

I. 環境情報学部は、最先端のサイエンス、テクノロジー、デザインを駆使し、柔軟に人文・社会科学と融合することによって、地球、自然、生命、人間、社会を理解し、未解決の問題に取り組み、解決策を発明・創造する学部です。まず、「発明や創造」について考えてみましょう。

資料【A】～【H】は、過去から現在までの、何らかの発明や創造と、その社会展開に関する文章です。有形のモノから無形のコンセプトまで、情報のテクノロジーから物質のデザインまで、小スケールから大スケールまで、さまざまな種類のものを、時代順はランダムに並べてあります。

設問1 資料をよく読んだうえで、【A】～【H】それぞれの文章について、その発明や創造の内容と、それが社会に与えた影響を表現する、わかりやすいタイトルと魅力的なサブタイトルをつけてください。

II. 湘南藤沢キャンパス(SFC)では、「問題が与えられて、正解を教わる」教育ではなく、「何が問題なのかを考え、解決する方法を創出する」人材の育成を目指しています。そこで次に、「問題発見」について考えてみましょう。

2015年のいま、国内外でさまざまな問題が議論されています。たとえば世界経済フォーラム(World Economic Forum)は、2014年に次の5つの課題領域をあげて、問題群を分類しています。

(a) Economic Growth

The world economy is navigating uncharted waters in the wake of the global financial crisis. With the goal of building and sustaining economic growth in mind, the Forum is spearheading efforts to rethink infrastructure development, reshape responsible capitalism and encourage the free movement of people and goods.

(b) Environmental Sustainability

Food security and economic crises have highlighted both the urgent need and the potential for developing sustainable food supply. One in six people does not have access to adequate nutrition today. That makes about a billion people on planet earth today.

(c) Financial Systems

Strengthening the international monetary and financial system is a priority in the wake of the global financial crisis. Our work is focusing on alternative investments, the development of financial systems, long-term investing, financial governance, as well as mobile financial services readiness and sustainable lending.

(d) Health for All

Health for all is one of the World Economic Forum's key issues due to health's immediate link to our mission of improving the state of the world. By engaging leaders, the Forum focuses on three key health-related activities: advocacy, dialogue and action through partnership.

(e) Social Development

The World Economic Forum believes that economic progress without social development is not sustainable, while social development without economic progress is not feasible. Our motto is 'entrepreneurship in the global public interest'.

ただ、この(a)～(e)は、あくまで世界経済フォーラムの分類であり、検討すべき課題領域のすべてが網羅されているわけではありません。また、大切なことは、課題領域のなかから、より具体的な問題を適切に発見・提起し、それを掘り下げること、問題の本質に近づくことです。

設問2 あなた自身が重要だと考えている、「課題領域」とその課題領域における「未解決の具体的な問題」をひとつ記述してください。「課題領域」を (a)～(e)から選ぶ必要はありません。

Ⅲ. 最後に、設問2であなた自身が重要だとした「問題」の未来を考えてみましょう。

いま 2045 年の未来社会にいることを想像してください。あなたは、SFC 在学中から約 30 年のあいだに、出会った仲間と連携しながら、独自の視点で問題を発見・提起し、最先端のサイエンス、テクノロジー、デザインを学んで斬新な解決策を着想・実装し、その成果を広く社会に展開してきました。そして、別の新しい問題が立ちはだかったとしても、仲間と一緒に知恵を出し合えば、必ず解決できるという自信に満ち溢れて過ごしています。

そのようなあなたのもとに、環境情報学部長から公式の依頼が届きました。若い世代から尊敬される発明家・創造者であるあなたに、湘南藤沢キャンパス(SFC)で 90 分間の記念講演をしてほしいという依頼でした。あなたはさっそく講演の準備に取りかかろうとしています。

設問3-1 まず、講演の告知文を考えます。あなたが取り組んできた問題と、独自に生み出した発明や創造との関係を、わかりやすく、かつ魅力的に告知する文を考え、140 字以内で記述してください。

設問3-2 次に、当日配布する講演資料を執筆します。あなたが生み出した発明や創造がどのような原理や仕組みに基づいており、どのように実装されたものであり、どのような人々にどのように活用されており、どのような問題を解決したものであり、約 30 年のあいだにどのような方法で社会に展開し、その過程でどのような出来事が起こり、ぶつかった壁をどのように乗り越えて来たのか等を、具体的にふりかえりながら整理し、1000 字以内で記述してください。

執筆にあたっては、設問1で読んだ資料【A】～【H】から学べる要素を適宜取り入れつつ、あなた自身のストーリーとしてまとめてください。

なお 100 字相当分以内であれば、説明の補助のために絵や図を加えることもできます。解答欄に、たとえば 10×10 や 12×8 のように領域を区切って、そのなかに記入してください。絵や図を使用するかしないかは、あなたが決められます。

【A】

日本に自転車が始めて入ったのは 1870（明治 3）年ころとされている。ちょうど椅子型人力車の発明と同時期である。

発明 5 年後までに 10 万輦をこえていた人力車の急増に比べ、自転車の伸びは明らかに遅く、10 万台をこえるのは人力車より 30 年以上のちの 1906（明治 39）年のことであった。しかし、それ以降の伸びはほぼ 4 年で倍増のペースでとどまるところを知らず、2 年後には人力車を追いこし、1917（大正 6）年には 100 万台をこえ、1922 年には荷車を抜いて諸車輛中最多となった。

自転車の普及が人力車に遅れた一因は、それが当初は技術的に未熟だったためであった。初期の自転車と、普及した時代のそれは、同じ名称を与えるのがはばかれるほど、その技術的内容が異なった。

自転車は 1813 年にバイエルンのドライスによって発明されたという。彼の自転車にはハンドルの機能はあるが、ブレーキもペダルもない。地を足で蹴って進み、貴族の遊び用に装飾に凝ったりしたらしい。

1872 年前後に登場したオーディナリー(ordinary=普通)車は、前輪が後輪よりかなり大きいのが特徴で、日本ではだるま車、一輪半などとよばれ、現在では高輪車という名も与えられている。当時のように前輪の車軸に直結したペダルを用いると、ペダルを一回まわしてどれだけ進むかは、前輪の大きさで決まる。

オーディナリーに次ぐ形式は、安全車で 1885 年ころに開発され、基本的に現在まで使われている。築地居留地の外国人がもちこんだ安全車の修理を頼まれた宮田栄助が、それを参考にフレームを試作したのは 1889（明治 22）年のことであった。

乗車位置が低く、姿勢がくずれてもすぐ足をつけるから安全車とよばれたのである。その後の自転車の特徴づける、踏みこまなくても惰力で走行できるフリーホイールはいまだなかったのでペダルを停止すれば後輪は停止し、前輪にはタイヤブレーキがついていた。

欧米でも元気な男子だけの乗り物であったオーディナリーから誰でも乗れる安全車への発展は市場拡大をもたらし、アメリカでの年産台数は数万台から 100 万台以上にはね上がったというが、とくに日本では、自転車の実用時代は安全車の到来以後であり、大都市部以外への普及もこの時期に本格化した。

1877 年に使われはじめたボールベアリングは、ハンドルやペダル、そして車輪の動きを滑らかにし、88 年には空気入りタイヤが発明されて乗り心地を改善した。1885 年にはフレーム用の継ぎ目なし鋼管の新製法が開発された。

自転車を仕事に使うことも、安全車の導入と前後して開始された。早い例としては 1892（明治 25）年ころから逓信省での電報配達、憲兵隊での乗馬代用に用いられた。この段階ではオーディナリー車と安全車の双方が用いられたようである。

1900 年には東京市役所職員の出張・巡回に人力車に代わって用いられ、この前後からは人力車営業者が自転車の影響を受けて苦しんでいると報じられるようになる。医者や助産婦などは、往診の際に自転車をい、それは農村部へも広まっていく。

また、自転車といえば、駐在所・派出所の巡査の乗車姿が思い浮かぶが、これも主に大正時代に地元住民から寄付を募って整備される。

日露戦争後、技術的にはフリーホイールの導入により、現在と同じように、情力で進めるようになって自転車の乗り心地が一段と良くなるとともに、輸入車の増加によって、その利用は大幅に拡大した。そのなかで一つ画期となったのは 1909 年の三越のメッセンジャーボーイ隊の創設であろう。彼らはそろいの白塗りの自転車に洋装で乗り、顧客が買い上げた荷物を配達した。自転車に積みきれない荷物の配達には洋式の馬車が用いられたから、これは欧米式のサービスのつもりで取り入れられたものであろう。

ここで重要なのは、使用人が荷物を運ぶ手段として自転車が用いられたことである。それまでの自転車には荷台すらなく、1906 年に輸入商の双輪商会在が荷物台の生産を開始したところであった。自転車は人の移動手段であって、荷物の移動手段ではなかったのである。それが運搬手段として活用されるようになると、急速に他の商店などへ広まっていった。従来は主人が乗っていた自転車に、仕事のために使用人やおつかいの小僧が乗るようになったのである。しかし、これは店の自転車に乗っているのであって、庶民が自転車を所有するようになるのは次の時代を待たねばならなかった。(1831 字)

【B】

インターネットの歴史はまだとても短い。その源流になった ARPANET というネットワークと、UNIX というオペレーティングシステムの 2 つが別々に生まれ、出会い、そしてインターネットが生まれていまにいたるまで 40 年あまり。コンピューター科学の歴史を入れても 50 年ほどだ。

デジタル技術の普及と並行するようにして、インターネットはデジタル情報を共有する基盤を形づくってきた。デジタル技術の特性として、デジタル機器のコストは指数関数的な勢いで安くなる。そうして、デジタル機器は、あっという間に、日常品となって広がっていく。かくして、インターネットは地球全体にいきわたり、遠くない未来に人類ほぼ全員が参加する見込みである。いま明らかになっていることは、もう人間がみなインターネットに参加するという前提で社会はできているということだ。これからつくる社会は、それを基点にして考えなくてははいけない。

人類は、印刷というテクノロジーを手に入れて以来、知をたくさんの人と共有できるようになった。そして、デジタル情報時代の印刷技術が、インターネットであるとも言える。デジタル情報とは、人類が結集した感性、知、芸術、教育、経済、医療まで、人のあらゆる営みを数値で表現するものである。インターネットはそのデジタル情報を、TCP/IP という通信方法を使って伝搬する。このプラットフォーム自体がデジタル機器でできているので、空気のようにコストのかからないものに近づいていく。

たいせつなことは、インターネットは世界で「ひとつ」の、人類すべてに共通のネットワークだということだ。これは、英語だと明確である。定冠詞の付いた「The Internet」と表記するからだ。つまり、ひとつのネットワークを通じて人類の知を共有することや、感覚を共有することこそが、インターネットの果たす役割なのである。

インターネットの本質は、デジタル情報を前提にしていること、そして国という枠組みを超えるグローバルな世界をつくれるということだ。だがいまは、デジタル情報の本当の意味やグローバルな空間の意味が、まだ十分には理解されていない。インターネットを学んで未来を考えることは、いままで存在しなかったことを理解して未来を考えるということである。そして、未来が多様な知性によって形づくられるとすれば、インターネットというテーマで未来を考えるための知識全体は、非常に多様な形でなくてはならないだろう。インターネットの未来は、そのようなあらゆる分野に夢を持ち、デジタルテクノロジー、グローバル空間、そして人類ひとりひとりへの尊敬、そうしたことを理解している新しい人々により創造されていってほしい。

私がコンピューターとインターネットの世界に触れたのは、1970 年代の後半だ。そのときから、コンピューター科学者として、またオペレーティングシステムをデザインするエンジニアとして、インターネットの開発にかかわっている。そのあいだ、デジタル機器とネットワークがインターネットに合流し、大きなうねりとなって展開していく過程に、世界の仲間とともに当事者として参画することができた。

1980 年代に WIDE プロジェクトというインターネットの研究グループを日本に創設したときからずっと考えていることは、コンピューターは人間のためにどんな働きができるかということだった。そのためには、コンピューターは人間の周りにあって、すべてがつながっているべきだ。地球上にいるすべての人が、ネットワークを通して地球上に散らばっているコンピューターを使えること。それらが目指すところになった。

誰でもコンピューターを使えるようにしなければいけないのだから、まず英語しか扱えなかったコンピューターを日本語が扱えるようにしなければいけない。その結果として、日本の研究者たちが試行錯誤を重ねて編みだしたさまざまな要素技術は、日本語だけでなく世界の言語を分け隔てなく扱う方法にまとめられ、世界中に配布された。このことは、コンピューターが「計算機」から「道具」になり、英語圏だけでなく世界中の文化に浸透していくきっかけになった。

つながっていないところには、力の限りネットワークを引いた。そしてたくさんの人が使うようになることを具体的に想定できるようになると、ネットワーク世界の住所ともいえる IP アドレスが不足することがわかってきた。したがって、次の世代のインターネット基礎技術の開発プロジェクトを起ち上げた。IPv6 プロトコル・スタックの開発の始まりである。

こうして、インターネットという名前の、人類すべてがつながる広域の分散システムができあがってきた。遠回りをして、ようやく出発点に立った形である。さて、人間はここを基点にして、どこへ向かって出発し、どういう社会をつくっていくのか。その出発に必要な「知」の原点を議論するにあたり、インターネットの核心技術である TCP/IP の発明者、ヴィント・サーフは、インターネットはできあがっているかのように見えるかもしれないが、それは大間違いだと述べている。インターネットはいまからつくるのだと言っているのである。まったくそのとおりだ。

ヴィントの言っているインターネットは、彼が最初につくった TCP/IP という方法で通信するネットワークという意味ではない。それよりはるかに広い意味のインターネットだ。これをつくるのは、コンピューター科学者、インターネット関連機器やサービスの産業などの専門家でなく、未来を創造するインターネットに参加するすべての人なのである。(2291 字)

【C】

本年度のノーベル物理学賞は、マイクロエレクトロニクスとフォトリクスの初期の開発への貢献、集積回路、「チップ」と、レーザーと高速トランジスタのための半導体ヘテロ構造に対して贈られます。

新人の技術者として、ジャック・キルビーは 1958 年に 2 週間の夏休みをとらずに、仕事時間中にじゃまされずに考えをめぐらす権利を得ました。単一の半導体材料からいろいろな方法で処理されて作られた部品から構成される回路を設計しました。この方法はすでに提案されていましたが、最も安価に入手可能な材料で部品を製造するという製造における一般的な経験則に反していました。9 月 12 日、集積回路が動作することのデモンストレーションに成功しました。集積回路の誕生日は、技術の歴史の中で最も重要な誕生日の一つです。それ以来、事態は急激に変わりました。今日作られているチップは、プロセッサ、つまりコンピューターの頭脳の中に 10 億ビット近いメモリや論理ゲートを含んでいます。

必要とされていたものは、より小型で安価なトランジスタだけでなく、より高速なものでした。初期のトランジスタは比較的遅かったのです。半導体ヘテロ接合は、より大きな増幅と、より高い周波数および電力を達成する方法として提案されました。このようなヘテロ構造は、その原子構造の相性がよく、異なる電気特性をもつ二つの半導体から構成されます。よく練られた提案が、ハーバート・クレマーによって 1957 年に発表されました。今日では、高速トランジスタはモバイル（携帯）電話やその基地局、衛星アンテナやそのリンクに使われています。そこでは、受信機自体のノイズに埋もれずに宇宙空間や、遠くの携帯電話からの微弱な信号を増幅する装置の一部となっています。

半導体ヘテロ構造は、フォトリクスの開発にとって少なくとも同様に重要なものでした。いくつかの例をあげると、レーザーや発光ダイオード、変調器、太陽光パネルといったものがあります。半導体レーザーは電子と正孔の再結合に基づいて、光の粒子、つまり光子を放出します。これらの光子の密度が十分高くなると、お互いに同調して動くようになり、位相コヒーレント状態を形成します。これがレーザー光です。最初の半導体レーザーは低効率で、短パルスの間だけしか発光できませんでした。

ハーバート・クレマーとジョレス・アルフェロフは、1963 年に、他の二つの半導体にはさまれた薄い半導体層に閉じ込められた場合に、電子と正孔と光子の集中が非常に高くなる、ダブルヘテロ接合を提案しました。最先端の装置がなかったにもかかわらず、レニングラード（現サンクトペテルブルク）において、アルフェロフとその同僚たちは、面倒な冷却を必要とせずに効率的に連続動作するレーザーを作ることに成功しました。これは、1970 年 5 月のことで、アメリカにいた競争相手よりも数週間先んじたものでした。

レーザーや発光ダイオード（LED）は、多くの段階を経てさらに発展しました。ヘテロ構造レーザーなしでは、今日の光ブロードバンド接続、CD プレーヤー、レーザープリンター、バーコードリーダー、レーザーポインター、その他多くの装置はありません。おそらく、電球を完全に置き換えることでしょう。LED は、交通信号を含むあらゆる種類のディスプレイで使われています。近年では、可視波長の全範囲をカバーできるような LED とレーザーを作成できるようになっ

ています。(1415 字)

【D】

3D プリンティング技術にはたくさんの喜びが溢れているが、なかでももっとも喜ばしいのは、その社会への最初の登場が、冗談から始まったことかもしれない。1971 年、ウィン・ケリー・スワインソン氏が、後に「ステレオリソグラフィー（光造形）」と呼ばれる技術の特許を取得したのだが、それは後年まで公開されなかった。その間の 1974 年、「ニュー・サイエンティスト」誌面に、ディヴィッド・ジョーンズ氏が次のようなアイディアを披露したのだ。それは、レーザーを当てることで、流体のモノマー（注 1）を重合させられる性質を利用できないかというもので、コンピューターを使ってレーザーの経路と向きを制御できれば、何も無かった液体の中から、固体の 3 次元形状をつくりだせるのではないかという思いつきだった。

コラムとして書かれたこのジョーンズ氏のアイディアは、当時本当に実現しかけていた技術と、単なる空想上のおとぎ語の間に、面白い橋を架けることになった。まるで、雲の上と、透きとおった空の間に漂う素晴らしい光のボートみたいだった。

炭素原子 60 個からなるフラーレンという構造の名前にもなったバックミンスター・フラーという人物がいる。彼の先駆的な発明はときにうさんくさく、最初は、まあ分からなくもないかな、と笑って済まされる程度のものが多かったが、後になって本格的なサイエンスやエンジニアリングにまで大化けしたりするものだった。3D プリンティングも、まさにそんな感じで登場した。

ジョーンズ氏の光造形のアイディアが初めて登場したとき、私は研究生だった。できるかもしれない冗談のひとつだと思っていたのだが、10 年ほどが過ぎると、本当に動く光造形機が世に出始めた。興味をそそられるものではあったが、当時私は、計算幾何学の研究をしていたこともあって、すぐに関心を失ってしまった。ただ今世紀に入って、イギリス政府が私の大学に大きな研究施設のための予算をつけてくれることになり、そのうち多少の執行を私が任されることになった。そのときにやっと、ストラタシス社と 3D システム社の 3D プリンタを導入してみたのだった。

それは、輝かしい自由だった。

私が有能な機械製作者だと自分で言っても、不誠実だとは訴えられないと思う。マニュアル操作か、コンピューター操作かのどちらかの、旋盤かボール盤があれば、私は欲しいものを、だいたい何でもつくることができるからだ。しかし、コンピューターの CAD プログラムから、実際のモノをつくるまでの道のりは、たとえ最新の自動 CAM システムを使ったとしても、かなり困難なものだった。しかし 3D プリンタがあれば、ぱっと何かを設計して、1 時間後くらいにはその実物を手に入れることができる。それも、精神的にも物理的にもまったく苦痛を伴わないのだ。

不可能だったことができるようになると、最初は「贅沢なこと」とみなされ、そして「必要不可欠なもの」になっていく。そして、安いコモディティになっていく。最初は想像もできなかったことが、新しいテクノロジーで実現するまでにかかった道のりは忘れがちになってしまう。3D プリンタを手にしたときは、ポケットにぴったりのデバイスを手に入れたときと同じような気持ちになったのだ。そして、人類の知識の総体へのアクセスを手に入れたとき、そして地球上の誰

とでも瞬時につながるができるようになったこととも、似たような感覚を味わったものだ。

大学にやってきた 3D プリンタを使って、私ははじめ、実験用の装置をつくっていた。生物のメカニズムから着想を得るバイオミメティック・アプローチの研究をしていて、スマートマテリアル（高機能材料）も手掛けていた。しかし私は、ここで手にした 3D プリンタとは、機械をつくる機械、つまり「自己再生産」ができるテクノロジーなのではないかと気がついた。私は幼い時から、適切で、便利で、持続する「自己再生産」機械をつくりたいという願望を持っていた。その機械は、別の機械自体をつくり出すことで、研究室から実社会へと飛び出していくのである。

しばらくして、私は「自己再生産」という文脈の上では、「持続」という概念は、生物学者のいう進化安定戦略の考え方を指すのではないかと思うようになった。つまり、絶滅してしまう可能性を減らすために、他の自己再生産機械とも相互作用しながら、ゲーム理論でいうナッシュ均衡^(注2)に到達するまで、進化を続けていくのである。

そういうわけで、2004 年の初め、私は「RepRap」という、「3D プリンタをつくることのできる 3D プリンタ」の開発を開始した。ナッシュ均衡が生まれるかもしれないと思ったので、その設計図はインターネット上で公開・配布することにした。植物のクローバーが、ハチに、課金なしでその花粉を無償提供することと同じように、RepRap のすべての設計図とソフトウェアを無料にして公開した。クローバーは、花粉に、その見境のない増殖能力を持つ情報を載せて拡散するように進化してきた。単に無料で花粉を拡散させているだけではなく、花蜜のかたちをとった追加のプレゼントまで用意している。そこからハチは栄養を得ることができるので、結果として相互の共生が生まれ、クローバーもハチもどちらの種も繁栄していくのだ。それと同じように、私は RepRap が、RepRap の自己再生産を助けてくれる他の自己再生産機械に、花蜜のような報酬を与えていくのを目にしてきた。自己再生産を助ける他の機械とは、この場合、つまり「人間」である。RepRap が人間に与える花蜜とはつまり、自己再生産目的以外で、RepRap が 3D プリントして出力してあげることのできる「モノ」である。

RepRap は、そのすべての部品を自分自身で作り出すことはできない不完全な機械だ（人間であるあなた自身が、自分の必要とするすべてのアミノ酸を体内で作り出すことができないのと同じことだ）。誰か手伝う人が、追加の部品を持ってきて助けてやらなければならない、部品の組み立て仕事も人間が作業しなければいけない。そう、RepRap は、「完全な」自己再生産機械ではない。ただこの点は、他のあらゆる生物や有機体と同じことである。生物だって、単にそこそこうまくやっているから再生産できているに過ぎない。自然界に「完全」など存在しない。

しかし再生産の適応度（ある生物の個体が、環境に適応して子孫を残すことのできる能力の度合い）という意味では、RepRap はかなりうまくいっている。今、何万何千もの RepRap が世界中でつくられている。時に腹を立て、時に大喜びしている人間の傍らで、増殖が進んでいる。常にその数は増え続けているのだ。（2741 字）

（注 1） 重合が行われる際の基質となる物質。

（注 2） 1950 年にジョン・ナッシュにより考案された、ゲーム理論において最も基本的な均衡概念。ゲームに参加する各プレイヤーが、互いに対して最適な戦略を取り合っているという状況を指す。

このような状況が「均衡」と呼ばれるのは、各プレーヤーが互いに最適な戦略を取り合っているため、これ以上戦略を変更する誘因を持たない安定的な状況であるからとされる。

【E】

ゴミには、廃棄してしまうには惜しい美しさやおもしろさを秘めたものがある。また、私たちの目に触れないまま、有償で処分されるゴミも沢山ある。もちろん安全に廃棄・焼却等が必要なものは定められたように扱わねばならないし、資源活用のためには原材料に戻すというコースを選ぶことも大切だ。しかし、ゴミの種類によっては、そこに至る手前で再度新しい命を吹き込み、生かす方法がある。何のために？どのように活用する？誰が携わる？再び流通させるには？そこには「クリエイティブリユース」という考え方が存在する。

今、世界中で既に多彩な実践や試みがなされている。最も分かりやすい例のひとつは、「FREITAG」（フライターグ）というブランドだ。廃棄されるトラックの幌やシートベルト、自転車のインナーチューブを再利用してバッグや財布などをつくっている。この1993年にスイスで生まれたプロダクトの愛用者は世界中にいる。少々の汚れも個性として受け入れられており、同じモノがないという点も購買欲を刺激する要素となっている。

これまで「リサイクル」と呼ばれるものには、重要な意義はあってもデザイン的にいまひとつ垢抜けない、自己満足の成果物が多かったのも事実である。その言葉の持つぼんやりとしたネガティブイメージが、少なからず人の積極的な参加や創造性を抑えてしまっていたように思う。しかし、筆者が訪ね歩いてきたクリエイティブリユースの活動は、新しい時代を切り開いていく、ダイナミックで開放的な力に満ち溢れていたし、身の丈に合った生活を楽しみながら、手や体を動かす人々の姿があった。また、そこで作り出されている生産物（モノ）や生まれている効果（コト）は実に多種多様で、個性豊かで味わい深いものがあり、感動を与えてくれた。アートとしか言いようのない作品や、ビジネスとして成立している質の高いモノまであり、それらと出会う度に心躍らされた。私自身も工夫しながら何かをつくりたい！と、じっとしていられない気持ちになったのである。

加えて、それぞれのプロジェクトが生まれた街は、おしなべて環境に配慮された、居心地の良い場所であったことも強く印象に残っている。自転車利用率の高い「環境都市」であり、アートやデザインによって人々が生き生きとした「創造都市」なのである。街にとってそのふたつの要素は、明るい未来へ向かって進むための前輪と後輪なのではないだろうか。

現在、私たちの住んでいる日本には、モノが溢れている。まめに廃棄したりリサイクルショップやガレージセールに出したとしてもなかなか片付かないほどだ。しかし不思議なことに、何かものづくりをしたいと思った時に、手頃な素材は身の回りでは見つからない。私たちは、これだけモノが溢れている中で、肝心の創作のための素材は一から買い求めなければならないという、妙に非効率な環境で生活している。

かつては何でも自分たちで工夫しながら、身近なところでモノをつくっていたから、端材や道

具が家の中にもあったし、街の小さな製造業には活気があり、子どもたちはそこから出てくる余剰品を活用して遊ぶこともできた。しかし、身の回りからそんな製造業やちょっとした手作業が消え、私たちの生活は消費一辺倒になり、創造の喜びも、お金を支払ってキット化された商品と引き換えに得るようになった。端材や廃材と、商品として標準化された素材には大きな隔たりがある。ものづくりや子どもたちの教育、そして私たちの生活を支える素材が、100 円均一の商品になりつつあるのは残念でしかたがない。「必要と不必要のバランス」が経済の仕組みの中で、徐々に壊れてしまったのではないだろうか。つくる技術も、つくる場も外へ外へと出払ってしまい、気付けば私たちが持っていた「手の知性」が失われていたというのが今の日本だ。

市場に出ない不思議な廃材には創作意欲を大いにかきたてられる。それに、廃材は少量で種類が混在していると魅力が見えづらいが、色や種類別に分類すると、急に輝きだし、美しく見えてくる。また、欠けがあったり半端なモノは想像力を刺激する。子どもがかじりかけの食パンを何かに見立てて遊ぶのは、そこに想像力をふくらませるフックが潜んでいるからなのだ。今、ミュージアムショップの売れ筋にリユース素材のプロダクトが台頭してきているのは、素材自体のおもしろさと、それを活かすヒトの感性の素晴らしさに多くの共感が得られているからだと思う。ヒトの想像力と創造力は対になって発達する。そして、そのふたつの「ソーゾーリョク」と、ものづくりの基礎体力は未来の社会を切り開く原動力になる。

クリエイティブリユースには、廃材の調査→収集→分類・整理→開発→制作→流通・販売→啓発という大きな循環があり、そこに関わる人同士のコミュニケーションを活発にする。なぜならば、廃材の活用には子どもからお年寄り、そしてアーティストやデザイナー、社会的弱者、大学の研究室など、さまざまな立場の人が関われるからである。つまり、廃材は地域の連帯を強める触媒になりうる。

また、そこでつくられるモノは、自分の楽しみのためだけではなく、1 点モノのアート作品や、世界中で評価される質の高いプロダクトに生まれ変わる可能性もある。地域ビジネスのような「コト」として育っている事例もある。大きな循環によって地域が元気になり、社会的に恵まれない人々の立場が改善されることもあるのだ。持っている資源をローカルな範囲で大切にすること、廃棄ではなく創造的な再利用を考えること、工夫を楽しみながらつつましくも心豊かに生きること、それらがこれからの私たちの目指す方向なのではないか。(2321 字)

【F】

「冷蔵庫」は、地球規模でつながる「コールド・チェーン^(注1)」という冷凍食品を搬送するネットワークの端末として、「飽食の時代」を支えている。「冷蔵庫」がなければ、現代の食生活は成り立たないような状況にある。

19 世紀後半にフランス人により開発された「食品冷凍技術」は、南北アメリカで大量に生産された「牛肉」をヨーロッパに運び「牛肉を大衆化」したが、冷凍過程で細胞が破壊されるために味が落ちてしまうという欠点があった。そうした欠点を克服して、味を落とすことなく生鮮食品を冷凍させる技術を開発し、「冷凍食品の本格時代」を切り開いたのが、アメリカのクラーレ

ンス・バースアイだった。バースアイは、1923年にニューヨークで、1924年にはボストンに近いグロースターで魚の冷凍会社を起こし、果物、野菜などにも手を伸ばした。1928年には、年間500トンの「冷凍食品」を製造するに至っている。彼の会社は、買収されて後にゼネラル・フーズという大食品会社になった。

1930年になると、バースアイ（鳥の目）を商標とする世界で最初の「紙箱にいれた冷凍食品」が一般顧客向けに販売されるようになった。バースアイは、商品開発から「冷凍機械」の改良まであらゆる分野に手を伸ばし、「冷凍食品」の普及に貢献した。しかし、「家庭用冷蔵庫」の普及が十分ではなかったために、「冷凍食品」は業務用、集団給食用が主であり、一般家庭に普及するには至らなかった。

1948年以降、アメリカ農商務省と科学者、冷凍技術者が協力して、58年までの10年間、冷凍食品の温度と許容限界の研究が進められ、華氏0度(摂氏マイナス18度)以下に管理すれば、多くの食品で1年程度の品質保存が可能なが明らかにされた。つまり、次の年の収穫時期までの食品保存が可能になったのである。

こうした研究成果と「家庭用冷蔵庫」の普及が重なり、「冷凍食品工場」、「冷凍船」、「冷凍車」、「冷凍倉庫」、販売店の「業務用冷蔵庫」又は「冷蔵陳列ケース」とつながる地球規模の「コールド・チェーン」が形成された。日本でも、「家庭用冷蔵庫」が普及する1970年以降、「コールド・チェーン」が急速に整えられていくことになる。マイナス18度以下の温度に管理されたネットワークの中を膨大な量の「冷凍食品」が流れ、その端末であるスーパー、コンビニ、「家庭用冷蔵庫」から自由に取り出すことのできる時代が始まったのである。

「コールド・チェーン」というネットワークを使って、人類は、自然界ではとてもあり得ない食料の加工、保存、輸送を大規模に行っており、そのシステムの安全な維持、管理に莫大なコストがかかるのは当然である。流通革命による食品の低価格化と「コールド・チェーン」を維持するためのコストの増大は、多くの矛盾を含んでいる。

「コールド・チェーン」という低温ネットワークを維持するための冷媒として、世界中に広まったのが「フロン（フッ素と炭素の化合物であるフルオロカーボン類、CFC類）」だった。「フロン」が、人工的な「コールド・チェーン」を生み出し、維持したのである。

現在、世界中に数億台あるとされる「家庭用冷蔵庫」、数千万台ある「業務用冷凍庫」は、まさに冷媒としての「フロン」に支えられて、普及してきたのである。「冷凍庫」の発泡断熱材は、「フロン」を使いプラスチックを発泡させて作ったものだとされている。また巨大都市の温度調整を行う大小多様な「クーラー」の冷媒も「フロン」である。また、「フロン」は発泡剤、洗浄剤としても広く用いられてきた。膨大な量の「フロン」が製造され、地球上で消費されたのである。「コールド・チェーン」という膨大な都市人口を養うネットワークとシステムは、「フロン」という物質により支えられてきたといえる。

ところが、突然この「フロン」に「レッド・カード」が突き付けられることになった。1974年にカリフォルニア大学のローランドとモリーナ両博士が、「フロン」が成層圏（地上10キロから

50 キロ) のオゾン層(地上 25 キロを中心にするオゾンが集中する大気の層)を破壊することになり、気がついた。「フロン」が気化するとフロン・ガスが上昇し、成層圏の強い紫外線を受けて塩素を放出し、オゾン層を破壊するというのである。(1766 字)

(注 1) 生産現場、産地から消費現場までの流通経路を低温で管理し、冷凍した食品を輸送するシステム。

【G】

非常に単純な暗号(たとえば、換字暗号のような文字の出現頻度の解析によって簡単に解読できるもの)を除けば、すべての暗号方式の安全性は、送信者と意図した受信者の間での秘密鍵の交換(あるいは暗号書)に依存していました。

基本的な仮定は、網羅的な解析(たとえば、可能性のあるすべての鍵を試してみる)には莫大な計算機資源と時間がかかるので現実的でないようなものが安全な暗号というものです。暗号を解読しようとするものが暗号化のアルゴリズムを知っていても、復号化の処理は、付加データ、つまり秘密鍵の一部分や全部を取得することが非常に役立ちますが、それらを使えないかぎり非常に困難であるということです。

したがって、安全な暗号は、暗号解読を試みるものが秘密鍵に関する情報を取得できないかぎり、一般的に「解読不能」とみなされます。

このような暗号の脆弱性は、鍵の知識が「アキレス腱」になることです。したがって、鍵の配送が主要な運用上の問題になります。

すべての安全な通信には、鍵の秘密性の維持が必要であり、それが暗号学の「公理」だと暗号学の「専門家」からはみなされていました。したがって、公開鍵を用いた秘密通信は不可能であり、研究に値しないものだと考えられていました。

ジェームズ・エリスは、インペリアルカレッジロンドンの物理学専攻を卒業し、ドリスヒルから連合王国の政府通信本部(GCHQ)に 1965 年 4 月に移ってきました。1969 年に、軍事用の安全な通信の利用増大にともなって、もっとも手間がかかり、重大な制約となっていた鍵配送の方式について研究するように言われました。

1975 年までには、ジェームズ・エリスは、対称型暗号鍵系が不要であることを証明し、クリフォード・コックスは、マルコム・ウィリアムソンと共にどのように「公開鍵暗号」が実現されるかを示しました。そのころまでは、秘密鍵の交換なしに安全な通信をすることは不可能だと信じられており、鍵の配送が主要な障害でした。この発見により、必要不可欠な原理が知られることになりましたが、1997 年までは秘密にされたままでした。

公開鍵暗号系に必要なものはすべて、エリス、コックス、ウィリアムソンによって 1975 年までに発見されました。しかしながら、発見の経緯(つまり、政府の研究環境の下で、その成果について永久の秘密保持が要求されていた)により、コックスが彼らの成果について公開発表する許可を与えられたのは、1997 年 12 月にイングランドのサイレンセスターで開催された数学応用学会での会議でした。聴衆には、なされたことの重要性を認識できる暗号学の専門家もいました。その時点では、公開鍵暗号の発明は、スタンフォードと MIT の研究者によるものだと一般に

認識されていました。今でも、公開鍵暗号の起源を述べる出版物が、先の GCHQ での発見について完全に無視したり見過ごしたりするのは珍しいことではありません。残念ながら、ジェームズ・エリスは、彼の成果が世間に認識される直前に 73 歳で亡くなりました。

公開鍵暗号の利用が、現在の「デジタル革命」における、多くの商用アプリケーションにつながりました。安全な電子的な送金、イーコマース（WEB サイトにおける電子的なクレジットカードの支払いとか）、無線 LAN における安全な通信など、すべてはこの概念とその効率的で簡単な実装に依存しています。「現代生活」の必要不可欠な要素になっています。（1418 字）

【H】

流通業というものは、流通効率のよい都市部で発達し、地方部に拡がりを見せるのが普通だ。しかし、ドリシュティ社は山地が多く交通インフラの発達していない北インドにあえて焦点を絞り、新たな流通網を築いてきた。

インドの地方市場はとてつもない成長余地を秘めた市場だ。人々は新たな変化を待ちわびている。7 億人もの顧客がいる。かなり控えめに見積もっても、1 兆円規模の市場が存在する。

もし、効率よくアプローチができるとするならば、とてつもない可能性を秘めている。しかし、そのアプローチそのものが、大きなネックとなっていることを指摘しないわけにはいかない。広大なインドで、各地に点在する農村にアプローチをするには莫大な費用がかかる。言語一つとってみても、20 以上の公式言語が存在するとされ、さまざまな手段でコミュニケーションを行う必要がある。足を運ぶだけで—そもそもそれができなければ流通を担うことはできない—とてつもない費用がかかる。そして、信じられないほど巨額の人件費が必要な事業でもある。

その問題を解決したのが、情報技術と僻地の発展に人生を捧げたサトウヤーンの挑戦だった。

「情報技術は新たな変革を生み出す触媒なんです。わざわざ住み慣れた村から都会に移住することなく、新たな仕事の機会を得ることができれば、子どもたちや家族と一緒に暮らしながら仕事をする事だってできるかもしれません」

これは、ドリシュティ社の創業者、サトウヤーンが夢見る未来の姿だ。サトウヤーンは「夢を語る男」だ。彼のようなタイプの起業家は変化の軸を見出し、誰もが疑うような可能性に人生を捧げる。彼らの夢はその先進性ゆえに成功を収めてからしか理解されない。しかし、サトウヤーンの夢は今まさに現実になろうとしている。

サトウヤーンがドリシュティ社を立ち上げた当時、僻地の村で、携帯電話やインターネットが大きな役割を果たすなんてことは、誰も信じていなかった。だが、その情報技術が世界を変える転換点となったのだ。

ドリシュティ社の流通網の原点は、インドで行われた「行政サービスを電子化する」という試みにある。現在、各国で行政サービスの電子化が進められようとしているが、いち早く行政サービスの電子化に挑戦したのは、実は情報インフラの発達していない途上国だった。彼らにとって、行政能力を一気に向上させ、行政サービスを僻地まで張り巡らせることのできる手段は電子化しなかったのだ。

サトゥヤーンは1999年にインド中部マディヤプラデシュ州の行政サービスの電子化プロジェクトに関わる。そして、情報網でつながれたキオスク型の店舗を構築し、各地で行政サービスを提供していった。

行政の電子化プロジェクトは、「情報配達人」(Gyandoot: ジヤンドウート)と呼ばれ、インド中部の各地域をインターネットでつなぎ、農産物の流通の支援から、納税や登記等の行政サービス、IT教育などのサービスを次々と提供していった。このプロジェクトは国際的にも注目され、情報技術の分野で新たな社会的挑戦を表彰するストックホルム・チャレンジアワードで栄誉を評されるほどの評価を受けた。

しかし、このプロジェクトは大きな壁にぶつかる。直接雇用した従業員がうまく機能しなかったのだ。僻地ゆえに、厳しい上司に直接管理されることもなかった。また中央から雇用されて派遣されてきた従業員は、地域住民のために働くという動機に欠けていた。その結果、村人たちはこの新しいサービスをどう使えばいいか、わからないままになってしまったのだ。

この問題を解決するための鍵を握っていたのは、意外なことに農民たちの持つ潜在的な起業家精神だった。

サトゥヤーンは「従業員を雇うことをやめよう」と提案する。続けて、「村の起業家」を見つけ出し、彼らに「経営」させようという提案したのだ。必要なトレーニングだけを行い、店舗の運営は彼らに任せようという発想だ。地域に住む当事者が村人たちに新たなサービスを説明することができれば、より多くの村人たちに新たな可能性が伝わる。村人たちに権限を預けてしまえば、自発的な工夫もがもっと生まれるのではないか、というのだ。

この提案は大きな成功を収めた。参入した多くの事業者が失敗した最大の要因は、地域でサービスの運営を担う主体者を見つけられなかったことだった。従業員を直接管理できない僻地における最良の方法は、「任せる」ことだったのだ。

サトゥヤーンに言わせてみれば、多くの、本当に多くの起業家精神に満ちた人材が、あらゆる村に存在しているという。

「農耕社会は労働者を中心とする工業社会に比べて、はるかに起業家的なんです。あらゆる農耕社会の生産は天候に左右されます。年にたった数回しかない収穫、すなわち収入を得る機会のすべてが、天気任せなんです。人々はリスクを取らざるをえませんが、それゆえにリスクを扱うことに慣れているんです」

2000年、ドリシュティ社は北インドのハリアナ州で自らの店舗を立ち上げ、急速に事業を拡大していく。ドリシュティ社はトラック、タクシー、バイクなどあらゆる手段を用いて、整備されていない道路を越え、世界中でつくられた商品をインドの僻地へ届けていく。(2139字)

※【A】～【H】の文章の著者は、次のとおりである（順不同）。IEEE History Committee、エイドリアン・ヴォイヤー、大月ヒロ子、加藤徹生、鈴木淳、トード・クレソン、宮崎正勝、村井純。それぞれの文章が掲載された刊行物名、出版年等は、出題との関連で省略した。いずれの文章も抜粋であり、省略や編集を加えてある。英文資料は翻訳して掲載している。

2015(平成27)年度 環境情報学部 一般入学試験問題 訂正

教科・科目	ページ	設問	誤	→	正
英語	12	Ⅱ	Note: *fiduciary: 信託者	→	Note: *fiduciary: 受託者
小論文	8		【D】10行目 …のおとぎ語の…	→	【D】10行目 …のおとぎ話の…