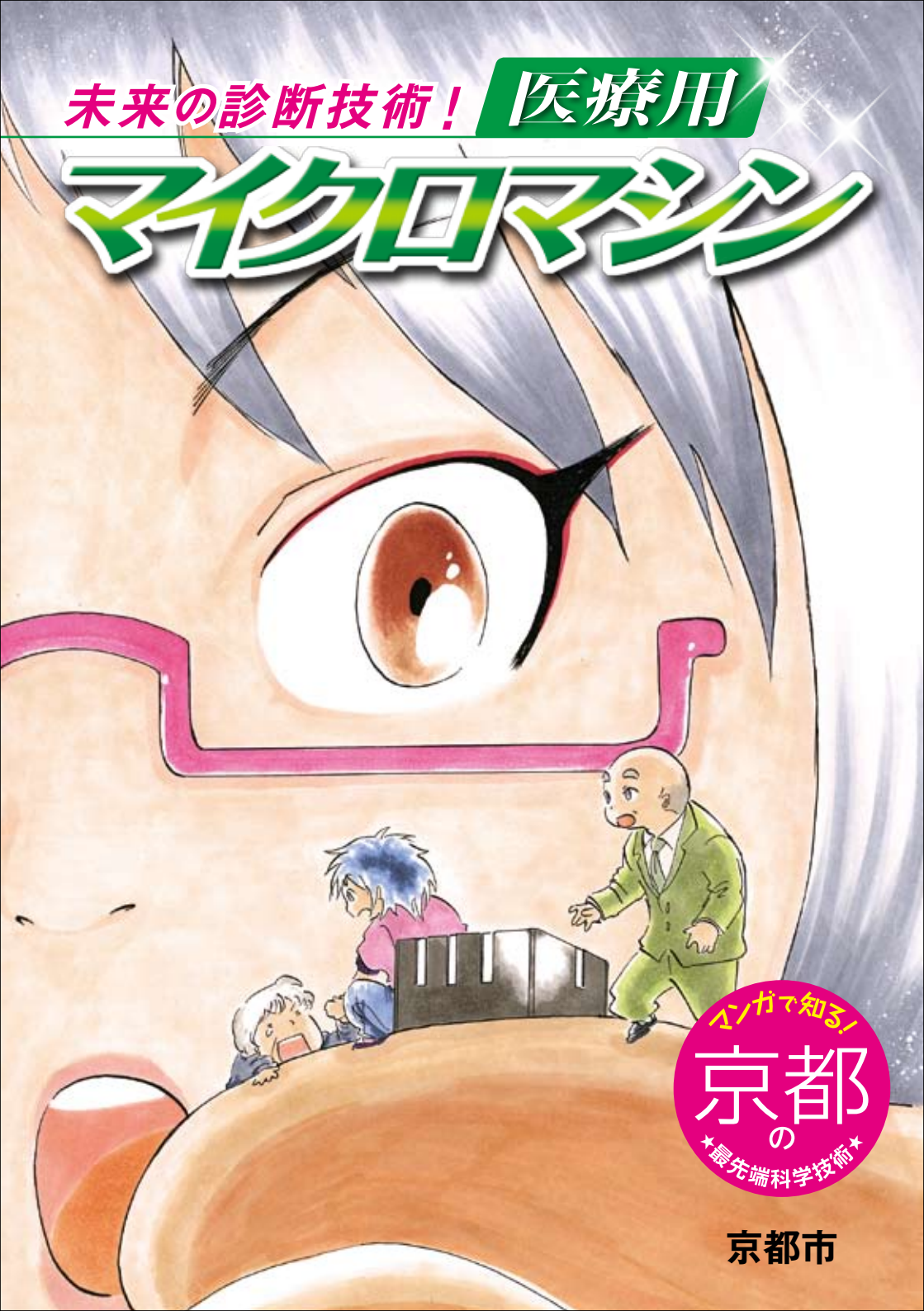


未来の診断技術！ 医療用

マイクロマシン



マンガで知る！
京都
の
最先端科学技術

京都市

はじめに

京都市では、平成14年3月に21世紀の産業振興ビジョンである「京都市スーパーテクノロジーシティア構想」を、平成18年10月にはスーパーテクノロジーシティア構想の行動計画である「京都市産業科学技術振興計画」を策定し、京都経済の活性化に向けて、様々な取組を行ってきました。

特に、京都には最先端の優れた研究を進める大学、独自の技術でグローバルな事業展開を進めるユニークな企業が集積しており、京都市では、これらの大学と企業とともに、産学公連携の下、最先端の研究開発を進めてきました。

これらの最先端の研究で開発される技術は、環境・医療をはじめ、今後の市民生活の様々な場面で大きく活用される可能性のあるものです。

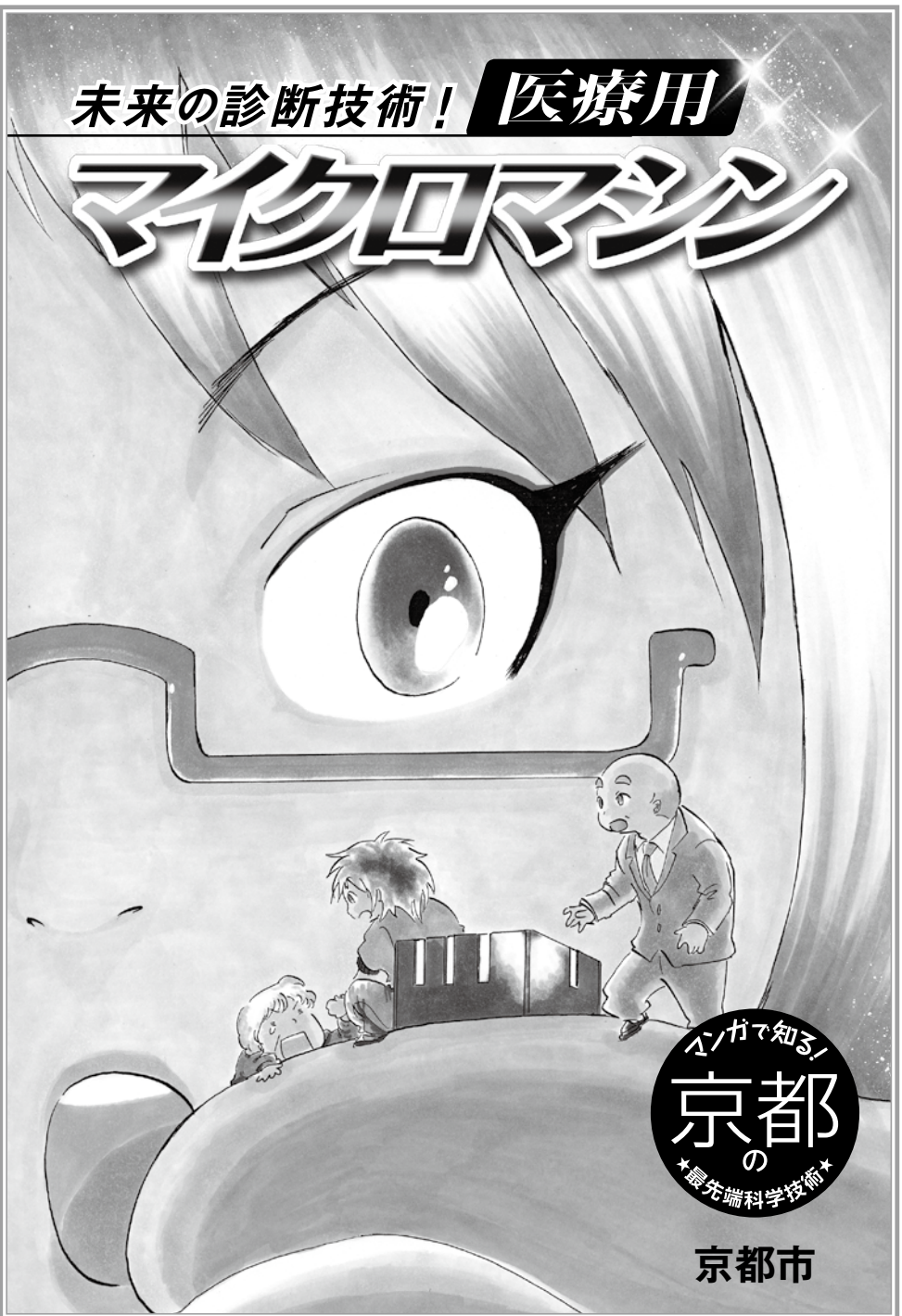
そこで、京都市では、これらの研究をマンガでわかりやすく解説し、最先端の科学技術の内容を理解していただくことを目的に、本書を発刊いたしました。

本書では、独立行政法人科学技術振興機構の支援を受けて実施した地域結集型共同研究事業（*）で取り組んだ研究テーマを紹介します。

小中学生の皆様をはじめ、広く市民の皆様が本書をお読みいただき、京都市の大学、企業、行政等が連携して取り組む最先端の科学技術の内容をご理解いただければ幸いです。

平成22年3月

京都市産業観光局産業振興室



* 地域結集型共同研究事業については、34ページをご参照ください。

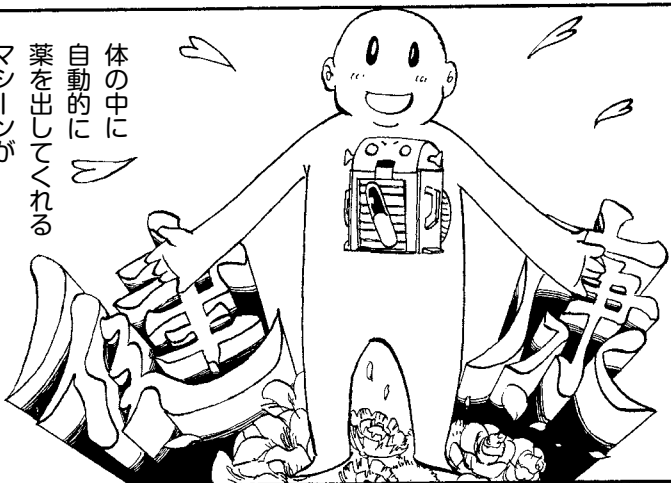
ほんの
一滴の血を
調べるだけで

がんなどが
わかり
防げるように
なったら...

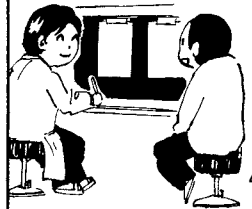


もし病気になる時

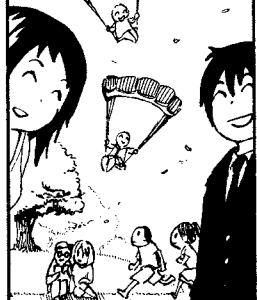
体の中に
自動的に
薬を出してくれる
マシンが入っていたら...



病気に「かかっただけ」で治す
今の時代から



「かかる前に防ぐ」
世の中へ
変わって
いくだろう...



その今回は
そんなまるでSFのような
しかしつとめるのである
未来に向かい
歩み続ける人たちの
魂の軌跡を紹介します!



※がん——特に悪性のがんは、体内のほかの組織や細胞に侵入し、他の離れた組織にも転移することで増殖し、個体ごとには人間の命を脅かす病気のひと。
※軌跡——物事の通過・経過した跡のこと。本文中でつかわれる魂の軌跡とは、人間の葛藤を含めた人間ドラマというような意味で使われている。

とある日曜日



生活習慣病
う〜ん
かあ

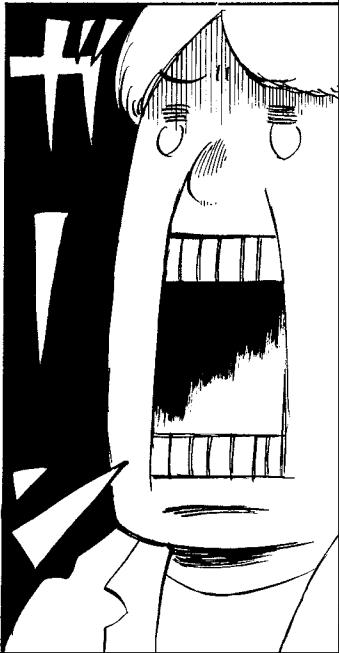


パパ...
メタボなんじゃ
ない?



おあきざり
大木沢 菜乃 (15)

※生活習慣病——糖尿病や高血圧など、生活習慣が発症の原因に深くかかわっていると考えられる病気の総称。
※メタボリックシンドローム——健康の診断基準の一つ。肥満と合わせて、高血圧や高血糖、高脂血症などの症状を患っている状態。最近ではメタボと省略されることが多い。



おつホントだ
こりやメタボだね
父さん



美久郎 (大学生)

あっ美久郎兄さん
おはよう

おはよ
菜乃



新聞の統計による
日本人の死亡原因は

- 1位 がん
- 2位 心臓病
- 3位 脳卒中

となっていて
これらは三大生活習慣病と
呼ばれている！
日々の生活に
気をつけなければ
とてもおそろしいことな
なってしまつのだ！

どうやら
パパさんは
年に1回
人間ドックに
行ってる
ようだけど
具体的な予防は
できていない
ようです…



どうしても
年に1回だけ
じゃねえ…
危機感がね…
わかないっていうか…

終わりだね
終わりよね
やっやめろよう…

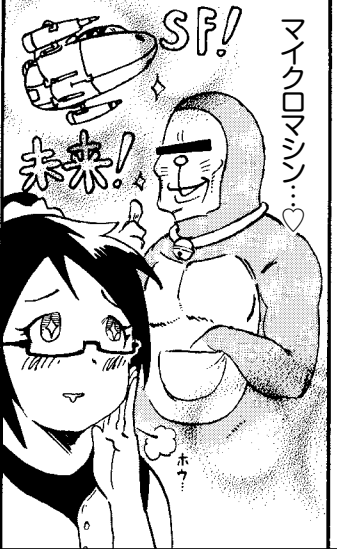


やれやれ
こりや俺も
より研究に力を
入れなきゃな



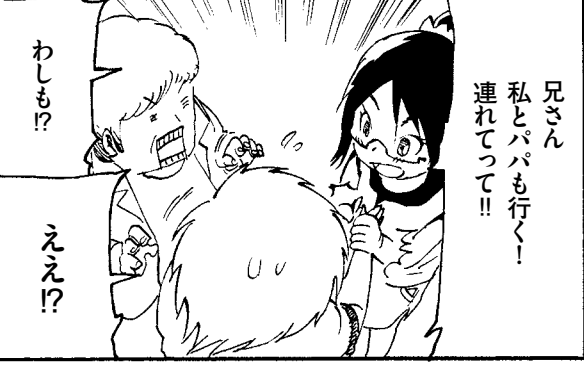
ん？
何の研究？

フフフ！
我が研究室では
生活習慣病やその他
いろいろな病気を
即座に調べることでできる
夢のマイクロマシンを
研究開発しているのだ！！



※マイクロメートル — マイクロは100万分の1。1マイクロメートルは0.001ミリメートルに相当する。

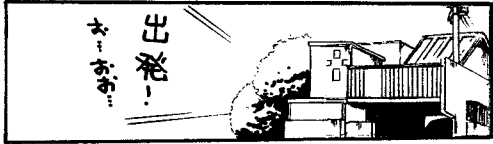
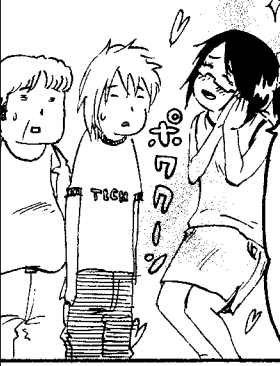
※心臓病 — 心臓の働きが低下する病気の総称。
※脳卒中 — 脳に酸素や栄養を送る血管のつまりや出血などで引き起こる病気の総称。
※人間ドック — 定期的に病院に行き精密検査を受け、普段気づきにくいような病気やその兆候がないか調べる健康診断。



兄さん
私とパパも行く！
連れてって！！

わしも!?
ええ!?

だってマイクロマシンよ？
ステキなことが
ありそつじやない？



ところで兄さん
マイクロマシンって
何なの？

あーマイクロマシンっていうのは
「超小型機械」のことだよ
まあくわしいことはひとまずおいといて
数ミリメートルから数マイクロメートル
くらいまでの大きさの機械のことさ

昨日、菜乃も
それでゲーム
してたじゃん



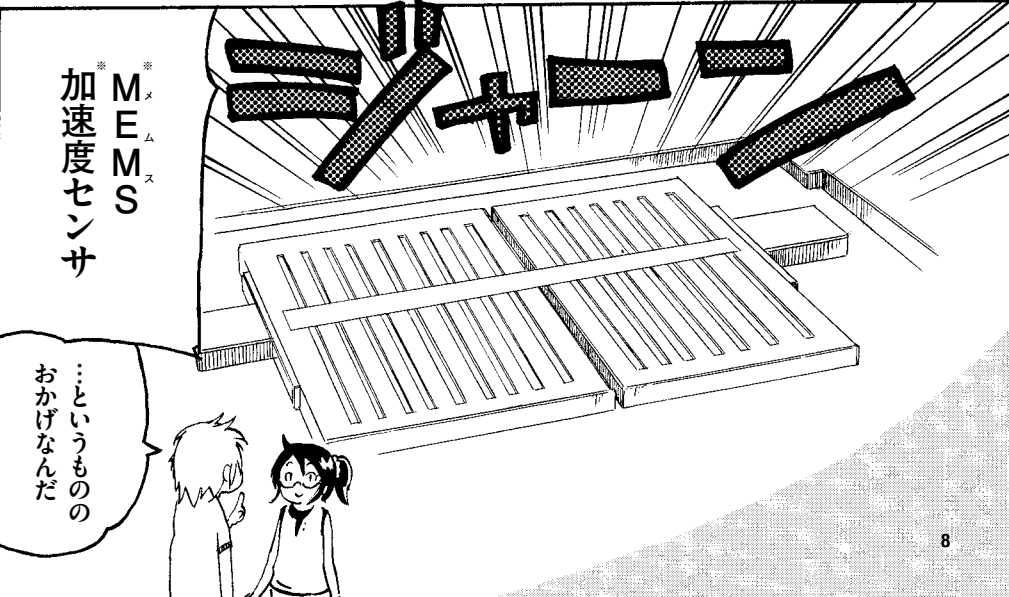
えっあのコントローラーに
ウン!!

ホントだよ
それで人の動きを
感知できるんだよ

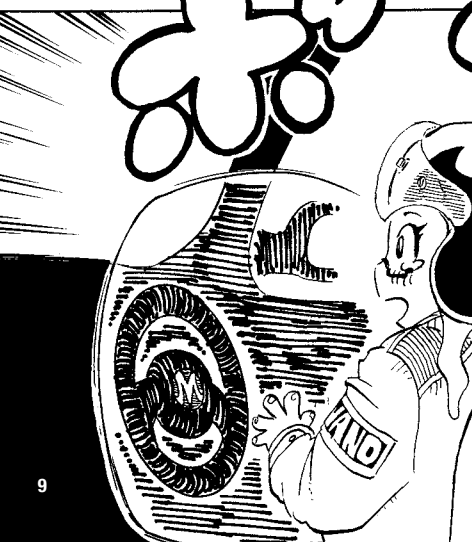
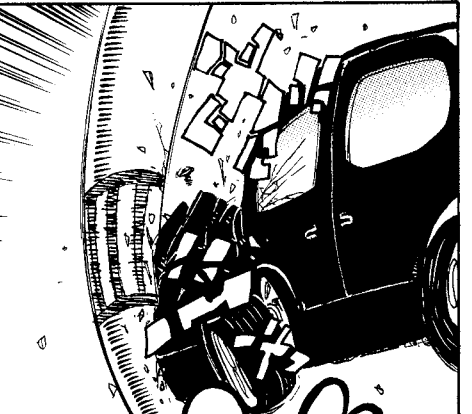
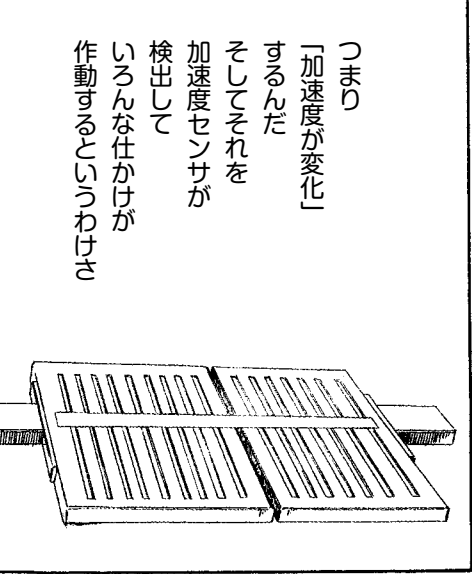
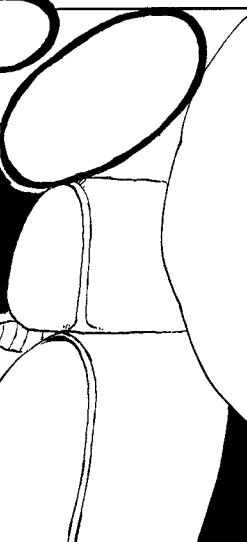
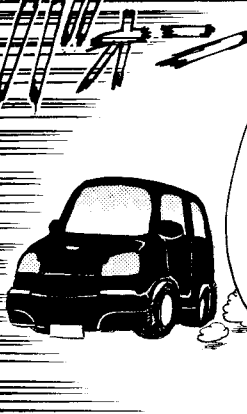
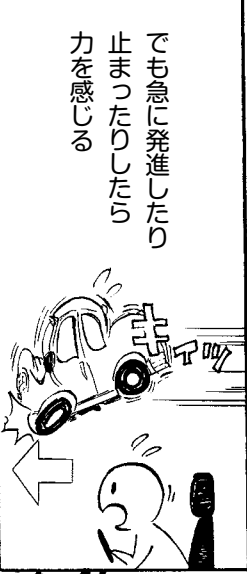
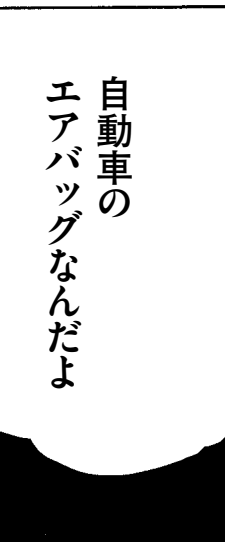
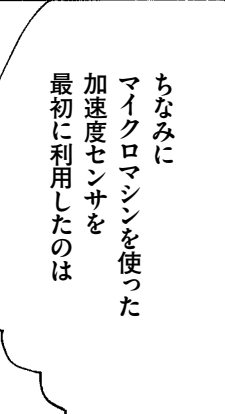
他には!?
他には!?

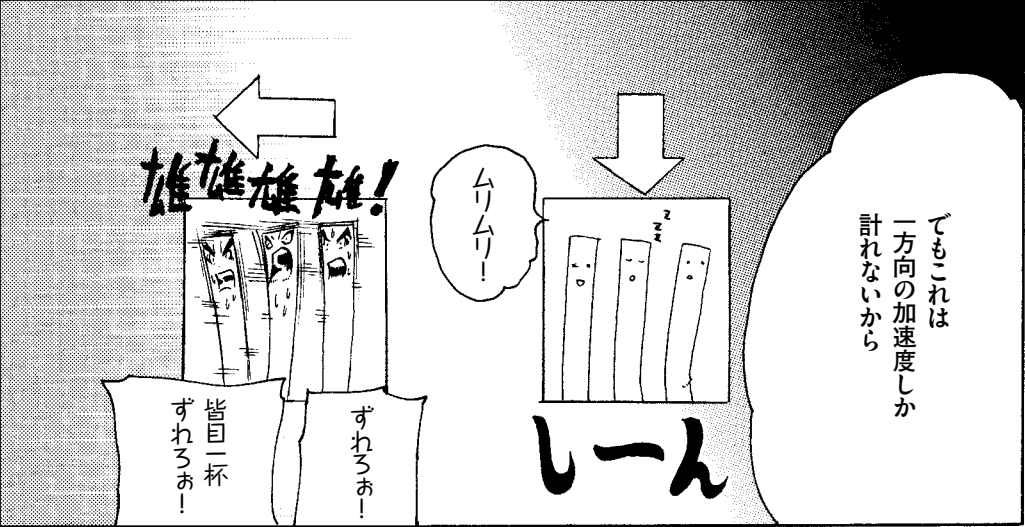


んーそつだなあ



※MEMS＝マイクロマシン、微細機械、半導体製品を作成する技術を利用して制作する数十マイクロから数百ナノメートルのセンサやロボットのことで、
※加速度センサ＝対象が動き出したり止まったりするときに変化する加速度を検出することで、対象の動きの程度を調べるセンサのこと。



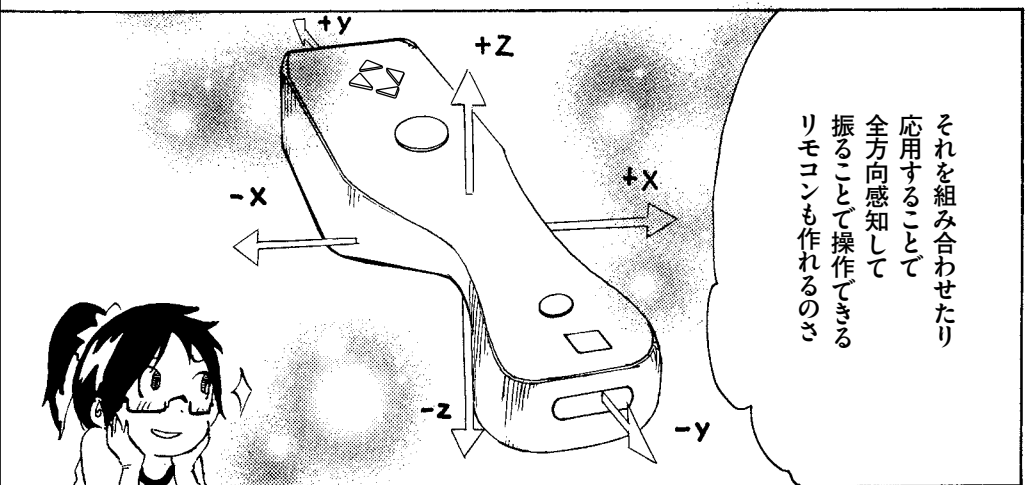


ムリムリ!

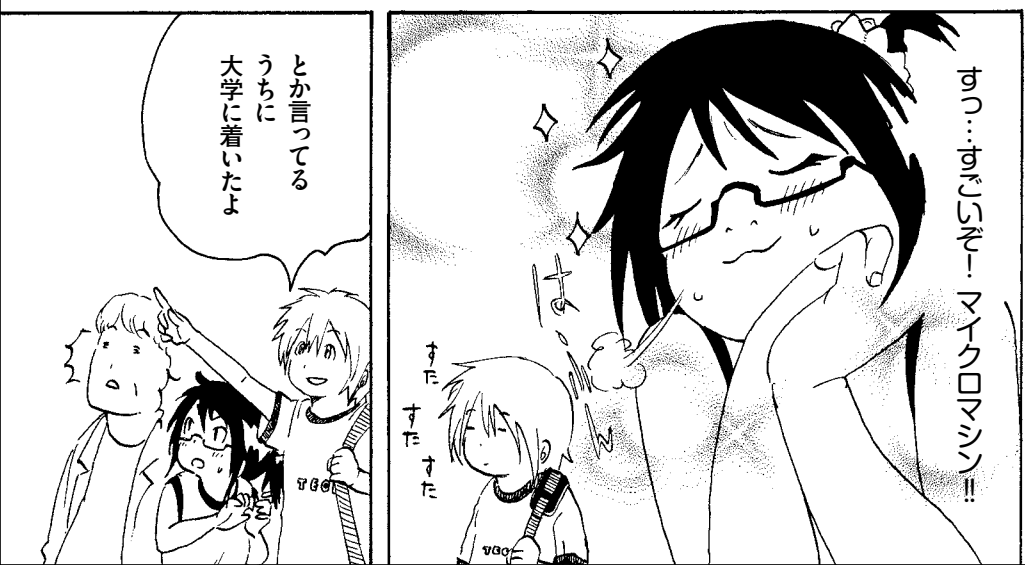
でもこれは
一方の加速度しか
計れないから

皆目一杯
ずわろお!
ずわろお!

しーん

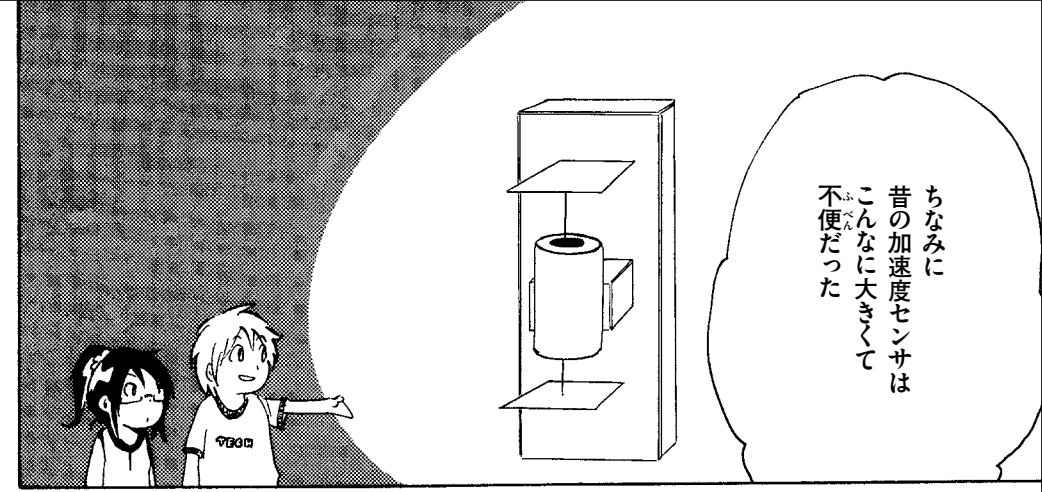


それを組み合わせたリ
応用することで
全方向感知して
振ること操作できる
リモコンも作れるのだ

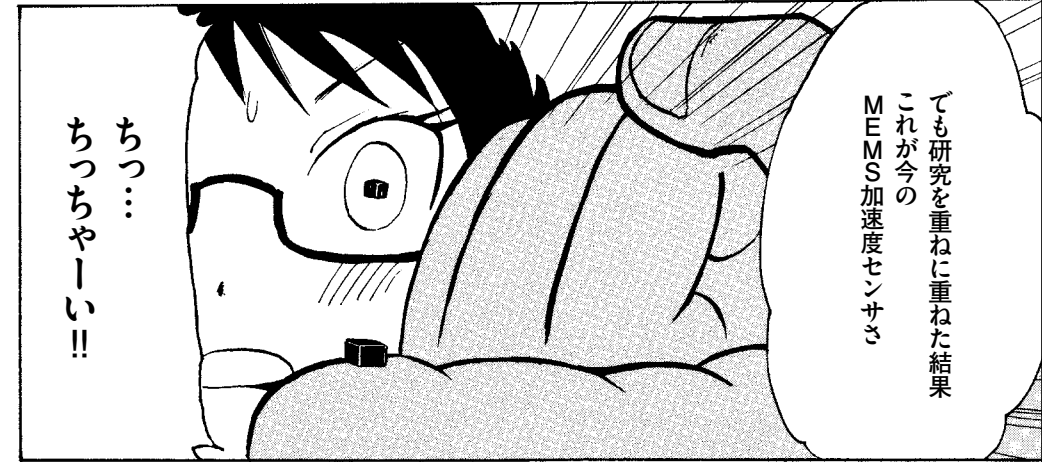


すてきなマイクромニャン!!

とか言ってる
うちに
大学に着いたよ

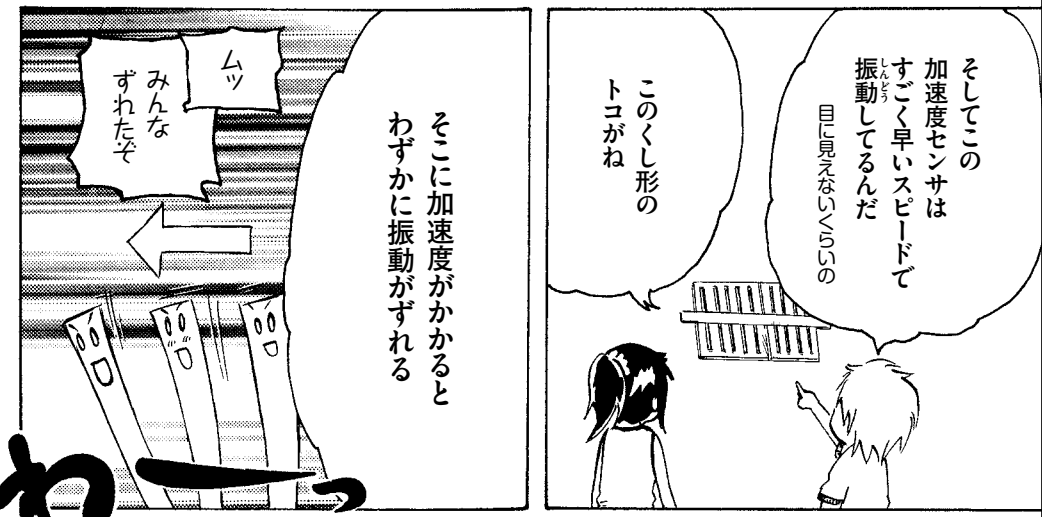


ちなみに
昔の加速度センサは
こんなに大きくて
不便だった



でも研究を重ねに重ねた結果
これが今の
MEMS 加速度センサだ

ちっ..
ちつちやーい!!



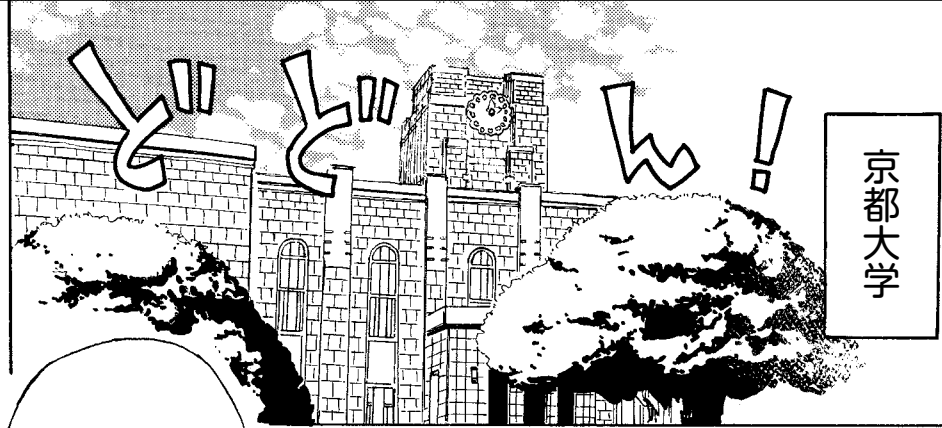
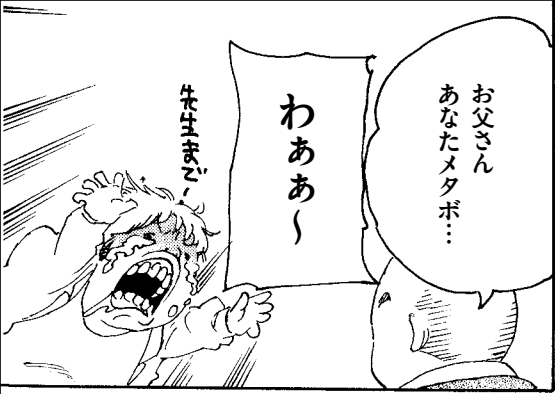
そしてこの
加速度センサは
すごく早いスピードで
振動してるんだ
目見えなVIBSの

このくし形の
トコがね

そこに加速度がかかると
わずかに振動がずれる

みんな
ずれたぞ

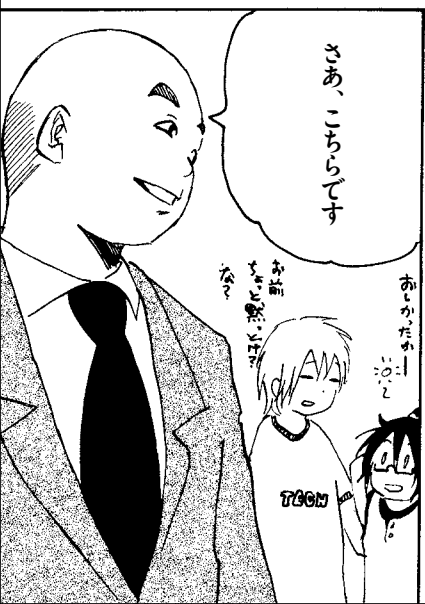
わー



そして
美久郎くんの言うとおり
我々の研究開発は
そうした医療向けの
マイクロマシンの開発に
あるのです！



…なるほど
確かに1年に1回の
人間ドックに行くだけでは
危機感がわかないのも
無理ありません



おは、おはです



うーん
おいしい!!

超小型ロボットが
体の中に入っていて
病気をやっつけるん
ですね!?



医療用
マイクロマシン!



ようこそ
小寺です

紹介するよ
こちらが小寺秀俊先生
京都大学大学院
工学研究科の教授だよ



うちの家族



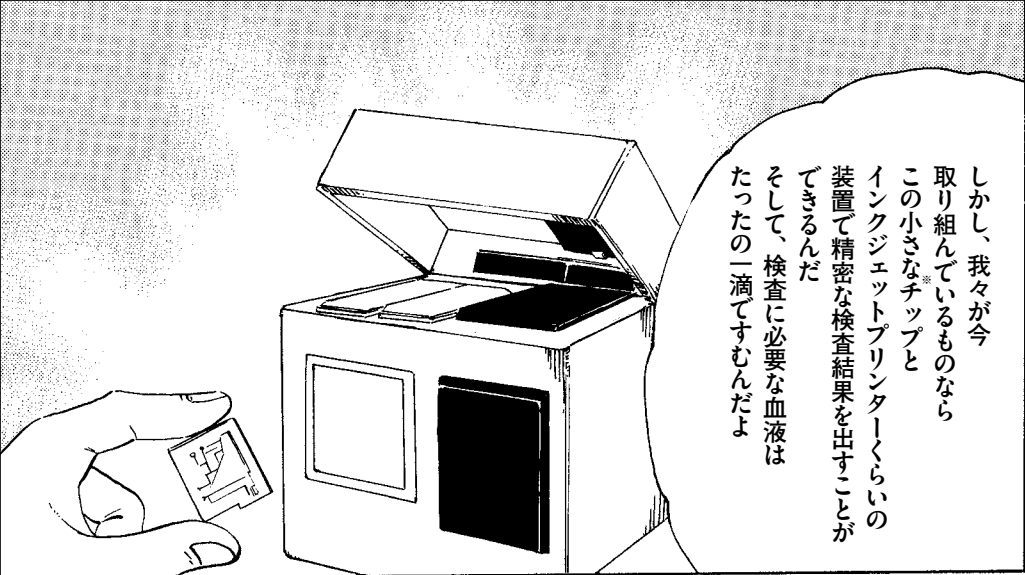
本日は急に
おしかけてしまって…
父です

いえいえ
とんでもない…



今日は
マイクロマシンのことが
知りたくて来ました
妹の菜乃です!

ハッハッハッ
「ナノ」とはまた
いい名前だね



しかし、我々が今
取り組んでいるものなら
この小さなチップと
インクジェットプリンターくらいの
装置で精密な検査結果を出すことが
できるんだ
そして、検査に必要な血液は
たったの一滴ですむんだよ



お父さんももつと
病気に対処しやすく
なるはずですよ

確かにそうですね



つまり、このくらいのサイズに
できれば、町の小さな
お医者さんのところでも
大きな大学病院に検査を
依頼することなく気軽に
精度の高い検査や診察が
受けられるようになるんだよ



うん それでは
具体的に見て
いこうか!



でも、先生……
こんな小さなチップでどうやって?

※チップ——微細加工が施された微小片のこと。本文中では、検査装置の検出部品のことを指している。



まずPET、CT検査



さて、菜乃ちゃんは
がんを見つける方法は
どのくらいあるか
知っているかな?

わかりません!
即答だー!



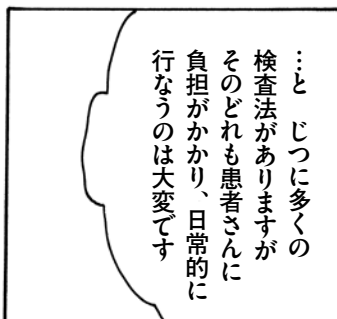
※内視鏡検査
(胃カメラなど)



※超音波検査



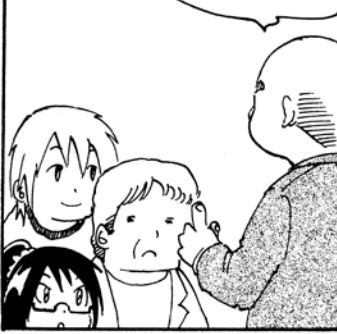
※MRI検査



……と、じつに多くの
検査法がありますが
そのどれも患者さんに
負担がかかり、日常的に
行なうのは大変です

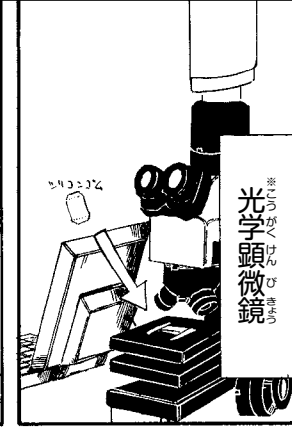


レントゲン検査

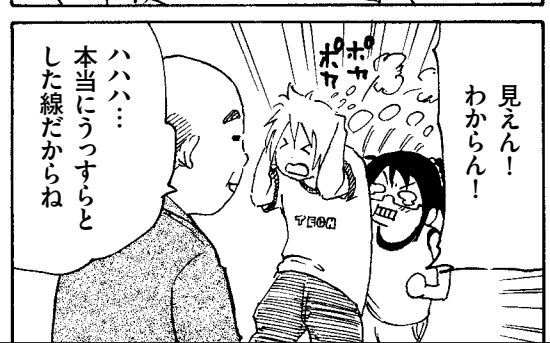
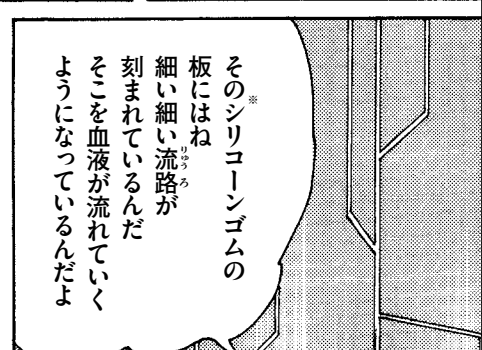
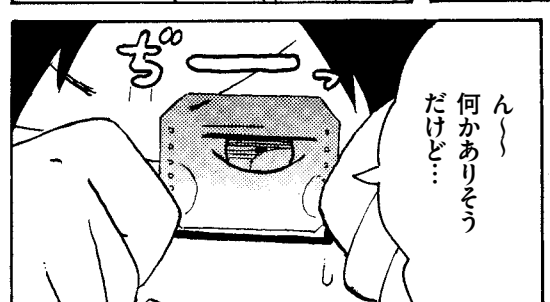
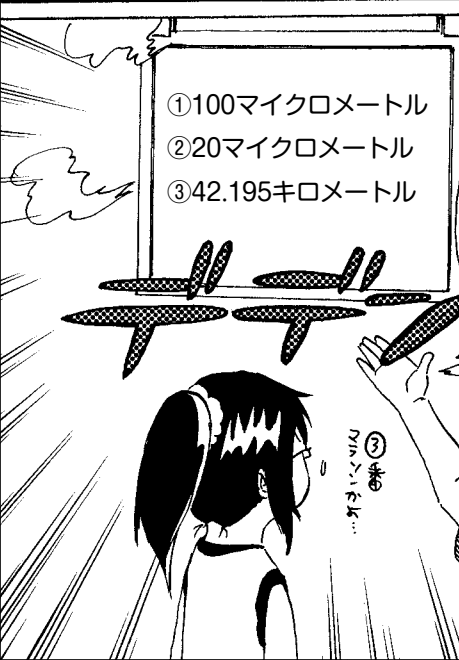
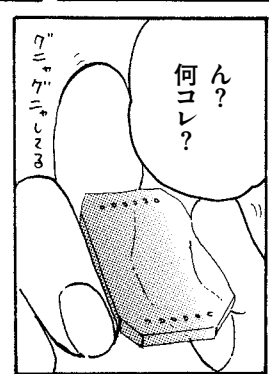
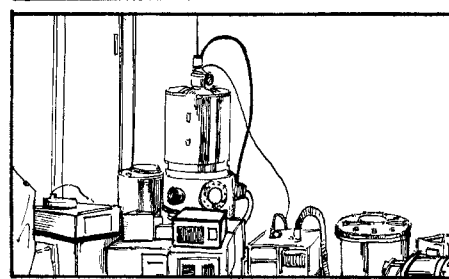
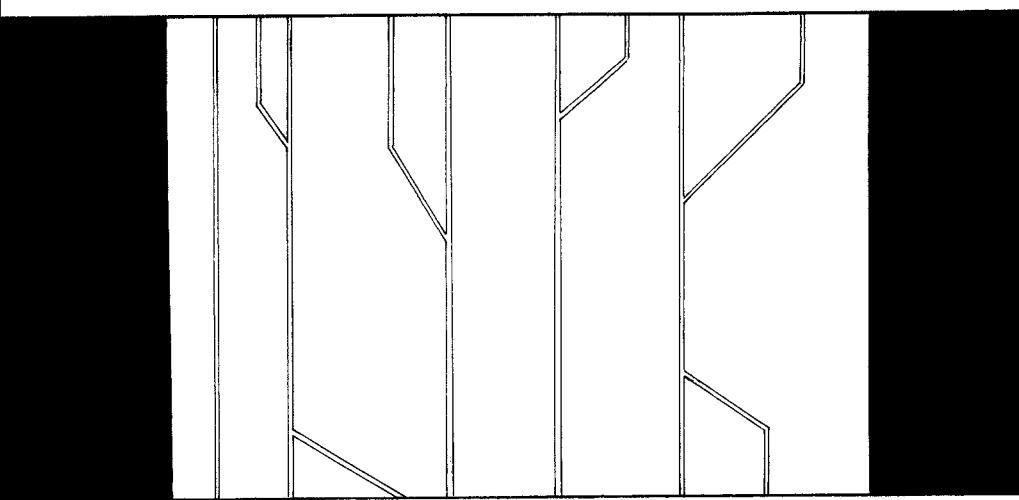
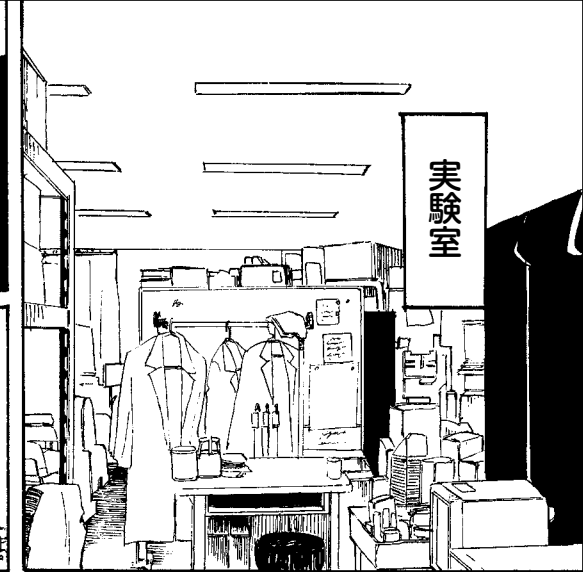
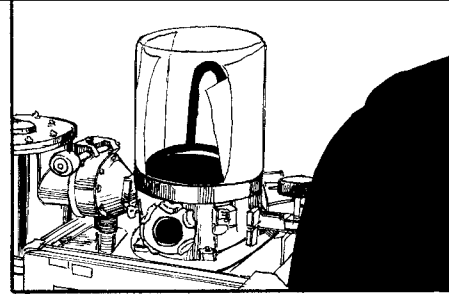


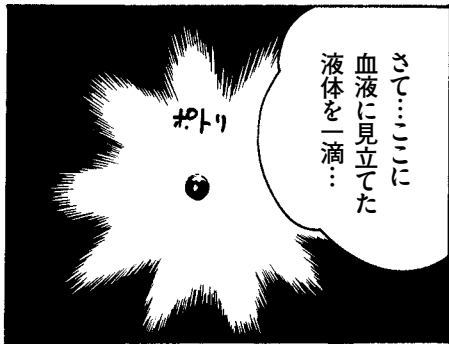
血液検査

※PET・CT検査——陽電子とよばれる粒子を検出し、コンピュータで解析することで、患者に外科的な手術を行うことなく、体の内部の様子を見ることが出来る検査。PETなどの方法は得られる情報が異なってくる。
※MRI検査——原子的な磁気的情報を観測することで、患者に外科的な手術を行うことなく、体の内部の様子を見ることが出来る検査。PETなどの方法は得られる情報が異なってくる。
※超音波検査——対象に超音波を当てて反響を観測することで、対象の形状や材質を観測する検査手法。
※内視鏡検査——カメラなどが取り付けられた細い管を口や鼻から挿入することで、体の内部を観察する方法。最近では、観察のみだけでなく、多少の手術なども可能となっている。

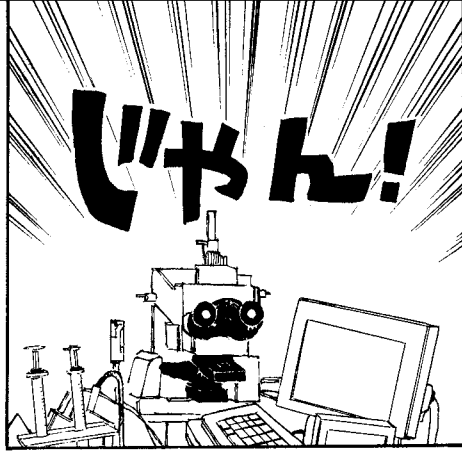


※光学顕微鏡 — レンズを組み合わせて観察対象を拡大する装置。数倍から100倍程度まで。小中学校の授業で使われる顕微鏡がこれにあたる。





さて……ここに
血液に見立てた
液体を一滴……



じやん!

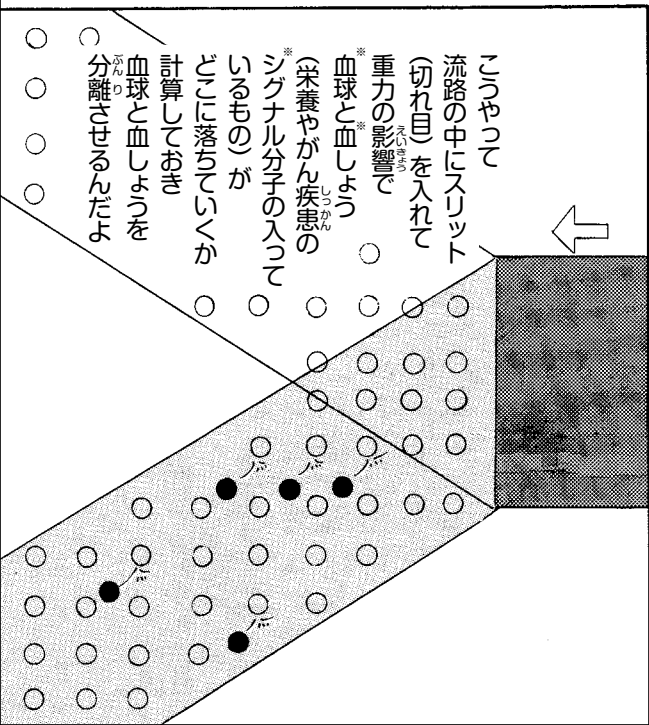
※マイクロチャンネル 数マイクロメートルから数マイクロメートルの細い管、このサイズになると液体の量が少すむ、流れを予測・制御しやすいといったメリットが出てくる。
※血球 血液中にある赤血球や白血球などの総称。
※シグナル分子 体内で連の化学反応を引き起こすきっかけとなる分子のこと。
※培養や老廃物が溶け込んだ透明な液体。



ホントは
マイクロチャンネルは
小さすぎて見えないけど
特別に可視化しました!

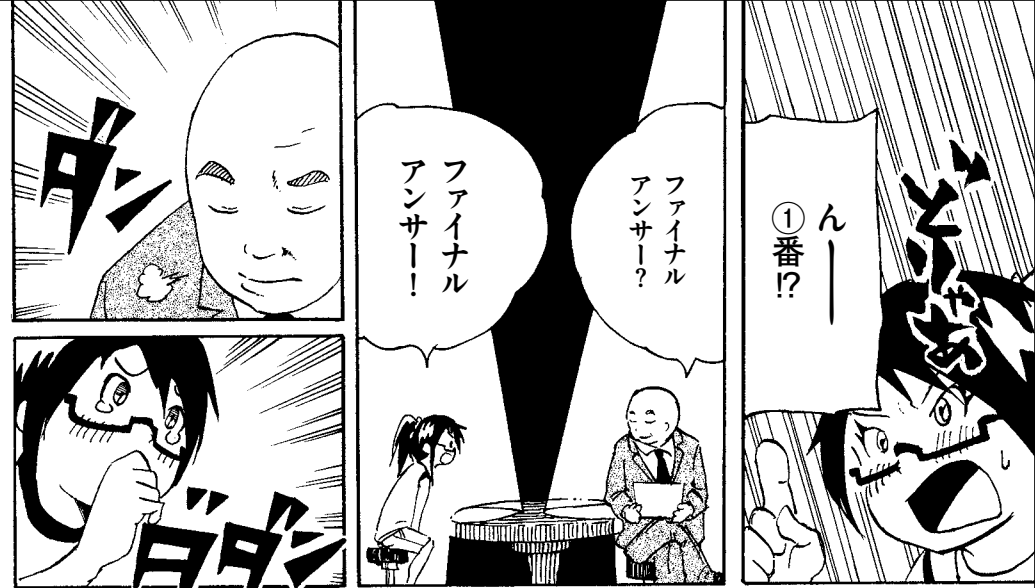
ほら……
マイクロチャンネルが
振動しているね?
こうやって流路の中を
スムーズに血液が
流れていくんだよ

サラサラ



これだけが
わかるんですか?

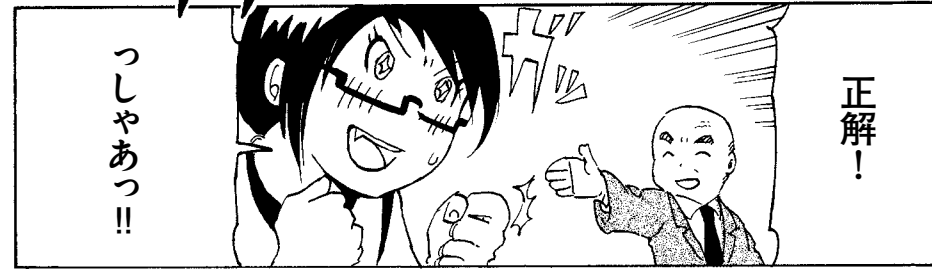
これだけでは
わからないよ



んー
①番!?

ファイナル
アンサー?

ファイナル
アンサー!



正解!



さて、次はどのように
血液が流れていくか
実際に実験してみよう



うんちゅ♡

流路の幅は100マイクロメートル
髪の毛の太さが平均80マイクロ
メートルであるので、ほぼ同じ
太さである
そのため検査の時に必要となる
血液もほんのわずかですむので
ある



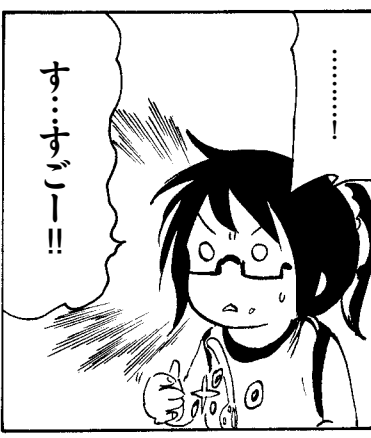
さっき話した血液の中の
がん細胞を見つけるのは
そのカレーの中から
スパイスをひとつ選んで
当てるようなものなんだよ



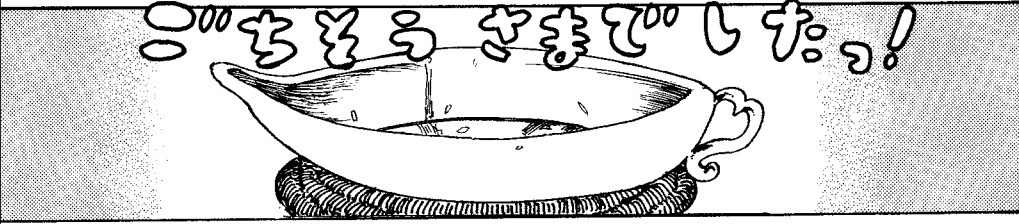
ジャガイモと
玉ねぎ?
それはスパイスじゃ
なくて具だろ?



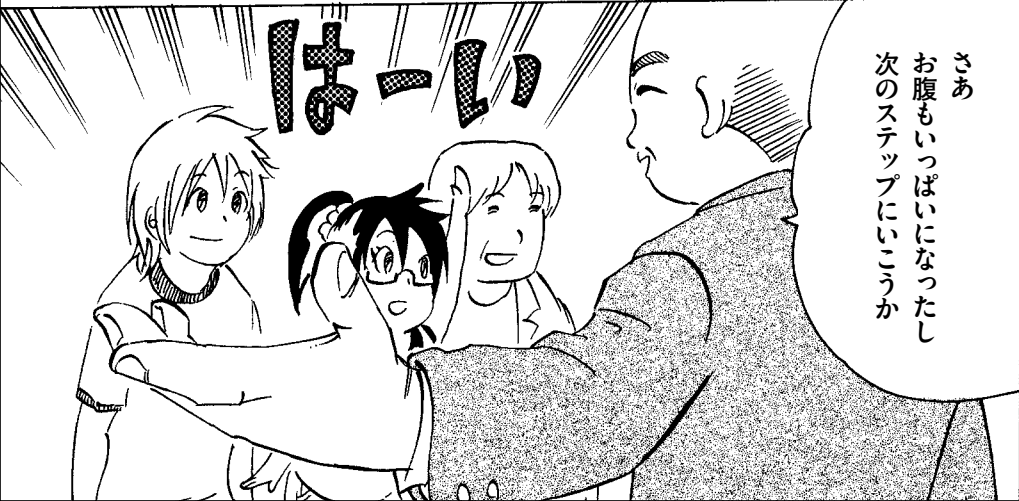
で、こっちが血球と
いうようにわかる
ことが疾患発見の
ステップ1なのです
先生でも
好き嫌いが
あるんですね



……!!
す……すごー!!



こちこそまでしたっ!



さあ
お腹もいっぱいになったし
次のステップにいきましょうか

はい



なんだよ!その反応は!?
これはすごいこと
なんだぞ!
だつてよく
わかんないんだもん!

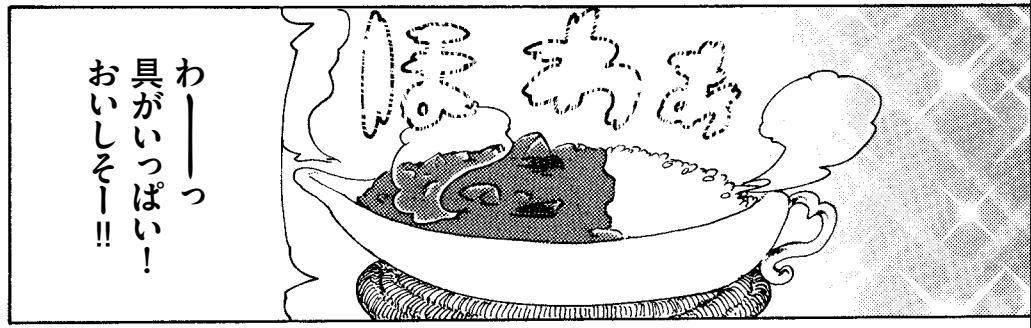
…へえ



わいのわいの
食堂

ひとまず
お昼ごはんにしよう
続きはそれから

はっはっは
お腹すいたね



わーっ
具がいっぱい!
おいしそー!!



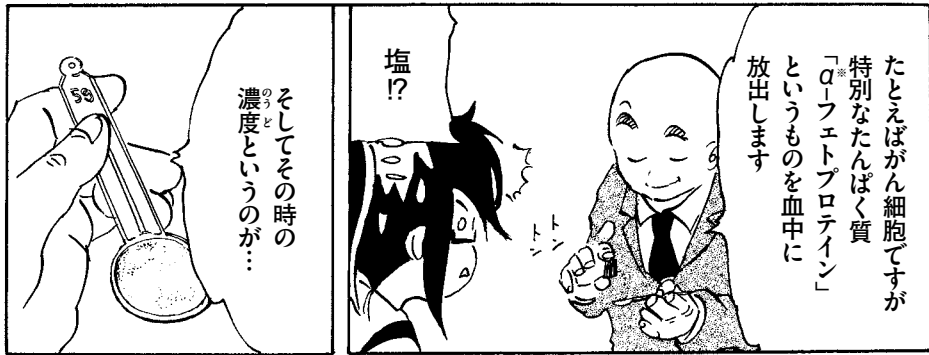
菜乃ちゃん
その中に
どんなスパイスが
入っているか
わかるかな?

んぐ?



いただきます
ます!

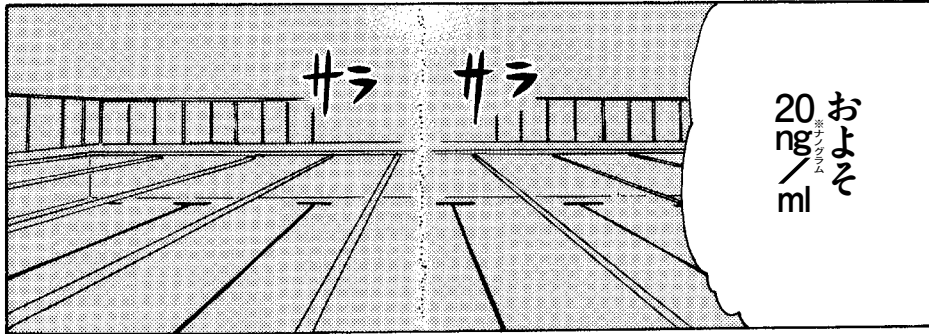
※疾患シグナル＝疾患によつては血液などに特定の分子が流れるようになるが、この分子のことをさす。疾患の有無を調べる目印に利用される。



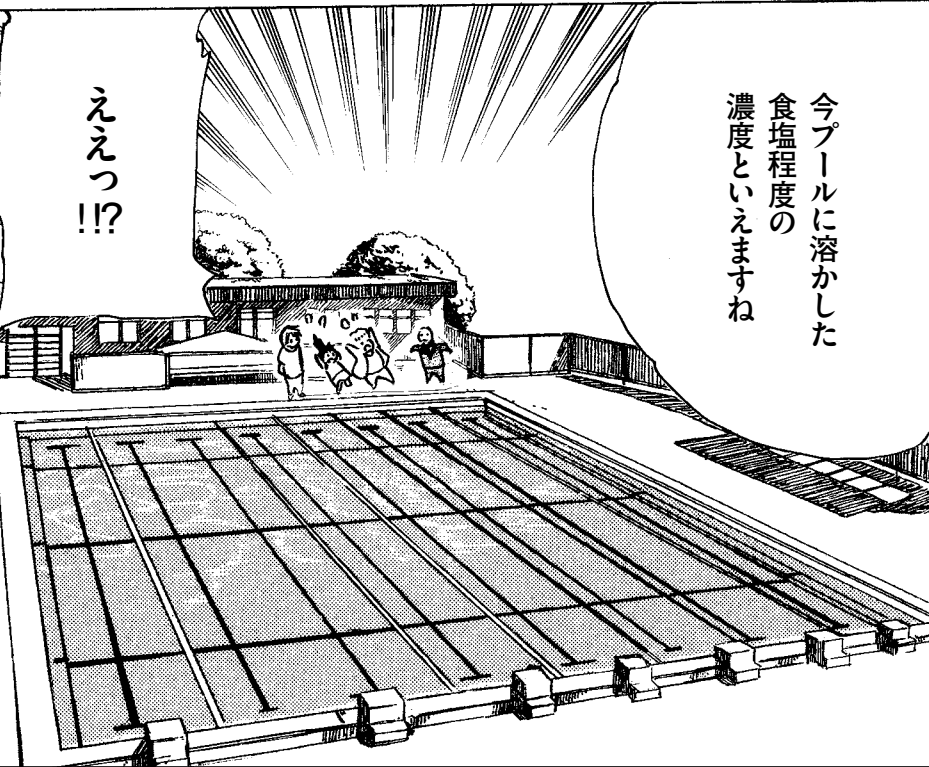
たとえばがん細胞ですが
特別なたんぱく質
「αフェトプロテイン」
というものを血中に
放出します

塩!?

そしてその時の
濃度というのが…



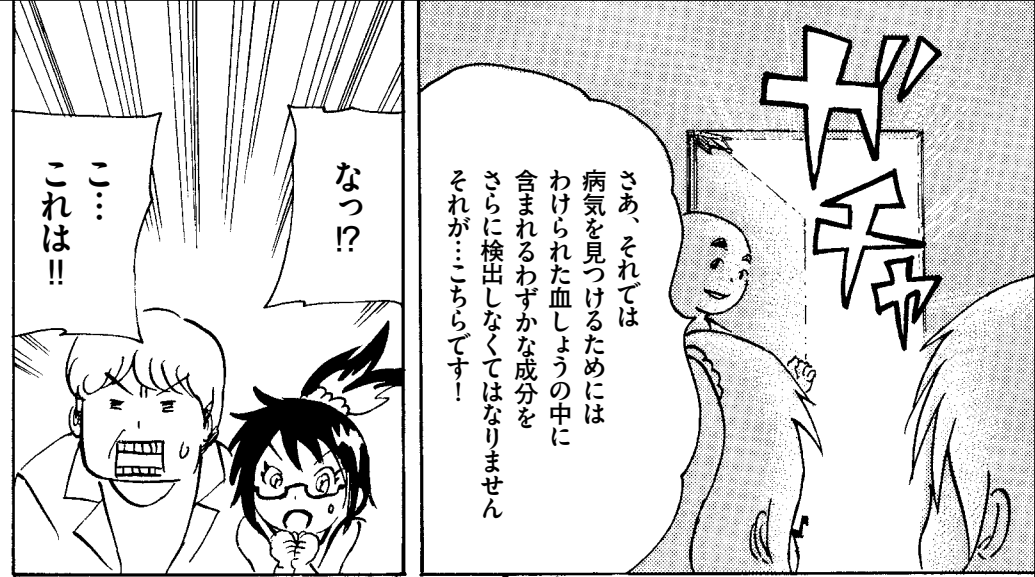
およそ
20 ng/ml



今プールに溶かした
食塩程度の
濃度といえますね

ええっ!!?

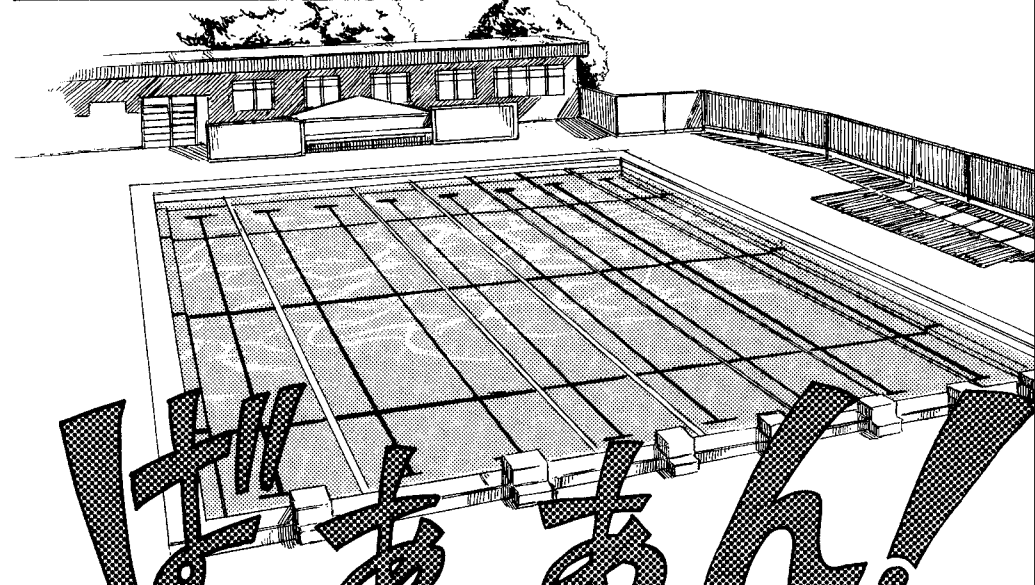
※αフェトプロテイン—胎児のころに血液中に多く含まれるタンパク質の一つ。がん細胞が存在すると、血液中でのこの濃度が高くなることから、がんの診断基準のひとつにつかわれる。
※ng/ml—1ミリリットルあたりに対象が何ナノグラム含まれているかという濃度を示す。1ナノグラムは100万分の1ミリグラム。



さあ、それでは
病気を見つけるためには
わけられた血しょうの中に
含まれるわずかな成分を
さらに検出しなくてはなりません
それが…こちらです!

なっ!?

…
これは!!



…
プール?

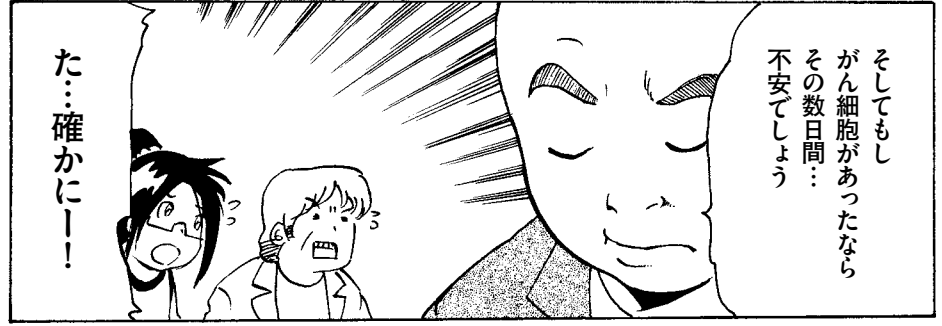


そ…そんな！
見つけられませんかよ



いえ…見つけることは
できるのです

できるのですが
大型の分析センターで
大がかりな分析を
行なわねばならず
数日間もの時間が
必要になります



そしてもし
がん細胞があつたなら
その数日間…
不安でしょう

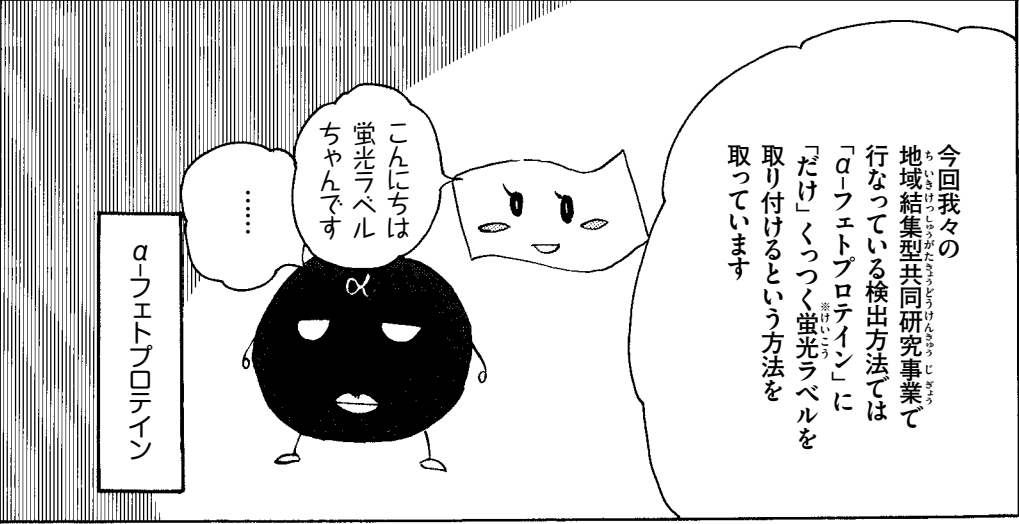
た…確かにー！



ですから
もっと分析器を小型化し
高性能で持ち運びのできる
くらいのもになれば
今よりもがんや生活習慣病に対し
有効な治療ができるようになります

なるほど！！

※蛍光ラベル―付着しやすい材料と蛍光体を組み合わせて対象を光らせ、検出するためのもの。



今回我々の
地域結集型共同研究事業で
行なっている検出方法では
「**α**フエトプロテイン」に
「**だけ**」くつくく**蛍光ラベル**を
取り付けるという方法を
取っています

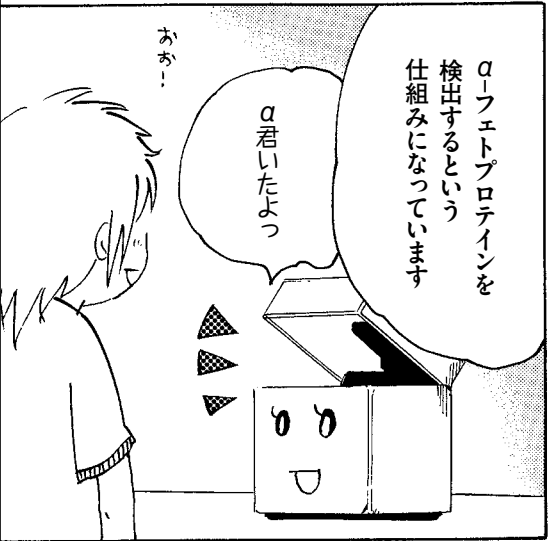
こんにちは
蛍光ラベル
ちゃんです

…

αフエトプロテイン



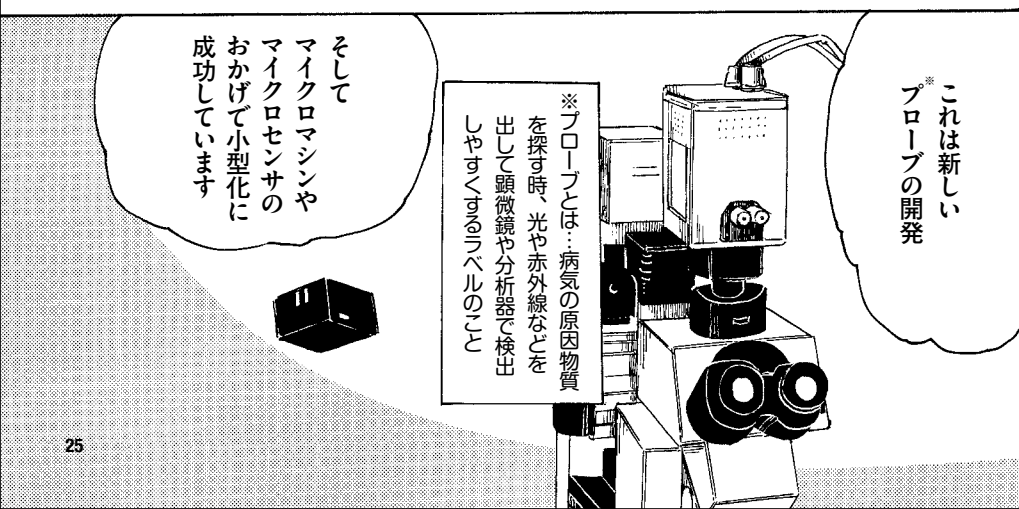
そしてその血しょうを
センサーの上に流してやり…



αフエトプロテインを
検出するといふ
仕組みになっています

α君いたよっ

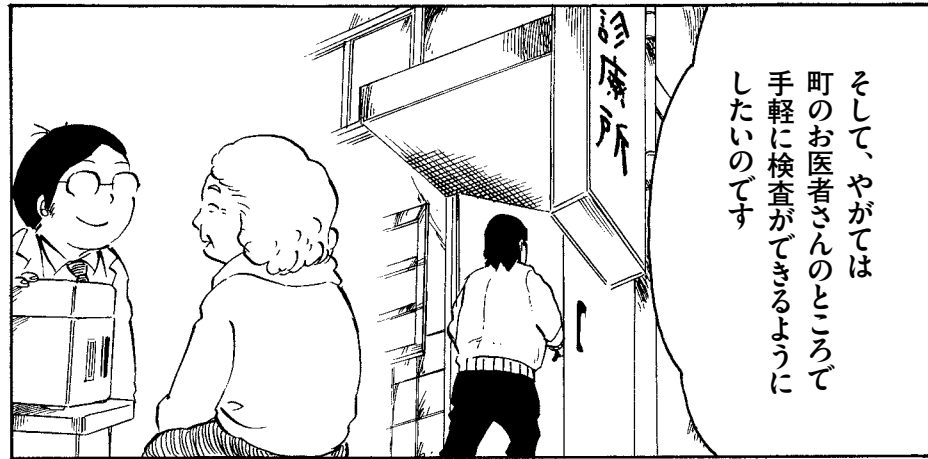
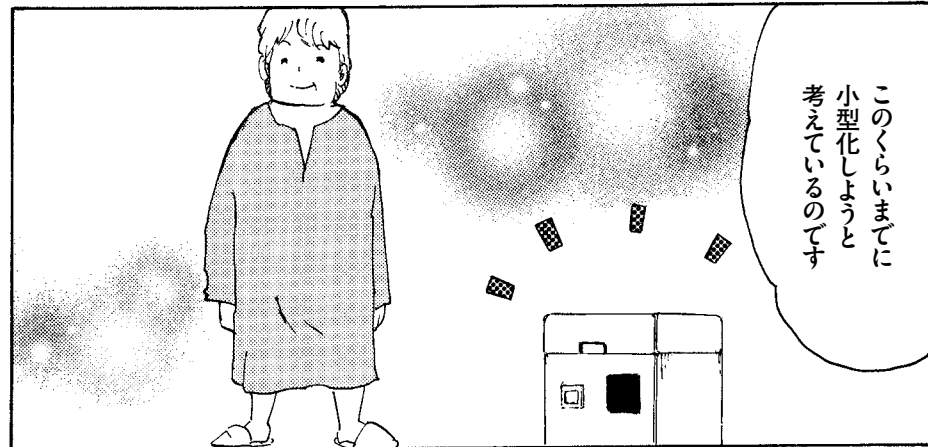
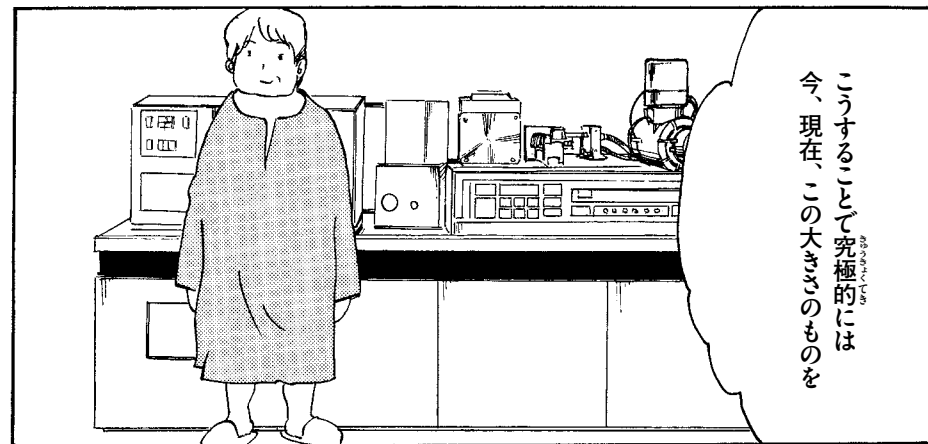
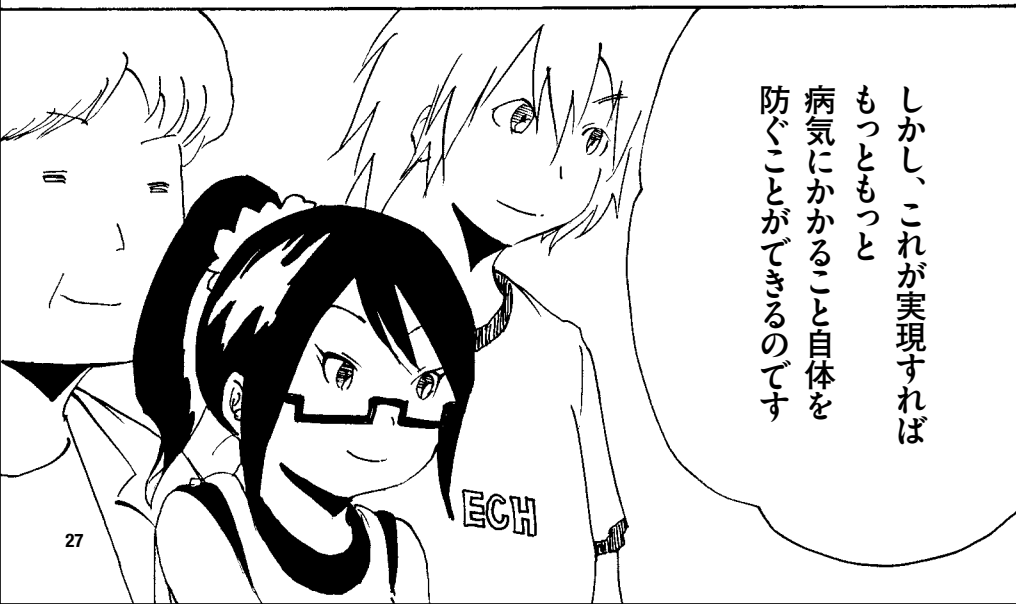
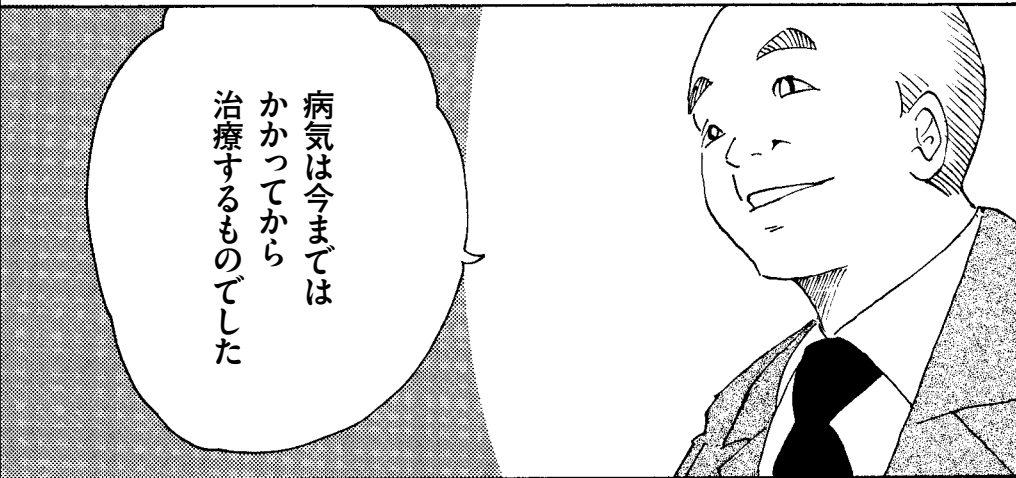
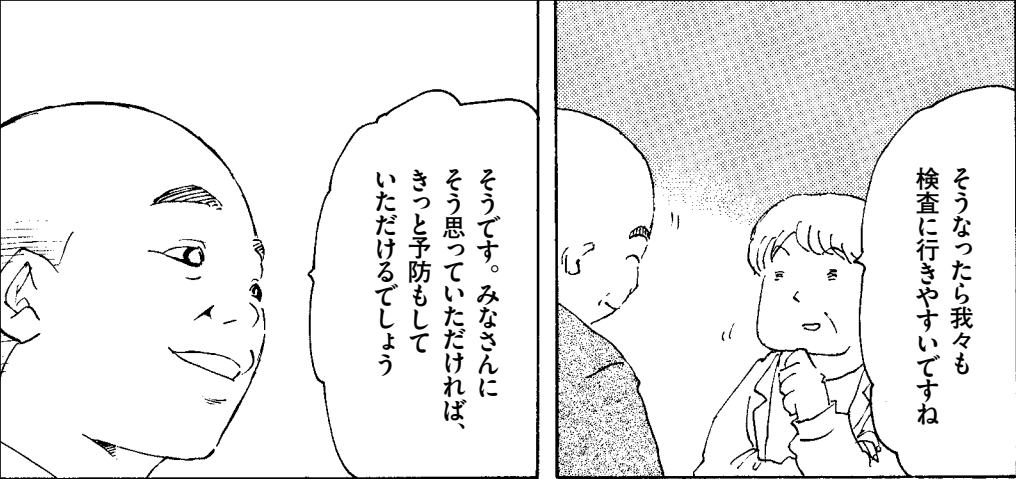
おあ…



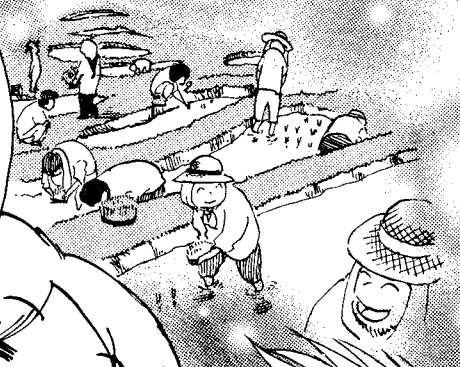
これは新しい
プローブの開発

※プローブとは…病気の原因物質
を探す時、光や赤外線などを
出して顕微鏡や分析器で検出
しやαfueトプロテインのこと

そして
マイクロマシンや
マイクロセンサの
おかげで小型化に
成功しています

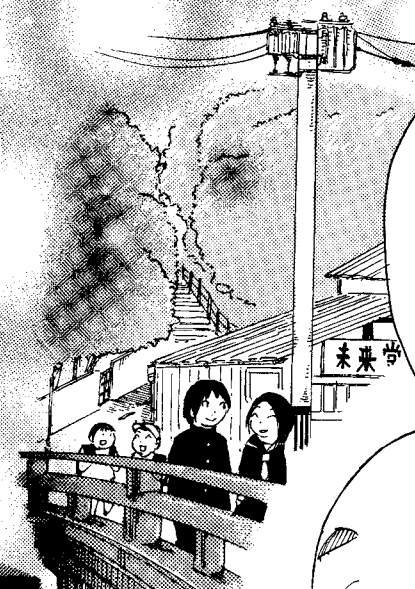


健康に人生を
楽しんでいけるように…
と
思っているんです！



TECH

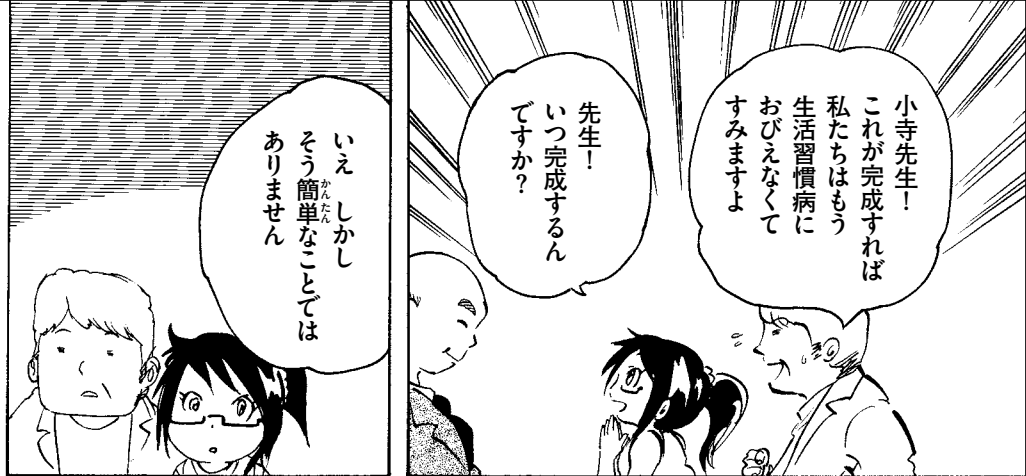
そうしていずれば
みんなが病気を恐れずに
生きていける…



小寺先生！
これが完成すれば
私たちはもう
生活習慣病に
おびえなくて
すみますよ

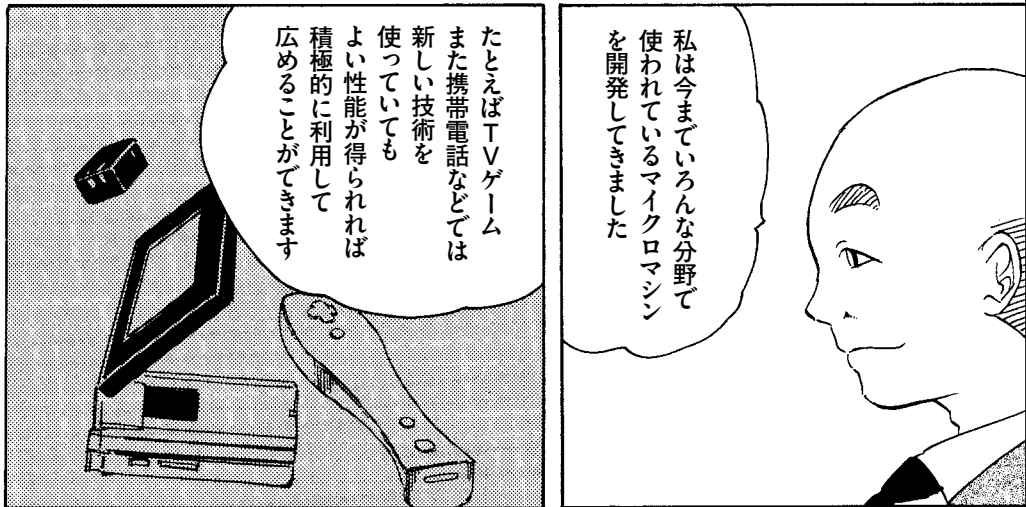
先生！
いつ完成するん
ですか？

いえ、しかし
そう簡単なことでは
ありません



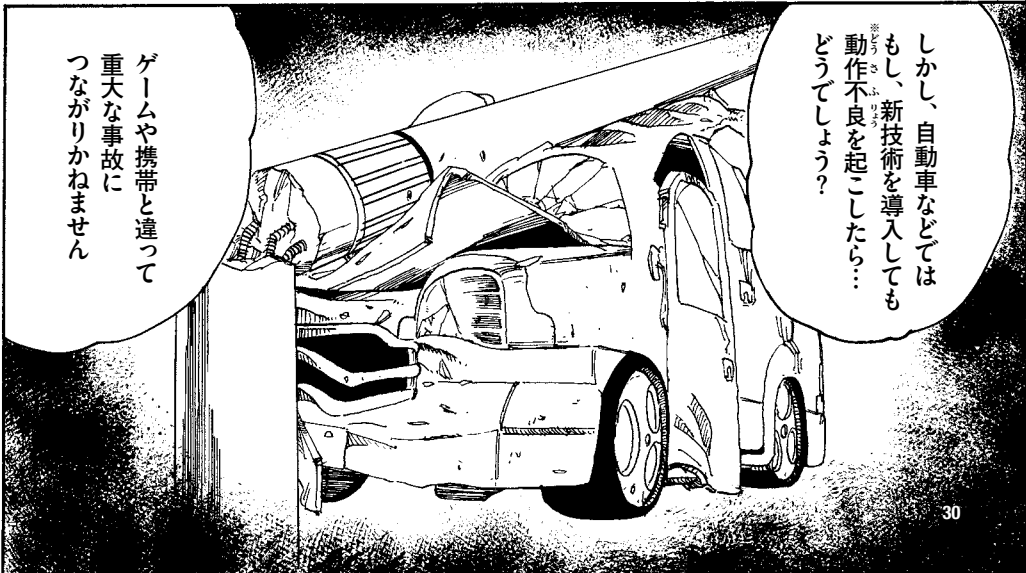
私は今までいろんな分野で
使われているマイクロマシン
を開発してきました

たとえばTVゲーム
また携帯電話などでは
新しい技術を
使っても
よい性能が得られれば
積極的に利用して
広めることができます



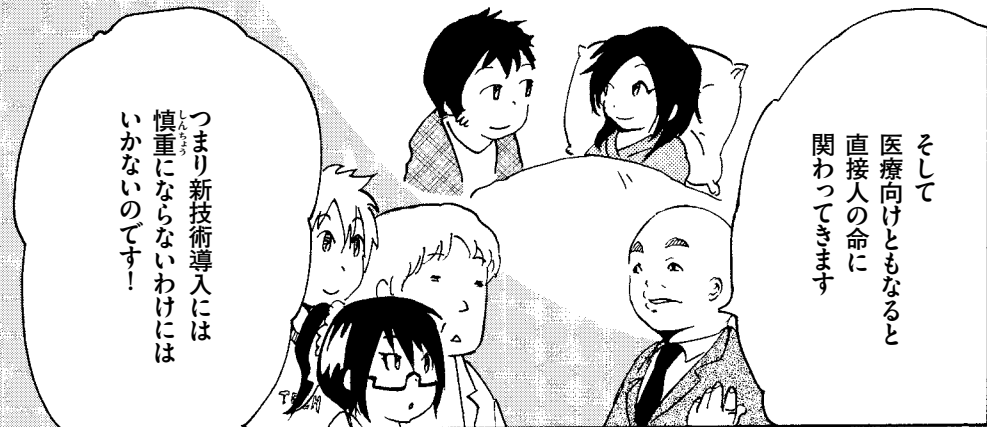
しかし、自動車などでは
もし、新技術を導入しても
動作不良を起こしたら…
どうでしょう？

ゲームや携帯と違って
重大な事故に
つながりかねません



そして
医療向けともなると
直接人の命に
関わってきます

つまり新技術導入には
慎重にならないわけには
いかないのです！

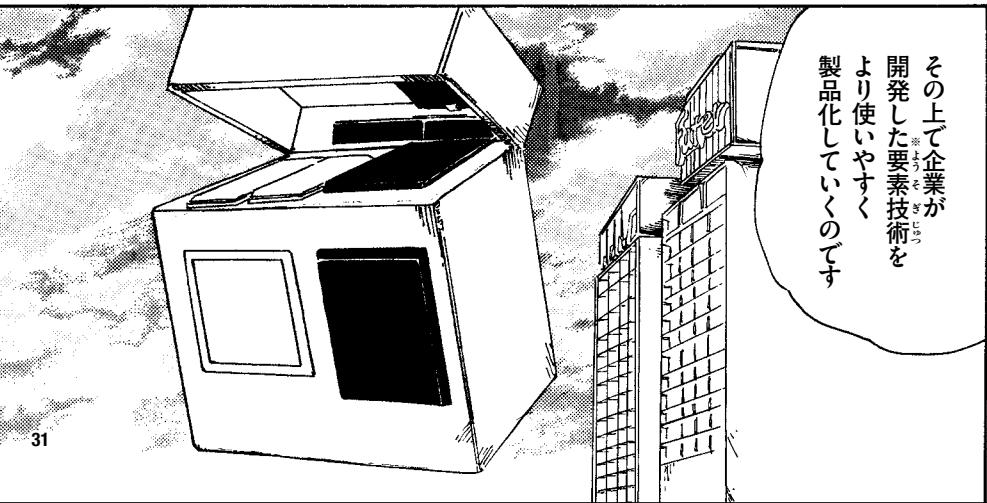


私たちの研究室では主に
工学の面から新しい技術開発を行い

医学部と連携して
細胞や動物での実験を行い
実績を積み重ねていく
必要があります

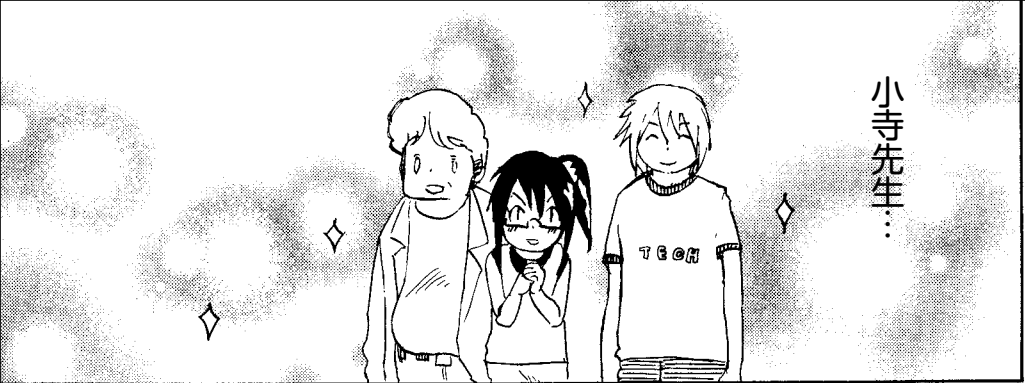


その上で企業が
開発した要素技術を
より使いやすく
製品化していくのです

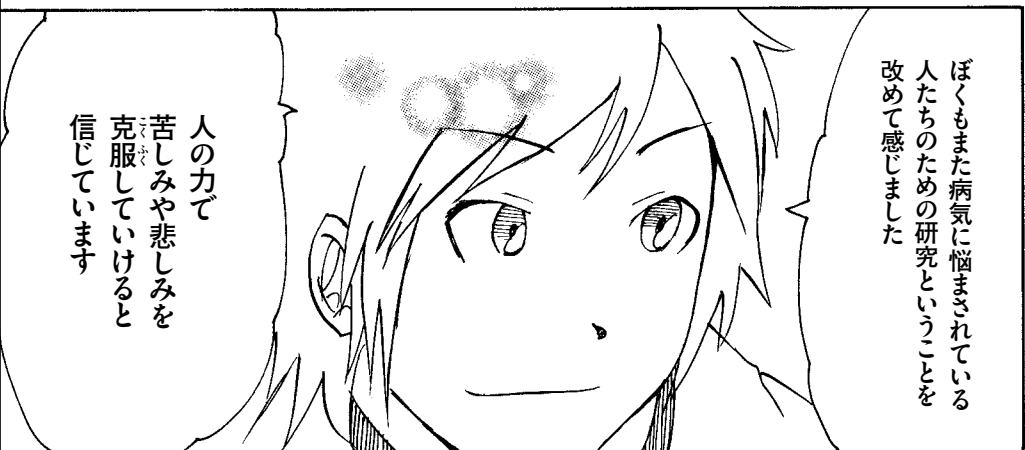


※要素技術 ― 主に工業製品を製造するに当たり、その動作原理などもっとも重要な部分を担う技術のこと。

※動作不良 ― 主に工業製品で、何かしらの欠陥・ミスにより、本来期待されている動作をしない状態のこと。



小寺先生…



ぼくもまた病気に悩まされている人たちのための研究という仕事を改めて感じました

人の力で
苦しみや悲しみを
克服していきます
信じています



私も今日ここにきてよかったです
よりよい未来はもうそこまで
来てるんですね！

先生 なにとぞ
よろしく
お願いします！



でも、パパが生きている
うちには完成しないん
じゃない？

そんな目で
見るんじゃない！



すごいです！
そんな大変な
仕事なんて…



確かに医療向けの
マイクロマシンが
みなさんの手に届くのは
まだまだ時間がかかりますが
多くの人が悩まされている
生活習慣病予防のためには
努力はおしませんよ

地域結集型 共同研究事業 とは？

「地域結集型共同研究事業」は、独立行政法人科学技術振興機構が実施する事業で、地域が目指す特定の研究開発目標に向け、地域の産業界、大学、公的機関が結集して共同研究開発を行うことにより、新産業の創出を目指す事業です。

京都市では「ナノメディシン拠点形成の基盤技術開発」として、京都大学などが持つ医学と工学の最先端の研究を融合して、革新的な高度医療技術の開発に取り組み、多くの成果を生み出しています。

具体的な研究開発テーマは？

二つのテーマからなっています。

一つ目は、病気の早期発見や予防のために広く利用される血液検査をより簡便なものにするための技術開発で、わずかな血液で病気が判定できるポータブルな検査機器の開発です。

二つ目は、これまでの医療技術では難しかった診断と治療を可能にするもので、例えば、がん細胞にだけ集まる非常に小さな粒子を体内に入れ、病気の箇所を的確に写し出し、薬を運び、効果的な治療に結びつける技術の開発です。

京都市地域結集型共同研究事業 「ナノメディシン拠点形成の基盤技術開発」

体制 …………… ● 事業総括 — かわべ やすつく 川辺泰嗣 (株式会社島津製作所顧問)
…………… ● 研究統括 — たかはし たかし 高橋 隆 (京都医療科学大学学長、京都大学名誉教授)

中核機関 …………… 財団法人京都高度技術研究所

参画機関 …………… 9大学、2機関、10企業 (平成21年度)

事業期間 …………… 平成17年1月～平成21年12月

研究テーマ …………… ● ナノデバイスによる医療用検査システムデバイスの開発
…………… ● ナノテク材料による医療用イメージングとターゲティング技術の開発

※くわしくは、<http://www.astem.or.jp/kyotokesshu/index.html>

京都市マンガを活用した科学技術理解増進事業

マンガで知る! 京都の最先端科学技術

医療用マイクロマシン——未来の診断技術!

平成22年3月 第1版発行

発行者 —— 京都市

企画制作 —— 京都市

財団法人京都高度技術研究所

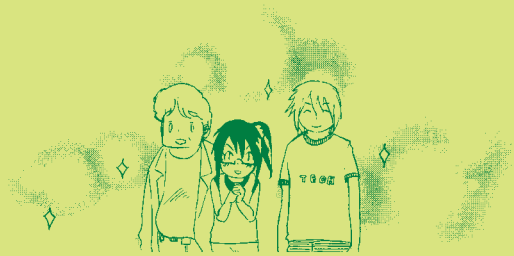
京都精華大学 京都国際マンガミュージアム 事業推進室

監修 —— 小寺秀俊 (京都大学大学院工学研究科 マイクロエンジニアリング専攻 教授・博士 (工学))

編集 —— 京都精華大学 京都国際マンガミュージアム 事業推進室

作画 —— 木村光博

脚本 —— サイエンス・グラフィックス株式会社



未来の診断技術！医療用
マイクロマシン

京都市マンガを活用した科学技術理解増進事業
京都市産業観光局産業振興室

京都市中京区寺町通御池上る上本能寺前町488番地 TEL 075-222-3324 京都市印刷物 第213131号