

平成20（2008）年度
東京大学大学院学際情報学府学際情報学専攻
修士課程（総合分析情報学コース）
入学試験問題
専 門 科 目

（平成19年8月22日 13:00～15:00）

試験開始の合図があるまで問題冊子を開いてはいけません。開始の合図があるまで、下記の注意事項をよく読んでください。

(Please read the instructions on the backside.)

1. 本冊子は、総合分析情報学コースの受験者のためのものである。
2. 本冊子の本文は16ページである。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には申し出ること。
3. 本冊子には、計8問の問題が収録されている。この8問の中から4問を選択して解答すること。
4. 本冊子の問題には、日本語文と英語文があるが、日本語文が正式なもので、英語文はあくまでも参考である。両者に意味の違いがある場合は、日本語文を優先すること。
5. 解答用紙は4枚ある。選択した問題ごとに解答用紙1枚を使用すること。このほかに計算用紙が1枚ある。なお、解答用紙のみが採点の対象となる。
6. 解答用紙の上方の欄に、選択した問題の番号及び受験番号を必ず記入すること。問題番号及び受験番号を記入していない答案は無効である。
7. 解答には必ず黒色鉛筆（または黒色シャープペンシル）を使用すること。
8. 解答は原則として日本語によるものとする。ただし、英語で解答しても採点の対象とする。
9. 試験開始後は、中途退場を認めない。
10. 本冊子、解答用紙、計算用紙は持ち帰ってはならない。
11. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏 名	

総合分析情報学 第1問 (Question A1)

関数 $f(t)$ のラプラス変換は次の積分 $F(s)$ によって定義される.

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt$$

ここで $L\{\}$ はラプラス変換を示す記号である. また, 定数 e は, 自然対数の底を表す.

以下の問いに答えよ.

- (1) $L\{\alpha\}, L\{t\}, L\{\alpha e^{\beta t}\}$ を導出せよ. ここで α, β は定数とする.
- (2) 関数 $f(t)$ の一次及び二次の導関数 $\frac{df(t)}{dt}, \frac{d^2f(t)}{dt^2}$ のラプラス変換を求めよ.
- (3) 以下の微分方程式の両辺をラプラス変換し $L\{X(t)\}, L\{Y(t)\}$ を求めよ.

$$\frac{dX(t)}{dt} = e^{-t} + e^{-2t} - 3X(t)$$

ここで $X(0) = 0$ である.

$$\frac{d^2Y(t)}{dt^2} + 3\frac{dY(t)}{dt} + 2Y(t) = 2$$

ここで $Y(0) = 1, \frac{dY(0)}{dt} = 1$ である.

- (4) $L\{X(t)\}, L\{Y(t)\}$ を逆ラプラス変換して $X(t), Y(t)$ を求めよ.

Question A1

The Laplace transform of a function $f(t)$ is defined as the integral $F(s)$ as follows,

$$F(s) = L\{f(t)\} = \int_0^{\infty} f(t)e^{-st} dt.$$

$L\{\}$ denotes the symbol for the Laplace transformation.

The constant e is the base of the natural logarithm.

Answer the following questions regarding the Laplace transformation.

- (1) Derive $L\{\alpha\}$, $L\{t\}$ and $L\{\alpha e^{\beta t}\}$, where α and β are both constants.
- (2) Obtain the Laplace transform of $\frac{df(t)}{dt}$ and $\frac{d^2 f(t)}{dt^2}$, which are the primary and secondary derivatives of $f(t)$, respectively.
- (3) Obtain $L\{X(t)\}$ and $L\{Y(t)\}$ by deriving the Laplace transform of both sides of the following differential equations.

$$\frac{dX(t)}{dt} = e^{-t} + e^{-2t} - 3X(t),$$

where $X(0) = 0$.

$$\frac{d^2 Y(t)}{dt^2} + 3\frac{dY(t)}{dt} + 2Y(t) = 2,$$

where $Y(0) = 1$ and $\frac{dY(0)}{dt} = 1$.

- (4) Obtain $X(t)$ and $Y(t)$ using the inverse Laplace transform of $L\{X(t)\}$ and $L\{Y(t)\}$.

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

次のような2人ゲームを考える。一方が出題者、他方が解答者になる。

- 出題者は10進4桁の数を決める。各桁の数字はすべて異なるものとする。0が先頭に来てよい。
- 解答者はその数をなるべく少ないやりとりで当てる。そのために自分が思う4桁の数（各桁の数字がすべて異なる）を1回に1つ出題者に示す。出された数字に対して出題者はblowの数とhitの数を答える。ここでblowとhitの定義は次の通りである。
 - blowとは、その数と解答の数との間で、同じ桁に同じ数字があるもの。
 - hitとは、その数と解答の数との間で、桁は違うが同じ数字があるもの。
 たとえば、2485と7452ならblowが1つ(4)、hitが2つ(2, 5)である。もちろん、嘘をついてはいけない。

これを人が出題者、コンピュータが解答者となるような形でプログラム化したい。そのプログラムを構成する基本的なモジュール(手続きあるいは関数と考えてもよいし、オブジェクト(クラス)と考えてもよい)の構成を考え、それらの概要を自然言語で簡潔に述べよ。また、この解答の精度を高めるために、どのようなアルゴリズムが考えられるか、構想を述べよ。キーボード入力、テキスト表示で進行するプログラムの実行例は図A2-1の通りである。

<p>Think a 4-digit number; each digit must be different. I will make a guess and you answer the number of blows and hits.</p> <p>My answer (1): 2654 No. of blows ? >1 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (2): 6251 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (3): 9524 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2 (右上に続く)</p>	<p>(左下より続く)</p> <p>My answer (4): 5640 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (5): 2486 No. of blows ? >2 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (6): 2468 No. of blows ? >4 No. of hits ? >0 Solution !! Continue (yes/no) ? no</p>
---	--

図 A2-1

Question A2

Consider the following two-person game where one person plays as a defender and the other as a challenger.

- The defender prepares a 4-digit decimal number. Each digit must be different. The most significant digit may be zero.
- The challenger attempts to guess the number in as few rounds as possible. In each round, the challenger shows the defender a 4-digit number (of which each digit is different).
- In response to the number presented, the defender reports the number of blows and that of hits, where blow and hit are defined as follows.
 - A blow occurs when a digit matches at the same decimal place.
 - A hit occurs when a digit matches at different decimal places.

For instance, for 2485 and 7452, there occur one blow (4) and two hits (2, 5). Of course the defender must not tell a lie.

Let us consider writing a program where a computer and a human play this game as a challenger and as a defender, respectively. Design the structure of basic modules (either procedures, functions, objects, classes, or a mixture of those) for this program and concisely describe it in a natural language. Also sketch how we can optimize the challenging algorithm. Figure A2-1 shows an example of execution of the program in question where a computer challenges with a number and a human answers the number of blows and that of hits in response to it.

<p>Think a 4-digit number; each digit must be different. I will make a guess and you answer the number of blows and hits.</p> <p>My answer (1): 2654 No. of blows ? >1 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (2): 6251 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (3): 9524 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2</p> <p>(to be continued to the top-right)</p>	<p>(continued from the bottom-left)</p> <p>My answer (4): 5640 No. of blows ? >0 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (5): 2486 No. of blows ? >2 No. of hits ? >2</p> <p>My answer (6): 2468 No. of blows ? >4 No. of hits ? >0</p> <p>Solution !! Continue (yes/no) ? no</p>
---	---

Figure A2-1

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

命令セットアーキテクチャにおけるアドレッシング方式について以下の問いに答えよ。

- (1) レジスタ修飾を利用した、インデックス付きアドレッシングとベースアドレッシングのメカニズムを説明せよ。
- (2) プログラムカウンタ (PC) の値との差分によってアドレスを表現する PC 相対アドレッシングは、どのような場合に有効か述べよ。
- (3) アドレッシング方式の豊富さの観点から、プログラムの書きやすさと、プログラムの実行性能の間のトレードオフについて論ぜよ。

Question A3

Answer the following questions regarding addressing mechanisms in instruction set architectures.

- (1) Explain the mechanisms of indexed-addressing and base-addressing that use register modifications.
- (2) Show example cases where PC indexed-addressing, which expresses a memory address by the difference from the value of PC (program counter) register, is effective.
- (3) Discuss trade-offs between the simplicity of programs and the performance of programs in execution from the standpoint of richness in addressing mechanisms in instruction set architectures.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

スレッドの同期について以下の問いに答えよ。

- (1) 以下の語句を簡潔に説明せよ。
 - (a) デッドロック
 - (b) ミューテックス
 - (c) 優先度上限プロトコル
 - (d) リソース順序付け
- (2) 図A4-1に示された関数transferは、与えられた2つのスタックstack1とstack2に対し、stack1から要素を取り出してstack2に入れる操作を目的として実装したものである。複数のスレッドがこの関数を呼ぶ可能性がある場合にはこの関数が目的通りに機能しない場合がある。
 - (a) 機能しない場合の例を挙げよ。
 - (b) この関数を目的通りに機能させるための修正案を2つ示せ。
 - (c) 前問で挙げた修正案のうち、どちらが並列性を高める上では優位であるかを論ぜよ。

```
void transfer(Stack stack1, Stack stack2)
{
    if (stack1 == stack2) return;
    stack1.mutex_lock();
    Item item = stack1.pop();
    if (item != null)
    {
        stack2.mutex_lock();
        stack2.push(item);
        stack2.mutex_unlock();
    }
    stack1.mutex_unlock();
}
```

図 A4-1

Question A4

Answer the following questions regarding *thread synchronizations*.

- (1) Concisely explain the following terminologies.
 - (a) Deadlock
 - (b) Mutex
 - (c) Priority Ceiling Protocol
 - (d) Resource Ordering
- (2) Function *transfer* shown in Figure A4-1 is implemented to pop an item from the stack1 and then to push it to the stack2, for a given pair of stacks, stack1 and stack2. When this function gets called from multiple threads concurrently, it may not operate as intended.
 - (a) Give an example scenario where this function may not operate as intended.
 - (b) Provide two kinds of solutions to make this function operate as intended.
 - (c) Among the two solutions given in the previous question, discuss which solution would perform better in terms of higher concurrency of the operation.

```
void transfer(Stack stack1, Stack stack2)
{
    if (stack1 == stack2) return;
    stack1.mutex_lock();
    Item item = stack1.pop();
    if (item != null)
    {
        stack2.mutex_lock();
        stack2.push(item);
        stack2.mutex_unlock()
    }
    stack1.mutex_unlock()
}
```

Figure A4-1

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

(1) 次の正規表現 (Regular Expression) にマッチする文字列の例を挙げよ.

$(0 \mid [1-9][0-9]^*) \cdot [0-9]^*[1-9]$

ただし, 正規表現の文法は以下の通りである.

x^* 正規表現 x が 0 回以上繰返したものにマッチする.

xy 正規表現 x に y が続くとマッチする.

$(x \mid y)$ 正規表現 x または y にマッチする.

$[0-9]$ $(0 \mid 1 \mid 2 \dots \mid 9)$ と同等の表現.

$[1-9]$ $(1 \mid 2 \dots \mid 9)$ と同等の表現.

(2) この正規表現にマッチする文字列の生成文法を BNF で書け.

非終端記号は $\langle \text{と} \rangle$ で囲って表現し (例えば $\langle X \rangle$), 生成規則の左辺と右辺の区切りには $::=$ を用いよ.

(3) 正規文法, 文脈自由文法, 文脈依存文法とはそれぞれどのようなものか, 生成規則を用いて定義せよ.

Question A5

- (1) Write example character strings which match the following regular expression.

$(0 | [1-9][0-9]^*).[0-9]^*[1-9]$

The grammar of the regular expression is defined as follows.

x^* This matches a string which contains more than zero occurrences of “x”.

xy This matched a string “x” followed by “y”.

$(x|y)$ This matched a string “x” or “y”.

$[0-9]$ This is equivalent to $(0 | 1 | 2 \dots | 9)$.

$[1-9]$ This is equivalent to $(1 | 2 \dots | 9)$.

- (2) Give a generative grammar in BNF that generates strings that would match the regular expression given above. A non-terminal symbol must be put between “<” and “>” (e.g., <X>). Use “::=” as a delimiter symbol to divide the left side and right side of the generative grammar .
- (3) Define regular grammar, context free grammar, and context sensitive grammar by showing their generative rules.

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

インターネットにおける様々な通信技術に関して以下の問いに答えよ。

(1) 以下のプロトコルについて簡潔に説明せよ。

- (a) TCP/IP
- (b) BGP
- (c) ICMP
- (d) SMTP
- (e) HTTP

(2) 以下の要素技術について簡潔に説明せよ。

- (a) CIDR
- (b) サブネット (Subnet) ・ スーパーネット (Supernet)
- (c) AS
- (d) DNS

(3) 図A6-1に示すように、2台のホスト (Client: ホスト名はclient.domc.net, Server: ホスト名はserver.doms.net) がルータ (Router) を介してネットワーク上に接続されている。いま、ClientからServerにHTTPリクエストを送る場合を考える。Clientは最初Serverのホスト名しか知らないと仮定するとき、ホスト名の解決から始まりHTTPリクエストの packets がServerに到着するまでの過程をできるだけ詳細に述べよ。各ホスト、ルータ、ネットワークのアドレスなどは図示されたものを用い、ルーティングテーブルやARPテーブルは最新状態にあるなど合理的な仮定をしても構わないが仮定したことは明記すること。

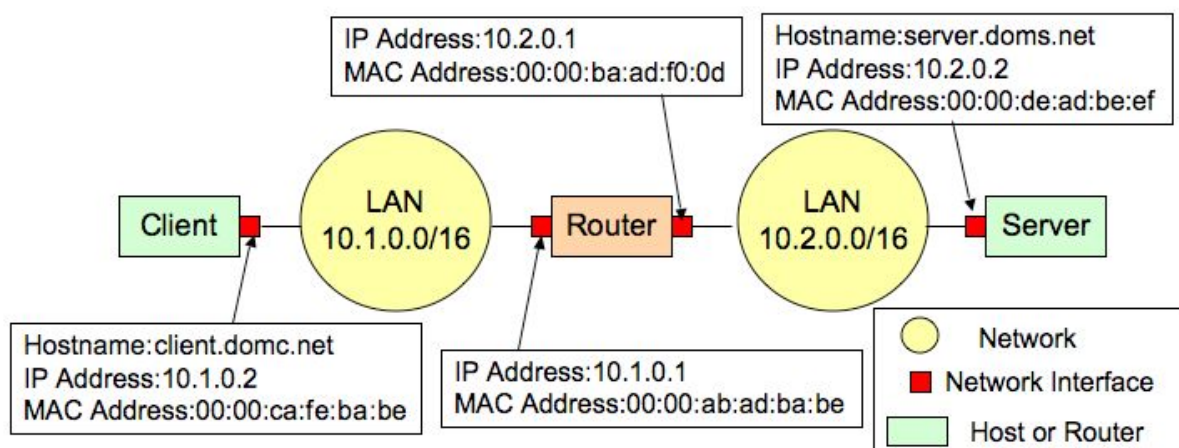


図 A6-1

Question A6

Answer the following questions regarding the communication technologies in the Internet.

(1) Briefly explain the following protocols.

- (a) TCP/IP
- (b) BGP
- (c) ICMP
- (d) SMTP
- (e) HTTP

(2) Concisely describe the following technologies.

- (a) CIDR
- (b) Subnet/Supernet
- (c) AS
- (d) DNS

(3) Figure A6-1 shows two hosts (Client: hostname is client.domc.net, Server: hostname is server.doms.net) communicating over a router (Router) across two local area networks. Suppose Client sends HTTP request to Server. Provided Client knows only the hostname of Server, describe the process beginning from the hostname resolution to the HTTP request packet arrival at the Server in as much detail as possible. Use addresses of hosts, router, and networks as shown in Figure A6-1. Although you can make reasonable assumptions such as routing tables and ARP tables are up to date etc, explicitly put down the assumptions made.

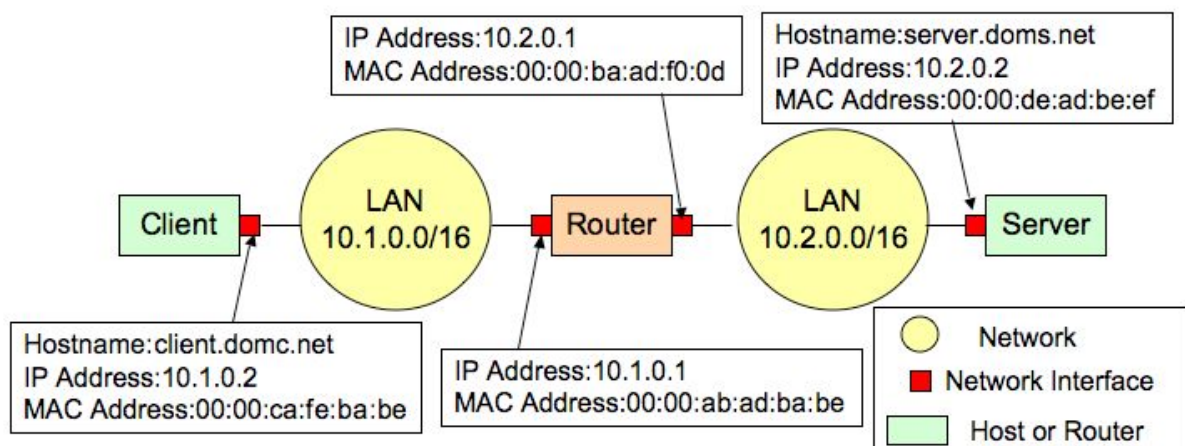


Figure A6-1

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

論理回路に関する以下の問いに答えよ.

- (1) Flip-Flop とはどのような回路か説明せよ.
- (2) NAND ゲートまたは NOR ゲートを用いた Flip-Flop 回路と, その真偽値表を書け.
- (3) 利用者による書き換え可能な代表的なメモリハードウェアである, DRAM (Dynamic Random Access Memory), SRAM (Static Random Access Memory) Flash Memory について, その違いがわかるように説明せよ.

Question A7

Answer the following questions regarding logic circuits.

- (1) Explain the Flip-Flop logic circuit.
- (2) Draw a figure of the Flip-Flop logic circuit with NAND gates or NOR gates, and give its true-false table.
- (3) DRAM (Dynamic Random Access Memory), SRAM (Static Random Access Memory) and Flash Memory are representative memory hardware mechanisms that allow users to update the memory content. Explain these three mechanisms elaborating the differences among them.

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

以下の問いに答えよ。

- (1) 空間データの取得, 利用, 分析, 表現という一連の作業をおこなうコンピュータシステムを地理情報システム (GIS) と呼ぶ。地理情報システムを用いた空間データ分析に特徴的な以下の性質や手法について, 簡潔に説明せよ。
 - (a) 空間的自己相関
 - (b) バッファリングによる空間分析
 - (c) 空間データにおける属性データ
- (2) 空間的な事象をコンピュータ (地理情報システム) で扱うための表現法を空間データモデルと呼ぶ。空間データモデルに関して, 以下の問いに答えよ。
 - (a) 空間データモデルでは, オブジェクトをその幾何学的特性に着目して, 点データ, 線データ, 面データに分類することがある。これらについて簡潔に説明し, それぞれの具体的な例を挙げよ。
 - (b) 代表的な空間データモデルとして, ラスターデータとベクターデータがある。それぞれのデータ構造や特徴について述べよ。
 - (c) 空間データモデルにおけるトポロジーの概念について簡潔に述べよ。
 - (d) 空間データと空間的スケール・解像度の関係について簡潔に述べよ。

Question A8

Answer the following questions.

- (1) A computer system designed for capturing, utilizing, analyzing, and displaying spatial data is called *geographic information system* (GIS). Concisely explain the following terms concerning the characteristics and techniques of spatial data analysis with geographic information systems.
 - (a) Spatial autocorrelation
 - (b) Spatial analysis with buffering
 - (c) Attribute data in spatial data

- (2) Answer the following questions about map projections and spatial coordinate systems.
 - (a) In spatial data models, objects are often classified into *point data*, *line data*, and *area data* in terms of their geometric properties. Explain these three types of data concisely, and give a real-world example of each.
 - (b) Explain the two major spatial data models, *raster data* and *vector data*, by focusing on their data structures and characteristics.
 - (c) Briefly discuss the concept of *topology* in spatial data models.
 - (d) Briefly discuss the relationship between spatial data and spatial scale/resolution.

Entrance Examination for Masters Program
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2008
(13:00-15:00, August 22nd, 2007)

Directions: Do not open this booklet before the examination begins.
Read the following instructions carefully.

1. This booklet is for the examinees in Applied Computer Science Course, Graduate School of Interdisciplinary Information Studies.
2. This booklet includes sixteen pages. Report missing, misplaced, and imperfect pages to the instructor.
3. This booklet includes eight questions. Select any four questions and answer only those four.
4. Each question is described both in Japanese and in English. Use the Japanese version primarily; the English version is provided for the reference purpose only.
5. There are four answer sheets and a scratch paper. Use one answer sheet per question. A scratch paper is provided for calculation. Only the answer sheets will be considered valid.
6. Write a question number and your examinee's number in the designated boxes located at the top of each answer sheet. The answer missing a question number and/or an examinee's number will not be considered valid.
7. Use only black pencils (or black mechanical pencils).
8. Answer the questions in Japanese as a general rule, although you are also allowed to answer in English.
9. Do not leave the room until the examination is finished.
10. Do not take away this booklet, the answer sheets, and the scratch paper.
11. Write your examinee's number and your name in the designated boxes below.

Examinee's Number	
Name	