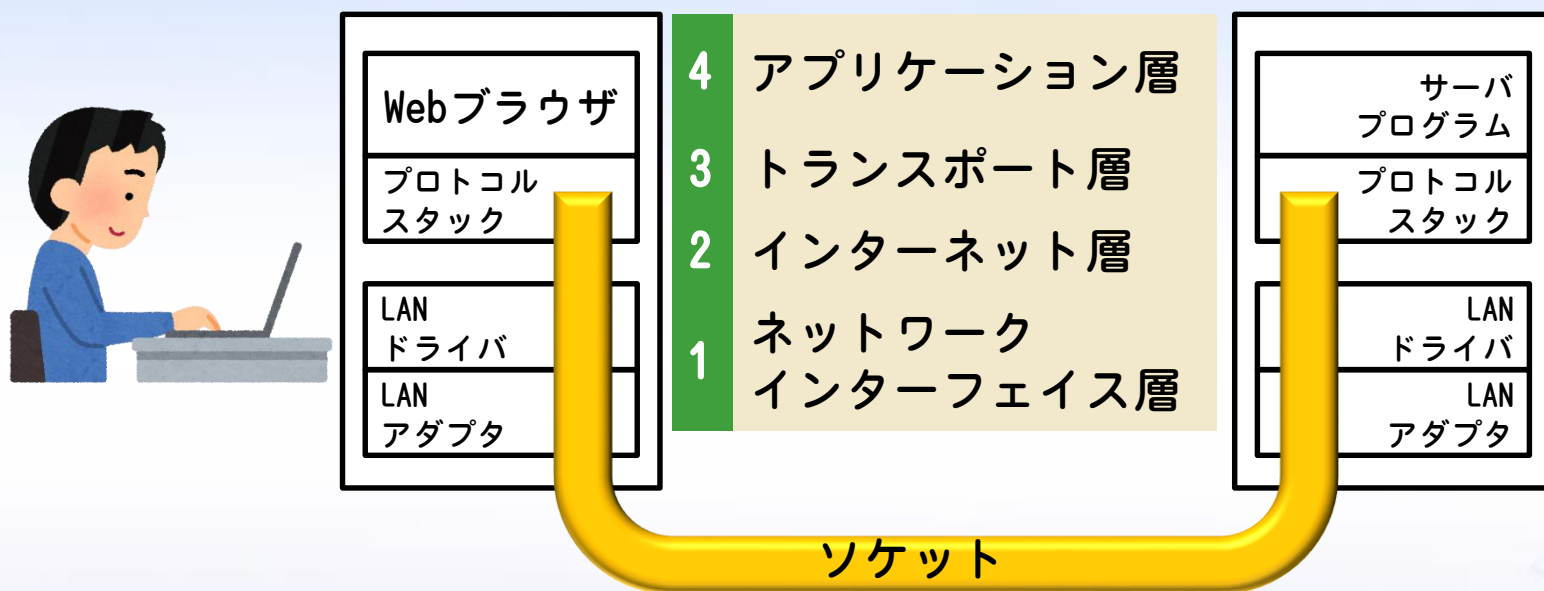
- ・ ネットワークの階層モデル
- ・ アプリケーション層
 - Emailを例に
 - HTTPの実際
- ・ トラnsポート層・インターネット層
 - TCPとUDPの違い
- ・ ネットワークインターフェイス層
 - LANケーブルを流れる電気信号(その2)



復習：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

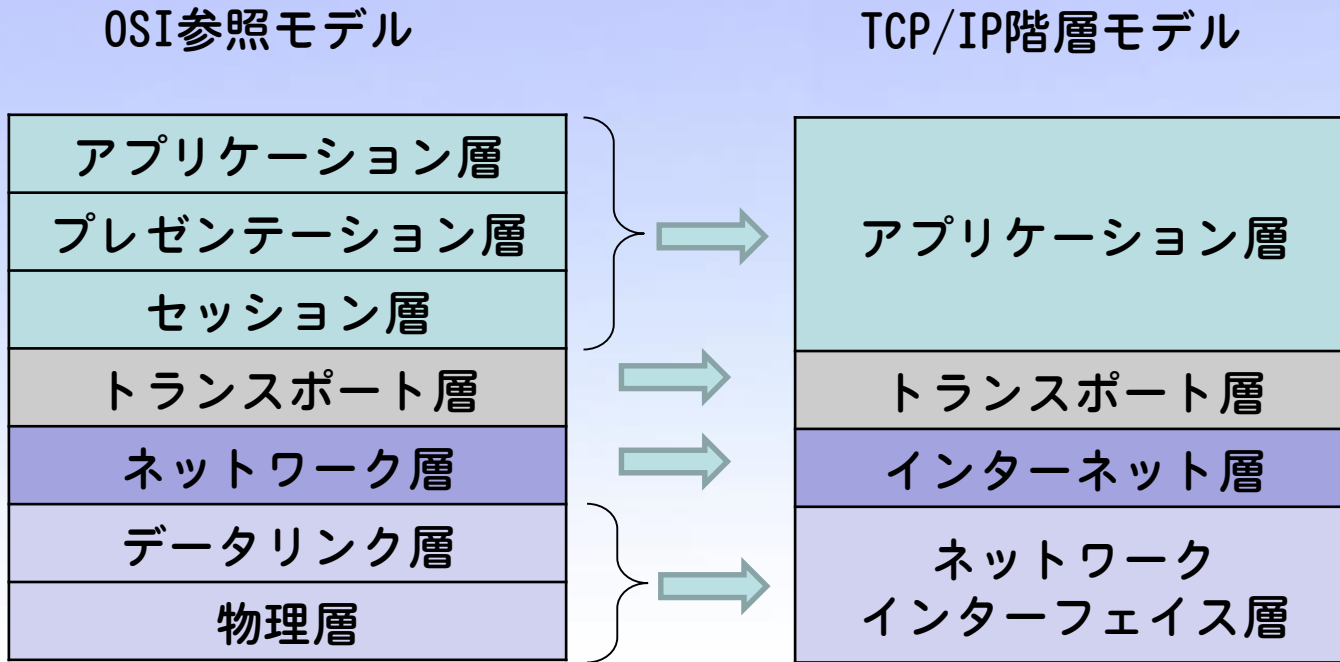
プロトコルスタックは、自身と相手方の間に「ソケット」を作成する



国際標準化機構(ISO)により制定された異機種間のデータ通信を実現するためのネットワーク構造の設計方針

層番号	層の名称	機能
7	アプリケーション層	特定のアプリケーションに特化したプロトコル
6	プレゼンテーション層	データ表現方法の取り決め（使用する文字コードなど）
5	セッション層	業務を開始／終了するための取り決め
4	トランスポート層	両端ノード間のデータ転送の管理
3	ネットワーク層	アドレス管理と経路の選択
2	データリンク層	直接接続された機器間でのデータフレームの転送
1	物理層	伝送経路の物理特性

OSI参照モデルとTCP/IP階層モデル



実際には、より現実的なTCP/IP 4階層モデル(次ページ)が用いられる

TCP/IP 4階層モデル

TCP/IP通信ではプロトコルは階層構造を持っており，役割分担することで開発スピードと保守性を上げている

4	アプリケーション層	アプリケーション間のやり取り	HTTP, SMTP, POP3, IMAPなど
3	トランスポート層	プログラム間の通信，通信の制御	TCP, UDP, IPなど
2	インターネット層	インターネットワークでの通信	DNS, DHCP, ARP, ICMP, SNMP, RIP, OSPF, NTPなど
1	ネットワーク インターフェイス層	同一ネットワーク上での通信，ハードウェア仕様など	Ethernet, IEEE802.11など

アプリケーション層

プログラム(アプリ)の間のデータ形式や手順を規定
具体的な例：Web, Email, 画像, 暗号化など

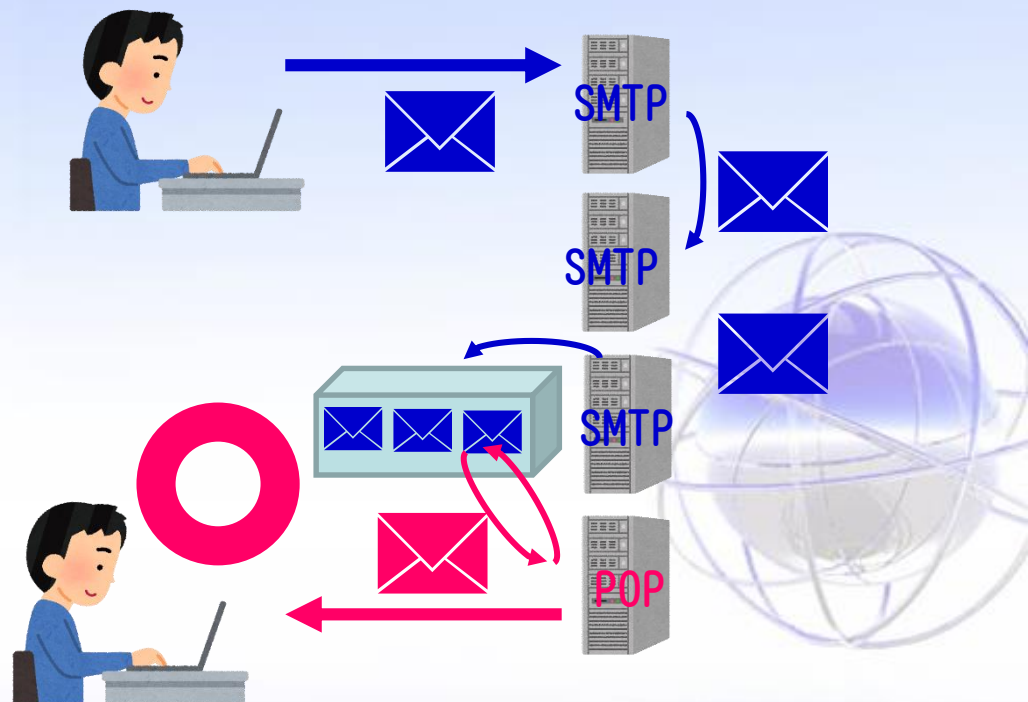
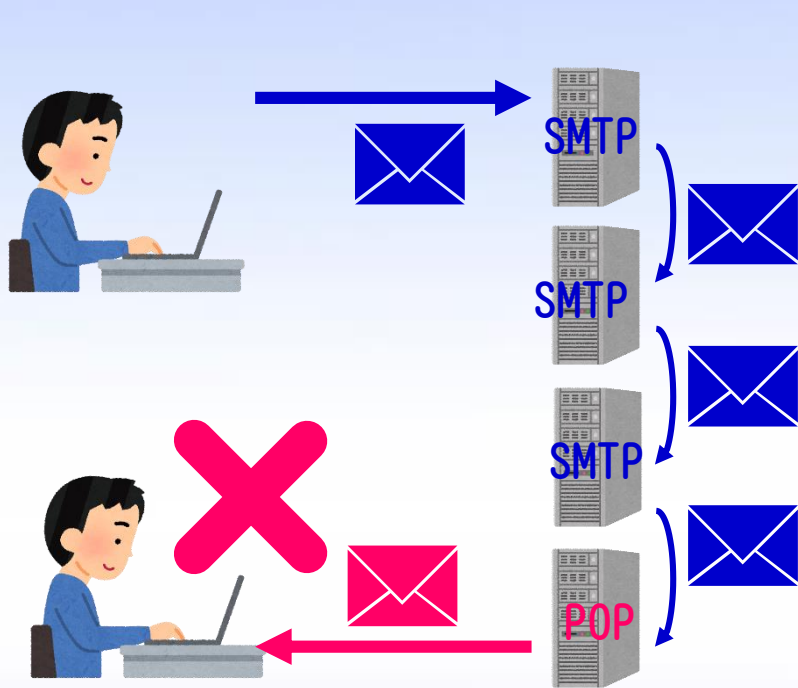


chrome



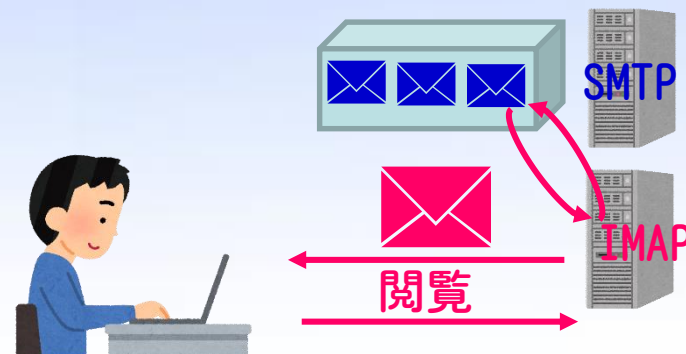
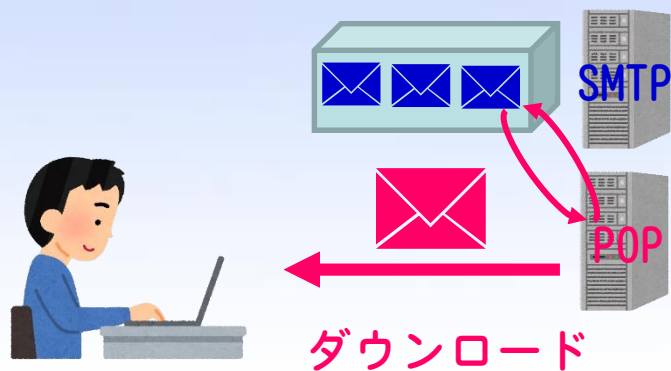
Simple Mail Transfer Protocol

EmailはSMTPにより制御 SMTPが受領・保管したEmailをPOPやIMAP
が取り出す



POP, IMAP

Post Office Protocol, Internet Messaging Access Protocol
いずれもEmailの受信プロトコル



POPはEmailをダウンロードし，クライアントで管理
IMAPはEmailをダウンロードせず，サーバで管理



3年生秋学期 ハードウェアシステムプロジェクトで
導入している無線通信システム開発環境

HTTPの実際（サーバサイド）

```
<html>
<body>
  <h1> Welcome to Hardware System Project!</h1>
  <h1> Your terminal is now connected to Web server. </h1>
  <h1> Let's move on to the next step. </h1>
  <h2> 2020-09-30 Hiroshi Fukuda </h2>
</body>
</html>
```



HTTPの実際（クライアントサイド）

```
#include <WiFi.h>
#include <HTTPClient.h>

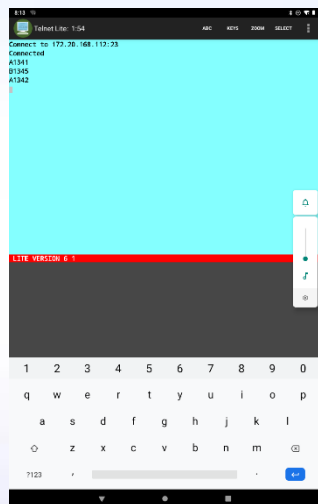
const char SSID[] = "Buffalo-G-64A0";
const char PASSWORD[] = "ie53p3jih88y7";
const char URL[] =
"http://172.20.168.110/test.html";
IPAddress ip(172, 20, 168, 112);
IPAddress gateway(172, 20, 168, 1);
IPAddress subnet(255, 255, 0, 0);
IPAddress DNS(172, 16, 1, 30);

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  while (!Serial);
  WiFi.config(ip, gateway, subnet, DNS);
  WiFi.begin(SSID, PASSWORD);
  Serial.print("WiFi connecting");
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    Serial.print(".");
    delay(100);
  }
  Serial.println(" connected");
}
```

```
void loop() {
  HTTPClient http;
  http.begin(URL);
  int httpCode = http.GET();
  Serial.printf("Response: %d", httpCode);
  Serial.println();
  if (httpCode == HTTP_CODE_OK) {
    String body = http.getString();
    Serial.print("Response Body: ");
    Serial.println(body);
  }
  delay(1000);
}
```



HTTPの実際（クライアントサイド）

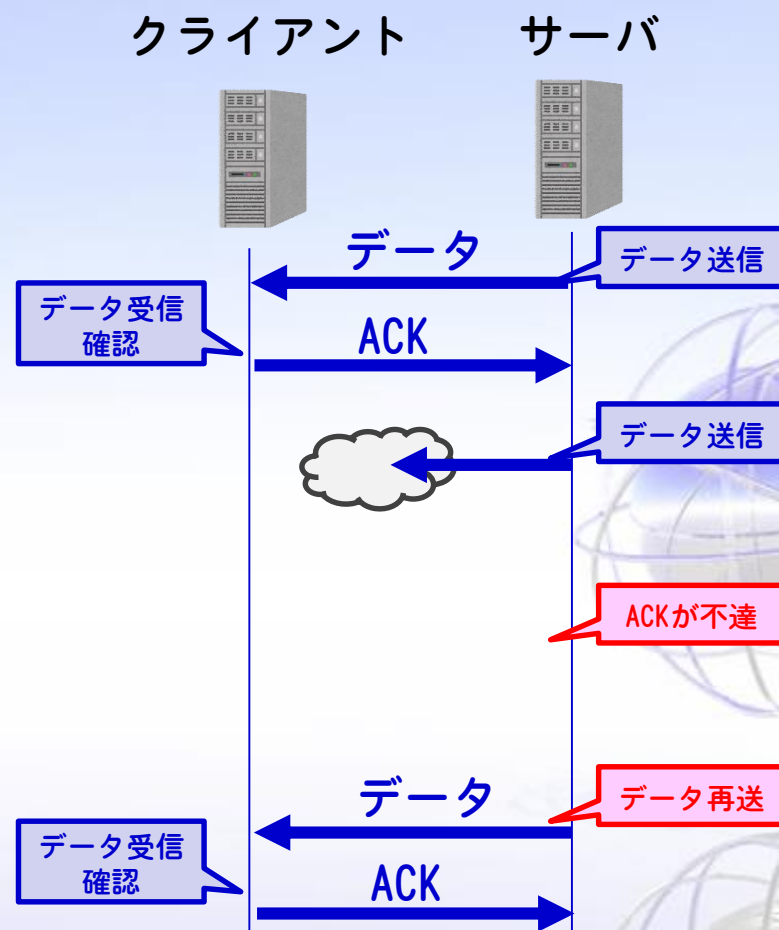
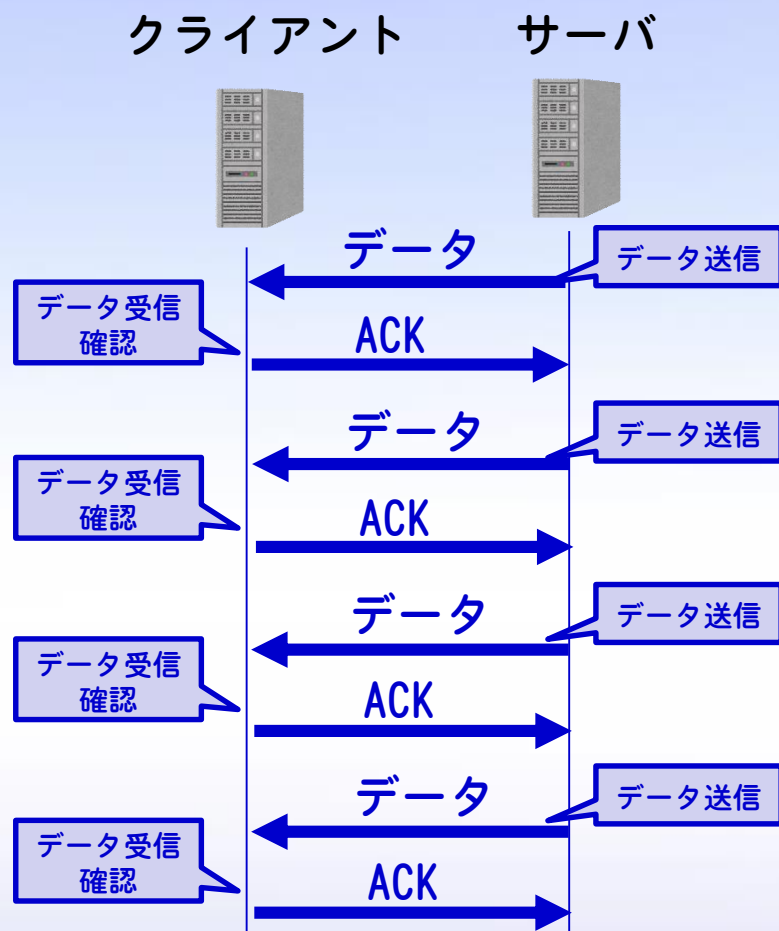


```
Connect to 172.20.168.112:23
Connected
A1341
B1345
A1342
```

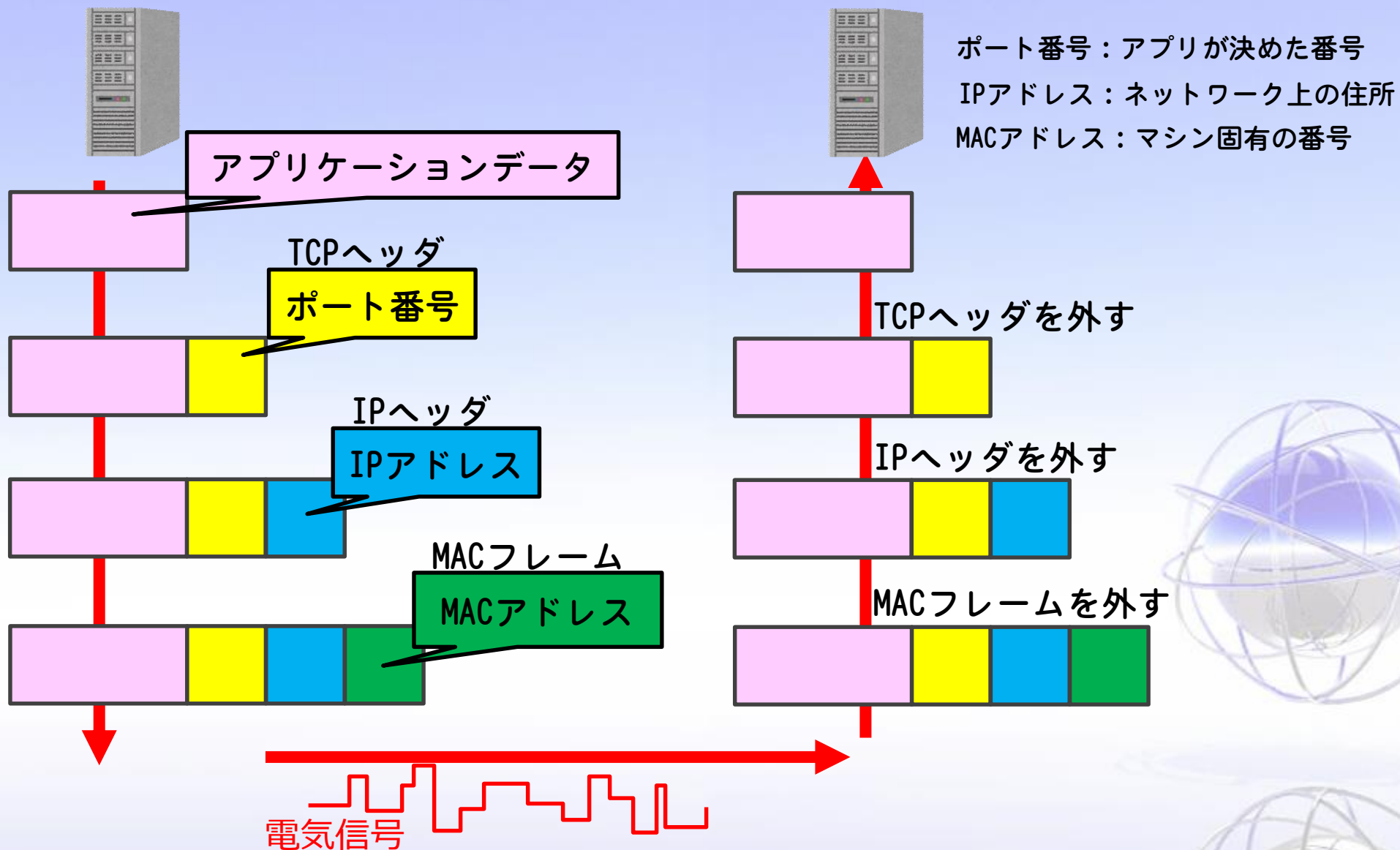
トランスポート層

データ伝送・通信固有のルールを規定

具体的な例：ソケットの作成，送信エラーの検知・回復など



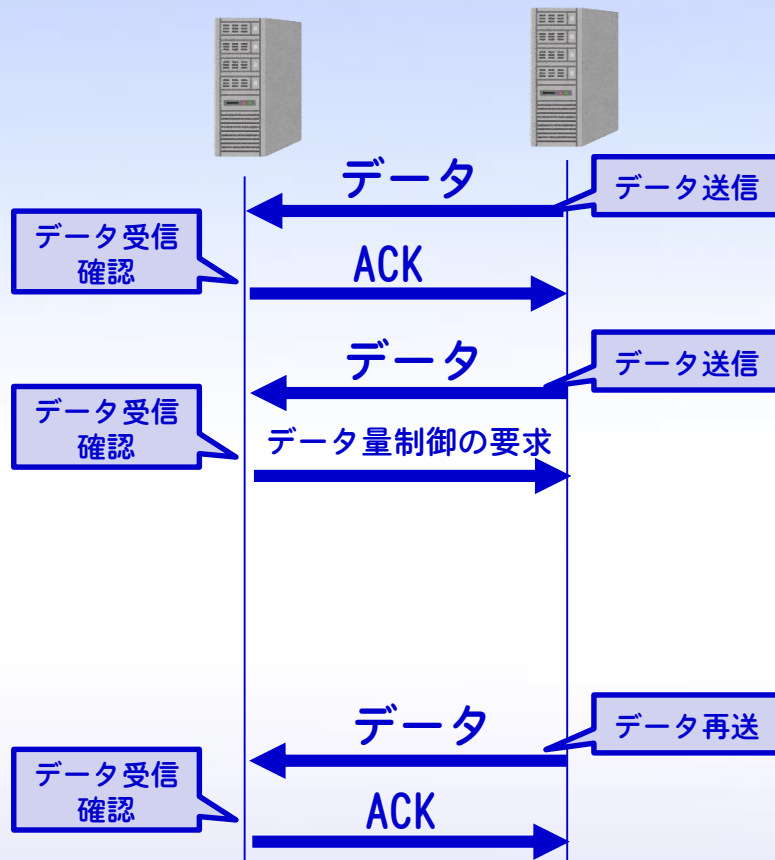
TCPとIP



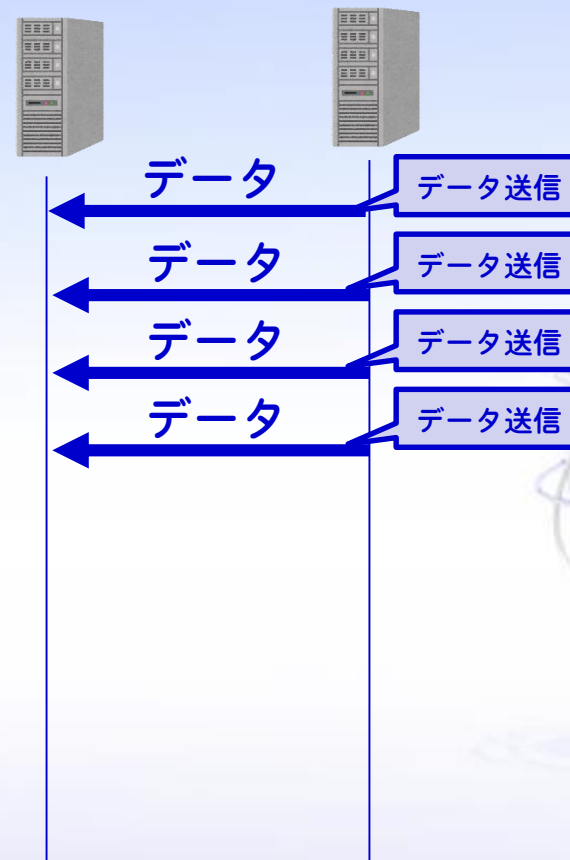
TCPとUDP

TCPはエラー処理を行い，**確実な**伝送を実現
UDPはエラー処理を行わず，**高速な**伝送を実現

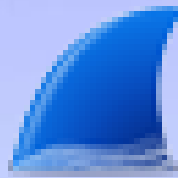
TCP: きめ細やかな通信



UDP: スピード優先の通信



プロトコル解析ツール



Wireshark

Wireshark network protocol analyzer interface showing a list of captured packets. The selected packet (No. 2794) is an ARP request from 172.20.185.155 to the broadcast address 172.20.138.23.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
2791	22.965537	172.20.168.10	224.0.0.252	LLMNR	75	Standard query 0xd217 A BRWA86BAD1809D0
2792	23.149957	172.20.168.10	13.225.173.188	TLSv1.3	473	Application Data
2793	23.165918	13.225.173.188	172.20.168.10	TCP	60	443 → 51771 [ACK] Seq=163861 Ack=10226 Win=112128 Len=0
2794	23.185155	HewlettP_a6:2a:22	Broadcast	ARP	60	Who has 172.20.173.1? Tell 172.20.173.101
2795	23.185510	Buffalo_89:c1:5d	Broadcast	0x8899	60	Realtek Layer 2 Protocols
2796	23.188467	172.20.138.23	239.255.255.250	SSDP	215	M-SEARCH * HTTP/1.1
2797	23.204216	44.238.186.120	172.20.168.10	TCP	66	[TCP Retransmission] 443 → 51783 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=26883 Len=0 MSS=1460 SACK_PERM=1 WS=256
2798	23.306557	172.20.168.10	172.20.255.255	NBNS	92	Name query NB BRWA86BAD1809D0<00>
2799	23.313501	13.225.173.188	172.20.168.10	TCP	1504	443 → 51771 [ACK] Seq=163861 Ack=10226 Win=112128 Len=1450 [TCP segment of a reassembled PDU]
2800	23.313655	13.225.173.188	172.20.168.10	TCP	1504	443 → 51771 [ACK] Seq=165311 Ack=10226 Win=112128 Len=1450 [TCP segment of a reassembled PDU]
2801	23.313655	13.225.173.188	172.20.168.10	TLSv1.3	400	Application Data
2802	23.313655	13.225.173.188	172.20.168.10	TLSv1.3	85	Application Data
2803	23.313737	172.20.168.10	13.225.173.188	TCP	54	51771 → 443 [ACK] Seq=10226 Ack=167138 Win=262400 Len=0
2804	23.466363	172.20.165.22	239.255.255.250	SSDP	216	M-SEARCH * HTTP/1.1
2805	23.497797	Pegatron_58:0e:d2	Broadcast	ARP	60	Who has 172.20.138.54? Tell 172.20.138.23
2806	23.525778	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	356	DHCP Discover - Transaction ID 0x54038972
2807	23.556737	172.20.168.10	224.0.0.251	MDNS	81	Standard query 0x0000 A BRWA86BAD1809D0.local, "QM" question
2808	23.556851	fe80::fdd3:2449:55af:c1bf	ff02::fb	MDNS	101	Standard query 0x0000 A BRWA86BAD1809D0.local, "QM" question
2809	23.558492	Buffalo_0f:d0:36	Broadcast	0x8899	60	Realtek Layer 2 Protocols
2810	23.732401	Cisco_5a:fa:a5	Spanning-tree-(for-...	STP	60	RST. Root = 4096/5/04:2a:e2:99:36:00 Cost = 8 Port = 0x8025
2811	23.793488	Apple_78:1e:ca	Broadcast	ARP	60	ARP Announcement for 172.20.176.188
2812	23.851294	Buffalo_8d:fb:09	Broadcast	0x8899	60	Realtek Layer 2 Protocols
2813	23.859791	172.20.176.100	224.0.0.251	MDNS	1370	Standard query response 0x0000 TXT, cache flush PTR _airplay._tcp.local PTR Apple TVF202 (2)._airplay._tcp.local TXT TXT, cache flush PTR _ra
2814	23.859874	fe80::c67:7822:2eaf:186c	ff02::fb	MDNS	1390	Standard query response 0x0000 TXT, cache flush PTR _airplay._tcp.local PTR Apple TVF202 (2)._airplay._tcp.local TXT TXT, cache flush PTR _ra
2815	23.995572	Elcom_21:19:fd	Broadcast	0x8899	60	Realtek Layer 2 Protocols
2816	24.059464	172.20.168.10	172.20.255.255	NBNS	92	Name query NB BRWA86BAD1809D0<00>
2817	24.073744	fe80::c67:7822:2eaf:186c	ff02::2	ICMPv6	70	Router Solicitation from 60:03:08:d1:61:ff
2818	24.189452	172.20.138.23	239.255.255.250	SSDP	215	M-SEARCH * HTTP/1.1

Frame 2794: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface \Device\NPF_{D615B927-262E-48AF-B681-SACD08181D92}, id 0

Interface id: 0 (\Device\NPF_{D615B927-262E-48AF-B681-SACD08181D92})

Interface name: \Device\NPF_{D615B927-262E-48AF-B681-SACD08181D92}

Interface description: イーサネット

Encapsulation type: Ethernet (1)

Arrival Time: Nov 26, 2020 15:59:20.182941000 東京 (標準時)

[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]

0000 ff ff ff ff ff ff 9c 7b ef a6 2a 22 08 06 00 01{..*.....

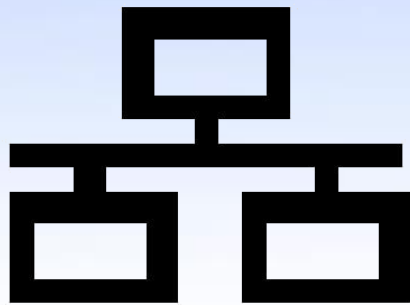
0010 08 00 06 04 00 01 9c 7b ef a6 2a 22 ac 14 ad 65{..*.....e

0020 00 00 00 00 00 ac 14 ad 01 00 00 00 00 00 00{.....

0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00{.....

ネットワークインターフェイス層

ネットワークに関するハードウェアのルールを規定
具体的な例：Ethernet, Wifi(IEEE802.11)など

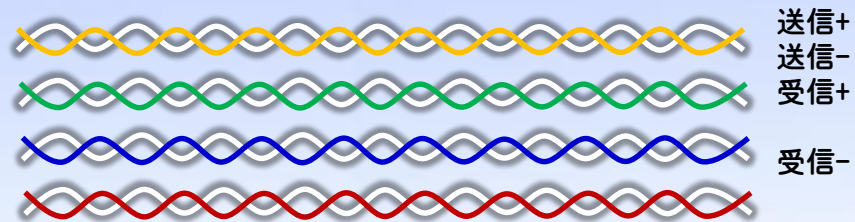


Ethernet



Wi-Fi

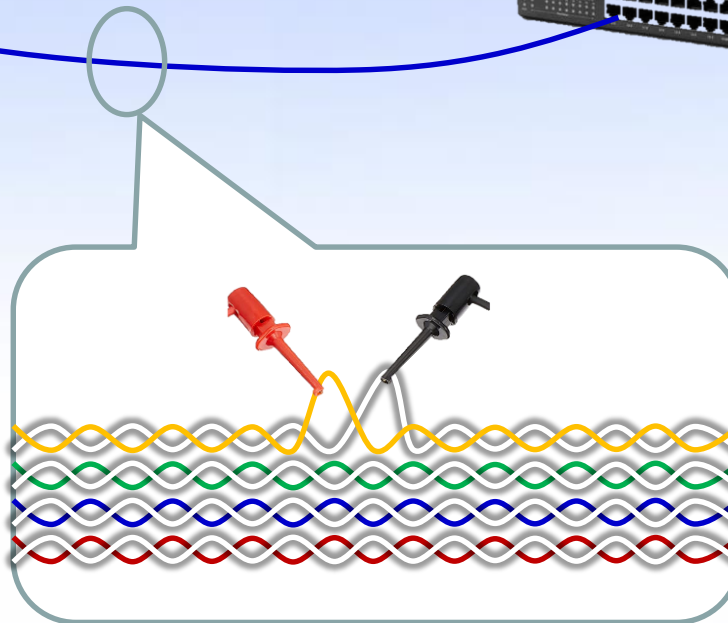
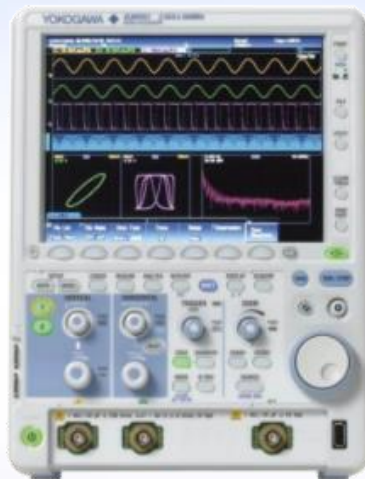
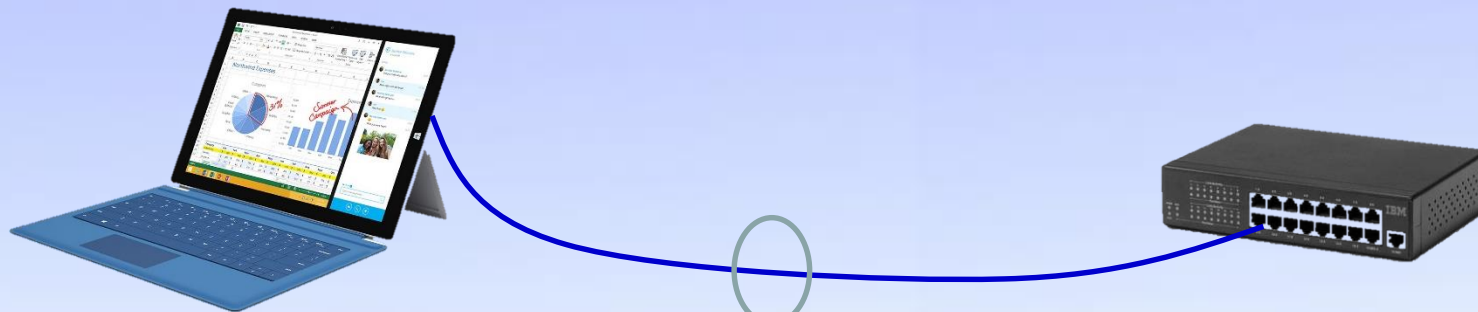
現在主流のネットワーク有線LANの規格



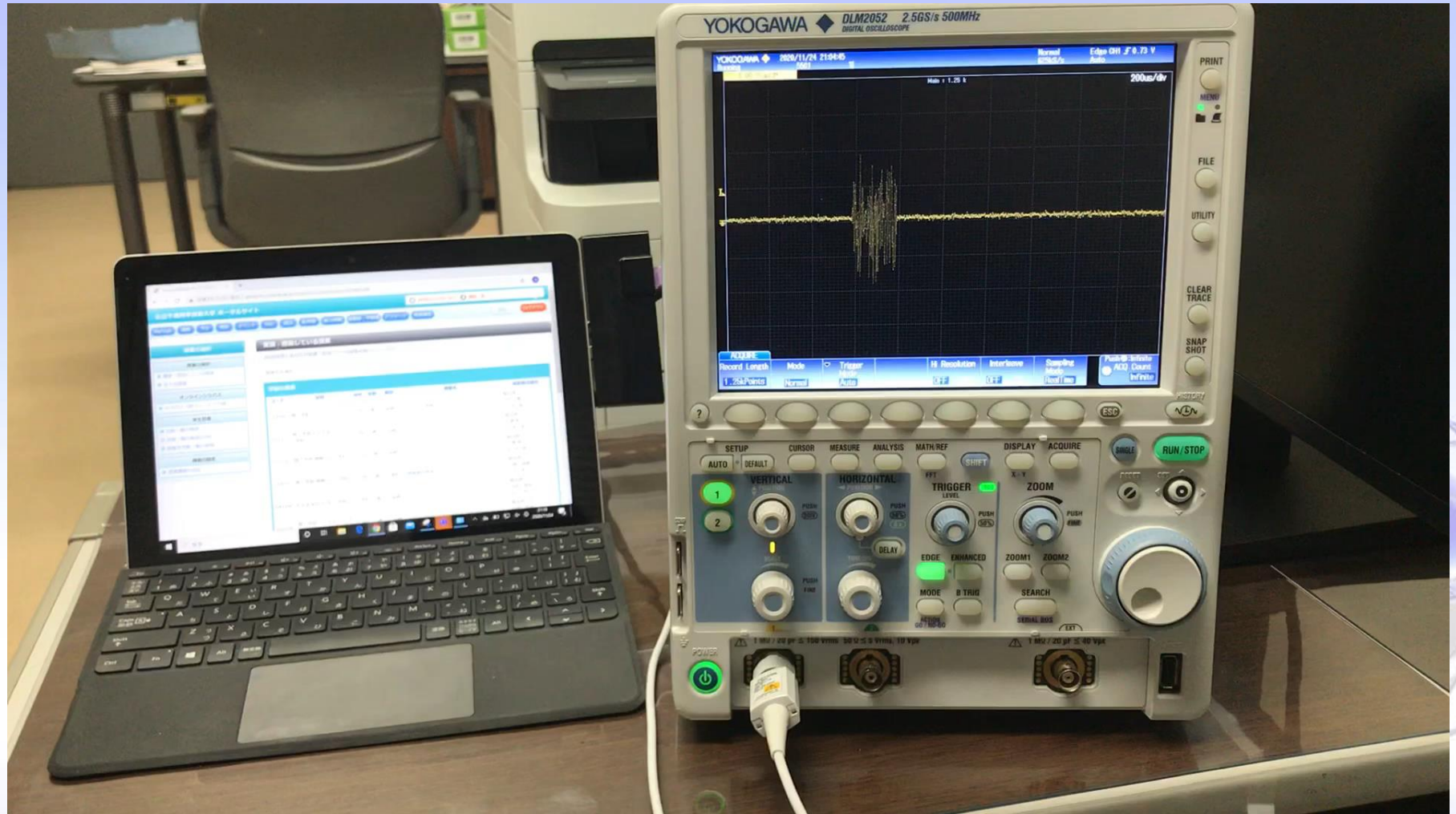
LANケーブルの中身

規格	最大データレート	用途
CAT5	100 Mbps	普及版
CAT5e	1 Gbps	普及版
CAT6	1 Gbps	高周波特性改善
CAT6A	10 Gbps	ゲーム，業務用
CAT7	10 Gbps	業務用

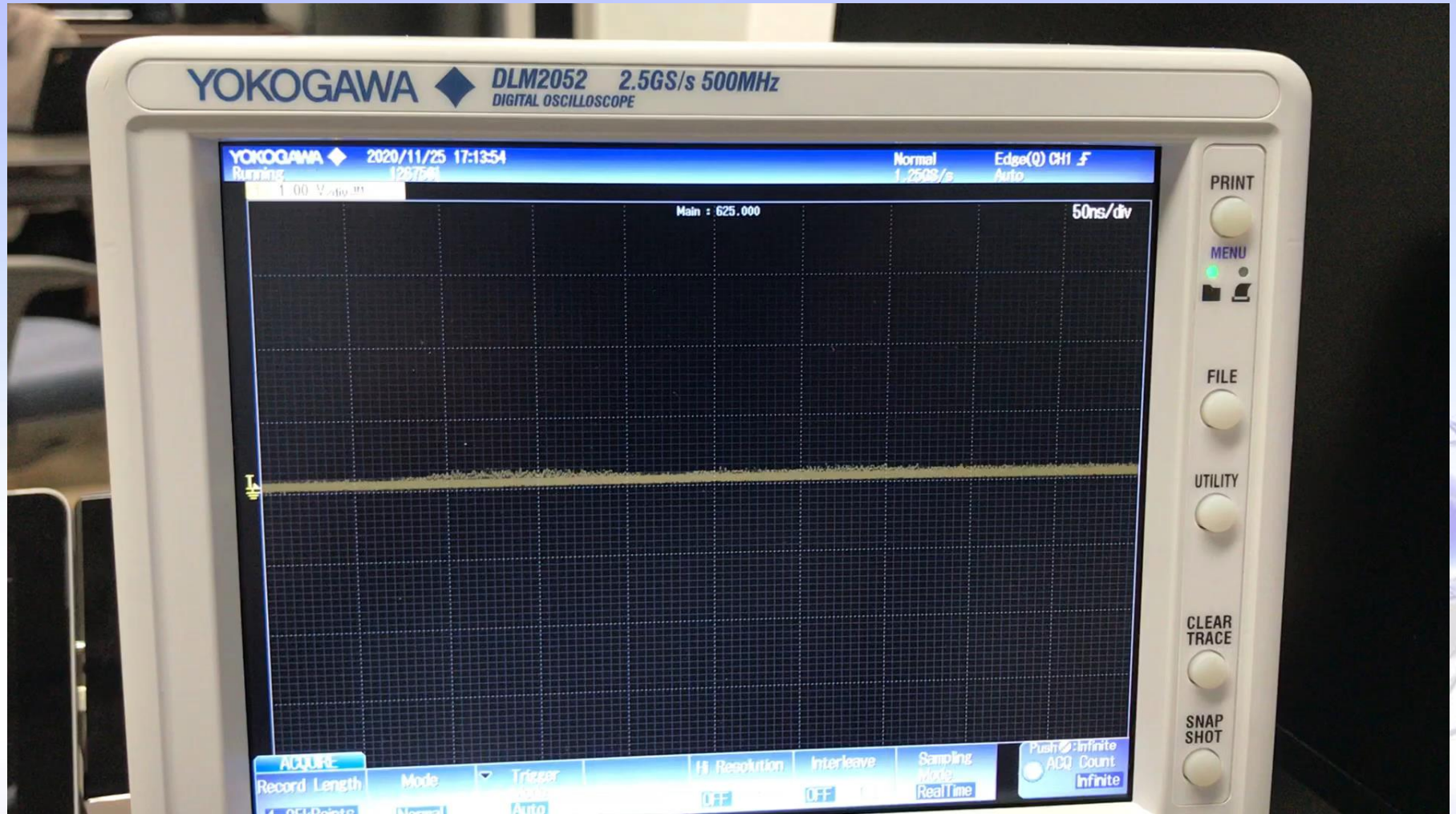
LANケーブルを流れる電気信号



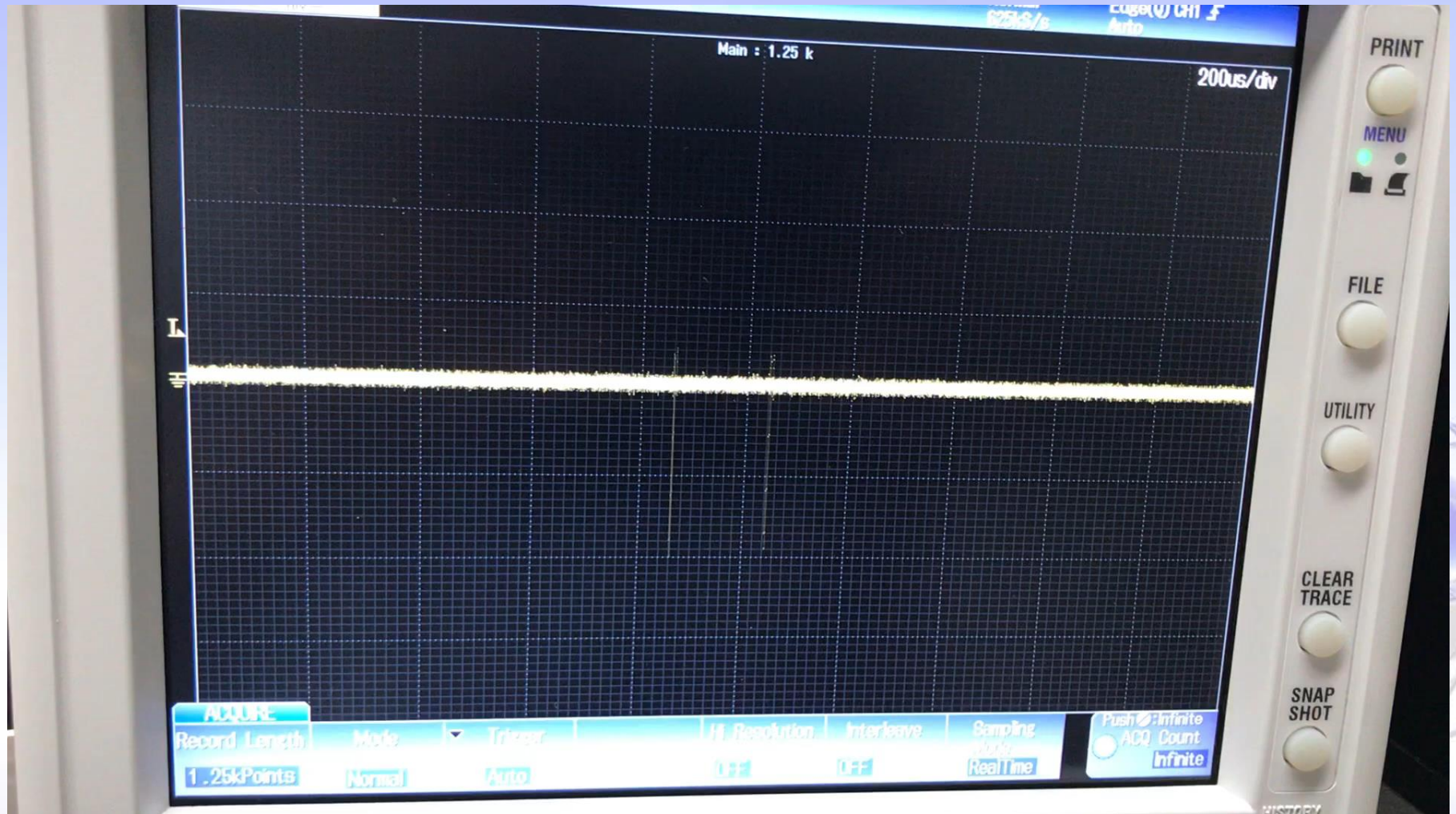
LANケーブルを流れる電気信号



LANケーブルを流れる電気信号



LANケーブルを流れる電気信号



まとめ

OSI参照モデル：国際標準化機構(ISO)により制定された異機種間のデータ通信を実現するためのネットワーク構造の設計方針

実際には、より現実的なTCP/IP 4階層モデルが用いられる

TCP/IP通信ではプロトコルは階層構造を持っており、役割分担することで開発スピードと保守性を上げている

アプリケーション層：Email関係プロトコル SMTP, POP, IMAP

EmailはSMTPにより制御 SMTPが受領・保管したEmailをPOPやIMAPが取り出す

POPはEmailをダウンロードし、クライアントで管理

IMAPはEmailをダウンロードせず、サーバで管理

トランスポート層・インターネット層：データ伝送・通信固有のルールを規定

具体的な例：ソケットの作成，送信エラーの検知・回復など

TCPはエラー処理を行い，確実な伝送を実現

UDPはエラー処理を行わず，高速な伝送を実現

ネットワークインターフェイス層：ネットワークに関するハードウェアのルールを規定 具体的な例：Ethernet, Wifi(IEEE802.11)など