

章末問題解答例

★1章

【1】 自身がインターネットに接続するための手段を列挙せよ。それぞれの手段に対して自身が求める性能や機能を述べよ。

最近ではスマートフォンに備わる 3G 回線や LTE 回線がインターネット接続の第一手段である場合が多いであろう。モバイル系では回線速度の速さや非通信時の省電力性などが性能指標として考えられる。自身のインターネットの利用形態や利用目的のもとで求める性能や機能を考えてみて欲しい。

【2】 情報ネットワークを構築する目的と、構築するにあたって考慮しなければならない事項について、通信事業者の立場からまとめよ。

(省略)

【3】 インターネットを流れる通信量を調べ、予測値を述べている文献がいくつか存在する。そのような文献の一つ挙げ、何の通信量を調べているのか、予測値が何にもとづいているのかをまとめよ。

例えば、通信機器ベンダーである Cisco 社が定期的に発表しているトラフィック需要の予測値がある。IP プロトコルをベースとする総通信量は、2016 年にはゼタバイト (zettabyte) を超えると予測されている。また、一日の通信量・通信レートのピーク値は、一日の平均値の 3.4 倍程度になるとの予測値が提示されている。これらの予測値は、映像ストリーミングによる要因をもとに算出され、ユーザー人口、利用時間、映像のビットレート等の増減傾向から試算されている。

【4】通信量が変動する要因として考えられるものを列挙し，その時間軸，空間軸上での変動の大小を表としてまとめよ。

空間軸としてビジネス街／住宅街で切り分け，インターネットの利用時間を考えれば良い。

【5】情報ネットワークを運用していくうえで必要となる消費電力の内訳を調査して示せ。また，昨今の通信ネットワークを取り巻く環境を鑑みたうえで，5年後に内訳がどのように推移するかを，理由とともに述べよ。

グリーン ICT，グリーンネットワークをキーワードに文献をあたると良い。総務省「地球温暖化問題への対応に向けた ICT 政策に関する研究会」の報告書などがある。

★2章

【1】さまざまな分野における，生物に学ぶ事例を調査し，形態や構造に学ぶもの，機能に学ぶもの，しくみに学ぶものに分類せよ。

形態や構造（見た目，形）に学ぶもの：

フクロウの風切り羽を模したパンタグラフ，蜂の巣を模した段ボール，蓮の構造を模した撥水性素材など

機能（動き）に学ぶもの：ヘビ型ロボット，走化性とロボット移動制御

しくみ（アルゴリズム，原理）に学ぶもの：本書で取り上げたもの

【2】生物のロバスト性を示す事例を挙げ，そのロバスト性をもたらしている原理について論ぜよ。

個体レベルでは脳や身体の一部など器官，組織の欠損に対するロバスト性が，また，群れにおいてはリーダーを含む個体の死などに対するロバスト性が認められる。いずれの場合にも，他によって代替可能であること（冗長性と学習，可塑性）や生産，繁殖による補填などによって達成されている。

【3】 生物の階層構造と情報ネットワークの階層構造を、機能面、構造面から対比させ、その類似点と差異をまとめよ。

情報ネットワークにおける構造的な階層構造は LAN-MAN-WAN や AS と AS 間接続などが挙げられ、機能的な階層構造は OSI 7 階層モデルが典型である。生物では例えば細胞-組織-器官-個体という構造的な階層構造と、遺伝子調節（制御）ネットワークと代謝ネットワークのような機能的な階層構造がある。

【4】 情報ネットワークが直面する、あるいは今後直面すると考えられる問題と、その解決に役立つ生物のしくみについて論ぜよ。

大規模（多数、広域）であること、多様（異種端末、異種ネットワーク）であること、変動（トラヒック、トポロジ）することが、情報ネットワークの様々な問題を引き起こす要因である。具体的なアプリケーションやシステムを想定し、具体的な問題と対応策を考えると良い。

【5】 進化可能な情報ネットワークとはどのようなものか論ぜよ。

まず、進化を促す、あるいは必要とする外的/内的要因を整理するとともに、情報ネットワークの進化を定義し、さらに、そのような進化能を有する情報ネットワークの特徴や、進化を可能とする技術やしくみについて論じると良い。

★3章

【1】 生物システムにおける自己組織化現象を一つ挙げ、そのアルゴリズムや数理モデルの文献調査を行え。

情報ネットワーク制御への応用例がないものが望ましい。自己組織化の定義を踏まえること。難しければ広く自然界（ネットワークインスパイアード）で考えても良い。

【2】 【1】の自己組織化現象が適用可能な情報ネットワーク制御を一つ挙げよ。

創発されるパターンとの類似性に注目すると良い。

【3】【1】 で得られたアルゴリズムや数理モデルを用いて **【2】** で挙げた情報ネットワーク制御を設計せよ。

生物システムにおける構成要素（個体や細胞など）を情報ネットワークの何と対応付けるか（例えば、パケット、ノードなど）、また、相互作用をどのように実現するか（直接的なメッセージのやりとり、ノードの保持する情報の更新など）を考えること。

【4】【3】 で得られた自己組織型の情報ネットワーク制御について、既存の制御手法と定性的に比較した利点と欠点を論ぜよ。

自己組織型の情報ネットワーク制御の利点と欠点は 3.5 で述べたとおりであるが、3 で検討した制御に即してより具体的な例を挙げて論じること。

★4 章

【1】 ゆらぎ制御の利点と欠点を、例を挙げて論じよ。

例えば以下の通り。

利点：無線アドホックネットワークにおける経路制御のように、輻輳状態、電波干渉、電力など通信性能に直接または間接的に影響する要件を個別かつ詳細にアルゴリズムに組み込まずとも、アクティビティという 1 パラメータだけを用いることで良い解が得られる。

欠点：一方で、新たな解の探索、発見をランダムサーチに依存しているため、経路候補が多い場合に収束に時間がかかる。また、そのため、解探索・収束に要する時間に対して環境変動がより短い時間スケールで発生すると制御が困難になる。

【2】 全体最適化により仮想トポロジーを算出する方式について、計算時間を計測せよ。計算時間は GPLK もしくは CPLEX を用いて計算すればよい。10~50 ノード程度の物理基盤ネットワークの計算時間を計測し、決定しなければならない変数の数に対する計算時間を図示し、100 ノード規模の計算時間を外挿により算出せよ。

(省略)

【3】 トラフィック需要が変動する要因として考えられるものを、変動の時間オーダごとに区分して列挙せよ。

長期的な変動（年月レベル）

- ・インターネット接続人口の増大による通信量増大
- ・映像データの高精細度化（ハイビジョン、4k2k、スーパーハイビジョン（8k4k））による通信量増大

中期的な変動（時間レベル）

- ・昼夜の利用者人口の違いに起因する通信量変動
- ・勤務上の休憩時間（昼食休憩など）の接続者数増大

短期的な変動

- ・実社会のイベント等による特定 Web サイトへの通信量増大
- ・小容量ファイル転送の大量発生（アプリケーション実装に依存）

それぞれフラッシュクラウド（flash crowd）、マイクロバースト（microburst, micro-bursting）などをキーワードに調査すると良い。

【4】 トラフィック需要を計測する手段を調査し、まとめよ。

NetFlow (Cisco 社)や J-Flow(Juniper 社)がある。

【5】 仮想トポロジーの品質指標として、最大リンク利用率以外にどのようなものが考えられるか。一つ挙げて、その品質指標を用いる妥当性について仮想トポロジーの管理者の立場から論ぜよ。

[例] 管理者の立場からは、将来の需給変動にも即時対応できるようにしておきたい。また、仮想トポロジーを変更する場合でも、現在構築されている仮想トポロジーを大きく組み替えることなく変更したい。従って、ルーター間の残余帯域（物理回線容量 - 利用帯域）の均等性を品質指標としておくことが例として挙げられる。

【6】 構造的な階層をなしている情報ネットワークにおける制御を一つ挙げ、階層間相互作用のあるゆらぎ制御を設計せよ。

構造的階層を有する情報ネットワークとしては、WiFi（無線 LAN）を下位層ネットワーク、アクセスポイントやルーターからなる LAN を上位層ネットワークとしたもの、物理的なネットワークと仮想化技術によって物理ネットワーク上に構築される仮想ネットワークの組み合わせなどが考えられる。前者の場合、WiFi では端末ごとの AP 選択を、また LAN では経路制御を、それぞれゆらぎ制御で実現することが考えられ、それらの組み合わせをゆらぎ制御の階層間相互作用で実現できる。

【7】 機能的な階層をなしている情報ネットワーク制御の組合せを一つ挙げ、階層間相互作用のあるゆらぎ制御を設計せよ。

OSI の 7 階層モデル。また、無線センサネットワークの場合には、スリープ制御や MAC のスケジューリング、同期制御、送信電力制御などが相互依存の関係にあり、それらを階層と考えることで、ゆらぎ制御の階層間相互作用を用いた全体最適化を図ることが出来る。

★5 章

【1】 身近なネットワーク（例えば友人関係のネットワークや鉄道網など）を一つ選択し、otter を用いてネットワークを可視化せよ。

(省略)

【2】 FKP モデルにより得られるトポロジーの平均ホップ長やクラスタ係数を求め、BA モデルにより得られるトポロジーと比較せよ。

(省略)

【3】 BA モデルにより生成したトポロジーを用いて、次数相関 $s(G)$ を求めてみよ。また、BA モデルにより生成したトポロジーと同一の次数分布をもちつつも、次数相関が最小となるトポロジーを生成し、構造的な特徴の差異をまとめよ。

(省略)

【4】 Hyper Giants と呼ばれる AS にはどのようなものがあるかを調査せよ。

Google, Yahoo, Microsoft, Akamai など、通信接続事業者ではなくコンテンツ流通を主体とする企業による AS が挙げられる。

【5】 Hyper Giants の登場は、Tier-1 ISP や Tier-2 ISP にどのような影響を与えたかをまとめよ。その影響が良い影響であるか悪い影響であるか、自身の意見を述べよ。

各 ISP は、Tier-1 ISP や Tier-2 ISP を経由してコンテンツ流通事業者とデータ交換を行っていたが、各 ISP はコンテンツ流通事業者と直接データ交換を行うように変化しつつある。これにより通信コスト削減を図ることが可能となるが、回線維持費や障害対策費が増大するリスクも考えられる。自身の意見をまとめよ。

【6】 トポロジーの次数分布を維持するリンク張替えを図 5.20 に示している。では、トポロジーの次数相関 $s(G)$ を同一とするリンク張替え手法を文献 6) を参考に考え、その具体的な手順を説明せよ。

(省略)

【7】 残存次数以外の指標に関する相互情報量を一つ挙げ、その指標に関する相互情報量を最小化/最大化した際に得られる性質を論ぜよ。

(省略)