

フランスの高等学校3年 教科「科学の教育ES」の学習指導要領

角島 誠*

(令和2年9月8日受付)

(Received Sep. 8, 2020)

翻訳文献

Bulletin officiel spécial n° 8 du 25 juillet 2019
Programme d'enseignement scientifique de la classe
terminale de la voie générale

NOR : MENE1921241A

Arrêté du 19-7-2019 - J.O. du 23-7-2019

MENJ - DGESCO MAF 1

Annexe

Programme d'enseignement scientifique de terminale
générale

pp.5-19 の全文

※注 pp.1-4については、高校2年の学習指導要領の内容に、「高校3年では、「科学の教育ES」は、認識論と倫理の問題に関して「哲学」の学習指導要領とつなぐことで、これら2つの教育による相補的な方法でよりこれら問題を啓蒙することができる。」

の一文が加筆された以外、重複している。

角島誠 (2021)「フランスの高等学校2年 教科「科学の教育ES」の学習指導要領」『広島工業大学紀要 教育編』第20巻 pp.29-35を参照されたい。

翻 訳

1: 科学、気候、社会

地球の原始的な雰囲気は今日とは異なっていた。数十億年にわたるその変化は、地質学および生物学的プロセスにつながっている。産業革命以来、人間の活動は大気組成を大きく変えてきた。これらの変化は、地球の流体エンベロープの動的平衡に影響する。大気組成に対する人間の活動の結果、すでに観測されているものと予見可能なものは、人類にとっても生態系にとっても、多様かつ重要である。この分野における個人および社会の合理的な選択は、科学技術の貢献に基づいている。

歴史、課題、議論

- 地球温暖化の課題。
- 気候分析の役者達：研究およびグローバルプログラム（世界気象機関、気候モデル）；調整（国連）；評価（気候変動に関する政府間パネル）。
- グローバルな問題：海。
- 世界の資源とエネルギーの使用。
- オゾン層の穴：発見からグローバルな意思決定まで。

知識	スキル
<p>1.1 地球の大気と生命 太陽や太陽系の他の惑星とはほぼ同時に形成されて以来、地球はその表面と大気の組成の固有の変化 évolution をしてきた。その表面温度により、液体水の存在が可能になり、水圏が形成される。 物理的および地質学的要因（太陽活動、太陽からの距離、テクトニクス）に加えて、生物とその代謝の出現が追加される。ある脆弱な平衡に達すると、生命ならびにそれを維持することが可能となる。</p>	
<p>約46億年前、初期の大気はN₂、CO₂、H₂Oで構成されていた。現在の組成は、約78%のN₂と21%のO₂で、他のガス（H₂O、CO₂、CH₄、N₂Oを含む）が微量である。 初期の地球の表面の冷却は、初期大気に存在する水蒸気の液化をもたらした。水圏が形成され、その中で生命が発達した。 生命の最初の痕跡は、少なくとも35億年前のものである。シアノバクテリアは光合成代謝を通じて、海洋中の還元された化学種を酸化した酸素分子を生産した。酸素分子は24億年前から大気中に蓄積している。現在の大気濃度は約5億年前に到達した。 今日の大気中の酸素の供給源と吸収源は、主に生物（光合成と呼吸）と燃焼に関係している。 太陽紫外線の影響下で、成層圏の酸素分子は解離し、化学的変換を開始し、その結果オゾンが形成される。これは、高度約30kmに位置する最大濃度の永久層を構成する。オゾン層は、太陽紫外線の一部を吸収し、その突然変異誘発作用から生物を保護する。 炭素は、大気、土壌、海洋、生物圏、岩石などのいくつかの表面貯留層に保存される。これらの貯留層間の炭素交換は、流量（トン/年）によって定量化される。さまざまな貯留層内の炭素の量は、流れの平衡がとれていれば一定である。これらの交換はすべて地球上の炭素循環を構成する。 化石燃料は、数千年から数億年前の生物の炭素から形成された。それらは、ストックを補充するには十分な速さで更新されない。これらのエネルギー資源は、再生不可能であると言われている。</p>	<p>地質時代における大気の組成の変化に関連するデータを分析する。 状態図から特定の温度と圧力に対する水の物理的状態を決定する。 大気中のO₂の生成を鉱物（縞状鉄鉱層、ストロマトライトなど）と関連付ける。 酸素分子による鉄の酸化の化学反応式をつくる。 紫外線領域のオゾンおよびDNA吸収スペクトルを解釈する。 炭素の生物地球化学的循環を表す図を分析して、さまざまな貯留層の資源を比較し、人為起源または非人為起源の主要な炭素フローを特定する。</p>
<p>前提条件と制限 課題は、地球の歴史と生命の歴史の密接な関係を理解することである。各事象の年代を正確に求めるのではなく、関係する異なる時間スケールを知ることが大切である。酸化還元反応に関する一般的な発展は期待されていない。</p>	

* 初等中等教育研究センター、ICTセンター、広島工業大学生命学部食品生命科学科

<p>1.2 気候システムの複雑さ</p> <p>気候システムとその進化は、いくつかの自然要因と、海洋、大気、生物圏、リソスフェア、および寒冷圏間の相互作用の結果である。これらの相互作用を異なる空間的および時間的スケール（1年から100万年以上）で考慮する必要がある。気候システムには自発的な変動性があり、フィードバックと呼ばれるメカニズムによってエネルギー平衡の乱れに反応する。人為的要因は、不可逆的で短期的な結果をもたらす。</p>	
<p>知識</p> <p>気候は、特定の期間に特定の地域で観測された大気に関する諸々のデータの平均によって定義される。これらの変数は、主に温度、気圧、湿度、降雨、曇り、風速、風向である。</p> <p>気候学では、中期または長期（年、世紀、千年など）のローカルまたはグローバルな気候の変動を研究する。</p> <p>気象学は、短期（日、週）に予測する大気現象を研究する。</p> <p>地球規模の気候の指標の1つは、その場での測定値と衛星による宇宙から計算された地球の平均気温である。他に：海洋の体積、氷と氷河の範囲…</p> <p>地球の気候は、さまざまな時間スケールで自然に変動する。</p> <p>しかし、数十万年の間に、大気中のCO₂の濃度が今日ほど急速に増加したことはない。</p>	<p>スキル</p> <p>気候に関するデータ資料と、気象に関するデータ資料を区別する。</p> <p>グラフから複数の時間スケールにわたる温度の傾向を特定する。</p> <p>過去の気候変動（花粉、氷河）から地質学的痕跡を特定する。</p>
<p>1世紀半の間、地球温暖化（約+1°C）を測定した。これは、大気への温室効果ガスの放出による放射強制力（受け取った放射エネルギーと放射エネルギーの差）の増加に対する気候システムの応答である：CO₂、CH₄、N₂Oおよび主に水蒸気。</p> <p>温室効果ガスの濃度が増加すると、大気は地球の表面からの赤外線放射をより多く吸収する。ひいては、これにより、大気から地面が受ける放射束が増加する。</p> <p>この付加的な放射束は、産業革命前の時代に存在していた放射バランスを破壊する。</p> <p>関連する追加エネルギーは主に海洋によって貯蔵されるが、空気と土壌によっても貯蔵されるため、地球の表面の平均気温が上昇し、海面が上昇する。</p>	<p>電磁波の吸収スペクトルから大気温室効果に影響を与えるガスの能力を決定する。</p> <p>気候指標の変化を時間の関数として与える資料を解釈する（収穫日、海面、氷河の延長など）。</p> <p>大気中のCO₂含有量の増加、平均気温の変動、世界の経済活動の指標など、特定の量の経時的な変動を分析する。</p>
<p>平均地温の変化は、次のようないくつかの増幅効果（正のフィードバック）から生じる。</p> <p>－大気中の水蒸気（温室効果ガス）の濃度の増加。</p> <p>－氷に覆われた面積の減少と陸生アルベドの減少。</p> <p>－永久凍土が部分的に解凍され、温室効果ガスが大気中に放出される。</p> <p>海洋は、その表面で追加のエネルギー供給の大部分を吸収することにより、減衰する役割を果たす。これにより、水の熱膨張により海面が上昇する。これに加えて、大陸の氷の融解がある。</p> <p>この海洋へのエネルギーの蓄積により、気候変動は数世紀の時間スケールで不可逆的になる。</p> <p>短期的には、植生の増加はCO₂の吸収源であるため、負の（安定化）フィードバック効果がある。</p>	<p>システムのダイナミクスの根底にある因果関係（アクションとフィードバック）を特定する。</p> <p>大陸氷の融解と海水の融解の影響の違いを強調する簡単な実験を実行して解釈する。</p> <p>この変動が特定の厚さの表層に限定されると仮定して、特定の温度変動に関連する海洋の体積の変動を見積る。</p>
<p>前提条件と制限</p> <p>高校2年で学習した地球の放射平衡と大気温室効果の概念が再動員される。地球の軌道パラメータと気候への影響の学習は、学習指導要領にはない。</p>	
<p>1.3 未来の気候</p> <p>数値モデルを使用して実行される気候システムの分析は、既知の物理的、化学的、生物学的法則を使用した測定と計算に基づいている。</p> <p>温室効果ガス生産の変化に関する仮説と組み合わせて、これらのモデルからの予測は、21世紀の気候システムの変化の範囲を描く。</p>	

<p>知識</p> <p>気候モデルは以下に基づいている： ー地球システムに作用する本質的なメカニズムの方程式。 ー解像度のデジタル的方法。 モデルの結果は、その時点での空間観測と古気候の知識との比較によって評価される。</p> <p>これらの多数の独立したモデルは、気候予測を実現する。過去数十年の変化を予測した後、モデルは世界的および地域的な気候変動を数十年または数世紀にわたって予測する。</p>	<p>スキル</p> <p>シミュレーションソフトウェアを使用するか、図表を読み取ることにより、気候変動のさまざまなパラメータの役割を明らかにする。</p>
<p>観測、理論的要素、および数値モデリングを組み合わせた科学的分析により、今日、産業時代の始まり以来の平均気温の上昇は人間の活動に関連していると結論付けることができる。</p> <p>炭化水素の燃焼、森林破壊、セメント生産によって生成されるCO₂。天然ガスの漏れ、埋め立て地での発酵、特定の農業活動によって生成されるCH₄。</p> <p>モデルは、発生する温室効果ガスの量に応じた範囲で、発生の可能性が高い範囲で予測する。</p> <p>－2017年から21世紀の終わりまでの平均気温の1.5から5°Cの増加；</p> <p>－21世紀初頭から2100年までの1メートルに達する可能性がある海洋の平均レベルの上昇。</p> <p>－雨のパターンと極端な気象現象の変化。</p> <p>－海洋の酸性化；</p> <p>－陸上および海洋生態系への大きな影響。</p>	<p>原因と結果の相関関係を説明するために気候モデルの結果を活用する。</p>
<p>前提条件と制限</p> <p>光合成と生態系について既知の概念が動員される。気候モデルで使用される方程式については言及しない。</p>	
<p>1.4 エネルギー、開発の選択および将来の気候</p> <p>世界のエネルギー消費のほとんどは、地球温暖化の主な原因である化石燃料を使用している。したがって、個人、集団、または製品の活動については、温室効果ガスの生産への影響を特定することが不可欠である。特に健康について、他の副作用を特定することは重要である。地球規模の気候変動のさまざまなシナリオは、人類が実施する戦略に依存する。</p>	
<p>知識</p> <p>世界で使用されるエネルギーは、化石燃料を含むさまざまな資源を起源としている。</p> <p>消費は、国や個人の富に応じて非常に不均等に分配されている。</p> <p>（グローバル、国家、個人など）さまざまな規模でエネルギーの生産と使用のデータを活用する。</p> <p>エネルギーと仕事率の規模を比較する：人体、日常の物体、発電所、日射量など…</p>	<p>スキル</p> <p>使用されるさまざまなエネルギー単位（石油換算トン（toe）、kWhなど）を使用し、それらをジュールに変換する－変換係数が与えられる。</p> <p>（グローバル、国家、個人など）さまざまな規模でエネルギーの生産と使用のデータを活用する。</p> <p>エネルギーと仕事率の規模を比較する：人体、日常の物体、発電所、日射量など…</p>
<p>化石燃料とバイオマスの燃焼は二酸化炭素を放出し、エアロゾルと他の物質（N₂O、O₃、すす、硫黄製品）を放出する。これらは呼吸する空気の質と健康に影響する。</p>	<p>異なる燃料に対して放出されるエネルギーの単位あたりに生成される二酸化炭素の質量を計算する（反応式と放出される質量エネルギーが提供される）。疫学的資料から、燃焼から生じる微粒子など、特定の大气汚染物質の健康への影響を特定して説明する。</p>
<p>活動や人間の二酸化炭素排出量は、エネルギーや原材料の消費によって直接または間接的に生成されるCO₂の質量である。</p>	<p>ライフサイクル全体にわたる産業用オブジェクト（たとえば、電気エンジンまたはガソリンエンジン搭載車）の影響を比較する。</p> <p>資料から、人間の様々な活動による二酸化炭素排出量を分析し、それを最小化したまたは相殺するための行動を提案する。</p>

生態学的移行シナリオは、将来排出される温室効果ガスの量について様々な仮説を立てる。 それらシナリオは、主に最も脆弱な生態系と人間の生活条件に影響を与える予測可能な変化を評価する。 モデルが提供する予測により、ハザードを定義し、意思決定を導くことができる。適応策は、それらに対処するためのリスクと選択肢の分析から得られる。	CO ₂ の増加が植生の発達に与える影響を分析する。 さまざまなシナリオを提案しているIPCC資料または国際協定からの抜粋を分析する。
前提条件と制限 既知の仕事率の概念と同様に、エネルギーの形態と伝達概念が再動員される。中学校および高校1年の生命と地球の科学で学習した自然リスクの概念が求められる。	

2：エネルギーの未来

エネルギー部門では、電気が経済発展に大きな役割を果たしている。地球温暖化に寄与せずに電力を生産し、他の形態で貯蔵を設計し、輸送を最適化することは、気候と環境の移行の主要な目的になりつつある。
発電機の開発の歴史は、基礎科学、技術、産業界間の交流の実りある例を提供する。

歴史、課題、議論
- 19世紀の電磁気学の台頭。
- アインシュタインと量子。
- 電気エネルギーの配電の歴史的側面。
- 二酸化炭素排出量を削減した代替燃料。
- 核エネルギー使用の課題：核分裂から制御核融合まで。
- 社会における電気化学アキュムレーター。

2.1 2世紀の電気エネルギー
19世紀以来、基礎的な科学研究と技術的発明の進歩により、気候および環境への影響がますます少なくなった実用的で効率的な発電機が開発されてきた。歴史的に、電気エネルギーを得るための技術の開発は、多くの場合、この開発が主要な目標ではなかった研究の結果である実験的発見と理論的進歩に基づいている。このように、基礎研究の結果が予期せぬ技術革新をもたらすことは一般的である。

知識	スキル
交流発電機は、ファラデーによって発見され、19世紀にマクスウェルによって理論化された電磁誘導現象を利用している。化学的エネルギーを電気エネルギーに変換し、潜在的に1に非常に近い収量をもたらす。 20世紀の初めに、物理学は自然の確率的挙動を導入した量子論的描像を通じて概念的な革命を経験した。このようにして、原子の発光スペクトルの離散的な特性が説明される。 半導体材料、特にシリコンの技術的活用もこれらの結果である。これらの材料は電子機器で使用され、太陽光発電センサーで使用される。これらは放射エネルギーを吸収し、電気エネルギーに変換する。	交流発電機の主要な要素（磁場の発生源および移動する導線）を図に示す。 授業で実験的に学習された交流発電機モデルの特性を分析する。 交流発電機の効率を定義し、それに影響を与える可能性のある現象を引き出す。 原子発光スペクトルの解釈と活用。 この材料が太陽光発電センサーの製造に使用される可能性が高いかどうかを判断するために、半導体材料の吸収スペクトルと太陽光スペクトルを比較する。 太陽電池の特性 $i(u)$ をプロットし、この表現を使用して、供給される電力を最大化する使用抵抗を決定する。

前提条件と制限
原子発光線のスペクトルと、既知の特性 $i(u)$ および電気双極子の動作点の概念が使用される。ファラデーの法則は学習指導要領の対象外である。

2.2 電気の利点
電力には多くの利点がある。簡単に安全な配電と低い生態学的影響。非常に広範な配電網の存在。電気エネルギーを他の形式のエネルギーに変換したり、対称的に電気エネルギーを取得したりする効率的なコンバーターの利用可能性。燃焼せずに電気エネルギーを得る方法の存在は、この形式のエネルギーが将来的に果たす中心的な役割を正当化する。

知識	スキル
3つの方法では、燃焼を必要とせずに電気エネルギーを得ることができる： - 直接的（ダイナモ、風力タービン、潮力タービン、水力発電ダム）、または間接的な熱エネルギー（原子力発電所、太陽熱発電所、地熱エネルギー）の機械的エネルギー変換。 - 太陽から受け取った放射エネルギーの変換（太陽光発電パネル）； - 電気化学的変換（従来のバッテリーまたは蓄電池、水素バッテリー）。	様々な一次エネルギー資源から電気エネルギーを取得するためのエネルギー変換チェーンの例を説明する。 エネルギー変換システムの全体的な効率を計算する。 地質資源（レアメタルなど）の使用の結果を示す資料を分析する。 さまざまな基準に従って、さまざまなエネルギー貯蔵の仕組みを比較する（関係する人数規模、貯蔵容量と持続時間、生態学的影響）。

それにもかかわらず、これらの燃焼のない方法は、環境と生物多様性に影響を与えるか、特定のリスク（化学汚染、放射性廃棄物、労働災害など）をもたらす。
特定の生産または消費モードに関連する断続性に対処するには、電気エネルギーを保存可能な形式に変換する必要がある。
- 化学エネルギー（アキュムレーター）；
- ポテンシャルエネルギー（ダム）；
- 電磁エネルギー（スーパーコンデンサー）。

前提条件と制限
電気の法則、電気エネルギーと電力の概念、およびすでに学習した運動エネルギーとポテンシャルエネルギーの概念が動員される。特定のシステムによって保存されたエネルギーの表現は求められない。

2.3 送電の最適化
配電網に沿った配電におけるジュール効果による損失の最小化は、制約下での輸送と最適化の数学的問題の一般的な枠組みに収まる。
これらの問題は線形ではないため非常に難しく、多数の未知の要素やデータを扱う場合はデジタル処理が必要である。
配電ということでここで示されたことは、グラフが、コンピューターネットワーク、ソーシャルネットワーク、金融取引、遺伝子分析などにおける情報の伝達といったさまざまな分野の問題に対処するために使用される数学的モデルであるということである。

知識	スキル
輸送中、ジュール効果によって環境に放散された電気エネルギーの一部は、ユーザーに届かない。 送電線に高電圧を使用すると、安定した輸送電力で、ジュール効果による損失が制限される。	高電圧線をモデル化した電気回路図を作成する。 電力を抵抗、電流、および電圧に関連付ける文字式を使用して、これらの量がジュール効果に与える影響を特定する。
電気輸送ネットワークは、アークが電力線を表し、頂点が配電元、中間ノード、および宛先ターゲットを表す有向グラフによって数学的にモデル化できる。 このモデルの目的は、次の制約の下でネットワーク全体のジュール効果による損失を最小限に抑えることである。 - ソースから出る電流は、分配される最大電力によって制限される。 - 各中間ノードに入る電流は、そこから出る電流に等しい。 - 各ターゲットに到達する電流は、そこで使用される電力によって課される。	有向グラフを使用して単純な配電網をモデル化する。最小化する制約と関数を数学的に表現する。 2つのソース、中間ノード、2つのターゲットのみで構成されるネットワークの例を使用して、ジュール効果による損失を最小化する問題を定式化し、ソースの作成とターゲットの要求に対応するさまざまな数値について問題を解決する。

前提条件と制限
ジュール効果に関連する定量的な関係は、直流で学習している。それらは、交流用に受け入れられている。力率の概念は学習指導要領の範囲外である。
ここでは、高校1年のデジタル科学とテクノロジーの授業で扱われたグラフの概念を動員する。このサブテーマで導入された2種類のモデル、電気回路モデルと数学グラフモデルの違いを強調する必要がある。関数の知識が動員される。

2.4 エネルギーの選択と社会への影響
社会にとって、気候と環境の課題は、現在の状況からエネルギーの変換と使用の持続可能な体制に基づく発展への移行の課題である。この移行の複雑さは、個々におよび集合的に行動することができるパラメータを知り、理解し、優先順位を付ける必要がある。

知識	スキル
避けられない変化への効果的な適応を実施し、それらの悪影響を軽減するために、エネルギーの選択には地球システムの世界的な理解が必要である。 - これらの選択では、多くの基準とパラメータを考慮する必要がある：資源の可用性とニーズの十分性、影響（気候、生態学的、健康、農業）、脆弱性リスク管理、実現可能性、経済的および社会的影響。これらの決定要素の分析は、多くの場合、資源の多様化または開発の探索につながる（エネルギーミックス）。	グローバルな観点から主要なエネルギー選択の影響を分析する：核の例。 あるケーススタディにおいて、示された基準とパラメータに従って、地域的なエネルギーの選択肢を分析する。

<p>－特定のシステム（エネルギーインフラストラクチャ、輸送、工業生産）が惰性によって長期に亘る場合には、行動の緊急性に向い合う必要がある。</p> <p>－社会の生態学的移行は、（消費、旅行、南北関係）といった新たな個人的および集団的行動に左右されるように、科学のおよび技術的創造性に左右される。</p>
<p>前提条件と制限</p> <p>このサブテーマは、テーマ1および2で取り組むすべてのテーマを視野に入れる機会である。中学校および高校1年の「生命と地球の科学」の授業で学習された自然リスクの概念が使用される。さまざまな例を通して、生徒はエネルギーの概念の統一を理解する。</p>

3：生物の歴史

<p>地球には非常に多様な生物が生息している。この生物多様性は動的であり、人類が属する長い歴史に関わる。</p> <p>進化は、生物の世界を理解するための強力なツールである。人間の活動はこの歴史の中で変容し、特定の科学的発明と発見が私たちの種の発展に貢献した。数学は、進化を記述するために、生物のシステムのダイナミクスをモデル化することを可能とする。</p> <p>数学的モデリングプロセスには複数の段階が含まれる：現実の翻訳に最適なモデルのタイプの識別、モデルのパラメータの決定、モデルの結果と観測値の比較。これにより、有効範囲の制限または修正が可能となる。</p> <p>人間は情報を処理する機械を構築し、情報を制御する言語を作成した。人工知能手法により、データ処理機能とコンピューティングのアプリケーション領域を拡大し続けている。</p>

<p>歴史、課題、議論</p> <ul style="list-style-type: none"> －古生物学者による人類の進化の歴史と化石の発見。 －進化の理論とさまざまな分野での応用。 －人口増加の歴史的数学モデル（マルサス、ケトレ、ヴェルフルスト）およびマルサス主義に関する論争。 －主要な医学的進歩の歴史：無菌（センメルワイズ、パスツール）、抗生物質療法（フレミング）、ワクチン接種（ジェンナー、コッホ、パスツール）、放射線学（レントゲン）、移植、化学療法… －生物多様性と人間の行動の影響。 －情報処理の歴史：プログラム可能なマシン（ジャカード、バベッジ）およびコンピューター（ラヴレス、チューリング、フォンノイマン…）への書き込みの発明から。 －フレキシビリティの重大な代償として、コンピュータシステムのバグとセキュリティの脆弱性。

<p>3.1 生物多様性とその進化</p> <p>さまざまな空間的および時間的スケールで生物多様性を評価することは、そのダイナミクスと人間の行動の結果を理解するための大きな課題である。人口は時間とともに変化する。確率的数学的モデルと統計ツールにより、関連する進化メカニズムを学習することができる。</p>

知識	スキル
<p>地球上には多くの種が存在するが、実際に知られているのはごく一部である。生物多様性は、さまざまな環境における種の数（固有の豊かさ）を推定することを可能にするサンプリング技術（標本またはDNA）によって測定される。生物多様性の構成要素は、個体群、種、またはより大きな分類群の個体数によっても説明できる。</p> <p>サンプルサイズを推定する方法はいくつかある。「捕獲 目印 再捕獲」の方法は、サンプルで実行される計算に基づいている。目印された個体の割合が再捕獲サンプルと全母集団で同一であると仮定した場合、後者のサイズは比を計算することで得られる。</p> <p>単一のサンプルから、信頼区間を使用して母集団のサイズを推定することもできる。このような推定値は、サンプルの変動により、100%を厳密に下回る信頼レベルに常に関連付けられている。所定の信頼レベルでは、サンプルサイズが大きいほど、推定値はより正確になる。</p>	<p>野外調査または科学的調査（歴史のおよび/または現在）で得られたデータを使用して、生物多様性（特定の豊かさおよび/または各分類群の相対的存在量）を推定する。</p> <p>サンプリング結果からより大きな個体群または分類群のサイズを定量化する。</p> <p>比例の計算に基づいて、捕獲、目印、再捕獲の方法で個体数を推定する。</p> <p>スプレッドシートを使用して、同じサイズのサンプルをシミュレートして、サンプリングの変動を視覚化する。</p> <p>95%の信頼レベルでの信頼区間に与えられた式を使用して、サンプルで観測された結果から大規模な母集団の未知のパラメータを推定する。</p>

<p>生物学的進化の過程で、種の集団の遺伝的構成は世代ごとに変化する。</p> <p>ハーディ・ワインベルグの数学モデルでは、確率論を使用して、母集団における対立遺伝子伝達のランダム現象を記述する。確率を大集団の頻度（大数の法則）に同化することにより、モデルは、大集団の集団の遺伝構造が特定の条件下で世代間で安定していることを予測する（移行、突然変異および選択）。この理論的な安定性は、ハーディ・ワインベルグ平衡として知られている。</p> <p>自然集団で観測された頻度とモデルの結果の違いは、特に進化の力（突然変異、淘汰、浮動など）の効果によって説明できる。</p>	<p>ハーディ・ワインベルグのモデルの下で2つの対立遺伝子を伝達するために、第1世代の遺伝子型と前世代の遺伝子型の確率の関係を確立する。</p> <p>数学的デモンストレーション、スプレッドシート計算、またはPythonプログラムを作成して、遺伝子型の確率が第2世代（ハーディ・ワインベルグのモデル）から一定であることを証明または指摘する。</p> <p>この数学モデルに基づいたシミュレーションソフトウェアを使用する。</p> <p>ハーディ・ワインベルグのモデルからの逸脱を説明する生物学的進化の状況を分析する。</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>人間の活動（汚染、生態系の破壊、燃焼とその気候への影響、種の乱獲など）は、生物多様性とその構成要素（豊かさの変化 variations を含む）に影響を及ぼし、種の絶滅につながる。</p> <p>人口をより小さな数のサンプルに断片化すると、人口の遺伝的多様性が遺伝的に失われる。</p> <p>生態系の理解と管理は、生物多様性の保全に役立つ。</p>	<p>単純な幾何モデル（グリッド）を使用して、種が利用可能な領域について断片化の影響を計算する。</p> <p>シミュレーションソフトウェアを使用し、遺伝的浮動と対立遺伝子頻度の急速な変化について小数の集団の影響を示す。</p> <p>資料を分析して、少数の集団を保護するための対策を理解する。</p> <p>生態系の持続可能な管理の基準を特定する。近い環境のソリューションを検討する。</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>前提条件と制限</p> <p>（高校1年の授業）で学習した既知の概念である遺伝子と対立遺伝子、対立遺伝子の多様性、自然淘汰、遺伝的浮動、確率の計算、サンプリングの変動が動員される。</p>

<p>3.2 世界を理解するキーポイントとしての進化</p> <p>進化生物学の概念は、いくつかの例を通してここに提示されるように、幅広い説明範囲を有している。進化生物学の概念は、適応、偶然、不測の時と妥協で構成された長い進化の歴史の結果として解剖学を理解することを可能とする。変異と自然淘汰の概念は、人間の実践（医療および農業）と一部の結果を説明する。</p>

知識	スキル
<p>機能が明らかでないか、あるいは驚くほど複雑であるように見え得るが、解剖学的構造は、機能的な観点から驚くべき特徴を示す。解剖学的構造は、私たち自身を含む種の進化の証人である。</p> <p>解剖学的特徴は自然淘汰の結果かもしれないが、一部は機能よりも進化史の遺産によってよりよく説明される。</p> <p>進化により、医学的に重要な生物学的現象を理解することが可能となる。</p> <p>微生物の急速な進化には、予防戦略、ワクチン、抗生物質の適応が必要である。</p> <p>農業革命以来、単作、家畜化、植物検査製品の使用の集中的な実践は、生物多様性とその進化に影響を与えてきた。</p> <p>それにもかかわらず、これらの燃焼のない方法は、環境と生物多様性に影響を与えるか、特定のリスク（化学汚染、放射性廃棄物、労働災害など）をもたらす。</p> <p>特定の生産または消費モードに関連する断続性に対処するには、電気エネルギーを保存可能な形式に変換する必要がある。</p> <ul style="list-style-type: none"> －化学エネルギー（アキュムレーター）； －ポテンシャルエネルギー（ダム）； －電磁エネルギー（スーパーコンデンサー）。 	<p>偶然、変化、自然淘汰、順応の概念を動員して、解剖学的構造の起源を説明する（目の例）。</p> <p>歴史的制約（大動脈弓経路など）、構築上の制約（男性の乳首など）、選択的妥協（出産の困難など）、または現在の退行（歯など）に関連する人間の解剖学的特性を解釈する。</p> <p>進化論の概念を動員して、微生物群が長期的にワクチン（または抗生物質）に敏感にならなくなるか、植物検査製品の使用がそれらに抵抗性のある作物の害虫の発生を促進するかを説明する。</p>

<p>前提条件と制限</p> <p>発生物学や農学についての特定の発展を扱うことは期待されていない。</p>

3.3 人類の進化 古人類学は、化石記録から私たちの起源の科学的説明を構築する。系統発生によってヒト科の現在の種と化石の間の血縁関係の学習ができる。	
知識	スキル
現在の人間の種 (Homo sapiens) は霊長類のグループに属し、特に形態-解剖学的特性と遺伝的類似性を共有する大型類人猿に関連している。最新の共通の祖先を共有しているのはチンパンジーである。	血縁関係のつながりを確立し、系統樹を構築するために、進化的イノベーションから生じる形態-解剖学的特性の比較行列を分析する。 霊長類の種とそれらの血縁関係の遺伝的類似性を関連付ける。
化石の比較分析からの科学的議論により、私たちの起源の歴史を再構築することができる。 300万年から700万年前の化石の研究は、人間の系統に特徴的な革新(二足歩行の延長、下顎骨の形状)を示す。 ホモ属は、現在のヒト種と特に頭蓋容積の発達を特徴とする化石種を統合する。地球上にはいくつかのヒト種が共存した。 微生物叢、言語を含む学習行動、食習慣、道具の使用など、特定の形質は非遺伝的に伝達されている。	形質の学習に基づいて、系統樹にいくつかの化石種を配置する。 ホモ・サビエンスと他のホモの血縁関係、特にネアンデルタール人やデニソワ人とその血縁関係を特定することを可能にした科学的議論を分析する。
前提条件と制限 その目標は、化石とその生物学的特性に対して徹底的なアプローチを行うことではなく、人間の進化の合理的な歴史の構築を可能にする科学的アプローチを提示することである。 中学校で学んだ血縁関係の概念が動員される。共通の進化の革新を特定することの重要性に特に重点が置かれる。	
3.4 人口統計モデル 人口の変化の学習においては、将来の数を予測することは重要であるが、必要とされる資源がどのように変化するかを予測することも重要である。システムの進歩を予測するために、科学者は数学モデルを使用する。マルサスの歴史的な例を提示することにより、(平坦部 palier ごとの変動に対応) する個別のケースにこの数学的アプローチを実装することが可能になる。	
知識	スキル
単純な数学モデルは線形モデルである。 離散量 u は、その絶対変化 $u(n+1) - u(n)$ が一定の場合、整数 n の関数として線形に変化する。この場合、点 $(n, u(n))$ は直線上にある。 一般項 $u(n)$ の数列は算術的(等差数列)である。 現実には、ある平坦部から別の平坦部への絶対的な変化がほぼ一定である母集団に対して、母集団を表す散布図を直線(線形モデル)で調整できる。	$u(n)$ を $u(0)$ と n の関数として表現する。 特に散布図の形で、人口または資源の変化を反映した統計グラフを作成し解釈する。 電卓またはスプレッドシートを使用して、散布図を線で調整し、この線形モデルを使用して予測を行う。
線形モデルは、平坦部間で絶対的な変化 variation が大きく変化 change する量の変化 evolution を表すのには適していない。 離散量 u は、その絶対的な変化 $u(n+1) - u(n)$ が現在の値 $u(n)$ に比例する場合、全平坦部 n の関数として指数関数的に変化する。 この場合、相対的な変化(または変化率)は一定であり、一般項 $u(n)$ の数列は幾何学的(等比数列)である。 現実には、ある平坦部から別の平坦部への変化率がほぼ一定である母集団の場合、指数モデルによって散布図を調整できる。 マルサスの人口統計モデルは、人口増加の指数モデルである。死亡率が出生率よりも高い場合、人口は0に向かって減少し、出生率が死亡率よりも高い場合、人口は無限に向かって増加すると予測する。 マルサスモデルの予測が短期間について正確であるなら、特に利用可能なリソースが不足しているために、マルサスの予測は長期間については非現実的である。 より精巧なモデルは、世界の人口は2050年に約100億人に達すると予測している。	$u(n)$ を $u(0)$ と n の関数として表現する。 人口統計データを使用して、2つの期間の人口の変化率を計算する。 初期サイズ、出生率、死亡率に基づいて、母集団の最終的なサイズを計算する。 マルサスのモデルによって、 n 年後の人口の規模を予測する。 スプレッドシート、電卓、またはグラフ表現を使用して、指数関数的成長を仮定した母集団の倍化時間を計算する。 提供された資料から、食料資源の成長モデル(たとえば、小麦や米の世界生産)を提案し、それを指数関数的成長と比較する。 モデルが提供する値を実際のデータと比較して、その妥当性をテストする。

前提条件と制限 すでに学習されているさまざまな概念: アフィン関数、直線のグラフ表示、整数型の変数の関数、および表記法 $u(n)$ が動員される。指数関数の知識は要求されない。	
3.5 人工知能 人間は、その知能を使用してツールや機械を構築し、世界で行動する力を着実に高めてきた。人間は、これらのマシンを制御できる言語でコーディングできるアルゴリズムの考え方を開発した。今日、人工知能(AI)により、タスクの達成と、これまで人間に残っていた問題の解決が可能となった。画像内のオブジェクトの認識と特定、車の運転、テキストの翻訳、対話など。 壮大なアプリケーションを可能にした人工知能の1つの分野は、機械学習の分野である。	
知識	スキル
20世紀の初めまで、情報を処理する機械は1つまたはいくつかの所定のタスクに限定されていた(リボンまたはパンチカードで織る、パンチカードのデッキをソートする、基準に従ってカードを分離する、これらのカードに示されている値を合計する、...)。チューリングは、10年後に最初のコンピューターで実現されたユニバーサルマシンの概念を最初に提案した。これらは、少なくともプロセッサとRAMで構成される。コンピューターは、テキスト、画像、音声など、デジタル化されたさまざまな性質のデータを処理できる。プログラムはデータでもある。データはコンピューターで保存、転送、処理できる。特に、高レベルのプログラミング言語(Python, Scratchなど)で記述されたプログラムは、各タイプのプロセッサに固有の命令に変換できる。	情報の処理とその自動化に関連する履歴資料を分析する。 コンピューターが使用される日常生活のさまざまな状況をリストし、どのコンピューターがプログラム可能で誰が使用するかを特定する(室内サーモスタット、スマートフォン、インターネットボックス、車のオンボードコンピューターなど)。 特定のオペレーティングシステムで実行可能なファイルを他のファイルと区別する方法を理解する。 画像、音声、動画ファイルのサイズの規模を知る。 テキストページのサイズをバイト単位で計算する方法を知る(ASCIIおよび非圧縮)。
プログラムには最大数億行のコードを含めることができるため、バグと呼ばれるエラーが発生する可能性が非常に高くなる。これらのエラーにより、プログラムが予期せず動作し、深刻な結果を招く可能性がある。	非常に単純なプログラムを前提として、すべての行をテストするための入力データセットを提供する。 単純なバグのあるアルゴリズムまたはプログラムを修正する。
「人工知能」(AI)という用語は、その解決に人間の知能が必要な問題を扱う一連の理論と技術を網羅している。機械学習(または「自動学習」)は、データからトレーニングできるプログラムを使用する。非常に大量のデータ(ビッグデータ)の傾向(相関、類似性)の識別から、予測または意思決定を可能にする数学的手法を活用する。 トレーニングデータの質と代表性は、結果の質に不可欠である。データのバイアスは結果で増幅され得る。	人工知能の応用に関連する資料を分析する。 トレーニングデータから未知の値を推定するために、トレンドライン(回帰ラインとも呼ばれる)を使用する。 人工知能の使用例を分析する。使用したデータのソースと使用した相関関係を特定する。 実際の例では、データの可能なバイアス、代表性の限界を認識する。 AIの一部の使用が倫理的問題を引き起こす理由を説明する。
バイズ推定は、原因の確率をその効果の確率から計算する方法である。機械学習で、特に診断(医療、産業、スパム検出など)を行うために、複雑なシステム内の関係をモデル化するために使用される。これにより、不完全なテストから異常を検出できる。	たとえばある検査に基づく医療診断といったデータから、偽陽性、偽陰性、真陽性、真陰性の頻度を計算するための分割表を作成する。検査結果に応じて病人の数を推測する。
前提条件と制限 確率が頻度に同化されるため、条件付き確率の理論やベイズの式を明示的に使うことなく、マトリックス表について推論することができる。	