

情報科学入門

#4 デジタル表現

Yutaka Yasuda

アナログとデジタル

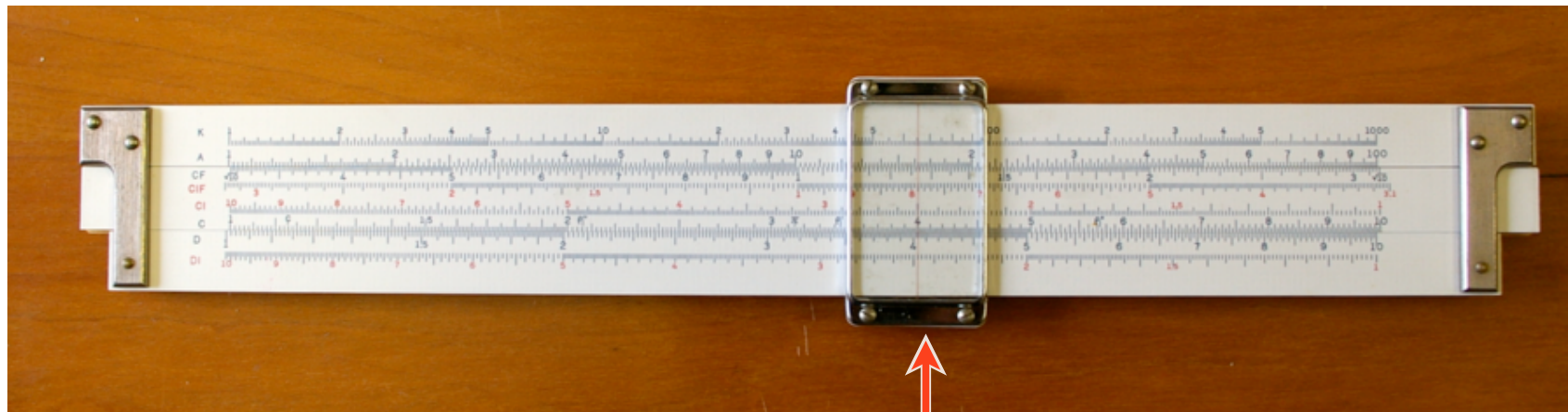
- Analog : 値を連続的に表現
- Digital : 値を数値で表現

デジタル計算機は馴染みがあるう

- アナログ計算機が想像できるか？

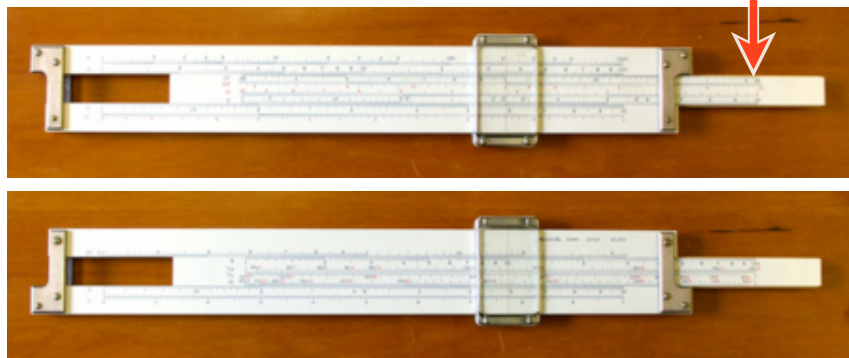
計算尺

計算尺



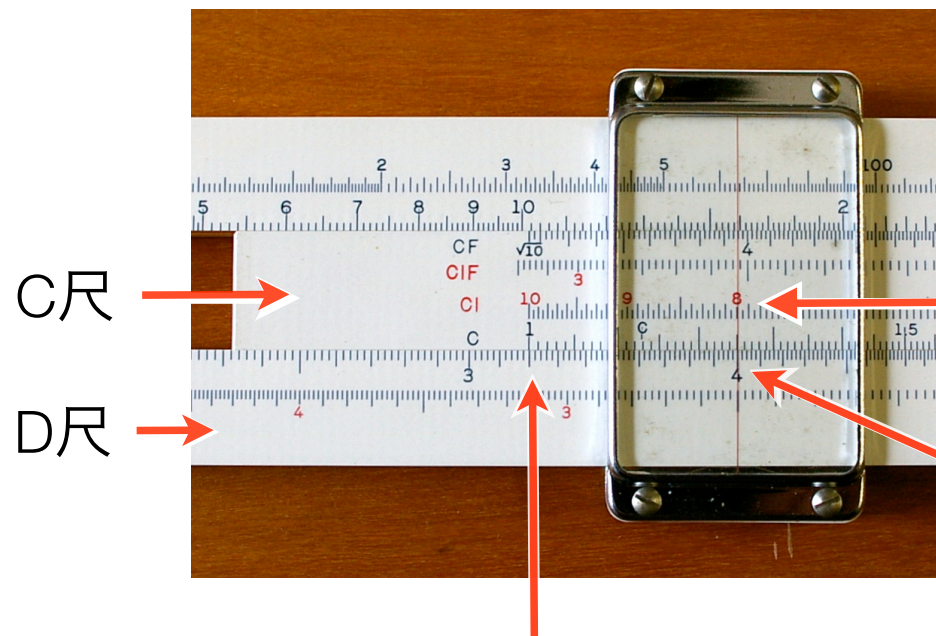
中央の尺も動く

左右に動くスライダ



両面に目盛り

計算尺での掛け算（アナログ処理での機械計算）



$4 \times 8 = 32$ を計算する

1. カーソルをD尺の4の位置に
2. CI目盛りで8の位置までスライド

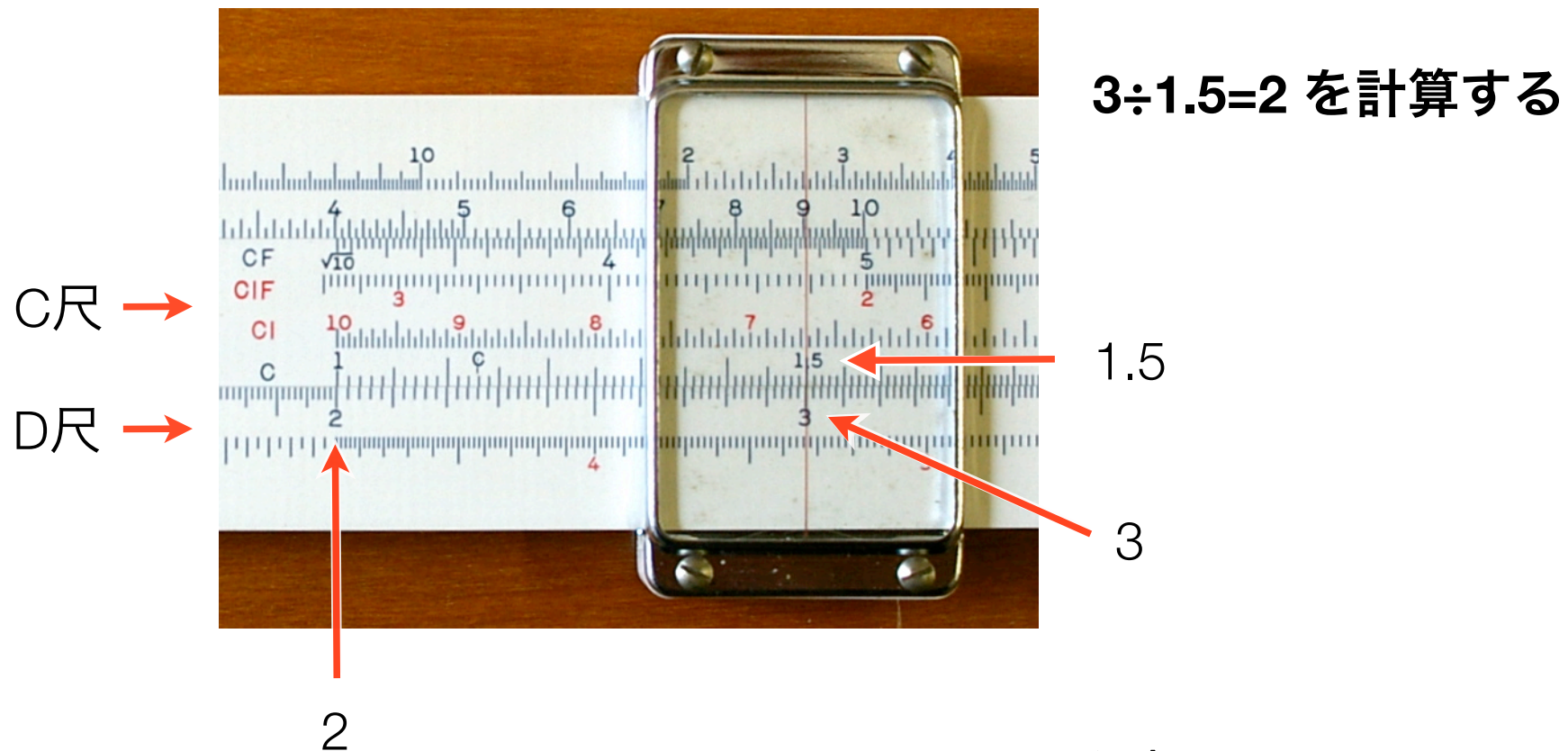
3. C尺の左端(基準位置)にあるD尺の値を読み取る
(=3.2 右の拡大図参照)

(拡大)



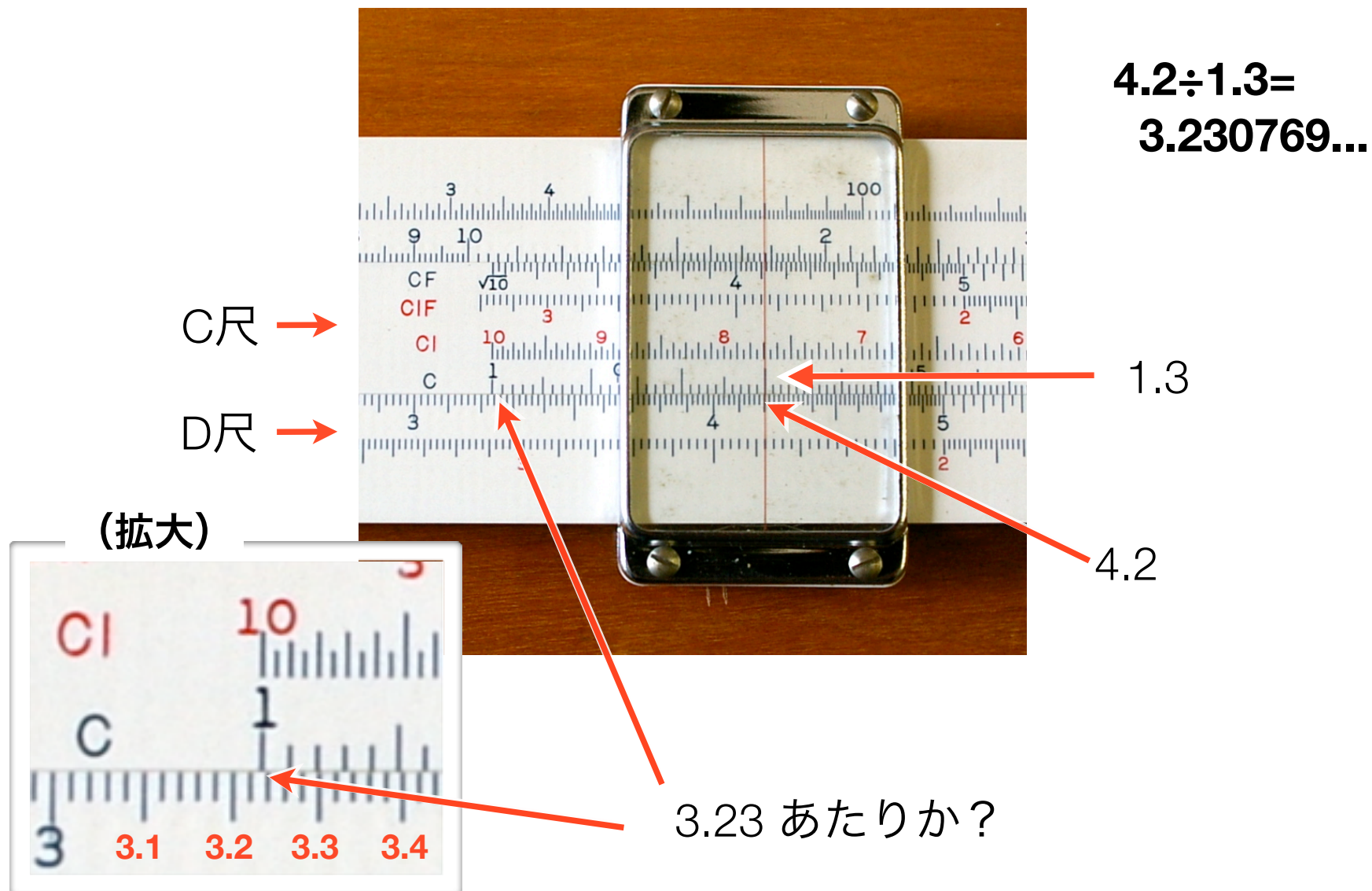
ここに答が出る

計算尺での割り算



1. D尺の3にカーソルを合わせて
2. C目盛りの1.5までC尺をスライド
3. C目盛りの左端に 2 が現れる

Analogue = 連続的な量による処理

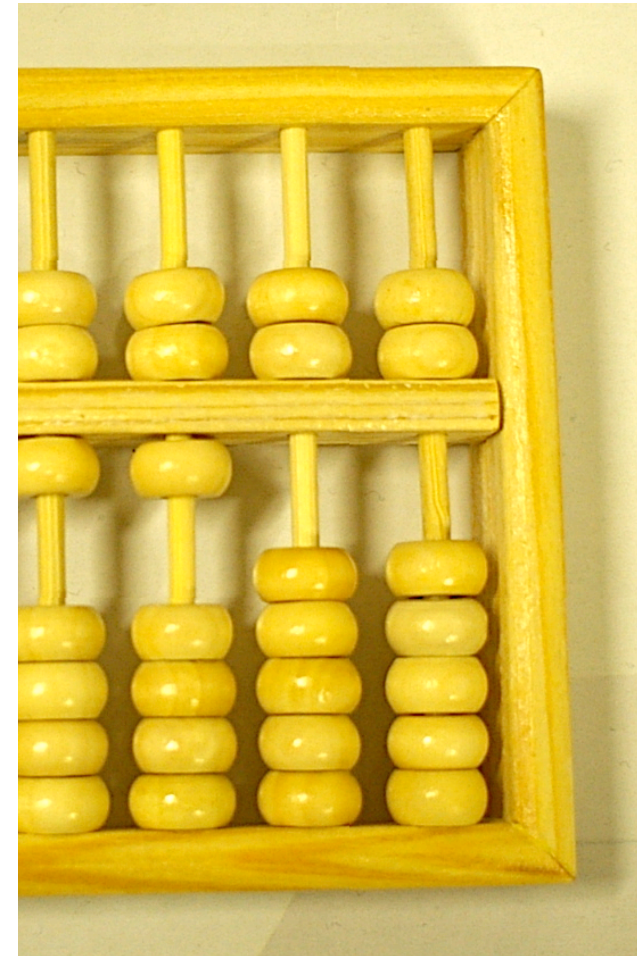


そろばん (Digital処理での機械計算)

- 値を数の列によって表現
- 確定的な値
- 決定的な動作
- 表現できない値もある

桁不足、あるいは無理数

誤差として捨てる



Abacus

Digital な値



量として表現



連続的になる



数で表現



離散的になる

アナログ表現・デジタル表現

- アナログ情報

連続的に変化する情報としてとらえ、連続的に変化する何かに置換して表現する

- デジタル情報

一定の精度での数値によって表現（刻みのある離散的な数値の列として表現）

（計算尺）

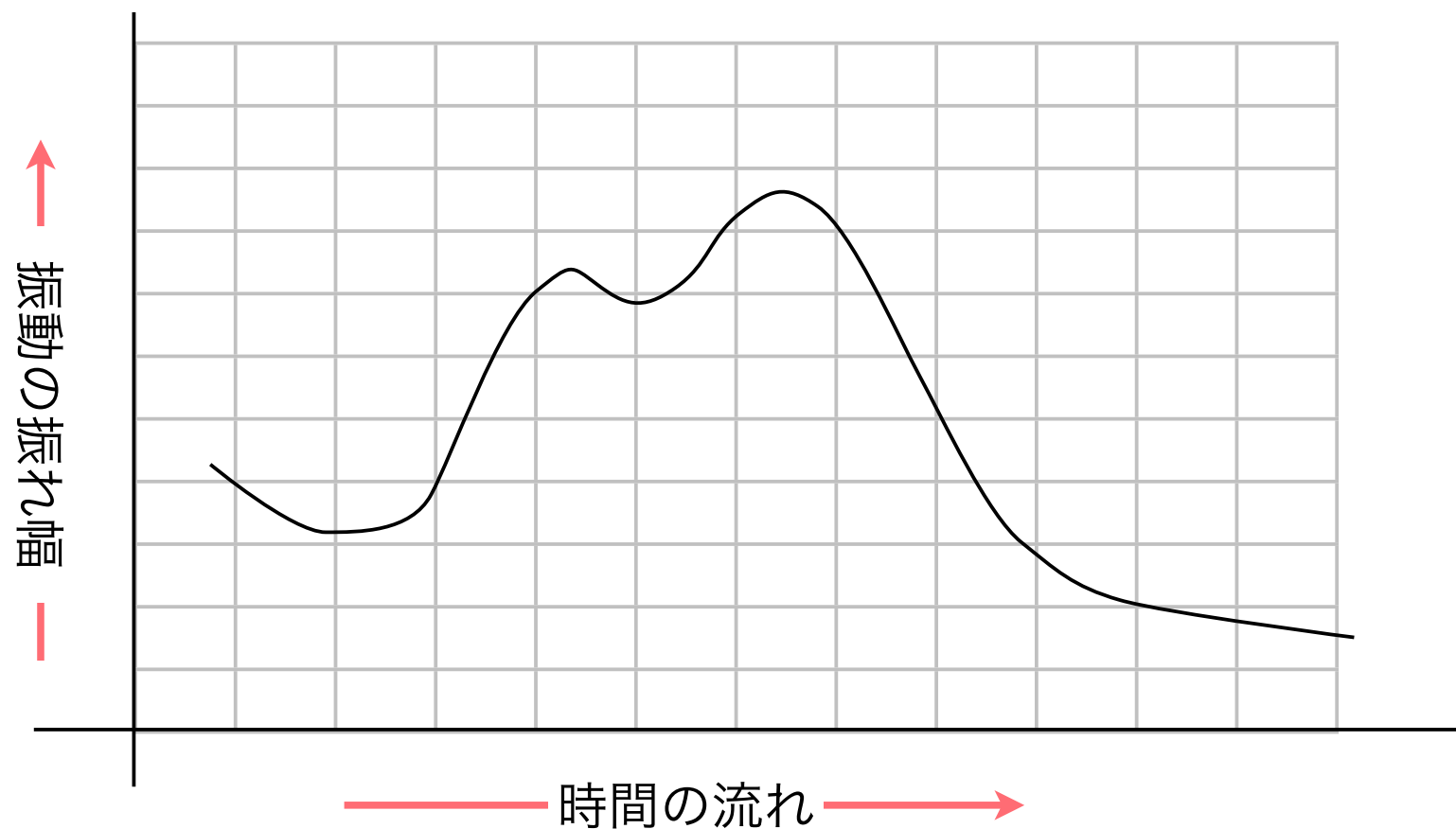


これをAnalogに扱うか、Digitalに扱うかがポイント

音を表現する



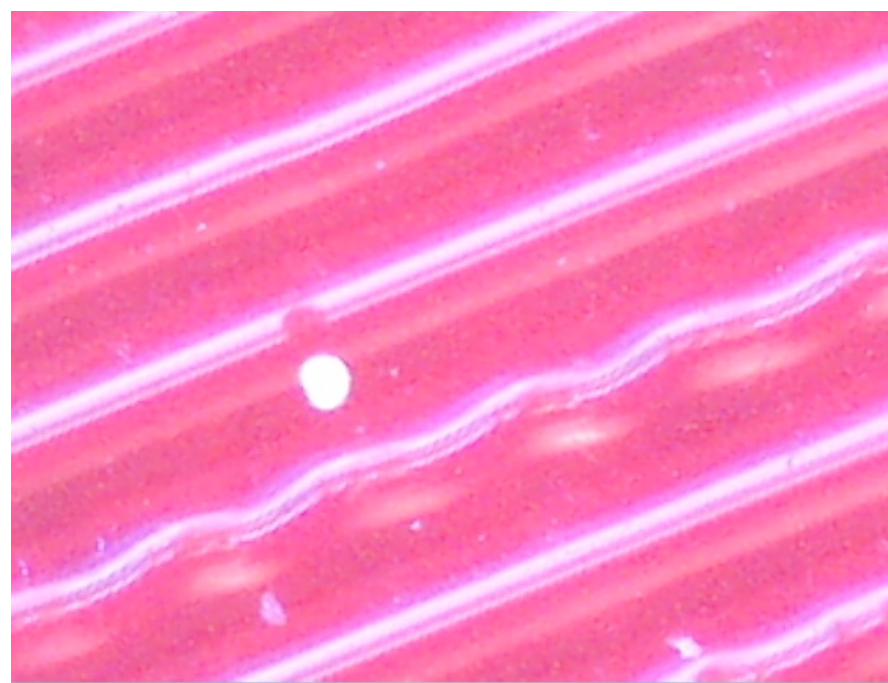
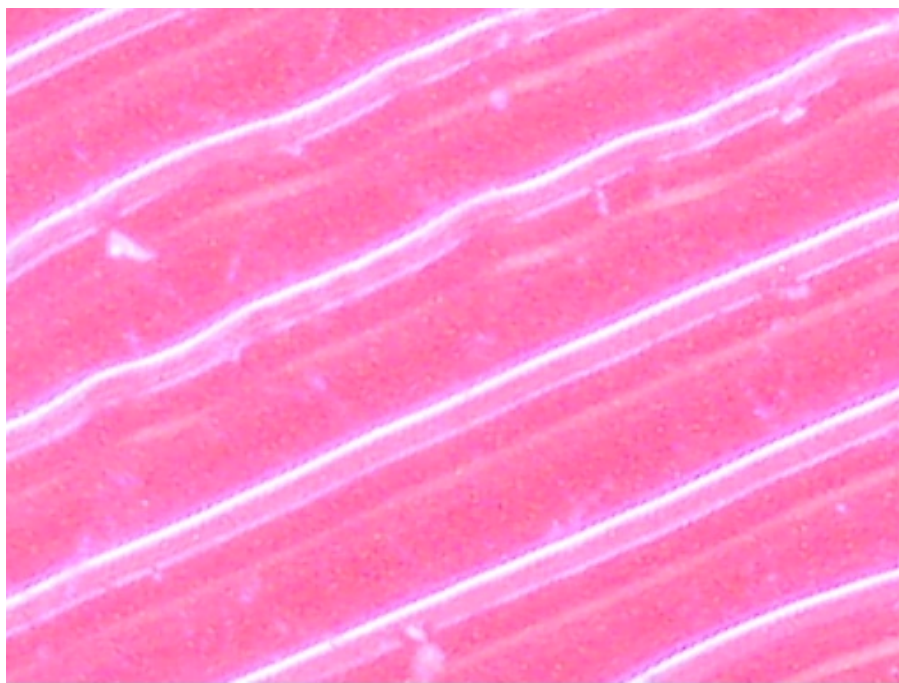
音の表現



音声 = 空気の振動 = 波形で表現できる

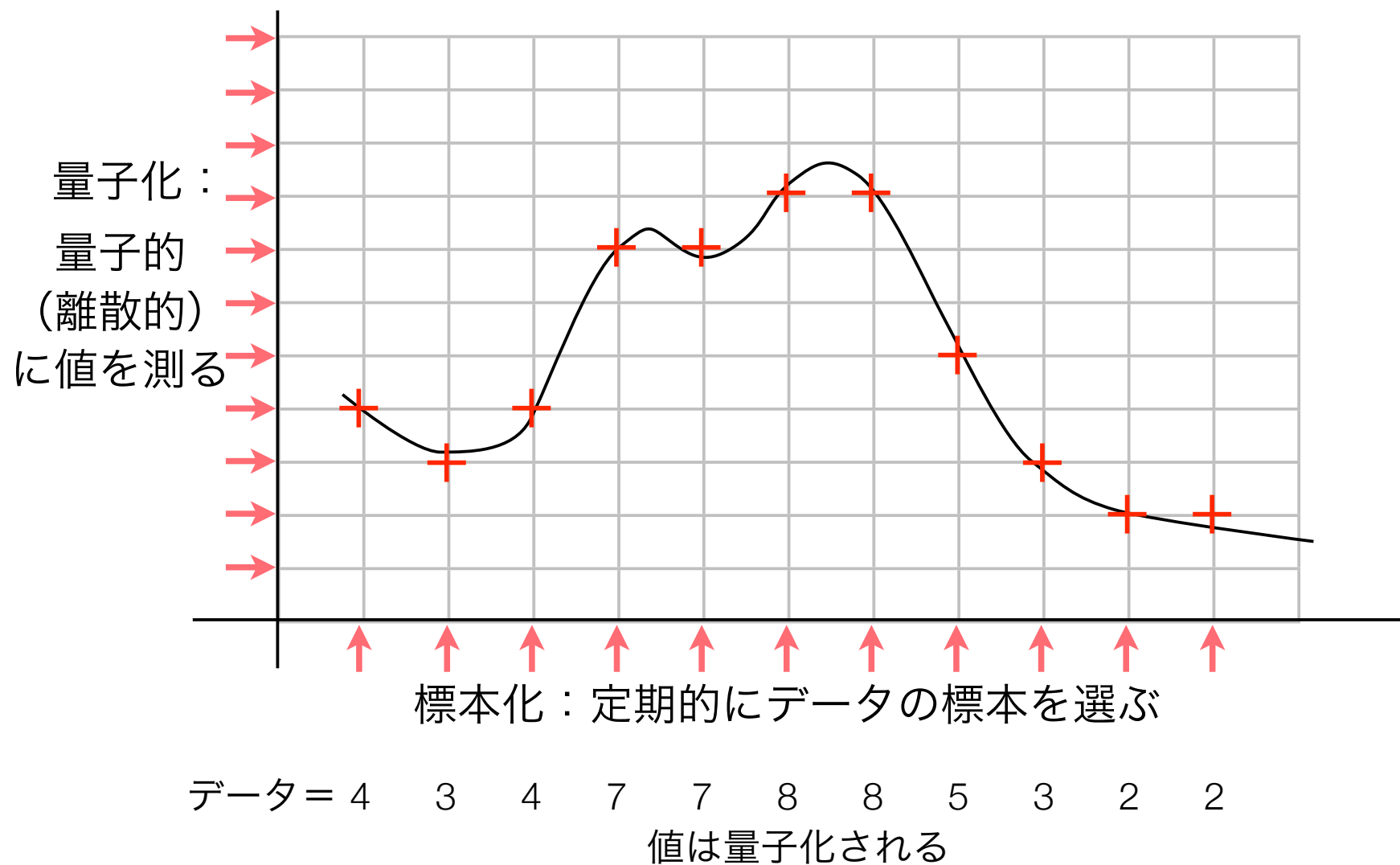
音のアナログ表現：レコード

波は直接「溝のうねり」に置き換えられている

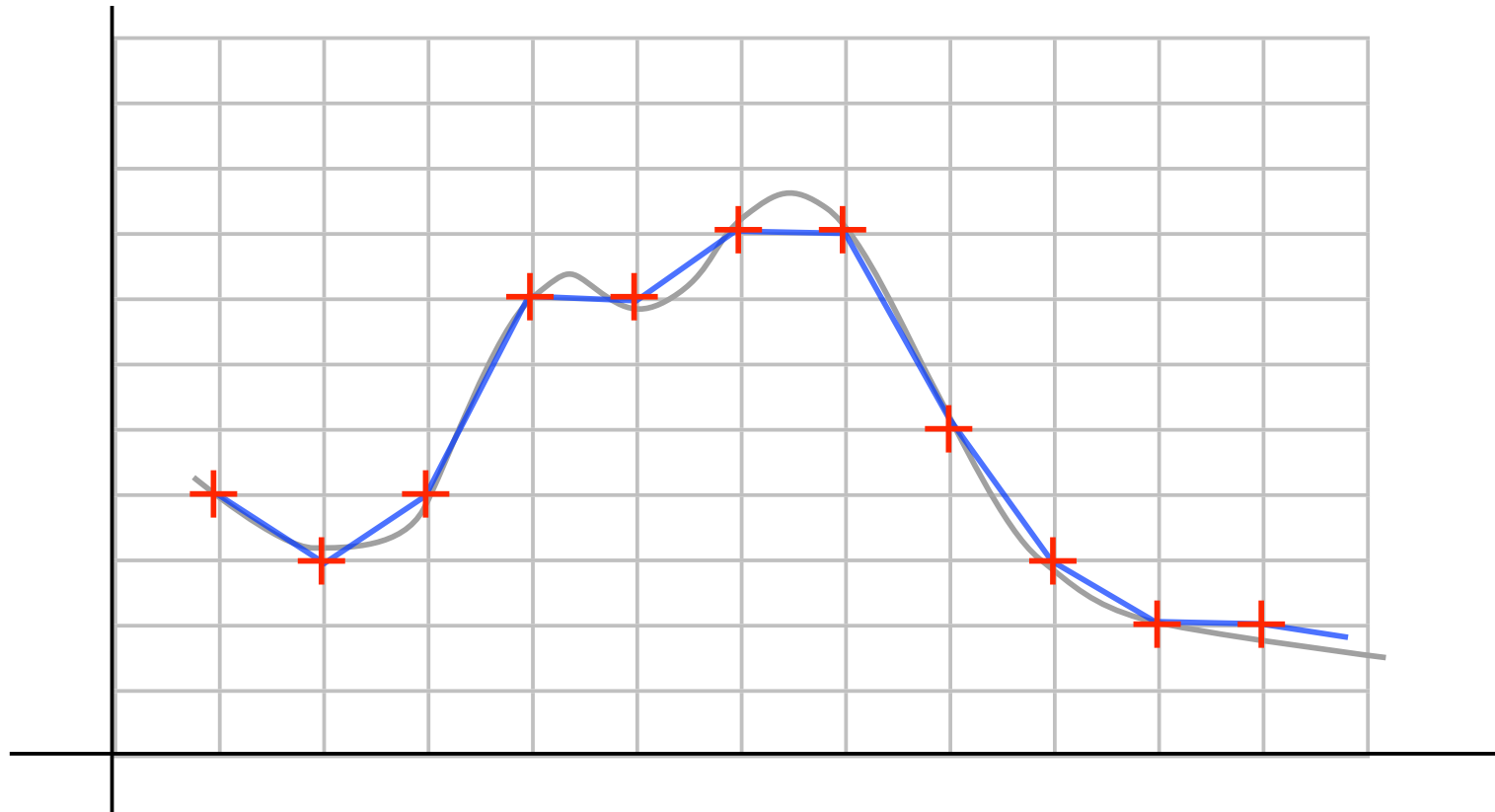


ソノシートを顕微鏡で200倍拡大して撮影したもの

サンプリング：標本化と量子化

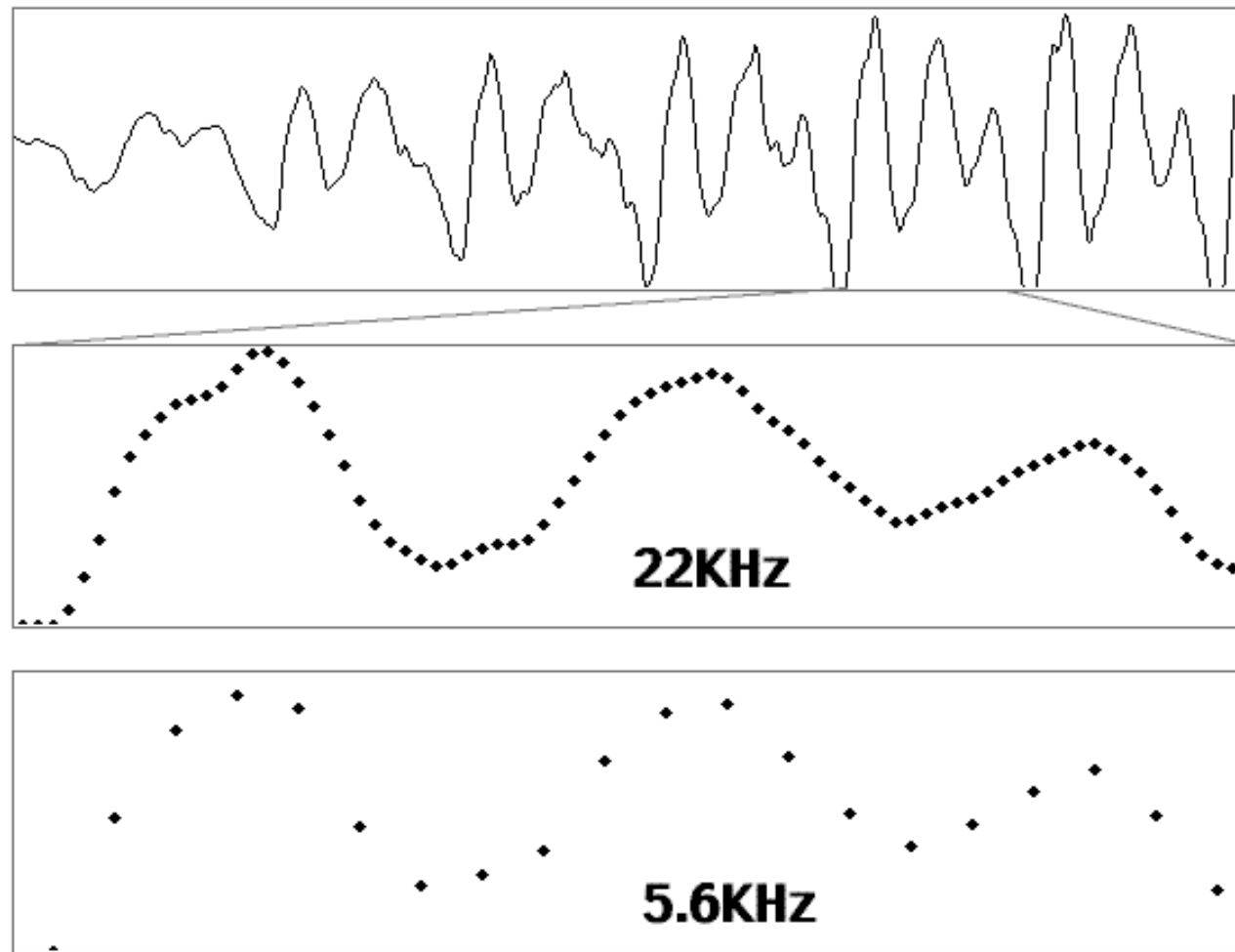


サンプリング：誤差と精度



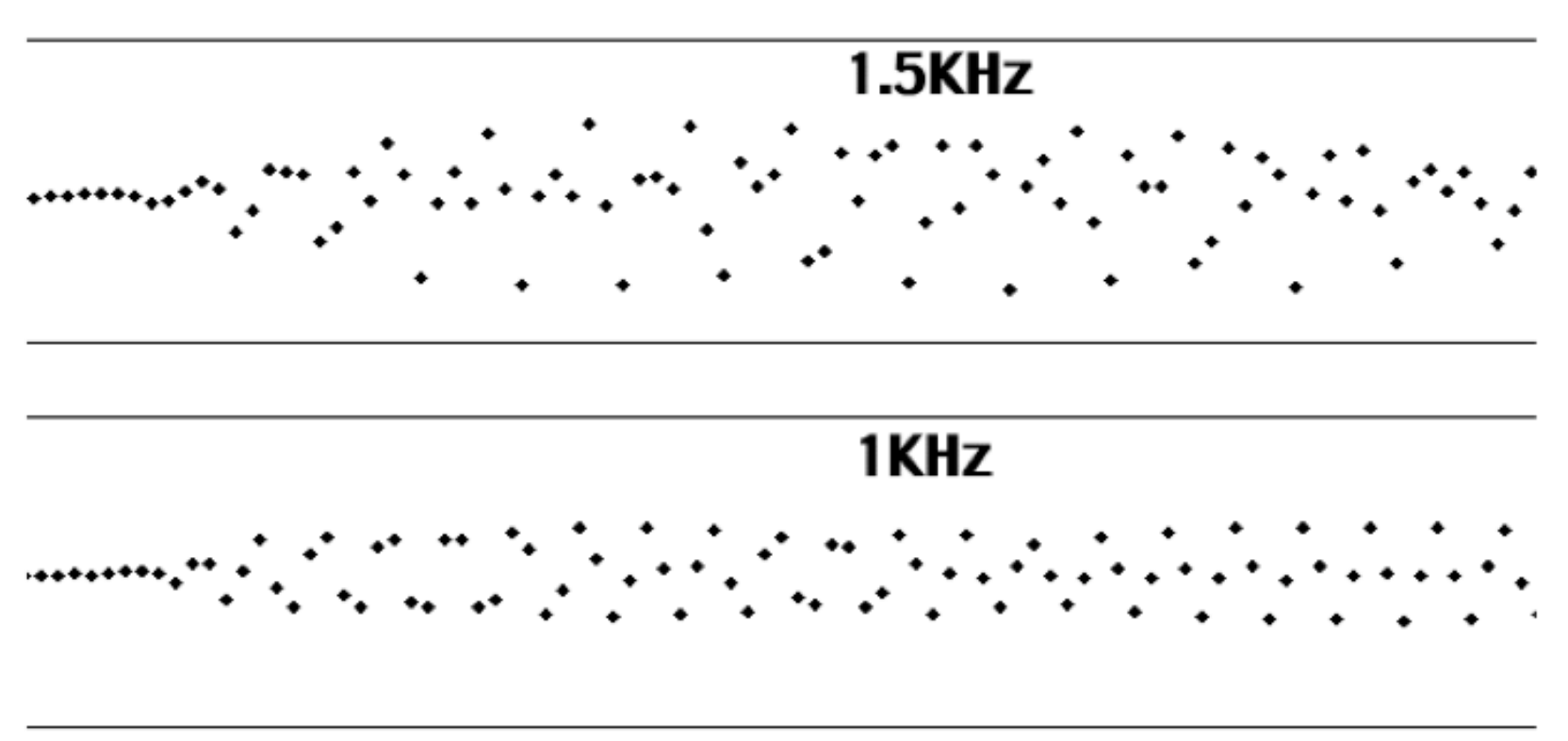
得られたデジタルデータから生成される波形：原型波とはすでに違いがある
標本化周期と量子化精度を上げれば近づく

標本化周期と精度（再現性）



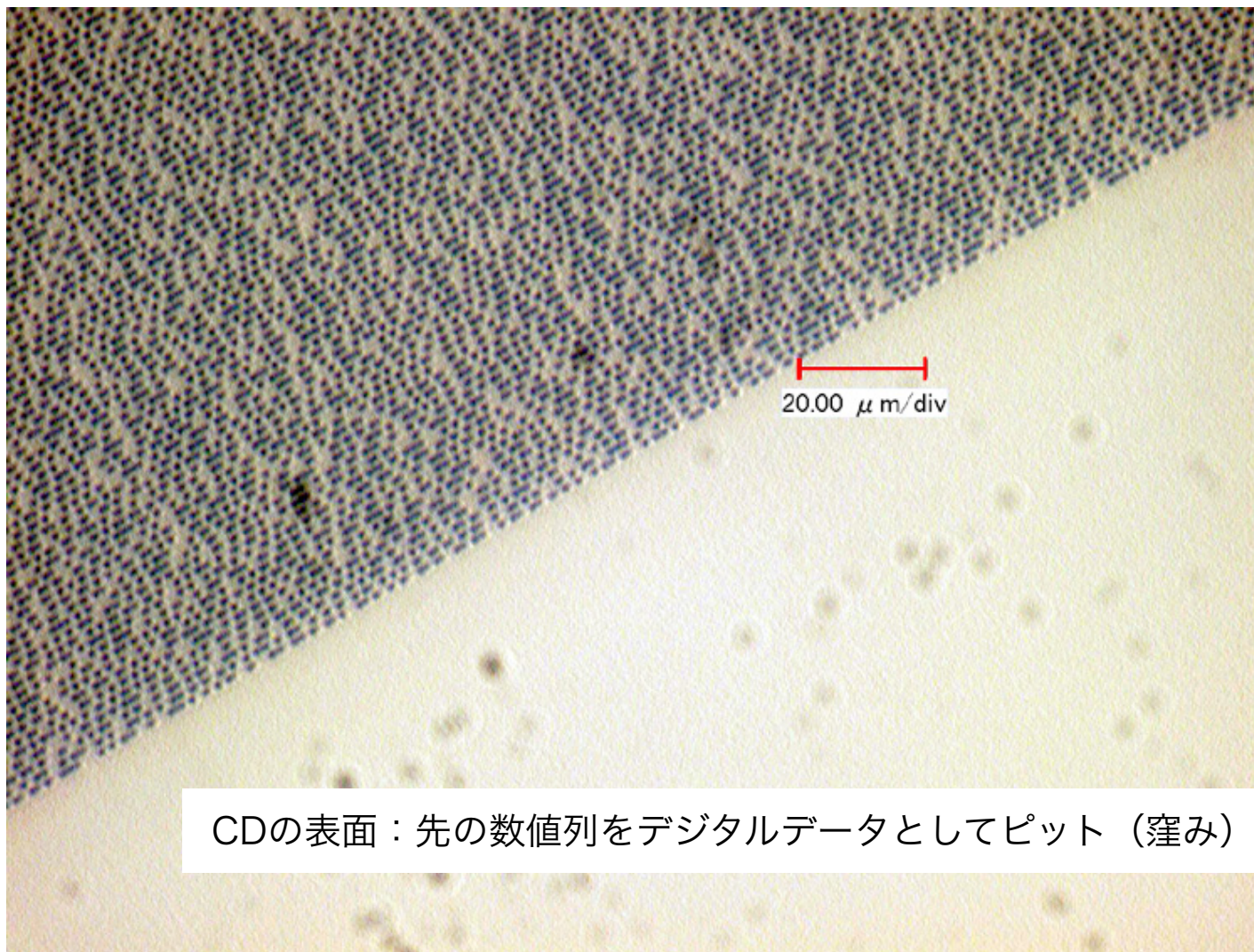
標本化周期による再現性の違い

標本化周期と精度（再現性）

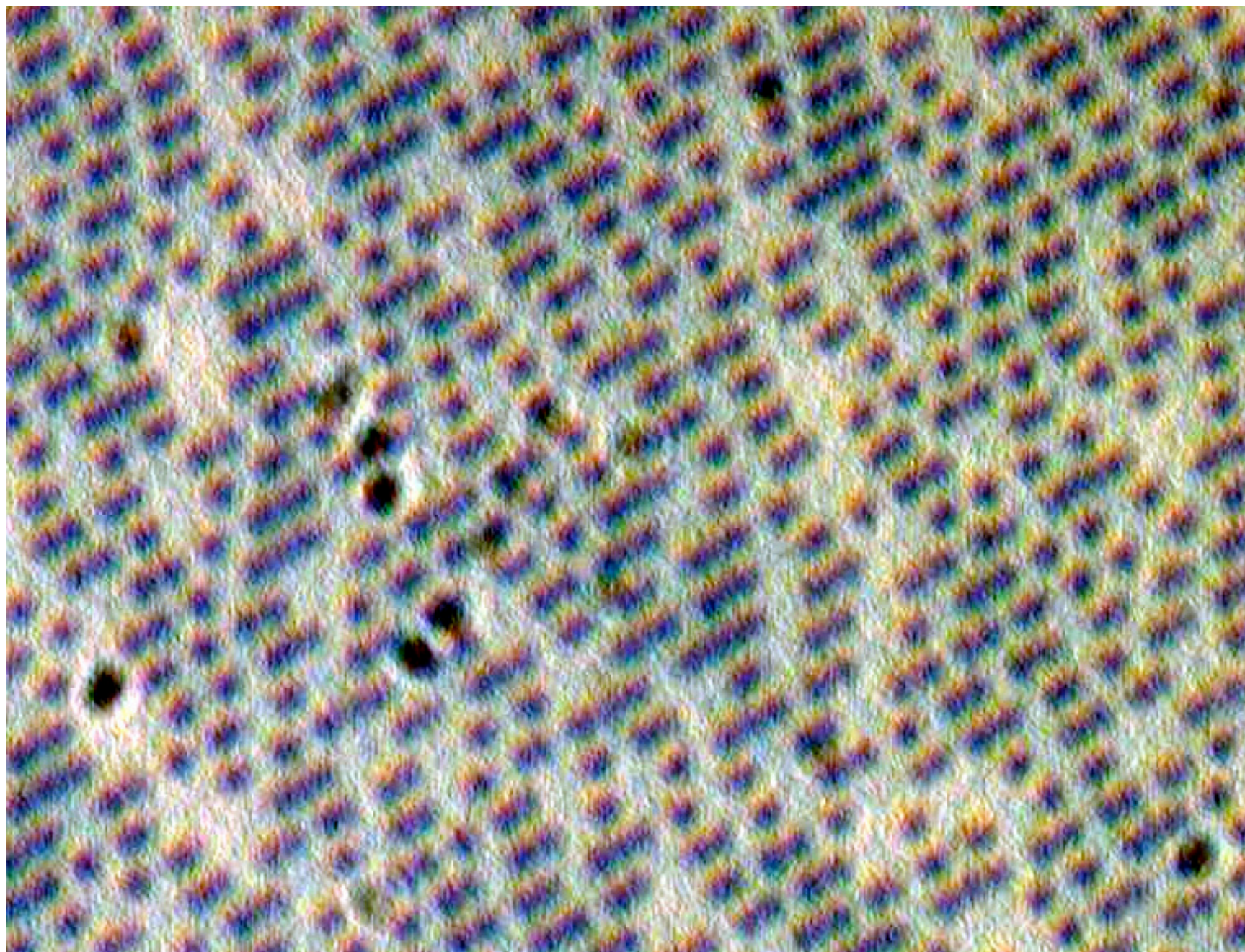


限界に近い標本化周期 [各種音声ファイル参照]

CD における音の記録



CDの表面：先の数値列をデジタルデータとしてピット（窪み）で表現



アナログ表現・デジタル表現（復習）

- アナログ情報

連続的に変化する情報としてとらえ、連続的に変化する何かに置換して表現する

- デジタル情報

一定の精度での数値によって表現（刻みのある離散的な数値の列として表現）

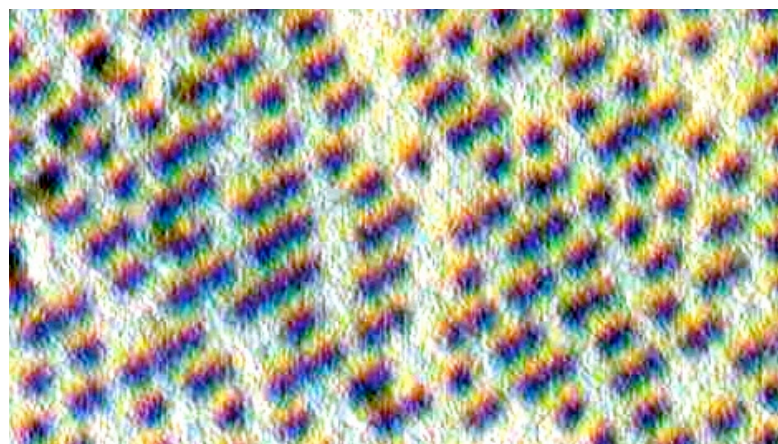
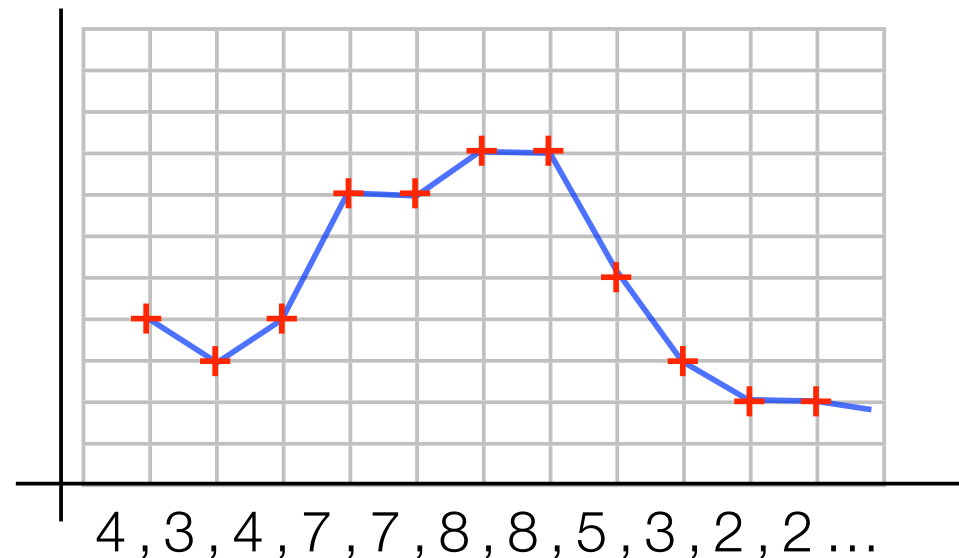
（計算尺）



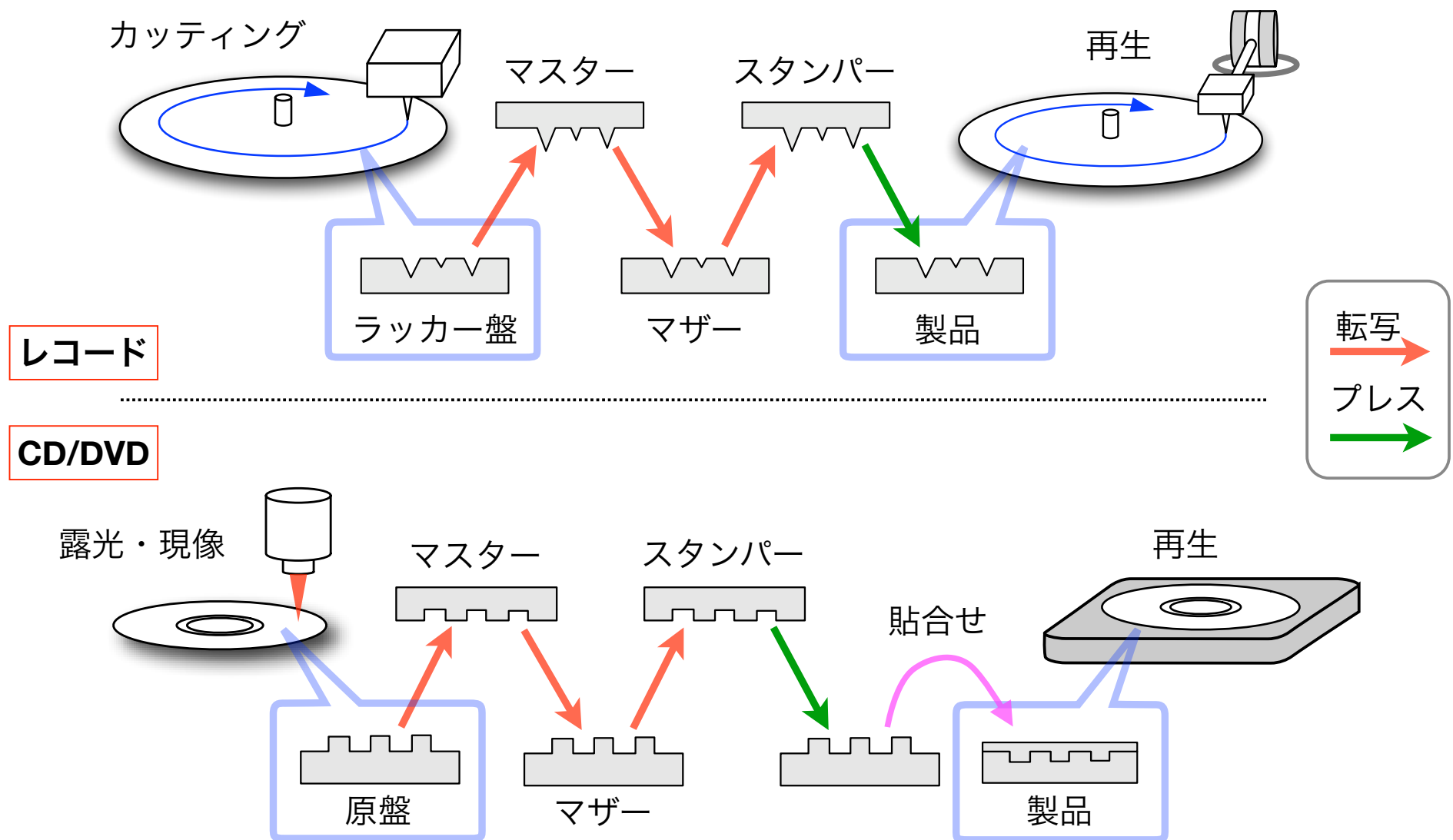
これをAnalogに扱うか、Digitalに扱うかがポイント

デジタル化による利益

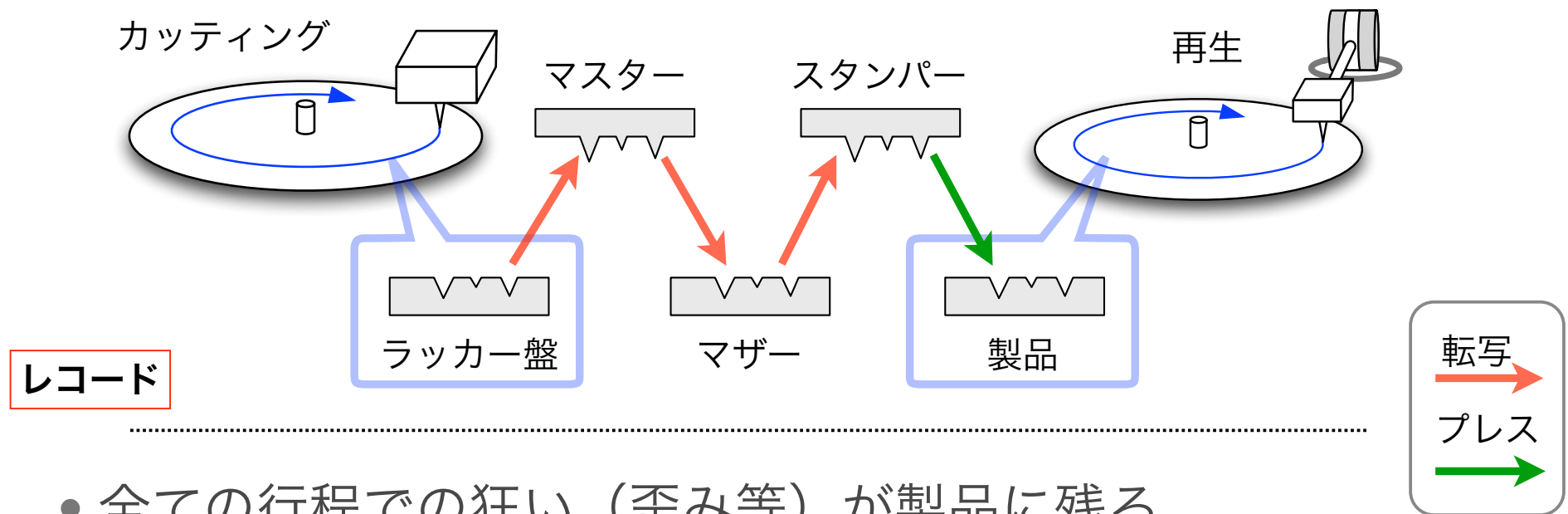
- 音声のデジタル化＝符号化
＝数値化
- サンプリング
 - 標本化と量子化
- 連続的な値の変化ではなく、離散的な数値として表現 (4,3,4,7,7,8,8,5,3,2,2..)
- こうすることの利益は？



複製とノイズ



複製とノイズ

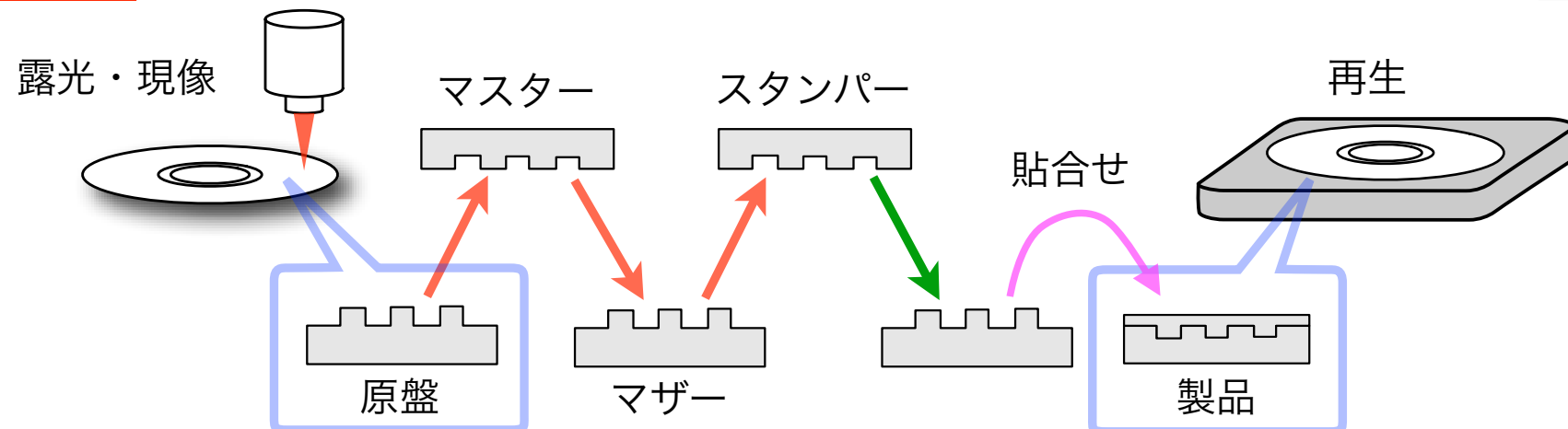


- 全ての行程での狂い（歪み等）が製品に残る
- 再生時にもその影響が（ノイズとなって）出てしまう
- 限りなく精度を高めてなるべく良い品質を保つ
- 複製する度に品質が下がる

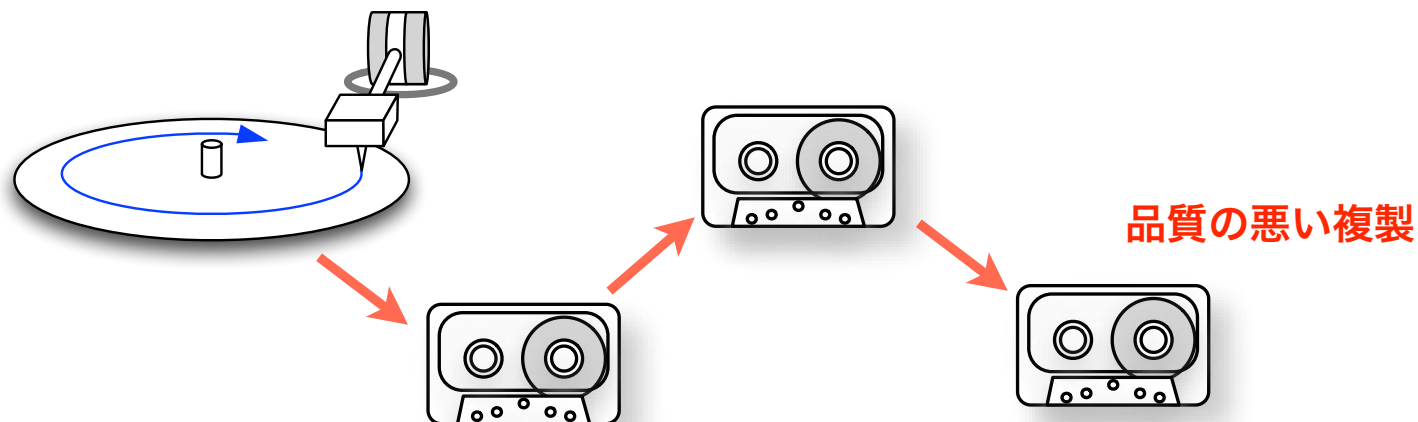
複製とノイズ

- 全ての行程での狂い（歪み等）が製品に残るが、
- 値の判定を間違えない範囲なら再生には影響がない
- ある一定の精度で一定の品質が保てる
- 完全な複製が可能

CD/DVD



完全な複製

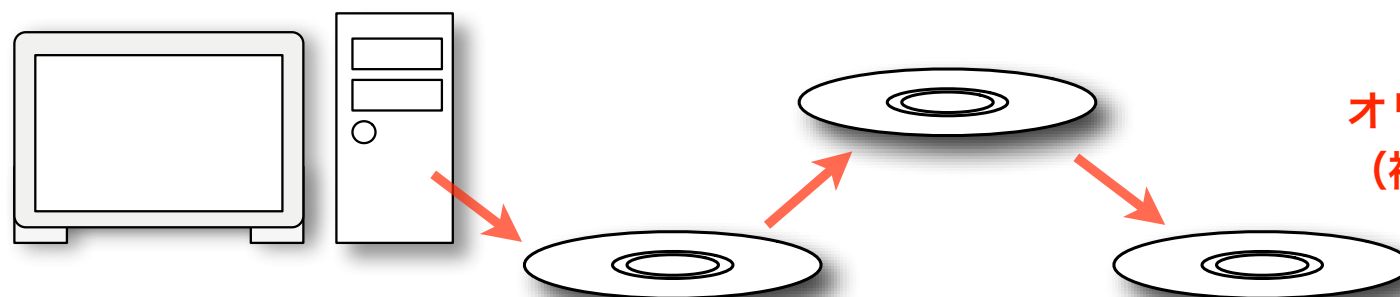


レコード・テープ

テープレコーダーを使ってレコード・テープ間の複製をとる

CD/CD-R

パソコンを使って CD / CD-R 間の複製をとる



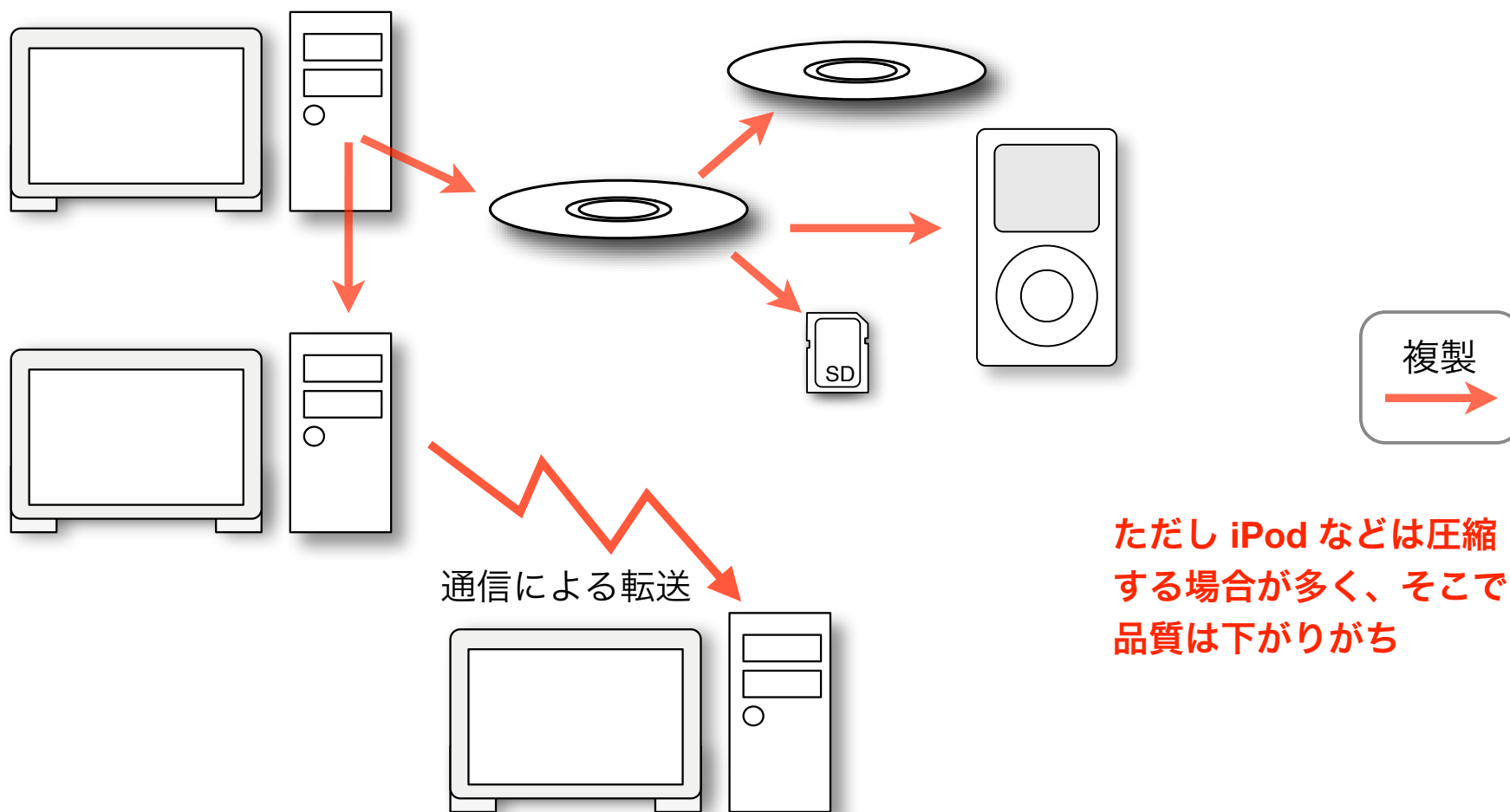
複製



メディアの非依存性

CD/CD-R

パソコンを使って CD / CD-R / iPod / メモリカード 間の複製をとる



デジタル化による利益

- すべての情報を数値（符号）で表現すること
- 何がデジタル化によるメリットなのか？

再現性＝完全な再生と記録（複製）

数値データさえ残れば＝メディア非依存

- コンピュータの適用
エラー修正・圧縮

負の側面

- “完全な複製” の意味

コンテンツ (data) の複製であってメディアの複製でない
初期的な違法コピーの根源的な理由

- アナログ時代のコンテンツ販売

メディアとコンテンツはほぼ一体

- 複製困難なメディアに詰めてコンテンツを売るモデル

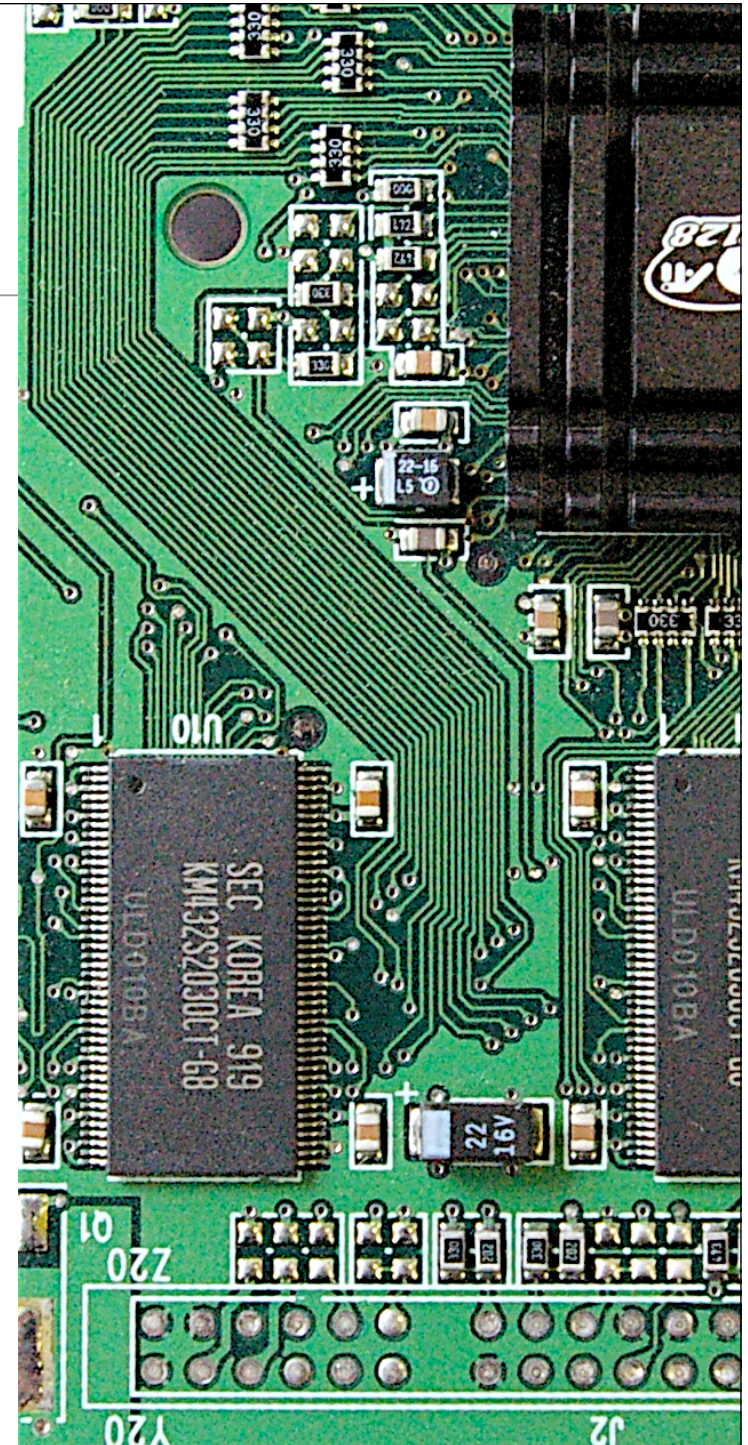
コピーコストと劣化による保護

メディアとコンテンツ (data) との分離により維持困難に

bit, Byte, フォーマット - 内部データ表現

bit : データの最小単位

- 1bit = 最小状態の単位 = 二進一桁
- コンピュータ内部は電気配線
配線に電気が通っている、いない、だけで処理（状態は2種）
- 二値（二進）動作にうまく対応
二進一桁を配線一本で実現
「0と1（二進数）で動作」の実体
- 1bit = 二進一桁 = 配線一本



Byte : データの標準枠

- Byte (バイト)

コンピュータが扱うデータの基本単位 (歴史的経緯)

bit を 8 つまとめて 1 Byte とする

0-255までの256種類の値が入る

255を超える値は二桁 (2Bytes) 使う

- アルファベットは 1 バイトでおさまる

- 漢字は (普通は) 2 バイトを要する

「フロッピー1枚は新聞何枚に相当し、、」

単位：Kilo, Mega, Giga, Tera

- メモリ量などに巨大な桁を扱うことが多い
- 欧米的 1000 倍単位
- コンピュータ固有の装置では 1024 単位の場合が多い

単位	読み	日本	1000	1024	誤差
K : Kilo	キロ	千	1000	1024	2.4%
M : Mega	メガ	100万	1,000,000	1,048,576	4.9%
G : Giga	ギガ	10億	1,000,000,000	1,073,741,824	7.4%
T : Tera	テラ	1兆	1.000.000.000.000	1,099,511,627,776	10.0%
P : Peta	ペタ	1000兆	1.000.000.000.000.000	1,125,899,906,842,620	12.6%

距離感

- 12 桁、15 桁のスケール感を把握する
- もし 1mm 幅で 1 バイトのメモリができたとする

このメモリを並べて K, M, G, P バイトのメモリを実現した場合、どの程度の長さになるか？

- 1TB ディスクの広大さを想像する

1	虫眼鏡？
1K	1メートル
1M	1キロメートル
1G	京都～盛岡間（1000キロ）
1T	月までの三倍弱ほど

Byte量：音楽CDは何バイトあるか？

- さまざまなもののバイト数
- 広辞苑 (第二版)

24字 x 50行 x 4段 x 2400ページ=11,520,000 字

一文字 2 Bytesとして 23 Mega Bytes (MB)

- 音楽CD

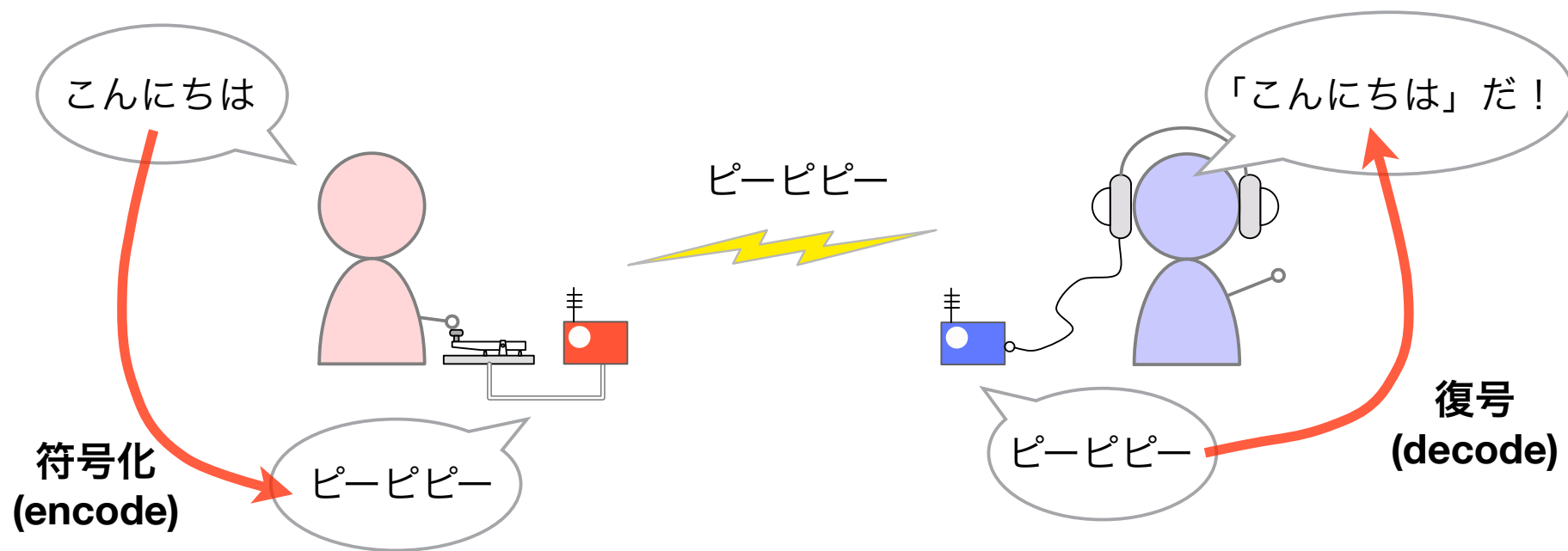
44KHz x 65536段階(2Bytes) x 2ch = 176KB/sec

176KB x 3600sec = 633,600 KB = 634MB

さまざまなものが bit にかわる姿を想像できたろうか？

文字のデータ化 (encode, decode)

- 文字をデータに変換する
- モールス信号



機械（電鍵および無線機）は文字を扱えないので人間が文字を符号に変換している

モールス信号

- 短音と長音の組み合わせで文字を表現
- 相手と共通の符号化パターンを用いる事が重要
- 違う符号表を用いると？

A	- —	イ	- —
B	- — — —	ロ	- — — —
C	— - — -	ハ	— - - -
D	— - — -	ニ	— - — -
E	-	ホ	— - - -

フォーマット（書式）

- データの解釈には解釈（復号）ルールが必要
- つまりデータにはフォーマット（書式）がある

フォーマットを間違えて解釈すると間違った結果が導き出される

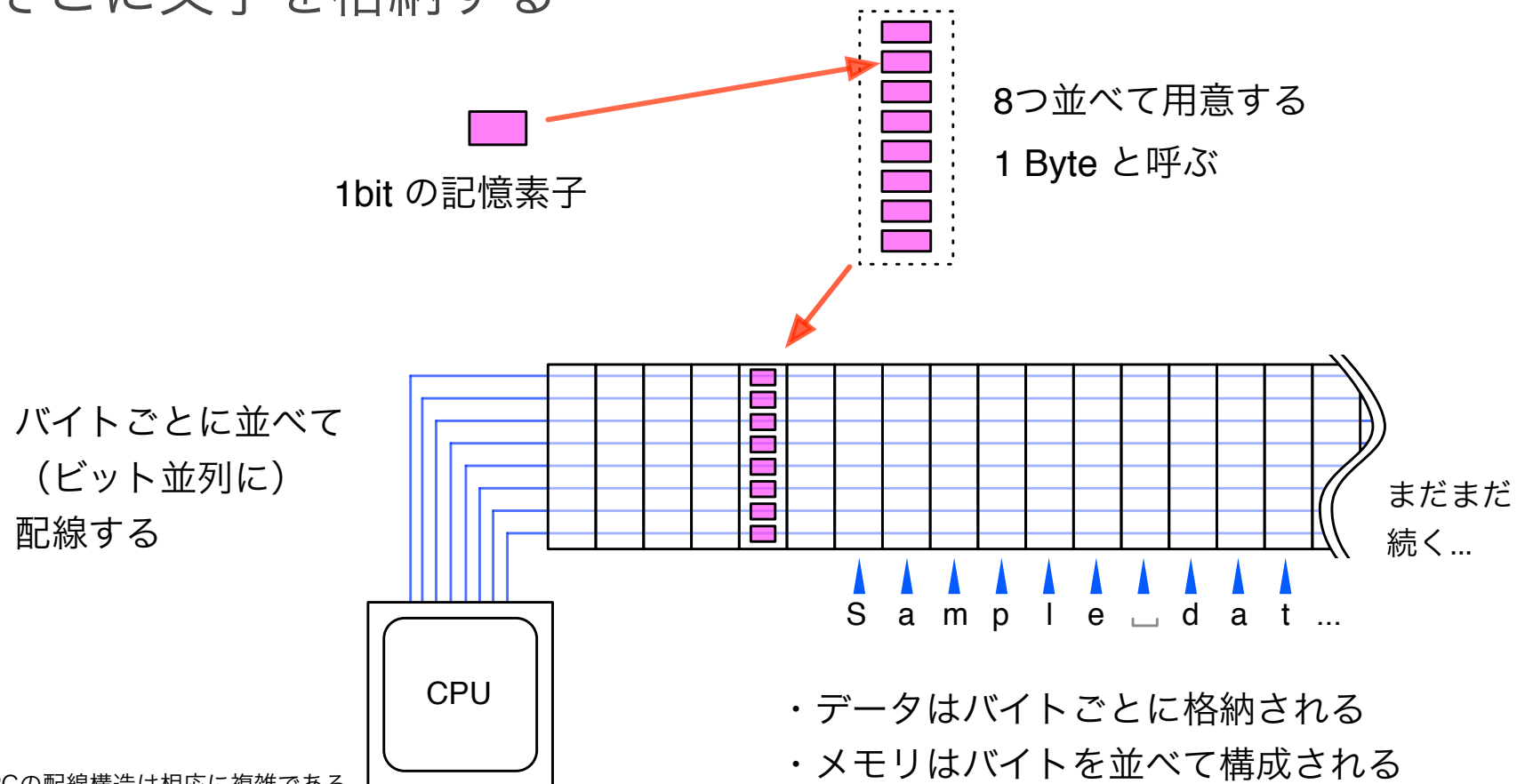
異なるアプリケーションでデータが扱えない理由

（データにおける）「互換性」という概念の実体

いわゆる文字化けの原因

文字のデータ表現

- メモリはバイトが並んだものとする
- そこに文字を格納する



※実際のPCの配線構造は相応に複雑である

文字のデータ表現

- メモリ

数値を格納

- 文字に番号を振る

ASCII (右表)

文字

a
61

コード
(数値)

つまりメモリに格納されるのは文字ではなく文字に相当する値である

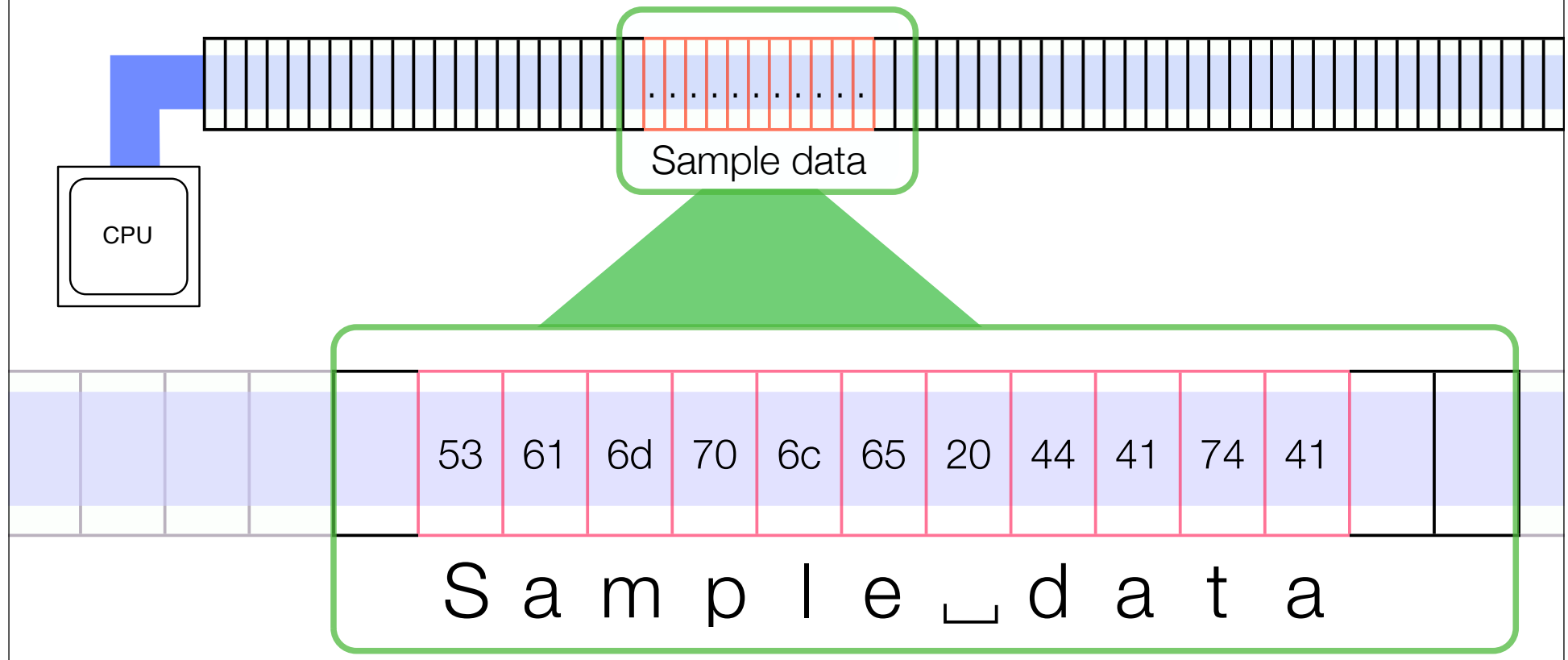
ASCII文字は 1 バイトで表現されているが、その実体は数値である。
つまり 'a' は番号 61 の文字。
61 は 16 進数表記なので、10 進数で表記すると 97 番文字となる。

\0		sp	0	@	P	`	p
00	10	20	30	40	50	60	70
		!	1	A	Q	a	q
01	11	21	31	41	51	61	71
		"	2	B	R	b	r
02	12	22	32	42	52	62	72
		#	3	C	S	c	s
03	13	23	33	43	53	63	73
		\$	4	D	T	d	t
04	14	24	34	44	54	64	74
		%	5	E	U	e	u
05	15	25	35	45	55	65	75
		&	6	F	V	f	v
06	16	26	36	46	56	66	76
		'	7	G	W	g	w
07	17	27	37	47	57	67	77
		(	8	H	X	h	x
08	18	28	38	48	58	68	78
\t		)	9	I	Y	i	y
09	19	29	39	49	59	69	79
\n		*	:	J	Z	j	z
0a	1a	2a	3a	4a	5a	6a	7a
		+	;	K	[	k	{
0b	1b	2b	3b	4b	5b	6b	7b
		,	<	L	\	l	
0c	1c	2c	3c	4c	5c	6c	7c
		-	=	M	]	m	}
0d	1d	2d	3d	4d	5d	6d	7d
		.	>	N	^	n	~
0e	1e	2e	3e	4e	5e	6e	7e
		/	?	O	_	o	
0f	1f	2f	3f	4f	5f	6f	7f

文字のデータ表現

- 文字列 'Sample data' を格納する

メモリのどこかに、一文字を一バイトずつ詰める



日本語（漢字）データと文字化け

一文字二バイトの場合が多い

JIS

<u>1b 24 42</u>	<u>34 41</u>	<u>3b 7a</u>	<u>1b 28 42</u>
漢字はじまり	漢	字	英字はじまり

Shift JIS

<u>8a bf</u>	<u>8e 9a</u>
漢	字

Unicode (UTF-16)

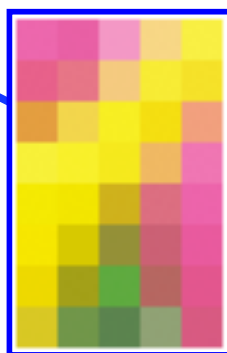
<u>fe ff</u>	<u>6f 22</u>	<u>5b 57</u>
BOM	漢	字

BOM : バイト順マーク (feff は正順)

画像のデータ表現



絵は画素(Pixel : Picture Element)ごとに分解



一画素ごとに赤・緑・青 (RGB) に
色分解して各色256段階で記録
最大 16,777,216 色

	赤	緑	青
	→ 229	83	158
	→ 242	231	0
	→ 80	155	46

動画も簡単にデータ化できますね？

JPEGにおける圧縮

374 x 369 pixel image



40.9KB (1/10)



10.7KB (1/40)



8.4KB (1/50)

品質 = 高い
データ量 = 多い



品質 = 低い
データ量 = 少ない

無圧縮 : $374 \times 369 \times 3 = 414,018$ バイト (414KB)

音声のデジタル表現

- サンプリング

標本化と量子化

CDは44KHz, 16bit

- MP3

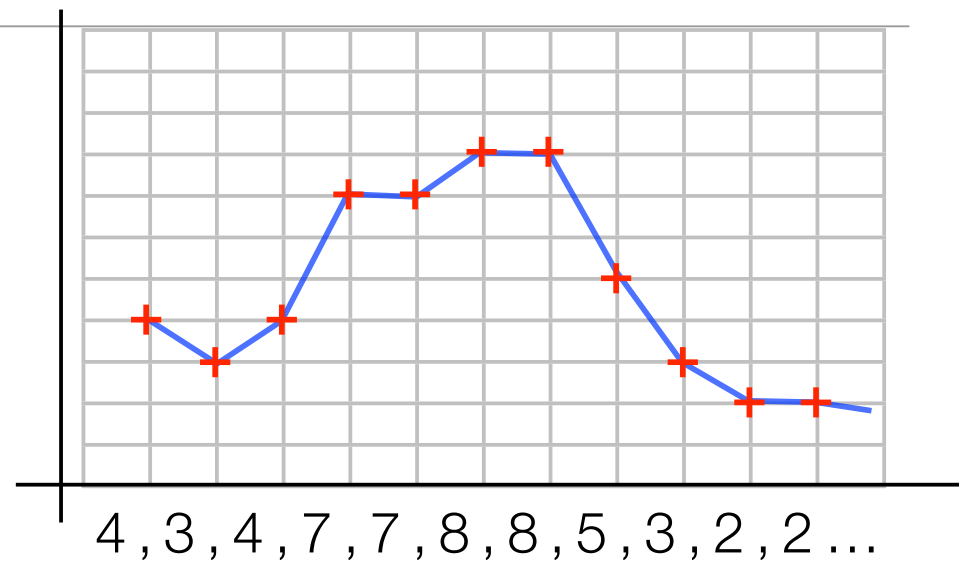
非可逆圧縮の一つ

人間が聞き取りにくい音の情報を削除する→音質劣化

CD音源を 1/8～1/15 程度に圧縮

- AAC, ATRAC, WMA などなど他多数

圧縮率と品質のよりよい両立を求めて



動画の表現

ときどき全情報を含むフレーム
(キーフレーム) を用意する

それ以外のフレーム
は直前との違い
だけをデータ化

時間の流れ

- 毎秒数十フレームの静止画を並べる
- 直前のフレームとの違いだけをデータ化する

動画の表現

- WMV, MPEG, QuickTime, H.264 など各種あり

非圧縮ではDVD 2.4GBに 720×486 画素 24bit 色 30fps
は 75 秒 しか入らない (※)

- 符号化方式も重要だが、帯域のことも

DVD : 11Mbps, BlueRay : 36Mbps

DV : 30Mbps

地上波デジタル : 80Mbps以下程度

※インターレースのことなど考慮すべきものは多いがここでは単純さを優先した

まとめ：デジタルデータとフォーマット

- その実体は数値（記号）の列
 - 音声：111,121,122,89,80,82,75....
 - 静止画：10,240,22,30,34,80...
 - 音声付き動画：12,33,45,1123,488...
 - 文字：33,38,42,60,32,39,55,80...
- これだけでは利用できない（意味が汲み取れない）
 - 符号化ルールとデータは常に一体
- このルールがフォーマット（書式）を生む