

平成18年度 山形大学工学部での研究活動

研 究 レ ポ ー ト

「マイコン制御ロボットの製作および動作のプログラミング」

国際文理コース 3年 加藤 真治

【機械システム工学科 水戸部研究室】

「Webサーバの性能測定」

国際文理コース 3年 竹内 健太

【情報科学科 平中研究室】

「環境にやさしい自動車の開発」

国際文理コース 2年 今 大地

【機械システム工学科 黒田研究室】

「脳および生体機能の理解と観察」

国際文理コース 2年 徳 岳 亮 平

【応用生命システム工学科 北嶋研究室・羽鳥研究室】



山形県立小国高等学校

マイコン制御ロボットの製作および動作のプログラミング

山形県立小国高等学校 3年 加藤 真 治

1. 目的

現在ロボットは生活の様々な場面で利用されつつあり役立っている。マイコン制御ロボットを実際に製作し、その基本的な仕組みや制御の方法について理解を深める。

2. 研究概要

ロボットの各部位を動かすモーターはモータードライバで制御されており、それに適切な信号を送るのがP I Cである。よって、P I Cのプログラムを変えることでロボットの動きを制御することができる。

3. 研究内容

（1）P I Cについて

P I C（Peripheral Interface Controller：周辺機器接続制御用 I C）とは、周辺機器を制御するために開発されたマイクロコントローラ（マイコン）と呼ばれる I Cの一種であり、プログラムでその機能を変更することができる。最新の自動車などでも100個以上のマイコンが簡単な制御に利用されている。今回は18ピンのP I Cを使い、3つのモータードライバの制御と赤外線受信モジュールからの信号処理を行った。

（2）マイコン制御ロボットの製作

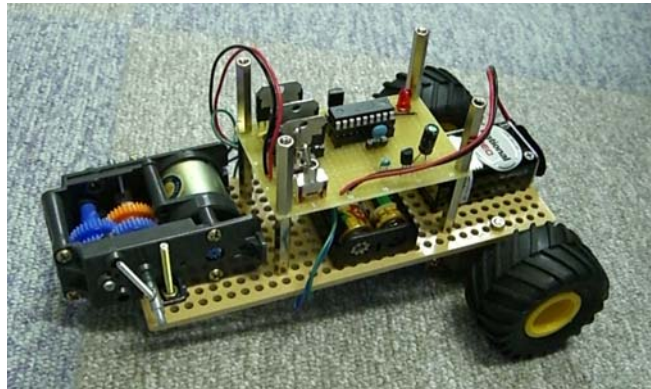
① 電子回路の製作

P I C、モータードライバ、電源用 I C、コンデンサ、抵抗、LED、赤外線モジュールなどの素子を、基板の上にハンダを用い装着固定し、ロボットの心臓部である電子回路を製作する。

② 製作した電子回路の動作確認

出来上がった回路が正しく動作するか、各素子同士が正しく接続されているか、テスターを用い確かめる。

完成したマイコン制御ロボット



③ P I Cのプログラムの書き換え

プログラムとはコンピュータに対する処理を一括して行うための指示文書である。プログラムは文書なので、ある定まった書式や形式（言語）に従って書かれている。コンピュータに使われる言語は色々あり、分類の仕方たくさんある。今回はC言語によりプログラミングを行った。

テレビのリモコンや携帯電話のボタンを押して発信される赤外線の手号で、P I Cがどのような機能をするのかを認識させるためのプログラムを入力し、書き換えした。

④ 制御の方法

P I Cからの信号をモータードライバが受け取り、モーターに動きの手示を出す。例えば、2つのモーターで両輪の動きを制御する場合、両方を動かすという手示を出す、前進したり後退したりする。また、一方のモーターを止め、もう一方だけを動かすという手示を出す、左または右に曲げることができる。さらに、もう1つモーターを取り付けると、アームなどを動かすことができるので、障害物を乗り越えるなどより複雑な動きをつくり出すこともできる。一般的なロボットも、これと同じような仕組みで制御されている。

4. まとめ

電子回路の回路図に書かれている記号などの見方がまったくわからず、何が書いてあるのか理解するのにとても時間がかかった。回路を製作していくうちに、マイコンにも電源が必要で、基板の上でどうしたらうまく電源とつなぐことができるかなどを見つけ出すことができるようになった。また、他の線とつながったり、接触したりしないようにリード線などをハンダ付けするのも大変だった。

モーターはモータードライバで制御され、モータードライバはP I Cによって送られる信号によって制御されているといったように、様々な電子部品が回路上ですべてつながっているとわかった。そのため、回路のつなぎ方を誤るとまったく動かなくなることもあり、その間違いを見つけ出すのに苦労した。

回路のつなぎ方などやP I Cのプログラムを変えることにより、ロボットに複雑な様々な動きをさせることができる。実際に「こういうプログラムを入力すると、ボタン一つでこんな動きをさせることができるのでは」など、自在に動きを変えることができると発見した。しかし、プログラムは大変複雑なもので、1ヶ所でも間違えるとエラーが発生してしまい動かなくなることもあった。

今回製作したロボットに使われている素子では、モーターの回転数を変えることができなかったので緩やかなカーブを描いて進行方向を変えるなどの滑らかな動きはできなかったが、一般的なロボットも基本は同じような電子回路から成り、プログラムを変えることによりロボットの様々な動きを制御していることが理解できた。

最後に、今年もお世話になった水戸部先生をはじめ、丁寧に指導して下さった研究室の皆さん、ありがとうございました。

W e b サーバの性能測定

山形県立小国高等学校 3 年 竹 内 健 太

1. 目的

コンピュータネットワーク上での通信速度は、回線の種類、使用する機器の性能、サーバなどで利用されるソフトウェアの性能や設定などに大きく影響される。今回は特にソフトウェアに注目し、アプリケーションソフトの使用法や、W e b サーバの性能の特徴について学ぶ。

2. 研究概要

コンピュータ間の通信速度は、データ量や接続数などの要因により変化するが、単純に比例し変化するわけではなく、効率良く通信できるデータ量や接続数があることがわかった。

3. 研究内容

（1）W e b サーバの性能

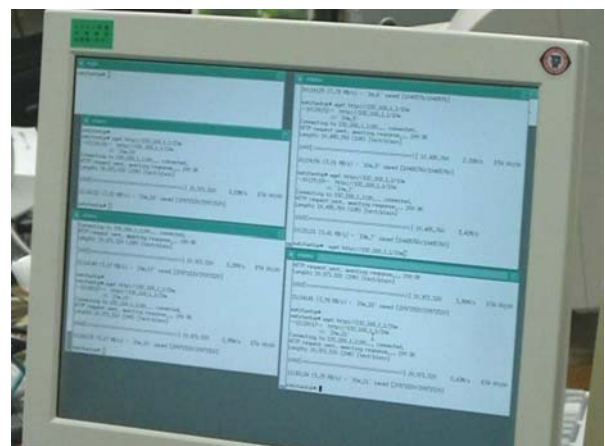
オペレーティングシステム（OS）には様々な種類があるが、今回は様々な基本的な設計に対応できる高性能なOSである FreeBSD を利用した。FreeBSD は BSD と呼ばれる、カリフォルニア大学バークレー校で開発された UNIX に由来しており、多くの人々が参加する開発者チームによって常に開発および保守が行われている。また、未対応のプラットフォームの開発作業も進行中である。

今回はこのOSとW e b サーバソフト（Apache）を使用し、条件を変え通信速度を比較することでW e b サーバとしての総合的な性能を測定した。サーバ側として性能の測定がしやすい低性能のPC（OS：FreeBSD 6.1R，メモリ：128MB，CPU：celeron 667MHz）を、クライアント側としてデータを確実に受け取ることができるように高性能のPC（OS：FreeBSD 6.0R，メモリ：256MB，CPU：celeron 2.4GHz）を使用した。

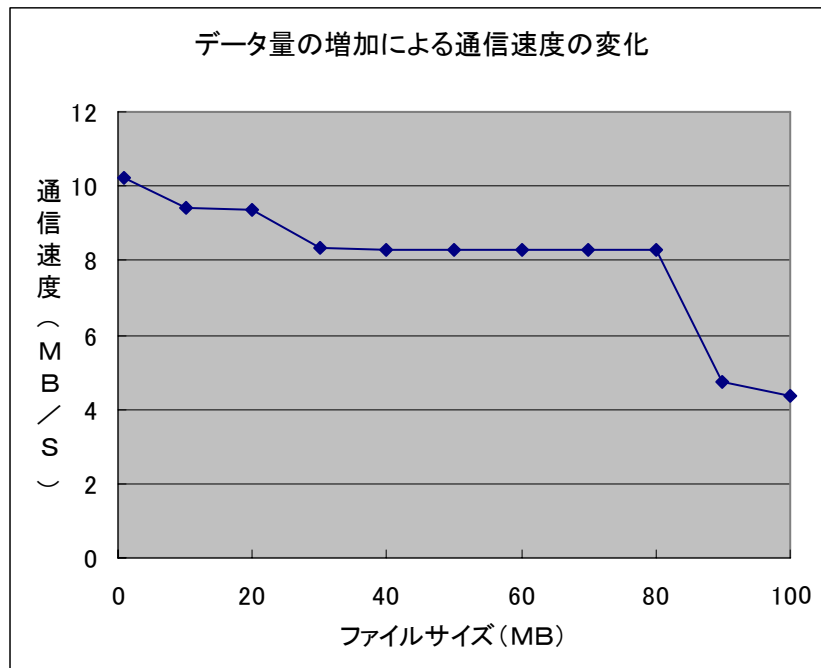
（2）データ量の増加による通信速度の変化

① 実験方法

W e b サーバに 1MB から 100MB までのファイルを用意し、それらのファイルを `wget` コマンドでダウンロードした。`wget` コマンドの出力に表示される時間から通信速度を求めた。このように、様々なサイズのファイルを用意し、それらのファイルをサーバを通してダウンロードする際の通信速度の変化を調べる。



② 実験結果

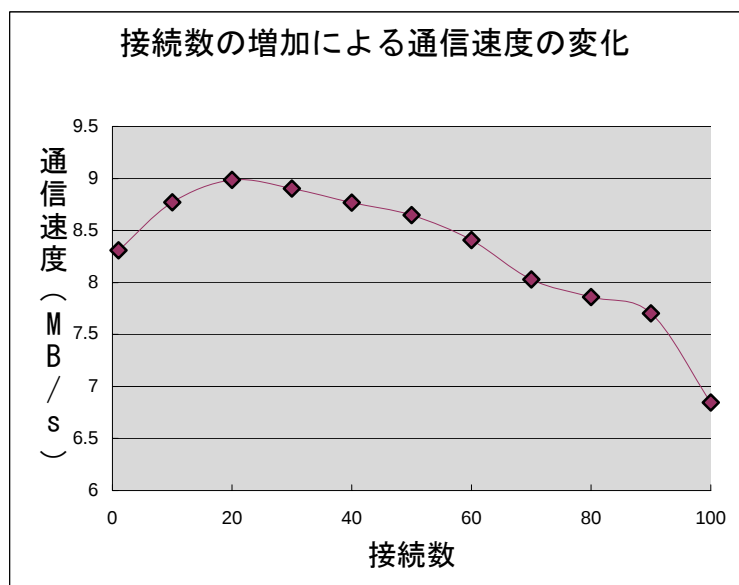


(3) 接続数の変化による通信速度の変化

① 実験方法

Webサーバから 20MB のファイルを `wget` コマンドでダウンロードし、`wget` コマンドを同時に 1 から 100 まで増加させたときの合計ダウンロード時間から、総合的な通信速度を求めた。このように、同じファイルサイズでサーバへのコンピュータの接続数を増やしていき、それによる通信速度の変化を調べる。

② 実験結果



4. 考察とまとめ

今回2パターンの実験を行ったが、データ量の増加による通信速度の変化については、データ量が大きくなればなるほど通信速度が低下することがわかった。ただし、ファイルサイズによらず、通信速度がほぼ一定に保たれる領域があることもわかる。

また、接続数の増加による通信速度の変化については、必ずしも接続数が少なければ速いというわけではなく、接続数20あたりまで通信速度は上昇し、その後は徐々に低下していくことがわかった。

この原因を床屋での仕事の作業効率に例え考察してみる。データ量は客の髪の毛の量に相当し、髪の毛の量が極端に少なかったり多かったりする場合は作業時間にばらつきが出るが、ある程度の平均的な範囲内の髪の毛の量であれば、毛髪量あたりの作業時間はほとんど一定である。

また、接続数は客の人数に相当する。1人当たりの作業時間を30分とすると、客が4人の場合、1人ずつ順番に作業していくと合わせて2時間かかる。しかし、4人同時に作業した場合は、客が入れ替わりをしている間やタオルが温まるのを待つ間に他の客の作業ができる。また、道具を変えずに一度に髪を切ったり、まとめて床を掃いたりすることもでき、時間を短縮し2時間から効率よく作業を終えることができる。

この結果を応用し、サイズの大きなファイルをダウンロードする場合、適切なサイズに小分けし複数の接続数でファイルをダウンロードすることで、通信の高速化が図れないものかと思った。

今回の研究体験では、さらにネットワークやソフトウェアについても学び、コンピュータへの理解を深めることができより興味を持つことができた。

最後に、お忙しい中5日間にわたり指導いただいた平中先生をはじめ、研究室の皆さんに感謝したいと思います。ありがとうございました。



環境にやさしい自動車の開発

山形県立小国高等学校 2年 今 大 地

1. 目的

深刻な環境問題に関連して、自動車の排出ガスの低減と省エネルギー化が世界的に共通した課題となっている。先進諸国では、排出ガス規制を強化するなどの燃費規制の導入が計画されている。このように、環境にやさしい自動車の開発が進められている。

2. 研究概要

自動車の排出ガスの低減と省エネルギー化への対応として、原動機の問題、代替エネルギーの問題、車体構造の問題、生産および開発コストの問題などが考えられる。短期間で実現可能な技術は車体の材質や空力特性を考慮した車体の開発である。

3. 研究内容

（1）原動機（エンジンのような動力源となるもの）について

① 電気自動車

エンジンの代わりにモータと制御装置を搭載していて、ガソリンの代わりにバッテリーに蓄えた電気を使って走る自動車。利点として排出ガスを全く出さず、内燃機関自動車と違い、燃焼・爆発させる必要がないのでとても静かである。また、減速時にエネルギーを回収するもでエネルギー効率も良い。一方、解決が必要な点は、充電時間が長い、一充電走行が短い。電池価格が高いなどがある。

② ハイブリッド車

二つ以上の動力源をあわせ、走行状況に応じて動力源を同時または個々に作動させる。一般的な動力源はガソリンエンジンやディーゼルエンジンとモータで、方式は次の3タイプがある。

＊シリーズ方式: エンジンを発電機として用い、バッテリーに蓄えてモータのみで走行する。

＊パラレル方式: エンジンとモータの効果の良い方を使用し、単独で足りない場合は補助しながら走行する。

＊シリーズ・パラレル複合方式: 電気エネルギーの伝達、機械エネルギーの伝達を最大限に引き出す。

これらの利点として、燃費の向上による排出ガスの低減、騒音が少ない、既存インフラで燃料補給が可能、充電が不要であることなどがあげられる。一方、システムの小型軽量化と適用車種の拡大および価格の低減などがこれからの課題である。

(2) 代替エネルギー（ガソリンの代わりになるもの）について

① 燃料電池

水素と酸素の化学反応で生じる電気エネルギーでモータを回す。排出されるのは水だけで、有害な排気ガスは排出しない。既存車と比較してエネルギー効率が高く、二酸化炭素削減と省エネルギー効果が期待できる。ガソリン内燃機関自動車はガソリンスタンドで燃料を補給するように、燃料電池自動車は水素ステーションで燃料となる水素を補給する必要がある。そのようなインフラを整備し、技術開発と実証研究をすすめ、社会的にも受容されることが必要である。

② バイオマスエタノール

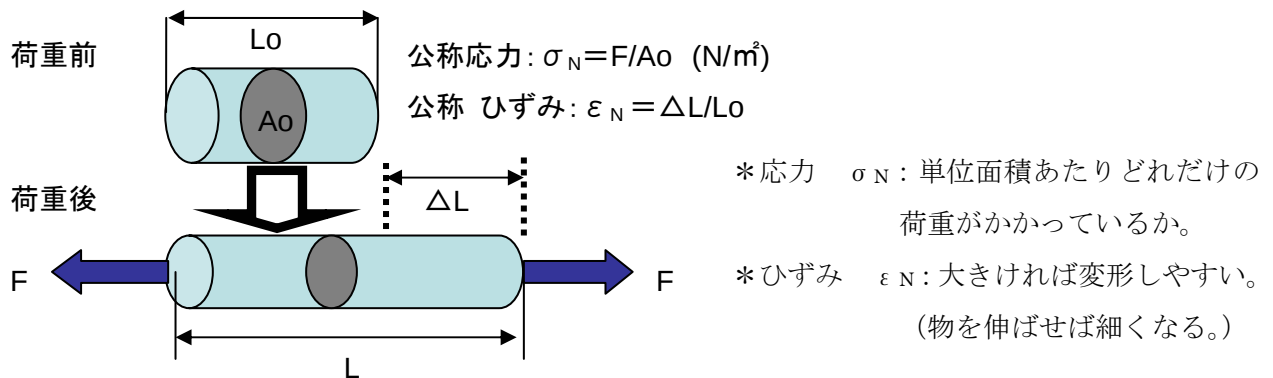
植物が光合成で取り入れた二酸化炭素を排出する燃料であるため、地球温暖化防止のために再生可能燃料として自動車燃料、ボイラー燃料に混合して利用を進める検討が行われている。原料1トンから、木材の場合 200 ㍲程度、バカス（サトウキビの搾り滓）の場合 260 ㍲程度とれる。ただし原料の確保が問題である。

(3) 車体構造について

① 材料の特性

物を作るときの一番重要なところは、そのものに適した材料で作られているかである。これらの材料の特性を知るため、特に自動車に多く使われる材料（鋼とポリプロピレン）を用い、引張試験を行った。引張試験では、材料はどのくらいの力で、どれだけ伸びるかなどの特性を調べることができる。

② 応力とひずみ



③ 引張実験の結果

ひずみが降伏応力を越えなければ元の形に戻る。そこまでを弾性変形という。弾性変形は、荷重が作用している間、常に生じており、荷重を除くと弾性変形分だけ変形が回復する。

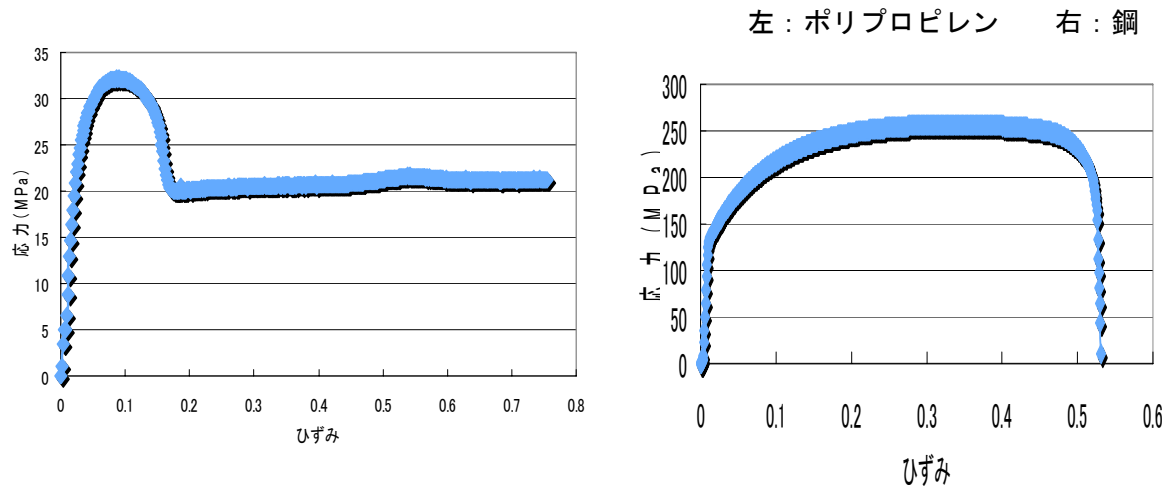


鋼の引張試験

左図：荷重を加える

中図：くびれが生じる

右図：破断する



④ 考察

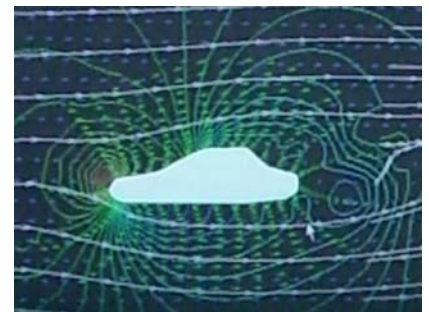
ポリプロピレンは、弾性変形の範囲を超えると応力が一気に下がり、その後一定の応力でずっと伸びる。鋼は、降伏応力を越えてもさらに荷重を加えなければ伸びない。しかし一旦くびれができると、だんだんそこだけ細くなり伸びずにすぐ破断する。また、ポリプロピレンの最大強度が 32MPa なのに対し、鋼の最大強度が 260MPa で約 8 倍もある。

この結果より、ポリプロピレンは強度は劣るが、伸びやすく加工しやすいので、自動車と言えば内装部分などの複雑な形状を作るのに適している。また、鋼はかなりの力を加えても伸びにくいので、ボディーに使われている。しかし、荷重を加えすぎると破断してしまうことから、衝突時の安全性などに考慮した材料も必要である。

また、材料の加工や衝突実験において、現在、材料の種類や寸法、重さなどからシミュレーションのみで確実な加工、衝突時の安全性を確認する技術の開発が進められており、コストの削減に貢献している。

(4) 車体の空力特性について

SUV とスポーツカーで燃費の比較をすると、低速の町乗りなどではあまり差がないが、高速道路などでの走行は速度を上げれば差が大きくなっていく。例えば、100 km/h を出すのに、SUV では約 12kW、スポーツカーでは約 7kW の出力が必要になり、大きな差が出る。このように、車体の形状も燃費に大きく関わっている。



また、自分で形状を考え、コンピュータシミュレーションで空気の流れから生じる渦の様子や抵抗がかかっている部分などを調べることができた。

4. まとめ

今回の体験で自動車の見方が大きく変わった。車の燃費は原動機だけでなく、材料や形状なども大きく関わっている。自動車についてある程度知っていたつもりであったものの、ほとんど無知に近かった。難しい内容であったが興味を持つことができた。

お世話になった黒田先生、研究室の皆さん、いろいろ教えていただきありがとうございました。

脳および生体機能の理解と観察

山形県立小国高等学校 2年 徳 岳 亮 平

1. 目的

これまで脳や生体に関する工学的研究は、医学的研究のわき役的存在として考えられていた。しかし、生物の機能を解明し柔軟な能力をもつ技術を開発するためには、医学と工学の融合が必要である。

2. 研究概要

生物の特徴は「考え」「動く」ことである。脳のはたらきにより、精巧な仕組みで情報を蓄積し処理することで行動を決定する（考える）ことができる。学習や記憶は脳で行われる全ての情報処理機能の基礎である。また、細胞内部でのエネルギーや物質の流れを調べることで、様々な運動の仕組みを理解でき、人工的に生体分子運動を再現させることもできる。

3. 研究内容

（1）脳のはたらきについて

① 脳とコンピュータ

コンピュータは短時間でかなりの桁の計算などの情報処理を得意としているが、人間の脳のように「あいまいなものの認識」「不完全な情報からの推論」はできない。これはコンピュータと脳の情報処理の仕方の違いによるもので、コンピュータがいくら早く情報を処理できても、脳で行われているような瞬時の処理は不可能である。

脳には数百億もの神経細胞（ニューロン）が存在し、複雑に結合してネットワークを形成している。ニューロンは脳の情報処理機能の基本素子である。脳の情報処理機能は「ニューロンネットワークのはたらき」として理解する必要がある。

② 柔らかい脳と固い脳

学習能力の高い動物とそうではない動物との差は、大脳新皮質があるかないかの違いからくる。鳥や魚にも大脳新皮質と似たような部分があるものの、人間の脳との大きな違いは、脳に“遊び”がないところである。それらの脳をそれぞれ「柔らかい脳」「固い脳」と呼ぶ。

「固い脳」の代表は学習能力のほとんど無い昆虫の脳で、間違いの起きないある種完成された脳で決められた役割だけをする事ができる。昆虫の中でもアリやハチの脳はかなり高等な脳だといえる。アリやハチの社会では決められた行動しかない方が都合がいいからである。

「柔らかい脳」は一般的に哺乳類、その中でも特に霊長類で発達している大脳新皮質によって実現されている。哺乳類の脳は鳥類と爬虫類を土台に新しい部分が増えたことで、学習

能力が飛躍する土台が作られた。呼吸器系や循環器系が完成し陸上での空気呼吸が十分できるようになり、体の隅々まで酸素が供給され、身体が消費するエネルギーに余裕ができ、脳に送られる酸素量が飛躍的に増加することで、脳に新しい“遊び“の部分が付け加えられたのである。

哺乳類においては、定期的な行動パターンや本能行動を引き起こす「固い脳」の部分に、新しく積み重なる形で「柔らかい脳」ができています。「柔らかい脳」の底には「固い脳」があるといえる。

「柔らかい脳」に発達した大脳新皮質は、生まれてきたときには何の機能も持っていない“遊び”の部分で、それを何かに利用し始めるのである。機能を持ち始めた頃から、遊びの部分にいろいろな“間違い”が起き始める。間違えることが脳の進化にとって大事なのである。

③ 脳の分析

鳥や魚の小さな脳の分析は、人間の大きな脳と同様、非常に複雑で難しい。どんなに小さい脳でも、理解するのはコンピュータよりもはるかに難しい。

脳が大きくなって理解の幅が増える代わりに、短期間で大きく成長することによって血管系の発達が追いつかず、様々な脳内の血管の病気を引き起こすかもしれないというリスクもある。このように、人間は動物の中でも最も学習能力の高い「柔らかい脳」を持った代償として、進化上のアンバランス（精神疾患）を受けているとも考えられる。

（２）生体機能について

① 細胞骨格とモータータンパク質

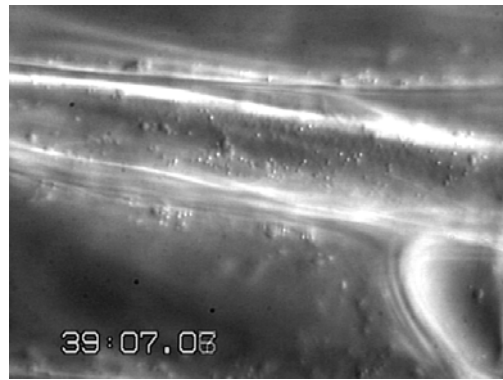
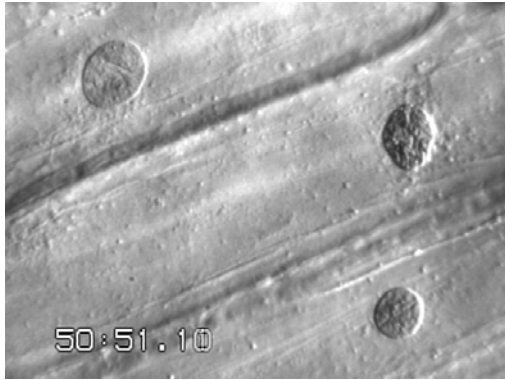
運動にかかわるタンパク質は骨格細胞とモータータンパク質に分けられる。この二種類が互いに作用し運動が発生する。細胞骨格は、繊維状で細胞内に梁のように巡らされており、細胞の形を保ち強度を増すなどの構造的な役割をもつ。一方モータータンパク質は、力の発生や運動機能に特化したタンパク質である。モータータンパク質に含まれるある酵素が分解されるときに発生するエネルギーを利用し、モータータンパク質は細胞骨格との間で相互的に力や運動を起こす。このようにタンパク質は、ただの栄養素ではなく、「分子機械」と呼ばれるほど生命活動を支えるためになくてはならないものである。

タンパク質は何か別の種類のものと相互的に作用することで機能を発揮することが多くあり、その相互間の働きがうまく調節され、次々に物質やエネルギーが受け渡され生命を成り立たせている。

② 細胞の観察と染色（核と原形質流動）

細胞の仕組みを理解するため、細胞の核と原形質流動の観察を行った。

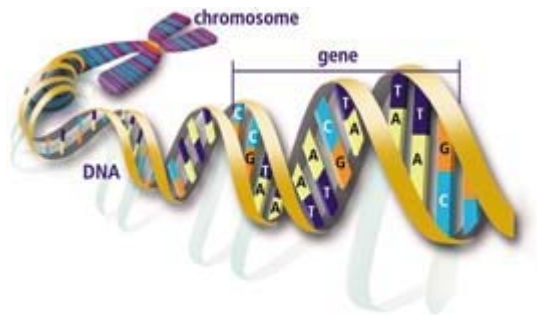
染色液として酢酸オルセイン溶液を調整し、試料として玉ねぎの表皮と根の細胞を用いた。微分干渉顕微鏡を用い像を記録し、細胞や核の大きさ、細胞器官、細胞内の動き、顆粒の速度の計測などを行った。



核（左）と原形質流動（右）の微分干渉顕微鏡による画像

③ DNAの抽出

DNA配列を示す言葉をゲノムといい、ゲノムには重要な情報を持つ遺伝子が数万含まれており、そこにはタンパク質のアミノ酸配列が暗号化されている。遺伝子の実体はDNA（デオキシリボ核酸）という物質で、それは4種類のヌクレオチド（A：アデニン、T：チミン、G：グアニン、C：シトシン）が独自の配列で繋がったものである。

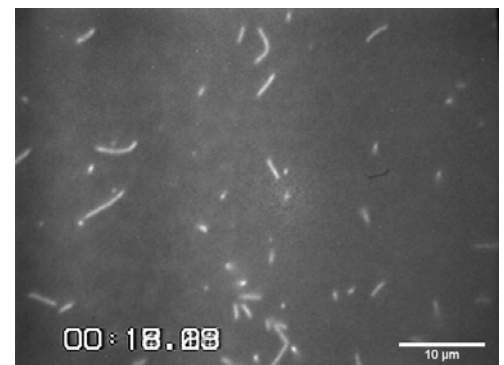


ここではタマネギの核の染色体に含まれるDNA抽出を行った。DNAはある波長のときだけ光を吸収するため、光の吸収率でDNA濃度を算出でき、分光光度計を用いDNA濃度を測定した。

④ 筋肉のタンパク質繊維の蛍光顕微鏡観察

精製されたタンパク質を使って人工的に生体分子運動を再現するため、アクチン繊維を蛍光色素によって蛍光標識することで、顕微鏡下で観察することが出来る。

スライドガラス表面に固定されたミオシン分子上でアクチン繊維にATP溶液（ATP：アデノシン三リン酸生体内での運動のエネルギー源となる）を加えるとアクチン繊維の運動を観察することができる。また、ミオシン溶液やアクチン溶液などを交換しながら加え、すべり速度を測定する。これにより筋肉の収縮運動やすべり運動が理解できる。



アクチン繊維の蛍光顕微鏡による画像

4. まとめ

研究体験に参加する前は、もっと工学的な内容が多いと思っていたが、実際にはいろいろな分野の内容を利用して驚いた。応用生命システム工学科では、生体に関する新しい分野を扱っており、内容も難しかったが興味のわく分野であった。

最後に、お世話になった北嶋先生、羽鳥先生、研究室の皆さん、ありがとうございました。