



情報エレクトロニクス学科共通科目・2年次・夏ターム〔必修科目〕  
講義「情報理論」(クラスC)

第1回

第1章 情報理論とは



# 情報理論とは

情報の伝達を**効率よく**、**信頼性高く**行うための理論

キーワード: 情報の伝達、効率性、信頼性



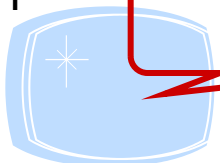
# 情報の伝達

## 情報の伝達の本質は、受け手の知識の変化

### 受け手の知識の変化が大きいのは？

〈1月の札幌の天気〉 受け手は札幌に長年住んでいると仮定

Case 1

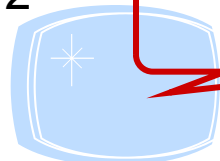


雪降っているよ



外の天気知らない場合

Case 2

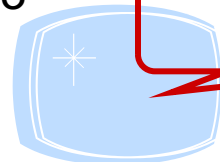


雨降っているよ



外の天気知らない場合

Case 3



雨降っているよ



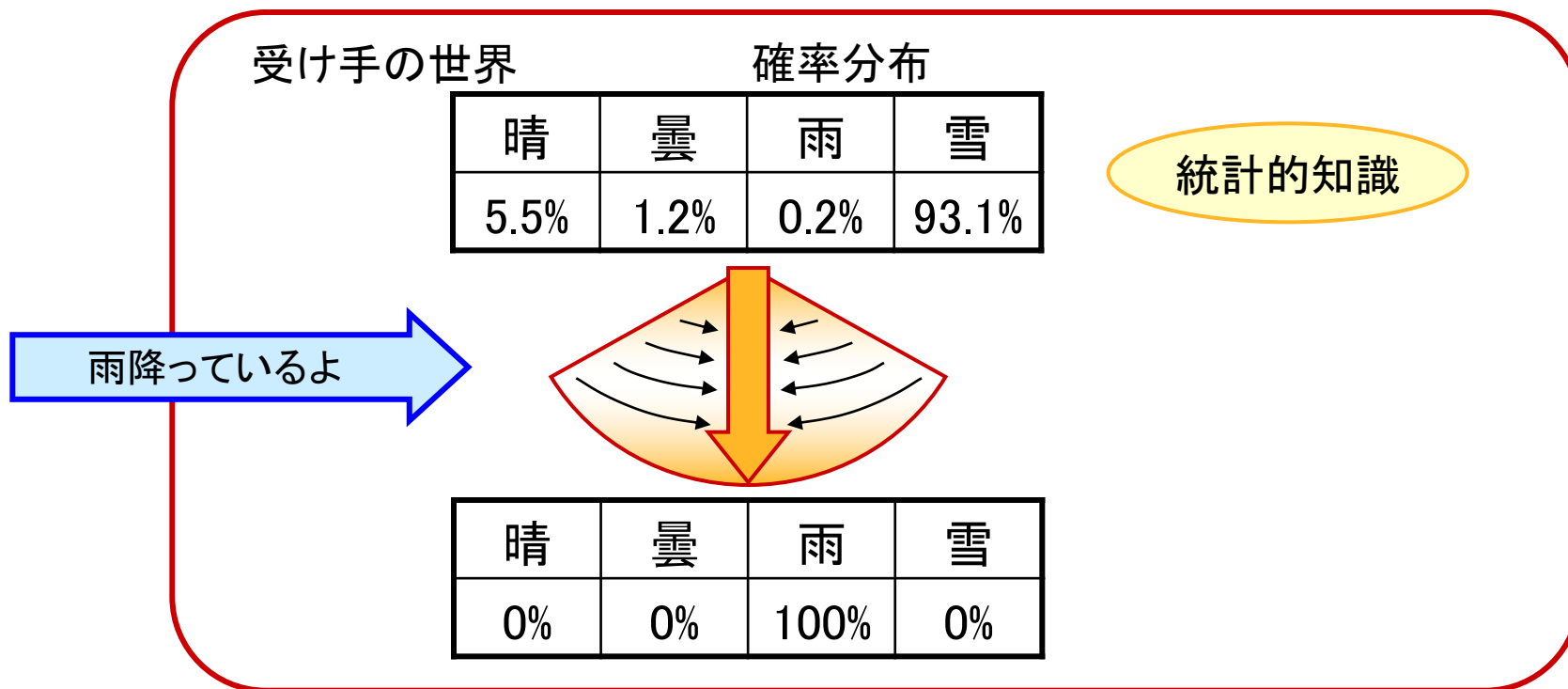
外の天気知っている場合



# 情報の伝達

受け手の知識の変化＝

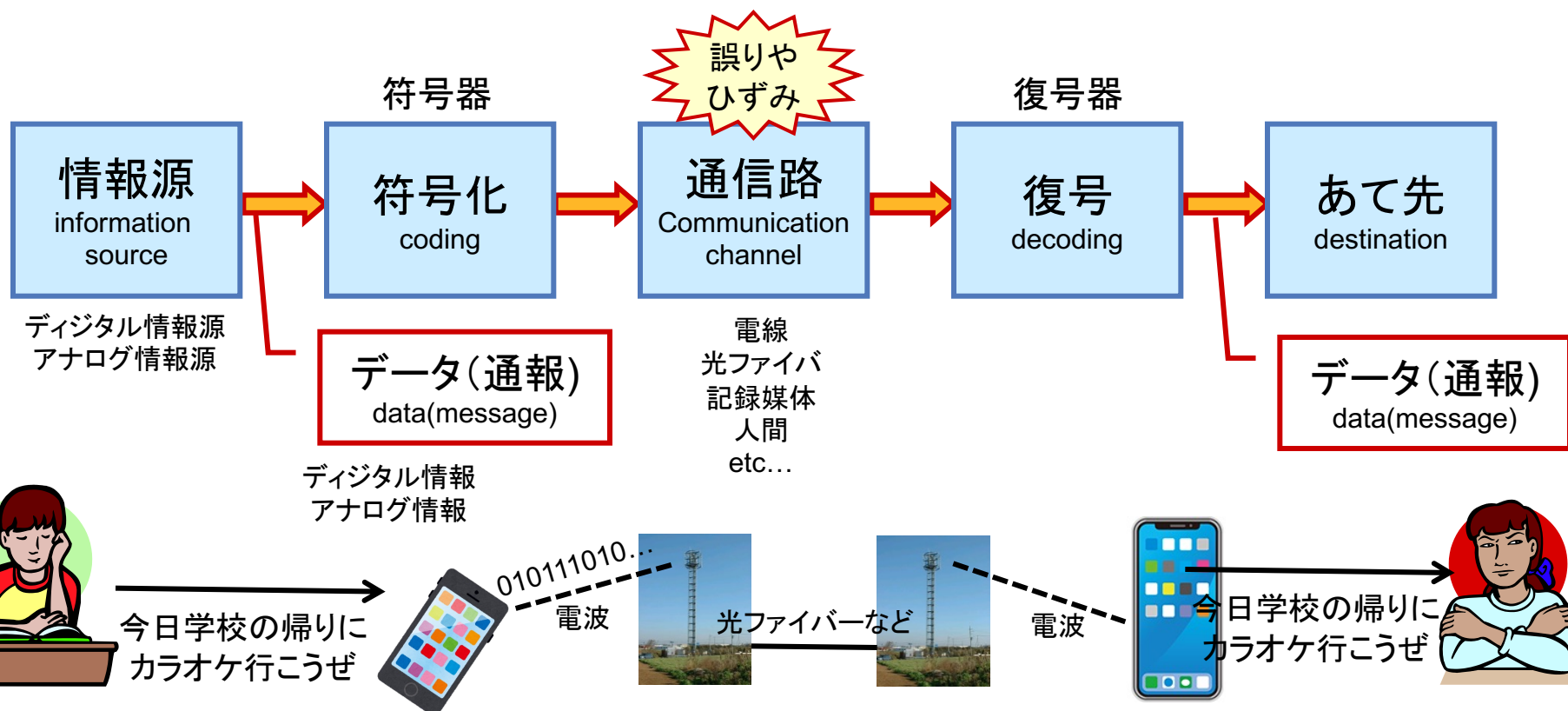
何らかの統計的知識に基づいて受け手が与えている  
確率分布の変化





# 通信システムのモデル

- 情報理論では、受け手の世界(確率分布)を既知と仮定して、情報伝達の効率性と信頼性についての理論を展開する。
  - そのためには通信モデルをはっきりさせる必要がある。





# デジタルとアナログ

デジタル量: 離散的な値をとる量(例: 記号、数字)

デジタルデータ(通報): デジタル量で表されるデータ(通報)

デジタル情報源: デジタルデータ(通報)を発生する情報源

デジタル通信路: 入出力ともにデジタル量である通信路

アナログ量: 連続的な値をとる量(例: 音声、画像)

アナログデータ(通報): アナログ量で表されるデータ(通報)

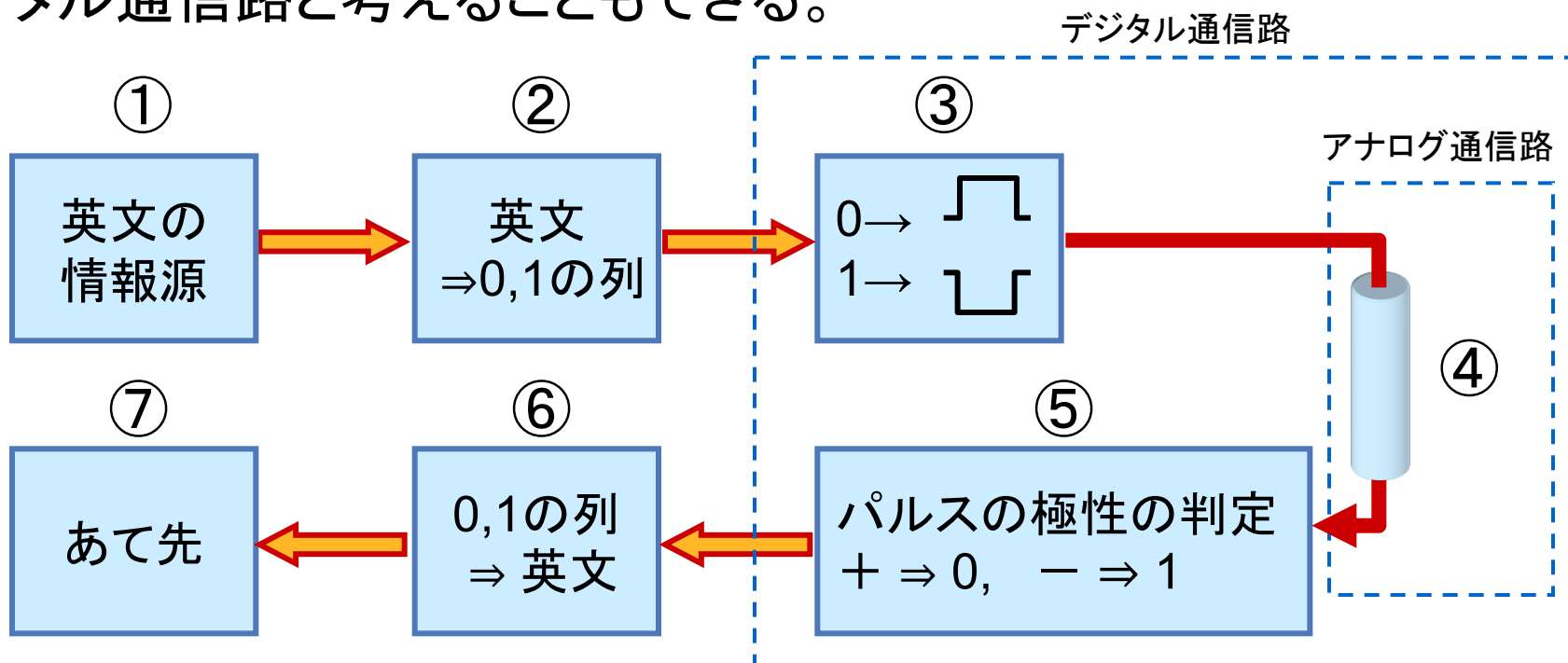
アナログ情報源: アナログデータ(通報)を発生する情報源

アナログ通信路: 入力、出力の少なくとも一方がアナログ量である通信路



# デジタル通信路・アナログ通信路

- 0,1で表されるデジタル量をパルスに変換してアナログ量にできる。下図のようなシステムの場合、③④⑤をまとめてデジタル通信路と考えることもできる。



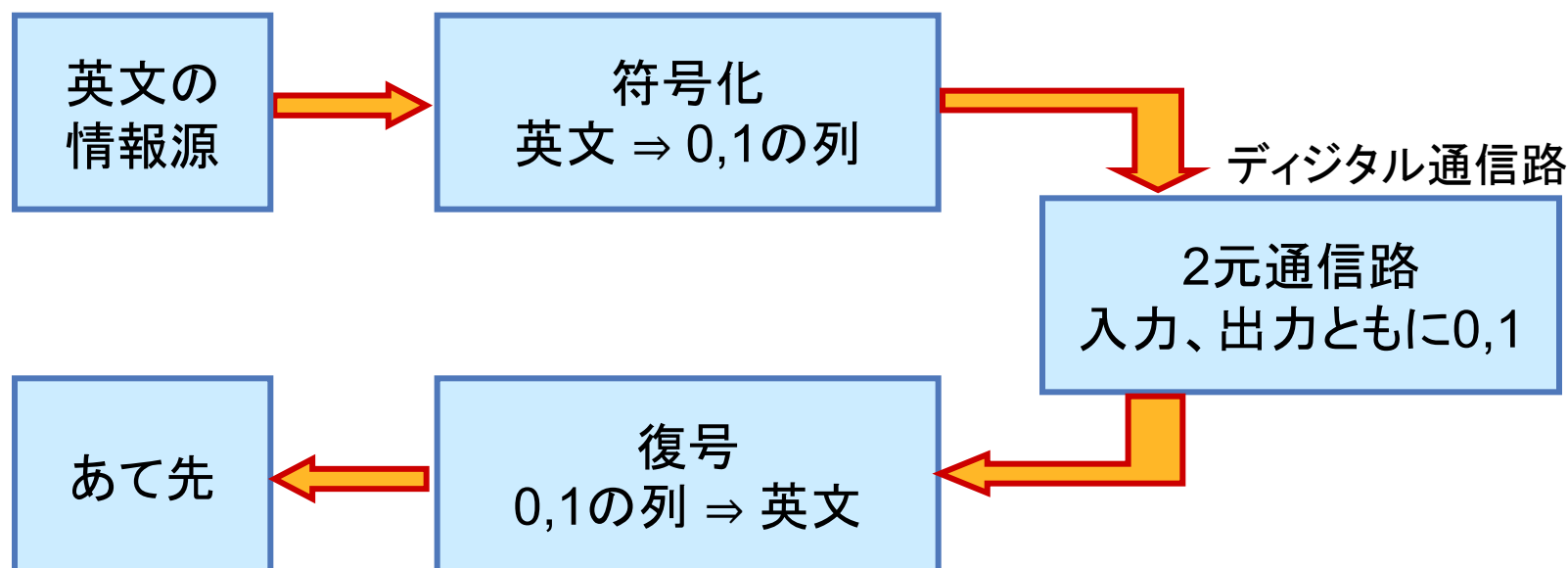
- 音声アナログ情報をパルス符号変調技術(PCM)によってデジタル量にできる。(アナログ通報もデジタル通信路で送ることが可能)



# 効率性・信頼性の高い符号化

- より効率よい(短い系列への)符号化  $\Rightarrow$  情報源符号化
- より信頼性を高めるための符号化  $\Rightarrow$  通信路符号化

(例)



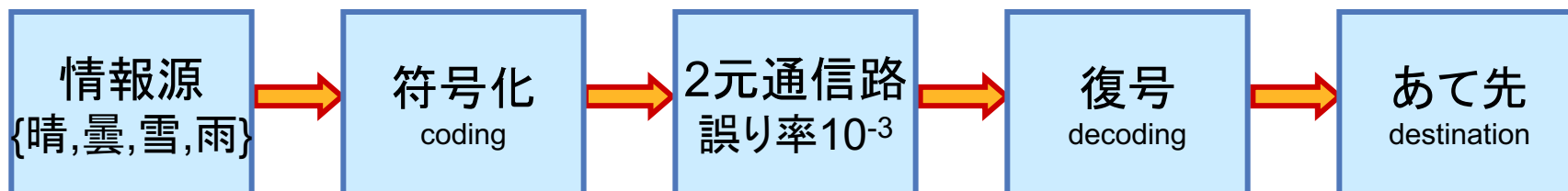




# 効率的で信頼性が高い符号とは？

- 例) 天気情報を2元通信路を介して送る
  1. 2元通信路では送られた記号数に応じて課金される。  
**できるだけ送る記号数を減らしたい。**
  2. 送られた情報源記号 晴, 曇, 雪, 雨が **誤っている確率を小さくしたい。**

情報源記号	確率
晴	0.055
曇	0.012
雨	0.002
雪	0.931





# 効率的な情報源符号化法とは

## 【問1.2】

### 符号語

情報源記号	確率	C1	C2
晴	0.055	0 0	1 0
曇	0.012	0 1	1 1 0
雨	0.002	1 0	1 1 1 0
雪	0.931	1 1	0

符号アルファベット =  $\{0, 1\}$  : 2元符号  
( $q$ 個あったら $q$ 元符号)

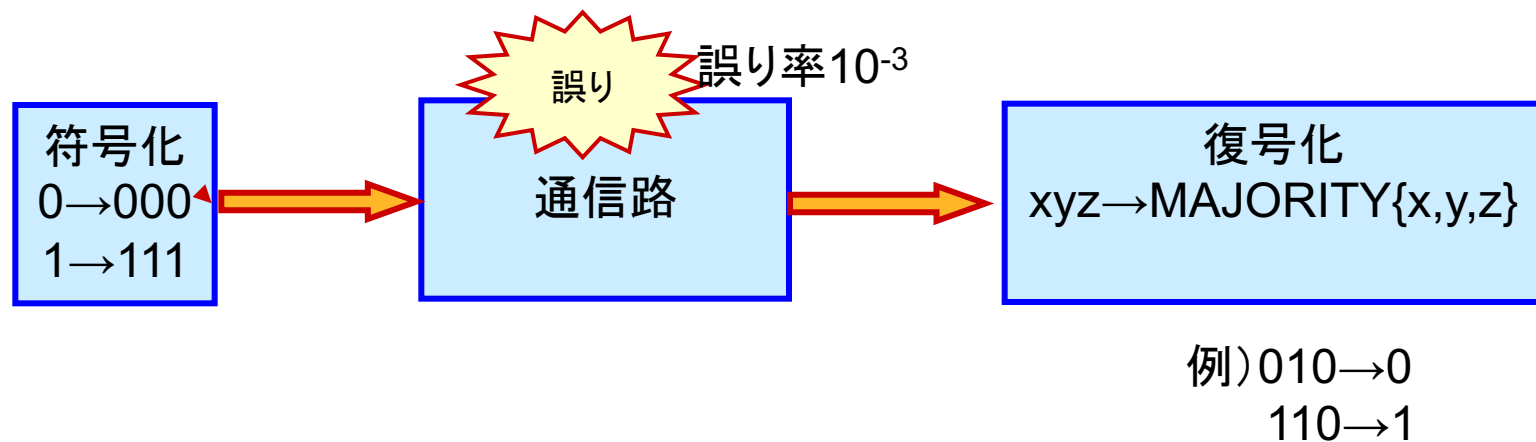
C1とC2ではどちらが効率的(通信料が安くなる)?

1情報源記号あたりの平均符号長が短いほど効率的(通信料が安い)!



# 信頼性の高い通信路符号化法とは

## 【問1.3】



復号誤り率は？

$${}_3C_2(10^{-3})^2(1-10^{-3})+(10^{-3})^3 \approx 3 \cdot 10^{-6}$$

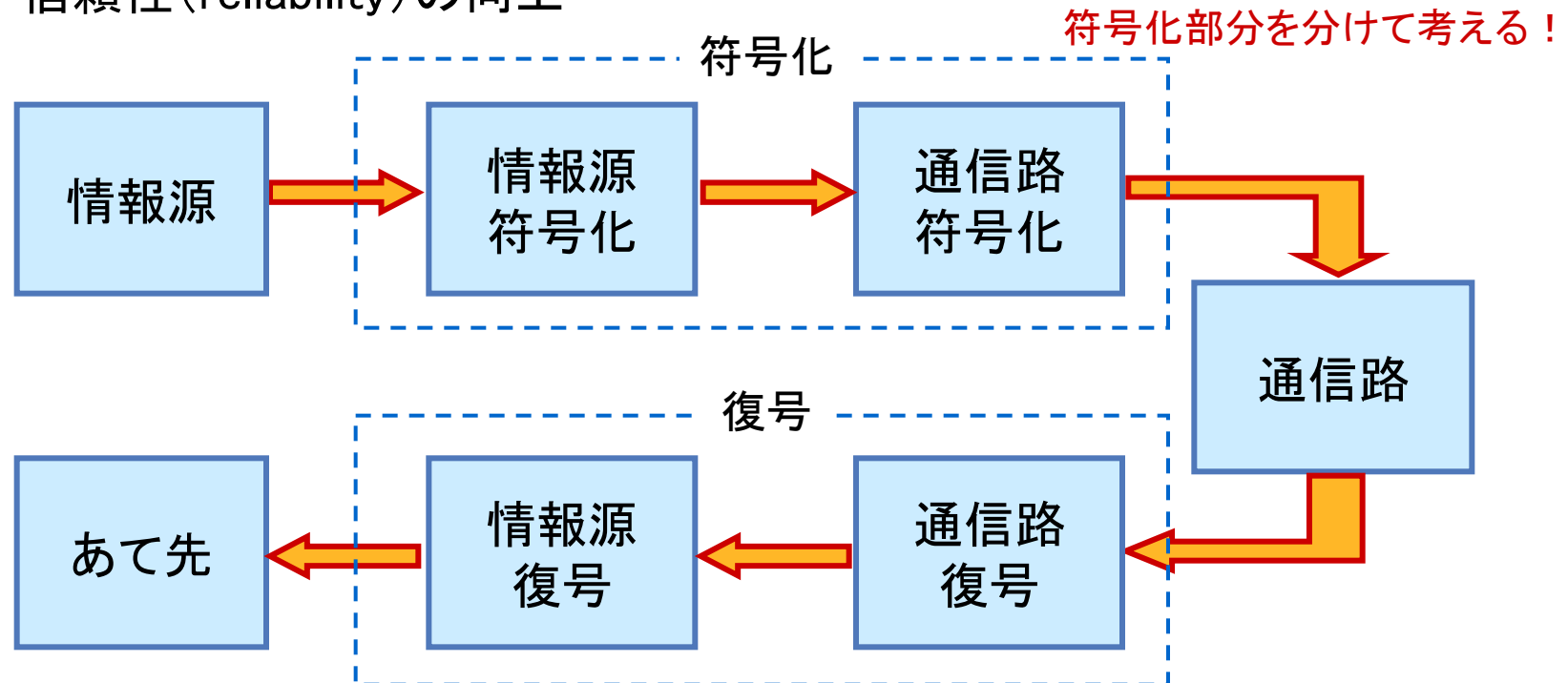
情報源符号化と合わせて1つの符号語の中に誤りが生じる確率は？

C1の場合                      約 $6 \cdot 10^{-6}$   
C2の場合は？ → 教科書【問1.4】参照



# 情報理論の問題の設定

- **情報源** (と宛先) および **通信路** が与えられたとき次の二つを達成する **符号化の具体的方法** および符号化による改善の **理論的限界** を探る
  - 通信路使用の効率 (efficiency) の向上
  - 信頼性 (reliability) の向上

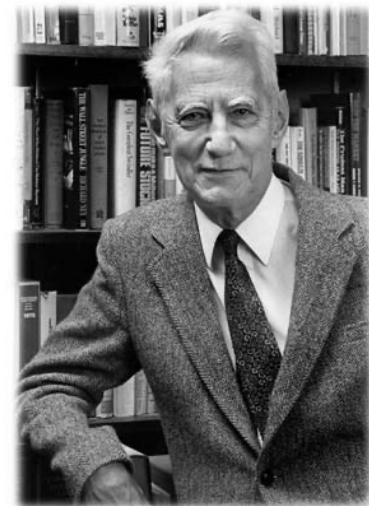




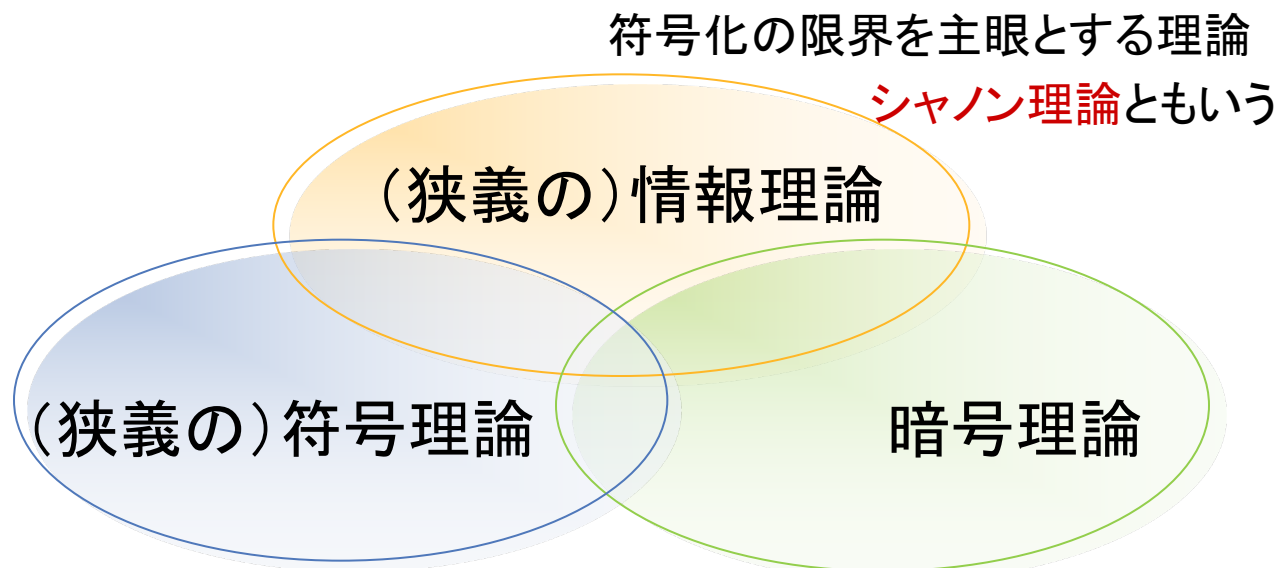
# 情報理論の分野

Claude Elwood Shannon (クロード・エルウッド・シャノン)

- C. E. Shannon, “A mathematical theory of communication,” *Bell System Technical Journal*, vol. 27, pp. 379–423 and 623–656, July and October, 1948.



Claude Elwood Shannon  
(1916-2001)



(代数学に基づく)通信路符号化の具体的構成法および符号化・復号法を主眼とする理論

安全な情報伝達の理論

(狭義の)信号理論は本講義では取り扱わない



# シャノン理論

## ■ 情報量の定義

確率 $p$ の事象が起こったことを知ったとき、どれだけの情報量を得たと考えればよいか

## ■ 情報源符号化の概念とその限界

情報源の確率モデルが与えられたときに、どれだけ短く符号化できるか

## ■ 通信路符号化の概念とその限界

通信路の確率モデル(誤り発生モデル)が与えられたときに、どれだけの速度で情報を安全に送れるか



# 情報理論の応用分野

- 情報量、エントロピー  
自然言語処理
- 情報源符号化(高能率符号化技術)  
データ圧縮、音声・画像の符号化
- 通信路符号化(誤り訂正技術)  
通信、電子計算システム、オーディオ、ビデオ
- 情報理論的な考え方  
機械学習、パターン認識



# 現代の情報理論

- 多端子情報理論
  - 複数の情報源の符号化、多入力多出力通信路の符号化
- アドホックネットワークにおける通信理論
  - ad hoc.....その場限りの
- 電子透かし技術
  - 改竄や不正コピーを検出する技術
- 暗号化技術・認証技術
  - 情報の漏洩を防ぐ技術
- 量子情報理論
  - 量子力学的な素子を直接操作する情報処理の理論