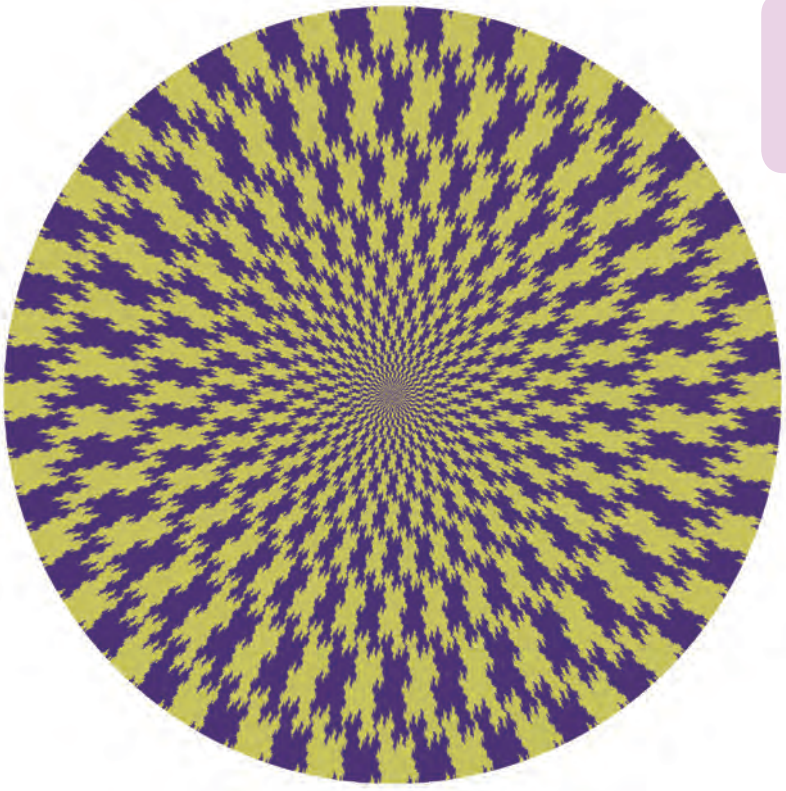
特集2

特許出願とチョコ菓子缶のデザインも

脳をだます「錯視」を数学的に解明

まずは、本誌表紙をご覧いただきたい。ここに描かれた画像は静止画像であるにもかかわらず、ハートが動いて見えるような不思議な感覚を引き起こす。これが「錯視」の世界だ。錯視の多くはこれまで研究者が試行錯誤の中で発見してきたものだが、「数学的処理とコンピューターの活用」という科学的なアプローチでそのメカニズムの解明に挑戦しているのが、東京大学大学院数理科学研究科の新井仁之（ひとし）教授だ。その研究は、錯視の数学的解明に終わらず、チョコレートのパッケージデザインに応用され評判となっている。

Part.1 オリジナルの「数理視覚科学」で脳に挑戦する！



フラクタルらせん錯視
新井さん（新井仁之・新井しのぶ）が2007年に作成した、フラクタル島をタテに3:1の比率に伸ばしてつくった「らせん錯視」。一見、らせんに見えるが、指でなぞってみると、同心円でできていることがわかる。

数学とコンピューターで錯視のナゾに迫る

錯視とは「目の錯覚」のことで、いくつかのパターンがある。例えば、実際には印刷されていないものが存在しているかのように見える「ヘルマン格子錯視」、同じ色にもかかわらず背景色の違いで色が違って見える「色の対比錯視」、平行なのに傾いて見える「カフェウォール錯視」などで、これらは古典的錯視として知られている。新しい錯視としては、2007年に新井さんが発見した「フラクタル錯視」がある。これは一見すると渦巻き曲線に見えるが、指でなぞってみると同心円だけで構成されていることに気付く。

新井さんの手法の新しさは、錯視の解明に数学的な処理とコンピューターを使ってアプローチしている点だ。数学と錯視（視覚）とは何の関係もなさそうに思えるが、どのように関係しているのだろうか。

「目から入った情報が、脳でどのように処理されるかを数学的にとらえ、人の視覚の数理モデルを作ります。それを使って錯視をコンピューター上で作ったり、錯視を取り除いたりするのです」（新井さん）

脳の中では、目に視覚情報が入ってくると、脳内の細胞が画像情報をそれぞれ、色、模様、方向、形などの要素ごとに細かく分解し、脳のそれぞれの専門領域（領野）で処理をする。ここで、新井さんは、脳内の細胞が「分解して処理する部分」を数学（数理モデル）で代替してみせることに挑戦した。

脳を研究する独自のツール「かざぐるまフレームレット」を開発

人間の脳の中では、視神経の細胞が多数集まって「受容野」というフィルターが形成されている。その解明には原始的な数学が使われてきた。一方、1980年代に登場したウェーブレットと呼ばれる数学関数が、信号

コンピューターに人間同様の「錯視」を起こさせられれば、数理モデルで「脳研究」にアプローチできるということです。

新井仁之 あらい・ひとし
数学者、理学博士。東京大学 大学院数理科学研究科 教授

1984年、早稲田大学大学院理工学研究科修士課程修了。86年、東北大学理学部助手、プリンストン大学数学科客員研究員、東北大学大学院理学研究科教授などを経て、現在に至る。97年に調和解析・複素解析の業績で日本数学会春季賞を受賞。2001年頃から視知覚のメカニズムに興味を持ち、脳内で行われている視知覚に関する情報処理や視覚が起こす錯覚（錯視）の研究に着手し、新分野『数理視覚科学』を提唱している。08年に視覚と錯視の数学的新理論の研究により文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞。JSTでは、07年～10年さきがけ研究者、10年～15年CREST共同研究者。

処理などさまざまな分野で使われてきたが、さらにその進化形としての「フレームレット」が21世紀に入って生まれた。

「私は最初、ウェーブレットを使って錯視の研究をしていたのですが、ウェーブレットに限界を感じてフレームレットに移行し、さらに、JSTのさきがけプロジェクトの中で『かざぐるまフレームレット』という、視覚に最適化した独自のツールを2010年頃に考案しました」

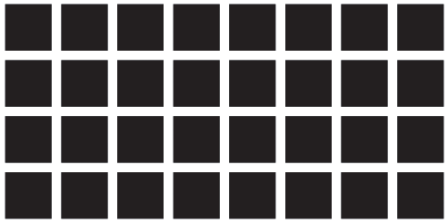
新井さんが考え出した「かざぐるまフレームレット」とはどのようなもので、脳とはどのように関係するものなのか。

「かざぐるまフレームレット」とは錯視を起こす際の人間の脳の状態を数理モデル化したものだ。そこでは、色、傾きなどの人間の視覚情報に近いものがそれぞれ数値データに置き換わっている。その中には人間に錯視を起こす要素（錯視成分）もあり、この錯視成分の度合いを変えることで、実際の錯視の度合いも変わってくる。こうすると、人間が見ているモノを擬似的にコンピューター上に作り上げることができるようになり、さまざまな錯視の研究にも活用できるようになった。

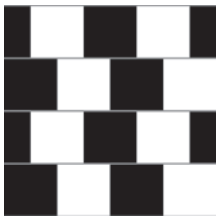
例えば浮遊錯視の場合、静止画なのに斜めに動かすと中と外が動いて見える。これに「かざぐるまフレームレット」を使って数学的な処理をコンピューターに施すことにより、「錯視を消失する」ことはもちろん、逆に、普通の静止画（動いて見えない）を「動いて見える」ようにするなど、錯視の状態を自在に操作することが可能になる。

数年前までは、錯視といえば心理学者や錯視研究者が特定の錯視パターンを試行錯誤で作成するのが当たり前だったのだが、この新井さんの独自のアルゴリズム（計算手法）を使うことで、どんなデザインの図柄でも浮遊錯視や傾斜錯視を作れるようになった。

古典的錯視の例



ヘルマン格子



カフェウォール錯視

文字が浮遊して見える「浮遊錯視」
画像を斜めに動かしたり、顔を近づけたり遠ざけると、「科学技術振興機構」とその英訳の英字が浮遊する錯視アート。

出力画像の鮮明化にも応用

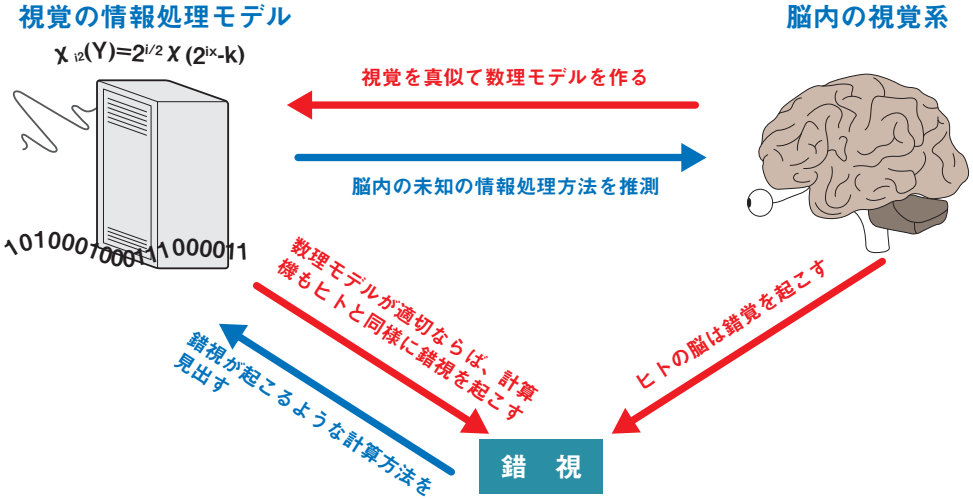
ところで、錯視による応用にはどのようなことがあるのか。例えば、錯視を起こすコンピューターモデルでは、自然な画像を入力すると、山肌や稜線などの遠景から木の葉の近景に至るまで、きわめて鮮明に見えるように工夫できる（画像の鮮鋭化）。入力画像よりも出力画像のほうがきれいになるのだ。

視覚のメカニズムを説明できるアルゴリズムには、浮遊作成アルゴリズム、傾斜作成アルゴリズム、カラー対比作成アルゴリズムなど、それぞれの錯視の度合いを調整するアルゴリズムが存在し、いずれもJSTによって特許化されている（Part2参照）。

新井さんの夢は壮大だ。

「研究の最終目標は『錯視』ではなく、『人間の視覚情報』全体を数理モデル化しつつ視覚を超えた有用なシステムを作っていくことです」

脳は、科学にとっては謎の多い最終フロンティア。その脳の高次メカニズムの解明に数理モデルを使って挑戦しようという野心的な試みが始まった。この挑戦が脳科学の新たな発展に貢献するだけでなく、新たな数学の領域をも生み出すことが期待される。



新井さんによる「数理視覚科学」構築のためのアイデア
まず、脳科学、心理学、視覚科学などに基づき、数学を用いて脳内の視覚の情報処理について数理モデルを作成する。次に、それをコンピューターに実装する。もし、その数理モデルが適切であれば、コンピューターに錯視画像を入力すると、コンピューターも人間同様、錯覚を出力するはずである。つまり、錯視は視覚の数理モデルにとっての試金石となる。

Part.2 早期のライセンスを目指す JST知財センターの取り組み

大学の研究成果が特許化されても、簡単に特許のライセンス（実施許諾）につながるものではない。しかしいま、「研究者・大学・JST」の3者が、特許を出す前から出口（ライセンス）を考えた取り組みを始めている。新たな戦略と成果を報告する。

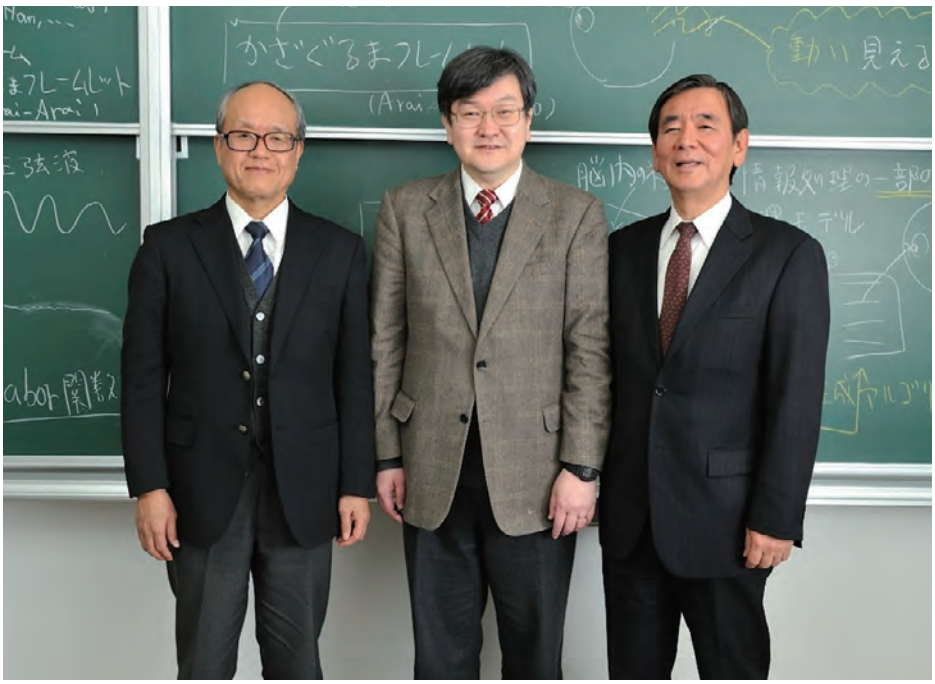
「錯視」のデザインをお菓子のパッケージに

2012年8月のある日、新井さんのもとに1通のメールが飛び込んできた。北海道帯広市に本店のあるお菓子の老舗・六花亭（ろっかてい）から「錯視のデザインをお菓子の包装などに使えないか」という問合せだった。

さっそく新井さんと六花亭の間で何に使い、どのようなデザインにするかなどの打合せが始まった。JSTの知的財産戦略センター（以下、知財センター）が特許などの権利関係の調整を行い、六花亭とライセンス契約をした（次ページの右下参照）。

新井さんの特許がライセンスされるまでのプロセスは実に順調なものだったというが、その裏には実は「研究者、大学、JST」の三者一体による綿密なライセンス戦略があった。

大学を取り巻く特許とライセンスの現状を、今回の新井さんのケースを例に見ていきたい。



新井さんを囲んで、JST知的財産戦略センターの森内久裕主任調査員（左）と神崎修主任調査員。

「研究成果の特許化」と「特許の活用」の両面支援

一般に、基礎研究では、その研究成果を特許として取得できたとしても、企業にライセンスされることはまだ少ない。このため、特許を申請する立場の大学としては、特許費用だけがかかり、ライセンス収入は伸び悩んでいるというアンバランスな状況が常態化している。

そこで、JSTは、大学と研究者の協力のもと、さきがけやCRESTの研究成果を特許化しライセンスするまでの一連のサポート事業に積極的に乗り出し始めた。

その中でも中心となるJST知財センターの取り組みは大きく2つに分類できる。1つは、大学の研究成果を特許化する支援、もう1つは、そこから一歩踏み込んだ特許の活用（ライセンス）支援だ。

特許化支援についてまず説明する。大学の優れた成果を国内特許として取得しても、さらに外国に出願するためには1件につき100万円単位の資金を必要とする。優れた特許であっても、昨今の大学の経営状態は厳しく、申請に二の足を踏む大学が増えている。そのような場合、大学からの支援依頼があれば、JSTの目利きによる特許出願の助言や外部有識者による技術評価を行い、外国出願の費用をJSTが負担するという支援活動だ。

これに加え、もう1つの知財センターの取り組みこそ、いま力をいれている活動だ。それは特許を出願する前段階から、将来的な産業界での活用を見据え、何を特許化するか、その手順や特許の請求範囲、ライセンス企業の事前想定などを戦略的に練っておくことだ。知財センターは「研究成果や特許がライセンスできるものかどうか」の目利き役というわけだ。

一般に、基礎研究から実用化までは、非常に長い期間を要する。JSTでは従来、材料関係（材料、プロセス、装置など）の特許を扱う経験が多く、それらは基礎研究からライセンスまで10年～15年というケースも珍しくなかった。

ところが近年、技術の進展が著しく特許から製品化までのサイクルが短くなってきている。特に新井さんの「画像解析」のようなIT分野では、特許を取れても3年～5年も経ってしまえば、そこから先のライセンスは非常に難しくなる。このため「成果からライセンスまで」の早期化が求められているのだ。

十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会
十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会

会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十
会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十

十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会
十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会十一月同窓会

会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十
会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十会窓同月一十

文字列の傾斜錯視
「十一月同窓会」の文字列が斜めに曲がっているように見えるが、実は平行になっている。実際に、文字列に定規をあててみるとわかる。

「出口戦略」を意識して活路を開く

そこで、特許が公開される前からJSTの知財センターが動き始めることにした。例え

ば、もし特許が公開されれば、どういう業界・企業からどのような動きが出てくるのか。あるいは日本で特許を出願すると海外特許の出願までに1年の優先期間（この期間に出願すれば、日本で先に出願した特許と同じ権利が認められる）があるが、その間にどの程度技術が進むかなども予測し、どこまで特許の内容を補正するかも事前に考えて取り組む必要がある。

また、多くの研究成果が存在する場合には、後から自分が出そうと思っていた特許が、先に出した自分自身の特許に抵触して提出できないこともあった。このため、どの成果をどういう順で特許化していくか、それを出口戦略なども考え合わせつつ、初めから研究者、大学、JSTの3者で常にコンタクトを取って進めるようにしているのだ。研究内容そのものへの深い理解こそ、その後のライセンス化の可否につながっているからである。

六花亭のケースでは、ライセンス契約までが順調に進んだと述べたが、実は、新井さんの研究の場合、研究段階（JSTのさきがけ、CRESTによる研究支援）から評価が高く、このため研究者、大学、JST（研究部門担当と知財担当）の3者がライセンスに向けた準備を早くから綿密に行なっていたからこその結果といえるだろう。

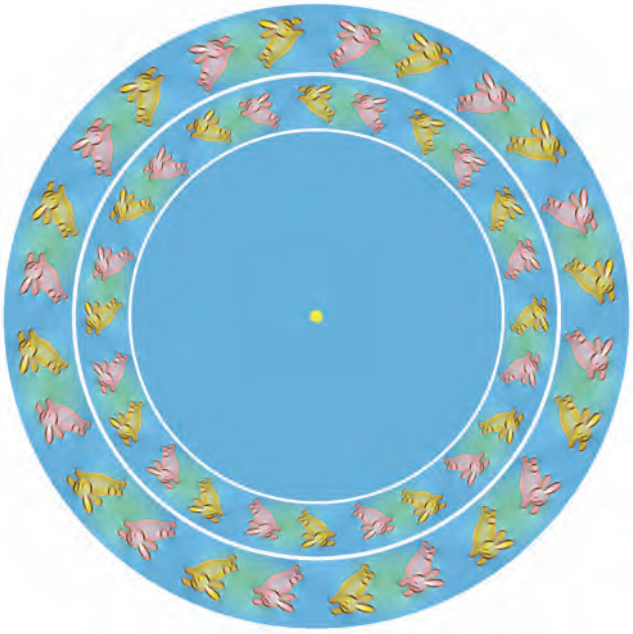
名伯楽の目利き力がライセンスを増やす

では、ライセンスの効率を上げていくには、どうすればいいのか。新井さんの錯視のケースでは、メディアでよく取り上げられたり、美術館などからの引き合いもあったが、それでも実際のビジネスにはなかなか結び付いてこなかった。

そこで、今後、知財センターとして考えられる方法が2つあるという。

1つは、JSTの知財センターの担当者自身が、さきがけ・CRESTなどの基礎研究部門と連携をとり、優れた研究をいち早く発掘する。そして「この特許に関しては、この業界、この会社の製品に応用できるのではないか」と目星をつけ、企業に積極的に売り込みをかけていくことだ。

もう1つは、研究者との話し合いの中で、研究成果の価値を多面的にとらえ、さまざまな視点からの市場性を再検討してみることだ。



特許化された「浮遊錯視生成アルゴリズム」（うさぎの浮遊錯視）
新井さん（新井仁之・新井しのぶ）は、任意の画像を浮遊錯視にする浮遊錯視生成アルゴリズムを発明した（特許出願：JST）。円の中心を軸にして回すと、うさぎの列が伸縮して見える。

「新井さんの特許の場合、浮遊錯視、文字列錯視などの『錯視』のままでは『面白いアートですね』で終わってしまい、産業用途まで見つけにくかったのです。ところが、視点を広げ、アートとしての錯視の面よりも、『画像の鮮鋭化』という画像処理技術としての側面を強く押し出すことで、カメラ、ロボット、センサーなど、さまざまな産業界、企業が自社製品への機能追加ということで検討し始めてくれました」（JST知財センター：森内、神崎）

せっかくの研究者の成果を死蔵せず、日本企業の製品強化に結び付けていくためにも、「大学、研究者、JST」の3者が一致協力し、出口を見据えた連携を図っていく活動が今まさに求められている。

なかでも、大学と企業の間に立って、きちんと研究の中身と企業の需要とを評価できる「目利き役」「名伯楽」としてJSTの知財センターの役割は大きい。

新井さんの錯視のライセンスのように、さらなる成果が次々に生み出されていくことを期待したい。

六花亭担当者にインタビュー

お菓子の缶に「錯視」デザインをライセンス！

2012年の夏、新聞に掲載された新井先生の錯視画像の記事を読み、「これを商品パッケージに使ったら面白い！」と思い、すぐにコンタクトを取りました。錯視効果が得られるパッケージの材質や形状についてアドバイスをいただき、缶入りチョコレートの採用を決めました。デザインなどの大筋が具体化した12月に、新井先生からJST知財センターの神崎さん、森内さんを紹介いただき、ライセンス利用の交渉なども順調に運びました。

一番懸念していたのは、パッケージへの印刷によって錯視効果が損なわれないかという点でしたが、缶のサイズに合ったデザイン設計を新井先生にしていただいたことで、その心配も払拭されました。

顔を近づけたり、遠ざけたりすると、ハートが動いて見えるデザインは、ホワイトデー商品として大変好評でした。

（六花亭製菓株式会社文化広報部　成田純子さん）

「浮遊錯視」のデザインが採用された、六花亭のホワイトデー向け商品『ラウンドハート』のパッケージ缶（2013.2.23~3.14の期間限定販売）。