

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（文化・人間情報学コース）
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。

1. 本冊子は、文化・人間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、文化・人間情報学 第1問から文化・人間情報学 第6問までの6問と、学際理数情報学 第1問から学際理数情報学 第5問までの5問が収録されている。文化・人間情報学 第1問から文化・人間情報学 第6問までの中から3問を選択して解答するか、あるいは、文化・人間情報学 第1問から文化・人間情報学 第6問までの中から2問と、学際理数情報学 第1問から学際理数情報学 第5問までの中から1問の計3問を選択して解答すること。
4. 解答用紙は3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。
5. 解答用紙の上方の欄に、選択した問題の番号（例：「文化・人間情報学 第1問」）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。
6. 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。
7. 解答は原則として日本語によるものとする。ただし、英語で解答した場合でも採点の対象とする。
8. 試験開始後は、中途退場を認めない。
9. 本冊子、解答用紙、計算用紙は持ち帰ってはならない。
10. 次の欄に受験番号と氏名を記入せよ。

受験番号	
氏 名	

文化・人間情報学 第1問 (Question L1)

立つ、歩くといった日常動作からダイナミックなスポーツ競技動作に至るまで、身体運動は、すべて自分の意志によって行われるので「随意運動(voluntary movement)」と呼ばれる。身体運動は、脳の指令によって骨格筋が収縮し、各関節を屈伸させて、身体全体の動きとなる。ある動きを行おうとして、思い通りにできる人を「上手な人」、やろうとしているのに思うようにできない人を「下手な人」という。人間が随意運動を行うとき、その動きや成果には必ず個人差が生じる。この身体運動における個人差について、以下の問いに答えよ。

- (1) 身体運動の個人差はいかにして生じるのか、メカニズムを説明しなさい。
- (2) 個人差は「巧みさ」と「力強さ」とに分類できるが、両者の違いは何か。
- (3) 身体運動における主観と客観との関係について論じなさい。

文化・人間情報学 第2問 (Question L2)

以下の英文は、情報検索について述べたものである。これについて問(1)(2)に答えよ。(出典：Jean-Noël Jeanneney, *Google and the Myth of Universal Knowledge: A View from Europe*, translated by Teresa L. Fagan, the University of Chicago Press, Chicago and London, 2007.)

At the beginning of this book I spoke of the hope that the Web, on a global level, might reduce inequalities of knowledge. Disorganized information, however, if it dominates, will actually increase those inequalities. Like the language of Aesop, like all the media, the Internet is highly ambivalent, and notably in this respect.

A brief return to Gutenberg's invention is enlightening. The printing press has not only been a powerful disseminator of knowledge; it also gave rise to the table of contents and the index, major improvements on earlier books.

We must now confront a challenge of another dimension. At the heart of this crushing mass of data we must determine the loyalties, the claims, and the standards to be followed as we select; for we no longer want to leave selection to chance. Accessibility to everything without Ariadne's thread to guide our curiosity may cause us to lose our way. The fantasy of exhaustiveness dissipates in the need for choices. In the future, in the age of mass information, selection will be crucial to every dominant and productive culture.

- (1) 下線部を邦訳しなさい。
- (2) ウェブ検索によって、知の平等化のみならず不平等化も進むと懸念されるのはなぜか。その理由について論じなさい。

文化・人間情報学 第3問 (Question L3)

次は、現代フランスの哲学者 Bernard Stiegler のラジオ放送番組でのインタビューの一節である。この文章を読み、下記の設問に答えなさい。

アルファベットは文字による記憶の総合です。しかし 19 世紀以来、産業革命とともに、記憶保存の新たな技術、文字による総合ではあっても新しい意味での「正-定立」的記憶技術が登場します。視覚・聴覚のアナログ的総合の技術としての写真やレコードは、アルファベットと同じく、過去の要素を物質的な支えのうえに定着することで正確に保存し伝達することを可能にします。しかし、ここで問題なのは、言葉の意味を表すための母音と子音の音韻の弁別特徴ではなく、知覚対象が生み出す光や音声の周波です。声楽家や女優の声やオーケストラの音、あるいは風景や顔が発する光の周波です。

今私たちはこの放送番組を中継用に録音しています。私はあなたにマイクを通して話しかけ、それによって私の声のアナログ的「正-定立」的な聴覚像がテープに定着されています。テープの電磁的状态によって若干変化を受けるものの、声はその痕跡を保ち、その変化は私の声の流れの周波の変化にアナログ的に対応しています。もしその信号をオシロスコープで見れば、私の声の変化にアナログ的に対応した時間／周波数が図像として表されているでしょう。しかし、数日後にラジオで私の声を聞く聴取者は、私の声の像を聞いているという印象は持たないでしょう。この放送が見せかけ上の生（ライブ）である限り、おそらく聞いているまさにその時に私が話しているのだと思うことでしょう。私の声の写しを聞いている印象を持つのではなく、聴取者は私の声自体を聞いているのだと完全に確信していることでしょう。それこそ、実のところ、文字によるものであろうとアナログなものであると、記録が持つ「正-定立」的特性というもののなのです。これはプラトンの本を読む時に彼の思考に直接にアクセスしていることを読者が疑わないのと同じです。サラ・ベルナールの録音を聞いている時の感動は彼女の声の像ではなく、彼女の声自体、サラ・ベルナール本人を聞いていることにあるといえる（たとえ、彼女がもう亡くなって埋葬されているとしてもです）のです。

19 世紀以降は、新たな「正-定立」のテクノロジーの登場により、書物の文化を構成していたものよりもずっと大きな過去の層を再現す

ることが出来るようになりました。もちろん既に彫刻、絵画などの過去を表象する芸術形式が存在しましたが、それらは「正-定立」的記録ではありませんでした。これまでの人類史の道のりを要約すれば、(中略) 数万年前に記憶技術が登場し、新石器時代以後の文字システムが最初に記憶の「正-定立」的総合を誕生させます。こうして現れたアルファベットという文字による「正-定立」に、19世紀にはアナログ的「正-定立」が加わります。まず写真が、そしてレコード、さらに20世紀には映画、ラジオ、テレビが続きます。

(中略) 20世紀の後半には、デジタルな「正-定立」的総合が登場しますが、それはまずコンピュータであり、21世紀初頭の現在では、ビデオカメラ、デジカメ、携帯電話やデジタル音楽機器などのあらゆる種類の電子機器があります。それは過去、未来、現在の関係をめぐって私が哲学的に「時間の脱自態」と呼ぶものに新たな変容をもたらす、新たな「記録の革命」なのです。

出典 Bernard Stiegler *Philosopher par accident*, éd: Galilée, 2005

ベルナール・スティグレール 『偶然からの哲学』 未邦訳
出題の文脈を考えて一部意識した。

用語解説：

「正-定立 (ortho-thésis)」：

「アルファベットは本来の意味での正-定立的 (orthothétique) な性質をもつ最初の記憶技術の登場です。私はこの新語をギリシア語の orthotès と thésis から造らねばなりませんでした。orthotès とは正確さを意味し、thésis とは定立という意味ですが、私が正-定立と呼ぶ言表は (アルファベットの場合ですが) 過去を正確に定立するものです。この意味で、それは技術、特に記憶技術の加算性を強化する、それ自体で無数の痕跡の蓄積を突然可能にしたものですが、この加算性は明らかに質的な閾値を超えて、プラトンが彼一流のやり方で哲学を書き始めるだけでなく彼の書くものが文字通り読むことができ、彼がいなくても彼と対話を続けることが可能になったのです。」(ベルナール・スティグレール 『偶然からの哲学』)

「脱自態 (exstase)」：

「私たちは本質的に時間的存在であり、私たちの時間性を下支えする人間文明の技術基盤層が私たちの時間、つまり私たち自身への関係を何よりもまず条件付けているのです。それは、私たちが常に来たるべきものであり、未来を持ち、そして私たちが本質的に未来形であり、私たちのエネルギーと気持ちのすべてをかけて私たちが生成するところのもの、さらには私たちの後に世界になるところのものを先取りしよう（うまくはいかないことが極めてしばしばありますが、なんの効果もないというわけではありません）としていることを意味しているのです。」（ベルナルド・スティグレル『偶然からの哲学』）

設問：

- (1) 「アルファベットは文字による記憶の総合です。」という命題を5行程度で説明せよ。
- (2) 写真(仏 photographie/英 photography)、電報(仏 télégraphe/英 telegraph)、蓄音機(仏 phonographe/英 phonograph)、映画(仏 cinématographe/英 cinematograph)、といった命名に表れた、技術の文字(仏 graphe/英 graph)に注目すると、19世紀以後のアナログ・メディアはどのような問題を提起しているとスティグレルは考えているのか文章から読み取れる問題系を10～15行程度で解説せよ。
- (3) 20世紀後半に登場したデジタルな「正-定立」的総合とは何か。スティグレルの議論の延長上で、デジタル技術の「記録の革命」による人間の「記憶」と「時間」の変容について論ぜよ（20行以上）。

文化・人間情報学 第4問 (Question L4)

以下の文章を読んで、問いに答えなさい。

From the perspective of commercial designers, the iPod is a runaway success. For example, in February 2007, Apple's latest product, iPod shuffle, was awarded "Best Consumer Product" by the UK *Design Week* Awards. Explaining the rationale of the award, one of the judges (Sebastian Conran) said, "The quality of Apple's products, packaging and enticing presentation really sets the benchmark and creates a compelling 'itchy wallet' syndrome that makes them so successful." In other words, the judges gave the award to the iPod, because Apple sold a lot of units.

This criteria of success, I claim, is profoundly at odds with the community-oriented design criteria of discourse architecture that I advocate. If we consider the iPod according to the design criteria of discourse architecture, the Apple iPod is not a design success but rather a design disaster! Huge numbers of people are now traversing public space with their ears plugged. The possibility of engaging in conversation with someone wearing an iPod is almost nil. The foundational, informal, public institutions of civil society – for example, cafés – have been ravaged by this design. Cafés are arguably one of the birthplaces of the public sphere (Habermas). But, today, they are populated by clients who have their ears plugged and their eyes fixed to their laptops. The iPod is isolating and separating people who are physically together in public space. If we evaluate the iPod according to the number and quality of conversations it facilitates between people, it is clear that it is a horrendous design, not a good design.

Warren Sack, "Technologies of Community, Conversation by Design: How should networked public spaces be designed?," 2007.

問1 あなたの関心のある分野の先行研究（理論、思想など）を引用しつつ、筆者が批判的にとらえている現象を、600字以内で説明しなさい。

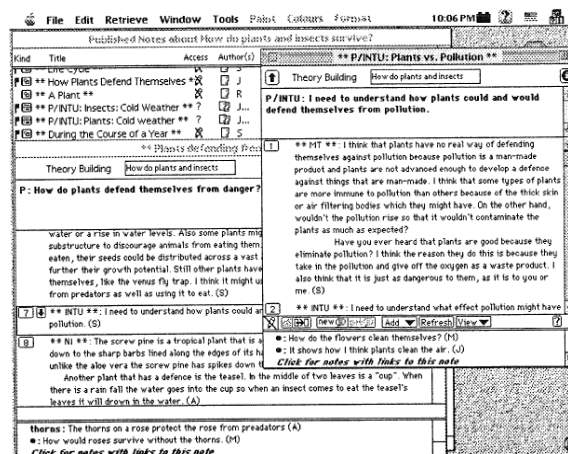
問2 筆者の意見に賛成するとして、このような現象に対処するために、メディアのあり方や人々のコミュニケーション状況をどのように

デザインしなおしていけばよいかについて、あなたの経験や関心のある分野の知見にもとづいて具体的に論じなさい。図を描いてもよい。

文化・人間情報学 第5問 (Question L5)

以下は、1980年代後半から1990年代前半にかけて行われたCSCL(Computer Supported Collaborative Learning:コンピュータに支援された協調学習)の古典的研究であるCSILEについて説明した文章である。この文章を読んで、問いに答えなさい。

CSILEは、Computer Supported Intentional Learning Environmentの略で、ScardamaliaとBereiterを中心とするトロント大学の研究者たちによって構築された協調学習環境である。システムはデータベースとそれにアクセスするクライアント型のソフトウェアから構成されている。基本的な仕組みはグループウェアに類似しているが、協調学習に特化した仕様になっている。



図は、CSILEの画面である。P:(Problem)というタグに続く疑問文が、学習者が解決すべき課題であり、その下にある文章が、課題に対する意見やコメントである。書き込まれたメッセージは相互にリンクしており、他の議論を引用することが可能である。また、意見の中には図を入れることもできる。

学習者は、「Problem, My Theory, I Need To Understand, New Information, What We Have Learned」などのThinking Type Tagをつけて発言を行う。また、発言者や発言の内容、キーワードなどによって、データベースを検索することができるようになっている。ツールを使うことによって、発言に対するコメントをツリー状のグラフィックとして表示することも可能である。

CSILE プロジェクトは計画段階から現場の教師と共同研究を行っており、初等中等教育の授業で利用する中でシステムを評価し、改善につなげている。

問1 CSILE が、協調学習を「支援」している原理を 600 字以内で説明しなさい。

問2 現在の技術を用いて CSILE を改良するとすれば、どこをどのように変更すればよいか、概要を説明しなさい。必要に応じて図を用いてもよい。

文化・人間情報学 第6問 (Question L6)

インドの古典語であるサンスクリットは、複雑な構造を持つ言語である。名詞、形容詞、代名詞は性として男性、女性、中性の3つを持ち、数は単数、双数、複数の3つを持ち、格は主格、対格、手段格、与格、奪格、所有格、位置格の7つを持っている。動詞の時制だけを見ても、現在、近い過去、遠い過去、完了、未来の時制が、語根から変化させて固有の形を示す。名詞などの格のうち、行為の方向を表す与格や、行為の起点を表す奪格、そして位置格は第一義的に空間の記述に用いられる。動詞の時制をみると時間が考慮されていたことが確認できる。動詞の意味をになう語根をみると、とどまる、動く、達する、得る、行う、飲む、食べる、切るなど、時間を無意識のうちに含んだ空間における行動を先ず記述するために用いられていたことが推測される。他方、奪格や位置格は空間的な用法のほかに、時間的な用法がみられ、更には、奪格は行為の起点という意味を拡大して、行為の理由や原因を表現し、位置格は、空間、時間以外に、状況一般をも表現する。行為の方向を表す与格は行為の目的をも表現する。動きの一つの行為である「行く」を意味する語根は、「下に」という方向を現す副詞を伴うと、「理解する」という意味をもつようになる。「とどまる」という語根は「上に」を現す副詞を伴うと、「支配する」を意味する。このように考えると、言語はもともと時間の観念を無意識のうちに含んだ空間におけるさまざまな行動の記述を行っていたが、人間の思考が複雑になるにつれ、時間を明示し、さらには様々なレベルの非具体的行為、抽象観念を表現するようになったと推測される。3千年以上前の素朴な用例をのこすサンスクリットの文献においてこのようなことがいえるが、同じようなことを現在使用されている日本語や英語においていえるであろうか。各自にとって最も習熟している言語を例にして考えることを論じよ。

学際理数情報学 第1問 (Question T1)

図 T1-1 は、以下の「文法 1」に従ってある式を解析した構文解析木 (Parse Tree) である。これに基づいて以下の設問に答えよ。(ただし、図 T1-1 の $\langle E \rangle$, $\langle N \rangle$, $\langle D \rangle$ は、それぞれ $\langle \text{Expression} \rangle$, $\langle \text{Number} \rangle$, $\langle \text{Digit} \rangle$ に対応する。)

- $\langle \text{Digit} \rangle \rightarrow 0|1|2|3|4|5|6|7|8|9$
 $\langle \text{Number} \rangle \rightarrow \langle \text{Digit} \rangle$
 $\langle \text{Number} \rangle \rightarrow \langle \text{Number} \rangle \langle \text{Digit} \rangle$
 $\langle \text{Expression} \rangle \rightarrow \langle \text{Number} \rangle$
 $\langle \text{Expression} \rangle \rightarrow (\langle \text{Expression} \rangle)$
 $\langle \text{Expression} \rangle \rightarrow \langle \text{Expression} \rangle + \langle \text{Expression} \rangle \mid \langle \text{Expression} \rangle - \langle \text{Expression} \rangle \mid$
 $\langle \text{Expression} \rangle * \langle \text{Expression} \rangle \mid \langle \text{Expression} \rangle / \langle \text{Expression} \rangle$

「文法 1」

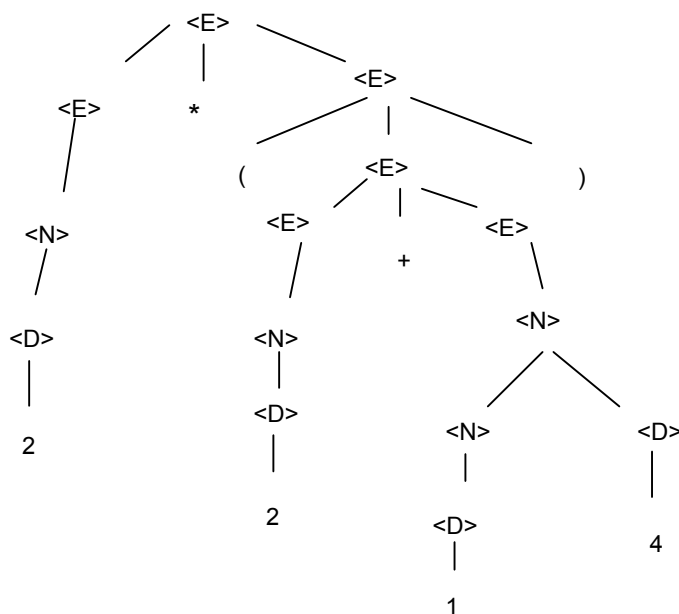


図 T1-1

- (1) この解析木に対応する元の式を記述せよ。
 (2) 「文法 1」に基づいて、次の式 1) から 3) を解析し構文解析木を描け。
 1) $53*21$ 2) $123-(4*7)$ 3) $1*2*(4-3)$
 (3) 「文法 1」を用いて式 $1-2+3$

を構文解析すると問題が生じる。その問題とは何か。「文法 1」から生成される構文解析木を (必要なら 2 つ以上) 例示しつつ問題点を簡潔に記述せよ。

学際理数情報学 第2問 (Question T2)

A は m 行 n 列で、要素が定数であるような行列とする。 \mathbf{x} は n 行1列の変数ベクトルとする。 \mathbf{b} は m 行1列の定数ベクトルとする。このとき

$$A\mathbf{x} = \mathbf{b} \quad (\text{T2-1})$$

は \mathbf{x} を解とする連立一次方程式である。さて、 $m = n$ かつ、 A が正則なら(T2-1)の連立一次方程式の解が求まる。しかし、 $m > n$ の場合は、一般に解が求まらない。例えば、

$$\begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix} \text{ の解は求まらない。}$$

そこで、近似解として(T2-1)式の左辺と右辺の差の2乗和

$$f(\mathbf{x}) = (A\mathbf{x} - \mathbf{b})^T (A\mathbf{x} - \mathbf{b}) \quad (\text{T2-2})$$

を最小化する \mathbf{x} を求める方法がある。ただし、 D^T は行列(あるいはベクトル) D の転置行列(ベクトル)を意味する。この方法に関して以下の設問に答えよ。

(1) ベクトル $\mathbf{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}$ による \mathbf{x} の関数 $h(\mathbf{x})$ の微分 $\frac{\partial h(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}}$ は $\begin{bmatrix} \frac{\partial h(\mathbf{x})}{\partial x_1} \\ \vdots \\ \frac{\partial h(\mathbf{x})}{\partial x_n} \end{bmatrix}$ と定義される。

ここで、 n 行1列の定数ベクトル $\mathbf{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix}$ と \mathbf{x} の内積 $\mathbf{c}^T \mathbf{x}$ および $\mathbf{x}^T \mathbf{c}$ の微分、

すなわち $\frac{\partial(\mathbf{c}^T \mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}}$ と $\frac{\partial(\mathbf{x}^T \mathbf{c})}{\partial \mathbf{x}}$ を求めよ。

(2) m 行 n 列の行列 $A = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1^T \\ \vdots \\ \mathbf{a}_m^T \end{bmatrix}$ ただし $\mathbf{a}_i = \begin{bmatrix} a_{i,1} \\ \vdots \\ a_{i,n} \end{bmatrix}$ ($i=1, \dots, m$)において、 $\frac{\partial(A\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}}$

を求めよ。

(3) (T2-2)式の $f(\mathbf{x})$ を最小化するには、 $\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = 0$ を解けばよい。ここで、

$\frac{\partial f(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{0}$ を \mathbf{x} と A と \mathbf{b} を用いた式で表せ。

(4) $A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}$ の場合に (T2-2) 式を最小化する \mathbf{x} の値を (3) の結果を利

用して求めよ。

- (5) (T2-2) 式の $f(\mathbf{x})$ を最小化する方法は、(T2-1) 式の連立一次方程式は m 個の一次式を平等に扱っている。そこで、 m 個の一次式に別個の重み付けをして近似解を求めることを考える。そのため、 m 行 m 列の対角行列 E を用いて、 $E(A\mathbf{x} - \mathbf{b})$ の 2 乗和 $g(\mathbf{x}) = (E(A\mathbf{x} - \mathbf{b}))^T E(A\mathbf{x} - \mathbf{b})$ を最小化する近似解 \mathbf{x} を求めることにする。これを求めるためには $\frac{\partial g(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{0}$ を解けばよい。 $\frac{\partial g(\mathbf{x})}{\partial \mathbf{x}} = \mathbf{0}$ を \mathbf{x} と A と E と \mathbf{b} を用いた式で表せ。ただし、 E の (i, i) 成分は A の第 i 行に対応する一次式の重みを表す。

(6) (5) の結果を用いて $A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 2 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$ $\mathbf{b} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix}$ $E = \begin{bmatrix} 3 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$ の場合の近似解

\mathbf{x} を計算せよ。また、この結果と (4) の結果の差異について論ぜよ。

学際理数情報学 第3問 (Question T3)

- (1) 音声放送には，AM 放送と FM 放送がある．AM と FM が何を意味する言葉であるか，それぞれについて知っていることを，合計 200 文字程度で述べよ．
- (2) フーリエ変換の定義式を書け．さらに，以下の式で表される方形パルス信号 $x(t)$ のフーリエ変換を求め，概形を図示せよ．その計算過程も記せ．

$$x(t) = \begin{cases} 1 & (|t| \leq \frac{1}{2}) \\ 0 & (|t| > \frac{1}{2}) \end{cases}$$

- (3) ある連続信号 $x(t)$ が図 T3-1 で与えられているとき，以下の信号を図示せよ．ただし $u(t)$ は単位ステップ関数とする．

- (a) $x(t)u(t)$
(b) $x(t)\{u(t-1) - u(t-2)\}$

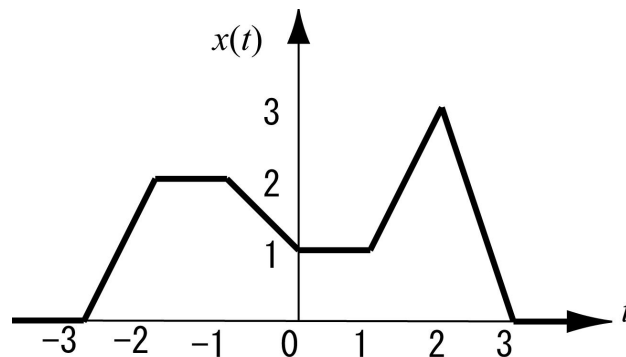


図 T3-1

学際理工情報学 第4問 (Question T4)

DC モータの2つの端子間の電圧を V 、端子間に流れる電流を i としたとき、その特性は次のような式で表される。

$$V = Ri + k_f \omega \quad (\text{T4-1})$$

ここで、 ω はモータの回転角速度、 R はモータの内部抵抗、 k_f は逆起電力定数を表す。また、この電流 i によってモータに発生するトルク τ は、次式で定まる。

$$\tau = k_t i \quad (\text{T4-2})$$

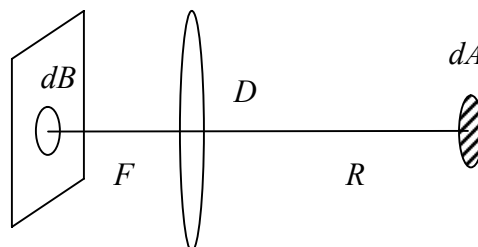
ここで、 k_t はモータのトルク定数を表す。このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) モータが一定速度で回転している場合、モータ回転軸にはモータ回転角速度 ω に比例した粘性摩擦抵抗（粘性係数： μ ）のみがかかっていると考えられる。このとき、トルク τ と回転角速度 ω の関係を考え、式(T4-1)、(T4-2)との連立から、電圧 V と回転角速度 ω の関係式を導け。
- (2) モータの回転が一定でなく、加速・減速を伴うような場合には、回転軸にかかる慣性モーメント J により回転角加速度に比例した慣性力が加わることとなる。このとき、電圧 V と回転角速度 ω の関係を表す微分方程式を導け。また、電圧 $V=0$ でモータが静止した状態から、電圧 $V=V_1$ を瞬時的に加えたとき、回転角速度 ω の時間変化の概形をグラフに描け。ただし、静止時における摩擦抵抗については無視できるものとする。
- (3) モータ回転角速度の目標値を ω_d として、回転角速度 ω よりゲイン k にて端子間電圧 V への速度フィードバックを行う。このとき、このフィードバック系の微分方程式と、その系が安定であるための条件を示せ。
- (4) モータの回転角速度の検出のため用いられる主なセンサを2つ答えよ。
- (5) DC モータは他のアクチュエータに比較してどのような長所をもつか、他のアクチュエータの具体例を一つ挙げ、100字程度で説明せよ。

学際理数情報学 第5問 (Question T5)

レンズの光軸上距離 R [m]の場所に dA [m^2]の面積を持つ放射輝度 I [ワット/(ステラジアン・ m^2)]の光源がある。このレンズの焦点距離は F [m]であり、レンズの有効エリアの半径は D [m]である。今後の計算では、光源やレンズは距離 R に比べて十分小さいとする。なお、空間角とは、ある対象をある位置から観測した場合の見かけの方向の大きさをあらわす量で、2次元の円周角に対応するものである。単位はステラジアンである。ちなみに全方向の空間角は 4π [ステラジアン]となる。

- (1) 光源から見た場合のこのレンズの空間角[ステラジアン]はいくらか？

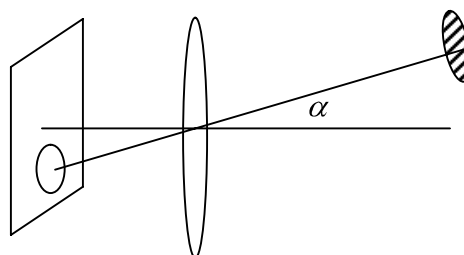


- (2) 光源がレンズ面に照射する光エネルギー[ワット]はいくらか？

- (3) この光源の像 dB [m^2]の面積はいくらか？ただし、レンズと画像面の距離を F [m]とする。

- (4) 光源の像の明るさ、すなわち画像面への照度 [ワット/ m^2] はいくらか？

- (5) この光源がレンズ中心を軸として、光軸となす角が α [ラジアン]の位置まで回転したとする。この場合像の大きさはいくらになるか？



- (6) 新しい位置での像の照度 [ワット/ m^2]はいくらになるか？