

# 情報通信システム概論

第3回  
～通信システムの基本構成～

2020-10-03

情報システム工学科  
福田 浩

### 情報(信号)が伝わる仕組みを理解する

- ・ 有線電気通信の仕組みを理解する
- ・ 無線電機通信の仕組みを理解する
- ・ 有線光通信の仕組みを理解する

キーワード：「なぜ伝わるのか」

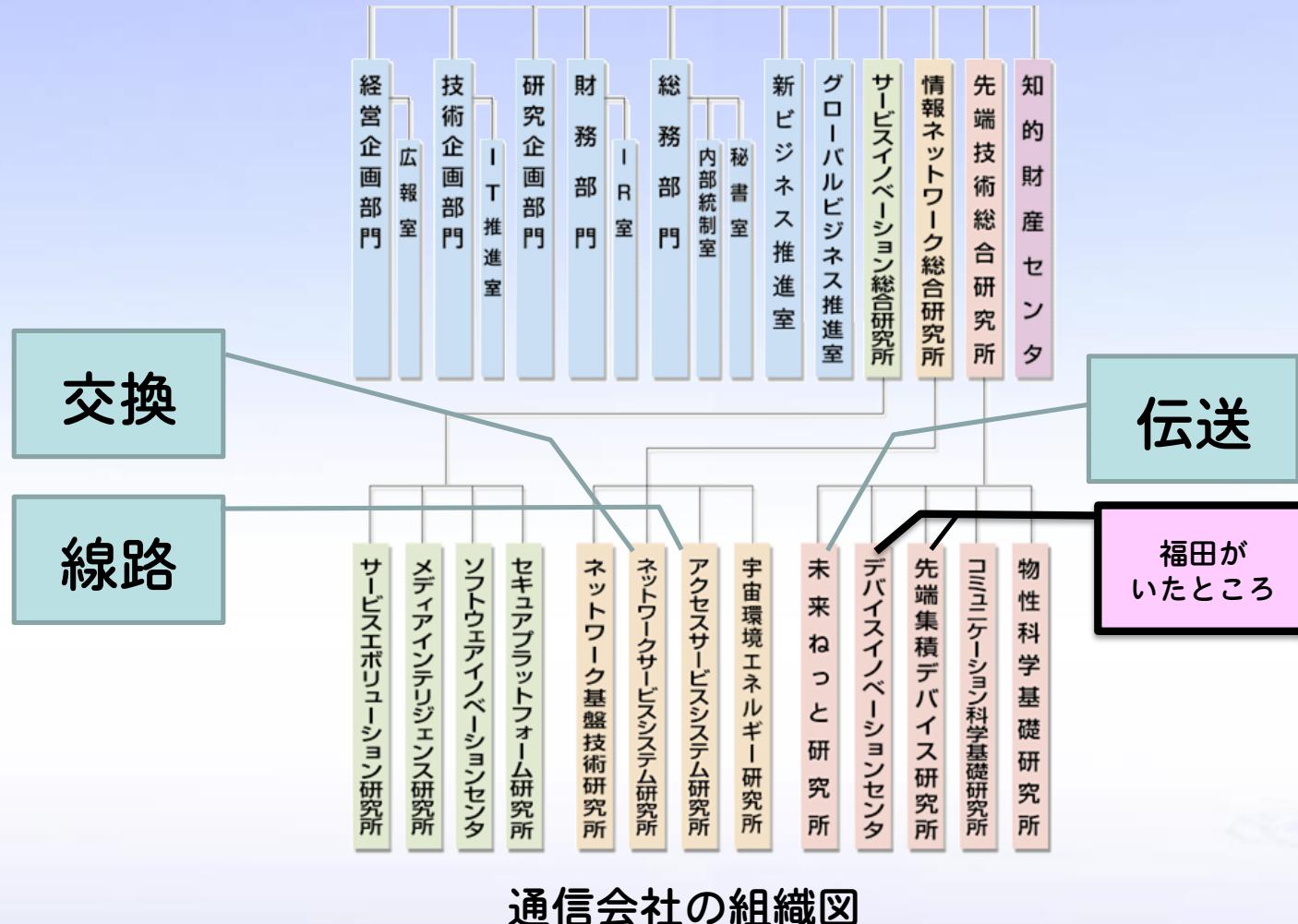


# 目次

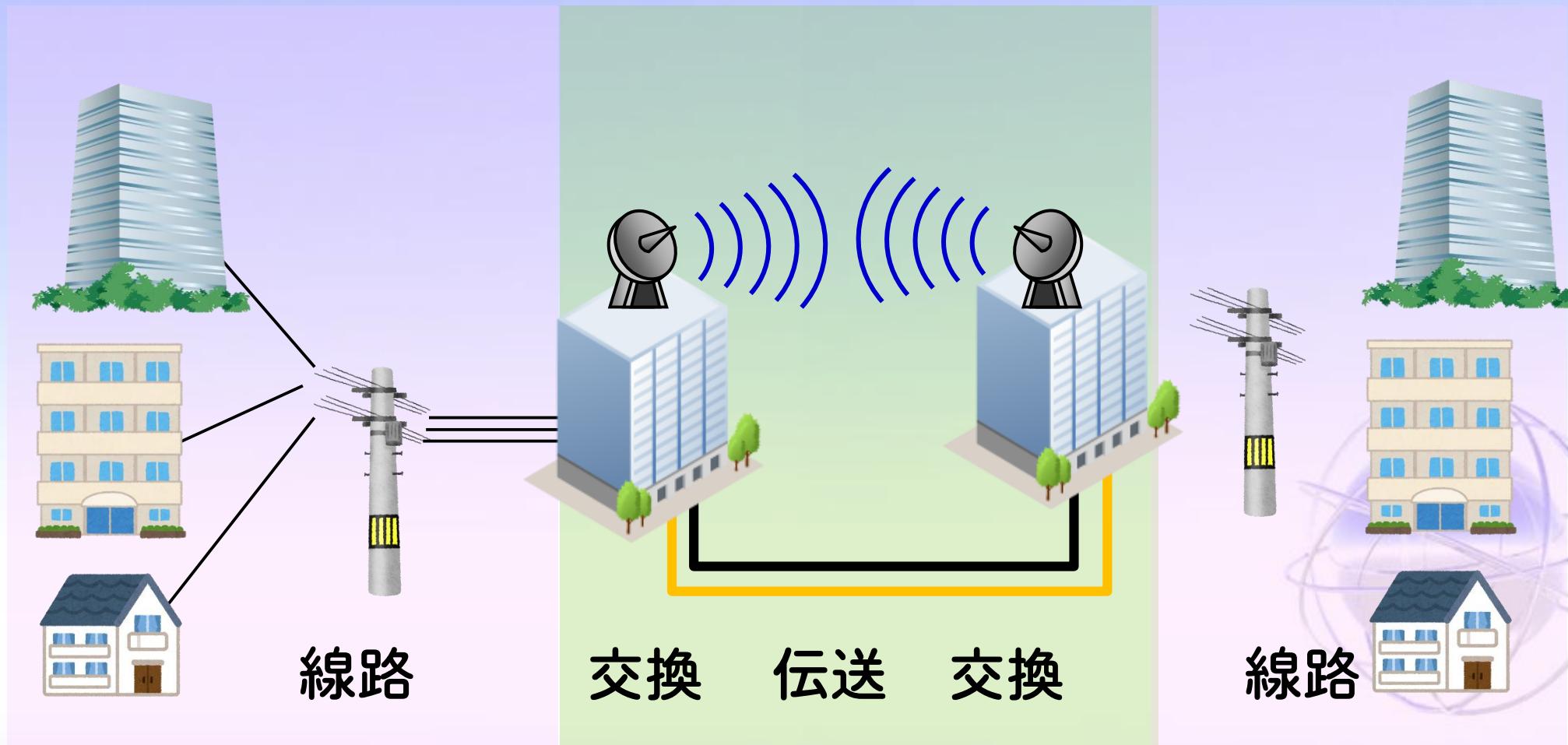
- ・ 伝送・交換・線路
- ・ 送信
  - 周波数分割多重信号の送出
  - 無線信号の送出
  - 光信号の送出
- ・ メタルケーブル
  - 伝送線路のモデル
  - 分布定数回路
- ・ 光ケーブル
  - 光ケーブルの伝送モデル
- ・ 演習問題に臨むにあたって

# 伝送・交換・線路

- 通信設備は、その構成設備により大きく3つに分類される
  - 交換、伝送、線路



# 伝送・交換・線路

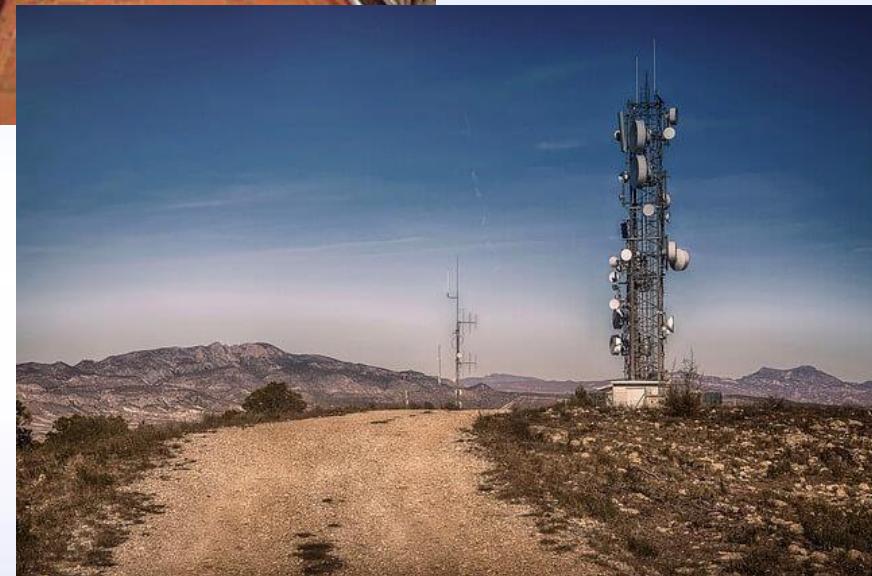


# 伝送・交換・線路



交換

線路



伝送



<https://www.youtube.com/watch?v=LB07vgrmZ4E>  
(7分)

# 伝送・交換・線路

- 電気通信に関する国家資格は大きく2つに分類される
  - 伝送交換、線路



## 電気通信主任技術者について

電気通信主任技術者は、電気通信ネットワークの工事、維持及び運用の監督責任者です。

電気通信事業者は、その事業用電気通信設備を、総務省令で定める技術基準に適合するよう、自主的に維持するために、電気通信主任技術者を選任し、電気通信設備の工事、維持及び運用の監督にあたらなければなりません。電気通信主任技術者の選任は、原則として、事業用電気通信設備を直接に管理する事業場ごととなります。

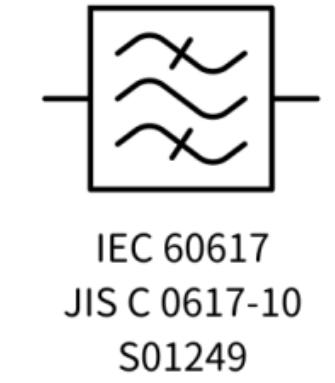
ただし、多数の事業場が地理的にも組織的にも近接している場合は、電気通信主任技術者が一定の範囲内の他の事業場の設備もあわせて監督できることになっております。

電気通信主任技術者資格者証の種類は、ネットワークを構成する設備に着目して区分されております。

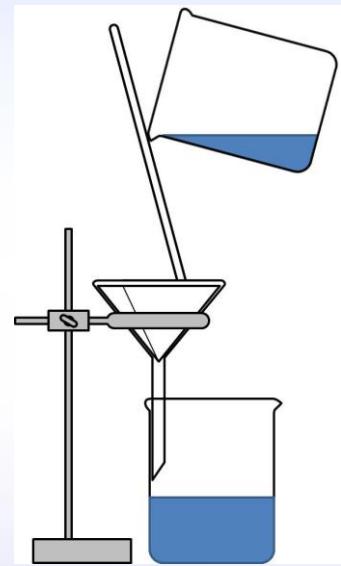
資格者証の種類	監督の範囲
伝送交換主任技術者資格者証	電気通信事業の用に供する伝送交換設備及びこれに附属する設備の工事、維持及び運用
線路主任技術者資格者証	電気通信事業の用に供する線路設備及びこれらに附属する設備の工事、維持及び運用

本授業の演習問題では、この試験の問題にも取り組む

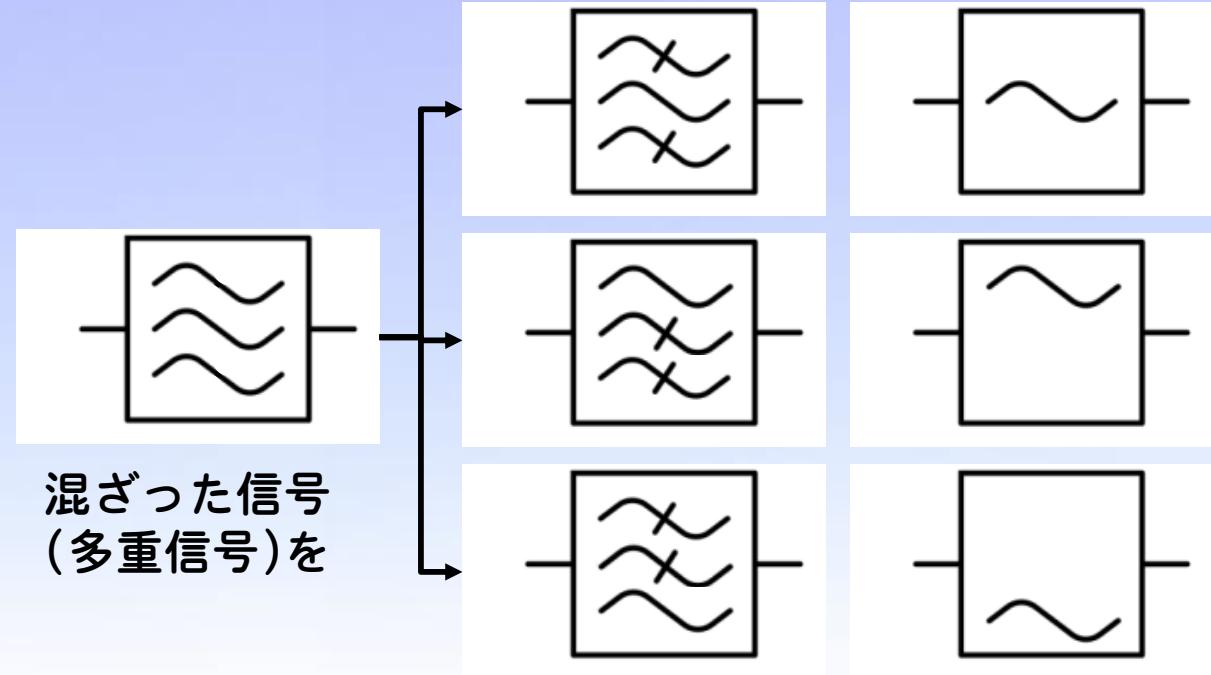
# (第2回スライドの再掲) 多重伝送の幕開け



フィルタ(ろ波器)の記号



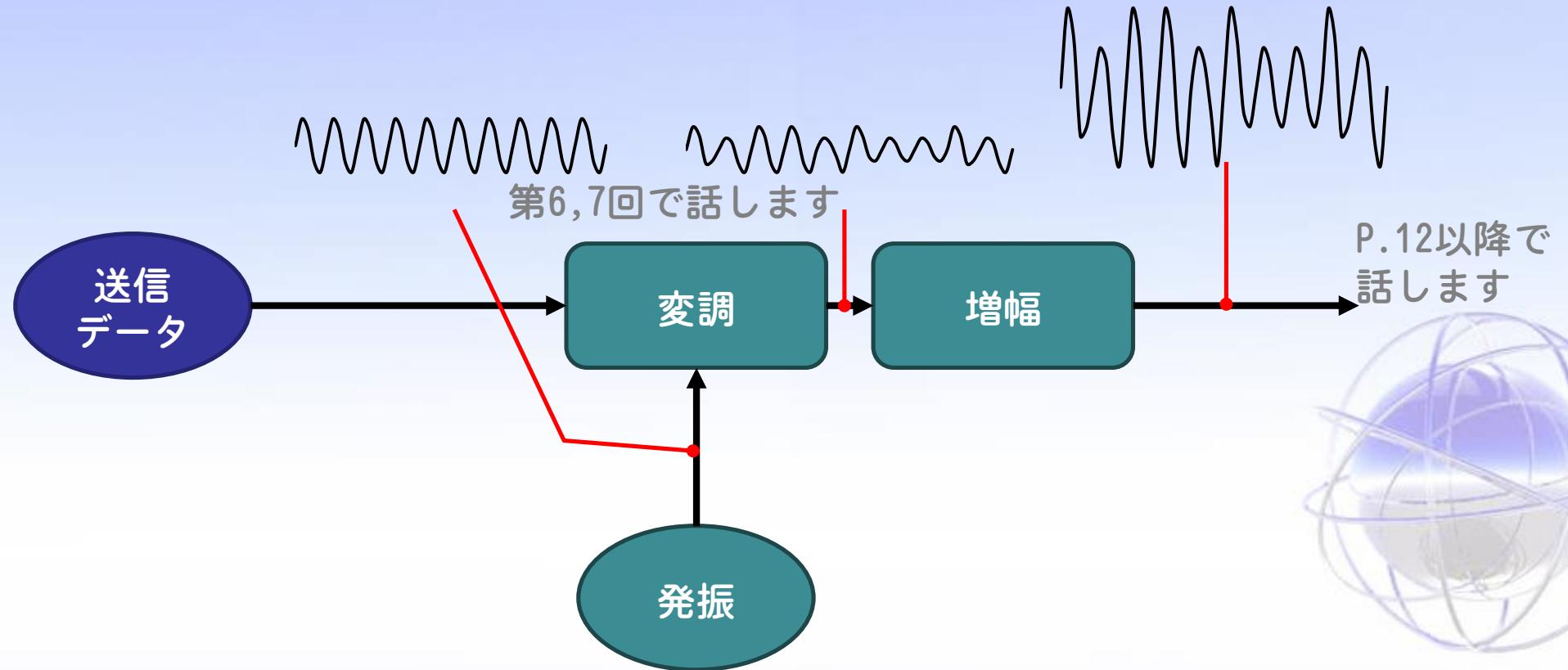
ろ過



複数の信号を混ぜる(多重化する)ことが出来るので、  
設備投資が軽減され、通信量の増大に比較的柔軟に  
対応できるようになる

# 送信 ~周波数分割多重信号の送出~

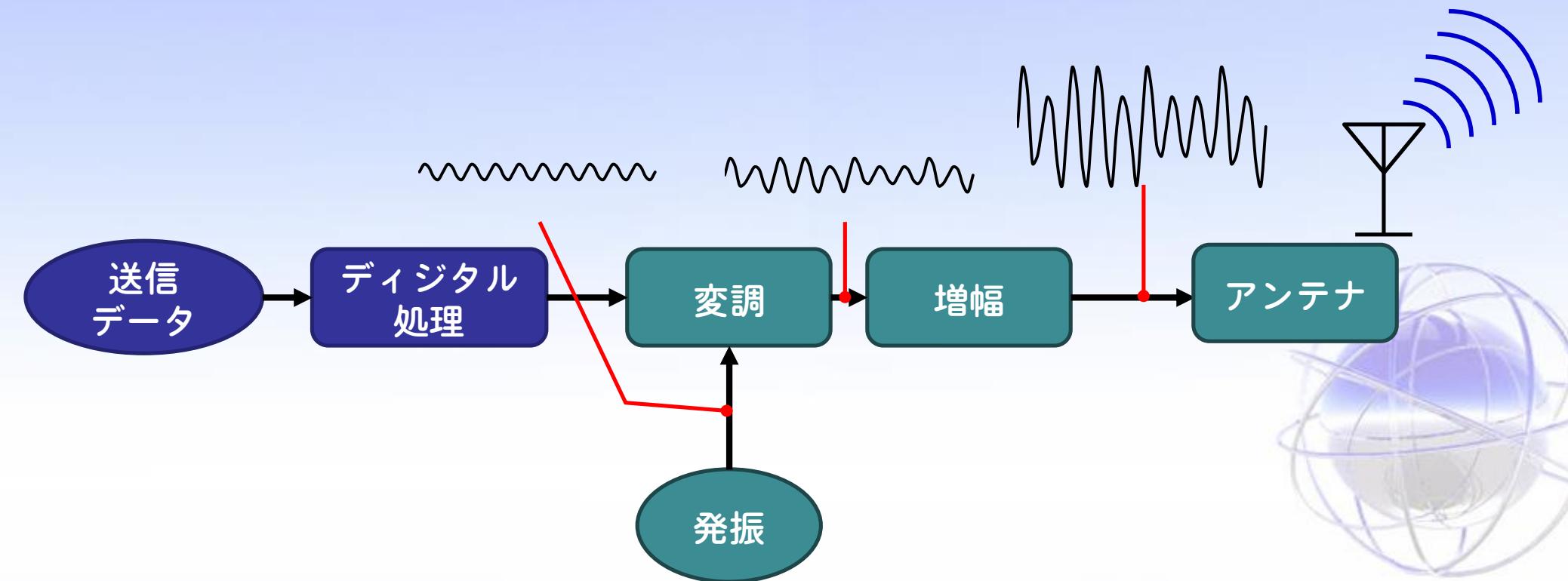
信号は搬送波に重畠されて、波として送出される



なぜ伝わるのか 情報(信号)を電圧の大きさに変換しているため

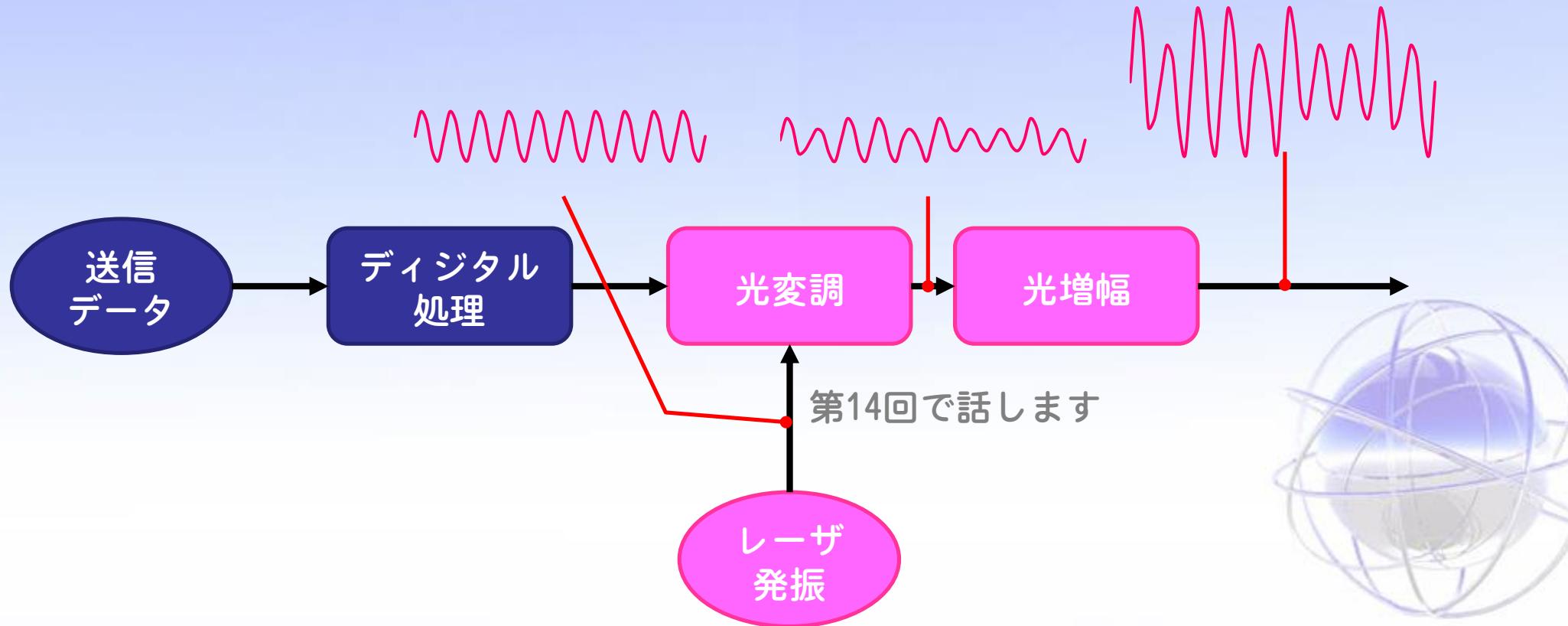
# 送信 ~無線信号の送出~

信号は搬送波に重畠されて、波として送出される



# 送信 ~光信号の送出~

信号は光波に変換されて送出される



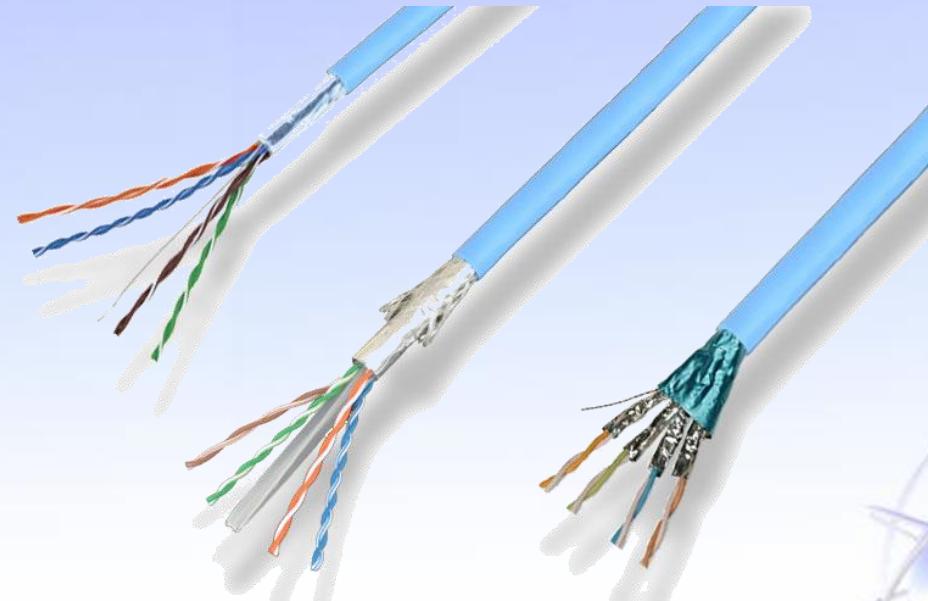
なぜ伝わるのか

情報(信号)を光の強さに変換しているため



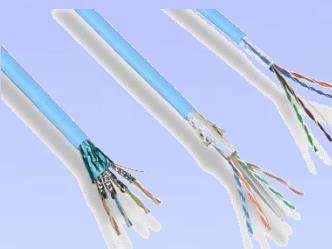
# メタルケーブル（平衡ペアケーブル）

- LANケーブルは、通常は2本ペアの撚線(よりせん)
  - UTP(Unshielded Twist Pair)ケーブルとSTP(Shielded Twist Pair)



家庭や学校で目に見るLANケーブルは、ほとんどUTP

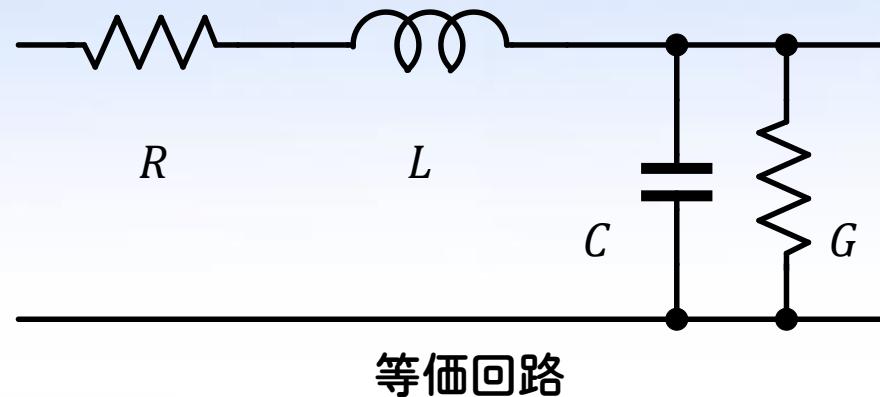
# 伝送線路のモデル



電線のわずかな抵抗 $R$  電線のわずかな誘導 $L$

電線間のわずかな容量 $C$

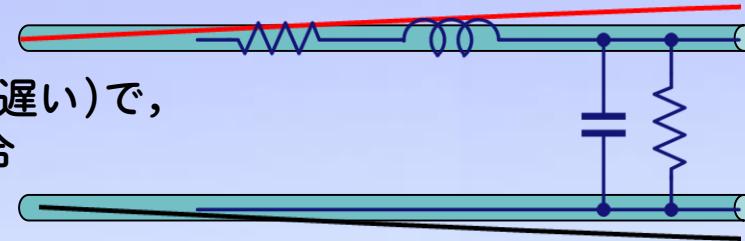
電線間のわずかな漏れ  
電流に対応する抵抗 $G$



2本ペアの撲線には、それ自身のわずかな抵抗、わずかな誘導  
撲線同士の間のわずかな容量、わずかな漏れ電流に対する抵抗 がある  
いずれもわずかだが、通信線路のように長くなると無視できなくなる  
ほかにも別の問題が生じる(次ページ)

# 分布定数回路

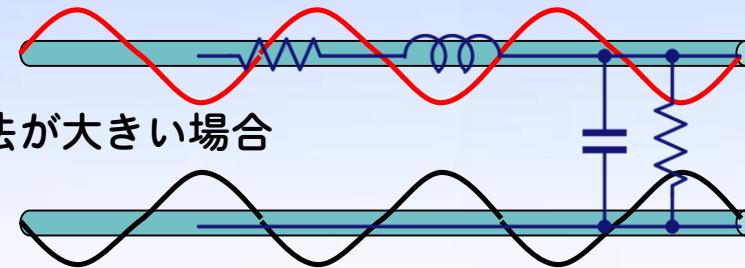
低周波数(電圧の変化が遅い)で、  
回路の寸法が小さい場合



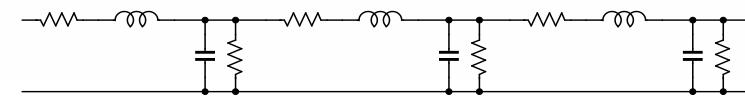
回路内の電圧はどこも  
ほぼ同じ

## 集中定数回路

低周波数でも回路の寸法が大きい場合  
or 高周波数の場合



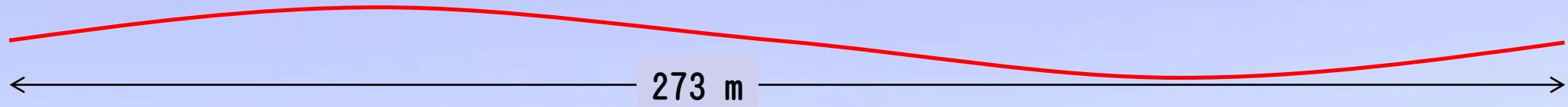
回路内の電圧は場所に  
よって大きく異なる



## 分布定数回路

# 具体的な寸法

メタルケーブルの回線例(ADSL) 1.1 MHz



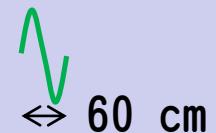
無線LAN(IEEE 802.11ac) 5 GHz



6 cm

参考

地上波デジタル放送  
1ch 539 MHz



↔ 60 cm

なぜ伝わるのか

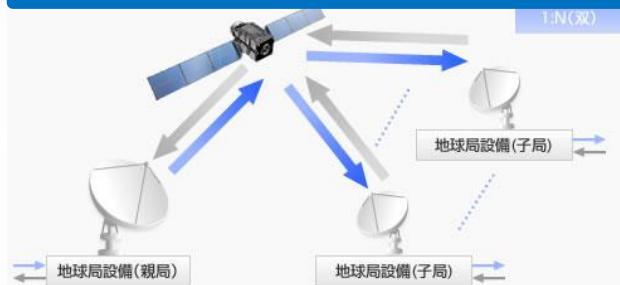
高速信号を伝送するために、分布定数回路の概念を導入し、  
回路内の電圧分布を解析しているため

# (再掲) 海底ケーブル

- 世界と通信するためには、海底ケーブルが必須
  - 通信の黎明期から、英米を中心に大西洋、ドーバー海峡などの要所にケーブル敷設



- 世界初の海底ケーブルは分布定数回路を考慮しておらず、信号の伝送がうまくいかない事象が多発
- 国の命を受けその原因究明にあたったケルビン卿により、分布定数回路の基礎が作られた

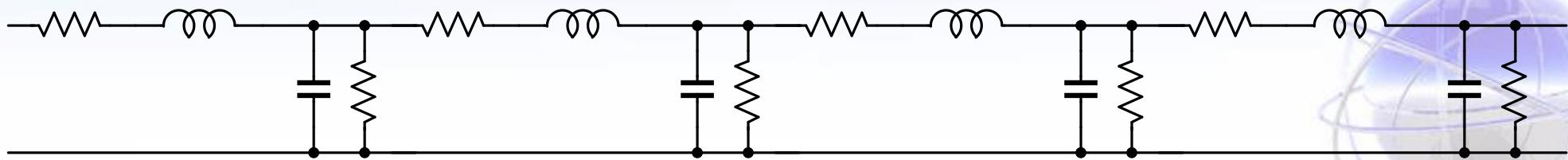
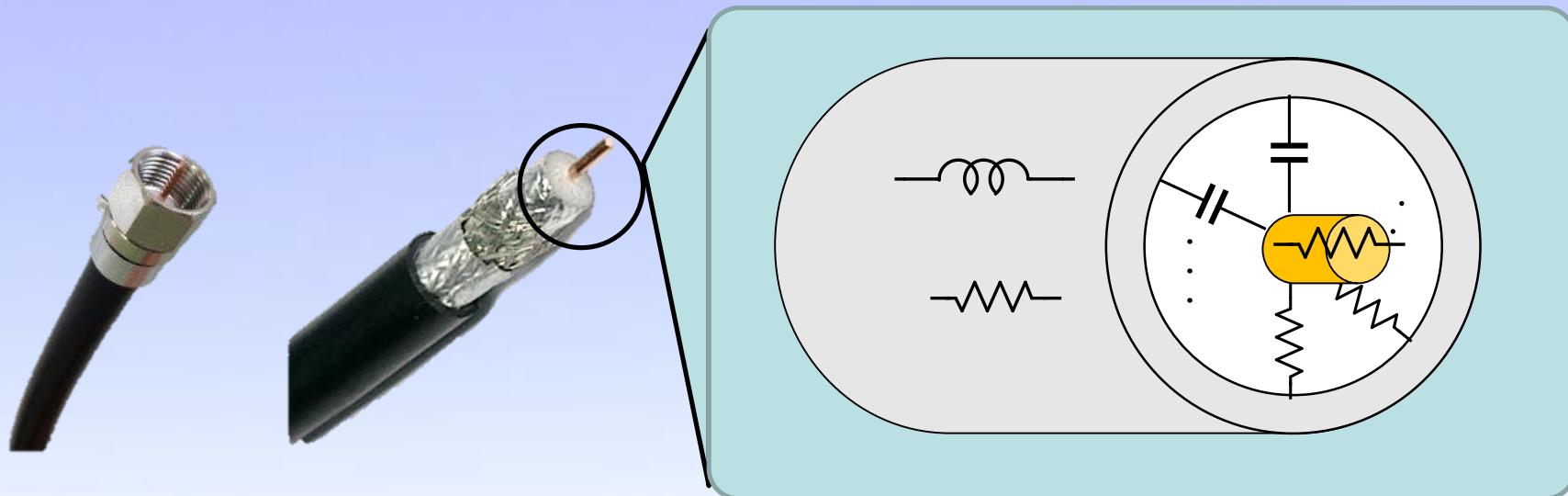


海底ケーブル  
陸揚の様子

現在、衛星通信も存在するが、  
遅延が大きい。長所短所により  
海底ケーブル通信と棲み分け



# メタルケーブル（同軸ケーブル）



分布定数回路

# 光ケーブル

## 光を伝搬する誘電体からなるケーブル

### 材料

- ・ 石英系
  - 光通信、データセンタ、センサなど
- ・ プラスチック：PMMA（ポリメチルメタクリレート）
  - オーディオ、照明、装飾、内視鏡など



### 石英系光ファイバの特徴

- ・ 光の伝搬損失が小さい
  - 0.2dB/km程度（15km伝搬して半分）
  - 長距離の信号伝達ができる。
- ・ 大容量の情報の伝達が可能
  - 周波数の高い光を用いるため、帯域が広い
- ・ 電線に比べて細径で軽量
  - 航空機などで信号の伝達に使う（Fly by light）
  - 多芯化が容易
- ・ その他
  - 電磁誘導の影響を受けない。
  - 資源が豊富



# 光ケーブルの伝送モデル

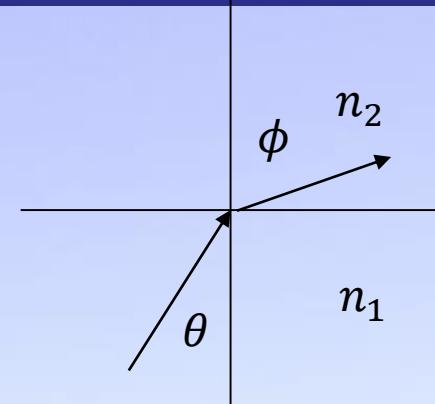
## 光の伝搬

### スネルの法則

$\phi = \pi/2$  のとき

$$n_1 \sin \theta = n_2 \sin \phi$$

$$\theta = \arcsin \frac{n_2}{n_1}$$



であり、臨界角という。

光ファイバは全反射を繰り返して光を伝搬する。

スネルの法則  $n_1 > n_2$

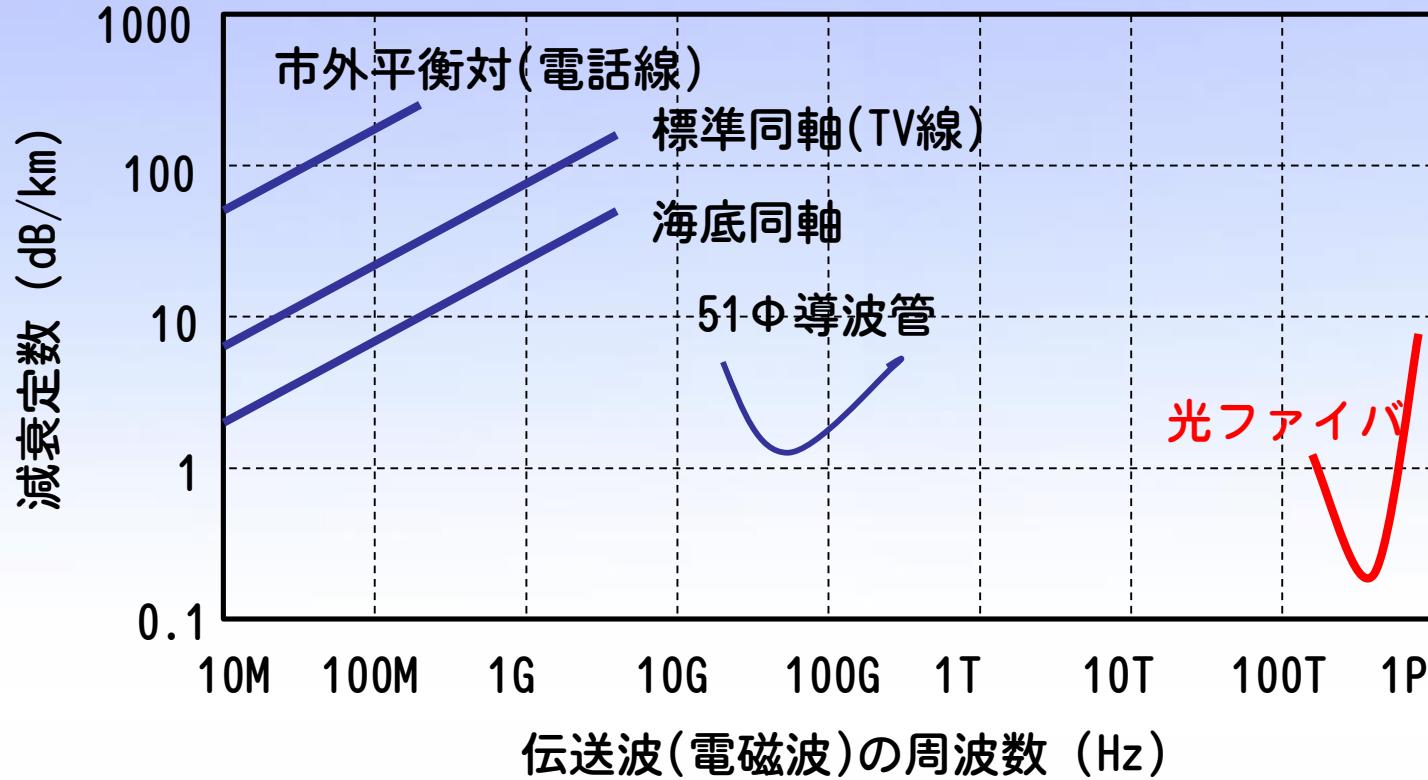
外径  $125\text{ }\mu\text{m}$  (髪の毛くらいの太さ)

クラッド

コア

中心部の直径  $10\text{ }\mu\text{m}$  の領域 (コア) は、Geなどを添加することにより周囲 (クラッド) に比べて屈折率をわずかに ( $\sim 0.3\%$ ) 高くしている

# 光ファイバケーブルとメタルケーブルの比較



なぜ伝わるのか

更に高速な信号を伝送するために、データの高速化に対する制限が大幅に緩和される光伝送を導入しているため

# まとめ

なぜ伝わるのか

情報(信号)を電圧の大きさに変換しているため

なぜ伝わるのか

高速信号を伝送するために、分布定数回路の概念を導入し、  
回路内の電圧分布を解析しているため

なぜ伝わるのか

更に高速な信号を伝送するために、データの高速化に対する制  
限が大幅に緩和される光伝送を導入しているため

なぜ伝わるのか

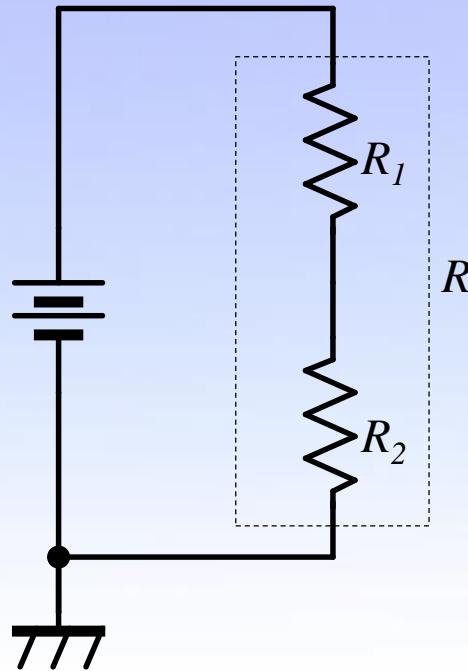
情報(信号)を光の強さに変換しているため

# 演習問題に臨むにあたり

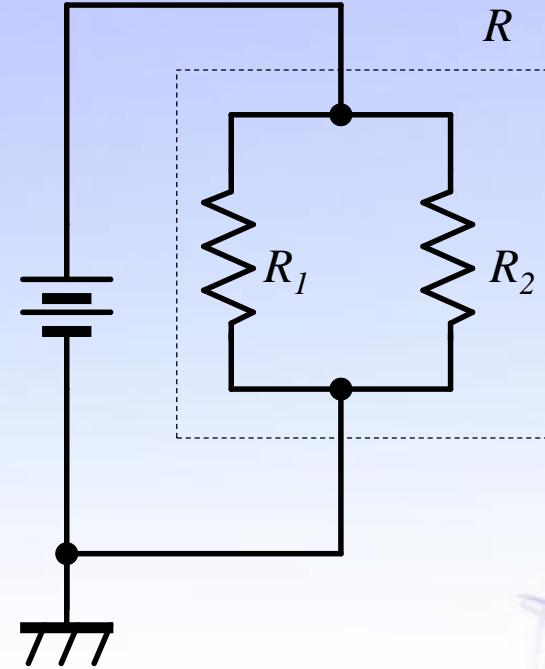


試験科目	伝送交換 主任技術者	線路 主任技術者
1. 電気通信システム		
(1)電気通信工学の基礎	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(2)電気通信システムの大要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2. 専門的能力		
(1)伝送、無線、交換、データ通信及び通信電力のうちいづれか一分野に関する専門的能力	<input type="radio"/>	—
(2)通信線路、通信土木及び水底線路のうちいづれか一分野に関する専門的能力	—	<input type="radio"/>
3. 伝送交換設備及び設備管理(伝送交換主任技術者に限る。)		
伝送交換設備の概要並びに当該設備の設備管理及びセキュリティ管理	<input type="radio"/>	—
4. 線路設備及び設備管理(線路主任技術者に限る。)		
線路設備の概要、当該設備の設備管理及びセキュリティ管理	—	<input type="radio"/>
5. 法規		
(1)電気通信事業法(昭和59年法律第86号)及びこれに基づく命令	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(2)有線電気通信法(昭和28年法律第96号)及びこれに基づく命令	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(3)電波法(昭和25年法律第131号)及びこれに基づく命令	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(4)不正アクセス行為の禁止等に関する法律(平成11年法律第128号)並びに電子署名及び認証業務に関する法律(平成12年法律第102号)に基づく命令	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
(5)国際電気通信連合憲章及び国際電気通信連合条約の大要	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

# 復習：合成抵抗

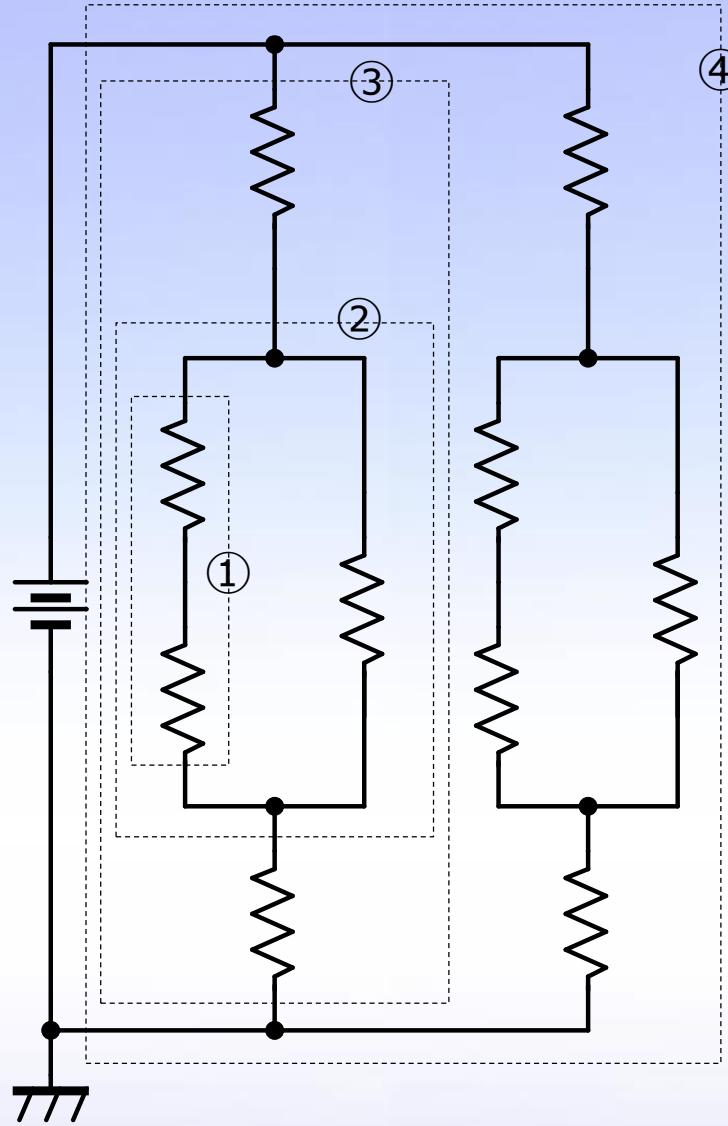


$$R = R_1 + R_2$$

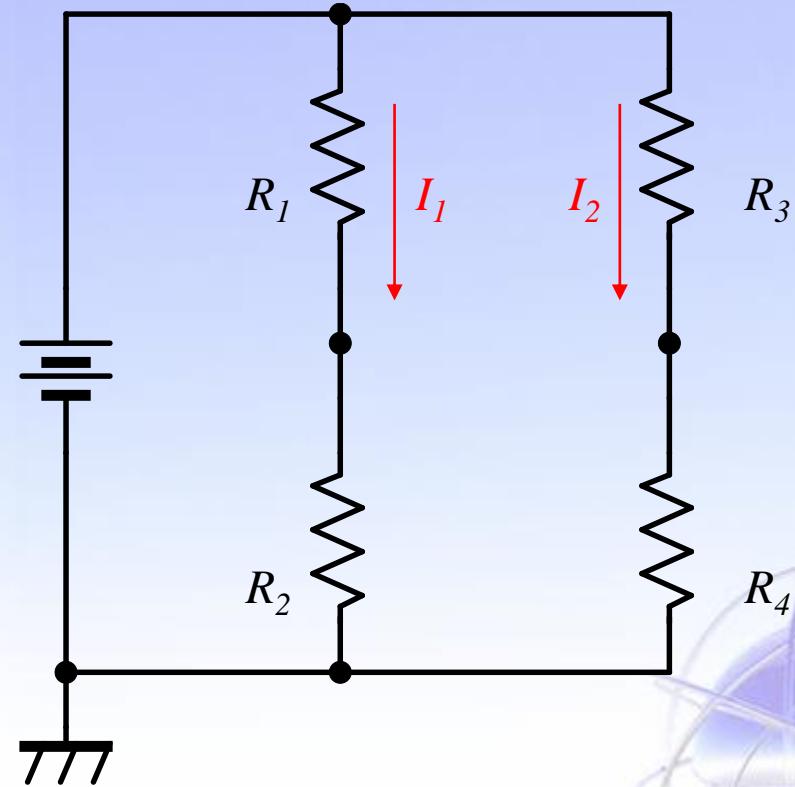
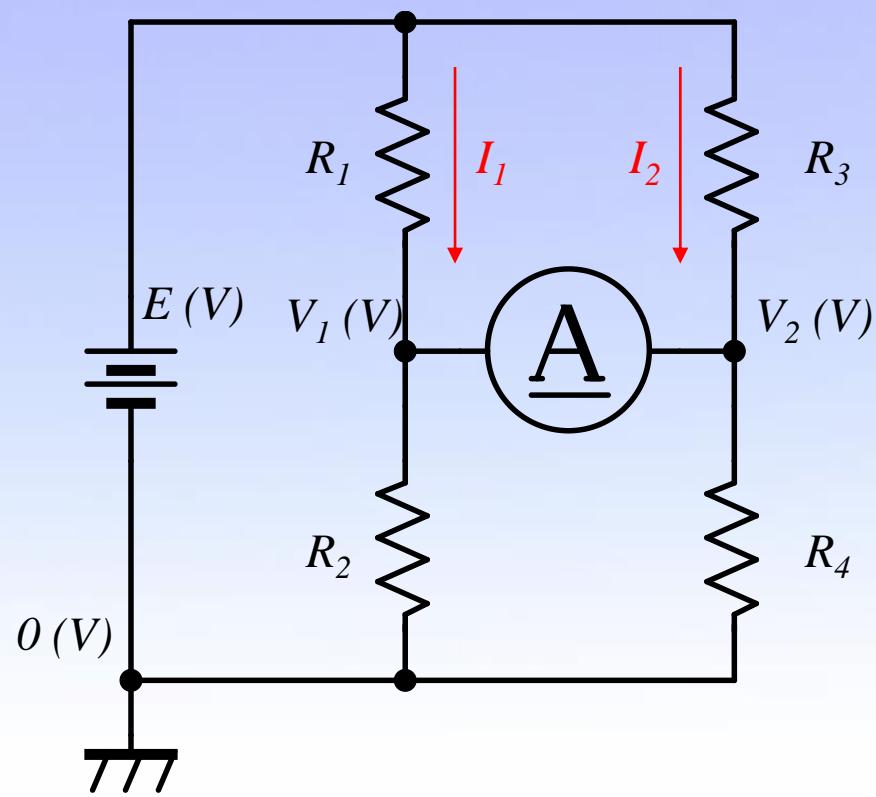


$$R = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

# 復習：合成抵抗



# 復習：ブリッジ回路



$$V_1 = E - I_1 R_1, V_2 = E - I_2 R_3$$

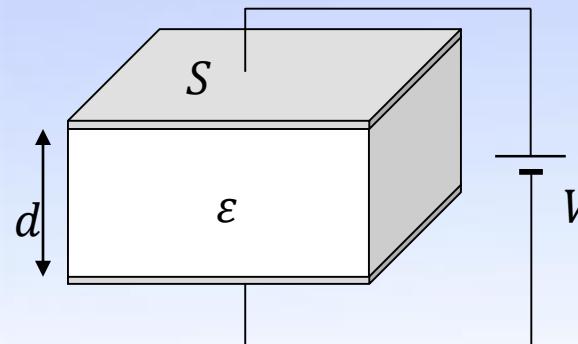
$I_1 R_1 = I_2 R_3$  のとき，  $V_1 = V_2$  となり  
電流計には電流は流れない

# 復習：コンデンサの静電容量

コンデンサの静電容量 $C$

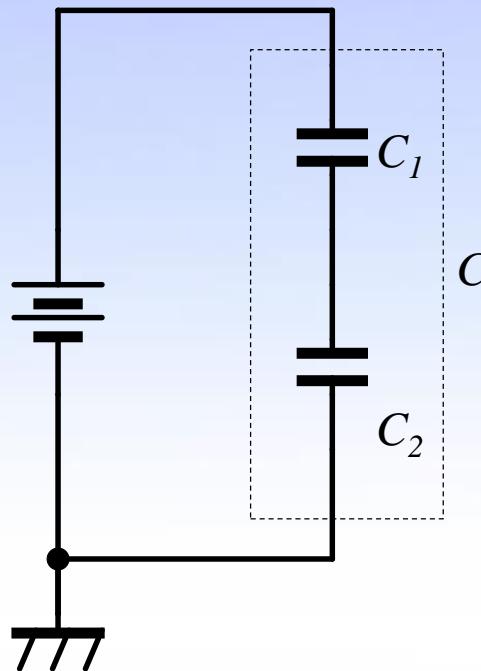
$$C = \varepsilon \frac{S}{d}$$

- ・ 電極の面積 $S$ に比例
- ・ 電極間の距離 $d$ に反比例
- ・ 誘電率 $\varepsilon$ に比例

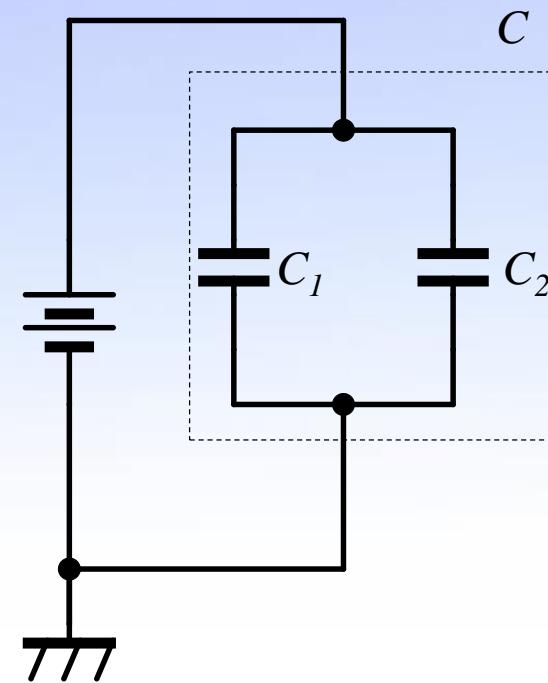


コンデンサの模式図

# 復習：合成容量



$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$



$$C = C_1 + C_2$$