

インターネット(2018春) 05

－ インターネットを支える技術 －

慶應義塾大学 環境情報学部

村井純 佐藤雅明



この講義に関する情報



[重要] 講義に関するお願い

- この講義は SFC-GC で収録されています！
 - <https://gc.sfc.keio.ac.jp/>
 - 肖像権等を事務所で管理しているような人 (例: 芸能活動を行っていて顔出しNGなど) は事前に申し出てください
- この講義の欠席連絡に関して
 - この講義の欠席連絡は基本的に **不要** です！
 - SFC-GC や Facebook、Twitter、知人・友人など、インターネットを最大限に活用して講義内容をフォローアップしてください



授業計画 (最新版, 予定)

第01回: ようこそ「インターネット」へ

第02回: Before InternetとAfter Internet

第03回: デジタルとインターネット

第04回: インターネットを支える技術(1)

第05回: インターネットを支える技術(2)

第06回: IoTとインターネット

第07回: **ゲスト講演(1)**

第08回: **ゲスト講演(2)**

第09回: **学生発表(1)**

第10回: Webとインターネット

第11回: これからのインターネット(1)

第12回: これからのインターネット(2)

第13回: **学生発表(2)**

第14回: 「インターネット」と未来社会



グループワーク



グループ発表課題

都道府県対抗

「インターネットで〇〇県はこんなにかわる」

政策立案選手権！！

- 皆さんは47都道府県の代表です。
- インターネット技術によって、その都道府県の**地方創生**のために、「**どんな問題がどの様に解決されるか**」を発表してください。
e.g)新しい技術・サービス・ビジネスなど
- どの県にも当てはまりそうな問題提起・解決策は禁止
- 最優秀グループにはその**都道府県の名産品をプレゼント**！？



所属グループについて

- 授業後に[SFC-SFS](#)にてグループメンバーを確認してください！
- **全履修者を47組のグループ**に配分しました。
- グループの移動・テーマ変更は許可しません。



インターネットと階層モデル



ヒトとイヌはコミュニケーションできるか？

生き物としての興味や価値観

意思

？

意思

言語

言葉

？

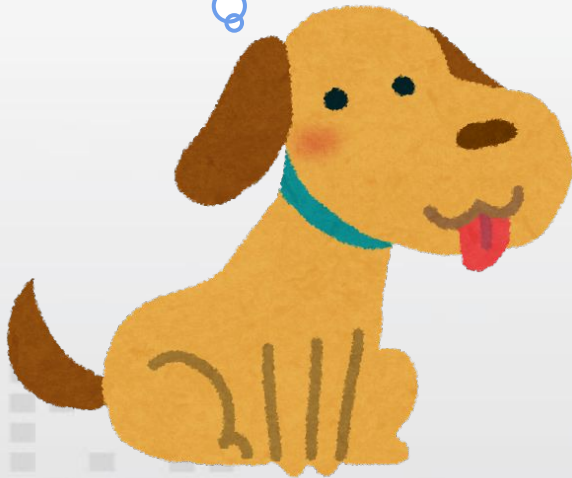
言葉

可聴域

音声

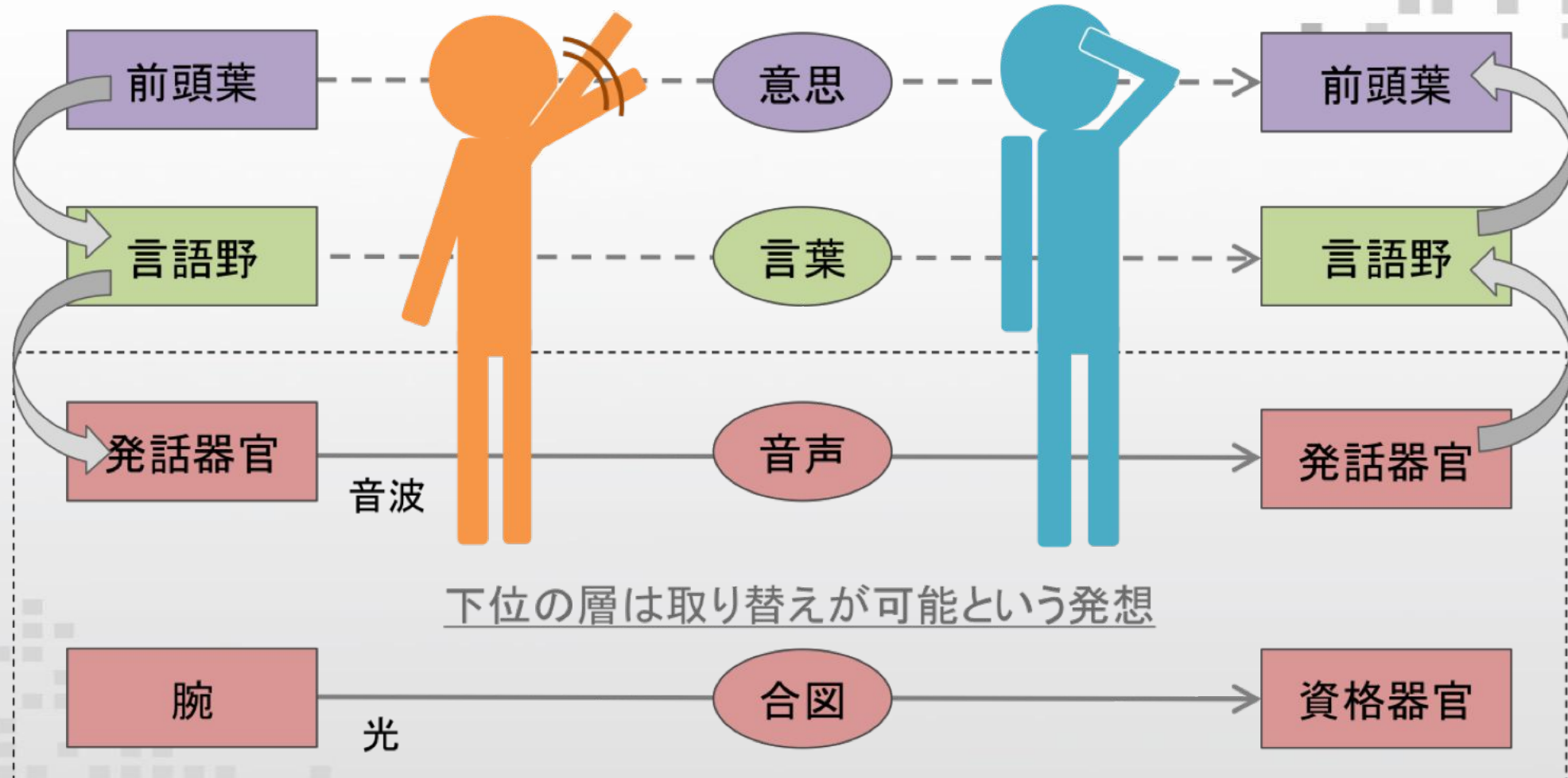
？

音声



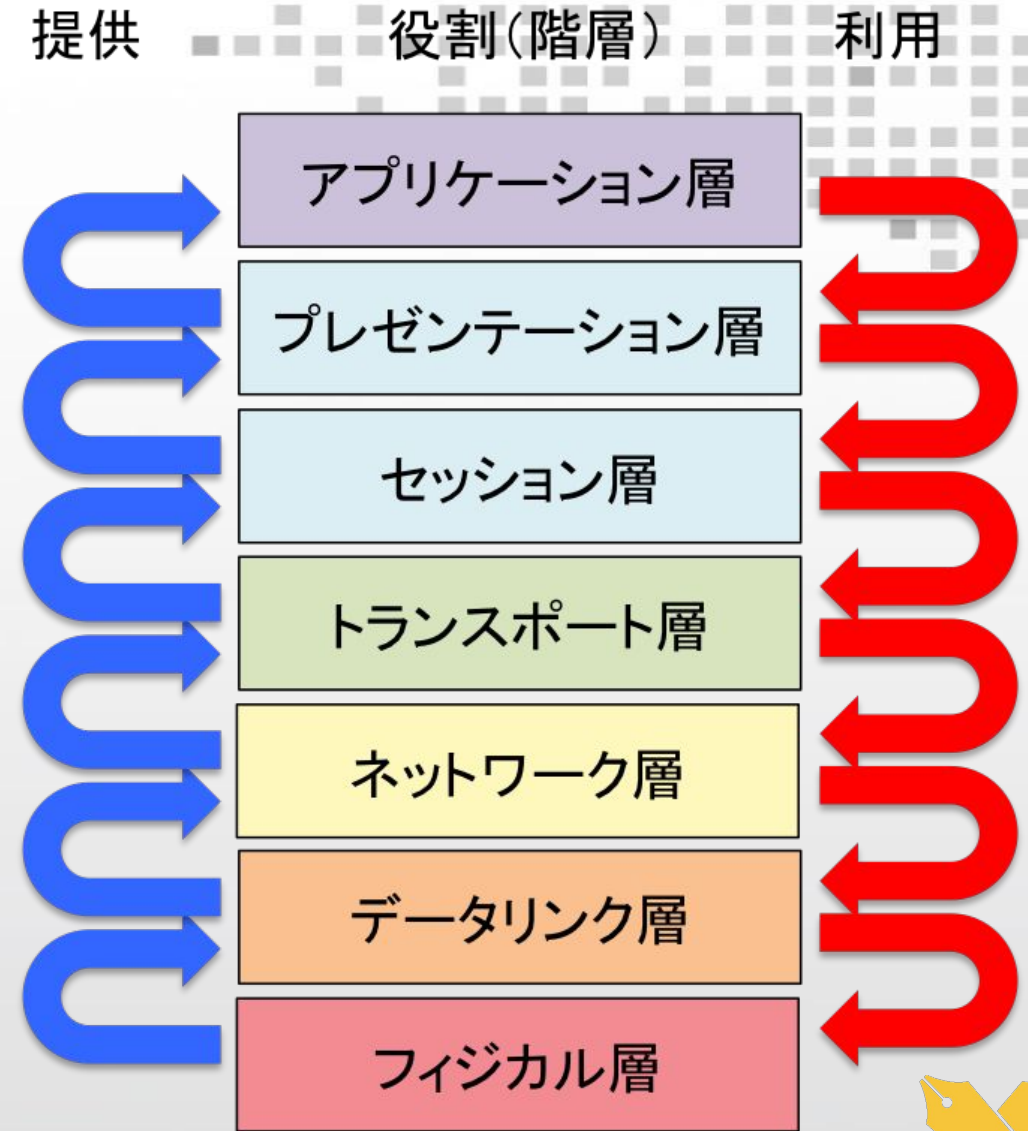
コミュニケーションと階層モデル

- 同じレベルでの伝達 / 階層的な仕組み



インターネットと階層モデル

- 役割ごとの「**階**」
 - 言葉を聴く、言葉を話す
→ 音波と言葉の変換
 - 物事を言葉で表現する
→ 言葉と内容の変換
- 階が「層」になり**上下に相互作用**
 - 第n層の機能は n-1 層の機能を利用する
 - 第n層はn+1層に機能を提供する
- **役割ごとに階**をつくる意味
 - 互換性の提供
→ 互換性の存在によって競争が発生



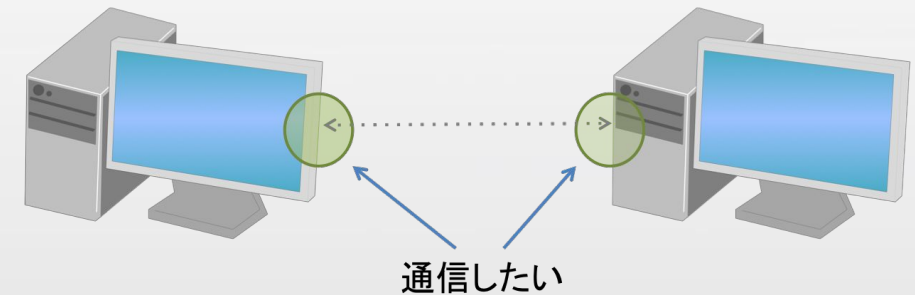
OSI基本参照モデル / プロトコル

- OSI参照モデル

- OSI : Open Systems Interconnection (開放型システム間相互接続)
- ISO (国際標準化機構) が制定
- インターネットをプロトコル機能別の層に分けたモデル

- プロトコル

- ネットワーク上での通信に関する規約のこと
- 共通言語のようなもの
 - コンピュータ同士がコミュニケーション可能に！



OSI基本参照モデル

- **L7:アプリケーション層**
 - 具体的なサービスの提供
- **L6:プレゼンテーション層**
 - データの表現形式を規定
- **L5:セッション層**
 - 仮想的な通信経路の確率
- **L4:トランスポート層**
 - データ圧縮、誤り訂正、再送制御
- **L3:ネットワーク層**
 - 経路制御(ルーティング)
- **L2:データリンク層**
 - 隣接している機器同士の接続
- **L1:フィジカル(物理)層**
 - 物理的な接続(ケーブル)、電気通信

【OSI 参照モデル】

アプリケーション

プレゼンテーション

セッション

トランスポート

ネットワーク

データリンク

フィジカル(物理)



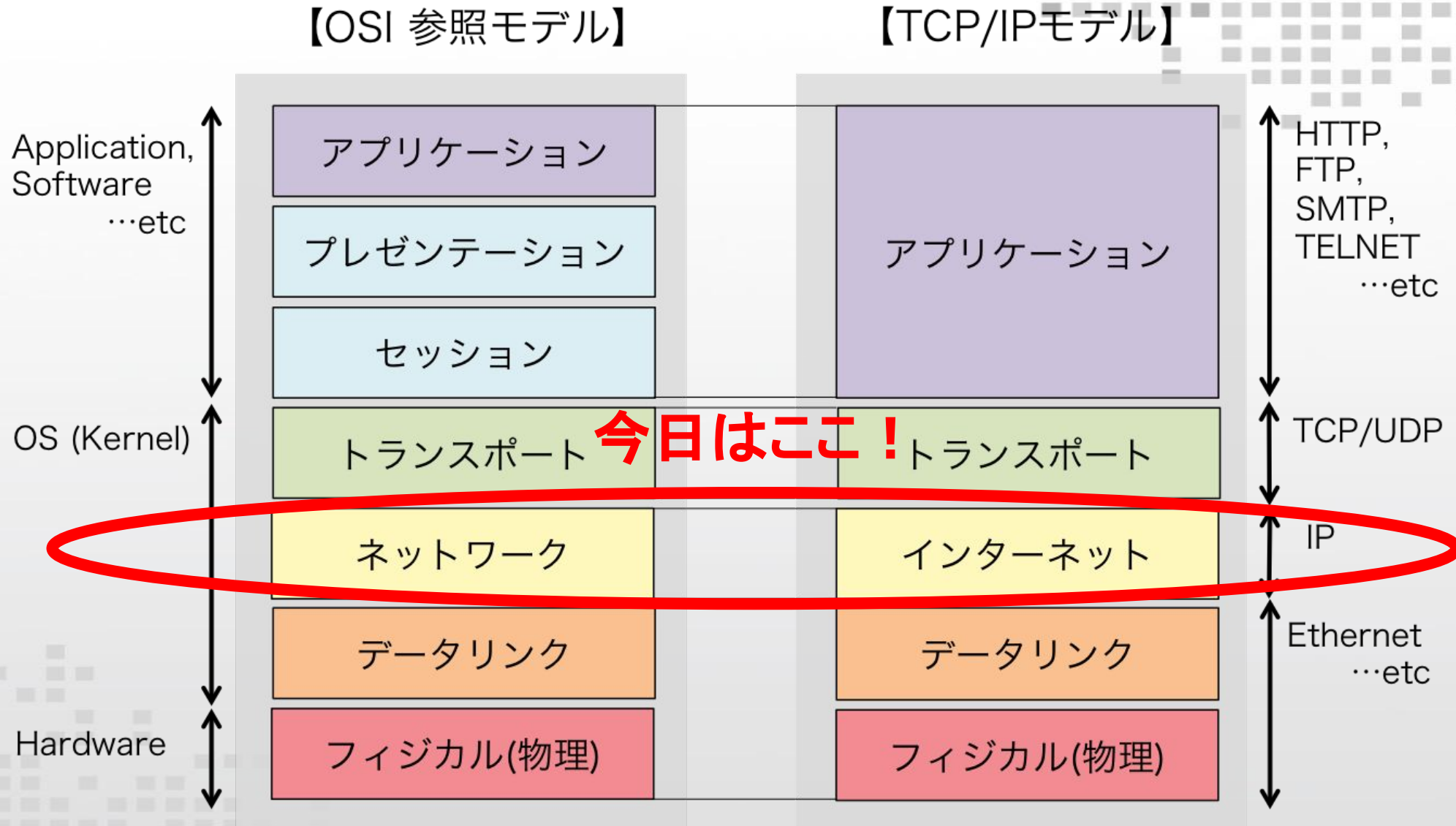
インターネットプロトコル・スタック

【OSI 参照モデル】

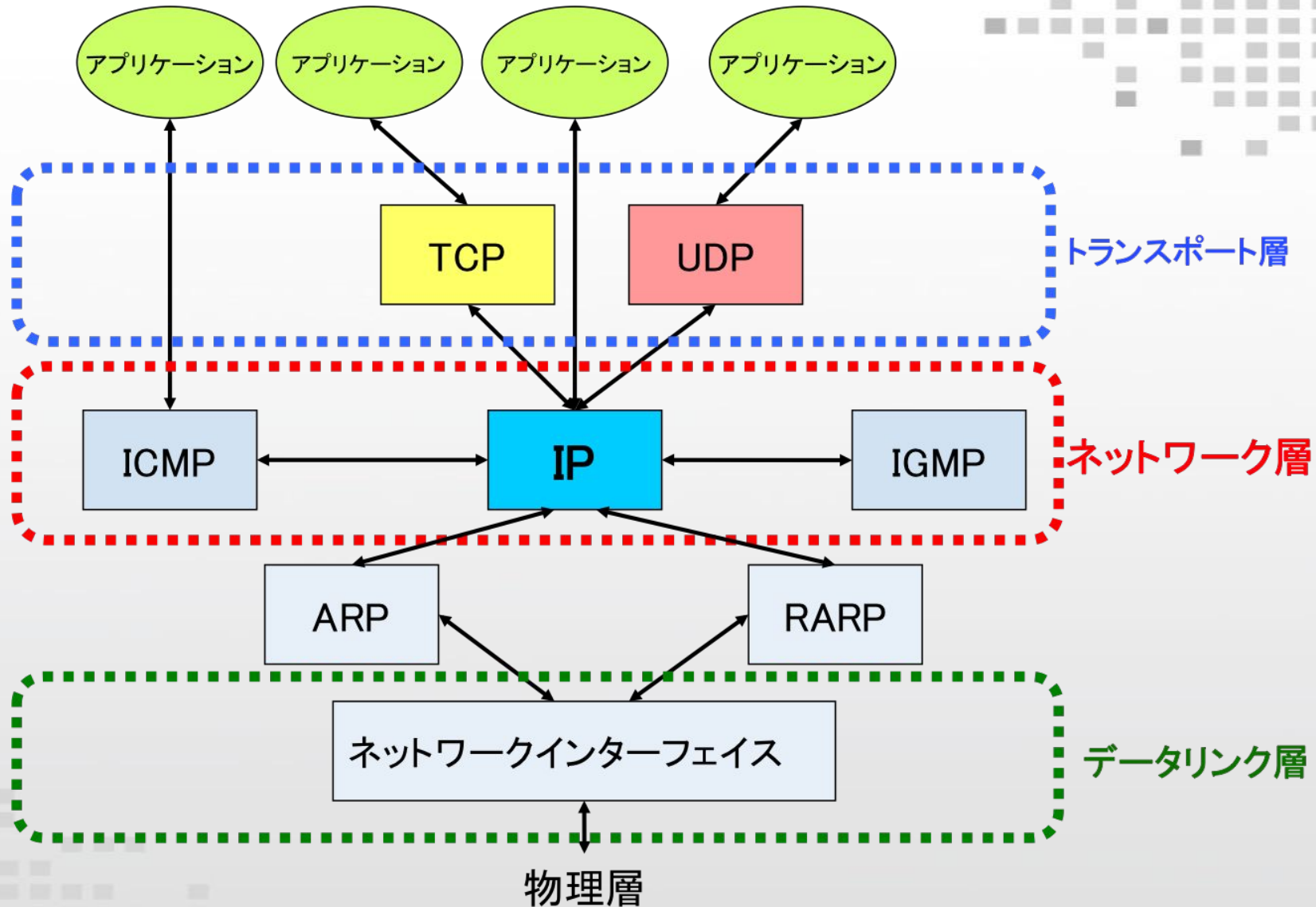
【TCP/IPモデル】



インターネットプロトコル・スタック



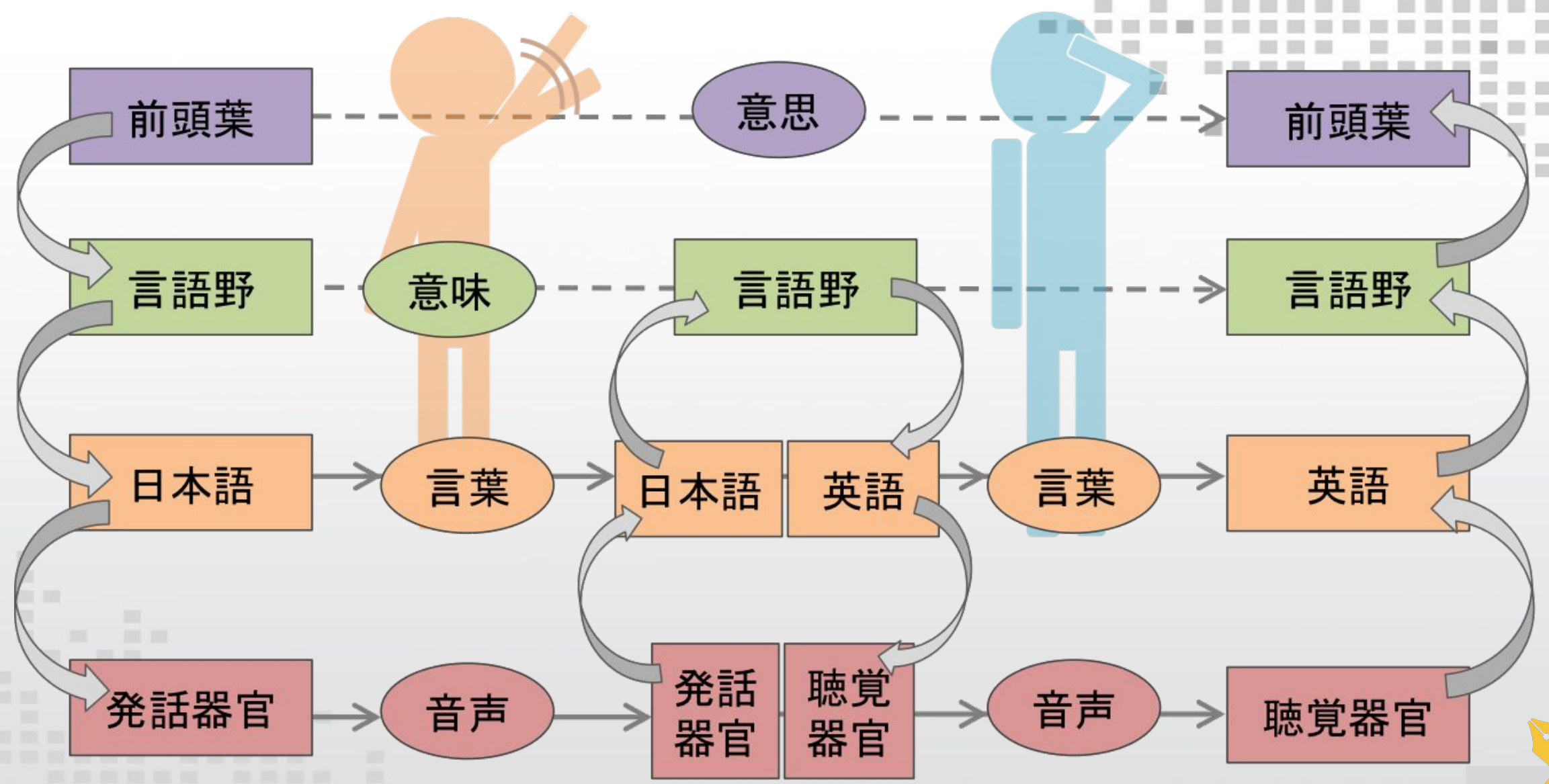
プロトコルの階層化



通信と階層モデル



コミュニケーションと階層モデル



階層化とネットワークの鉄道モデル

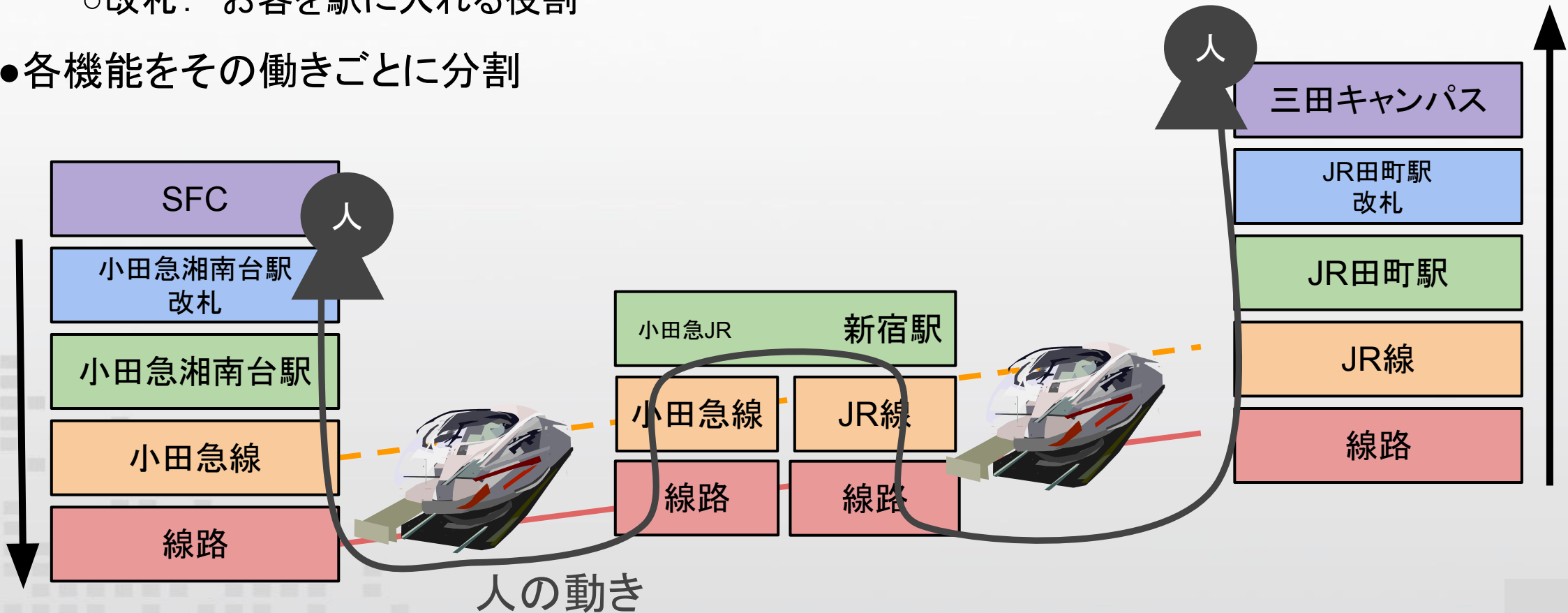


鉄道モデルでは、「××線」がネットワーク



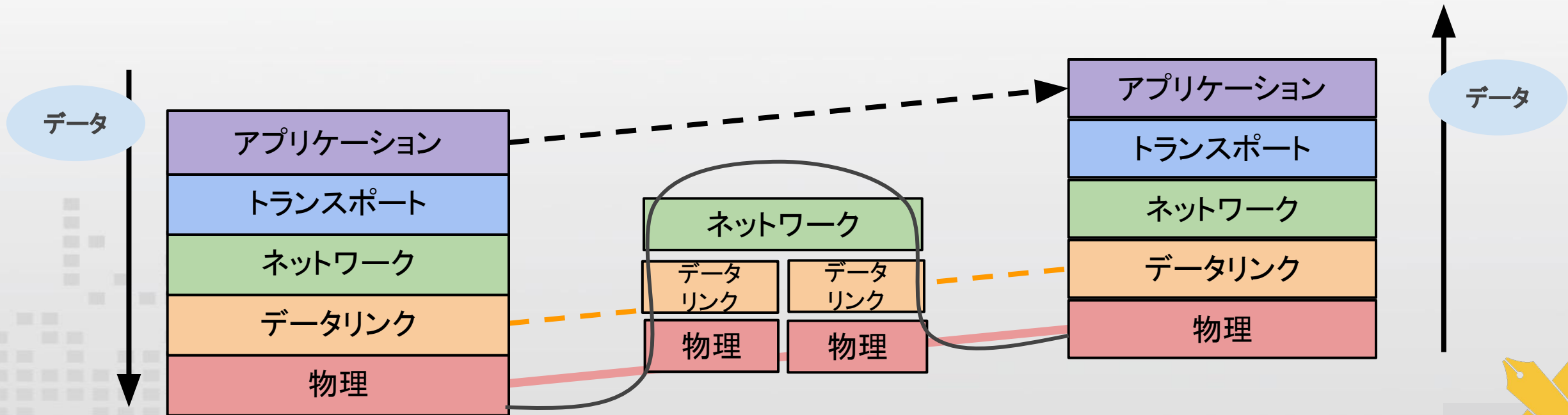
階層化とは？

- 電車網を構成する要素を役割ごとに並べてみると...
 - 線路： 物理的に隣駅までつながっている
 - 電車： 線路を使ってモノ(人)を運ぶ
 - 駅： モノ(人)の乗り降りを行う
 - 改札： お客を駅に入れる役割
- 各機能をその働きごとに分割



インターネットの階層モデル

- アプリケーションがデータの出発地・目的地
 - トランスポート： データを送受信する出入り口
 - インターネット： ノード(ホスト)の識別と異なるデータリンクの橋渡し
 - データリンク： 信号をデータとして転送に使われる通信技術
 - 物理： 光や電気を使った信号を伝えるための物理的な接続(繋がり)



階層化とその意義

●責任範囲の限定

- 各階層は **自分の階層の仕事のみに** 責任を持つ
- 自分の上下の階層とのみ やりとりを行う

●各階層が独立

- 共通のインターフェイス
- 同一レベルの **階層同士を交換** 出来る

●新しい技術への対応が簡単

- **変わったところだけ交換** できる
 - ビデオデッキ+テレビ→DVDデッキ+テレビ
 - IPv4→IPv6

●スケーラビリティに貢献

- 各処理を並行して処理できる

●もし階層化していないと？

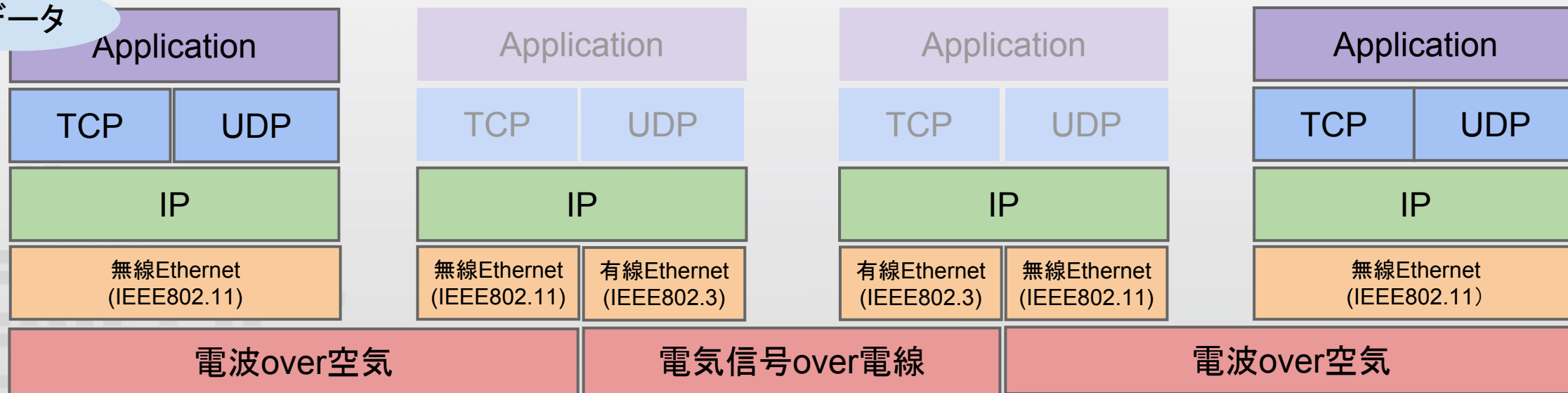
- 規格が変わると全ての構成を作り直す必要がある
e.g) テレビデオ→DVDデッキ付きのテレビ



インターネットの階層モデル

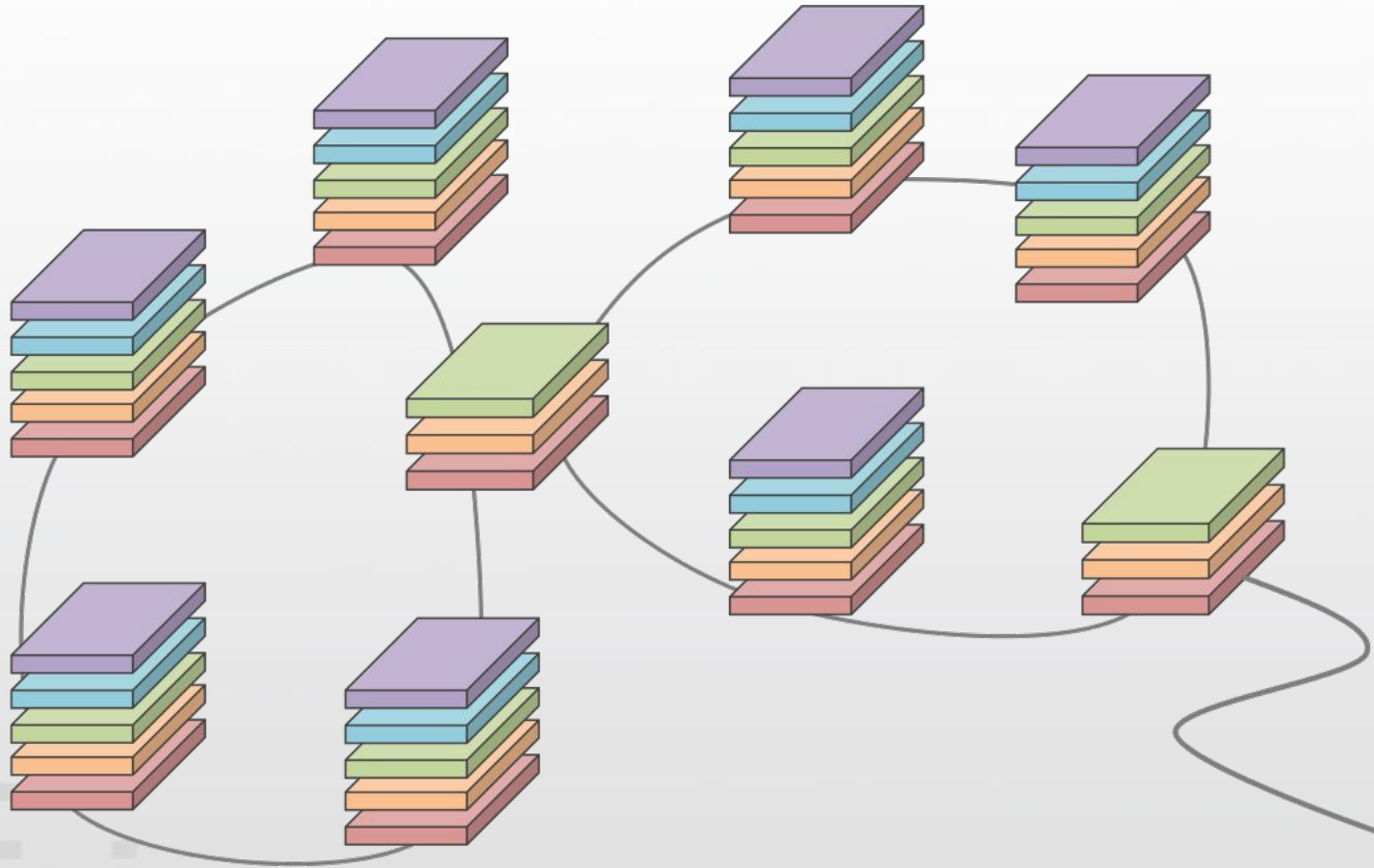
- **IP層**がノード(ホスト)の識別とデータ転送の責任を持つ
 - **End-to-Endの通信**が確立
- ルータの仕事は**データのバケツリレー**
 - 受け取ったデータを次にどのルータ/ノードに転送するかを判断
- Applicationは主にTCPかUDPを使ってデータ転送・データ待ち受けを依頼
 - データ送信時ApplicationはTCP/UDPに宛先IPアドレスとポート番号を指定
 - データ受信時ApplicationはTCP/UDPに待ち受けIPアドレスとポート番号を指定

データ



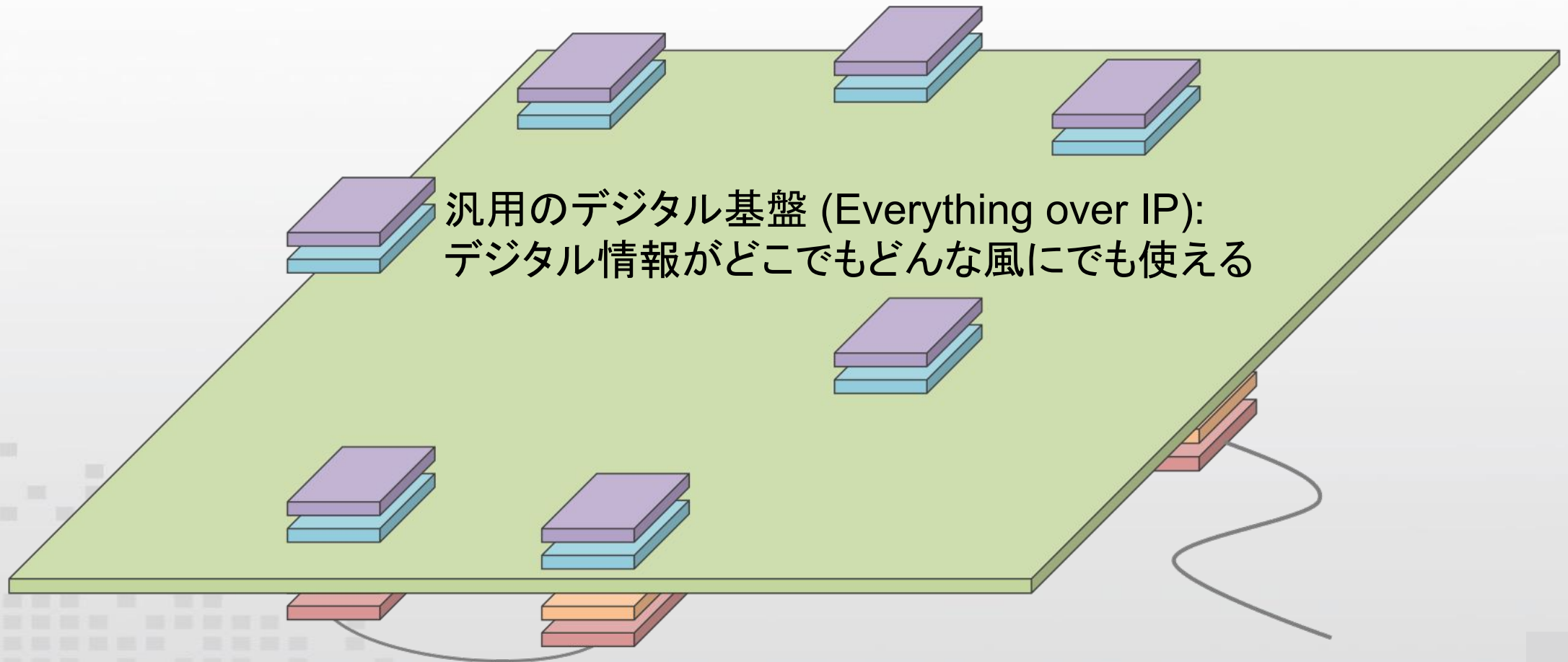
プロトコルアーキテクチャ

- 一番下の層から考えると、押し付けになる
 - 新しい通信技術が出てきても育たない



プロトコルアーキテクチャ

- 下はなんでもいい (IP over Everything)
 - 新しい通信技術が出てきても発展していく



L3: ネットワーク層



ネットワーク層

- 物理的な接続方式を意識しない、インターネット内での2点間通信を規定する層
 - 複数の機器を相互に接続して通信を行う
 - **End-to-Endの通信(パケット配送)**のみに責任を持つ
 - この層の中継機器がデータを配送する際の配送経路の制御(ルーティング)を行っている

アプリケーション層

プレゼンテーション層

セッション層

トランスポート層

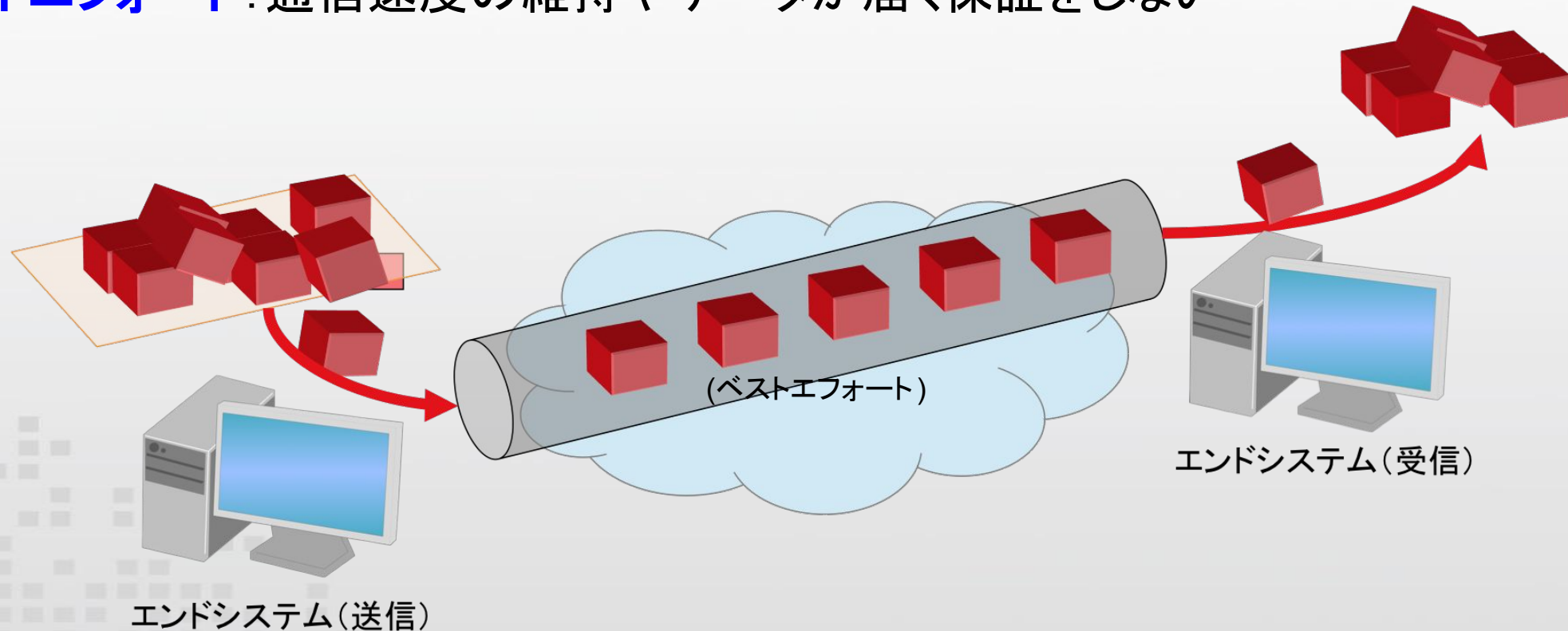
ネットワーク層

データリンク層

フィジカル層

End-to-Endモデル

- End-to-End (端っこと端っこ)
- エンドノードは、真ん中にある雲の中(ネットワーク)がどうなってるかを知らなくてもよい
- **ベストエフォート**: 通信速度の維持やデータが届く保証をしない



インターネット・プロトコル (IP)

- エンドノード(コンピュータ)間でデータを交換する為のプロトコル

- ノード(インターネットに参加するコンピュータ)は**IPアドレス**で識別
- パケット交換方式(データを**パケット単位**で転送)

- **パケット = ヘッダ + データ**

- **ヘッダ**: 送信先など転送に必要な情報が記載
 - 送信・受信ホストの識別子: **IPアドレス**
 - データの長さ: データ長
 - パケットの寿命: **TTL** (Time to Live)
 - 次にデータを渡す上位層: プロトコル
- **データ(ペイロード)**: 転送されるべきデータ

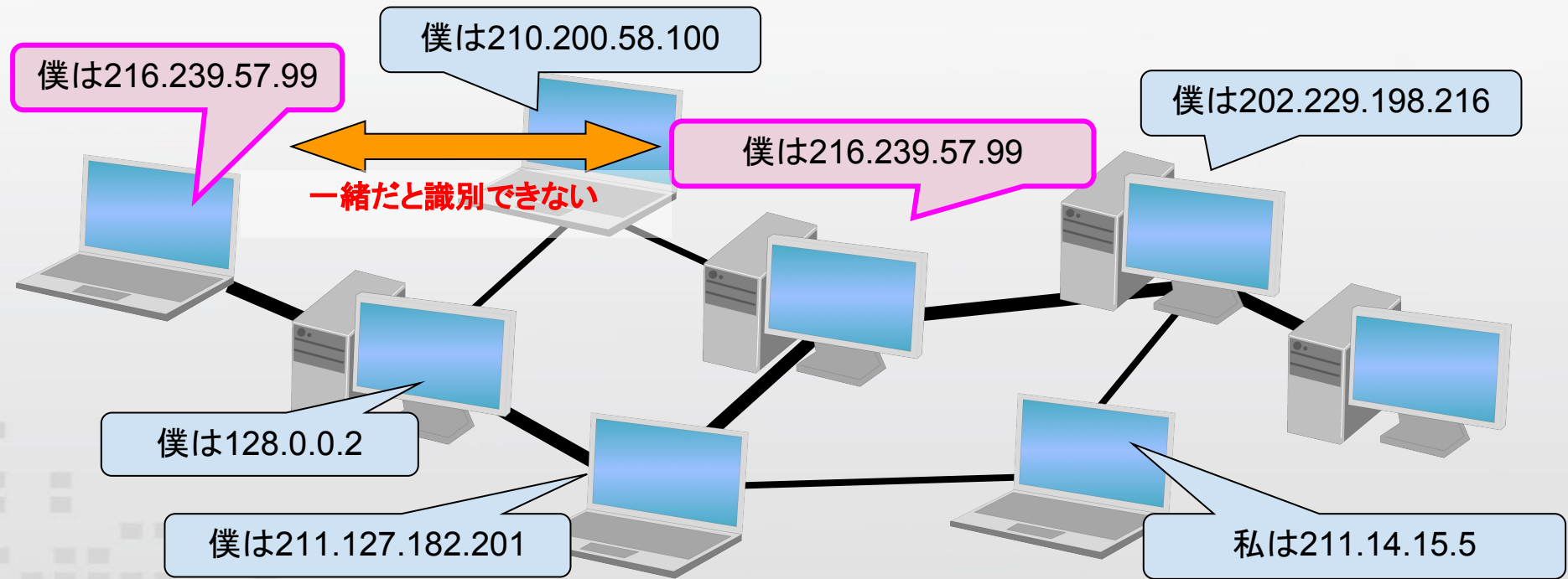


IPアドレス

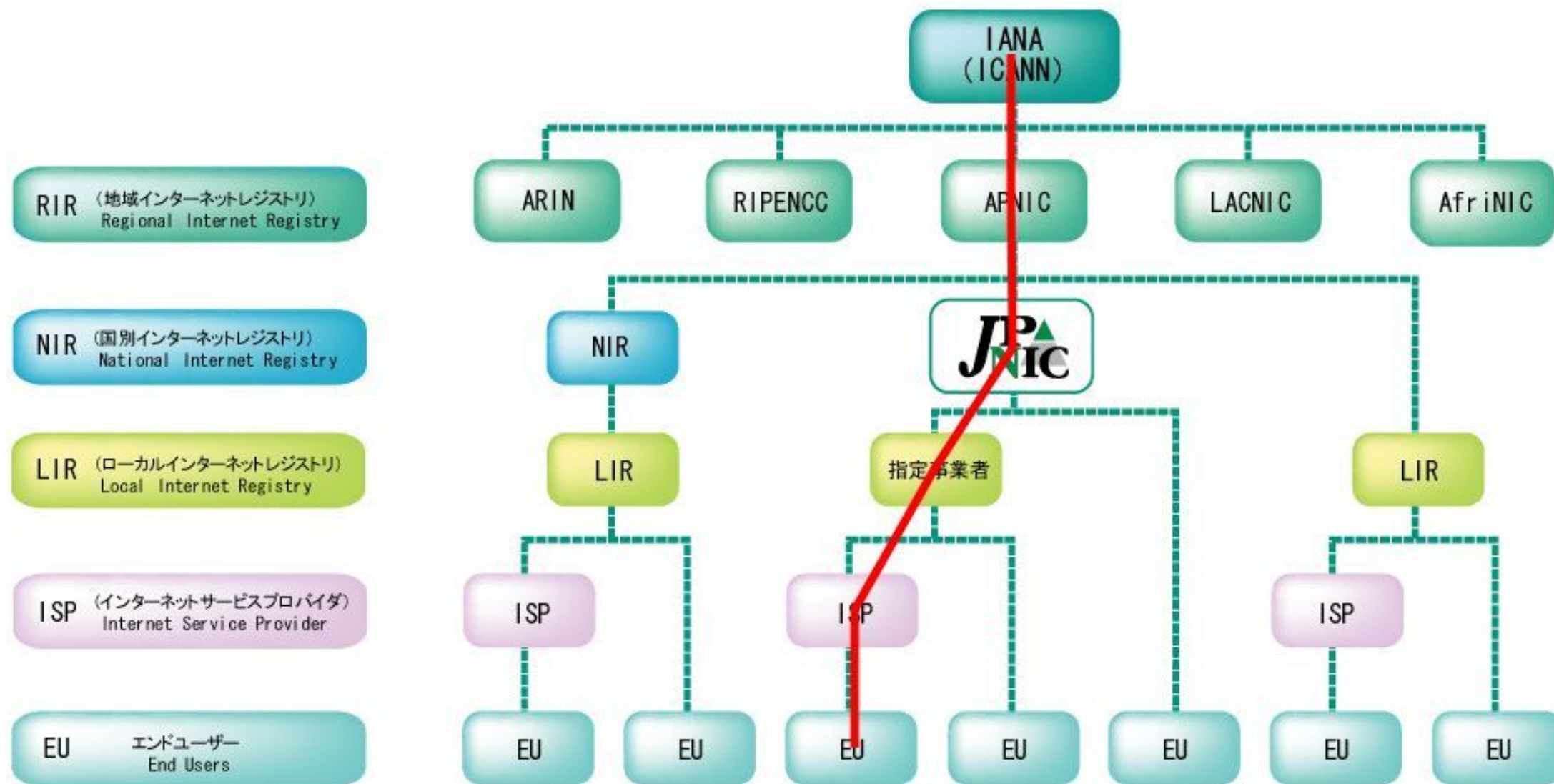


IPアドレス

- ノード(コンピュータ)は**アドレス**(住所のような識別子)を持つ
 - ネットワークアドレス(どこどこの/例:神奈川県藤沢市遠藤)とホストアドレス(誰々/例:5322慶應義塾大学)から構成
 - 全世界でユニーク(ただ一つ)な識別子



IPアドレスの管理構造



IPv4 アドレス

- **32bit**の2進数→アドレス総数は 2^{32} 個 (約**43**億個)
- bit列を「ネットワークを識別する部分」と「ホストを識別する部分」に分割
- ネットワークを識別する部分のbit長を「プレフィクス長」と呼び、「 / 」の後の数字で表現
- 人間が使うときは、8bit(10進数で0~255)ずつ、10進数の4組の数を「.」で区切って表記

例: 10進数の場合 = 192.168.0.1 /24

2進数表現 = 11000000.10101000.00000000.00000001 / **24**



IPv6 アドレス

- **128bit**の数字 = 2進数128桁
- アドレス総数は $2^{128} = 340282366920938463463374607431768211456$ (**約340澗**)
- bit列を「ネットワークを識別する部分」と(そのネットワークの中で)「ホストを識別する部分」に分割
- ネットワークを識別する部分をプレフィクスと呼び、直近のルータがその数値(64bit)を周囲の他のルータに知らせる(経路広告)
- 人間が使うときは、16bitずつ16進数で表した8組の数字を「:」で区切って表記



IPパケット

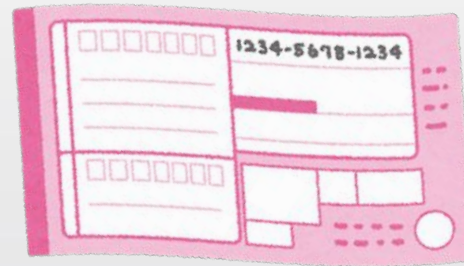


IPパケット

IPパケット(小包) = ヘッダ(宛先伝票) + データ(商品)



=



+

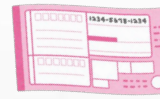


IPパケットとIPヘッダー



IPパケット

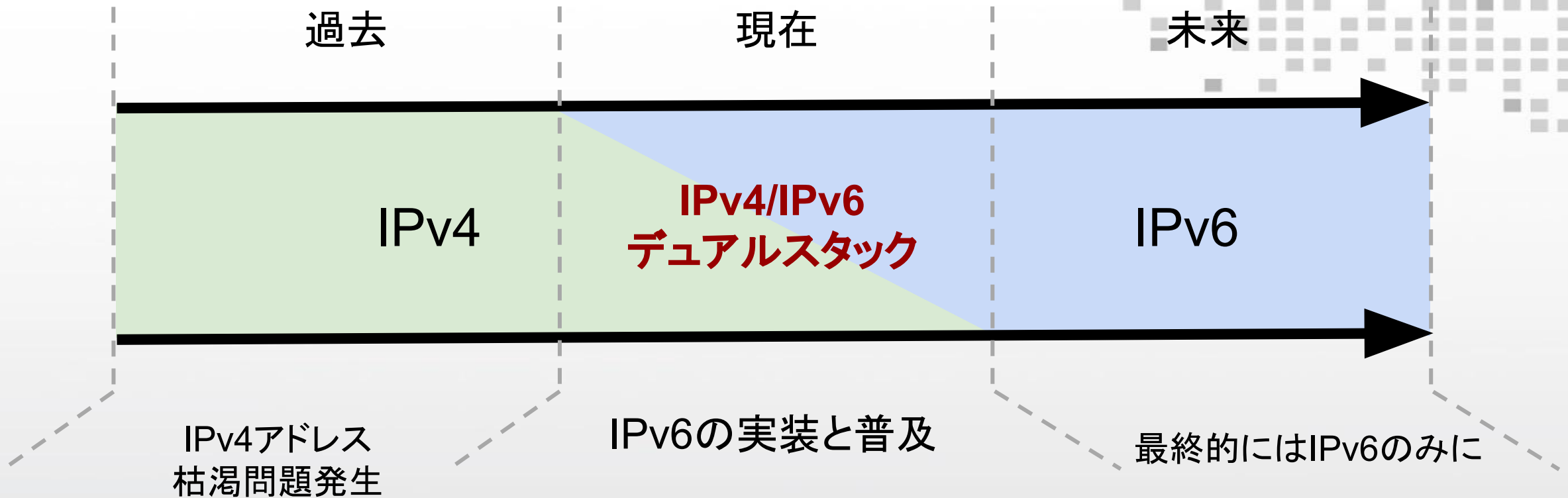
IPヘッダー



	その他のヘッダー (IPバージョン, ID, TTL等)	送信元 IPアドレス	送信先 IPアドレス	ペイロード(データ)
IPv4の場合	96bit	32bit	32bit	
IPv6の場合	64bit	128bit	128bit	



IPv4とIPv6 共存と今後



現在は異なるバージョンの
ネットワーク層のプロトコル
～**2つのインターネット**～が共存している



IPv4 アドレス枯渇問題

「IPv6アドレスの対応状況 (ISP全体及び規模別)」

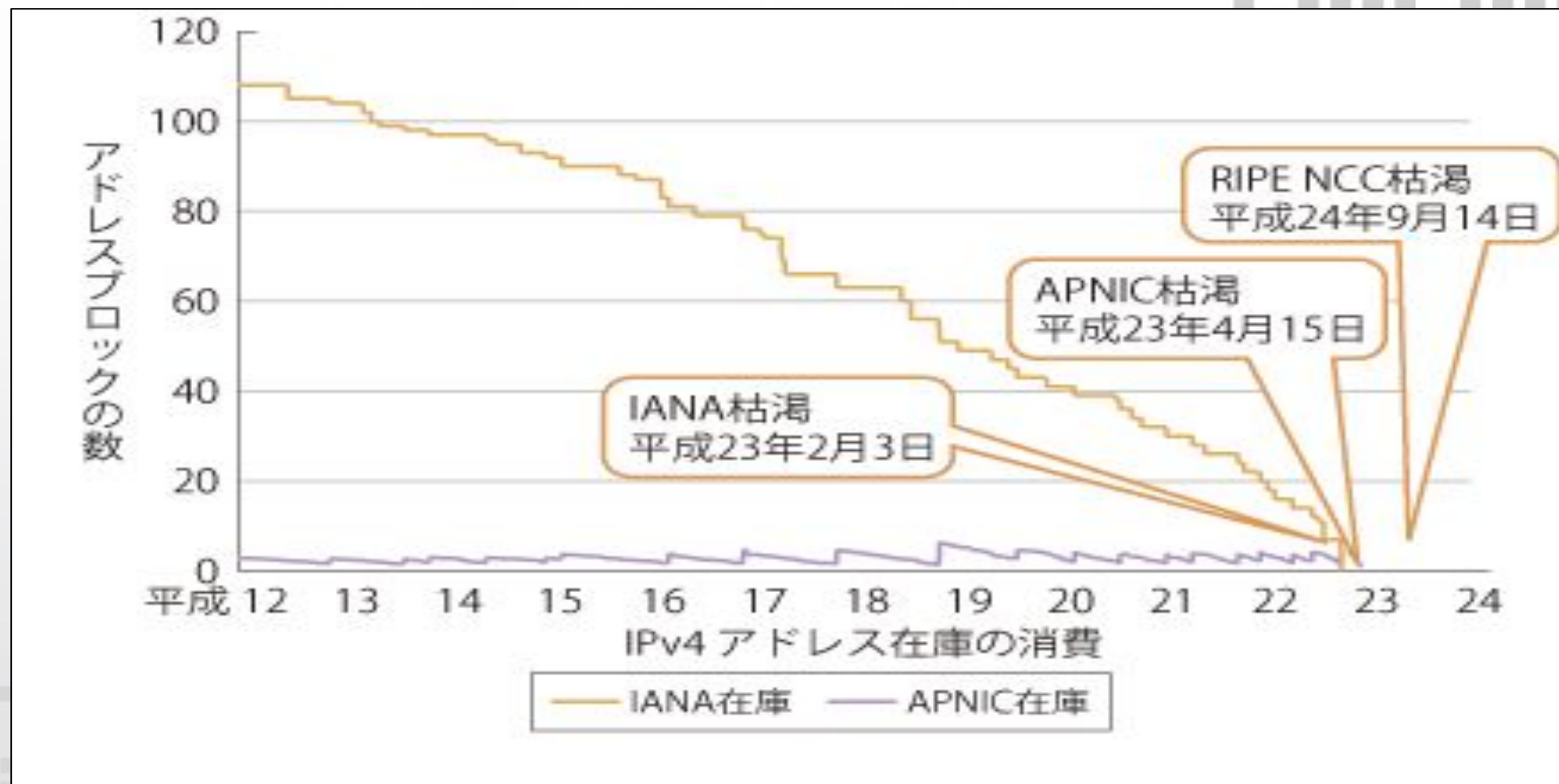


図 出典：情報通信白書 25年版 第2部 第5節 図表 4-5-3-19



IPv6を使ったGoogleサービスへのアクセス

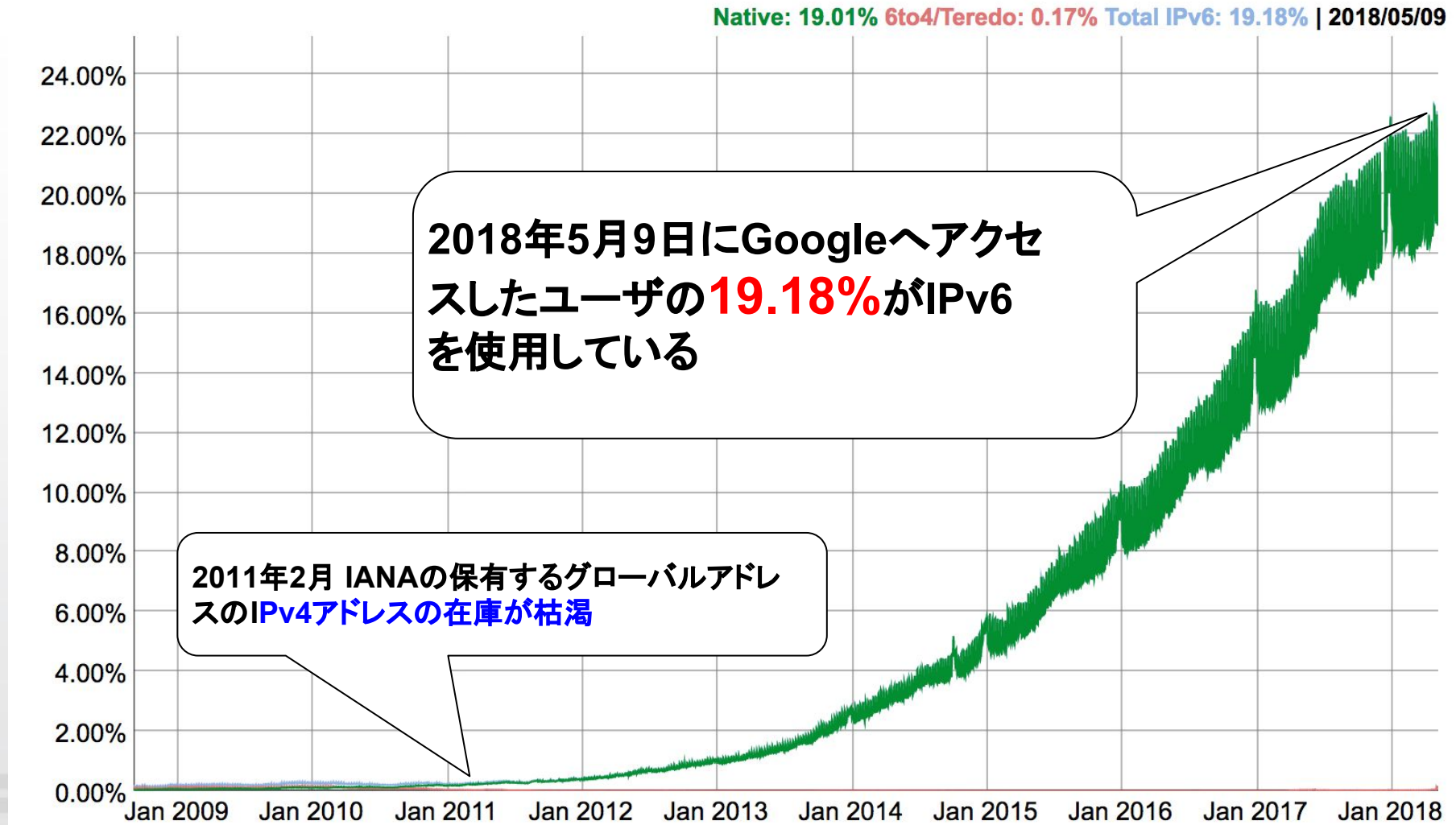


図 出典: Google IPv6 Statistics



デュアルスタック IPv4とIPv6は直接通信できない

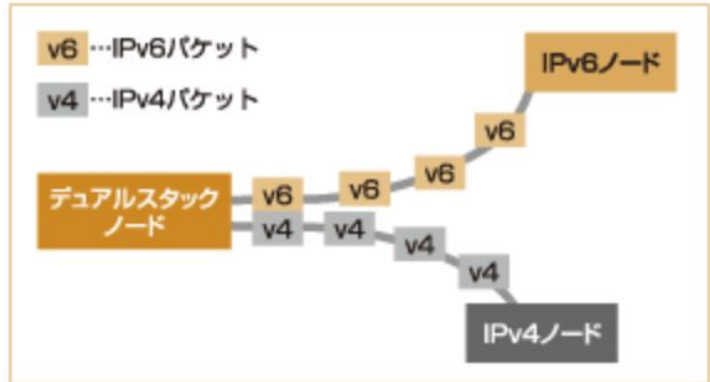


図5 デュアルスタック概念図

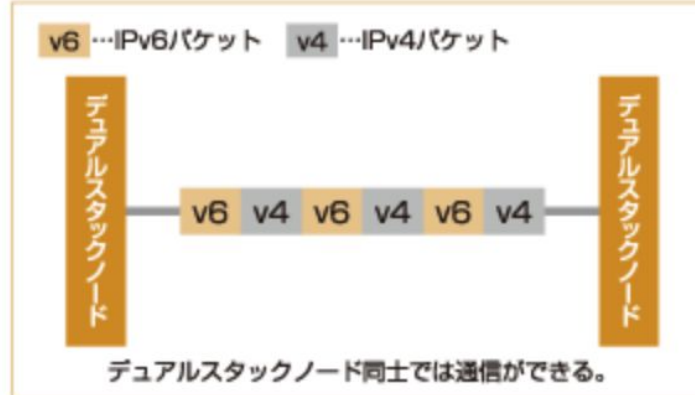


図6-1 デュアルスタックノード間の通信

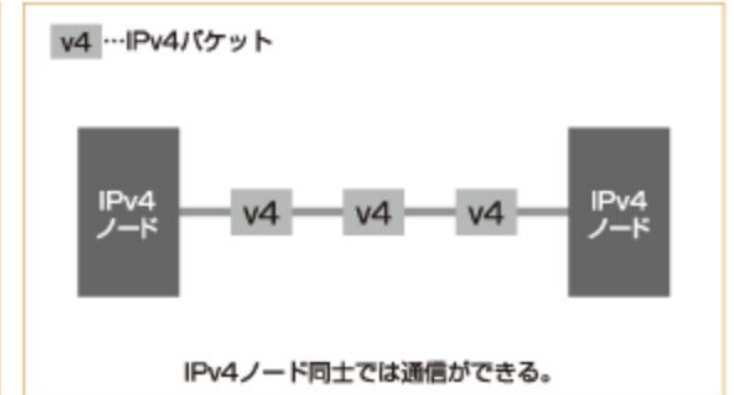


図6-2 IPv4ノード間の通信

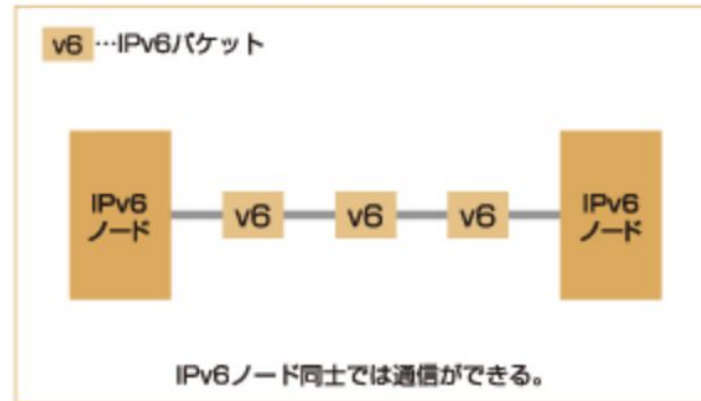


図6-3 IPv6ノード間の通信

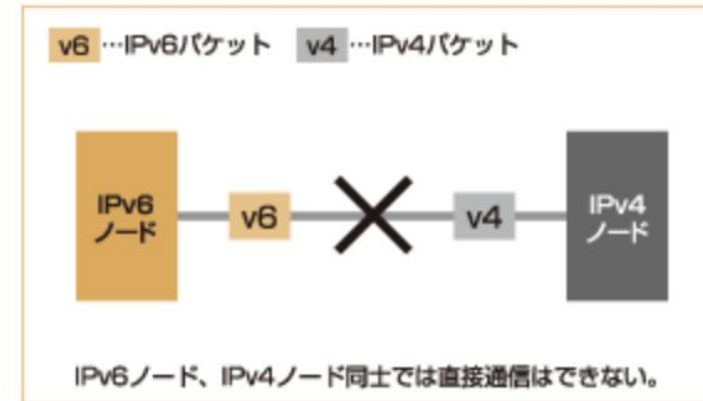


図6-4 IPv4ノード、IPv6ノード間の通信



ネットワークキング

回線交換 / パケット交換 / 経路制御



回線交換

計3つの回線を確保！

通信の開始時に1回線を確保

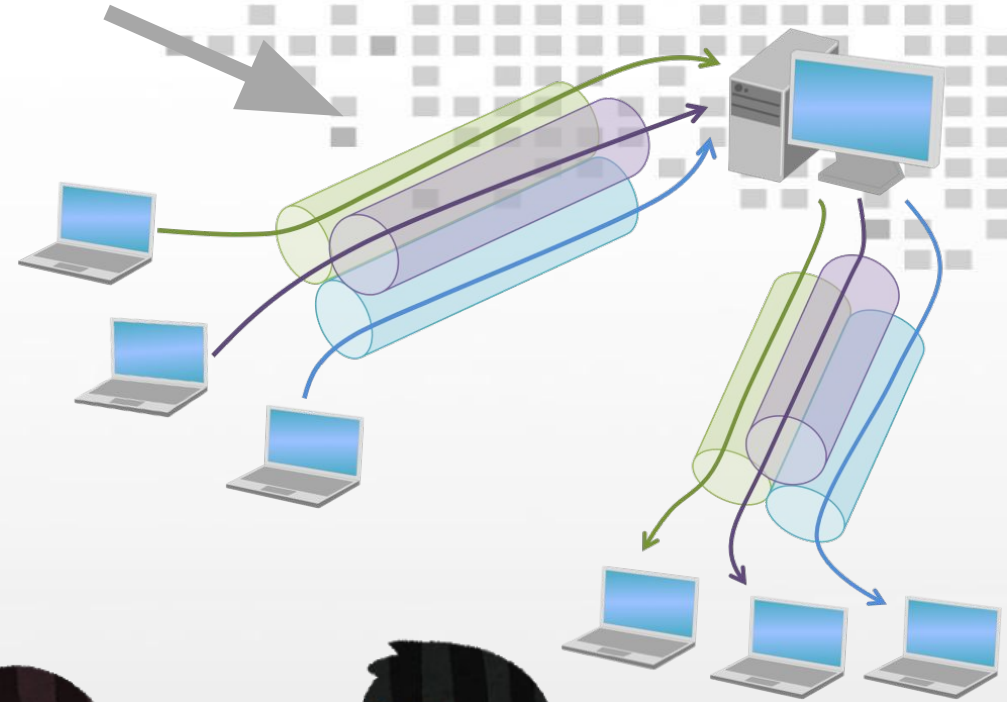
→通信が終わるまでずっと専有

- 利点：誰かに邪魔されない。常に一定の帯域幅
(**通信速度・品質**)が保証される

- 欠点：送受信するデータが無い間も回線を占有しなくてはならない。

交換器間の回線数以上は接続できない

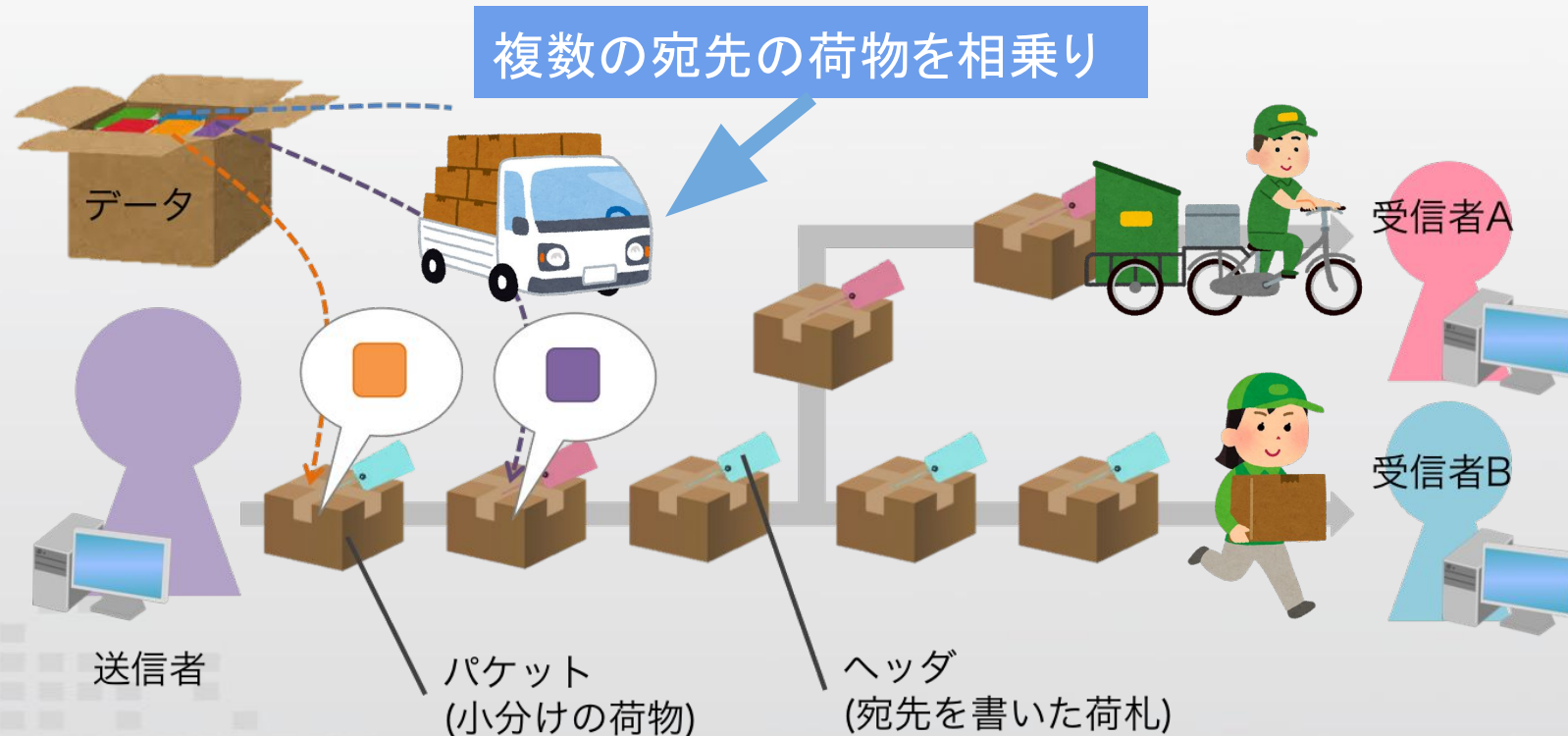
e.g) 電話回線 糸電話



パケット交換

●データをパケット単位で分割し、相手まで届ける通信モデル

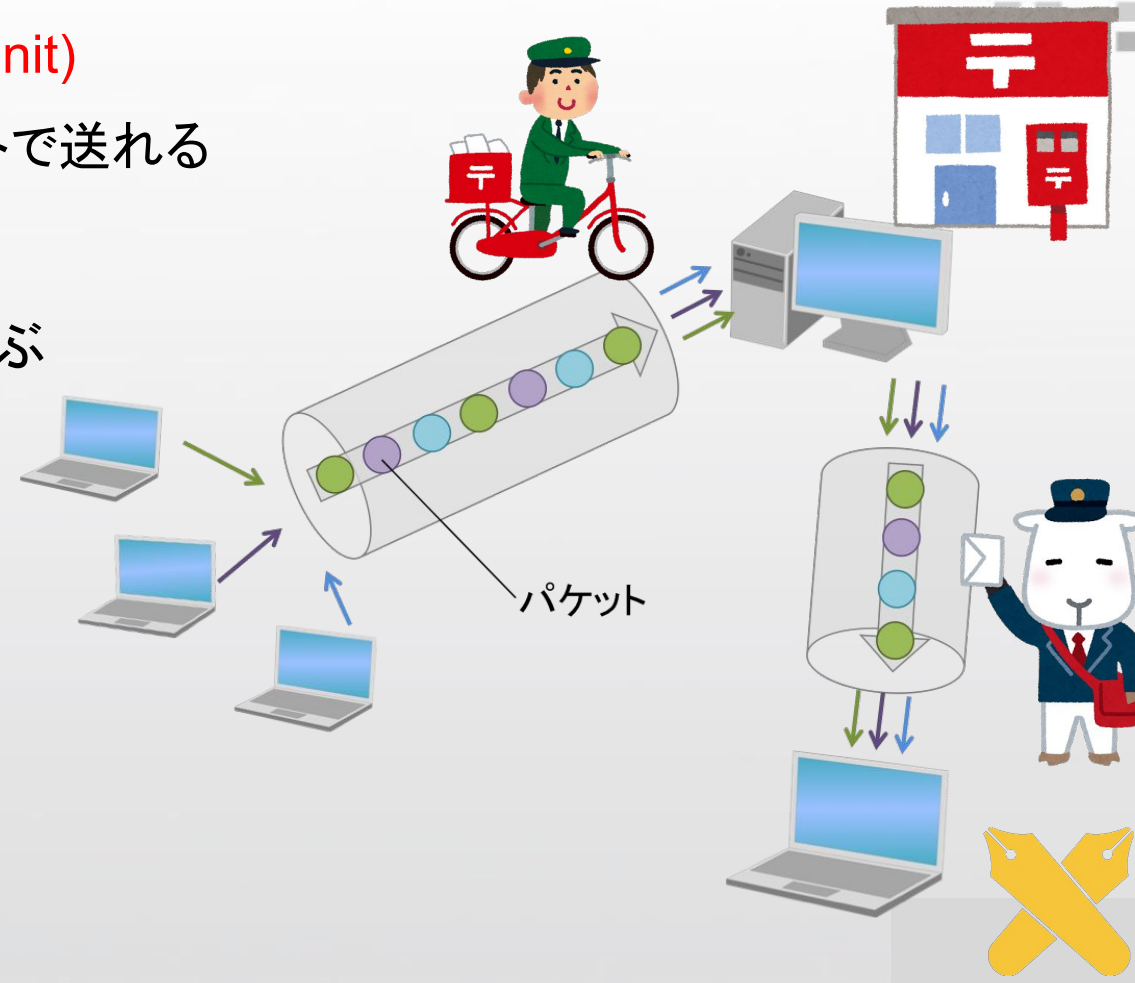
- 資源を効率的に利用できる
- 多地点間で同時に通信できる
- 一つの回線に、複数の種類のデータを流せる
- 混んだら遅くなる(輻輳)
- 途中でパケットがなくなってしまうかもしれない
- 順番が狂う



パケット交換

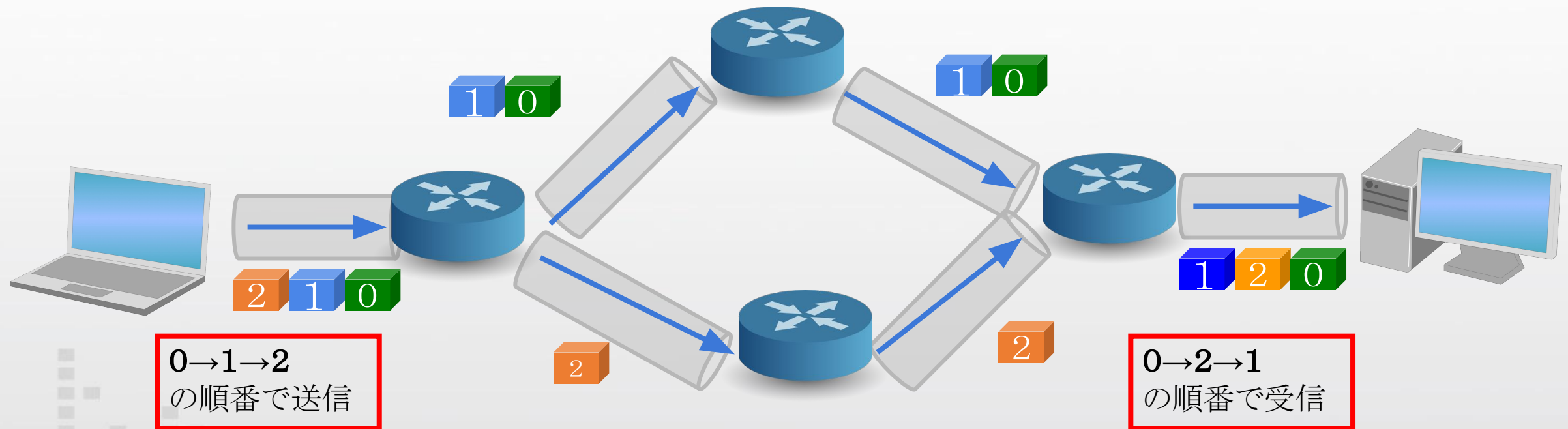
●データをパケット単位で分割し、相手まで届ける通信モデル

- データをある程度の大きさに分割
 - 最大のパケットサイズ = MTU(Max Transfer Unit)
 - データがMTUに収まりきるなら、一つのパケットで送れる
- それぞれに宛先を書いて送信
 - このような通信情報部分をヘッダ(Header)と呼ぶ
- 途中にいる人に中継してもらう



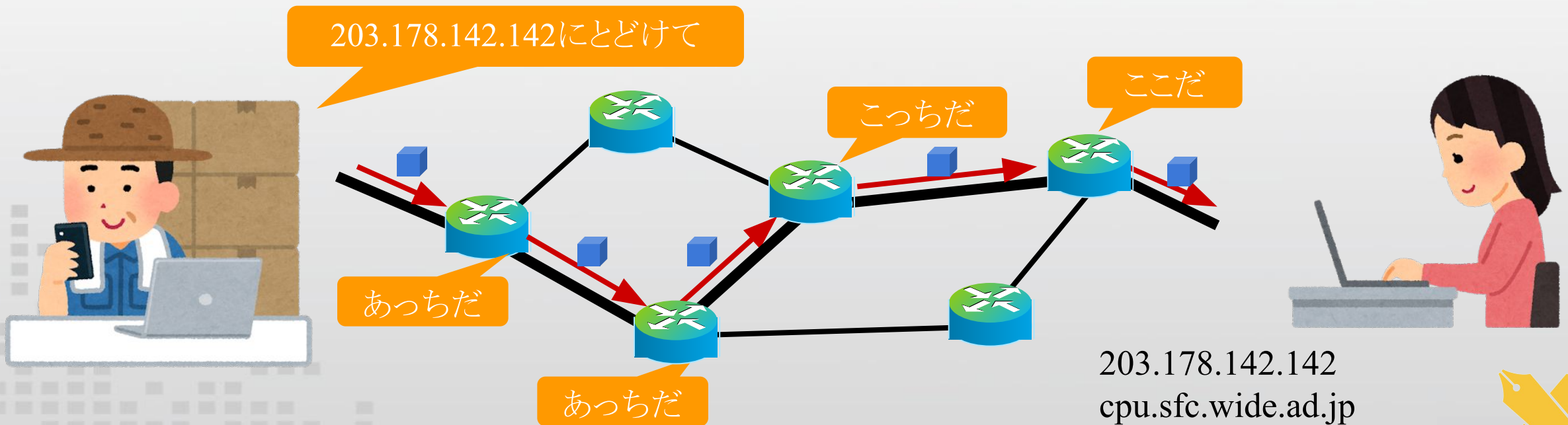
パケットの順番は入れ替わる場合がある

- Endホスト間に複数の経路がある場合
- 途中で経路が切り替わった場合



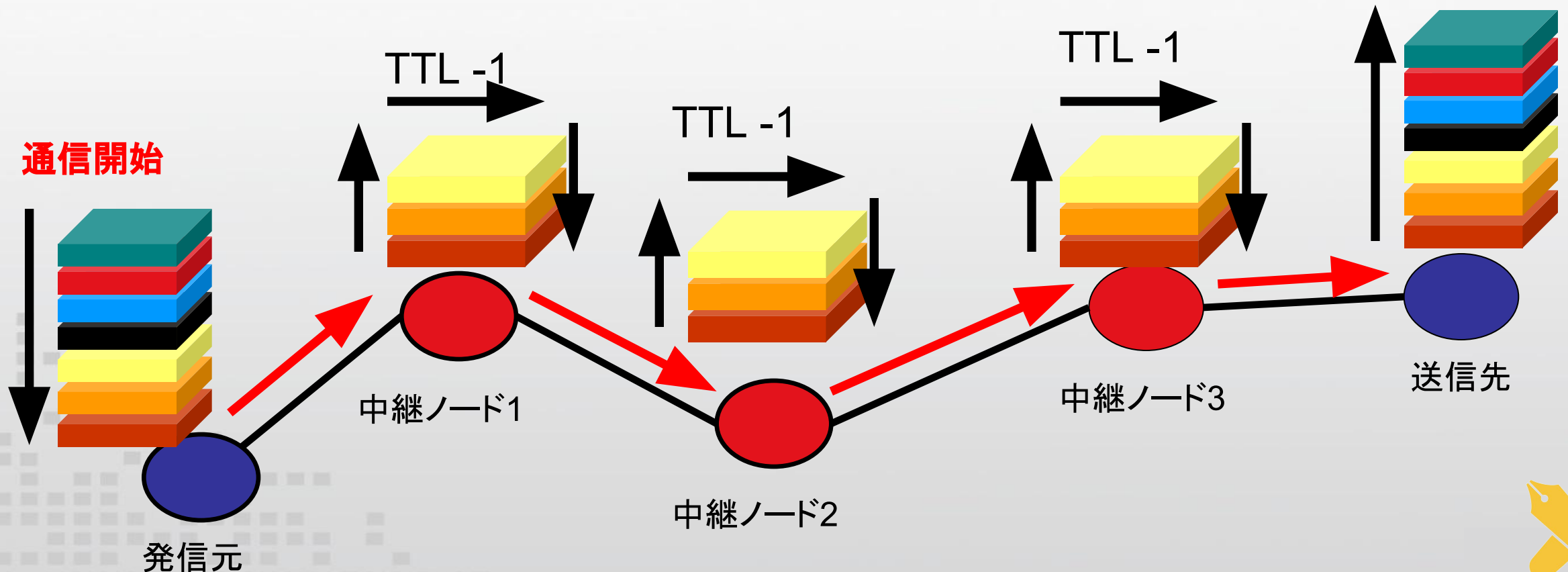
経路制御(ルーティング)

- バケツリレーでパケットを配送
 - データの中継装置 = ルータ
 - 宛先の**IPアドレス**を見て、誰に渡すかを判断



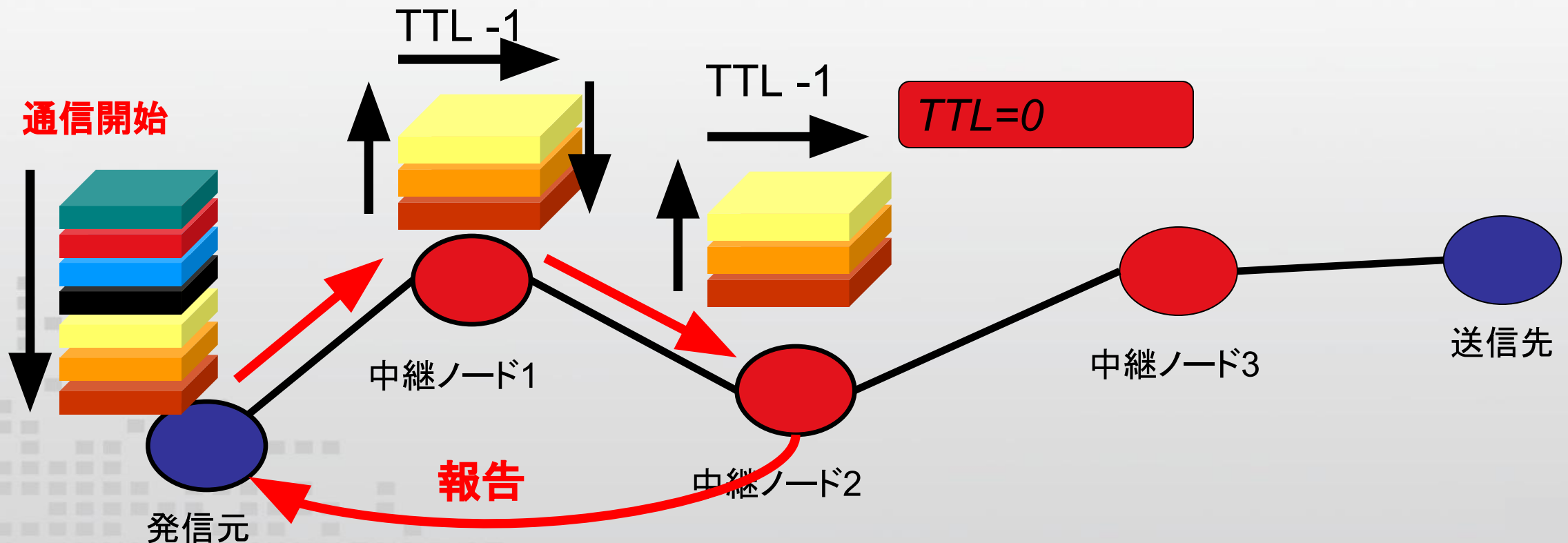
IPの基本原理(1)

- バケツリレー方式
- 中継ノードは自分宛てにパケットでなければ次へ(TTLを1減らす)
- 判断はネットワーク層で行う
 - 転送はリンク層(ARPによる対応)



IPの基本原理(2)

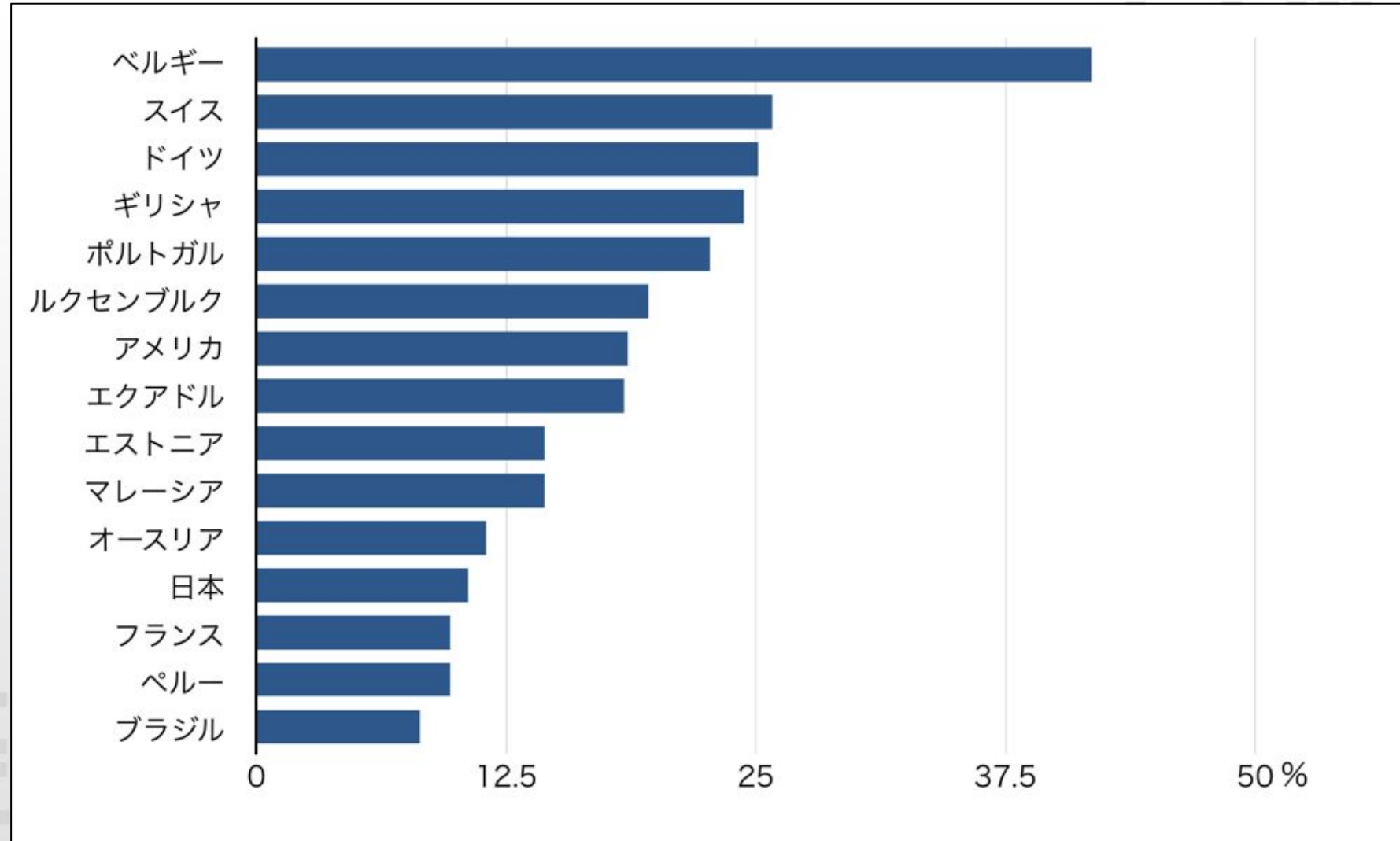
- ベストエフォート方式の通信
- 中継ノードはなんらかの理由でパケットを捨てたら報告
 - ICMP echo message



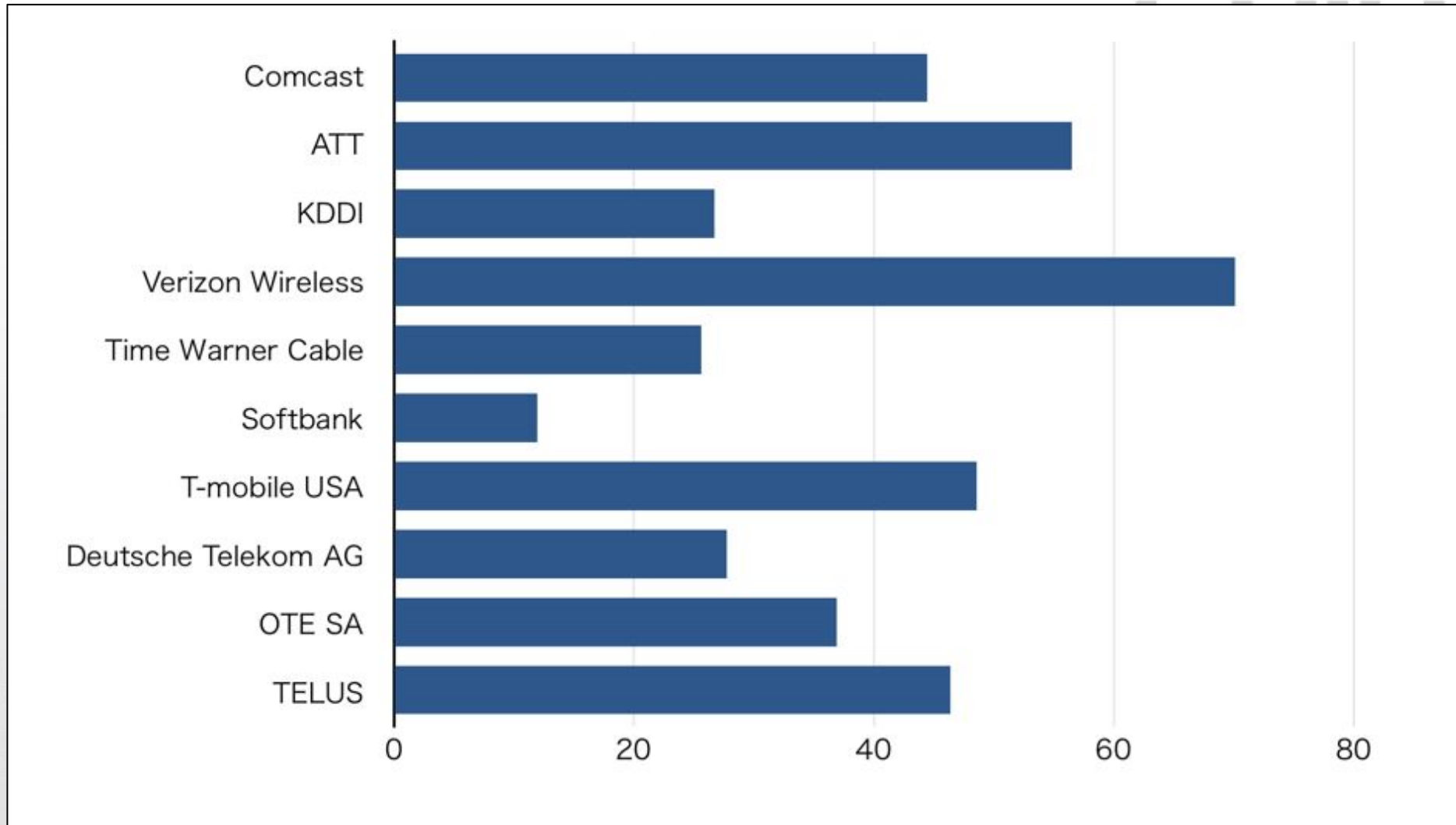
予備スライド



IPv6国別普及率TOP15



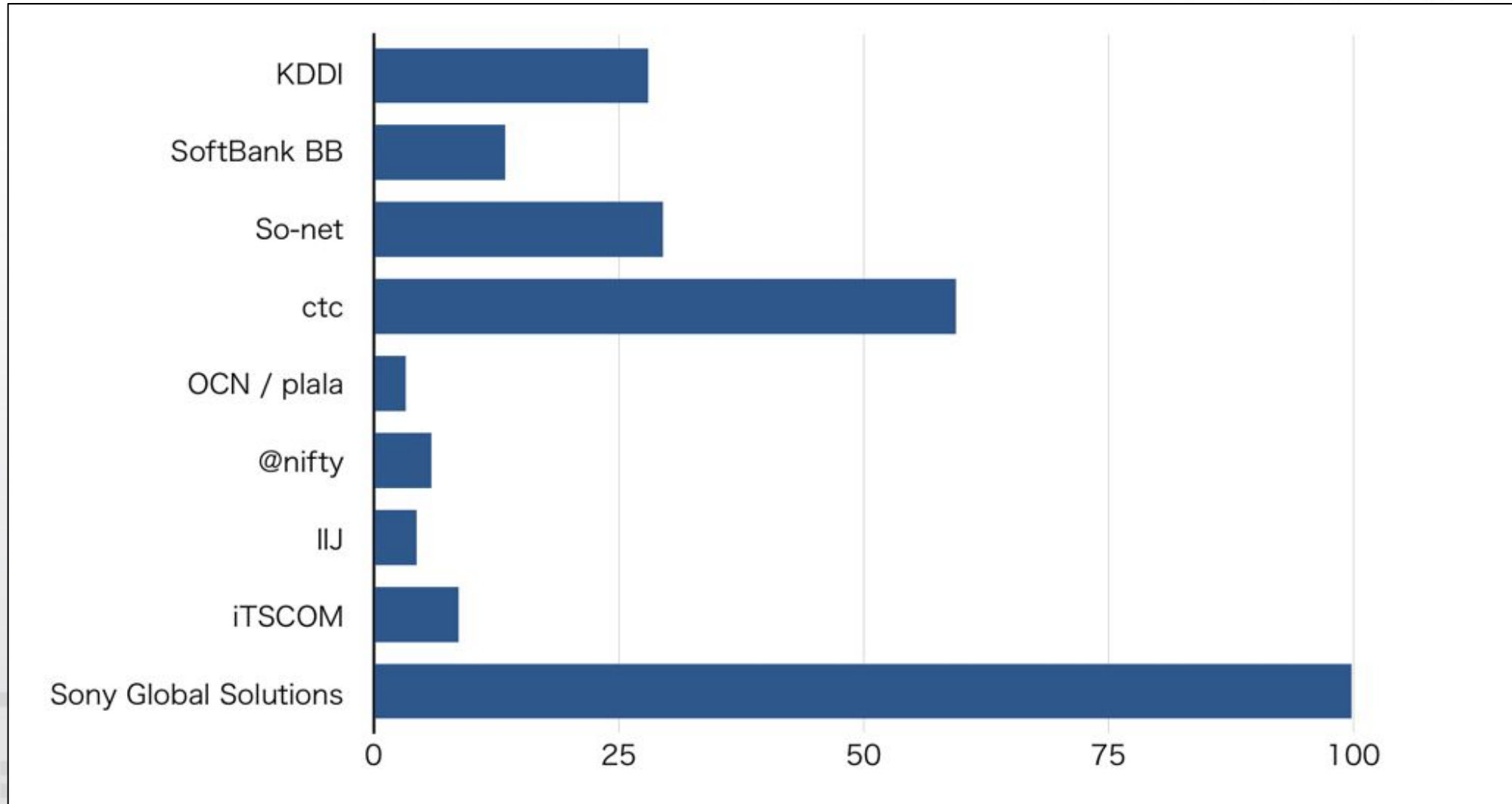
IPv6プロバイダ別トラフィックTOP10(世界)



※グラフは各IPv6の普及率を表示(トラフィック量は上から1位～10位)



IPv6プロバイダ別トラフィックTOP10(国内)



※グラフは各IPv6の普及率を表示(トラフィック量は上から1位～10位)



YouTubeのIPv6対応

- YouTubeがIPv6対応をした際に、IPv6のトラフィック量が以前より30倍増加した
- 現在最もIPv6トラフィック量の多いオンラインコンテンツの1つ
- IPv6のトラフィックの57.2%がYouTube (次いでNetflixが32.6%)

Native IPv6		
NbiDomain	Total	Distribution
youtube.com	32,287,302,346	57.19%
nflxvideo.net	18,379,215,336	32.56%
fbcdn.net	1,527,960,938	2.71%
google.com	803,450,729	1.42%
facebook.com	647,759,328	1.15%
llnwd.net	545,812,083	0.97%
yimg.com	511,013,821	0.91%
googlevideo.com	378,247,031	0.67%
yimg.com	306,134,404	0.54%

