

生物学特論A 分類系統学II

センターモニターをはさんで、ペアを作って座ってください。

1

2011年度前期
生物学特論A
分類系統学II

担当：浅川伸一
asakawa@ieee.org

2

2

この授業のルール(再)

- 飲食禁止, PETボトルはカバンの中に
- ケータイはサイレントモードに
- 授業開始のチャイムの前に着席していること, 開始のチャイムと同時に授業を始めます
- 欠席をしないこと。全授業に出席すること
- 分からないときは, 分からないとハッキリ言うこと
- 欠席する場合には, あらかじめ申告しておくこと
- その他必要とされるもの: お昼ご飯を食べたあとなので, 眠くなります。だから絶対に寝ないぞという強い決意(^^)

3

3

成績について (再)

まず, 毎回出席するようにしてください。そして, 毎回授業に積極的に参加したんだ, という証拠を見せてください。具体的には, 簡単なレポートや, その代わりになるものを提出してもらおうかと思っています。授業はできる限りわかりやすいように工夫するつもりです。説明が分かりにくかったり, 進度が速過ぎると思ったり, 実習についていけなかったりしたら, 遠慮なく申し出てください。その申し出によって評価が下がるということは一切ないと約束します。

4

4

成績について確認

- 中間, 期末レポート各20点, 計40点
- 出席点60点 (出席=2点, 授業後のメール2.61点)

点数	評価
90点以上	S
80点以上	A
70点以上	B
60点以上	C
それ以下	F

5

5

出席点 (再)

- チャイムと同時に授業が始まります。その前に着席してください。
- 毎回の出席点として, ショートレポートをメールで提出してもらいます。ショートレポートとは, asakawa@ieee.org 宛に2~3行程度のメールを送ることを指します。
- 今年は東日本大震災の影響で授業回数が13回なので, $60/13=4.61$ なので, 授業開始時に着席していれば2点, 授業後のショートレポート2.61点, とします。

6

6

中間， 期末レポート(再)

- それまでに取り上げた内容について，ワープロでA4版，1～2枚程度のレポートです。書式は特に定めませんが，11ポイント程度の文字の大きさを作成してください。ワードファイルでもPDFでもリッチテキストでもオープンオフィスのファイルでも構いません。
- レポートで取り上げるテーマは，授業の進行状況によっても変わります。授業中に指示します。

本日のお品書き

- ライフゲームの続き
- 人工生命

生命とは何か

- ・ここでライフゲームから離れて、生命とはなにかについて考えてみよう
- ・生命とは何か？→究極的には、自己複製することができる機械？
- ・結婚に失敗してしまった私は今のところ自己複製する見込みが無い壊れた機械ですなー。(;_ ;)

9

9

このこと、すなわち自分自身と同じものを創り出すことができる能力を持った人工生命体を作ろうという試みがある。

イギリスの進化遺伝学者、ジョン・メイナード＝スミス（John Maynard Smith, 1920-2004）は生命のことを次のように語っている。

10

10

「増殖すること，多様性を持つこと，形質の継承をそなえたものが生きているものであり，これらの性質のうち，一つでも欠けているものは生命とはいえない」

---ジョン・メイナード＝スミス

11

11

・多様性と形質の継承についてはのちほど
・「遺伝的なプログラムを持つかどうか，生命とそうでない物質との絶対的な違いだ。生気のない世界の中で，これに相当するものはない。人間の作ったコンピュータをのぞいては」

---ジョン・メイナード＝スミス

12

12

ジョン・メイナード＝スミス

ジョン・メイナード＝スミス (John Maynard Smith, 1920年1月6日 - 2004年4月19日) はイギリスの生物学者。20世紀における生物学において最も影響を与えた生物学者の一人、またその数学的貢献と斬新な数理モデルから多くの分野に影響を与えたため、生物学に限らず様々な分野の学者から尊敬を受けている。英国王立協会会員。生物学の分野にゲーム理論などの数学的な理論を導入した先駆的存在で、進化生物学の第一人者であり「血縁淘汰」や「進化的に安定な戦略」(ESS)などの概念・理論により、性、行動、老化などの進化生物学に大きな業績を残した。

---ウィキペディアより

ペアワーク

ジョン・メイナード＝スミスの生命感について、自分の意見を述べよ

もう一つの考え方

利己的な遺伝子

リチャード・ドーキンスの仮説

種の保存、自然選択というダーウィン以来の考え方は、ある個体の生存にとって有利に作用するというのではなく、その個体が持つ遺伝子の生存確率を高めるように作用すると考える。すなわち、個体が生物の進化の主体なのではなく、その個体の持つ遺伝子が主役であるとする。各個体は遺伝子の乗り物に過ぎないと考える。

利己的な遺伝子

個体レベルでの自然選択に注目すると、生存競争の中で、わずかでも利他的な行動をとる個体は、そうでない個体よりも平均して「うまくやっていけない」と予測できる。全ての個体が利他的であれば、その群に属するもの達は非常に上手くやっていけるであろうが、中に一個体でも利己的な個体が混入すれば、利他的個体を食べ物にして繁殖するであろう。利己的な個体は多くの子を残し、次第に利己的な個体は数を増していくであろう。他集団からの移住や、突然変異など利己的な個体の混入をふせぎ続けることは不可能である。

利己的な遺伝子

ミツバチの働きバチなど、社会性昆虫における不妊階層がみせる利他的な行動は、自らは子孫を残さず、ひたすら女王バチに献身する働きバチの行動は、どのような進化的利益があるのか？利己的な遺伝子仮説では以下のように説明する。働きバチの持つ遺伝子（母親の手助け行動をとらせる遺伝子も含む）にとって、働きバチ自身が繁殖をし50%だけ自分の遺伝子を持った子を作るよりも、女王バチの繁殖を助けて75%の共通遺伝子を持つ妹を育てることが、遺伝子のコピーを効率的に増やすことになる。つまり働きバチの行動は個体としては利他的だが、遺伝子にとっては利己的である。

人工生命

人間の感情と、他の生物のそれと、近代的な型の自動機械の反応との間に鋭い乗り越えられない区画線を引く心理学者は、私が私自身の主張に慎重でなければならぬのと同様に、私の説を否定するのに慎重でなければならぬ。

ウィーナー「人間機械論」より

- ・地球上のあらゆる生物は遺伝子 DNA を持つ
- ・DNA に書き込まれた情報が、親から子へと遺伝することで生命が紡ぎ出される
- ・ということは DNA に書き込まれている情報が解読できれば生命の不思議は解明されたと言って良い
- ・これが分子生物学の基本的発想

19

19

- ・DNAの中の塩基配列は4種類しかない
- ・アデニン(A), チミン(T), シトシン(C), グアニン(G)というヌクレオチド
- ・あらゆる細胞には遺伝情報を伝達する二重らせん構造の DNA を用いてる
- ・すなわち遺伝情報は4文字のアルファベットによって書かれている

20

20

ちなみに(雑学的知識)

- 人間の DNA 配列は約 60 億対
- イモリの DNA の量の方が多い
- さらに百合の方が DNA の量が多い
- 万物の霊長たる人間より DNA 情報が多い生物がいることは何を意味するのか？
- 人間→天使→神を頂点とする中世キリスト教的生命観は、脆くも崩れ去る。天動説や進化論などがキリスト教的世界観を打ち壊してきたように

21

21

- 遺伝情報が 4 文字のアルファベットで書かれているとすれば、
- (遺伝情報は 30 億年前の生命誕生以来アナログではなくデジタル)
- 遺伝情報はデジタル表現が得意なコンピュータでも表現できるはず。
- 親の持っている情報を複製し、再生産するメカニズムだけを取り出してプログラムしてやろうというのが人工生命研究

22

22

- ・ マダムタッソウの口ウ人形のように、忠実に詳細を再現しても、動けなければ生命ではない
- ・ たとえ、それが動いたとしても自己複製はできない
- ・ すなわち、生命の形態を模倣するのではなく、自己複製する機構を創出する方が重要
- ・ これが人工生命に関する研究

23

23

ジョン・フォン・ノイマン

- ・ 人工生命の研究自体は 20 世紀半ばからジョン・フォン・ノイマンにより始められた。彼はコンピュータの生みの親でもある。
- ・ 現在のコンピュータのことを、彼の名前をとってノイマン型コンピュータと言う。
- ・ またUSAの原子爆弾開発計画にも関与した。

24

24

オートマトン

- オートマトンとは、本来自動人形という意味。
- 意志をもたず、過去および現在に受けた刺激だけで行動が決定される自動機械あるいは生物をさす。
- オートマトンを数学的に記述する場合、入力信号と出力信号とを結ぶ媒介として内部状態という概念を用いる。
- 内部状態は有限個で、入力信号により内部状態が変わり、また出力信号は内部状態の関数として定まる。

25

25

- これらの対応関係を表わす関数は明確な形で構成的に定義される。
この対応関係を論理式などによって定式化したり、具体的な基本要素の組み合わせとして与えられた条件に適するオートマトンを構成することが、オートマトン理論の目標。
- 数学的には準群の理論を用いて研究される。
- オートマトンの理論は不連続な入出力に対する回路論、フィードバック理論に相当する。

26

26

セルオートマトン

(セルラオートマタ cellular automata)

空間を微小な格子に分けて各格子（セル）に離散的な値をとる何らかの量を定義し、さらに時間も離散化して、各量の変化を決める規則を導入することにより、空間的な構造の時間発展を研究する理論体系をセルオートマトンと呼ぶ。

i 番目の格子における n ステップ目の時刻での量を $u_i^{(n)}$ と表わすと、この規則は、

27

27

$$u_i^{(n+1)} = F_i(u_j^{(n)})$$

- と表わさる。時刻 $n+1$ での量 u は、一時刻前 n の状態によって定まるとする。
- ただし、 j は u_i の変化にかかわるすべての格子をさすものとする。
- この式は、現実の複雑な挙動を、簡単なモデルによって研究するときしばしば用いられる。
- 規則を表わす関数 F_i はすべての i に共通のものを採用し、 j も i も近接する格子に限る場合が多いです。ライフゲームも同じ。セルラオートマタは、離散力学系の一種

28

28

- セルラオートマタは、セルによって分割された空間において、時間に最小単位が存在する場合の計算モデル。
- 1940年代にノイマンとウラムによって考案された。当時の研究は、方眼紙と筆記具によるもの。
- ノイマンの関心は自己複製する機械であった。
- 2次元セル・オートマトンによる自己複製機械の例を1952年に発表。
- セル・オートマトンが研究者以外の興味をひくきっかけとなったのがライフゲーム。

29

29

ペアワーク

- **自己複製する機械は、実際の生命と同じと考えて良いのだろうか**

30

30

ライフゲームのルール(再)

どのセルにも 8 個の隣接するセルがある（ムーア近傍と呼ばれたりする）。どの時刻においても、この近傍のセルがオンであるかオフであるかによって、次の時刻でそのセルがオンになるかオフになるかが決まる。

- ・セルの状態がオンのとき：8 個の近傍のセルのうち、2 つあるいは 3 つのとき、そのセルは次の世代でもオンになる。
- ・一方、8 個の近傍のセルがそれ以外（0,1,4,5,6,7,8）のとき、次の世代でオフになってしまう。
- ・セルの状態がオフのとき：8 個の近傍のセルのうち 3 つがオンのとき、次の世代でそのセルはオンになる。
- ・一方、それ以外（0,1,2,4,5,6,7,8）のとき、次の世代もオフであり続ける。

ライフゲームのルール(再)

ライフゲームのルールはこれだけ。

これをなぜライフゲームと呼ぶのかについては、ライフゲームの開発者コンウェイは、バクテリアなどの単純な生命体が培養器の中で増殖するパターンをシミュレートしたかったらしい。このたとえでいけば、ライフゲームのルールは次のように解釈できる。すなわち、周囲に 2 個未満しか仲間がいないセルは孤独のため死んでしまう。逆に周囲に 4 個以上仲間がいるセルは、過密のため（栄養状態の不足など）にやはり死んでしまう。周囲に 2 個または 3 個の仲間がいる状態が、過疎でも過密でもない健全な状態だと考える。また、そのセルが空の場合、周囲に 3 個の仲間がいると性交によって新しい生命が誕生する、と考えられる。

ライフゲームの遊び方(再)

教材を自分のホームディレクトリにコピーしよう。端末エミュレータを起動して、以下のようにタイプする

```
cp -r ~asakawa/20110429 .
```

このコマンドで、浅川のホームディレクトリにある、20110429というディレクトリを自分のホームディレクトリにコピーすることになる。最後のピリオドも重要

33

33

ライフゲームの遊び方



34

34

初期状態の入力

画面上のセルをマウスでクリックすれば、セルは青くなります。もう一度そのセルをクリックすれば、白に戻ります。青がオンの状態を現し、白がオフです。セルのいくつかをクリックして初期状態を決めれば、後は「スタート」ボタンを押すだけです。

動作を中止したければ、「ストップ」ボタンを押し、次に「クリア」ボタンを押せば全てがオフの状態に戻ります。

ノーマルマージンと惑星ワトール(再)

チョイスボタンの「ノーマルマージン」と「惑星ワトール」について説明します。ライフゲームは本来、無限に広がる2次元状の世界を扱います。ですが実際のコンピュータでは表示に限界があるため、端の扱いが問題になります。「ノーマルマージン」とは、最端のセルの外側には何もないように振る舞うことを意味します。一方「惑星ワトール」を選ぶと、一番右端のセルの隣りに一番左端のセルがつながっているように動作します。同様にして、一番上のセルのさらに一つ上は、一番下のセルにつながっています。したがって、「惑星ワトール」を選択した状態で、画面を右から左に移動するパターンがあったとすると、そのパターンは一番左までくると、次の時刻に、突然右端から現れます。「ノーマルマージン」ではそのようなことはありません。

データの読み込みと保存

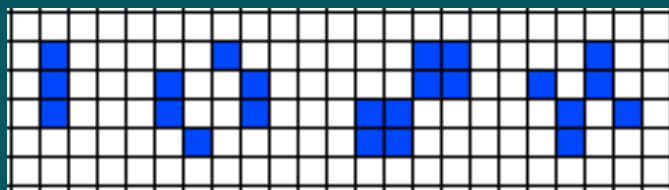
実習で用いる代表的なパターンはあらかじめ data というディレクトリに保存されています。「ロード」ボタンを押すと別ウィンドウが開いてデータを読み込むことができます。また、自分で作成した初期状態は、「セーブ」ボタンで保存しておくことができます。

なお、読み書きされるデータファイルは csv 形式ですので、エディタ、ワープロ、スプレッドシートなどで読み書きすることもできます。0 がオフで 1 がオンとなっています。

37

37

振動型

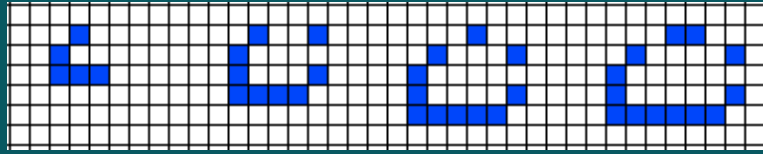


左からブリンカー，ヒキガエル，ビーコン，時計

38

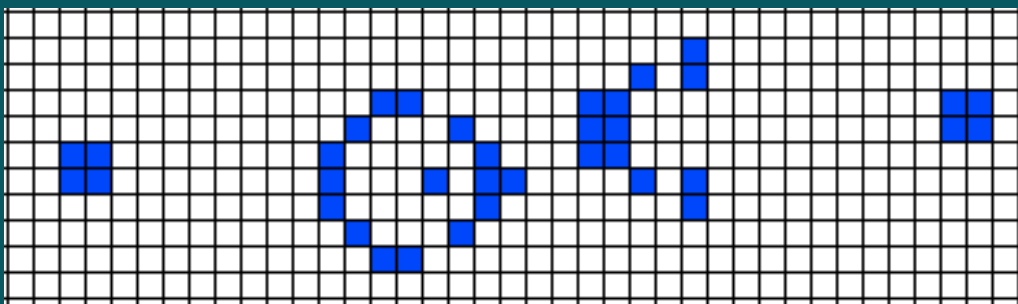
38

移動型



左からグライダー， 軽量級宇宙船， 中量級宇宙船， 重量級宇宙船

増殖型



グライダーガン

- ・ グライダーを利用することで他のオブジェクトとの相互作用を得ることができる。
- ・ 例えばグライダー発射機はカウンターをシミュレートしていると考えることができる。
- ・ グライダーのパターンを組み合わせると AND, OR, NOT ゲートを構築することができる。
- ・ グライダー発射機による論理ゲート以外にも、素数生成器や大規模でゆっくりとした速度でライフゲームをエミュレートする unit cell などが発見されている

41

41

- ・ ライフゲームのパターンは チューリング完全であり、**ライフゲームはチューリングマシンと同等の計算能力を持つ**
- ・ つまりライフゲームの計算能力は現在のコンピュータと同等である。
- ・ ライフゲームはパターンで表現されたプログラムを実行するコンピュータであると言える

42

42

Thank you for joining me.

All the contents of these
slides ~~to be reserved by~~ Shin
Asakawa.