

An attempt of an educational method to arouse
“interest” and “doubts” in life science.

| | |
|-------|--|
| メタデータ | 言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 西川, 哲夫 メールアドレス: 所属: |
| URL | https://mu.repo.nii.ac.jp/records/731 |

生命科学教育における「興味」と「疑問」を喚起する講義方法の

試み

An attempt of an educational method to arouse “interest” and

“doubts” in life science.

西川 哲夫¹
Nishikawa Tetsuo

¹ 工学部数理工学科特任教授

1. 要旨

大学教養課程における生命科学教育において最も重要なものの一つであると考えられる「興味と疑問を持つ心」を育成するために、①講義の要約、②興味を持ったこと、③疑問を持ったこと、からなる「レポート」を毎回課して、それを分類整理したうえで解答を与えた「質問と回答」を作成して提示するという方法を実践した。また疑問を持つ前提として理解度を向上させるために、「動画」と重要な専門用語の説明からなる「用語リスト」及び「DNAの働きの全体像」を活用する方法を実践した。その結果、「動画」と「用語リスト」及び「DNAの働きの全体像」が講義内容の理解に役立つこと、「レポート」が、講義内容の要約と疑問点の整理を通して、講義内容の復習に役に立ち、より興味を持って受講することに役立つこと、「質問と回答」で学生個々の疑問に全員の前で答えることによって、各学生のより深い興味と積極的な受講態度を喚起することがわかった。全体として、本論文で提示した方法は、生命科学教育における「興味と疑問を持つ心」の育成に貢献し得るものであることがわかった。

2. はじめに

学問を推し進めるのは、「興味と疑問を持つ心」である。本論文においては、生命科学の分子的な基礎、最先端の医学・生物学の知識と技術、及びその社会に及ぼす影響を題材として、武蔵野大学の発展セルフディベロップメント 2015 年度 1 学期の講義「生命科学と人間」において試みた「興味と疑問を持つ心」を喚起するための講義内容と方法に関する工夫、及びその効果について述べる。

近年の生命科学には、常識がくつがえされる面白さがある。次世代 DNA シーケンサーに代表される測定機器の進歩によって、ビッグデータともいえる莫大な量の DNA 情報が生み出され、それをもとにこれまでの常識を破る画期的な発見が絶え間なく行われている [1]。その面白さと興味深さ、及び社会に与えるインパクトの大きさを学生たちにわかってもらうことが、本講義の第一の目的である。面白さがわかるためには、「興味と疑問を持つ心」が重要である。ここでは、「興味と疑問を持つ心」を育成するために、「学生から質問を集め、それに対する解答をフィードバックする」方法を検討した。

このような課題に対して、教育心理学分野において同様の試みがあり [2]、一定の効果があったことが示されている。一般に、質問が発せられるほどの興味が湧くためには、その前に「わかる」必要がある。ある程度分からなければ、質問も思いつかない。しかし、生命科学の持つ情報量はとてつもなく大きく複雑であるため、容易に理解することは通常困難である。従って、この複雑で理解することが難しい生命科学の内容をいかにわかりやすくするかが、面白さ・興味を喚起して質問を発してもらうためにまず重要である。

そこで、ここでは分かり易くするために、3つの試みを行った。「動画」の活用、「用語リスト」の作成と活用、「DNAの働きの全体像」の作成と活用がそれである。これらに

よって内容の理解がしやすい状況を作った上で、「要約」と「興味があったこと」、「疑問に思ったこと（質問）」をまとめさせる「レポート」を書かせた。この「レポート」では、まず「要約」をまとめさせることでポイントの理解を確実にした上で、「興味があったこと」と「疑問に思ったこと」を書かせることで、自分の理解を振り返り、より興味を抱かせることを狙った。さらに、「疑問に思ったこと」全てを電子化して整理し、それに対する解答を作成し、「質問と回答」としてフィードバックすることで、学生に知的な満足感を抱かせ、さらに深い興味を持たせることを試みた。

これらの試みの効果をみるために、「質問」内容の分析と講義最後に集めたコメント内容の分析を行なった。その分析結果を報告する。

3. 方法

3. 1 講義内容

本講義は、武蔵野大学 2015 年度 1 学期の発展セルフディベロップメント講義「生命科学と人間」である。受講生は複数の学部にもまたがっており、受講生の人数は、政治経済学部 10 名、法学部 15 名、経済学部 6 名、人間科学部 5 名、環境学部 15 名、グローバル・コミュニケーション学部 8 名、文学部 1 名であり、文系の学生が大半を占めている。

本講義の内容は、以下に示す内容をカバーしている。

1) 遺伝子とタンパク質の働きの基本

「生体の構造と機能の設計図」でありかつ「設計情報を遺伝させる」という遺伝子の働きの基本と、生体の構造と機能の担い手であるタンパク質の基本を理解する。

2) 進化・多様性と疾患の原因としての遺伝子の突然変異

遺伝子の突然変異が個体や種の多様性（進化等）の源となっていると同時に、環境の影響と相まって病気や体質の違いの原因（遺伝疾患）にもなっていることを理解し、変異の検出に基づく遺伝子検査の基本について理解する。

3) 遺伝子配列決定技術の進歩と最先端の医療・環境科学

近年の遺伝子配列決定技術の進歩によって、研究の最前線では、ゲノム情報がビッグデータとして疾患の原因解明やパーソナライズド医療、環境ゲノム科学等に用いられようとしている現状を理解する。

これらの 3 つの内容を、具体的には、以下の目次で構成した。

1) 遺伝子の働きの基本とタンパク質の基本

- ①イントロダクション
- ②細胞とタンパク質
- ③DNA とタンパク質 1
- ④DNA とタンパク質 2
- ⑤ゲノムとエピゲノム
- ⑥複製と細胞分裂

2) 進化と疾患の原因としての遺伝子突然変異と遺伝子検査

- ⑦突然変異
- ⑧遺伝疾患

⑨進化

⑩エピゲノム

⑪遺伝子技術と遺伝子検査

3) 研究の最前線

⑫生命・医科学の最前線

3. 2 講義方法

「はじめに」で述べた「分かり易くするための3つの試み」と、さらに理解を深め、興味深さを感じてもらうために行った「レポートの試み」について、以下で述べる。

1) 動画の活用

直観的な理解のために動画を活用すること。

2) 「用語リスト」の作成と活用

講義で登場する専門用語の簡潔な説明を集めた「用語リスト」を作成して復習をしやすくし、概念形成を支援すること。

3) 「DNAの働きの全体像」の作成と活用

広大な生命科学分野の中で迷子にならないように、「DNAの働きの全体像」という図を作成し常に参照すること。

4) 「レポート」及び「質問と回答」

理解度を向上させた上で、さらに、興味を持ち、疑問を持つ姿勢を養うために、①「講義の要約」、②「興味を持ったこと」、③「疑問を持ったこと」からなる「レポート」を毎回講義の終盤に課し、集められた「疑問」を電子化して整理し、それに対する解答「質問と回答」を作成し、次の時間に解説を行った。

これら4つの試みについて、以下に説明する。

1) 「動画」の活用

各回の資料はビジュアルな図を多用して、直観的にわかりやすいようにしているが、分子的な機構はかなり複雑であり、画像であっても十分伝わらない場合もある。そこで、DNAや蛋白質のわかりやすい映像で定評のあるDVD[3]を講義中に活用した。このDVDでは、図1に示すように、ゲノムDNAがヒストン蛋白質に巻き付いて細胞核に折りたたまれて格納される様子 a) や、転写開始の際に多数の蛋白質がDNAに結合する様子 b)、転写の際にRNAポリメラーゼが勢い良くDNAを開きながらRNAを合成していく様子 c)、

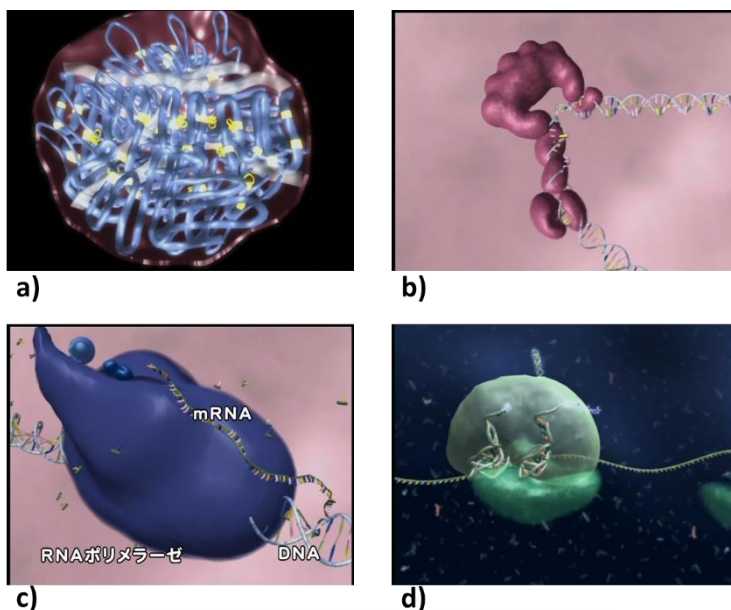


図1 DNAや蛋白質の映像

翻訳の際にリボソームを中心として整然と翻訳がなされていく様子 d) などを精密で迫力のある映像で紹介しており (図1、[3] より引用)、文系の学生にとっても直観的な理解がしやすくなると考えられる。このDVDの内容と重なる講義の1回目から7回目までにおいて、資料による説明の後上映を行った。

2) 「用語リスト」の作成と活用

各回の説明資料は、図を多用し直観的にわかりやすいものになっているが、学生にとって聞きなれない蛋白質の名称や現象の名称が様々な場面で出てくるので、用語を系統的に学習しようという観点からは分かり易いといえない。そこで、用語学習の観点から復習がしやすいように、重要な用語とその説明を各回の項目ごとに約十数個集めリスト化した (付録図1)。項目は、付録図1に示すようにほぼ講義の目次に沿ったものである。

2. DNA・転写・スプライシング

| 分野 | 名称 | 説明 |
|------------|----------------------|--|
| DNAとRNA | DNA | 遺伝情報の保存継承と発現を担う高分子。糖、リン酸、塩基よりなるデオキシリボヌクレオチドを単位としたポリマー。塩基にはアデニン(A)、シトシン(C)、グアニン(G)、チミン(T)があり、遺伝情報(生体に関するすべての情報がA, C, G, Tの並びの形で格納されている。 |
| | DNA二重らせん構造 | 互いに相補的な2本のDNA鎖がらせん状に絡み合う構造。2本のDNA鎖の塩基は互いに相補的な塩基対を形成している |
| | 塩基対 | DNA鎖中の互いに相補的な塩基の対(A-T, G-C) |
| 転写・スプライシング | 転写 | DNAの遺伝子部分からRNAポリメラーゼによって、相補的な塩基情報をmRNAに写し取ること |
| | 未成熟mRNA (メッセンジャーRNA) | DNAの遺伝子部分からRNAポリメラーゼによって、相補的な塩基情報が写し取られたRNA |
| | mRNA | 未成熟mRNAがスプライシングされ、成熟したRNA |
| | スプライシング | 未成熟mRNAから、イントロン部分を切り出し、エキソン部分のみを繋ぎ合わせる |
| | エキソン | 未成熟mRNAに含まれるmRNAとして残る部分、スプライシングで残る。 |
| | イントロン | 未成熟mRNAに含まれていて、スプライシングにより切り取られる部分 |
| RNAポリメラーゼ | 転写を行う酵素(タンパク質) | |

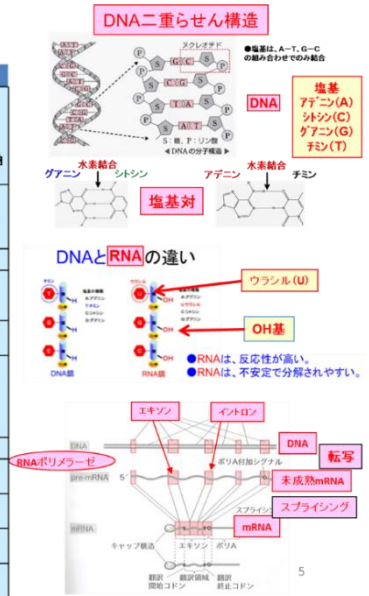


図2 「用語リスト」の例

各項目は、図2に示すように、ページの左側に「分野」と「名称」と「説明」のカラムからなる表を配置し、ページの右側に「名称」に対応する図を講義の資料から取り出して示している。このように、各用語に対して、分野ごとに代表的な十数個の「名称」について簡潔に説明を与え、「説明」の中で重要な箇所は赤字でハイライト表示を行った。また、各用語の意味と相互の関連性をわかりやすくするために、関連する用語を、共通の図の中に配置している。

3) 「DNAの働きの全体像」

講義内容は非常に広範囲に及んでいるので、各パートがばらばらな理解になってしまわないように、「DNAの働きの全体像」というスライドを作成し、常に参照して全体の中でどこを今やっているのかがビジュアルにわかるようにした (図3)。ゲノムを中心に据えて、設計図としての情報と複製される情報に大きく分けて、情報の流れを追いかける形で構成し、部分と全体の関係が一望できるようにした。

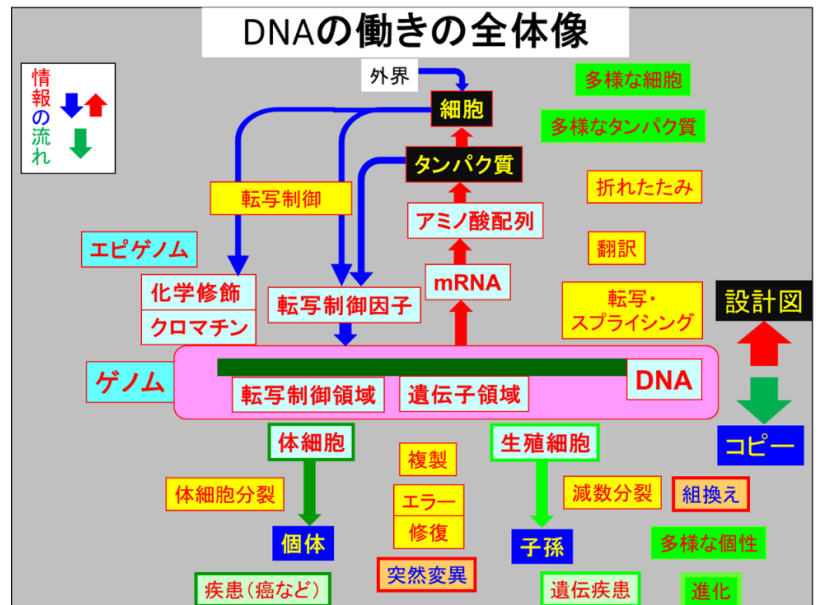


図3 DNAの働きの全体像

4) 「レポート」及び「質問と回答」

1) ～ 3) の実施によって理解度を向上させた上で、さらに、興味を深め、疑問を持つ姿勢を養うために、4) ①講義の要約、②興味を持ったこと、③疑問を持ったこと（質問）、からなる「レポート」を毎回講義の終盤（20～30分間）に課した上で、提出された全ての「質問」を分類・整理してそれに対する解答④「質問と回答」を作成し、次の時間に解説を行った。

(1) 「レポート」

① 講義の要約

「講義の要約」は、講義内容の理解を促進するために課した。社会生活の中で情報のやりとりを行うあらゆる場合に「要約」が必須であると考えられるが、従来の初等・中等教育においては、「要約」能力を育成する教育は十分行われていない [4]。そこで、ここでは、「要約」の作業を時間をとって毎回行うことで、「要約」という作業に少しでも慣れ、何がポイントなのか講義を振り返ることで理解が深まることを目指した。

② 興味を持ったこと

「興味を持ったこと」のレポートは、講義の内容により興味を持つことと理解を深めることを目指している。興味を持つことができれば、その後の理解が深まるのはもちろん、その後の学習意欲を向上させる効果があると考えられる。

しかし、興味を持つためには、そのベースとなる理解が事前にある程度あることが通常は前提であると考えられる。そこで、本講義では、上記の1) ～ 3) によってできるだけ理解度を高めることで、興味を抱きやすい状態にした上で、4) (1) ②によって興味を持ったことを意識的に探させることを狙っている。

③ 疑問を持ったこと（質問）

「疑問を持ったこと」のレポートは、①、②で理解を深め興味を持ったことに対して、疑問点を明確にすることで、さらに興味関心を深め、理解の再構築を促すことが目的である。

人が疑問を持つ際には、与えられた情報とそれに関連する自分の理解（情報）とを比較することが前提となっていると考えられる。自分の理解に欠けていることがあれば、それを知りたいと考えるだろうし、自分の理解と与えられた情報の間に何らかの矛盾点があれば、何故だろうと考えることにつながる。これは、興味関心をさらに深めることにつながると考えられる。このように、疑問を持つことができるためには、与えられた情報をよく理解し、かつ自分の元々の理解を振り返って確認することが不可欠である。従って、このレポートによって、興味関心をさらに深めるとともに、理解度もさらに深まることが期待できる。

(2) 「質問と回答」

提出された全ての「質問」を分類・整理してそれに対する解答「質問と回答」を作成し、次の時間に解説を行った。表1に、「質問と回答」の例を示す。

毎回(90分の講義)、100個程度の「質問」が寄せられた。これを全て電子化し、同様な「質問」を集め30~50個に整理した上で、「細胞」などの分野毎に分類を行った。分類ごとの数個の「質問」を表に示し、それぞれの「質問」に解答を与えた。「質問」の質がよい場合は、「良い質問」などの評価を示した。「質問」に対する解答は、文献やネット上の情報を参考にできるだけ最新の情報を収集し回答した。表1にその例を示す。このように「質問」に対する最新の情報による解答を示すことで、その「質問」はホットで重要なものだということが伝わるようにした。

表1 質問と回答の例

| 項目 | 回答 | |
|-----|---|---|
| 細胞 | <ul style="list-style-type: none"> ●ヒト細胞数60兆個をどうやって数えたか? ●ヒト細胞が60兆個になるのはいつか? ●細胞の中の蛋白質は親から継承されるものか? ●どうやってヒトの細胞が200種類以上あるとわかったのか? ●胃の粘液で胃酸が中和されることはないのか? ●細胞は熱や寒さなどどこまで耐えることができるか? ●なぜシアワセモは最近になって発見されたのか? ●分化の行程で何によってDNAの情報限定されるのか? ●体の中で一番大きい細胞は? ●細胞によって中身や成分はどのくらい違うのか? ●新薬開発のための動物実験は人に役立つ保証があるのか? | <ul style="list-style-type: none"> ●細胞と体の大きさから概算。細胞を10ミクロンの立方体、人体を0.1×0.1×1mの立方体としたら、100兆個になる。あるいは、ヒト細胞の重量がおおよそ平均1ngで成人60kgから換算すると60兆個。最近出た論文によると、組織ごと、細胞の種類毎に数えて足し合わせた結果、37兆個(An estimation of the number of cells in the human body)。 ●大人と子どもでは、細胞の「大きさ」は変わらず、細胞の「数」が違うことで体の大きさが異なる。従って、60兆個になるのは大人になった時。 ●面白い質問。受精卵の段階では親から継承しているが、たんぱく質は絶えず合成され分解されていくので、じきに親の蛋白質はなくなっていく。 ●より正確には274種類あるといわれている(Newton2003年11月号)。数え方は、不明。 ●粘液は、恐らく胃の表面にとどまり表面のみを中和する。 ●良い質問。上限は、タンパク質の変性温度で決まる。温泉にすんでいる耐熱性菌は、耐熱性の蛋白質をもって、100°C近くでも生活できる。耐熱性の蛋白質は、アミノ酸通しの結合が強く高い温度でも安定で変性しない。 ●シアワセモ自体は依然から知られていたが、多細胞生物とはみなされていなかった。最近多細胞生物の証拠が得られたということ。 ●非常に良い質問。よくは分かっていない。最近iPS細胞から心筋細胞に分化させるタンパク質が慶應義塾大学によって発見された。 ●卵子。約0.1mm。 ●非常に難しい質問。最近、京都大学iPS研究所でヒト細胞のデータベース構築を行っており、ヒトの全ての細胞の標準細胞を作って、それらの特徴付けを行おうとしている。 ●完全な保障はないが、役には立つ。マウス等を使った実験の後、人で臨床試験を行う。 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ●ウイルスとは何なのか? ●ウイルスは何に分類されるのか? | <ul style="list-style-type: none"> ●DNAとそれを包むタンパク質の殻でできていて、自分自身では増殖できない。他の細胞に寄生して増殖する。自分のDNAを増やすための蛋白質は、寄生主のものを使う。 ●生物と無生物の間 |

3. 3 分析方法

1) 「質問」の分析方法

(1) 「質問」の分類方法

提出された全ての「質問」を整理した上で、「質問」の質が高い場合は、「良い質問」などの「ラベル」を青字で解答欄に付けることとした。ラベルをつける基準としては、定量的なものではないが、講義の内容をよく理解したうえで想像力や推論を働かせたと考えられる質問を「良い質問」として選んだ。その中でさらに、大局的な観点の質問や観察眼が鋭い質問を、「非常に良い質問」とし、意外な発想の質問を「面白い質問」、網羅的な理解に関する質問や社会が関連する問題を「難しい質問」、視点がユニークな質

生命科学教育における「興味」と「疑問」を喚起する講義方法の試み（西川）
問を「興味深い質問」、及び重要な視点を含む質問を「重要な視点の質問」とラベル付けした。

「良い質問」のラベルをつけた質問を、その内容から以下の3つのタイプに分類した。

- ① Fact-質問（事実質問、様々なケースについての事実を問う質問）
- ② Why-質問（原因質問、理由や原因、因果関係を問う質問）
- ③ How-質問（仕組み質問、どのようにして（How）やメカニズムを問う質問）

次に、「質問」内容の分析を行った。まず、「良い質問」のラベルをつけた質問の分析を、次に「良い質問」以外のラベルをつけた質問の分析を行なった。

（2）「質問」内容の分析

1. 「良い質問」のラベルをつけた質問の分析

「良い質問」のラベルをつけた質問の分析を、① Fact-質問、② Why-質問、③ How-質問に分けて行なった。

2. 「良い質問」以外のラベルをつけた質問の分析

「良い質問」以外のラベルをつけた質問について、6つの分類、①「非常に良い質問」、②「面白い質問」、③「難しい質問」、④興味深い質問、⑤「重要な視点の質問」、⑥「その他の質問」に分けて分析を行なった。

2) 「最終レポート」の分析方法

（1）「最終レポート」の構成

講義の最後に、「最終レポート」を課した。その構成は、以下のとおりである。

1. 生命科学や医学に対する講義前と講義後のイメージについて
2. 講義全体の中で、特に興味を持った事柄について
3. 全体的な感想、コメント

レポートは、学生62名中60名（男性36名。女性24名）から集めることができた。収集した手書きのレポート60枚から、「全体的な感想」の部分のコメントをエクセルファイルに入力した。

（2）「全体的な感想、コメント」の分析

講義方法で示した様々な工夫の効果を知らるために、最終レポート中の全体的な感想、コメント」の箇所を、テキスト検索を用いて分析した。表2に60名の学生による「全体的な感想、コメント」の一部を示す。

これらの文章に対して、講義方法において提案した1)～4)の試みの各項目に関連した内容を拾い上げるために、各項目と関係の深いキーワードを選定した。表3にそれらの項目とキーワードを示す。項目としては、「動画」、「用語リスト」、「DNAの働きの全体像」、「レポート」、「興味」、「疑問」、「復習」を取り上げた。復習は、講義の最初に、「質問と回答」の説明を行う前に前回の復習を行っており、その効果を見るために取り

入れた。これらの項目を検索するためのキーワードとして、それぞれの項目について1～4個を検索キーワードとして用いて、60人分の「全体的な感想、コメント」を対象として検索を行った。

検索の結果ヒットした件数を調べ、ヒットしてきたコメント

中のヒット文字を含む文章を特定し、その文章の内容について分析を行なった。

表2 全体的な感想、コメントの例

| 学部 | コメント |
|---------------------|---|
| 政治経済学部 男 | 初めて聞く言葉や難しい言葉が多かったので理解するのに苦しんだことがたびたびありましたが、授業の最後にレポートを書く形式だったので、そこで自分なりに講義をまとめることで理解度を少し高めることができました。また先生が私たちの質問に対して丁寧に答えてくださったので、それでも理解を深めることができました。毎回のレポート提出のおかげで、物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができたように感じます。 |
| グローバル・コミュニケーション学部 女 | 高校では生物をとっていないし、初めてやる内容はわかりにくかったけれど、すごく楽しく学べた。"DNA"という言葉聞いたことがあるくらいでよくわかっていなかったけれど、この講義をおしていろいろなる事を知ることができた。きっと私がこの講義で学んだことはすごく一部だと思うから、自分でも少し調べたり、今のDNAなどに関する問題にも目を向けたいと思った。講義は正直紙に書いてある文字や絵だけでは少し理解が難しかった。けど、ビデオを見ることでとても分かりやすく覚えられた。また用語リストもとても助かった。とてもきれいにまとまられていて、どこが重要であるか、すぐわかって良い。本当に知識がない中でこの講義を受けていたけれど、わかりやすくてとても理解できた。今までニュースとかでこのような内容に関するものが出ていても、意味がわからず聞いてもいなかったことに、これからは少し理解できるようになったのかと思うと嬉しい。あるがどうございました。 |
| 人間科学部 男 | 人間科学部の講義や高校の生物の授業で既に学習した内容が多く出てくる講義内容だったが、意外に憶えていない分野も多く、また専門的に一歩踏み込んだ内容も多々あり、非常に実り多く充実した講義となった。理解の及ばなかった部分を質問という形式で補うこともできた。何より現代における生命科学技術の現状を垣間見ることができたのは非常にためになった。今後ますます発展していくであろう遺伝子技術等を鷓呑みにせず、一歩立ち止まって自分の頭で考えてみる心構えのようなものを一つ習得できただけでも、この講義を受講した意義があったように思う。 |
| 環境学部 女 | 他の講義も感想や質問などをかくことがあるが、全ての質問に答えてくれる講義は、この講義以外他にないので、とてもいいと思いました。ぜひ今後も続けて下さい。翻訳や転写などの説明で少しわかりにくいところがあったので、模型などを使って説明してもらえると、わかりやすくなるのではないかと思いました。講義の進度はちょうどいいくらいか、ちょっと遅いなというくらいでした。プリント+プロジェクター+説明でもわかりやすかったです。 |

表3 講義方法の試みに対応した項目とキーワード

4. 結果と考察

4.1 「質問」の分析結果

1) 「質問」の整理と分類

1～12回の講義で集められた質問の数は全部で1160個であり、1回当たり平均約100個、学生一人当たり2個弱の質問があった。多い学生では5個以上、10個程度の質問を書く学生もいた。「質問」の質を最初から望むのは難しいので、「質問」を書くことに慣れさせるため、できるだけ「質問」を多く書くように指導した結果、毎回非常に多くの「質問」が集まった。

これらを全て電子化し、エクセル内に保存した。その上で、これらの質問全部を1回の講義あたり5個程度の分野に分類した。例えば、DNA、ゲノム、mRNAなどの分野である。全講義を通した分野の総数は70個である。次に分野ごとに個々の質問を精査し、同様な質問の一つにまとめる整理作業を行った。これによって、全部で362個の質問(1分野あたり約5個、1回の講義あたり30個程度)に縮約した。

これら総数362個の質問それぞれに対して、毎回解答を作成した。一つの質問あたり、50文字程度、質問によっては100字以上の回答を作成した。解答の多くは、複数のインターネットサイトや文献等を参照することで作成し、信頼性が高くかつ最新の知見を盛り込むようにした。必要なものは、引用元も示すようにした。

2) 「質問」内容の分析

付録表1に「質問と答え」の全文を示す。1回目の講義時には全体の話をしたので、質問も全体にわたっていたため、解答をつけていない。2回目以降の質問には、全て解答を与えている。

分析方法で示した分類方法を用いて、「良い質問」とそれ以外の「非常に良い質問」、「面白い質問」、「難しい質問」、「興味深い質問」、「重要な視点の質問」に分けてラベル付けを行った。

さらに、「良い質問」については、Fact-質問、Why-質問及びHow-質問に分類した。「良い質問」のラベルをつけた質問は 73 個、それ以外のラベルをつけた質問は 34 個あった。まず、「良い質問」のラベルをつけた質問の分析を、次に「良い質問」以外のラベルをつけた質問の分析を、それぞれの分類毎に行なった。

（1）「良い質問」のラベルをつけた質問の分析

表 4 にそれぞれのタイプに属する質問を示した。Fact-質問が最も多く 38 個あり、Why-質問が 22 個、How-質問が 13 個であった。何か情報を受け取り、質問を発するためには、受け取った情報についての一定の理解が必要であると考えられる。表 4 中の質問は、どれもそうした理解の上に成立していることが見て取れる。

① Fact-質問

Fact-質問は、そうした理解の上に想像力を働かせることで可能になると考えられる。表 4 に示すように、Fact-質問は講義内容を十分理解した上で想像力を様々に働かせた質問ばかりである。

例えば、「●ワトソンとクリックがほかにやったことは？」という質問では、ワトソンとクリックが DNA の二重らせん構造を発見したということを理解したうえで、それだけのことをした人であれば他に何か重要なことをやっているかもしれないという想像を働かせた質問である。実際ワトソンはその後ヒトゲノム計画を率いており、またクリックは分子生物学の中心原理の一つであるセントラルドグマの提唱という大きな仕事をしている。このような質問があると、そのような話への展開が非常にやりやすくなり、質問をした学生にとってもより理解と興味が深まるものと思われる。

「●日焼け止めによって、紫外線による突然変異のリスクは減るのか？」という質問では、紫外線による突然変異誘発についての講義内容を理解したうえで、日焼け止めは実際どれぐらい効果があるのだろうかという想像を働かせた質問である。これは調べてみると、日焼け止めの効果をゲノムレベルで研究されだしたのはごく最近であり、どの程度リスクが減るのかについてやっと研究が開始された状況であることがわかった[5]。

この質問はありふれた質問に見えるが、実はホットな問題であることを学生に伝えることで、学生の興味と学習への動機はさらに高まるものと期待される。Fact-質問は、講義内容への理解があれば、後は想像力を働かせれば可能であると考えられるので、最も質問しやすい質問であると考えられる。これが Fact-質問が最も多い理由であろう。

表4 「良い質問」を3つに分類したリスト

| ① Fact-質問 | ② Why-質問 | |
|---|---|----------|
| <ul style="list-style-type: none"> ● mRNAの切り取られたいらない部分はどうなる？ ● 切り取られたイントロンはどこへ行くのか？ ● 選択的スプライシングでは、一度エクソンが入れかわると、元にもどらないのか？ ● 様々なタンパク質が一緒にいて大丈夫なのか？ ● ワトソンとクリックがほかにやったことは？ ● 未だ発見されていないタンパク質はあるか？ ● 外界からの刺激で転写が制御される具体的な例を知りたい。 ● いらなくなったタンパク質はどうなるのか？分解されて新しいタンパク質の材料になるのか？細胞外に出されるのか？ ● ヒトゲノム計画からどのくらい病気の発見につながったのか？ ● コストダウンはどうやってできたのか？ ● 3000億円は何に使われたか？ ● 3000億円をかけた価値はあったのか？ ● アミノ酸の配列は間違ふことはないのか？ ● エピゲノムは誰が発見？ ● 2万個の蛋白質の中で性質が似ているものはあるのか？代替はきくのか？ ● 食物からとるタンパク質と細胞をつくるタンパク質はものとして違うのか？ ● 組換えのメリットとデメリットとは？ ● 細胞は熱や寒さなどどこまで耐えることができるか？ ● 正しく分配されないこともあるか？ ● 遺伝子が減っていくとどうなるか？ “ | <ul style="list-style-type: none"> ● コラーゲンはどうして存在するのか？ ● 骨の強度と皮膚の強度は違うがなぜか？ ● なぜ、翻訳後、mRNAは分解されるのか？ ● コドン表で重複数にばらつきがあるのはなぜ？ ● なぜRNAからDNAへ機能が移ったのか？ ● 多くのmRNAが核の中でからまってしまわないのか？ ● ゲノムサイズと遺伝子数は何故例しない？ ● 新仮説の染色体の不規則な構造は、なぜ不規則なのか？ ● なぜDNA複製は5'から3'へ方向にしか進まないのか？そのようなポリメラーゼはなぜないのか？ ● 何故組換えが起こるのか？ ● 組換えの部分の間違えることはないのか？ ● 減数分裂ではどうしてシャッフルするのか不思議？ ● 800万通りまで必要ないのでは？なぜ？ ● ヒトの進化と減数分裂の因果関係を具体的に知りたい。 ● 同じ環境、同じ組織なら同じタンパク質が出てくるのか？ ● DNAの複製がRNAの複製よりもエラーが少ないのはなぜか？ ● ダウン症はなぜ発生頻度が高いのか？ ● 自分は家系で一人だけ背が高い。考えられる原因はあるか？ ● なぜ植物と動物で、遺伝子重複の頻度が違うのか？ ● 何のためにDNAをふやすのか？ ● 検査会社によって結果が違うのは、検査機器が違うからなのか？ ● 何故日本は法律で規制しないのか？ | |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 修復は失敗するのか？ ● 日焼け止めによって、紫外線による突然変異のリスクは減るのか？ ● DNAが傷つかないような工夫を持つ生物はいないのか？例えば紫外線に強いとか？ ● 機能しないタンパク質ができた時どうなるのか？有害なものはできないのか？ ● 意図的にDNAを傷つけて進化をおこせるか？ ● 人間以外の動物もダウン症になるのか？ ● さくらますやにじますは、倍化によって死滅しないか？ ● 進化によって起きてしまう弊害はないか？ ● 植物にゲノム重複が起こった時、形質の変化は起きるか？ ● 人間はこれからも進化するのか？ ● 人工的進化は起こせるか？ ● ローヤルゼリーは一匹だけしか食べられないのか？” ● 妊娠前の父親の食習慣は、ダウン症のリスクに影響をあたえるか？ ● クローニングとPCRはどう使い分ける？ ● クローニング中の突然変異が実験を阻害することはないのか？ ● 遺伝子検査ビジネスは悪用されないか？ ● 常在菌の移植は可能なのか？ ● 遺伝子の重複は人間でも常に起こっているのか？ | <th data-bbox="791 1303 1455 1337">③ How-質問</th> <ul style="list-style-type: none"> ● DNAが遺伝物質であることをどうやって発見したのか？ ● 配列がずれたらどうなるか？ ● 転写の速度はどうやって決まるか？ ● ヒトの遺伝子領域の数2万個はどうやって数えたか？ ● エピゲノムのパターンはどうやって決まるのか？ ● 修復蛋白質は、どうやってエラー箇所に行けるのか？ ● がん遺伝子とがん抑制遺伝子はどうみわけするのか？ ● 三毛猫の色の範囲の大きさはどうやって決まる？ ● カウンセリングは具体的には何をやる？ ● 日本はどのようにすれば、大規模なゲノムプロジェクトを展開できるか？ ● 10万人ゲノムプロジェクトの対象者はどうやって決定する？ ● メタゲノム解析でどうやってDNAが特定の微生物のものだと特定するのか？ ● 不活性化がうまく起こらない病気はあるか？ | ③ How-質問 |

② Why-質問

Why-質問やHow-質問を発するには、理解+想像力のみでは足りないと考えられる。Why-質問を発するには、まず因果関係に対する興味が必要であり、また受け取った情報に関する知識や理解が予めあり、受け取った情報と比較したり、受け取った情報からの推論結果と比較することで、Why-質問が可能になると考えられる。How-質問を発するには、さらにメカニズムや方法に対する興味が必要であると考えられる。

例えば、Why-質問と分類した「●なぜ、翻訳後、mRNAは分解されるのか？」という質問では、転写・翻訳の学習内容の理解の上に、「せっかく mRNA が転写されたのであるから、翻訳後残っていれば活用できるはずなのに、実際は分解されるのは非効率ではないか」という推論に基づくと考えられる。すなわち、転写・翻訳の仕組みの理解と推論がもとになっていると考えられる。

また、「●なぜ DNA 複製は 5' から 3' へ一方向にしか進まないのか？そのようなポリメラーゼはなぜないのか？」という質問では、「生物は進化において必要な機能を作り出してきており、この場合も反対方向へ進む機能を進化で獲得しても不思議ではないはず」という推論のもとに質問を発していると考えられる。すなわち進化に関する知識と推論がもとになっていると考えられる。

③ How-質問

How-質問と分類した「●三毛猫の色の範囲の大きさはどうやって決まる？」では、三毛猫の色の原因である X 染色体の不活性化のメカニズムの大筋は理解しており、その上で、「色の範囲は何がきめているのか」というメカニズムへのより深い興味を感じられる。

また、「●ヒトの遺伝子領域の数 2 万個はどうやって数えたか？」では、通常学生がこのような数字の情報を与えられた場合、「なるほどそうですか」とそのまま受け取る場合が多い。この場合、ヒトゲノム計画の成果として、2 万個の遺伝子領域が同定されたという内容の理解のもとで、「それではどうやって数えたのだろう？」と方法論に興味を持って質問したと考えられる。実際、ヒトの遺伝子領域の同定は簡単な問題ではなく、一つの分野を形成するような問題である。このような質問があると、実際の学問を進める現場の話に展開することが容易となり、学生にとってはより興味が深まるものと考えられる。

Why-質問やHow-質問を発するには、知識と推論能力、及び因果関係やメカニズム・方法に対する興味が必要であり、表 4 中の Why-質問やHow-質問は、そのような条件を備えているように見える。以上で示したように、学生の「良い質問」から、Fact-質問、Why-質問及びHow-質問の質問者が満たすべき「講義内容の理解と想像力」、「因果関係やメカニズム・方法に対する興味」、さらには「知識と推論能力」を、学生がある程度備えていることが示唆された。因果関係ははっきりとはわからないが、このように質の高い質問を比較的多く引き出したのは、「動画」や「用語リスト」による理解の

推進と「質問と答え」によるフィードバックが良い影響を与えているのではないかと考えられる。

(2) 「良い質問」以外のラベルをつけた質問の分析

「良い質問」以外のラベルをつけた質問について、6つの分類、①「非常に良い質問」、②「面白い質問」、③「難しい質問」、④興味深い質問、⑤「重要な視点の質問」、⑥「その他の質問」に分けて質問のリストを表5に示す。分類毎にいくつかの質問について考察する。

①非常に良い質問（大局的な観点の質問や観察眼が鋭い質問）

●「DNAの発見により、生物学の何が主に変わったか？」

このような疑問は、普通あまり考えずもっと細かいところに興味がいきがちである。「DNAについていろいろな事を学んだが、全体を振り返って一体何を変えたのか」と大局的に振り返ることは、DNAの本質を学ぶ上で、大変有益であると考えられる。

●「極論として言い切れば種の違いとは、アミノ酸の違いということか？」

この質問も大局的であり、何が最も決定要因となっているのかということ問うている質問である。このような問いには、物事の本質を見極めようという姿勢が感じられる。

●「減数分裂で不活性化したX染色体が入った卵子ではどうなるのか？活性化するか？」

答えは、「卵子になる細胞が減数分裂に入る前に、それまで不活性であったX染色体は再活性化される。」であり、質問者の予想どおりであるが、不活性化のことを短時間学んだ程度で、このことに気付きさらに予想までできたということは、大変素晴らしいと考えられる。

②面白い質問（意外な発想の質問）

●「DNA、たんぱく質はなぜ鎖状か？」

これは素朴な質問であり、普通はそのまま受け入れて疑問に感じることはあまりないと思われるが、考えてみると、生命の起源に関わるような問題であり、鎖状であることの物理的な意味や進化的な意味を考えると、面白い考察ができる可能性があると考えられる。

●「良く「考えられている」という表現があるが、確定的なものではないのか？」

この質問は、普通はなかなか気付かないと思われる、科学の本質（仮説はひっくり返る場合が頻繁にある）への理解に導くことのできる大変良い質問である。

③難しい質問（網羅的な理解に関する質問や社会が関連する問題）

●「細胞によって中身や成分はどのくらい違うのか？」

このような全体像に関する知識はあまり知られていない場合が多く、答えるのは困難であるが、問題意識としては大変良いものと考えられる。実際最近になってデータベース構築が行われようとしているような状況である。

表5 「良い質問」以外のラベルをつけた質問の分類

| | |
|--|--|
| ① 非常に良い質問（大局的な観点の質問、観察眼が鋭い質問） | |
| | ●分化の行程で何によって DNA の情報が限定されるのか？ |
| | ●DNA の発見により、生物学の何が主に変わったか？ |
| | ●A と T、G と C の量が全く同一でないのは、実験誤差なのか？他に理由があるのか？ |
| | ●翻訳の逆の過程はあるのか？ |
| | ●減数分裂では、なぜ分裂が二つあるのか？ |
| | ●修復にかかる時間は？ |
| | ●極論として言い切れば種の違いとは、アミノ酸の違いということか？ |
| | ●アミノ酸配列が最も重要ということか？ |
| | ●減数分裂で不活性化した X 染色体が入った卵子ではどうなるのか？活性化するのか？ |
| | ●パーソナライズド医療で全ての人を調べたら膨大なデータになるのでは？その保存方法は？ |
| ② 面白い質問（意外な発想の質問） | |
| | ●ゆで卵をもとに戻すという研究を見たが、どのような技術なのか？ |
| | ●DNA、たんぱく質はなぜ鎖状か？ |
| | ●細胞の中の蛋白質は親から継承されるものか？ |
| | ●体の内側の細胞は、古くなるとどこへ行くのか？ |
| | ●良く「考えられている」という表現があるが、確定的なものではないのか？ |
| | ●減数分裂で XY 染色体の組換えが起こらない男性の方が女性より多様性が減るのか？ |
| | ●エラーがないのに修復されエラーを起こす可能性は？ |
| | ●タンパク質の種類の新旧は調べることができるのか？ |
| | ●不活性化の割合は、50%-50%か？偏っていないのか？ |
| | ●逆に大きく生まれた子がなりやすい病気？ |
| ③ 難しい質問（網羅的な理解に関する質問、社会が関連する問題） | |
| | ●細胞によって中身や成分はどのくらい違うのか？ |
| | ●常染色体劣性遺伝病全てが重い病気なのか？ |
| | ●遺伝子重複の実際の頻度は？ |
| | ●何故、日本は先進国なのに低出生体重児が増えているのか？ |
| | ●日本で低出生体重児が多いのは女性の考え方だけが原因か？ |
| ④ 興味深い質問（視点がユニークな質問） | |
| | ●不連続的複製で、返し縫のような動きで、複製の速さが異なったりしないか？ |
| | ●低出生数が増え、今の生活習慣病の増加に影響しているといえるのか？ |
| | ●分子時計などで、ヒトの常在菌が進化の過程でいつから共生しているか調べることは可能か？ |
| | ●閾値理論で、年齢があがると容器の容量はどう変化するか？ |
| | ●不活性化がうまく起こらない病気があるか？ |
| ⑤ 重要な視点の質問 | |
| | ●日本はアメリカに流されずにタンパク質の研究を続けてほしい |
| | ●現在人々が遺伝子に関してやっていることは、本当にいいことなのか？ |
| ⑥ その他の質問 | |
| | ●蛋白質表記とタンパク質表記の意味の違いは？ |
| | ●ノーベル賞に興味を持った。PCR と遺伝暗号の解明について教えてほしい。 |

●「何故、日本は先進国なのに低出生体重児が増えているのか？」

●「日本で低体重児が多いのは女性の考え方だけが原因か？」

最近の研究によると[6]、医療側の考え方も効いているらしく、簡単な問題でないことが報告されている。恐らく直観的にそのことを把握した鋭い質問である。

④興味深い質問（視点がユニークな質問）

●「不連続的複製で、返し縫のような動きで、複製の速さが異なったりしないか？」

リーディング鎖とラギング鎖の合成メカニズムの違いが複製の速さに影響を与えるのではないかということを考えついたのは、大変鋭い考察である。

●「分子時計などで、ヒトの常在菌が進化の過程でいつから共生しているか調べることは可能か？」

共生の時期への着目や、分子時計の利用など、ユニークで大変レベルの高い質問である。

●「閾値理論で、年齢があがると容器の容量はどう変化するか？」

閾値理論は、多因子疾患の仕組みを説明するモデルであり、因子が入る容器中の環境因子と遺伝因子の和が容器の容量を超えた時に疾患になるというモデルである。モデルの説明では、通常は容器の容量まで考えることはなく、鋭い視点の質問である。

⑤重要な視点の質問（重要な視点を含む質問）

●「現在人々が遺伝子に関してやっていることは、本当にいいことなのか？」

遺伝子研究の倫理的側面は、常に熟慮しなければならない問題であり、この問題意識は大変良いものと考えられる。

このように、学生からの質問には、大局的な観点の質問や観察眼が鋭い質問、意外な発想の面白い質問、網羅的な理解に関する質問や社会が関連する問題などの難しい質問、視点がユニークな興味深い質問、重要な視点の質問など、理解がしっかりしている上に奥深い興味を感じられるものが多く見受けられた。これらの質問は、解答と共にフィードバックすることで、さらに理解と興味の深化を促すことができると考えられる。

4. 2 「最終レポート」の分析結果

最終レポート中の「全体的な感想、コメント」の箇所を、テキスト検索を用いて分析した。収集した文章の総数は60で、文章の長さは、最大で728文字、平均は284文字であった。これらの文章に対して、講義方法において提案した1)～4)の試みの各項目に関連した内容を拾い上げるために、「分析方法」の表3で定義した各項目と関係の深いキーワードを用いて、60人分の「全体的な感想、コメント」を対象として検索を行った。

検索結果のヒット数の統計と、ヒットした文書中のキーワードを含む文章のうち代表的なものを表6に示した。

1) 検索結果のヒット数の統計

ヒット数が多いのは、「動画」と「興味」、及び「疑問」の項目である。「動画」では、全学生の約3分の1、「興味」では、約3分の2、「疑問」では約2分の1の学生がこれらの項目に関心を示していると考えられる。次に、これらのヒットした文章の内容が肯定的なものかどうかを調べ、表6にその数と、ヒットした文章内の割合を示した。上述した3つの項目では、ヒットした文章の内肯定的なものの割合は95%以上であることがわかった。3つの項目以外の項目においては、ヒットの割合は、10~20%程度であったが、肯定的なものの割合は70%以上であった。

2) ヒットしたコメント文章の分析

(1) 「動画」に関するコメント

「動画によって動きや現象の流れがイメージしやすくなり、その結果理解が進む、説明では理解できなかったことがビデオをみて理解できた」というようなコメントが多く見られた。分子生物学の機能は高分子の複雑な動きに担われており、これを直感的に理解するには動画が適切であることが、これらのコメントからも得られた。動画の技術は近年急速に進んできており、インターネット上で分子生物学的な内容を動画で表現することも行われてきている[7]ので、これらの動画を取り入れていくことでより理解しやすいものにできると考えられる。

(2) 「用語リスト」に関するコメント

コメントしている学生の割合は10%程度と多くないが、コメントしている学生は「用語リスト」を大変活用しているように見受けられた。「分かりやすく覚えやすい」、「どこが重要であるかわかりやすい」、「ちょっとした確認をする時に便利」などのコメントがあった。「用語集の配布から講義全体が身近に感じられて、用紙に疑問を書けるようになった」というコメントがあった。これは、用語リストが單元ごとの要約の役割を果たしており、理解を促進することで疑問が書けるようになったのではないかと考えられる。

(3) 「DNAの働きの全体像」に関するコメント

コメントは少ないが、「全体像の中でどう他の役割と関連しているかを知ることができた」というコメントがあり、意図していたことがある程度伝わったのではないかと考えられる。「全体像」をより活用できるようにするためには、全体のなかでの関連性についての講義時間を設けるなどの対応を考える必要があると考えられた。

表 6 コメント内容の分類

| 項目 | キーワード (どれかを含む) | ヒット数 (60人中) 割合 (%) | 肯定的コメント数割合 (%) | 代表的なコメント |
|------------|----------------|--------------------|----------------|---|
| 動画 | DVD、ビデオ、映像、動画 | 21 33.9% | 21 100% | <ul style="list-style-type: none"> ●動画は特に助かった。動画は、一連の流れを説明してくれるので分かりやすかった。 ●DNAの転写やタンパク質合成などのビデオを見ることができたので、紙メディアだけで勉強するよりも頭に入ってきやすく、あのビデオのおかげで頭の中で現象一つ一つがイメージしやすくなりました。 ●毎回の講義に使うプリントだけでなく、ビデオを見ることで、理解できたことが何個かあった。特に岡崎フラグメントは説明を聞いていただけではイメージしづらかったけど、ビデオを見ることで動きを理解できた。 |
| 用語リスト | 用語リスト、用語集 | 7 11.3% | 5 71.4% | <ul style="list-style-type: none"> ●用語リストもとても助かった。とてもきれいにまとめられていて、どこが重要であるか、すぐわかって良い。 ●聞いたこともない用語がよく出てきたけど、配られた用語リストが分かりやすく覚えやすかったです。 ●用語リストはテスト勉強に関係なく普段からちょっとした確認をする時に便利です。講義回ごとになっているので、講義資料との合わせができるので復習しやすかったです。 ●最初は疑問だらけで疑問が用紙に書けないという事態に最初は何度も直面した。途中、用語集を配布していただいたてからは、講義全体が身近に感じられて、用紙に疑問を書けるようになった。 |
| DNAの動きの全体像 | 全体像、横断 | 2 3.2% | 2 100% | <ul style="list-style-type: none"> ●コドンやらせん状の構造は高校のときに習ったことがあるので、多少は知識がありましたが、部分、部分でしか見ていなかったのが、今回全体像の中でどう他の役割と関連しているかを知ることができてよかったと思います。 ●細胞やタンパク質、遺伝子などの生物的な話から、技術や医療などの工学的、社会的な問題を、一つのものに着目して横断した学習ができたので、様々な問題点や必要な物を具体的に把握することができた。 |
| レポート | レポート | 11 17.7% | 9 81.8% | <ul style="list-style-type: none"> ●授業の最後にレポートを書く形式だったので、そこで自分なりに講義をまとめることで理解度を少し高めることができました。毎回のレポート提出のおかげで、物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができたように感じます。 ●毎回の講義をレポートにまとめることで、復習がスムーズにできてよかったです。 ●毎回レポートを提出するのが面倒でしたが、その分理解が深まったので、結果的にはいいと思った。 |
| 興味 | 興味、面白 | 41 66.1% | 40 97.6% | <ul style="list-style-type: none"> ●毎回のレポート提出のおかげで、物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができたように感じます。 ●生命科学について最初から最後まで非常に楽しく興味深く学ぶことができ、受講する前より深い理解を得ることができ、一層深い興味を得ることができました。非常に興味深く満足できる講義で、この講義をとることができて良かったです。 ●実際わからないことだらけで、かなり難しいと感じていたけれど、わかりやすいレジュメや動画のおかげで楽しく授業が受けられたし、興味もわいてきてよかったです。 ●自分自身文系専攻で生命科学という分野は正直無縁であった。そんな私でも興味を持ってた有意義な講義でした。 ●実は、あまり興味がなかったのですが(笑)、この授業を受けて初めて知ることばかりで想像以上に面白かったです。 ●毎時間の最後に書くレポートは大変であったけど、興味があることがたくさんあり、たくさん書くことが出来ました。この授業が終わったら生命科学について触れることがなくなってしまうのは悲しいですが、先生から配布されたプリントを見て勉強しようと考えてます。 ●なかでも遺伝子の分野に非常に興味を持ったので、空いている時間にでも少し調べてみようと思いました。 |
| 疑問 | 疑問、質問 | 28 45.2% | 27 96.4% | 表7に記載 |
| 復習 | 復習 | 8 12.9% | 8 100% | <ul style="list-style-type: none"> ●前回の講義の復習を講義の序盤にやることで、前回と今回の講義のつながりを理解でき、スムーズに取り組めた。 ●毎回教わったことを自分でまとめるというのは、経験したことがなかったが、教わった内容を復習する意味でとても良かった。 ●先生が復習や質問をしっかりとってくれたので、とても記憶に残りやすかったです。ありがとうございました。 |

（４）「レポート」に関するコメント

毎回レポートを書くことに対して、「講義をまとめることで理解度を少し高めることができた」、「復習がスムーズにできた」、「物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができた」などの肯定的コメントが多かった。

（５）「興味」に関するコメント

「受講する前より深い理解を得ることができ、一層深い興味を得ることができた」、「わかりやすいレジュメや動画のおかげで楽しく授業が受けられ、興味もわいてきた」、「あまり興味がなかったが、初めて知ることばかりで想像以上に面白かった」、「興味があることがたくさんあり、たくさん書くことが出来た。今後、配布されたプリントを見て勉強しようと考えている」、「遺伝子の分野に非常に興味を持ったので、空いている時間にでも少し調べてみようと思った」というような、肯定的なコメントが多く、講義によって興味が喚起され、さらに勉強を継続する意欲を喚起できた場合もあった。

（６）「復習」に関するコメント

「講義の前の復習の効果」についての肯定的なコメントと共に、「レポートが毎回の復習の意味で有効である」というコメントがあった。

（７）「疑問」に関するコメント

「質問」を提出しそれに対して次の時間に答えるシステムに関して、多くの（28件）多様なコメントが寄せられた。これら全てのコメントを、その内容から次の5つ（①「理解に役立つ」、②「疑問や興味を喚起する」、③「他人の疑問が刺激になる」、④「システムとして良い」、⑤「疑問に感じることを書くのは、難しい」）に分類した。表7に分類毎のコメントを示す。

① 「理解に役立つ」

この方法により、「理解を深めることができた」、「理解の及ばなかった部分を補うことができた」、「次の講義の内容も頭に入りやすかった」、「理解度が高まった」、「記憶に残りやすかった」、「理解度が深まる方法だ」、「わかりやすかった」などの非常に肯定的なコメントが多くあった。理解度を高め、補い、定着させる効果があることがわかった。

② 「疑問や興味を喚起する」

この方法によって、「物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができた」、「スクリーンに自分の疑問が映ると何故だかとても嬉しい」、「自分の質問に「良い質問」と記された時は、休まず毎回来て良かったと自分のわずかな成長を感じた」、「疑問について考えることにより、より内容に対する関心が深まった」、「質問、疑問について丁寧でくわしい答えが得られたのでよかった！興味をわいた」、「鵜呑みにせず、一歩立ち止まって自分の頭で考えてみる心構えのようなものを一つ習得できた」などのコメントがあった。

この方法は、興味、関心を深めると同時に、疑問や興味を持つ能力も高める効果があることがわかった。また、学生の前で、「質問」をその評価とともに紹介することは、その「質問」をした学生の学習意欲を非常に高める効果があることがわかった。

③ 「他人の疑問が刺激になる」

この方法によって、「自分だけでなく他人の疑問点を知ることで、より知識を深めることができた」、「様々な質問を見て、このように思ったりするのか、こんな可能性もあるのかと、自分では考えたり気付けないことがあり、いい刺激にもなりました」、「自分では気付かなかった所にも意見があり共有される場所はとても勉強意欲が増すやり方だ」などのコメントがあった。

文献[2]においても、質問と回答を取り入れた授業に対して感じる楽しさの理由・きっかけ (Table5) として、「自分にはなかった新たな視点に気付き学びの資源として活用できる」というコメントが多くあったことが報告されている。

この方法は、他人の質問に触れさせることで、学問分野をとわず、より知識を深めると共に、気付きや刺激を与え勉強意欲を喚起する効果があることがわかった。

④ 「システムとして良い」

この方法について、「全ての質問に答えてくれる講義は、この講義以外他にないので、とてもいいと思った。ぜひ今後も続けて下さい」、「とても充実した講義だった」、「各学生の質問も次回の資料に反映されているのが、勉強する上で良い」、「システムとして非常に良かった」などのコメントがあった。講義のシステムとして、うまく機能していることがわかった。

⑤ 「疑問に感じることを書くのは、難しい」

コメントの中では一人だけだったが、「質問」を書くという作業が辛いというコメントがあった。恐らくこれまでこのような作業の経験がなくやり方がわからなかったものと思われる。ほとんどの学生についても、このような作業の経験はほとんどなかったものと思われるが、毎回作業を進めていくうちに多くの学生は慣れていくことができたものと考えられる。このように「質問」を書くという作業に慣れることが困難な学生に対して、どのようなアプローチをすればよいかということが次の課題になると考えられる。

また、コメントに「質問」のキーワードが入っていなかった学生が半数ほどいるが、これは自由コメントでコメントを集めたことが影響していると考えられる。今後の課題としては、アンケート項目を細かく設定してコメントを集める方法を検討することが考えられる。

以上示したように、次のことがわかった。

1) 「動画」や「用語リスト」、「DNAの働きの全体像」が理解を深め、「要約」と「興味があったこと」をレポートにまとめさせることで復習効果が高まりさらに理解が深まること。

2) 多くの「質問」をレポートにまとめさせ、「質問と回答」でそれらを次回に提示することで、さらに理解が深まると共に興味、関心を深め、疑問や興味を持つ能力も高めること。

3) 他人の「質問」に触れさせることで、より知識を深める共に、気づきや刺激を与え勉強意欲を喚起できること。

4) さらには、「質問」をその評価とともに紹介することで質問者の学習意欲を高めることができること。

このように「質問と回答」を用いる方法は、興味、関心を深め、疑問や興味を持つ能力も高めることが示唆された。そのため、このことが収集された「質問」の質そのものを高くした可能性があると考えられる。この因果関係を明らかにするには、継時的な変化を追うような検討が必要と考えられ、今後の検討課題である。

表7 「疑問」に関するコメントの分類

| 項目 | 小分類 | コメント |
|----|--------------------|---|
| 疑問 | ①理解に役立つ | <ul style="list-style-type: none"> ●先生が私たちの質問に対して丁寧に答えてくださったので、そこでも理解を深めることができました。 ●理解の及ばなかった部分を質問という形式で補うこともできた。 ●授業ごとにふりかえりや前回の質問の解決をさせていただいたので、次の講義の内容も頭に入りやすかった。 ●いつもコメントシートに質問を書くこと次の週には答えがでていて、すぐ理解することが出来て、理解度が高まりました。 ●先生が復習や質問をしっかりとやってくれたので、とても記憶に残りやすかったです。ありがとうございました。 ●自分の質問に対しての回答は、自分のわからなかったことなので、分かることができてためになった。 ●各講義で質問を設け、それを次の講義の際に解答していく講義方式はより理解度が深まる方法だと思った。 ●前回の質問が大量にあるにもかかわらず、毎週きちんと解答していてスゴイなと思いました。そしてわかりやすかったです。 |
| | ②疑問や興味を喚起する | <ul style="list-style-type: none"> ●毎回のレポート提出のおかげで、物事に対して疑問や興味を持つ力も少し身に付けることができたように感じます。 ●最初は疑問だらけで疑問が用紙に書けないという事態に最初は何度も直面した。途中、用語集を配布していただければ、講義全体が身近に感じられて、用紙に疑問を書けるようになった。この講義にて一番驚いたことは、スクリーンに自分の疑問が映ると何故だかとても嬉しいということである。最初は何がなんだかさっぱりわからなかった講義だが、後半自分の質問に「良い質問」と記された時は、休まず毎回来て良かったと自分のわずかな成長を感じた。 ●講義の内容に対する質問、疑問について丁寧にくわしい答えが得られたのでよかった！興味がわいた。また紙に質問を書いて提出する方式も、聞きづらいような質問がたくさんできてやりやすかった。 ●最後の疑問について考えることにより、より内容に対する関心が深まったと思いました。 ●今後もますます発展していくであろう遺伝子技術等を鵜呑みにせず、一歩立ち止まって自分の頭で考えてみる心構えのようなものを一つ習得できただけでも、この講義を受講した意義があったように思う。 |
| | ③他人の疑問が刺激になる | <ul style="list-style-type: none"> ●毎回質問に対しての回答を丁寧にしてくれてありがたかった。自分だけでなく他人の疑問点を知ることで、より知識を深めることができた。一方で、多くの質問を答えることは先生の負担になっているのではないかと思った。 ●学生からの沢山の質問の一つ一つ丁寧に答えて解説を下さったところが良いと感じた。授業の度にあんなに沢山の質問が出るのかと驚きました。様々な質問を見て、このように思ったりするのか、こんな可能性もあるのかと、自分では考えたり気付けないことがあり、いい刺激にもなりました。 ●前回の講義の学生からの質問、それに対する解答もあり、自分では気付かなかった所にも意見があり共有される所はとても勉強意欲が増すやり方だと思いました。 ●毎回毎回講義の質問と回答によって復習もできますし、同時に自分の疑問点であったり、他の人が思っていたことなどを改めて知ることができ、理解が深まったと思います。 |
| | ④システムとして良い | <ul style="list-style-type: none"> ●他の講義も感想や質問などをかくことがあるが、全ての質問に答えてくれる講義は、この講義以外他にないので、とてもいいと思いました。ぜひ今後も続けて下さい。 ●先生も質問にはしっかりと解答をしてくれたので、とても充実した講義だった。 ●各学生の質問も次回の資料に反映されているのが、勉強する上で良いです。 ●毎回の質問に答えてもらえたのはとても良かったと思った。 ●レポートの最後に書いた質問に対する解答を次週のプリントに提示していただけるというシステムは非常に良かったです。 |
| | ⑤疑問に感じることを書くのは、難しい | <ul style="list-style-type: none"> ●講義方法については、毎回講義のまとめ、気づいたこと、疑問に感じたことという項目でレポートを書くことになっていましたが、正直辛かったです。疑問に感じることを書くのは、特に難しく、自分では理解しているつもりで内容を見ていたので、毎回書かなくてもいいのではないかと感じていました。 |

5. まとめと今後に向けて

5. 1 まとめ

大学教養課程における生命科学教育において「興味と疑問を持つ心」を育成するために、「動画」と「用語リスト」及び「DNAの働きの全体像」を活用し理解度を向上させた上で、「要約」と「興味があったこと」、「疑問に思ったこと」をまとめさせる「レポート」を毎回課して、それを分類整理したうえで解答を与える「質問と回答」を作成してフィードバックするという方法を実践した。収集された「質問」内容の分析と講義最後に集めたコメントの分析を行った結果、以下のことがわかった。

- 1) 「動画」と「用語リスト」及び「DNAの働きの全体像」が講義内容の理解に大変役立つこと。「用語リスト」が單元ごとの要約の役割を果たしており、理解を促進することで疑問が書けるようになることもあること。
- 2) 「レポート」が、講義内容の要約と興味があることや疑問点の整理をすることで、講義内容の復習に役に立ち、より興味を持って受講することに役立つこと。
- 3-1) 「質問と回答」で、多くの「質問」をレポートにまとめさせ、それらへの回答を次回に提示することで、さらに理解が深まると共に興味、関心を深め、疑問や興味を持つ能力も高めること。
- 3-2) 他人の「質問」に触れさせることで、より知識を深めると共に、気付きや刺激を与え勉強意欲を喚起できること。
- 3-3) さらに、「質問」をその評価とともに紹介することで質問者の学習意欲をさらに高めることができること。
- 4-1) 学生からの「質問」を、Fact-質問、Why-質問及びHow-質問に分類して分析した結果、質問者は「講義内容の理解と想像力」、「因果関係やメカニズム・方法に対する興味」、さらには「知識や推論能力」をある程度備えていることがわかった。
- 4-2) 学生からの「質問」には、大局的な観点の質問や観察眼が鋭い質問、意外な発想の質問、網羅的な理解に関する質問や社会が関連する問題などの質問、視点がユニークな質問、重要な視点の質問など、理解がしっかりしている上に奥深い興味を感じられるものも多く見受けられた。
- 4-3) このように質の高い「質問」を比較的多く引き出したのは、「動画」や「用語リスト」及び「DNAの働きの全体像」による理解の促進と「質問と答え」によるフィードバックが良い影響を与えていたのではないかと考えられた。

5. 2 今後に向けて

- 1) 今回採用した方法が、質の高い「質問」を呼び起こすのにどの程度影響を与えているのかを見るために、「質問」の質の時系列的な変化を調べる必要がある。
- 2) 全ての質問の電子化にはかなりの手間を要するので、この方法を定常的に実践するためには、文章入力のための何らかの工夫が必要であると考えられる。

- 3) この方法を定常的に実践していけば、「質問と回答」のデータベース化が可能になると考えられる。

6. 文献

- [1] 「ライフサイエンス×ビッグデータの挑戦」、
<https://www.jst.go.jp/crds/sympo/20170831/pdf/06.pdf>
- [2] 野村亮太、丸野俊一、「質問と回答を取り入れた授業による認識的信念の変容」、教育心理学研究,65 巻 (2017) 1 号 p.145-159
- [3] JT 生命誌研究館工藤光子／中村桂子 ブルーボックス「DVD 図解 見てわかる DNA のしくみ」、講談社
- [4] 井上 一郎、「要約能力の発達と指導」、全国大学国語教育学会発表要旨集、88, 5-6, 1995-08-02
- [5] Amaya Viros, et al., 「Ultraviolet radiation accelerates BRAF-driven melanomagenesis by targeting TP53」, Nature volume 511, pages 478-482 (24 July 2014)
- [6] 横山徹爾、「低出生体重児の予後及び保健的介入並びに妊婦及び乳幼児の体格の疫学的調査手法に関する研究」、成育疾患克服等次世代育成基盤研究事業、平成 24～26 年度総合研究報告書、平成 27 (2015) 年 3 月
- [7] Life Science - Protein synthesis (Translation),
<https://www.youtube.com/watch?v=kmrUzDYAmEI>, Designmate Pvt. Ltd.が 2015/09/11 に公開

7. 付録

7. 1 用語リスト

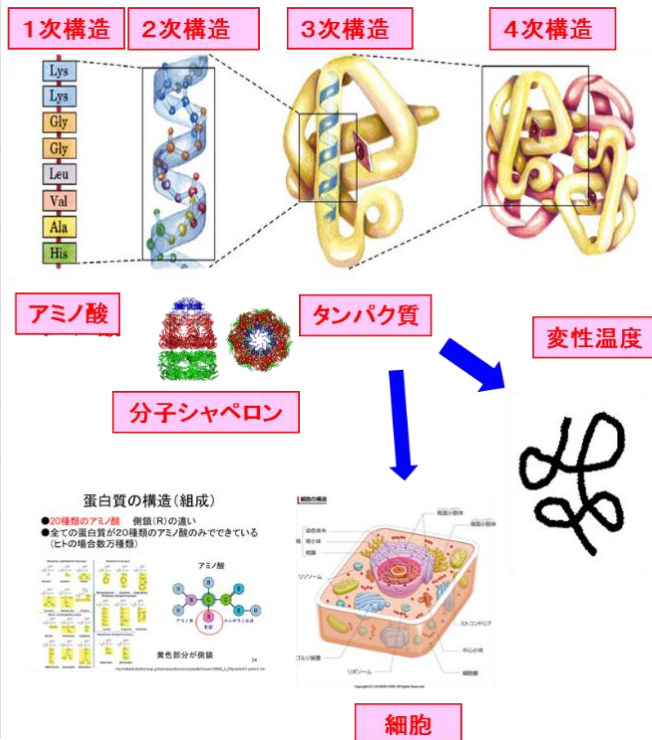
生命科学と人間 用語リスト

工学部数理工学科 西川 哲夫

- 1. タンパク質・細胞
- 2. DNA・転写・スプライシング
- 3. 翻訳
- 4. 転写制御・ゲノム
- 5. DNAの複製と細胞分裂
- 6. 突然変異
- 7. 遺伝疾患1
- 8. 遺伝疾患2
- 9. 進化
- 10. エピゲノム
- 11. 遺伝子技術
- 12. 遺伝子検査
- 13. 生命・医科学の最前線

1. タンパク質・細胞

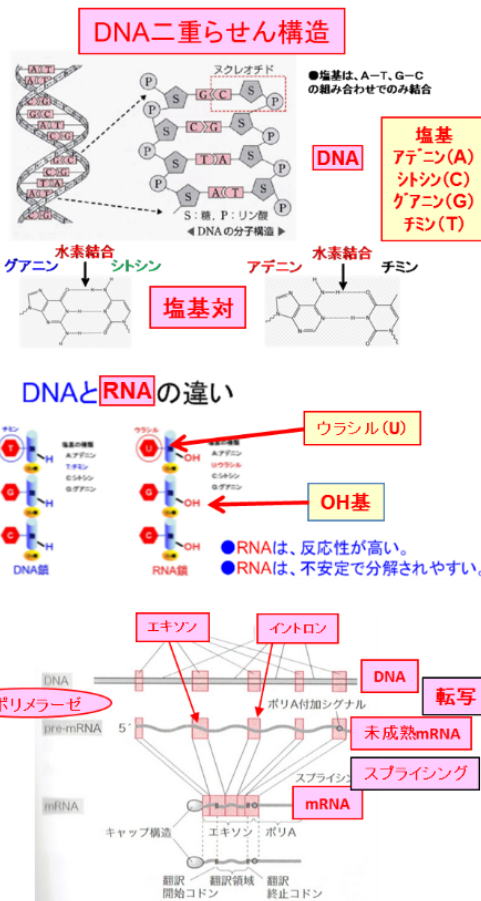
| 分野 | 名称 | 説明 |
|-------|-------------|---|
| タンパク質 | タンパク質 | 20種類のアミノ酸がペプチド結合してひも状につながり、一定の形の3次元構造に折りたたまれたもの。その形に応じた機能を細胞の内外で持つ。 |
| | アミノ酸 | 共通構造と20種類の側鎖からなる。タンパク質の構成要素である。 |
| | 1次構造 | アミノ酸がペプチド結合によって1次元的につながった構造。 |
| | 2次構造 | 蛋白質の中で、一定の形状をした部分構造で、らせん状のαヘリックス構造とシート状のβシート構造がある |
| | 3次構造 | アミノ酸のつながった1次構造が折れたたまってできた3次元の立体構造。生理条件下で、一つの定まった構造をとる。 |
| | 4次構造 | 複数の3次構造からなる蛋白質複合体 |
| | 変性温度 | タンパク質の安定な構造がくずれる温度 |
| | 分子シャペロン | 巨大なかご型構造の中にタンパク質を取り込むことで、タンパク質の凝集を防ぎ、折れたたみを助けるタンパク質 |
| 細胞 | 細胞 | 生物を構成する基本単位であり、すべての細胞は細胞から生じる |
| | 細胞の種類とタンパク質 | 細胞の違いは、細胞の中で働いているタンパク質の違いによる |



付録図1 用語リスト

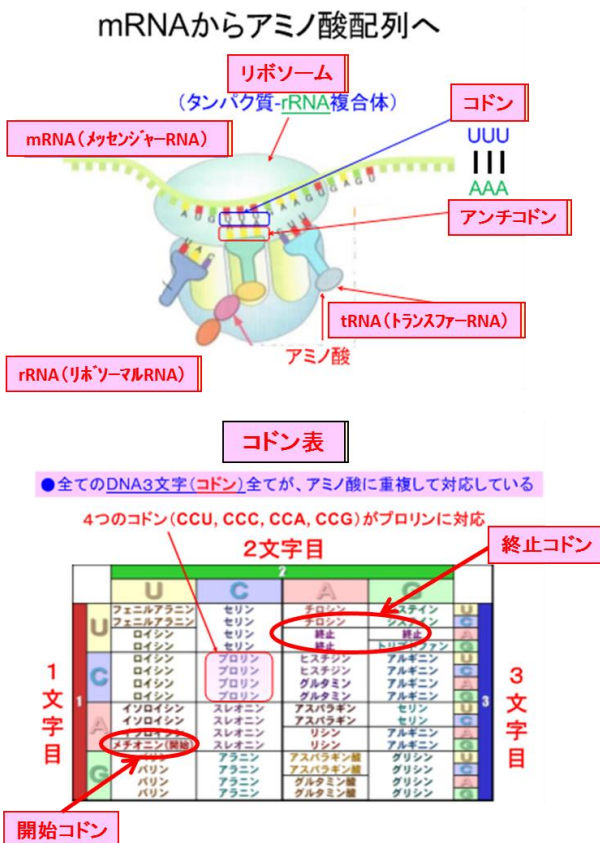
2. DNA・転写・スプライシング

| 分野 | 名称 | 説明 |
|------------|-----------------------------------|---|
| DNAとRNA | DNA | 遺伝情報の保存継承と発現を担う高分子。糖、リン酸、塩基よりなるデオキシリボヌクレオチドを単位としたポリマー。塩基にはアデニン(A)、シトシン(C)、グアニン(G)、チミン(T)があり、遺伝情報(生体に関するすべての情報がA, C, G, Tの並びの形で格納されている)。 |
| | DNA二重らせん構造 | 互いに相補的な2本のDNA鎖がらせん状に絡み合う構造。2本のDNA鎖の塩基は互いに相補的な塩基対を形成している |
| | 塩基対 | DNA鎖中の互いに相補的な塩基の対(A-T, G-C) |
| 転写・スプライシング | RNA | DNAと糖部分が異なり、OH基がある。Tの代わりにウラシル(U)を使用し、DNAに比べて反応性が強く、不安定である。 |
| | 転写 | DNAの遺伝子部分からRNAポリメラーゼによって、相補的な塩基情報をmRNAに写し取ること |
| | 未成熟mRNA (メッセンジャーRNA) | DNAの遺伝子部分からRNAポリメラーゼによって、相補的な塩基情報が写し取られたRNA |
| | mRNA | 未成熟mRNAがスプライシングされ、成熟したRNA |
| | スプライシング | 未成熟mRNAから、イントロン部分を切り出し、エキソン部分のみを繋ぎ合わせる |
| | エキソン | 未成熟mRNAに含まれるmRNAとして残る部分、スプライシングで残る。 |
| イントロン | 未成熟mRNAに含まれていて、スプライシングにより切り取られる部分 | |
| RNAポリメラーゼ | 転写を行う酵素(タンパク質) | |



3. 翻訳

| 分野 | 名称 | 説明 |
|------|-------------------|--|
| RNA | mRNA (メッセンジャーRNA) | DNAの遺伝子部分からRNAポリメラーゼによって、相補的な塩基情報が未成熟mRNAに写し取られ、さらにスプライシングによってイントロン部分が切り出されてきたRNA。 |
| | tRNA (トランスファーRNA) | mRNAのコードンに相補的なアンチコードンと、コードンに対応したアミノ酸を結合しており、mRNAのコードンからアミノ酸への翻訳のアダプター分子である。64種類ある。 |
| | rRNA (リボソームRNA) | 多くのタンパク質と共に、リボソームを構成するRNA |
| 翻訳装置 | リボソーム | mRNAの塩基配列をtRNAを介してアミノ酸配列へと変換するタンパク質RNA複合体。 |
| コードン | コードン | mRNAの3文字の塩基配列の並びであり、64種類のコードンが20種類のアミノ酸に対応している。 |
| | アンチコードン | それぞれのコードンに対して相補的な3塩基の並びをいう。 |
| | コードン表 | 64種類のコードンのアミノ酸への対応を表にしたもの。 |
| | 開始コードン | アミノ酸への翻訳の開始を指示するコードンで、1種類(AUG)存在する。 |
| | 終止コードン | アミノ酸への翻訳の終了を指示するコードンで、3種類(UAA, UAG, UGA)存在する。 |



付録図1 用語リスト

6. 突然変異

| 分野 | 名称 | 説明 |
|---------|-------------------------------------|---|
| 遺伝子突然変異 | 遺伝子突然変異 | DNAあるいはRNA上の塩基配列に物理的変化が生じること。 |
| | 一本鎖の修復 | DNA二本鎖の一方の鎖に生じた損傷を修復すること。損傷DNAの相補鎖の情報を用いて修復する。 |
| | 二本鎖の修復 | DNA二本鎖が両方の鎖が切断されたときに、相同染色体を利用して相同組換えを行うことにより修復する。 |
| | 点突然変異 | 1塩基の突然変異。 |
| | サイレント突然変異 | ヌクレオチドの置換により、アミノ酸が変化しない変異。 |
| | ナンセンス突然変異 | ヌクレオチドの置換の結果、終止コドンが生じ、ポリペプチド鎖が中断する。 |
| | ミスセンス突然変異 | ヌクレオチドの置換により、アミノ酸が変化する変異。 |
| 染色体突然変異 | フレームシフト突然変異 | 数塩基の挿入もしくは欠失により読み枠が変化する変異。 |
| | 染色体突然変異 | 染色体の数や構造に変化が生じる突然変異。 |
| | トリソミー | 染色体の数的異常のうち、3本のもの。 |
| ダウン症候群 | ヒト21番染色体のトリソミーによる疾患。突然変異の中で最も頻度が高い。 | |

一本鎖の修復

- 二本鎖の修復
 - ミスミス修復
 - 塩基除去修復
 - スクレオチド除去修復
- 二本鎖の修復
 - 相同組換え
 - 転写共役修復
 - 損傷乗り越え複製

二本鎖の修復

遺伝子突然変異 (DNA修復)

- 正しい情報を、損傷を受けていない版であるDNAの相補鎖か、姉妹染色体から取得して修復する。
- 修復は、損傷を受けたDNAの形状の変化を検出して行われる。

点突然変異

サイレント突然変異

ミスセンス突然変異

ナンセンス突然変異

フレームシフト突然変異

正常DNA: ...GTA GTC GAC... (システイン)

挿入変異: ...GTA GTC GAC GGC... (システイン)

欠失変異: ...GTA GTC... (システイン)

正常DNA: ...GTA GTC GAC... (システイン)

挿入変異: ...GTA GTC GAC GGC... (システイン)

欠失変異: ...GTA GTC... (システイン)

正常DNA: ...GTA GTC GAC... (システイン)

挿入変異: ...GTA GTC GAC GGC... (システイン)

欠失変異: ...GTA GTC... (システイン)

突然変異

- 単に変異とも言う。ある集団の大多数の形質と異なる形質を持つようになること。
- 遺伝子突然変異
 - DNAあるいはRNA上の塩基配列に物理的変化が生じることを遺伝子突然変異という。
- 染色体突然変異
 - 染色体の数や構造に変化が生じることをいう。
 - (通常は、光学顕微鏡で観察できるような変化)

染色体突然変異

数的異常(常染色体トリソミー)

- ある常染色体にトリソミーが起ると、その染色体が担する遺伝子などが通常の1.5倍になって致病的な影響を及ぼし、生きて生まれた場合でも胎前診断や出生後の多くの障害を持つことになる。
- 21トリソミー(いわゆるダウン症候群)
- 18トリソミー
- 13トリソミー
- 3種類以外は、胎死的となり早期に流産するため、ごくまれにしか存在しない。

ダウン症候群

7. 遺伝疾患1

| 分野 | 名称 | 説明 |
|---------|---------------------------------|--|
| 遺伝疾患の分類 | 遺伝疾患 | 遺伝子や染色体の異常によって起こる病気。親が正常でも生殖細胞の突然変異によって起こる病気も遺伝病という。 |
| | 単一遺伝子疾患 | 単一の遺伝子によって起こる疾患。 |
| | 多因子遺伝病 | 複数の遺伝因子(関連遺伝子と呼ぶ)と複数の環境因子がその発症に関与した病気。 |
| | 染色体異常 | 染色体の異常によって引き起こされた病気 |
| 体細胞遺伝病 | 体細胞の突然変異によって引き起こされた病気。子孫に遺伝しない。 | |

| 分野 | 名称 | 説明 |
|--------|------|---|
| 多因子遺伝病 | 閾値理論 | 複数の遺伝要因と複数の環境要因の総和が、ある閾値(左例では容器の容量)を超えたとき、発症するとする理論。 |
| 染色体異常 | 構造異常 | 染色体の部分的な構造の異常。欠失、重複、逆位、転座がある。 |
| | 異数性 | 一部の染色体の数が変異したもの。21トリソミー(ダウン症)。18トリソミー(エドワード症候群)。 |
| 体細胞遺伝病 | がん | 特定の遺伝子(がん遺伝子、がん抑制遺伝子など)に変異が蓄積すると、必要がない場合でも細胞分裂を起こして増殖し、止まらなくなる病気。 |

遺伝疾患 遺伝疾患とは

- 定義
 - 遺伝子や染色体の異常によって起こる病気。
 - 親に異常があっても子どもに伝わる場合もあるが、親が正常でも生殖細胞の突然変異によって起こる病気も遺伝病という。
- 分類
 - 単一遺伝子疾患
 - 多因子遺伝病
 - 染色体異常
 - 体細胞遺伝病

単一遺伝子疾患

多因子遺伝病

染色体異常

体細胞遺伝病

閾値理論

多因子遺伝病における閾値理論の考え方

構造異常

染色体の構造異常

異数性

数的異常

異数性(常染色体トリソミー)

- ある常染色体にトリソミーが起ると、その染色体が担する遺伝子などが通常の1.5倍になって致病的な影響を及ぼし、生きて生まれた場合でも胎前診断や出生後の多くの障害を持つことになる。
- 21トリソミー(ダウン症候群)
 - 1/1000人
- 18トリソミー(エドワード症候群)
 - ダウン後の次に多い(1/6000人)、生存率が低い。
- 13トリソミー
- 3種類以外は、胎死的となり早期に流産するため、ごくまれにしか存在しない。

がん

- 特定の遺伝子(がん遺伝子、がん抑制遺伝子)に変異が蓄積すると、身体が必要としない場合でも細胞分裂を起こして増殖し、止まらなくなる。
- 変異の原因
 - 複製の間違い
 - 放射線や化学物質のような環境要因による障害
- 大部分のがんは偶発的だが、家族性のがんもある。

付録図1 用語リスト

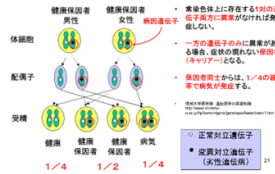
8. 遺伝疾患2

| 分野 | 名称 | 説明 |
|---------|---------------------|--|
| 単一遺伝子疾患 | 常染色体優性遺伝病 | 1対の遺伝子の一方に異常があれば発症。例) 家族性高コレステロール血症。 |
| | 常染色体劣性遺伝病 | 1対の遺伝子の両方に異常がなければ発症しない。 保因者は100人に1人程度。常染色体劣性遺伝病の数は、600~700種類。すべての人は6~7個有している。 例) 鎌形赤血球貧血症(1塩基の変異が原因)、色素性乾皮症(DNA損傷の修復タンパク質に突然変異、皮膚がんにかかりやすい)。 |
| | 伴性劣性遺伝病 | X染色体上に存在する遺伝子の異常によって起こる遺伝病であって、女性では一つのX染色体の変異では発症せず保因者になるが、男性ではX染色体の一つの変異で発症する。男女の患者数に大きな差。例) 血友病 |
| | 伴性優性遺伝病 | X染色体上に存在する遺伝子の異常によって起こる。 一つの変異で発症する。 |
| X染色体の特徴 | ●免疫に不可欠な遺伝子が多い。 | ●免疫機能の男女差: 男児は女児より、感染症にかかりやすい ●理由: 男性はX染色体が一つしかないため、変異が機能低下に直結する。 |
| | ●知能や信号伝達に関する遺伝子が多い。 | ●精神疾患発症率の男女差: 自閉症 男児は女児の3~5倍 |

単一遺伝子疾患

- 常染色体上に存在
 - 常染色体優性遺伝病
 - 常染色体劣性遺伝病
- 性染色体上に存在
 - 伴性劣性遺伝病
 - 伴性優性遺伝病

常染色体劣性遺伝病



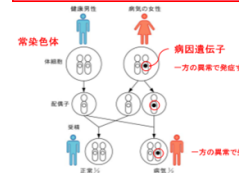
伴性劣性遺伝病



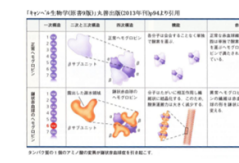
X染色体の特徴



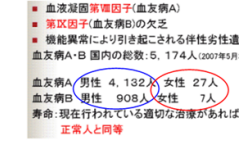
常染色体優性遺伝病



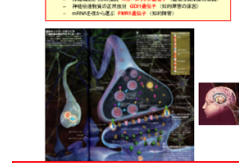
常染色体劣性遺伝病



伴性(X連鎖)劣性遺伝病



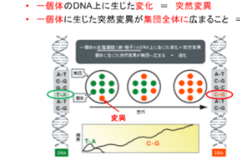
X染色体の特徴



9. 進化

| 分野 | 名称 | 説明 |
|----------------|-----------------|---|
| 進化とは | 進化 | 一個体に生じた突然変異が集団全体に広まること。 |
| | ダーウィンの進化論 | 突然変異と自然選択による進化。 |
| | 分子進化的中立説 | 分子のレベル(DNAのレベル)における進化は、大部分が有利とはいえない変異が偶然に集団中に広まることによって起こる。 |
| | 分子時計 | アミノ酸の置換数と分枝年代は比例するので、置換数が年代を計る時計とみなせること。 |
| | 分子進化的系統樹 | 二つの種間の塩基置換数の情報をもとに分枝年代を求め、それにより作成した分子進化的系統樹。 |
| 進化の機能的制約 | 分子進化的機能的制約 | タンパク質の機能にとって重要な部位に突然変異を受けると、タンパク質は活性を失うか、重大な機能の変更を受けると、そのような部位のアミノ酸は種を超えて保存されること。 |
| | 遺伝子重複による進化 | 組み換えのいずれによって生成した遺伝子重複によって、一方の遺伝子への機能的制約がはずれることで起こる自由な進化。 |
| | 遺伝子ファミリー | 遺伝子重複による進化によって生成した類似機能を持つ遺伝子のグループ。 |
| いかにして進化は起こったか? | 偽遺伝子 | 遺伝子重複による進化によって機能を失った遺伝子。 |
| | エキソンシャッピングによる進化 | 組み換えのいずれによって生成したエキソンの重複や組み合わせによって、エキソンの多彩な組み合わせによる新しい機能を持つ遺伝子へと進化すること。 |

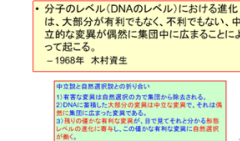
進化 進化とは



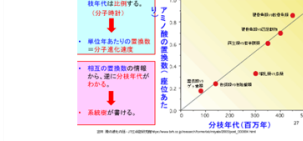
ダーウィンの進化論



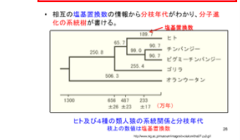
分子進化的中立説



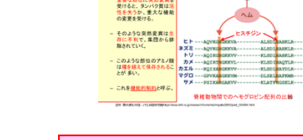
分子時計



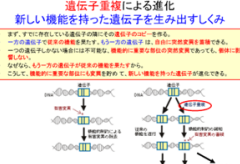
分子進化的系統樹



分子進化的機能的制約



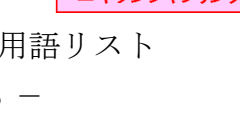
遺伝子重複による進化



遺伝子ファミリーと偽遺伝子



エキソンシャッピングによる進化



付録図1 用語リスト

10. エピゲノム

| 分野 | 名称 | 説明 |
|----------|-----------------|---|
| X染色体の不活化 | エピゲノム | ●ある生物の持つ ヒストンとDNAの化学修飾のパターン全体 をいう。 ●女性の2本の X染色体の内1本 は、発生の早い時期に 不活性化 される。父方と母方のどちらの X染色体 が不活性化されるかは、 ランダム に起こる。 |
| | X染色体の不活性化 | ● 赤と緑を感知する遺伝子はX染色体上 にあり、これらの変異は、赤と緑の区別が付きにくい 色弱の伴性劣性遺伝 の変異となる。 ● 男性の変異は必ず色弱 となり、 X染色体の一方 にのみ変異を持つ 女性 の場合は、X染色体のランダムな不活性化により 変異がモザイク状 になり、 変異細胞が両目の網膜を あおう場合に 色弱 となるが、 頻度は低い 。 |
| | 色弱の遺伝子変異 | ● 茶色の毛の遺伝子がX染色体上 にあるので、 X染色体の一方 にのみ茶色の毛の遺伝子に 変異を持つメス の場合には、X染色体のランダムな不活性化により 茶色の毛はモザイク状に発現 する。 ●さらに、常染色体上の 白斑遺伝子 と 黒色遺伝子 があると、 三毛猫 になる。 ●三毛猫のオスは、 クラインフェルター症候群(XXY) か、 SRY遺伝子のX染色体への転座(XX) で、かつ三毛猫の条件を満たしている場合であり、 頻度は低い(数千分の1~数万分の1) 。 |
| 環境への応答 | 三毛猫のメスとオス | ● 環境因子(生活習慣、栄養、ストレス、化学物質、放射線) などの影響は、 エピゲノムの状態を変化 させ、その結果として 体質変化や癌、糖尿病などの疾患 が生じる。 |
| | エピゲノムによる環境への応答 | ● 女王バチと働きバチ はともにメスであるが、食事として ローヤルゼリー を食べ続ける方のみが 女王蜂 となる。 |
| | ロイヤルゼリーと女王バチ | ● 第二次大戦時のオランダ で、 妊娠中に飢饉を経験した母親 からの 出生児 の調査を行ったところ、 成人後の肥満率、生活習慣病の罹患率が高い ことが判明した。 |
| | オランダ飢饉 | ● 1989年 に パーカー によって提案された「 2,500g以下の低出生体重児は生活習慣病になりやすい 」という仮説。 |
| | パーカー仮説 | ●最近までの 約40年間 で、 出生体重が2500g未満の割合は5%から10%に2倍 に増加しており、 先進国では特異な状況 となっている。 |
| | 我が国の低出生体重児の動向 | ● 癌の発生原因 は歴史的に、 化学物質、ウイルス、遺伝子の順 に明らかになってきたが、最近これに エピゲノムが加わった 。 DNAのメチル化異常(ピロリ菌による胃癌の場合) が関わっていることがわかってきた。 |
| 継承 | エピゲノムと癌 | ● ストレスへの応答 として、 DNAメチル化 が はずれ糖合成 が開始したり 記憶に伴い神経細胞のエピゲノムが変化 することがわかってきた。 |
| | エピゲノムとストレス、記憶 | ● エピゲノムによる獲得形質の次世代への継承 が、 飢饉の影響 や 父親の食事の影響 、 条件反射 などで観察されているが、 メカニズムは明らかではない 。 |
| | エピゲノムによる獲得形質の継承 | |

11. 遺伝子技術

| 分野 | 名称 | 説明 |
|----|--------------|--|
| 増幅 | クローニング | ●環状DNAである プラスミド に 目的DNA を組み込んで 大腸菌 に導入し、 大腸菌を増殖 させることで 目的DNAを増幅 する。 |
| | PCR | ● 大腸菌を用いず に、 酵素反応のみ で 目的DNAを増幅 できる技術。簡単な操作で 100万倍以上 に増幅することができ、 分子生物学に革命 をもたらした。 |
| 検出 | DNAチップ | ●調べたい DNAの相補鎖 を 基盤(チップ) 上に 固定 して、細胞より抽出した mRNA または ゲノムDNA から、 蛍光標識したDNA を 調整し基盤に振り掛け 、 基板上のDNAとの結合 を レーザー蛍光 によって 読み取り 、 調べたいDNAの検出 を行う。 |
| | DNAシーケンサー | ● DNA合成酵素 を用いた方法で、 合成反応時に通常の基質にストッパー を混ぜておき、 ストッパーの塩基種 ごとに 蛍光の色 を変えて 検出 し、 ゲル電気泳動 で スペクトルのピークの色 を順に 読み取る ことで 塩基配列決定 する。 |
| 解読 | 次世代DNAシーケンサー | ● 1個1個の塩基 の取り込みを 超並列 方式で 検出 する方法で、 当初のシーケンサーの100万倍 の スループット で、 1,000ドル/ゲノム が ほぼ達成 されている。 |

付録図1 用語リスト

7. 2 質問と回答

第1回質問

| 項目 | 質問 | 項目 | 質問 |
|--------------|---|---|----|
| DNA、ゲノム、mRNA | <ul style="list-style-type: none"> ●30億もあるヒトゲノムを本当に全て解読できたのか？ ●ヒトゲノム計画には何か国参加したのか？ ●DNAの二重らせん構造は何故わかったか？ ●DNAの存在や、30億文字であることがわかったきっかけ？ ●ゲノム情報のビッグデータのところがわからなかった。 ●ヒストンとは何か？役割は？ ●ヒストンはDNAとは関係なく作られるものか？ ●ヒストンをまとめるタンパク質とは？ ●コピーと設計の違いがよくわからない。 ●違うゲノムどおしをくっつけることはできないのか？ ●ヒトゲノムがわかるとどんなメリットがあるのか？ ●個人情報の管理が心配 ●半保存的複製？ ●何故TとUは置き換わる必要があったのか？ ●mRNAの役割は？ ●mRNAの捨てられる部分がどうなるのか？ ●ヌクレオチド間結合が何故水素結合か？ | <ul style="list-style-type: none"> ●ダウン症の顔は似ている。トリソミー箇所は顔に関係あるのか？ ●ダウン症でなぜ21番染色体が余分に生じるのか？ ●X染色体は感染症予防につながるなにかがあるのか？ ●男児でなくなれば、感染症のかかりにくさは差がなくなるのか？ ●血友病がわからない。 ●性格も遺伝するのか？ ●知的障害児は突然変異によるものか？ ●家族内で結婚したら障害を持ちやすいのはなぜか？ | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ●遺伝子検査が発展し、人間の才能を作り出すことはできるか？ ●差別も心配 ●遺伝子検査で音楽の才能が何故わかるのか？ | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ●ヒトはさらに進化できないのか？ ●エラーを起こさずに進化する場合もあるのか？ ●突然変異と進化の違いがわからない。集団に広まらなくても環境に適応できたら、進化と呼べるのでは？ ●地球温暖化によって、人類は高温の環境に適応していけるか？ ●原核生物にはなぜ核がないのか？ ●mRNAからアミノ酸、たんぱく質の流れは人間と他の種でどのような違いがあるのか？ | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ●腸内がどのようにして免疫や、肥満に関与しているのか？ | |
| エピゲノム | <ul style="list-style-type: none"> ●ゲノムとエピゲノムの違い ●エピゲノム良く分からない。 ●三毛猫のおすは少ないのに、なぜ三毛猫は絶滅しないのか？ ●なぜ三毛猫はメスがが多いのか？ ●遺伝子の外的要因による変異を知りたい！！ ●低出生体重児について疑問が多い。 | | |
| 突然変異 | <ul style="list-style-type: none"> ●突然変異は何故起こるのか？ ●DNAのコピーのエラーとは何か？ ●あんなに小さいDNAによって人の多様性がどうやってうまれるのか？ | <ul style="list-style-type: none"> ●iPS細胞にするための処理方法？ ●iPS細胞は実用化されているのか？問題点があるのか？ ●ゲノム創薬に興味がある。具体的にどのような創薬が可能なのか？ | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ●塩基配列の解読方法 機器と処理方法？ | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ●カタカナの名前は、発見した人の名前なのか？ | |

第2回質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-------|--|--|
| mRNA | <ul style="list-style-type: none"> ●mRNAの終わりの目印は具体的にどんなものか？ ●DNAの中でmRNAをとるところはどう決めている。 | <ul style="list-style-type: none"> ●転写の開始と終結(プロモーターとターミネータ)。第4回講義。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●mRNAの必要な理由 | <ul style="list-style-type: none"> ●良い質問。転写の意義、目的。第4回講義。 |
| アミノ酸 | <ul style="list-style-type: none"> ●mRNAの切り取られたいらぬ部分はどうなる？一度使ったmRNAは、どうなるのか？ | <ul style="list-style-type: none"> ●分解される。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●アミノ酸は人工的につくれるのか？ ●アミノ酸飲料は蛋白質の働きを助けるのか？ ●アミノ酸、たんぱく質を食べると体内でどうなる？ | <ul style="list-style-type: none"> ●食品としてのアミノ酸の作り方は、微生物による発酵法が主に用いられる。それ以外に酵素法、抽出法、合成法がある(味の素のHP http://www.ajinomoto.com/jp/features/amino/aminosan/kuwashiku/seihou.html) ●アミノ酸食品は、素早く吸収されたんぱく質の材料として利用される。 ●たんぱく質は消化酵素によってアミノ酸に分解されてから吸収される。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●アミノ酸の配列は間違ふことはないのか？ ●DNAに異常が起きるとアミノ酸が変化したんぱく質に影響が出るか？人は生きていけるか？ ●DNA配列がずれたらアミノ酸はどうなるか？ | <ul style="list-style-type: none"> ●良い質問。DNAの突然変異でアミノ酸が変化する(第7回以降) |
| コラーゲン | <ul style="list-style-type: none"> ●コラーゲンはどうして存在するのか？ | <ul style="list-style-type: none"> ●良い質問。多細胞生物の成り立ちに必須。6億年前にシアノバクテリアの出現により地球上の酸素が増加し、合成に酸素が必要なコラーゲンがつくられるようになった。コラーゲンが細胞間の接着に用いられて多細胞生物が生まれた。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●ゼリーを作る時のゼラチンもコラーゲンか？ ●ゼラチンのコラーゲンは動物性か？ ●ゼラチンは溶かした後も固化できるのでは？ | <ul style="list-style-type: none"> ●Yes。ゼリー自体はゼラチン以外からでも作る(寒天など) ●ゼラチンは、コラーゲンを変性させたものであり、コラーゲンは動物にしかない。 ●ゼラチンは冷やすとゲル化する。温度が高いときは、コラーゲンは変性して溶液状になるが、温度を下げるとコラーゲンどおしが結合してネットワークを形成し、ゲル状になる。卵は温度を上げると変性し、温度が高いまま他の蛋白質と結合し固化する。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●コラーゲンの機能について | <ul style="list-style-type: none"> ●本来の機能は、骨や皮膚の強度や柔軟性の維持であり、証明されているが、食品としての機能(線維芽細胞を活性化してコラーゲン合成を促進する)は、提唱されているが、人間による臨床試験で十分確かめられているわけではない。 |
| | <ul style="list-style-type: none"> ●骨の強度と皮膚の強度は違うがなぜか？ | <ul style="list-style-type: none"> ●良い質問。どちらにもコラーゲンがあるが、骨の強度はカルシウムに依存している。 |

付録表 1 質問と回答

第2回質問と回答2

| 項目 | 回答 | |
|---------------------|--|--|
| たんぱく質変性 | ●凝集状態のタンパク質を未変性状態に戻すことは可能か？ ●ゆで卵をもとに戻すという研究を見たが、どのような技術なのか？(尿素が関係しているらしい) | ●従来法: 尿素(変性剤)を混ぜることで凝集をある程度解き、フィルターを通すことで残っている凝集物を除去する(数日かかる) ● 面白い質問 . 新しい方法: フィルターを通す際に高圧をかけると、残っている凝集物も伸ばしてはばらばらにできる。(数分できる)「カリフォルニア大学、ゆで卵を“生卵”に戻す新しい方法を発明」 |
| | ●なぜ3次構造は熱で変性するのか？ | ●温度を上げると、熱エネルギー(水の運動エネルギー)がタンパク質内の原子に与えられて、たんぱく質内の原子間の結合が引き離される結果、変性が生じる。 |
| | ●シャペロンの詳しい働きについて？ ●正しいタンパク質になれないものもいるのか？ | ●タンパク質の凝集状態を防ぐ。第4回講義で説明。 |
| | ●蛋白質表記とタンパク質表記の意味の違いは？ | ● 気になる質問 . 意味の違いはない。タンパク質は生物学(文科学術用語集)、たんぱく質は栄養学関連(厚労省)、蛋白質は医学分野(医学会)で用いられる傾向にある。 |
| たんぱく質 | ●アロステリック効果とは？ | ●タンパク質の機能が他の化合物によって調節されることを言う。ヘモグロビンの場合をこの後説明。 |
| | ●タンパク質構造をどのようにして明らかにするのか？ | ●X線結晶構造解析という方法を用いる。タンパク質を結晶化してX線をあて、散乱光を観測し、そのパターンから構造を計算する。結晶化が困難で、一年以上かかるケースもある。これまで重要なタンパク質の構造決定でたくさんのノーベル賞が与えられてきた。現在までに1万以上の構造が決定されデータベースで公開されている。 |
| | ●進化の際に環境への適応のために蛋白質が絡むか | ●そのとおり。進化の講義で触れます。 |
| | ●DNA、たんぱく質はなぜ鎖状か？ | ● 面白い質問 . どちらかが鎖状であることが、もう一方が鎖所であることの原因ではあろうが、最初に鎖状になった原因はよくわからない。 |
| | ●菜食主義者はタンパク質を得られないのでは？ | ●植物にもタンパク質は多く含まれています(大豆など) |
| | ●食物からとるタンパク質と細胞をつくるタンパク質はものとして違うのか？ | ● 良い質問 . ある意味で同じであり、ある意味で違う。同じ機能の蛋白質でも、生物種が異なると、微妙に配列が異なる。しかし構造はほぼ同じである。 |
| | ●食べたタンパク質がそのまま使われることはないのか | ●ない。すべてアミノ酸に消化されてタンパク質合成の材料になる。 |
| | ●親水性と疎水性はどのような利点があるのか？ | ●親水性は水と接しているとエネルギーが低く(安定)、疎水性は、水と接しているとエネルギーが高い(安定)。従って、親水性が外に出て、疎水性が内側にあると、たんぱく質のエネルギーが低くなりより安定になる。 |
| ●アミノ酸配列が最も重要ということか？ | ● 良い質問 . アミノ酸配列が最も重要だが、構造を形成した後化学修飾を受けて初めて機能する場合があり、配列に全てがあるのではない。 | |

第2回質問と回答3

| 項目 | 回答 | |
|-----|--|---|
| 細胞 | ●ヒト細胞数60兆個をどうやって数えたか？ ●ヒト細胞が60兆個になるのはいつか？ | ●細胞と体の大きさから概算。細胞を10ミクロンの立方体、人体を0.1×0.1×1mの立方体としたら、100兆個になる。あるいは、ヒト細胞の重量がおおよそ平均1ngで成人60kgから換算すると60兆個。最近出た論文によると、組織ごと、細胞の種類毎に数えて足し合わせた結果、37兆個(An estimation of the number of cells in the human body)。 ●大人と子どもでは、細胞の「大きさ」は変わらず、細胞の「数」が違うことで体の大きさが異なる。従って、60兆個になるのは大人になった時。 |
| | ●細胞の中の蛋白質は親から継承されるものか？ | ● 面白い質問 . 受精卵の段階では親から継承しているが、たんぱく質は絶えず合成され分解されていくので、じきに親の蛋白質はなくなっていく。 |
| | ●どうやってヒトの細胞が200種類以上あるとわかったのか？ | ●より正確には274種類あるといわれている(Newton2003年11月号)。数え方は、不明。 |
| | ●胃の粘液で胃酸が中和されることはないのか？ | ●粘液は、恐らく胃の表面にとどまり表面のみを中和する。 |
| | ●細胞は熱や寒さなどどこまで耐えることができるか？ | ● 良い質問 . 上限は、タンパク質の変性温度で決まる。温泉にすんでいる耐熱性菌は、耐熱性の蛋白質をもっていて、100℃近くでも生活できる。耐熱性の蛋白質は、アミノ酸通しの結合が強く高い温度でも安定で変性しない。 |
| | ●なぜシアワセモは最近になって発見されたのか？ | ●シアワセモ自体は依然から知られていたが、多細胞生物とはみなされていなかった。最近多細胞生物の証拠が得られたということ。 |
| | ●分化の行程で何によってDNAの情報が限定されるのか？ | ● 非常に良い質問 . よくは分かっていない。最近iPS細胞から心筋細胞に分化させるタンパク質が慶應義塾大学によって発見された。 |
| その他 | ●体の中で一番大きい細胞は？ | ●卵子。約0.1mm。 |
| | ●細胞によって中身や成分はどのくらい違うのか？ | ● 非常に難しい質問 . 最近、京都大学iPS研究所でヒト細胞のデータベース構築を行っており、ヒトの全ての細胞の標準細胞を作って、それらの特徴付けを行おうとしている。 |
| | ●新薬開発のための動物実験は人に役立つ保証があるのか？ | ●完全な保障はないが、役に立つ。マウス等を使った実験の後、人で臨床試験を行う。 |
| | ●ウイルスとは何なのか？ ●ウイルスは何に分類されるのか？ | ●DNAとそれを包むタンパク質の殻でできていて、自分自身では増殖できない。他の細胞に寄生して増殖する。自分のDNAを増やすための蛋白質は、寄生主のものを使う。 ●生物と無生物の間 |

付録表1 質問と回答

第3回の質問-1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-------|---|--|
| DNA | ●DNAの発見により、生物学の何が主に変わったか？ ●人のDNAの違いはどこ？ | ●大局的な非常に良い質問。DNA→mRNA→アミノ酸配列→タンパク質という生命情報の基本的な流れ(クリックが「セントラルドグマ」と呼んだ)の確立の出発点となり、分子生物学が始まった。 ●遺伝子内塩基配列レベルで異なる。 |
| | ●DNAでT、RNAでUとなる理由？ | ●もともとRNAでUを使っていた。 ●DNAでCが脱アミノ化によってUに変化することが頻繁に起こる。●DNAでもUを使っていると、Cが変化してUになったのか、もともとUかとの区別ができない。 ●DNAでUの代わりにTを使っていれば、見つけたUはCが変化したものとみなして全て修復できる。 |
| DNA構造 | ●DNAが遺伝物質であることをどうやって発見したのか？ | ●良い質問。肺炎双球菌には病原性のS型菌と非病原性のR型菌がある。S型からDNAとタンパク質を取り出して、それぞれをR型菌に注入したら、DNAを入れた菌がS型菌に転換し、タンパク質を入れた方はR型のままだった。この実験から遺伝子がDNAであることが分かった。 |
| | ●A-T、G-Cの対ができることから、シャルガフの経験則(A=T, G=C)が導かれる理由？ ●AとT、GとCの量が全く同一でないのは、実験誤差なのか？他に理由があるのか？ | ●補足説明 ●大事な良い質問。実験誤差であると思われる。 |
| | ●ワトソンとクリックがほかにやったことは？ | ●良い質問。ワトソンは、その後ヒトゲノム計画の最初のリーダーとして計画を推進した。クリックは、転写の仕組みの解明とコドン表の発見に重要な貢献をした。mRNAの存在がわかっていない時に、mRNAのような翻訳を媒介するものの存在を予言した。DNA→mRNA→アミノ酸配列→タンパク質という生命情報の基本的な流れを、「セントラルドグマ」と呼んだ。 |
| 二重らせん | ●DNAのらせん構造はどのようにして発見されたのか？ ●フランクリンのX線結晶構造は、らせん構造の発見にどのように役に立ったのか？ | ●クリックが、らせん構造を予測して、予めらせんのX線結晶構造パターンを計算で出していた。 ●フランクリンのX線のデータを非公式にクリックが見て、そのパターンかららせん構造を確信し、かつらせんのピッチや太さを計算で導き出した。クリックとワトソンは、A-TとG-Cが対をつくり、X線から求めたららせん構造のピッチや太さを満たすように模型を組み立てることでDNA二重らせん構造を決定した。 ●シャルガフの経験則とフランクリンのデータが、決定的な役割をはたした。 |
| | ●コドンはどうやってみつけたか？ | ●1961年、プレナーとクリックが、コドンは三つ組だという証拠を見つけた。塩基の一つまたは二つをのぞくとタンパク質の活性が失われたが、三つをのぞいた場合、タンパク質の活性は失われなかった。 ●1961年、ニールンバークとマタイが、遺伝暗号の解読法を確立した画期的な実験を行った人工合成系を確立し、ウラルシルをつないだ物質を作り、ポリ・フェニルアラニンが合成されることを発見した→UUUがフェニルアラニンの暗号であることが判明 ●同様な実験をやったすべてのコドンについてしらべた。 |
| 翻訳 | ●翻訳の逆の過程はあるのか？ | ●非常に良い質問。ない、このことを、クリックは「セントラルドグマ」と呼んだ。 |
| | ●コドン表で重複数にばらつきがあるのはなぜ？ ●重複コドンは、ランダムに選ばれるのか？ | ●良い質問。理由は不明。 ●tRNAの量がコドンによって偏っており、その偏りに比例した確率で選ばれている。 |
| | ●アミノアシル化酵素の役割？ | ●補足 |
| | ●アミノ酸は体外から取り入れないと不足するのか？ | ●アミノ酸には、必須アミノ酸とそれ以外がある。必須アミノ酸は、体内で十分な量を合成できず、外界より摂取する必要がある。人では、9種類が知られている。 |
| | ●塩基配列がずれて、終始コドンが早くきたら作れるはずだったアミノ酸はどうなるか？ | ●そういった不完全なmRNAを認識して分解するしくみがある。 |

第3回の質問-2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|--------|---|--|
| mRNA | ●なぜ、翻訳後、mRNAは分解されるのか？ ●mRNAはなぜ使われるときだけ合成され、使い終わったら分解されるのか？ | ●良い質問。mRNAによって、分解されるまでの時間(半減期)は異なる。必要なときだけ使われるタンパク質をコードするmRNAの半減期は短い。いつでも働き続ける必要があるタンパク質をコードするmRNAの半減期は長い。つまりタンパク質の量を必要に応じてコントロールするため。補足資料 |
| | ●分解された後どうなるのか？ | ●通常、NMP(ヌクレオチド1リン酸)に分解されて、NTP(ヌクレオチド3リン酸)に変換され、mRNA合成に再利用される。 |
| | ●3つのRNAの役割？ どうやってできるか？ | ●tRNAとrRNAはスプライシングなしで転写されてできる。 |
| | ●多くのmRNAが核の中でからまってしまわないのか？ | ●良い質問。環状構造をとることで、からまないのであるかもしれない。 |
| 蛋白質 | ●ヘモグロビンのアロステリック効果について説明がほしい。 | ●補足参照。 |
| | ●体の何%がタンパク質？ | ●体の構成成分は、水分、タンパク質、脂質、ミネラル、炭水化物。このうち約60%は水分で、残り約40%のうちの半分、体全体の約20%をタンパク質が占めている。 |
| | ●いらなくなったタンパク質はどうなるのか？ 分解されて新しいタンパク質の材料になるのか？ 細胞外に出されるのか？ | ●良い質問。いらなくなったタンパク質や、折り畳みが正常でないタンパク質(シャペロンによっても正常な立体構造ができなかったもの)を認識して分解する仕組みがある。補足参照。アミノ酸に分解され再利用される。この仕組みがおかしくなると、病気になる場合がある(神経疾患、アルツハイマーなど)。 |
| | ●タンパク質は、出番がくるまで待機しているのか？ ●様々なタンパク質が一緒にいて大丈夫なのか？ | ●必要なときに合成され、必要がなくなると分解される。 ●良い質問。正常なタンパク質とおしてあれば、互いに特異的な相手とのみ結合する。 |
| 細胞 | ●ヒトには、核のない細胞はあるのか？ | ●哺乳類の赤血球と血小板には、核がない。DNAが酸素によって傷つかないようにという説がある。 |
| | ●体の内側の細胞は、古くなるとどこへ行くのか？ | ●面白い質問。細胞は、古くなると細胞死を迎える。細胞死には2つあって、自発的な死(アポトーシス)と細胞が傷ついた結果の死(ネクローシス)がある。アポトーシスは、本来とは違う場所に行ってしまった時、ウイルスに感染したときなどにおこり、中の物質を再利用可能な形にして死を迎える。ネクローシスでは、老廃物も含めて中身をそのまま放出する。 ●古くなった細胞は、ネクローシスで終わる。 |
| 変異、その他 | ●配列がずれたらどうなるか？ | ●良い質問。突然変異で扱う。 |
| | ●塩基が変化したとき、アミノ酸はどうなるのか？ | ●突然変異で扱う。 |
| | ●尊敬する学者はいるか？ | ●アインシュタイン、ハイゼンベルク(量子力学)、北里柴三郎 |
| | ●X線とは何か？ | ●電磁波の一種。電磁波には波長があり、目に見える波長の電磁波は光。電波は光より波長が長く、X線は波長が短い。波長が短いとエネルギーが大きく、X線は体を貫通しX線撮影ができるが、DNAに影響を与え有害である。 |
| | ●片目で立体的に見えるのはなぜか？ ●この先、大発見はあるのか？ | ●片目では本当には立体的にみえていないはず。サイズの大小や形で遠近が判断できている。 ●もちろんある。生物分野は、常に大発見が続いている。 |

付録表 1 質問と回答

第4回の質問-1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|--------------|---|--|
| スプライシング | ●どうやってスプライシングを発見したのか？ | ●1977年に、アデノウイルスというヒトのDNAウイルスとそのmRNAを対合せたところ、ループ状の構造が観察されたことから発見された。 |
| | ●選択的スプライシングの役割と癌の関係 | ●提示した例は、癌細胞で異なる選択的スプライシングがあったということで、選択的スプライシングが癌の原因とは限らない。研究のきっかけにはなる。 |
| | ●エキソンとエクソンの違いは？ | ●同じ。表記の違い。どちらもある。 |
| | ●切り取られたイントロンはどこへ行くのか？ | ●良い質問。端から1塩基単位に分解され、RNA合成に再利用される。 |
| | ●原核生物はなぜ未成熟mRNAがないのか？ | ●もともとあったが、進化の過程でなくなったと考えられている。 ●真正細菌にはあるので、それが真核生物に移ってきたともいわれている。 |
| | ●選択的スプライシングでは、一度エクソンがいればかわると、元にもどらないのか？ | ●良い質問。できあがったmRNAは元にもどらない。 |
| | ●選択的スプライシングによってどういった医療での活躍が期待できるのか？ | ●スプライシングの異常やスプライシングに影響を与える変異によっておこる病気が多いことがわかってきた。 ●それらの情報を生かした治療法が検討されるだろう。 |
| ノーベル賞 | ●受賞基準は？ | ●論文の引用数が多いことが一つ。インパクトが大きくて、一番最初にやった人。 |
| | ●どこの国が多いか？ | ●アメリカとイギリス、ドイツが圧倒的に多い(339人,112人,81人、2013年まで)。日本人は自然科学系で17人。 |
| | ●なぜ生物関連でノーベル賞が多いのか？ | ●新発見が多く、未知で重要なことが残されているから。 |
| ゆで卵とアルツハイマー病 | ●ゆで卵の実験がいつ製薬にいきけるのか？ | ●ゆで卵の実験は、基礎的な研究結果であり、創業のための一つの行程を効率化するような研究なので、これ自体がすぐに創業にむすびづくものではない。 |
| | ●タンパク質をもとに戻す薬はあるのか？いつごろから使われるのか？ | ●タンパク質をもとに戻す薬は、いろいろな分野でアプローチされているが、実用化はまだ先である。 |
| | ●分子シャペロンとアルツハイマーの関係詳しく知りたい。 | ●アルツハイマーは、アミロイドβタンパク質が蓄積することはわかっているが、その原因は未解明で、治療法もない。 ●分子シャペロンと不良タンパク質の分解機能のどちらの面からも研究されている。 |
| RNAワールド | ●RNAは、自己をコピーできるのか？ | ●RNAウイルスは自己のRNAを複製する機能がある。 |
| | ●RNAの触媒機能とは？ | ●特定のRNA配列には蛋白質と同じような触媒機能(化学反応を進める)がある。 ●例えば、ある生物ではmRNA自体が自分で自分をスプライスする。 ●スプライソソームの活性中心はRNAであり、太古のRNAワールドの名残と考えられている。 ●リボソームの活性中心もRNAが担っている。 |
| | ●なぜRNAからDNAへ機能が移ったのか？ | ●良い質問。遺伝情報が増加したため、より安定なDNAに遺伝情報を保存するようになったと考えられる。 |
| | ●RNAワールド仮説は仮説のままなのか？ | ●進化に関する説は実証ができないので、仮説のままでしょう。 |

第4回の質問-2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|--------|--------------------------------------|--|
| 転写制御 | ●開始シグナルと終結シグナルは決まっているのか？ | ●共通配列はあるが、微妙に配列が共通配列と異なってもプロモーターとして機能する。 |
| | ●プロモーター、ターミネーターとエンハンサー、サイレンサーの位置関係は？ | ●プロモーターは転写開始の上流、ターミネーターは、転写産物に含まれる、エンハンサー、サイレンサーは、プロモーターのさらに上流にある。 |
| | ●外界からの刺激で転写が制御される具体的な例を知りたい。 | ●良い質問。わかりやすい例について調査中。 |
| 転写 | ●RNAポリメラーゼは塩基のどれが合うかをどうやって読み取るのか？ | ●塩基はランダムに入ってきて、合わない時はすぐに出ていき、合うものが来た時に結合が起こる。 |
| | ●RNAポリメラーゼなどの構造解析はどうしているか？ | ●X線結晶構造解析 大きい構造は難しい。 |
| | ●転写の速度はどうやって決まるか？ | ●良い質問。プロモーターへの結合の強さで決まる。⇒プロモーター配列で決まる |
| | ●ヒトの遺伝子領域の数2万個はどうやって数えたか？ | ●良い質問。3つの方法の組み合わせで同定した。 1) 細胞から取得したmRNAの配列を、ゲノム配列に張り付ける 2) ゲノム配列の統計的な特徴を使って予測する 3) 他種のゲノム配列(マウス等)と比較する(遺伝子領域はその他の領域よりも保存性が高い) |
| | ●mRNAの長さはどうやって決まるのか？ | ●タンパク質になる部分の長さでイントロン等の長さの合計 |
| 蛋白質・細胞 | ●mRNAの終わりにAが多くついていたが、何か？ | ●補足:mRNAの分解メカニズムを参照 |
| | ●2万個の蛋白質の中で性質が似ているものはあるのか？代替はきくのか？ | ●良い質問。似ているものは多い。進化の講義で触れるが、進化はコピーと改変の組み合わせで進んできた。ほとんど同じで少し違うもの、パーツが似ているものなどで満ちている。 |
| | ●細胞の一番最初は何？ | ●最初の生命にたどり着くのでは、自己複製を初めて行ったもの。 |
| | ●細胞、DNAは動いているがそのためのエネルギーの正体は？ | ●生体の中でエ、エネルギー源としてATPが用いられている。ATPのPが外れるときにエネルギーを放出する。食べ物エネルギーはATPに蓄えられる。 |
| | ●未だ発見されていないタンパク質はあるか？ | ●良い質問。ゲノム中にあるが、転写量が少ないため、ものとして取得できていないタンパク質はある。 ●微生物に広げれば、未知の蛋白質だらけである。 |
| | ●一番最初の蛋白質はどうやってうまれたのか？ | ●原始リボソーム(RNAのみでできた)が合成したのではない。 |
| | ●がんは遺伝するのか？ | ●癌自体は遺伝しない。癌になりやすい家系はある。遺伝疾患の講義で触れる。 |
| | ●同じ環境、同じ組織なら同じタンパク質が出てくるのか？ | ●良い質問。そう考えられるが、実際は良くはわかっていない。1細胞ごとにmRNAやたんぱく質の網羅的な検出ができないとわからない。検出感度の問題でこのことは非常に困難であったが、実は、1細胞プロジェクトというのが日米で走り出している。まもなくわかってくるはず。 |
| | ●サブユニットとは？ | ●4次構造中の各々の3次構造のこと。 |
| | ●10万種以上の蛋白質をどうやって数えたか？ | ●一つ一つは数えていない。1遺伝子あたりのスプライシングバリエーションの数を調べ、推定している。 |
| | ●良く「考えられている」という表現があるが、確定的なものではないのか？ | ●面白い質問。ホットな分野では確定していることのほうが少ない。 |

付録表 1 質問と回答

第5回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|---------|---|---|
| ヒトゲノム計画 | ●ヒトゲノム計画からどのくらい病気の発見につながったのか？ ●塩基配列情報から何がわかるか？ ●ゲノム解読によって寿命を長くしたり、癌を直したりできたのか？ ●ヒトゲノム計画とは要するに地道な作業だったのか？ | ● 良い質問 。ヒトゲノム計画の成功により、ヒトの全ての蛋白質の情報が手に入った。それによって、● 機能解析研究の大幅な効率化が達成された 。 ・iPS細胞の初期化因子の発見が良い例である。ヒトゲノム計画の成果がなければ、山中教授の発見もなかったはず。製薬会社の研究も含めて今では全てのヒトの分子生物学的研究が、ヒトゲノム情報に強く依存している。 ●寿命を長くしたり、癌を直したりできるようになるには、パーソナライズド医療が進む必要があるが、 パーソナライズド医療はヒトゲノム計画の成果があつてこそ進めることができる 。 |
| | ●ヒトゲノムの解読の方法？ | ●後日講義予定の「 遺伝子関連技術の紹介 」で説明する。 |
| | ●コストダウンはどうやってできたのか？ | ● 良い質問 。技術の進歩による 超並列処理の実現 のおかげ。基板上の超微細なスポット上での反応で一度に100万試料の処理を実現した(キャピラリー方式は100試料)。人件費と試薬代が減った。 |
| | ●米英が主に貢献した理由。 | ●ヒトゲノム解読ができる施設と研究者の数が圧倒的に多かったこと(解析の基盤があつた)と、 国策 で進めたこと。 |
| | ●3000億円は何に使われたか？ ●3000億円をかけた価値はあつたのか？ | ● 良い質問 。一番多いのが、 試薬代 、次が人件費、設備費の順。 ● 良い質問 。十分すぎるほど価値があつた。 |
| | ●70%もの領域が機能未知の領域で何もわからないのか？ | ●配列としては完全にわかっており、現在のところ機能がわからないが、研究が進むにつれて、 RNAとして転写されて、翻訳はされないが重要な役割をはたす例 が続々と見つかる。 |
| | ●ゲノムサイズと遺伝子数は何故例しない？ ●ヒトはハエより20倍大きいゲノムサイズだが遺伝子は2倍しかないのは何故か。 | ● 良い質問 。 高等な生物ほど、遺伝子以外の領域の割合が多い ことが知られています(例外はあるが)。遺伝子以外の領域に、ゲノムの歴史や未知の機能が隠されていると考えられる。 |
| | ●なぜ10万と、予想していたのか？ | ●明確な根拠はない。細胞中の蛋白質の種類数から推定。 |
| | ●新仮説の染色体の不規則な構造は、なぜ不規則なのか？ | ● 良い質問 。理由は分からないが、 不規則な構造の方がその中を多くの蛋白質が自由に移動できる ことが関係していると考えられる。 |
| | ●植物はなぜ遺伝子の数が多いのか？ | ● 植物の遺伝子数は約32000 。●なぜ多いのか理由はよくわかっていない。 ●蛋白質の数でいうとヒトの方が多いのではという研究者もいる。 |
| | ●1000人ゲノムとは？ | ●世界中の国から1000人を選び、ゲノム配列決定を行ったプロジェクト。 |
| | ●ベンチャー企業単独でどうやったのか？ | ●アメリカのベンチャーは、大抵のことを単独でやってしまう。アイデアが画期的。 |

第5回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------|---|---|
| パーソナライズド医療 | ●パーソナライズド医療は実現できるのか？ | ●かなりのことが実現できる可能性がある。実現できることとしては、 ・ 疾患の予防、治療、長寿の実現 など。ある薬の効果や副作用の有り無しと相関がある遺伝情報を発見できれば、これまで、 有効性のばらつきや副作用のせい で薬にならなかった候補化合物が活用できるようになる。 ●負の側面もあるので、 適切な制度の構築が重要である 。 ・漏れた場合 ・ 差別 (就職、結婚、入学、いじめなど)につながる。 ・ 悪用 (盗んで売却する) ・ 対処のしようのない変異 が見つかった場合 ・自分だけの問題でなくなる(一族の問題) |
| | ●パーソナライズド医療はこういった病気に効果的か？ | |
| | ●パーソナライズド医療の例？ | |
| エピゲノム | ●ヒストンの尻尾の名前？ | ● ヒストンテール (ヒストンの尻尾)と呼ばれている。 |
| | ●エピゲノムは誰が発見？ | ● 良い質問 。ヒストンアセチル化酵素の発見(2001年) |
| | ●エピゲノムの発見のきっかけは？ | ●ヒストンコード仮説の提唱(2001年) |
| | ●エピゲノムは疾患の環境要因であるとは？ ●高カロリーや低栄養食でエピゲノムがどう変化するのか？ ●エピゲノムが どう変化する と疾患になるのか？ ●ガンにエピゲノムは関係するの？ ● エピゲノムは環境の影響をどれぐらいの時間で受ける？ ● エピゲノムは、どのように分化に関係するのか？ | ●10回目エピゲノムの講義で説明 |
| | ●化学修飾とは？ | ● メチル化やアセチル化など、メチル基(CH3)やアセチル基(CH3CO) などが、他の分子に結合すること。 |
| | ●エピゲノムのパターンはどうやって決まるのか？ | ● 良い質問 。ヒストンアセチル化酵素、ヒストン脱アセチル化酵素、ヒストンメチル化酵素、ヒストン脱メチル化酵素などが働いてエピゲノムのパターンを決める。 |

付録表1 質問と回答

第6回の質問と回答1

| 項目5 | 質問 | 回答 |
|------|--|--|
| 複製 | ●プライマーがなぜ必要なのか？ | ●DNAポリメラーゼによる複製では、複製精度を上げるために、間違っただけ塩基が取り込まれた場合、それを認識して修正しないとその先の合成に進まないという校正機能がある。従ってプライマーと呼ばれる短いRNA鎖をRNAプライマーゼという酵素で合成した後、DNAポリメラーゼによる合成が始まる。RNAプライマーゼにはプライマーは必要ない。 |
| | ●不連続複製で、返し縫のような動きで、複製の速さが異なったりしないか？ | ●非常に興味深い良い質問。ラギング鎖の方が反応に時間がかかると推定されるが、複製全体としては、遅いラギング鎖の速さで進む。 ●ラギング鎖の合成は鎖に比べて複雑であり、RNA合成も関与しているため、複製エラーの頻度が高いことが知られている。それが原因で二つの鎖の突然変異率が異なり、それは進化にとって有利に働いていると考えられている。 |
| | ●どうやってラギング鎖を発見したのか？ | ●直接みてわかったわけではない。複製の途中で短い鎖ができていたことを、DNAを放射性物質で標識し、電気泳動という方法で検出することにより証明した。 |
| | ●岡崎フラグメントと業績について詳しく知りたい。 | ●岡崎令治博士の妻が研究を引き継ぎ完成させている。以下に岡崎恒子博士による文章がある。 https://www.brh.co.jp/s_library/j_site/scientistweb/no32/ |
| | ●なぜDNA複製は5'から3'へ一方にしか進まないのか？ そのようなポリメラーゼはなぜないのか？ | ●良い質問。進化のプロセスが関わっている。RNAワールドが生命の起源にあったとして、RNAは一本鎖で酵素と遺伝情報の担体の二役を果たしていたと考えられる。 ●RNAからDNAに情報の担い手の役割が移った際もDNAは一本鎖でその後二本鎖になったとすれば、一本鎖DNAの複製は一方の合成で十分だから、DNAポリメラーゼはその状況に適応して進化したのだと考えられる。 ●二本鎖になった際に、新しい逆方向の合成をする酵素が進化するよりも、ラギング鎖を用いた方法の方が有利だったのだと思われる。 ●二本鎖の誕生よりも、DNAポリメラーゼの誕生の方が早かったからだという考え方。 |
| 減数分裂 | ●正しく分配されないこともあるか？ | ●良い質問。ある。ダウン症はその例。今日の講義で扱う。 |
| | ●1卵性双生児の減数分裂？ | ●二卵性は、誕生日が同じ普通の兄弟といってよい。 ●一卵性は、受精してから着床するまでの間の早い時期に、原因不明の分裂が起こったもの。ゲノム情報は全く同じだが、生活環境によりエピゲノムに相違が生じ違いが生じてくる。減数分裂は受精前の話。 |
| | ●減数分裂では、なぜ分裂が二つあるのか？ | ●非常に良い質問。最初の複製なしに1回の分裂だけが起こり、同時に組換えも起こるとすると、組換え時にエラーが生じた際に、エラーのある染色体を持った配偶子のみができることになる。 ●最初に複製を行い組換えを行ったあとで、2回の分裂で配偶子を創るとした場合、組換えが生じた染色体ペアと生じなかった染色体ペアができ、配偶子として組換えがおこったものと起こらなかったものができる。これは、組換えエラーが生じた際に、その影響を受ける配偶子と受け取らない配偶子の両方を生み出し、安全性を確保した進化を可能にする。 |
| | ●ヒトの進化と減数分裂の因果関係を具体的に知りたい。 ●減数分裂ではどうしてシャッフルするのか不思議？ ●800万通りまで必要ないのでは？なぜ？ | ●良い観点。減数分裂の際の、染色体のシャッフルによる配偶子の多様性の獲得の意義は、単に子孫の個性が多様であるためというよりも、シャッフルによる多様性によって、環境変化により適応した子孫が生まれる可能性を高めるためであると考えられる |
| | | |

第6回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------|---|--|
| 組換え | ●何故組換えが起こるのか？ ●組換えのメリットとデメリットとは？ | ●良い質問。組換えによって配偶子の多様性をうみだし、環境の変化に対応できる子孫を生み出すため。 |
| | ●組換えが起きる確率は？ | ●1本の染色体当たりほぼ1回の組換えが生じる。 |
| | ●ホットスポットとは？ ●組換えの起こる部分は決まっているのか？ | ●染色体上で組換えが起こる頻度が高い領域のこと。ヒトでは、約3万個あることが知られている。 ●ホットスポットは、特定の配列を有していて、転写因子が結合することで、ユークロマチンになり、組換えを行う酵素がアクセスできるようになる。 |
| | ●組換えの部分間違えることはないのか？ | ●良い質問。組換えの場所と似た配列があると組換えがずれて起こることがある。これが、DNAのコピーをつくる主な原因になっている。 |
| | ●減数分裂でXY染色体の組換えが起こらない男性の方が女性より多様性が減るのか？ | ●面白い質問。Y染色体には、生命の維持に必要な基本的な遺伝子は載っていない、X染色体は男性では組換えが起こらないが、それ以前の世代で組換えが生じているので、男女間の多様性は変わらない。 |
| | ●ホリディ構造の由来は？ | ●人物名 |
| 性染色体 | ●遺伝子が減っていくとどうなるか？ ●Yがだんだん小さくなってゆくと、将来Yは性別を決めるためだけのものになる可能性？ ●いずれ男性は淘汰されるのか？ | ●良い質問。今の速度でY染色体が小さくなっていったら、500万年後にはY染色体はなくなるといわれている。Y染色体がなくなった哺乳類として、沖縄に生息し天然記念物に指定されているトゲネズミが知られている。トゲネズミはオスメスともにX染色体を1本しか持っていないが、オスメスの区別はあり、新しい性決定遺伝子を常染色体上に持っているのではないかとされているが、詳細は不明である。 |
| | ●男性の方が父親の病気や遺伝を引き継ぎやすいということはあるか？ | ●それはないと思われる。 |
| その他 | ●環境が男女の決定に関係するか？ | ●関係しないといわれている。 |
| | ●SSDの必要性は？何故保護する必要があるのか？ | ●一本鎖DNAは、自分の鎖の中で水素結合して構造をつくりやすいので、そうならないようにSSDが保護している。 |
| | ●性同一性障害の人の染色体は？ | ●性同一性障害は染色体や遺伝子は関係していない。 |

付録表 1 質問と回答

第7回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|----------|--|--|
| ダウン症 | ●ダウン症の治療法や治療薬は研究されているか？ ●将来治るか？ | ●エピゲノムの分野からのアプローチなどが行われている。 ●難しいが、可能性はあると思う。再生医療の進歩が鍵となるのでは。 |
| | ●似た顔をしているが、それはなぜか？ ●ダウン症は何故顔の中央の成長が止まるのか？ | ●顔の中央の成長が遅いため。 ●わからず。 |
| | ●ダウン症の人は子供はできるのか？ | ●女性は可能。 |
| | ●ダウン症は遺伝するのか？ | ●50%の確率で遺伝する。 |
| | ●蒙古症という名前の由来は？ | ●ダウン症は特徴的な顔貌になることが多く、それを西洋人が蒙古人に似ている、という意味で蒙古症と付けたもの。人種差別的な病名なので、現在では使われない。 |
| DNA修復 | ●修復蛋白質は、どうやってエラー箇所に行けるのか？ | ●良い質問2本鎖の修復では、損傷を見張るタンパク質がある。 |
| | ●相同染色体の両方とも同じ個所がダメージを受けたら、どうやって修復するのか？ | ●修復できない。 |
| | ●修復にかかる時間は？ | ●非常に良い質問、組換えによる2本鎖の修復には12時間ほどかかるといわれている。ガンマ線を一度に沢山あびると、修復が間に合わない。 |
| | ●エラーがないのに修復されエラーを起こす可能性は？ | ●面白い質問。間違えてエラーと認識する確率とさらにエラーを起こす確率の積になるので、十分小さい。 |
| | ●人は日中紫外線を多くあびているが、修復は間に合っているか？ | ●大体は間に合っているといえるが、日光を浴びすぎると皮膚がんのリスクが高まる。これは人種によって異なる。 |
| | ●損傷乗り越えポリメラーゼは何か違うか？ | ●損傷乗り越えポリメラーゼは1999年日本人により色素性乾皮症の責任遺伝子として発見された。 |
| | ●修復は失敗するのか？ | ●良い質問。修復酵素に変異があると失敗する。修復酵素と複製酵素に同時に突然変異が生じると、ゲノム複製時の突然変異が増大する(600個/分裂)ことが、2015年にNature Geneticsで発表された。 |
| 遺伝子変異の誘発 | ●TF2H, RuvB, RuvCとは何か？ | ●TF2H: 基本転写因子, RuvB: RuvAと複合体を形成してホリデイ交叉点を特異的に移動させるモータータンパク質, RuvC: DNAを切断するタンパク質(相同組換えの説明を参照) |
| | ●放射能や化学物質が突然変異を引き起こすメカニズム？ | ●放射能のDNAに対する影響は、直接的(放射線がDNAをイオン化して損傷を与える)、及び間接的(水がイオン化し損傷を与える)影響がある。直接的のほうが影響は大きいといわれる。イオン化のエネルギーにより、塩基が化学修飾を受けたり、DNAが切断される。 ●化合物はDNAに直接結合することで、転写や複製を妨害する。 |
| | ●日焼け止めによって、紫外線による突然変異のリスクは減るのか？ | ●良い質問。紫外線は、p53を変異させ、メラノマを発生させる。日焼け止めによるp53の変異の防止効果を認める論文と認めない論文が最近発表されている。効果を過信しないことが重要。 |
| | ●DNAが傷つかないような工夫を持つ生物はいないのか？例えば紫外線に強いとか？ | ●良い質問。紫外線に強い生物として、クマムシがいる。クマムシは高温、高圧、乾燥、真空に耐性がある。乾燥状態のクマムシは、強い紫外線のもとでも変異しないことが最近わかった。 |
| | ●放射能の影響は、自分よりも生まれてくる子供により大きな影響が出る？ | ●妊娠の時期によって発生分化の段階が異なるので、妊娠の時期によって影響は大きく異なる |

第7回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------------------|---|--|
| 遺伝子突然変異 | ●DNAの複製がRNAの複製よりもエラーが少ないのはなぜか？ | ●良い質問。RNAは、何回も転写されて多くのmRNAを合成し、少々エラーがあってもmRNAの大勢に影響しない。おかしなタンパク質ができて分解する仕組みがある。一方、DNAは、複製エラーがあると、直接分裂した細胞へ悪影響が伝わるので、エラーを減らす仕組みが発達している。 |
| | ●スプライシング変異によって生じる病気の数？ | ●良い質問。遺伝病全体の15~60%程度を占める |
| | ●遺伝子突然変異は、出生前診断でわかるか？ ●体の中の変化は調べることができるのか？ | ●現在はわからない。次世代シーケンサーを本格的に用いれば可能。 ●血液をとって調べるか、悪いと思われる細胞を採取してDNAを調べる(あたりをつけて)。すべての組織の変化を知ることはできない。 |
| | ●突然変異がエラーで影響がなくなることはあるのか？ | ●ないことはないが、確率が低い。 |
| | ●人にメリットになる突然変異はないのか？ ●点突然変異で進化の例？ | ●進化したもの。 ●ヘモグロビン、色を感じるタンパク質の遺伝子。 |
| | ●突然変異と組換えは進化にとって両方とも必須なのか？組換えだけでは進化しないのか？ | ●良い質問。進化には、まず突然変異が必須。原核生物はそう。真核生物になって組換えも使うようになってより進化の自由度が増大した。 |
| | ●機能しないタンパク質ができた時どうなるのか？有害なものではないのか？ | ●良い質問。機能しないタンパク質は分解される。 |
| | ●タンパク質の点突然変異で、あるタンパク質が全くつくりだなくなることはないのか？ | ●あり得る。タンパク質自身の突然変異ではなく、プロモーターの突然変異であり得る。 |
| | ●エラーを前もってふせげないのか？ | ●エラーを防ぐには、エラーの発生源である放射線や紫外線、化学物質を浴びたり、活性酵素が発生しないような生活を送ることが重要。 |
| | その他 | ●ポリペプチド鎖とは？ |
| ●X線で何故癌が治るのか？ | | ●X線などの放射線を直接癌細胞に照射してがん細胞を殺すことで、切除手術と同じ効果を出す |
| ●意図的にDNAを傷つけて進化をおこせるか？ | | ●良い質問。大腸菌などで、放射線や化学物質などで突然変異率を上昇させて、進化を速く起こす実験が行われている。 |

付録表1 質問と回答

第8回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-------|---|---|
| ダウン症 | ●ダウン症の日本での中絶率は？ | ●検査を受けた7740人中、113人が羊水検査などで確定。うち97%に当たる110人が人工妊娠中絶を選んだ。中絶率は海外での報告をやや上回った。「検査を受ける人がまだ少なく、問題があれば中絶しようと考えている人が受けた結果ではないか」 |
| | ●ダウン症はなぜ発生頻度が高いのか？ | ● 良い質問 。染色体異常の発生頻度はどれもあまり変わらず、生存できるかどうかで発生頻度がさまっている。 |
| | ●人間以外の動物もダウン症になるのか？ | ● 良い質問 。動物は染色体の構成が人間とことなるのでダウン症に対応するものはない。 |
| 染色体異常 | ●エドワード症候群とは？ | ●18トリソミーのこと。1960年に報告。発生率は1/3000~1/10000人。妊娠中に50~90%が流産。 |
| | ●13トリソミーの生存例は？ | ●1年生存率は10% |
| | ●染色体異常は遺伝するか？ | ●遺伝する。 |
| | ●さくらますやにじますは、倍化によって死滅しないか？ | ● 良い質問 。3倍化によって雌が成熟しなくなるので、寿命は長くなるが、子孫はのこらない。 |
| がん | ●家族性のがんとは？ ● 発症を抑えるような画期的な研究はないのか？ ●がんへのなりやすさは調べられるか？どこで？いくら？ ●がんは遺伝するのか？ | ●家族性がんの影響の度合いは様々。近親者に数名のがん患者がいる場合、罹患のリスクが増大する。癌の遺伝子検査については、「遺伝カウンセリング がん」のキーワードで調べることができる。専門家によるカウンセリングを受けることが重要。 |
| | ●煙草を一切すわずに癌になることはあるのか？ | ●ある。 |
| | ●がん遺伝子とがん抑制遺伝子はどうみわけられるのか？ | ● 良い質問 。がんの原因となる遺伝子産物の変異が、活性の過剰によるものか不足によるものかによって、がん遺伝子とがん抑制遺伝子に分けられる。がん遺伝子は優勢、がん抑制遺伝子は劣性である。合わせて100種類くらい知られている。がん遺伝子は優勢なので、形質転換法で同定できる。がん抑制遺伝子は、ゲノムの欠失部位を調べる。 |
| | ●これからのがん研究によって、がんの治療は大きく進歩できるか？ ● がんを転移させる遺伝子はあるのか？ | ●がんの転移は、がん幹細胞が関わるのが明らかになってきた。ここでもエピゲノム的な研究が進められており、大きく進展する可能性がある。 |
| 伴性遺伝 | ●伴性遺伝病はY染色体には存在しない？ | ● 良い質問 。Y染色体は小さな染色体で、大部分は意味のない配列で男性を決定付ける遺伝子くらいしかない。Y染色体の異常は、多くの場合ちゃんとした精子をつくれず遺伝性は問題にならない。Y染色体上の遺伝子は生存にはあまり関与せず、身長伸長蛋白室(SHOX)遺伝子の異常での低身長くらいが考えられる。 |
| | ●Yには成長遺伝子があるが、何故男性に身長差があるのか？ | ●成長遺伝子だけで身長がきまるのではないから。 |
| その他 | ●女性に多い遺伝疾患はあるか？ | ●例えば、バセドウ病。 |
| | ●HIVは遺伝疾患の一種なのか？ | ●HIVはウイルスによる感染症である。 |
| | ●試験は、文章にあう単語を答えるものか？ | ●ほとんどがそう。数字や述語を問う問題もある。 |

第8回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-----------------------------|--|--|
| 単一遺伝子疾患 | ●単一遺伝子病はメンデル遺伝病というが、なぜか？ | ●メンデルの3つの法則(優勢の法則、分離の法則、独立の法則)をみたしているから。 |
| | ●自分が保因者であることを検査で知ることが可能？ | ●検査のことは「遺伝子検査の講義」で説明。通常は、家族に患者がみられる場合にカウンセリングをうけてから検査を行う。 |
| | ●マラリアとは？ ●マラリア原虫とは？ | ●マラリアは、熱帯から亜熱帯に広く分布する原虫感染症。 ●病原体は単細胞生物であるマラリア原虫。 |
| | ●鎌形赤血球症はヘテロでは発症しないのでは？ | ●Yes。 |
| | ●Rh-の人の割合が日本では西洋より少ないのはなぜ？ | ●Rh-は、よくはわからないが、起源が西洋なのかもしれない。 |
| | ●色素性乾皮症の治療法？ | ●対症療法になる。 |
| | ●常染色体劣性遺伝病全てが重い病気なのか？ | ● 答えるのが難しい質問 。よくわからない。常染色体劣性遺伝病などについてしらべるには、米国のOMIM(Online Mendelian Inheritance in Man)が、全ての遺伝病と関連する遺伝子について最新の情報が網羅されており最適であるが、対応するような日本語のデータベースはない。 |
| 多因子遺伝病 | ●常染色体劣性遺伝病の治療法はどれくらい確立しているか？ | ●根本的な治療法はないと思われる。 |
| | ●自分は家系で一人だけ背が高い。考えられる原因はあるか？ | ● 良い質問 。身長は8割が遺伝、2割が環境といわれている。遺伝因子は数が多く(最近Nature誌で、25万人のDNAを調べ、約700の遺伝子の変異が身長に関係していることが報告されているが、これでも全体の20%といわれている)。 |
| | ●アレルギーやアトピーも遺伝が関係あるのか？ | ●アレルギーやアトピーもある程度遺伝するといわれているが、その原因遺伝子は恐らく多因子で、よくわかっていない。 |
| | ●身体、能力全てが多因子で決まっているのならば、人が努力することには何の意味もないのではないのか？ | ●多因子の中に環境因子があり、努力は環境因子の一つであるから、人が努力することには意味がある。 |
| | ●アルツハイマーは遺伝するか？ | ●家族性アルツハイマー病がある。 |
| | ●アルツハイマーの環境因子は？ | ●アルツハイマーの環境因子は、色々研究されているが解明されてはいない。「魚の摂取が抑制因子になる」や「銅の蓄積がアミロイドβタンパクの蓄積を促している」などが最近の報告。 |
| | ●遺伝要因と環境要因がセットでそろわないと発病しない特殊な疾患はあるか？ ● 閾値理論で、年齢があがると容器の容量はどう変化するか？ | ●「遺伝要因と環境要因がセットでそろわないと発病しない疾患」は、多因子疾患そのもの。 ● 大変良い視点の面白い質問 。老化により、容器の容量が小さくなりそうな気がするが、よくわからない。 |
| ●多因子遺伝病で、パターンは複数あるのか、一つなのか？ | ● 良い質問 。恐らく多くあると思われる。 | |

付録表1 質問と回答

第9回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------|--|---|
| 進化論 中立説 | ● 退化も変異の結果？ | ● Yes . 生物学においては、退化は進化の側面であり、対義語ではない。進化とは変化のことをいう。 |
| | ● 進化によって起きてしまう弊害はないか？ | ● 良い質問 . マンモスの巨大な牙のように実用上役に立っていないとおもわれるような形質の進化も、性淘汰(異性を巡って同性の個体が争うこと)による進化の可能性もあり、一見弊害にみえても自然選択される理由があると考えられる。 |
| | ● 中立説で、有利でも不利でもない形質を残していくのか？ ● 木村資生は何で有名か？ | ● 中立説での中立な分子レベルの変のほとんどは、形質には影響しない。 ● ダーウィンにちなんだダーウィンメダルを受賞している。 |
| 分子進化 | ● 極論として言い切れば種の違いとは、アミノ酸の違いということか？ | ● 大変良い質問 . 近い種どうしであれば、ほとんどの蛋白質が対応しているであろうし、違いはアミノ酸の違いのみなせるかもしれない。しかし遠縁種間であれば、対応しない蛋白質が増え、アミノ酸以外のDNAの領域にも違いが出てくると思われる。 |
| | ● 共通の祖先をもつものや似た形状のものほど、塩基配列は似ている？ ● 配列の似たタンパク質は似た形質なのか？ | ● Yes . |
| | ● タンパク質の種類の新旧は調べることができるのか？ | ● 面白い良い質問 . タンパク質の新旧を、分子系統樹上でそのタンパク質が初めて現れた年で定義すれば、 Yes . |
| | ● タンパク質が多様になると何故良いのか？ | 環境の変化に対応できる可能性が高くなる。 |
| | ● バイオインフォマティクスとはどのように行われるのか？ | ● 生物情報学(日本語). 配列の比較により機能の推定や系統樹作成を行ったり、DNA配列の特徴とその機能や病気などとの関連を予測する。 |
| 分子時計と系統樹 | ● アミノ酸置換数はどのようにして調べたのか？ ● 置換数とは何か？ | ● アミノ酸配列とあわせて一致したアミノ酸の数が最も多くなるように並べた時の不一致のアミノ酸数=アミノ酸置換数。厳密にやるには、アミノ酸が不一致でも、似たアミノ酸であれば、スコアを多く与え、スコアの総計を計算して、スコア総計が最大になるようにアミノ酸配列の対応関係を定める。⇒バイオインフォマティクスの基本ツール。 |
| | ● 分子進化系統樹をもっとくわしくいろいろな生物についてみたい。 | ● 補足参照 |
| | ● 分子時計はいつ証明されたか？ | ● 1960年 , エミール・ズッカーカンドルとライナス・ポーリングにより、発見された。 |
| 遺伝子重複 | ● 遺伝子の重複は人間でも常に起こっているのか？ | ● 気になる疑問 . 遺伝子によっては人ごとに重複数が異なるらしい。重複数の多さによって発症する神経系の疾患もある。 |
| | ● 遺伝子重複の実際の頻度は？ | ● 簡単そうで、答えるのが難しい質問 . 実験でわかるはずだが、文献は見つけられず。 |
| | ● 全ての遺伝子がとなりとコピーを作っているのか？ | ● 2万の遺伝子の30%が重複を持つといわれている。コピーが異なる場所にいくときもある。 |

第9回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------------------------|---|--|
| 偽遺伝子 | ● 偽遺伝子が蓄積するとどうなるのか？ ● 偽遺伝子が蓄積または消失する基準は何か？ | ● 恐らく有害ではない。 ● 確率的にきまるのでは。 |
| | 染色体倍化、ゲノム重複 | ● 何故植物はゲノム重複が起こるのか？ ● なぜ植物と動物で、遺伝子重複の頻度が違うのか？ |
| ● 脊椎動物のゲノムの重複が2回起こった証拠は？ | | ● ゲノム内の配列間の総当たり比較をやった結果から推測されている。 |
| ● 植物にゲノム重複が起こった時、形質の変化は起きるか？ | | ● 良い質問 . ゲノム重複が起こると、一般的に細胞が大きくなる。 ● このことを利用して、ゲノム重複をコントロールして植物のサイズを大きくしようという研究もある。 |
| 人間の進化 | ● 足が速い人、腕が長い人、なども進化なのか？ | ● 集団に広がっていれば、進化といえるが、そうでない場合は進化ではない。 |
| | ● 人種間の塩基配列の違いはどのくらいなのか？ | ● 人種は、ヒトを外見上で分類したもので、生物学的分類ではない。人種も含めて、ヒト間のDNA変異は0.1%。補足参照。 |
| | ● 人間はこれからも進化するのか？ | ● 多くの人が抱く疑問 . まずヒトの世の中はこれからはよりグローバル(地球規模)になるので、ヒトの系統樹が分岐することはないと思われる。 ● 医療が進み、生活環境も良くなっているので、自然選択の選択圧はかかりにくい状況だと思われる。 ● 分子レベルの進化はあると思われる。 ● どのような地球環境の変化があるかにかなり依存しそうだと思われる。 |
| | ● サルから人間に進化したのではないか？ | ● サルと人間の共通祖先からどちらも進化している。 |
| 生命の起源と進化の実験 | ● ピグミーチンパンジーとチンパンジーの違いは？ | ● ピグミーチンパンジーはチンパンジーの近縁種であり、DNAは、ピグミーチンパンジーとチンパンジーはいずれも人間と1.5%ほどしか違わない。これら2種のDNA間では0.7%ほどの違い。両種の行動や生態を比べると、基本的には似ている。ピグミーチンパンジーの名はチンパンジーより小型だからである。 |
| | ● 人工的進化は起こせるか？ ● 意図的に突然変異、進化を促すことは可能か？ | ● 良い質問 . 放射線を単細胞生物などに照射することで、突然変異を誘発し、人工的進化をひきおこす試みもある。 |

付録表 1 質問と回答

第10回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-------------|--|--|
| エピゲノム | ●DNAのメチル化はということ？ | ●DNA中のC塩基にメチル基が結合すること。補足参照。 |
| | ●DNAがアセチル化するとどうなるのか？ | ●DNAはアセチル化されない。 |
| | ●エピゲノムが可逆→酵素は何を使うのか？ | ●ヒストン脱アセチル化酵素(HDAC)、ヒストン脱メチル化酵素(JHDM)などがある。 |
| | ●エピゲノムの可逆コントロールはいずれ可能か？ | ●恐らくある程度は可能になるのでは？ |
| 女性のX染色体の不活化 | ●祖先是性染色体がなかった？ | ●その可能性がある。 |
| | ●X2本のうち1本が不活性化されなかったら、どうなるのか？ | ●生きていけない。 |
| | ●不活性化の割合は、50%-50%か？偏っていないのか？ | ●面白い質問。あまりきちんと調べられていない印象。 |
| | ●減数分裂で不活性化したX染色体が入った卵子ではどうなるのか？活性化するか？ | ●非常に良い質問。卵子形成過程では不活性化X染色体が活性を取り戻す。 |
| | ●何故ランダムに不活性化されるのか？ | ●不活性化のメカニズムによるが、よくわからない。 |
| | ●不活性化がうまく起こらない病気があるか？ | ●良い着眼点。あると思われる。不活性化に関わるHBIX1-SMCHD1タンパク質複合体の突然変異など。 |
| 色弱 | ●色盲の人の子供も色盲になるのか？ | ●男性の色弱で考えると、その子供は男であれば色弱になる。 |
| | ●ある特定の文字だけが別の色に見える人がいるらしい。それは何か？ | ●これは、4色色覚の話ではないか？ |
| | ●目関係で、色以外に遺伝によって影響することはあるのか？ | ●先天性白内障、斜視、緑内障、網膜色素変性などがある。 |
| 三毛猫 | ●三毛猫の色の範囲の大きさはどうやって決まる？ | ●良い質問。不活性化の時期とその後の細胞分裂の回数で決まる。 |
| | ●三毛猫はオスが希少なのにどうやって繁殖する？ | ●三毛猫どうじゃないと三毛猫にならないわけではない。メスの三毛猫からは一定の確率で三毛猫が生まれるはず。 |
| | ●オスの三毛猫に繁殖能力はあるのか？ | ●オスなので、繁殖能力はある。 |
| ミンパチ | ●ローヤルゼリーは一匹だけしか食べられないのか？” ●女王蜂複数？ | ●良い質問。女王蜂は1匹である。ローヤルゼリーを食べられる女王候補が数匹いて、王台と呼ばれる部屋でローヤルゼリーを与えられる。候補のうち1匹だけが女王になれる。残りは死亡する。 ●ローヤルゼリーは、働き蜂のある器官から分泌される。 |
| | ●ロイヤルゼリーは人間にも何らかの効果があるのか？ | ●人間には効果はない。アレルギーを引き起こすたんぱく質が含まれており、アレルギー体質の人には「アナフィラキシーショック」と呼ばれる症状を発症する危険性がある。 |
| | ●ロイヤルゼリーはアレルギー反応を起こすことがある。メカニズムを知りたい。 | ●ローヤルゼリーを摂りたいばあいは、アレルギー検査や医師の診断を仰いだ方がよい。 |

第10回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|---|--|--|
| 低出生体重児 | ●何故、日本は先進国なのに低出生体重児が増えているのか？ ●日本で低体重児が多いのは女性の考え方だけが原因か？ | ●簡単そうに見えるが、実は多くの要因が関係しており、非常に難しい問題です。 ・1990年代に、この問題を解析した東大の学位論文があった。 ・保健医療科学 2014「人口動態統計からみた長期的な出生時体重の変化と要因について」 国立保健医療科学院 ●早産の増加と胎内発育の低下・それぞれ半々の重み。 1) 早産の増加の理由：医学的に必要ななら積極的に分娩に介入するという周産期医療の進歩にともなう医療側の考え方、不妊治療、晩婚化 2) 胎内発育が低下してきている理由 ・妊娠中のエネルギー摂取の制限：・妊娠中のウエイト・コントロールに対する考え方や指導の変化 その後の肥満を防ぐ、・やせを美しいとする様々なメディアの影響 やせ願望 |
| | ●逆に大きく生まれた子がなりやすい病気？ ●胎児のうちに沢山栄養を与えると生まれてから肥満になりにくいという逆の理屈は成り立つのか？ | ●面白い質問。「過食嘔吐」の悪影響はよく書いてあるが、そこまでいかない「過食」の影響は、あまり文献に書かれておらず、よくわからない。 |
| | ●おばあちゃん効果 何故男児関連性がない？ ●低身長もおばあちゃん効果か？ | ●理由はわかっていない。 ●低身長と肥満がおばあちゃん効果である。成人病へのかかりやすさは、まだわかっていない。 |
| | ●低出生体重児は、その後の生活態度で生活習慣病を克服できないのか？ ●低体重出生数が、今の生活習慣病の増加に影響しているといえるのか？ | ●生活習慣病は多因子であるから、もちろん克服できるはず。 ●興味深い質問です。現在の生活習慣病の増加に関わるとすれば、少なくとも30年前に低体重出生数が多かった必要があるが、そのころはまだ低体重出生数が多くなかった時代なので、影響は少ないだろう。 |
| | がん、ストレス、記憶 | ●ピロリ菌とは？感染経路？がん発症率？ ●現在の日本人のピロリ菌を持つ割合は？ |
| ●ストレスによりニキビが出るというのは事実か？ ●ストレスがメチル化異常を起こすことはないのか？ | | ●ストレスホルモンが男性ホルモンの分泌を促し、ニキビに悪影響があるとのこと。 ●理研の研究で、ショウジョウバエに熱ショックストレスを与えると、ヒストンのメチル化が低下し、ヘテロクロマチン構造が弛緩し、赤目の遺伝子が発現することを見出しており、子供にも伝わるらしい。 |
| ●ストレスの受け方にも遺伝子は関係しているか？ | | ●恐らく関係している。 |
| ●記憶にどのようなエピゲノムが関連しているのか？ | | ●記憶は、神経細胞のシナプス接続のつながり方に保存されるといわれてきたが、長期記憶に関してエピゲノムの変化が関連しているらしいことが分かってきた。解明はこれから。 |
| 次世代への継承 | ●妊娠前の父親の食習慣は、ダウン症のリスクに影響をあたえるか？ | ●良い質問。ダウン症は、受精前の減数分裂時の問題であるから、父親の食習慣は関係しない。 |

付録表1 質問と回答

第11回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------|-------------------------------------|--|
| 遺伝子技術 | ●何のためにDNAをふやすのか？ | ● 良い質問 。DNAを検出したり、反応を行わせるには、一定量以上のDNAが必要である。 |
| | ●クローニングとPCRはどう使い分ける？ | ● 良い質問 。PCRは、プライマー配列を選ぶことによってゲノム中の特定の部位のみを増幅できる。クローニングではこれはできない。 ●PCRでとってきたDNAを大腸菌にクローニングして増やすことで、安価に大量にかつ正確にDNAを増幅できる。また、クローニングによって蛋白質の合成も可能である。 |
| | ●クローニングはクローン技術と同じことか？ | クローンとは、DNA、細胞、生体レベルでのコピーのこと。 ● 遺伝子クローン(DNAクローン) は、1つのDNAからDNAクローニングで得られた遺伝子(DNA)のこと。 ● 細胞クローン は、単一の細胞から細胞培養によって作られた細胞集団のこと。 ● 生物クローン は、未受精卵を用いた核移植や受精卵を用いた胚分割によって作られた、元の生物固体と同じ遺伝情報を持つ生物のこと。 ●ここでのクローニングはDNAクローンを作ることであり、クローン技術といった場合、生物クローンを創ることを意味している。 |
| | ●クローニング中の突然変異が実験を阻害することはないのか？ | ● 良い質問 。PCRは、修復をしないのでエラーが多いことが知られているが、増幅したDNAの中でのエラーの割合は非常に小さい(10万分の一くらい)ので、支障になることはない。 |
| | ●蛍光標識とは？何故蛍光標識するのか？ | ● 蛍光体 は、ある特定の波長の(色の)光を吸収して、それよりも少し波長の長い光を放出する化合物を指す。蛍光標識とは、蛍光体を特定の分子に結合させることであり、レーザー光を蛍光標識分子に照射すると、蛍光体が光り、それを検出することで、分子の検出ができる。 |
| 新出生前遺伝学的検査 | ●DNAシーケンサーに何故電気を流す必要があるのか？ | ● 蛍光標識DNA は、ゲル中で負の電荷をもっているため、マイナスの電圧を掛けるとプラス極側へDNAは移動する。移動速度はDNAが長いと遅くなるので、移動中のDNAを検出することで、DNAの長さを推定できる。 |
| | ●何故、臨床研究として導入？臨床研究とは？ | ● 臨床研究 とは、臨床上重要なテーマについて臨床現場において行われる研究を指す。新出生前検査は、トリソミーの可能性の高い人を対象に検査の精度などについての臨床研究として行う。その理由は、集団を対象として変異の可能性のある人を網羅的に見つけるような検査にたくないから。 |
| | ●新出生前検査は何故35歳未満は受験できないのか？35歳未満は厳密か？ | ● ダウン症 の発症率は35歳を超えると急増するから。恐らく厳密。 |
| | ●マスキングとは？ | ● 集団対象の検査 のこと。 |

第11回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-------------|--------------------------------|--|
| 遺伝子カウンセリング等 | ●日本の遺伝カウンセラーが少ないのはなぜか？ | ● 認証遺伝カウンセラー を育てる学校が多くない。 |
| | ●カウンセリングは具体的には何をやる？ | ● 良い質問 。以下のようなステップで行われる。 1) 遺伝学的原因が明らかになるような正しい診断 をつける。 2) 詳細な 家系図 および 家系を構成するひとびとの臨床症状に関する情報 を集める。 3) 遺伝的危険率を推定 する。 4) 再発率がある程度高い場合、 出生前診断、保因者診断 などそれを回避する方法があるかどうかを示す。またそれらの検査を希望する場合には どこで受けられるかを紹介 する。 5) 上記の事柄をクライアントの 文化的背景、理解度を考慮 しつつ、正確に伝えて、これからどうしようかという 意思決定の援助 をする。 |
| | ●インフォームドコンセントとは？ | ● 十分な説明を受けた上での同意 のこと。 |
| 遺伝子検査ビジネス | ●検査会社によって結果が違うのは、検査機器が違うからなのか？ | ● 良い質問 。機器も含めて、検査に用いているDNA変異の箇所が異なっていたり、推定の根拠となる論文が異なっている可能性もある。 |
| | ●遺伝子検査ビジネスは儲かっているのか？ | ● 数が出れば儲ける だろうが、現状ではそんなに儲けていないのでは？遺伝子検査そのものよりも、遺伝子のタイプごとの 美容相談やビジネス、生活改善支援サービス に展開したいのでは？ |
| | ●日本と米国以外の遺伝子検査ビジネスはどうなっているのか？ | ● 調査中 。 |
| | ●遺伝子検査ビジネスは悪用されないか？ | ● 良い質問 。法的規制がない現在では、悪用しようと思えば悪用できる状況であると思われる。 |
| | ●DTC事業者の資格は？ | ● 資格はない 。 |
| | ●トップ企業は？ | ● 調査中 |
| | ●他国と規制が統一されないのか？ | ● 国によって遺伝に関わる社会的な状況 などが異なるので、統一はむづかしいのでは。 |
| その他 | ●何故日本は法律で規制しないのか？ | ● 良い質問 。経産省は「 遺伝子検査ビジネス実施事業者の遵守事項 」をまとめているが、今年2月に厚労省が 遺伝子検査ビジネスの規制検討を開始 した。 |
| | ●ヒトゲノム計画は元々何年ぐらいかかる予定だったのか？ | ● ヒトゲノム計画 が始まる前は30年以上かかるかもしれないといわれていたが、ヒトゲノム計画が始まったころは15年と計画されていた。 |

付録表1 質問と回答

第12回の質問と回答1

| 項目 | 質問 | 回答 |
|------------------------|--|--|
| ポストヒトゲノム計画 | ●日本がポストゲノムで米国に遅れをとっているのはなぜか？ ●日本は医療技術が優れていると聞いている。日本が5~6年遅れているのが信じられない。 | ●日本では、被験者を集めるのが難しいという面もある。 ●日本は医療技術は進んでいるが、基礎医学、分子生物学の先端の分野では、全体でみればかなり遅れている。 |
| | ●日本と米国では何故ポストヒトゲノム計画の方針に違いがあるのか？ | ●ヒトゲノムに対する元々の認識の違いがある。アメリカはヒトゲノム計画を主導していったのに対して、日本は受け身であった。 |
| | ●日本はどのようにすれば、大規模なゲノムプロジェクトを展開できるか？ | ●良い質問。国際共同ゲノムプロジェクト「国際がんゲノムコンソーシアム (ICGC)」で、胃癌と胆道癌のプロジェクトを始動させるなどしているが、10万人といった規模を明言していない。やはり、ポストゲノムの出遅れが響いているのだと思う。表面的な真似をせずに、根本的に課題に取り組むべき。 |
| | ●日本はアメリカに流されずにタンパク質の研究を続けてほしい。 | ●その視点は大事です。 |
| 1000ドルゲノム、次世代DNAシーケンサー | ●次世代DNAシーケンサーで他にできることはないか？ | ●DNAのメチル化を測定可能になった。 |
| | ●1000ドルゲノムプロジェクトに日本はどのくらい関わったか？ ●次世代DNAシーケンサーでできる癌DNAの検出はどの程度進んでいるのか？ | ●ほとんど関わっていない。 ●「次世代シーケンサーとがんスクリーニング」というタイトルでNature Medicineに約1年前発表されて以来、世界中で研究やプロジェクトが進行中。日本では、SCRUM-Japanという癌のスクリーニングを次世代シーケンサーで全国規模で実施するプロジェクトが今年2月より開始。国立がん研究センターが中心となり全国の医療機関、大手製薬会社10社が参加する。 |
| パーソナライズド医療 | ●パーソナライズド医療で全ての人を調べたら膨大なデータになるのでは？その保存方法は？ | ●非常に良い質問。ゲノムの長さの100倍は配列決定データが必要なので、一人当たり数百平方バイト必要。世の中ではビッグデータと騒いでいるが、ゲノムデータが一番のビッグデータかもしれない。巨大なハードディスクを使うしかない。 |
| | ●パーソナライズド医療は実際に行われているのか？ | ●最近上市されて効果が高い白血病や肺がんの特効薬は、がんの原因である染色体の転座によって変異した遺伝子の蛋白質を直接阻害する化合物である。 |
| | ●パーソナライズド医療が発展したら、予防医療を徹底して患者の数を減らすことができるか？ | ●もちろんそれを目指して研究が行われており、実現が期待されている。 |
| 10万人ゲノムプロジェクト | ●米国退役軍人の100万人ゲノムプロジェクトは、在役中のことも入れて扱いやすいということか？ | ●巨大なゲノムプロジェクトでは、協力者を集めることが一番の課題であり、国の組織のメンバーあるいは元メンバーから協力を得るのは、一般の人からと比べるとかなりやりやすい。 |
| | ●日本でもゲノムプロジェクトをやらないのか？もっとゲノムの研究を迫られた方がよい。 | ●良い質問。ポストゲノムの出遅れが響いているのだと思う。 |
| | ●10万人ゲノムプロジェクトの対象者はどうやって決定する？ | ●良い質問。ゲノムイングランドの場合は、稀少疾患患者と家族、及び癌患者。 |
| | ●何故、サウジアラビアで10万人ゲノムプロジェクト？ | ●資金的にはオイルマネーがある。アブドラ国王科学技術大学がおそらく関係？ |
| | ●Googleに利益があるのか？ | ●Googleは、あらゆる情報を制覇しようとしています。ゲノムの情報は、世界最大のビッグデータであり、その中に人類の秘密が隠されています。恐らく最初は細かい利益の計算はしていないのではないのでしょうか。しかし、最終的に大きな利益を目指しているのでは？ |

第12回の質問と回答2

| 項目 | 質問 | 回答 |
|-----------------|---|--|
| 環境ゲノム科学とメタゲノム解析 | ●癌細胞を食べるような微生物はいないのか？ | ●聞いたことがありません。 |
| | ●地球上の菌は何種類あるか？ | ●生物が117万種類、微生物が17万種類知られている。未知の微生物はこれの10~100倍、あるいは1万倍ともいわれている。 |
| | ●細菌と微生物の違い？ | ●細菌は原核生物の一つで、微生物は生物の分類ではなく、目に見えない微小な生物の総称。 |
| | ●何故培養できない微生物がこんなに多いのか？ ●培養できる微生物と培養できない微生物の違い？ | ●難培養性微生物は、3つに集約できる。 (a) 何らかの方法で分離・培養が可能なもの。通常の培地では培養できない。他の菌が生成する物質を必要とするものなど。 (b) 分離も培養もできないが、昆虫の共生体のように昆虫そのものが純粋培養器として機能したもの。 (c) さまざまな手を尽くしたが分離・培養、機能推定もできなかったもの。その理由はわからない。 |
| | ●メタゲノム解析でどうやってDNAが特定の微生物のものだと特定するのか？ | ●良い質問。微生物の配列をデータベースの配列と比較して、既知の微生物を同定する。未知のものについては、特定できない。 |
| | ●死んだ菌はどうなるのか？ | ●排泄される。 |
| ヒトマイクロバイオーーム | ●人体の常在菌が体内に生息しているのはなぜか？ | ●進化的な理由だと思われる。 |
| | ●活性遺伝子が共通なのはいったいどういうこと？ | ●理由はわかっていない。 |
| | ●人体に無菌の部位は存在するのか？ | ●存在する。血管内、脳脊髄腔、腹腔(内臓と腹壁の間)、胸腔(肺と胸壁の間)、下気道(気管~肺胞)、尿路、骨髄腔などは本来無菌である場所である。 |
| | ●微生物が体内にいないと生きていけないか？あるいは、病気になるのか？ | ●無菌状態が続けば生きていけるが、いきなり菌に晒されると感染症に感染し死亡する場合があります(マウスでの実験)。 |
| | ●分子時計などで、ヒトの常在菌が進化の過程でいつから共生しているか調べることは可能か？ | ●大変面白い質問です。常在菌は人ごとに異なるので、共生の開始を進化的にとらえるのは難しいかもしれない。 |
| | ●バイオフィームとは？ | ●身近な例としては、歯垢や台所のヌメリ、水中の石の表面についている膜状のものなど。バイオフィーム内では様々な種類の微生物が存在し、その中で様々な情報伝達を行いながらコミュニティを形成している。 |
| | ●100兆個はどうやって調べたのか？ | ●恐らく重さから推定している。 |
| | ●常在菌の移植は可能なのか？ | ●良い質問。潰瘍性大腸炎に対する一定の効果が報告されている。滋賀医科大学で治療が行われている。 |
| その他 | ●ヒトが分解できないから住ませたのか？住ませたから分解できなくなったのか？ | ●両方の場合があるのではないかと？ |
| | ●ウシのセルロースを分解する菌を人間の胃に入れたら、人も草を消化できるようになるのか？ | ●面白い質問。これは難しいのでは？ウシのセルロースを分解する菌が、ヒトで安定して安全に機能するかという問題がありそう。 |
| | ●現在人々が遺伝子に関してやっていることは、本当にいいことなのか？ | ●非常に重要な問題意識です。この問題意識は忘れない方がよいと思います。 |

付録表1 質問と回答

(原稿提出: 2018年2月6日; 修正稿提出: 2018年2月19日)