

サイエンス & テクノロジー

京都産業大学

理学部 & 工学部
からのメッセージ

VOL.2

01

数学理論が
情報社会を陰で支える

暗号のしくみを考えてみよう 伊藤 正美 教授

02

環境にやさしい
クリーンなエネルギーを作ろう

地球温暖化対策の決め手は？

大森 隆 助教授

03

見えないコンピュータで
快適な生活を

生活の質向上のためのバスシステムを開発中

平井 重行 講師

04

より速く！
より小さく！を目指して

コンピュータを使って
コンピュータを設計する

井上 訓行 教授

05

京大根からわかる
先端バイオテクノロジーの世界

人類の役に立つ新しい植物をつくろう

山岸 博 教授

暗号の基礎と古代ローマのシーザー暗号

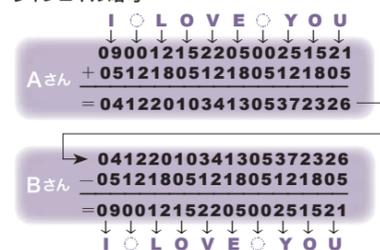
暗号の歴史は、文字を他の文字で置き換えることから始まりました。古代ローマ時代にはすでに、アルファベットをa→cというように一様に何文字かずつずらす(zの次はaに戻る)暗号が存在しました。これは有名な皇帝の名前から「シーザー暗号」と呼ばれています。



その後、アルファベットの1番目のAを01、Bを02、…、26番目のZを26、空白を00、と数字に置き換え、送り手と受け手にしか分からない数字を「鍵(パスワード)」として暗号をやりとりする方法も考え出されました(ヴィジュネル暗号-17世紀フランスの外交官ヴィジュネルの発案)。

これらの暗号は、単純でありながら実用性の高いものですが、いくつかの欠点もあります。それは、「送り手と受け手と同じ「鍵」を持つ必要がある」「鍵」を第三者に知られてしまうとおしまい」「同じ「鍵」を使い続けているとそのうち推測されてしまう」「送り手と受け手が1対1でしか使えない」などです。また、暗号文を送るときに「鍵」も受け手にわたす必要がありますが、「鍵」自体を暗号にはできないので、いかに「鍵」を盗まれないようにするかも問題でした。使者の髪の毛を丸刈りにして頭皮に「鍵」を書き込み、髪の毛が十分に伸びてから送り出し、到着した所で髪の毛を剃って「鍵」を確認するといったことも実際に行われたそうです。その後、暗号は次第に高度で複雑なものになっていきました。特に20世紀に入り、無線通信が普及すると急速に複雑になります。第2次世界大戦でドイツが使ったエニグマ暗号は、その複雑さと他の国々に与えた影響によって、あまりにも有名です。

ヴィジュネル暗号



Aさんが「I LOVE YOU」を「09 00 12 15 22 05 00 25 15 21」と置き換え、次に「鍵」を例えば「051218」として、(図)のように桁数が揃うよう繰り返して並べ合計します。このとき繰り上がりは無視し(たとえば、9+5=4、5+5=0)、Bさんに送ります。Bさんは、暗号文から今度は「鍵」を引き算し、元の数字に戻し(復号化)ます。この時も繰り下がりは無視します。

鍵の問題を克服した現代の「公開鍵暗号」

コンピュータのネットワークが発達した現代社会では、暗号のもつ役割は大きく変わり、私たちにもたいへん身近な存在となりました。ネット社会では、第三者に知られると困る重要な情報もその中を行き交います。そこでこれらの情報を暗号化しておこうという考えが生まれてきました。また、インターネットでは、ネットショッピングなどで分かるように送り手と受け手が「1対1」ではなく、「多対1」となることが一般的で、それに対応できることも重要になります。

そこで考え出されたのが、暗号化のための「鍵」は公開しても、元の文章に戻す「鍵」は受け手にしか分からないという「公開鍵」と言われる手法です。果たしてそんな手品のようなことが可能なのでしょうか?秘密を解く鍵はもちろん数学にあります。「RSA暗号」(3人の提唱者(Ronald L. Rivest, Adi Shamir, Leonard M. Adleman)の頭文字から命名)を例にその仕組みを見ていきましょう。

今、AさんがBさんに「I LOVE YOU」というメッセージを送信するとします。Bさんが公開した暗号化のための「公開鍵」は3と33です。Aさんは、まず「I」を「09」に置き換え、「公開鍵」

3でべき乗(9³=729)します。次に、729を「公開鍵」33で割った余り(729÷33=22…3)の3を暗号とします。以下同様にして、「03 00 12 09 22 26 00 16 09 21」という暗号を作り送信します。

受け取ったBさんは、まず3から復号していきます。自分だけが知っている「秘密鍵」7でべき乗(3⁷=2187)し、33で割った余り(2187÷33=66…9)から元の数字「09」を得ます。以下同様にして(ただし00は00のまま)元のメッセージが分かるのです。(解説右図)

実は、「公開鍵」3と33、「秘密鍵」7はいずれも適当に選んだものではありません。また、11乗・21乗すると元の数字に戻るというのも偶然ではなく、数学の法則に基づいています。

まず、「公開鍵」のひとつ33は、2つの素数を掛け合わせて作られます。この場合、素数3と素数11が使われています(実際にはもっと大きな素数を使いますが、説明のため小さくしています)。次に、元の数字が現れる11乗・21乗は、この2つの素数から求められます。3、11から1を引いた数(2、10)の公倍数(10、20、30、40、…)に1を加えた数(11、21、31、41、…)が元の数字が現れるべき乗数なのです。

そして、「公開鍵」3と「秘密鍵」7は、お互い

を掛け合わせたときに今求めたべき乗数(11、21、31、41、…)になるように決められます。ここでは、3×7=21ということで3と7が選ばれました。2つの素数を使うことがRSA暗号のポイントのひとつです。2つの素数は掛け算は容易ですが、掛け合わせたものを素因数分解するのは容易ではないのです。33ぐらいであれば直観で3と11と素因数分解ができますが、130217ではどうでしょうか?素因数分解には結構手間取ります。しかし、逆に197×661=130217なら、紙と鉛筆があれば簡単ですね。暗算が得意な人なら見ただけで答えを出せると思います。コンピュータにとっても同様で、十分に大きい(150桁以上)素数を2つ使うと、掛け算ならばコンピュー

タは一瞬で計算しますが、素因数分解には数万年かかると言われてしています。そのため公開している数字(2つの素数の積)から元の2つの素数を推測することは事実上不可能で、「元の数字に戻るべき乗数」が知られないわけです。

		べき乗数																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
元のメッセージ	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
	2	2	4	8	16	32	31	29	25	17	1	2	4	8	16	32	31	29	25	17	1	2	
	3	3	9	27	15	12	3	9	27	15	12	3	9	27	15	12	3	9	27	15	12	3	
	4	4	16	31	25	1	4	16	31	25	1	4	16	31	25	1	4	16	31	25	1	4	
	5	5	25	26	31	23	16	14	4	20	1	5	25	26	31	23	16	14	4	20	1	5	
	6	6	3	18	9	21	27	30	15	24	12	6	3	18	9	21	27	30	15	24	12	6	
	7	7	16	13	25	10	4	28	31	19	1	7	16	13	25	10	4	28	31	19	1	7	
	8	8	31	17	4	32	25	2	16	29	1	8	31	17	4	32	25	2	16	29	1	8	
	9	9	15	3	27	12	9	15	3	27	12	9	15	3	27	12	9	15	3	27	12	9	
	10	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1	10	1
	11	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22	11	22
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	13	13	4	19	16	10	31	7	25	28	1	13	4	19	16	10	31	7	25	28	1	13	
	14	14	31	5	4	23	25	20	16	26	1	14	31	5	4	23	25	20	16	26	1	14	
	15	15 <td>27</td> <td>9</td> <td>3</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>27</td>	27	9	3	12	15	27	9	3	12	15	27	9	3	12	15	27	9	3	12	15	27
	16	16 <td>25</td> <td>4</td> <td>31</td> <td>1</td> <td>16</td> <td>25</td>	25	4	31	1	16	25	4	31	1	16	25	4	31	1	16	25	4	31	1	16	25
	17	17 <td>25</td> <td>29</td> <td>31</td> <td>32</td> <td>16</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>17</td> <td>25</td> <td>29</td> <td>31</td> <td>32</td> <td>16</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>17</td> <td>25</td>	25	29	31	32	16	8	4	2	1	17	25	29	31	32	16	8	4	2	1	17	25
	18	18 <td>27</td> <td>24</td> <td>3</td> <td>21</td> <td>15</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>30</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>27</td> <td>24</td> <td>3</td> <td>21</td> <td>15</td> <td>6</td> <td>9</td> <td>30</td> <td>12</td> <td>18</td> <td>27</td>	27	24	3	21	15	6	9	30	12	18	27	24	3	21	15	6	9	30	12	18	27
	19	19 <td>31</td> <td>28</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>25</td> <td>13</td> <td>16</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>19</td> <td>31</td> <td>28</td> <td>4</td> <td>10</td> <td>25</td> <td>13</td> <td>16</td> <td>7</td> <td>1</td> <td>19</td> <td>31</td>	31	28	4	10	25	13	16	7	1	19	31	28	4	10	25	13	16	7	1	19	31
	20	20 <td>4</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>23</td> <td>31</td> <td>26</td> <td>25</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>20</td> <td>4</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>23</td> <td>31</td> <td>26</td> <td>25</td> <td>5</td> <td>1</td> <td>20</td> <td>4</td>	4	14	16	23	31	26	25	5	1	20	4	14	16	23	31	26	25	5	1	20	4
	21	21 <td>12</td> <td>21</td>	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12	21	12
22	22 <td>22</td>	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23 <td>1</td> <td>23</td>	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23	1	23
24	24 <td>15</td> <td>30</td> <td>27</td> <td>21</td> <td>9</td> <td>18</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>24</td> <td>15</td> <td>30</td> <td>27</td> <td>21</td> <td>9</td> <td>18</td> <td>3</td> <td>6</td> <td>12</td> <td>24</td> <td>15</td>	15	30	27	21	9	18	3	6	12	24	15	30	27	21	9	18	3	6	12	24	15	
25	25 <td>31</td> <td>16</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>25</td> <td>31</td>	31	16	4	1	25	31	16	4	1	25	31	16	4	1	25	31	16	4	1	25	31	
26	26 <td>16</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>23</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>31</td> <td>14</td> <td>1</td> <td>26</td> <td>16</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>23</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>31</td> <td>14</td> <td>1</td> <td>26</td> <td>16</td>	16	20	25	23	4	5	31	14	1	26	16	20	25	23	4	5	31	14	1	26	16	
27	27 <td>3</td> <td>15</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>27</td> <td>3</td>	3	15	9	12	27	3	15	9	12	27	3	15	9	12	27	3	15	9	12	27	3	
28	28 <td>25</td> <td>7</td> <td>31</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>19</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>1</td> <td>28</td> <td>25</td> <td>7</td> <td>31</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>19</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>1</td> <td>28</td> <td>25</td>	25	7	31	10	16	19	4	13	1	28	25	7	31	10	16	19	4	13	1	28	25	
29	29 <td>16</td> <td>2</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>4</td> <td>17</td> <td>31</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>29</td> <td>16</td> <td>2</td> <td>25</td> <td>32</td> <td>4</td> <td>17</td> <td>31</td> <td>8</td> <td>1</td> <td>29</td> <td>16</td>	16	2	25	32	4	17	31	8	1	29	16	2	25	32	4	17	31	8	1	29	16	
30	30 <td>9</td> <td>6</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>3</td> <td>24</td> <td>27</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>30</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>15</td> <td>21</td> <td>3</td> <td>24</td> <td>27</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>30</td> <td>9</td>	9	6	15	21	3	24	27	18	12	30	9	6	15	21	3	24	27	18	12	30	9	
31	31 <td>4</td> <td>25</td> <td>16</td> <td>1</td> <td>31</td> <td>4</td>	4	25	16	1	31	4	25	16	1	31	4	25	16	1	31	4	25	16	1	31	4	
32	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32	1	32

AさんとBさんのやりとりを表にしてみました。左端は(数字に置き換えた)元のメッセージ、最上段はべき乗数です。各欄の数値は元の数字を最上段の数だけべき乗して33で割った余りを記しています。例えば、9の行の3乗の欄は3ですが、これは先ほど「I」を暗号化したのと同じように9³=729=22…3の「余り3」を表しています。

表を見ると、11乗・21乗の列が一番左の列とまったく同じなのが分かります。この元の数と同じになることが、RSA暗号の仕組みの柱となる数の法則です。

先ほどAさんが暗号として送った「3」をBさんはさらに「秘密鍵」7を使って7乗しました。これは、3乗×7乗=21乗とするための計算なのです。21乗して33で割った余りは最初の数字に戻るため、Bさんは元の数字を知ることができたのです。

将来の暗号技術

RSA暗号は現代のコンピュータには解読が困難ですが、現在研究されている「量子コンピュータ」が実用化されると、簡単に解読されてしまいます。量子コンピュータは、量子的「観測されるまではいくつもの状態の重ね合わせとして存在する」という性質を応用したコンピュータで、同時にいくつもの計算を並行して行うことができます。そのため、現在のコンピュータでは時間がかかる、大きな素数同士を掛け合わせた数の素因数分解も瞬時に解くことができるのです。

しかし、心配はいりません。量子コンピュータ時代が到来する頃には、またそれで解読されないような暗号技術が開発されることでしょう。実際、傍受されると破壊されるというような暗号の研究がすでに進められています。今後、情報社会が進展すればするほど、暗号の重要性はますます大きくなり、新しい暗号方式の開発もより一層進んでいくことでしょう。

暗号の仕組みを考えてみよう

暗号の起源は意外に古く、その歴史を紐解くと古代ローマ時代まで遡ることが出来ます。もちろん当時は、国家の機密を扱うなど、ごく一部の人たちだけのものでした。しかし情報社会の現在、暗号は私たちの日常に欠かせないものとなっています。言語の論理的な構造を数学を使って解き明かそうという「形式言語」「オートマトン」などを研究する伊藤正美先生に、歴史に現れた暗号と、現代の暗号と数学理論との関係を楽しく説明していただきました。

情報社会を陰で支える 数学理論が

ADVICE

数学者は勤勉でないほうがいい?

これは私の持論ですが、数学者になるためにはあまり勤勉でないほうがいいと思っています。数学はいかに効率良く、美しく問題を解くかが重要な学問です。近年はコンピュータの発達で、全通り当たってみるとか、片っ端から計算してみるといった証明の仕方も見受けられるようになりましたが、それでもやはり数学の本質は、もっとも効率の良い解法を考えることだと思います。

そのためには日頃から、「いかに楽をして大きな成果が得られるか」を考えている人が数学者には向いていると思っています。極端に言えば「苦勞をしてでも楽をしてやる」ぐらいの気概があればいいですね。

また、数学的な発見をするためには、思考の柔軟性や独創性をもっとも大切です。教えられたこと、言われたことを勤勉に実践しているだけでは柔軟性や独創性は身につけません。自由な発想を心がけて下さい。

理学部・数理科学科
伊藤 正美 教授



PROFILE

専攻は形式言語、オートマトンおよび計算理論。フランスのポワノンカレ研究所に大学院生として滞在中に、ふと立ち寄った本屋でたまたま手にした「数理言語学入門」という一冊の本、その書物に書かれていた未解決の問題を解いて著者であるルーマニアの研究者に送ったことが、現在の専攻分野へと進む第一歩となった。この研究者とは現在でも交流があるという。専攻分野は言語学と数学とが結びつく分野。そこから現在と将来の暗号技術についてや人類の言語の発祥についても深い関心を持つ。

環境にやさしい クリーンなエネルギーを作ろう

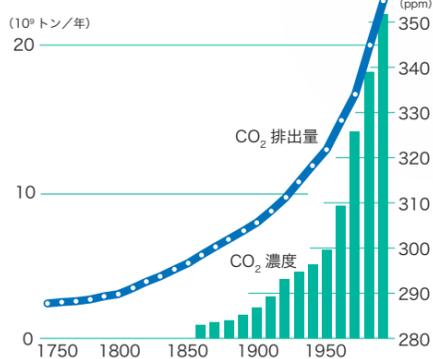
地球温暖化対策の決め手は？

地球温暖化の進行に伴い、地球規模の環境破壊が現実のものとなってきました。これを避けるには、原因とされる二酸化炭素を出さないしくみを考えなければなりません。二酸化炭素は石油・石炭などの化石燃料を燃やすことによって生まれます。化石燃料に替わるエネルギーの開発と、それを使って動く自動車や設備などの普及が急がれます。そんななかで、世界の大きな注目を集めているのが二酸化炭素をまったく出さない燃料電池車。そのエネルギーともなる水素を、どうすれば効率的に製造できるかを研究している大森隆先生にお話を伺いました。

CO₂の排出をこれ以上増やさないために

地球温暖化については、いくつかの原因が考えられますが、現在のところ最も有力とされるのが二酸化炭素(CO₂)の急激な増加です(右図)。二酸化炭素は化石燃料である石油や石炭などを燃やせば必ず発生しますから、人が便利で快適な生活を求めて、ガソリンなどを使えば使うほど増加します。(下コラム参照)実際われわれはガソリンに限らず、電気やガスなど生活に必要なエネルギーの80%以上をこの化石燃料でまかっています。そこで日本など、化石燃料の使用量の多い国々では、二酸化炭素を出さないクリーンなエネルギーへの転換を、さまざまな形で図っています。しかし課題は少なくありません。なかでも難しいのは、自動車の世界的な増加です。現在、東アジアを中心に多くの国が経済発展を続け

■二酸化炭素排出量の推移



二酸化炭素と地球温暖化

現在、多くの家庭で扱われている天然ガスを使った都市ガスの燃焼システムを化学式で書くと、次のようになります。



化石燃料は必ず、CH₄のようにC(カーボン)を含みます。ですから酸素と反応すると必ずCO₂(二酸化炭素)が発生するのです。CO₂は空気中では極めて安定的な物質で分解されにくく、排出されると空気中に留まりやすいという特徴を持っています。

一方、太陽から注がれる光は地表の温度を上げます。その時発生する熱のほとんどは大気圏に逃げていきますが、一部はCO₂などによって大気中に蓄えられます。いわゆる温室効

果です。温室効果をもたらすものとしては、他にCH₄(メタン)やNO_x(窒素酸化物)、フロンなども考えられていますが、CO₂が全体の6割を占めるとされています。CO₂が増えれば、それだけ大気中に蓄えられる熱の量は増えるのです。

地球温暖化の原因については、このほかに太陽活動を原因とする考え方もありました。しかしこれは何千年、何万年を単位として地球の気温の変化を考えています。ここ50年、100年の間での気温の上昇はあまりにも急激で、この尺度で考えるには少しムリがあるようです。50年、100年といえば、地球の歴史を一日に換算するなら、それこそ一秒にもまったく満たない一瞬の時間です。この100年間で世界で0.6度、日本で1.0度上昇するというのは、やはり温室効果によるものと考えざるを得ないのです。



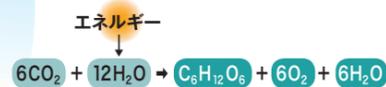
水素を使ったエネルギーシステムは光合成と同じ

燃料電池車は、水素を酸素と反応させて得られる電気エネルギーを使って走ります。この時発生するのは、水(水蒸気)だけ。まったくクリーンな車で、エコカーといわれる理由です。これなら、どんなに増えても二酸化炭素は増えません。

エネルギーを供給する燃料電池のしくみはいたって簡単です。燃料となる水素を作る方法はいくつかありますが、環境への負荷が最も少ない太陽電池などで得られた電気エネ

ギーを使って作る場合、その仕組みは中学校の理科で習った水の電気分解そのものです。水に電気を流すと、そのエネルギーで水素と酸素が発生します。化学式で書くと2H₂O→2H₂+O₂でしたね。そして反対に水素と酸素が反応すると水ができ、電気エネルギーが発生します。この後の反応が燃料電池でエネルギーを発生させる仕組みで、しかも二つの反応は簡単に循環させることができます。

これとよく似たしくみは、自然界にもあります。植物の光合成です。やはり中学校で習ったことの復習になりますが、植物は日中、光のエネルギーと水と二酸化炭素とを反応させ、ブドウ糖(化学エネルギー)をつくり、酸素を出します。そして、このブドウ糖を、自らの成長に必要なエネルギーとして使うのです。また、植物を食べた私たち人間や他の多くの動物も、ブドウ糖を成長や繁殖のエネルギーに変えます(このときいずれも二酸化炭素を出します)。これを式で書けば、以下ようになります。



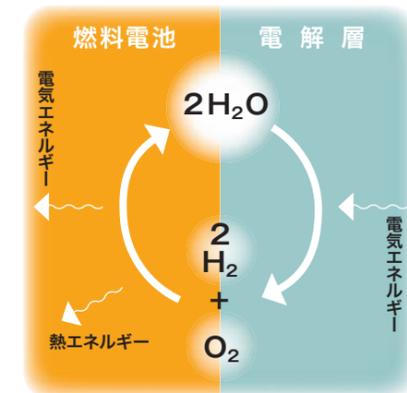
二つの反応に共通するのは循環型のシステムになっていることで、しかもその過程で外へ逃げていく物質がまったくないということです。光合成は太古から行われてきた自然界の営み、というか自然そのもの。水素を使ったエネルギー供給のシステムも、その光合成と同じで環境にはまったく負荷を与えないシステムなのです。

理学部・物理科学科
大森 隆 助教授



水素製造はこれからの分野

水素を使ったクリーンなエネルギーシステムの開発は、水素と酸素を反応させる燃料電池の工程と、水を電気分解して水素を取り出す水電解の工程とに分かれます。(下図) 私たちが取り組んでいるのは主に後の工程で、電気化学を基本技術として、どんな電解槽で、いかに効率よく水素を製造できるかについて研究します。この分野は、自動車産業が中心となり、巨額の予算をつぎ込んで開発を行っている燃料電池の分野と同様に、まだまだ解決しなければならない問題をたくさん残しています。



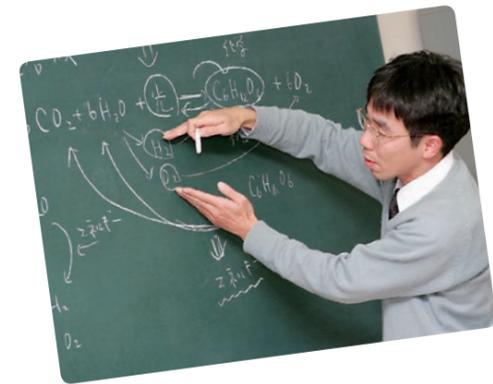
ADVICE-1

高校生へのメッセージ

「環境」は極めて現代的なテーマで、学生の関心も年々高くなってきています。物理科学科の中に置かれていますから、当然物理を学んでくる学生が多いですが、電気化学が基本技術となりますから、化学の基礎についても一通り学んできてもらえればベストです。また環境は学際的とか、境界領域といわれる学問の中でもその代表格。文系からのアプローチや、文系的な問題意識をもつことも大切です。またこれまでのように狭い分野に閉じこもって研究ばかりしているのもダメです。常に周辺分野、関連する領域との交流を怠らないようにしたいものです。

PROFILE

電気化学の研究を通して環境問題に取り組む。「電気化学は環境・エネルギー分野ととても相性がよく、グリーンエネルギーの研究ではポイントとなる学問領域」だという。京阪奈にあるRITE(財)地球環境産業技術研究機構)では4年間、CO₂対策に関する研究開発テーマに本格的に取り組んだ。「ひとたび研究者としてやるからには、その時代で最も大事な問題に取り組んでみたい」からだ。「温暖化という深刻な問題がある。それを止めるには化石燃料からグリーンエネルギーへの転換が急務。その代表選手は水素だが、地球上には少量しか存在しないから作っていくことが必要。それならどうにつくるのか。無尽蔵でクリーンな太陽エネルギーを使うのが一番ではないかと研究の目的についても明確だ。」
学生からもいろいろアイデアをもらいながら、コツコツと実験を続けるのが好きだ。



電気エネルギーをどのようにして、しかも低いコストで手に入れるのが、まず問題です。太陽電池、風力発電などクリーンな発電はかなり増えてきていますが、全体で見ればまだまだごく僅か。コストもいまだ高く、多くの企業は水素を化石燃料から抽出しているのが現実です。私たちが直接関わる水電解の分野でも、いかに効率よく低コストで水素を製造するかが大きな課題です。たとえば、電極に貴金属を使えば短時間でより多くの水素を発生させることができます。しかしそれでは、コストが高すぎて実用には使えません。

エネルギーとして安定的に供給するための貯蔵の問題もあります。水素を高圧にして溜める場合はそれほどでもありませんが、液化して蓄える場合には、水素を作るコストの50%ほどのコストが余計にかかってしまいます。

現在、たくさんの研究者がクリーンなエネルギー・システムを構築するために、世界各地で日夜研究を行っています。しかし今のところ、この方法が一番いいというものはありません。また、今考えられている方法が将来すべてうまくいくともかぎりません。今後は、それぞれの分野・領域においてさまざまな技術が発展していくものと考えられますが、自分としてもその一翼を担いたいと思っています。

成果が問われるのはこれからです。若くて斬新なアイデアと、根気よく実験を積み重ねる地道な努力の両方が、今求められているのです。

ADVICE-2

卒業したら...

卒業後、企業で即戦力となって活躍しようと思うなら、やはり大学院進学までを視野に入れたほうがよいと思います。4年間だけだと、せっかく研究を覚えたところで終わりという感じです。今のところ、この学科を卒業することで得られる特別の資格というものはありません。しかし、現在はどんな企業でも環境はキーワード。対応する部署を設けているところも少なくありませんから、活躍するフィールドはどんどん広がっていると言えるでしょう。

スイカ(Suica)や イコカ(ICOCA)でおなじみの ICチップがすべての基本

現在では、ほとんどの家電製品もコンピュータを内蔵しています。もちろん携帯電話もです。そしてICカードも、れっきとしたコンピュータなのです。なかでも所定の場所にタッチするだけで改札機を通過できるスイカやイコカは、無線機能付きの特殊なICカードで、「無線ICタグ」(専門的にはRFID)とも呼ばれます。この無線ICタグが、ユビキタス社会では極めて重要な働きをします。

無線ICタグの内部には、ループ状のアンテナとICチップが内蔵されています。改札機の所定の場所にピタッとあてると、その場所から電波がパッと発射され、アンテナに電流を起こします。その電流でICチップが起動し、ICチップ内部に記録された有効期限や残高などの情報を電波で返します。それを改札機側のコンピュータシステムで瞬時に読み取り、この

人を通していいか悪いかなどの判断を下します。この無線ICタグは、テレホンカードなどの磁気を使ったものと違って、磁気に近づけても書き込まれた情報が消えてしまうことがありません。また新しい情報を書き込めるようになっています。最近ではお金の情報を書き込むことで、コンビニなどでお財布代わりにも使えるようになりました。

これと同じ原理を使って、スーパーなどでは

野菜などの生鮮食品一つひとつに小さいチップを埋め込み、出荷から店頭へ至るまでのすべての流通経路を把握する実験も始まっています。また、この無線ICタグは人やものを区別するだけでなく、たくさんのものでありかを同時に把握し整理するにも便利です。例えば、冷蔵庫が、古くなった物を表示したり、今夜の夕食に必要な材料を教えてくれるようになるのも、そう遠い先のことでないでしょう。

安心、快適、 ユビキタスバスを作る

私たちが開発しているお風呂も、基本的にはこれと同じ仕組みを使っています。

まず浴室内の洗面器、手桶、石鹸皿、シャンプーのボトル、シャワーヘッド、椅子などにすべて無線ICタグを埋め込みます。次に床下や壁の裏など目に見えない場所に、先程の改札機でも利用されている無線ICタグの読み取り装置を設置し、浴室内の物の位置が外部から常に把握できるようにしておきます。そして、いろいろな人のお風呂の入り方や物の使い方などのデータを集め、多くの人に共通したお風呂場での行動データベースを作っておきます。もし、入浴中の人がこのデータから大きくはずれるような動きをすとか、浴室内の道具の位置が急激に変わったり、倒れたりしたら、何か

異常が起きたかもしれない!と判断するわけです。

このシステムでは、さらに浴槽に組み込まれたセンサーを使って、浴槽内の人の動きや呼吸、心拍数を測り、その情報をコンピュータで処理できます。こうしておけば、入浴中の人の健康状態もリアルタイムで把握でき、それを台所や居間でわかるようにしておけば、お年寄りなどのいる家庭でも安心です。また、センサーと音響装置を連動させ、呼吸とメロディーで表現した音楽や、心拍数とリズムとを同調させた音楽を聴けるようにすることもできます。さらに進めて、浴槽に浸かり過ぎの場合は早く出たくなるような演奏にしたり、浅い呼吸が続いているようなら、深呼吸を促すような癒し効果のあるメロディーに変えたりすることもできます。もちろん音楽だけではなく、映像や照明と結びつけることも可能です。こんなお風呂なら、皆さんも毎日でも入りたくなるにちがいないでしょう。

CLOSE-UP

どんな授業

コンピュータのキーボードはなぜこんな形をしているのか。現在のような形になったのは、どういう経緯からなのか。数字や文字はなぜこのような配列になっているのか。マウスをダブルクリックすることを誰も不自然に感じないのだろうか——?

目の前にある当たり前のことを、こんなふうにもう一度考え直してみるから始まるのが、3年生生を対象に開かれている「インタフェース論」。人とコンピュータとが向き合う接点(インタフェース)について考える講義だ。

コンピュータそのものがこれだけ進化している中で、そのインタフェースは未だに人の方からコンピュータに擦り寄っていかねばならないデザイン、スタイルのままで。これは果たして、人にとって使いやすいものなのか。もっと人にやさしいコンピュータを考えることはできないのだろうか、と平井先生は考えている。

これまで当然と思ってきたことを、一歩下がって考え直してみる。そして、そこに不具合が見つけれられたとき、新しいものをデザインするアイデアも湧いてくるはずだ。先生自らの経験からIT業界やゲーム業界、音楽業界などの裏話も聞ける、コンピュータを学ぶ学生にとっては、楽しくてためになる授業だ。

ADVICE-2

卒業したら...

この分野では、将来技術職を目指すことが多いと思いますが、私の企業経験から言えば、技術職に就くには大学院修士課程まで出たほうが有利です。コンピュータの技術職と言えばSE(システムエンジニア)を漠然と思いがちですが、そのSEもさまざまな分野に分かれます。今後のユビキタス社会を想定し、SEも含めたより幅広い職種、業態でITに関わる仕事を視野に入れて学んで欲しいと思います。その上で、情報をわかりやすくビジュアル表現するCGの知識・技術を身につけるなどして、生活の中で実際に使えるコンピュータの姿とは、どういうものなのかを勉強してもらえたらと思います。

コンピュータの方が人間のことをよく分かってくれるようにしておけば、その感覚を、信頼できる人から見守られているという感覚に変えることもできるでしょう。そのためには、システム設計する側がただコンピュータの仕組みを分かっているだけでは不十分です。哲学や心理学など人の心を理解するような学問を学び、また芸術に親しんで感性を磨き、それをデザインなどに生かせるようにしておくことも必要です。

目下開発中のお風呂に限らず、このようなシステム、人とコンピュータとの関係を作りあげることが、私の研究のモットーでもあり、目標でもあるのです。

見えないコンピュータで 快適な生活を 生活の質向上のためのバスシステムを開発中

お風呂に入って鼻歌というのはいけれど、お風呂が代わりに歌ってくれませんか? 世界でも珍しいそんなお風呂を開発しているのが、平井重行先生。いつでもどこでもコンピュータの機能が利用できる社会をユビキタス社会(注)と呼びますが、そんなユビキタス社会を実現するには、人に優しいコンピュータ・ソフトウェアの働きや、使う人がコンピュータを意識しないようなシステムの構築が欠かせないそうです。現在開発中のバスシステムを例に、ユビキタス社会のしくみと、その将来像などについて熱く語っていただきました。

(注)ユビ・キ・タ・ス社会

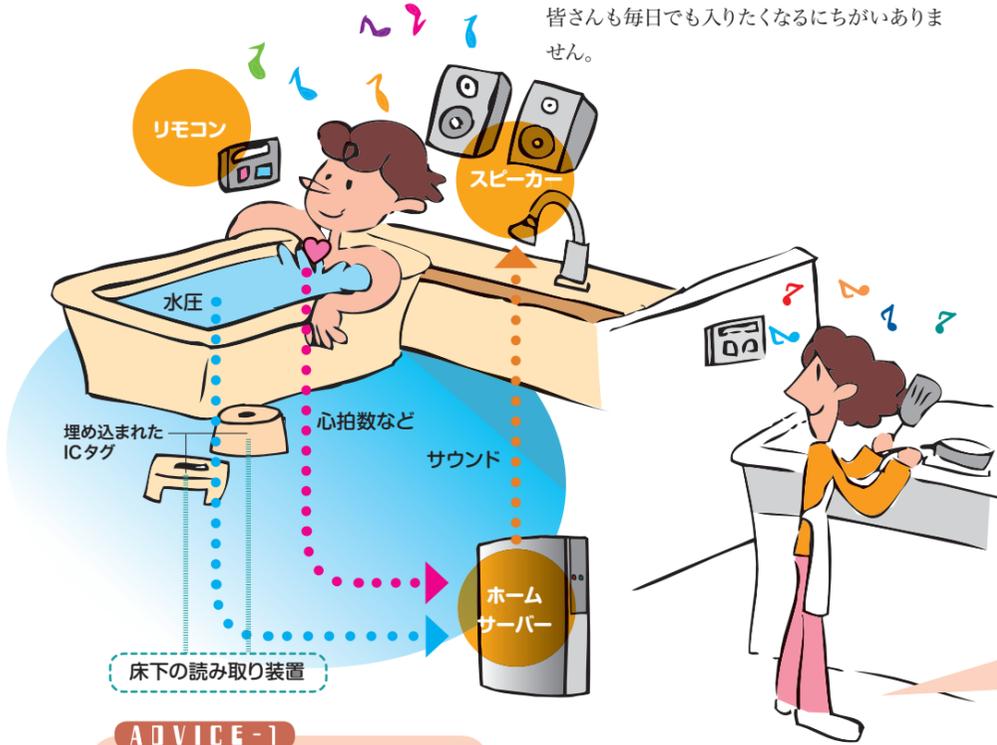
いつでもどこでもコンピュータやネットワークにアクセスできる環境、社会のこと。パソコンだけでなく、コンピュータを内蔵する家電製品や携帯電話、無線ICタグ、果ては衣類や家具など身の回りのさまざまなものもコンピュータ化してネットワークに接続し、これまでよりもはるかに多くのさまざまなことができるようになる社会。「ユビキタス」の語源はラテン語で「どこにでもある」という意味。1990年頃にアメリカのコンピュータ科学者が「ユビキタスコンピューティング環境」として使った。

平井先生は、「人が従来使ってきたものや周辺環境にコンピュータを溶け込ませ、人がその存在に気づかないまま慣れ親しむことで、自然とその環境を利用できることが大事」と語る。

理学部・コンピュータ科学科 平井 重行 講師

PROFILE

小学生時代、友達の家でその子の兄が持っていたパソコン(パーソナル・コンピュータ)に触れたのが、コンピュータとの最初の出合い。その頃から学校帰りに電気店に通いはじめ、店先に置かれたコンピュータでプログラムを組んで遊ぶようになった。時には夢中になって時間が経つのを忘れることもあったとか。小さい頃からピアノを弾いていたこともあって、いつしか将来はゲームメーカーで、プログラミングかサウンドデザインをしたいと夢見るようになった。コンピュータを学ぼうと大学に進学し、コンピュータ関連の研究所で研究補助のアルバイトをするが、あとで振り返るとこれが大きな飛躍のきっかけとなる。またそこで出会った一冊の本からは、音楽とコンピュータの両方についても大きなヒントを得たという。有名ゲームメーカーへの就職内定を蹴って大学院へ進学。その後、一度は企業でSEやコンサルティング業務などを経験してから、研究者の道を進む。ピアノはセミプロ級で、プロと一緒に演奏することも。今でも1日最低10分はピアノに向かい、音楽を奏でることを怠らない。「人に優しいコンピュータを考えようと思えば、必ず音楽やデザインといった、人の感性に訴えかけるものについての理解が欠かせない」というのが持論。コンピュータの進化とともに少年時代の夢は一步一步実現しているようだ。



ADVICE-1

高校生へのメッセージ

無線ICタグには、高校で習う電磁誘導の原理が使われています。実験や研究ではセンサーで物理現象を測ることや、その測った情報を数学を使って解析することもあります。また、コンピュータ上の音やCG(コンピュータグラフィックス)の処理も数学や物理が基本です。ですから数学はもちろん、物理の基礎的な知識はできるだけ身につけておいてください。

本学科は、理学部といっても従来の自然科学を学ぶだけでなく、コンピュータ特有の学問(コンピュータ科学)を基礎から学び、知識や技術を身につけることに比重をおいています。内容は情報工学と近いですが、より基礎的な理論や考え方を学ぶというイメージです。

見えないコンピュータが 人の暮らしを豊かにする

ところでこのお風呂は入っている人からすると、どのように感じられるのでしょうか。確かに仕組みを説明されるだけだと、ずいぶんたくさんコンピュータが使われているという印象をもつかもかもしれません。

しかし実際、中に入ってみれば、コンピュータなど影も形も見えません。人はコンピュータを意識することなく、今まで通りお風呂に入ることができるのです。コンピュータをまったく知らない人なら、そこにコンピュータが使われていることさえわからないでしょう。もっとも仕組みがわかっているならば、コンピュータに見張られているという感覚をもつ人もいるかもしれません。しかし、システム全体をもっと改良し、

より速く! より小さく!

コンピュータを使ってコンピュータを設計する

コンピュータの「頭脳」を司るのは、LSI(Large Scale Integration /大規模集積回路)と呼ばれる小さなチップ。1ミリの数万分の1(サブミクロン)単位の回路が無数に集まってできています。ここまで小さな単位となると人の手で設計することは不可能で、コンピュータの力を借りて設計していきます。情報社会を支えるもっとも基幹となる技術の一端を井上訓行先生と一緒に見てみましょう。

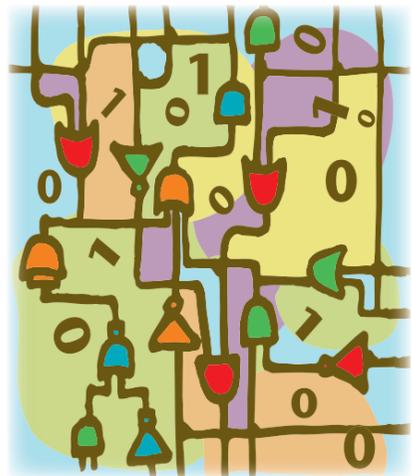


現代のLSI
コンピュータによる設計が行われる以前、この小さなチップと同一機能を実現するためには、右下の写真の井上教授が手にしているくらいの大きさが必要だった。

コンピュータの原理は、たった一つの回路

現在の形のコンピュータが発明されてから、およそ半世紀が過ぎました。その間、計算速度や扱えるデータの量は飛躍的に増大しましたが、コンピュータが動く原理はほとんど変わっていません。

コンピュータはさまざまな計算・判断それに記憶と、多様なかたちでデータを扱いますが、どんなデータもコンピュータの中では、0と1だけで表されています。たとえば、回路に電流が流れているときに1、流れていないときに0です。ですから、一見複雑に見えるコンピュータも、実はわずかな種類の「ゲート」と呼ばれる単位から構成されています。



■ NAND ゲート

●論理記号



●真理値表

ゲートでの入出力を一覧表としてまとめたものを「真理値表」と呼びます。このゲートの場合は、次のような表になります。A、Bの両方が1のとき、Cが0になり、それ以外のときCは1になります。

A (入力)	B (入力)	C (出力)
1	1	0
1	0	1
0	1	1
0	0	1

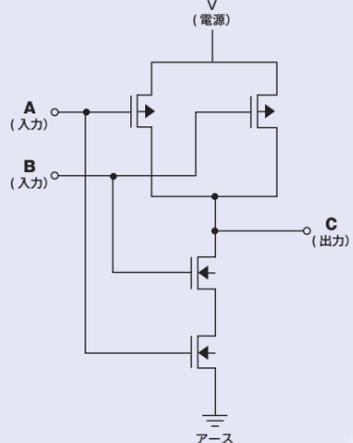
●論理式

入出力値の組み合わせは数式としても表すことができ、NANDゲートの場合は、次のようになります。このような数式のことを「論理式」といいます。出力Cを入力A、Bの否定 \bar{A} 、 \bar{B} の和と表すこともできます。

$$C = \overline{A \cdot B}$$

●トランジスタ回路

NANDゲートはLSIの中で、次の図のように4個のトランジスタで構成されます。



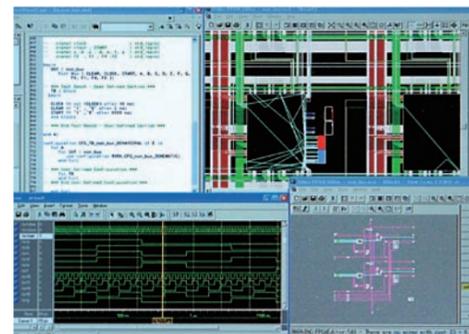
これらのゲートはさらにたった一種類のゲートにすべて置き換えることができます。それが「NANDゲート」と呼ばれるものです(下図)。たった一種類のゲートの組み合わせでコンピュータの回路ができていくというのは、信じられない話かも知れません。しかし、みなさんが使っているコンピュータも、何百万個ものNANDゲートから構成されているのです。

LSIを設計する

LSIができるまでは、個別のゲートを使い、その間を手作業で配線していました(右下写真/井上教授が持っているもの)。しかし、技術の発達により、ひとつのNANDゲートは1ミリの数万分の1単位にまで小さくなりLSIの中に作られるようになりました(左上写真)。また、ゲートの数も何百万個という単位になり、回路の設計、ゲートの配置、ゲート間の配線などが、非常に複雑になってしまいました。

そこで、現在ではコンピュータを使って回路の設計からLSIのレイアウトまでも行うCAD(Computer Aided Design / 計算機援用設計)が主流になっています(下写真)。具体的にはまず、設計者は「コンピュータにどんな機能を持たせたいのか」をHDL(Hardware Description Language / ハードウェア記述言語)と呼ばれる言語で記述します。次に、その記述を実現するための論理設計をコンピュータが行って回路を作り、LSIに組み込んでいきます。

ハードウェアとソフトウェアの区別は近年どんどん曖昧になっていて、ハードウェアといえども、プログラム可能な(中身を作り変えられ



CAD(計算機援用設計)の画面

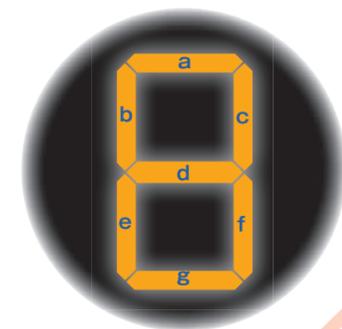
る)ものが現れています。そのため現在では、どこまでハードウェアで設計して、どこからソフトウェアで動かすのか、その最適なバランスを決めるのが、難しい問題になっています。このようなハードウェアとソフトウェアの垣根を低くした考え方は「ソフトウェアとハードウェアの協調設計」と呼ばれています。

実際に設計してみると

私は日ごろから、工学とは物を作るための学問だと考えています。研究室では4年次に、実際にコンピュータの頭脳であるLSIを設計してもらいます。何かについて学ぶには、それを作ってみることが一番早いのです。

下図のようなディスプレイで「数字を表示する」という、簡単な機能ひとつをとっても、そのための回路が必要になります。ある数字を表示させるには、どの部分を光らせてどの部分を消すかを定める回路が必要です。「8」を表示させたいときはすべての部分を光らせます。「0」のときはdだけ消し、「3」はbとeだけを消します。これで、0から9までの数字を表示することができます。

それでは、4桁の数字を表示するにはどうしたらいいでしょうか。このディスプレイを4つ並べ、それぞれに今つくった回路を付けても、もちろんかまいません。しかし、同じ回路を4つ別々に付けるのは、回路全体を小さくするためにも、消費電力を小さくするためにもマイナス



です。そこで、1つの回路を4回使う方法を考えます。4つのディスプレイのそれぞれを、人間の目では分からないぐらいの速さで交互に切り替えるのです。こうすれば、4つの数字が同時に表示されているように見えるわけです。

以上はひとつの例ですが、このようにより速く、小さく、省電力化された回路を作る工夫をするなかで、回路設計への理解は一層深まっていくのです。

TOPICS

50年後のコンピュータを想像してみる



昭和40年代前半のコンピュータ(本学にて)

コンピュータが発明された当初、役に立つ機械だとわかっていても、現在のような使われ方をすると予測できた人はいなかったのではないのでしょうか。誕生したころのコンピュータは、ひとつの部屋を占めるぐらい大きく、高価なもので、大きな組織が持つ装置でした。それが、個人で使えるコンパクトなサイズに変わり、今では携帯電話や家電にも組み込まれる身近なものへと進歩してきました。

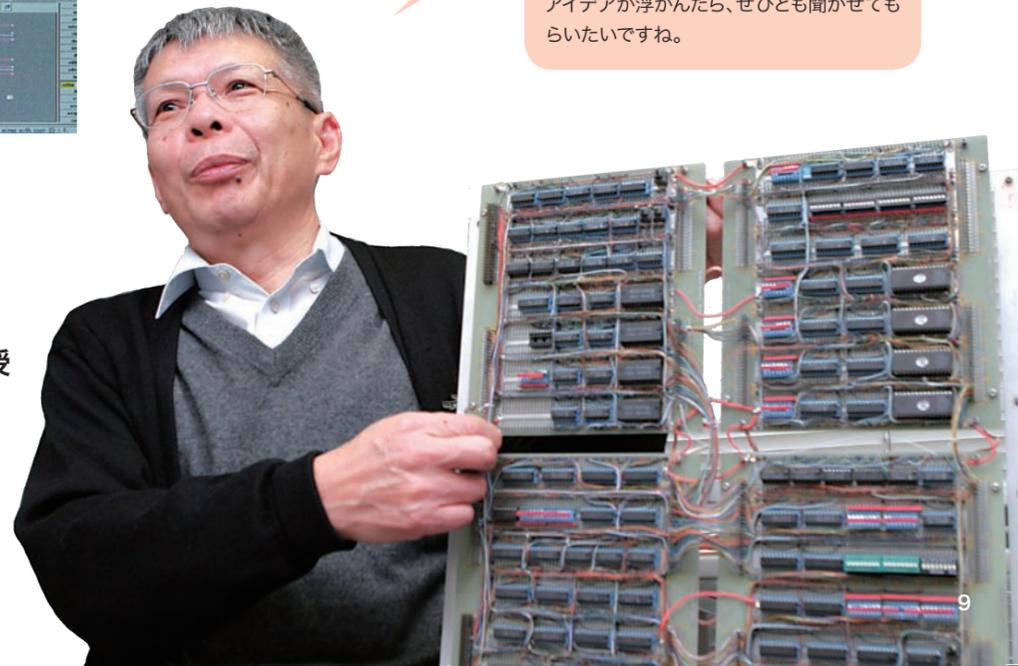
それでは、50年後の未来には、いったいどんなコンピュータが活躍しているのでしょうか?これまでの大きな変遷から、50年先には現在のコンピュータの常識が通用しなくなっている、決して不思議ではありません。

みなさんも「50年後のコンピュータ」について想像を巡らせてみてください。面白いアイデアが浮かんだら、ぜひとも聞かせてもらいたいですね。

工学部・情報通信工学科 井上 訓行 教授

PROFILE

大学卒業後、民間企業の開発部門を経て、本学理学部計算機科学科へ。工学部情報通信工学科開設時に移籍。おもに、コンピュータのハードウェア関連の教育・研究に従事。



京大根からわかる 先端バイオテクノロジーの世界

人類の役に立つ新しい植物をつくろう

自分の遺伝子に他の個体の遺伝子を組み込み、
新しい性質を得ようという遺伝子組換え技術などのバイオテクノロジー^{※1}。
遺伝子の解読が進むなか、急速な勢いで進歩しています。
医療分野においてはもちろん、世界的な人口の急増を受けて
食糧危機への不安が高まるなか、
食糧増産には欠かせない技術としても期待が膨らみます。
京大根に魅せられ、これまでになかった高品質の大根など、
人の役に立つ新しい野菜づくりに挑む山岸博先生に、
身近でわかりやすい植物バイオテクノロジーの世界を案内してもらいます。



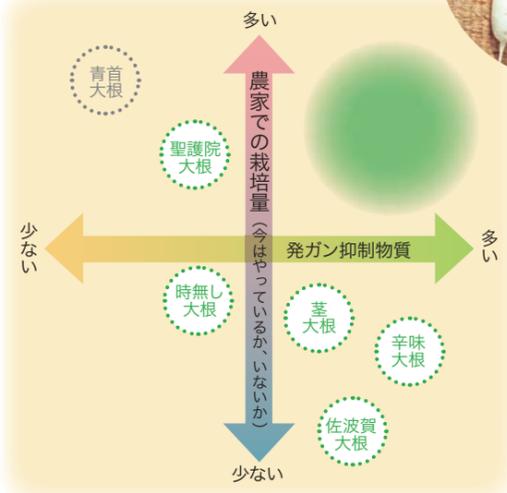
大根もいろいろ。 ミトコンドリアDNAから わかる進化の歴史

現在、わが国ではたくさんの種類の大根が栽培されています。京都に固有の“京大根^{※2}”と呼ばれるものだけでも右図のように5種類もあります。これは長年にわたる品種改良の成果です。

大根に限らず、できるだけたくさんの収穫を得（大きくすることも含めて）、味を向上させたいというのは人類の願いです。そのため人々は、野生の植物を栽培化し、さし木や継ぎ木でふやし、交配などで品種改良を行ってきたのです。

大根の種類が多い原因は、他にもあります。日本の大根の祖先を調べていくと、ユーラシア大陸に自生する何種類かの野生種に行き着きます。それらは長い年月の間に変異したり、人に栽培されたり、お互いに交雑しあったりしてたくさんの種類に分かれました。そして東へ進んだものなかには、海を渡って日本へ伝えられるものも出てきました。日本ではそれらが元になり、さらに野生種から作られた栽培種も加わって新たな交雑が起こったのです。

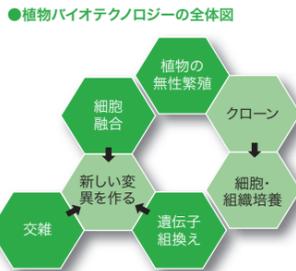
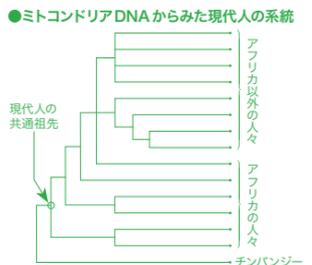
ところで、このように祖先を調べるのには、ミトコンドリアという細胞内の小器官に含まれるDNAを使います。ミトコンドリアが母方からしか受け継がれないという特徴を利用して、DNAで母方の祖先を直線的に辿るのです。^{※3}ミトコンドリアのもつこの特徴は、次にお話しする細胞融合においても大切な役割を果たします。



※1: バイオテクノロジー
遺伝子工学（遺伝子を操作する技術を利用する学問分野）を駆使して細胞に目的に沿った操作を加えたり、細胞や組織を人工的に培養したりすることなどにより、生物を利用する技術のこと（啓林・生物II）

※2: 京大根
京都固有の野菜を最近では“京野菜”とブランド名で呼ぶようになりました。千枚漬けで有名な聖護院カブラ、賀茂ナスなどが有名ですが、それにならって京都固有の大根を京大根と呼んでいます。

※3: ミトコンドリアDNAとミトコンドリア・イブ
人類をはじめ有性生殖で子孫を残す生物は、核にあるDNAについては父方と母方から、それぞれの半分ずつを受け継ぎます。そのため、遺伝子を追跡しようとしても祖母の代では1/4、その先では1/8と、どんどん薄くなっていき、うまくいきません。その点、ミトコンドリアに含まれるDNAは、ゲノムの大きさでは核のものに比べるとごく僅かですが、母方をそのまま辿っていくことができます。突然変異の確率が計算で求められるようになった今では、近縁種との枝分かれの時期を特定し、樹系図を逆向きに辿るように祖先を特定していくことができます。これまでには諸説のあった人類の起源も、この方法でほぼ明らかにされました。今から約20万年前のアフリカにいた一人の女性が、全人類の共通の祖先だと特定されたのです。彼女はミトコンドリア・イブと呼ばれています。



細胞融合を説明する前に、植物バイオテクノロジーの全体像を見ておきましょう。これを示したのは植物の改良や作物の増産を考える際、分野ごとの研究や開発も大事ですが、全体をみて総合的に計画を立てることも重要だからです。

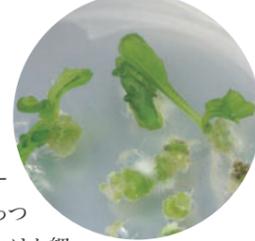
PROFILE
長野県の伊那地方で豊かな自然に囲まれて高校時代までを過ごす。昆虫少年ではなかったが、生き物大好き人間だったとか。新しい植物をつくり、人の役に立ちたいという志を抱いて、京都の大学へ。植物育種の研究の中で京大根と運命的な出会いを果たす。

細胞融合

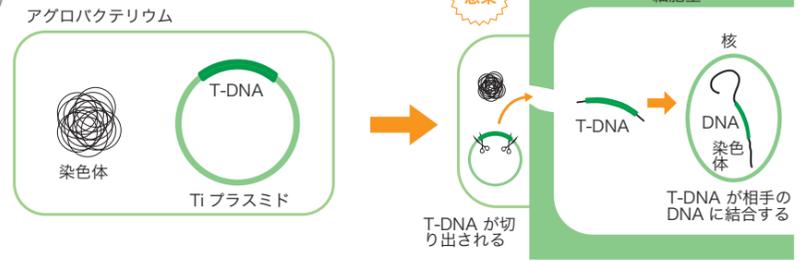
細胞と細胞とを、電気的な刺激や、ポリエチレングリコールという薬品を使って直接くっつけるのが細胞融合です。くっつけた細胞を無菌状態で培養（細胞培養）し、そのまま成長させていけば（上写真）、種子を経由せずに新しい雑種を作ることができます。もう品種改良に長い年月をかける必要



はありません。細胞融合はまた、品種改良にミトコンドリアの性質を使う場合にも欠かせない方法です。ミトコンドリアは、遺伝子組換えができないからです。上の写真は、花粉を殺すミトコンドリアをもつためオシベをつくれぬ大根の花です。この花は、他の仲間の花粉がつかなければ種子を残せません。見方を変えれば、欲しい性質をもつ仲間の花粉だけを人為的に受粉させるには、大変都合の良い性質をもっているのです。例えば、虫に強いキャベツ（大根と同じアブラナ科）をつくろうと思えば、まずこの大根の細胞とキャベツの細胞とを融合させて花粉のできないキャベツをつくります。そして次に、そのキャベツの花に虫に強い仲間の花粉を受粉させればいいのです。またこの性質を利用すれば、生態系への影響が未知数の遺伝子組換え植物を、一代限り（種子をつくれぬ）にすることもできます。



アグロバクテリウムによる遺伝子組換えの接式図



遺伝子組換え ——ゴールデンライスを作る

外国の研究ですが、アグロバクテリウムを使った世にも珍しいゴールデンライスの作り方を例に見て行きましょう。ゴールデンライスは日本ではほとんど知られていませんが、東南アジアやアフリカでは、ビタミンA不足に悩む人々にとても役に立つお米です。

アグロバクテリウムは細菌の一種で、植物の遺伝子組換えでは最も普通に使われます。地中にいて特定の植物の根に取り付き（感染）コブ状の病気を引き起こし、なおかつその植物から養分をもらって増殖します。この菌の面

白いのは、自分のDNA以外にTiプラスミドという居候のDNAを持っていることです。アグロバクテリウムは、目標となる細胞にとりつくと、T-DNAと呼ばれるその一部を切り出し、核の中へ入り込み相手のDNAに結合します。（上図）T-DNAには細胞を増殖させる遺伝子と細菌のための栄養分をつくる遺伝子があります。それらが相手の核の中で働き出すと、取り付かれた植物の根近くの茎にはコブができ始め、細胞はみな栄養分をどんどんつくるようになります。

ゴールデンライスづくりでは、まずこのアグロバクテリウムのT-DNAから細胞を増殖させる遺伝子を取り除きます。次に栄養分をつくる遺伝子をカロチン（ビタミンA）をつくる遺伝子に置き換えます。こうしておいて、このアグロバクテリウムを稲に感染させれば、稲にはコブができず（病気が起こらず）、やがてその稲穂にはカロチンをたくさん含んだ金色のお米が実るようになります。

CLOSE-UP

どんな授業

4年次の卒業研究では、キャンパス内の実験室、培養室や温室などを使い、①細胞融合、遺伝子組換えを使った新規作物の作出、②分子遺伝学的な手法を用いた作物の進化過程の解明、③地域在来作物における遺伝的な変異の解明と保存策の検討、などを現地に行い、その結果をレポートにまとめます。キャンパスには小さな畑もあり、長靴姿に首に手拭い、手にはスコップといういでたちで授業に臨むことも珍しくありません。最近はさつまいも掘りは幼稚園以来とはしゃぐ学生もいるとか。

1年次生対象の基礎教養科目「遺伝と進化」は、進化のしくみと身近な遺伝現象を扱っていて、他学部の学生にも人気があります。

工学部・生物工学科

山岸 博 教授

ADVICE

高校生へのメッセージ

植物を扱いますから、やはり生物に興味があることが必要です。高校時代は、大学で学ぶ基礎として生物か化学のどちらかは学習してきた欲しいと思います。

卒業したら…

卒業後の進路は、現在は大学院進学が15%ぐらい。ほかには国立や県立の研究所、種苗会社、製薬や化粧品、食品の企業に進む人も多くいます。

爆発する人口、 植物バイオテクノロジーに 高まる期待

最後に左頁の図をもう一度見てください。横軸は大根に含まれる発ガン抑制物質の含有量、縦軸は現在農家でどれだけ栽培されているか、つまり消費者にとってどれだけ人気があるかを示しています。私たちの目指しているのはもちろん●のゾーンで、発ガン抑制物質を辛味大根や佐波賀大根並みに含む青首大根ということになります。このように、植物バイオテクノロジーを使えば、これまでは考えられなかったような、人の役に立つ植物をつくることも夢ではありません。もちろん、栽培面積当りの収穫量を増やすことも大切です。1960年から2050年にかけて、地球上の人口は約3倍に膨らみます。私たちは、1980年から2000年までの人口増に対しては、交雑によって作物の収量を増加させることで乗り切ってきました。しかしそのやり方はもう限界です。これからは今見てきたような新しい技術を使って、食糧を増産するなり、質の高い作物をつくっていかねばならないのです。

多様な領域で可能性を見つけよう!

理学部 & 工学部

自然の真理を
探究

代数学
幾何学
数学解析学
複素解析学
情報系の数学
応用系の数学

数理学科

天体・宇宙物理
素粒子・原子核
地球・気象と環境科学
物性物理／理論

物理科学科

物性物理／実験レーザー・電波物性
物性物理／実験結晶・表面物性

情報通信
工学科

コンピュータ工学系
情報処理工学系
光・量子情報・電波通信・電磁波工学系
生体・数理情報系

生物工学科

分子機能科学
細胞機能科学
生物保全科学
植物遺伝・育種学

コンピュータシステム
プログラミング理論
プログラミング実践
科学・工学におけるコンピュータ
コンピュータと数学

コンピュータ
科学科

テクノロジーの
最先端に
挑戦

さらに高度な
研究で可能性に
挑む

大学院

数学専攻
物理学専攻

理学研究科

博士前期課程
博士後期課程

工学研究科

情報通信工学専攻
生物工学専攻



お問い合わせ先

京都産業大学 連携推進室

〒603-8555 京都市北区上賀茂本山 TEL 075-705-2952

<http://www.kyoto-su.ac.jp/>

E-mail:renkei-suishin-jim@star.kyoto-su.ac.jp

理学部事務室 TEL 075-705-1463

工学部事務室 TEL 075-705-1466

入学センター TEL 075-705-1437