

平成27年度 地域志向教育研究プロジェクト推進事業 事業報告書（全8ページ以内）

※番号（記入不要）	19		
①プロジェクト名称：	核型分析を用いた地域住民と本学学生のヒトゲノム・生命科学教育システム		
②プロジェクトメンバー：			
学部学科・所属部署	氏名	役割	
バイオ・化学部 応用バイオ学科	坂本香織	代表	
基礎教育課程	小木美恵子	分担	
情報フロンティア学部 心理情報学科	吉澤達也	分担	
産学連携機構 連携推進室	川本拓見	事務担当代表	
産学連携機構 連携推進室	林 学	事務担当	
③プロジェクトへの参加者数（補助期間終了時）			
学部2年次生	研究室所属学生（大学院生含む）	外部参加者数	
10名	0名	2名	
④関連した主要授業科目名			
授業科目名	対象学年	必修・選択	対象学科
細胞の構造と機能	2	必修	応用バイオ学科
	主な特徴：細胞内外の構造や細胞小器官，細胞膜の構造とはたらきについて学習するとともに，代謝におけるエネルギー物質の役割とその生産機構について学習・思考する。		
授業科目名	対象学年	必修・選択	対象学科
細胞生物学	2	選択	応用バイオ学科
	主な特徴：細胞分裂や細胞死と併せて，遺伝の現象とその機構，遺伝子とDNA，遺伝子の発現（転写・翻訳）について学習・思考する。		
授業科目名	対象学年	必修・選択	対象学科
技術者のための生命工学	全学年	選択	全学科
	主な特徴：生物学を専攻・履修していない学生に対して生物学に関心をもたせ，社会で応用されているバイオ系技術分野や医療分野について学習・思考する。		
⑤事業概要（800字以上1000字以内）			
<p>医工連携を大きな一つの柱と位置付けている本学ならではのヒトゲノムプロジェクトを，今年度に引き続き実施する。ヒトゲノムを構成する遺伝子や染色体，ならびに生命科学に対する知識を本学学生や地域住民が獲得するとともにその理解度を高め，石川県内において，染色体分析技術者を志望する人材への技術・経済的支援の礎を築くことを目的とする。</p> <p>染色体に異常がある精子または卵子が受精すると，染色体異常を伴う個体が発生する。染色体</p>			

個々の増減あるいは部分的増減が発生すると、数百から千以上の数の遺伝子が増減するため、その症例にはさまざまな先天異常が多発する。新生児集団において染色体異常者が占める割合は0.9%程度であると試算されている。それに加え、放射線被ばくなどの外的要因や癌遺伝子の関与などによる内的要因により、染色体異常者の数は、さらに多いと見込まれている。しかしながら、染色体分析技術者数は全国で数百人しかおらず、北陸においては十数人程度に留まっている。医療の分野で遺伝子・染色体解析技術者の需要は今後増大すると考えられるため、そのような人材を北陸で育成するシステムの構築が必要である。

申請者らは、個人が自由に染色体解析を学習できるeラーニング用ソフト「CRASTA」の開発に成功し、実用化に至っている。今年度採択された地域志向教育研究プロジェクトにおいては、学部学生を対象として「CRASTA」を用いた自学学習によるトレーニングの効果を検証し、トレーニングの継続による核型分析時間の短縮や分析技術の向上などの著しい学習成果を見出している。また、冬期には野々市市民を対象とした染色体解析市民講座を開講して染色体分野への啓蒙活動を行い、野々市市民の染色体への関心の高さを体感している。

次年度は、これらの取り組みを学内および野々市市において拡張させ、本学が「知の拠点」となって野々市市や金沢市と連携し、世代の枠組みを超えて地域社会全体にヒトゲノムプロジェクトの啓蒙を行う。将来的には、野々市市を染色体分野における北陸のメッカにするという構想を立てている。

本プロジェクトの優位性

従来型のマンツーマン型の技術指導とは異なる、個人が好きな時間に自律的に勉強することができる染色体分析技術の学習効果は、本学学生により既に検証済である。この、世界に先駆けた学習法を本学から全国に発信していくことにより、染色体分析技術者の育成を目指す。

⑥地域志向教育研究プロジェクトの活動実績

1. 事業計画の変更

当初、平成26年度に引き続いて染色体市民講座を実施してより多い市民への啓蒙活動を行う予定であった。しかし、平成26年度に実施した野々市市民講座に参加した市民が少数で、かつ、ほとんど全員が、講座を開講した時間帯（平日夕方）の関係もあってか、40代以上の中高年齢層の市民であった。本プロジェクトの狙いはあくまでも若い世代に染色体やヒトゲノムの重要性を理解してもらうこと、またそれにより若い染色体解析技術者を育成することを目標としていたため、事業計画を以下のように変更した。

事業計画

H27年4月～H28年2月 本学プロジェクト参加学生の自学自習

H27年6月 本学学生への本プロジェクト事業への参加呼びかけと説明会

H27年9月～10月 高校への出前授業と本プロジェクト事業への参加呼びかけ

H27年10月～H28年1月 本学学生による「CRASTA」を用いた高校生への核型分析技術指導（高校生が来られる時、週1回ベース）、認定試験による核型分析認定証の授与

H28年2月 認定試験による本学学生の核型分析認定

併せて、事業計画書では核型分析技術を向上させるために、教科書を作製することを唱えているが、eラーニングを行うのは学生であるため、eラーニングを体験することによる学生目線での

染色体の識別法を，プロジェクト参加学生に考案してもらう方針に変更した。

2. 本学学生に対する学習機会の提供

2-1. 「CRASTA」を用いた核型解析技術習得機会の提供

まず，正常な核型数十例を含むeラーニングソフトウェア「CRASTA」を用いた。昨年度の本プロジェクトに参加していた学生のうち1名（学生A；当時1年次，応用バイオ学科）が今年度も引き続き本プロジェクトに参加することを決めたため，その学生に自主学習を継続するよう伝えたとこ，同じクラスの学生（学生B）を呼び込み，共に学習を始めた。昨年6月の学生への説明会に参加したのはこの学生A・Bを含む2年次応用バイオ学科の学生5名であったが，その後参加学生が増加し，冬の前には10名となった。したがって，これらの学生は「CRASTA」を用いた核型分析トレーニングの開始時期，プロジェクトにおける「先輩」学生による指導，トレーニング期間，トレーニングの頻度のすべてにおいて，その度合いがまちまちであった。

本プロジェクトに参加した10名の学生のトレーニング試行回数を，表1に示す。

表1 学生のトレーニング試行回数

学生	試行回数(回)	学生	試行回数(回)
A	200以上	F	25
B	200以上	G	24
C	87	H	22
D	81	I	14
E	30	J	11

昨年度のプロジェクト活動において，長期間に渡ってトレーニングを実施した学生3名のトレーニング記録において，トレーニング初期（トレーニング6～15回）とトレーニング後期（トレーニング56～65回）の核型の正解数と解答時間の平均値を比較すると，核型の正解数はトレーニング初期に比べて後期では有意に高く，解答時間はトレーニング初期に比べて後期では有意に短いという結果を得た。この結果は「CRASTA」が核型分析技術習得の独学自習に非常に有効であることを示す。

今年度のプロジェクト活動において65回以上トレーニングを実施した表1の学生A～Dのトレーニング初期およびトレーニング後期（いずれもトレーニング回数と回は昨年度に同じ）の解答時間と核型正答率の平均値を表2，表3に示す。

表2 学生の解答時間(秒)

学生	初期	後期
A	1005	393
B	1021	359
C	940	427
D	668	345

表3 学生の核型正答率(%)

学生	初期	後期
A	85.0	91.6
B	83.4	90.2
C	73.0	69.2
D	65.0	72.8

解答時間においては、全ての学生でトレーニング初期に比べてトレーニング後期で要する時間が半分程度かそれ以下に短縮された（表 2）。この結果は、CRASTA によるトレーニングの積み重ねが、染色体の識別と分別の時間を短縮するのに非常に効果的であることを示している。

一方、核型の正答率に関しては、4 名中 3 名の学生でトレーニング初期に比べて後期で 6~8% 程度の正答率の上昇が見られたが、1 名の学生においてはトレーニング後期で正答率が 4% 弱低下した（表 3）。また、トレーニング初期における正答率にも学生間にばらつきが見られた。

学生 A は、トレーニング初期の正答率が高いが、解答に非常に時間を要していた。このことから、トレーニング初期には正しい答えを見つけることに時間を費やしたのが、トレーニングの継続によって核型識別能力・技術が上昇し、その結果時間が短縮され正答率も上がったと考えられる。また、学生 B は、最初は学生 A に染色体の見分け方を教わってから、トレーニングを開始した。これにより学生 B は、学生 A と同様にトレーニング初期に正答率が高いが解答時間も長かったと推測される。学生 B と学生 C の行動の顕著な違いは、トレーニング期間にプロジェクト担当教員などに染色体識別のコツを尋ねたかどうかである。学生 B の正答率は、トレーニングの継続と教員からのコツの伝授により上がり、一方学生 C は、トレーニングを続けることで解答時間は短縮されたものの、染色体識別については常に同様の間違いをしていたため正答率が上がらなかったと思われる。学生 C の正答率の低下に関しては他に、数十例ある画像のうちトレーニング初期には判別し易い画像（図 1a）を選んでしたが後期の頃には判別しにくい画像（図 1b）に挑戦していた、或いは、トレーニングの初期には「先輩」学生に習って利用していた識別法を忘れてしまったなどの可能性が考えられる。



図 1 CRASTA 画像の一例

a は判別し易い画像、b は判別しにくい画像を示す。

次に、十分な数のトレーニングを積み（表 1）、正常な染色体の核型分析については 6 分程度の解答時間で 90% 以上の正答率を安定して出すことができた学生 A と学生 B（表 2, 3）に、正常な染色体の画像 10 例に加え、異常な染色体の画像 10 例を含む「CRASTA」を提示してトレーニングさせた。異常な染色体の画像は、画像中の染色体の一部を切り取って別の染色体の末端に付着させるような処理をして、転座と呼ばれる染色体の構造異常を含むようにしたものであるが、その異常は重篤な疾患を引き起こす原因となる転座パターンに合致するように合成されており、臨床

的に重要な知見に基づいている。結果、正常染色体画像のみを含む CRASTA でトレーニングした場合に比べ、学生 A、学生 B とも、正答率には大きな変化がなかったが、解答時間が長くなったり短くなったりする不規則性が見られた (図 2)。また、異常染色体を含む画像中に、学生が頻繁に間違える画像 (図 3) が見出されたり、正常染色体の正答率が下がったりするなどの現象が見られた。

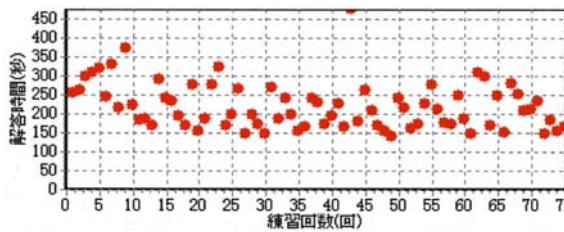


図 2 学生 B の練習結果
横軸が練習回数、縦軸が解答時間を示す。



図 3 学生が間違いやすい画像の例
転座・欠失をもつ染色体を赤丸で示す。

2-2. 本学学生への染色体解析の重要性の伝達、染色体の形態学的知識、および染色体画像作成までのプロセスに関する知識の修得

前述④の細胞生物学の授業で、昨年 11 月に染色体の構造や核型、染色体の異常の種類などについて講義した。また、COC 事業の一環として、染色体画像ができるまでの操作や処理の流れや、染色体異常がどのように起き、その結果どのような体の異常が起こるかを、広島や長崎の原爆、福島原発の事故、骨髄性白血病の例を交え、説明した。一例を図 4 に示す。

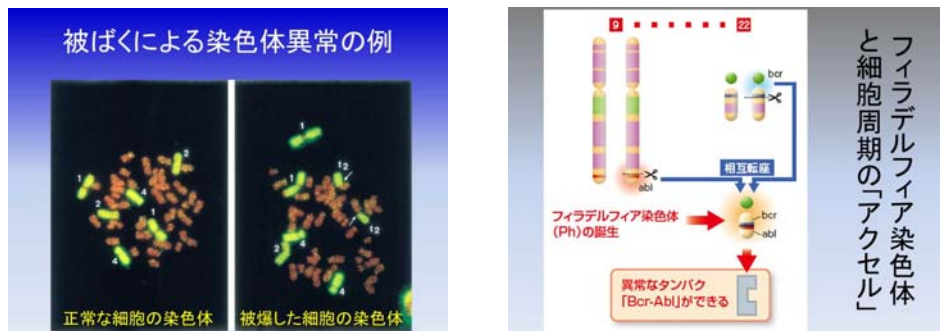


図 4 授業で紹介したスライドの一例

プロジェクトに参加していた学生のうち、学生 B は 9 月にプロジェクト担当教員 (小木) の指導の下で、実際にヒトの細胞から染色体を取り出して、標本作製するという一連の実験過程を経験した。ソフトウェアを用いて核型を分析する材料となる染色体標本作製するのに、どれだけの手間暇がかかるのかを、学生 B はある程度は理解したと思われる。

2-3. 本学学生による指導書作製と認定基準の設定

本プロジェクトの進行に伴い、プロジェクト参加学生が個人で「CRASTA」を用いてトレーニングだけでなく、互いに刺激し合って核型分析技術を向上させる動きが出てくるようになった。その理由の一つは後述する高校生指導のためであるが、それだけでなく、個人個人がこのプロジ

エクトを通して何らかの形で成長しようとするような雰囲気が、少しではあるが感じられた。具体的には、後学期の半ばから学生と事務担当者で学生ミーティングを定期的で開催した。また、高校生の指導に向けての自主トレーニングの強化も行われたようであった。その中で、学生 B が主体となって、染色体を見極めるためのノウハウを集めた「染色体解析マニュアル」を作成した。遅れてプロジェクトに参加した学生にとっては、このマニュアルが、染色体を識別する上で非常に有用であったようである。また、マニュアル作成に伴い、2つの新たな活動が生じた。1つは、プロジェクト参加学生全員が使用している「CRASTA」正常バージョンの画像例を、難易度別に分類するという動きで、主に学生 B と学生 A が仕分けし、35例の画像が難易度 1・2・3 のいずれかに分類された。もう 1つは、個々の染色体にどのような重要な遺伝子が存在するかを知識としてもつために、各染色体のキャラクターを作成する活動が開始された。この活動は現在、ほぼすべてのキャラクターの原型はできたが、学生により強調したい各染色体に固有の遺伝子が違っていることでの意見相違などがあり、まだ完成には至っていない。

本学学生や高校生が「CRASTA」を用いたトレーニングにより核型分析技術を向上させた証として、染色体分析技術における認定証を与えることを決めた。当初は教員間で話し合って入門編と実用編に分け、「CRASTA」正常染色体例のみでの認定が可能であるのは入門編のみとして、初級・中級・上級の基準を設定した。この基準は、高校生の認定の際に用いられた。一方、その後の学生ミーティングにおける学生間の話し合いと多数決で、教員の基準に学生が設定した難易度が付与された。それぞれの基準を表 4、表 5 に示す

表 4 教員による染色体分析技術の入門編における認定基準

等級	条件
初級	時間は関係なく、1問の正答率を80%以上とする
中級	時間は関係なく、3問の正答率を90%以上とする
上級	1問5分程度で、5問の正答率を100%とする(5問で25分程度)

表 5 学生による染色体分析技術の入門編における認定基準

等級	条件
初級	時間は関係なく、難易度1 1問の正答率を80%以上とする
中級	時間は関係なく、難易度 1・2・3 各 1 問で 3 問の正答率の平均を 90%以上とする
上級	5問25分以内で、難易度1・2各2問、難易度3 1問の正答率をいずれも100%とする

3. 本学学生による高校生への核型解析技術指導

昨年 9 月に白山市翠星高校にプロジェクト担当教員 2 名、プロジェクト参加学生 2 名、事務職員 2 名で出向き、教員(小木)がプロジェクトに興味がある高校生 15 名を対象に模擬授業を実施した。また学生が高校生に CRASTA の体験指導を行った。その結果、授業を受けた高校生のうち 2 名が本学における「CRASTA」でのトレーニングを希望したため、11 月～今年 1 月にかけて本学ライブラリーセンター 1 階にて大画面ディスプレイを用いた本学学生による高校生への核型分析指

導を実施した（染色体スクール）. 2名のうち1名は、染色体スクールに数回程度しか来なかったが、もう1名（T君）は、計10回染色体スクールにて大学生による指導を受け、核型分析技術を向上させた.

⑦地域志向教育研究プロジェクトの具体的な成果

1. 本学学生の自主活動による成果

1-1. 核型分析技術入門編における認定

今年2月に本プロジェクトにおいて核型分析技術の認定試験を実施し、eラーニングソフトウェア「CRASTA」によりトレーニングしたプロジェクト参加学生10名のうち9名が、中級または初級（認定条件は表5を参照）を取得した. 認定結果を表6に示す.

表6 核型分析技術認定の結果

学生	A	B	C	D	E	G	H	I	J
等級	中級	中級	中級	中級	初級	初級	初級	初級	中級

トレーニング試行回数と認定の等級の間には概ね相関がみられ、65回以上トレーニングを実施している学生A~Dは、中級を取得した. また、学生Jは10回のみでのトレーニング試行であるにも拘らず、中級を取得した. 学生Jのトレーニングにおける正答率は、11回中8回で90%以上であった. 認定試験に時間制限もなく、難易度の高くない画像例を試験に用いたため、学生Jは中級を取得できたと思われる.

学生Aと学生Bは上級の取得を目指した. 制限時間はクリアしたが、学生Aは1問で1ヶ所染色体の入れ間違いをし、学生Bは2ヶ所で染色体の向きを間違えたため、上級の取得には至らず中級となった. 恐らく、制限時間がミスを訂正する律速条件になったと思われる. 更なるトレーニングと次の認定試験結果に、期待したい.

学生が染色体画像を3つの難易度に分類した. この分類基準について、学生Bのコメントがミーティング議事録に示されているが、一般に言われる判別基準（図1：染色体が太く、長さや動原体の位置が一目で分かるのが判別しやすい画像、染色体が細長く曲がっていたりして、長さや動原体の位置が分かりにくいのが判別しにくい画像とされる）に沿っているのかを、学生に確認する必要があると思われる.

1-2. 指導書

染色体分析技術を向上させるためのツールとして、学生のみで、「染色体解析マニュアル」を完成させた. プロジェクト担当教員が学生から完成版を受け取っていないので、内容については学生に確認するとともに、教員が修正・改善する余地があると思われる.

特に、学生Aや学生Bが完全正答できなかった染色体画像について、学生が間違えた根拠等を学生に訊き、染色体の見方を軌道修正させることができれば、学生の核型分析技術の、より一層の向上につながる事が予想される.

2. 高校生への認定証の授与

今年1月に、計10回染色体スクールで本学学生の指導を受けながらトレーニングをした翠星高校

T君の認定試験を実施し（図5）、T君はめでたく入門編初級を取得することができた。



図5 認定試験中の様子

染色体についての知識が乏しく、核型は恐らく知り得ない高校生が、10回程度のトレーニングで初級認定されたのは、本人の頑張りもさることながら、本学学生の熱心な指導に負うところが大きいように感じる。学生には、高校生指導をした経験を、新たな取り組みに活かして欲しいと、切に願っている。

⑧次年度以降の活動予定

COCプロジェクトでの活動は今年度で終了するが、COC予算で購入したeラーニングツール一式は12号館2階の一角に存続される予定である。これまでプロジェクトに参加していた学生はもとより、使用を希望する学生には使用ができるように、連携推進室で設定いただけると幸甚である（現プロジェクト学生は、次年度に新入生などに呼びかけることを計画している可能性あり）。

現在、プロジェクト担当教員（小木）が、日本学術振興会の小・中・高校生のためのプログラムの公募に、高校生を対象として2日間で染色体標本作製から核型分析までを実施する教室を開催するという内容で、応募中である。採択されれば、本プロジェクトの学生に、高校生を指導した経験と、習得した核型分析技術を活かして、是非手伝って欲しいと思っている。