

## 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

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° 1 du 22 janvier 2019  
Programme d'enseignement scientifique de la classe de  
première de la voie générale  
NOR : MENE1901573A  
Arrêté du 17-1-2019 - J.O. du 20-1-2019  
MENJ - DGESCO MAF 1  
Annexe  
Programme d'enseignement scientifique de première  
générale  
pp.1-16 の全文

### 翻 訳

#### 前文

すべての理系教科 disciplines scientifiques は、世界、その構造、機能、およびそれを支配する法則の理解、ならびにツールとテクノロジーの習得に貢献している。科学の歴史は、世界の探求（知るための科学 la science pour savoir）と世界での行動（つくるための科学 la science pour faire）に放たれた人間の精神の冒険を物語る。

科学と技術の発展は、人間 êtres humains と彼らが住んでいる社会の生活条件を大きく変えた。これにより、食料、健康、コミュニケーション、輸送などの分野で大きな進歩がもたらされた。その発明のおかげで、人間は今、彼らの身近な環境について影響を及ぼす手段を有している。その影響を通じて、人類 l'espèce humaine は地球規模で均衡を変えている。人間の存在は気候を変える；その廃棄物は蓄積し、天然資源の使用は膨大である。人類が惑星を変貌させる最初の生命形態でないなら、間違いなくそのことを心配する最初の生命である。

特に科学的アプローチのおかげで、人間は世界と社会の

変容に関して意識的で責任ある主体になるために必要な知的ツールを有している。科学的アプローチは、批判的な判断を促進し、倫理的な懸念を満たす。したがって、合理的に見識ある方法によって、個人も集団も、ローカルでもグローバルでも、すべての人が意思決定に参加できなければならない。

科学は、固有の方法によって徐々に知識の集合体を構築していく。一連の理論を開発し、法則を確立し、概念を生み出し、メカニズムを発見する。このセットは、しばしば技術の進化を伴って、新たに知られた事実に向かうことによって完成される。科学的知識は、歴史を持つ集合構造である。科学的知識は合理的な推論と物質的な原因の探究に基づいている。科学的知識は、科学者が挑まなければならないものを超えて最初の直観に対する反証のなかで時々発展する。

科学的知識の歴史とその構築方法の理解、（具体的な次元を含む）科学的アプローチの実際の実践は、すべての人に役立つ精神の質を高める。それゆえ、知識を深めるために、科学に親しむことで、事実やアイデアを前にして誰もが知性、好奇心、理性、謙虚さを伸長する。

科学の教育 ES の本質的な目的は、すべての生徒に一般的な科学的な教育 formation を提供することであると同時に、科学研究を追求し、追求したい人々に支援のポイントを提供することである。百科事典的な知識を構築することを目的とせず、密接に関係づけられた intimement liés<sup>3</sup> の目標の達成を目指している：

- 生徒各々を明晰な人間 personne lucide にし、明晰な人間が何であるか、世界が何であるか、そして明晰な人間の世界との関係を意識できる人間にすることに貢献する。
- 生徒各々が、世界に対する自分の行動の結果を知り、それを制御するツールを持っている責任ある市民となるよう支援する。
- 虚偽の情報や噂に直面して批判的な分析を行うことがで

\* 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

きる、合理的で自律的かつ啓発された精神が生徒各々において伸長できるよう貢献する。

## 学習指導要領 programme

前文で定義された目標 objectifs を達成するために、この学習指導要領は、一方で教育 formation の一般的な目標を指定し、他方で内容の大部分が学際的である一まとまりのテーマ別の目標を提示する。

最初の目的 buts は、生徒がその実践、展開方法、および社会的課題において科学的知識 la connaissance scientifique が特有のものであるということを理解できるようにすることである。テーマの目的は、生徒の科学文化を強化すると同時に、さまざまな状況での科学的推論の自律的な実践の要素を提供することを目的としている。

これら2つの側面は相補的である。教師は各テーマの内容を扱うことにより、一般的な教育 formation の目標を達成する方法を決定する。彼らは、教育 enseignement のこれらの2つの要素の間に公正なバランスがあることを保証しなければならない。

以下の教育 formation の一般的な目標と指導上の提案は、高校2年、3年の2年間にに関するものであり、その学習指導要領は一貫した全体を構成している。特に重要な課題（気候、エネルギー、生物多様性）を伴う特定のテーマは、この2年間の学習指導要領で取り上げられている。

## 教育 formation の一般的な目標

科学の教育 ES は、科学的考察の実践を通じて一般的なコンピテンス compétences を伸ばさんとする。以下に示す目標は、科学の教育 ES の重要な側面を構成するものであり、テーマの説明のみを優先して無視すべきではない。それらは、互いに関係づけられている3つのアイデアにグループ化されている。

### ・科学的知識 le savoir scientifique の性質とその構築 élaboration の方法を理解する

科学的知識は合理的な構築から生まれる。それは信念や意見とは異なる。複雑な現実から抽出された、または実験の過程で生成された事実の分析に基づいている。そして、現実を物質的な原因で説明しようとする。

科学的知識は、議論の交換、時には白熱した論争によって方向付けられたものを長期にわたってまとめて構成されたものの結果である。多くの場合、技術の進歩に関連して、新しい事実を考慮しながら、合理的な確実性が安定しより明確になるのはゆっくりである。この長い知的作業には、論理的プロセスに従って結果が引き出される仮説の定式化が含まれる。これらの用語は、関係する分野に応じて部分的に変化する。

したがって、科学の教育 ES の文脈では、必要な特定の知識 savoir とスキル savoir-faire の習得を、その性質と構造の理解に永続的に関連付けることが大切である。

### ・科学的実践 pratiques scientifiques の特定と実装

科学者は知識を生み出す活動中に、科学者の仕事に特有でない実践でも、不可欠な実践を一定数実施する。

いくつかのキーワードはそれらを提示することを可能にする：観察する、記述する、測定する、定量化する、計算する、想像する、モデル化する、シミュレーションする、推論する、未来を予測する、または過去へさかのぼる。

この教育は、特に議論の実践を通じて、口頭での言語的なコンピテンス compétences の伸長に寄与する。このことは、思考を明確にし、説得するための推論を説明することにつながる。

科学の教育 ES では、本物の科学的実践が実施されるたびに、それを説明し、その性質に気付くことが大切である。

### ・社会と環境に対する科学の影響を特定し理解する

現代社会は、科学とその技術的応用によって大きく変化している。それらの影響は、食物（農業および農業食品）、健康（医学）、コミュニケーション（輸送、情報交換）、学習および反省（人工知能）、自然および技術的リスクの制御、環境保護やその他に及ぶ。

これらの変化 transformations を理解することは、意思決定に不可欠である。純粋に科学的なアプローチを他のアプローチ（経済的、倫理的など）と区別する。

同様に、人間の活動は、科学が理解し制御できる環境に影響を及ぼす。環境に対する人間の活動の影響とその制御は、高校3年の学習指導要領で特に発展される。

科学の教育 ES の枠組みにおいて、環境のような社会の変化 évolution を把握し、この変化を制御するために、今日どのように科学文化が不可欠であるかを全員に理解させるかが重要である。

この教育は、生命倫理と環境責任に関する学習 étude の対象を提供する高校2年の「道徳・市民教育」の学習指導要領とつなぐこともできる。

## 指導についての提案

学習指導要領で一般的またはテーマ別の目的が明確に特定されている場合、それらを達成する方法は、教員または教員チームの指導上の自由 la liberté pédagogique によって引き立てられる。このパラグラフは、この指導上の自由を制限するものでも、その表現を導くものでもない。ただし、いくつかの一般的な指導原則は、設定された目的を達成するために考慮される必要がある。

・実際の複雑なもの **le réel complexe** に触れる教育

科学者は、複雑な現実を解説することで世界をわかりやすくし、そこから分析し、相互作用を解明する要素を抽出する。それにもかかわらず、現実そのものの複雑さを示すために1つ以上の機会をつかむことが適切である。これを行うための好ましい方法は、教室または学校の壁の外（自然の地形、実験室、企業、博物館など）で作業させることである。

複雑さを考慮すると、この教育（科学分野以外を含む）の学際的な性質をもたらすいくつかの分野からのアプローチを交えることも必要である。歴史、課題、討論のセクションでは、様々なコラボレーションの機会を提供する。

・数学にとって特別な場

ガリレオによると、偉大な自然の本は数学言語で書かれている。数学がこの科学の教育 ES の学習指導要領においてその場所を見いだすのは、この精神においてである。さらに、今日の日常生活における数学の遍在（目に見えないことが多いが）は、個人、職業、社会生活で完全に成功するために、誰もが数学的な知識とスキルを持っていることを要求する。学習指導要領で扱われるテーマを扱うことにより、世界の複雑な現実を記述および説明するために使用される方法、モデル、数学的ツールを提示するだけでなく、その進化を予測することができる。同時に、この学習指導要領は、他の学問分野の文脈の中で数学の効果的な実践を生徒に向かい合わせる多くの機会を提供する。この実践により、新たな文脈で、計算、論理的推論、表現のスキルを統合し、数学的モデルの結果に疑問を投げかけることで批判的な精神を行使することができる。

・実験室での観察と実験に充てられた場

資料学習または演習問題の解題が科学的アプローチ *une démarche scientifique* の実装を可能とするのであれば、生徒の実験的実践 *la pratique expérimentale* が本質的である。特に、可能な限り、さまざまな形式の操作と観察に基づいて実験室作業を可能とする条件を整えることを歓迎する。このように、生徒は事実とアイデアの対立に身を置き、それを実践することにより、科学的知識の構築を理解する。

・科学の体系的歴史にとって重要な場

科学知識がどのように構築されるかを理解する方法の1つは、科学の歴史におけるその構築の効果的な経路をたどることである。多くの世代の研究者の仕事が何を必要としていたかを数分で見つける幻想を生徒に与えることの問題ではなく、むしろ、選ばれた少数の段階に焦点を当てることによって特定の発見が果たす重要な役割を理解するための科学の歴史。そのようなことによって研究者によって時

折演じられる圧倒的な役割が強調される。また、科学的知識の歴史が人間の冒険であることを示す機会にもなる。論争は、時には劇的であり、科学界を騒ぎ立てる。このように、少しずつ知識 *savoir* が進歩しより正確になる。

・デジタルツールの明示的な使用

科学の教育 ES において、さまざまなデジタルツールは、アプリケーションを必要とする：計算またはシミュレーションソフトウェア、プログラミング環境、スプレッドシートソフトウェアなど。生徒は、それらの性質と機能についての少なくとも初歩的な理解とその活用を関連づけるべきである。

テーマ別の目標

学習指導要領の続きは、一連のテーマとして現れる。これらのテーマは、（科学的知識の性質とその構築の方法の理解、科学的実践の特定と実装、社会と環境に対する科学の影響の特定と理解）という3つの教育 *formation* の目標に資する。以下にその構造を説明する。

「歴史、問題、討論」セクションでは、一方でテーマに関連するいくつかの歴史的要素を確立し、他方でテーマといくつかの社会的に活発な質問（経済的、倫理的など）の間のつながりを特定する。各テーマにおいて、予想されるアプローチの方法が、少なくともこのリストの1つのアイテムに席を空けておくことを要求する。たとえば、あるポイントを扱うのに歴史的アプローチに従ったり、その倫理的意味を強調したりすることができる。

列の配置は、必要な知識 *savoir* とスキル *savoir-faire* を示している。これらは、特に評価の目的で明確に特定された目標である。それらは、教員または教員チームにすべての自由を与えてプロセスを構築する。この二つの列は、テーマの具体的な期待を示している。教育 *l'enseignement* の目標は、これらの期待を高め、精神を形成し *former*、上記の一般的な目標を達成することである。

「前提条件と制限」セクションでは、以前の授業で学習したことをどのように動員する *mobilisés* かを示し、学習指導要領の要件を指定するための制限について説明する。

1-物質の長い歴史

宇宙における物質の巨大な多様性は、ビッグバンから生命の発達まで、ますます複雑な単位で階層的に組織化された少数の素粒子から説明されている。
<b>歴史、課題、議論</b> ブラウンホッフアーからベータへ：星の要素。 フック、シュライデン、シュワン：細胞の発見から細胞理論まで。 ベクレル、マリー・キュリー：放射能、ラジウムの発見。 金属およびガラス産業。
<b>1.1 組織化のレベル：化学元素 les éléments chimiques</b> 単一の水素元素から、化学元素の多様性はどのように現れるか？ この問題に対処するには、原子核とその変換を調べる必要がある。これは、離散的な変化の数学モデルを導入する機会を提供する。

知識 savoir	スキル savoir-faire
100 個ほどの安定した化学元素の原子核は、初期の水素から星で起こる核反応の結果である。宇宙の既知の物質は主に水素とヘリウムで形成されているのに対し、地球は主に酸素、水素、鉄、ケイ素、マグネシウムから構成され、生物は炭素、水素、酸素そして窒素から構成されている。	宇宙、地球、生物内の化学元素（割合）の豊富さのさまざまなグラフ表現を作成し分析する。 星の核反応の方程式が提供されたら、それが核融合か核分裂かを見分ける。
一部の核は不安定で崩壊する。(放射能)。個々の放射性核の崩壊の瞬間はランダムである。放射性核の半減期は、巨視的なサンプルに最初に存在する核の半量が崩壊するのに必要な時間である。この半減期は放射性核の特徴である。	n 半減期後に残っている核の数を計算する。 残りの核の特定の割合を得るために必要な時間を推定する。 グラフィカルな表現を使用して、半減期を決定する。 年代測定には放射性崩壊を使用する(炭素 14 の例)。
<b>前提条件と制限</b> 核、原子、化学元素、核反応の既知の概念が再動員される remobilisées。さまざまな種類の放射能に関する知識は必要ない。 放射性崩壊中に残存する核の平均の数の変化の扱いは、半減期の倍数の場合に限られる。数列の概念に関する定式化は必要ない。 指数関数と対数関数は、予想される知識の一部ではない。	
<b>1.2 整然とした組織 édifices ordonnés : クリスタル</b> 分子組織化はすでに知られている。このテーマは、物質の組織化の別の形を扱う。結晶状態（鉱物、岩石、骨格などの自然の知識にとって非常に重要）その技術的応用のため。選択された例を介してこの組織を理解すると、立方体の幾何学に関する知識が動員される。空間表現と体積計算のコンピテンスを伸ばす機会を提供する。	
知識	スキル
固体の塩化ナトリウム（岩石中に存在し、または海水の蒸発から）は、イオンの規則的な積み重ねから成っている：これは結晶状態である。	塩化ナトリウム結晶のコンピュータ化された 3D 表現を利用する。 微視的なレベルの格子 (maille) の構造を巨視的レベルの結晶構造につなげる。
より一般的には、結晶構造は、周期的に繰り返される元素の格子によって定義される。結晶型は、格子の幾何学的形状、それを構成するエンティティのこの格子の性質と位置によって定義される。最も単純な結晶は、立方体の幾何学によって特徴付けられる立方体格子によって記述できる。この格子内のエンティティの位置は、単純な立方体と中心面を持つ立方体の結晶格子を区別する。結晶の微視的構造は、その密度を含む巨視的特性の一部を条件づける。	2つの配列（単純立方体と面心立方体）のそれぞれについて： - 格子を遠近法で表す。 - 接線球状の化学物質の場合の充填率を計算する。 - 格子で原子を数え、結晶の密度を計算する。
与えられた化学式の化合物は、さまざまな巨視的特性を持つさまざまなタイプの構造の下で結晶化し得る。したがって、鉱物は、その化学組成と結晶組織によって特徴付けられる。岩は、同じ鉱物または複数の鉱物の結晶が結合して形成される。結晶構造は、生物（シェル、スケルトン、腎臓結石など）にも存在する。	スケールと空間構成の観点から、格子、クリスタル、ミネラル、ロックを区別する。 サンプルまたは画像でそれらを同定する。
アモルファス固体の場合、エンティティのスタッキングは幾何学的順序なしで行われる。これはガラスの場合である。特定の火山岩にはガラスが含まれているが、これは溶岩が非常に急速に固化するためである。	岩石のアモルファス構造または結晶構造とその冷却条件を関連付ける。
<b>前提条件と制限</b> 化学物質、岩石、鉱物の既知の概念が再動員される。目標は、例から結晶状態に固有の物質の構成を示すことである。結晶系と鉱物の多様性についてのみ言及する。結晶状態の記述は、その性質を記述し、その特性を定量化するために、数学（立方体と球体の幾何学、体積の計算、比率）を活用する機会である。	
<b>1.3 複雑な構造：生細胞</b> 自然界では、物質は分子スケールで高次構造に組織化される。ある例がここで提案される：細胞構造。	

知識	スキル
細胞単位の発見は、顕微鏡の発明に関連している。 非常に多くの生物における類似の構造の観察は、細胞の一般的な概念と細胞理論の構築につながっている。 最近では、電子顕微鏡の発明により、細胞内部の探索と、分子レベルと細胞レベルの関係の理解を可能とした。	細胞理論に関連する歴史的資料を分析および解釈する interpréter。 原子、分子、細胞小器官、細胞、生物の大きさの規模を位置づける。
細胞は、形質膜によって外部から分離された空間である。この膜は脂質二重層とタンパク質から成っている。膜構造は、構成分子の特定の部分の親水性または親油性の性質によって安定化される。	細胞のスケールを分子のスケール（形質膜の例）とつなぐ。 親水性 / 親油性の部分が同定された分子から形質膜を図式化する。

## 2-太陽、私たちのエネルギー源

地球はそのエネルギーの大部分を太陽から受け取る。このエネルギーは地球の表面温度を調整し、気候と季節を決定する。それは植物の光合成を可能にし、栄養を介して他の生物に伝達される。	
<b>歴史、課題、議論</b> 熱放射の研究に関する歴史的ベンチマーク（ステファン、ボルツマン、プランク、アインシュタイン）。 社会におけるエネルギーに関する言説：日常使用している語彙の批判的な分析（化石エネルギー、再生可能エネルギーなど）。 陸域のアルベド：主要な気候パラメータ。 気象学 / 気候学の区別。	
<b>2.1 日射</b> 太陽は放射によってエネルギーを地球に伝える。	
知識	スキル
星の水素核融合反応によって放出されるエネルギーは、星を非常に高温に保つ。質量エネルギーの等価性（アインシュタインの関係）により、これらの反応には、時間とともに太陽質量の減少を伴う。 すべての物体と同様に、星と太陽は電磁波を放出するため、放射によってエネルギーを失う。 表面から放射される放射のスペクトル（黒体スペクトルでモデル化）は、星の表面温度のみに依存する。 最大放射波長は、星の表面の絶対温度に反比例する（ウィーン法則）。	太陽から放射される仕事率 puissance のデータから、毎秒エネルギーに変換される太陽質量を決定する。  特定の温度での黒体の発光スペクトルのグラフ表示から、最大発光波長を決定する。 ウィーン法則を適用して、最大放射波長から星の表面温度を決定する。
平らな表面が太陽から受ける放射束 la puissance radiative は、表面の面積に比例し、表面の法線と太陽の方向の間の角度に依存する。 したがって、単位面積あたりの太陽光発電量は次の要素に依存する： - 時間（日中の変動）； - 季節（季節変動）； - 緯度（気候ゾーニング）。	ダイヤグラムで、表面が受け取る仕事率が最大または最小になる構成を特定する。 温度データを分析、解釈、グラフ化する。温度の時間平均を計算する。温度の時間分布を比較する。
<b>前提条件と制限</b> すでに知られているエネルギーと仕事率 puissance に関する基本的な概念が再動員される。 プランクの法則は説明されない：すべてのスペクトル分析はグラフ表示から実行される。 ケルビンで表される絶対温度と摂氏の温度との関係が、ウィーン法則とともに提供される。	
<b>2.2 地上放射バランス</b> 地球は太陽放射を受け取り、地球自体も放射する。収支が生活環境を条件づける。高校2年でこの平衡を理解することで、高校3年で扱う人類による擾乱を扱うことが可能となる。	
知識	スキル
太陽から放出され、地球に到達する総仕事率の割合は、その半径と太陽からの距離によって決まる。 平均的な地上のアルベドによって定量化されたこの仕事率の一部は、地球によって宇宙に拡散され、残りは大気、大陸、海洋に吸収される。	図を用いて、太陽が地球に到達することによって放出される仕事率の割合を計算する。 地上のアルベドが与えられたら、太陽から地面が受け取る総仕事率を決定する。

<p>地面は、単位面積あたりの仕事率が温度とともに増加する赤外線範囲 (10 μ m に近い波長) の電磁放射を放出する。</p> <p>この仕事率の一部は大気によって吸収され、大気自体が地上および宇宙に赤外線を放射する (温室効果)。</p> <p>特定の場所で地面が受け取る仕事率は、太陽から受け取った仕事率と大気から受け取った仕事率の合計に等しくなる。後者の2つは同じ規模である。地面が放出するものと等しい平均仕事率の合計を受け取ると動的とされる平衡 <i>équilibre</i> となる。平均土壌温度は一定である。</p>	<p>波長の関数としての地球大気の大気吸収曲線に関して注釈する。</p> <p>地上で吸収および放射されるさまざまな放射を図で表す。</p> <p>地球の平均気温に対するさまざまな要因 (アルベド、温室効果) の影響を定性的に説明する。</p>
<p>既知の放射線の波長と可視スペクトルの概念が再動員される。</p> <p>この段落の目的は、地球のエネルギーバランスが温度をどのように調整するかを定性的に理解することである。</p> <p>温室効果の理論とステファン・ボルツマンの法則の知識は必要ない。</p> <p>温室効果の強化に関連する地球温暖化は、高校3年で詳細に学習されるが、効果的に言及することはできない。</p>	
<p><b>2.3 太陽エネルギーの生物学的変換：光合成</b></p> <p>惑星が受け取った太陽エネルギーのごく一部の光合成による使用は、すべての生物に必要なエネルギーを提供する (この学習指導要領で言及されていない特定の非常に特殊な環境を除く)。</p>	
<p><b>知識</b></p> <p>クロロフィルによって吸収された太陽放射の一部は、水、ミネラル塩、二酸化炭素からの有機物の合成を可能にする (光合成)。</p> <p>地球のレベルで、クロロフィルは、光合成に利用可能な総太陽光エネルギーの約 0.1% を使用している。葉のレベル (植物の場合) では、光合成は受け取った放射束のごく一部を使用し、残りは拡散、透過、または吸収 (加熱と蒸発蒸散) する。</p> <p>光合成により、生物圏へ、エネルギーを化学的な形で貯蔵する鉱物物質を入れることが可能となる。</p> <p>これらの分子は、呼吸または発酵によって変換され、生物の機能に必要なエネルギーを放出する。</p>	<p><b>スキル</b></p> <p>情報を特定、抽出、整理して、光合成の惑星の重要性を認識する。</p> <p>植物の吸収スペクトルと光合成の作用スペクトルを比較する。</p> <p>葉のレベルでのさまざまなエネルギー交換を図で表す。</p>
<p>地質学的タイムスケールでは、有機物の一部が堆積物に蓄積し、化石燃料 (ガス、石炭、石油) に変換される。</p>	<p>化石燃料またはその環境の岩石の研究から、その生物学的起源を議論する。</p>
<p><b>前提条件と制限</b></p> <p>この段落で有用な生物学と地質学の概念は、すでに知られているが、再動員される (光合成、呼吸、発酵、沈降、化石燃料)。深く掘り下げることなく、異なるスケールでのエネルギーの流れを理解するためにそれらがどのように役立つかを示すことが重要である。</p> <p>細胞および分子メカニズムに関する発展的扱いは必要ない。</p>	
<p><b>2.4 人体の熱収支</b></p> <p>体温は安定している。この安定性は、ここに示す一連のフローによる。</p>	
<p><b>知識</b></p> <p>体温は、細胞の呼吸または発酵によって放出されるエネルギーによって補償されるため、体温は安定したままである。</p> <p>全体として、安静時の日常の状態では人体が放出する熱の仕事率は約 100 W である。</p>	<p><b>スキル</b></p> <p>生物と外部環境との間のさまざまなエネルギー交換を定性的な図で表す。</p> <p>さまざまな活動に対応するエネルギーバランスで、食物のエネルギー摂取に関する定量的データを利用する。</p>
<p><b>前提条件と制限</b></p> <p>既に知られているエネルギーの節約と変換の概念が再動員される。</p> <p>呼吸とすでに知られている食物のエネルギーの役割が再動員される。</p> <p>細胞および分子メカニズムに関する発展は期待されていない。</p>	

### 3-地球、特異な星

<p>膨大な数の惑星の中で特異な地球は、古代研究の対象である。</p> <p>明白な証拠と非科学的な説明が初期の説明を導いた。</p> <p>その形、年齢、動きの科学的理解は、論争が繰り返された長い道のりの結果である。</p>	
<p><b>歴史、課題、議論</b></p> <p>エラトステネス (およびアナクサゴラスの仮説) による地球の子午線の測定の物語。</p> <p>ドランプルとメシヤンによる地上子午線の測定の歴史 (ダンケルクとバルセロナを結ぶ子午線の長さの決定)。</p> <p>メーターの定義の歴史。</p> <p>地球の年齢の研究におけるいくつかの主要な段階: ビュフォン、ダーウィン、ケルビン、ラザフォード。</p> <p>安定した結果に至るための論争問題への科学的アプローチの構築の方法。</p> <p>太陽系の構成をめぐる論争の主要な段階: プトレマイオス、コペルニクス、ガリレオ、ケプラー、ティコブラーエ、ニュートン。</p>	
<p><b>3.1 地球の形</b></p> <p>私たちの知覚スケールの「平らな」環境は、地球の本当の形を隠しており、その理解は長期の考察の結果である。</p> <p>歴史のおよび文化的次元を超えて、地球の表面で長さを計算するさまざまな方法の実装により、計算と表現の数学的コンピテンスを発展させることが可能となった。そして、その実装によって、得られたさまざまな結果や近似モデルの限界について批判精神を行使できるようになった。</p>	
<p><b>知識</b></p> <p>古代から、さまざまな性質の観測により、地球は球形であると結論付けることが可能になったが、局所的にはほとんどの日常の経験では平面に見える。</p> <p>歴史的に、幾何学的手法は、角度または長さの測定から経線の長さ (約 40,000km) を計算することを可能とした: エラトステネスおよび平面三角測量法。</p>	<p><b>スキル</b></p> <p>エラトステネスの方法によって、地球の子午線の長さを計算する。</p> <p>ドランプルおよびメシヤンによって用いられた三角測量の方法により長さを計算する。</p> <p>子午線の長さから地球の半径を計算する。</p>
<p>緯度と経度の2つの角度の座標によって、地球の表面上のポイントを特定する。</p> <p>地球の表面上の2点間の最短経路は、それらを結ぶ大きな円の弧である。</p>	<p>子午線の弧と平行な弧の長さを計算する。</p> <p>地理情報システムを使用して、2つのポイントを地球の表面上の2点を結ぶさまざまな経路の長さを比較する。</p>
<p><b>前提条件と制限</b></p> <p>正弦定理 <math>\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}</math> の知識は要求されない。</p> <p>平面の三角測量 (別の長さとして2つの角度の幅から長さを計算) の原理を実装するために提供されている。</p> <p>弧の長さは、それを切りとる角度に比例することを認めている。</p> <p>すでに生徒が知っている球面上の測定が再動員される。</p> <p>大きな円に沿った2点間の長さの計算は必要ない。</p>	
<p><b>3.2 地球時代の歴史</b></p> <p>地球の年齢は、人間の生活とは無関係の規模である。その斬新的な理解はさまざまな議論をもたらす。</p>	
<p><b>知識</b></p> <p>科学の歴史の中で、地球の年齢に関する現在の知識に到達するために、寒冷期、堆積物の積み重ね、生物学的進化、放射能など、いくつかの議論が使用されてきた。</p> <p>今日正確に決定された地球の年齢は <math>4.57 \times 10^9</math> 年である。</p>	<p><b>スキル</b></p> <p>地球の年齢を理解するために使用される歴史的な議論を提示する資料を解釈する。</p> <p>地球の年齢の科学的論争に関係するさまざまな理論を特定する。</p>
<p><b>前提条件と制限</b></p> <p>目的は、科学の歴史で使用されている議論を詳細に知るのではなく、これらの議論に関連するデータを解釈する方法を知ることである。この例を使って、科学が次々と現れてきた新しい事実を利用して、自然の理解を徐々に構築し、完成させる方法を示すことが大切である。また、複数の専門分野が参加することにより、複雑な科学的疑問が解決されることを示すことも大切である。</p>	
<p><b>3.3 宇宙の地球</b></p> <p>宇宙における地球の動きは、有名で激しい論争の対象となっている。これらの議論のいくつかの側面を学習することで、科学的知識を構築することの難しさを理解することができる。</p>	
<p><b>知識</b></p> <p>星に関して固定された座標系で観測された地球は、太陽の周りをほぼ円形の軌道を移動する。</p> <p>天道説の概念から地動説の概念への移行は、科学の歴史における主要な論争の1つである。</p>	<p><b>スキル</b></p> <p>地動説を議論するために、歴史的な議論を提示する資料を解釈する。</p>

地球中心の座標系で観測された月は、準円軌道で地球を周回している。この回転(フェーズ)の間に変化する側面を示す。また、月は自ら自転し、常に同じ側を地球に向けている。	地球と太陽に対する月の位置に応じて、空の月の外観を解釈する。
<b>前提条件と制限</b> 太陽系の構成はすでに知られている。ここでの重点は、科学の歴史と関連する科学的論争の重要性を通じて、この構成を理解することである。	

4音と音楽、情報の担い手

人間は信号を使って世界を知覚するが、その一部は音である。古代から現代まで、人間は音を調和のとれた方法で組み合わせ、芸術と音楽にし、数学との特権的なつながりを有している。情報学は、音と音楽のデジタル化を可能としている。 聴覚メカニズムの理解は、健康教育の観点の一部である。	
<b>歴史、課題、議論</b> フーリエからの時間周波数解析の歴史。 グランペール、オイラー、ダニエル・ベルヌーイの間の、弦の振動の問題に関する論争。 ピタゴラスからバッハまでの音律の歴史。 作曲の中心にあるアルゴリズム：バッハの音楽の提供から現代音楽まで。 音のデジタル化と圧縮の文化的および経済的課題。 聴覚的な健康。	
<b>4.1 音、振動現象</b> 周囲のありふれた音は、正確な物理的現実を隠す。	
<b>知識</b>	<b>スキル</b>
純粋な音は、時間依存信号に正弦波的に関連付けられている。 周波数 $f$ の周期信号は、 $f$ の倍数の周波数の正弦波信号の合計に分解される。この信号に関連する音は複合音である。 $f$ は基本周波数と呼ばれ、他の周波数は高調波(倍音)と呼ばれる。 音波によって輸送される単位面積あたりの仕事率は、その強度によって定量化される。その音響強度レベルは、対数スケールでデシベルで表される。	ソフトウェアを使用して、サウンドのスペクトルを表示する。 ソフトウェアを使用して、純粋で構成されたサウンドを生成する。 単位面積あたりの音響パワーとデシベルで表される音響強度レベルに関連付ける。
伸びた弦は振動し、その基本周波数がその特性(長さ、張力、線形質量)のみに依存する複合音を発生する。 管楽器では、パイプ内の空気振動によって同様の現象が発生する。	送信信号の基本周波数と振動する弦の長さを定性的に関連付ける。
<b>前提条件と制限</b> すでに生徒に知られている音と周波数の概念が再動員される。 正弦波は、その図形表現から定義される。関数の数学的な構築は想定されていない。 振動弦の特性に応じた基本周波数を与える公式は必要ない。	
<b>4.2 音楽または数学を聞く技術</b> 音の振動現象の数学的分析は、どのようにして芸術作品を生み出すのか？ 音楽と数学は2つの普遍的な言語である。古代ギリシャ人は、比率のピタゴラス理論が音楽の調和の秘密を解き明かすことを目的としていたため、共通の起源をそれらに与えた。それ以来、音楽と数学の進化はお互いを豊かにしてきた。	
<b>知識</b>	<b>スキル</b>
音楽では、2つの音の間隔は、基本周波数の比(差ではなく)によって定義される。 周波数が2/1の比率である2つの音は、2つの異なるピッチで同じ音に対応する。それらの間隔はオクターブと呼ばれる。	
音律は、オクターブに広がる音の有限数列である。 古代では、音律の構築は単純な分数(2/1, 3/2, 4/3など)に基づいていた。 実際、これらの単純な関係にある周波数を持つ音は、協和する唯一のものであると考えられた。 五度は、比率3/2の2つの周波数間隔の間隔である。 いわゆるピタゴラスの音律は、五度圏に基づいている。	五度圏に関連するべき乗と商を計算する。

数学的な理由により、この五度圏は最初の音で「ループを構成」することはない。ただし、5、7、または12の五度圏は、ほぼ「ループを構成」する。関連する音律の場合、最初の音と最後の音を同定するには、サイクルの五度が周波数3/2に正確に対応していないこととなる。	五度圏が無限であることを証明する数学的な推論を確立する。
いわゆるピタゴラス音律の2つの連続する音符の間隔が等しくないため、移調を妨げる。	
無理数の知識は、17世紀に等間隔でスケールを構築することを可能とした。	2の12乗根を利用して、オクターブを12の等間隔に分割する。
<b>前提条件と制限</b> いわゆるピタゴラスの音律の構成は、中学校で分数と力について習得した数学的知識に基づいており、芸術的な文脈でそれらを動員することを可能とする。「平均律」の導入により、無理数の発見が数学の分野以外でどのように応用されるかを理解することができる。 2の12乗根は、電卓の使用に関連して、平方根との類推によって導入される。	
<b>4.3 サウンド、コード化する情報</b> 音、空気振動はコンピュータ媒体に記録できる。デジタル技術は、数学とコンピュータ理論に由来するデジタル化プロセス自体、科学と音の新しいタイプの関係を明らかにした。	
<b>知識</b>	<b>スキル</b>
音声をデジタル化するために、アナログ音声信号が離散化される。(サンプリングと定量化)。 サンプリング周波数が高くなり、量子化が細くなればなるほど、デジタル化はより忠実になるが、オーディオファイルのサイズは大きくなる。 アナログ信号を正確に再生するには、音の少なくとも2倍のサンプリング周波数が必要である。	音をデジタル化するためのパラメータの選択を正当化する。  オーディオファイルのサイズを見積もる。
圧縮では、ファイルのサイズを小さくして、保存と送信を容易にする。「情報の損失」と呼ばれるサウンド固有の圧縮技術は、耳があまり敏感でないサウンド情報を排除する。	圧縮率を計算する。  圧縮されたオーディオファイルの特性と品質を比較する。
<b>前提条件と制限</b> 音のデジタル化の研究は、高校1年の「デジタル科学とテクノロジー」の授業の画像デジタル化の分野で得られた知識に基づいている。	
<b>4.4 音楽を聞く</b> 振動する空気が音楽であるのは、耳がそれを聞き、脳がそれをそのように知覚するからである。しかし、過剰な音は、たとえそれが音楽であっても、ある種の環境のトラブルである。	
外耳道は、外側から鼓膜に向かって鳴る。この振動膜は、これらの振動を中耳を通して内耳に伝える。	外耳と中耳の組織を音の振動の受信と送信に関連付ける。
人間は、約0~120 dBの強度レベルの音を知覚できる。 人間が聞く音の周波数は20~20,000 Hzである。 内耳では、細胞構造(振動する繊毛)が受信した振動と共鳴し、それらを脳に行く神経メッセージに変換する。 振動性の繊毛は壊れやすく、大きな音で簡単に損傷する。損傷は不可逆的であり、難聴を引き起こす可能性がある。 脳の特定の領域は、聴覚神経のメッセージを受け取る。いくつかは、学習後、(言葉 parole、音声 voix、音楽など)音の世界の解釈を可能にする。	有毛細胞の構造を音の知覚と聴覚系の脆弱性に関連付ける。 音の強さを内耳のリスクに関連付ける。 音情報の処理に関連する脳画像データを解釈する。
<b>前提条件と制限</b> 聴覚の生理学に関する深い知識は、学習指導要領の目的ではない。特に、聴覚振動を神経メッセージに変換する方法は必要ない。それは単に、耳と脳のそれぞれの役割を示すことによって、音の物理現象から意識的な聴覚感度への移行を大まかな概要で提示するという問題である。	

## 5.実験およびデジタルプロジェクト

プロジェクトは、実験科学の中心にある測定とそれが生成するデータを中心に展開する。目的は、材料（センサーとソフトウェア）の使用から結果の重要な分析に至るまで、実験的な科学的アプローチの実践に生徒を向けさせることである。

実験およびデジタルプロジェクトには3つの側面がある。

- 授業で実際にセンサーを使用。
- データのデジタル的な獲得。
- これらのデータの数学的処理、表現、解釈。

プロジェクトに応じて、これらの側面のいずれかを多かれ少なかれ発展させることができる。

研究の主題は、プログラムに関係するかどうかに関係なく、自由に選択できる。クラスまたは学校のプロジェクトの一部である場合がある。この作業は、1年を通して連続

的または分散的に12時間以上行われる。それは、小グループで効果的かつ実践的な作業を可能とする物質的な条件の下で組織される。

デジタルについては、ハードウェア（マイクロコントローラーに関連付けられている可能性のあるセンサー）とソフトウェア（スプレッドシート、プログラミング環境）の使用に基づいている。

### 前提条件と制限

このプロジェクトは、測定と不確かさ *incertitude*、センサーとマイクロコントローラーの操作、構造化データとその処理、定量化された記述統計情報、スプレッドシートとプログラミング環境の使用など、以前の授業で習った特定の資産を再動員する。目的は、新しい概念を導入することではない。