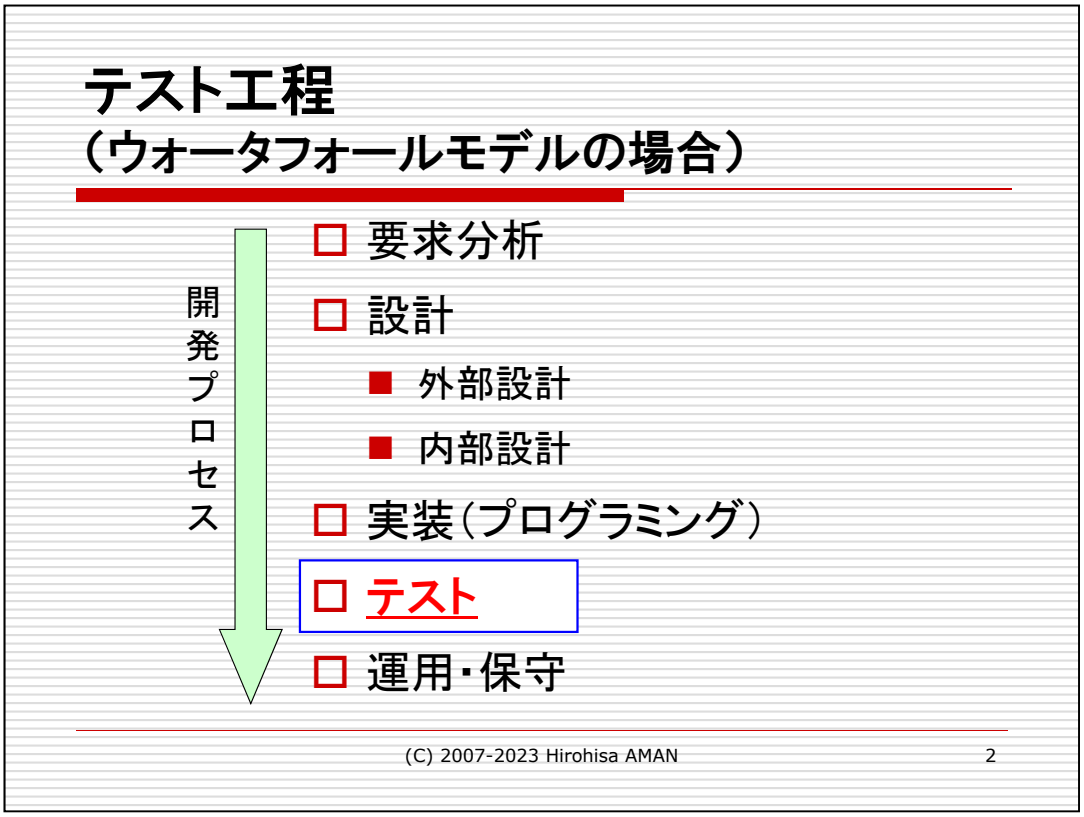
ソフトウェアテスト
[4] ブラックボックステスト

Software Testing
[4] Black Box Testing Techniques

あまん ひろひさ
阿蔓 裕久（AMAN Hirohisa）
aman@ehime-u.ac.jp



テスト工程（テストこうてい）：testing phase

テストの目的と内容

- **目的**

  ソフトウェアに存在するかもしれないエラー（誤り，バグ）を見つけ出す

- **内容**

  ソフトウェアを実行し，**仕様通りの正しい動き**をするのかを確認する

  また，**仕様にない状況に対しても障害が起こらない**ことを可能な限り確認する

誤り（あやまり）：error

バグ：bug

仕様通りの正しい動き（しようどおりのただしいうごき）：correct behavior according to the specification

仕様にない状況（しようにないじょうきょう）：exceptional situations which were not specified in the specification

障害が起こらない（しょうがいがおこならい）：no failure occurs

可能な限り（かのうなかぎり）：as many as possible

テストの難しさ

- 設計者・開発者は，もともと**仕様通りのものを作ろうとした**

- 仕様通りかどうかは，**仕様書に沿って確認**できる（ただし，それでも**網羅は難しい**）
- 仕様外については，**そもそも想定外**であったり，**気付かなかったり**するので**チェックは大変**

難しさ（むつかしさ）：difficulty
網羅（もうら）する：encompass，cover the whole cases
仕様外（しようがい）：unspecified
想定外（そうていがい）：unexpected
気付かない（きづかない）：unaware
大変（たいへん）：hard work

テストの大事さ:
テスト次第では防げたかもしれない事例

- AT&Tのネットワークが全面停止で**750万件の電話が不通**(1990年)
  原因: **更新時にプログラムを1行追加しただけ**だった
- Ariane 5 **ロケットが空中で爆発**(1996年)
  原因: **64ビットの数字を16ビット**で扱っていた
  ※開発費80億ドル以上(1兆円近い)
- 火星調査機が**火星面へ墜落**(1999年)
  原因: 着陸のためのエンジン噴射の推力について,
  解析側と運用側で**単位が違った**:**ポンドとニュートン**

電話(でんわ):telephone
不通(ふつう):disconnected
更新(こうしん):update
空中(くうちゅう)で爆発(ばくはつ): exploded in midair
開発費(かいはつひ):development cost
80 億(おく)ドル: 80 billions of US dollars
1 兆円(ちょうえん):1 trillion(million million) Japanese yen
火星(かせい)調査機(ちょうさき):Mars explorer
墜落(ついらく):crash
着陸(ちゃくりく):landing
エンジン噴射(エンジンふんしゃ):engine injection
推力(すいりょく):thrust force
解析側(かいせきがわ):analysis side
運用側(うんようがわ):operation side
単位(たんい):unit
ポンド:pound
ニュートン:newton

用語：
テストケース，テストスイート，テスト空間

- **テストケース**（Test Case）
  ある特定の入力データ・条件（と期待される出力）
- テストスイート（Test Suite）
  テストケースの集合で，一連のテストを実行するもの
- **テスト空間**（Testing Domain）
  プログラムに**誤りが無いことを保証できる**ような
  テストケースの全集合

用語（ようご）：technical term
ある特定の（あるとくていの）：a certain
入力（にゅうりょく）データ：input data
条件（じょうけん）：condition
期待（きたい）される出力（しゅつりょく）：expected output
集合（しゅうごう）： set
一連の（いちれんの）： a series of
保証（ほしょう）：assure
全集合（ぜんしゅうごう）：entire set

テストの例(1):長さの変換

※1キロメートル
= 0.621371 マイル

「キロメートル → マイル」変換プログラム

【入力】0 以上 10000 未満の実数とし,
小数点以下は 2 桁まで有効(それより下の桁は無視)

【出力】マイルに変換した値で,小数点以下 3 桁に切り捨てたもの

入力	期待される出力
0	0.000
9999.99	6213.703
1	0.621
1.001	0.621

入力	期待される出力
9.99	6.207
10	6.213
-1	エラー
10000	エラー

他にも例外的な場合(数値以外を入力)もあるとよい

長さ(ながさ):length
変換(へんかん):conversion
キロメートル: kilometer
マイル:mile
未満(みまん):less than
実数(じっすう):real number
小数点(しょうすうてん):decimal point
小数点以下(しょうすうてんいか)2 桁(けた):two decimal places
有効(ゆうこう):valid
無視(むし):avoid
小数点以下 3 桁に切り捨て(きりすて):truncate the number to three decimal places
例外的(れいがいてき)な場合(ばあい):exceptional case

テストの例(2):三角形問題 (※有名な問題)

3 つの整数を入力とし，それぞれを辺の長さとした三角形を考える．そこで出来上がるのが

- 二等辺三角形
- 正三角形
- 不等辺三角形

のいずれなのかを判定するプログラムについて，テストケースを考えよ．

三角形(さんかくけい)問題(もんだい):triangle problem

整数(せいすう):integer

辺(へん)の長さ(ながさ):length of side

二等辺三角形(にとうへんさんかくけい):isosceles triangle = a triangle with two equal sides

正三角形(せいさんかくけい):equilateral triangle = a triangle with three equal sides

不等辺三角形(ふとうへんさんかくけい):scalene triangle = a triangle with no two sides of equal length

三角形問題に対するテストケース例

入力	期待される出力
(2, 5, 5)	二等辺三角形
(5, 5, 5)	正三角形
(3, 4, 5)	不等辺三角形
(0, 0, 0)	エラー　※点になってしまう
(3, 4, 7)	エラー　※線分になってしまう
(2, 5, 8)	エラー　※最長辺の長さ ＞ 他の辺の長さの和
(1.3, 4, 5)	エラー　※実数がある（三角形としての不等式は成立）
(-2, 4, 5)	エラー　※負の数がある

※三角形としての不等式：　最長辺の長さ　＜　他の辺の長さの和

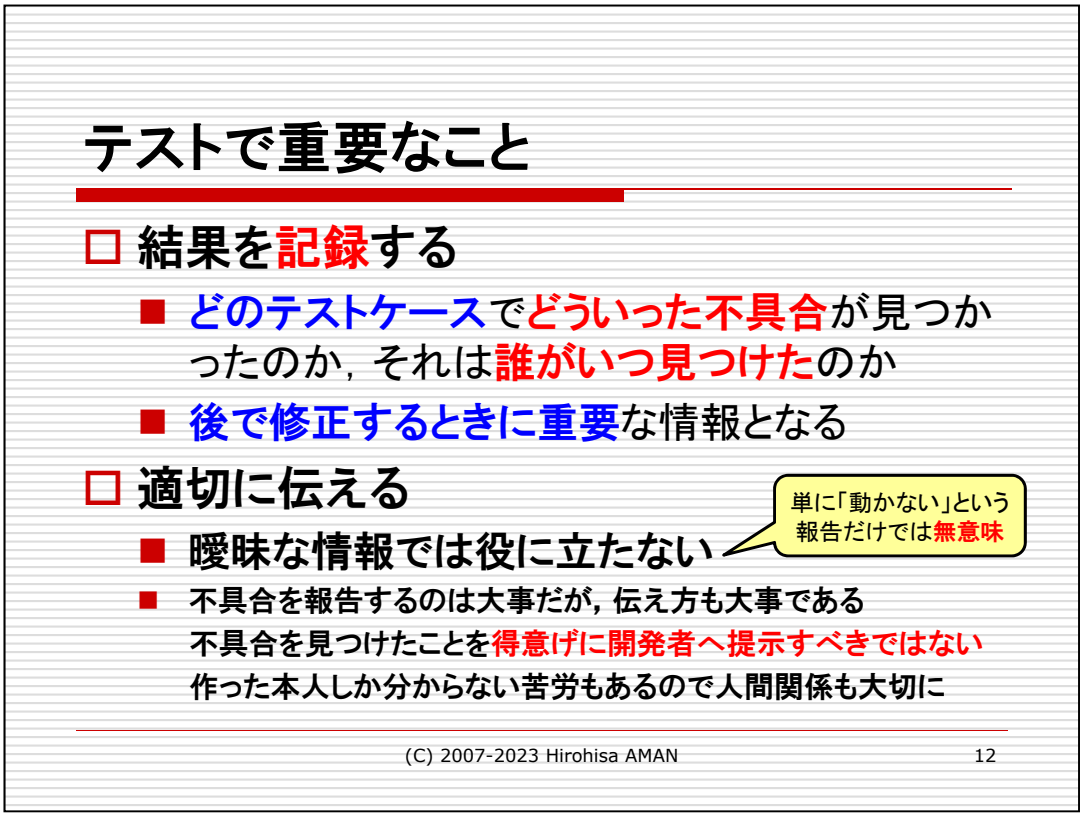
さらには数値の入力順序を入れ替えたものもあるとよい

点（てん）：point
線分（せんぶん）：segment
最長辺（さいちょうへん）：the longest side
他（ほか）の辺（へん）の長さ（ながさ）の和（わ）：sum of the other sides' lengths
実数（じっすう）：real number
不等式（ふとうしき）：inequality
成立（せいりつ）：hold, satisfy
負の数（ふのすう）：negative number
入力順序（にゅうりょくじゅんじょ）：inputting order

【演習1】
整数のソーティングプログラムをテストせよ

- いま，N個の整数をソーティングするプログラムが与えられている
  - $0 \leqq N \leqq 10000$
  - 入力は（数列が格納されている）ファイルから
- このプログラムのためのテストケース（ここでは入力だけでよい）を考えなさい

ソーティング：sorting
数列（すうれつ）：sequence of numbers
格納（かくのう）：store



記録（きろく）：record

曖昧（あいまい）：vague

役に立たない（やくにたたない）：does not work, cannot be useful

伝え方（つたえかた）：communication manner/style

得意げに（とくいげに）：in (with) a proud tone

提示（ていじ）: show, report

本人しか分からない苦労（ほんにんしかわからいくろう）：effort that others do not know

テスト容易性(testability)

- テストの容易性(やりやすさ)は
  - テストに費やされる**コスト(工数)の削減**
  - テスト**期間の短縮**

  に直結する重要な特性

- 当然ながら品質の向上につながる

コストの削減(さくげん):reduction in cost
テスト期間の短縮(テストきかんのたんしゅく):shortening of testing period
直結する(ちょっけつする):directly linked to
特性(とくせい):characteristics

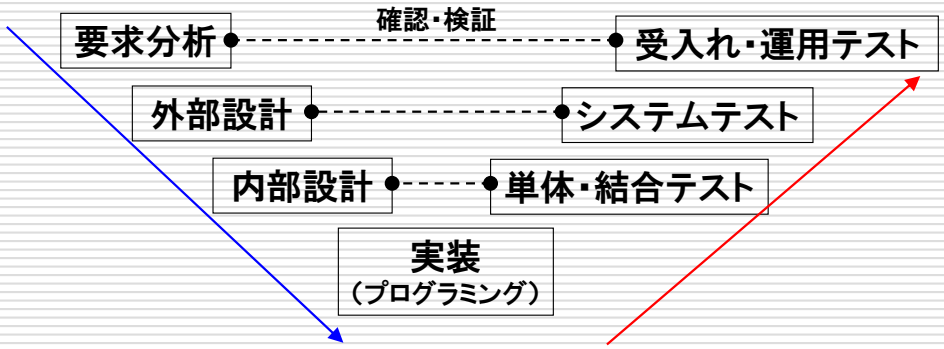
テスト容易性の向上

- 設計や実装での考慮が不可欠
  - **どの機能がプログラムのどの部分に対応**しているのかが**明確**になるように作ることが大事
  - **テストに配慮**した**設計**にする
    例：**うまく関数に分ける**ことで独立してテストできる
- 作る時にはテストを念頭に置く
  - テストで誤りが見つかってもすぐに対処できるよう，**何をやっているのか**が分かりやすいように作る
  - **その場しのぎ**（「とりあえず動けばOK」の感覚）で作るのは，はっきり言って**時間と労力の無駄**

機能（きのう）：function, functionality
対応する（たいおうする）：correspond to
明確（めいかく）：clear
配慮（はいりょ）：taking care, considering
うまく関数に分ける（うまくかんすうにわける）：dividing the system into functions (subroutines) well
独立して（どくりつして）：independently
念頭に置く（ねんとうにおく）：bear it in mind
その場しのぎ（そのばしのぎ）：ad hoc
時間と労力の無駄（じかんとろうりょくのむだ）：waste of time and effort

Vモデルでの対応

- 単体・結合テスト： モジュールの動作確認
- システムテスト以降： システムの動作確認



単体（たんたい）テスト：unit testing
結合（けつごう）テスト：integration testing
システムテスト：system testing
受入れテスト（うけいれテスト）：acceptance testing

モジュール(module)

- モジュールとは**分離可能なプログラムの単位**
  - **そのレベルで差し替えができる**ようなプログラムのかたまり(**ソフトウェア部品**)を意味する
  - C 言語では「**関数**」または「**いくつかの関数をまとめたもの**(通常は1個のプログラム)」がこれに該当する
  - Java のようなオブジェクト指向言語の場合は,「**クラス**」がこれに該当する(※「関数」には「メソッド」が相当するが, メソッドだけでは存在できない)

分離可能(ぶんりかのう):separable
差し替え(さしかえ):replace
関数(かんすう):function
オブジェクト指向言語(オブジェクトしこうげんご):object-oriented language

単体テスト，結合テスト

□ 単体テスト 

1 つのモジュールについて，さまざまな入力を与え，適切な出力が得られるのかを確認

□ 結合テスト 

複数のモジュール（単体テスト済み）を組み合わせ，結合関係を持った状態でモジュールが適切な入出力を行えるかを確認

単体（たんたい）テスト：unit testing
さまざまな入力（にゅうりょく）：various inputs
適切な出力（てきせつなしゅつりょく）：appropriate/correct outputs
結合（けつごう）テスト：integration testing
結合関係（けつごうかんけい）：coupling

システムテスト，受入れ・運用テスト

□ システムテスト 

システムが**仕様通りに動作するのか**を確認

□ 受入れテスト・運用テスト 

システムテストと同様であるが，**実際の運用環境下**でのテスト，**顧客によるテスト**の意味

実際に運用してもらう（仕事で使ってもらう等）

システムテスト：system testing
仕様通り（しようどおり）：according to the specification
受入れテスト（うけいれテスト）：acceptance testing
運用テスト（うんようテスト）：operational testing
実際の（じっさいの）：actual
運用環境下（うんようかんきょうか）：under the operational environment
顧客（こきゃく）によるテスト：testing by the customers/users

テストの分類

- **ブラックボックステスト**
  プログラムの中身は見ないもの（ブラックボックス）として，**仕様に基づいた**動作テストを行う
- **ホワイトボックステスト**
  プログラムの**内部構造（主にフローチャート）に基づいた**動作テストを行う
- **ランダムテスト**
  テストケースをランダムに（無作為に）作成して動作テストを行う

ブラックボックステスト：black box testing
仕様に基づいた（しようにもとづいた）：based on the specification
ホワイトボックステスト：white box testing
内部構造（ないぶこうぞう）：internal structure
フローチャート：flowchart
ランダムテスト：random testing
無作為に（むさくいに）：at random

10-minutes rest break

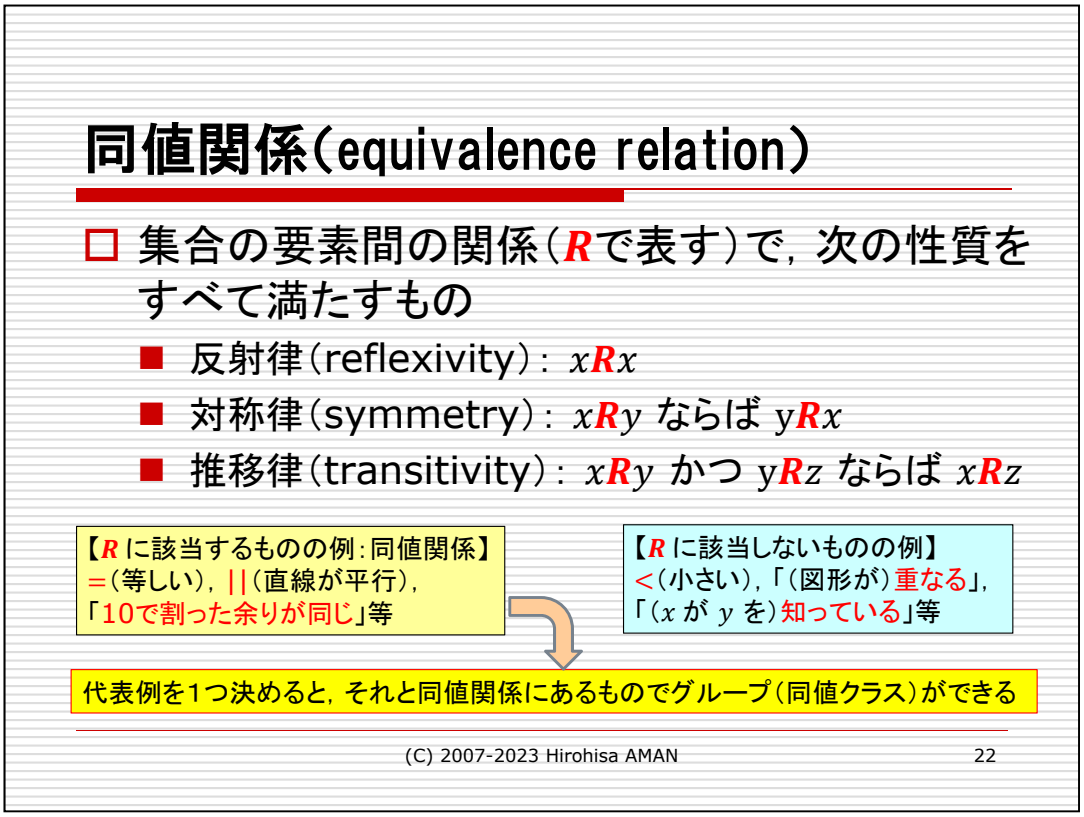
10分休憩

ブラックボックステスト手法(1)
同値分割法(equivalence partitioning)

- テストケースを効率的に設計するため
  一種の**同値関係**に基づいて**入力空間を分割**
  - 1つの分割を「**同値クラス**」という
  - 同値クラスは，**入力条件ごとに**プログラムから**同じ扱いを受けるはずのもの**をまとめたもの

  (同値クラスは2種類)
  - 有効同値クラス： 入力として有効なもの
  - 無効同値クラス： 入力として無効なもの

同値分割法(どうちぶんかつほう):equivalence partitioning
同値関係(どうちかんけい):equivalence relation
入力空間(にゅうりょくくうかん):input space
分割(ぶんかつ):divide, partition
同値クラス(どうちクラス):equivalence class
入力条件(にゅうりょくじょうけん):input condition
同じ扱いを受けるはず(おなじあつかいをうけるはず):expected to get the same treatment
有効(ゆうこう):valid
無効(むこう):invalid



集合(しゅうごう)：set
要素(ようそ)：element
関係(かんけい)：relation
反射律(はんしゃりつ)：reflexivity
対称律(たいしょうりつ)：symmetry
推移律(すいいりつ)：transitivity
直線が平行(ちょくせんがへいこう)：lines are parallel
10 で割った余り(10 でわったあまり)：remainder when divided by 10
重なる(かさなる)：overlap
代表例(だいひょうれい)：representative example

同値分割の例①（1／2）

- 入力：　科目の成績（整数値）
- 出力：「秀，優，良，可，不可，評価しない」のいずれか1つ

- 仕様：90～100 → 秀，　80～89 → 優，
  70～79 → 良，　60～69 → 可，
  0～59 → 不可，　－1 → 評価しない

秀（しゅう）：Excellent
優（ゆう）：　Good
良（りょう）：Satisfactory
可（か）：Passing
不可（ふか）：Failure
評価しない（ひょうかしない）：not evaluated

同値分割の例①（2／2）

- 有効同値クラスと無効同値クラスは次のようになる

有効同値クラス	無効同値クラス
90 ～ 100	101以上
80 ～ 89	－2以下
70 ～ 79	
60 ～ 69	
0 ～ 59	
－1	

各同値クラスから値を選んでテストを行う

同値分割の例② (1／4)

- 駐車料金計算プログラム

【入力(1):駐車時間(単位:分)】

- 1分～30分 ＝ 100円
- 31分～60分 ＝ 200円
- それ以降 ＝ 1 時間単位で 100 円アップ

【入力(2):提携店での買い物額】

- 2,000円以上で 1 時間無料

※駐車時間が1時間を超える場合は,
200円(最初の1時間分)だけ割引

駐車料金(ちゅうしゃりょうきん):parking fee
駐車時間(ちゅうしゃじかん):parking time
提携店(ていけいてん):partner shop
買い物額(かいものがく):purchased amount

同値分割の例② (2／4)

入力条件	有効同値クラス	無効同値クラス
(1)駐車時間	1～30	0 以下
	31～60	
	61 以上	
(2)買い物額	0～1999	-1 以下
	2000 以上	

計算法が同じということでまとめている

※時間や金額でマイナスの値はあり得ないが,
ここでは「入力できてしまう」という想定にしている

同値分割の例②（3／4）

例えば，テストケース：
70分駐車，2100円買い物
⇒ 駐車料金100円
（= 300円 － 200円）

まず，2つの入力条件について，
有効同値クラスの組合せを作る

縦方向の列が1個のテスト

条件（1）駐車時間	有効	1～30	○			○		
		31～60		○			○	
		61～			○			○
	無効	～0						
条件（2）買い物額	有効	0～1999	○	○	○			
		2000～				○	○	○
	無効	マイナス						

同値分割の例②（4／4）

例えば，テストケース：
0分駐車，2100円買い物
⇒ 不正な入力として
エラーを表示

次に，**無効同値クラスを1個だけ含む**ような組合せも作る

条件（1）駐車時間	有効	1～30	○				
		31～60		○			
		61～			○		
	無効	～0				○	○
条件（2）買い物額	有効	0～1999				○	
		2000～					○
	無効	マイナス	○	○	○		

不正な入力（ふせいなにゅうりょく）：invalid input

同値分割法の手順

（1）有効同値クラス，無効同値クラスを入力条件ごとに設定する

（2）**有効同値クラスの組合せ**をすべて作る

（3）**無効同値クラスを1個だけ含む**ような組合せをすべて作る

※もちろん，2個以上含むかたちも加えてテストしてよいが，まずは1個だけ無効なものを混ぜて不具合が出ないことを確認するのが先

手順（てじゅん）：steps, procedure
組合せ（くみあわせ）：combination
混ぜる（まぜる）：mix

ブラックボックステスト法(2)
境界値分析法(boundary-value analysis)

- プログラムの**条件の変わり目(境目)**に着目
  - 入力，出力の**条件の変わり目**でテストする
  - 有効同値クラス及び無効同値クラスの**端**や**境目**，あるいはそれから**外に出たところ**でテスト

変わり目(かわりめ)，境目(さかいめ)：boundary
端(はし)：edge, end
外に出たところ(そとにでたところ)：outside

なぜ条件の変わり目に着目するのか

- プログラム中の条件チェックの部分で間違いを犯していることが意外と多い

（例）成績評価プログラムの if 文の条件式でミス

```
if ( score > 90 ){
   printf("秀\n");
}
```

✓ 90 点が「秀」にならない
✓ 101 点が「エラー」にならずに「秀」になる

正しくは

```
if ( score >= 90 && score <= 100 ){
   printf("秀\n");
}
```


成績評価（せいせきひょうか）：assessment of academic achievement

境界値分析法の例

- 10進数（0以上16未満）を2進数で出力するプログラムをテスト対象とした場合

条件の変わり目（出力ビット数に注目）		同値クラスの端とその外	
（入力）0，1	1ビット	0	有効最小値
2，3	2ビット	15	有効最大値
4，7	3ビット	−1	無効
8，15	4ビット	16	無効

他にも無効同値クラスとして，整数以外の入力もあるとよい

10進数（10しんすう）：decimal number
0以上16未満（0いじょう16みまん）：greater than 0 and less than 16
2進数（2しんすう）：binary number
有効最大値（ゆうこうさいだいち）：valid maximum value
有効最小値（ゆうこうさいしょうち）：valid minimum value
無効（むこう）：invalid

【演習2】
境界値分析法でテストケースを設計せよ

- テスト対象

  2つの整数（0以上10未満）を入力とし，それらの和を16進数で出力するプログラム

  - 出力は0ー15ならば1桁，16ー18は2桁
  - 無効な入力に対しては ERROR と表示

桁（けた）：digit

(参考:その他の手法)直交表を利用

- いくつかのテストすべき機能があったとき，それらの**組合せを網羅**することも大事
- 単純に n 個の機能の中から 2 個を選ぶと **n(n-1)/2 通り**となり，組合せ数が膨大になる恐れがある

  例えば n=10 で 45 通り，n=20 で 190 通り，
  n=30 で 435 通り

直交表では効率的に組合せを作ることができる

直交表(ちょっこうひょう):orthogonal array
組合せを網羅(くみあわせをもうら):cover possible combinations
xxx 通り(とおり):xxx cases
組合せ数(くみあわせすう):number of combinations
膨大(ぼうだい):enormous

直交表

例えば，ワープロでの文字修飾で
A = 太字，B = 斜体，C = 下線，D = 影付き

- 2機能(A,B)について網羅

A	B
0	0
0	1
1	0
1	1

- 4機能(A,B,C,D)では，結果的には右の8通りでOK

どの2列をとっても

(0,0)
(0,1)
(1,0)
(1,1)

が同じ個数だけ登場

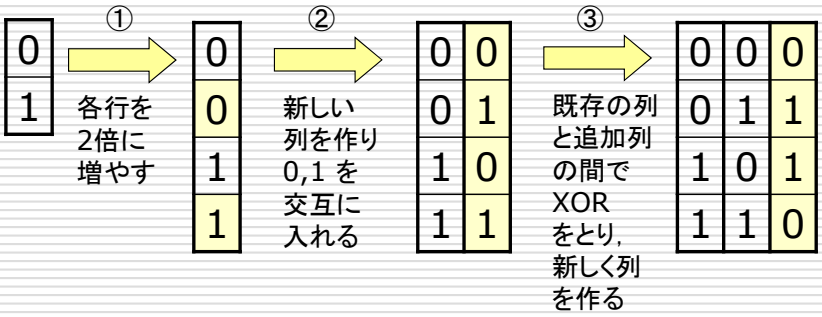
A	B	C	D
0	0	0	0
0	0	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1

この種の表を直交表といい，組合せテストで効果を発揮している

ワープロ = ワードプロセッサ：word processor
文字修飾(もじしゅうしょく)：character decoration
太字(ふとじ)：bold
斜体(しゃたい)：italic
下線(かせん)：underlined
影付き(かげつき)：shaded

直交表の作り方

- 基本は3ステップ



XOR = exclusive OR

2倍（2ばい）に増やす（ふやす）：duplicate

交互に（こうごに）：alternately

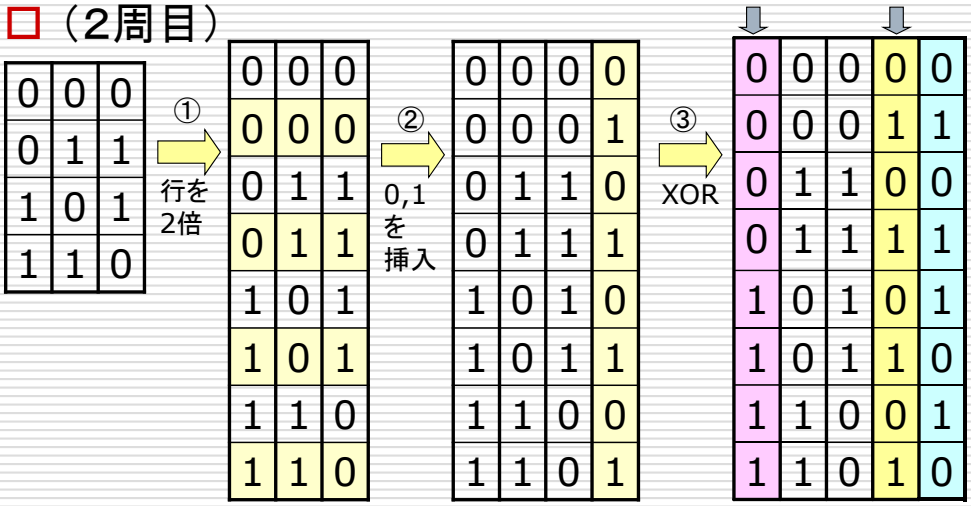
既存の列（きぞんのれつ）：existing column

追加列（ついかれつ）：added column

直交表の作り方（つづき）

※あと2列追加できる

□（2周目）



0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

0	0	0
0	0	0
0	1	1
0	1	1
1	0	1
1	0	1
1	1	0
1	1	0

0	0	0	0
0	0	0	1
0	1	1	0
0	1	1	1
1	0	1	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	0	1

0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	1	1	0	0
0	1	1	1	1
1	0	1	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	0	1
1	1	0	1	0

【演習3】
直交表へさらに2列追加せよ

先の直交表では，さらにあと2列追加できる

これを求めなさい

0	0	0	0	0		
0	0	0	1	1		
0	1	1	0	0		
0	1	1	1	1		
1	0	1	0	1		
1	0	1	1	0		
1	1	0	0	1		
1	1	0	1	0		

0	0	0	0	0		
0	0	0	1	1		
0	1	1	0	0		
0	1	1	1	1		
1	0	1	0	1		
1	0	1	1	0		
1	1	0	0	1		
1	1	0	1	0		

2機能の組合せに関する有効性

組合せ機能数とフォールトの関係：バグ検出率（%）

組合せ数	エキスパートシステム				OS	組込み医療機器	Mozilla	Apache	DB
1	61	72	48	39	82	66	29	42	68
2	36	10	6	8	*	15	47	38	25
3	*	*	*	*	*	2	19	19	5
4	*	*	*	*	*	1	2	7	2
5	*	*	*	*	*		2	0	
6	*	*	*	*	*		1	4	

D.R. Kuhn, et al., “Software fault interactions and implications for software testing,” IEEE Trans. Softw. Eng., vol.30, no.6, pp.418–421, June 2004.

エキスパートシステム：expert system

組込み医療機器（くみこみいりょうきき）：embedded medical device

バグ検出率（バグけんしゅつりつ）：bug detection rate

フォールト：fault = software bug

まとめ

- テスト:「バグ」を見つけ出す作業
  - 品質保証の要である
  - **柔軟な発想**が要求される
  - 例:**三角形問題**
- ブラックボックステスト:外部から見た動作確認
  - **同値分割法**:
    有効同値クラスと**無効**同値クラスの**組合せ**
  - **境界値分析法**:
    入出力条件や同値クラスの**境目に注目**

品質保証(ひんしつほしょう):quality assurance
要(かなめ):key
柔軟(じゅうなん)な発想(はっそう):flexible mindset
例(れい):example
三角形問題(さんかくけいもんだい):triangle problem

宿題(homework)

“[04] quiz” に答えなさい (明日の 13 時まで)

Answer “[04] quiz”
by tomorrow 13:00 (1pm)

注意:quiz のスコアは final project の成績の一部となります
(Note: Your quiz score will be a part of your final project evaluation)

【演習1】解答例

- ランダムな数列
  {5, 1, 9, 2, 3, 7, …}
- 整列済み数列
  {1, 2, 3, 4, …}　　{100, 99, 98, 97, …}
- 1個だけの場合，N個を超える場合
  { 2 }　　{ 1, 2, 3, …, N, N+1 }
- 0個
  { }

他にもファイルが見つからない，オープンに失敗する等の例外も考えるとよい

整列済み（せいれつずみ）：sorted
失敗（しっぱい）：fail

【演習2】解答例

条件の変わり目		同値クラスの端とその外	
6＋9	1桁	0＋0	有効最小値
8＋7		9＋9	有効最大値
7＋9	2桁	−1＋0	無効
8＋8		10＋0	無効
9＋7		10＋10	無効
5＋5	記号	−1＋10	無効

他にも無効同値クラスとして，整数以外の入力もあるとよい

※1桁の場合に6＋9だけでなく8＋7も考えているのは，
2つの数の大小関係で両パターンを考慮しているため．（必須ではない）
2桁の場合も同様．

【演習3】解答
直交表へさらに2列追加せよ

0	0	0	0	0	0	
0	0	0	1	1	1	
0	1	1	0	0	1	
0	1	1	1	1	0	
1	0	1	0	1	0	
1	0	1	1	0	1	
1	1	0	0	1	1	
1	1	0	1	0	0	

0	0	0	0	0		0
0	0	0	1	1		1
0	1	1	0	0		1
0	1	1	1	1		0
1	0	1	0	1		1
1	0	1	1	0		0
1	1	0	0	1		0
1	1	0	1	0		1

桁（けた）：digit