

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20年1月26日 10：00～12：00）

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)

次の連立微分方程式について以下の問いに答えよ.

$$\begin{aligned}\frac{dX(t)}{dt} &= -a \cdot X(t), \\ \frac{dY(t)}{dt} &= a \cdot X(t) - b \cdot Y(t),\end{aligned}$$

ここで $X(t)$, $Y(t)$ は時間 t の関数である.

また, $X(0) = c$, $Y(0) = 0$ であり, a , b , c はいずれも正の定数である.

- (1) $Y(t)$ を求めよ. ただし $a \neq b$ とする.
- (2) $Y(t)$ の最大値を与える時間 t_{max} とそのときの最大値 $Y(t_{max})$ を求めよ.
ただし $a \neq b$ とする.
- (3) a と b が等しい場合の $Y(t)$ を求めよ.

Question A1

Answer the questions with regard to the following simultaneous differential equations,

$$\begin{aligned}\frac{dX(t)}{dt} &= -a \cdot X(t), \\ \frac{dY(t)}{dt} &= a \cdot X(t) - b \cdot Y(t),\end{aligned}$$

where $X(t)$ and $Y(t)$ are the functions of time t .

Also assume that $X(0) = c$ and $Y(0) = 0$, and a , b and c are positive constants.

- (1) Derive $Y(t)$ under the assumption that $a \neq b$.
- (2) Show the time t_{max} that maximizes $Y(t)$ and the maximal $Y(t_{max})$ under the assumption that $a \neq b$.
- (3) Derive $Y(t)$ under the assumption that $a = b$.

総合分析情報学 第2問 (Question A2)

全域木 (spanning tree) に関する以下の問いに答えよ.

- (1) 全域木を簡潔に定義せよ.
- (2) 最小全域木 (minimum spanning tree)を簡潔に定義せよ.
- (3) 最小全域木を求めるアルゴリズムを簡潔に述べよ.
- (4) 図 A2-1 におけるグラフ G の最小全域木 M とそのコストを求めよ.

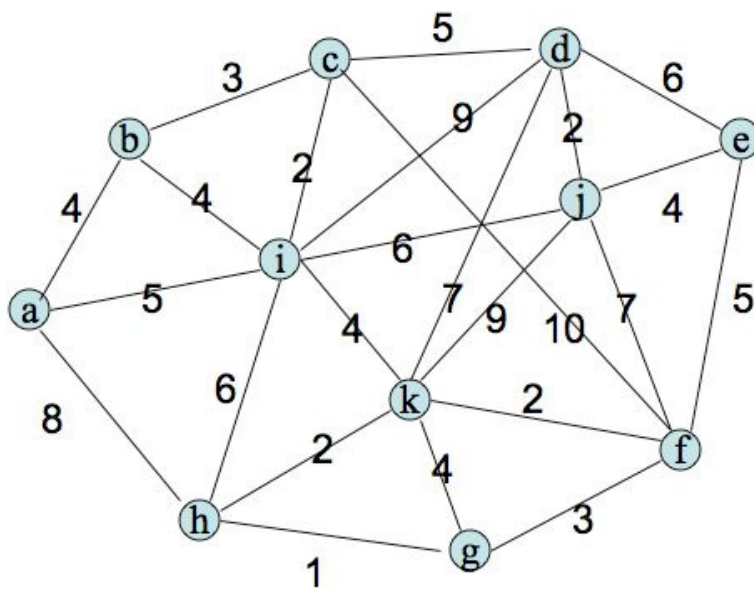


図 A2-1

Question A2

Answer the following questions regarding *spanning tree*.

- (1) Give a concise definition of *spanning tree*.
- (2) Give a concise definition of *minimum spanning tree*.
- (3) Sketch an algorithm to obtain a minimum spanning tree.
- (4) Find a minimum spanning tree M and its cost of the graph G depicted in Figure A2-1.

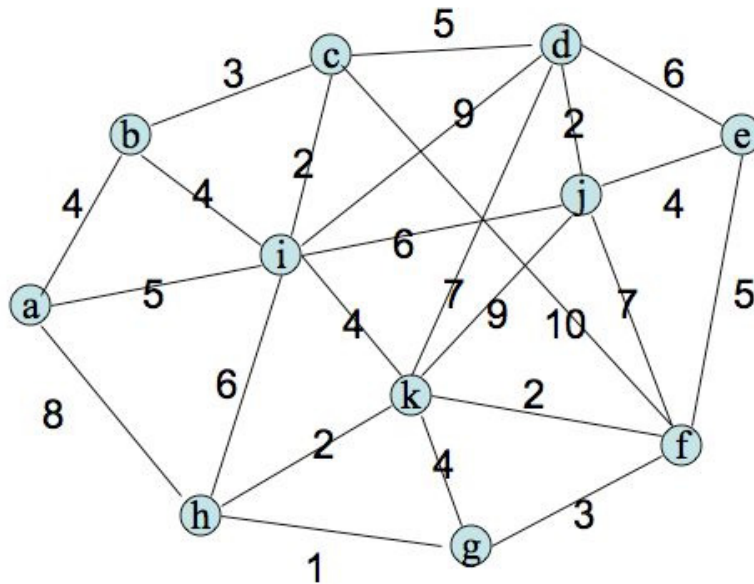


Figure A2-1

総合分析情報学 第3問 (Question A3)

仮想記憶方式に関する以下の問いに答えよ。

- (1) 仮想記憶を実現するために、論理アドレスから物理アドレスの変換を支援するハードウェアアーキテクチャ上の仕組みについて説明せよ。
- (2) 内部フラグメンテーションと外部フラグメンテーションの問題を説明せよ。
- (3) プログラムにおける2つの並行実行単位(タスク)が動作する論理記憶空間を同一にした場合と、分離した場合のメリットとデメリットを説明せよ。

Question A3

Answer the following questions regarding the mechanisms in virtual memory architecture.

- (1) Explain the hardware mechanism for virtual memory that facilitates translation from a logical address into a physical address.
- (2) Explain internal fragmentation problem and external fragmentation problem in memory management.
- (3) Explain advantages and disadvantages of a single logical memory space shared by two tasks and those of two logical memory spaces separately used by the two tasks.

総合分析情報学 第4問 (Question A4)

分散並列処理に関する以下の問題に答えよ。

タプルスペース(tuple space)とは、分散並列処理におけるプロセス間通信方式の一種であり、以下の特徴を持つ。

- プロセスはタプルスペースと呼ばれる共有空間を介して通信する。
- タプルスペースに対して、以下の操作を介してタプルを読み書きすることができる (タプルとはひとつ以上のデータからなるデータの組である) :

out(): タプルをタプルスペースに追加する。

in(): タプルスペースからマッチするタプルを削除し、それをプロセスに返す。
必要なタプルが見つからない場合は、プロセスはブロックして待つ。

read(): in と同様だが、読み出されたタプルはタプルスペースから削除されない。

たとえば、`out(A, 1)` はタプル(A, 1) をタプルスペースに生成する操作である(A は定数)。このタプルは、`in(A, 1)`や `in(A, i:integer)`, `read(A, 1)`, `read(A, i:integer)` などの操作で取り出すことができる。ここで `i:integer` は任意の整数にマッチするパターンを示すものとする。

タプルスペースを用いてスタックを記述した例を以下に示す。

<pre>def stack_push(d:data) in(STACKLEN, i:integer) out(STACK, d, i+1) out(STACKLEN, i+1) end</pre>	<pre>def stack_pop() in(STACKLEN, i:integer > 0) in(STACK, d:data, i) out(STACKLEN, i-1) return d end</pre>
---	--

ここで、`STACKLEN`, `STACK` は定数。また初期設定として `out(STACKLEN,0)`が実行されているものとする。

- (1) 上記を参考に、FIFO (first-in first-out)キューをタプルスペースを用いて実現せよ。またその挙動について簡潔に説明せよ。
- (2) タプルスペースを用いて複数プロセス間での排他制御を実現せよ。またその挙動について簡潔に説明せよ。
- (3) プロセス間通信の方式として、タプルスペース以外にはどんなものがあるか、その特徴を説明せよ。

Question A4

Answer the following questions on distributed parallel processing:

“**Tuple space**” is a process communication method for distributed systems. Tuple space has the following features:

- Multiple processes communicate through a shared space called “tuple space”.
- Each process can read and write “tuples” using the following operations. (a tuple is a data structure consisting of one or more data elements):

out(): adds a tuple in a tuple space.

in(): removes a matched tuple from the tuple space and returns it to the process. This operation blocks until a matched tuple is found.

read(): similar to in() operation, but a tuple is not removed from the tuple space.

For example, out(A, 1) operation means creating a tuple (A,1) in a tuple space (here, A is a constant). This tuple can be extracted by operations such as in(A,1), in(A, i:integer), read(A,1), or read(A, i:integer). Note that i:integer denotes a pattern that matches any integer.

The following is an implementation of stack by using tuple space.

<pre>def stack_push(d:data) in(STACKLEN, i:integer) out(STACK, d, i+1) out(STACKLEN, i+1) end</pre>	<pre>def stack_pop() in(STACKLEN, i:integer > 0) in(STACK, d:data, i) out(STACKLEN, i-1) return d end</pre>
---	--

Note that STACKLEN and STACK are constants, and an out(STACKLEN,0) operation is performed as the initial setup.

- (1) Following the example of stack, implement FIFO (first-in first-out) queue using a tuple space. Briefly explain how it works.
- (2) Implement mutual exclusion of multiple processes by using a tuple space. Briefly explain how it works.
- (3) Explain process communication methods other than a tuple space and their features.

総合分析情報学 第5問 (Question A5)

プログラミング言語に関する以下の問いに答えよ。

- (1) プログラミング言語におけるマクロ (Macro) の仕組みを説明せよ。
- (2) 関数によって実装されたモジュールを、マクロに書き換えることで、高速化することがある。その理由を説明せよ。
- (3) 関数 $f(x)$ と $g(x)$ と同等の計算を行うマクロ $F(X)$ と $G(X)$ を以下のように定義した。この時、 $f(g(y++))$ と、 $F(G(y++))$ の計算結果の違いを説明せよ。

注：なお、 $y++$ は変数 y を評価した後で変数 y をインクリメントすることを表すものとする。

| 関数の定義

```
function f(x) {  
    return x * x;  
}
```

```
function g(x) {  
    return x + 1;  
}
```

| マクロの定義

```
#define F(X) (X * X)  
#define G(X) (X + 1)
```

Question A5

Answer the following questions regarding programming languages.

- (1) Explain the mechanism of “Macro” in programming languages.
- (2) We can often improve the execution performance of function modules by replacing the functions with macros. Explain the reason for this performance improvement.
- (3) We define macros $F(x)$ and $G(x)$, which achieve similar operations with functions $f(x)$ and $g(x)$ as follows, respectively. According to these definitions, explain the difference in the execution results of $f(g(y++))$ and $F(G(y++))$.

Note: The notation “ $y++$ ” means the variable y gets incremented after the evaluation of y .

| Function Definitions

```
function f(x) {  
    return x*x;  
}
```

```
function g(x) {  
    return x + 1;  
}
```

| Macro Definitions

```
#define F(X) (X * X)  
#define G(X) (X + 1)
```

総合分析情報学 第6問 (Question A6)

TCPプロトコルの輻輳制御に関して以下の問いに答えよ。

- (1) 輻輳制御は何のために必要か簡潔に述べよ。
- (2) スロースタートと輻輳回避を両者の違いがわかるように説明せよ。
- (3) 輻輳回避におけるAIMDとは何か簡潔に述べよ。横軸に時間、縦軸に輻輳ウィンドウサイズを取るとき、AIMDをグラフ上に図示せよ。また、その特徴を表すように説明を追記せよ。
- (4) ホスト H とウェブサーバ W が以下の条件を満たすTCP接続により通信を行っている。
 - HとWは1Gbpsのリンクで接続されており往復伝播遅延 (RTT)は100msecである。
 - TCPセグメントサイズは1KBとする。
 - 輻輳ウィンドウの閾値は64KBとする。
 - パケットロス, キュー遅延, パケット処理遅延, 再送, 他のトラフィックなどは考慮しなくて良い。
 - ホストにおける受信バッファのサイズは無限大とする。

このとき、HとWの通信に関し、以下の問いに答えよ。

- (a) WからHに、上記TCP接続によって1MBのファイルを転送するとき、接続確立直後から輻輳回避状態に至るまでの時間と転送されるデータ量を求めよ。
- (b) 前問で輻輳回避にAIMDが用いられるとき、接続確立直後からWがHにファイルを転送し終わる時間を求めよ。

Question A6

Answer the following questions regarding the congestion control in TCP.

- (1) Briefly describe why congestion control is necessary.
- (2) Explain “Slow-Start” and “Congestion Avoidance”, clarifying the difference between these two.
- (3) Concisely explain what AIMD does in Congestion Avoidance. With time as X-axis and congestion windows size as Y-axis, illustrate AIMD on a graph. Add in the graph necessary explanations for AIMD’s characteristics.
- (4) Suppose host H is communicating with web-server W via a TCP connection with the following assumptions:
 - H and W are connected over a 1 Gbps link with a round-trip-time (RTT) of 100 ms.
 - TCP segment size is 1KB.
 - TCP Congestion Threshold is 64KB.
 - No need to consider packet loss (thus, no retransmission), queuing delay, processing delay, nor other traffic (thus, no congestion).
 - Receiver buffer size at an end-host (H and W) is infinite.

Answer the following questions regarding the communication between H and W.

- (a) Suppose W is sending a 1MB file to H via the TCP connection described above. Find the elapsed time between the connection establishment and the time when congestion avoidance starts. How much data has been transferred during this period?
- (b) In the previous question, suppose AIMD is used in the congestion avoidance. Find the elapsed time between the connection establishment and the time when W completes transferring the file to H.

総合分析情報学 第7問 (Question A7)

以下の論理回路を，AND ゲート，OR ゲート，NOT ゲートを用いて設計せよ．

- (1) x_0, x_1, x_2 という 3 入力と， z_0, z_1, z_2 という 3 出力の論理回路で，入力が， $0, 1, 2, 3$ のときは，それより大きい値の出力， $4, 5, 6, 7$ のときは，それより小さい値を出力する論理順序回路を設計せよ．
- (2) x, y, z の 3 入力による多数決回路を設計せよ．
- (3) x_0, x_1 の 2 つバイナリ入力の $0 \sim 3$ の値を表示する，以下の $a \sim g$ を出力する，7 セグメント回路のデコーダーを設計せよ．真偽値表と，ゲート回路を描け．

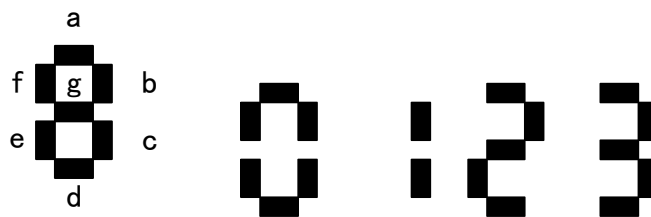


図 A7-1 7セグメント回路

Question A7

Design the following combinational circuits using AND, OR, and NOT gates.

- (1) Design a combinational circuit with three inputs x_0 , x_1 , and x_2 , and three outputs z_0 , z_1 , z_2 . When the binary input is 0, 1, 2, or 3, the binary output is greater than the input by one. When the binary input is 4, 5, 6, or 7, the binary output is less than the input by one.
- (2) Design a combinational circuit realizing a majority function with three inputs x , y , and z .
- (3) Design a seven-segment decoder $a \sim g$ displaying 0~3 according to the two binary inputs x_0 and x_1 . Write its true-false table and combinational circuit.

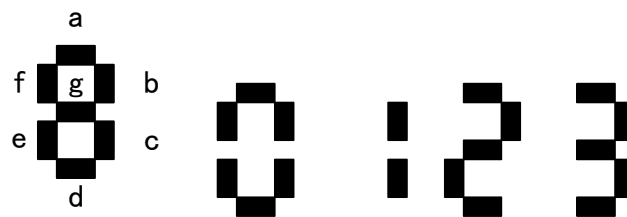


Figure A7-1 7-segment combinational circuit

総合分析情報学 第8問 (Question A8)

- (1) 空間データについて考える際に、データの取得、利用、分析、表現という段階に分けることができるが、これら一連の作業を行う際に重要な以下の事項について、簡潔に説明せよ。
- (a) 空間スケールと時間スケール
 - (b) 空間分析手法としてのオーバーレイ
 - (c) 空間データの代表的な種類とその特徴
- (2) 近年、空間情報に対する関心が高まって来ており、さまざまな形での利用・応用例も見られるようになって来た。このような背景のもと、空間、人間、情報の関わり合いに関して、以下の問いに答えよ。
- (a) 我々の日常生活において利用されている空間情報の具体的な例をひとつ挙げ、情報の種類、情報提供の方法、利用の場面と目的などについて簡潔に述べよ。
 - (b) 上で挙げた空間情報の例について、その利便性をさらに向上しようとした場合、どのようなことをすればよいかについて、技術、利用者、制度それぞれの視点から、その根拠を示しながら考えを述べよ。

Question A8

- (1) Explain concisely the following terms concerning a series of processes in the acquisition, use, analysis, and presentation of spatial data.
 - (a) Spatial scale and temporal scale
 - (b) Overlay as a method of spatial analysis
 - (c) Major types of spatial data and their characteristics

- (2) Spatial information has attracted much attention these days, and it is now used and applied in many ways. With such a situation in mind, answer the following questions about the relationship between space, people, and information.
 - (a) Give one concrete example of spatial information used in our daily lives, and discuss it concisely in terms of the type of information, the format of information presentation, the situation and purposes of use, and so on.
 - (b) About the example that you gave above, discuss how its usability can be improved from the perspectives of technologies, users, and regulations, by showing reasons for your thoughts.

Entrance Examination for Masters Program
in Applied Computer Science Course,
Graduate School of Interdisciplinary Information Studies,
The University of Tokyo.
Academic Year 2008
(10:00-12:00, January 26th, 2008)

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	